

BLENDGUTACHTEN

SOLARPARK JESSEN

VERSION 1.0

Bearbeitet:

Sachverständiger für Photovoltaik Mathias Röper, M. Eng.

Achter de Schün 1 D-25436 Moorrege +49 4122 509100 mathias.roeper@sonnwinn.de www.sonnwinn.de

Moorrege 29.01.2025

Revisionstabelle

Version	Änderung	Datum	Name
1.0	Erste Fassung	29.01.2025	Mathias Röper

Das Gutachten ist nur in seiner aktuellen Fassung gültig.

Inhaltsverzeichnis

1	Einle	itung	3
	1.1	Fragestellung	3
	1.2	Haftungsausschluss	3
	1.3	Datengrundlage	3
	1.4	Übersicht der angewendeten Methodiken	4
2	Anla	genbeschreibung	5
3	Zusa	mmenfassung der Ergebnisse	8
4	Grur	dlagen	9
	4.1	Blendwirkung von Modulen	9
	4.2	Berechnung von Reflexionen	11
	4.3	Verwendete Software, Annahmen und Limitationen	11
5	Blen	dwirkungen auf Gebäude	12
	5.1	Auswertungsmethodik	12
	5.2	Schutzwürdige Räume in der Umgebung der PVA	13
	5.3	Observationspunkte	15
	5.4	Ergebnisse	17
6	Blen	dwirkungen auf Verkehrswege	26
	6.1	Auswertungsmethodik	26
	6.2	Relevante Verkehrswege	28
	6.3	Observationspunkte	29
	6.4	Ergebnisse	31
7	Disk	ussion der Ergebnisse	44
	7.1	Gebäude	44
	7.2	Verkehrswege	45
	7.3	Allgemeiner Hinweis	50
8	Liter	aturverzeichnis	51
Α	nhang A	A: Annahmen und Limitationen von SGHAT	52

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	Yokk Solar GmbH	
Projektname	Solarpark Jessen	
Adresse PVA	06917 Jessen	
Stand der Projektierung	☐ Bestand ☐ Im Bau ☒ Planung	

1.1 Fragestellung

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

- Schutzwürdige Räume (z. B. Wohnräume)
- Straßenverkehr
- Schienenverkehr

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	Auftraggeber		
Umliegende Vegetation	Google Earth Pro, OpenStreetMap		
Umliegende Bebauung			
Höhendaten (DGM1)	Landesamt für Vermessung und Geoinformation		
	Sachsen-Anhalt		

1.4 Übersicht der angewendeten Methodiken

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

Tabelle 3: Methodiken

Immissionsort	Methodik
Schutzbedürftige Räume (Wohnräume,	Gemäß dem Leitfaden der Bund/Länder-
Büros etc.)	Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI-Leitfaden) [1]
Verkehrswege	Eigene Auswertungsmethodik (siehe Kapitel 6)

2 Anlagenbeschreibung

Die geplante PVA besteht aus sechs PV-Flächen. Die aktuelle Planung umfasst bereits umfassende Sichtschutzmaßnahmen.

Tabelle 4: Relevante Anlagenparameter

Parameter	Angabe/Wert	
Geokoordinaten (Breite, Länge)	51.806668469, 13.126907173	
Art der Anlage	Freiflächenanlage	
Modultyp	Si-kristallines Modul mit	
	Antireflexbeschichtung	
Aufständerung	Fest aufgeständert	
Nennleistung (DC)	ca. 70 MWp	
Modulausrichtung (Azimut, Norden = 0°)	Buschkuhnsdorf 1 (1,2): ca. 90°/270°	
	Buschkuhnsdorf 2 (3,4): ca. 81°/261°	
	Holzdorf (Feld 5,6): ca. 75°/255°	
Modulneigung	15°	
Höhe Modulunterkante	0,8 m	
Höhe Moduloberkante	2,8 m	

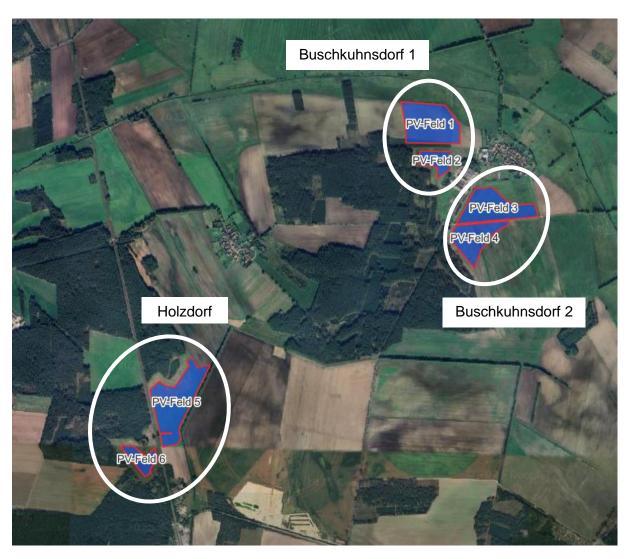


Abbildung 1: Grundriss der PV-Flächen - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro

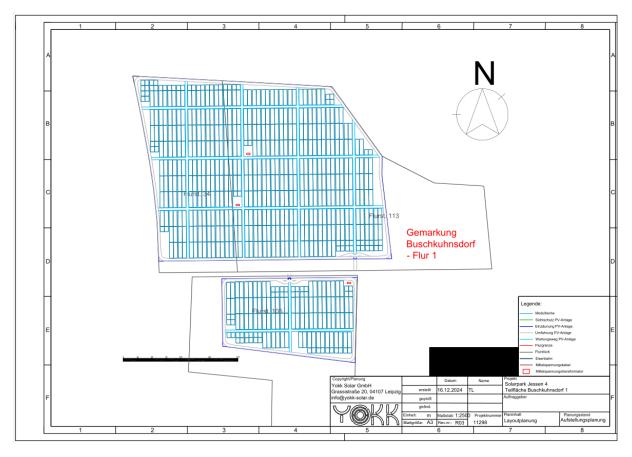


Abbildung 2: Belegungsplan für Feld 1 und 2 - Quelle: Auftraggeber

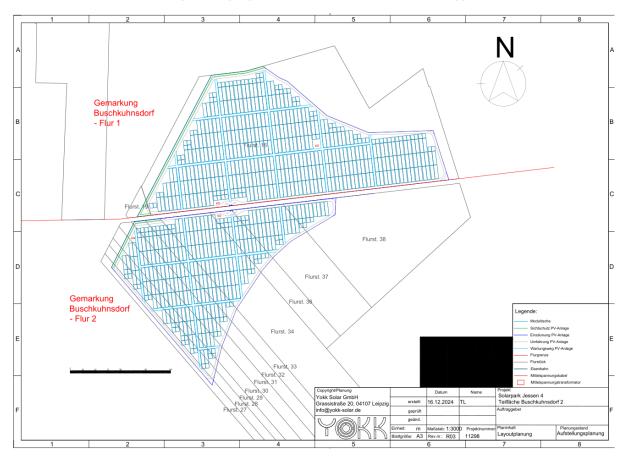


Abbildung 3: Belegungsplan für Feld 3 und 4 – Quelle: Auftraggeber

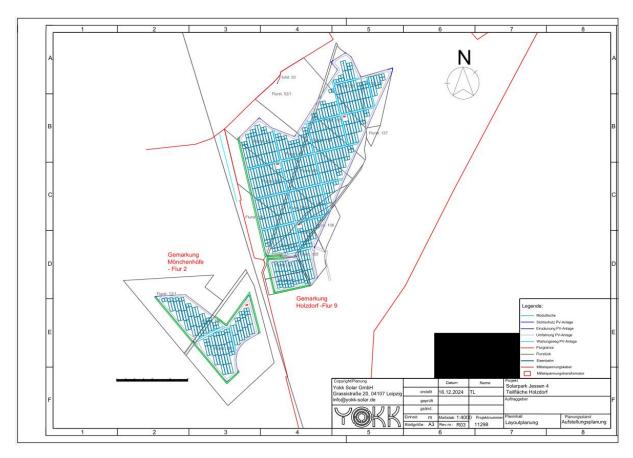


Abbildung 4: Belegungsplan für Feld 5 und 6 – Quelle: Auftraggeber

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es wurde untersucht, ob die geplante Photovoltaikanlage Blendwirkungen auf schutzwürdige Gebäude im Sinne des LAI-Leitfadens, Verkehrswege und die Bahnstrecke verursacht. Dabei wurden relevante Beobachtungspunkte definiert und anhand von Simulationen geprüft, inwiefern Reflexionen auf Gebäude bzw. in das zentrale Sichtfeld von Fahrzeugführern und Lokführern gelangen können.

Ergebnisse und potenzielle Probleme

Gebäude: Ein landwirtschaftlicher Betrieb befindet sich im relevanten Umfeld der PVA (PV-Feld 2). Zwar wurden an zwei Beobachtungspunkten (OP H1 und OP H2) Überschreitungen der LAI-Grenzwerte festgestellt, jedoch gelten diese Gebäude (Ställe etc.) nicht als schutzwürdige Räume im Sinne des LAI-Leitfadens. Blendwirkungen an weiteren Gebäuden (insbesondere Wohngebäuden) in Buschkuhnsdorf bleiben unterhalb der relevanten Grenzwerte.

Verkehrswege:

- Auf der K 2216 können Blendwirkungen im zentralen Sichtfeld auftreten, insbesondere südlich von Buschkuhnsdorf neben PV-Feld 3 und 4.
- Auf dem Schlehweg können Reflexionen von PV-Feld 2 auftreten, jedoch wird die Situation aufgrund der begrenzten Sichtverhältnisse und des geringen Verkehrsaufkommens als unkritisch eingestuft.
- Auf der Buschkuhnsdorf Straße liegen Reflexionen außerhalb der Erheblichkeitsgrenze, sodass keine erheblichen Blendwirkungen zu erwarten sind.
- Auf dem Wirtschaftsweg von Reicho zur K 2216 können Reflexionen von PV-Feld 4 auftreten, erfordern aber keine zusätzlichen Maßnahmen über den bereits geplanten Sichtschutz hinaus.
- Auf der K 2217 sind Blendwirkungen zwar möglich, jedoch aufgrund der großen Entfernung (ca. 550 m) unkritisch.
- Auf der Großkorgaer Straße kann es in südöstlicher Fahrtrichtung zu Blendwirkungen kommen, insbesondere im vegetationsfreien Bereich westlich von PV-Feld 6.
- Bahnlinie: Reflexionen von PV-Feld 5 und 6 können in das zentrale Sichtfeld von Lokführern gelangen, insbesondere in südöstlicher Fahrtrichtung. Falls die bestehende Vegetation nicht langfristig erhalten bleibt, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich.

Empfohlene Maßnahmen

Um störende Blendwirkungen zu vermeiden, werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Umsetzung des bereits geplanten Sichtschutzes.
- Erweiterung des Sichtschutzes an der Nordseite von PV-Feld 5 und 6.

Mit diesen Maßnahmen lassen sich erhebliche Blendwirkungen **ausreichend** minimieren oder vollständig vermeiden.

Die vom Auftraggeber geplante Höhe des Sichtschutzes von 3 m wird als ausreichend betrachtet.

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 θ (siehe Abbildung 5) 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 6).

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

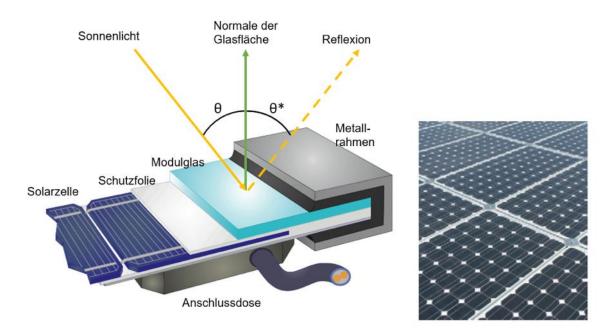


Abbildung 5: Aufbau eines PV-Moduls und Darstellung des Reflexionsgesetzes "Einfallswinkel = Ausfallswinkel"
- Quelle: [3] (modifiziert)

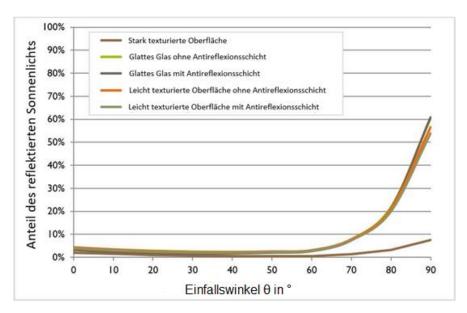


Abbildung 6: Anteil des reflektierten Sonnenlichts in Abhängigkeit zum Einfallswinkel, dargestellt für unterschiedliche Modulglastypen - Quelle: [4], modifiziert

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 7: 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].

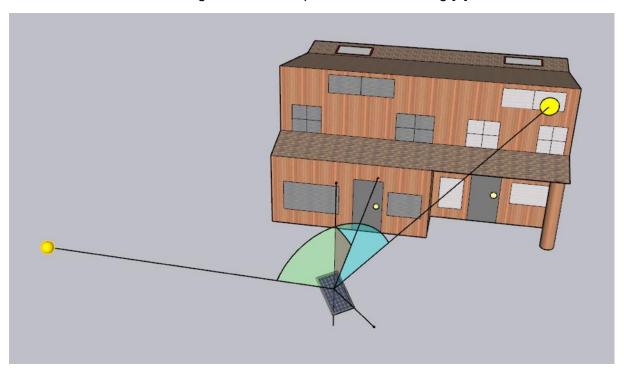


Abbildung 8: Veranschaulichung der geometrischen Herleitung einer Reflexion - Quelle: Eigene Abbildung

4.3 Verwendete Software, Annahmen und Limitationen

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

Obwohl ForgeSolar zu den etabliertesten und professionellsten Programmen gehört, um PVA-bedingte Blendwirkungen zu berechnen, kann die Realität nur vereinfacht dargestellt werden. Somit werden die Generatorfelder als Ebenen zusammengefasst, abweichende Modulausrichtungen im Feld (z. B. Modultische, die aufgrund der Topografie eine Neigung entlang der Tischachse besitzen und somit die effektive Ausrichtung der Module beeinflussen) teilweise verloren gehen. Die Limitationen der Software werden nach Möglichkeit durch zusätzliche Berechnungen kompensiert und die Ergebnisse stets validiert. Dennoch können Abweichungen von der späteren Realität nicht ausgeschlossen werden.

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

5 Blendwirkungen auf Gebäude

5.1 Auswertungsmethodik

Die Auswertung der Blendwirkungen auf umliegende Gebäude (inkl. Terrassen und Balkone) basiert auf dem Leitfaden der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [1].

Der LAI-Leitfaden benennt als maßgebliche Immissionsorte schutzbedürftige Räume, sofern sie zu einer der folgenden Kategorien gehören:

- Wohnräume
- Schlafräume (einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien)
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume
- An relevanten Gebäuden anschließende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone)

Räume, die keiner dieser Kategorien zuzuordnen sind, wurden im Rahmen des Gutachtens nicht auf Blendwirkungen untersucht.

Gemäß dem LAI-Leitfaden gelten (ca.) 100 Meter als räumlicher Grenzwert: Liegt ein Immissionsort weiter als 100 Meter von der PVA entfernt, können erhebliche Belästigungen in der Regel ausgeschlossen werden.

Laut dem LAI-Leitfaden soll zur Ermittlung der Blendzeiten ein vereinfachtes (idealisiertes) Modell verwendet werden, bei dem die Solarmodule als ideal verspiegelte Flächen dargestellt werden. Da eine Spiegelfläche das Sonnenlicht gerichtet reflektiert, findet keine oder nur eine sehr geringe Streuung des Sonnenlichts statt. Je geringer die Streuung, desto kürzer sind die Blendzeiten. In der Simulation wird jedoch ein realistisches Modell verwendet, das die oberflächenspezifischen Eigenschaften realer Solarmodule berücksichtigt. Um dennoch eine Bewertung nach dem LAI-Leitfaden zu ermöglichen, werden die Blendwirkungen, die lediglich mit dem vereinfachten Modell ermittelt würden, als "Kernblendung" und die übrigen als "gestreute Reflexion" bezeichnet und stets differenzierbar dargestellt (sofern relevante Blendwirkungen auftreten).

Zudem sind laut dem Leitfaden Reflexionen, die am Immissionsort mit einem Differenzwinkel ≤ 10° zur direkten Sonneneinstrahlung auftreten, nicht als relevante Blendungen zu betrachten. Dies berücksichtigt den Umstand, dass bei tiefstehender Sonne PVA-bedingte Blendwirkungen von der direkten Sonneneinstrahlung überlagert werden.

Laut dem LAI-Leitfadens liegt eine erhebliche Belästigung durch PVA-bedingte Blendwirkungen vor, wenn ein schutzwürdiger Raum mehr als 30 Minuten pro Tag und/oder 30 Stunden (1.800 Minuten) pro Jahr *Kernblendungen* erfährt.

Es hat sich bewährt, in der Simulation nicht jedes einzelne Gebäude in der Umgebung der PVA auszuwerten, sondern lediglich die nächstgelegenen in verschiedenen Himmelsrichtungen. Im Rahmen der Simulation wird darauf geachtet, die potenziell am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Räume zu analysieren (Worst-Case-Betrachtung).

In der Simulation werden keine Hindernisse wie Vegetationsstreifen oder Gebäude berücksichtigt. In der Diskussion (Kapitel 7) werden Hindernisse jedoch ggf. berücksichtigt.

5.2 Schutzwürdige Räume in der Umgebung der PVA

Ab einem Abstand zwischen Immissionsort (z. B. Wohngebäude) und einer nach (ca.) Süden ausgerichteten PVA von 100 m können erhebliche Belästigungen (i. d. R.) pauschal ausgeschlossen werden [1].

Abbildung 9 zeigt eine Übersicht für die Bereiche, der 100 Meter oder näher an der Photovoltaikanlage bzw. den PV-Feldern liegen.

Es lässt sich feststellen, dass in den 100-Meter-Zonen um die PV-Felder 1, 4, 5 und 6 keine Gebäude vorhanden sind.

Innerhalb der 100-Meter-Zonen um die PV-Felder 2 und 3 befindet sich ein landwirtschaftlicher Betrieb, der in Abbildung 11 markiert ist. Hier befinden sich Gebäude, die zur Haltung von Tieren verwendet werden. Damit handelt es sich nicht um schutzwürdige Räume.

Östlich der PV-Felder 1 und 2 befindet sich zudem das Dorf Buschkuhnsdorf. Da die PV-Felder eine Ost-West-Ausrichtung aufweisen, sollte die Blendwirkung auf die Wohngebäude am Ortsrand ebenfalls untersucht werden (Ost-West-Ausrichtungen können stärker als nach Süden ausgerichtete Anlagen blenden).



Abbildung 9: Übersicht der 100-Meter-Zonen - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro



Abbildung 10: Übersicht der 100-Meter-Zonen um Felder 1 bis 4 - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro



Abbildung 11: Landwirtschaftlicher Betrieb (grüner Kreis) in der 100-Meter-Zone der PV-Felder 2 und 3. Des Weiteren ist das Dorf Buschkuhnsdorf (roter Kreis) zu erkennen, dass östlich der PV-Felder 1 und 2 gelegen ist. - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro

5.3 Observationspunkte

Zur Bewertung der Blendwirkungen in bzw. an den schutzwürdigen Räumen wurden im Rahmen der Simulation sogenannte "Observationspunkte" (OP) festgelegt. Diese Punkte fungieren als Detektorpunkte für einfallende Reflexionen. Insgesamt wurden acht OP an den schutzwürdigen Räumen definiert (OP H1 bis H8).

Die OP wurden, wo möglich, so positioniert, dass sie insgesamt das Worst-Case-Szenario repräsentieren, also an Orten, an denen die stärksten Blendwirkungen erwartet werden.

Die OP H1 bis H8 sind auf einer Höhe von 4,6 m angelegt, was ungefähr der Augenhöhe einer stehenden Person im ersten Obergeschoss entspricht. Generell sind höher gelegene Immissionsorte stärkeren Blendwirkungen ausgesetzt als niedriger gelegene.

Es ist zu beachten, dass die Gebäude an den Beobachtungspunkten OP H1 und H2 zur Haltung von Tieren genutzt werden, und es sich damit nicht um schutzwürdige Räume (z. B. Wohngebäude) handelt.



Abbildung 12: Positionen von OP H1 und H2 - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro



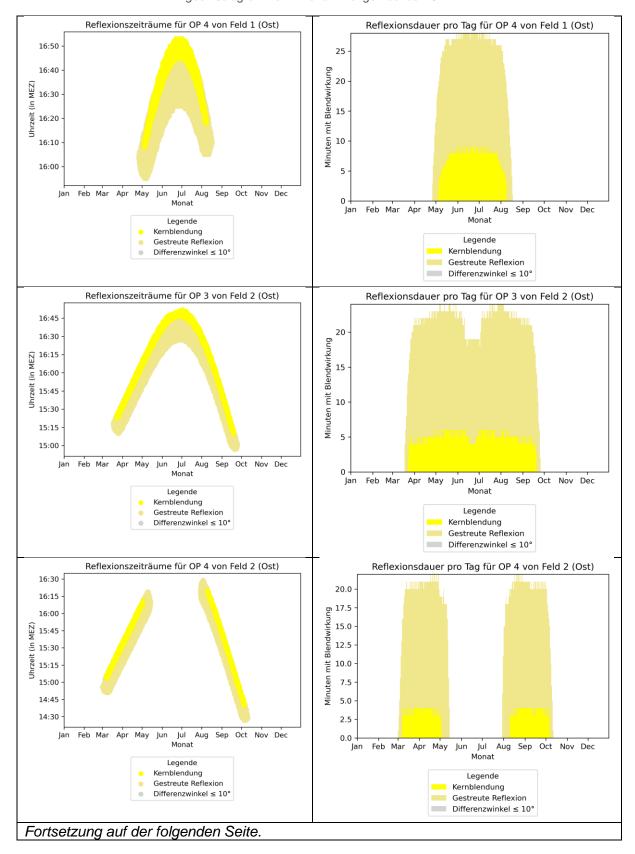
Abbildung 13: Position der OPs H1 bis H8 - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro

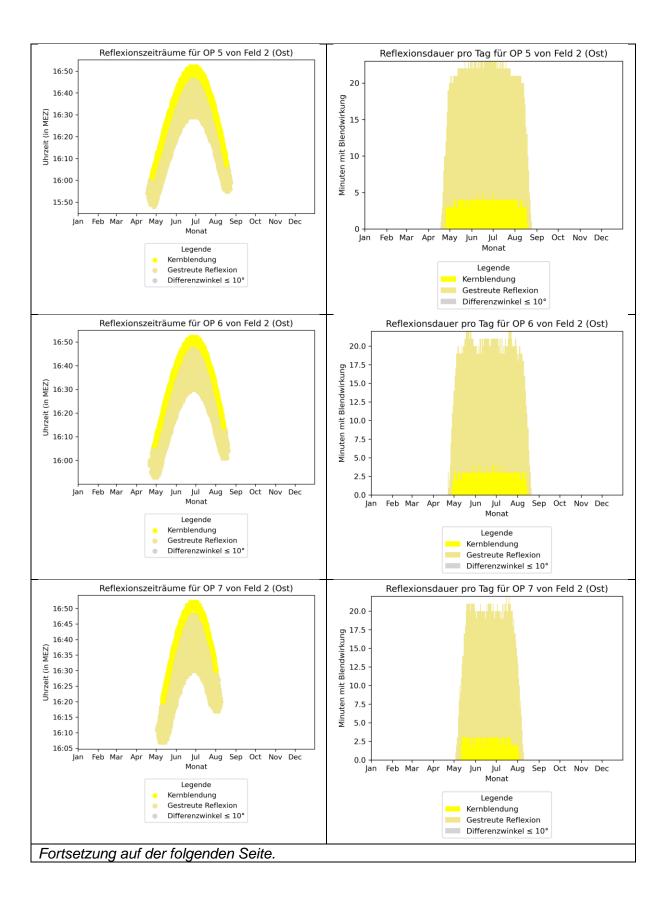
5.4 Ergebnisse

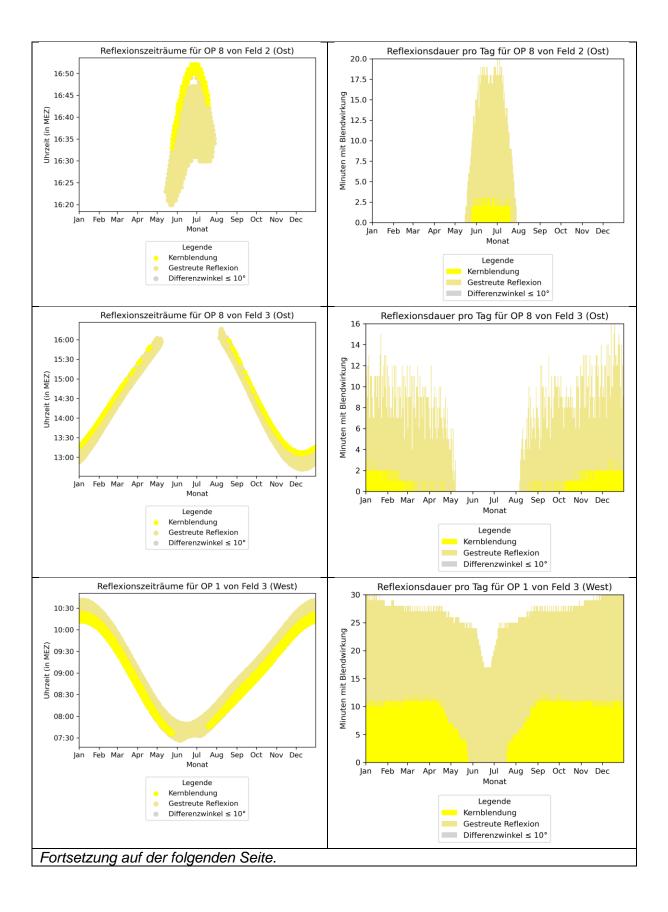
Tabelle 5: Ergebnisse an den OP Hx

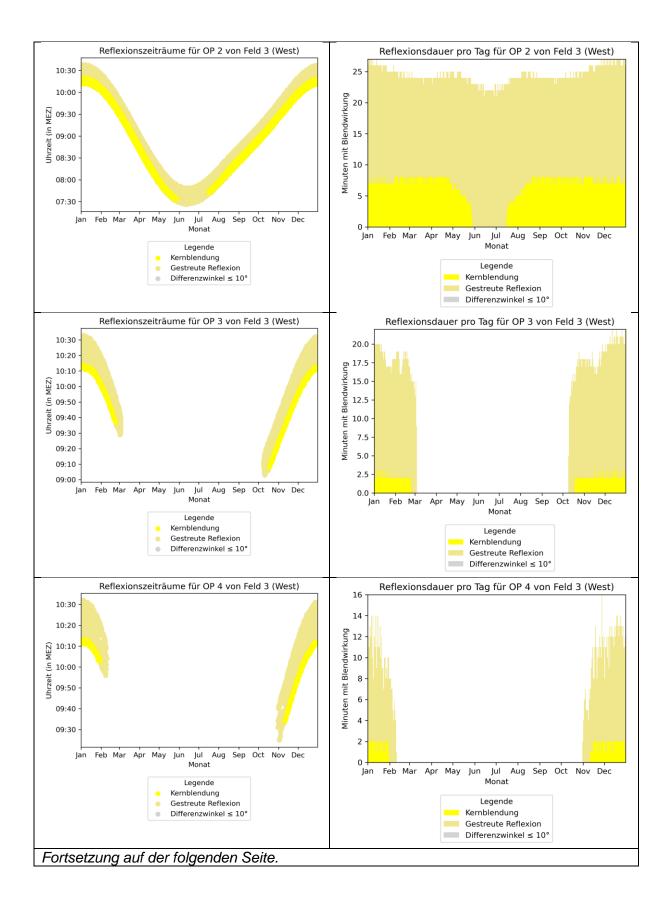
Observationspunkt	Max. Blenddauer (Kernblendung) pro Tag in Minuten	Gesamtblenddauer pro Jahr (Kernblendung) in Minuten	Werden die LAI- Grenzwerte eingehalten (vgl. Kapitel 5.1)?
H1	12 (Feld 3 West) 0 (Feld 4 Ost) 4 (Feld 4 West)	3022 (Feld 3 West) 0 (Feld 4 Ost) 498 (Feld 4 West)	Nein (nicht relevant, da kein Schutzwürdiger Raum)
H2	8 (Feld 3 West) 4 (Feld 4 West)	2246 (Feld 3 West) 497 (Feld 4 West)	Nein (nicht relevant, da kein Schutzwürdiger Raum)
Н3	6 (Feld 2 Ost) 3 (Feld 3 West) 3 (Feld 4 Ost)	905 (Feld 2 Ost) 276 (Feld 3 West) 57 (Feld 4 Ost)	Ja
H4	9 (Feld 1 Ost) 4 (Feld 2 Ost) 2 (Feld 3 West)	720 (Feld 1 Ost) 421 (Feld 2 Ost) 143 (Feld 3 West)	Ja
H5	5 (Feld 2 Ost) 3 (Feld 3 West) 3 (Feld 4 Ost)	438 (Feld 2 Ost) 348 (Feld 3 West) 231 (Feld 4 Ost)	Ja
H6	4 (Feld 2 Ost) 3 (Feld 3 West) 4 (Feld 4 Ost)	322 (Feld 2 Ost) 179 (Feld 3 West) 355 (Feld 4 Ost)	Ja
H7	3 (Feld 2 Ost) 3 (Feld 3 West) 4 (Feld 4 Ost)	228 (Feld 2 Ost) 30 (Feld 3 West) 492 (Feld 4 Ost)	Ja
H8	3 (Feld 2 Ost) 3 (Feld 3 Ost) 8 (Feld 4 Ost)	135 (Feld 2 Ost) 271 (Feld 3 Ost) 455 (Feld 4 Ost)	Ja

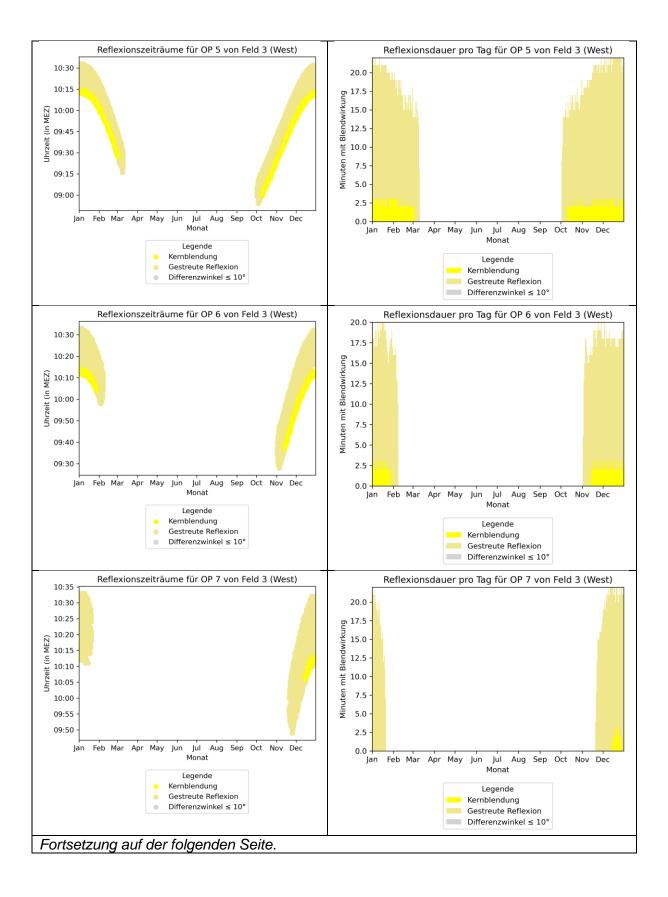
Blendgutachten Solarpark Jessen Seite 17 von 52

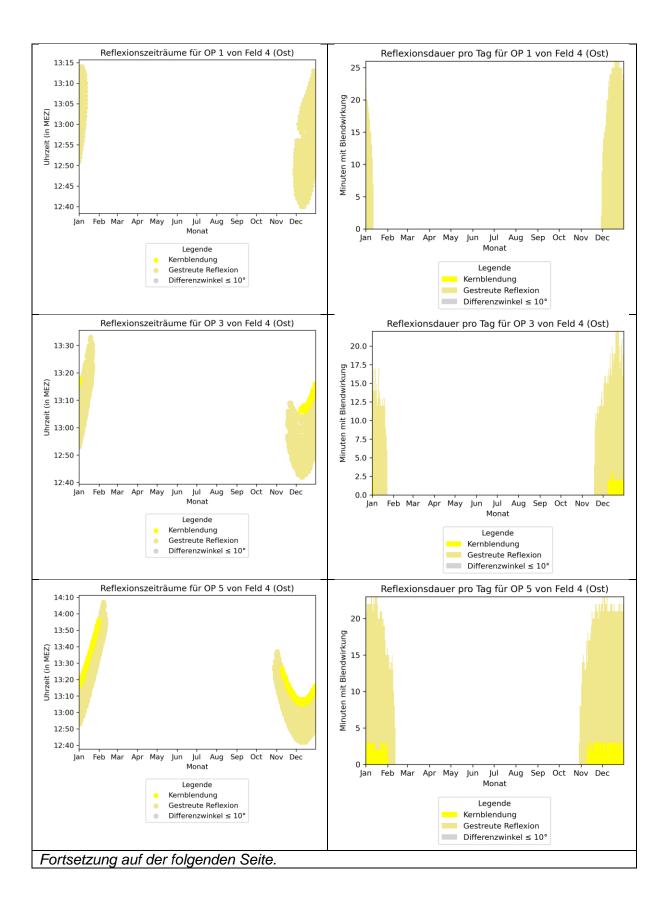


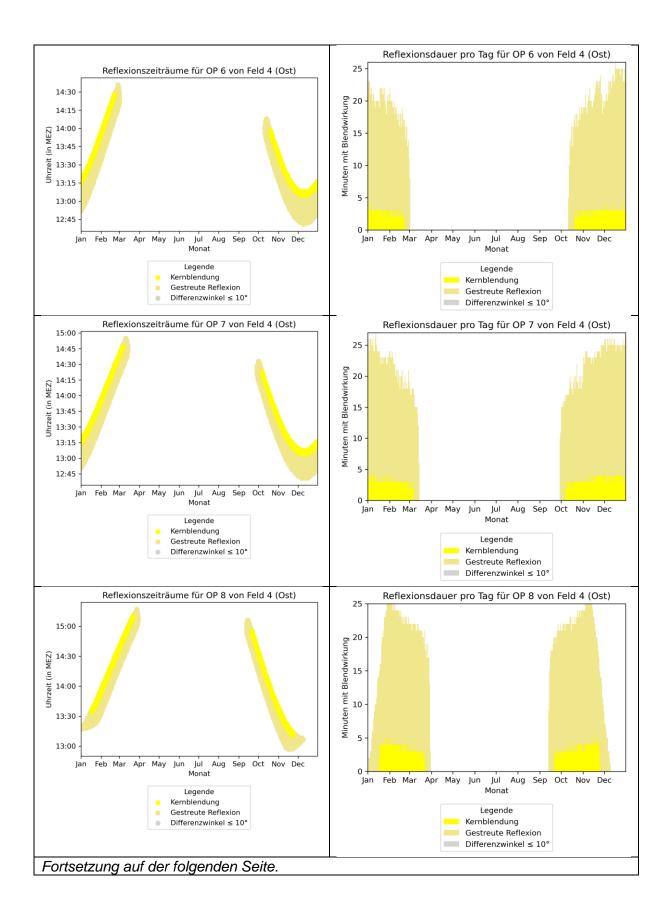


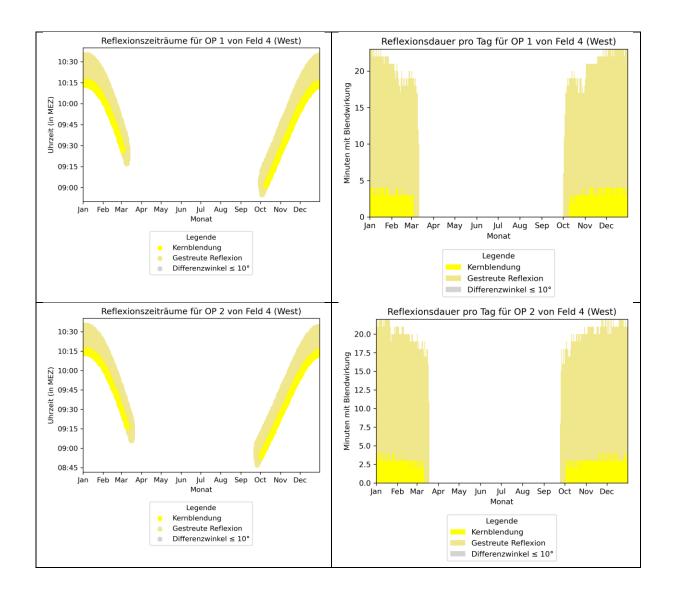












6 Blendwirkungen auf Verkehrswege

6.1 Auswertungsmethodik

Vorgaben zur Bewertung der Blendwirkungen von Photovoltaikanlagen auf Verkehrswege (Straßen und Bahnstrecken) 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 Verkehrswege ist es gängige Praxis, ein oder mehrere Sichtfelder von Fahrzeugführern (Kraftfahrzeug- und Lokführer) zu definieren, welche sich dann durch ihre Relevanz bezüglich Blendwirkungen unterscheiden. Anschließend wird mittels Simulation geprüft, ob Reflexionen in diesen Sichtfeldern auftreten. Es wird dabei angenommen, dass die Blickrichtung eines Fahrzeugführers mit der Fahrtrichtung übereinstimmt [6].

Es wird zwischen folgenden Sichtfeldern bzw. Sichtfeldgrenzen unterschieden (siehe Abbildung 14 für eine grafische Darstellung):

- Erheblichkeitsgrenze: In Anlehnung an [6] und [7] wird eine Erheblichkeitsgrenze von ± 30°, 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 ± 50°, 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.
- **Ausnahme Bahnstrecken**: Für Lokführer wird eine gemeinsame Erheblichkeits- und Beeinträchtigungsgrenze von ± 30° angesetzt.

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 (somit der Worst-Case betrachtet).

Des Weiteren gelten PVA-bedingte Blendwirkungen selbst innerhalb der Erheblichkeitsgrenze als vernachlässigbar (irrelevant), wenn die verursachenden Reflexionen mit einem Differenzwinkel ≤ 10° zur direkten Sonneneinstrahlung auftreten und gleichzeitig der Höhenwinkel der Sonne ≤ 5° 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. In der Diskussion (Kapitel 7) werden Hindernisse jedoch ggf. berücksichtigt.

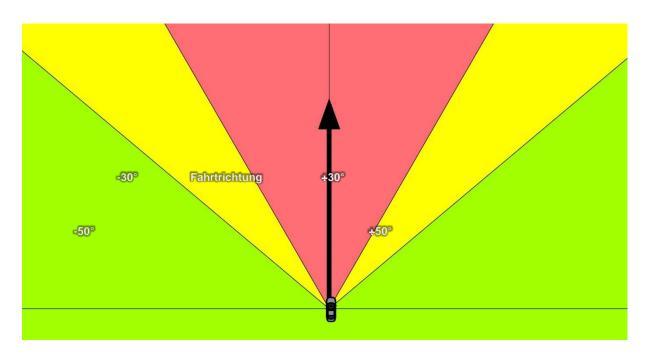


Abbildung 14: Definierte Sichtfelder eines Fahrzeugführers
– Quelle: Eigene Abbildung

Die folgenden Abbildungen zeigen die geschätzten Augenhöhen der Verkehrsteilnehmer. Diese Angaben sind im Rahmen der Simulation relevant (siehe Kapitel 6.3).

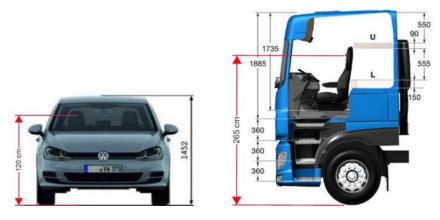


Abbildung 15: Augenhöhe der Straßenverkehrsteilnehmer – Quelle: Volkswagen AG (modifiziert), BTS GmbH & Co. KG (modifiziert)

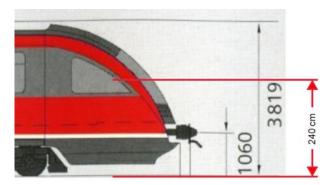


Abbildung 16: Augenhöhe von Lokführern – Quelle: www.nahverkehr-franken.de (modifiziert)

6.2 Relevante Verkehrswege

Im Umfeld der Photovoltaikanlagen wurden als relevante Verkehrswege die Kreisstraße K 2216, die Kreisstraße K 2217, der Schlehweg, die Straße Buschkuhnsdorf, die Großkorgaer Straße sowie die Bahnlinie nördlich von Holzdorf identifiziert.

Zusätzlich wurde noch der Wirtschaftsweg von Reicho zur K 2216 in Richtung Westen untersucht, da dieser direkt mit Blick auf das PV-Feld 3 und 4 verläuft.

Andere Wirtschaftswege oder nur sporadisch befahrene Straßen und Zuwegungen wurden aufgrund des geringen Verkehrsaufkommens als nicht relevant eingestuft und deshalb in der Analyse nicht weiter berücksichtigt.



Abbildung 17: Positionen der als relevant eingestuften Verkehrswege - Quelle Karte: OpenStreetMap

6.3 Observationspunkte

Zur Bewertung der Blendwirkungen auf die relevanten Verkehrswege wurden spezifische "Observationspunkte" (OP) definiert, die in der Simulation als Detektionspunkte für auftreffende Reflexionen dienen.

Insgesamt wurden 28 OP zur Analyse der Blendwirkungen auf die Verkehrswege festgelegt:

- OP S1 bis S12 für den Straßenverkehr auf der K 2216 in beiden Fahrtrichtungen.
- OP S13 f
 ür den Stra
 ßenverkehr auf der K 2217 in Richtung Westen.
- OP S14 für den Straßenverkehr auf dem Schlehweg in Richtung Westen.
- OP S15 für den Straßenverkehr auf der Straße Buschkuhnsdorf in Richtung Südosten.
- OP S16 für den Straßenverkehr auf dem Wirtschaftsweg in Richtung Osten.
- OP S17 bis S22 für den Straßenverkehr auf der Großkorgaer Straße in beiden Fahrtrichtungen.
- OP S23 bis S28 für den Bahnverkehr in beiden Richtungen.

Die OP S1 bis S20 sind in einer Höhe von 2,65 m über dem Straßenniveau angebracht, entsprechend der angenommenen Augenhöhe eines LKW-Fahrers.

Die OP S21 bis S26 sind in einer Höhe von 2,40 m über Schienenniveau angebracht, entsprechend der angenommenen Augenhöhe eines Lokführers.

Abbildung 18 zeigt die Positionen der Observationspunkte.



Abbildung 18: Übersicht der Positionen der OP auf den Verkehrswegen - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro

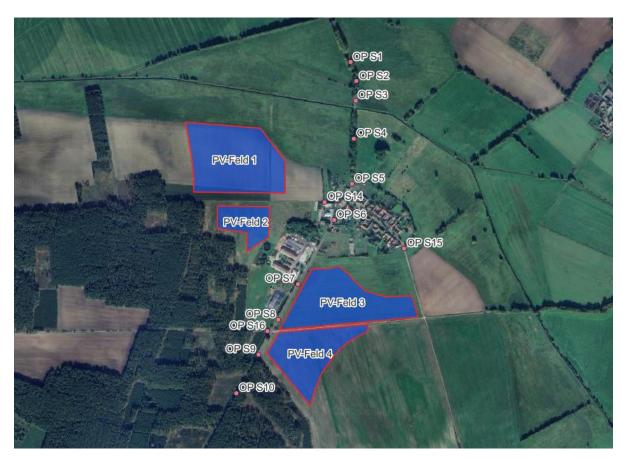


Abbildung 19: Positionen der OP auf den Verkehrswegen bei Buschkuhnsdorf - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro



Abbildung 20: Positionen der OP auf den Verkehrswegen nördlich von Holzdorf - Quelle Satellitenbild: Google Earth Pro

6.4 Ergebnisse

Tabelle 6: Übersicht der Simulationsergebnisse für die Observationspunkte auf den Verkehrswegen

Verkehr s-weg	OP	Fahrt- richtung	Min. Winkel zwischen Fahrtrichtun g und Blendquelle (ca.)	PV- Feld	Werden die Blendwirkungen innerhalb der Beeinträchtigungs -grenze vollständig von der Sonne überlagert?	Anmerkung
achtung	S1	Südosten	48°	1	Ja	Doppelblendung
K 2216			48°	2	Nein	-
	S2	Süden	30°	1	Nein	-
			27°	2	Nein	-
	S3		35°	1	Nein	-
	S4		31° 49°	2	Nein	- Down all blood was
	54		39°	2	Ja Nein	Doppelblendung -
	S5		39-		ivein	-
	S6	Südwesten	38°	2	Nein	-
	30	Sudwesteri	0°	3	Nein	-
	S7		5°	3	Nein	-
	0,		2°	4	Nein	-
	S8		7°	4	Nein	-
	S9		-	-	-	-
	S10		-	-	-	-
	S11		-	-	-	-
	S12		-	-	-	-
	S1	Nordwesten	-	-	-	-
	S2	Norden	-	-	-	-
	S3		-	-	-	-
	S4		-	-	-	-
	S5		-	-	-	-
	S6	Nordosten	-	-	-	-
	S7 S8		-	-	-	-
	S9		-	-	-	-
	S10		-	-	-	-
	S11		-	-	-	-
	S12		-	-	-	-
K 2217	S13	Westen	13°	5	Nein	-
			7°	6	Nein	-
Schleh-	S14	Westen	1°	1	Ja	Doppelblendung
weg			2°	2	Nein	-
Buschku	S15	Südosten	36°	3	Nein	-
hnsdorf			36°	4	Nein	-
Wirtscha	S16	Osten	1°	4	Nein	-
ftsweg				_		
Großkor	S17	Südosten	5°	5	Nein	-
gaer Straße	040		8°	6	Nein	-
Straise	S18		14° 7°	5	Nein	-
	S19		6°	6	Nein Nein	-
	S20		13°	6	Nein	-
	S21		46°	6	Nein	-
	S22		-	-	-	-
	S17	Nordwesten	-	-	-	-
	S18		-	-	-	-
	S19		-	-	-	-
	S20		-	-	-	-
	S21		-	-	-	-
	S22		-	-	-	-
Bahn-	S23	Südosten	19°	5	Nein	-
linie	S24		20°	5	Nein	-

Blendgutachten Solarpark Jessen Seite 31 von 52

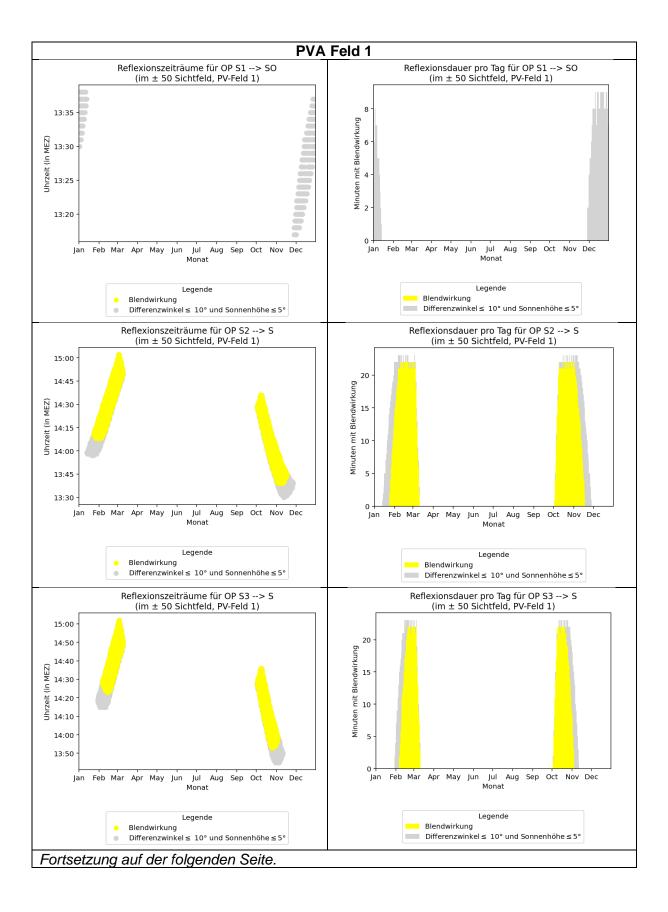
	S25		17°	5	Nein	-
			23°	6	Nein	
	S26		15°	5	Nein	
			23°	6	Nein	-
	S27		•	-	-	-
	S28		•	-	-	-
	S23	Nordwesten	-	-	-	-
	S24		-	-	-	-
	S25		•	ı	•	-
	S26		•	ı	•	-
	S27		-	-	-	-
	S28		-	-	-	-
LEGENDE						

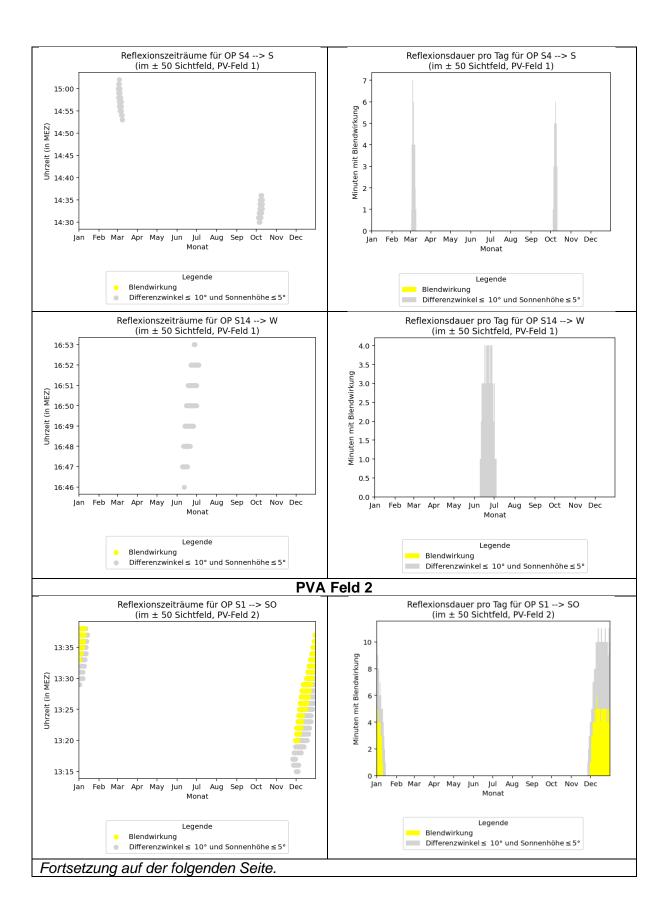
Relevante Blendwirkungen innerhalb der Erheblichkeitsgrenze

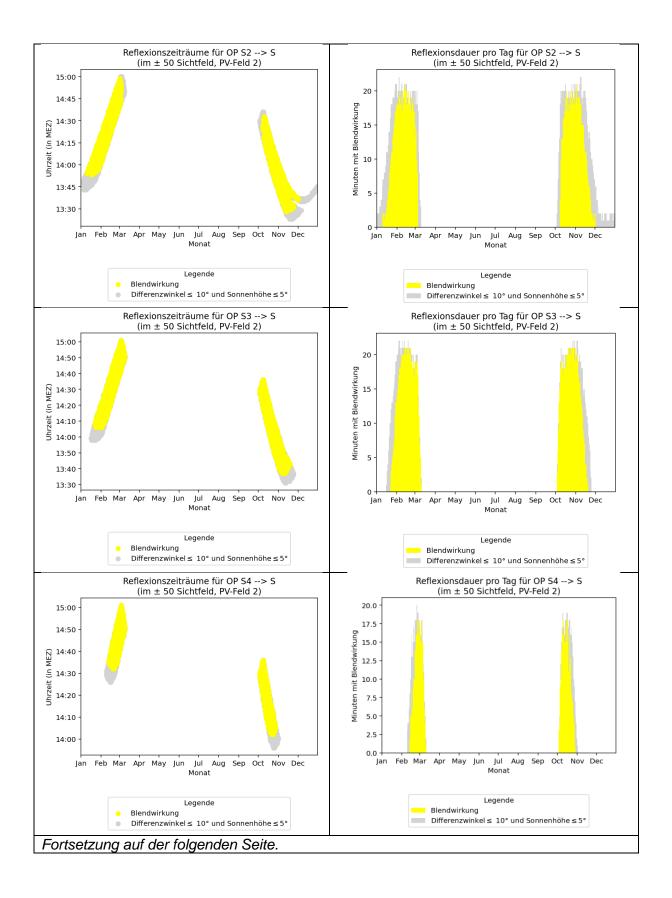
Relevante Blendwirkungen innerhalb der Beeinträchtigungsgrenze (aber außerhalb der Erheblichkeitsgrenze) Relevante Blendwirkungen außerhalb der Beeinträchtigungsgrenze / keine (relevanten) Reflexionen

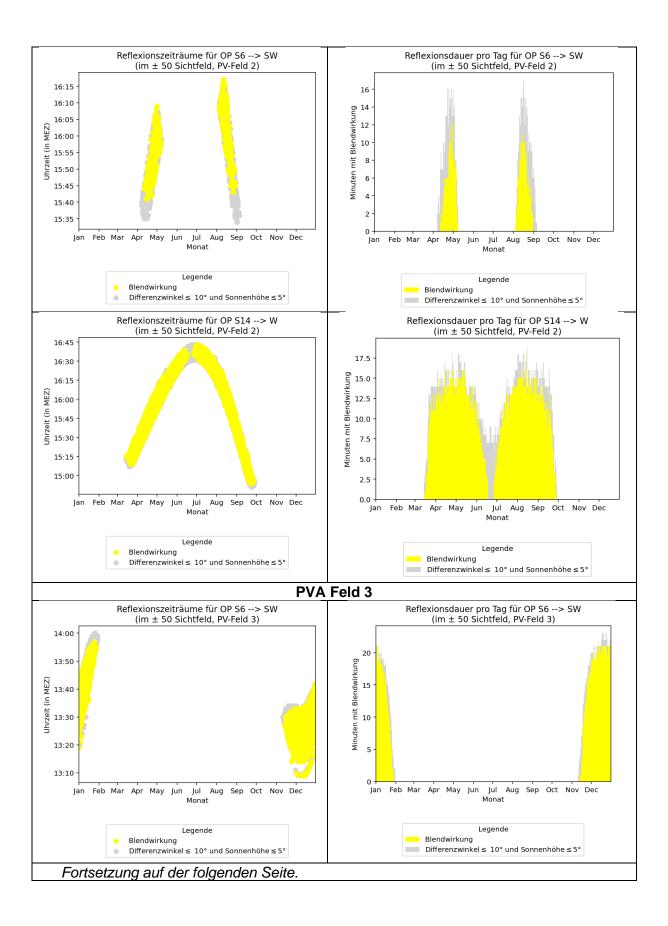
Ergebnisdiagramme 2: Reflexionen zu den OP auf den Verkehrswegen, sofern diese innerhalb der Beeinträchtigungsgrenze wahrgenommen werden können

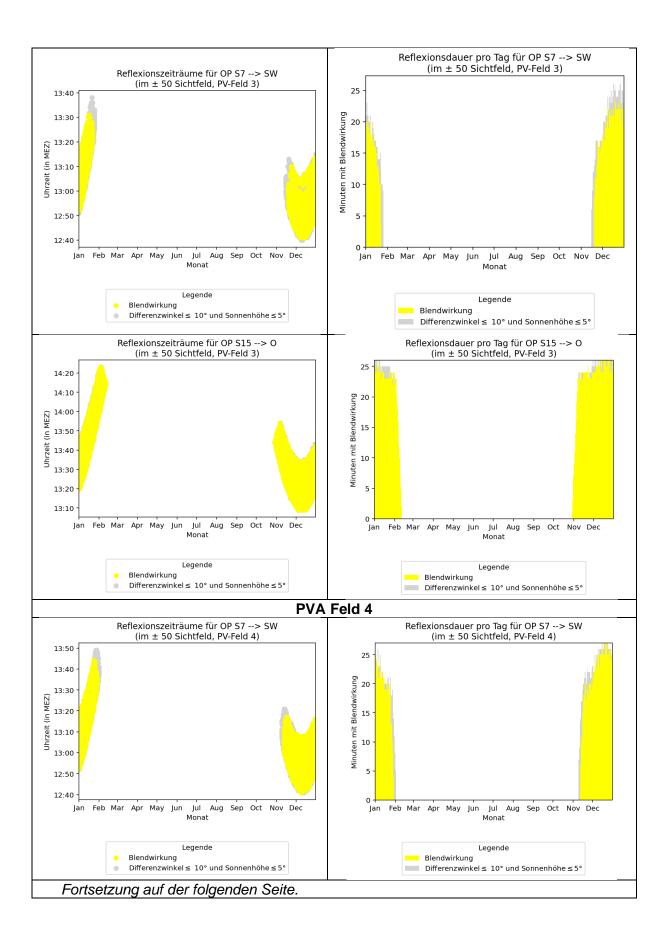
Blendgutachten Seite 32 von 52 Solarpark Jessen

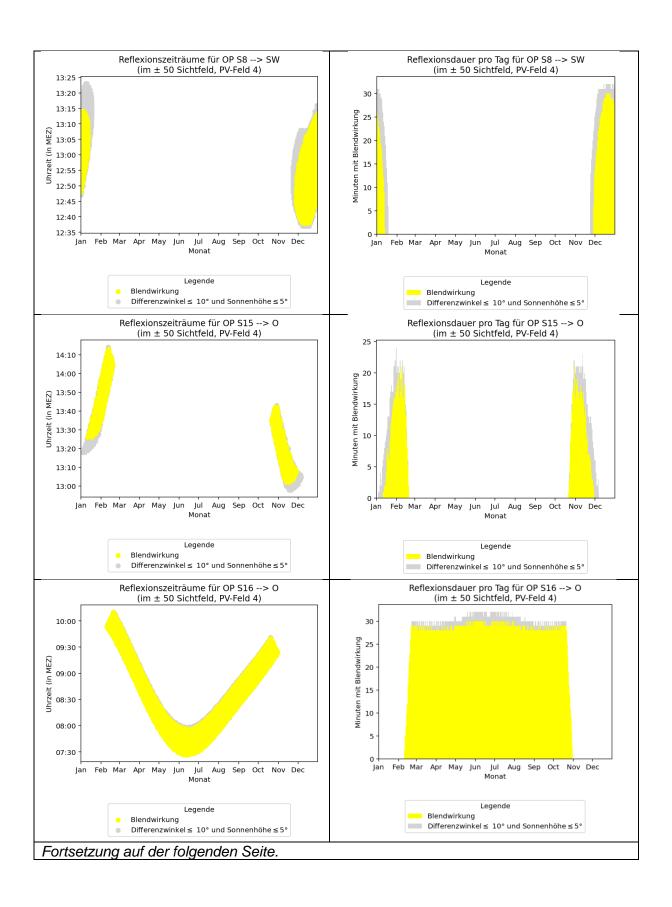




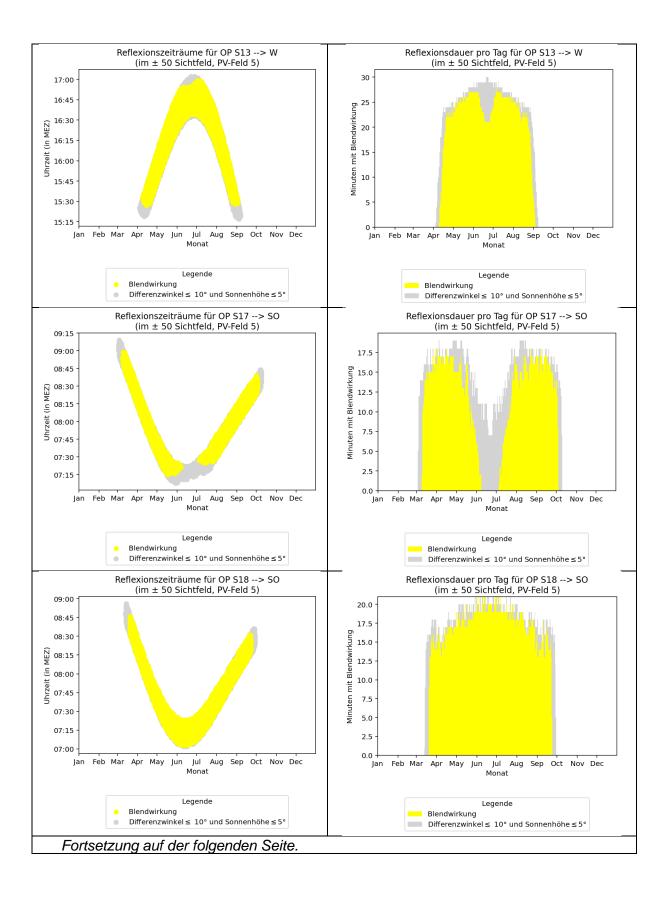


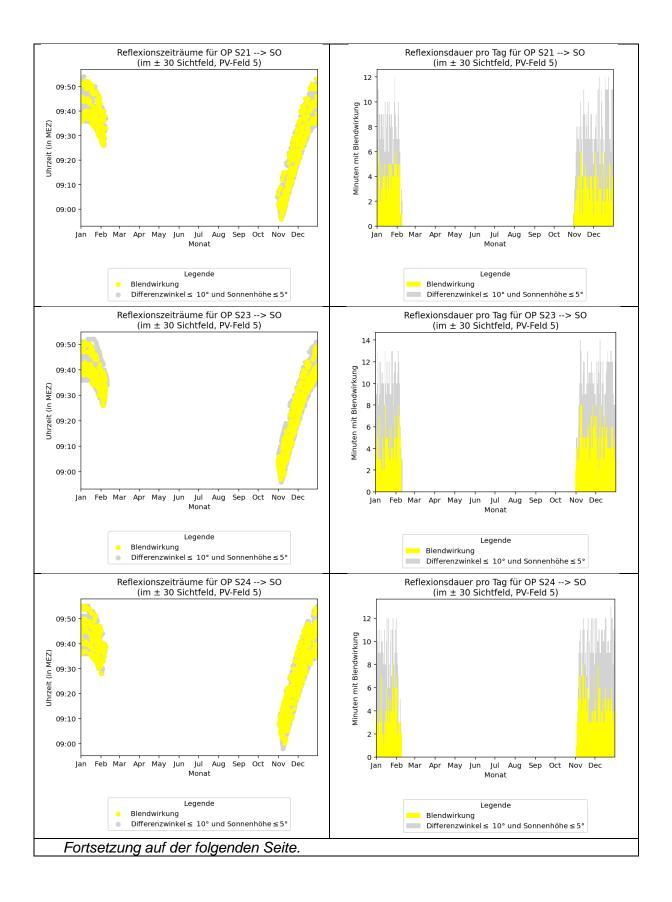


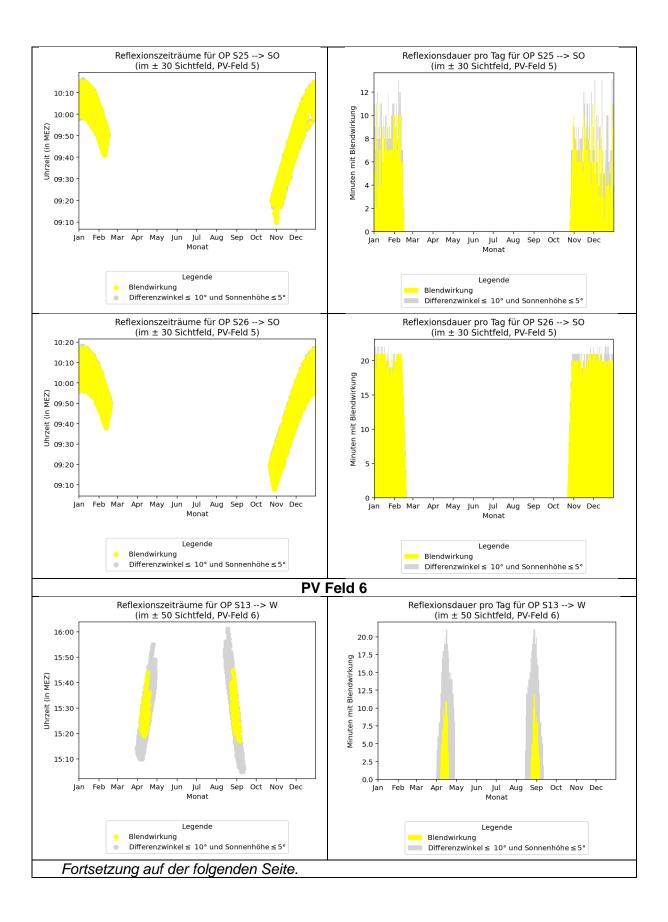


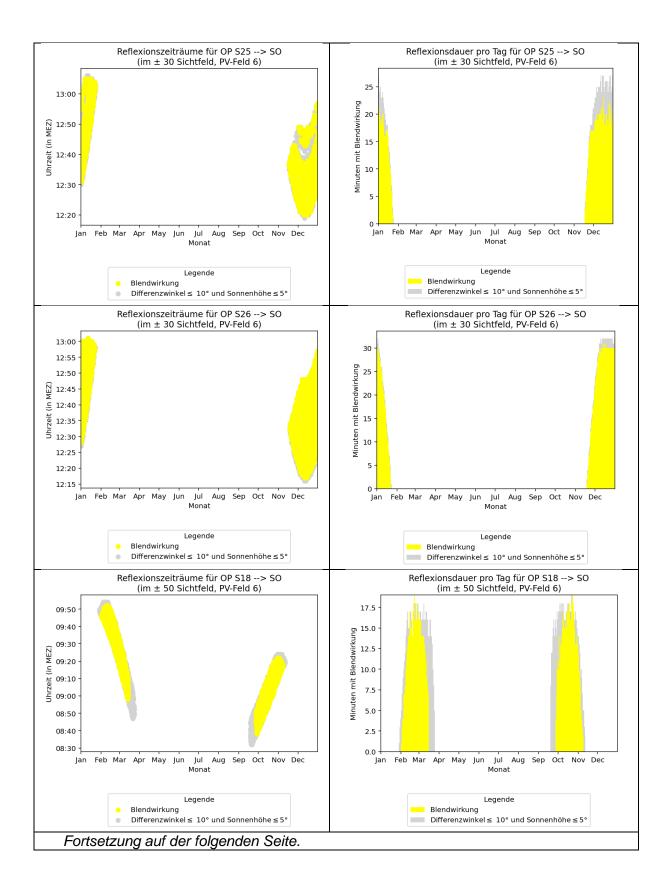


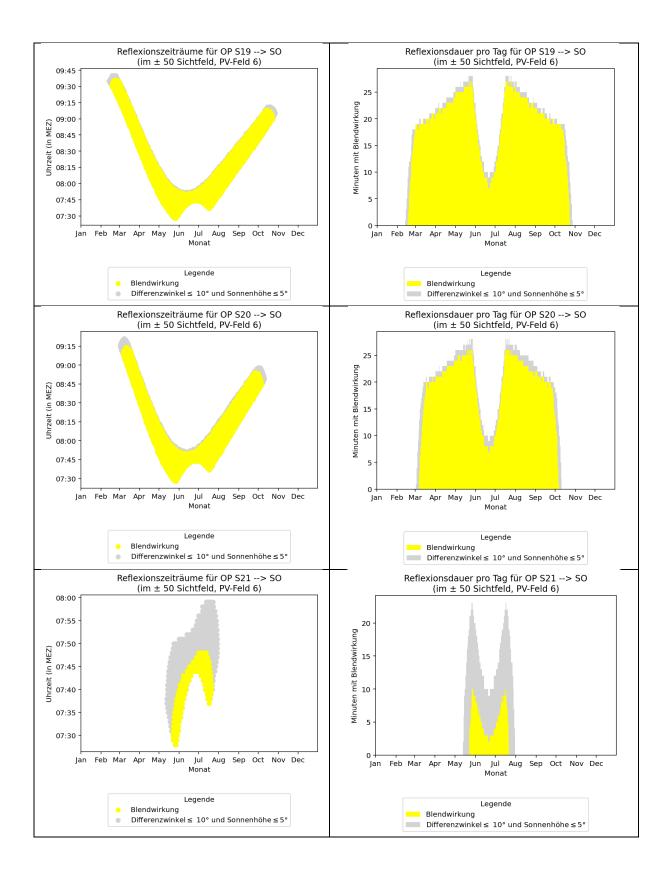
PVA Feld 5











7 Diskussion der Ergebnisse

7.1 Gebäude

Im relevanten Umfeld der Photovoltaikanlage (100-Meter-Radius) befindet sich lediglich ein landwirtschaftlicher Betrieb. Hier wurden zwei Beobachtungspunkte, OP H1 und OP H2, untersucht. An diesen Punkten kommt es zu starken Überschreitungen der LAI-Grenzwerte mit 3.520 Minuten (OP H1) bzw. 2.743 Minuten (OP H2) pro Jahr, in denen es zu Kernblendung kommen kann.

Die Gebäude werden laut Auftraggeber lediglich zur Haltung von Tieren verwendet. Damit gelten diese Gebäude nicht als schutzwürdige Räume im Sinne des LAI-Leitfadens.

An den anderen Beobachtungspunkten (OP H3 bis OP H8), die an den Ortsgrenzen von Buschkuhnsdorf liegen, kommt es zu keiner Überschreitung der LAI-Grenzwerte (Dauer der Kernblendung maximal 30 Minuten pro Tag und maximal 1.800 Minuten pro Jahr pro Beobachtungspunkt).

Entsprechend konnten im Sinne des LAI-Leitfadens keine erheblichen Belästigungen durch Blendwirkungen in oder an schutzwürdigen Räumen festgestellt werden.

7.2 Verkehrswege

Im Umfeld der Photovoltaikanlagen wurden als relevante Verkehrswege die Kreisstraße K 2216, die Kreisstraße K 2217, der Schlehweg, die Straße Buschkuhnsdorf, die Großkorgaer Straße sowie die Bahnlinie nördlich von Holzdorf identifiziert. Zusätzlich wurde noch der Wirtschaftsweg von Reicho zur K 2216 in Richtung Westen untersucht, da dieser direkt mit Blick auf die PV-Felder 3 und 4 verläuft.

Auf allen Verkehrswegen in Nord-Süd-Richtung können Sonnenreflexionen nur bei der Fahrt in Richtung Süden auftreten.

7.2.1 Kreisstraße K 2216

Auf der Kreisstraße K 2216 können nur Reflexionen von PV-Feld 1 bis 4 auf die Fahrbahn treffen. Die PV-Felder 5 und 6 können zum einen aufgrund der Entfernung sowie der dichten Vegetation (Wald) im Ist-Zustand nicht eingesehen werden.

Lediglich im südlichen Bereich der K 2216 gäbe es (Ist-Zustand) freie Sicht auf die Felder 5 und 6. Hier befinden sich die PV-Felder 5 und 6 jedoch nicht im zentralen Sichtfeld von Fahrzeugführern (Vergleich Abbildung 17).

Die Simulation hat gezeigt, dass Fahrzeugführer in Fahrtrichtung Süden bzw. Südwesten auf der K 2216 Blendwirkungen im zentralen Sichtfeld (±30° bezogen auf die Fahrtrichtung) erfahren können. Kritisch ist dabei jedoch nur die Situation neben den Feldern 3 und 4. Nordöstlich der Felder 1 und 2 können Fahrzeugführer zwar ebenfalls Reflexionen innerhalb des ±30°-Sichtfelds wahrnehmen (3° innerhalb des Sichtfelds), jedoch ist die Situation aufgrund der Distanz zwischen den reflektierenden Modulen und dem betroffenen Bereich (ca. 550 m) als unkritisch einzustufen. Eine erhebliche Blendung der Fahrzeugführer ist hier nicht zu erwarten.

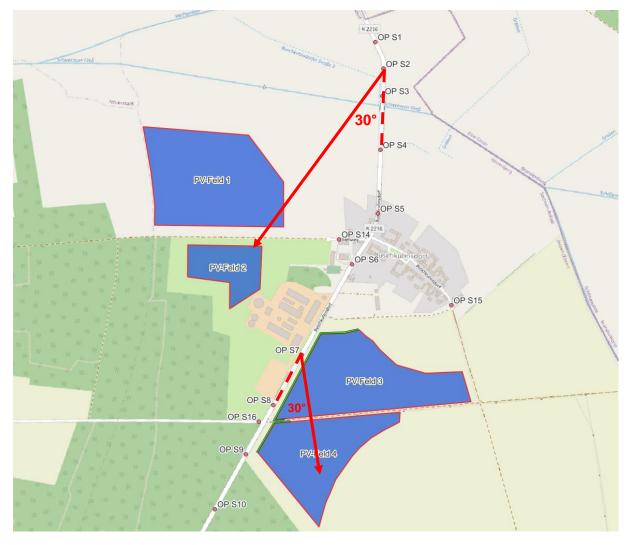


Abbildung 21: Positionen der OP auf der K 2216 im Bereich von PV-Feld 1 bis 4. Rote Markierung entspricht dem relevanten Sichtfeld von Fahrzeugführern (± 30° bezogen auf die Fahrtrichtung) – das Sichtfeld wird an den OP S2 und S7 beispielhaft dargestellt. - Quelle Karte: OpenStreetMap

Südlich von Buschkuhnsdorf können bei der Ortsausfahrt (ab OP S6 bis OP S8) in Fahrtrichtung Südwesten erhebliche Blendwirkungen auftreten. Diese können zwischen Ende November und Februar vorkommen, dauern maximal 25 Minuten pro Tag und treten am frühen Nachmittag auf.

Die kritischen Blendwirkungen entstehen durch die nach Osten ausgerichteten Module, die in diesem Bereich steil in Richtung Nord-Nord-Ost reflektieren können.

Um Fahrzeugführer nach der Ortsausfahrt vor erheblichen Blendwirkungen durch die PV-Felder 3 und 4 zu schützen, ist der geplante Sichtschutz (vgl. Abbildung 22) ausreichend.



Abbildung 22: Vom Auftraggeber geplanter Sichtschutze (grün) entlang von PV-Feld 3 und 4
- Quelle: Google Earth Pro

7.2.2 Schlehweg

Bei einer Fahrt in Richtung Westen auf dem Schlehweg liegen die PV-Felder 1 und 2 (theoretisch) im zentralen Sichtfeld der Fahrzeugführer. Die Simulationsergebnisse haben jedoch gezeigt, dass alle Reflexionen von PV-Feld 1 durch die direkte Sonneneinstrahlung überlagert werden und daher nicht als relevant betrachtet werden müssen.

Dies gilt jedoch nicht für Reflexionen von PV-Feld 2. Fahrzeugführer in Fahrtrichtung Westen können hier im zentralen Sichtfeld (< 5° bezogen auf die Fahrtrichtung) geblendet werden – vorausgesetzt, es besteht freie Sicht auf PV-Feld 2.

Beim Schlehweg handelt es sich im Grunde um eine Sackgasse (wenn der anschließende Feldweg außer Acht gelassen wird). Entsprechend ist hier nur mit geringem Verkehrsaufkommen zu rechnen. Zwischen der Straße und den angrenzenden Gebäuden besteht aufgrund landwirtschaftlicher Gebäude sowie einer großen Feldhecke im Süden keine Sicht auf PV-Feld 2. Daher wird die Situation als unkritisch eingestuft.

7.2.3 Buschkuhnsdorf Straße

Bei der Fahrt in Richtung Südosten auf der Straße Buschkuhnsdorf (OP S15) können Blendwirkungen auf Fahrzeugführer durch PV-Feld 3 und 4 auftreten. Diese liegen jedoch außerhalb der Erheblichkeitsgrenze (größer als ± 30° bezogen auf die Fahrtrichtung). Daher sind keine erheblichen Blendwirkungen zu erwarten, da das zentrale Sichtfeld (± 30°) der Fahrzeugführer stets blendfrei bleibt.

7.2.4 Wirtschaftsweg

Bei der Fahrt Richtung Osten auf dem Wirtschaftsweg von Reicho auf die K 2216 (OP S16) können Reflexionen in das in zentralen Sichtfeld (± 30° bezogen auf die Fahrtrichtung) von Fahrzeugführern von PV-Feld 4 fallen.

Um die Fahrzeugführer vor erheblichen Blendwirkungen zu schützen, wird empfohlen den bereits geplanten Sichtschutz entsprechend Kapitel 7.2.1 umzusetzen.

7.2.5 K 2217

Die Simulation hat gezeigt, dass Fahrzeugführer in Fahrtrichtung Westen auf der K 2217 (OP S13) Blendwirkungen im zentralen Sichtfeld erfahren können.

Unter Berücksichtigung der Distanz zwischen den Fahrzeugführern in der Nähe von OP S13 und den PV-Feldern 5 und 6 können jedoch erhebliche Blendwirkungen ausgeschlossen werden. Die PV-Anlage nimmt auf dieser Distanz lediglich einen vertikalen Bereich von etwa 0,06° im Sichtfeld ein.

7.2.6 Großkorgaer Straße

Die Simulation hat ergeben, dass Fahrzeugführer auf der Großkorgaer Straße in Fahrtrichtung Südosten mit Blendwirkungen im zentralen Sichtfeld (± 30° bezogen auf die Fahrtrichtung) rechnen müssen (S17 bis S20).

Unter Berücksichtigung der aktuellen Vegetation lässt sich jedoch feststellen, dass lediglich der vegetationsfreie Bereich westlich von PV-Feld 6 als kritisch einzustufen ist. Zudem können keine Blendungen von PV-Feld 5 auf die Fahrbahn der Großkorgaer Straße auftreten, da diese im nördlichen Bereich durch einen Wald führt und im südlichen Bereich aufgrund der Ost-West-Ausrichtung geometrisch keine Blendungen möglich sind.

Es wird empfohlen, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um störende Blendwirkungen vollständig zu vermeiden. Eine geeignete Maßnahme stellt der geplante Sichtschutz entlang der westlichen Anlagengrenze von PV-Feld 6 dar. Dieser sollte jedoch auch entlang der nördlichen Anlagengrenze verlaufen (siehe folgende Abbildung).

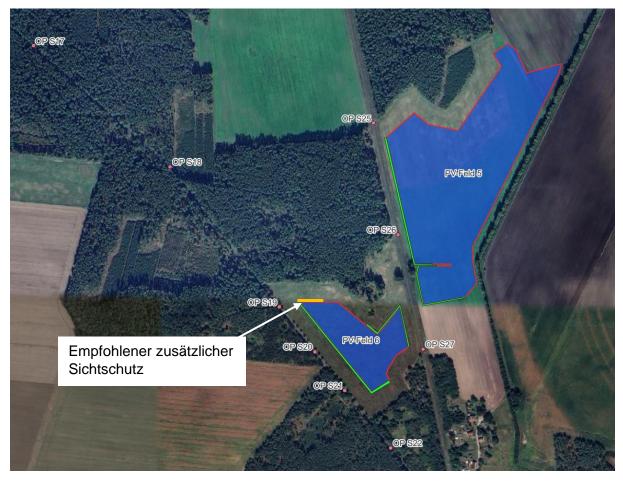


Abbildung 23: Position des empfohlenen Sichtschutzes (orange) entlang von PV-Feld 6 für den Schutz von Fahrzeugführern auf der Großkorgaer Straße. Der geplante Sichtschutz ist in hellgrün eingezeichnet. - Quelle: Google Earth Pro

7.2.7 Bahnlinie

Die Simulation hat ergeben, dass auf der Bahnstrecke Reflexionen von der geplanten Photovoltaikanlage (PV-Feld 5 und 6) in das zentrale Sichtfeld von Lokführern gelangen können. Dies betrifft Lokführer, die die Strecke in südöstlicher Richtung befahren. Dabei treten Blendwirkungen innerhalb eines Sichtfelds von ± 30° auf, sodass erhebliche Beeinträchtigungen nicht auszuschließen sind.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Vegetation (Ist-Zustand, siehe Abbildung 24) lässt sich jedoch feststellen, dass lediglich die vegetationsfreien Bereiche westlich von PV-Feld 5 und östlich von PV-Feld 6 als kritisch einzustufen sind. Falls anzunehmen ist, dass die Vegetation über die Dauer des Betriebs der PV-Anlagen nicht bestehen bleibt, müssen zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Bahnverkehrs getroffen werden – beispielsweise durch einen Sichtschutz entlang der gesamten nördlichen Anlagengrenze von PV-Feld 5.

Für den Ist-Zustand wird empfohlen, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um störende Blendwirkungen vollständig zu vermeiden. Eine solche Maßnahme stellt der geplante Sichtschutz entlang der westlichen Anlagengrenze von PV-Feld 5 und der östlichen Anlagengrenze von PV-Feld 6 dar. Zudem sollte der geplante Sichtschutz an der Nordseite von PV-Feld 5 leicht erweitert werden (siehe Abbildung 24).



Abbildung 24: Position des empfohlenen Sichtschutzes (orange) entlang von PV-Feld 6 für den Schutz des Bahnverkehrs. Der geplante Sichtschutz ist in hellgrün eingezeichnet. - Quelle: Google Earth Pro

7.3 Allgemeiner Hinweis

Die vom Auftraggeber geplante Sichtschutzhöhe von 3 m wird als ausreichend betrachtet.

Sollten größere Waldflächen im Umfeld der PVA entfernt werden, werden ggf. weitere Sichtschutzmaßnahmen notwendig. Die Situation müsste dann erneut evaluiert werden.

8 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-2015-11-03mitformelkorrektur_aus_03_2018_1520588339.pdf
- [2] K. Mertens, *Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis*, 5. Aufl. Carl Hanser Verlag München, 2020.
- [3] Volker Quaschning, 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/me dia/201512.pdf

Blendgutachten Solarpark Jessen Seite 51 von 52

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.

5 | Page

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