

SolPEG Blendgutachten Solarpark Wüseke

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage
in der Nähe von Paderborn in Nordrhein-Westfalen**

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

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

Inhalt

1	Auftrag	3
1.1	Beauftragung.....	3
1.2	Hintergrund und Auftragsumfang.....	3
2	Systembeschreibung.....	4
2.1	Standort Übersicht	4
2.2	Umliegende Gebäude.....	6
3	Ermittlung der potentiellen Blendwirkung	7
3.1	Rechtliche Hinweise	7
3.2	Blendwirkung von PV Modulen.....	7
3.3	Berechnung der Blendwirkung	9
3.4	Technische Parameter der PV Anlage	10
3.5	Standorte für die Analyse	11
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren	12
4	Ergebnisse	15
4.1	Ergebnisübersicht	15
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P1, A33 Süd.....	16
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P2, A33 Mitte/Nord.....	17
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P3, Gebäude Sennelagerstraße	19
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude Herrmann-Löns-Straße	21
5	Zusammenfassung der Ergebnisse	22
5.1	Zusammenfassung	22
5.2	Beurteilung der Ergebnisse	22
6	Schlussbemerkung	22

SolPEG Blendgutachten

Analyse der Blendwirkung der geplanten PV Anlage Wüseke

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Die SolPEG GmbH ist durch die DEG Sonne + Wärme GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlage „Wüseke“ für die Verkehrsteilnehmer auf der Bundesautobahn A33 sowie Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

Die vorliegende Untersuchung soll klären ob bzw. in wie weit von der PV Anlage „Wüseke“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt für Verkehrsteilnehmer auf der A33 sowie 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 wiedergegeben, eine weiterführende Beschreibung von theoretischen Hintergründen u.a. zu Berechnungsformeln kann im Rahmen dieses Dokumentes nicht erfolgen.

¹ Die Licht-Leitlinie ist u.a. hier abrufbar: http://www.cost-lonne.eu/wp-content/uploads/2015/11/LAI_RL_Licht_09_2012.pdf

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Fläche des Solarparks befindet sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet ca. 6,5 km nordwestlich von Paderborn in Nordrhein-Westfalen. Östlich der Fläche verläuft auf einer Länge von ca. 180 m die Autobahn A33. Lt. Planungsunterlagen sind Abstände zur A33 berücksichtigt. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Flächen ca. 6,5 km nordwestlich von Paderborn in Nordrhein-Westfalen. Die Fläche ist eben.
Koordinaten (Mitte)	51.765°N, 8.63°O, 100 m ü.N.N.
Grenzlänge entlang A33	ca. 180 m
Abstand zum Fahrbahnrand	ca. 30 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 55 m (kürzeste Entfernung, relevante Blickrichtung)

Übersicht über den Standort und die PV Anlage (schematisch)



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

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 die relevante Umgebung. Gemäß Reflexionsgesetz können einzelne Gebäude westlich der PV Anlage theoretisch von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Die Standorte werden analysiert und Details sind im Abschnitt 4 aufgeführt.

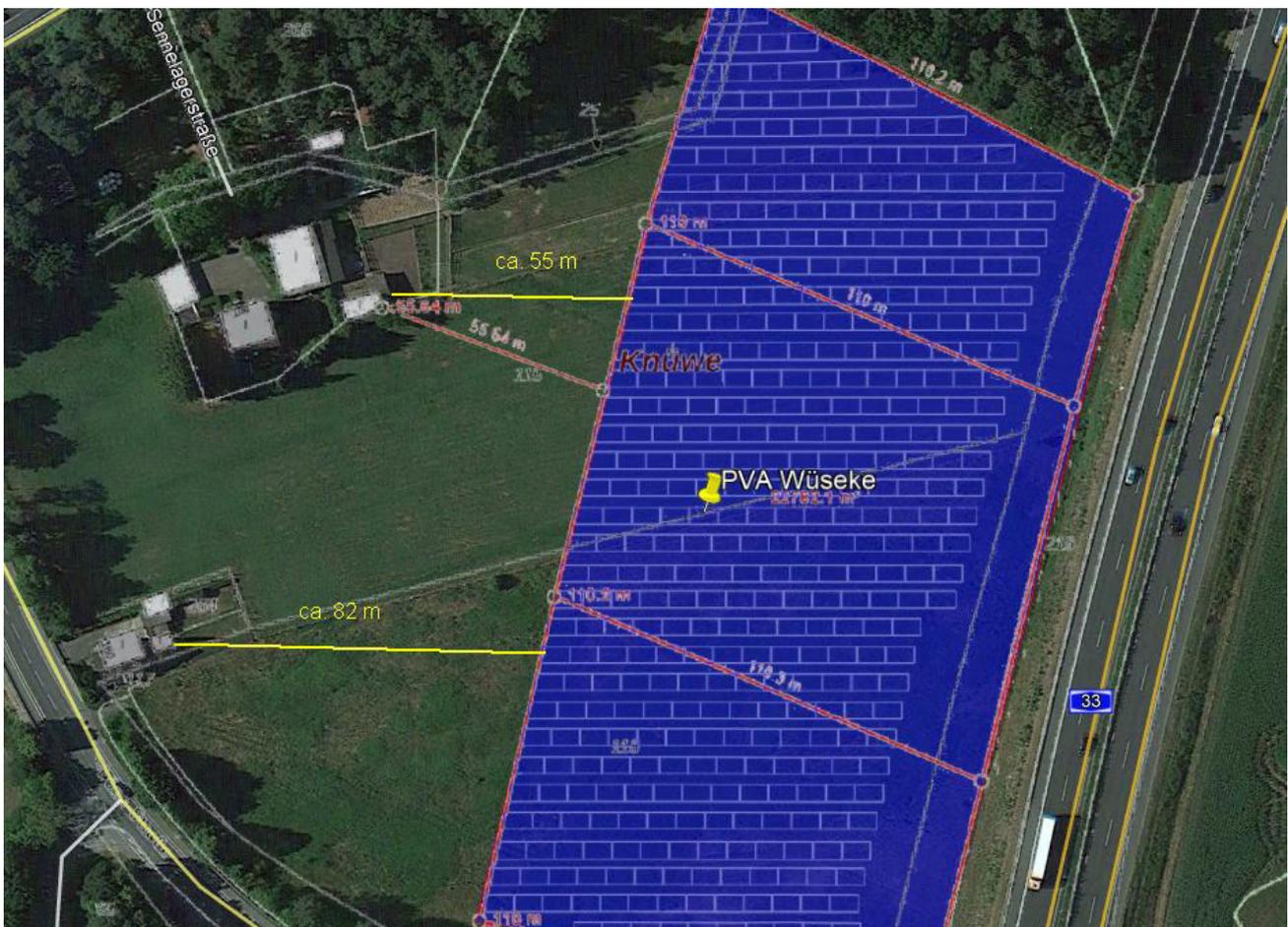


Bild 2.2.1: PV Anlage und Umgebung (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

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

3.2 Blendwirkung von PV Modulen

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

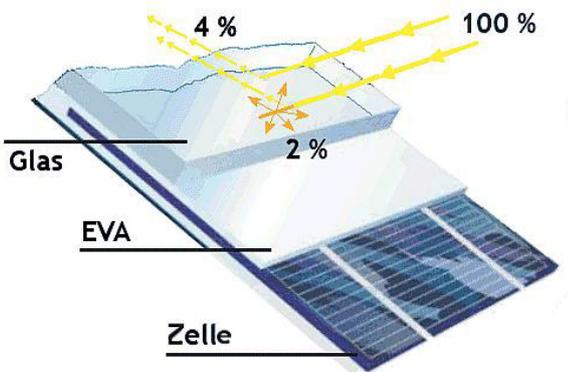


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: Internet/SolPEG)

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



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

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Das 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

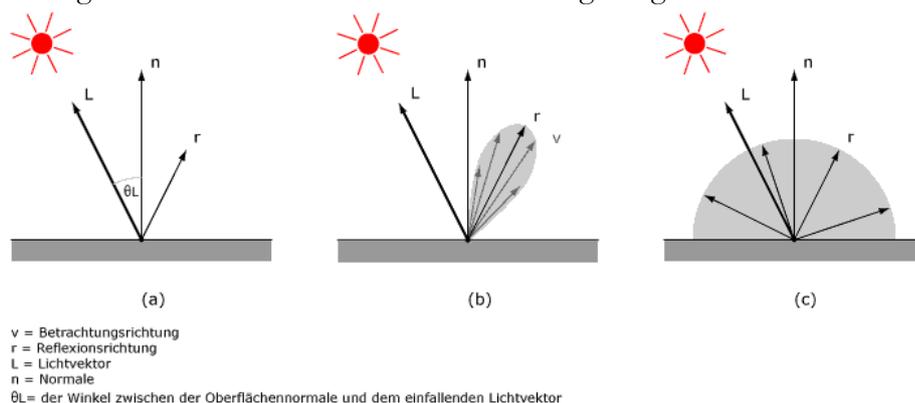


Bild 3.2.4: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (© Jürgen Hagler)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers Jinko 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. Durch Installation derartiger PV Module kommen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Vermeidung von Reflexion und Blendwirkungen zur Anwendung.

Mechanical Characteristics	
Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No.of cells	60 (6×10)
Dimensions	1665×1002×35mm (65.55×39.45×1.38 inch)
Weight	19.0 kg (41.9 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 Berechnung der Blendwirkung

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

Darüber hinaus kommen die in Anhang 2 der Licht-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen (Seite 21ff) zur Anwendung, es werden jedoch aufgrund fehlender Angaben u.a. für Fahrzeuglenker zusätzliche Quellen herangezogen, u.a. die Richtlinien der FAA² zur Beurteilung der Blendwirkung für den Flugverkehr.

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

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

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

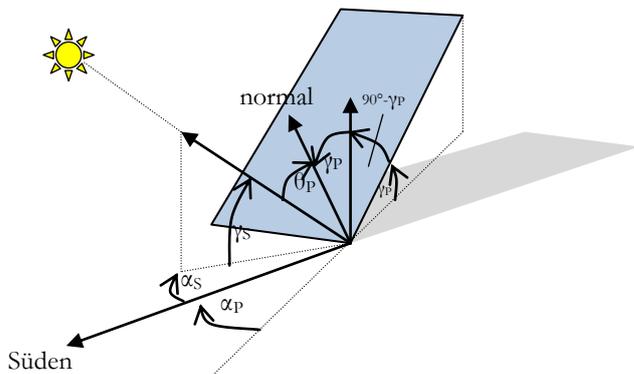


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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

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

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

² US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:
<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf>

³ Licht-Leitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.

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

3.4 Technische Parameter der PV Anlage

Die optischen Eigenschaften und die Installation der Module, insbesondere die Ausrichtung und Neigung der Module sind wesentliche Faktoren für die Berechnung der Reflexionen. Lt. Planungsunterlagen werden PV Module mit Anti-Reflex Schicht verwendet, sodass deutlich weniger Sonnenlicht reflektiert wird als bei 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.

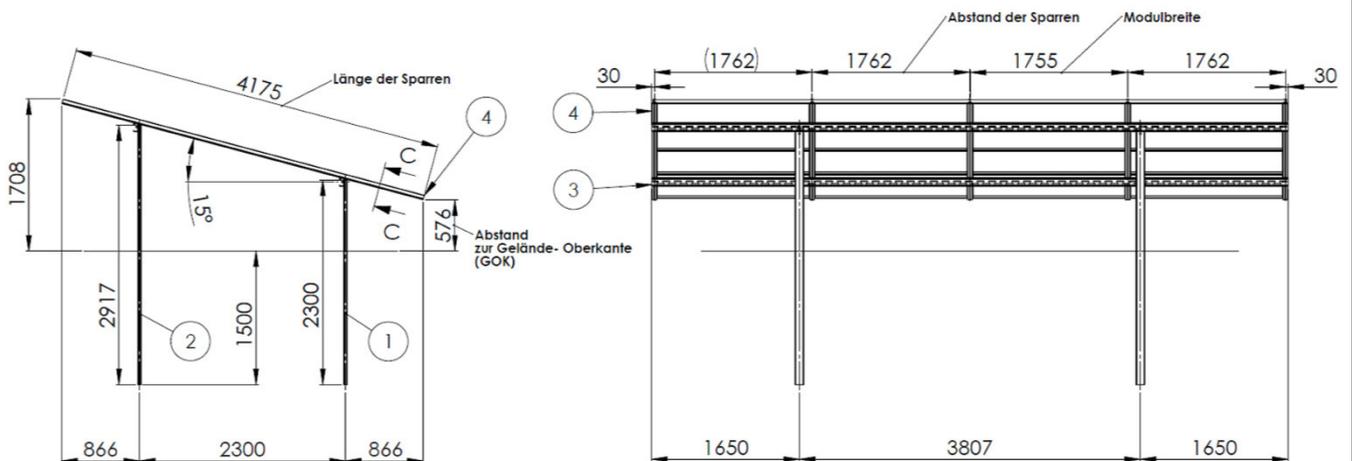


Bild 3.4.1: Skizzen der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul	Jinko (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	2 Module quer übereinander
Ausrichtung (Azimut)	180° (Süden)
Modulneigung	15°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. 0,58 m, max. 1,70 m (geringe Abweichungen möglich)
Mittlere Höhe der Modulfläche	1,2 m
Anzahl Messpunkte auf der A33	2 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Anzahl Messpunkte Gebäude	2
Höhe Messpunkte über Boden	2 m (Mittlere Sitzhöhe PKW/LKW Fahrer)

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 Wüseke wurden 2 Messpunkte im Verlauf der A33 festgelegt sowie 2 Messpunkte im Bereich der umliegenden Gebäude. Weitere Gebäude wurden nicht 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-P4:



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 belästigenden Wirkung statischer Sonnenlichtreflexionen. Da in der Licht-Richtlinie klar unterschieden wird zwischen konstantem und Wechsellicht und es sich beim periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen um das generell stärker belästigende Wechsellicht handelt, liegt die Vermutung nahe, dass zeitliche Grenzwerte für konstante Sonnenlichtreflexionen deutlich über denen der Schattenwurfrichtlinie anzusetzen wären.

Schutzwürdige Räume

In der Licht-Leitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also ortsfeste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belästigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt⁵ allerdings eine Definition oder Empfehlung zum Umgang mit Verkehrswegen und auch zu Schienen- und Kraftfahrzeugen als "beweglichen" Räumen. Eine Blendwirkung an beweglichen Standorten ist in Bezug zur Geschwindigkeit zu sehen, d.h. eine Reflexion kann an einem festen Standort über mehrere Minuten auftreten, ist jedoch bei der Vorbeifahrt mit 100 km/h ggf. nur für Sekundenbruchteile wahrnehmbar. Aber trotz einer physiologisch unkritischen Leutdichte kann die Blendwirkung durch frequente Reflexionen subjektiv als störend empfunden werden (psychologische Blendwirkung). Vor diesem Hintergrund kann die Empfehlung der Licht-Leitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen.

Einfallswinkel der Reflexion

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

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

Entfernung zur Immissionsquelle

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

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

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

Sonstige Einflüsse

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

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

In der Licht-Leitlinie 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 2019 eine mittlere Wolkenbedeckung⁷ von ca. 60 % 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 Tagesadaption 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.

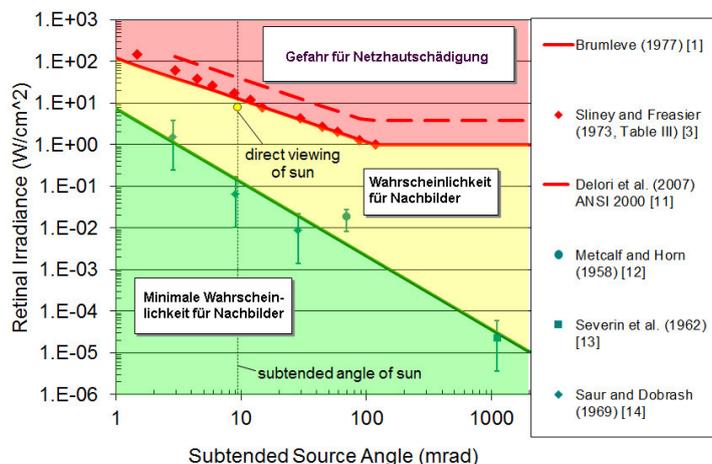


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

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_eur_cfc_mean_2019_17.png

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisübersicht

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

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

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

Messpunkt	PV Feld
P1 A33, Süd	1447 ^W
P2 A33, Mitte/Nord	1447 ^W
P3 Gebäude Sennelagerstraße	903
P4 Gebäude Herrmn-Löns-Straße	819

^W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

^E Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

^G Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P1, A33 Süd

Am Messpunkt P1 auf der A33 können bei der Fahrt Richtung Norden theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 10. Mai und dem 30. Juli abends zwischen 18:44 - 19:25 Uhr für maximal 25 Minuten pro Tag auftreten. Entscheidend für die Beurteilung einer potentiellen Blendwirkung ist allerdings, dass die Einfallswinkel von ca. -66° bis -91° links (westlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$) liegen. Eine Beeinträchtigung für Fahrzeugführer kann daher mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze dennoch die Situation am Messpunkt P1 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.

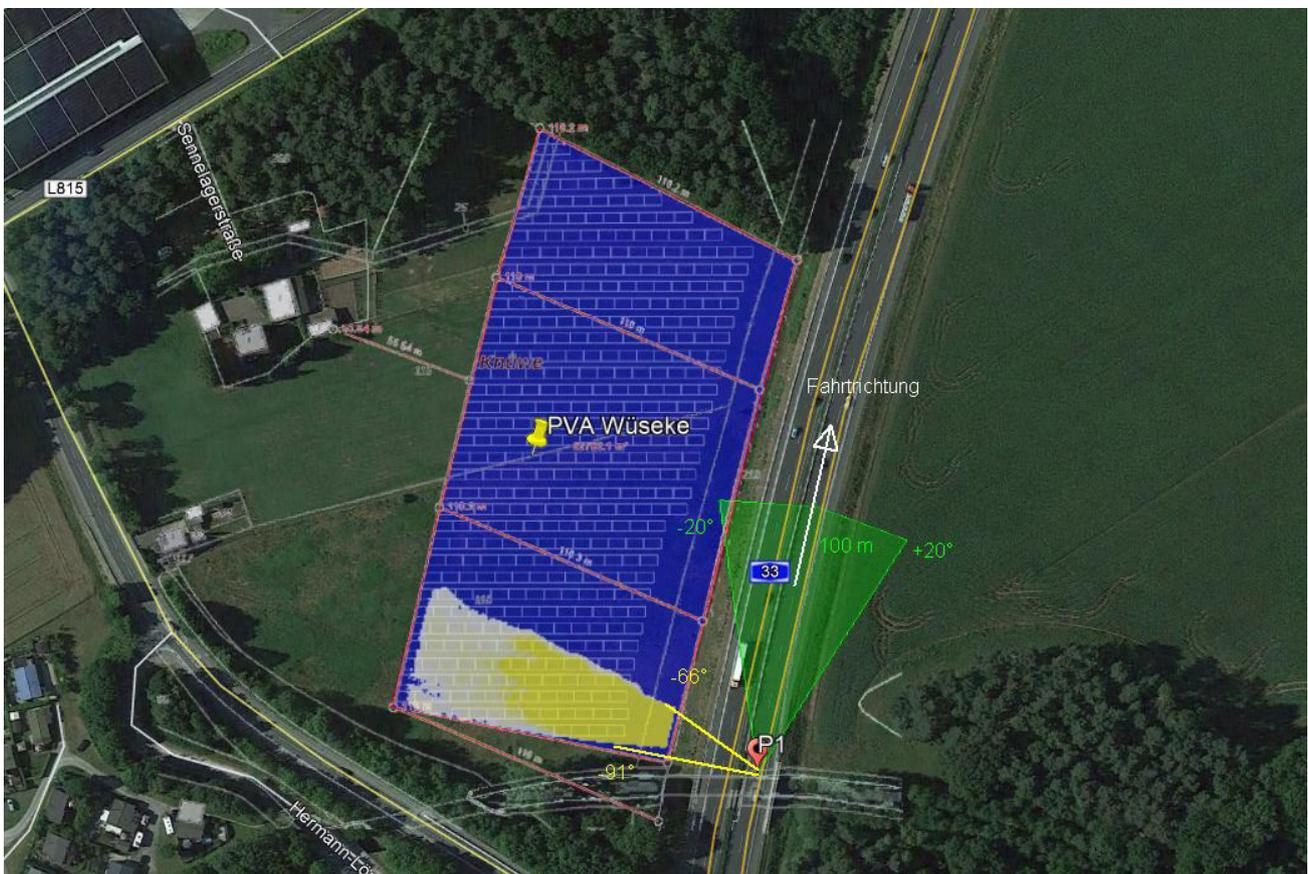


Bild 4.2.1: Simulation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung $\pm 20^\circ$, ca. 100m). Im gelb/weiß markierten Bereich westlich der Fahrbahn können bei der Fahrt Richtung Norden theoretisch abends Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Potentielle Reflexionen sind aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen. Für den Fahrzeugführer wären Reflexionen nur wahrnehmbar wenn der Blick von der Fahrbahn abgewendet wird und direkt nach Westen in Richtung der untergehenden Sonne geblickt wird.

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P2, A33 Mitte/Nord

Der Messpunkt P2 liegt ca. 140 m nördlich von P1 und zeigt identische Ergebnisse in Bezug auf das zeitliche Auftreten von Reflexionen. Auch am Messpunkt P2 können diese rein rechnerisch zwischen dem 10. Mai und dem 30. Juli abends zwischen 18:44 - 19:25 Uhr für maximal 25 Minuten pro Tag auftreten. Der Azimut des Fahrbahnverlaufes ist am Messpunkt P2 ca. 3° weiter nach Osten verschoben und dementsprechend sind die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen leicht abweichend. Aber auch in diesem Bereich liegen die Einfallswinkel deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung +/-20°). Eine Beeinträchtigung für Fahrzeugführer kann daher mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze dennoch die Situation am Messpunkt P2 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.

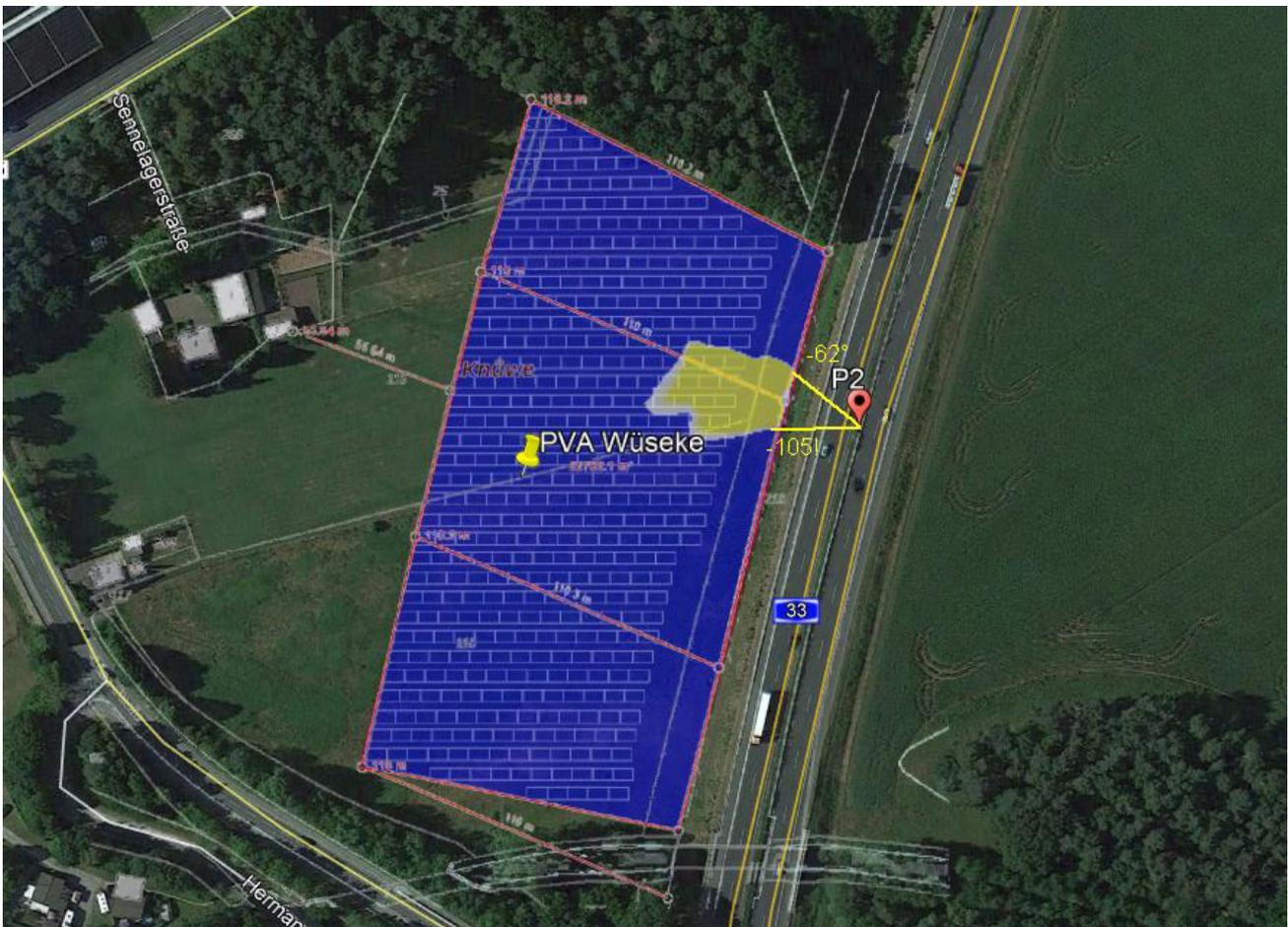


Bild 4.3.1: Simulation am Messpunkt P2 / P3 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Potentielle Reflexionen sind aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen. Für den Fahrzeugführer wären bei der Fahrt Richtung Norden oder Süden Reflexionen nur wahrnehmbar wenn der Blick von der Fahrbahn abgewendet wird und direkt nach Westen in Richtung der untergehenden Sonne geblickt wird.

Hinweis: Die Werte der Einfallswinkel sind anhand der Ausdehnung der Fläche mit potentiellen Reflexionen auf Basis der Rohdaten ermittelt (gelbe markierte Fläche) und sind als nicht exakte Näherungswerte anzusehen.

Die folgende Skizze (Pseudo 3D, ohne Sonnenstand) zeigt den Bereich am Messpunkt P3 auf der A33 bei der Fahrt Richtung Norden. Links im Bild (westlich) ist die Fläche der PV Anlage angedeutet, die gelb markierte Fläche zeigt den Bereich in dem potentiell Reflexionen auftreten könnten. Die Einfallswinkel der Reflexionen liegen deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels.

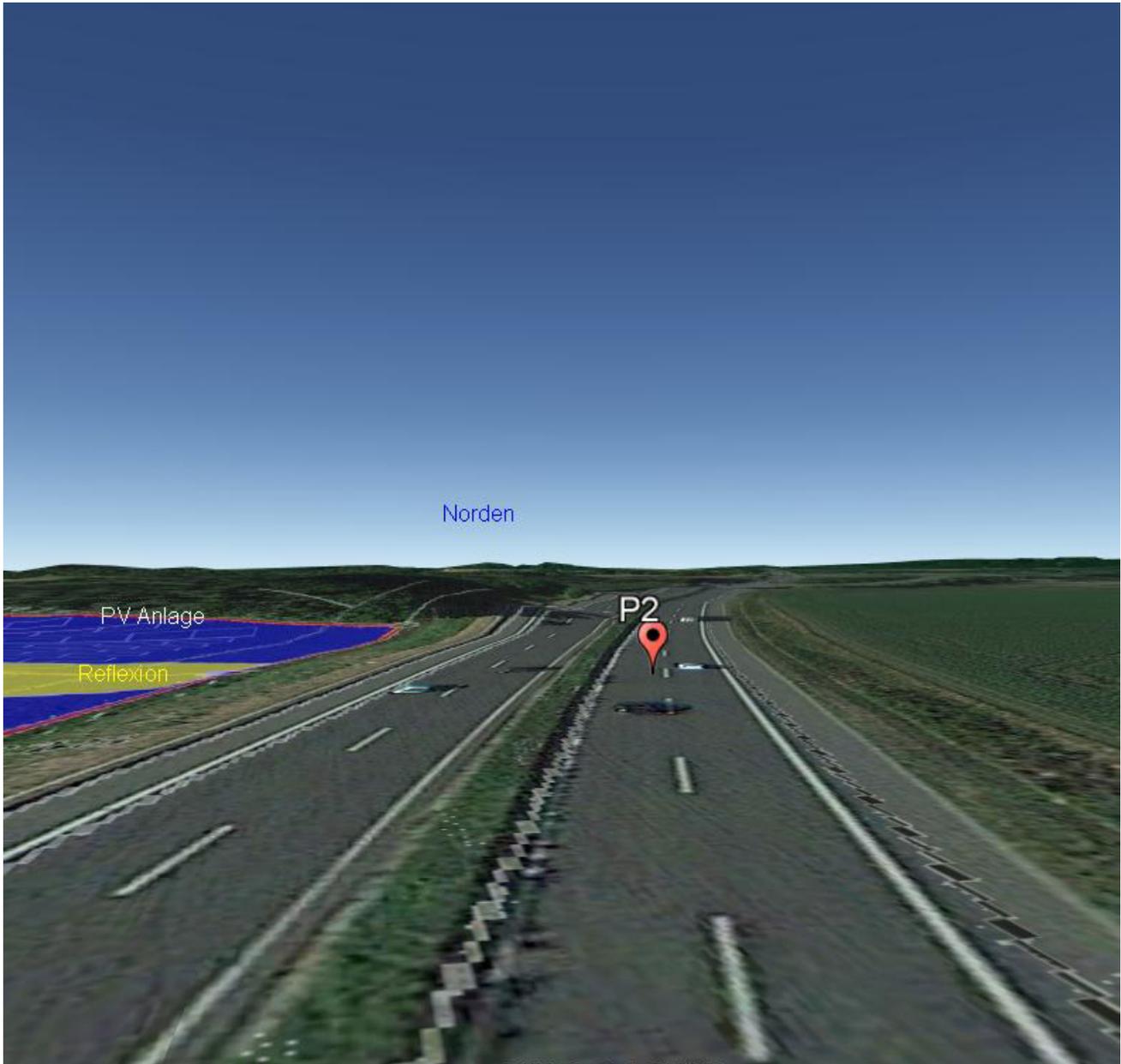


Bild 4.3.2: Simulation am Messpunkt P2, Blick Richtung Norden (Quelle: Google Earth / SolPEG)

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P3, Gebäude Sennelagerstraße

Am Messpunkt P3 im Bereich der Gebäude an der Sennelagerstraße können aufgrund des Strahlenverlaufes theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 30. April und dem 10. August morgens zwischen 06:00 - 06:24 Uhr an maximal 19 Minuten pro Tag und an insgesamt 903 Minuten pro Jahr auftreten. Gegenüber den unbereinigten Rohdaten sind die niedrigeren Werte überwiegend damit zu erklären, dass sich in den frühen Morgenstunden die Sonne dicht über dem Horizont befindet ($<10^\circ$) und in diesen Konstellationen sind lt. LAI Lichtleitlinie potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung für Anwohner im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann daher mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze zeigt dennoch die Situation am Messpunkt P3 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.



Bild 4.4.1: Simulation am Messpunkte P3 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Im gelb/weiß markierten Bereich in einer Entfernung 55 m - 160 m können theoretisch morgens Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler als hier dargestellt.

Es ist nicht geklärt ob sich im Bereich von Messpunkt P3 schutzwürdige Zonen im Sinne der LAI Lichtleitlinie befinden.

Die folgende Grafik zeigt die Verteilung der Minutenwerte pro Tag.

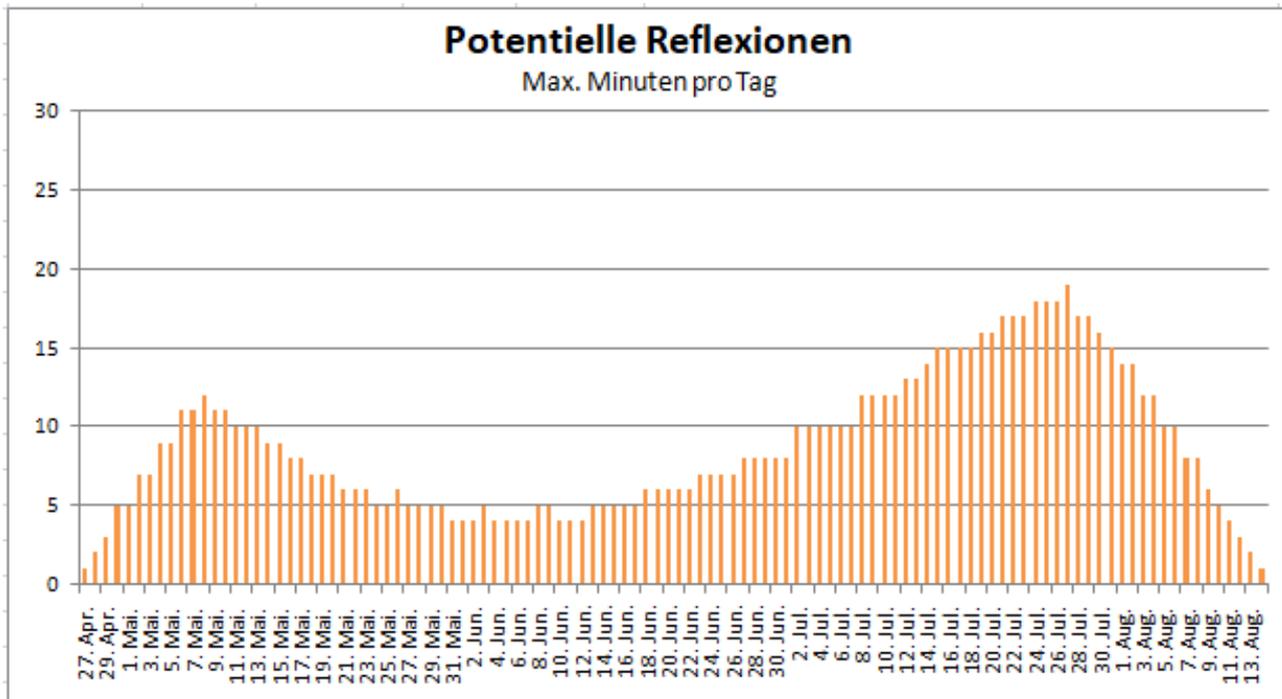


Bild 4.4.2: Tageswerte am Messpunkt P3 (Quelle: Simulationsergebnisse /SolPEG)

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P3. Wie bereits in Abschnitt 3.6 ausgeführt sind jeweils die Rohdaten mit den theoretischen Maximalwerten dargestellt die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können.

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.
- 4,681 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

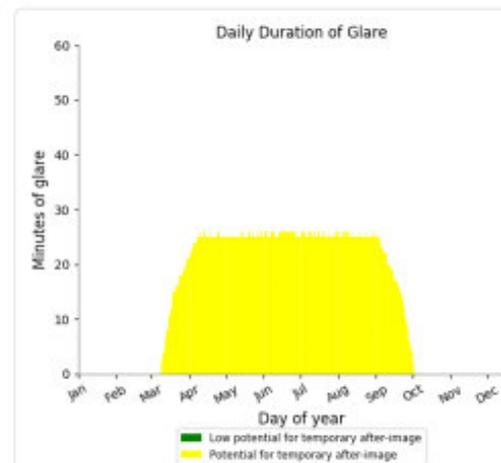
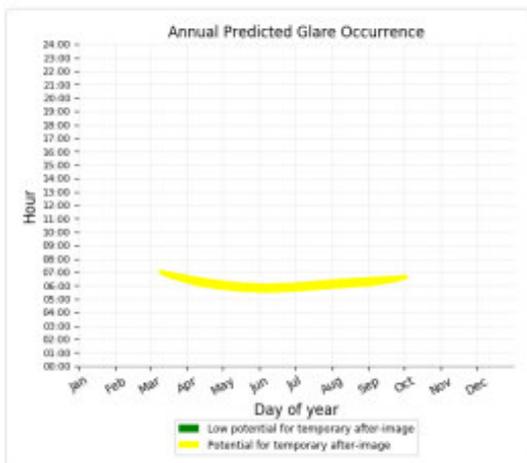


Bild 4.4.3: Ergebnisdetails für Messpunkt P3 (Quelle: Simulationsergebnisse)

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

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude Herrmann-Löns-Straße

Am Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude an der Herrmann-Löns-Straße können wie auch am Messpunkt P3 theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Rein rechnerisch können diese zwischen dem 01. Mai und dem 09. August morgens zwischen 06:00 - 06:23 Uhr an maximal 19 Minuten pro Tag und an insgesamt 819 Minuten pro Jahr auftreten. Eine Beeinträchtigung für Anwohner im Sinne der LAI Lichtleitlinie („erhebliche Belästigung“) kann aufgrund der geringen zeitlichen Dauer mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Aber auch aufgrund der Entfernung von ca. 85 m – 230 m wären potentiellen Reflexionen relativiert zu bewerten.

Die folgende Skizze zeigt dennoch die Situation am Messpunkt P4 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.

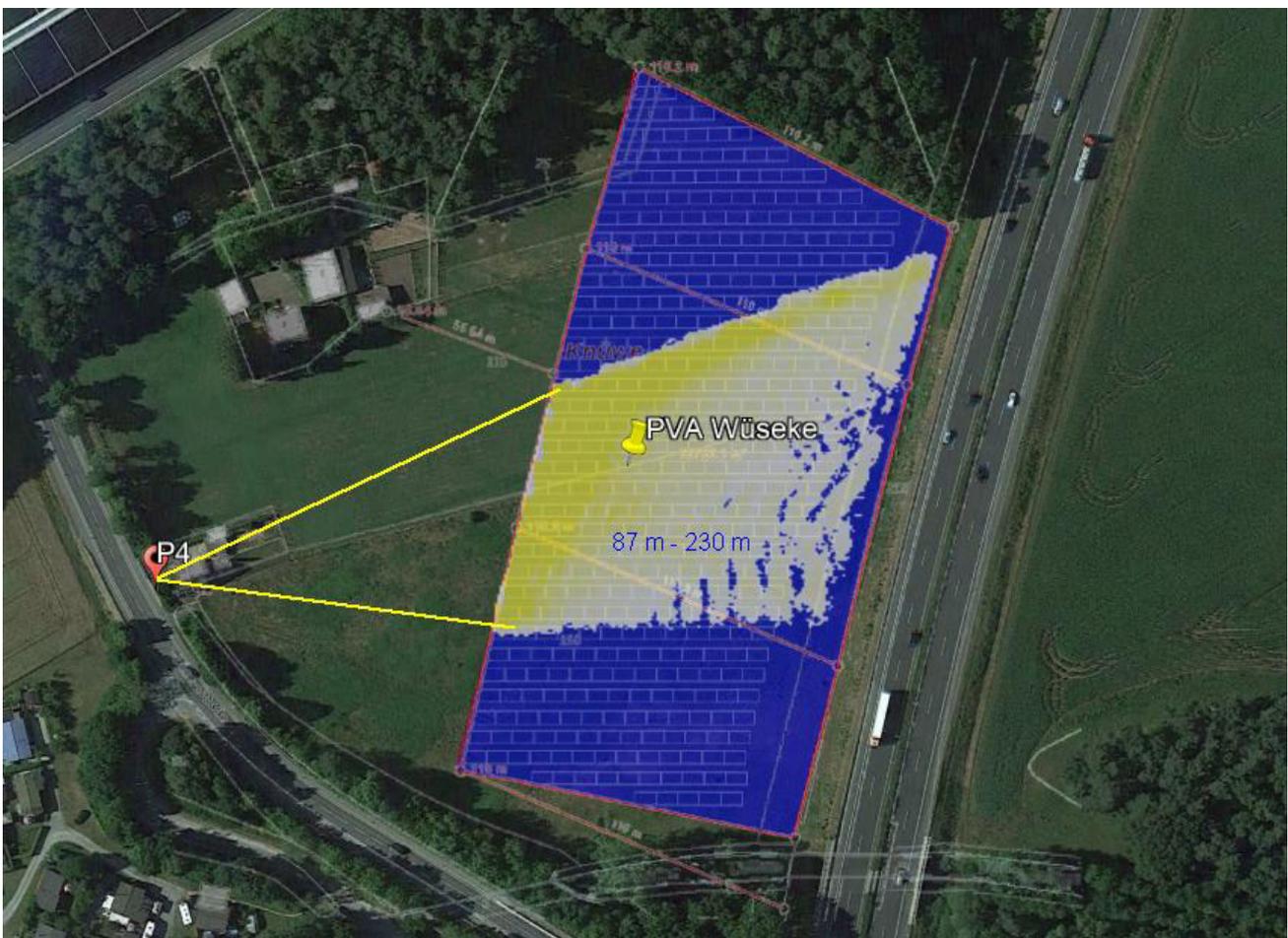


Bild 4.5.1: Simulation am Messpunkte P5 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Im Verlauf der Herrmann-Löns-Straße ist ein natürlicher Sichtschutz aus Büschen und Bäumen vorhanden, sodass für Fahrzeugführer kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle besteht.

Allgemein wird angenommen, dass ein Sichtschutz durch unbelaubte Baumstämme, Äste und Zweige in der Zeit zwischen Oktober bis Mai bereits mit ca. 20-30% anzusetzen ist. Ein Sichtschutz bzw. eine Reduzierung der Lichtdurchlässigkeit durch ausgeprägtes Blattwerk in der Zeit zwischen Anfang Juni bis Ende August wird mit mindestens 50-70% angenommen. Wald wird als nahezu lichtundurchlässig angesehen (horizontaler Blick).

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1 Zusammenfassung

Die Analyse von 4 exemplarisch gewählten Messpunkten im Bereich der geplanten PV Anlage Wüseke zeigt für Verkehrsteilnehmer auf der A33 eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Diese liegen allerdings überwiegend deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen. Potentielle Reflexionen sind nur wahrnehmbar wenn der Blick von der Fahrbahn abgewendet wird und direkt in Richtung der Reflexionen geblickt wird. Selbst bei direktem Blick in die Reflexion über einen Zeitraum von ca. 10-15 Sekunden könnte sich eine Blendwirkung nur in Form von kurzzeitigen Nachbildern bemerkbar machen.

Die Gebäude an der Sennelagerstraße und Herrmann-Löns-Straße können theoretisch von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer von max. 903 bzw. 819 Minuten pro Jahr sind diese lt. LAI Lichtleitlinie zu vernachlässigen.

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.

5.2 Beurteilung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage „Wüseke“ kann als „geringfügig“ klassifiziert⁸ 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 der PV Anlage als äußerst gering eingestuft werden. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern (PKW/LKW) durch Reflexionen der geplanten PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Anwohner der umliegenden Gebäude sind im Sinne der LAI Lichtleitlinie nicht von Reflexionen durch die PV Anlage beeinträchtigt. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sind keine speziellen Sichtschutzmaßnahmen erforderlich bzw. angeraten.

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. weiterer Maßnahmen erfolgen, kann nicht übernommen werden.

Hamburg, den 07.07.2020


Dieko Jacobs / SolPEG GmbH

⁸ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse

Cheetah 60M-V 315-335 Watt

MONO PERC MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001 certified factory

IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product



PERC



KEY FEATURES



5 Busbar Solar Cell

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



High Voltage

UL and IEC 1500V certified; lowers BOS costs and yields better LCOE



High Efficiency

Higher module conversion efficiency (up to 20.08%) benefit from Passivated Emmitter Rear Contact (PERC) technology.



PID Resistance

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



Low-light Performance

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



Severe Weather Resilience

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



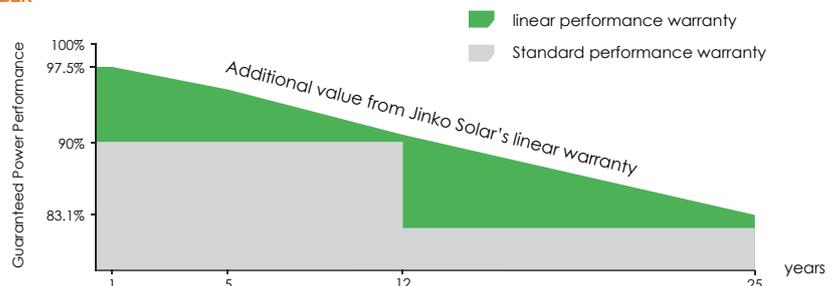
Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

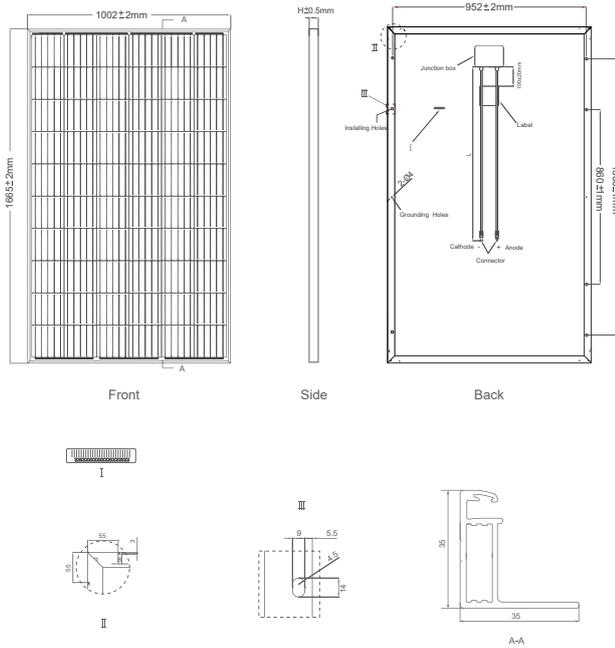


LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

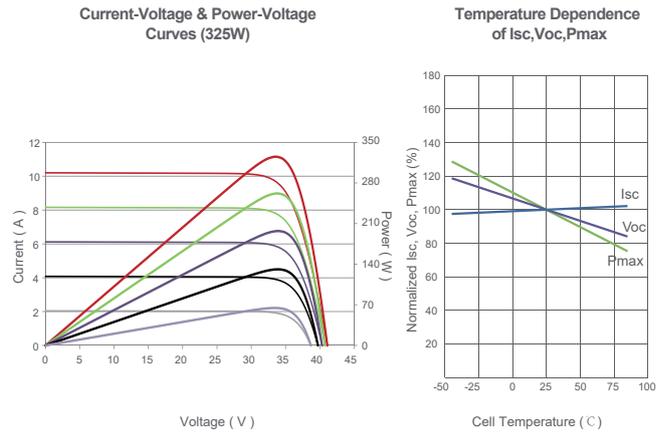
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No. of cells	60 (6×10)
Dimensions	1665×1002×35mm (65.55×39.45×1.38 inch)
Weight	19.0 kg (41.9 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² ; Length 900mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallet, 62pcs/stack, 868pcs/40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM315M-60-V		JKM320M-60-V		JKM325M-60-V		JKM330M-60-V		JKM335M-60-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	315Wp	235Wp	320Wp	239Wp	325Wp	242Wp	330Wp	246Wp	335Wp	250Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	33.2V	31.2V	33.4V	31.4V	33.6V	31.6V	33.8V	31.8V	34.0V	32.0V
Maximum Power Current (Imp)	9.49A	7.56A	9.59A	7.62A	9.68A	7.66A	9.77A	7.74A	9.87A	7.82A
Open-circuit Voltage (Voc)	40.7V	37.6V	40.9V	37.8V	41.1V	38.0V	41.3V	38.2V	41.5V	38.4V
Short-circuit Current (Isc)	10.04A	8.33A	10.15A	8.44A	10.20A	8.54A	10.31A	8.65A	10.36A	8.74A
Module Efficiency STC (%)	18.88%		19.18%		19.48%		19.78%		20.08%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.37%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM315-335M-60-V-A2-EN

Site Configuration: Wueseke



Created **July 6, 2020 4:16 p.m.**
 Updated **July 6, 2020 4:26 p.m.**
 DNI **varies** and peaks at **1,000.0 W/m²**
 Analyze every **1 minute(s)**
0.5 ocular transmission coefficient
0.002 m pupil diameter
0.017 m eye focal length
9.3 mrad sun subtended angle
 Timezone **UTC+1**
 Site Configuration ID: 40800.1215

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	180.0	0	17,912	-

Component Data

PV Array(s)

Name: PV Feld
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad
Approx. area: 18,728 sq-m

Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	51.765724	8.692729	100.88	1.20	102.08
2	51.765339	8.693984	100.61	1.20	101.81
3	51.764526	8.693635	99.86	1.20	101.06
4	51.763714	8.693329	99.32	1.20	100.52
5	51.763750	8.692790	99.24	1.20	100.44
6	51.763845	8.691986	99.67	1.20	100.87
7	51.764867	8.692378	99.29	1.20	100.49



Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	51.763678	8.693855	101.03	2.00	103.03
OP 2	51.764834	8.694177	100.23	2.00	102.23
OP 3	51.765146	8.691495	100.80	2.00	102.80
OP 4	51.764395	8.690551	100.75	2.00	102.75

PV Array Results

Summary of PV Glare Analysis PV configuration and predicted glare

PV Name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced	Data File
	deg	deg	min	min	kWh	
PV Feld	15.0	180.0	0	17,912	-	

Click the name of the PV array to scroll to its results

PV & Receptor Analysis Results detailed results for each PV array and receptor

PV Feld potential temporary after-image

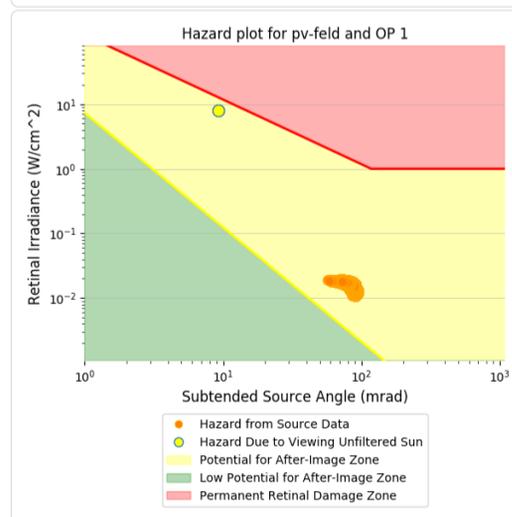
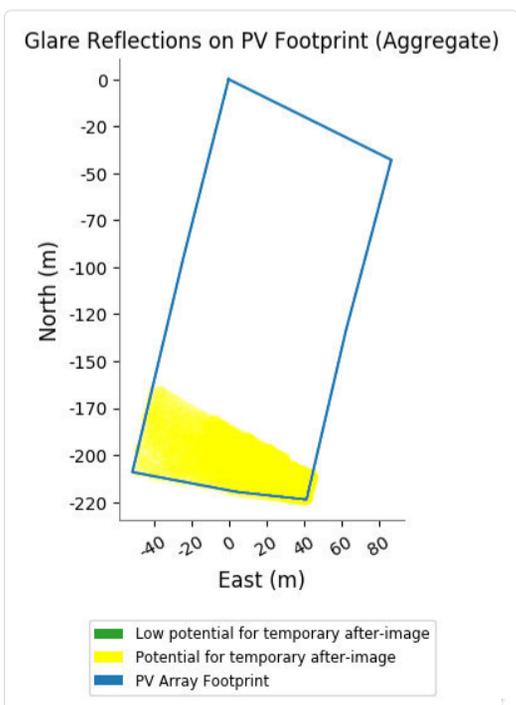
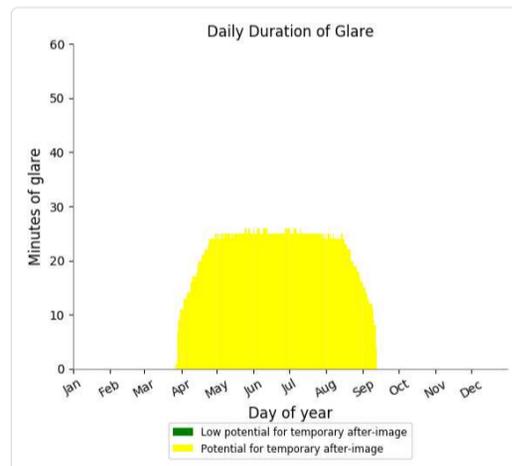
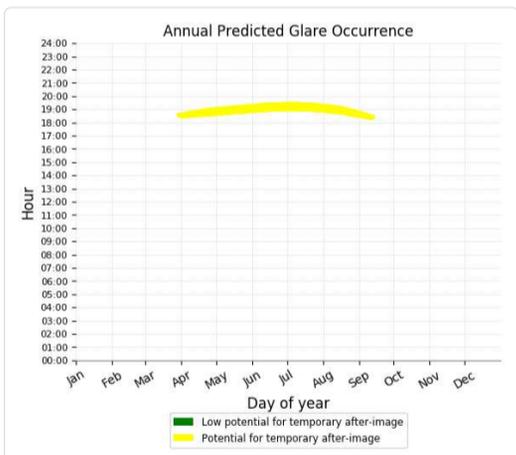


Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	3717
OP: OP 2	0	4934
OP: OP 3	0	4681
OP: OP 4	0	4580

PV Feld - OP Receptor (OP 1)

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

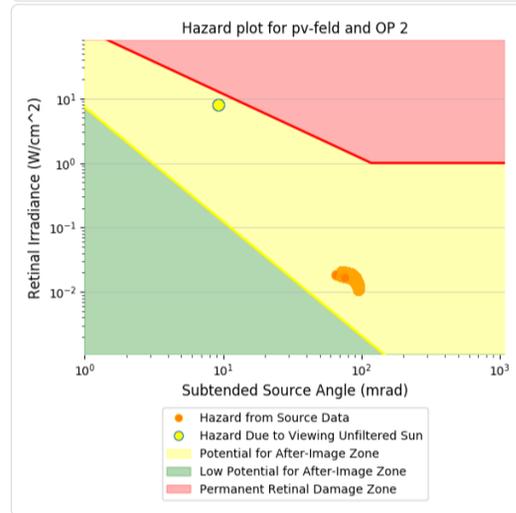
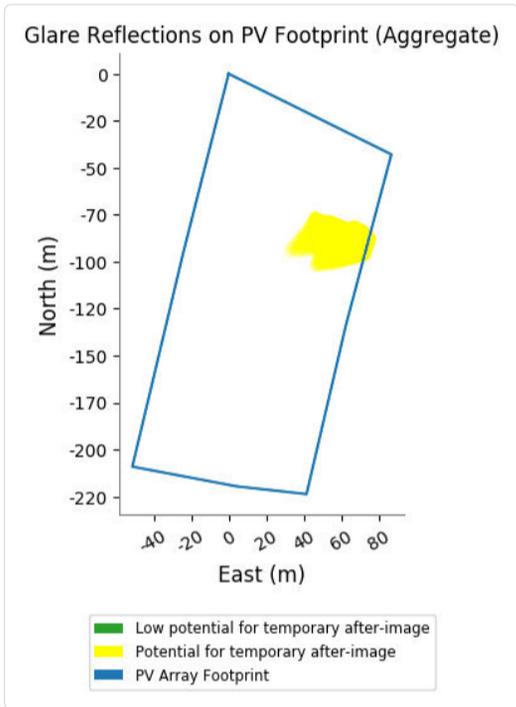
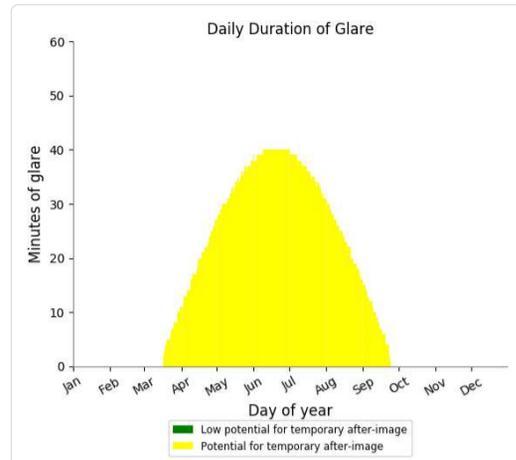
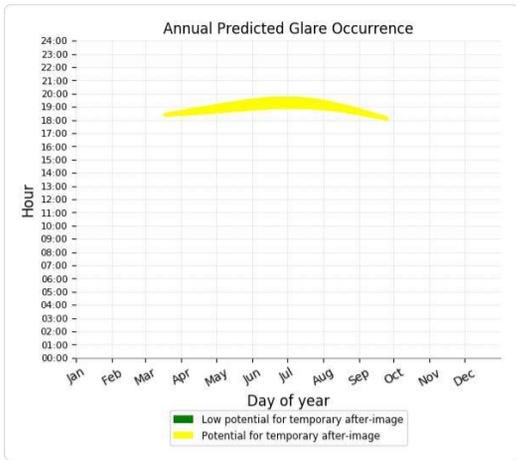
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,717 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld - OP Receptor (OP 2)

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

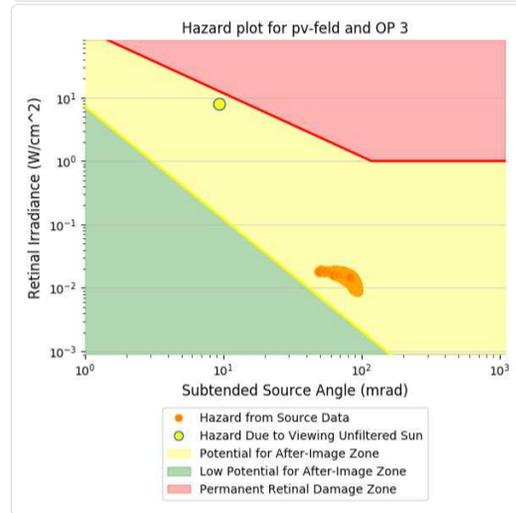
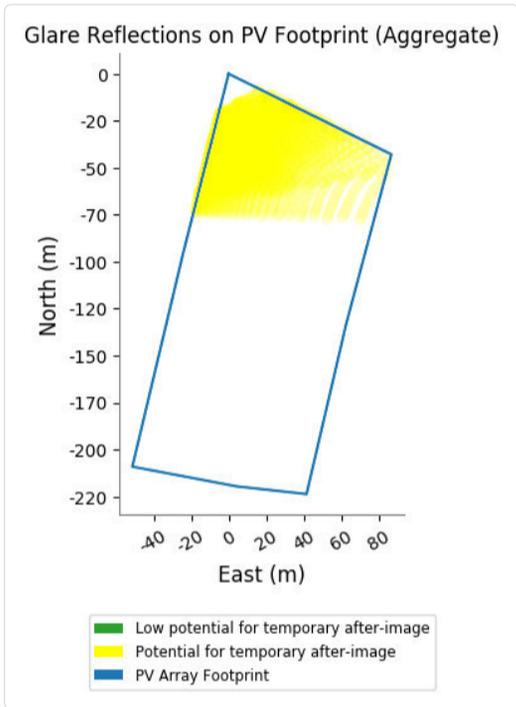
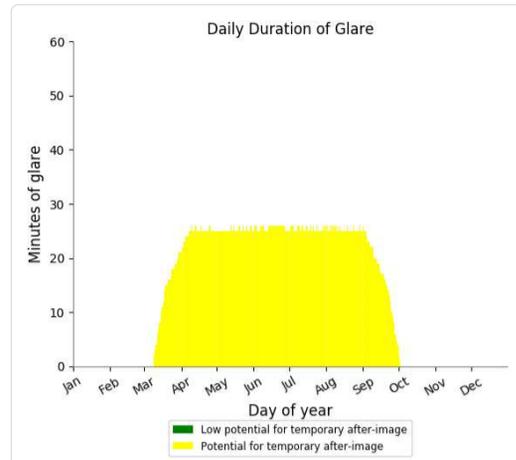
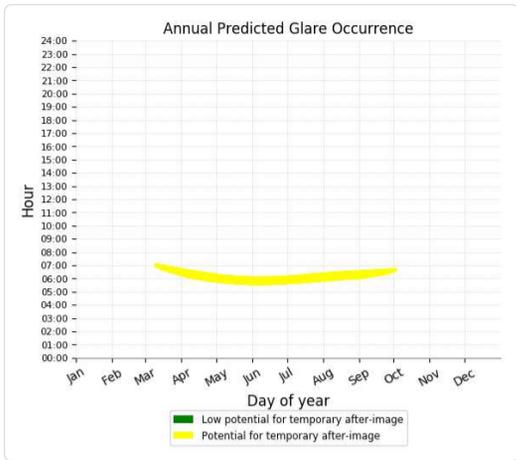
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 4,934 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld - OP Receptor (OP 3)

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

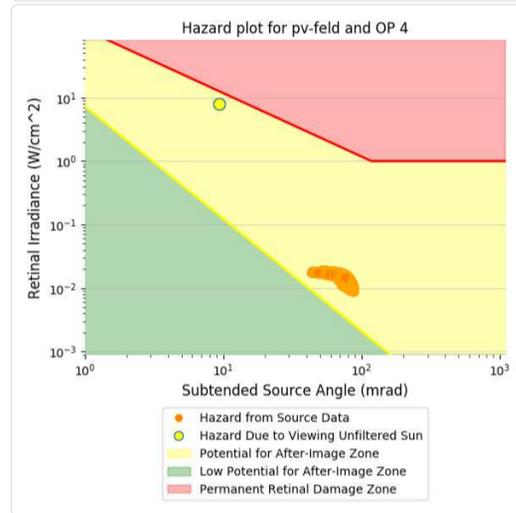
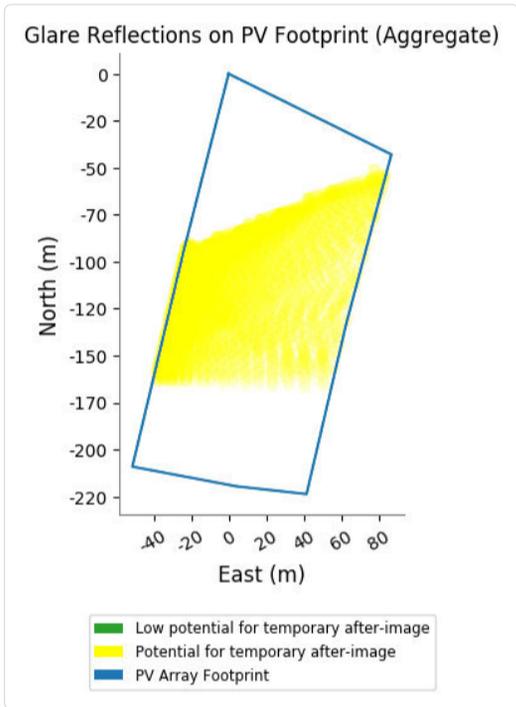
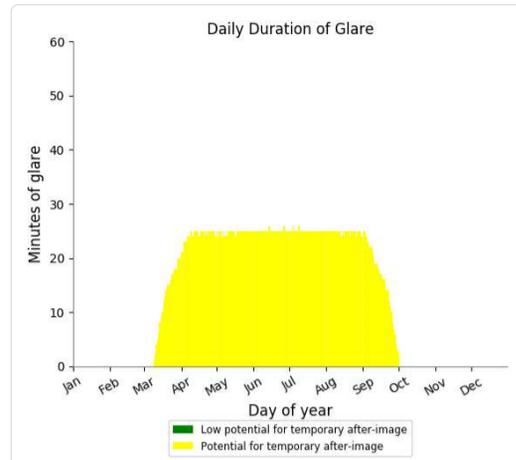
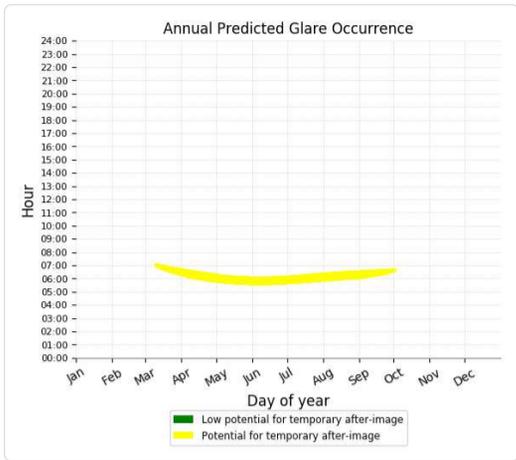
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 4,681 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



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.
- 4,580 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

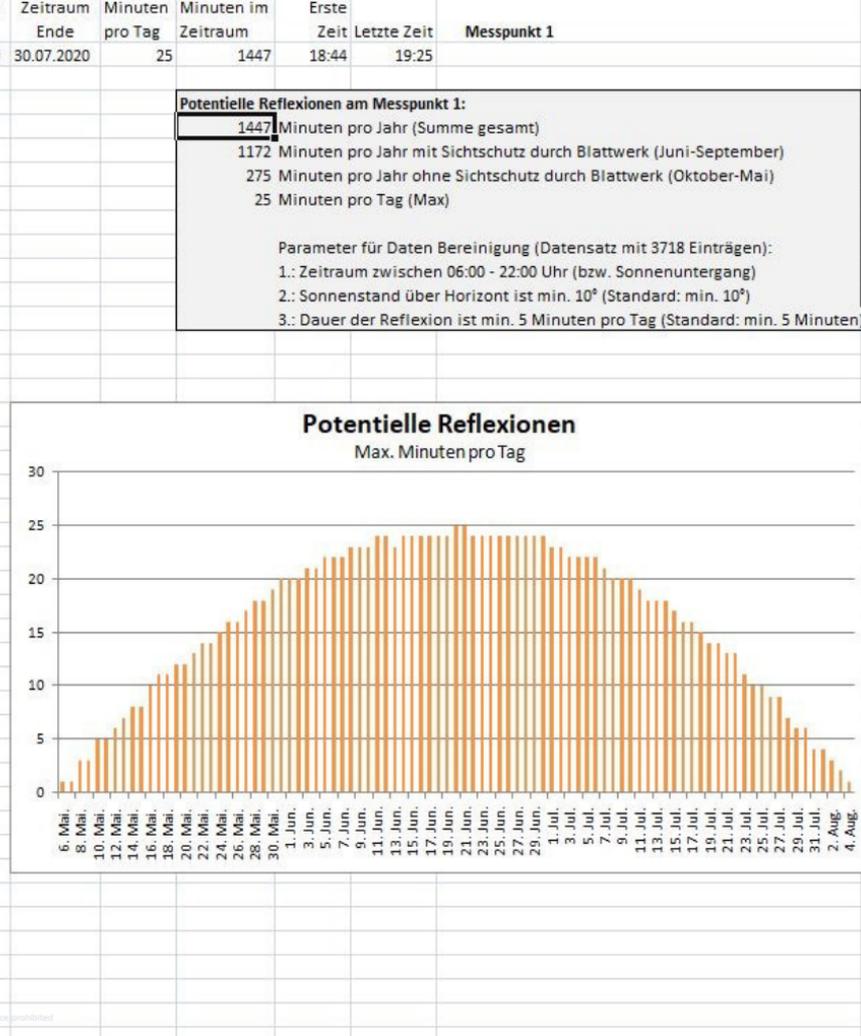


Assumptions

- 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 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.
- Glare analysis methods used: OP V1, FP V1, Route V1
- Refer to the **Help page** for assumptions and limitations not listed here.

1	(W/m ²)	Ocular Hazard #	Reflectivity y	Retinal Irradiance	Subtende d Glare	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun	Reflected Sun	Reflected Sun
2	559,4305	2	0,56629	0,017968	0,073866	272,7	1,4	-0,999	0,048	0,025	0,999	-0,054	-0,002
3	571,7892	2	0,507666	0,016464	0,081185	272,2	2,4	-0,998	0,038	0,041	0,998	-0,054	0,017
4	569,6052	2	0,518455	0,01675	0,082734	272,4	2,2	-0,998	0,042	0,039	0,998	-0,055	0,013
5	567,4173	2	0,529471	0,01704	0,082109	272,6	2,1	-0,998	0,045	0,036	0,998	-0,057	0,009
6	565,2253	2	0,54072	0,017335	0,080484	272,8	1,9	-0,998	0,048	0,033	0,998	-0,059	0,005
7	563,0293	2	0,552206	0,017634	0,076778	273	1,8	-0,998	0,052	0,031	0,998	-0,06	0,001
8	560,8293	2	0,563934	0,017938	0,074994	273,2	1,6	-0,998	0,055	0,028	0,998	-0,062	-0,003
9	558,6254	2	0,575909	0,018247	0,071883	273,4	1,4	-0,998	0,059	0,025	0,998	-0,063	-0,008
10	579,5882	2	0,484783	0,015936	0,082228	272,2	2,8	-0,998	0,039	0,05	0,998	-0,059	0,023
11	577,4304	2	0,495084	0,016214	0,083207	272,4	2,7	-0,998	0,042	0,047	0,998	-0,06	0,019
12	575,2685	2	0,505602	0,016497	0,083496	272,6	2,5	-0,998	0,046	0,044	0,998	-0,062	0,015
13	573,1025	2	0,516342	0,016784	0,083278	272,8	2,4	-0,998	0,049	0,041	0,998	-0,063	0,011
14	570,9326	2	0,527308	0,017075	0,082629	273	2,2	-0,998	0,053	0,039	0,998	-0,065	0,007
15	568,7586	2	0,538505	0,017372	0,081244	273,2	2,1	-0,998	0,056	0,036	0,998	-0,067	0,003
16	566,5807	2	0,549939	0,017673	0,077773	273,4	1,9	-0,998	0,06	0,033	0,998	-0,068	-0,001
17	564,3988	2	0,561613	0,017978	0,076015	273,6	1,8	-0,998	0,063	0,031	0,998	-0,07	-0,005
18	562,213	2	0,573532	0,018289	0,072721	273,8	1,6	-0,997	0,066	0,028	0,997	-0,072	-0,009
19	585,1233	2	0,462971	0,015365	0,08814	272,3	3,3	-0,998	0,04	0,058	0,998	-0,063	0,03
20	582,9872	2	0,472806	0,015634	0,088379	272,5	3,2	-0,998	0,043	0,055	0,998	-0,065	0,026
21	580,8471	2	0,482849	0,015907	0,083107	272,7	3	-0,998	0,047	0,052	0,998	-0,067	0,022
22	578,7029	2	0,493104	0,016185	0,083883	272,9	2,8	-0,998	0,05	0,05	0,998	-0,068	0,018
23	576,5548	2	0,503575	0,016467	0,084058	273,1	2,7	-0,997	0,054	0,047	0,997	-0,07	0,014
24	574,4026	2	0,514266	0,016754	0,083781	273,3	2,5	-0,997	0,057	0,044	0,997	-0,072	0,01
25	572,2465	2	0,525182	0,017046	0,083113	273,5	2,4	-0,997	0,06	0,042	0,997	-0,073	0,006
26	570,0864	2	0,536328	0,017342	0,08164	273,7	2,2	-0,997	0,064	0,039	0,997	-0,075	0,002
27	567,9224	2	0,547709	0,017643	0,078657	273,9	2,1	-0,997	0,067	0,036	0,997	-0,076	-0,002
28	565,7544	2	0,559329	0,017948	0,076937	274,1	1,9	-0,997	0,071	0,033	0,997	-0,078	-0,006
29	563,5825	2	0,571193	0,018258	0,073693	274,3	1,8	-0,997	0,074	0,031	0,997	-0,08	-0,01
30	586,3433	2	0,461163	0,015337	0,088836	272,7	3,5	-0,997	0,048	0,06	0,997	-0,071	0,029
31	584,2207	2	0,470955	0,015606	0,082521	272,9	3,3	-0,997	0,051	0,058	0,997	-0,073	0,024
32	582,0941	2	0,480954	0,015879	0,083892	273,1	3,2	-0,997	0,054	0,055	0,997	-0,075	0,02
33	579,9635	2	0,491163	0,016157	0,084494	273,3	3	-0,997	0,058	0,052	0,997	-0,076	0,016
34	577,829	2	0,501587	0,016439	0,084571	273,5	2,8	-0,997	0,061	0,05	0,997	-0,078	0,012
35	575,6905	2	0,51223	0,016725	0,084247	273,7	2,7	-0,997	0,065	0,047	0,997	-0,08	0,008
36	573,548	2	0,523096	0,017017	0,083565	273,9	2,5	-0,997	0,068	0,044	0,997	-0,081	0,004
37	571,4016	2	0,534191	0,017313	0,080455	274,1	2,4	-0,997	0,072	0,042	0,997	-0,083	0
38	569,2513	2	0,545519	0,017613	0,079458	274,3	2,2	-0,996	0,075	0,039	0,996	-0,084	-0,004
39	567,0971	2	0,557085	0,017918	0,077766	274,5	2,1	-0,996	0,078	0,036	0,996	-0,086	-0,008
40	564,939	2	0,568893	0,018229	0,060211	274,7	1,9	-0,996	0,082	0,034	0,996	-0,088	-0,012
41	589,6582	2	0,459996	0,015364	0,089112	273,2	3,6	-0,996	0,055	0,063	0,996	-0,079	0,027
42	587,5529	2	0,469145	0,015634	0,083477	273,4	3,5	-0,996	0,059	0,06	0,996	-0,081	0,023

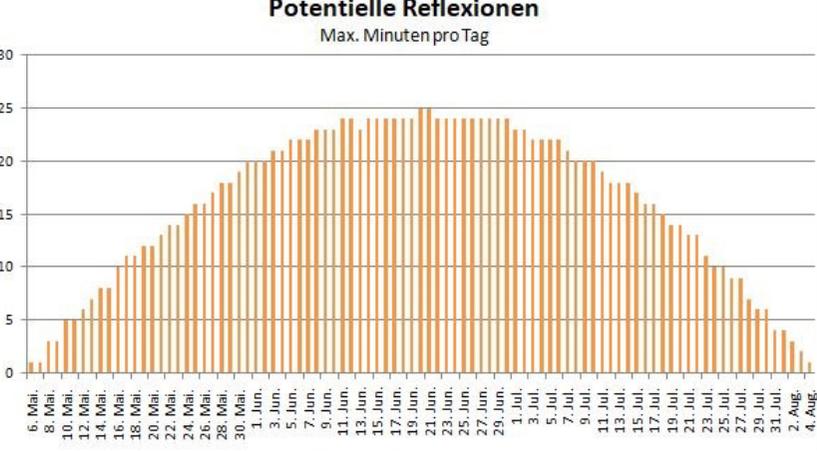
Tag	Anzahl	Minuten	Anfang	Ende
6. Mai.	1	18:42	18:42	
7. Mai.	1	18:43	18:43	
8. Mai.	3	18:43	18:45	
9. Mai.	3	18:44	18:46	
10. Mai.	5	18:44	18:48	
11. Mai.	5	18:45	18:49	
12. Mai.	6	18:45	18:50	
13. Mai.	7	18:46	18:52	
14. Mai.	8	18:46	18:53	
15. Mai.	8	18:47	18:54	
16. Mai.	10	18:47	18:56	
17. Mai.	11	18:47	18:57	
18. Mai.	11	18:48	18:58	
19. Mai.	12	18:48	18:59	
20. Mai.	12	18:49	19:00	
21. Mai.	13	18:49	19:01	
22. Mai.	14	18:49	19:02	
23. Mai.	14	18:50	19:03	
24. Mai.	15	18:50	19:04	
25. Mai.	16	18:50	19:05	
26. Mai.	16	18:52	19:07	
27. Mai.	17	18:52	19:08	
28. Mai.	18	18:52	19:09	
29. Mai.	18	18:53	19:10	
30. Mai.	19	18:53	19:11	
31. Mai.	20	18:53	19:12	
1. Jun.	20	18:53	19:12	
2. Jun.	20	18:54	19:13	
3. Jun.	21	18:55	19:15	
4. Jun.	21	18:55	19:15	
5. Jun.	22	18:55	19:16	
6. Jun.	22	18:56	19:17	
7. Jun.	22	18:56	19:17	
8. Jun.	23	18:57	19:19	
9. Jun.	23	18:57	19:19	
10. Jun.	23	18:57	19:19	
11. Jun.	24	18:57	19:20	
12. Jun.	24	18:57	19:20	
13. Jun.	23	18:59	19:21	
14. Jun.	24	18:59	19:22	
15. Jun.	24	18:59	19:22	



[W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity y	Retinal Irradiance	Subtended Glare	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun	Reflected Sun	Reflected Sun	Tag	Anzahl	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste	Letzte	Messpunkt 2
540,3023	2	0,545825	0,016727	0,076811	267	0,3	-0,999	-0,052	0,005	0,999	0,999	0,042	0,03	6. Mai.	1	18:42	18:42	10.05.2020	30.07.2020	25	1447	18:44	19:25	
537,9028	2	0,557425	0,017006	0,074951	267,2	0,1	-0,999	-0,048	0,002	0,999	0,041	0,026	7. Mai.	1	18:43	18:43								
544,3506	2	0,543459	0,016779	0,077543	267,5	0,4	-0,999	-0,044	0,008	0,999	0,034	0,029	8. Mai.	3	18:43	18:45								
541,9721	2	0,555013	0,017061	0,075776	267,7	0,3	-0,999	-0,04	0,005	0,999	0,033	0,025	9. Mai.	3	18:44	18:46								
539,5892	2	0,566814	0,017347	0,073217	267,9	0,1	-0,999	-0,037	0,002	0,999	0,031	0,021	10. Mai.	5	18:44	18:48								
545,9741	2	0,541099	0,016756	0,078233	267,9	0,6	-0,999	-0,036	0,011	0,999	0,026	0,027	11. Mai.	5	18:45	18:49								
543,6119	2	0,552606	0,017038	0,076549	268,1	0,4	-0,999	-0,033	0,008	0,999	0,024	0,023	12. Mai.	6	18:45	18:50								
541,2454	2	0,564359	0,017325	0,07415	268,3	0,3	-1	-0,029	0,005	1	0,023	0,019	13. Mai.	7	18:46	18:52								
538,8747	2	0,576363	0,017616	0,070558	268,5	0,1	-1	-0,026	0,002	1	0,021	0,015	14. Mai.	8	18:46	18:53								
549,911	2	0,527528	0,016454	0,080022	268,2	0,9	-0,999	-0,032	0,016	0,999	0,019	0,03	15. Mai.	8	18:47	18:54								
547,5693	2	0,538749	0,016732	0,078883	268,4	0,8	-1	-0,028	0,013	1	0,018	0,026	16. Mai.	10	18:47	18:56								
545,2233	2	0,550209	0,017015	0,077283	268,6	0,6	-1	-0,025	0,011	1	0,016	0,022	17. Mai.	11	18:47	18:57								
542,873	2	0,561913	0,017302	0,075019	268,8	0,5	-1	-0,021	0,008	1	0,015	0,018	18. Mai.	11	18:48	18:58								
540,5185	2	0,573867	0,017593	0,071705	269	0,3	-1	-0,018	0,005	1	0,013	0,014	19. Mai.	12	18:48	18:59								
556,0587	2	0,525237	0,016565	0,080602	268,6	1,1	-1	-0,024	0,019	1	0,011	0,028	20. Mai.	12	18:49	19:00								
553,7478	2	0,536411	0,016847	0,079498	268,8	0,9	-1	-0,021	0,016	1	0,01	0,024	21. Mai.	13	18:49	19:01								
551,4327	2	0,547823	0,017134	0,077967	269	0,8	-1	-0,017	0,014	1	0,008	0,02	22. Mai.	14	18:49	19:02								
549,1133	2	0,559478	0,017425	0,075831	269,2	0,6	-1	-0,014	0,011	1	0,006	0,016	23. Mai.	14	18:50	19:03								
546,7897	2	0,571381	0,01772	0,072759	269,4	0,5	-1	-0,01	0,008	1	0,005	0,012	24. Mai.	15	18:50	19:04								
557,551	2	0,522961	0,016538	0,081151	269,1	1,2	-1	-0,016	0,022	1	0,003	0,027	25. Mai.	16	18:50	19:05								
555,2556	2	0,534087	0,01682	0,080084	269,3	1,1	-1	-0,013	0,019	1	0,002	0,023	26. Mai.	16	18:52	19:07								
552,9561	2	0,545451	0,017107	0,078613	269,5	0,9	-1	-0,009	0,016	1	0	0,019	27. Mai.	17	18:52	19:08								
550,6523	2	0,557056	0,017398	0,076593	269,7	0,8	-1	-0,006	0,014	1	-0,002	0,015	28. Mai.	18	18:52	19:09								
548,3443	2	0,568908	0,017694	0,073733	269,9	0,6	-1	-0,002	0,011	1	-0,003	0,011	29. Mai.	18	18:53	19:10								
561,2958	2	0,509854	0,016232	0,082415	269,3	1,6	-1	-0,012	0,027	1	-0,003	0,03	30. Mai.	19	18:53	19:11								
559,02	2	0,520702	0,01651	0,081671	269,5	1,4	-1	-0,008	0,025	1	-0,005	0,025	31. Mai.	20	18:53	19:12								
556,74	2	0,531781	0,016792	0,08063	269,7	1,3	-1	-0,005	0,022	1	-0,007	0,021	1. Jun.	20	18:53	19:12								
554,4558	2	0,543096	0,017079	0,079224	269,9	1,1	-1	-0,002	0,019	1	-0,008	0,017	2. Jun.	20	18:54	19:13								
552,1674	2	0,554651	0,017371	0,077308	270,1	0,9	-1	0,002	0,016	1	-0,01	0,013	3. Jun.	21	18:55	19:15								
549,8748	2	0,566452	0,017666	0,074635	270,3	0,8	-1	0,005	0,014	1	-0,011	0,009	4. Jun.	21	18:55	19:15								
564,9842	2	0,507663	0,016268	0,082895	269,8	1,7	-1	-0,004	0,03	1	-0,012	0,028	5. Jun.	22	18:55	19:16								
562,7277	2	0,518464	0,016548	0,082165	270	1,6	-1	-0,001	0,027	1	-0,013	0,024	6. Jun.	22	18:56	19:17								
560,467	2	0,529495	0,016832	0,081154	270,2	1,4	-1	0,003	0,025	1	-0,015	0,02	7. Jun.	22	18:56	19:17								
558,2022	2	0,54076	0,017121	0,079796	270,4	1,3	-1	0,006	0,022	1	-0,016	0,016	8. Jun.	23	18:57	19:19								
555,9331	2	0,552265	0,017414	0,077981	270,6	1,1	-1	0,01	0,019	1	-0,018	0,012	9. Jun.	23	18:57	19:19								
553,6599	2	0,564014	0,017711	0,075476	270,7	1	-1	0,013	0,017	1	-0,02	0,008	10. Jun.	23	18:57	19:19								
551,3826	2	0,576012	0,018014	0,07183	270,9	0,8	-1	0,017	0,014	1	-0,021	0,004	11. Jun.	24	18:57	19:20								
566,3808	2	0,505495	0,016239	0,083352	270,2	1,9	-0,999	0,004	0,033	0,999	-0,02	0,027	12. Jun.	24	18:57	19:20								
564,1392	2	0,516249	0,016518	0,082631	270,4	1,7	-1	0,007	0,03	1	-0,021	0,023	13. Jun.	23	18:59	19:21								
561,8934	2	0,527232	0,016803	0,081647	270,6	1,6	-1	0,011	0,028	1	-0,023	0,019	14. Jun.	24	18:59	19:22								
559,6435	2	0,538447	0,017091	0,080345	270,8	1,4	-1	0,014	0,025	1	-0,025	0,014	15. Jun.	24	18:59	19:22								
557,3895	2	0,549901	0,017385	0,07861	271	1,3	-1	0,017	0,022	1	-0,026	0,01	16. Jun.	24	18:59	19:22								

Potentielle Reflexionen am Messpunkt 2:
 1447 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)
 1172 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September)
 275 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)
 25 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 4935 Einträgen):
 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)



(W/m²)	Ocular Hazard #	Reflexivity y	Retinal Irradiance	Subtended Glare	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun	Reflected Sun	Reflected Sun	Tag	Anzahl Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste	Letzte Zeit	Messpunkt 3	
542,2865	2	0,487798	0,015003	0,081629	97,9	0,1	0,991	-0,137	0,001	-0,991	0,118	0,07	27. Apr.	1	06:17	06:17	30.04.2020	30.05.2020	12	237	06:00	06:16		
544,7921	2	0,477726	0,014762	0,083284	98,1	0,2	0,99	-0,14	0,004	-0,99	0,12	0,074	28. Apr.	2	06:16	06:17	03.06.2020	03.06.2020	5	5	06:00	06:04		
540,4157	2	0,495991	0,015203	0,079101	97,2	0,1	0,992	-0,126	0,001	-0,992	0,108	0,064	29. Apr.	3	06:14	06:16	08.06.2020	09.06.2020	5	10	06:00	06:04		
542,9101	2	0,485735	0,014957	0,081453	97,4	0,2	0,992	-0,129	0,004	-0,992	0,11	0,068	30. Apr.	5	06:12	06:16	13.06.2020	10.08.2020	19	651	06:00	06:24		
545,3996	2	0,475695	0,014715	0,083417	97,6	0,4	0,991	-0,133	0,007	-0,991	0,112	0,072	1. Mai.	5	06:11	06:15								
541,0644	2	0,504325	0,015477	0,075882	96,6	0,1	0,993	-0,115	0,001	-0,993	0,099	0,059	2. Mai.	7	06:08	06:14								
543,5428	2	0,493884	0,015226	0,078825	96,8	0,2	0,993	-0,118	0,004	-0,993	0,1	0,063	3. Mai.	7	06:07	06:13								
546,0165	2	0,483661	0,014979	0,08125	97	0,4	0,993	-0,122	0,007	-0,993	0,102	0,067	4. Mai.	9	06:05	06:13								
548,4854	2	0,473654	0,014735	0,083268	97,2	0,5	0,992	-0,125	0,01	-0,992	0,104	0,071	5. Mai.	9	06:04	06:12								
541,7211	2	0,512802	0,015756	0,0717	96	0,1	0,995	-0,104	0,002	-0,995	0,089	0,053	6. Mai.	11	06:02	06:12								
544,1838	2	0,502173	0,0155	0,075465	96,2	0,2	0,994	-0,107	0,004	-0,994	0,091	0,057	7. Mai.	11	06:01	06:11								
546,6417	2	0,491767	0,015247	0,078516	96,4	0,4	0,994	-0,111	0,007	-0,994	0,092	0,061	8. Mai.	12	06:00	06:11								
549,095	2	0,48158	0,014998	0,081017	96,6	0,6	0,993	-0,114	0,01	-0,993	0,094	0,065	9. Mai.	11	06:00	06:10								
551,5435	2	0,471606	0,014753	0,083097	96,8	0,7	0,993	-0,118	0,012	-0,993	0,096	0,07	10. Mai.	11	06:00	06:10								
553,9873	2	0,461842	0,014512	0,084573	97	0,9	0,993	-0,121	0,015	-0,993	0,097	0,074	11. Mai.	10	06:00	06:09								
542,3847	2	0,521425	0,016041	0,066136	95,3	0,1	0,996	-0,093	0,002	-0,996	0,08	0,048	12. Mai.	10	06:00	06:09								
544,8318	2	0,510606	0,015779	0,071063	95,5	0,3	0,995	-0,096	0,004	-0,995	0,081	0,052	13. Mai.	10	06:00	06:09								
547,2742	2	0,500014	0,015521	0,074991	95,7	0,4	0,995	-0,1	0,007	-0,995	0,083	0,056	14. Mai.	9	06:00	06:08								
549,712	2	0,489645	0,015266	0,078162	95,9	0,6	0,995	-0,103	0,01	-0,995	0,084	0,06	15. Mai.	9	06:00	06:08								
552,1451	2	0,479493	0,015016	0,080755	96,1	0,7	0,994	-0,107	0,012	-0,994	0,086	0,064	16. Mai.	8	06:00	06:07								
554,5735	2	0,469554	0,01477	0,082901	96,3	0,9	0,994	-0,11	0,015	-0,994	0,088	0,068	17. Mai.	8	06:00	06:07								
556,9972	2	0,459824	0,014527	0,084698	96,5	1	0,993	-0,113	0,018	-0,993	0,089	0,072	18. Mai.	7	06:00	06:06								
540,6181	2	0,530197	0,016257	0,076166	94,7	0,1	0,997	-0,082	0,002	-0,997	0,07	0,042	19. Mai.	7	06:00	06:06								
543,0543	2	0,519186	0,015991	0,065162	94,9	0,3	0,996	-0,085	0,004	-0,996	0,071	0,047	20. Mai.	7	06:00	06:06								
545,4859	2	0,508406	0,01573	0,070346	95,1	0,4	0,996	-0,089	0,007	-0,996	0,073	0,051	21. Mai.	6	06:00	06:05								
547,9129	2	0,497852	0,015472	0,07446	95,3	0,6	0,996	-0,092	0,01	-0,996	0,075	0,055	22. Mai.	6	06:00	06:05								
550,3354	2	0,487519	0,015217	0,077769	95,5	0,7	0,995	-0,095	0,013	-0,995	0,076	0,059	23. Mai.	6	06:00	06:05								
552,7532	2	0,477403	0,014967	0,080461	95,7	0,9	0,995	-0,099	0,015	-0,995	0,078	0,063	24. Mai.	5	06:00	06:04								
555,1664	2	0,4675	0,014721	0,08268	95,9	1	0,995	-0,102	0,018	-0,995	0,08	0,067	25. Mai.	5	06:00	06:04								
557,5749	2	0,457804	0,014478	0,084533	96,1	1,2	0,994	-0,106	0,021	-0,994	0,081	0,071	26. Mai.	6	06:00	06:05								
541,3078	2	0,539119	0,016552	0,072515	94	0,1	0,998	-0,071	0,002	-0,998	0,06	0,037	27. Mai.	5	06:00	06:04								
543,7287	2	0,527913	0,01628	0,075988	94,2	0,3	0,997	-0,074	0,005	-0,997	0,062	0,041	28. Mai.	5	06:00	06:04								
546,1451	2	0,516943	0,016013	0,064048	94,4	0,4	0,997	-0,077	0,007	-0,997	0,063	0,045	29. Mai.	5	06:00	06:04								
548,5569	2	0,506203	0,01575	0,069533	94,6	0,6	0,997	-0,081	0,01	-0,997	0,065	0,049	30. Mai.	5	06:00	06:04								
550,9642	2	0,495688	0,01549	0,073863	94,8	0,7	0,996	-0,084	0,013	-0,996	0,067	0,053	31. Mai.	4	06:00	06:03								
553,3668	2	0,485393	0,015235	0,077322	95	0,9	0,996	-0,088	0,015	-0,996	0,068	0,057	1. Jun.	4	06:00	06:03								
555,7649	2	0,475314	0,014983	0,080129	95,2	1	0,996	-0,091	0,018	-0,996	0,07	0,061	2. Jun.	4	06:00	06:03								
558,1584	2	0,465447	0,014735	0,082431	95,4	1,2	0,995	-0,095	0,021	-0,995	0,071	0,065	3. Jun.	5	06:00	06:04								
560,5473	2	0,455787	0,014491	0,084346	95,6	1,3	0,995	-0,098	0,023	-0,995	0,073	0,069	4. Jun.	4	06:00	06:03								
562,9315	2	0,446329	0,014251	0,085682	95,8	1,5	0,995	-0,101	0,026	-0,995	0,075	0,073	5. Jun.	4	06:00	06:03								
542,0013	2	0,548194	0,016852	0,067785	93,4	0,1	0,998	-0,059	0,002	-0,998	0,05	0,032	6. Jun.	4	06:00	06:03								
544 407	2	0,536792	0,016575	0,072217	93,6	0,3	0,998	-0,063	0,005	-0,998	0,052	0,036	7. Jun.	4	06:00	06:03								

Potentielle Reflexionen am Messpunkt 3:

903 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)

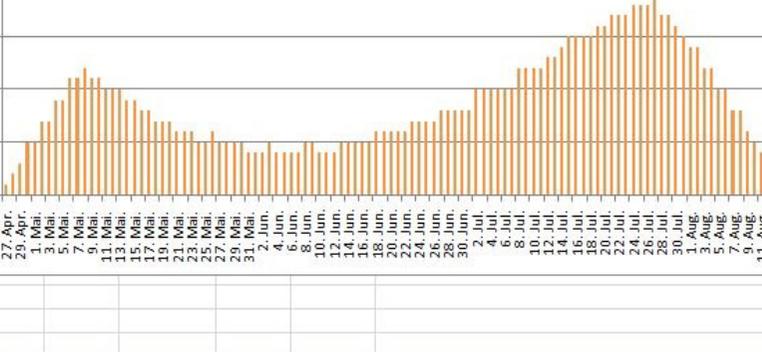
666 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September)

237 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)

19 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 4682 Einträgen):

- 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)



NI (W/m²)	Ocular Hazard#	Reflectivity y	Retinal Irradiance	Subtende d Glare	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun	Reflected Sun	Reflected Sun
542,2865	2	0,487798	0,015003	0,074305	97,9	0,1	0,991	-0,137	0,001	-0,991	0,118	0,07
540,4157	2	0,495991	0,015203	0,072529	97,2	0,1	0,992	-0,126	0,001	-0,992	0,108	0,064
542,9101	2	0,485735	0,014957	0,073952	97,4	0,2	0,992	-0,129	0,004	-0,992	0,11	0,068
541,0644	2	0,504325	0,015477	0,070933	96,6	0,1	0,993	-0,115	0,001	-0,993	0,099	0,059
543,5428	2	0,493884	0,015226	0,074018	96,8	0,2	0,993	-0,118	0,004	-0,993	0,1	0,063
546,0165	2	0,483661	0,014979	0,075032	97	0,4	0,993	-0,122	0,007	-0,993	0,102	0,067
548,4854	2	0,473654	0,014735	0,076304	97,2	0,5	0,992	-0,125	0,01	-0,992	0,104	0,071
541,7211	2	0,512802	0,015756	0,070288	96,0	0,1	0,995	-0,104	0,002	-0,995	0,089	0,053
544,1838	2	0,502173	0,0155	0,070539	96,2	0,2	0,994	-0,107	0,004	-0,994	0,091	0,057
546,6417	2	0,491767	0,015247	0,073697	96,4	0,4	0,994	-0,111	0,007	-0,994	0,092	0,061
549,095	2	0,48158	0,014998	0,074667	96,6	0,6	0,993	-0,114	0,01	-0,993	0,094	0,065
551,5435	2	0,471606	0,014753	0,07596	96,8	0,7	0,993	-0,118	0,012	-0,993	0,096	0,07
542,3847	2	0,521425	0,016041	0,066163	95,3	0,1	0,996	-0,093	0,002	-0,996	0,08	0,048
544,8318	2	0,510606	0,015779	0,069977	95,5	0,3	0,995	-0,096	0,004	-0,995	0,081	0,052
547,2742	2	0,500014	0,015521	0,073212	95,7	0,4	0,995	-0,1	0,007	-0,995	0,083	0,056
549,712	2	0,489645	0,015266	0,07334	95,9	0,6	0,995	-0,103	0,01	-0,995	0,084	0,06
552,1451	2	0,479493	0,015016	0,074271	96,1	0,7	0,994	-0,107	0,012	-0,994	0,086	0,064
554,5735	2	0,469554	0,01477	0,075585	96,3	0,9	0,994	-0,11	0,015	-0,994	0,088	0,068
540,6181	2	0,530197	0,016257	0,061134	94,7	0,1	0,997	-0,082	0,002	-0,997	0,07	0,042
543,0543	2	0,519186	0,015991	0,065746	94,9	0,3	0,996	-0,085	0,004	-0,996	0,071	0,047
545,4859	2	0,508406	0,01573	0,069633	95,1	0,4	0,996	-0,089	0,007	-0,996	0,073	0,051
547,9129	2	0,497852	0,015472	0,072929	95,3	0,6	0,996	-0,092	0,01	-0,996	0,075	0,055
550,3354	2	0,487519	0,015217	0,072954	95,5	0,7	0,995	-0,095	0,013	-0,995	0,076	0,059
552,7532	2	0,477403	0,014967	0,075789	95,7	0,9	0,995	-0,099	0,015	-0,995	0,078	0,063
555,1664	2	0,4675	0,014721	0,076551	95,9	1	0,995	-0,102	0,018	-0,995	0,08	0,067
557,5749	2	0,457804	0,014478	0,077739	96,1	1,2	0,994	-0,106	0,021	-0,994	0,081	0,071
541,3078	2	0,539119	0,016552	0,054965	94	0,1	0,998	-0,071	0,002	-0,998	0,06	0,037
543,7287	2	0,527913	0,01628	0,060569	94,2	0,3	0,997	-0,074	0,005	-0,997	0,062	0,041
546,1451	2	0,516943	0,016013	0,065275	94,4	0,4	0,997	-0,077	0,007	-0,997	0,063	0,045
548,5569	2	0,506203	0,01575	0,069249	94,6	0,6	0,997	-0,081	0,01	-0,997	0,065	0,049
550,9642	2	0,495688	0,01549	0,072617	94,8	0,7	0,996	-0,084	0,013	-0,996	0,067	0,053
553,3668	2	0,485393	0,015235	0,072526	95	0,9	0,996	-0,088	0,015	-0,996	0,068	0,057
555,7649	2	0,475314	0,014983	0,075441	95,2	1	0,996	-0,091	0,018	-0,996	0,07	0,061
558,1584	2	0,465447	0,014735	0,076165	95,4	1,2	0,995	-0,095	0,021	-0,995	0,071	0,065
560,5473	2	0,455787	0,014491	0,077377	95,6	1,3	0,995	-0,098	0,023	-0,995	0,073	0,069
542,0013	2	0,548194	0,016852	0,063922	93,4	0,1	0,998	-0,059	0,002	-0,998	0,05	0,032
544,407	2	0,536792	0,016575	0,054197	93,6	0,3	0,998	-0,063	0,005	-0,998	0,052	0,036
546,8083	2	0,525629	0,016302	0,059935	93,8	0,4	0,998	-0,066	0,007	-0,998	0,054	0,04
549,205	2	0,514701	0,016033	0,06476	94	0,6	0,998	-0,07	0,01	-0,998	0,055	0,044
551,5973	2	0,504001	0,015768	0,068827	94,2	0,7	0,997	-0,073	0,013	-0,997	0,057	0,048
553,985	2	0,493525	0,015507	0,072269	94,4	0,9	0,997	-0,077	0,016	-0,997	0,058	0,052
556,3682	2	0,483269	0,01525	0,075205	94,6	1	0,997	-0,08	0,018	-0,997	0,06	0,056

Tag	Anzahl		Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt 4
	Minuten	Anfang							
27. Apr.	1	06:17	01.05.2020	28.05.2020	11	211	06:00	06:15	Potentielle Reflexionen am Messpunkt 4: 819 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 608 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September) 211 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai) 19 Minuten pro Tag (Max) Parameter für Daten Bereinigung (Datensatz mit 4581 Einträgen): 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)
28. Apr.	2	06:16	13.06.2020	14.06.2020	5	10	06:00	06:04	
29. Apr.	3	06:14	18.06.2020	09.08.2020	19	598	06:00	06:23	
30. Apr.	4	06:12							
1. Mai.	5	06:11							
2. Mai.	6	06:08							
3. Mai.	7	06:07							
4. Mai.	8	06:05							
5. Mai.	9	06:04							
6. Mai.	10	06:02							
7. Mai.	11	06:01							
8. Mai.	11	06:00							
9. Mai.	11	06:00							
10. Mai.	10	06:00							
11. Mai.	10	06:00							
12. Mai.	10	06:00							
13. Mai.	9	06:00							
14. Mai.	9	06:00							
15. Mai.	8	06:00							
16. Mai.	8	06:00							
17. Mai.	7	06:00							
18. Mai.	7	06:00							
19. Mai.	7	06:00							
20. Mai.	6	06:00							
21. Mai.	6	06:00							
22. Mai.	6	06:00							
23. Mai.	5	06:00							
24. Mai.	5	06:00							
25. Mai.	5	06:00							
26. Mai.	5	06:00							
27. Mai.	5	06:00							
28. Mai.	5	06:00							
29. Mai.	4	06:00							
30. Mai.	4	06:00							
31. Mai.	4	06:00							
1. Jun.	4	06:00							
2. Jun.	3	06:00							
3. Jun.	4	06:00							
4. Jun.	4	06:00							
5. Jun.	4	06:00							
6. Jun.	4	06:00							
7. Jun.	3	06:00							

