

SolPEG Blendgutachten Solarpark Hilpoltstein

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage
in der Nähe von Hilpoltstein in Mittelfranken (Bayern)**

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
3	Ermittlung der potentiellen Blendwirkung	6
3.1	Rechtliche Hinweise	6
3.2	Blendwirkung von PV Modulen	6
3.3	Berechnung der Blendwirkung	8
3.4	Technische Parameter der PV Anlage	9
3.5	Standorte für die Analyse	10
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	11
4	Ergebnisse	14
4.1	Ergebnisübersicht	14
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P1, St2238 südöstlich	15
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P2, Straße St2238 östlich	17
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P3, Straße St2238 Einmündung	19
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude nördlich	20
5	Zusammenfassung der Ergebnisse	21
6	Schlussbemerkung	21
7	Anhang	22 - 37

SolPEG Blendgutachten

Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Hilpoltstein

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik (PV) ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der geplanten PV Anlage „Hilpoltstein“ für die Verkehrsteilnehmer der angrenzenden Straßen sowie für Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist die sog. Licht-Leitlinie¹, die 1993 durch die Bund/Länder - Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) verfasst und 2012 um einen Abschnitt zu PV Anlagen erweitert wurde. Nach überwiegender Meinung von Experten enthält die Licht-Leitlinie nicht unerhebliche Defizite bzw. Unklarheiten und ist als Instrument für die sachgerechte Beurteilung von Reflexionen durch PV Anlagen nur bedingt anwendbar. Weitere Ausführungen hierzu finden sich im Abschnitt 4.

Die vorliegende Untersuchung soll klären ob bzw. in wie weit von der PV Anlage „Hilpoltstein“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt für Verkehrsteilnehmer auf der St2238 sowie für Anwohner der umliegenden Gebäude.

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

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

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

¹ Die Licht-Leitlinie ist u.a. hier abrufbar: 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. 2,5 km südöstlich von Hilpoltstein in Mittelfranken (Bayern). Östlich der Fläche verläuft die St2238. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Flächen ca. 2,5 km w südöstlich der Ortschaft Hilpoltstein, ca. 20 km südwestlich von Neumarkt in der Oberpfalz (Bayern). Die Flächen sind leicht abfallend nach Süden
Koordinaten (Mitte)	49.179°N, 11.220°O 450 m ü.N.N.
Abstand zur St2238	ca. 20 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 200 m (kleinste Entfernung, relevante Blickrichtung)

Übersicht über den Standort und die PV Anlage (schematisch)

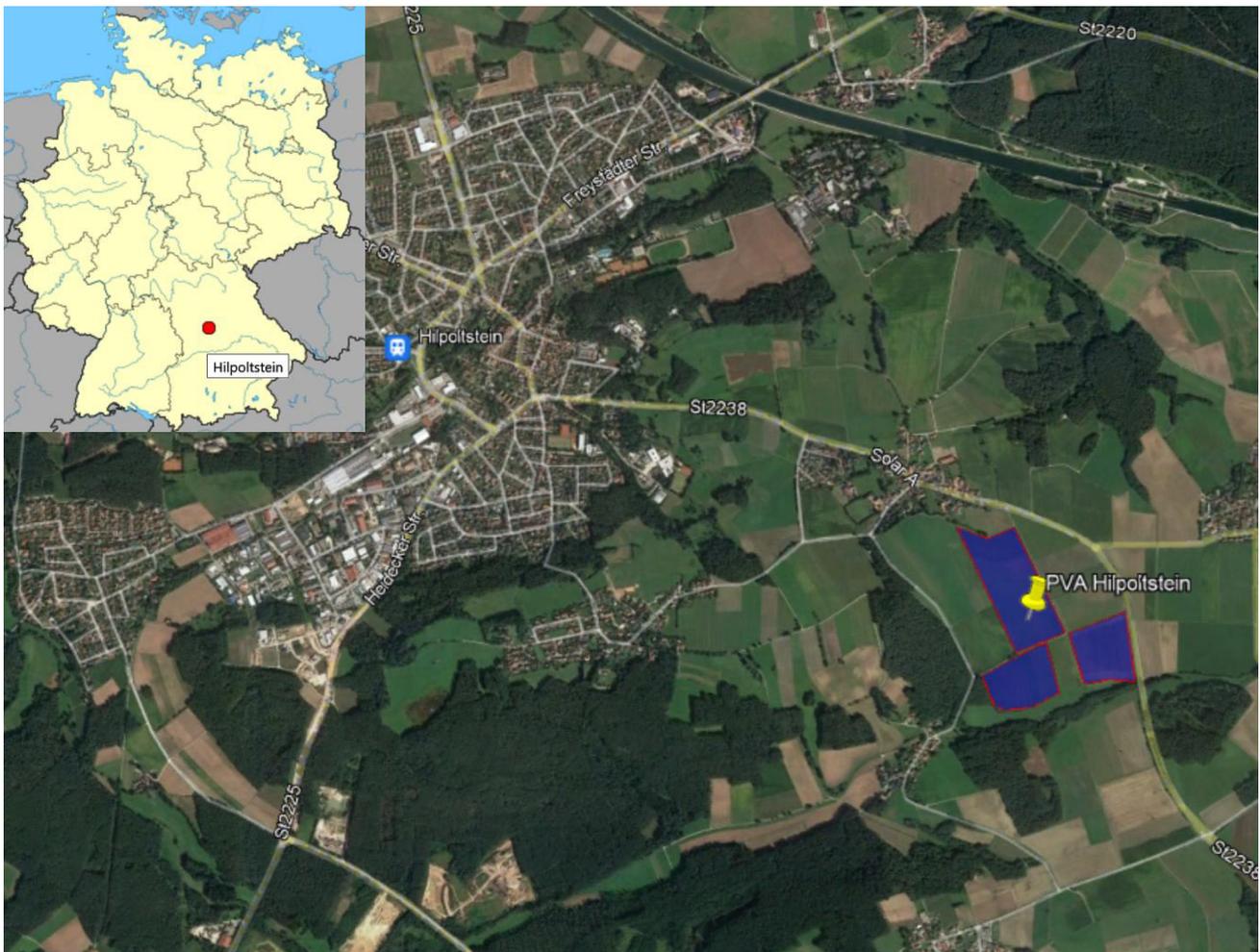


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Detailansicht der PV Anlage und Umgebung



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

Detailansicht der PV Anlage

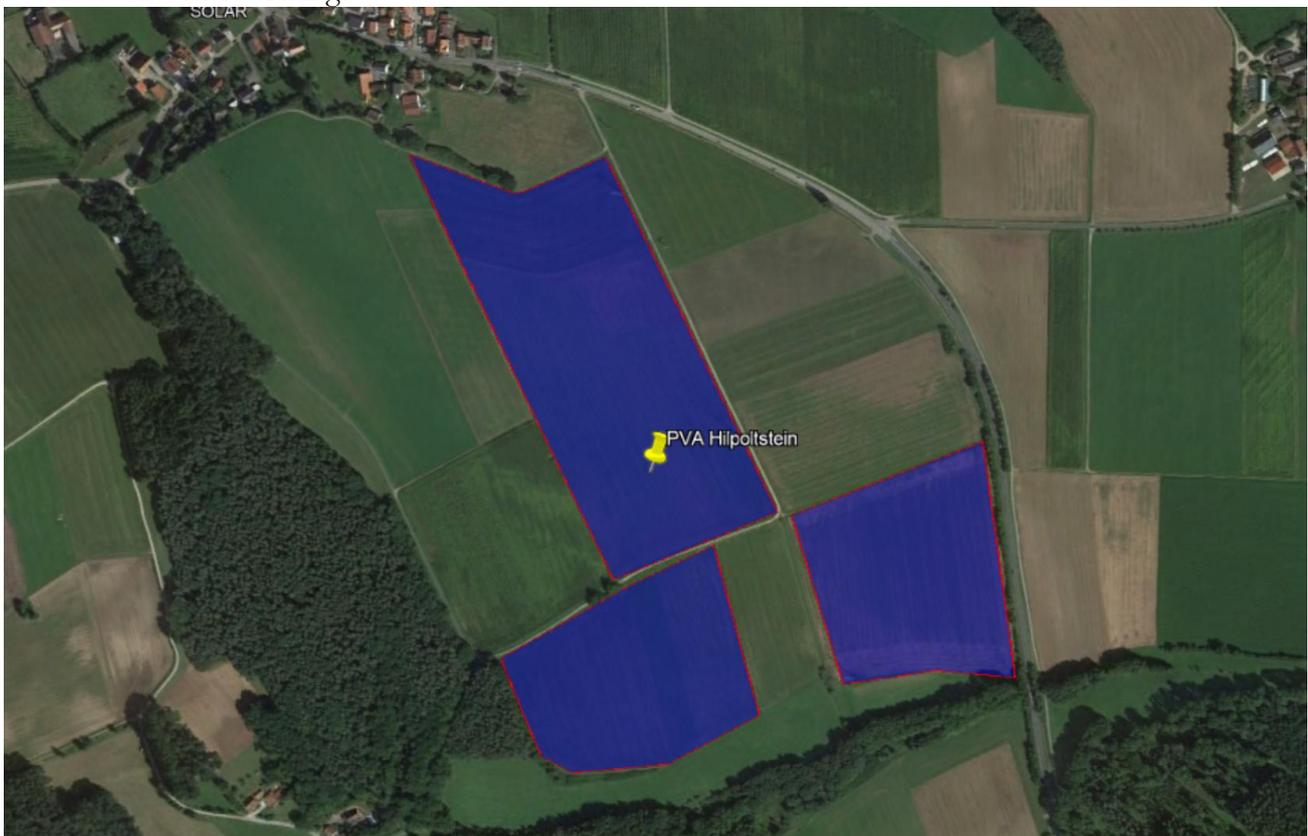


Bild 2.1.3: Detailansicht der PV Flächen (Quelle: Google Earth/SolPEG, Nordausrichtung)

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:

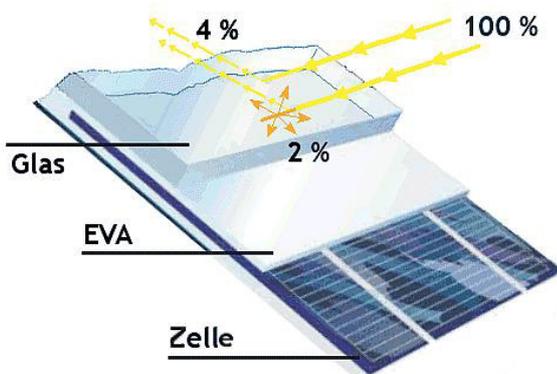


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: Internet/SolPEG)

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)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

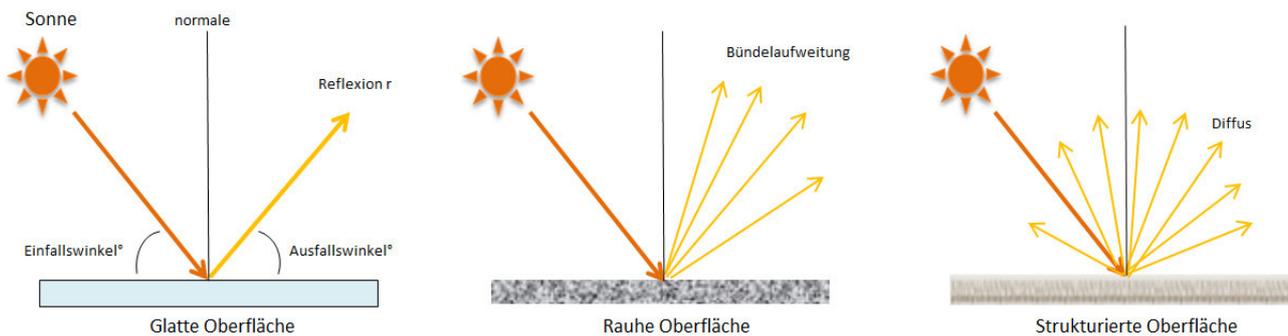


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

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

MECHANICAL DATA

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

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 Berechnung der Blendwirkung

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

Darüber hinaus kommen die in Anhang 2 der Licht-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen (Seite 21ff) zur Anwendung, es werden jedoch aufgrund fehlender Angaben u.a. für Fahrzeuglenker zusätzliche Quellen herangezogen, u.a. die Richtlinien der 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 sind, kann der Winkel der Reflexion (θ_p) mit der folgenden Formel berechnet werden:

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

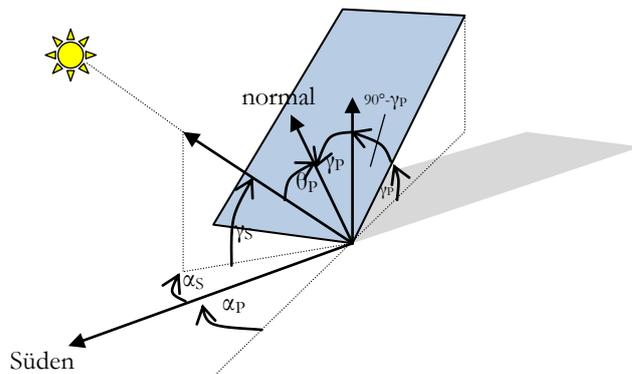


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche

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>

3.4 Technische Parameter der PV Anlage

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

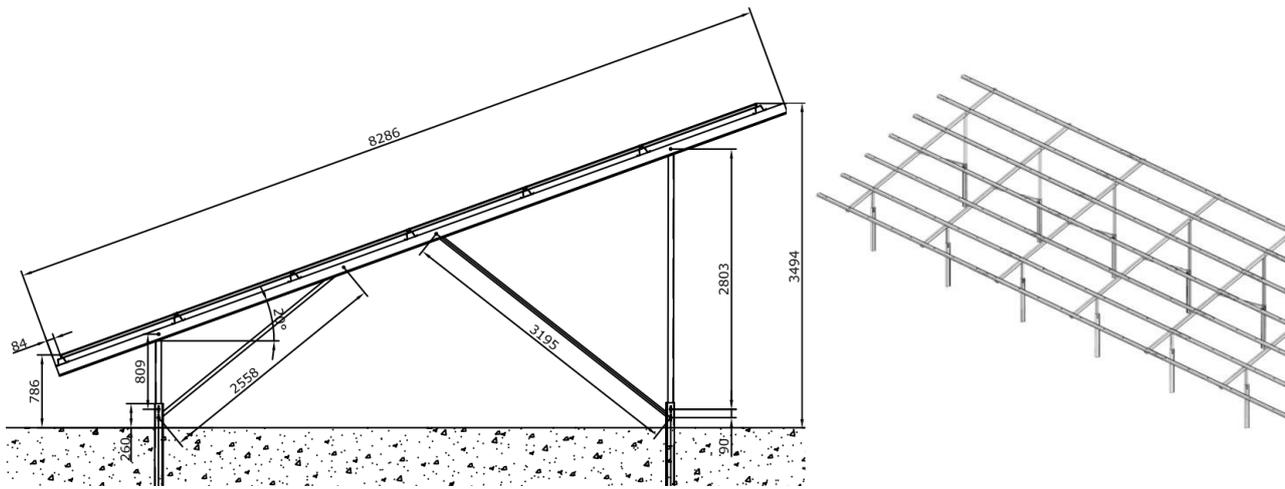


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul	Trina Solar (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	6 Module quer übereinander
Ausrichtung (Azimut)	Süden (180°)
Modulneigung	20°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. 0,78 m, max. 3,49 m
Anzahl Messpunkte gesamt	4 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Höhe Messpunkte	2 m über Boden
Azimut Blickrichtung Fahrzeugführer ⁵	Fahrtrichtung +/- 20°

⁵ Überwiegend wird angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel von 20° und mehr zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung darstellen. In einem Winkel zwischen 10° - 20° können Reflexionen eine moderate Blendwirkung erzeugen und unter 10° werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden.

Vor diesem Hintergrund wird der für Reflexionen relevante Blickwinkel als Fahrtrichtung +/- 20° definiert.

3.5 Standorte für die Analyse

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

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Hilpoltstein wurden insgesamt 4 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkte auf der Straße St2238 sowie 1 Messpunkt im Bereich der nordwestlich gelegenen Gebäude. Weitere Standorte an Gebäuden u.a. auch im Bereich des OT Grauwinkel wurden nicht weiter untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Beeinträchtigungen durch potentielle Reflexionen zu erwarten sind.

Die folgende Übersicht zeigt die PV Anlage und die untersuchten Messpunkte:



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

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

Schutzwürdige Räume

In der Licht-Leitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also ortsfeste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belastigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt⁶ allerdings eine Definition oder Empfehlung zum Umgang mit Verkehrswegen und auch zu Schienen- und Kraftfahrzeugen als "beweglichen" Räumen. Eine Blendwirkung an beweglichen Standorten ist in Bezug zur Geschwindigkeit zu sehen, d.h. eine Reflexion kann an einem festen Standort über mehrere Minuten auftreten, ist jedoch bei der Vorbeifahrt mit 100 km/h ggf. nur für Sekundenbruchteile wahrnehmbar. Aber trotz einer physiologisch unkritischen Leuchtdichte kann die Blendwirkung durch frequente Reflexionen subjektiv als störend empfunden werden (psychologische Blendwirkung). Vor diesem Hintergrund kann die Empfehlung der Licht-Leitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen.

Einfallswinkel der Reflexion

Die Fachliteratur enthält ebenfalls keine einheitlichen Aussagen zur Berechnung und Beurteilung der Blendwirkung von Fahrzeugführern durch reflektiertes Sonnenlicht und auch unter den Experten gibt es bislang keine einheitliche Meinung, ab welchem Winkel eine Reflexion bei Tageslicht als objektiv störend empfunden wird. Dies hängt u.a. mit den Abbildungseigenschaften des Auges zusammen wonach die Dichte der Helligkeitsrezeptoren (Zapfen) außerhalb des zentralen Schärfepunktes (Fovea Centralis) abnimmt.

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

Entfernung zur Immissionsquelle

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

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

⁶ Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

Sonstige Einflüsse

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

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

In der Licht-Leitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY⁷) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2019 eine mittlere Wolkenbedeckung⁸ von ca. 60 % 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 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/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.

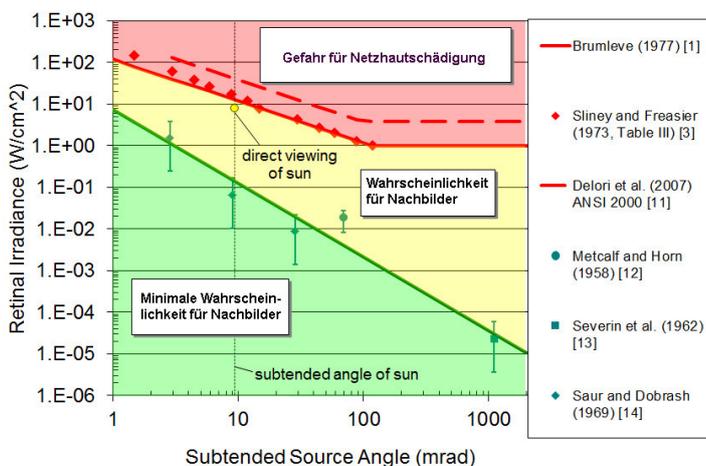


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

⁷ Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

⁸ 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_eur_cfc_mean_2019_17.png

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisübersicht

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Hilpoltstein wird für 4 exemplarisch gewählte Messpunkte durchgeführt. Das Ergebnis ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“ auftreten kann. Die Kategorien entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse in Bezug auf Leuchtdichte und -dauer. Die Wertebereiche sind im Diagramm 3.6.3 auch als farbige Flächen dargestellt:

■ Minimale Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder

■ Geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der 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 vor 6 Uhr morgens auftreten, sind zu vernachlässigen. Nach Bereinigung der Rohdaten sind die Ergebnisse üblicherweise um ca. 20 - 50% geringer und es sind nur noch Werte der Kategorie „Gelb“ vorhanden. D.h. es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebniswerte nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden.

Individuelle Ausführungen erfolgen im weiteren Abschnitt gesondert für die jeweiligen Messpunkte.

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

Messpunkt	PV Feld 1	PV Feld 2	PV Feld 3
P1 Straße St2238 südöstlich	983 ^{WE}	1809 ^W	684 ^{WE}
P2 Straße St2238 östlich	1607 ^{WE}	-	-
P3 Straße St2238 Einmündung	-	-	-
P4 Gebäude nördlich	-	-	-

^W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

^E Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

^G Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P1, St2238 südöstlich

Am Messpunkt P1 auf der St2238 können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Allerdings sind lediglich potentielle Reflexionen durch das PV Feld 2 relevant da aufgrund der lokalen Gegebenheiten und der Entfernung die PV Felder 1 und 3 zu vernachlässigen sind.

Nach Bereinigung der Rohdaten sind Reflexionen durch das PV Feld 2 theoretisch in der Zeit zwischen dem 08. Mai - 04. August an insgesamt 1809 Minuten pro Jahr an maximal 26 Minuten pro Tag⁹ möglich, abends in der Zeit zwischen 18:25 – 19:04 Uhr. Die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen liegen mit -53° bis -69° westlich der Fahrbahn deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels ($\pm 20^\circ$ zur Fahrtrichtung, ca. 100 m) und sind daher zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze dennoch die Situation am Messpunkt P1 auf Basis der unbereinigten Rohdaten inkl. der weiter entfernt liegenden PV Felder 1 und 3.

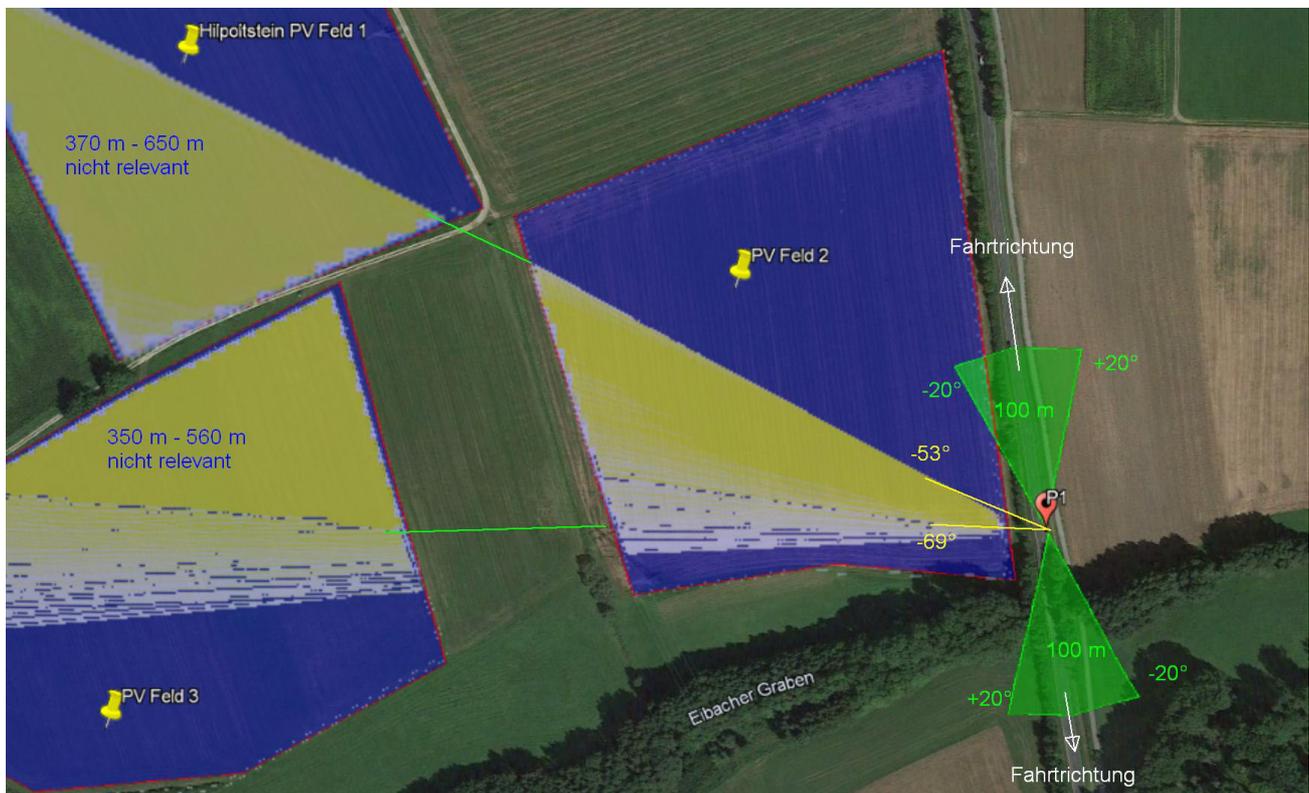


Bild 4.2.1: Situation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Die grün markierten Bereiche symbolisieren den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel. Im gelb/weiß markierten Bereich könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist der Bereich entsprechend kleiner bzw. schmaler. Aufgrund der Geländestruktur und der Entfernung sind die ermittelten Ergebnisse für die PV Felder 1 und 3 zu vernachlässigen.

⁹ Generell wird das Auftreten von Reflexionen an weniger als 5 Minuten pro Tag nicht berücksichtigt (Messunsicherheit)

Darüber hinaus ist ein ausgeprägter Bewuchs durch Büsche und Bäume entlang der Straße vorhanden, sodass kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage besteht. Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P1 bei der Fahrt Richtung Süden. Der für Fahrzeugführer relevante Sichtwinkel ist leichter dargestellt.

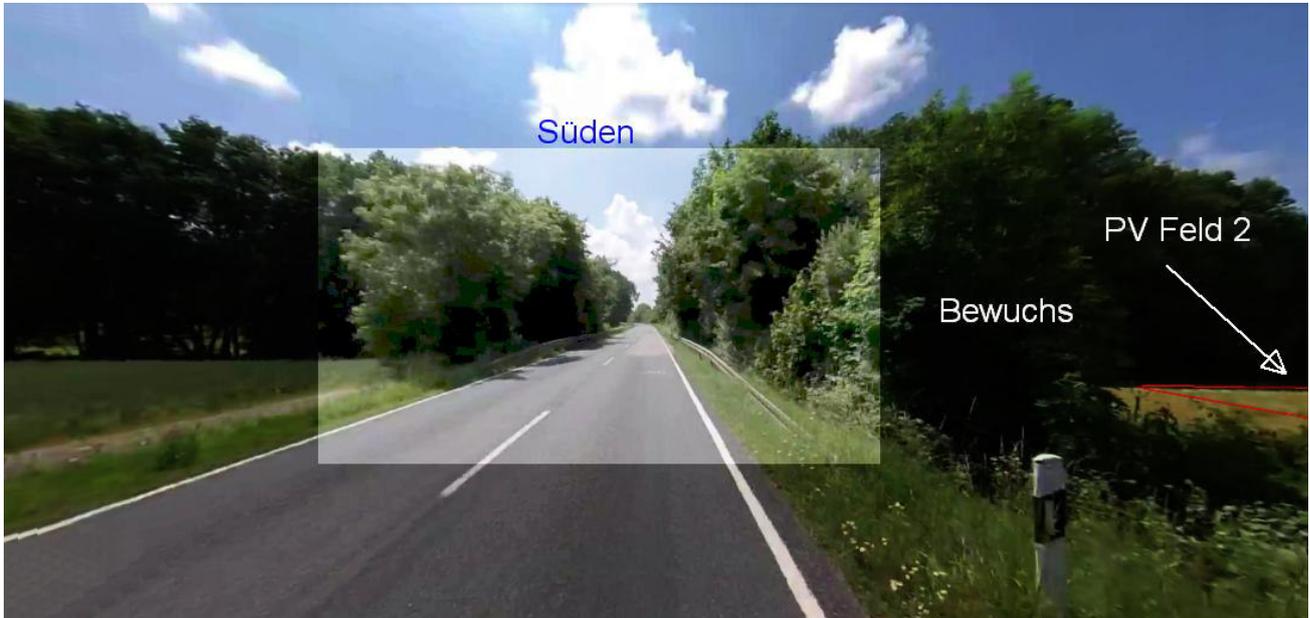


Bild 4.2.2: Foto am Messpunkt P1, Fahrt Richtung Süden (Quelle: Google StreetView, Ausschnitt)

Das folgende Foto zeigt den Bereich am Messpunkt P1 bei der Fahrt Richtung Norden und verdeutlicht, dass kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage vorhanden ist. Und selbst wenn der Bewuchs gerodet werden sollte, liegt die PV Anlage außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels.

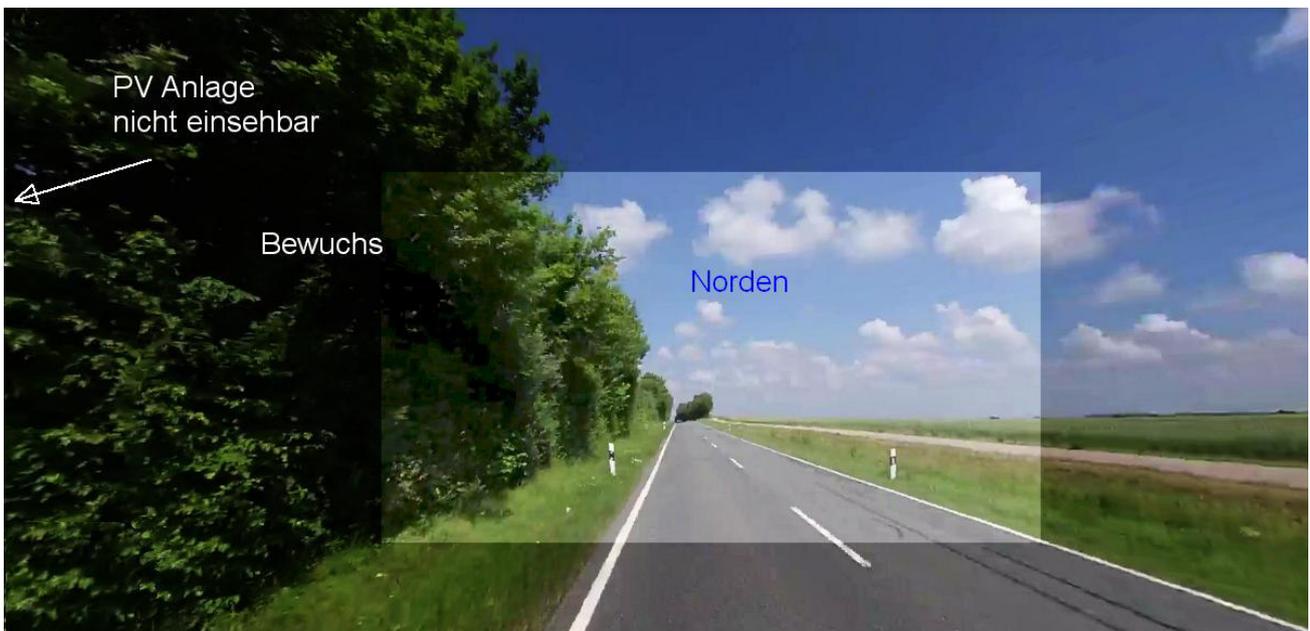


Bild 4.2.3: Foto am Messpunkt P1, Fahrt Richtung Norden (Quelle: Google StreetView, Ausschnitt)

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P2, Straße St2238 östlich

Am Messpunkt P2 auf der Straße St2238 östlich der PV Anlage können theoretisch Reflexionen durch das PV Feld 1 auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten sind rein rechnerisch an insgesamt 1607 Minuten pro Jahr und max. 16 Minuten pro Tag Reflexionen möglich. Diese können in bestimmten Jahreszeiten in den Abendstunden zwischen 18:10 bis 18:38 Uhr aus westlicher Richtung auftreten.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse in der Übersicht.

Tabelle 4: Mögliches Auftreten und Dauer von Reflexionen am Messpunkt P1

Zeitraum Beginn	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag (max.)	Minuten im Zeitraum	Erstes Auftreten	Letztes Auftreten
27. April	16. August	16	1607	18:10	18:38

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

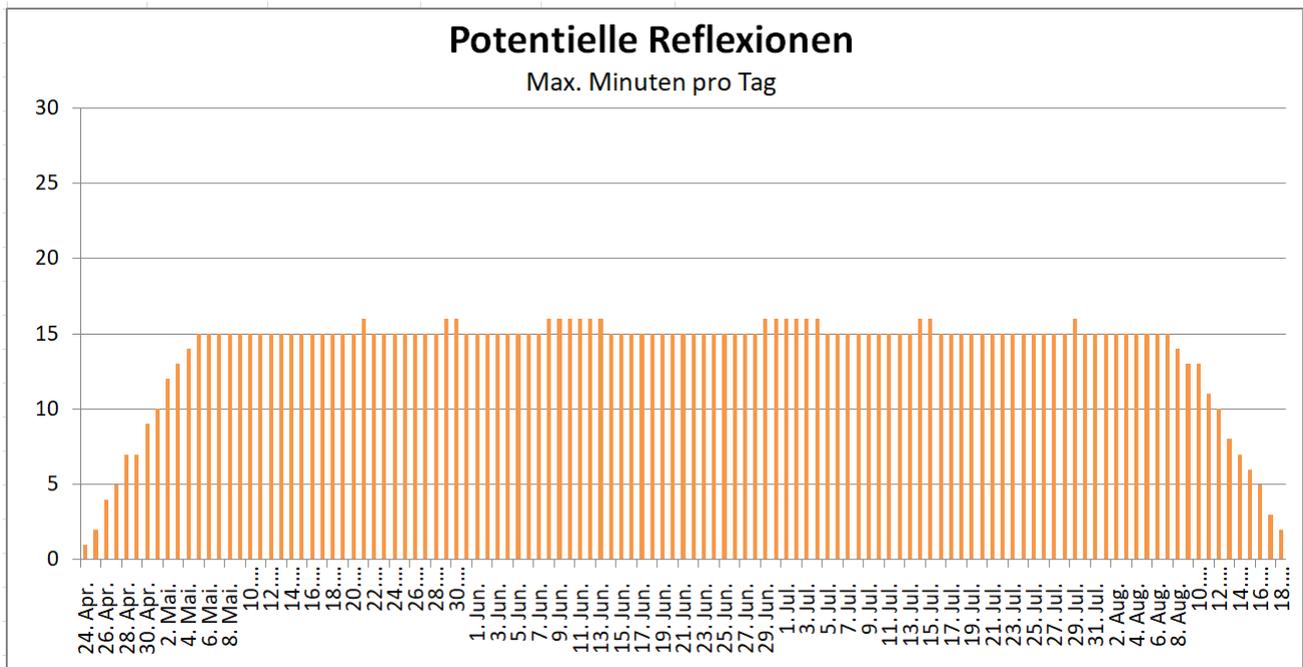


Bild 4.3.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

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

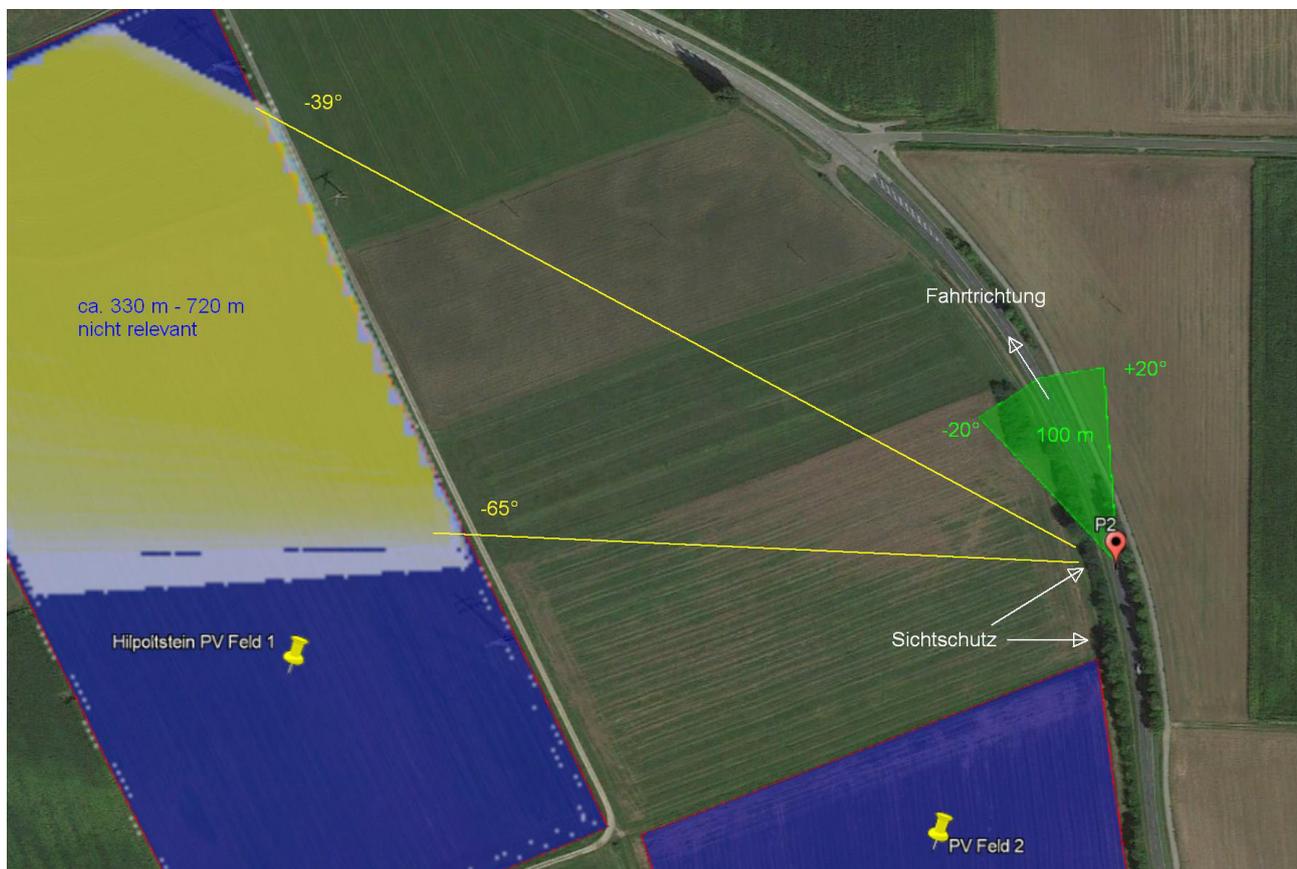


Bild 4.3.2: Situation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert die für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel ($\pm 20^\circ$ zur Fahrtrichtung, ca. 100 m). Im gelb/weiß markierten Bereich könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Bei der Fahrt Richtung Norden liegen potentielle Reflexionen in einem Einfallswinkel von ca. -39° bis -65° links (westlich) zur Fahrtrichtung und somit deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels.

Aber auch aufgrund der großen Entfernung zur Immissionsquelle von ca. 330 m – 720 m wären potentielle Reflexionen zu relativieren, da sich mit zunehmender Entfernung und der damit einhergehenden Bündelaufweitung der diffus reflektierten Lichtstrahlen, die Leuchtdichte der Moduloberflächen reduziert. Die PV Anlage wäre - sofern überhaupt sichtbar – nur als helle Flächen wahrnehmbar.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P3, Straße St2238 Einmündung

Messpunkt P3 auf der St2238 im Bereich der Einmündung Eibach/Grauwinkl wurde zu Kontrollzwecken analysiert, da es sich hier um einen sicherheitsrelevanten Bereich handelt an dem erhöhte Aufmerksamkeit erforderlich ist. Für den fließenden Verkehr auf der St2238 sind keine Beeinträchtigungen gegeben, da potentielle Reflexionen deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels liegen. Für Verkehrsteilnehmer, die am Messpunkt P3 auf die St2238 einbiegen, könnten rein rechnerisch an insgesamt nur 567 Minuten pro Jahr Reflexionen durch die PV Anlage auftreten und nach Bereinigung der Rohdaten sind keine Reflexionen mehr nachweisbar. Darüber hinaus sind potentielle Reflexionen durch das PV Feld 1 zu vernachlässigen, da aufgrund des Geländeverlaufes bzw. des Höhenunterschiedes von ca. 10 m, kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle besteht. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze zeigt den Geländeverlauf zwischen dem PV Feld 1 und Messpunkt P3 auf der St2238 und verdeutlicht, dass kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle besteht.

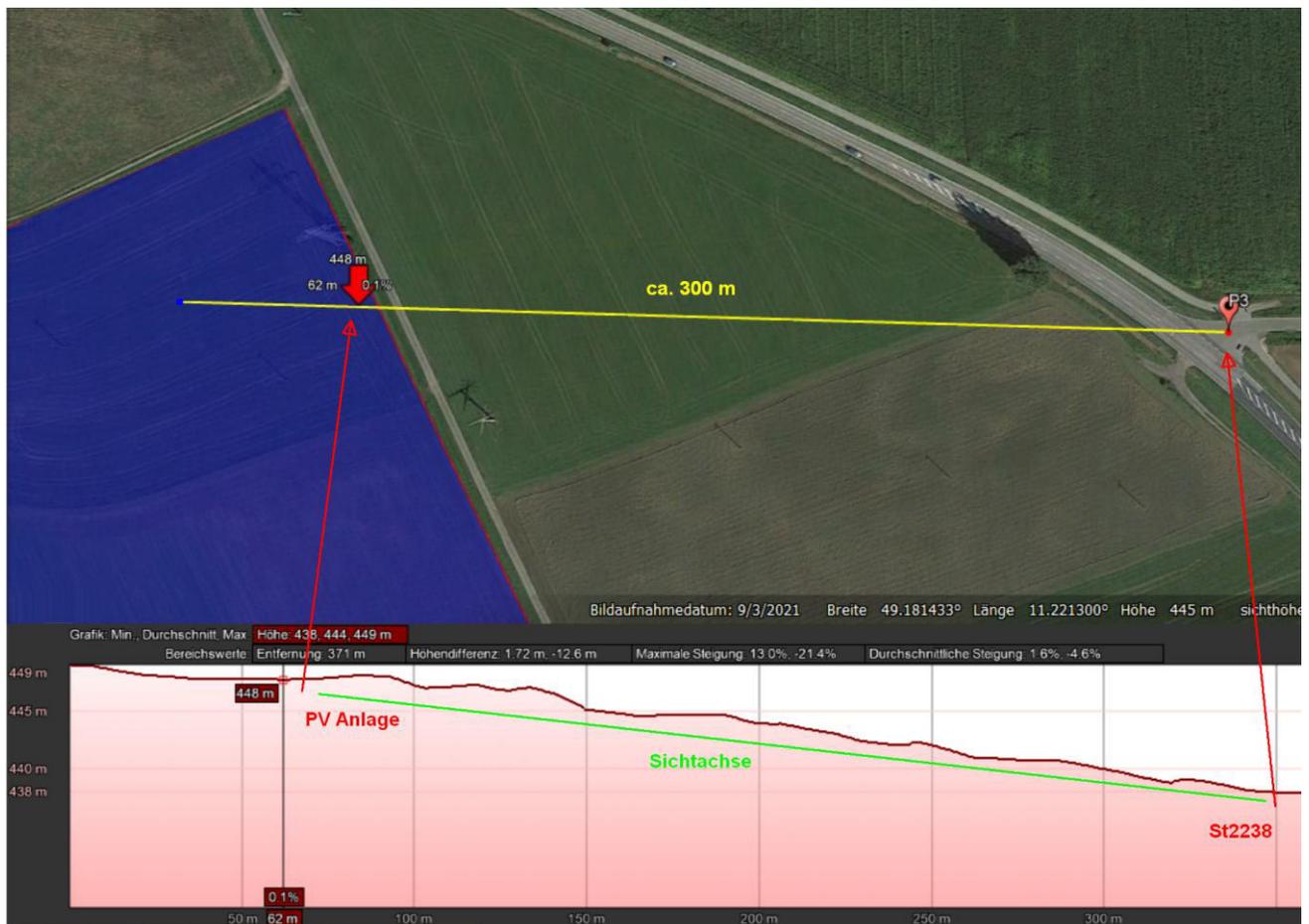


Bild 4.4.1: Geländeverlauf zwischen dem PV Feld 1 und dem Messpunkt P3 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Aufgrund der großen Entfernung zur Immissionsquelle von ca. 300 m – 540 m wären potentielle Reflexionen zu relativieren.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P3 mit Blick Richtung Westen in der Realität und verdeutlicht, dass die Fläche der PV Anlage nicht einsehbar ist.

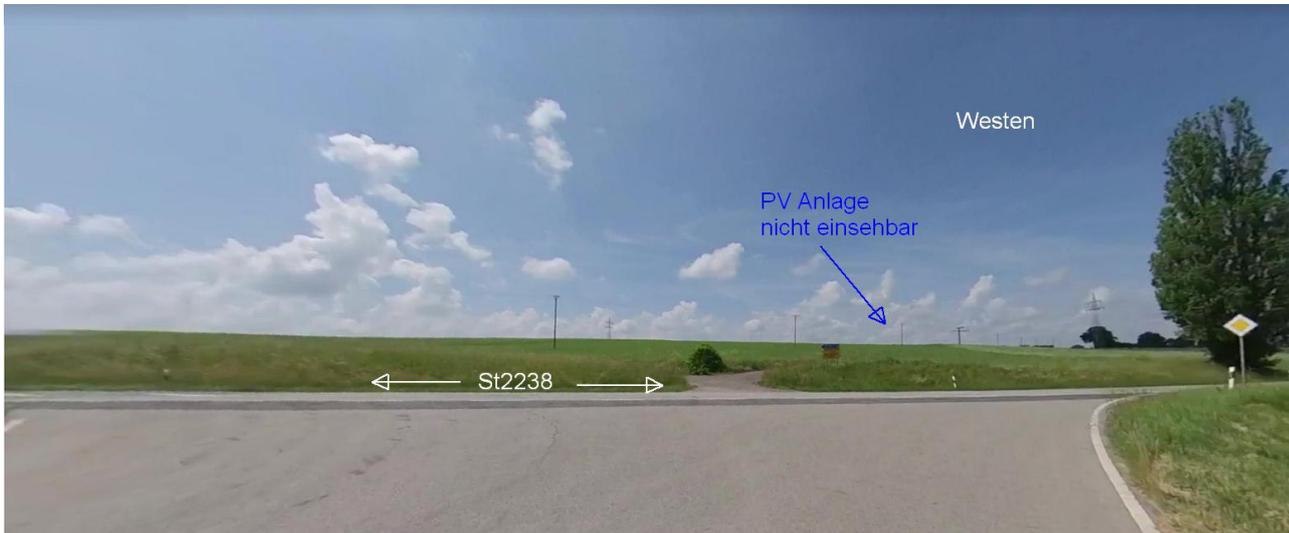


Bild 4.4.2: Foto am Messpunkt P3, Blick Richtung Westen (Quelle: Google StreetView, Ausschnitt)

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude nördlich

Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude nordwestlich der PV Anlage kann aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz kaum von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Der Standort wurde dennoch untersucht. Erwartungsgemäß zeigt die Simulation am Messpunkt P4 keine Ergebnisse und daher kann eine Beeinträchtigung für Anwohner im Sinne der LAI Lichtleitlinie mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Weitere Standorte an anderen Gebäuden wurden nicht näher untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Beeinträchtigungen durch potentielle Reflexionen zu erwarten sind. Das folgende Foto zeigt beispielhaft den Blick vom OT Grauwinkl in Richtung Westen. Die Flächen der PV Anlage liegen nicht einsehbar in ca. 800 m Entfernung und aufgrund der Entfernung wären potentielle Reflexionen – wenn überhaupt wahrnehmbar – zu vernachlässigen.



Bild 4.4.3: Foto vom OT Grauwinkl in Richtung Westen (Quelle: Google StreetView, Ausschnitt)

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage Hilpoltstein kann als „geringfügig“ klassifiziert¹⁰ werden. Im Vergleich zur Blendwirkung durch direktes Sonnenlicht oder durch Spiegelungen von Windschutzscheiben, Wasserflächen, Gewächshäusern o.ä. ist diese „vernachlässigbar“. Unter Berücksichtigung von weiteren Einflussfaktoren wie z.B. Geländestruktur, lokalen Wetterbedingungen (Frühnebel, etc.) kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexion durch die PV Anlage als gering eingestuft werden.

Der Auftraggeber hat bei der geplanten PV Anlage Hilpoltstein 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 4 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt für die Straße St2238 nur eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Aufgrund der großen Entfernung und insbesondere aufgrund des Einfallswinkels sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Im Bereich der Einmündung der Straße nach Grauwinkl besteht aufgrund des Geländeverlaufes kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle und daher sind auch hier potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Anhand der ausgewerteten Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die Gebäude des nördlich gelegenen Ortsteils Hilpoltstein Solar können von Reflexionen durch die PV Anlage nicht erreicht werden und erwartungsgemäß sind keine Reflexionen durch die PV Anlage nachweisbar. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie durch Reflexionen durch die PV Anlage kann ausgeschlossen werden. Im weiteren Umfeld sind keine relevanten Gebäude und schutzwürdige Zonen vorhanden.

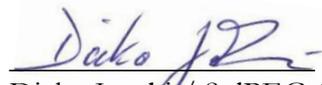
Es ist davon auszugehen, dass die theoretisch berechneten Reflexionen in der Praxis keine Blendwirkung entwickeln werden. Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

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 26.01.2022


Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

¹⁰ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



THE Vertex

BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE

500W+

MAXIMUM POWER OUTPUT

21.1%

MAXIMUM EFFICIENCY

0/+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716

ISO 9001: Quality Management System

ISO 14001: Environmental Management System

ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification

ISO45001: Occupational Health and Safety Management System



High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance Of System) cost, shorter payback time
- Lower guaranteed first year and annual degradation
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher Return on Investment



High power up to 505W

- Large area cells based on 210mm silicon wafers and 1/3-cut cell technology
- Up to 21.1% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



High reliability

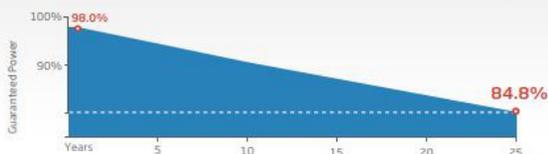
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to salt, ammonia and sand



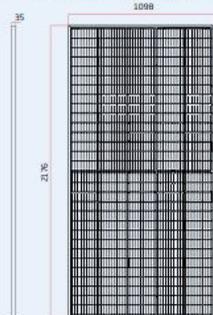
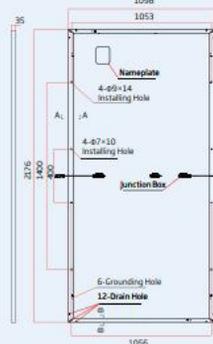
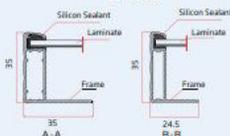
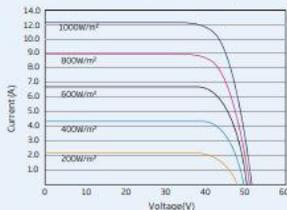
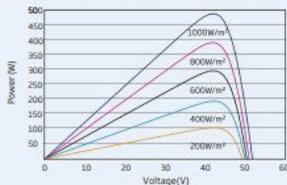
High energy yield

- Excellent light absorption throughout the day (IAM) and low light performance, validated by 3rd party certifications
- Lower temperature coefficient (-0.36%) and operating temperature
- Optimized power output under inter-row shading conditions

Trina Solar's Backsheet Performance Warranty



Trina solar

DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)

Front View

Back View

I-V CURVES OF PV MODULE(490 W)

P-V CURVES OF PV MODULE(490W)

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	480	485	490	495	500	505
Power Output Tolerance- P_{MAX} (W)	0/+5					
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	11.42	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	50.8	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.99	12.07	12.14	12.21	12.28	12.35
Module Efficiency η_m (%)	20.1	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: ±3%.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	363	367	371	375	379	382
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	39.6	39.8	40.0	40.2	40.4	40.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	9.15	9.20	9.26	9.32	9.37	9.43
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	48.0	48.2	48.4	48.6	48.8	49.0
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	9.65	9.72	9.77	9.83	9.89	9.94

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	150 cells
Module Dimensions	2176 × 1098 × 35 mm
Weight	26.3 kg
Glass	3.2 mm High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² Portrait: N 280mm/P 280mm Landscape: N 1400 mm /P 1400 mm
Connector	TS4

TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3 K)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.36%/K
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.26%/K
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/K

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% annual degradation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box:	30 pieces
Modules per 40' container:	600 pieces

Solarpark Hilpoltstein

Created Jan. 25, 2022
Updated Jan. 25, 2022
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC+1
Site ID 64028.11193

Project type Advanced
Project status: active
Category 1 MW to 5 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	20.0	180.0	0	4,989	-
PV Feld 2	20.0	180.0	0	3,444	-
PV Feld 3	20.0	180.0	0	1,905	-

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 212,109 m²

Name: PV Feld 1
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 20.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Footprint area: 107,237 m²
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 deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	49.182070	11.216012	451.10	2.00	453.10
2	49.181635	11.217771	449.19	2.00	451.19
3	49.182140	11.219316	444.90	2.00	446.90
4	49.178255	11.222063	447.10	2.00	449.10
5	49.177483	11.219359	444.47	2.00	446.47

Name: PV Feld 2
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 20.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Footprint area: 52,886 m²
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 deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	49.178192	11.222217	446.14	2.00	448.14
2	49.178963	11.225436	447.02	2.00	449.02
3	49.176523	11.225929	441.50	2.00	443.50
4	49.176551	11.224277	440.80	2.00	442.80
5	49.176439	11.223097	437.43	2.00	439.43

Name: PV Feld 3
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 20.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Footprint area: 51,986 m²
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 deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	49.176691	11.217561	436.13	2.00	438.13
2	49.177378	11.219514	444.97	2.00	446.97
3	49.177855	11.221037	447.37	2.00	449.37
4	49.176130	11.221852	438.77	2.00	440.77
5	49.175499	11.220136	435.17	2.00	437.17
6	49.175415	11.218484	433.94	0.00	433.94

Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	49.176716	11.226144	440.45	2.00	442.45
OP 2	49.179628	11.225430	445.90	2.00	447.90
OP 3	49.181438	11.223950	437.17	2.00	439.17
OP 4	49.182518	11.216418	448.24	2.00	450.24

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	20.0	180.0	0	4,989	-	
PV Feld 2	20.0	180.0	0	3,444	-	
PV Feld 3	20.0	180.0	0	1,905	-	

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-feld-1 (yellow)	0	0	157	703	850	862	858	831	339	0	0	0
pv-feld-2 (green)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-feld-2 (yellow)	0	0	22	393	769	778	798	577	107	0	0	0
pv-feld-3 (green)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-feld-3 (yellow)	0	0	209	412	337	0	175	420	352	0	0	0

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

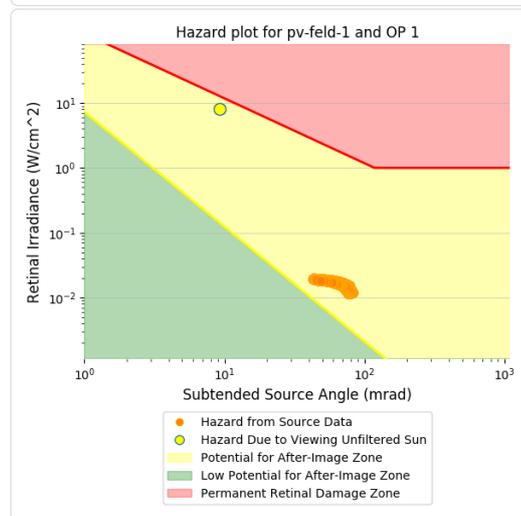
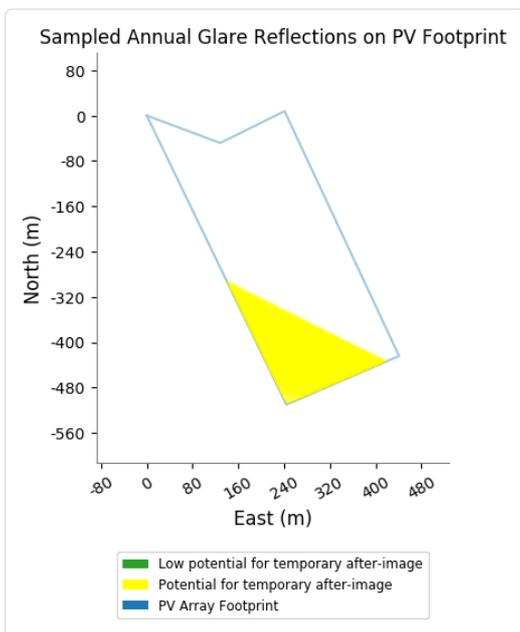
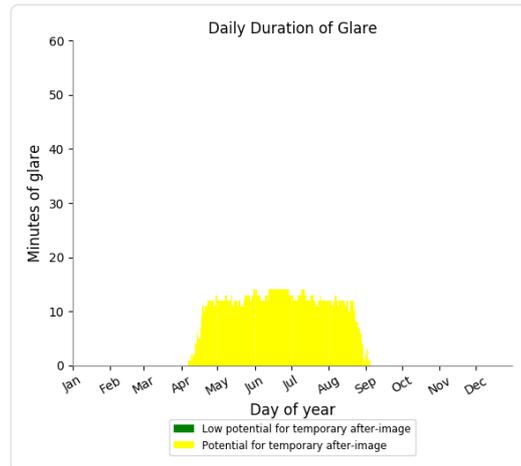
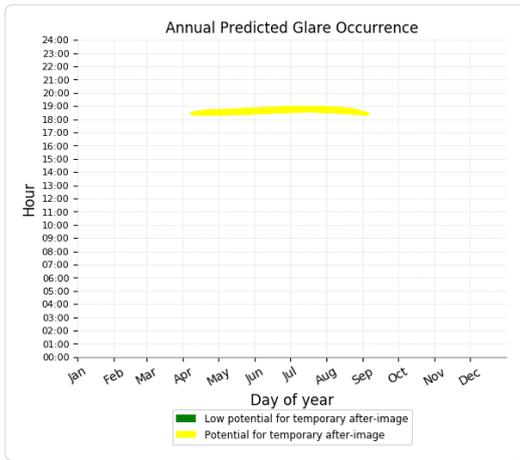
PV Feld 1 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	1666
OP: OP 2	0	2756
OP: OP 3	0	567
OP: OP 4	0	0

PV Feld 1 - OP Receptor (OP 1)

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

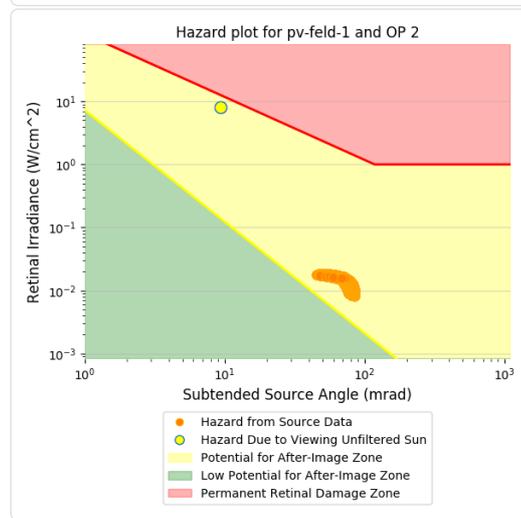
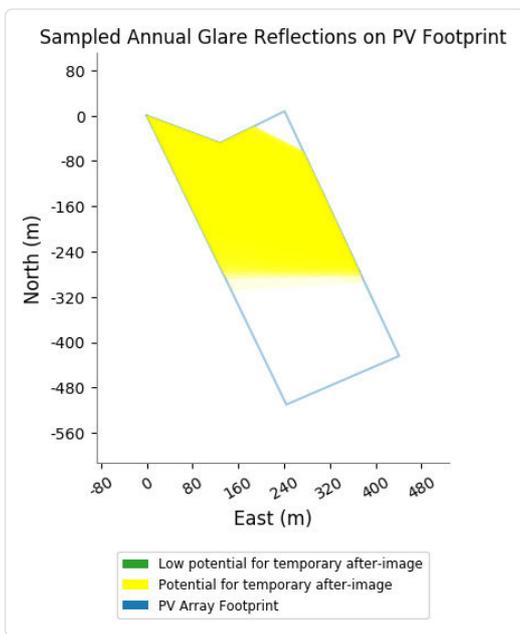
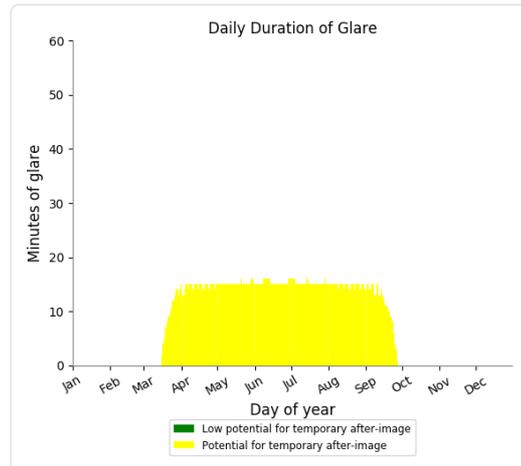
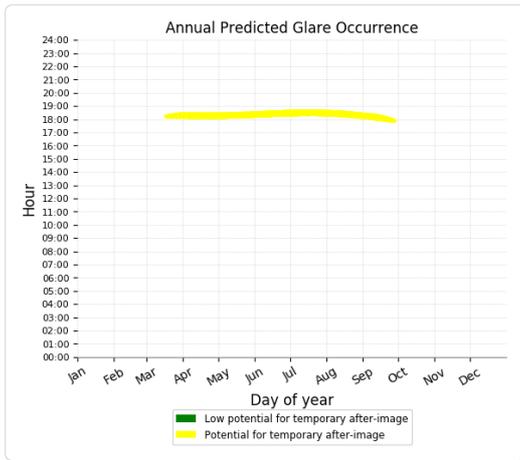
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,666 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 1 - OP Receptor (OP 2)

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

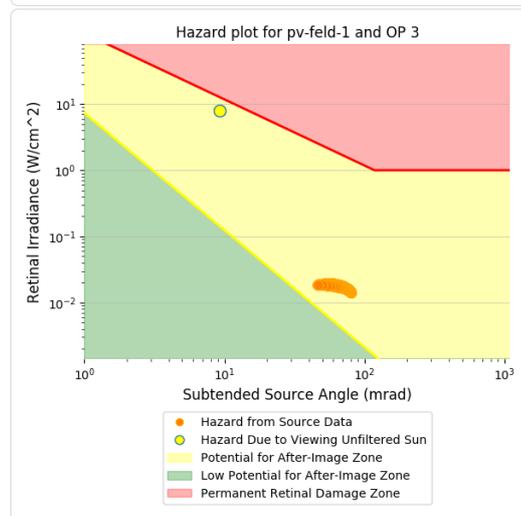
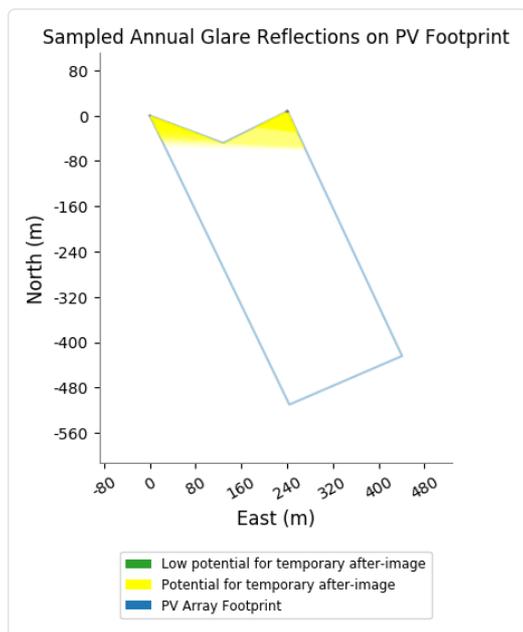
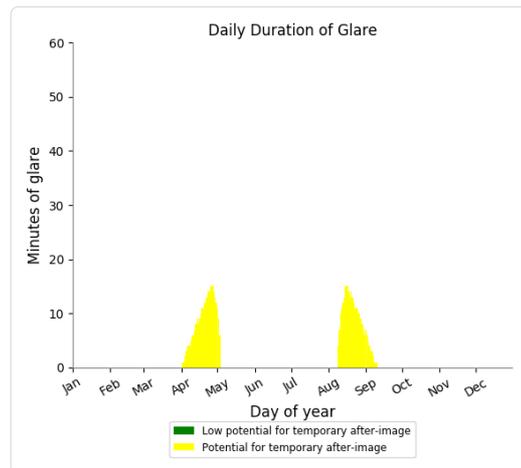
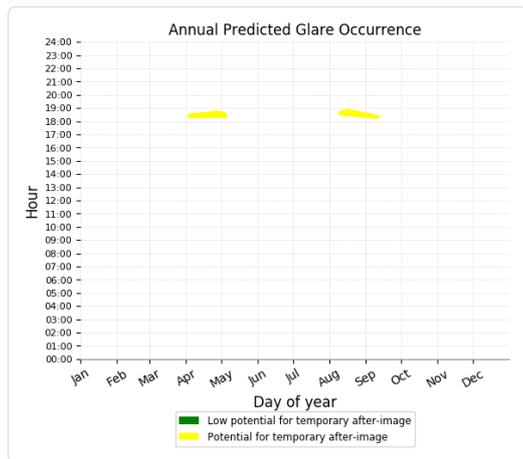
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,756 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



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.
- 567 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 1 - OP Receptor (OP 4)

No glare found

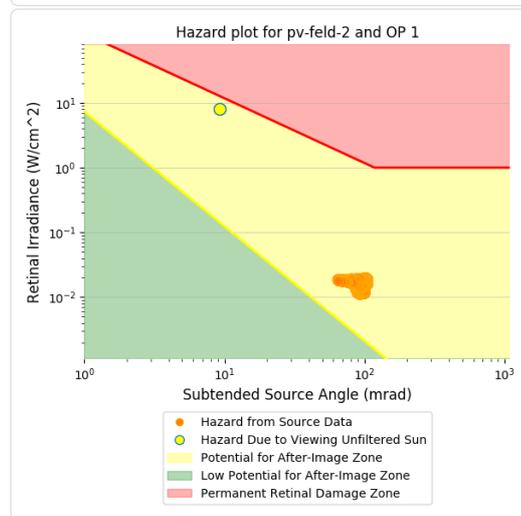
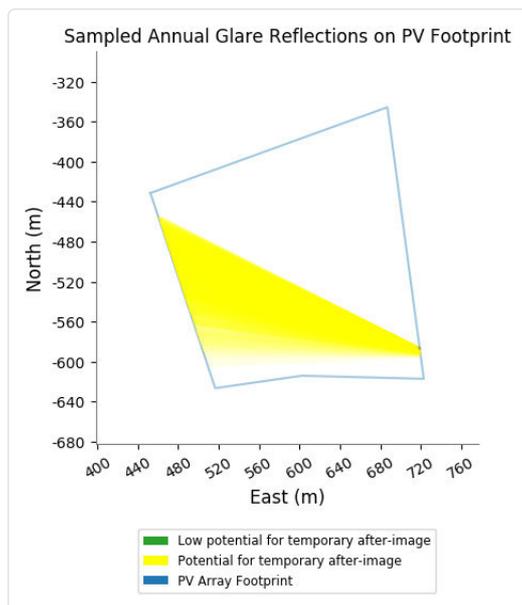
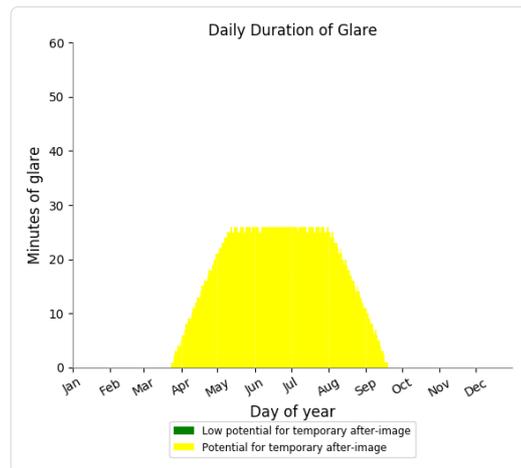
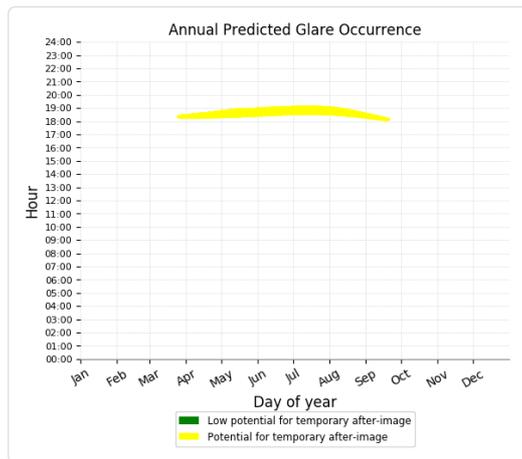
PV Feld 2 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	3444
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0

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.
- 3,444 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2 - OP Receptor (OP 2)

No glare found

PV Feld 2 - OP Receptor (OP 3)

No glare found

PV Feld 2 - OP Receptor (OP 4)

No glare found

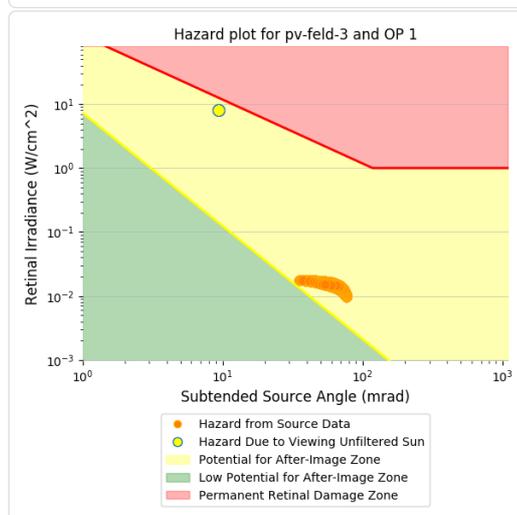
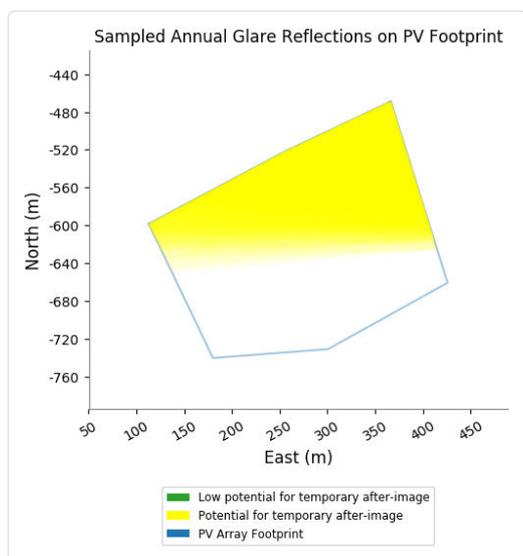
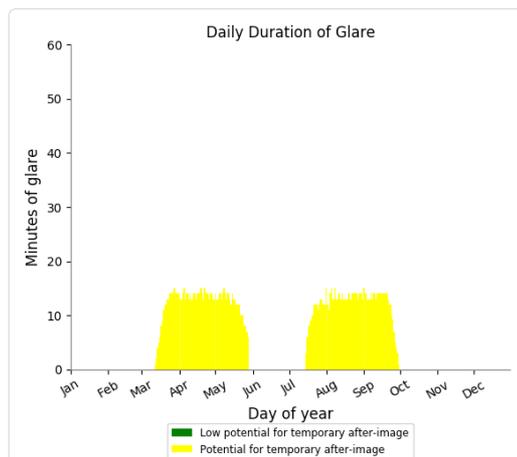
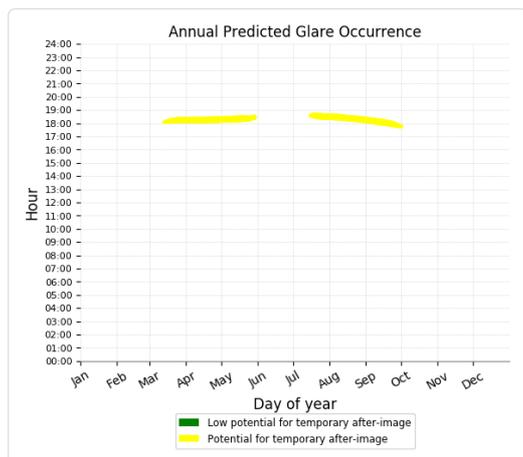
PV Feld 3 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	1905
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0

PV Feld 3 - 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.
- 1,905 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 3 - OP Receptor (OP 2)

No glare found

PV Feld 3 - OP Receptor (OP 3)

No glare found

PV Feld 3 - OP Receptor (OP 4)

No glare found

Assumptions

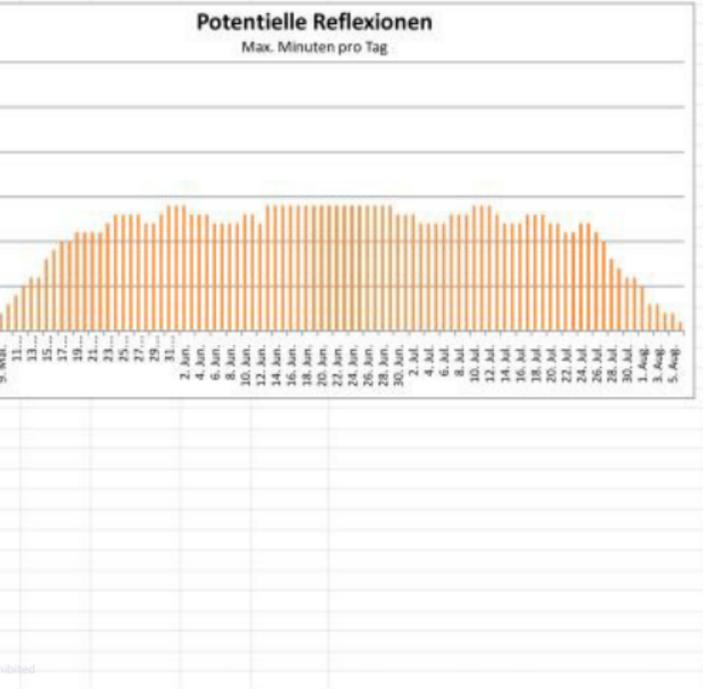
- Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.
- Glare analyses do not account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.
- Detailed system geometry is not rigorously simulated.
- 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.
- Glare vector plots are simplified representations of analysis data. Actual glare emanations and results may differ.
- Refer to the **Help page** for detailed assumptions and limitations not listed here.

	Cornell Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	S	Tag	Anzahl	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1
2021-04-07 18:29:00	0,013187	577,9137	2	0,564397	0,0185	0,047195	276,2	3	-0,993	0,109	0,053	0,993	-0,117	-0,029	7. Mai.	2	18:27	18:28	12.05.2021	01.08.2021	14	983	18:28	18:54	
2021-04-08 18:29:00	0,0135	581,2661	2	0,553263	0,01824	0,050434	276,5	3,3	-0,992	0,113	0,058	0,992	-0,124	-0,028	8. Mai.	3	18:27	18:29							
2021-04-09 18:27:00	0,013973	588,7004	2	0,518285	0,017306	0,057695	276,4	3,9	-0,991	0,111	0,069	0,991	-0,129	-0,019	9. Mai.	2	18:29	18:30							
2021-04-09 18:29:00	0,013733	584,5827	2	0,542407	0,017984	0,053075	276,8	3,6	-0,991	0,117	0,063	0,991	-0,13	-0,027	10. Mai.	3	18:28	18:31							
2021-04-10 18:26:00	0,014099	593,9918	2	0,50819	0,017121	0,059295	276,6	4,2	-0,991	0,115	0,074	0,991	-0,136	-0,018	11. Mai.	4	18:28	18:33							
2021-04-11 18:26:00	0,014153	597,1919	2	0,498352	0,01688	0,060743	276,9	4,5	-0,99	0,119	0,079	0,99	-0,142	-0,016	12. Mai.	5	18:28	18:34							
2021-04-11 18:29:00	0,01399	591,1137	2	0,533482	0,017886	0,055081	277,4	4	-0,989	0,129	0,07	0,989	-0,144	-0,029	13. Mai.	6	18:28	18:35							
2021-04-12 18:29:00	0,014075	592,4409	2	0,523191	0,01758	0,057	277,7	4,3	-0,988	0,133	0,075	0,988	-0,151	-0,028	14. Mai.	6	18:29	18:37							
2021-04-12 18:33:00	0,013114	584,3145	2	0,572831	0,018984	0,044451	278,4	3,7	-0,987	0,147	0,064	0,987	-0,153	-0,045	15. Mai.	8	18:29	18:38							
2021-04-13 18:26:00	0,014295	601,6572	2	0,490425	0,016736	0,06222	277,6	4,9	-0,988	0,131	0,086	0,988	-0,156	-0,019	16. Mai.	9	18:29	18:39							
2021-04-13 18:28:00	0,014223	597,6559	2	0,513165	0,017395	0,058717	277,9	4,6	-0,987	0,138	0,08	0,987	-0,157	-0,027	17. Mai.	10	18:29	18:40							
2021-04-13 18:33:00	0,014365	595,6496	2	0,524922	0,017734	0,057955	278,1	4,4	-0,987	0,141	0,077	0,987	-0,158	-0,031	18. Mai.	10	18:29	18:41							
2021-04-13 18:33:00	0,013128	587,5876	2	0,574661	0,019152	0,043766	278,9	3,8	-0,986	0,154	0,066	0,986	-0,161	-0,048	19. Mai.	11	18:29	18:42							
2021-04-14 18:26:00	0,014261	604,7882	2	0,481113	0,016503	0,063138	277,8	5,2	-0,987	0,135	0,091	0,987	-0,162	-0,017	20. Mai.	11	18:30	18:43							
2021-04-14 18:28:00	0,014288	600,8186	2	0,503401	0,017155	0,062029	278,2	4,9	-0,986	0,142	0,085	0,986	-0,163	-0,026	21. Mai.	11	18:30	18:43							
2021-04-14 18:29:00	0,014269	598,8282	2	0,514924	0,017489	0,058539	278,4	4,7	-0,986	0,145	0,082	0,986	-0,164	-0,03	22. Mai.	11	18:30	18:43							
2021-04-14 18:30:00	0,014121	596,8341	2	0,526706	0,01783	0,056112	278,6	4,6	-0,986	0,148	0,08	0,986	-0,165	-0,034	23. Mai.	12	18:30	18:43							
2021-04-14 18:33:00	0,01354	590,8298	2	0,563667	0,018889	0,047683	279,1	4,1	-0,985	0,158	0,071	0,985	-0,167	-0,047	24. Mai.	13	18:30	18:44							
2021-04-14 18:34:00	0,013088	588,821	2	0,576545	0,019255	0,043019	279,3	3,9	-0,985	0,161	0,068	0,985	-0,168	-0,051	25. Mai.	13	18:30	18:44							
2021-04-15 18:26:00	0,014244	607,8906	2	0,472047	0,016275	0,064138	278,1	5,5	-0,986	0,139	0,096	0,986	-0,168	-0,016	26. Mai.	13	18:30	18:44							
2021-04-15 18:29:00	0,014328	601,9777	2	0,505188	0,017249	0,059992	278,6	5	-0,985	0,149	0,087	0,985	-0,17	-0,029	27. Mai.	13	18:30	18:44							
2021-04-15 18:30:00	0,014254	599,9993	2	0,516736	0,017585	0,05801	278,8	4,8	-0,985	0,153	0,084	0,985	-0,171	-0,033	28. Mai.	12	18:32	18:45							
2021-04-15 18:33:00	0,013842	594,0422	2	0,55296	0,018631	0,050758	279,4	4,4	-0,984	0,162	0,076	0,984	-0,173	-0,046	29. Mai.	12	18:32	18:45							
2021-04-15 18:34:00	0,013522	592,0492	2	0,565581	0,018992	0,047097	279,6	4,2	-0,983	0,166	0,073	0,983	-0,174	-0,05	30. Mai.	13	18:32	18:45							
2021-04-16 18:29:00	0,014427	605,0989	2	0,495711	0,017013	0,061646	278,9	5,3	-0,984	0,153	0,092	0,984	-0,177	-0,028	31. Mai.	14	18:32	18:46							
2021-04-16 18:30:00	0,014382	603,1362	2	0,507031	0,017345	0,05985	279	5,1	-0,984	0,157	0,089	0,984	-0,177	-0,032	1. Jun.	14	18:32	18:46							
2021-04-16 18:33:00	0,014067	597,2259	2	0,542537	0,018378	0,053277	279,6	4,6	-0,983	0,166	0,081	0,983	-0,179	-0,045	2. Jun.	14	18:32	18:46							
2021-04-16 18:34:00	0,013839	595,2485	2	0,554907	0,018734	0,050271	279,8	4,5	-0,982	0,17	0,078	0,982	-0,18	-0,049	3. Jun.	13	18:32	18:46							
2021-04-16 18:35:00	0,013499	593,2675	2	0,567553	0,019098	0,046463	280	4,3	-0,982	0,173	0,075	0,982	-0,181	-0,053	4. Jun.	13	18:33	18:47							
2021-04-17 18:26:00	0,014537	612,2476	2	0,465016	0,016148	0,066335	278,7	5,9	-0,983	0,151	0,102	0,983	-0,181	-0,019	5. Jun.	13	18:33	18:47							
2021-04-17 18:28:00	0,014423	608,3549	2	0,486486	0,016786	0,062687	279,1	5,6	-0,983	0,157	0,097	0,983	-0,183	-0,027	6. Jun.	12	18:34	18:47							
2021-04-17 18:29:00	0,014402	606,403	2	0,497584	0,017114	0,061038	279,3	5,4	-0,983	0,161	0,094	0,983	-0,184	-0,031	7. Jun.	12	18:34	18:47							
2021-04-17 18:30:00	0,014352	604,4475	2	0,508931	0,017448	0,0592	279,5	5,2	-0,982	0,164	0,091	0,982	-0,184	-0,035	8. Jun.	12	18:34	18:47							
2021-04-17 18:33:00	0,014082	598,559	2	0,544517	0,018486	0,052873	280	4,8	-0,981	0,174	0,083	0,981	-0,186	-0,048	9. Jun.	12	18:34	18:47							
2021-04-17 18:34:00	0,013835	596,589	2	0,556914	0,018845	0,049745	280,2	4,6	-0,981	0,177	0,08	0,981	-0,187	-0,052	10. Jun.	13	18:35	18:49							
2021-04-17 18:35:00	0,013471	594,6153	2	0,569587	0,01921	0,045775	280,4	4,4	-0,981	0,18	0,077	0,981	-0,188	-0,057	11. Jun.	13	18:35	18:49							
2021-04-18 18:26:00	0,014294	615,291	2	0,456457	0,01593	0,066083	279	6,2	-0,982	0,155	0,107	0,982	-0,188	-0,017	12. Jun.	12	18:35	18:49							
2021-04-18 18:28:00	0,01442	611,4289	2	0,477511	0,01656	0,063742	279,3	5,8	-0,982	0,162	0,102	0,982	-0,189	-0,026	13. Jun.	14	18:35	18:49							
2021-04-18 18:29:00	0,014429	609,4924	2	0,488393	0,016883	0,062265	279,5	5,7	-0,981	0,165	0,099	0,981	-0,19	-0,03	14. Jun.	14	18:35	18:49							
2021-04-18 18:30:00	0,014431	607,5552	2	0,499518	0,017213	0,060736	279,7	5,5	-0,981	0,168	0,096	0,981	-0,19	-0,034	15. Jun.	14	18:36	18:50							
2021-04-18 18:31:00	0,01437	605,6084	2	0,510892	0,017549	0,058836	279,9	5,3	-0,981	0,171	0,093	0,981	-0,191	-0,039	16. Jun.	14	18:36	18:50							
2021-04-18 18:33:00	0,014301	601,7099	2	0,534407	0,018238	0,055284	280,3	5	-0,98	0,178	0,088	0,98	-0,192	-0,047	17. Jun.	14	18:36	18:50							
2021-04-18 18:34:00	0,014084	599,7552	2	0,54656	0,018592	0,052403	280,5	4,9	-0,98	0,181	0,085	0,98	-0,193	-0,051	18. Jun.	14	18:36	18:50							
2021-04-18 18:35:00	0,013823	597,797	2	0,558984	0,018953	0,049179	280,6	4,7	-0,979	0,184	0,082	0,979	-0,194	-0,055	19. Jun.	14	18:37	18:51							
2021-04-18 18:36:00	0,013435	595,8352	2	0,571685	0,01932	0,045039	280,8	4,5	-0,979	0,187	0,079	0,979	-0,194	-0,06	20. Jun.	14	18:37	18:51							
2021-04-19 18:26:00	0,014238	618,3092	2	0,448132	0,015716	0,066825	279,2	6,4	-0,981	0,159	0,112	0,981	-0,194	-0,016	21. Jun.	14	18:37	18:51							
2021-04-19 18:28:00	0,014406	614,4774	2	0,46878	0,016338	0,064722	279,6	6,1	-0,98	0,165	0,106	0,98	-0,195	-0,025	22. Jun.	14	18:37	18:51							
2021-04-19 18:29:00	0,014403	612,5561	2	0,479451	0,016658	0,063189	279,8	5,9	-0,98	0,169	0,104	0,98	-0,196	-0,029	23. Jun.	14	18:37	18:51							
2021-04-19 18:30:00	0,01486	610,6311	2	0,490361	0,016983	0,064119	279,9	5,8	-0,98	0,172	0,101	0,98	-0,196	-0,033	24. Jun.	14	18:38	18:52							

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 1:
 983 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
 770 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September)
 213 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)
 14 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 1667 Einträgen):
 1.: Zeitraum zwischen 06:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnensuntergang)
 2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min. 10°)
 3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)



	Coneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	S	L	Anzahl		Tag	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 2
																		Tag	Minuten											
2021-03-16 18:12:00	0,014852	541,4916	2	0,511454	0,015708	0,070079	266	0,3	-0,998	-0,07	0,005	0,998	0,051	0,049				24. Apr.	1	18:11	18:11	27.04.2021	16.08.2021	16	1607	18:10	18:38			
2021-03-16 18:13:00	0,013489	539,0735	2	0,523298	0,016	0,061182	266,1	0,1	-0,998	-0,067	0,002	0,998	0,05	0,045				25. Apr.	2	18:11	18:12									
2021-03-17 18:12:00	0,015131	545,5851	2	0,500991	0,015503	0,072457	266,2	0,6	-0,998	-0,066	0,01	0,998	0,044	0,05				26. Apr.	4	18:10	18:13									
2021-03-17 18:13:00	0,013978	543,1884	2	0,512598	0,015792	0,065019	266,4	0,4	-0,998	-0,063	0,008	0,998	0,043	0,046				27. Apr.	5	18:10	18:14									
2021-03-17 18:14:00	0,013457	540,7873	2	0,524474	0,016087	0,060558	266,6	0,3	-0,998	-0,059	0,005	0,998	0,042	0,042				28. Apr.	7	18:10	18:16									
2021-03-17 18:15:00	0,013299	538,3818	2	0,536628	0,016386	0,058111	266,8	0,1	-0,998	-0,056	0,002	0,998	0,042	0,037				29. Apr.	7	18:11	18:17									
2021-03-18 18:12:00	0,014496	549,6084	2	0,502104	0,015652	0,068512	266,7	0,7	-0,998	-0,058	0,013	0,998	0,036	0,047				30. Apr.	9	18:11	18:19									
2021-03-18 18:13:00	0,013638	547,2328	2	0,513741	0,015946	0,062327	266,9	0,6	-0,998	-0,055	0,01	0,998	0,035	0,043				1. Mai.	10	18:11	18:20									
2021-03-18 18:14:00	0,013519	544,8528	2	0,525649	0,016244	0,060141	267,1	0,4	-0,999	-0,051	0,007	0,999	0,035	0,039				2. Mai.	12	18:10	18:21									
2021-03-18 18:15:00	0,013365	542,4685	2	0,537835	0,016548	0,057714	267,2	0,2	-0,999	-0,048	0,004	0,999	0,034	0,034				3. Mai.	13	18:10	18:22									
2021-03-18 18:16:00	0,013145	540,0797	2	0,550304	0,016857	0,054828	267,4	0,1	-0,999	-0,045	0,001	0,999	0,032	0,03				4. Mai.	14	18:11	18:24									
2021-03-19 18:12:00	0,014859	553,5639	2	0,491816	0,015442	0,071401	266,9	1	-0,998	-0,053	0,018	0,998	0,029	0,048				5. Mai.	15	18:11	18:25									
2021-03-19 18:13:00	0,013726	551,2091	2	0,503218	0,015732	0,063897	267,1	0,9	-0,999	-0,05	0,015	0,999	0,029	0,044				6. Mai.	15	18:11	18:25									
2021-03-19 18:14:00	0,013633	548,85	2	0,514886	0,016028	0,061887	267,3	0,7	-0,999	-0,047	0,013	0,999	0,028	0,04				7. Mai.	15	18:11	18:25									
2021-03-19 18:15:00	0,013527	546,4864	2	0,526825	0,016329	0,059773	267,5	0,6	-0,999	-0,044	0,01	0,999	0,027	0,035				8. Mai.	15	18:11	18:25									
2021-03-19 18:16:00	0,013372	544,1185	2	0,539042	0,016636	0,05733	267,7	0,4	-0,999	-0,04	0,007	0,999	0,026	0,031				9. Mai.	15	18:12	18:26									
2021-03-19 18:17:00	0,013148	541,7463	2	0,551543	0,016947	0,054401	267,9	0,2	-0,999	-0,037	0,004	0,999	0,026	0,027				10. Mai.	15	18:12	18:26									
2021-03-19 18:18:00	0,01282	539,3697	2	0,564335	0,017264	0,050717	268,1	0,1	-0,999	-0,034	0,001	0,999	0,025	0,022				11. Mai.	15	18:12	18:26									
2021-03-20 18:12:00	0,01514	557,4538	2	0,481735	0,015231	0,073807	267,2	1,3	-0,999	-0,049	0,024	0,999	0,022	0,049				12. Mai.	15	18:12	18:26									
2021-03-20 18:13:00	0,013856	555,1196	2	0,492906	0,015519	0,065693	267,4	1,2	-0,999	-0,046	0,021	0,999	0,022	0,045				13. Mai.	15	18:12	18:26									
2021-03-20 18:14:00	0,013713	552,781	2	0,504337	0,015812	0,063424	267,6	1	-0,999	-0,042	0,018	0,999	0,021	0,041				14. Mai.	15	18:12	18:26									
2021-03-20 18:15:00	0,013643	550,438	2	0,516034	0,016111	0,061538	267,8	0,9	-0,999	-0,039	0,015	0,999	0,02	0,037				15. Mai.	15	18:13	18:27									
2021-03-20 18:16:00	0,013538	548,0906	2	0,528003	0,016414	0,059422	268	0,7	-0,999	-0,036	0,012	0,999	0,019	0,032				16. Mai.	15	18:13	18:27									
2021-03-20 18:17:00	0,013381	545,739	2	0,54025	0,016723	0,056953	268,1	0,5	-0,999	-0,032	0,009	0,999	0,019	0,028				17. Mai.	15	18:13	18:27									
2021-03-20 18:18:00	0,013149	543,383	2	0,552782	0,017037	0,053969	268,3	0,4	-1	-0,029	0,006	1	0,018	0,024				18. Mai.	15	18:13	18:27									
2021-03-20 18:19:00	0,012809	541,0228	2	0,565606	0,017356	0,050187	268,5	0,2	-1	-0,026	0,004	1	0,017	0,019				19. Mai.	15	18:13	18:27									
2021-03-21 18:11:00	0,015354	563,529	2	0,471858	0,015083	0,075547	267,5	1,7	-0,999	-0,044	0,029	0,999	0,015	0,051				20. Mai.	15	18:13	18:27									
2021-03-21 18:12:00	0,014355	561,2804	2	0,482802	0,01537	0,069153	267,7	1,5	-0,999	-0,041	0,026	0,999	0,015	0,046				21. Mai.	16	18:13	18:28									
2021-03-21 18:13:00	0,013824	558,9664	2	0,494001	0,015662	0,064806	267,8	1,3	-0,999	-0,038	0,023	0,999	0,014	0,042				22. Mai.	15	18:14	18:28									
2021-03-21 18:14:00	0,013779	556,648	2	0,50546	0,015958	0,063077	268	1,2	-0,999	-0,034	0,02	0,999	0,013	0,038				23. Mai.	15	18:14	18:28									
2021-03-21 18:15:00	0,013714	554,3253	2	0,517186	0,01626	0,06121	268,2	1	-0,999	-0,031	0,017	0,999	0,013	0,033				24. Mai.	15	18:14	18:28									
2021-03-21 18:16:00	0,013607	551,9983	2	0,529185	0,016568	0,059077	268,4	0,8	-1	-0,028	0,015	1	0,012	0,029				25. Mai.	15	18:14	18:28									
2021-03-21 18:17:00	0,013445	549,667	2	0,541462	0,016881	0,056574	268,6	0,7	-1	-0,024	0,012	1	0,011	0,025				26. Mai.	15	18:14	18:28									
2021-03-21 18:18:00	0,013204	547,3314	2	0,554025	0,017199	0,053523	268,8	0,5	-1	-0,021	0,009	1	0,01	0,02				27. Mai.	15	18:14	18:28									
2021-03-21 18:19:00	0,012852	544,9915	2	0,566879	0,017523	0,049658	269	0,3	-1	-0,018	0,006	1	0,01	0,016				28. Mai.	15	18:15	18:29									
2021-03-22 18:12:00	0,014717	565,0457	2	0,472907	0,015156	0,072076	267,9	1,8	-0,999	-0,036	0,031	0,999	0,008	0,047				29. Mai.	16	18:15	18:30									
2021-03-22 18:13:00	0,013854	562,7517	2	0,483878	0,015445	0,066057	268,1	1,6	-0,999	-0,033	0,029	0,999	0,007	0,043				30. Mai.	16	18:15	18:30									
2021-03-22 18:14:00	0,013827	560,4533	2	0,495104	0,015738	0,064441	268,3	1,5	-0,999	-0,03	0,026	0,999	0,006	0,039				31. Mai.	15	18:16	18:30									
2021-03-22 18:15:00	0,013793	558,1507	2	0,506591	0,016037	0,062764	268,5	1,3	-0,999	-0,026	0,023	0,999	0,006	0,034				1. Jun.	15	18:16	18:30									
2021-03-22 18:16:00	0,013727	555,8437	2	0,518345	0,016342	0,060889	268,7	1,1	-1	-0,023	0,02	1	0,005	0,03				2. Jun.	15	18:16	18:30									
2021-03-22 18:17:00	0,013618	553,5324	2	0,530373	0,016651	0,058733	268,9	1	-1	-0,02	0,017	1	0,004	0,026				3. Jun.	15	18:16	18:30									
2021-03-22 18:18:00	0,01345	551,2169	2	0,542679	0,016966	0,056188	269,1	0,8	-1	-0,017	0,014	1	0,003	0,022				4. Jun.	15	18:17	18:31									
2021-03-22 18:19:00	0,013201	548,8971	2	0,555272	0,017287	0,053078	269,2	0,7	-1	-0,013	0,011	1	0,003	0,017				5. Jun.	15	18:17	18:31									
2021-03-22 18:20:00	0,012836	546,573	2	0,568156	0,017613	0,049107	269,4	0,5	-1	-0,01	0,009	1	0,002	0,013				6. Jun.	15	18:17	18:31									
2021-03-23 18:12:00	0,014934	566,5493	2	0,463219	0,014885	0,074491	268,2	2,1	-0,999	-0,032	0,037	0,999	0,001	0,048				7. Jun.	15	18:17	18:31									
2021-03-23 18:13:00	0,01381	564,2645	2	0,473967	0,015169	0,067205	268,4	1,9	-0,999	-0,028	0,034	0,999	0	0,044				8. Jun.	16	18:17	18:32									
2021-03-23 18:14:00	0,013795	561,9754	2	0,484964	0,015458	0,065666	268,6	1,8	-0,999	-0,025	0,031	0,999	-0,001	0,04				9. Jun.	16	18:17	18:32									
2021-03-23 18:15:00	0,013785	559,682	2	0,496217	0,015752	0,064132	268,8	1,6	-0,999	-0,022	0,028																			

	Cornel irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradance	Subtended Glare Angle	Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	S	Tag	Anzahl	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1
2021-03-24 18:22:00	0,016087	547,3262	2	0,570731	0,017717	0,066996	270,3	0,8	-1	0,006	0,014	1	-0,013	0,007	4	Mai	1	18:24	18:24	08.05.2021	04.08.2021	26	1809	18:25	19:04		
2021-03-25 18:22:00	0,016393	551,1432	2	0,572032	0,017882	0,067734	270,8	0,9	-1	0,014	0,016	1	-0,021	0,003	5	Mai	2	18:24	18:25								
2021-03-26 18:22:00	0,016733	554,9041	2	0,560346	0,017636	0,070346	271,1	1,2	-1	0,018	0,021	1	-0,028	0,004	6	Mai	2	18:25	18:26								
2021-03-26 18:23:00	0,0161	552,6353	2	0,573345	0,017971	0,065961	271,2	1,1	-1	0,022	0,018	1	-0,028	0	7	Mai	4	18:25	18:28								
2021-03-27 18:22:00	0,01707	558,6108	2	0,548913	0,017391	0,072876	271,3	1,5	-0,999	0,023	0,027	0,999	-0,035	0,006	8	Mai	5	18:25	18:29								
2021-03-27 18:23:00	0,016684	556,3609	2	0,561645	0,017723	0,069753	271,5	1,4	-0,999	0,026	0,024	0,999	-0,035	0,001	9	Mai	6	18:25	18:30								
2021-03-27 18:24:00	0,016064	554,107	2	0,574671	0,018061	0,065403	271,7	1,2	-0,999	0,03	0,021	0,999	-0,036	-0,003	10	Mai	7	18:26	18:32								
2021-03-28 18:22:00	0,017677	562,2651	2	0,550202	0,017546	0,074792	271,8	1,7	-0,999	0,031	0,029	0,999	-0,042	0,002	11	Mai	8	18:26	18:33								
2021-03-28 18:23:00	0,016742	560,034	2	0,56296	0,017882	0,069339	272	1,5	-0,999	0,034	0,026	0,999	-0,043	-0,002	12	Mai	9	18:26	18:34								
2021-03-28 18:24:00	0,016087	557,9989	2	0,576012	0,018223	0,064814	272,1	1,3	-0,999	0,037	0,023	0,999	-0,044	-0,006	13	Mai	10	18:26	18:35								
2021-03-29 18:22:00	0,017444	565,8688	2	0,539014	0,0173	0,074841	272	2	-0,999	0,035	0,034	0,999	-0,049	0,004	14	Mai	11	18:27	18:37								
2021-03-29 18:23:00	0,017155	563,6564	2	0,551509	0,017632	0,072224	272,2	1,8	-0,999	0,039	0,032	0,999	-0,05	-0,001	15	Mai	12	18:27	18:38								
2021-03-29 18:24:00	0,016728	561,4398	2	0,564293	0,017969	0,068905	272,4	1,6	-0,999	0,042	0,029	0,999	-0,051	-0,005	16	Mai	13	18:27	18:39								
2021-03-29 18:25:00	0,016647	559,2193	2	0,577371	0,018313	0,067084	272,6	1,5	-0,999	0,045	0,026	0,999	-0,051	-0,009	17	Mai	14	18:27	18:40								
2021-03-30 18:22:00	0,017532	567,301	2	0,528079	0,016992	0,076527	272,3	2,3	-0,998	0,04	0,04	0,998	-0,056	0,005	18	Mai	14	18:28	18:41								
2021-03-30 18:23:00	0,017377	565,097	2	0,540317	0,017318	0,074497	272,5	2,1	-0,998	0,043	0,037	0,998	-0,057	0	19	Mai	15	18:28	18:42								
2021-03-30 18:24:00	0,017093	562,8891	2	0,552837	0,01765	0,071878	272,7	1,9	-0,998	0,047	0,034	0,998	-0,058	-0,004	20	Mai	16	18:28	18:43								
2021-03-30 18:25:00	0,016648	560,6771	2	0,565645	0,017988	0,068461	272,9	1,8	-0,998	0,05	0,031	0,998	-0,058	-0,008	21	Mai	17	18:28	18:44								
2021-03-31 18:22:00	0,017625	570,8359	2	0,52938	0,01714	0,076284	272,7	2,4	-0,998	0,048	0,042	0,998	-0,064	0,001	22	Mai	18	18:28	18:45								
2021-03-31 18:23:00	0,017452	568,6502	2	0,541642	0,017469	0,074178	272,9	2,2	-0,998	0,051	0,039	0,998	-0,064	-0,003	23	Mai	18	18:29	18:46								
2021-03-31 18:24:00	0,01716	566,4605	2	0,554186	0,017805	0,071517	273,1	2,1	-0,998	0,054	0,036	0,998	-0,065	-0,007	24	Mai	19	18:29	18:47								
2021-03-31 18:25:00	0,017011	564,2668	2	0,567019	0,018147	0,069431	273,3	1,9	-0,998	0,058	0,034	0,998	-0,066	-0,011	25	Mai	20	18:29	18:48								
2021-04-01 18:22:00	0,017756	574,3251	2	0,518695	0,016896	0,077845	273	2,7	-0,998	0,052	0,047	0,998	-0,071	0,003	26	Mai	21	18:29	18:49								
2021-04-01 18:23:00	0,017909	572,1574	2	0,530705	0,017222	0,07709	273,2	2,5	-0,997	0,056	0,044	0,997	-0,071	-0,002	27	Mai	22	18:29	18:50								
2021-04-01 18:24:00	0,017465	569,9857	2	0,542991	0,017554	0,073877	273,4	2,4	-0,997	0,059	0,042	0,997	-0,072	-0,006	28	Mai	23	18:29	18:51								
2021-04-01 18:25:00	0,017225	567,81	2	0,555556	0,017892	0,071435	273,6	2,2	-0,997	0,062	0,039	0,997	-0,073	-0,01	29	Mai	23	18:31	18:53								
2021-04-01 18:26:00	0,017734	565,6304	2	0,568418	0,018236	0,072188	273,8	2,1	-0,997	0,066	0,036	0,997	-0,073	-0,015	30	Mai	23	18:31	18:53								
2021-04-02 18:22:00	0,01923	577,7701	2	0,50826	0,016656	0,08442	273,3	3	-0,997	0,057	0,053	0,997	-0,077	0,004	31	Mai	24	18:31	18:54								
2021-04-02 18:23:00	0,017772	575,6202	2	0,520023	0,016978	0,077565	273,5	2,8	-0,997	0,06	0,05	0,997	-0,078	-0,001	1. Jun.	25	18:31	18:55									
2021-04-02 18:24:00	0,01767	573,4663	2	0,532057	0,017306	0,075771	273,6	2,7	-0,997	0,063	0,047	0,997	-0,079	-0,005	2. Jun.	25	18:31	18:55									
2021-04-02 18:25:00	0,017476	571,3085	2	0,544367	0,017639	0,073564	273,8	2,5	-0,997	0,067	0,044	0,997	-0,079	-0,009	3. Jun.	26	18:31	18:56									
2021-04-02 18:26:00	0,017677	569,1467	2	0,55696	0,017979	0,072999	274	2,4	-0,997	0,07	0,041	0,997	-0,08	-0,013	4. Jun.	26	18:32	18:57									
2021-04-02 18:27:00	0,019902	566,9809	2	0,569842	0,018325	0,080181	274,2	2,2	-0,997	0,073	0,038	0,997	-0,081	-0,018	5. Jun.	25	18:33	18:57									
2021-04-03 18:22:00	0,017908	581,1726	2	0,509594	0,016978	0,078869	273,7	3,1	-0,996	0,065	0,055	0,996	-0,085	0	6. Jun.	25	18:33	18:57									
2021-04-03 18:23:00	0,017867	579,0402	2	0,52138	0,017123	0,077334	273,9	3	-0,996	0,068	0,052	0,996	-0,086	-0,004	7. Jun.	26	18:33	18:58									
2021-04-03 18:24:00	0,017756	576,904	2	0,533437	0,017455	0,075499	274,1	2,8	-0,996	0,071	0,049	0,996	-0,086	-0,008	8. Jun.	26	18:33	18:58									
2021-04-03 18:25:00	0,017852	574,7638	2	0,545771	0,017792	0,074497	274,3	2,7	-0,996	0,075	0,046	0,996	-0,087	-0,012	9. Jun.	26	18:33	18:58									
2021-04-03 18:26:00	0,018944	572,6196	2	0,558388	0,018135	0,077412	274,5	2,5	-0,996	0,078	0,044	0,996	-0,088	-0,017	10. Jun.	26	18:34	18:59									
2021-04-03 18:27:00	0,016655	570,4715	2	0,571294	0,018485	0,066403	274,7	2,3	-0,996	0,081	0,041	0,996	-0,088	-0,021	11. Jun.	26	18:34	18:59									
2021-04-04 18:22:00	0,017933	584,534	2	0,499413	0,016557	0,079988	274	3,4	-0,996	0,069	0,06	0,996	-0,092	0,002	12. Jun.	26	18:34	18:59									
2021-04-04 18:23:00	0,017941	582,4191	2	0,510958	0,016879	0,078656	274,2	3,3	-0,996	0,072	0,057	0,996	-0,092	-0,003	13. Jun.	26	18:34	18:59									
2021-04-04 18:24:00	0,017978	580,3002	2	0,522768	0,017206	0,077433	274,3	3,1	-0,996	0,076	0,054	0,996	-0,093	-0,007	14. Jun.	26	18:34	18:59									
2021-04-04 18:25:00	0,017773	578,1774	2	0,534849	0,017539	0,075216	274,5	3	-0,996	0,079	0,052	0,996	-0,094	-0,011	15. Jun.	26	18:35	19:00									
2021-04-04 18:26:00	0,018386	576,0507	2	0,547206	0,017879	0,076286	274,7	2,8	-0,995	0,082	0,049	0,995	-0,094	-0,016	16. Jun.	26	18:35	19:00									
2021-04-04 18:27:00	0,018051	573,92	2	0,559846	0,018224	0,073548	274,9	2,6	-0,995	0,086	0,046	0,995	-0,095	-0,02	17. Jun.	26	18:35	19:00									
2021-04-04 18:28:00	0,016606	571,7855	2	0,572776	0,018575	0,065795	275,1	2,5	-0,995	0,089	0,043	0,995	-0,096	-0,024	18. Jun.	26	18:35	19:00									
2021-04-05 18:22:00	0,018358	587,8559	2	0,489477	0,01632	0,082629	274,2	3,7	-0,995	0,074	0,065	0,995	-0,098	0,003	19. Jun.	26	18:35	19:00									
2021-04-05 18:23:00	0,017971	585,7581	2	0,500787	0,016638	0,079794	274,4	3,6	-0,995	0,077	0,062	0,995	-0,099	-0,002	20. Jun.	26	18:36	19:01									
2021-04-05 18:24:00	0,017973	583,6565	2	0,512355	0,016961	0,078437	274,6	3,4	-0,995	0,08	0,06	0,995	-0,1	-0,006	21. Jun.	26	18:36	19:01									

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 1:
1809 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
1441 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September)
368 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)
26 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 3445 Einträgen):
1.: Zeitraum zwischen 06:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnensuntergang)
2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min.