

Blendgutachten

Groß Godems / Karrenzin / Ruhner Berge

**Analyse der potentiellen Blendwirkung der PV Anlagen
Groß Godems / Karrenzin / Ruhner Berge
in Mecklenburg-Vorpommern**

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

☎ +49 40 79 69 59 36

📞 +49 40 79 69 59 38

@ info@solpeg.com

🌐 www.solpeg.com

Inhalt

1	Auftrag	3
1.1	Beauftragung.....	3
1.2	Hintergrund und Auftragsumfang.....	3
2	Systembeschreibung	4
2.1	Standort Übersicht	4
2.2	Umliegende Gebäude.....	6
3	Ermittlung der potentiellen Blendwirkung	7
3.1	Rechtliche Hinweise	7
3.2	Blendwirkung von PV Modulen.....	7
3.3	Technische Parameter der PV Anlage	9
3.4	Berechnung der Blendwirkung	10
3.5	Standorte für die Analyse	11
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	12
4	Ergebnisse	15
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P1, A24 Südost.....	16
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P2, A24 Süd	17
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P3, A24 Südwest	18
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P4, A24 West	19
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P5, L083.....	20
5	Zusammenfassung der Ergebnisse	21
6	Schlussbemerkung	21
7	Anhang	22 - 38

SolPEG Blendgutachten

Analyse der Blendwirkung der geplanten PV Anlagen Groß Godems /Karrenzin / Ruhner Berge

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik (PV) ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlagen Groß Godems /Karrenzin / Ruhner Berge für die Verkehrsteilnehmer auf der Bundesautobahn A24 und ggf. Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist die sog. Lichtleitlinie¹, 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 den geplanten PV Anlagen eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Lichtleitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer auf der A24 und ggf. für Anwohner von umliegenden Gebäuden.

Die zur Anwendung kommenden Berechnungs- und Beurteilungsgrundsätze resultieren im Wesentlichen aus den Empfehlungen in Anhang 2 der Lichtleitlinie in der aktuellen Fassung vom 08.10.2012. Die Berechnung der Blendwirkung erfolgt auf Basis von vorliegenden Planungsunterlagen der PV Anlage. Eine Analyse der potentiellen Blendwirkung vor Ort wird momentan nicht als notwendig angesehen da die Anlagendokumentation ausreichend ist, um einen Eindruck zu vermitteln.

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

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

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

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Teilflächen der PV Anlagen befinden sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet zwischen den Ortschaften Groß Godems, Karrenzin und Polnitz in Mecklenburg-Vorpommern. Der Einfachheit halber werden die PV Anlagen im Folgenden als „Groß Godems Erweiterung“ oder auch als „PV Fläche“ bezeichnet. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Ackerflächen südöstlich der Ortschaft Groß Godems (Mecklenburg-Vorpommern), ca. 8,8 km südlich von Parchim. Die Flächen sind überwiegend eben.
Koordinaten (Mitte)	53.349°N, 11.809°O 53 m ü.N.N.
Grenzlänge entlang der A24	max. ca. 1 km
Abstand zum Fahrbahnrand A24	ca. 40 m - 42 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	Kein Gebäude in relevanter Blickrichtung

Nicht alle Flächen der geplanten Erweiterung der PV Anlage sind relevant im Hinblick auf potentielle Reflexionen. Einige PV Flächen befinden sich südlich der A24 und daher sind keine beeinträchtigenden Lichtimmissionen zu erwarten. Einige Flächen befinden sich aus Sicht der A24 „hinter“ bereits bestehenden PV Flächen und daher sind auch von diesen Flächen keine beeinträchtigenden Lichtimmissionen zu erwarten. Die genannten Flächen nicht weiter analysiert. Die folgende Skizze zeigt eine Übersicht über den Standort und die PV Flächen (schematisch).

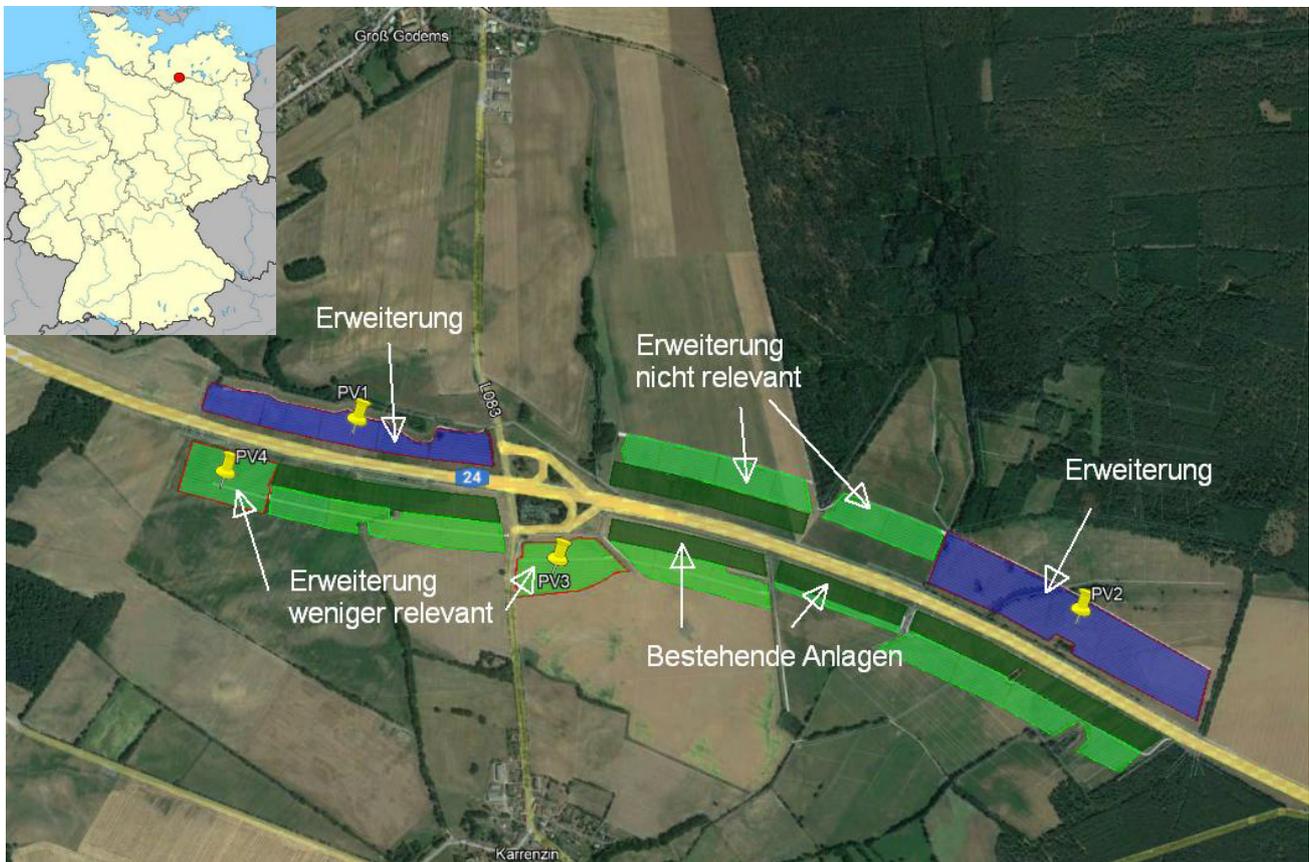


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Detailansicht der PV Anlage (Ausschnitt West)

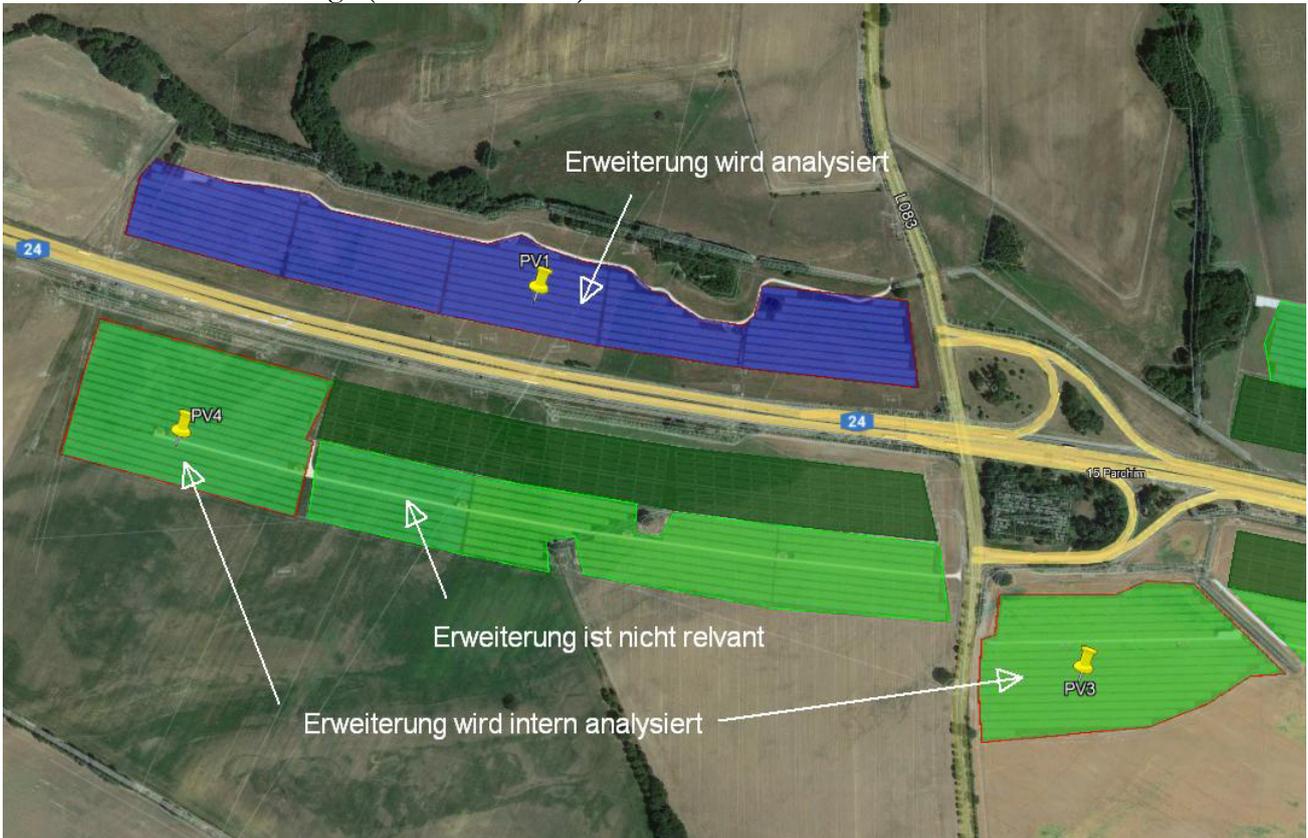


Bild 2.1.2: Detailansicht der PV Flächen (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Detailansicht (Ausschnitt Ost)

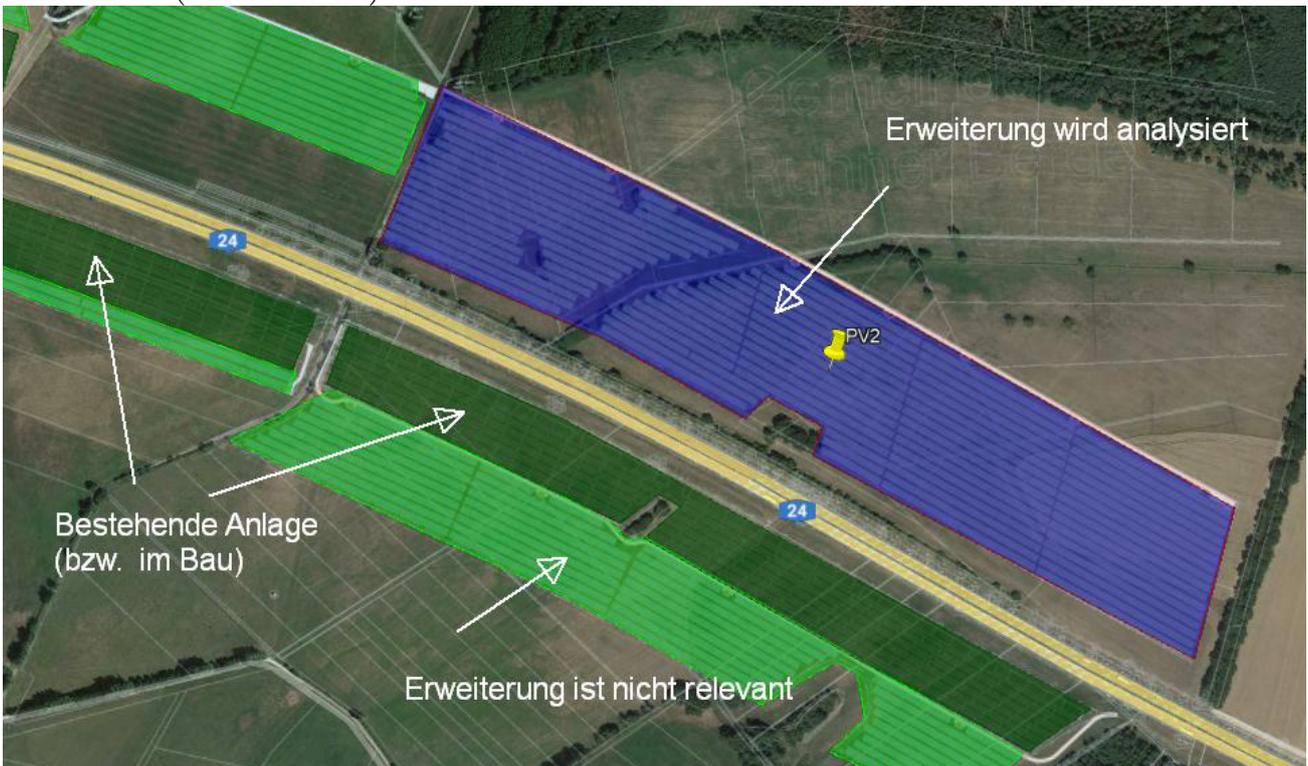


Bild 2.1.3: Detailansicht der PV Flächen (Quelle: Google Earth/SolPEG)

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 sowie Gebäude der südlich gelegenen Ortschaft Karrenzin. Aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz können die Gebäude von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage nicht erreicht werden. Dies gilt gleichermaßen auch für die PV Flächen nördlich der A24.

Aber auch aufgrund der Entfernung von über 500 m wären Beeinträchtigungen durch potentielle Reflexionen nicht wahrscheinlich. Vor diesem Hintergrund wird dieser Standort nicht weiter analysiert.



Bild 2.2.1: Gebäude der Dorfes Karrenzin im Südwesten der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

Rechtliche Hinweise u.a. zur Licht-Leitlinie sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes.

3.2 Blendwirkung von PV Modulen

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

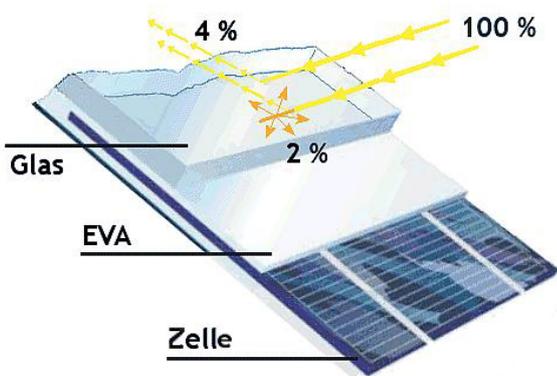


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: Internet/SolPEG)

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



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

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Das mittlere Modul entspricht den aktuell marktüblichen PV Modulen wie auch im Bild 3.2.2 dargestellt. Durch die strukturierte Oberfläche wird das Sonnenlicht diffus mit einer stärkeren Streuung reflektiert und die Leuchtdichte ist entsprechend vermindert. Das Modul rechts im Bild zeigt aufgrund der speziellen Oberfläche praktisch keine direkte, sondern durch die starke Bündelaufweitung der Lichtstrahlen, ausschließlich diffuse Reflexion.



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

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

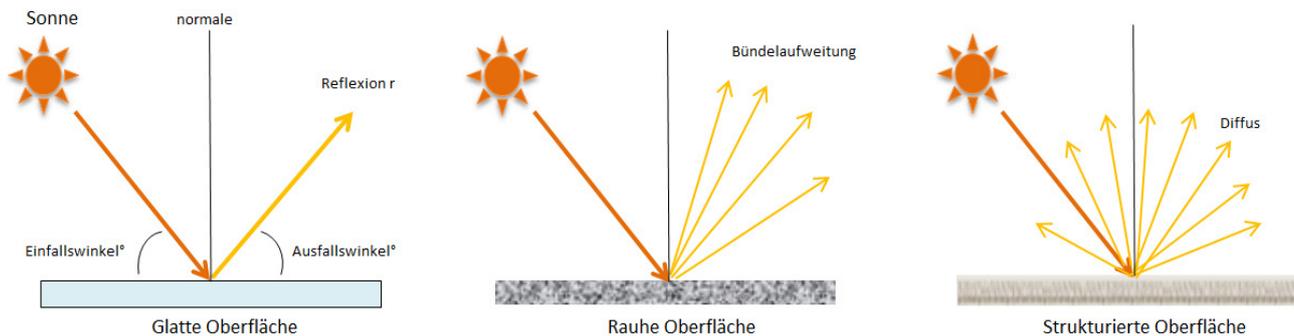


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

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

Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 Technische Parameter der PV Anlage

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

Die folgende Skizze verdeutlicht die Konstruktion der Modulinstallation.

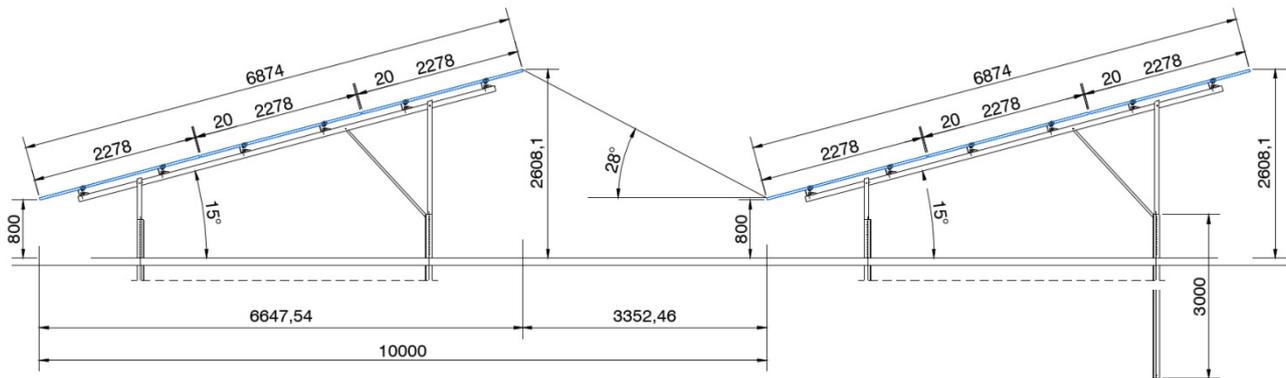


Bild 3.3.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul	Suntech
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	3 Module hochkant übereinander (3P)
Ausrichtung (Azimut)	unterschiedlich 189°, 204°, 180°, 193° (180° = Süden)
Modulneigung	15°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. 0,80 m, max. 2,60 m
Mittlere Höhe der Modulfläche	1,5 m
Anzahl Messpunkte auf der A24	5 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Anzahl Messpunkte Gebäude	-
Höhe Messpunkte über Boden	2 m (Mittlere Sitzhöhe PKW/LKW Fahrer)

3.4 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 FAA² zur Beurteilung der Blendwirkung für den Flugverkehr.

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

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

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

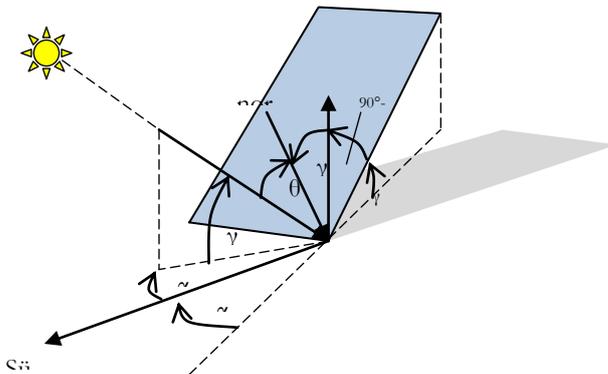


Bild 3.4.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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-Leitlinie³ wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories⁴, New Mexico überprüft.

² US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:
<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf>

³ Licht-Leitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.

⁴ Webseite der Sandia National Laboratories: <http://www.sandia.gov>

3.5 Standorte für die Analyse

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

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlagen wurden insgesamt 5 Messpunkte festgelegt. 4 Messpunkte im Verlauf der A24 sowie 1 Messpunkt auf der L083. Gebäude des Dorfes Karrenzin wurden nicht weiter untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind.

Die folgende Übersicht zeigt die PV Anlage und die 5 festgelegten Messpunkte P1-P5:



Bild 3.5.1: Übersicht über die PV Anlage und die Messpunkte P1–P5 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Lichtleitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

Schutzwürdige Räume

In der Lichtleitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also ortsfeste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belästigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt⁵ 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 Lichtleitlinie 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. Lichtleitlinie "erfahren Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden, erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen. Lediglich bei ausgedehnten Photovoltaikparks **könnten** auch weiter entfernte Immissionsorte noch relevant sein."

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

⁵Lichtleitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

Sonstige Einflüsse

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

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

In der Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY⁶) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2020 eine mittlere Wolkenbedeckung⁷ von ca. 62,5 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1982-2009 liegt bei 62,5 % - 75 %.

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

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

Kategorien von Reflexionen

Fachleute sind überwiegend der Meinung, dass die sog. Absolutblendung, die eine Störung der Sehfähigkeit bewirkt, ab einer Leuchtdichte von ca. 100.000 cd/m² beginnt. Störungen sind z.B. Nachbilder in Form von hellen Punkten nachdem in die Sonne geschaut wurde. Auch in der LAI Lichtleitlinie 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/cm²) und Ausdehnung (Raumwinkel, mrad). Die folgende Skizze zeigt die Bewertungsskala in der Übersicht und auch das hier verwendete Simulationsprogramm stellt die jeweiligen Messergebnisse in ähnlicher Weise dar.

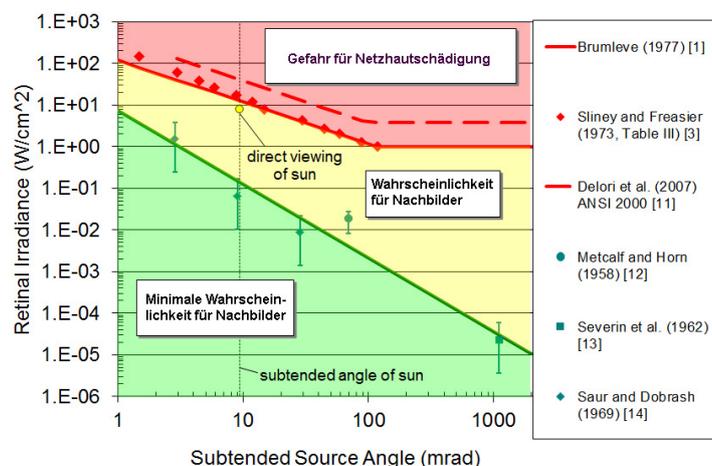


Bild 3.6.1: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

⁶ Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

⁷ DWD Service: https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html

Bild: https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_cen_cfc_mean_2020_17.png

4 Ergebnisse

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der Erweiterung der PV Anlagen wird für 5 exemplarisch gewählte Messpunkte durchgeführt. Das Ergebnis ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“ auftreten kann.

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

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

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

Die folgende Tabelle 3 zeigt die Ergebniswerte für die jeweiligen PV Felder bzw. an den jeweiligen Immissionsorten nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen/Ausführungen zu verwenden. Diese werden im weiteren Verlauf von Abschnitt 4 für die jeweiligen Messpunkte gesondert beschrieben.

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

Messpunkt	PV Feld 1	PV Feld 2	PV Feld 3	PV Feld 4
P1 A24 Südost	-	2061 ^W	-	-
P2 A24 Süd	-	2591 ^W	-	-
P3 A24 Südwest	202 ^W	174 ^E	-	-
P4 A24 West	2215 ^W	136 ^E	-	-
P5 L083	196 ^{WE}	995 ^{WE}	-	-

^W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

^E Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

^S Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

PV Felder 3 und 4 wurden zu Kontrollzwecken untersucht da relevante Reflexionen kaum zu erwarten sind. Nach Bereinigung der Rohdaten sind erwartungsgemäß keine Reflexionen nachweisbar.

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, A24 Südost

Am Messpunkt P1 auf der A24 können rein rechnerisch in bestimmten Jahreszeiten Reflexionen durch das PV Feld 2 auftreten. Diese können bei der Fahrt Richtung Südosten zwischen dem 05. Mai und dem 07. August in den frühen Morgenstunden zwischen 06:00 – 06:40 Uhr aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen allerdings mit -54° bis -60° links (östlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) und sind daher zu vernachlässigen.

Zur Veranschaulichung sind in der folgenden Skizze die auf Basis der unbereinigten Rohdaten berechneten Reflexionen für den Messpunkt P1 grafisch dargestellt.

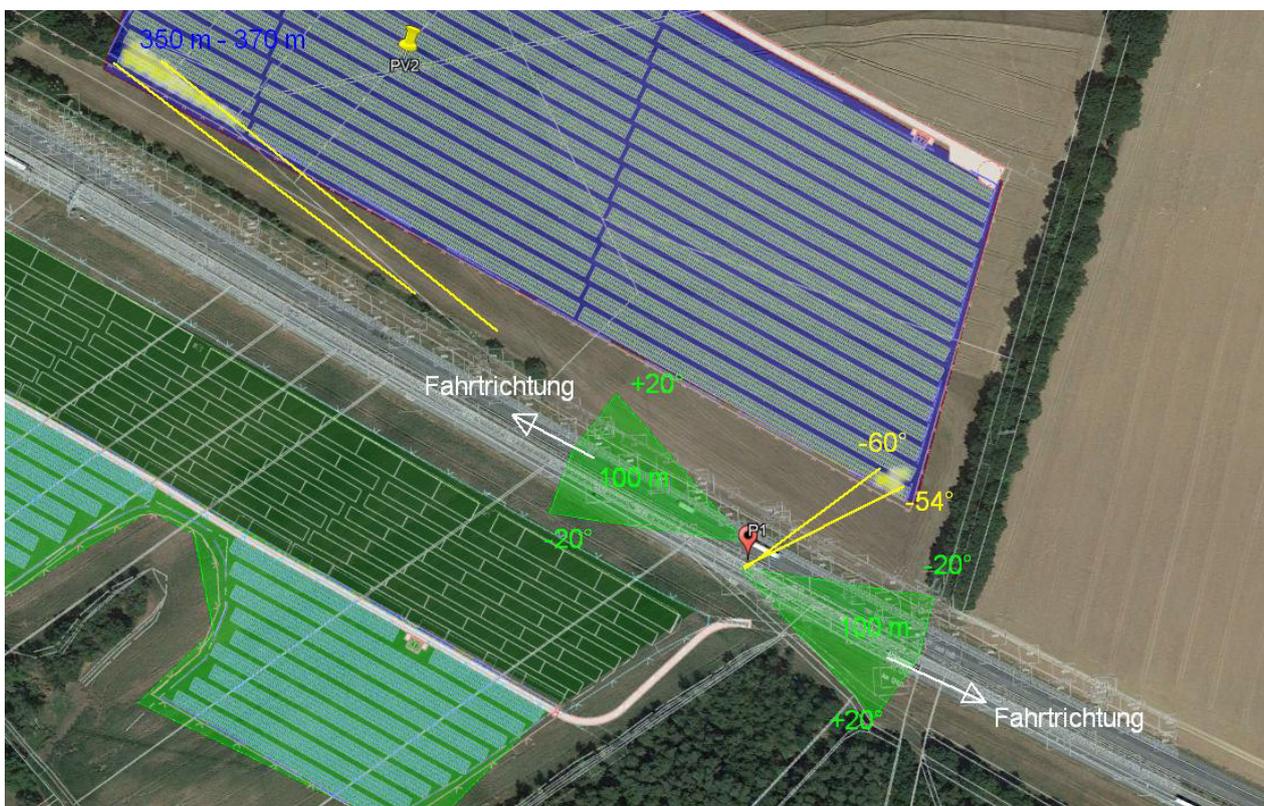


Bild 4.1.1: Simulation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Die hellgrünen Bereiche symbolisieren den relevanten Sichtwinkel bei der Fahrt Richtung Südosten bzw. Nordwesten. In den gelb/weiß markierten Bereichen können potentiell Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Bei der Fahrt Richtung Südosten liegen potentielle Reflexionen außerhalb des relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen.

Bei der Fahrt Richtung Nordwesten sind die rechnerisch ermittelten Reflexionen in der Realität sehr unwahrscheinlich, da in den betreffenden Zeiten (19:36 - 20:08 Uhr) die Sonne sehr dicht über dem Horizont steht ($1,3^\circ - 5,0^\circ$) und der theoretisch berechnete Strahlengang aufgrund der örtlichen Gegebenheiten den Immissionsort nicht erreichen kann. Darüber hinaus können potentielle Reflexionen bei der Fahrt Richtung Nordwesten nur in einer großen Entfernung von ca. 350 – 370 m auftreten und wären dementsprechend weniger relevant.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Bereich von Messpunkt P1 durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, A24 Süd

Am Messpunkt P2 auf der A24 können rein rechnerisch in bestimmten Jahreszeiten Reflexionen durch das PV Feld 2 auftreten. Diese können bei der Fahrt Richtung Südosten zwischen dem 04. April und dem 08. September in den frühen Morgenstunden zwischen 06:03 – 07:01 Uhr aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen allerdings mit -24° bis -60° links (östlich) zur Fahrtrichtung überwiegend deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) und sind daher zu vernachlässigen – sofern diese aufgrund der örtlichen Gegebenheiten den Immissionsort P2 überhaupt erreichen können.

Zur Veranschaulichung sind in der folgenden Skizze die auf Basis der unbereinigten Rohdaten berechneten Reflexionen für den Messpunkt P2 grafisch dargestellt.

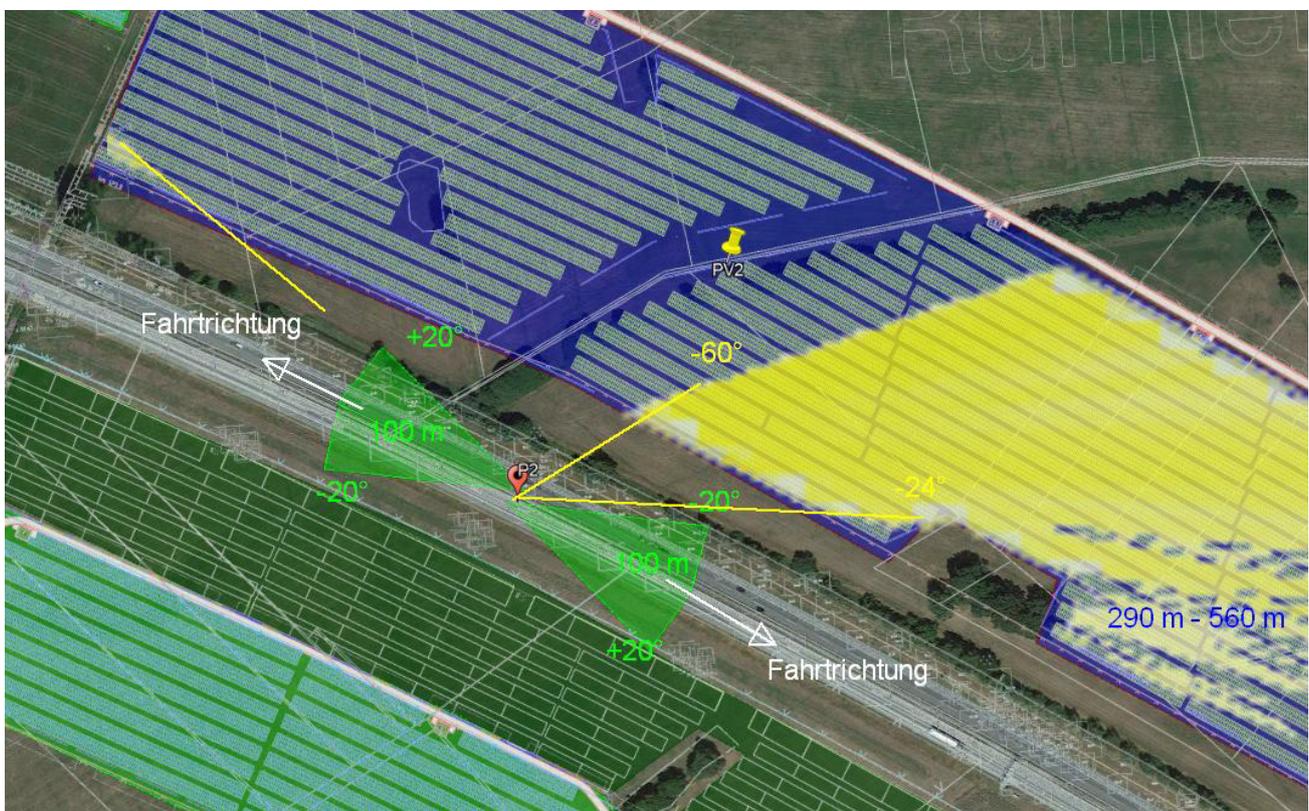


Bild 4.2.1: Simulation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Die hellgrünen Bereiche symbolisieren den relevanten Sichtwinkel bei der Fahrt Richtung Südosten bzw. Nordwesten. In den gelb/weiß markierten Bereichen können potentiell Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Bei der Fahrt Richtung Südosten liegen potentielle Reflexionen außerhalb des relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen.

Wie auch am Messpunkt P1 sind die bei der Fahrt Richtung Nordwesten rechnerisch ermittelten Reflexionen in der Realität sehr unwahrscheinlich, da in den betreffenden Zeiten die Sonne sehr dicht über dem Horizont steht und der theoretisch berechnete Strahlengang aufgrund der örtlichen Gegebenheiten den Immissionsort nicht erreichen kann.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Bereich von Messpunkt P2 durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, A24 Südwest

Am Messpunkt P3 auf der A24 können bei der Fahrt Richtung Osten Reflexionen durch das PV Feld 1 auftreten. Diese können rein rechnerisch an insgesamt nur 202 Minuten pro Jahr in den frühen Morgenstunden zwischen 06:00 – 06:14 Uhr aus östlicher Richtung auftreten. Das folgende Diagramm verdeutlicht die Verteilung der aufgeführten Minuten pro Tag im Jahresverlauf bzw. im relevanten Zeitraum.

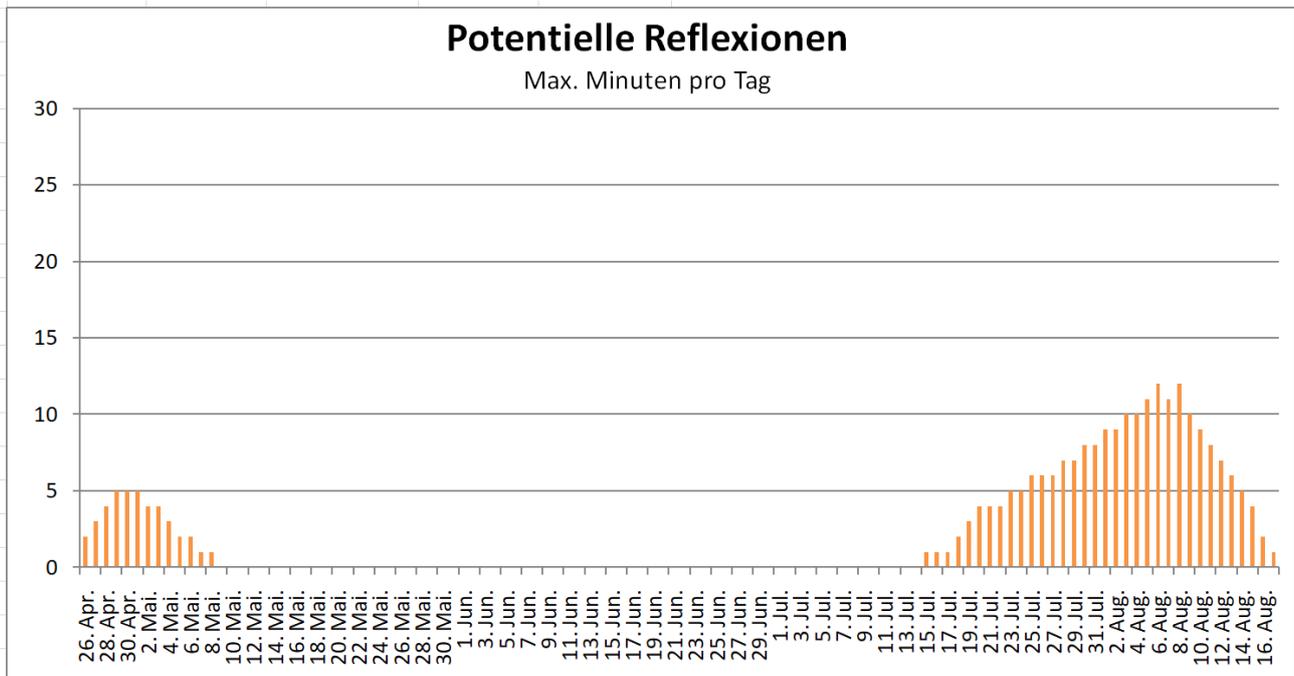


Bild 4.3.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Aufgrund der kurzen zeitlichen Dauer sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Darüber hinaus liegen die Einfallswinkel der Reflexionen mit -27° bis -41° links zur Fahrtrichtung außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) und sind daher auch unter diesem Aspekt zu vernachlässigen.

Wie auch am Messpunkt P2 können auch am Messpunkt P3 bei der Fahrt Richtung Westen Reflexionen durch das PV Feld 1 auftreten. Aufgrund der tief stehenden Sonne ($1,7^\circ - 9,4^\circ$) kann allerdings der theoretisch berechnete Strahlengang in der Realität den Bereich am Messpunkt P3 nicht erreichen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Bereich von Messpunkt P3 durch die PV Anlage kann demnach mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, A24 West

Am Messpunkt P4 auf der A24 können bei der Fahrt Richtung Osten Reflexionen durch das PV Feld 1 auftreten. Diese können rein rechnerisch an insgesamt nur 1947 Minuten pro Jahr in den frühen Morgenstunden zwischen 06:00 – 06:36 Uhr aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen auch hier überwiegend deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) und auch aufgrund der großen Entfernung von ca. 170 m – 480 m zur Immissionsquelle sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Zur Veranschaulichung sind in der folgenden Skizze die auf Basis der unbereinigten Rohdaten berechneten Reflexionen für den Messpunkt P4 grafisch dargestellt.

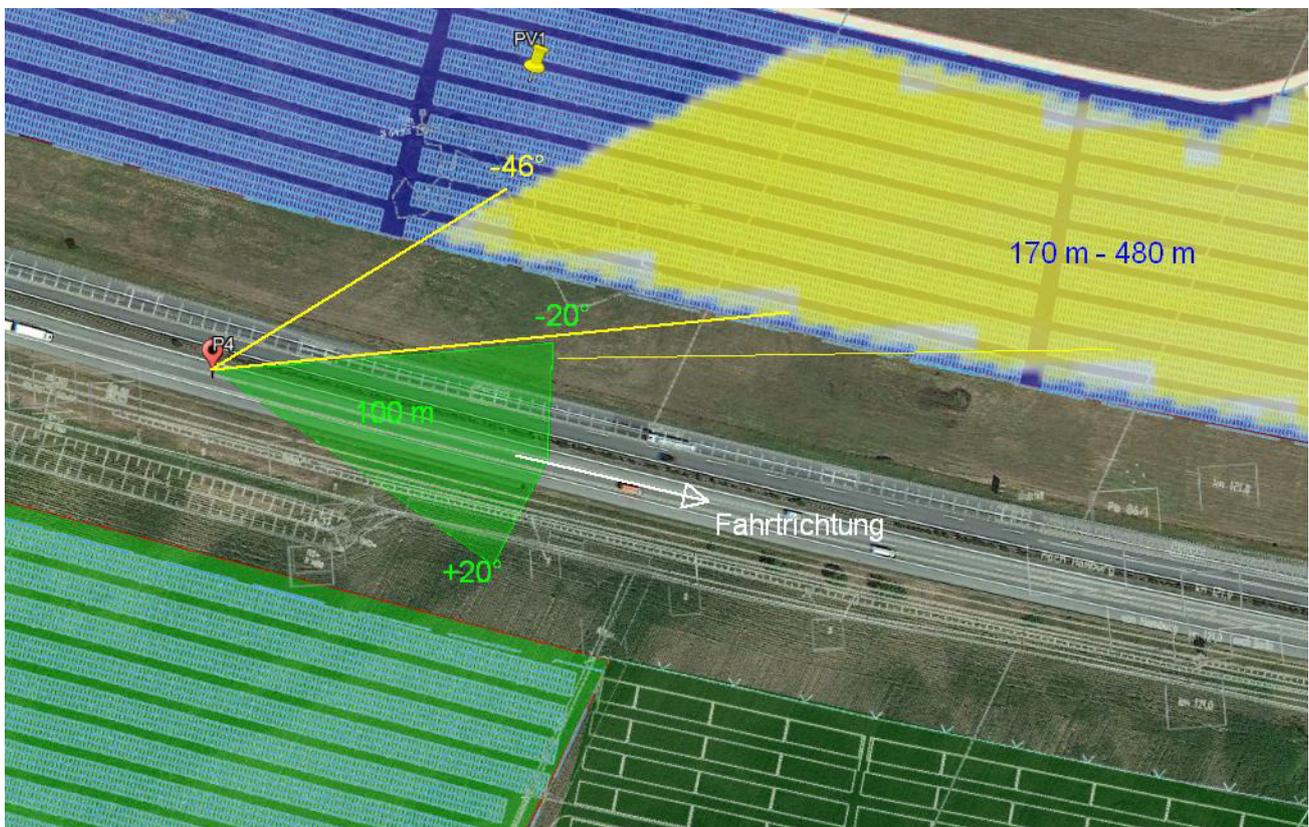


Bild 4.4.1: Simulation am Messpunkt P4 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der hellgrüne Bereich symbolisiert den relevanten Sichtwinkel bei der Fahrt Richtung Südosten. Im gelb/weiß markierten Bereich können potentiell Reflexionen durch die PV Anlage auftreten, diese sind aber aufgrund des Einfallswinkels und auch der Entfernung zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Bereich von Messpunkt P4 durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Wie auch am Messpunkt P3 können auch bei der Fahrt Richtung Nordwesten theoretisch Reflexionen durch das PV Feld 1 auftreten. In der Realität ist das Auftreten sehr unwahrscheinlich, da in den betreffenden Zeiten die Sonne sehr dicht über dem Horizont steht und der theoretisch berechnete Strahlengang aufgrund der örtlichen Gegebenheiten den Immissionsort nicht erreichen kann.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P4 aus Sicht des Fahrzeugführers. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt.

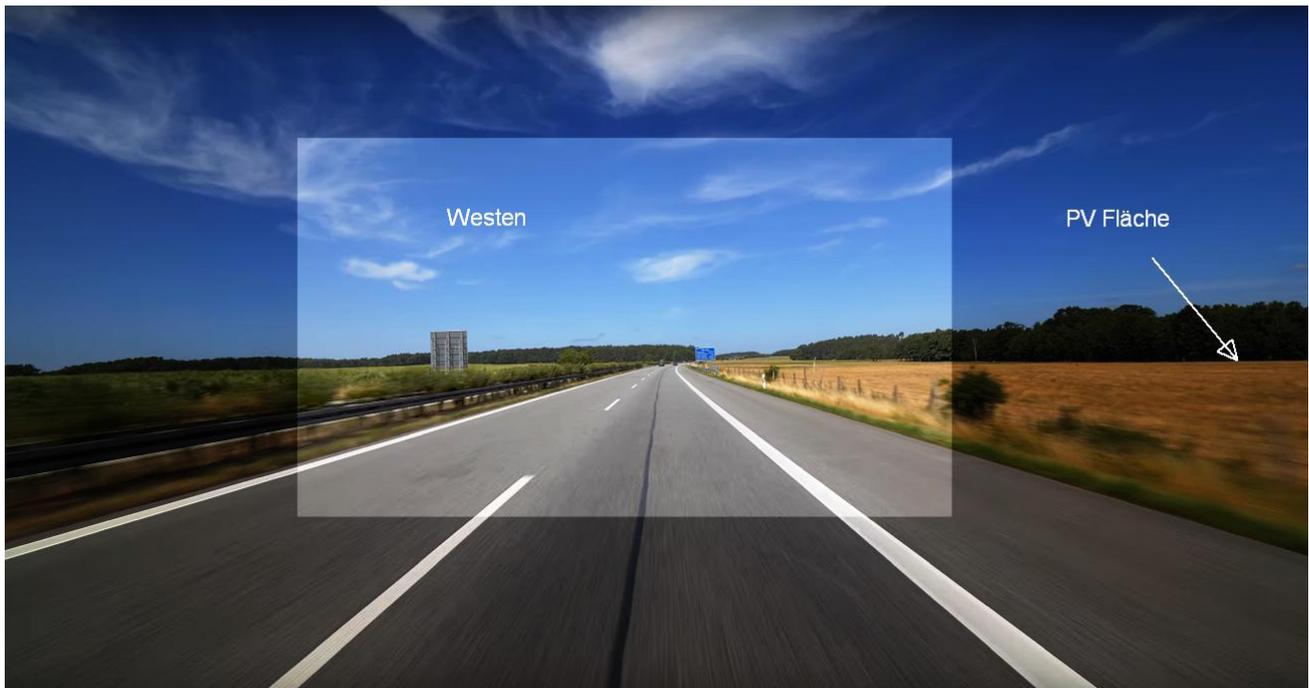


Bild 4.4.2: Foto am Messpunkt P4 (Quelle: Youtube [Video hfm5uHkUaEs](https://www.youtube.com/watch?v=hfm5uHkUaEs) Full Road View, Minute 26:46, bearbeitet)

Das Foto verdeutlicht, dass die PV Anlage zwar *sichtbar* wäre aber die tief stehende Sonne hinter den Bäumen/Wald verborgen wäre und daher keine Reflexionen erzeugen kann.

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, L083

Am Messpunkt P5 auf der L083 sind nach Bereinigung der Rohdaten keine Reflexionen durch die PV Anlage (PV Feld 3) nachweisbar. Das ist überwiegend darin begründet, dass in den betreffenden Zeiten in den frühen Morgenstunden die tief stehende Sonne überwiegend selbst die Ursache für potentielle Blendwirkungen darstellt. Darüber hinaus wären auch auf der L083 die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen deutlich außerhalb des relevanten Sichtwinkels.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Bereich von Messpunkt P5 durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten der PV Anlagen Groß Godems /Karrenzin / Ruhner Berge kann als „geringfügig“ klassifiziert⁸ werden. Im Vergleich zur Blendwirkung durch direktes Sonnenlicht oder durch Spiegelungen von Windschutzscheiben, Wasserflächen, Gewächshäusern o.ä. ist diese „vernachlässigbar“. Unter Berücksichtigung von weiteren Einflussfaktoren wie z.B. Geländestruktur, lokalen Wetterbedingungen (Frühnebel, etc.) kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexion durch die PV Anlage als gering eingestuft werden. Einzelne PV Flächen der geplanten Erweiterung werden „hinter“ bereits bestehenden PV Flächen installiert, sodass sich eine Analyse dieser Flächen erübrigt.

Der Auftraggeber hat bei der geplanten Erweiterung der PV Anlagen Groß Godems /Karrenzin / Ruhner Berge mit dem Einsatz von PV Modulen mit Anti-Reflexionsschicht die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von potentiellen Reflexionen vorgesehen.

Die Analyse von 5 exemplarisch gewählten Messpunkten für unterschiedliche PV Felder zeigt nur eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Der fließende Verkehr auf der A24 wird durch die PV Anlage nicht beeinträchtigt, da die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen überwiegend deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels liegen und/oder in einer großen Entfernung zur Immissionsquelle.

Im näheren und weiteren Umfeld sind keine relevanten Gebäude oder schutzwürdige Zonen und daher kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie ausgeschlossen werden.

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

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

6 Schlussbemerkung

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

Hamburg, den 14.06.2022


Dieko Jacob / SolPEG GmbH

⁸ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse

Hi-MO 5

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
 - Smart Soldering
 - 9-busbar Half-cut Cell
- Globally validated bifacial energy yield
- High module quality ensures long-term reliability



12-year Warranty for Materials and Processing



30-year Warranty for Extra Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO 9001:2015: ISO Quality Management System

ISO 14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

LONGI



21.3%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~3%
POWER
TOLERANCE

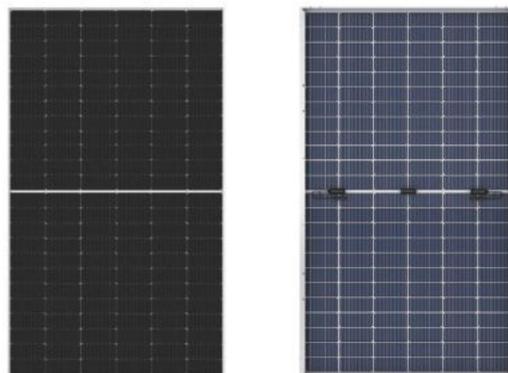
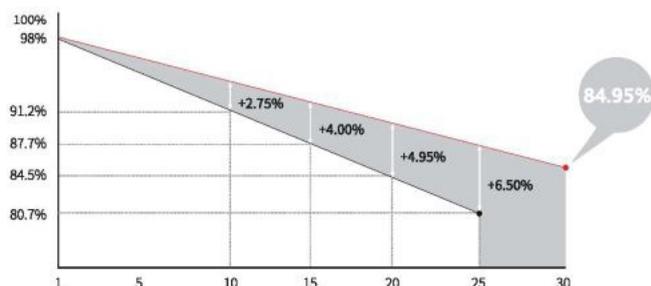
<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.45%
YEAR 2-30
POWER DEGRADATION

HALF-CELL
Lower operating temperature

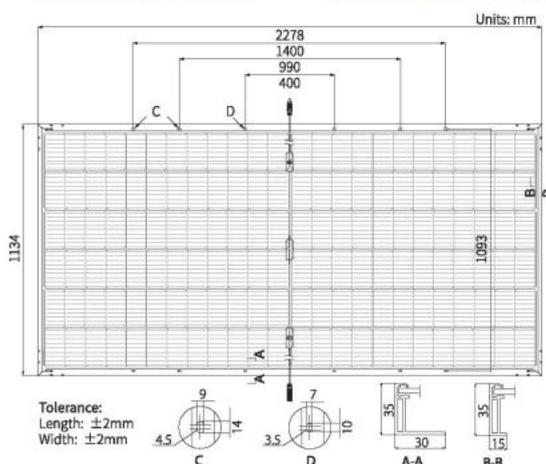
Additional Value

30-Year Power Warranty



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	32.6kg
Dimension	2278×1134×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR5-72HIBD-530M		LR5-72HIBD-535M		LR5-72HIBD-540M		LR5-72HIBD-545M		LR5-72HIBD-550M	
	STC	NOCT								
Testing Condition	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax/W)	530	396.2	535	399.9	540	403.6	545	407.4	550	411.1
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.20	46.26	49.35	46.40	49.50	46.54	49.65	46.68	49.80	46.82
Short Circuit Current (Isc/A)	13.71	11.07	13.78	11.12	13.85	11.17	13.92	11.23	13.99	11.29
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.35	38.58	41.50	38.72	41.65	38.86	41.80	39.00	41.95	39.14
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.82	10.27	12.90	10.33	12.97	10.39	13.04	10.45	13.12	10.51
Module Efficiency(%)	20.5		20.7		20.9		21.1		21.3	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Bifaciality	65±5%
Fire Rating	UL type 29 IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

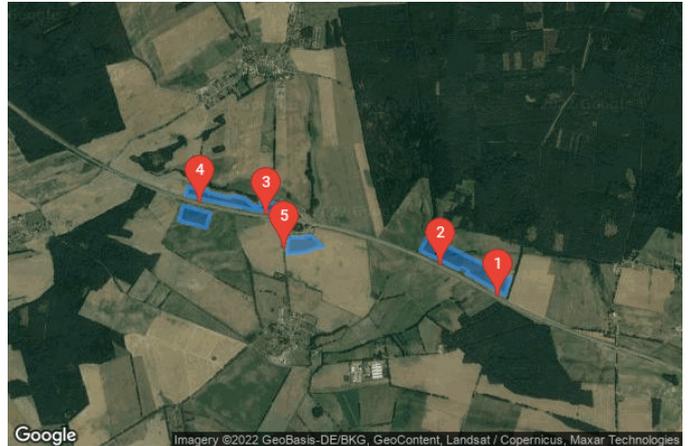
Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C

Gross Godems Erweiterung

Gross Godems

Created June 14, 2022
Updated June 14, 2022
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC+1
Site ID 70770.12488

Project type Advanced
Project status: active
Category 5 MW to 10 MW



Misc. Analysis Settings

DNI: varies (1,000.0 W/m² peak)
 Ocular transmission coefficient: **0.5**
 Pupil diameter: **0.002 m**
 Eye focal length: **0.017 m**
 Sun subtended angle: **9.3 mrad**

Analysis Methodologies:

- Observation point: **Version 2**
- 2-Mile Flight Path: **Version 2**
- Route: **Version 2**

Summary of Results Glare with potential for temporary after-image predicted

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced
	deg	deg	min	min	kWh
PV Feld 1	15.0	189.0	1,333	8,479	-
PV Feld 2	15.0	205.0	744	9,264	-
PV Feld 3	15.0	180.0	1,392	3,604	-
PV Feld 4	15.0	194.0	901	1,143	-

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 328,941 m²

Name: PV Feld 1
Footprint area: 78,549 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 189.0 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	53.351427	11.785160	69.87	1.50	71.37
2	53.351990	11.785460	68.57	1.50	70.07
3	53.352234	11.785782	67.94	1.50	69.44
4	53.351926	11.787284	65.66	1.50	67.16
5	53.351849	11.788529	63.84	1.50	65.34
6	53.351619	11.788893	63.94	1.50	65.44
7	53.351196	11.791898	62.83	1.50	64.33
8	53.351350	11.792413	62.39	1.50	63.89
9	53.351081	11.794258	60.73	1.50	62.23
10	53.350517	11.795417	60.79	1.50	62.29
11	53.350377	11.796168	60.68	1.50	62.18
12	53.350415	11.796554	60.61	1.50	62.11
13	53.350838	11.796704	60.13	1.50	61.63
14	53.350594	11.799365	59.44	1.50	60.94
15	53.349749	11.799515	61.72	1.50	63.22
16	53.350056	11.795460	61.50	1.50	63.00
17	53.350697	11.790374	65.87	1.50	67.37

Name: PV Feld 2
Footprint area: 157,811 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 205.0 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	53.347623	11.822085	53.62	1.50	55.12
2	53.346034	11.827492	54.45	1.50	55.95
3	53.343793	11.834831	56.09	1.50	57.59
4	53.342242	11.833994	57.92	1.50	59.42
5	53.344215	11.828093	54.54	1.50	56.04
6	53.344420	11.828307	54.43	1.50	55.93
7	53.344702	11.827342	53.92	1.50	55.42
8	53.344587	11.826891	53.83	1.50	55.33
9	53.346316	11.820969	54.26	1.50	55.76

Name: PV Feld 3
Footprint area: 45,870 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.347526	11.801005	62.84	1.50	64.34
2	53.347532	11.803344	60.60	1.50	62.10
3	53.347654	11.803441	60.21	1.50	61.71
4	53.347635	11.804481	58.53	1.50	60.03
5	53.346648	11.806209	60.53	1.50	62.03
6	53.346635	11.805501	61.65	1.50	63.15
7	53.346187	11.803494	63.36	1.50	64.86
8	53.346021	11.800748	63.65	1.50	65.15
9	53.346892	11.800705	62.84	1.50	64.34

Name: PV Feld 4**Footprint area:** 46,711 m²**Axis tracking:** Fixed (no rotation)**Tilt:** 15.0 deg**Orientation:** 194.0 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	53.350466	11.784807	72.65	1.50	74.15
2	53.349758	11.789040	70.70	1.50	72.20
3	53.348391	11.788321	70.96	1.50	72.46
4	53.349066	11.784137	76.73	1.50	78.23



Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	53.342086	11.832882	57.16	2.00	59.16
OP 2	53.344956	11.824106	55.68	2.00	57.68
OP 3	53.349498	11.797459	61.07	2.00	63.07
OP 4	53.350697	11.787317	69.44	2.00	71.44
OP 5	53.346502	11.800306	63.74	2.00	65.74

Summary of PV Glare Analysis

PV configuration and total predicted glare

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced	Data File
	deg	deg	min	min	kWh	
PV Feld 1	15.0	189.0	1,333	8,479	-	
PV Feld 2	15.0	205.0	744	9,264	-	
PV Feld 3	15.0	180.0	1,392	3,604	-	
PV Feld 4	15.0	194.0	901	1,143	-	

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	175	294	0	126	347	0	0	0	0
pv-feld-1 (yellow)	0	0	220	745	1692	2169	1940	1148	360	14	0	0
pv-feld-2 (green)	0	57	64	0	0	0	0	0	4	115	0	0
pv-feld-2 (yellow)	0	16	610	886	835	1100	994	832	825	104	0	0
pv-feld-3 (green)	0	0	21	313	206	0	66	361	113	0	0	0
pv-feld-3 (yellow)	0	0	24	479	769	767	779	671	115	0	0	0
pv-feld-4 (green)	0	0	0	168	3	0	0	125	42	0	0	0
pv-feld-4 (yellow)	0	0	0	143	423	2	261	314	0	0	0	0

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

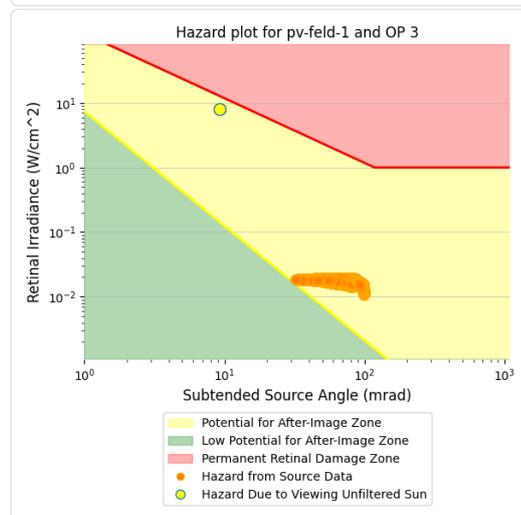
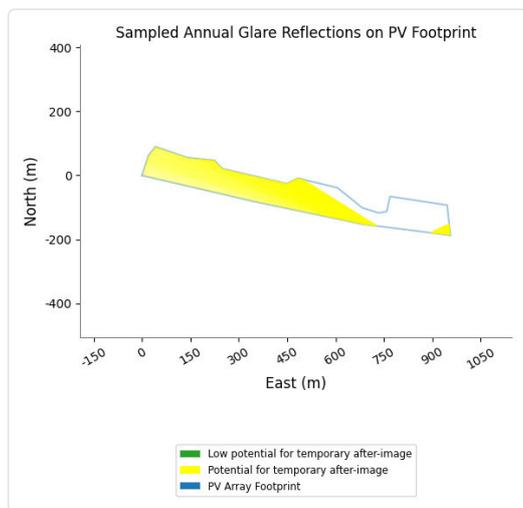
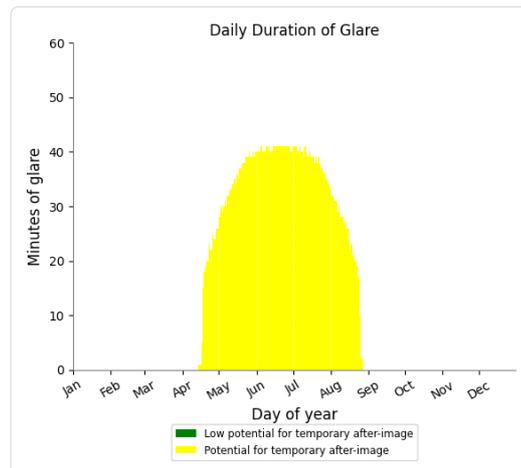
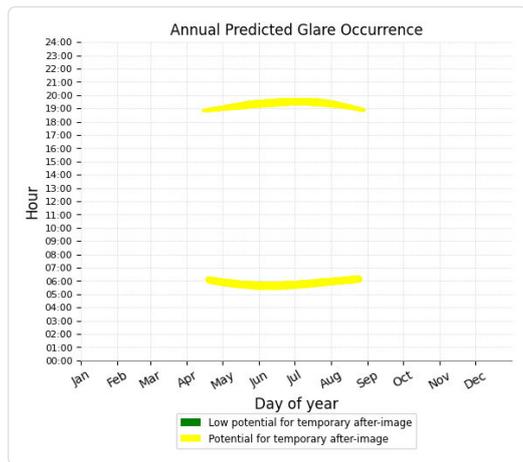
PV Feld 1 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	726	0
OP: OP 2	607	60
OP: OP 3	0	4432
OP: OP 4	0	3656
OP: OP 5	0	331

PV Feld 1 - OP Receptor (OP 3)

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

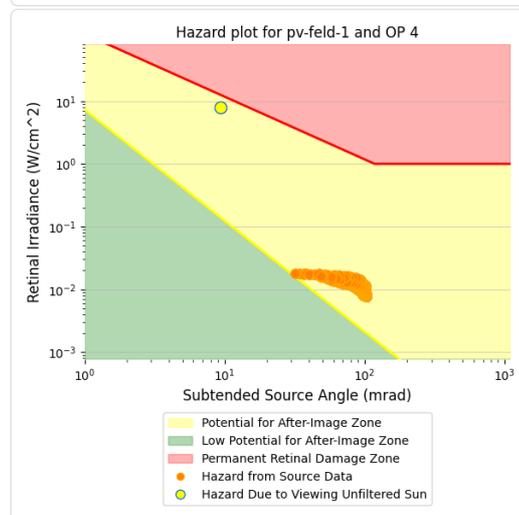
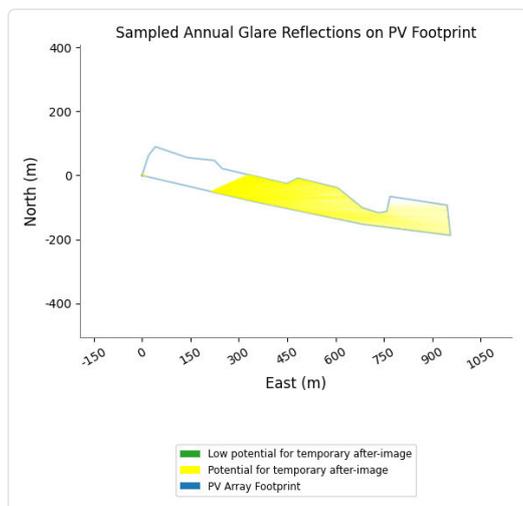
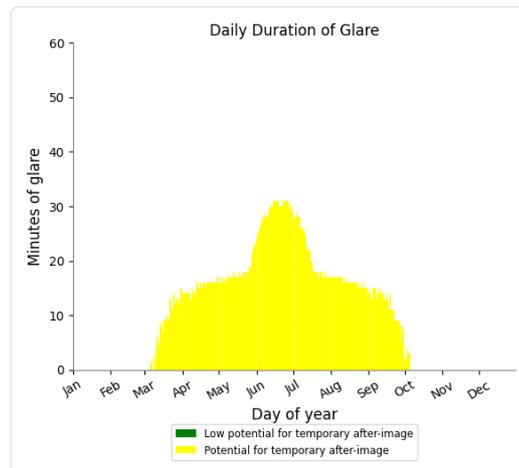
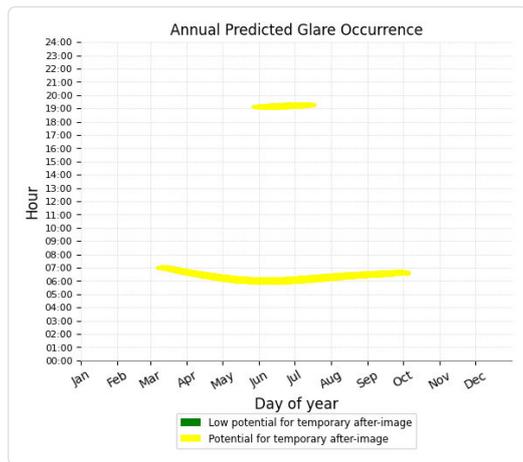
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 4,432 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 1 - OP Receptor (OP 4)

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

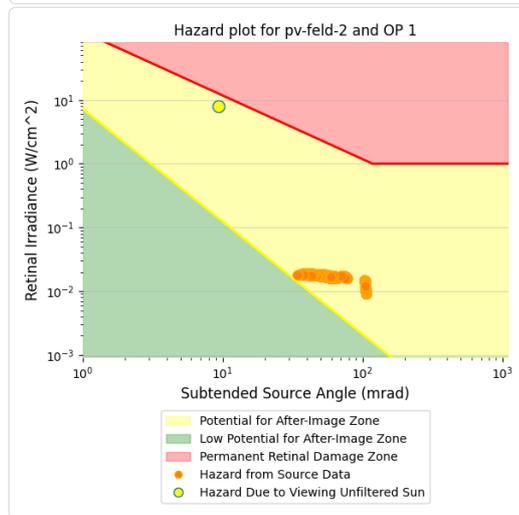
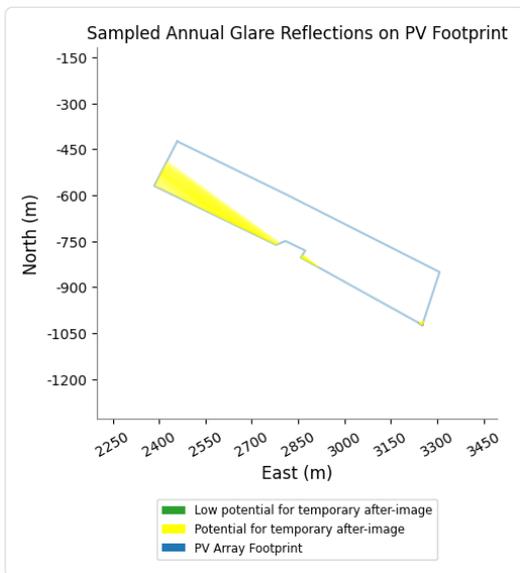
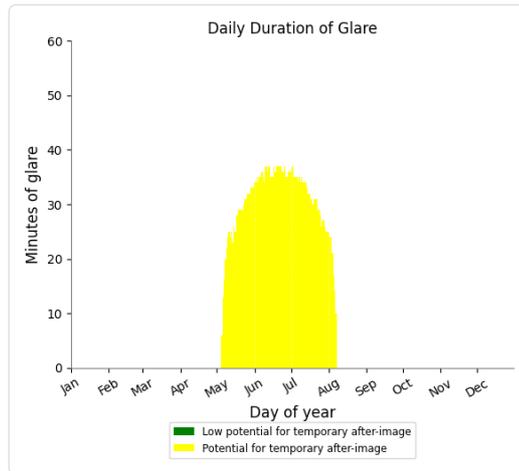
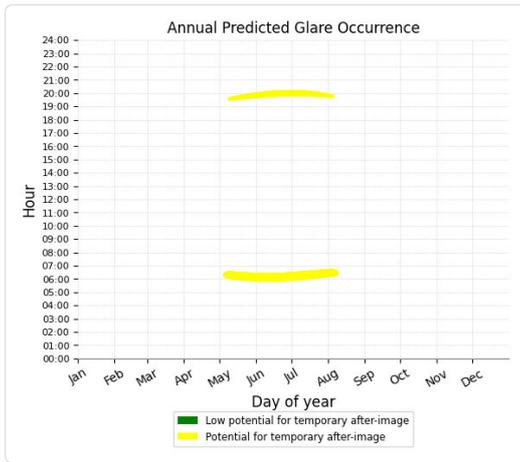
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,656 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2 - OP Receptor (OP 1)

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

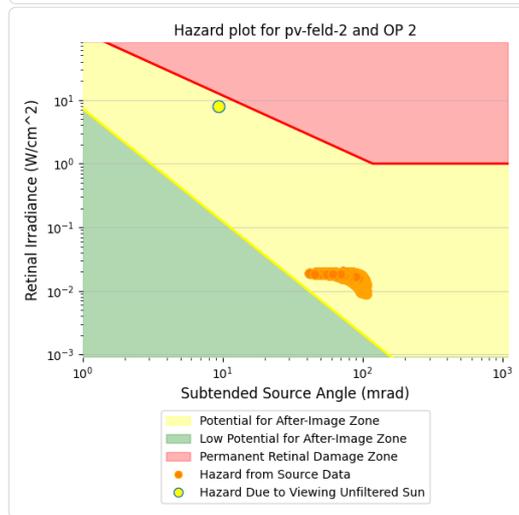
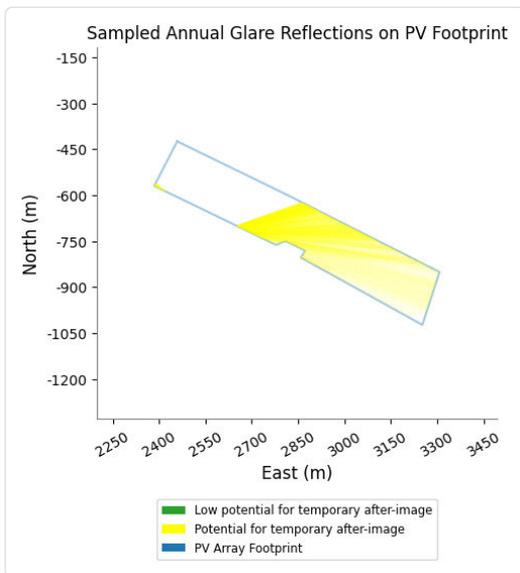
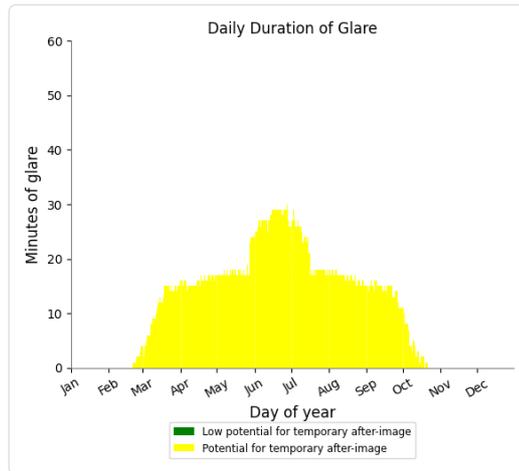
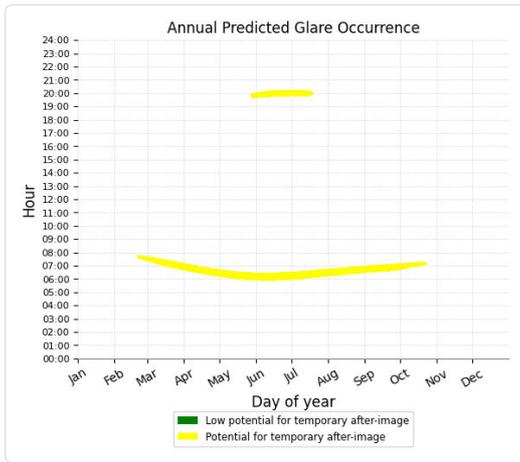
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,893 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2 - OP Receptor (OP 2)

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

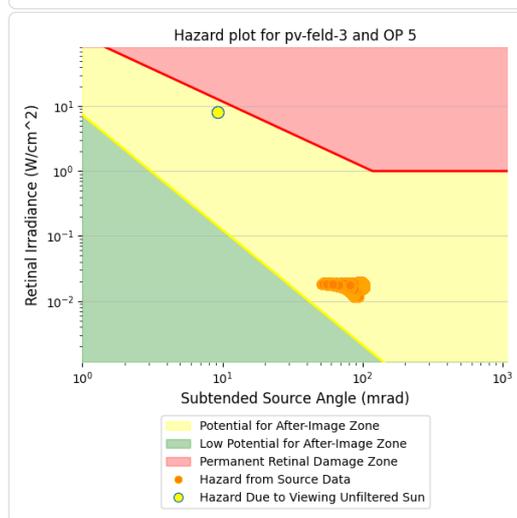
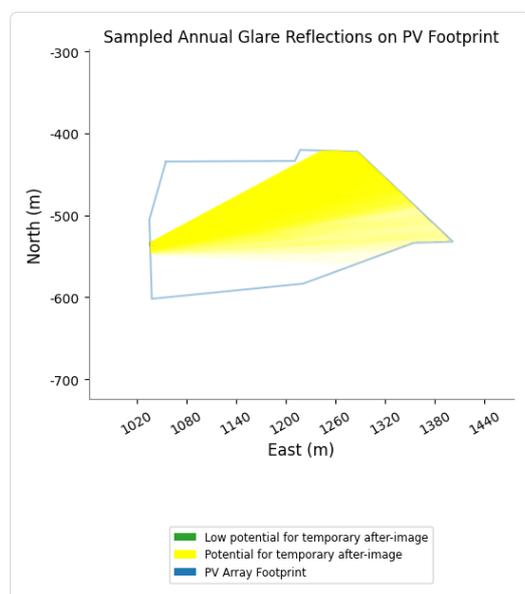
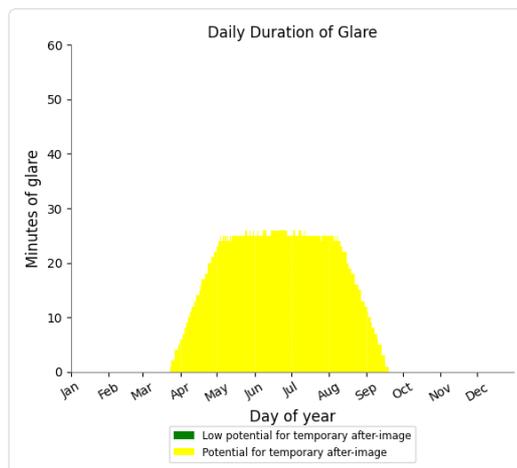
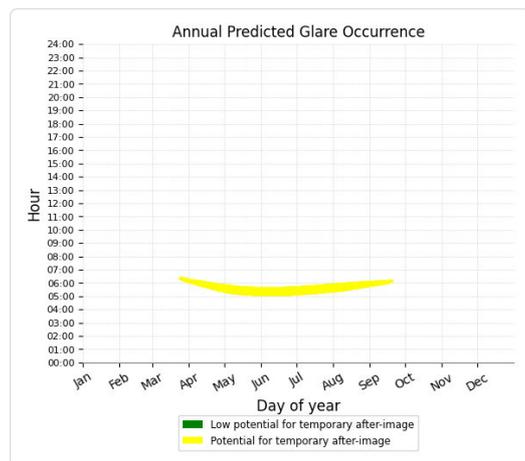
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,922 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 3 - OP Receptor (OP 5)

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

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,499 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 4 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	446	0
OP: OP 2	232	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0
OP: OP 5	223	1143

	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	Sie	Anzahl				Zeitraum	Zeitraum	Minuten	Minuten im	Messpunkt OP 3			
																	Tag	Minuten	Anfang	Ende	Start	Ende	pro Tag	Zeitraum		Erste Zeit	Letzte Zeit	
2022-04-14 18:52:00	0,011027	561,4458	2	0,573543	0,018264	0,032157	1,7	283	-0,974	0,225	0,029	0,973	-0,23	-0,01			26. Apr.	2	06:07	06:08	29.04.2022	01.05.2022	5	15	06:00	06:06		
2022-04-15 18:53:00	0,011154	562,8189	2	0,571045	0,018229	0,033415	1,8	283,4	-0,972	0,232	0,032	0,971	-0,237	-0,011			27. Apr.	3	06:05	06:07	23.07.2022	14.08.2022	12	187	06:00	06:14		
2022-04-16 18:53:00	0,011308	566,1899	2	0,568634	0,018261	0,034537	2	283,8	-0,97	0,239	0,034	0,97	-0,244	-0,012			28. Apr.	4	06:03	06:06								
2022-04-17 06:06:00	0,020856	634,5816	2	0,46041	0,016571	0,090181	7,1	82,5	0,984	0,129	0,123	-0,988	-0,153	-0,034			29. Apr.	5	06:02	06:06								
2022-04-17 06:07:00	0,020681	636,4421	2	0,451202	0,016287	0,090757	7,2	82,7	0,984	0,126	0,126	-0,988	-0,151	-0,03			30. Apr.	5	06:00	06:04								
2022-04-17 06:08:00	0,020489	638,2988	2	0,442173	0,016008	0,091275	7,4	82,9	0,984	0,122	0,129	-0,988	-0,151	-0,026			1. Mai.	5	06:00	06:04								
2022-04-17 18:53:00	0,011589	569,5291	2	0,555049	0,01793	0,038489	2,3	284	-0,969	0,242	0,039	0,968	-0,25	-0,01			2. Mai.	4	06:00	06:03								
2022-04-17 18:54:00	0,011884	567,5468	2	0,566312	0,01823	0,03926	2,1	284,2	-0,969	0,246	0,037	0,968	-0,252	-0,014			3. Mai.	4	06:00	06:03								
2022-04-18 06:02:00	0,021319	630,8932	2	0,487335	0,017438	0,088269	6,8	81,5	0,982	0,147	0,118	-0,985	-0,166	-0,047			4. Mai.	3	06:00	06:02								
2022-04-18 06:03:00	0,021209	632,752	2	0,477619	0,017141	0,089064	6,9	81,7	0,982	0,143	0,121	-0,986	-0,164	-0,043			5. Mai.	2	06:00	06:01								
2022-04-18 06:04:00	0,021071	634,6071	2	0,468091	0,016848	0,089766	7,1	81,9	0,982	0,14	0,123	-0,986	-0,162	-0,039			6. Mai.	2	06:00	06:01								
2022-04-18 06:05:00	0,02091	636,4586	2	0,458748	0,01656	0,090394	7,2	82,1	0,983	0,136	0,126	-0,986	-0,16	-0,035			7. Mai.	1	06:00	06:00								
2022-04-18 06:06:00	0,020731	638,3064	2	0,449587	0,016277	0,090959	7,4	82,3	0,983	0,133	0,128	-0,987	-0,159	-0,031			8. Mai.	1	06:00	06:00								
2022-04-18 06:07:00	0,020536	640,1506	2	0,440604	0,015998	0,091467	7,5	82,5	0,983	0,13	0,131	-0,987	-0,157	-0,027			15. Jul.	1	06:00	06:00								
2022-04-18 06:08:00	0,020328	641,9911	2	0,431796	0,015723	0,091929	7,7	82,7	0,983	0,126	0,134	-0,988	-0,155	-0,023			16. Jul.	1	06:00	06:00								
2022-04-18 06:09:00	0,020111	643,8279	2	0,423159	0,015452	0,092355	7,8	82,9	0,983	0,123	0,136	-0,988	-0,153	-0,02			17. Jul.	1	06:00	06:00								
2022-04-18 06:10:00	0,019887	645,661	2	0,414691	0,015186	0,09275	8	83,1	0,983	0,119	0,139	-0,988	-0,152	-0,016			18. Jul.	2	06:00	06:01								
2022-04-18 06:11:00	0,01966	647,4903	2	0,406389	0,014924	0,093128	8,1	83,3	0,983	0,116	0,141	-0,989	-0,15	-0,012			19. Jul.	3	06:00	06:02								
2022-04-18 06:12:00	0,019418	649,316	2	0,398248	0,014667	0,093452	8,3	83,5	0,983	0,112	0,144	-0,989	-0,148	-0,008			20. Jul.	4	06:00	06:03								
2022-04-18 06:13:00	0,019174	651,1379	2	0,390267	0,014413	0,093756	8,4	83,7	0,983	0,109	0,146	-0,989	-0,147	-0,004			21. Jul.	4	06:00	06:03								
2022-04-18 18:54:00	0,011675	570,8739	2	0,552881	0,017902	0,039302	2,4	284,4	-0,968	0,249	0,042	0,966	-0,257	-0,011			22. Jul.	4	06:00	06:03								
2022-04-18 18:55:00	0,011348	568,9033	2	0,564081	0,018201	0,049649	2,3	284,6	-0,967	0,253	0,039	0,966	-0,259	-0,015			23. Jul.	5	06:00	06:04								
2022-04-18 18:56:00	0,011418	566,9295	2	0,5755	0,018505	0,034196	2,1	284,8	-0,966	0,256	0,037	0,965	-0,261	-0,019			24. Jul.	5	06:00	06:04								
2022-04-19 05:59:00	0,021502	629,0699	2	0,505517	0,018037	0,086587	6,6	80,7	0,98	0,161	0,116	-0,983	-0,176	-0,056			25. Jul.	6	06:00	06:05								
2022-04-19 06:00:00	0,021467	630,9234	2	0,495466	0,01773	0,087624	6,8	80,9	0,98	0,157	0,118	-0,983	-0,175	-0,052			26. Jul.	6	06:00	06:05								
2022-04-19 06:01:00	0,021385	632,7732	2	0,485609	0,017428	0,088512	6,9	81,1	0,981	0,154	0,121	-0,984	-0,173	-0,048			27. Jul.	6	06:00	06:05								
2022-04-19 06:02:00	0,02127	634,6195	2	0,475942	0,017131	0,089291	7,1	81,3	0,981	0,15	0,123	-0,984	-0,171	-0,044			28. Jul.	7	06:00	06:06								
2022-04-19 06:03:00	0,021127	636,4621	2	0,466462	0,016839	0,089978	7,2	81,5	0,981	0,147	0,126	-0,985	-0,17	-0,04			29. Jul.	7	06:00	06:06								
2022-04-19 06:04:00	0,020963	638,3011	2	0,457166	0,016551	0,090593	7,4	81,7	0,981	0,144	0,128	-0,985	-0,168	-0,037			30. Jul.	8	06:00	06:07								
2022-04-19 06:05:00	0,02078	640,1365	2	0,44805	0,016268	0,091148	7,5	81,9	0,981	0,14	0,131	-0,986	-0,166	-0,033			31. Jul.	8	06:00	06:07								
2022-04-19 06:06:00	0,020582	641,9683	2	0,439111	0,015989	0,091649	7,7	82,1	0,982	0,137	0,133	-0,986	-0,164	-0,029			1. Aug.	9	06:00	06:08								
2022-04-19 06:07:00	0,020371	643,7963	2	0,430346	0,015714	0,092101	7,8	82,3	0,982	0,133	0,136	-0,986	-0,163	-0,025			2. Aug.	9	06:00	06:08								
2022-04-19 06:08:00	0,020152	645,6207	2	0,421751	0,015444	0,09252	8	82,5	0,982	0,13	0,139	-0,987	-0,161	-0,021			3. Aug.	10	06:00	06:09								
2022-04-19 06:09:00	0,019925	647,4415	2	0,413323	0,015178	0,092909	8,1	82,7	0,982	0,126	0,141	-0,987	-0,159	-0,017			4. Aug.	10	06:00	06:09								
2022-04-19 06:11:00	0,019454	651,0719	2	0,396958	0,014659	0,093603	8,4	83,1	0,982	0,119	0,146	-0,988	-0,156	-0,009			5. Aug.	11	06:00	06:10								
2022-04-19 06:12:00	0,019209	652,8815	2	0,389013	0,014405	0,093906	8,6	83,3	0,982	0,116	0,149	-0,988	-0,154	-0,005			6. Aug.	12	06:00	06:11								
2022-04-19 06:13:00	0,01896	654,6874	2	0,381224	0,014156	0,094186	8,7	83,5	0,982	0,113	0,151	-0,988	-0,152	-0,001			7. Aug.	11	06:00	06:10								
2022-04-19 06:14:00	0,018709	656,4896	2	0,373588	0,01391	0,094448	8,9	83,7	0,982	0,109	0,154	-0,989	-0,151	0,003			8. Aug.	12	06:00	06:11								
2022-04-19 18:55:00	0,01179	572,218	2	0,558086	0,017876	0,040316	2,5	284,9	-0,966	0,256	0,044	0,964	-0,265	-0,012			9. Aug.	10	06:02	06:11								
2022-04-19 18:56:00	0,011595	570,2591	2	0,561944	0,018176	0,037287	2,4	285,1	-0,965	0,26	0,042	0,964	-0,266	-0,016			10. Aug.	9	06:04	06:12								
2022-04-19 18:57:00	0,012788	568,2969	2	0,573299	0,018479	0,044605	2,3	285,3	-0,964	0,263	0,039	0,963	-0,268	-0,02			11. Aug.	8	06:05	06:12								
2022-04-20 05:57:00	0,021513	629,0953	2	0,503774	0,017975	0,08685	6,8	80,3	0,979	0,168	0,118	-0,981	-0,184	-0,057			12. Aug.	7	06:07	06:13								
2022-04-20 05:58:00	0,021473	630,9399	2	0,493774	0,01767	0,08787	6,9	80,5	0,979	0,164	0,12	-0,982	-0,182	-0,053			13. Aug.	6	06:09	06:14								
2022-04-20 05:59:00	0,021387	632,7809	2	0,483967	0,01737	0,08874	7,1	80,7	0,979	0,161	0,123	-0,982	-0,18	-0,049			14. Aug.	5	06:09	06:13								
2022-04-20 06:00:00	0,021267	634,6184	2	0,474349	0,017074	0,089502	7,2	80,9	0,98	0,157	0,126	-0,983	-0,179	-0,046			15. Aug.	4	06:11	06:14								
2022-04-20 06:01:00	0,021121	636,4523	2	0,464916	0,016783	0,090176	7,4	81,1	0,98	0,154	0,128	-0,983	-0,177	-0,042			16. Aug.	2	06:13	06:14								
2022-04-20 06:02:00	0,020953	638,2826	2	0,455665	0,016496	0,090781	7,5	81,3	0,98	0,151	0,131	-0,984	-0,175	-0,038			17. Aug.	1	06:15	06:15								
2022-04-20 06:03:00	0,020768	640,1093	2	0,446594	0,016214	0,091325	7,7	81,5	0,98																			

	Corneal Irradiance [W/m²]	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	Sie	Tag	Anzahl	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1
																Minuten	Minuten	Minuten	Minuten	Minuten	Minuten	Minuten				
2022-05-05 06:17:00	0,021971	710,2042	2	0,346124	0,013942	0,104008	13,9	81,6	0,96	0,142	0,24	-0,981	-0,186	-0,059	5. Mai.	6	06:17	06:22	05.05.2022	07.08.2022	24	2061	06:00	06:40		
2022-05-05 06:18:00	0,021632	711,7634	2	0,339449	0,013704	0,104187	14	81,8	0,96	0,139	0,243	-0,981	-0,184	-0,056	6. Mai.	13	06:14	06:26								
2022-05-05 06:19:00	0,021296	713,3191	2	0,332897	0,013468	0,104278	14,2	82	0,96	0,135	0,245	-0,982	-0,182	-0,052	7. Mai.	16	06:12	06:27								
2022-05-05 06:20:00	0,020963	714,8714	2	0,326467	0,013237	0,10437	14,3	82,2	0,96	0,132	0,248	-0,982	-0,18	-0,048	8. Mai.	19	06:10	06:28								
2022-05-05 06:21:00	0,020633	716,4201	2	0,320156	0,013009	0,104458	14,5	82,4	0,96	0,129	0,25	-0,983	-0,179	-0,044	9. Mai.	21	06:09	06:29								
2022-05-05 06:22:00	0,020307	717,9652	2	0,313962	0,012785	0,104542	14,6	82,6	0,959	0,125	0,253	-0,983	-0,177	-0,041	10. Mai.	22	06:08	06:29								
2022-05-06 06:14:00	0,022689	708,1073	2	0,359818	0,014451	0,103865	13,7	80,8	0,959	0,155	0,237	-0,978	-0,196	-0,068	11. Mai.	22	06:07	06:28								
2022-05-06 06:15:00	0,022345	709,6643	2	0,352903	0,014205	0,103979	13,8	81	0,959	0,152	0,239	-0,979	-0,194	-0,064	12. Mai.	21	06:07	06:27								
2022-05-06 06:16:00	0,022004	711,2178	2	0,346116	0,013962	0,104086	14	81,2	0,959	0,148	0,242	-0,979	-0,192	-0,061	13. Mai.	22	06:06	06:27								
2022-05-06 06:17:00	0,021665	712,7679	2	0,339453	0,013723	0,104188	14,1	81,4	0,959	0,145	0,244	-0,98	-0,19	-0,057	14. Mai.	21	06:06	06:26								
2022-05-06 06:18:00	0,021329	714,3145	2	0,332914	0,013488	0,104284	14,3	81,6	0,959	0,142	0,247	-0,981	-0,189	-0,053	15. Mai.	22	06:05	06:26								
2022-05-06 06:19:00	0,020996	715,8576	2	0,326496	0,013256	0,104375	14,4	81,8	0,959	0,138	0,249	-0,981	-0,187	-0,05	16. Mai.	22	06:04	06:25								
2022-05-06 06:20:00	0,020666	717,3973	2	0,320197	0,013029	0,104463	14,6	82	0,958	0,135	0,252	-0,982	-0,185	-0,046	17. Mai.	22	06:04	06:25								
2022-05-06 06:21:00	0,020339	718,9334	2	0,314014	0,012804	0,104546	14,7	82,2	0,958	0,132	0,254	-0,982	-0,183	-0,042	18. Mai.	23	06:03	06:25								
2022-05-06 06:22:00	0,020016	720,466	2	0,307946	0,012584	0,104626	14,9	82,4	0,958	0,128	0,257	-0,983	-0,181	-0,038	19. Mai.	22	06:03	06:24								
2022-05-06 06:23:00	0,019697	721,9952	2	0,301991	0,012367	0,104702	15	82,6	0,958	0,125	0,259	-0,983	-0,179	-0,035	20. Mai.	23	06:02	06:24								
2022-05-06 06:24:00	0,019381	723,5208	2	0,296147	0,012153	0,104776	15,2	82,8	0,958	0,122	0,262	-0,984	-0,178	-0,031	21. Mai.	22	06:02	06:23								
2022-05-06 06:25:00	0,019068	725,0429	2	0,290411	0,011943	0,104846	15,3	83	0,957	0,118	0,264	-0,984	-0,176	-0,027	22. Mai.	23	06:02	06:24								
2022-05-06 06:26:00	0,01876	726,5614	2	0,284783	0,011736	0,104913	15,5	83,2	0,957	0,115	0,266	-0,984	-0,174	-0,023	23. Mai.	22	06:02	06:23								
2022-05-07 06:12:00	0,023071	707,562	2	0,36691	0,014725	0,103745	13,6	80,2	0,958	0,165	0,235	-0,976	-0,204	-0,073	24. Mai.	23	06:01	06:23								
2022-05-07 06:13:00	0,022726	709,1134	2	0,359879	0,014474	0,103869	13,8	80,4	0,958	0,161	0,238	-0,977	-0,202	-0,07	25. Mai.	23	06:01	06:23								
2022-05-07 06:14:00	0,022383	710,6613	2	0,352977	0,014228	0,103983	13,9	80,6	0,958	0,158	0,24	-0,978	-0,2	-0,066	26. Mai.	23	06:00	06:22								
2022-05-07 06:15:00	0,022041	712,2058	2	0,346202	0,013985	0,10409	14,1	80,8	0,958	0,155	0,243	-0,978	-0,199	-0,062	27. Mai.	23	06:00	06:22								
2022-05-07 06:16:00	0,021702	713,7469	2	0,339551	0,013746	0,104191	14,2	81	0,958	0,151	0,245	-0,979	-0,197	-0,058	28. Mai.	22	06:00	06:21								
2022-05-07 06:17:00	0,021366	715,2845	2	0,333023	0,013511	0,104287	14,4	81,2	0,957	0,148	0,248	-0,979	-0,195	-0,055	29. Mai.	22	06:00	06:21								
2022-05-07 06:18:00	0,021033	716,8187	2	0,326615	0,013279	0,104379	14,5	81,4	0,957	0,145	0,25	-0,98	-0,193	-0,051	30. Mai.	22	06:00	06:21								
2022-05-07 06:19:00	0,020703	718,3494	2	0,320325	0,013051	0,104466	14,6	81,6	0,957	0,141	0,253	-0,98	-0,191	-0,047	31. Mai.	21	06:00	06:20								
2022-05-07 06:20:00	0,020376	719,8766	2	0,314152	0,012827	0,10455	14,8	81,8	0,957	0,138	0,255	-0,981	-0,189	-0,044	1. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-07 06:21:00	0,020053	721,4004	2	0,308093	0,012606	0,104629	14,9	82	0,957	0,135	0,258	-0,981	-0,187	-0,04	2. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-07 06:22:00	0,019733	722,9206	2	0,302146	0,012389	0,104705	15,1	82,2	0,957	0,131	0,26	-0,982	-0,186	-0,036	3. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-07 06:23:00	0,019417	724,4374	2	0,296309	0,012175	0,104779	15,2	82,4	0,956	0,128	0,263	-0,982	-0,184	-0,032	4. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-07 06:24:00	0,019104	725,9507	2	0,290581	0,011965	0,104849	15,4	82,6	0,956	0,125	0,265	-0,983	-0,182	-0,029	5. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-07 06:25:00	0,018796	727,4605	2	0,284896	0,011758	0,104916	15,5	82,8	0,956	0,121	0,268	-0,983	-0,18	-0,025	6. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-07 06:26:00	0,018489	728,9668	2	0,279443	0,011554	0,104981	15,7	83	0,956	0,118	0,27	-0,984	-0,178	-0,021	7. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-07 06:27:00	0,018189	730,4695	2	0,274029	0,011353	0,105042	15,8	83,2	0,955	0,114	0,273	-0,984	-0,176	-0,018	8. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-08 06:10:00	0,023023	705,7864	2	0,367059	0,014694	0,103747	13,7	79,9	0,956	0,171	0,237	-0,975	-0,21	-0,075	9. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-08 06:11:00	0,02268	707,3382	2	0,36004	0,014444	0,103871	13,8	80,1	0,956	0,168	0,239	-0,975	-0,208	-0,071	10. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-08 06:12:00	0,022338	708,8867	2	0,353149	0,014199	0,103985	14	80,3	0,956	0,164	0,242	-0,976	-0,207	-0,067	11. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-08 06:13:00	0,021999	710,4318	2	0,346384	0,013957	0,104092	14,1	80,5	0,956	0,161	0,244	-0,977	-0,205	-0,064	12. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-08 06:14:00	0,021661	711,9734	2	0,339743	0,013719	0,104193	14,3	80,6	0,956	0,157	0,247	-0,977	-0,203	-0,06	13. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-08 06:15:00	0,021326	713,5116	2	0,333224	0,013485	0,104289	14,4	80,8	0,956	0,154	0,249	-0,978	-0,201	-0,056	14. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-08 06:16:00	0,020995	715,0464	2	0,326825	0,013255	0,10438	14,6	81	0,956	0,151	0,252	-0,979	-0,199	-0,052	15. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-08 06:17:00	0,020666	716,5777	2	0,320543	0,013028	0,104468	14,7	81,2	0,956	0,147	0,254	-0,979	-0,197	-0,049	16. Jun.	21	06:00	06:20								
2022-05-08 06:18:00	0,020341	718,1056	2	0,314378	0,012804	0,104551	14,9	81,4	0,956	0,144	0,257	-0,98	-0,195	-0,045	17. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-08 06:19:00	0,020019	719,6301	2	0,308326	0,012585	0,104631	15	81,6	0,956	0,141	0,259	-0,98	-0,194	-0,041	18. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-08 06:20:00	0,019701	721,1511	2	0,302386	0,012368	0,104707	15,2	81,8	0,955	0,137	0,262	-0,981	-0,192	-0,038	19. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-08 06:21:00	0,019386	722,6686	2	0,296555	0,012155	0,10478	15,3	82	0,955	0,134	0,264	-0,981	-0,19	-0,034	20. Jun.	22	06:00	06:21								
2022-05-08 06:22:00	0,019075	724,1826	2	0,290833	0,011946	0,10485	15,5	82,2	0,955	0,131	0,267	-0,982	-0,188	-0,03	21. Jun.	23	06:00	06:21								
2022-05-08 06:23:00	0,018767	725,6932	2	0,285217	0,01174	0,104918	15,6	82,4	0,955	0,127	0,269	-0,982	-0,186	-0,026	22. Jun.	23	06:00	06:22								

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 1:
 2061 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
 1498 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September)
 563 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)
 24 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit

	Corneal Irradiance	DNI [W/m ²]	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	Sie	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum	Zeitraum	Minuten	Minuten im	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 2
																					Start	Ende	pro Tag	Zeitraum			
2022-02-21 07:41:00	0,0134	574,6372	2	0,563882	0,018378	0,049151	1,7	111,5	0,93	-0,366	0,03	-0,933	0,36	-0,005		1. Apr.	1	07:04	07:04	04.04.2022	08.09.2022	19	2591	06:03	07:01		
2022-02-22 07:40:00	0,01653	577,3875	2	0,56124	0,01838	0,062661	1,9	111,1	0,933	-0,359	0,032	-0,936	0,353	-0,006		2. Apr.	2	07:01	07:02								
2022-02-23 07:38:00	0,013002	577,4259	2	0,56962	0,018655	0,045233	1,9	110,5	0,936	-0,349	0,033	-0,939	0,344	-0,011		3. Apr.	4	06:58	07:01								
2022-02-24 07:37:00	0,013256	580,1768	2	0,566801	0,018651	0,046945	2	110,1	0,939	-0,343	0,035	-0,941	0,337	-0,012		4. Apr.	6	06:56	07:01								
2022-02-24 07:39:00	0,01457	585,5227	2	0,544899	0,018096	0,057461	2,3	110,5	0,936	-0,349	0,04	-0,94	0,341	-0,005		5. Apr.	7	06:53	06:59								
2022-02-25 07:36:00	0,013724	582,915	2	0,563915	0,018644	0,049971	2,2	109,6	0,941	-0,336	0,038	-0,944	0,33	-0,014		6. Apr.	7	06:51	06:58								
2022-02-25 07:38:00	0,017429	588,2132	2	0,542084	0,018085	0,071511	2,5	110	0,939	-0,342	0,043	-0,943	0,333	-0,006		7. Apr.	8	06:49	06:57								
2022-02-26 07:35:00	0,016568	585,6401	2	0,560967	0,018633	0,065377	2,3	109,2	0,943	-0,329	0,041	-0,946	0,323	-0,015		8. Apr.	10	06:46	06:56								
2022-02-26 07:36:00	0,014128	588,2687	2	0,549978	0,01835	0,053764	2,5	109,4	0,942	-0,332	0,043	-0,946	0,324	-0,011		9. Apr.	11	06:44	06:55								
2022-02-27 07:32:00	0,014129	583,1225	2	0,569136	0,018823	0,051629	2,4	108,6	0,947	-0,319	0,041	-0,949	0,314	-0,02		10. Apr.	12	06:42	06:54								
2022-02-27 07:34:00	0,014502	588,3515	2	0,547013	0,018254	0,056365	2,7	109	0,944	-0,325	0,046	-0,948	0,317	-0,012		11. Apr.	14	06:40	06:54								
2022-02-27 07:36:00	0,014561	593,556	2	0,525776	0,0177	0,059208	2,9	109,4	0,942	-0,332	0,051	-0,947	0,321	-0,004		12. Apr.	15	06:37	06:52								
2022-02-28 07:30:00	0,014419	583,2654	2	0,577398	0,019101	0,052109	2,4	108	0,95	-0,309	0,042	-0,952	0,304	-0,025		13. Apr.	15	06:36	06:51								
2022-02-28 07:31:00	0,01386	585,8659	2	0,566035	0,018809	0,050059	2,5	108,2	0,949	-0,312	0,044	-0,952	0,306	-0,021		14. Apr.	15	06:35	06:50								
2022-02-28 07:33:00	0,014576	591,0488	2	0,543997	0,018237	0,05686	2,8	108,6	0,947	-0,319	0,049	-0,951	0,31	-0,013		15. Apr.	16	06:34	06:49								
2022-02-28 07:35:00	0,016549	596,2073	2	0,522841	0,01768	0,069317	3,1	109	0,944	-0,325	0,054	-0,95	0,313	-0,005		16. Apr.	16	06:33	06:48								
2022-03-01 07:29:00	0,014454	586,0166	2	0,574202	0,019085	0,052379	2,6	107,6	0,952	-0,302	0,045	-0,955	0,297	-0,026		17. Apr.	15	06:32	06:47								
2022-03-01 07:30:00	0,016132	588,5942	2	0,562885	0,018791	0,062621	2,7	107,8	0,951	-0,305	0,047	-0,954	0,299	-0,022		18. Apr.	17	06:31	06:47								
2022-03-01 07:32:00	0,016232	593,7315	2	0,540934	0,018216	0,065545	3	108,2	0,949	-0,312	0,052	-0,953	0,302	-0,014		19. Apr.	16	06:30	06:45								
2022-03-01 07:33:00	0,015025	596,2911	2	0,530291	0,017935	0,060677	3,1	108,4	0,948	-0,315	0,055	-0,953	0,304	-0,01		20. Apr.	16	06:29	06:44								
2022-03-02 07:29:00	0,01453	591,3069	2	0,559689	0,018771	0,054213	2,9	107,4	0,953	-0,298	0,05	-0,956	0,291	-0,023		21. Apr.	17	06:28	06:44								
2022-03-02 07:32:00	0,015272	598,9362	2	0,52723	0,01791	0,062086	3,3	108	0,95	-0,308	0,057	-0,955	0,297	-0,011		22. Apr.	16	06:28	06:43								
2022-03-03 07:28:00	0,014698	596,3581	2	0,556452	0,018822	0,054945	3	106,9	0,955	-0,291	0,053	-0,959	0,284	-0,024		23. Apr.	16	06:27	06:42								
2022-03-03 07:29:00	0,01514	598,8716	2	0,545458	0,018527	0,058669	3,2	107,1	0,954	-0,294	0,055	-0,958	0,286	-0,02		24. Apr.	17	06:25	06:41								
2022-03-03 07:31:00	0,015888	603,8807	2	0,524133	0,017952	0,065012	3,5	107,5	0,952	-0,301	0,06	-0,957	0,289	-0,012		25. Apr.	17	06:24	06:40								
2022-03-03 07:33:00	0,015443	608,8662	2	0,503663	0,017393	0,065262	3,7	107,9	0,949	-0,307	0,065	-0,956	0,293	-0,005		26. Apr.	16	06:24	06:39								
2022-03-04 07:27:00	0,016832	599,0092	2	0,553178	0,018794	0,065938	3,2	106,5	0,957	-0,284	0,056	-0,961	0,276	-0,025		27. Apr.	17	06:23	06:39								
2022-03-04 07:28:00	0,015254	601,5008	2	0,542233	0,018499	0,0594	3,3	106,7	0,956	-0,287	0,058	-0,96	0,278	-0,021		28. Apr.	17	06:22	06:38								
2022-03-04 07:30:00	0,015421	606,4665	2	0,521003	0,017921	0,062807	3,6	107,1	0,954	-0,294	0,063	-0,959	0,282	-0,014		29. Apr.	16	06:21	06:36								
2022-03-04 07:31:00	0,015764	608,9406	2	0,51071	0,017639	0,065772	3,8	107,3	0,953	-0,297	0,066	-0,959	0,283	-0,01		30. Apr.	17	06:20	06:36								
2022-03-04 07:32:00	0,016864	611,4087	2	0,500626	0,017361	0,072106	3,9	107,5	0,951	-0,3	0,068	-0,958	0,285	-0,006		1. Mai.	17	06:19	06:35								
2022-03-05 07:23:00	0,014199	594,1989	2	0,572342	0,019289	0,049973	3,1	105,7	0,961	-0,27	0,054	-0,964	0,265	-0,034		2. Mai.	17	06:19	06:35								
2022-03-05 07:26:00	0,015036	601,6436	2	0,538977	0,018392	0,058704	3,5	106,3	0,958	-0,28	0,061	-0,962	0,27	-0,022		3. Mai.	17	06:18	06:34								
2022-03-05 07:27:00	0,015203	604,1137	2	0,528303	0,018102	0,060876	3,7	106,5	0,957	-0,283	0,064	-0,962	0,272	-0,019		4. Mai.	17	06:17	06:33								
2022-03-05 07:28:00	0,016685	606,5779	2	0,517845	0,017816	0,069362	3,8	106,7	0,956	-0,287	0,066	-0,962	0,274	-0,015		5. Mai.	17	06:17	06:33								
2022-03-05 07:29:00	0,016546	609,0364	2	0,5076	0,017534	0,069932	4	106,9	0,955	-0,29	0,069	-0,961	0,276	-0,011		6. Mai.	17	06:16	06:32								
2022-03-05 07:30:00	0,01778	611,489	2	0,497562	0,017257	0,076422	4,1	107,1	0,953	-0,293	0,071	-0,961	0,278	-0,007		7. Mai.	18	06:15	06:32								
2022-03-06 07:22:00	0,015866	596,8801	2	0,5689	0,01926	0,059325	3,3	105,2	0,963	-0,263	0,057	-0,966	0,257	-0,035		8. Mai.	17	06:14	06:30								
2022-03-06 07:25:00	0,01546	604,2607	2	0,535694	0,01836	0,061084	3,7	105,9	0,96	-0,273	0,064	-0,965	0,263	-0,023		9. Mai.	18	06:13	06:30								
2022-03-06 07:26:00	0,017048	606,7095	2	0,525071	0,018068	0,069922	3,8	106,1	0,959	-0,276	0,067	-0,964	0,265	-0,02		10. Mai.	17	06:13	06:29								
2022-03-06 07:27:00	0,017983	609,1526	2	0,514663	0,017782	0,075071	4	106,3	0,958	-0,279	0,069	-0,964	0,266	-0,016		11. Mai.	17	06:12	06:28								
2022-03-06 07:28:00	0,016635	611,5898	2	0,504467	0,017499	0,070489	4,1	106,5	0,956	-0,283	0,072	-0,963	0,268	-0,012		12. Mai.	18	06:11	06:28								
2022-03-06 07:30:00	0,017948	616,447	2	0,48469	0,016947	0,078399	4,4	106,9	0,954	-0,289	0,077	-0,962	0,272	-0,004		13. Mai.	17	06:11	06:27								
2022-03-07 07:20:00	0,014147	597,0925	2	0,576906	0,019537	0,048559	3,3	104,6	0,966	-0,252	0,057	-0,968	0,248	-0,04		14. Mai.	18	06:10	06:27								
2022-03-07 07:21:00	0,014248	599,5429	2	0,565432	0,019227	0,050537	3,4	104,8	0,965	-0,255	0,06	-0,968	0,25	-0,036		15. Mai.	17	06:10	06:26								
2022-03-07 07:24:00	0,018179	606,8601	2	0,532388	0,018325	0,073662	3,9	105,4	0,962	-0,265	0,067	-0,967	0,255	-0,025		16. Mai.	18	06:09	06:26								
2022-03-07 07:27:00	0,019099	614,1263	2	0,501314	0,017462	0,080675	4,3	106	0,958	-0,276	0,075	-0,965	0,26	-0,013		17. Mai.	17	06:09	06:25								
2022-03-07 07:28:00	0,015224	616,5369	2	0,491373	0,017183	0,065099	4,4	106,2	0,957	-0,279	0,077	-0,965	0,262	-0,009		18. Mai.	17	06:08	06:25								
2022-03-07 07:29:00	0,015592	618,9417	2	0,481634	0,016908	0,068186	4,6	106,4	0,956	-0,282	0,08	-0,965	0,264	-0,005</													

Datum	Corneal Irradiance [W/m²]	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	Sie	Tag	Anzahl	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 4
																Minuten	Minuten	Minuten	Minuten	Minuten	Minuten	Minuten	Minuten			
2022-03-06 07:00:00	0,0109	540,8608	2	0,575585	0,017657	0,034247	0,1	100,8	0,982	-0,188	0,001	-0,983	0,183	0,017	13. Apr.	2	06:35	06:36	16.04.2022	27.08.2022	24	2215	06:00	19:17		
2022-03-07 06:59:00	0,011195	544,0025	2	0,572533	0,017665	0,036672	0,2	100,4	0,984	-0,18	0,004	-0,984	0,175	0,016	14. Apr.	3	06:33	06:35								
2022-03-07 07:00:00	0,011032	546,5659	2	0,560996	0,017391	0,036764	0,4	100,6	0,983	-0,184	0,007	-0,984	0,177	0,02	15. Apr.	4	06:31	06:34								
2022-03-09 06:59:00	0,012999	555,2462	2	0,543712	0,017123	0,052583	0,9	99,9	0,985	-0,172	0,015	-0,986	0,163	0,021	16. Apr.	6	06:28	06:33								
2022-03-09 07:02:00	0,011727	562,7612	2	0,511469	0,016325	0,047864	1,3	100,5	0,983	-0,183	0,023	-0,985	0,168	0,033	17. Apr.	7	06:26	06:32								
2022-03-09 07:04:00	0,011592	567,7456	2	0,491062	0,015813	0,049614	1,6	100,9	0,981	-0,189	0,028	-0,984	0,171	0,041	18. Apr.	9	06:24	06:32								
2022-03-10 06:57:00	0,012192	558,2161	2	0,540692	0,017119	0,047119	1	99,5	0,986	-0,165	0,018	-0,988	0,155	0,02	19. Apr.	10	06:22	06:31								
2022-03-10 07:02:00	0,011637	570,5737	2	0,48828	0,015802	0,050011	1,8	100,5	0,983	-0,182	0,031	-0,986	0,163	0,04	20. Apr.	11	06:19	06:29								
2022-03-11 06:56:00	0,01168	561,2054	2	0,537659	0,017114	0,043376	1,2	99,1	0,987	-0,157	0,021	-0,989	0,147	0,019	21. Apr.	13	06:17	06:29								
2022-03-11 07:00:00	0,013451	571,0186	2	0,495495	0,016048	0,060717	1,8	99,9	0,985	-0,171	0,031	-0,988	0,154	0,035	22. Apr.	14	06:15	06:28								
2022-03-11 07:01:00	0,011728	573,4594	2	0,48549	0,015791	0,050728	1,9	100,1	0,984	-0,175	0,034	-0,987	0,155	0,039	23. Apr.	16	06:13	06:28								
2022-03-11 07:02:00	0,011867	575,895	2	0,47569	0,015538	0,053093	2,1	100,3	0,983	-0,178	0,036	-0,987	0,157	0,043	24. Apr.	16	06:12	06:27								
2022-03-11 07:04:00	0,011585	580,751	2	0,45669	0,015043	0,053786	2,4	100,7	0,982	-0,185	0,042	-0,986	0,16	0,051	25. Apr.	16	06:11	06:26								
2022-03-11 07:05:00	0,012311	583,1713	2	0,447481	0,014801	0,060098	2,5	100,9	0,981	-0,188	0,044	-0,985	0,162	0,054	26. Apr.	16	06:10	06:25								
2022-03-12 06:59:00	0,012145	573,9001	2	0,492652	0,016036	0,052384	2	99,4	0,986	-0,164	0,034	-0,989	0,146	0,033	27. Apr.	16	06:09	06:24								
2022-03-12 07:01:00	0,011765	578,7357	2	0,472941	0,015524	0,052435	2,3	99,8	0,985	-0,17	0,04	-0,988	0,149	0,041	28. Apr.	16	06:09	06:24								
2022-03-12 07:03:00	0,011613	583,5511	2	0,454031	0,015027	0,054074	2,6	100,2	0,983	-0,177	0,045	-0,987	0,152	0,049	29. Apr.	16	06:08	06:23								
2022-03-12 07:04:00	0,011527	585,9511	2	0,448486	0,014785	0,054812	2,7	100,4	0,982	-0,181	0,047	-0,987	0,154	0,053	30. Apr.	17	06:06	06:22								
2022-03-13 06:55:00	0,014074	569,5257	2	0,520799	0,016823	0,060565	1,7	98,4	0,989	-0,146	0,03	-0,991	0,132	0,02	1. Mai.	16	06:06	06:21								
2022-03-13 07:00:00	0,011846	581,5515	2	0,47019	0,015509	0,053095	2,4	99,4	0,986	-0,163	0,043	-0,989	0,141	0,04	2. Mai.	17	06:05	06:21								
2022-03-13 07:01:00	0,012239	583,9416	2	0,460683	0,015258	0,057157	2,6	99,6	0,985	-0,166	0,045	-0,989	0,143	0,044	3. Mai.	16	06:05	06:20								
2022-03-13 07:03:00	0,011599	588,7068	2	0,442251	0,014767	0,055431	2,9	100	0,984	-0,173	0,05	-0,988	0,146	0,052	4. Mai.	17	06:04	06:20								
2022-03-13 07:05:00	0,011644	593,4516	2	0,424568	0,014291	0,058431	3,2	100,4	0,982	-0,18	0,055	-0,987	0,15	0,06	5. Mai.	16	06:04	06:19								
2022-03-14 06:53:00	0,013009	570,0158	2	0,517799	0,016741	0,054536	1,9	97,9	0,99	-0,138	0,033	-0,992	0,124	0,019	6. Mai.	17	06:03	06:19								
2022-03-14 06:57:00	0,013807	579,5864	2	0,4771	0,015684	0,0646	2,5	98,7	0,987	-0,152	0,043	-0,991	0,131	0,035	7. Mai.	16	06:03	06:18								
2022-03-14 06:58:00	0,012399	581,9667	2	0,467441	0,015429	0,057306	2,6	98,9	0,987	-0,155	0,046	-0,99	0,133	0,039	8. Mai.	17	06:02	06:18								
2022-03-14 06:59:00	0,012132	584,342	2	0,457981	0,015179	0,056862	2,8	99,1	0,986	-0,159	0,048	-0,99	0,135	0,043	9. Mai.	17	06:01	06:17								
2022-03-14 07:01:00	0,012634	589,0776	2	0,43964	0,014689	0,062768	3,1	99,6	0,985	-0,166	0,053	-0,989	0,138	0,051	10. Mai.	17	06:01	06:17								
2022-03-14 07:02:00	0,01272	591,4379	2	0,430751	0,01445	0,064595	3,2	99,8	0,984	-0,169	0,056	-0,989	0,14	0,055	11. Mai.	16	06:00	06:15								
2022-03-14 07:03:00	0,011403	593,7931	2	0,422044	0,014214	0,057163	3,3	100	0,983	-0,173	0,058	-0,988	0,142	0,059	12. Mai.	16	06:00	06:15								
2022-03-14 07:04:00	0,011935	596,1433	2	0,413516	0,013982	0,062168	3,5	100,2	0,982	-0,176	0,061	-0,988	0,143	0,063	13. Mai.	16	06:00	06:15								
2022-03-15 06:52:00	0,012317	572,8988	2	0,5148	0,016728	0,049992	2,1	97,5	0,991	-0,13	0,036	-0,993	0,116	0,018	14. Mai.	15	06:00	06:14								
2022-03-15 06:56:00	0,012402	582,3904	2	0,474306	0,015667	0,056071	2,6	98,3	0,988	-0,144	0,046	-0,992	0,123	0,034	15. Mai.	15	06:00	06:14								
2022-03-15 06:57:00	0,01196	584,751	2	0,464697	0,015412	0,054423	2,8	98,5	0,988	-0,148	0,049	-0,991	0,125	0,038	16. Mai.	14	06:00	06:13								
2022-03-15 06:58:00	0,011873	587,1067	2	0,455284	0,015161	0,055184	2,9	98,7	0,987	-0,151	0,051	-0,991	0,127	0,042	17. Mai.	14	06:00	06:13								
2022-03-15 06:59:00	0,012693	589,4575	2	0,446065	0,014913	0,061937	3,1	98,9	0,986	-0,155	0,054	-0,991	0,128	0,046	18. Mai.	14	06:00	06:13								
2022-03-15 07:00:00	0,011696	591,8032	2	0,437035	0,01467	0,066662	3,2	99,1	0,986	-0,158	0,056	-0,99	0,13	0,05	19. Mai.	14	06:00	06:13								
2022-03-15 07:01:00	0,011739	594,144	2	0,428191	0,014429	0,058311	3,4	99,3	0,985	-0,162	0,059	-0,99	0,132	0,054	20. Mai.	14	06:00	06:13								
2022-03-15 07:02:00	0,01147	596,4797	2	0,419528	0,014193	0,057761	3,5	99,5	0,984	-0,165	0,062	-0,989	0,133	0,058	21. Mai.	13	06:00	06:12								
2022-03-15 07:03:00	0,011342	598,8104	2	0,411043	0,01396	0,058199	3,7	99,7	0,984	-0,169	0,064	-0,989	0,135	0,062	22. Mai.	13	06:00	06:12								
2022-03-16 06:52:00	0,01557	578,1148	2	0,501419	0,016441	0,070203	2,4	97,3	0,991	-0,126	0,041	-0,984	0,11	0,021	23. Mai.	13	06:00	06:12								
2022-03-16 06:56:00	0,01452	587,509	2	0,461959	0,015394	0,06099	3	98,1	0,989	-0,14	0,052	-0,992	0,117	0,037	24. Mai.	12	06:00	06:11								
2022-03-16 06:57:00	0,011937	589,8453	2	0,452595	0,015142	0,055732	3,1	98,3	0,988	-0,144	0,054	-0,992	0,119	0,041	25. Mai.	12	06:00	06:11								
2022-03-16 06:58:00	0,011855	592,1767	2	0,443423	0,014893	0,056524	3,3	98,5	0,987	-0,147	0,057	-0,992	0,12	0,045	26. Mai.	12	06:00	06:11								
2022-03-16 07:00:00	0,011906	596,8246	2	0,42564	0,014408	0,059572	3,6	98,9	0,986	-0,154	0,062	-0,991	0,124	0,053	27. Mai.	11	06:00	06:10								
2022-03-16 07:01:00	0,011848	599,1411	2	0,417021	0,014171	0,060514	3,7	99,1	0,985	-0,157	0,065	-0,99	0,125	0,057	28. Mai.	11	06:00	06:10								
2022-03-16 07:02:00	0,011407	601,4526	2	0,408579	0,013938	0,058794	3,9	99,3	0,985	-0,161	0,067	-0,99	0,127	0,061	29. Mai.	11	06:00	06:10								
2022-03-17 06:50:00	0,014902	580,8083	2	0,498486	0,016421	0,066953	2,5	96,8	0,992	-0,119	0,044	-0,995	0,102	0,02	30. Mai.	12	06:00	06:11								
2022-03-17 06:54:00	0,012285	590,1	2	0,459232	0,01537	0,05686	3,1	97,6	0,99	-0,133	0,055	-0,993	0,109	0,036	31. Mai.	11	06:00	06:10								

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 4:
 2215 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
 1571 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September)
 644 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)
 24 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 3657 Einträgen):
 1.: Zeitraum zwischen 06:00 - 22:00 Uhr