

Blendgutachten Solarpark Pierheim West

**Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage
Pierheim West in Mittelfranken (Bayern)**

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

☎ +49 40 79 69 59 36

📠 +49 40 79 69 59 38

@ info@solpeg.com

🌐 www.solpeg.com

Inhalt

1	Auftrag	3
1.1	Beauftragung	3
1.2	Hintergrund und Auftragsumfang	3
2	Systembeschreibung	4
2.1	Standort Übersicht	4
2.2	Umliegende Gebäude	7
3	Ermittlung der potentiellen Blendwirkung	8
3.1	Rechtliche Hinweise	8
3.2	Blendwirkung von PV Modulen	8
3.3	Technische Parameter der PV Anlage	10
3.4	Berechnung der Blendwirkung	11
3.5	Standorte für die Analyse	12
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	13
4	Ergebnisse	17
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P1, A9 südöstlich	18
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke östlich	20
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P3, Straße südlich	22
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude Pierheim	23
5	Zusammenfassung der Ergebnisse	25
6	Schlussbemerkung	25
7	Anhang	26 - 39

SolPEG Blendgutachten

Analyse der Blendwirkung der geplanten PV Anlage Pierheim West

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Dienstleister im Bereich Photovoltaik ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlage „Pierheim West“ für die Verkehrsteilnehmer auf der Bundesautobahn A9 und der Bahnstrecke sowie für 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 „Pierheim West“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Lichtleitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer auf der A9 und ggf. für Anwohner von umliegenden Gebäuden.

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 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 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 geplanten Solarparks befinden sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet ca. 600 m bzw. 1,2 km östlich der Ortschaft Pierheim in Mittelfranken (Bayern), ca. 5 km östlich von Hilpoltstein. Ca. 170 m östlich der östlichen Fläche verläuft die Bahnstrecke Ingolstadt – Nürnberg sowie die Autobahn A9. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Flächen östlich der Ortschaft Pierheim, ca. 5 km östlich von Hilpoltstein. Die Flächen ist überwiegend eben.
Koordinaten (Fläche Ost)	49.183°N, 11.251°O 439 m ü.N.N.
Abstand zur A9	ca. 200 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 470 m (nicht relevant)

Übersicht über den Standort und die PV Anlage östlich der A9 (schematisch)



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

Detailansicht der PV Flächen



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

Detailansicht der PV Fläche Pierheim West



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

Fotos der PV Flächen. PV Fläche West 2, hinter Wald verborgen und daher nicht relevant.



Bild 2.1.4: PV Fläche West 2 (Quelle: Google StreetView, XOBİ, Ausschnitt)

Detailansicht der PV Fläche Pierheim West



Bild 2.1.5: PV Fläche Pierheim West (Quelle: Google StreetView, XOBİ, Ausschnitt)

2.2 Umliegende Gebäude

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

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

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

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

Die folgende Skizze zeigt den Verlauf der Autobahn A9 sowie Gebäude der Ortschaft Pierheim östlich der Autobahn A9. Aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz können die Gebäude von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. In der Realität besteht allerdings überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage. Beeinträchtigungen durch potentielle Reflexionen sind eher unwahrscheinlich aber der Standort wird dennoch untersucht.



Bild 2.2.1: Gebäude der Ortschaft Pierheim östlich der A9 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.

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:

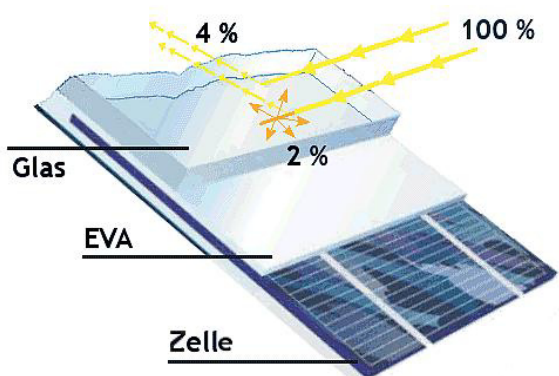


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: Internet/SolPEG)

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:

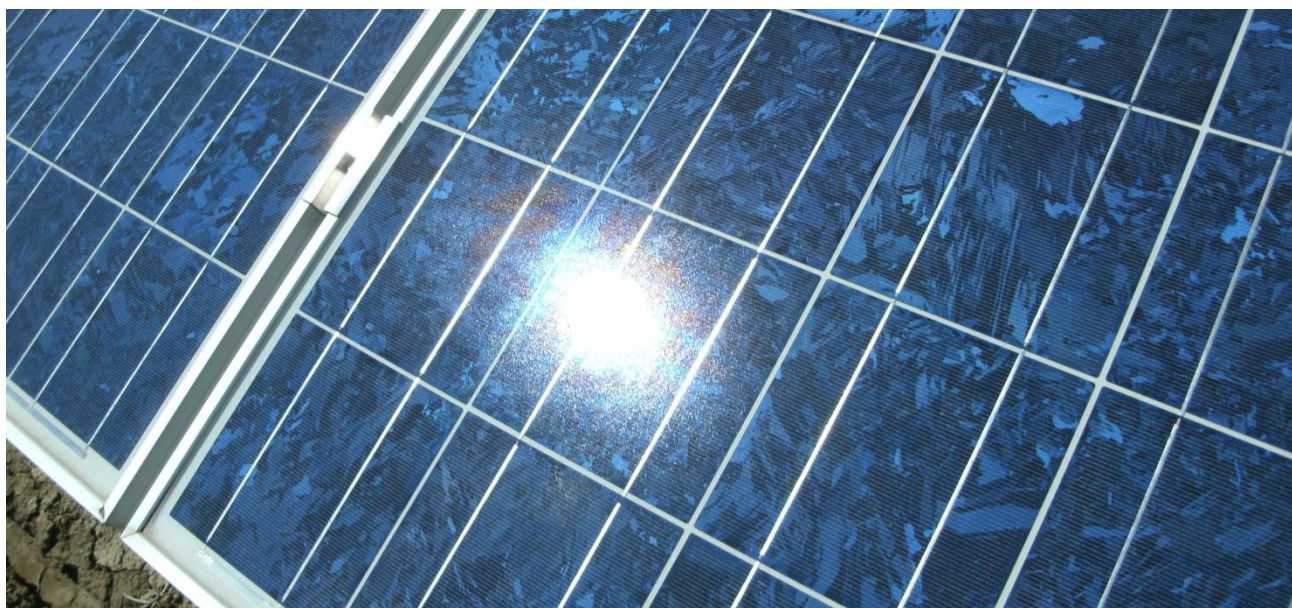


Bild 3.2.2: Diffuse Reflexion von direkten Sonnenlicht (Einstrahlung ca. 980 W/m²) auf einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Das mittlere Modul 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. Das Modul rechts im Bild zeigt aufgrund der speziellen Oberfläche praktisch keine direkte, sondern durch die starke Bündelaufweitung der Lichtstrahlen, ausschließlich diffuse Reflexion.



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

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

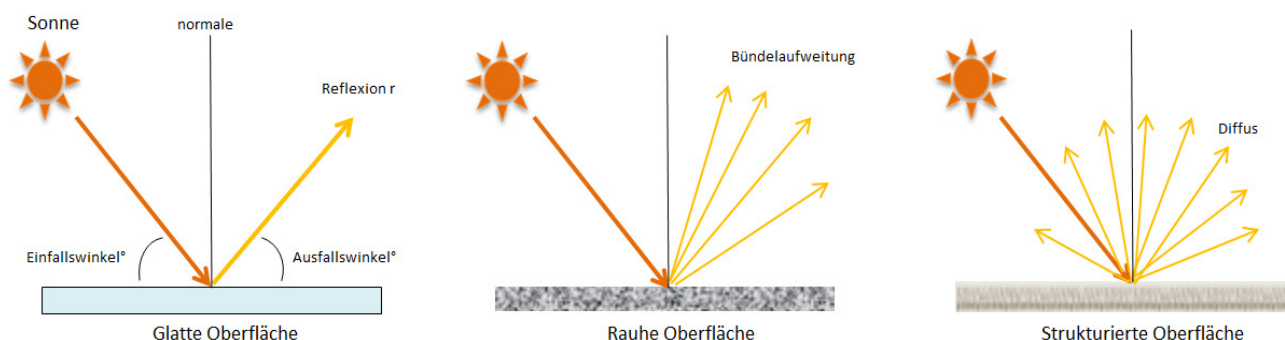


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers Trina Solar 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.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2102 × 1040 × 35 mm (82.76 × 40.94 × 1.38 inches)
Weight	24.0 kg (52.9lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches) <u>High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass</u>
Encapsulant Material	EVA/POE
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 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 Neigung der Modultische beträgt 20°, Azimut beträgt 180° (Süden). Die folgenden Skizzen verdeutlichen die Konstruktion der Modulinstallation.

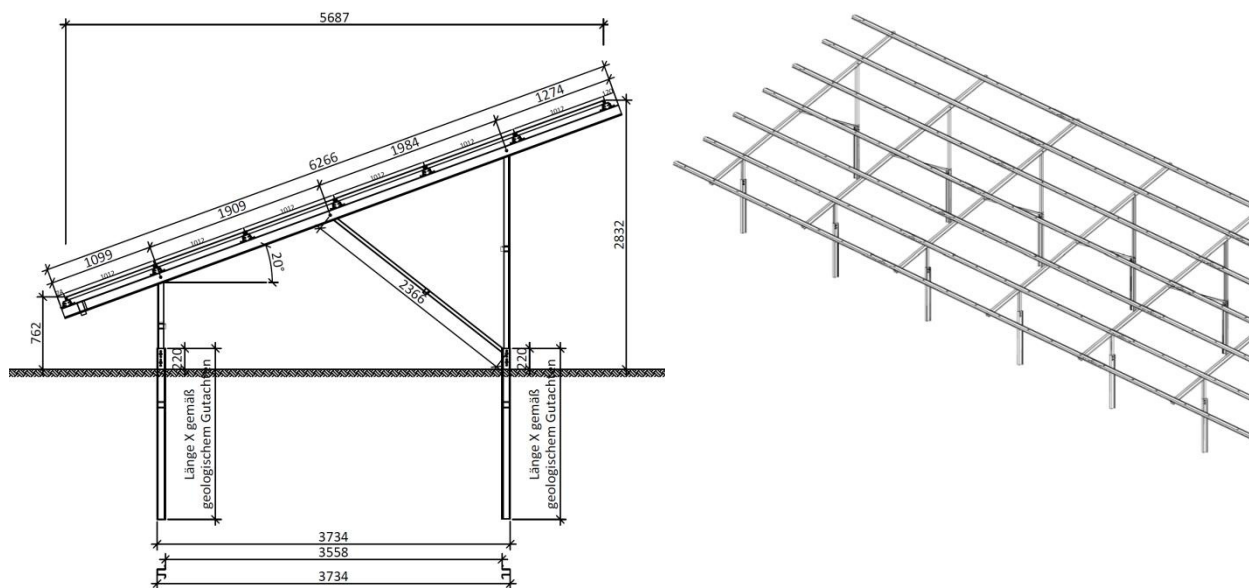


Bild 3.3.1: Skizzen der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul	Trina Solar (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	6 Module quer übereinander
Ausrichtung (Azimut)	Süden (180°)
Modulneigung	20°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. 0,76 m, max. 2,83 m
Mittlere Höhe der Modulfläche	2 m
Messpunkte auf der A9	3 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Messpunkte Pierheim West Gebäude	1 Messpunkt
Höhe Messpunkte über Boden	2 m (mittlere Sitzhöhe PKW/LKW Fahrer)

3.4 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:

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

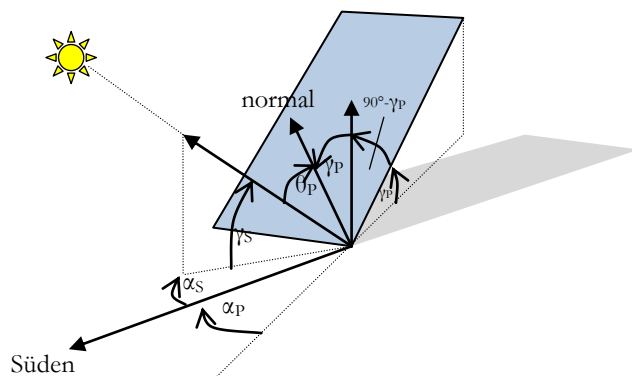


Bild 3.4.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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>

3.5 Standorte für die Analyse

Eine Analyse der potentiellen Blendwirkung kann aus technischen Gründen nicht für beliebig viele Messpunkte (Immissionsorte) durchgeführt werden. Je nach Größe und Beschaffenheit der PV Anlage werden exemplarisch 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 von potentiellen Reflexionen nicht erreicht werden.

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Pierheim West wurden insgesamt 4 exemplarische Messpunkte festgelegt und die im Jahresverlauf auftretenden Reflexionen ermittelt. 1 Messpunkte im Verlauf der A9, 1 Messpunkt auf der parallel zur A9 verlaufenden Bahnstrecke, 1 Messpunkt auf der südlich der PV Anlage verlaufenden Straße sowie 1 Messpunkt im Bereich der Ortschaft Pierheim.

Die folgende Übersicht zeigt die PV Anlage und die 4 gewählten Messpunkte P1-P4:



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

Das PV Feld Pierheim West 2 ist weder von umliegenden Gebäuden noch von der Straße aus einsehbar und wird daher nicht näher analysiert. Siehe auch Bilder 2.1.2 und 2.1.4

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Lichtleitlinie

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist in Deutschland die sog. Lichtleitlinie, 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 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 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.

⁵ Lichtleitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

Sonderfall Zugführer

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

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



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

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

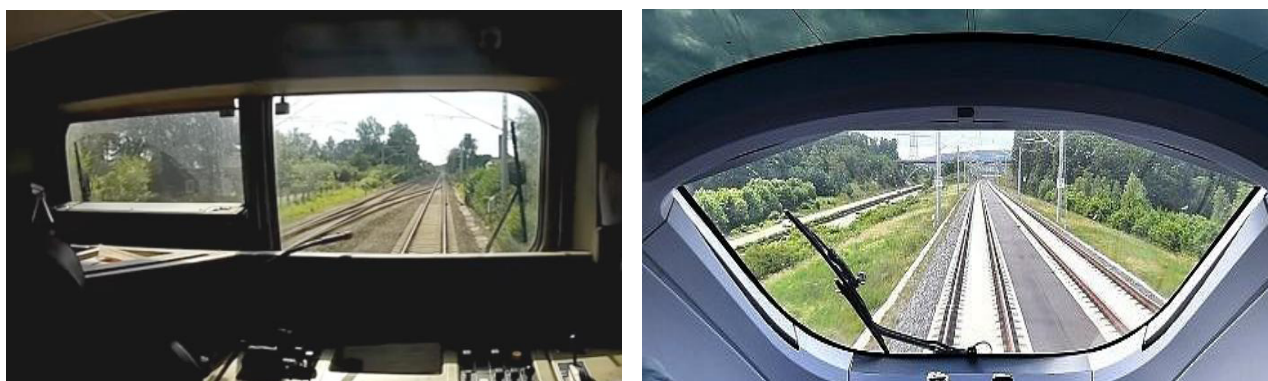


Bild 3.6.2: Blick aus dem Führerstand. Links Baureihe 281, rechts ICE (Quelle: Wikipedia CC0 1.0 Lizenz, bearbeitet)

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

Sonstige Einflüsse

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

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

In der Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY⁶) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2021 eine mittlere Wolkenbedeckung⁷ 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.

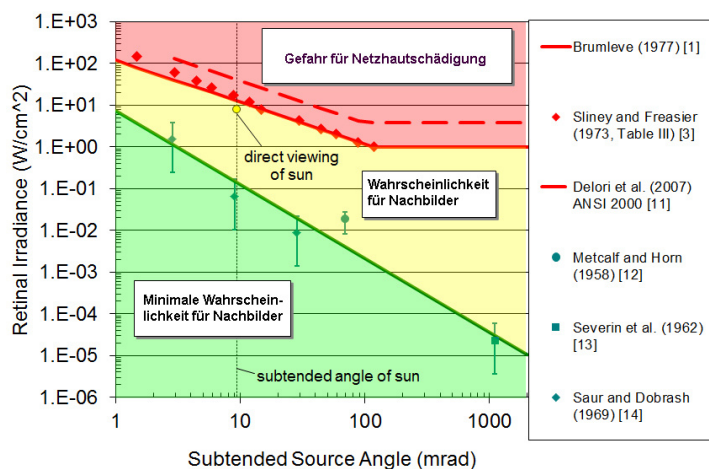


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

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_2021_17.png

4 Ergebnisse

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Pierheim West wird für 4 exemplarisch gewählte Messpunkte durchgeführt. Das Ergebnis ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“ auftreten kann.

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

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

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

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebniswerte nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden.

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
P1 A9 Südwest	1493 ^W
P2 Bahnstrecke	1511 ^W
P3 Straße südlich	6025 ^{WS*}
P4 Gebäude Pierheim	107 ^D

^W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

^E Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

^S Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

^D Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer zu vernachlässigen

* Summe der Reflexionen aus Osten und Westen

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

Hinweis:

Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf 20° Modulneigung wie in Tabelle 1 beschrieben. Die Simulation wurde auch mit anderen Modulneigungen durchgeführt (u.a. 15°) und es zeigen sich an einzelnen Immissionsorten erwartungsgemäß leicht abweichende Minutenwerte. Insgesamt sind die Abweichungen allerdings vernachlässigbar und daher kann die PV Anlage mit einer Modulneigung zwischen 15° - 25° realisiert werden.

4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, A9 südöstlich

Am Messpunkt P1 auf der A9 können bei der Fahrt Richtung Nordwesten (Nürnberg) theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können in bestimmten Jahreszeiten in den Abendstunden zwischen 18:08 – 18:35 Uhr an max. 15 Minuten pro Tag aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen liegen allerdings mit -35° bis -61° links (westlich) der Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, ca. 100 m) und daher sind Reflexionen zu vernachlässigen. Darüber hinaus ist aufgrund des Bahndammes überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung zeigt die folgende Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P1 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

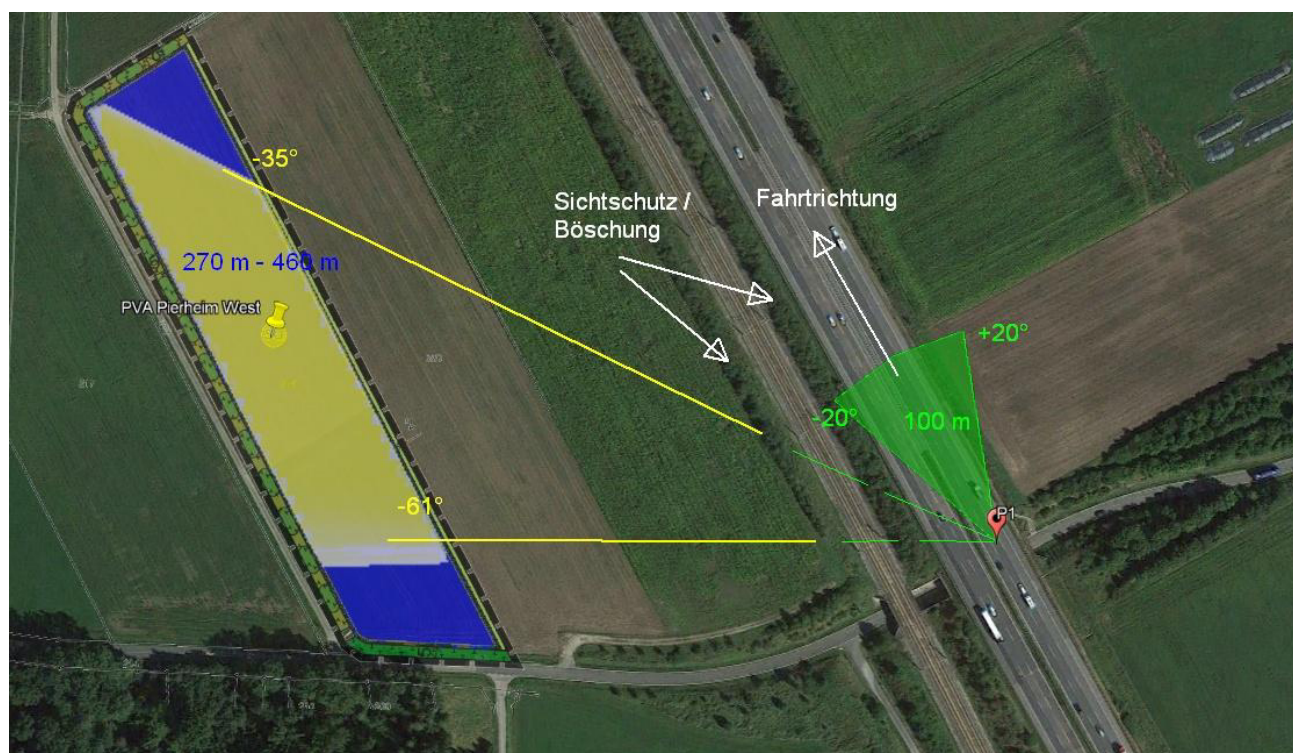


Bild 4.1.1: Simulation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grüne Bereich symbolisiert bei Fahrt Richtung Norden (Nürnberg) den relevanten Blickwinkel (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$). Im gelben/weißen Bereich könnten potentielle Reflexionen auftreten. Dieser Bereich liegt allerdings deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und somit sind keine Beeinträchtigungen für Fahrzeugführer zu erwarten. Die rechnerisch ermittelten Zahlen in Tabelle 3 können nicht ohne Einschränkungen verwendet werden.

Bei der Fahrt Richtung Süden wären potentielle Reflexionen entsprechend noch weiter außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels – sofern überhaupt sichtbar.

Das folgende Foto aus 2017 zeigt die Situation im Bereich von Messpunkt P1 aus Sicht des Fahrzeugsführers bei der Fahrt Richtung Norden. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Die PV Fläche und evt. auch potentielle Reflexionen wären außerhalb des Bildes, nicht sichtbar.

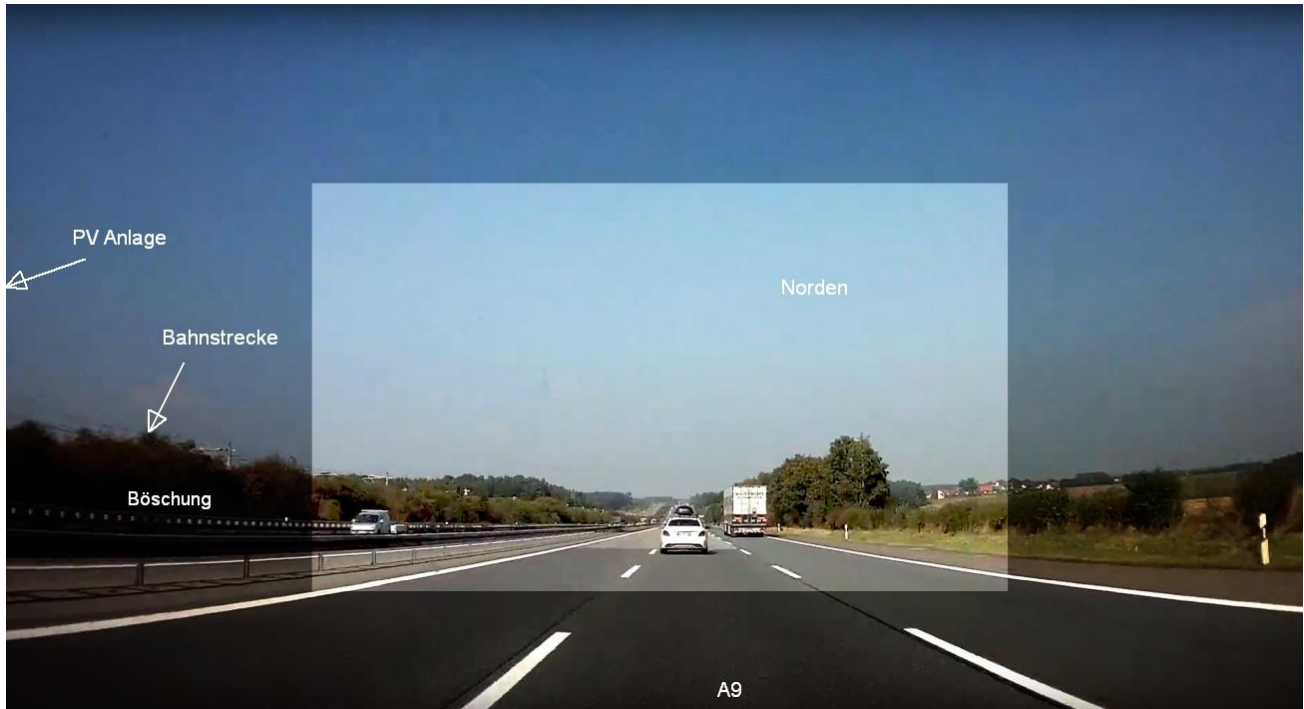


Bild 4.1.2: Foto am Messpunkt P1 (Quelle: Youtube [Video wzKXTugZsec](#) PL & EU Highways, Minute 09:31, bearbeitet)

Ein Foto aus dem Jahr 2021, etwa an der selben Position, verdeutlicht, dass Bewuchs im Bereich des Fahrbahnrandes zugenommen hat.



Bild 4.1.3: Foto am Messpunkt P1 (Quelle: Google StreetView, Manfred Schmid, 2021, Ausschnitt)

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke östlich

Messpunkt P2 befindet sich auf der parallel zur A9 verlaufenden Bahnstrecke. Die Verlauf der Bahnstrecke und der A9 sind identisch und erwartungsgemäß zeigen sich ähnliche Ergebnisse. Der Messpunkt auf der Bahnstrecke wurde allerdings in 3 m statt 2 m Höhe festgelegt.

Bei der Fahrt Richtung Nordwesten (Nürnberg) können am Messpunkt P2 in bestimmten Jahreszeiten in den Abendstunden zwischen 18:08 – 18:35 Uhr an max. 15 Minuten pro Tag aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen liegen allerdings auch hier mit -35° bis -61° links (westlich) der Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, ca. 100 m) und daher sind Reflexionen durch die PV Anlage zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von ggf. vorhandenen DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

Zur Veranschaulichung zeigt die folgende Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P1 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

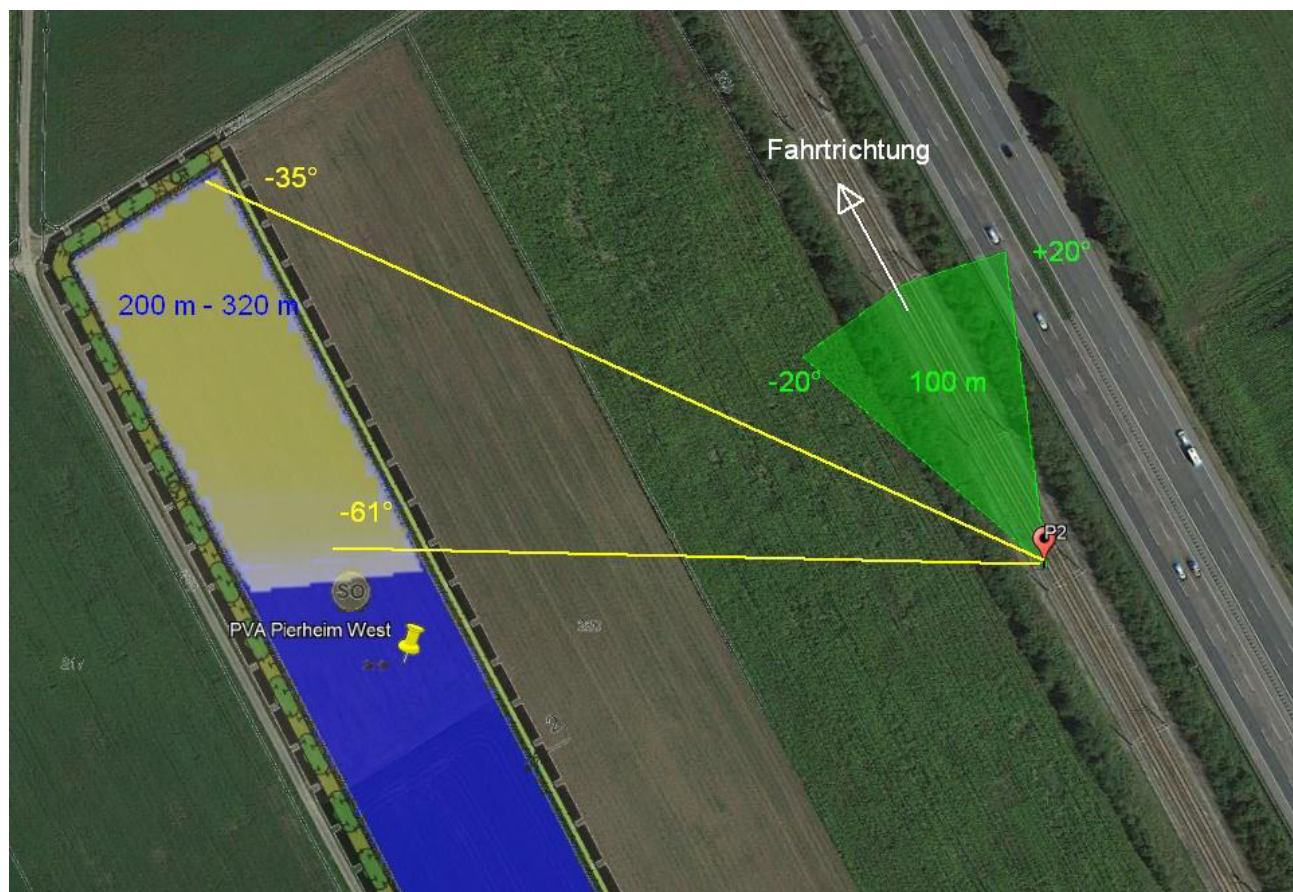


Bild 4.2.1: Simulation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grüne Bereich symbolisiert bei Fahrt Richtung Norden (Nürnberg) den relevanten Blickwinkel (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$). Im gelben/weißen Bereich könnten potentielle Reflexionen auftreten. Dieser Bereich liegt allerdings deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und somit sind keine Beeinträchtigungen für Fahrzeugführer zu erwarten. Die rechnerisch ermittelten Zahlen in Tabelle 3 können nicht ohne Einschränkungen verwendet werden.

Das folgende Foto zeigt die Situation im Bereich von Messpunkt P2 aus Sicht des Zugführers bei der Fahrt Richtung Norden. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Die PV Fläche ist links im Bild angedeutet. Es handelt sich hier um die München - Ingolstadt - Nürnberg Schnellfahrstrecke und bei einer Geschwindigkeit von ca. 300 km/h ist der gesamte Abschnitt mit der PV Anlage in ca. 4,5 Sekunden passiert – sofern diese überhaupt sichtbar ist.



Bild 4.2.2: Foto am Messpunkt P2 (Quelle: Youtube [Video 5iEqB_16o0I](#) LandscapeChannel, Minute 52:18, bearbeitet)

Ein ähnliches Foto an derselben Position.



Bild 4.2.3: Foto am Messpunkt P2 (Quelle: Youtube [Video XivKLmnbJt4](#) Think New Fly New, Minute 47:54, bearbeitet)

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, Straße südlich

Am Messpunkt P3 auf der südlich der PV Anlage verlaufenden Straße Pierheim - Grauwinkl können rein rechnerisch in bestimmten Jahreszeiten Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Die Einfallswinkel liegen überwiegend außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und darüber hinaus ist lt Planungsunterlagen an der südlichen Grenze der PV Anlage eine Begrünung geplant, die einen direkten Sichtkontakt zur Immissionsquelle verhindert. Daher kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung zeigt die folgende Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P3.

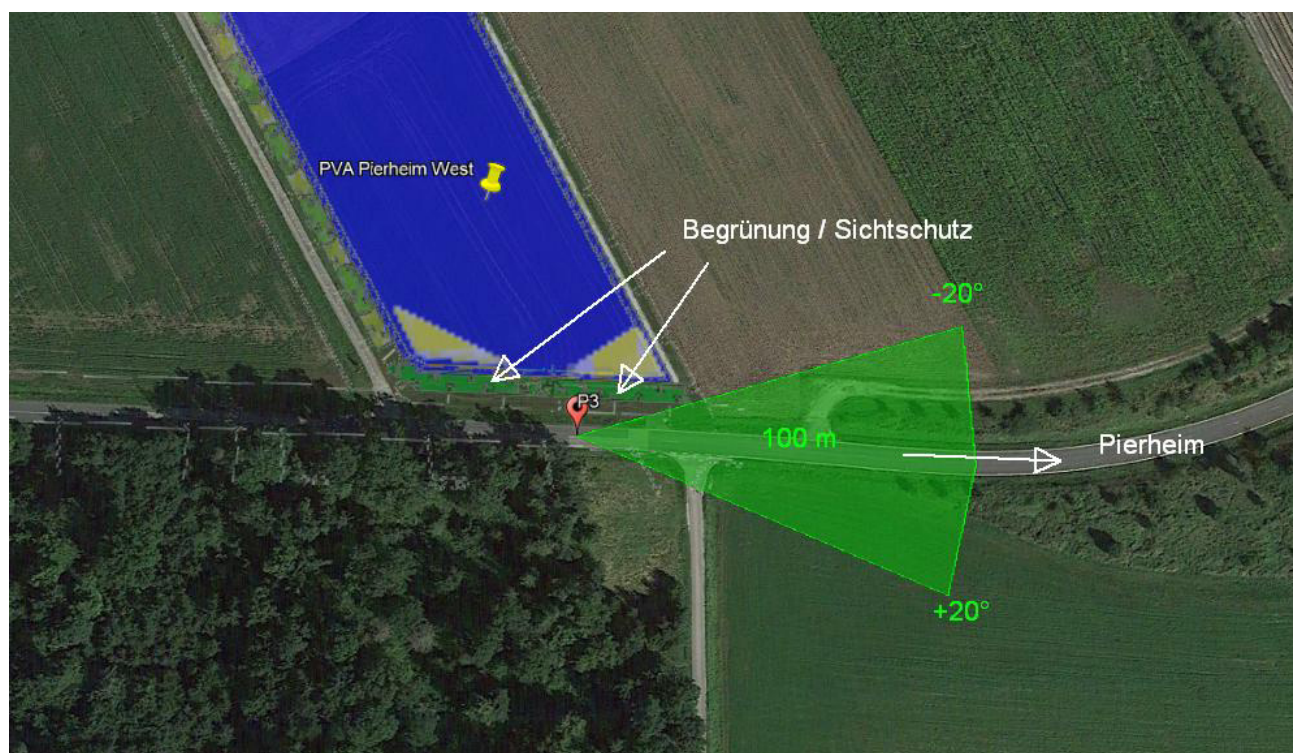


Bild 4.3.1 Simulation am Messpunkt P3 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Die folgenden Beispielbilder zeigen eine bewährte und bereits ausreichende Variante für einen Sichtschutz mit heimischen Gehölzen direkt nach Anpflanzung und auch mit Blattwerk.



Bild 4.3.2: Sichtschutzmaßnahme mit einheimischen Gehölzmischungen (Quelle: SolPEG)

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude Pierheim

Am Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude der Ortschaft Pierheim können rein rechnerisch nur an insgesamt 107 Minuten pro Jahr und an max. 8 Minuten pro Tag⁸ Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse in der Übersicht.

Tabelle 4: Mögliches Auftreten und Dauer von Reflexionen am Messpunkt P1

Zeitraum Beginn	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag (max.)	Minuten im Zeitraum	Erstes Auftreten	Letztes Auftreten
26. April	03. Mai	7	51	18:08	18:21
09. August	17. August	8	56	18:15	18:30

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

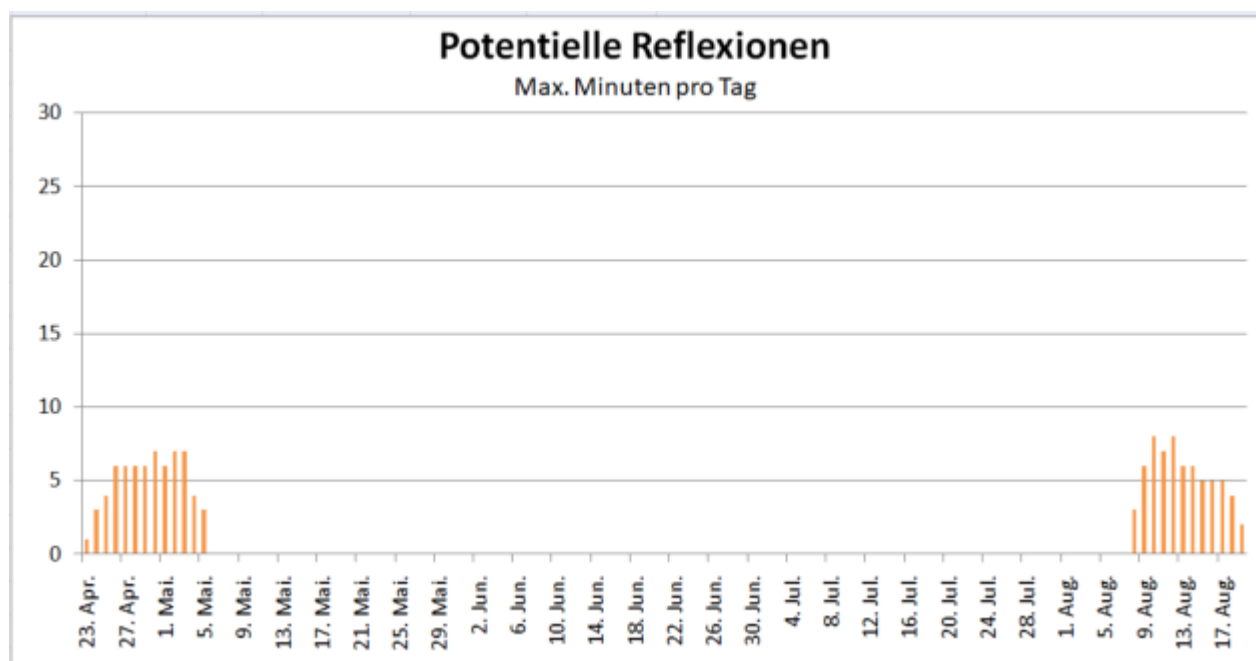


Bild 4.4.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

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

Darüber hinaus besteht überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle und daher kann dieser Bereich nicht von Reflexionen erreicht werden.

Zur Veranschaulichung zeigt die folgende Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P4.

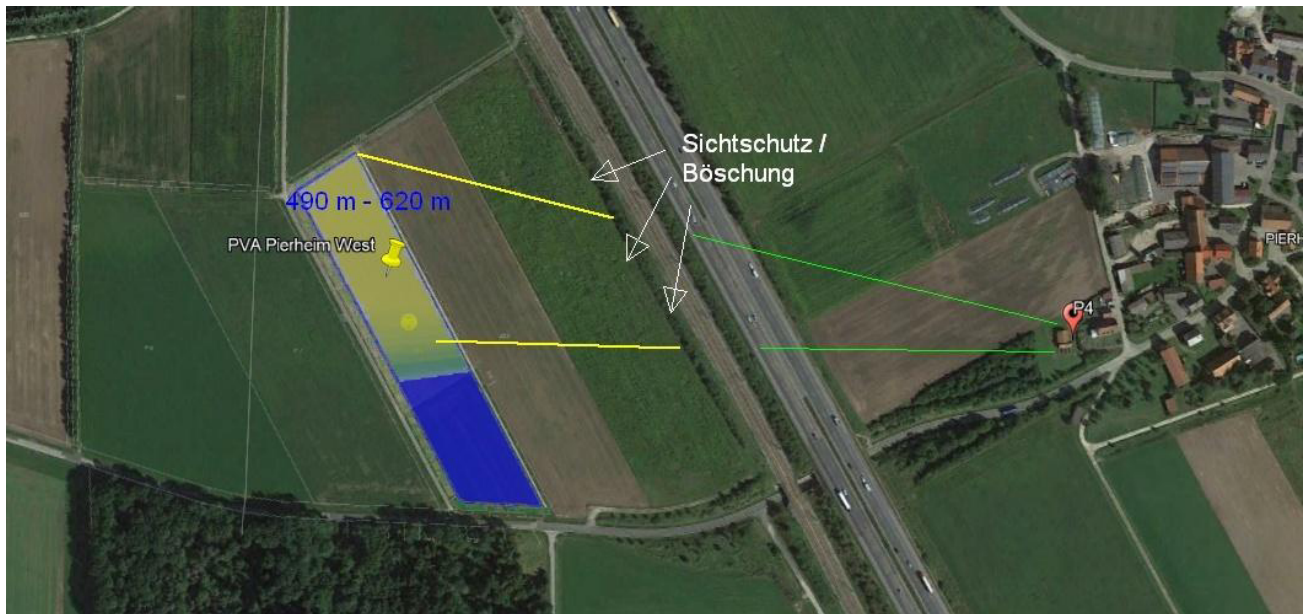


Bild 4.4.2 Simulation am Messpunkt P4 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Das folgende Foto zeigt die Situation in Pierheim mit Blick Richtung Westen. Weder die Autobahn A9 noch die Bahntrasse oder die weiter westlich gelegene PV Anlage sind sichtbar.



Bild 4.4.3 Foto im Bereich von Messpunkt P4 (Quelle: Google StreetView, XOB, Ausschnitt)

Reflexionen durch die PV Anlage sind im Bereich von Messpunkt P4 nicht möglich.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage „Pierheim West“ 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. 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 Pierheim West mit dem Einsatz von PV Modulen mit

Anti-Reflexionsschicht die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von potentiellen Reflexionen vorgesehen. Für die hier betrachtete PV Anlage wurden verschiedene Simulationen durchgeführt, u.a. mit unterschiedlichen Modulneigungen. Erwartungsgemäß zeigen sich an einzelnen Immissionsorten leicht abweichende Ergebnisse, die Ausführungen zu den jeweiligen Messpunkten sind dennoch gültig. Die PV Anlage kann demnach mit einer Modulneigung von 15° - 20° errichtet werden.

Die Analyse von 4 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt nur eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Der fließende Verkehr auf der A9 wird durch die PV Anlage nicht beeinträchtigt, da die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels liegen. Darüber hinaus ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden.

Auf der parallel zur A9 verlaufenden Bahnstrecke Nürnberg – München liegen potentielle Reflexionen ebenfalls außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels. Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

Auf der wenig befahrenen Straße zwischen Pierheim und Grauwinkl können rein rechnerisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Lt. Planungsunterlagen ist allerdings an der südlichen Grenze der PV Anlage eine Begrünung geplant, sodass kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Auch die Gebäude der Ortschaft Pierheim haben keinen direkten Sichtkontakt zur PV Anlage und dementsprechend kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

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 28.07.2022


Dieko Jacob / SolPEG GmbH

⁹ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



B. Textliche Festsetzungen nach § 9 BauGB und BauNVO

- Art der baulichen Nutzung**
(§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB und §§ 1-15 BauNVO)
 - Sondergebiet Photovoltaik-Freiflächenanlage (§ 11 BauNVO)
Zulässig sind ausschließlich die Errichtung von aufgeständerten Solarmodulen in starrer Aufstellung sowie der Zweckbestimmung des Sondergebietes unmittelbar dienende Nebenanlagen, wie technische Einrichtungen zur Speicherung, Umwandlung und Abgabe von elektrischer Energie.
 - Es sind nur solche Vorhaben zulässig, zu denen sich der Vorhabenträger in Durchführungsvorgang gem. § 12 Abs. 3a BauGB verpflichtet.
- Maß der baulichen Nutzung**
(§ 9 Abs. 1 Nr. 1 und § 9 Abs. 2 BauGB und §§ 16-21a BauNVO)
 - Grundflächenzahl (GRZ) 0,65 (§ 19 BauNVO)
Zulässig sind die zulässigen Grundflächenzahl und die Gesamtfläche der aufgeständerten Solarmodule in senkrechter Projektion einschließlich Nebenanlagen zu berücksichtigen. Die max. zulässige Grundfläche für Nebenanlagen ist hierbei auf 150 qm insgesamt für beide Teilflächen begrenzt.
 - Höhenfestsetzung (§ 9 Abs. 2 BauGB, § 16 Abs. 2 Nr. 4 BauNVO)
Die maximal zulässige Höhe der baulichen Anlagen über der Geländeoberfläche beträgt 3,8 m. Gemarken wird als Oberkante zukünftigen Gelände (siehe Festsetzung C.4).
- Bauweise und überbaubare Grundstücksfläche**
(§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB, §§ 22 und 23 BauNVO)
 - Baugrenze (§ 23 Abs. 3 BauNVO)
Bauliche Anlagen einschließlich Nebenanlagen dürfen nur innerhalb der Baugrenze errichtet werden. Einfriedigungen gemäß der Festsetzung C.3 sind innerhalb der Baulücke auch außerhalb der Baugrenze zulässig.
- Flächen oder Maßnahmen für Bepflanzungen sowie zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft**
(§ 9 Abs. 1 Nr. 23 und 25, § 1a Abs. 3 i.V.m. § 9 Abs. 1a BauGB)
 - Anerkennung der Vermeidungsmaßnahmen
Die Baumaßnahmen (Einbaumaßnahmen) sind entweder außerhalb der Bruttofläche von Vegetation zwischen Anfang September und Anfang März durchzuführen oder ganzjährig, sofern durch andere Maßnahmen (durch technische Personen begleitete geeignete Vergrünungsmaßnahmen (z.B. Anlage und Unterhalt einer Schotterdecke bis zum Bepflanzern) i.V.m. funktionstüchtigen GEF-Maßnahmen) sichergestellt wird, dass artenschutzrechtliche Vorkehrungsmaßnahmen im Sinne des § 44 BNatSchG nicht erfüllt werden.
 - Interne Ausgleichsflächen-maßnahmen
Durch die vorliegende Planung verursachten Eingriff wird die interne Ausgleichsflächen-maßnahmen in Gärten zugeordnet (Gesamtfächengröße: 11,394 qm). Folgende Maßnahmen sind gemäß Abgrenzungen in der Planzeichnung umzusetzen:
 - Maßnahme 1: Entwicklung von Gras-Krautfluren durch Einbringen einer Regiozusammensetzung für Säume mittels Handstreifen und Erhaltung durch abschneidende Mähwerk von 50% der Fläche im Herbst jeden Jahres.
 - Maßnahme 2: Anlage von Hecken und Büschen durch die Pflanzung von Sträuchern (dreiährig).
 - Maßnahme 3: Pflanzung von Einzelsträuchern und kleinen Pflanzungen (i.V.m. Maßnahmen 1).

Für die gesamte Ausgleichsfläche gelten folgende Maßnahmen allgemein:

- Bauliche Anlagen (einschließlich Bepflanzung) sind unzulässig.
- Für Gehölzpflanzungen sind standortgerechte, heimische Arten Herkunftsregion § 1 aus der u.g. Artenliste zu verwenden.
- Die Regiozusammensetzung, oder das im Handreichungsverfahren gewonnene Saatgut müssen dem Umrangungsgebiet "2. Fränkische Hügelland" entsprechen.
- Gehölzpflanzungen und Ansätze sind spätestens ein Jahr nach Aufnahme der Nutzung der Anlage durchzuführen.
- Die Mähzeit ist nach erfolgreicher Mäh von der Fläche zu entnehmen. Durch Fertigstellungszeitpunkt ist ein Ansetzen der Gehölze sicherzustellen, ausgefallene Gehölze sind nachzupflanzen.
- Die Gehölze sind durch regelmäßige Pflege zu erhalten (z.B. den Stöckchen bei Hecken, ausreichender Baum- und Einzelstrauchschchnitt).
- Der Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln ist unzulässig (mit Ausnahme der Obstbäume).

Artenliste Stellcher

<i>Eurostium europaeum</i>	Hartriegel
<i>Viburnum lantana</i>	Pflaumenblüte
<i>Corylus avellana</i>	Molter Schreibe
<i>Sambucus nigra</i>	Haselnuss
<i>Crataegus monogyna</i>	Schwarzer Holunder
<i>Salix caprea</i>	Eingriffener Weiden
	Selwede

- Externe Ausgleichsflächen-maßnahmen / CEF-Maßnahmen für die Festsetzung**
Dem durch die vorliegende Planung verursachten Eingriff wird ein externer Ausgleichsflächen-maßnahmen zur Erreichung von CEF-Maßnahmen für die Herstellung von durch das Vorhaben verlorengegangener Felderchenvervielfachung zugestimmt. Die Maßnahmenfläche und die folgenden Maßnahmen sind auf die durch das Vorhaben betroffenen und verloren gegangenen Felderchenvervielfachung auszurichten und mit der zuständigen unteren Naturschutzbehörde abzustimmen. Die Ausführung der externen Ausgleichsflächen-maßnahmen ist über einen Pflegevertrag zwischen dem Vorhabenträger und einer ausführenden Person oder Institution (Flächengutachter) für die Dauer des Eingriffs durch die geplante PV-Anlage zu sichern. Dieser Pflegevertrag ist (der Stadt) und der unteren Naturschutzbehörde vorzulegen. Die Maßnahmen sind vor dem eigentlichen baulichen Eingriff durch das geplante Sondergebiet herzustellen. Folgende Maßnahmen sind neu oder in Kombination geeignet auf externen Ausgleichsflächen umzusetzen und für die Dauer des Eingriffs zu erhalten:
 - Maßnahme 1: alternativer Ansatz mit autoktönen, für die Lebensraumansprüche der Felderchen geeigneter Blütenreife-Grasgesellschaften (nicht zu hochwüchsig), alternativer Selbstbegrenzung mit einem Mindestmaß an Felderchenvervielfachung (Felderchenvervielfachung von 5,5 bis zu 12,7 ha bei Kombination mit Felderchenvervielfachung (siehe unten)).
 - Kein Mähen, Pflegeschritt bei Bedarf Ende August.
 - Bei Bedarf nach mehreren Jahren Nachsaat bzw. Umlinich mit erneuter Ansatz im Herbst, alternativer Selbstbegrenzung mit Umlinich im Herbst.
 - keine Düngung bzw. Verwendung von Pflanzenschutzmitteln.
 - Ackerbaubereich für Felderchen mit 1 ha pro Felderchenvervielfachung:
 - Erweiterter Streifenbereich von mindestens 30 m, mit Anbau von Getreide und Luzerne.
 - Keine Bodenbearbeitung sowie kein Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln von 01.03 bis zum 30.09.
 - Bei Luzern hat die Erntzeit nach der Getreideernte am Ende Juli zu erfolgen, der 1. Schnitt hat frühestens am Ende 01.06 als Hochschnitt mit einer Schnitthöhe von 14 cm zu erfolgen, beim 2. Schnitt frühestens 6 Wochen nach dem 1. Schnitt ebenfalls als Hochschnitt mit einer Schnitthöhe von 14 cm.
 - Die Getreideernte ist ebenfalls als Hochschnitt auszuführen.
 - Anlage von 10 Leichterflächen auf einer Fläche von 3 ha (3-4 Fester pro ha) je 30 m in Kombination mit Blühstreifen / Selbstbegrenzung (siehe oben).

Bei Bedarf können die Pflege- und Bewirtschaftungsmaßnahmen im Rahmen des Monitoring in Absprache mit der LNB angepasst werden.

- Freiflächengestaltung innerhalb des Sondergebietes**
 - Die nicht mit baulichen Anlagen überbauten Bereiche sind durch Einbringen einer standortgerechten ausdifferenzierten Saatgutmischung für mittlere Standorte oder im Handreichungsverfahren mit anschließender Pflege als extensiv genutztes Grünland zu erhalten.
 - Die Erntzeit hat bei geeigneter Witterung, spätestens im nach Einrichtung der Solarmodule folgenden Frühjahr zu erfolgen.
 - Die Flächen sind anschließend zu beweden oder durch ein- bis zweimalige Mäh pro Jahr (ab dem 15.06. jeden Jahres) zu pflegen. Eine über die Beweidung hinausgehende Düngung sowie die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln ist unzulässig.
- Umgang mit Niederschlagswasser / Grundwasser- und Bodenschutz**
 - Das auf den Grundstücksflächen anfallende Niederschlagswasser ist innerhalb des Geltungsbereichs flächenhaft über die belagte Bodenschicht in den Untergrund zu versickern.
 - Bei Verwendung von Technikgebäuden mit Dachentwässerungen in Metall sind diese zu beschichten.
 - Die Solarmodule sind mit Rammo- oder Schraubfundamenten zu verankern. Nur wenn aufgrund der Bodenverhältnisse diese Befestigungsform nicht möglich ist, sind ausnahmsweise auch Betonfundamente zulässig. Bei den Rammpfählen sind korrosionsfeste Legierungen zu verwenden (z.B. Magnesium).
 - Die Oberflächenreinigung der Photovoltaikmodule darf nur mit Wasser unter Ausschluss von grundwasseranfälligenden Chemikalien erfolgen.
 - Interne Entwässerungswegen sind in unbedenklicher und begründeter Weise auszuführen.
- Sonstige Festsetzungen zur Bestimmung der Zulässigkeit des Vorhabens**
(§ 12 Abs. 3 Satz 2 BauGB)
 - Gestaltung / Anordnung der Module
Es sind ausschließlich rechteckige Solarmodule in starrer Aufstellung, einem Neigungswinkel zwischen 10 und 25° (von der Horizontalen (H°) ausgehend) und im Abstand zwischen 155° - 205° zulässig (siehe folgende Schematische). Die Module sind in parallel zueinander aufgestellten Reihen mit einem Mindestabstand von 2,0 m zwischen den Reihen zu errichten.
 - Schematische
 - Modulneigung
 - Azimit
 - Gestaltung von Gebäuden
Gebäude sind mit Flachdach, Pultdach oder Giebeldach (Neigung max. 30°) zu versehen. Außenwände sind zu verputzen (keine großen Faltungen) und mit Holz zu verkleiden. Metallfassaden sind ausschließlich in nichtreduzierbaren, geduckten Formen zulässig.
 - Einfriedigungen
Einfriedigungen sind dem natürlichen Geländecharakter anzupassen und nur in transparenter Ausführung (Maschenzaun, Drahtgitter) bis zu einer Höhe von 3 m bis 3,4 m überhande Gelände zulässig. Die Zäune sind so anzuordnen, dass durchgehend ein Freisichtverhältnis zwischen Gelände und Zaunerrückseite von 15 cm im Durchlauf für Klienten eingebracht wird. Sockel sind unzulässig.

- A. Festsetzungen durch Planzeichnungen**
 - Art der baulichen Nutzung
(§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB, § 11 Abs. 2 BauNVO)
 - Sonstiges Sondergebiet Zwecksbestimmung "Photovoltaik-Freiflächenanlage"
 - Maß der baulichen Nutzung
(§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB, § 1a Abs. 2 BauNVO)
 - 0,65 Grundflächenzahl (GRZ)
 - 3,8 m Maximale Höhe der baulichen Anlagen
 - Bauweise und überbaubare Grundstücksfläche
(§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB, §§ 22 und 23 BauNVO)
 - Baugrenze
 - Verkehrsflächen
(§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB)
 - Private Verkehrsflächen (Zufahrt)
 - Grünflächen
(§ 9 Abs. 1 Nr. 15)
 - Private Grünfläche
 - Flächen oder Maßnahmen für Bepflanzungen sowie zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft
(§ 9 Abs. 1 Nr. 20 und 25, § 1a Abs. 3 BauGB i.V.m. § 9 Abs. 1a Satz 2 BauGB)
 - Interne Ausgleichsflächen-maßnahmen
 - Entwicklungsziele
 - Extensives Grünland G212 (Maßnahme 1)
 - Mesophile Hecken B112 (Maßnahme 2)
 - Pflanzung von Sträuchern (Maßnahme 3)
 - Sonstige Planzeichnungen
 - Grenze des räumlichen Geltungsbereichs des Bepflanzungsplans (§ 9 Abs. 7 BauGB)
- Hinweise**
 - 1030 vorhandene Grundstücksgrenzen (mit Flurnummern)
 - Blotopie lt. amt. Kartierung LU mit Nummer (außerhalb des Geltungsbereichs)
 - LSG-Ost (00428.01) "Südliches Mittelfränkisches Becken östlich der Schwäbischen Ratz und der Rednitz mit Vorland der Mittelfränkischen Ebene"

- Schematische Übergangsbildung - Einbaumaßnahmen**
- Höhenentwicklung und Gestaltung**
Geländeveränderungen sind insoweit zulässig, als sie im Zusammenhang mit der Errichtung der Anlage erforderlich sind, jedoch max. 0,2 m abweichend vom natürlichen Gelände. Der Anschluss an das vorhandene Gelände der Nachbargrundstücke ist übergeordnet herzustellen.
- Werber / Informationsstellen und Beleuchtung**
Werber / Informationsstellen sind bis zu einer Gesamthöhe von 4 m zulässig. Außenbeleuchtungen sind unzulässig.
- Allgemeine Vorschriften**
Der vorhabenbezogene Bepflanzungsplan besteht aus der Planzeichnung und den Festsetzungen. Der vorhabenbezogene Bepflanzungsplan ist mit dem mit dem Vorhabenträger abgestimmten Vorhaben- und Erschließungsplan identisch.
- Hinweise**
 - Grenzabstände bei Bepflanzungen gegenüber landwirtschaftlichen Grundstücken
Bei Pflanzungen von Gehölzen sind die gesetzlichen Grenzabstände gem. Art 47 u. 48 ASGBG einzuhalten:
 - Gehölze bis zu 2,0 m Höhe – mindestens 0,5 m Abstand von der Grenze
 - Gehölze über 2,0 m Höhe – mindestens 2,0 m, bei starker Verschattung 4,0 m Abstand von der Grenze
 - Denkmalschutz
Archaeologische Bodendenkmäler genießen den Schutz des BauGB, insbesondere Art. 7 Abs. 1 Nr. 1 des Bundesdenkmalgesetzes (Bodendenkmäler). Sollten bei Ausgrabungen optische oder organische Artefakte des Bodens festgestellt werden, die auf eine schädliche Bodenveränderung oder Alter hinweisen, ist unverzüglich die zuständige Bodendenkmälerbehörde (Verantwortungsbereich) zu benachrichtigen (Merkmal gem. Art. 1, 12 Abs. 2 Bay-BodSchG).
 - Bodenschutz
Alle Baumaßnahmen sind in bodenschonender Weise unter Beachtung der gültigen Regeln und Normen, insbesondere DIN 18195 und 1971 (vgl. auch § 12 BodSchG) auszuführen. Sollten bei Ausgrabungen optische oder organische Artefakte des Bodens festgestellt werden, die auf eine schädliche Bodenveränderung oder Alter hinweisen, ist unverzüglich die zuständige Bodendenkmälerbehörde (Verantwortungsbereich) zu benachrichtigen (Merkmal gem. Art. 1, 12 Abs. 2 Bay-BodSchG).
 - Rückbauverpflichtung
Der Rückbau aller in den Boden eingebrachten baulichen Elemente am abschließenden Ende der solarenbezogenen Nutzung sowie die Wiederherstellung der ursprünglichen Bodenschicht werden durch einen Durchführungsvorgang zwischen Vorhaben- und Gemeinde verbindlich geregelt. Nach Einstellung des Sondergebietes ist die Fläche wieder als Fläche für die Landwirtschaft zu nutzen.
 - Düngung landwirtschaftlicher Immissionen
Die durch die vorangehenden landwirtschaftlichen Bearbeitung (Bodenbearbeitung, Ernte) der Nachbarflächen gelegentlich auftretenden Immissionen (Staub) sind zu dämpfen.
 - Gehölzschutz
Im Zuge der Bauaufstellung ist darauf zu achten, dass bestehende, zu erhaltende Bäume und Heckenstrukturen nicht geschädigt werden.

- VERFAHRENSVERMERKE**
 - Die Stadt hat in der Sitzung vom 14.10.2022 gemäß § 2 Abs. 1 BauGB die Aufstellung des vorhabenbezogenen Bepflanzungsplans mit Grünordnungsplan beschlossen. Der Aufstellungsbeschluss wurde am ersichtlich bekannt gemacht.
 - Die Vorhaltung Öffentlichkeitsbeteiligung gemäß § 3 Abs. 1 BauGB mit öffentlicher Darlegung und Anhörung für den Vorwurf des vorhabenbezogenen Bepflanzungsplans mit Grünordnungsplan in der Fassung vom 10.02.2022 hat in der Zeit vom bis stattgefunden.
 - Die frühzeitige Beteiligung der Behörden und sonstigen Träger öffentlicher Belange gemäß § 4 Abs. 1 BauGB für den Vorwurf des vorhabenbezogenen Bepflanzungsplans mit Grünordnungsplan in der Fassung vom 10.02.2022 hat in der Zeit vom bis stattgefunden.
 - Zu dem Entwurf des vorhabenbezogenen Bepflanzungsplans mit Grünordnungsplan in der Fassung vom wurden die Behörden und sonstigen Träger öffentlicher Belange gemäß § 4 Abs. 2 BauGB in der Zeit vom bis beteiligt.
 - Der Entwurf des vorhabenbezogenen Bepflanzungsplans mit Grünordnungsplan in der Fassung vom wurde mit der Begründung gemäß § 3 Abs. 2 BauGB in der Zeit vom bis öffentlich ausgestellt. Die Auslegung wurde eine Woche vorher bekannt gemacht.
 - Die Stadt hat mit Beschluss des Stadtrates vom den vorhabenbezogenen Bepflanzungsplan mit Grünordnungsplan sowie Vorhaben- und Erschließungsplan in der Fassung vom als Satzung beschlossen.
(Siegel) Stadt Hilpoltstein, den
- Markus Mahl
Erster Bürgermeister

7. Ausgelegt
(Siegel) Stadt Hilpoltstein, den

Markus Mahl
Erster Bürgermeister
8. Der Satzungsbeschluss zu dem vorhabenbezogenen Bepflanzungsplan mit Grünordnungsplan wurde am gemäß § 10 Abs. 3 Satz 2 BauGB öffentlich bekannt gemacht. Der vorhabenbezogene Bepflanzungsplan mit Grünordnungsplan sowie Vorhaben- und Erschließungsplan mit Begründung wird seit diesem Tag zu den üblichen Dienstzeiten in der Stadt zu jedermanns Einsicht bereitgehalten und über dessen Inhalt auf Verlangen Auskunft gegeben. Der vorhabenbezogene Bepflanzungsplan mit Grünordnungsplan sowie Vorhaben- und Erschließungsplan ist gemäß Art. 1 Abs. 1 Satz 1 des Grundgesetzes des § 44 Abs. 3 Satz 1 und 2 sowie Abs. 4 BauGB und die §§ 214 und 215 BauGB wurde in der Bekanntmachung hingewiesen.
(Siegel) Stadt Hilpoltstein, den

Markus Mahl
Erster Bürgermeister

Kartierungslage: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2021

Vorentwurf

Stadt Hilpoltstein

Vorhabenbezogener Bepflanzungsplan mit Grünordnungsplan Nr. 37 sowie Vorhaben- und Erschließungsplan "Freiflächen Photovoltaikanlage - Pierheim-West"

maßstab: 1 : 2.000 bearbeitet: mw/b

datum: 10.02.2022

TEAM 4 Bauernschmitt • Wehner

Landchaftsarchitekten • Stadtplaner PartGmbH

90491 Nürnberg odenberger str. 65 tel 0911393574 fax 393579

www.team4-planung.de info@team4-planung.de



BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-DEG21C.20

POWER RANGE: 640-665W

665W

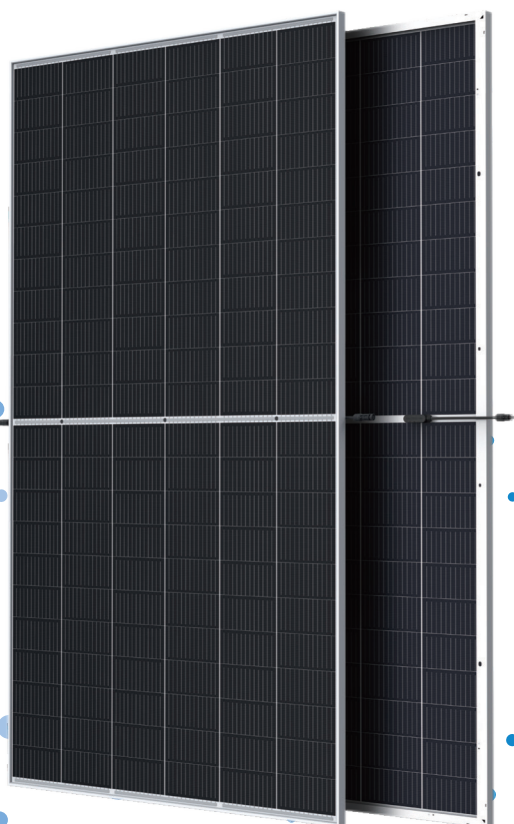
MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

21.4%

MAXIMUM EFFICIENCY



High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance of System) cost, shorter payback time
- Lowest guaranteed first year and annual degradation;
- Designed for compatibility with existing mainstream system components



High power up to 665W

- Up to 21.4% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



High reliability

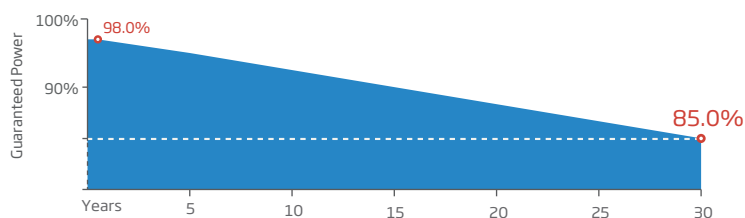
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



High energy yield

- Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
- Lower temperature coefficient (-0.34%) and operating temperature
- Up to 25% additional power gain from back side depending on albedo

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty

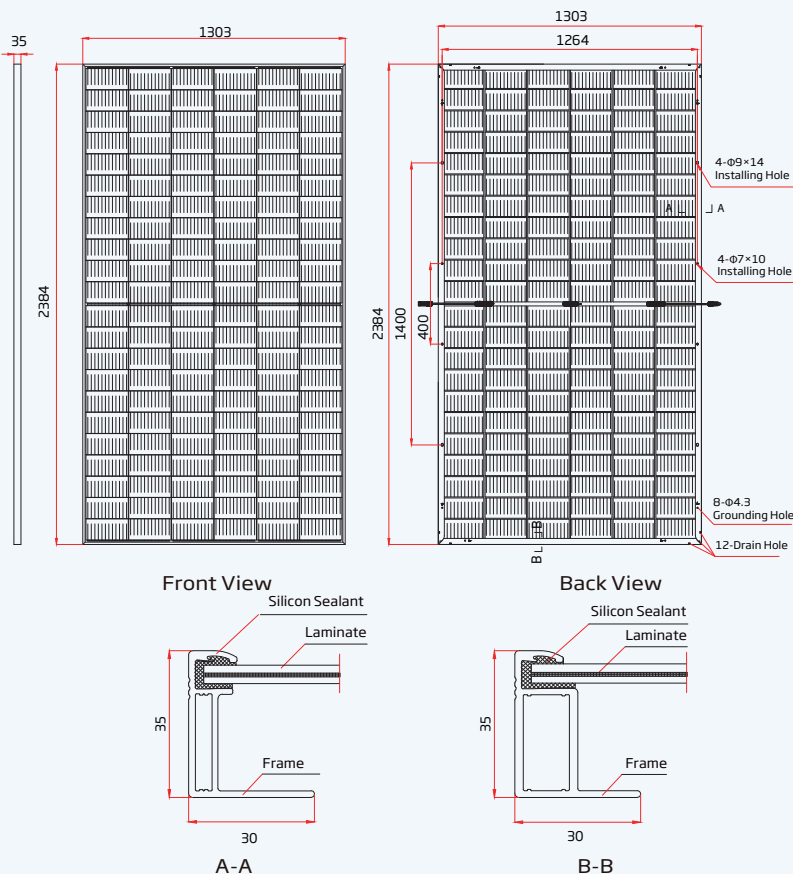


Comprehensive Products and System Certificates

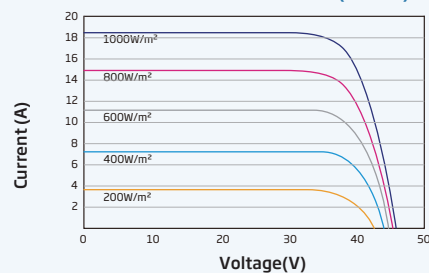


IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL61730
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System

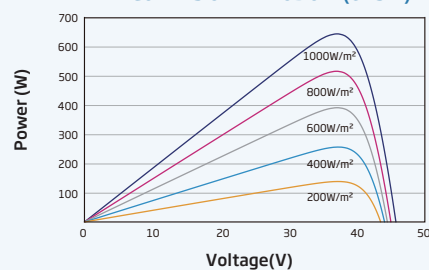
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



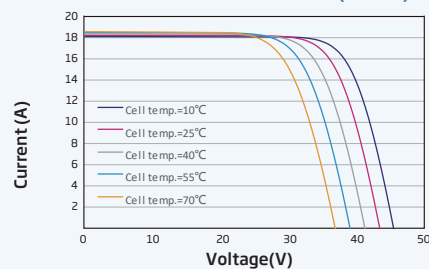
I-V CURVES OF PV MODULE(645 W)



P-V CURVES OF PV MODULE(645W)



I-V CURVES OF PV MODULE(645 W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P _{MAX} (Wp)*	640	645	650	655	660	665
Power Tolerance-P _{MAX} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	17.19	17.23	17.27	17.31	17.35	17.39
Open Circuit Voltage-V _{OC} (V)	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1
Short Circuit Current-I _{SC} (A)	18.26	18.31	18.35	18.40	18.45	18.50
Module Efficiency η_m (%)	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: $\pm$ 3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power -P _{MAX} (Wp)	685	690	696	701	706	712
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	18.39	18.44	18.48	18.52	18.56	18.60
Open Circuit Voltage-V _{OC} (V)	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1
Short Circuit Current-I _{SC} (A)	19.54	19.59	19.63	19.69	19.74	19.79
Irradiance ratio (rear/front)	10%					

Power Bifaciality: 70 $\pm$ 5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power-P _{MAX} (Wp)	484	488	492	495	499	504
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	34.7	34.9	35.1	35.2	35.4	35.6
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	13.94	13.98	14.01	14.05	14.10	14.16
Open Circuit Voltage-V _{OC} (V)	42.5	42.7	42.9	43.0	43.2	43.4
Short Circuit Current-I _{SC} (A)	14.71	14.75	14.79	14.83	14.87	14.91

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

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384 $\times$ 1303 $\times$ 35 mm (93.86 $\times$ 51.30 $\times$ 1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EV02 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C ($\pm$ 2°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V _{OC}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
2% first year degradation
0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 31 pieces
Modules per 40' container: 558 pieces

FORGESOLAR GLARE ANALYSIS

Project: **Pierheim West**

Site configuration: **Pierheim West**

Created 28 Jul, 2022

Updated 28 Jul, 2022

Time-step 1 minute

Timezone offset UTC+1

Site ID 73238.12895

Category 500 kW to 1 MW
(1,000 kW / 32,400 m² limit)

DNI peaks at 1,000.0 W/m²

Ocular transmission coefficient 0.5

Pupil diameter 0.002 m

Eye focal length 0.017 m

Sun subtended angle 9.3 mrad

Methodology V2



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

PV Array	Tilt	Orient	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Energy
	°	°	min	hr	min	hr	kWh
PV Feld	20.0	180.0	86	1.4	13,735	228.9	-

Total annual glare received by each receptor; may include duplicate times of glare from multiple reflective surfaces.

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
OP 1	0	0.0	2,513	41.9
OP 2	0	0.0	2,577	43.0
OP 3	0	0.0	7,678	128.0
OP 4	86	1.4	967	16.1

Component Data

PV Arrays

Name: PV Feld

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 20.0°

Orientation: 180.0°

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	49.183773	11.250112	437.54	1.90	439.44
2	49.184011	11.250842	436.64	1.90	438.54
3	49.181430	11.252945	441.34	1.90	443.24
4	49.181515	11.251958	441.34	1.90	443.24

Discrete Observation Point Receptors

Name	ID	Latitude (°)	Longitude (°)	Elevation (m)	Height (m)
OP 1	1	49.181927	11.255927	440.66	2.00
OP 2	2	49.182966	11.254495	438.01	3.00
OP 3	3	49.181436	11.252473	441.98	2.00
OP 4	4	49.182768	11.258910	438.81	2.00

Glare Analysis Results

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

PV Array	Tilt	Orient	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Energy
	°	°	min	hr	min	hr	kWh
PV Feld	20.0	180.0	86	1.4	13,735	228.9	-

Total annual glare received by each receptor; may include duplicate times of glare from multiple reflective surfaces.

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
OP 1	0	0.0	2,513	41.9
OP 2	0	0.0	2,577	43.0
OP 3	0	0.0	7,678	128.0
OP 4	86	1.4	967	16.1

PV: PV Feld potential temporary after-image

Receptor results ordered by category of glare

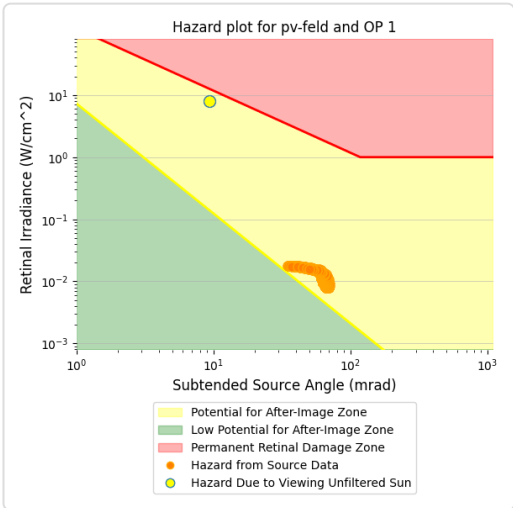
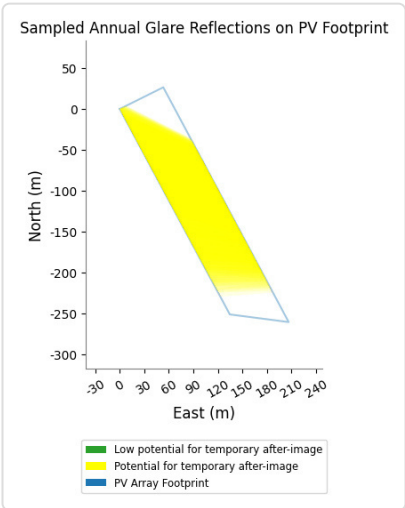
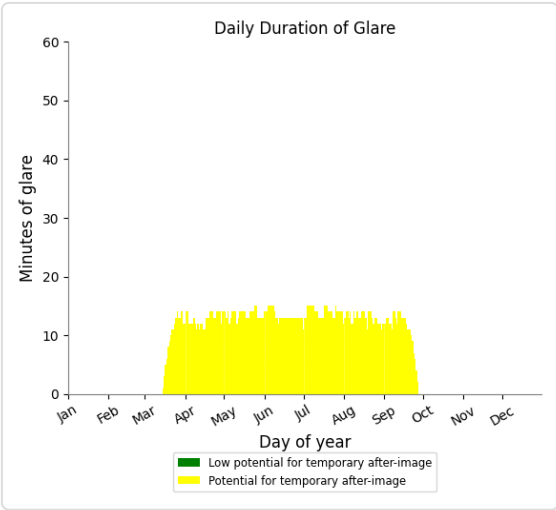
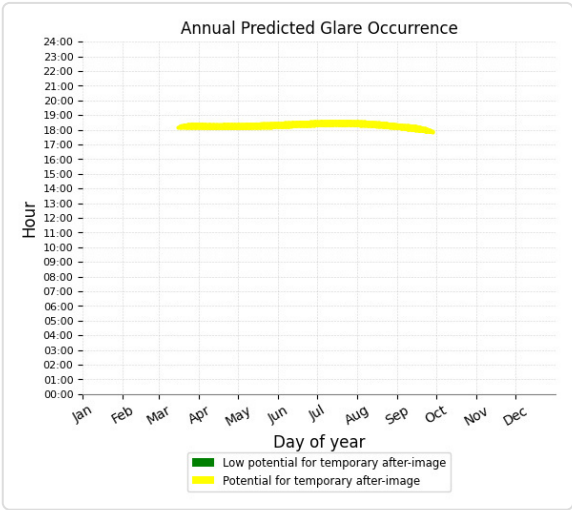
Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
OP 1	0	0.0	2,513	41.9
OP 2	0	0.0	2,577	43.0
OP 3	0	0.0	7,678	128.0
OP 4	86	1.4	967	16.1

PV Feld and OP 1

Receptor type: Observation Point

2,513 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare

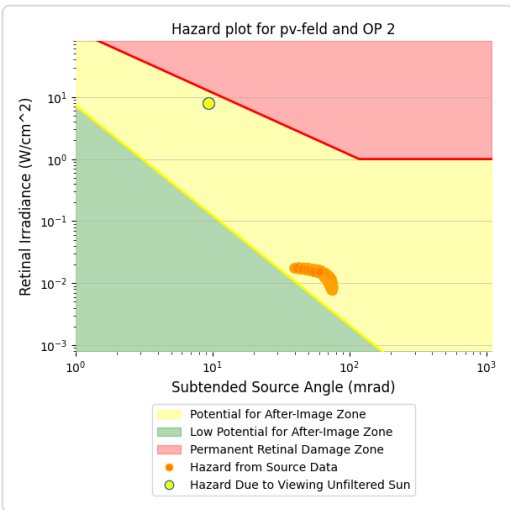
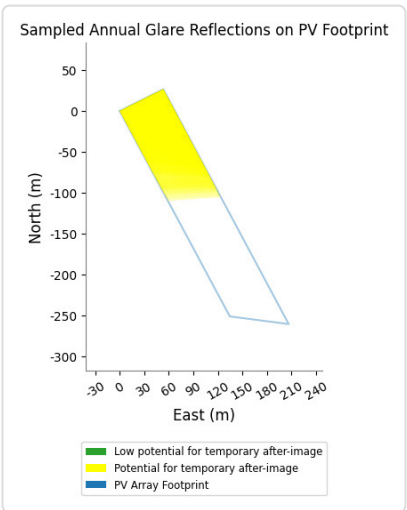
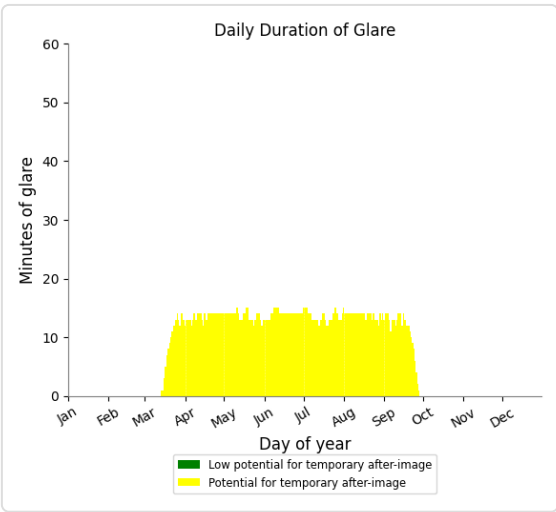
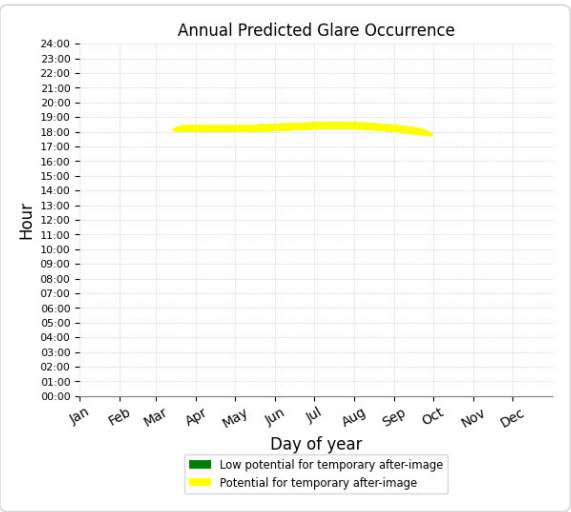


PV Feld and OP 2

Receptor type: Observation Point

2,577 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare

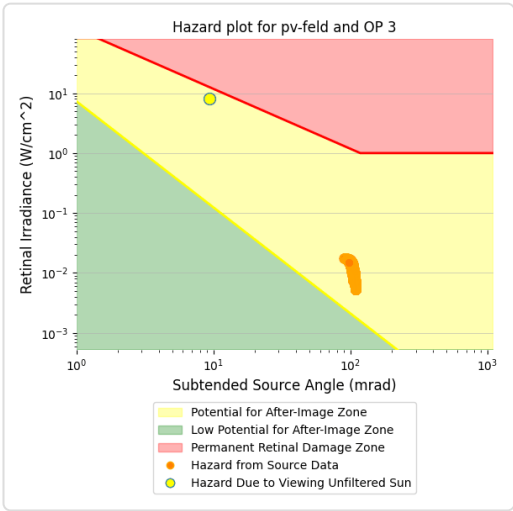
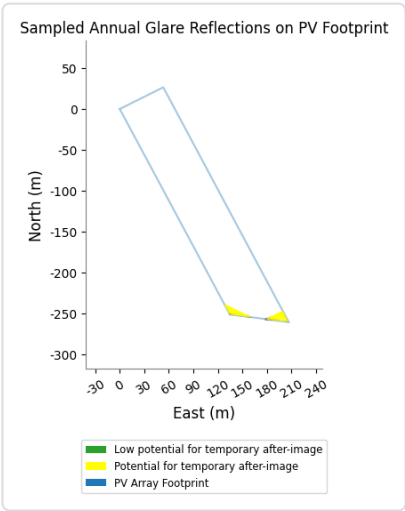
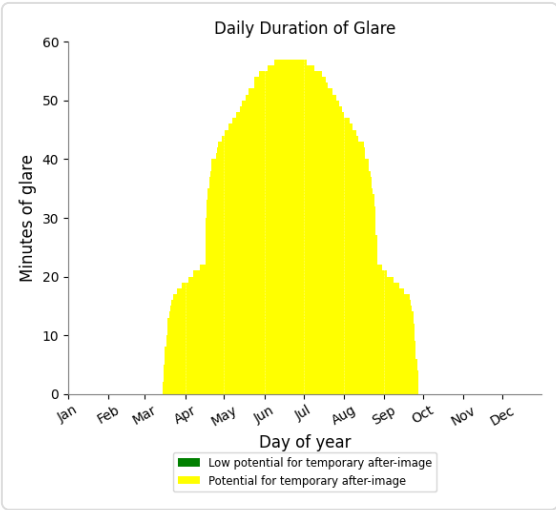
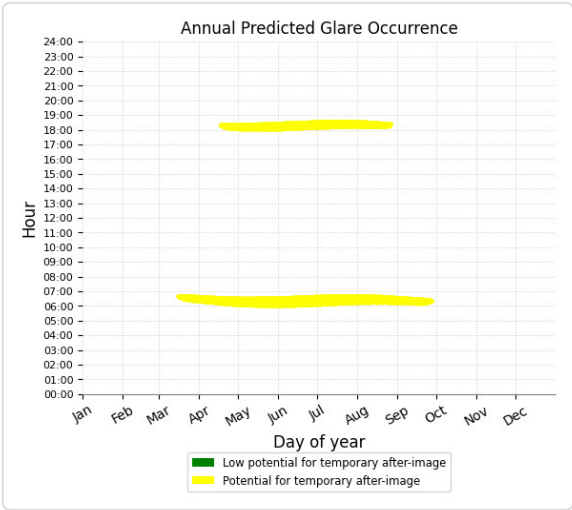


PV Feld and OP 3

Receptor type: Observation Point

7,678 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare

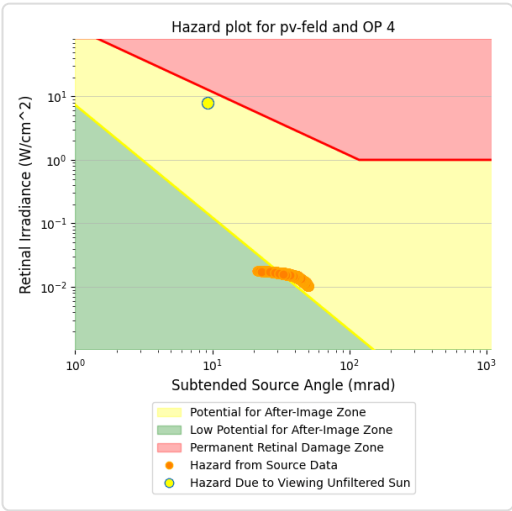
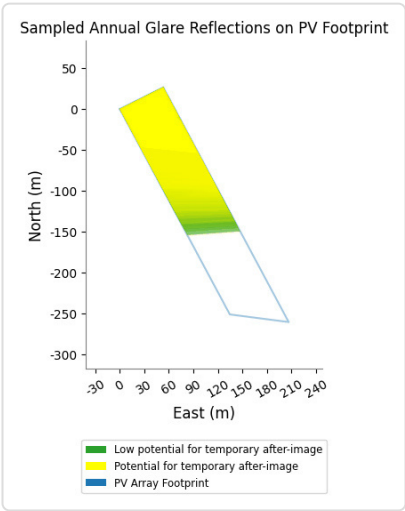
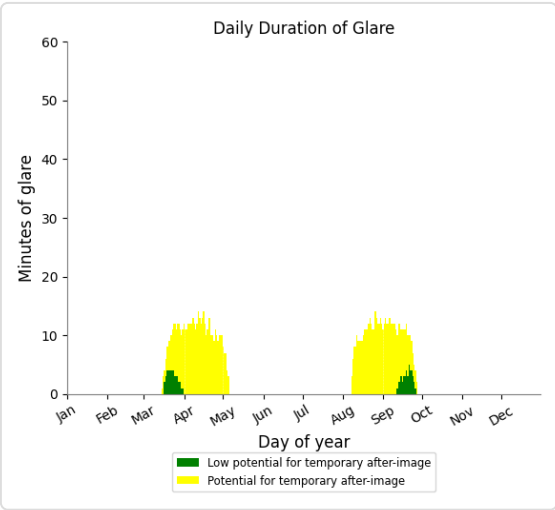
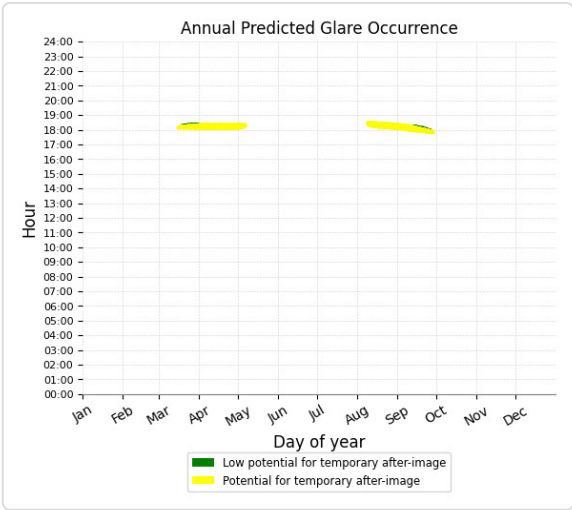


PV Feld and OP 4

Receptor type: Observation Point

967 minutes of yellow glare

86 minutes of green glare



Assumptions

"Green" glare is glare with low potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

"Yellow" glare is glare with potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.

The algorithm does not rigorously represent the detailed geometry of a system; detailed features such as gaps between modules, variable height of the PV array, and support structures may impact actual glare results. However, we have validated our models against several systems, including a PV array causing glare to the air-traffic control tower at Manchester-Boston Regional Airport and several sites in Albuquerque, and the tool accurately predicted the occurrence and intensity of glare at different times and days of the year.

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. This primarily affects V1 analyses of path receptors.

Random number computations are utilized by various steps of the annual hazard analysis algorithm. Predicted minutes of glare can vary between runs as a result. This limitation primarily affects analyses of Observation Point receptors, including ATCTs. Note that the SGHAT/ ForgeSolar methodology has always relied on an analytical, qualitative approach to accurately determine the overall hazard (i.e. green vs. yellow) of expected glare on an annual basis.

The analysis does not consider obstacles (either man-made or natural) between the observation points and the prescribed solar installation that may obstruct observed glare, such as trees, hills, buildings, etc.

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.)

The variable direct normal irradiance (DNI) feature (if selected) scales the user-prescribed peak DNI using a typical clear-day irradiance profile. This profile has a lower DNI in the mornings and evenings and a maximum at solar noon. The scaling uses a clear-day irradiance profile based on a normalized time relative to sunrise, solar noon, and sunset, which are prescribed by a sun-position algorithm and the latitude and longitude obtained from Google maps. The actual DNI on any given day can be affected by cloud cover, atmospheric attenuation, and other environmental factors.

The ocular hazard predicted by the tool depends on a number of environmental, optical, and human factors, which can be uncertain. We provide input fields and typical ranges of values for these factors so that the user can vary these parameters to see if they have an impact on the results. The speed of SGHAT allows expedited sensitivity and parametric analyses.

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.

Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid based on aggregated research data. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous, not discrete, spectrum.

Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.

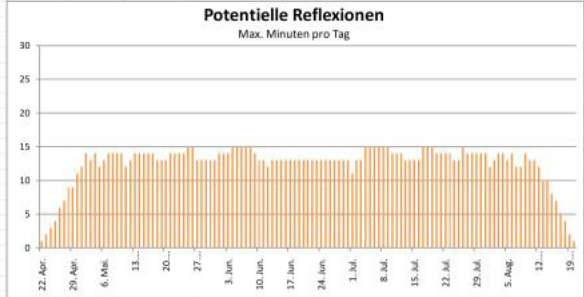
Refer to the Help page at www.forgesolar.com/help/ for assumptions and limitations not listed here.

Default glare analysis parameters and observer eye characteristics (for reference only):

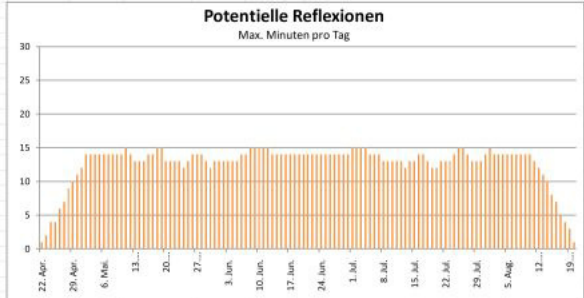
- Analysis time interval: 1 minute
- Ocular transmission coefficient: 0.5
- Pupil diameter: 0.002 meters
- Eye focal length: 0.017 meters
- Sun subtended angle: 9.3 milliradians

2016 © Sims Industries d/b/a ForgeSolar, All Rights Reserved.

	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Seite 4	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1
2022-03-15 18:11:00	0,011666	539,4289	2	0,510315	0,015613	0,05124	0,2	265,5	-0,997	-0,078	0,003	0,997	0,058	0,052	22. Apr.	1	18:08	18:08	26.04.2022	17.08.2022	15	1493	18:08	18:35	
2022-03-16 18:11:00	0,011745	543,5762	2	0,499885	0,015412	0,052907	0,5	265,8	-0,997	-0,074	0,008	0,997	0,051	0,053	23. Apr.	2	18:08	18:09							
2022-03-16 18:12:00	0,011666	541,162	2	0,51146	0,015699	0,050774	0,3	266	-0,998	-0,07	0,005	0,998	0,051	0,049	24. Apr.	3	18:09	18:11							
2022-03-16 18:13:00	0,01162	538,7433	2	0,523304	0,01599	0,048865	0,1	266,1	-0,998	-0,067	0,002	0,998	0,05	0,045	25. Apr.	4	18:08	18:11							
2022-03-17 18:11:00	0,012	547,6512	2	0,489655	0,01521	0,055793	0,8	266	-0,998	-0,069	0,013	0,998	0,044	0,055	26. Apr.	6	18:08	18:13							
2022-03-17 18:12:00	0,011715	545,2584	2	0,500997	0,015494	0,052242	0,6	266,2	-0,998	-0,066	0,01	0,998	0,044	0,05	27. Apr.	7	18:08	18:14							
2022-03-17 18:13:00	0,011688	542,8611	2	0,512603	0,015783	0,050478	0,4	266,4	-0,998	-0,063	0,008	0,998	0,043	0,046	28. Apr.	9	18:08	18:16							
2022-03-17 18:14:00	0,011635	540,4594	2	0,524479	0,016077	0,048505	0,3	266,6	-0,998	-0,059	0,005	0,998	0,042	0,042	29. Apr.	9	18:09	18:17							
2022-03-17 18:15:00	0,011543	538,0533	2	0,536633	0,016377	0,046222	0,1	266,8	-0,998	-0,056	0,002	0,998	0,042	0,037	30. Apr.	11	18:09	18:19							
2022-03-18 18:11:00	0,011803	551,6564	2	0,490736	0,015355	0,053631	0,9	266,5	-0,998	-0,061	0,016	0,998	0,037	0,051	1. Mai.	12	18:08	18:19							
2022-03-18 18:12:00	0,011787	549,2846	2	0,502108	0,015643	0,051953	0,7	266,7	-0,998	-0,058	0,013	0,998	0,036	0,047	2. Mai.	14	18:08	18:21							
2022-03-18 18:13:00	0,011762	546,9085	2	0,513746	0,015936	0,050193	0,6	266,9	-0,998	-0,055	0,01	0,998	0,035	0,043	3. Mai.	13	18:08	18:21							
2022-03-18 18:14:00	0,011705	544,5279	2	0,525654	0,016235	0,048186	0,4	267,1	-0,999	-0,051	0,007	0,999	0,035	0,039	4. Mai.	14	18:08	18:21							
2022-03-18 18:15:00	0,011603	542,1429	2	0,537839	0,016538	0,045815	0,2	267,2	-0,999	-0,048	0,004	0,999	0,034	0,034	5. Mai.	12	18:09	18:21							
2022-03-18 18:16:00	0,011467	539,7535	2	0,550308	0,016847	0,043145	0,1	267,4	-0,999	-0,045	0,001	0,999	0,033	0,03	6. Mai.	13	18:09	18:22							
2022-03-19 18:11:00	0,011816	555,5939	2	0,480678	0,015147	0,054854	1,2	266,7	-0,998	-0,057	0,021	0,998	0,03	0,053	7. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-19 18:12:00	0,011812	553,243	2	0,49182	0,015433	0,05327	1	266,9	-0,998	-0,053	0,018	0,998	0,029	0,048	8. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-19 18:13:00	0,011826	550,8876	2	0,503222	0,015723	0,051801	0,9	267,1	-0,999	-0,05	0,015	0,999	0,029	0,044	9. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-19 18:14:00	0,011781	548,5278	2	0,51489	0,016019	0,049893	0,7	267,3	-0,999	-0,047	0,013	0,999	0,028	0,04	10. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-19 18:15:00	0,01171	546,1637	2	0,526828	0,01632	0,047767	0,6	267,5	-0,999	-0,044	0,01	0,999	0,027	0,035	11. Mai.	12	18:10	18:23							
2022-03-19 18:16:00	0,01163	543,7952	2	0,539045	0,016626	0,045555	0,4	267,7	-0,999	-0,04	0,007	0,999	0,026	0,031	12. Mai.	13	18:10	18:23							
2022-03-19 18:17:00	0,011477	541,4224	2	0,551546	0,016937	0,042745	0,2	267,9	-0,999	-0,037	0,004	0,999	0,026	0,027	13. Mai.	14	18:10	18:23							
2022-03-19 18:18:00	0,011255	539,0452	2	0,564338	0,017254	0,03932	0,1	268,1	-0,999	-0,034	0,001	0,999	0,025	0,022	14. Mai.	14	18:10	18:23							
2022-03-20 18:11:00	0,011829	559,4661	2	0,470821	0,01494	0,056084	1,5	267	-0,998	-0,052	0,026	0,998	0,023	0,054	15. Mai.	14	18:10	18:23							
2022-03-20 18:12:00	0,011818	557,1357	2	0,481738	0,015223	0,054457	1,3	267,2	-0,999	-0,049	0,024	0,999	0,022	0,049	16. Mai.	14	18:10	18:23							
2022-03-20 18:13:00	0,011839	554,8008	2	0,492909	0,01551	0,053041	1,2	267,4	-0,999	-0,046	0,021	0,999	0,022	0,045	17. Mai.	14	18:10	18:23							
2022-03-20 18:14:00	0,011848	552,4616	2	0,50434	0,015803	0,051528	1	267,6	-0,999	-0,042	0,018	0,999	0,021	0,041	18. Mai.	13	18:11	18:24							
2022-03-20 18:15:00	0,011782	550,118	2	0,516037	0,016101	0,049462	0,9	267,8	-0,999	-0,039	0,015	0,999	0,02	0,037	19. Mai.	13	18:11	18:24							
2022-03-20 18:16:00	0,011748	547,7701	2	0,528005	0,016404	0,047606	0,7	268	-0,999	-0,036	0,012	0,999	0,019	0,032	20. Mai.	13	18:11	18:24							
2022-03-20 18:17:00	0,01164	545,4179	2	0,540253	0,016713	0,045174	0,5	268,1	-0,999	-0,032	0,009	0,999	0,019	0,028	21. Mai.	14	18:11	18:24							
2022-03-20 18:18:00	0,011486	543,0613	2	0,552785	0,017027	0,042342	0,4	268,3	-1	-0,029	0,006	1	0,018	0,024	22. Mai.	14	18:11	18:24							
2022-03-20 18:19:00	0,011333	540,7005	2	0,565608	0,017346	0,039468	0,2	268,5	-1	-0,026	0,004	1	0,017	0,019	23. Mai.	14	18:11	18:24							
2022-03-21 18:10:00	0,012018	565,581	2	0,461165	0,014794	0,05819	1,8	267,3	-0,998	-0,048	0,032	0,998	0,016	0,055	24. Mai.	14	18:11	18:24							
2022-03-21 18:11:00	0,011858	563,2752	2	0,471861	0,015075	0,055545	1,7	267,5	-0,999	-0,044	0,029	0,999	0,015	0,051	25. Mai.	15	18:11	18:25							
2022-03-21 18:12:00	0,011889	560,965	2	0,482805	0,015361	0,054202	1,5	267,7	-0,999	-0,041	0,026	0,999	0,015	0,046	26. Mai.	15	18:11	18:25							
2022-03-21 18:13:00	0,011977	558,6504	2	0,494004	0,015653	0,053248	1,3	267,8	-0,999	-0,038	0,023	0,999	0,014	0,042	27. Mai.	13	18:12	18:25							
2022-03-21 18:14:00	0,0119	556,3315	2	0,505463	0,015949	0,051121	1,2	268	-0,999	-0,034	0,02	0,999	0,013	0,038	28. Mai.	13	18:12	18:25							
2022-03-21 18:15:00	0,011868	554,0082	2	0,517188	0,016251	0,049286	1	268,2	-0,999	-0,031	0,017	0,999	0,013	0,033	29. Mai.	13	18:13	18:26							
2022-03-21 18:16:00	0,011807	551,6806	2	0,529187	0,016558	0,047229	0,8	268,4	-1	-0,028	0,015	1	0,012	0,029	30. Mai.	13	18:13	18:26							
2022-03-21 18:17:00	0,011703	549,3486	2	0,541464	0,016871	0,044815	0,7	268,6	-1	-0,024	0,012	1	0,011	0,025	31. Mai.	13	18:13	18:26							
2022-03-21 18:18:00	0,011669	547,0124	2	0,554026	0,017189	0,042908	0,5	268,8	-1	-0,021	0,009	1	0,01	0,02	1. Jun.	14	18:13	18:26							
2022-03-21 18:19:00	0,011328	544,672	2	0,566881	0,017513	0,038552	0,3	269	-1	-0,018	0,006	1	0,01	0,016	2. Jun.	14	18:13	18:26							
2022-03-22 18:10:00	0,012264	569,3092	2	0,451709	0,014586	0,06097	2,1	267,5	-0,998	-0,043	0,037	0,998	0,009	0,056	3. Jun.	14	18:13	18:26							
2022-03-22 18:11:00	0,011842	567,0233	2	0,462187	0,014864	0,056598	2	267,7	-0,999	-0,04	0,034	0,999	0,008	0,052	4. Jun.	15	18:13	18:27							
2022-03-22 18:12:00	0,011877	564,733	2	0,472909	0,015148	0,055284	1,8	267,9	-0,999	-0,036	0,031	0,999	0,008	0,047	5. Jun.	15	18:14	18:28							
2022-03-22 18:13:00	0,011911	562,4384	2	0,48388	0,015436	0,053953	1,6	268,1	-0,999	-0,033	0,029	0,999	0,007	0,043	6. Jun.	15	18:14	18:28							
2022-03-22 18:14:00	0,011926	560,1395	2	0,495106	0,01573	0,052474	1,5	268,3	-0,999	-0,03	0,026	0,999	0,006	0,039	7. Jun.	15	18:14	18:28							
2022-03-22 18:15:00	0,01191	557,8362	2	0,506593	0,016028	0,05077	1,3	268,5	-0,999	-0,026	0,023	0,999	0,006	0,034	8. Jun.	15	18:14	18:28							
2022-03-22 18:16:00	0,011888	555,5287	2	0,518347	0,016332	0,049004	1,1	268,7	-1	-0,023	0,02	1	0,005	0,03	9. Jun.	14	18:15	18:28							



	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Seite 4	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 2
2022-03-14 18:10:00	0,012812	540,1095	2	0,509166	0,015598	0,059088	0	265,1	-0,996	-0,086	0	0,996	0,066	0,056		22. Apr.	1	18:08	18:08	26.04.2022	17.08.2022	15	1511	18:08	18:35	
2022-03-15 18:11:00	0,012298	539,4289	2	0,510315	0,015613	0,055655	0,2	265,5	-0,997	-0,078	0,003	0,997	0,058	0,052		23. Apr.	2	18:08	18:09							
2022-03-16 18:11:00	0,012403	543,5762	2	0,499885	0,015412	0,057421	0,5	265,8	-0,997	-0,074	0,008	0,997	0,051	0,053		24. Apr.	4	18:08	18:11							
2022-03-16 18:12:00	0,012312	541,162	2	0,51146	0,015699	0,055299	0,3	266	-0,998	-0,07	0,005	0,998	0,051	0,049		25. Apr.	4	18:08	18:11							
2022-03-16 18:13:00	0,012243	538,7433	2	0,523304	0,01599	0,0533	0,1	266,1	-0,998	-0,067	0,002	0,998	0,05	0,045		26. Apr.	6	18:08	18:13							
2022-03-17 18:11:00	0,012541	547,6512	2	0,489655	0,01521	0,059395	0,8	266	-0,998	-0,069	0,013	0,998	0,044	0,055		27. Apr.	7	18:08	18:14							
2022-03-17 18:12:00	0,01237	545,2584	2	0,500997	0,015494	0,056768	0,6	266,2	-0,998	-0,066	0,01	0,998	0,044	0,05		28. Apr.	9	18:08	18:16							
2022-03-17 18:13:00	0,012331	542,8611	2	0,512603	0,015783	0,054984	0,4	266,4	-0,998	-0,063	0,008	0,998	0,043	0,046		29. Apr.	10	18:08	18:17							
2022-03-17 18:14:00	0,012263	540,4594	2	0,524479	0,016077	0,05298	0,3	266,6	-0,998	-0,059	0,005	0,998	0,042	0,042		30. Apr.	11	18:09	18:19							
2022-03-17 18:15:00	0,012153	538,0533	2	0,536633	0,016377	0,050661	0,1	266,8	-0,998	-0,056	0,002	0,998	0,042	0,037		1. Mai.	12	18:08	18:19							
2022-03-18 18:10:00	0,012899	554,0237	2	0,479623	0,015071	0,062378	1,1	266,3	-0,998	-0,065	0,019	0,998	0,038	0,056		2. Mai.	14	18:08	18:21							
2022-03-18 18:11:00	0,012458	551,6564	2	0,490736	0,015355	0,058085	0,9	266,5	-0,998	-0,061	0,016	0,998	0,037	0,051		3. Mai.	14	18:08	18:21							
2022-03-18 18:12:00	0,012443	549,2846	2	0,502108	0,015643	0,056468	0,7	266,7	-0,998	-0,058	0,013	0,998	0,036	0,047		4. Mai.	14	18:08	18:21							
2022-03-18 18:13:00	0,012406	546,9085	2	0,513746	0,015936	0,054685	0,6	266,9	-0,998	-0,055	0,01	0,998	0,035	0,043		5. Mai.	14	18:08	18:21							
2022-03-18 18:14:00	0,012336	544,5279	2	0,525654	0,016235	0,052659	0,4	267,1	-0,999	-0,051	0,007	0,999	0,035	0,039		6. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-18 18:15:00	0,012222	542,1429	2	0,537839	0,016538	0,050307	0,2	267,2	-0,999	-0,048	0,004	0,999	0,034	0,034		7. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-18 18:16:00	0,012051	539,7535	2	0,550308	0,016847	0,047499	0,1	267,4	-0,999	-0,045	0,001	0,999	0,033	0,03		8. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-19 18:11:00	0,012473	555,5939	2	0,480678	0,015147	0,059287	1,2	266,7	-0,998	-0,057	0,021	0,998	0,03	0,053		9. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-19 18:12:00	0,012476	553,243	2	0,49182	0,015433	0,057791	1	266,9	-0,998	-0,053	0,018	0,998	0,029	0,048		10. Mai.	14	18:09	18:22							
2022-03-19 18:13:00	0,012464	550,8876	2	0,503222	0,015723	0,056185	0,9	267,1	-0,999	-0,05	0,015	0,999	0,029	0,044		11. Mai.	15	18:09	18:23							
2022-03-19 18:14:00	0,012426	548,5278	2	0,51489	0,016019	0,054388	0,7	267,3	-0,999	-0,047	0,013	0,999	0,028	0,04		12. Mai.	14	18:10	18:23							
2022-03-19 18:15:00	0,012353	546,1637	2	0,526828	0,01632	0,052337	0,6	267,5	-0,999	-0,044	0,01	0,999	0,027	0,035		13. Mai.	13	18:10	18:23							
2022-03-19 18:16:00	0,012235	543,7952	2	0,539045	0,016626	0,049947	0,4	267,7	-0,999	-0,04	0,007	0,999	0,026	0,031		14. Mai.	13	18:10	18:23							
2022-03-19 18:17:00	0,012058	541,4224	2	0,551546	0,016937	0,047089	0,2	267,9	-0,999	-0,037	0,004	0,999	0,026	0,027		15. Mai.	13	18:10	18:23							
2022-03-19 18:18:00	0,011796	539,0452	2	0,564338	0,017254	0,043536	0,1	268,1	-0,999	-0,034	0,001	0,999	0,025	0,022		16. Mai.	14	18:10	18:23							
2022-03-20 18:11:00	0,012509	559,4661	2	0,470821	0,01494	0,060628	1,5	267	-0,998	-0,052	0,026	0,998	0,023	0,054		17. Mai.	14	18:10	18:23							
2022-03-20 18:12:00	0,012489	557,1357	2	0,481738	0,015223	0,058988	1,3	267,2	-0,999	-0,049	0,024	0,999	0,022	0,049		18. Mai.	15	18:10	18:24							
2022-03-20 18:13:00	0,012497	554,8008	2	0,492909	0,01551	0,057517	1,2	267,4	-0,999	-0,046	0,021	0,999	0,022	0,045		19. Mai.	15	18:10	18:24							
2022-03-20 18:14:00	0,012485	552,4616	2	0,50434	0,015803	0,055904	1	267,6	-0,999	-0,042	0,018	0,999	0,021	0,041		20. Mai.	13	18:11	18:24							
2022-03-20 18:15:00	0,012445	550,118	2	0,516037	0,016101	0,054088	0,9	267,8	-0,999	-0,039	0,015	0,999	0,02	0,037		21. Mai.	13	18:11	18:24							
2022-03-20 18:16:00	0,012369	547,7701	2	0,528005	0,016404	0,05201	0,7	268	-0,999	-0,036	0,012	0,999	0,019	0,032		22. Mai.	13	18:11	18:24							
2022-03-20 18:17:00	0,012247	545,4179	2	0,540253	0,016713	0,049584	0,5	268,1	-0,999	-0,032	0,009	0,999	0,019	0,028		23. Mai.	13	18:11	18:24							
2022-03-20 18:18:00	0,012063	543,0613	2	0,552785	0,017027	0,046666	0,4	268,3	-1	-0,029	0,006	1	0,018	0,024		24. Mai.	12	18:11	18:23							
2022-03-20 18:19:00	0,011795	540,7005	2	0,565608	0,017346	0,043053	0,2	268,5	-1	-0,026	0,004	1	0,017	0,019		25. Mai.	13	18:11	18:25							
2022-03-21 18:10:00	0,012616	565,581	2	0,461165	0,014794	0,062097	1,8	267,3	-0,998	-0,048	0,032	0,998	0,016	0,055		26. Mai.	14	18:11	18:25							
2022-03-21 18:11:00	0,012533	563,2752	2	0,471861	0,015075	0,06006	1,7	267,5	-0,999	-0,044	0,029	0,999	0,015	0,051		27. Mai.	14	18:11	18:25							
2022-03-21 18:12:00	0,01256	560,965	2	0,482805	0,015361	0,058713	1,5	267,7	-0,999	-0,041	0,026	0,999	0,015	0,046		28. Mai.	14	18:11	18:25							
2022-03-21 18:13:00	0,01257	558,6504	2	0,494004	0,015653	0,057249	1,3	267,8	-0,999	-0,038	0,023	0,999	0,014	0,042		29. Mai.	13	18:13	18:26							
2022-03-21 18:14:00	0,012557	556,3315	2	0,505463	0,015949	0,055621	1,2	268	-0,999	-0,034	0,02	0,999	0,013	0,038		30. Mai.	12	18:13	18:25							
2022-03-21 18:15:00	0,012516	554,0082	2	0,517188	0,016251	0,053787	1	268,2	-0,999	-0,031	0,017	0,999	0,013	0,033		31. Mai.	13	18:13	18:25							
2022-03-21 18:16:00	0,012437	551,6806	2	0,529187	0,016558	0,051681	0,8	268,4	-1	-0,028	0,015	1	0,012	0,029		1. Jun.	13	18:13	18:25							
2022-03-21 18:17:00	0,01231	549,3486	2	0,541464	0,016871	0,049211	0,7	268,6	-1																	



	Corneal Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Seite	Anzahl				Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 4
																	Tag	Minuten	Anfang	Ende						
2022-03-15 18:11:00	0,0096	539,4289	2	0,510315	0,015613	0,033874	0,2	265,5	-0,997	-0,078	0,003	0,997	0,058	0,052		23. Apr.	1	18:09	18:09	26.04.2022	03.05.2022	7	51	18:08	18:21	
2022-03-16 18:11:00	0,00962	543,5762	2	0,499885	0,015412	0,035273	0,5	265,8	-0,997	-0,074	0,008	0,997	0,051	0,053		24. Apr.	3	18:09	18:11	09.08.2022	17.08.2022	8	56	18:15	18:30	
2022-03-16 18:12:00	0,00962	541,162	2	0,51146	0,015699	0,033559	0,3	266	-0,998	-0,07	0,005	0,998	0,051	0,049		25. Apr.	4	18:08	18:11							
2022-03-16 18:13:00	0,00963	538,7433	2	0,523304	0,01599	0,03192	0,1	266,1	-0,998	-0,067	0,002	0,998	0,05	0,045		26. Apr.	6	18:08	18:13				Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 4: 107 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 56 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September) 51 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai) 8 Minuten pro Tag (Max) Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 968 Einträgen /-86): 1.: Zeitraum zwischen 06:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnenuntergang) 2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min. 10°) 3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)			
2022-03-17 18:12:00	0,009623	545,2584	2	0,500997	0,015494	0,03481	0,6	266,2	-0,998	-0,066	0,01	0,998	0,044	0,05		27. Apr.	6	18:08	18:14							
2022-03-17 18:13:00	0,009647	542,8611	2	0,512603	0,015783	0,033318	0,4	266,4	-0,998	-0,063	0,008	0,998	0,043	0,046		28. Apr.	6	18:09	18:16							
2022-03-18 18:11:00	0,009654	551,6564	2	0,490736	0,015355	0,035948	0,9	266,5	-0,998	-0,061	0,016	0,998	0,037	0,051		29. Apr.	6	18:09	18:17							
2022-03-18 18:12:00	0,009691	549,2846	2	0,502108	0,015643	0,034578	0,7	266,7	-0,998	-0,058	0,013	0,998	0,036	0,047		30. Apr.	7	18:10	18:19							
2022-03-18 18:13:00	0,009716	546,9085	2	0,513746	0,015936	0,033077	0,6	266,9	-0,998	-0,055	0,01	0,998	0,035	0,043		1. Mai.	6	18:10	18:19							
2022-03-19 18:11:00	0,009637	555,5939	2	0,480678	0,015147	0,037039	1,2	266,7	-0,998	-0,057	0,021	0,998	0,03	0,053		2. Mai.	7	18:12	18:21							
2022-03-19 18:12:00	0,00968	553,243	2	0,49182	0,015433	0,035723	1	266,9	-0,998	-0,053	0,018	0,998	0,029	0,048		3. Mai.	7	18:12	18:20							
2022-03-19 18:13:00	0,009717	550,8876	2	0,503222	0,015723	0,034345	0,9	267,1	-0,999	-0,05	0,015	0,999	0,029	0,044		4. Mai.	4	18:14	18:20							
2022-03-19 18:14:00	0,009763	548,5278	2	0,51489	0,016019	0,033049	0,7	267,3	-0,999	-0,047	0,013	0,999	0,028	0,04		5. Mai.	3	18:17	18:21							
2022-03-20 18:11:00	0,009618	559,4661	2	0,470821	0,01494	0,038119	1,5	267	-0,998	-0,052	0,026	0,998	0,023	0,054		8. Aug.	3	18:26	18:30							
2022-03-20 18:12:00	0,009657	557,1357	2	0,481738	0,015223	0,036766	1,3	267,2	-0,999	-0,049	0,024	0,999	0,022	0,049		9. Aug.	6	18:22	18:29							
2022-03-20 18:13:00	0,009705	554,8008	2	0,492909	0,01551	0,035495	1,2	267,4	-0,999	-0,046	0,021	0,999	0,022	0,045		10. Aug.	8	18:21	18:30							
2022-03-20 18:14:00	0,009742	552,4616	2	0,50434	0,015803	0,034114	1	267,6	-0,999	-0,042	0,018	0,999	0,021	0,041		11. Aug.	7	18:19	18:29							
2022-03-20 18:15:00	0,009763	550,118	2	0,516037	0,016101	0,032563	0,9	267,8	-0,999	-0,039	0,015	0,999	0,02	0,037		12. Aug.	8	18:18	18:28							
2022-03-21 18:11:00	0,009663	563,2752	2	0,471861	0,015075	0,037726	1,7	267,5	-0,999	-0,044	0,029	0,999	0,015	0,051		13. Aug.	6	18:18	18:26							
2022-03-21 18:12:00	0,009721	560,965	2	0,482805	0,015361	0,036547	1,5	267,7	-0,999	-0,041	0,026	0,999	0,015	0,046		14. Aug.	6	18:17	18:25							
2022-03-21 18:13:00	0,00977	558,6504	2	0,494004	0,015653	0,035273	1,3	267,8	-0,999	-0,038	0,023	0,999	0,014	0,042		15. Aug.	5	18:16	18:21							
2022-03-21 18:14:00	0,009807	556,3315	2	0,505463	0,015949	0,033877	1,2	268	-0,999	-0,034	0,02	0,999	0,013	0,038		16. Aug.	5	18:15	18:20							
2022-03-21 18:15:00	0,009831	554,0082	2	0,517188	0,016251	0,03234	1	268,2	-0,999	-0,031	0,017	0,999	0,013	0,033		17. Aug.	5	18:15	18:19							
2022-03-22 18:11:00	0,009622	567,0233	2	0,462187	0,014864	0,038618	2	267,7	-0,999	-0,04	0,034	0,999	0,008	0,052		18. Aug.	4	18:15	18:18							
2022-03-22 18:12:00	0,009687	564,733	2	0,472909	0,015148	0,037513	1,8	267,9	-0,999	-0,036	0,031	0,999	0,008	0,047		19. Aug.	2	18:15	18:16							
2022-03-22 18:13:00	0,009745	562,4384	2	0,48338	0,015436	0,036329	1,6	268,1	-0,999	-0,033	0,029	0,999	0,007	0,043												
2022-03-22 18:14:00	0,009798	560,1395	2	0,495106	0,01573	0,035084	1,5	268,3	-0,999	-0,03	0,026	0,999	0,006	0,039												
2022-03-22 18:15:00	0,009831	557,8362	2	0,506593	0,016028	0,03364	1,3	268,5	-0,999	-0,026	0,023	0,999	0,006	0,034												
2022-03-22 18:16:00	0,009854	555,5287	2	0,518347	0,016332	0,032092	1,1	268,7	-1	-0,023	0,02	1	0,005	0,03												
2022-03-23 18:11:00	0,009537	568,519	2	0,452717	0,014598	0,03946	2,3	268	-0,999	-0,035	0,04	0,999	0,001	0,053												
2022-03-23 18:12:00	0,009607	566,2379	2	0,463221	0,014877	0,038406	2,1	268,2	-0,999	-0,032	0,037	0,999	0,001	0,048												
2022-03-23 18:13:00	0,009673	563,9526	2	0,473968	0,015161	0,037297	1,9	268,4	-0,999	-0,028	0,034	0,999	0	0,044												
2022-03-23 18:14:00	0,00976	561,6628	2	0,484965	0,015449	0,036339	1,8	268,6	-0,999	-0,025	0,031	0,999	-0,001	0,04												
2022-03-23 18:15:00	0,009778	559,3688	2	0,496218	0,015743	0,034814	1,6	268,7	-0,999	-0,022	0,028	0,999	-0,001	0,036												
2022-03-23 18:16:00	0,009814	557,0705	2	0,507732	0,016042	0,033401	1,4	268,9	-1	-0,019	0,025	1	-0,002	0,031												
2022-03-23 18:17:00	0,009874	554,7679	2	0,519514	0,016347	0,032204	1,3	269,1	-1	-0,015	0,022	1	-0,003	0,027												
2022-03-24 18:10:00	0,009532	574,4373	2	0,443449	0,014448	0,040344	2,6	268,3	-0,999	-0,03	0,045	0,999	-0,006	0,054												
2022-03-24 18:11:00	0,009596	572,1801	2	0,453738	0,014725	0,039231	2,4	268,4	-0,999	-0,027	0,042	0,999	-0,006	0,05												
2022-03-24 18:12:00	0,009669	569,9187	2	0,464266	0,015007	0,038189	2,2	268,6	-0,999	-0,024	0,039	0,999	-0,007	0,045												
2022-03-24 18:13:00	0,009809	567,6529	2	0,475039	0,015294	0,03777	2,1	268,8	-0,999	-0,021	0,036	0,999	-0,008	0,041												
2022-03-24 18:14:00	0,009794	565,3828	2	0,486062	0,015587	0,035889	1,9	269	-0,999	-0,017	0,033	0,999	-0,008	0,037												
2022-03-24 18:15:00	0,009841	563,1084	2	0,497341	0,015884	0,034582	1,8	269,2	-0,999	-0,014	0,031	0,999	-0,009	0,032												
2022-03-24 18:16:00	0,009924	560,8297	2	0,508882	0,016187	0,033601	1,6	269,4	-1	-0,011	0,028	1	-0,01	0,028												
2022-03-24 18:17:00	0,009932	558,5468	2	0,52069	0,016495	0,031904	1,4	269,6	-1	-0,007	0,025	1	-0,01	0,024												
2022-03-25 18:10:00	0,009583	578,0237	2	0,434381	0,014241	0,042123	2,9	268,5	-0,998	-0,026	0,05	0,998	-0,013	0,055												
2022-03-25 18:11:00	0,009539	575,7859	2	0,44446	0,014515	0,039995	2,7	268,7	-0,999	-0,022	0,047	0,999	-0,013	0,051												
2022-03-25 18:12:00	0,009618	573,5437	2	0,454774																						