SONNWINN GmbH
Unabhängige Experten für Photovoltaik und Stromspeicher

Blendgutachten

PV-Anlage Wetter

Version 1.2

23.10.2026

Bearbeitet:

Sachverständiger für Lichtimmissionen
/ Blendwirkungen
Lukas Schramm

Geprüft:

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

SONNWINN GmbH
Elbstraße 88/1
D-22880 Wedel
+49 (0) 4103 121 4221
kontakt@sonnwinn.de
www.sonnwinn.de

Revisionstabelle

Version	Änderung	Datum	Name
1.0	Erste Fassung	30.07.2026	Lukas Schramm
1.1	Modulneigung auf 15° angepasst, Neuberechnung mit PV-GlareCheck, Ergänzung der Bahnstrecke	16.09.2026	Lukas Schramm
1.2	Deckblatt korrigiert; Hinweis auf geänderte Baugrenze, BESS und Trafostationen; Schnittzeichnung aktualisiert; Bewertung der Querschnitte am Westhang (Kap. 7.2.1)	23.10.2026	Lukas Schramm

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 7
4 Grundlagen 8
4.1 Blendwirkung von Modulen 8
4.2 Berechnung von Reflexionen 10
4.3 Verwendete Software, Annahmen und Limitationen 10
5 Blendwirkungen auf Gebäude 11
5.1 Auswertungsmethodik 11
5.2 Schutzwürdige Räume in der Umgebung der PVA 12
5.3 Observationspunkte 13
5.4 Ergebnisse 14
6 Blendwirkungen auf Verkehrswege 16
6.1 Auswertungsmethodik 16
6.2 Relevante Verkehrswege 18
6.3 Observationspunkte 19
6.4 Ergebnisse 21
7 Diskussion der Ergebnisse 25
7.1 Gebäude 25
7.2 Verkehrswege 25
8 Literaturverzeichnis 28

1 Einleitung

Die SONNWINN GmbH, unabhängiges Experten-Büro für Photovoltaik und Stromspeicher, wurde beauftragt, die möglichen Blendwirkungen folgender Photovoltaikanlage (PVA) zu untersuchen und zu bewerten:

Tabelle 1: Projektübersicht

Auftraggeber	elements-re GmbH
Projektname	PVA Wetter
Adresse PVA	35083 Wetter (Hessen)
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
  - Kreisstraße K 13
  - Bundesstraße B 252
  - Kreisstraße K 123
- Schienenverkehr
  - Bahnstrecke Warburg–Sarnau, Abschnitt „Burgwaldbahn“ (VzG 2972), parallel zur Kreisstraße K 13 verlaufend

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	DOP20 © HVBG, dl-de/by-2-0; OpenStreetMap
Umliegende Bebauung	
Höhendaten (DGM1)	Geobasisdaten © Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation, dl-de/by-2-0

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, Büros etc.)	Gemäß dem Leitfaden der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (**LAI-Leitfaden**) [1]
Verkehrswege	Eigene Auswertungsmethodik auf Basis des **Eckpunktepapiers des Fernstraßen-Bundesamtes** (siehe Kapitel 6)

2 Anlagenbeschreibung

Die geplante PVA besteht aus 2 (zwei) PV-Flächen, die sich östlich der Kreisstraße K 13 befinden.

Gegenüber dem Planstand, der der Berechnung zugrunde liegt, wurde die Baugrenze im Westen geringfügig zurückgenommen; die PV-Fläche verkleinert sich dadurch. Zudem ist der Batteriespeicher (BESS) nun im Norden geplant, und innerhalb der Einfriedung sind voraussichtlich drei Trafostationen vorgesehen (Mitteilung des Auftraggebers vom 14.10.2026). Diese Änderungen fügen keine Modulflächen hinzu; die Ergebnisse dieses Gutachtens bleiben davon unberührt.

Tabelle 4: Relevante Anlagenparameter

Parameter	Angabe/Wert
Geokoordinaten (Breite, Länge)	50,916000, 8,719100
Art der Anlage	Freiflächenanlage
Modultyp	Si-kristallines Modul mit Antireflexbeschichtung
Aufständerung	Fest aufgeständert
PV-Fläche	ca. 7,28 ha (innerhalb Einfriedung)
Nennleistung (DC)	-
Modulausrichtung (Azimut)	180° Süd
Modulneigung	15°
Höhe Modulunterkante	0,8 m (es wird angenommen, dass die Tische entsprechend der Modulunterkante an die Topografie angepasst werden, sodass die Moduloberkanten variabel und entsprechend ggf. höher ausfallen)
Höhe Moduloberkante	ca. 3,0 m (bei flachem Terrain)



Abbildung 1: Grundriss der PV-Flächen – Luftbild: DOP20 © HVBG, dl-de/by-2-0

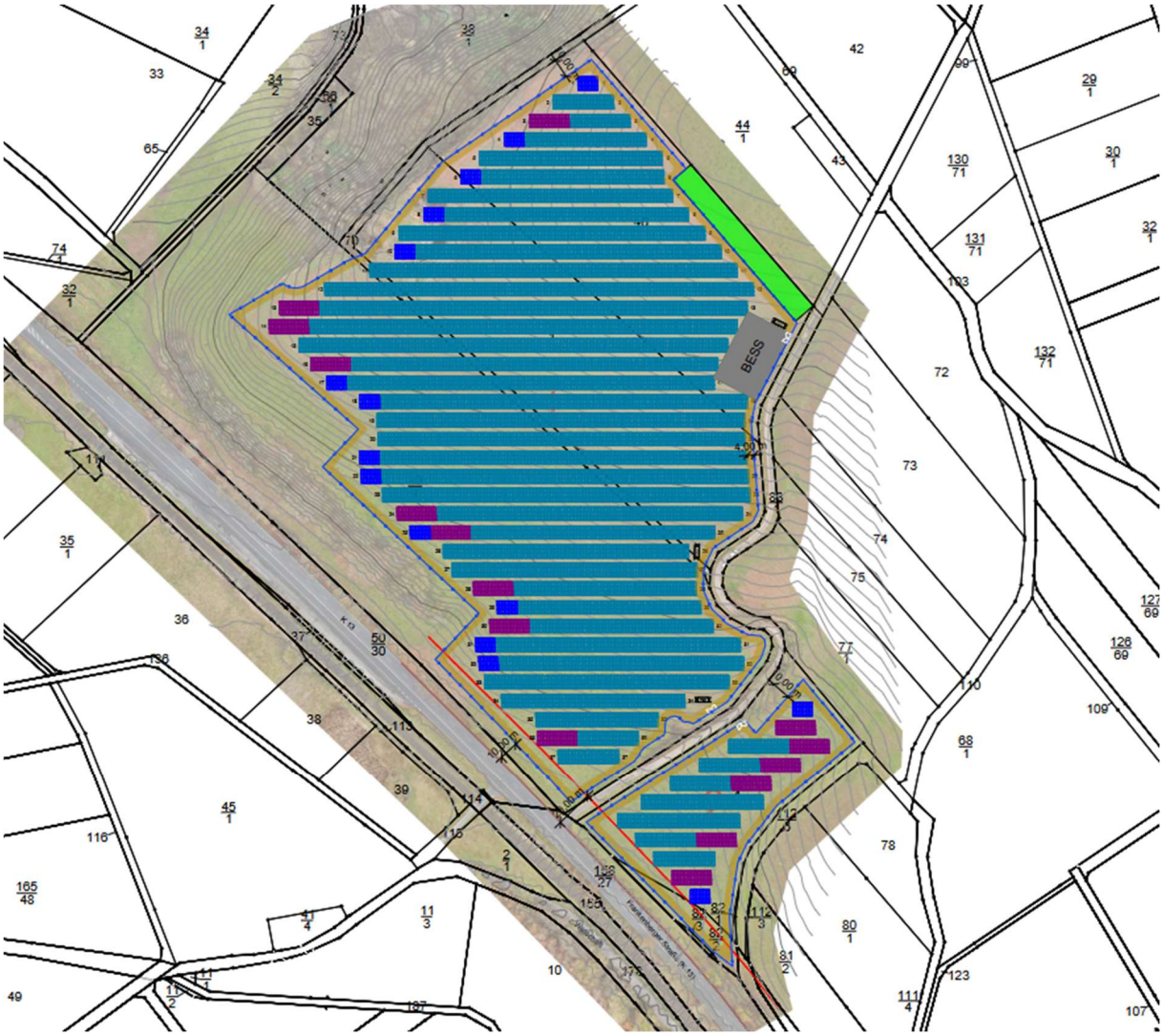


Abbildung 2: Belegungsplan - Quelle: Auftraggeber

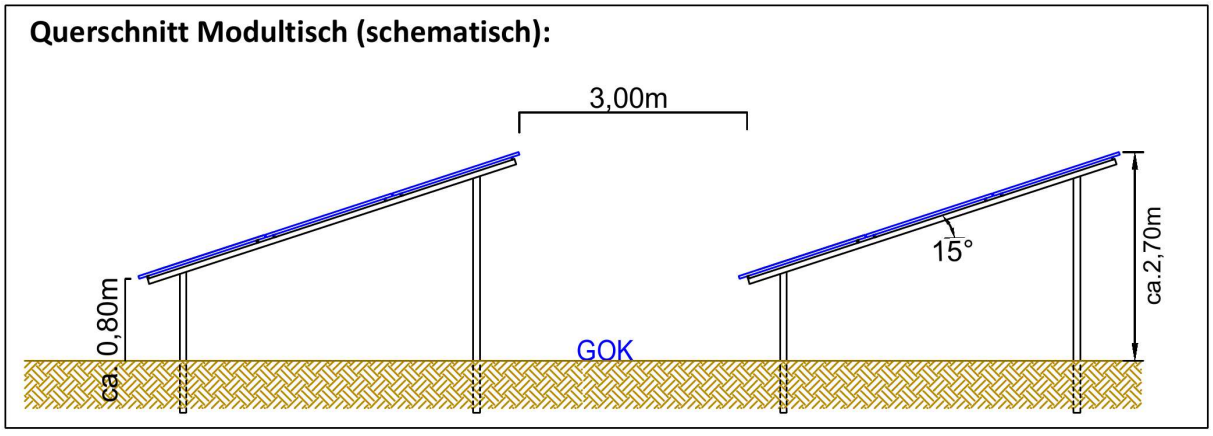


Abbildung 3: Schnittzeichnung Modultisch (schematisch) - Quelle: Auftraggeber (Lageplan renerco plan consult, Entwurf, übermittelt am 14.10.2026)

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im erweiterten Umfeld (> 100 m Radius) der Photovoltaikanlage befinden sich mehrere schutzwürdige Gebäude. An den Gebäuden bei OP H1 und OP H2 werden die LAI-Richtwerte überschritten. Der Großteil der Blendwirkungen wird von PV-Fläche 2 verursacht. Tatsächlich wird die Sichtlinie auf die PVA jedoch nahezu durchgehend durch hochwachsende Vegetation (Baumbestand) im Ist-Zustand unterbrochen. Somit werden unter Berücksichtigung der Vegetation keine erheblichen Blendwirkungen in/an schutzwürdigen Räumen im Sinne des LAI-Leitfadens erwartet.

Im Umfeld der Photovoltaikanlage wurden als relevante Verkehrswege die Kreisstraßen K 13 und K 123, die Bundesstraße B 252 sowie die parallel zur K 13 verlaufende Bahnstrecke Warburg–Sarnau (Abschnitt „Burgwaldbahn“, VzG 2972, eingleisig, nicht elektrifiziert) identifiziert und entsprechend auf Blendwirkungen untersucht.

Fahrzeugführer auf der Kreisstraße K 13 können bei Fahrtrichtung Osten bzw. Südosten, rein geometrisch betrachtet, Blendwirkungen im relevanten Sichtfeld (± 30°, bezogen auf die Fahrtrichtung) erfahren. Von den betroffenen Streckenabschnitten aus sind die Modulvorderseiten tatsächlich nicht einsehbar: Die Sichtlinie verläuft hinter der Modulebene, und die vorgelagerten Modultischreihen verdecken die dahinterliegenden Reihen. Ergänzend unterbrechen Waldflächen und die Topografie die Sichtlinie auf die relevanten Abschnitte der PVA.

Für die parallel zur K 13 verlaufende Bahnstrecke stellt sich der Sachverhalt entsprechend dar; auch hier sind die Modulvorderseiten aus den betroffenen Streckenabschnitten nicht einsehbar.

Somit werden in Summe keine erheblichen Blendwirkungen erwartet. Voraussetzung ist, dass die Modultische die Geländeneigung nicht verstärken; für den Westhang der PV-Fläche 1 wird empfohlen, der Hangneigung mit der Aufständerung sogar leicht entgegenzuwirken (vgl. Kapitel 7.2.1).

Das relevante Sichtfeld von Fahrzeugführern auf der Bundesstraße B 252 sowie auf der Kreisstraße K 123 bleibt stets blendfrei. Somit werden keine erheblichen Blendwirkungen 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 θ (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.

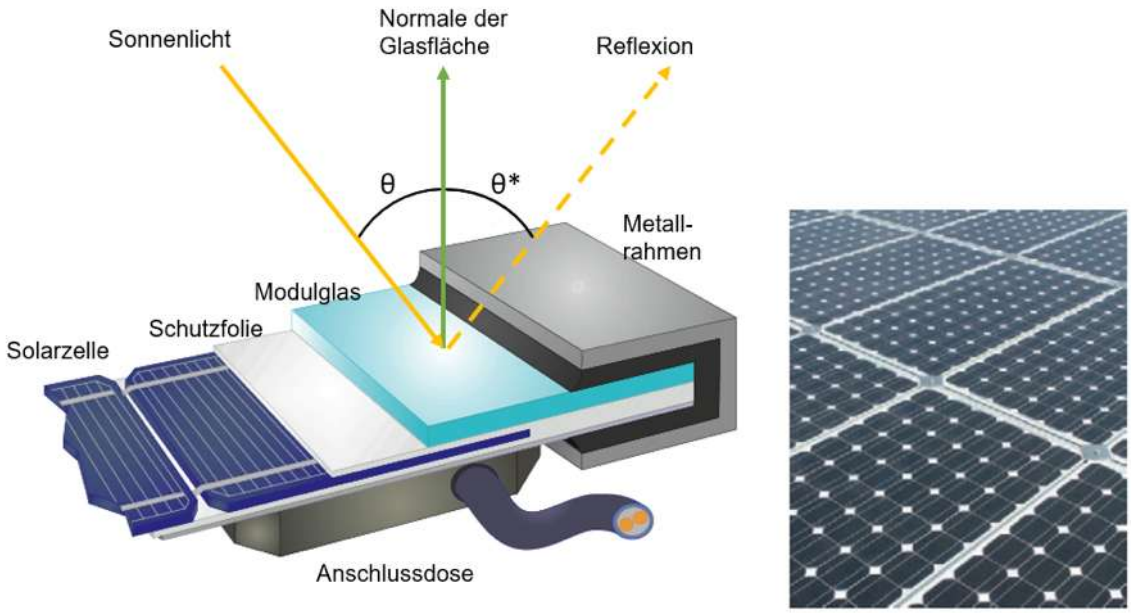


Abbildung 4: Aufbau eines PV-Moduls und Darstellung des Reflexionsgesetzes „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“ - Quelle: [3] (modifiziert)

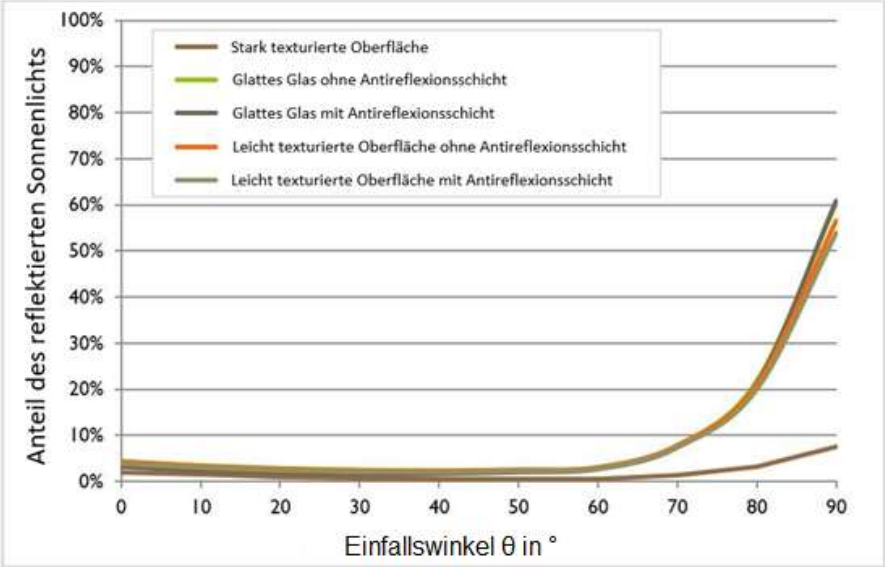


Abbildung 5: Anteil des reflektierten Sonnenlichts in Abhängigkeit vom Einfallswinkel, dargestellt für unterschiedliche Modulglastypen - Quelle: [4], modifiziert

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 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].

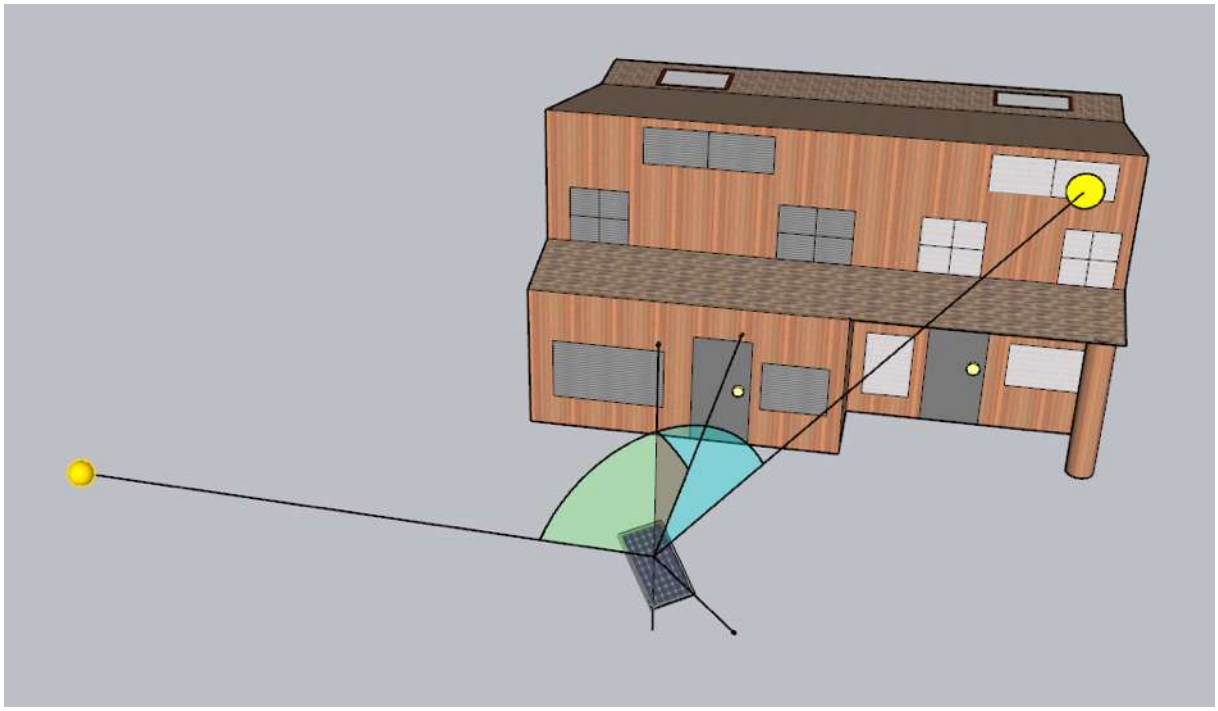


Abbildung 7: Veranschaulichung der geometrischen Herleitung einer Reflexion - Quelle: Eigene Abbildung

4.3 Verwendete Software, Annahmen und Limitationen

Für die Berechnung der Reflexionen bzw. Blendwirkungen wurde die Software PV-GlareCheck verwendet. Dabei wurden die Reflexionen bzw. Blendwirkungen der PVA mit einer zeitlichen Auflösung von einer Minute über ein gesamtes Jahr hinweg berechnet.

Im Rahmen der Simulation werden die Höhendaten der PV-Flächen sowie der Immissionsorte berücksichtigt (DGM1). Die Simulation basiert auf der Annahme eines stets klaren Himmels; somit wird ein abstrakter Worst-Case betrachtet.

Obwohl PV-GlareCheck eine professionelle Software zur Berechnung PVA-bedingter Blendwirkungen darstellt, kann die Realität nur vereinfacht abgebildet werden. So werden die Generatorfelder als zusammenhängende Ebenen modelliert: Die Anordnung der Module in einzelnen Tischreihen – und damit die gegenseitige Verdeckung benachbarter Reihen bei flachem Blickwinkel – wird nicht abgebildet. Die aus dem Geländemodell abgeleitete Neigung entlang der Tischachse (Querneigung) wird zonenweise berücksichtigt; sie kann von der späteren Ausführung abweichen.

Die Limitationen der Software werden nach Möglichkeit durch zusätzliche Betrachtungen kompensiert, und die Ergebnisse werden durch gezielte Cross-Prüfungen validiert – im vorliegenden Fall insbesondere anhand eines dreidimensionalen Modells der Anlage (vgl. Kapitel 7). Dennoch können Abweichungen von der späteren Realität nicht ausgeschlossen werden.

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 trotzdem eine Bewertung nach dem LAI-Leitfaden durchführen zu können, werden die Blendwirkungen unterschieden: Blendungen, die ausschließlich mit dem vereinfachten Modell ermittelt werden, heißen „Kernblendung“ (LAI-relevant). Alle anderen Blendwirkungen werden als „gestreute Reflexion“ bezeichnet. Sofern relevante Blendwirkungen auftreten, werden beide Arten getrennt dargestellt.

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-Leitfaden kann eine erhebliche Belästigung durch PVA-bedingte Blendwirkungen vorliegen, wenn ein schutzwürdiger Raum mindestens 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].

Aufgrund des vorhandenen Westgefälles der PV-Fläche wurden ergänzend auch die nächstgelegenen Gebäude außerhalb des regulären 100-m-Untersuchungsradius als schutzwürdige Gebäude berücksichtigt. Diese befinden sich südlich bzw. südwestlich der Photovoltaikanlage. Lagen an Hängen können längerfristige Blendwirkungen verursachen. Aus diesem Grund wurde der Untersuchungsraum vergrößert.

Abbildung 8 veranschaulicht den Bereich, der 100 Meter oder näher an der Photovoltaikanlage liegt.

Es lässt sich feststellen, dass im 100-Meter-Umkreis keine schutzwürdigen Gebäude vorhanden sind.



Abbildung 8: Übersicht der 100-Meter-Zone – Luftbild: DOP20 © HVBG, dl-de/by-2-0

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 vier OP an den schutzwürdigen Räumen definiert (OP H1 bis H4).

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. Generell sind höher gelegene Immissionsorte stärkeren Blendwirkungen ausgesetzt als niedriger gelegene.

Tabelle 5: Höhen OP H

OP H	Höhe Geländeoberkante in m	Höhe über Geländeoberkante in m
1	212,4	4,6
2	212,1	4,6
3	210,4	4,6
4	211,8	4,6



Abbildung 9: Positionen der OP H – Luftbild: DOP20 © HVBG, dl-de/by-2-0

5.4 Ergebnisse

Angewendete Filter (in Anlehnung an den LAI-Leitfaden):

- Module als perfekte Spiegel simuliert, ausgewertet wird ausschließlich die Kernblendung.
- Reflexionen gefiltert, die von der Sonne überlagert werden (Differenzwinkel ≤ 10°).
- Reflexionen gefiltert, die durch die Topografie verdeckt sind oder von verschatteten Modulflächen ausgehen.
- Reflexionen gefiltert, die von Flächen mit einer Leuchtdichte unter 30.000 cd/m² ausgehen.
- Die lokale Vegetation wurde nicht berücksichtigt; Hindernisse werden – sofern relevant – in Kapitel 7 einbezogen. Die Ergebnisse sind insoweit als Zwischenergebnisse zu verstehen.

Tabelle 6: Ergebnisse an den OP H – nur Kernblendung (Module als perfekte Spiegel)

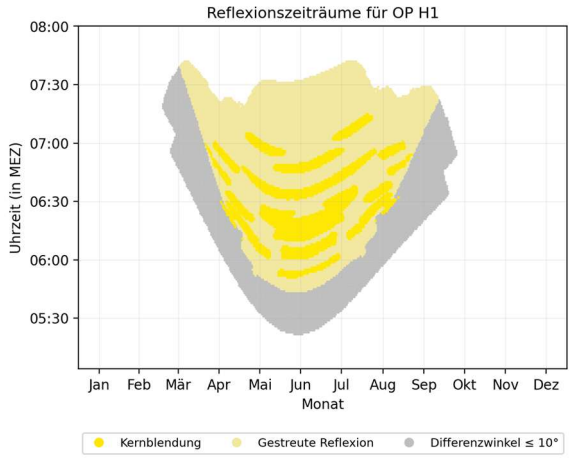
Observationspunkt	Max. Blenddauer (Kernblendung) pro Tag in Minuten	Gesamtblenddauer pro Jahr (Kernblendung) in Minuten	Werden die LAI-Richtwerte eingehalten (vgl. Kapitel 5.1)?
H1	39	3.315	nein
H2	30	2.920	nein
H3	0	0	ja
H4	0	0	ja

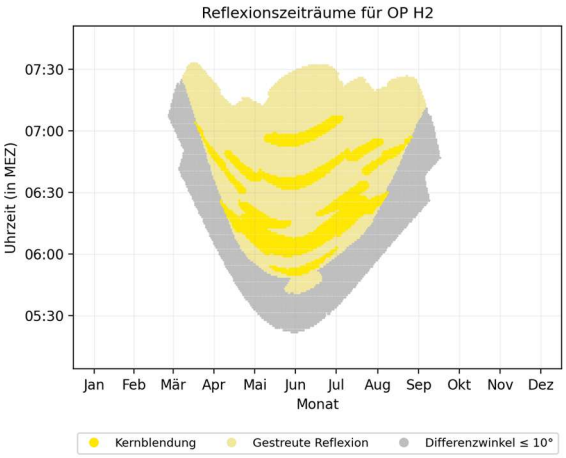
Ergänzend werden die Blendwirkungen mit realitätsnah simulierten Modulen (Standard-Modulglas mit Streuung) dargestellt. Diese Werte sind nicht Maßstab des LAI-Leitfadens, geben aber die tatsächlich zu erwartenden Blendzeiten wieder.

Tabelle 7: Ergebnisse an den OP H – realitätsnah simulierte Module

Observationspunkt	Max. Blenddauer pro Tag in Minuten	Gesamtblenddauer pro Jahr in Minuten	Betroffene Tage im Jahr
H1	110	13.734	193
H2	110	12.263	182
H3	0	0	0
H4	0	0	0

Ergebnisdiagramme 1: Blendwirkungen bei den OP H (gelb: Kernblendung, hellgelb: gestreute Reflexion, grau: von der direkten Sonnenstrahlung überlagert, Differenzwinkel ≤ 10°)





6 Blendwirkungen auf Verkehrswege

6.1 Auswertungsmethodik

Die im Gutachten angewendete Auswertungsmethodik zur Bewertung der Blendwirkungen auf Verkehrswegen basiert auf dem Eckpunktepapier des Fernstraßen-Bundesamtes (Stand: November 2025) [6].

Zur Beurteilung der Blendwirkungen durch Photovoltaikanlagen auf Verkehrswege ist es gängige Praxis, ein oder mehrere Sichtfelder von Fahrzeugführern (Kraftfahrzeug- und Lokführer) zu definieren, die sich hinsichtlich ihrer verkehrlichen Relevanz unterscheiden. Anschließend wird mittels Simulation geprüft, ob Reflexionen innerhalb dieser Sichtfelder auftreten. Dabei wird angenommen, dass die Blickrichtung eines Fahrzeugführers grundsätzlich der Fahrtrichtung entspricht [7].

Relevantes Sichtfeld: In Anlehnung an [8] und [6] wird eine Erheblichkeitsgrenze von ± 30° bezogen auf die jeweilige Fahrtrichtung definiert. Reflexionen außerhalb dieses Sichtfeldes führen in der Regel zu keinen erheblichen Beeinträchtigungen. Besondere Verkehrssituationen können jedoch eine Erweiterung des relevanten Sichtfeldes erforderlich machen, beispielsweise im Bereich von Beschleunigungsstreifen oder Kreuzungen, sofern dort regelmäßig von der Fahrtrichtung abweichende Blickbewegungen zu erwarten sind.

Zentrales Sichtfeld: Zudem wird ein zentrales Sichtfeld von ± 10° definiert. Außerhalb dieses zentralen Sichtfeldes sind Blendquellen (reflektierende PV-Flächen) mit einer vertikalen Ausdehnung von maximal 0,3° pauschal als unkritisch zu bewerten.

Für die Analyse der Blendwirkungen auf den Straßenverkehr ist es i. d. R. ausreichend, ausschließlich LKW-Fahrer zu betrachten, da diese im Vergleich zu PKW-Fahrern eine höhere Augenposition über dem Straßenniveau einnehmen. Höher gelegene Immissionsorte sind grundsätzlich stärkeren beziehungsweise zentraler (bezogen auf das Sichtfeld) einsetzenden Blendwirkungen ausgesetzt. Mit der Betrachtung von LKW-Fahrern wird somit eine konservative Worst-Case-Annahme zugrunde gelegt.

Im Rahmen des Gutachtens wird für LKW-Fahrer eine Augenhöhe von 2,7 m über dem jeweiligen Straßenniveau angesetzt [6].

PVA-bedingte Blendwirkungen gelten selbst innerhalb des relevanten Sichtfeldes als vernachlässigbar (irrelevant), wenn die verursachenden Reflexionen mit einem Differenzwinkel ≤ 10° zur direkten Sonneneinstrahlung auftreten und gleichzeitig der Höhenwinkel der Sonne ≤ 5° beträgt [6]. Sind beide Kriterien erfüllt, wird die Blendwirkung der PVA aus nahezu gleicher Richtung von der direkten Sonneneinstrahlung überlagert und kann in der Regel nicht mehr durch fahrzeugseitige Blenden oder Sonnenblenden abgeschirmt werden (Annahme). In diesem Fall stellen die PVA-bedingten Reflexionen keine zusätzliche verkehrsrelevante Beeinträchtigung dar.

Zudem werden Reflexionen mit einer Leuchtdichte von unter 30.000 cd/m² gemäß [6] pauschal als nicht erheblich eingestuft.

Nicht erhebliche Reflexionen: Wenn eines der folgenden Kriterien zutrifft:

- Die Reflexionen werden innerhalb des relevanten Sichtfelds von der Sonne überlagert (siehe Kriterien oben).
- Reflexionen weisen eine Intensität von unter 30.000 cd/m² auf.
- Die Blendquelle liegt außerhalb des zentralen Sichtfelds und weist im Sichtfeld eine vertikale Größe von ≤ 0,3° auf.

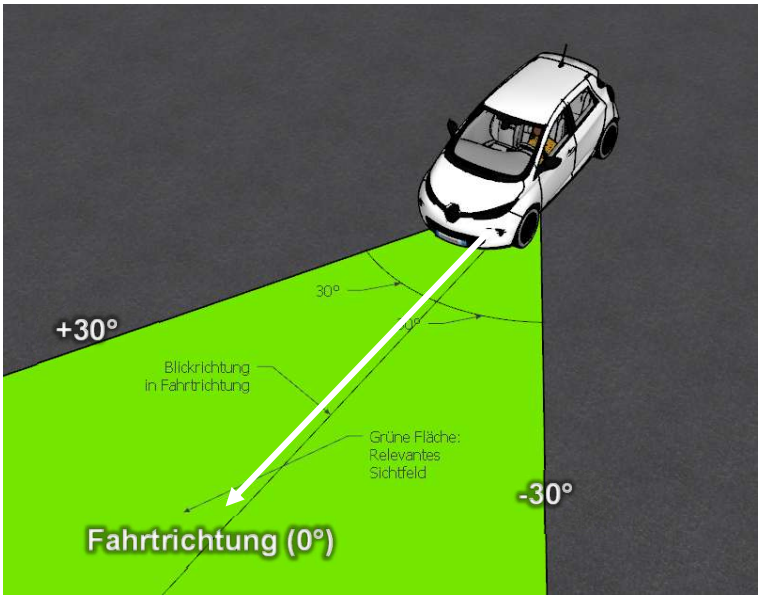


Abbildung 10: Relevantes Sichtfeld eines Fahrzeugführers – Quelle: Eigene Abbildung

Die folgenden Abbildungen zeigen die geschätzten Augenhöhen der Verkehrsteilnehmer. Diese Angaben sind im Rahmen der Simulation relevant.

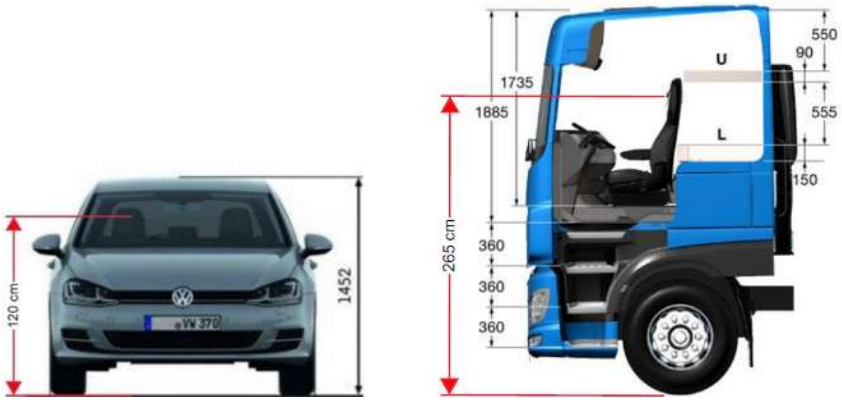


Abbildung 11: Augenhöhe der Straßenverkehrsteilnehmer – Quelle: Volkswagen AG (modifiziert), BTS GmbH & Co. KG (modifiziert)

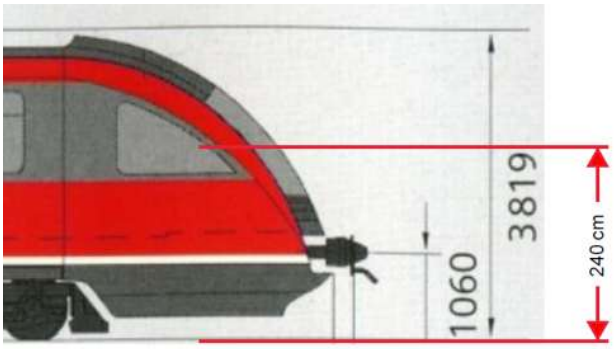


Abbildung 12: Augenhöhe von Lokführern – Quelle: www.nahverkehr-franken.de (modifiziert)

6.2 Relevante Verkehrswege

Im Umfeld der Photovoltaikanlage wurden als relevante Verkehrswege die Kreisstraßen K 13 und K 123, die Bundesstraße B 252 sowie die parallel zur K 13 verlaufende Bahnstrecke Warburg–Sarnau (Abschnitt „Burgwaldbahn“, VzG 2972, eingleisig, nicht elektrifiziert) identifiziert und entsprechend auf Blendwirkungen untersucht.

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.

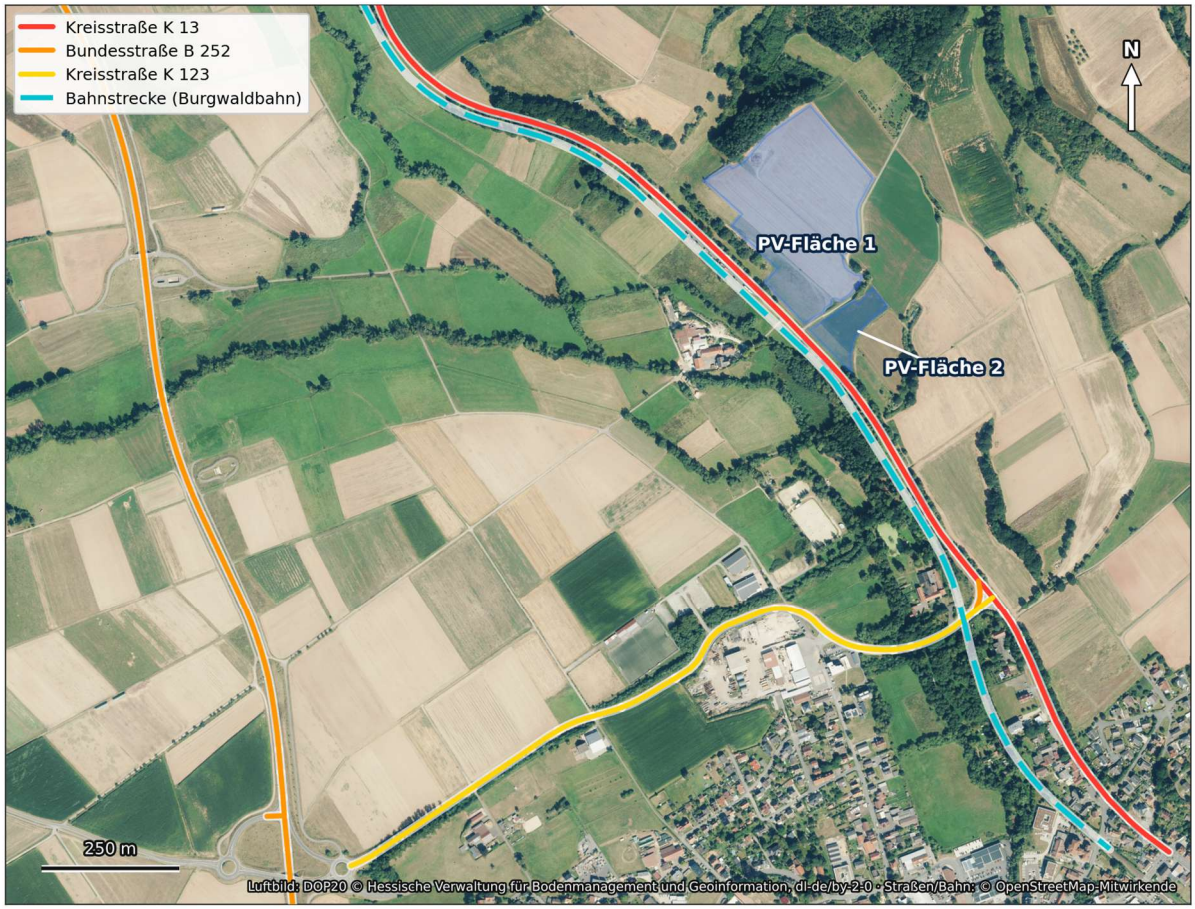


Abbildung 13: Als relevant eingestufte Verkehrswege im Umfeld der PVA – Luftbild: DOP20 © HVBG, dl-de/by-2-0; Straßen und Bahnstrecke: © OpenStreetMap-Mitwirkende

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 37 OP zur Analyse der Blendwirkungen auf die Verkehrswege festgelegt:

- OP S1 bis S14 für den Straßenverkehr auf der K 13 in beiden Fahrtrichtungen.
- OP S15 bis S21 für den Straßenverkehr auf der B 252 in beiden Fahrtrichtungen.
- OP S22 bis S25 für den Straßenverkehr auf der K 123 in beiden Fahrtrichtungen.
- OP B1 bis B12 für den Schienenverkehr auf der Bahnstrecke in beiden Fahrtrichtungen.

Die OP S1 bis S25 sind in einer Höhe von 2,7 m über dem Straßenniveau angebracht, entsprechend der angenommenen Augenhöhe eines LKW-Fahrers. Die OP B1 bis B12 liegen in einer Höhe von 2,4 m über der Schienenoberkante, entsprechend der angenommenen Augenhöhe eines Lokführers.

Tabelle 8: Höhen OP S

OP S	Höhe Geländeoberkante in m	Höhe über Geländeoberkante in m
1	213,5	2,7
2	215,4	
3	214,9	
4	214,3	
5	213,6	
6	213,2	
7	213,1	
8	213,3	
9	213,6	
10	214,2	
11	214,8	
12	215,8	
13	215,7	
14	216,2	
15	225,3	
16	223	
17	219,9	
18	218,2	
19	217,2	
20	221,3	
21	230,6	
22	216,8	
23	212,6	
24	212,2	
25	212	

Tabelle 9: Höhen OP B

OP B	Höhe Geländeoberkante in m	Höhe über Geländeoberkante in m
1	215,23	2,4
2	215,16	
3	215,4	
4	214,8	
5	213,94	
6	213,13	
7	212,63	
8	212,35	
9	212,33	
10	212,28	
11	212,16	
12	211,97	

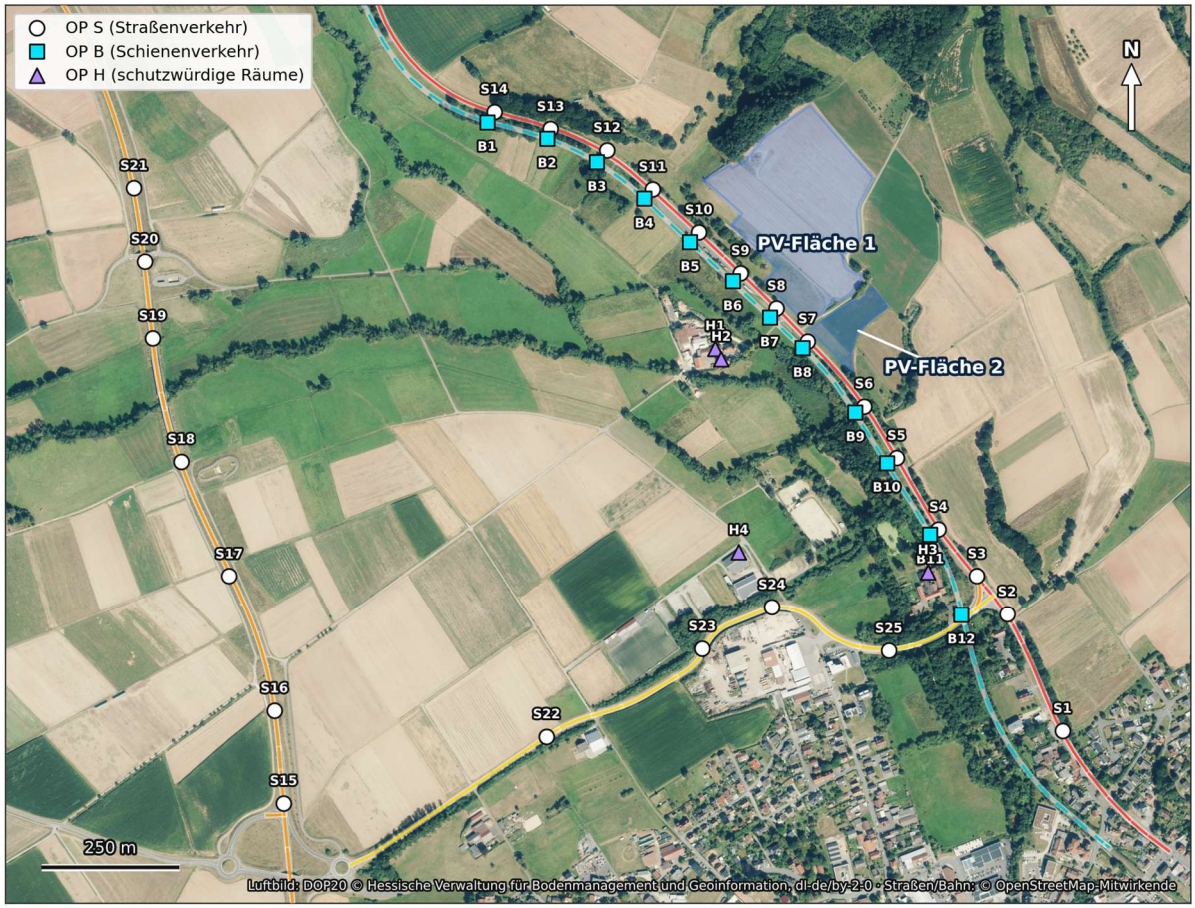


Abbildung 14: Positionen der Observationspunkte OP S (Straßenverkehr), OP B (Schienenverkehr) und OP H (schutzwürdige Räume) – Luftbild: DOP20 © HVBG, dl-de/by-2-0; Straßen und Bahnstrecke: © OpenStreetMap-Mitwirkende

6.4 Ergebnisse

Vegetation und sonstige oberirdische Hindernisse wurden in diesem Schritt noch nicht berücksichtigt. Sofern relevant und anwendbar, werden entsprechende Gegebenheiten in Kapitel 7 einbezogen.

Angewendete Filter (in Anlehnung an das Eckpunktepapier des Fernstraßen-Bundesamtes):

- Module realitätsnah simuliert (Standard-Modulglas mit Streuung), nicht als perfekter Spiegel wie bei der LAI-Kernblendung.
- Reflexionen außerhalb des relevanten Sichtfeldes (± 30°, bezogen auf die Fahrtrichtung) gefiltert.
- Reflexionen gefiltert, die von der Sonne überlagert werden (Differenzwinkel ≤ 10° und gleichzeitig Sonnenhöhe ≤ 5°).
- Reflexionen gefiltert, die von Flächen mit einer Leuchtdichte unter 30.000 cd/m² ausgehen.
- Reflexionen gefiltert, die durch die Topografie verdeckt sind oder von verschatteten Modulflächen ausgehen.
- Das Kriterium der vertikalen Ausdehnung (≤ 0,3° außerhalb des zentralen Sichtfelds) wurde in der Simulation nicht als Filter angewendet; es wird – sofern einschlägig – in Kapitel 7 herangezogen.

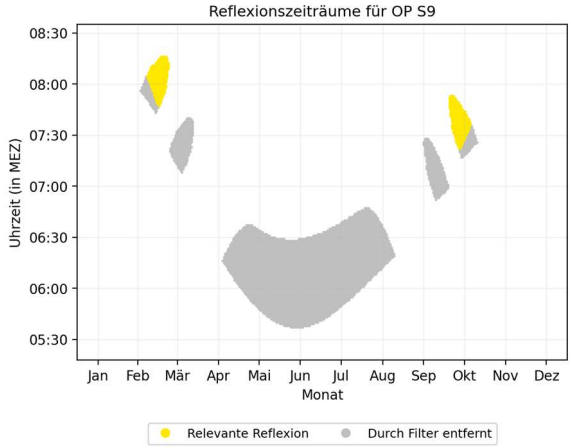
Tabelle 10: Übersicht der Simulationsergebnisse für die Observationspunkte auf den Verkehrswegen

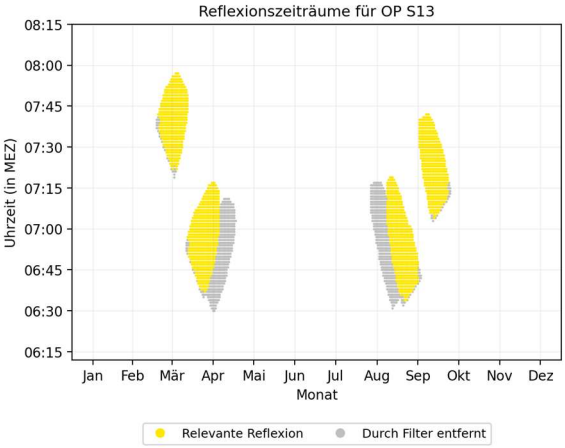
Verkehrs-weg	OP	Fahrt-richtung	Min. Winkel zwischen Fahrtrichtung und Blendquelle (ca.)	Werden die Blendwirkungen innerhalb des relevanten Sichtfelds von der Sonne überlagert und/oder weisen eine Intensität von unter 30.000 cd/m² auf?	Anmerkung
K 13	S1	NW (334,6°)	-	-	Keine Reflexionen
		SO (150,6°)	-	-	
	S2	NW (320,7°)	-	-	
		SO (153,8°)	-	-	
	S3	NW (320,5°)	-	-	
		SO (143,4°)	-	-	
	S4	NW (330,1°)	-	-	
		SO (140,8°)	-	-	
	S5	NW (331,1°)	-	-	
		SO (148°)	-	-	
	S6	NW (323,3°)	-	-	
		SO (147,9°)	-	-	
	S7	NW (317,1°)	104,4°	ja	-
		SO (137°)	39°	ja	-
	S8	NW (313,8°)	106,6°	ja	-
		SO (136°)	31,1°	ja	-
	S9	NW (311,6°)	111,5°	ja	-
		SO (131,8°)	21,9°	nein	Reflexionen von PV 2 – verdeckt durch vorgelagerte Module
	S10	NW (314°)	-	-	Keine Reflexionen
		SO (136,4°)	-	-	
	S11	NW (308,7°)	117,6°	ja	-
		SO (134,5°)	48,7°	ja	-
	S12	W (290°)	-	-	Keine Reflexionen
		SO (133°)	-	-	
	S13	W (285,8°)	159,2°	ja	-

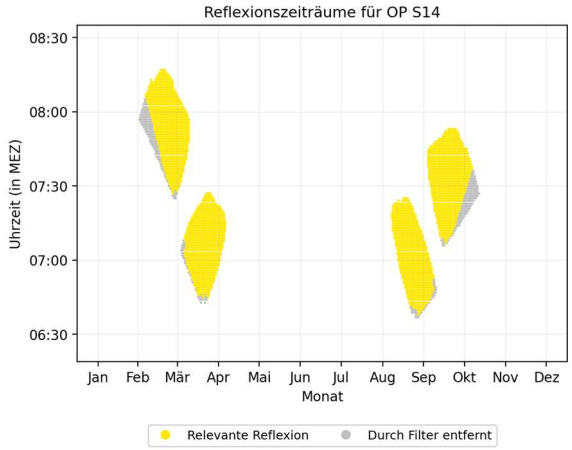
Verkehrs-weg	OP	Fahrt-richtung	Min. Winkel zwischen Fahrtrichtung und Blendquelle (ca.)	Werden die Blendwirkungen innerhalb des relevanten Sichtfelds von der Sonne überlagert und/oder weisen eine Intensität von unter 30.000 cd/m² auf?	Anmerkung
		SO (117,1°)	14,2°	nein	Reflexionen von PV 1 – nur möglich, wenn die Tische steiler als der Hang im Westen stehen.
	S14	W (290,6°)	159,1°	ja	-
		O (103,6°)	3°	nein	Reflexionen von PV 1 – nur möglich, wenn die Tische steiler als der Hang im Westen stehen.
B 252	S15	N (354,4°)	-	-	Keine Reflexionen
		S (174,6°)	-	-	
	S16	N (346,5°)	-	-	
		S (172,7°)	-	-	
	S17	NW (337,4°)	85,6°	ja	-
		S (158°)	86,5°	ja	-
	S18	N (340,1°)	83,4°	ja	-
		SO (154,4°)	72,4°	ja	-
	S19	N (355,6°)	74,9°	ja	-
		S (167,1°)	74,7°	ja	-
	S20	N (348,3°)	88,2°	ja	-
		S (171,6°)	73,1°	ja	-
	S21	N (343°)	100°	ja	-
		S (172,6°)	68,7°	ja	-
K 123	S22	O (68,7°)	-	-	Keine Reflexionen
		SW (237,3°)	-	-	
	S23	NO (45,5°)	-	-	
		S (202,4°)	-	-	
	S24	O (98,6°)	-	-	
		SW (244,8°)	-	-	
	S25	O (75,7°)	-	-	
		W (274,2°)	-	-	
Bahn-strecke	B1	NW (295,9°)	150,9°	ja	-
		O (112°)	4°	nein	Reflexionen von PV 1 – nur möglich, wenn die Tische steiler als der Hang im Westen stehen.
	B2	W (287,2°)	155,4°	ja	-
		SO (120,8°)	13,7°	nein	Reflexionen von PV 1 – nur möglich, wenn die Tische steiler als der Hang im Westen stehen.
	B3	NW (298,8°)	151,6°	ja	-
		SO (129,7°)	27°	nein	Reflexionen von PV 1 – nur möglich, wenn die Tische steiler als der Hang im Westen stehen.
	B4	NW (310,5°)	121,5°	ja	-
		SO (132,2°)	38,7°	ja	-
	B5	NW (313,5°)	113,7°	ja	-
		SO (134,9°)	66,7°	ja	-
	B6	NW (311,3°)	111,9°	ja	-
		SO (136,5°)	25,5°	nein	Reflexionen von PV 2
	B7	NW (314,9°)	106,5°	ja	-
		SO (138,3°)	35,8°	ja	-
	B8	NW (313,8°)	107,7°	ja	-
		SO (138,5°)	43°	ja	-
	B9	NW (321,7°)	-	-	Keine Reflexionen
		SO (145°)	-	-	
	B10	NW (325,8°)	-	-	
		SO (141,8°)	-	-	
	B11	NW (328,8°)	-	-	

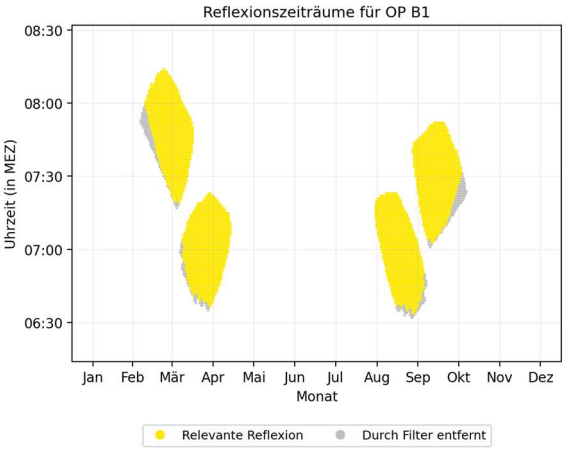
Verkehrs-weg	OP	Fahrt-richtung	Min. Winkel zwischen Fahrtrichtung und Blendquelle (ca.)	Werden die Blendwirkungen innerhalb des relevanten Sichtfelds von der Sonne überlagert und/oder weisen eine Intensität von unter 30.000 cd/m² auf?	Anmerkung
		SO (144,9°)	-	-	
	B12	N (344,9°)	-	-	
		S (161,3°)	-	-	
LEGENDE					
Erhebliche Blendwirkungen im relevanten Sichtfeld					
Keine erheblichen Blendwirkungen im relevanten Sichtfeld					

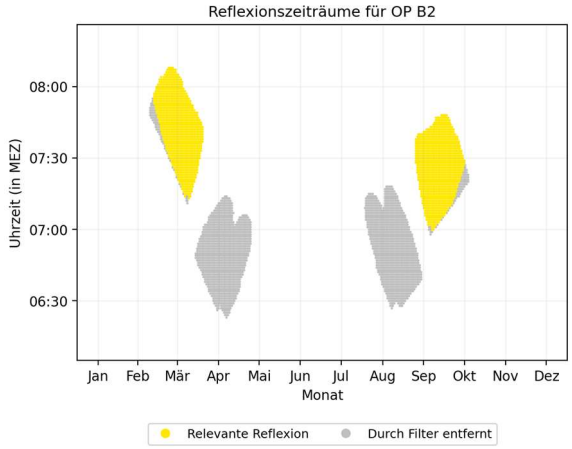
Ergebnisdiagramme 2: Reflexionen zu den OP auf den Verkehrswegen, an denen nach Anwendung der Filter Blendzeiten verbleiben (gelb: gewertete Reflexionen, grau: durch die Filter entfernt)

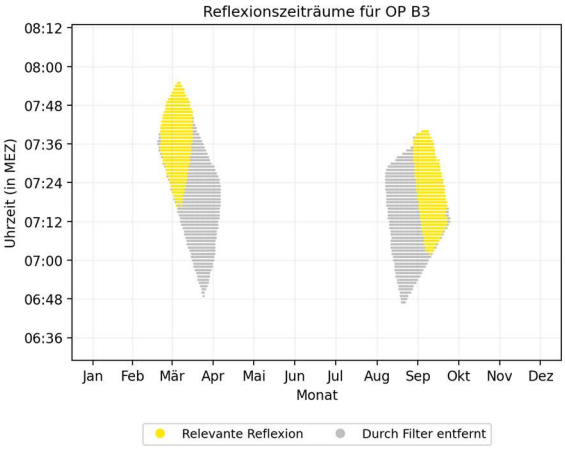


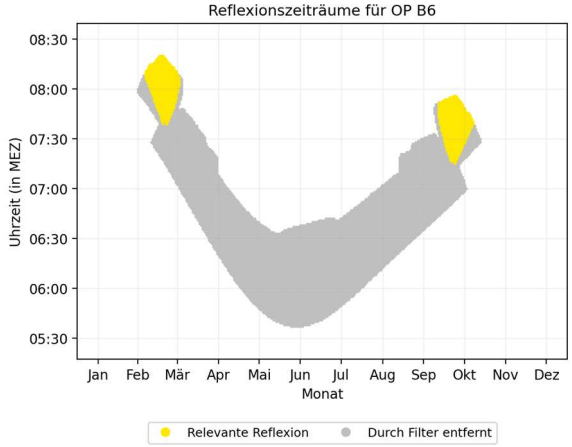







Reflexionszeiträume für OP B2
Uhrzeit (in MEZ)
08:00
07:30
07:00
06:30
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
Monat
Relevante Reflexion
Durch Filter entfernt


Reflexionszeiträume für OP B3
Uhrzeit (in MEZ)
08:12
08:00
07:48
07:36
07:24
07:12
07:00
06:48
06:36
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
Monat
Relevante Reflexion
Durch Filter entfernt


Reflexionszeiträume für OP B6
Uhrzeit (in MEZ)
08:30
08:00
07:30
07:00
06:30
06:00
05:30
Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez
Monat
Relevante Reflexion
Durch Filter entfernt

7 Diskussion der Ergebnisse

7.1 Gebäude

Im erweiterten Umfeld (> 100 m Radius) der Photovoltaikanlage befinden sich mehrere schutzwürdige Gebäude. An den Gebäuden bei OP H1 und OP H2 werden die LAI-Richtwerte überschritten. Der Großteil der Blendwirkungen wird von PV-Fläche 2 verursacht.

Die ergänzend dargestellten Blendzeiten mit realitätsnah simulierten Modulen liegen erwartungsgemäß deutlich über den Werten der Kernblendung, da hier auch die gestreuten Reflexionsanteile erfasst werden. Für die Bewertung nach dem LAI-Leitfaden ist die Kernblendung maßgeblich; die realitätsnahen Werte dienen der Transparenz.

Tatsächlich wird die Sichtlinie auf die PVA jedoch nahezu durchgehend durch hochwachsende Vegetation unterbrochen. Somit werden unter Berücksichtigung der Vegetation keine erheblichen Blendwirkungen in/an schutzwürdigen Räumen im Sinne des LAI-Leitfadens erwartet. Der Großteil der Reflexionen findet in den Sommermonaten statt, wenn die Vegetation Laub trägt. Ein Erhalt der Vegetation ist demnach relevant für den Blendschutz.

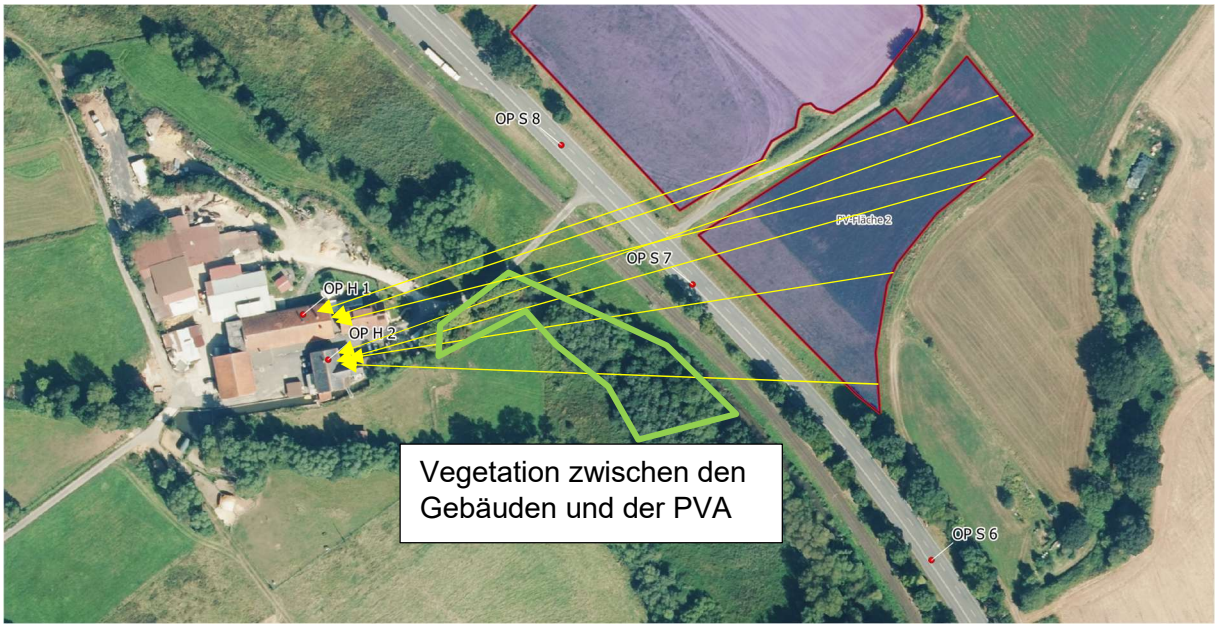


Abbildung 15: Beispielhafte Reflexionen und Vegetation zwischen OP H1/H2 und der PVA – Luftbild: DOP20 © HVBG, dl-de/by-2-0

7.2 Verkehrswege

Im Umfeld der Photovoltaikanlage wurden als relevante Verkehrswege die Kreisstraßen K 13 und K 123, die Bundesstraße B 252 sowie die Bahnstrecke Warburg–Sarnau identifiziert und entsprechend auf Blendwirkungen untersucht.

7.2.1 Kreisstraße K 13

Fahrzeugführer auf der Kreisstraße K 13 können bei Fahrtrichtung Osten bzw. Südosten, rein geometrisch betrachtet, Blendwirkungen im relevanten Sichtfeld (± 30°, bezogen auf die Fahrtrichtung) erfahren. Betroffen sind die Observationspunkte OP S9, OP S13 und OP S14. In der Gegenrichtung bleibt das relevante Sichtfeld durchgehend blendfrei.

Bei OP S13 und OP S14 sind die Modulvorderseiten von der Fahrbahn aus nicht einsehbar: Die Sichtlinie verläuft hinter der Modulebene, sodass ausschließlich die Modulrückseiten sichtbar sind. Ergänzend wird die Sichtlinie auf die relevanten Abschnitte der PVA zwischen OP S13 und OP S14 durch Waldflächen und die Topografie unterbrochen.

Voraussetzung hierfür ist, dass die Modultische die Geländeneigung durch ihre Ausrichtung nicht verstärken – sie dürfen entlang der Tischachse nicht steiler stehen als das Gelände. Für den Westhang der PV-Fläche 1 wird darüber hinaus empfohlen, der dortigen Hangneigung mit der Aufständerung leicht entgegenzuwirken, die Modulebene also flacher als das Gelände bzw. leicht gegen den Hang geneigt auszuführen. Damit bleiben die Modulvorderseiten auch bei Ausführungstoleranzen zuverlässig abgewandt.

Der Auftraggeber hat hierzu Querschnitte durch den Westhang der PV-Fläche 1 vorgelegt (Schnitte A–I, renerco plan consult, Entwurf, übermittelt am 14.10.2026). Die Querschnitte weichen nur in einem Punkt von der aktuellen Planung ab: Die westlichste Modulreihe in Schnitt B entfällt und wurde deshalb nicht berücksichtigt. Die Querschnitte zeigen, dass die Modultische nicht steiler als das Gelände stehen. Die Empfehlung, der Hangneigung leicht entgegenzuwirken, ist in den Querschnitten umgesetzt. Sie schafft eine Reserve für Ausführungstoleranzen, vor allem bei den westlichen, steilsten Tischen (Schnitte B bis D, ca. 7° bis 8,2°).

Bei OP S9 liegen die reflektierenden Modultische hinter den vorgelagerten (nicht reflektierenden) Tischreihen. Von diesen vorgelagerten Reihen ist ebenfalls nur die Rückseite einsehbar; bei dem hier vorliegenden flachen Blickwinkel verdecken sie die dahinterliegenden Reihen.

Somit werden keine erheblichen Blendwirkungen erwartet.

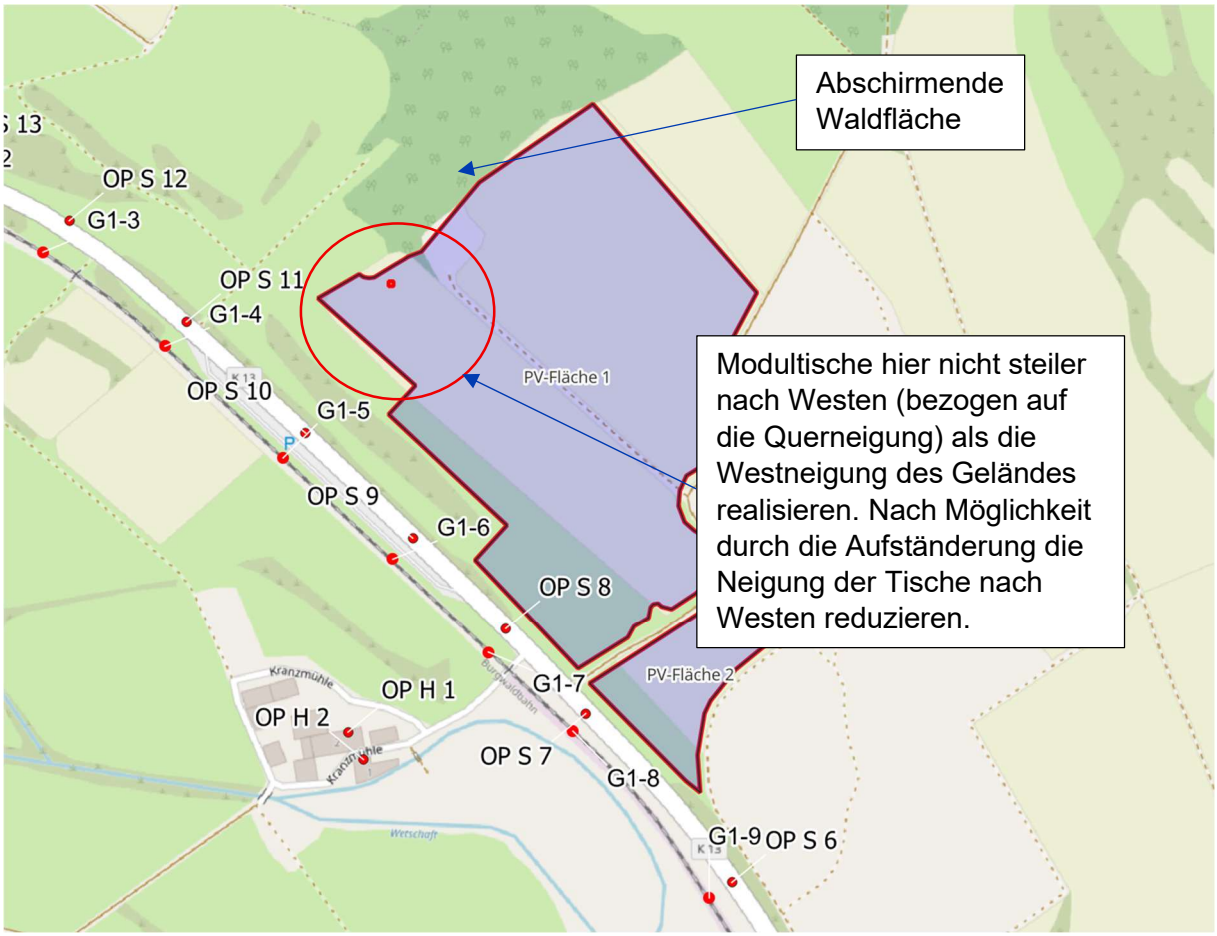


Abbildung 16: Skizze der beschriebenen Umstände – Quelle Karte: OpenStreetMap

7.2.2 Bundesstraße B 252

Das relevante Sichtfeld von Fahrzeugführern auf der Bundesstraße B 252 bleibt stets blendfrei. Somit werden keine erheblichen Blendwirkungen erwartet.

7.2.3 Kreisstraße K 123

Das relevante Sichtfeld von Fahrzeugführern auf der Kreisstraße K 123 bleibt stets blendfrei. Somit werden keine erheblichen Blendwirkungen erwartet.

7.2.4 Bahnstrecke

Die Bahnstrecke verläuft parallel zur Kreisstraße K 13; die Blendwirkungen stellen sich entsprechend vergleichbar dar. Lokführer können bei Fahrtrichtung Osten bzw. Südosten, rein geometrisch betrachtet, Blendwirkungen im relevanten Sichtfeld erfahren; betroffen sind die Observationspunkte OP B1 bis OP B3 sowie OP B6. In Fahrtrichtung Nordwesten bleibt das relevante Sichtfeld durchgehend blendfrei.

Bei OP B1 bis OP B3 sind die Modulvorderseiten nicht einsehbar; ergänzend unterbrechen die Waldflächen westlich der PVA die Sichtlinie auf die relevanten Abschnitte. Bei OP B6 verdecken – wie bei OP S9 – die vorgelagerten Tischreihen die dahinterliegenden, reflektierenden Modultische.

Es gelten dieselben Voraussetzungen wie in Kapitel 7.2.1, insbesondere die Empfehlung, der Hangneigung am Westhang der PV-Fläche 1 mit der Aufständerung leicht entgegenzuwirken.

Somit werden keine erheblichen Blendwirkungen erwartet.

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-2015-11-03mit-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 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] Fernstraßen-Bundesamt, „FBA Eckpunktepapier Photovoltaik“. November 2025. Zugegriffen: 12. November 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.fba.bund.de/DE/Themen/Anbaurecht_Paragraph9_FStrG/Dokumente/20251106_Eckpunktepapier_Photovoltaik.pdf?__blob=publicationFile&v=2

[7] Österreichischer Verband für Elektrotechnik (OVE), „Blendung durch Photovoltaikanlagen - OVE-Richtlinie R 11-3“. 2016.

[8] 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.