

Blendgutachten Solarpark Süsel

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage
in der Nähe von Eutin in Schleswig-Holstein**

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

☎ +49 40 79 69 59 36
📞 +49 40 79 69 59 38
✉ info@solpeg.com
🌐 www.solpeg.com

Inhalt

1	Auftrag	3
1.1	Beauftragung.....	3
1.2	Hintergrund und Auftragsumfang.....	3
2	Systembeschreibung.....	4
2.1	Standort Übersicht	4
2.2	Umliegende Gebäude.....	6
3	Ermittlung der potentiellen Blendwirkung.....	7
3.1	Rechtliche Hinweise	7
3.2	Blendwirkung von PV Modulen.....	7
3.3	Berechnung der Blendwirkung	9
3.4	Technische Parameter der PV Anlage	10
3.5	Standorte für die Analyse	11
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	12
4	Ergebnisse	16
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P1, Bahnstrecke südwestlich	17
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke / Bahnübergang	19
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P3, Bahnstrecke nordwestlich	20
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude westlich.....	22
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P5, B 76 östlich.....	23
5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	25
6	Schlussbemerkung	25
7	Anhang	26 - 42

SolPEG Blendgutachten

Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Süsel

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik (PV) ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlage „Süsel“ für die Bahnstrecke Kiel-Lübeck, für Verkehrsteilnehmer sowie Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

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

Die vorliegende Untersuchung soll klären ob bzw. in wie weit von der PV Anlage Süsel eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Lichtleitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Bahnstrecke der Marschbahn sowie für Anwohner der umliegenden Gebäude.

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

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

Einzelne Aspekte der Lichtleitlinie 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 ca. 3,5 km nordwestlich der Ortschaft Süsel und ca. 4 km südöstlich von Eutin in Schleswig-Holstein. Westlich der Fläche verläuft auf ca. 1900 m Länge die eingleisige Bahnstrecke Kiel-Lübeck². Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Ackerflächen ca. 3,5 km nordwestlich der Ortschaft Süsel in Schleswig-Holstein. Die Flächen sind eben.
Koordinaten (Mitte)	54.103°N, 10.657°O 39 m ü.N.N.
Grenzlänge entlang der Bahntrasse	ca. 1900 m
Abstand zur Bahntrasse	ca. 25 m
Abstand zur B76	ca. 380 m (nicht relevant)
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 170 m (kleinste Entfernung, relevante Blickrichtung)

Übersicht über den Standort und die PV Anlage (schematisch)

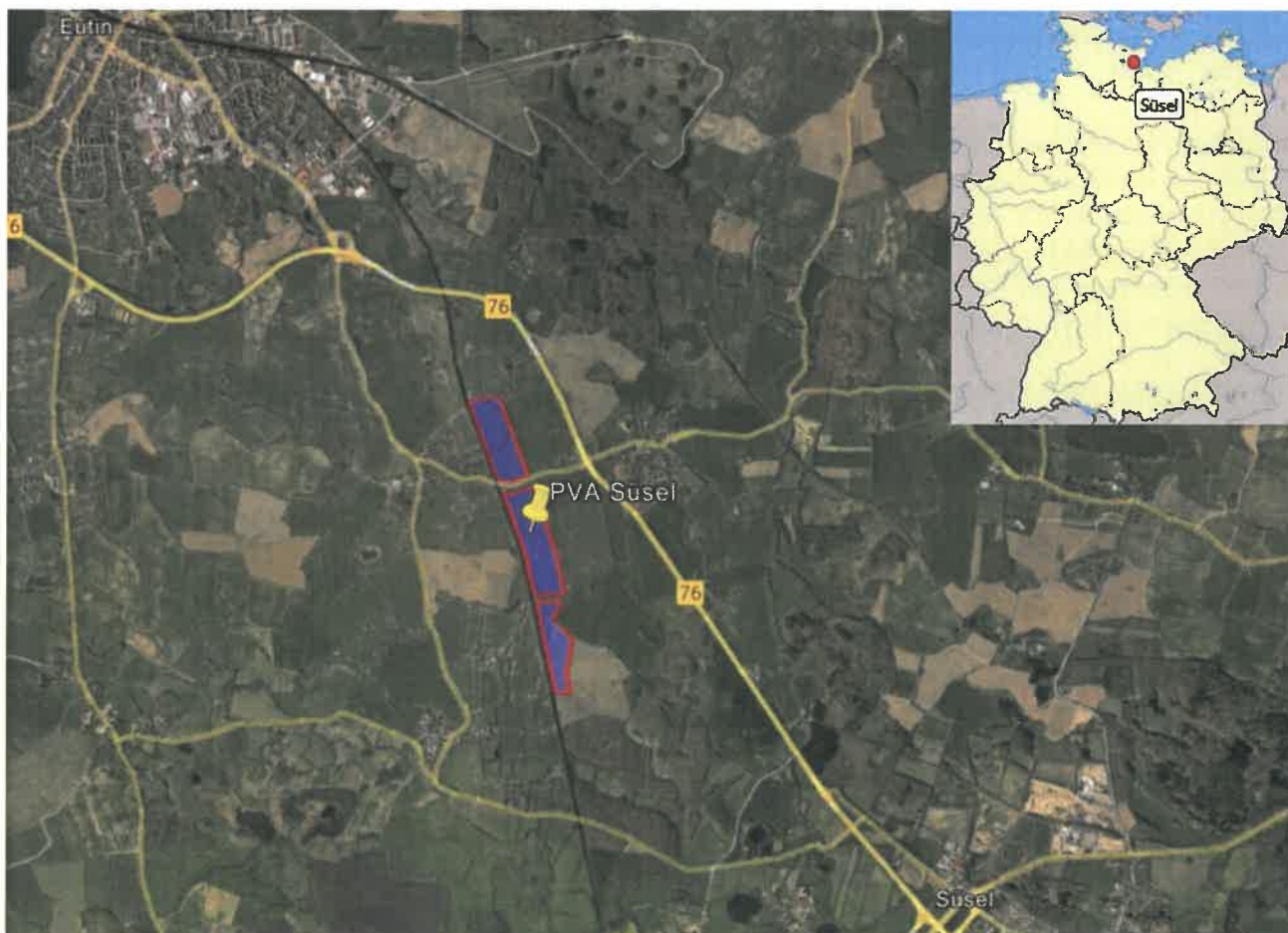


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

²DB Streckennummer 1023 (Kiel-Lübeck)

Detailansicht der PV Anlage (Ausschnitt Nord)



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

Detailansicht (Ausschnitt Süd)



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

2.2 Umliegende Gebäude

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

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

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

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

Die folgende Skizze zeigt Wohngebäude westlich der PV Anlage. Aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz könnten die Gebäude von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ist überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden aber die Standorte werden dennoch untersucht. Andere Gebäude in der weiteren Umgebung, u.a. östlich der PV Anlage, werden nicht weiter untersucht da aufgrund des Einfallswinkels und/oder aufgrund der Entfernung nicht mit Beeinträchtigung durch potentielle Reflexionen zu rechnen ist.

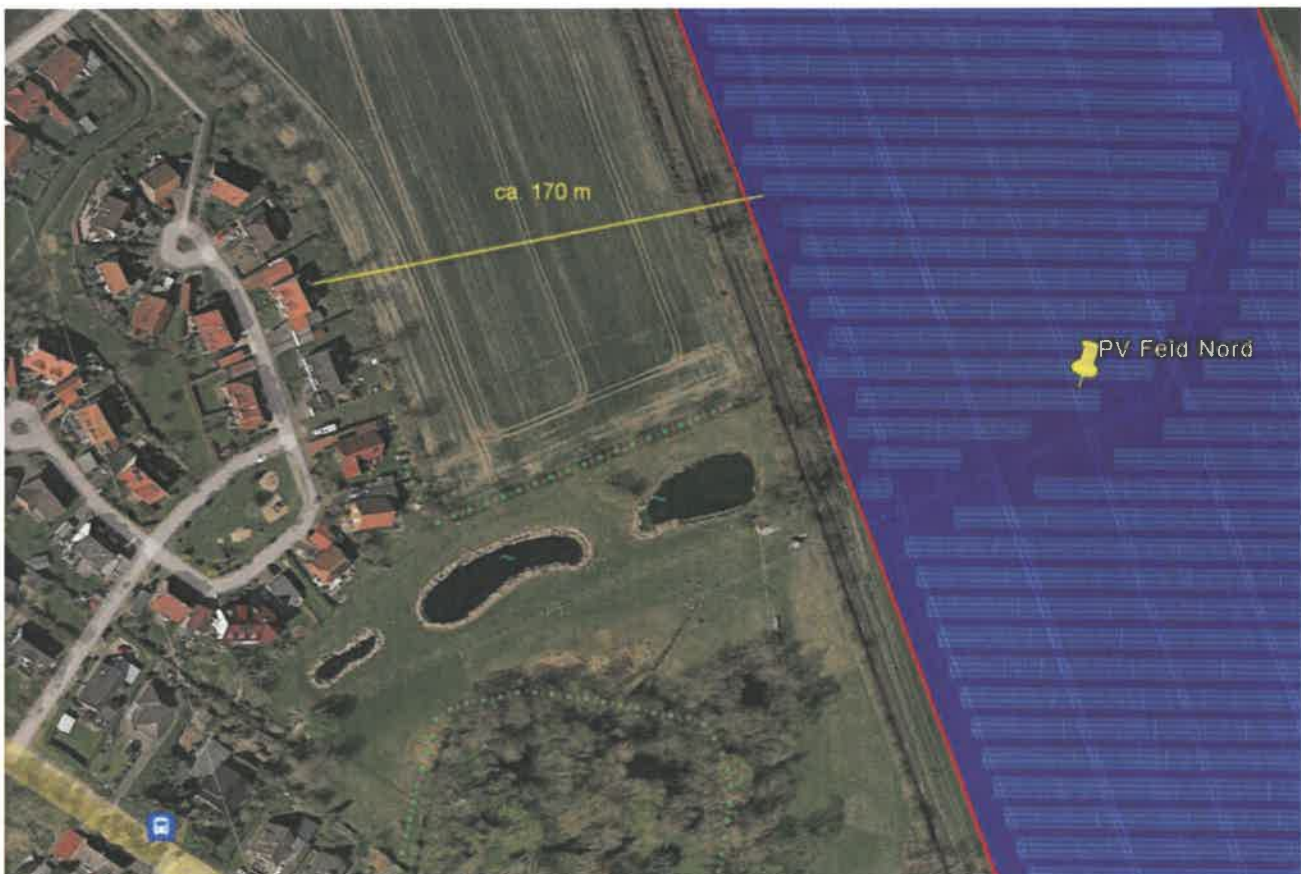


Bild 2.2.1: Gebäude im Bereich östlich der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

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 Braunschweig³ die grundsätzlich fehlenden Bewertungsgrundlagen für Reflexion durch Sonnenlicht. Die Ausführungen der LAI Lichtleitlinie können lediglich im Einzelfall als Orientierung herangezogen werden.

3.2 Blendwirkung von PV Modulen

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

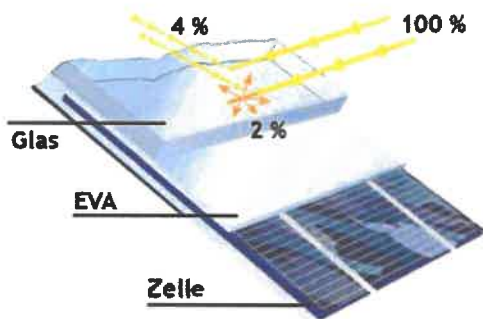


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

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



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

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

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

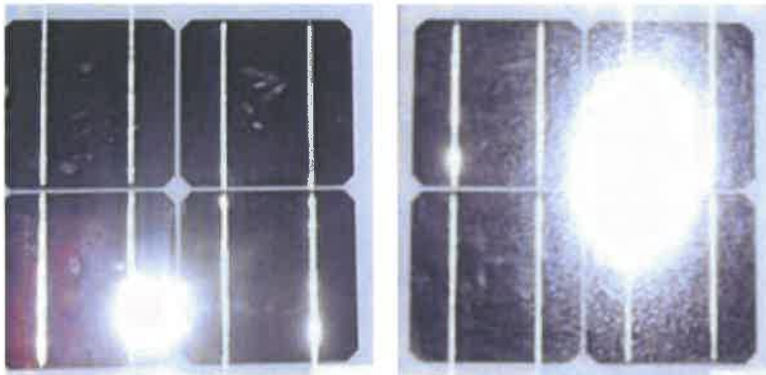


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

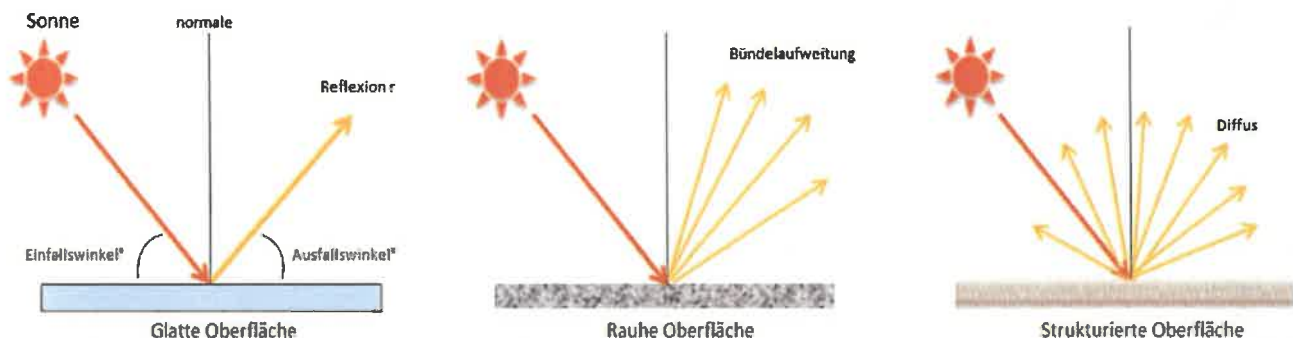


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

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

Mechanische Eigenschaften

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

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 Berechnung der Blendwirkung

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

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

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

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

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

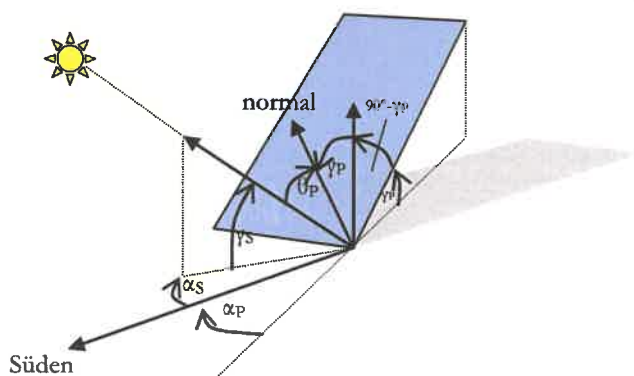


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

Die unter **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführten generellen Eigenschaften von PV Modulen (Glasoberfläche, Antireflexionsschicht) haben Einfluss auf den Reflexionsfaktor der Berechnung bzw. auf die 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 in einem flachen Winkel auf die Moduloberfläche trifft.

Die folgende Skizze verdeutlicht die Konstruktion der Modulinstallation.

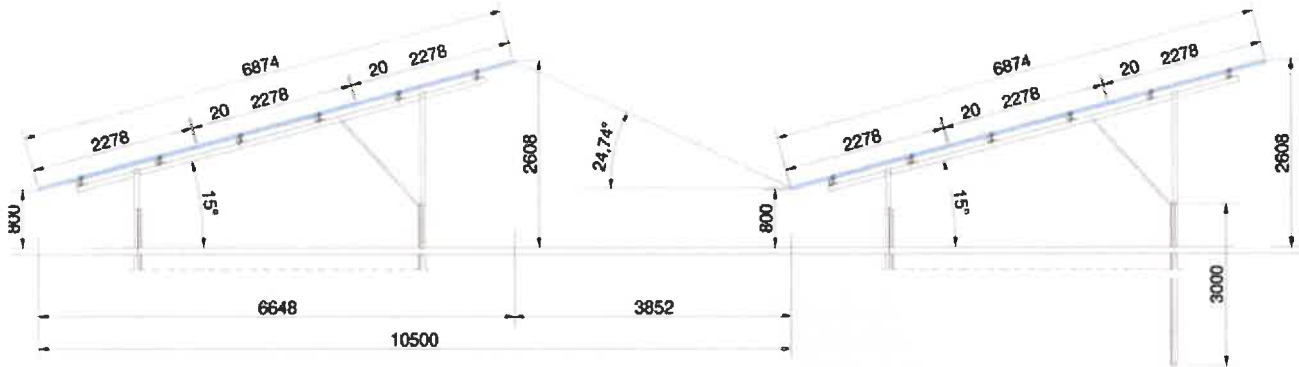


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Planungsunterlagen)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul Hersteller / Typ	Suntech, Monokristallin
Moduloberfläche	Hochtransparentes Anti-Reflexions-Glas
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	3 Module hochkant übereinander (3P)
Ausrichtung (Azimut)	180° (Süden)
Modulneigung	15°
Höhe der Modulfläche über Boden	ca. 0,8 m bis ca. 2,6 m
Mittlere Höhe der Modulfläche für Simulation	2 m
Anzahl Messpunkte	5 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1 auf Seite 11)
Höhe Messpunkte über Boden	2 m und 2,5 m (Bahnstrecke)

3.5 Standorte für die Analyse

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

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Süsel wurden insgesamt 5 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkte im Verlauf der Bahnstrecke, 1 Messpunkt auf der B76 sowie 1 Messpunkt im Bereich von umliegenden Gebäuden. Weitere Standorte an Gebäuden wurden nicht weiter untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Beeinträchtigungen durch potentielle Reflexionen zu erwarten sind.

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

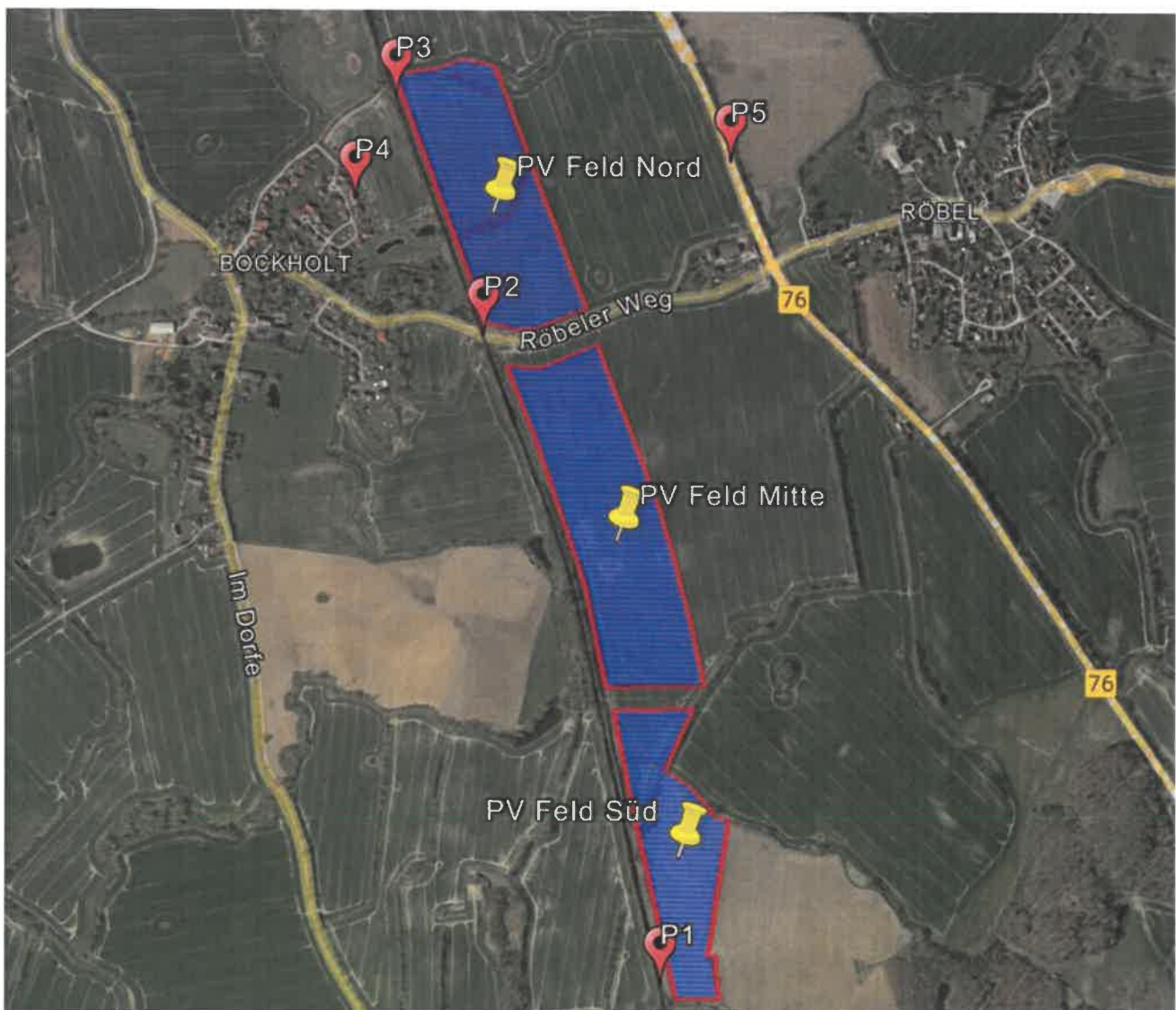


Bild 3.5.1: Übersicht über die PV Anlage und Messpunkte (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

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

Im Jahr 2000 wurden Hinweise zu schädlichen Einwirkungen von Beleuchtungsanlagen auf Tiere - insbesondere auf Vögel und Insekten - und Vorschläge zu deren Minderung ergänzt. Ende 2012 wurde ein 4-seitiger Anhang zum Thema Reflexionen durch Photovoltaik (PV) Anlagen hinzugefügt. Lichtimmissionen gehören nach dem BImSchG zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, **erhebliche Nachteile** oder **erhebliche Belästigungen** für die Allgemeinheit oder für die Nachbarschaft **herbeizuführen**. Bedauerlicherweise hat der Gesetzgeber die immissionsschutzrechtliche **Erheblichkeit** für Lichtimmissionen bisher nicht definiert und eine Definition auch nicht in Aussicht gestellt.

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

Schutzwürdige Räume

In der Lichtleitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also ortsfeste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belästigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt⁷ allerdings eine Definition oder Empfehlung zum Umgang mit Verkehrswegen und auch zu Schienen- und Kraftfahrzeugen als "beweglichen" Räumen. Eine Blendwirkung an beweglichen Standorten ist in Bezug zur Geschwindigkeit zu sehen, d.h. eine Reflexion kann an einem festen Standort über mehrere Minuten auftreten, ist jedoch bei der Vorbeifahrt mit 100 km/h ggf. nur für Sekundenbruchteile wahrnehmbar. Aber trotz einer physiologisch unkritischen Leuchtdichte kann die Blendwirkung durch frequente Reflexionen subjektiv als störend empfunden werden (psychologische Blendwirkung). Vor diesem Hintergrund kann die Empfehlung der Lichtleitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen.

Einfallswinkel der Reflexion

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

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

Entfernung zur Immissionsquelle

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

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.

⁷ Lichtleitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

Sonstige Einflüsse

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

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

In der Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY⁸) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2021 eine mittlere Wolkenbedeckung⁹ von ca. 68 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1982-2009 liegt bei 62,5 % - 75 %.

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

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

Kategorien von Reflexionen

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

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

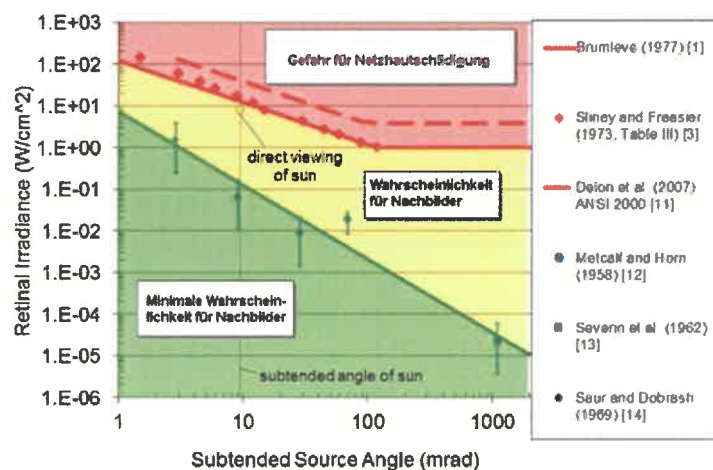


Bild 3.6.1: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

⁸ Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

⁹ 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_2021_17.png

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 3.6.2: Fensterfront einiger 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 3.6.3: 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.

4 Ergebnisse

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Süsel wird für 5 exemplarisch gewählte Messpunkte (Immissionsorte) durchgeführt. Das Ergebnis ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen Reflexionen auftreten können und daraus resultierend ggf. eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“.

Die Kategorien entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse in Bezug auf Leuchtdichte und -dauer. Die Wertebereiche sind im Diagramm 3.6.1 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 3 zeigt die Ergebniswerte nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden. Diese werden im weiteren Verlauf von Abschnitt 4 für die jeweiligen Messpunkte gesondert beschrieben.

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

Messpunkt	PV Feld Nord	PV Feld Mitte	PV Feld Süd
P1 Bahnstrecke südwestlich	-	-	5703 ^{WG}
P2 Bahnstrecke Mitte / Bahnübergang	41 ^W	-	-
P3 Bahnstrecke nordwestlich	1669 ^{WG}	-	-
P4 Gebäude westlich	1113 ^{ED}	-	-
P5 B76 östlich	152 ^{WE}	-	-

^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

4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, Bahnstrecke südwestlich

Im Bereich von Messpunkt P1 auf der Bahnstrecke können theoretisch in bestimmten Jahreszeiten Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 29. März und dem 14. September zwischen 05:50 - 07:06 Uhr für 5 bis max. 47 Minuten aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen mit ca. $+67^\circ$ bis $+98^\circ$ rechts (östlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Blickwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung von Zugführern im Bereich von Messpunkt P1 kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von ggf. vorhandenen DB-Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

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



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

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Zugführer relevanten Sichtwinkel ($\pm 20^\circ$ zur Fahrtrichtung, ca. 100 m). Im gelb/weiß markierten Bereich östlich der Bahnstrecke könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Diese liegen jedoch deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen.

Das folgende Foto zeigt den Bereich am Messpunkt P1 bei der Fahrt Richtung Norden aus Sicht des Zugführers. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt.



Bild 4.1.2: Foto am Messpunkt P1 (Quelle: Youtube [Video WIt4kwrZMOw](#), Rail-Tiders, Minute 16:30, bearbeitet)

Die Fläche der geplanten PV Anlage liegt rechts im Bild und ist überwiegend nicht einsehbar. Potentielle Reflexionen aus Richtung der PV Anlage wären aufgrund des Einfallswinkels nicht sichtbar, außerhalb des Bildes.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke / Bahnübergang

Messpunkt P2 auf der Bahnstrecke im Bereich des Bahnüberganges Röbeler Weg wurde zu Kontrollzwecken analysiert, da in diesem Bereich erhöhte Aufmerksamkeit erforderlich ist. Aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz kann der Bereich allerdings kaum von Reflexionen durch die PV Anlage (PV Feld Nord) erreicht werden und erwartungsgemäß zeigt die Simulation keine relevanten Ergebnisse. Auch für den Fahrzeugverkehr auf dem Röbeler Weg sind keine Beeinträchtigungen durch die PV Anlage (PV Feld Mitte) nachweisbar. Die folgende Skizze zeigt den Bereich in der Übersicht.

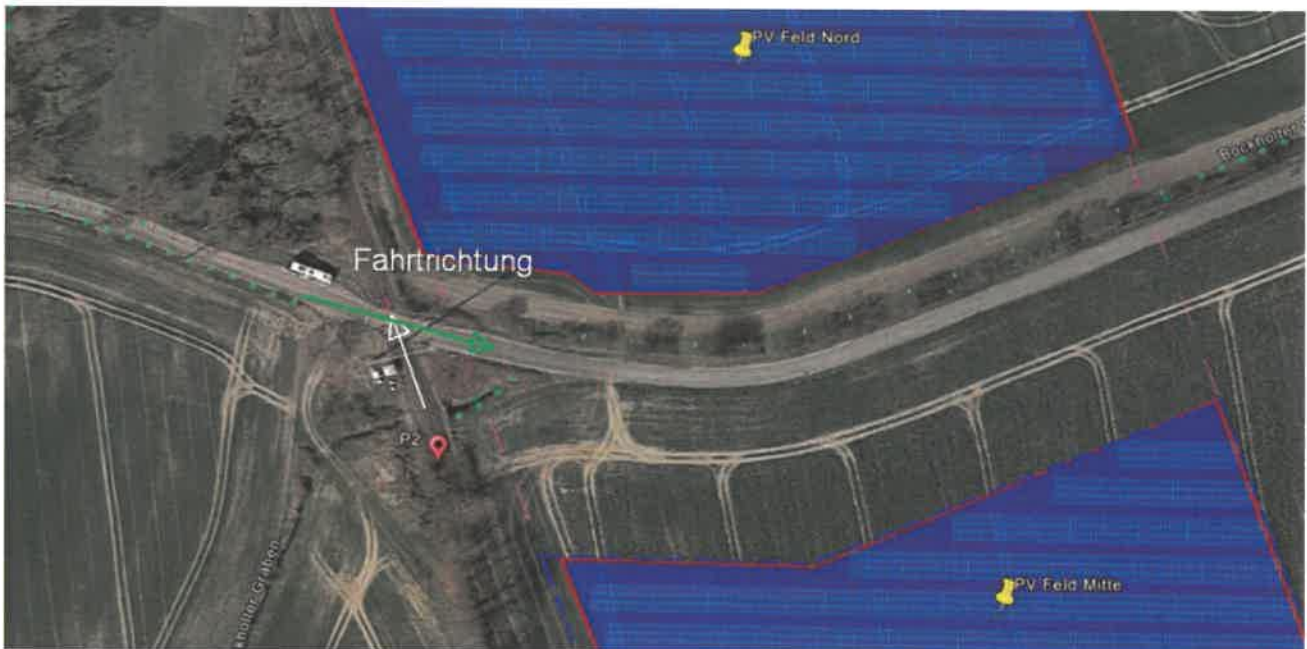


Bild 4.2.1: Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Das folgende Foto zeigt den Bereich am Messpunkt P2 aus Sicht des Zugführers bei der Fahrt Richtung Norden.



Bild 4.2.2: Foto am Messpunkt P2 (Quelle: Trainsimulator, bearbeitet)

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, Bahnstrecke nordwestlich

Im Bereich von Messpunkt P3 auf der Bahnstrecke können theoretisch in bestimmten Jahreszeiten Reflexionen durch die PV Anlage (PV Feld Nord) auftreten. Diese können zwischen dem 20. April und dem 23. August in den frühen Morgenstunden zwischen 05:45 - 06:19 Uhr für 5 bis max. 19 Minuten pro Tag¹⁰ aus östlicher Richtung auftreten.

Die folgende Tabelle zeigt das Auftreten von potentiellen Reflexionen in der Übersicht.

Tabelle 4: Mögliches Auftreten und Dauer von Reflexionen am Messpunkt P3 / PV Feld Nord

Zeitraum Beginn	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag (max.)	Minuten im Zeitraum	Erstes Auftreten	Letztes Auftreten
20. April	23. August	19	1669	05:45	06:19

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

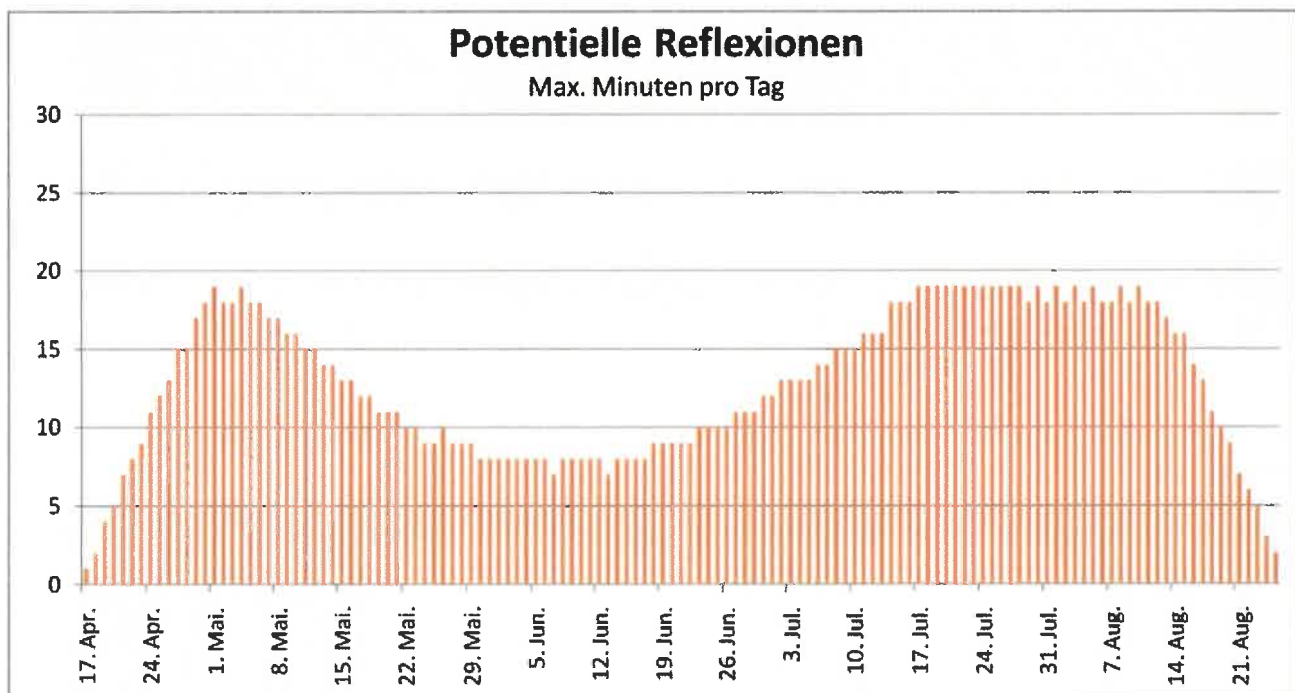


Bild 4.3.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

¹⁰ Generell wird das Auftreten von Reflexionen an weniger als 5 Minuten pro Tag nicht berücksichtigt (Messunsicherheit)

Entscheidend für eine Beurteilung einer potentiellen Blendwirkung ist aber auch in diesem Bereich der Umstand, dass die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen sowohl bei der Fahrt Richtung Süden als auch Richtung Norden deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Blickwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) liegen – sofern diese aufgrund der örtlichen Gegebenheiten überhaupt sichtbar sind. Eine Beeinträchtigung von Zugführern im Bereich von Messpunkt P3 kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von ggf. vorhandenen DB-Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

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

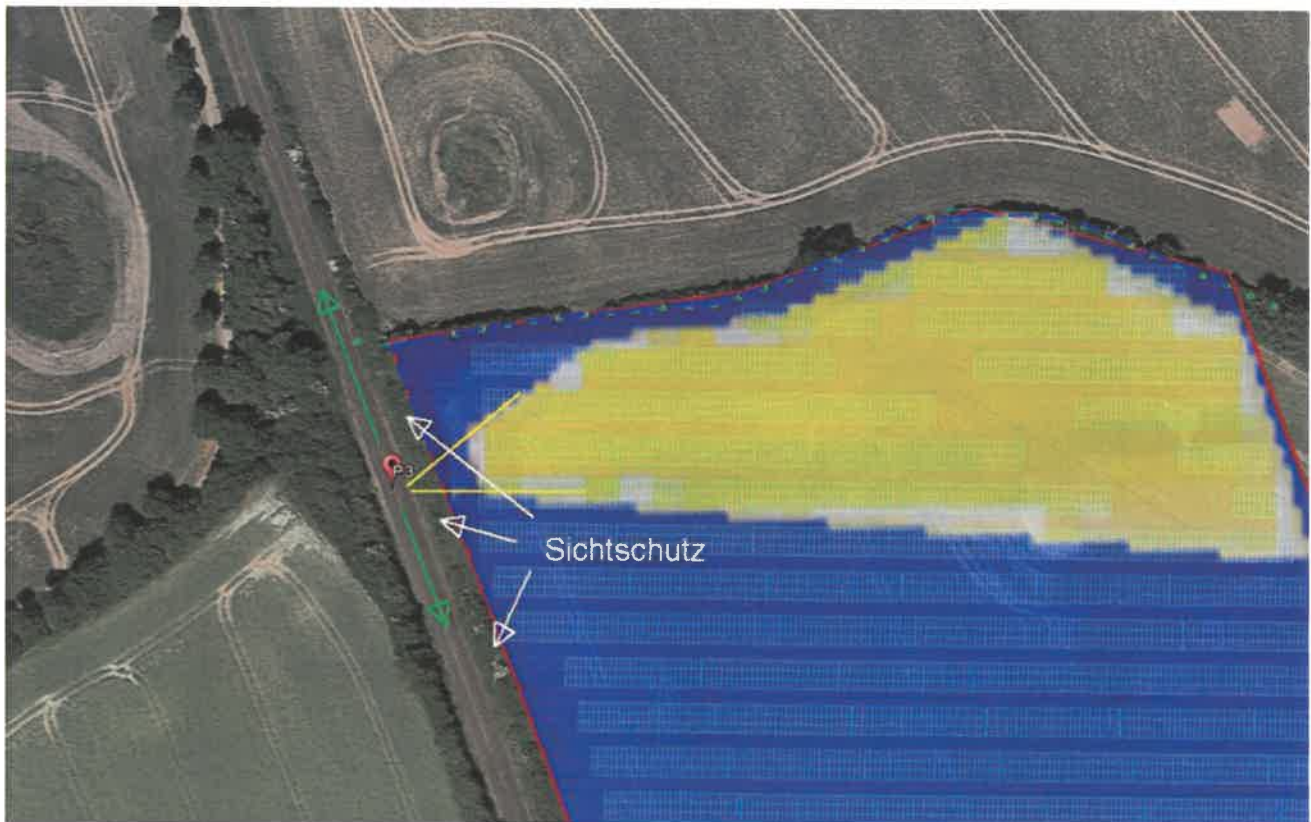


Bild 4.3.2: Simulation am Messpunkt P3 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Darüber hinaus ist im Randbereich der Bahnstrecke ein ausgeprägter Bewuchs von Büschen und Bäumen vorhanden, der als Sichtschutz gewertet werden kann. Es handelt sich hier zwar um alten Baumbestand aber rechtlich gesehen ist es kein dauerhafter Sichtschutz. Dennoch können solche örtlichen Gegebenheiten nicht ignoriert werden. Die rechnerisch ermittelten Ergebnisse sind daher in der Realität nur bedingt anwendbar.

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude westlich

Am Messpunkt P4 westlich der PV Anlage (PV Feld Nord) im Bereich der Gebäude an der Adresse Kattensahl können theoretisch an insgesamt 1113 Minuten pro Jahr für max. 15 Minuten pro Tag Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können im April/Mai und im Juni-August in den frühen Morgenstunden für 5 bis max. 15 Minuten pro Tag aus östlicher Richtung auftreten.

Die folgende Tabelle zeigt das Auftreten von potentiellen Reflexionen in der Übersicht.

Tabelle 5: Mögliches Auftreten und Dauer von Reflexionen am Messpunkt P4 / PV Feld Nord

Zeitraum Beginn	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag (max.)	Minuten im Zeitraum	Erstes Auftreten	Letztes Auftreten
23. April	30. Mai	15	369	05:45	06:08
03. Juni	03. Juni	5	5	05:45	05:49
14. Juni	14. Juni	5	5	05:45	05:49
18. Juni	20. August	15	734	05:45	06:14

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

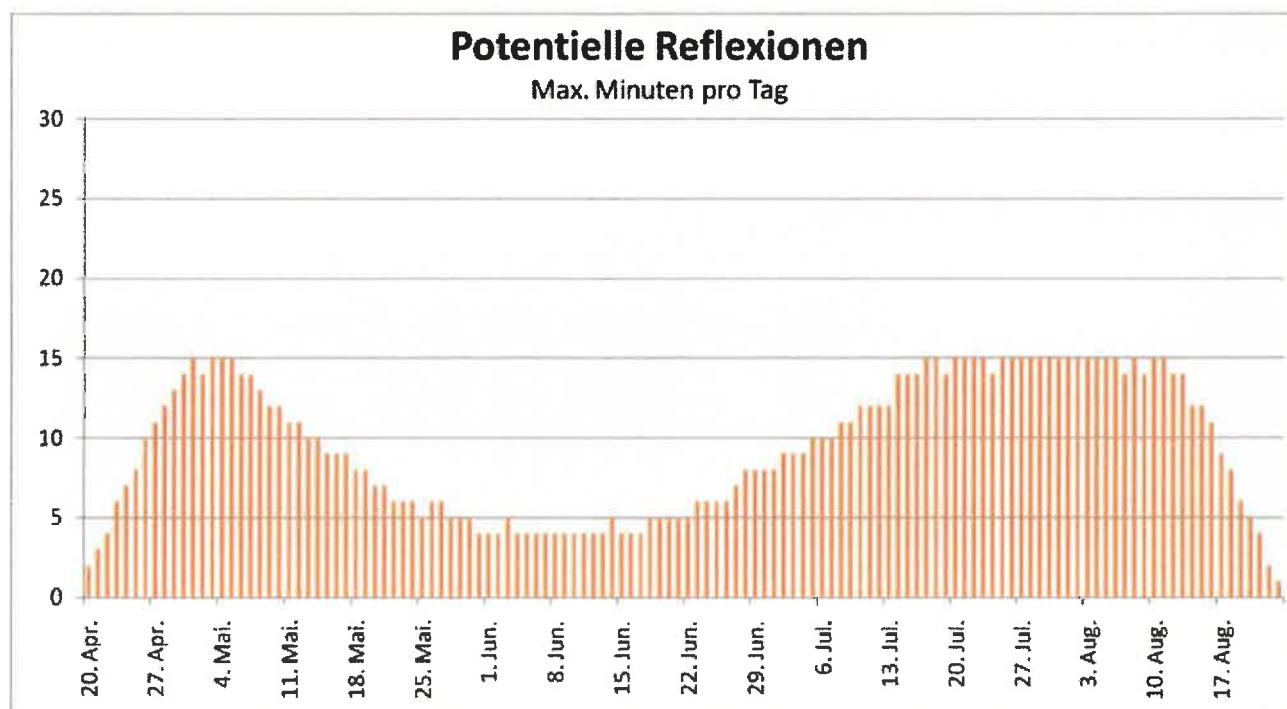


Bild 4.4.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Aufgrund der zeitlichen Dauer aber auch aufgrund der großen Entfernung zur Immissionsquelle von ca. 170 m – 330 m sind potentielle Reflexionen im Bereich von Messpunkt P4 zu vernachlässigen. Zusätzlich zu den Knicks entlang der Bahnstrecke sind die Privatgrundstücke an der Adresse Kattensahl von ausgeprägtem Bewuchs durch Büsche und Bäume umgeben, sodass ohnehin kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle besteht.

Die rechnerisch ermittelten Ergebnisse sind daher in der Realität nicht anwendbar. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse und Einschätzungen sind auf andere Gebäude in der Straße Kattensahl bzw. Waldweg 18 / 28 übertragbar.

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, B 76 östlich

Im Bereich von Messpunkt P5 auf östlich verlaufenden B 76 können theoretisch an insgesamt nur 152 Minuten pro Jahr Reflexionen durch die PV Anlage (PV Feld Nord) auftreten. Diese können rein rechnerisch im April/Mai und im August in den Abendstunden zwischen 18:27 – 18:52 für jeweils max. 9 Minuten pro Tag aus westlicher Richtung auftreten. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen aber entscheidend für eine Beurteilung einer potentiellen Blendwirkung ist der Umstand, dass die Einfallswinkel der Reflexionen mit ca. -41° bis -75° links (westlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Blickwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) liegen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern im Verlauf der B 76 kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung werden dennoch in der folgenden Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P5 auf Basis der unbereinigten Rohdaten dargestellt.

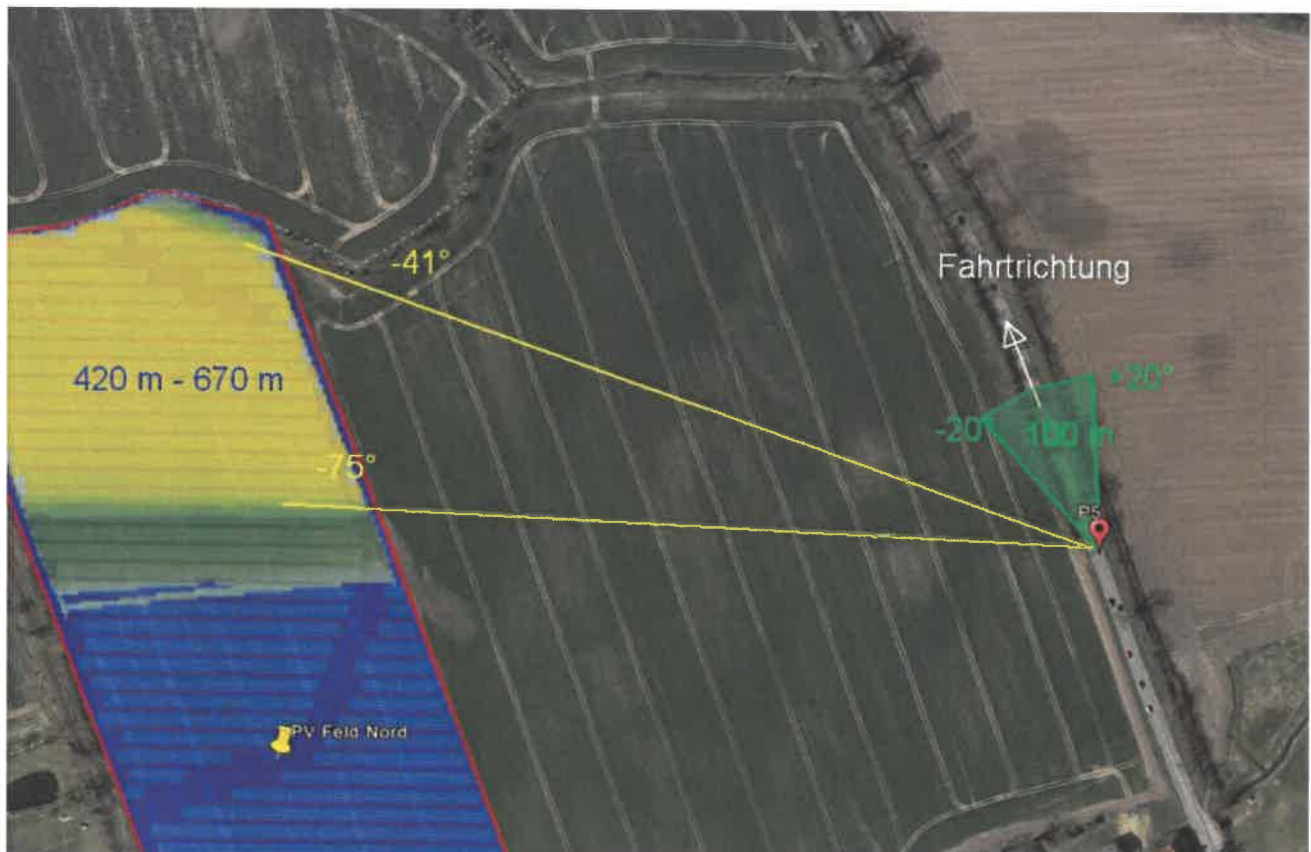


Bild 4.5.1: Ergebnisdetails für Messpunkt P5 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel ($\pm 20^\circ$ zur Fahrtrichtung, ca. 100 m). Im gelb/grün markierten Bereich westlich der B 76 könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Diese liegen jedoch deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und in einer sehr großen Entfernung von ca. 420 m – 670 m und sind daher zu vernachlässigen.

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P5. Es handelt sich dabei um die unbereinigten Rohdaten. Die Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt 3.3 ausgeführt sind jeweils die theoretischen Maximalwerte dargestellt, die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können. Die im Ergebnis gezeigten 514 Minuten wären allerdings auch ohne Bereinigung der Daten unterhalb der Empfehlungen der Lichtleitlinie.

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

PV Feld Nord - OP Receptor (OP 5)

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

- 1,672 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 514 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

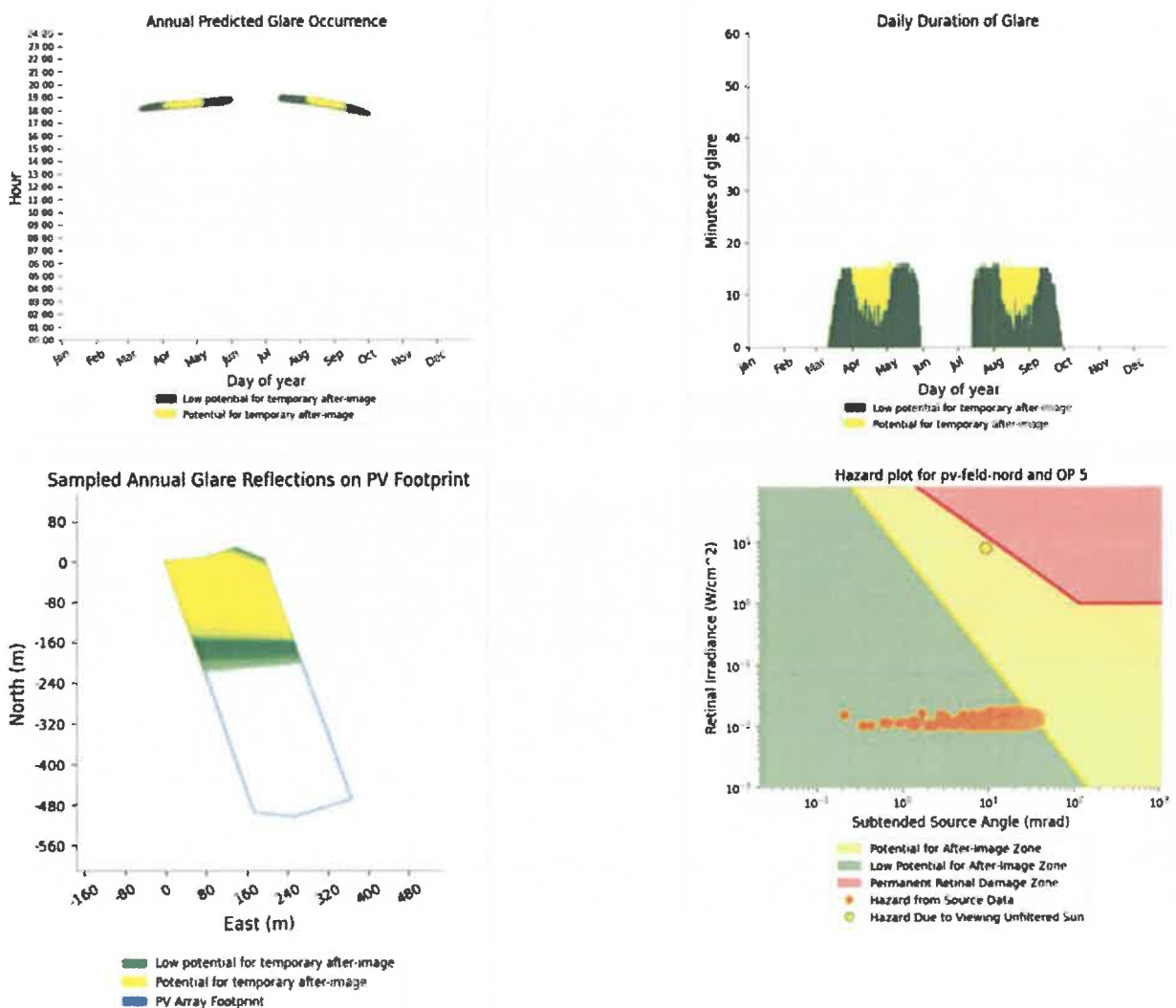


Bild 4.5.2: Ergebnisdetails für Messpunkt P5 (Quelle: Simulationsergebnisse)

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage Süsel kann als „geringfügig“ klassifiziert¹¹ werden. Im Vergleich zur Blendwirkung durch direktes Sonnenlicht oder durch Spiegelungen von Windschutzscheiben, Wasserflächen, Gewächshäusern o.ä. ist diese „vernachlässigbar“. Unter Berücksichtigung von weiteren Einflussfaktoren wie z.B. Geländestruktur, lokalen Wetterbedingungen (Frühnebel, etc.) kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexion durch die PV Anlage als gering eingestuft werden.

Der Auftraggeber hat bei der geplanten PV Anlage durch den Einsatz von PV Modulen mit Anti-Reflexionsschicht die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von potentiellen Reflexionen vorgesehen.

Die Analyse von 5 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt für die Bahnstrecke Lübeck-Kiel eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Die Einfallswinkel liegen allerdings deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Anhand der ausgewerteten Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV Anlage mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die westlich gelegenen Gebäude im Bereich der Straße Kattensahl und Waldweg können theoretisch von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden, die Gesamtdauer pro Tag und auch pro Jahr liegt allerdings unter den Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie. Darüber hinaus besteht aufgrund der örtlichen Gegebenheiten überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind. Auch auf der östlich verlaufenden B 76 sind keine relevanten Reflexionen durch die PV Anlage 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.

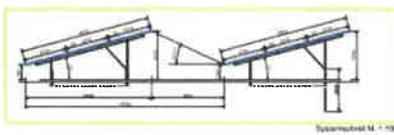
6 Schlussbemerkung

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 23.12.2022


Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

¹¹ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



LEGENDA

Grundriss des zu errichtenden Gebäudes

Grundstücksgrenzen

Bepflanzung

Freizeitanlage

PROJEKTEUR

Wasserstraßenbauamt
 1. Entwurf: 10.01.2007
 2. Entwurf: 10.01.2007
 3. Entwurf: 10.01.2007
 4. Entwurf: 10.01.2007
 5. Entwurf: 10.01.2007
 6. Entwurf: 10.01.2007
 7. Entwurf: 10.01.2007
 8. Entwurf: 10.01.2007
 9. Entwurf: 10.01.2007
 10. Entwurf: 10.01.2007

PROJEKTEUR

PROJEKT	PROJEKTEUR	PROJEKTEUR
1. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
2. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
3. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
4. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
5. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
6. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
7. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
8. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
9. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007
10. Entwurf	10.01.2007	10.01.2007

VERFAHREN

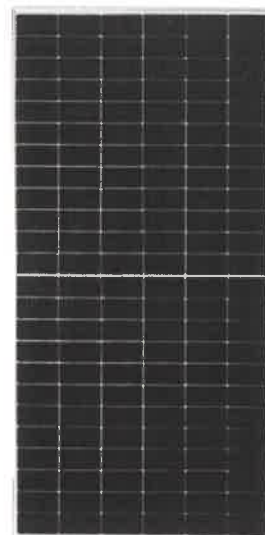
1. Entwurf: 10.01.2007
 2. Entwurf: 10.01.2007
 3. Entwurf: 10.01.2007
 4. Entwurf: 10.01.2007
 5. Entwurf: 10.01.2007
 6. Entwurf: 10.01.2007
 7. Entwurf: 10.01.2007
 8. Entwurf: 10.01.2007
 9. Entwurf: 10.01.2007
 10. Entwurf: 10.01.2007

Wasserstraßenbauamt
 1. Entwurf: 10.01.2007
 2. Entwurf: 10.01.2007
 3. Entwurf: 10.01.2007
 4. Entwurf: 10.01.2007
 5. Entwurf: 10.01.2007
 6. Entwurf: 10.01.2007
 7. Entwurf: 10.01.2007
 8. Entwurf: 10.01.2007
 9. Entwurf: 10.01.2007
 10. Entwurf: 10.01.2007

Ultra V Pro

HALF-CELL N-TOPCon BIFACIAL MODULE

TYPE: STPXXXS - C72/Nmh+



POWER OUTPUT

545-565W

MAX EFFICIENCY

21.9%

Features



High module conversion efficiency

Module efficiency up to 21.9 % achieved through advanced cell technology and manufacturing process



Lower operating temperature

Lower operating temperature and temperature coefficient increases the power output



Suntech current sorting process

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



Extended wind and snow load tests

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



Excellent weak light performance

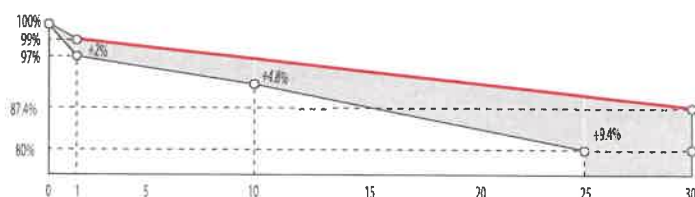
More power output in weak light condition, such as cloudy, morning and sunset+



Withstanding harsh environment

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

Industry-leading Warranty **



◆ First year power degradation: 1%

◆ Annual degradation: 0.40%

◆ Product warranty: 12 years

◆ Linear warranty: 30 years

Certifications and Standards

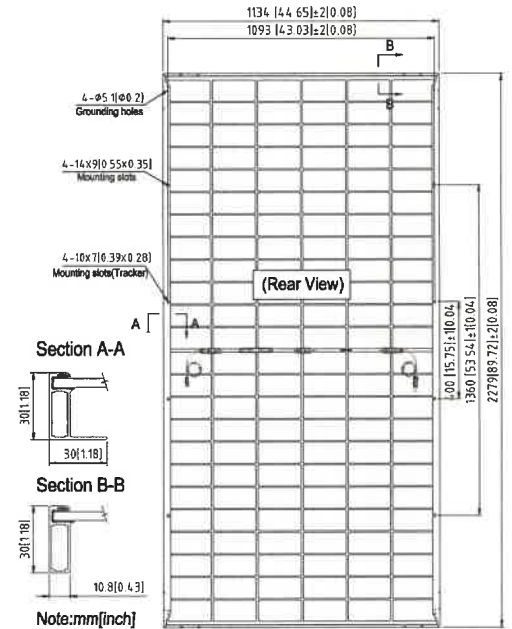
CE IEC 61730 IEC 61215
SA 8000 Social Responsibility Standards
ISO 9001 Quality Management System
ISO 14001 Environment Management System
ISO 45001 Occupational Health and Safety
IEC TS 62941 Guideline for module design qualification and type approval



Ultra V Pro STPXXXS - C72/Nmh+ 545-565W

Mechanical Characteristics

Solar Cell	N-type Monocrystalline silicon 182 mm
No. of Cells	144 (6 × 24)
Dimensions	2279 × 1134 × 30 mm (89.7 × 44.6 × 1.2 inches)
Weight	32.8 kgs (72.3 lbs.)
Front \ Back Glass	2.0+2.0 mm (0.079+ 0.079inches) semi-tempered glass
Output Cables	4.0 mm ² , (-) 350 mm and (+) 160 mm in length or customized length
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)
Connectors	MC4 EVO2, Cable01S, STP-XC4
Maximum Series Fuse Rating	25 A
Power Tolerance	0/+5 W
Refer. Bifaciality Factor	(80 ± 5)%
Packing Configuration	Packaging box dimensions (mm) : 2310×1130×1269 Packaging box weight (kg) : 1245 36 Pieces per pallet 720 Pieces per container / 40' HC



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

Electrical Characteristics

Module Type	STP565S-C72/Nmh+		STP560S-C72/Nmh+		STP555S-C72/Nmh+		STP550S-C72/Nmh+		STP545S-C72/Nmh+	
Testing Condition	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT
Maximum Power (Pmax/W)	565	430.3	560	426.7	555	422.8	550	419	545	415.3
Optimum Operating Voltage (Vmp/V)	42.56	39.5	42.40	39.3	42.24	39.2	42.05	39	41.87	38.8
Optimum Operating Current (Imp/A)	13.28	10.89	13.21	10.84	13.14	10.79	13.08	10.74	13.02	10.70
Open Circuit Voltage (Voc/V)	50.39	47.7	50.23	47.5	50.07	47.4	49.88	47.2	49.69	47.0
Short Circuit Current (Isc/A)	14.20	11.45	14.14	11.40	14.07	11.35	14.01	11.30	13.96	11.26
Module Efficiency (%)	21.9		21.7		21.5		21.3		21.1	

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

Different Rearside Power Gain Reference to 5555 Front

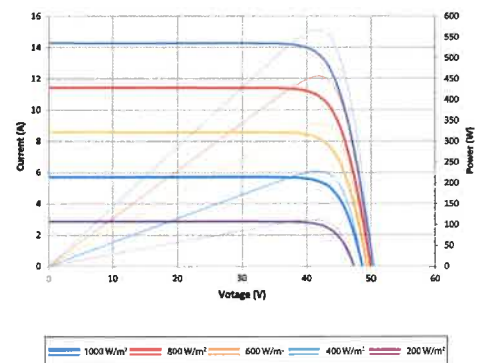
Rearside Power Gain	5%	15%	25%
Maximum Power at STC (Pmax)	582.8	638.3	693.8
Optimum Operating Voltage (Vmp/V)	42.2	42.2	42.3
Optimum Operating Current (Imp/A)	13.80	15.11	16.43
Open Circuit Voltage (Voc/V)	50.1	50.1	50.2
Short Circuit Current (Isc/A)	14.77	16.18	17.59
Module Efficiency (%)	22.5	24.7	26.8

Temperature Characteristics

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	42 ± 2 °C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.26%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.046%/°C

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

Graphs Current-Voltage & Power-Voltage (565S)

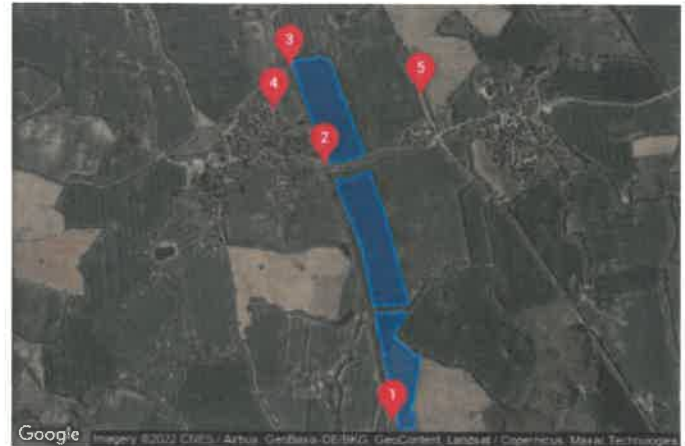


Suesel

Suesel

Created Dec. 23, 2022
Updated Dec. 23, 2022
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC+1
Site ID 81614.14436

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

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 Mitte	15.0	180.0	0	0	-
PV Feld Nord	15.0	180.0	3,958	9,090	-
PV Sued	15.0	180.0	4,693	9,816	-

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 278,208 m^2

Name: PV Feld Mitte
Footprint area: 110,400 m^2
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg

Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	54.105337	10.654637	41.04	2.00	43.04
2	54.105413	10.656010	42.30	2.00	44.30
3	54.105740	10.657169	42.94	2.00	44.94
4	54.103513	10.658564	36.77	2.00	38.77
5	54.099776	10.660216	37.72	2.00	39.72
6	54.099650	10.657555	32.86	2.00	34.86
7	54.102192	10.656697	31.83	2.00	33.83

Name: PV Feld Nord
Footprint area: 99,943 m^2
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg

Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	54.110708	10.651240	44.79	2.00	46.79
2	54.110770	10.652463	42.97	2.00	44.97
3	54.110947	10.653343	43.96	2.00	45.96
4	54.110745	10.654201	43.35	2.00	45.35
5	54.106493	10.656862	40.62	2.00	42.62
6	54.106179	10.655103	40.47	2.00	42.47
7	54.106254	10.653901	38.65	2.00	40.65

Name: PV Sued
Footprint area: 67,866 m^2
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg

Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	54.099285	10.657663	34.71	2.00	36.71
2	54.099386	10.660109	39.89	2.00	41.89
3	54.098266	10.659079	38.73	2.00	40.73
4	54.097423	10.660688	38.98	2.00	40.98
5	54.097335	10.661203	38.57	2.00	40.57
6	54.094982	10.660431	37.17	2.00	39.17
7	54.094957	10.660624	37.68	2.00	39.68
8	54.094114	10.660795	32.66	2.00	34.66
9	54.094114	10.659508	33.19	2.00	35.19

Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	54.094441	10.659057	34.49	2.50	36.99
OP 2	54.106047	10.653857	39.99	2.00	41.99
OP 3	54.110493	10.651042	44.79	2.50	47.29
OP 4	54.108531	10.649840	45.20	2.00	47.20
OP 5	54.109222	10.661231	46.90	2.00	48.90

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 Mitte	15.0	180.0	0	0	-	
PV Feld Nord	15.0	180.0	3,958	9,090	-	
PV Sued	15.0	180.0	4,693	9,816	-	

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-nord (green)	0	0	326	457	664	356	567	512	480	11	0	0
pv-feld-nord (yellow)	0	0	99	847	1185	1258	1234	1073	310	0	0	0
pv-sued (green)	0	205	501	546	636	663	660	582	541	359	0	0
pv-sued (yellow)	0	73	1069	1368	1441	1390	1438	1432	1252	353	0	0

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

PV Feld Mitte no glare found

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0
OP: OP 5	0	0

No glare found

PV Feld Nord potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	904	2572
OP: OP 3	799	3462
OP: OP 4	583	2542
OP: OP 5	1672	514

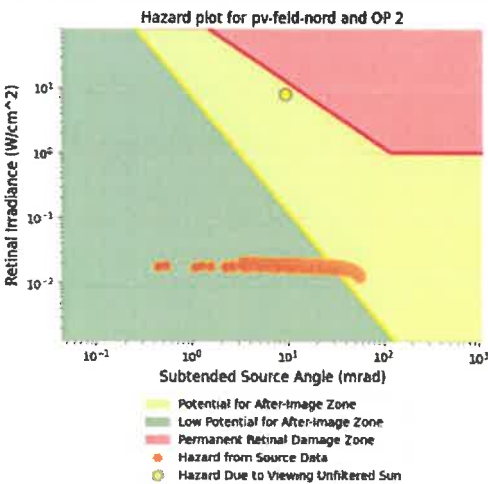
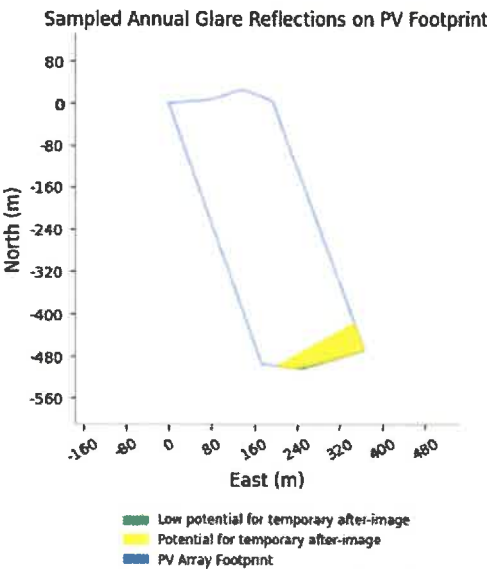
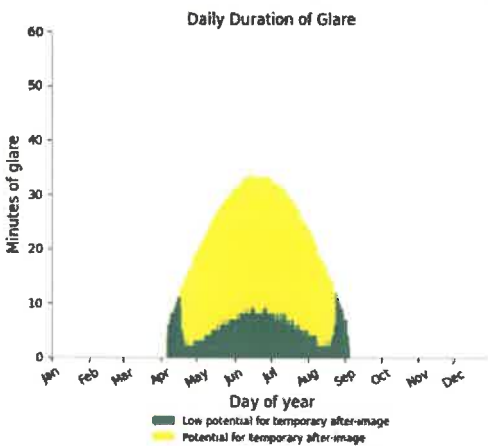
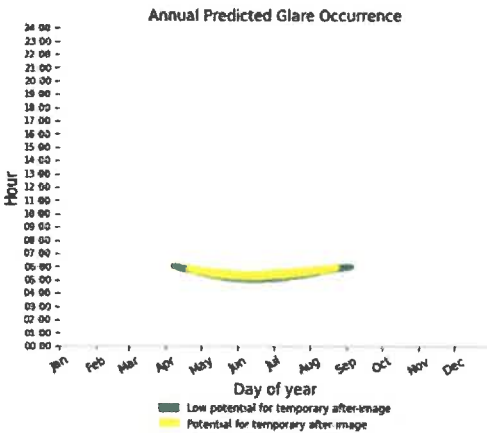
PV Feld Nord - OP Receptor (OP 1)

No glare found

PV Feld Nord - OP Receptor (OP 2)

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

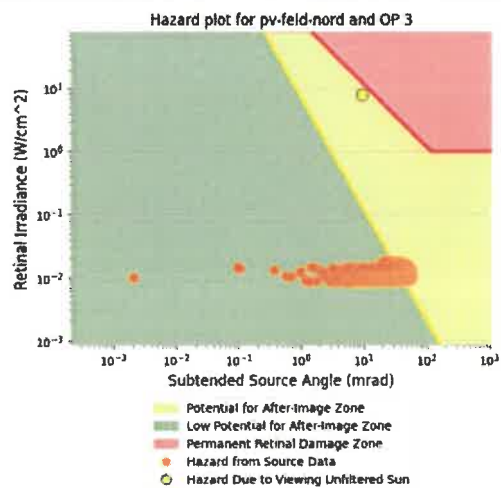
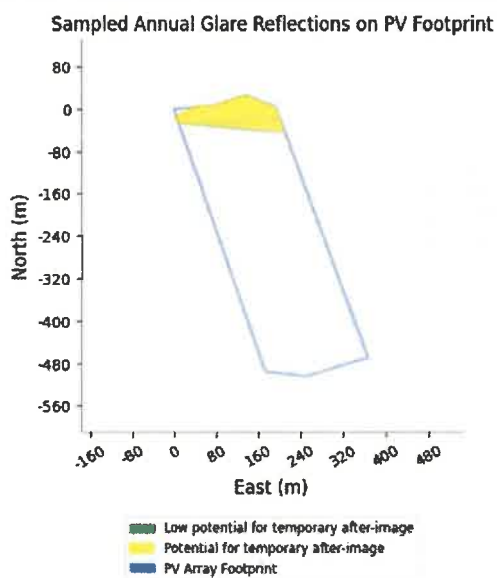
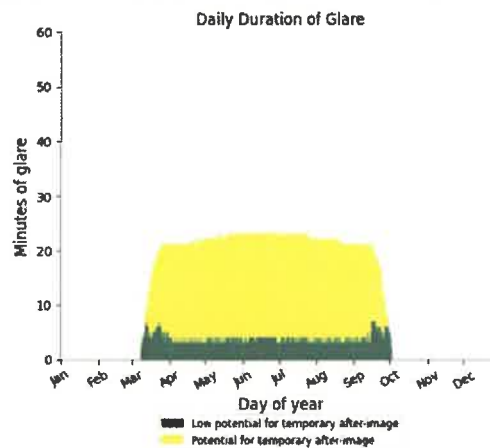
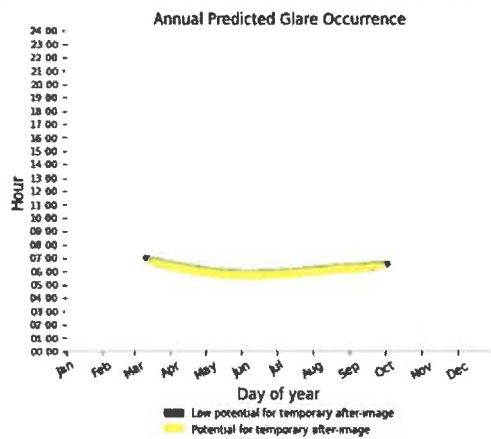
- 904 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,572 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Nord - OP Receptor (OP 3)

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

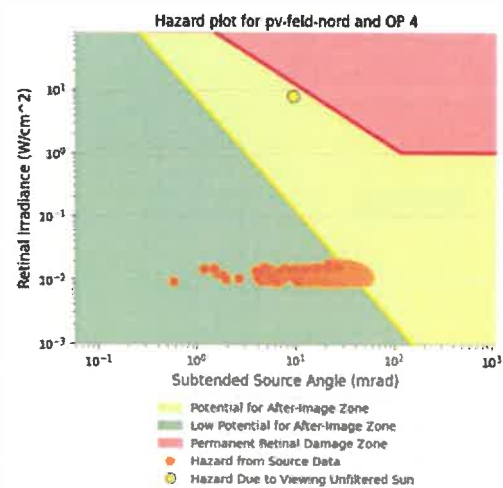
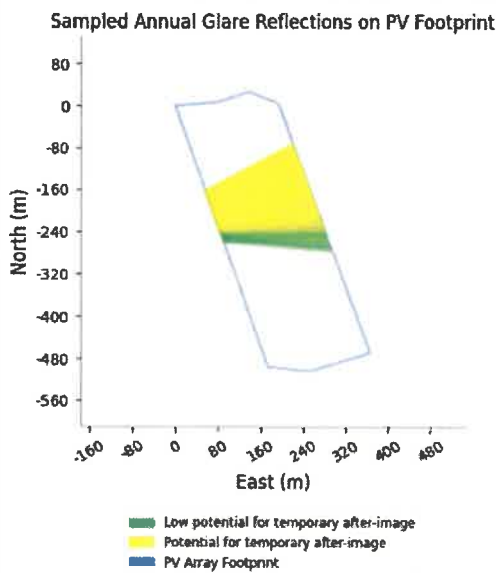
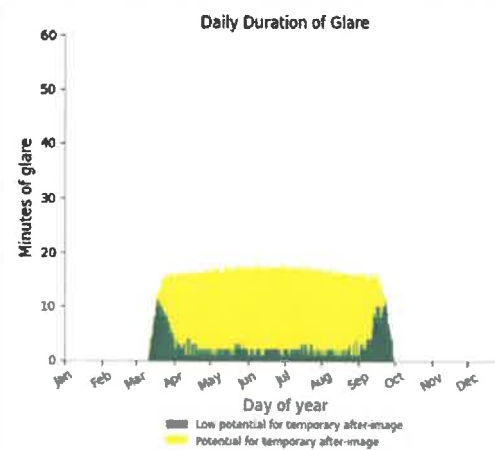
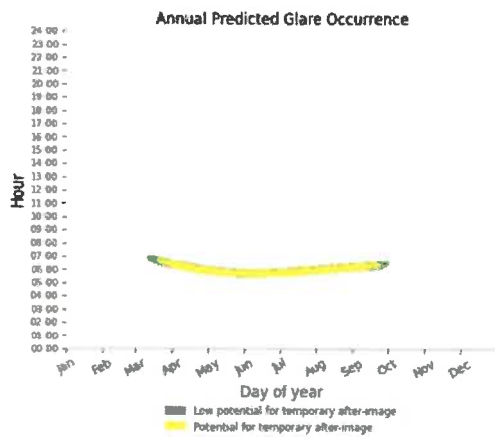
- 799 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,462 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Nord - OP Receptor (OP 4)

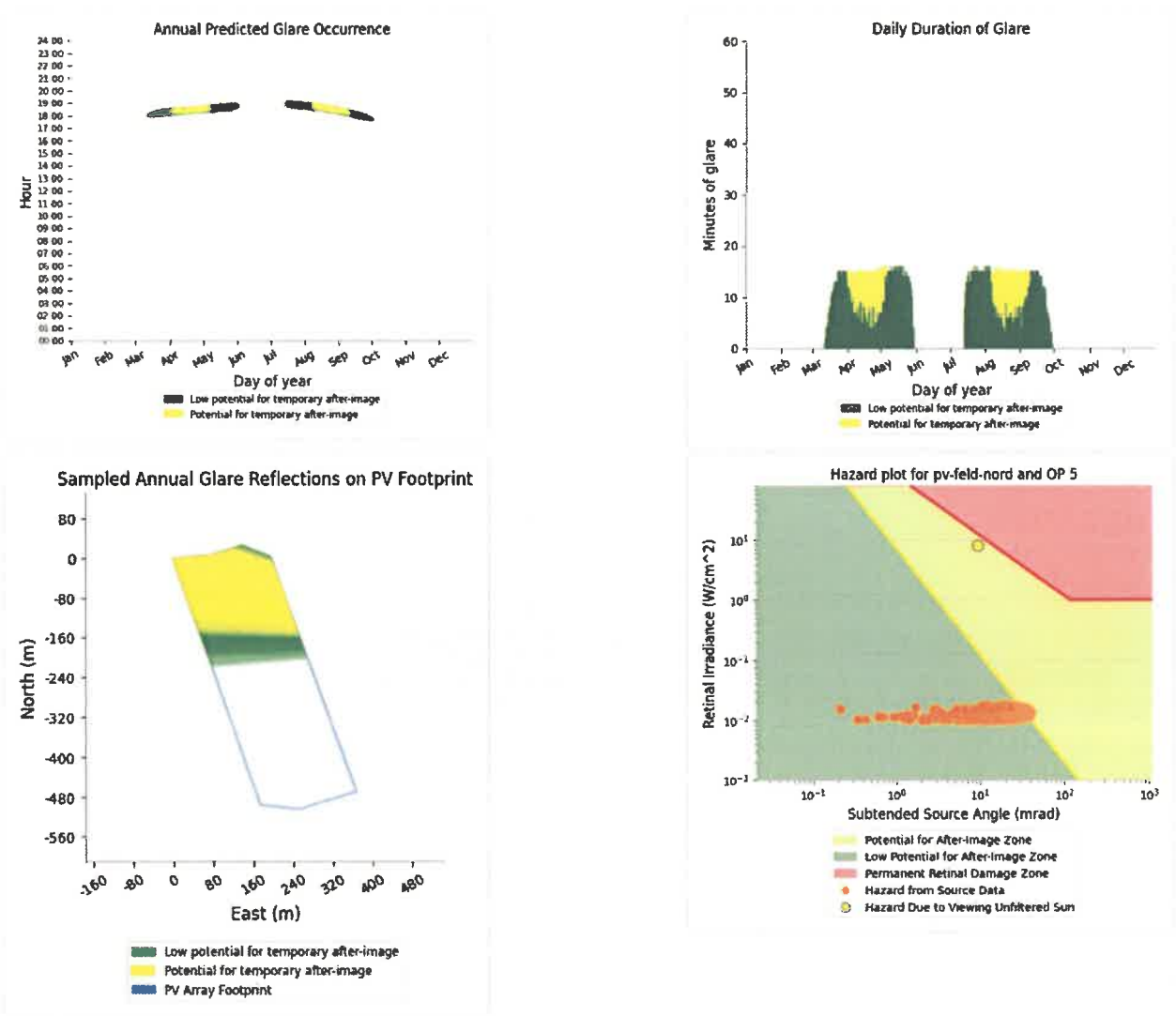
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

- 583 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,542 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Nord - OP Receptor (OP 5)

- PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:
- 1,672 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
 - 514 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



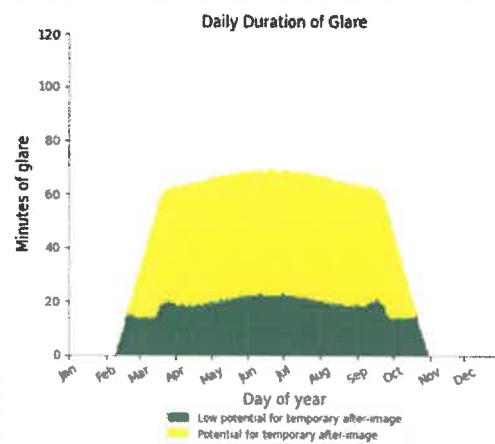
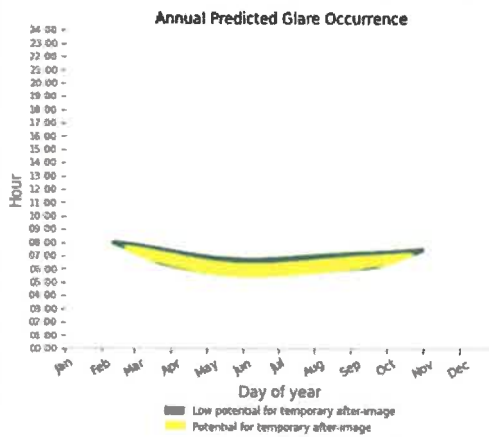
PV Sued potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	4693	9816
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	0
OP: OP 5	0	0

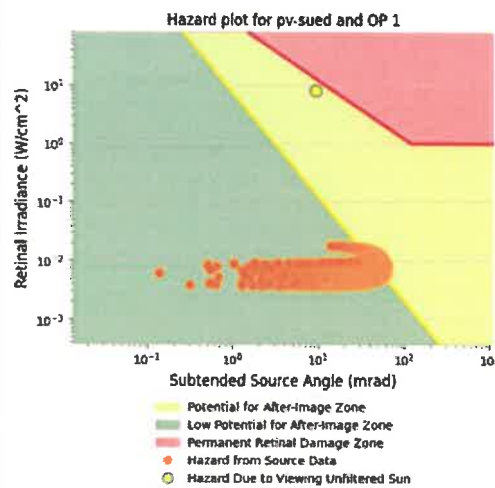
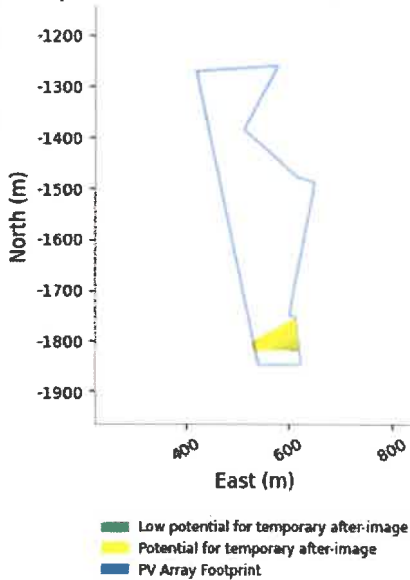
PV Sued - OP Receptor (OP 1)

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

- 4,693 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 9,816 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



Sampled Annual Glare Reflections on PV Footprint



PV Sued - OP Receptor (OP 2)

No glare found

PV Sued - OP Receptor (OP 3)

No glare found

PV Sued - OP Receptor (OP 4)

No glare found

PV Sued - OP Receptor (OP 5)

No glare found

Assumptions

- Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.
- Glare analyses do not automatically account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.
- Detailed system geometry is not rigorously simulated.
- The glare hazard determination relies on several approximations including observer eye characteristics, angle of view, and typical blink response time. Actual values and results may vary.
- The system output calculation is a DNI-based approximation that assumes clear, sunny skies year-round. It should not be used in place of more

rigorous modeling methods.

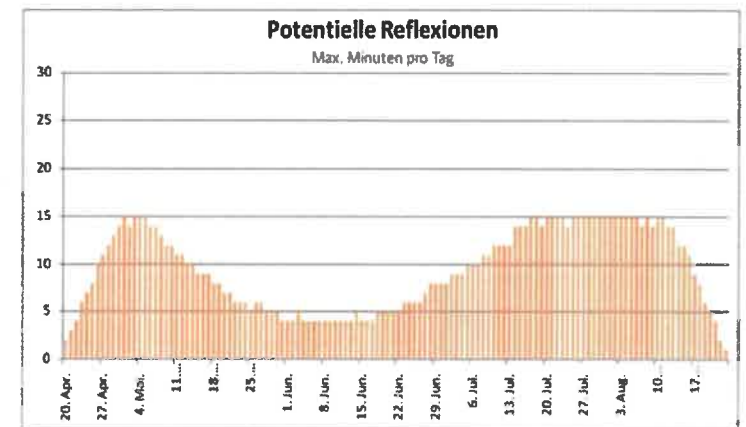
- Several V1 calculations utilize the PV array centroid, rather than the actual glare spot location, due to algorithm limitations. This may affect results for large PV footprints. Additional analyses of array sub-sections can provide additional information on expected glare.
- The subtended source angle (glare spot size) is constrained by the PV array footprint size. Partitioning large arrays into smaller sections will reduce the maximum potential subtended angle, potentially impacting results if actual glare spots are larger than the sub-array size. Additional analyses of the combined area of adjacent sub-arrays can provide more information on potential glare hazards. (See previous point on related limitations.)
- Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous, not discrete, spectrum.
- Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.
- Refer to the **Help page** for detailed assumptions and limitations not listed here.

	Cornel Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Se
1-03-12 06:51:00	0,00702	540,5547	1	0,497849	0,015267	0,00462	0,1	97	0,993	-0,122	0,002	-0,993	0,105	0,063	20. Apr.
1-03-13 06:49:00	0,008561	541,3179	1	0,504843	0,0155	0,023566	0,1	96,4	0,994	-0,111	0,002	-0,994	0,095	0,058	21. Apr.
1-03-13 06:50:00	0,007447	543,7959	1	0,494713	0,015258	0,010976	0,3	96,6	0,993	-0,114	0,005	-0,993	0,097	0,062	22. Apr.
1-03-14 06:46:00	0,009307	541,9831	1	0,522433	0,01606	0,028254	0	95,5	0,995	-0,096	0	-0,995	0,083	0,049	23. Apr.
1-03-14 06:47:00	0,009114	544,4381	1	0,511937	0,015808	0,027752	0,2	95,7	0,995	-0,1	0,003	-0,995	0,085	0,053	24. Apr.
1-03-14 06:48:00	0,008757	546,8884	1	0,501654	0,015561	0,025403	0,3	95,9	0,995	-0,103	0,006	-0,995	0,087	0,056	25. Apr.
1-03-14 06:49:00	0,007853	549,334	1	0,49158	0,015316	0,016088	0,5	96,1	0,994	-0,107	0,008	-0,994	0,089	0,06	26. Apr.
1-03-15 06:44:00	0,009525	542,6571	1	0,529788	0,016306	0,029013	0,1	94,9	0,996	-0,085	0,001	-0,996	0,073	0,044	27. Apr.
1-03-15 06:45:00	0,009384	545,0966	1	0,519133	0,01605	0,029104	0,2	95,1	0,996	-0,089	0,004	-0,996	0,075	0,047	28. Apr.
1-03-15 06:46:00	0,009206	547,5314	1	0,508695	0,015798	0,028786	0,3	95,3	0,996	-0,092	0,006	-0,996	0,077	0,051	29. Apr.
1-03-15 06:47:00	0,00889	549,9616	1	0,49847	0,015549	0,026946	0,5	95,5	0,995	-0,096	0,009	-0,995	0,079	0,055	30. Apr.
1-03-15 06:48:00	0,008189	552,3871	1	0,488452	0,015303	0,020414	0,6	95,7	0,995	-0,099	0,011	-0,995	0,08	0,059	1. Mai.
1-03-16 06:41:00	0,009118	540,9074	1	0,537248	0,016482	0,023726	0,1	94,3	0,997	-0,074	0,002	-0,997	0,063	0,038	2. Mai.
1-03-16 06:42:00	0,009524	543,336	1	0,526434	0,016223	0,029493	0,2	94,5	0,997	-0,078	0,004	-0,997	0,065	0,042	3. Mai.
1-03-16 06:43:00	0,009433	545,7601	1	0,51584	0,015968	0,030093	0,4	94,7	0,997	-0,081	0,007	-0,997	0,067	0,046	4. Mai.
1-03-16 06:44:00	0,009248	548,1796	1	0,505461	0,015716	0,02972	0,5	94,9	0,996	-0,085	0,009	-0,996	0,069	0,05	5. Mai.
1-03-16 06:45:00	0,008967	550,5945	1	0,495294	0,015467	0,028293	0,7	95,1	0,996	-0,088	0,012	-0,996	0,071	0,054	6. Mai.
1-03-16 06:46:00	0,008436	553,0049	1	0,485333	0,015223	0,023898	0,8	95,3	0,996	-0,092	0,014	-0,996	0,072	0,058	7. Mai.
1-03-16 06:47:00	0,007071	555,4106	1	0,475574	0,014981	0,007427	1	95,5	0,995	-0,095	0,017	-0,995	0,074	0,062	8. Mai.
1-03-17 06:39:00	0,009693	541,6053	1	0,544815	0,016736	0,028194	0,1	93,6	0,998	-0,063	0,002	-0,998	0,053	0,033	9. Mai.
1-03-17 06:40:00	0,0093	544,0187	1	0,533841	0,016472	0,025722	0,3	93,8	0,998	-0,067	0,005	-0,998	0,055	0,037	10. Mai.
1-03-17 06:41:00	0,009613	546,4276	1	0,523089	0,016212	0,03045	0,4	94	0,998	-0,07	0,007	-0,998	0,057	0,041	11. Mai.
1-03-17 06:42:00	0,0095	548,832	1	0,512557	0,015955	0,03084	0,6	94,2	0,997	-0,074	0,01	-0,997	0,059	0,045	12. Mai.
1-03-17 06:43:00	0,009214	551,2318	1	0,502238	0,015702	0,029454	0,7	94,4	0,997	-0,077	0,012	-0,997	0,061	0,049	13. Mai.
1-03-17 06:44:00	0,009044	553,6271	1	0,492128	0,015453	0,029202	0,9	94,6	0,997	-0,081	0,015	-0,997	0,062	0,053	14. Mai.
1-03-17 06:45:00	0,00863	556,0178	1	0,482225	0,015208	0,026215	1	94,8	0,996	-0,084	0,017	-0,996	0,064	0,057	15. Mai.
1-03-17 06:46:00	0,007499	558,4039	1	0,472522	0,014966	0,013719	1,1	95	0,996	-0,088	0,02	-0,996	0,066	0,061	16. Mai.
1-03-18 06:36:00	0,009779	542,3002	1	0,563857	0,017343	0,025591	0	92,8	0,999	-0,048	0	-0,999	0,042	0,024	17. Mai.
1-03-18 06:37:00	0,009831	544,6917	1	0,552491	0,017069	0,027664	0,2	93	0,999	-0,052	0,003	-0,999	0,044	0,028	18. Mai.
1-03-18 06:38:00	0,009836	547,0788	1	0,541355	0,016798	0,029248	0,3	93,2	0,998	-0,055	0,005	-0,998	0,045	0,032	19. Mai.
1-03-18 06:39:00	0,009748	549,4614	1	0,530445	0,016531	0,024822	0,5	93,4	0,998	-0,059	0,008	-0,998	0,047	0,036	20. Mai.
1-03-18 06:40:00	0,009717	551,8396	1	0,519757	0,016268	0,031138	0,6	93,6	0,998	-0,062	0,01	-0,998	0,048	0,04	21. Mai.
1-03-18 06:41:00	0,009604	554,2133	1	0,509286	0,016009	0,031555	0,7	93,8	0,998	-0,066	0,013	-0,998	0,051	0,044	22. Mai.
1-03-18 06:42:00	0,009408	556,5824	1	0,499027	0,015753	0,031127	0,9	94	0,997	-0,069	0,016	-0,997	0,052	0,048	23. Mai.
1-03-18 06:43:00	0,009194	558,9471	1	0,488977	0,015502	0,030466	1	94,2	0,997	-0,073	0,018	-0,997	0,054	0,052	24. Mai.
1-03-18 06:44:00	0,008815	561,3072	1	0,479131	0,015254	0,027981	1,2	94,4	0,997	-0,077	0,021	-0,997	0,056	0,056	25. Mai.
1-03-18 06:45:00	0,007908	563,6628	1	0,469485	0,015009	0,018857	1,3	94,6	0,997	-0,08	0,023	-0,997	0,058	0,06	26. Mai.
1-03-19 06:33:00	0,009485	540,6196	1	0,571809	0,017533	0,02151	0	92,1	0,999	-0,037	0,001	-0,999	0,032	0,019	27. Mai.
1-03-19 06:34:00	0,009816	543,0006	1	0,560277	0,017255	0,026454	0,2	92,3	0,999	-0,041	0,003	-0,999	0,034	0,023	28. Mai.
1-03-19 06:35:00	0,009859	545,3773	1	0,548979	0,016981	0,02843	0,3	92,5	0,999	-0,044	0,006	-0,999	0,035	0,027	29. Mai.
1-03-19 06:36:00	0,009858	547,7496	1	0,53791	0,016711	0,029957	0,5	92,7	0,999	-0,048	0,008	-0,999	0,037	0,031	30. Mai.
1-03-19 06:37:00	0,009546	550,1174	1	0,527065	0,016445	0,028406	0,6	92,9	0,999	-0,051	0,011	-0,999	0,039	0,035	31. Mai.
1-03-19 06:38:00	0,009039	552,4809	1	0,51644	0,016183	0,024669	0,8	93,1	0,998	-0,055	0,014	-0,998	0,041	0,039	1. Jun.
1-03-19 06:39:00	0,009622	554,84	2	0,506031	0,015925	0,032234	0,9	93,3	0,998	-0,058	0,016	-0,998	0,042	0,043	2. Jun.
1-03-19 06:40:00	0,009365	557,1946	1	0,495834	0,01567	0,031194	1,1	93,5	0,998	-0,062	0,019	-0,998	0,044	0,047	3. Jun.
1-03-19 06:41:00	0,009236	559,5447	1	0,485843	0,015419	0,031407	1,3	93,7	0,998	-0,065	0,021	-0,998	0,046	0,051	4. Jun.
1-03-19 06:42:00	0,008904	561,8903	1	0,476055	0,015172	0,029466	1,4	94	0,997	-0,069	0,024	-0,997	0,048	0,055	5. Jun.
1-03-19 06:43:00	0,008213	564,2314	1	0,466466	0,014928	0,023182	1,5	94,2	0,997	-0,072	0,026	-0,997	0,05	0,059	6. Jun.
1-03-19 06:44:00	0,006542	566,568	1	0,457072	0,014688	0,001154	1,7	94,4	0,997	-0,076	0,029	-0,997	0,051	0,063	7. Jun.

Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 4
20. Apr.	2	06:10	06:11	23. April	30. Mai	15	369	05:45	06:08	
21. Apr.	3	06:08	06:10	03. Juni	03. Juni	5	5	05:45	05:49	
22. Apr.	4	06:05	06:08	14. Juni	14. Juni	5	5	05:45	05:49	
23. Apr.	6	06:03	06:08	18. Juni	20. August	15	734	05:45	06:14	

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 4:
1113 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
744 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk
369 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk
15 Minuten pro Tag (Max)

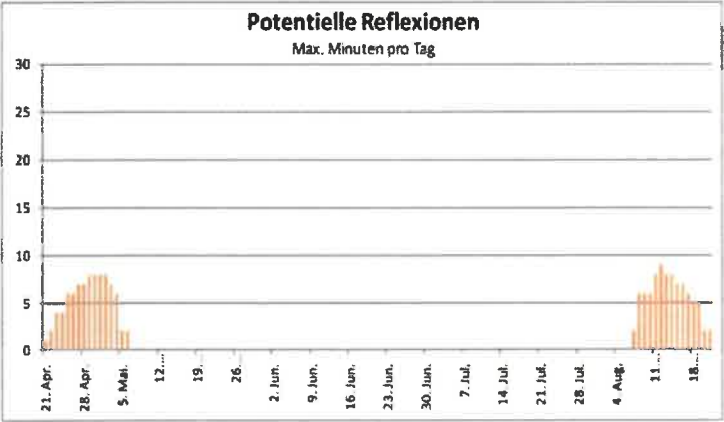
Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 3126 Einträgen /-583):
1.: Zeitraum ab 05:45 Uhr bis Sonnenuntergang
2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 8° (Standard: min.10°)
3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)



	Cornel Irradiance	DHI (W/m²2)	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	Se	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 5
14-03-12 18:05:00	0,006733	539,9498	1	0,497849	0,015247	0,000211	0.1	263	-0.993	-0,122	0,002	0,993	0,105	0,063	0	21. Apr.	1	18:26	18:26	25. April	04. Mai	8	71	18:27	18:43	
14-03-13 18:06:00	0,007298	541,7677	1	0,494713	0,015202	0,009237	0.3	263,4	-0.993	-0,114	0,005	0,993	0,097	0,062	0	22. Apr.	2	18:25	18:26	08. August	19. August	9	81	18:32	18:52	
14-03-13 18:07:00	0,008252	539,2859	1	0,504843	0,015442	0,020285	0.1	263,6	-0.994	-0,111	0,002	0,994	0,095	0,058	0	23. Apr.	4	18:26	18:29							
14-03-14 18:07:00	0,007738	545,9893	1	0,49158	0,015223	0,015196	0.3	263,9	-0.994	-0,107	0,008	0,994	0,089	0,06	0	24. Apr.	4	18:27	18:30							
14-03-14 18:08:00	0,008367	543,5373	1	0,501654	0,015465	0,021516	0.3	264,1	-0.995	-0,103	0,006	0,995	0,087	0,056	0	25. Apr.	6	18:27	18:33							
14-03-14 18:09:00	0,008631	541,0806	1	0,511937	0,015711	0,023038	0.2	264,3	-0.995	-0,1	0,003	0,995	0,085	0,053	0	26. Apr.	6	18:29	18:35							
14-03-14 18:10:00	0,008799	538,6194	1	0,522433	0,01596	0,02339	0	264,5	-0.995	-0,096	0	0,995	0,083	0,049	0	27. Apr.	7	18:28	18:35							
14-03-15 18:08:00	0,007975	547,7088	1	0,488452	0,015174	0,018605	0.6	264,3	-0.995	-0,099	0,011	0,995	0,08	0,059	0	28. Apr.	7	18:28	18:36							
14-03-15 18:09:00	0,008433	545,2743	1	0,49847	0,015416	0,022611	0.5	264,5	-0.995	-0,096	0,009	0,995	0,079	0,055	0	29. Apr.	8	18:30	18:39							
14-03-15 18:10:00	0,008675	542,8352	1	0,508695	0,015662	0,023842	0.1	264,7	-0.996	-0,092	0,006	0,996	0,077	0,051	0	30. Apr.	8	18:30	18:40							
14-03-15 18:11:00	0,008843	540,3915	1	0,519133	0,015911	0,024177	0.2	264,9	-0.996	-0,089	0,004	0,996	0,075	0,047	0	1. Mai	8	18:31	18:41							
14-03-15 18:12:00	0,008955	537,9432	1	0,529788	0,016164	0,023867	0.1	265,1	-0.996	-0,085	0,001	0,996	0,073	0,044	0	2. Mai	8	18:32	18:42							
14-03-16 18:07:00	0,006757	554,2138	1	0,475574	0,014949	0,002752	1	264,5	-0.995	-0,095	0,017	0,995	0,074	0,062	0	3. Mai	7	18:33	18:42							
14-03-16 18:08:00	0,008159	551,8058	1	0,485333	0,01519	0,020793	0.8	264,7	-0.996	-0,092	0,014	0,996	0,072	0,058	0	4. Mai	6	18:34	18:43							
14-03-16 18:09:00	0,008528	549,3931	1	0,495294	0,015434	0,023609	0.7	264,9	-0.996	-0,088	0,012	0,996	0,071	0,054	0	5. Mai	2	18:38	18:39							
14-03-16 18:10:00	0,008755	546,9759	1	0,505461	0,015681	0,024621	0.3	265,1	-0.996	-0,085	0,009	0,996	0,069	0,05	0	6. Mai	2	18:38	18:39							
14-03-16 18:11:00	0,008914	544,5541	1	0,51584	0,015932	0,024834	0.4	265,3	-0.997	-0,081	0,007	0,997	0,067	0,046	0	7. Aug.	2	18:48	18:49							
14-03-16 18:12:00	0,009026	542,1278	1	0,526434	0,016187	0,024506	0.2	265,5	-0.997	-0,078	0,004	0,997	0,065	0,042	0	8. Aug.	6	18:44	18:52							
14-03-16 18:13:00	0,009103	539,6969	1	0,537248	0,016445	0,023783	0.1	265,7	-0.997	-0,074	0,002	0,997	0,063	0,038	0	9. Aug.	6	18:43	18:52							
14-03-17 18:08:00	0,00729	555,8308	1	0,472522	0,014897	0,011253	1.1	265	-0.996	-0,088	0,02	0,996	0,066	0,061	0	10. Aug.	6	18:42	18:51							
14-03-17 18:09:00	0,00826	553,4397	1	0,482225	0,015137	0,022366	1	265,2	-0.996	-0,084	0,017	0,996	0,064	0,057	0	11. Aug.	8	18:39	18:49							
14-03-17 18:10:00	0,008578	551,044	1	0,492128	0,015381	0,02452	0.9	265,4	-0.997	-0,081	0,015	0,997	0,062	0,053	0	12. Aug.	9	18:39	18:49							
14-03-17 18:11:00	0,008716	548,6439	1	0,502238	0,015629	0,024517	0.7	265,6	-0.997	-0,077	0,012	0,997	0,061	0,049	0	13. Aug.	8	18:38	18:48							
14-03-17 18:12:00	0,008942	546,2391	1	0,512557	0,01588	0,025465	0.6	265,8	-0.997	-0,074	0,01	0,997	0,059	0,045	0	14. Aug.	8	18:37	18:46							
14-03-17 18:13:00	0,009007	543,8299	1	0,523089	0,016135	0,024609	0.4	266	-0.998	-0,07	0,007	0,998	0,057	0,041	0	15. Aug.	7	18:37	18:45							
14-03-17 18:14:00	0,009115	541,4162	1	0,533841	0,016399	0,024218	0.3	266,2	-0.998	-0,067	0,005	0,998	0,055	0,037	0	16. Aug.	7	18:35	18:43							
14-03-17 18:15:00	0,009174	538,998	1	0,544815	0,016656	0,023297	0.1	266,4	-0.998	-0,063	0,002	0,998	0,053	0,033	0	17. Aug.	6	18:34	18:40							
14-03-18 18:09:00	0,007735	559,731	1	0,469485	0,014905	0,017323	1.3	265,4	-0.997	-0,08	0,023	0,997	0,058	0,06	0	18. Aug.	5	18:33	18:38							
14-03-18 18:10:00	0,008367	557,3679	1	0,479131	0,015147	0,023577	1.2	265,5	-0.997	-0,077	0,021	0,997	0,056	0,056	0	19. Aug.	5	18:32	18:36							
14-03-18 18:11:00	0,008658	555,0002	1	0,488977	0,015392	0,025356	1	265,8	-0.997	-0,073	0,018	0,997	0,054	0,052	0	20. Aug.	2	18:33	18:34							
14-03-18 18:12:00	0,008859	552,628	1	0,499027	0,015642	0,026028	0.9	266	-0.997	-0,069	0,016	0,997	0,052	0,048	0	21. Aug.	2	18:30	18:31							
14-03-18 18:13:00	0,009007	550,2513	1	0,509786	0,015894	0,026078	0.7	266,2	-0.998	-0,066	0,013	0,998	0,051	0,044	0											
14-03-18 18:14:00	0,009114	547,8702	1	0,519757	0,016151	0,025666	0.6	266,4	-0.998	-0,062	0,01	0,998	0,049	0,04	0											
14-03-18 18:15:00	0,009196	545,4846	1	0,530445	0,016411	0,024986	0.5	266,6	-0.998	-0,059	0,008	0,998	0,047	0,036	0											
14-03-18 18:16:00	0,009243	543,0946	1	0,541355	0,016676	0,023917	0.3	266,8	-0.998	-0,055	0,005	0,998	0,045	0,032	0											
14-03-18 18:17:00	0,008903	540,7001	1	0,552491	0,016944	0,018585	0.2	267	-0.999	-0,052	0,003	0,999	0,044	0,028	0											
14-03-18 18:18:00	0,009232	538,3013	1	0,563857	0,017215	0,020632	0	267,2	-0.999	-0,048	0	0,999	0,042	0,024	0											
14-03-18 18:19:00	0,007988	563,6086	1	0,466466	0,014911	0,020527	1.5	265,8	-0.997	-0,072	0,026	0,997	0,05	0,059	0											
14-03-18 18:20:00	0,008465	561,2663	1	0,476055	0,015155	0,024676	1.4	266	-0.997	-0,069	0,024	0,997	0,048	0,055	0											
14-03-19 18:11:00	0,008733	558,9194	1	0,485843	0,015402	0,026141	1.2	266,3	-0.998	-0,065	0,021	0,998	0,046	0,051	0											
14-03-19 18:12:00	0,008927	556,5681	1	0,495834	0,015652	0,026702	1.1	266,5	-0.998	-0,062	0,019	0,998	0,044	0,047	0											
14-03-19 18:13:00	0,009069	554,2123	1	0,506031	0,015907	0,026675	0.9	266,7	-0.998	-0,058	0,016	0,998	0,042	0,043	0											
14-03-19 18:14:00	0,00918	551,8521	1	0,51644	0,016165	0,026287	0.8	266,9	-0.998	-0,055	0,014	0,998	0,041	0,039	0											
14-03-19 18:15:00	0,00926	549,4875	1	0,527065	0,016426	0,025567	0.6	267,1	-0.999	-0,051	0,011	0,999	0,039	0,035	0											
14-03-19 18:16:00	0,008736	547,1184	1	0,53791	0,016692	0,018174	0.5	267,3	-0.999	-0,048	0,008	0,999	0,037	0,031	0											
14-03-19 18:17:00	0,008693	544,745	1	0,548979	0,016962	0,016042	0.3	267,5	-0.999	-0,044	0,006	0,999	0,035	0,027	0											
14-03-19 18:18:00	0,009324	542,3671	1	0,560277	0,017235	0,02151	0.2	267,7	-0.999	-0,041	0,003	0,999	0,034	0,023	0											
14-03-19 18:19:00	0,009272	539,985	1	0,571809	0,017513	0,019344	0	267,9	-0.999	-0,037	0,001	0,999	0,032	0,019	0											
14-03-20 18:09:00	0,006744	567,4214	1	0,454128	0,014615	0,004996	1.8	266,1	-0.997	-0,068	0,032	0,997	0,043	0,062	0											

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 5:
152 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
81 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk
71 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk
9 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 2187 Einträgen /-1672):
1.: Zeitraum ab 05:45 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)



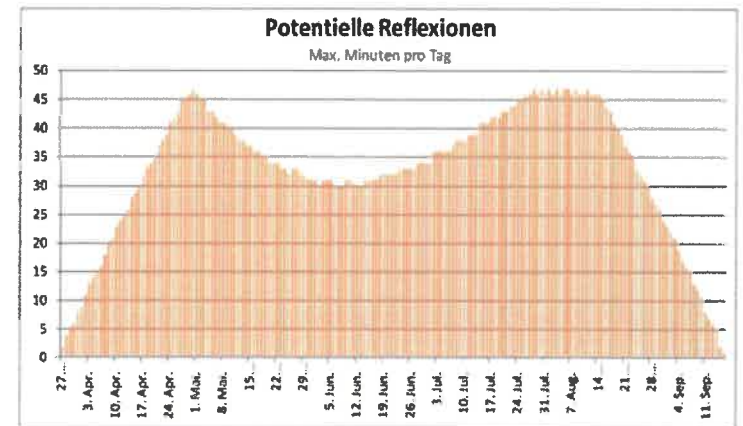
	Cornel Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subsanded Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Se
1-02-10 07:59:00	0,004354	541,7356	1	0,302706	0,009301	0,006547	0,1	116,2	0,896	-0,441	0,002	-0,898	0,381	0,222	
1-02-11 07:57:00	0,004764	541,588	1	0,30706	0,009432	0,014537	0,1	115,6	0,902	-0,432	0,002	-0,902	0,373	0,217	
1-02-11 07:58:00	0,004482	544,6413	1	0,301432	0,009312	0,009519	0,2	115,8	0,9	-0,435	0,004	-0,9	0,375	0,221	
1-02-11 07:59:00	0,004118	547,6874	1	0,295914	0,009192	0,001794	0,4	116	0,899	-0,438	0,006	-0,899	0,376	0,225	
1-02-12 07:55:00	0,0051	541,4818	1	0,311457	0,009565	0,020046	0,1	115	0,906	-0,423	0,002	-0,906	0,365	0,213	
1-02-12 07:56:00	0,004858	544,5133	1	0,305722	0,009442	0,016448	0,2	115,2	0,905	-0,426	0,004	-0,905	0,367	0,216	
1-02-12 07:57:00	0,004593	547,5377	1	0,300101	0,00932	0,011985	0,4	115,4	0,903	-0,429	0,006	-0,903	0,368	0,22	
1-02-12 07:58:00	0,004273	550,555	1	0,29459	0,009199	0,005705	0,5	115,6	0,902	-0,437	0,009	-0,902	0,37	0,224	
1-02-13 07:53:00	0,005402	541,4158	1	0,315806	0,009701	0,024374	0,1	114,4	0,911	-0,413	0,002	-0,911	0,357	0,208	
1-02-13 07:54:00	0,005182	544,4258	1	0,310056	0,009574	0,021553	0,2	114,6	0,909	-0,417	0,004	-0,909	0,359	0,212	
1-02-13 07:55:00	0,004946	547,4287	1	0,30433	0,009449	0,018201	0,4	114,8	0,908	-0,42	0,006	-0,908	0,36	0,215	
1-02-13 07:56:00	0,004692	550,4247	1	0,298717	0,009326	0,014143	0,5	115	0,906	-0,423	0,009	-0,906	0,362	0,219	
1-02-13 07:57:00	0,004401	553,4136	1	0,293214	0,009204	0,008808	0,8	115,2	0,905	-0,426	0,011	-0,905	0,364	0,223	
1-02-14 07:51:00	0,005681	541,389	1	0,320386	0,009838	0,0279	0,1	113,8	0,915	-0,404	0,002	-0,915	0,349	0,204	
1-02-14 07:52:00	0,005475	544,3777	1	0,314436	0,009709	0,025615	0,2	114	0,913	-0,407	0,004	-0,913	0,351	0,207	
1-02-14 07:53:00	0,005259	547,3594	1	0,308603	0,009581	0,022961	0,4	114,2	0,912	-0,411	0,007	-0,912	0,352	0,211	
1-02-14 07:54:00	0,00503	550,3342	1	0,302886	0,009454	0,019828	0,5	114,4	0,91	-0,414	0,009	-0,91	0,354	0,215	
1-02-14 07:55:00	0,004783	553,3021	1	0,297782	0,009329	0,016087	0,6	114,6	0,909	-0,417	0,011	-0,909	0,356	0,218	
1-02-14 07:56:00	0,004511	556,2629	1	0,291789	0,009206	0,01139	0,8	114,9	0,907	-0,42	0,013	-0,907	0,357	0,222	
1-02-14 07:57:00	0,004176	559,2167	1	0,286403	0,009084	0,004592	0,9	115,1	0,906	-0,423	0,016	-0,906	0,359	0,225	
1-02-15 07:49:00	0,005942	541,4005	1	0,324922	0,009977	0,030841	0,1	113,2	0,919	-0,395	0,002	-0,919	0,341	0,199	
1-02-15 07:50:00	0,005748	544,368	1	0,318862	0,009845	0,028963	0,2	113,4	0,917	-0,398	0,004	-0,917	0,342	0,203	
1-02-15 07:51:00	0,005546	547,3287	1	0,312922	0,009714	0,026798	0,4	113,7	0,916	-0,401	0,007	-0,916	0,344	0,206	
1-02-15 07:52:00	0,005333	550,2826	1	0,3071	0,009585	0,024291	0,5	113,9	0,915	-0,404	0,009	-0,915	0,346	0,21	
1-02-15 07:53:00	0,005108	553,2296	1	0,301394	0,009457	0,021351	0,6	114,1	0,913	-0,408	0,011	-0,913	0,347	0,214	
1-02-15 07:54:00	0,004869	556,1697	1	0,2958	0,009331	0,017867	0,8	114,3	0,912	-0,411	0,014	-0,912	0,349	0,217	
1-02-15 07:55:00	0,004608	559,1029	1	0,290317	0,009206	0,013614	0,9	114,5	0,91	-0,414	0,016	-0,91	0,351	0,221	
1-02-15 07:56:00	0,004305	562,029	1	0,284942	0,009083	0,00787	1	114,7	0,909	-0,417	0,018	-0,909	0,352	0,225	
1-02-16 07:47:00	0,006186	541,4489	1	0,329508	0,010119	0,033326	0,1	112,7	0,923	-0,385	0,002	-0,923	0,333	0,194	
1-02-16 07:48:00	0,006003	544,3956	1	0,323337	0,009984	0,031764	0,2	112,9	0,921	-0,388	0,004	-0,921	0,334	0,198	
1-02-16 07:49:00	0,005812	547,3355	1	0,317289	0,00985	0,029977	0,4	113,1	0,92	-0,392	0,007	-0,92	0,336	0,202	
1-02-16 07:50:00	0,005612	550,2686	1	0,311361	0,009718	0,027922	0,5	113,3	0,919	-0,395	0,009	-0,919	0,337	0,205	
1-02-16 07:51:00	0,005403	553,195	1	0,305551	0,009587	0,025552	0,7	113,5	0,917	-0,398	0,012	-0,917	0,339	0,209	
1-02-16 07:52:00	0,005183	556,1146	1	0,299856	0,009458	0,022789	0,8	113,7	0,916	-0,401	0,014	-0,916	0,341	0,213	
1-02-16 07:53:00	0,004948	559,0273	1	0,294273	0,009331	0,019518	0,9	113,9	0,914	-0,405	0,016	-0,914	0,342	0,216	
1-02-16 07:54:00	0,004697	561,9332	1	0,288802	0,009205	0,015607	1,1	114,1	0,913	-0,408	0,019	-0,913	0,344	0,22	
1-02-16 07:55:00	0,004417	564,8321	1	0,283439	0,00908	0,010618	1,2	114,3	0,911	-0,411	0,021	-0,911	0,346	0,224	
1-02-16 07:56:00	0,004062	567,7241	1	0,278181	0,008958	0,008124	1,3	114,5	0,91	-0,414	0,023	-0,91	0,347	0,227	
1-02-17 07:45:00	0,006419	541,5334	1	0,334145	0,010263	0,03546	0,1	112,1	0,927	-0,376	0,002	-0,927	0,324	0,19	
1-02-17 07:46:00	0,006243	544,4593	1	0,327862	0,010125	0,034141	0,2	112,3	0,925	-0,379	0,005	-0,925	0,326	0,193	
1-02-17 07:47:00	0,006062	547,3786	1	0,321705	0,009988	0,032648	0,4	112,5	0,924	-0,382	0,007	-0,924	0,327	0,197	
1-02-17 07:48:00	0,005873	550,2913	1	0,31567	0,009853	0,030947	0,5	112,7	0,923	-0,385	0,009	-0,923	0,329	0,201	
1-02-17 07:49:00	0,005675	553,1972	1	0,309755	0,009719	0,028993	0,7	112,9	0,921	-0,389	0,012	-0,921	0,331	0,205	
1-02-17 07:50:00	0,00547	556,0965	1	0,303957	0,009587	0,026747	0,8	113,1	0,92	-0,392	0,014	-0,92	0,332	0,208	
1-02-17 07:51:00	0,005254	558,989	1	0,298275	0,009457	0,024141	0,9	113,3	0,918	-0,395	0,016	-0,918	0,334	0,212	
1-02-17 07:52:00	0,005024	561,8747	1	0,292705	0,009328	0,021074	1,1	113,5	0,917	-0,398	0,019	-0,917	0,336	0,215	
1-02-17 07:53:00	0,00478	564,7536	1	0,287246	0,009201	0,01743	1,2	113,7	0,916	-0,402	0,021	-0,916	0,337	0,219	
1-02-17 07:54:00	0,004513	567,6256	1	0,281896	0,009076	0,012939	1,3	113,9	0,914	-0,405	0,023	-0,914	0,339	0,223	
1-02-17 07:55:00	0,004196	570,4908	1	0,276651	0,008952	0,006686	1,5	114,1	0,913	-0,408	0,026	-0,913	0,341	0,226	

Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende
27. Mrz.	2	07:08	07:09
28. Mrz.	4	07:05	07:08
29. Mrz.	5	07:02	07:06
30. Mrz.	6	07:00	07:05
31. Mrz.	8	06:58	07:05
1. Apr.	9	06:55	07:03
2. Apr.	11	06:52	07:02
3. Apr.	13	06:50	07:02
4. Apr.	14	06:47	07:00
5. Apr.	15	06:45	06:59
6. Apr.	16	06:43	06:58
7. Apr.	18	06:40	06:57
8. Apr.	20	06:37	06:56
9. Apr.	21	06:35	06:55
10. Apr.	23	06:32	06:54
11. Apr.	24	06:30	06:53
12. Apr.	25	06:28	06:52
13. Apr.	26	06:26	06:51
14. Apr.	28	06:23	06:50
15. Apr.	29	06:21	06:49
16. Apr.	30	06:19	06:48
17. Apr.	32	06:17	06:48
18. Apr.	33	06:14	06:46
19. Apr.	34	06:12	06:45
20. Apr.	35	06:10	06:44
21. Apr.	37	06:08	06:44
22. Apr.	38	06:05	06:42
23. Apr.	39	06:03	06:41
24. Apr.	41	06:01	06:41
25. Apr.	42	05:59	06:40
26. Apr.	43	05:57	06:39
27. Apr.	45	05:54	06:38
28. Apr.	45	05:53	06:37
29. Apr.	46	05:51	06:36
30. Apr.	47	05:50	06:36
1. Mai.	46	05:50	06:35
2. Mai.	45	05:50	06:34
3. Mai.	45	05:50	06:34
4. Mai.	43	05:50	06:32
5. Mai.	43	05:50	06:32
6. Mai.	42	05:50	06:31
7. Mai.	41	05:50	06:30
8. Mai.	41	05:50	06:30
9. Mai.	40	05:50	06:29
10. Mai.	40	05:50	06:29
11. Mai.	39	05:50	06:28
12. Mai.	38	05:50	06:27
13. Mai.	38	05:50	06:27
14. Mai.	37	05:50	06:26

Minuten	Minuten im	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1
Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	Zeitraum	
29. März	14. September	47	5703	05:50 07:06

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 1:
5703 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
3656 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk
2047 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk
47 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 14510 Einträgen /-4693):
1.: Zeitraum ab 05:50 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)



	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	Se	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 3
1-03-09 06:58:00	0,007339	541,26	1	0,477455	0,014658	0,01364	0	98,9	0,988	-0,155	0	-0,988	0,134	0,078	17. Apr.	1	06:17	06:17	20. April	23. August	19	1669	05:45	06:19		
1-03-09 06:59:00	0,006446	543,7979	1	0,467929	0,014432	0,001445	0,2	99,1	0,987	-0,158	0,003	-0,987	0,136	0,082	18. Apr.	2	06:14	06:15								
1-03-10 06:56:00	0,008122	541,8796	1	0,484157	0,01488	0,022388	0	98,3	0,99	-0,144	0,001	-0,99	0,124	0,073	19. Apr.	4	06:12	06:15								
1-03-10 06:57:00	0,007519	544,4011	1	0,474482	0,014651	0,01619	0,2	98,5	0,989	-0,148	0,003	-0,989	0,126	0,077	20. Apr.	5	06:10	06:14								
1-03-10 06:58:00	0,006746	546,9176	1	0,465004	0,014425	0,006446	0,3	98,7	0,989	-0,151	0,006	-0,989	0,128	0,081	21. Apr.	7	06:08	06:14								
1-03-11 06:54:00	0,008758	542,5095	1	0,490955	0,015107	0,028293	0,1	97,6	0,991	-0,133	0,001	-0,991	0,115	0,068	22. Apr.	8	06:05	06:12								
1-03-11 06:55:00	0,008274	545,0147	1	0,481129	0,014873	0,02427	0,2	97,8	0,991	-0,137	0,004	-0,991	0,116	0,072	23. Apr.	9	06:03	06:11								
1-03-11 06:56:00	0,007691	547,515	1	0,471504	0,014642	0,018546	0,4	98,1	0,99	-0,14	0,006	-0,99	0,118	0,076	24. Apr.	11	06:01	06:11								
1-03-11 06:57:00	0,006976	550,0105	1	0,462075	0,014415	0,010086	0,5	98,3	0,99	-0,144	0,009	-0,99	0,12	0,079	25. Apr.	12	05:59	06:10								
1-03-12 06:51:00	0,009178	540,6547	1	0,497849	0,015267	0,031757	0,1	97	0,993	-0,122	0,002	-0,993	0,105	0,063	26. Apr.	13	05:57	06:09								
1-03-12 06:52:00	0,008846	543,1486	1	0,487872	0,01503	0,029744	0,3	97,2	0,992	-0,126	0,004	-0,992	0,107	0,067	27. Apr.	15	05:54	06:08								
1-03-12 06:53:00	0,008383	545,6377	1	0,478099	0,014796	0,026059	0,4	97,4	0,992	-0,129	0,007	-0,992	0,108	0,071	28. Apr.	15	05:53	06:07								
1-03-12 06:54:00	0,007821	548,122	1	0,468525	0,014566	0,020758	0,5	97,6	0,991	-0,133	0,009	-0,991	0,11	0,074	29. Apr.	17	05:51	06:07								
1-03-12 06:55:00	0,007148	550,6015	1	0,459145	0,014339	0,01318	0,7	97,8	0,991	-0,136	0,012	-0,991	0,112	0,078	30. Apr.	18	05:49	06:06								
1-03-13 06:49:00	0,009216	541,3179	1	0,504843	0,0155	0,030711	0,1	96,4	0,994	-0,111	0,002	-0,994	0,095	0,058	1. Mai	19	05:48	06:06								
1-03-13 06:50:00	0,009257	543,7999	1	0,494713	0,015258	0,032614	0,3	96,6	0,993	-0,114	0,005	-0,993	0,097	0,062	2. Mai	18	05:48	06:05								
1-03-13 06:51:00	0,008967	546,2691	1	0,48479	0,01502	0,03109	0,4	96,8	0,993	-0,118	0,007	-0,993	0,098	0,065	3. Mai	18	05:47	06:04								
1-03-13 06:52:00	0,008525	548,7375	1	0,475069	0,014786	0,027758	0,6	97	0,993	-0,122	0,01	-0,993	0,1	0,069	4. Mai	19	05:46	06:04								
1-03-13 06:53:00	0,007981	551,2012	1	0,465546	0,014554	0,022848	0,7	97,2	0,992	-0,125	0,013	-0,992	0,102	0,073	5. Mai	18	05:45	06:02								
1-03-13 06:54:00	0,007336	553,66	1	0,456217	0,014326	0,015955	0,9	97,4	0,992	-0,129	0,015	-0,992	0,104	0,077	6. Mai	18	05:45	06:02								
1-03-13 06:55:00	0,00648	556,1141	1	0,447078	0,014102	0,004555	1	97,6	0,991	-0,132	0,018	-0,991	0,106	0,081	7. Mai	17	05:45	06:01								
1-03-14 06:46:00	0,009932	541,9831	2	0,522433	0,01606	0,034409	0	95,5	0,995	-0,096	0	-0,995	0,083	0,049	8. Mai	17	05:45	06:01								
1-03-14 06:47:00	0,009722	544,4381	2	0,511937	0,015808	0,03389	0,1	95,7	0,995	-0,1	0,003	-0,995	0,085	0,053	9. Mai	16	05:45	06:00								
1-03-14 06:48:00	0,009372	546,8884	1	0,501654	0,015561	0,031934	0,3	95,9	0,995	-0,103	0,006	-0,995	0,087	0,056	10. Mai	16	05:45	06:00								
1-03-14 06:49:00	0,009355	549,334	2	0,49158	0,015316	0,033253	0,5	96,1	0,994	-0,107	0,008	-0,994	0,089	0,06	11. Mai	15	05:45	05:59								
1-03-14 06:50:00	0,009118	551,7749	1	0,481711	0,015075	0,032323	0,6	96,3	0,994	-0,11	0,011	-0,994	0,09	0,064	12. Mai	15	05:45	05:59								
1-03-14 06:51:00	0,008699	554,2111	1	0,472043	0,014838	0,029363	0,8	96,5	0,993	-0,114	0,013	-0,993	0,092	0,068	13. Mai	14	05:45	05:58								
1-03-14 06:52:00	0,00817	556,6426	1	0,462572	0,014604	0,024827	0,9	96,7	0,993	-0,117	0,016	-0,993	0,094	0,072	14. Mai	14	05:45	05:58								
1-03-14 06:53:00	0,007545	559,0693	1	0,453294	0,014374	0,018482	1	96,9	0,992	-0,121	0,018	-0,992	0,096	0,076	15. Mai	13	05:45	05:57								
1-03-14 06:54:00	0,006771	561,4913	1	0,444205	0,014146	0,008923	1,2	97,2	0,992	-0,124	0,021	-0,992	0,097	0,08	16. Mai	13	05:45	05:57								
1-03-15 06:44:00	0,010142	542,6571	2	0,529788	0,016306	0,034942	0,1	94,9	0,996	-0,085	0,001	-0,996	0,073	0,044	17. Mai	12	05:45	05:56								
1-03-15 06:45:00	0,010023	545,0966	2	0,519133	0,01605	0,035316	0,2	95,1	0,996	-0,089	0,004	-0,996	0,075	0,047	18. Mai	12	05:45	05:56								
1-03-15 06:46:00	0,009827	547,5314	2	0,508695	0,015798	0,034956	0,3	95,3	0,996	-0,092	0,006	-0,996	0,077	0,051	19. Mai	11	05:45	05:55								
1-03-15 06:47:00	0,009511	549,9616	2	0,49847	0,015549	0,033388	0,5	95,5	0,995	-0,096	0,009	-0,995	0,079	0,055	20. Mai	11	05:45	05:55								
1-03-15 06:48:00	0,009383	552,3871	2	0,488452	0,015303	0,033607	0,6	95,7	0,995	-0,099	0,011	-0,995	0,08	0,059	21. Mai	11	05:45	05:55								
1-03-15 06:49:00	0,009217	554,808	2	0,478638	0,015062	0,033425	0,8	95,9	0,995	-0,103	0,014	-0,995	0,082	0,063	22. Mai	10	05:45	05:54								
1-03-15 06:50:00	0,008829	557,2242	1	0,469024	0,014823	0,030871	0,9	96,1	0,994	-0,106	0,016	-0,994	0,084	0,067	23. Mai	10	05:45	05:54								
1-03-15 06:51:00	0,00832	559,6357	1	0,459606	0,014589	0,026699	1,1	96,3	0,994	-0,11	0,019	-0,994	0,086	0,071	24. Mai	9	05:45	05:53								
1-03-15 06:52:00	0,007715	562,0424	1	0,450379	0,014357	0,020834	1,2	96,5	0,993	-0,113	0,021	-0,993	0,088	0,075	25. Mai	9	05:45	05:53								
1-03-15 06:53:00	0,006989	564,4445	1	0,44134	0,014129	0,012384	1,4	96,7	0,993	-0,117	0,024	-0,993	0,089	0,079	26. Mai	10	05:45	05:54								
1-03-16 06:41:00	0,010737	540,9074	2	0,537248	0,016482	0,034811	0,1	94,3	0,997	-0,074	0,002	-0,997	0,063	0,038	27. Mai	9	05:45	05:53								
1-03-16 06:42:00	0,01018	543,336	2	0,526434	0,016223	0,035761	0,2	94,5	0,997	-0,078	0,004	-0,997	0,065	0,042	28. Mai	9	05:45	05:53								
1-03-16 06:43:00	0,010062	545,7601	2	0,51584	0,015968	0,036																				

Potentielle Reflexionen

Max. Minuten pro Tag

