

SolPEG Blendgutachten

Solarpark „Eitensheim“

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage
in der Nähe von Eitensheim in Oberbayern**

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

☎ +49 40 79 69 59 36

📠 +49 40 79 69 59 38

@ info@solpeg.com

🌐 www.solpeg.com

Inhalt

1	Auftrag	3
1.1	Beauftragung.....	3
1.2	Hintergrund und Auftragsumfang.....	3
2	Systembeschreibung.....	4
2.1	Standort Übersicht	4
2.2	Umliegende Gebäude.....	6
3	Ermittlung der potentiellen Blendwirkung.....	7
3.1	Rechtliche Hinweise	7
3.2	Blendwirkung von PV Modulen.....	7
3.3	Berechnung der Blendwirkung	9
3.4	Technische Parameter der PV Anlage	10
3.5	Standorte für die Analyse	11
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	12
4	Ergebnisse	16
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P1, Bahnstrecke östlich.....	17
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke südlich	19
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P3, Buxheimer Straße	20
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude östlich	21
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude nordöstlich.....	22
5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	23
6	Schlussbemerkung	23
7	Anhang.....	24 - 35

SolPEG Blendgutachten

Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Eitensheim

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

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

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

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

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

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

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

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

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

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Fläche des Solarparks befindet sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet westlich von Eitensheim in Oberbayern ca. 10 km nordwestlich von Ingolstadt. Südlich der Fläche verläuft auf einer Länge von ca. 220 m die zweispurige Bahnstrecke München–Treuchtlingen. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Fläche westlich von Eitensheim in Oberbayern. Die Fläche ist leicht abfallend nach Osten.
Koordinaten (Mitte)	48.819°N, 11.310°O, 410 m ü.N.N.
Grenzlänge entlang der Bahnstrecke	ca. 220 m
Abstand zur Bahnstrecke	ca. 16 m – 18 m
Entfernung zu angrenzenden Straßen	ca. 320 m (nicht relevant)
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 280 m

Übersicht über den Standort und die PV Anlage (schematisch)

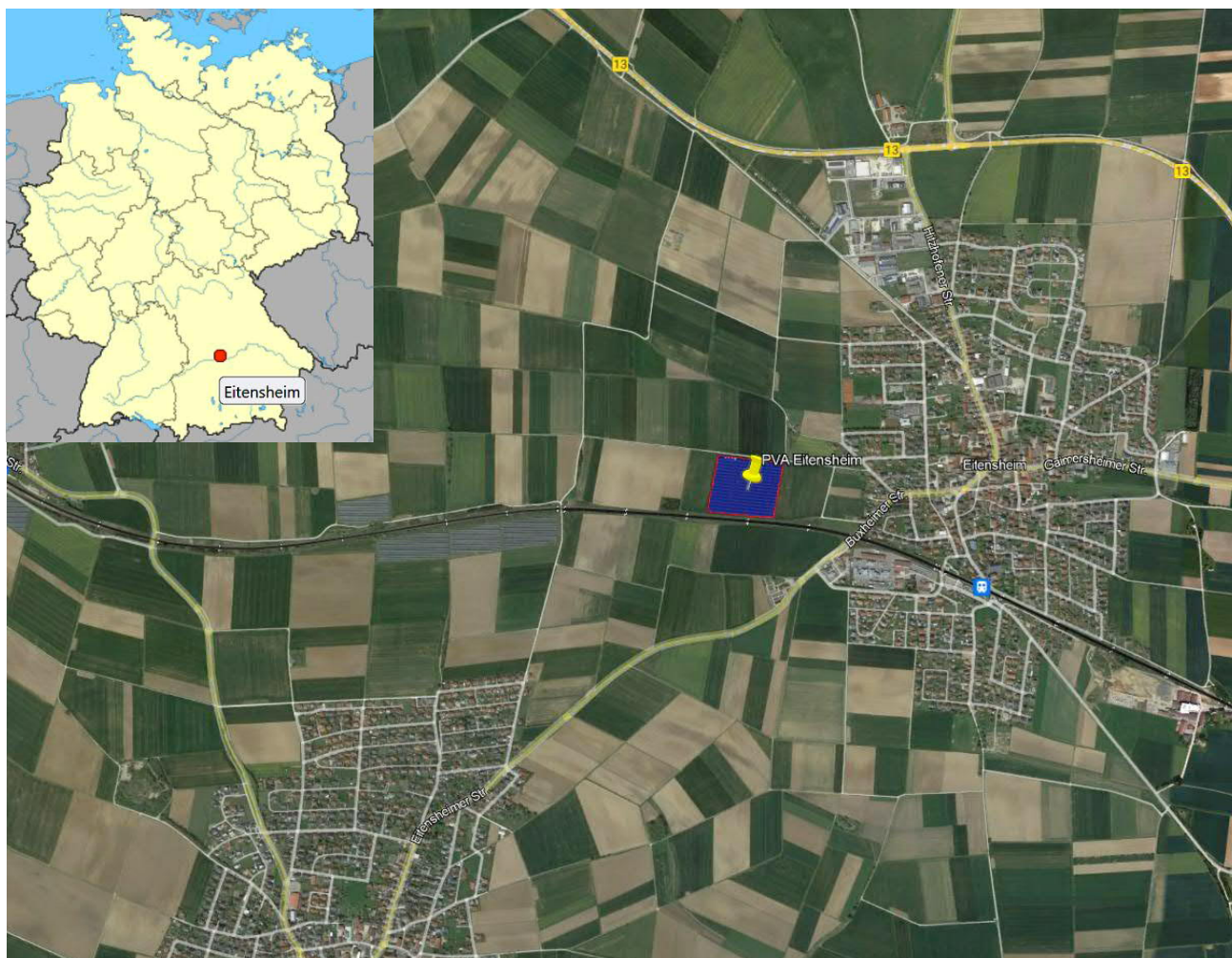


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Detailansicht der PV Anlage und Umgebung



Bild 2.1.1.2: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Detailansicht der PV Anlage



Bild 2.1.1.3: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Google Earth/SolPEG)

2.2 Umliegende Gebäude

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

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

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

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

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



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

3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

Rechtliche Hinweise u.a. zur Licht-Leitlinie sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes. Es sei lediglich darauf hingewiesen, dass nach aktueller Gesetzgebung der Ausbau der Erneuerbaren Energien im über-
ragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient und somit höher wiegt als
Einzelinteressen. Darüber hinaus bestätigt ein aktuelles Urteil des OLG Braunschweig² die grundsätzlich
fehlenden Bewertungsgrundlagen für Reflexion durch Sonnenlicht. Die Ausführungen der LAI Lichtleit-
linie können lediglich im Einzelfall als Orientierung herangezogen werden.

3.2 Blendwirkung von PV Modulen

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

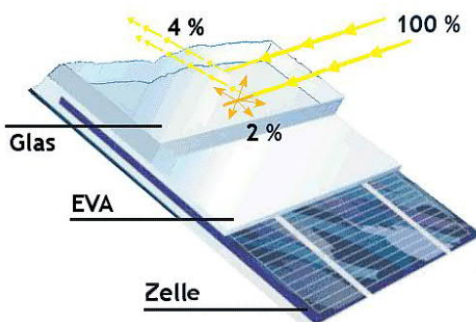


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

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



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

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

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Links ein einfaches Modul ohne spezielle Oberflächenbehandlung. Das rechte Bild entspricht aktuellen, hochwertigen PV Modulen wie auch im Bild 3.5.1 dargestellt. Durch die strukturierte Oberfläche wird weniger Sonnenlicht reflektiert bzw. diffus reflektiert mit einer stärkeren Streuung. Die Leuchtdichte der Modulfläche ist entsprechend vermindert.

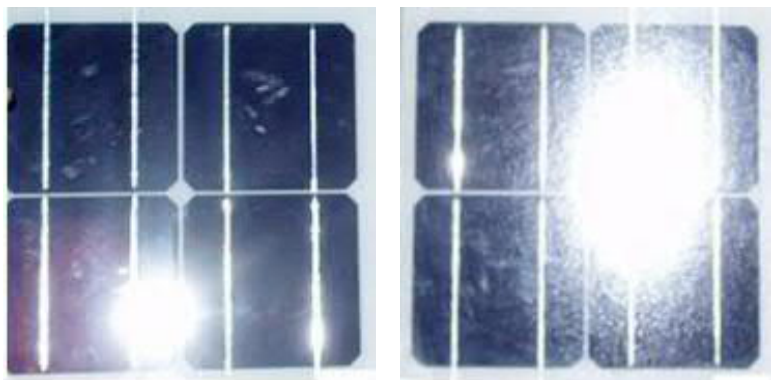


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

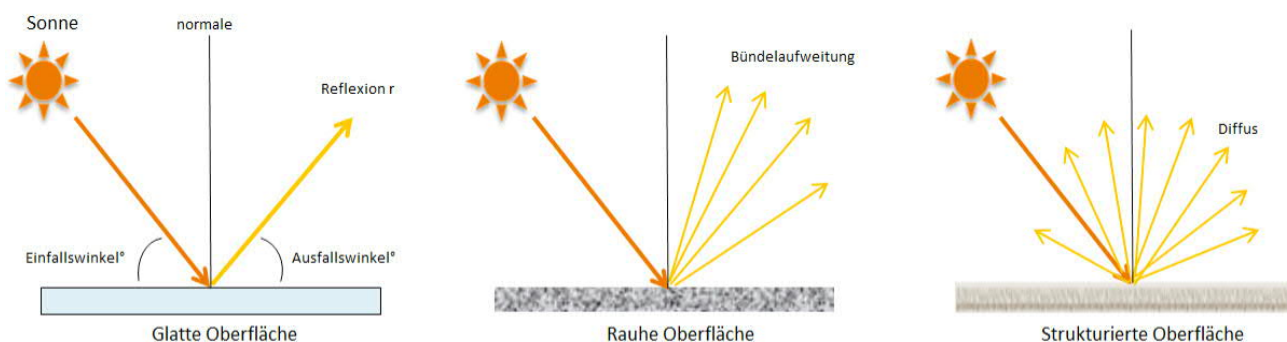


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers 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), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 Berechnung der Blendwirkung

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

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

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

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

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

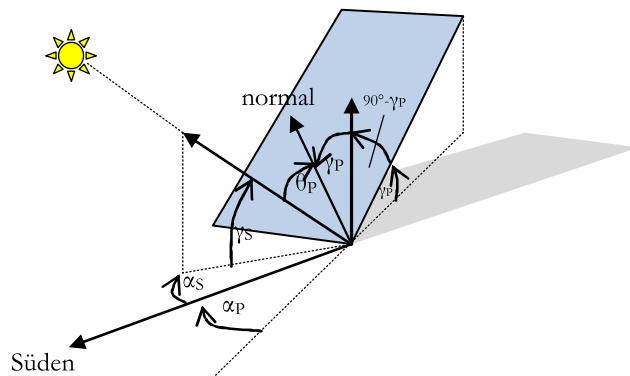


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche

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

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

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

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

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

⁵ Webseite der Sandia National Laboratories: <http://www.sandia.gov>

3.4 Technische Parameter der PV Anlage

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

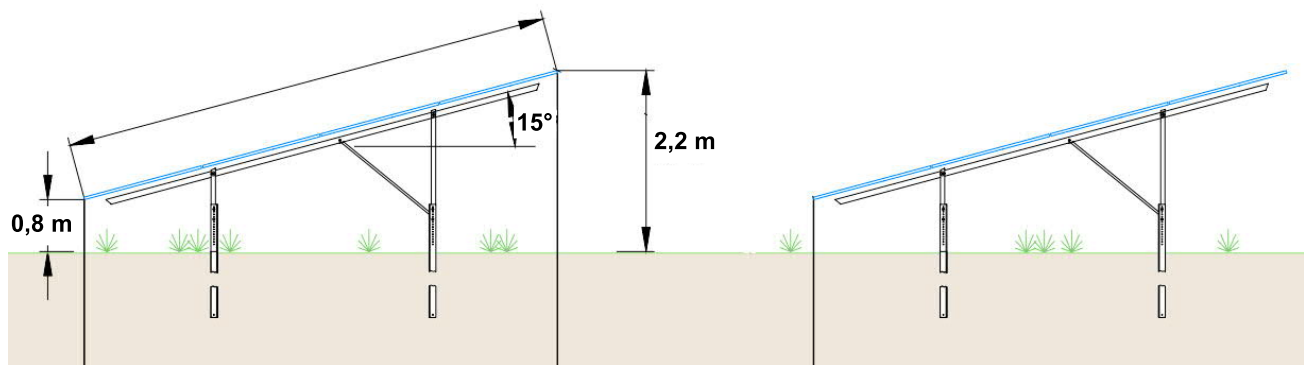


Bild 3.4.1: Skizzen der Modulkonstruktion (Quelle: Systemplanung, Beispiel)

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

Tabelle 1: Berechnungsparameter

PV Modul	Trina Solar (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	3 Module hochkant übereinander (3P)
Ausrichtung (Azimut)	184° (180° = Süden)
Modulneigung	15°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	ca. min. 0,80 m, max. 2,20 m (Abweichungen möglich)
Anzahl Messpunkte gesamt	5 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Höhe Messpunkte Zugführer	2,5 m über Boden inkl. Bahndamm, ansonsten 2 m
Azimut Blickrichtung Zugführer ⁶	Fahrtrichtung +/- 20°

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

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

3.5 Standorte für die Analyse

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

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Eitensheim wurden insgesamt 2 Messpunkte im Verlauf der Bahnstrecke, 1 Messpunkt auf der Buxheimer Straße (EI5) sowie 2 Messpunkte im Bereich von umliegenden Gebäuden festgelegt. Andere Standorte und Gebäude wurden nicht weiter untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind.

Die folgende Übersicht zeigt die PV Anlage und die gewählten Messpunkte P1-P5:



Bild 3.5.1: Übersicht über die PV Anlage und die Messpunkte P1–P5 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

Schutzwürdige Räume

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

Einfallswinkel der Reflexion

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

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

Entfernung zur Immissionsquelle

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

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

⁷ Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

Sonderfall Zugführer

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

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



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

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

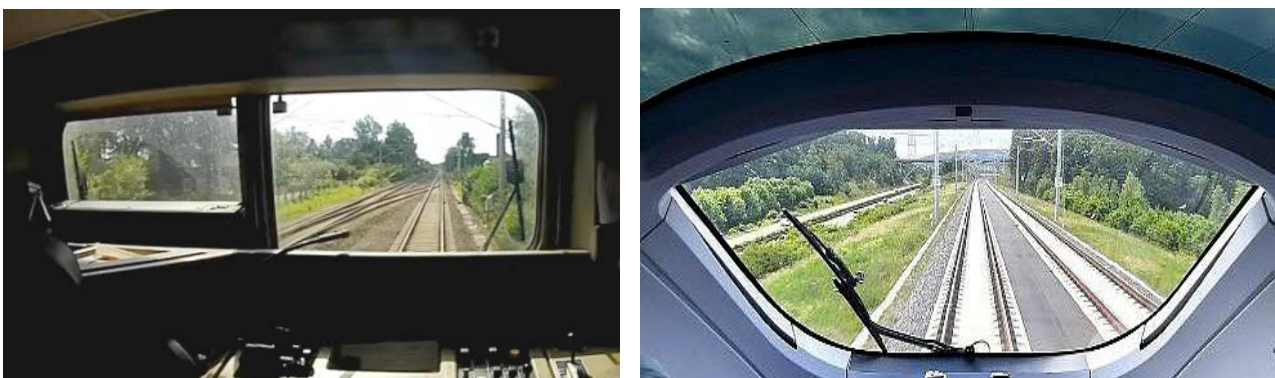


Bild 3.6.2: Blick aus dem Führerstand. Links Baureihe 143, rechts ICE (Quelle: Wikipedia, CC0 1.0 Lizenz, Ausschnitt)

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

Sonstige Einflüsse

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

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

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

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

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

Kategorien von Reflexionen

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

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

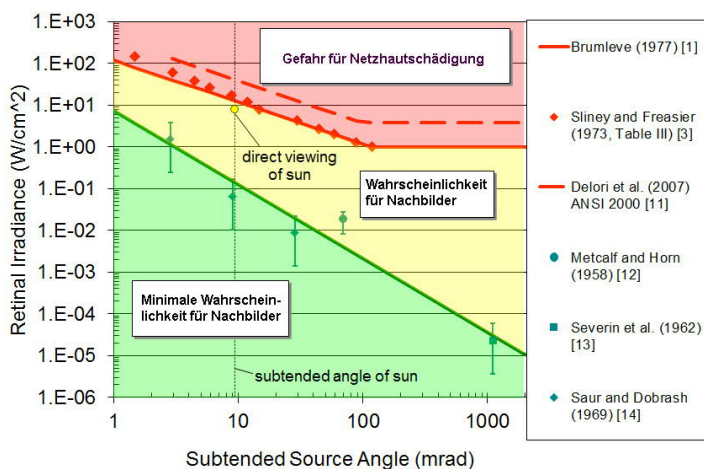


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

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

⁹ DWD Service: https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html

Bild: https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_cen_cfc_mean_2021_17.png

4 Ergebnisse

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

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

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

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

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

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

Messpunkt	PV Feld
P1 Bahnstrecke östlich	960 ^W
P2 Bahnstrecke südlich	123 ^{WD}
P3 Buxheimer Straße östlich	941 ^{WE}
P4 Gebäude östlich	136 ^D
P5 Gebäude nordöstlich	-

^W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

^E Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

^G Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

^D Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer zu vernachlässigen

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, Bahnstrecke östlich

Am Messpunkt P1 auf der Bahnstrecke können bei der Fahrt Richtung Westen theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 18. Mai und dem 26. Juli abends zwischen 18:35 – 19:06 Uhr für 5 bis max. 18 Minuten pro Tag¹⁰ aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen liegen mit ca. $+12^\circ$ bis $+28^\circ$ rechts (westlich) zur Fahrtrichtung teilweise in dem für Zugführer relevanten Sichtwinkel und daher könnten Reflexionen evt. als störend empfunden werden. Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV Anlage kann allerdings mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

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



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

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

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

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

Das folgende Foto zeigen die Situation am Messpunkt P1 bei der Fahrt Richtung Westen aus Sicht des Zugführers. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Das Foto verdeutlicht, dass die Fläche der PV Anlage zwar im Randbereich evt. sichtbar ist aber Beeinträchtigungen durch potentielle Reflexionen sind nicht wahrscheinlich, da diese überwiegend außerhalb des relevanten Sichtwinkels auftreten würden.

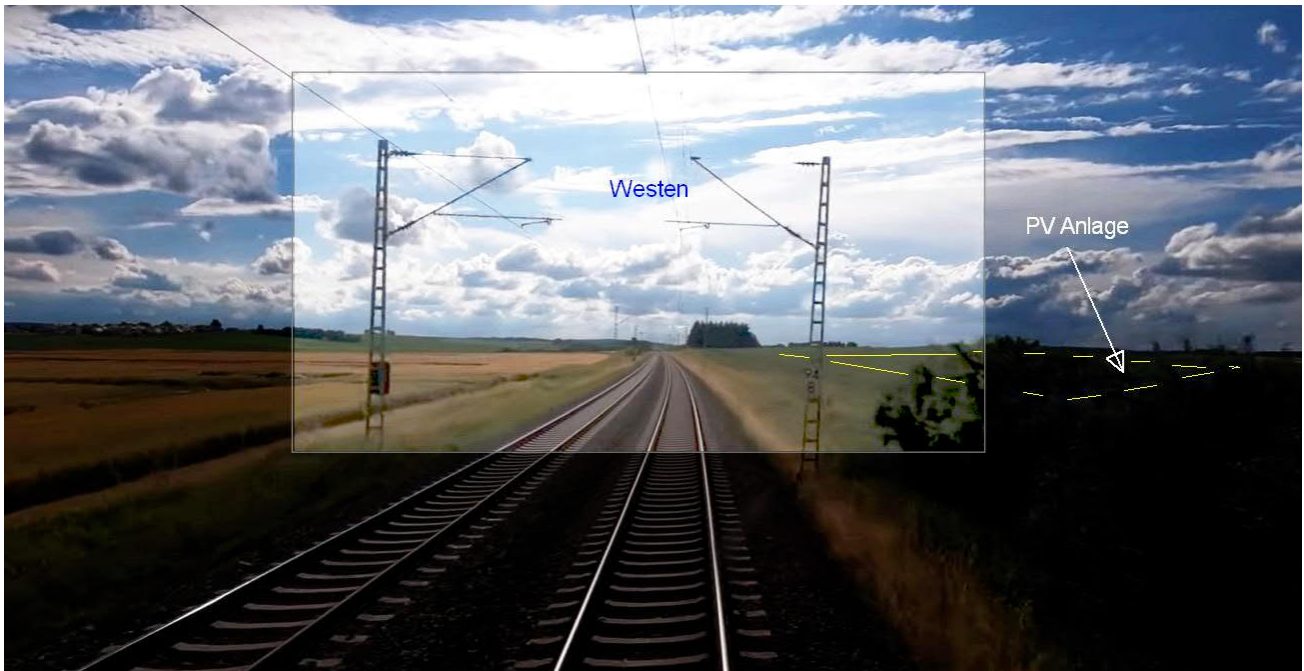


Bild 4.1.2: Foto am Messpunkt P1 (Quelle: Youtube Video, Ausschnitt)

Die folgende Skizze (Pseudo 3D) zeigt beispielhaft die Simulation des Sonnenstandes am 10. Juli abends um 19:20 Uhr. Rechts im Bild, momentan überwiegend verdeckt durch einen natürlichen Sichtschutz, können potentielle Reflexionen auftreten.

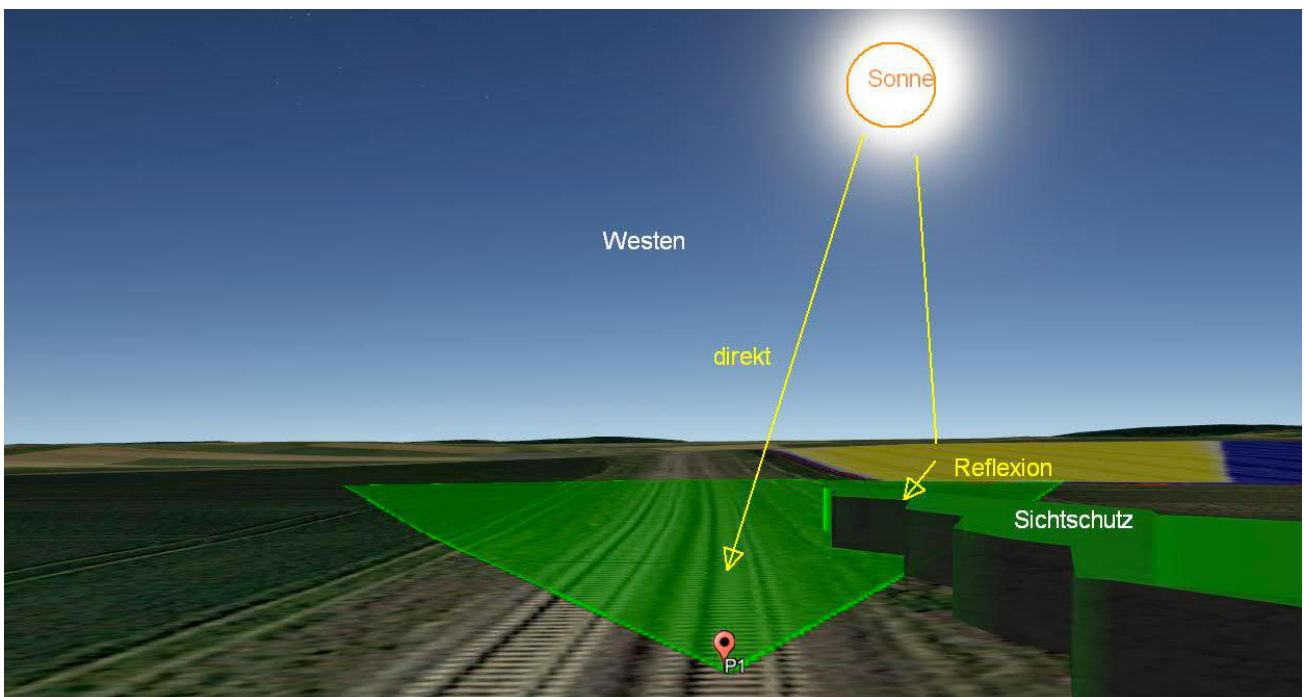


Bild 4.1.3: Simulation am Messpunkt P1, Blick Richtung Westen (Quelle: Google Earth / SolPEG)

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke südlich

Am Messpunkt P2 auf der Bahnstrecke südlich der geplanten PV Anlage können bei der Fahrt Richtung Westen und auch Osten theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Bei der Fahrt Richtung Westen sind Reflexionen aufgrund der kurzen zeitlichen Dauer zu vernachlässigen. Bei der Fahrt Richtung Osten können zwischen dem 20. Juli und dem 06. August morgens zwischen 06:00 – 06:10 Uhr für max. 9 Minuten pro Tag Reflexionen aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen liegen allerdings mit -17° bis -47° links (östlich) zur Fahrtrichtung überwiegend außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels.

Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

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

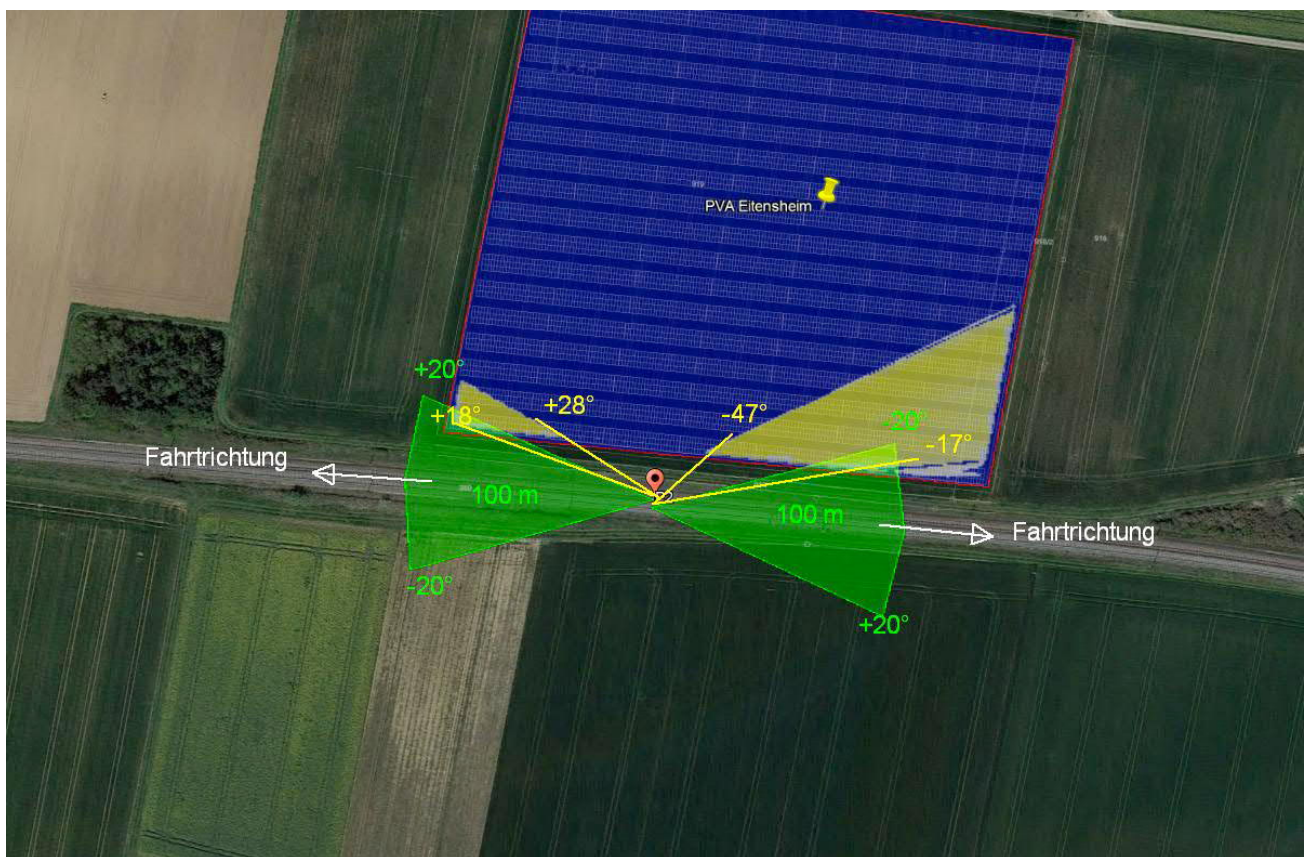


Bild 4.2.2: Situation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

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

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, Buxheimer Straße

Am Messpunkt P3 auf der Buxheimer Straße / EI5 östlich der PV Anlage sind theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage möglich. In der Realität sind die rechnerisch ermittelten Ergebnisse allerdings zu vernachlässigen, da die Einfallswinkel der Reflexionen deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels liegen und darüber hinaus in einer sehr großen Entfernung von ca. 320 m – 530 m auftreten – sofern diese überhaupt sichtbar sind.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze zeigt die Situation am Messpunkt P3.



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

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude östlich

Am Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude an der Adresse Buxheimer Straße 18c können an insgesamt nur 136 Minuten pro Jahr Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch in bestimmten Jahreszeiten abends zwischen 18:38 – 19:01 Uhr für 5 bis 7 Minuten pro Tag aus westlicher Richtung auftreten.

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

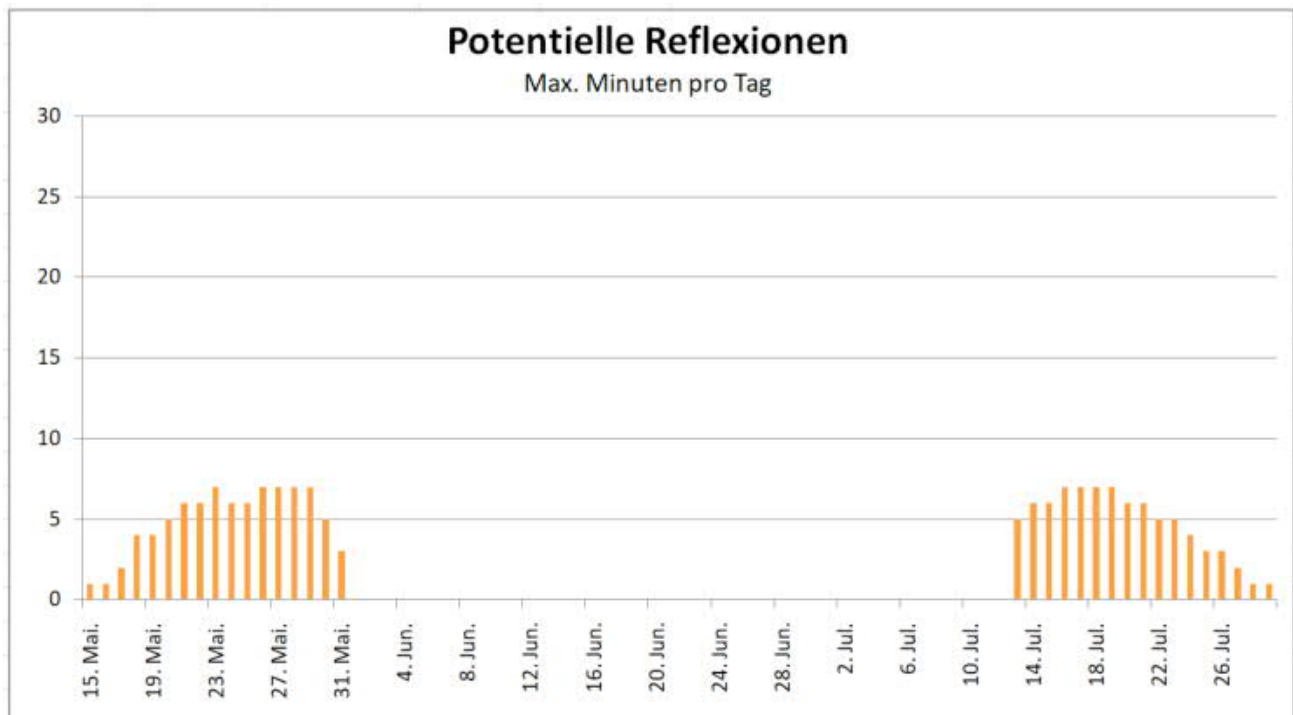


Bild 4.4.1: Reflexionen pro Tag im relevanten Zeitraum (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Die Gesamtdauer an Minuten mit Reflexionen pro Jahr und auch die jeweilige Dauer pro Tag liegt deutlich unter den Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie.

Darüber hinaus ist das Gebäude - wie auch andere Gebäude in diesem Bereich - mit Büschen und Hecken umgeben, sodass überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Auch aufgrund der großen Entfernung von über 280 m zur Immissionsquelle wären potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Zu Kontrollzwecken wurden auch die unbereinigten Rohdaten überprüft und auch hier liegt die Gesamtsumme in denen Reflexionen auftreten können (1673 Minuten pro Jahr) unterhalb der Richtwerte der LAI Lichtleitlinie.

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P4. Es handelt sich dabei um die unbereinigten Rohdaten. Die Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ausgeführt sind jeweils die theoretischen Maximalwerte dargestellt, die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können. Die im Diagramm gezeigten 1673 Minuten entsprechen den unbereinigten Rohdaten.

PV Feld - OP Receptor (OP 4)

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

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,673 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

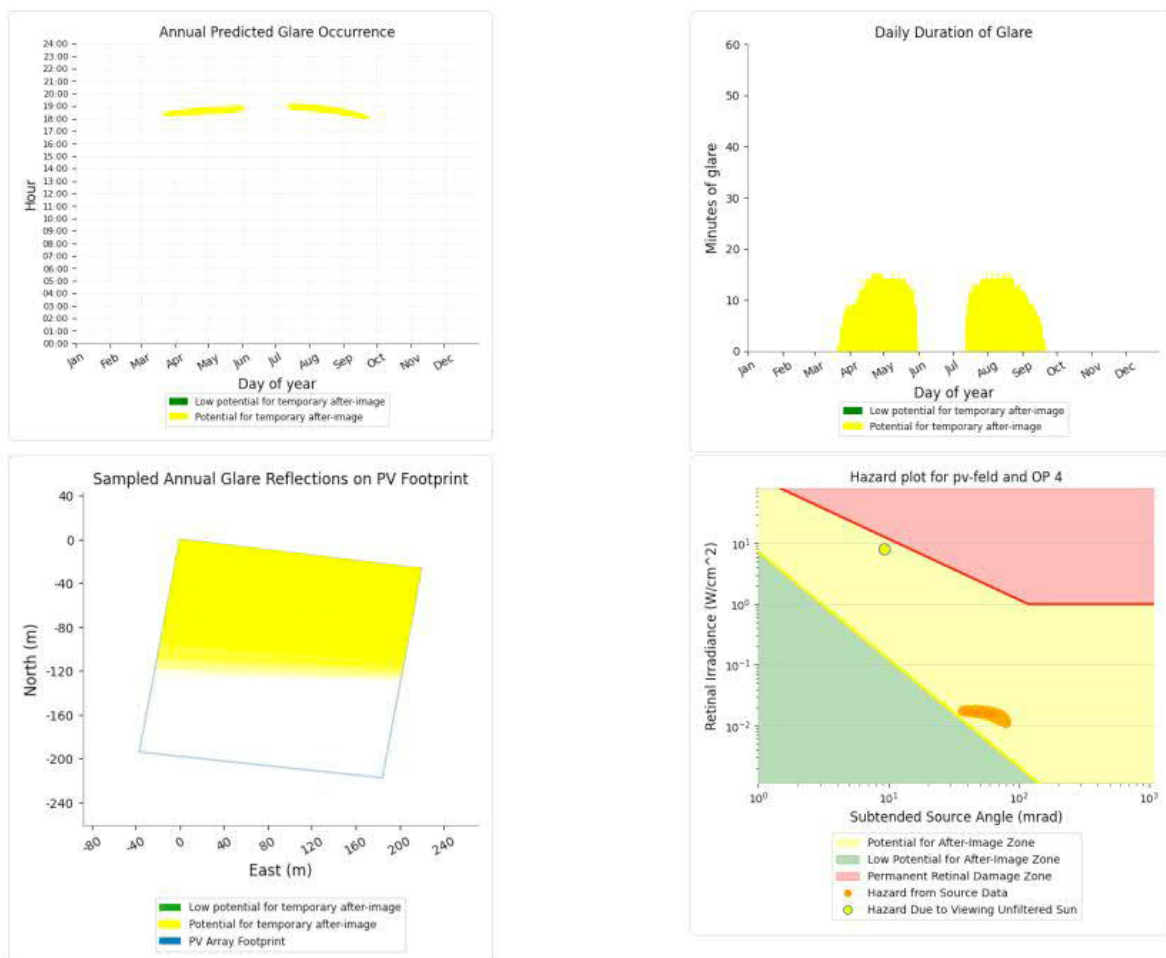


Bild 4.4.2: Ergebnisdetails für Messpunkt P4 (Quelle: Simulationsergebnisse)

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

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude nordöstlich

Messpunkt P5 nordwestlich der PV Anlage wurde zu Kontrollzwecken untersucht da aufgrund der Lage in diesem Bereich aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz kaum mit Reflexionen durch die PV Anlage zu rechnen ist. Erwartungsgemäß sind keine Reflexionen durch die PV Anlage nachweis-

bar. Eine Beeinträchtigung für Anwohner durch die PV Anlage im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

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

Durch den Einsatz von hochwertigen PV Modulen hat der Auftraggeber die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Vermeidung von potentiellen Reflexionen ergriffen.

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

Verkehrsteilnehmer auf angrenzenden Straßen sind von Reflexionen durch die PV Anlage nicht beeinträchtigt, da auch hier die Einfallswinkel deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels liegen.

Die östlich gelegenen Gebäude können theoretisch von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden, Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie durch Reflexionen durch die PV Anlage mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und/ oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind.

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.

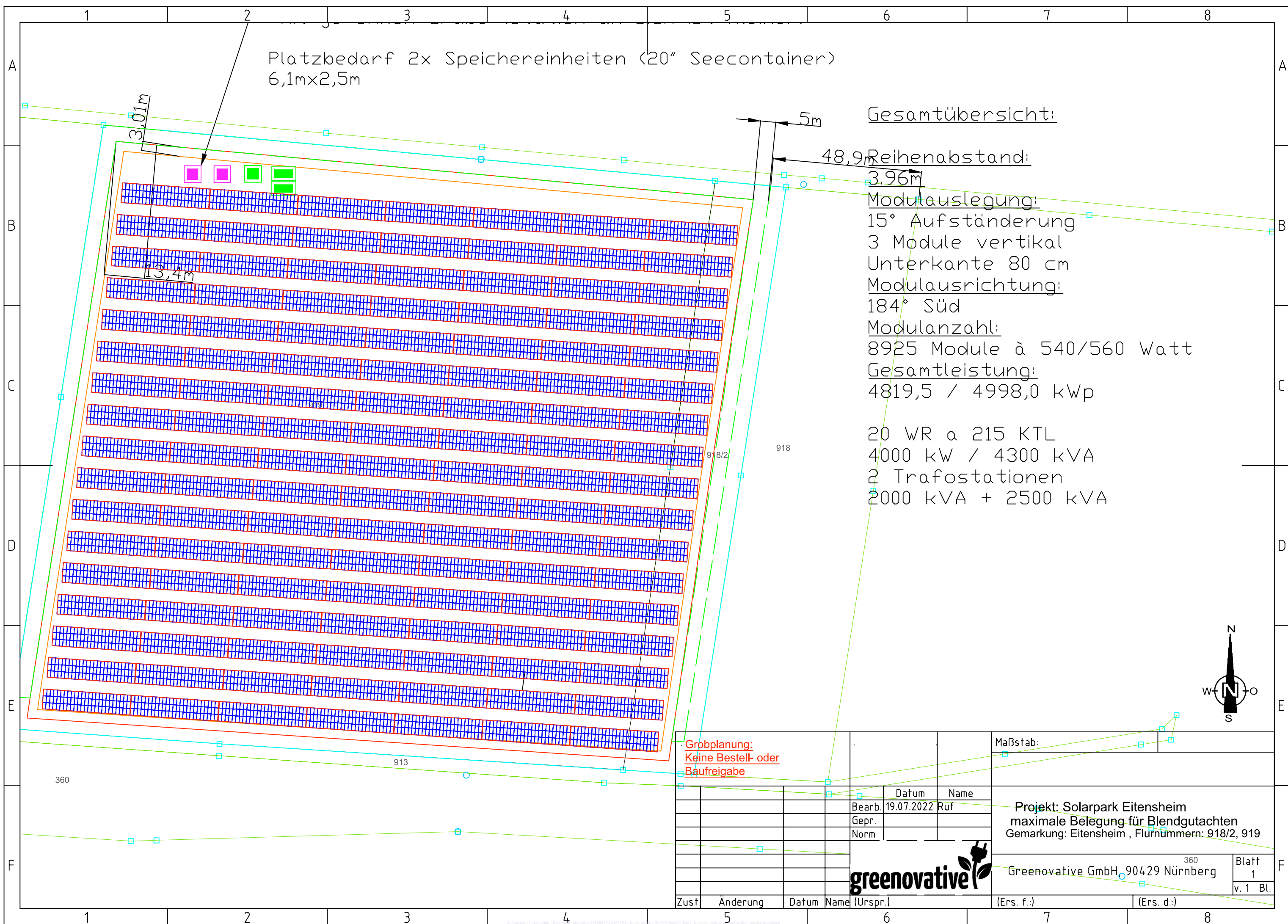
6 Schlussbemerkung

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 29.08.2022


Dieko JacobP/ SolPEG GmbH

¹¹ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



Platzbedarf 2x Speichereinheiten (20" Seecontainer)
6,1mx2,5m

Gesamtübersicht:

Reihenabstand:

3.96m

Modulauslegung:

15° Aufständigung

3 Module vertikal

Unterkante 80 cm

Modulausrichtung:

184° Süd

Modulanzahl:

8925 Module à 540/560 Watt

Gesamtleistung:

4819,5 / 4998,0 kWp

20 WR a 215 KTL

4000 kW / 4300 kVA

2 Trafostationen

2000 kVA + 2500 kVA

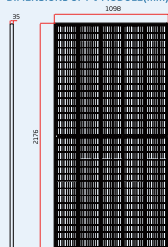


Grobplanung: Keine Bestell- oder Baufreigabe			Maßstab:	
			Datum	Name
			Bearb. 19.07.2022	Ruf
			Gepr.	
			Norm	
Zust.	Änderung	Datum	Name (Urspr.)	(Ers. f.): (Ers. d.):

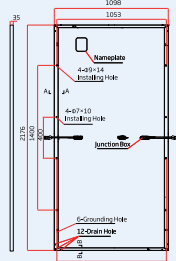
Projekt: Solarpark Eitensheim
maximale Belegung für Blendgutachten
Gemarkung: Eitensheim , Flurnummern: 918/2, 919

Greenovative GmbH, 90429 Nürnberg

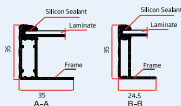
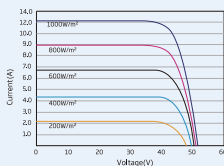
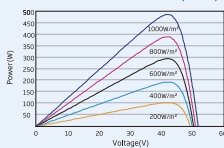
Blatt 1
v. 1 Bl.

DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)


Front View



Back View


I-V CURVES OF PV MODULE(490 W)

P-V CURVES OF PV MODULE(490W)

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	480	485	490	495	500	505
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- V_{MP} (V)	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
Maximum Power Current- I_{MP} (A)	11.42	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	50.8	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.99	12.07	12.14	12.21	12.28	12.35
Module Efficiency η (%)	20.1	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1

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

 *Measuring tolerance: $\pm 3\%$.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	363	367	371	375	379	382
Maximum Power Voltage- V_{MP} (V)	39.6	39.8	40.0	40.2	40.4	40.6
Maximum Power Current- I_{MP} (A)	9.15	9.20	9.26	9.32	9.37	9.43
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	48.0	48.2	48.4	48.6	48.8	49.0
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	9.65	9.72	9.77	9.83	9.89	9.94

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

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	150 cells
Module Dimensions	2176 × 1098 × 35 mm (85.67 × 43.23 × 1.38 inches)
Weight	26.3 kg (58.0 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: N 280mm/P 280mm (11.02/11.02 inches) Landscape: N 1400 mm /P 1400 mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EV02 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C ($\pm 3^\circ\text{C}$)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.36%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.26%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85 °C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 30 pieces
Modules per 40' container: 600 pieces

Eitensheim

Eitensheim

Created Aug. 29, 2022
Updated Aug. 29, 2022
Time-step 1 minute
Timezone offset UTC+1
Site ID 74798.13215

Project type Advanced
Project status: active
Category 5 MW to 10 MW



Misc. Analysis Settings

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

Analysis Methodologies:

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

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

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced
	deg	deg	min	min	kWh
PV Feld	15.0	184.0	0	11,145	-

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 43,385 m²

Name: PV Feld

Footprint area: 43,385 m²

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 15.0 deg

Orientation: 184.0 deg

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Vary reflectivity with sun position? Yes

Correlate slope error with surface type? Yes

Slope error: 8.43 mrad

Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	48.819791	11.307943	413.25	2.00	415.25
2	48.819551	11.310936	407.25	2.00	409.25
3	48.817834	11.310453	407.96	2.00	409.96
4	48.818046	11.307439	411.12	2.00	413.12



Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	48.817637	11.311870	406.74	2.50	409.24
OP 2	48.817828	11.308522	410.01	2.50	412.51
OP 3	48.817751	11.314745	405.71	2.00	407.71
OP 4	48.818626	11.314509	404.43	2.00	406.43
OP 5	48.819757	11.313586	405.25	2.00	407.25

Summary of PV Glare Analysis

PV configuration and total predicted glare

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced	Data File
	deg	deg	min	min	kWh	
PV Feld	15.0	184.0	0	11,145	-	

Distinct glare per month

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

PV	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
pv-feld (green)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-feld (yellow)	0	0	125	876	1417	1520	1514	1086	383	0	0	0

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

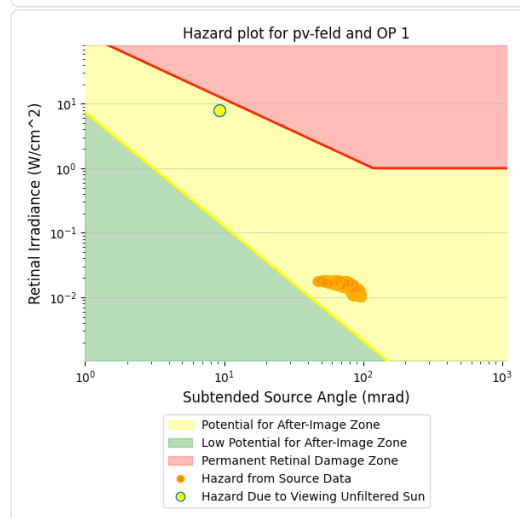
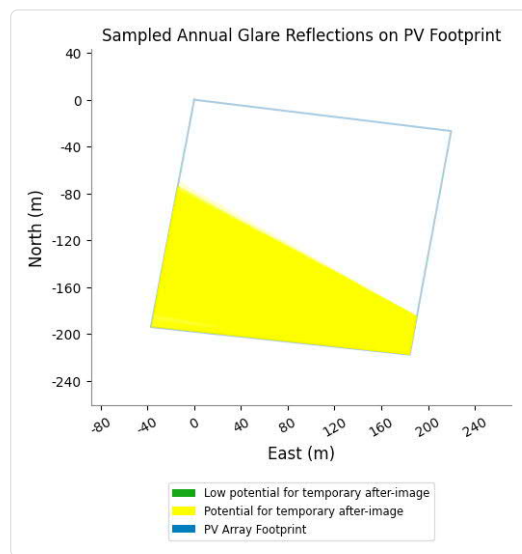
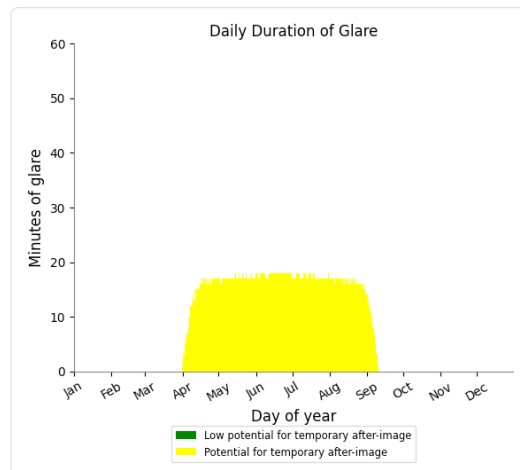
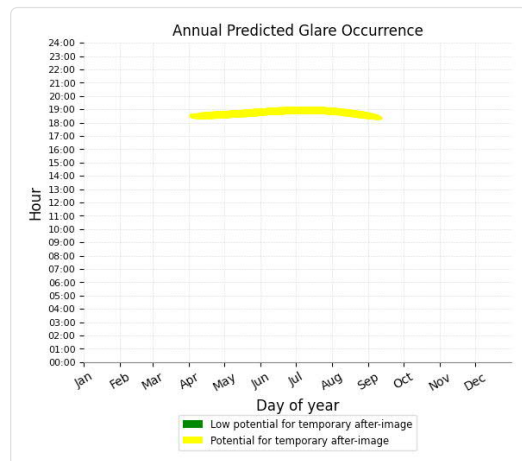
PV Feld potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	2595
OP: OP 2	0	4052
OP: OP 3	0	2825
OP: OP 4	0	1673
OP: OP 5	0	0

PV Feld - OP Receptor (OP 1)

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

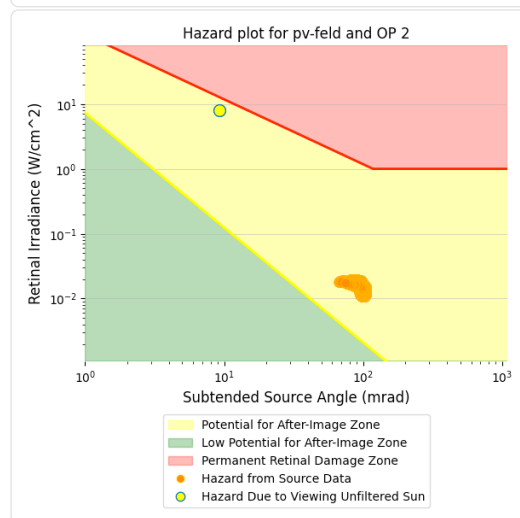
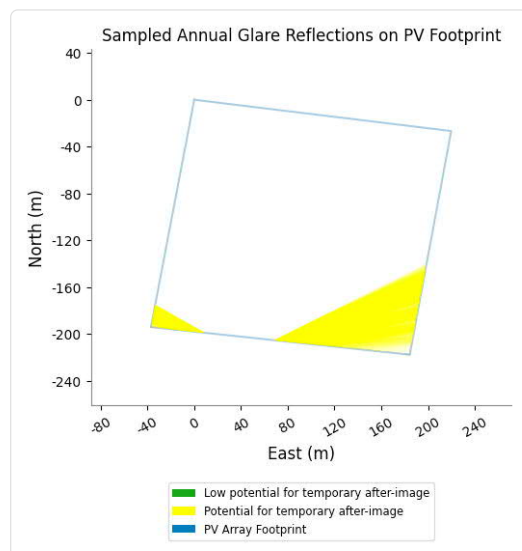
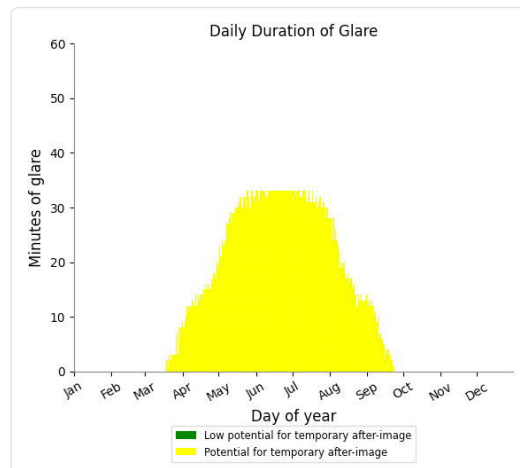
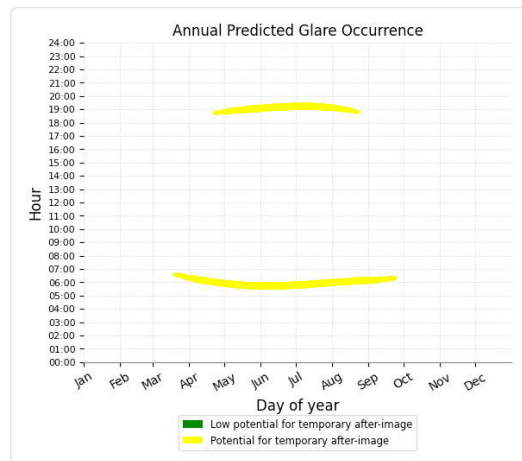
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,595 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld - OP Receptor (OP 2)

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

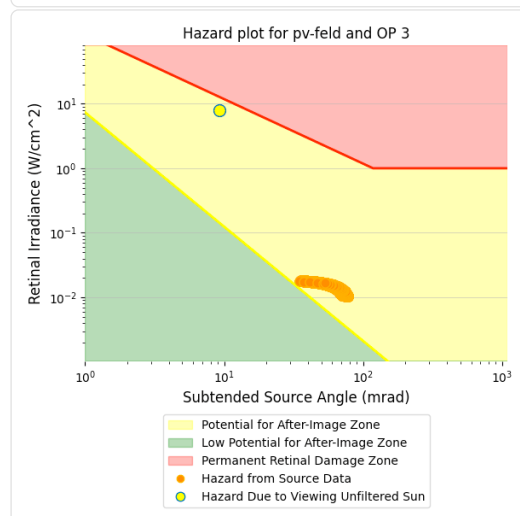
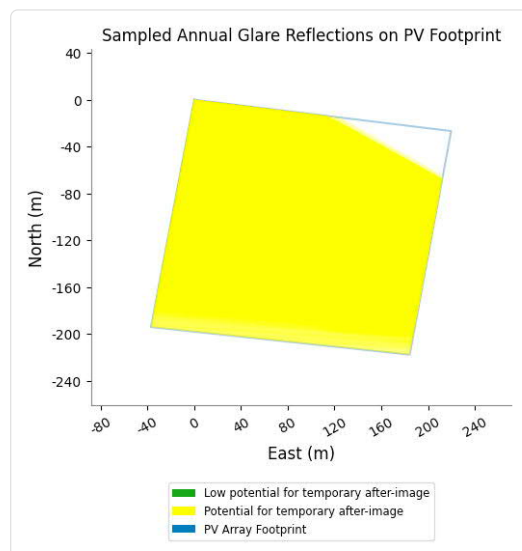
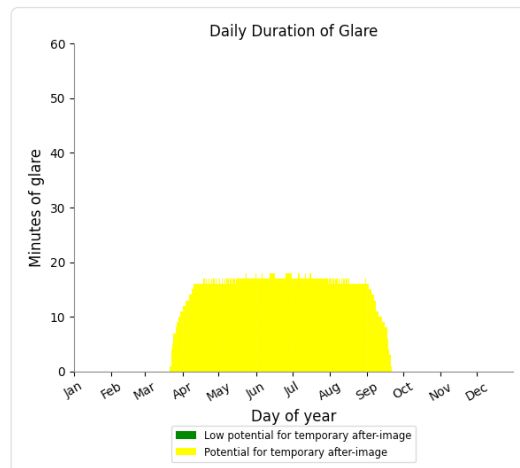
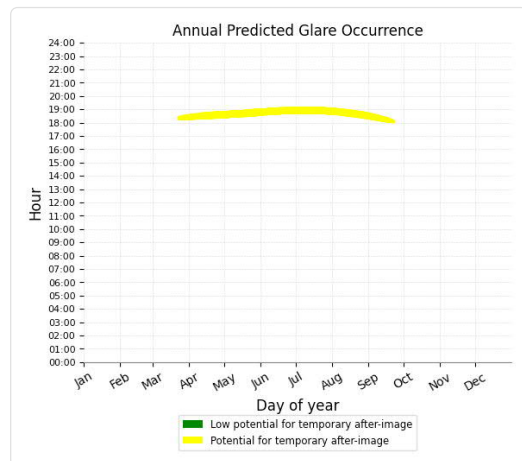
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 4,052 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld - OP Receptor (OP 3)

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

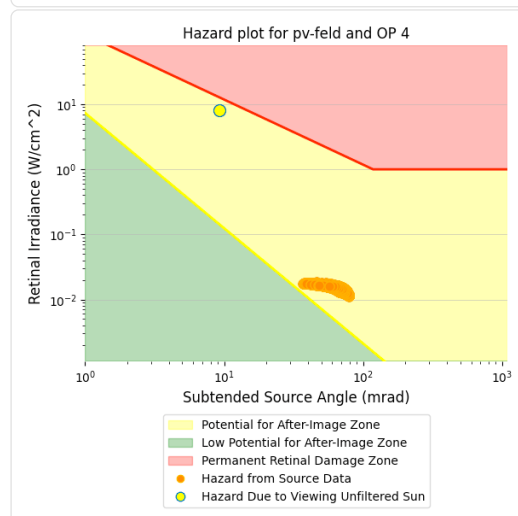
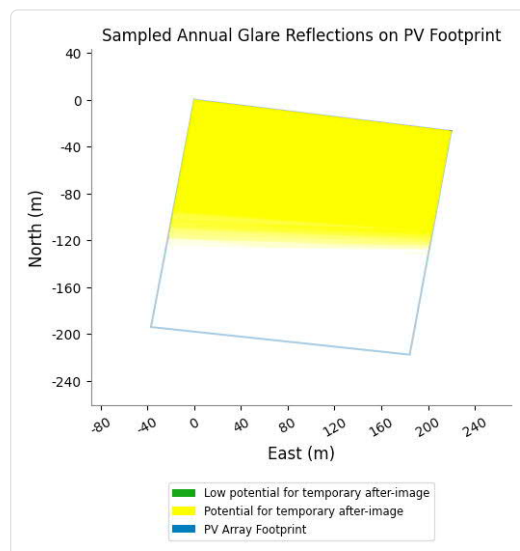
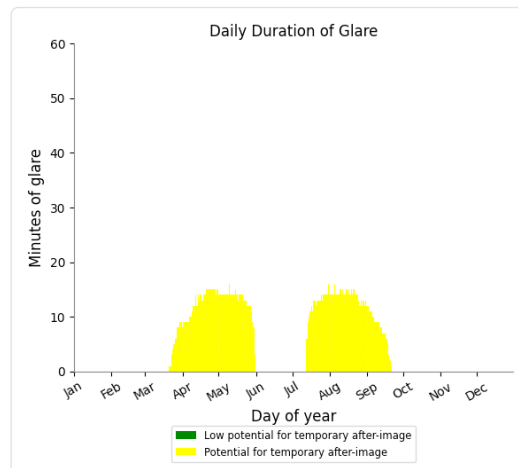
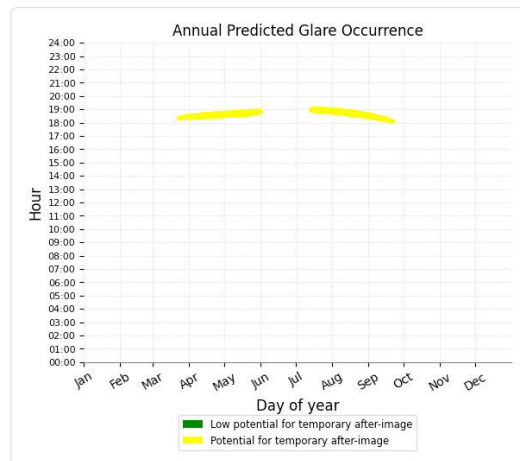
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,825 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld - OP Receptor (OP 4)

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

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,673 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



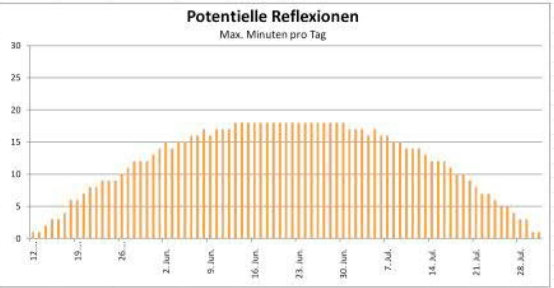
PV Feld - OP Receptor (OP 5)

No glare found

Assumptions

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

	Cornel Irradiance	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Size [m]	Tag	Anzahl	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1
2022-04-01 18:33:00	0,012857	549,5051	2	0,572923	0,017856	0,048072	0,9	275,1	-0,996	0,089	0,015	0,996	-0,094	0,004	12. Mai	1	18:33	18:33	18:05.2022	26.07.2022	18	960	18:35	19:06			
2022-04-02 18:29:00	0,013194	561,8914	2	0,524382	0,016712	0,055852	1,7	274,8	-0,996	0,083	0,029	0,995	-0,096	0,019	13. Mai	1	18:34	18:34									
2022-04-02 18:30:00	0,013236	559,7126	2	0,535916	0,017013	0,054785	1,5	275	-0,996	0,087	0,026	0,995	-0,098	0,014	14. Mai	2	18:34	18:35							Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 1:		
2022-04-02 18:33:00	0,012739	553,153	2	0,572047	0,017947	0,046829	1	275,5	-0,995	0,096	0,018	0,995	-0,102	0,002	15. Mai	3	18:34	18:36							960 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)		
2022-04-03 18:29:00	0,013505	565,4235	2	0,512375	0,016432	0,059134	2	275	-0,996	0,088	0,034	0,994	-0,103	0,021	16. Mai	3	18:35	18:37							828 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September)		
2022-04-03 18:30:00	0,013597	563,2624	2	0,523639	0,016729	0,058233	1,8	275,2	-0,995	0,091	0,032	0,994	-0,104	0,017	17. Mai	4	18:35	18:38							132 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)		
2022-04-03 18:31:00	0,013586	561,0974	2	0,535149	0,017031	0,056703	1,6	275,4	-0,995	0,094	0,029	0,994	-0,105	0,013	18. Mai	6	18:35	18:40							18 Minuten pro Tag (Max)		
2022-04-03 18:33:00	0,013845	556,756	2	0,558925	0,01765	0,055316	1,3	275,8	-0,995	0,101	0,023	0,994	-0,108	0,004	19. Mai	6	18:36	18:41									
2022-04-03 18:34:00	0,012957	554,5795	2	0,571202	0,017967	0,048207	1,2	276	-0,994	0,104	0,02	0,994	-0,11	0	20. Mai	7	18:36	18:42							Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 2596 Einträgen):		
2022-04-04 18:28:00	0,013437	568,9868	2	0,489992	0,015811	0,06182	2,4	275,1	-0,995	0,089	0,043	0,994	-0,108	0,027	21. Mai	8	18:37	18:44							1.: Zeitraum zwischen 06:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnenuntergang)		
2022-04-04 18:29:00	0,013682	566,8377	2	0,500688	0,016097	0,061828	2,3	275,3	-0,995	0,092	0,04	0,994	-0,109	0,023	22. Mai	8	18:38	18:45							2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min. 10°)		
2022-04-04 18:30:00	0,013795	564,6848	2	0,51169	0,016388	0,061054	2,1	275,5	-0,995	0,096	0,037	0,994	-0,111	0,019	23. Mai	9	18:38	18:46							3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)		
2022-04-04 18:31:00	0,013818	562,528	2	0,522931	0,016684	0,059753	1,9	275,7	-0,995	0,099	0,034	0,994	-0,112	0,015	24. Mai	9	18:38	18:46									
2022-04-04 18:33:00	0,015648	558,203	2	0,546151	0,017291	0,066738	1,6	276,1	-0,994	0,093	0,028	0,993	-0,115	0,007	25. Mai	9	18:39	18:47									
2022-04-04 18:34:00	0,013441	556,0348	2	0,558141	0,017602	0,053072	1,5	276,2	-0,994	0,109	0,025	0,993	-0,116	0,002	26. Mai	10	18:39	18:48									
2022-04-05 18:27:00	0,013646	574,5714	2	0,478796	0,015603	0,064081	2,7	275,4	-0,994	0,094	0,048	0,993	-0,114	0,029	27. Mai	11	18:39	18:49									
2022-04-05 18:28:00	0,014098	572,4436	2	0,489314	0,015887	0,065222	2,6	275,6	-0,994	0,097	0,045	0,993	-0,116	0,025	28. Mai	12	18:39	18:50									
2022-04-05 18:29:00	0,014027	570,3119	2	0,50006	0,016175	0,063417	2,4	275,8	-0,994	0,1	0,042	0,993	-0,117	0,021	29. Mai	12	18:40	18:51									
2022-04-05 18:30:00	0,014086	568,1764	2	0,51104	0,016469	0,062329	2,2	275,9	-0,994	0,103	0,039	0,993	-0,118	0,017	30. Mai	12	18:40	18:51									
2022-04-05 18:31:00	0,014082	566,0371	2	0,522258	0,016767	0,060878	2,1	276,1	-0,994	0,107	0,036	0,993	-0,12	0,013	31. Mai	13	18:41	18:53									
2022-04-05 18:33:00	0,014507	561,747	2	0,54543	0,017378	0,060392	1,8	276,5	-0,993	0,113	0,031	0,992	-0,123	0,005	1. Jun.	14	18:41	18:54									
2022-04-05 18:34:00	0,013655	559,5963	2	0,557394	0,017691	0,053972	1,6	276,7	-0,993	0,116	0,028	0,992	-0,124	0,001	2. Jun.	15	18:41	18:55									
2022-04-06 18:27:00	0,013757	577,9713	2	0,467974	0,015341	0,066035	3	275,6	-0,994	0,098	0,053	0,992	-0,121	0,031	3. Jun.	14	18:42	18:55									
2022-04-06 18:28:00	0,014011	575,8607	2	0,478249	0,01562	0,066052	2,9	275,8	-0,994	0,101	0,05	0,992	-0,122	0,027	4. Jun.	15	18:42	18:56									
2022-04-06 18:29:00	0,014159	573,7462	2	0,488746	0,015905	0,065471	2,7	276	-0,993	0,105	0,047	0,992	-0,123	0,023	5. Jun.	15	18:42	18:56									
2022-04-06 18:30:00	0,014242	571,6279	2	0,499471	0,016194	0,06452	2,5	276,2	-0,993	0,108	0,044	0,992	-0,125	0,019	6. Jun.	16	18:43	18:58									
2022-04-06 18:31:00	0,014267	569,5058	2	0,510429	0,016488	0,063249	2,4	276,4	-0,993	0,111	0,041	0,992	-0,126	0,015	7. Jun.	16	18:43	18:58									
2022-04-06 18:32:00	0,014253	567,38	2	0,521624	0,016786	0,061747	2,2	276,6	-0,993	0,114	0,039	0,992	-0,128	0,011	8. Jun.	17	18:43	18:59									
2022-04-06 18:33:00	0,01634	565,2503	2	0,533062	0,01709	0,070922	2	276,8	-0,992	0,118	0,036	0,992	-0,129	0,007	9. Jun.	16	18:44	18:59									
2022-04-06 18:34:00	0,014029	563,1168	2	0,544747	0,017399	0,057581	1,9	276,9	-0,992	0,121	0,033	0,991	-0,13	0,003	10. Jun.	17	18:44	19:00									
2022-04-07 18:27:00	0,013839	581,333	2	0,457448	0,015083	0,0678	3,3	275,9	-0,993	0,103	0,058	0,991	-0,127	0,034	11. Jun.	17	18:44	19:00									
2022-04-07 18:28:00	0,014074	579,2394	2	0,467486	0,015358	0,067701	3,2	276,1	-0,993	0,106	0,055	0,991	-0,128	0,03	12. Jun.	17	18:45	19:01									
2022-04-07 18:29:00	0,014357	577,142	2	0,477741	0,015639	0,067844	3	276,3	-0,993	0,109	0,052	0,991	-0,13	0,025	13. Jun.	18	18:45	19:02									
2022-04-07 18:30:00	0,014345	575,0407	2	0,488218	0,015923	0,066389	2,8	276,5	-0,992	0,112	0,049	0,991	-0,131	0,021	14. Jun.	18	18:45	19:02									
2022-04-07 18:31:00	0,014403	572,9357	2	0,498922	0,016213	0,065306	2,7	276,6	-0,992	0,116	0,047	0,991	-0,133	0,017	15. Jun.	18	18:45	19:02									
2022-04-07 18:32:00	0,014418	570,8268	2	0,509858	0,016507	0,063982	2,5	276,8	-0,992	0,119	0,044	0,991	-0,134	0,013	16. Jun.	18	18:46	19:03									
2022-04-07 18:33:00	0,017699	568,7142	2	0,521031	0,016807	0,077994	2,3	277	-0,992	0,122	0,041	0,991	-0,135	0,009	17. Jun.	18	18:46	19:03									
2022-04-07 18:34:00	0,014859	566,5979	2	0,532445	0,017111	0,063528	2,2	277,2	-0,991	0,125	0,038	0,991	-0,137	0,005	18. Jun.	18	18:46	19:03									
2022-04-07 18:35:00	0,014154	564,4778	2	0,544105	0,01742	0,058203	2	277,4	-0,991	0,129	0,035	0,99	-0,138	0,001	19. Jun.	18	18:46	19:03									
2022-04-07 18:37:00	0,015778	560,2264	2	0,568187	0,018054	0,064026	1,7	277,8	-0,99	0,135	0,029	0,99	-0,141	-0,007	20. Jun.	18	18:46	19:03									
2022-04-08 18:26:00	0,013871	586,7309	2	0,447212	0,014882	0,068998	3,6	276,1	-0,992	0,107	0,063	0,99	-0,133	0,036	21. Jun.	18	18:47	19:04									
2022-04-08 18:27:00	0,014157	584,6579	2	0,457019	0,015155	0,069167	3,4	276,3	-0,992	0,11	0,06	0,99	-0,135	0,032	22. Jun.	18	18:47	19:04									
2022-04-08 18:28:00	0,014346	582,5812	2	0,467038	0,015432	0,068796	3,3	276,5	-0,992	0,113	0,057	0,99	-0,136	0,028	23. Jun.	18	18:47	19:04									
2022-04-08 18:29:00	0,014625	580,5005	2	0,477275	0,015714	0,068887	3,1	276,7	-0,992	0,117	0,054	0,99	-0,138	0,024	24. Jun.	18	18:47	19:04									
2022-04-08 18:30:00	0,014546	578,4161	2	0,487732	0,016001	0,06709	3	276,9	-0,991	0,12	0,052	0,99	-0,139	0,019	25. Jun.	18	18:47	19:04									
2022-04-08 18:31:00	0,014588	576,328	2	0,498416	0,016292	0,065919	2,8	277,1	-0,991	0,123	0,049	0,99	-0,14	0,015	26. Jun.	18	18:48	19:05									
2022-04-08 18:32:00	0,014603	574,236	2	0,50933	0,016589	0,064596	2,6	277,3	-0,991	0,126	0,046	0,99	-0,142	0,011	27. Jun.	18	18:48	19:05									
2022-04-08 18:33:00	0,016786	572,1403	2	0,52048	0,01689	0,073794	2,5	277,5	-0,991	0,13	0,043	0,99	-0,143	0,007	28. Jun.	18	18:48	19:05									
2022-04-08 18:34:00	0,01447	570,0408	2	0,531871	0,017196	0,061028	2,3	277,6	-0,99	0,133	0,04	0,989	-0,145	0,003	29. Jun.	18	18:48	19:05									



	Cornel Irradiance	ONI [W/m²*2]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Size of Spot	Anzahl	Tag	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 3
2022-03-22 18:22:00	0,012687	541,0536	2	0,534147	0,016392	0,054205	0,2	269,8	-1	-0,003	0,003	0,999	-0,008	0,039	13. Mai.	1	18:34	18:34	18.05.2022	26.07.2022	18	941	18:36	19:06		
2022-03-23 18:21:00	0,012965	544,978	2	0,510412	0,015777	0,059123	0,6	269,9	-1	-0,002	0,011	0,999	-0,013	0,045	14. Mai.	2	18:34	18:35								
2022-03-23 18:22:00	0,012734	542,6533	2	0,521672	0,016056	0,056225	0,5	270,1	-1	0,001	0,008	0,999	-0,015	0,041	15. Mai.	2	18:35	18:36							Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 3:	
2022-03-23 18:23:00	0,012476	540,3245	2	0,53318	0,01634	0,053065	0,3	270,3	-1	0,005	0,005	0,999	-0,016	0,037	16. Mai.	3	18:35	18:37							941 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)	
2022-03-23 18:24:00	0,012171	537,9915	2	0,544943	0,016628	0,049482	0,1	270,5	-1	0,008	0,002	0,999	-0,017	0,033	17. Mai.	4	18:35	18:38							812 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September)	
2022-03-24 18:21:00	0,012866	548,8403	2	0,509494	0,01586	0,058073	0,8	270,3	-1	0,006	0,013	0,999	-0,021	0,044	18. Mai.	5	18:36	18:40							129 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)	
2022-03-24 18:22:00	0,012607	546,5353	2	0,520734	0,016142	0,054956	0,6	270,5	-1	0,009	0,011	0,999	-0,023	0,039	19. Mai.	6	18:36	18:41							18 Minuten pro Tag (Max)	
2022-03-24 18:23:00	0,012321	544,2263	2	0,532222	0,016428	0,051555	0,4	270,7	-1	0,013	0,008	0,999	-0,024	0,035	20. Mai.	7	18:36	18:42								
2022-03-24 18:24:00	0,011995	541,9131	2	0,543964	0,016719	0,04776	0,3	270,9	-1	0,016	0,005	0,999	-0,025	0,031	21. Mai.	7	18:38	18:44							Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 2826 Einträgen):	
2022-03-24 18:25:00	0,011646	539,5958	2	0,555964	0,017015	0,043631	0,1	271,1	-1	0,019	0,002	0,999	-0,027	0,027	22. Mai.	8	18:38	18:45							1.: Zeitraum zwischen 06:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnenuntergang)	
2022-03-25 18:21:00	0,012955	552,6445	2	0,49761	0,015598	0,059985	1,1	270,6	-1	0,019	0,019	0,999	-0,028	0,046	23. Mai.	9	18:38	18:46							2.: Sonnenstand über Horizont ist min. 10° (Standard: min. 10°)	
2022-03-25 18:22:00	0,012667	550,3591	2	0,508588	0,015876	0,05672	0,9	270,8	-1	0,014	0,016	0,999	-0,029	0,042	24. Mai.	9	18:38	18:46							3.: Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)	
2022-03-25 18:23:00	0,012373	548,0696	2	0,519808	0,016158	0,053306	0,7	271	-1	0,017	0,013	0,999	-0,031	0,038	25. Mai.	9	18:39	18:47								
2022-03-25 18:24:00	0,01205	545,7759	2	0,531275	0,016446	0,04957	0,6	271,2	-1	0,02	0,01	0,999	-0,032	0,033	26. Mai.	10	18:39	18:48								
2022-03-25 18:25:00	0,011809	543,4782	2	0,542995	0,016738	0,046302	0,4	271,4	-1	0,024	0,007	0,999	-0,034	0,029	27. Mai.	11	18:39	18:49								
2022-03-25 18:26:00	0,011583	541,1763	2	0,554973	0,017035	0,043048	0,3	271,5	-1	0,027	0,004	0,999	-0,035	0,025	28. Mai.	11	18:40	18:50								
2022-03-25 18:27:00	0,011312	538,8704	2	0,567215	0,017336	0,039345	0,1	271,7	-1	0,03	0,002	0,999	-0,036	0,021	29. Mai.	12	18:40	18:51								
2022-03-26 18:22:00	0,012751	554,1266	2	0,496739	0,015612	0,058624	1,2	271,1	-1	0,019	0,021	0,998	-0,036	0,044	30. Mai.	12	18:40	18:51								
2022-03-26 18:23:00	0,01241	551,8563	2	0,507697	0,015891	0,054946	1	271,3	-1	0,022	0,018	0,999	-0,037	0,04	31. Mai.	13	18:41	18:53								
2022-03-26 18:24:00	0,012096	549,582	2	0,518896	0,016175	0,051311	0,9	271,4	-1	0,025	0,015	0,999	-0,039	0,036	1. Jun.	14	18:41	18:54								
2022-03-26 18:25:00	0,011922	547,3035	2	0,530342	0,016463	0,048566	0,7	271,6	-1	0,028	0,013	0,999	-0,04	0,032	2. Jun.	14	18:42	18:55								
2022-03-26 18:26:00	0,011766	545,021	2	0,542004	0,016756	0,045887	0,6	271,8	-0,999	0,032	0,01	0,999	-0,042	0,027	3. Jun.	14	18:42	18:55								
2022-03-26 18:27:00	0,011578	542,7345	2	0,553995	0,017054	0,042914	0,4	272	-0,999	0,035	0,007	0,999	-0,043	0,023	4. Jun.	15	18:42	18:56								
2022-03-26 18:28:00	0,011333	540,4439	2	0,566213	0,017356	0,039409	0,2	272,2	-0,999	0,038	0,004	0,999	-0,044	0,019	5. Jun.	15	18:42	18:56								
2022-03-27 18:21:00	0,012974	560,0869	2	0,485182	0,015413	0,061055	1,5	271,3	-0,999	0,023	0,026	0,998	-0,043	0,046	6. Jun.	16	18:43	18:58								
2022-03-27 18:22:00	0,012528	557,8397	2	0,495884	0,01569	0,056784	1,4	271,5	-0,999	0,026	0,024	0,998	-0,044	0,042	7. Jun.	15	18:44	18:58								
2022-03-27 18:23:00	0,012184	555,5885	2	0,506822	0,015971	0,052992	1,2	271,7	-0,999	0,03	0,021	0,998	-0,045	0,038	8. Jun.	16	18:44	18:59								
2022-03-27 18:24:00	0,012048	553,3332	2	0,518	0,016257	0,050545	1	271,9	-0,999	0,033	0,018	0,998	-0,047	0,034	9. Jun.	16	18:44	18:59								
2022-03-27 18:25:00	0,011942	551,0738	2	0,529424	0,016548	0,048269	0,9	272,1	-0,999	0,036	0,015	0,998	-0,048	0,03	10. Jun.	17	18:44	19:00								
2022-03-27 18:26:00	0,011813	548,8104	2	0,5411	0,016843	0,045786	0,7	272,3	-0,999	0,04	0,012	0,998	-0,05	0,026	11. Jun.	17	18:44	19:00								
2022-03-27 18:27:00	0,011644	546,543	2	0,553032	0,017143	0,042956	0,5	272,5	-0,999	0,043	0,009	0,998	-0,051	0,021	12. Jun.	17	18:45	19:01								
2022-03-27 18:28:00	0,011412	544,2715	2	0,565226	0,017449	0,039559	0,4	272,6	-0,999	0,046	0,006	0,998	-0,052	0,017	13. Jun.	18	18:45	19:02								
2022-03-28 18:22:00	0,012677	561,5005	2	0,484368	0,015426	0,05913	1,7	271,8	-0,999	0,031	0,029	0,998	-0,051	0,044	14. Jun.	18	18:45	19:02								
2022-03-28 18:23:00	0,012218	559,2681	2	0,49505	0,015703	0,05464	1,5	272	-0,999	0,034	0,026	0,998	-0,052	0,04	15. Jun.	18	18:45	19:02								
2022-03-28 18:24:00	0,012098	557,0316	2	0,505967	0,015985	0,052322	1,3	272,2	-0,999	0,038	0,023	0,998	-0,053	0,036	16. Jun.	18	18:46	19:03								
2022-03-28 18:25:00	0,012024	554,791	2	0,517123	0,016272	0,050294	1,2	272,3	-0,999	0,041	0,02	0,998	-0,055	0,032	17. Jun.	17	18:47	19:03								
2022-03-28 18:26:00	0,011941	552,5464	2	0,528525	0,016564	0,048177	1	272,5	-0,999	0,044	0,017	0,998	-0,056	0,028	18. Jun.	17	18:47	19:03								
2022-03-28 18:27:00	0,011827	550,2979	2	0,540178	0,01686	0,045799	0,8	272,7	-0,999	0,047	0,015	0,998	-0,058	0,024	19. Jun.	17	18:47	19:03								
2022-03-28 18:28:00	0,011671	548,0453	2	0,552086	0,017161	0,043065	0,7	272,9	-0,999	0,051	0,012	0,998	-0,059	0,02	20. Jun.	17	18:47	19:03								
2022-03-28 18:29:00	0,011448	545,7887	2	0,564255	0,017467	0,03975	0,5	273,1	-0,999	0,054	0,009	0,998	-0,061	0,015	21. Jun.	17	18:48	19:04								
2022-03-28 18:30:00	0,011142	543,5282	2	0,576692	0,017778	0,03565	0,3	273,3	-0,998	0,057	0,006	0,998	-0,062	0,011	22. Jun.	17	18:48	19:04								
2022-03-29 18:22:00	0,013031	562,957	2	0,473142	0,015107	0,062997	2	272	-0,999	0,036	0,034	0,997	-0,057	0,047	23. Jun.	17	18:48	19:04								
2022-03-29 18:23:00	0,012253	560,7332	2	0,483574	0,015379	0,056597	1,8	272,2	-0,999	0,039	0,031	0,997	-0,059	0,042	24. Jun.	17	18:48	19:04								
2022-03-29 18:24:00	0,012077	558,5054	2	0,494236	0,015656	0,053926	1,6	272,4	-0,999	0,042	0,028	0,997	-0,06	0,038	25. Jun.	17	18:48	19:04								
2022-03-29 18:25:00	0,012027	556,2735	2	0,505132	0,015937	0,052081	1,5	272,6	-0,999	0,046	0,026	0,998	-0,061	0,034	26. Jun.	18	18:48	19:05								
2022-03-29 18:26:00	0,011978	554,0376	2	0,516267	0,016223	0,050225	1,3	272,8	-0,999	0,049	0,023	0,998	-0,063	0,03	27. Jun.	18	18:48	19:05								
2022-03-29 18:27:00	0,011906	551,7978	2	0,527647	0,016514	0,048181	1,1	273	-0,998	0,052	0,02	0,998	-0,064	0,026	28. Jun.	18	18:48	19:05								
2022-03-29 18:28:00	0,011802	549,5539	2	0,539276	0,016809	0,045878	1	273,2	-0,998	0,055	0,017	0,998	-0,066	0,022	29. Jun.	18	18:48	19:05								
2022-03-29 18:29:00	0,011654	547,306	2	0,551116	0,017109	0,043204	0,8	273,4	-0,998	0,059	0,014	0,998	-0,067	0,018	30. Jun.	18	18:49	19:06								

