

# Blendgutachten Solarpark Dannewerk

**Analyse der potenziellen Blendwirkung einer geplanten PV-Anlage  
in der Nähe von Dannewerk in Schleswig-Holstein**

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

☎ +49 40 79 69 59 36  
📞 +49 40 79 69 59 38  
✉ [info@solpeg.com](mailto:info@solpeg.com)  
🌐 [www.solpeg.com](http://www.solpeg.com)

## Inhalt

|          |                                                          |                |
|----------|----------------------------------------------------------|----------------|
| <b>1</b> | <b>Auftrag .....</b>                                     | <b>3</b>       |
| 1.1      | Beauftragung.....                                        | 3              |
| 1.2      | Hintergrund und Auftragsumfang.....                      | 3              |
| <b>2</b> | <b>Systembeschreibung.....</b>                           | <b>4</b>       |
| 2.1      | Standort Übersicht .....                                 | 4              |
| 2.2      | Umliegende Gebäude.....                                  | 7              |
| <b>3</b> | <b>Ermittlung der potenziellen Blendwirkung .....</b>    | <b>8</b>       |
| 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             |
| <b>4</b> | <b>Ergebnisse .....</b>                                  | <b>17</b>      |
| 4.1      | Ergebnisse am Messpunkt P1, A7 südöstlich.....           | 18             |
| 4.2      | Ergebnisse am Messpunkt P2, Autobahn A7 östlich .....    | 20             |
| 4.3      | Ergebnisse am Messpunkt P3, Autobahn A7 nordöstlich..... | 21             |
| 4.4      | Ergebnisse am Messpunkt P4, K39 östlich.....             | 22             |
| 4.5      | Ergebnisse am Messpunkt P5, Grünhof nördlich .....       | 23             |
| 4.6      | Ergebnisse am Messpunkt P6, Gebäude nordwestlich .....   | 23             |
| <b>5</b> | <b>Zusammenfassung der Ergebnisse.....</b>               | <b>24</b>      |
| <b>6</b> | <b>Schlussbemerkung .....</b>                            | <b>24</b>      |
| <b>7</b> | <b>Anhang (Auszug) .....</b>                             | <b>25 - 38</b> |

# SolPEG Blendgutachten

## Analyse der potenziellen Blendwirkung der PV-Anlage Dannewerk

### 1 Auftrag

#### 1.1 Beauftragung

Die SolPEG GmbH verfügt über umfangreiche Erfahrung im Bereich Photovoltaik (PV) und bietet eine breite Palette von Dienstleistungen an. Mit über 800 erstellten Blendgutachten haben wir auch auf diesem Gebiet eine weitreichende Expertise. Vor diesem Hintergrund wurden wir beauftragt, die potenzielle Blendwirkung der PV-Anlage „Dannewerk“ für Fahrzeugführer auf angrenzenden Straßen und ggf. für Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

#### 1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

Lt. aktueller Gesetzgebung (§2 EEG) liegt die Nutzung Erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse und dient der öffentlichen Sicherheit. Der priorisierte Ausbau der erneuerbaren Energien als wesentlicher Teil des Klimaschutzgebotes soll im Rahmen einer Schutzgüterabwägung nur in Ausnahmefällen überwunden werden. 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. Lichtleitlinie<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 Lichtleitlinie 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 „Dannewerk“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Lichtleitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer u.a. auf der A7 sowie für Anwohner der umliegenden Gebäude.

Die zur Anwendung kommenden Berechnungs- und Beurteilungsgrundsätze resultieren im Wesentlichen aus den Empfehlungen in Anhang 2 der Lichtleitlinie in der aktuellen Fassung vom 08.10.2012. Die Berechnung der Blendwirkung erfolgt auf Basis von vorliegenden Planungsunterlagen der PV-Anlage. Eine Analyse der potenziellen Blendwirkung vor Ort ist aufgrund der aktuellen Datenlage nicht erforderlich.

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

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

<sup>1</sup> Die Lichtleitlinie 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 Flächen des Solarparks befinden sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet östlich von Dannewerk in Schleswig-Holstein. Östlich der Flächen verläuft die Autobahn A7. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

**Tabelle 1: Informationen über den Standort**

|                                        |                                                                                                             |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Allgemeine Beschreibung des Standortes | Landwirtschaftliche Flächen östlich von Dannewerk in Schleswig-Holstein. Die Flächen sind überwiegend eben. |
| Koordinaten (Mitte)                    | <a href="#">54.485°N, 9.527°O 39 m ü.N.N.</a>                                                               |
| Abstand zur A7                         | ca. 35 m – 40 m                                                                                             |
| Entfernung zu umliegenden Gebäuden     | ca. 400 m (nordwestlich, nicht relevant)                                                                    |

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

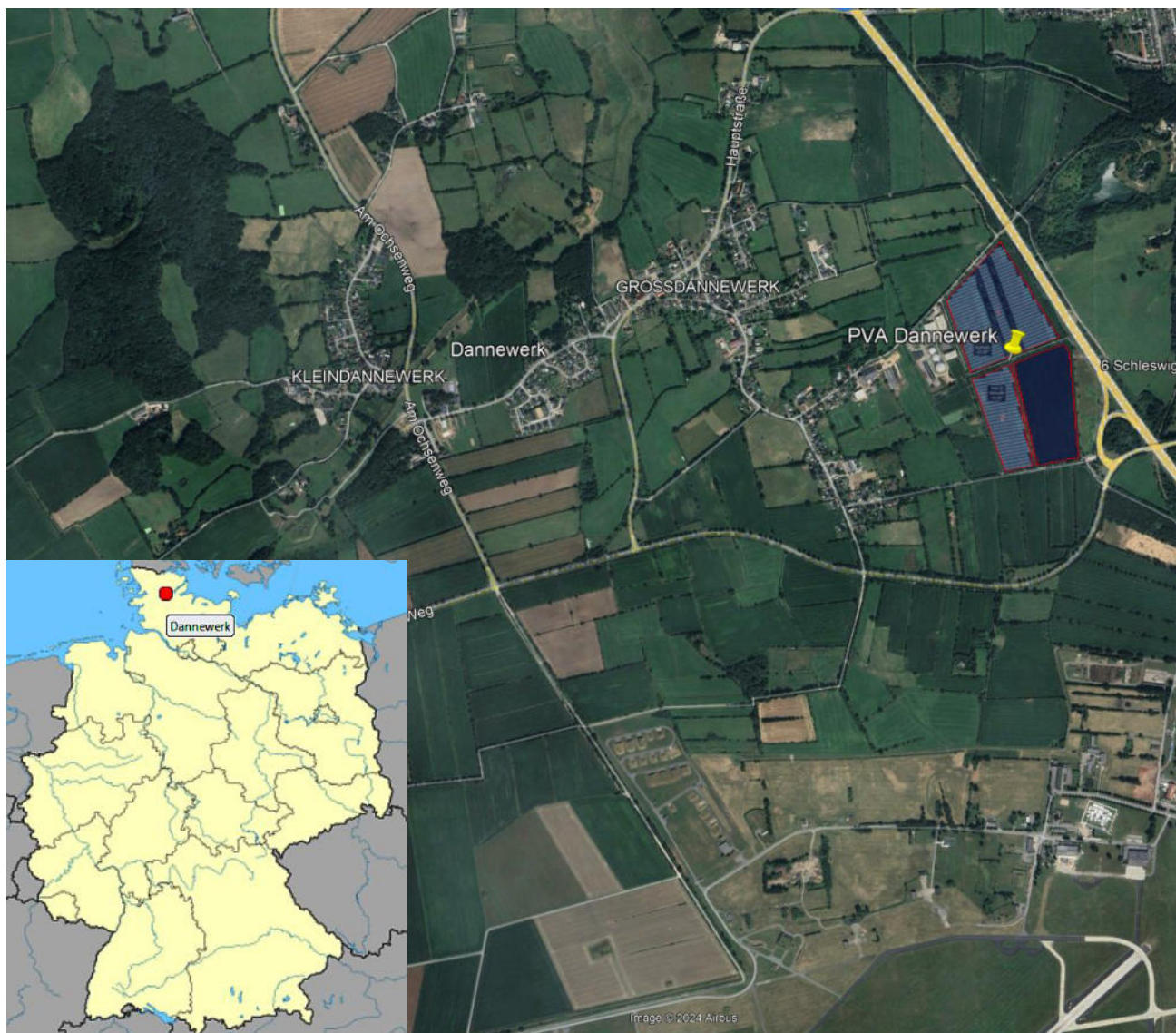


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV-Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

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

## Detailansicht der PV-Fläche und Umgebung



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

## Detailansicht der PV-Fläche



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

Fotos der PV-Flächen. Blick von Süden nach Norden auf das PV-Feld 2.



Bild 2.1.4: Foto der PV-Fläche (Quelle: SolPEG, Standortbegehung)

Blick von Süden nach Norden auf das PV-Feld 3. Rechts im Hintergrund die Autobahn A7



Bild 2.1.5 Foto der PV-Fläche (Quelle: SolPEG, Standortbegehung)

## 2.2 Umliegende Gebäude

Nicht alle wahrnehmbaren Reflexionen haben eine Blendwirkung zur Folge. In der Lichtleitlinie (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-Anlage und nordwestlich gelegene Gebäude. Aufgrund der Lage und insbesondere aufgrund der großen Entfernung sind keine Reflexionen durch die PV-Anlage zu erwarten. Der Standort wird zu Kontrollzwecken dennoch analysiert. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind. Privat-, Feld- und Wirtschaftswege werden nicht analysiert. Die Einzelergebnisse sind im Abschnitt 4 dargestellt und kommentiert.



Bild 2.2.1: Gebäude nordwestlich der PV-Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

### 3 Ermittlung der potenziellen 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 mög-  
lichst das gesamte einfallende Licht für die Stromproduktion genutzt werden soll. Die Materialforschung  
hat mit speziell strukturierten Glasoberflächen (Texturen) und Antireflexionsschichten den Anteil des  
reflektierten Lichtes auf 1-4 % reduzieren können. Folgende Skizze zeigt den Aufbau eines PV-Moduls:

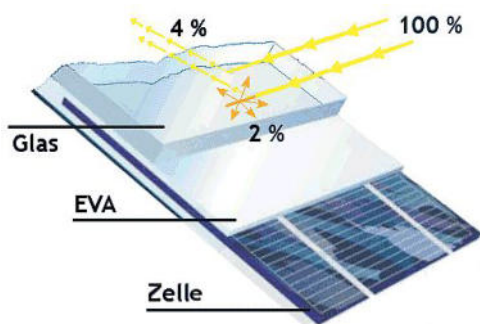


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV-Modul (Quelle: SolPEG)

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

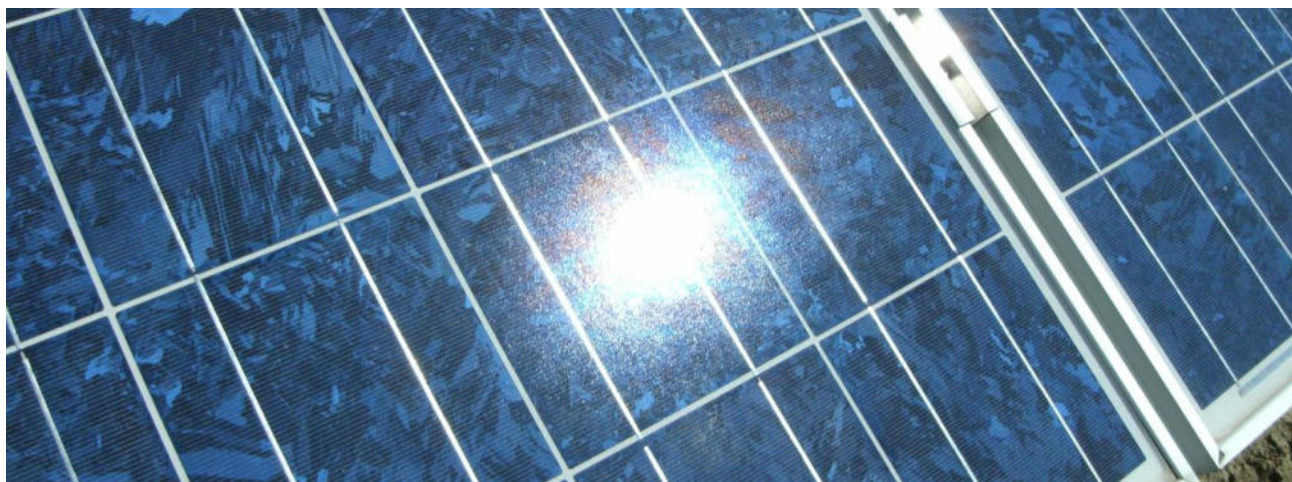


Bild 3.2.2: Diffuse Reflexion von direkten Sonnenlicht (Einstrahlung ca. 980 W/m<sup>2</sup>) auf einem PV-Modul (Quelle: SolPEG)

<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.

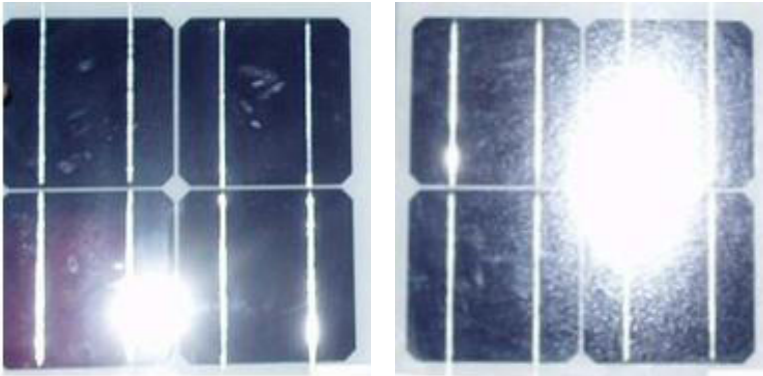


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

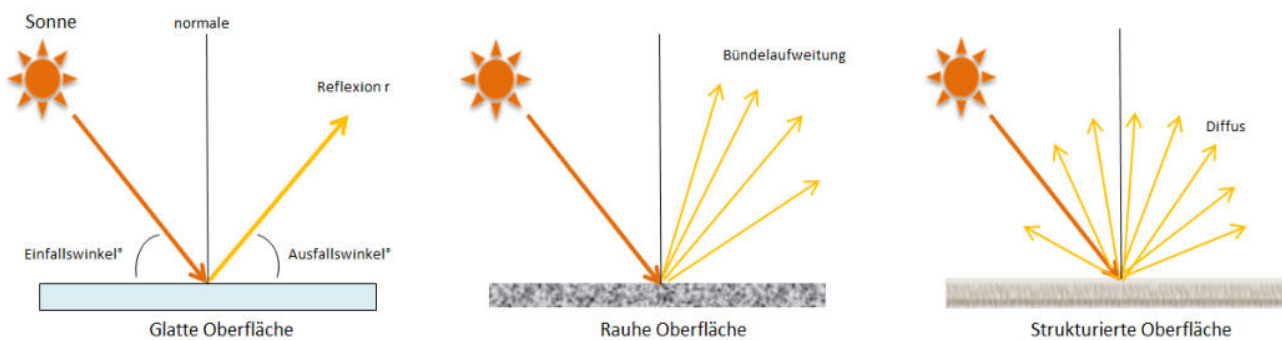


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Planungsunterlagen kommen PV-Module des Herstellers LONGi 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 Parameters

Cell Orientation: 144 (6×24)  
Junction Box: IP68, three diodes  
Output Cable: 4mm<sup>2</sup>, 300mm in length,  
length can be customized  
Glass: Dual glass  
2.0mm coated tempered glass

## Operating Parameters

Operational Temperature: -40 °C ~ +85 °C  
Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W  
Voc and Isc Tolerance: ±3%  
Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)  
Maximum Series Fuse Rating: 25A  
Nominal Operating Cell Temperature: 45±2 °C

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 Lichtleitlinie 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 ist, kann der Winkel der Reflexion ( $\theta_p$ ) mit der folgenden Formel berechnet werden:

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

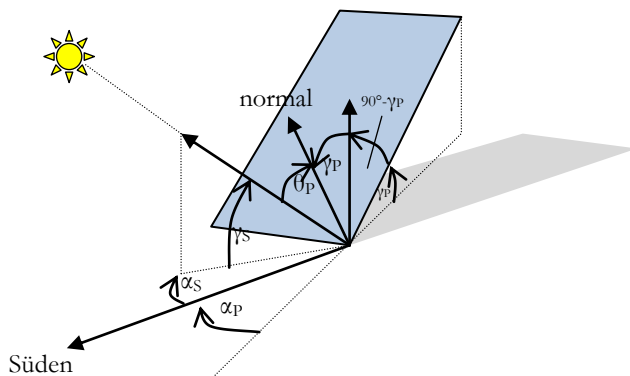


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

Die unter 3.2 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführten generellen Eigenschaften von PV-Modulen (Glasoberfläche, Antireflexionsschicht) 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> Lichtleitlinie 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 einfachen Modulen. Dennoch sind Reflexionen nicht ausgeschlossen, insbesondere wenn das Sonnenlicht abends und morgens in einem flachen Winkel auf die Moduloberfläche trifft.

Die folgende Skizze verdeutlicht die Konstruktion der Modulinstallation.

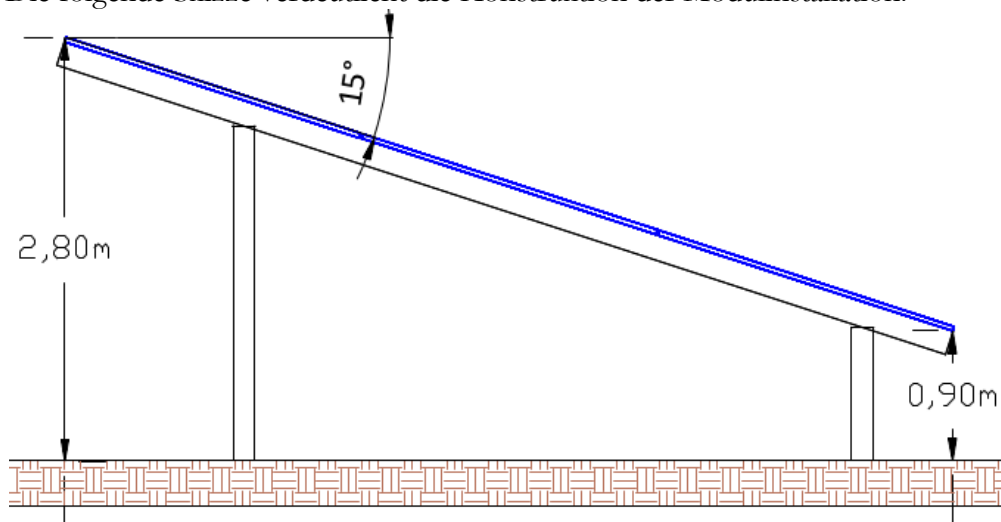


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Systemplanung)

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

**Tabelle 1: Berechnungsparameter**

|                                 |                                                          |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|
| PV-Modul                        | LONGi (oder vergleichbar)                                |
| Moduloberfläche                 | Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt) |
| Modulinstallation               | Modultische, fest aufgeständert                          |
| Ausrichtung (Azimut)            | PV Feld 1: 158° (180° = Süden), PV Feld 2 + 3: 169°      |
| Modulneigung                    | 20°                                                      |
| Höhe der sichtbaren Modulfläche | ca. 0,90 m bis ca. 2.80 m                                |
| Höhe Messpunkte über GOK        | 2,0 m (Sitzhöhe PKW/LKW gemittelt <sup>7</sup> )         |
| Relevanter Sichtwinkel/Sektor   | Fahrtrichtung +/- 20°, 100 m Sichtweite                  |

Es existieren keine verbindlichen Vorgaben zum „relevanten Sichtwinkel“ aber in Fachkreisen wird überwiegend angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel von 20° und mehr zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung<sup>8</sup> darstellen. In einem Winkel zwischen 10° - 20° können Reflexionen mit einer bestimmten Leuchtdichte eine moderate Blendwirkung erzeugen und unter 10° werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wird der für Reflexionen relevante Sichtwinkel (Sektor) als der Bereich innerhalb einer Spanne von +/- 20° um die Fahrtrichtung definiert. Die Sichtweite beträgt dabei 100 m.

<sup>7</sup> Eine Höhe von 2 m ist ein konservativer Ansatz, die mittlere Sitzhöhe der Mehrzahl der Verkehrsteilnehmer (PKW) beträgt nur ca. 1,30 m

<sup>8</sup> Ein Aspekt ist die Anordnung und Anzahl der relevanten Schellen (Zapfen und Stäbchen) im menschlichen Auge

### 3.5 Standorte für die Analyse

Bei der Analyse von potenziellen Blendwirkungen wird das Auftreffen von Reflexionen, die Dauer und die Intensität an einem festgelegten Messpunkt (Immissionsort) untersucht, es geht nicht um die Sichtbarkeit oder die optische Bewertung der PV-Anlage. Das Auftreffen von Reflexionen an einem Messpunkt wird zunächst rechnerisch ermittelt, unabhängig von der Ausrichtung der Straße/Bahnstrecke bzw. der Fahrtrichtung (RiFa) und unabhängig davon ob Reflexionen überhaupt wahrnehmbar sein können. Bei der anschließenden Analyse und Bewertung einer potenziellen Blendwirkung durch diese Reflexionen werden allerdings zusätzliche Aspekte einbezogen, u.a. die relevante Blickrichtung, die Entfernung zur Immissionsquelle sowie die örtlichen Gegebenheiten.

Die Analyse 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 exemplarisch gewählt und die jeweils im Jahresverlauf auftretenden Reflexionen ermittelt. Die Messpunkte (Position und Höhe) werden anhand von Erfahrungswerten sowie den Ausführungen der Lichtleitlinie zu schutzwürdigen Zonen festgelegt. U.a. können Objekte im Süden von PV-Anlagen aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz nicht von potenziellen Reflexionen erreicht werden und werden daher nur in besonderen Fällen untersucht.

Für die Analyse einer potenziellen Blendwirkung der PV-Anlage Dannewerk wurden 6 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkte im Verlauf der Autobahn A7, 2 Messpunkte auf angrenzenden Straßen sowie 1 Messpunkt im Bereich von umliegenden Gebäuden. Die exakten GPS-Koordinaten der Messpunkte finden sich in Abschnitt 4.

Weitere Standorte an Gebäuden oder Straßen wurden nicht weiter untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Beeinträchtigungen durch potenzielle Reflexionen zu erwarten sind.

Die folgende Übersicht zeigt die PV-Anlage und die gewählten Messpunkte



Bild 3.5.1: Übersicht über die PV-Anlage und 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 Lichtleitlinie 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 Lichtleitlinie ein Immissionsrichtwert von maximal 30 Minuten pro Tag und maximal 30 Stunden pro Jahr angegeben. Diese Werte wurden nicht durch wissenschaftliche Untersuchungen mit entsprechenden Probanden in Bezug auf Reflexionen durch PV-Anlagen ermittelt, sondern stammen aus einer Untersuchung zur Belästigung durch periodischen Schattenwurf und Lichtreflexe ("Disco-Effekt") von Windenergieanlagen (WEA).

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

Im Zusammenhang mit der Übernahme zeitlicher Grenzwerte der Schattenwurfrichtlinie besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der belastigenden 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 belastigende 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 belastigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt<sup>9</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 Einfallswinkel eine Reflexion bei Tageslicht als objektiv störend empfunden wird. Überwiegend wird angenommen, dass Reflexionen ab einem Winkel von 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. Dies hängt u.a. mit den Abbildungseigenschaften des Auges zusammen wonach die Dichte der Helligkeitsrezeptoren (Zapfen) außerhalb des zentralen Schärfepunktes (Fovea Centralis) abnimmt.

Lt. neuerlichen Vorgaben des Fernstraßenbundesamtes (Stand 29.04.2024) sollen auf Autobahnen Einfallswinkel von bis zu +/-30° als relevant angesehen werden. Dieser Wert wurde allerdings nicht auf Basis von wissenschaftlich anerkannten Untersuchungen mit objektiven Probanden unterschiedlicher Altersgruppen ermittelt. Es handelt sich eher um eine Vereinbarung zwischen einzelnen Beteiligten u.a. auch mit Hinweis auf andere, ebenfalls nicht wissenschaftlich fundierte Quellen<sup>10</sup> oder auf sachfremde Untersuchungen aus denen Ergebnisse abgeleitet wurden. Um möglichen Einwänden aufgrund von Intransparenz und/oder Willkür vorzubeugen und solange keine belastbaren Vorgaben vorhanden sind, ist daher von einem maßgeblichen Einfallswinkel von +/-20° zur Fahrtrichtung auszugehen (Minimalkonsens). Der Wert für den relevanten Einfallswinkel könnte sicherlich auch ohne wissenschaftliche Basis festgelegt werden, dies müsste aber entsprechend dokumentiert werden.

## 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."

Bei der Simulation 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>9</sup> Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

<sup>10</sup> Keine bzw. keine wissenschaftlich fundierte Angabe zum Einfallswinkel in der LAI Lichtleitlinie (Deutschland, 2012) und in der (teils wortgleich) übernommenen OVE-Richtlinie R 11 (Österreich, 2016/2022)

## Simulationssoftware

Die von der SolPEG seit 2015 in über 800 Blendgutachten überwiegend verwendete Simulationssoftware ForgeSolar<sup>11</sup> basiert auf einer Entwicklung der US Sandia National Laboratories<sup>12</sup>. Die Software wird mittlerweile auch von anderen Gutachtern verwendet und könnte als Stand der Technik bezeichnet werden obwohl (uns) Limitationen bekannt sind. Eine versierte Bedienung der Software ist unerlässlich für korrekte Ergebnisse.

Die Berechnungsformeln und auch die Ergebnisdarstellung der Simulationssoftware sind durch die US-Flugsicherheitsbehörde (FAA) zertifiziert und für Software ist für die Analyse von potenziellen Reflexionen von PV-Anlagen im Bereich von Flughäfen vorgeschrieben.

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). Ein Aspekt der Ergebnisdarstellung ist die Kategorisierung der Reflexionen aufgrund deren Intensität/Leuchtdichte. 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> eintritt. Störungen sind z.B. Nachbilder in Form von hellen Punkten nachdem in die Sonne geschaut wurde. Auch in der LAI Licht-Leitlinie ist dieser Wert angegeben (S. 21, der Wert ist bezogen auf die Tagesadaptation des Auges).

Das Forschungsinstitut Sandia National Laboratories (USA) hat verschiedene Untersuchungen auf diesem Gebiet analysiert und eine Skala entwickelt, die die Wahrscheinlichkeit für Störungen/Nachbilder durch Lichtimmissionen in Bezug zu ihrer Intensität kategorisiert. Diese Kategorisierung entspricht dem Bezug zwischen Leuchtdichte (W/cm<sup>2</sup>) und Ausdehnung (Raumwinkel, mrad). Die folgende Skizze zeigt die Bewertungsskala in der Übersicht und auch das hier verwendete Simulationsprogramm stellt die jeweiligen Messergebnisse in ähnlicher Weise dar.

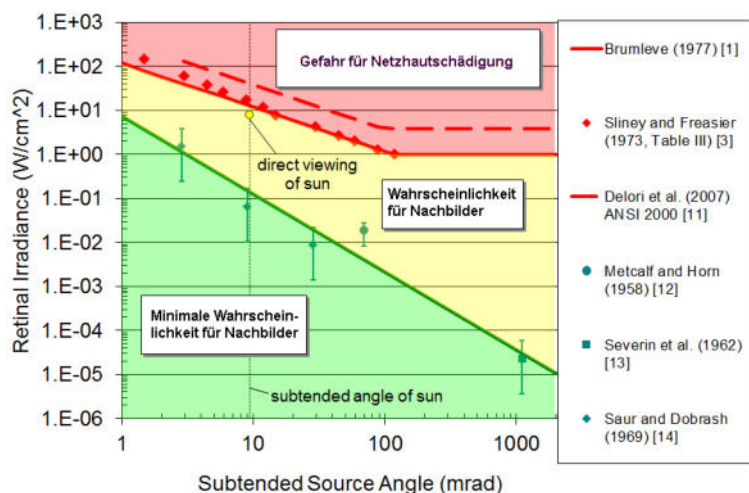


Bild 3.6.1: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

Für die Simulation der potenziellen Reflexionen können in der Software verschiedenen Parameter eingestellt bzw. angepasst werden. Für die vorliegende Analyse werden die Sonnenstände in 1-Minuten-Schritten für 1 Jahr simuliert und die Anzahl der Minuten mit Reflexionen an den jeweiligen Immissionsorten summiert. Im Ergebnis (Rohdaten) ist u.a. die Uhrzeit, die Intensität, die Vektoren der Sonnenstrahlen und der Reflexionen und andere Daten enthalten, die in weiteren Schritten analysiert, bewertet und dokumentiert werden.

<sup>11</sup> <https://forgesolar.com> is based on the licensed software from Sandia National Laboratories.

<sup>12</sup> Solar Glare Hazard Analysis Tool ("SGHAT") der Sandia National Laboratories: <https://www.sandia.gov/glare-tools>

## Limitierungen

Es gibt zahlreiche Datenquellen und Klimamodelle (z.B. TMY<sup>13</sup>) die belegen, dass - trotz fortschreitendem Klimawandel - im Jahresverlauf eine teilweise erhebliche Wolkenbedeckung vorhanden ist. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2023 eine mittlere Wolkenbedeckung<sup>14</sup> von ca. 68,8 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den langjährigen Zeitraum 1991-2020 liegt bei 62,5 % - 75 %.

Lt. LAI Lichtleitlinie soll die Simulation zu jedem Zeitpunkt von sog. „clear-sky“ Bedingungen ausgehen, d.h. einem wolkenlosen Himmel und entsprechender Sonneneinstrahlung. 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 sollen nicht berücksichtigt werden.

Aber auch aufgrund von technischen Limitierungen können diese Daten in der Simulationssoftware nicht berücksichtigt werden und daher stellt das Simulationsergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung dar, was nicht der Realität entspricht. Vor diesem Hintergrund müssen die rechnerisch ermittelten Ergebnisse im Einzelfall bewertet werden.

Aber auch der Geländeverlauf und Informationen über möglichen Sichtschutz durch Hügel, Bäume oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden. Es ist möglich Hindernisse zu modellieren aber z.B. Vegetation, die im Laufe des Jahres einen unterschiedlichen Grad an Sichtschutz bietet, kann nur unzureichend nachgebildet werden. Derartige Limitierungen sind auch bei anderen Simulationsprogrammen zu finden. Eine realitätsnahe Simulation ist mit der aktuell verfügbaren Simulationssoftware nur begrenzt möglich.

Im Bereich von Autobahnen soll lt. Vorgabe des Fernstraßenbundesamtes (FBA) bestehende Vegetation und auch blickdichtes Straßenbegleitgrün nicht als Sichtschutz berücksichtigt werden. Vor dem Hintergrund, dass in der LAI Lichtleitlinie eine blickdichte Bepflanzung als Sichtschutzmaßnahme explizit vorgeschlagen und akzeptiert wird, ist die Vorgabe des FBA unzureichend begründet. Solange Straßenbegleitgrün vorhanden ist, sollte es auch berücksichtigt werden. Es sind lediglich Maßnahmen festzulegen für den Fall, dass das Straßenbegleitgrün entfernt/gerodet werden sollte.

Allgemein wird angenommen, dass bereits ein gewisser Sichtschutz durch unbelaubte Baumstämme, Äste und Zweige in der Zeit zwischen Oktober bis Mai vorhanden ist (ca. 20-30%). Ein Sichtschutz bzw. eine Reduzierung der Lichtdurchlässigkeit durch ausgeprägtes Blattwerk in der Zeit zwischen Anfang Juni bis Ende August wird mit „hoch“ angesetzt (ca. 50-70%). Wald wird als nahezu lichtundurchlässig angesehen (horizontaler Blick).

Bei PV-Anlagen im Randbereich von Bahnstrecken sind ähnliche Aspekte zu berücksichtigen. Im Gegensatz zum Fernstraßenbundesamt verfolgt die Deutsche Bahn allerdings eine pragmatische Lösung bei der nicht im Vorwege auch selbst höchst unwahrscheinliche Konstellationen auszuschließen sind. Die Formulierung der Deutschen Bahn kann richtungsweisend auch für andere Bauvorhaben passen:

**Sie [PV-Anlagen] sind in ihrer Farbgebung und Strahlrichtung so anzuordnen, dass jegliche Signalverwechslung und Blendwirkung ausgeschlossen ist. Sollte sich nach der Inbetriebnahme eine Blendung herausstellen, so sind vom Bauherrn entsprechende Abschirmungen anzubringen.**

<sup>13</sup> Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

<sup>14</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)

Mittelwert 2023: [https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc\\_eude\\_cen\\_cfc\\_mean\\_2023\\_17.png](https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_cen_cfc_mean_2023_17.png)

Langjähriges Mittel 1991-2020: [https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/zeitreihen/rcc\\_eude\\_cen\\_cfc\\_refc9120\\_17.png](https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/zeitreihen/rcc_eude_cen_cfc_refc9120_17.png)

## 4 Ergebnisse

Die Berechnung der potenziellen Blendwirkung der PV-Anlage „Dannewerk“ wird für 6 exemplarisch gewählte Messpunkte (Immissionsorte) durchgeführt. Die exakten GPS-Koordinaten der Messpunkte sind unten aufgeführt. Aufgrund des Fahrbahn- bzw. Streckenverlaufes ist es nicht zielführend mehrere/ weitere Messpunkte in geringen Abstand zu untersuchen, da die Ausrichtung (Azimut) der Strecke und die Einfallswinkel von potenziellen Reflexionen nur unwesentlich abweichen und daher die Simulationsergebnisse entsprechend nur unwesentlich abweichen. Die Höhe der Messpunkte ist auf 2,0 m über GOK festgelegt. Dies entspricht der gemittelten Sitzhöhe von PKW und LKW inkl. Transporter und SUV ist ein eher konservativer Ansatz, da bei >85% der Verkehrsteilnehmer die übliche Sitzhöhe nur ca. 1,20 m - 1,40 m beträgt. Darüber hinaus zeigen sich bei einer Sitzhöhe (Augpunkt) von 2,5 m keine nennenswert anderen Ergebnisse.

Das Ergebnis der Simulation ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“ auftreten kann.

Die Kategorien entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse in Bezug auf Leuchtdichte und -dauer. Die Wertebereiche sind im Diagramm 3.6.1 auch als farbige Flächen dargestellt:

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

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der LAI Lichtleitlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als 10° zu vernachlässigen, da in solchen Konstellationen die Sonne selbst die Ursache für eine mögliche Blendwirkung darstellt. 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.

In einer weiteren Betrachtung wird der Einfallswinkel der Reflexionen analysiert, da dieser entscheidend für die Wahrnehmung von Reflexionen ist. Prinzipiell könnte immer eine Blendwirkung auftreten wenn direkt in die Sonne geblickt wird aber durch natürliche Reflexe wie Augen schließen, Änderung der Blickrichtung usw. wird eine Beeinträchtigung durch starke Lichtquellen vermieden. Dies gilt gleichermaßen auch für Reflexionen auf PV-Modulen bzw. eher weniger, da es sich um eher diffuse Reflexionen handelt und nicht um direktes Sonnenlicht. In folgenden Abschnitt werden die rechnerisch ermittelten Ergebnisse an den jeweiligen Immissionsorten kommentiert.

Die folgende Tabelle zeigt Details zu den einzelnen Messpunkten.

**Tabelle 2: Details zu den einzelnen Messpunkten (Immissionsorten):**

| Messpunkt<br>Bezeichnung   | Breitengrad<br>[°N]       | Längengrad<br>[°O] | Geländehöhe <sup>15</sup><br>ü. N.N. [m] | Messpunkt<br>ü. N.N. [m] | Reflexionen                   |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| P1 A7 südöstlich           | 54.483526                 | 9.532906           | 28,88                                    | 30,88                    | nicht relevant <sup>WS</sup>  |
| P2 A7 östlich              | <a href="#">54.485639</a> | 9.530407           | 32,88                                    | 34,88                    | nicht relevant <sup>W</sup>   |
| P3 A7 nordöstlich          | 54.487765                 | 9.528043           | 35,71                                    | 37,71                    | nicht relevant <sup>W</sup>   |
| P4 K39 südöstlich          | 54.482274                 | 9.532747           | 31,21                                    | 33,21                    | nicht relevant <sup>WSE</sup> |
| P5 Straße Grünhof nördlich | 54.488298                 | 9.526478           | 42,71                                    | 44,71                    | -                             |
| P6 Gebäude nordwestlich    | 54.487271                 | 9.518761           | 41,38                                    | 43,38                    | -                             |

<sup>W</sup> = Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen, <sup>E</sup> = Entfernung <sup>S</sup> = Sichtschutz/Geländestruktur, <sup>D</sup> = geringe Dauer

<sup>15</sup> GPS Längengrad, Breitengrad und Höhenangaben gemäß Google Earth Datenbasis (WGS84 / World Geodetic System 1984)

#### 4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, A7 südöstlich

Generell umfasst der für Fahrzeugführer relevante Sichtwinkel/Sektor einen Bereich von  $\pm 20^\circ$  bzw.  $\pm 30^\circ$  relativ zur Fahrtrichtung und 100 m Sichtweite. Reflexionen, die außerhalb dieses Bereiches/Sektors auftreten sind als nicht relevant anzusehen da kein Gefährdungspotenzial vorhanden ist. Lt. Simulation können am Messpunkt P1 auf der A7 rein rechnerisch zwischen dem 17. April - 24. August, zwischen 19:22 - 20:11 Uhr, für 5 bis max. 20 Minuten aus westlicher Richtung auftreten. Die ermittelten Reflexionen liegen bei der Fahrt Richtung Nordwesten allerdings vollständig außerhalb des relevanten Sektors und sind daher im Hinblick auf eine Blendwirkung nicht relevant. Dies gilt umso mehr für die Fahrt Richtung Südosten. Aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz können zu keiner Zeit Reflexionen den Rückspiegel<sup>16</sup> erreichen.

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

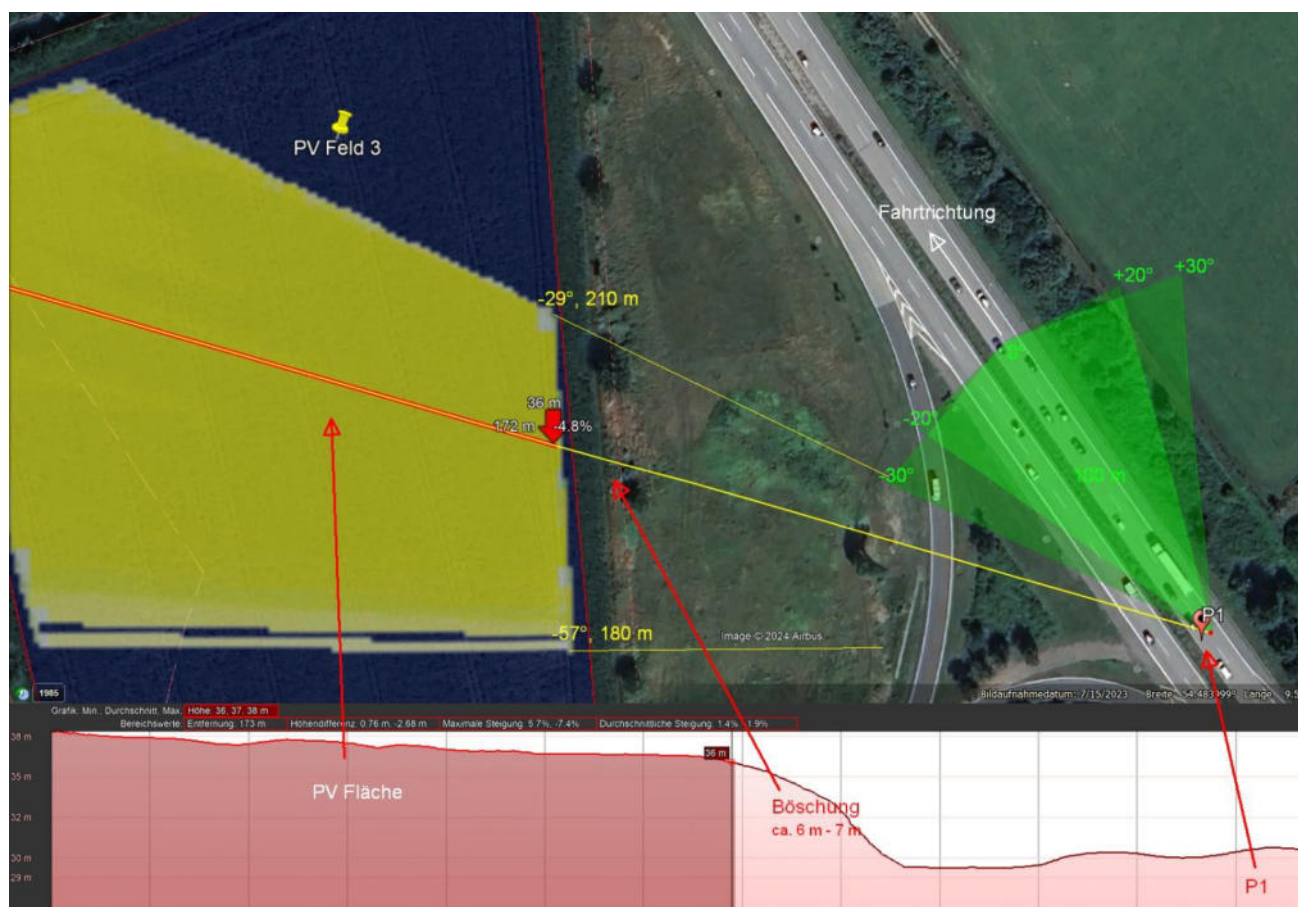


Bild 4.1.1: Simulation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der Grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel/Sektor. Im Gelb markierten Bereich, jenseits der Gegenfahrbahn und in großer Entfernung können rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Dieser Bereich liegt allerdings deutlich außerhalb relevanten Sichtwinkels und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant.

Darüber hinaus ist die PV-Anlage aufgrund der Böschung, mit einem Höhenunterschied von ca. 6 m – 7 m zwischen Fahrbahn und der PV-Fläche, nicht einsehbar.

<sup>16</sup> Es gibt keine konkreten Vorgaben für den Sichtwinkel von Seiten- und Rückspiegeln, lediglich unkonkrete Formulierungen, dass diese eine "ausreichende Sicht" oder ein "angemessenes Sichtfeld" ermöglichen sollen. Daher wird der Sichtwinkel hier mit  $\pm 5^\circ$  zur Fahrtrichtung definiert. Überwiegend ist der Sichtwinkel durch die Größe der Heckscheibe bzw. die C-Säule begrenzt.

Das folgende Panoramafoto zeigt die Situation am Messpunkt P1 aus Sicht des Fahrzeugführers aus erhöhter Position<sup>17</sup> (ca. 2,5 m – 3 m) bei der Fahrt Richtung Nordwesten. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Das Foto verdeutlicht, dass die Fläche der PV-Anlage aufgrund der Böschung auch aus erhöhter Position nicht einsehbar ist aber potenzielle Reflexionen wären ohnehin außerhalb des relevanten Sektors (in großer Entfernung) und sind daher nicht relevant.



Bild 4.1.2: Foto am Messpunkt P1, Fahrt Richtung Nordwesten (Quelle: Google StreetView, August 2023, Ausschnitt)

#### Hinweis:

Bei geneigten PV-Installationen erfahren höher gelegene Immissionsorte rein rechnerisch eine höhere Anzahl von Minuten mit Reflexionen pro Jahr – unabhängig vom Einfallswinkel und von der Entfernung zur Immissionsquelle. Zu Kontrollzwecken wurde bei diesem Projekt die Simulation zusätzlich zu der gemittelten Sitzhöhe von 2,0 m auch mit einer erhöhten Sitzposition (Augpunkt) von 2,5 m durchgeführt. Erwartungsgemäß zeigen sich nur geringfügige Abweichungen in den Minutenwerten und dementsprechend ist die üblicherweise verwendete, durchschnittliche Sitzhöhe von 2,0 m als plausibel und ausreichend anzusehen, insbesondere da diese für PKW nicht erreicht werden kann. (Konservativer Ansatz)

<sup>17</sup> Angaben lt. Beschreibung der Google StreetView Fotoerfassung

## 4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, Autobahn A7 östlich

Am Messpunkt P2 auf der A7 können theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 02. April - 08. September, zwischen 18:46 - 19:46 Uhr, für 5 bis max. 18 Minuten aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen mit  $-34^\circ$  bis  $-66^\circ$  links (westlich) zur Fahrtrichtung allerdings außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (auch bei einem erweiterten Einfallswinkel von  $\pm 30^\circ$  zur Fahrtrichtung). Aufgrund der Einfallswinkel sind potenzielle Reflexionen im Hinblick auf eine Blendwirkung nicht relevant.

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern oder gar eine Blendwirkung durch die PV-Anlage ausgeschlossen werden. Die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs ist gewährleistet.

Die folgende Skizze zeigt die Situation am Messpunkt P2 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

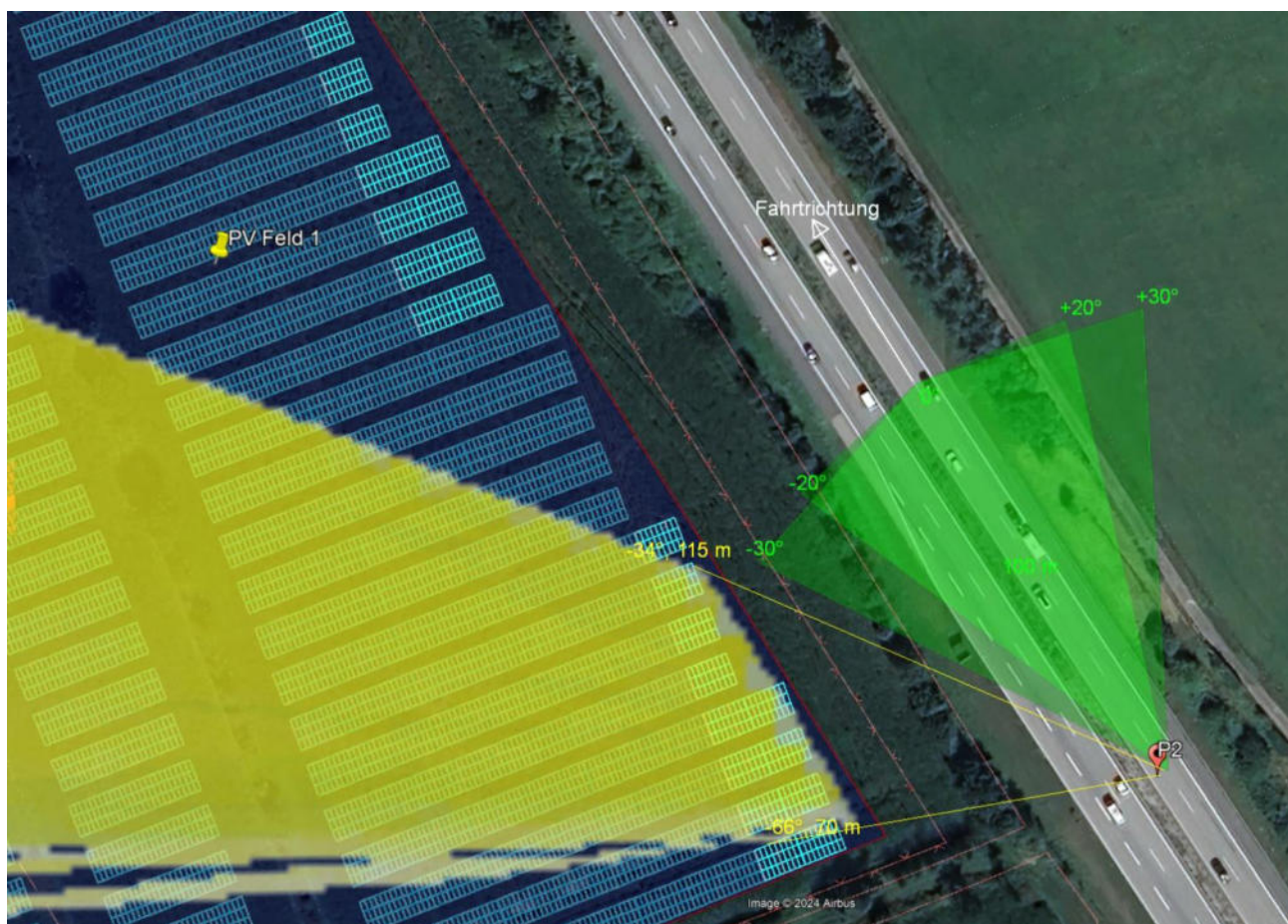


Bild 4.2.1: Simulation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der Grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel ( $\pm 20^\circ$  zur Fahrtrichtung, ca. 100 m Sichtweite). Im Gelb markierten Bereich, jenseits der Gegenfahrbahn, könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Diese liegen jedoch außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels.

Das folgende Panoramafoto zeigt die Situation am Messpunkt P2 aus Sicht des Fahrzeugführers aus erhöhter Position (ca. 2,5 m – 3 m) bei der Fahrt Richtung Nordwesten. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Auch dieses Foto verdeutlicht, dass die Fläche der PV-Anlage aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht einsehbar ist. Aber potenzielle Reflexionen wären ohnehin außerhalb des relevanten Sektors und sind daher nicht relevant. Dies gilt gleichermaßen auch für die weitere Fahrt auf der A7.

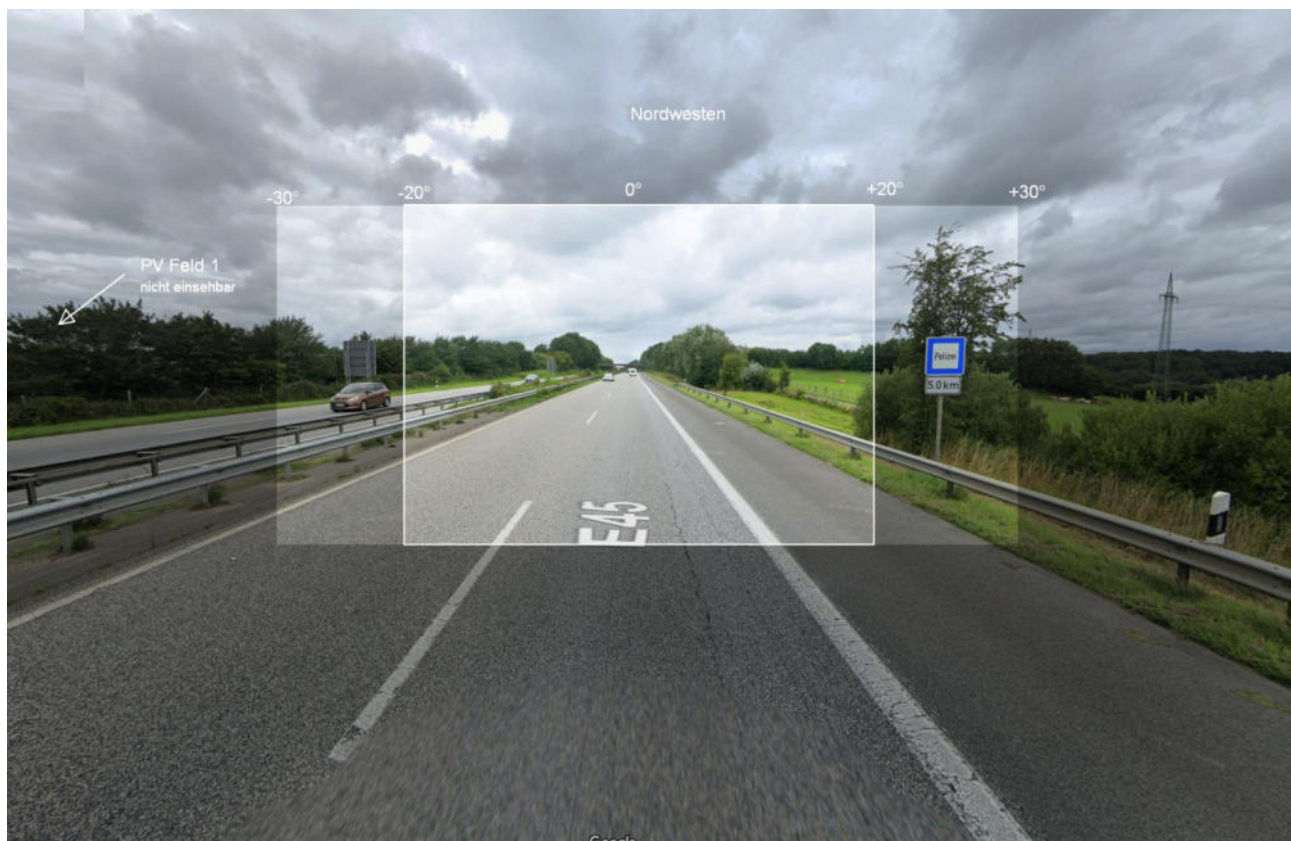


Bild 4.2.2: Foto am Messpunkt P2, Fahrt Richtung Nordwesten (Quelle: Google StreetView, August 2023, Ausschnitt)

### 4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, Autobahn A7 nordöstlich

Da die Fahrbahn der A7 am Messpunkt P3 im gleichen Winkel (Azimut) verläuft wie auch am Messpunkt P2, zeigt die Simulation kaum abweichende Ergebnisse. Potenzielle Reflexionen können rein rechnerisch zwischen dem 02. April - 08. September zwischen 18:47 - 19:47 Uhr, für 5 bis max. 20 Minuten aus westlicher Richtung auftreten. Auch am Messpunkt P3 liegen die Einfallswinkel (ca.  $-36^\circ$  bis  $-66^\circ$ ) außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potenzielle Reflexionen im Hinblick auf eine Blendwirkung nicht relevant.

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern oder gar eine Blendwirkung durch die PV-Anlage ausgeschlossen werden.

Darüber hinaus ist auch in diesem Abschnitt im Randbereich eine Böschung vorhanden mit ca. 6 m Höhenunterschied, sodass die Fläche der PV-Anlage auch in diesem Abschnitt von der A7 aus nicht einsehbar ist.

#### 4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, K39 östlich

Messpunkt P4 auf der K39 im Bereich der Auffahrt auf die A7 Richtung Süden wurde zu Kontrollzwecken untersucht, da in diesem Bereich erhöhte Sicherheit erforderlich ist. Rein rechnerisch können am Messpunkt P4 zwischen dem 17. April - 24. August, zwischen 19:22 - 20:09 Uhr, für 5 bis max. 19 Minuten Reflexionen aus westlicher Richtung durch das PV-Feld 3 auftreten. Aufgrund der großen Entfernung, aufgrund der großen Einfallswinkel aber insbesondere aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sind potenzielle Reflexionen nicht relevant bzw. nicht wahrnehmbar.

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern oder gar eine Blendwirkung durch die PV-Anlage ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze zeigt die Situation am Messpunkt P4 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

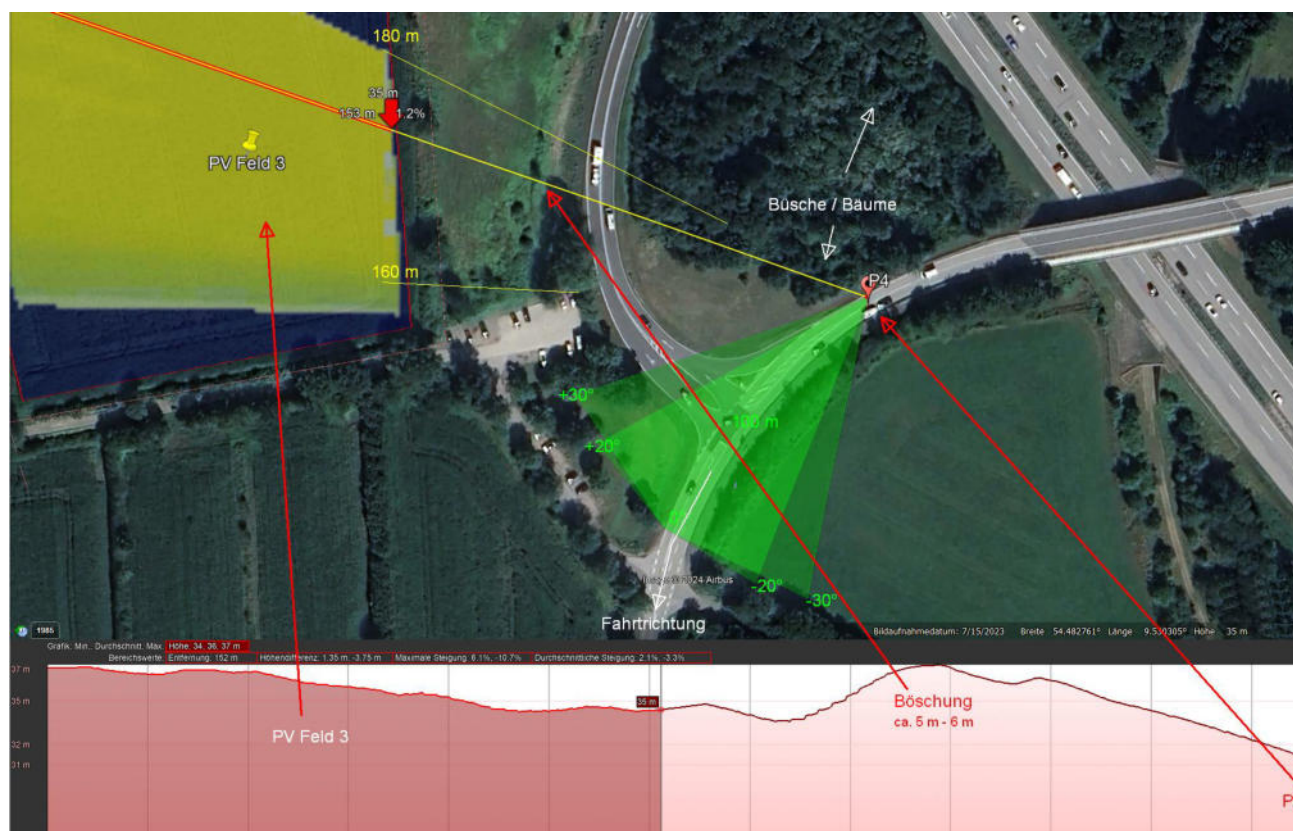


Bild 4.4.1: Simulation am Messpunkt P4 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Aufgrund der ausgeprägten Vegetation wird auch in absehbarer Zukunft kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden sein. Dieser natürliche Sichtschutz soll nicht berücksichtigt werden aber dennoch können solche örtlichen Gegebenheiten nicht ignoriert werden. Aber und selbst wenn der Bereich komplett gerodet werden sollte, sind potenzielle Reflexionen aufgrund der Einfallswinkel nicht relevant.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P4 mit Blick Richtung Westen.



Bild 4.4.2: Foto am Messpunkt P4, Fahrt Richtung Westen (Quelle: Google StreetView, August 2023, Ausschnitt)

#### 4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, Grünhof nördlich

Messpunkt P5 auf der Straße Grünhof nördlich von PV-Feld 1 wurde zu Kontrollzwecken untersucht, da aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz kaum mit Reflexionen durch die PV-Anlage zu rechnen ist. Erwartungsgemäß zeigt die Simulation keine Ergebnisse und dementsprechend kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV-Anlage oder gar eine gefährdende Blendwirkung ausgeschlossen werden.

#### 4.6 Ergebnisse am Messpunkt P6, Gebäude nordwestlich

Messpunkt P6 im Bereich der Gebäude nordwestlich der PV-Anlage an der Adresse Rosenstraße 13A wurde zu Kontrollzwecken untersucht, da auch in diesem Bereich kaum mit Reflexionen durch die PV-Anlage zu rechnen ist. Auch an diesem Standort zeigt die Simulation keine Ergebnisse und dementsprechend kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV-Anlage oder bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie ausgeschlossen werden. Dies gilt gleichermaßen auch für die Nachbargebäude.

## 5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Lt. aktueller Gesetzgebung (§2 EEG) liegt die Nutzung Erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse und dient der öffentlichen Sicherheit. Der priorisierte Ausbau der erneuerbaren Energien als wesentlicher Teil des Klimaschutzgebotes soll im Rahmen einer Schutzgüterabwägung nur in Ausnahmefällen überwunden werden.

Die potenzielle Blendwirkung der hier betrachteten PV-Anlage „Dannewerk“ kann als „geringfügig“ klassifiziert<sup>18</sup> werden. Im Vergleich zur Blendwirkung durch direktes Sonnenlicht oder durch Spiegelungen auf Windschutzscheiben, Wasserflächen, Gewächshäusern o.ä. ist diese „vernachlässigbar“. Unter Berücksichtigung von weiteren Einflussfaktoren wie z.B. lokalen Wetterbedingungen (Wolken, Frühnebel, etc.) kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexion durch die PV-Anlage als nicht signifikant eingestuft werden.

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

Die Analyse von 6 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt nur eine theoretische bzw. hypothetische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Im Verlauf der A7 können rein rechnerisch in geringem Umfang Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten aber die Einfallswinkel liegen deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV-Anlage oder gar eine Blendwirkung kann ausgeschlossen werden. Die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs ist gewährleistet.

Darüber hinaus ist aufgrund der Böschung mit einem Höhenunterschied von ca. 5 m - 7 m überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden. Auch auf der K39 im Bereich der Auffahrt auf die A7 Richtung Süden sind keine relevanten Reflexionen durch die PV-Anlage nachweisbar.

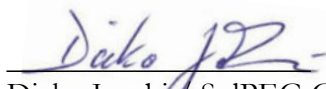
Im Bereich der nordwestlich gelegenen Gebäude sind keine Reflexionen durch die PV-Anlage nachweisbar und daher kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie ausgeschlossen werden. Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

Aus Immissionsschutzrechtlicher Sicht bestehen keine Einwände gegen das Bauvorhaben.

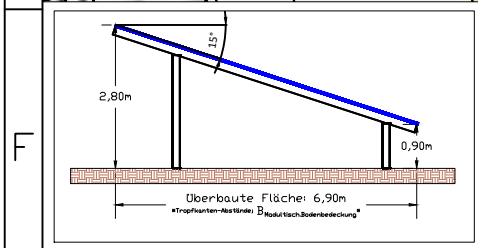
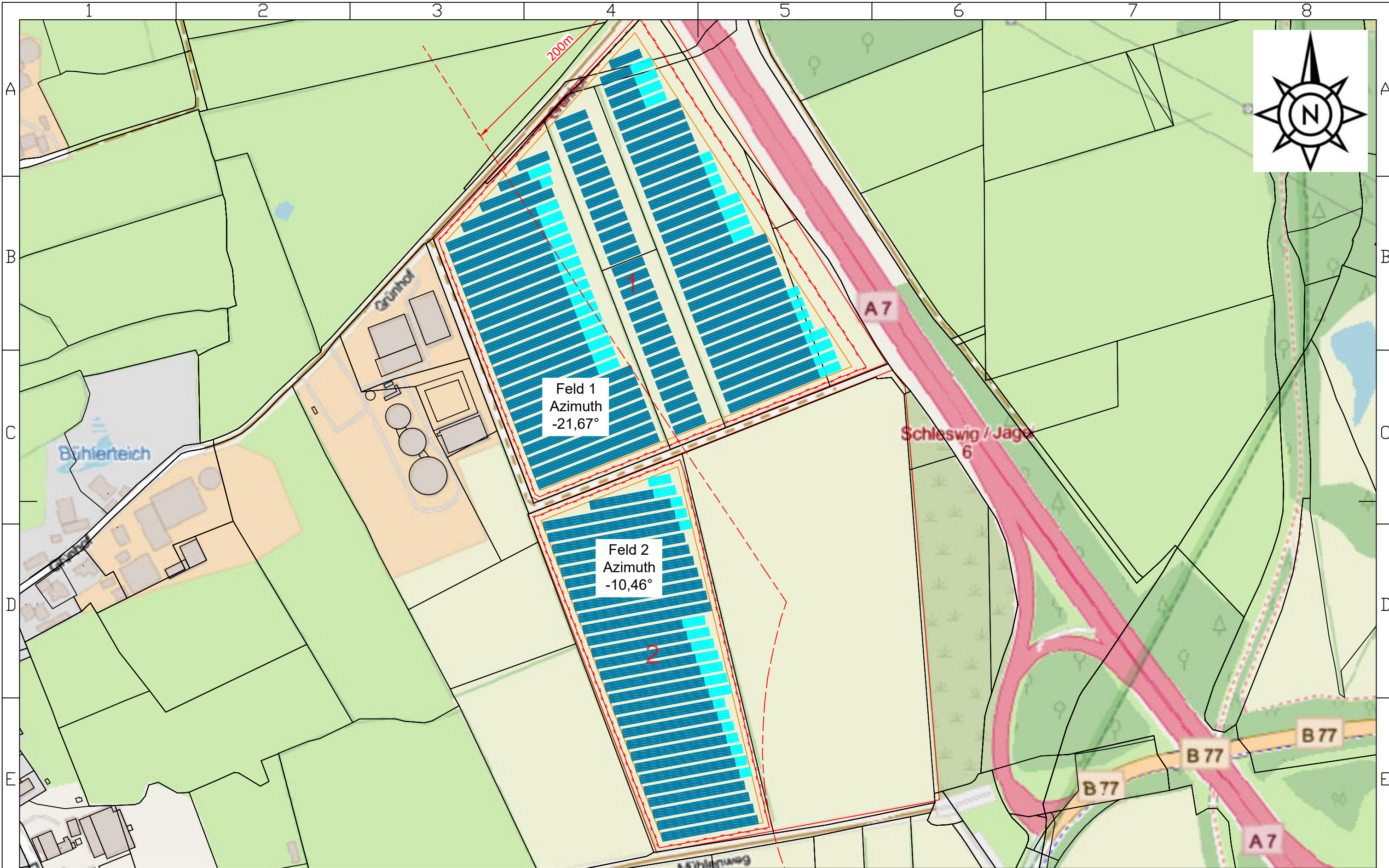
## 6 Schlussbemerkung

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 02.09.2024

  
Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

<sup>18</sup> Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



|                                                                                                                                                               |                           |                                                                            |            |          |                          |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|----------|--------------------------|--------------------|
| <div><br/><b>4NATIVE</b><br/>professional · partnership · projects</div> |                           |                                                                            | Datum      | Name     | PROJEKT<br><br>Dannewerk | Version<br><br>v01 |
|                                                                                                                                                               |                           | Bearb.                                                                     | 04.07.2024 | T. Mampe |                          |                    |
|                                                                                                                                                               |                           | Gepr.                                                                      |            |          |                          |                    |
| MAßSTAB<br><br>1:3000                                                                                                                                         | PROJEKTNUMMER<br><br>---- | PLANINHALT<br><br>Modullageplan für Blendgutachten --Ausrichtung Süd-Ost-- |            |          |                          | Blatt Nr.          |

# Hi-MO X6 Scientist

LR5-72HTH

590-600M

- Geeignet für ultragroße Kraftwerke
- Schlichtes Design verkörpert modernen Stil
- Höchste Effizienz
- Erweiterte Produktgarantie, erweiterter Service



15 Jahre  
Produktgarantie



25 Jahre lineare  
Leistungsgarantie

Komplette System-  
und Produktzertifizierungen

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO9001:2015: ISO-Qualitätsmanagementsystem

ISO14001: 2015: ISO-Umweltmanagementsystem

ISO45001: 2018: Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

IEC62941: Leitfaden zur Steigerung des Vertrauens bei der Bauarteignung und Bauartzulassung von PV-Modulen

**LONGi**



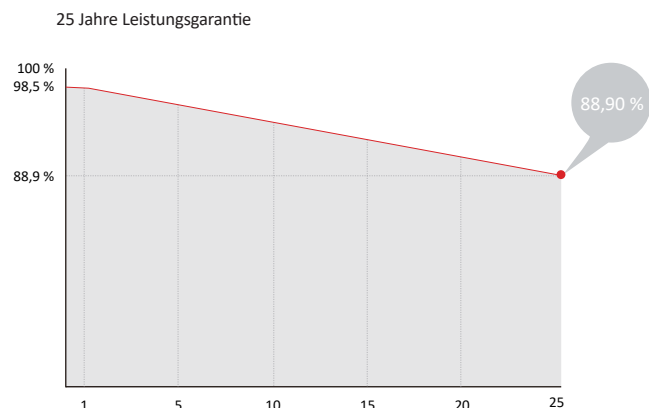
**23,2 %**  
MAX. MODULWIRKUNGSGRAD

**0-3 %**  
LEISTUNGSTOLERANZ

**<1,5 %**  
LEISTUNGSDEGRADATION  
IM ERSTEN JAHR

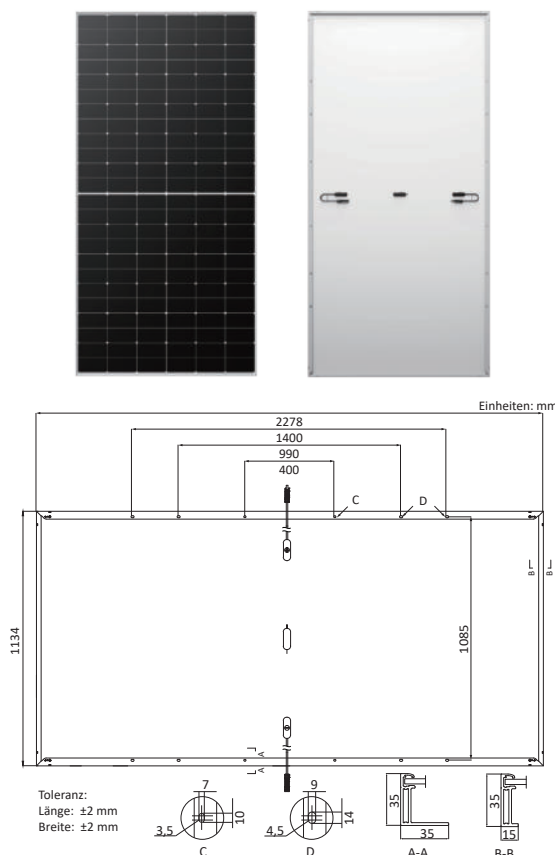
**0,40 %**  
LEISTUNGSDEGRADATION  
JAHR 2-25

## Spezifikationen



## Mechanische Spezifikationen

|                   |                                                                           |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Zellen | 144 Halbzellen (6×24)                                                     |
| Anschlussdose     | IP68, mit Bypass-Dioden                                                   |
| Ausgangskabel     | 4 mm <sup>2</sup> , +400, -200 mm/±1400 mm<br>Länge kann angepasst werden |
| Glas              | 3,2 mm thermisch vorgespanntes Glas mit AR-Beschichtung                   |
| Rahmen            | Rahmen aus eloxierter Aluminiumlegierung                                  |
| Gewicht           | 27,5 kg                                                                   |
| Abmessungen       | 2278 × 1134 × 35 mm                                                       |
| Verpackung        | 31 Stck. pro Palette / 155 Stck. pro 20'GP / 620 Stck. pro 40'HC          |



## Elektrische Spezifikationen

STC: AM 1,5 1000 W/m<sup>2</sup> 25 °C

NOCT: AM 1,5 800 W/m<sup>2</sup> 20 °C 1 m/s

Messtoleranz für P<sub>max</sub>: ±3 %

| Modultyp                                               | LR5-72HTH-590M |       | LR5-72HTH-595M |       | LR5-72HTH-600M |       |
|--------------------------------------------------------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|
| Testbedingungen                                        | STC            | NOCT  | STC            | NOCT  | STC            | NOCT  |
| Maximale Leistung (P <sub>max</sub> in W)              | 590            | 441   | 595            | 445   | 600            | 448   |
| Leerlaufspannung (V <sub>oc</sub> in V)                | 52,51          | 49,30 | 52,66          | 49,44 | 52,81          | 49,58 |
| Kurzschlussstrom (I <sub>sc</sub> in A)                | 14,33          | 11,57 | 14,40          | 11,63 | 14,46          | 11,68 |
| Spannung bei maximaler Leistung (V <sub>mp</sub> in V) | 44,36          | 40,48 | 44,51          | 40,62 | 44,66          | 40,75 |
| Strom bei maximaler Leistung (I <sub>mp</sub> in A)    | 13,31          | 10,90 | 13,37          | 10,97 | 13,44          | 11,00 |
| Moduleffizienz (%)                                     | ≥ 22,8         |       | ≥ 23,0         |       | ≥ 23,2         |       |

## Betriebsparameter

|                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Betriebstemperatur            | -40 °C - +85 °C                 |
| Leistungstoleranz             | 0 - 3 %                         |
| Toleranz Voc und Isc          | ± 3 %                           |
| Maximale Systemspannung       | DC 1500 V (IEC/UL)              |
| Rückstrombelastbarkeit        | 25 A                            |
| Zellen-Nennbetriebstemperatur | 45±2 °C                         |
| Schutzklasse                  | Klasse II                       |
| Brandschutzklasse             | UL-Typ 1 oder 2<br>IEC-Klasse C |

## Mechanische Belastung

|                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| Maximal zulässige Last (Druck) | 5400 Pa               |
| Maximal zulässige Last (Zug)   | 2400 Pa               |
| Hageltest                      | d = 25 mm, v = 23 m/s |

## Temperaturwerte (STC)

|                                            |             |
|--------------------------------------------|-------------|
| Temperaturkoeffizient von I <sub>sc</sub>  | +0,050 %/°C |
| Temperaturkoeffizient von Voc              | -0,230 %/°C |
| Temperaturkoeffizient von P <sub>max</sub> | -0,290 %/°C |

# Danneverk

## Danneverk

**Created** Sep 02, 2024  
**Updated** Sep 02, 2024  
**Time-step** 1 minute  
**Timezone offset** UTC2  
**Minimum sun altitude** 5.0 deg  
**Site ID** 128193.21905

**Project type** Advanced  
**Project status:** active  
**Category** 1 MW to 5 MW



### Misc. Analysis Settings

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

**PV Analysis Methodology:** Version 2  
**Enhanced subtended angle calculation:** On

## Summary of Results

Glare with potential for temporary after-image predicted

| PV Name   | Tilt | Orientation | "Green" Glare | "Yellow" Glare | Energy Produced |
|-----------|------|-------------|---------------|----------------|-----------------|
|           | deg  | deg         | min           | min            | kWh             |
| PV Feld 1 | 15.0 | 158.0       | 2,736         | 6,150          | -               |
| PV Feld 2 | 15.0 | 169.0       | 3,878         | 1,033          | -               |
| PV Feld 3 | 15.0 | 169.0       | 1,227         | 5,267          | -               |

PV Array(s)

**Total PV footprint area: 155,187 m<sup>2</sup>**

Name: PV Feld 1

**Footprint area:** 75,091 m<sup>2</sup>

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

**Tilt:** 15.0 deg

**Orientation:** 158.0 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      | 54.486513 | 9.524008  | 42.44            | 2.00                | 44.44           |
| 2      | 54.488177 | 9.526637  | 41.47            | 2.00                | 43.47           |
| 3      | 54.485484 | 9.529330  | 35.39            | 2.00                | 37.39           |
| 4      | 54.484537 | 9.525231  | 40.60            | 2.00                | 42.60           |

**Name:** PV Feld 2

**Footprint area: 32,896 m<sup>2</sup>**

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

**Tilt:** 15.0 deg

**Orientation:** 169.0 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      | 54.484343 | 9.525364  | 40.82            | 2.00                | 42.82           |
| 2      | 54.484760 | 9.527134  | 39.97            | 2.00                | 41.97           |
| 3      | 54.482049 | 9.528218  | 36.30            | 2.00                | 38.30           |
| 4      | 54.481849 | 9.526780  | 36.66            | 2.00                | 38.66           |

**Name:** PV Feld 3

**Footprint area:** 47.200 m<sup>2</sup>

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

Tilt: 15.0 deg

**Orientation:** 169.0 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      | 54.484804 | 9.527274  | 39.22            | 2.00                | 41.22           |
| 2      | 54.485252 | 9.529505  | 35.72            | 2.00                | 37.72           |
| 3      | 54.484766 | 9.529934  | 35.84            | 2.00                | 37.84           |
| 4      | 54.482211 | 9.530192  | 36.36            | 2.00                | 38.36           |
| 5      | 54.482074 | 9.528411  | 36.35            | 2.00                | 38.35           |

Discrete Observation Receptors

| Number | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total Elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| OP 1   | 54.483526 | 9.532906  | 28.88            | 2.00                | 30.88           |
| OP 2   | 54.485639 | 9.530407  | 32.88            | 2.00                | 34.88           |
| OP 3   | 54.487765 | 9.528043  | 35.71            | 2.00                | 37.71           |
| OP 4   | 54.482274 | 9.532747  | 31.21            | 2.00                | 33.21           |
| OP 5   | 54.488298 | 9.526478  | 42.71            | 2.00                | 44.71           |
| OP 6   | 54.487271 | 9.518761  | 41.38            | 2.00                | 43.38           |

# Summary of PV Glare Analysis

PV configuration and total predicted glare

| PV Name   | Tilt | Orientation | "Green" Glare | "Yellow" Glare | Energy Produced | Data File |
|-----------|------|-------------|---------------|----------------|-----------------|-----------|
|           | deg  | deg         | min           | min            | kWh             |           |
| PV Feld 1 | 15.0 | 158.0       | 2,736         | 6,150          | -               |           |
| PV Feld 2 | 15.0 | 169.0       | 3,878         | 1,033          | -               |           |
| PV Feld 3 | 15.0 | 169.0       | 1,227         | 5,267          | -               |           |

## Distinct glare per month

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

| PV                 | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| pv-feld-1 (green)  | 0   | 0   | 22  | 155 | 181 | 213 | 198 | 166 | 51  | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-1 (yellow) | 0   | 0   | 150 | 536 | 580 | 407 | 538 | 594 | 285 | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-2 (green)  | 0   | 0   | 2   | 306 | 394 | 319 | 368 | 375 | 70  | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-2 (yellow) | 0   | 0   | 0   | 84  | 168 | 192 | 179 | 123 | 6   | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-3 (green)  | 0   | 0   | 0   | 117 | 132 | 114 | 122 | 155 | 9   | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-3 (yellow) | 0   | 0   | 2   | 358 | 546 | 559 | 563 | 455 | 60  | 0   | 0   | 0   |

# PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

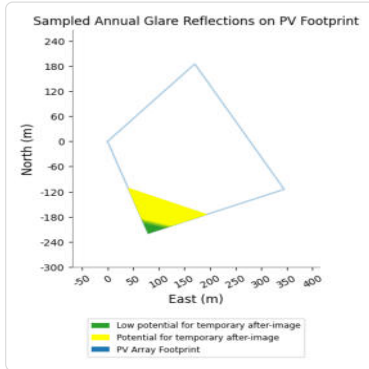
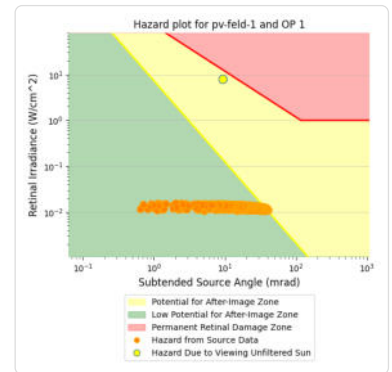
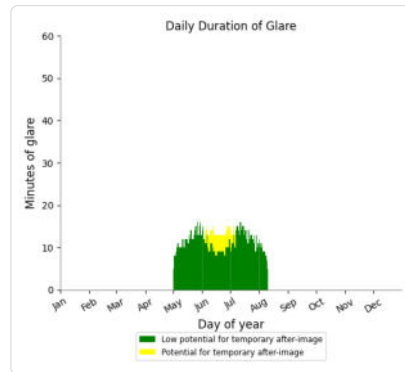
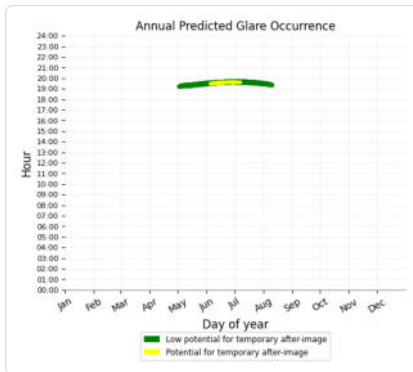
## PV Feld 1 potential temporary after-image

| Component | Green glare (min) | Yellow glare (min) |
|-----------|-------------------|--------------------|
| OP: OP 1  | 1143              | 122                |
| OP: OP 2  | 469               | 2964               |
| OP: OP 3  | 1124              | 3064               |
| OP: OP 4  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 5  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 6  | 0                 | 0                  |

## PV Feld 1: OP 1

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

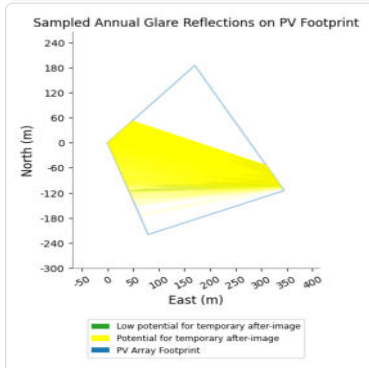
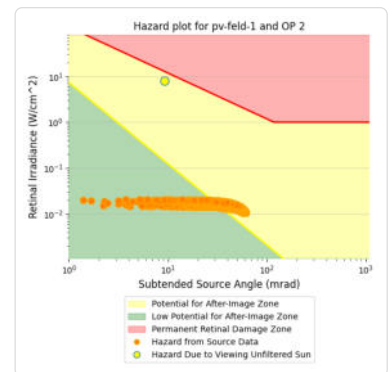
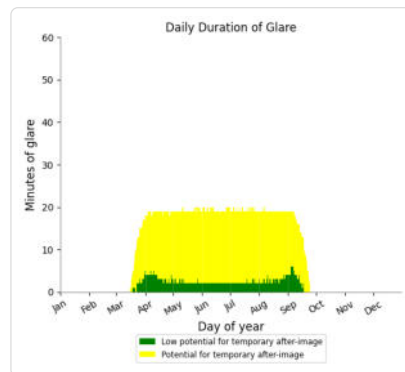
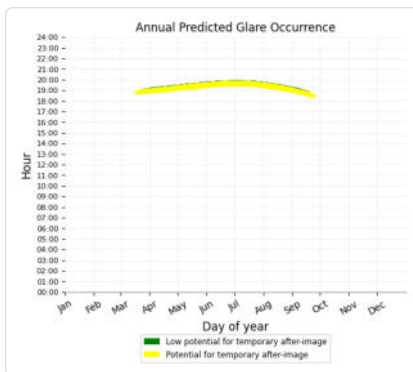
- 1,143 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 122 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 1: OP 2

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

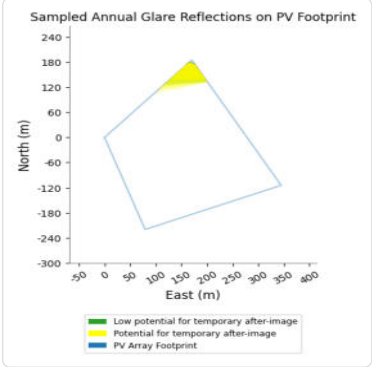
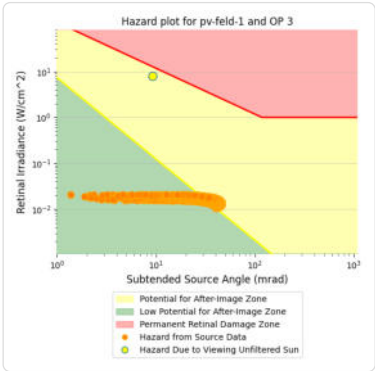
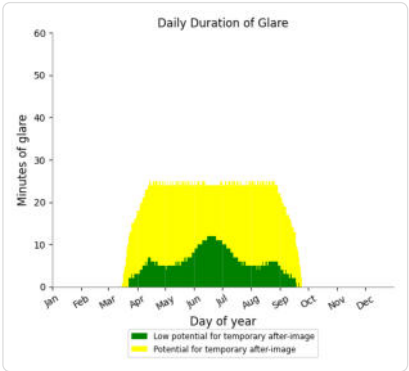
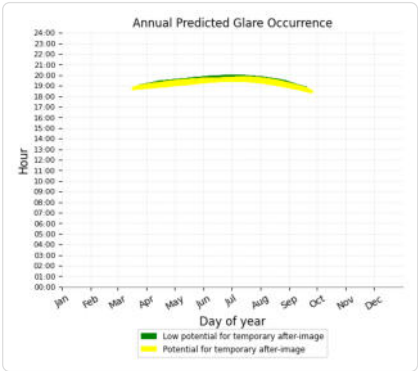
- 469 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,964 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 1: OP 3

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 1,124 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,064 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 1: OP 4

No glare found

PV Feld 1: OP 5

No glare found

PV Feld 1: OP 6

No glare found

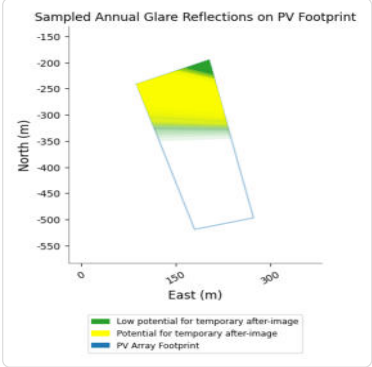
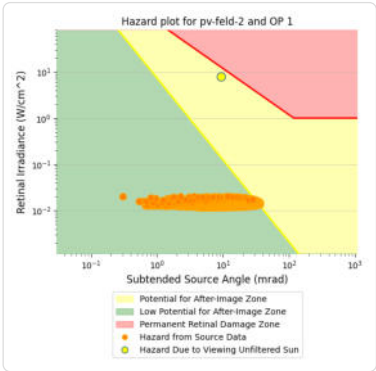
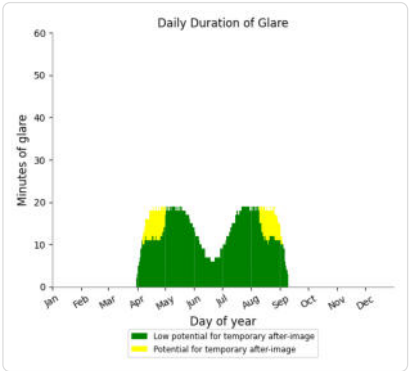
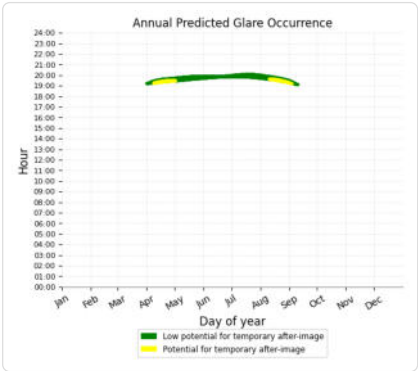
PV Feld 2 potential temporary after-image

| Component | Green glare (min) | Yellow glare (min) |
|-----------|-------------------|--------------------|
| OP: OP 1  | 2100              | 281                |
| OP: OP 2  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 3  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 4  | 1778              | 752                |
| OP: OP 5  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 6  | 0                 | 0                  |

PV Feld 2: OP 1

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 2,100 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 281 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2: OP 2

No glare found

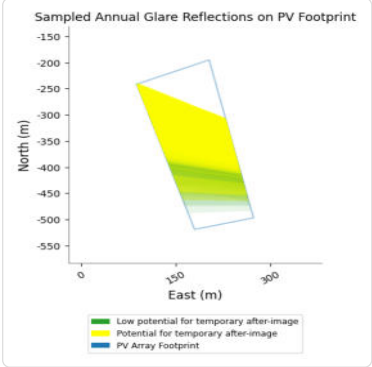
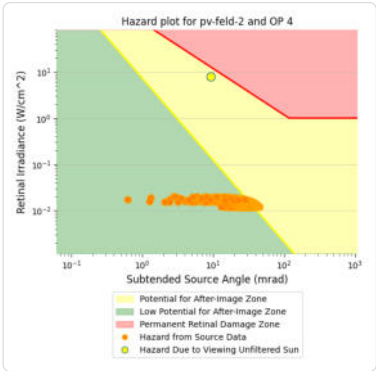
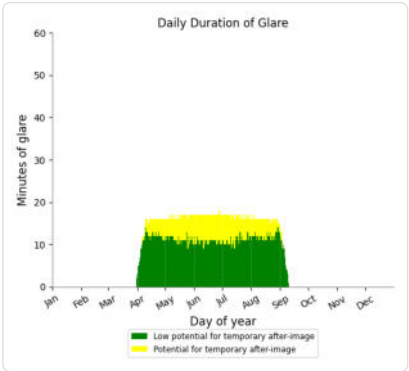
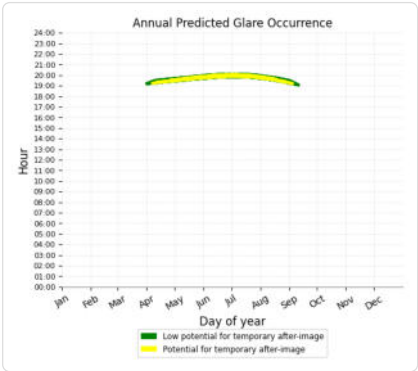
PV Feld 2: OP 3

No glare found

PV Feld 2: OP 4

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 1,778 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 752 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2: OP 5

No glare found

PV Feld 2: OP 6

No glare found

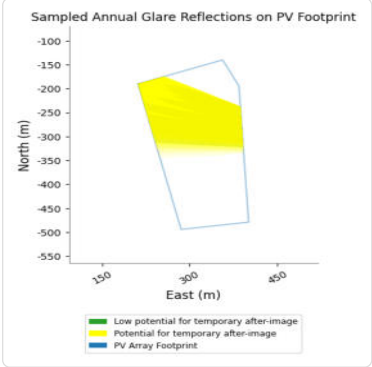
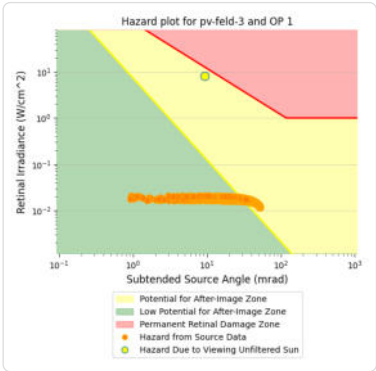
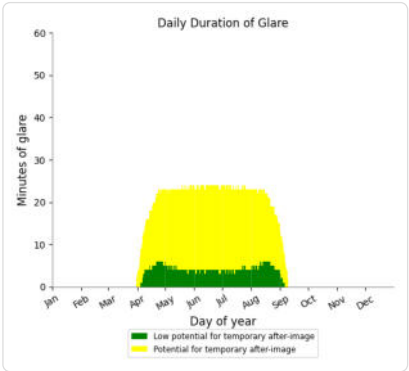
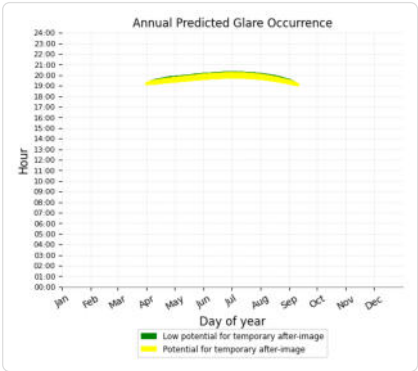
PV Feld 3 potential temporary after-image

| Component | Green glare (min) | Yellow glare (min) |
|-----------|-------------------|--------------------|
| OP: OP 1  | 649               | 2724               |
| OP: OP 2  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 3  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 4  | 578               | 2543               |
| OP: OP 5  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 6  | 0                 | 0                  |

PV Feld 3: OP 1

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 649 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,724 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 3: OP 2

No glare found

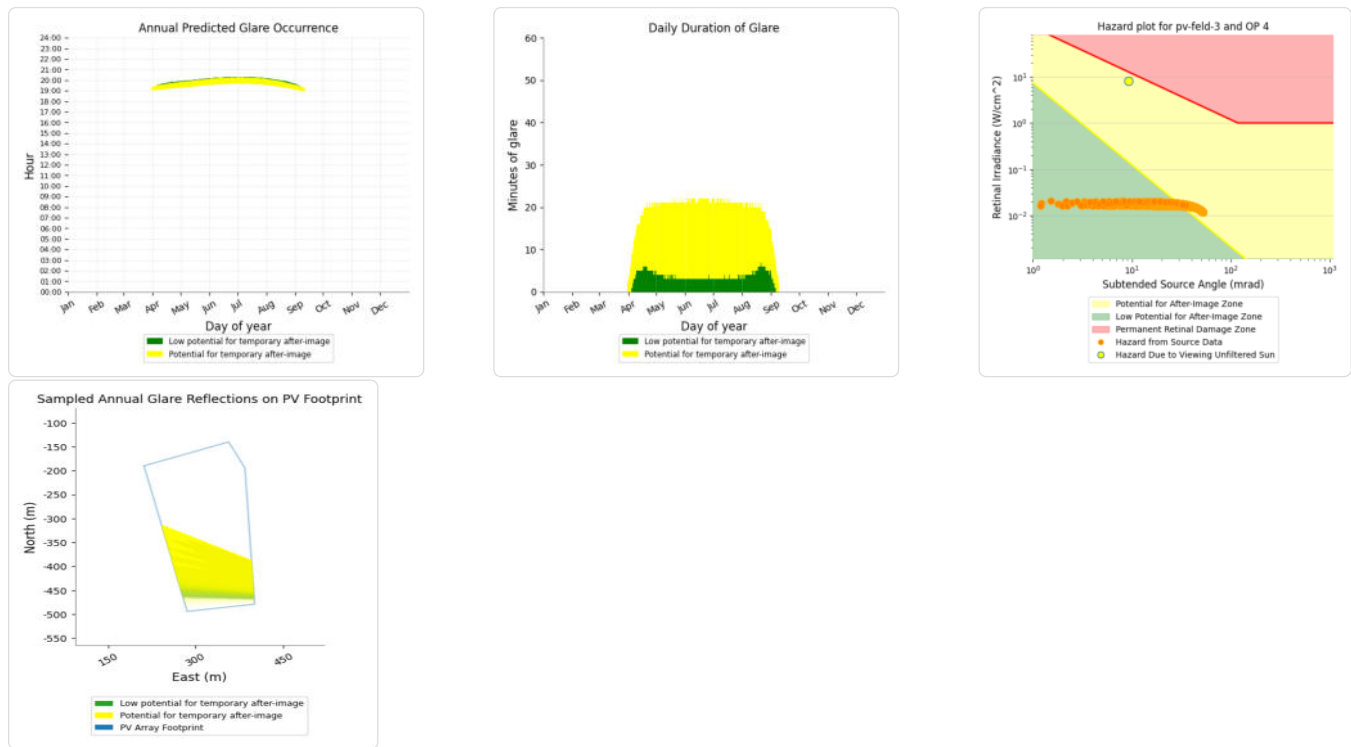
PV Feld 3: OP 3

No glare found

## PV Feld 3: OP 4

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 578 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,543 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 3: OP 5

No glare found

## PV Feld 3: OP 6

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.





|                     | Cornel<br>Irradiance | DNI<br>(W/m²) | Ocular<br>Hazard # | Reflectiv<br>y | Refinal<br>Irradiance | Subtended<br>Glare | Sol<br>Altitude | Sun<br>Azimuth | Sun<br>Position | Sun<br>Position | Sun<br>Position | Reflected<br>Sun Vector | Reflected<br>Sun Vector | Reflected<br>Sun Vector |  | Anzahl<br>Minuten | Tag      | Zeitraum<br>Start | Zeitraum<br>Ende | Minuten<br>pro Tag | Minuten im<br>Zeitraum | Erste Zeit | Letzte Zeit | Messpunkt OP 1_0 |                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|----------------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|-------------------|----------|-------------------|------------------|--------------------|------------------------|------------|-------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2024-05-01 19:11:00 | 0,005931             | 707,7388      | 1                  | 0,329592       | 0,01323               | 0,001857           | 13,5            | 277,4          | -0,964          | 0,125           | 0,233           | 0,984                   | -0,174                  | -0,037                  |  | 4                 | 4. Jun.  | 2                 | 19:28            | 19:31              | 5                      | 10         | 19:29       | 19:33            |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-01 19:13:00 | 0,006158             | 704,5849      | 1                  | 0,34259        | 0,013691              | 0,002233           | 13,2            | 277,8          | -0,965          | 0,132           | 0,228           | 0,983                   | -0,178                  | -0,044                  |  | 5                 | 5. Jun.  | 3                 | 19:29            | 19:33              | 5                      | 10         | 19:33       | 19:40            |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-01 19:14:00 | 0,006264             | 703,0027      | 1                  | 0,349272       | 0,013927              | 0,002233           | 13              | 278            | -0,965          | 0,135           | 0,226           | 0,983                   | -0,179                  | -0,048                  |  | 6                 | 6. Jun.  | 2                 | 19:32            | 19:33              | 5                      | 5          | 19:35       | 19:42            |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-01 19:16:00 | 0,006458             | 699,8278      | 1                  | 0,363014       | 0,014409              | 0,001842           | 12,8            | 278,4          | -0,965          | 0,142           | 0,221           | 0,982                   | -0,183                  | -0,055                  |  | 7                 | 7. Jun.  | 3                 | 19:30            | 19:34              | 5                      | 5          | 19:32       | 19:41            |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-01 19:18:00 | 0,006613             | 696,6391      | 1                  | 0,377274       | 0,014907              | 0,000711           | 12,5            | 278,8          | -0,965          | 0,149           | 0,216           | 0,98                    | -0,187                  | -0,063                  |  | 8                 | 8. Jun.  | 4                 | 19:30            | 19:36              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-02 19:09:00 | 0,005689             | 713,1208      | 1                  | 0,310586       | 0,012562              | 0,002974           | 14              | 277,2          | -0,963          | 0,121           | 0,242           | 0,984                   | -0,175                  | -0,027                  |  | 9                 | 9. Jun.  | 4                 | 19:30            | 19:36              |                        |            |             |                  | Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 1_0:<br>30 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)<br>30 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk<br>0 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk<br>5 Minuten pro Tag (Max) |
| 2024-05-02 19:12:00 | 0,006051             | 708,4418      | 1                  | 0,329139       | 0,013225              | 0,004086           | 13,6            | 277,8          | -0,963          | 0,131           | 0,235           | 0,983                   | -0,18                   | -0,038                  |  | 10                | 10. Jun. | 3                 | 19:31            | 19:37              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-02 19:14:00 | 0,006274             | 705,3051      | 1                  | 0,342094       | 0,013685              | 0,004298           | 13,3            | 278,2          | -0,963          | 0,138           | 0,23            | 0,982                   | -0,184                  | -0,045                  |  | 11                | 11. Jun. | 3                 | 19:35            | 19:38              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-02 19:15:00 | 0,006376             | 703,7315      | 1                  | 0,348754       | 0,01392               | 0,00421            | 13,2            | 278,4          | -0,963          | 0,142           | 0,228           | 0,981                   | -0,186                  | -0,049                  |  | 12                | 12. Jun. | 5                 | 19:29            | 19:38              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-02 19:16:00 | 0,006473             | 702,1544      | 1                  | 0,355538       | 0,014159              | 0,003987           | 13              | 278,6          | -0,963          | 0,145           | 0,225           | 0,981                   | -0,188                  | -0,053                  |  | 13                | 13. Jun. | 5                 | 19:29            | 19:38              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-02 19:17:00 | 0,006565             | 700,574       | 1                  | 0,362448       | 0,014402              | 0,003676           | 12,9            | 278,8          | -0,964          | 0,149           | 0,223           | 0,98                    | -0,19                   | -0,057                  |  | 14                | 14. Jun. | 4                 | 19:32            | 19:38              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-02 19:19:00 | 0,006714             | 697,4026      | 1                  | 0,376658       | 0,014899              | 0,002428           | 12,6            | 279,2          | -0,964          | 0,155           | 0,218           | 0,979                   | -0,194                  | -0,064                  |  | 15                | 15. Jun. | 5                 | 19:33            | 19:40              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-02 19:20:00 | 0,006766             | 695,8118      | 1                  | 0,383961       | 0,015153              | 0,001422           | 12,4            | 279,4          | -0,964          | 0,159           | 0,215           | 0,978                   | -0,195                  | -0,068                  |  | 16                | 16. Jun. | 5                 | 19:33            | 19:40              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-03 19:14:00 | 0,006278             | 707,5949      | 1                  | 0,335171       | 0,013452              | 0,00622            | 13,5            | 278,4          | -0,962          | 0,141           | 0,234           | 0,981                   | -0,189                  | -0,043                  |  | 17                | 17. Jun. | 4                 | 19:33            | 19:40              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-03 19:15:00 | 0,006136             | 705,0333      | 1                  | 0,341688       | 0,013683              | 0,001896           | 13,4            | 278,6          | -0,962          | 0,145           | 0,232           | 0,981                   | -0,191                  | -0,047                  |  | 18                | 18. Jun. | 4                 | 19:33            | 19:40              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-03 19:16:00 | 0,00641              | 704,4683      | 1                  | 0,348327       | 0,013918              | 0,004796           | 13,2            | 278,7          | -0,962          | 0,148           | 0,229           | 0,98                    | -0,192                  | -0,05                   |  | 19                | 19. Jun. | 4                 | 19:34            | 19:41              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-03 19:17:00 | 0,00658              | 702,8999      | 1                  | 0,35509        | 0,014156              | 0,005793           | 13,1            | 278,9          | -0,962          | 0,151           | 0,227           | 0,979                   | -0,194                  | -0,054                  |  | 20                | 20. Jun. | 4                 | 19:34            | 19:41              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-03 19:18:00 | 0,006669             | 701,328       | 1                  | 0,361978       | 0,014399              | 0,005411           | 13              | 279,1          | -0,962          | 0,155           | 0,224           | 0,979                   | -0,196                  | -0,058                  |  | 21                | 21. Jun. | 4                 | 19:34            | 19:41              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-03 19:20:00 | 0,006811             | 698,174       | 1                  | 0,376114       | 0,014895              | 0,004027           | 12,7            | 279,5          | -0,962          | 0,162           | 0,219           | 0,978                   | -0,2                    | -0,065                  |  | 22                | 22. Jun. | 4                 | 19:34            | 19:41              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-03 19:21:00 | 0,006853             | 696,5918      | 1                  | 0,383418       | 0,015149              | 0,002856           | 12,5            | 279,7          | -0,962          | 0,165           | 0,217           | 0,977                   | -0,202                  | -0,069                  |  | 23                | 23. Jun. | 4                 | 19:34            | 19:41              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-03 19:22:00 | 0,006861             | 695,0063      | 1                  | 0,390831       | 0,015406              | 0,001129           | 12,4            | 279,9          | -0,962          | 0,169           | 0,215           | 0,976                   | -0,204                  | -0,073                  |  | 24                | 24. Jun. | 4                 | 19:35            | 19:42              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:10:00 | 0,005808             | 716,0369      | 1                  | 0,304121       | 0,012351              | 0,007027           | 14,3            | 277,7          | -0,96           | 0,13            | 0,248           | 0,982                   | -0,186                  | -0,026                  |  | 25                | 25. Jun. | 5                 | 19:35            | 19:42              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:13:00 | 0,006168             | 711,4187      | 1                  | 0,322232       | 0,013002              | 0,007964           | 13,9            | 278,3          | -0,96           | 0,141           | 0,24            | 0,981                   | -0,191                  | -0,037                  |  | 26                | 26. Jun. | 4                 | 19:35            | 19:41              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:15:00 | 0,006391             | 708,3228      | 1                  | 0,334876       | 0,013454              | 0,008117           | 13,6            | 278,7          | -0,961          | 0,148           | 0,236           | 0,98                    | -0,195                  | -0,044                  |  | 27                | 27. Jun. | 3                 | 19:35            | 19:41              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:16:00 | 0,006496             | 705,7697      | 1                  | 0,341375       | 0,013685              | 0,008043           | 13,5            | 278,9          | -0,961          | 0,151           | 0,233           | 0,979                   | -0,197                  | -0,048                  |  | 28                | 28. Jun. | 5                 | 19:32            | 19:41              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:18:00 | 0,006687             | 703,6532      | 1                  | 0,354738       | 0,014158              | 0,007511           | 13,2            | 279,3          | -0,961          | 0,158           | 0,228           | 0,978                   | -0,201                  | -0,055                  |  | 29                | 29. Jun. | 4                 | 19:33            | 19:42              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:20:00 | 0,006841             | 700,5231      | 1                  | 0,36886        | 0,014645              | 0,006311           | 12,9            | 279,7          | -0,961          | 0,165           | 0,223           | 0,977                   | -0,205                  | -0,063                  |  | 30                | 30. Jun. | 3                 | 19:39            | 19:42              |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:21:00 | 0,0069               | 698,953       | 1                  | 0,375723       | 0,014895              | 0,005421           | 12,8            | 279,9          | -0,961          | 0,168           | 0,221           | 0,976                   | -0,206                  | -0,066                  |  | 1. Jul.           | 4        | 19:35             | 19:41            |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:22:00 | 0,006937             | 697,3795      | 1                  | 0,382979       | 0,015148              | 0,004177           | 12,6            | 280,1          | -0,961          | 0,171           | 0,219           | 0,976                   | -0,208                  | -0,07                   |  | 2. Jul.           | 4        | 19:35             | 19:41            |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-04 19:23:00 | 0,00692              | 695,8027      | 1                  | 0,390367       | 0,015406              | 0,002085           | 12,5            | 280,3          | -0,961          | 0,175           | 0,216           | 0,975                   | -0,21                   | -0,074                  |  | 3. Jul.           | 2        | 19:35             | 19:39            |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:11:00 | 0,005661             | 716,731       | 1                  | 0,303994       | 0,012358              | 0,004224           | 14,4            | 278,1          | -0,959          | 0,137           | 0,249           | 0,981                   | -0,192                  | -0,027                  |  | 4. Jul.           | 3        | 19:36             | 19:40            |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:14:00 | 0,006285             | 712,1378      | 1                  | 0,322052       | 0,013008              | 0,00991            | 14              | 278,7          | -0,959          | 0,147           | 0,242           | 0,98                    | -0,198                  | -0,038                  |  | 5. Jul.           | 2        | 19:38             | 19:39            |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:16:00 | 0,006503             | 709,0587      | 1                  | 0,334674       | 0,013459              | 0,009919           | 13,7            | 279,1          | -0,959          | 0,154           | 0,237           | 0,978                   | -0,201                  | -0,046                  |  | 6. Jul.           | 3        | 19:35             | 19:39            |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:17:00 | 0,006605             | 707,514       | 1                  | 0,341156       | 0,01369               | 0,009764           | 13,6            | 279,3          | -0,959          | 0,157           | 0,235           | 0,978                   | -0,203                  | -0,049                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:18:00 | 0,0067               | 705,9659      | 1                  | 0,347758       | 0,013925              | 0,009473           | 13,4            | 279,5          | -0,959          | 0,161           | 0,232           | 0,977                   | -0,205                  | -0,053                  |  | 4                 |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:19:00 | 0,006791             | 704,4144      | 1                  | 0,354483       | 0,014163              | 0,009108           | 13,3            | 279,7          | -0,959          | 0,164           | 0,23            | 0,977                   | -0,207                  | -0,057                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:21:00 | 0,006939             | 701,3014      | 1                  | 0,368306       | 0,01465               | 0,007802           | 13              | 280,1          | -0,959          | 0,171           | 0,225           | 0,975                   | -0,211                  | -0,064                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:22:00 | 0,00699              | 699,7398      | 1                  | 0,375409       | 0,014899              | 0,006784           | 12,9            | 280,3          | -0,959          | 0,174           | 0,223           | 0,975                   | -0,213                  | -0,068                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:23:00 | 0,007012             | 698,1749      | 1                  | 0,382643       | 0,015152              | 0,005315           | 12,7            | 280,5          | -0,959          | 0,178           | 0,22            | 0,974                   | -0,215                  | -0,071                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-05 19:24:00 | 0,006946             | 696,6067      | 1                  | 0,39001        | 0,015409              | 0,002458           | 12,6            | 280,7          | -0,959          | 0,181           | 0,218           | 0,973                   | -0,217                  | -0,075                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:11:00 | 0,005922             | 718,9495      | 1                  | 0,29816        | 0,012158              | 0,010768           | 14,7            | 278,3          | -0,957          | 0,14            | 0,253           | 0,98                    | -0,196                  | -0,025                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:14:00 | 0,006281             | 714,3913      | 1                  | 0,315861       | 0,012798              | 0,011554           | 14,2            | 278,9          | -0,958          | 0,15            | 0,246           | 0,979                   | -0,202                  | -0,036                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:16:00 | 0,006505             | 711,3355      | 1                  | 0,328216       | 0,013242              | 0,01106            | 13,9            | 279,3          | -0,958          | 0,157           | 0,241           | 0,978                   | -0,206                  | -0,043                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:18:00 | 0,006138             | 708,2662      | 1                  | 0,341032       | 0,0137                | 0,001806           | 13,7            | 279,7          | -0,958          | 0,163           | 0,236           | 0,976                   | -0,21                   | -0,051                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:19:00 | 0,006805             | 706,7265      | 1                  | 0,347619       | 0,013934              | 0,011041           | 13,5            | 279,9          | -0,958          | 0,167           | 0,234           | 0,976                   | -0,211                  | -0,054                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:20:00 | 0,006893             | 705,1835      | 1                  | 0,354327       | 0,014172              | 0,010611           | 13,4            | 280,1          | -0,958          | 0,17            | 0,231           | 0,975                   | -0,213                  | -0,058                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:21:00 | 0,006965             | 703,6371      | 1                  | 0,361158       | 0,014413              | 0,009922           | 13,2            | 280,3          | -0,958          | 0,174           | 0,229           | 0,975                   | -0,215                  | -0,062                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:22:00 | 0,007033             | 702,0874      | 1                  | 0,368115       | 0,014659              | 0,009169           | 13,1            | 280,5          | -0,958          | 0,177           | 0,226           | 0,974                   | -0,217                  | -0,065                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2024-05-06 19:23:00 | 0,007074             | 700,5343      | 1                  | 0,375199       | 0,014908              | 0,007998           | 12,9            | 280,7          | -0,958          | 0,18            | 0,224           | 0,973                   | -0,219                  | -0,069                  |  |                   |          |                   |                  |                    |                        |            |             |                  |                                                                                                                                                                                                                                            |

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 1266 Einträgen /-1143):

1.: Zeitraum ab 05:40 Uhr bis Sonnenuntergang

2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 8° (Standard: min. 10°)

3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)

### Potentielle Reflexionen

Max. Minuten pro Tag

1. Jan. 15. Jan. 29. Jan. 12. Feb. 26. Feb. 4. Mrz. 11. Mrz. 18. Mrz. 25. Mrz. 1. Apr. 8. Apr. 15. Apr. 22. Apr. 29. Apr. 6. Mai. 13. Mai. 20. Mai. 27. Mai. 3. Jun. 10. Jun. 17. Jun. 24. Jun. 1. Jul. 8. Jul. 15. Jul. 22. Jul. 29. Jul. 5. Aug. 12. Aug. 19. Aug. 26. Aug. 2. Sep. 9. Sep. 16. Sep. 23. Sep. 30. Sep. 7. Okt. 14. Okt. 21. Okt. 28. Okt. 4. Nov. 11. Nov. 18. Nov. 25. Nov. 2. Dez. 9. Dez. 16. Dez. 23. Dez. 30. Dez.

</