

Blendgutachten Solarpark Irchenrieth

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage
in der Nähe von Irchenrieth in der Oberpfalz (Bayern)**

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

FON: +49 (0)40 79 69 59 36
FAX: +49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
<http://www.solpeg.de>

Inhalt

1	Auftrag	3
1.1	Beauftragung.....	3
1.2	Hintergrund und Auftragsumfang.....	3
2	Systembeschreibung.....	4
2.1	Standort Übersicht	4
2.2	Umliegende Gebäude.....	6
3	Ermittlung der potentiellen Blendwirkung	7
3.1	Rechtliche Hinweise	7
3.2	Blendwirkung von PV Modulen.....	7
3.3	Berechnung der Blendwirkung	9
3.4	Technische Parameter der PV Anlage	10
3.5	Standorte für die Analyse	11
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	12
4	Ergebnisse	15
4.1	Ergebnisübersicht	15
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P1, Bundesstraße B22 westlich	16
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P2, Bundesstraße B22 westlich.....	17
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P3, Verbindungsstraße nach Bechtsrieth	18
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude südlich	22
4.6	Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude westlich.....	22
5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	23
5.1	Zusammenfassung	23
5.2	Beurteilung der Ergebnisse	23
6	Schlussbemerkung	23
7	Anhang.....	23

SolPEG Blendgutachten

Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Irchenrieth

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Die SolPEG GmbH ist durch die BR Energie GmbH & Co. KG beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlage „Irchenrieth“ 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. 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 „Irchenrieth“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer der B22 und Anwohner der umliegenden Gebäude.

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

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

Einzelne Aspekte der Licht-Leitlinie werden an entsprechender Stelle 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.cost-lonne.eu/wp-content/uploads/2015/11/LAI_RL_Licht_09_2012.pdf

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Fläche des Solarparks befindet sich ca. 1 km nördlich der Ortschaft Irchenrieth und ca. 7 km süd-östlich von Weiden in der Oberpfalz (Bayern). Westlich der Fläche verläuft die Straße B22. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Fläche ca. 1 km nördlich der Ortschaft Irchenrieth in der Oberpfalz (Bayern). Die Fläche ist leicht abfallend nach Süden.
Koordinaten (Mitte)	49.632°N, 12.223°O 452 m ü.N.N.
Abstand zu umliegenden Straßen	ca. 150 m – 300 m (Bundesstraße)
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 190 m (kleinste Entfernung)

Übersicht über den Standort und die PV Anlage (schematisch)



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

Detailansicht der PV Anlage und Umgebung



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



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 die PV Anlage und umliegende Gebäude. Aufgrund der Lage und der Entfernung sind Beeinträchtigungen durch Reflexionen kaum wahrscheinlich, die Standorte werden dennoch untersucht. Andere Gebäude in der weiteren Umgebung sind aufgrund der Lage, des Einfallswinkels und der Entfernung nicht von Reflexionen durch die PV Anlage betroffen und werden nur auf Anforderung weiter analysiert.

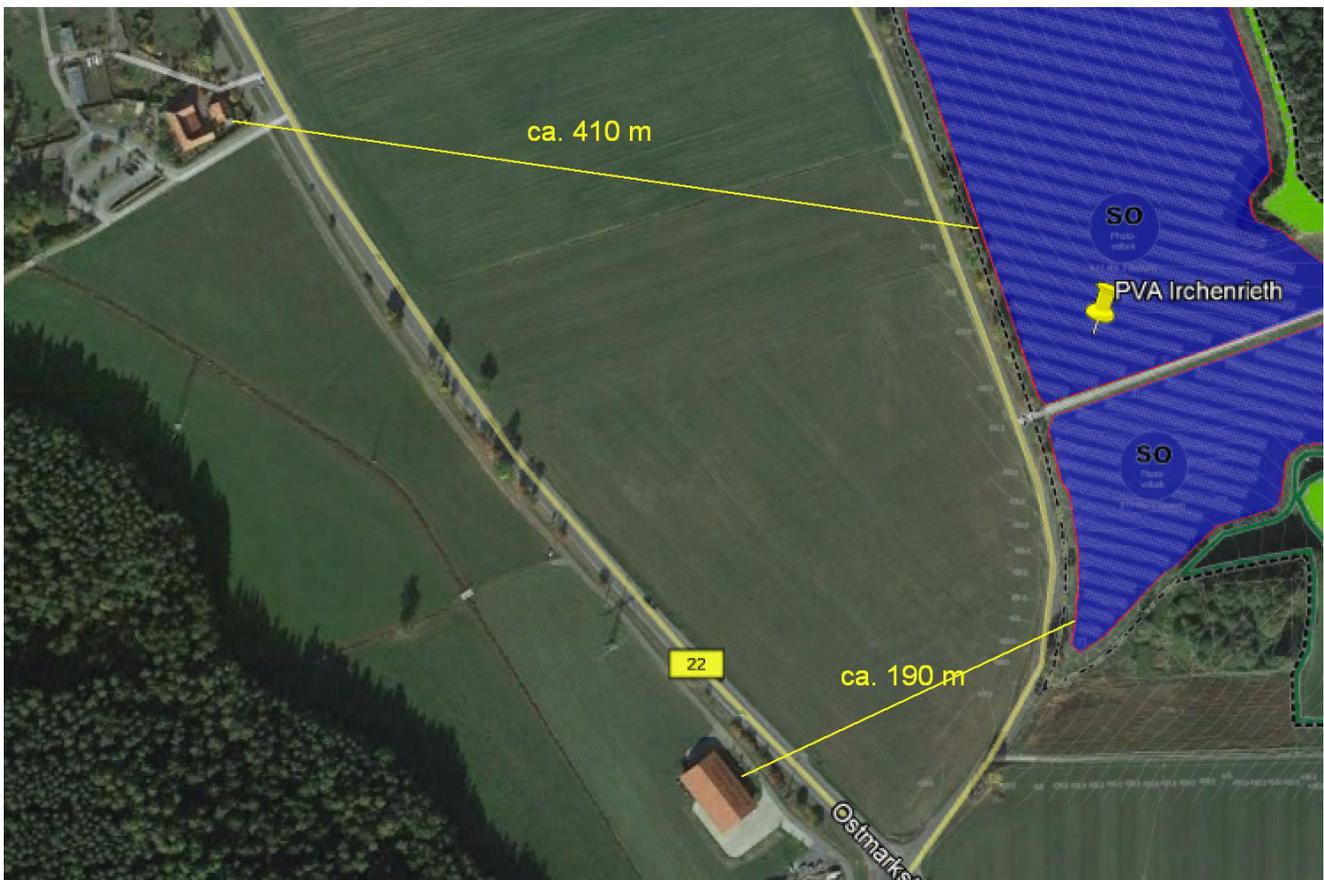


Bild 2.2.1: PV Anlage und Umgebung (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

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

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:

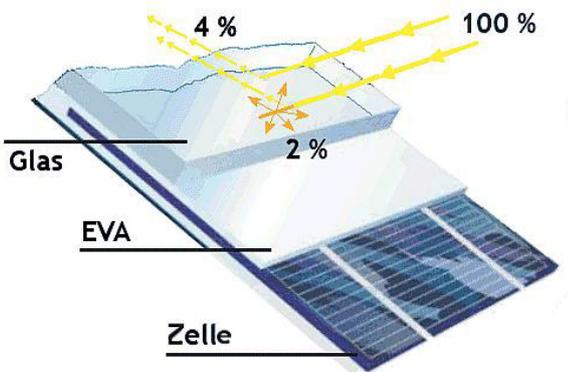


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: Internet/SolPEG)

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)

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Das Modul rechts im Bild entspricht den aktuell marktüblichen PV Modulen wie auch im Bild 3.2.2 dargestellt. Durch die strukturierte Oberfläche wird das Sonnenlicht diffus mit einer stärkeren Streuung reflektiert und die Leuchtdichte 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

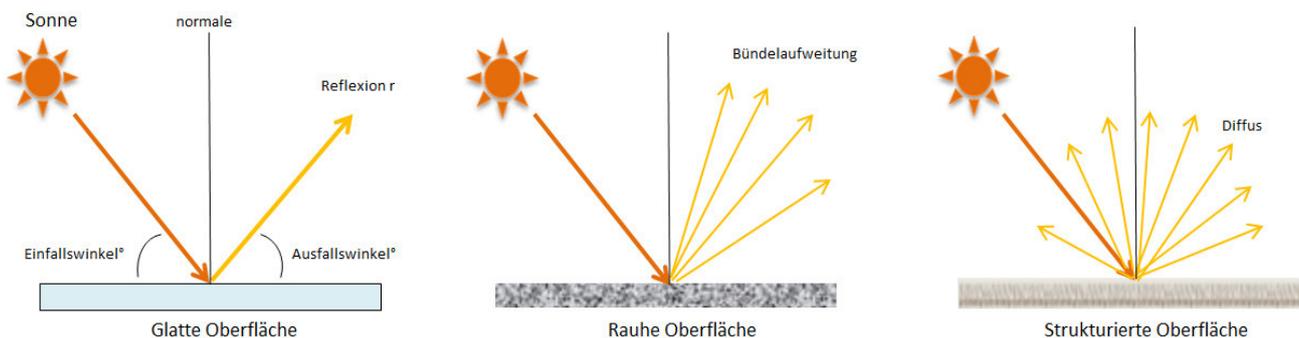


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers Jinko Solar mit Anti-Reflexions-Eigenschaften zum Einsatz kommen. Die Simulationsparameter werden entsprechend eingestellt. Es können aber auch Module eines anderen Herstellers mit ähnlichen Reflexionseigenschaften 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	2274×1134×35mm (89.53×44.65×1.38 inch)
Weight	28.9 kg (63.7 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy

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 FAA² zur Beurteilung der Blendwirkung für den Flugverkehr.

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

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

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

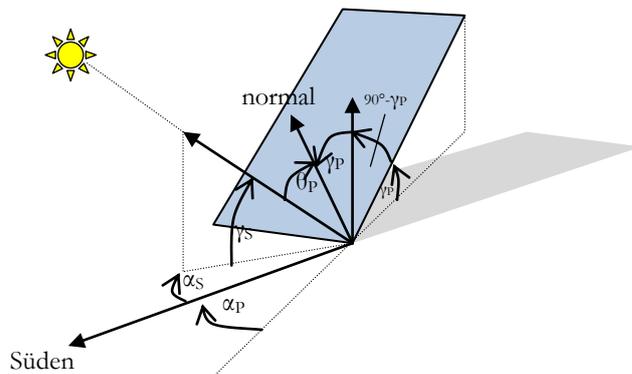


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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

Die Simulation von Reflexionen geht zu jedem Zeitpunkt von einem klaren Himmel und direkter Sonneneinstrahlung aus, daher wird im Ergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung angegeben. Dies entspricht nur selten den realen Umgebungsbedingungen und auch Informationen über möglichen Sichtschutz durch Bäume, Gebäude oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden. Auch Wettereinflüsse wie z.B. Frühnebel/Dunst oder lokale Besonderheiten der Wetterbedingungen können nicht berechnet werden. Die Entfernung zur Blendquelle fließt in die Berechnung ein, jedoch sind sich die Experten uneinig ab welcher Entfernung eine Blendwirkung durch PV Anlagen zu vernachlässigen ist. In der Licht-Leitlinie³ wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories⁴, New Mexico überprüft.

² 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 Licht-Leitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.

⁴ Webseite der Sandia National Laboratories: <http://www.sandia.gov>

3.4 Technische Parameter der PV Anlage

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

Die folgende Skizze verdeutlicht die Konstruktion der Modulinstallation.

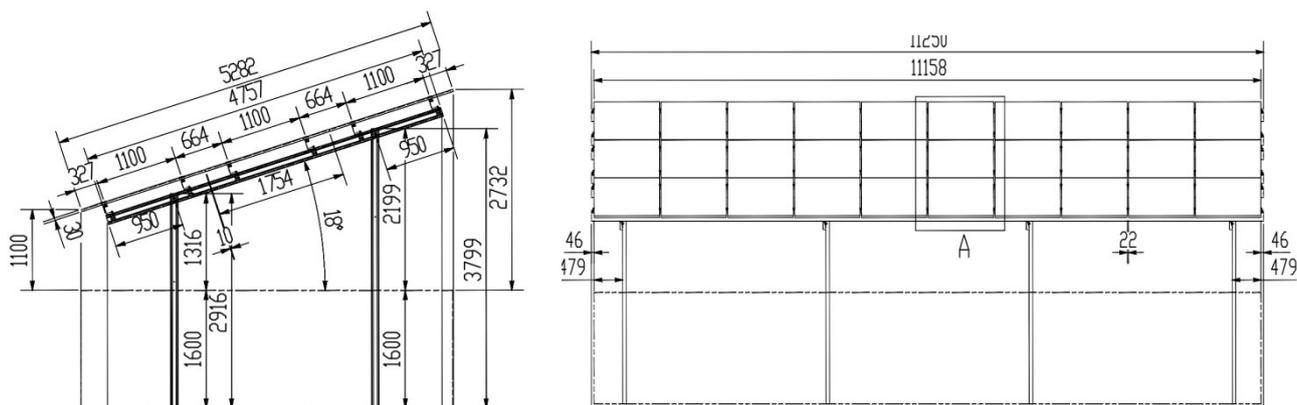


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Planungsunterlagen)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul Hersteller / Typ	Jinko Solar, Monokristallin
Moduloberfläche	Hochtransparentes Anti-Reflexions-Glas
Unterkonstruktion	Modultische mit fester Neigung
Modulinstallation	3 Module hochkant übereinander
Achsen-Ausrichtung (Azimut)	180° (Süden)
Modulneigung	18°
Höhe der Modulfläche über Boden	ca. 1,10 m bis ca. 2,73 m
Mittlere Höhe der Modulfläche für Simulation	1,9 m
Anzahl Messpunkte Straße	3 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1 auf Seite 11)
Anzahl Messpunkte Gebäude	2 Messpunkte
Höhe Messpunkte über Boden	2 m (gemittelte Höhe)

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 Irchenrieth wurden insgesamt 5 Messpunkte festgelegt. 2 Messpunkte im Verlauf der B22, 1 Messpunkt auf der Verbindungsstraße nach Bechtsrieth und 2 Messpunkte im Bereich von umliegenden Gebäuden. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind. Privat-, Feld- und Wirtschaftswege werden nicht analysiert. Die Einzelergebnisse sind im Abschnitt 4 dargestellt und kommentiert.

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

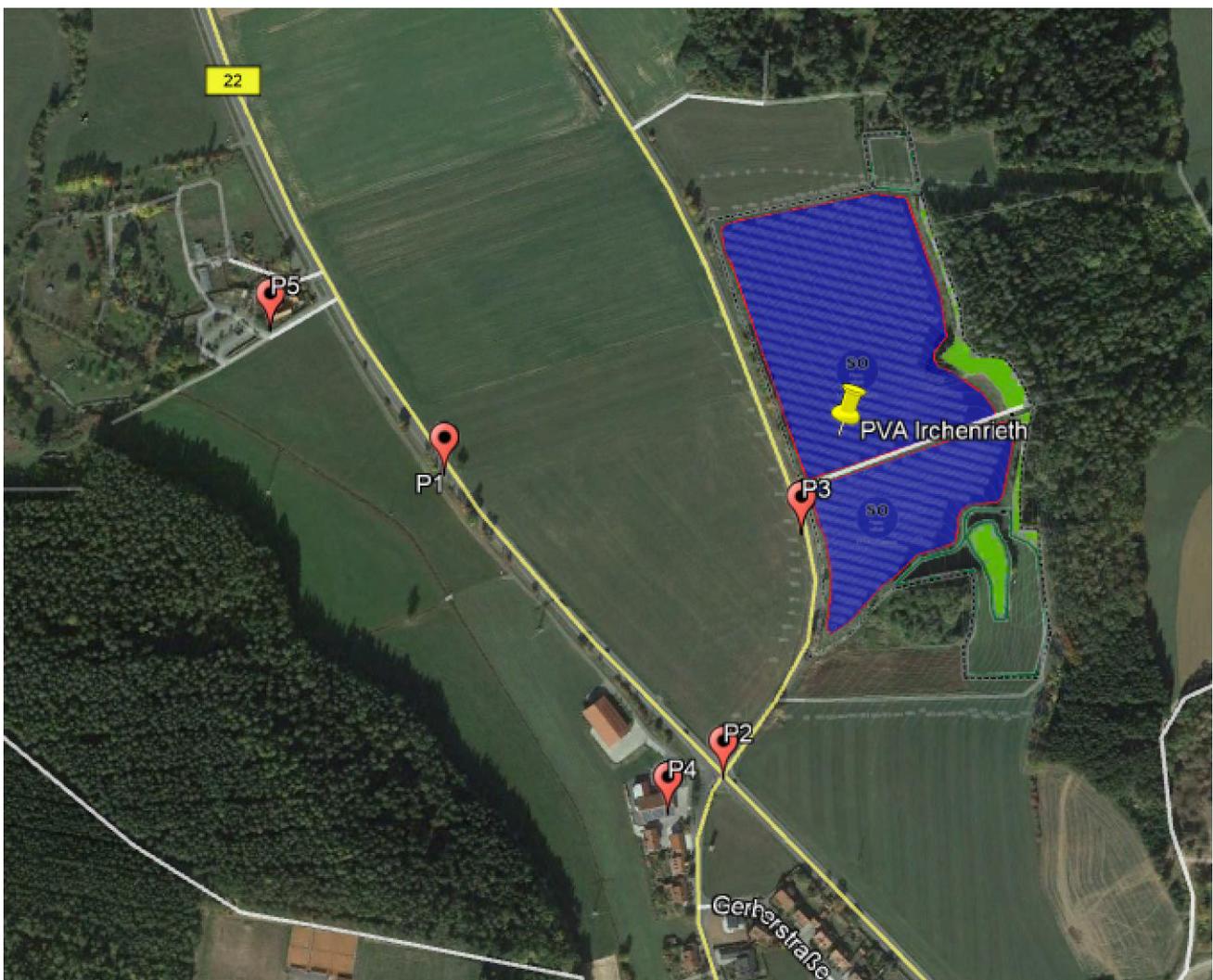


Bild 3.5.1: Übersicht über die PV Anlage und die umliegenden Messpunkte (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

Im Zusammenhang mit der Übernahme zeitlicher Grenzwerte der Schattenwurfrichtlinie besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der belästigenden 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 belästigende 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 fehlt⁵ 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 Leutdichte kann die Blendwirkung durch frequente Reflexionen subjektiv als störend empfunden werden (psychologische Blendwirkung). Vor diesem Hintergrund kann die Empfehlung der Licht-Leitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen.

Einfallswinkel der Reflexion

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

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

Entfernung zur Immissionsquelle

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

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

⁵ Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

Sonstige Einflüsse

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

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

In der Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY⁶) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2020 eine mittlere Wolkenbedeckung⁷ von ca. 78 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1982-2009 liegt bei 62,5 % - 75 %.

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

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

Kategorien von Reflexionen

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

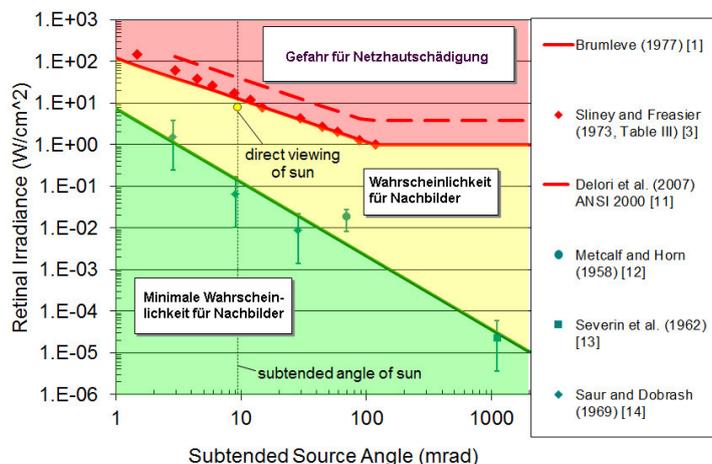


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

⁶ Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

⁷ 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_2020_17.png

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisübersicht

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Irchenrieth wird für 5 exemplarisch gewählte Messpunkte durchgeführt. Das Ergebnis ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“ auftreten kann. Die Kategorien entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse in Bezug auf Leuchtdichte und -dauer. Die Wertebereiche sind im Diagramm 3.6.3 auch als farbige Flächen dargestellt:

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

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der Licht-Leitlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als 10° zu vernachlässigen, da in solchen Konstellationen die Sonne selbst die Ursache für eine mögliche Blendwirkung darstellt. Auch Reflexionen, die vor 6 Uhr morgens auftreten, sind zu vernachlässigen. Nach Bereinigung der Rohdaten sind die Ergebnisse üblicherweise um ca. 20 - 50% geringer und es sind nur noch Werte der Kategorie „Gelb“ vorhanden. D.h. es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebniswerte nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden. Individuelle Ausführungen erfolgen im weiteren Abschnitt gesondert für die jeweiligen Messpunkte.

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

Messpunkt	PV Feld Nord	PV Feld Süd
P1 Straße B22, westlich	3685 ^{WE}	-
P2 Straße B22, südlich / Kreuzung	-	-
P3 Verbindungsstraße nach Bechtsrieth	-	1790 ^W
P4 Gebäude südlich	-	-
P5 Gebäude westlich (Stodlkneipe / Tierpark)	629 ^E	-

^W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

^E Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

^G Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P1, Bundesstraße B22 westlich

Am Messpunkt P1 im Bereich der Bundesstraße B22 westlich der PV Anlage können bei der Fahrt Richtung Südosten theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 09. April bis 03. September in den frühen Morgenstunden zwischen 06:00 bis 06:47 Uhr aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen liegen allerdings deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung +/- 20°) und daher sind diese zu vernachlässigen.

Die folgende Skizze zeigt die Situation am Messpunkt P1.

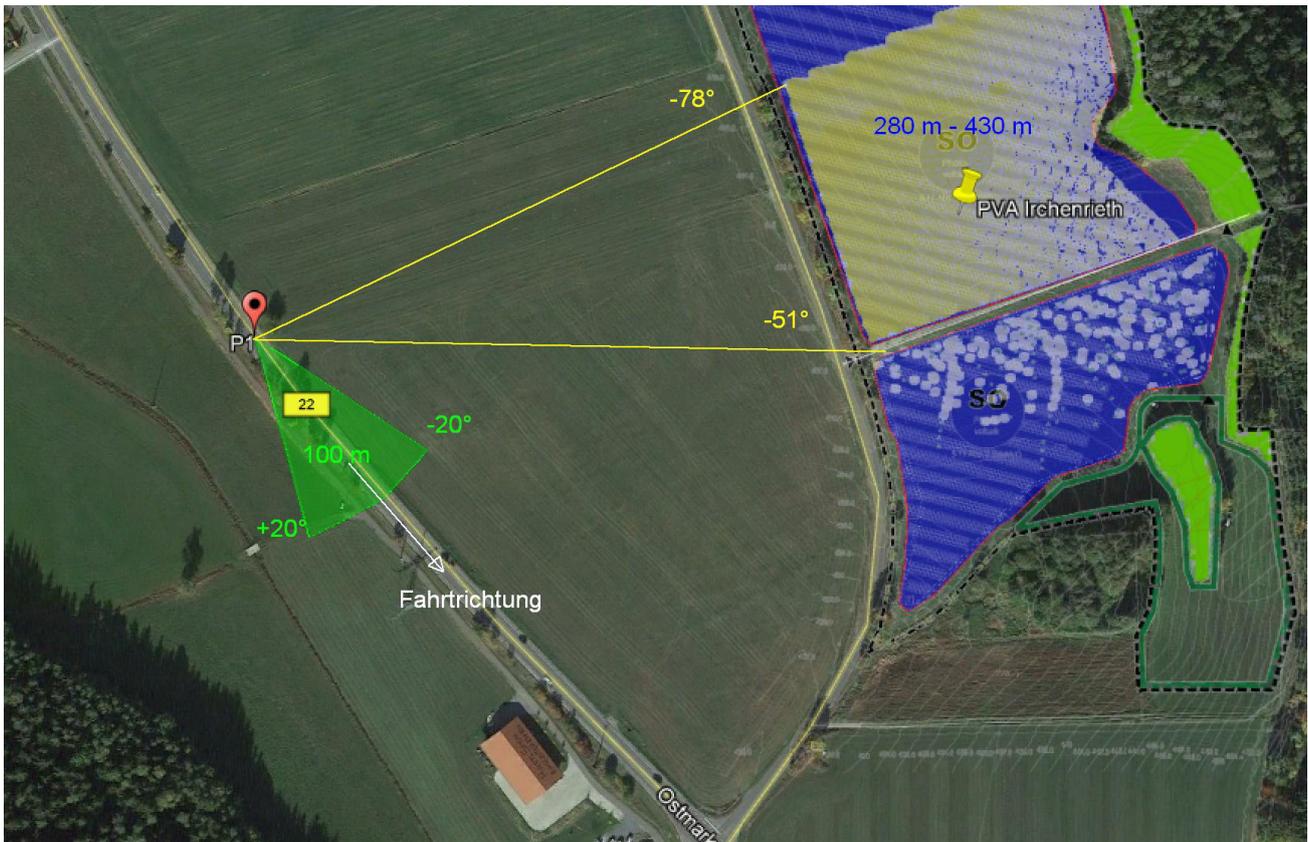


Bild 4.2.1: Situation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der hellgrün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel. Im gelb/weiß markierten Bereich könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Diese liegen jedoch mit -51° bis -78° links (östlich) zur Fahrtrichtung außerhalb des relevanten Sichtwinkels.

Auch aufgrund der großen Entfernung von ca. 280 m – 430 m zur Immissionsquelle sind potentielle Reflexionen relativiert zu bewerten.

Eine Beeinträchtigung von Verkehrsteilnehmern kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P2, Bundesstraße B22 westlich

Messpunkt P2 im Bereich der Kreuzung zwischen Bundesstraße B22 und Landrat-Christian-Kreuzer-Straße kann gemäß Strahlengang lt. Reflexionsgesetz nicht von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Da in diesem Bereich erhöhte Aufmerksamkeit erforderlich ist wurde der Standort dennoch untersucht und erwartungsgemäß sind keine Reflexionen durch die PV Anlage nachweisbar. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Dies gilt sowohl für den fließenden Verkehr als auch für Abbieger.

Das folgende Bild zeigt die Situation im Bereich von Messpunkt P2 mit Blick Richtung Nordosten auf die Fläche der PV Anlage. Die PV Anlage kann an diesem Standort evt. *sichtbar* sein aber Reflexionen können anhand der physikalischen Gesetzmäßigkeiten ausgeschlossen werden.



Bild 4.3.1: Messpunkt P2, Blick Richtung Nordosten (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt bearbeitet)

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P3, Verbindungsstraße nach Bechtsrieth

Am Messpunkt P3 auf der Verbindungsstraße nach Bechtsrieth können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 11. April bis 31. August in den frühen Morgenstunden zwischen 06:04 bis 06:42 Uhr für max. 16 Minuten am Tag aus östlicher Richtung auftreten.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse in der Übersicht.

Tabelle 4: Mögliches Auftreten und Dauer von Reflexionen am Messpunkt P2

Zeitraum Beginn	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag (max.)	Minuten im Zeitraum	Erstes Auftreten	Letztes Auftreten
11. April	31. August	16	1790	06:04	06:42

Das folgende Diagramm verdeutlicht die Verteilung der aufgeführten Minuten pro Tag⁸ im Jahresverlauf bzw. im relevanten Zeitraum April – August.

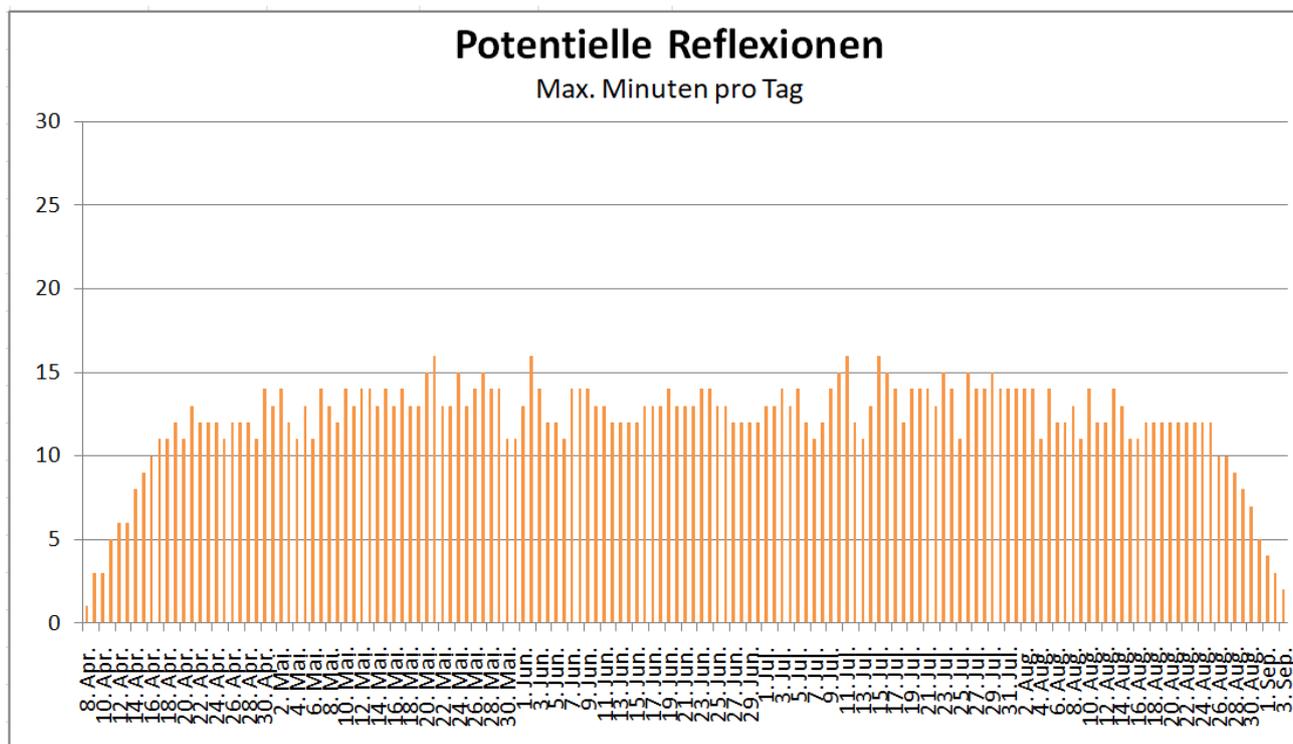


Bild 4.4.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

⁸ Generell wird das Auftreten von Reflexionen an weniger als 5 Minuten pro Tag nicht berücksichtigt (Messunsicherheit)

Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer wären potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Entscheidend für die Beurteilung ist allerdings der Umstand, dass auch am Messpunkt P3 die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) liegen und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Die folgende Skizze zeigt die Situation am Messpunkt P3.

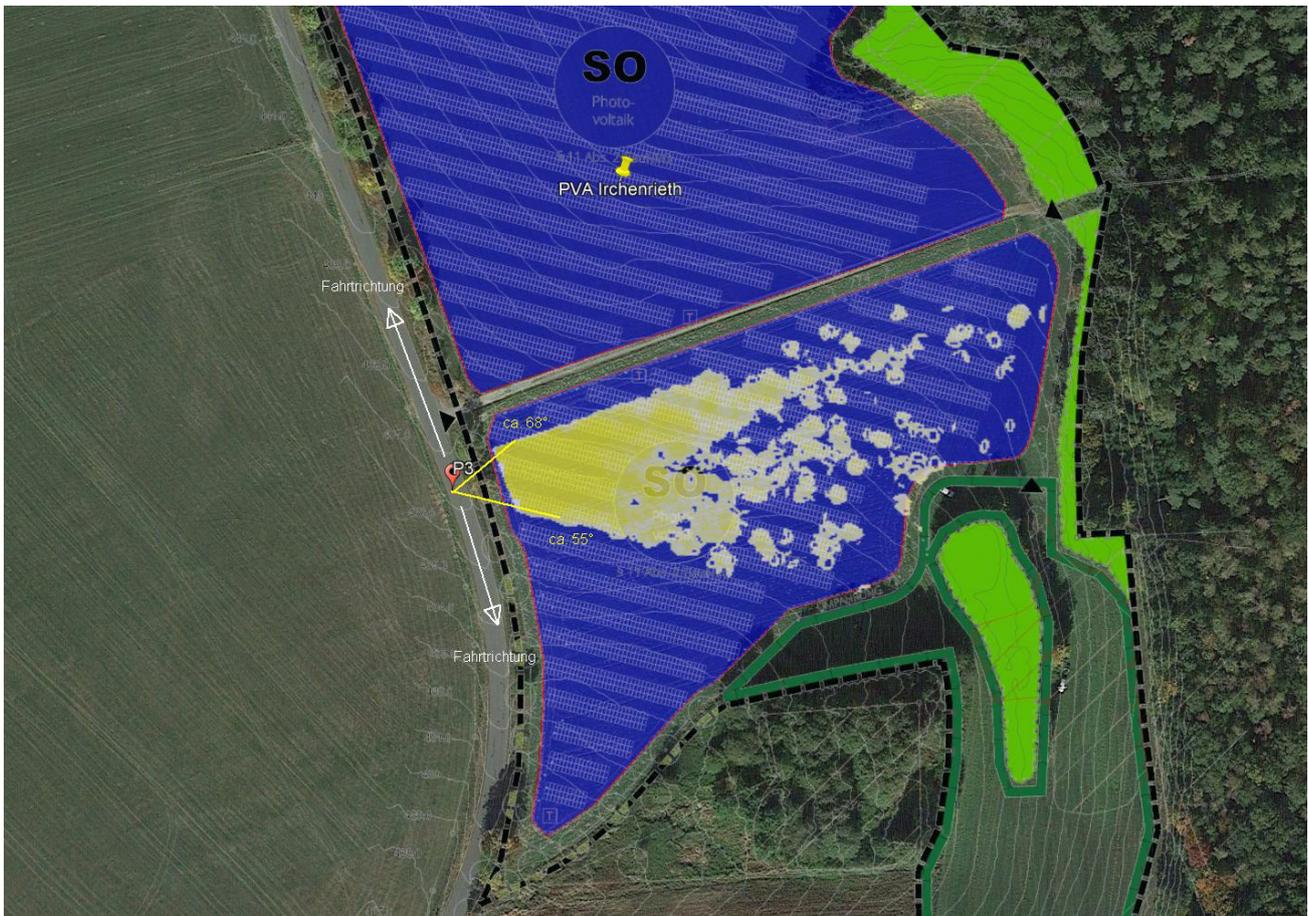


Bild 4.4.2: Situation am Messpunkt P3 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Im gelb/ weiß markierten Bereich könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Diese liegen jedoch mit ca. 55° bzw. 68° östlich zur Fahrbahn deutlich außerhalb des relevanten Sichtwinkels. Eine Beeinträchtigung von Verkehrsteilnehmern kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Bei der weiteren Fahrt Richtung Norden / Bechtsrieth zeigen sich aufgrund des Straßenverlaufs für das PV Feld Nord entsprechende Werte, sodass die zuvor genannten Aussagen auch hier gültig sind.

Entgegen der vorliegenden Planung sollen lt. Aussage des Auftraggebers im nördlichen Bereich der PV Anlage (Flurstück 768) keine Module installiert werden. Diese Information war zum Zeitpunkt der Ausarbeitung noch nicht bekannt, es ist aber davon auszugehen, dass sich die bisher ermittelten Ergebnisse reduzieren werden. D.h. im Endeffekt ist mit weniger Reflexionen zu rechnen als bisher angenommen.

Die folgende Skizze (Pseudo 3D) zeigt die Situation bei der Fahrt Richtung Norden /Bechtsrieth aus Sicht des Fahrzeugführers und verdeutlicht, dass potentielle Reflexionen rechts zur Fahrtrichtung, deutlich außerhalb des relevanten Sichtwinkels liegen würden.

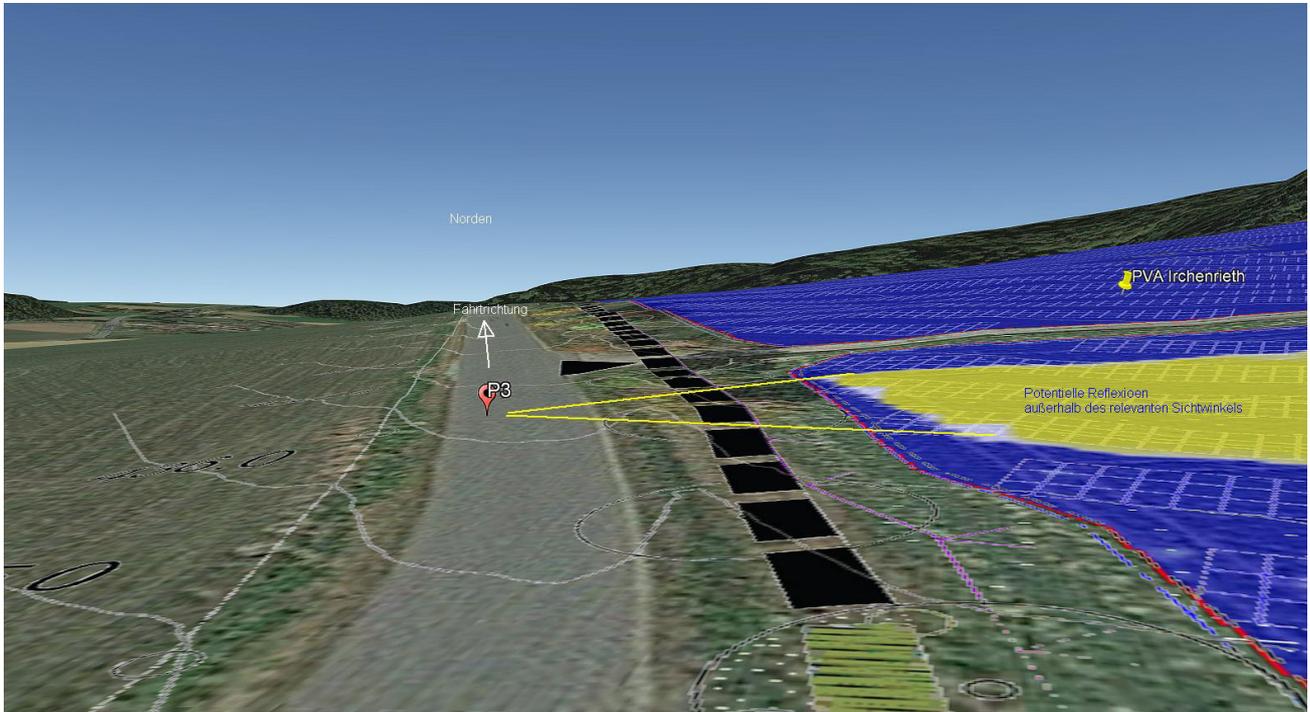


Bild 4.4.3: Situation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Zum Vergleich ein Foto etwa an der entsprechende Position.



Bild 4.4.4: Foto etwa am Messpunkt P3 (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt bearbeitet)

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P3. Die jeweiligen Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt 3.2 und 3.6 ausgeführt sind jeweils die theoretischen Maximalwerte dargestellt, die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können. Der Wert von 2939 Minuten entspricht den unbereinigten Rohdaten.

PV Feld Sued - OP Receptor (OP 3)

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

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,939 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

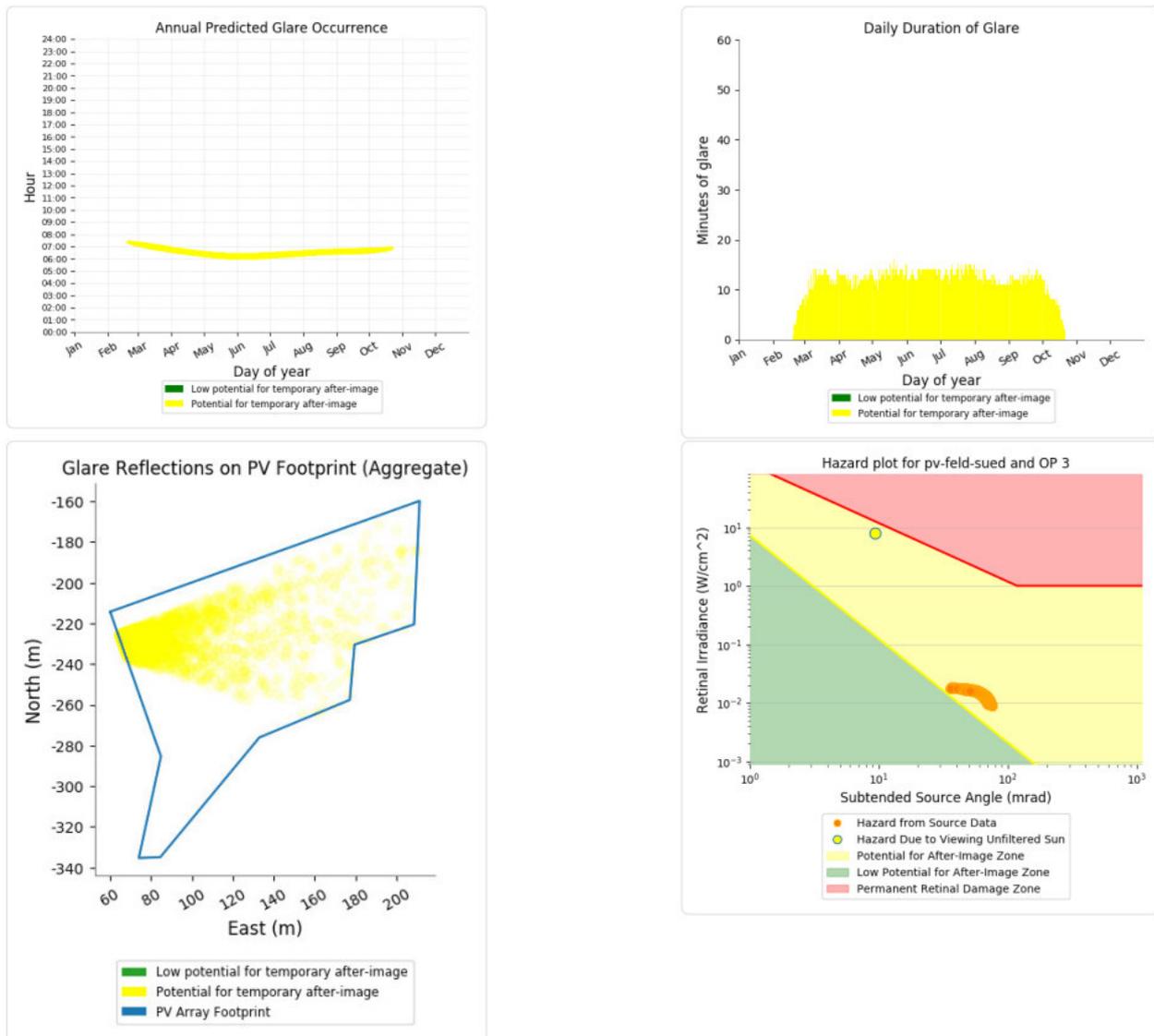


Bild 4.4.5: Ergebnisdetails für Messpunkt P3 (Quelle: Simulationsergebnisse)

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude südlich

Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude südlich der PV Anlage (u.a. Bauunternehmen Simon Härtel) kann gemäß Strahlengang lt. Reflexionsgesetz nicht von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Entsprechend sind erwartungsgemäß keine Reflexionen nachweisbar. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern oder Mitarbeitern im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für weiter südlich gelegene Gebäude in der Gerberstraße oder Jägerstraße.

Das folgende Bild zeigt den Bereich von Messpunkt P4 / P4a und die Fläche der PV Anlage.



Bild 4.5.1: Situation am Messpunkt P4 und P4a (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Die PV Anlage kann evt. von einzelnen Gebäuden aus *sichtbar* sein aber Reflexionen können anhand der physikalischen Gesetzmäßigkeiten ausgeschlossen werden.

4.6 Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude westlich

Am Messpunkt P5 im Bereich der Gebäude westlich der PV Anlage (Stodlkneipe und Tierpark Gleitbachstal) sind nach Bereinigung der Rohdaten keine Reflexionen durch die PV Anlage mehr nachweisbar. Dies hängt u.a. damit zusammen, dass Reflexionen nur in den frühen Morgenstunden außerhalb der üblichen Öffnungszeiten auftreten könnten und in solchen Konstellation wäre die tief stehende Sonne selbst die Ursache für mögliche Blendwirkungen.

Auch aufgrund der sehr großen Entfernung von ca. 400 m zur Immissionsquelle wären potentielle Reflexionen zu vernachlässigen oder zu relativieren, da sich mit zunehmender Entfernung und der damit einhergehenden Bündelaufweitung der diffus reflektierten Lichtstrahlen, die Leuchtdichte der Moduloberflächen reduziert. Die PV Anlage wäre - sofern überhaupt sichtbar - nur als helle Fläche wahrnehmbar. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern und Gästen im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1 Zusammenfassung

Lt. Planungsunterlagen werden bei der geplanten PV Anlage Irchenrieth PV Module des Herstellers Jinko Solar mit Anti-Reflexionsschicht eingesetzt. Es können aber auch Module eines anderen Herstellers mit ähnlichen Reflexionseigenschaften gewählt werden. Damit kommen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Vermeidung von Reflexion und Blendwirkungen zur Anwendung. Die Analyse von 5 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt im Verlauf der Landstraße B22 eine geringe Wahrscheinlichkeit für Reflexionen durch die PV Anlage. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer wären diese im Sinne der LAI Lichtleitlinie allerdings zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung für Verkehrsteilnehmer ist nicht gegeben, da potentielle Reflexionen in einem Einfallswinkel auftreten, der außerhalb des relevanten Blickwinkels der Fahrzeugführer liegt.

Die weiteren Messpunkte im Bereich von umliegenden Gebäuden können aufgrund der Lage bzw. aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz nicht von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Eine Beeinträchtigung durch Reflexionen durch die PV Anlage ist nicht gegeben.

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

5.2 Beurteilung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage Irchenrieth kann als „geringfügig“ klassifiziert⁹ 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. lokalen Wetterbedingungen (Frühnebel, etc.) ist mit hinreichender Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass potentielle Reflexion durch die PV Anlage keine Relevanz haben. Fahrzeugführer auf der B22 werden nicht beeinträchtigt. Die anderen untersuchten Immissionsorte können gemäß Reflexionsgesetz nicht von Reflexionen erreicht werden.

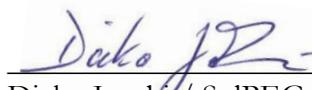
Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sind keine speziellen Sichtschutzmaßnahmen erforderlich bzw. angeraten.

6 Schlussbemerkung

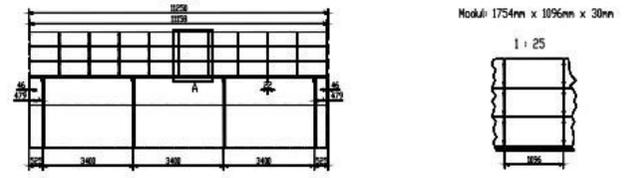
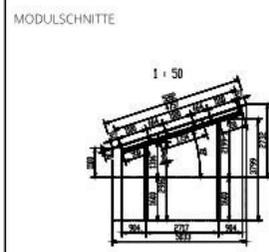
Die hier im Rahmen eines Privatgutachtens dargestellten Untersuchungen, Sachverhalte und Einschätzungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen und mit größter Sorgfalt und Transparenz angefertigt. Dabei wurden u.a. vorgelegte Informationen, eigene Untersuchungen und weiterführende Recherchen nach aktuellem Stand der Technik verarbeitet.

Dementsprechend kann - außer für den Fall von Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit (gemäß § 839a BGB) - eine Haftung für etwaige Schäden (auch gegenüber Dritten), die aus diesen Ausführungen oder weiteren Maßnahmen erfolgen, nicht übernommen werden.

Hamburg, den 21.06.2021


Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

⁹ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



I. PLANLICHE UND TEXTLICHE FESTSETZUNGEN

- ART DER BAULICHEN NUTZUNG**
 - SO** SONDERBAUWEISE (Sonderbauweise)
 - ZULASSUNG: ANWANDUNG UNTER EINER NUTZUNG, DIE EINER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) GLEICHGESETZT WIRD. DIE BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
 - ZULASSUNG: ANWANDUNG UNTER EINER NUTZUNG, DIE EINER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) GLEICHGESETZT WIRD. DIE BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- MAß DER BAULICHEN NUTZUNG / BAUGRENZEN**
 - BAUGRENZE**: NUR ZUSÄTZLICHE BAUGRENZEN (Sonderbauweise) SIND ZULASSUNG. DIE BAUGRENZEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE BAUGRENZEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
 - MAX. HÖHE**: MAX. HÖHE DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) SIND ZULASSUNG. DIE BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
 - SO** (Sonderbauweise)
 - ZULASSUNG: ANWANDUNG UNTER EINER NUTZUNG, DIE EINER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) GLEICHGESETZT WIRD. DIE BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- GESTALTUNG BAULICHER ANLAGEN**
 - FORM**: DIE FORM DER BAULICHEN ANLAGEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE BAULICHEN ANLAGEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- VERKEHRSELEKTIEN**
 - GRUNDSTÜCKSGRENZE**: DIE GRUNDSTÜCKSGRENZE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE GRUNDSTÜCKSGRENZE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- ERWÄHLUNGEN**
 - ERWÄHLUNG**: DIE ERWÄHLUNG (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE ERWÄHLUNG (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- GELÄNDEBERFLÄCHE/GRUNDWASSERSCHUTZ**
 - GRUNDWASSERSCHUTZ**: DIE GRUNDWASSERSCHUTZ (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE GRUNDWASSERSCHUTZ (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- GRÜNDORHNUNG**
 - GRÜNDORHNUNG**: DIE GRÜNDORHNUNG (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE GRÜNDORHNUNG (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- ERHALT VON GEHÖLZEN**
 - ERHALT VON GEHÖLZEN**: DIE ERHALT VON GEHÖLZEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE ERHALT VON GEHÖLZEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- FRÜHLAND- UND STRUKTURMAßNAHMEN**
 - FRÜHLAND- UND STRUKTURMAßNAHMEN**: DIE FRÜHLAND- UND STRUKTURMAßNAHMEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE FRÜHLAND- UND STRUKTURMAßNAHMEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- MAßNAHMEN FÜR FLÄCHEN**
 - MAßNAHMEN FÜR FLÄCHEN**: DIE MAßNAHMEN FÜR FLÄCHEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE MAßNAHMEN FÜR FLÄCHEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- EXTENSIVES GRÜNLAND**
 - EXTENSIVES GRÜNLAND**: DIE EXTENSIVES GRÜNLAND (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE EXTENSIVES GRÜNLAND (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- TRASSIERUNG**
 - TRASSIERUNG**: DIE TRASSIERUNG (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE TRASSIERUNG (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- SONSTIGE FESTSETZUNGEN**
 - SONSTIGE FESTSETZUNGEN**: DIE SONSTIGE FESTSETZUNGEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE SONSTIGE FESTSETZUNGEN (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.
- FLÄCHLICHE HINWEISE**
 - FLÄCHLICHE HINWEISE**: DIE FLÄCHLICHE HINWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE FLÄCHLICHE HINWEISE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.

II. FLÄCHENBEREICH

- FLÄCHENBEREICH**
 - FLÄCHENBEREICH**: DIE FLÄCHENBEREICH (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE FLÄCHENBEREICH (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.

VERFAHRENSVERMERKE

- VERFAHRENSVERMERKE**
 - VERFAHRENSVERMERKE**: DIE VERFAHRENSVERMERKE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN. DIE VERFAHRENSVERMERKE (Sonderbauweise) MUSS DEN ANFORDERUNGEN DER BAUBAUWEISE (Sonderbauweise) ENTSPRECHEN.



GEMEINDE IRCHENRIETH
 LANDETR-CHRISTIANKREUZER STR. 6 - 92669 IRCHENRIETH

BR ENERGIE GMBH & CO. KG
 STORCHENWEG 8A
 92637 WEIDEN

VORHABENBEGLEITER BEBAUUNGS- UND ERSCHLIEßUNGSPLAN MIT GRÜNDORHNUNG

SOLARPARK "IRCHENRIETH"
ENTWURF

REMBOLD LANDSCHAFTSARCHITECTEN
 WINDPÄSSING 8 - 92607 HARBURG
 TEL: 0386 / 1811 - FAX: 0386 / 1324
 INFO@REMBOLD.DE / WWW.REMBOLD.DE

60M HC 430-450 Watt

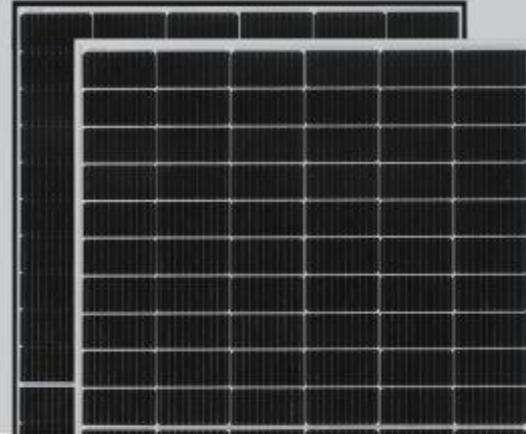
MONOCRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory.

IEC61215(2016), IEC61730(2016), certified products.

TIGER Pro



KEY FEATURES



Multi Busbar Solar Cell

MBB solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.



Higher Lifetime Power Yield:

0.55% annual power degradation
25 year linear power warranty



Low-light Performance

Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.



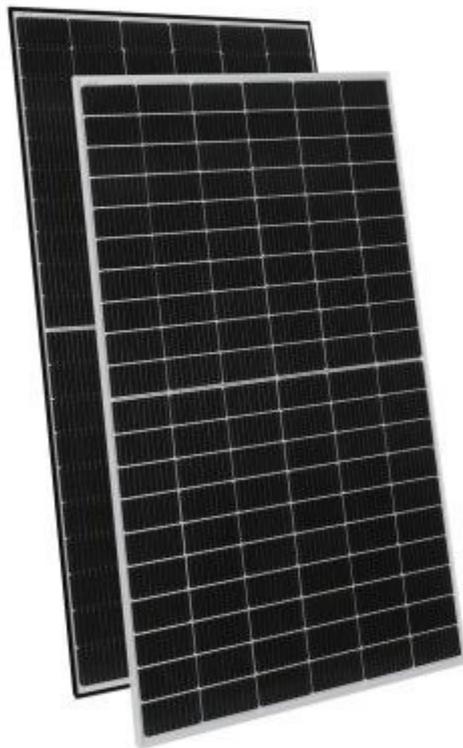
Severe Weather Resilience

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



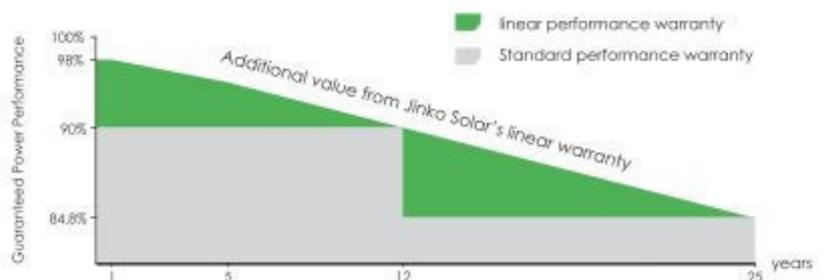
Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance

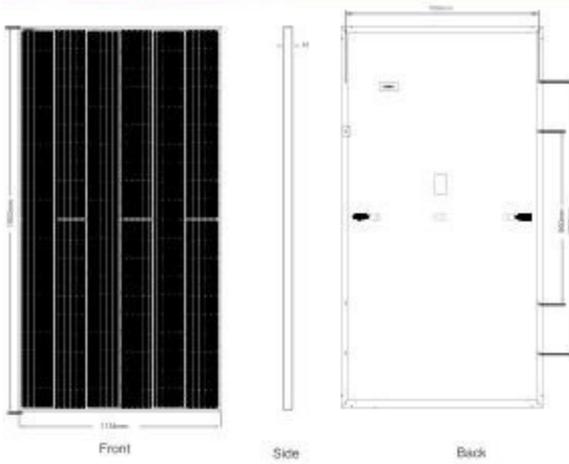


LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

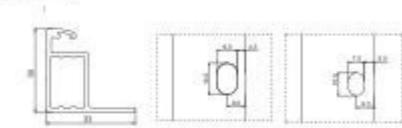
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 25 years



Engineering Drawings



1:1



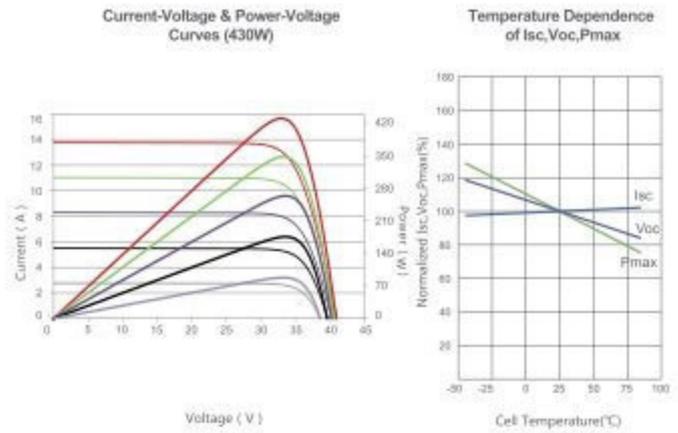
Length: $\pm 2\text{mm}$
Width: $\pm 2\text{mm}$
Height: $\pm 1\text{mm}$
Row Pitch: $\pm 2\text{mm}$

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

35pcs/pallets, 70pcs/stack, 840pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	120 (6×20)
Dimensions	1903×1134×30mm (74.92×44.65×1.18 inch)
Weight	24.2 kg (53.35 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	MM430-60HLD-MB MM430-60HLD-MBV		MM435-60HLD-MB MM435-60HLD-MBV		MM440-60HLD-MB MM440-60HLD-MBV		MM445-60HLD-MB MM445-60HLD-MBV		MM445-60HLD-MB MM445-60HLD-MBV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	430Wp	320Wp	435Wp	324Wp	440Wp	327Wp	445Wp	331Wp	450Wp	335Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	33.52V	31.09V	33.62V	31.27V	33.72V	31.39V	33.82V	31.56V	33.91V	31.73V
Maximum Power Current (Imp)	12.83A	10.29A	12.94A	10.35A	13.05A	10.43A	13.16A	10.49A	13.27A	10.55A
Open-circuit Voltage (Voc)	40.86V	38.57V	40.94V	38.64V	41.02V	38.72V	41.10V	38.79V	41.18V	38.87V
Short-circuit Current (Isc)	13.61A	10.99A	13.67A	11.04A	13.73A	11.09A	13.79A	11.14A	13.85A	11.19A
Module Efficiency STC (%)	19.93%		20.16%		20.39%		20.62%		20.85%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5
 NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s
 • Power measurement tolerance: $\pm 3\%$

PV Projekt

Irchenrieth

Site description: .

Created June 17, 2021
Updated June 17, 2021
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC+1
Site ID 55219.1215

Project type V1
Project status: active



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 Methodologies:

- Observation point: **Version 1**
- 2-Mile Flight Path: **Version 1**
- Route: **Version 1**

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 Nord	18.0	194.0	12	7,731	-
PV Feld Sued	18.0	194.0	143	3,147	-

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 41,314 m²

Name: PV Feld Nord
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 18.0 deg
Orientation: 194.0 deg
Footprint area: 29,174 m²
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	49.633798	12.221157	447.35	1.90	449.25
2	49.634003	12.222976	462.83	1.90	464.73
3	49.633128	12.223469	459.22	1.90	461.12
4	49.632801	12.223340	453.81	1.90	455.71
5	49.632450	12.224027	447.75	1.90	449.65
6	49.631940	12.221913	439.06	1.90	440.96
7	49.633753	12.220851	446.84	1.90	448.74

Name: PV Feld Sued
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 18.0 deg
Orientation: 194.0 deg
Footprint area: 12,140 m²
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



Vertex	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
1	49.631872	12.221990	438.52	1.90	440.42
2	49.632362	12.224082	447.08	1.90	448.98
3	49.631816	12.224044	442.46	1.90	444.36
4	49.631726	12.223642	438.91	1.90	440.81
5	49.631483	12.223610	437.16	1.90	439.06
6	49.631316	12.222998	433.70	1.90	435.60
7	49.630788	12.222327	429.74	1.90	431.64
8	49.630784	12.222183	429.93	1.90	431.83
9	49.631233	12.222333	432.25	1.90	434.15

Discrete Observation Receptors

Number	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total Elevation m
OP 1	49.632031	12.217719	426.37	2.00	428.37
OP 2	49.629801	12.220900	426.57	2.00	428.57
OP 3	49.631718	12.221844	436.97	2.00	438.97
OP 4	49.633314	12.216079	427.80	2.00	429.80
OP 5	49.629225	12.220278	424.00	2.00	426.00

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 Nord	18.0	194.0	12	7,731	-	
PV Feld Sued	18.0	194.0	143	3,147	-	

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	2	6	0	0	0	0	0	1	3	0	0
pv-feld-nord (yellow)	0	36	447	865	965	970	983	934	618	142	0	0
pv-feld-sued (green)	0	0	50	30	0	0	0	3	60	0	0	0
pv-feld-sued (yellow)	0	53	400	437	410	404	421	394	465	163	0	0

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

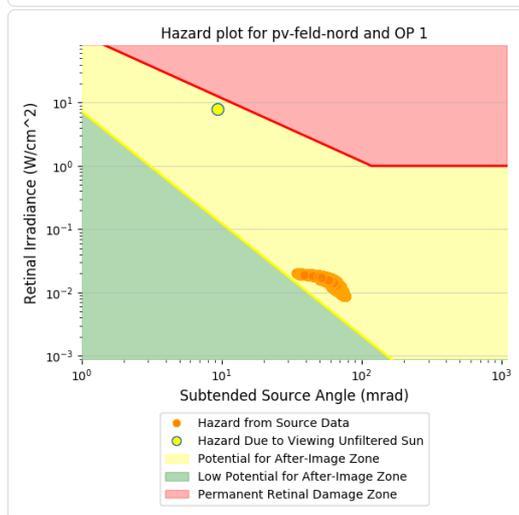
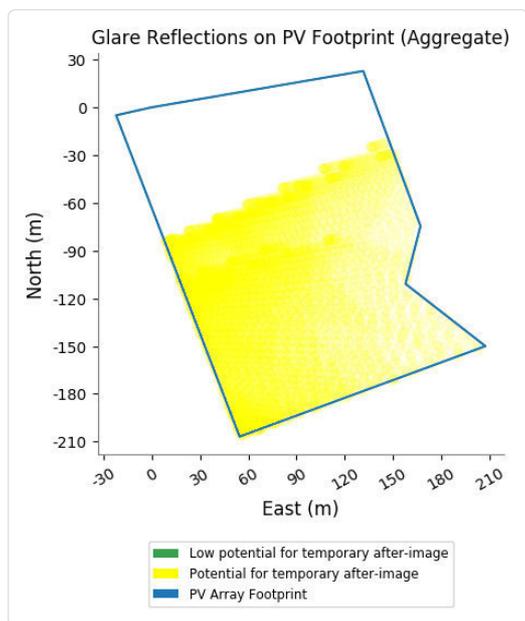
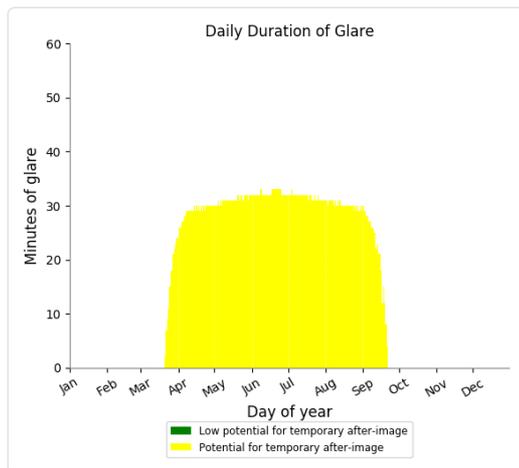
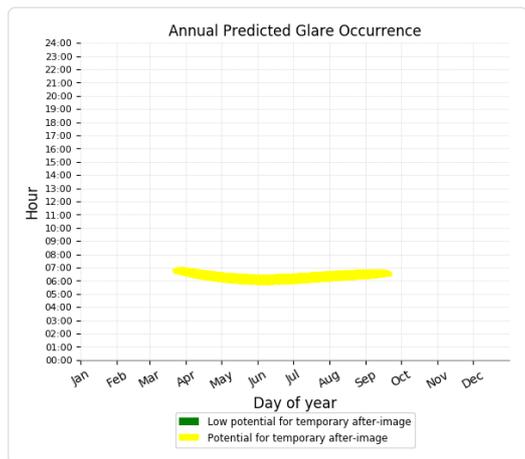
PV Feld Nord potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	5344
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	12	2387
OP: OP 5	0	0

PV Feld Nord - OP Receptor (OP 1)

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

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 5,344 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Nord - OP Receptor (OP 2)

No glare found

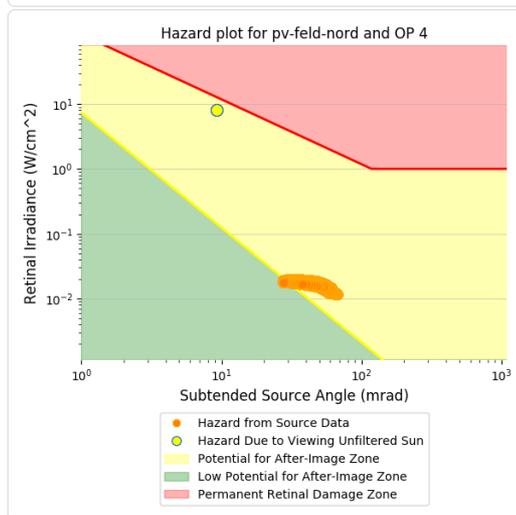
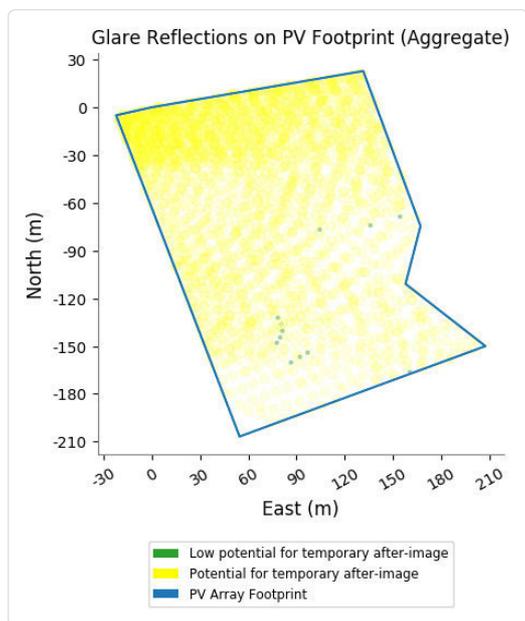
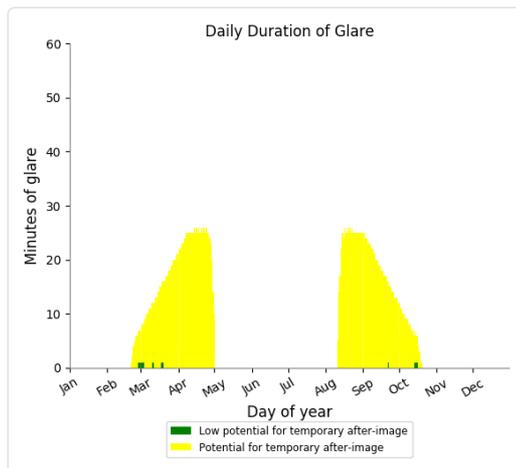
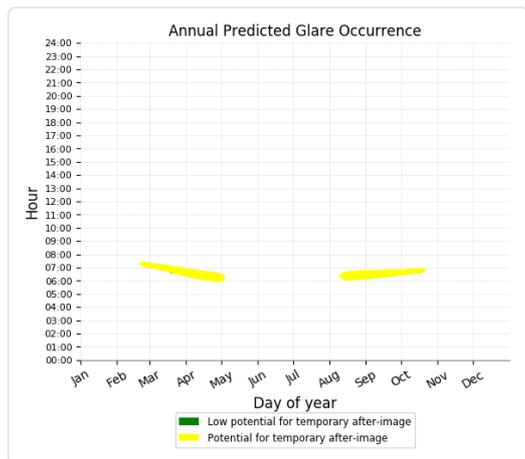
PV Feld Nord - OP Receptor (OP 3)

No glare found

PV Feld Nord - OP Receptor (OP 4)

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

- 12 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,387 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Nord - OP Receptor (OP 5)

No glare found

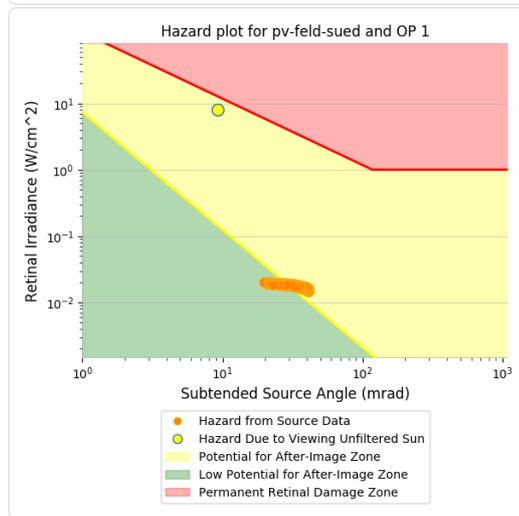
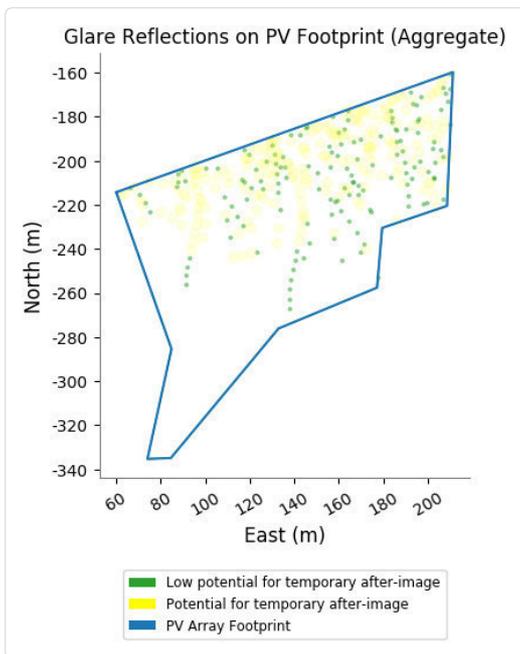
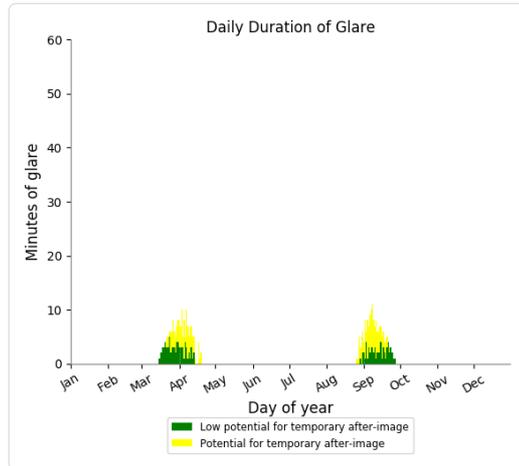
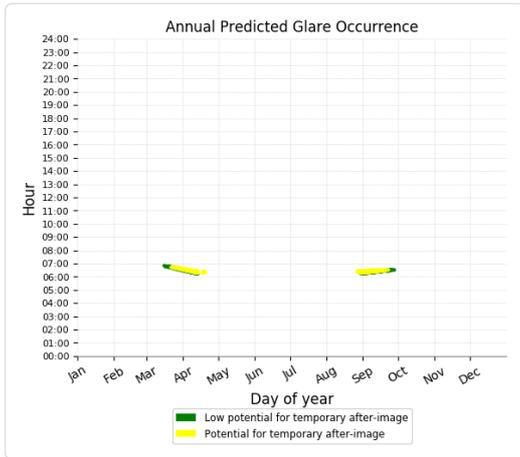
PV Feld Sued potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	142	208
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	2939
OP: OP 4	1	0
OP: OP 5	0	0

PV Feld Sued - OP Receptor (OP 1)

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

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



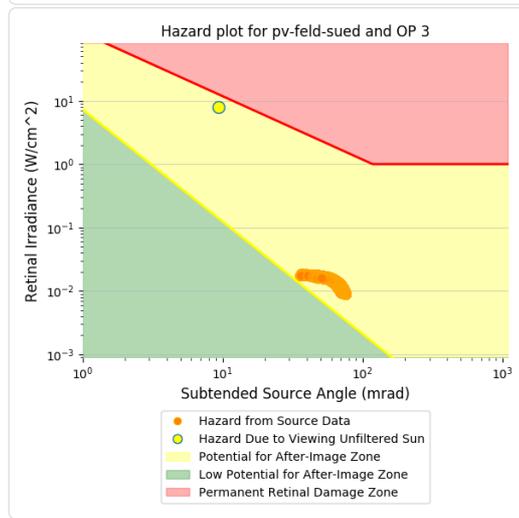
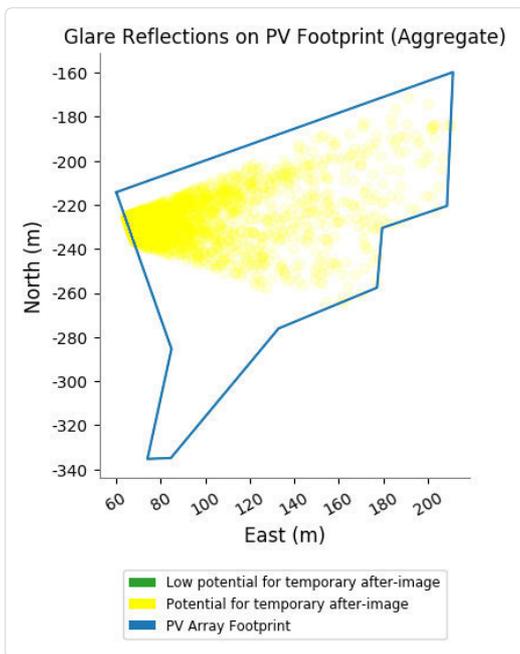
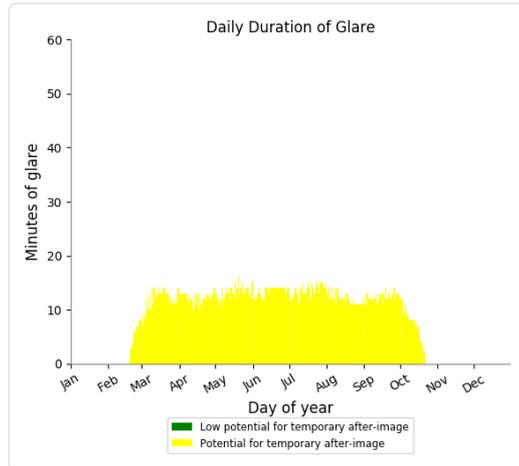
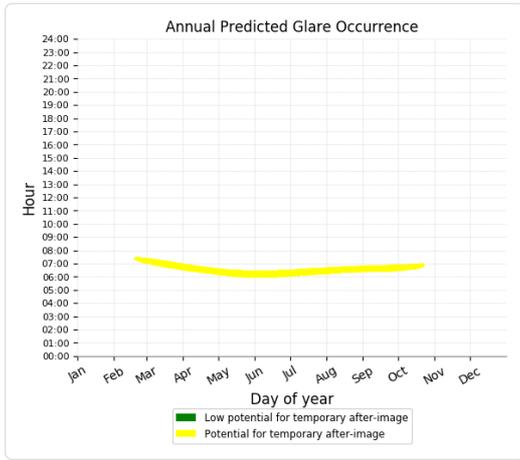
PV Feld Sued - OP Receptor (OP 2)

No glare found

PV Feld Sued - OP Receptor (OP 3)

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

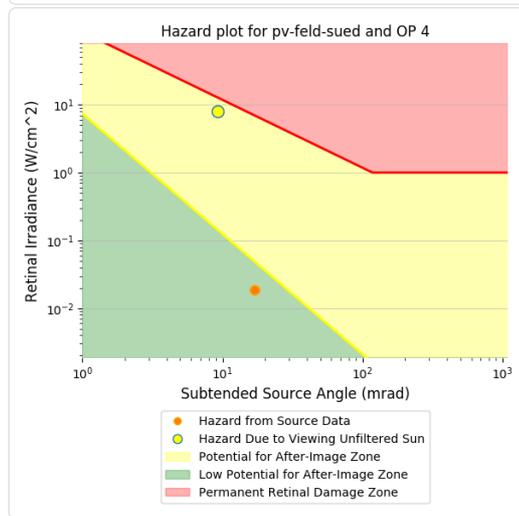
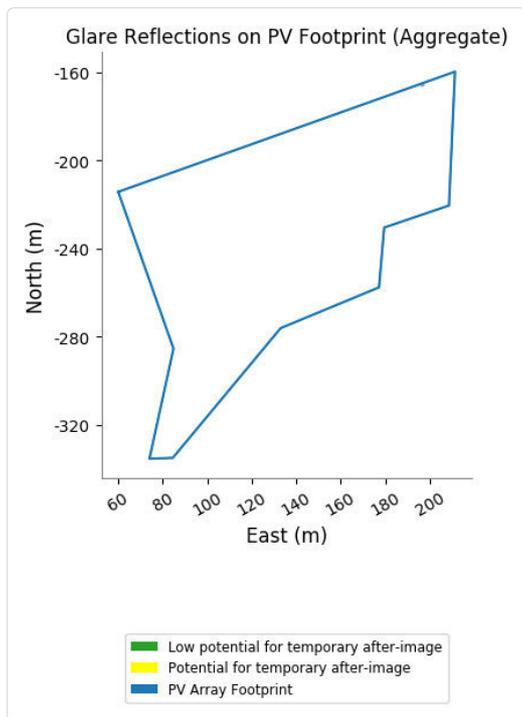
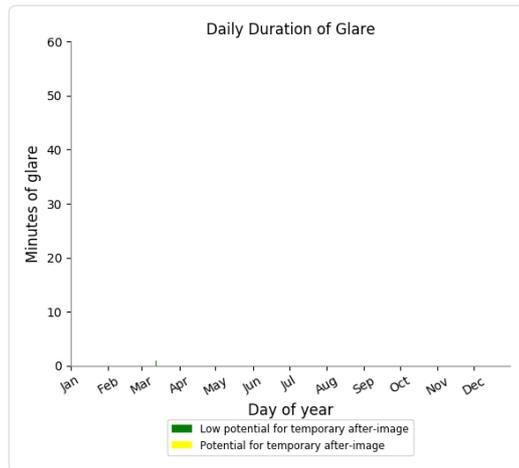
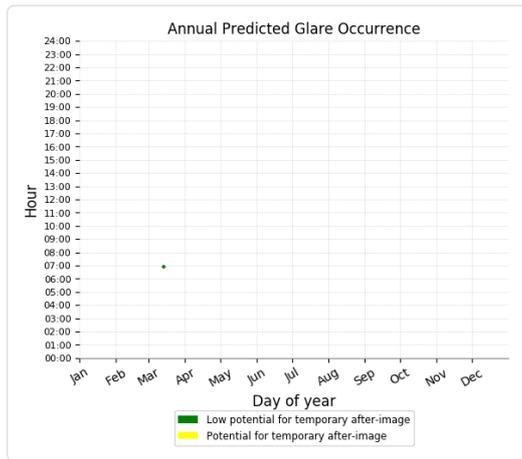
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,939 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Sued - OP Receptor (OP 4)

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

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



PV Feld 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 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.
- Glare vector plots are simplified representations of analysis data. Actual glare emanations and results may differ.
- Refer to the **Help page** for detailed assumptions and limitations not listed here.

	Corneal Irradiance		DNI (W/m²)	Occular Hazard #	Reflectivity y	Retinal Irradiance	Subtending d of Glare	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun	Reflected Sun	Reflected Sun	Anzahl	Tag	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum	Zeitraum	Minuten	Minuten im	Erste	Letzte	Messpunkt OP 1
	Start	Ende																			pro Tag	Zeitraum	Zeit	Zeit			
2021-03-21 06:43:00	0,01207	591,0081	2	0,572441	0,019189	0,035985	94,8	3,6	0,994	-0,084	0,062	-0,996	0,078	-0,043	6	Apr.	1	06:48	06:48	09.04.2021	03.09.2021	37	3685	06:00	06:47	Messpunkt OP 1	
2021-03-21 06:44:00	0,012346	593,2559	2	0,559833	0,018838	0,039745	95	3,7	0,994	-0,088	0,065	-0,996	0,079	-0,039	7	Apr.	3	06:46	06:48								
2021-03-21 06:49:00	0,012815	604,444	2	0,500846	0,01717	0,051145	96	4,5	0,991	-0,104	0,079	-0,996	0,085	-0,018	8	Apr.	4	06:44	06:47								
2021-03-22 06:42:00	0,012099	593,6631	2	0,572307	0,01927	0,035814	94,4	3,7	0,995	-0,076	0,065	-0,996	0,07	-0,045	9	Apr.	6	06:42	06:47								
2021-03-22 06:43:00	0,012344	595,8961	2	0,559701	0,018917	0,039352	94,6	3,9	0,995	-0,08	0,068	-0,997	0,071	-0,041	10	Apr.	6	06:40	06:45								
2021-03-22 06:44:00	0,012566	598,1246	2	0,547373	0,018569	0,042626	94,8	4	0,994	-0,083	0,071	-0,997	0,072	-0,037	11	Apr.	8	06:38	06:45								
2021-03-22 06:46:00	0,012806	602,5676	2	0,523526	0,017892	0,047553	95,2	4,4	0,993	-0,09	0,076	-0,997	0,075	-0,029	12	Apr.	9	06:36	06:44								
2021-03-22 06:47:00	0,012838	604,7821	2	0,511995	0,017563	0,049374	95,3	4,5	0,993	-0,093	0,079	-0,997	0,076	-0,024	13	Apr.	11	06:33	06:43								
2021-03-22 06:48:00	0,012803	606,9919	2	0,500719	0,017238	0,05073	95,5	4,7	0,992	-0,096	0,082	-0,997	0,077	-0,02	14	Apr.	11	06:32	06:42								
2021-03-22 06:49:00	0,012791	609,1971	2	0,489692	0,01692	0,05223	95,7	4,8	0,991	-0,099	0,085	-0,997	0,078	-0,016	15	Apr.	13	06:30	06:42								
2021-03-22 06:52:00	0,012687	615,7844	2	0,458049	0,015998	0,056219	96,3	5,3	0,99	-0,109	0,093	-0,997	0,081	-0,003	16	Apr.	14	06:28	06:41								
2021-03-23 06:41:00	0,012159	594,214	2	0,572176	0,019284	0,036211	93,9	3,9	0,995	-0,068	0,067	-0,997	0,062	-0,048	17	Apr.	16	06:25	06:40								
2021-03-23 06:42:00	0,012297	596,4397	2	0,559573	0,01893	0,03894	94,1	4	0,995	-0,072	0,067	-0,997	0,063	-0,044	18	Apr.	16	06:24	06:39								
2021-03-23 06:43:00	0,01252	598,6608	2	0,547247	0,018582	0,042239	94,3	4,2	0,994	-0,075	0,073	-0,997	0,064	-0,039	19	Apr.	18	06:22	06:39								
2021-03-23 06:44:00	0,012764	600,8774	2	0,535192	0,01824	0,045588	94,5	4,4	0,994	-0,078	0,076	-0,997	0,066	-0,035	20	Apr.	19	06:20	06:38								
2021-03-23 06:45:00	0,012785	603,0893	2	0,523403	0,017904	0,047356	94,7	4,5	0,994	-0,082	0,079	-0,997	0,067	-0,031	21	Apr.	20	06:18	06:37								
2021-03-23 06:46:00	0,012799	605,2966	2	0,511874	0,017573	0,049054	94,9	4,7	0,993	-0,085	0,081	-0,997	0,068	-0,027	22	Apr.	21	06:16	06:36								
2021-03-23 06:47:00	0,012745	607,4993	2	0,500599	0,017249	0,050288	95,1	4,8	0,993	-0,088	0,084	-0,997	0,069	-0,023	23	Apr.	23	06:14	06:36								
2021-03-23 06:48:00	0,012734	609,6973	2	0,489573	0,01693	0,051806	95,3	5	0,992	-0,092	0,087	-0,997	0,07	-0,018	24	Apr.	23	06:13	06:35								
2021-03-23 06:49:00	0,012836	611,8906	2	0,478779	0,016617	0,054039	95,5	5,2	0,991	-0,095	0,09	-0,997	0,071	-0,014	25	Apr.	25	06:11	06:35								
2021-03-23 06:50:00	0,012739	614,0792	2	0,468245	0,016309	0,054966	95,7	5,3	0,991	-0,098	0,093	-0,997	0,072	-0,01	26	Apr.	25	06:09	06:33								
2021-03-23 06:51:00	0,012652	616,2631	2	0,457933	0,016006	0,055947	95,9	5,5	0,99	-0,101	0,096	-0,997	0,073	-0,006	27	Apr.	27	06:07	06:33								
2021-03-24 06:40:00	0,012175	596,8325	2	0,57205	0,019365	0,035942	93,5	4	0,996	-0,061	0,07	-0,997	0,054	-0,05	28	Apr.	28	06:06	06:33								
2021-03-24 06:41:00	0,012498	599,0406	2	0,55945	0,019008	0,040038	93,7	4,2	0,995	-0,064	0,073	-0,997	0,056	-0,046	29	Apr.	29	06:04	06:32								
2021-03-24 06:42:00	0,012516	601,2442	2	0,547126	0,018658	0,041844	93,9	4,3	0,995	-0,067	0,076	-0,998	0,057	-0,042	30	Apr.	30	06:03	06:32								
2021-03-24 06:43:00	0,012607	603,4432	2	0,535075	0,018314	0,044141	94,1	4,5	0,994	-0,071	0,078	-0,998	0,058	-0,038	1	Mai.	31	06:01	06:31								
2021-03-24 06:44:00	0,012807	605,6376	2	0,523288	0,017975	0,047153	94,2	4,7	0,994	-0,074	0,081	-0,998	0,059	-0,034	2	Mai.	31	06:00	06:30								
2021-03-24 06:45:00	0,012799	607,8274	2	0,511761	0,017643	0,048718	94,4	4,8	0,993	-0,077	0,084	-0,998	0,06	-0,029	3	Mai.	30	06:00	06:29								
2021-03-24 06:46:00	0,012938	610,0126	2	0,500488	0,017316	0,051235	94,6	5	0,993	-0,08	0,087	-0,998	0,061	-0,025	4	Mai.	30	06:00	06:29								
2021-03-24 06:47:00	0,012796	612,1932	2	0,489464	0,016995	0,051887	94,8	5,1	0,992	-0,084	0,09	-0,998	0,062	-0,021	5	Mai.	30	06:00	06:29								
2021-03-24 06:48:00	0,012821	614,3691	2	0,478682	0,01668	0,053624	95	5,3	0,992	-0,087	0,092	-0,998	0,063	-0,017	6	Mai.	29	06:00	06:28								
2021-03-24 06:49:00	0,012732	616,5404	2	0,468138	0,01637	0,054609	95,2	5,5	0,991	-0,09	0,095	-0,998	0,064	-0,012	7	Mai.	29	06:00	06:28								
2021-03-24 06:50:00	0,012655	618,707	2	0,457827	0,016066	0,055662	95,4	5,6	0,991	-0,094	0,098	-0,998	0,065	-0,008	8	Mai.	28	06:00	06:27								
2021-03-24 06:52:00	0,01255	623,0261	2	0,437882	0,015473	0,058059	95,8	5,9	0,99	-0,1	0,104	-0,998	0,067	0	9	Mai.	28	06:00	06:27								
2021-03-24 06:53:00	0,012505	625,1786	2	0,428238	0,015185	0,059292	96	6,1	0,989	-0,103	0,106	-0,998	0,068	0,005	#####	28	06:00	06:27									
2021-03-24 06:54:00	0,012397	627,3263	2	0,418807	0,014901	0,060114	96,2	6,3	0,988	-0,107	0,109	-0,998	0,07	0,009	##	10. Mai.	27	06:00	06:26								
2021-03-25 06:38:00	0,012145	597,225	2	0,571931	0,019373	0,035675	93	4,2	0,996	-0,053	0,073	-0,998	0,047	-0,053	#####	27	06:00	06:26									
2021-03-25 06:39:00	0,012476	599,4202	2	0,559334	0,019016	0,03984	93,2	4,3	0,996	-0,056	0,075	-0,998	0,048	-0,049	#####	26	06:00	06:25									
2021-03-25 06:40:00	0,012463	601,6109	2	0,547015	0,018665	0,041424	93,4	4,5	0,995	-0,059	0,078	-0,998	0,049	-0,044	#####	26	06:00	06:25									
2021-03-25 06:41:00	0,012579	603,7971	2	0,534966	0,018321	0,043915	93,6	4,6	0,995	-0,063	0,081	-0,998	0,05	-0,04	#####	26	06:00	06:25									
2021-03-25 06:42:00	0,01278	605,9788	2	0,523183	0,017982	0,046938	93,8	4,8	0,994	-0,066	0,084	-0,998	0,051	-0,036	#####	25	06:00	06:24									
2021-03-25 06:43:00	0,012943	608,1559	2	0,511659	0,017649	0,049649	94	5	0,994	-0,069	0,087	-0,998	0,052	-0,032	#####	25	06:00	06:24									
2021-03-25 06:44:00	0,012892	610,3285	2	0,500388	0,017322	0,050909	94,2	5,1	0,993	-0,073	0,089	-0,998	0,053	-0,028	#####	25	06:00	06:24									
2021-03-25 06:45:00	0,012766	612,4964	2	0,489366	0,017	0,051666	94,4	5,3	0,993	-0,076	0,092	-0,998	0,054	-0,023	#####	24	06:00	06:23									
2021-03-25 06:46:00	0,012759	614,6598	2	0,478586	0,016685	0,053195	94,6	5,5	0,992	-0,079	0,095	-0,998	0,055	-0,019	#####	24	06:00	06:23									
2021-03-25 06:47:00	0,012843	616,8186	2	0,468044	0,016374	0,055306	94,8	5,6	0,992	-0,082	0,098	-0,998	0,056	-0,015	#####	24	06:00	06:23									
2021-03-25 06:48:00	0,012749	618,9727	2	0,457734	0,01607	0,056251	94,9	5,8	0,991	-0,086	0,101	-0,998	0,057	-0,011	#####	24	06:00	06:23									
2021-03-25 06:49:00	0,012668	621,1222	2	0,447651	0,01577	0,057275	95,1	5,9	0,991	-0,089	0,103	-0,998	0,058	-0,006	#####	23	06:00	06:22									
2021-03-25 06:50:00	0,012482	623,267	2	0,437791	0,015476	0,057603	95,3	6,1	0,99	-0,092	0,106	-0,998	0,06	-0,002	#####	23	06:00	06:22									
2021-03-25 06:51:00	0,012524	625,4072	2	0,42																							

	Cornel Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflexivity y	Retinal Irradiance	Subtend d Glare	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun	Reflected Sun	Reflected Sun	Tag	Anzahl	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 5
2021-02-22 07:18:00	0,010411	540,3411	2	0,54422	0,016679	0,035276	107,1	0,1	0,956	-0,294	0,002	-0,959	0,283	0,033	9. Apr.	2	06:42	06:43	12.04.2021	30.08.2021	24	629	06:04	06:40		
2021-02-22 07:19:00	0,010634	543,079	2	0,532565	0,016404	0,038755	107,3	0,3	0,955	-0,297	0,005	-0,958	0,284	0,037	10. Apr.	2	06:40	06:41								
2021-02-23 07:16:00	0,01049	540,6231	2	0,556802	0,017073	0,033804	106,5	0,1	0,959	-0,283	0,002	-0,961	0,275	0,027	11. Apr.	4	06:38	06:41								
2021-02-23 07:17:00	0,010408	543,3428	2	0,54485	0,016791	0,034625	106,7	0,2	0,958	-0,287	0,004	-0,961	0,276	0,031	12. Apr.	5	06:36	06:40								
2021-02-23 07:18:00	0,010634	546,0568	2	0,53316	0,016513	0,038147	106,8	0,4	0,957	-0,29	0,007	-0,96	0,277	0,035	13. Apr.	6	06:33	06:38								
2021-02-24 07:14:00	0,010455	540,9323	2	0,569662	0,017478	0,031279	105,9	0,1	0,962	-0,273	0,001	-0,964	0,267	0,02	14. Apr.	7	06:32	06:38								
2021-02-24 07:15:00	0,01049	543,6339	2	0,557406	0,017187	0,033181	106	0,2	0,961	-0,276	0,004	-0,963	0,268	0,024	15. Apr.	8	06:30	06:37								
2021-02-24 07:16:00	0,010753	546,3298	2	0,545421	0,016901	0,037043	106,2	0,4	0,96	-0,28	0,006	-0,963	0,269	0,028	16. Apr.	10	06:28	06:37								
2021-02-24 07:17:00	0,010632	549,0202	2	0,533698	0,016619	0,037545	106,4	0,5	0,959	-0,283	0,009	-0,962	0,27	0,032	17. Apr.	11	06:25	06:35								
2021-02-24 07:18:00	0,010835	551,7048	2	0,522234	0,016342	0,040794	106,6	0,7	0,958	-0,286	0,012	-0,962	0,271	0,036	18. Apr.	12	06:24	06:35								
2021-02-25 07:13:00	0,010497	543,9512	2	0,570241	0,017593	0,031037	105,4	0,2	0,964	-0,266	0,003	-0,966	0,26	0,017	19. Apr.	13	06:22	06:34								
2021-02-25 07:14:00	0,010489	546,6293	2	0,557952	0,017299	0,032563	105,6	0,3	0,963	-0,269	0,006	-0,965	0,261	0,022	20. Apr.	15	06:20	06:34								
2021-02-25 07:15:00	0,010753	549,3018	2	0,545935	0,017009	0,036458	105,8	0,5	0,962	-0,273	0,009	-0,965	0,262	0,026	21. Apr.	15	06:18	06:32								
2021-02-25 07:16:00	0,010628	551,9687	2	0,534182	0,016723	0,036936	106	0,7	0,961	-0,276	0,011	-0,964	0,263	0,03	22. Apr.	17	06:16	06:32								
2021-02-25 07:17:00	0,010833	554,63	2	0,522688	0,016442	0,040226	106,2	0,8	0,96	-0,279	0,014	-0,964	0,264	0,034	23. Apr.	19	06:14	06:32								
2021-02-26 07:12:00	0,010542	546,954	2	0,570762	0,017706	0,03084	105	0,3	0,966	-0,259	0,005	-0,967	0,253	0,015	24. Apr.	19	06:13	06:31								
2021-02-26 07:13:00	0,010486	549,6089	2	0,558442	0,017408	0,031943	105,2	0,5	0,965	-0,262	0,008	-0,967	0,254	0,019	25. Apr.	21	06:11	06:31								
2021-02-26 07:14:00	0,010752	552,2582	2	0,546395	0,017115	0,035876	105,4	0,6	0,964	-0,265	0,011	-0,967	0,255	0,023	26. Apr.	21	06:09	06:29								
2021-02-26 07:15:00	0,010622	554,902	2	0,534612	0,016826	0,036321	105,6	0,8	0,963	-0,269	0,014	-0,966	0,256	0,027	27. Apr.	23	06:07	06:29								
2021-02-26 07:16:00	0,01083	557,5402	2	0,52309	0,016541	0,039651	105,8	0,9	0,962	-0,272	0,016	-0,966	0,257	0,031	28. Apr.	22	06:06	06:27								
2021-02-26 07:17:00	0,011015	560,1728	2	0,511821	0,016262	0,042709	106	1,1	0,961	-0,275	0,019	-0,966	0,258	0,036	29. Apr.	24	06:04	06:27								
2021-02-27 07:11:00	0,01054	547,3249	2	0,571227	0,017733	0,030679	104,6	0,4	0,968	-0,252	0,008	-0,969	0,246	0,012	30. Apr.	20	06:07	06:26								
2021-02-27 07:12:00	0,010434	549,9707	2	0,558879	0,017433	0,031133	104,8	0,6	0,967	-0,255	0,01	-0,969	0,247	0,016	1. Mai.	15	06:09	06:24								
2021-02-27 07:13:00	0,0107	552,6109	2	0,546803	0,017138	0,035296	105	0,8	0,966	-0,258	0,013	-0,969	0,248	0,021	2. Mai.	11	06:11	06:21								
2021-02-27 07:14:00	0,010566	555,2456	2	0,534993	0,016848	0,035705	105,2	0,9	0,965	-0,261	0,016	-0,968	0,249	0,025	#####	5	06:23	06:27								
2021-02-27 07:15:00	0,010775	557,8747	2	0,523444	0,016563	0,039074	105,3	1,1	0,964	-0,265	0,019	-0,968	0,25	0,029	#####	13	06:18	06:30								
2021-02-27 07:16:00	0,010962	560,4983	2	0,512149	0,016281	0,042171	105,5	1,2	0,963	-0,268	0,021	-0,968	0,251	0,033	#####	19	06:15	06:33								
2021-02-28 07:10:00	0,010593	550,3262	2	0,571164	0,017843	0,030565	104,2	0,6	0,97	-0,245	0,01	-0,971	0,238	0,01	#####	22	06:13	06:34								
2021-02-28 07:11:00	0,010443	552,9491	2	0,559264	0,01754	0,030721	104,3	0,7	0,969	-0,248	0,013	-0,971	0,239	0,014	#####	23	06:13	06:35								
2021-02-28 07:12:00	0,010697	555,5665	2	0,547162	0,017241	0,034713	104,5	0,9	0,968	-0,251	0,016	-0,971	0,24	0,018	#####	23	06:13	06:35								
2021-02-28 07:13:00	0,010933	558,1785	2	0,535326	0,016948	0,038304	104,7	1	0,967	-0,254	0,018	-0,97	0,241	0,022	#####	22	06:15	06:36								
2021-02-28 07:14:00	0,010768	560,7849	2	0,523752	0,016659	0,038488	104,9	1,2	0,966	-0,257	0,021	-0,97	0,242	0,026	#####	21	06:16	06:36								
2021-02-28 07:15:00	0,010958	563,3858	2	0,512433	0,016374	0,041625	105,1	1,4	0,965	-0,261	0,024	-0,969	0,244	0,031	#####	20	06:18	06:37								
2021-02-28 07:16:00	0,011126	565,9811	2	0,501364	0,016094	0,044517	105,3	1,5	0,964	-0,264	0,026	-0,969	0,245	0,035	#####	18	06:20	06:37								
2021-03-01 07:09:00	0,010665	553,3097	2	0,572002	0,017951	0,0305	103,7	0,7	0,971	-0,237	0,012	-0,973	0,231	0,007	#####	18	06:20	06:37								
2021-03-01 07:11:00	0,010693	558,5049	2	0,547473	0,017343	0,034131	104,1	1	0,97	-0,244	0,018	-0,972	0,233	0,016	#####	16	06:22	06:37								
2021-03-01 07:12:00	0,010929	561,0944	2	0,535614	0,017045	0,03775	104,3	1,2	0,969	-0,247	0,021	-0,972	0,234	0,02	#####	16	06:23	06:38								
2021-03-01 07:13:00	0,010759	563,6784	2	0,524016	0,016753	0,0379	104,5	1,3	0,968	-0,25	0,023	-0,972	0,235	0,024	#####	14	06:25	06:38								
2021-03-01 07:14:00	0,010951	566,2568	2	0,512674	0,016466	0,04107	104,7	1,5	0,967	-0,253	0,026	-0,971	0,236	0,028	#####	13	06:26	06:38								
2021-03-01 07:15:00	0,011122	568,8298	2	0,501583	0,016183	0,044002	104,9	1,7	0,966	-0,257	0,029	-0,971	0,237	0,032	#####	11	06:28	06:38								
2021-03-02 07:07:00	0,01066	553,6914	2	0,572317	0,017973	0,030472	103,3	0,8	0,973	-0,23	0,015	-0,975	0,224	0,005	#####	11	06:29	06:39								
2021-03-02 07:08:00	0,010972	556,2748	2	0,559891	0,017665	0,034818	103,5	1	0,972	-0,233	0,017	-0,974	0,225	0,009	#####	9	06:31	06:39								
2021-03-02 07:09:00	0,010637	558,8529	2	0,547741	0,017362	0,033537	103,7	1,2	0,971	-0,236	0,02	-0,974	0,226	0,013	#####	8	06:32	06:39								
2021-03-02 07:10:00	0,010875	561,4255	2	0,535858	0,017063	0,037196	103,9	1,3	0,971	-0,24	0,023	-0,974	0,227	0,017	#####	7	06:33	06:39								
2021-03-02 07:11:00	0,0107	563,9928	2	0,524239	0,01677	0,037302	104,1	1,5	0,97	-0,243	0,026	-0,973	0,228	0,021	#####	6	06:35	06:40								
2021-03-02 07:12:00	0,010892	566,5546	2	0,512876	0,016481	0,040506	104,3	1,6	0,969	-0,246	0,028	-0,973	0,229	0,026	#####	4	06:36	06:39								
2021-03-02 07:13:00	0,011066	569,111	2	0,501764	0,016196	0,043477	104,4	1,8	0,968	-0,249	0,031	-0,973	0,23	0,03	1. Sep.	3	06:38	06:40								
2021-03-03 07:06:00	0,010723	556,6599	2	0,572586	0,018078	0,030481	102,9	1	0,975	-0,223	0,017	-0,976	0,216	0,002	2. Sep.	2	06:39	06:40								
2021-03-03 07:07:00	0,01104	559,2213	2	0,560138	0,017766	0,034855	103,1	1,1	0,974	-0,226	0,02	-0,976	0,218	0,006	3. Sep.	1	06:40	06:40								
2021-03-03 07:08:00	0,010631	561,7773	2	0,547966	0,01746	0,032951	103,2	1,3	0,973	-0,229	0,023	-0,976	0,219	0,011												
2021-03-03 07:09:00	0,010868	564,328	2	0,536062	0,017158	0,036628	103,4	1,5	0,972	-0,23																