

SolPEG Blendgutachten Solarpark „Spornitz“

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage
in der Nähe von Spornitz in Mecklenburg-Vorpommern**

Version 1.2 – Weitere Analysen für Flugverkehr

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 potentiellen 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	14
4	Ergebnisse	19
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P1, Bahnstrecke südlich.....	20
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P2, Straße Am Matzlower Weg	22
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P3, Buxheimer Straße	23
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude südöstlich	25
4.5	Ergebnisse für Landeanflug auf den Flughafen Parchim, Landebahn 24	27
4.6	Ergebnisse für Landeanflug auf den Flughafen Parchim, Landebahn 06	28
4.7	Ergebnisse für den Flug der Platzrunde	29
4.8	Ergebnisse für den Tower (ATCT).....	30
5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	31
6	Schlussbemerkung	32
7	Anhang (Auszug).....	33 - 51

SolPEG Blendgutachten

Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Spornitz

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik (PV) ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der geplanten PV Anlage „Spornitz“ für die Bahnstrecke Ludwigslust–Parchim sowie für Anwohner der ggf. umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist die sog. Lichtleitlinie¹, die 1993 durch die Bund/Länder - Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) verfasst und 2012 um einen Abschnitt zu PV Anlagen erweitert wurde. Nach überwiegender Meinung von Experten enthält die Lichtleitlinie nicht unerhebliche Defizite bzw. Unklarheiten und ist als Instrument für die sachgerechte Beurteilung von Reflexionen durch PV Anlagen nur bedingt anwendbar. Weitere Ausführungen hierzu finden sich im Abschnitt 4.

Die vorliegende Untersuchung soll klären ob bzw. in wie weit von der PV Anlage eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt für die Bahnstrecke Ludwigslust–Parchim sowie ggf. für Anwohner der umliegenden Gebäude.

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

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

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

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

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Flächen des Solarparks befinden sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet nördlich und östlich von Spornitz in Mecklenburg-Vorpommern, ca. 8,5 km westlich von Parchim. Südlich der Fläche verläuft auf die einspurige Bahnstrecke Ludwigslust–Parchim. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Flächen nördlich und östlich von Spornitz in Mecklenburg-Vorpommern. Die Flächen sind überwiegend eben.
Koordinaten (PV Fläche West)	53.418°N, 11.720°O, 45 m ü.N.N.
Grenzlänge entlang der Bahnstrecke	ca. 110 m
Abstand zur Bahnstrecke	ca. 40 m - 45 m
Entfernung zu angrenzenden Straßen	ca. 30 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 90 m

Übersicht über den Standort und die PV Anlage (schematisch)



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

Detailansicht der PV Anlage und Umgebung. PV Fläche A (PV Feld 1, 2, 3).



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

PV Fläche B (PV Feld 4 und 5)



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

Aktuelle Fotos der PV Flächen. Blick von Osten Richtung Westen auf die Fläche A (PV Feld 1, 2, 3)



Bild 2.1.4: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

Blick von Norden Richtung Süden auf das PV Feld 3.



Bild 2.1.5: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

Blick von Norden Richtung Süden auf die Fläche B (PV Felder 4 und 5)



Bild 2.1.6: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

2.2 Umliegende Gebäude

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

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

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

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

Die folgende Skizze zeigt die PV Fläche West und Umgebung. Gemäß Reflexionsgesetz können die südöstlich gelegenen Gebäude theoretisch von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Allerdings besteht in der Realität überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle. Die Standorte werden dennoch analysiert. Andere Gebäude in der Umgebung sind aufgrund der Lage, des Einfallswinkels und der Entfernung nicht von Reflexionen durch die PV Anlage betroffen und werden nicht weiter analysiert. Details sind im Abschnitt 4 aufgeführt.



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

3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

Rechtliche Hinweise u.a. zur Licht-Leitlinie sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes. 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 Braunschweig² 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:

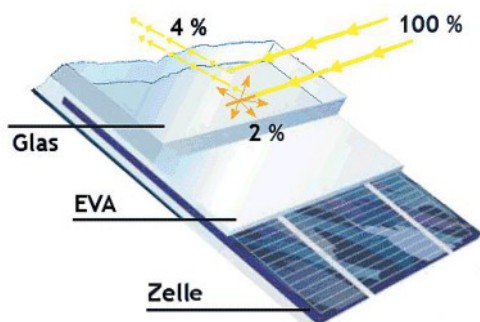


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

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)

² <https://oberlandesgericht-braunschweig.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wenn-sonnenlicht-stoert-nachbarrechtsstreitigkeit-wegen-reflexionen-einer-photovoltaikanlage-214293.html>

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

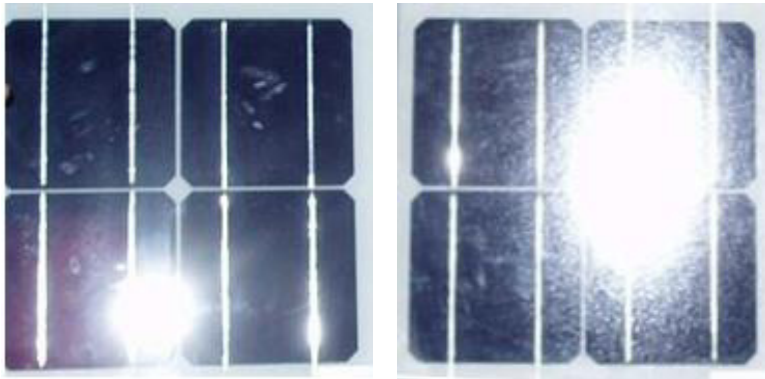


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

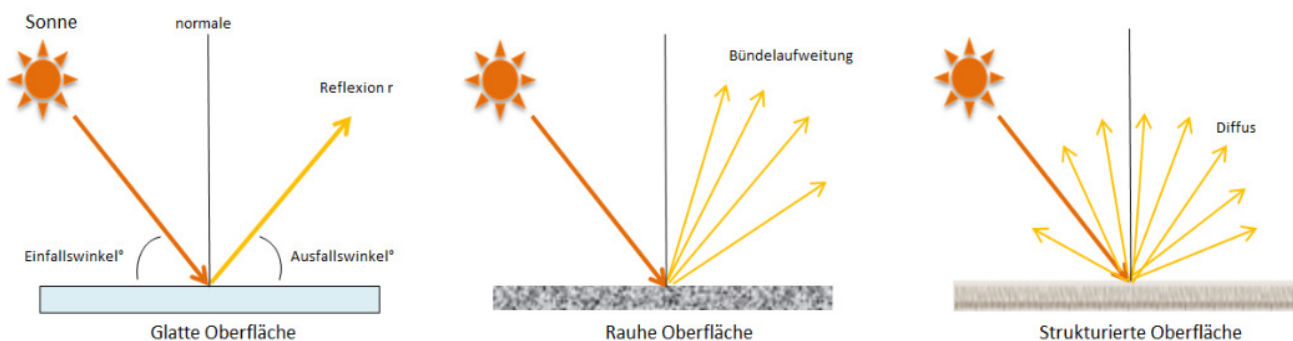


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

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

Es können aber auch Module eines anderen Herstellers mit ähnlichen Eigenschaften verwendet werden. Damit kommen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Vermeidung von Reflexion und Blendwirkungen zur Anwendung.

Mechanical Properties	
Cell Type	182.00mm*91.00mm
Number of Cells	144pcs(12*12)
Dimension	2285mm*1134mm*30mm
Weight	33.5kg
Front /Rear Glass*	2.0mm/2.0mm
Frame	Anodized Aluminium
Junction Box	IP68 (3 diodes)
Length of Cable*	4.0mm², 300mm
Connector	MC4 Compatible
*Heat strengthened glass	

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 Berechnung der Blendwirkung

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

Darüber hinaus kommen die in Anhang 2 der Licht-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen (Seite 21ff) zur Anwendung, es werden jedoch aufgrund fehlender Angaben u.a. für Fahrzeuglenker zusätzliche Quellen herangezogen, u.a. die Richtlinien der FAA³ 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:

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

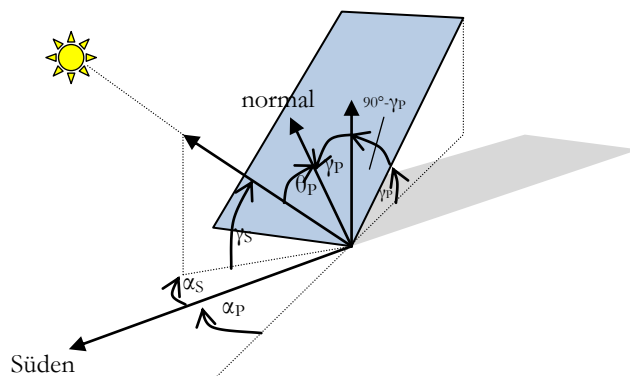


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche

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

Die Simulation von Reflexionen geht zu jedem Zeitpunkt von einem klaren Himmel und direkter Sonneneinstrahlung aus, daher wird im Ergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung angegeben. Dies entspricht nur selten den realen Umgebungsbedingungen und auch Informationen über möglichen Sichtschutz durch Bäume, Gebäude oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden. Auch Wettereinflüsse wie z.B. Frühnebel/Dunst oder lokale Besonderheiten der Wetterbedingungen können nicht berechnet werden. Die Entfernung zur Blendquelle fließt in die Berechnung ein, jedoch sind sich die Experten uneinig ab welcher Entfernung eine Blendwirkung durch PV Anlagen zu vernachlässigen ist. In der Licht-Leitlinie⁴ wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories⁵, New Mexico überprüft.

³ US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:
<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf>

⁴ Licht-Leitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.

⁵ 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 weniger Sonnenlicht reflektiert wird als bei Standard Modulen. Dennoch sind Reflexionen nicht ausgeschlossen, insbesondere wenn das Sonnenlicht abends und morgens in einem flachen Winkel auf die Moduloberfläche trifft. Die folgende Skizze verdeutlicht die Konstruktion der Modulinstallation.

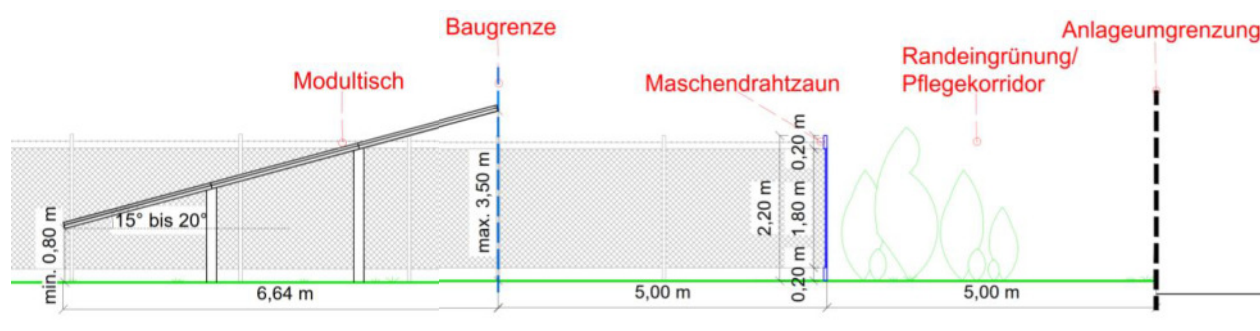


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

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

Tabelle 1: Berechnungsparameter

PV Modul	Jolywood (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	3 Module hochkant übereinander (3P)
Ausrichtung (Azimut)	Süden (180°)
Modulneigung	20° (bzw. Variante mit 15°)
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. 0,8 m, max. 3,5 m
Anzahl Messpunkte gesamt	4 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Höhe Messpunkte	2 m über Boden
Azimut Blickrichtung Fahrzeugführer ⁶	Fahrtrichtung +/- 20°

Hinweis:

Die Simulation wurde auch mit anderen Modulneigungen durchgeführt (u.a. 15°) und es zeigen sich an einzelnen Immissionsorten erwartungsgemäß leicht abweichende Ergebnisse. Insgesamt sind die Abweichungen allerdings vernachlässigbar. Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf 20° Modulneigung.

⁶ Überwiegend wird angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel von 20° und mehr zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung darstellen. In einem Winkel zwischen 10° - 20° können Reflexionen eine moderate Blendwirkung erzeugen und unter 10° werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden.

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

3.5 Standorte für die Analyse

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

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Spornitz wurden separate Flächen auf 5 PV Felder zusammengefasst und insgesamt 4 Messpunkte festgelegt. 1 Messpunkt im Verlauf der Bahnstrecke, 2 Messpunkte auf angrenzenden Straßen (u.a. B191) sowie 1 Messpunkte im Bereich von umliegenden Gebäuden. Andere Standorte und Gebäude wurden nicht weiter untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind.

Die folgende Übersicht zeigt die PV Anlage und die gewählten Messpunkte P1-P4:



Bild 3.5.1: Übersicht über die PV Anlage und die Messpunkte P1–P4 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

In SolPEG Blendgutachten werden üblicherweise Flugplätze und andere besondere Zonen im Umkreis von 10 km um die PV Anlage untersucht. Der Flughafen Schwerin-Parchim (ICAO-Code: EDOP) liegt zwar innerhalb dieser Entfernung aber der Flughafen ist bereits seit Mai 2019 außer Betrieb und das Gelände wird anderweitig genutzt. Eine Analyse von potentiellen Reflexionen ist daher nicht zielführend.

Auf besondere Veranlassung hin werden dennoch die Landeanflüge auf die Landebahnen 06 und 24 untersucht für den momentan unwahrscheinlichen Fall, dass ein neuer Betreiber gefunden wird und der Flughafenbetrieb wieder aufgenommen wird.

Die folgende Skizze gibt einen ungefähren Überblick über die Entfernungen.

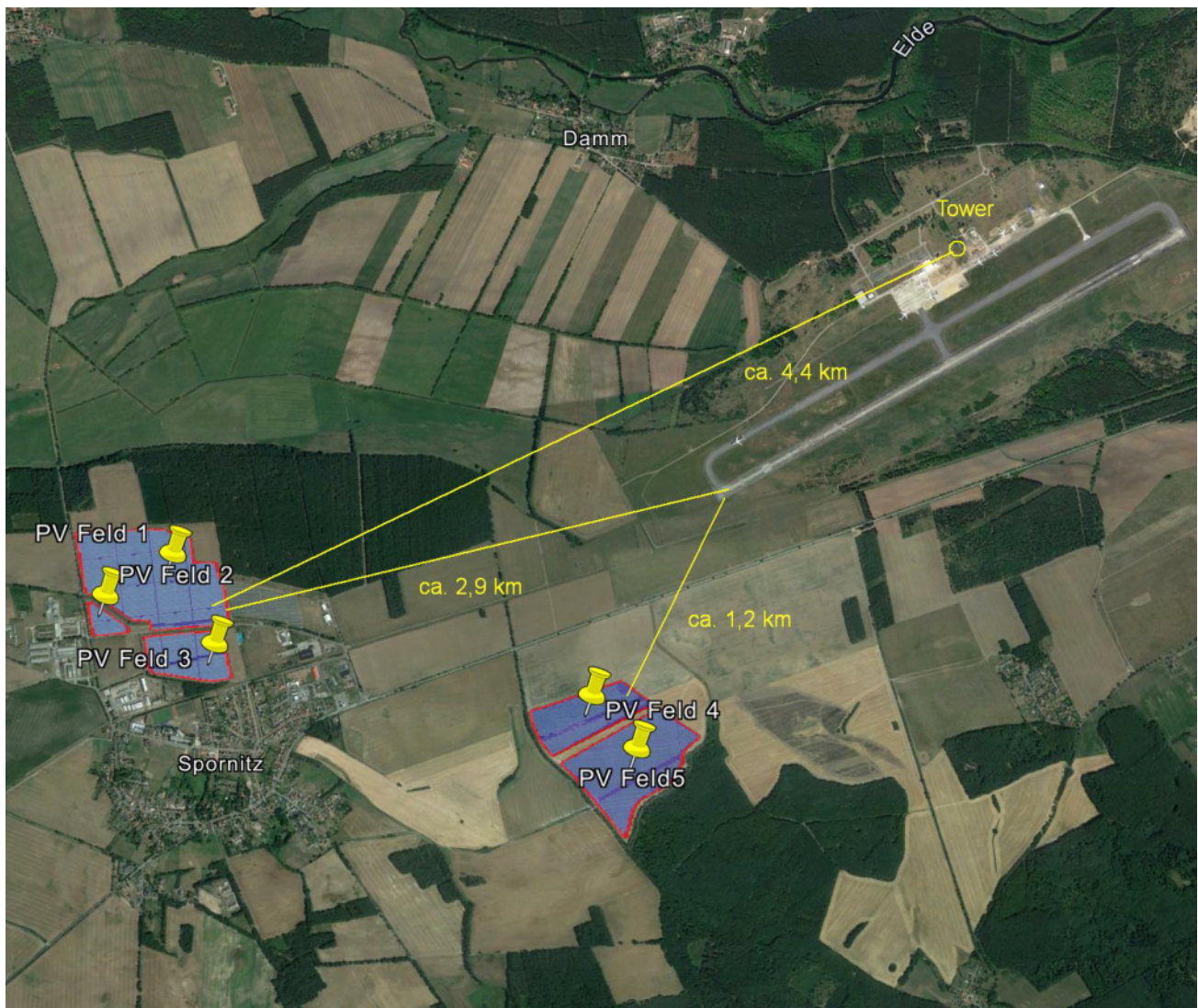


Bild 3.5.2: Übersicht über die PV Anlage und umliegende Flugplätze (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Für die Analyse der potentiellen Reflexionen im Bereich der Landeanflüge kommen maßgeblich die umfangreichen Vorgaben der US-Flugsicherheitsbehörde (FAA) zur Anwendung und darüber hinaus werden auch die Vorgaben der EASA gemäß Dokument „CS-ADR-DSN— Issue 5⁷“ in der aktuellen Fassung vom 23.06.2021 berücksichtigt.

⁷ Dokument download: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/certification-specifications/cs-adr-dsn-issue-5>

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

Schutzwürdige Räume

In der Licht-Leitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also ortsfeste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belastigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt⁸ allerdings eine Definition oder Empfehlung zum Umgang mit Verkehrswegen und auch zu Schienen- und Kraftfahrzeugen als "beweglichen" Räumen. Eine Blendwirkung an beweglichen Standorten ist in Bezug zur Geschwindigkeit zu sehen, d.h. eine Reflexion kann an einem festen Standort über mehrere Minuten auftreten, ist jedoch bei der Vorbeifahrt mit 100 km/h ggf. nur für Sekundenbruchteile wahrnehmbar. Aber trotz einer physiologisch unkritischen Leuchtdichte kann die Blendwirkung durch frequente Reflexionen subjektiv als störend empfunden werden (psychologische Blendwirkung). Vor diesem Hintergrund kann die Empfehlung der Licht-Leitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen.

Einfallswinkel der Reflexion

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

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

Entfernung zur Immissionsquelle

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

In der hier zur Anwendung kommenden Simulationssoftware werden alle Reflexionen berücksichtigt, die aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz physikalisch auftreten können. Daher sind die reinen 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 Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

Sonderfall Zugführer

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

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



Bild 3.6.1: Fensterfront gängiger Loktypen (Quelle: Wikipedia, CC0 1.0 Lizenz, Ausschnitt bearbeitet)

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

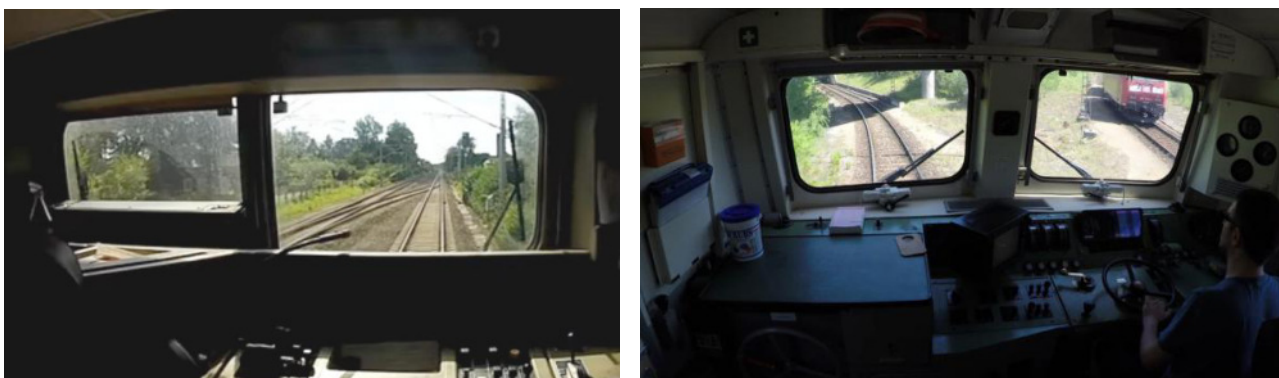


Bild 3.6.2: Blick aus dem Führerstand. Links Baureihe 143, rechts 155 (Quelle: Wikipedia, CC0 1.0 Lizenz, Ausschnitt)

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

Sonstige Einflüsse

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

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

In der Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY⁹) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2022 eine mittlere Wolkenbedeckung¹⁰ von ca. 62,5 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1982-2009 liegt bei 62,5 % - 75 %.

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

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

Kategorien von Reflexionen

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

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

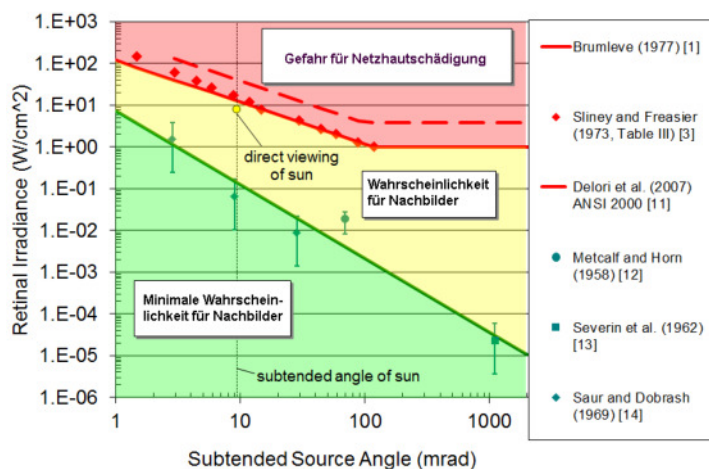


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

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

¹⁰ DWD Service: https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html

Bild: https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_cen_cfc_mean_2022_17.png

Flugverkehr

Piloten sind darauf trainiert mit Sonnenlicht aus wechselnden Richtungen und auch mit Reflexionen z. B. von Wasserüberflächen, Parkplätzen und Glasflächen umzugehen. Darüber hinaus kann sich der Pilot auf mehrere Navigationsinstrumente verlassen, wenn die Sicht aus dem Cockpitfenster gestört ist. Die Sicht aus dem Cockpit ist in der Regel durch die Konstruktion und die Instrumentierung eingeschränkt. Beim Starten und Landen ist der Blick des Piloten hauptsächlich geradeaus und auf die Instrumente gerichtet. Das kritische Sichtfeld, in dem Reflexionen stören könnte, beträgt lt. Definition der US Flugsicherheitsbehörden (FAA) $\pm 30^\circ$ zur Blickrichtung. Reflexionen außerhalb von 30° von der geraden Blickrichtung werden in der Regel als unkritisch angesehen. Der vertikale Blickwinkel nach unten beträgt aufgrund der Konstruktion und Ausstattung des Cockpits in der Regel weniger als 10° .



Bild 3.6.4: Blick ins Cockpit (Airbus A360)¹¹

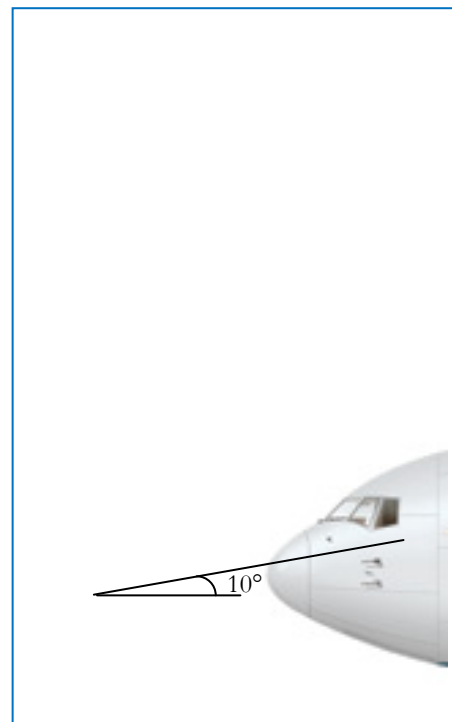


Bild 3.6.5: Vertikale Blickrichtung

Es gibt bereits PV Anlagen an zahlreichen internationalen Flughäfen, z.B. in München, Stuttgart, Zürich, San Francisco, Oakland, Denver, Boston und Changi. Die U.S. Federal Aviation Administration (FAA) stellt in ihrem technischen Leitfaden zur Bewertung ausgewählter Solartechnologien auf Flughäfen fest:

"Solaranlagen sind derzeit auf einer Reihe von Flughäfen in Betrieb, darunter Solaranlagen im Megawattbereich, die sich über mehrere Hektar erstrecken. Projektleiter von sechs Flughäfen, auf denen Solaranlagen seit ein bis drei Jahren in Betrieb sind, wurden zu Beschwerden über Blendwirkung befragt. Von drei dieser Flughäfen wurden Fluglotsen kontaktiert und gebeten, sich zu den Auswirkungen der Blendung auf ihren täglichen Betrieb zu äußern. Bislang gab es keine ernsthaften Beschwerden von Piloten oder Fluglotsen über Blendwirkungen von bestehenden Solaranlagen auf Flughäfen."¹²

¹¹ Quelle: <https://istack.imgur.com/35Ka8.jpg>

¹² Dokument https://www.faa.gov/airports/environmental/policy_guidance/media/airport-solar-guide-print.pdf, Seite 41

4 Ergebnisse

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

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

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

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der 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.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebniswerte nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden. Details zu den jeweiligen Messpunkten werden im weiteren Verlauf von Abschnitt 4 beschrieben.

Tabelle 2: Potentielle Blendwirkung an den jeweiligen Messpunkten [Kategorie ■, Minuten pro Jahr]

Messpunkt	PV Feld 1	PV Feld 2	PV Feld 3	PV Feld 4	PV Feld 5
P1 Bahnstrecke südlich	-	1015 ^{EW}	3232 ^W	-	-
P2 Straße westlich	-	2263 ^W	-	-	-
P3 B191 südlich	652 ^W	-	2186 ^{EWG}	-	-
P4 Gebäude südlich	-	734 ^{DE}	3209 ^{GE}	-	-
Landeanflug auf Landebahn 06	-	-	-	576	(1083 ^W)
Landeanflug auf Landebahn 24	-	-	-	-	-

^W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

^E Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

^G Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

^D Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer zu vernachlässigen

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, Bahnstrecke südlich

Am Messpunkt P1 auf der Bahnstrecke können bei der Fahrt Richtung Südwesten theoretisch Reflexionen durch das PV Feld 3 auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 01. Mai und dem 11. August abends zwischen 18:19 – 19:17 Uhr für 5 bis max. 44 Minuten pro Tag¹³ Reflexionen aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen mit ca. $+22^\circ$ bis $+40^\circ$ rechts (westlich) zur Fahrtrichtung allerdings außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen u vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

Die folgende Skizze zeigt die Situation am Messpunkt P1 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

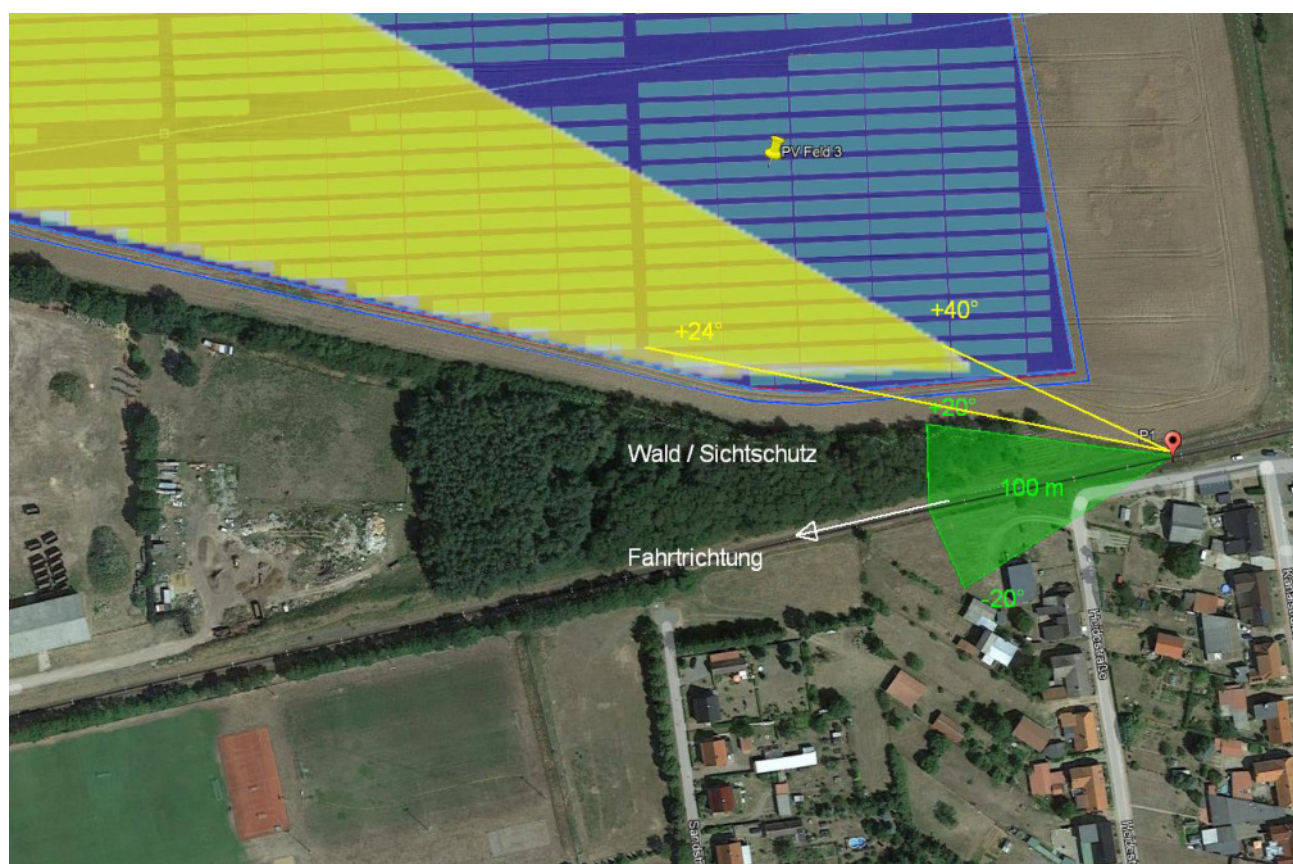


Bild 4.1.1: Situation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der grün markierte Bereich ist der für Zugführer relevante Sichtbereich (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, ca. 100 m). Im gelb/weiß markierten Bereich können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten wäre der Bereich entsprechend kleiner bzw. schmaler.

In diesem Bereich ist entlang der Bahnstrecke ein Bewuchs u. a. aus Büschen vorhanden, der als Sichtschutz gewertet werden kann, da ein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle überwiegend verhindert wird. Aber selbst wenn der Bewuchs komplett gerodet werden sollte, wäre aufgrund des Einfallswinkels eine Beeinträchtigung durch Reflexionen durch die PV Anlage wenig wahrscheinlich.

¹³ Generell wird das Auftreten von Reflexionen an weniger als 5 Minuten pro Tag nicht berücksichtigt (Messunsicherheit)

Die folgende Skizze (Pseudo 3D) zeigt die Situation am Messpunkt P1 auf der Bahnstrecke bei der Fahrt Richtung Südwesten. Rechts im Bild - außerhalb des relevanten Sichtwinkels - können potentielle Reflexionen auftreten.

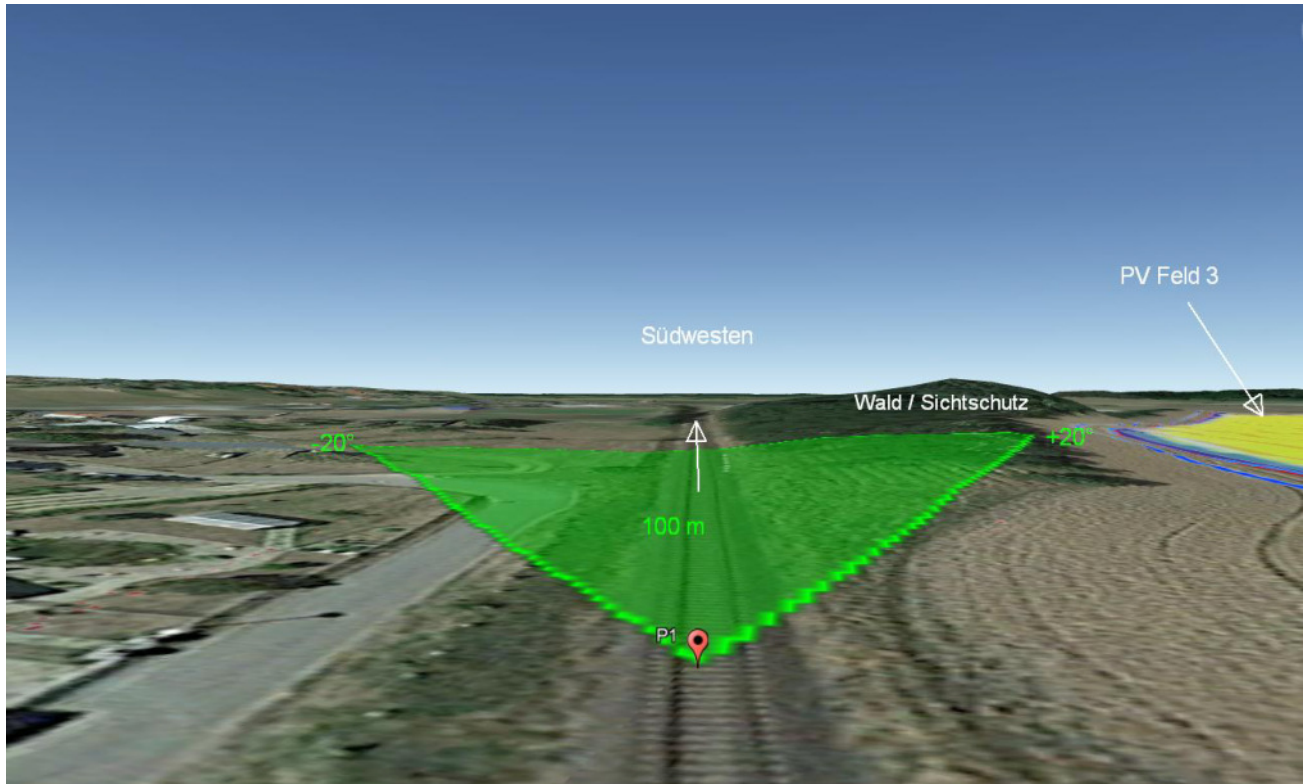


Bild 4.1.2: Simulation am Messpunkt P1, Blick Richtung Westen (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Rein rechnerisch können am Messpunkt P1 auch Reflexionen durch das PV Feld 2 auftreten. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sind diese in der Realität allerdings nicht wahrnehmbar. Aber auch aufgrund der sehr großen Entfernung zur Immissionsquelle von ca. 680 m – 950 m sind potentielle Reflexionen durch das PV Feld 2 zu vernachlässigen.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, Straße Am Matzlower Weg

Am Messpunkt P2 auf der Straße Am Matzlower Weg können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 19. April und dem 23. August in den frühen Morgenstunden zwischen 06:00 – 06:30 Uhr aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen liegen allerdings mit $+66^\circ$ bis $+93^\circ$ rechts (östlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Der fließende Verkehr ist nicht beeinträchtigt.

Die folgende Skizze zeigt die Situation am Messpunkt P2 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

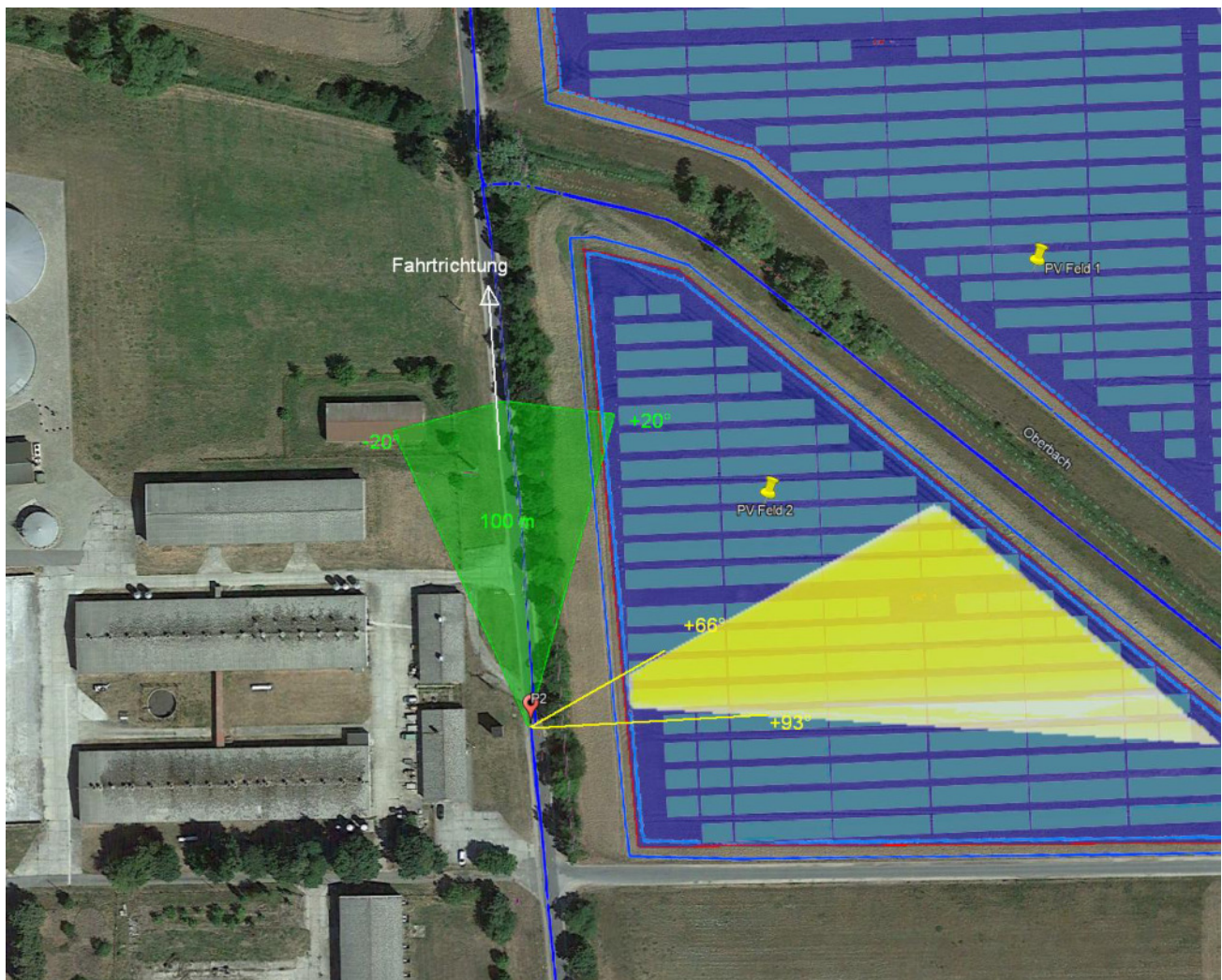


Bild 4.2.2: Situation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert die für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, ca. 100m). In den gelb/weiß markierten Bereichen können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese liegen überwiegend außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen.

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, Buxheimer Straße

Am Messpunkt P3 auf der B191 im Bereich der Einmündung der Straße Zur großen Heide sind zwar rein rechnerisch Reflexionen durch das PV Feld 3 möglich. In der Realität sind diese allerdings nicht wahrnehmbar, da aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Die rechnerisch ermittelten Ergebnisse sind in der Realität nicht anwendbar. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze zeigt Messpunkt P3 und Umgebung.



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

Rein rechnerisch können am Messpunkt P3 auch Reflexionen durch das weiter nordwestlich gelegene PV Feld 2 auftreten. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sind diese in der Realität allerdings nicht wahrnehmbar. Aber insbesondere aufgrund der großen Entfernung zur Immissionsquelle sind potentielle Reflexionen durch das PV Feld 2 zu vernachlässigen.

Bei der Fahrt auf der B191 Richtung Osten sind keine Reflexionen durch das PV Feld 4 und 5 nachweisbar. Die Überprüfung der unbereinigten Rohdaten zeigt an insgesamt nur 174 Minuten pro Jahr Reflexionen durch das PV Feld 4. Aufgrund der sehr geringen zeitlichen Dauer und aufgrund der großen Entfernung zur Immissionsquelle sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P3 (OP 3). Die Farben Gelb und Grün symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt 3.6 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ausgeführt sind jeweils die heoretischen Maximalwerte dargestellt, die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können. Die im Diagramm gezeigten 174 Minuten entsprechen den unbereinigten Rohdaten.

PV Feld 4 - OP Receptor (OP 3)

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

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

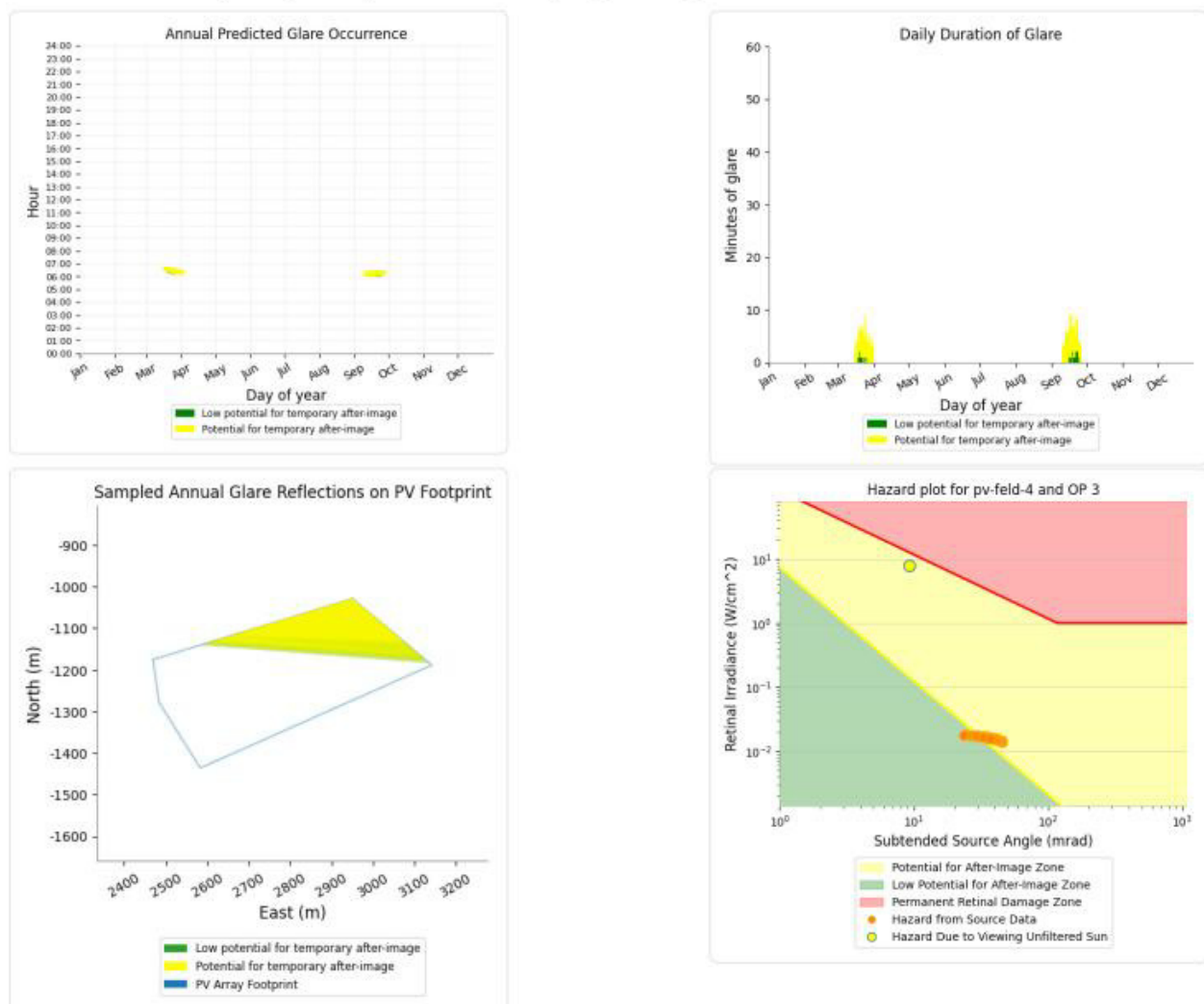


Bild 4.3.2: Ergebnisdetails für Messpunkt P3 (Quelle: Simulationsergebnisse)

Weitere Details auch zu den anderen Messpunkten finden sich im Anhang.

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude südöstlich

Am Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude an der Kanalstraße können theoretisch Reflexionen durch das PV Feld 3 auftreten. Diese können zwischen dem 01. Mai und dem 11. August abends zwischen 18:19 – 19:17 Uhr aus westlicher Richtung auftreten.

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

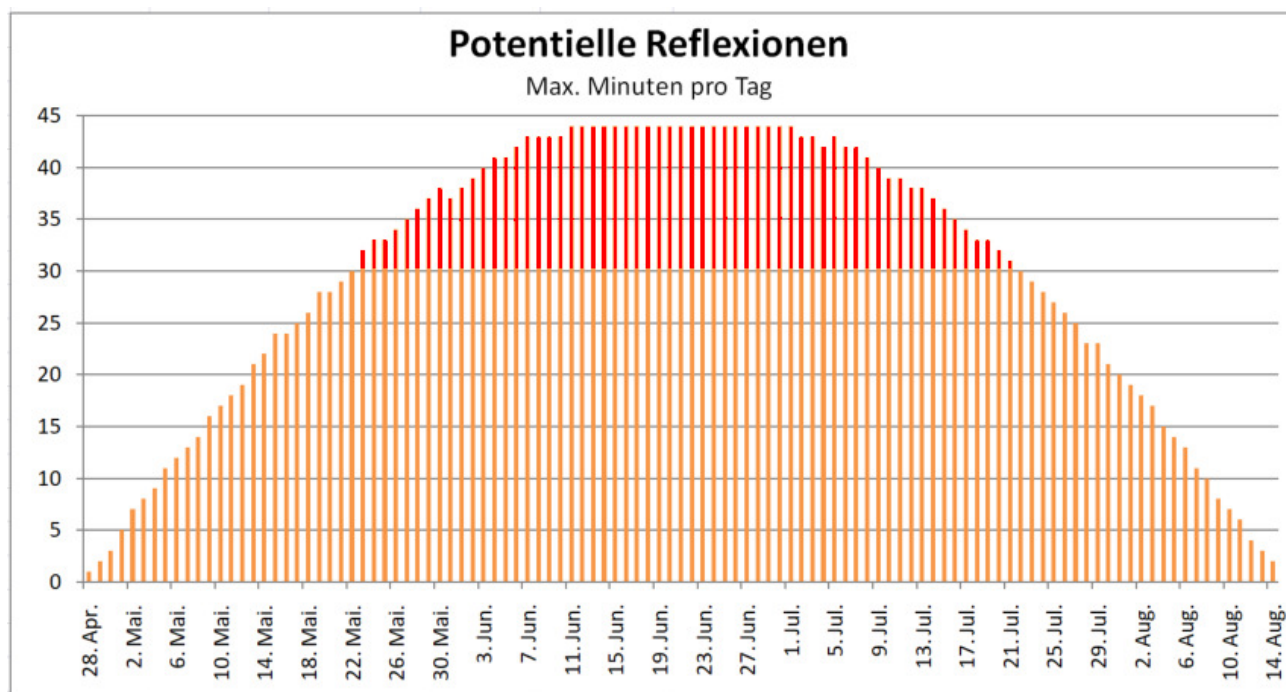


Bild 4.4.1: Reflexionen pro Tag im relevanten Zeitraum (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Die Gesamtdauer an Minuten mit Reflexionen pro Jahr und auch die jeweilige Dauer pro Tag liegen zwar über den Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie aber entscheidend für die Beurteilung einer potentiellen Blendwirkung ist der Umstand, dass aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Die rein rechnerisch ermittelten Ergebnisse sind in der Realität nicht anwendbar.

Rein rechnerisch können am Messpunkt P4 auch Reflexionen durch das weiter nordwestlich gelegene PV Feld 2 auftreten. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sind diese in der Realität allerdings nicht wahrnehmbar.

Die folgende Skizze zeigt den Höhenverlauf zwischen der PV Anlage und dem Messpunkt P4 und verdeutlicht, dass wesentliche Teile der PV Anlage und insbesondere der Bereich mit potentiellen Reflexionen nicht einsehbar sind.

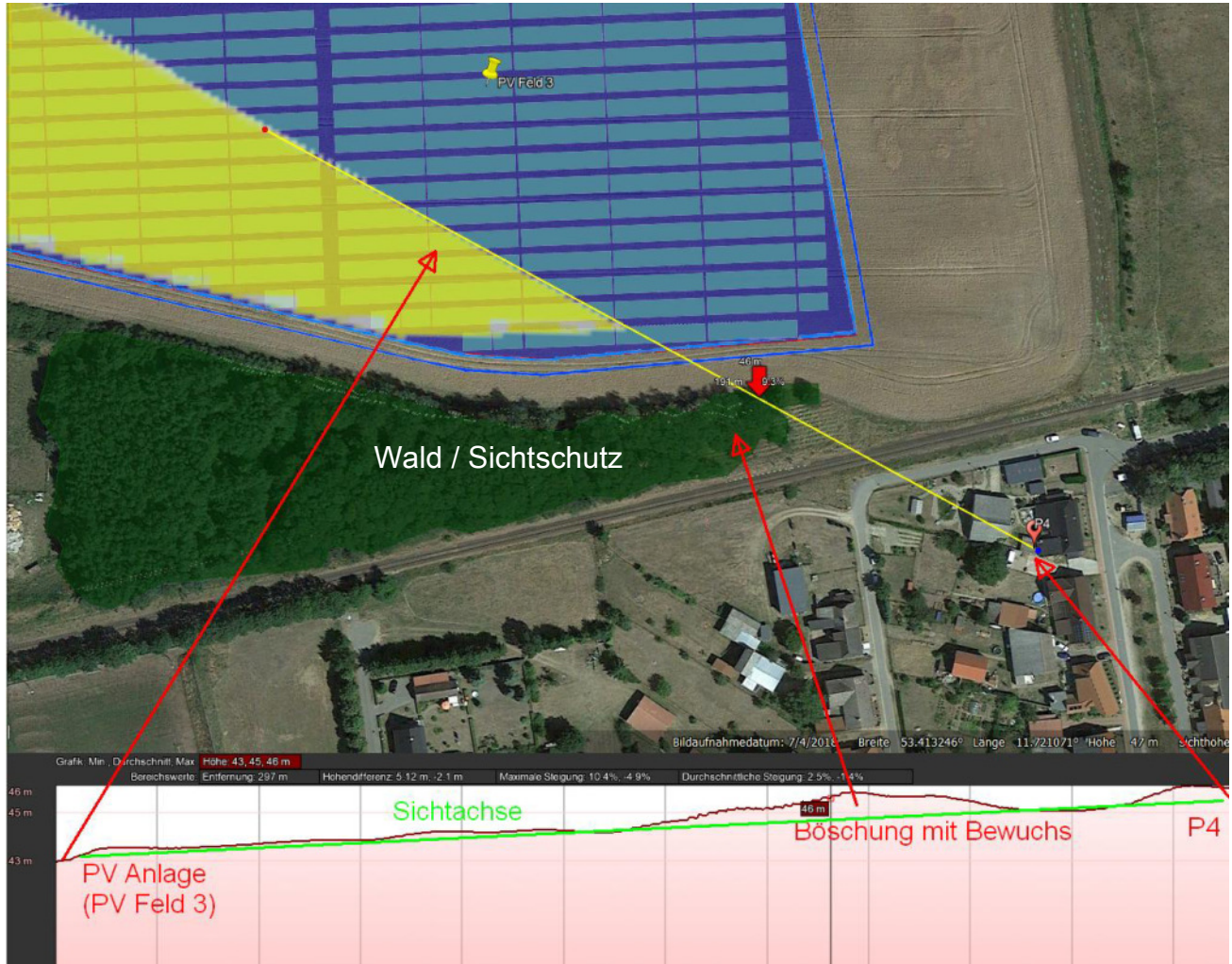


Bild 4.4.2: Geländeverlauf zwischen PV Feld 3 und dem Messpunkt P4 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Darüber hinaus ist ein ausgeprägter Bewuchs (Wald) im südlichen Bereich der PV Anlage vorhanden, der als ein natürlicher Sichtschutz gewertet werden kann.

Eine Beeinträchtigung bzw. eine „erhebliche Belästigung“ von Anwohnern im Bereich von Messpunkt P4 im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

4.5 Ergebnisse für Landeanflug auf den Flughafen Parchim, Landebahn 24

Neben ortsfesten Standorten werden auch potentielle Beeinträchtigungen für den Flugverkehr untersucht sofern dies erforderlich ist. Das hierbei genutzte Verfahren entspricht maßgeblich den Vorgaben der Amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA zur Analyse von Blendwirkungen bei Flughäfen. Üblicherweise wird dabei die Start- und Landephase näher betrachtet mit Schwerpunkt auf der Landephase. Der Flughafen Schwerin-Parchim (ICAO-Code EDOP) verfügt über eine Start/Landebahn (SLB) in Richtung Ost-West (60° bzw. 240°).

Bei der Berechnung einer potentiellen Blendwirkung wird gemäß Vorgaben der FAA eine Flugbahn von ca. 3,2 km Länge zwischen "2 mile point" (ca. 190 m Höhe über Boden) bis "threshold" (15 m Höhe) mit einem Winkel von 3° analysiert. Vorgaben der EASA gemäß Dokument „CS-ADR-DSN - Issue 5“ kommen ebenfalls zur Anwendung - sofern passend.

Die genauen Routen der Landeanflüge sind nicht bekannt da der Flughafen nicht mehr in Betrieb ist und keine offiziellen Informationen zur Verfügung stehen. Die 2-mile Landeanflüge wurden daher als Verlängerung der Landebahnen definiert, was allerdings für den Landeanflug aus Südwesten eher unwahrscheinlich ist, das diese Route direkt über die Ortschaft Spornitz führen würde. Für die Analyse wurden diese Routen dennoch festgelegt.

Die folgende Skizze zeigt den Flughafen und Umgebung. Der Verlauf der 2-mile Landeanflüge ist durch rote Linien gekennzeichnet.

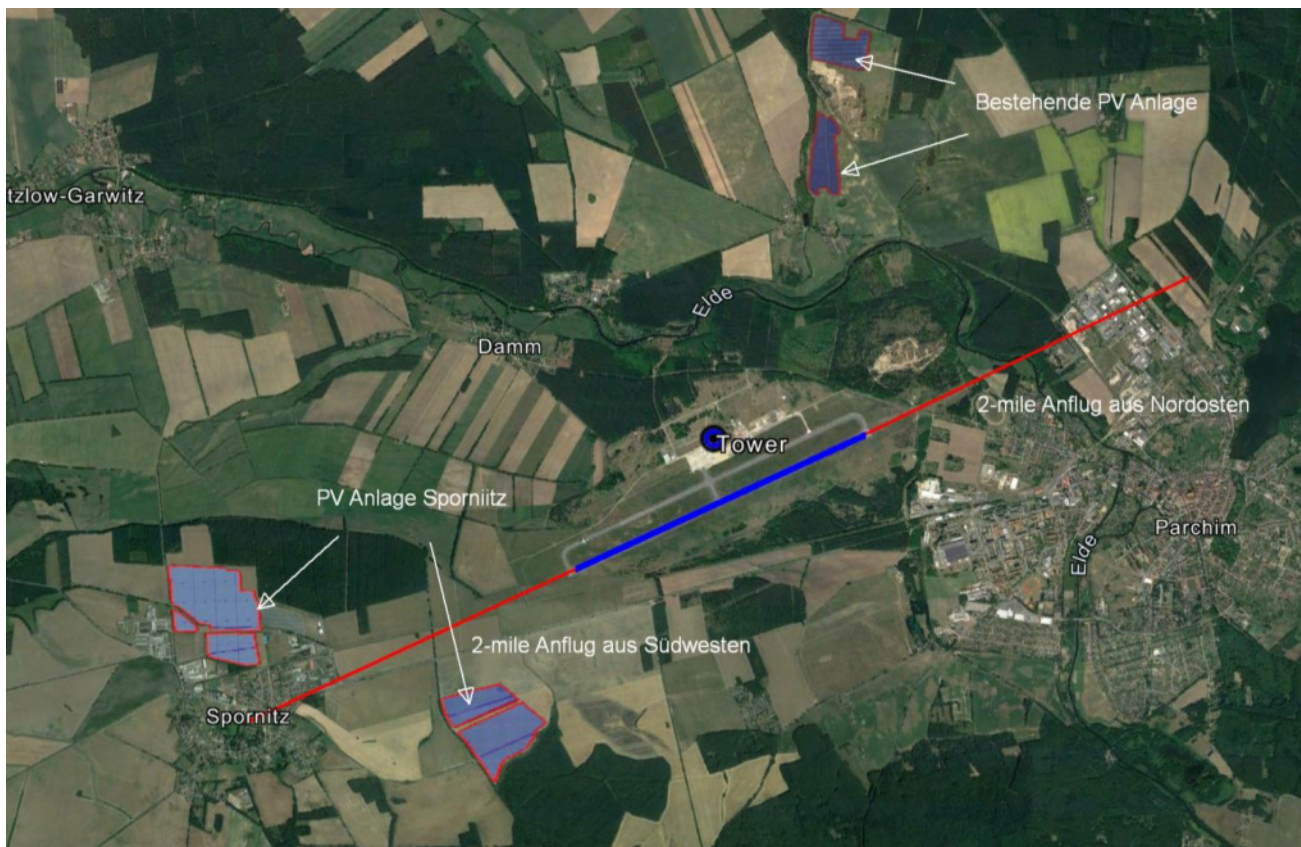


Bild 4.5.1: Landeanflüge auf den Flughafen Schwerin-Parchim (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Für Landeanflüge aus Nordosten auf die Landebahn 24 sind keine Reflexionen durch die PV Anlage nachweisbar. Eine Beeinträchtigung für Piloten durch die PV Anlage kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

4.6 Ergebnisse für Landeanflug auf den Flughafen Parchim, Landebahn 06

Beim Landeanflug aus Richtung Südwesten auf die Landebahn 06 können theoretisch Reflexionen durch das PV Feld 4 auftreten. Diese können im ersten Abschnitt des Landeanfluges zwischen dem 03. April und dem 09. September zwischen 06:14 - 06:50 Uhr für 5 bis max. 23 Minuten aus östlicher Richtung auftreten. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer und der Entfernung von ca. 1,9 km bis 1,4 km zur Immissionsquelle sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung für Piloten durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Theoretisch sind auch Reflexionen durch das etwas weiter südlich gelegene PV Feld 5 möglich aber aufgrund des geringen Winkels der Reflexionen über dem Horizont sind diese nicht relevant.

Die folgende Skizze zeigt das Auftreten der Reflexionen im Verlauf des Landeanfluges durch das PV Feld 4.

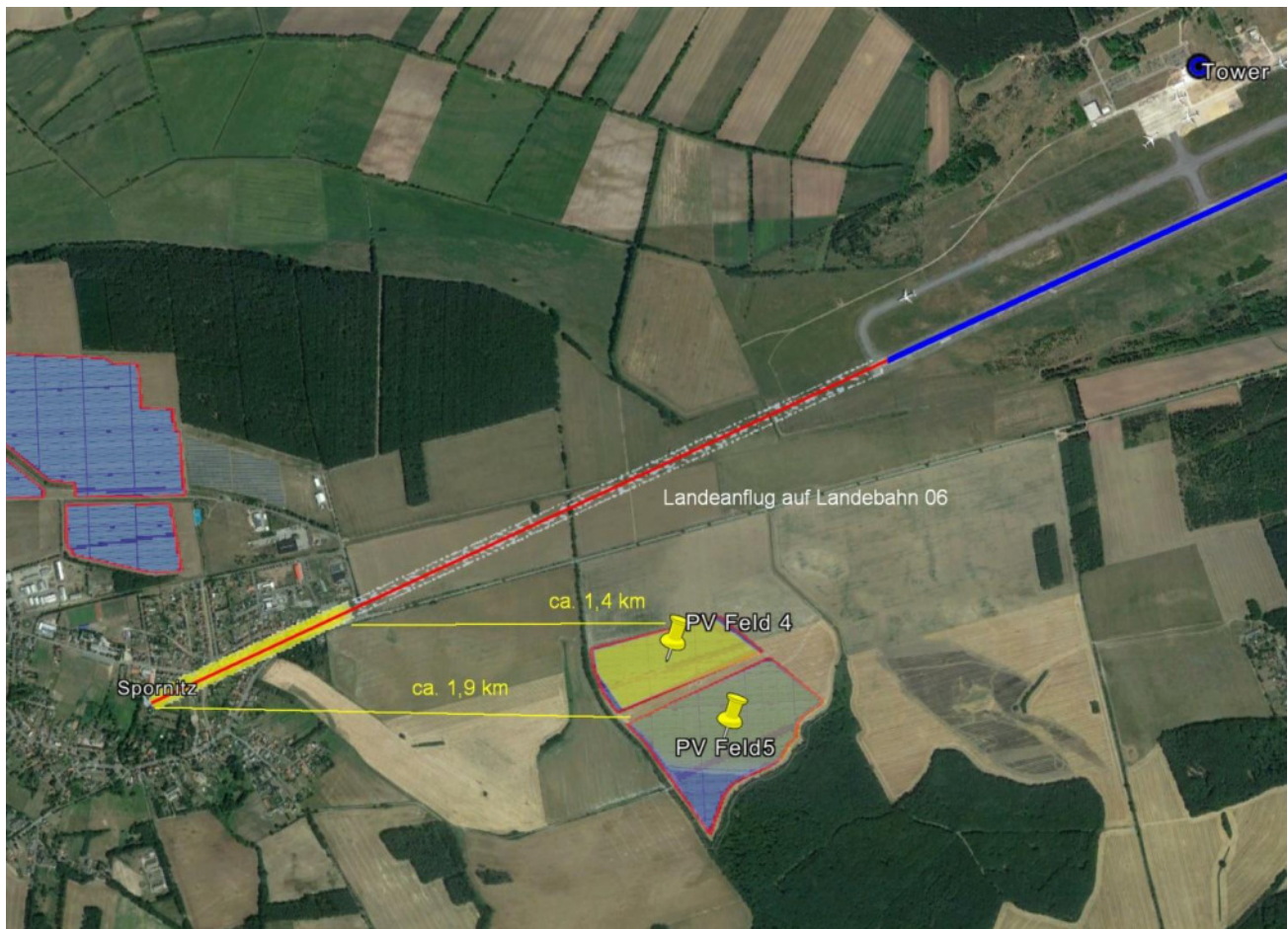


Bild 4.6.1: Landeanflug auf Landebahn 06 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Wie bereits erwähnt werden die offiziellen Landeanflüge überwiegend gemäß der Vorgaben der FAA analysiert. Bei Landeanflügen aus abweichenden Richtungen oder Platzrunden könnten je nach Flughöhe und -winkel in bestimmten Konstellationen durch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Aufgrund der verwendeten PV Module haben potentielle Reflexionen allerdings eine geringere Leuchtdichte als z.B. Wasseroberflächen oder Glasfassaden. Derartige Objekte oder Phänomene sind für trainierte Piloten alltäglich und somit kein Problem.

Die folgende Skizze (Pseudo 3D) zeigt den Beginn des Landeanfluges auf die Landebahn 06 (Richtung Nordosten) aus Sicht des Piloten am 14. April morgens um 06:15 Uhr. Die Skizze verdeutlicht, dass zu den relevanten Uhrzeiten die tief stehende Sonne überwiegend selbst Ursache für potentielle Blendwirkungen darstellt.

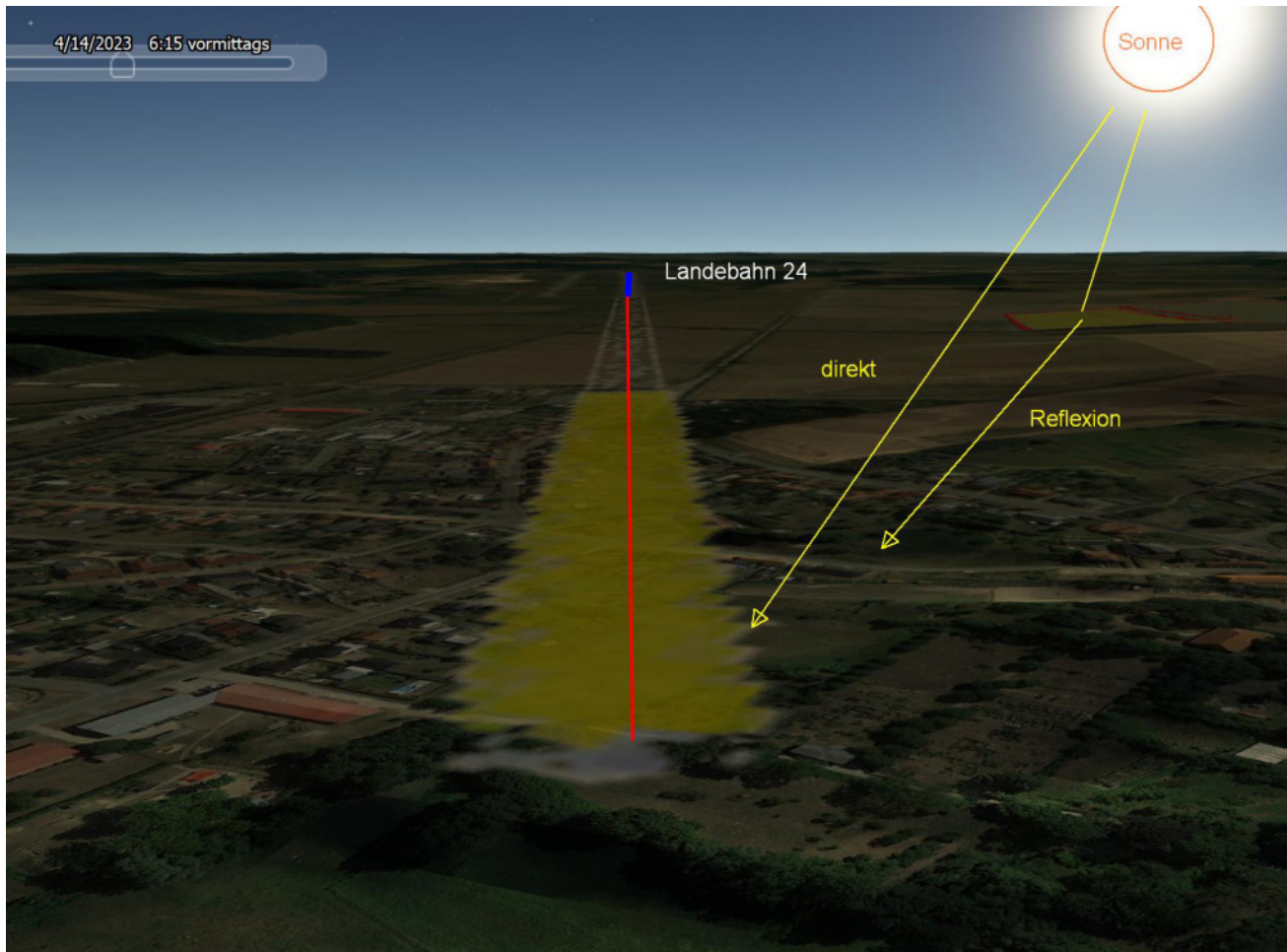


Bild 4.6.2: Landeanflug auf Landebahn 06 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

4.7 Ergebnisse für den Flug der Platzrunde

Zusätzlich zu den genannten Landeanflügen wurden auch mögliche Reflexionen für den Flug der Platzrunde ermittelt. Da der Flughafen bis auf weiteres nicht in Betrieb ist, wird die Simulation nach Hinweis der zuständigen Behörde¹⁴ mit den Standardangaben für Platzrunden gemäß nFl II 37/00 (Pkt. 2.2.1 Motorflug) durchgeführt. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Angaben zur Höhe (800 ft / 248 m) und den Abstand zur Landebahn (1,5 km Queranflug und Landeanflug). Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten wird die Platzrunde nördlich der Start- und Landebahn geflogen.

¹⁴ Ministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Tourismus und Arbeit Mecklenburg-Vorpommern Ref. 630 (Luftverkehr und Infrastruktursicherheit)

Die folgende Skizze zeigt den Verlauf der nördlichen Platzrunde.

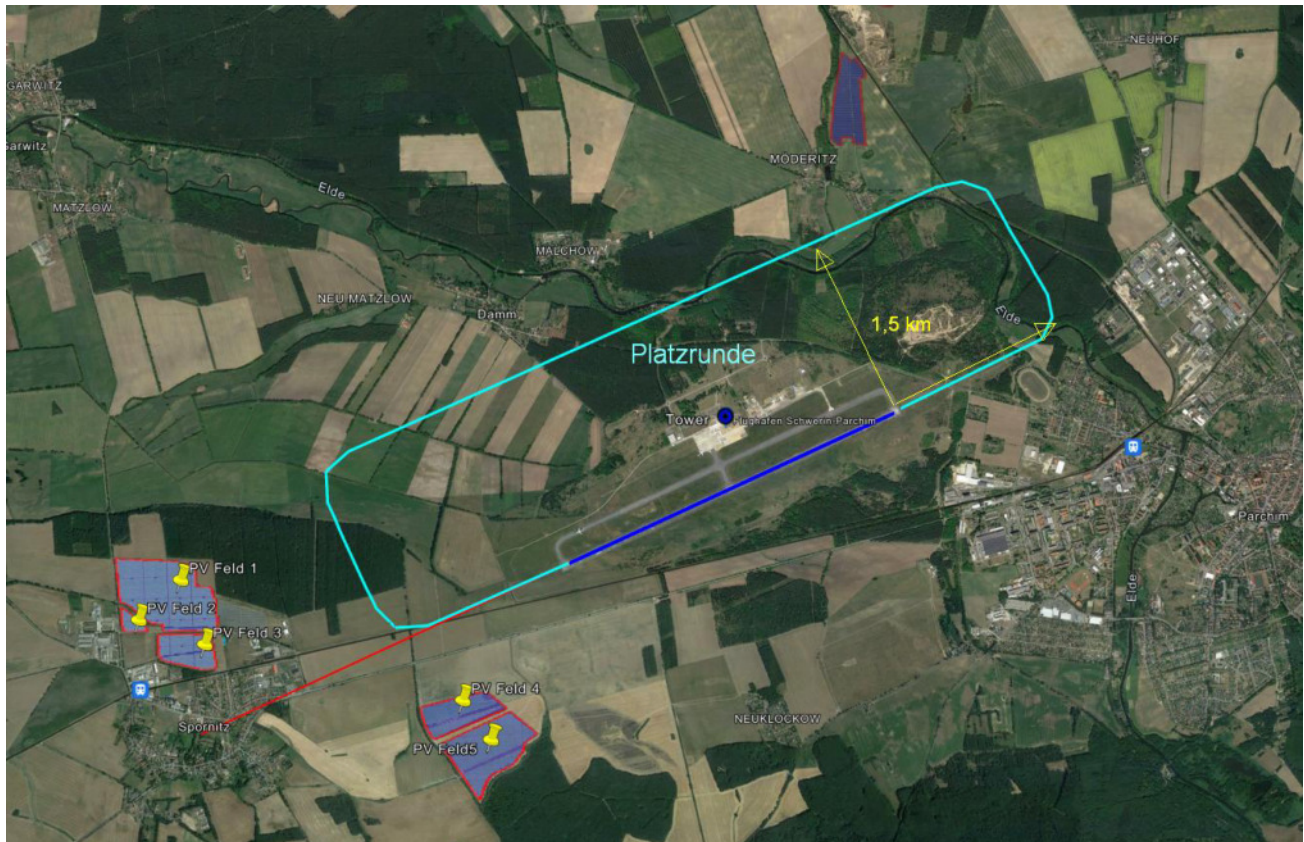


Bild 4.7.1: Nördliche Platzrunde (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Da keine Vorgaben zur Analyse von potentiellen Reflexionen im Bereich von Platzrunden vorhanden sind und dementsprechend keine Simulationsprozedur vorhanden ist, wurde der Verlauf der nördlichen Platzrunde als sog. Route mit entsprechender Höhe simuliert und die dabei auftretenden Reflexionen ermittelt.

Das Simulationsergebnis zeigt keine Reflexionen durch die PV Felder und daher kann eine Beeinträchtigung von Piloten durch die PV Anlage im Verlauf der nördlichen Platzrunde mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

4.8 Ergebnisse für den Tower (ATCT)

Der Schwerin-Parchim Tower (Höhe 35 m) wurde zu Kontrollzwecken untersucht, da aufgrund der sehr großen Entfernung von ca. 5 km zur Immissionsquelle und aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz kaum mit Reflexionen durch die PV Anlage zu rechnen ist. Erwartungsgemäß zeigt die Simulation keine Ergebnisse.

Eine Beeinträchtigung des Tower Personals durch die PV Anlage kann daher mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Flugsicherungseinrichtungen werden gemäß § 18 a LuftVG nicht gestört.

Darüber hinaus zeigt die Analyse des Geländeverlaufes, dass aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ohnehin kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Die folgende Skizze verdeutlicht den Geländeverlauf zwischen der PV Anlage und dem Schwerin-Parchim Tower.



Bild 4.8.1: Geländeverlauf zwischen PV Anlage und Schwerin-Parchim Tower (Quelle: Google Earth / SolPEG)

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage Spornitz kann als „geringfügig“ klassifiziert¹⁵ werden. Im Vergleich zur Blendwirkung durch direktes Sonnenlicht oder durch Spiegelungen von Windschutzscheiben, Wasserflächen, Gewächshäusern o.ä. ist diese „vernachlässigbar“. Unter Berücksichtigung von weiteren Einflussfaktoren wie z.B. Geländestruktur, lokalen Wetterbedingungen (Frühnebel, etc.) kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexion durch die PV Anlage als gering eingestuft werden.

Durch den Einsatz von hochwertigen PV Modulen hat der Auftraggeber die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Vermeidung von potentiellen Reflexionen ergriffen. Die Analyse von 4 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt für die eingleisige Bahnstrecke Ludwigslust–Parchim eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Die Einfallswinkel liegen allerdings außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Anhand der ausgewerteten Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Zug-

¹⁵ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse

führen durch die PV Anlage mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt. Verkehrsteilnehmer auf angrenzenden Straßen sind von Reflexionen durch die PV Anlage nicht beeinträchtigt, da auch hier die Einfallswinkel deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels liegen.

Die südöstlich gelegenen Gebäude können theoretisch von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. In der Realität ist allerdings aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden und daher kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage im Sinne der LAI Lichtleitlinie mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind.

Die Analyse der potentiellen Blendwirkung für den Flugverkehr des ehemaligen Flughafens Schwerin-Parchim wurde gemäß internationalen Vorgaben der US Flugsicherungsbehörde FAA und der EASA durchgeführt. Für den Standard 2-mile Landeanflug aus nordöstlicher Richtung auf Landebahn 06 sind keine Reflexionen durch die PV Anlage nachweisbar. Landeanflüge auf Landebahn 24 können nur in einem kurzen Zeitfenster morgens zwischen 06:14 - 06:50 Uhr von Reflexionen erreicht werden. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer und der großen Entfernung zur Immissionsquelle sind potentielle Reflexionen allerdings nicht geeignet um relevante Blendwirkungen hervorzurufen. Die Analyse von potentiellen Reflexionen im Bereich der nördlichen Platzrunde zeigt keine Ergebnisse und auch im Bereich des Schwerin-Parchim Tower (ATCT) sind keine Reflexionen nachweisbar.

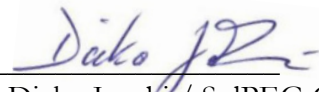
Es ist davon auszugehen, dass die theoretisch berechneten Reflexionen in der Praxis keine Blendwirkung entwickeln werden. Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

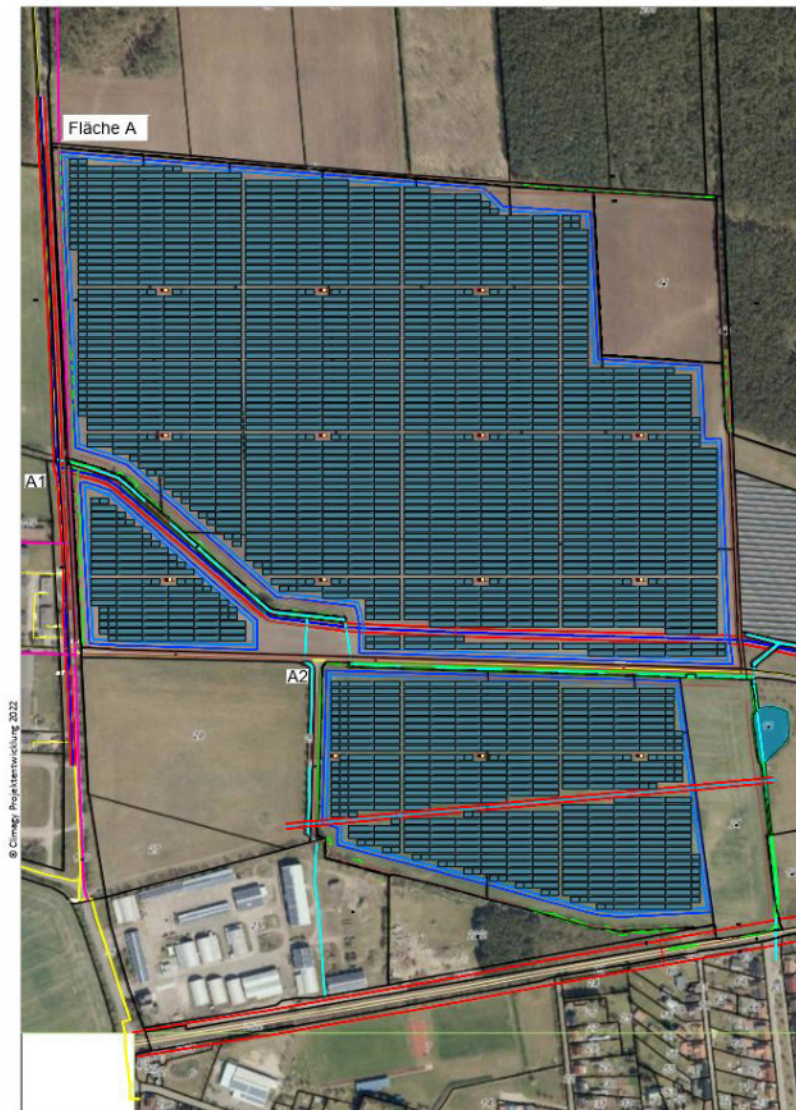
Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sind keine speziellen Sichtschutzmaßnahmen erforderlich bzw. angeraten und es bestehen keine Einwände gegen das Bauvorhaben.

6 Schlussbemerkung

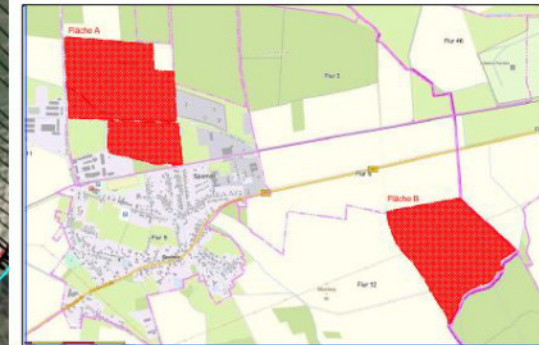
Die hier dargestellten Untersuchungen, Sachverhalte und Einschätzungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen und anhand von vorgelegten Informationen, eigenen Untersuchungen und weiterführenden Recherchen angefertigt. Eine Haftung für etwaige Schäden, die aus diesen Ausführungen bzw. weiteren Maßnahmen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

Hamburg, den 26.04.2023


Dieko Jacobi / SolPEG GmbH



Fläche	Anzahl Tische 3*27	Anzahl Tische 3*9	Anz. Mod. Gesamt	Anlagenl. Gesamt (MWp)	Anzahl WR Gesamt	Anlagen- umgrenzung (ha)
A	1557	258	133.083	75,857310	14	59,3919
B	1034	279	91.287	52,033590	10	46,446
Gesamt:	2.591	537	224.370	127,890900	24	105,838



Projektdaten

Flächenstatistik

Gesamtfläche	- ca. 105,83 ha
Umzäunte Fläche	- ca. 94,24 ha
Ausgleichsfläche/ Randeingrünung	- ca. 11,59 ha

DC Leistung (Module)

Modultyp	- N-Type Series / 570 Wp
Anz. Modultische (3x27)	- 2.591
Anz. Modultische (3x09)	- 537
Anz. Module	- 224.370
Anlagenleistung (DC)	- 127,890900 MWp

AC Leistung (Wechselrichter)

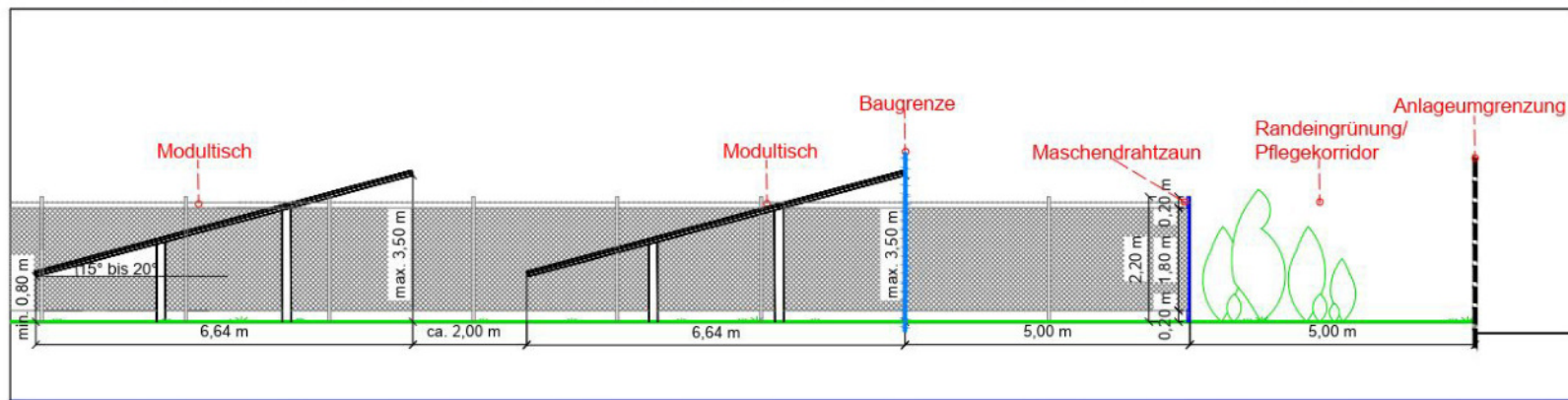
Wechselrichtertyp	- SMA SC 4400UP
Anz. Wechselrichter	- 24

Wechselrichterleistung Gesamt (AC)

- 105,6 MVA

Legende

Modultisch	Telekom	USW
Wechselrichterstandort	Stromleitung	
Zaun	WEMACON	
Baugrenze	Gewässern	
Anlagenumgrenzung	Bauverbotszone	
Gasleitung	Mögliche Wasserleitung	



Climagy
we care about environment.

Climagy Projektentwicklung GmbH
Gräbenweg 1
97509 Koltzheim-OT Zellitzheim
Tel. +49 (0)935 - 9804 - 2211
www.climagy.de

Projekt: Spornitz

Adresse/ Koordinaten:
Bundesland: Mecklenburg-Vorpommern
Kreis: Ludwigslust-Parchim
Gemeinde: Spornitz
Gemarkung: Spornitz
WGS 84: 53,4166°N
11,7223°O

Datum: 11.07.2022
Gezeichnet von: T. Seeber
Maßstab/ Plangröße: 1:6500/ A3

Planinhalt: Vorplanung
Revision: R07

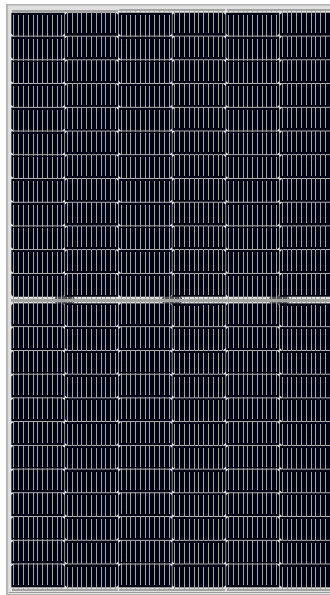
Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz.

JW-HD144N

N-type Bifacial High Efficiency Mono Silicon Half-Cell Double Glass Module

545-570W

Cell Type



570W

Maximum Power Output

22.00%

Maximum Module Efficiency

0~+5W

Power Output Tolerance



Additional Power Generation Gain

At least 30-year product life, more than 10%- 30% additional power gain comparing with conventional module



ZERO LID (Light Induced Degradation)

N-type solar cell has no LID naturally, can increase power generation



Lower LCOE

High bifaciality, high power output, saving BOS cost



Better Weak Illumination Response

Wide spectral response, higher power output even under low-light settings like smog or cloudy days



Better Temperature Coefficient

Higher power generation under working conditions, thanks to passivating contact cell technology



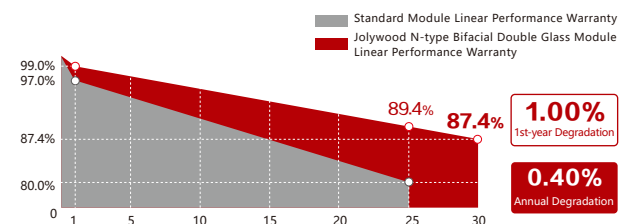
Wider Applicability

BIPV, vertical installation, snowfield, high-humid area, windy and dusty area

Jolywood Delivers Reliable Performance Over Time

- Leader of N-type bifacial technology
- Fully automatic facility and world-class technology
- Long term reliability tests passed
- 100% EL tests

Linear Performance Warranty



12 Years Product Material & Workmanship 30 Years Linear Performance Warranty

Additional Insurance Backed by Munich Re



JW-HD144N Series

N-type Bifacial High Efficiency Mono Silicon Half-Cell Double Glass Module

Electrical Properties | STC*

Testing Condition	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side
Peak Power (P _{max}) (W)	545	550	555	560	565	570
MPP Voltage (V _{mp}) (V)	41.8	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8
MPP Current (I _{mp}) (A)	13.04	13.10	13.16	13.21	13.27	13.32
Open Circuit Voltage (V _{oc}) (V)	50.0	50.2	50.4	50.6	50.8	51.0
Short Circuit Current (I _{sc}) (A)	13.81	13.87	13.93	13.99	14.05	14.11
Module Efficiency (%)	21.03	21.23	21.42	21.61	21.80	22.00

*STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, AM1.5

The data above is for reference only and the actual data is in accordance with the practical testing

Electrical Properties | NOCT*

Testing Condition	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side
Peak Power (P _{max}) (W)	412	416	420	424	427	431
MPP Voltage (V _{mp}) (V)	39.2	39.4	39.6	39.8	39.9	40.2
MPP Current (I _{mp}) (A)	10.51	10.56	10.61	10.65	10.70	10.74
Open Circuit Voltage (V _{oc}) (V)	47.8	48.0	48.2	48.4	48.6	48.7
Short Circuit Current (I _{sc}) (A)	11.13	11.18	11.23	11.28	11.33	11.38

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

Operating Properties

Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage (V)	1500V (IEC)
Maximum Series Fuse Rating(A)	30
Power Tolerance	0~+5W
Bifaciality*	75%

*Bifaciality=P_{maxrear} (STC) /P_{maxfront} (STC) , Bifaciality tolerance:±5%

Temperature Coefficient

Temperature Coefficient of P _{max} *	-0.320%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.260%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	+0.046%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	42±2°C

*Temperature Coefficient of P_{max}±0.03%/°C

Mechanical Properties

Cell Type	182.00mm*91.00mm
Number of Cells	144pcs(12*12)
Dimension	2285mm*1134mm*30mm
Weight	33.5kg
Front /Rear Glass*	2.0mm/2.0mm
Frame	Anodized Aluminium
Junction Box	IP68 (3 diodes)
Length of Cable*	4.0mm ² , 300mm
Connector	MC4 Compatible

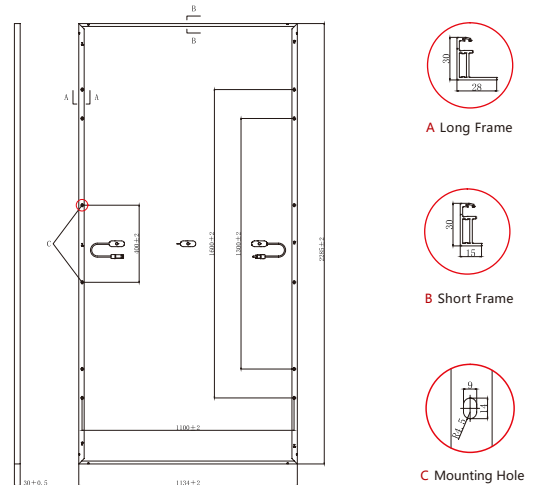
*Heat strengthened glass

*Cable length can be customized

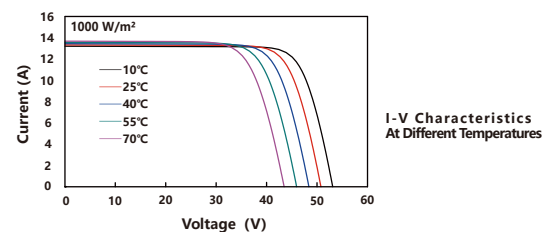
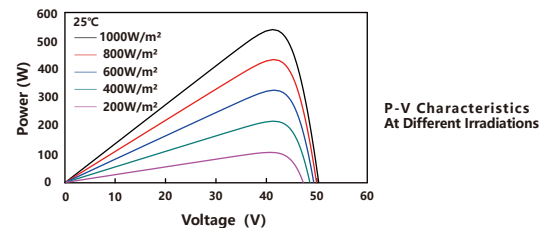
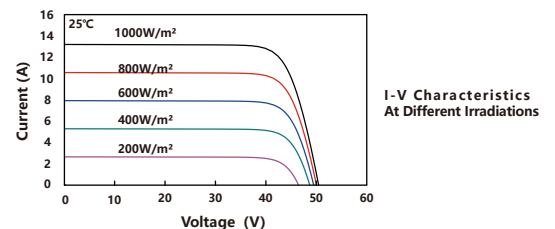
With Different Power Generation Gain (regarding 545W as an example)

Power Gain (%)	Peak Power (P _{max}) (W)	MPP Voltage (V _{mp}) (V)	MPP Current (I _{mp}) (A)	Open Circuit Voltage (V _{oc}) (V)	Short Circuit Current (I _{sc}) (A)
10	589	41.8	14.07	50.0	14.90
15	610	41.9	14.59	50.1	15.45
20	632	41.9	15.10	50.1	15.99
25	654	41.9	15.62	50.1	16.54
30	676	41.9	16.13	50.1	17.08

Engineering Drawing (unit: mm)



Characteristic Curves | HD144N-545



Packaging Configuration

Packing Type	20'GP	40'GP	40'HQ
Piece/Pallet		35	
Pallet/Container	5	10	18
Piece/Container	175	350	630

*The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to ongoing innovation, R&D enhancement, Jolywood (Taizhou) Solar Technology Co., Ltd. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

www.jolywood.cn



DOC.#: TZ-MP-160 REV: B

JOLYWOOD (TAIZHOU) SOLAR TECHNOLOGY CO.,LTD.

Add: No.6 Kaiyang Rd., Jiangyan Economic Development Zone, Taizhou, Jiangsu Province, China, 225500

TEL: +86 523 80612799 Email: mkt@jolywood.cn

Version 2021.03 ©Jolywood (Taizhou) Solar Technology Co., Ltd. All rights reserved



Spornitz

Spornitz_Airport

Created Aug 31, 2022
Updated Apr 28, 2023
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC+1
Minimum sun altitude 0.0 deg
Site ID 74965.13249

Project type Advanced
Project status active
Category 10 MW to 100 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: Off

Summary of Results

 Glare with potential for temporary after-image predicted

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced
	deg	deg	min	min	kWh
PV Feld 1	20.0	180.0	0	1,781	-
PV Feld 2	20.0	180.0	1,323	6,139	-
PV Feld 3	20.0	180.0	0	13,201	-
PV Feld 4	20.0	180.0	732	2,321	-
PV Feld 5	20.0	180.0	286	1,082	-

PV Array(s)

Total PV footprint area: 876,091 m²

Name: PV Feld 1

Footprint area: 360,770 m²

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 20.0 deg

Orientation: 180.0 deg

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.421920	11.708847	43.19	2.00	45.19
2	53.421830	11.716229	43.06	2.00	45.06
3	53.421562	11.716765	43.33	2.00	45.33
4	53.421524	11.718825	42.67	2.00	44.67
5	53.419848	11.719039	43.28	2.00	45.28
6	53.419874	11.720541	42.67	2.00	44.67
7	53.419235	11.720670	43.65	2.00	45.65
8	53.419286	11.721056	43.68	2.00	45.68
9	53.416805	11.721421	42.68	2.00	44.68
10	53.416779	11.714726	42.03	2.00	44.03
11	53.417316	11.714662	42.53	2.00	44.53
12	53.417380	11.713117	42.33	2.00	44.33
13	53.418685	11.710456	42.44	2.00	44.44
14	53.418825	11.709491	42.31	2.00	44.31

Name: PV Feld 2

Footprint area: 24,496 m²

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 20.0 deg

Orientation: 180.0 deg

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.418379	11.709616	41.87	2.00	43.87
2	53.418366	11.710002	41.74	2.00	43.74
3	53.416934	11.712942	41.72	2.00	43.72
4	53.416729	11.712921	41.69	2.00	43.69
5	53.416704	11.709702	42.31	2.00	44.31

Name: PV Feld 3

Footprint area: 112,168 m²

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 20.0 deg

Orientation: 180.0 deg

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.416481	11.714101	42.05	2.00	44.05
2	53.416520	11.720903	42.97	2.00	44.97
3	53.414128	11.721418	44.70	2.00	46.70
4	53.414064	11.719208	45.32	2.00	47.32
5	53.414653	11.714466	44.34	2.00	46.34
6	53.414806	11.714423	43.09	2.00	45.09
7	53.414832	11.714230	43.18	2.00	45.18

Name: PV Feld 4
Footprint area: 143,160 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 20.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.411364	11.745993	48.98	2.00	50.98
2	53.412681	11.753224	47.24	2.00	49.24
3	53.411248	11.756100	54.61	2.00	56.61
4	53.409023	11.747710	61.53	2.00	63.53
5	53.410443	11.746208	56.56	2.00	58.56

Name: PV Feld 5
Footprint area: 235,497 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 20.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.408614	11.748396	60.54	2.00	62.54
2	53.410903	11.756658	55.83	2.00	57.83
3	53.409368	11.759962	58.87	2.00	60.87
4	53.408690	11.758439	62.32	2.00	64.32
5	53.408102	11.758331	62.56	2.00	64.56
6	53.407757	11.757881	63.79	2.00	65.79
7	53.407322	11.757430	65.22	2.00	67.22
8	53.406452	11.754512	71.53	2.00	73.53
9	53.405825	11.753782	73.48	2.00	75.48
10	53.404725	11.753310	73.59	2.00	75.59
11	53.408166	11.749298	59.77	2.00	61.77

2-Mile Flight Path Receptor(s)

Name: FP 1
Description:
Threshold height : 15 m
Direction: 66.0 deg
Glide slope: 3.0 deg
Pilot view restricted? Yes
Vertical view restriction: 30.0 deg
Azimuthal view restriction: 50.0 deg



Point	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
Threshold	53.421720	11.763814	44.07	15.24	59.31
2-mile point	53.409960	11.719439	49.30	178.69	227.99

Name: FP 2
Description:
Threshold height : 15 m
Direction: 244.3 deg
Glide slope: 3.0 deg
Pilot view restricted? Yes
Vertical view restriction: 30.0 deg
Azimuthal view restriction: 50.0 deg



Point	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
Threshold	53.432613	11.803296	49.26	15.24	64.50
2-mile point	53.445133	11.847091	62.12	171.06	233.18

Route Receptor(s)

Name: Platzrunde
Route type One-way
View angle: 30.0 deg



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.432414	11.803106	49.22	15.00	64.22
2	53.437681	11.821646	45.73	200.00	245.73
3	53.439470	11.823620	61.72	220.00	281.72
4	53.441618	11.822762	72.98	230.00	302.98
5	53.448468	11.815981	47.22	250.00	297.22
6	53.449286	11.813663	51.94	250.00	301.94
7	53.449081	11.811089	51.08	250.00	301.08
8	53.429346	11.737102	40.69	250.00	290.69
9	53.428221	11.735300	40.64	250.00	290.64
10	53.426840	11.735643	40.26	250.00	290.26
11	53.418861	11.741222	44.97	250.00	294.97
12	53.417276	11.743196	45.21	220.00	265.21
13	53.417378	11.746115	45.63	200.00	245.63
14	53.421777	11.763453	43.44	15.00	58.44

Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	53.413828	11.721911	44.79	2.00	46.79
OP 2	53.417125	11.709413	42.93	2.00	44.93
OP 3	53.412411	11.732119	47.54	2.00	49.54
OP 4	53.413546	11.722165	46.00	2.00	48.00
5-ATCT	53.432293	11.782904	46.33	35.00	81.33

5-ATCT map image



Summary of PV Glare Analysis

PV configuration and total predicted glare

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced	Data File
	deg	deg	min	min	kWh	
PV Feld 1	20.0	180.0	0	1,781	-	
PV Feld 2	20.0	180.0	1,323	6,139	-	
PV Feld 3	20.0	180.0	0	13,201	-	
PV Feld 4	20.0	180.0	732	2,321	-	
PV Feld 5	20.0	180.0	286	1,082	-	

Distinct glare per month

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

PV	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
pv-feld-1 (green)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-feld-1 (yellow)	0	0	1	146	343	573	484	208	26	0	0	0
pv-feld-2 (green)	0	0	0	3	198	0	81	120	0	0	0	0
pv-feld-2 (yellow)	0	0	346	657	813	1130	986	685	570	7	0	0
pv-feld-3 (green)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-feld-3 (yellow)	0	0	0	504	1160	1390	1308	827	55	0	0	0
pv-feld-4 (green)	0	0	124	136	0	0	0	1	262	0	0	0
pv-feld-4 (yellow)	0	15	645	425	0	0	0	221	669	194	0	0
pv-feld-5 (green)	0	0	143	0	0	0	0	0	143	0	0	0
pv-feld-5 (yellow)	0	0	416	124	0	0	0	0	469	73	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)
FP: FP 1	0	0
FP: FP 2	0	0
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	0	1115
OP: OP 3	0	666
OP: OP 4	0	0
OP: 5-ATCT	0	0
Route: Platzrunde	0	0

PV Feld 1: FP 1

No glare found

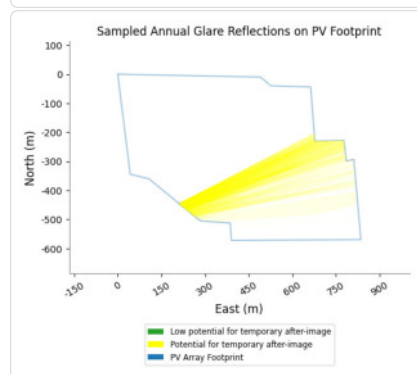
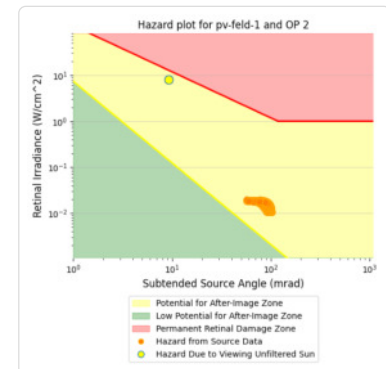
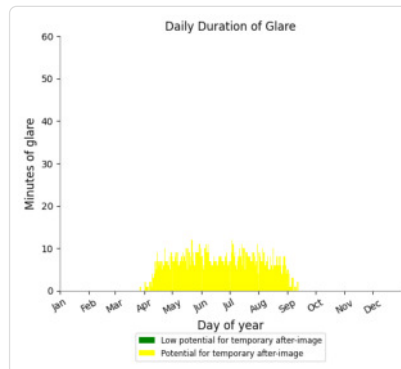
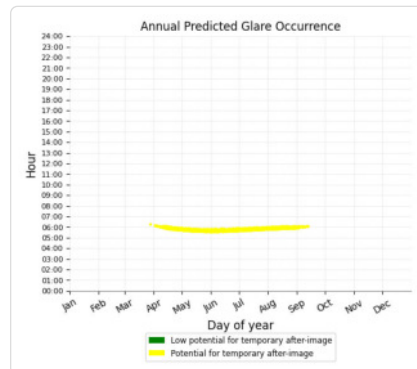
PV Feld 1: FP 2

No glare found

PV Feld 1: OP 1*No glare found***PV Feld 1: OP 2**

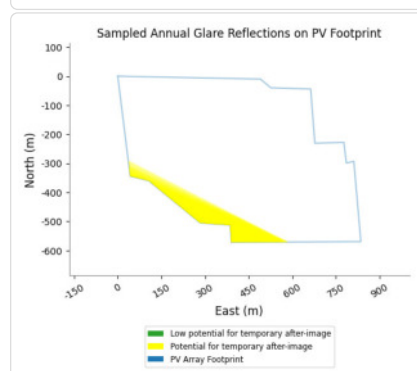
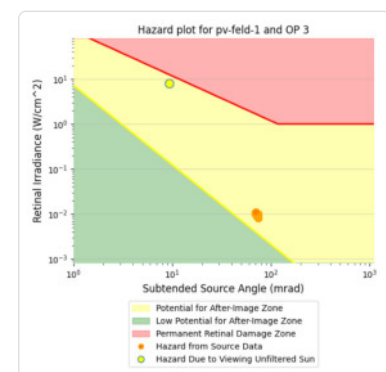
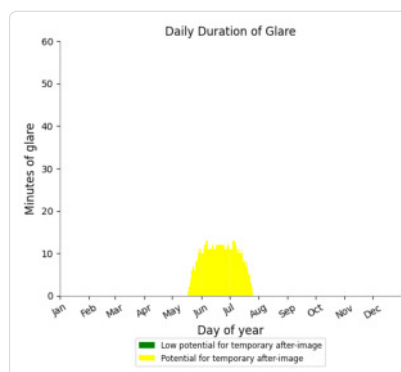
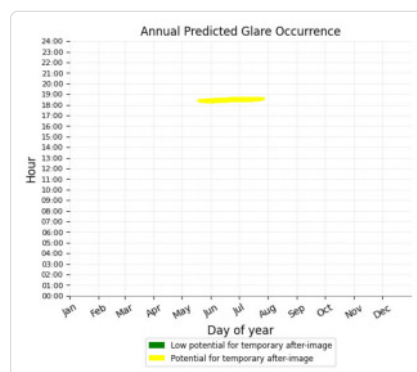
PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,115 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

**PV Feld 1: OP 3**

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

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



PV Feld 1: OP 4

No glare found

PV Feld 1: 5-ATCT

No glare found

PV Feld 1: Platzrunde

No glare found

PV Feld 2 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
FP: FP 1	0	0
FP: FP 2	0	0
OP: OP 1	0	964
OP: OP 2	0	4355
OP: OP 3	1323	0
OP: OP 4	0	820
OP: 5-ATCT	0	0
Route: Platzrunde	0	0

PV Feld 2: FP 1

No glare found

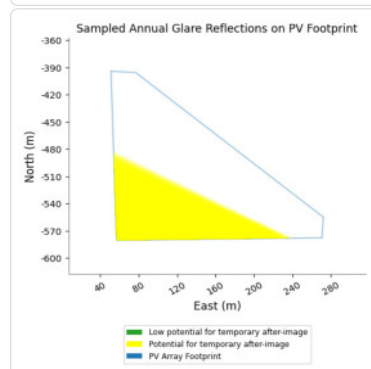
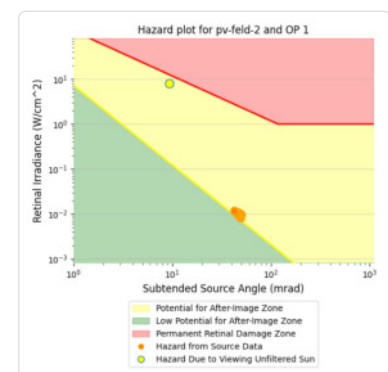
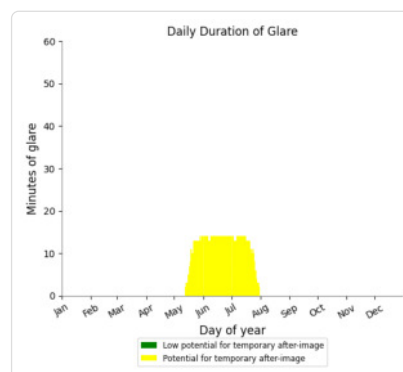
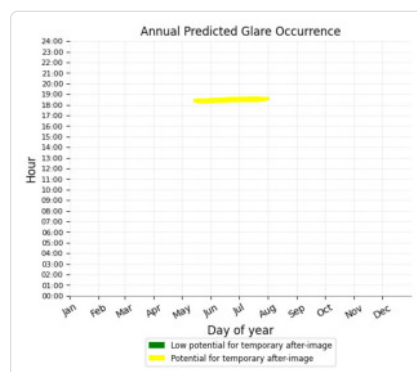
PV Feld 2: FP 2

No glare found

PV Feld 2: OP 1

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

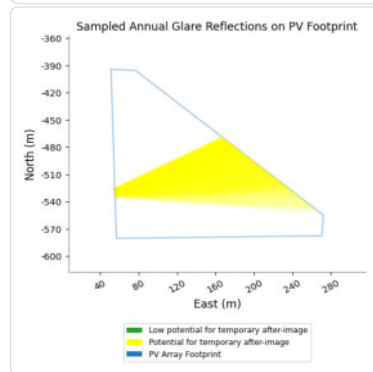
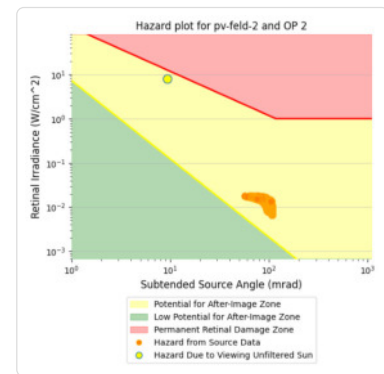
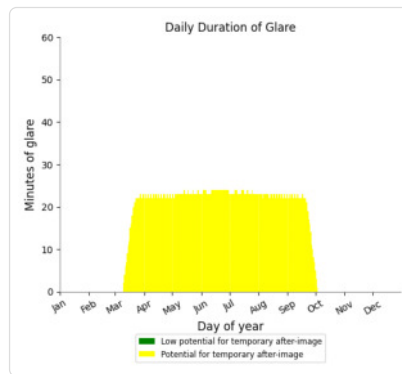
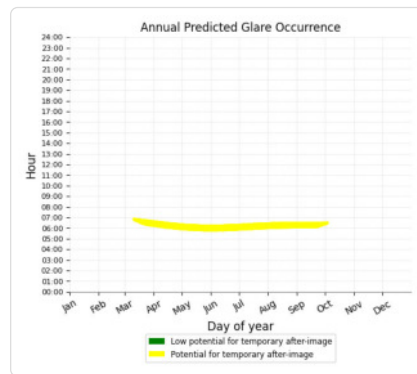
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 964 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2: OP 2

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

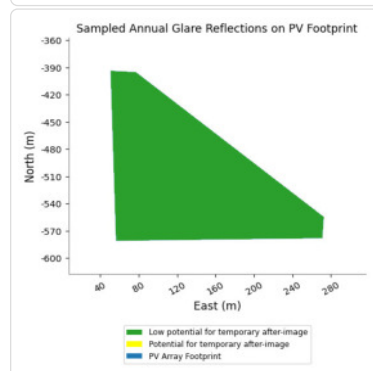
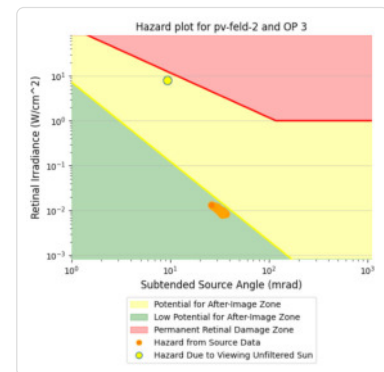
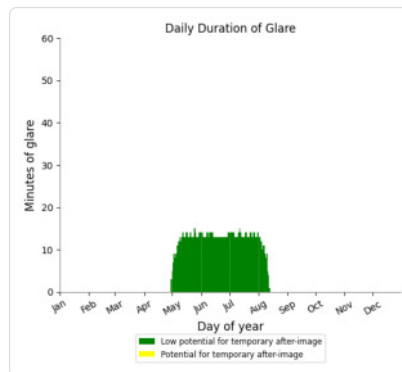
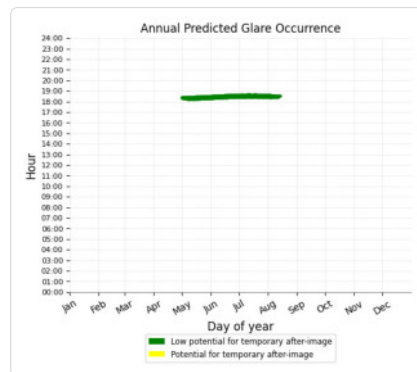
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 4,355 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2: OP 3

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

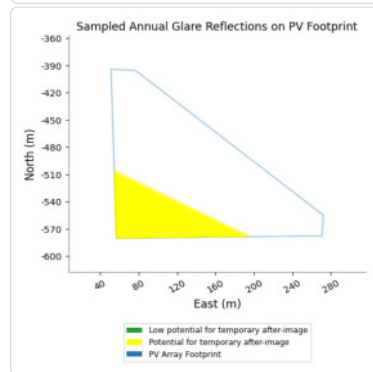
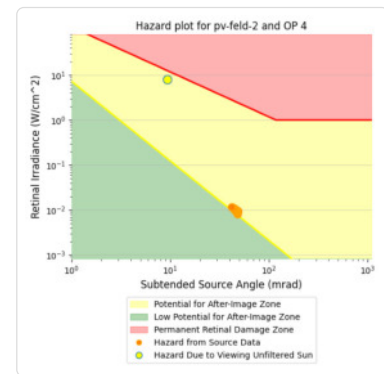
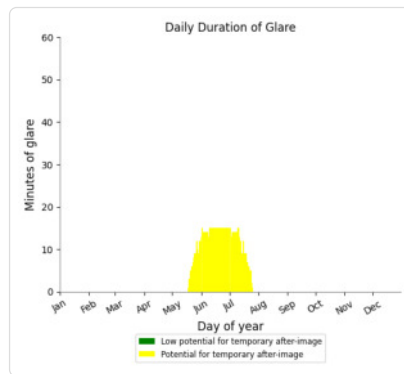
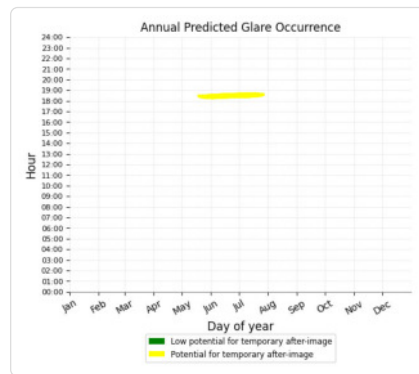
- 1,323 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 0 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2: OP 4

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

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

**PV Feld 2: 5-ATCT**

No glare found

PV Feld 2: Platzrunde

No glare found

PV Feld 3 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
FP: FP 1	0	0
FP: FP 2	0	0
OP: OP 1	0	5243
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	3219
OP: OP 4	0	4739
OP: 5-ATCT	0	0
Route: Platzrunde	0	0

PV Feld 3: FP 1

No glare found

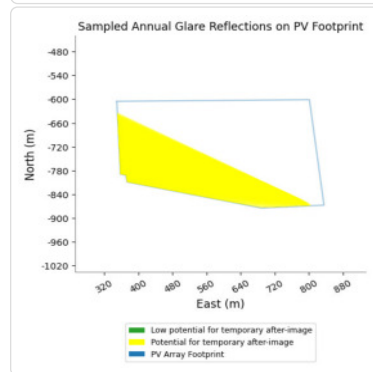
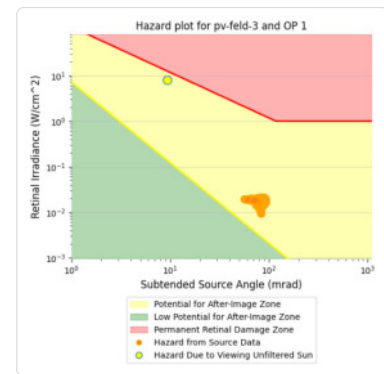
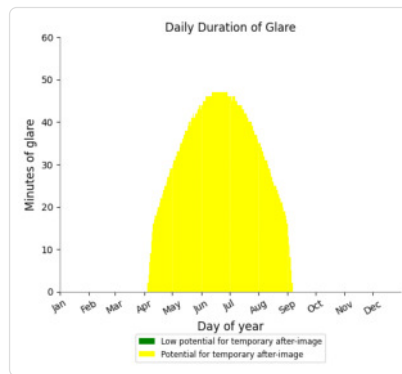
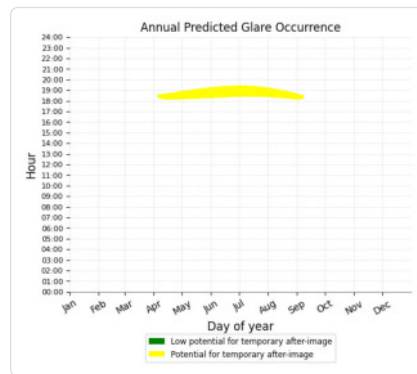
PV Feld 3: FP 2

No glare found

PV Feld 3: OP 1

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

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 5,243 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



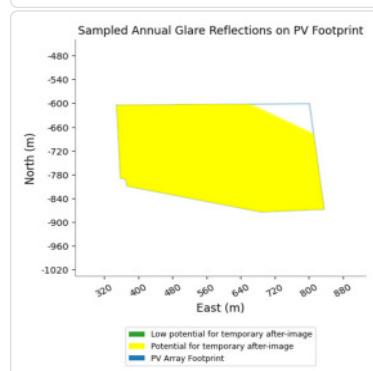
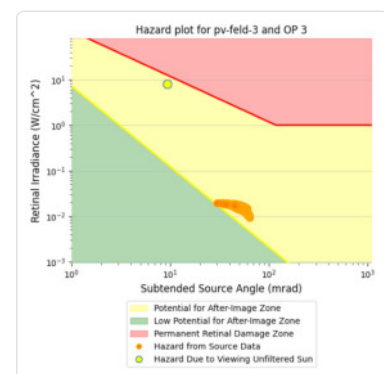
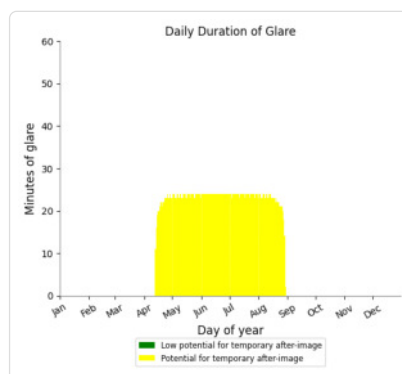
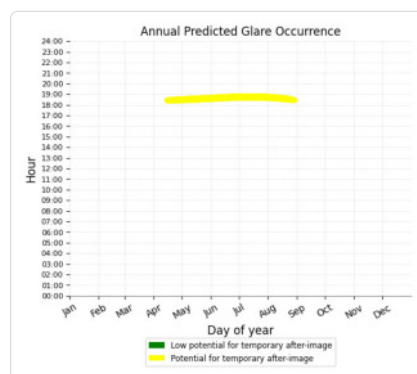
PV Feld 3: OP 2

No glare found

PV Feld 3: OP 3

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

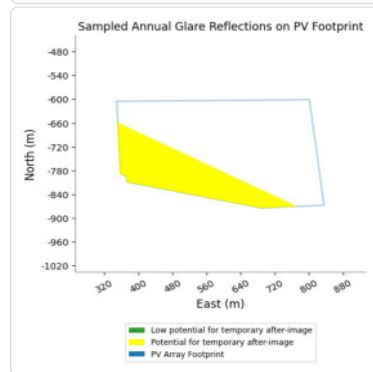
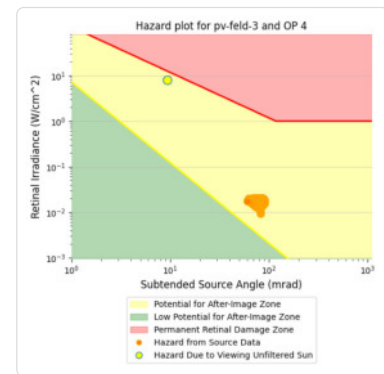
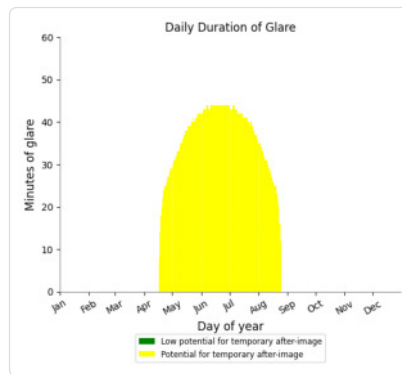
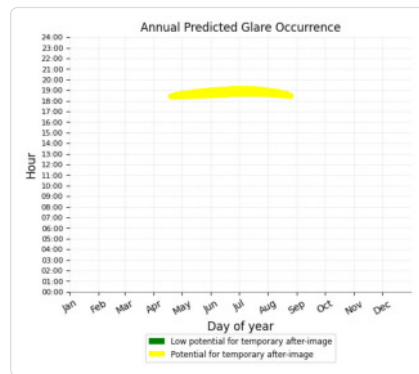
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,219 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 3: OP 4

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

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 4,739 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 3: 5-ATCT

No glare found

PV Feld 3: Platzrunde

No glare found

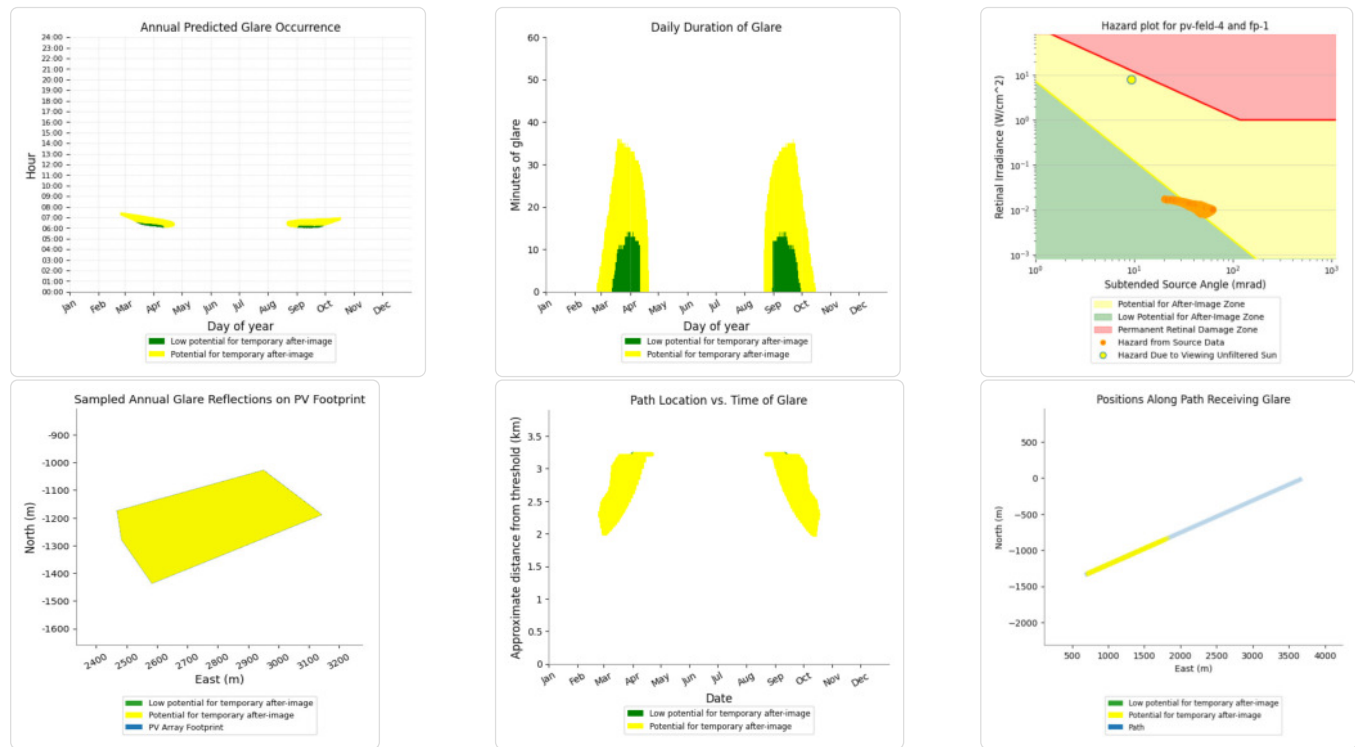
PV Feld 4 potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
FP: FP 1	636	2163
FP: FP 2	0	0
OP: OP 1	34	0
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	3	158
OP: OP 4	59	0
OP: 5-ATCT	0	0
Route: Platzrunde	0	0

PV Feld 4: FP 1

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

- 636 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,163 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

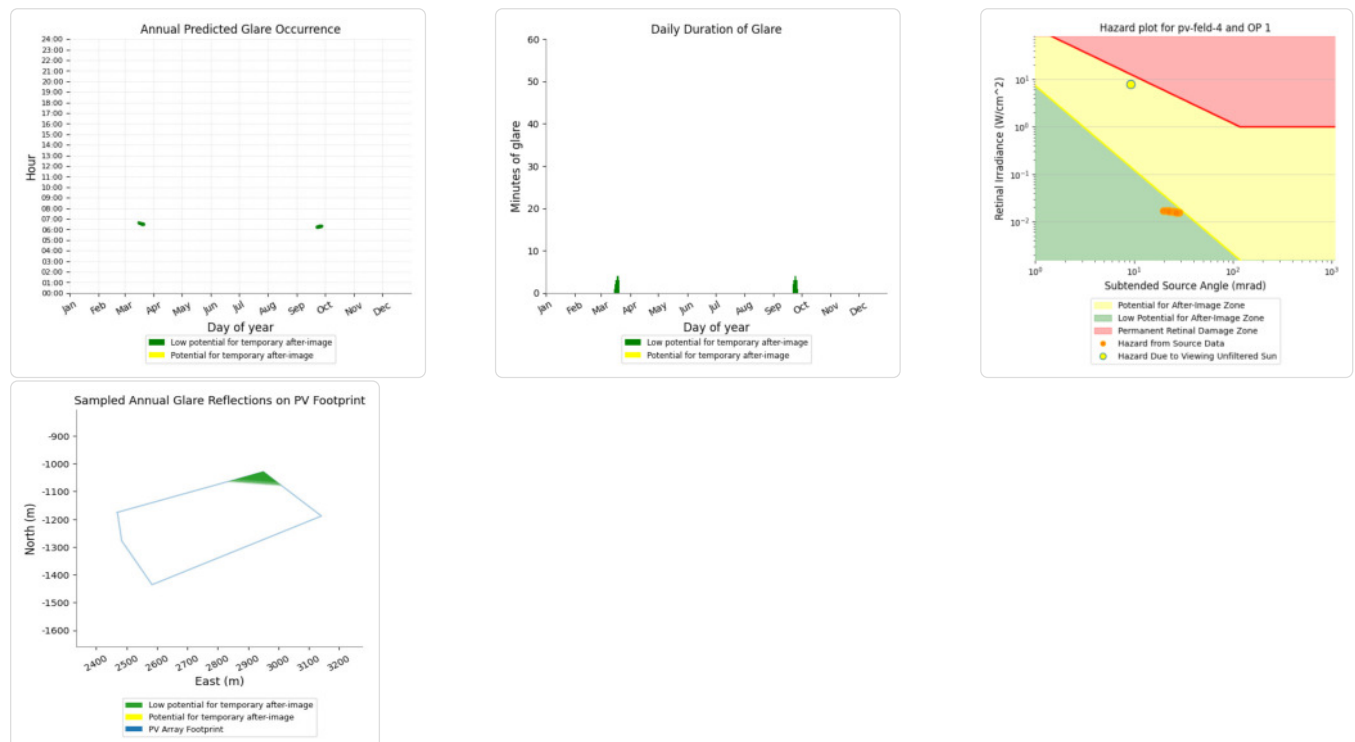
**PV Feld 4: FP 2**

No glare found

PV Feld 4: OP 1

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

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



	Cornel 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	Seite 4	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 2
2022-03-10 06:52:00	0,021976	542,4688	2	0,446066	0,013724	0,10501	0,1	98,3	0,99	-0,144	0,002	-0,99	0,109	0,094		17. Apr.	1	06:26	06:26	19.04.2022	23.08.2022	24	2263	06:00	06:30	
2022-03-10 06:53:00	0,021751	544,9891	2	0,436479	0,013492	0,105404	0,3	98,5	0,989	-0,147	0,005	-0,989	0,11	0,099		18. Apr.	3	06:24	06:26							
2022-03-11 06:48:00	0,022285	540,5852	2	0,465236	0,014265	0,103573	0	97,4	0,992	-0,13	0	-0,992	0,099	0,084		19. Apr.	5	06:22	06:26							
2022-03-11 06:49:00	0,022181	543,0866	2	0,455219	0,014022	0,104304	0,2	97,6	0,991	-0,133	0,003	-0,991	0,1	0,088		20. Apr.	6	06:20	06:25							Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 2: 2263 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 1591 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September) 672 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai) 24 Minuten pro Tag (Max)
2022-03-11 06:50:00	0,022011	545,5833	2	0,445422	0,013783	0,104855	0,3	97,8	0,991	-0,136	0,005	-0,991	0,101	0,092		21. Apr.	8	06:17	06:24							
2022-03-11 06:51:00	0,021799	548,0751	2	0,435838	0,013548	0,105291	0,5	98	0,99	-0,14	0,008	-0,99	0,102	0,096		22. Apr.	10	06:15	06:24							
2022-03-12 06:46:00	0,022163	541,2347	2	0,474806	0,014576	0,101976	0	96,8	0,993	-0,119	0,001	-0,993	0,09	0,077		23. Apr.	12	06:13	06:24							
2022-03-12 06:47:00	0,022238	543,7201	2	0,464571	0,014327	0,103193	0,2	97	0,993	-0,122	0,003	-0,993	0,091	0,081		24. Apr.	13	06:11	06:23							
2022-03-12 06:48:00	0,022177	546,2008	2	0,454559	0,014082	0,104045	0,3	97,2	0,992	-0,125	0,006	-0,992	0,092	0,085		25. Apr.	14	06:10	06:23							Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 4489 Einträgen): 1.: Zeitraum zwischen 06:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnenuntergang) 2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min. 10°) 3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)
2022-03-12 06:49:00	0,022034	548,6767	2	0,444766	0,013841	0,104672	0,5	97,4	0,992	-0,129	0,008	-0,992	0,093	0,089		26. Apr.	16	06:07	06:22							
2022-03-12 06:50:00	0,021837	551,1477	2	0,435187	0,013604	0,105153	0,6	97,6	0,991	-0,132	0,011	-0,991	0,094	0,094		27. Apr.	17	06:05	06:21							
2022-03-12 06:51:00	0,021606	553,614	2	0,425816	0,013371	0,10554	0,8	97,8	0,991	-0,136	0,014	-0,991	0,095	0,098		28. Apr.	19	06:03	06:21							
2022-03-13 06:44:00	0,021447	541,8923	2	0,484582	0,014894	0,098694	0,1	96,2	0,994	-0,107	0,001	-0,994	0,082	0,07		29. Apr.	20	06:02	06:21							
2022-03-13 06:45:00	0,02197	544,3618	2	0,474125	0,014639	0,101196	0,2	96,4	0,994	-0,111	0,004	-0,994	0,083	0,074		30. Apr.	21	06:00	06:20							
2022-03-13 06:46:00	0,022151	546,8267	2	0,463895	0,014388	0,102712	0,4	96,6	0,993	-0,114	0,006	-0,993	0,084	0,078		1. Mai.	21	06:00	06:20							
2022-03-13 06:47:00	0,022149	549,2868	2	0,453889	0,014141	0,103726	0,5	96,8	0,993	-0,118	0,009	-0,993	0,085	0,083		2. Mai.	21	06:00	06:20							
2022-03-13 06:48:00	0,02204	551,7422	2	0,444101	0,013898	0,104451	0,7	97	0,993	-0,121	0,011	-0,993	0,086	0,087		3. Mai.	19	06:00	06:18							
2022-03-13 06:49:00	0,021864	554,1928	2	0,434527	0,013658	0,104994	0,8	97,2	0,992	-0,125	0,014	-0,992	0,087	0,091		4. Mai.	19	06:00	06:18							
2022-03-13 06:50:00	0,021645	556,6386	2	0,425162	0,013423	0,105419	1	97,4	0,992	-0,128	0,017	-0,992	0,088	0,095		5. Mai.	19	06:00	06:18							
2022-03-14 06:42:00	0,018644	542,5568	2	0,494569	0,015219	0,088405	0,1	95,5	0,995	-0,096	0,002	-0,995	0,073	0,063		6. Mai.	19	06:00	06:18							
2022-03-14 06:43:00	0,020812	545,0106	2	0,483885	0,014958	0,096577	0,2	95,7	0,995	-0,1	0,004	-0,995	0,074	0,067		7. Mai.	18	06:00	06:17							
2022-03-14 06:44:00	0,021672	547,4598	2	0,473434	0,014701	0,100123	0,4	95,9	0,995	-0,103	0,007	-0,995	0,075	0,072		8. Mai.	18	06:00	06:17							
2022-03-14 06:45:00	0,022008	549,9044	2	0,463211	0,014447	0,102085	0,5	96,1	0,994	-0,107	0,009	-0,994	0,076	0,076		9. Mai.	18	06:00	06:17							
2022-03-14 06:46:00	0,022088	552,3442	2	0,453211	0,014198	0,103326	0,7	96,3	0,994	-0,11	0,012	-0,994	0,077	0,08		10. Mai.	18	06:00	06:17							
2022-03-14 06:47:00	0,022025	554,7793	2	0,44343	0,013953	0,10418	0,8	96,5	0,993	-0,114	0,015	-0,993	0,078	0,084		11. Mai.	17	06:00	06:16							
2022-03-14 06:48:00	0,021877	557,2097	2	0,433861	0,013712	0,104804	1	96,7	0,993	-0,117	0,017	-0,993	0,079	0,088		12. Mai.	17	06:00	06:16							
2022-03-14 06:49:00	0,021675	559,6353	2	0,424502	0,013474	0,105277	1,1	96,9	0,992	-0,121	0,02	-0,992	0,08	0,093		13. Mai.	17	06:00	06:16							
2022-03-14 06:50:00	0,021439	562,0561	2	0,415347	0,013241	0,105656	1,3	97,1	0,992	-0,124	0,022	-0,992	0,081	0,097		14. Mai.	17	06:00	06:16							
2022-03-15 06:39:00	0,015299	540,7842	2	0,504769	0,015482	0,073372	0,1	94,9	0,996	-0,085	0,002	-0,996	0,064	0,056		15. Mai.	16	06:00	06:15							
2022-03-15 06:40:00	0,015897	543,2272	2	0,493855	0,015216	0,077427	0,3	95,1	0,996	-0,089	0,005	-0,996	0,065	0,061		16. Mai.	16	06:00	06:15							
2022-03-15 06:41:00	0,019675	545,6655	2	0,483178	0,014954	0,093052	0,4	95,3	0,996	-0,092	0,007	-0,996	0,066	0,065		17. Mai.	16	06:00	06:15							
2022-03-15 06:42:00	0,021118	548,0993	2	0,472735	0,014696	0,098565	0,6	95,5	0,995	-0,096	0,01	-0,995	0,067	0,069		18. Mai.	16	06:00	06:15							
2022-03-15 06:43:00	0,021692	550,5284	2	0,46252	0,014442	0,101243	0,7	95,7	0,995	-0,099	0,012	-0,995	0,068	0,073		19. Mai.	15	06:00	06:14							
2022-03-15 06:44:00	0,021888	552,9528	2	0,452527	0,014192	0,102814	0,9	95,9	0,995	-0,103	0,015	-0,995	0,069	0,077		20. Mai.	15	06:00	06:14							
2022-03-15 06:45:00	0,021889	555,3726	2	0,442753	0,013947	0,103844	1	96,1	0,994	-0,106	0,018	-0,994	0,07	0,082		21. Mai.	15	06:00	06:14							
2022-03-15 06:46:00	0,021779	557,7877	2	0,433191	0,013705	0,104573	1,2	96,3	0,994	-0,11	0,02	-0,994	0,071	0,086		22. Mai.	15	06:00	06:14							
2022-03-15 06:47:00	0,021601	560,1981	2	0,423839	0,013467	0,105112	1,3	96,5	0,993	-0,113	0,023	-0,993	0,072	0,09		23. Mai.	15	06:00	06:14							
2022-03-15 06:48:00	0,02138	562,6038	2	0,41469	0,013233	0,10553	1,5	96,7	0,993	-0,117	0,025	-0,993	0,073	0,094		24. Mai.	14	06:00	06:13							
2022-03-15 06:49:00	0,021131	565,0046	2	0,405741	0,013002	0,105868	1,6	96,9	0,992	-0,12	0,028	-0,992	0,074	0,099		25. Mai.	14	06:00	06:13							
2022-03-16 06:37:00	0,015207	541,4749	2	0,515188	0,015822	0,071311	0,1	94,3	0,997	-0,074	0,002	-0,997	0,055	0,05		26. Mai.	14	06:00	06:13							
2022-03-16 06:38:00	0,015561	543,9024	2	0,504039	0,015549	0,074303	0,3	94,5	0,997	-0,078	0,005	-0,997	0,056	0,054		27. Mai.	14	06:00	06:13							
2022-03-16 06:39:00	0,015547	546,3254	2	0,493134	0,015281	0,07551	0,4	94,7	0,997	-0,081	0,008	-0,997	0,057	0,058		28. Mai.	15	06:00	06:14							
2022-03-16 06:40:00	0,017782	548,7439	2	0,482466	0,015016	0,086138	0,6	94,9	0,996	-0,085	0,01	-0,996	0,058	0,062		29. Mai.	15	06:00	06:14							
2022-03-16 06:41:00	0,020385	551,1578	2	0,472031	0,014756	0,096131	0,7	95,1	0,996	-0,088	0,013	-0,996	0,059	0,066		30. Mai.	14	06:00	06:13							
2022-03-16 06:42:00	0,021355	553,567	2	0,461824	0,0145	0,100061	0,9	95,3	0,996	-0,092	0,015	-0,996	0,06	0,071		31. Mai.	14	06:00	06:13							
2022-03-16 06:43:00	0,021725	555,9716	2	0,45184	0,014248	0,10214	1	95,5	0,995	-0,095	0,018	-0,995	0,061	0,075		1. Jun.	14	06:00	06:13							
2022-03-16 06:44:00	0,021815	558,3716	2	0,442073	0,014	0,10342	1,2	95,7	0,995	-0,099	0,021	-0,995	0,062	0,079		2. Jun.	14	06:00	06:13							
2022-03-16 06:45:00	0,021755	560,767	2	0,432519	0,013757	0,104288	1,3	95,9	0,995	-0,102	0,023	-0,995	0,063	0,083		3. Jun.	14	06:00	06:13							
2022-03-16 06:46:00	0,021607	563,1576	2	0,423174	0,013517	0,104914	1,5	96,1	0,994	-0,106	0,026	-0,994	0,064	0,088		4. Jun.	15</									

	Cornel 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	Seite 4	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1	
2022-04-05 18:28:00	0,018206	579,1142	2	0,559913	0,018391	0,073507	2,9	275,5	-0,994	0,096	0,05	0,994	-0,106	-0,024		28. Apr.	1	18:19	18:19	01.05.2022	11.08.2022		46	3232	18:19	19:18	
2022-04-05 18:29:00	0,017533	577,022	2	0,572253	0,018728	0,06933	2,7	275,7	-0,994	0,1	0,047	0,994	-0,107	-0,028		29. Apr.	2	18:19	18:20								
2022-04-06 18:26:00	0,018311	586,5743	2	0,53555	0,017817	0,076239	3,3	275,6	-0,994	0,097	0,058	0,994	-0,112	-0,018		30. Apr.	3	18:20	18:22								
2022-04-06 18:27:00	0,018105	584,5063	2	0,547349	0,018146	0,074086	3,2	275,8	-0,993	0,1	0,055	0,993	-0,113	-0,022		1. Mai.	5	18:20	18:24								
2022-04-06 18:28:00	0,017754	582,4345	2	0,559405	0,01848	0,07128	3	276	-0,993	0,104	0,053	0,993	-0,114	-0,026		2. Mai.	7	18:19	18:25								
2022-04-06 18:29:00	0,017177	580,359	2	0,571723	0,018819	0,067396	2,9	276,2	-0,993	0,107	0,05	0,993	-0,115	-0,031		3. Mai.	8	18:19	18:26								
2022-04-07 18:24:00	0,017876	593,9164	2	0,50127	0,016886	0,078371	3,9	275,4	-0,993	0,094	0,069	0,993	-0,116	-0,008		4. Mai.	9	18:20	18:28								
2022-04-07 18:25:00	0,01788	591,8725	2	0,512313	0,017198	0,077073	3,8	275,6	-0,993	0,098	0,066	0,993	-0,117	-0,012		5. Mai.	11	18:20	18:30								
2022-04-07 18:26:00	0,017906	589,8249	2	0,523596	0,017516	0,075854	3,6	275,8	-0,993	0,101	0,063	0,993	-0,118	-0,016		6. Mai.	12	18:20	18:31								
2022-04-07 18:27:00	0,017818	587,7734	2	0,535125	0,01784	0,074162	3,5	276	-0,993	0,104	0,061	0,993	-0,119	-0,021		7. Mai.	13	18:21	18:33								
2022-04-07 18:28:00	0,017588	585,7181	2	0,546903	0,018169	0,071847	3,3	276,2	-0,992	0,108	0,058	0,992	-0,12	-0,025		8. Mai.	14	18:21	18:34								
2022-04-07 18:29:00	0,017242	583,6591	2	0,558938	0,018503	0,06898	3,2	276,4	-0,992	0,111	0,056	0,992	-0,121	-0,029		9. Mai.	16	18:21	18:36								
2022-04-07 18:30:00	0,016736	581,5963	2	0,571233	0,018843	0,065289	3	276,6	-0,992	0,115	0,053	0,992	-0,122	-0,033		10. Mai.	17	18:21	18:37								
2022-04-08 18:23:00	0,017092	599,1231	2	0,47959	0,016297	0,077699	4,4	275,4	-0,993	0,095	0,077	0,993	-0,122	-0,002		11. Mai.	18	18:22	18:39								
2022-04-08 18:24:00	0,017171	597,0994	2	0,490152	0,0166	0,076708	4,2	275,6	-0,992	0,098	0,074	0,992	-0,123	-0,006		12. Mai.	19	18:22	18:40								
2022-04-08 18:25:00	0,017287	595,0718	2	0,500943	0,016908	0,075869	4,1	275,8	-0,992	0,102	0,071	0,992	-0,124	-0,011		13. Mai.	21	18:22	18:42								
2022-04-08 18:26:00	0,017322	593,0404	2	0,511968	0,017221	0,07468	3,9	276	-0,992	0,105	0,069	0,992	-0,125	-0,015		14. Mai.	22	18:22	18:43								
2022-04-08 18:27:00	0,017253	591,0053	2	0,523232	0,017539	0,073039	3,8	276,2	-0,992	0,108	0,066	0,992	-0,126	-0,019		15. Mai.	24	18:22	18:45								
2022-04-08 18:28:00	0,017166	588,9664	2	0,534741	0,017863	0,071302	3,6	276,4	-0,992	0,112	0,064	0,992	-0,127	-0,023		16. Mai.	24	18:23	18:46								
2022-04-08 18:29:00	0,017012	586,9237	2	0,5465	0,018193	0,069244	3,5	276,6	-0,991	0,115	0,061	0,991	-0,128	-0,027		17. Mai.	25	18:23	18:47								
2022-04-08 18:30:00	0,016753	584,8773	2	0,558513	0,018528	0,066678	3,4	276,8	-0,991	0,119	0,058	0,991	-0,129	-0,032		18. Mai.	26	18:23	18:48								
2022-04-08 18:31:00	0,016334	582,8271	2	0,570786	0,018868	0,063283	3,2	277	-0,991	0,122	0,056	0,991	-0,13	-0,036		19. Mai.	28	18:23	18:50								
2022-04-09 18:21:00	0,016102	606,2606	2	0,449028	0,01544	0,077294	5	275,3	-0,992	0,092	0,087	0,992	-0,126	0,008		20. Mai.	28	18:24	18:51								
2022-04-09 18:22:00	0,016113	604,2605	2	0,458915	0,015728	0,076009	4,8	275,5	-0,992	0,095	0,084	0,992	-0,127	0,004		21. Mai.	29	18:24	18:52								
2022-04-09 18:23:00	0,016243	602,2567	2	0,469018	0,016021	0,075254	4,7	275,7	-0,992	0,099	0,082	0,992	-0,128	-0,001		22. Mai.	30	18:24	18:53								
2022-04-09 18:24:00	0,016374	600,249	2	0,479339	0,016319	0,074494	4,5	275,9	-0,992	0,102	0,079	0,992	-0,129	-0,005		23. Mai.	32	18:24	18:55								
2022-04-09 18:25:00	0,016482	598,2375	2	0,489885	0,016622	0,073625	4,4	276,1	-0,991	0,105	0,077	0,991	-0,13	-0,009		24. Mai.	33	18:24	18:56								
2022-04-09 18:26:00	0,01656	596,2223	2	0,500659	0,016931	0,072615	4,3	276,3	-0,991	0,109	0,074	0,991	-0,131	-0,013		25. Mai.	33	18:25	18:57								
2022-04-09 18:27:00	0,016613	594,2032	2	0,511666	0,017244	0,071488	4,1	276,5	-0,991	0,112	0,072	0,991	-0,132	-0,017		26. Mai.	34	18:25	18:58								
2022-04-09 18:28:00	0,016626	592,1805	2	0,522913	0,017563	0,07017	4	276,7	-0,991	0,116	0,069	0,991	-0,133	-0,022		27. Mai.	35	18:25	18:59								
2022-04-09 18:29:00	0,016589	590,154	2	0,534402	0,017888	0,068614	3,8	276,9	-0,991	0,119	0,066	0,991	-0,134	-0,026		28. Mai.	36	18:26	19:01								
2022-04-09 18:30:00	0,016493	588,1237	2	0,546141	0,018218	0,066769	3,7	277,1	-0,99	0,123	0,064	0,99	-0,135	-0,03		29. Mai.	37	18:26	19:02								
2022-04-09 18:31:00	0,01631	586,0898	2	0,558133	0,018553	0,064485	3,5	277,3	-0,99	0,126	0,061	0,99	-0,136	-0,034		30. Mai.	38	18:26	19:03								
2022-04-09 18:32:00	0,015969	584,0522	2	0,570384	0,018895	0,061375	3,4	277,5	-0,99	0,13	0,059	0,99	-0,137	-0,038		31. Mai.	37	18:27	19:03								
2022-04-10 18:19:00	0,015031	615,0793	2	0,429741	0,014992	0,074438	5,4	275,3	-0,991	0,092	0,095	0,991	-0,132	0,014		1. Jun.	38	18:27	19:04								
2022-04-10 18:20:00	0,015328	613,1112	2	0,439199	0,015273	0,074513	5,3	275,5	-0,991	0,096	0,092	0,991	-0,133	0,009		2. Jun.	39	18:27	19:05								
2022-04-10 18:21:00	0,0156	611,1392	2	0,448864	0,015559	0,074441	5,2	275,7	-0,991	0,099	0,09	0,991	-0,134	0,005		3. Jun.	40	18:27	19:06								
2022-04-10 18:22:00	0,015848	609,1634	2	0,458738	0,01585	0,07424	5	275,9	-0,991	0,102	0,087	0,991	-0,135	0,001		4. Jun.	41	18:28	19:08								
2022-04-10 18:23:00	0,01606	607,1839	2	0,468826	0,016146	0,073858	4,9	276,1	-0,991	0,106	0,085	0,991	-0,136	-0,003		5. Jun.	41	18:28	19:08								
2022-04-10 18:24:00	0,016232	605,2005	2	0,479133	0,016447	0,073285	4,7	276,3	-0,991	0,109	0,082	0,991	-0,137	-0,007		6. Jun.	42	18:28	19:09								
2022-04-10 18:25:00	0,016364	603,2134	2	0,489662	0,016753	0,072518	4,6	276,5	-0,99	0,113	0,08	0,99	-0,138	-0,012		7. Jun.	43	18:28	19:10								
2022-04-10 18:26:00	0,016458	601,2226	2	0,50042	0,017064	0,071573	4,4	276,7	-0,99	0,116	0,077	0,99	-0,139	-0,016		8. Jun.	43	18:28	19:10								
2022-04-10 18:27:00	0,016513	599,228	2	0,511411	0,017381	0,07044	4,3	276,9	-0,99	0,12	0,074	0,99	-0,14	-0,02		9. Jun.	43	18:29	19:11								
2022-04-10 18:28:00	0,016521	597,2297	2	0,522639	0,017704	0,069088	4,1	277,1	-0,99	0,123	0,072	0,99	-0,141	-0,024		10. Jun.	43	18:30	19:12								
2022-04-10 18:29:00	0,016474	595,2276	2	0,534311	0,018032	0,067473	4	277,3	-0,99	0,127	0,069	0,99	-0,142	-0,028		11. Jun.	44	18:30	19:13								
2022-04-10 18:30:00	0,016362	593,2219	2	0,545828	0,018365	0,065528	3,8	277,5	-0,989	0,13	0,067	0,989	-0,143	-0,033		12. Jun.	44	18:30	19:13								
2022-04-10 18:31:00	0,01615	591,2125	2	0,5578	0,018704	0,063077	3,7	277,7	-0,989	0,134	0,064	0,989	-0,144	-0,037		13. Jun.	44	18:30	19:13								
2022-04-10 18:32:00	0,015799	589,1994	2	0,570029	0,019049	0,059866	3,5	277,9	-0,989	0,137	0,061	0,989	-0,145	-0,041		14. Jun.	45	18:30	19:14								
2022-04-11 18:18:00	0,014495	620,0144	2	0,411348	0,014466	0,074398	5,9	275,3	-0,99	0,092	0,103	0,99	-0,137	0,019		15. Jun.	45	18:31	19:15								

	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradance	Subtended Glare Angle	Aun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Seite 4	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 4	
2022-04-17 18:22:00	0,013722	629,8162		2	0,411927	0,014715	0,069036	6,8	277,9	-0,984	0,136	0,118	0,984	-0,18	0,003	28. Apr.	1	18:19	18:19	01.05.2022	11.08.2022	44	3209	18:19	19:17	
2022-04-17 18:23:00	0,013905	627,9427		2	0,420927	0,014992	0,068625	6,7	278,1	-0,983	0,139	0,116	0,983	-0,181	-0,001	29. Apr.	2	18:19	18:20							
2022-04-17 18:24:00	0,01407	626,0655		2	0,43012	0,015273	0,068104	6,5	278,3	-0,983	0,143	0,113	0,983	-0,182	-0,005	30. Apr.	3	18:20	18:22							
2022-04-17 18:25:00	0,01422	624,1848		2	0,439509	0,01556	0,067497	6,4	278,5	-0,983	0,146	0,111	0,983	-0,183	-0,009	1. Mai.	5	18:20	18:24							
2022-04-17 18:26:00	0,014348	622,3004		2	0,449099	0,015851	0,06676	6,2	278,7	-0,983	0,15	0,108	0,983	-0,184	-0,013	2. Mai.	7	18:19	18:25							
2022-04-17 18:27:00	0,014449	620,4123		2	0,458894	0,016148	0,065867	6,1	278,9	-0,983	0,153	0,106	0,983	-0,185	-0,018	3. Mai.	8	18:19	18:26							
2022-04-17 18:28:00	0,014521	618,5207		2	0,468899	0,01645	0,064815	5,9	279,1	-0,982	0,157	0,103	0,982	-0,186	-0,022	4. Mai.	9	18:20	18:28							
2022-04-17 18:29:00	0,014558	616,6255		2	0,479117	0,016757	0,063566	5,8	279,3	-0,982	0,16	0,101	0,982	-0,187	-0,026	5. Mai.	11	18:20	18:30							
2022-04-17 18:30:00	0,014531	614,7267		2	0,489553	0,017069	0,061954	5,6	279,5	-0,982	0,164	0,098	0,982	-0,188	-0,03	6. Mai.	12	18:20	18:31							
2022-04-18 18:20:00	0,01342	636,3723		2	0,386344	0,013945	0,071412	7,4	277,7	-0,983	0,133	0,129	0,983	-0,184	0,013	7. Mai.	13	18:21	18:33							
2022-04-18 18:21:00	0,013635	634,5206		2	0,394784	0,014208	0,071202	7,2	277,9	-0,983	0,136	0,126	0,983	-0,185	0,009	8. Mai.	14	18:21	18:34							
2022-04-18 18:22:00	0,013837	632,6653		2	0,403405	0,014476	0,070905	7,1	278,1	-0,982	0,14	0,123	0,982	-0,186	0,005	9. Mai.	16	18:21	18:36							
2022-04-18 18:23:00	0,014029	630,8064		2	0,41221	0,014748	0,070539	6,9	278,3	-0,982	0,143	0,121	0,982	-0,187	0,001	10. Mai.	17	18:21	18:37							
2022-04-18 18:24:00	0,014207	628,9438		2	0,421204	0,015025	0,070086	6,8	278,5	-0,982	0,147	0,118	0,982	-0,188	-0,004	11. Mai.	18	18:22	18:39							
2022-04-18 18:25:00	0,014371	627,0776		2	0,43039	0,015308	0,069545	6,7	278,7	-0,982	0,15	0,116	0,982	-0,189	-0,008	12. Mai.	19	18:22	18:40							
2022-04-18 18:26:00	0,014521	625,2078		2	0,439772	0,015595	0,068926	6,5	278,9	-0,982	0,153	0,113	0,982	-0,19	-0,012	13. Mai.	21	18:22	18:42							
2022-04-18 18:27:00	0,014654	623,3344		2	0,449354	0,015887	0,068206	6,4	279,1	-0,981	0,157	0,111	0,981	-0,191	-0,016	14. Mai.	22	18:22	18:43							
2022-04-18 18:28:00	0,014769	621,4574		2	0,459141	0,016184	0,067385	6,2	279,3	-0,981	0,16	0,108	0,981	-0,192	-0,02	15. Mai.	24	18:22	18:45							
2022-04-18 18:29:00	0,014859	619,5768		2	0,469136	0,016486	0,066427	6,1	279,5	-0,981	0,164	0,106	0,981	-0,193	-0,024	16. Mai.	24	18:23	18:46							
2022-04-18 18:30:00	0,014924	617,6927		2	0,479345	0,016794	0,065331	5,9	279,7	-0,981	0,167	0,103	0,981	-0,194	-0,029	17. Mai.	25	18:23	18:47							
2022-04-18 18:31:00	0,014957	615,805		2	0,48977	0,017106	0,064062	5,8	279,9	-0,98	0,171	0,101	0,98	-0,195	-0,033	18. Mai.	26	18:23	18:48							
2022-04-18 18:32:00	0,014944	613,9138		2	0,500417	0,017425	0,062545	5,6	280,1	-0,98	0,174	0,098	0,98	-0,196	-0,037	19. Mai.	28	18:23	18:50							
2022-04-18 18:33:00	0,014845	612,0191		2	0,511129	0,017748	0,060545	5,5	280,3	-0,979	0,178	0,095	0,979	-0,197	-0,041	20. Mai.	28	18:24	18:51							
2022-04-19 18:18:00	0,012967	642,8336		2	0,362436	0,013215	0,072856	8	277,5	-0,982	0,13	0,139	0,982	-0,188	0,023	21. Mai.	29	18:24	18:52							
2022-04-19 18:19:00	0,013207	641,0036		2	0,370352	0,013465	0,072826	7,8	277,7	-0,982	0,133	0,136	0,982	-0,189	0,019	22. Mai.	30	18:24	18:53							
2022-04-19 18:20:00	0,013438	639,1699		2	0,378439	0,013719	0,072721	7,7	277,9	-0,982	0,136	0,134	0,982	-0,19	0,015	23. Mai.	32	18:24	18:55							
2022-04-19 18:21:00	0,013668	637,3326		2	0,386698	0,013979	0,072593	7,5	278,1	-0,981	0,14	0,131	0,981	-0,191	0,01	24. Mai.	33	18:24	18:56							
2022-04-19 18:22:00	0,013881	635,4917		2	0,395135	0,014242	0,072355	7,4	278,3	-0,981	0,143	0,128	0,981	-0,192	0,006	25. Mai.	33	18:25	18:57							
2022-04-19 18:23:00	0,014078	633,6472		2	0,403751	0,014511	0,07201	7,2	278,5	-0,981	0,147	0,126	0,981	-0,193	0,002	26. Mai.	34	18:25	18:58							
2022-04-19 18:24:00	0,014263	631,799		2	0,412552	0,014784	0,071598	7,1	278,7	-0,981	0,15	0,123	0,981	-0,194	-0,002	27. Mai.	35	18:25	18:59							
2022-04-19 18:25:00	0,014437	629,9472		2	0,42154	0,015061	0,071113	6,9	278,9	-0,981	0,154	0,121	0,981	-0,195	-0,006	28. Mai.	36	18:26	19:01							
2022-04-19 18:26:00	0,014599	628,0919		2	0,43072	0,015344	0,070555	6,8	279,1	-0,98	0,157	0,118	0,98	-0,196	-0,01	29. Mai.	37	18:26	19:02							
2022-04-19 18:27:00	0,014749	626,233		2	0,440096	0,015632	0,069926	6,6	279,3	-0,98	0,161	0,116	0,98	-0,197	-0,015	30. Mai.	38	18:26	19:03							
2022-04-19 18:28:00	0,014885	624,3705		2	0,449671	0,015924	0,069213	6,5	279,5	-0,98	0,164	0,113	0,98	-0,198	-0,019	31. Mai.	37	18:27	19:03							
2022-04-19 18:29:00	0,015004	622,5044		2	0,45945	0,016222	0,06841	6,4	279,7	-0,98	0,167	0,111	0,98	-0,199	-0,023	1. Jun.	38	18:27	19:04							
2022-04-19 18:30:00	0,015103	620,6349		2	0,469437	0,016525	0,0675	6,2	279,9	-0,979	0,171	0,108	0,979	-0,2	-0,027	2. Jun.	39	18:27	19:05							
2022-04-19 18:31:00	0,015181	618,7617		2	0,479636	0,016833	0,066475	6,1	280,1	-0,979	0,174	0,106	0,979	-0,201	-0,031	3. Jun.	40	18:27	19:06							
2022-04-19 18:32:00	0,015235	616,8851		2	0,490052	0,017146	0,065321	5,9	280,3	-0,979	0,178	0,103	0,979	-0,202	-0,035	4. Jun.	41	18:28	19:08							
2022-04-19 18:33:00	0,01526	615,0049		2	0,500688	0,017465	0,064008	5,8	280,5	-0,978	0,181	0,1	0,978	-0,203	-0,039	5. Jun.	41	18:28	19:08							
2022-04-19 18:34:00	0,015253	613,1213		2	0,51155	0,017789	0,062523	5,6	280,7	-0,978	0,185	0,098	0,978	-0,204	-0,044	6. Jun.	42	18:28	19:09							
2022-04-19 18:35:00	0,015239	611,2341		2	0,522642	0,018119	0,060987	5,5	280,9	-0,978	0,188	0,095	0,978	-0,205	-0,048	7. Jun.	43	18:28	19:10							
2022-04-19 18:36:00	0,01572	609,3435		2	0,533,																					

