

Blendgutachten Solarpark Rümpel

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

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

☎ +49 40 79 69 59 36

📞 +49 40 79 69 59 38

@ info@solpeg.com

🌐 www.solpeg.com

Inhalt

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.....	7
3	Ermittlung der potenziellen Blendwirkung	8
3.1	Rechtliche Hinweise	8
3.2	Blendwirkung von PV Modulen.....	8
3.3	Berechnung der Blendwirkung	10
3.4	Technische Parameter der PV Anlage	11
3.5	Standorte für die Analyse	12
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	13
4	Ergebnisse	17
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P2, A21 östlich.....	20
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P3, A21 nordöstlich	22
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude westlich.....	24
5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	25
6	Schlussbemerkung	25
7	Anhang	26 - 36

SolPEG Blendgutachten

Analyse der potenziellen Blendwirkung der PV Anlage Rümpel

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Die SolPEG GmbH verfügt über umfangreiche Erfahrung im Bereich Photovoltaik (PV) und bietet eine breite Palette von Dienstleistungen an. Mit über 700 erstellten Blendgutachten haben wir auch auf diesem Gebiet eine weitreichende Expertise. Vor diesem Hintergrund wurden wir beauftragt, die potenzielle Blendwirkung der PV-Anlage „Rümpel“ für Verkehrsteilnehmer auf der A21 sowie für Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

Lt. aktueller Gesetzgebung (§2 EEG) liegt die Nutzung Erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse und dient der öffentlichen Sicherheit. Der priorisierte Ausbau der erneuerbaren Energien als wesentlicher Teil des Klimaschutzgebotes soll im Rahmen einer Schutzgüterabwägung nur in Ausnahmefällen überwunden werden. Andererseits soll der Ausbau der erneuerbaren Energien auch die bestehenden Regelungen für den Immissionsschutz berücksichtigen. Dies gilt auch für Lichtimmissionen durch PV Anlagen.

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist die sog. 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 „Rümpel“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Lichtleitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer auf der A21 und Anwohner der angrenzenden Gebäude.

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

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

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

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

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Fläche des Solarparks befindet sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet im Westen der Gemeinde Rümpel in Schleswig-Holstein. Östlich der Fläche verläuft die Autobahn A21. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Fläche im Westen der Gemeinde Rümpel in Schleswig-Holstein. Die Flächen weisen leichte Unebenheiten auf.
Koordinaten (Mitte)	53.769°N, 10.317°O, 36 m ü. NN
Abstand zu A21	ca. 50 m
Grenzlänge entlang A21	ca. 1500 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 50 m

Übersicht² über den Standort und die PV Anlage (schematisch)

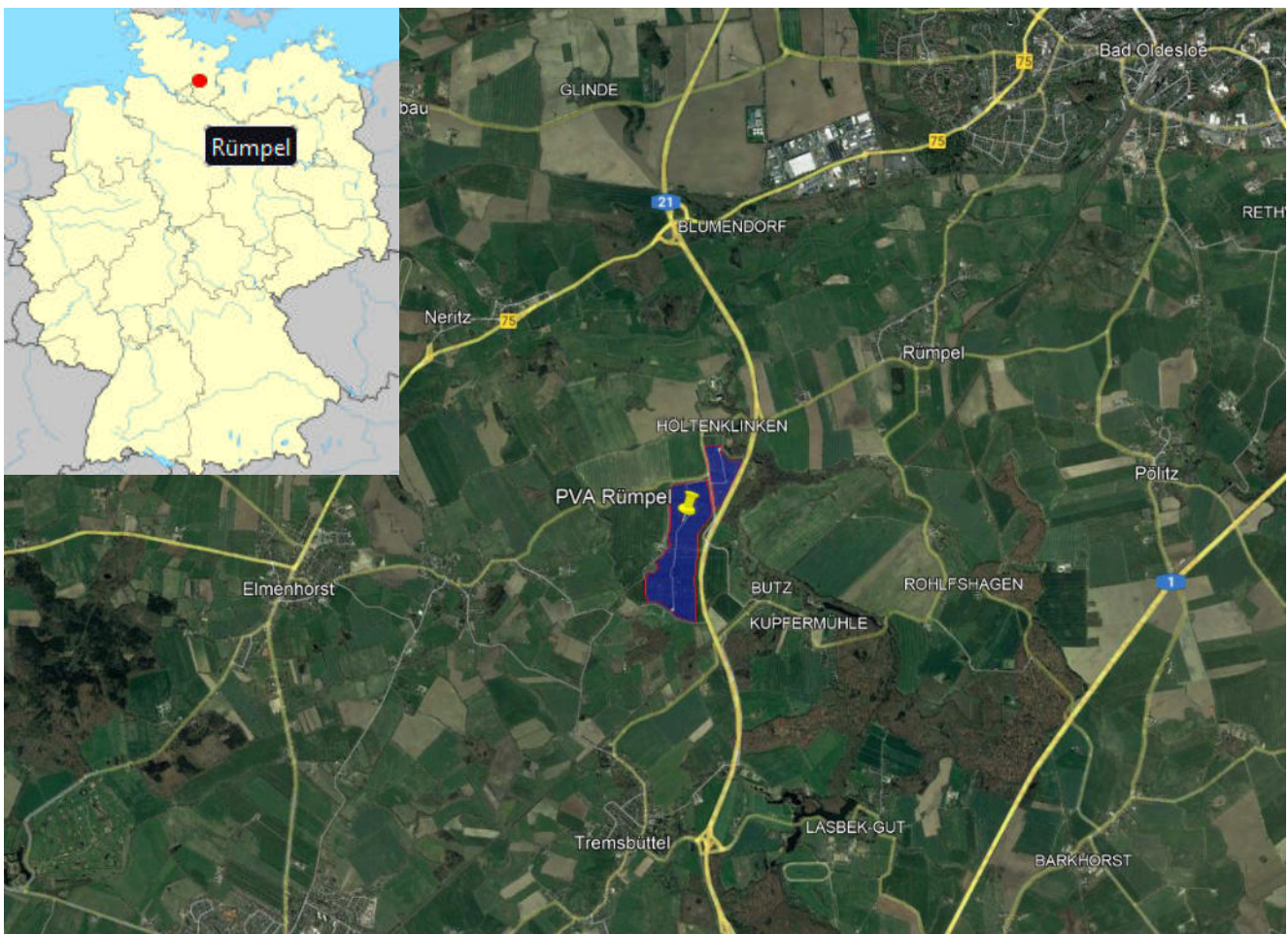


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

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

Übersicht über die PV Anlage und Umgebung.

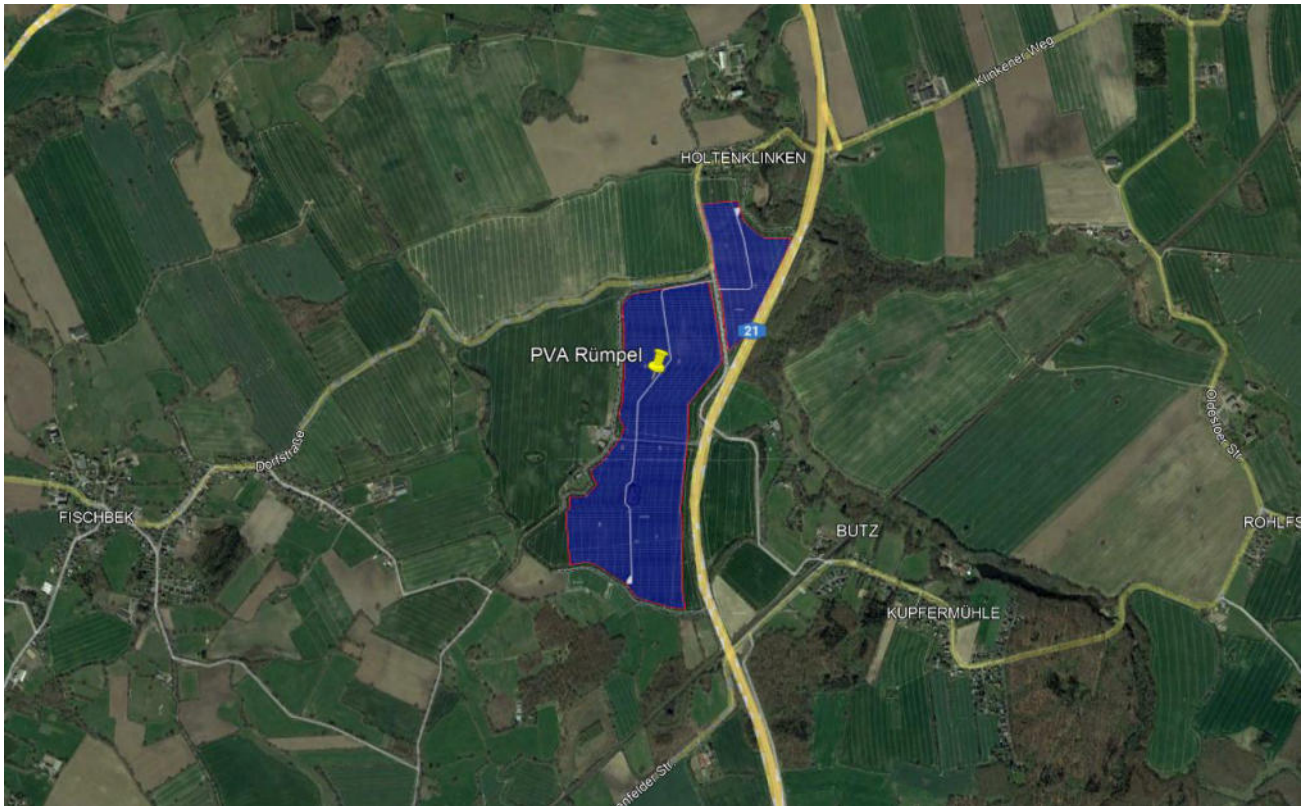


Bild 2.1.2: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Detailansicht der PV Anlage.



Bild 2.1.3: Details der PV Anlage (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Fotos der PV Fläche. Blick in Richtung Südwesten auf das PV Feld 1.



Bild 2.1.4 Foto der PV Fläche (Quelle: Google StreetView, Mai 2022, Ausschnitt)

Blick in Richtung Westen auf das PV Feld 2.



Bild 2.1.5 Foto der PV Fläche (Quelle: Google StreetView, Juli 2022, Ausschnitt)

2.2 Umliegende Gebäude

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

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

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

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

Die folgende Skizze zeigt den westlichen Bereich der PV Anlage und westlich gelegene Gebäude. Aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz können die Gebäude von potenziellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden aber in der Realität besteht kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage. Der Standort wird dennoch zu Kontrollzwecken analysiert. Privat-, Feld- und Wirtschaftswege werden nicht analysiert. Die Einzelergebnisse sind im Abschnitt 4 dargestellt und kommentiert.



Bild 2.2.1: Östlich der PV Anlage gelegene Gebäude (Quelle: Google Earth / SolPEG)

3 Ermittlung der potenziellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

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

3.2 Blendwirkung von PV Modulen

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

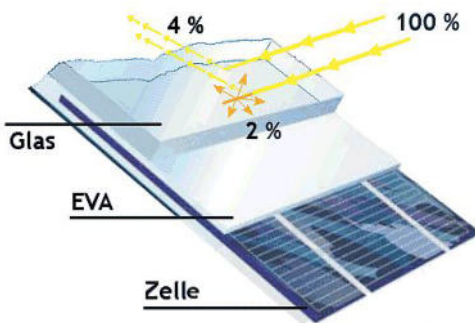


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

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:

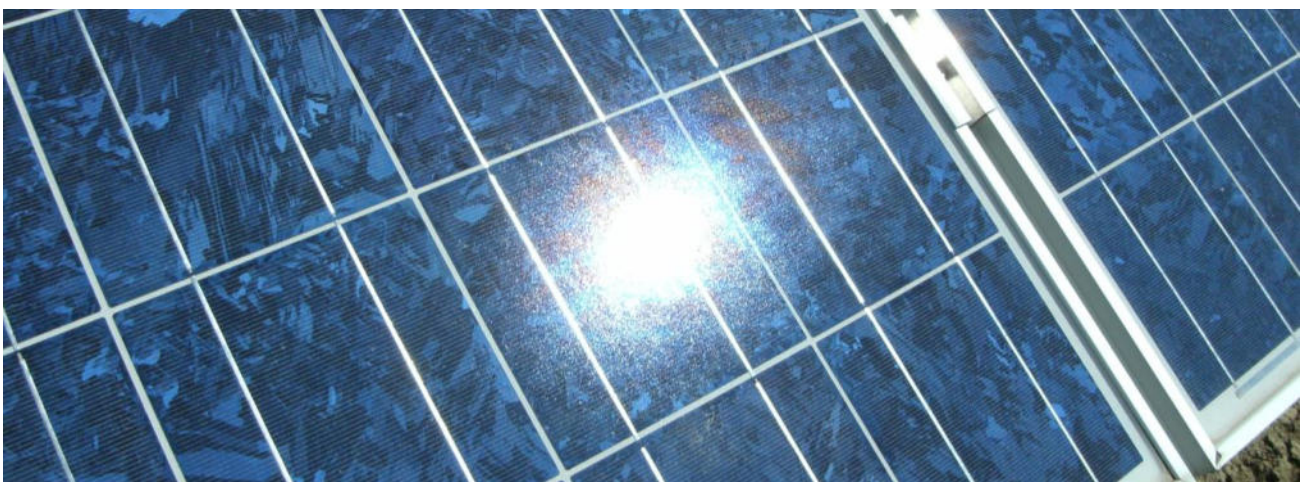


Bild 3.2.2: Diffuse Reflexion von direkten Sonnenlicht (Einstrahlung ca. 980 W/m²) auf einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

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

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

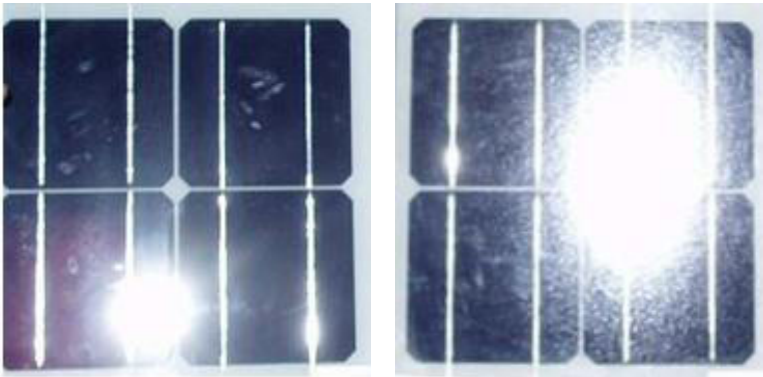


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

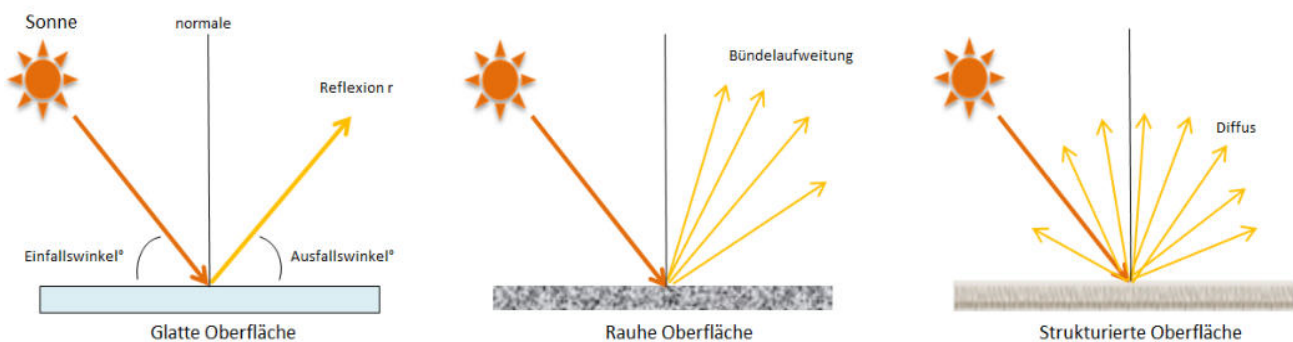


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers 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 mm ² 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 Lichtleitlinie beschriebenen Empfehlungen (Seite 21ff) zur Anwendung, es werden jedoch aufgrund fehlender Angaben u.a. für Fahrzeuglenker zusätzliche Quellen herangezogen, u.a. die Richtlinien der 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:

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

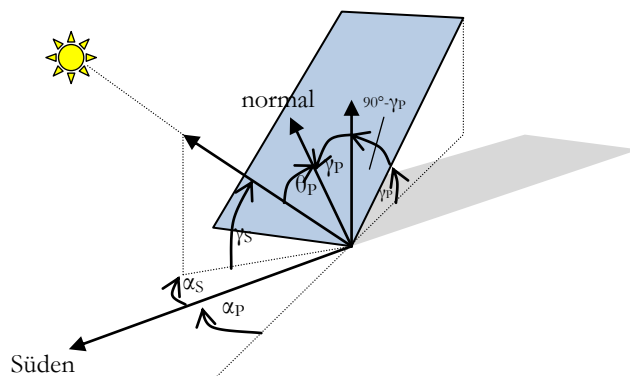


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

Die unter **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführten generellen Eigenschaften von PV Modulen (Glasoberfläche, Antireflexionsschicht) haben Einfluss auf den Reflexionsfaktor der Berechnung bzw. entsprechenden Berechnungsmodelle.

Die Simulation von Reflexionen geht zu jedem Zeitpunkt von einem klaren Himmel und direkter Sonneneinstrahlung aus, daher wird im Ergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung angegeben. Dies entspricht nur selten den realen Umgebungsbedingungen und auch Informationen über möglichen Sichtschutz durch Bäume, Gebäude oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden. Auch Wettereinflüsse wie z.B. Frühnebel/Dunst oder lokale Besonderheiten der Wetterbedingungen können nicht berechnet werden. Die Entfernung zur Blendquelle fließt in die Berechnung ein, jedoch sind sich die Experten uneinig ab welcher Entfernung eine Blendwirkung durch PV Anlagen zu vernachlässigen ist. In der Licht-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 Lichtleitlinie 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 einfachen Modulen. Dennoch sind Reflexionen nicht ausgeschlossen, insbesondere wenn das Sonnenlicht abends und morgens in einem flachen Winkel auf die Moduloberfläche trifft. Die folgende Skizze verdeutlicht die Konstruktion der Modulinstallation.

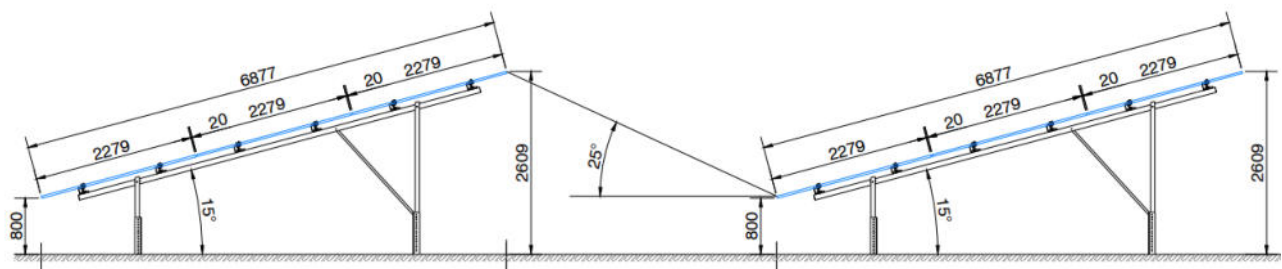


Bild 3.3.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Systemplanung)

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

Tabelle 1: Berechnungsparameter

PV Modul	Suntech Ultra (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Modulinstallation	Modultische, fest aufgeständert
Ausrichtung (Azimut)	180° (Süden = 180°)
Modulneigung	15°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. ca. 0,8 m, max. 2,60 m (leichte Abweichungen möglich)
Anzahl Messpunkte gesamt	4 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Höhe Messpunkte Straße	2 m (Sitzhöhe PKW, Transporter, LKW gemittelt)
Sichtwinkel Fahrzeugführer	Fahrtrichtung +/- 20°, 100 m Sichtweite

Es existieren keine verbindlichen Vorgaben zum „relevanten Sichtwinkel“ aber in Fachkreisen wird überwiegend angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel von 20° und mehr zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung⁷ darstellen. In einem Winkel zwischen 10° - 20° können Reflexionen mit einer bestimmten Leuchtdichte eine moderate Blendwirkung erzeugen und unter 10° werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wird der für Reflexionen relevante Sichtwinkel (Sektor) als der Bereich innerhalb einer Spanne von +/- 20° um die Fahrtrichtung definiert. Die Sichtweite beträgt dabei 100 m.

⁷ Ein Aspekt ist die Anordnung und Anzahl der relevanten Schzellen (Zapfen und Stäbchen) im menschlichen Auge

3.5 Standorte für die Analyse

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

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

Für die Analyse einer potenziellen Blendwirkung der PV Anlage Rümpel wurden insgesamt 4 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkte auf der Autobahn A21, sowie 1 Messpunkt im Bereich der umliegenden Gebäude. Die exakten GPS-Koordinaten der Messpunkte finden sich auch im Anhang.

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

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

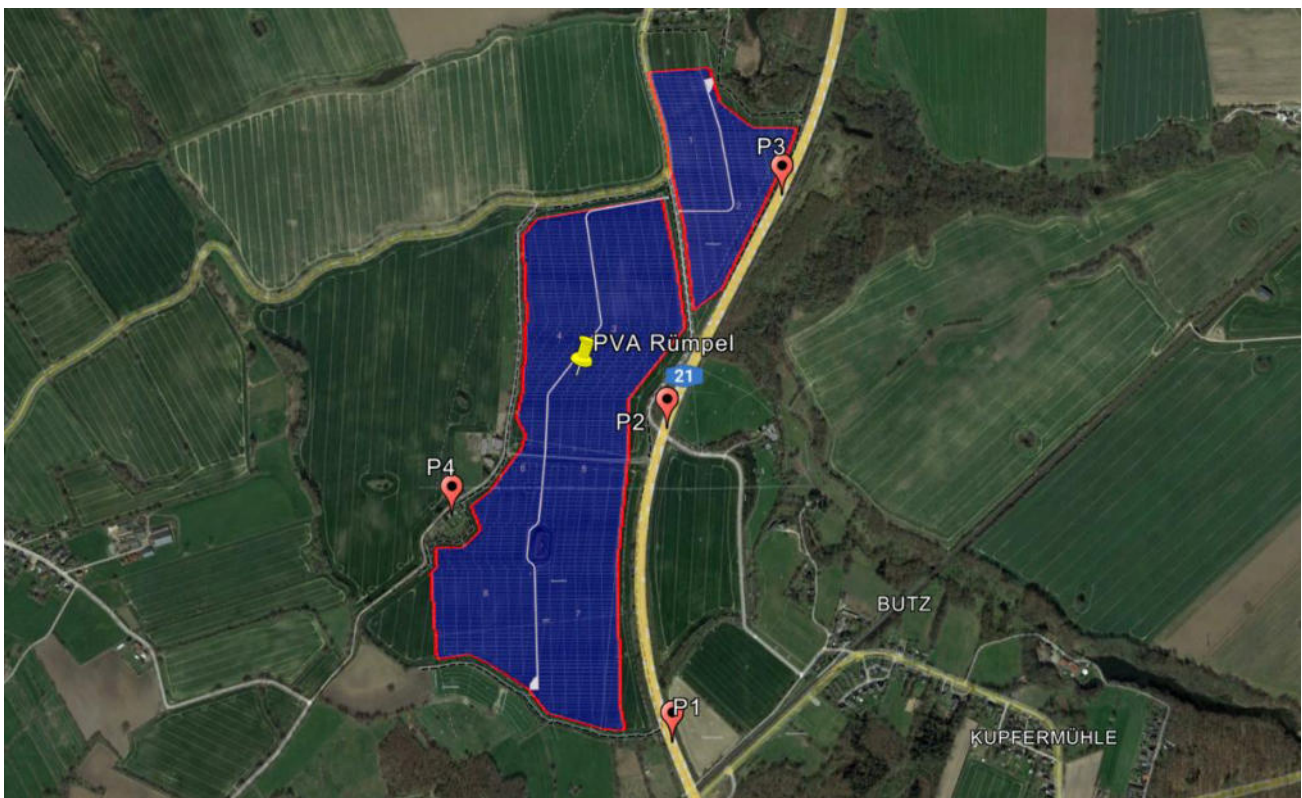


Bild 3.5.1: Übersicht über die PV Anlage und Messpunkte (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

Schutzwürdige Räume

In der Lichtleitlinie 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 Lichtleitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen.

Einfallswinkel der Reflexion

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

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

Entfernung zur Immissionsquelle

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

Die von der SolPEG seit 2015 in über 700 Blendgutachten überwiegend verwendete Simulationssoftware ForgeSolar⁹ basiert auf einer Entwicklung der US Sandia National Laboratories¹⁰. Die Software wird mittlerweile auch von anderen Gutachtern verwendet und könnte als Stand der Technik bezeichnet werden - obwohl (uns) Limitationen bekannt sind. Eine versierte Bedienung der Software ist unerlässlich für korrekte Ergebnisse.

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

⁸ Lichtleitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

⁹ <https://forgesolar.com> is based on the licensed software from Sandia National Laboratories.

¹⁰ Solar Glare Hazard Analysis Tool ("SGHAT") der Sandia National Laboratories: <https://www.sandia.gov/glare-tools>

100%ige Blendfreiheit

Lt. aktueller Gesetzgebung (§2 EEG) liegt die Nutzung Erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse und dient der öffentlichen Sicherheit. Der priorisierte Ausbau der erneuerbaren Energien als wesentlicher Teil des Klimaschutzgebotes soll im Rahmen einer Schutzgüterabwägung nur in Ausnahmefällen überwunden werden. Demnach ist die Privilegierung derartiger Bauvorhaben höher zu gewichten als das unter 9 Abs. 1 FStrG formulierte allgemeine Bauverbot innerhalb des 40 m Randstreifens von Autobahnen.

Trotz des politischen und gesellschaftlichen Konsens und der damit einhergehenden verwaltungsrechtlichen Vorgabe zur vereinfachten und priorisierten Genehmigung von Bauvorhaben im Segment der Erneuerbaren Energien wird die Forderung erhoben, dass eine Blendwirkung durch PV Anlagen im Randbereich von Autobahnen „in jeder Form“ auszuschließen ist. Eine derartig pauschale Forderung ist in Bezug auf die realen Verhältnisse im Straßenverkehr sachlich nicht begründbar und daher rechtlich nicht haltbar. PV Anlagen sind nicht pauschal eine (abstrakte) Gefahrenquelle und eine Blendwirkung als Resultat von Reflexionen ist - unabhängig von rechnerisch ermittelten Ergebnissen - immer ein subjektives Erleben. Nicht alle im Straßenverkehr auftretenden Reflexionen führen zwangsläufig zu einer relevanten Blendwirkung und nicht zwangsläufig zu einer Beeinträchtigung der sog. „Sicherheit und Leichtigkeit des fließenden Verkehrs“.

Im Zuge solcher Forderung wird oft auf die LAI Lichtleitlinie verwiesen (die auch bei SolPEG Blendgutachten zur Anwendung kommt), die allerdings keine konkreten Hinweise und Empfehlungen für die Analyse und auch nicht für die Bewertung von „bewegten Immissionsorten“ (PKW, Zug) enthält.

Die pauschale Forderung nach 100%iger Blendungsfreiheit widerspricht der lt. §9 Abs. 8 FStrG vorgesehenen Möglichkeit für Ausnahmegenehmigungen und kommt einer Diskriminierung von PV Anlagen gleich, wenn diese Forderung nicht auf alle in den Straßenverkehr eingebrachten Immissionsquellen angewendet wird. In der Konsequenz müssten alle potenziell reflektierenden Fahrzeugteile (Windschutzscheiben, Lackierungen, Chromteile u.a.) zum Erlöschen der Betriebserlaubnis führen, da es nicht zu 100% auszuschließen ist, dass derartige Fahrzeugteile Blendungen verursachen. Auch Reflexionen durch Schilder oder Gebäude im Bereich der Autobahn müssten zu jeder Zeit zu 100% ausgeschlossen werden – was in der Realität ebenfalls nicht möglich ist.

Auch Reflexionen von Sonnenlicht auf regennasser Fahrbahn stellt eine Beeinträchtigung bzw. Gefährdung dar, die ggf. durch den Autobahnbetreiber mittels eines entsprechenden Fahrbahnbelags oder durch andere geeignete Maßnahmen (z.B. temporäre Sperrungen) verhindert werden könnte/müsste. Ggf. könnte es sogar zu Schadensersatzforderungen gegenüber dem Autobahnbetreiber kommen – insbesondere wenn es sich um Streckenabschnitte handelt, auf denen es wiederholt zu derartigen Konstellationen kommt.

Bei derartigen Konstellationen wird allerdings argumentiert, dass die sichere und umsichtige Fahrzeugführung gemäß §3 Absatz 1 der Straßenverkehrsordnung (StVO) im Wesentlichen in der Verantwortung des Fahrzeugführers liegt und dieser hat die Fahrweise den aktuellen Sichtverhältnissen entsprechend anzupassen.

In Bezug auf die Nachtadaption des menschlichen Auges sind Blendungen, z.B. durch falsch eingestellte Scheinwerfer, durch lichtstarke LED Scheinwerfer oder auch durch Lichtsignale (Lichthupe) von LKWs als Signal zum Spurwechsel überholender LKWs, gravierender zu bewerten als Reflexionen auf PV Modulen bei Tageslichtadaption des Auges.

Im Gegensatz zu möglichst glänzenden Lackierungen bei Fahrzeugen kommen bei den aktuell marktüblichen PV Modulen Moduloberflächen durch Anti-Reflexionsschichten und/oder andere Technologien zum Einsatz. Derartige Technologien reduzieren die Leuchtdichte, sodass potenzielle Reflexionen im Normalfall nicht geeignet sind eine relevante Blendwirkung hervorzurufen. Es ist daher geboten in jedem Fall eine Abwägung für die konkrete Situation durchzuführen, eine pauschale Forderung nach einer 100%igen Blendfreiheit ist daher zurückzuweisen.

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. TMY¹¹) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2022 eine mittlere Wolkenbedeckung¹² von ca. 62,5 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1982-2009 liegt bei 62,5 % - 75 %.

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

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

Kategorien von Reflexionen

Fachleute sind überwiegend der Meinung, dass die sog. Absolutblendung, die eine Störung der Sehfähigkeit bewirkt, ab einer Leuchtdichte von ca. 100.000 cd/m² beginnt. Störungen sind z.B. Nachbilder in Form von hellen Punkten nachdem in die Sonne geschaut wurde. Auch in der LAI Lichtleitlinie ist dieser Wert angegeben (S. 21, der Wert ist bezogen auf die Tagesadaptation des Auges).

Aber nicht alle Reflexionen führen zwangsläufig zu einer Blendwirkung, da es sich neben den messbaren Effekten auch in einem hohen Maß um eine subjektiv empfundene Erscheinung/Irritation handelt (Psychologische Blendwirkung). Das Forschungsinstitut Sandia National Laboratories (USA) hat verschiedene Untersuchungen auf diesem Gebiet analysiert und eine Skala entwickelt, die die Wahrscheinlichkeit für Störungen/Nachbilder durch Lichtimmissionen in Bezug zu ihrer Intensität kategorisiert. Diese Kategorisierung entspricht dem Bezug zwischen Leuchtdichte (W/cm²) und Ausdehnung (Raumwinkel, mrad). Die folgende Skizze zeigt die Bewertungsskala in der Übersicht und auch das hier verwendete Simulationsprogramm stellt die jeweiligen Messergebnisse in ähnlicher Weise dar.

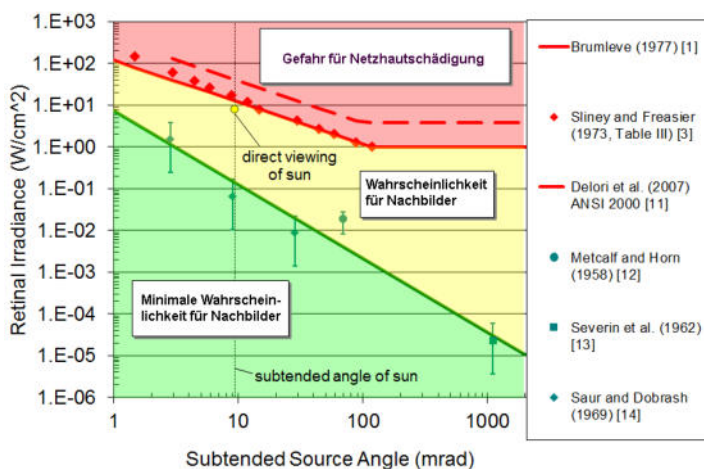


Bild 3.6.1: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

¹¹ Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

¹² 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 potenziellen Blendwirkung der PV Anlage Rümpel wird für 4 exemplarisch gewählte Messpunkte (Immissionsorte) durchgeführt. Die exakten GPS-Koordinaten der Messpunkte sind unten aufgeführt. Aufgrund des Fahrbahn- bzw. Streckenverlaufes ist es nicht zielführend mehrere/weitere Messpunkte in geringen Abstand zu untersuchen, da die Ausrichtung (Azimut) der Strecke und die Einfallswinkel von potenziellen Reflexionen nur unwesentlich abweichen und daher die Simulationsergebnisse entsprechend nur unwesentlich abweichen. Die Höhe der Messpunkte im Bereich der Straße ist auf 2 m über GOK festgelegt. Dies entspricht der gemittelten Sitzhöhe von PKW und LKW inkl. Transporter und SUV. Das ist ein eher konservativer Ansatz, da die Sitzhöhe bei der Mehrzahl der Verkehrsteilnehmer (PKW) nur ca. 1,20 m - 1,40 m beträgt. Eine Höhe von 3 m ist unrealistisch und liegt außerhalb des Median.

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 LAI Lichtleitlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als 10° zu vernachlässigen, da in solchen Konstellationen die Sonne selbst die Ursache für eine mögliche Blendwirkung darstellt. Auch Reflexionen die im „nächtlichen Zeitfenster“ von 22:00 – 06:00 Uhr auftreten würden, sind zu relativieren bzw. zu vernachlässigen. Nach Bereinigung der Rohdaten sind die Ergebnisse üblicherweise um ca. 20 - 50% geringer und es sind nur noch Werte der Kategorie „Gelb“ vorhanden. D.h. es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder.

In einer weiteren Betrachtung werden die örtlichen Gegebenheiten und die Einfallswinkel der Reflexionen analysiert, da dieser entscheidend für die Wahrnehmung von Reflexionen ist. Prinzipiell könnte immer eine Blendwirkung auftreten wenn direkt in die Sonne geblickt wird und daher wird dies vermieden. Aber selbst wenn es z. B. aus Unachtsamkeit zu derartigen Konstellationen kommt, verhindern natürliche Reflexe wie Augen schließen, Änderung der Blickrichtung usw. eine Beeinträchtigung durch starke Lichtquellen. Dies gilt gleichermaßen auch für Reflexionen auf PV Modulen bzw. eher weniger, da es sich um eher diffuse Reflexionen handelt und nicht um direktes Sonnenlicht. In folgenden Abschnitt werden die rechnerisch ermittelten Ergebnisse an den jeweiligen Immissionsorten kommentiert. Die folgende Tabelle zeigt Details zu den einzelnen Messpunkten.

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

Messpunkt Bezeichnung	Breitengrad [°N]	Längengrad [°O]	Geländehöhe ¹³ ü. N.N. [m]	Messpunkt ü. N.N. [m]	Reflexionen
P1 A21, südöstlich	53.760671	10.320775	41,23	43,23	nicht relevant ^{WSD}
P2 A21, östlich	53.767451	10.320439	33,60	35,60	nicht relevant ^{WS}
P3 A21, nordöstlich	53.772571	10.324741	27,23	29,23	nicht relevant ^{WS}
P4 Gebäude westlich	53.765578	10.312615	34,55	36,55	nicht relevant ^D

^W = Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen, ^S = Sichtschutz oder Geländestruktur, ^D = zeitliche Dauer

¹³ GPS Längengrad, Breitengrad und Höhenangaben gemäß Google Earth Datenbasis (WGS84 / World Geodetic System 1984)

Ergebnisse am Messpunkt P1, A21 südöstlich

Am Messpunkt P1 auf der Autobahn A21 können theoretisch an nur insgesamt 311 Minuten pro Jahr Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 15. Mai - 31. Juli zwischen 19:59 - 20:20 Uhr für max. 7 Minuten aus westlicher Richtung auftreten. Aufgrund der sehr geringen zeitlichen Dauer sind potenzielle Reflexionen nicht relevant. Darüber hinaus liegen die Einfallswinkel mit ca. -46° bis -60° links (westlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, 100 m Sichtweite) und auch unter diesem Aspekt sind potenzielle Reflexionen nicht relevant. Selbst bei einem kurzzeitigen Schulterblick kann eine Blendwirkung durch die PV Anlage ausgeschlossen werden. Bei der Fahrt Richtung Süden sind die Einfallswinkel entsprechend größer. Aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz können zu keinem Zeitpunkt Reflexionen den Rückspiegel¹⁴ erreichen.

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

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

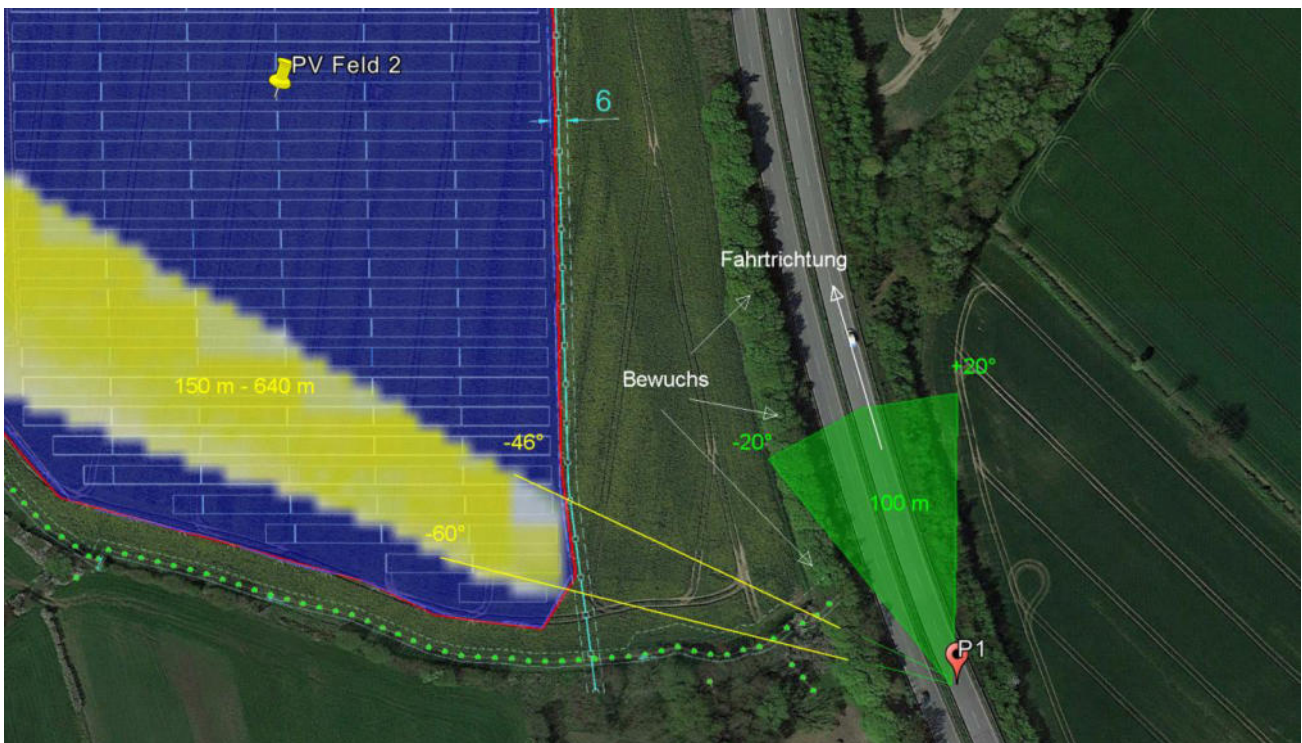


Bild 4.1.1: Simulation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel. Im gelb/weiß markierten Bereich östlich der Fahrbahn, außerhalb des relevanten Sichtwinkels, können theoretisch morgens Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

¹⁴ Es gibt keine konkreten Vorgaben für den Sichtwinkel von Seiten- und Rückspiegeln, lediglich allgemeine Formulierungen, dass diese eine "ausreichende Sicht" oder ein "angemessenes Sichtfeld" ermöglichen sollen. Daher wird der Sichtwinkel hier mit $\pm 5^\circ$ zur Fahrtrichtung definiert. Überwiegend ist der Sichtwinkel durch die Größe der Heckscheibe bzw. die C-Säule begrenzt.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P1 bei der Fahrt Richtung Norden aus Sicht des Fahrzeugführers aus leicht erhöhter Position (ca. 2,1 m). Der relevante Sichtbereich ist leicht heller dargestellt. Das Foto verdeutlicht, dass die PV Anlage aufgrund des ausgeprägten Straßenbegleitgrüns nicht einsehbar ist. Potenzielle Reflexionen wären ohnehin außerhalb des Bildes und in größerer Entfernung.



Bild 4.1.2: Foto am Messpunkt P1, Fahrt Richtung Norden (Quelle: Google StreetView, Mai 2022, Ausschnitt)

Statistische Auswertung:

Eine umfassende Wahrscheinlichkeitsanalyse legt die Bewertung nahe, dass das theoretische Auftreten der ermittelten Reflexionen statistisch nicht signifikant ist. Diese Analyse stützt sich auf die Annahme, dass die A21 das gesamte Jahr (365 Tage) über uneingeschränkt befahrbar ist, was insgesamt 525.600 Minuten entspricht. Am Messpunkt P1 können rein rechnerisch an insgesamt 311 Minuten pro Jahr Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Die statistische Wahrscheinlichkeit für das Eintreten von Reflexionen und somit für die Möglichkeit der Wahrnehmung dieser Reflexionen liegt bei lediglich 0,059% bzw. 0,59‰ (Promille). Blendungen durch Scheinwerfer können überwiegend nur nachts auftreten, Reflexionen von Sonnenlicht auf PV Modulen allerdings nur bei Tageslicht. Für den hier betrachteten Standort wurden 269.726 Minuten pro Jahr¹⁵ mit Tageslicht ermittelt. Bezogen auf das Tageslicht beträgt die statistische Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexionen daher etwa 0,115 %.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass Reflexionen bei Tageslicht nur dann möglich sind, wenn die Sonne nicht durch Wolken verdeckt oder abgeschwächt wird. Lt. Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) liegt die langjährige, durchschnittliche Wolkenbedeckung in der betrachteten Region bei etwa 62,5%. Demnach ist im Durchschnitt nur in 37,5% der Zeit mit wolkenlosem Himmel zu rechnen (sogenannte „clear sky“ Bedingungen). Daraus ergibt sich eine voraussichtliche Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexionen am Messpunkt P1 von lediglich ca. 0,022% im Jahresverlauf bzw. etwa 0,043% bzw. 0,43‰ (Promille) während der Zeiten mit Tageslicht.

Basierend auf dieser statistischen Auswertung ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexionen im Bereich von Messpunkt P1 derart gering, dass daraus resultierend die Wahrscheinlichkeit für eine Blendung als **nicht signifikant** bewertet wird.

¹⁵ Lt. Angaben des Global Monitoring Laboratory (National Oceanic and Atmospheric Administration, www.noaa.gov)

4.1 Ergebnisse am Messpunkt P2, A21 östlich

Auch am Messpunkt P2 auf der A21 können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 05. Mai - 07. August zwischen 19:46 - 20:29 Uhr für 5 bis max. 24 Minuten aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen allerdings auch hier mit ca. -86° bis -99° links (westlich) zur Fahrtrichtung, deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels. Aufgrund des Einfallswinkels und aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle sind die rechnerisch ermittelten Reflexionen zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage bzw. eine Blendwirkung kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Dies gilt gleichermaßen auch für den weiteren Verlauf der A21.

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

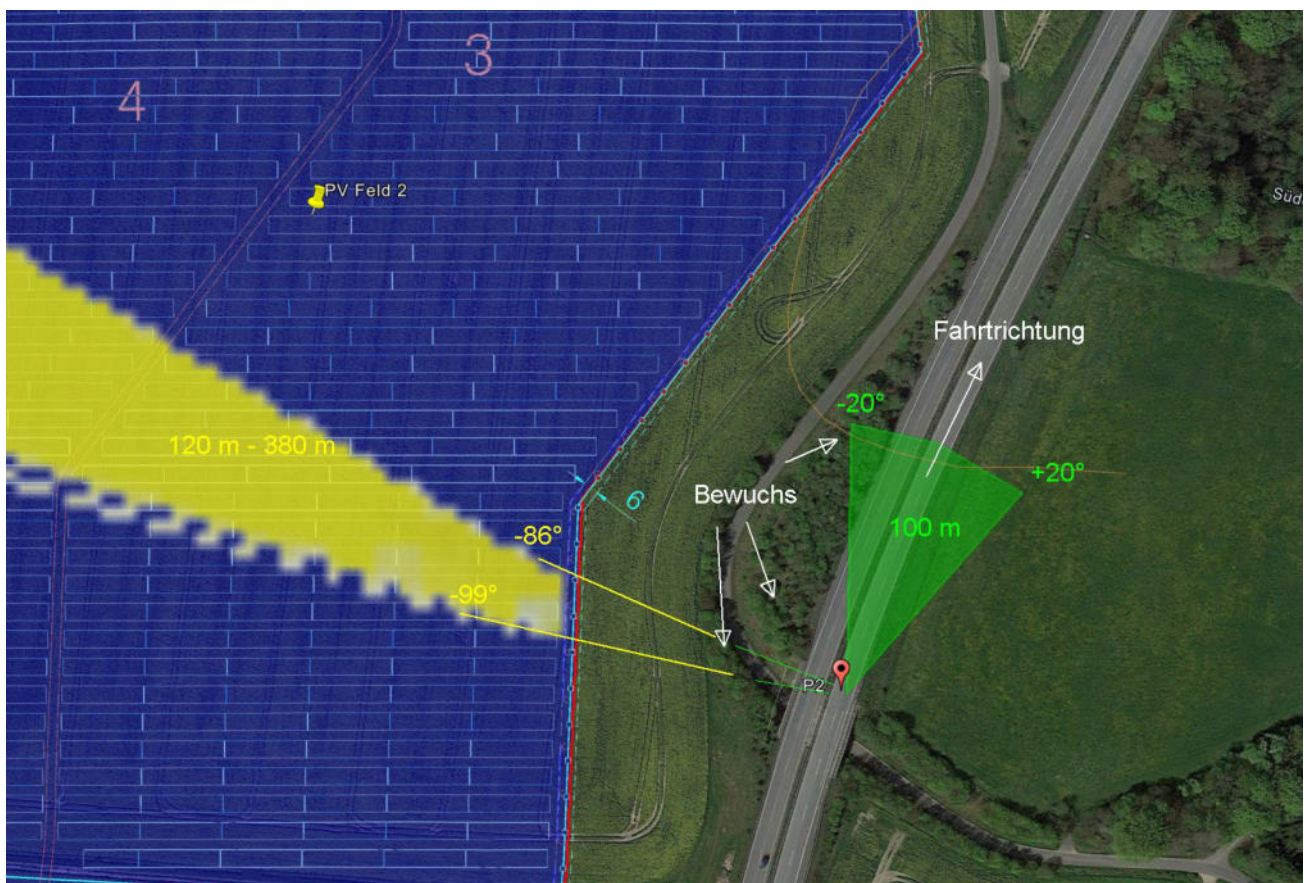


Bild 4.2.2: Foto am Messpunkt P2, Fahrt Richtung Norden (Quelle: Google StreetView, Mai 2022, Ausschnitt)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, ca. 100 m Sichtweite). Im gelb/weiß markierten Bereich westlich der Fahrbahn, außerhalb des relevanten Sichtwinkels, können theoretisch morgens Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P2 bei der Fahrt Richtung Norden aus Sicht des Fahrzeugführers. Der relevante Sichtbereich ist leicht heller dargestellt. Auch dieses Foto verdeutlicht, dass die PV Anlage deutlich außerhalb des relevanten Sichtwinkels liegt und aufgrund der Begrünung im Randbereich nicht einsehbar ist.



Bild 4.2.2: Foto am Messpunkt P2, Fahrt Richtung Norden (Quelle: Google StreetView, Mai 2022, Ausschnitt)

Für den Verkehr in der Gegenrichtung nach Süden (RiFa) kann eine Blendwirkung durch die PV Anlage ausgeschlossen werden. Selbst bei einem sog. Schulterblick ist nur die Rückseite der PV Module wahrnehmbar. Potentielle Reflexionen können zu keinem Zeitpunkt den (korrekt eingestellten) Seiten- oder Rückspiegel in einem relevanten Winkel erreichen.

Der Verlauf der Fahrbahn im Bereich von Messpunkt P2 ist leicht anders als am Messpunkt P1 und daher ist die rechnerisch ermittelte Anzahl von Minuten mit potentiellen Reflexionen abweichend. Aber auch hier kommt die statistische Auswertung zum Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexionen im Bereich von Messpunkt P2 mit 0,256% derart gering ist, dass daraus resultierend die Wahrscheinlichkeit für eine potenzielle Blendwirkung als **nicht signifikant** bewertet wird.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P3, A21 nordöstlich

Am Messpunkt P3 können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 07. Mai - 05. August zwischen 19:49 - 20:31 Uhr für 5 bis max. 24 Minuten aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen allerdings bei beiden Fahrtrichtungen deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potenziellen Reflexionen nicht relevant.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage bzw. eine Blendwirkung kann ausgeschlossen werden.

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

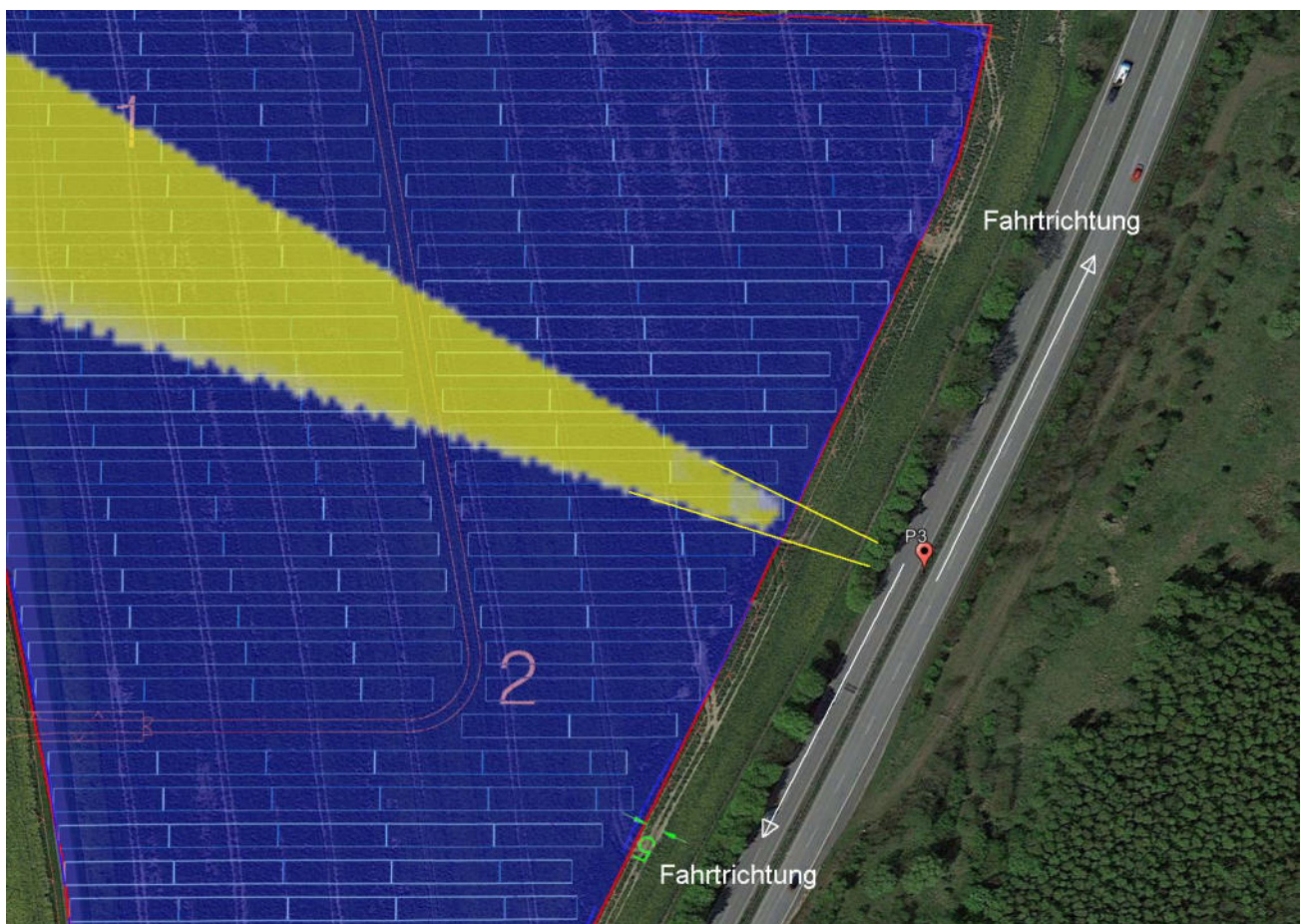


Bild 4.3.1: Simulation am Messpunkt P3 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel Fahrtrichtung +/- 20°, ca. 100 m Sichtweite). Im gelb/weiß markierten Bereich westlich der Fahrbahn, außerhalb des relevanten Sichtwinkels, können theoretisch morgens Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten sind die jeweiligen Flächen entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P3 bei der Fahrt Richtung Süden aus Sicht des Fahrzeugführers. Der relevante Sichtbereich ist leicht heller dargestellt und das Blickfeld ist etwas nach rechts (Westen) erweitert. Das Foto verdeutlicht, dass die PV Anlage außerhalb des relevanten Sichtwinkels liegt und aufgrund der Begrünung im Randbereich nicht einsehbar ist.

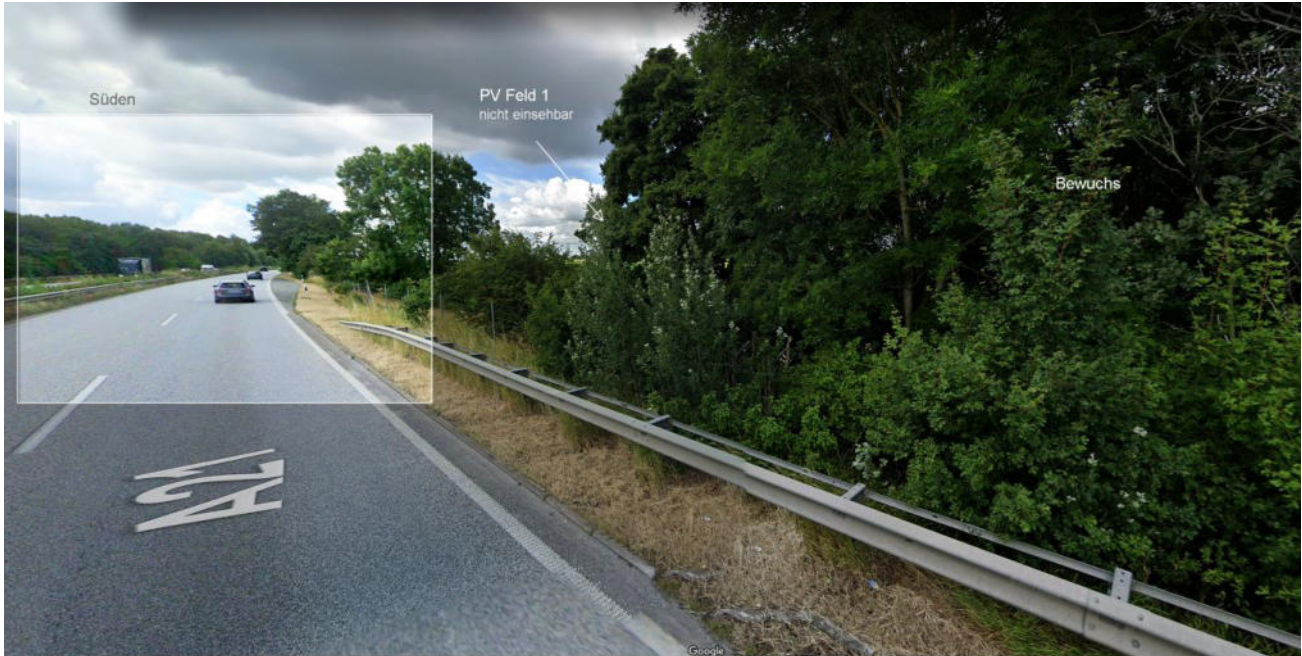


Bild 4.3.2: Foto am Messpunkt P3, Fahrt Richtung Süden (Quelle: Google StreetView, Juli 2022, Ausschnitt)

Zum Vergleich zeigt das folgende Foto die Situation am Messpunkt P3 bei der Fahrt Richtung Norden. Das Blickfeld ist auch hier etwas nach Westen erweitert, der relevante Sichtbereich ist leicht heller dargestellt.. Selbst wenn der Bewuchs komplett gerodet werden sollte, liegen potenzielle Reflexion deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und sind daher nicht relevant.



Bild 4.3.3: Foto am Messpunkt P3, Fahrt Richtung Norden (Quelle: Google StreetView, Mai 2022, Ausschnitt)

Da es sich bei PV Anlagen um Strom produzierende Technik handelt, werden PV Anlagen mit anderen Industrieanlagen gleichgesetzt und als sog. „abstrakte Gefahrenquelle“ eingestuft. Diese Einstufung ist überholt und basiert auf veralteten, bzw. unzulänglichen Klassifizierungsmöglichkeiten in den entsprechenden Regelwerken. Generell als ist eine PV Anlage keine abstrakte Gefahrenquelle und mittlerweile sind u.a. im Gebäudebereich die Mindestabstände zu Nachbargrundstücken entfallen. Aus Immissionschutzrechtlicher Sicht sind Sichtschutzmaßnahmen nicht erforderlich.

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude westlich

Am Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude an der Adresse Bockhorn 2, westlich der PV Anlage, können theoretisch an insgesamt 1834 Minuten pro Jahr Reflexionen durch das PV Feld 2 auftreten. Diese können zwischen dem 05. Mai - 07. August in den frühen Morgenstunden zwischen 06:11 - 06:54 Uhr für 5 bis max. 24 Minuten pro Tag¹⁶ aus östlicher Richtung auftreten. Das folgende Diagramm verdeutlicht die Verteilung der aufgeführten Minuten pro Tag im Jahresverlauf.

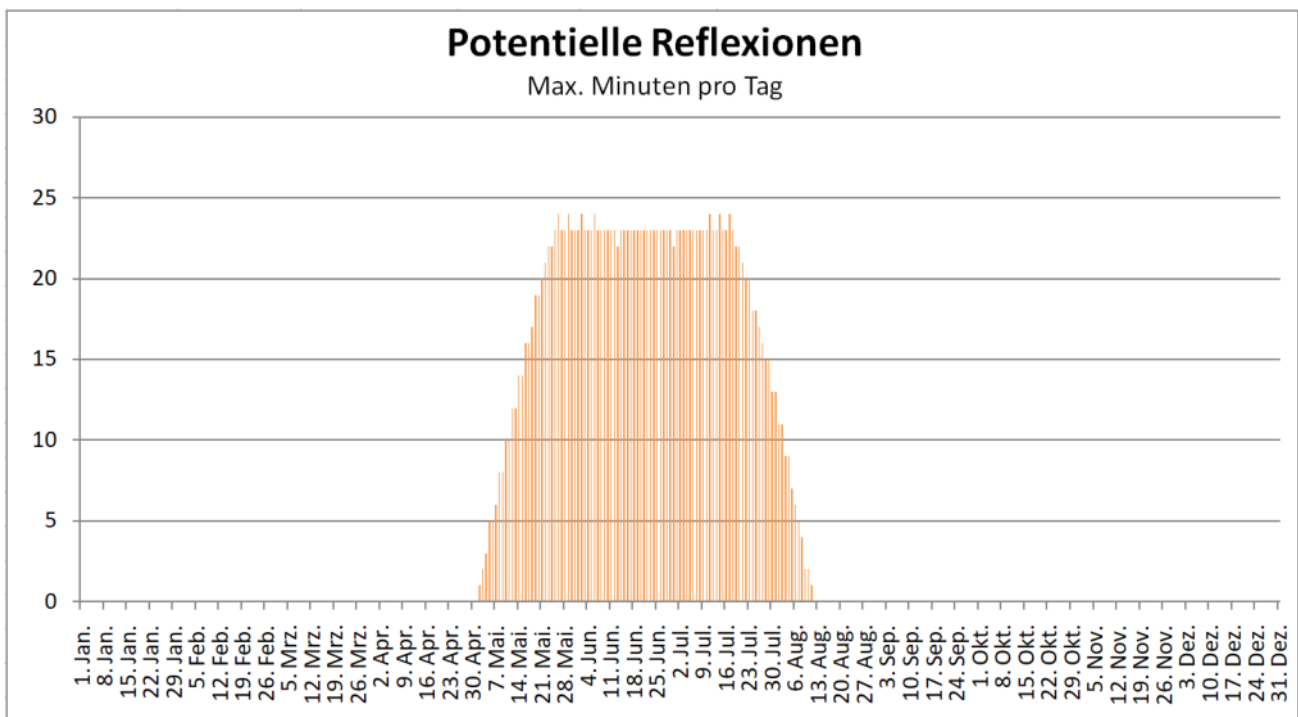


Bild 4.4.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Formell betrachtet liegt die Summe von Minuten mit Reflexionen pro Jahr minimal über den Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie, die Summe pro Tag liegt allerdings mit max. 23 Minuten unter den Empfehlungen bzw. im Rahmen. Aufgrund der Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage im Bereich der Gebäude bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Lt. einem Urteil des OLG Braunschweig vom 10. August 2022¹⁷ ist die LAI Lichtleitlinie allerdings nicht maßgeblich für die Beurteilung von Reflexionen durch PV Anlagen, diese wird in der Urteilsbegründung nicht erwähnt.

¹⁶ Generell wird das Auftreten von Reflexionen an weniger als 5 Minuten pro Tag nicht berücksichtigt (Messunsicherheit)

¹⁷ <https://oberlandesgericht-braunschweig.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wenn-sonnenlicht-stort-nachbarrechtsstreitigkeit-wegen-reflexionen-einer-photovoltaikanlage-214293.html>

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

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

Der Auftraggeber hat bei der geplanten PV Anlage Rümpel mit dem Einsatz von hochwertigen PV Modulen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von Reflexionen vorgesehen. Die Simulation von potentiellen Reflexionen und die Analyse der Ergebnisse wurde für 4 exemplarisch gewählte, repräsentative Messpunkte (Immissionsorte) im Umfeld der PV Anlage durchgeführt.

Unabhängig von den örtlichen Gegebenheiten und der jeweiligen Fahrt- und Blickrichtung zeigt bereits die statistische Auswertung, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexionen im Verlauf der Autobahn A21 derart gering ist, dass bereits daraus resultierend eine Blendwirkung ausgeschlossen werden kann¹⁸.

Die Einbeziehung weiterer Aspekte (u.a. Fahrt- bzw. Blickrichtung, örtliche Gegebenheiten, Entfernungen) ergibt darüber hinaus, dass die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels liegen, sodass selbst bei einem kurzzeitigen Schulterblick eine Beeinträchtigung oder gar Blendwirkung durch die PV Anlage ausgeschlossen werden kann. Aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz sind für den Gegenverkehr keine Reflexionen im Seiten- und Rückspiegel nachweisbar.

Wie bereits im Abschnitt 3.6 ausgeführt kann es einen 100%igen Ausschluss jeglicher Blendwirkung durch Reflexionen in der Realität des Straßenverkehrs nicht geben. Insbesondere die Blendwirkung durch direktes Sonnenlicht oder durch Spiegelungen auf Objekten im Straßenverkehr (Windschutzscheiben, Hinweisschildern, regenasse Fahrbahn, LED Scheinwerfer bei Nacht o.ä.) sind für Fahrzeugführer bekannte Konstellationen und ggf. ist die Fahrweise¹⁹ entsprechend anzupassen.

Im Bereich der westlich gelegen Gebäude können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Aufgrund der zeitlichen Dauer - und sofern überhaupt ein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist - kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Beeinträchtigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie ausgeschlossen werden. Im weiteren Umfeld der PV Anlage sind keine relevanten Gebäude oder schutzwürdigen Zonen vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass die theoretisch berechneten Reflexionen in der Realität keine Blendwirkung entwickeln werden.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse 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 18.10.2023


Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

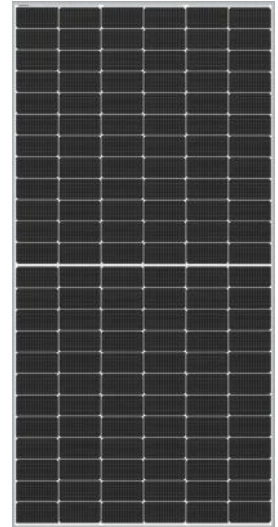
¹⁸ Die Klassifizierung basiert u.a. auf den Wertebereichen der Simulationsergebnisse

¹⁹ U.a. im Hinblick auf die in §3 Absatz 1 der Straßenverkehrsordnung (StVO) gebotene sichere und umsichtige Fahrzeugführung.

Ultra V Pro

BIFAZIALES HALBZELLEN N-Typ TOPCon MODUL

TYP: STPXXXS - C72/Nsh+



AUSGANGSLEISTUNG MAX. EFFIZIENZ
560-580W **22,5%**

Merkmale



Hohe Ausgangsleistung

Verglichen mit 166 mm basierten Halbzellenmodulen, erhöht sich die Ausgangsleistung der Module um ca. 45 - 50 Wp.



Geringere Betriebstemperatur

Der Leistung von Modulen ist stark von dessen Betriebstemperatur beeinflusst, der niedrige Temperaturkoeffizient der Zelle und der Suntech Module gewährleistet eine hohe Ausgangsleistung auch an heißen Tagen.



Stromklassensortierung bei Suntech

Bei Suntech werden die Module in die Stromklassen (I, II, III) sortiert bzw. unterschieden. Werden Module der gleichen Stromklasse in Reihe verschaltet, dann kann sich die Systemleistung um bis zu 2% erhöhen und so die Wirtschaftlichkeit der Anlage verbessern.



Erweiterte mechanischen Belastbarkeit

Modul ist zertifiziert für eine hohe Belastung (bis max. 5400 Pa) auf der Vorderseite (z.B. Schneelasten) und hohe Belastung (max. 2400 Pascal) auf der Rückseite (wie z.B. Windlasten/Sog).*



Ausgezeichnete Schwachlicht-Verhalten

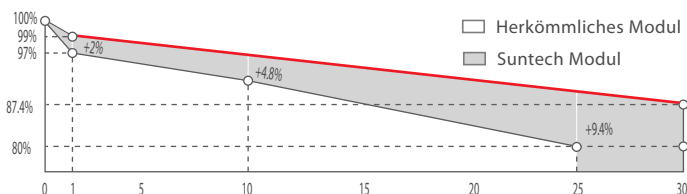
Solarzellen und Module von Suntech sind so entwickelt, das diese bei schwachen Lichtverhältnissen wie Sonnenuntergang, Bewölkung oder Morgendämmerung noch die bestmögliche Ausgangsleistung haben.



Standhalten in rauer Umgebung

Die hohe Verarbeitungsqualität der sorgsam ausgewählten Materialien der Suntech Module resultiert in einer erhöhten Widerstandsfähigkeit und Lebensdauer in rauen Umgebungsbedingungen.

Branchenführende Garantie **



- ◆ Leistungsminderung des ersten Jahres: 1%
- ◆ jährlicher Verfall: 0,40%
- ◆ 30 Jahre linearen garantie
- ◆ 15 Jahre produkt garantie

Zertifizierungen und Normen

CE IEC 61730 IEC 61215
 SA 8000 Standards der sozialen Verantwortung
 ISO 9001 Qualitätsmanagement-System
 ISO 14001 Umweltmanagementsystem
 ISO 45001 Arbeitsschutz und Sicherheit
 IEC TS 62941 Leitfaden für die Qualifizierung des Moduldesigns und die Typenzulassung



* Weitere Informationen finden Sie im Suntech-Installationshandbuch für Standardmodule.
 ** Weitere Informationen finden Sie in der Suntech-Produktgarantie.

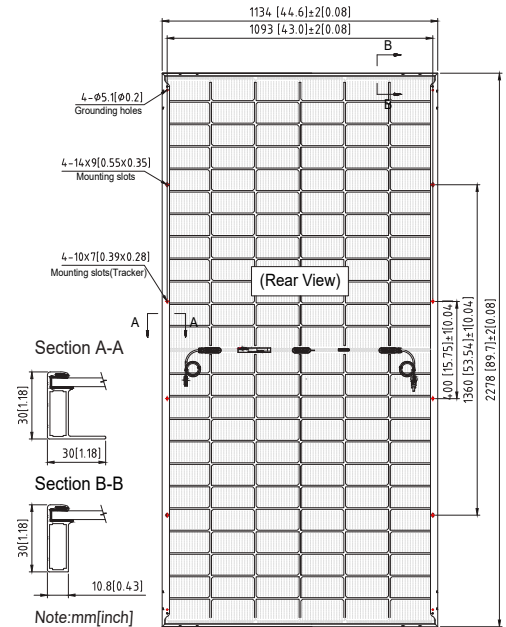
*** WEEE nur für den EU-Markt.
 **** Suntech behält sich das Recht auf eine endgültige Auslegung der Erklärung von Munich Re vor.

Ultra V Pro STPXXXS - C72/Nsh+ 560-580W

Mechanische Eigenschaften

Solarzelle	N-Typ monokristallines Silizium 182 mm
Anzahl der Zellen	144 (6 × 24)
Abmessungen	2278 × 1134 × 30 mm (89,7 × 44,6 × 1,2 Zoll)
Gewicht	32,0 kgs (70,5 lbs.)
Front-/Rückseitenglas	2,0+2,0 mm (0,079+ 0,079 Zoll) voll gehärtetes Glas
Ausgangskabel	4,0 mm ² Längen: (-) 350 mm, (+) 160 mm oder kundenspezifische Länge
Verteilerdose	Schutzklasse IP68 (3 Bypass-Dioden)
Betriebstemperatur Modul	-40 °C to +85 °C
Maximale Systemspannung	1500 V DC (IEC)
Steckverbinder	STP-XC4
Maximaler Bemessungsstrom bei Reihensicherung	25 A
Leistungstoleranz	0/+5 W
Siehe Bifacialitätsfaktor	(80 ± 5)%
Verpackungskonfiguration	Abmessung der Palette (mm) : 2310×1120×1255 Gewicht der Palette (kg) : 1202 36 Stück pro Palette 720 Stück pro Container / 40' HC

Für die Tracker-Installation wenden Sie sich bitte an Suntech für Informationen zur mechanischen Belastung.



Elektrische Eigenschaften

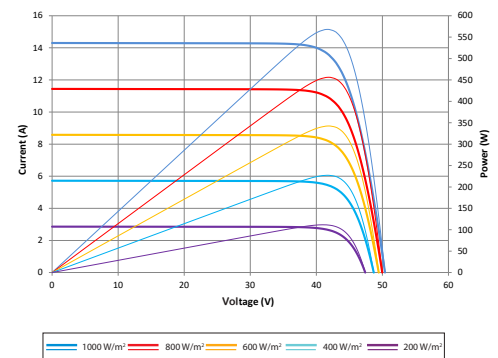
Modul Typ	STP580S-C72/Nsh+		STP575S-C72/Nsh+		STP570S-C72/Nsh+		STP565S-C72/Nsh+		STP560S-C72/Nsh+	
	STB	NMOT	STB	NMOT	STB	NMOT	STB	NMOT	STB	NMOT
Testbedingungen										
Maximale Leistung (Pmax/W)	580	442,1	575	438,4	570	434,6	565	430,7	560	426,9
Optimale Betriebsspannung (Vmp/V)	42,68	40,3	42,56	40,2	42,44	40,1	42,32	39,9	42,2	39,8
Optimaler Betriebsstrom (Imp/A)	13,59	10,97	13,51	10,91	13,43	10,85	13,35	10,79	13,27	10,72
Leerlaufspannung (Voc/V)	51,42	48,8	51,29	48,7	51,16	48,6	51,03	48,5	50,9	48,3
Kurzschlussstrom (Isc/A)	14,32	11,55	14,24	11,48	14,16	11,42	14,08	11,35	14,00	11,29
Modulwirkungsgrad (%)	22,5		22,3		22,1		21,9		21,7	

STB: Bestrahlungsstärke 1000 W/m², Modultemperatur 25 °C, LM = 1,5; NMOT: Bestrahlungsstärke 800 W/m², Umgebungstemperatur 20 °C, LM = 1,5, Windgeschwindigkeit 1 m/s; die Toleranz von Pmax liegt bei +/- 3%.

Leistungsgewinnen auf der Rückseite Bezug auf 570S Front

Leistungsgewinn auf der Rückseite	5%	15%	25%
Maximale Leistung bei STB (Pmax/W)	598,5	655,5	712,5
Optimale Betriebsspannung (Vmp/V)	42,4	42,4	42,5
Optimaler Betriebsstrom (Imp/A)	14,10	15,44	16,79
Leerlaufspannung (Voc/V)	51,2	51,2	51,3
Kurzschlussstrom (Isc/A)	14,87	16,28	17,70
Modulwirkungsgrad (%)	23,2	25,4	27,6

Grafiken Strom-Spannungs & Leistungs-Spannungs-Kurve (580S)



Temperaturmerkmale

Nenntemperatur bei Modulbetrieb (NMOT)	42 ± 2 °C
Temperaturkoeffizient von Pmax	-0,30%/°C
Temperaturkoeffizient von Voc	-0,25%/°C
Temperaturkoeffizient von Isc	0,046%/°C

Informationen zur Installation und Betrieb dieses Produkts finden Sie in der Installationsanleitung. Alle in diesem Datenblatt angegebenen Werte können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Die Spezifikationen können geringfügig abweichen. Alle Spezifikationen entsprechen der Norm EN 50380. Farbunterschiede der Module gegenüber den Abbildungen sowie Verfärbungen der Module/innerhalb der Module, die ihre einwandfreie Funktion nicht beeinträchtigen, sind möglich und stellen keine Abweichung von der Spezifikation dar.

Ruempel

Ruempel

Created Oct 19, 2023
Updated Oct 19, 2023
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC2
Minimum sun altitude 8.0 deg
Site ID 103397.18003

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 1	15.0	180.0	305	1,806	-
PV Feld 2	15.0	180.0	1,211	4,149	-

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 518,120 m²

Name: PV Feld 1
Footprint area: 96,919 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	53.775049	10.320007	27.38	2.00	29.38
2	53.775176	10.322195	23.83	2.00	25.83
3	53.774593	10.322539	25.45	2.00	27.45
4	53.773959	10.323740	27.50	2.00	29.50
5	53.773933	10.325242	25.48	2.00	27.48
6	53.770585	10.322550	31.63	2.00	33.63
7	53.770161	10.321391	33.13	2.00	35.13
8	53.772860	10.320872	31.39	2.00	33.39

Name: PV Feld 2
Footprint area: 421,202 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	53.771698	10.315474	36.44	2.00	38.44
2	53.772155	10.316204	34.17	2.00	36.17
3	53.772510	10.320409	32.48	2.00	34.48
4	53.769263	10.321010	32.72	2.00	34.72
5	53.767995	10.319208	33.26	2.00	35.26
6	53.763505	10.318564	35.99	2.00	37.99
7	53.760892	10.318907	35.89	2.00	37.89
8	53.761323	10.315796	36.63	2.00	38.63
9	53.761818	10.315131	36.64	2.00	38.64
10	53.762478	10.313307	36.13	2.00	38.13
11	53.762490	10.311934	35.84	2.00	37.84
12	53.764266	10.311741	35.85	2.00	37.85
13	53.764393	10.311977	36.08	2.00	38.08
14	53.764875	10.312041	35.39	2.00	37.39
15	53.764723	10.312942	36.51	2.00	38.51
16	53.765230	10.313736	36.40	2.00	38.40
17	53.765776	10.313371	33.96	2.00	35.96
18	53.766118	10.314165	34.82	2.00	36.82
19	53.766955	10.315238	33.60	2.00	35.60
20	53.767298	10.315281	33.86	2.00	35.86
21	53.767678	10.314938	34.87	2.00	36.87
22	53.769086	10.315474	35.54	2.00	37.54

Discrete Observation Receptors

Number	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total Elevation m
OP 1	53.760671	10.320775	41.23	2.00	43.23
OP 2	53.767451	10.320439	33.60	2.00	35.60
OP 3	53.772571	10.324741	27.23	2.00	29.23
OP 4	53.765578	10.312615	34.55	2.00	36.55

Summary of PV Glare Analysis

PV configuration and total predicted glare

PV Name	Tilt deg	Orientation deg	"Green" Glare min	"Yellow" Glare min	Energy Produced kWh	Data File
PV Feld 1	15.0	180.0	305	1,806	-	
PV Feld 2	15.0	180.0	1,211	4,149	-	

Distinct glare per month

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

PV	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
pv-feld-1 (green)	0	0	0	0	13	206	86	0	0	0	0	0
pv-feld-1 (yellow)	0	0	0	0	415	706	632	53	0	0	0	0
pv-feld-2 (green)	0	0	0	0	48	379	195	5	0	0	0	0
pv-feld-2 (yellow)	0	0	0	0	894	1384	1290	140	0	0	0	0

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

PV Feld 1 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	305	1806
OP: OP 4	0	0

PV Feld 1: OP 1

No glare found

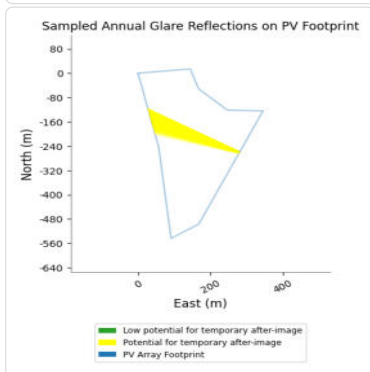
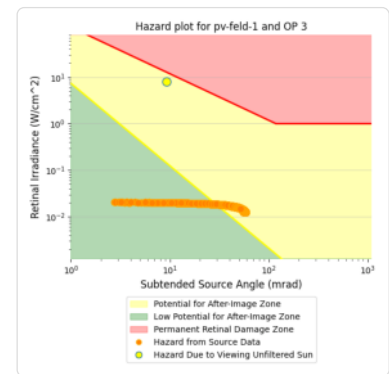
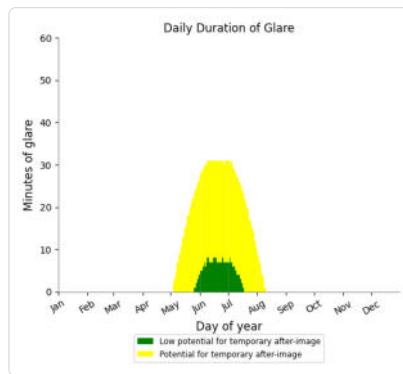
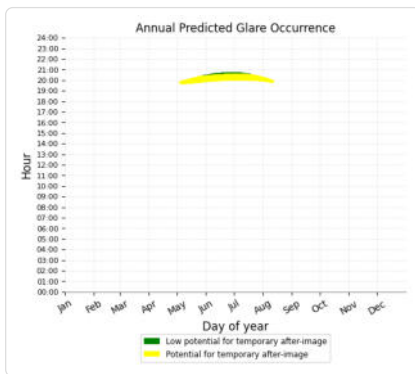
PV Feld 1: OP 2

No glare found

PV Feld 1: OP 3

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

- 305 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,806 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 1: OP 4

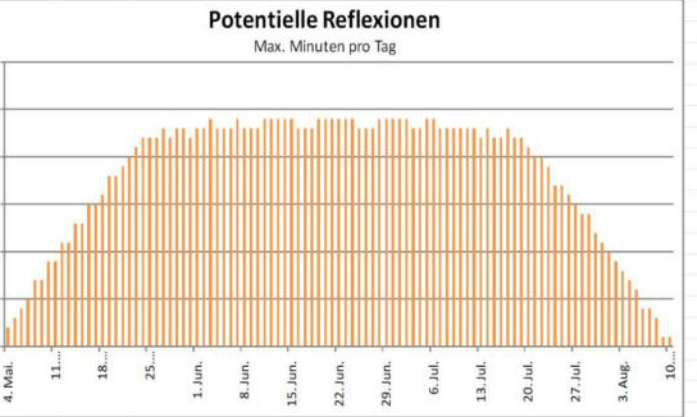
No glare found

PV Feld 2 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	603	441
OP: OP 2	323	1859
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	285	1849

	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Anzahl Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1	
2023-05-02 19:45:00	0,009153	643,9401	1	0,400715	0,014635	0,035452	8	284,8	-0,957	0,253	0,14	0,957	-0,289	-0,006	0,006	2. Mai	1	19:45	19:45	15. Mai	15. Mai	6	6	19:50	20:03			
2023-05-03 19:44:00	0,00668	648,3975	1	0,385049	0,014161	0,007366	8,4	284,8	-0,956	0,253	0,146	0,956	-0,292	0	0	4. Mai	1	19:46	19:46	17. Mai	17. Mai	6	6	19:51	20:04			
2023-05-03 19:45:00	0,008603	646,7003	1	0,392686	0,014404	0,031142	8,3	285	-0,956	0,256	0,144	0,956	-0,294	-0,003	0,003	5. Mai	1	19:46	19:46	19. Mai	19. Mai	5	5	19:52	20:05			
2023-05-04 19:46:00	0,009218	646,2888	2	0,392557	0,01439	0,03767	8,4	285,4	-0,954	0,262	0,146	0,954	-0,3	-0,005	0,005	6. Mai	1	19:47	19:47	21. Mai	22. Mai	6	11	19:53	20:06			
2023-05-04 19:47:00	0,008734	644,5914	1	0,400321	0,014636	0,031057	8,2	285,6	-0,953	0,266	0,143	0,953	-0,302	-0,009	0,009	8. Mai	3	19:48	19:54	26. Mai	27. Mai	6	11	19:56	20:09			
2023-05-05 19:45:00	0,007242	650,7275	1	0,377462	0,013931	0,017495	8,8	285,4	-0,953	0,262	0,152	0,953	-0,303	0,001	0,001	9. Mai	2	19:53	19:55	29. Mai	30. Mai	6	12	19:57	20:10			
2023-05-05 19:46:00	0,010411	649,046	2	0,384925	0,01417	0,049805	8,6	285,6	-0,953	0,265	0,15	0,953	-0,305	-0,003	0,003	10. Mai	2	19:54	19:56	01. Juni	01. Juli	7	178	19:59	20:20			
2023-05-05 19:48:00	0,007452	645,6735	1	0,400276	0,014659	0,015208	8,3	285,9	-0,951	0,272	0,145	0,951	-0,308	-0,011	0,011	11. Mai	4	19:54	19:57	03. Juli	06. Juli	7	23	20:07	20:20			
2023-05-05 19:50:00	0,00809	642,2884	1	0,416211	0,015162	0,020125	8	286,3	-0,95	0,279	0,14	0,95	-0,311	-0,018	0,018	12. Mai	4	19:55	20:00	08. Juli	08. Juli	7	7	20:07	20:20			
2023-05-06 19:47:00	0,009139	650,1148	2	0,385012	0,014197	0,038113	8,7	285,9	-0,951	0,271	0,151	0,951	-0,311	-0,005	0,005	13. Mai	4	19:56	20:00	11. Juli	11. Juli	5	5	20:06	20:20			
2023-05-06 19:50:00	0,007535	645,0797	1	0,408211	0,014936	0,014418	8,3	286,5	-0,949	0,281	0,144	0,949	-0,316	-0,016	0,016	14. Mai	3	19:56	20:01	15. Juli	16. Juli	6	11	20:05	20:19			
2023-05-06 19:51:00	0,007882	643,3951	1	0,416237	0,015189	0,017309	8,1	286,7	-0,948	0,285	0,142	0,948	-0,317	-0,02	0,02	15. Mai	6	19:50	20:03	19. Juli	21. Juli	6	16	20:04	20:18			
2023-05-07 19:47:00	0,007499	652,8522	1	0,377764	0,013988	0,020597	8,9	286,1	-0,949	0,274	0,155	0,949	-0,315	-0,002	0,002	16. Mai	3	19:59	20:02	28. Juli	29. Juli	5	10	20:01	20:13			
2023-05-07 19:49:00	0,007694	649,5236	1	0,392778	0,01447	0,019774	8,7	286,5	-0,948	0,281	0,15	0,948	-0,318	-0,01	0,01	17. Mai	6	19:51	20:04	31. Juli	31. Juli	5	5	20:00	20:10			
2023-05-07 19:52:00	0,007583	644,5074	1	0,416373	0,015221	0,013119	8,2	287,1	-0,946	0,291	0,143	0,946	-0,323	-0,021	0,021	18. Mai	3	20:00	20:03	02. August	02. August	5	5	19:59	20:09			
2023-05-07 19:53:00	0,008457	642,8291	1	0,424534	0,015479	0,02249	8,1	287,3	-0,945	0,294	0,141	0,945	-0,325	-0,025	0,025	19. Mai	5	19:52	20:05									
2023-05-08 19:47:00	0,006588	655,5736	1	0,370777	0,01387	0,00874	9,2	286,3	-0,948	0,277	0,159	0,948	-0,319	0	0	20. Mai	4	19:59	20:04									
2023-05-08 19:48:00	0,008879	653,9233	2	0,378068	0,014022	0,036606	9	286,5	-0,947	0,28	0,157	0,947	-0,321	-0,004	0,004	21. Mai	6	19:53	20:06									
2023-05-08 19:51:00	0,007184	648,9537	1	0,40077	0,014751	0,010752	8,6	287	-0,945	0,29	0,149	0,945	-0,326	-0,016	0,016	22. Mai	5	19:54	20:05									
2023-05-08 19:53:00	0,010394	645,6251	2	0,416621	0,015256	0,043227	8,3	287,4	-0,944	0,297	0,145	0,944	-0,329	-0,023	0,023	23. Mai	4	20:01	20:06									
2023-05-08 19:54:00	0,009421	643,9562	2	0,424768	0,015514	0,032707	8,2	287,6	-0,943	0,3	0,142	0,943	-0,331	-0,027	0,027	24. Mai	4	19:55	20:08									
2023-05-08 19:55:00	0,008905	642,2842	1	0,433068	0,015776	0,025697	8	287,8	-0,943	0,303	0,14	0,943	-0,332	-0,031	0,031	25. Mai	4	20:03	20:07									
2023-05-09 19:47:00	0,007274	658,2793	1	0,371193	0,013859	0,018471	9,2	286,6	-0,946	0,282	0,161	0,946	-0,325	-0,002	0,002	26. Mai	6	19:56	20:09									
2023-05-09 19:49:00	0,007841	655,0001	1	0,385895	0,014336	0,022598	9	287	-0,945	0,289	0,156	0,945	-0,328	-0,01	0,01	27. Mai	5	19:56	20:07									
2023-05-09 19:50:00	0,008126	653,3559	1	0,393453	0,01458	0,024452	8,8	287,2	-0,944	0,292	0,153	0,944	-0,33	-0,013	0,013	28. Mai	3	20:04	20:07									
2023-05-09 19:53:00	0,009621	648,4048	2	0,416983	0,015335	0,035747	8,4	287,8	-0,942	0,302	0,146	0,942	-0,335	-0,025	0,025	29. Mai	6	19:57	20:10									
2023-05-09 19:54:00	0,00919	646,7482	1	0,425119	0,015594	0,029861	8,3	288	-0,941	0,306	0,144	0,941	-0,337	-0,029	0,029	30. Mai	6	19:57	20:09									
2023-05-09 19:55:00	0,009785	645,0887	2	0,433407	0,015858	0,034207	8,1	288,2	-0,941	0,309	0,141	0,941	-0,338	-0,032	0,032	31. Mai	4	20:06	20:10									
2023-05-10 19:47:00	0,006934	660,9693	1	0,364569	0,013667	0,015007	9,5	286,8	-0,944	0,285	0,164	0,944	-0,329	0	0	1. Jun.	5	19:59	20:12									
2023-05-10 19:48:00	0,008513	659,3435	1	0,371713	0,013901	0,033494	9,3	287,1	-0,944	0,288	0,162	0,944	-0,331	-0,004	0,004	2. Jun.	5	19:59	20:09									
2023-05-10 19:51:00	0,006749	654,4475	1	0,393956	0,014623	0,005029	8,9	287,6	-0,942	0,298	0,155	0,942	-0,336	-0,015	0,015	3. Jun.	5	20:07	20:13									
2023-05-10 19:53:00	0,008489	651,1682	1	0,409482	0,015123	0,025152	8,6	288	-0,941	0,305	0,15	0,941	-0,339	-0,023	0,023	4. Jun.	5	20:07	20:13									
2023-05-10 19:54:00	0,010756	649,524	2	0,417462	0,015379	0,045535	8,5	288,2	-0,94	0,308	0,147	0,94	-0,341	-0,026	0,026	5. Jun.	6	20:00	20:13									
2023-05-10 19:55:00	0,009105	647,8767	1	0,425589	0,015639	0,028692	8,3	288,3	-0,939	0,311	0,145	0,939	-0,342	-0,03	0,03	6. Jun.	6	20:00	20:11									
2023-05-10 19:56:00	0,010822	646,2264	2	0,433867	0,015902	0,043125	8,2	288,5	-0,938	0,315	0,143	0,938	-0,344	-0,034	0,034	7. Jun.	7	20:02	20:15									
2023-05-10 19:57:00	0,007467	644,573	1	0,442297	0,01617	0,005089	8,1	288,7	-0,938	0,318	0,14	0,938	-0,345	-0,038	0,038	8. Jun.	5	20:09	20:13									
2023-05-11 19:48:00	0,006851	660,6575	1	0,3652	0,013685	0,013635	9,5	287,1	-0,942	0,291	0,166	0,942	-0,335	-0,002	0,002	9. Jun.	5	20:09	20:15									
2023-05-11 19:50:00	0,007842	657,4086	1	0,379615	0,014155	0,02387	9,3	287,5	-0,941	0,297	0,161	0,941	-0,338	-0,009	0,009	10. Jun.	6	20:02	20:15									
2023-05-11 19:51:00	0,007837	655,7796	1	0,387025	0,014395	0,02214	9,1	287,7	-0,941	0,301	0,158	0,941	-0,34	-0,013	0,013	11. Jun.	6	20:02	20:12									
2023-05-11 19:54:00	0,010854	650,8742	2	0,410087	0,015139	0,047697	8,7	288,3	-0,938	0,311	0,151	0,938	-0,344	-0,024	0,024	12. Jun.	5	20:09	20:14									
2023-05-11 19:55:00	0,010149	649,2329	2	0,418061	0,015394	0,040277	8,5	288,5	-0,938	0,314	0,149	0,938	-0,346	-0,028	0,028	13. Jun.	5	20:09	20:17									
2023-05-11 19:56:00	0,009948	647,5887	2	0,426181	0,015654	0,036932	8,4	288,6	-0,937	0,317	0,146	0,937	-0,348	-0,032	0,032	14. Jun.	6	20:09	20:15									
2023-05-11 19:57:00	0,010562	645,9414	2	0,434451	0,015917	0,040869	8,3	288,9	-0,936	0,32	0,144	0,936	-0,349	-0,036	0,036	15. Jun.	7	20:04	20:17									
2023-05-11 19:58:00	0,008929	644,2911	1	0,442874	0,016184	0,023462	8,1	289,1	-0,936	0,324	0,141	0,936	-0,351	-0,039	0,039	16. Jun.	6	20:04	20:17									
2023-05-12 19:48:00	0,007584	663,3446	1	0,358929	0,013504	0,0252	9,7	287,3	-0,941	0,293	0,169	0,941	-0,338	0	0	17. Jun.	6	20:05	20:18									
2023-05-12 19:49:00	0,008102	661,7338	1	0,365939	0,013735	0,029951	9,6	287,5	-0,94	0,296	0,167	0,94	-0,34	-0,004	0,004	18. Jun.	6	20:05	20:18									

	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Tag	Anzahl Minuten	Minuten	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 3
2023-05-04 19:47:00	0,011072	644,5606	2	0,40028	0,014634	0,0523	8,2	285,6	-0,953	0,266	0,143	0,953	-0,302	-0,009	4. Mai	2	19:47	19:48			
2023-05-04 19:48:00	0,011212	642,86	2	0,40819	0,014883	0,051934	8,1	285,8	-0,953	0,269	0,141	0,953	-0,303	-0,013	5. Mai	3	19:48	19:50			
2023-05-05 19:48:00	0,011111	645,6429	2	0,400233	0,014656	0,052459	8,3	285,9	-0,951	0,272	0,145	0,951	-0,308	-0,01	6. Mai	4	19:48	19:51			
2023-05-05 19:49:00	0,011244	643,9518	2	0,408126	0,014906	0,052047	8,2	286,1	-0,951	0,275	0,142	0,951	-0,31	-0,014	7. Mai	5	19:49	19:53			
2023-05-05 19:50:00	0,011363	642,2576	2	0,416167	0,01516	0,051509	8	286,3	-0,95	0,279	0,14	0,95	-0,311	-0,018	8. Mai	7	19:49	19:55			
2023-05-06 19:48:00	0,011004	648,4092	2	0,392559	0,014437	0,052917	8,6	286,1	-0,95	0,275	0,149	0,95	-0,312	-0,008	9. Mai	7	19:49	19:55			
2023-05-06 19:49:00	0,011147	646,7308	2	0,40029	0,014683	0,052585	8,4	286,3	-0,949	0,278	0,146	0,949	-0,314	-0,012	10. Mai	9	19:49	19:57			
2023-05-06 19:50:00	0,011276	645,0492	2	0,408167	0,014933	0,05213	8,3	286,5	-0,949	0,281	0,144	0,949	-0,316	-0,016	11. Mai	9	19:50	19:58			
2023-05-06 19:51:00	0,01139	643,3645	2	0,416192	0,015187	0,051554	8,1	286,7	-0,948	0,285	0,142	0,948	-0,317	-0,02	12. Mai	11	19:50	20:00			
2023-05-07 19:49:00	0,011046	649,4934	2	0,392735	0,014468	0,053064	8,7	286,5	-0,948	0,281	0,15	0,948	-0,318	-0,01	13. Mai	11	19:51	20:01			
2023-05-07 19:50:00	0,011183	647,8244	2	0,400453	0,014714	0,052683	8,5	286,7	-0,947	0,284	0,148	0,947	-0,32	-0,014	14. Mai	13	19:51	20:03			
2023-05-07 19:51:00	0,011307	646,1522	2	0,408316	0,014964	0,052185	8,4	286,9	-0,947	0,287	0,146	0,947	-0,322	-0,018	15. Mai	13	19:52	20:04			
2023-05-07 19:52:00	0,011415	644,477	2	0,416326	0,015218	0,051572	8,2	287,1	-0,946	0,291	0,143	0,946	-0,323	-0,021	16. Mai	15	19:52	20:06			
2023-05-07 19:53:00	0,01151	642,7986	2	0,424486	0,015476	0,050848	8,1	287,3	-0,945	0,294	0,141	0,945	-0,325	-0,025	17. Mai	15	19:53	20:07			
2023-05-08 19:49:00	0,010942	652,2399	2	0,385452	0,014259	0,053482	8,9	286,7	-0,947	0,283	0,154	0,947	-0,322	-0,008	18. Mai	16	19:53	20:08			
2023-05-08 19:50:00	0,011087	650,5833	2	0,393018	0,014502	0,053176	8,7	286,9	-0,946	0,287	0,152	0,946	-0,324	-0,012	19. Mai	18	19:53	20:10			
2023-05-08 19:51:00	0,011219	648,9236	2	0,400725	0,014749	0,052752	8,6	287	-0,945	0,29	0,149	0,945	-0,326	-0,015	20. Mai	18	19:54	20:11			
2023-05-08 19:52:00	0,011337	647,2608	2	0,408575	0,014999	0,052213	8,5	287,2	-0,945	0,293	0,147	0,945	-0,327	-0,019	21. Mai	19	19:54	20:12			
2023-05-08 19:53:00	0,011441	645,5949	2	0,416573	0,015254	0,051563	8,3	287,4	-0,944	0,297	0,145	0,944	-0,329	-0,023	22. Mai	20	19:56	20:15			
2023-05-08 19:54:00	0,011531	643,9259	2	0,424719	0,015512	0,050803	8,2	287,6	-0,943	0,3	0,142	0,943	-0,331	-0,027	23. Mai	21	19:56	20:16			
2023-05-08 19:55:00	0,011606	642,2539	2	0,433017	0,015774	0,049932	8	287,8	-0,943	0,303	0,14	0,943	-0,332	-0,031	24. Mai	22	19:56	20:17			
2023-05-09 19:49:00	0,011016	654,9704	2	0,385852	0,014334	0,053614	9	287	-0,945	0,289	0,156	0,945	-0,328	-0,01	25. Mai	22	19:57	20:18			
2023-05-09 19:50:00	0,011156	653,3261	2	0,393408	0,014578	0,053258	8,8	287,2	-0,944	0,292	0,153	0,944	-0,33	-0,013	26. Mai	22	19:57	20:18			
2023-05-09 19:51:00	0,011283	651,6787	2	0,401106	0,014826	0,052792	8,7	287,4	-0,943	0,296	0,151	0,943	-0,332	-0,017	27. Mai	23	19:57	20:19			
2023-05-09 19:52:00	0,011396	650,0283	2	0,408947	0,015077	0,052213	8,5	287,6	-0,943	0,299	0,148	0,943	-0,333	-0,021	28. Mai	22	19:58	20:19			
2023-05-09 19:53:00	0,011495	648,3748	2	0,416934	0,015333	0,051526	8,4	287,8	-0,942	0,302	0,146	0,942	-0,335	-0,025	29. Mai	23	19:58	20:20			
2023-05-09 19:54:00	0,011522	646,7182	2	0,425069	0,015592	0,0503	8,3	288	-0,941	0,306	0,144	0,941	-0,337	-0,028	30. Mai	23	19:58	20:20			
2023-05-09 19:55:00	0,01165	645,0586	2	0,433355	0,015855	0,049815	8,1	288,2	-0,941	0,309	0,141	0,941	-0,338	-0,032	31. Mai	22	19:59	20:20			
2023-05-10 19:49:00	0,010914	657,685	2	0,378948	0,014136	0,053998	9,2	287,2	-0,943	0,292	0,16	0,943	-0,332	-0,008	1. Jun.	23	20:00	20:22			
2023-05-10 19:50:00	0,011062	656,053	2	0,38636	0,014376	0,053711	9	287,4	-0,943	0,295	0,157	0,943	-0,334	-0,011	2. Jun.	23	20:00	20:22			
2023-05-10 19:51:00	0,011196	654,4179	2	0,39391	0,014621	0,053311	8,9	287,6	-0,942	0,298	0,155	0,942	-0,336	-0,015	3. Jun.	24	20:00	20:23			
2023-05-10 19:52:00	0,011317	652,7797	2	0,401601	0,014869	0,052802	8,8	287,8	-0,941	0,302	0,152	0,941	-0,337	-0,019	4. Jun.	23	20:01	20:23			
2023-05-10 19:53:00	0,011425	651,1384	2	0,409434	0,015121	0,052184	8,6	288	-0,941	0,305	0,15	0,941	-0,339	-0,023	5. Jun.	23	20:01	20:23			
2023-05-10 19:54:00	0,011515	649,4941	2	0,417412	0,015377	0,051428	8,5	288,2	-0,94	0,308	0,147	0,94	-0,341	-0,026	6. Jun.	23	20:01	20:23			
2023-05-10 19:55:00	0,011598	647,8468	2	0,425538	0,015636	0,050619	8,3	288,3	-0,939	0,311	0,145	0,939	-0,342	-0,03	7. Jun.	24	20:02	20:25			
2023-05-10 19:56:00	0,011663	646,1964	2	0,433815	0,0159	0,049669	8,2	288,5	-0,938	0,315	0,143	0,938	-0,344	-0,034	8. Jun.	23	20:03	20:25			
2023-05-10 19:57:00	0,011714	644,543	2	0,442244	0,016167	0,048609	8,1	288,7	-0,938	0,318	0,14	0,938	-0,345	-0,038	9. Jun.	23	20:03	20:25			
2023-05-11 19:50:00	0,010942	657,3791	2	0,379571	0,014152	0,054116	9,3	287,5	-0,941	0,297	0,161	0,941	-0,338	-0,009	10. Jun.	23	20:03	20:25			
2023-05-11 19:51:00	0,011083	655,75	2	0,386979	0,014393	0,053777	9,1	287,7	-0,941	0,301	0,158	0,941	-0,34	-0,013	11. Jun.	24	20:03	20:26			
2023-05-11 19:52:00	0,011212	654,1179	2	0,394525	0,014637	0,053334	9	287,9	-0,94	0,304	0,156	0,94	-0,341	-0,017	12. Jun.	24	20:04	20:27			
2023-05-11 19:53:00	0,011326	652,4827	2	0,40221	0,014885	0,052778	8,8	288,1	-0,939	0,307	0,153	0,939	-0,343	-0,021	13. Jun.	24	20:04	20:27			
2023-05-11 19:54:00	0,011428	650,8444	2	0,410038	0,015136	0,052123	8,7	288,3	-0,938	0,311	0,151	0,938	-0,344	-0,024	14. Jun.	24	20:04	20:27			
2023-05-11 19:55:00	0,011516	649,2032	2	0,41801	0,015392	0,051354	8,5	288,5	-0,938	0,314	0,149	0,938	-0,346	-0,028	15. Jun.	24	20:04	20:27			
2023-05-11 19:56:00	0,01159	647,5589	2	0,426129	0,015651	0,050478	8,4	288,7	-0,937	0,317	0,146	0,937	-0,348	-0,032	16. Jun.	23	20:05	20:27			
2023-05-11 19:57:00	0,01165	645,9115	2	0,434398	0,015914	0,049494	8,3	288,9	-0,936	0,32	0,144	0,936	-0,349	-0,036	17. Jun.	23	20:06	20:28			
2023-05-11 19:58:00	0,011695	644,2612	2	0,442819	0,016181	0,048393	8,1	289,1	-0,936	0,324	0,141	0,936	-0,351	-0,039	18. Jun.	23	20:06	20:28			
2023-05-12 19:50:00	0,010844	660,0906	2	0,373035	0,013966	0,054471	9,5	287,7	-0,94	0,3	0,164	0,94	-0,342	-0,008	19. Jun.	24	20:06	20:29			
2023-05-12 19:51:00	0,010992	658,4737	2	0,380307	0,014203	0,054196	9,3	287,9	-0,939	0,303	0,162	0,939	-0,343	-0,011	20. Jun.	24	20:06	20:29			
2023-05-12 19:52:00	0,011128	656,8536	2	0,387713	0,014444	0,053813	9,2	288,1	-0,938	0,306	0,16	0,938	-0,345	-0,015	21. Jun.	24	20:07	20:30			



	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Tag	Anzahl Minuten	Minuten	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 4
2023-05-02 06:47:00	0,011027	645,3362	2	0,400715	0,014667	0,051761	8	75,2	0,957	0,253	0,14	-0,957	-0,289	-0,006	2. Mai	1	06:47	06:47			
2023-05-03 06:46:00	0,011068	646,7959	2	0,400469	0,014691	0,051943	8,1	74,8	0,955	0,26	0,141	-0,955	-0,295	-0,007	3. Mai	2	06:46	06:47			
2023-05-03 06:47:00	0,010911	648,4928	2	0,392686	0,014444	0,052127	8,3	75	0,956	0,256	0,144	-0,956	-0,294	-0,003	4. Mai	3	06:44	06:46			
2023-05-04 06:44:00	0,011223	645,0616	2	0,408232	0,014936	0,051716	8,1	74,2	0,952	0,269	0,141	-0,953	-0,303	-0,013	5. Mai	5	06:42	06:46			
2023-05-04 06:45:00	0,011084	646,7581	2	0,400321	0,014685	0,052101	8,2	74,4	0,953	0,266	0,143	-0,953	-0,302	-0,009	6. Mai	5	06:41	06:45			
2023-05-04 06:46:00	0,010993	648,4513	2	0,392557	0,014438	0,052371	8,4	74,6	0,954	0,262	0,146	-0,954	-0,3	-0,005	7. Mai	6	06:39	06:44			
2023-05-05 06:42:00	0,011382	644,7909	2	0,416211	0,015221	0,051304	8	73,7	0,95	0,279	0,14	-0,95	-0,311	-0,018	8. Mai	8	06:37	06:44			
2023-05-05 06:43:00	0,01126	646,4804	2	0,408169	0,014966	0,051824	8,2	73,9	0,951	0,275	0,142	-0,951	-0,31	-0,014	9. Mai	8	06:35	06:42			
2023-05-05 06:44:00	0,011125	648,1667	2	0,400276	0,014715	0,052238	8,3	74,1	0,951	0,272	0,145	-0,951	-0,308	-0,011	10. Mai	10	06:33	06:42			
2023-05-05 06:45:00	0,010979	649,8498	2	0,392528	0,014468	0,052547	8,5	74,2	0,952	0,269	0,147	-0,952	-0,306	-0,007	11. Mai	10	06:32	06:41			
2023-05-05 06:46:00	0,010817	651,5298	2	0,384925	0,014224	0,052723	8,6	74,4	0,953	0,265	0,15	-0,953	-0,305	-0,003	12. Mai	12	06:30	06:41			
2023-05-06 06:41:00	0,011414	646,1885	2	0,416237	0,015255	0,051355	8,1	73,3	0,948	0,285	0,142	-0,948	-0,317	-0,02	13. Mai	12	06:29	06:40			
2023-05-06 06:42:00	0,011297	647,8679	2	0,408211	0,015	0,051908	8,3	73,5	0,949	0,281	0,144	-0,949	-0,316	-0,016	14. Mai	14	06:27	06:40			
2023-05-06 06:43:00	0,011166	649,5442	2	0,400334	0,014749	0,052355	8,4	73,7	0,949	0,278	0,146	-0,949	-0,314	-0,012	15. Mai	14	06:26	06:39			
2023-05-06 06:44:00	0,011024	651,2174	2	0,392601	0,014501	0,052697	8,6	73,9	0,95	0,275	0,149	-0,95	-0,312	-0,008	16. Mai	16	06:24	06:39			
2023-05-06 06:45:00	0,010868	652,8874	2	0,385012	0,014257	0,052925	8,7	74,1	0,951	0,271	0,151	-0,951	-0,311	-0,005	17. Mai	16	06:23	06:38			
2023-05-07 06:39:00	0,011545	645,8826	2	0,424534	0,015552	0,050689	8,1	72,7	0,945	0,294	0,141	-0,945	-0,325	-0,025	18. Mai	17	06:22	06:38			
2023-05-07 06:40:00	0,011445	647,5552	2	0,416373	0,015293	0,051381	8,2	72,9	0,946	0,291	0,143	-0,946	-0,323	-0,021	19. Mai	19	06:20	06:38			
2023-05-07 06:41:00	0,011332	649,2248	2	0,408362	0,015037	0,051965	8,4	73,1	0,947	0,287	0,146	-0,947	-0,322	-0,018	20. Mai	19	06:19	06:37			
2023-05-07 06:42:00	0,011206	650,8912	2	0,400498	0,014785	0,052449	8,5	73,3	0,947	0,284	0,148	-0,947	-0,32	-0,014	21. Mai	20	06:18	06:37			
2023-05-07 06:43:00	0,011068	652,5545	2	0,392778	0,014537	0,052825	8,7	73,5	0,948	0,281	0,15	-0,948	-0,318	-0,01	22. Mai	21	06:17	06:37			
2023-05-07 06:44:00	0,010917	654,2146	2	0,385201	0,014293	0,053095	8,8	73,7	0,949	0,277	0,153	-0,949	-0,317	-0,006	23. Mai	22	06:16	06:37			
2023-05-08 06:37:00	0,011649	645,5627	2	0,433068	0,015857	0,0498	8	72,2	0,943	0,303	0,14	-0,943	-0,332	-0,031	24. Mai	22	06:15	06:36			
2023-05-08 06:38:00	0,011571	647,2286	2	0,424768	0,015593	0,050653	8,2	72,4	0,943	0,3	0,142	-0,943	-0,331	-0,027	25. Mai	23	06:14	06:36			
2023-05-08 06:39:00	0,011476	648,8915	2	0,416621	0,015333	0,051383	8,3	72,6	0,944	0,297	0,145	-0,944	-0,329	-0,023	26. Mai	24	06:13	06:36			
2023-05-08 06:40:00	0,011367	650,5512	2	0,408622	0,015077	0,051999	8,5	72,8	0,945	0,293	0,147	-0,945	-0,327	-0,019	27. Mai	23	06:13	06:35			
2023-05-08 06:41:00	0,011246	652,2079	2	0,40077	0,014825	0,052517	8,6	73	0,945	0,29	0,149	-0,945	-0,326	-0,016	28. Mai	23	06:13	06:35			
2023-05-08 06:42:00	0,011112	653,8615	2	0,393061	0,014577	0,052931	8,7	73,1	0,946	0,287	0,152	-0,946	-0,324	-0,012	29. Mai	24	06:12	06:35			
2023-05-08 06:43:00	0,010966	655,5119	2	0,385495	0,014332	0,053238	8,9	73,3	0,947	0,283	0,154	-0,947	-0,322	-0,008	30. Mai	23	06:12	06:34			
2023-05-08 06:44:00	0,010806	657,1592	2	0,378068	0,014092	0,05343	9	73,5	0,947	0,28	0,157	-0,947	-0,321	-0,004	31. Mai	23	06:13	06:35			
2023-05-09 06:35:00	0,011639	645,2289	2	0,433407	0,015861	0,049701	8,1	71,8	0,941	0,309	0,141	-0,941	-0,338	-0,032	1. Jun.	23	06:13	06:35			
2023-05-09 06:36:00	0,011565	646,8883	2	0,425119	0,015598	0,050589	8,3	72,2	0,941	0,306	0,144	-0,941	-0,337	-0,029	2. Jun.	24	06:12	06:35			
2023-05-09 06:37:00	0,011477	648,5445	2	0,416983	0,015338	0,05136	8,4	72,2	0,942	0,302	0,146	-0,942	-0,335	-0,025	3. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-09 06:38:00	0,011373	650,1977	2	0,408994	0,015083	0,05201	8,5	72,4	0,943	0,299	0,148	-0,943	-0,333	-0,021	4. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-09 06:39:00	0,011256	651,8478	2	0,401152	0,014831	0,052558	8,7	72,6	0,943	0,296	0,151	-0,943	-0,332	-0,017	5. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-09 06:40:00	0,011128	653,4949	2	0,393453	0,014583	0,053011	8,8	72,8	0,944	0,292	0,153	-0,944	-0,33	-0,013	6. Jun.	24	06:11	06:34			
2023-05-09 06:41:00	0,010986	655,1388	2	0,385895	0,014339	0,053357	9	73	0,945	0,289	0,156	-0,945	-0,328	-0,01	7. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-09 06:42:00	0,010833	656,7797	2	0,378476	0,014099	0,053594	9,1	73,2	0,945	0,286	0,158	-0,945	-0,327	-0,006	8. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-10 06:33:00	0,011711	644,8815	2	0,442297	0,016178	0,048534	8,1	71,3	0,938	0,318	0,14	-0,938	-0,345	-0,038	9. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-10 06:34:00	0,011658	646,5343	2	0,433867	0,01591	0,049575	8,2	71,5	0,938	0,315	0,143	-0,938	-0,344	-0,034	10. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-10 06:35:00	0,011589	648,184	2	0,425589	0,015646	0,050497	8,3	71,7	0,939	0,311	0,145	-0,939	-0,342	-0,03	11. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-10 06:36:00	0,011505	649,8307	2	0,417462	0,015386	0,051306	8,5	71,8	0,94	0,308	0,147	-0,94	-0,341	-0,026	12. Jun.	23	06:13	06:35			
2023-05-10 06:37:00	0,011407	651,4744	2	0,409482	0,015131	0,051997	8,6	72	0,941	0,305	0,15	-0,941	-0,339	-0,023	13. Jun.	22	06:13	06:34			
2023-05-10 06:38:00	0,011294	653,115	2	0,401647	0,014878	0,052577	8,8	72,2	0,941	0,302	0,152	-0,941	-0,337	-0,019	14. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-10 06:39:00	0,01117	654,7526	2	0,393956	0,01463	0,053065	8,9	72,4	0,942	0,298	0,155	-0,942	-0,336	-0,015	15. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-10 06:40:00	0,011034	656,3871	2	0,386404	0,014385	0,053451	9	72,6	0,943	0,295	0,157	-0,943	-0,334	-0,011	16. Jun.	23	06:12	06:34			
2023-05-10 06:41:00	0,010886	658,0185	2	0,378991	0,014145	0,053373	9,2	72,8	0,943	0,292	0,159	-0,943	-0,332	-0,008	17. Jun.	23	06:13	06:35			
2023-05-10 06:42:00	0,010724	659,6468	2	0,371713	0,013907	0,053894	9,3	73	0,944	0,288	0,162	-0,944	-0,331	-0,004	18. Jun.	23	06:13	06:35			
2023-05-11 06:32:00	0,011697	644,7345	2	0,442874	0,016195	0,048334	8,1	70,9	0,936	0,324	0,141	-0,936	-0,351	-0,039	19. Jun.	23	06:13	06:35			

	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Tag	Anzahl Minuten	Minuten	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 2
2023-05-02 19:44:00	0,010647	645,6501	2	0,392912	0,014388	0,050417	8,2	284,6	-0,958	0,25	0,142	0,958	-0,288	-0,002	2. Mai	2	19:44	19:45			
2023-05-02 19:45:00	0,010815	643,9401	2	0,400715	0,014635	0,050296	8	284,8	-0,957	0,253	0,14	0,957	-0,289	-0,006	3. Mai	2	19:45	19:46			
2023-05-03 19:45:00	0,010689	646,7003	2	0,392686	0,014404	0,050663	8,3	285	-0,956	0,256	0,144	0,956	-0,294	-0,003	4. Mai	4	19:45	19:48			
2023-05-03 19:46:00	0,01085	644,9999	2	0,400469	0,01465	0,05049	8,1	285,2	-0,955	0,26	0,141	0,955	-0,295	-0,007	5. Mai	5	19:46	19:50			
2023-05-04 19:45:00	0,010535	647,983	2	0,384938	0,014147	0,05095	8,5	285,2	-0,954	0,259	0,148	0,954	-0,298	-0,001	6. Mai	6	19:46	19:51			
2023-05-04 19:46:00	0,010707	646,2888	2	0,392557	0,01439	0,050883	8,4	285,4	-0,954	0,262	0,146	0,954	-0,3	-0,005	7. Mai	7	19:47	19:53			
2023-05-04 19:47:00	0,010861	644,5914	2	0,400321	0,014636	0,05066	8,2	285,6	-0,954	0,266	0,143	0,953	-0,302	-0,009	8. Mai	8	19:48	19:55			
2023-05-04 19:48:00	0,011001	642,8909	2	0,408232	0,014886	0,05031	8,1	285,8	-0,953	0,269	0,141	0,953	-0,303	-0,013	9. Mai	9	19:47	19:55			
2023-05-05 19:46:00	0,010583	649,046	2	0,384925	0,01417	0,051201	8,6	285,6	-0,953	0,265	0,15	0,953	-0,305	-0,003	10. Mai	10	19:48	19:57			
2023-05-05 19:47:00	0,010748	647,3613	2	0,392528	0,014413	0,051073	8,5	285,748	-0,952	0,269	0,147	0,952	-0,306	-0,007	11. Mai	11	19:48	19:58			
2023-05-05 19:48:00	0,010897	645,6735	2	0,400276	0,014659	0,050808	8,3	285,9	-0,951	0,272	0,145	0,951	-0,308	-0,011	12. Mai	12	19:49	20:00			
2023-05-05 19:49:00	0,011032	643,9825	2	0,408169	0,014909	0,050416	8,2	286,1	-0,951	0,275	0,142	0,951	-0,31	-0,014	13. Mai	13	19:49	20:01			
2023-05-05 19:50:00	0,011153	642,2884	2	0,416211	0,015162	0,049905	8	286,3	-0,95	0,279	0,14	0,95	-0,311	-0,018	14. Mai	14	19:50	20:03			
2023-05-06 19:46:00	0,010454	651,7869	2	0,377563	0,013958	0,051442	8,8	285,7	-0,951	0,268	0,154	0,951	-0,309	-0,001	15. Mai	15	19:50	20:04			
2023-05-06 19:47:00	0,01063	650,1148	2	0,385012	0,014197	0,051419	8,7	285,9	-0,951	0,271	0,151	0,951	-0,311	-0,005	16. Mai	16	19:51	20:06			
2023-05-06 19:48:00	0,010788	648,4396	2	0,392601	0,014439	0,051237	8,6	286,1	-0,95	0,275	0,149	0,95	-0,312	-0,008	17. Mai	17	19:51	20:07			
2023-05-06 19:49:00	0,010932	646,7612	2	0,400334	0,014685	0,050928	8,4	286,3	-0,949	0,278	0,146	0,949	-0,314	-0,012	18. Mai	18	19:51	20:08			
2023-05-06 19:50:00	0,011063	645,0797	2	0,408211	0,014936	0,050498	8,3	286,5	-0,949	0,281	0,144	0,949	-0,316	-0,016	19. Mai	19	19:52	20:10			
2023-05-06 19:51:00	0,011179	643,3951	2	0,416237	0,015189	0,049956	8,1	286,7	-0,948	0,285	0,142	0,948	-0,317	-0,02	20. Mai	20	19:52	20:11			
2023-05-07 19:47:00	0,010508	652,8522	2	0,377764	0,013988	0,051695	8,9	286,1	-0,949	0,274	0,155	0,949	-0,315	-0,002	21. Mai	20	19:53	20:12			
2023-05-07 19:48:00	0,010676	651,1895	2	0,385201	0,014227	0,051604	8,8	286,3	-0,949	0,277	0,153	0,949	-0,317	-0,006	22. Mai	22	19:54	20:15			
2023-05-07 19:49:00	0,010829	649,5236	2	0,392778	0,01447	0,051376	8,7	286,5	-0,948	0,281	0,15	0,948	-0,318	-0,01	23. Mai	21	19:55	20:15			
2023-05-07 19:50:00	0,010968	647,8546	2	0,400498	0,014716	0,051023	8,5	286,7	-0,947	0,284	0,148	0,947	-0,32	-0,014	24. Mai	22	19:55	20:16			
2023-05-07 19:51:00	0,011093	646,1826	2	0,408362	0,014967	0,050555	8,4	286,9	-0,947	0,287	0,146	0,947	-0,322	-0,018	25. Mai	22	19:55	20:16			
2023-05-07 19:52:00	0,011206	644,5074	2	0,416373	0,015221	0,049982	8,2	287,1	-0,946	0,291	0,143	0,946	-0,323	-0,021	26. Mai	22	19:56	20:17			
2023-05-07 19:53:00	0,011305	642,8291	2	0,424534	0,015479	0,049301	8,1	287,3	-0,945	0,294	0,141	0,945	-0,325	-0,025	27. Mai	22	19:56	20:17			
2023-05-08 19:48:00	0,01056	653,9233	2	0,378068	0,014022	0,051909	9	286,5	-0,947	0,28	0,157	0,947	-0,321	-0,004	28. Mai	23	19:56	20:18			
2023-05-08 19:49:00	0,010722	652,2699	2	0,385495	0,014262	0,051761	8,9	286,7	-0,947	0,283	0,154	0,947	-0,322	-0,008	29. Mai	22	19:57	20:18			
2023-05-08 19:50:00	0,010869	650,6133	2	0,393061	0,014505	0,051487	8,7	286,9	-0,946	0,287	0,152	0,946	-0,324	-0,012	30. Mai	22	19:57	20:18			
2023-05-08 19:51:00	0,011003	648,9537	2	0,40077	0,014751	0,051092	8,6	287	-0,945	0,29	0,149	0,945	-0,326	-0,016	31. Mai	23	19:58	20:20			
2023-05-08 19:52:00	0,011124	647,2909	2	0,408622	0,015002	0,05059	8,5	287,2	-0,945	0,293	0,147	0,945	-0,327	-0,019	1. Jun.	22	19:59	20:20			
2023-05-08 19:53:00	0,011233	645,6251	2	0,416621	0,015256	0,049988	8,3	287,4	-0,944	0,297	0,145	0,944	-0,329	-0,023	2. Jun.	23	19:59	20:21			
2023-05-08 19:54:00	0,011329	643,9562	2	0,424768	0,015514	0,04928	8,2	287,6	-0,943	0,3	0,142	0,943	-0,331	-0,027	3. Jun.	23	19:59	20:21			
2023-05-08 19:55:00	0,011412	642,2842	2	0,433068	0,015776	0,048466	8	287,8	-0,943	0,303	0,14	0,943	-0,332	-0,031	4. Jun.	23	19:59	20:21			
2023-05-09 19:47:00	0,010467	658,2793	2	0,371193	0,013859	0,052149	9,2	286,6	-0,946	0,282	0,161	0,946	-0,325	-0,002	5. Jun.	22	20:00	20:21			
2023-05-09 19:48:00	0,010638	656,6413	2	0,378476	0,014096	0,052089	9,1	286,8	-0,945	0,286	0,158	0,945	-0,327	-0,006	6. Jun.	23	20:00	20:22			
2023-05-09 19:49:00	0,010794	655,0001	2	0,385895	0,014336	0,051891	9	287	-0,945	0,289	0,156	0,945	-0,328	-0,01	7. Jun.	23	20:01	20:23			
2023-05-09 19:50:00	0,010937	653,3559	2	0,393453	0,01458	0,05157	8,8	287,2	-0,944	0,292	0,153	0,944	-0,33	-0,013	8. Jun.	23	20:01	20:23			
2023-05-09 19:51:00	0,011066	651,7086	2	0,401152	0,014828	0,051136	8,7	287,4	-0,943	0,296	0,151	0,943	-0,332	-0,017	9. Jun.	23	20:01	20:23			
2023-05-09 19:52:00	0,011183	650,0582	2	0,408994	0,01508	0,050602	8,5	287,6	-0,943	0,299	0,148	0,943	-0,333	-0,021	10. Jun.	23	20:02	20:24			
2023-05-09 19:53:00	0,011288	648,4048	2	0,416983	0,015335	0,049968	8,4	287,8	-0,942	0,302	0,146	0,942	-0,335	-0,025	11. Jun.	23	20:02	20:24			
2023-05-09 19:54:00	0,011381	646,7482	2	0,425119	0,015594	0,04923	8,3	288	-0,941	0,306	0,144	0,941	-0,337	-0,029	12. Jun.	23	20:03	20:25			
2023-05-09 19:55:00	0,01146	645,0887	2	0,433407	0,015858	0,048386	8,1	288,2	-0,941	0,309	0,141	0,941	-0,338	-0,032	13. Jun.	23	20:03	20:25			
2023-05-10 19:48:00	0,010525	659,3435	2	0,371713	0,013901	0,052359	9,3	287	-0,944	0,288	0,162	0,944	-0,331	-0,004	14. Jun.	23	20:03	20:25			
2023-05-10 19:49:00	0,010689	657,7146	2	0,378991	0,014138	0,052238	9,2	287,2	-0,943	0,292	0,159	0,943	-0,332	-0,008	15. Jun.	23	20:03	20:25			
2023-05-10 19:50:00	0,010839	656,0826	2	0,386404	0,014379	0,051992	9	287,4	-0,943	0,295	0,157	0,943	-0,334	-0,011	16. Jun.	24	20:03	20:26			
2023-05-10 19:51:00	0,010976	654,4475	2	0,393956	0,014623	0,051627	8,9	287,6	-0,942	0,298	0,155	0,942	-0,336	-0,015	17. Jun.	24	20:04	20:27			
2023-05-10 19:52:00	0,011101	652,8094	2	0,401647	0,014871	0,051156	8,8	287,8	-0,941	0,302	0,152	0,941	-0,337	-0,019	18. Jun.	24	20:04	20:27			
2023-05-10 19:53:00	0,011214	651,1682	2	0,409482	0,015123	0,050588	8,6	288	-0,941	0,305	0,15	0,941	-0,339	-0,023	19. Jun.	23	20:05	2			