

# SolPEG Blendgutachten Solarpark Horst

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

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

☎ +49 40 79 69 59 36

📞 +49 40 79 69 59 38

@ info@solpeg.com

🌐 www.solpeg.com

## Inhalt

<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.....	6
<b>3</b>	<b>Ermittlung der potenziellen Blendwirkung .....</b>	<b>7</b>
3.1	Rechtliche Hinweise .....	7
3.2	Blendwirkung von PV-Modulen .....	7
3.3	Berechnung der Blendwirkung .....	9
3.4	Technische Parameter der PV-Anlage.....	10
3.5	Standorte für die Analyse .....	11
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren .....	12
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>16</b>
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P1, Bahnstrecke südöstlich.....	17
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke östlich.....	19
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P3, Bahnstrecke östlich.....	21
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P4, Bahnstrecke westlich .....	23
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P5, Bahnstrecke nordwestlich .....	25
4.6	Ergebnisse am Messpunkt P6, Gebäude südöstlich .....	26
4.7	Ergebnisse am Messpunkt P7, Gebäude südwestlich.....	27
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse.....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Schlussbemerkung .....</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Anhang (Auszug) .....</b>	<b>29 - 45</b>

## SolPEG Blendgutachten

### Analyse der Blendwirkung der geplanten PV-Anlage Horst

#### 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 700 erstellten Blendgutachten haben wir auch auf diesem Gebiet eine weitreichende Expertise. Vor diesem Hintergrund wurden wir beauftragt, die potenzielle Blendwirkung der PV-Anlage „Horst“ für die Bahnstrecke Hamburg-Kiel 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 „Horst“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für die Bahnstrecke Hamburg-Kiel (DB Strecken-Nr. 1220).

Die zur Anwendung kommenden Berechnungs- und Beurteilungsgrundsätze resultieren im Wesentlichen aus den Empfehlungen in Anhang 2 der Licht-Leitlinie in der aktuellen Fassung vom 08.10.2012. Die Berechnung der Blendwirkung erfolgt auf Basis von vorliegenden Planungsunterlagen der PV-Anlage. Eine Analyse der 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 Licht-Leitlinie werden an entsprechender Stelle wiedergegeben, eine weiterführende Beschreibung von theoretischen Hintergründen u.a. zu Berechnungsformeln kann im Rahmen dieses Dokumentes nicht erfolgen.

---

<sup>1</sup> Die 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 ca. 3 km nordöstlich von Horst in Schleswig-Holstein. Zwischen den Flächen verläuft die Bahnstrecke Hamburg-Kiel (DB Strecken-Nr. 1220). Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

**Tabelle 1: Informationen über den Standort**

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Flächen nordöstlich von Horst in Schleswig-Holstein. Die Flächen sind eben.
Koordinaten (Mitte)	<a href="#">53.833°N,9.657°O, 7 m ü.N.N.</a>
Abstand zu angrenzenden Straßen	nicht relevant
Abstand zur Bahnstrecke	ca. 20 m - 25 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 80 m

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

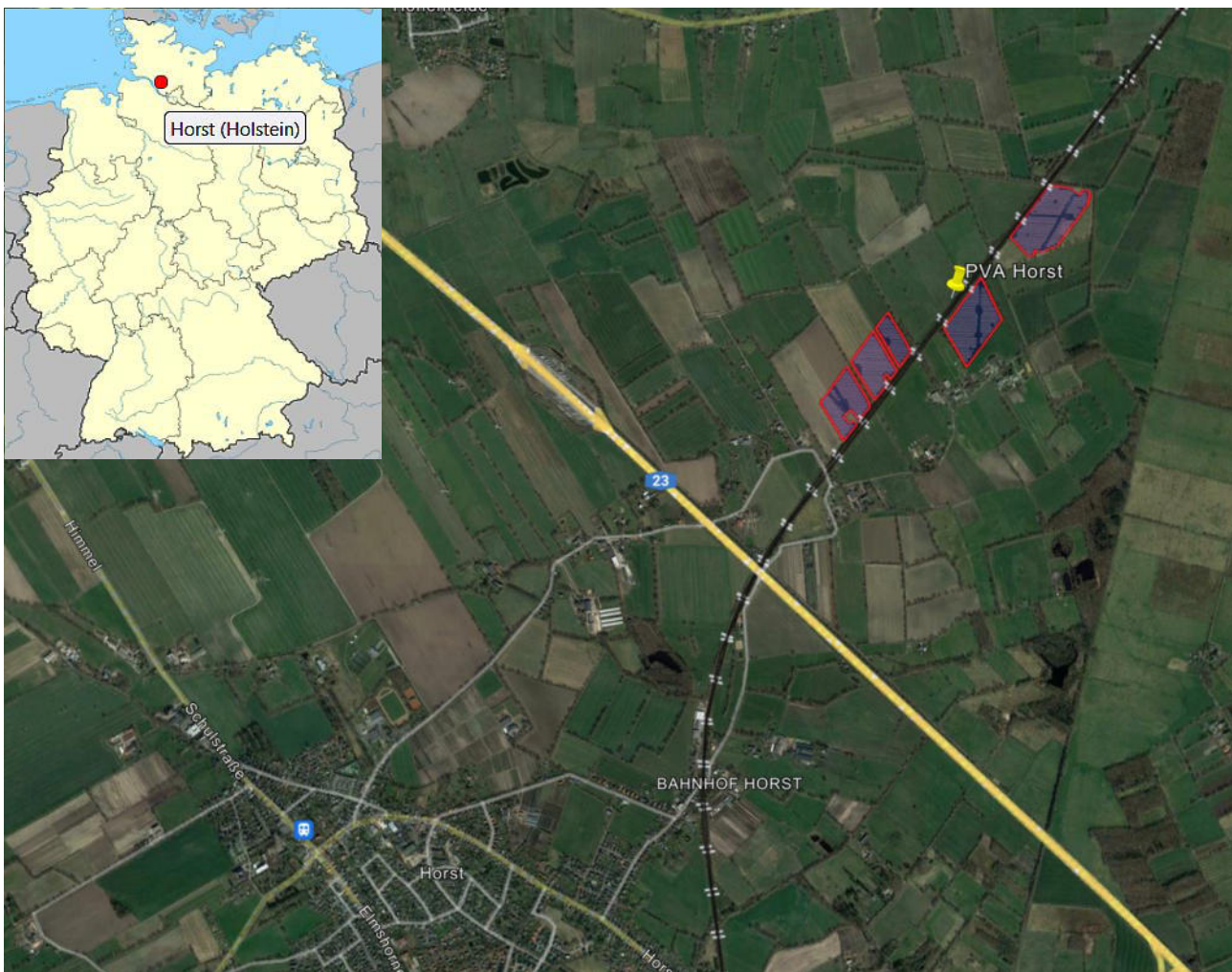


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV-Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

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

Detailansicht der PV-Anlage und Umgebung.



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

Detailansicht der PV-Anlage.



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

## 2.2 Umliegende Gebäude

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

---

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

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

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

---

Die folgende Skizze zeigt die PV-Flächen und Umgebung. Die Gebäude im Südosten können kaum in einem relevanten Ausmaß von Reflexionen durch die PV-Anlage erreicht werden, der Standort wird zu Kontrollzwecken dennoch untersucht. In der weiteren Umgebung sind keine relevanten Gebäude oder schutzwürdige Zonen vorhanden.

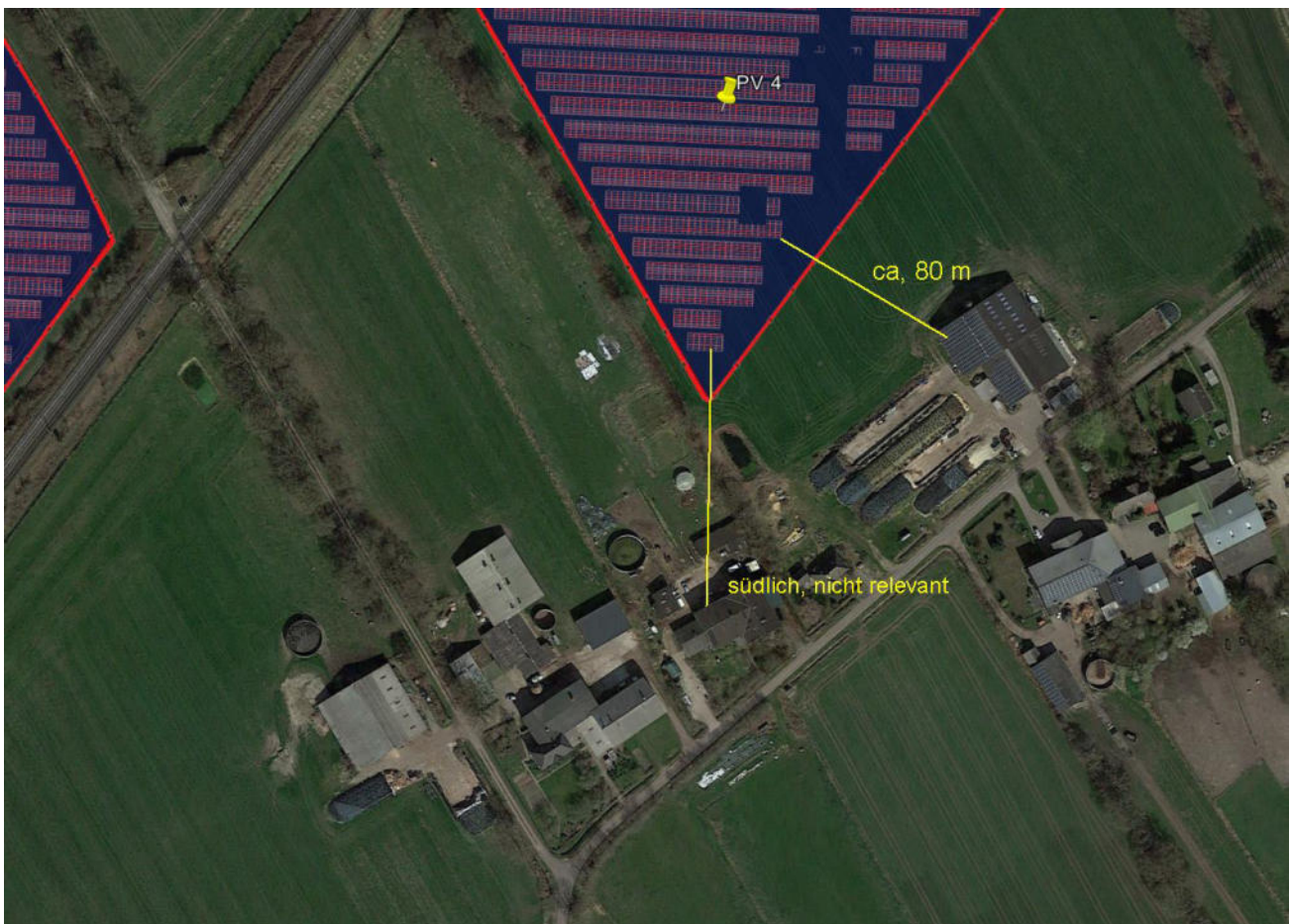


Bild 2.2.1: PV-Anlage und Umgebung (Quelle: Google Earth/SolPEG)

### 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:

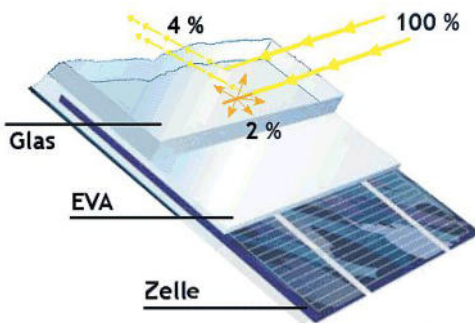


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV-Modul (Quelle: SolPEG)

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:

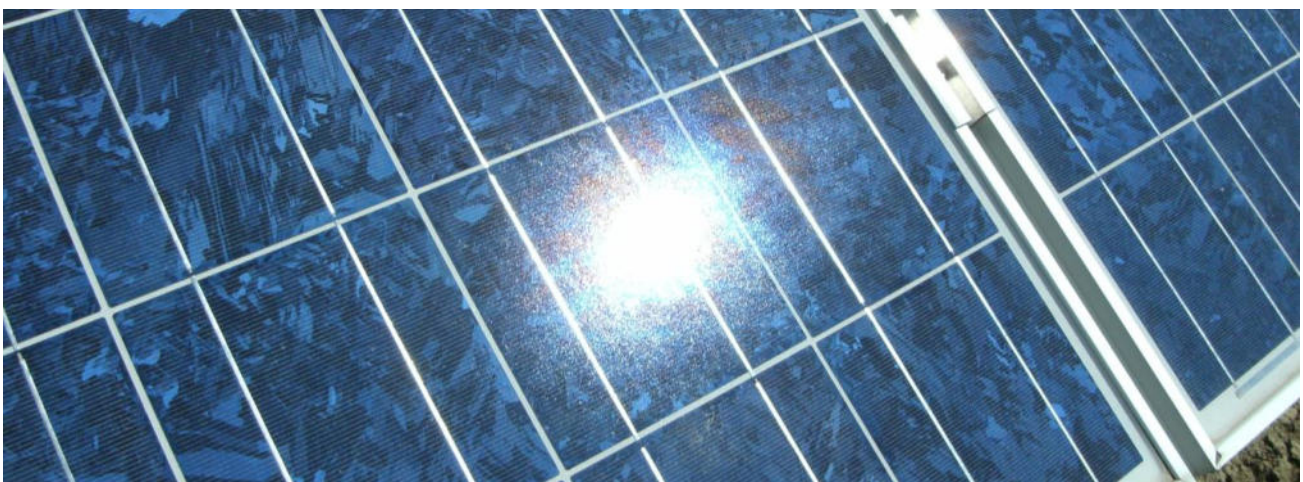


Bild 3.2.2: Diffuse Reflexion von direkten Sonnenlicht (Einstrahlung ca. 980 W/m<sup>2</sup>) auf einem PV-Modul (Quelle: SolPEG)

<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.

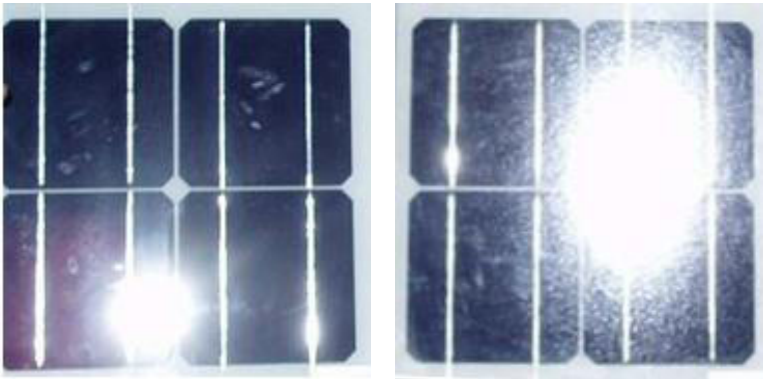


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

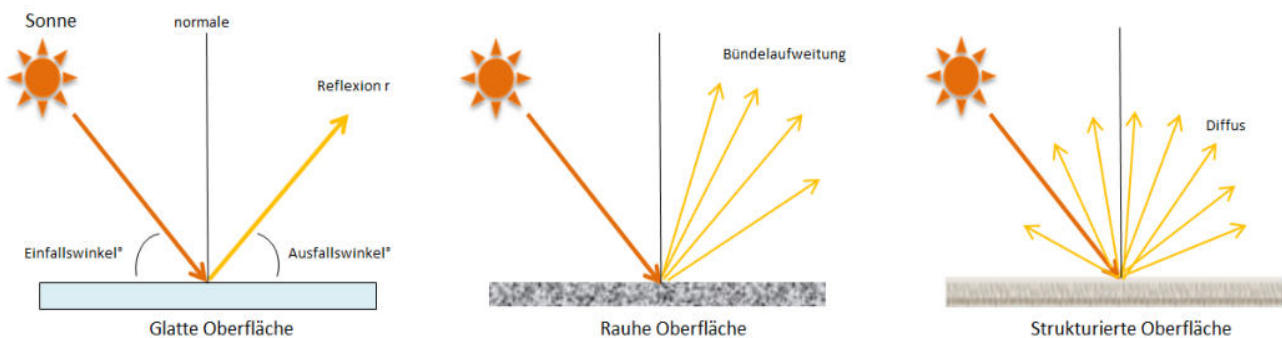


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV-Module des Herstellers LONGi Solar mit Anti-Reflexions-Eigenschaften zum Einsatz kommen. Die Simulationsparameter werden entsprechend eingestellt.

Es können aber auch Module eines anderen Herstellers (z.B. Trina Solar, Jinko, JA Solar) 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> , +400, -200mm length can be customized
Connector	LONGi LR5 or MC4 EVO2
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm <u>heat strengthened glass</u>
Frame	Anodized aluminum alloy frame

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang



### 3.3 Berechnung der Blendwirkung

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

Darüber hinaus kommen die in Anhang 2 der Licht-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen (Seite 21ff) zur Anwendung, es werden jedoch aufgrund fehlender Angaben u.a. für Fahrzeuglenker zusätzliche Quellen herangezogen, u.a. die Richtlinien der FAA<sup>4</sup> zur Beurteilung der Blendwirkung für den Flugverkehr.

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

Der grundlegende Ansatz zur Berechnung der Reflexion ist wie folgt. Wenn die Position der Sonne und die Ausrichtung des PV-Moduls (Neigung:  $\gamma_p$ , Azimut  $\alpha_p$ ) bekannt sind, kann der Winkel der Reflexion ( $\theta_p$ ) mit der folgenden Formel berechnet werden:

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

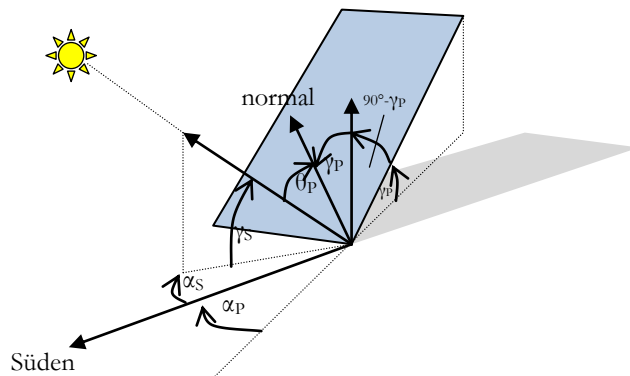


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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

Die Simulation von Reflexionen geht zu jedem Zeitpunkt von einem klaren Himmel und direkter Sonneneinstrahlung aus, daher wird im Ergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung angegeben. Dies entspricht nur selten den realen Umgebungsbedingungen und auch Informationen über möglichen Sichtschutz durch Bäume, Gebäude oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden. Auch Wettereinflüsse wie z.B. Frühnebel/Dunst oder lokale Besonderheiten der Wetterbedingungen können nicht berechnet werden. Die Entfernung zur Blendquelle fließt in die Berechnung ein, jedoch sind sich die Experten uneinig ab welcher Entfernung eine Blendwirkung durch PV-Anlagen zu vernachlässigen ist. In der Licht-Leitlinie<sup>5</sup> wird eine Entfernung von 100 m genannt.

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

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

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

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



### 3.5 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 Horst wurden insgesamt 7 Messpunkte festgelegt. 5 Messpunkte im Verlauf der Bahnstrecke sowie 2 Messpunkte im Bereich von umliegenden Gebäuden. In der weiteren Umgebung sind keine relevanten Gebäude oder schutzwürdige Zonen im Sinne der LAI Lichtleitlinie vorhanden.

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

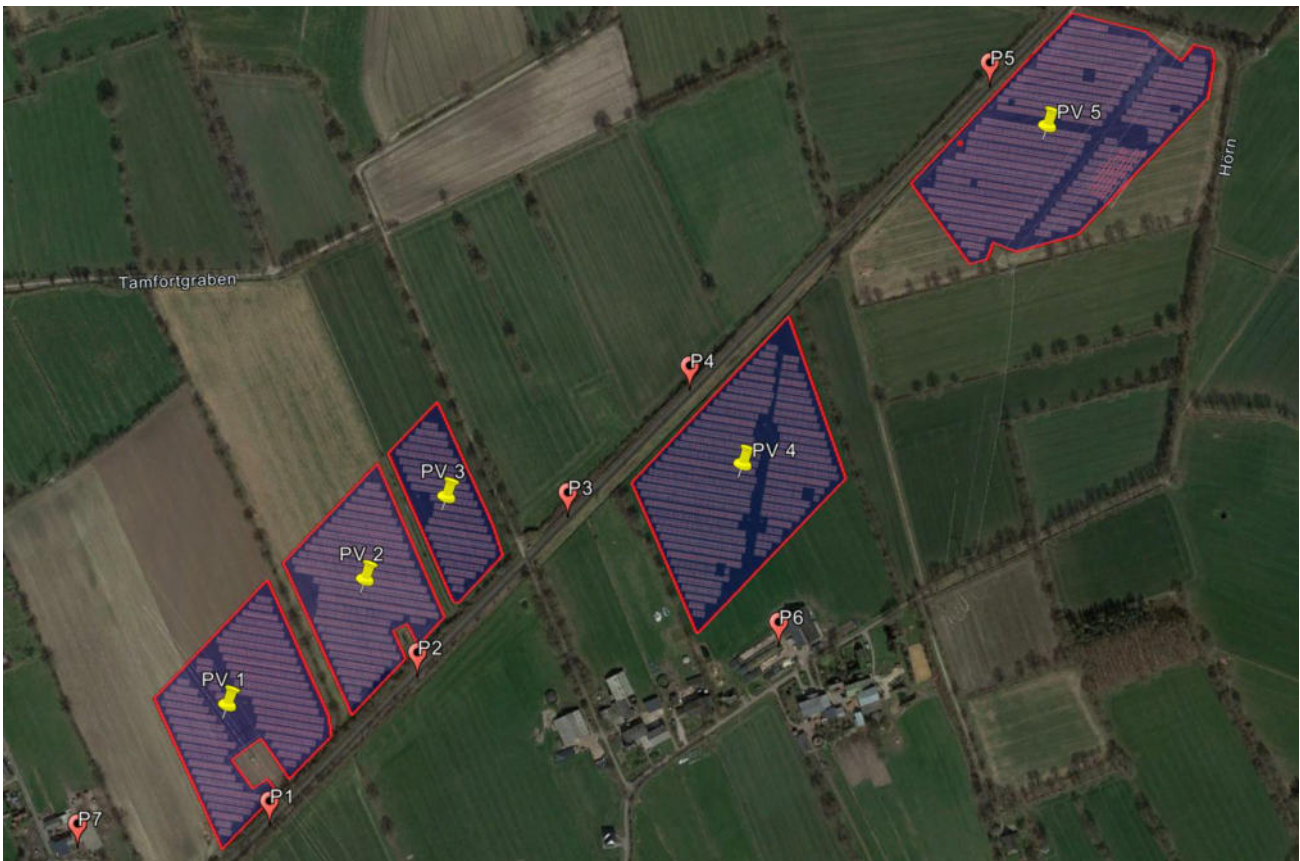


Bild 3.5.1: Übersicht über die PV-Anlage und die Messpunkte (Quelle: Google Earth/SolPEG)

## 3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

### Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

Im Zusammenhang mit der Übernahme zeitlicher Grenzwerte der Schattenwurfrichtlinie besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der 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 belästigende 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 Winkel eine Reflexion bei Tageslicht als objektiv störend empfunden wird. Dies hängt u.a. mit den Abbildungseigenschaften des Auges zusammen wonach die Dichte der Helligkeitsrezeptoren (Zapfen) außerhalb des zentralen Schärfepunktes (Fovea Centralis) abnimmt.

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

## Entfernung zur Immissionsquelle

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

Die von der SolPEG seit 2015 in über 700 Blendgutachten überwiegend verwendete Simulationssoftware ForgeSolar<sup>10</sup> basiert auf einer Entwicklung der US Sandia National Laboratories<sup>11</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.

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

<sup>11</sup> Solar Glare Hazard Analysis Tool ("SGHAT") der Sandia National Laboratories: <https://www.sandia.gov/glare-tools>

## Sonstige Einflüsse

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

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

In der Licht-Leitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY<sup>12</sup>) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2023 eine mittlere Wolkenbedeckung<sup>13</sup> von ca. 68,8 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1991-2020 liegt bei 62,5 % - 75 %.

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

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

## Kategorien von Reflexionen

Fachleute sind überwiegend der Meinung, dass die sog. Absolutblendung, die eine Störung der Sehfähigkeit bewirkt, ab einer Leuchtdichte von ca. 100.000 cd/m<sup>2</sup> beginnt. Störungen sind z.B. Nachbilder in Form von hellen Punkten nachdem in die Sonne geschaut wurde. Auch in der LAI Licht-Leitlinie ist dieser Wert angegeben (S. 21, der Wert ist bezogen auf die Tagesadaptation des Auges).

Aber nicht alle Reflexionen führen zwangsläufig zu einer Blendwirkung, da es sich neben den messbaren Effekten auch in einem hohen Maß um eine subjektiv empfundene Erscheinung/Irritation handelt (Psychologische Blendwirkung). Das Forschungsinstitut Sandia National Laboratories (USA) hat verschiedene Untersuchungen auf diesem Gebiet analysiert und eine Skala entwickelt, die die Wahrscheinlichkeit für Störungen/Nachbilder durch Lichtimmissionen in Bezug zu ihrer Intensität kategorisiert. Diese Kategorisierung entspricht dem Bezug zwischen Leuchtdichte (W/cm<sup>2</sup>) und Ausdehnung (Raumwinkel, mrad). Die folgende Skizze zeigt die Bewertungsskala in der Übersicht und auch das hier verwendete Simulationsprogramm stellt die jeweiligen Messergebnisse in ähnlicher Weise dar.

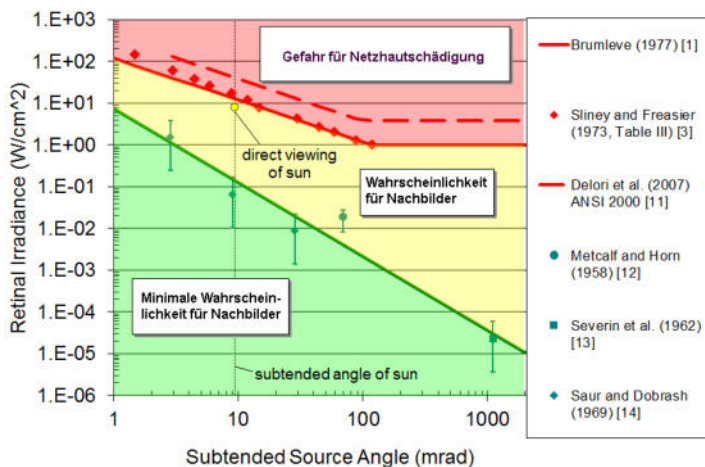


Bild 3.6.1: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

<sup>12</sup> Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

<sup>13</sup> DWD Service: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm\\_int\\_cfc.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html)

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

## Sonderfall Zugführer

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

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



Bild 3.6.2: Fensterfront gängiger Loktypen (Quelle: SolPEG)

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

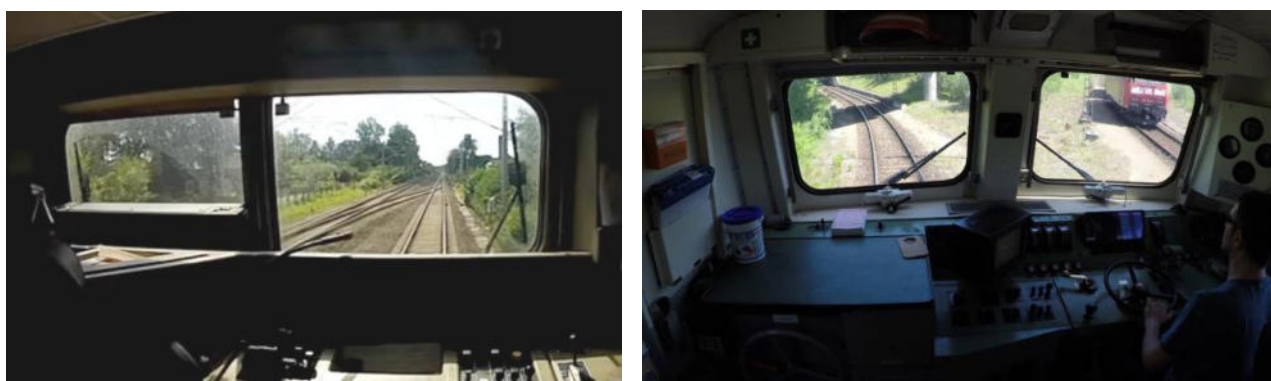


Bild 3.6.3: Blick aus dem Führerstand. Links Baureihe 143, rechts 155 (Quelle: Wikipedia, CC0 1.0 Lizenz, Ausschnitt)

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

## 4 Ergebnisse

Die Berechnung der potenziellen Blendwirkung der PV-Anlage Horst wird für 7 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 im Bereich des Zugverkehrs ist auf 2,5 m über GOK festgelegt, ansonsten 2,0 m.

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 Licht-Leitlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als 10° zu vernachlässigen, da in solchen Konstellationen die Sonne selbst die Ursache für eine mögliche Blendwirkung darstellt. Auch Reflexionen, die zwischen 22 Uhr abends und 06 Uhr morgens auftreten (sofern möglich), sind relativiert zu bewerten bzw. zu vernachlässigen. Nach Bereinigung der Rohdaten sind die Ergebnisse üblicherweise um ca. 20 - 50% geringer und es sind nur noch Werte der Kategorie „Gelb“ vorhanden. D.h. es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder.

In einer weiteren Betrachtung werden die örtlichen Gegebenheiten und die 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 und daher wird dies vermieden. Aber selbst wenn es z. B. aus Unachtsamkeit zu derartigen Konstellationen kommt, verhindern natürliche Reflexe wie Augen schließen, Änderung der Blickrichtung usw. eine Beeinträchtigung durch starke Lichtquellen. 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 1: Details zu den einzelnen Messpunkten (Immissionsorten):**

Messpunkt Bezeichnung	Breitengrad [°N]	Längengrad [°O]	Geländehöhe <sup>14</sup> ü. N.N. [m]	Messpunkt ü. N.N. [m]	Reflexionen
P1 Bahnstrecke südöstlich	53.827727	9.651535	10,93	13,43	nicht relevant <sup>W</sup>
P2 Bahnstrecke mittig	53.829502	9.653663	8,53	11,03	nicht relevant <sup>WS</sup>
P3 Bahnstrecke mittig	53.831411	9.655859	8,6	11,1	nicht relevant <sup>W</sup>
P4 Bahnstrecke nordöstlich	53.832878	9.657690	8,13	10,63	nicht relevant <sup>W</sup>
P5 Bahnstrecke nordöstlich	53.836482	9.662001	7,62	10,12	nicht relevant <sup>W</sup>
P6 Gebäude südöstlich	53.830380	9.659862	8,38	10,38	-
P7 Gebäude südwestlich	53.827177	9.648212	8,25	10,25	nicht relevant <sup>D</sup>

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

<sup>14</sup> GPS Längengrad, Breitengrad und Höhenangaben gemäß Google Earth Datenbasis (WGS84 / World Geodetic System 1984)



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

Am Messpunkt P1 auf der Bahnstrecke Hamburg-Kiel (DB Strecken-Nr. 1220) können theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 07. April - 02. September zwischen 19:00 - 19:52 Uhr für 5 bis max. 30 Minuten aus westlicher Richtung durch das PV-Feld 1 auftreten. Die Einfallswinkel liegen bei der Fahrt Richtung Südwesten allerdings mit ca.  $+55^\circ$  bis  $+80^\circ$  rechts (westlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels/Sektors (Fahrtrichtung  $\pm 20^\circ$ , 100 m Sichtweite) und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant.

Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV-Anlage oder gar eine Blendwirkung kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

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



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

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Zugführer relevanten Sichtwinkel. Im Gelb/weiß markierten Bereich westlich der Bahnstrecke können theoretisch abends Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Das folgende Foto (Winter 2023, Bäume ohne Laub) zeigt die Situation am Messpunkt P1 bei der Fahrt Richtung Südwesten aus Sicht des Zugführers. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Potenzielle Reflexionen wären ohnehin weiter rechts, deutlich außerhalb des relevanten Sichtwinkels, außerhalb des Bildes. Das Foto verdeutlicht, dass aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein direkter Sichtkontakt zur Fläche der PV-Anlage vorhanden ist.

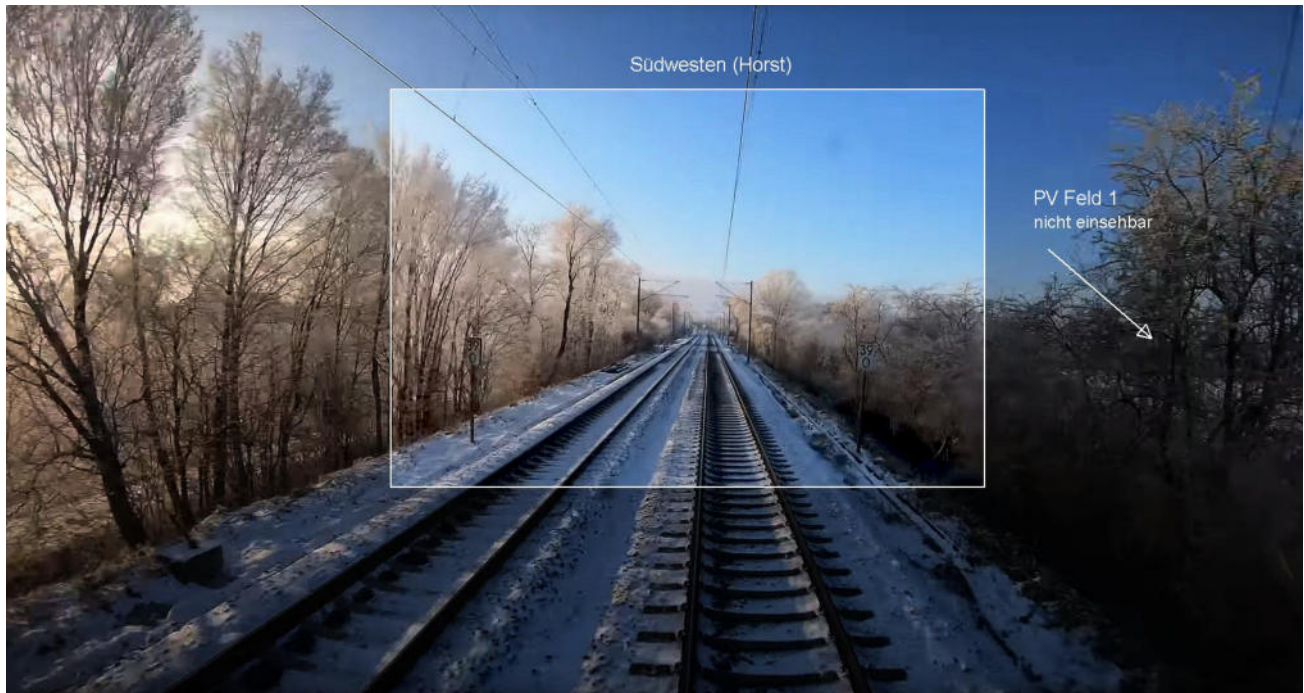


Bild 4.1.2: Foto am Messpunkt P1 Richtung Südwesten (Quelle: Youtube Video [fHOBpyYtq70](https://www.youtube.com/watch?v=fHOBpyYtq70), Min. 20:07, Ausschnitt)

Darüber hinaus ist im Randbereich der Bahnstrecke ein Bewuchs aus Büschen und Bäumen vorhanden, der als natürlicher Sichtschutz gewertet werden kann. Es handelt sich hier zwar um alten Baumbestand aber rechtlich gesehen ist es kein dauerhafter Sichtschutz. Dennoch können solche örtlichen Gegebenheiten nicht ignoriert werden und selbst wenn der Bereich komplett gerodet werden sollte, liegen potenzielle Reflexionen außerhalb des relevanten Sichtwinkels.

## 4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke östlich

Am Messpunkt P2 auf der Bahnstrecke können theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 10. April - 30. August zwischen 19:08 - 19:54 Uhr für 5 bis max. 26 Minuten aus westlicher Richtung durch das PV-Feld 2 auftreten. Die Einfallswinkel liegen bei der Fahrt Richtung Südwesten allerdings mit ca.  $+57^\circ$  bis  $+82^\circ$  rechts (westlich) zur Fahrtrichtung auch hier deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels/Sektors und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant.

Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV-Anlage oder gar eine Blendwirkung kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

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



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

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Zugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung  $\pm 20^\circ$ , 100 m Sichtweite). Im Gelb/weiß markierten Bereich westlich der Bahnstrecke können theoretisch abends Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Auch in diesem Streckenabschnitt ist entlang der Bahnstrecke ein ausgeprägter Bewuchs vorhanden. Sofern dieser nicht komplett gerodet wird, besteht ohnehin kein direkter Sichtkontakt zur PV-Anlage.

Das folgende Foto (Winter 2023, Bäume ohne Laub) zeigt die Situation am Messpunkt P2 bei der Fahrt Richtung Südwesten aus Sicht des Zugführers. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Auch dieses Foto verdeutlicht, dass aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein direkter Sichtkontakt zur Fläche der PV-Anlage vorhanden ist. Potenzielle Reflexionen wären ohnehin weiter rechts, deutlich außerhalb des relevanten Sichtwinkels, außerhalb des Bildes. Das Foto verdeutlicht auch, dass die tief stehende Sonne (hier links im Bild) überwiegend selbst Ursache für mögliche Blendwirkungen darstellt.

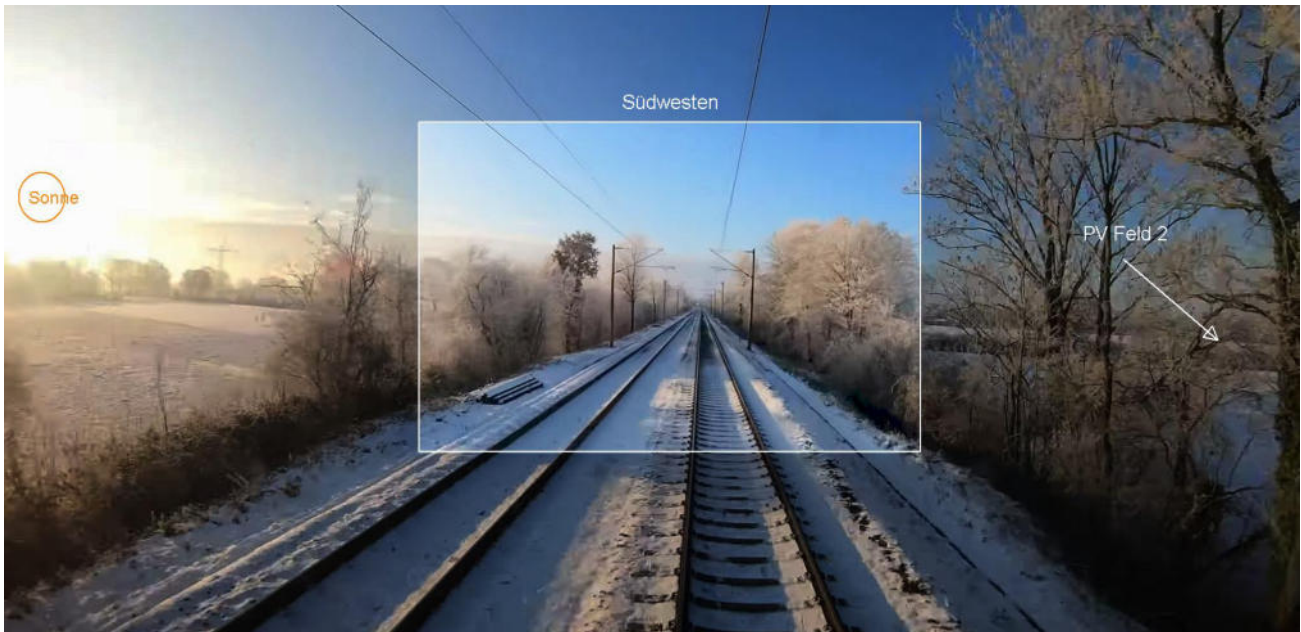


Bild 4.2.2: Foto am Messpunkt P2 Richtung Südwesten (Quelle: Youtube Video [fHOBpyYtq70](https://www.youtube.com/watch?v=fHOBpyYtq70), Min. 19:58, Ausschnitt)

Die folgende Visualisierung zeigt den Blick aus dem Führerstand am Messpunkt P2 aus Sicht des Zugführers. Das Foto verdeutlicht den eingeschränkten Sichtwinkel des Zugführers.



Bild 4.2.3: Visualisierung am Messpunkt P2, Fahrt Richtung Südwesten (Quelle: SolPEG Visualisierung)

### 4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, Bahnstrecke östlich

Im Bereich des Bahnüberganges „Im Feld“ ist erhöhte Sicherheit erforderlich und daher wurde dieser Bereich ebenfalls untersucht obwohl hier die Bahnstrecke in der gleichen Richtung (Azimut 215° Südwest) verläuft wie auch an den anderen Messpunkten. Am Messpunkt P3 können daher in ähnlicher Weise Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 16. April und dem 25. August zwischen 19:18 - 19:55 Uhr für 5 bis max. 16 Minuten aus westlicher Richtung durch das PV-Feld 3 auftreten. Die Einfallswinkel liegen erwartungsgemäß auch hier deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels/Sektors (ca. +59° bis +89° rechts zur Fahrtrichtung Südwesten) und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant.

Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV-Anlage oder gar eine Blendwirkung kann ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

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



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

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Zugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung +/- 20°, 100 m Sichtweite). Im Gelb/weiß markierten Bereich westlich der Bahnstrecke können theoretisch abends Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Auch in diesem Streckenabschnitt ist entlang der Bahnstrecke ein ausgeprägter Bewuchs vorhanden der als zusätzlicher Sichtschutz gewertet werden kann.

Das folgende Foto (Winter 2023, Bäume ohne Laub) zeigt die Situation am Messpunkt P3 bei der Fahrt Richtung Südwesten aus Sicht des Zugführers. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Auch dieses Foto verdeutlicht, dass aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein direkter Sichtkontakt zur Fläche der PV-Anlage vorhanden ist. Potenzielle Reflexionen wären ohnehin weiter rechts, deutlich außerhalb des relevanten Sichtwinkels, außerhalb des Bildes.

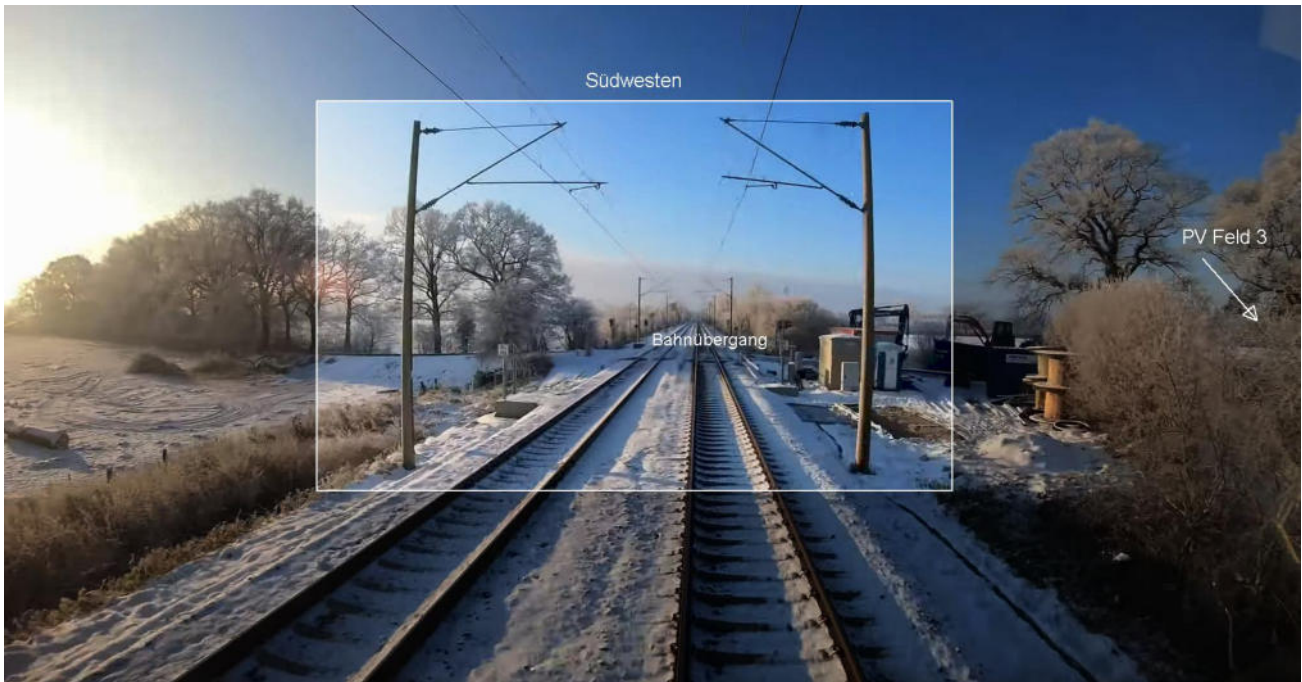


Bild 4.3.2: Foto am Messpunkt P3 Richtung Südwesten (Quelle: Youtube Video [fHOBpyYtq70](https://www.youtube.com/watch?v=fHOBpyYtq70), Min. 19:52, Ausschnitt)

Am Messpunkt P3 können bei der Fahrt Richtung Nordosten theoretisch Reflexionen durch das PV-Feld 4 auftreten. Aber auch hier liegen die Einfallswinkel außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant.

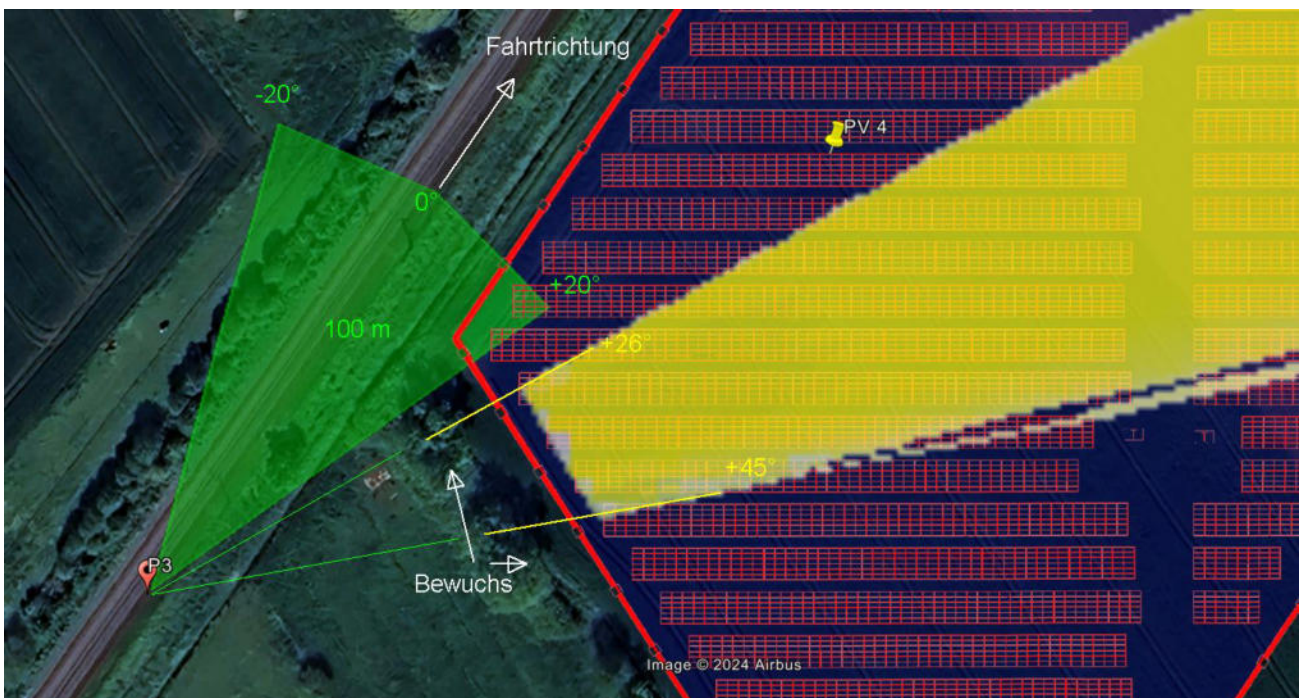


Bild 4.3.3: Simulation am Messpunkt P3, Fahrt Richtung Nordosten (Quelle: Google Earth/SolPEG)

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

Am Messpunkt P4 auf der Bahnstrecke können theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 16. April - 25. August, in den frühen Morgenstunden, zwischen 06:48 - 07:28 Uhr für 5 bis max. 19 Minuten aus östlicher Richtung durch das PV-Feld 4 auftreten. Die Einfallswinkel liegen mit ca.  $+26^\circ$  bis  $+45^\circ$  rechts (östlich) zur Fahrtrichtung außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels/Sektors und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant.

Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV-Anlage oder gar eine Blendwirkung kann ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt. Dies gilt auch für den weiteren Verlauf der Bahnstrecke.

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

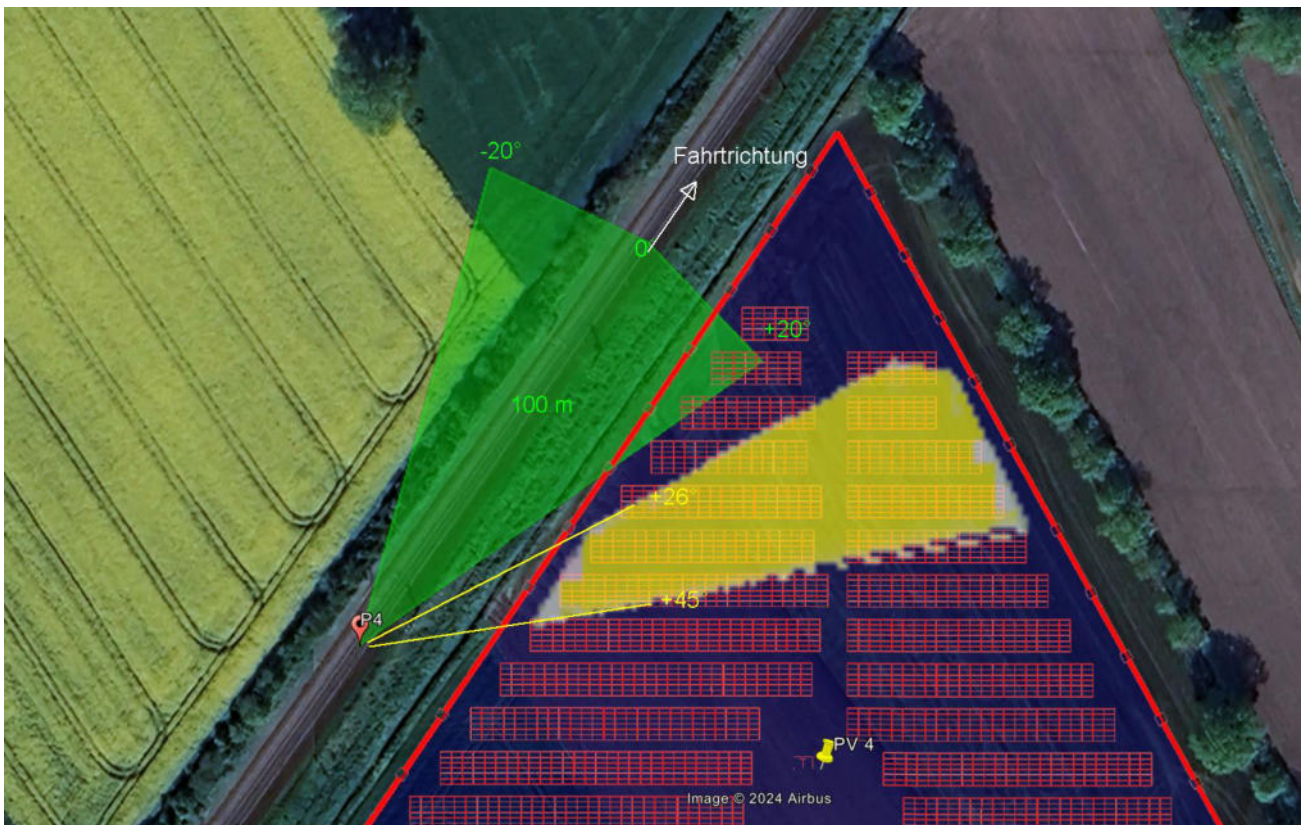


Bild 4.4.1: Simulation am Messpunkt P4 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Zugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung  $\pm 20^\circ$ , 100 m Sichtweite). Im Gelb/weiß markierten Bereich östlich der Bahnstrecke können theoretisch morgens Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P4 bei der Fahrt Richtung Nordosten aus Sicht des Zugführers. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Das Foto verdeutlicht, dass die Fläche der PV-Anlage teilweise im Randbereich sichtbar ist aber potenzielle Reflexionen wären weiter rechts, außerhalb des relevanten Sichtwinkels.

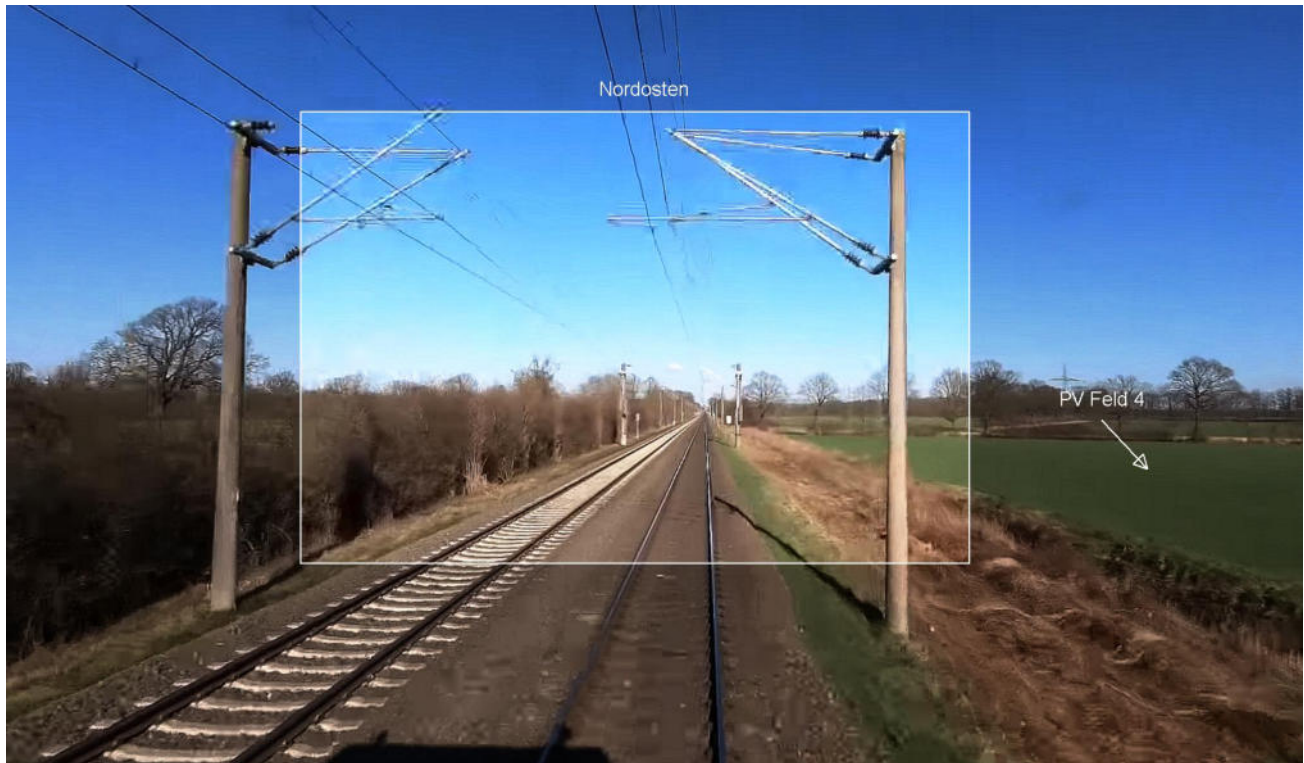


Bild 4.4.2: Foto am Messpunkt P4 Richtung Nordosten (Quelle: Youtube [Video IEuSffheMeI](#), Min. 58:35, Ausschnitt)

Zum Vergleich zeigt das folgende Foto die Situation am Messpunkt P4 zu einer anderen Jahreszeit in einem anderen Triebwagen.



Bild 4.4.3: Foto am Messpunkt P4 Richtung Nordosten (Quelle: Youtube Video [s-f-uUm5Ouo](#), Min. 29:30, Ausschnitt)



#### 4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, Bahnstrecke nordwestlich

Da am Messpunkt P5 die Bahnstrecke in der gleichen Richtung verläuft wie auch am Messpunkt P4, können erwartungsgemäß in ähnlicher Weise theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 13. April - 27. August, in den frühen Morgenstunden, zwischen 06:48 - 07:33 Uhr für 5 bis max. 22 Minuten aus östlicher durch das PV-Feld 5 auftreten. Die Einfallswinkel liegen mit ca.  $+26^\circ$  bis  $+45^\circ$  rechts (östlich) zur Fahrtrichtung auch hier außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels/Sektors und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant.

Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV-Anlage oder gar eine Blendwirkung kann ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze die Situation am Messpunkt P5 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.



Bild 4.5.1: Simulation am Messpunkt P5 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Zugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung  $\pm 20^\circ$ , 100 m Sichtweite). Im Gelb/weiß markierten Bereich östlich der Bahnstrecke können theoretisch morgens Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P5 bei der Fahrt Richtung Nordosten aus Sicht des Zugführers. Das Foto verdeutlicht, dass die Fläche der PV-Anlage teilweise im Randbereich sichtbar ist aber potenzielle Reflexionen wären weiter rechts, außerhalb des relevanten Sichtwinkels.



Bild 4.5.2: Foto am Messpunkt P5 Richtung Nordosten (Quelle: Youtube [Video IEuSffheMel](#), Min. 58:41, Ausschnitt)

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

Messpunkt P6 im Bereich der Gebäude südöstlich der PV-Anlage an der Adresse Heisterender Ch. 33 bzw. 35 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 Anwohnern durch die PV-Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie ausgeschlossen werden. Dies gilt gleichermaßen auch für die Nachbargebäude.

## 4.7 Ergebnisse am Messpunkt P7, Gebäude südwestlich

Messpunkt P7 im Bereich der Gebäude südwestlich der PV-Anlage, an der Adresse Tamfort 2, wurde zu Kontrollzwecken untersucht, da aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz kaum mit Reflexionen durch die PV-Anlage zu rechnen ist. Das Ergebnis zeigt an insgesamt 971 Minuten pro Jahr Reflexionen durch das PV-Feld 1.

Das folgende Diagramm verdeutlicht die Verteilung der ermittelten Minuten pro Tag im Jahresverlauf.

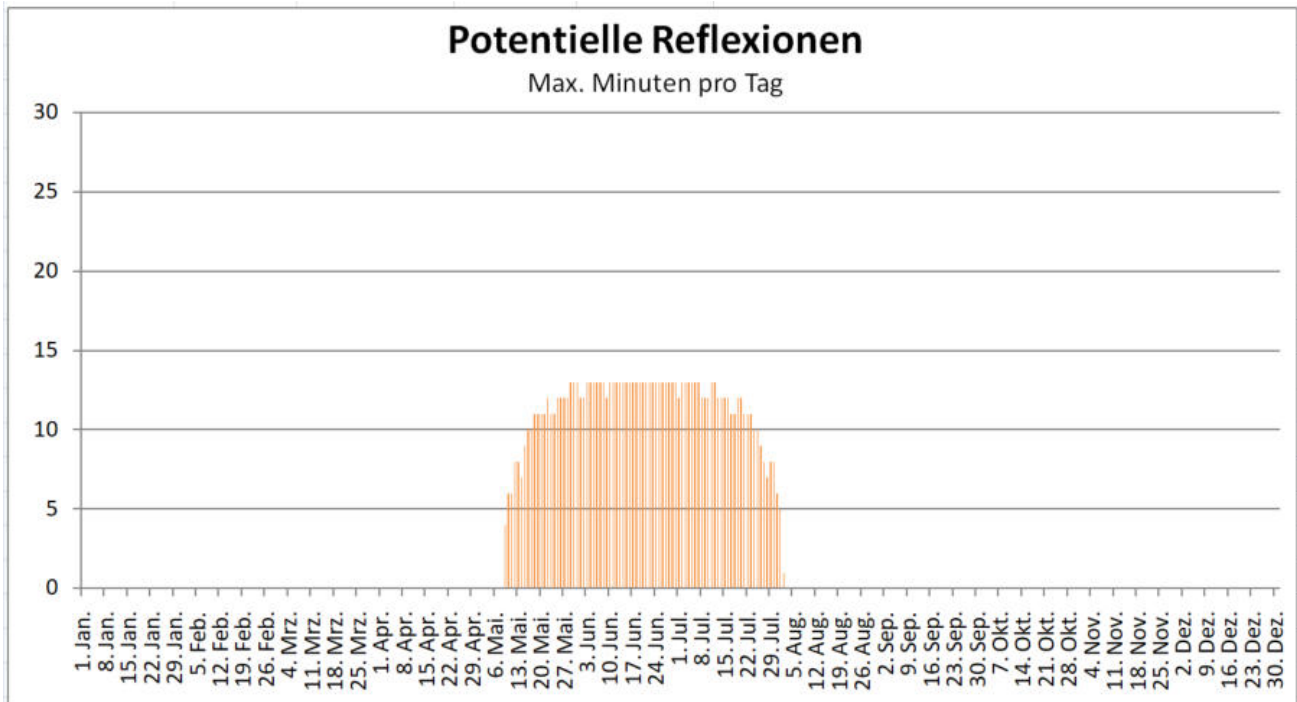


Bild 4.7.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Sowohl die Summe von Minuten mit Reflexionen pro Jahr als auch die Summe pro Tag liegen unter den Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie. Aufgrund der Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV-Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie ausgeschlossen werden. Dies gilt gleichermaßen auch für die Nachbargebäude.

Lt. einem Urteil des OLG Braunschweig vom 10. August 2022<sup>15</sup> ist die LAI Lichtleitlinie allerdings nicht maßgeblich für die Beurteilung von Reflexionen durch PV-Anlagen, diese wird in der Urteilsbegründung nicht erwähnt.

<sup>15</sup> <https://oberlandesgericht-braunschweig.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wenn-sonnenlicht-stort-nachbarrechtsstreitigkeit-gegen-reflexionen-einer-photovoltaikanlage-214293.html>

## 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 potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV-Anlage „Horst“ kann als „geringfügig“ klassifiziert<sup>16</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 Horst mit dem Einsatz von hochwertigen PV-Modulen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von Reflexionen vorgesehen.

Die Analyse von 7 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt nur eine theoretische bzw. hypothetische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Im Verlauf der Bahnstrecke Hamburg-Kiel sind rechnerisch zwar in geringem Umfang Reflexionen möglich aber die Einfallswinkel liegen deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potenzielle Reflexionen nicht relevant. Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV-Anlage oder gar eine Blendwirkung kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von ggf. vorhandenen DB Signalanlage ist nicht beeinträchtigt.

Umliegende Gebäude sind nicht von Reflexionen durch die PV-Anlage betroffen oder nur in einem geringen Maße, sodass eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV-Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie ausgeschlossen werden kann. In der weiteren Umgebung sind keine relevanten Gebäude oder schutzwürdige Zonen vorhanden.

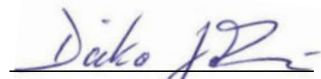
Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

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 26.01.2024

  
Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

<sup>16</sup> Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



# Hi-MO 5

(G2)

## LR5-72HIBD 530~550M

- Based on M10-182mm wafer, best choice for ultra-large power plants
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
  - M10 Gallium-doped Wafer
  - Integrated Segmented Ribbons
  - 9-busbar Half-Cut Cell
- Globally validated bifacial energy yield
- High module quality ensures long-term reliability

**12** 12-year Warranty for Materials and Processing

**30** 30-year Warranty for Extra Linear Power Output

### Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO9001:2015: ISO Quality Management System

ISO14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

**LONGI**





# Horst

## Horst

**Created** Jan 26, 2024  
**Updated** Jan 26, 2024  
**Time-step** 1 minute  
**Timezone offset** UTC2  
**Minimum sun altitude** 8.0 deg  
**Site ID** 110607.19141

**Project type** Advanced  
**Project status:** active  
**Category** 5 MW to 10 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	18.0	180.0	3,059	4,958	-
PV Feld 2	18.0	180.0	1,014	3,279	-
PV Feld 3	18.0	180.0	1,869	1,776	-
PV Feld 4	18.0	180.0	2,241	4,473	-
PV Feld 5	18.0	180.0	687	2,711	-



## PV Array(s)

Total PV footprint area: 162,640 m<sup>2</sup>

Name: PV Feld 1

Footprint area: 31,162 m<sup>2</sup>

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 18.0 deg

Orientation: 180.0 deg

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.827530	9.650813	8.19	2.00	10.19
2	53.827525	9.650625	7.60	2.00	9.60
3	53.828975	9.649005	6.63	2.00	8.63
4	53.830163	9.650619	6.58	2.00	8.58
5	53.830099	9.650925	6.78	2.00	8.78
6	53.828944	9.652202	7.94	2.00	9.94
7	53.828684	9.652234	8.39	2.00	10.39
8	53.828323	9.651773	8.19	2.00	10.19
9	53.828342	9.651558	7.30	2.00	9.30
10	53.828652	9.651118	7.06	2.00	9.06
11	53.828367	9.650593	7.30	2.00	9.30
12	53.828032	9.651043	7.61	2.00	9.61
13	53.828022	9.651226	7.52	2.00	9.52
14	53.827972	9.651328	7.73	2.00	9.73

Name: PV Feld 2

Footprint area: 25,666 m<sup>2</sup>

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 18.0 deg

Orientation: 180.0 deg

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.830474	9.651075	5.16	2.00	7.16
2	53.831452	9.652309	5.20	2.00	7.20
3	53.831420	9.652663	5.75	2.00	7.75
4	53.830233	9.653897	6.37	2.00	8.37
5	53.830135	9.653902	6.35	2.00	8.35
6	53.830031	9.653543	5.62	2.00	7.62
7	53.830027	9.653113	5.27	2.00	7.27
8	53.829885	9.653108	5.29	2.00	7.29
9	53.829705	9.653366	5.93	2.00	7.93
10	53.829166	9.652657	6.78	2.00	8.78
11	53.829138	9.652389	7.04	2.00	9.04
12	53.829785	9.651601	5.37	2.00	7.37
13	53.830306	9.651574	5.09	2.00	7.09
14	53.830317	9.651075	5.24	2.00	7.24

Name: PV Feld 3

Footprint area: 13,628 m<sup>2</sup>

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 18.0 deg

Orientation: 180.0 deg

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.831709	9.652582	5.79	2.00	7.79
2	53.832145	9.653151	5.59	2.00	7.59
3	53.832139	9.653569	5.34	2.00	7.34
4	53.831088	9.654632	6.54	2.00	8.54
5	53.830784	9.654728	6.74	2.00	8.74
6	53.830366	9.654213	5.99	2.00	7.99
7	53.830354	9.653988	6.42	2.00	8.42
8	53.830974	9.653355	6.02	2.00	8.02
9	53.831390	9.653425	5.67	2.00	7.67
10	53.831406	9.652853	5.75	2.00	7.75

**Name:** PV Feld 4  
**Footprint area:** 42,092 m<sup>2</sup>  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 18.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg  
**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.831832	9.656955	6.94	2.00	8.94
2	53.833478	9.658843	7.43	2.00	9.43
3	53.833377	9.659616	8.13	2.00	10.13
4	53.832284	9.660592	9.13	2.00	11.13
5	53.830629	9.658597	7.33	2.00	9.33
6	53.830629	9.658189	7.43	2.00	9.43

**Name:** PV Feld 5  
**Footprint area:** 50,092 m<sup>2</sup>  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 18.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg  
**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.835307	9.661165	6.59	2.00	8.59
2	53.835487	9.661182	6.61	2.00	8.61
3	53.837304	9.663241	7.19	2.00	9.19
4	53.837245	9.664685	7.57	2.00	9.57
5	53.837055	9.665179	8.03	2.00	10.03
6	53.837064	9.665844	7.96	2.00	9.96
7	53.836713	9.665838	7.97	2.00	9.97
8	53.835168	9.663923	7.45	2.00	9.45
9	53.834965	9.663269	8.12	2.00	10.12
10	53.834953	9.662475	6.88	2.00	8.88
11	53.834747	9.662368	6.61	2.00	8.61
12	53.834737	9.662099	6.63	2.00	8.63

## Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	53.827727	9.651535	10.93	2.50	13.43
OP 2	53.829502	9.653663	8.53	2.50	11.03
OP 3	53.831411	9.655859	8.60	2.50	11.10
OP 4	53.832878	9.657690	8.13	2.50	10.63
OP 5	53.836482	9.662001	7.62	2.50	10.12
OP 6	53.830380	9.659862	8.38	2.00	10.38
OP 7	53.827177	9.648212	8.25	2.00	10.25

# 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	18.0	180.0	3,059	4,958	-	
PV Feld 2	18.0	180.0	1,014	3,279	-	
PV Feld 3	18.0	180.0	1,869	1,776	-	
PV Feld 4	18.0	180.0	2,241	4,473	-	
PV Feld 5	18.0	180.0	687	2,711	-	

## 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	0	351	561	431	471	531	46	0	0	0
pv-feld-1 (yellow)	0	0	0	388	921	1251	1109	564	21	0	0	0
pv-feld-2 (green)	0	0	0	152	216	214	215	200	17	0	0	0
pv-feld-2 (yellow)	0	0	0	378	760	761	772	607	1	0	0	0
pv-feld-3 (green)	0	0	0	51	121	250	155	80	0	0	0	0
pv-feld-3 (yellow)	0	0	0	81	161	149	147	142	0	0	0	0
pv-feld-4 (green)	0	0	0	68	105	101	107	101	0	0	0	0
pv-feld-4 (yellow)	0	0	0	219	560	535	555	389	0	0	0	0
pv-feld-5 (green)	0	0	0	106	145	144	145	144	3	0	0	0
pv-feld-5 (yellow)	0	0	0	291	657	616	650	497	0	0	0	0

## PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

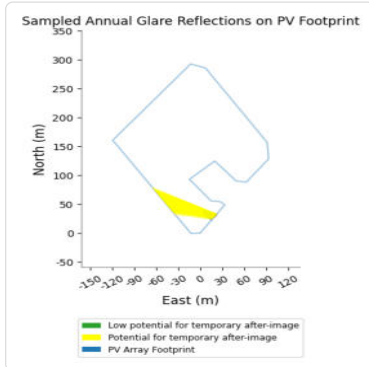
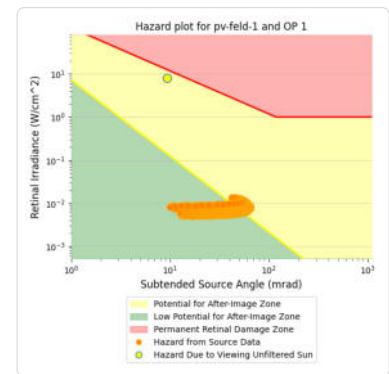
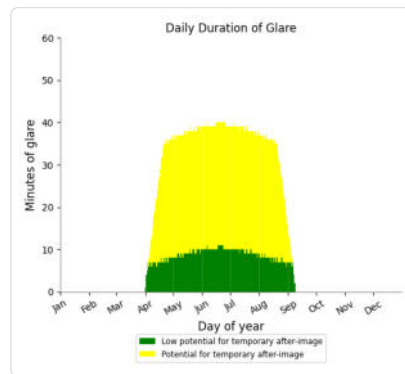
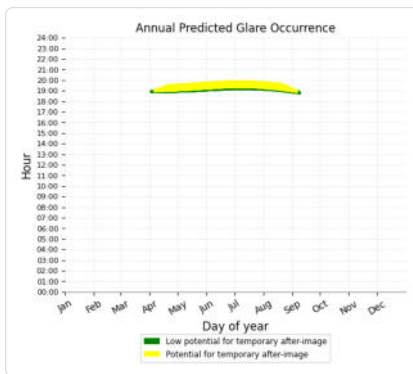
### PV Feld 1 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	1369	3951
OP: OP 2	671	36
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0
OP: OP 5	0	0
OP: OP 6	0	0
OP: OP 7	1019	971

## PV Feld 1: OP 1

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

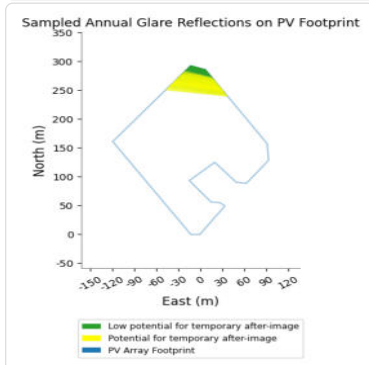
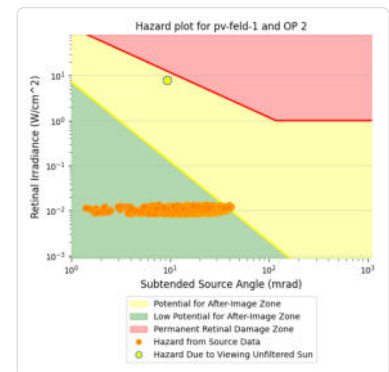
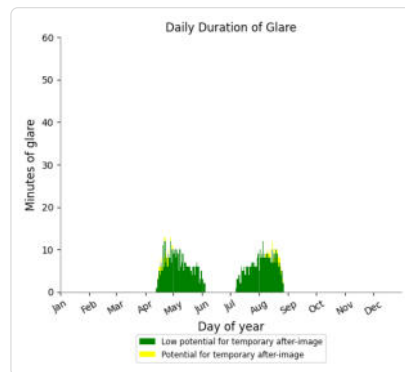
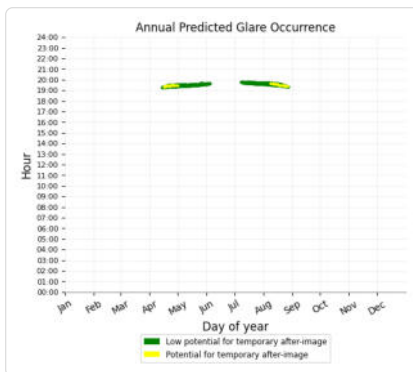
- 1,369 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,951 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 1: OP 2

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

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



## PV Feld 1: OP 3

No glare found

## PV Feld 1: OP 4

No glare found

## PV Feld 1: OP 5

No glare found

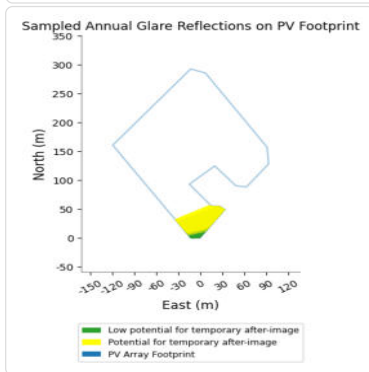
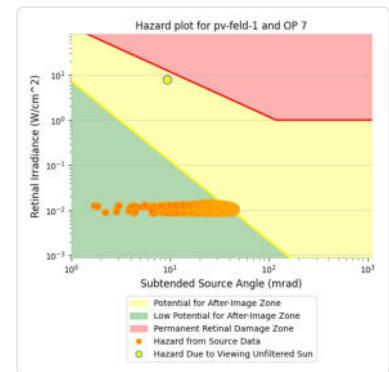
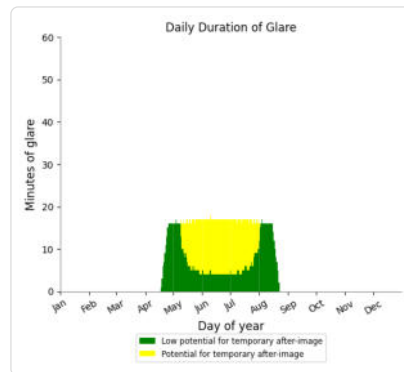
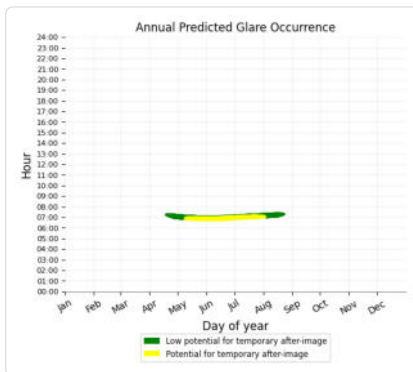
## PV Feld 1: OP 6

No glare found

## PV Feld 1: OP 7

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

- 1,019 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 971 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 2 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	970	3279
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0
OP: OP 5	0	0
OP: OP 6	44	0
OP: OP 7	0	0

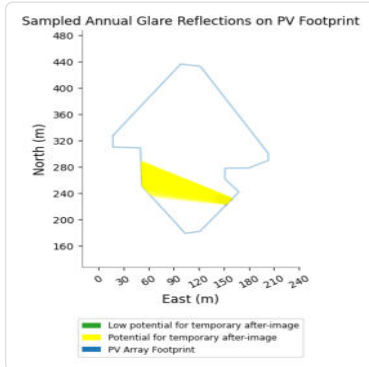
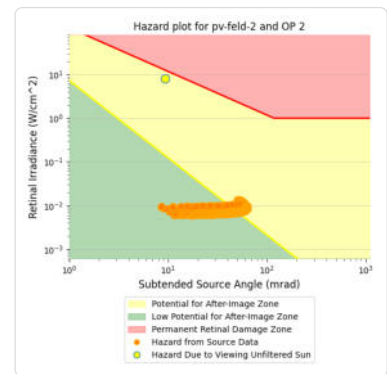
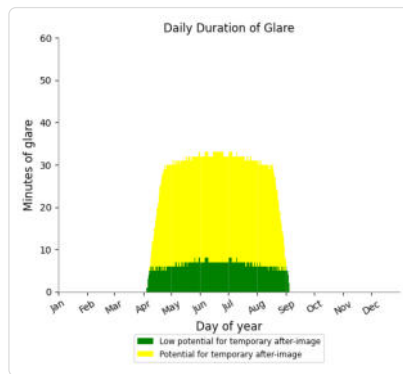
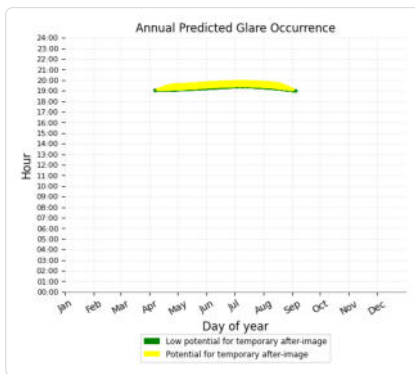
## PV Feld 2: OP 1

No glare found

## PV Feld 2: OP 2

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

- 970 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,279 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 2: OP 3

No glare found

## PV Feld 2: OP 4

No glare found

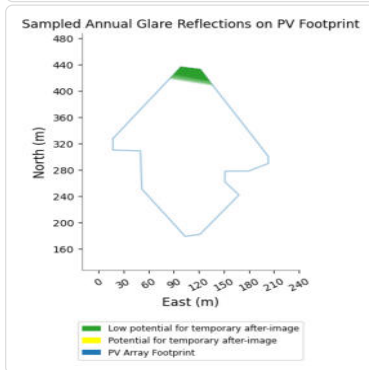
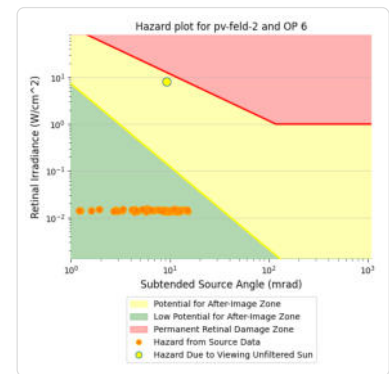
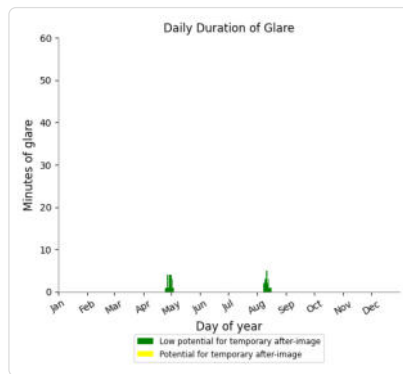
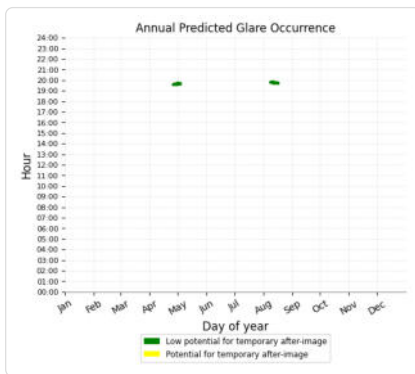
## PV Feld 2: OP 5

No glare found

## PV Feld 2: OP 6

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

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



## PV Feld 2: OP 7

No glare found

## PV Feld 3 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	651	1727
OP: OP 4	0	0
OP: OP 5	0	0
OP: OP 6	1218	49
OP: OP 7	0	0

## PV Feld 3: OP 1

No glare found

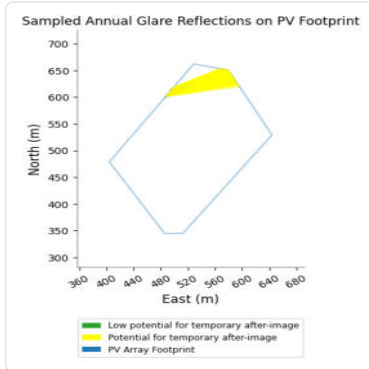
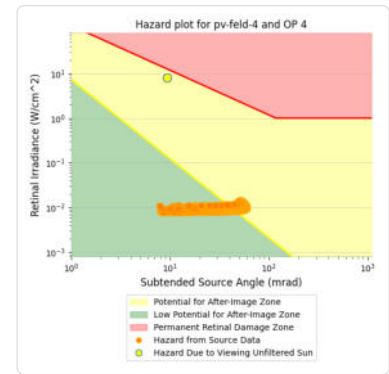
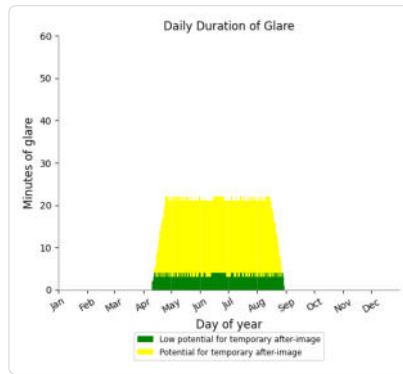
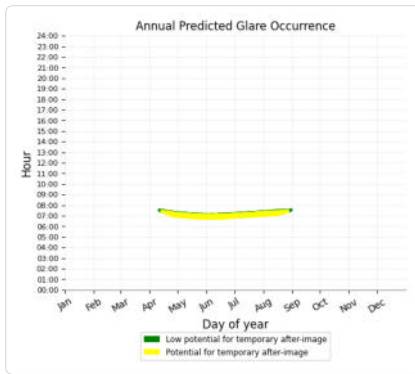
## PV Feld 3: OP 2

No glare found

## PV Feld 4: OP 4

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

- 488 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,258 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 4: OP 5

No glare found

## PV Feld 4: OP 6

No glare found

## PV Feld 4: OP 7

No glare found

## PV Feld 5 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0
OP: OP 5	687	2711
OP: OP 6	0	0
OP: OP 7	0	0

## PV Feld 5: OP 1

No glare found

## PV Feld 5: OP 2

No glare found



## PV Feld 5: OP 3

No glare found

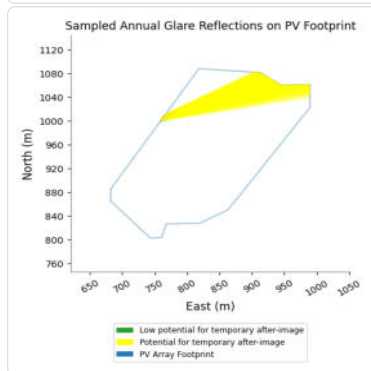
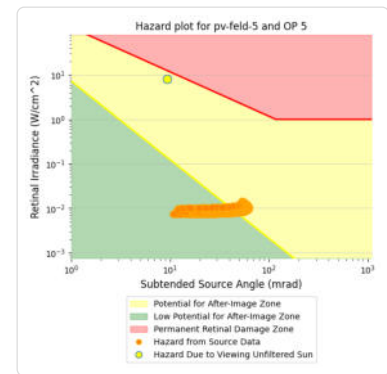
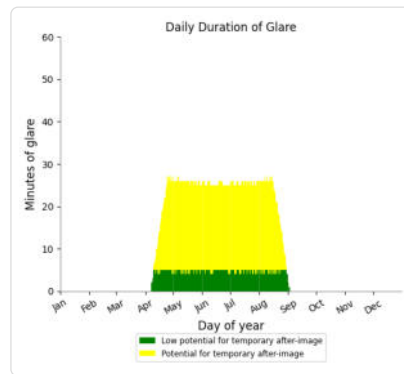
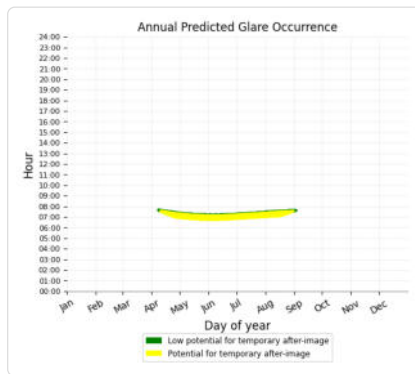
## PV Feld 5: OP 4

No glare found

## PV Feld 5: OP 5

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

- 687 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,711 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 5: OP 6

No glare found

## PV Feld 5: OP 7

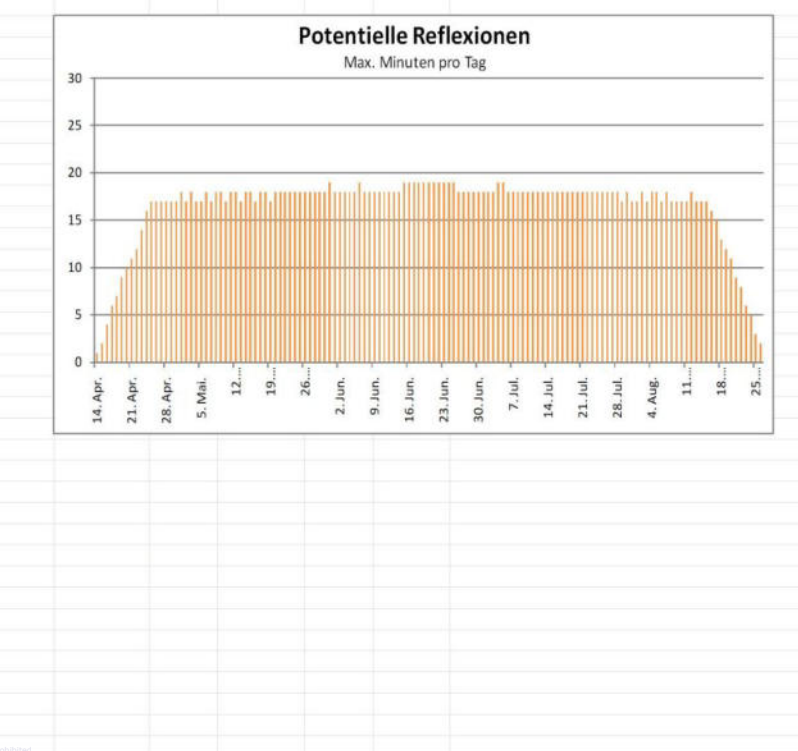
No glare found

## 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.

	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Anzahl Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende
2024-04-12 07:30:00	0,005505	650,0802	1	0,308271	0,011366	0,010158	8	86,3	0,988	0,065	0,14	-0,988	-0,134	0,075	14. Apr.	1	07:25	07:25		
2024-04-13 07:27:00	0,006778	648,2222	1	0,314376	0,011558	0,029391	8	85,6	0,987	0,075	0,14	-0,987	-0,143	0,069	15. Apr.	2	07:23	07:24		
2024-04-13 07:28:00	0,005984	650,0775	1	0,307792	0,011349	0,018926	8,2	85,8	0,987	0,072	0,142	-0,987	-0,142	0,073	16. Apr.	4	07:21	07:24		
2024-04-14 07:25:00	0,007745	648,2177	2	0,320635	0,011788	0,039974	8	85,7	0,986	0,086	0,14	-0,986	-0,152	0,062	17. Apr.	6	07:18	07:23		
2024-04-14 07:26:00	0,007117	650,064	1	0,313929	0,011575	0,033875	8,2	85,2	0,986	0,083	0,142	-0,986	-0,15	0,066	18. Apr.	7	07:16	07:22		
2024-04-14 07:27:00	0,006393	651,9064	1	0,307361	0,011365	0,025359	8,3	85,4	0,986	0,079	0,145	-0,986	-0,149	0,071	19. Apr.	9	07:14	07:22		
2024-04-14 07:28:00	0,005509	653,745	1	0,300929	0,011158	0,012183	8,5	85,5	0,986	0,076	0,147	-0,986	-0,148	0,075	20. Apr.	10	07:12	07:21		
2024-04-15 07:23:00	0,008469	648,2019	2	0,327052	0,012024	0,046155	8	84,4	0,985	0,097	0,14	-0,985	-0,16	0,056	21. Apr.	11	07:10	07:20		
2024-04-15 07:24:00	0,008002	650,0393	2	0,320221	0,011806	0,042762	8,2	84,6	0,985	0,093	0,142	-0,985	-0,159	0,06	22. Apr.	12	07:08	07:19		
2024-04-15 07:25:00	0,007428	651,8729	1	0,31353	0,011592	0,037687	8,3	84,8	0,985	0,09	0,145	-0,985	-0,158	0,064	23. Apr.	14	07:06	07:19		
2024-04-15 07:26:00	0,00676	653,7027	1	0,306977	0,011382	0,030608	8,5	85	0,985	0,086	0,147	-0,985	-0,156	0,068	24. Apr.	16	07:04	07:19		
2024-04-15 07:27:00	0,005985	655,5287	1	0,300559	0,011175	0,020506	8,6	85,2	0,985	0,083	0,15	-0,985	-0,155	0,072	25. Apr.	17	07:02	07:18		
2024-04-16 07:21:00	0,008969	648,1744	2	0,333633	0,012265	0,049403	8	83,8	0,984	0,107	0,14	-0,984	-0,169	0,05	26. Apr.	17	07:01	07:17		
2024-04-16 07:22:00	0,008642	650,003	2	0,326674	0,012043	0,047776	8,2	84	0,984	0,104	0,142	-0,984	-0,168	0,054	27. Apr.	17	07:00	07:16		
2024-04-16 07:23:00	0,008223	651,8279	2	0,319858	0,011825	0,045032	8,3	84,2	0,984	0,101	0,145	-0,984	-0,166	0,058	28. Apr.	17	07:00	07:16		
2024-04-16 07:24:00	0,00771	653,649	2	0,313182	0,011611	0,040933	8,5	84,4	0,984	0,097	0,147	-0,984	-0,165	0,062	29. Apr.	17	06:59	07:15		
2024-04-16 07:25:00	0,007095	655,4664	1	0,306643	0,0114	0,035006	8,6	84,6	0,984	0,094	0,15	-0,984	-0,164	0,066	30. Apr.	17	06:59	07:15		
2024-04-16 07:26:00	0,006387	657,2799	1	0,300239	0,011193	0,026761	8,8	84,8	0,984	0,09	0,152	-0,984	-0,162	0,07	1. Mai.	18	06:58	07:15		
2024-04-16 07:27:00	0,005537	659,0897	1	0,293966	0,010989	0,014283	8,9	85,5	0,984	0,087	0,155	-0,984	-0,161	0,074	2. Mai.	17	06:58	07:14		
2024-04-17 07:18:00	0,0093	646,3113	2	0,340381	0,012478	0,051035	8	83,2	0,983	0,118	0,14	-0,983	-0,178	0,044	3. Mai.	18	06:56	07:13		
2024-04-17 07:19:00	0,009054	648,1349	2	0,333293	0,012252	0,050299	8,2	83,4	0,983	0,115	0,142	-0,983	-0,176	0,048	4. Mai.	17	06:56	07:12		
2024-04-17 07:20:00	0,008764	649,9549	2	0,326349	0,012031	0,049071	8,3	83,6	0,983	0,111	0,145	-0,983	-0,175	0,052	5. Mai.	17	06:56	07:12		
2024-04-17 07:21:00	0,008395	651,7712	2	0,319548	0,011813	0,046932	8,5	83,8	0,983	0,108	0,147	-0,983	-0,174	0,056	6. Mai.	18	06:55	07:12		
2024-04-17 07:22:00	0,007941	653,5837	2	0,312885	0,011599	0,043655	8,6	84,1	0,983	0,104	0,15	-0,983	-0,172	0,06	7. Mai.	17	06:55	07:11		
2024-04-17 07:23:00	0,007382	655,3925	2	0,30636	0,011388	0,038744	8,8	84,2	0,983	0,101	0,152	-0,983	-0,171	0,064	8. Mai.	18	06:54	07:11		
2024-04-17 07:24:00	0,006731	657,1975	1	0,299968	0,011181	0,031884	8,9	84,3	0,983	0,097	0,155	-0,983	-0,17	0,068	9. Mai.	18	06:54	07:11		
2024-04-17 07:25:00	0,005979	658,9988	1	0,293707	0,010978	0,022171	9,1	84,5	0,983	0,094	0,157	-0,983	-0,168	0,072	10. Mai.	17	06:54	07:10		
2024-04-17 07:26:00	0,004968	660,7963	1	0,287575	0,010778	0,004883	9,2	84,7	0,983	0,09	0,16	-0,983	-0,167	0,076	11. Mai.	18	06:53	07:10		
2024-04-18 07:16:00	0,00593	646,2681	2	0,347302	0,01273	0,051959	8	82,7	0,982	0,129	0,14	-0,982	-0,186	0,037	12. Mai.	18	06:53	07:09		
2024-04-18 07:17:00	0,009384	648,0832	2	0,340081	0,012501	0,051637	8,2	82,5	0,982	0,125	0,142	-0,982	-0,185	0,041	13. Mai.	17	06:53	07:09		
2024-04-18 07:18:00	0,009153	649,8946	2	0,333007	0,012275	0,051066	8,3	82,9	0,982	0,122	0,145	-0,982	-0,183	0,046	14. Mai.	18	06:52	07:09		
2024-04-18 07:19:00	0,008888	651,7023	2	0,326078	0,012053	0,050121	8,5	83,1	0,982	0,118	0,147	-0,982	-0,182	0,05	15. Mai.	18	06:52	07:09		
2024-04-18 07:20:00	0,008566	653,5064	2	0,31929	0,011835	0,048522	8,6	83,3	0,982	0,115	0,15	-0,982	-0,181	0,054	16. Mai.	17	06:52	07:08		
2024-04-18 07:21:00	0,008156	655,3067	2	0,312641	0,01162	0,045849	8,8	83,5	0,982	0,111	0,152	-0,982	-0,18	0,058	17. Mai.	18	06:51	07:08		
2024-04-18 07:22:00	0,00766	657,1033	2	0,306128	0,011409	0,041917	8,9	83,7	0,982	0,108	0,155	-0,982	-0,178	0,062	18. Mai.	18	06:51	07:08		
2024-04-18 07:23:00	0,007061	658,8962	1	0,299748	0,011202	0,036183	9,1	83,9	0,982	0,104	0,157	-0,982	-0,177	0,066	19. Mai.	17	06:51	07:07		
2024-04-18 07:24:00	0,006372	660,6854	1	0,293499	0,010998	0,028232	9,2	84,1	0,982	0,101	0,16	-0,982	-0,176	0,07	20. Mai.	18	06:50	07:07		
2024-04-18 07:25:00	0,005556	662,4708	1	0,287378	0,010798	0,016443	9,3	84,3	0,982	0,097	0,162	-0,982	-0,174	0,074	21. Mai.	18	06:50	07:07		
2024-04-19 07:14:00	0,009871	647,7771	2	0,3544	0,013021	0,052469	8	81,9	0,98	0,139	0,139	-0,98	-0,195	0,031	22. Mai.	18	06:50	07:07		
2024-04-19 07:15:00	0,009685	649,5763	2	0,347044	0,012786	0,052398	8,2	82,1	0,981	0,136	0,142	-0,981	-0,193	0,035	23. Mai.	18	06:49	07:06		
2024-04-19 07:16:00	0,009485	651,3719	2	0,339838	0,012555	0,052172	8,3	82,3	0,981	0,132	0,145	-0,981	-0,192	0,039	24. Mai.	18	06:49	07:06		
2024-04-19 07:17:00	0,009265	653,1638	2	0,332778	0,012328	0,051733	8,5	82,5	0,981	0,129	0,147	-0,981	-0,191	0,043	25. Mai.	18	06:50	07:07		
2024-04-19 07:18:00	0,009019	654,9521	2	0,325862	0,012105	0,051	8,6	82,7	0,981	0,125	0,15	-0,981	-0,189	0,047	26. Mai.	18	06:50	07:07		
2024-04-19 07:19:00	0,008731	656,7367	2	0,319087	0,011886	0,04979	8,7	82,9	0,981	0,122	0,152	-0,981	-0,188	0,051	27. Mai.	18	06:49	07:06		
2024-04-19 07:20:00	0,008368	658,5177	2	0,31245	0,01167	0,04771	8,9	83,1	0,981	0,118	0,155	-0,981	-0,187	0,056	28. Mai.	18	06:49	07:06		
2024-04-19 07:21:00	0,007925	660,295	2	0,305949	0,011458	0,044562	9	83,3	0,981	0,115	0,157	-0,981	-0,185	0,06	29. Mai.	18	06:49	07:06		
2024-04-19 07:22:00	0,00738	662,0685	2	0,29958	0,01125	0,039836	9,2	83,5	0,981	0,111	0,16	-0,981	-0,184	0,064	30. Mai.	18	06:49	07:06		
2024-04-19 07:23:00	0,006744	663,8384	1	0,293342	0,011045	0,033216	9,3	83,7	0,981	0,108	0,162	-0,981	-0,183	0,068	31. Mai.	19	06:48	07:06		
2024-04-19 07:24:00	0,006011	665,6046	1	0,287231	0,010844	0,023918	9,5	83,9	0,981	0,105	0,165	-0,981	-0,181	0,072	1. Jun.	18	06:48	07:05		

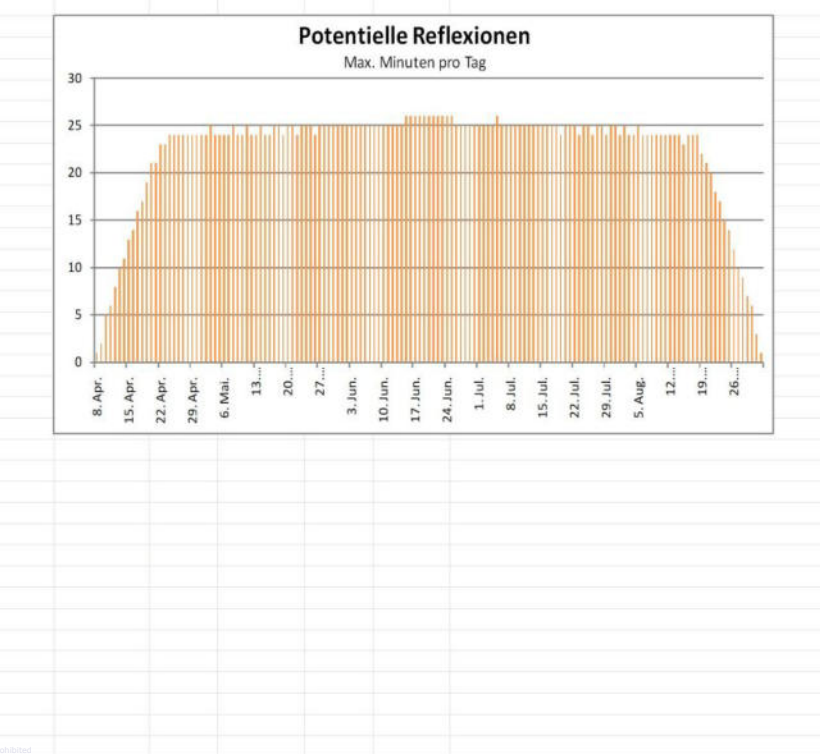
Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 3
17. April	24. August		19	22:03	06:48 07:26	
<b>Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 3:</b> 2203 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 1465 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk 738 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk 19 Minuten pro Tag (Max)						
<b>Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 2668 Einträgen (-452):</b> 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)						



	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	s	l	Anzahl		Minuten		Minuten im Zeitraum		Minuten im Zeitraum		Minuten im Zeitraum	
																		Tag	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	pro Tag	Erste Zeit	Letzte Zeit
2024-04-18 07:16:00	0,005699	646,2234	1	0,347328	0,01273	0,001713	8	82,5	0,982	0,129	0,14	-0,982	-0,186	0,037	9. Mai.	4	06:53	06:56	10. Mai	01. August	13	966	06:48	07:10			
2024-04-19 07:14:00	0,006231	647,7329	1	0,354428	0,013021	0,008887	8	81,9	0,98	0,139	0,139	-0,98	-0,195	0,031	10. Mai.	6	06:53	06:58									
2024-04-19 07:15:00	0,006003	649,5322	1	0,347071	0,012786	0,006859	8,2	82,1	0,981	0,136	0,142	-0,981	-0,193	0,035	11. Mai.	6	06:53	06:58									
2024-04-19 07:16:00	0,005755	651,3278	1	0,339864	0,012555	0,004279	8,3	82,3	0,981	0,132	0,145	-0,981	-0,192	0,039	12. Mai.	8	06:52	06:59									
2024-04-20 07:12:00	0,006624	647,6571	1	0,361711	0,013287	0,013196	8	81,3	0,979	0,15	0,139	-0,979	-0,203	0,025	13. Mai.	8	06:52	06:59									
2024-04-20 07:13:00	0,006447	649,4481	1	0,354217	0,013048	0,012264	8,2	81,5	0,979	0,146	0,142	-0,979	-0,202	0,029	14. Mai.	7	06:52	06:58									
2024-04-20 07:14:00	0,006251	651,2355	1	0,346874	0,012812	0,010938	8,3	81,7	0,979	0,143	0,144	-0,979	-0,2	0,033	15. Mai.	9	06:51	06:59									
2024-04-20 07:15:00	0,006045	653,0192	1	0,339681	0,012581	0,009322	8,4	81,9	0,979	0,139	0,147	-0,979	-0,199	0,037	16. Mai.	10	06:51	07:00									
2024-04-20 07:16:00	0,005789	654,7994	1	0,332633	0,012354	0,006668	8,6	82,1	0,979	0,136	0,149	-0,979	-0,198	0,041	17. Mai.	10	06:51	07:00									
2024-04-20 07:17:00	0,005492	656,576	1	0,325729	0,01213	0,00294	8,7	82,3	0,979	0,132	0,152	-0,979	-0,196	0,045	18. Mai.	11	06:50	07:00									
2024-04-21 07:10:00	0,006773	647,5682	1	0,361547	0,013279	0,015542	8,1	80,9	0,977	0,156	0,142	-0,977	-0,21	0,023	19. Mai.	11	06:50	07:00									
2024-04-21 07:11:00	0,006609	649,351	1	0,354067	0,01304	0,014891	8,3	81,1	0,978	0,153	0,144	-0,978	-0,209	0,027	20. Mai.	11	06:50	07:00									
2024-04-21 07:12:00	0,00643	651,1302	1	0,346738	0,012805	0,013941	8,4	81,3	0,978	0,15	0,147	-0,978	-0,207	0,031	21. Mai.	11	06:49	07:00									
2024-04-21 07:13:00	0,006243	652,9058	1	0,339557	0,012574	0,012771	8,6	81,5	0,978	0,146	0,149	-0,978	-0,206	0,035	22. Mai.	12	06:49	07:00									
2024-04-21 07:14:00	0,006043	654,6779	1	0,332522	0,012347	0,011274	8,7	81,7	0,978	0,143	0,152	-0,978	-0,205	0,039	23. Mai.	11	06:49	06:59									
2024-04-21 07:15:00	0,0058	656,4464	1	0,325629	0,012124	0,00886	8,9	81,9	0,978	0,139	0,154	-0,978	-0,203	0,043	24. Mai.	11	06:49	06:59									
2024-04-21 07:16:00	0,005495	658,2113	1	0,318876	0,011904	0,005038	9	82,1	0,978	0,136	0,157	-0,978	-0,202	0,047	25. Mai.	12	06:49	07:00									
2024-04-22 07:08:00	0,007077	647,4659	1	0,369069	0,013553	0,017939	8,1	80,3	0,976	0,167	0,141	-0,976	-0,218	0,016	26. Mai.	12	06:49	07:00									
2024-04-22 07:09:00	0,006925	649,2406	1	0,361448	0,01331	0,01758	8,3	80,5	0,976	0,163	0,144	-0,976	-0,217	0,02	27. Mai.	12	06:49	07:00									
2024-04-22 07:10:00	0,00677	651,0118	1	0,353981	0,01307	0,017124	8,4	80,7	0,976	0,16	0,146	-0,976	-0,215	0,025	28. Mai.	12	06:49	07:00									
2024-04-22 07:11:00	0,006605	652,7794	1	0,346664	0,012835	0,016455	8,6	80,9	0,976	0,156	0,149	-0,976	-0,214	0,029	29. Mai.	13	06:48	07:00									
2024-04-22 07:12:00	0,006427	654,5434	1	0,339495	0,012604	0,015522	8,7	81,1	0,977	0,153	0,151	-0,977	-0,213	0,033	30. Mai.	13	06:48	07:00									
2024-04-22 07:13:00	0,006246	656,304	1	0,332471	0,012376	0,014463	8,9	81,3	0,977	0,15	0,154	-0,977	-0,212	0,037	31. Mai.	13	06:48	07:00									
2024-04-22 07:14:00	0,006044	658,0609	1	0,325589	0,012152	0,012943	9	81,5	0,977	0,146	0,157	-0,977	-0,21	0,041	1. Jun.	12	06:48	06:59									
2024-04-22 07:15:00	0,00581	659,8143	1	0,318846	0,011932	0,01072	9,2	81,7	0,977	0,143	0,159	-0,977	-0,209	0,045	2. Jun.	12	06:49	07:00									
2024-04-22 07:16:00	0,0055	661,5641	1	0,31224	0,011716	0,006844	9,3	81,9	0,977	0,139	0,162	-0,977	-0,208	0,049	3. Jun.	13	06:48	07:00									
2024-04-23 07:06:00	0,007356	647,3501	1	0,376787	0,013834	0,019778	8,1	79,7	0,974	0,177	0,141	-0,974	-0,226	0,01	4. Jun.	13	06:48	07:00									
2024-04-23 07:07:00	0,007215	649,1168	1	0,369023	0,013586	0,019657	8,3	79,9	0,974	0,174	0,144	-0,974	-0,225	0,014	5. Jun.	13	06:48	07:00									
2024-04-23 07:08:00	0,00707	650,88	1	0,361415	0,013342	0,019435	8,4	80,1	0,975	0,17	0,146	-0,975	-0,224	0,018	6. Jun.	13	06:48	07:00									
2024-04-23 07:09:00	0,00692	652,6397	1	0,353959	0,013102	0,019102	8,6	80,3	0,975	0,167	0,149	-0,975	-0,222	0,022	7. Jun.	13	06:49	07:01									
2024-04-23 07:10:00	0,006763	654,3958	1	0,346654	0,012866	0,018619	8,7	80,5	0,975	0,163	0,151	-0,975	-0,221	0,026	8. Jun.	13	06:49	07:01									
2024-04-23 07:11:00	0,006594	656,1485	1	0,339496	0,012635	0,017897	8,8	80,7	0,975	0,16	0,154	-0,975	-0,22	0,03	9. Jun.	12	06:49	07:00									
2024-04-23 07:12:00	0,00642	657,8976	1	0,332482	0,012406	0,01703	9	80,9	0,975	0,156	0,156	-0,975	-0,218	0,034	10. Jun.	13	06:48	07:00									
2024-04-23 07:13:00	0,00624	659,6432	1	0,325609	0,012182	0,015982	9,1	81,1	0,975	0,153	0,159	-0,975	-0,217	0,038	11. Jun.	13	06:48	07:00									
2024-04-23 07:14:00	0,006033	661,3852	1	0,318876	0,011962	0,0144	9,3	81,3	0,976	0,15	0,161	-0,976	-0,216	0,043	12. Jun.	13	06:48	07:00									
2024-04-23 07:15:00	0,005801	663,1237	1	0,312278	0,011745	0,012223	9,4	81,5	0,976	0,146	0,164	-0,976	-0,214	0,047	13. Jun.	13	06:49	07:01									
2024-04-23 07:16:00	0,005487	664,8586	1	0,305814	0,011532	0,008281	9,6	81,7	0,976	0,143	0,166	-0,976	-0,213	0,051	14. Jun.	13	06:49	07:01									
2024-04-24 07:04:00	0,007622	647,2206	1	0,384709	0,014122	0,021268	8,1	79,1	0,972	0,187	0,141	-0,972	-0,234	0,004	15. Jun.	13	06:49	07:01									
2024-04-24 07:05:00	0,007487	648,9794	1	0,376798	0,01387	0,021287	8,2	79,3	0,972	0,184	0,143	-0,972	-0,233	0,008	16. Jun.	13	06:49	07:01									
2024-04-24 07:06:00	0,007351	650,7347	1	0,369046	0,013621	0,021264	8,4	79,5	0,973	0,18	0,146	-0,973	-0,232	0,012	17. Jun.	13	06:50	07:02									
2024-04-24 07:07:00	0,007206	652,4865	1	0,361449	0,013376	0,02109	8,5	79,7	0,973	0,177	0,148	-0,973	-0,23	0,016	18. Jun.	13	06:50	07:02									
2024-04-24 07:08:00	0,007061	654,2349	1	0,354005	0,013136	0,020866	8,7	79,9	0,973	0,173	0,151	-0,973	-0,229	0,02	19. Jun.	13	06:50	07:02									
2024-04-24 07:09:00	0,006911	655,9798	1	0,34671	0,0129	0,020536	8,8	80,1	0,973	0,17	0,153	-0,973	-0,228	0,024	20. Jun.	13	06:50	07:02									
2024-04-24 07:10:00	0,006752	657,7212	1	0,339561	0,012667	0,02002	9	80,3	0,974	0,167	0,156	-0,974	-0,226	0,028	21. Jun.	13	06:50	07:02									
2024-04-24 07:11:00	0,006582	659,4591	1	0,332556	0,012439	0,019289	9,1	80,5	0,974	0,163	0,158	-0,974	-0,225	0,032	22. Jun.	13	06:51	07:03									
2024-04-24 07:12:00	0,006411	661,1934	1	0,325693	0,012214	0,018477	9,3	80,7	0,974	0,16	0,161	-0,974	-0,224	0,036	23. Jun.	13	06:51	07:03									
2024-04-24 07:13:00	0,006226	662,9243	1	0,318967	0,011993	0,017362	9,4	80,9	0,974	0,156	0,163	-0,974	-0,223	0,04	24. Jun.	13	06:51	07:03									
2024-04-24 07:14:00	0,00602	664,6516	1	0,312377	0,011776	0,015775	9,6	81,1	0,974	0,153	0,166	-0,974	-0,221	0,044	25. Jun.	13	06:51	07:03									
2024-04-24 07:15:00	0,00578	666,3753	1	0,30592	0,011562	0,013481	9,7	81,3	0,974	0,149	0,168	-0,974	-0,22	0,048	26. Jun.	13	06:52	07:04									

	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Anzahl Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende
2024-04-05 19:03:00	0,004961	649,2115	1	0,263858	0,009716	0,015671	8,1	269,1	-0,99	-0,015	0,14	0,99	-0,07	0,123	8. Apr.	1	19:08	19:08
2024-04-06 19:02:00	0,004687	655,5211	1	0,257676	0,00958	0,011231	8,4	269,3	-0,989	-0,011	0,146	0,989	-0,077	0,125	9. Apr.	2	19:09	19:10
2024-04-06 19:03:00	0,005252	653,6072	1	0,26322	0,009758	0,021007	8,2	269,5	-0,99	-0,008	0,143	0,99	-0,078	0,121	10. Apr.	5	19:08	19:12
2024-04-06 19:04:00	0,005733	651,689	1	0,268884	0,009939	0,027813	8,1	269,7	-0,99	-0,004	0,141	0,99	-0,079	0,116	11. Apr.	6	19:09	19:14
2024-04-07 19:03:00	0,004979	656,3028	1	0,257088	0,00957	0,017579	8,6	269,8	-0,989	-0,004	0,149	0,989	-0,084	0,123	12. Apr.	8	19:09	19:16
2024-04-07 19:04:00	0,005485	654,4002	1	0,262618	0,009747	0,025395	8,4	270	-0,989	0	0,146	0,989	-0,086	0,118	13. Apr.	10	19:08	19:17
2024-04-07 19:05:00	0,005932	652,4935	1	0,268267	0,009928	0,031179	8,3	270,2	-0,99	0,003	0,144	0,99	-0,087	0,114	14. Apr.	11	19:09	19:19
2024-04-07 19:06:00	0,006344	650,5826	1	0,274036	0,010112	0,03575	8,1	270,4	-0,99	0,007	0,141	0,99	-0,088	0,11	15. Apr.	13	19:09	19:21
2024-04-08 19:03:00	0,004693	658,9705	1	0,251136	0,009386	0,013491	8,9	270	-0,988	0	0,154	0,988	-0,091	0,125	16. Apr.	14	19:10	19:23
2024-04-08 19:04:00	0,005231	657,0833	1	0,256537	0,009561	0,02635	8,7	270,2	-0,988	0,004	0,152	0,988	-0,092	0,12	17. Apr.	16	19:09	19:24
2024-04-08 19:05:00	0,005695	655,1919	1	0,262053	0,009738	0,029128	8,6	270,4	-0,989	0,007	0,149	0,989	-0,093	0,116	18. Apr.	17	19:10	19:26
2024-04-08 19:06:00	0,006117	653,2965	1	0,267686	0,009919	0,034152	8,4	270,6	-0,989	0,011	0,146	0,989	-0,095	0,112	19. Apr.	19	19:10	19:28
2024-04-08 19:07:00	0,00651	651,3969	1	0,27344	0,010103	0,03821	8,3	270,8	-0,989	0,014	0,144	0,989	-0,096	0,108	20. Apr.	21	19:10	19:30
2024-04-08 19:08:00	0,006881	649,4933	2	0,279317	0,01029	0,041559	8,1	271	-0,99	0,018	0,141	0,99	-0,097	0,104	21. Apr.	21	19:10	19:30
2024-04-09 19:03:00	0,00439	661,6113	1	0,24536	0,009207	0,008509	9,2	270,2	-0,987	0,004	0,159	0,987	-0,097	0,127	22. Apr.	23	19:10	19:32
2024-04-09 19:04:00	0,00497	659,7393	1	0,250635	0,009379	0,019449	9	270,4	-0,988	0,008	0,157	0,988	-0,098	0,122	23. Apr.	23	19:11	19:33
2024-04-09 19:05:00	0,005456	657,8632	1	0,256022	0,009553	0,026837	8,9	270,6	-0,988	0,011	0,154	0,988	-0,1	0,118	24. Apr.	24	19:11	19:34
2024-04-09 19:06:00	0,005889	655,983	1	0,261524	0,00973	0,032389	8,7	270,8	-0,988	0,015	0,152	0,988	-0,101	0,114	25. Apr.	24	19:11	19:34
2024-04-09 19:07:00	0,00629	654,0988	1	0,267144	0,009911	0,036813	8,6	271	-0,989	0,018	0,149	0,989	-0,102	0,11	26. Apr.	24	19:11	19:34
2024-04-09 19:08:00	0,006667	652,2104	1	0,272884	0,010095	0,040438	8,4	271,2	-0,989	0,022	0,147	0,989	-0,104	0,106	27. Apr.	24	19:11	19:34
2024-04-09 19:09:00	0,007023	650,318	2	0,278746	0,010281	0,043454	8,3	271,4	-0,989	0,025	0,144	0,989	-0,105	0,102	28. Apr.	24	19:12	19:35
2024-04-09 19:10:00	0,00736	648,4216	2	0,284732	0,010472	0,045975	8,1	271,7	-0,99	0,029	0,142	0,99	-0,106	0,098	29. Apr.	24	19:12	19:35
2024-04-10 19:03:00	0,004712	664,2264	1	0,244908	0,009227	0,015684	9,3	270,7	-0,987	0,012	0,162	0,987	-0,105	0,124	30. Apr.	24	19:12	19:35
2024-04-10 19:04:00	0,005227	662,3695	1	0,250171	0,009399	0,024249	9,2	270,9	-0,987	0,015	0,16	0,987	-0,106	0,12	1. Mai.	24	19:13	19:36
2024-04-10 19:05:00	0,005676	660,5084	1	0,255546	0,009573	0,030439	9	271,1	-0,987	0,019	0,157	0,987	-0,107	0,116	2. Mai.	24	19:13	19:36
2024-04-10 19:06:00	0,006087	658,6433	1	0,261035	0,009751	0,03528	8,9	271,3	-0,988	0,022	0,154	0,988	-0,109	0,112	3. Mai.	25	19:13	19:37
2024-04-10 19:07:00	0,006471	656,7742	1	0,266641	0,009933	0,039212	8,7	271,5	-0,988	0,025	0,152	0,988	-0,111	0,108	4. Mai.	24	19:13	19:36
2024-04-10 19:08:00	0,006834	654,901	2	0,272366	0,010117	0,042468	8,6	271,7	-0,988	0,029	0,149	0,988	-0,111	0,104	5. Mai.	24	19:13	19:36
2024-04-10 19:09:00	0,007178	653,0237	2	0,278214	0,010305	0,045189	8,4	271,9	-0,989	0,032	0,147	0,989	-0,113	0,1	6. Mai.	24	19:14	19:37
2024-04-10 19:10:00	0,007504	651,1425	2	0,284186	0,010495	0,047463	8,3	272,1	-0,989	0,036	0,144	0,989	-0,114	0,096	7. Mai.	24	19:14	19:37
2024-04-10 19:11:00	0,007811	649,2572	2	0,290284	0,01069	0,049335	8,1	272,3	-0,989	0,039	0,142	0,989	-0,115	0,092	8. Mai.	25	19:14	19:38
2024-04-10 19:12:00	0,008095	647,3679	2	0,296512	0,010887	0,050821	8	272,5	-0,989	0,043	0,139	0,989	-0,117	0,087	9. Mai.	24	19:15	19:38
2024-04-11 19:03:00	0,00444	668,3588	1	0,239353	0,009073	0,011248	9,6	270,9	-0,986	0,016	0,167	0,986	-0,111	0,126	10. Mai.	24	19:15	19:38
2024-04-11 19:04:00	0,004989	666,5246	1	0,244494	0,009243	0,021286	9,5	271,1	-0,986	0,019	0,165	0,986	-0,112	0,122	11. Mai.	25	19:15	19:39
2024-04-11 19:05:00	0,005457	664,6864	1	0,249745	0,009415	0,02827	9,3	271,3	-0,986	0,022	0,162	0,986	-0,114	0,118	12. Mai.	24	19:16	19:39
2024-04-11 19:06:00	0,00588	662,8442	1	0,255108	0,009591	0,033597	9,2	271,5	-0,987	0,026	0,16	0,987	-0,115	0,114	13. Mai.	24	19:16	19:39
2024-04-11 19:07:00	0,006272	660,998	1	0,260584	0,009769	0,03787	9	271,7	-0,987	0,029	0,157	0,987	-0,116	0,11	14. Mai.	25	19:16	19:40
2024-04-11 19:08:00	0,006642	659,147	1	0,266177	0,009951	0,041387	8,9	271,9	-0,987	0,033	0,155	0,987	-0,118	0,106	15. Mai.	24	19:17	19:40
2024-04-11 19:09:00	0,006992	657,2935	2	0,271889	0,010136	0,044321	8,7	272,1	-0,988	0,036	0,152	0,987	-0,119	0,102	16. Mai.	24	19:17	19:40
2024-04-11 19:10:00	0,007324	655,4353	2	0,277723	0,010324	0,046777	8,6	272,3	-0,988	0,04	0,15	0,988	-0,12	0,098	17. Mai.	25	19:17	19:41
2024-04-11 19:11:00	0,007638	653,573	2	0,28368	0,010516	0,04882	8,5	272,5	-0,988	0,043	0,147	0,988	-0,121	0,093	18. Mai.	25	19:17	19:41
2024-04-11 19:12:00	0,007931	651,7069	2	0,289764	0,010711	0,050476	8,3	272,7	-0,988	0,047	0,144	0,988	-0,123	0,089	19. Mai.	24	19:18	19:41
2024-04-11 19:13:00	0,0082	649,8367	2	0,295976	0,010909	0,051748	8,2	272,9	-0,989	0,05	0,142	0,989	-0,124	0,085	20. Mai.	25	19:18	19:42
2024-04-11 19:14:00	0,008436	647,9627	2	0,302321	0,011111	0,052594	8	273,1	-0,989	0,054	0,139	0,989	-0,125	0,081	21. Mai.	25	19:18	19:42
2024-04-12 19:04:00	0,00473	669,0872	1	0,238989	0,009069	0,017831	9,8	271,3	-0,985	0,023	0,17	0,985	-0,118	0,124	22. Mai.	24	19:19	19:42
2024-04-12 19:05:00	0,005223	667,2637	1	0,244119	0,009239	0,025844	9,6	271,5	-0,986	0,026	0,167	0,986	-0,12	0,12	23. Mai.	25	19:19	19:43
2024-04-12 19:06:00	0,005657	665,4361	1	0,249359	0,009411	0,031744	9,5	271,7	-0,986	0,03	0,165	0,986	-0,121	0,116	24. Mai.	25	19:19	19:43
2024-04-12 19:07:00	0,006058	663,6046	1	0,25471	0,009587	0,036404	9,3	271,9	-0,986	0,033	0,162	0,986	-0,122	0,112	25. Mai.	25	19:20	19:44
2024-04-12 19:08:00	0,006433	661,769	1	0,260174	0,009765	0,040207	9,2	272,1	-0,986	0,037	0,16	0,986	-0,124	0,108	26. Mai.	24	19:21	19:44

Minuten	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 2
26	3272	19:08	19:54	
<b>Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 2:</b> 3272 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 2137 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk 1135 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk 26 Minuten pro Tag (Max)				
<b>Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 4250 Einträgen /-970):</b> 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)				



	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Tag	Anzahl Minuten	Minuten	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 3
2024-04-11 19:14:00	0,005225	647,9514	1	0,302317	0,01111	0,007052	8	273,1	-0,989	0,054	0,139	0,989	-0,125	0,081	13. Apr.	1	19:17	19:17			
2024-04-12 19:15:00	0,005768	648,7984	1	0,301809	0,011106	0,017395	8,2	273,5	-0,988	0,061	0,142	0,988	-0,133	0,079	14. Apr.	2	19:18	19:19			
2024-04-12 19:16:00	0,006666	646,9314	1	0,308271	0,011311	0,029769	8	273,7	-0,988	0,065	0,14	0,988	-0,134	0,075	15. Apr.	4	19:18	19:21			
2024-04-13 19:14:00	0,005151	653,3474	1	0,295032	0,010933	0,007232	8,5	273,8	-0,987	0,065	0,147	0,987	-0,139	0,081	16. Apr.	6	19:18	19:23			
2024-04-13 19:15:00	0,006215	651,499	1	0,301346	0,011135	0,024593	8,3	274	-0,987	0,068	0,145	0,987	-0,14	0,077	17. Apr.	7	19:18	19:24			
2024-04-13 19:16:00	0,007019	649,6467	1	0,307793	0,011341	0,034481	8,2	274,2	-0,987	0,072	0,142	0,987	-0,142	0,073	18. Apr.	9	19:18	19:26			
2024-04-13 19:17:00	0,007658	647,7905	2	0,314376	0,011551	0,040787	8	274,4	-0,987	0,075	0,14	0,987	-0,143	0,069	19. Apr.	10	19:19	19:28			
2024-04-14 19:15:00	0,0057	654,176	1	0,29463	0,010932	0,017806	8,6	274,2	-0,986	0,072	0,15	0,986	-0,146	0,079	20. Apr.	12	19:19	19:30			
2024-04-14 19:16:00	0,006592	652,3383	1	0,300929	0,011134	0,030303	8,5	274,4	-0,986	0,076	0,147	0,986	-0,148	0,075	21. Apr.	12	19:19	19:30			
2024-04-14 19:17:00	0,00733	650,4968	1	0,307361	0,01134	0,038483	8,3	274,6	-0,986	0,079	0,145	0,986	-0,149	0,071	22. Apr.	14	19:19	19:32			
2024-04-14 19:18:00	0,007811	648,6514	2	0,313929	0,01155	0,042568	8,2	274,8	-0,986	0,083	0,142	0,986	-0,15	0,066	23. Apr.	15	19:20	19:34			
2024-04-14 19:19:00	0,008127	646,8022	2	0,320635	0,011763	0,044461	8	275	-0,986	0,086	0,14	0,986	-0,152	0,062	24. Apr.	16	19:20	19:35			
2024-04-15 19:15:00	0,005083	656,8303	1	0,288118	0,010734	0,007775	8,9	274,4	-0,985	0,076	0,155	0,985	-0,153	0,081	25. Apr.	15	19:21	19:35			
2024-04-15 19:16:00	0,006137	655,0071	1	0,294274	0,010933	0,025152	8,8	274,6	-0,985	0,079	0,152	0,985	-0,154	0,077	26. Apr.	16	19:20	19:35			
2024-04-15 19:17:00	0,006937	653,18	1	0,30056	0,011135	0,035091	8,6	274,8	-0,985	0,083	0,15	0,985	-0,155	0,072	27. Apr.	15	19:21	19:35			
2024-04-15 19:18:00	0,007559	651,3491	2	0,306978	0,011341	0,041273	8,5	275	-0,985	0,086	0,147	0,985	-0,156	0,068	28. Apr.	16	19:21	19:36			
2024-04-15 19:19:00	0,007925	649,5144	2	0,313531	0,01155	0,043848	8,3	275,2	-0,985	0,09	0,145	0,985	-0,158	0,064	29. Apr.	15	19:22	19:36			
2024-04-15 19:20:00	0,008204	647,6759	2	0,320222	0,011763	0,045287	8,2	275,4	-0,985	0,093	0,142	0,985	-0,159	0,06	30. Apr.	16	19:22	19:37			
2024-04-15 19:21:00	0,008437	645,8337	2	0,327053	0,01198	0,046141	8	275,6	-0,985	0,097	0,14	0,985	-0,16	0,056	1. Mai.	16	19:22	19:37			
2024-04-16 19:16:00	0,005632	657,6538	1	0,287823	0,010736	0,018422	9,1	274,8	-0,984	0,083	0,157	0,984	-0,16	0,078	2. Mai.	15	19:23	19:37			
2024-04-16 19:17:00	0,006518	655,8411	1	0,293966	0,010935	0,03095	8,9	275	-0,984	0,087	0,155	0,984	-0,161	0,074	3. Mai.	16	19:23	19:38			
2024-04-16 19:18:00	0,007251	654,0245	2	0,300239	0,011137	0,039142	8,8	275,2	-0,984	0,09	0,152	0,984	-0,162	0,07	4. Mai.	15	19:23	19:37			
2024-04-16 19:19:00	0,007707	652,2042	2	0,306644	0,011343	0,042981	8,6	275,4	-0,984	0,094	0,15	0,984	-0,164	0,066	5. Mai.	16	19:23	19:38			
2024-04-16 19:20:00	0,008017	650,3801	2	0,313183	0,011553	0,044848	8,5	275,6	-0,984	0,097	0,147	0,984	-0,165	0,062	6. Mai.	15	19:24	19:38			
2024-04-16 19:21:00	0,008267	648,5522	2	0,319859	0,011766	0,045938	8,3	275,8	-0,984	0,101	0,145	0,984	-0,166	0,058	7. Mai.	15	19:24	19:38			
2024-04-16 19:22:00	0,008482	646,7206	2	0,326675	0,011983	0,046591	8,2	276	-0,984	0,104	0,142	0,984	-0,168	0,054	8. Mai.	15	19:25	19:39			
2024-04-16 19:23:00	0,008675	644,8853	2	0,333633	0,012203	0,046965	8	276,2	-0,984	0,107	0,14	0,984	-0,169	0,05	9. Mai.	15	19:25	19:39			
2024-04-17 19:15:00	0,00505	662,0742	1	0,281569	0,010573	0,008681	9,3	275,1	-0,983	0,087	0,162	0,983	-0,166	0,08	10. Mai.	16	19:25	19:40			
2024-04-17 19:16:00	0,006089	660,2794	1	0,287576	0,01077	0,025865	9,2	275,3	-0,983	0,09	0,16	0,983	-0,167	0,076	11. Mai.	15	19:26	19:40			
2024-04-17 19:17:00	0,006885	658,4808	1	0,293708	0,010969	0,035793	9,1	275,5	-0,983	0,094	0,157	0,983	-0,168	0,072	12. Mai.	15	19:26	19:40			
2024-04-17 19:18:00	0,007484	656,6785	2	0,299969	0,011173	0,041718	8,9	275,7	-0,983	0,097	0,155	0,983	-0,17	0,068	13. Mai.	15	19:27	19:41			
2024-04-17 19:19:00	0,00784	654,8723	2	0,30636	0,011379	0,044212	8,8	275,8	-0,983	0,101	0,152	0,983	-0,171	0,064	14. Mai.	15	19:27	19:41			
2024-04-17 19:20:00	0,008113	653,0625	2	0,312886	0,011589	0,045616	8,6	276	-0,983	0,104	0,15	0,983	-0,172	0,06	15. Mai.	14	19:28	19:41			
2024-04-17 19:21:00	0,008342	651,2489	2	0,319548	0,011803	0,046452	8,5	276,2	-0,983	0,108	0,147	0,983	-0,174	0,056	16. Mai.	15	19:28	19:42			
2024-04-17 19:22:00	0,008545	649,4316	2	0,32635	0,012021	0,046957	8,3	276,4	-0,983	0,111	0,145	0,983	-0,175	0,052	17. Mai.	15	19:28	19:42			
2024-04-17 19:23:00	0,008729	647,6105	2	0,333293	0,012242	0,047218	8,2	276,6	-0,983	0,115	0,142	0,983	-0,176	0,048	18. Mai.	14	19:29	19:42			
2024-04-17 19:24:00	0,008895	645,7858	2	0,340382	0,012467	0,04728	8	276,8	-0,983	0,118	0,14	0,983	-0,178	0,044	19. Mai.	15	19:29	19:43			
2024-04-18 19:16:00	0,005596	662,8845	1	0,281383	0,010579	0,019258	9,5	275,5	-0,982	0,094	0,165	0,982	-0,173	0,078	20. Mai.	14	19:30	19:43			
2024-04-18 19:17:00	0,006476	661,0999	1	0,287378	0,010776	0,031718	9,3	275,7	-0,982	0,097	0,162	0,982	-0,174	0,074	21. Mai.	14	19:30	19:43			
2024-04-18 19:18:00	0,0072	659,3116	2	0,293499	0,010975	0,039835	9,2	275,9	-0,982	0,101	0,16	0,982	-0,176	0,07	22. Mai.	15	19:30	19:44			
2024-04-18 19:19:00	0,007625	657,5196	2	0,299749	0,011179	0,043334	9,1	276,1	-0,982	0,104	0,157	0,982	-0,177	0,066	23. Mai.	14	19:31	19:44			
2024-04-18 19:20:00	0,007928	655,7238	2	0,306129	0,011385	0,045151	8,9	276,3	-0,982	0,108	0,155	0,982	-0,178	0,062	24. Mai.	14	19:31	19:44			
2024-04-18 19:21:00	0,008173	653,9244	2	0,312642	0,011596	0,046213	8,8	276,5	-0,982	0,111	0,152	0,982	-0,18	0,058	25. Mai.	13	19:33	19:45			
2024-04-18 19:22:00	0,008386	652,1212	2	0,319291	0,01181	0,046865	8,6	276,7	-0,982	0,115	0,15	0,982	-0,181	0,054	26. Mai.	14	19:33	19:46			
2024-04-18 19:23:00	0,008578	650,3143	2	0,326079	0,012027	0,047244	8,5	276,9	-0,982	0,118	0,147	0,982	-0,182	0,05	27. Mai.	14	19:33	19:46			
2024-04-18 19:24:00	0,008752	648,5037	2	0,333008	0,012249	0,047404	8,3	277,1	-0,982	0,122	0,145	0,982	-0,183	0,046	28. Mai.	13	19:34	19:46			
2024-04-18 19:25:00	0,00891	646,6895	2	0,340082	0,012474	0,047379	8,2	277,3	-0,982	0,125	0,142	0,982	-0,185	0,041	29. Mai.	13	19:34	19:46			
2024-04-18 19:26:00	0,009055	644,8716	2	0,347302	0,012703	0,0472	8	277,5	-0,982	0,129	0,14	0,982	-0,186	0,037	30. Mai.	13	19:35	19:47			
2024-04-19 19:16:00	0,005034	666,9555	1	0,275382	0,010417	0,009929	9,8	275,7	-0,981	0,098	0,17	0,981	-0,179	0,08	31. Mai.	13	19:35	19:47			

Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 3
16	1715	19:18	19:55	
<b>Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 3:</b> 1715 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 1070 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk 645 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk 16 Minuten pro Tag (Max)				
Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 2379 Einträgen /-651): 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)				

