

# SolPEG Blendgutachten Solarpark Wiendorf

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage  
in der Nähe von Rostock in Mecklenburg-Vorpommern**

**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

<b>1</b>	<b>Auftrag .....</b>	<b>3</b>
1.1	Beauftragung .....	3
1.2	Hintergrund und Auftragsumfang.....	3
<b>2</b>	<b>Systembeschreibung .....</b>	<b>4</b>
2.1	Standort Übersicht .....	4
2.2	Umliegende Gebäude .....	7
<b>3</b>	<b>Ermittlung der potentiellen Blendwirkung.....</b>	<b>8</b>
3.1	Rechtliche Hinweise.....	8
3.2	Blendwirkung von PV Modulen .....	8
3.3	Berechnung der Blendwirkung.....	10
3.4	Technische Parameter der PV Anlage .....	11
3.5	Standorte für die Analyse .....	12
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren .....	13
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>16</b>
4.1	Ergebnisübersicht.....	16
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P1, Gebäude westlich .....	17
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P2, Gebäude westlich.....	19
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P3, Sabeler Straße.....	21
4.5	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude Wiendorf .....	21
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse.....</b>	<b>23</b>
5.1	Zusammenfassung.....	23
5.2	Beurteilung der Ergebnisse .....	23
<b>6</b>	<b>Schlussbemerkung .....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>24 - 35</b>

# SolPEG Blendgutachten

## Analyse der Blendwirkung der geplanten PV Anlage Wiendorf

### 1 Auftrag

#### 1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik (PV) ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlage „Wiendorf“ für Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

#### 1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist die sog. Lichtleitlinie<sup>1</sup>, 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 „Wiendorf“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Anwohner der angrenzenden 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.

<sup>1</sup> Die Lichtleitlinie ist u.a. hier abrufbar: [http://www.solpeg.de/LAI\\_Lichtleitlinie\\_2012.pdf](http://www.solpeg.de/LAI_Lichtleitlinie_2012.pdf)

## 2 Systembeschreibung

### 2.1 Standort Übersicht

Die Fläche des Solarparks befindet sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet ca. 1 km östlich der Ortschaft Wiendorf in Mecklenburg-Vorpommern, ca. 16 km südlich von Rostock. Nördlich der Fläche, in ca. 500 m Entfernung verläuft die Verbindungsstraße Wiendorf - Dogen am See. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

**Tabelle 1: Informationen über den Standort**

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Fläche ca. 1 km östlich der Ortschaft Wiendorf in Mecklenburg-Vorpommern. Die Fläche ist überwiegend eben mit leichten Erhebungen.
Koordinaten (Mitte)	<a href="#">54.946°N, 12.170°O, 38 m ü.N.N.</a>
Entfernung zu angrenzenden Straßen	ca. 500 m
Entfernung zur A19	ca. 1,3 km (nicht relevant)
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 50 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 2.1.2: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Detailansicht der PV Anlage und Umgebung.



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

Fotos der Fläche. Blick Richtung Westen



Bild 2.1.4: Foto der PV Fläche (Quelle: Auftraggeber)

Blick Richtung Norden.



Bild 2.1.5: Foto der PV Fläche (Quelle: Auftraggeber)

## 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 könnten die Gebäude im Nordwesten nicht von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden und daher werden die Standorte nicht weiter analysiert. Lediglich die Gebäude direkt westlich der PV Anlage können von Reflexionen durch die PV Anlage betroffen. Lt. Planungsunterlagen ist zwischen Gebäude und PV Anlage eine Sichtschutzhecke mit einer Höhe von ca. 5m vorgesehen, sodass kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle besteht. 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:

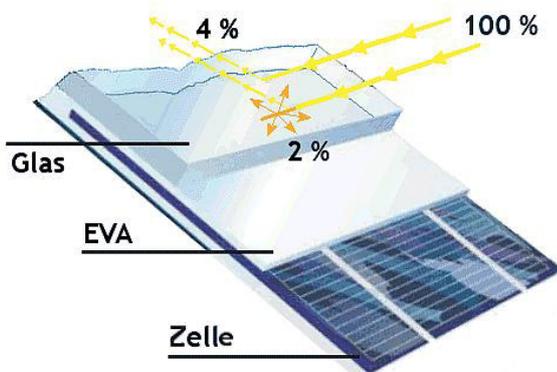


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: Internet/SolPEG)

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/m<sup>2</sup>) auf einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Das mittlere Modul entspricht den aktuell marktüblichen PV Modulen wie auch im Bild 3.2.2 dargestellt. Durch die strukturierte Oberfläche wird das Sonnenlicht diffus mit einer stärkeren Streuung reflektiert und die Leuchtdichte ist entsprechend vermindert. Das Modul rechts im Bild zeigt aufgrund der speziellen Oberfläche praktisch keine direkte, sondern durch die starke Bündelaufweitung der Lichtstrahlen, ausschließlich diffuse Reflexion.



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

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

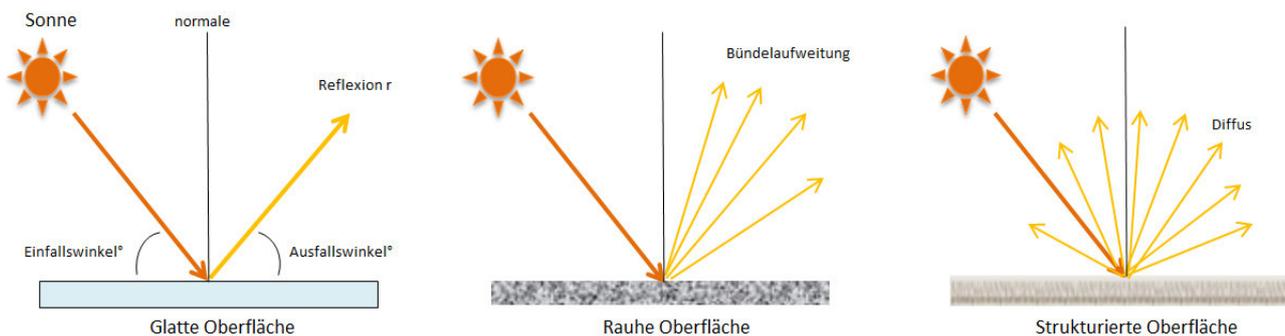


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

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

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

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

### 3.3 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 FAA<sup>2</sup> 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:  $\gamma_p$ , Azimut  $\alpha_p$ ) bekannt ist, kann der Winkel der Reflexion ( $\theta_p$ ) mit der folgenden Formel berechnet werden:

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

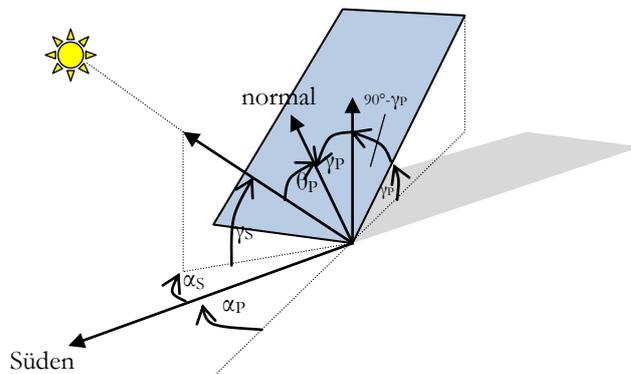


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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-Leitlinie<sup>3</sup> wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories<sup>4</sup>, New Mexico überprüft.

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

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

<sup>4</sup> 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.

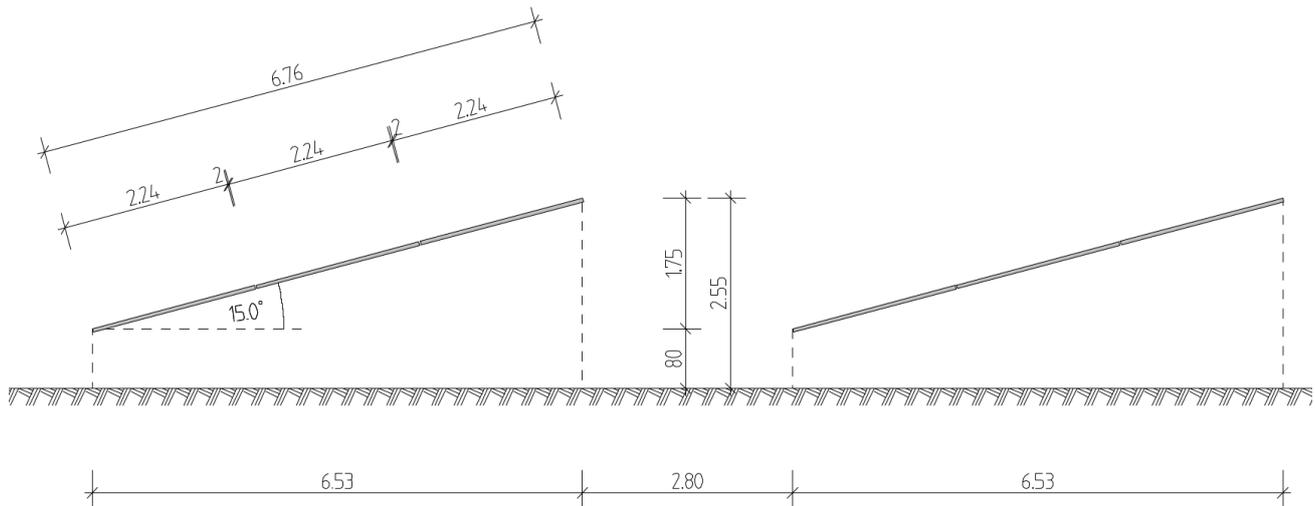


Bild 3.4.1: Skizzen der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

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

**Tabelle 2: Berechnungsparameter**

PV Modul Hersteller / Typ	Trina Solar (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische mit fester Neigung
Modulinstallation	3 Module hochkant übereinander
Achsen-Ausrichtung (Azimut)	180° (Süden)
Modulneigung	15°
Höhe der Modulfläche über Boden	ca. 0,80 m bis ca. 2,55 m
Mittlere Höhe der Modulfläche für Simulation	1,7 m
Anzahl Messpunkte Gebäude	3 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Anzahl Messpunkte Straße	1 Messpunkt
Höhe Messpunkte über Boden	2 m (gemittelte Höhe)
Azimut Blickrichtung Fahrzeugführer <sup>5</sup>	Fahrtrichtung +/- 20°

<sup>5</sup> 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 Wiendorf wurden insgesamt 4 Messpunkte festgelegt. 2 Messpunkte im Bereich der Gebäude direkt westlich der PV Anlage sowie zu Kontrollzwecken 1 Messpunkt im Bereich der Sabeler Straße und 1 Messpunkt im Bereich der Ortschaft Wiendorf. Weitere Gebäude und Verkehrswege (A19) 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 4 gewählten Messpunkte P1-P4:



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

### 3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

#### Licht-Leitlinie

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

Im Zusammenhang mit der Übernahme zeitlicher Grenzwerte der Schattenwurfrichtlinie besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der belästigenden Wirkung statischer Sonnenlichtreflexionen. Da in der Licht-Richtlinie klar unterschieden wird zwischen konstantem und Wechsellicht und es sich beim periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen um das generell stärker belästigende Wechsellicht handelt, liegt die Vermutung nahe, dass zeitliche Grenzwerte *[30 Minuten pro Tag / 30 Stunden pro Jahr]* 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 fehlt<sup>6</sup> 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 Schärffpunktes (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.

<sup>6</sup> Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

## Sonstige Einflüsse

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

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

In der Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY<sup>7</sup>) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2020 eine mittlere Wolkenbedeckung<sup>8</sup> von ca. 78 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1982-2009 liegt bei 62,5 % - 75 %.

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

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

## Kategorien von Reflexionen

Fachleute sind überwiegend der Meinung, dass die sog. Absolutblendung, die eine Störung der Sehfähigkeit bewirkt, ab einer Leuchtdichte von ca. 100.000 cd/m<sup>2</sup> 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/cm<sup>2</sup>) 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.

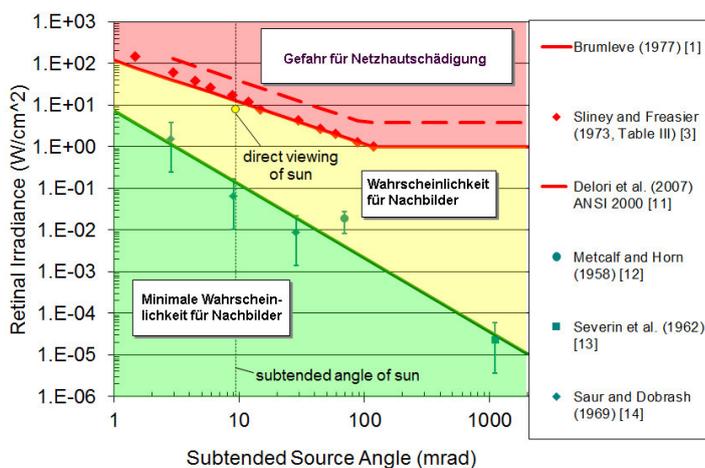


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

<sup>7</sup> Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

<sup>8</sup> DWD Service: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm\\_int\\_cfc.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html)

Bild: [https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc\\_eude\\_cen\\_cfc\\_mean\\_2020\\_17.png](https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_cen_cfc_mean_2020_17.png)

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisübersicht

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

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

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

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der Licht-Leitlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als 10° zu vernachlässigen, da in solchen Konstellationen die Sonne selbst die Ursache für eine mögliche Blendwirkung darstellt. Auch Reflexionen, die zwischen 22 Uhr abends und 06 Uhr morgens auftreten (sofern möglich), sind relativiert zu bewerten 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.

Nach Bereinigung der Rohdaten sind keine Reflexionen durch die PV Anlage mehr nachweisbar. Das ist überwiegend darin begründet, dass potentielle Reflexionen nur in den frühen Morgenstunden vor 6 Uhr aus östlicher Richtung auftreten können. In diesen Zeiten steht die Sonne dicht über dem Horizont und ist überwiegend selbst die Ursache für potentielle Blendwirkungen.

Die folgende Tabelle zeigt daher die Ergebniswerte ohne 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.

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

Messpunkt	PV Feld
P1 Gebäude	3238 <sup>G</sup>
P2 Gebäude	3229 <sup>G</sup>
P3 Sabeler Straße	-
P4 Gebäude Wiendorf	934 <sup>GE</sup>

<sup>W</sup> Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

<sup>E</sup> Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

<sup>G</sup> Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

## 4.2 Ergebnisse am Messpunkt P1, Gebäude westlich

Am Messpunkt P1 im Bereich der Gebäude westlich der PV Anlage können rein rechnerisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können in den frühen Morgenstunden aus östlicher Richtung auftreten wenn die Sonne dicht über dem Horizont steht. Potentielle Reflexionen in den frühen Morgenstunden vor 6 Uhr werden als weniger relevant betrachtet und sind daher zu vernachlässigen. Nach 6 Uhr morgens (06:00 - 06:22 Uhr) können an insgesamt 183 Minuten pro Jahr Reflexionen auftreten und in diesen Zeiten steht die Sonne nur zwischen  $0,4^\circ$  bis max.  $5,3^\circ$  über dem Horizont. Die in der Simulation rechnerisch ermittelten Reflexionen sind in der Realität vernachlässigbar, da bei einem derartig niedrigen Sonnenstand die Sonne meist hinter Bäumen, Hügeln o.ä. verborgend ist. Darüber hinaus ist lt. Planungsunterlagen zwischen der PV Anlage und den Gebäuden ein Grünstreifen/Hecke vorgesehen, sodass ein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle nicht vorhanden ist. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze die Situation am Messpunkt P1 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

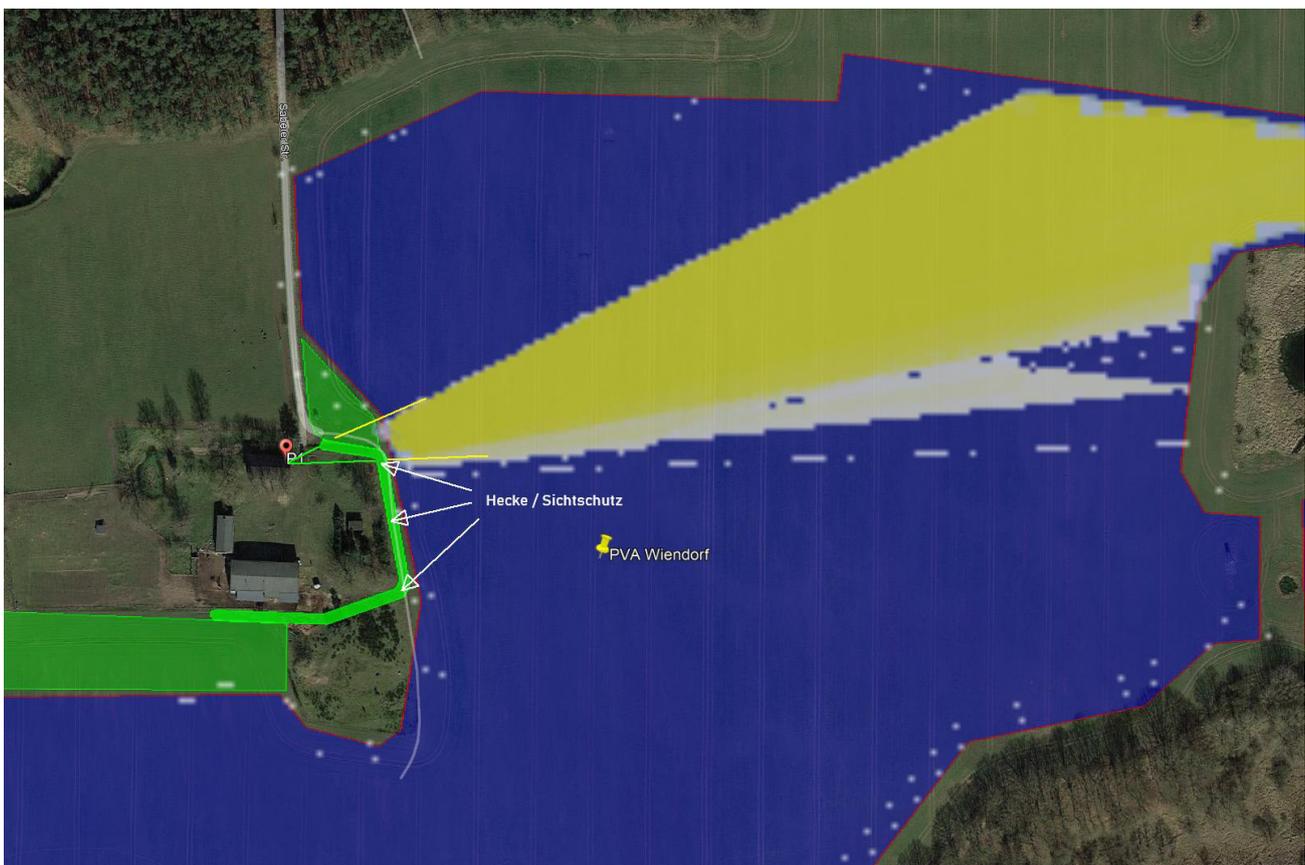


Bild 4.2.1: Simulation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Im gelb/weiß markierten Bereich östlich der Gebäude können theoretisch morgens Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. nicht vorhanden. Aufgrund des natürlichen Sichtschutzes durch Büsche und Bäume und dem ca. 5 m breiten, bepflanzt Grünstreifen ist die PV Anlage allerdings nicht einsehbar.

Das folgende Foto zeigt den Blick Richtung Süden auf das Gebäude im Bereich von Messpunkt P1.



Bild 4.2.2: Foto vom 14.10.2021 12:36 Uhr am Messpunkt P1, Blick Richtung Süden (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

Das folgende Foto zeigt den Blick Richtung Norden.

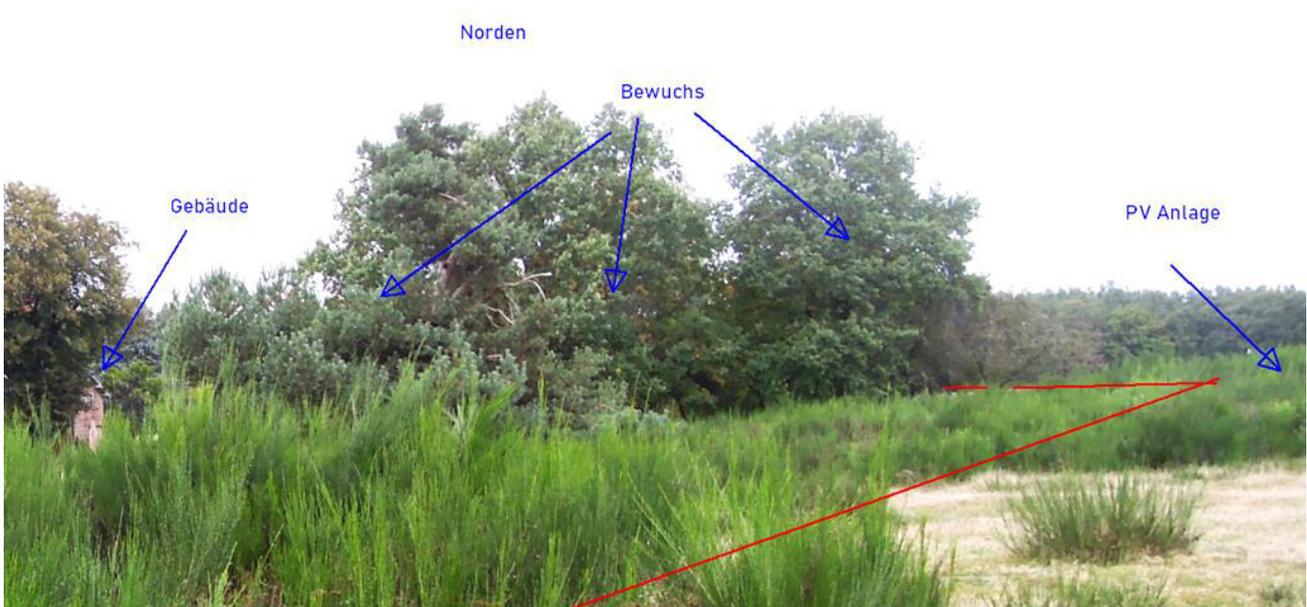


Bild 4.2.3: Foto vom 14.10.2021 12:38 Uhr, Blick Richtung Norden (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

### 4.3 Ergebnisse am Messpunkt P2, Gebäude westlich

Am Messpunkt P2 im Bereich des fensterlosen Wirtschaftsgebäudes westlich der PV Anlage können ebenfalls rein rechnerisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können in den frühen Morgenstunden aus östlicher Richtung auftreten wenn die Sonne dicht über dem Horizont steht. Nach Bereinigung der Rohdaten sind allerdings keine Reflexionen mehr nachweisbar.

In der Realität kann Messpunkt P2 nicht von Reflexionen erreicht werden, da das Wirtschaftsgebäude, Bewuchs durch Büsche und Bäume und der geplante Grünstreifen einen direkten Sichtkontakt zur PV verhindert.

Eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze die Situation am Messpunkt P2 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

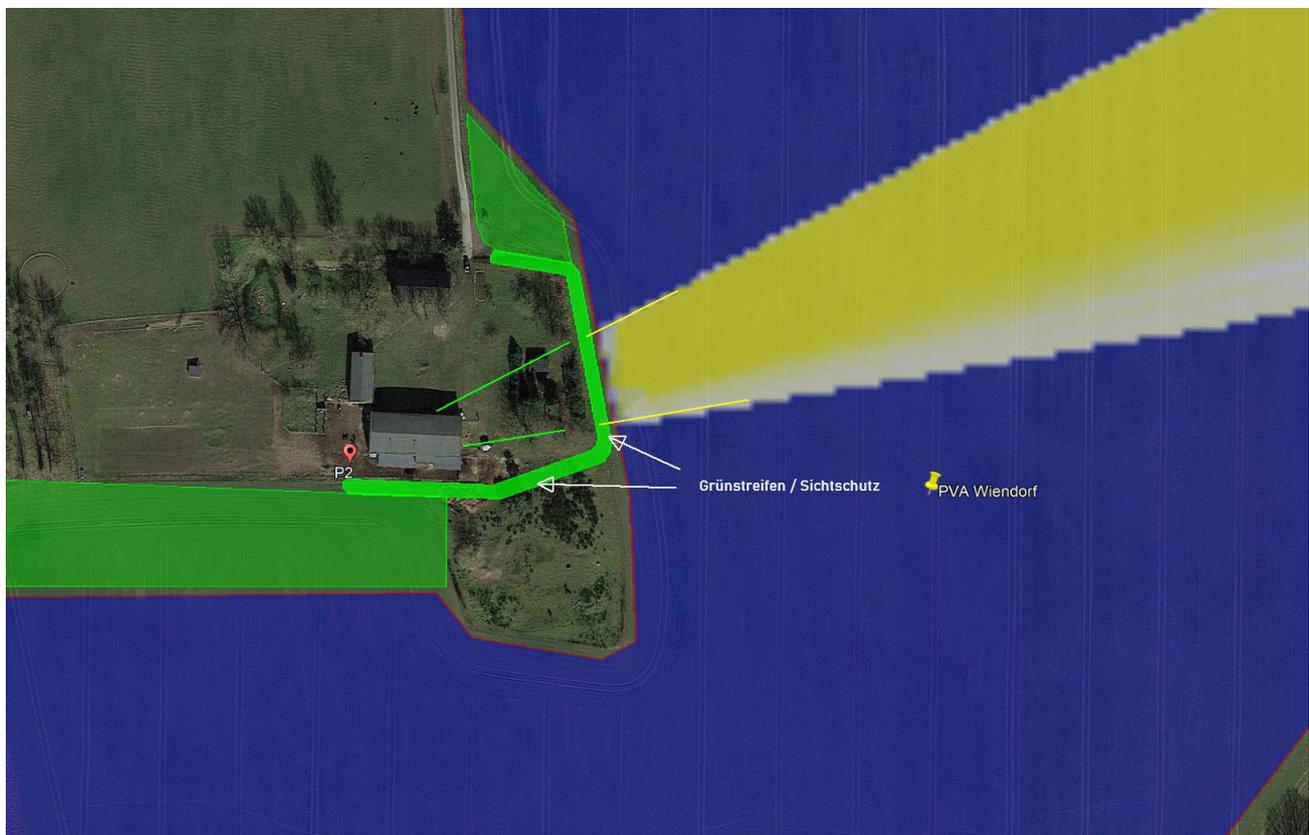


Bild 4.3.1: Simulation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Im gelb/weiß markierten Bereich östlich der Gebäude können theoretisch morgens Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Messpunkt P2 kann von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage nicht erreicht werden.

Das folgende Foto zeigt den Blick Richtung Norden auf das fensterlose Wirtschaftsgebäude im Bereich von Messpunkt P2.

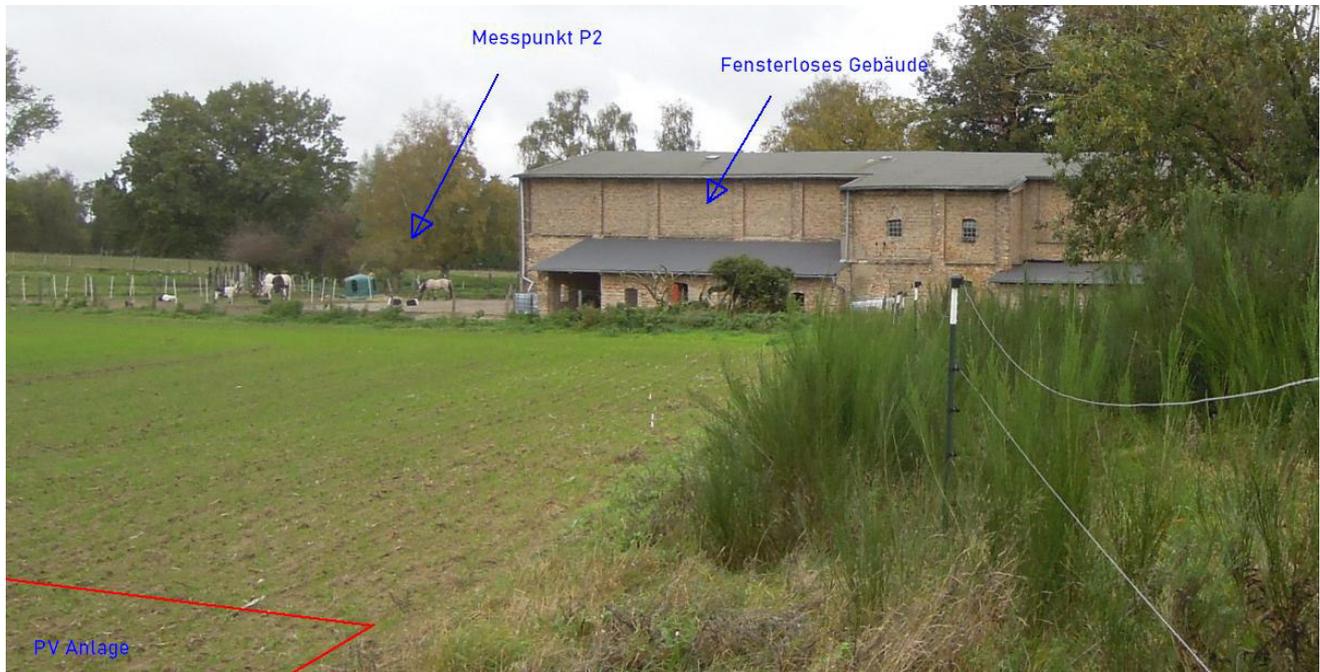


Bild 4.3.2: Foto vom 14.10.2021 12:38 Uhr, Blick Richtung Norden (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

### Einfluss auf Nutztiere

Das Regelwerk des Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) und auch die Lichtleitlinie enthalten keine Angaben zum Schutz von Tierbeständen der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Bezug auf Lichtimmissionen. Dies liegt auch daran, dass bislang keine wissenschaftlichen Untersuchungen über die Wirkung von Lichtimmissionen auf Nutztiere vorhanden sind und dementsprechend keine Vorgaben zu deren Schutz abgeleitet werden konnten. In anderen Vorgaben werden lediglich die von Nutztieren ausgehenden Immissionen (insbesondere Lärm und Gerüche) behandelt.

Grundsätzlich können auch Nutztiere (und Wildtiere) Lichtimmissionen bzw. Reflexionen wahrnehmen wobei Reflexionen von PV Anlagen nur bei Tag/Sonnenlicht stattfinden können. Reflexionen von Wasseroberflächen (z.B. einer Tränke) sind ein Effekt mit dem freilaufende Tiere problemlos umgehen können und angeborene Vermeidungs- und Schutzreflexe wie Augen schließen oder Kopf abwenden verhindern Beeinträchtigungen. Im Gegensatz zu bei Nachtadaptation plötzlich aufblitzenden Scheinwerfern sind Reflexionen von PV Anlagen bei Tag eine statische und somit auch für Tiere eher "natürliche" bzw. eher "einschätzbare" Immissionsquelle.

Konstruktionsbedingt können ortsfeste PV Anlagen eher in den Morgen- und Abendstunden Reflexionen verursachen, wobei in diesem Zeitfenster die tief stehende Sonne die eigentliche Immissionsquelle darstellt.

Basierend auf der momentan verfügbaren Faktenlage kann eine nachweisliche Beeinträchtigung für freilaufende Nutztiere durch Reflexionen von ortsfesten PV Anlagen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Wissenschaftliche Forschungen in dieser Hinsicht wären sicherlich hilfreich.

#### 4.4 Ergebnisse am Messpunkt P3, Sabeler Straße

Messpunkt P3 auf der Sabeler Straße nördlich der PV Anlage wurde zu Kontrollzwecken untersucht, da dieser Bereich aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz eigentlich nicht von potentiellen Reflexionen erreicht werden kann. Erwartungsgemäß zeigt die Simulation für den Messpunkt P3 keine Ergebnisse. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern kann hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

#### 4.5 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude Wiendorf

Am Messpunkt P4 im Bereich der Ortschaft Wiendorf westlich der PV Anlage können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Rein rechnerisch wären an insgesamt nur 934 Minuten pro Jahr in den frühen Morgenstunden Reflexionen aus östlicher Richtung möglich. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer aber auch aufgrund der sehr großen Entfernung zur Immissionsquelle von ca. 900 m wären potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Darüber hinaus zeigt die Analyse der Geländestruktur, dass aufgrund von Hügeln kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Die folgende Skizze verdeutlicht diesen Umstand.

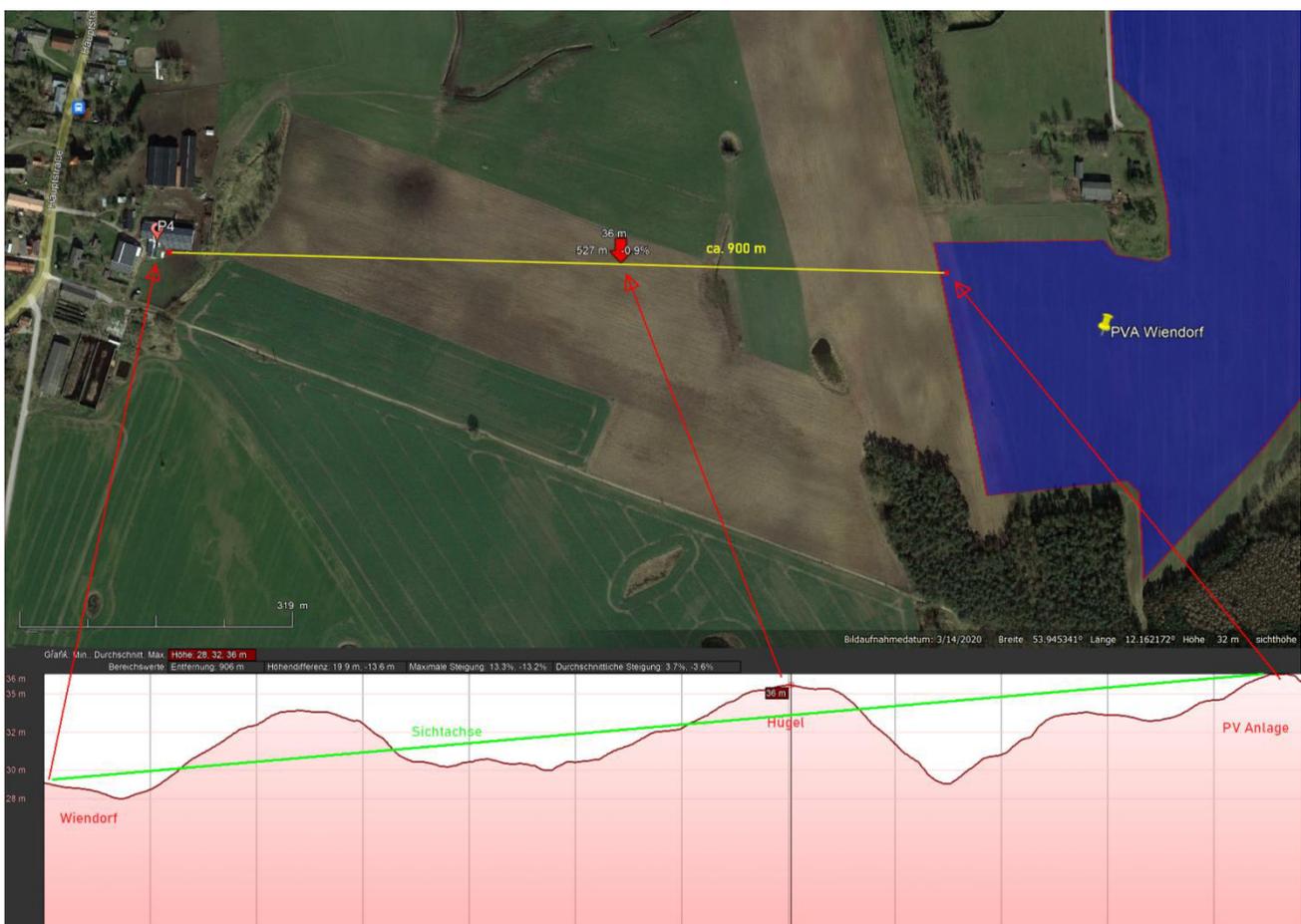


Bild 4.5.1: Geländeverlauf zwischen der Ortschaft Wiendorf und der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P4. Die jeweiligen Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt 3.6 ausgeführt sind jeweils die Rohdaten mit den theoretischen Maximalwerten dargestellt die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können. Der Wert von 934 Minuten entspricht den unbereinigten Rohdaten und dieser Wert liegt bereits deutlich unterhalb der Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie.

### PV Feld - OP Receptor (OP 4)

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

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

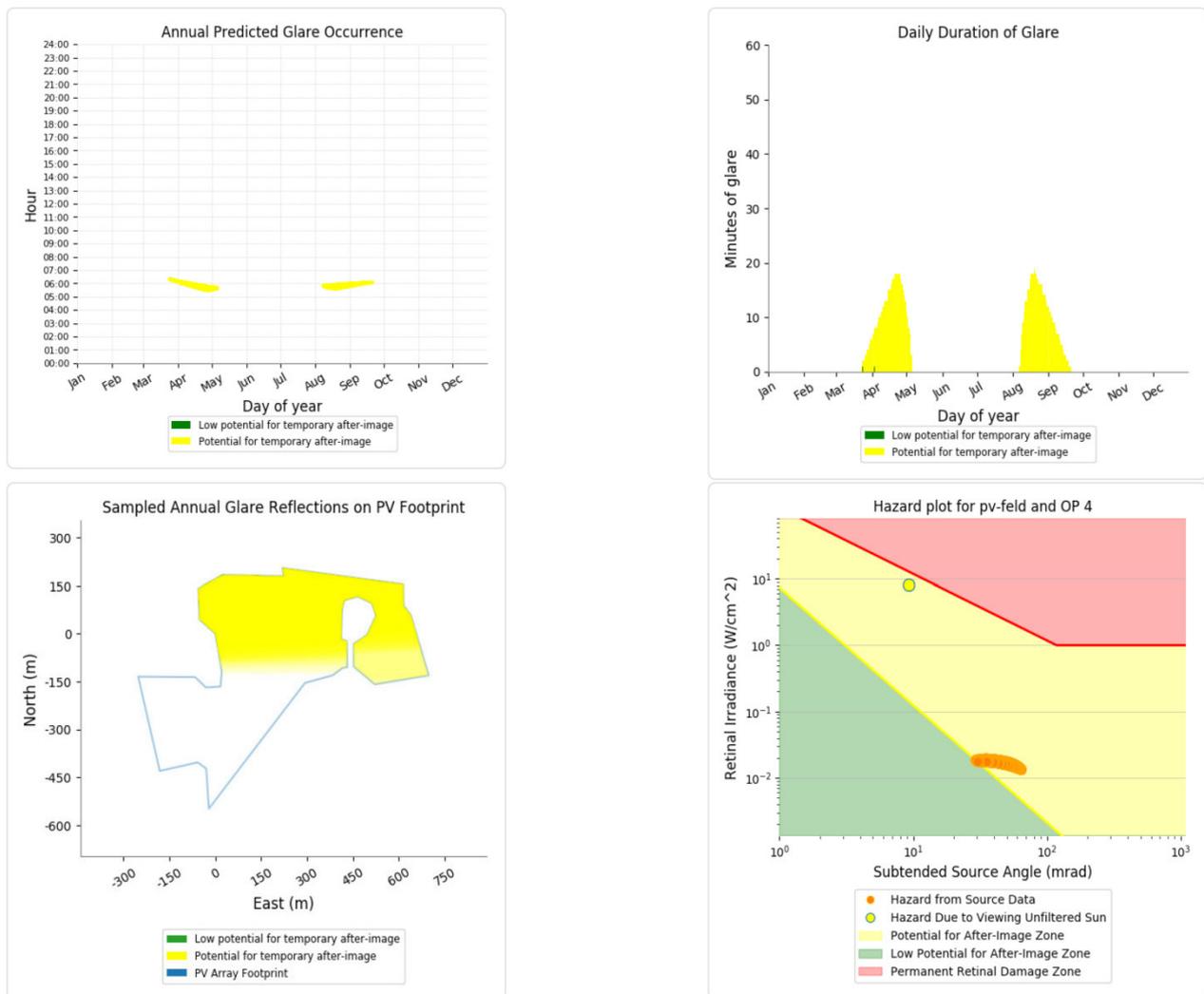


Bild 4.5.2: Ergebnisdetails für Messpunkt P4 (Quelle: Simulationsergebnisse)

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

## 5 Zusammenfassung der Ergebnisse

### 5.1 Zusammenfassung

Die Analyse von 4 exemplarisch gewählten Messpunkten im Bereich der geplanten PV Anlage Wiendorf zeigt nur eine theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Nach Bereinigung der Rohdaten sind keine Reflexionen durch die PV Anlage mehr nachweisbar. Im Bereich der westlich angrenzenden Gebäude sind Beeinträchtigungen durch potentielle Reflexionen kaum wahrscheinlich da zum bereits vorhandenen Bewuchs durch Büsche und Bäume eine weitere Begrünung entlang der Geländegrenze der PV Fläche vorgesehen ist, sodass überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle besteht. Gebäude der Ortschaft Wiendorf können aufgrund des Geländeverlaufes nicht von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Aber auch aufgrund der sehr großen Entfernung von ca. 900 m sind Beeinträchtigungen für Anwohner im Sinne der LAI Lichtleitlinie nicht gegeben. 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.

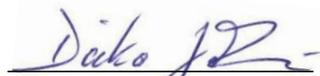
### 5.2 Beurteilung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage „Wiendorf“ kann als „geringfügig“ klassifiziert<sup>9</sup> 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. Umliegende Gebäude können nicht von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sind keine speziellen Sichtschutzmaßnahmen erforderlich bzw. angeraten und es bestehen keine Einwände gegen das Bauvorhaben.

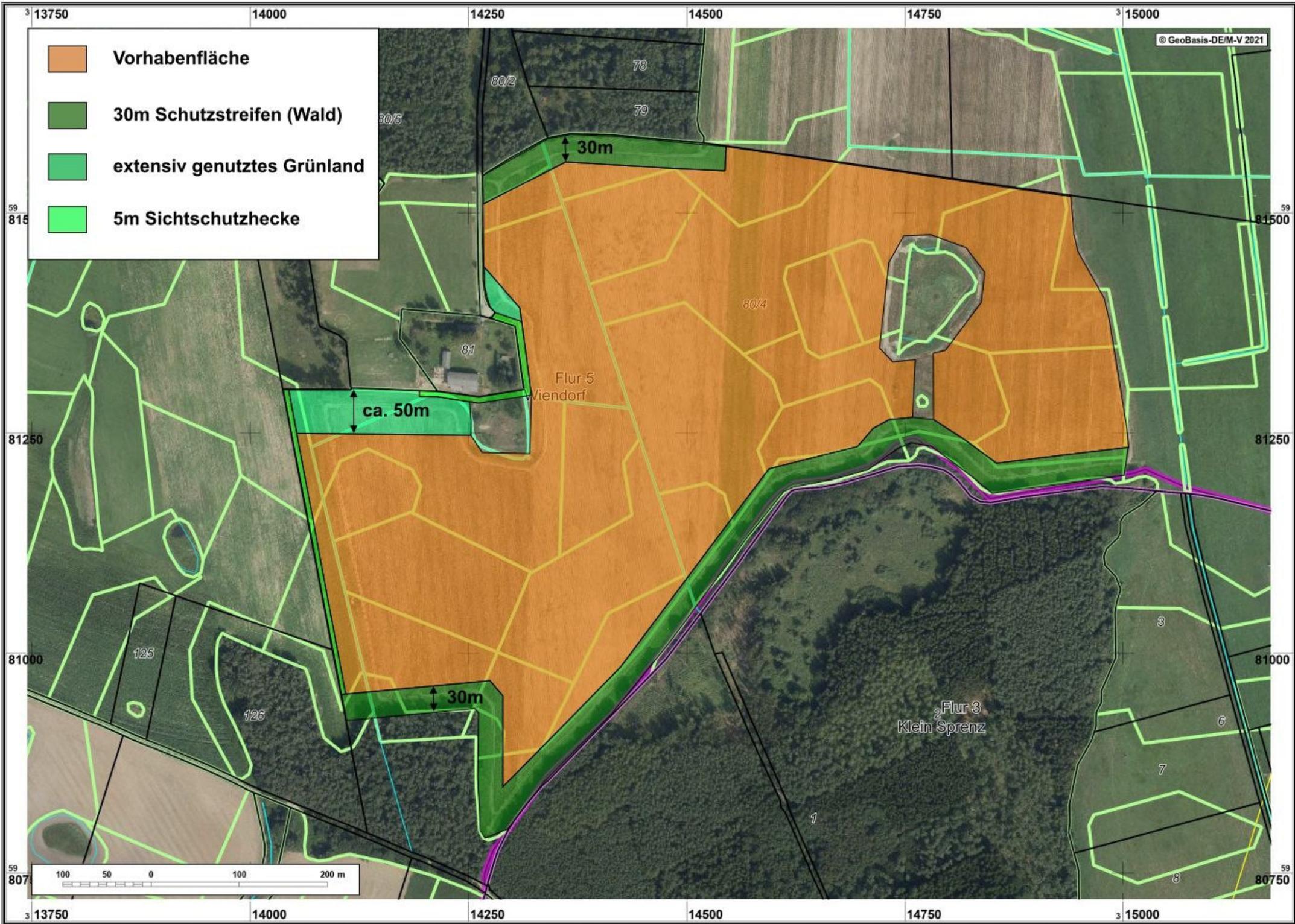
## 6 Schlussbemerkung

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. weiterer Maßnahmen erfolgen, kann nicht übernommen werden.

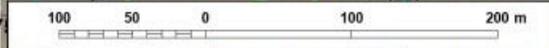
Hamburg, den 23.10.2021

  
Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

<sup>9</sup> Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



- Vorhabenfläche**
- 30m Schutzstreifen (Wald)**
- extensiv genutztes Grünland**
- 5m Sichtschutzhecke**



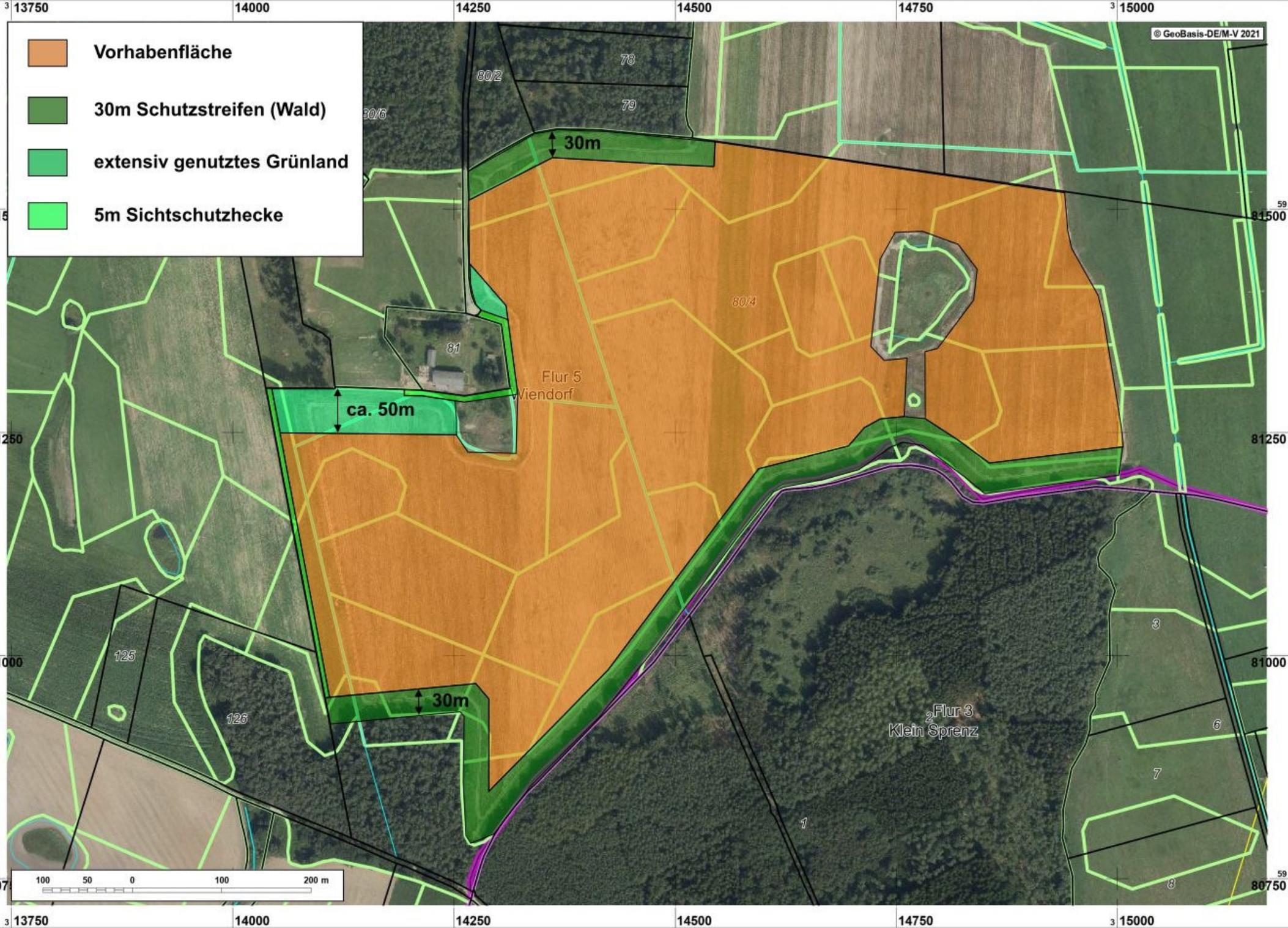
Flur 5  
Wiendorf

Flur 3  
Klein Sprenz

30m

ca. 50m

30m



# THE Vertex

## BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE



# 500W+

MAXIMUM POWER OUTPUT

# 21.1%

MAXIMUM EFFICIENCY

# 0/+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

### Comprehensive Products and System Certificates

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



### High customer value

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



### High power up to 505W

- Large area cells based on 210mm silicon wafers and 1/3-cut cell technology
- Up to 21.1% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



### High reliability

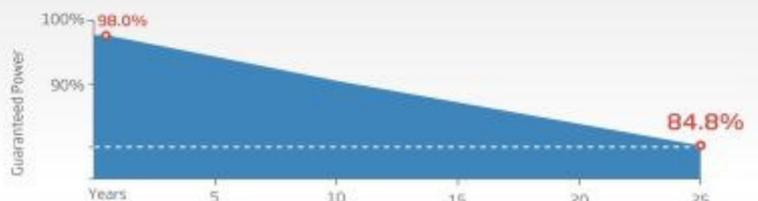
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to salt, ammonia and sand

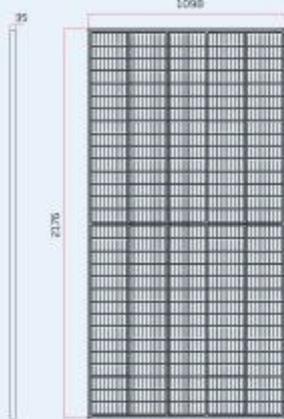
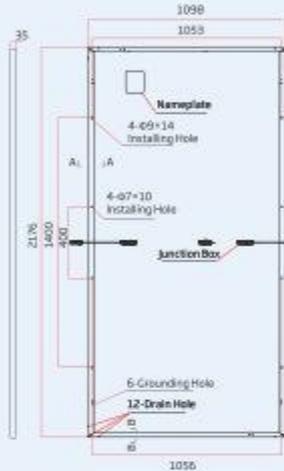
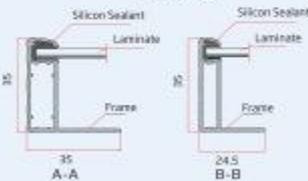
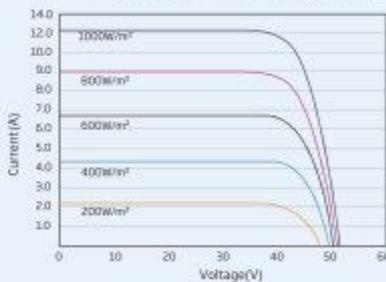
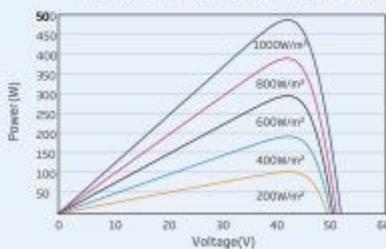


### High energy yield

- Excellent light absorption throughout the day (IAM) and low light performance, validated by 3rd party certifications
- Lower temperature coefficient (-0.36%) and operating temperature
- Optimized power output under inter-row shading conditions

### Trina Solar's Backsheet Performance Warranty



**DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)**

**Front View**

**Back View**

**I-V CURVES OF PV MODULE(490W)**

**P-V CURVES OF PV MODULE(490W)**

**ELECTRICAL DATA (STC)**

Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*	480	485	490	495	500	505
Power Output 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 $\eta_m$ (%)	20.1	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.  
\*Measuring tolerance: ±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/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

**MECHANICAL DATA**

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	150 cells
Module Dimensions	2176 × 1098 × 35 mm
Weight	26.3 kg
Glass	3.2 mm High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> Portrait: N 280mm/P 280mm Landscape: N 1400 mm /P 1400 mm
Connector	TS4

**TEMPERATURE RATINGS**

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

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

**MAXIMUM RATINGS**

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

**WARRANTY**

10 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% annual degradation

(Please refer to product warranty for details)

**PACKAGING CONFIGURATION**

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

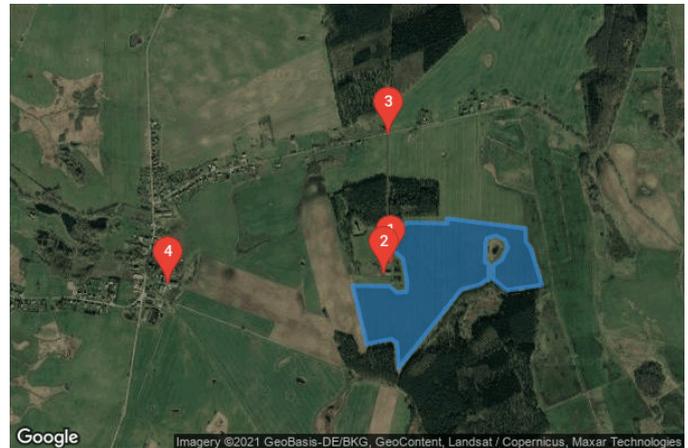
# Solarpark

## Wiendorf

### Site description:

**Created** Oct. 22, 2021  
**Updated** Oct. 22, 2021  
**Time-step** 1 minute  
**Timezone offset** UTC+1  
**Site ID** 60179.10413

**Project type** Advanced  
**Project status:** active  
**Category** 1 MW to 5 MW



### Misc. Analysis Settings

**DNI:** varies (1,000.0 W/m<sup>2</sup> 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	180.0	2	7,401	-

## Component Data

### PV Array(s)

Total PV footprint area: 316,215 m<sup>2</sup>

**Name:** PV Feld  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 15.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg  
**Footprint area:** 316,215 m<sup>2</sup>  
**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	53.947454	12.170547	37.57	1.90	39.47
2	53.947859	12.169753	38.12	1.90	40.02
3	53.948717	12.169711	36.85	1.90	38.75
4	53.949096	12.170912	36.59	1.90	38.49
5	53.949058	12.173959	35.36	1.90	37.26
6	53.949286	12.173895	35.19	1.90	37.09
7	53.948831	12.179903	27.02	1.90	28.92
8	53.948237	12.179924	27.05	1.90	28.95
9	53.947960	12.180289	27.66	1.90	29.56
10	53.946280	12.181169	25.96	1.90	27.86
11	53.946027	12.178487	30.82	1.90	32.72
12	53.946533	12.177435	29.30	1.90	31.20
13	53.947164	12.177435	28.66	1.90	30.56
14	53.947417	12.178101	29.16	1.90	31.06
15	53.947960	12.178551	28.61	1.90	30.51
16	53.948313	12.178337	29.24	1.90	31.14
17	53.948503	12.177628	29.81	1.90	31.71
18	53.948389	12.176963	30.46	1.90	32.36
19	53.948149	12.176856	30.25	1.90	32.15
20	53.947303	12.176813	29.69	1.90	31.59
21	53.947240	12.177092	29.24	1.90	31.14
22	53.946507	12.177113	29.41	1.90	31.31
23	53.946495	12.176899	29.66	1.90	31.56
24	53.946280	12.176384	30.98	1.90	32.88
25	53.946065	12.175011	33.92	1.90	35.82
26	53.942529	12.170226	35.99	1.90	37.89
27	53.943653	12.170097	37.40	1.90	39.30
28	53.943830	12.169668	37.51	1.90	39.41
29	53.943590	12.167779	37.47	1.90	39.37
30	53.946242	12.166707	34.57	1.90	36.47
31	53.946230	12.169539	36.95	1.90	38.85
32	53.945939	12.170075	38.31	1.90	40.21
33	53.945964	12.170805	38.30	1.90	40.20
34	53.946381	12.170869	38.54	1.90	40.44

### Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	53.947265	12.169646	36.68	2.00	38.68
OP 2	53.946722	12.169110	35.79	2.00	37.79
OP 3	53.953074	12.169432	33.67	2.00	35.67
OP 4	53.946305	12.152652	30.38	2.00	32.38

## 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	180.0	2	7,401	-	

### 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	32	438	687	686	694	593	129	0	0	0

## PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

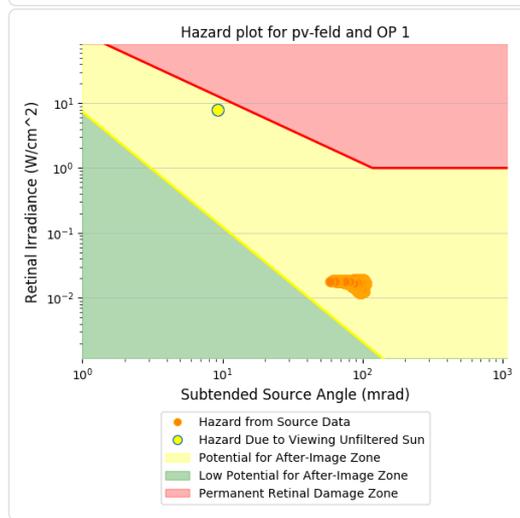
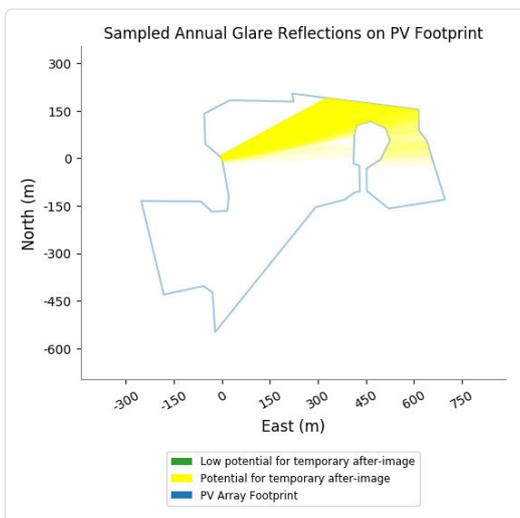
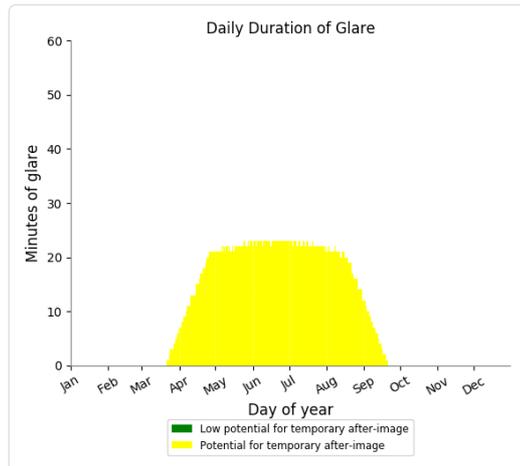
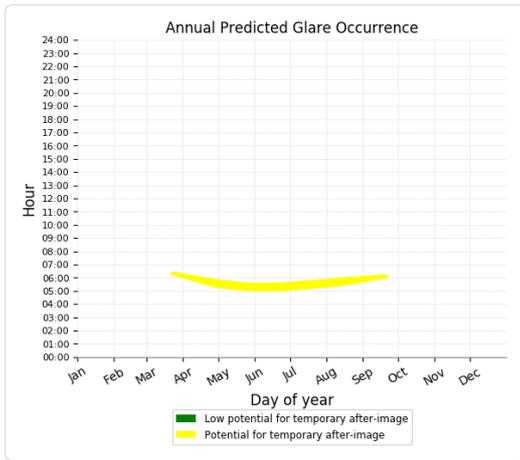
**PV Feld** potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	3238
OP: OP 2	0	3229
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	2	934

### PV Feld - OP Receptor (OP 1)

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

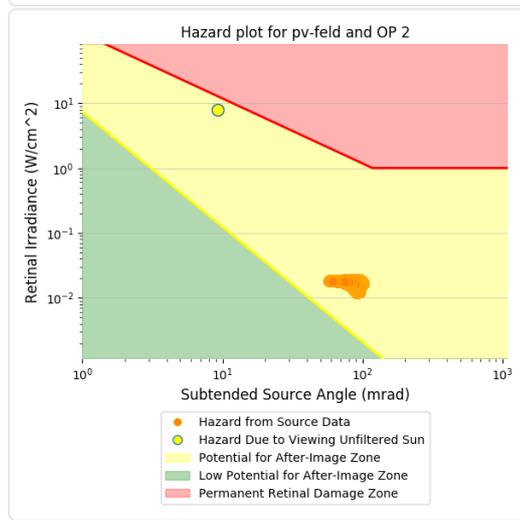
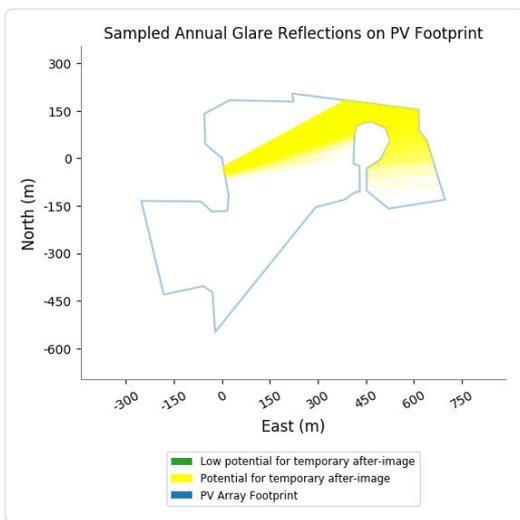
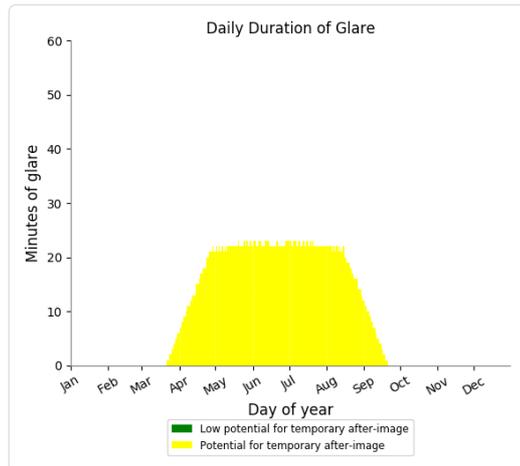
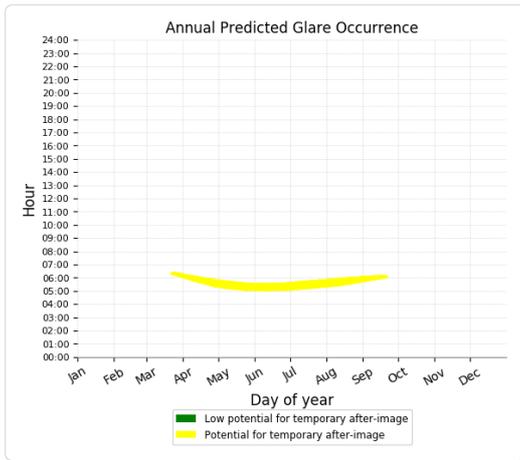
- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,238 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



### 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.
- 3,229 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



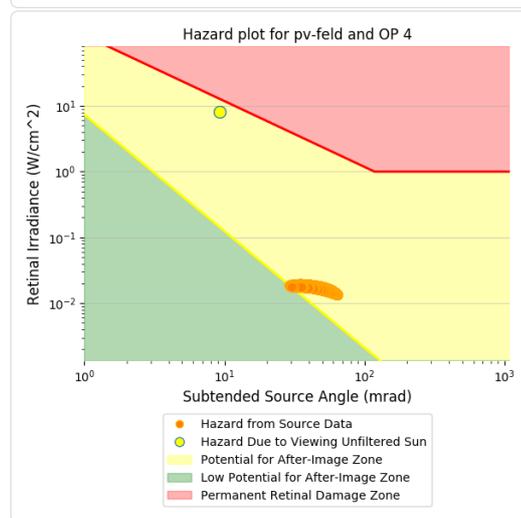
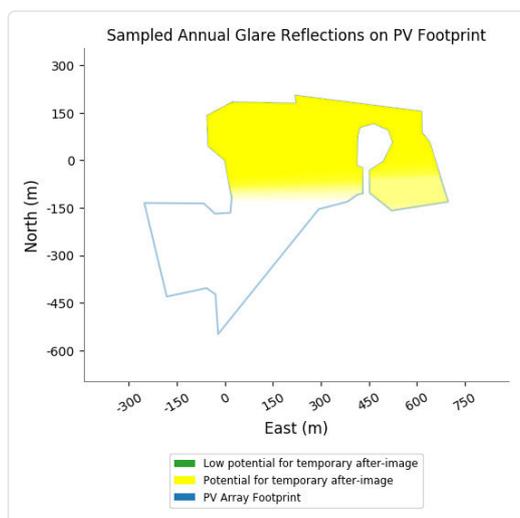
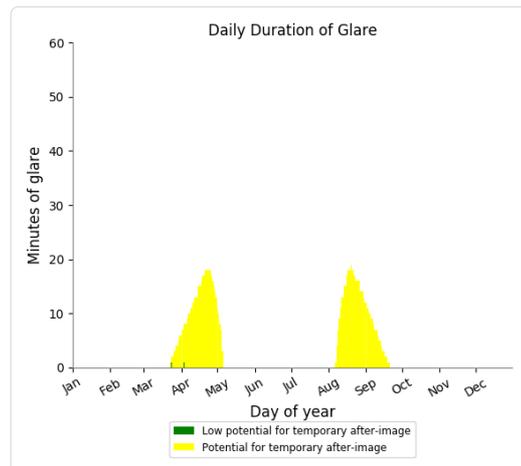
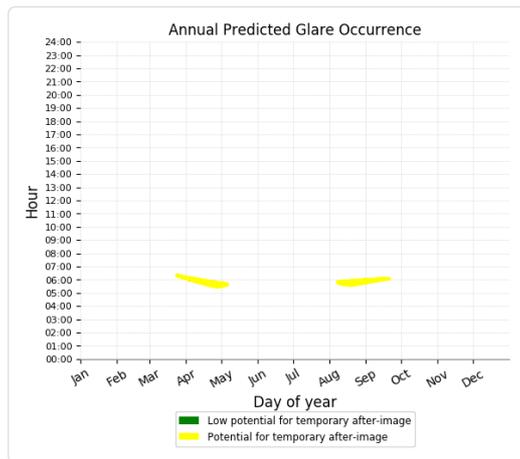
### PV Feld - OP Receptor (OP 3)

No glare found

## PV Feld - OP Receptor (OP 4)

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

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

	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	S	Anzahl	Tag	Minuten	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 1
2021-03-22 06:22:00	0,016682	547,5954	2	0,572443	0,017779	0,069503	90,6	0,4	1	-0,011	0,008	-1	0,005	0,012													
2021-03-23 06:21:00	0,015067	550,5843	2	0,568886	0,017765	0,061657	90,2	0,6	1	-0,003	0,011	-1	-0,003	0,011													
2021-03-24 06:19:00	0,015277	551,2484	2	0,577027	0,018041	0,061529	89,5	0,7	1	0,008	0,011	-1	-0,013	0,006													
2021-03-24 06:20:00	0,015305	553,5385	2	0,565356	0,01775	0,062969	89,7	0,8	1	0,005	0,014	-1	-0,011	0,01													
2021-03-25 06:17:00	0,015938	551,9092	2	0,573455	0,017951	0,06526	89,1	0,8	1	0,016	0,015	-1	-0,021	0,005													
2021-03-25 06:18:00	0,015464	554,1856	2	0,561857	0,017661	0,064181	89,3	1	1	0,012	0,017	-1	-0,019	0,009													
2021-03-25 06:19:00	0,015808	556,4578	2	0,550493	0,017374	0,067157	89,5	1,1	1	0,009	0,02	-1	-0,018	0,013													
2021-03-26 06:16:00	0,016349	554,8285	2	0,569916	0,017935	0,067301	88,6	1	1	0,024	0,018	-1	-0,029	0,003													
2021-03-26 06:17:00	0,016152	557,0872	2	0,558392	0,017643	0,067626	88,8	1,2	1	0,02	0,02	-1	-0,028	0,007													
2021-03-26 06:18:00	0,015979	559,3419	2	0,5471	0,017357	0,068056	89,1	1,3	1	0,017	0,023	-1	-0,026	0,011													
2021-03-27 06:15:00	0,017487	559,9007	2	0,566413	0,017987	0,072164	88,2	1,2	0,999	0,031	0,021	-0,999	-0,037	0,002													
2021-03-27 06:16:00	0,018252	562,1319	2	0,554963	0,017694	0,07651	88,4	1,3	0,999	0,028	0,023	-0,999	-0,036	0,006													
2021-03-27 06:17:00	0,016993	564,3591	2	0,543743	0,017405	0,072484	88,6	1,5	0,999	0,024	0,026	-0,999	-0,034	0,01													
2021-03-28 06:12:00	0,019131	558,283	2	0,574561	0,018193	0,077887	87,6	1,2	0,999	0,042	0,021	-0,999	-0,047	-0,003													
2021-03-28 06:13:00	0,018344	560,5053	2	0,562595	0,017897	0,076049	87,8	1,4	0,999	0,039	0,024	-0,999	-0,046	0,001													
2021-03-28 06:14:00	0,019595	562,7235	2	0,551574	0,017604	0,081898	88	1,5	0,999	0,035	0,026	-0,999	-0,044	0,005													
2021-03-28 06:15:00	0,016293	564,9377	2	0,540425	0,017316	0,069713	88,2	1,7	0,999	0,032	0,029	-0,999	-0,042	0,009													
2021-03-29 06:11:00	0,016423	561,1037	2	0,571064	0,018174	0,066627	87,1	1,4	0,998	0,05	0,024	-0,998	-0,056	-0,004													
2021-03-29 06:12:00	0,015976	563,309	2	0,55953	0,017877	0,065768	87,3	1,5	0,999	0,047	0,027	-0,998	-0,054	0													
2021-03-29 06:13:00	0,017202	565,5103	2	0,548226	0,017584	0,07263	87,5	1,7	0,999	0,043	0,03	-0,999	-0,052	0,004													
2021-03-29 06:14:00	0,016439	567,7076	2	0,53715	0,017296	0,070477	87,7	1,8	0,999	0,04	0,032	-0,999	-0,05	0,008													
2021-03-29 06:15:00	0,019493	569,9009	2	0,526295	0,017012	0,0839	87,9	2	0,999	0,036	0,035	-0,999	-0,048	0,012													
2021-03-30 06:10:00	0,017452	563,8877	2	0,567613	0,018154	0,07133	86,7	1,6	0,998	0,058	0,027	-0,998	-0,064	-0,005													
2021-03-30 06:11:00	0,018297	566,0763	2	0,556154	0,017856	0,076025	86,9	1,7	0,998	0,054	0,03	-0,998	-0,062	-0,001													
2021-03-30 06:12:00	0,018088	568,2609	2	0,544923	0,017563	0,076393	87,1	1,9	0,998	0,051	0,033	-0,998	-0,06	0,003													
2021-03-30 06:13:00	0,017243	570,4415	2	0,533918	0,017275	0,074117	87,3	2	0,998	0,047	0,035	-0,998	-0,058	0,007													
2021-03-30 06:14:00	0,017186	572,6181	2	0,523134	0,01699	0,075087	87,5	2,2	0,998	0,044	0,038	-0,998	-0,057	0,011													
2021-03-31 06:08:00	0,019629	564,4588	2	0,575827	0,018435	0,078778	86,1	1,6	0,997	0,069	0,028	-0,997	-0,074	-0,01													
2021-03-31 06:09:00	0,015929	566,6349	2	0,56421	0,018133	0,064432	86,3	1,7	0,997	0,065	0,031	-0,997	-0,072	-0,006													
2021-03-31 06:10:00	0,019277	568,807	2	0,552825	0,017835	0,079841	86,5	1,9	0,998	0,062	0,033	-0,998	-0,07	-0,002													
2021-03-31 06:11:00	0,016585	570,9751	2	0,541668	0,017542	0,070079	86,7	2	0,998	0,058	0,036	-0,998	-0,068	0,002													
2021-03-31 06:12:00	0,018933	573,1392	2	0,530733	0,017253	0,080907	86,9	2,2	0,998	0,055	0,038	-0,998	-0,067	0,006													
2021-03-31 06:13:00	0,016811	575,2994	2	0,520018	0,016968	0,073563	87,1	2,3	0,998	0,051	0,041	-0,998	-0,065	0,01													
2021-04-01 06:06:00	0,021205	567,1157	2	0,572398	0,018412	0,084252	85,6	1,8	0,997	0,076	0,031	-0,997	-0,082	-0,011													
2021-04-01 06:07:00	0,01665	569,2699	2	0,560857	0,018109	0,067959	85,8	1,9	0,997	0,073	0,034	-0,997	-0,08	-0,007													
2021-04-01 06:08:00	0,020553	571,4202	2	0,549546	0,017811	0,084384	86	2,1	0,997	0,069	0,036	-0,997	-0,078	-0,003													
2021-04-01 06:09:00	0,016698	573,5665	2	0,538462	0,017517	0,070697	86,2	2,2	0,997	0,066	0,039	-0,997	-0,076	0,001													
2021-04-01 06:10:00	0,020001	575,7089	2	0,527598	0,017228	0,084796	86,4	2,4	0,997	0,062	0,041	-0,997	-0,075	0,005													
2021-04-01 06:11:00	0,016919	577,8474	2	0,516952	0,016943	0,074146	86,6	2,5	0,997	0,059	0,044	-0,997	-0,073	0,009													
2021-04-01 06:12:00	0,020723	579,9819	2	0,506518	0,016662	0,089404	86,8	2,7	0,997	0,055	0,046	-0,997	-0,071	0,013													
2021-04-02 06:05:00	0,017393	569,7983	2	0,569022	0,01839	0,070105	85,2	2	0,996	0,084	0,034	-0,996	-0,09	-0,012													
2021-04-02 06:06:00	0,018766	571,9365	2	0,557557	0,018087	0,076928	85,4	2,1	0,996	0,08	0,037	-0,996	-0,088	-0,009													
2021-04-02 06:07:00	0,017935	574,0707	2	0,54632	0,017788	0,074848	85,6	2,2	0,996	0,077	0,039	-0,996	-0,086	-0,005													
2021-04-02 06:08:00	0,017403	576,2011	2	0,535308	0,017494	0,073863	85,8	2,4	0,996	0,073	0,042	-0,996	-0,084	-0,001													
2021-04-02 06:09:00	0,018403	578,3275	2	0,524515	0,017205	0,079104	86	2,5	0,997	0,07	0,044	-0,997	-0,083	0,003													
2021-04-02 06:10:00	0,017194	580,45	2	0,513937	0,01692	0,075424	86,2	2,7	0,997	0,066	0,047	-0,997	-0,081	0,007													
2021-04-02 06:11:00	0,017752	582,5686	2	0,50357	0,016639	0,078923	86,4	2,8	0,997	0,063	0,049	-0,997	-0,079	0,011													
2021-04-02 06:13:00	0,015543	570,3174	2	0,577323	0,018675	0,060148	84,5	2	0,995	0,095	-0,035	-0,995	-0,1	0,018													
2021-04-03 06:04:00	0,019812	572,4436	2	0,565702	0,018367	0,079698	84,7	2,1	0,995	0,092	0,037	-0,995	-0,098	-0,014													



	Corneal Irradiance		DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Sun Azimuth	Sun Altitude	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	S	Anzahl				Zeitraum Start	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag	Minuten im Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Messpunkt OP 4
	W/m²	W/m²															Tag	Minuten	Anfang	Ende							
2021-03-23 06:21:00	0,01078	550,5843	2	0,568886	0,017765	0,032632	90,2	0,6	1	-0,003	0,011	-1	-0,003	0,011	0,011												
2021-03-24 06:20:00	0,010851	553,5385	2	0,565356	0,01775	0,033333	89,7	0,8	1	0,005	0,014	-1	-0,011	0,01	0,01												
2021-03-25 06:17:00	0,010661	551,9092	2	0,573455	0,017951	0,0306	89,1	0,8	1	0,016	0,015	-1	-0,021	0,005	0,005												
2021-03-25 06:18:00	0,010873	554,1856	2	0,561857	0,017661	0,033996	89,3	1	1	0,012	0,017	-1	-0,019	0,009	0,009												
2021-03-26 06:16:00	0,010758	554,8285	2	0,569916	0,017935	0,031542	88,6	1	1	0,024	0,018	-1	-0,029	0,003	0,003												
2021-03-26 06:17:00	0,010939	557,0872	2	0,558392	0,017643	0,034645	88,8	1,2	1	0,02	0,02	-1	-0,028	0,007	0,007												
2021-03-26 06:18:00	0,011067	559,3419	2	0,5471	0,017357	0,037237	89,1	1,3	1	0,017	0,023	-1	-0,026	0,011	0,011												
2021-03-27 06:15:00	0,010892	559,9007	2	0,566413	0,017987	0,03244	88,2	1,2	0,999	0,031	0,021	-0,999	-0,037	0,002	0,002												
2021-03-27 06:16:00	0,011043	562,1319	2	0,554963	0,017694	0,035262	88,4	1,3	0,999	0,028	0,023	-0,999	-0,036	0,006	0,006												
2021-03-27 06:17:00	0,011155	564,3591	2	0,543743	0,017405	0,037713	88,6	1,5	0,999	0,024	0,026	-0,999	-0,034	0,01	0,01												
2021-03-28 06:12:00	0,010729	558,283	2	0,574561	0,018193	0,029926	87,6	1,2	0,999	0,042	0,021	-0,999	-0,047	-0,003	-0,003												
2021-03-28 06:13:00	0,010935	560,5053	2	0,56295	0,017897	0,033282	87,8	1,4	0,999	0,039	0,024	-0,999	-0,046	0,001	0,001												
2021-03-28 06:14:00	0,011058	562,7235	2	0,551574	0,017604	0,035861	88	1,5	0,999	0,035	0,026	-0,999	-0,044	0,005	0,005												
2021-03-28 06:15:00	0,011156	564,9377	2	0,540425	0,017316	0,038182	88,2	1,7	0,999	0,032	0,029	-0,999	-0,042	0,009	0,009												
2021-03-29 06:11:00	0,01082	561,1037	2	0,571064	0,018174	0,030836	87,1	1,4	0,998	0,05	0,024	-0,998	-0,056	-0,004	-0,004												
2021-03-29 06:12:00	0,011035	563,309	2	0,55953	0,017877	0,034236	87,3	1,5	0,999	0,047	0,027	-0,999	-0,054	0	0												
2021-03-29 06:13:00	0,011133	565,5103	2	0,548226	0,017584	0,036589	87,5	1,7	0,999	0,043	0,03	-0,999	-0,052	0,004	0,004												
2021-03-29 06:14:00	0,011214	567,7076	2	0,53715	0,017296	0,038769	87,7	1,8	0,999	0,04	0,032	-0,999	-0,05	0,008	0,008												
2021-03-30 06:10:00	0,010933	563,8877	2	0,567613	0,018154	0,031923	86,7	1,6	0,998	0,058	0,027	-0,998	-0,064	-0,005	-0,005												
2021-03-30 06:11:00	0,011128	566,0763	2	0,556154	0,017856	0,035129	86,9	1,7	0,998	0,054	0,03	-0,998	-0,062	-0,001	-0,001												
2021-03-30 06:12:00	0,01122	568,2609	2	0,544923	0,017563	0,037415	87,1	1,9	0,998	0,051	0,033	-0,998	-0,06	0,003	0,003												
2021-03-30 06:13:00	0,011282	570,4415	2	0,533918	0,017275	0,039428	87,3	2	0,998	0,047	0,035	-0,998	-0,058	0,007	0,007												
2021-03-30 06:14:00	0,011323	572,6181	2	0,523134	0,01699	0,041253	87,5	2,2	0,998	0,044	0,038	-0,998	-0,057	0,011	0,011												
2021-03-31 06:08:00	0,010819	564,4588	2	0,575827	0,018435	0,029465	86,1	1,6	0,997	0,069	0,028	-0,997	-0,074	-0,01	-0,01												
2021-03-31 06:09:00	0,01104	566,6349	2	0,56421	0,018133	0,032949	86,3	1,7	0,997	0,065	0,031	-0,997	-0,072	-0,006	-0,006												
2021-03-31 06:10:00	0,011189	568,807	2	0,552825	0,017835	0,035747	86,5	1,9	0,998	0,062	0,033	-0,998	-0,07	-0,002	-0,002												
2021-03-31 06:11:00	0,011305	570,9751	2	0,541668	0,017542	0,038214	86,7	2	0,998	0,058	0,036	-0,998	-0,068	0,002	0,002												
2021-03-31 06:12:00	0,011349	573,1392	2	0,530733	0,017253	0,040079	86,9	2,2	0,998	0,055	0,038	-0,998	-0,067	0,006	0,006												
2021-03-31 06:13:00	0,011382	575,2994	2	0,520018	0,016968	0,041837	87,1	2,3	0,998	0,051	0,041	-0,998	-0,065	0,01	0,01												
2021-04-01 06:06:00	0,010942	567,1157	2	0,572398	0,018412	0,030667	85,6	1,8	0,997	0,076	0,031	-0,997	-0,082	-0,011	-0,011												
2021-04-01 06:07:00	0,01114	569,2699	2	0,560857	0,018109	0,033916	85,8	1,9	0,997	0,073	0,034	-0,997	-0,08	-0,007	-0,007												
2021-04-01 06:08:00	0,011274	571,4202	2	0,549546	0,017811	0,036565	86	2,1	0,997	0,069	0,036	-0,997	-0,078	-0,003	-0,003												
2021-04-01 06:09:00	0,011388	573,5665	2	0,538462	0,017517	0,039012	86,2	2,2	0,997	0,066	0,039	-0,997	-0,076	0,001	0,001												
2021-04-01 06:10:00	0,011413	575,7089	2	0,527598	0,017228	0,040717	86,4	2,4	0,997	0,062	0,041	-0,997	-0,075	0,005	0,005												
2021-04-01 06:11:00	0,011438	577,8474	2	0,516952	0,016943	0,042412	86,6	2,5	0,997	0,059	0,044	-0,997	-0,073	0,009	0,009												
2021-04-02 06:05:00	0,011058	569,7983	2	0,569022	0,01839	0,031774	85,2	2	0,996	0,084	0,034	-0,996	-0,09	-0,012	-0,012												
2021-04-02 06:06:00	0,011235	571,9365	2	0,557557	0,018087	0,034821	85,4	2,1	0,996	0,08	0,037	-0,996	-0,088	-0,009	-0,009												
2021-04-02 06:07:00	0,011354	574,0707	2	0,54632	0,017788	0,037338	85,6	2,2	0,996	0,077	0,039	-0,996	-0,086	-0,005	-0,005												
2021-04-02 06:08:00	0,011463	576,2011	2	0,535308	0,017494	0,039727	85,8	2,4	0,996	0,073	0,042	-0,996	-0,084	-0,001	-0,001												
2021-04-02 06:09:00	0,011484	578,3275	2	0,524515	0,017205	0,041393	86	2,5	0,997	0,07	0,044	-0,997	-0,083	0,003	0,003												
2021-04-02 06:10:00	0,011494	580,45	2	0,513937	0,01692	0,042968	86,2	2,7	0,997	0,066	0,047	-0,997	-0,081	0,007	0,007												
2021-04-02 06:11:00	0,011493	582,5686	2	0,50357	0,016639	0,04444	86,4	2,8	0,997	0,063	0,049	-0,997	-0,079	0,011	0,011												
2021-04-03 06:04:00	0,011164	572,4436	2	0,565702	0,018367	0,032791	84,7	2,1	0,995	0,092	0,037	-0,995	-0,098	-0,014	-0,014												
2021-04-03 06:05:00	0,011323	574,5659	2	0,554313	0,018064	0,035662	84,9	2,3	0,995	0,088	0,04	-0,995	-0,096	-0,01	-0,01												
2021-04-03 06:06:00	0,011143	576,6843	2	0,543149	0,017766	0,038061	85,1	2,4	0,996	0,084	0,042	-0,996	-0,094	-0,006	-0,006												
2021-04-03 06:07:00	0,011497	578,7988	2	0,532208	0,017472	0,040116	85,4	2,6	0,996	0,081	0,045	-0,996	-0,093	-0,002	-0,002												
2021-04-03 06:08:00	0,011555	580,9095	2	0,521485	0,017182	0,042069	85,6	2,7	0,996	0,077	0,047	-0,996	-0,091	0,002	0,002												
2021-04-03 06:09:00	0,011547	583,0163	2	0,510975	0,016897	0,0435	85,8	2,9	0,996	0,074	0,05	-0,996	-0,089	0,006	0,006												
2021-04-03 06:10:00	0,011541	585,1191	2	0,500675	0,016616	0,04493	86	3	0,996	0,07	0,052	-0,996	-0,087	0,01	0,01												