

SONNWINN GmbH

Unabhängige Experten für Photovoltaik und Stromspeicher

In Kooperation mit



BLENDGUTACHTEN

PVA BAD GRIESBACH

VERSION 1.1

27.04.2026

Bearbeitet:

Sachverständiger für Photovoltaik
Mathias Röper, M. Eng.

Geprüft:

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

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

Revisionstabelle

Version	Änderung	Datum	Name
1.0	Erste Fassung	17.04.2026	Mathias Röper
1.1	Maßnahmen angepasst	27.04.2026	

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, Annahmen und Limitationen	11
5	Blendwirkungen auf Gebäude	12
5.1	Auswertungsmethodik	12
5.2	Schutzwürdige Räume in der Umgebung der PVA	13
5.3	Observationspunkte	14
5.4	Ergebnisse	15
6	Blendwirkungen auf Verkehrswege	20
6.1	Auswertungsmethodik	20
6.2	Umliegende übergeordnete Verkehrswege	22
6.3	Observationspunkte	23
6.4	Ergebnisse	24
7	Diskussion der Ergebnisse	29
7.1	Gebäude	29
7.2	Straßenverkehr	31
8	Literaturverzeichnis	33
	Anhang A: Annahmen und Limitationen von SGHAT	34

1 Einleitung

Die GP JOULE Wärme GmbH & Co. KG (Auftraggeber) hat die meteocontrol GmbH beauftragt, die möglichen Blendwirkungen der geplanten Photovoltaikanlage (PVA) Bad Griesbach in 94086 Bad Griesbach im Rottal zu untersuchen und zu bewerten. Die entsprechende Begutachtung sowie der Bericht wurden von der SONNWINN GmbH in Kooperation mit der meteocontrol GmbH durchgeführt und erstellt.

Tabelle 1: Projektübersicht

Auftraggeber	GP JOULE Wärme GmbH & Co. KG
Projektname	PVA Bad Griesbach
Adresse	94086 Bad Griesbach im Rottal
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:

- Umliegende schutzwürdige Gebäude
- Übergeordneter umliegender Straßenverkehr
 - St 2116
 - PA 73

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, Bayerische Vermessungsverwaltung – geodaten.bayern.de, cc-by/4.0
Umliegende Bebauung	
Höhendaten (DGM1)	Bayerische Vermessungsverwaltung – geodaten.bayern.de, cc-by/4.0

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

Tabelle 4: Relevante Anlagenparameter

Parameter	Angabe/Wert
Geokoordinaten (Breite, Länge)	48.4288203,13.1781848
Art der Anlage	Freiflächenanlage
Modultyp	Si-kristallines Modul mit Antireflexbeschichtung
Aufständering	Fest aufgeständert
PV-Fläche	ca. 12 ha
Nennleistung (DC)	ca. 15 MWp
Modulausrichtung (Azimut)	204° Südwest
Modulneigung	18°
Höhe Modulunterkante	0,8 m
Höhe Moduloberkante	3,1 m



Abbildung 1: Grundriss der PV-Flächen - Quelle Luftbild: Bayerische Vermessungsverwaltung – geodaten.bayern.de, cc-by/4.0

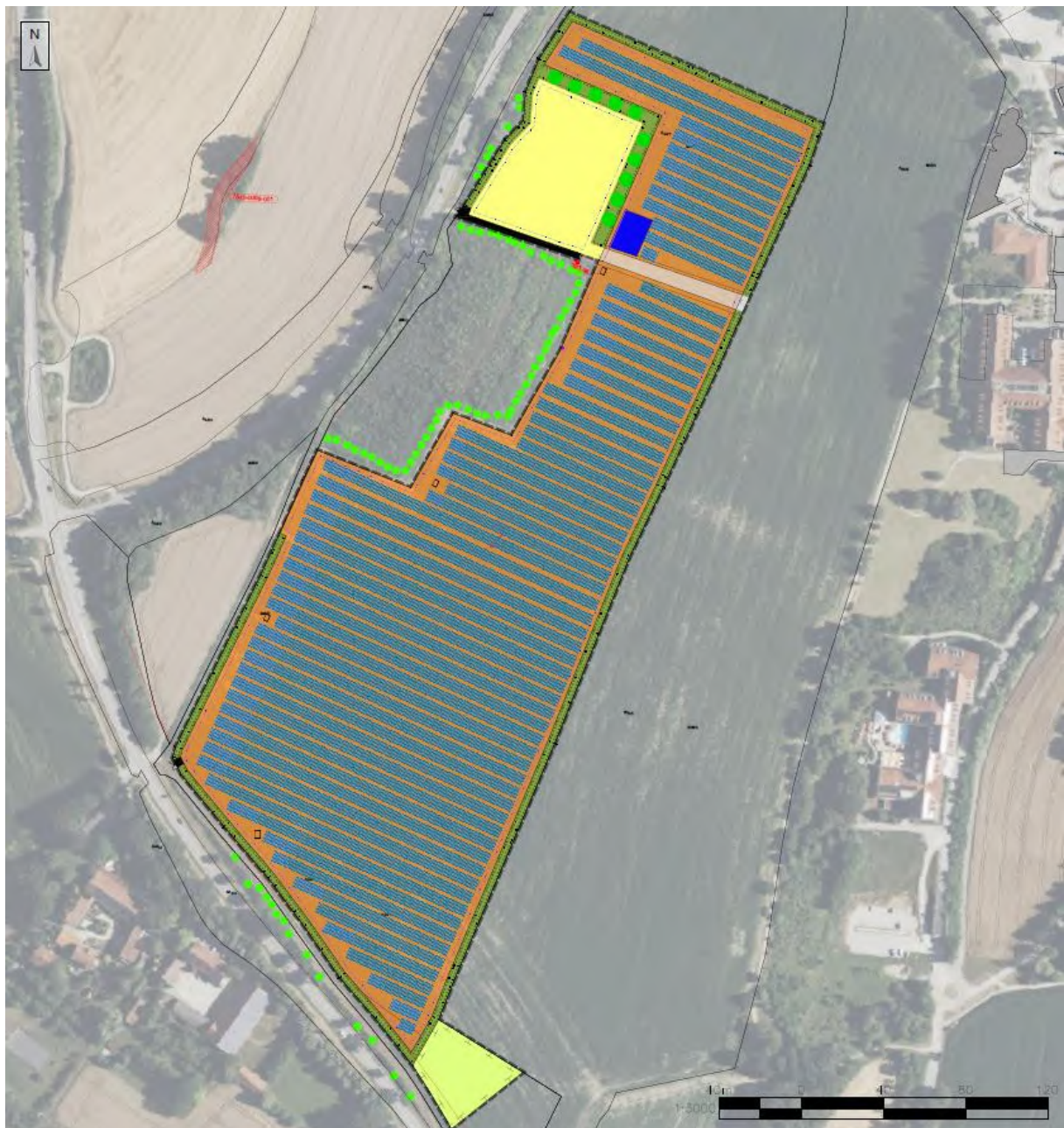


Abbildung 2: Belegungsplan - Quelle: Auftraggeber

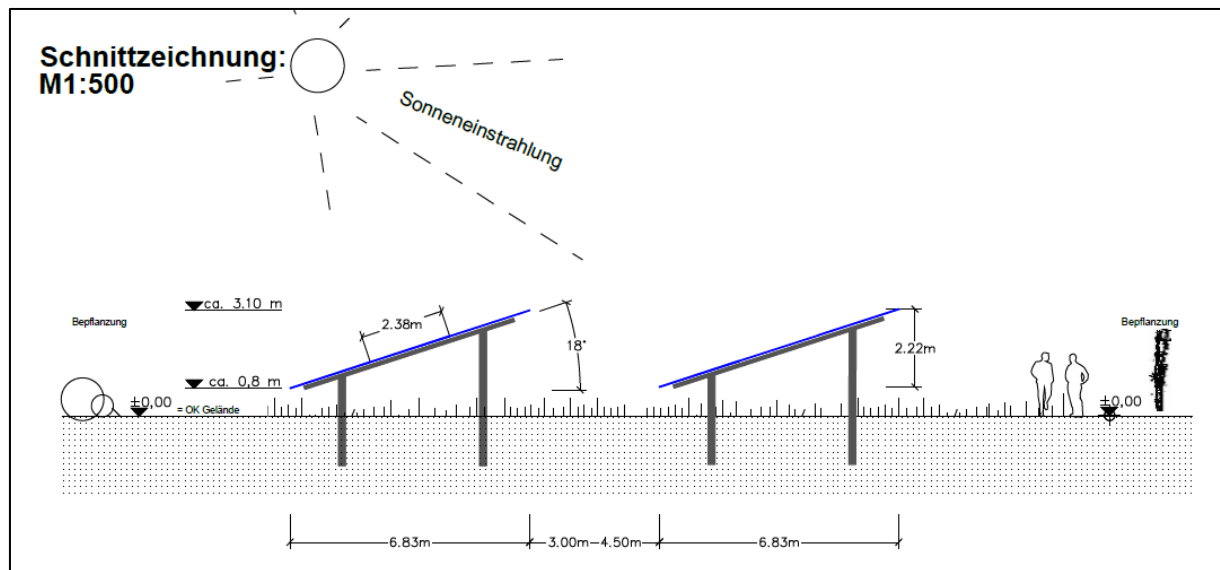


Abbildung 3: Systemschnitt der Modultische - Quelle: Auftraggeber

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen der Untersuchung wurden mögliche Blendwirkungen der geplanten PVA auf umliegende schutzwürdige Gebäude sowie auf übergeordnete Verkehrswege analysiert.

Für die Gebäude wurde ein Untersuchungsradius von 300 m angesetzt und die jährlichen Blenddauern simulationsgestützt bewertet. Für einzelne Gebäude wurden rechnerisch Überschreitungen der LAI-Grenzwerte festgestellt. In der Simulation wurde jedoch keine vorhandene Vegetation berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der abschirmenden Vegetation werden die betroffenen Bereiche weitgehend abgeschirmt, sodass unter den derzeitigen örtlichen Gegebenheiten keine übermäßige Belästigung (Überschreitungen der Grenzwerte) zu erwarten ist. Zur dauerhaften Sicherstellung der Abschirmwirkung wird eine ergänzende, hochwachsende Eingrünung empfohlen.

Für den Straßenverkehr wurden die Staatsstraße St 2116 und die Kreisstraße PA 73 betrachtet. Gemäß dem Eckpunktepapier des Fernstraßen-Bundesamtes wurde Straßenbegleitgrün im Rahmen der Auswertung der genannten Verkehrswege nicht berücksichtigt. Es zeigen sich lokal begrenzte potenzielle Blendwirkungen auf beiden Verkehrswegen, die auch ohne Berücksichtigung der Vegetation durch begrenzte Sichtschutzmaßnahmen (z. B. Sichtschutzzäune) wirksam reduziert bzw. auf ein unerhebliches Maß begrenzt werden können.

Insgesamt sind keine erheblichen Blendbeeinträchtigungen zu erwarten, sofern die vorhandene Vegetation erhalten bzw. durch geeignete Maßnahmen ergänzt wird. Eine regelmäßige Überprüfung der Vegetationssituation sowie eine erneute Bewertung bei wesentlichen Änderungen werden empfohlen. Für die genannten Verkehrswege ist die Vegetation nicht als Sichtschutz erforderlich.

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 [1].

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 [2], müssen demnach Einfallswinkel berücksichtigt werden.

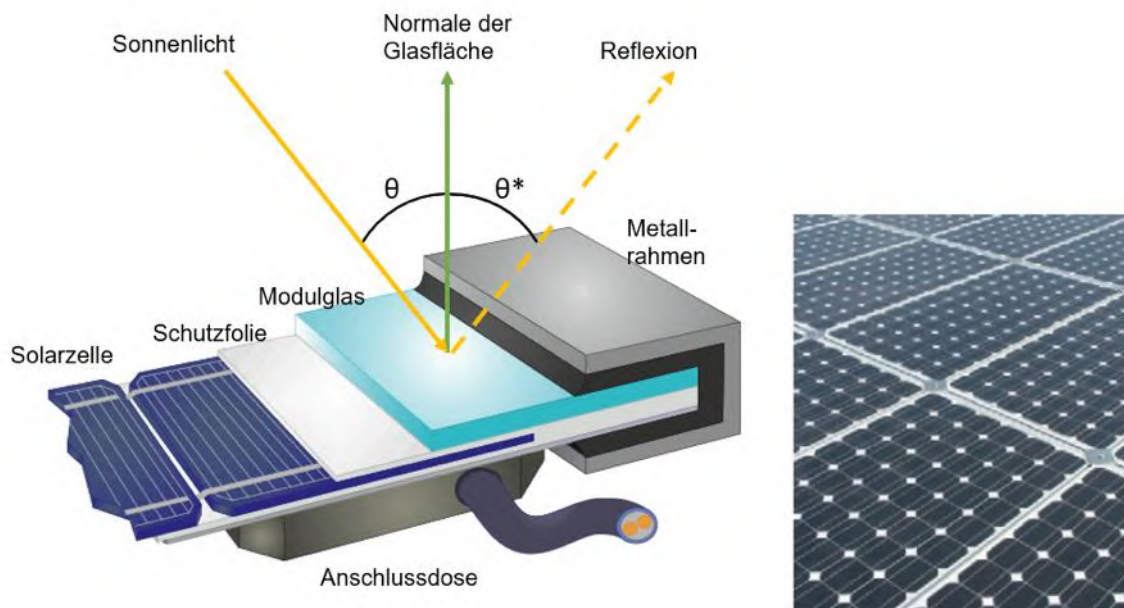


Abbildung 4: Aufbau eines PV-Moduls und Darstellung des Reflexionsgesetzes „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“
- Quelle: [3] (modifiziert)

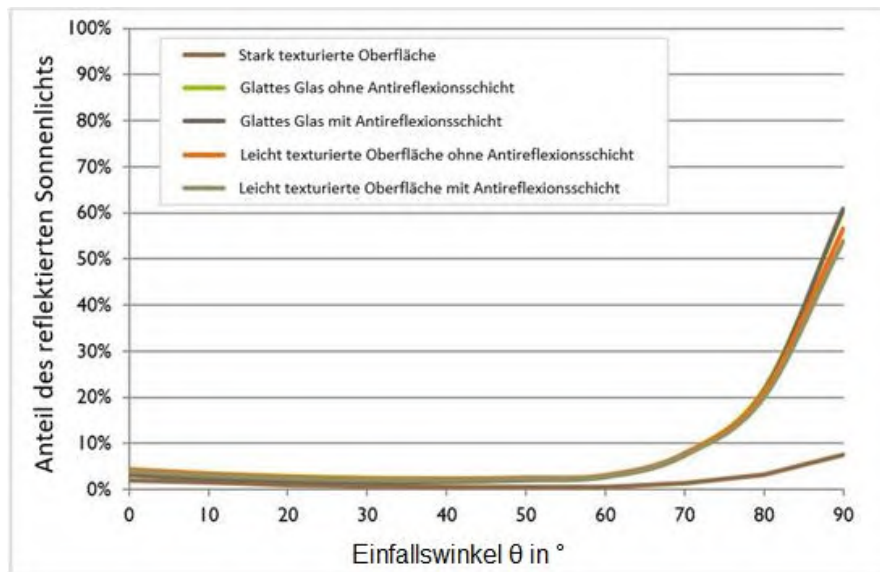


Abbildung 5: Anteil des reflektierten Sonnenlichts in Abhängigkeit zum Einfallswinkel, dargestellt für unterschiedliche Modulglastypen - Quelle: [4], modifiziert

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 [2]. 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].

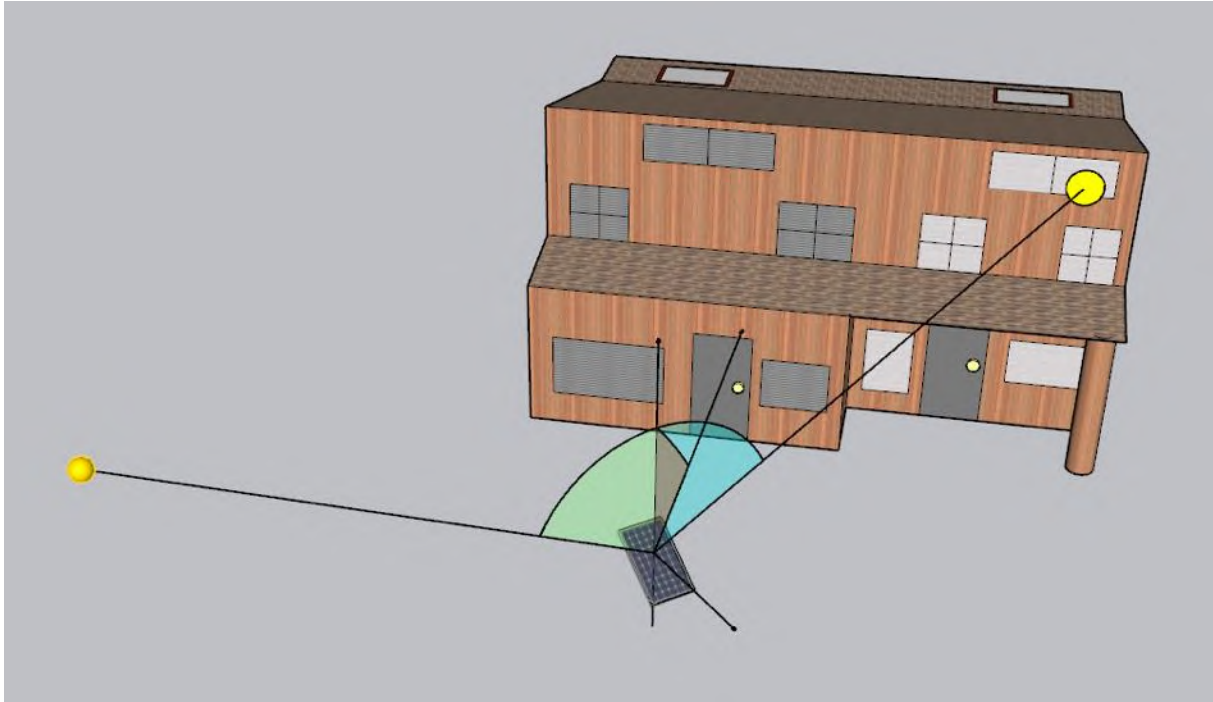


Abbildung 7: Veranschaulichung der geometrischen Herleitung einer Reflexion - Quelle: Eigene Abbildung

4.3 Verwendete Software, Annahmen und Limitationen

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

Die Software ForgeSolar basiert auf dem „Solar Glare Hazard Analysis Tool“ (SGHAT) der Sandia National Laboratories. Im Rahmen der Simulation werden die Höhendaten der PV-Fläche sowie die Immissionsorte berücksichtigt. Die Simulation basiert auf der Annahme eines stets klaren Himmels; somit wird ein abstrakter Worst-Case betrachtet.

Obwohl PV-GlareCheck und ForgeSolar zu den etabliertesten und professionellsten Programmen zur Berechnung PVA-bedingter Blendwirkungen gehören, kann die Realität nur vereinfacht abgebildet werden. So werden die Generatorfelder als Ebenen zusammengefasst, wodurch abweichende Modulausrichtungen innerhalb der Felder (z. B. Modultische, die aufgrund der Topografie eine Neigung entlang der Tischachse aufweisen 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 werden durch gezielte Cross-Prüfungen validiert (z. B. durch Vergleich unterschiedlicher Berechnungstools sowie Plausibilitätsprüfungen). Dennoch können Abweichungen von der späteren Realität nicht ausgeschlossen werden. Eine weiterführende Auflistung der Annahmen und Einschränkungen bezüglich der Simulation mit ForgeSolar 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 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 $\leq 10^\circ$ 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 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].

Da es sich hierbei um eine ausgedehnte PV-Fläche mit teilweise Hanglage handelt, wurde ein erweiterter Betrachtungsraum von 300 m angesetzt.

Abbildung 8 veranschaulicht den Bereich, der 300 Meter oder näher an der Photovoltaikanlage liegt.

Es lässt sich feststellen, dass im 300-Meter-Umkreis schutzwürdige Gebäude vorhanden sind.



Abbildung 8: Übersicht der 300-Meter-Zone - Quelle Luftbild: Bayerische Vermessungsverwaltung – geodaten.bayern.de, cc-by/4.0

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 acht OP an den schutzwürdigen Räumen definiert (OP G1-1 bis G1-8). Das Präfix „G1“ steht für Gruppe 1; diese Gruppe umfasst die Betrachtungspunkte an Gebäuden.

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 G1-x

OP	Höhe Geländeoberkante in m	Höhe über Geländeoberkante in m
G1-1	409,7	1,8
G1-2	410,9	9
G1-3	408,9	11
G1-4	389,8	11
G1-5	382,9	11
G1-6	368,8	7,6
G1-7	371,4	7,6
G1-8	370,8	7,6



Abbildung 9: Positionen der OP G1-x - Quelle Luftbild: Bayerische Vermessungsverwaltung – geodaten.bayern.de, cc-by/4.0

5.4 Ergebnisse

Angewendete Filter nach LAI:

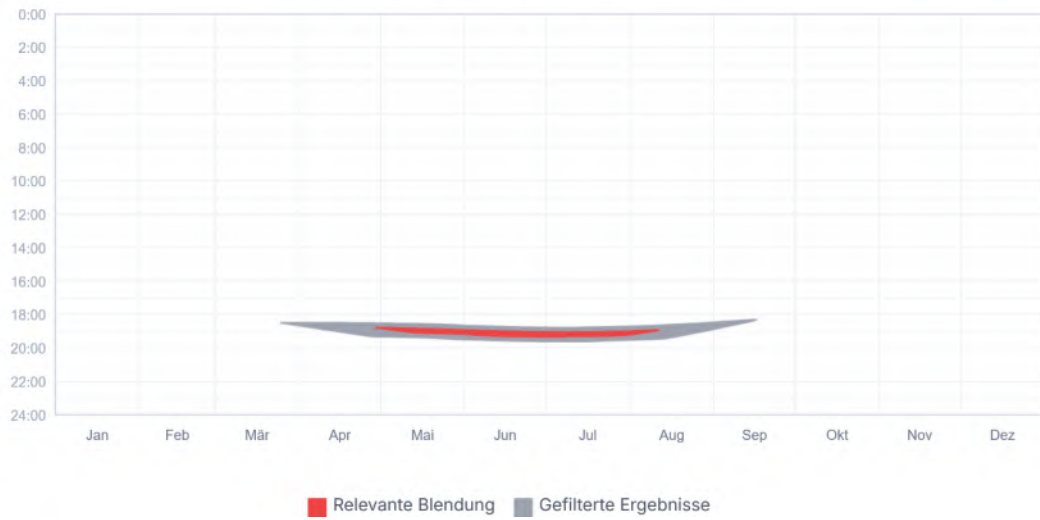
- Nur Kernblendung berücksichtigt (Annahme: PV-Module sind perfekt verspiegelt).
- Von der Sonne überlagerte Reflexionen nicht berücksichtigt (Kriterium: Differenzwinkel zwischen Sonne und Reflexion $\leq 10^\circ$).
- Hindernisse wie Vegetation wurde nicht berücksichtigt. Hindernisse werden – sofern relevant – in Kapitel 7 berücksichtigt. **Demnach sind die folgenden Ergebnisse als Zwischenergebnisse zu verstehen.**

Tabelle 6: Ergebnisse an den OP G1-x

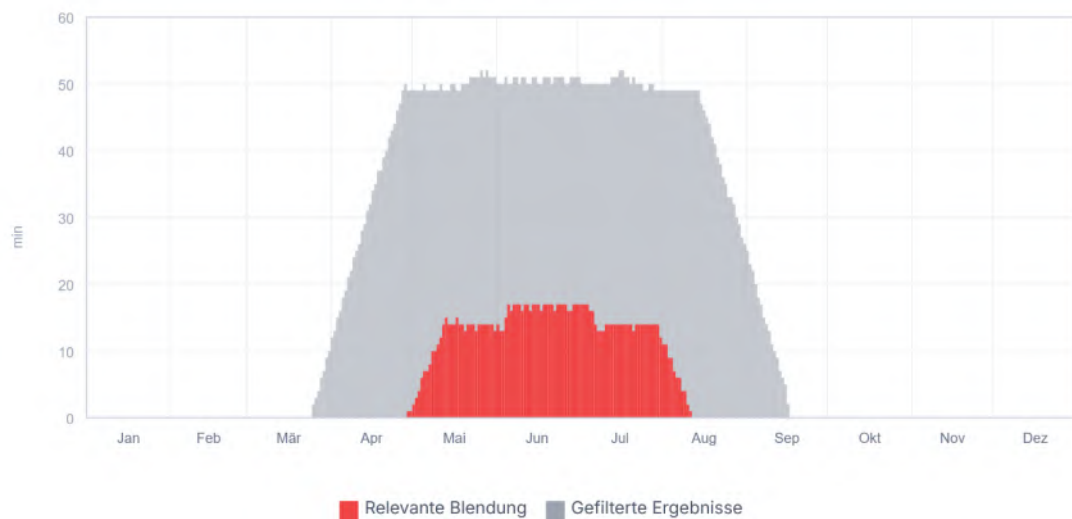
OP	Gesamtblenddauer pro Jahr (gefiltert) in Minuten	Max. Blenddauer (gefiltert) pro Tag in Minuten	Werden die LAI-Grenzwerte eingehalten (vgl. Kapitel 5.1)?
G1-1	0	0	ja
G1-2	2180	17	nein
G1-3	1697	14	ja
G1-4	511	7	ja
G1-5	750	12	ja
G1-6	2507	25	nein
G1-7	4209	22	nein
G1-8	2032	12	nein

Ergebnisdiagramme 1: Blendwirkungen bei OP G1-2

Blendzeiten (Tag x Uhrzeit) (UTC+1) — G1-2

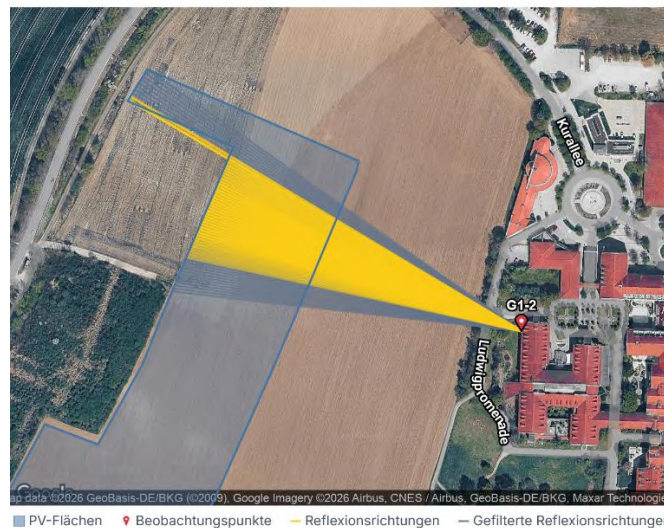


Tägliche Blenddauer — G1-2



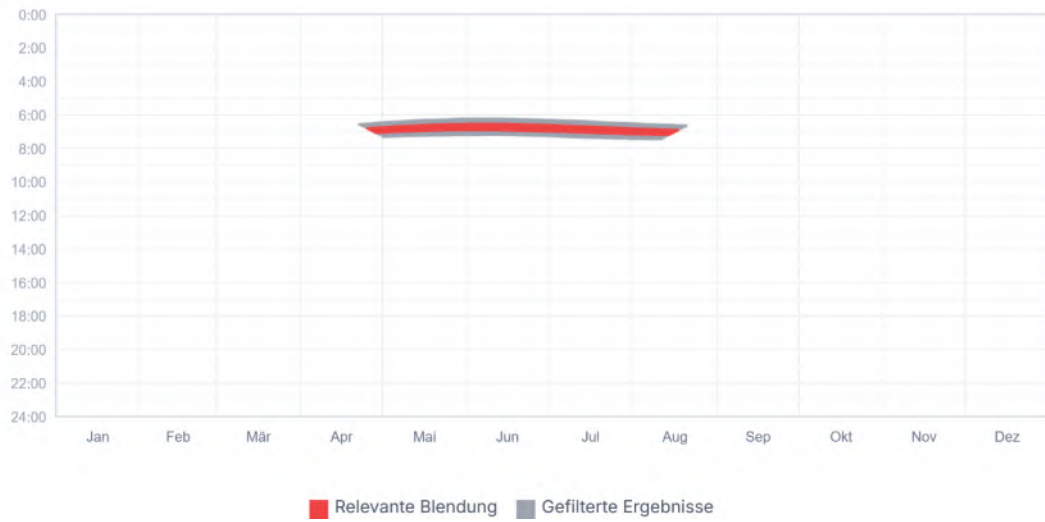
Reflexionskarte (Draufsicht) — G1-2

Jahresbetrachtung

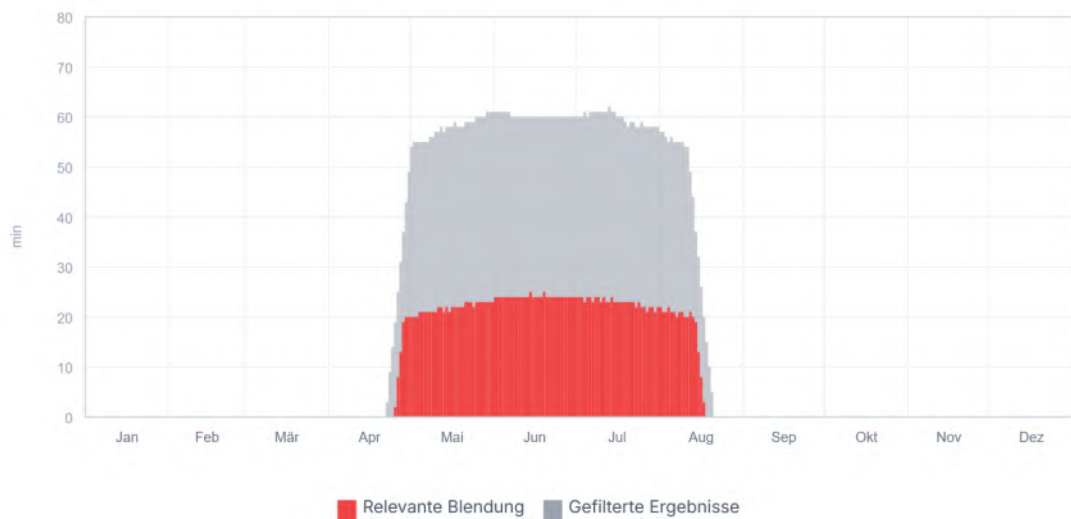


Ergebnisdiagramme 2: Blendwirkungen bei OP G1-6

Blendzeiten (Tag × Uhrzeit) (UTC+1) — G1-6

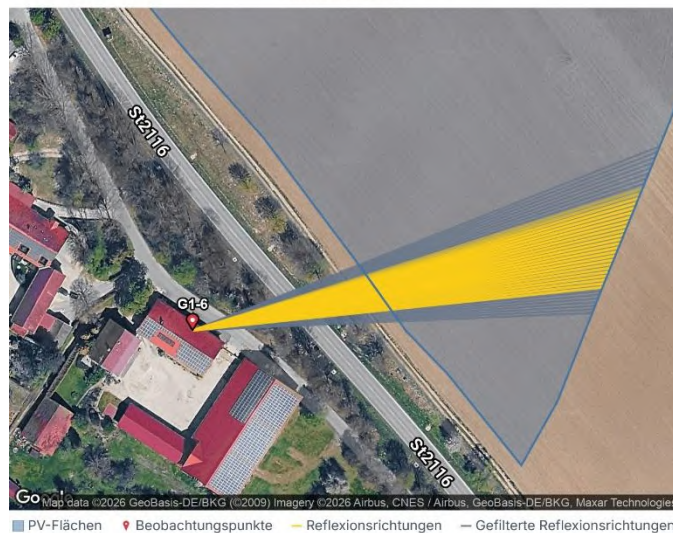


Tägliche Blenddauer — G1-6



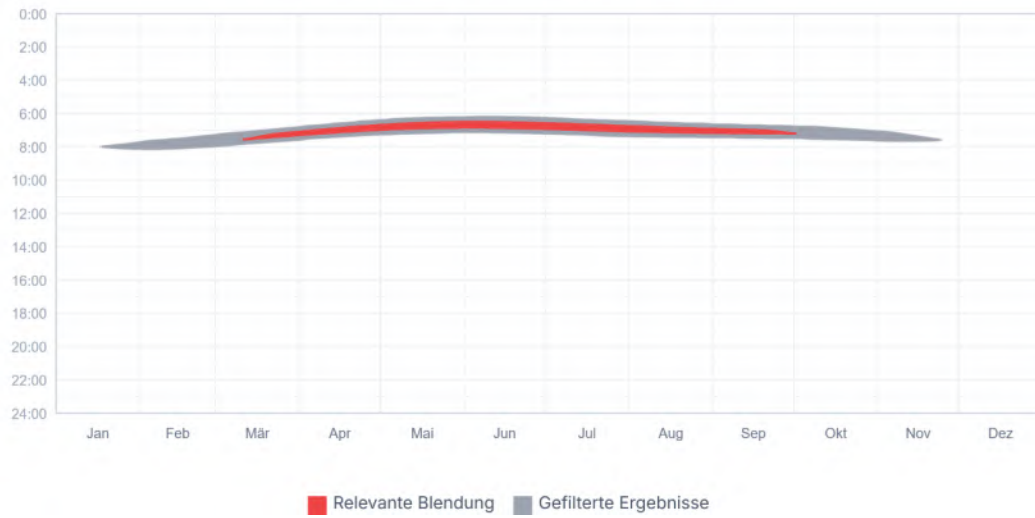
Reflexionskarte (Draufsicht) — G1-6

Jahresbetrachtung

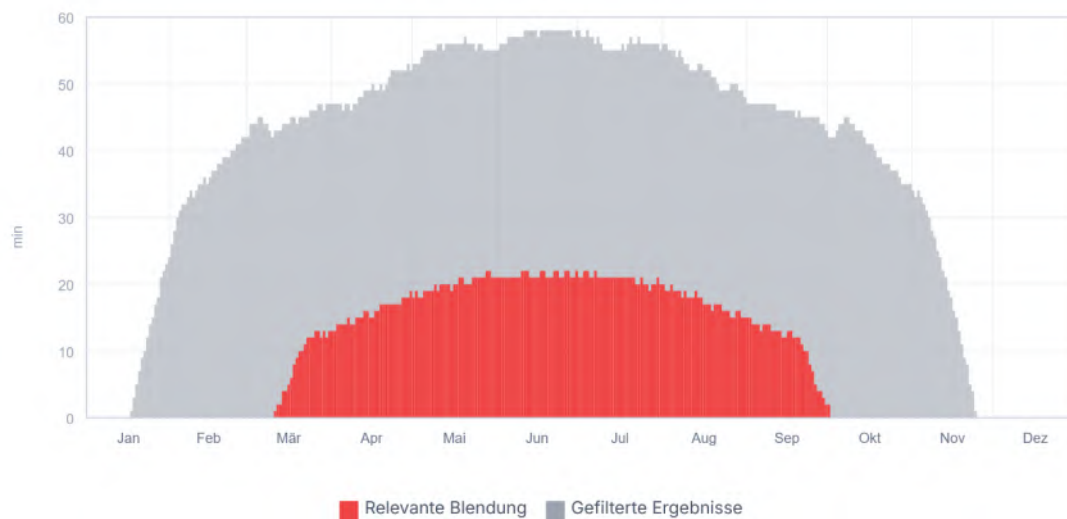


Ergebnisdiagramme 3: Blendwirkungen bei OP G1-7

Blendzeiten (Tag × Uhrzeit) (UTC+1) — G1-7



Tägliche Blenddauer — G1-7



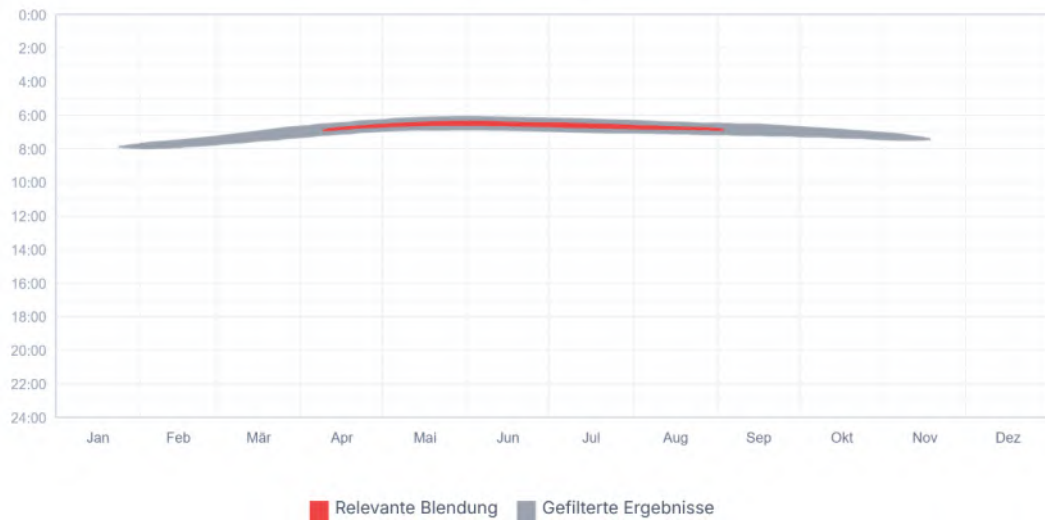
Reflexionskarte (Draufsicht) — G1-7

Jahresbetrachtung

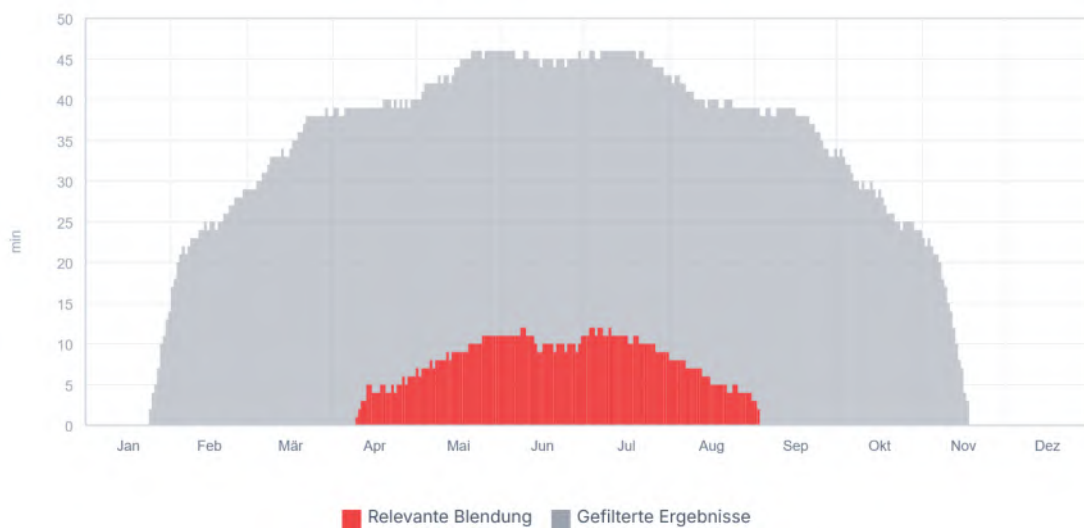


Ergebnisdiagramme 4: Blendwirkungen bei OP G1-8

Blendzeiten (Tag x Uhrzeit) (UTC+1) — G1-8



Tägliche Blenddauer — G1-8



Reflexionskarte (Draufsicht) — G1-8

Jahresbetrachtung



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 $\pm 30^\circ$ 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.

Für die Analyse der Blendwirkungen auf den Straßenverkehr ist es 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 früher 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 $\leq 10^\circ$ zur direkten Sonneneinstrahlung auftreten und gleichzeitig der Höhenwinkel der Sonne $\leq 5^\circ$ 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/m^2 gemäß [6] pauschal als verkehrlich irrelevant eingestuft.

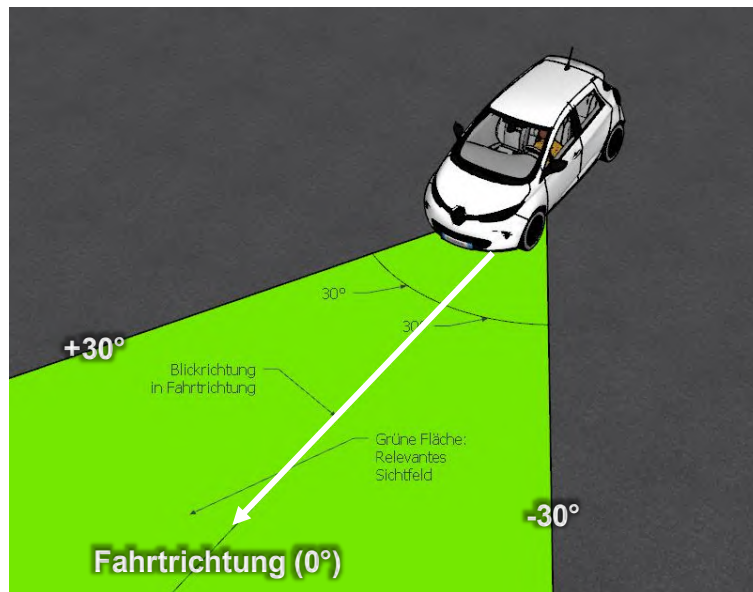


Abbildung 10: Relevantes Sichtfeld eines Fahrzeugführers
– Quelle: Eigene Abbildung

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

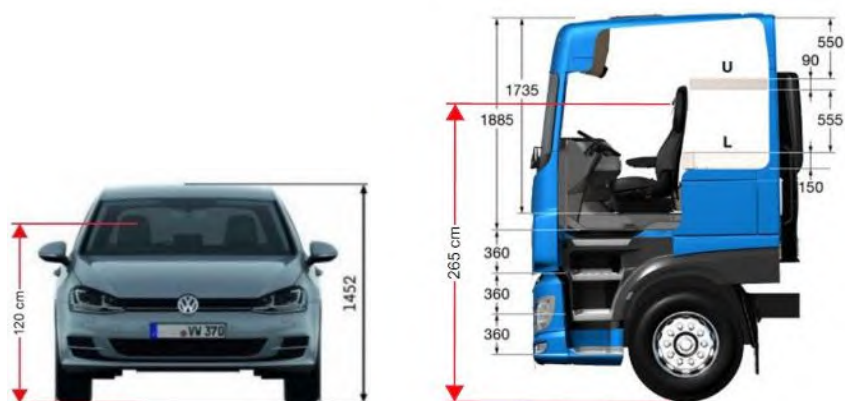


Abbildung 11: Augenhöhe der Straßenverkehrsteilnehmer
– Quelle: Volkswagen AG (modifiziert), BTS GmbH & Co. KG (modifiziert)

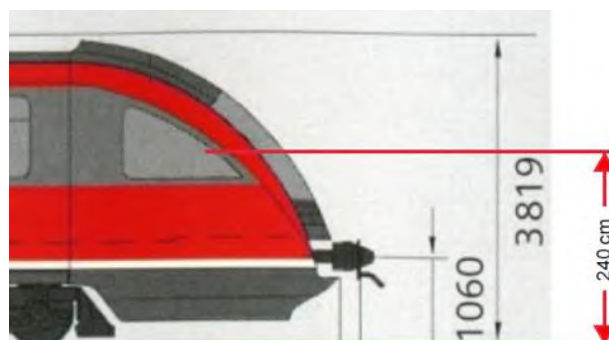


Abbildung 12: Augenhöhe von Lokführern – Quelle: www.nahverkehr-franken.de (modifiziert)

6.3 Observationspunkte

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

Insgesamt wurden 19 OP zur Analyse der Blendwirkungen auf die Verkehrswege festgelegt (OP G2-1 bis G2-19). Das Präfix „G2“ steht für Gruppe 2; diese Gruppe umfasst die Betrachtungspunkte auf den Verkehrswegen.

- OP G2-1 bis G2-5 für den Straßenverkehr auf der St 2116 Richtung Norden.
- OP G2-6 bis G2-12 für den Straßenverkehr auf der St 2116 Richtung Süden.
- OP G2-13 bis G2-16 für den Straßenverkehr auf der PA 73 Richtung Nordosten.
- OP G2-17 bis G2-19 für den Straßenverkehr auf der PA 73 Richtung Südwesten.

Die OP G2-x sind in einer Höhe von 2,7 m über dem Straßenniveau angebracht, entsprechend der angenommenen Augenhöhe eines LKW-Fahrers.

Abbildung 14 zeigt die Positionen der Observationspunkte.



Abbildung 14: Positionen der OP G2-x - Quelle Luftbild: Bayerische Vermessungsverwaltung – geodaten.bayern.de, cc-by/4.0

6.4 Ergebnisse

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

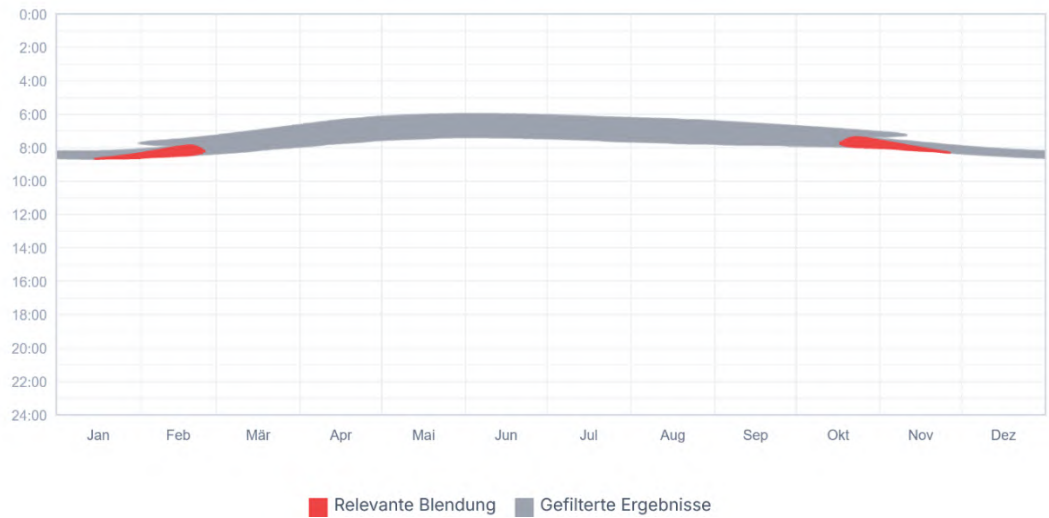
- Nur Reflexionen im relevanten Sichtfeld von $\pm 30^\circ$, bezogen auf die Fahrtrichtung, als relevant berücksichtigt.
- Von der Sonne überlagerte Reflexionen nicht berücksichtigt (Kriterium: Differenzwinkel zwischen Sonne und Reflexion $\leq 10^\circ$ und Sonnenhöhe $\leq 5^\circ$).
- Reflexionen mit einer Leuchtdichte von $\leq 30.000 \text{ cd/m}^2$ wurden nicht berücksichtigt.
- Hindernisse wie Vegetation wurde nicht berücksichtigt. Hindernisse werden – sofern relevant – in Kapitel 7 berücksichtigt. **Demnach sind die folgenden Ergebnisse als Zwischenergebnisse zu verstehen.**

Tabelle 7: Übersicht der Simulationsergebnisse für die Observationspunkte auf den Verkehrswegen

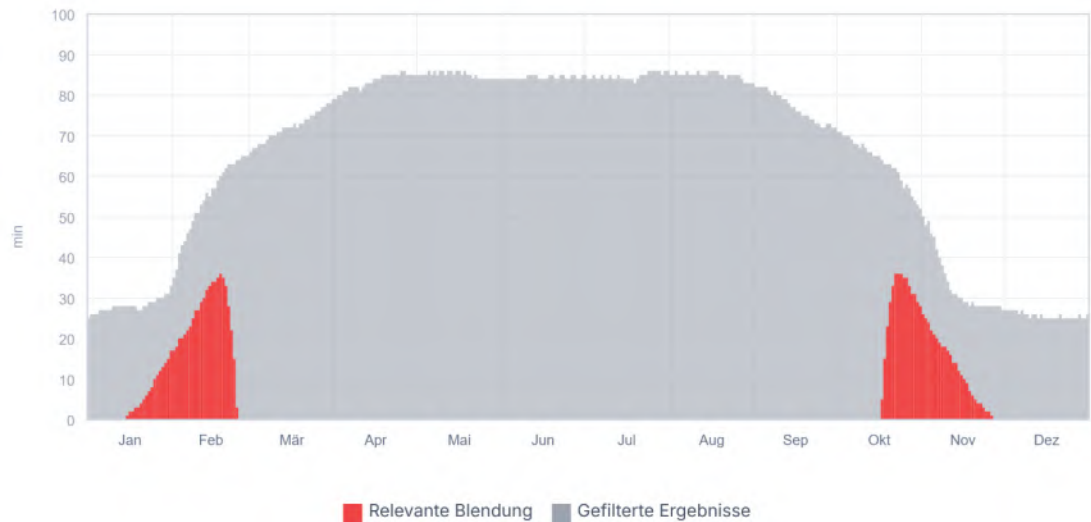
Verkehrsweg	OP	Fahrtrichtung	Min. Winkel zwischen Fahrtrichtung und Blendquelle (ca.) in Grad	Werden die Reflexionen innerhalb des relevanten vollständig gefiltert?	Anmerkung
St 2116	G2-1	337.8°	— °	-	Keine Reflexionen
	G2-2	324.2°	— °	-	Keine Reflexionen
	G2-3	319.2°	117.3 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-4	323.8°	102.0 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-5	332.2°	95.3 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-6	176.0°	51.0 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-7	176.4°	55.0 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-8	171.1°	48.6 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-9	161.8°	33.8 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-10	146.8°	16.3 °	Nein	-
	G2-11	139.8°	42.0 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
PA 73	G2-12	138.8°	24.4 °	Nein	Baumbestand blockiert Reflexionen
	G2-13	62.9°	6.1 °	Nein	
	G2-14	46.2°	22.1 °	Nein	
	G2-15	24.7°	43.8 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-16	33.1°	40.5 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-17	200.9°	72.4 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-18	215.1°	98.1 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
	G2-19	236.1°	119.5 °	-	Keine Reflexionen im relevanten SF.
LEGENDE					
Relevante Blendwirkungen innerhalb des relevanten Sichtfelds					
Keine relevante Blendwirkungen innerhalb des relevanten Sichtfelds					

Ergebnisdiagramme 5: Blendwirkungen bei OP G2-10

Blendzeiten (Tag × Uhrzeit) (UTC+1) — G2-10



Tägliche Blenddauer — G2-10

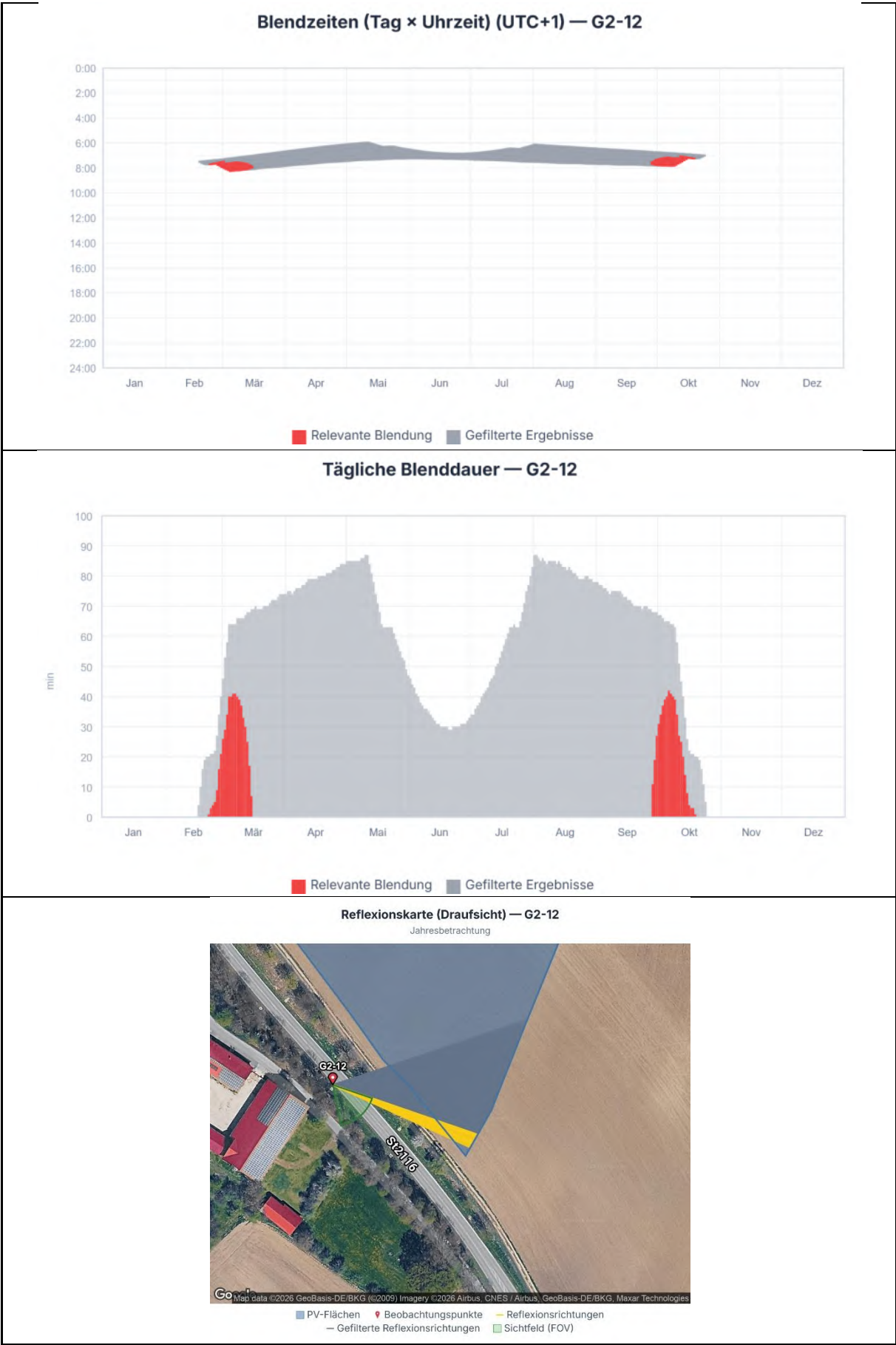


Reflexionskarte (Draufsicht) — G2-10

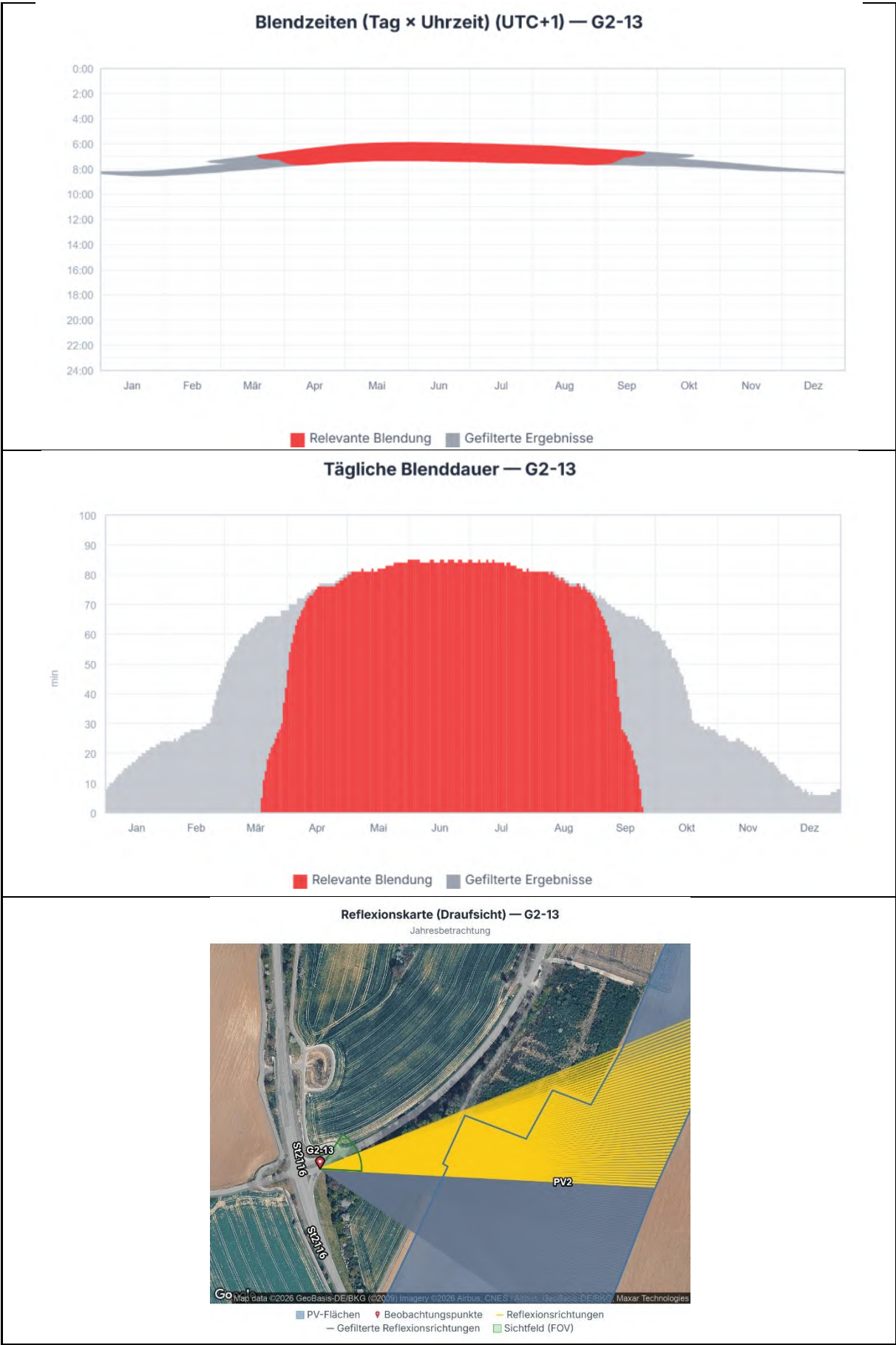
Jahresbetrachtung



Ergebnisdiagramme 6: Blendwirkungen bei OP G2-12

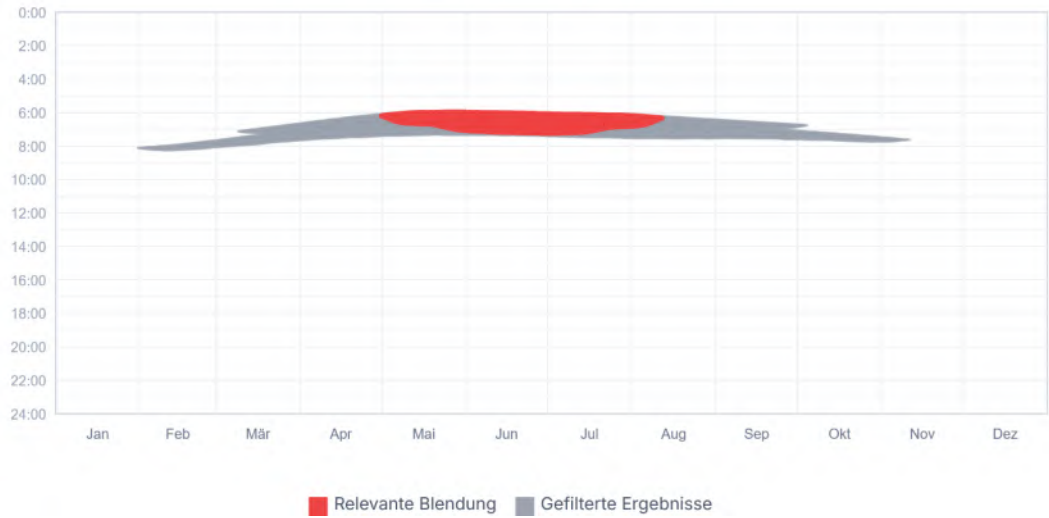


Ergebnisdiagramme 7: Blendwirkungen bei OP G2-13

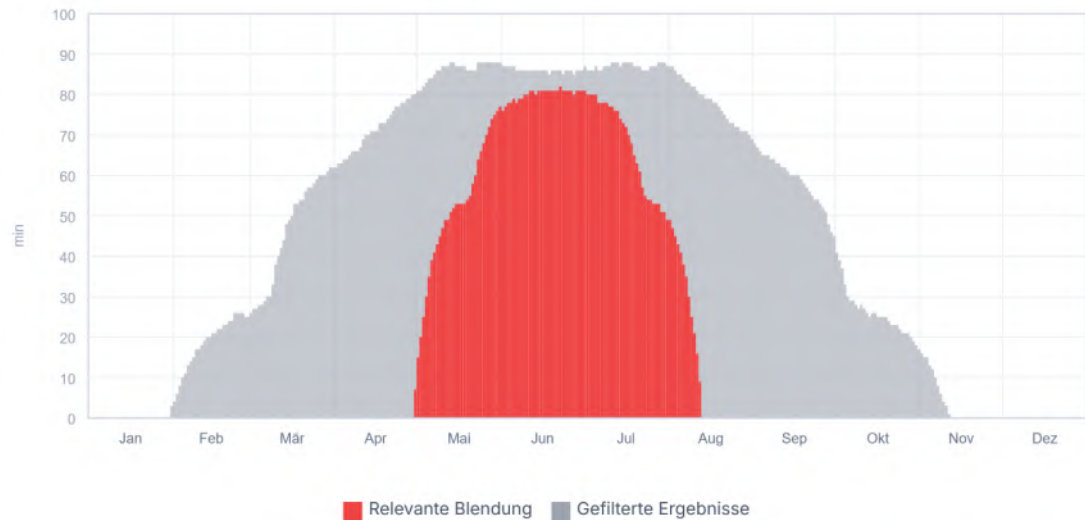


Ergebnisdiagramme 8: Blendwirkungen bei OP G2-14

Blendzeiten (Tag × Uhrzeit) (UTC+1) — G2-14



Tägliche Blenddauer — G2-14



Reflexionskarte (Draufsicht) — G2-14
Jahresbetrachtung



7 Diskussion der Ergebnisse

7.1 Gebäude

Geprüft wurde ein Bereich von 300 m um die PVA. In diesem Bereich wurden schutzwürdige Gebäude im Sinne des LAI-Leitfadens identifiziert. Insgesamt wurden acht Betrachtungspunkte definiert, um die schutzwürdigen Gebäude im Umfeld der PVA abzubilden.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den Punkten G1-2, G1-6, G1-7 und G1-8 der Grenzwert für die jährliche Gesamtblenddauer (relevante Kernblendung) von 1.800 Minuten im Rahmen der konservativen Worst-Case-Betrachtung überschritten wird.

In der Simulation wurde die örtliche Vegetation nicht berücksichtigt. Tatsächlich befindet sich zwischen den betroffenen Betrachtungspunkten und der PVA abschirmender Baumbestand. Zudem zeigen die Ergebnisse, dass der wesentliche Teil der Reflexionen in den Sommermonaten auftritt, in denen von einer Belaubung der Vegetation auszugehen ist.

Aufgrund der vorhandenen Vegetationsstrukturen ist insgesamt von einer deutlichen Reduktion der Blendwirkungen auszugehen. Die Einschätzung basiert auf der Lage der Sichtachsen, der zeitlichen Verteilung der Blendereignisse sowie der vorhandenen Vegetationsdichte entlang der relevanten Blickrichtungen.

Unter Berücksichtigung dieser abschirmenden Effekte ist davon auszugehen, dass die im Worst-Case ermittelten Überschreitungen der LAI-Grenzwerte im Realfall deutlich reduziert werden und eine Einhaltung der Grenzwerte wahrscheinlich ist.

Zur dauerhaften Sicherstellung der Abschirmwirkung wird empfohlen, entlang der im Folgenden grün markierten Anlagengrenzen eine blickdichte und auf mindestens 5 m hochwachsende Eingrünung anzulegen. Dadurch kann insbesondere bei einem möglichen Wegfall bestehender Vegetationsstrukturen eine langfristige Abschirmwirkung gewährleistet werden.

Bei wesentlichen Änderungen der Vegetationssituation ist die Blendwirkung erneut zu bewerten.

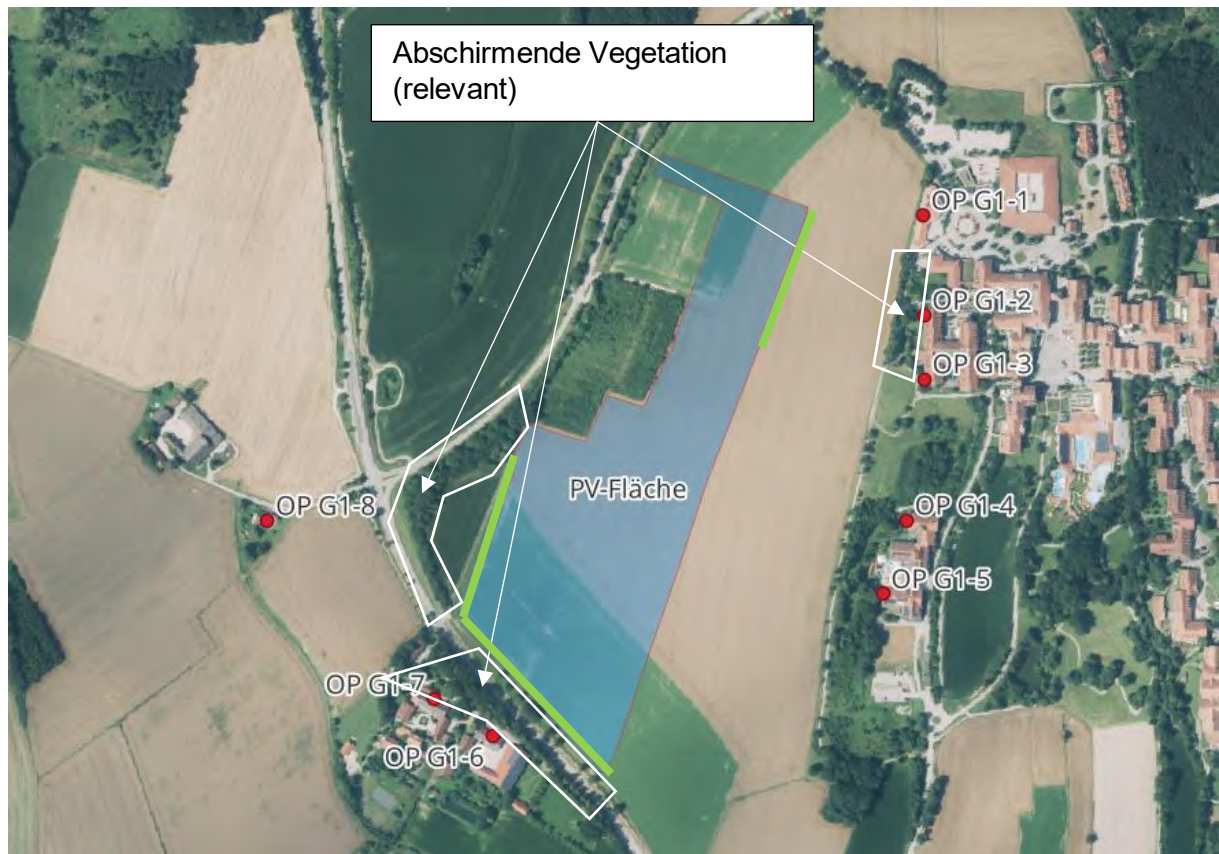


Abbildung 15: Position relevanter Vegetationszüge, die übermäßige Reflexionen auf Gebäude unterbinden -
Quelle Luftbild: Bayerische Vermessungsverwaltung – geodaten.bayern.de, cc-by/4.0

7.2 Straßenverkehr

Geprüft wurden die Blendwirkungen auf die umliegenden Verläufe der Staatsstraße St 2116 und der Kreisstraße PA 73.

Während bei der Bewertung von Gebäuden die reale Abschirmwirkung der Vegetation berücksichtigt wird, erfolgt die Bewertung des Straßenverkehrs konservativ ohne Berücksichtigung von Straßenbegleitgrün gemäß Eckpunktepapier des Fernstraßen-Bundesamtes.

7.2.1 Staatsstraße St 2116

Auf der Staatsstraße St 2116 können Blendwirkungen nur in Fahrtrichtung Südosten auf einem Teilbereich direkt angrenzend an die PVA im Südwesten auftreten (OP G2-10).

Das relevante Sichtfeld bei OP G2-10 ließe sich durch einen 3 m hohen Sichtschutz frei von relevanten Blendungen halten. Sofern der Sichtschutz durch einen erhöhten Anlagenzaun mit Sichtschutzblenden realisiert wird, können die unteren 0,8 m zur Reduzierung der Windlast offenbleiben.



Abbildung 16: Position Sichtschutz an der St 2116

7.2.2 Kreisstraße PA 73

Auf der Kreisstraße PA 73 können Blendwirkungen nur westlich der PVA in Fahrtrichtung Nordosten auftreten, und zwar im Bereich ab der Kreuzung mit der St 2116 in Richtung Osten bis zu dem Punkt, an dem die Kurve einen Straßenverlauf weiter in Richtung Nord-Nordost erzeugt. In diesem Abschnitt können Reflexionen im relevanten Sichtfeld entstehen (im Bereich bei G2-13 und G2-14).

Im Ist-Zustand wird dieser Bereich jedoch durch dichten Baumbestand abgeschirmt, welcher in der Auswertung jedoch keine Anwendung findet.

Erhebliche Blendungen gemäß Eckpunktepapier lassen sich durch einen 3 m hohen Sichtschutz entlang der im Folgenden dargestellten Anlagengrenzen wirksam reduzieren. Die unteren 0,8 m des Zauns können zur Reduzierung der Windlast offen bleiben.



Abbildung 17: Sichtschutz in Richtung PA 73 Quelle Luftbild: Bayerische Vermessungsverwaltung – geodaten.bayern.de, cc-by/4.0

8 Literaturverzeichnis

- [1] K. Mertens, *Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis*, 5. Aufl. Carl Hanser Verlag München, 2020.
- [2] 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
- [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] Fernstraßen-Bundesamt, „FBA Eckpunktepapier Photovoltaik“. November 2025. Zugriffen: 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.

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://forbesolar.com/static/docs/SGHAT3-GlareGauge_user_manual_v1.pdf