

# Blendgutachten Solarpark Breddorf

**Analyse der potenziellen Blendwirkung einer geplanten PV-Anlage  
in der Nähe von Breddorf in Niedersachsen**

**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 potenziellen 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>18</b>      |
| 4.1      | Ergebnisse am Messpunkt P1, Straße nördlich .....     | 19             |
| 4.2      | Ergebnisse am Messpunkt P2, Straße mittig .....       | 21             |
| 4.3      | Ergebnisse am Messpunkt P3, Straße südlich.....       | 23             |
| 4.4      | Ergebnisse am Messpunkt P4, Straße südöstlich.....    | 23             |
| 4.5      | Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude .....             | 23             |
| <b>5</b> | <b>Zusammenfassung der Ergebnisse.....</b>            | <b>24</b>      |
| <b>6</b> | <b>Schlussbemerkung .....</b>                         | <b>24</b>      |
| <b>7</b> | <b>Anhang (Auszug) .....</b>                          | <b>25 - 36</b> |

# SolPEG Blendgutachten

## Analyse der potenziellen Blendwirkung der PV-Anlage Breddorf

### 1 Auftrag

#### 1.1 Beauftragung

Die SolPEG GmbH verfügt über umfangreiche Erfahrung im Bereich Photovoltaik (PV) und bietet eine breite Palette von Dienstleistungen an. Mit über 1000 erstellten Blendgutachten haben wir auch auf diesem Gebiet eine weitreichende Expertise. Vor diesem Hintergrund wurden wir beauftragt, die potenzielle Blendwirkung der PV-Anlage „Breddorf“ für Fahrzeugführer auf angrenzenden Straßen und ggf. für Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

#### 1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

Lt. aktueller Gesetzgebung (§2 EEG) liegt die Nutzung Erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse und dient der öffentlichen Sicherheit. Der priorisierte Ausbau der erneuerbaren Energien als wesentlicher Teil des Klimaschutzgebotes soll im Rahmen einer Schutzgüterabwägung nur in Ausnahmefällen überwunden werden. 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 „Breddorf“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Lichtleitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer auf angrenzenden Straßen sowie für Anwohner der umliegenden Gebäude.

Die zur Anwendung kommenden Berechnungs- und Beurteilungsgrundsätze resultieren im Wesentlichen aus den Empfehlungen in Anhang 2 der Lichtleitlinie in der aktuellen Fassung vom 08.10.2012. Die Berechnung der Blendwirkung erfolgt auf Basis von vorliegenden Planungsunterlagen der PV-Anlage. Eine Analyse der potenziellen Blendwirkung vor Ort ist aufgrund der aktuellen Datenlage nicht erforderlich.

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

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

<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 Flächen des Solarparks befinden sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet südöstlich von Breddorf in Niedersachsen. Zwischen den Flächen verläuft die Ortsverbindungsstraße Breddorf - Hepstedt. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

**Tabelle 1: Informationen über den Standort**

|                                        |                                                                                                          |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Allgemeine Beschreibung des Standortes | Landwirtschaftliche Flächen südöstlich von Breddorf in Niedersachsen. Die Flächen sind überwiegend eben. |
| Koordinaten (Mitte)                    | <a href="#">53.278°N, 9.093°O 36 m ü.N.N.</a>                                                            |
| Abstand zur Straße                     | ca. 20 m – 25 m                                                                                          |
| Entfernung zu umliegenden Gebäuden     | ca. 300 m (nicht relevant)                                                                               |

Übersicht<sup>2</sup> über den Standort und die PV-Anlage (schematisch)

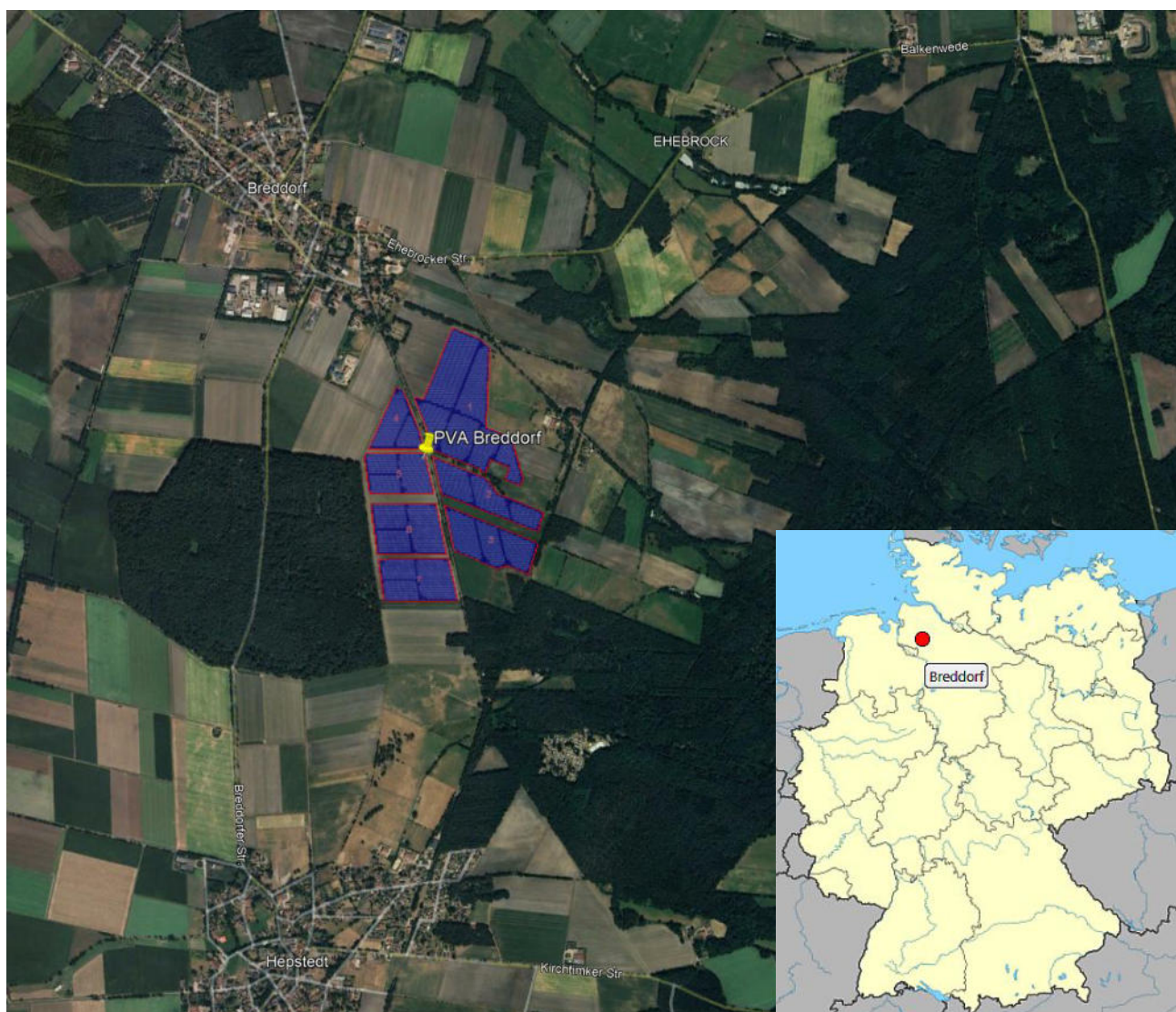


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV-Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

<sup>2</sup> Das verwendete Kartenmaterial u.a. von Google Earth (und Partnern) erfolgt im Rahmen der geltenden Lizenzvereinbarungen

Übersicht über die PV-Fläche und die Umgebung.

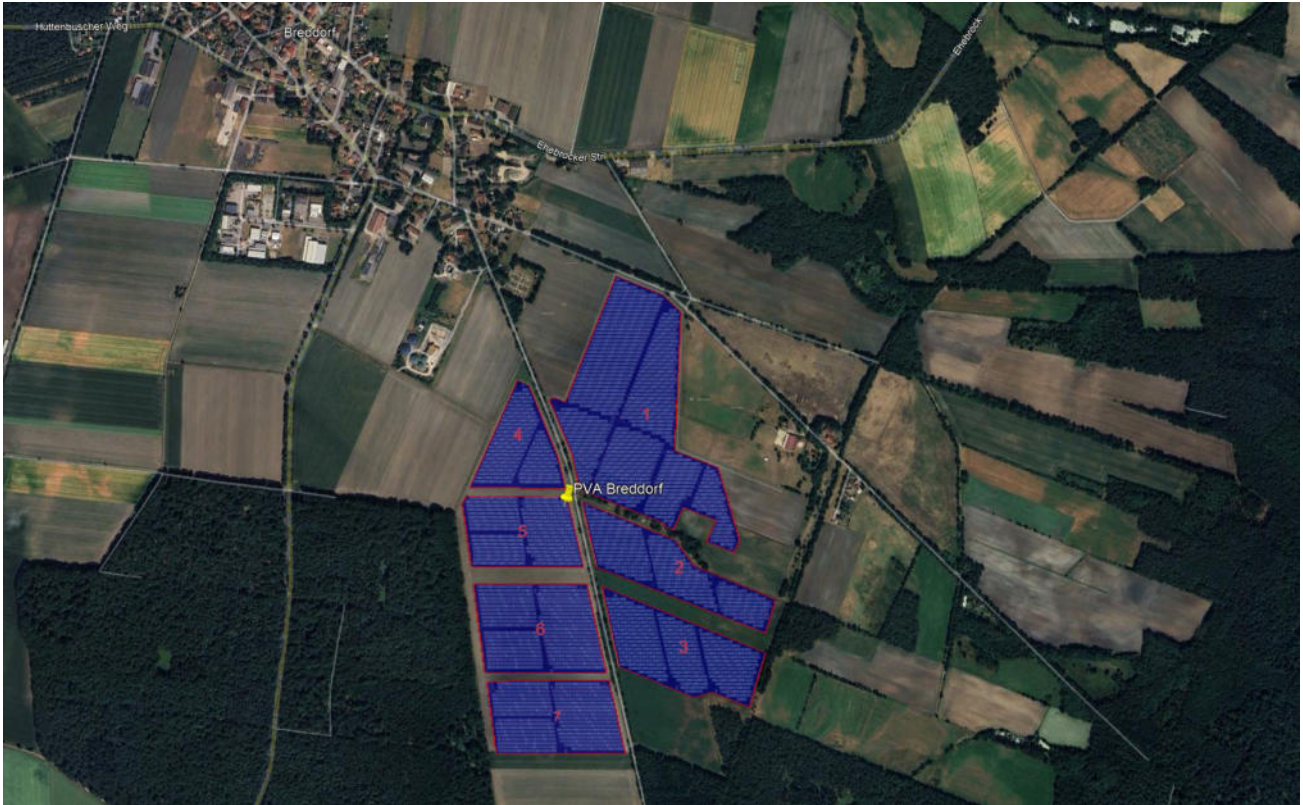


Bild 2.1.2: Detailansicht der PV-Flächen (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Detailansicht der PV-Fläche



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

Fotos der PV-Flächen. Blick von Westen nach Osten auf das PV-Feld 1.



Bild 2.1.4: Foto der PV-Fläche (Quelle: Google StreetView, Juli 2023, Ausschnitt)

Blick von Osten nach Westen auf das PV-Feld 7.



Bild 2.1.5 Foto der PV-Fläche (Quelle: Google StreetView, Juli 2023, Ausschnitt)

## 2.2 Umliegende Gebäude

Nicht alle wahrnehmbaren Reflexionen haben eine Blendwirkung zur Folge. In der LAI Lichtleitlinie (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 einen Teil der PV-Anlage und umliegende Gebäude. Aufgrund der großen Entfernung zur PV-Fläche sind keine Reflexionen durch die PV-Anlage zu erwarten. Der Standort wird zu Kontrollzwecken dennoch analysiert. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind. Privat-, Feld- und Wirtschaftswege werden nicht analysiert. Die Einzelergebnisse sind im Abschnitt 4 dargestellt und kommentiert.

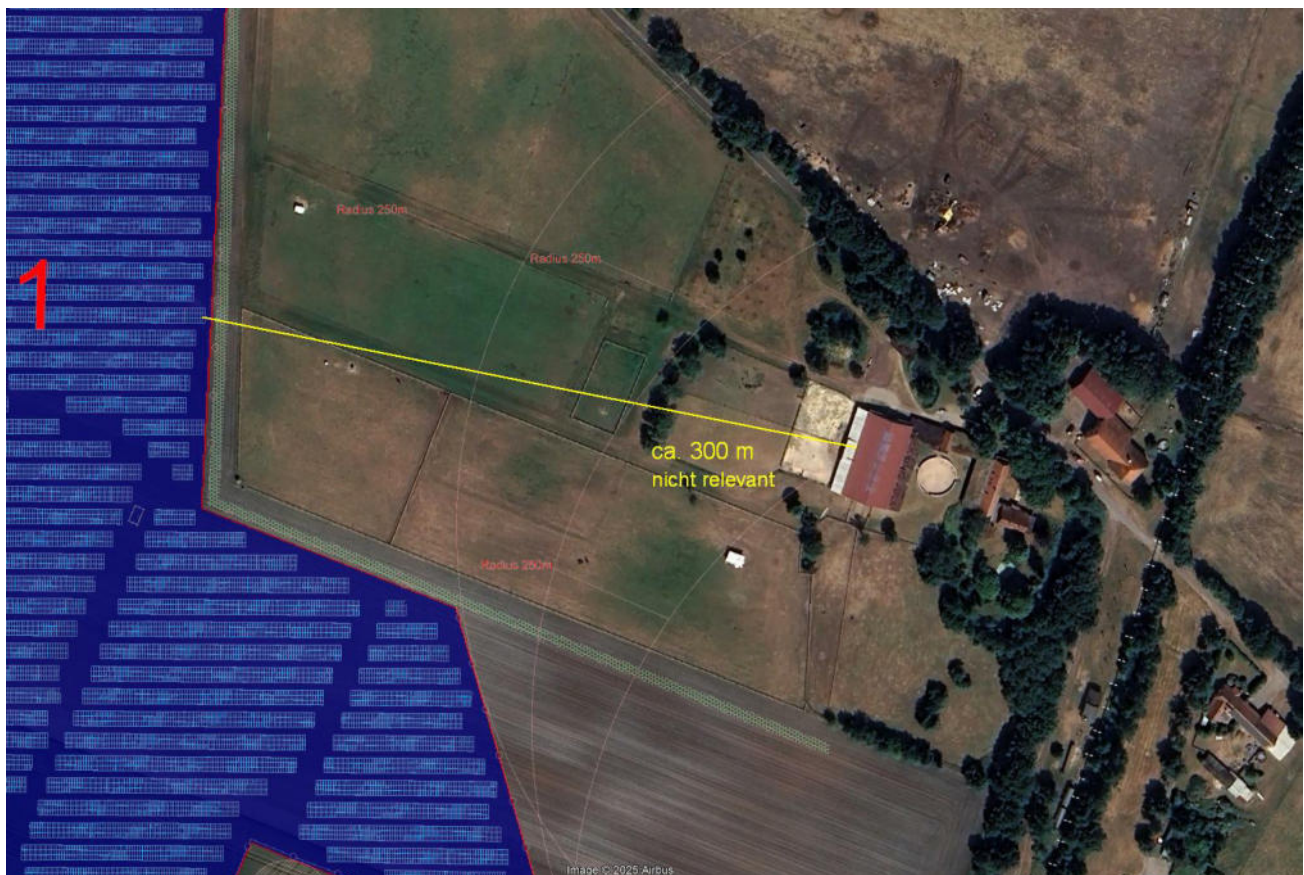


Bild 2.2.1: Gebäude südöstlich der PV-Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

### 3 Ermittlung der potenziellen Blendwirkung

#### 3.1 Rechtliche Hinweise

Rechtliche Hinweise u.a. zur Licht-Leitlinie sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes. Es sei lediglich darauf hingewiesen, dass nach aktueller Gesetzgebung der Ausbau der Erneuerbaren Energien im über-  
ragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient und somit höher wiegt als  
Einzelinteressen. Darüber hinaus bestätigt ein Urteil des OLG Braunschweig<sup>3</sup> die grundsätzlich fehlen-  
den Bewertungsgrundlagen für Reflexion durch Sonnenlicht. Die Ausführungen der LAI Lichtleitlinie  
können lediglich im Einzelfall als Orientierung herangezogen werden.

#### 3.2 Blendwirkung von PV-Modulen

Vereinfacht ausgedrückt nutzen PV-Module das Sonnenlicht zur Erzeugung von Strom. Hersteller von  
PV-Modulen sind daher bestrebt, dass möglichst viel Licht vom PV-Modul absorbiert wird, da mög-  
lichst 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:

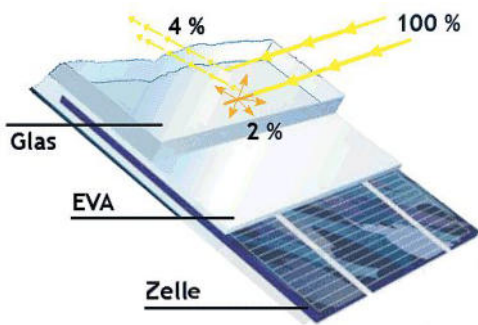


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV-Modul (Quelle: SolPEG)

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:

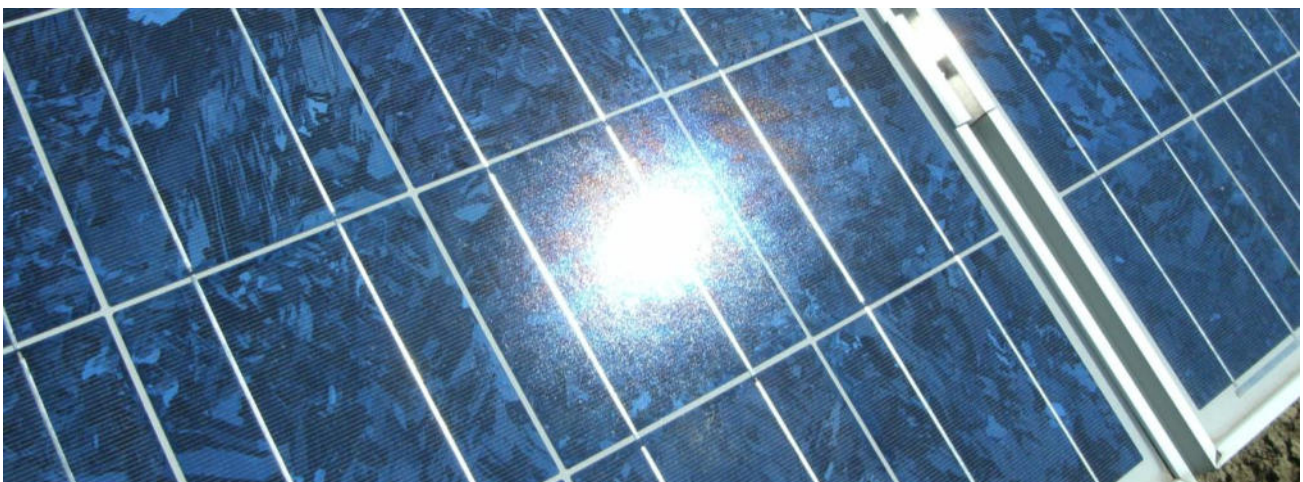


Bild 3.2.2: Diffuse Reflexion von direkten Sonnenlicht (Einstrahlung ca. 980 W/m<sup>2</sup>) auf einem PV-Modul (Quelle: SolPEG)

<sup>3</sup> <https://oberlandesgericht-braunschweig.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wenn-sonnenlicht-stort-nachbarrechtsstreitigkeit-wegen-reflexionen-einer-photovoltaikanlage-214293.html>

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Links ein einfaches Modul ohne spezielle Oberflächenbehandlung. Das rechte Bild entspricht aktuellen, hochwertigen PV-Modulen wie auch im Bild 3.2.2 dargestellt. Durch die strukturierte Oberfläche wird weniger Sonnenlicht reflektiert bzw. diffus reflektiert mit einer stärkeren Streuung. Die Leuchtdichte der Modulfläche ist entsprechend vermindert.

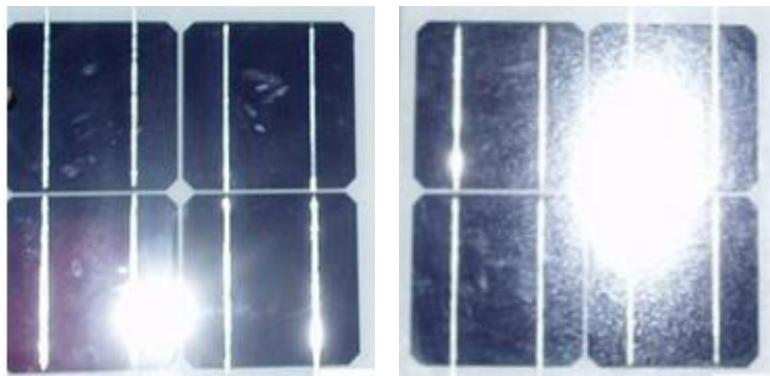


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

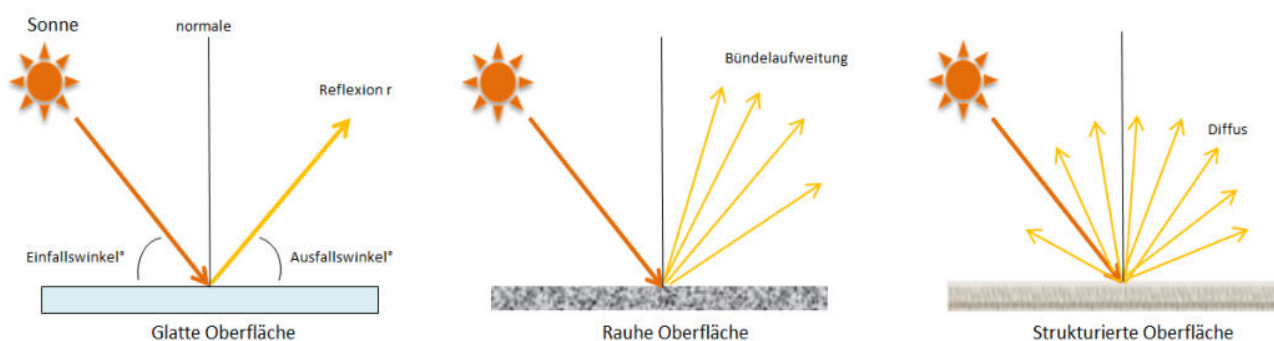


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Planungsunterlagen kommen PV-Module des Herstellers LONGi 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 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: 4mm <sup>2</sup> , 300mm in length,<br>length can be customized | Voc and Isc Tolerance: ±3%                  |
| Glass: Dual glass                                                             | Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)    |
| 2.0mm coated tempered glass                                                   | Maximum Series Fuse Rating: 25A             |
|                                                                               | Nominal Operating Cell Temperature: 45±2 °C |

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 Lichtleitlinie 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>4</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:

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

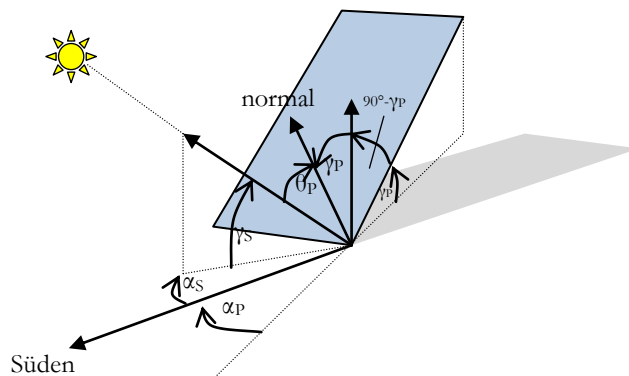


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

Die unter 3.2 aufgeführten generellen Eigenschaften von PV-Modulen (Glasoberfläche, Antireflexionschicht) 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>5</sup> wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories<sup>6</sup>, New Mexico überprüft.

<sup>4</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>5</sup> Lichtleitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.

<sup>6</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 einfachen 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.

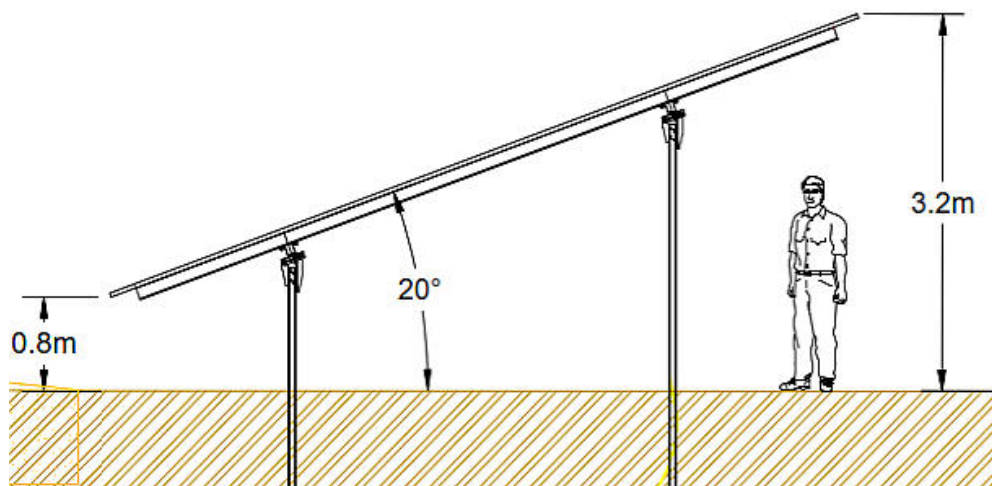


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Systemplanung)

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

**Tabelle 2: Berechnungsparameter**

|                                 |                                                          |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|
| PV-Modul                        | LONGi (oder vergleichbar)                                |
| Moduloberfläche                 | Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt) |
| Modulinstallation               | Modultische, fest aufgeständert                          |
| Ausrichtung (Azimut)            | 180° (=Süden)                                            |
| Modulneigung                    | 20°                                                      |
| Höhe der sichtbaren Modulfläche | ca. 0,80 m – 3,20 m (max. 3,50 m)                        |
| Höhe Messpunkte über GOK        | <b>2,5 m</b> (Sitzhöhe PKW/LKW gemittelt <sup>7</sup> )  |
| Relevanter Sichtwinkel/Sektor   | Fahrtrichtung <b>±30°</b> , <b>100 m</b> Sichtweite      |

Lt. Vorgaben des Fernstraßenbundesamtes (FBA) sollen Einfallswinkel von bis zu  $\pm 30^\circ$  als relevant angesehen werden. Obwohl die Basis für diesen Wert bislang nicht begründet wurde, wird dieser im vorliegenden Blendgutachten entsprechend berücksichtigt.

<sup>7</sup> Eine Höhe von 2,5 m ist ein konservativer Ansatz, die mittlere Sitzhöhe der meisten Verkehrsteilnehmer (PKW) beträgt nur ca. 1,30 m

### 3.5 Standorte für die Analyse

Bei der Analyse von potentiellen Blendwirkungen wird das Auftreffen von Reflexionen, die Dauer und die Intensität an einem festgelegten Messpunkt (Immissionsort) untersucht, es geht nicht um die Sichtbarkeit oder die optische Bewertung der PV-Anlage. Zunächst werden rechnerisch alle an einem Messpunkt auftreffenden Reflexionen ermittelt (360°), unabhängig von der Ausrichtung der Straße bzw. der Fahrtrichtung (RiFa) und unabhängig davon ob Reflexionen überhaupt wahrnehmbar sein können. Bei der anschließenden Analyse und Bewertung einer potentiellen Blendwirkung durch diese Reflexionen werden zusätzliche Aspekte einbezogen, u.a. die relevante Blickrichtung, die Entfernung zur Immissionsquelle sowie die örtlichen Gegebenheiten.

Die Analyse 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 exemplarisch gewählt und die jeweils im Jahresverlauf auftretenden Reflexionen ermittelt. Die Messpunkte (Position und Höhe) werden anhand von Erfahrungswerten sowie den Ausführungen der Lichtleitlinie 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 nur in besonderen Fällen untersucht.

Für die Analyse einer potenziellen Blendwirkung der PV-Anlage Breddorf wurden 5 Messpunkte festgelegt. 4 Messpunkte im Verlauf der Ortsverbindungsstraße, sowie 1 Messpunkt im Bereich von umliegenden Gebäuden. Die exakten GPS-Koordinaten der Messpunkte finden sich in Abschnitt 4. Weitere Standorte an Gebäuden oder Straßen wurden nicht weiter untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Beeinträchtigungen durch potenzielle Reflexionen zu erwarten sind. Die stillgelegte Bahnstrecke Wilstedt-Zeven wird nicht analysiert.

Die folgende Übersicht zeigt die PV-Anlage und die gewählten Messpunkte



Bild 3.5.1: Übersicht über die PV-Anlage und 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 Lichtleitlinie ist weder eine Norm noch ein Gesetz sondern lt. LAI Vorbemerkung **"... ein System zur Beurteilung der Wirkungen von Lichtimmissionen auf den Menschen"** welches ursprünglich für die Bemessung von Lichtimmissionen durch Flutlicht- oder Beleuchtungsanlagen von Sportstätten konzipiert wurde. Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Blendwirkung durch PKW Scheinwerfer usw. werden nicht behandelt.

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

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

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

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

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

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

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

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

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

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

## Schutzwürdige Räume

In der LAI Licht-Leitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also ortsfeste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belastigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt<sup>8</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 Leuchtdichte kann die Blendwirkung durch frequente Reflexionen subjektiv als störend empfunden werden (psychologische Blendwirkung). Vor diesem Hintergrund kann die Empfehlung der LAI Licht-Leitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Daraus kann aber nicht resultieren, dass zu keiner Zeit keinerlei Reflexionen auftreten dürfen. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen und im Einzelfall zu bewerten.

## Einfallswinkel der Reflexion

Die Fachliteratur enthält keine konkreten Untersuchungen und Aussagen zur Berechnung und Beurteilung von Blendwirkungen durch reflektiertes Sonnenlicht im Straßenverkehr bzw. bei Fahrzeugführern. Auch unter den Experten gibt es bislang keine einheitliche Meinung, ab welchem Einfallswinkel eine Reflexion bei Tageslicht als objektiv störend empfunden wird. Dementsprechend existieren keine verbindlichen Vorgaben zum „relevanten Sichtwinkel“ in Bezug auf Reflexionen.

U.a. im Bereich der Humanmedizin wird überwiegend angenommen, dass (starke) Lichtquellen in einem Winkel von  $\pm 20^\circ$  und mehr zur Blickrichtung keine relevante Beeinträchtigung der Sehfähigkeit darstellen. Dabei spielt die Anordnung und Anzahl der Sehzellen (Zapfen und Stäbchen) im menschlichen Auge eine wesentliche Rolle, da die Dichte der Helligkeitsrezeptoren (Zapfen) außerhalb des zentralen Schärfepunktes (Fovea Centralis) abnimmt.

In einem Winkel zwischen  $10^\circ$  -  $20^\circ$  können Reflexionen mit einer bestimmten Leuchtdichte eine moderate Blendwirkung erzeugen und unter  $10^\circ$  werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden (temporäre Nachbilder). Aufgrund dieser Aspekte kann der für Reflexionen relevante Sichtwinkel (Sektor) als der Bereich innerhalb einer Spanne von  $\pm 20^\circ$  um die Fahrtrichtung und 100 m Sichtweite definiert werden. Lt. Vorgaben des Fernstraßenbundesamtes (FBA, Stand 29.04.2024) sollen auf Autobahnen Einfallswinkel von bis zu  $\pm 30^\circ$  als relevant angesehen werden. Dieser Wert wurde nicht durch wissenschaftlich anerkannte Untersuchungen mit objektiven Probanden unterschiedlicher Altersgruppen ermittelt. Es handelt sich eher um einen Mehrheitsbeschluss oder Konsens u.a. auch mit Hinweis auf andere, ebenfalls nicht wissenschaftlich fundierte Quellen<sup>9</sup> oder auf sachfremde Untersuchungen aus denen Ergebnisse abgeleitet wurden.

Obwohl bislang keine belastbaren Quellen/Begründungen vorhanden sind, wird der vom FBA vorgegebene Wert im vorliegenden Blendgutachten berücksichtigt, es erfolgt allerdings eine Einzelfallbewertung.

Generell werden rechnerisch alle an einem Messpunkt auftreffenden Reflexionen ermittelt, unabhängig von der Ausrichtung der Straße und unabhängig davon ob Reflexionen überhaupt wahrnehmbar sein können. In weiteren Ausführungen werden Konstellationen beschrieben, in denen überhaupt Reflexionen auftreten können. Üblicherweise treten bei der Fahrt in die jeweilige Gegenrichtung weniger bzw. keine Reflexionen auf und daher sind die Ausführungen als Dokumentation des worst-case anzusehen.

## Entfernung zur Immissionsquelle

<sup>8</sup> Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

<sup>9</sup> Keine bzw. keine wissenschaftlich fundierte Angabe zum Einfallswinkel in der LAI Lichtleitlinie (Deutschland, 2012) und in der (teils wortgleich) übernommenen OVE-Richtlinie R 11 (Österreich, 2016/2022)

Lt. Licht-Leitlinie (Zitat) "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."

Bei der Simulation 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.

## Simulationssoftware

Die von der SolPEG seit 2015 in über 1000 Blendgutachten überwiegend verwendete Simulationssoftware ForgeSolar<sup>10</sup> basiert auf einer Entwicklung der US Sandia National Laboratories<sup>11</sup>. Die Software wird mittlerweile auch von anderen Gutachtern verwendet und könnte als Stand der Technik bezeichnet werden obwohl (uns) Limitationen bekannt sind. Eine versierte Bedienung der Software ist unerlässlich für korrekte Ergebnisse.

Die Berechnungsformeln und auch die Ergebnisdarstellung der Simulationssoftware sind durch die US-Flugsicherheitsbehörde (FAA) zertifiziert und für Software ist für die Analyse von potenziellen Reflexionen von PV-Anlagen im Bereich von Flughäfen vorgeschrieben.

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). Ein Aspekt der Ergebnisdarstellung ist die Kategorisierung der Reflexionen aufgrund deren Intensität/Leuchtdichte. 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> eintritt. Störungen sind z.B. Nachbilder in Form von hellen Punkten nachdem in die Sonne geschaut wurde. Auch in der LAI Licht-Leitlinie ist dieser Wert angegeben (S. 21, der Wert ist bezogen auf die Tagesadaptation des Auges).

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 Skizze rechts zeigt die Bewertungsskala in der Übersicht und auch das hier verwendete Simulationsprogramm stellt die jeweiligen Messergebnisse in ähnlicher Weise dar.

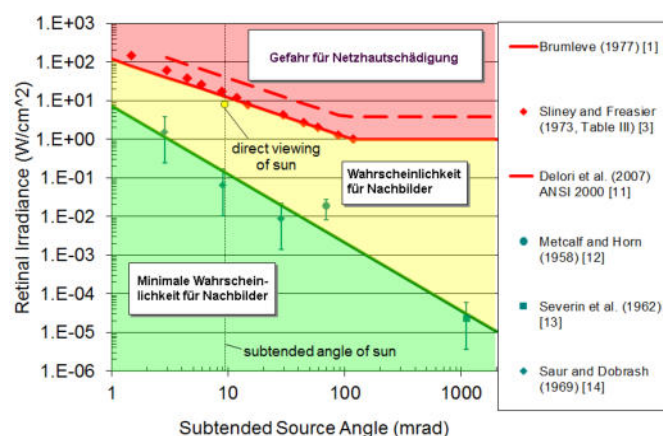


Bild 3.6.1: Kategorisierung von Reflexionen  
(Quelle: Sandia National Laboratories)

## Limitierungen

<sup>10</sup> <https://forgesolar.com> is based on the licensed software from Sandia National Laboratories.

<sup>11</sup> Solar Glare Hazard Analysis Tool ("SGHAT") der Sandia National Laboratories: <https://www.sandia.gov/glare-tools>

Lt. LAI Lichtleitlinie soll die Simulation an ortsfesten Standorten zu jedem Zeitpunkt von sog. „clear-sky“ Bedingungen ausgehen, d.h. einem wolkenlosen Himmel und entsprechender Sonneneinstrahlung. Dies entspricht nicht den realen Wetterbedingungen insbesondere in den Morgen- oder Abendstunden, in denen die Reflexionen auftreten können. Es gibt zahlreiche Datenquellen und Klimamodelle (z.B. TMY<sup>12</sup>) die belegen, dass - trotz fortschreitendem Klimawandel - im Jahresverlauf eine teilweise erhebliche Wolkenbedeckung vorhanden ist.

Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2024 eine mittlere Wolkenbedeckung<sup>13</sup> von ca. 68,8 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den langjährigen Zeitraum 1991-2020 liegt bei 62,5 % - 75 %.

Aufgrund von technischen Limitierungen werden meteorologischen Daten in den gängigen Simulationsprogrammen nicht berücksichtigt und daher stellt das Simulationsergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung dar, was nicht der Realität entspricht. Für ortsfeste Standorte werden Simulationsergebnisse üblicherweise in Minuten- und Stundenwerten angegeben und es ist wünschenswert, dass Wolkenbedeckung als reduzierender Faktor in die Bewertung einer potenziellen Blendwirkung einfließen würde. Auch weitere Aspekte wie Fröhnebel, Dunst oder auch lokale Wetterbedingungen werden bislang nicht berücksichtigt.

Der Geländeverlauf und Informationen über möglichen Sichtschutz durch Hügel und andere Objekte können in gängigen Simulationsprogrammen nicht ausreichend verarbeitet werden. Insbesondere Vegetation, die im Laufe des Jahres einen unterschiedlichen Grad an Sichtschutz bietet, kann nur unzureichend nachgebildet bzw. simuliert werden. Derartige Limitierungen betreffen auch andere Simulationsprogramme, auch Eigenentwicklungen, Exceltools etc.

In der LAI Lichtleitlinie wird eine blickdichte Bepflanzung als Sichtschutzmaßnahme explizit vorgeschlagen und akzeptiert aber im Bereich von Autobahnen kann lt. Vorgaben des FBA (Fernstraßenbundesamtes) bestehende Vegetation und auch blickdichtes Straßenbegleitgrün nur dann als Sichtschutz berücksichtigt werden, wenn es sich um Wald ähnliche Vegetation handelt, die nicht ohne weiteres entfernt/gerodet werden kann.

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

Bei PV-Anlagen im Randbereich von Bahnstrecken sind ähnliche Aspekte zu berücksichtigen. Im Gegensatz zum Fernstraßenbundesamt verfolgt die Deutsche Bahn allerdings eine pragmatische Lösung bei der nicht im Vorwege auch selbst höchst unwahrscheinliche Konstellationen auszuschließen sind. Die Formulierung der Deutschen Bahn kann richtungsweisend auch für andere Bauvorhaben passen:

**Sie [PV-Anlagen] sind in ihrer Farbgebung und Strahlrichtung so anzuordnen, dass jegliche Signalverwechslung und Blendwirkung ausgeschlossen ist. Sollte sich nach der Inbetriebnahme eine Blendung herausstellen, so sind vom Bauherrn entsprechende Abschirmungen anzubringen.**

## Sonderfall Zugführer

<sup>12</sup> Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

<sup>13</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)

Mittelwert 2023: [https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc\\_eude\\_cen\\_cfc\\_mean\\_2024\\_17.png](https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_cen_cfc_mean_2024_17.png)

Langjähriges Mittel 1991-2020: [https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/zeitreihen/rcc\\_eude\\_cen\\_cfc\\_refc9120\\_17.png](https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/zeitreihen/rcc_eude_cen_cfc_refc9120_17.png)

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

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



Bild 3.6.2: Fensterfront gängiger Loktypen (Quelle: SolPEG)

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

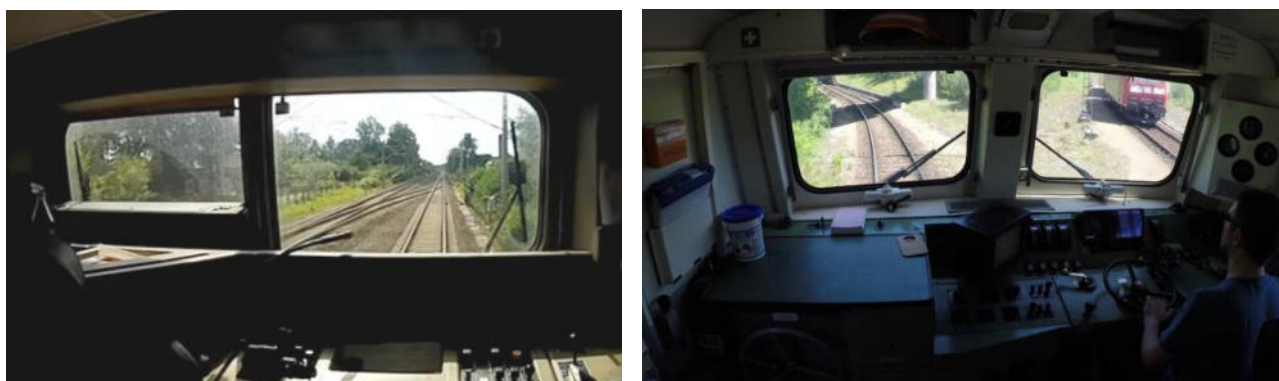


Bild 3.6.3: Blick aus dem Führerstand. Links Baureihe 143, rechts 155 (Quelle: Wikipedia, CC0 1.0 Lizenz, Ausschnitt)

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

## 4 Ergebnisse

Die Berechnung der potenziellen Blendwirkung der PV-Anlage „Breddorf“ wird für 5 exemplarisch gewählte Messpunkte (Immissionsorte) durchgeführt. Die exakten GPS-Koordinaten der Messpunkte sind unten aufgeführt. Aufgrund des Fahrbahn- bzw. Streckenverlaufes ist es nicht zielführend mehrere/ weitere Messpunkte in geringen Abstand zu untersuchen, da die Ausrichtung (Azimut) der Strecke und die Einfallswinkel von potenziellen Reflexionen nur unwesentlich abweichen und daher die Simulationsergebnisse entsprechend nur unwesentlich abweichen. Die Höhe der Messpunkte ist auf 2,0 m über GOK festgelegt. Dies entspricht der gemittelten Sitzhöhe von PKW und LKW inkl. Transporter und SUV ist ein eher konservativer Ansatz, da bei >85% der Verkehrsteilnehmer die übliche Sitzhöhe nur ca. 1,20 m - 1,40 m beträgt. Darüber hinaus zeigen sich bei einer Sitzhöhe (Augpunkt) von 2,5 m keine nennenswert anderen Ergebnisse.

Das Simulationsergebnis 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 LAI Lichtleitlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als 10° zu vernachlässigen, da in solchen Konstellationen die Sonne selbst die Ursache für eine mögliche Blendwirkung darstellt. 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.

In einer weiteren Betrachtung wird der Einfallswinkel der Reflexionen analysiert, da dieser entscheidend für die Wahrnehmung von Reflexionen ist. Prinzipiell könnte immer eine Blendwirkung auftreten wenn direkt in die Sonne geblickt wird aber durch natürliche Reflexe wie Augen schließen, Änderung der Blickrichtung usw. wird eine Beeinträchtigung durch starke Lichtquellen vermieden. Dies gilt gleichermaßen auch für Reflexionen auf PV-Modulen bzw. eher weniger, da es sich um eher diffuse Reflexionen handelt und nicht um direktes Sonnenlicht. In folgenden Abschnitt werden die rechnerisch ermittelten Ergebnisse an den jeweiligen Immissionsorten kommentiert.

Die folgende Tabelle zeigt Details zu den einzelnen Messpunkten.

**Tabelle 1: Details zu den einzelnen Messpunkten (Immissionsorten):**

| Messpunkt<br>Bezeichnung | Breitengrad<br>[°N] | Längengrad<br>[°O] | Geländehöhe <sup>14</sup><br>ü. N.N. [m] | Messpunkt<br>ü. N.N. [m] | Reflexionen                  |
|--------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| P1 Straße nördlich       | 53.282094           | 9.091101           | 32,04                                    | 34,54                    | nicht relevant <sup>W</sup>  |
| P2 Straße mittig         | 53.279515           | 9.092335           | 36,77                                    | 39,27                    | nicht relevant <sup>W</sup>  |
| P3 Straße südlich        | 53.276295           | 9.093569           | 39,00                                    | 41,50                    | nicht relevant <sup>W</sup>  |
| P4 Straße südöstlich     | 53.274197           | 9.094373           | 36,95                                    | 39,45                    | nicht relevant <sup>WS</sup> |
| P5 Gebäude östlich       | 53.281423           | 9.101493           | 39,01                                    | 41,01                    | nicht relevant <sup>ES</sup> |

<sup>W</sup> = Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen, <sup>E</sup> = Entfernung <sup>S</sup> = Sichtschutz/Geländestruktur, <sup>D</sup> = geringe Dauer

<sup>14</sup> GPS Längengrad, Breitengrad und Höhenangaben gemäß Google Earth Datenbasis (WGS84 / World Geodetic System 1984)

#### 4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, Straße nördlich

Generell umfasst der für Fahrzeugführer relevante Sichtwinkel/Sektor einen Bereich von  $\pm 20^\circ$  bzw.  $\pm 30^\circ$  relativ zur Fahrtrichtung und 100 m Sichtweite. Reflexionen, die außerhalb dieses Bereiches/Sektors auftreten sind als nicht relevant anzusehen da kein Gefährdungspotenzial vorhanden ist.

Lt. Simulation können am Messpunkt P1 auf der Straße theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese können in bestimmten Jahreszeiten aus östlicher Richtung durch das PV-Feld 1 und aus östlicher Richtung durch das PV-Feld 4 auftreten. Die Einfallswinkel liegen bei der Fahrt Richtung Nordwesten allerdings deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels/Sektors (siehe oben). Aufgrund der Einfallswinkel sind potenzielle Reflexionen im Hinblick auf eine Blendwirkung nicht relevant.

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern oder gar eine gefährdende Blendwirkung durch die PV-Anlage ausgeschlossen werden. Die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs ist gewährleistet.

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

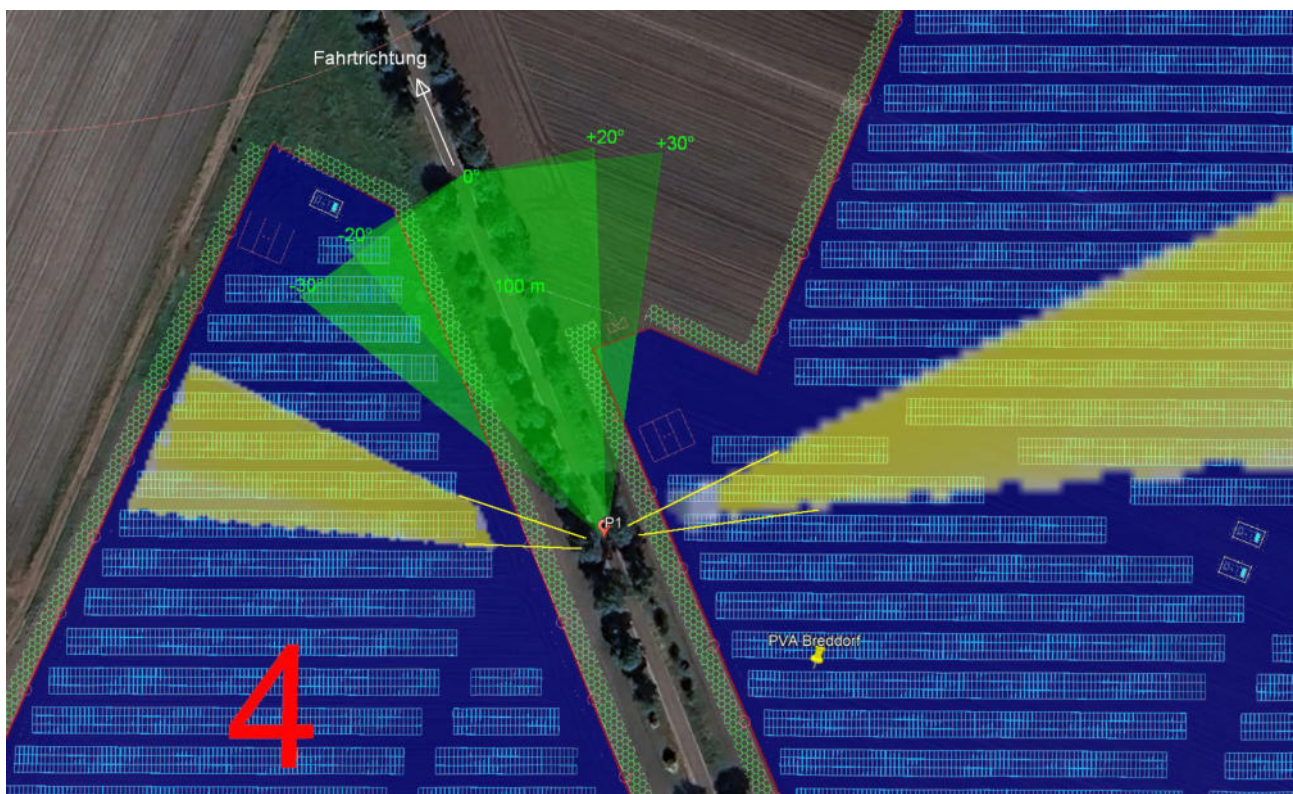


Bild 4.1.1: Simulation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der Grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel/Sektor (Fahrtrichtung  $\pm 30^\circ$ , 100 m Sichtweite). Im Gelb markierten Bereich können theoretisch Reflexionen auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist die Fläche entsprechend kleine bzw. schmaler. Bei der Fahrt in die Gegenrichtung sind Reflexionen nicht wahrnehmbar. Aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz können zu keiner Zeit Reflexionen den Rückspiegel<sup>15</sup> erreichen.

<sup>15</sup> Es gibt keine konkreten Vorgaben für den Sichtwinkel von Seiten- und Rückspiegeln, lediglich unkonkrete Formulierungen, dass diese eine "ausreichende Sicht" oder ein "angemessenes Sichtfeld" ermöglichen sollen. Daher wird der Sichtwinkel hier mit  $\pm 5^\circ$  zur Fahrtrichtung definiert. Überwiegend ist der Sichtwinkel durch die Größe der Heckscheibe bzw. die C-Säule begrenzt.

Das folgende Panoramafoto zeigt die Situation am Messpunkt P1 aus Sicht des Fahrzeugführers aus erhöhter Position<sup>16</sup> (ca. 2,5 m – 3 m) bei der Fahrt Richtung Nordwesten (Breddorf). Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Das Foto verdeutlicht, dass die PV-Felder teilweise im Randbereich sichtbar sind aber potenzielle Reflexionen wäre außerhalb des relevanten Sichtwinkels, außerhalb des Bildes.



Bild 4.1.2: Foto am Messpunkt P1, Fahrt Richtung Nordwesten (Quelle: Google StreetView, Juli 2023, Ausschnitt)

Lt. Planungsunterlagen ist entlang der Geländegrenze eine Begrünung geplant, sodass überwiegend kein direkter Sichtkontakt zu den PV-Flächen vorhanden ist.

<sup>16</sup> Angaben lt. Beschreibung der Google StreetView Fotoerfassung

## 4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, Straße mittig

Am Messpunkt P2 auf der Straße können theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch zwischen dem 05. April - 06. September, zwischen 07:00 - 07:35 Uhr, für max. 19 Minuten aus östlicher Richtung durch das PV-Feld 2 auftreten. In bestimmten Jahreszeiten können auch abends Reflexionen aus westlicher Richtung durch das PV-Feld 5 auftreten. Die Einfallswinkel liegen bei der Fahrt Richtung Nordwesten allerdings auch in diesem Abschnitt deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels. Aufgrund der Einfallswinkel sind potenzielle Reflexionen im Hinblick auf eine Blendwirkung nicht relevant. Bei der Fahrt in Richtung Süden/Südosten liegen die Einfallswinkel nochmals mehr außerhalb des relevanten Sichtwinkels und dementsprechend sind potenzielle Reflexionen nochmals weniger relevant – sofern diese überhaupt wahrnehmbar sind.

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern oder gar eine Blendwirkung durch die PV-Anlage ausgeschlossen werden. Die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs ist durch die PV-Anlage nicht beeinträchtigt.

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

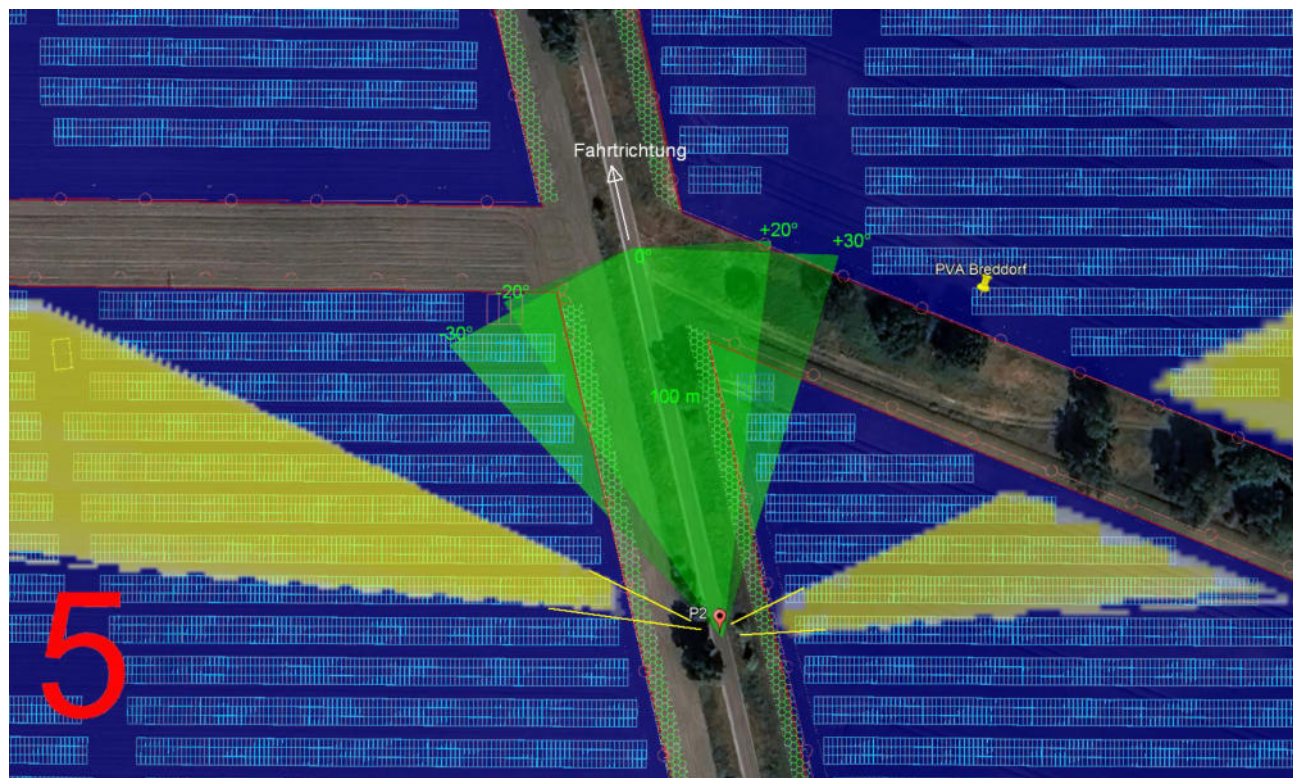


Bild 4.2.1: Simulation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der Grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel ( $\pm 30^\circ$  zur Fahrtrichtung, 100 m Sichtweite). Im Gelb markierten Bereich könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Diese liegen jedoch außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels. Die Fahrt Richtung Süden ist nicht skizziert da die Einfallswinkel nochmals mehr außerhalb der relevanten Sichtwinkels liegen.

Das folgende Panoramafoto zeigt die Situation am Messpunkt P2 aus Sicht des Fahrzeugführers aus erhöhter Position (ca. 2,5 m – 3 m) bei der Fahrt Richtung Norden. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Auch dieses Foto verdeutlicht, dass die PV-Felder teilweise im Randbereich sichtbar sind aber potenzielle Reflexionen wäre außerhalb des relevanten Sichtwinkels, außerhalb des Bildes.



Bild 4.2.2: Foto am Messpunkt P2, Fahrt Richtung Norden (Quelle: Google StreetView, Juli 2023, Ausschnitt)

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P2 bei der Fahrt Richtung Süden/Südosten.



Bild 4.2.3: Foto am Messpunkt P2, Fahrt Richtung Süden (Quelle: Google StreetView, Juli 2023, Ausschnitt)

Lt. Planungsunterlagen ist entlang der Geländegrenze der PV-Felder eine Begrünung geplant, sodass überwiegend kein direkter Sichtkontakt zu den PV-Flächen vorhanden ist.

### 4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, Straße südlich

Auch am Messpunkt P3 auf der Straße zwischen Breddorf und Hepstedt können theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Da die Ausrichtung der Fahrbahn in diesem Abschnitt unverändert ist, liegen die Einfallswinkel auch in diesem Abschnitt deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels. Aufgrund der Einfallswinkel sind potenzielle Reflexionen im Hinblick auf eine Blendwirkung nicht relevant. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV-Anlage oder gar eine gefährdende Blendwirkung kann ausgeschlossen werden.

### 4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, Straße südöstlich

Auch am Messpunkt P4 ca. 250 m südlich von Messpunkt P3 können bei der Fahrt Richtung Norden theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Wie auch am Messpunkt P3 liegen die Einfallswinkel auch in diesem Abschnitt deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und dementsprechend kann auch in diesem Abschnitt eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV-Anlage oder gar eine gefährdende Blendwirkung ausgeschlossen werden. Die Sicherheit des fließenden Verkehrs ist durch die PV-Anlage nicht beeinträchtigt.

### 4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude

Am Messpunkt P5 im Bereich der Gebäude an der Adresse Bahnhofstraße 14 können theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Der Randbereich der PV-Anlage ist evt. sichtbar aber aufgrund der sehr großen Entfernung zur Immissionsquelle von über 380 m sind Reflexionen nicht relevant. Mit zunehmender Entfernung verringert sich die Leuchtdichte der Moduloberfläche aufgrund der Bündelauflösung der diffus reflektierten Lichtstrahlen. Die PV-Anlage wäre - wenn überhaupt - nur als helle Fläche wahrnehmbar. Darüber hinaus ist lt. Planungsunterlagen entlang der Geländegrenze eine Begrünung / Hecke geplant, sodass kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV-Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze verdeutlicht die Situation am Messpunkt P5 mit Sichtschutz durch andere Gebäude.



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

## 5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Lt. aktueller Gesetzgebung (§2 EEG) liegt die Nutzung Erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse und dient der öffentlichen Sicherheit. Der priorisierte Ausbau der erneuerbaren Energien als wesentlicher Teil des Klimaschutzgebotes soll im Rahmen einer Schutzgüterabwägung nur in Ausnahmefällen überwunden werden.

Der Auftraggeber hat bei der geplanten PV-Anlage „Breddorf“ mit dem Einsatz von hochwertigen PV-Modulen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von Reflexionen vorgesehen. Die Simulation von potenziellen Reflexionen und die Analyse der Ergebnisse wurde aufgrund der großen räumlichen Ausdehnung für 5 exemplarisch gewählte, repräsentative Messpunkte (Immissionsorte) im Umfeld der PV-Anlage durchgeführt.

Im Verlauf der Ortsverbindungsstraße zwischen Breddorf und Hepstedt können theoretisch bzw. rein rechnerisch in geringem Umfang Reflexionen durch Teilfelder der PV-Anlage auftreten. Die Einfallswinkel liegen allerdings deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels/Sektors, so dass eine Beeinträchtigung oder gar eine Blendwirkung ausgeschlossen werden kann. Aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz sind für den Gegenverkehr keine Reflexionen im Seiten- und Rückspiegel nachweisbar. Die Sicherheit und Leichtigkeit des fließenden Verkehrs im Verlauf der Straße ist durch die PV-Anlage nicht beeinträchtigt. Im weiteren Umfeld sind keine relevanten Straßen vorhanden oder diese können nicht von Reflexionen durch die PV-Anlage erreicht werden.

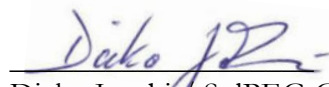
Im Bereich der östlich gelegenen Gebäude können theoretisch Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten aber aufgrund der sehr großen Entfernung zur Immissionsquelle von über 380 m sind diese allerdings als unkritisch zu bewerten. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann ausgeschlossen werden. Im weiteren Umfeld sind keine relevanten Gebäude oder schutzwürdige Zonen vorhanden. Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

Aus Immissionsschutzrechtlicher Sicht bestehen keine Einwände gegen das Bauvorhaben.

## 6 Schlussbemerkung

Die hier dargestellten Untersuchungen, Sachverhalte und Einschätzungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen und anhand von vorgelegten Informationen, eigenen Untersuchungen und weiterführenden Recherchen angefertigt. Eine Haftung für etwaige Schäden, die aus diesen Ausführungen bzw. weiteren Maßnahmen erfolgen, kann nicht übernommen werden.

Hamburg, den 13.11.2025

  
Dieko Jacobi / SolPEG GmbH



# Hi-MO 5

(G2)

## LR5-72HIBD 530~550M

- Based on M10-182mm wafer, best choice for ultra-large power plants
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
  - M10 Gallium-doped Wafer
  - Integrated Segmented Ribbons
  - 9-busbar Half-Cut Cell
- Globally validated bifacial energy yield
- High module quality ensures long-term reliability



12-year Warranty for  
Materials and Processing



30-year Warranty for Extra  
Linear Power Output

### Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO9001:2015: ISO Quality Management System

ISO14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

# LONGi



**21.3%**  
MAX MODULE  
EFFICIENCY

**0~3%**  
POWER  
TOLERANCE

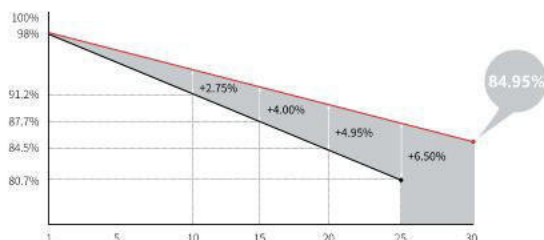
**<2%**  
FIRST YEAR  
POWER DEGRADATION

**0.45%**  
YEAR 2-30  
POWER DEGRADATION

**HALF-CELL**  
Lower operating temperature

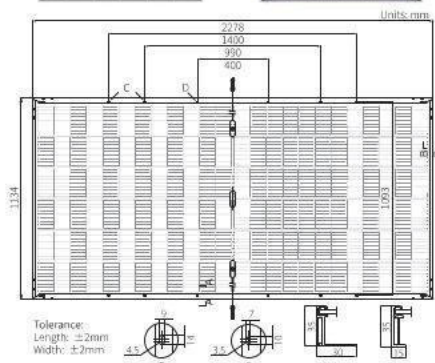
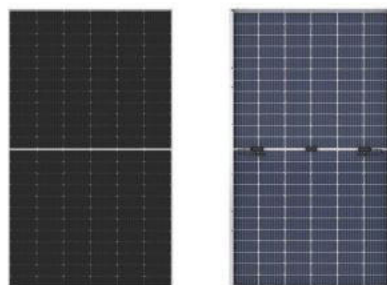
## Additional Value

### 30-Year Power Warranty



## Mechanical Parameters

|                  |                                                             |
|------------------|-------------------------------------------------------------|
| Cell Orientation | 144 (6×24)                                                  |
| Junction Box     | IP68, three diodes                                          |
| Output Cable     | 4mm <sup>2</sup> , +400, -200mm<br>length can be customized |
| Connector        | LONGi LR5 or MC4 EVO2                                       |
| Glass            | Dual glass, 2.0+2.0mm heat strengthened glass               |
| Frame            | Anodized aluminum alloy frame                               |
| Weight           | 32.6kg                                                      |
| Dimension        | 2278×1134×35mm                                              |
| Packaging        | 31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC    |



## Electrical Characteristics

STC: AM1.5 1000W/m<sup>2</sup> 25°C NOCT: AM1.5 800W/m<sup>2</sup> 20°C 1m/s

Test uncertainty for P<sub>max</sub> ±3%

| Module Type                                   | LR5-72HIBD-530M |       | LR5-72HIBD-535M |       | LR5-72HIBD-540M |       | LR5-72HIBD-545M |       | LR5-72HIBD-550M |       |
|-----------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| Testing Condition                             | STC             | NOCT  | STC             | NOCT  | STC             | NOCT  | STC             | NOCT  | STC             | NOCT  |
| Maximum Power (P <sub>max</sub> /W)           | 530             | 396.2 | 535             | 399.9 | 540             | 403.6 | 545             | 407.4 | 550             | 411.1 |
| Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> /V)     | 49.20           | 46.26 | 49.35           | 46.40 | 49.50           | 46.54 | 49.65           | 46.68 | 49.80           | 46.82 |
| Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> /A)    | 13.71           | 11.07 | 13.78           | 11.12 | 13.85           | 11.17 | 13.92           | 11.23 | 13.99           | 11.29 |
| Voltage at Maximum Power (V <sub>mp</sub> /V) | 41.35           | 38.58 | 41.50           | 38.72 | 41.65           | 38.86 | 41.80           | 39.00 | 41.95           | 39.14 |
| Current at Maximum Power (I <sub>mp</sub> /A) | 12.82           | 10.27 | 12.90           | 10.33 | 12.97           | 10.39 | 13.04           | 10.45 | 13.12           | 10.51 |
| Module Efficiency(%)                          | 20.5            |       | 20.7            |       | 20.9            |       | 21.1            |       | 21.3            |       |

## Electrical characteristics with different rear side power gain (reference to 540W front)

| P <sub>max</sub> /W | V <sub>oc</sub> /V | I <sub>sc</sub> /A | V <sub>mp</sub> /V | I <sub>mp</sub> /A | P <sub>max</sub> gain |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| 567                 | 49.50              | 14.54              | 41.65              | 13.61              | 5%                    |
| 594                 | 49.50              | 15.23              | 41.65              | 14.26              | 10%                   |
| 621                 | 49.60              | 15.92              | 41.75              | 14.91              | 15%                   |
| 648                 | 49.60              | 16.62              | 41.75              | 15.56              | 20%                   |
| 675                 | 49.60              | 17.31              | 41.75              | 16.21              | 25%                   |

## Operating Parameters

|                                               |                           |
|-----------------------------------------------|---------------------------|
| Operational Temperature                       | -40°C ~ +85°C             |
| Power Output Tolerance                        | 0 ~ 3%                    |
| V <sub>oc</sub> and I <sub>sc</sub> Tolerance | ±3%                       |
| Maximum System Voltage                        | DC1500V (IEC/UL)          |
| Maximum Series Fuse Rating                    | 30A                       |
| Nominal Operating Cell Temperature            | 45 ± 2°C                  |
| Protection Class                              | Class II                  |
| Bifaciality                                   | 70 ± 5%                   |
| Fire Rating                                   | UL type 29<br>IEC Class C |

## Mechanical Loading

|                                   |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Front Side Maximum Static Loading | 5400Pa                               |
| Rear Side Maximum Static Loading  | 2400Pa                               |
| Hailstone Test                    | 25mm Hailstone at the speed of 23m/s |

## Temperature Ratings (STC)

|                                             |            |
|---------------------------------------------|------------|
| Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>  | +0.050%/°C |
| Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>  | -0.265%/°C |
| Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> | -0.340%/°C |

# Breddorf

## Breddorf

**Created** Nov 13, 2025  
**Updated** Nov 13, 2025  
**Time-step** 1 minute  
**Timezone offset** UTC2  
**Minimum sun altitude** 5.0 deg  
**Site ID** 164576.27520

**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

PV Analysis Methodology: **Version 2**  
 Enhanced subtended angle calculation: **On**

## 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 1 | 20.0 | 180.0       | 2,934         | 10,607         | -               |
| PV Feld 2 | 20.0 | 180.0       | 3,804         | 7,205          | -               |
| PV Feld 3 | 20.0 | 180.0       | 5,813         | 7,707          | -               |
| PV Feld 4 | 20.0 | 180.0       | 2,080         | 2,094          | -               |
| PV Feld 5 | 20.0 | 180.0       | 861           | 3,507          | -               |
| PV Feld 6 | 20.0 | 180.0       | 1,227         | 3,748          | -               |
| PV Feld 7 | 20.0 | 180.0       | 295           | 2,025          | -               |

PV Array(s)

Total PV footprint area: 545,792 m^2

**Name:** PV Feld 1  
**Footprint area:** 182,372 m^2  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 20.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg

**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad



| Vertex | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| 1      | 53.282201 | 9.091217  | 30.76            | 2.00                | 32.76           |
| 2      | 53.282275 | 9.091432  | 31.33            | 2.00                | 33.33           |
| 3      | 53.285536 | 9.093789  | 31.86            | 2.00                | 33.86           |
| 4      | 53.285542 | 9.093999  | 31.47            | 2.00                | 33.47           |
| 5      | 53.285064 | 9.095710  | 32.43            | 2.00                | 34.43           |
| 6      | 53.284635 | 9.096354  | 32.14            | 2.00                | 34.14           |
| 7      | 53.281367 | 9.096193  | 34.40            | 2.00                | 36.40           |
| 8      | 53.280969 | 9.097802  | 35.24            | 2.00                | 37.24           |
| 9      | 53.279327 | 9.098467  | 36.01            | 2.00                | 38.01           |
| 10     | 53.278945 | 9.098365  | 36.30            | 2.00                | 38.30           |
| 11     | 53.278942 | 9.098161  | 36.28            | 2.00                | 38.28           |
| 12     | 53.279109 | 9.097384  | 35.93            | 2.00                | 37.93           |
| 13     | 53.279609 | 9.097743  | 35.37            | 2.00                | 37.37           |
| 14     | 53.279882 | 9.096616  | 34.60            | 2.00                | 36.60           |
| 15     | 53.279458 | 9.096230  | 35.39            | 2.00                | 37.39           |
| 16     | 53.280408 | 9.092234  | 33.43            | 2.00                | 35.43           |
| 17     | 53.281012 | 9.092020  | 32.44            | 2.00                | 34.44           |

**Name:** PV Feld 2  
**Footprint area:** 62,492 m^2  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 20.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg

**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad



| Vertex | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| 1      | 53.280050 | 9.092439  | 34.33            | 2.00                | 36.33           |
| 2      | 53.280060 | 9.092589  | 34.22            | 2.00                | 36.22           |
| 3      | 53.279207 | 9.096130  | 36.62            | 2.00                | 38.62           |
| 4      | 53.278401 | 9.096940  | 36.25            | 2.00                | 38.25           |
| 5      | 53.277677 | 9.100099  | 35.38            | 2.00                | 37.38           |
| 6      | 53.276884 | 9.099654  | 36.07            | 2.00                | 38.07           |
| 7      | 53.278578 | 9.092884  | 36.25            | 2.00                | 38.25           |

**Name:** PV Feld 3  
**Footprint area:** 69,309 m^2  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 20.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg

**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad



| Vertex | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| 1      | 53.278085 | 9.093236  | 36.75            | 2.00                | 38.75           |
| 2      | 53.276455 | 9.099663  | 35.87            | 2.00                | 37.87           |
| 3      | 53.275243 | 9.099008  | 35.93            | 2.00                | 37.93           |
| 4      | 53.275551 | 9.097517  | 38.09            | 2.00                | 40.09           |
| 5      | 53.275538 | 9.096455  | 38.16            | 2.00                | 40.16           |
| 6      | 53.276134 | 9.093869  | 37.34            | 2.00                | 39.34           |

**Name:** PV Feld 4  
**Footprint area:** 36,687 m^2  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 20.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg  
**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad



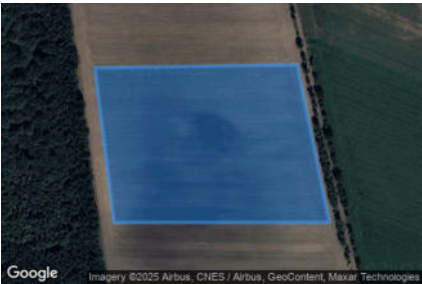
| Vertex | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| 1      | 53.282793 | 9.089706  | 32.50            | 2.00                | 34.50           |
| 2      | 53.282793 | 9.090328  | 32.20            | 2.00                | 34.20           |
| 3      | 53.281048 | 9.091466  | 33.88            | 2.00                | 35.88           |
| 4      | 53.280529 | 9.091745  | 34.77            | 2.00                | 36.77           |
| 5      | 53.280567 | 9.088011  | 35.71            | 2.00                | 37.71           |

**Name:** PV Feld 5  
**Footprint area:** 56,829 m^2  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 20.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg  
**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad



| Vertex | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| 1      | 53.280048 | 9.087721  | 35.08            | 2.00                | 37.08           |
| 2      | 53.280324 | 9.087979  | 35.70            | 2.00                | 37.70           |
| 3      | 53.280240 | 9.091841  | 35.36            | 2.00                | 37.36           |
| 4      | 53.278521 | 9.092474  | 36.88            | 2.00                | 38.88           |
| 5      | 53.278585 | 9.087829  | 34.68            | 2.00                | 36.68           |
| 6      | 53.279907 | 9.087571  | 34.81            | 2.00                | 36.81           |

**Name:** PV Feld 6  
**Footprint area:** 75,966 m^2  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 20.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg  
**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad



| Vertex | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| 1      | 53.278112 | 9.087968  | 34.82            | 2.00                | 36.82           |
| 2      | 53.278151 | 9.092603  | 37.39            | 2.00                | 39.39           |
| 3      | 53.275995 | 9.093343  | 37.85            | 2.00                | 39.85           |
| 4      | 53.275995 | 9.088408  | 36.99            | 2.00                | 38.99           |

**Name:** PV Feld 7  
**Footprint area:** 62,137 m^2  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 20.0 deg  
**Orientation:** 180.0 deg  
**Rated power:** -  
**Panel material:** Smooth glass with AR coating  
**Vary reflectivity with sun position?** Yes  
**Correlate slope error with surface type?** Yes  
**Slope error:** 8.43 mrad

| Vertex | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| 1      | 53.275707 | 9.088494  | 36.73            | 2.00                | 38.73           |
| 2      | 53.275758 | 9.093429  | 38.15            | 2.00                | 40.15           |
| 3      | 53.274064 | 9.094051  | 37.11            | 2.00                | 39.11           |
| 4      | 53.274084 | 9.088901  | 38.06            | 2.00                | 40.06           |



Discrete Observation Receptors

| Number | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total Elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| OP 1   | 53.282094 | 9.091101  | 32.04            | 2.50                | 34.54           |
| OP 2   | 53.279515 | 9.092335  | 36.77            | 2.50                | 39.27           |
| OP 3   | 53.276295 | 9.093569  | 39.00            | 2.50                | 41.50           |
| OP 4   | 53.274197 | 9.094373  | 36.95            | 2.50                | 39.45           |
| OP 5   | 53.281423 | 9.101493  | 39.01            | 2.00                | 41.01           |

# 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 1 | 20.0 | 180.0       | 2,934         | 10,607         | -               |           |
| PV Feld 2 | 20.0 | 180.0       | 3,804         | 7,205          | -               |           |
| PV Feld 3 | 20.0 | 180.0       | 5,813         | 7,707          | -               |           |
| PV Feld 4 | 20.0 | 180.0       | 2,080         | 2,094          | -               |           |
| PV Feld 5 | 20.0 | 180.0       | 861           | 3,507          | -               |           |
| PV Feld 6 | 20.0 | 180.0       | 1,227         | 3,748          | -               |           |
| PV Feld 7 | 20.0 | 180.0       | 295           | 2,025          | -               |           |

## 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-1 (green)  | 0   | 0   | 92  | 333  | 429  | 479  | 464  | 362  | 203 | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-1 (yellow) | 0   | 0   | 91  | 1241 | 1432 | 1366 | 1413 | 1449 | 421 | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-2 (green)  | 0   | 0   | 144 | 335  | 435  | 485  | 466  | 378  | 250 | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-2 (yellow) | 0   | 0   | 133 | 746  | 943  | 877  | 948  | 785  | 434 | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-3 (green)  | 0   | 0   | 329 | 564  | 787  | 879  | 850  | 656  | 461 | 43  | 0   | 0   |
| pv-feld-3 (yellow) | 0   | 0   | 323 | 1348 | 1050 | 739  | 837  | 1404 | 762 | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-4 (green)  | 0   | 0   | 0   | 106  | 65   | 80   | 73   | 87   | 36  | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-4 (yellow) | 0   | 0   | 0   | 25   | 271  | 21   | 117  | 189  | 0   | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-5 (green)  | 0   | 0   | 27  | 138  | 155  | 157  | 163  | 145  | 76  | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-5 (yellow) | 0   | 0   | 15  | 606  | 681  | 656  | 677  | 687  | 185 | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-6 (green)  | 0   | 0   | 40  | 169  | 193  | 333  | 213  | 182  | 97  | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-6 (yellow) | 0   | 0   | 24  | 653  | 721  | 686  | 715  | 733  | 216 | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-7 (green)  | 0   | 0   | 0   | 43   | 61   | 63   | 74   | 39   | 15  | 0   | 0   | 0   |
| pv-feld-7 (yellow) | 0   | 0   | 0   | 331  | 410  | 390  | 400  | 427  | 67  | 0   | 0   | 0   |

# PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

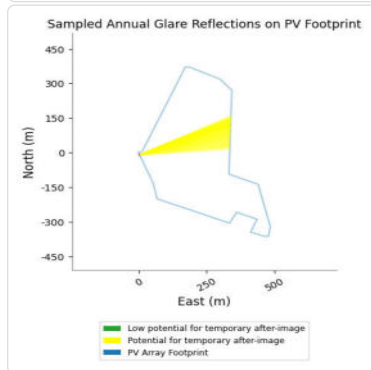
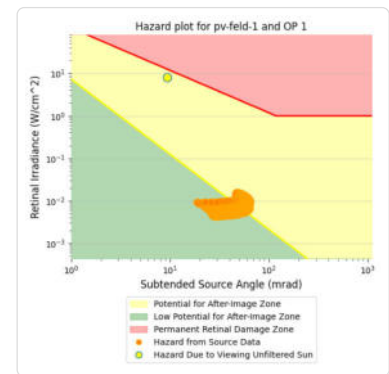
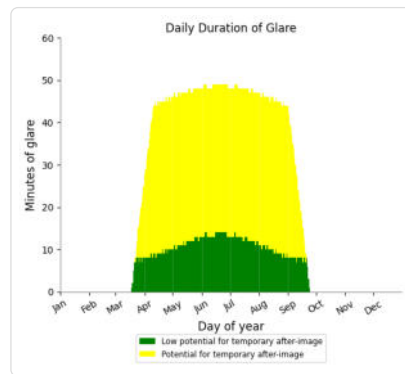
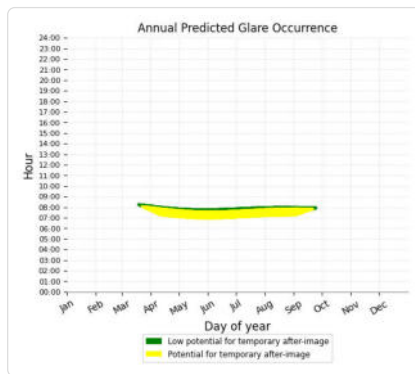
## PV Feld 1 potential temporary after-image

| Component | Green glare (min) | Yellow glare (min) |
|-----------|-------------------|--------------------|
| OP: OP 1  | 1987              | 5822               |
| OP: OP 2  | 572               | 2622               |
| OP: OP 3  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 4  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 5  | 375               | 2163               |

## PV Feld 1: OP 1

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

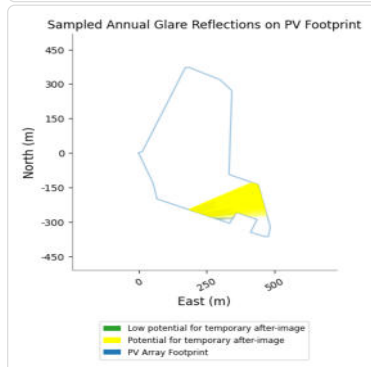
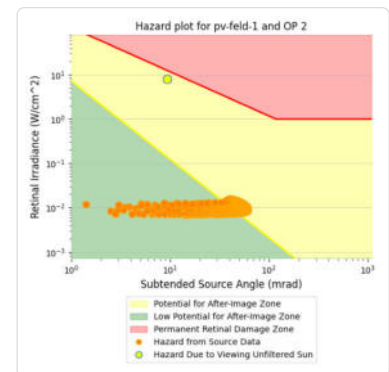
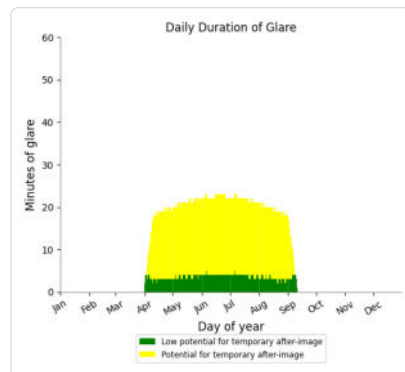
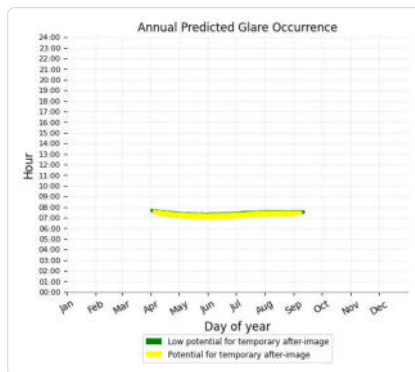
- 1,987 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 5,822 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 1: OP 2

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 572 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,622 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld 1: OP 3

No glare found

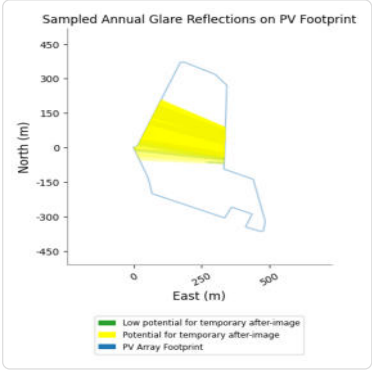
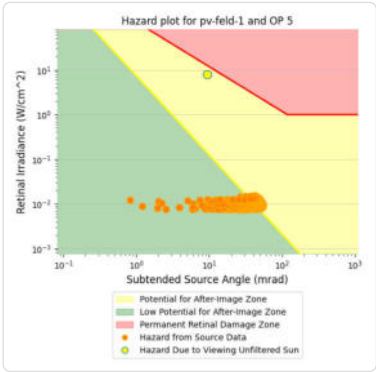
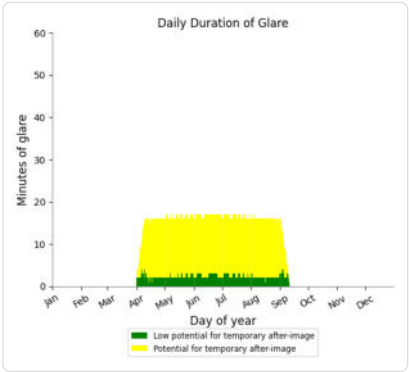
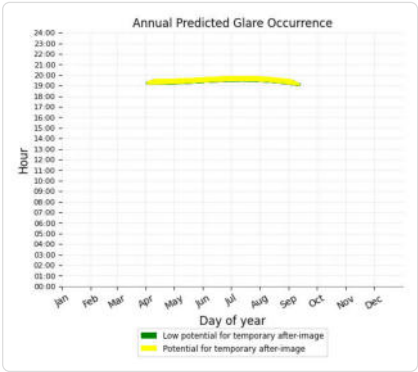
PV Feld 1: OP 4

No glare found

PV Feld 1: OP 5

PV array is expected to produce the following glare for this receptor:

- 375 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,163 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld 2 potential temporary after-image

| Component | Green glare (min) | Yellow glare (min) |
|-----------|-------------------|--------------------|
| OP: OP 1  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 2  | 2493              | 6177               |
| OP: OP 3  | 1311              | 1028               |
| OP: OP 4  | 0                 | 0                  |
| OP: OP 5  | 0                 | 0                  |

PV Feld 2: OP 1

No glare found

|          |  |
|----------|--|
| 26. Nov. |  |
| 3. Dez.  |  |
| 10. Dez. |  |
| 17. Dez. |  |
| 24. Dez. |  |
| 31. Dez. |  |

|                     |                   |            |                 |              |                    |                             |                    |                   |                         | Anzahl                  |                         |                          | Minuten                  |                          |          |         | Minuten im |       |                |               | Messpunkt P1 |          |            |             |              |
|---------------------|-------------------|------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|---------|------------|-------|----------------|---------------|--------------|----------|------------|-------------|--------------|
|                     | Cornel Irradiance | DNI (W/m²) | Ocular Hazard # | Reflectivity | Retinal Irradiance | Subtended Glare Angle (rad) | Sun Altitude (deg) | Sun Azimuth (deg) | Sun Position Vector (i) | Sun Position Vector (j) | Sun Position Vector (k) | Reflected Sun Vector (i) | Reflected Sun Vector (j) | Reflected Sun Vector (k) | Tag      | Minuten | Anfang     | Ende  | Zeitraum Start | Zeitraum Ende | pro Tag      | Zeitraum | Erste Zeit | Letzte Zeit |              |
| 2025-03-18 08:16:00 | 0,004823776       | 620,5      | 1               | 0,261        | 0,009169901        | 0,018694929                 | 5,1                | 99,6              | 0,982                   | -0,166                  | 0,089                   | -0,982                   | 0,07                     | 0,175                    | 22. Mrz. | 1       | 08:06      | 08:06 | 25. März       | 18. September | 36           | 5810     | 07:00      | 08:04       | Messpunkt P1 |
| 2025-03-19 08:14:00 | 0,00532414        | 620,7      | 1               | 0,266        | 0,009358408        | 0,026464501                 | 5,1                | 99                | 0,984                   | -0,155                  | 0,089                   | -0,984                   | 0,061                    | 0,168                    | 23. Mrz. | 2       | 08:03      | 08:04 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-19 08:15:00 | 0,005015344       | 622,9      | 1               | 0,26         | 0,009189212        | 0,027386971                 | 5,3                | 99,2              | 0,983                   | -0,159                  | 0,092                   | -0,983                   | 0,062                    | 0,172                    | 24. Mrz. | 4       | 08:01      | 08:04 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-20 08:10:00 | 0,006012426       | 616,5      | 1               | 0,277        | 0,009693134        | 0,034669321                 | 5                  | 98,1              | 0,986                   | -0,141                  | 0,087                   | -0,986                   | 0,052                    | 0,157                    | 25. Mrz. | 7       | 07:58      | 08:04 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-20 08:11:00 | 0,005745064       | 618,7      | 1               | 0,271        | 0,009517761        | 0,032136536                 | 5,2                | 98,3              | 0,985                   | -0,144                  | 0,09                    | -0,985                   | 0,053                    | 0,162                    | 26. Mrz. | 9       | 07:55      | 08:03 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-20 08:12:00 | 0,005466612       | 620,9      | 1               | 0,265        | 0,00934542         | 0,029148391                 | 5,3                | 98,5              | 0,985                   | -0,148                  | 0,093                   | -0,985                   | 0,054                    | 0,166                    | 27. Mrz. | 10      | 07:53      | 08:02 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-20 08:13:00 | 0,005173741       | 623,1      | 1               | 0,26         | 0,009176065        | 0,025589583                 | 5,5                | 98,7              | 0,984                   | -0,151                  | 0,095                   | -0,984                   | 0,055                    | 0,17                     | 28. Mrz. | 12      | 07:51      | 08:02 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-20 08:14:00 | 0,004861108       | 625,3      | 1               | 0,254        | 0,009009648        | 0,021241968                 | 5,6                | 98,9              | 0,983                   | -0,154                  | 0,098                   | -0,983                   | 0,056                    | 0,174                    | 29. Mrz. | 14      | 07:48      | 08:01 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-21 08:08:00 | 0,006401159       | 616,8      | 1               | 0,283        | 0,009895062        | 0,038562366                 | 5                  | 97,5              | 0,988                   | -0,13                   | 0,088                   | -0,988                   | 0,043                    | 0,151                    | 30. Mrz. | 15      | 07:46      | 08:00 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-21 08:09:00 | 0,006148809       | 619        | 1               | 0,277        | 0,009715589        | 0,036553052                 | 5,2                | 97,7              | 0,987                   | -0,133                  | 0,09                    | -0,987                   | 0,044                    | 0,155                    | 31. Mrz. | 17      | 07:44      | 08:00 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-21 08:10:00 | 0,005889538       | 621,2      | 1               | 0,271        | 0,009539225        | 0,034240427                 | 5,3                | 97,9              | 0,986                   | -0,137                  | 0,093                   | -0,986                   | 0,045                    | 0,159                    | 1. Apr.  | 20      | 07:41      | 08:00 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-21 08:11:00 | 0,005619174       | 623,4      | 1               | 0,265        | 0,009366592        | 0,031562298                 | 5,5                | 98,1              | 0,986                   | -0,14                   | 0,096                   | -0,986                   | 0,046                    | 0,163                    | 2. Apr.  | 21      | 07:38      | 07:58 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-21 08:12:00 | 0,005338113       | 625,6      | 1               | 0,259        | 0,009195627        | 0,02841554                  | 5,6                | 98,3              | 0,985                   | -0,143                  | 0,098                   | -0,985                   | 0,047                    | 0,167                    | 3. Apr.  | 23      | 07:36      | 07:58 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-21 08:13:00 | 0,005041431       | 627,7      | 1               | 0,254        | 0,0090283          | 0,024642702                 | 5,8                | 98,5              | 0,984                   | -0,147                  | 0,101                   | -0,984                   | 0,048                    | 0,172                    | 4. Apr.  | 25      | 07:34      | 07:58 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-21 08:14:00 | 0,004723297       | 629,9      | 1               | 0,248        | 0,00886389         | 0,019995205                 | 5,9                | 98,7              | 0,983                   | -0,15                   | 0,103                   | -0,983                   | 0,049                    | 0,176                    | 5. Apr.  | 26      | 07:31      | 07:56 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-22 08:06:00 | 0,00678947        | 619        | 2               | 0,289        | 0,010134523        | 0,04171075                  | 5,1                | 96,8              | 0,989                   | -0,118                  | 0,088                   | -0,989                   | 0,034                    | 0,144                    | 6. Apr.  | 28      | 07:29      | 07:56 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-22 08:07:00 | 0,00654705        | 621,2      | 1               | 0,282        | 0,009949997        | 0,040105746                 | 5,2                | 97                | 0,988                   | -0,122                  | 0,091                   | -0,988                   | 0,035                    | 0,148                    | 7. Apr.  | 30      | 07:27      | 07:56 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-22 08:08:00 | 0,006299414       | 623,4      | 1               | 0,276        | 0,009768681        | 0,03827328                  | 5,4                | 97,2              | 0,988                   | -0,125                  | 0,094                   | -0,988                   | 0,036                    | 0,152                    | 8. Apr.  | 31      | 07:24      | 07:54 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-22 08:09:00 | 0,006044641       | 625,5      | 1               | 0,27         | 0,009590522        | 0,036171945                 | 5,5                | 97,4              | 0,987                   | -0,129                  | 0,096                   | -0,987                   | 0,037                    | 0,156                    | 9. Apr.  | 33      | 07:22      | 07:54 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-22 08:10:00 | 0,005781866       | 627,7      | 1               | 0,264        | 0,009415472        | 0,033752248                 | 5,7                | 97,6              | 0,986                   | -0,132                  | 0,099                   | -0,986                   | 0,038                    | 0,161                    | 10. Apr. | 35      | 07:20      | 07:54 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-22 08:11:00 | 0,005509509       | 629,9      | 1               | 0,259        | 0,009243481        | 0,03094112                  | 5,8                | 97,8              | 0,986                   | -0,136                  | 0,101                   | -0,986                   | 0,039                    | 0,165                    | 11. Apr. | 35      | 07:18      | 07:52 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-22 08:12:00 | 0,005224616       | 632        | 1               | 0,253        | 0,009074501        | 0,027621628                 | 6                  | 98                | 0,985                   | -0,139                  | 0,104                   | -0,985                   | 0,04                     | 0,169                    | 12. Apr. | 36      | 07:17      | 07:52 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-22 08:13:00 | 0,004922874       | 634,2      | 1               | 0,248        | 0,008908484        | 0,023615711                 | 6,1                | 98,2              | 0,984                   | -0,143                  | 0,106                   | -0,984                   | 0,041                    | 0,173                    | 13. Apr. | 36      | 07:17      | 07:52 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:03:00 | 0,007109138       | 617,1      | 2               | 0,295        | 0,010311042        | 0,04428091                  | 5,1                | 96,2              | 0,99                    | -0,107                  | 0,089                   | -0,99                    | 0,025                    | 0,137                    | 14. Apr. | 35      | 07:17      | 07:51 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:04:00 | 0,006880025       | 619,3      | 2               | 0,288        | 0,010123098        | 0,0430078                   | 5,2                | 96,4              | 0,99                    | -0,111                  | 0,091                   | -0,99                    | 0,026                    | 0,141                    | 15. Apr. | 36      | 07:15      | 07:50 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:05:00 | 0,006644611       | 621,4      | 1               | 0,282        | 0,009938422        | 0,041542512                 | 5,4                | 96,6              | 0,989                   | -0,114                  | 0,094                   | -0,989                   | 0,027                    | 0,145                    | 16. Apr. | 36      | 07:15      | 07:50 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:06:00 | 0,006403024       | 623,6      | 1               | 0,276        | 0,009756961        | 0,039865757                 | 5,5                | 96,8              | 0,988                   | -0,118                  | 0,097                   | -0,988                   | 0,028                    | 0,15                     | 17. Apr. | 35      | 07:15      | 07:49 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:07:00 | 0,006155226       | 625,8      | 1               | 0,27         | 0,009578665        | 0,037952274                 | 5,7                | 97                | 0,988                   | -0,121                  | 0,099                   | -0,988                   | 0,029                    | 0,154                    | 18. Apr. | 36      | 07:14      | 07:49 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:08:00 | 0,005900127       | 627,9      | 1               | 0,264        | 0,009403485        | 0,035755494                 | 5,8                | 97,2              | 0,987                   | -0,125                  | 0,102                   | -0,987                   | 0,03                     | 0,158                    | 19. Apr. | 36      | 07:13      | 07:48 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:09:00 | 0,005636892       | 630,1      | 1               | 0,258        | 0,009231371        | 0,033223041                 | 6                  | 97,4              | 0,986                   | -0,128                  | 0,104                   | -0,986                   | 0,031                    | 0,162                    | 20. Apr. | 35      | 07:13      | 07:47 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:10:00 | 0,005363527       | 632,2      | 1               | 0,253        | 0,009062275        | 0,030269738                 | 6,1                | 97,6              | 0,986                   | -0,132                  | 0,107                   | -0,986                   | 0,032                    | 0,166                    | 21. Apr. | 36      | 07:12      | 07:47 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:11:00 | 0,005076694       | 634,3      | 1               | 0,247        | 0,008896148        | 0,026762339                 | 6,3                | 97,8              | 0,985                   | -0,135                  | 0,109                   | -0,985                   | 0,033                    | 0,171                    | 22. Apr. | 36      | 07:12      | 07:47 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-23 08:12:00 | 0,004771778       | 636,5      | 1               | 0,242        | 0,008732944        | 0,022500572                 | 6,4                | 98                | 0,984                   | -0,138                  | 0,112                   | -0,984                   | 0,034                    | 0,175                    | 23. Apr. | 35      | 07:11      | 07:45 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:01:00 | 0,00473647        | 617,4      | 2               | 0,301        | 0,010528693        | 0,046398943                 | 5,1                | 95,5              | 0,991                   | -0,096                  | 0,089                   | -0,991                   | 0,016                    | 0,13                     | 24. Apr. | 36      | 07:10      | 07:45 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:02:00 | 0,007216234       | 619,5      | 2               | 0,294        | 0,010336395        | 0,045381154                 | 5,3                | 95,7              | 0,991                   | -0,1                    | 0,092                   | -0,991                   | 0,017                    | 0,134                    | 25. Apr. | 36      | 07:10      | 07:45 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:03:00 | 0,006991207       | 621,7      | 2               | 0,288        | 0,010147443        | 0,044216062                 | 5,4                | 95,9              | 0,99                    | -0,103                  | 0,094                   | -0,99                    | 0,018                    | 0,139                    | 26. Apr. | 35      | 07:10      | 07:44 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:04:00 | 0,006760685       | 623,8      | 2               | 0,282        | 0,009961785        | 0,042880145                 | 5,6                | 96,1              | 0,99                    | -0,107                  | 0,097                   | -0,99                    | 0,019                    | 0,143                    | 27. Apr. | 36      | 07:09      | 07:44 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:05:00 | 0,00652401        | 626        | 1               | 0,275        | 0,009779369        | 0,04134656                  | 5,7                | 96,3              | 0,989                   | -0,11                   | 0,1                     | -0,989                   | 0,02                     | 0,147                    | 28. Apr. | 36      | 07:09      | 07:44 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:06:00 | 0,006281451       | 628,1      | 1               | 0,269        | 0,009600144        | 0,039597005                 | 5,9                | 96,6              | 0,988                   | -0,114                  | 0,102                   | -0,988                   | 0,021                    | 0,151                    | 29. Apr. | 35      | 07:08      | 07:42 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:07:00 | 0,006032553       | 630,3      | 1               | 0,264        | 0,009424061        | 0,037598898                 | 6                  | 96,8              | 0,988                   | -0,117                  | 0,105                   | -0,988                   | 0,022                    | 0,155                    | 30. Apr. | 36      | 07:07      | 07:42 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:08:00 | 0,005776235       | 632,4      | 1               | 0,258        | 0,009251068        | 0,035303105                 | 6,2                | 97                | 0,987                   | -0,12                   | 0,107                   | -0,987                   | 0,023                    | 0,16                     | 1. Mai.  | 36      | 07:07      | 07:42 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:09:00 | 0,005511503       | 634,5      | 1               | 0,252        | 0,009081116        | 0,032651087                 | 6,3                | 97,2              | 0,986                   | -0,124                  | 0,11                    | -0,986                   | 0,024                    | 0,164                    | 2. Mai.  | 36      | 07:07      | 07:42 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:10:00 | 0,005236019       | 636,6      | 1               | 0,247        | 0,008941458        | 0,029545732                 | 6,5                | 97,4              | 0,985                   | -0,127                  | 0,113                   | -0,985                   | 0,025                    | 0,168                    | 3. Mai.  | 36      | 07:06      | 07:41 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:11:00 | 0,004946102       | 638,8      | 1               | 0,242        | 0,008750145        | 0,0258367                   | 6,6                | 97,6              | 0,985                   | -0,131                  | 0,115                   | -0,985                   | 0,026                    | 0,172                    | 4. Mai.  | 36      | 07:06      | 07:41 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-24 08:12:00 | 0,004636455       | 640,9      | 1               | 0,236        | 0,00858903         | 0,021291721                 | 6,8                | 97,8              | 0,984                   | -0,134                  | 0,118                   | -0,984                   | 0,027                    | 0,176                    | 5. Mai.  | 36      | 07:06      | 07:41 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-25 07:58:00 | 0,007956316       | 615,5      | 2               | 0,314        | 0,010952062        | 0,048837805                 | 5                  | 94,7              | 0,993                   | -0,082                  | 0,087                   | -0,993                   | 0,006                    | 0,119                    | 6. Mai.  | 35      | 07:06      | 07:40 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-25 07:59:00 | 0,007748822       | 617,7      | 2               | 0,307        | 0,010751839        | 0,048150309                 | 5,2                | 94,9              | 0,992                   | -0,085                  | 0,09                    | -0,992                   | 0,007                    | 0,123                    | 7. Mai.  | 36      | 07:04      | 07:39 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-25 08:00:00 | 0,007536764       | 619,8      | 2               | 0,3          | 0,010555098        | 0,047346795                 | 5,3                | 95,1              | 0,992                   | -0,089                  | 0,092                   | -0,992                   | 0,008                    | 0,128                    | 8. Mai.  | 36      | 07:04      | 07:39 |                |               |              |          |            |             |              |
| 2025-03-25 08:01:00 | 0,007319947       | 621,9      | 2               | 0,294        | 0,010361785        | 0,046415223                 | 5,4                | 95,3              | 0,991                   | -0,092                  | 0,095                   | -0,991                   | 0,009                    | 0,132                    |          |         |            |       |                |               |              |          |            |             |              |