



[Dipl.-Ing. \(FH\) Marco Wilke](#) | [Mathias Röper, M. Eng.](#) | [Dr.-Ing. Stefan Bofinger](#) | [Max Krug, St. g. Techniker](#)

**SONNWINN**

Netzwerk unabhängiger Gutachter für Photovoltaik und Stromspeicher

# BLENDGUTACHTEN

PVA KERZLIN

VERSION 1.1

Bearbeitet:

Sachverständiger für Photovoltaik  
Mathias Röper, M. Eng.

Achter de Schün 1  
25436 Moorrege  
+49 (0) 4122 509100  
[mathias.roeper@sonnwinn.de](mailto:mathias.roeper@sonnwinn.de)  
[www.sonnwinn.de](http://www.sonnwinn.de)

Moorrege, 28.08.2023



---

Review:

Sachverständiger für Photovoltaik  
Dipl.-Ing. (FH) Marco Wilke

Riesenweg 9  
21244 Buchholz in der Nordheide  
+49 (0) 4181 2326110  
[marco.wilke@sonnwinn.de](mailto:marco.wilke@sonnwinn.de)  
[www.sonnwinn.de](http://www.sonnwinn.de)

Buchholz i. d. Nordheide, 28.08.2023



---

## Revisionstabelle

Version	Änderung	Datum	Name
1.1	Korrektur Name PVA	28.08.2023	Mathias Röper
1.0	Erste Fassung	18.08.2023	Mathias Röper

*Das Gutachten ist nur in seiner aktuellen Fassung gültig.*

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
1.1	Fragestellung .....	3
1.2	Haftungsausschluss .....	3
1.3	Datengrundlage.....	3
1.4	Übersicht der angewendeten Methodiken .....	4
2	Anlagenbeschreibung.....	5
3	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	8
4	Grundlagen .....	9
4.1	Blendwirkung von Modulen .....	9
4.2	Berechnung von Reflexionen .....	11
4.3	Verwendete Software .....	11
5	Blendwirkungen auf den Straßenverkehr.....	12
5.1	Auswertungsmethodik .....	12
5.2	Relevante Verkehrswege (B 167).....	14
5.3	Observationspunkte .....	15
5.4	Ergebnisse .....	16
6	Diskussion der Ergebnisse .....	19
7	Literaturverzeichnis .....	21
Anhang A:	Annahmen und Limitationen von SGHAT .....	22

# 1 Einleitung

Herr Mathias Röper, Sachverständiger für Photovoltaik, wurde beauftragt, die möglichen Blendwirkungen folgender Photovoltaikanlage (PVA) zu untersuchen und zu bewerten:

*Tabelle 1: Projektübersicht*

Auftraggeber	SUNCATCHER Kerzlin GmbH
Projektname	PVA Kerzlin
Adresse	Kerzlin, 16845 Temnitztal
Stand der Projektierung	<input type="checkbox"/> Bestand   <input type="checkbox"/> Im Bau   <input checked="" type="checkbox"/> Planung

Der vorliegende Bericht wurde zudem von Herrn Marco Wilke, Sachverständiger für Photovoltaik, in externer Zuarbeit geprüft.

## 1.1 Fragestellung

Es stellt sich die Frage, ob die Solarmodule der geplanten Photovoltaikanlage Sonnenlicht so reflektieren, dass erhebliche Beeinträchtigungen für folgende Immissionsorte auftreten können:

- Bundesstraße 167

Dieses Gutachten dient der Beantwortung dieser Frage und stellt dar, ob und mit welcher Häufigkeit belästigende bzw. beeinträchtigende Blendwirkungen auftreten können. Zudem werden die Ergebnisse bewertet.

## 1.2 Haftungsausschluss

Dieser Bericht wurde ausschließlich für den Gebrauch des Auftraggebers und in dessen Auftrag erstellt. Die Berechnungen und Auswertungen erfolgten nach bestem Wissen und Gewissen. Trotz sorgfältiger Durchführung können Fehler oder Irrtümer nicht vollständig ausgeschlossen werden. Für Folgeschäden, die aus der Nutzung des Gutachtens resultieren, wird keine Haftung übernommen. Die Haftung für Schadensersatz bei grober Fahrlässigkeit oder Vorsatz bleibt unberührt. Bei Weitergabe des Gutachtens an Dritte darf dieses weder verändert noch bearbeitet werden. Eine Haftung gegenüber Dritten, die sich den Inhalt dieses Gutachtens zunutze machen, ist grundsätzlich ausgeschlossen.

## 1.3 Datengrundlage

*Tabelle 2: Verwendete Daten/Informationen und ihre Quellen*

Information/Daten	Quelle
Angaben zur geplanten PVA (inkl. Fotoaufnahmen)	Auftraggeber
Umliegende Straßenverläufe	Google Earth Pro, OpenStreetMap
Umliegende Vegetation	
Umliegende Bebauung	
Höhenmodell (DGM1)	LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg)

## 1.4 Übersicht der angewendeten Methodiken

Die Auswertung der Blendwirkungen auf die Immissionsorte wurde entsprechend folgender Tabelle durchgeführt.

*Tabelle 3: Methodiken*

Immissionsort	Methodik
Straßen	Eigene Auswertungsmethodik (siehe Kapitel 6.1)

## 2 Anlagenbeschreibung

Die geplante PVA stellt eine Freiflächenanlage dar und ist in drei Teilungsbereiche unterteilt (A, B und C). Für den vorliegenden Sachverhalt (mögliche Blendwirkungen auf die Bundesstraße 167) ist jedoch nur die Anlage im Teilungsbereich C von Belangen.

Dementsprechend wird in diesem Bericht hauptsächlich der Anlagenteil in Teilungsbereich C analysiert, obwohl die gesamte Anlage deutlich größer ist.

Tabelle 4: Relevante Anlagenparameter

Parameter	Angabe/Wert für den Anlagenteil in Teilungsbereich C
Geokoordinaten (Breite, Länge)	52.893676°, 12.655508°
Art der Anlage	Freiflächenanlage
Modultyp	Si-kristallines Modul mit Antireflexbeschichtung
Aufständigung	Fest aufgeständert
Fläche Geltungsbereich	ca. 33,2 ha
Nennleistung (DC)	ca. 27,5 MWp
Modulausrichtung (Azimut)	180° Süd
Modulneigung	15°
Höhe Modulunterkante	ca. 1 m
Höhe Moduloberkante	ca. 2,4 m

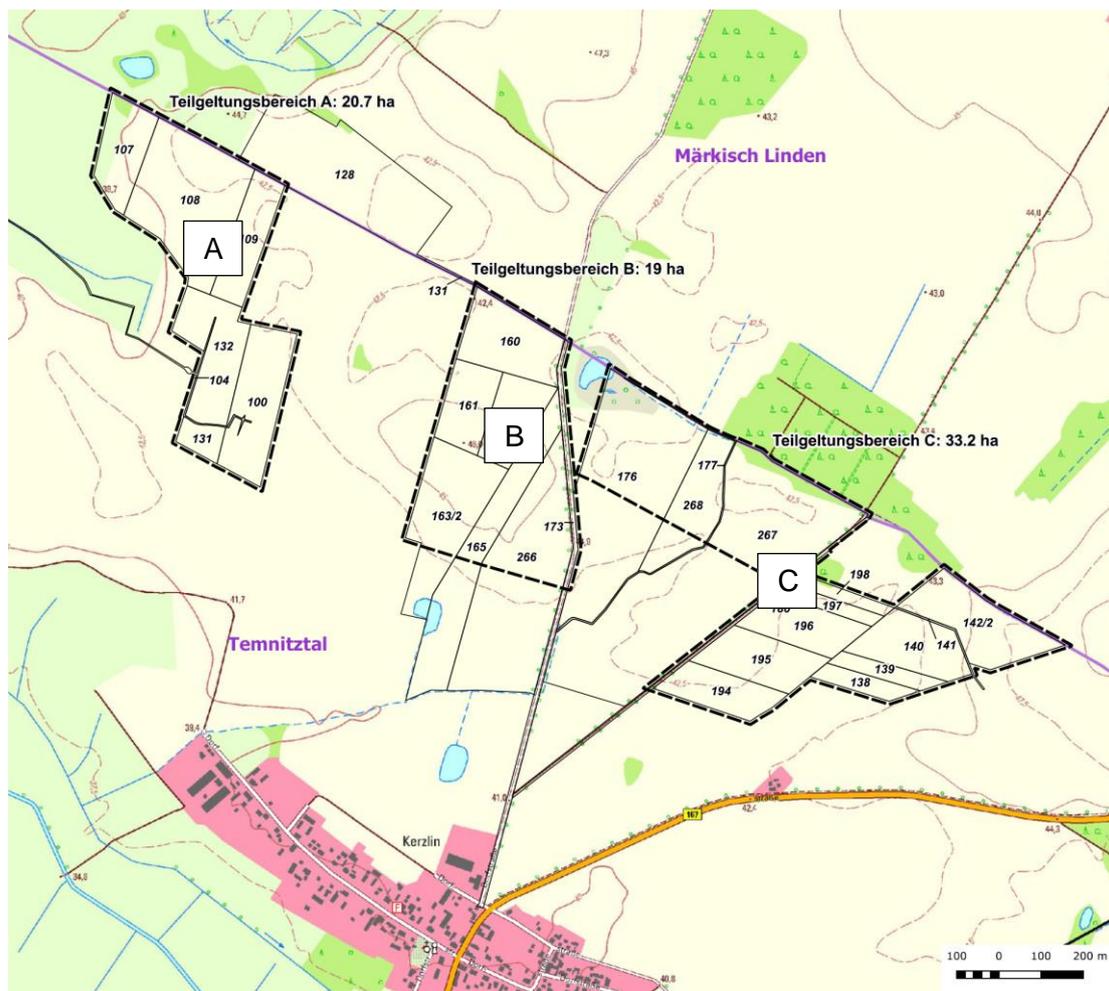


Abbildung 1: Plangebiet (es existieren drei Teilungsbereiche: A, B, C) - Quelle: Auftraggeber



Abbildung 2: Belegungsplan der PVA (Teilgeltungsbereich C) - Quelle: Auftraggeber



Abbildung 3: Grundriss der PV-Fläche von Teilgeltungsbereich C - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro

### 3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Kurzfristig können Blendwirkungen auf der Bundesstraße 167 auftreten. Diese sind jedoch als vertretbar einzustufen, vor allem weil die Anlage nicht unmittelbar an der Straße liegt. Somit besteht stets ein Abstand von mehreren hundert Metern zwischen Immissionsort und den jeweils reflektierenden Modulen, was den Grad der Beeinträchtigung der Reflexionen deutlich reduziert. Zudem treten die Blendwirkungen nur in wenigen Minuten pro Jahr auf (pro Fahrtrichtung maximal rund 500 Minuten pro Jahr, Wolken nicht berücksichtigt).

Die ermittelten Blendwirkungen werden als vertretbar eingestuft. Es werden keine erheblichen (unzumutbaren) Beeinträchtigungen des Straßenverkehrs auf der B 167 erwartet.

## 4 Grundlagen

### 4.1 Blendwirkung von Modulen

Ein PV-Modul setzt sich aus zahlreichen Solarzellen zusammen, die Sonnenlicht in elektrische Energie umwandeln. Um Stabilität zu gewährleisten und vor Witterungseinflüssen zu schützen, sind die Solarzellen normalerweise hinter einer Glasscheibe (Modulglas) angebracht. Das Modulglas ist maßgeblich für mögliche Blendwirkungen verantwortlich. Da die erzeugte elektrische Energie in direktem Verhältnis zur Intensität der Sonneneinstrahlung auf die Solarzellen steht, bemühen sich Modulhersteller, Reflexionen am Modulglas zu reduzieren – je weniger Reflexionen, desto höher der Ertrag. Daher verfügt das Modulglas typischerweise über eine spezielle Oberflächentexturierung und eine sogenannte Antireflexschicht. Beide Elemente gewährleisten, dass möglichst viel Licht auf die Solarzellen trifft und Reflexionsverluste minimiert werden [2].

Daher reflektieren Solarmodule bei geringen Einfallswinkeln  $\theta$  (siehe Abbildung 4) lediglich einen kleinen Teil des Sonnenlichts (etwa 5 %). Studien zeigen jedoch, dass trotz Texturierung und Antireflexbeschichtung der Anteil des reflektierten Sonnenlichts mit ansteigendem Einfallswinkel exponentiell zunimmt (siehe Abbildung 5).

Da bereits Reflexionen von weniger als 1 % des Sonnenlichts zu einer Absolutblendung führen können [1], müssen demnach Einfallswinkel berücksichtigt werden.

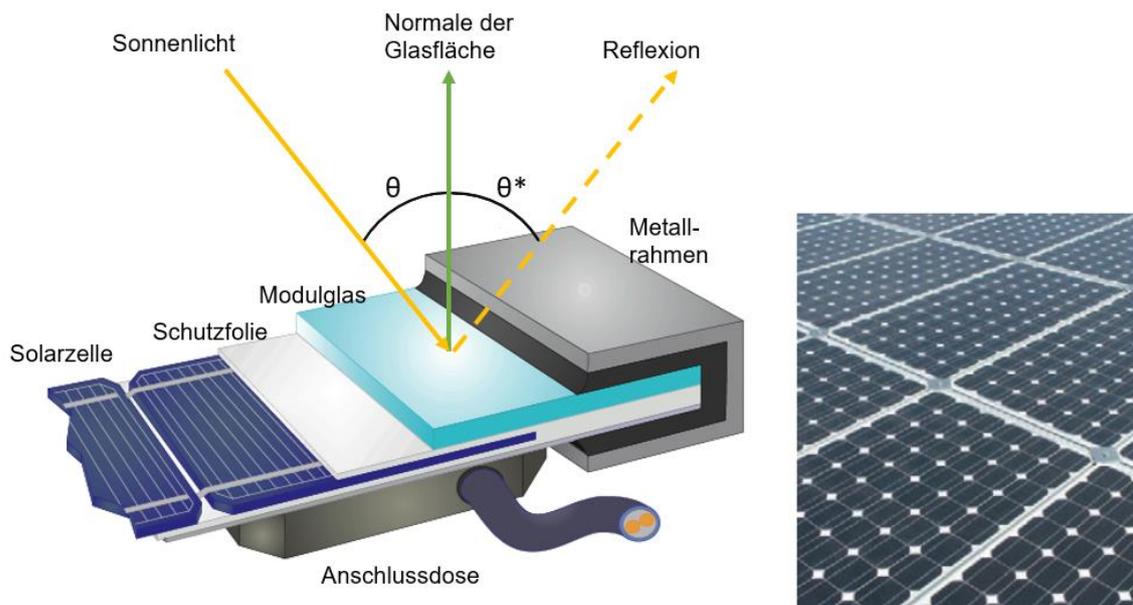


Abbildung 4: Aufbau eines PV-Moduls und Darstellung des Reflexionsgesetzes „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“  
– Quelle: [3] (modifiziert)

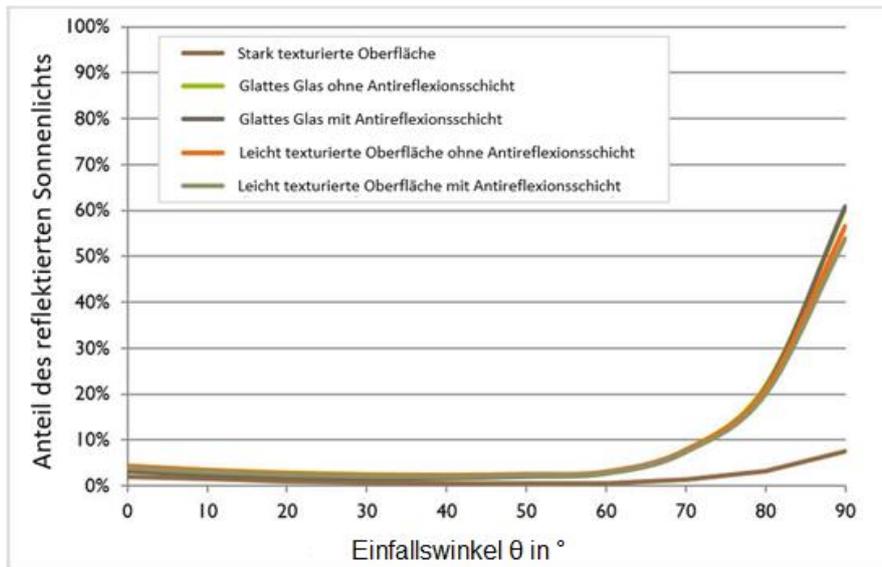


Abbildung 5: Anteil des reflektierten Sonnenlichts in Abhängigkeit zum Einfallswinkel, dargestellt für unterschiedliche Modulglastypeen – Quelle: [4], modifiziert

Die Oberflächentexturierung des Modulglases bewirkt eine weniger intensive, aber diffuse (gestreute) Reflexion des Sonnenlichts, wodurch der Immissionsort der Reflexion vergrößert wird. Daher sind die Intensitäten von Reflexionen an Solarmodulen nicht mit denen an beispielsweise glatten Fensterscheiben vergleichbar, bei denen das Sonnenlicht gerichteter reflektiert wird. Neue PV-Module verfügen in der Regel über eine Antireflexbeschichtung und zumindest eine leicht texturierte Oberfläche. Dies gilt auch für den später verwendeten Modultyp.



Abbildung 6: Veranschaulichung der Reflexion an einem texturierten Modulglas (mitte-links) und einem glatten Modulglas (mitte-rechts) – Quelle Aufnahme: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

## 4.2 Berechnung von Reflexionen

Reflexionen an PV-Modulen können geometrisch hergeleitet werden. Hierzu werden die Module, die relevanten Immissionsorte und die Sonne in einem gemeinsamen Koordinatensystem modelliert [1]. Der standortbezogene Sonnenverlauf kann für jeden Zeitpunkt im Jahr auf Basis mathematischer Funktionen ermittelt werden [5]. Durch Winkelbeziehungen und Strahlungsgesetze lässt sich nachvollziehen, wo und wann Blendwirkungen auftreten. Die Berücksichtigung von modulglasspezifischen Streuwinkeln und Reflexionskoeffizienten ermöglicht eine noch präzisere Betrachtung [4].

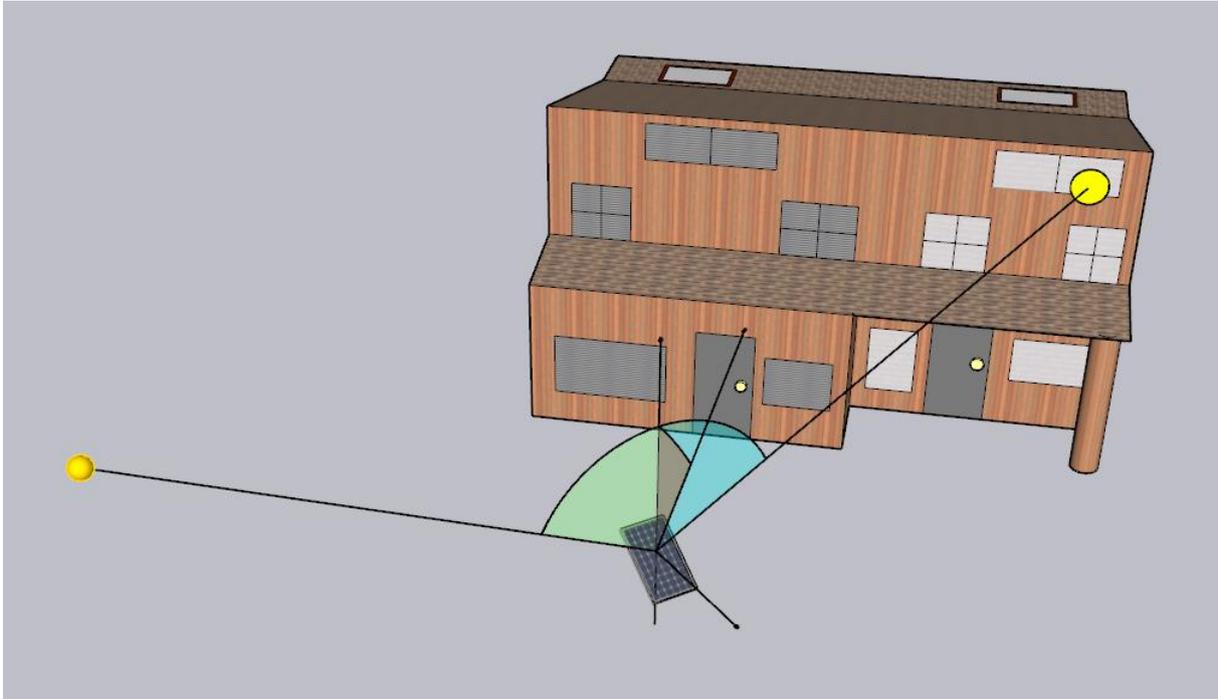


Abbildung 7: Veranschaulichung der geometrischen Herleitung einer Reflexion – Quelle: Eigene Abbildung

## 4.3 Verwendete Software

Für die Berechnungen der Reflexionen/Blendwirkungen wurde die Software ForgeSolar verwendet. Dabei wurden die Reflexionen/Blendwirkungen der PVA mit einer zeitlichen Auflösung von einer Minute für ein ganzes Jahr berechnet.

Die Software basiert auf dem „Solar Glare Hazard Analysis Tool“ (SGHAT) der Sandia National Laboratories.

Im Rahmen der Simulation werden die Höhendaten der PV-Fläche(n) sowie der Immissionsorte berücksichtigt.

Die Simulation basiert auf der Annahme eines immer klaren Himmels. Demnach wird ein abstrakter Worst-Case betrachtet.

Eine erweiterte Auflistung der Annahmen und Einschränkungen bzgl. der Simulation befindet sich in Anhang A.

## 5 Blendwirkungen auf den Straßenverkehr

### 5.1 Auswertungsmethodik

Vorgaben zur Bewertung der Blendwirkungen von Photovoltaikanlagen auf den Straßenverkehr sind in keiner Norm, Leitlinie oder sonstigen Regelwerken definiert bzw. standardisiert und werden auch im LAI-Leitfaden nicht thematisiert. Die Bewertung der Blendwirkungen auf die umgebenden Verkehrswege erfolgte daher auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und etablierter Verfahren, die im Folgenden dargestellt werden.

Zur Beurteilung der Blendwirkungen durch Photovoltaikanlagen auf den Straßenverkehr ist es gängige Praxis, ein oder mehrere Sichtfelder (welche sich dann durch ihre Relevanz bzgl. Blendwirkungen unterscheiden) zu definieren und mittels Simulation zu prüfen, ob Reflexionen in diesen Sichtfeldern auftreten. Es wird angenommen, dass die Blickrichtung eines Fahrzeugführers mit der Fahrtrichtung übereinstimmt [6].

Es wird zwischen folgenden Sichtfeldern bzw. Sichtfeldgrenzen unterschieden (siehe Abbildung 9 für eine grafische Darstellung):

- **Erheblichkeitsgrenze:** In Anlehnung an [6] und [7] wird eine Erheblichkeitsgrenze von  $\pm 30^\circ$ , bezogen auf die Fahrtrichtung, definiert. Finden Reflexionen außerhalb dieses Sichtfeldes statt, so führen diese i. d. R. zu keinen erheblichen Beeinträchtigungen.
- **Beeinträchtigungsgrenze:** In Anlehnung an [8] wird zudem eine Beeinträchtigungsgrenze von  $\pm 50^\circ$ , bezogen auf die Fahrtrichtung, definiert. Finden Reflexionen außerhalb dieses Sichtfeldes statt, so führen diese i. d. R. zu keinen Beeinträchtigungen. Demnach wird diesen Reflexionen im Rahmen des Gutachtens bei normaler Fahrt keine Blendwirkung (im Sinne einer nennenswerten physiologischen Beeinträchtigung) zugeschrieben.
- **Sichtfeld an Kreuzungen** (Ausnahme): An Kreuzungen wird für Abbieger pauschal eine Erheblichkeitsgrenze von  $\pm 90^\circ$  definiert, um das Umschauen in verschiedene Richtungen zu berücksichtigen.

Für die Analyse der Blendwirkungen auf den Straßenverkehr genügt es, lediglich LKW-Fahrer zu betrachten, da diese höher sitzen als PKW-Fahrer - und höher gelegene Immissionsorte generell stärkeren Blendwirkungen ausgesetzt sind.

Die Augenhöhe von LKW-Fahrern wird in der Simulation auf 2,65 m über dem Boden definiert.

Des Weiteren gelten PVA-bedingte Blendwirkungen selbst innerhalb der Erheblichkeitsgrenze als vernachlässigbar (irrelevant), wenn die verursachenden Reflexionen mit einem Differenzwinkel  $\leq 10^\circ$  zur direkten Sonneneinstrahlung auftreten und gleichzeitig der Höhenwinkel der Sonne  $\leq 5^\circ$  beträgt. Wenn beide Kriterien erfüllt sind, überlagert die Sonne die Blendwirkung der PVA aus der gleichen Richtung (definiert in Anlehnung an [1]) und kann in der Regel nicht mehr durch eine Blende abgeschirmt werden (Annahme). Die Reflexionen der PVA stellen dann keine zusätzliche Beeinträchtigung dar.

In der Simulation werden keine Hindernisse wie Vegetationsstreifen oder Gebäude berücksichtigt.

Die Simulationsergebnisse werden abschließend stets diskutiert. Die Diskussion dient der Bewertung/Einordnung der zu erwartbaren Blendwirkungen.



Abbildung 8: Augenhöhe der Straßenverkehrsteilnehmer  
 – Quelle: Volkswagen AG (modifiziert), BTS GmbH & Co. KG (modifiziert)

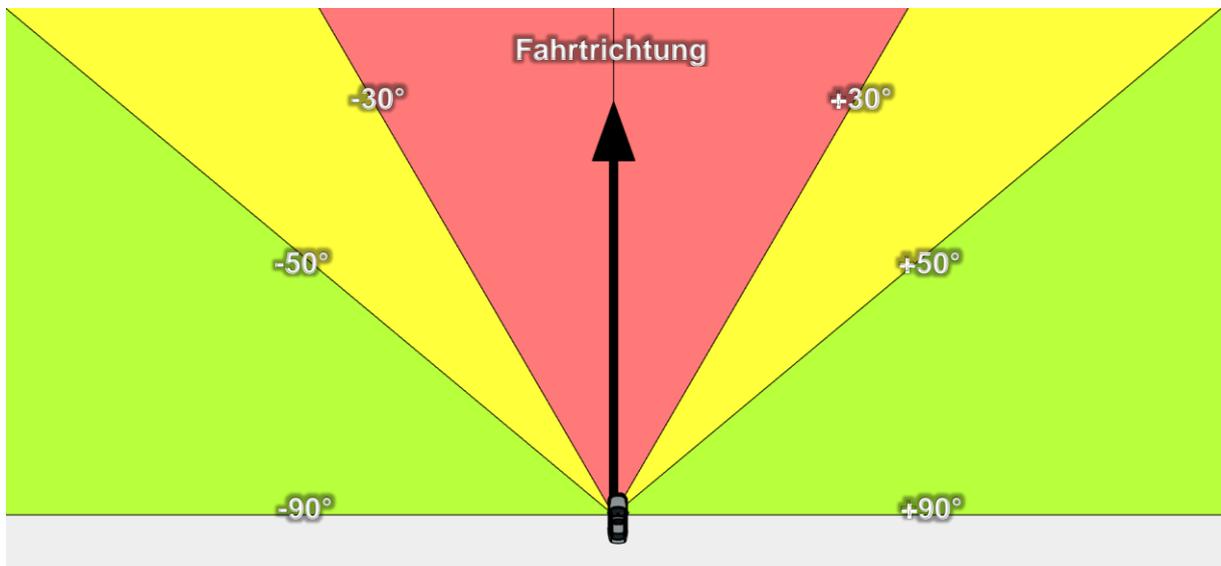


Abbildung 9: Definierte Sichtfelder einer fahrenden Person:  
 Erheblichkeitsgrenze bei Fahrt: Sichtfeld von  $\pm 30^\circ$ ,  
 Beeinträchtigungsgrenze bei Fahrt: Sichtfeld von  $\pm 50^\circ$ ,  
 Beeinträchtigungsgrenze an Kreuzungen: Sichtfeld von  $\pm 90^\circ$   
 – Quelle: Eigene Abbildung

## 5.2 Relevante Verkehrswege (B 167)

Die Bundesstraße 167 verläuft südlich von Teilgeltungsbereich C. Die kürzeste Distanz zwischen Anlagengrenze und B 167 beträgt ca. 190 Meter.

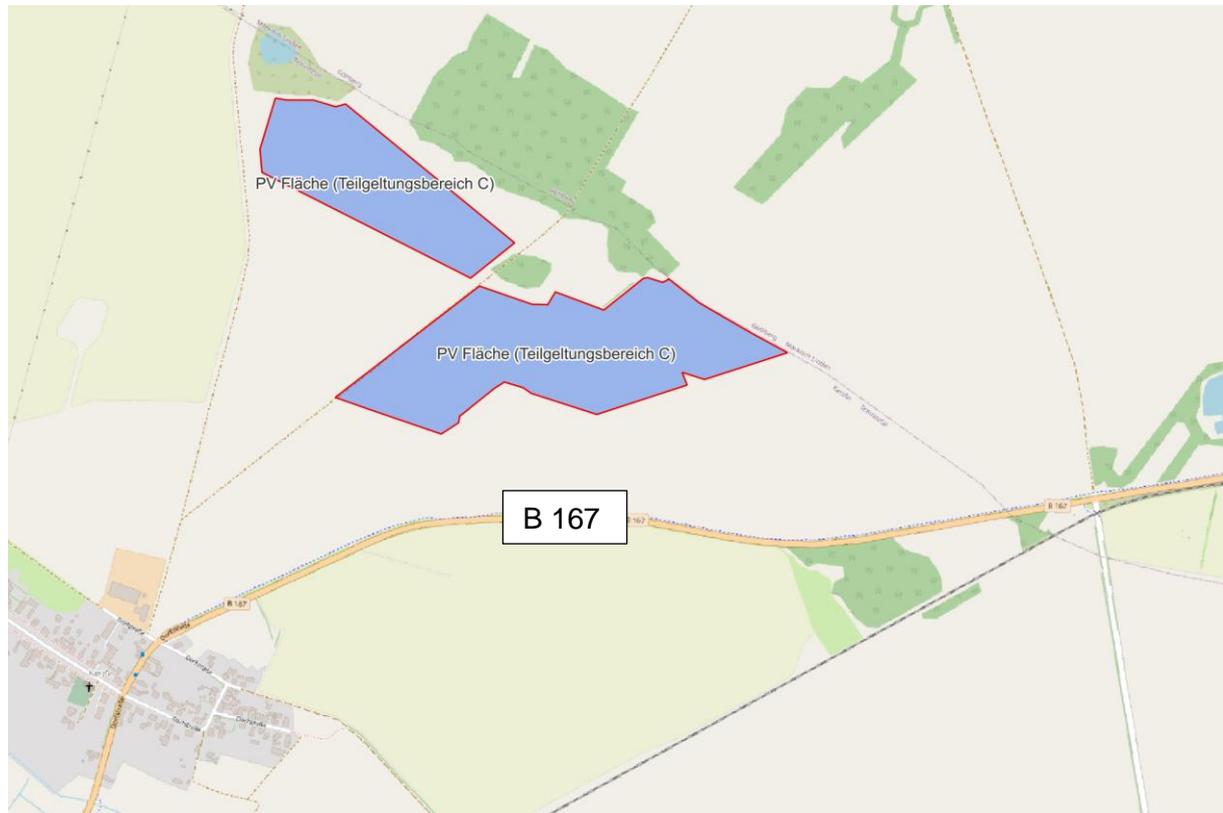


Abbildung 10: Übersicht der B 167 - Quelle Karte: OpenStreetMap

### 5.3 Observationspunkte

Zur Auswertung der Blendwirkungen auf die B 167 wurden sog. „Observationspunkte“ (OP) definiert. Die OP dienen in der Simulation als Detektorpunkte für auftreffende Reflexionen.

Insgesamt wurden zur Analyse der Blendwirkungen auf der B 167 zehn OP (OP 1 bis 10) definiert.

Die OP wurden in einer Höhe von 2,65 m über dem Boden positioniert, was (ca.) der Augenhöhe eines LKW-Fahrers entspricht. Generell erfahren Fahrzeugführer, die höher sitzen, mehr Blendwirkungen.

Abbildung 11 zeigt die Positionen der Observationspunkte.

Bei der Auswertung wurden keine Hindernisse wie Gebäude oder Bäume berücksichtigt.



Abbildung 11: Positionen der definierten Observationspunkte zur Analyse der Blendwirkungen auf den Straßenverkehr - Quelle Karte: OpenStreetMap

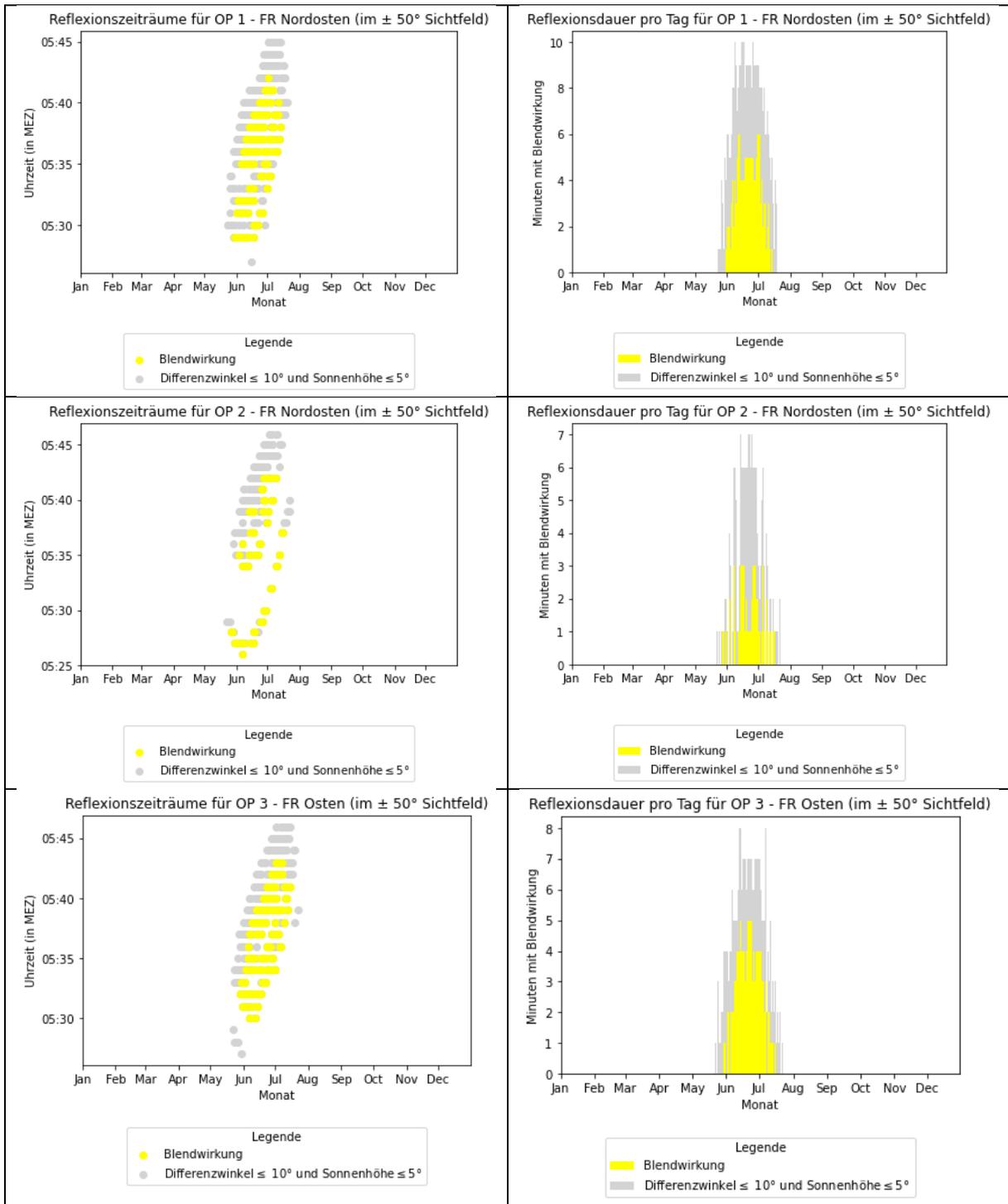
## 5.4 Ergebnisse

Die nachstehende Tabelle stellt die Blendsituationen an den einzelnen Observationspunkten, welche den Straßenverkehr repräsentieren, dar.

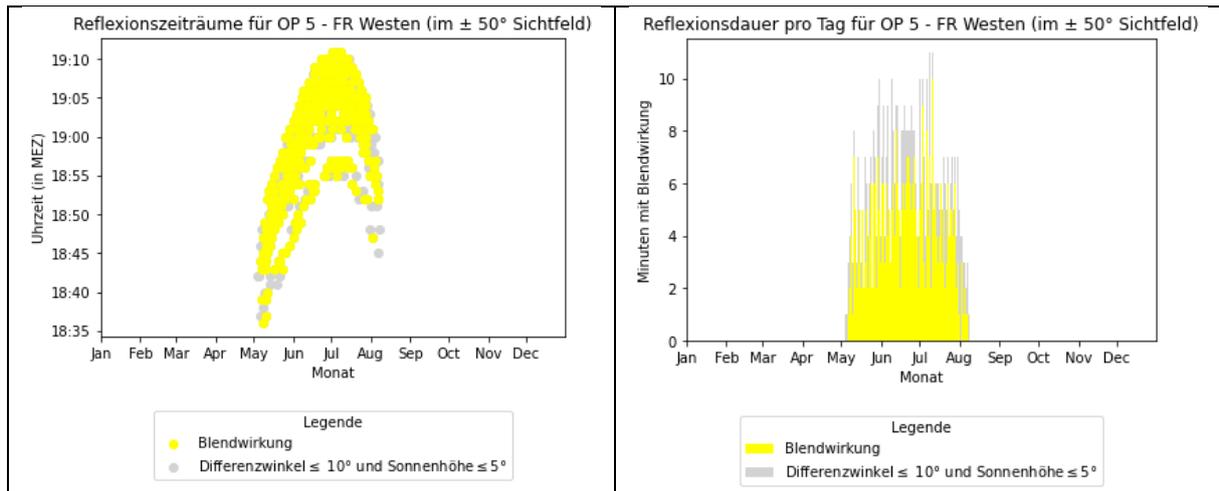
Tabelle 5: Übersicht der Simulationsergebnisse für die Observationspunkte der Verkehrswege

Observationspunkt (OP)	Fahrtrichtung	Min. Winkel zwischen Fahrtrichtung und Blendquelle	Werden die Blendwirkungen innerhalb der Beeinträchtigungsgrenze von der Sonne überlagert?	Anmerkungen	
1	Nordosten	2°	nein (teilweise)	Die östlichsten Module der Anlage können in Richtung OP 1 bis 3 reflektieren. Dabei sind die Module 750 m bis 1200 m weit vom Immissionsort entfernt. Die Blendwirkungen werden (rel.) schwach ausfallen. Es werden keine erheblichen Beeinträchtigungen erwartet.	
	Südwesten	> 90°	-		
2	Nordosten	2°	nein (teilweise)		
	Südwesten	> 90°	-		
3	Osten	14°	nein (teilweise)		
	Südwesten	> 90°	-		
4	Osten	keine Reflexionen	-		Geometrisch betrachtet sind keine Reflexionen zu OP 4 möglich.
	Westen	keine Reflexionen	-		
5	Südosten	> 90°	-		Blendwirkungen sind kurzfristig bei OP 5 in Fahrtrichtung Westen innerhalb der Erheblichkeitsgrenze ( $\pm 30^\circ$ Sichtfeld) möglich. Die reflektierenden Module befinden sich dabei über 400 m vom Immissionsort entfernt.
	Westen	20°	nein		
6	Südosten	keine Reflexionen	-	Geometrisch betrachtet sind keine Reflexionen zu OP 6 und 7 möglich.	
	Nordwesten	keine Reflexionen	-		
7	Nordosten	keine Reflexionen	-	Aufgrund des Geländes besteht von OP 8 bis 10 keine Sicht auf (potenziell) reflektierende Module.	
	Westen	keine Reflexionen	-		
8	Nordosten	keine Reflexionen	-		
	Südwesten	keine Reflexionen	-		
9	Nordosten	keine Reflexionen	-		
	Südwesten	keine Reflexionen	-		
10	Nordosten	keine Reflexionen	-		
	Südwesten	keine Reflexionen	-		

Ergebnisdiagramme 1: Blendwirkungen auf den Straßenverkehr



Fortsetzung auf folgender Seite.



## 6 Diskussion der Ergebnisse

Bei OP 1 bis 3 können für wenige Minuten im Jahr schwache Blendwirkungen im zentralen Sichtfeld von Fahrzeugführern auf der B 167 (in Fahrtrichtung Nordosten/Osten) auftreten (siehe Abbildung 12 - dargestellt wird der reflektierende Bereich für OP 1 bis 3). Stärkere Beeinträchtigungen werden jedoch nicht erwartet, da die jeweils reflektierenden Module über 750 m vom Immissionsort entfernt liegen (so können zu OP 3 z. B. nur die äußersten Module im Osten reflektieren). Dementsprechend nimmt die reflektierende Fläche nur einen kleinen Teil des Sichtfelds ein.

Direkt südlich der Anlage (bei OP 4) sind Reflexionen geometrisch betrachtet auszuschließen. Auch bei OP 6 und 7 treffen geometrisch betrachtet keine Reflexionen auf.

Bei OP 5 können in Fahrtrichtung Westen (siehe Abbildung 12) kurzfristig Blendwirkungen im zentralen Sichtfeld auftreten (innerhalb des  $\pm 30^\circ$  Sichtfelds - mit einem minimalen Winkel von  $20^\circ$ , bezogen auf die Fahrtrichtung). Laut Simulation sind jedoch nur schwächere Blendwirkungen zu erwarten, die nicht unmittelbar zu sogenannten Nachbildern im Sichtfeld (Überreizung der Netzhaut) führen. Da bei den OP 4 und 6 keine Blendwirkungen zu erwarten sind, beschränkt sich der betroffene Straßenabschnitt auf einen Bereich um und bei OP 5. Die reflektierenden Module liegen dabei noch über 400 m entfernt. Auf Basis der genannten Umstände wird die Einschätzung getroffen, dass die Blendwirkungen bei OP 5 als vertretbar zu klassifizieren sind und zu keinen erheblichen Beeinträchtigungen führen (obwohl diese innerhalb der sogenannten Erheblichkeitsgrenze auftreten:  $\pm 30^\circ$  Sichtfeld).

Bei den OP 8 bis 10 können aufgrund des Geländeverlaufs keine Reflexionen auftreten. Abbildung 13 stellt den Geländeverlauf für OP 9 beispielhaft dar.

Das Gutachten kommt zum Schluss, dass der Straßenverkehr auf der B 167 nicht erheblich beeinträchtigt wird. Teilweise (und auch nur kurzfristig) können Blendwirkungen auftreten, die jedoch als vertretbar eingestuft werden.

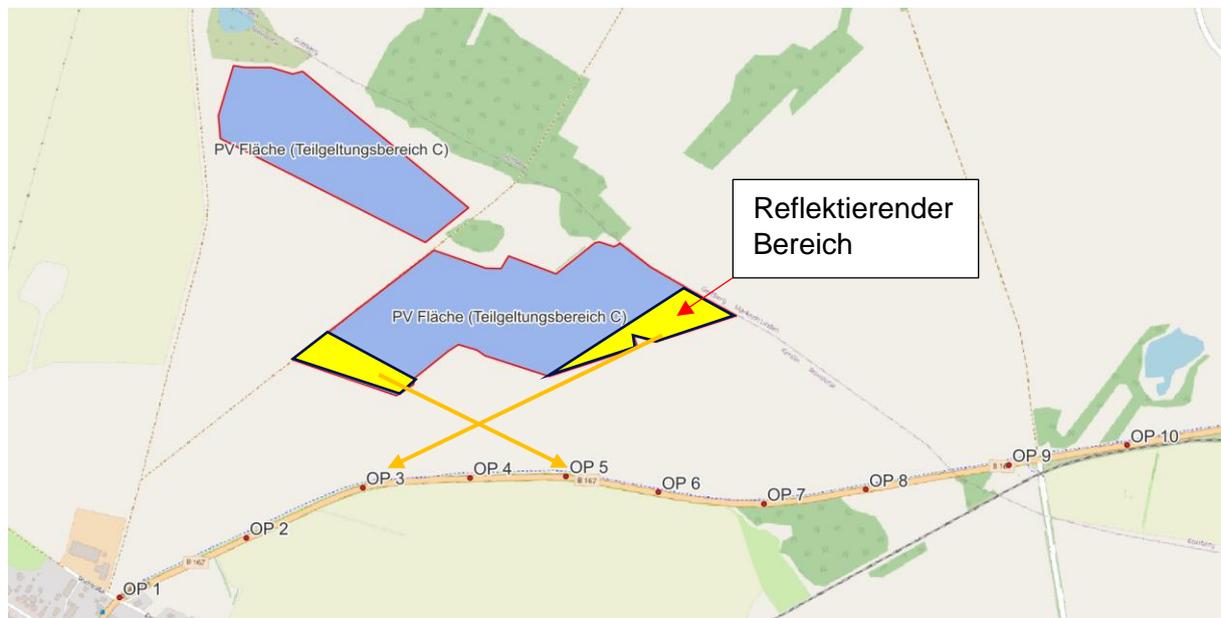


Abbildung 12: Skizze der reflektierenden Bereiche - Quelle Karte: OpenStreetMap

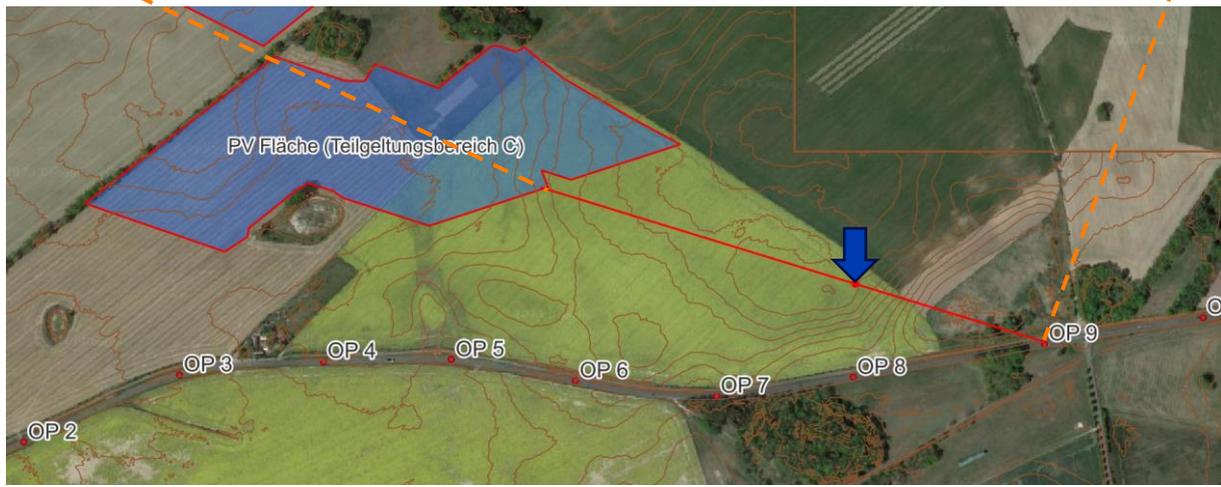
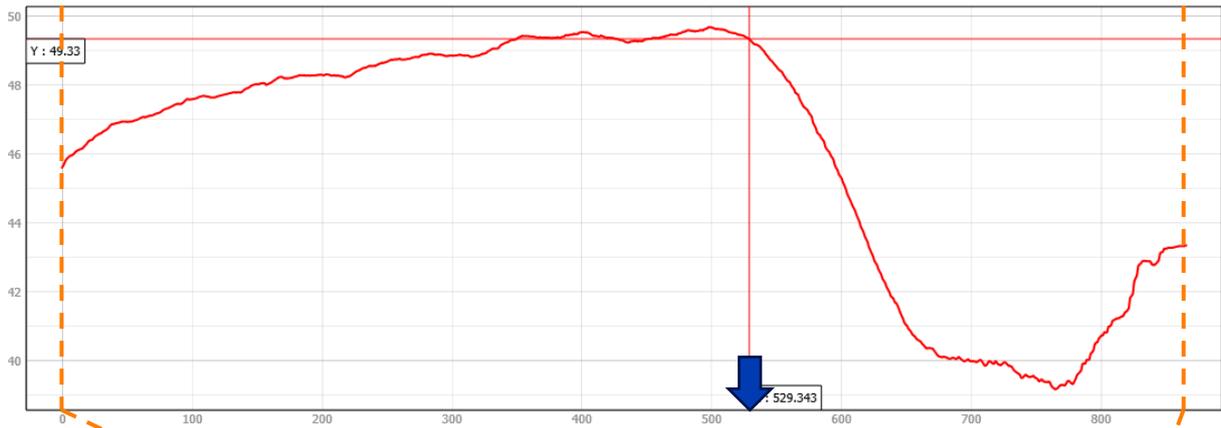


Abbildung 13: Darstellung des Höhenverlaufs (Gelände) zwischen OP 9 und der PVA - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro, Quelle Höhendaten: LGB

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (Leitfaden)*. 2012. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lichthinweise-2015-11-03mit-formelkorrektur\\_aus\\_03\\_2018\\_1520588339.pdf](https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lichthinweise-2015-11-03mit-formelkorrektur_aus_03_2018_1520588339.pdf)
- [2] K. Mertens, *Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis*, 5. Aufl. Carl Hanser Verlag München, 2020.
- [3] Volker Quaschnig, *Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation*, 9. Aufl. Carl Hanser Verlag München, 2015.
- [4] J. Yellowhair und C. K. Ho, „Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts“, San Diego, California, USA: American Society of Mechanical Engineers, Juni 2015, S. V002T11A003. doi: 10.1115/ES2015-49481.
- [5] J. A. Duffie und W. A. Beckman, „Solar Engineering of Thermal Processes“, Bd. 4, 2013.
- [6] Österreichischer Verband für Elektrotechnik (OVE), „Blendung durch Photovoltaikanlagen - OVE-Richtlinie R 11-3“. 2016.
- [7] R. Jurado-Piña und J. M. P. Mayora, „Methodology to Predict Driver Vision Impairment Situations Caused by Sun Glare“, *Transportation Research Record*, Bd. 2120, Nr. 1, S. 12–17, Jan. 2009, doi: 10.3141/2120-02.
- [8] Jason A- Rogers, Clifford K. Ho, Andrew Mead, Angel Millan, Melissa Beben, und Gena Drechsler, „Evaluation of Glare as a Hazard for General Aviation Pilots on Final Approach“. 2015. Zugegriffen: 15. April 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/oamtechreports/2010s/media/201512.pdf](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2010s/media/201512.pdf)

# Anhang A: Annahmen und Limitationen von SGHAT



## 4. Assumptions and Limitations

Below is a list of assumptions and limitations of the models and methods used in SGHAT:

- The software currently only applies to flat reflective surfaces. For curved surfaces (e.g., focused mirrors such as parabolic troughs or dishes used in concentrating solar power systems), methods and models derived by Ho et al. (2011) [1] can be used and are currently being evaluated for implementation into future versions SGHAT.
- SGHAT does not rigorously represent the detailed geometry of a system; detailed features such as gaps between modules, variable height of the PV array, and support structures may impact actual glare results. However, we have validated our models against several systems, including a PV array causing glare to the air-traffic control tower at Manchester-Boston Regional Airport and several sites in Albuquerque, and the tool accurately predicted the occurrence and intensity of glare at different times and days of the year.
- SGHAT assumes that the PV array is aligned with a plane defined by the total heights of the coordinates outlined in the Google map. For more accuracy, the user should perform runs using minimum and maximum values for the vertex heights to bound the height of the plane containing the solar array. Doing so will expand the range of observed solar glare when compared to results using a single height value.
- SGHAT does not consider obstacles (either man-made or natural) between the observation points and the prescribed solar installation that may obstruct observed glare, such as trees, hills, buildings, etc.
- The variable direct normal irradiance (DNI) feature (if selected) scales the user-prescribed peak DNI using a typical clear-day irradiance profile. This profile has a lower DNI in the mornings and evenings and a maximum at solar noon. The scaling uses a clear-day irradiance profile based on a normalized time relative to sunrise, solar noon, and sunset, which are prescribed by a sun-position algorithm [2] and the latitude and longitude obtained from Google maps. The actual DNI on any given day can be affected by cloud cover, atmospheric attenuation, and other environmental factors.
- The ocular hazard predicted by the tool depends on a number of environmental, optical, and human factors, which can be uncertain. We provide input fields and typical ranges of values for these factors so that the user can vary these parameters to see if they have an impact on the results. The speed of SGHAT allows expedited sensitivity and parametric analyses.
- Single- and dual-axis tracking compute the panel normal vector based on the position of the sun once it is above the horizon. Dual-axis tracking does not place a limit on the angle of rotation, unless the sun is below the horizon. For single-axis tracking, a maximum angle of rotation can be applied to both the clockwise and counterclockwise directions.

Ausschnitt wurde dem SGHAT-Handbuch (Solar Glare Hazard Analysis Tool) entnommen. Das vollständige Handbuch kann unter folgendem Link gefunden werden:

[https://forgesolar.com/static/docs/SGHAT3-GlareGauge\\_user\\_manual\\_v1.pdf](https://forgesolar.com/static/docs/SGHAT3-GlareGauge_user_manual_v1.pdf)