

# SolPEG Blendgutachten Solarpark Tarzow

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

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	Au	ftrag	3
	1.1	Beauftragung	3
	1.2	Hintergrund und Auftragsumfang	3
2	Sys	tembeschreibung	4
	2.1	Standort Übersicht	4
	2.2	Umliegende Gebäude	7
3	Err	nittlung der potentiellen Blendwirkung	8
	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
4	Erg	gebnissegebnisse	16
	4.1	Ergebnisübersicht	16
	4.2	Ergebnisse am Messpunkt P1, A14 Süd	16
	4.3	Ergebnisse am Messpunkt P2, A14 Mitte	17
	4.4	Ergebnisse am Messpunkt P3, A14 Nord	19
	4.5	Ergebnisse am Messpunkt P4, Straße L102	20
	4.6	Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude Tarzow	21
5	Zus	sammenfassung der Ergebnisse	23
	5.1	Zusammenfassung	23
	5.2	Beurteilung der Ergebnisse	23
6	Sch	ılussbemerkung	23
7	An	hang24	- 38

SolPEG GmbH Normannenweg 17-21 D-20537 Hamburg Germany FON:+49 (0)40 79 69 59 36 FAX:+49 (0)40 79 69 59 38 info@solpeg.de http://www.solpeg.de

# SolPEG Blendgutachten

Analyse der Blendwirkung der geplanten PV Anlage Tarzow

### 1 Auftrag

### 1.1 Beauftragung

Die SolPEG GmbH ist durch die Enerparc AG beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlage "Tarzow" für die Verkehrsteilnehmer auf der Bundesautobahn A14 sowie für Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

### 1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

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

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist die sog. 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 "Tarzow" eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt für Verkehrsteilnehmer auf der A14 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 widergegeben, eine weiterführende Beschreibung von theoretischen Hintergründen u.a. zu Berechnungsformeln kann im Rahmen dieses Dokumentes nicht erfolgen.

07.09.2021

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Die Lichtleitlinie ist u.a. hier abrufbar: http://www.solpeg.de/LAI\_Lichtleitlinie\_2012.pdf



# 2 Systembeschreibung

### 2.1 Standort Übersicht

Die Flächen des Solarparks befinden sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet nordöstlich der Ortschaft Tarzow, ca. 12,5 km südöstlich von Wismar in Mecklenburg-Vorpommern. Zwischen den Flächen verläuft auf einer Länge von ca. 650 m die Autobahn A14. Lt. Planungsunterlagen sind Abstände zur A14 berücksichtigt. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Ehemalige Kiesgruben nordöstlich der Ortschaft
	Tarzow in Mecklenburg-Vorpommern. Die Flächen
	sind leicht abfallend nach Süden.
Koordinaten (Mitte)	53.818°N, 11.590°O, 55 m ü.N.N.
Grenzlänge entlang A14	ca. 650 m (Teilfläche Ost)
Abstand zum Fahrbahnrand	ca. 40 m (Teilfläche Ost)
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 160 m (südöstlich)

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 Flächen (Quelle: Google Earth/SolPEG)



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



Aktuelle Fotos der PV Anlage. Blick von Nordosten über die Teilfläche Ost Richtung Südwesten.



Bild 2.1.4: Detailansicht der PV Fläche Ost (Quelle: SolPEG, Ortsbegehung)

Blick von Südwesten über die Teilfläche West Richtung Nordosten.



Bild 2.1.5: Detailansicht der PV Fläche West (Quelle: 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 West und die relevante Umgebung. Gemäß Reflexionsgesetz könnten Gebäude im Süden wahrscheinlich nicht von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Darüber hinaus sind diese von Büschen und Bäumen umgeben sodass kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage vorhanden ist. Der Standort wird dennoch analysiert. Andere Gebäude in der Umgebung der PV Anlage oder einzelne landwirtschaftliche Gebäude sind aufgrund der Lage, des Einfallswinkels und der Entfernung nicht von Reflexionen durch die PV Anlage betroffen und werden nicht weiter analysiert. Details sind im Abschnitt 4 aufgeführt.



Bild 2.2.1: Teilfläche West der 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:

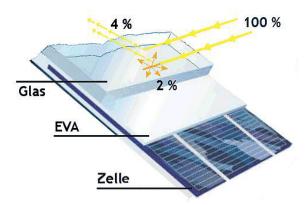


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: Internet/SolPEG)

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

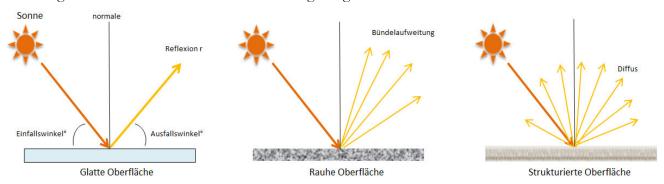


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Planungsunterlagen sollen PV Module des Herstellers LONGi zum Einsatz kommen, die lt. vorliegender Stellungnahme des Herstellers über Anti-Reflexions-Eigenschaften verfügen. 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 Parameters	Operating Parameters
Cell Orientation: 144 (6×24)	Operational Temperature: -40 °C ~ +85 °C
Junction Box: IP68, three diodes	Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W
Output Cable: 4mm², 300mm in length,	Voc and Isc Tolerance: ±3%
length can be customized	Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)
Glass: Dual glass	Maximum Series Fuse Rating: 25A
2.0mm coated tempered glass	Nominal Operating Cell Temperature: 45±2 $^{\circ}\mathrm{C}$

Bild 3.2.5: Auszug aus LONGi Moduldatenblatt, siehe auch Anhang



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

### 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, Lambertsches 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:

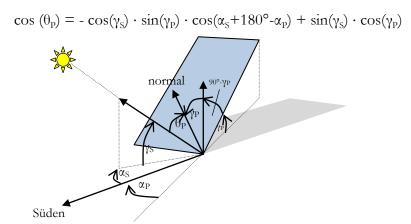


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

Die unter 3.2 aufgeführten generellen Eigenschaften von PV Modulen (Glasoberfläche, Antireflexionsschicht) 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 Laboratories<sup>4</sup>, New Mexico überprüft.

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

<sup>&</sup>lt;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>&</sup>lt;sup>4</sup> Webseite der Sandia National Laboratories: http://www.sandia.gov



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

### 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.

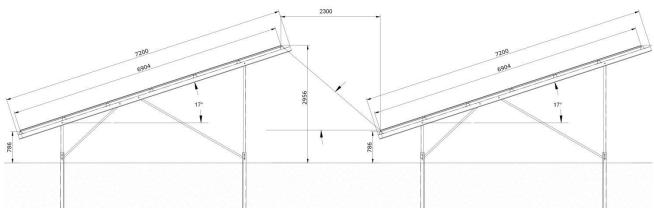


Bild 3.3.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Planungsunterlagen/SolPEG)

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

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul Hersteller / Typ	LONGi, Monokristallin
Moduloberfläche	Hochtransparentes Anti-Reflexions-Glas
Unterkonstruktion	Modultische mit fester Neigung
Modulinstallation	6 Module quer übereinander
Achsen-Ausrichtung (Azimut)	180° (Süden)
Modulneigung	17°
Höhe der Modulfläche über Boden	ca. 0,8 m bis ca. 2,95 m
Mittlere Höhe der Modulfläche für Simulation	2 m
Anzahl Messpunkte Straße	4 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Anzahl Messpunkte Gebäude	1 Messpunkt
Höhe Messpunkte über Boden	2 m (gemittelte Höhe)
Azimut Blickrichtung Fahrzeugführer <sup>5</sup>	Fahrtrichtung +/- 20°

<sup>&</sup>lt;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 (Immissionsorte) 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 Erfahrungswertem 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 Tarzow wurden insgesamt 5 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkte im Verlauf der A14, sowie 1 Messpunkt auf der L102 und 1 Messpunkt im Bereich der Gebäude südwestlich. 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 5 gewählten Messpunkte P1-P5:



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

SolPEG GmbH Normannenweg 17-21 D-20537 Hamburg Germany FON:+49 (0)40 79 69 59 36 FAX:+49 (0)40 79 69 59 38 info@solpeg.de http://www.solpeg.de

### 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 belästigter Personen in der exponierten Bevölkerung will man zulassen? Die Wissenschaft müsste aber eine Aussage darüber liefern können, welche Expositionsdauer zu welchem Anteil stark Belästigter 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.

SolPEG GmbH Normannenweg 17-21 D-20537 Hamburg Germany FON:+49 (0)40 79 69 59 36 FAX:+49 (0)40 79 69 59 38 info@solpeg.de http://www.solpeg.de

### 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 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.

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



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

### 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. TMY<sup>7</sup>) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2019 eine mittlere Wolkenbedeckung<sup>8</sup> 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/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 Labortories (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.

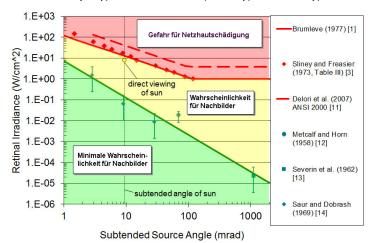


Bild 3.6.1: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Labortories, siehe auch Diagramme im Anhang)

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Handbuch: <a href="https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf">https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf</a>

<sup>8</sup> 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

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

## Ergebnisse

#### 4.1 Ergebnisübersicht

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Tarzow wird für 3 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 3.6.1 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.

Die folgende Tabelle 3 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. In Bezug auf das PV Feld Süd sind nach Bereinigung der Rohdaten keine Reflexionen mehr nachweisbar. Lediglich durch das PV Feld Nord sind potentielle Reflexionen möglich. Diese werden im weiteren Verlauf von Abschnitt 4 für die jeweiligen Messpunkte gesondert beschrieben.

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

Messpunkt	PV Feld West	PV Feld Ost
P1 A14 Süd	-	-
P2 A14 Mitte	-	401 <sup>W</sup>
P3 A14 Nord	-	-
P4 Straße L102	487 <sup>GW</sup>	540 <sup>EGW</sup>
P5 Gebäude südöstlich	1803 <sup>G</sup>	-

W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

#### 4.2 Ergebnisse am Messpunkt P1, A14 Süd

Messpunkt P1 auf der A14 kann aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz nicht von Reflexionen durch die PV Teilfläche Ost erreicht werden. Zur Teilfläche West besteht aufgrund der Geländestruktur keine direkte Sichtverbindung. Eine Beeinträchtigung für Fahrzeugführer im Bereich von Messpunkt P1 durch die PV Anlage kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

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

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



### 4.3 Ergebnisse am Messpunkt P2, A14 Mitte

Messpunkt P2 auf der A14 kann aufgrund des Strahlenverlaufes rein rechnerisch von Reflexionen durch die PV Anlage (Teilfläche Ost) erreicht werden. Bei der Fahrt Richtung Südosten liegen die Einfallswinkel der Reflexionen mit -51° bis -80° links (östlich) zur Fahrtrichtung allerdings deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung +/-20°).

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 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel (Fahrtrichtung +/-20°, ca. 100m). Im gelb/weiß markierten Bereich östlich der Fahrbahn können bei der Fahrt Richtung Südosten theoretisch morgens Reflexionen durch die PV Teilfläche Ost auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleiner bzw. schmaler.

Eine Beeinträchtigung für Fahrzeugführer im Bereich von Messpunkt P2 kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.





Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P2 auf der A14 allerdings hier bei der Fahrt Richtung Nordwesten. Der für Fahrzeugführer relevante Sichtbereich ist leicht aufgehellt.

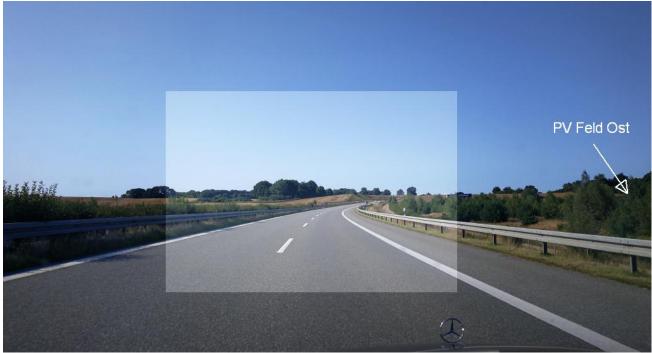


Bild 4.3.2: Messpunkt P2, Fahrt Richtung Nordwest (Quelle: SolPEG)

Das Foto verdeutlicht, dass das PV Feld Ost auch bei der Fahrt Richtung Nordwesten außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels liegt und zeigt darüber hinaus den natürlichen Sichtschutz durch Büsche und Bäume. Da dieser Bewuchs nicht dauerhaft vorhanden sein muss, wurde er bei der Bewertung einer potentiellen Blendwirkung allerdings nicht berücksichtigt.



### 4.4 Ergebnisse am Messpunkt P3, A14 Nord

Nach Bereinigung der Rohdaten sind im Bereich von Messpunkt P3 keine Reflexionen durch die PV Anlage mehr nachweisbar. Eine Beeinträchtigung für Fahrzeugführer kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P3. Die jeweiligen Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt 3.6 ausgeführt sind jeweils die Rohdaten mit den theoretischen Maximalwerten dargestellt die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können. Der Wert von 789 Minuten entspricht den unbereinigten Rohdaten und dieser Wert liegt bereits unterhalb der Empfehlungen der LAI Lichtleitlinie.

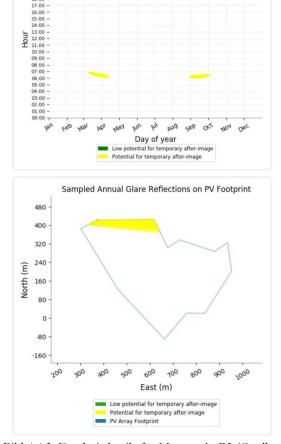
### PV Feld Ost - OP Receptor (OP 3)

23:00 -22:00 -21:00 -20:00 -19:00 -

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

Annual Predicted Glare Occurrence

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



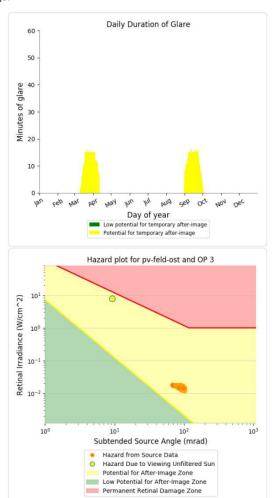


Bild 4.4.3: Ergebnisdetails für Messpunkt P3 (Quelle: Simulationsergebnisse)

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



### 4.5 Ergebnisse am Messpunkt P4, Straße L102

Messpunkt P4 auf der L102 östlich der PV Teilfläche West kann aufgrund des Strahlenverlaufes rein rechnerisch von Reflexionen durch die PV Anlage (Teilfläche West) erreicht werden. In der Realität befindet sich zwischen der Straße un der PV Anlage allerdings ein ca. 3 m hoher Erdwall sodass kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Eine Beeinträchtigung von Verkehrsteilnehmern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze dennoch die Situation am Messpunkt P4 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.



Bild 4.5.1: Simulation am Messpunkt P4 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Das folgende Bild zeigt die Situation im Bereich von Messpunkt P4 in der Realität, Blick Richtung Südosten. Auch weiteren Verlauf der L102 ist kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden.



Bild 4.5.2: Messpunkt P4 in der Realität, Blick Richtung Südosten (Quelle: SolPEG, Ortsbegehung)



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

#### Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude Tarzow 4.6

Auch am Messpunkt P5 im Bereich der Gebäude der Ortschaft Tarzow können theoretisch Reflexionen durch die PV Teilfläche West auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 10. Mai und dem 02. August abends zwischen 18:34 - 19:18 Uhr für maximal 29 Minuten pro Tag<sup>9</sup> auftreten. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse in der Übersicht.

Tabelle 4: Mögliches Auftreten und Dauer von Reflexionen am Messpunkt P4

	itraum eginn	Zeitraum Ende	Minuten pro Tag (max.)	Minuten im Zeitraum	Erstes Auftreten	Letztes Auftreten
10	). Mai	02. August	29	1803	18:34	19:18

Das folgende Diagramm verdeutlicht die Verteilung der aufgeführten Minuten pro Tag im Jahresverlauf bzw. im relevanten Zeitraum Mai - August.

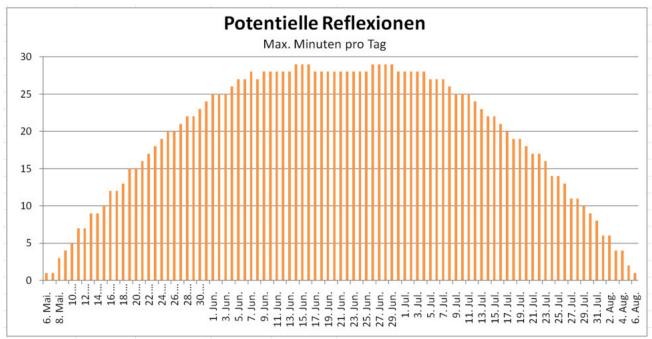


Bild 4.6.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Die Gebäude liegen in Entfernung von ca. 160 m zur Immissionsquelle und sind von einem natürlichen Sichtschutz aus Büschen und Bäumen umgeben, sodass ein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle nicht vorhanden ist. Die rechnerisch ermittelten Werte sind daher zu reduzieren bzw. gänzlich zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

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).

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Generell wird das Auftreten von Reflexionen an weniger als 5 Minuten pro Tag nicht berücksichtigt (Messunsicherheit)



Die folgenden Fotos zeigen den Bereich der Gebäude in der Realität und verdeutlichen, dass kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle besteht.



Bild 4.6.2: Simulation am Messpunkte P5 (Quelle: SolPEG)



Bild 4.6.3: Simulation am Messpunkte P5 (Quelle: SolPEG)

Andere Gebäude in der weiteren Umgebung wurden nicht näher untersucht, da aufgrund der Lage und der Entfernung und den örtlichen Gegebenheiten nicht mit Reflexionen durch die PV Anlage zu rechnen ist.



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

## 5 Zusammenfassung der Ergebnisse

### 5.1 Zusammenfassung

Die Analyse von 5 exemplarisch gewählten Messpunkten im Bereich der geplanten PV Anlage Tarzow zeigt für Verkehrsteilnehmer auf der A14 eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Diese liegen allerdings deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und sind daher zu vernachlässigen. Verkehrsteilnehmer auf der L102 sind nicht von potentiellen Reflexionen betroffen, da die PV Anlage nicht einsehbar hinter einem Erdwall verborgen liegt. Auch Gebäude der Ortschaft Tarzow sind nicht von Reflexionen durch die PV Anlage betroffen da ein ausgeprägter Sichtschutz durch Büsche und Bäume einen direkten Sichtkontakt zur Immissionsquelle verhindert. Weiter entfernte Gebäude wurden nicht weiter analysiert. 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 "Tarzow" kann als "geringfügig" klassifiziert<sup>10</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.

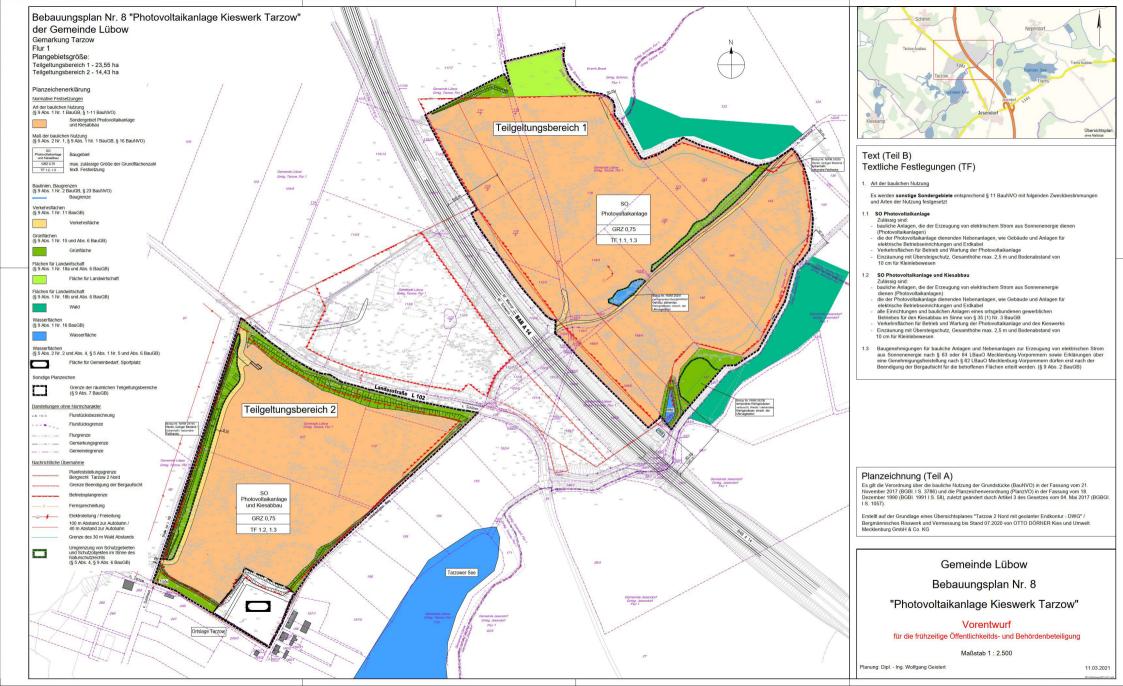
# 6 Schlussbemerkung

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 07.09.2021

Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse





# LR4-72HBD 425~455M



High Efficiency Low LID Bifacial PERC with Half-cut Technology

"Both 6BB & 9BB are available



### Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC61730, UL61736

15O 9001:2008: 5O Quality Management System

ISO 14003: 2004: ISO Environment Management System

T562901: Guideline for module design qualification and type approval OHSAS 58001: 2007 Occupational Health and Safety







 Specifications subject to technical changes and tests. LONG: Solar reserves the right of interpretation.

### Front side performance equivalent to conventional low LID mono PERC:

- High module conversion efficiency (up to 20.9%)
- Better energy yield with excellent low irradiance performance and temperature coefficient
- First year power degradation <2%

Bifacial technology enables additional energy harvesting from rear side (up to 25%)

Glass/glass lamination ensures 30 year product lifetime, with annual power degradation < 0.45%, 1500V compatible to reduce BOS cost

Solid PID resistance ensured by solar cell process optimization and careful module BOM selection

Reduced resistive loss with lower operating current

Higher energy yield with lower operating temperature

Reduced hot spot risk with optimized electrical design and lower operating current



Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly, LONGs have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

### Design (mm)

### Operating Parameters

Cell Orientation: 144 (6x24) Junction Box IP68, Three diodes Output Cable: 4mm<sup>1</sup>, 300mm in length, length can be customized.

Glass: Duel plans

2.0mm coated tempered glass Frame: Anodized aluminum alloy frame Weight: 27.5kg

Dimension: 2094<3088×35mm Padaging: 30pcs per palet

> 150pcs per 2015P 660pcs per 40°HC

Operational Temperature: -40 C = +85 C Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W Vocand lic Tolerance: ±3% Maximum System Voltage: DC1500V (EC/LL)

Maximum Series Fuse Rating: 25A. Nominal Operating Cell Temperature: 45±2 C

Safety Class: Class II Fire Rating: UL type 5: Bladality: Glarings70%

Electrical Characteristics	1										Test	uncertain	dy for Pm	nt: ±3%
Model Number	U84-72H	BD-425M	184-729	80-13018	U14-72H	80-435M	184-72н	BD-440M	184-728	BD-445M	184-728	80-450M	1314-7219	80-4558
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	stic	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	425	316.0	430	319.7	435	323.5	440	327.2	446	330.9	450	33A.6	455	338.3
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48.7	45.4	48.9	45.6	49.1	45.7	49.2	45.8	49.4	46.0	49.6	46.2	49,8	45.4
Short Circuit Current (Isc/A)	11.22	9.08	11.30	9.14	11.36	9.20	11.45	9.27	11.52	9.32	11.58	9.38	11.65	9,43
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	40.4	37.5	40.6	37.7	40.8	37.9	41.0	38.1	41.2	38.7	41.4	38.4	41.6	38.6
Current at Maximum Power (Imp/A)	30.52	8.42	10.60	8.49	10.66	8.54	10.71	8.60	10.80	8.61	10.87	8.70	10.93	8.76
Module Efficiency(%)	15	2.6	13	NR.	- 2	0.0	20	1.2	- 21	0.5	20	2.7	2	0.9

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20 C., Spectra at AM1.5, Wind at 1m/5

### Electrical characteristics with different rear side power gain (reference to 445W front)

Pmax /W	Voc/V	Isc/A	Vmp/V	Imp /A	Pmax gain
467	49.4	12.09	41.2	11.34	5%
490	49.4	12.67	41,2	11.88	10%
512	49.5	13.24	41.3	12.42	15%
534	49.5	13.82	41.3	12.96	20%
. 556	49.5	14,40	41.3	13.50	25%

### Temperature Ratings (STC)

### Mechanical Loading

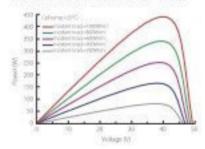
Temperature Coefficient of Isc +0.050%/ C Front Side Maximum Static Loading 5400Pa Rear Side Maximum Static Loading 2400Pa -0.284%/ C Temperature Coefficient of Voc

Temperature Coefficient of Pmax -0.350%/ C Hailstone Test 25mm Hallstone at the speed of 23m/s

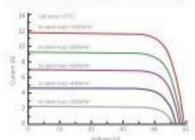
### I-V Curve

### Current-Voltage Curve (LR4-72HBD-440M)

### Power-Voltage Curve (LR4-72HBD-440M)



### Current-Voltage Curve (LR4-72HBD-440M)





Abom 801, Tower 3, Julianui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China Tel: +86-21-80362606 E-mail: module@longi-slicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGi-Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly, LONGs have the sole right to make such modification at acytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.



ForgeSolar

# Solarpark

# **Tarzow**

Created Sept. 6, 2021 Updated Sept. 8, 2021 Time-step 1 minute Timezone offset UTC1 Site ID 58379.10413

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



### Misc. Analysis Settings

DNI: varies (1,000.0 W/m^2 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 Ost	17.0	180.0	0	6,897	-
PV Feld West	17.0	180.0	0	6,801	-

# **Component Data**

### PV Array(s)

Total PV footprint area: 289,441 m/2

Name: PV Feld Ost

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 17.0 deg Orientation: 180.0 deg Footprint area: 183,165 m^2

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		Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	53.820171	11.587481	54.74	2.00	56.74
2	53.820507	11.588554	57.09	2.00	59.09
3	53.820526	11.592266	54.41	2.00	56.41
4	53.819430	11.593157	54.63	2.00	56.63
5	53.819734	11.593940	55.72	2.00	57.72
6	53.819284	11.596236	47.73	2.00	49.73
7	53.819633	11.597084	45.55	2.00	47.55
8	53.818518	11.597341	44.63	2.00	46.63
9	53.816884	11.595592	42.61	2.00	44.61
10	53.816890	11.594401	41.73	2.00	43.73
11	53.815883	11.592953	45.63	2.00	47.63
12	53.817809	11.589906	47.03	2.00	49.03

Name: PV Feld West

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 17.0 deg

Orientation: 180.0 deg Footprint area: 106,276 m^2

Rated power: -

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	53.816707	11.582889	56.52	2.00	58.52
2	53.815947	11.585078	51.03	2.00	53.03
3	53.815668	11.588404	52.51	2.00	54.51
4	53.812995	11.583748	55.80	2.00	57.80
5	53.813261	11.582718	54.71	2.00	56.71
6	53.812678	11.582181	54.54	2.00	56.54
7	53.813185	11.580744	55.61	2.00	57.61

### **Discrete Observation Receptors**

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	53.815009	11.593753	46.93	2.00	48.93
OP 2	53.817474	11.589505	47.97	2.00	49.97
OP 3	53.820400	11.586501	57.14	2.00	59.14
OP 4	53.816246	11.584977	54.67	2.00	56.67
OP 5	53.812584	11.584097	55.22	2.00	57.22

# **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 Ost	17.0	180.0	0	6,897	-	
PV Feld West	17.0	180.0	0	6,801	-	

### 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-ost (green)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-feld-ost (yellow)	0	0	266	489	538	539	546	516	431	4	0	0
pv-feld-west (green)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pv-feld-west (yellow)	0	0	24	443	837	848	859	647	117	0	0	0

# **PV & Receptor Analysis Results**

Results for each PV array and receptor

### PV Feld Ost potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	0	2873
OP: OP 3	0	789
OP: OP 4	0	3235
OP: OP 5	0	0

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

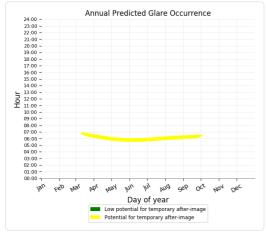
No glare found

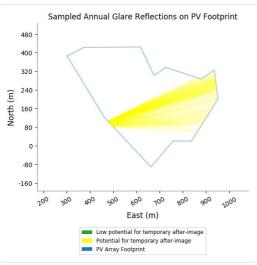
### PV Feld Ost - OP Receptor (OP 2)

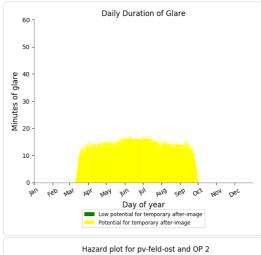
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

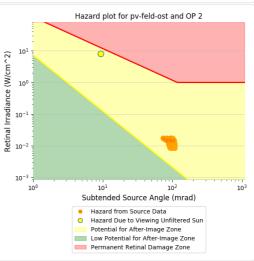
• 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.

• 2,873 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.







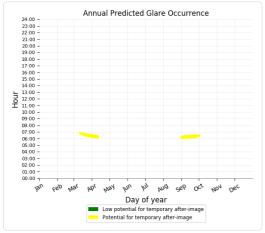


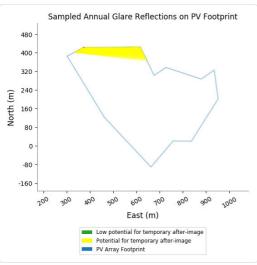
### PV Feld Ost - OP Receptor (OP 3)

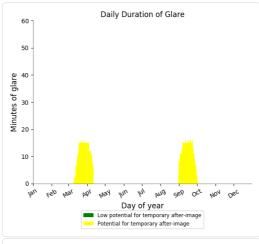
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

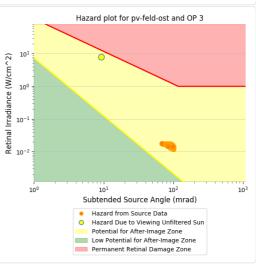
• 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.

• 789 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.







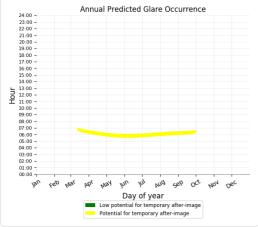


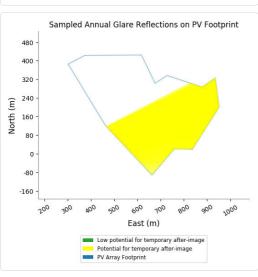
### PV Feld Ost - OP Receptor (OP 4)

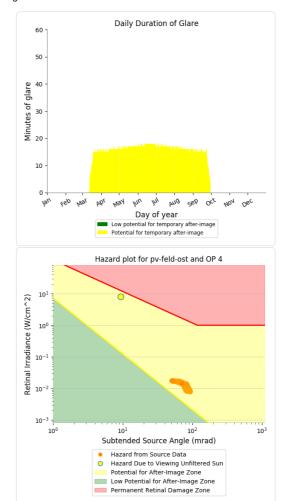
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

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

• 3,235 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.







PV Feld Ost - OP Receptor (OP 5)

No glare found

## PV Feld West potential temporary after-image

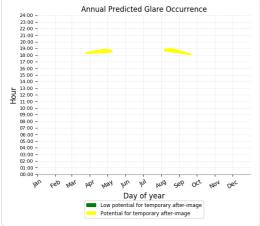
Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	1044
OP: OP 2	0	0
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	0	2004
OP: OP 5	0	3753

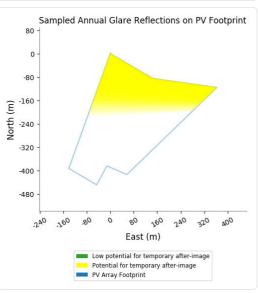
### PV Feld West - OP Receptor (OP 1)

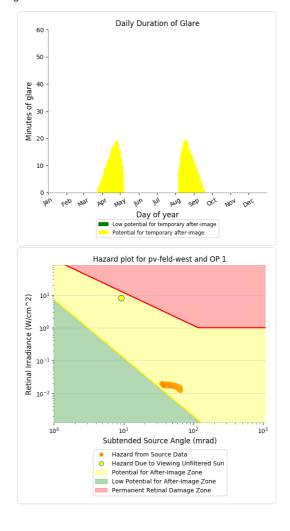
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

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

• 1,044 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.







PV Feld West - OP Receptor (OP 2)

No glare found

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

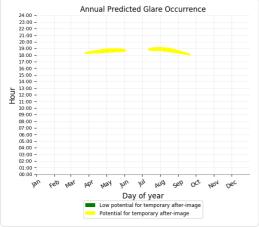
No glare found

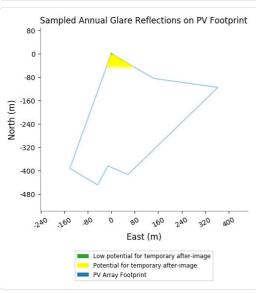
### PV Feld West - OP Receptor (OP 4)

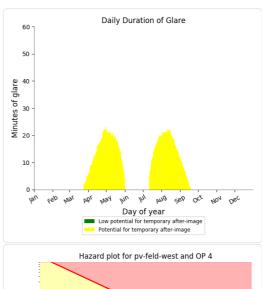
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

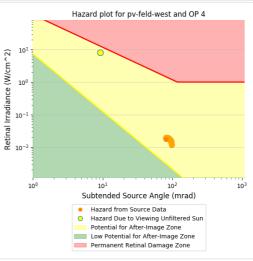
• 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.

• 2,004 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.





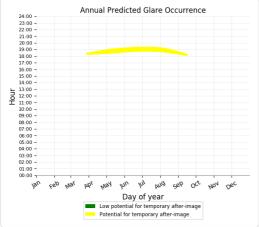


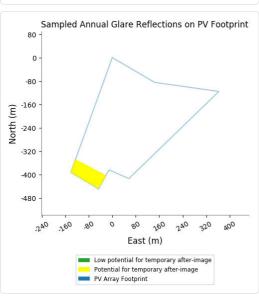


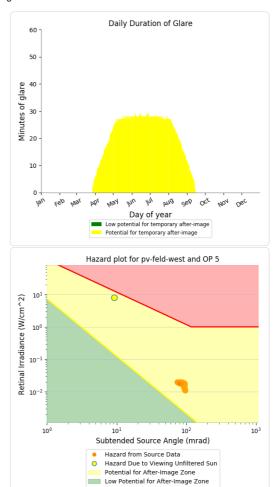
### PV Feld West - OP Receptor (OP 5)

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.
- 3,753 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.







Permanent Retinal Damage Zone

# **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	DNI	Ocular	Reflectivity	Retinal	Subtended	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Reflected	Reflected	Reflected S		Anzahl			Zeitraum	Zeitraum	Minuten	Minuten in	n				
	Irradiance	(W/m^2)	Hazard #		Irradiance	Glare Angle	Azimuth	Altitude	Position	Position	Position	Sun Vector	Sun Vector S	un Vector u	Tag	Minuten	Anfang	Ende	Start	Ende	pro Tag	Zeitraum		ste Zeit Le	tzte Zeit	Messpunkt OP 2	
2021-03-11 06:50:00	0,022307	541,8698	2	0,47611	0,014633	0,102129	97,6	0,1	0,991	-0,133	0,002	-0,991	0,109	0,076	24. Apr.	1	06:11	06:11	27.04.2021	07.05.2021		8	66	06:00	06:10	•	
2021-03-12 06:48:00	0,018365	542,513	2	0,484048	0,014894	0,088834	97	0,1	0,993	-0,122	0,002	-0,993	0,1	0,07	25. Apr.	3	06:09	06:11	12.07.2021	15.08.2021	. 1	.4 3	335	06:00	06:16		
2021-03-12 06:49:00	0,021635	545,0034	2	0,474042	0,014653	0,100214	97,2	0,3	0,992	-0,126	0,005	-0,992	0,101	0,074	26. Apr.	4	06:07	06:10									
2021-03-13 06:44:00	0,022733	540,6841	2	0,502528	0,015411	0,100159	96,2	0	0,994	-0,107	0	-0,994	0,089	0,06	27. Apr.	5	06:06	06:10				Potentielle	Refle	kionen am N	1esspunk	et OP 2:	
2021-03-13 06:45:00	0,01934	543,1559	2	0,492125	0,015161	0,09106	96,4	0,2	0,994	-0,111	0,003	-0,994	0,09	0,065	28. Apr.	5	06:05	06:09				4	101 Mi	nuten pro Ja	hr (Sumn	ne gesamt)	
2021-03-13 06:46:00	0,018222	545,6231	2	0,481939	0,014914	0,088226	96,6	0,3	0,993	-0,114	0,006	-0,993	0,092	0,069	29. Apr.	7	06:01	06:08				3	35 Mi	nuten pro Ja	chtschutz durch Blattwerk (Juni-September)		
2021-03-13 06:47:00	0,018961	548,0855	2	0,471968	0,014672	0,091901	96,8	0,5	0,993	-0,118	0,008	-0,993	0,093	0,073	30. Apr.	8	06:00	06:07					66 Mi	nuten pro Ja	hr ohne S	Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)	
2021-03-14 06:42:00	0,018745	541,3563	2	0,51093	0,015688	0,086739	95,5	0,1	0,995	-0,096	0,001	-0,995	0,079	0,055	1. Mai.	7	06:00	06:07					14 Mi	nuten pro Ta	ag (Max)		
2021-03-14 06:43:00	0,020908	543,8124	2	0,500341	0,015433	0,094909	95,7	0,2	0,995	-0,1	0,003	-0,995	0,081	0,059	2. Mai.	7	06:00	06:06									
2021-03-14 06:45:00	0,017863	548,7107	2	0,479825	0,014933	0,086816	96,1	0,5	0,994	-0,107	0,009	-0,994	0,084	0,067	3. Mai.	6	06:01	06:06					Pai	ameter für l	Daten Ber	reinigung (Datensatz mit 2874 Einträgen):	
2021-03-14 06:46:00	0,017065	551,1528	2	0,469889	0,014689	0,084844	96,3	0,6	0,994	-0,11	0,011	-0,994	0,085	0,071	4. Mai.	5	06:01	06:05					1.:	Zeitraum zw	ischen 0	6:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnenuntergang)	
2021-03-14 06:47:00	0,022053	553,5903	2	0,46016	0,014448	0,1022	96,5	0,8	0,993	-0,114	0,014	-0,993	0,087	0,075	5. Mai.	6	06:00	06:05					2.:	Sonnenstan	d über Ho	orizont ist min. 10° (Standard: min. 10°)	
2021-03-15 06:40:00	0,022454		2	0,519476		0,097223	94,9	0,1	0,996	-0,085	0,001	-0,996	0,07	0,049	6. Mai.	5	06:00	06:04					3.:	Dauer der R	eflexion i	ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minu	ten)
	0,020939		2		0,015709		95,1	0,2	0,996	-0,089	0,004	-0,996	0,071	0,053	7. Mai.	5	06:00	06:04									
2021-03-15 06:42:00	0,017041				0,015452		95,3	0,4	0,996	-0,092	0,007	-0,996	0,073	0,057	8. Mai.	3	06:00	06:02									
2021-03-15 06:43:00	0,023072				0,015199		95,5	0,5	0,995	-0,096	0,009	-0,995	0,074	0,061	9. Mai.	3	06:00	06:02								Address du	
2021-03-15 06:44:00	0,018601	551,769		0,477708		0,089429	95,7	0,7	0,995	-0,099	0,012	-0,995	0,076	0,065	10. Mai.	3	06:00	06:02					1	Potentie	elle Re	eflexionen	
2021-03-15 06:45:00	0,020726	554,191			0,014704	0,09738	95,9	0,8	0,995	-0,103	0,014	-0,995	0,077	0,069	11. Mai.	2	06:00	06:01						Max.	Minuter	n pro Tag	
2021-03-15 06:46:00		556,6084		0,458115			96,1	1	0,994	-0,106	0,017	-0,994	0,079	0,073	12. Mai.	2	06:00	06:01		30 —						1910 100	
2021-03-16 06:38:00	0,022814	542,717		-	0,016258		94,3	0,1	0,997	-0,074	0,002	-0,997	0,06	0,043	13. Mai.	1	06:00	06:00									
2021-03-16 06:39:00	0,019544			0,517204			94,5	0,3	0,997	-0,078	0,005	-0,997	0,062	0,047	14. Mai.	1	06:00	06:00		25							
2021-03-16 06:40:00	0,021224	547,563		0,506469			94,7	0,4	0,997	-0,081	0,007	-0,997	0,063	0,051	15. Mai.	1	06:00	06:00		-							
2021-03-16 06:41:00	0,020627			0,495958			94,9	0,6	0,996	-0,085	0,01	-0,996	0,065	0,055	1. Jul.	1	06:00	06:00		20							
2021-03-16 06:42:00	0,02194			0,485667			95,1	0,7	0,996	-0,088	0,012	-0,996	0,066	0,059	2. Jul.	2	06:00	06:01		2.0							
2021-03-16 06:43:00	0,018016			0,475592			95,3	0,8	0,996	-0,092 -0,095	0,015	-0,996 -0,995	0,068	0,064	3. Jul.	2	06:00	06:01		15							
2021-03-16 06:44:00 2021-03-16 06:45:00	0,01795			0,465729			95,5 95,7	1,1	0,995	-0,095	0,017	-0,995	0,069	0,068	4. Jul.	2	06:00	06:01 06:01		15						man, III a	
2021-03-16 06:45:00	0,017286			0,436072			95,7	1,1	0,995	-0,099	0,022	-0,995	0,071	0,072	5. Jul. 6. Jul.	3	06:00	06:01		1 00						millin na.	
	0,022139			0,537013			93,6	0,1	0,998	-0,102	0,022	-0,998	0,072	0,070	7. Jul.	3	06:00	06:02		10	.U						1
	0,023383			0,537013			93,8	0,3	0,998	-0,066	0,002	-0,998	0,052	0,041	8. Jul.	4	06:00	06:03			10						h. 🖃
2021-03-17 06:37:00	0,021033			0,523830			94	0,3	0,998	-0,000	0,003	-0,998	0.054	0,041	9. Jul.	4	06:00	06:03		5	HHHH						<del>                                     </del>
	0,017878				0,015679		94,2	0,6	0,997	-0,074	0,008	-0,997	0,055	0,045	10. Jul.	4	06:00	06:03			HIIIIII	lu .				unii liilii liilii liilii liilii	
2021-03-17 06:39:00	0,020516			0,493767		0,093762	94,4	0,7	0,997	-0,077	0,013	-0,997	0,057	0,054	11. Jul.	4	06:00	06:03		0 144	<del>инини</del>	1111111111111	1,1,1,1	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	1.1.1.1.1.1	<del>~~~~~********************************</del>	<del>      </del>
	0,017047			0,483516			94,6	0,9	0,997	-0,081	0,015	-0,997	0,058	0,058	12. Jul.	5	06:00	06:04		2,2,2	1	228822	28.	255555	5555	######################################	114.
2021-03-17 06:41:00	0,023087			0,473479			94,8	1	0,996	-0,084	0,018	-0,996	0,06	0,062	13. Jul.	6	06:00	06:05			8.6.4.2 8.6.4.2 8.6.4.2 8.6.4.2			18.27.6	9.75	23. 1 22. 23. 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
2021-03-17 06:42:00	0,019127			0,463653			95	1,2	0,996	-0.088	0,02	-0.996	0,061	0,066	14. Jul.	6	06:00	06:05		200	4 (11)					MANAGE	
	0,019186			0,454032			95,2	1,3	0,996	-0,091	0,023	-0,996	0,063	0,07	15. Jul.	6	06:00	06:05									
	0,021557			0,444613			95,4	1,5	0,995	-0,095	0,026	-0,995	0,064	0,074	16. Jul.	6	06:00	06:05									
2021-03-18 06:34:00	0,021996		2				93,2	0,3	0,998	-0,055	0,006	-0,998	0,043	0,036	17. Jul.	7	06:00	06:06									
2021-03-18 06:35:00	0,018198		2	0,523545			93,4	0,5	0,998	-0,059	0,008	-0,998	0,044	0,04	18. Jul.	7	06:00	06:06									
2021-03-18 06:36:00		551,2335		0,512664		-	93,6	0,6	0,998	-0,062	0,011	-0,998	0,046	0,044	19. Jul.	7	06:00	06:06									
2021-03-18 06:37:00	0,022507	553,6083	2	0,502011	0,015763	0,098176	93,8	0,8	0,998	-0,066	0,013	-0,998	0,047	0,048	20. Jul.	8	06:00	06:07									
2021-03-18 06:38:00	0,023082	555,9786			0,015502		94	0,9	0,997	-0,069	0,016	-0,997	0,049	0,052	21. Jul.	9	06:00	06:08									
2021-03-18 06:39:00	0,022322	558,3445	2	0,48137	0,015244	0,099714	94,2	1,1	0,997	-0,073	0,018	-0,997	0,05	0,056	22. Jul.	9	06:00	06:08									
2021-03-18 06:40:00	0,022328	560,7058	2	0,471372	0,014991	0,100741	94,4	1,2	0,997	-0,076	0,021	-0,997	0,052	0,06	23. Jul.	10	06:00	06:09									
2021-03-18 06:41:00	0,020819	563,0625	2	0,461583	0,014741	0,097503	94,6	1,4	0,997	-0,08	0,024	-0,997	0,053	0,064	24. Jul.	10	06:00	06:09									
2021-03-18 06:42:00	0,018484	565,4147	2	0,452	0,014495	0,091035	94,8	1,5	0,996	-0,083	0,026	-0,996	0,055	0,068	25. Jul.	10	06:00	06:09									
2021-03-18 06:43:00	0,019894	567,7622	2	0,442617	0,014253	0,096772	95	1,6	0,996	-0,087	0,029	-0,996	0,056	0,072	26. Jul.	11	06:00	06:10									
2021-03-19 06:30:00	0,017317	542,3938	2	0,566951	0,017441	0,073724	92,1	0,1	0,999	-0,037	0,001	-0,999	0,03	0,022	27. Jul.	11	06:00	06:10									

	Corneal	DNI	Ocular	Reflectivity	Retinal	Subtended	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Reflected	Reflected	Reflected S		Anzahl			Zeitraum	Zeitraum	Minuten	Minuten i	m									
	Irradiance	(W/m^2)	Hazard #		Irradiance	Glare Angle	Azimuth	Altitude	Position	Position	Position	Sun Vector	Sun Vector S	iun Vector u	Tag	Minuten	Anfang	Ende	Start	Ende	pro Tag	Zeitraum	- 1	Erste Z	eit Letzte	Zeit	Messpunkt OP 4					
2021-03-12 06:48:00	0,013769	542,513	2	0,484048	0,014894	0,068372	97	0,1	0,993	-0,122	0,002	-0,993	0,1	0,07	23. Apr.	1	06:13	06:13	26.04.2021	08.05.2021	. 1	.0	96	06:	00 0	6:11						
2021-03-13 06:44:00	0,013827	540,6841	2	0,502528	0,015411	0,066076	96,2	0	0,994	-0,107	0	-0,994	0,089	0,06	24. Apr.	2	06:11	06:12	06.07.2021	17.08.2021	. 1	.6	444	06:	00 0	6:19						
2021-03-13 06:45:00	0,013844	543,1559	2	0,492125	0,015161	0,067434	96,4	0,2	0,994	-0,111	0,003	-0,994	0,09	0,065	25. Apr.	4	06:09	06:12														
2021-03-13 06:46:00	0,013837	545,6231	2	0,481939	0,014914	0,068646	96,6	0,3	0,993	-0,114	0,006	-0,993	0,092	0,069	26. Apr.	5	06:07	06:11				Potentiell	e Refl	exione	n am Mess	spunkt	OP 4:					
2021-03-13 06:47:00	0,013808	548,0855	2	0,471968	0,014672	0,069734	96,8	0,5	0,993	-0,118	0,008	-0,993	0,093	0,073	27. Apr.	6	06:06	06:11					540 Minuten pro Jahr (Summe gesamt)									
2021-03-13 06:48:00	0,013761	550,5432	2	0,462205	0,014433	0,070712	97	0,6	0,993	-0,121	0,011	-0,993	0,095	0,077	28. Apr.	7	06:04	06:10					444 Minuten pro Jahr mit Sichtschutz durch Blattwerk (Juni-September) 96 Minuten pro Jahr ohne Sichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)									
2021-03-14 06:42:00	0,013863	541,3563	2	0,51093	0,015688	0,064894	95,5	0,1	0,995	-0,096	0,001	-0,995	0,079	0,055	29. Apr.	9	06:01	06:09														
2021-03-14 06:43:00	0,013903	543,8124	2	0,500341	0,015433	0,066392	95,7	0,2	0,995	-0,1	0,003	-0,995	0,081	0,059	30. Apr.	10	06:00	06:09					16 Minuten pro Tag (Max)									
2021-03-14 06:44:00	0,013915	546,2639	2	0,489974	0,015181	0,06772	95,9	0,3	0,995	-0,103	0,006	-0,995	0,082	0,063	1. Mai.	9	06:00	06:08														
2021-03-14 06:45:00	0,013903		2	0,479825	0,014933	0,06891	96,1	0,5	0,994	-0,107	0,009	-0,994	0,084	0,067	2. Mai.	9	06:00	06:08									einigung (Datensatz mit 3236 Einträgen):					
2021-03-14 06:46:00	0,01387		2	0,469889	0,014689	0,069982	96,3	0,6	0,994	-0,11	0,011	-0,994	0,085	0,071	3. Mai.	8	06:00	06:07					1.: Zeitraum zwischen 06:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnenuntergang)									
2021-03-14 06:47:00	0,01382			0,46016		0,07095	96,5	0,8	0,993	-0,114	0,014	-0,993	0,087	0,075	4. Mai.	8	06:00	06:07									rizont ist min. 10° (Standard: min. 10°)					
2021-03-14 06:48:00	0,013753				0,014212		96,7	0,9	0,993	-0,117	0,016	-0,993	0,088	0,079	5. Mai.	7	06:00	06:06					3.	.: Daue	r der Refle	exion ist	t min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)					
2021-03-15 06:40:00	0,013876			0,519476	0,01597		94,9	0,1	0,996	-0,085	0,001	-0,996	0,07	0,049	6. Mai.	7	06:00	06:06														
2021-03-15 06:41:00	0,013944	- 75	2		0,015709		95,1	0,2	0,996	-0,089	0,004	-0,996	0,071	0,053	7. Mai.	6	06:00	06:05														
2021-03-15 06:42:00	0,013977		2		0,015452		95,3	0,4	0,996	-0,092	0,007	-0,996	0,073	0,057	8. Mai.	5	06:00	06:04						955 SEE	. "	10005	1972 - 3A					
2021-03-15 06:43:00	0,013982				0,015199		95,5	0,5	0,995	-0,096	0,009	-0,995	0,074	0,061	9. Mai.	4	06:00	06:03						Pot	entielle	e Ref	flexionen					
2021-03-15 06:44:00	0,013966	551,769		0,477708		0,069167	95,7	0,7	0,995	-0,099	0,012	-0,995	0,076	0,065	10. Mai.	4	06:00	06:03							Max. Mir	nuten i	pro Tag					
2021-03-15 06:45:00	0,013929	554,191				0,070223	95,9	0,8	0,995	-0,103	0,014	-0,995	0,077	0,069	11. Mai.	4	06:00	06:03		30												
2021-03-15 06:46:00	0,013876			0,458115	- 5	0,07118	96,1	1	0,994	-0,106	0,017	-0,994	0,079	0,073	12. Mai.	3	06:00	06:02		-												
		559,0211		0,448625		0,072049	96,3	1,1	0,994	-0,11	0,019	-0,994	0,08	0,077	13. Mai.	3	06:00	06:02		25												
	0,013841	542,717		-	0,016258		94,3	0,1	0,997	-0,074	0,002	-0,997	0,06	0,043	14. Mai.	2	06:00	06:01		1557												
2021-03-16 06:39:00	0,013961			0,517204			94,5	0,3	0,997	-0,078	0,005	-0,997	0,062	0,047	15. Mai.	2	06:00	06:01		20												
2021-03-16 06:40:00 2021-03-16 06:41:00	0,01402			0,506469			94,7	0,4	0,997	-0,081 -0,085	0,007	-0,997 -0,996	0,063	0,051	16. Mai. 17. Mai.	1	06:00 06:00	06:01 06:00														
2021-03-16 06:42:00	0,014047			0,495958	0,015471		94,9 95,1	0,6	0,996	-0,088	0,012	-0,996	0,065	0,055	17. Mai.	1	06:00	06:00		15							The state of the s					
2021-03-16 06:42:00	0,014046				0,013216		95,1	0,7	0,996	-0,088	0,012	-0,996	0,068	0,059	19. Mai.	1	06:00	06:00		13												
2021-03-16 06:44:00	0,014020			0,475332			95,5	1	0,995	-0,095	0,017	-0,995	0,069	0,068	22. Jun.	1	06:00	06:00		1												
	0,013929			0,456072			95,7	1,1	0,995	-0,099	0,017	-0,995	0,003	0,072	23. Jun.	1	06:00	06:00		10	10						5.5.00					
	0,013858				0,014236	0,07226	95,9	1,3	0,995	-0,102	0,022	-0,995	0,072	0,076	24. Jun.	1	06:00	06:00			dillin.											
2021-03-16 06:47:00	0.013773	- 6		0.437361		0,073042	96,1	1.4	0,994	-0.106	0,025	-0.994	0.074	0,08	25. Jun.	1	06:00	06:00		5		iii.										
	0.013754			0,537013	070000		93,6	0,1	0,998	-0,063	0,002	-0,998	0,051	0,037	26. Jun.	2	06:00	06:01				Ilm.										
2021-03-17 06:36:00	0,013881			0,525856		0,062432	93,8	0,3	0,998	-0,066	0,005	-0,998	0,052	0,041	27. Jun.	2	06:00	06:01		0 +444	<del>uuuuu,</del>	7 1 1 1 1 1 1 1	1111	11111	11111	111						
2021-03-17 06:37:00		545,8137		0,514933		0,064307	94	0,4	0,998	-0,07	0,008	-0,998	0,054	0,045	28. Jun.	2	06:00	06:01		555	MAN A	1257.22	23.	31.	55555	5555	1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1					
2021-03-17 06:38:00	0,014033			0,504238		0,065886	94,2	0,6	0,997	-0,074	0,01	-0,997	0,055	0,05	29. Jun.	2	06:00	06:01			25-18-27-C	=		2,4	42.02.4	20.7	22.24.1 30.24.1 30.1.24.1 22.20.22.0 30.1.3 30.22.0 30.23.3 4.4.2					
2021-03-17 06:39:00	0,014054	550,6202	2	0,493767	0,01542	0,067285	94,4	0,7	0,997	-0,077	0,013	-0,997	0,057	0,054	30. Jun.	2	06:00	06:01		1,146	104				0.000							
2021-03-17 06:40:00	0,014049	553,0166	2	0,483516	0,015166	0,068533	94,6	0,9	0,997	-0,081	0,015	-0,997	0,058	0,058	1. Jul.	3	06:00	06:02														
2021-03-17 06:41:00	0,014023	555,4085	2	0,473479	0,014915	0,069656	94,8	1	0,996	-0,084	0,018	-0,996	0,06	0,062	2. Jul.	3	06:00	06:02														
2021-03-17 06:42:00	0,01398	557,7958	2	0,463653	0,014669	0,070678	95	1,2	0,996	-0,088	0,02	-0,996	0,061	0,066	3. Jul.	3	06:00	06:02														
2021-03-17 06:43:00	0,01392	560,1785	2	0,454032	0,014426	0,071611	95,2	1,3	0,996	-0,091	0,023	-0,996	0,063	0,07	4. Jul.	3	06:00	06:02														
2021-03-17 06:44:00	0,013847	562,5565	2	0,444613	0,014186	0,072464	95,4	1,5	0,995	-0,095	0,026	-0,995	0,064	0,074	5. Jul.	4	06:00	06:03														
2021-03-17 06:45:00	0,013762	564,93	2	0,435392	0,013951	0,073247	95,6	1,6	0,995	-0,098	0,028	-0,995	0,066	0,078	6. Jul.	5	06:00	06:04														
2021-03-18 06:32:00	0,013461	541,6896	2	0,557602	0,017132	0,055458	92,8	0	0,999	-0,048	0	-0,999	0,04	0,027	7. Jul.	5	06:00	06:04														
2021-03-18 06:33:00	0,013748	544,0822	2	0,546009	0,016849	0,058548	93	0,2	0,999	-0,052	0,003	-0,999	0,041	0,031	8. Jul.	5	06:00	06:04														
2021-03-18 06:34:00	0,013915	546,4704	2	0,534658	0,016572	0,060862	93,2	0,3	0,998	-0,055	0,006	-0,998	0,043	0,036	9. Jul.	5	06:00	06:04														
2021-03-18 06:35:00	0,014038	548,8542	2	0,523545	0,016298	0,062883	93,4	0,5	0,998	-0,059	0,008	-0,998	0,044	0,04	10. Jul.	6	06:00	06:05														
2021-03-18 06:36:00	0,014121	551,2335	2	0,512664	0,016028	0,064658	93,6	0,6	0,998	-0,062	0,011	-0,998	0,046	0,044	11. Jul.	6	06:00	06:05														
2021-03-18 06:37:00	0,014165	553,6083	2	0,502011	0,015763	0,066197	93,8	0,8	0,998	-0,066	0,013	-0,998	0,047	0,048	12. Jul.	7	06:00	06:06														
2021-03-18 06:38:00	0,014179	555,9786	2	0,491581	0,015502	0,067561	94	0,9	0,997	-0,069	0,016	-0,997	0,049	0,052	13. Jul.	7	06:00	06:06														

	Corneal	DNI	Ocular	Reflectivity	Retinal	Subtended	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Reflected	Reflected	Reflected S		Anzahl			Zeitraum	Zeitraum	Minuten	Minuten im									
	Irradiance	(W/m^2)	Hazard #		Irradiance	Glare Angle	Azimuth	Altitude	Position	Position	Position	Sun Vector	Sun Vector S	un Vector u	Tag	Minuten	Anfang	Ende	Start	Ende	pro Tag	Zeitraum	Erste Zeit Letzte Zeit	Messpunkt OP 5							
2021-03-28 18:23:00	0,020392	561,1664	2	0,556702	0,017719	0,084202	272	1,5	-0,999	0,035	0,026	0,999	-0,044	0,002	6. Mai.	1	18:33	18:33	10.05.2021	02.08.2021	29	9 180	3 18:34 19:18								
2021-03-28 18:24:00	0,019905	558,9453	2	0,568525	0,018024	0,081352	272,2	1,4	-0,999	0,039	0,024	0,999	-0,046	-0,002	7. Mai.	1	18:34	18:34													
2021-03-29 18:23:00	0,020721	564,7601	2	0,542815	0,017388	0,086565	272,3	1,8	-0,999	0,04	0,032	0,999	-0,051	0,004	8. Mai.	3	18:33	18:35				Potentielle F	Reflexionen am Messpunkt	OP 5:							
2021-03-29 18:24:00	0,020459	562,5574	2	0,55434	0,017687	0,084546	272,5	1,7	-0,999	0,043	0,029	0,999	-0,052	0	9. Mai.	4	18:34	18:37				180	3 Minuten pro Jahr (Summ	ne gesamt)							
2021-03-29 18:25:00	0,020019	560,3507	2	0,566108	0,017992	0,081871	272,7	1,5	-0,999	0,047	0,027	0,999	-0,054	-0,004	10. Mai.	5	18:34	18:38				146	7 Minuten pro Jahr mit Sic	htschutz durch Blattwerk (Juni-September)							
2021-03-30 18:22:00	0,020958	570,486	2	0,529304	0,017127	0,088332	272,5	2,2	-0,998	0,044	0,038	0,998	-0,057	0,007	11. Mai.	7	18:34	18:40				33	6 Minuten pro Jahr ohne S	ichtschutz durch Blattwerk (Oktober-Mai)							
2021-03-30 18:23:00	0,020832	568,3054	2	0,540539	0,017423	0,086785	272,7	2	-0,998	0,047	0,035	0,998	-0,059	0,003	12. Mai.	7	18:35	18:41				2	9 Minuten pro Tag (Max)								
2021-03-30 18:24:00	0,020596	566,1209	2	0,55201	0,017725	0,084856	272,9	1,9	-0,998	0,051	0,032	0,998	-0,06	-0,001	13. Mai.	9	18:35	18:43													
2021-03-30 18:25:00	0,020198	563,9324	2	0,563724	0,018031	0,082342	273,1	1,7	-0,998	0,054	0,03	0,998	-0,062	-0,006	14. Mai.	9	18:36	18:44					Parameter für Daten Ber	einigung (Datensatz mit 3754 Einträgen):							
2021-03-30 18:26:00	0,019536			0,575684			273,3	1,6	-0,998	0,058	0,027	0,998	-0,063	-0,01	15. Mai.	10	18:36	18:45						:00 - 22:00 Uhr (bzw. Sonnenuntergang)							
2021-03-31 18:23:00	0,020962			0,527115			272,9	2,3	-0,998	0,051	0,041	0,998	-0,065	0,005	16. Mai.	12	18:36	18:47						rizont ist min. 10° (Standard: min. 10°)							
2021-03-31 18:24:00	0,020856			0,538298			273,1	2,2	-0,998	0,055	0,038	0,998	-0,067	0,001	17. Mai.	12	18:37	18:48					3.: Dauer der Reflexion is	st min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)							
		567,467		0,549716			273,3	2	-0,998	0,058	0,036	0,998	-0,068	-0,003	18. Mai.	13	18:37	18:49													
	0,020286			0,561375			273,5	1,9	-0,998	0,062	0,033	0,998	-0,07	-0,007	19. Mai.	15	18:37	18:51													
	0,019689	563,114		0,573278	0,01831		273,7	1,7	-0,997	0,065	0,03	0,997	-0,071	-0,011	20. Mai.	15	18:38	18:52													
	0,021062				0,016832		273,2	2,7	-0,997	0,055	0,046	0,997	-0,072	0,007	21. Mai.	16	18:38	18:53					Potentielle Re	flexionen							
2021-04-01 18:24:00	0,021041			0,524963			273,4	2,5	-0,997	0,059	0,044	0,997	-0,073	0,003	22. Mai.	17	18:38	18:54					Max. Minuten	pro Tag							
	0,020949			0,536094		0,08716	273,6	2,4	-0,997	0,062	0,041	0,997	-0,075	-0,001	23. Mai.	18	18:40	18:57		30											
2021-04-01 18:26:00		570,877		0,54746			273,8	2,2	-0,997	0,066	0,039	0,997	-0,076	-0,005	24. Mai.	19	18:40	18:58		-				million							
	0,020439	566,5706		0,559063	- 5		274 274,2	2,1 1,9	-0,997 -0,997	0,069	0,036	0,997	-0,078 -0,079	-0,009 -0,013	25. Mai. 26. Mai.	20	18:40 18:41	18:59 19:00		25			<del></del>	<del>                                     </del>							
	0,019897			0,570911			273,6	2.8	-0,997	0,073	0,033	0,997	-0,079	0,006	27. Mai.	21	18:41	19:00		8226		1									
	0,021125			0,522851			273,8	2,7	-0,997	0,067	0,043	0,997	-0,081	0,002	28. Mai.	22	18:41	19:02		20											
2021-04-02 18:25:00	0.021110			0,533931			274	2,5	-0,997	0.07	0,047	0,997	-0,081	-0,002	29. Mai.	22	18:42	19:03				- 4111111									
2021-04-02 18:26:00	0,020877			0,545243			274,2	2,4	-0,996	0.074	0,042	0,996	-0.084	-0.007	30. Mai.	23	18:42	19:04		15											
2021-04-02 18:27:00	0,020583			0,556792	0,01807		274,4	2,2	-0,996	0,077	0,039	0,996	-0,086	-0,011	31. Mai.	24	18:42	19:05		13				IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII							
2021-04-02 18:28:00	0,020091			0,568584			274,6	2,1	-0,996	0,081	0,036	0,996	-0,087	-0,015	1. Jun.	25	18:43	19:07		10	111			IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII							
2021-04-03 18:23:00	0,02106		2	The second of the	0,016543		273,9	3,1	-0,996	0,067	0,055	0,996	-0,086	0,008	2. Jun.	25	18:43	19:07		10	1111111										
2021-04-03 18:24:00	0,021109	581,9309	2	0,50998	0,016832	0,089947	274,1	3	-0,996	0,071	0,052	0,996	-0,088	0,004	3. Jun.	25	18:44	19:08			111111111										
2021-04-03 18:25:00	0,02111	579,8221	2	0,520782	0,017127	0,088809	274,3	2,8	-0,996	0,074	0,05	0,996	-0,089	0	4. Jun.	26	18:44	19:09		3											
2021-04-03 18:26:00	0,02105	577,7094	2	0,53181	0,017426	0,087473	274,5	2,7	-0,996	0,078	0,047	0,996	-0,091	-0,004	5. Jun.	27	18:44	19:10		1											
2021-04-03 18:27:00	0,020905	575,5929	2	0,54307	0,017729	0,085849	274,7	2,6	-0,996	0,081	0,045	0,996	-0,092	-0,008	6. Jun.	27	18:44	19:10		0 +	77777	',',',',','		******************							
2021-04-03 18:28:00	0,02064	573,4725	2	0,554564	0,018038	0,083805	274,9	2,4	-0,996	0,085	0,042	0,996	-0,094	-0,012	7. Jun.	28	18:45	19:12		Mai	0 2 4 9 8	22.4.28.88	* 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9							
2021-04-03 18:29:00	0,020193	571,3482	2	0,5663	0,018351	0,081098	275,1	2,3	-0,995	0,088	0,039	0,995	-0,095	-0,017	8. Jun.	27	18:46	19:12		9 99			1. 5. 7. 7. 111. 113. 115. 115.	22.22.22.22.22.22.22.22.22.22.22.22.22.							
2021-04-04 18:24:00	0,021034	585,2516	2	0,497473	0,016513	0,090962	274,3	3,3	-0,996	0,075	0,058	0,996	-0,094	0,006	9. Jun.	28	18:46														
2021-04-04 18:25:00	0,021089	583,1598	2	0,508005	0,016803	0,090001	274,5	3,2	-0,995	0,078	0,055	0,995	-0,096	0,002	10. Jun.	28	18:46	19:13													
	0,021102			0,518757		0,088899	274,7	3	-0,995	0,082	0,053	0,995	-0,097	-0,002	11. Jun.	28	18:46	19:13													
	0,021055			0,529734			274,9	2,9	-0,995	0,085	0,05	0,995	-0,099	-0,006	12. Jun.	28	18:47	19:14													
2021-04-04 18:28:00	0,020928		2		0,017699		275,1	2,7	-0,995	0,089	0,048	0,995	-0,1	-0,01	13. Jun.	28	18:47	19:14													
2021-04-04 18:29:00	0,020689			0,552382		-	275,3	2,6	-0,995	0,092	0,045	0,995		-0,014	14. Jun.	29	18:47	19:15													
2021-04-04 18:30:00	0,020283			0,564061	0,01832	0,081527	275,5	2,4	-0,995	0,096	0,042	0,995	-0,103	-0,018	15. Jun.	29	18:47	19:15													
2021-04-04 18:31:00	0,01961			0,575985		0,07793	275,7	2,3	-0,994	0,099	0,04	0,994	-0,104	-0,022	16. Jun.	29	18:47	19:15													
2021-04-05 18:23:00	0,020982			0,485322			274,5	3,6	-0,995	0,079	0,063	0,995	-0,101	0,009	17. Jun.	28	18:49	19:16													
2021-04-05 18:24:00	0,02108			0,495592			274,7	3,5	-0,995	0,082	0,061	0,995	-0,102	0,004	18. Jun.	28	18:49	19:16													
2021-04-05 18:25:00	0,021143			0,506076			274,9	3,3	-0,995	0,086	0,058	0,995	-0,104	0 004	19. Jun.	28	18:49	19:16													
	0,021165			0,516779			275,1	3,2	-0,994	0,089	0,056	0,994	-0,105	-0,004	20. Jun.	28	18:49 18:49	19:16													
2021-04-05 18:27:00	0,021131			0,527705			275,3		-0,994	0,093	0,053	0,994	-0,106	-0,008	21. Jun.	28		19:16													
2021-04-05 18:28:00	0,021021			0,53886			275,5	2,9	-0,994	0,096	0,051	0,994	-0,108	-0,012	22. Jun.	28	18:50	19:17													
2021-04-05 18:29:00	0,020806	5/8,1206	2	0,550247	0,018043	0,084335	275,7	2,7	-0,994	0,1	0,048	0,994	-0,109	-0,016	23. Jun.	28	18:50	19:17													