

Blendgutachten Solarpark Strausberg

**Analyse der potenziellen Blendwirkung einer geplanten PV-Anlage
in der Nähe von Strausberg in Brandenburg**

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

☎ +49 40 79 69 59 36

📞 +49 40 79 69 59 38

@ info@solpeg.com

🌐 www.solpeg.com

Inhalt

1	Auftrag	3
1.1	Beauftragung.....	3
1.2	Hintergrund und Auftragsumfang.....	3
2	Systembeschreibung.....	4
2.1	Standort Übersicht	4
3	Ermittlung der potenziellen Blendwirkung	7
3.1	Rechtliche Hinweise	7
3.2	Blendwirkung von PV-Modulen	7
3.3	Berechnung der Blendwirkung.....	9
3.4	Technische Parameter der PV-Anlage.....	10
3.5	Standorte für die Analyse	11
3.6	Allgemeine Hinweise zum Simulationsverfahren.....	12
4	Ergebnisse	16
4.1	Ergebnisse für Landeanflüge.....	16
4.2	Ergebnisse für den Tower.....	17
5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	18
6	Schlussbemerkung	18
7	Anhang.....	19 - 30

SolPEG Blendgutachten

Analyse der Blendwirkung der geplanten PV-Anlage Strausberg

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Die SolPEG GmbH verfügt über umfangreiche Erfahrung im Bereich Photovoltaik (PV) und bietet eine breite Palette von Dienstleistungen an. Mit über 1000 erstellten Blendgutachten haben wir auch auf diesem Gebiet eine weitreichende Expertise. Vor diesem Hintergrund wurden wir beauftragt, die potenzielle Blendwirkung der PV-Anlage „Strausberg“ für den Flugverkehr im Bereich des Flugplatzes Strausberg zu untersuchen und zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

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

Die vorliegende Untersuchung soll klären ob bzw. in wie weit von der PV-Anlage eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für den Flugplatz Strausberg und 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 potenziellen Blendwirkung vor Ort ist notwendig da die verfügbaren Datenquellen ausreichend sind, um einen Eindruck über die örtlichen Gegebenheiten zu vermitteln.

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

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

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

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Fläche der geplanten PV-Anlage befindet sich östlich von Strausberg in Brandenburg. Das Gelände liegt östlich des Flugplatzes Strausberg. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Freifläche östlich des Flugplatzes Strausberg in Brandenburg.
Koordinaten (Mitte)	52.582°N, 13.927°O 80 m ü.N.N.
Entfernung zur Landebahn / Tower	ca. 220 m (Landebahn), 590 m (Tower)

Übersicht² über den Standort und die PV-Anlage (schematisch)

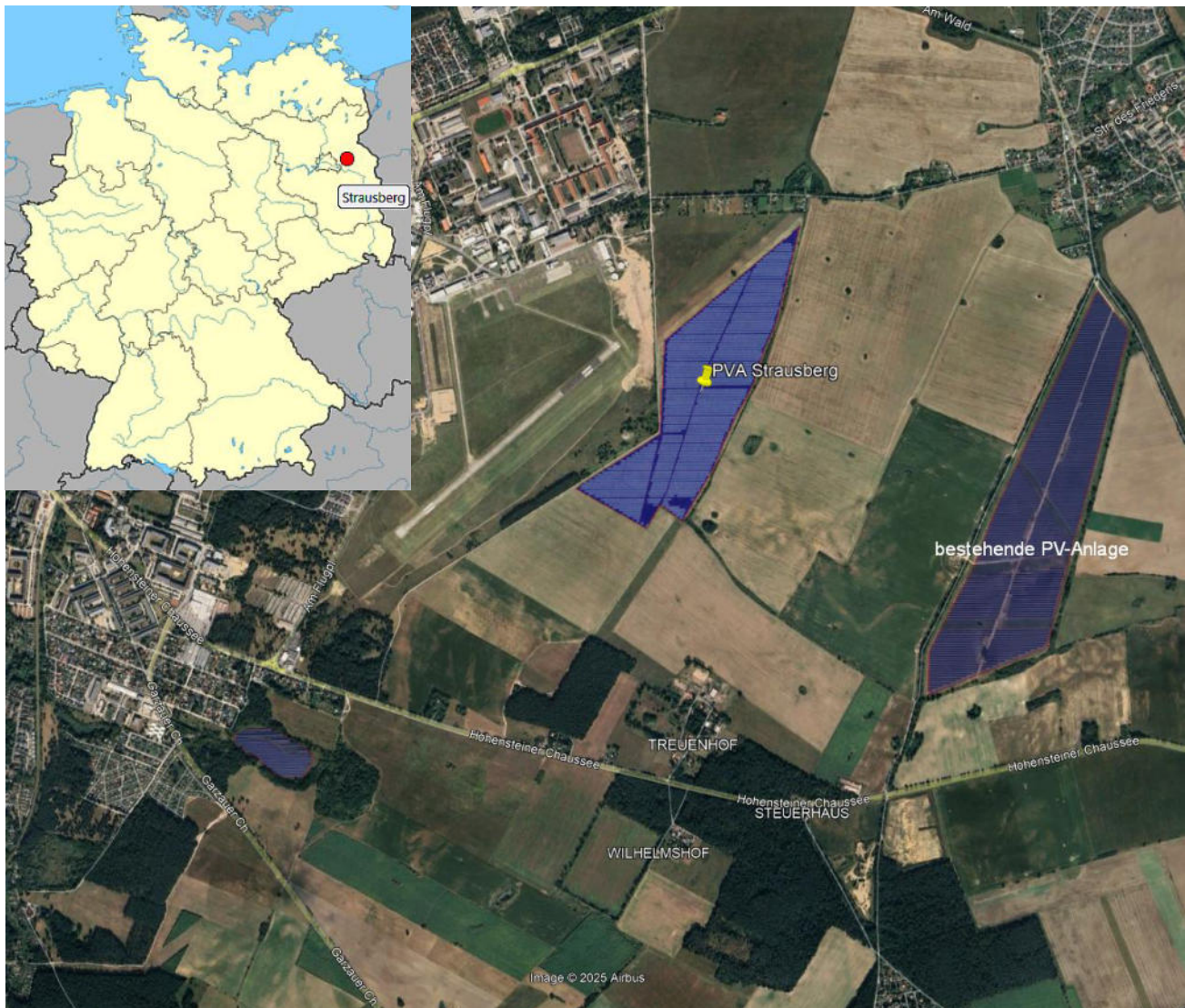


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV-Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

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

Übersicht der PV-Anlage und Umgebung:



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

Detailansicht



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

Fotos der PV Fläche. Blick in Richtung Süden auf die PV-Fläche (im Hintergrund).



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

Blick in Richtung Südosten auf die PV-Fläche (im Hintergrund).



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

3 Ermittlung der potenziellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

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

3.2 Blendwirkung von PV-Modulen

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

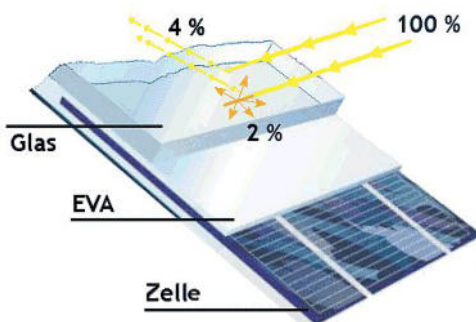


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV-Modul (Quelle: SolPEG)

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



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

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

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

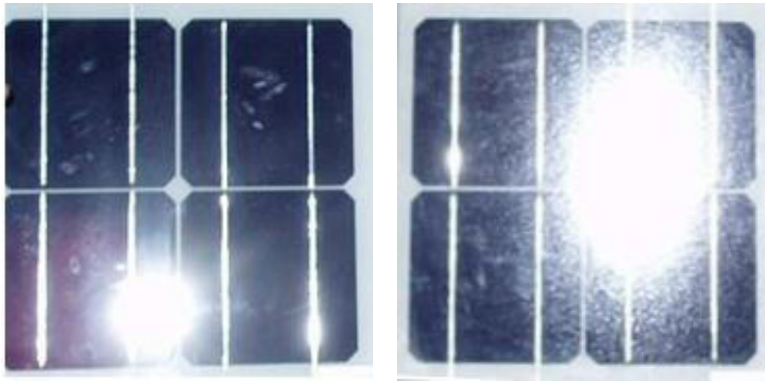


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

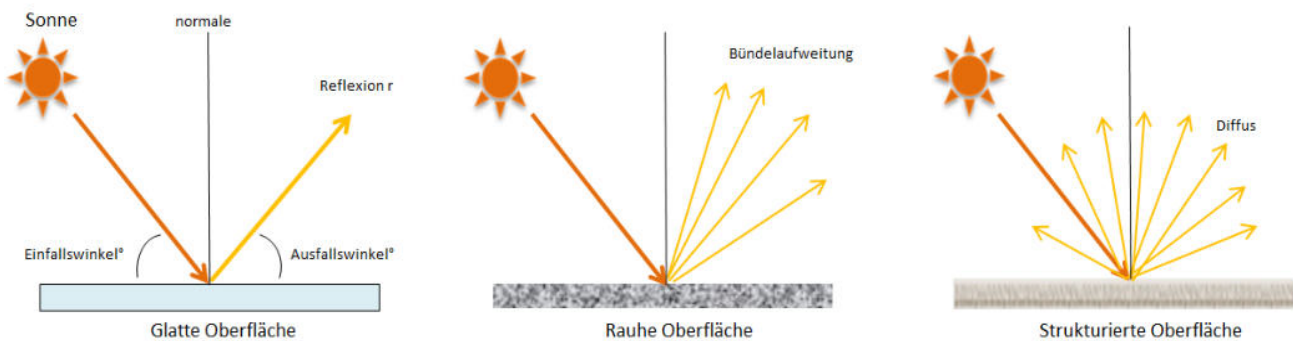


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Planungsunterlagen sollen PV-Module des Herstellers Jinko Solar zum Einsatz kommen, die über Anti-Reflexions-Eigenschaften verfügen. 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 Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2278×1134×30mm (89.69×44.65×1.18 inch)
Weight	27 kg (59.52 lbs)
Front Glass	3.2mm Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 Berechnung der Blendwirkung

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

Darüber hinaus kommen die in Anhang 2 der Licht-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen (Seite 21ff) zur Anwendung, es werden jedoch aufgrund fehlender Angaben u.a. für Fahrzeuglenker zusätzliche Quellen herangezogen, u.a. die Richtlinien der FAA⁴ zur Beurteilung der Blendwirkung für den Flugverkehr.

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

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

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

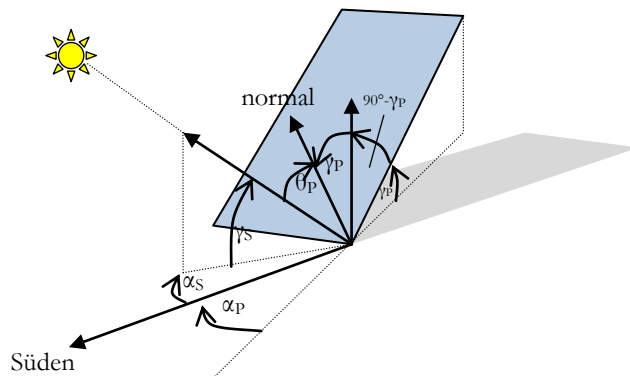


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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

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

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

⁴ US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:

<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf>

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

⁶ Webseite der Sandia National Laboratories: <http://www.sandia.gov>

3.4 Technische Parameter der PV-Anlage

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

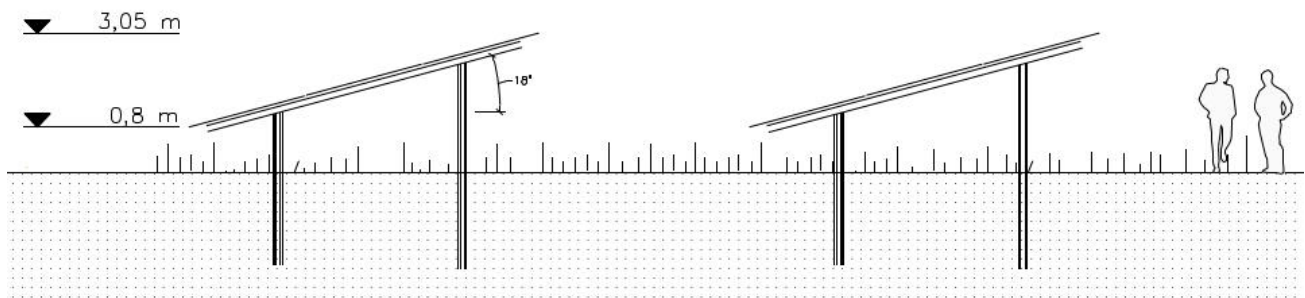


Bild 3.4.1: Skizze des Gebäudes mit PV Modulen (Quelle: Planungsunterlagen)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV-Modul	Jinko (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Modulinstallation	Modultische, fest aufgeständert
Ausrichtung (Azimut)	180° (= Süden)
Modulneigung	18°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. 0,8 m, max. ca. 3,05 m
Mittlere Höhe der Modulfläche	2 m

3.5 Standorte für die Analyse

Generell wird bei der Analyse von potenziellen Blendwirkungen das Auftreffen von Reflexionen, die Dauer und die Intensität an einem festgelegten Messpunkt (Immissionsort) untersucht, es geht nicht um die Sichtbarkeit oder die optische Bewertung der PV-Anlage. Bei der hier betrachteten PV-Anlage ist eine Analyse von bestimmten Immissionsorten im Umfeld der PV-Anlage allerdings nicht zielführend, da im näheren und weiteren Umfeld keine relevanten Gebäude oder schutzwürdige Zonen im Sinne der LAI Lichtleitlinie vorhanden sind.

In SolPEG Blendgutachten werden relevante Flugplätze und andere besondere Zonen im Umkreis von 10 km um die PV-Anlage untersucht. Westlich der PV-Anlage befindet sich der Verkehrslandeplatz Strausberg (ICAO-Code: EDAY). Der Flugplatz dient seit 1990 ausschließlich zivilen Zwecken wie die Sport- und Geschäftsfliegerei und Flugzeuge mit einem Startgewicht von max. 14t. Das zur Analyse von Blendwirkungen bei Flughäfen genutzte Verfahren entspricht den Vorgaben der Amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA⁷. Üblicherweise wird dabei ein definierter Landeanflug näher betrachtet.

Die folgende Skizze gibt einen Überblick über den Flughafen und die Landeanflüge.

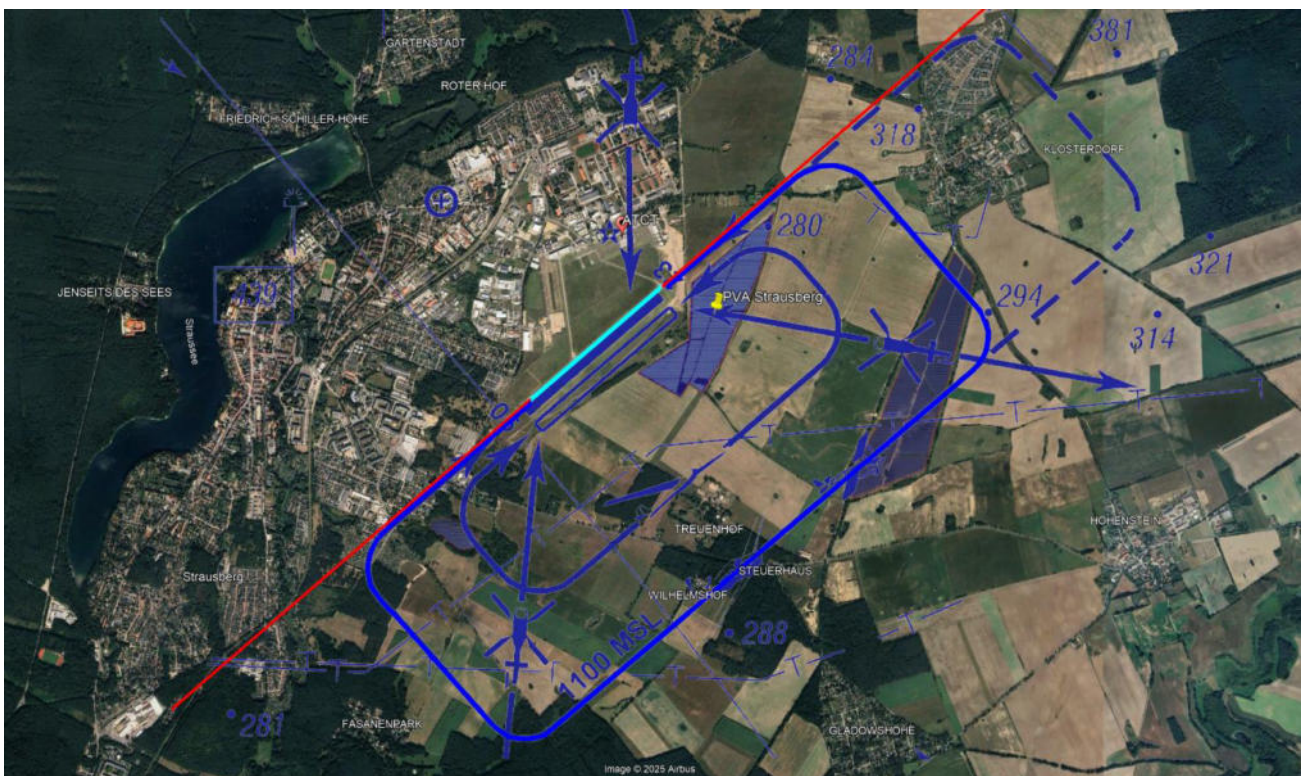


Bild 3.5.1: Übersicht über die PV-Anlage und den Flughafen Strausberg (Quelle: Google Earth/SolPEG)

In den Vorgaben der FAA sowie der EASA ist die Analyse Platzrunden nicht vorgesehen. Im vorliegenden Fall wurden diese als „Route“ untersucht.

⁷ US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:
<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf>

3.6 Allgemeine Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

Schutzwürdige Räume

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

Einfallswinkel der Reflexion

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

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

Entfernung zur Immissionsquelle

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

Die von der SolPEG seit 2015 in über 1000 Blendgutachten überwiegend verwendete Simulationssoftware ForgeSolar⁹ basiert auf einer Entwicklung der US Sandia National Laboratories¹⁰. Die Software wird mittlerweile von auch von anderen Gutachtern verwendet und könnte als Stand der Technik bezeichnet werden obwohl (uns) Limitationen bekannt sind. Eine versierte Bedienung der Software ist unerlässlich für korrekte Ergebnisse.

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

⁸ Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

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

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

Sonstige Einflüsse

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

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

In der Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY¹¹) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2024 eine mittlere Wolkenbedeckung¹² von ca. 68,8 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den langjährigen Zeitraum 1991-2020 liegt bei 62,5 % - 75 %.

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

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

Kategorien von Reflexionen

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

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

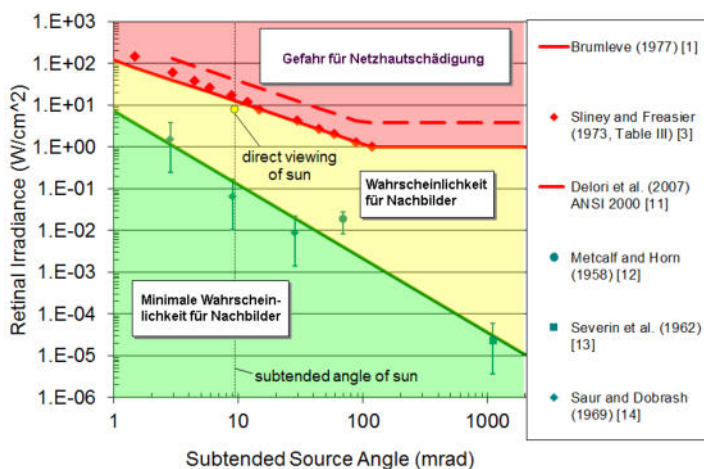


Bild 3.6.1 Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

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

¹² DWD Service: https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html

Mittelwert 2023: https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_cen_cfc_mean_2024_17.png

Langjähriges Mittel 1991-2020: https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/zeitreihen/rcc_eude_cen_cfc_refc9120_17.png

Flugverkehr

Neben ortsfesten Standorten werden auch potenzielle Beeinträchtigungen für den Flugverkehr untersucht sofern dies erforderlich ist. Das hierbei genutzte Verfahren entspricht den Vorgaben der Amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA¹³ zur Analyse von Blendwirkungen bei Flughäfen. Üblicherweise wird dabei der Landeanflug näher betrachtet.

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) $\pm 50^\circ$ zur Blickrichtung. Reflexionen außerhalb von 50° 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° .

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."¹⁴

Der westlich gelegene Flugplatz Strausberg (ICAO-Code: EDAY, 262 ft MSL) verfügt über eine Beton Landebahn (05/23: 1200 m x 28 m) sowie ein Graspiste.

¹³ US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:
<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf>

¹⁴ Dokument https://www.faa.gov/airports/environmental/policy_guidance/media/airport-solar-guide-print.pdf, Seite 14

4 Ergebnisse

Die PV-Anlage „Strausberg“ wurde mit der Neigung und Ausrichtung der PV-Module entsprechend der Planungsunterlagen modelliert. Die Simulation der potenziellen Reflexionen wurde gemäß Vorgaben der FAA für einen definierten 2-Meilen Landeanflug auf die Landebahnen 05 und 23 durchgeführt, sowie für den Tower (ATCT).

Das Simulationsergebnis 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 Ergebnis auch als farbige Flächen dargestellt:

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

4.1 Ergebnisse für Landeanflüge

Beim Landeanflug aus Nordosten auf die LB 23 sind keine Reflexionen durch die geplante PV-Anlage nachweisbar. Beim Landeanflug aus Südwesten auf die LB 05 können rein rechnerisch zwischen dem 18. April - 25. August, in den frühen Morgenstunden zwischen 06:33 - 07:11 Uhr, für max. 23 Minuten Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten.

Potenzielle Reflexionen können allerdings nur auf den letzten 1500 m (0,93 miles) vor Landung in einer Entfernung von ca. 2200 m bis 790 m auftreten. Dies gilt auch für die Platzrunde. Die folgende Skizze verdeutlicht die Situation, der Bereich mit Reflexionen ist Gelb markiert.

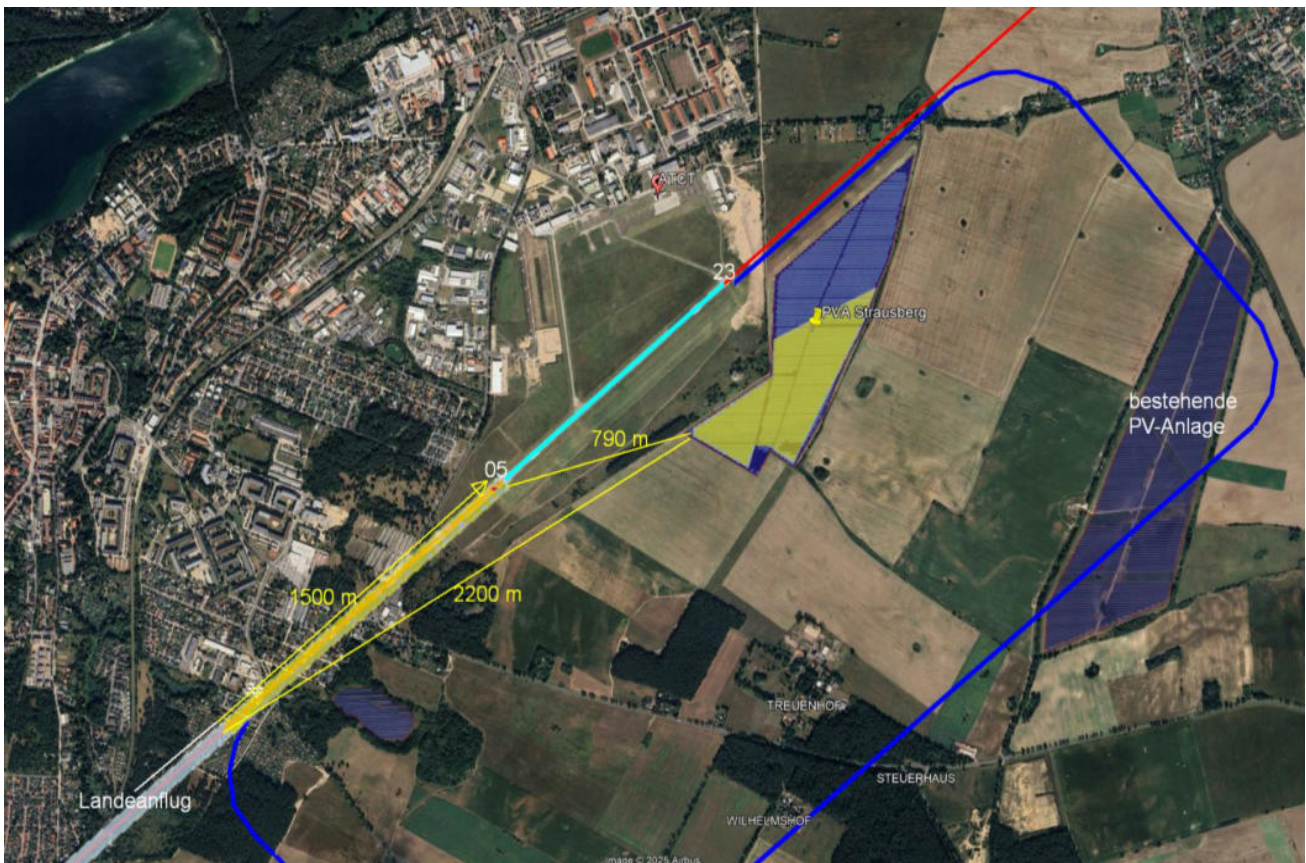


Bild 4.1: Landeanflug aus Südwesten auf die Landebahn 05 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

In den betreffenden Tageszeiten (06:33 - 07:11 Uhr) ist nur mit geringem Flugbetrieb zu rechnen und üblicherweise wird in den betreffenden Tageszeiten ein Landeanflug „gegen die Sonne“ vermieden. Eine Beeinträchtigung von Piloten durch die geplante PV-Anlage ist wenig wahrscheinlich.

Im Verlauf der (linken) Platzrunde können beim Queranflug Richtung Nordwesten in einem kurzen Abschnitt Reflexionen auftreten. Diese können Ende April und Ende August, abends zwischen ca. 18:10 -18:50 Uhr, an insgesamt 454 Minuten pro Jahr aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen mit ca. 28° - 49° links zur Blickrichtung überwiegend außerhalb des relevanten Sichtwinkels. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer, aufgrund der Einfallswinkel und auch aufgrund der großen Entfernung zur Immissionsquelle von über 1,3 km sind potenzielle Reflexionen zu vernachlässigen. Darüber hinaus wird in den betreffenden Tageszeiten ein Landeanflug „gegen die untergehende Sonne“ vermieden.

Die folgende Skizze verdeutlicht die Situation im Verlauf der Platzrunde, der Bereich mit Reflexionen ist Gelb markiert.



Bild 4.2: Potenzielle Reflexionen im Verlauf der Platzrunde (Quelle: Google Earth / SolPEG)

In bestimmten Tageszeiten können theoretisch auch „natürliche“ Reflexionen durch den weiter westlich gelegenen Straussee auftreten aber aufgrund der Entfernung sind diese ebenfalls zu vernachlässigen.

4.2 Ergebnisse für den Tower

Im Bereich des Towers (ATCT), in einer Entfernung von ca. 500 - 800 m (relevante Blickrichtung), sind keine Reflexionen durch die geplante PV-Anlage nachweisbar. Eine Beeinträchtigung des Tower- und des Bodenpersonals durch Reflexionen kann ausgeschlossen werden. Darüber hinaus besteht aufgrund der Geländestruktur überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Fläche der PV-Anlage.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

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

Der Auftraggeber hat bei der geplanten PV-Anlage „Strausberg“ mit dem Einsatz von hochwertigen PV-Modulen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von Reflexionen vorgesehen.

Die Analyse der Landeanflüge auf den Flugplatz Strausberg (ICAO-Code: EDAY) gemäß Vorgaben der FAA zeigt keine relevanten Reflexionen durch die PV-Anlage. Im Verlauf des Landeanfluges aus Südwesten auf die LB 05 können in bestimmten Jahreszeiten, morgens zwischen 06:33 - 07:11 Uhr, in einer Entfernung von ca. 2200 m bis 790 m Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer und aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle ist eine Beeinträchtigung von Piloten durch die PV-Anlage nicht wahrscheinlich.

Im Verlauf der (linken) Platzrunde können beim Queranflug Richtung Nordwesten in einem kurzen Abschnitt Reflexionen auftreten. Die Einfallswinkel liegen überwiegend außerhalb des relevanten Sichtwinkels. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer, aufgrund der Einfallswinkel und auch aufgrund der großen Entfernung zur Immissionsquelle von über 1,3 km sind potenzielle Reflexionen zu vernachlässigen. Beim Landeanflug aus Nordosten auf die LB 23 sind keine Reflexionen durch PV-Anlage nachweisbar. Und auch im Bereich des Strausberg Towers (ATCT) sind keine Reflexionen durch die geplante PV-Anlage nachweisbar. Eine Beeinträchtigung von Mitarbeitern und Bodenpersonal durch Reflexionen kann ausgeschlossen werden.

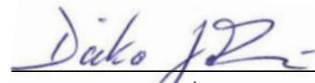
Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

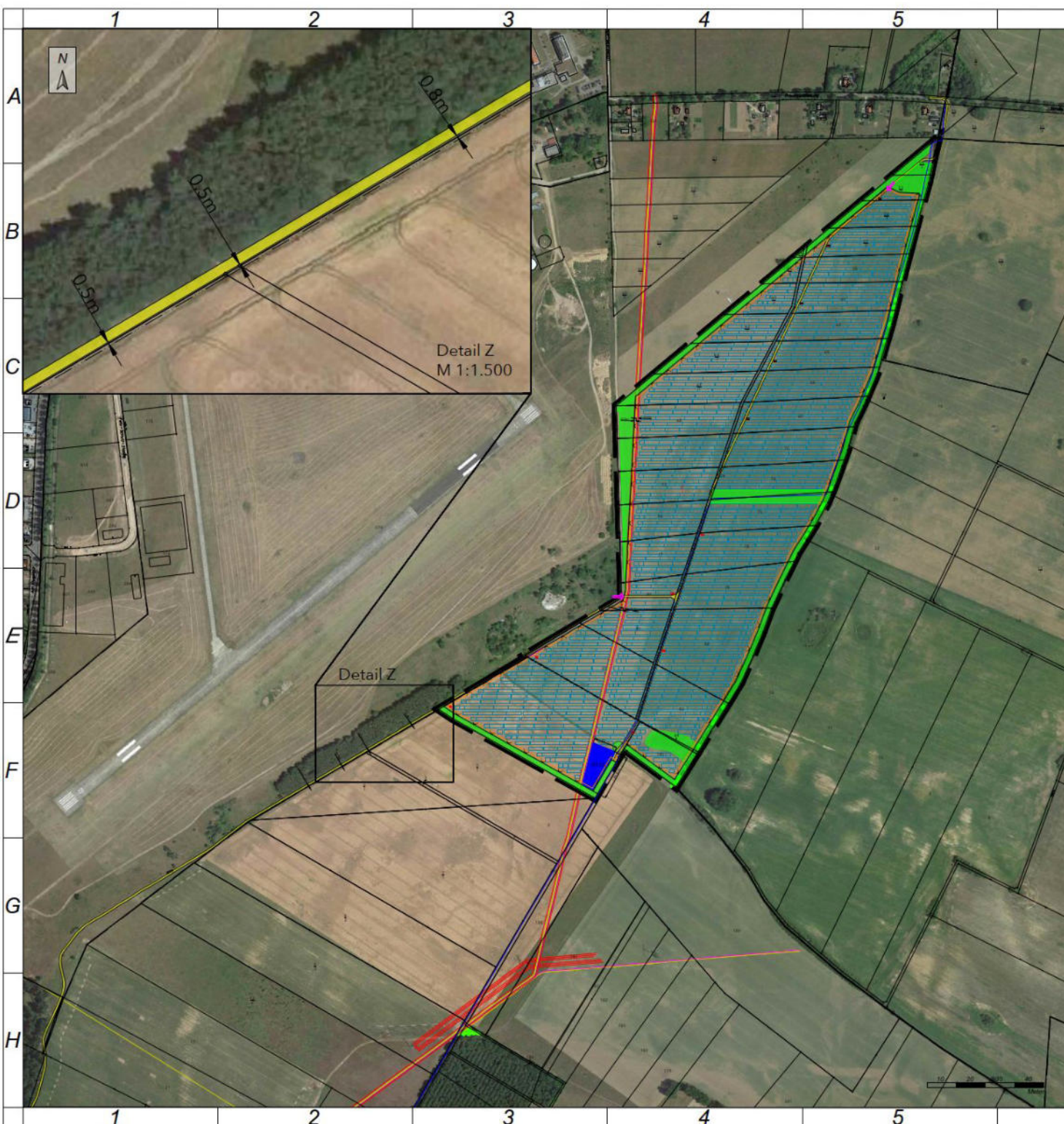
Aus Immissionsschutzrechtlicher Sicht bestehen keine Einwände gegen das Bauvorhaben.

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.

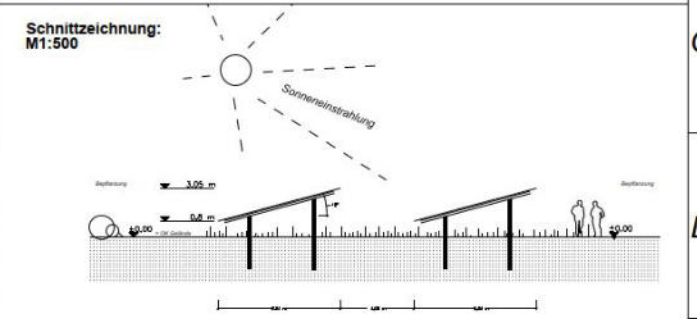
Hamburg, den 15.07.2025


Dieko Jacobi / SolPEG GmbH



Technische Daten:

eingezäunte Fläche	ca. 37,65 ha
Koordinaten:	52°34'41"N, 13°55'31"E
Modultyp:	Longisolar LR7-72HYD 650M
Modulleistung:	650 Wp
Modulanzahl:	73.584
Module je String:	8 & 24
Gesamtmodulleistung:	47,83 MWp
Modultschdesign:	3 x hochkant
Modulneigung:	18°
Azimuth:	0° (Südausrichtung)
eingespeiste Leistung:	51.074.848 kWh
Energieertrag P50:	51,07 GWh
Wechselrichter:	Huawei Technologies SUN2000-330KTL-H1-
Wechselrichteranzahl:	133
max. WR-Ausgangswirkleistung:	300 kWac
installierte betriebsbereite Wirkleistung P _{bins} :	39.900 kW
geplante Anschlusswirkleistung P _{av} :	39.900 kW
Gesamtwechselrichterscheinleistung:	43.890 kVA
Trafostation:	Kompaktrafostationen 11 x 4.271 kVA



*Modultschhöhe bezieht sich auf ebenes Gelände und kann variieren (bis zu ca. 3,50m je nach Neigung/Ausrichtung)

Legende:

Grenze des räumlichen Geltungsbereiches	Flurstücksgrenze	Zuwegung
Baugrenze	Zaun	Trafostation
Module	Hochspannungseleitung	Tor
Zufahrt	Gaeleitung inkl. 4m Schutzstreifen	Mittelspannungseleitung EDIS
Wendekreis Feuerwehr	Maßnahmenfläche	
	Batterie Speicherfläche ca. 2999m ²	

GP JOULE GP JOULE Projects GmbH & Co. KG
 Cecilienkoog 16
 25821 Reußenköge
 Büro: Lise-Meitner-Str. 4 - 24941 Flensburg
 Telefon: 04671 6074-0 Telefax: 04671 6074-199
 email: info@gp-joule.de web: www.gp-joule.de

Modullageplan
Strausberg

Projektnr.	Maßstab	Format	Name	Datum
	1:7.500	A3	JSCHÜ	30.05.2025

Hi-MO X10 Explorer

LR7-72HVH 630~650M

- Suitable for Distribution Market
- Highest efficiency with the best energy generation performance
- TaiRay wafer & BC technology enhances high product reliability
- Smart manufacturing & LONGi product lifecycle standards deliver exceptional product quality

15

15-year Warranty for
Materials and Processing

30

30-year Warranty for Extra
Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO9001:2015: ISO Quality Management System

ISO14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety

IEC62941: Guideline for module design qualification and type approval

LONGi



Hi-MO X10 Explorer

LR7-72HVH 630~650M

24.1%
MAX MODULE
EFFICIENCY

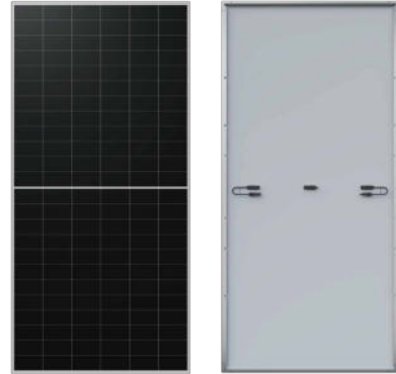
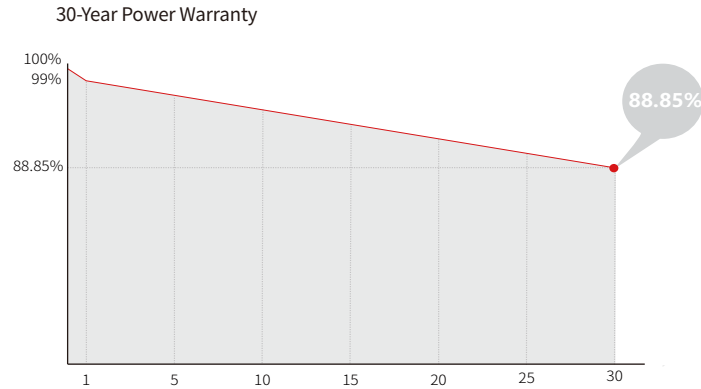
0~3%
POWER
TOLERANCE

<1%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.35%
YEAR 2-30
POWER DEGRADATION

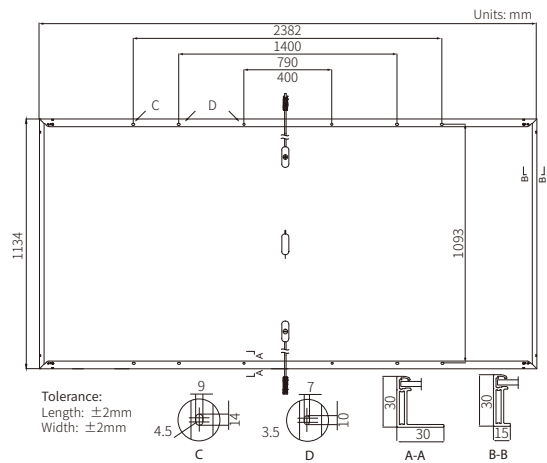
BC-CELL
LOWER OPERATING
TEMPERATURE

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	28.5kg
Dimension	2382×1134×30mm
Packaging	36pcs per pallet / 144pcs per 20' GP / 720pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

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

Module Type	LR7-72HVH-630M		LR7-72HVH-635M		LR7-72HVH-640M		LR7-72HVH-645M		LR7-72HVH-650M	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	630	480	635	483	640	487	645	491	650	495
Open Circuit Voltage (Voc/V)	53.50	50.84	53.60	50.94	53.70	51.04	53.80	51.13	53.90	51.23
Short Circuit Current (Isc/A)	14.97	12.02	15.05	12.09	15.13	12.15	15.21	12.22	15.29	12.28
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	44.16	41.96	44.26	42.06	44.36	42.15	44.46	42.25	44.56	42.35
Current at Maximum Power (Imp/A)	14.27	11.44	14.35	11.50	14.43	11.56	14.51	11.63	14.59	11.69
Module Efficiency(%)	23.3		23.5		23.7		23.9		24.1	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	IEC Class C

Mechanical Loading

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

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.200%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.260%/°C



Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. LONGI reserves the right of final interpretation. (20241118 BGV02 Draft)

Strausberg

Strausberg

Created May 25, 2025
Updated May 26, 2025
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC2
Minimum sun altitude 5.0 deg
Site ID 150266.25234

Project type Advanced
Project status: active
Category 1 MW to 5 MW



Misc. Analysis Settings

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

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

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

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced
	deg	deg	min	min	kWh
PV Feld	18.0	180.0	147,530	38,579	-

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 358,235 m²

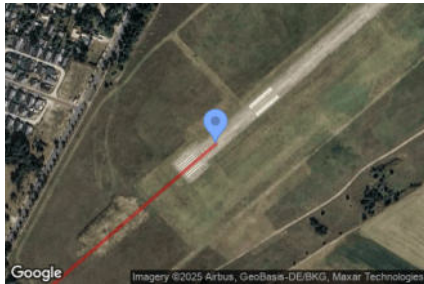
Name: PV Feld
Footprint area: 358,235 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 18.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Smooth glass without AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 6.55 mrad



Vertex	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	52.578031	13.920301	75.04	2.00	77.04
2	52.578304	13.920365	74.44	2.00	76.44
3	52.580234	13.925150	77.51	2.00	79.51
4	52.583520	13.925215	76.53	2.00	78.53
5	52.587588	13.932725	86.20	2.00	88.20
6	52.587575	13.933283	86.82	2.00	88.82
7	52.584589	13.932102	86.63	2.00	88.63
8	52.582060	13.930536	83.54	2.00	85.54
9	52.577027	13.926395	79.89	2.00	81.89
10	52.577692	13.924828	78.13	2.00	80.13
11	52.577666	13.924056	77.99	2.00	79.99
12	52.576870	13.923627	80.12	2.00	82.12

2-Mile Flight Path Receptor(s)

Name: LB 05
Description:
Threshold height : 15 m
Direction: 49.2 deg
Glide slope: 3.0 deg
Pilot view restricted? Yes
Vertical view restriction: 30.0 deg
Azimuthal view restriction: 50.0 deg



Point	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
Threshold	52.576894	13.909934	78.92	15.24	94.16
2-mile point	52.557995	13.873887	70.48	192.37	262.85

Name: LB 23
Description:
Threshold height : 15 m
Direction: 229.4 deg
Glide slope: 3.0 deg
Pilot view restricted? Yes
Vertical view restriction: 30.0 deg
Azimuthal view restriction: 50.0 deg



Point	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
Threshold	52.582917	13.921346	79.95	15.24	95.19
2-mile point	52.601713	13.957544	100.62	163.26	263.87

Route Receptor(s)

Name: Hubschrauber
Route type: Two-way
Azimuthal view angle: 50.0 deg
Downward view angle: 90.0 deg



Vertex	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	52.577891	13.970263	85.48	200.00	285.48
2	52.583419	13.926447	79.78	30.00	109.78
3	52.584769	13.915514	81.85	0.00	81.85

Name: Hubschrauber S
Route type: Two-way
Azimuthal view angle: 50.0 deg
Downward view angle: 90.0 deg



Vertex	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	52.554421	13.908513	78.23	0.00	78.23
2	52.578420	13.911946	78.75	200.00	278.75

Name: Platzrunde
Route type: One-way
Azimuthal view angle: 40.0 deg
Downward view angle: 90.0 deg



Vertex	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	52.576850	13.910092	79.04	0.00	79.04
2	52.569114	13.895378	75.08	100.00	175.08
3	52.568409	13.894434	73.91	120.00	193.91
4	52.567836	13.893854	75.00	150.00	225.00
5	52.567001	13.893768	74.81	180.00	254.81
6	52.566049	13.894605	78.73	250.00	328.73
7	52.557092	13.905277	71.66	300.00	371.66
8	52.556374	13.906436	76.64	350.00	426.64
9	52.556087	13.907981	89.82	350.00	439.82
10	52.556322	13.909740	87.12	350.00	437.12
11	52.556818	13.911264	62.84	350.00	412.84
12	52.578668	13.953126	88.71	350.00	438.71
13	52.579686	13.954242	87.74	350.00	437.74
14	52.580937	13.954499	88.27	350.00	438.27
15	52.582059	13.954199	88.38	350.00	438.38
16	52.583023	13.952911	88.12	300.00	388.12
17	52.589776	13.943041	91.55	250.00	341.55
18	52.590533	13.941067	90.79	180.00	270.79
19	52.590689	13.939007	89.32	150.00	239.32
20	52.590428	13.937119	87.78	120.00	207.78
21	52.589490	13.934629	85.27	100.00	185.27
22	52.582658	13.921583	79.69	0.00	79.69

Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
1-ATCT	52.586281	13.918329	83.04	12.00	95.04

1-ATCT map image



Obstruction Components

Name: Gebaeude
Upper edge height: 12.0 m



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation
	deg	deg	m
1	52.587209	13.921323	83.57
2	52.585814	13.922353	80.18

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	18.0	180.0	147,530	38,579	-	

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 (green)	3073	7331	13740	16314	18334	17044	17901	18002	14224	10571	3985	2027
pv-feld (yellow)	1765	1482	2056	4180	4512	4564	4700	4273	3237	1203	1922	1180

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

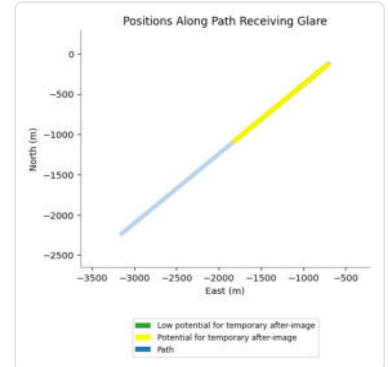
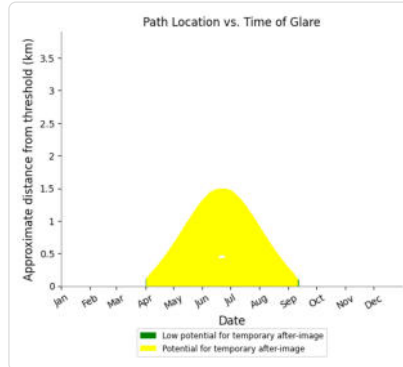
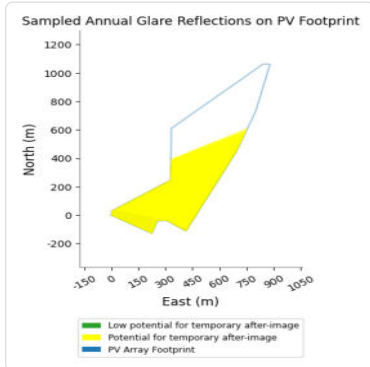
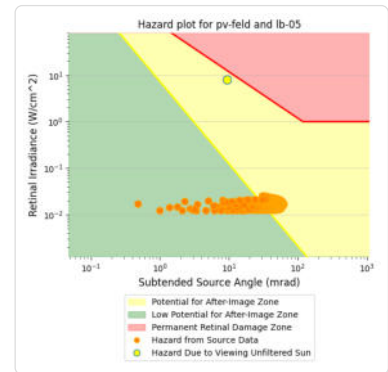
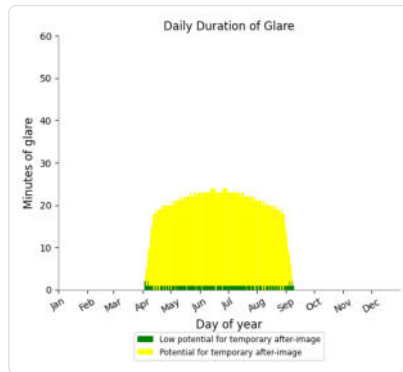
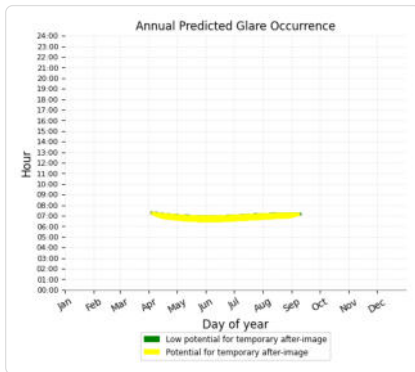
PV Feld potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
FP: LB 05	140	3047
FP: LB 23	0	0
OP: 1-ATCT	0	0
Route: Hubschrauber	143364	35074
Route: Hubschrauber S	0	0
Route: Platzrunde	4026	458

PV Feld: LB 05

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

- 140 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,047 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld: LB 23

No glare found

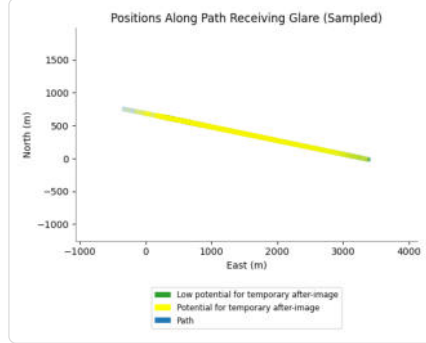
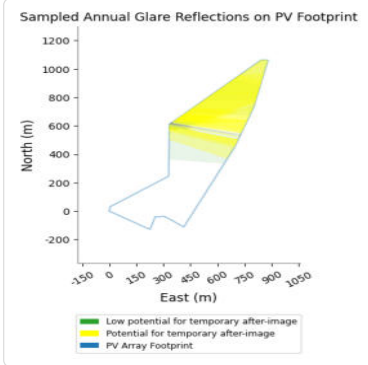
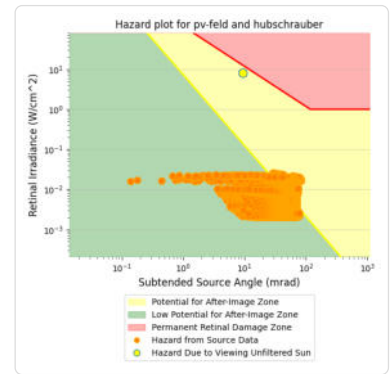
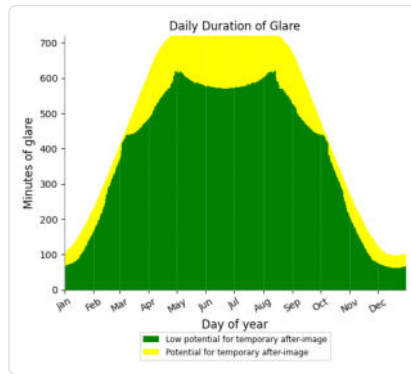
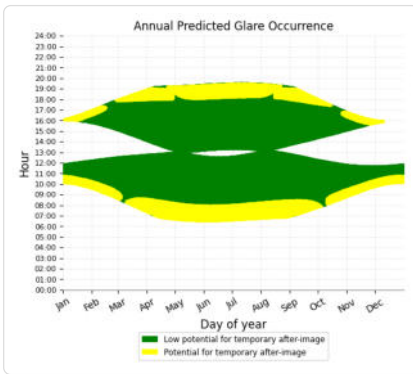
PV Feld: 1-ATCT

No glare found

PV Feld: Hubschrauber

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

- 143,364 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 35,074 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



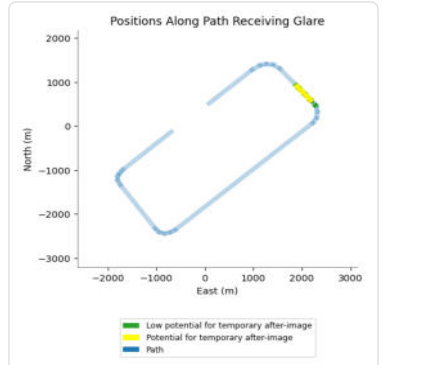
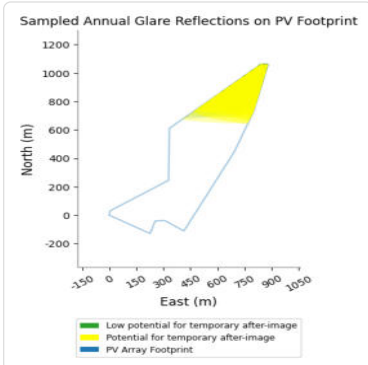
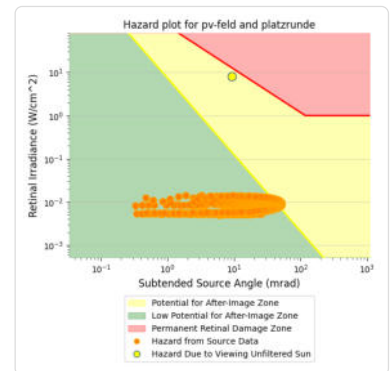
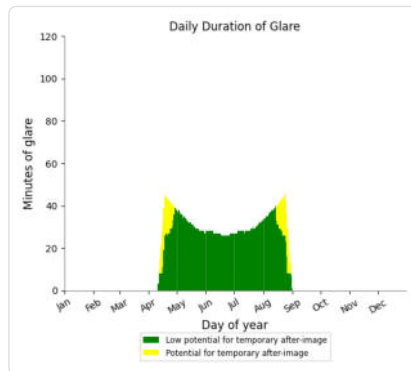
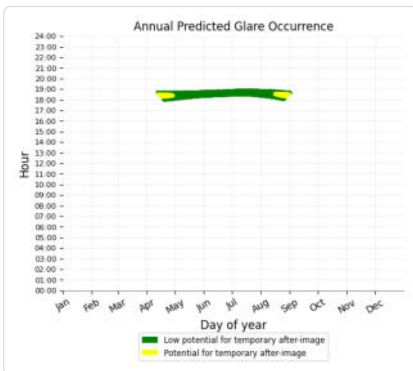
PV Feld: Hubschrauber S

No glare found

PV Feld: Platzrunde

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

- 4,026 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 458 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



Summary of Vertical Surface Glare Analysis

Assumptions

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

	Coneal Irradiance	DN (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectiv y	Retinal Irradiance	Sublended Glare	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Tag	Anzahl	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt plat
2025-04-11 18:41:00	0,004883	670,2343	1	0,227332	0,013647	0,020532	10,1	269,9	-0,985	-0,002	0,175	0,985	-0,101	0,143	12. Apr.	2	18:35	18:36	13. April	27. April	21	225	18:15	18:36		
2025-04-11 18:42:00	0,004692	668,3814	1	0,232143	0,013897	0,015958	9,9	270,1	-0,985	0,001	0,172	0,985	-0,102	0,139	13. Apr.	7	18:30	18:36	15. August	30. August	21	227	18:17	18:39		
2025-04-11 18:43:00	0,004447	666,5245	1	0,237056	0,014152	0,010109	9,8	270,3	-0,985	0,005	0,17	0,985	-0,104	0,134	14. Apr.	13	18:23	18:35								
2025-04-12 18:35:00	0,005628	683,729	2	0,196217	0,012016	0,040081	11,3	268,9	-0,981	-0,018	0,196	0,981	-0,1	0,169	15. Apr.	19	18:17	18:35								
2025-04-12 18:36:00	0,005542	681,9161	2	0,200371	0,012238	0,037782	11,1	269,1	-0,981	-0,015	0,193	0,981	-0,101	0,165	16. Apr.	21	18:15	18:35								
2025-04-12 18:37:00	0,005426	680,099	1	0,204614	0,012464	0,035035	11	269,3	-0,982	-0,012	0,19	0,982	-0,103	0,161	17. Apr.	20	18:16	18:35								
2025-04-12 18:38:00	0,005297	678,2778	1	0,208945	0,012694	0,032018	10,8	269,5	-0,982	-0,008	0,188	0,982	-0,104	0,157	18. Apr.	19	18:16	18:34								
2025-04-12 18:39:00	0,00516	676,4524	1	0,213368	0,012928	0,02879	10,7	269,7	-0,983	-0,005	0,185	0,983	-0,105	0,153	19. Apr.	18	18:17	18:34								
2025-04-12 18:40:00	0,005018	674,6228	1	0,217884	0,013166	0,025352	10,5	269,9	-0,983	-0,001	0,183	0,983	-0,106	0,149	20. Apr.	17	18:18	18:34								
2025-04-12 18:41:00	0,004851	672,789	1	0,222495	0,013408	0,021397	10,4	270,1	-0,984	0,002	0,18	0,984	-0,108	0,144	21. Apr.	17	18:18	18:34								
2025-04-12 18:42:00	0,004671	670,9511	1	0,227202	0,013654	0,016999	10,2	270,3	-0,984	0,006	0,177	0,984	-0,109	0,14	22. Apr.	16	18:18	18:33								
2025-04-12 18:43:00	0,004441	669,1091	1	0,232009	0,013905	0,011451	10,1	270,5	-0,985	0,009	0,175	0,985	-0,11	0,136	23. Apr.	15	18:19	18:33								
2025-04-12 18:44:00	0,004103	667,263	1	0,236916	0,014159	0,003253	9,9	270,7	-0,985	0,012	0,172	0,985	-0,111	0,132	24. Apr.	13	18:20	18:32								
2025-04-13 18:30:00	0,005649	695,1002	2	0,172974	0,010769	0,04756	12,3	268,2	-0,976	-0,031	0,214	0,976	-0,1	0,191	25. Apr.	12	18:21	18:32								
2025-04-13 18:31:00	0,005657	693,323	2	0,176638	0,010969	0,046471	12,2	268,4	-0,977	-0,028	0,211	0,977	-0,102	0,187	26. Apr.	10	18:22	18:31								
2025-04-13 18:32:00	0,005654	691,5415	2	0,180379	0,011173	0,045242	12	268,6	-0,978	-0,024	0,209	0,978	-0,103	0,183	27. Apr.	8	18:22	18:29								
2025-04-13 18:33:00	0,005639	689,7559	2	0,184199	0,01138	0,043861	11,9	268,8	-0,978	-0,021	0,206	0,978	-0,104	0,179	28. Apr.	4	18:25	18:28								
2025-04-13 18:34:00	0,005609	687,966	2	0,188099	0,011591	0,042292	11,7	269	-0,979	-0,018	0,203	0,979	-0,105	0,175	15. Aug.	7	18:31	18:37								
2025-04-13 18:35:00	0,005561	686,172	2	0,192081	0,011805	0,040475	11,6	269,2	-0,98	-0,014	0,201	0,98	-0,106	0,171	16. Aug.	9	18:30	18:38								
2025-04-13 18:36:00	0,005487	684,3737	2	0,196147	0,012023	0,038317	11,4	269,4	-0,98	-0,011	0,198	0,98	-0,108	0,167	17. Aug.	10	18:28	18:37								
2025-04-13 18:37:00	0,005379	682,5713	1	0,200299	0,012246	0,035661	11,3	269,6	-0,981	-0,007	0,196	0,981	-0,109	0,163	18. Aug.	12	18:27	18:38								
2025-04-13 18:38:00	0,005254	680,7648	1	0,204538	0,012472	0,032706	11,1	269,8	-0,981	-0,004	0,193	0,981	-0,11	0,158	19. Aug.	13	18:26	18:38								
2025-04-13 18:39:00	0,005118	678,954	1	0,208866	0,012702	0,029482	11	270	-0,982	-0,001	0,19	0,982	-0,111	0,154	20. Aug.	15	18:25	18:39								
2025-04-13 18:40:00	0,004982	677,1392	1	0,213285	0,012936	0,026138	10,8	270,2	-0,982	0,003	0,188	0,982	-0,113	0,15	21. Aug.	16	18:23	18:38								
2025-04-13 18:41:00	0,004822	675,3202	1	0,217797	0,013174	0,022286	10,7	270,4	-0,983	0,006	0,185	0,983	-0,114	0,146	22. Aug.	17	18:22	18:38								
2025-04-13 18:42:00	0,004648	673,4971	1	0,222404	0,013416	0,017997	10,5	270,6	-0,983	0,01	0,183	0,983	-0,115	0,142	23. Aug.	18	18:21	18:38								
2025-04-13 18:43:00	0,004431	671,6699	1	0,227107	0,013663	0,012716	10,4	270,8	-0,984	0,013	0,18	0,984	-0,116	0,138	24. Aug.	19	18:20	18:38								
2025-04-13 18:44:00	0,004133	669,8386	1	0,231909	0,013914	0,005382	10,2	271	-0,984	0,016	0,177	0,984	-0,117	0,134	25. Aug.	19	18:19	18:37								
2025-04-14 18:23:00	0,005336	711,0198	2	0,149348	0,009511	0,051805	13,5	267,2	-0,971	-0,047	0,234	0,971	-0,099	0,217	26. Aug.	20	18:18	18:37								
2025-04-14 18:24:00	0,005399	709,2942	2	0,152512	0,009689	0,051373	13,4	267,4	-0,972	-0,044	0,232	0,972	-0,101	0,213	27. Aug.	21	18:17	18:37								
2025-04-14 18:25:00	0,005451	707,5644	2	0,155743	0,00987	0,050816	13,2	267,6	-0,973	-0,041	0,229	0,973	-0,102	0,209	28. Aug.	16	18:21	18:36								
2025-04-14 18:26:00	0,005494	705,8303	2	0,159043	0,010055	0,050151	13,1	267,8	-0,973	-0,037	0,226	0,973	-0,103	0,205	29. Aug.	10	18:27	18:36								
2025-04-14 18:27:00	0,00553	704,0919	2	0,162411	0,010242	0,049394	12,9	268	-0,974	-0,034	0,224	0,974	-0,104	0,201	30. Aug.	5	18:32	18:36								
2025-04-14 18:28:00	0,005585	702,3494	2	0,165851	0,010433	0,04855	12,8	268,2	-0,975	-0,031	0,221	0,975	-0,105	0,197												
2025-04-14 18:29:00	0,005579	700,6026	2	0,169364	0,010628	0,047613	12,6	268,4	-0,975	-0,027	0,219	0,975	-0,107	0,193												
2025-04-14 18:30:00	0,005591	698,8516	2	0,17295	0,010826	0,046565	12,5	268,6	-0,976	-0,024	0,216	0,976	-0,108	0,189												
2025-04-14 18:31:00	0,005593	697,0964	2	0,176612	0,011027	0,045385	12,3	268,8	-0,977	-0,02	0,214	0,977	-0,109	0,185												
2025-04-14 18:32:00	0,005583	695,337	2	0,180351	0,011232	0,044057	12,2	269	-0,977	-0,017	0,211	0,977	-0,11	0,181												
2025-04-14 18:33:00	0,005559	693,5734	2	0,184169	0,011441	0,042555	12	269,2	-0,978	-0,014	0,208	0,978	-0,111	0,177												
2025-04-14 18:34:00	0,005518	691,8057	2	0,188067	0,011653	0,040825	11,9	269,4	-0,979	-0,01	0,206	0,979	-0,113	0,172												
2025-04-14 18:35:00	0,005454	690,0338	2	0,192047	0,011869	0,038788	11,7	269,6	-0,979	-0,007	0,203	0,979	-0,114	0,168												
2025-04-14 18:36:00	0,005357	688,2577	1	0,196111	0,012089	0,036269	11,6	269,8	-0,98	-0,003	0,201	0,98	-0,115	0,164												
2025-04-14 18:37:00	0,005236	686,4776	1	0,200206	0,012313	0,033374	11,4	270	-0,98	0	0,198	0,98	-0,116	0,16												
2025-04-14 18:38:00	0,005101	684,6933	1	0,204496	0,012541	0,030175	11,3	270,2	-0,981	0,003	0,195	0,981	-0,118	0,156												
2025-04-14 18:39:00	0,004969	682,9049	1	0,208821	0,012773	0,026897	11,1	270,4	-0,981	0,007	0,193	0,981	-0,119	0,152												
2025-04-14 18:40:00	0,004816	681,1124	1	0,213237	0,013009	0,023158	11	270,6	-0,982	0,01	0,19	0,982	-0,12	0,148												
2025-04-14 18:41:00	0,004646	679,3158	1	0,217745	0,013249	0,018953	10,8	270,8	-0,982	0,014	0,188	0,982	-0,121	0,144												
2025-04-14 18:42:00	0,004441	677,5151	1	0,222348	0,013493	0,013912	10,7	271	-0,983	0,017	0,185	0,983	-0,122	0,14												
2025-04-14 18:43:00	0,004167	675,7103	1	0,227047	0,013741	0,007142	10,5	271,2	-0,983	0,02	0,182	0,983	-0,124	0,136												

Potentielle Reflexionen am Messpunkt plat:

452 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)

227 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk

225 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk

21 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 4485 Einträgen /-4026):

- 1: Zeitraum ab 05:40 Uhr bis Sonnenuntergang
- 2: Sonnenstand über Horizont ist min. 8° (Standard: min. 10°)
- 3: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)

