

SolPEG Blendgutachten Solarpark Ahldorf

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage
in der Nähe von Ahldorf in Baden-Württemberg**

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	Berechnung der Blendwirkung	9
3.4	Technische Parameter der PV Anlage	10
3.5	Standorte für die Analyse	11
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	12
4	Ergebnisse	15
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P1, A81 südwestlich	16
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P2, A81 Mitte	17
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P3, A81 nordwestlich	19
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude nordöstlich	20
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude südöstlich	22
5	Zusammenfassung der Ergebnisse	23
6	Schlussbemerkung	23
7	Anhang	24 - 40

SolPEG Blendgutachten

Analyse der Blendwirkung der geplanten PV Anlage Ahldorf

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlage „Ahldorf“ für die Verkehrsteilnehmer auf der Bundesautobahn A81 und ggf. 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. 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 der PV Anlage eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer auf der A81 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 ist aufgrund der aktuellen Datenlage nicht erforderlich.

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

Einzelne Aspekte der Licht-Leitlinie werden an entsprechender Stelle widergegeben, 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 Flächen des Solarparks befinden sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet südöstlich der Ortschaft Ahldorf in Baden-Württemberg, ca. 4,5 km östlich von Horb am Neckar. Westlich der Fläche verläuft auf einer Länge von ca. 700 m die Autobahn A81. Lt. Planungsunterlagen sind Abstände zur Fahrbahn berücksichtigt. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Flächen südöstlich der Ortschaft Ahldorf in Baden-Württemberg. Die Flächen sind leicht abfallend nach Westen.
Koordinaten (Mitte)	48.435°N, 8.752°O, 517 m ü.N.N.
Grenzlänge entlang A81	ca. 700 m
Abstand zum Fahrbahnrand	ca. 40 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 100 m – 170 m

Übersicht² über den Standort und die PV Anlage (schematisch)

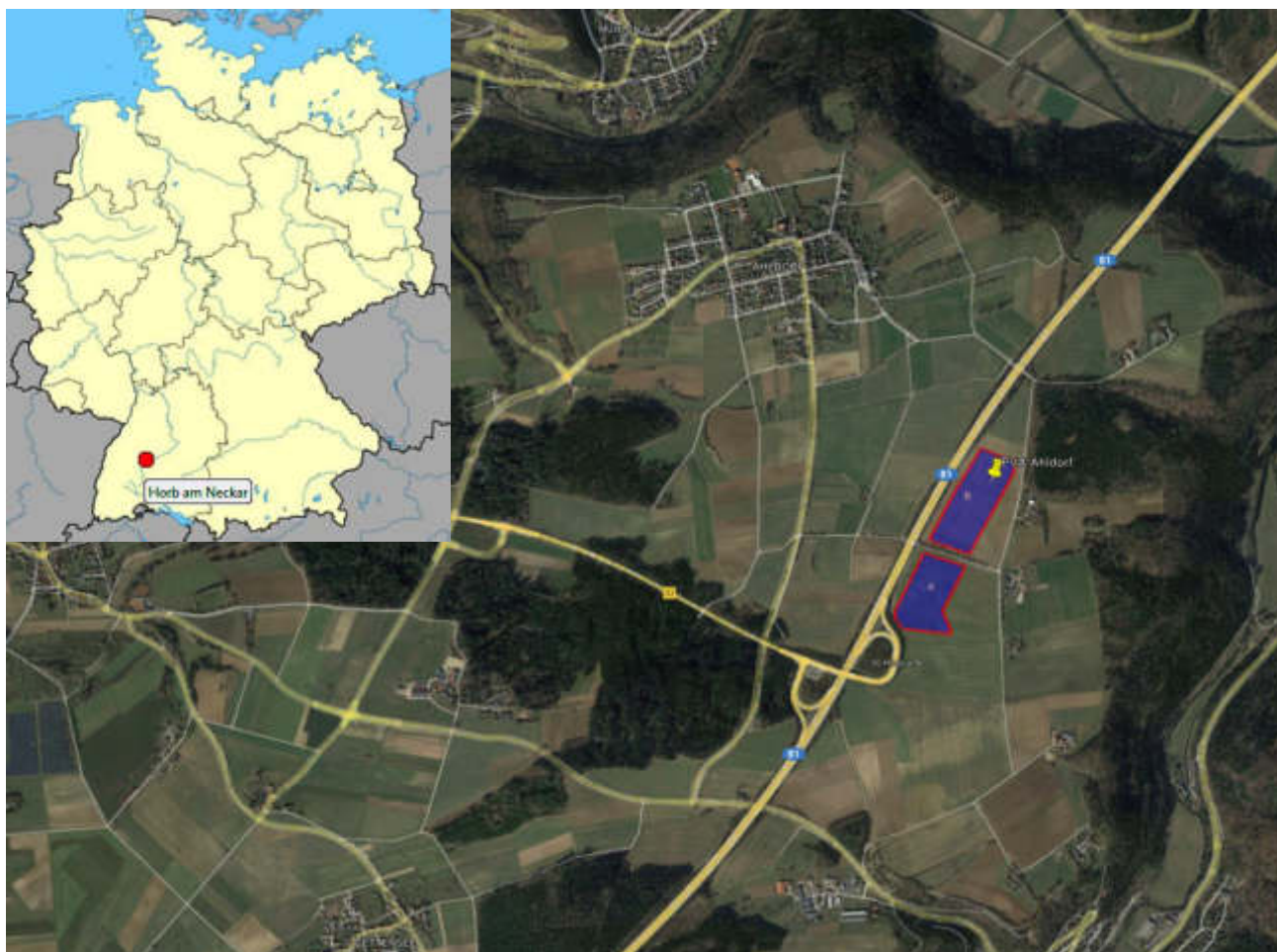


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

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

Detailansicht der PV Anlage und Umgebung auf Basis der vorläufigen Planung



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



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 Anlage und die relevante Umgebung. Gemäß Reflexionsgesetz könnten Gebäude im Osten evt. von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Allerdings ist überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage vorhanden. Die Standorte werden dennoch analysiert. Andere Gebäude in der Umgebung der PV Anlage oder einzelne landwirtschaftliche Gebäude sind aufgrund der Lage, des Einfallswinkels und der Entfernung nicht von Reflexionen durch die PV Anlage betroffen und werden nicht weiter analysiert. Details sind im Abschnitt 4 aufgeführt.



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

3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

Rechtliche Hinweise u.a. zur Licht-Leitlinie sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes. Es sei lediglich darauf hingewiesen, dass nach aktueller Gesetzgebung der Ausbau der Erneuerbaren Energien im über-ragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient und somit höher wiegt als Einzelinteressen. Darüber hinaus bestätigt ein aktuelles Urteil des OLG Braunschweig³ die grundsätzlich fehlenden Bewertungsgrundlagen für Reflexion durch Sonnenlicht. Die Ausführungen der LAI Lichtleitlinie können lediglich im Einzelfall als Orientierung herangezogen werden.

3.2 Blendwirkung von PV Modulen

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

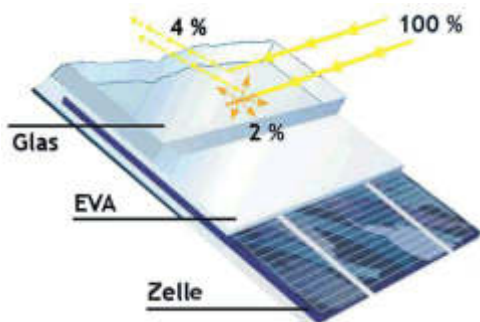


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

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



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

³ <https://oberlandesgericht-braunschweig.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wenn-sonnenlicht-stoert-nachbarrechtsstreitigkeit-wegen-reflexionen-einer-photovoltaikanlage-214293.html>

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Links ein einfaches Modul ohne spezielle Oberflächenbehandlung. Das rechte Bild entspricht aktuellen, hochwertigen PV Modulen wie auch im Bild 3.2.2 dargestellt. Durch die strukturierte Oberfläche wird weniger Sonnenlicht reflektiert bzw. diffus reflektiert mit einer stärkeren Streuung. Die Leuchtdichte der Modulfläche ist entsprechend vermindert.

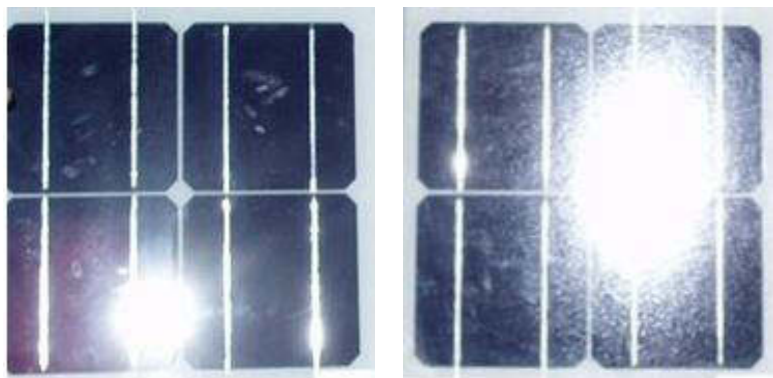


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

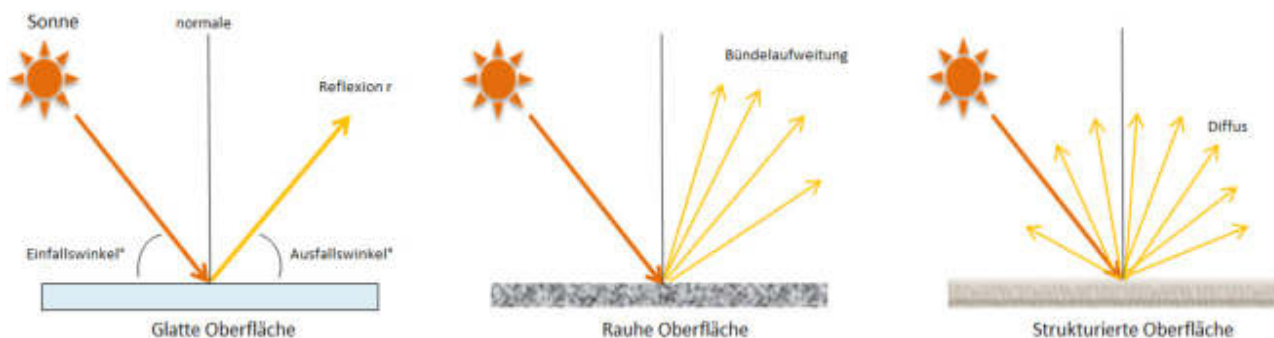


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers 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.

Mechanische Eigenschaften

Solarzelle	N-Typ monokristallines Silizium 182 mm
Anzahl der Zellen	144 (6 × 24)
Abmessungen	2279 × 1134 × 30 mm (89,7 × 44,6 × 1,2 Zoll)
Gewicht	32,8 kgs (72,3 lbs.)
Front-/Rückseitenglas	2,0+2,0 mm (0,079+ 0,079 Zoll) voll gehärtetes Glas
Ausgangskabel	4,0 mm2 symmetrische Längen (-) 350 mm, (+) 160 mm oder kundenspezifische Länge
Verteilerdose	Schutzklasse IP68 (3 Bypass-Dioden)

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 FAA⁴ 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:

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

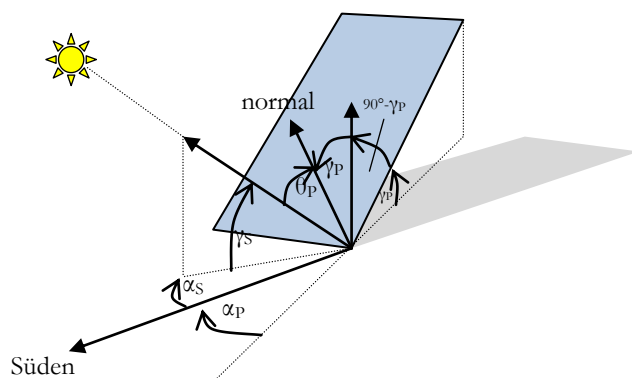


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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

Die Simulation von Reflexionen geht zu jedem Zeitpunkt von einem klaren Himmel und direkter Sonneneinstrahlung aus, daher wird im Ergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung angegeben. Dies entspricht nur selten den realen Umgebungsbedingungen und auch Informationen über möglichen Sichtschutz durch Bäume, Gebäude oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden. Auch Wettereinflüsse wie z.B. Frühnebel/Dunst oder lokale Besonderheiten der Wetterbedingungen können nicht berechnet werden. Die Entfernung zur Blendquelle fließt in die Berechnung ein, jedoch sind sich die Experten uneinig ab welcher Entfernung eine Blendwirkung durch PV Anlagen zu vernachlässigen ist. In der Licht-Leitlinie⁵ wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories⁶, New Mexico überprüft.

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

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

⁶ 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.

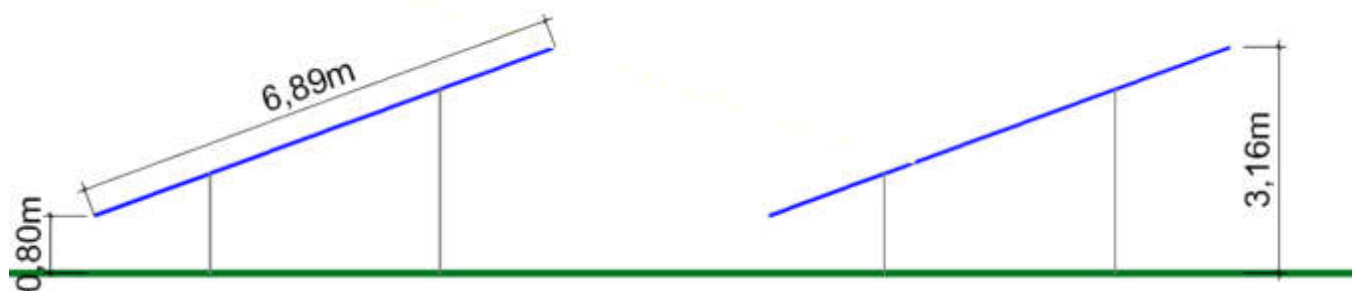


Bild 3.4.1: Skizzen der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul Hersteller / Typ	Suntech (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Hochtransparentes Anti-Reflexions-Glas
Unterkonstruktion	Modultische mit fester Neigung
Modulinstallation	3 Module hochkant übereinander (3P)
Achsen-Ausrichtung (Azimut)	180° (Süden)
Modulneigung	20°
Höhe der Modulfläche über Boden	ca. 0,80 m bis ca. 3,16 m
Mittlere Höhe der Modulfläche für Simulation	2 m
Anzahl Messpunkte Straße	3 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Anzahl Messpunkte Gebäude	2 Messpunkte
Höhe Messpunkte über Boden	2 m (gemittelte Höhe)
Azimut Blickrichtung Fahrzeugführer ⁷	Fahrtrichtung +/- 20°

⁷ 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 nicht untersucht.

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Ahldorf wurden insgesamt 5 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkt im Verlauf der A81 sowie 2 Messpunkte im Bereich von umliegenden Gebäuden. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind.

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



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

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

Schutzwürdige Räume

In der Licht-Leitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also ortsfeste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belästigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt⁸ 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 Ergebnismerte als konservativ/extrem anzusehen und werden ggf. relativiert bewertet. Insbesondere werden mögliche Reflexionen geringer gewichtet wenn die Immissionsquelle mehr als 100 m entfernt ist.

⁸ 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 Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY⁹) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2022 eine mittlere Wolkenbedeckung¹⁰ 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 Licht-Leitlinie ist dieser Wert angegeben (S. 21, der Wert ist bezogen auf die Tagesadaption des Auges).

Aber nicht alle Reflexionen führen zwangsläufig zu einer Blendwirkung, da es sich neben den messbaren Effekten auch in einem hohen Maß um eine subjektiv empfundene Erscheinung/Irritation handelt (Psychologische Blendwirkung). Das Forschungsinstitut Sandia National Laboratories (USA) hat verschiedene Untersuchungen auf diesem Gebiet analysiert und eine Skala entwickelt, die die Wahrscheinlichkeit für Störungen/Nachbilder durch Lichtimmissionen in Bezug zu ihrer Intensität kategorisiert. Diese Kategorisierung entspricht dem Bezug zwischen Leuchtdichte (W/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.

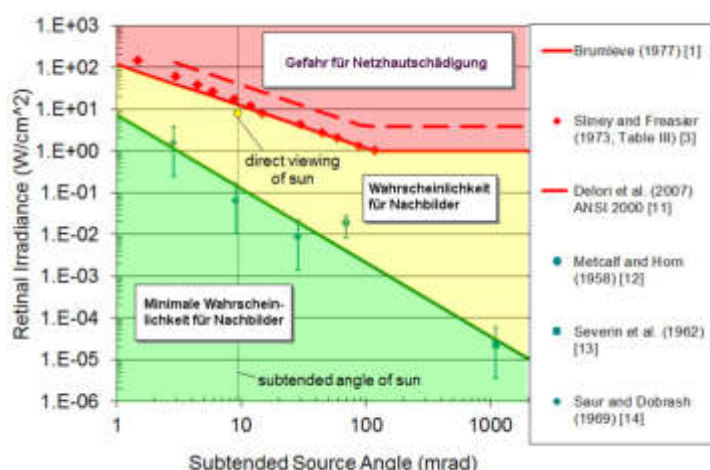


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

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

¹⁰ 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_2022_17.png

4 Ergebnisse

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

Die Kategorien entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse in Bezug auf Leuchtdichte und -dauer. Die Wertebereiche sind im Diagramm 3.6.3 auch als farbige Flächen dargestellt:

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

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der 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 nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden. Diese werden im weiteren Verlauf von Abschnitt 4 für die jeweiligen Messpunkte gesondert beschrieben.

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

Messpunkt	PV Feld A	PV Feld B
P1 A81 südwestlich	3157 ^W	-
P2 A81 Mitte	-	996 ^W
P3 A81 nordwestlich	-	993 ^W
P4 Gebäude nordöstlich	-	1968 ^G
P5 Gebäude südöstlich	1916 ^G	-

^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.

4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, A81 südwestlich

Am Messpunkt P1 auf der A81 im Bereich der Auffahrt können bei der Fahrt Richtung Nordosten theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage (PV Feld A) auftreten. Diese können zwischen dem 21. April und dem 21. August in den frühen Morgenstunden zwischen 05:56 - 06:41 Uhr für 5 bis max. 31 Minuten aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen mit ca. $+35^\circ$ bis $+62^\circ$ rechts (östlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Verlauf der A81 kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sicherheit des fließenden Verkehrs ist gewährleistet.

Darüber hinaus ist entlang der Fahrbahn ein Bewuchs aus Büschen und Bäumen vorhanden, der einen direkten Sichtkontakt zur Immissionsquelle überwiegend verhindert. Die rechnerisch ermittelten Reflexionen sind in der Realität nicht oder nur bedingt anwendbar.

Zur Veranschaulichung werden dennoch in der folgenden Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P1 auf Basis der unbereinigten Rohdaten dargestellt.

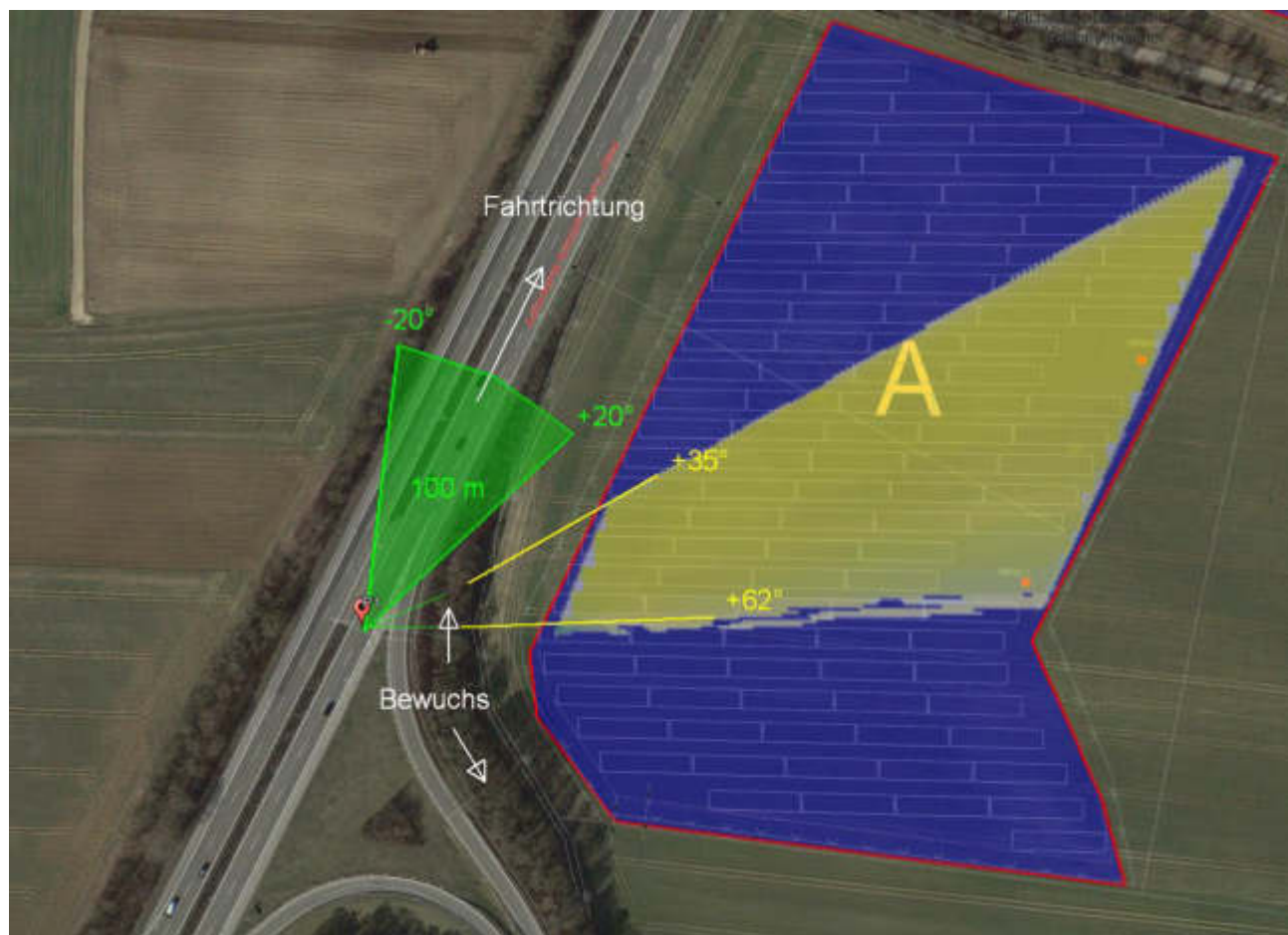


Bild 4.1.1: Simulation und Geländeverlauf am Messpunkte P1 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, Sichtweite ca. 100m). Im gelb/weiß markierten Bereich östlich der Fahrbahn können theoretisch in den frühen Morgenstunden Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese liegen allerdings außerhalb des relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, A81 Mitte

Am Messpunkt P2 auf der A81 können bei der Fahrt Richtung Nordosten theoretisch Reflexionen durch das PV Feld B auftreten. Diese können zwischen dem 14. Mai und dem 30. Juli in den frühen Morgenstunden zwischen 05:50 - 06:13 Uhr für 5 bis max. 15 Minuten aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen auch hier mit ca. $+36^\circ$ bis $+53^\circ$ rechts (östlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Verlauf der A81 kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung werden dennoch in der folgenden Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P2 auf Basis der unbereinigten Rohdaten dargestellt.

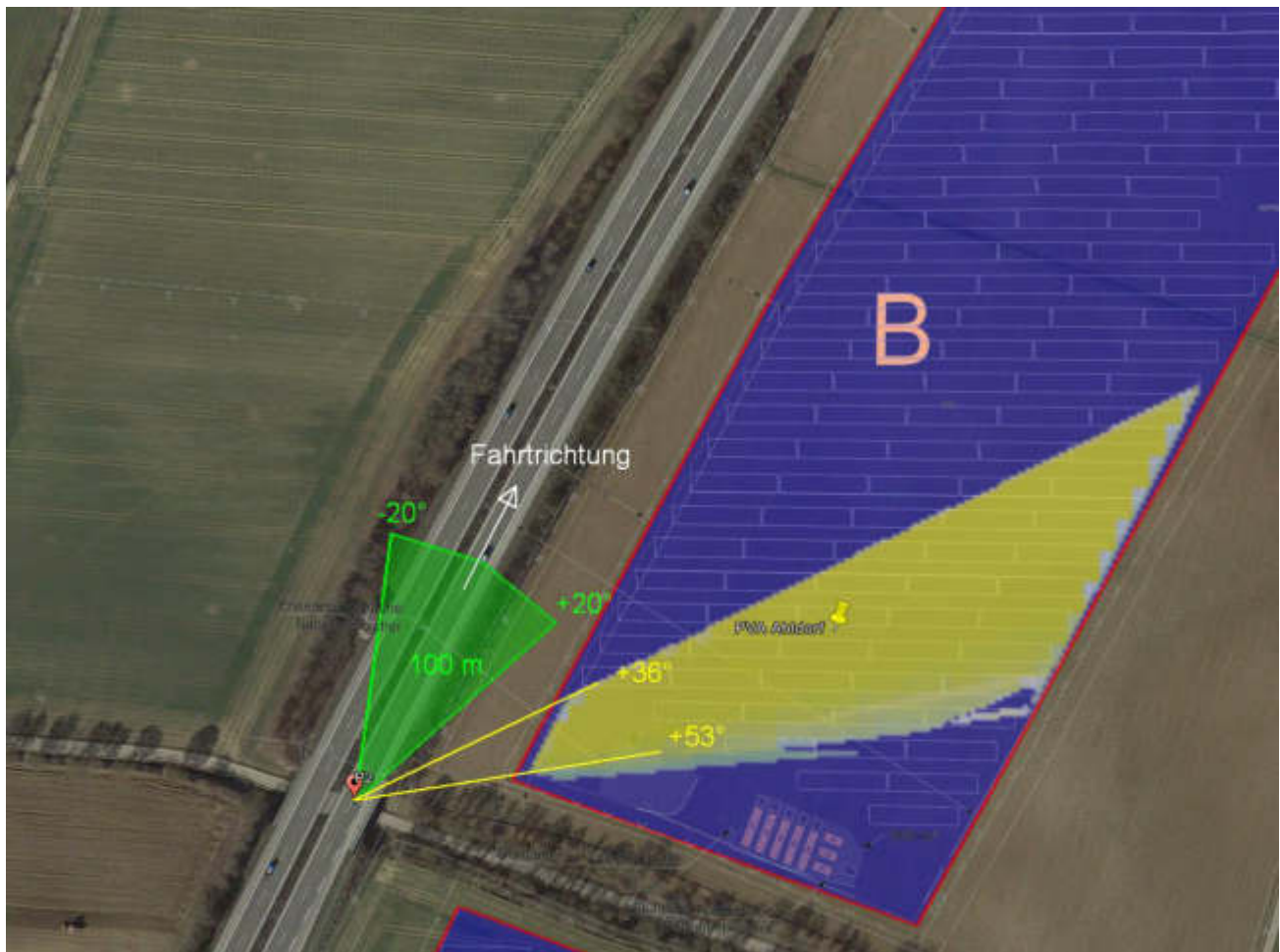


Bild 4.2.1: Simulation und Geländeverlauf am Messpunkte P2 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, Sichtweite ca. 100m). Im gelb/weiß markierten Bereich östlich der Fahrbahn können theoretisch in den frühen Morgenstunden Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese liegen allerdings außerhalb des relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen.

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P2 in Bezug auf PV Feld B. Die jeweiligen Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt 3.2 ausgeführt sind jeweils die theoretischen Maximalwerte dargestellt (hier 1727 Minuten), die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können. Weitere Details auch zu den anderen Messpunkten finden sich im Anhang.

PV Feld B - OP Receptor (OP 2)

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

- 325 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,727 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

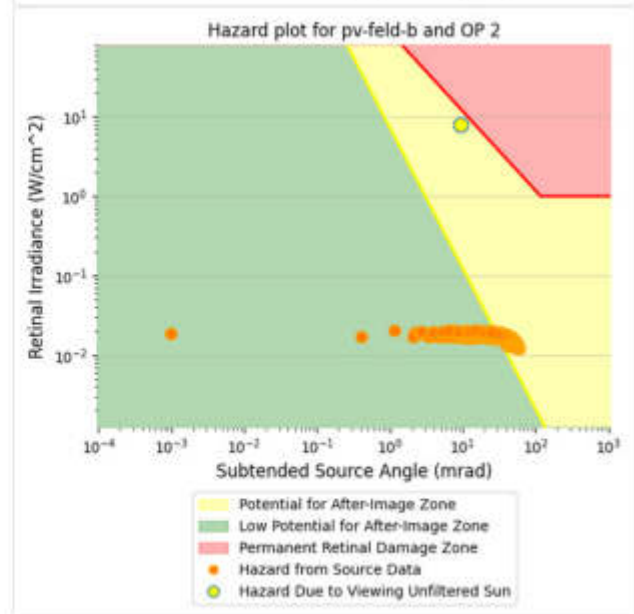
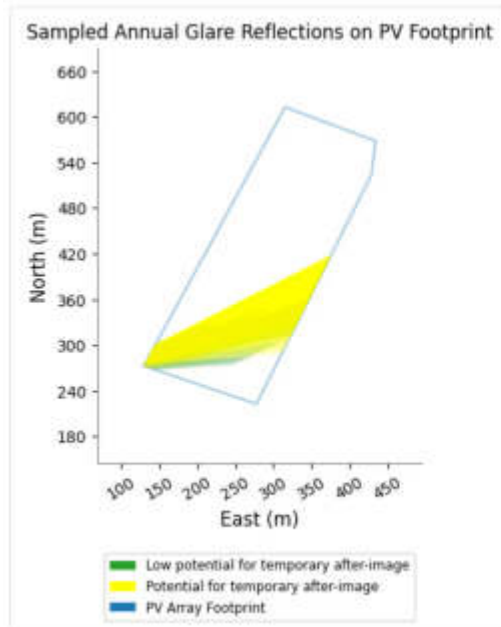
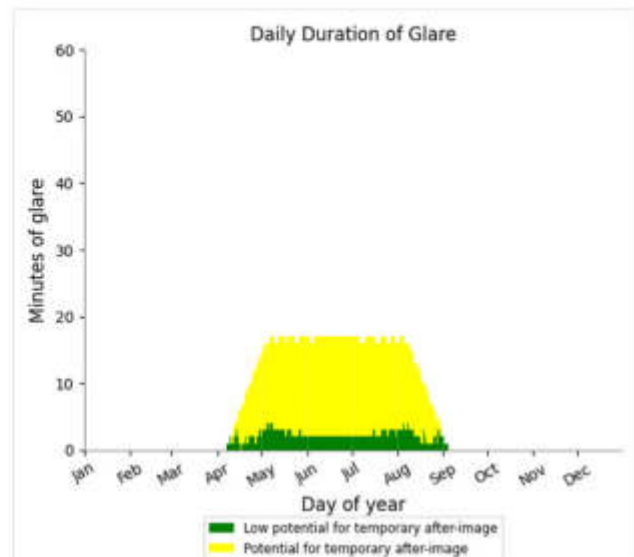
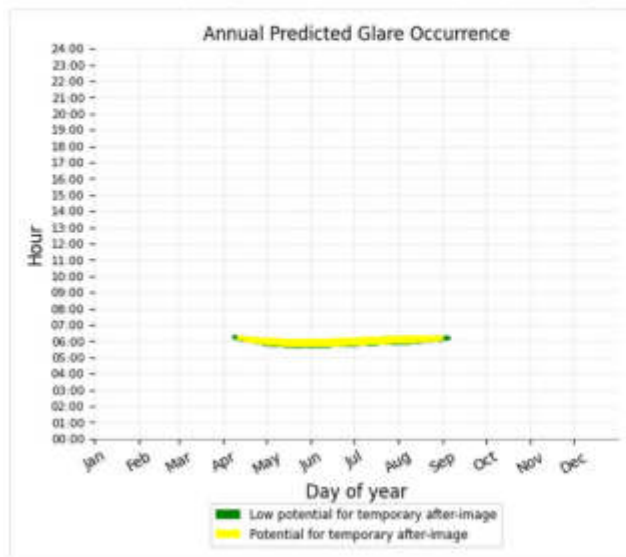


Bild 4.2.2: Ergebnisdetails für Messpunkt P2 (Quelle: Simulationsergebnisse)

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, A81 nordwestlich

Auch am Messpunkt P3 auf der A81 können bei der Fahrt Richtung Nordosten theoretisch Reflexionen durch das PV Feld B auftreten. Diese können zwischen dem 01. Mai und dem 11. August in den frühen Morgenstunden zwischen 06:03 - 06:28 Uhr für 5 bis max. 13 Minuten aus östlicher Richtung auftreten. Auch hier liegen die Einfallswinkel mit ca. $+35^\circ$ bis $+57^\circ$ rechts (östlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Bereich von Messpunkt P3 und im weiteren Verlauf kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung werden dennoch in der folgenden Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P3 auf Basis der unbereinigten Rohdaten dargestellt.

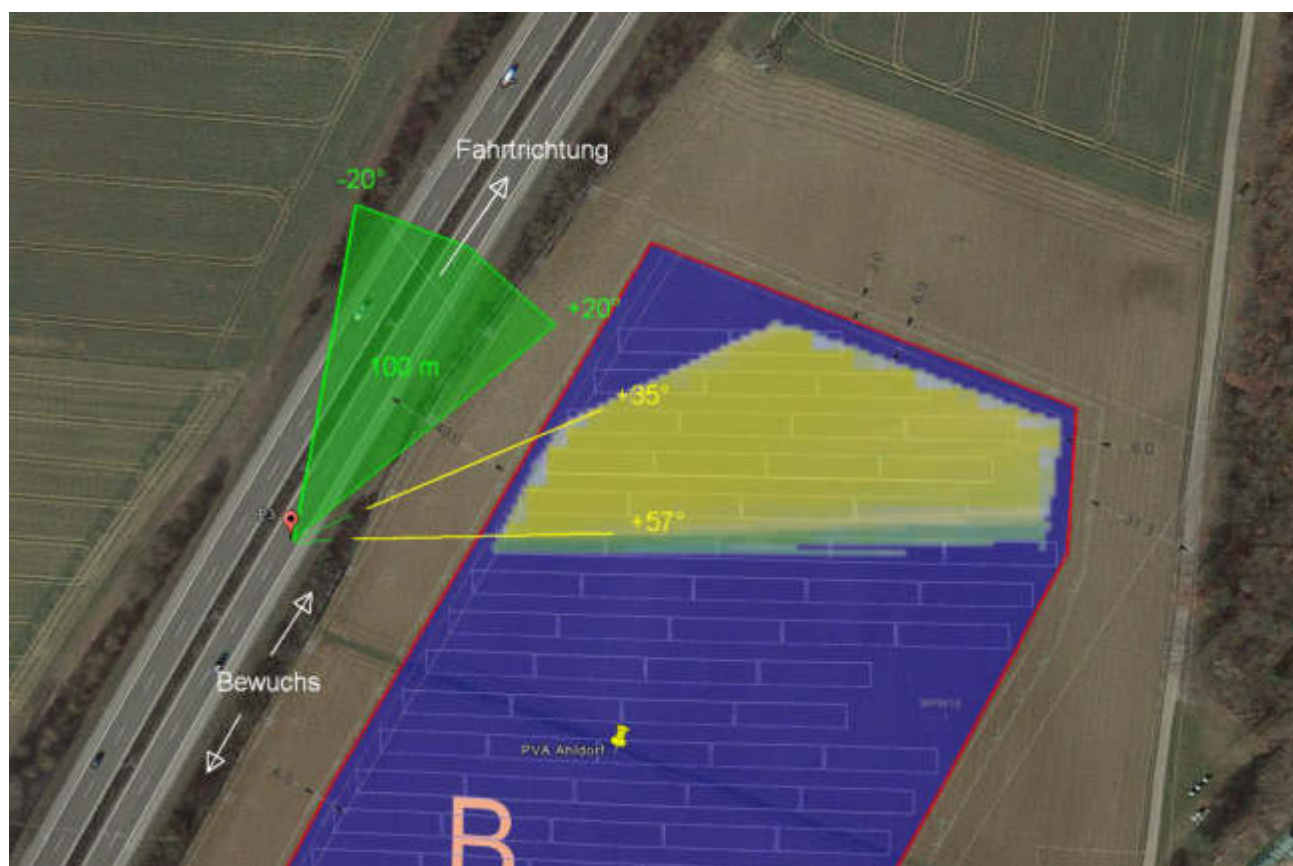


Bild 4.2.1: Simulation und Geländeverlauf am Messpunkte P2 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, Sichtweite ca. 100m). Im gelb/weiß markierten Bereich östlich der Fahrbahn können theoretisch in den frühen Morgenstunden Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese liegen allerdings außerhalb des relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen. Darüber hinaus ist entlang der Fahrbahn ein Bewuchs aus Büschen und Bäumen vorhanden, der einen direkten Sichtkontakt zur Immissionsquelle überwiegend verhindert. Die rechnerisch ermittelten Reflexionen sind in der Realität nicht oder nur bedingt anwendbar.

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude nordöstlich

Am Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude der Alexander Denk Landwirtschaft, östlich von PV Feld B, können theoretisch an insgesamt 1968 Minuten pro Jahr Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 18. April und dem 25. August, abends zwischen 18:07 - 18:36 Uhr für 5 bis max. 16 Minuten am Tag¹¹ aus westlicher Richtung auftreten. Die folgende Tabelle zeigt das Auftreten von potentiellen Reflexionen in der Übersicht.

Tabelle 4: Mögliches Auftreten und Dauer von Reflexionen am Messpunkt P4 / PV Feld B

Zeitraum Beginn	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag (max.)	Minuten im Zeitraum	Erstes Auftreten	Letztes Auftreten
18. April	25. August	16	1968	18:07	18:36

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

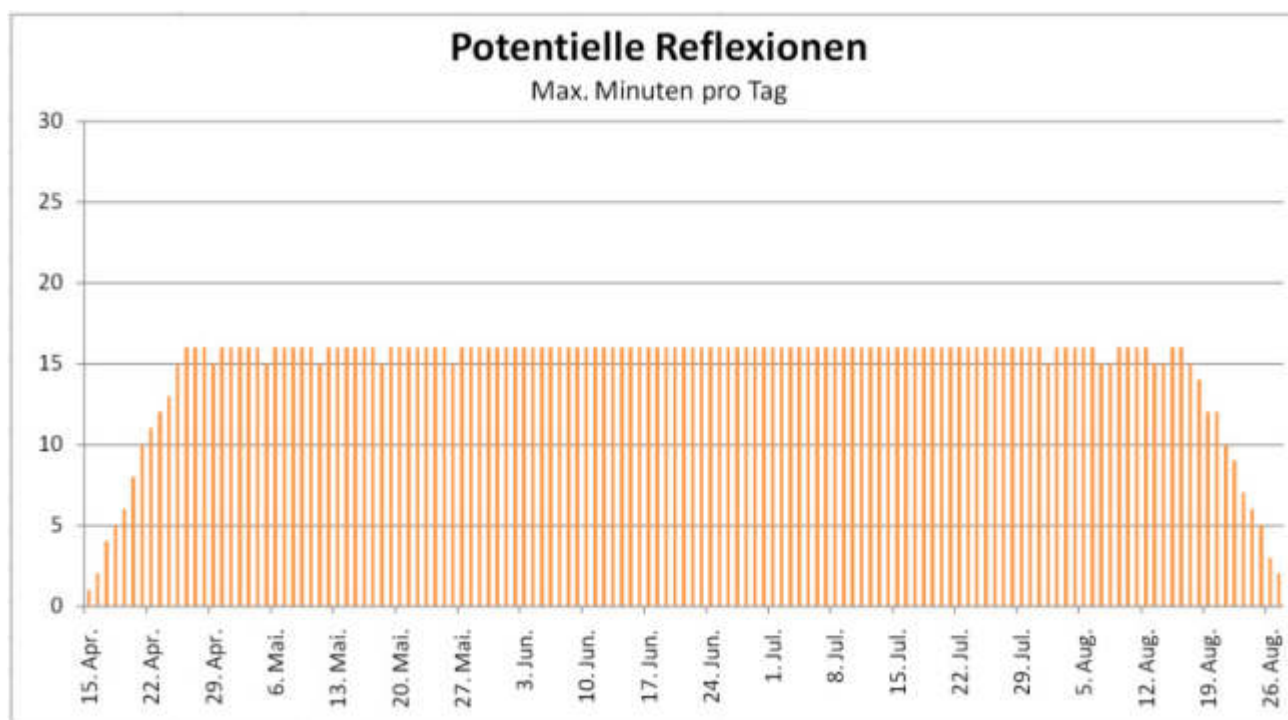


Bild 4.4.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Die rechnerisch ermittelte Gesamtsumme von Reflexion pro Tag deutlich unter den Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie. Die Gesamtsumme pro Jahr liegt leicht (ca. 9 %) über den Empfehlungen und ist daher tolerierbar.

Allerdings zeigt die Analyse des Geländeverlaufes, dass aufgrund der Geländestruktur überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist und daher sind die rechnerisch ermittelten Ergebnisse in der Realität zu relativieren bzw. zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

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

Die folgende Skizze zeigt den Geländeverlauf zwischen der PV Anlage und dem Gebäude nordöstlich.

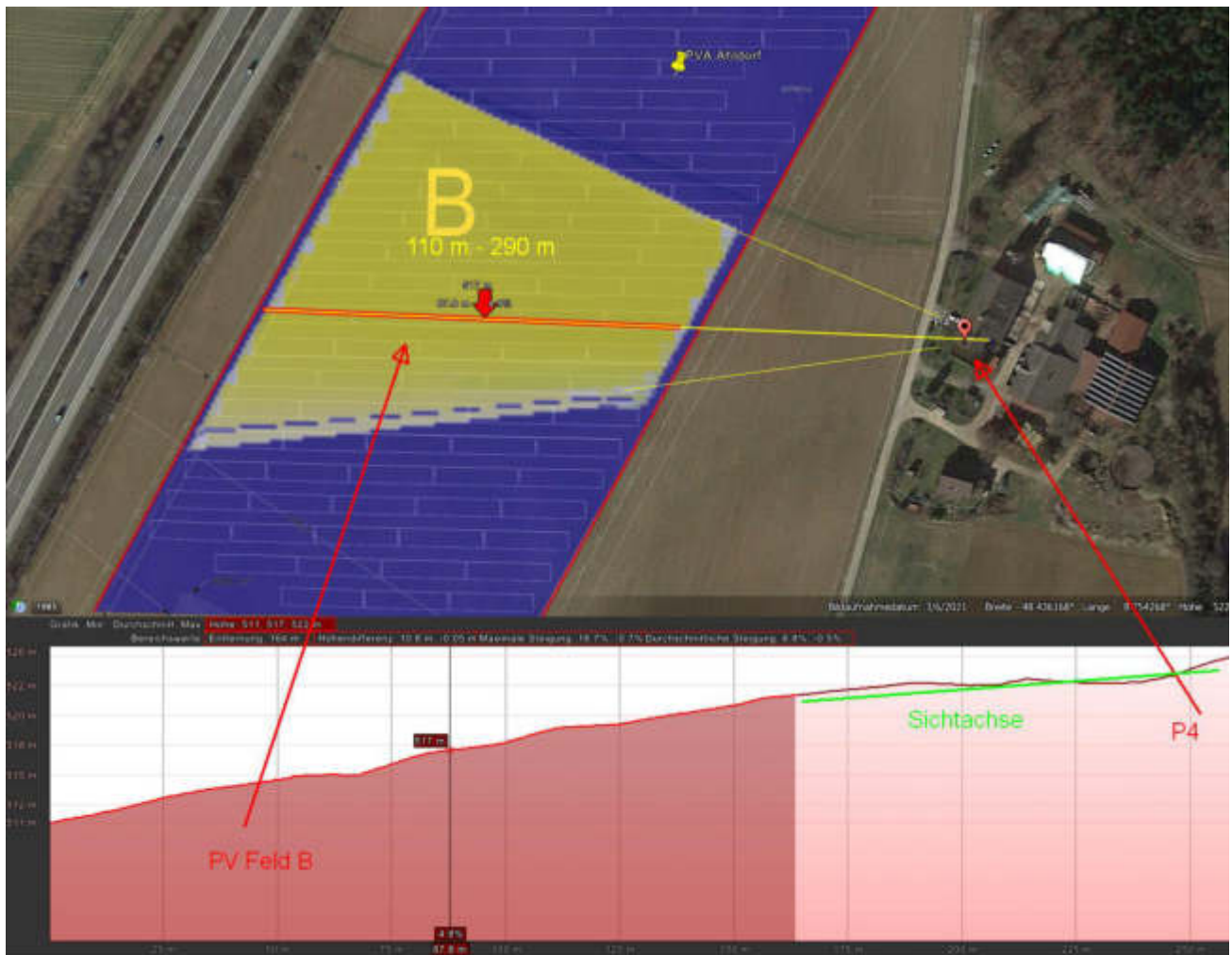


Bild 4.4.2: Geländeverlauf zwischen Messpunkt P4 und PV Feld B (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Die Skizze verdeutlicht, dass aufgrund des leicht nach Westen abfallenden Geländes der überwiegende Teil der PV Anlage nicht einsehbar ist. Die rechnerisch ermittelten Ergebnisse sind in der Realität nicht oder nur teilweise anwendbar.

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude südöstlich

In ähnlicher Weise wie am Messpunkt P4 können am Messpunkt P5 im Bereich der Gebäude des Reit-zentrums Werni, östlich von PV Feld A, theoretisch an insgesamt 1916 Minuten pro Jahr Reflexionen auftreten. Diese können zwischen dem 27. April und dem 16. August, abends zwischen 18:19 - 18:53 Uhr für 5 bis max. 21 Minuten am Tag aus westlicher Richtung auftreten.

Auch hier liegt die rechnerisch ermittelte Gesamtsumme von Reflexion pro Tag unter den Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie. Die Gesamtsumme pro Jahr liegt leicht (ca. 9 %) darüber und ist tolerierbar. Auch in diesem Bereich zeigt die Analyse des Geländeverlaufes, dass aufgrund der Geländestruktur überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist und daher sind die rechnerisch ermittelten Ergebnisse in der Realität zu relativieren bzw. zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze zeigt den Geländeverlauf zwischen PV Feld A und den Gebäuden östlich.

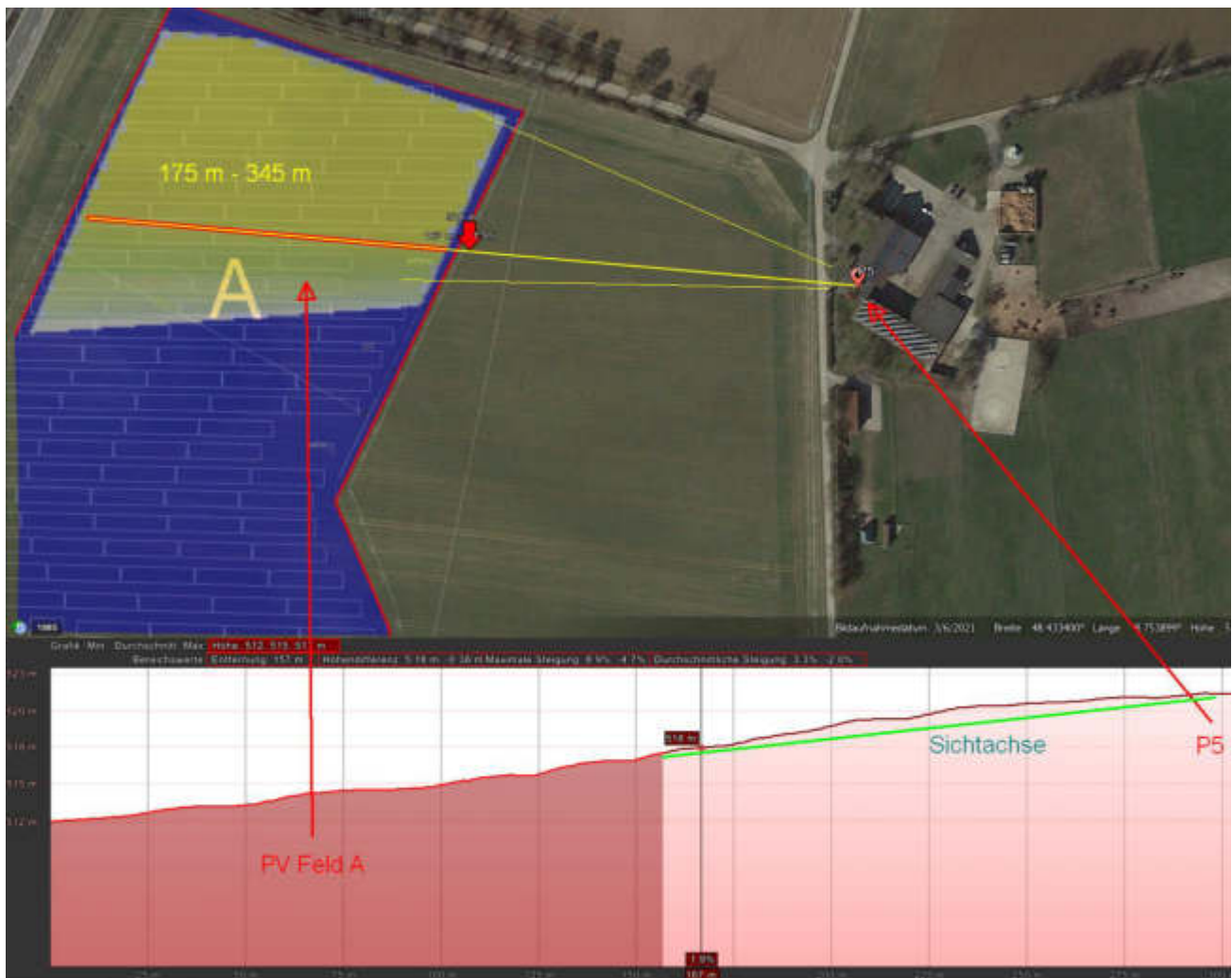


Bild 4.5.21: Geländeverlauf zwischen Messpunkt P5 und PV Feld A (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Die Skizze verdeutlicht, dass aufgrund des leicht nach Westen abfallenden Geländes der überwiegende Teil der PV Anlage nicht einsehbar ist. Die rechnerisch ermittelten Ergebnisse sind in der Realität nicht oder nur teilweise anwendbar.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage Ahldorf kann als „geringfügig“ klassifiziert¹² 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 durch den Einsatz von hochwertigen PV Modulen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von potentiellen Reflexionen vorgesehen.

Die Analyse von 5 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt nur eine geringe, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Auf der westlich verlaufenden Autobahn A81 sind die rechnerisch ermittelten Reflexionen zu vernachlässigen. Die Einfallswinkel liegen deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und darüber hinaus ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten teilweise kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden. Anhand der ausgewerteten Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern bzw. des fließenden Verkehrs durch die PV Anlage mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Im Bereich der östlich gelegenen Gebäude können rein rechnerisch in moderaten Umfang Reflexionen durch die jeweiligen PV Felder auftreten aber aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ist überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind.

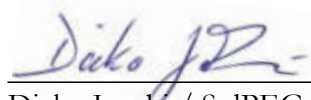
Es ist davon auszugehen, dass die theoretisch berechneten Reflexionen in der Praxis keine Blendwirkung entwickeln werden. Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

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

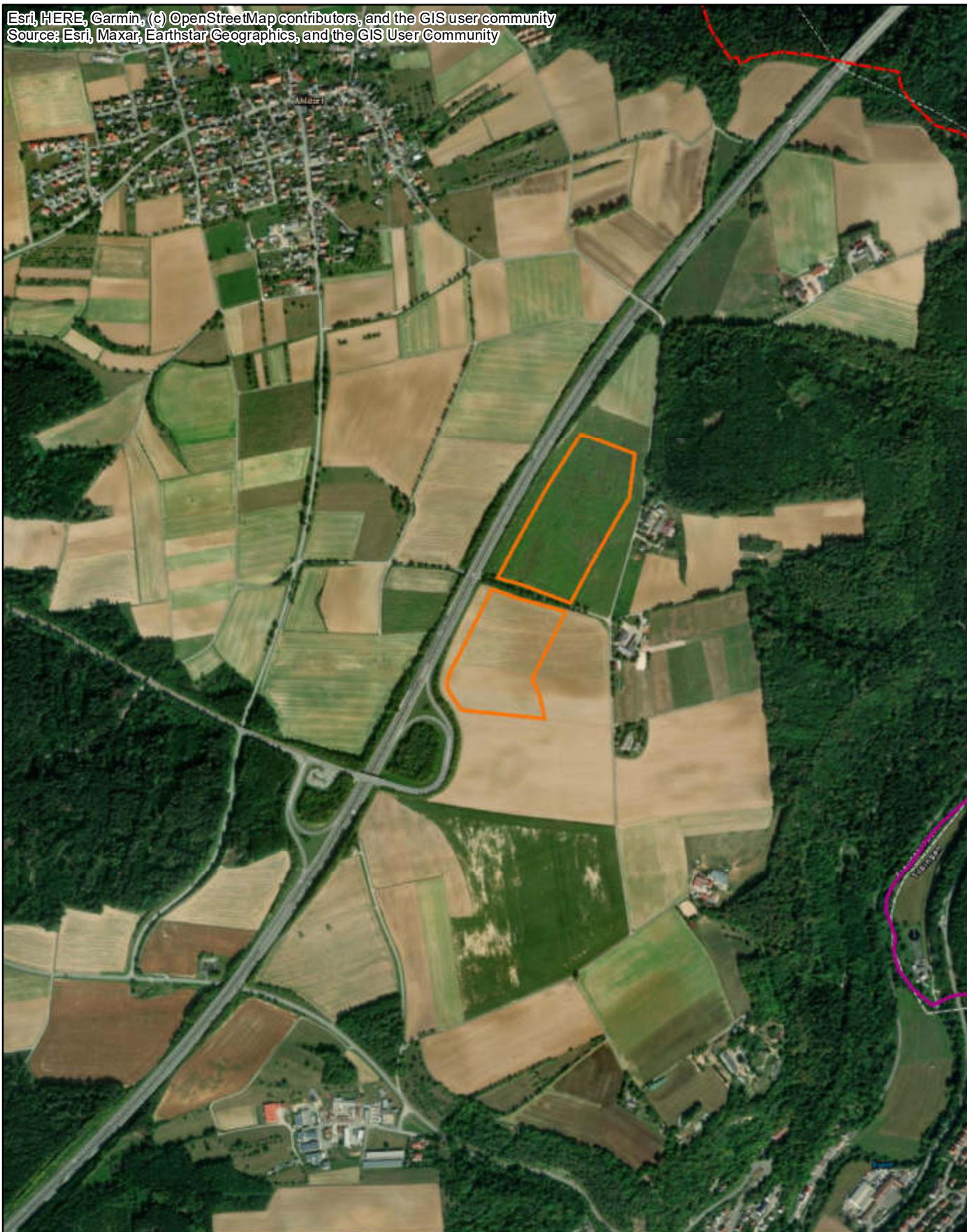
6 Schlussbemerkung

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 24.03.2023

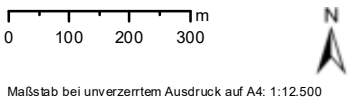

Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

¹² Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



Ahldorf, Geoposition 48,43 N;
8,75 E

Übersichtslageplan - vertraulich -
Fläche A: 4,9ha (Süden), Fläche B: 6,1ha (Norden)



Maßstab bei unverzerrtem Ausdruck auf A4: 1:12.500

-  PVA Projektentwicklung  Gemeinden
-  Planungsregionen
-  Landkreise
-  Gemeindeverbände

kocko 23.01.2023



JUWI GmbH, Energie-Allee 1, 55286 Wörrstadt

Ultra V

HALF-CELL MONOFACIAL MODULE

TYPE: STPXXXS - C72/Vmh



POWER OUTPUT

530-550W

MAX EFFICIENCY

21.3%

Features



High module conversion efficiency

Module efficiency up to **21.3%** achieved through advanced cell technology and manufacturing process



Lower operating temperature

Lower operating temperature and temperature coefficient increases the power output



Suntech current sorting process

Up to **2%** power loss caused by current mismatch could be diminished by current sorting technique to maximize system power output



Extended wind and snow load tests

Module certified to withstand extreme wind (2400 Pascal) and snow loads (5400 Pascal) *



Excellent weak light performance

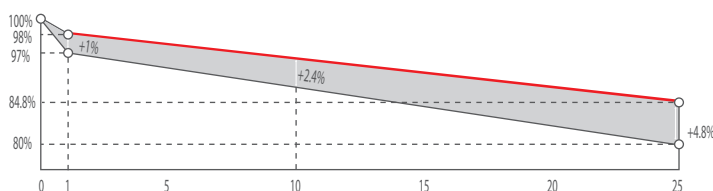
More power output in weak light condition, such as cloudy, morning and sunset



Withstanding harsh environment

Reliable quality leads to a better sustainability even in harsh environment like desert, farm and coastline

Industry-leading Warranty **



◆ First year power degradation: 2%

◆ Annual degradation: 0.55%

◆ Product warranty: 12 years

◆ linear warranty: 25 years

Certifications and Standards

CE IEC 61730 IEC 61215
SA 8000 Social Responsibility Standards
ISO 9001 Quality Management System
ISO 14001 Environment Management System
ISO 45001 Occupational Health and Safety
IEC TS 62941 Guideline for module design qualification and type approval



Munich RE

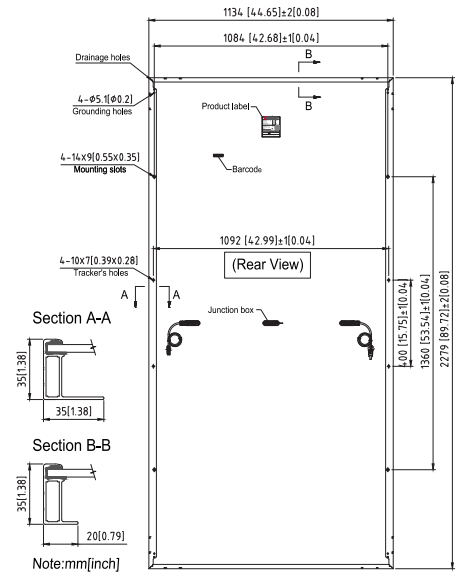
* Please refer to Suntech Standard Module Installation Manual for details.
** Please refer to Suntech Limited Warranty for details.

*** WEEE only for EU market.
**** Suntech reserves the right to the final interpretation of the warranty by Munich Re.

Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon 182 mm
No. of Cells	144 (6 × 24)
Dimensions	2279 × 1134 × 35 mm (89.7 × 44.6 × 1.4 inches)
Weight	29.1 kgs (64.2 lbs.)
Front Glass	3.2 mm (0.126 inches) fully tempered glass
Output Cables	4.0 mm ² , (-) 350 mm (+) 160 mm in length or customized length
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	25 A
Power Tolerance	0/+5 W

For tracker installation, please turn to Suntech for mechanical load information.



Electrical Characteristics

Module Type	STP550S-C72/Vmh		STP545S-C72/Vmh		STP540S-C72/Vmh		STP535S-C72/Vmh		STP530S-C72/Vmh	
Testing Condition	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT
Maximum Power (Pmax/W)	550	415.0	545	411.5	540	408.0	535	404.3	530	400.6
Optimum Operating Voltage (Vmp/V)	42.05	38.9	41.87	38.7	41.75	38.6	41.57	38.4	41.39	38.2
Optimum Operating Current (Imp/A)	13.08	10.67	13.02	10.63	12.94	10.58	12.87	10.53	12.81	10.47
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.88	46.9	49.69	46.7	49.54	46.5	49.39	46.4	49.24	46.3
Short Circuit Current (Isc/A)	14.01	11.22	13.96	11.18	13.89	11.13	13.83	11.08	13.76	11.02
Module Efficiency (%)	21.3		21.1		20.9		20.7		20.5	

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5; NMOT: Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s; Tolerance of Pmax is within +/- 3%;

Temperature Characteristics

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	42 ± 2 °C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.36%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.304%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.050%/°C

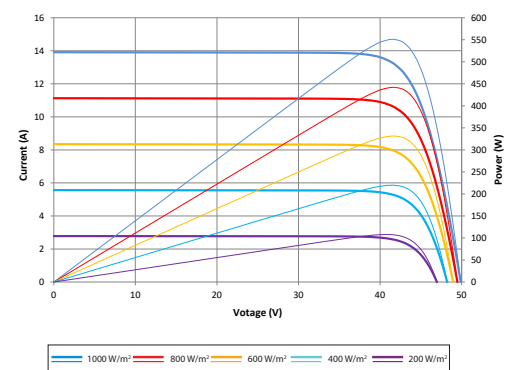
Packing Configuration

Container	40 'HC
Pieces per pallet	31
Pallets per container	20
Pieces per container	620
Packaging box dimensions	2310x1130x1269 mm
Packaging box weight	965 kg

Information on how to install and operate this product is available in the installation instruction. All values indicated in this data sheet are subject to change without prior announcement. The specifications may vary slightly. All specifications are in accordance with standard EN 50380. Color differences of the modules relative to the figures as well as discolorations of/in the modules which do not impair their proper functioning are possible and do not constitute a deviation from the specification.

Graphs

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (550S)



Ahldorf

Ahldorf

Created March 23, 2023
Updated March 23, 2023
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC1
Site ID 86937.15358

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

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

Summary of Results

Glare with potential for temporary after-image predicted

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced
	deg	deg	min	min	kWh
PV Feld A	20.0	180.0	3,217	8,721	-
PV Feld B	20.0	180.0	1,898	6,601	-

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 104,179 m²

Name: PV Feld A
Footprint area: 47,653 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 20.0 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	48.432467	8.749340	505.84	2.00	507.84
2	48.434410	8.750676	511.64	2.00	513.64
3	48.434371	8.751282	514.72	2.00	516.72
4	48.434036	8.752886	520.15	2.00	522.15
5	48.432576	8.751872	512.56	2.00	514.56
6	48.431803	8.752205	516.12	2.00	518.12
7	48.431971	8.749764	508.61	2.00	510.61

Name: PV Feld B
Footprint area: 56,526 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 20.0 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	48.434917	8.751093	511.69	2.00	513.69
2	48.437978	8.753603	517.81	2.00	519.81
3	48.437576	8.755213	520.39	2.00	522.39
4	48.437177	8.755137	520.72	2.00	522.72
5	48.434465	8.753094	520.28	2.00	522.28

Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	48.432621	8.748634	511.20	2.00	513.20
OP 2	48.434820	8.750263	508.73	2.00	510.73
OP 3	48.437230	8.752242	512.42	2.00	514.42
OP 4	48.435849	8.755893	525.56	2.00	527.56
OP 5	48.433367	8.754987	523.29	2.00	525.29

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 A	20.0	180.0	3,217	8,721	-	
PV Feld B	20.0	180.0	1,898	6,601	-	

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-a (green)	0	0	375	475	411	516	430	453	459	98	0	0
pv-feld-a (yellow)	0	0	442	1369	1571	1404	1545	1531	856	3	0	0
pv-feld-b (green)	0	0	142	239	302	386	336	252	223	18	0	0
pv-feld-b (yellow)	0	0	309	913	1267	1174	1263	1124	538	13	0	0

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

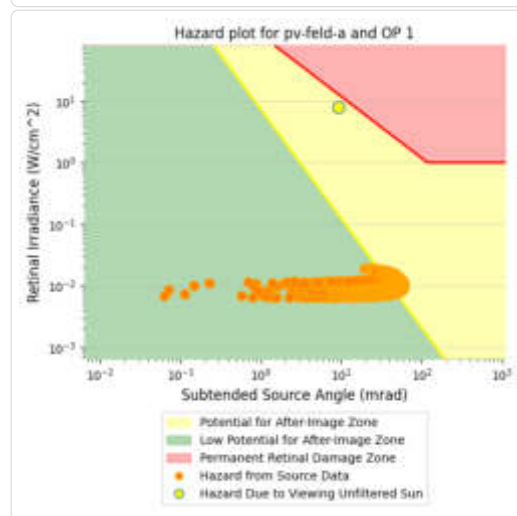
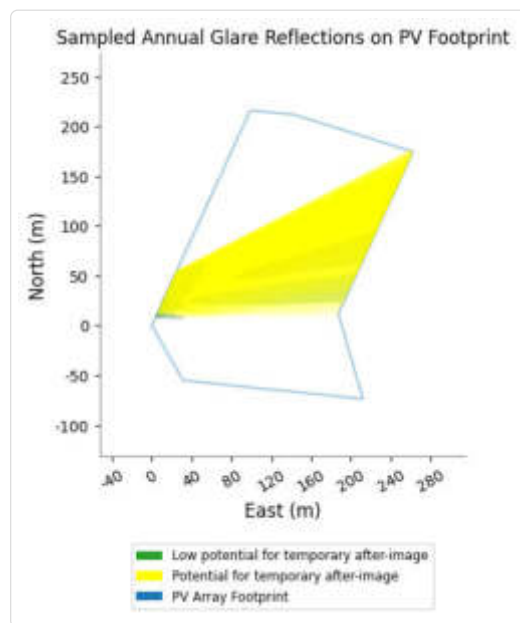
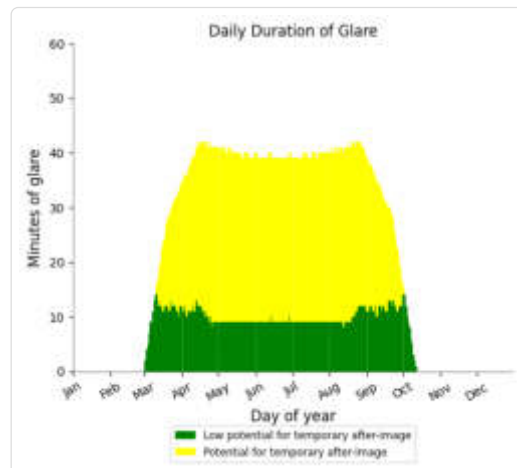
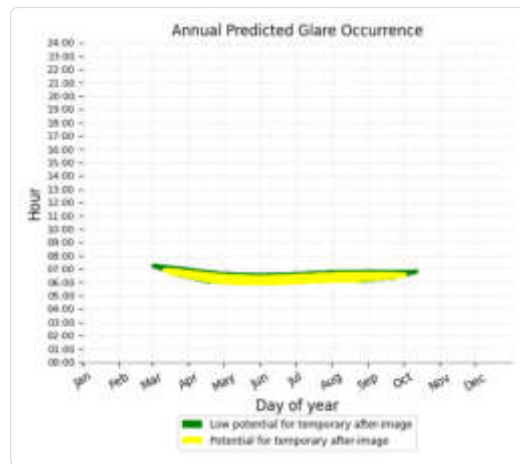
PV Feld A potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	2228	5550
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0
OP: OP 5	989	3171

PV Feld A - OP Receptor (OP 1)

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

- 2,228 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 5,550 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld A - OP Receptor (OP 2)

No glare found

PV Feld A - OP Receptor (OP 3)

No glare found

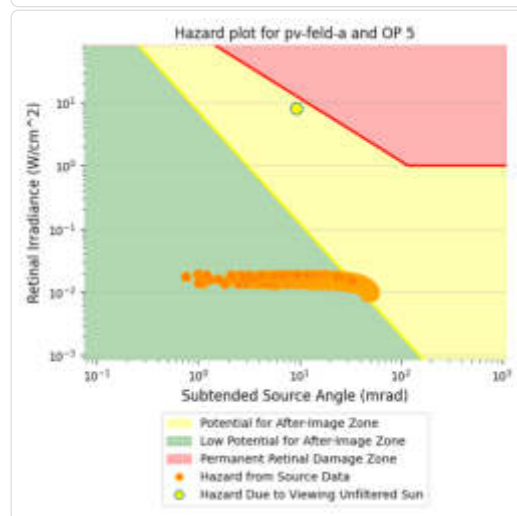
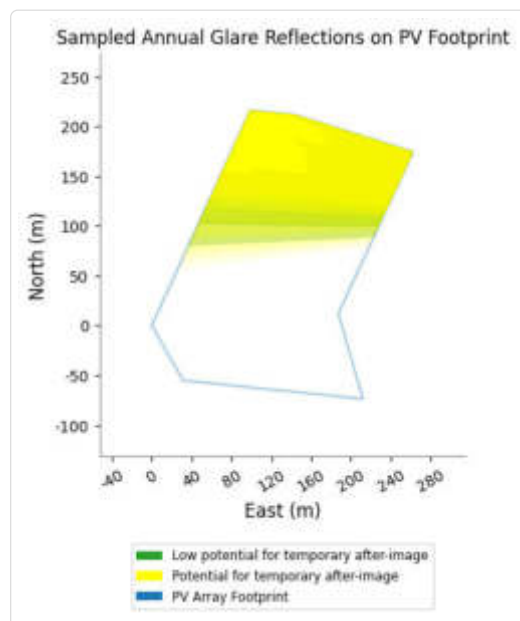
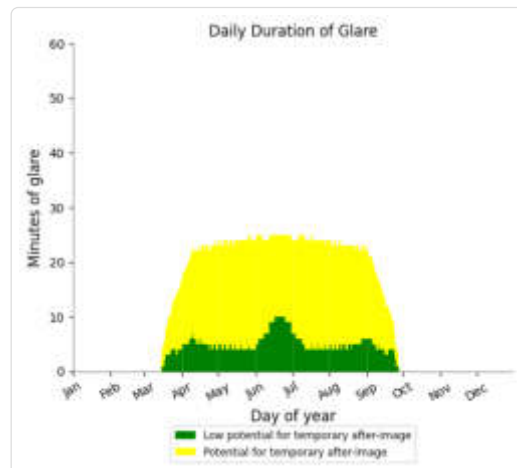
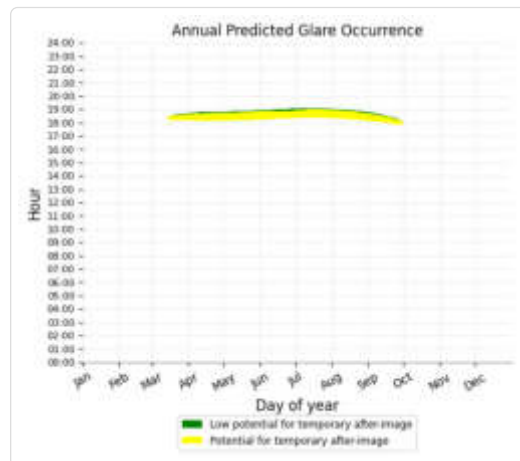
PV Feld A - OP Receptor (OP 4)

No glare found

PV Feld A - OP Receptor (OP 5)

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

- 989 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,171 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld B potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	325	1727
OP: OP 3	823	1728
OP: OP 4	750	3146
OP: OP 5	0	0

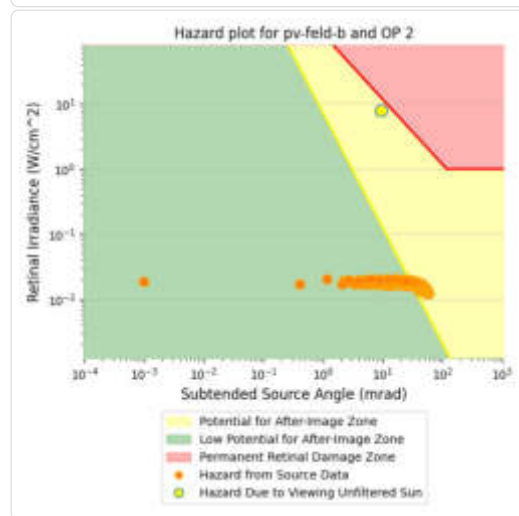
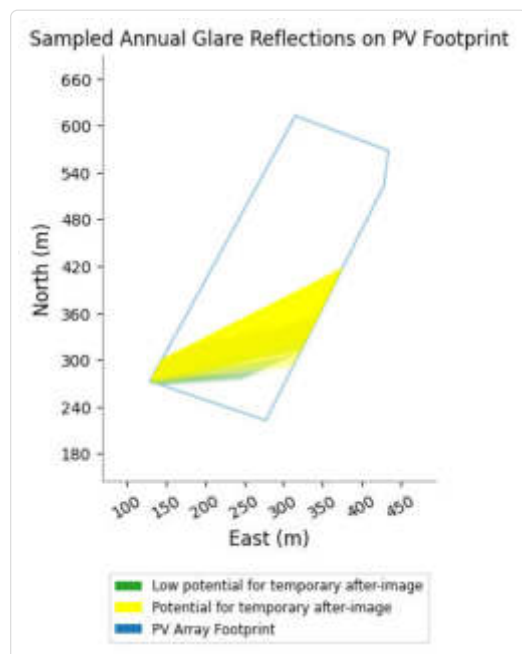
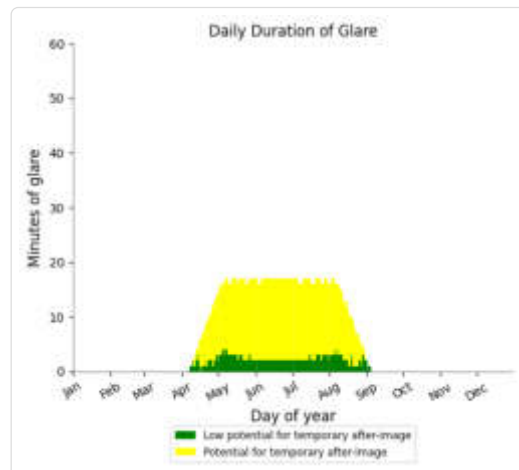
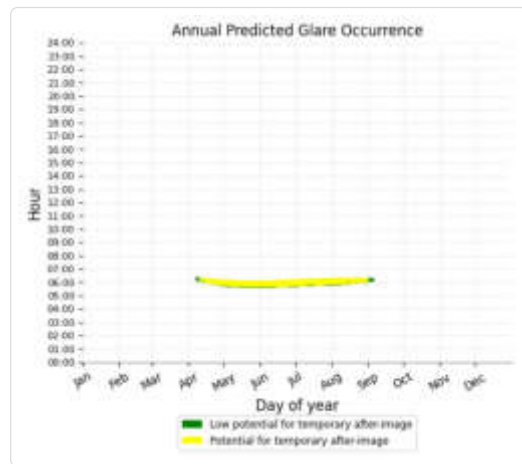
PV Feld B - OP Receptor (OP 1)

No glare found

PV Feld B - OP Receptor (OP 2)

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

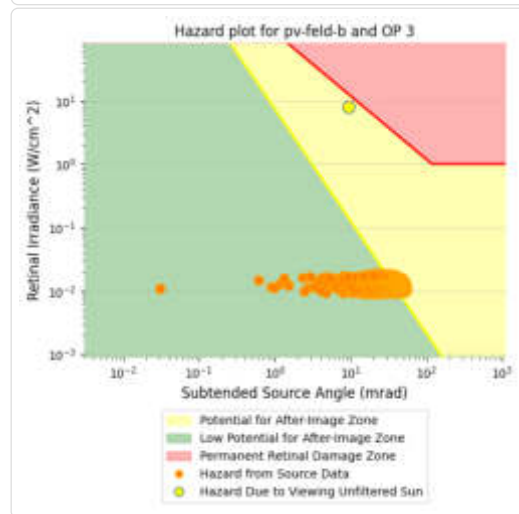
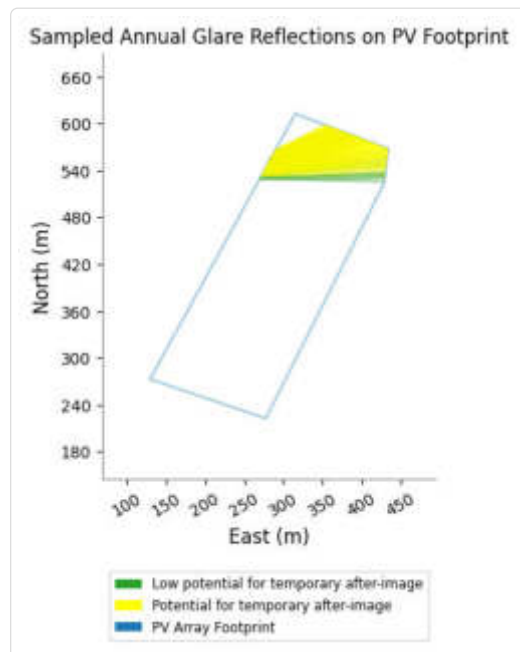
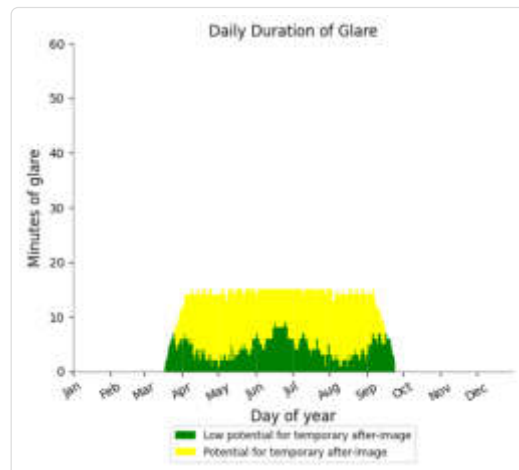
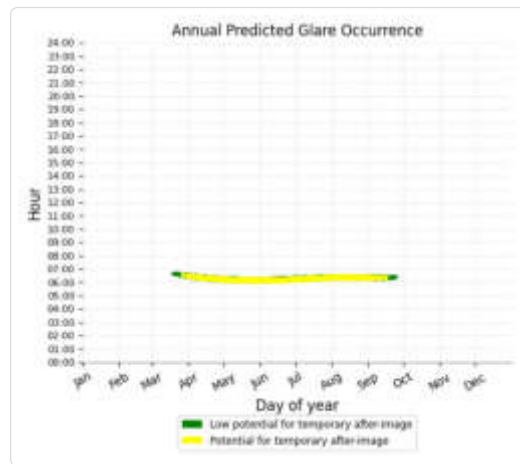
- 325 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,727 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld B - OP Receptor (OP 3)

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

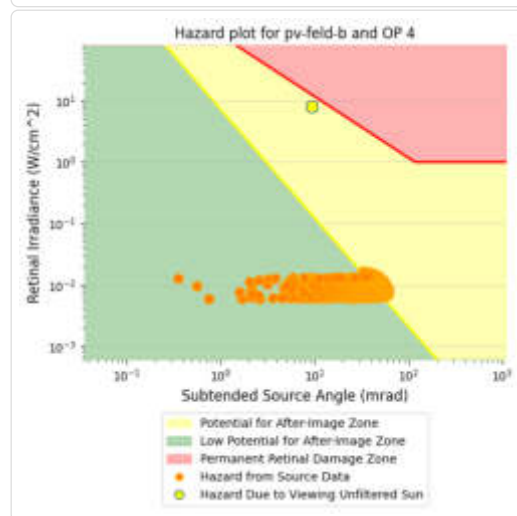
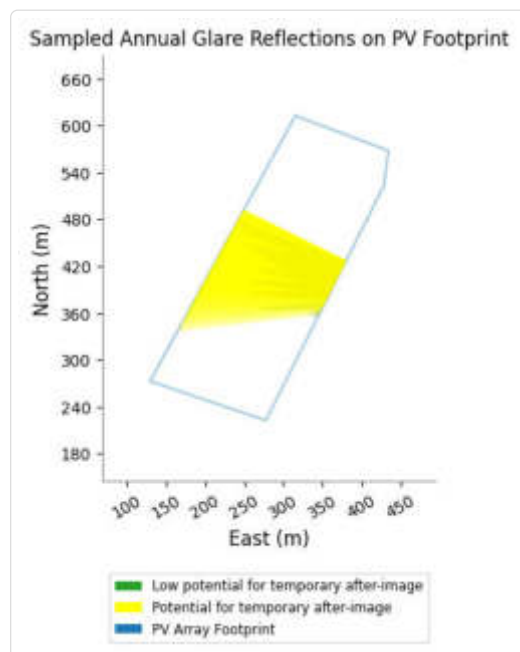
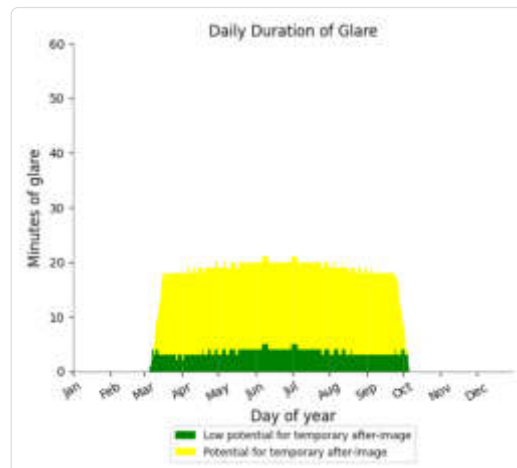
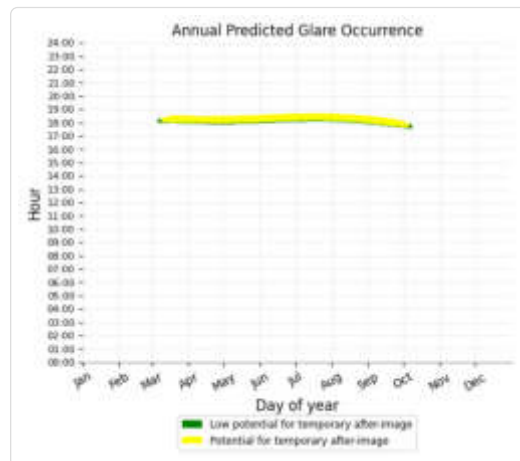
- 823 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,728 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld B - OP Receptor (OP 4)

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

- 750 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,146 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld B - OP Receptor (OP 5)

No glare found

Assumptions

- Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.
- Glare analyses do not automatically account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.
- Detailed system geometry is not rigorously simulated.
- The glare hazard determination relies on several approximations including observer eye characteristics, angle of view, and typical blink response time. Actual values and results may vary.
- The system output calculation is a DNI-based approximation that assumes clear, sunny skies year-round. It should not be used in place of more rigorous modeling methods.
- Several V1 calculations utilize the PV array centroid, rather than the actual glare spot location, due to algorithm limitations. This may affect results for large PV footprints. Additional analyses of array sub-sections can provide additional information on expected glare.
- The subtended source angle (glare spot size) is constrained by the PV array footprint size. Partitioning large arrays into smaller sections will reduce the maximum potential subtended angle, potentially impacting results if actual glare spots are larger than the sub-array size. Additional analyses of the combined area of adjacent sub-arrays can provide more information on potential glare hazards. (See previous point on related limitations.)
- Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous, not discrete, spectrum.
- Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.
- Refer to the **Help page** for detailed assumptions and limitations not listed here.

	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Se k	Anzahl Minuten	Minuten Tag	Minuten im Zeitraum	Minuten pro Tag	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1
2023-03-01 07:16:00	0,005654	540,5246	1	0,38742	0,011877	0,000333	0	102,6	0,976	-0,218	0	-0,976	0,167	0,14	18. Apr.	1	06:38	06:38				
2023-03-01 07:17:00	0,005176	543,1348	1	0,378759	0,011668	0,000701	0,2	102,8	0,975	-0,221	0,003	-0,975	0,167	0,145	19. Apr.	2	06:37	06:38				
2023-03-02 07:15:00	0,005856	540,9892	1	0,388587	0,011923	0,011628	0,1	102,2	0,978	-0,21	0,003	-0,978	0,16	0,137	20. Apr.	3	06:35	06:37				
2023-03-02 07:16:00	0,005472	543,5905	1	0,379886	0,011712	0,006344	0,3	102,3	0,977	-0,214	0,005	-0,977	0,16	0,142	21. Apr.	5	06:32	06:36				
2023-03-03 07:13:00	0,006381	541,4724	1	0,390685	0,012244	0,017743	0,1	101,5	0,98	-0,2	0,002	-0,98	0,152	0,13	22. Apr.	6	06:31	06:36				
2023-03-03 07:14:00	0,006068	544,0566	1	0,38974	0,012027	0,014427	0,3	101,7	0,979	-0,203	0,005	-0,979	0,152	0,134	23. Apr.	7	06:29	06:35				
2023-03-03 07:15:00	0,005717	546,6357	1	0,381	0,011813	0,010097	0,4	100,9	0,978	-0,206	0,008	-0,978	0,153	0,138	24. Apr.	8	06:28	06:35				
2023-03-03 07:16:00	0,005293	549,2097	1	0,372459	0,011602	0,003762	0,6	102,1	0,978	-0,209	0,01	-0,978	0,154	0,143	25. Apr.	10	06:25	06:34				
2023-03-04 07:11:00	0,006848	541,9736	1	0,409061	0,012574	0,022174	0,1	100,9	0,982	-0,189	0,001	-0,982	0,144	0,123	26. Apr.	11	06:24	06:34				
2023-03-04 07:12:00	0,006567	544,5411	1	0,399866	0,01235	0,019784	0,2	101,1	0,981	-0,192	0,004	-0,981	0,145	0,127	27. Apr.	12	06:22	06:33				
2023-03-04 07:13:00	0,006267	547,1035	1	0,390882	0,012129	0,016866	0,4	101,3	0,981	-0,196	0,007	-0,981	0,145	0,131	28. Apr.	13	06:21	06:33				
2023-03-04 07:14:00	0,005939	549,6607	1	0,382102	0,011912	0,013196	0,6	101,5	0,98	-0,199	0,01	-0,98	0,146	0,135	29. Apr.	15	06:19	06:33				
2023-03-04 07:15:00	0,005567	552,2129	1	0,373524	0,011699	0,008308	0,7	101,7	0,979	-0,202	0,013	-0,979	0,147	0,14	30. Apr.	15	06:18	06:32				
2023-03-05 07:09:00	0,00728	542,4918	1	0,419722	0,012914	0,025565	0	100,3	0,984	-0,178	0,001	-0,984	0,136	0,115	1. Mai.	17	06:15	06:31				
2023-03-05 07:10:00	0,007021	545,0427	1	0,410271	0,012683	0,023794	0,2	100,5	0,983	-0,182	0,004	-0,983	0,137	0,119	2. Mai.	18	06:14	06:31				
2023-03-05 07:11:00	0,006748	547,5885	1	0,401036	0,012455	0,021652	0,4	100,6	0,983	-0,185	0,006	-0,983	0,137	0,124	3. Mai.	19	06:13	06:31				
2023-03-05 07:12:00	0,006457	550,1293	1	0,392012	0,012232	0,019053	0,5	100,8	0,982	-0,188	0,009	-0,982	0,138	0,128	4. Mai.	20	06:11	06:30				
2023-03-05 07:13:00	0,006145	552,665	1	0,383195	0,012012	0,015863	0,7	101	0,981	-0,191	0,012	-0,981	0,139	0,132	5. Mai.	21	06:10	06:30				
2023-03-05 07:14:00	0,005801	555,1956	1	0,374579	0,011795	0,011773	0,9	101,2	0,981	-0,194	0,015	-0,981	0,139	0,136	6. Mai.	22	06:09	06:30				
2023-03-05 07:15:00	0,005402	557,721	1	0,366161	0,011583	0,006146	1	101,4	0,98	-0,198	0,018	-0,98	0,14	0,141	7. Mai.	24	06:07	06:30				
2023-03-06 07:06:00	0,007648	540,4865	1	0,430675	0,013203	0,028207	0	99,6	0,986	-0,168	0	-0,986	0,128	0,108	8. Mai.	24	06:06	06:29				
2023-03-06 07:07:00	0,007409	543,0259	1	0,420961	0,012965	0,026896	0,2	99,8	0,985	-0,171	0,003	-0,985	0,129	0,112	9. Mai.	25	06:05	06:29				
2023-03-06 07:08:00	0,007158	545,5603	1	0,41147	0,012732	0,0253	0,3	100	0,985	-0,174	0,006	-0,985	0,13	0,116	10. Mai.	27	06:03	06:29				
2023-03-06 07:09:00	0,006892	548,0898	1	0,402196	0,012503	0,023373	0,5	100,2	0,984	-0,177	0,009	-0,984	0,13	0,121	11. Mai.	28	06:02	06:29				
2023-03-06 07:10:00	0,006611	550,6142	1	0,393134	0,012277	0,021043	0,7	100,4	0,984	-0,18	0,012	-0,984	0,131	0,125	12. Mai.	28	06:01	06:28				
2023-03-06 07:11:00	0,006312	553,1336	1	0,384279	0,012056	0,018217	0,8	100,6	0,983	-0,184	0,014	-0,983	0,131	0,129	13. Mai.	29	06:00	06:28				
2023-03-06 07:12:00	0,005989	555,648	1	0,375627	0,011838	0,01471	1	100,8	0,982	-0,187	0,017	-0,982	0,132	0,133	14. Mai.	30	05:59	06:28				
2023-03-06 07:13:00	0,005628	558,1573	1	0,367173	0,011624	0,010126	1,1	101	0,982	-0,19	0,02	-0,982	0,133	0,137	15. Mai.	31	05:58	06:28				
2023-03-06 07:14:00	0,005184	560,6615	1	0,358912	0,011413	0,003285	1,3	101,1	0,981	-0,193	0,023	-0,981	0,133	0,142	16. Mai.	31	05:57	06:27				
2023-03-07 07:05:00	0,007768	541,054	1	0,431946	0,013255	0,029325	0,1	99,2	0,987	-0,16	0,002	-0,987	0,121	0,105	17. Mai.	31	05:57	06:27				
2023-03-07 07:06:00	0,007535	543,5846	1	0,422191	0,013017	0,028146	0,3	99,4	0,987	-0,163	0,005	-0,987	0,122	0,109	18. Mai.	31	05:57	06:27				
2023-03-07 07:07:00	0,007279	546,1104	1	0,41266	0,012782	0,026706	0,5	99,6	0,986	-0,166	0,008	-0,986	0,122	0,113	19. Mai.	31	05:57	06:27				
2023-03-07 07:08:00	0,007032	548,6311	1	0,403947	0,012551	0,024965	0,6	99,8	0,985	-0,17	0,011	-0,985	0,123	0,117	20. Mai.	31	05:57	06:27				
2023-03-07 07:09:00	0,006759	551,1469	1	0,394247	0,012324	0,022871	0,8	100	0,985	-0,173	0,014	-0,985	0,123	0,122	21. Mai.	30	05:57	06:26				
2023-03-07 07:10:00	0,006471	553,6577	1	0,385356	0,012101	0,020341	1	100,1	0,984	-0,176	0,017	-0,984	0,124	0,126	22. Mai.	30	05:57	06:26				
2023-03-07 07:11:00	0,006163	556,1634	1	0,376668	0,011882	0,017264	1,1	100,6	0,984	-0,179	0,019	-0,984	0,125	0,13	23. Mai.	31	05:56	06:26				
2023-03-07 07:12:00	0,005827	558,6641	1	0,368179	0,011666	0,013384	1,3	100,5	0,983	-0,182	0,022	-0,983	0,125	0,134	24. Mai.	31	05:56	06:26				
2023-03-07 07:13:00	0,005445	561,1597	1	0,359884	0,011454	0,008199	1,4	100,7	0,982	-0,186	0,025	-0,982	0,126	0,139	25. Mai.	31	05:56	06:26				
2023-03-08 07:03:00	0,008139	541,6345	1	0,443232	0,013616	0,031212	0,1	98,6	0,989	-0,149	0,002	-0,989	0,113	0,097	26. Mai.	31	05:56	06:26				
2023-03-08 07:04:00	0,007922	544,1488	1	0,433207	0,01337	0,030381	0,3	98,8	0,988	-0,152	0,005	-0,988	0,114	0,101	27. Mai.	30	05:56	06:25				
2023-03-08 07:05:00	0,007693	546,6583	1	0,423413	0,013128	0,029322	0,4	98,9	0,988	-0,155	0,008	-0,988	0,114	0,106	28. Mai.	30	05:56	06:25				
2023-03-08 07:06:00	0,007452	549,1629	1	0,413843	0,01289	0,028022	0,6	99,1	0,987	-0,159	0,01	-0,987	0,115	0,11	29. Mai.	30	05:57	06:26				
2023-03-08 07:07:00	0,007199	551,6626	1	0,404491	0,012656	0,02645	0,8	99,3	0,987	-0,162	0,013	-0,987	0,116	0,114	30. Mai.	30	05:57	06:26				
2023-03-08 07:08:00	0,006933	554,1574	1	0,395354	0,012426	0,024559	0,9	99,5	0,986	-0,165	0,016	-0,986	0,116	0,118	31. Mai.	31	05:56	06:26				
2023-03-08 07:09:00	0,006652	556,6471	1	0,386427	0,0122	0,022285	1,1	99,7	0,986	-0,168	0,019	-0,986	0,117	0,123	1. Jun.	31	05:56	06:26				
2023-03-08 07:10:00	0,006354	559,1319	1	0,377703	0,011978	0,019542	1,3	99,9	0,985	-0,172	0,022	-0,985	0,117	0,127	2. Jun.	31	05:56	06:26				
2023-03-08 07:11:00	0,006035	561,6117	1	0,369918	0,01176	0,016178	1,4	100,1	0,984	-0,175	0,025	-0,984	0,118	0,131	3. Jun.	30	05:56	06:25				
2023-03-08 07:12:00	0,005682	564,0864	1	0,360851	0,011545	0,011854	1,6	100,3	0,984	-0,178	0,027	-0,984	0,119	0,135	4. Jun.	30	05:56	06:25				
2023-03-08 07:13:00	0,005271	566,5561	1	0,352714	0,011334	0,005843	1,7	100,4	0,983	-0,181	0,03	-0,983	0,119	0,14	5. Jun.	30	05:57	06:26				

21. April

21. August

31

3157

05:56

06:41

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 1:
3157 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
2202 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk
955 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk
31 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 7779 Einträgen /-2228):
1.: Zeitraum ab 05:50 Uhr bis Sonnenuntergang
2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min. 10°)
3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)

Potentielle Reflexionen

Max. Minuten pro Tag

	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Se i	Anzahl Minuten	Tag	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 2
2023-04-08 06:16:00	0,010703	580,2028	1	0,571776	0,018814	0,026456	3,1	83,3	0,992	0,117	0,054	-0,992	-0,124	-0,034	10. Mai	1	06:03	06:03			14. Mai	30. Juli	15	996	05:50	06:13	Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 2: 996 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 802 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk 194 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk 15 Minuten pro Tag (Max) Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 2053 Einträgen /-325): 1.: Zeitraum ab 05:50 Uhr bis Sonnenuntergang 2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min. 10°) 3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)
2023-04-09 06:14:00	0,010797	580,6193	1	0,573774	0,018894	0,022245	3,2	82,8	0,991	0,125	0,056	-0,991	-0,131	-0,037	11. Mai	2	06:02	06:03									
2023-04-10 06:13:00	0,010452	583,0865	1	0,575799	0,019043	0,02295	3,3	82,4	0,99	0,132	0,058	-0,99	-0,139	-0,041	12. Mai	3	06:01	06:03									
2023-04-10 06:14:00	0,010636	585,1465	1	0,562781	0,018678	0,026556	3,5	82,6	0,99	0,129	0,061	-0,99	-0,138	-0,036	13. Mai	4	06:00	06:03									
2023-04-11 06:13:00	0,010729	587,5593	1	0,564854	0,018824	0,026643	3,6	82,1	0,989	0,137	0,063	-0,989	-0,145	-0,04	14. Mai	5	05:59	06:03									
2023-04-11 06:14:00	0,010938	589,6908	2	0,552095	0,018463	0,030367	3,8	82,3	0,989	0,133	0,066	-0,989	-0,144	-0,035	15. Mai	6	05:58	06:03									
2023-04-12 06:12:00	0,01033	588,0196	1	0,566976	0,018909	0,02248	3,7	81,7	0,987	0,144	0,065	-0,987	-0,152	-0,043	16. Mai	8	05:56	06:03									
2023-04-12 06:13:00	0,010933	590,0551	2	0,554184	0,018547	0,029886	3,9	81,9	0,988	0,141	0,068	-0,988	-0,152	-0,039	17. Mai	8	05:55	06:02									
2023-04-12 06:14:00	0,011165	592,0869	2	0,541677	0,018191	0,033703	4,1	82,1	0,988	0,138	0,071	-0,988	-0,151	-0,034	18. Mai	9	05:54	06:02									
2023-04-13 06:10:00	0,010314	588,3484	1	0,569149	0,018993	0,021893	3,8	81,3	0,986	0,152	0,067	-0,986	-0,159	-0,046	19. Mai	10	05:53	06:02									
2023-04-13 06:11:00	0,010514	590,3732	1	0,556325	0,018628	0,025689	4	81,4	0,986	0,148	0,07	-0,986	-0,159	-0,042	20. Mai	11	05:52	06:02									
2023-04-13 06:12:00	0,011104	592,3942	2	0,543785	0,018271	0,032777	4,2	81,6	0,987	0,145	0,073	-0,987	-0,158	-0,038	21. Mai	12	05:51	06:02									
2023-04-13 06:13:00	0,011332	594,4115	2	0,531523	0,01792	0,03648	4,3	81,8	0,987	0,142	0,076	-0,987	-0,157	-0,033	22. Mai	13	05:50	06:02									
2023-04-14 06:09:00	0,011029	590,6768	1	0,571377	0,019142	0,027692	4	80,8	0,985	0,159	0,069	-0,985	-0,166	-0,049	23. Mai	13	05:50	06:02									
2023-04-14 06:10:00	0,010533	592,6872	1	0,558519	0,018775	0,025102	4,1	81,1	0,985	0,156	0,072	-0,985	-0,166	-0,045	24. Mai	12	05:50	06:01									
2023-04-14 06:11:00	0,010712	594,6939	1	0,545946	0,018415	0,028617	4,3	81,2	0,985	0,153	0,075	-0,985	-0,165	-0,041	25. Mai	12	05:50	06:01									
2023-04-14 06:12:00	0,011282	596,6969	2	0,533651	0,018061	0,035342	4,5	81,4	0,986	0,149	0,078	-0,986	-0,164	-0,037	26. Mai	12	05:50	06:01									
2023-04-15 06:08:00	0,010984	592,9655	1	0,573661	0,019293	0,026535	4,1	80,4	0,983	0,166	0,071	-0,983	-0,173	-0,053	27. Mai	12	05:50	06:01									
2023-04-15 06:09:00	0,011231	594,9617	2	0,560769	0,018923	0,030536	4,2	80,6	0,984	0,163	0,074	-0,984	-0,173	-0,048	28. Mai	12	05:50	06:01									
2023-04-15 06:10:00	0,010655	596,9543	1	0,548163	0,01856	0,027339	4,4	80,8	0,984	0,16	0,077	-0,984	-0,172	-0,044	29. Mai	13	05:50	06:02									
2023-04-15 06:11:00	0,010894	598,9432	2	0,535835	0,018203	0,031328	4,6	80,9	0,984	0,157	0,08	-0,984	-0,171	-0,04	30. Mai	13	05:50	06:02									
2023-04-15 06:12:00	0,011422	600,9285	2	0,52378	0,017852	0,037554	4,7	81,1	0,985	0,154	0,082	-0,985	-0,171	-0,036	31. Mai	13	05:50	06:02									
2023-04-16 06:06:00	0,010945	591,3625	1	0,576004	0,01932	0,026051	4,2	80	0,982	0,174	0,073	-0,982	-0,18	-0,056	1. Jun.	13	05:50	06:02									
2023-04-16 06:07:00	0,011165	593,3567	2	0,563078	0,01895	0,029837	4,3	80,1	0,982	0,171	0,076	-0,982	-0,179	-0,052	2. Jun.	13	05:50	06:02									
2023-04-16 06:08:00	0,011311	595,3474	2	0,550438	0,018587	0,032905	4,5	80,3	0,983	0,167	0,079	-0,983	-0,179	-0,047	3. Jun.	12	05:50	06:01									
2023-04-16 06:09:00	0,01078	597,3343	2	0,538076	0,01823	0,030183	4,7	80,5	0,983	0,164	0,082	-0,983	-0,178	-0,043	4. Jun.	12	05:50	06:01									
2023-04-16 06:10:00	0,010993	599,3176	2	0,525987	0,01789	0,033867	4,8	80,7	0,983	0,161	0,084	-0,983	-0,178	-0,039	5. Jun.	13	05:50	06:02									
2023-04-16 06:11:00	0,01134	601,2972	2	0,514166	0,017535	0,038535	5	80,9	0,984	0,158	0,087	-0,984	-0,177	-0,035	6. Jun.	13	05:50	06:02									
2023-04-17 06:06:00	0,011171	595,5849	2	0,565449	0,019101	0,029125	4,5	79,7	0,981	0,178	0,078	-0,981	-0,186	-0,055	7. Jun.	13	05:50	06:02									
2023-04-17 06:07:00	0,01128	597,5616	2	0,552773	0,018735	0,031898	4,6	79,9	0,981	0,175	0,081	-0,981	-0,186	-0,051	8. Jun.	13	05:50	06:02									
2023-04-17 06:08:00	0,011433	599,5347	2	0,540377	0,018375	0,034974	4,8	80,1	0,982	0,171	0,083	-0,982	-0,185	-0,046	9. Jun.	13	05:50	06:02									
2023-04-17 06:09:00	0,011076	601,5042	2	0,528254	0,018022	0,033825	4,9	80,3	0,982	0,168	0,086	-0,982	-0,184	-0,042	10. Jun.	13	05:50	06:02									
2023-04-17 06:10:00	0,011155	603,4701	2	0,516398	0,017675	0,036292	5,1	80,5	0,982	0,165	0,089	-0,982	-0,184	-0,038	11. Jun.	14	05:50	06:03									
2023-04-17 06:11:00	0,01148	605,4322	2	0,504804	0,017334	0,040692	5,3	80,6	0,983	0,162	0,092	-0,983	-0,183	-0,034	12. Jun.	14	05:50	06:03									
2023-04-18 06:05:00	0,01116	597,7734	1	0,567884	0,019254	0,028265	4,6	79,3	0,979	0,185	0,08	-0,979	-0,193	-0,058	13. Jun.	14	05:50	06:03									
2023-04-18 06:06:00	0,011133	599,7365	2	0,555173	0,018885	0,029898	4,7	79,5	0,98	0,182	0,082	-0,98	-0,192	-0,054	14. Jun.	14	05:50	06:03									
2023-04-18 06:07:00	0,011442	601,696	2	0,542741	0,018522	0,034307	4,9	79,7	0,98	0,179	0,085	-0,98	-0,192	-0,05	15. Jun.	15	05:50	06:04									
2023-04-18 06:08:00	0,011517	603,6518	2	0,530583	0,018166	0,036714	5,1	79,8	0,981	0,176	0,088	-0,981	-0,191	-0,045	16. Jun.	15	05:50	06:04									
2023-04-18 06:09:00	0,010646	605,604	2	0,518692	0,017816	0,031176	5,2	80	0,981	0,172	0,091	-0,981	-0,191	-0,041	17. Jun.	15	05:50	06:04									
2023-04-18 06:10:00	0,011308	607,5526	2	0,507063	0,017473	0,038598	5,4	80,2	0,981	0,169	0,094	-0,981	-0,19	-0,037	18. Jun.	15	05:50	06:04									
2023-04-18 06:11:00	0,011502	609,4976	2	0,495691	0,017136	0,041896	5,5	80,4	0,981	0,166	0,097	-0,981	-0,189	-0,033	19. Jun.	15	05:50	06:04									
2023-04-19 06:04:00	0,011047	599,9226	1	0,570385	0,019408	0,026509	4,7	78,9	0,978	0,192	0,081	-0,978	-0,2	-0,061	20. Jun.	15	05:51	06:05									
2023-04-19 06:05:00	0,011338	601,8722	2	0,557638	0,019036	0,030871	4,8	79,1	0,978	0,189	0,084	-0,978	-0,199	-0,057	21. Jun.	15	05:51	06:05									
2023-04-19 06:06:00	0,011368	603,8182	2	0,545171	0,018671	0,032949	5	79,2	0,979	0,186	0,087	-0,979	-0,198	-0,053	22. Jun.	15	05:51	06:05									
2023-04-19 06:07:00	0,011548	605,7606	2	0,532977	0,018312	0,036221	5,2	79,4	0,979	0,183	0,09	-0,979	-0,198	-0,049	23. Jun.	15	05:51	06:05									
2023-04-19 06:08:00	0,011584	607,6994	2	0,521105	0,017959	0,038292	5,3	79,6	0,979	0,18	0,093	-0,979	-0,197	-0,044	24. Jun.	15	05:51	06:05									
2023-04-19 06:09:00	0,010792	609,6346	2	0,509386	0,017613	0,033543	5,5	79,8	0,98	0,176	0,096	-0,98	-0,197	-0,04	25. Jun.	15	05:52	06:06									
2023-04-19 06:10:00	0,011446	611,5661	2	0,497978	0,017273	0,040743	5,7	80	0,98	0,173	0,098	-0,98	-0,196	-0,036	26. Jun.	15	05:52	06:06									
2023-04-20 06:02:00	0,010812	598,2867	1	0,572957	0,019443	0,02424	4,8	78,5	0,976	0,2	0,083	-0,976	-0,206	-0,064	27. Jun.	15	05:52	06:06									

Potentielle Reflexionen

Max. Minuten pro

	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Se i	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 3
2023-03-18 06:42:00	0,007757	540,8602	1	0,548514	0,016827	0,004895	0,1	92,6	0,999	-0,045	0,002	-0,999	0,033	0,03	28. Apr.	1	06:21	06:21	01. Mai	11. August	13	993	06:03	06:28	Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 3: 993 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 672 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk 321 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk 13 Minuten pro Tag (Max) Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 2552 Einträgen /-823): 1.: Zeitraum ab 05:50 Uhr bis Sonnenuntergang 2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min. 10°) 3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)
2023-03-19 06:40:00	0,0092	541,5675	1	0,562957	0,017292	0,019839	0,1	91,9	0,999	-0,034	0,002	-0,999	0,025	0,023	29. Apr.	3	06:19	06:21							
2023-03-19 06:41:00	0,008576	543,9401	1	0,550105	0,016971	0,014596	0,1	92,1	0,999	-0,037	0,004	-0,999	0,025	0,027	30. Apr.	3	06:18	06:20							
2023-03-20 06:39:00	0,009496	544,6335	1	0,564592	0,017441	0,022151	0,2	91,5	1	-0,026	0,004	-1	0,017	0,02	1. Mai.	5	06:15	06:19							
2023-03-20 06:40:00	0,00915	546,9871	1	0,5517	0,017116	0,020316	0,4	91,7	1	-0,029	0,007	-1	0,018	0,024	2. Mai.	6	06:14	06:19							
2023-03-20 06:41:00	0,008361	549,3365	1	0,539103	0,016797	0,013028	0,6	91,8	0,999	-0,032	0,01	-0,999	0,018	0,028	3. Mai.	7	06:13	06:19							
2023-03-21 06:37:00	0,009717	545,3267	1	0,566231	0,017513	0,024015	0,4	91	1	-0,018	0,006	-1	0,01	0,016	4. Mai.	8	06:11	06:19							
2023-03-21 06:38:00	0,009409	547,666	1	0,553299	0,017187	0,022687	0,5	91,2	1	-0,021	0,009	-1	0,01	0,021	5. Mai.	10	06:10	06:19							
2023-03-21 06:39:00	0,00901	550,001	1	0,540664	0,016866	0,020249	0,7	91,4	1	-0,024	0,012	-1	0,011	0,025	6. Mai.	9	06:09	06:18							
2023-03-21 06:40:00	0,008055	552,3317	1	0,528317	0,016551	0,010684	0,9	91,6	1	-0,028	0,015	-1	0,011	0,029	7. Mai.	11	06:07	06:18							
2023-03-22 06:36:00	0,009816	548,344	1	0,567875	0,017662	0,024185	0,5	90,6	1	-0,01	0,009	-1	0,002	0,013	8. Mai.	11	06:07	06:18							
2023-03-22 06:37:00	0,00981	550,6648	1	0,554905	0,017331	0,025972	0,7	90,7	1	-0,013	0,012	-1	0,003	0,017	9. Mai.	12	06:06	06:18							
2023-03-22 06:38:00	0,009292	552,9814	1	0,542231	0,017007	0,022489	0,8	90,9	1	-0,016	0,014	-1	0,003	0,022	10. Mai.	12	06:05	06:18							
2023-03-22 06:39:00	0,008892	555,2937	1	0,529847	0,016688	0,019987	1	91,1	1	-0,02	0,017	-1	0,004	0,026	11. Mai.	13	06:05	06:18							
2023-03-22 06:40:00	0,007729	557,6017	1	0,517747	0,016374	0,007438	1,2	91,3	1	-0,023	0,02	-1	0,004	0,03	12. Mai.	10	06:06	06:17							
2023-03-23 06:35:00	0,009955	549,0443	1	0,569577	0,017736	0,025153	0,6	90,1	1	-0,002	0,011	-1	-0,006	0,01	13. Mai.	11	06:05	06:17							
2023-03-23 06:36:00	0,009954	551,3574	1	0,556519	0,017403	0,026984	0,8	90,3	1	-0,005	0,014	-1	-0,005	0,014	14. Mai.	12	06:05	06:17							
2023-03-23 06:37:00	0,009798	553,6663	1	0,543808	0,017077	0,027282	1	90,5	1	-0,008	0,017	-1	-0,004	0,018	15. Mai.	11	06:05	06:17							
2023-03-23 06:38:00	0,009423	555,9709	1	0,531387	0,016757	0,025333	1,1	90,7	1	-0,012	0,02	-1	-0,004	0,023	16. Mai.	12	06:04	06:17							
2023-03-23 06:39:00	0,008651	558,2713	1	0,51925	0,016442	0,018724	1,3	90,9	1	-0,015	0,023	-1	-0,003	0,027	17. Mai.	12	06:04	06:17							
2023-03-23 06:40:00	0,007265	560,5674	1	0,507391	0,016132	0,002357	1,5	91	1	-0,018	0,026	-1	-0,002	0,031	18. Mai.	12	06:04	06:17							
2023-03-24 06:33:00	0,010028	549,7196	1	0,571188	0,017809	0,025464	0,8	89,7	1	0,006	0,013	-1	-0,013	0,006	19. Mai.	11	06:04	06:16							
2023-03-24 06:34:00	0,010064	552,0188	1	0,558142	0,017475	0,027646	0,9	89,8	1	0,003	0,016	-1	-0,013	0,011	20. Mai.	11	06:04	06:16							
2023-03-24 06:35:00	0,009987	554,3137	1	0,545395	0,017147	0,028735	1,1	90	1	0	0,019	-1	-0,012	0,015	21. Mai.	10	06:04	06:16							
2023-03-24 06:36:00	0,009742	556,6045	1	0,532938	0,016825	0,02817	1,3	90,2	1	-0,004	0,022	-1	-0,011	0,019	22. Mai.	10	06:04	06:16							
2023-03-24 06:37:00	0,009266	558,891	1	0,520766	0,016508	0,025181	1,4	90,4	1	-0,007	0,025	-1	-0,011	0,024	23. Mai.	9	06:04	06:15							
2023-03-24 06:38:00	0,008351	561,1733	1	0,508871	0,016197	0,01666	1,6	90,6	1	-0,01	0,028	-1	-0,01	0,028	24. Mai.	11	06:03	06:16							
2023-03-25 06:32:00	0,010119	552,6767	1	0,57286	0,017957	0,02553	0,9	89,2	1	0,014	0,016	-1	-0,021	0,003	25. Mai.	11	06:03	06:16							
2023-03-25 06:33:00	0,010191	554,9579	1	0,559778	0,01762	0,028061	1,1	89,4	1	0,011	0,019	-1	-0,02	0,007	26. Mai.	12	06:03	06:16							
2023-03-25 06:34:00	0,010159	557,2349	1	0,546994	0,017288	0,029583	1,2	89,6	1	0,007	0,022	-1	-0,02	0,012	27. Mai.	12	06:03	06:16							
2023-03-25 06:35:00	0,010026	559,5078	1	0,534502	0,016962	0,030146	1,4	89,8	1	0,004	0,024	-1	-0,019	0,016	28. Mai.	11	06:03	06:15							
2023-03-25 06:36:00	0,009652	561,7764	1	0,522294	0,016642	0,028329	1,6	89,9	1	0,001	0,027	-1	-0,018	0,02	29. Mai.	11	06:04	06:16							
2023-03-25 06:37:00	0,009103	564,0409	1	0,510365	0,016327	0,024493	1,7	90,1	1	-0,002	0,03	-1	-0,018	0,025	30. Mai.	9	06:04	06:16							
2023-03-25 06:38:00	0,008037	566,3011	1	0,498709	0,016018	0,013857	1,9	90,3	0,999	-0,006	0,033	-0,999	-0,017	0,029	31. Mai.	9	06:04	06:16							
2023-03-26 06:31:00	0,010058	555,598	1	0,574546	0,018105	0,024133	1	88,7	1	0,022	0,018	-1	-0,028	0	1. Jun.	8	06:04	06:16							
2023-03-26 06:32:00	0,010298	557,8615	1	0,561427	0,017764	0,028286	1,2	88,9	1	0,019	0,021	-1	-0,028	0,004	2. Jun.	7	06:04	06:16							
2023-03-26 06:33:00	0,010302	560,1208	1	0,548608	0,017429	0,03015	1,4	89,1	1	0,015	0,024	-1	-0,027	0,008	3. Jun.	9	06:03	06:15							
2023-03-26 06:34:00	0,010205	562,376	2	0,53608	0,017099	0,031059	1,5	89,3	1	0,012	0,027	-1	-0,027	0,013	4. Jun.	9	06:03	06:15							
2023-03-26 06:35:00	0,010035	564,627	2	0,523838	0,016776	0,03128	1,7	89,5	1	0,009	0,03	-1	-0,026	0,017	5. Jun.	10	06:04	06:16							
2023-03-26 06:36:00	0,009479	566,8738	1	0,511875	0,016458	0,027653	1,9	89,7	0,999	0,006	0,033	-0,999	-0,025	0,021	6. Jun.	10	06:04	06:16							
2023-03-26 06:37:00	0,008942	569,1164	2	0,500185	0,016146	0,023836	2	89,9	0,999	0,002	0,036	-0,999	-0,025	0,026	7. Jun.	11	06:04	06:17							
2023-03-26 06:38:00	0,007679	571,3547	1	0,488762	0,015839	0,01027	2,2	90,1	0,999	-0,001	0,038	-0,999	-0,024	0,03	8. Jun.	11	06:04	06:17							
2023-03-27 06:29:00	0,010033	556,2332	1	0,576246	0,01818	0,023484	1,2	88,3	0,999	0,03	0,021	-0,999	-0,036	-0,003	9. Jun.	10	06:04	06:16							
2023-03-27 06:30:00	0,00998	558,4832	1	0,563092	0,017837	0,024836	1,3	88,5	0,999	0,027	0,023	-0,999	-0,035	0,001	10. Jun.	9	06:04	06:16							
2023-03-27 06:31:00	0,010383	560,7292	2	0,550237	0,017499	0,030503	1,5	88,7	0,999	0,023	0,026	-0,999	-0,035	0,005	11. Jun.	9	06:05	06:17							
2023-03-27 06:32:00	0,010335	562,971	2	0,537675	0,017168	0,031878	1,7	88,8	0,999	0,02	0,029	-0,999	-0,034	0,009	12. Jun.	9	06:05	06:17							
2023-03-27 06:33:00	0,010138	565,2087	2	0,525399	0,016843	0,031872	1,8	89	0,999	0,017	0,032	-0,999	-0,034	0,014	13. Jun.	9	06:05	06:17							
2023-03-27 06:34:00	0,009978	567,4423	2	0,513403	0,016523	0,032176	2	89,2	0,999	0,014	0,035	-0,999	-0,033	0,018	14. Jun.	9	06:05	06:17							
2023-03-27 06:35:00	0,009392	569,6717	1	0,50168	0,01621	0,028229	2,2	89,4	0,999	0,01	0,038	-0,999	-0,032	0,022	15. Jun.	9	06:06	06:18							

Potentielle Reflexionen

Max. Minuten pro Tag

Tag	Minuten
28. Apr.	5
5. Mai.	10
12.	12
19.	12
26.	10
2. Jun.	10
9. Jun.	10
16. Jun.	10
23. Jun.	10
30. Jun.	10
7. Jul.	10
14. Jul.	10
21. Jul.	10
28. Jul.	10
4. Aug.	10
11.	10

	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Se k	Anzahl Minuten	Minuten Tag	Minuten Anfang	Minuten Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 4
2023-03-06 18:08:00	0,006346	540,1002	1	0,430693	0,013194	0,009433	0	260,4	-0,986	-0,168	0	0,986	0,128	0,108	15	Apr.	1	18:08	18:08	18. April	25. August	16	1968	18:07	18:36	Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 4: 1968 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 1317 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk 651 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk 16 Minuten pro Tag (Max)
2023-03-07 18:08:00	0,006044	542,066	1	0,422208	0,012981	0,009969	0,3	260,6	-0,987	-0,163	0,005	0,987	0,122	0,109	16	Apr.	2	18:07	18:08							
2023-03-07 18:09:00	0,006976	539,5324	1	0,431963	0,013219	0,019028	0,1	260,8	-0,987	-0,16	0,002	0,987	0,121	0,105	17	Apr.	4	18:07	18:10							
2023-03-08 18:08:00	0,005672	546,4952	1	0,413858	0,012828	0,000355	0,6	260,9	-0,987	-0,159	0,01	0,987	0,115	0,11	18	Apr.	5	18:08	18:12							
2023-03-08 18:09:00	0,006775	543,9853	1	0,423428	0,013064	0,017243	0,4	261,1	-0,988	-0,155	0,008	0,988	0,114	0,106	19	Apr.	6	18:08	18:13							
2023-03-08 18:10:00	0,007535	541,4707	1	0,433223	0,013305	0,026019	0,3	261,2	-0,988	-0,152	0,005	0,988	0,114	0,101	20	Apr.	8	18:07	18:14							
2023-03-08 18:11:00	0,008167	538,9511	1	0,443248	0,013549	0,031998	0,1	261,4	-0,989	-0,149	0,002	0,989	0,113	0,097	21	Apr.	10	18:07	18:16							
2023-03-09 18:09:00	0,00656	548,3508	1	0,415033	0,012908	0,01517	0,7	261,3	-0,988	-0,151	0,013	0,988	0,108	0,107	22	Apr.	11	18:07	18:17							
2023-03-09 18:10:00	0,007357	545,8595	1	0,424642	0,013147	0,024847	0,6	261,5	-0,989	-0,148	0,01	0,989	0,107	0,102	23	Apr.	12	18:08	18:19							
2023-03-09 18:11:00	0,008024	543,3634	1	0,434476	0,01339	0,031448	0,4	261,7	-0,989	-0,145	0,007	0,989	0,106	0,098	24	Apr.	13	18:08	18:20							
2023-03-09 18:12:00	0,008507	540,8625	2	0,444541	0,013637	0,03522	0,2	261,9	-0,99	-0,141	0,004	0,99	0,106	0,094	25	Apr.	15	18:07	18:21							
2023-03-09 18:13:00	0,008817	538,3568	2	0,454842	0,013888	0,036838	0,1	262,1	-0,99	-0,138	0,001	0,99	0,105	0,09	26	Apr.	16	18:07	18:22							
2023-03-10 18:08:00	0,006355	555,0947	1	0,406778	0,012807	0,012702	1	261,6	-0,989	-0,146	0,018	0,989	0,101	0,108	27	Apr.	16	18:07	18:22							
2023-03-10 18:09:00	0,0072	552,6314	1	0,416204	0,013046	0,023495	0,9	261,8	-0,99	-0,143	0,015	0,99	0,1	0,104	28	Apr.	16	18:07	18:22							
2023-03-10 18:10:00	0,007904	550,1632	1	0,42585	0,013288	0,030742	0,7	261,9	-0,99	-0,14	0,012	0,99	0,099	0,099	29	Apr.	15	18:08	18:22							
2023-03-10 18:11:00	0,008444	547,6902	2	0,435723	0,013535	0,035229	0,5	262,1	-0,991	-0,137	0,009	0,991	0,099	0,095	30	Apr.	16	18:08	18:23							
2023-03-10 18:12:00	0,008788	545,2124	2	0,445828	0,013787	0,037218	0,4	262,3	-0,991	-0,134	0,006	0,991	0,098	0,091	1.	Mai.	16	18:07	18:22							
2023-03-10 18:13:00	0,009028	542,7299	2	0,456169	0,014042	0,038004	0,2	262,5	-0,991	-0,13	0,004	0,991	0,098	0,086	2.	Mai.	16	18:07	18:22							
2023-03-10 18:14:00	0,009215	540,2426	2	0,466753	0,014302	0,038192	0	262,7	-0,992	-0,127	0,001	0,992	0,097	0,082	3.	Mai.	16	18:07	18:22							
2023-03-11 18:08:00	0,006092	559,2705	1	0,398664	0,012646	0,009594	1,3	261,8	-0,99	-0,142	0,023	0,99	0,094	0,109	4.	Mai.	16	18:07	18:22							
2023-03-11 18:09:00	0,007	556,8299	1	0,407909	0,012883	0,021944	1,2	262	-0,99	-0,139	0,02	0,99	0,093	0,105	5.	Mai.	15	18:08	18:22							
2023-03-11 18:10:00	0,007735	554,3844	1	0,417371	0,013124	0,029878	1	262,2	-0,991	-0,136	0,017	0,991	0,093	0,1	6.	Mai.	16	18:08	18:23							
2023-03-11 18:11:00	0,008328	551,9342	1	0,427054	0,013369	0,035092	0,8	262,4	-0,991	-0,132	0,014	0,991	0,092	0,096	7.	Mai.	16	18:08	18:23							
2023-03-11 18:12:00	0,008708	549,4792	2	0,436965	0,013618	0,037499	0,7	262,6	-0,992	-0,129	0,012	0,992	0,091	0,092	8.	Mai.	16	18:08	18:23							
2023-03-11 18:13:00	0,008971	547,0195	2	0,447109	0,013872	0,03853	0,5	262,8	-0,992	-0,126	0,009	0,992	0,091	0,088	9.	Mai.	16	18:08	18:23							
2023-03-11 18:14:00	0,009172	544,555	2	0,45749	0,01413	0,038869	0,3	263	-0,992	-0,123	0,006	0,992	0,09	0,083	10.	Mai.	16	18:08	18:23							
2023-03-11 18:15:00	0,009334	542,0858	2	0,468115	0,014393	0,038789	0,2	263,1	-0,993	-0,119	0,003	0,993	0,09	0,079	11.	Mai.	15	18:09	18:23							
2023-03-11 18:16:00	0,009463	539,6119	2	0,47899	0,01466	0,038366	0	263,3	-0,993	-0,116	0	0,993	0,089	0,075	12.	Mai.	16	18:09	18:24							
2023-03-12 18:08:00	0,005776	561,0089	1	0,390692	0,012432	0,005741	1,6	262,1	-0,99	-0,137	0,028	0,99	0,087	0,11	13.	Mai.	16	18:09	18:24							
2023-03-12 18:09:00	0,006761	558,5789	1	0,399759	0,012665	0,020177	1,5	262,3	-0,991	-0,134	0,025	0,991	0,086	0,106	14.	Mai.	16	18:09	18:24							
2023-03-12 18:10:00	0,007524	556,1441	1	0,409039	0,012902	0,028856	1,3	262,5	-0,991	-0,131	0,023	0,991	0,086	0,101	15.	Mai.	16	18:09	18:24							
2023-03-12 18:11:00	0,008157	553,7045	1	0,418536	0,013144	0,034738	1,1	262,7	-0,992	-0,128	0,02	0,992	0,085	0,097	16.	Mai.	16	18:09	18:24							
2023-03-12 18:12:00	0,008578	551,2601	2	0,428256	0,01339	0,037675	1	262,8	-0,992	-0,124	0,017	0,992	0,085	0,093	17.	Mai.	16	18:09	18:24							
2023-03-12 18:13:00	0,008865	548,811	2	0,438204	0,01364	0,038983	0,8	263	-0,993	-0,121	0,014	0,993	0,084	0,089	18.	Mai.	15	18:10	18:24							
2023-03-12 18:14:00	0,00908	546,3572	2	0,448386	0,013895	0,039479	0,6	263,2	-0,993	-0,118	0,011	0,993	0,083	0,084	19.	Mai.	16	18:10	18:25							
2023-03-12 18:15:00	0,009254	543,8987	2	0,458806	0,014154	0,039533	0,5	263,4	-0,993	-0,115	0,008	0,993	0,083	0,08	20.	Mai.	16	18:10	18:25							
2023-03-12 18:16:00	0,009396	541,4355	2	0,469472	0,014417	0,039237	0,3	263,6	-0,994	-0,112	0,005	0,994	0,082	0,076	21.	Mai.	16	18:10	18:25							
2023-03-12 18:17:00	0,00951	538,9677	2	0,480387	0,014685	0,038655	0,1	263,8	-0,994	-0,108	0,002	0,994	0,081	0,071	22.	Mai.	16	18:10	18:25							
2023-03-13 18:09:00	0,006542	562,6543	1	0,391754	0,012502	0,018167	1,8	262,5	-0,991	-0,13	0,031	0,991	0,08	0,107	23.	Mai.	16	18:10	18:25							
2023-03-13 18:10:00	0,007337	560,2417	1	0,400854	0,012737	0,027672	1,6	262,7	-0,992	-0,126	0,028	0,992	0,079	0,102	24.	Mai.	16	18:10	18:25							
2023-03-13 18:11:00	0,008004	557,8244	1	0,410168	0,012977	0,034163	1,4	262,9	-0,992	-0,123	0,025	0,992	0,078	0,098	25.	Mai.	16	18:10	18:25							
2023-03-13 18:12:00	0,008477	555,4023	2	0,4197	0,013221	0,037746	1,3	263,1	-0,993	-0,12	0,022	0,993	0,078	0,094	26.	Mai.	15	18:11	18:25							
2023-03-13 18:13:00	0,00879	552,9755	2	0,429456	0,013469	0,03936	1,1	263,3	-0,993	-0,117	0,019	0,993	0,077	0,09	27.	Mai.	16	18:11	18:26							
2023-03-13 18:14:00	0,009021	550,544	2	0,439441	0,013722	0,040024	0,9	263,5	-0,993	-0,113	0,016	0,993	0,076	0,085	28.	Mai.	16	18:11	18:26							
2023-03-13 18:15:00	0,009209	548,1079	2	0,449661	0,013979	0,04021	0,8	263,7	-0,994	-0,11	0,013	0,994	0,076	0,081	29.	Mai.	16	18:12	18:27							
2023-03-13 18:16:00	0,009363	545,667	2	0,46012	0,01424	0,040095	0,6	263,9	-0,994	-0,107	0,01	0,994	0,075	0,077	30.	Mai.	16	18:12	18:27							
2023-03-13 18:17:00	0,009489	543,2216	2	0,470824	0,014506	0,03957	0,4	264	-0,995	-0,104	0,008	0,995	0,075	0,072	31.	Mai.	16	18:12	18:27							
2023-03-13 18:18:00	0,009592	540,7715	2	0,48178	0,014777	0,03887	0,3	264,2	-0,995	-0,1	0,005	0,995	0,074	0,068	1.	Jun.	16	18:12	18:27							
2023-03-13 18:19:00	0,009672	538,3168	2	0,492993	0,015052	0,037943	0,1	264,4	-0,995	-0,097	0,002	0,995	0,073	0,064	2.	Jun.	16	18:12	18:27							

	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Se k	Anzahl Minuten	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 5
																Tag	Minuten	Start	Ende		
2023-03-15 18:21:00	0,009545	541,8632	2	0,507401	0,015594	0,033444	0,2	265,5	-0,997	-0,078	0,004	0,997	0,058	0,053	23. Apr.	1	18:19	18:19			
2023-03-15 18:22:00	0,009602	539,4389	2	0,519231	0,015886	0,032264	0	265,7	-0,997	-0,075	0,001	0,997	0,057	0,049	24. Apr.	1	18:20	18:20			
2023-03-16 18:21:00	0,009539	545,9771	2	0,497272	0,015399	0,034565	0,5	265,8	-0,997	-0,074	0,009	0,997	0,051	0,054	25. Apr.	3	18:19	18:21			
2023-03-16 18:22:00	0,009615	543,5743	2	0,50887	0,015689	0,033565	0,3	266	-0,998	-0,07	0,006	0,998	0,05	0,05	26. Apr.	4	18:19	18:22			
2023-03-16 18:23:00	0,009665	541,167	2	0,520741	0,015984	0,032305	0,2	266,2	-0,998	-0,067	0,003	0,998	0,049	0,046	27. Apr.	6	18:19	18:24			
2023-03-16 18:24:00	0,009686	538,7553	1	0,53289	0,016284	0,030747	0	266,3	-0,998	-0,064	0	0,998	0,049	0,041	28. Apr.	7	18:19	18:25			
2023-03-17 18:21:00	0,009479	547,6586	2	0,48733	0,015138	0,035573	0,8	266	-0,998	-0,069	0,014	0,998	0,044	0,055	29. Apr.	8	18:20	18:27			
2023-03-17 18:22:00	0,009571	545,2658	2	0,498701	0,015423	0,034735	0,6	266,2	-0,998	-0,066	0,011	0,998	0,043	0,051	30. Apr.	9	18:20	18:28			
2023-03-17 18:23:00	0,009639	542,8686	2	0,510339	0,015714	0,033651	0,5	266,4	-0,998	-0,062	0,008	0,998	0,042	0,047	1. Mai.	11	18:19	18:29			
2023-03-17 18:24:00	0,009679	540,4669	2	0,52225	0,016009	0,032291	0,3	266,6	-0,998	-0,059	0,005	0,998	0,042	0,042	2. Mai.	12	18:19	18:30			
2023-03-17 18:25:00	0,009689	538,0608	1	0,53444	0,016131	0,030623	0,1	266,8	-0,998	-0,056	0,003	0,998	0,041	0,038	3. Mai.	13	18:19	18:31			
2023-03-18 18:21:00	0,009598	551,6637	2	0,488725	0,015292	0,035791	0,9	266,5	-0,998	-0,061	0,017	0,998	0,036	0,052	4. Mai.	14	18:20	18:33			
2023-03-18 18:22:00	0,009683	549,292	2	0,500134	0,015582	0,034859	0,8	266,7	-0,998	-0,058	0,014	0,998	0,036	0,048	5. Mai.	15	18:20	18:34			
2023-03-18 18:23:00	0,00974	546,9158	2	0,51181	0,015876	0,033665	0,6	266,9	-0,998	-0,055	0,011	0,998	0,035	0,043	6. Mai.	16	18:20	18:35			
2023-03-18 18:24:00	0,009771	544,5352	2	0,52376	0,016176	0,032201	0,5	267,1	-0,999	-0,051	0,008	0,999	0,034	0,039	7. Mai.	18	18:20	18:37			
2023-03-18 18:25:00	0,009772	542,1503	1	0,535991	0,016482	0,030443	0,3	267,2	-0,999	-0,048	0,005	0,999	0,034	0,035	8. Mai.	19	18:20	18:38			
2023-03-18 18:26:00	0,00974	539,7609	1	0,548508	0,016792	0,028333	0,1	267,4	-0,999	-0,045	0,002	0,999	0,033	0,03	9. Mai.	19	18:21	18:39			
2023-03-19 18:21:00	0,009572	555,6012	2	0,47894	0,015093	0,036748	1,2	266,8	-0,998	-0,056	0,022	0,998	0,029	0,053	10. Mai.	19	18:21	18:39			
2023-03-19 18:22:00	0,00967	553,2502	2	0,490124	0,01538	0,035949	1,1	267	-0,998	-0,053	0,019	0,998	0,029	0,049	11. Mai.	19	18:21	18:39			
2023-03-19 18:23:00	0,009743	550,8949	2	0,50157	0,015672	0,034899	0,9	267,1	-0,999	-0,05	0,016	0,999	0,028	0,044	12. Mai.	20	18:21	18:40			
2023-03-19 18:24:00	0,009791	548,5351	2	0,513284	0,015969	0,033606	0,8	267,3	-0,999	-0,047	0,013	0,999	0,027	0,04	13. Mai.	20	18:21	18:40			
2023-03-19 18:25:00	0,009814	546,171	2	0,525273	0,016272	0,032057	0,6	267,5	-0,999	-0,043	0,01	0,999	0,027	0,036	14. Mai.	19	18:22	18:40			
2023-03-19 18:26:00	0,009808	543,8025	1	0,537543	0,01658	0,030222	0,4	267,7	-0,999	-0,04	0,007	0,999	0,026	0,031	15. Mai.	19	18:22	18:40			
2023-03-19 18:27:00	0,009767	541,4297	1	0,550101	0,016893	0,028023	0,3	267,9	-0,999	-0,037	0,004	0,999	0,025	0,027	16. Mai.	20	18:22	18:41			
2023-03-19 18:28:00	0,009679	539,0525	1	0,562953	0,017212	0,025332	0,1	268,1	-0,999	-0,034	0,002	0,999	0,025	0,023	17. Mai.	20	18:22	18:41			
2023-03-20 18:21:00	0,009535	559,4733	2	0,469347	0,014893	0,037611	1,6	267	-0,998	-0,052	0,027	0,998	0,022	0,054	18. Mai.	20	18:22	18:41			
2023-03-20 18:22:00	0,009646	557,1429	2	0,48031	0,015178	0,036935	1,4	267,2	-0,999	-0,048	0,024	0,999	0,022	0,05	19. Mai.	20	18:22	18:41			
2023-03-20 18:23:00	0,009732	554,8081	2	0,49153	0,015467	0,036013	1,2	267,4	-0,999	-0,045	0,021	0,999	0,021	0,045	20. Mai.	19	18:23	18:41			
2023-03-20 18:24:00	0,009796	552,4689	2	0,503012	0,015762	0,034868	1,1	267,6	-0,999	-0,042	0,018	0,999	0,02	0,041	21. Mai.	20	18:23	18:42			
2023-03-20 18:25:00	0,009836	550,1253	2	0,514764	0,016062	0,033493	0,9	267,8	-0,999	-0,039	0,016	0,999	0,02	0,037	22. Mai.	20	18:23	18:42			
2023-03-20 18:26:00	0,009852	547,7774	2	0,526791	0,016367	0,031876	0,7	268	-0,999	-0,035	0,013	0,999	0,019	0,032	23. Mai.	20	18:23	18:42			
2023-03-20 18:27:00	0,009839	545,4252	1	0,539099	0,016677	0,029969	0,6	268,2	-0,999	-0,032	0,01	0,999	0,018	0,028	24. Mai.	20	18:23	18:42			
2023-03-20 18:28:00	0,009789	543,0686	1	0,551697	0,016993	0,027672	0,4	268,3	-1	-0,029	0,007	1	0,018	0,024	25. Mai.	20	18:23	18:42			
2023-03-20 18:29:00	0,009691	540,7078	1	0,564589	0,017315	0,024873	0,2	268,5	-1	-0,026	0,004	1	0,017	0,02	26. Mai.	20	18:23	18:42			
2023-03-21 18:20:00	0,00952	565,5881	2	0,459946	0,014755	0,038326	1,9	267,3	-0,998	-0,047	0,032	0,998	0,015	0,055	27. Mai.	21	18:23	18:43			
2023-03-21 18:21:00	0,00965	563,2823	2	0,470691	0,015038	0,037831	1,7	267,5	-0,999	-0,044	0,029	0,999	0,015	0,051	28. Mai.	20	18:24	18:43			
2023-03-21 18:22:00	0,009749	560,9721	2	0,481689	0,015326	0,037024	1,5	267,7	-0,999	-0,041	0,027	0,999	0,014	0,046	29. Mai.	20	18:25	18:44			
2023-03-21 18:23:00	0,009827	558,6576	2	0,492943	0,015619	0,036009	1,4	267,9	-0,999	-0,037	0,024	0,999	0,013	0,042	30. Mai.	20	18:25	18:44			
2023-03-21 18:24:00	0,009883	556,3386	2	0,504462	0,015918	0,034782	1,2	268	-0,999	-0,034	0,021	0,999	0,013	0,038	31. Mai.	20	18:25	18:44			
2023-03-21 18:25:00	0,009918	554,0154	2	0,51625	0,016222	0,033345	1	268,2	-0,999	-0,031	0,018	0,999	0,012	0,033	1. Jun.	20	18:25	18:44			
2023-03-21 18:26:00	0,00993	551,6878	2	0,528314	0,016531	0,031672	0,9	268,4	-1	-0,028	0,015	1	0,011	0,029	2. Jun.	20	18:25	18:44			
2023-03-21 18:27:00	0,009908	549,3559	1	0,540661	0,016846	0,029673	0,7	268,6	-1	-0,024	0,012	1	0,011	0,025	3. Jun.	20	18:25	18:44			
2023-03-21 18:28:00	0,009849	547,0197	1	0,553297	0,017167	0,027729	0,5	268,8	-1	-0,021	0,009	1	0,01	0,021	4. Jun.	19	18:25	18:43			
2023-03-21 18:29:00	0,009741	544,6792	1	0,566228	0,017493	0,024373	0,4	269	-1	-0,018	0,006	1	0,01	0,016	5. Jun.	19	18:26	18:44			
2023-03-22 18:21:00	0,009605	567,0304	2	0,461267	0,014835	0,038644	2	267,8	-0,999	-0,039	0,035	0,999	0,008	0,052	6. Jun.	19	18:26	18:44			
2023-03-22 18:22:00	0,009715	564,7401	2	0,472046	0,01512	0,037945	1,8	267,9	-0,999	-0,036	0,032	0,999	0,007	0,047	7. Jun.	18	18:27	18:44			
2023-03-22 18:23:00	0,009805	562,4455	2	0,483077	0,015411	0,037045	1,7	268,1	-0,999	-0,033	0,029	0,999	0,006	0,043	8. Jun.	17	18:27	18:43			
2023-03-22 18:24:00	0,009876	560,1466	2	0,494367	0,015706	0,03595	1,5	268,3													