

Blendgutachten

„PVA Hinterster Schwannenberg“

*Analyse der potenziellen Blendwirkungen einer
Photovoltaikanlage auf die umliegenden Verkehrswege*

Auftraggeber:

Pfalzwerke Aktiengesellschaft
Wredestraße 35
67059 Ludwigshafen

erstellt von:

Ralf Schmersahl
Solarpraxis Engineering GmbH
Manteuffelstr. 74
12103 Berlin Germany
Tel. +49 151 14849857
E-Mail: ralf.schmersahl@solarpraxis.com
Internet: www.solarpraxis.com



Datum: 29. April 2026
Gutachten-Nr.: SPX-RS-P260041-01



Inhalt

1	Zweck und Gegenstand des Gutachtens	3
2	Bewertungsgrundlagen	4
2.1	Immissionsschutz	4
2.2	Verkehrssicherheit	4
2.2.1	Allgemeine Anforderungen	4
2.2.2	Straßen- und Schienenverkehr	5
3	Beschreibung der Methodik	7
3.1	Vorbemerkung zu Reflexionen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen	7
3.2	Berechnung der Reflexionsrichtungen	7
3.3	Lichttechnische Berechnungen	8
4	Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage	10
5	Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen	12
6	Blendrisiken	14
6.1	Darstellung der potenziellen Blendbereiche	14
6.2	Blendrisiken für den Verkehr auf der K 43	14
6.3	Blendrisiken für den Verkehr auf der L 382	15
7	Zusammenfassung und Fazit	16
8	Verwendete Materialien	17
8.1	Dokumente vom Auftraggeber	17
8.2	Literatur	17
9	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	18



1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens

Im Zuge der Planung für die im Sondergebiet Photovoltaik des Bebauungsplans "Photovoltaik-Freiflächenanlage Hinterster Schwannenberg" der Ortsgemeinde Hefersweiler im Landkreis Kusel zu errichtenden PV-Freiflächenanlage ist zu prüfen, ob von der geplanten Anlage Sonnenlicht auf die umliegenden Verkehrswege reflektiert werden kann und ob dadurch gegebenenfalls die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs beeinträchtigende Blendwirkungen auftreten können. Dazu sind die folgenden Verkehrswege auf potenzielle Blendwirkungen zu untersuchen:

- ▶ Landesstraße L 382
- ▶ Kreisstraße K 43

Das Plangebiet befindet sich in der Gemarkung Hefersweiler südlich der Ortslage Hefersweiler und östlich der Ortslage Relsberg. Die Lage der geplanten PV-Anlage ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Analyse erfolgt auf Basis der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten sowie ergänzender Informationen aus dem Geoportal Rheinland-Pfalz und Google Earth Pro.

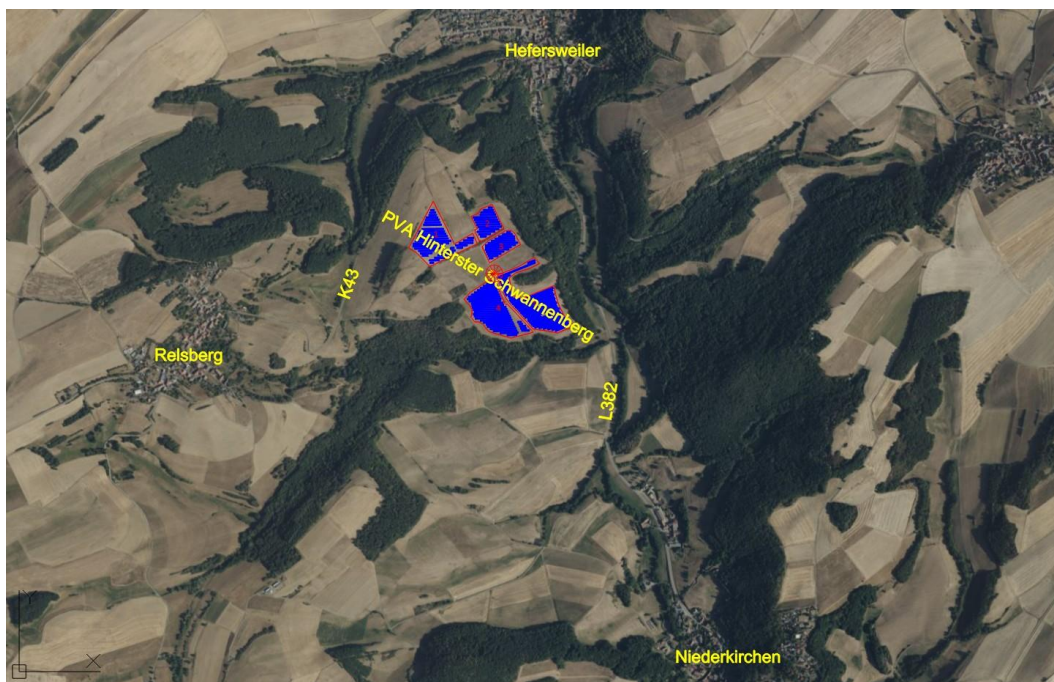


Abbildung 1: Lage der geplanten Freiflächen-Photovoltaikanlage (Modultischreihen blau eingezeichnet)



2 Bewertungsgrundlagen

2.1 Immissionsschutz

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) soll den Menschen, die natürliche Umwelt sowie Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen, darunter auch Lichtimmissionen, schützen und deren Entstehung vorbeugen. Nach BImSchG sind sowohl genehmigungspflichtige als auch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen, sonstige Gefahren sowie erhebliche Nachteile und Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft vermieden werden.

Derzeit gibt es keine lichtbezogene Immissionsschutz-Verordnung. Diese Aufgabe übernehmen faktisch die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ (LAI-Hinweise) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz oder deren landesspezifische Umsetzungen. Die LAI-Hinweise geben Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung der Blendwirkung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen und definieren schutzwürdige Räume und Flächen. Sie enthalten eine Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume unter der Annahme einer punktförmigen Sonne und ideal gerichteter Reflexion. Die Berechnungsvorschrift dient in erster Linie der Vergleichbarkeit von PV-Planungen hinsichtlich der anlagebedingten Lichtimmissionen. Die Größe der Sonnenscheibe von ca. 0,5°, die Streuung der Reflexionen durch Bündelaufweitung und die regional und jährlich unterschiedlichen Sonnenstunden führen dazu, dass die tatsächlichen Immissionszeiträume von der schematischen Berechnung abweichen.

Hinsichtlich der Beurteilung sehen die LAI-Hinweise einen Anhaltspunkt für eine erhebliche Belästigung im Sinne des BImSchG, wenn die berechneten Immissionszeiten bei mindestens 30 min/d oder 30 h/a liegen. Dabei sind nur Reflexionen zu berücksichtigen, für die sich die Blickrichtung zur Sonne und die auf das reflektierende Modul um mehr als 10° unterscheiden. Die LAI-Hinweise schränken diesen Wertungsmaßstab insofern ein, als dass damit nur ein erster Anhaltspunkt für die Beurteilung gegeben wird, dessen Übertragbarkeit im Einzelfall begründet werden muss. Begründete abweichende Bewertungen sind ausdrücklich zulässig.

In der Rechtsprechung wird die Zumutbarkeit von Lichtimmissionen nach der durch die Gebietsart und die tatsächlichen Verhältnisse zu bestimmenden Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit der betroffenen Nachbarschaft beurteilt, wobei wertende Elemente wie Herkömmlichkeit, soziale Adäquanz und allgemeine Akzeptanz einzubeziehen sind. Zeitdauern von bis zu einer Stunde am Tag werden keinesfalls grundsätzlich als unzumutbar angesehen (LG Frankfurt / Main 2/12 O 322/06; OLG Stuttgart 3 U 46/13).

2.2 Verkehrssicherheit

2.2.1 Allgemeine Anforderungen

Bei der Errichtung von PV-Anlagen in den Schutzzonen des § 9 Bundesfernstraßengesetz (FStrG) sind die Auswirkungen der Anlagen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu betrachten. Unter § 9 Absatz 2c regelt das Gesetz, dass die obersten Landesstraßenbaubehörden respektive das Fernstraßen-Bundesamt am Genehmigungsverfahren einer PV-Anlage zu beteiligen sind, wenn diese „längs einer Bundesautobahn in Entfernung bis zu 100 Meter oder längs einer Bundesstraße außerhalb der zur Erschließung der anliegenden Grundstücke bestimmten Teile der Ortsdurchfahrten bis zu 40 Meter, jeweils gemessen vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn, errichtet oder erheblich geändert werden.“ Wenn eine Anlage in dem genannten Bereich keiner Genehmigung bedarf, hat der Vorhabenträger das Vorhaben vor Baubeginn bei der für die betroffene Fernstraße zuständigen Behörde anzuzeigen.



Das Verkehrsrecht regelt die Mobilität auf der Straße, der Schiene und in der Luft. Es ist darauf ausgerichtet, die Sicherheit des Verkehrs zu gewährleisten. Diese wird durch Umstände beeinträchtigt, die zur Entstehung neuer oder Erhöhung bereits bestehender Gefahren oder zu einer Verschlechterung der Verkehrsverhältnisse beitragen. Für den Straßenverkehr ist das anzunehmen, „wenn das konkrete Vorhaben geeignet ist, sich in der jeweiligen örtlichen Situation unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Verkehrsteilnehmers nachteilig auf das derzeitige und zu erwartende normale Verkehrsgeschehen auszuwirken“ (Müller/Schulz, § 9 Rn. 65). Diese Ausführungen sind sinngemäß auch auf den Schienen- und Flugverkehr anzuwenden.

2.2.2 Straßen- und Schienenverkehr

Zur Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit oder der Unbedenklichkeit einer angezeigten PV-Anlage fordert die zuständige Behörde im Regelfall ein Blendgutachten ein. Um eine sachgerechte straßenrechtliche Beurteilung vorzunehmen sind innerhalb einer Experten-Arbeitsgruppe des Fernstraßen-Bundesamts, unter Beteiligung des Autors, Eckpunkte zur Beurteilung von relevanten Blendwirkungen erarbeitet und im November 2025 veröffentlicht worden. Das Eckpunktepapier soll im Rahmen der Fortschreibung und Evaluierung auf aktuelle Entwicklungen angepasst werden. Der darin beschriebene Ansatz zur Reflexionsberechnung und Bewertung von Blendwirkungen kann auf den Schienenverkehr übertragen werden, wobei die Anforderungen an die Sehaufgabe (Überwachung des Streckenverlaufs, Erkennen von Bahnsignalen) und spezifisch zu berücksichtigende Verkehrssituationen voneinander abweichen.

Die Reflexionen der PV-Anlage dürfen die Erfüllung der Sehaufgabe der Verkehrsteilnehmer nicht beeinträchtigen. Dafür sind Blendquellen in der unmittelbaren Nähe von Sehobjekten (Verkehrsteilnehmer, Hindernisse, Schilder, Signaleinrichtungen) als besonders kritisch anzusehen. Für deren Erkennung wird das Objekt mit der Fovea (Sehgrube) beider Augen fixiert, um einen weniger als 2° großen Winkelbereich stereoskopisch scharf abzubilden. Bei einer Fixation der Augen auf eine Fläche mit einer Leuchtdichte von mehr als 30.000 cd/m², die ein Sonnenlicht reflektierendes PV-Modul typischerweise überschreitet, kann eine Absolutblendung auftreten, bei der die Anpassungsfähigkeit des Auges an die Helligkeit überschritten wird und Schutzmechanismen (Lidschluss, Blickabwendung) einsetzen, die die Fahrzeugführung beeinträchtigen können. Das Risiko für eine Absolutblendung steigt mit der Leuchtdichte der Blendlichtquelle, deren sichtbarer Größe als Winkelbereich im Sehfeld und der Dauer der Fixation.

Ein Risiko für eine Absolutblendung besteht vornehmlich im zentralen Blickfeld, das durch unbewusste Augenbewegungen (Sakkaden) und Fixationen des Blicks auf die für die Fahraufgabe wesentlichen Objekte aufgespannt wird. Es umfasst für typische Fahraufgaben maximal den Bereich mit einem horizontalen Differenzwinkel zur Blickachse (= Hauptblickrichtung) von $\leq 10^\circ$ und einen Höhenwinkelbereich von -4° bis $+6^\circ$ zur Horizontalen. An Knotenpunkten und für spezielle Fahrsituationen kann eine abweichende Festlegung des zentralen Blickfelds erforderlich sein.

Auch außerhalb des fovealen Sehens können Helligkeitsreize zu einer Blendwirkung führen. Neben der Fovea als abbildendem System befinden sich periphere Netzhautbereiche, die Helligkeitsänderungen wahrnehmen und damit als ein System zur Gefahrenwarnung dienen, das den fovealen Blick auf sich verändernde Sehobjekte lenkt. Im zentralen und peripheren Blickfeld sichtbare Blendquellen wirken so als Distraktoren, die zu einer Blickzuwendung und Ablenkung von der Fahraufgabe führen. Blendlichtquellen in der Nähe der Blickachse oder auch sehr leuchtstarke Blendquellen können auch zu einer physiologischen Relativblendung führen, bei der Lichtstrahlen durch den Augenapparat gestreut werden, auf der Netzhaut eine sogenannte Schleierleuchtdichte erzeugen und dadurch die Sehschärfe und Kontrastunterscheidungsfähigkeit reduzieren. Im Extremfall wird eine Adaptionsstörung ausgelöst, die die allgemeine Sehfähigkeit zeitweilig stark herabsetzt.



Für das periphere Sehen sind ein horizontaler Differenzwinkel von bis zu 30° zur Blickachse der Fahrzeugführenden und ein Höhenwinkelbereich von -6° bis $+8^\circ$ als Risikobereich für Relativblendungen zu berücksichtigen. Das Risiko einer relevanten Relativblendung erhöht sich, wenn die Winkeldifferenz der Reflexionen zur Blickachse geringer und die Beleuchtungsstärke des Blendlichts im Auge größer wird. Die Beleuchtungsstärke fasst dabei die Helligkeit der Blendquelle und deren Winkelgröße im Blickfeld zusammen. In den Berechnungsformeln der Schleierleuchtdichte für Anwendungsfälle im nächtlichen Straßenverkehr geht die Beleuchtungsstärke linear in die Berechnung der Schleierleuchtdichte ein, während der Winkel zur Blendlichtquelle quadratisch einfließt. Der Stand der Wissenschaft und Forschung zur Bewertung von Blendwirkungen im Verkehr unter Tageslichtbedingungen ist allerdings noch überschaubar. Van der Leden et al. ermittelten für Versuchsaufbauten mit einem Fahrsimulator Werte von ca. 4.000 lx bei einem Differenzwinkel von 10° zur Blickachse, ab denen Auswirkungen auf die Fahrleistung der Probanden erkennbar wurden.

Für die Ermittlung der am Auge wirksamen Beleuchtungsstärken ist auch die Bündelaufweitung des Reflexionsstrahls zu berücksichtigen. Diese beträgt für die marktüblichen PV-Module mit Antireflexionsbeschichtung nach verschiedenen Messungen 5° bis 10° .

Wenn die Sonne zum Zeitpunkt der Reflexionen auf einer Höhe von bis zu 10° ebenfalls im Blickfeld steht, dominiert sie das Helligkeitsgeschehen. Unterhalb von 5° Höhe kann die Sonne im Straßenverkehr nicht durch die Sonnenblende des Fahrzeugs abgeschirmt werden, so dass die Blendwirkung der Reflexionen in diesem Fall vernachlässigt werden kann.



3 Beschreibung der Methodik

3.1 Vorbemerkung zu Reflexionen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen

Bei typischen Freiflächen-Photovoltaikanlagen werden die PV-Tische mit starren Azimutausrichtungen und Neigungswinkeln errichtet. In Abhängigkeit von der Topografie des Belegungsfelds und der Umgebung entstehen vornehmlich morgens oder abends bodennahe Lichtreflexionen, die mit geringen Höhenwinkeln auf die Augen von Verkehrsteilnehmern oder Anliegern gerichtet werden können. Gleichzeitig steht die Sonne auf einer geringen Höhe in der Nähe der reflektierenden Fläche.

Von PV-Anlagen, deren Neigungswinkel mit einem einachsigen-horizontalem Trackersystem der Sonnenhöhe nachgeführt wird, können im Nachföhrbetrieb nur Reflexionen mit positiven Höhenwinkeln ausgehen, die unter den meisten topografischen Bedingungen nicht auf Anlieger oder bodengebundenen Verkehr gerichtet sein können. Hier sind es die Sonnenlichtreflexionen in Park- und Sonderpositionen sowie beim Backtracking, die bei ungünstig gewählten Einstellungen zu Blendwirkungen föhren können. In Bezug auf den Immissionsschutz von Anliegern heißt das, dass es im Regelbetrieb der Anlage zu keinen anlagenbedingten Lichtimmissionen kommen kann und eine erhebliche Belästigung prinzipbedingt ausgeschlossen ist.

3.2 Berechnung der Reflexionsrichtungen

Für horizontale Richtungsangaben wird die geodätische Azimutangabe verwendet: Norden = 0°, Osten = 90°, Süden = 180° und Westen = 270°.

Für die Reflexionsberechnungen wird der im Regelfall in einem amtlichen UTM-Koordinatensystem erstellte Belegungsplan der geplanten Solaranlage auf eine nach geographisch Nord ausgerichtete georeferenzierte Plangrundlage in das Programm ProgeCad Professional mit einem Koordinatensystem in winkeltreuer Lambert-Kegelprojektion übertragen und ggf. zum Ausgleich der Meridiankonvergenz gedreht. Auf dieser Plangrundlage werden Azimutausrichtung und Neigung der Module unter Berücksichtigung etwaiger Querneigungen sowie die Winkelbeziehung zu den Immissionsorten ermittelt.

Anschließend werden die Reflexionsrichtungen nach dem Reflexionsgesetz für ideal gerichtete Reflexion (Einfallswinkel = Ausfallswinkel) unter Annahme einer punktförmigen Sonne mit den Sonneneinfallswinkeln am Standort der Anlage berechnet. Die Berechnungsergebnisse werden für 12 Tage im Jahr (jeweils für den 21. jeden Monats) als Azimut (x-Wert) und Höhenwinkel (y-Wert) anschaulich in einem frei einstellbaren Minutenintervall der Tagesganglinien als Reflexionsdiagramm dargestellt.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch ein Reflexionsdiagramm für PV-Module an einem gegebenen Standort, die eine Azimutausrichtung (senkrecht zur reflektierenden Ebene) von 180° und einen Neigungswinkel von 18° aufweisen. Oberhalb des Diagrammbereichs werden angegeben:

- ▶ der Standort der PV-Anlage
- ▶ der untersuchte Bereich der PV-Anlage mit seiner auf geografisch Nord bezogenen Planausrichtung, Planneigung und der baufeldbedingten Querneigung (hier: Anlagenteil: BF_1 mit 180° Ausrichtung, 18° Neigung und 0° Querneigung)
- ▶ der Zeitabstand zwischen zwei Reflexionspunkten (hier: 5 Minuten)
- ▶ die reale Ausrichtung und Neigung unter Berücksichtigung der Querneigung der PV-Tische



Die roten Dreiecke im Diagramm markieren die Reflexionsrichtungen am 21. Juni und die dunkelblauen die am 21. Dezember. Sie markieren damit auch die Grenzwinkel aller möglichen Reflexionsrichtungen. Die eingezeichneten Analemmata für ausgewählte Uhrzeiten geben eine Orientierung hinsichtlich der Tageszeit, an dem die Reflexionen in den betreffenden Bereich gerichtet werden.

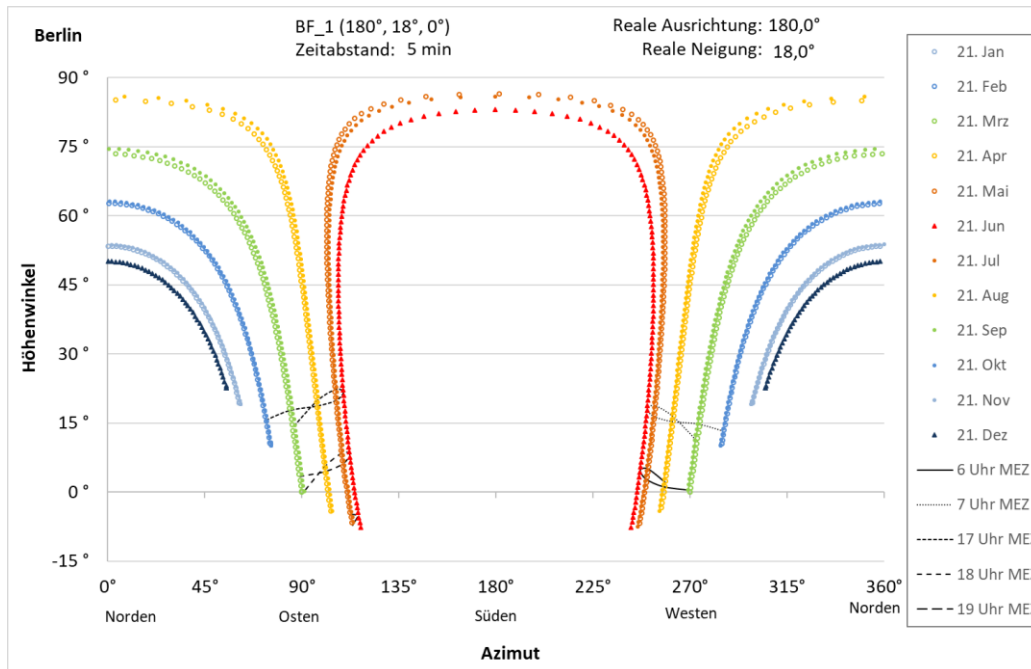


Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm

3.3 Lichttechnische Berechnungen

Zur Beurteilung der Blendwirkung der Sonnenlichtreflexionen werden diese durch die am untersuchten Blickpunkt bewirkte Beleuchtungsstärke charakterisiert. Dazu wird die Beleuchtungsstärke der Sonne auf der Moduloberfläche mit Formel 22 der DIN 5034 Teil 2 Abschnitt 5.3 für eine geringe atmosphärische Trübung und dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen zur Modulnormalen berechnet. Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen ergibt sich durch die Multiplikation der Beleuchtungsstärke auf der Moduloberfläche mit Standardwerten für den Reflexionsgrad der PV-Module (siehe Abbildung 3).

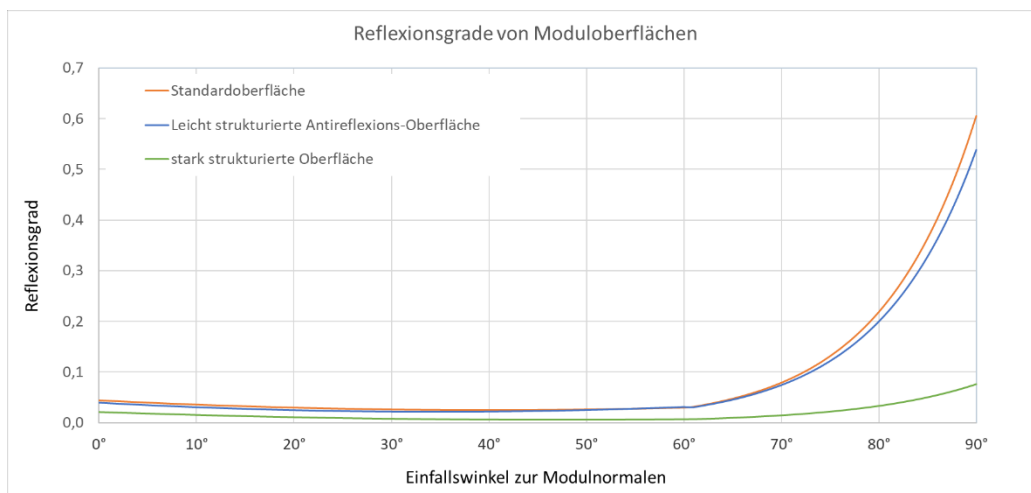


Abbildung 3: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015



Bei den Abschätzungen der für eine Relativblendung wirksamen Beleuchtungsstärke der Reflexionen in der blickpunktbezogenen Blendanalyse wird für die marktüblichen PV-Module mit leicht strukturierter Antireflexions-Oberfläche eine 5° Bündelaufweitung des Reflexionsstrahls berücksichtigt und in Relation zur sichtbaren Fläche der PV-Anlage gesetzt. Wenn Messwerte zum Reflexionsverhalten der konkret verwendeten PV-Module vorliegen, werden diese dokumentiert und verwendet.

Durch die Bündelaufweitung erscheint das reflektierte Licht bei gleicher Lichtstärke eine größere Fläche, so dass die Leuchtdichte der reflektierenden Fläche am Blickpunkt geringer erscheint. Für die volle Reflexion der Sonnenscheibe mit 0,5° Durchmesser ist bei 5° Bündelaufweitung des Strahls eine im Vergleich zur Sonne mehr als 100-fach größere reflektierende Fläche von 5,5° Durchmesser erforderlich. Bei den für die bodennahen Reflexionen von PV-Freiflächenanlagen typischen Einfallswinkeln von mehr als 70° erfolgt die Bündelaufweitung nicht kreisförmig, sondern elliptisch. Die lange Seite der Ellipse liegt dabei in Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen, so dass in erster Linie die Winkelhöhe der PV-Anlage im Blickfeld darüber entscheidet, wie viel Licht der Sonnenscheibe in Richtung des Blickpunkts reflektiert werden kann.



4 Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage

Die PV-Freiflächenanlage soll in Hanglage des Schwannenberg auf fünf einzufriedenden Teilflächen in der Gemarkung Hefersweiler der Ortsgemeinde Hefersweiler im Kreis Kusel in Rheinland-Pfalz errichtet werden. Im Norden schließen sich Felder und im Osten eine Waldzunge an das Plangebiet an, die das Gebiet gegenüber der L 382 abschirmt. Im Süden befindet sich ein Waldgebiet und im Westen befinden sich Felder und Waldgebiete, die die Sicht von der K 43 auf das Plangebiet stark einschränken. Das Plangebiet ist gegenüber der Umgebung erhöht. Abbildung 4 zeigt die Einteilung der Belegungsfelder und die Anordnung der jeweiligen PV-Tischreihen.

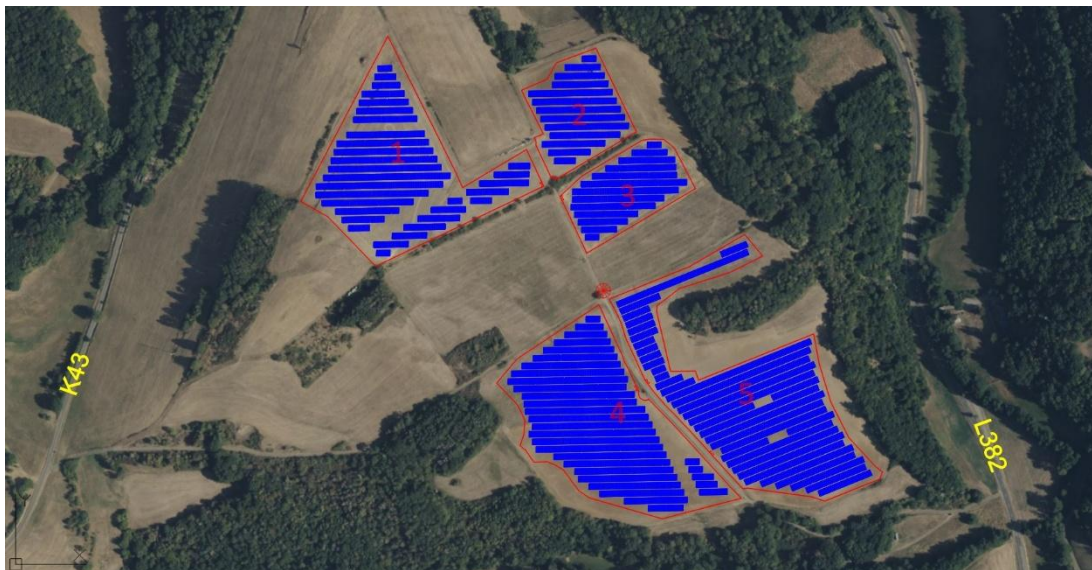


Abbildung 4: Geplante Belegung der PV-Anlage Hinterster Schwannenberg (PV-Tischreihen in Blau Einfriedung in Rot)

Das Gelände der Belegungsfelder befindet sich auf einer Höhe 270 m üNN bis 361 m üNN mit überwiegender Exposition nach Süden. Die Belegungsfelder 1 bis 4 befinden sich auf der östlichen Flanke des Hangs, die zu Hangneigungen in Verlaufsrichtung der Tischreihen zwischen 0° und -10° (negativ: Anstieg nach Westen) führt. Das Belegungsfeld 5 befindet sich hingegen auf der gegenüberliegenden Seite eines leichten Geländeeinschnitts und zeigt in Verlaufsrichtung der Tischreihen Hangneigungen von +1° bis +3°.

Die Belegung der Teilfelder 1 bis 4 ist mit südausgerichteten PV-Modulen mit 20° Neigungseinstellung geplant. Das Belegungsfeld 5 soll mit 159° Azimut und 20° Neigung nach Südsüdost ausgerichtet werden. Der mit amtlichem Kartenmaterial erstellte Belegungsplan der PV-Anlage zeigt eine Abweichung des UTM-Koordinatensystems zu geographisch Nord von -1,0°. Für die unterschiedlichen Belegungsfelder der Anlage ergeben sich damit folgende reale Planausrichtungen (ebenes Gelände):

F1 bis F4: 179°

F5: 158°

Die Hangneigungen führen dazu, dass die Ausrichtung der reflektierenden Ebene von der Planausrichtung abweicht. Für die Felder 1 bis 4 ist ein Querneigungsbereich von 0° bis -10° zu berücksichtigen, für das Feld 5 ein Bereich von +1° bis +3°.

Die PV-Tische werden mit einer 3P-Konfiguration der Module belegt. Daraus ergeben sich die Unter- und Oberkanten der PV-Tische bei 20° Neigung zu 0,8 m respektive 3,3 m über dem Gelände.



Tabelle 1 fasst die Angaben zur PV-Anlage zusammen.

Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage

PV-Anlage:	Hinterster Schwannenberg
Standort:	Gemarkung Hefersweiler, Flur 0
Standortkoordinaten:	N49.593°, E7.685°
Gemeinde / Kreis / Bundesland:	Hefersweiler / Kusel / Rheinland-Pfalz
Höhe des Belegungsfelder:	270 m bis 361 m üNN
Entfernung zu klassifizierten Straßen:	L382: > 120 m, K43: > 175 m
Mindestabstand schutzwürdige Räume:	> 400 m
Gesamtleistung der Anlage:	15,8 MWp
Anzahl / Typ der PV-Modulgläser:	25.494 Stk. / leicht strukturiert mit AntiReflex-Beschichtung
Tischkonfiguration:	Fixed Tilt 3H
Höhe der Modulkanten:	0,8 m bis 3,3 m über Geländeoberkante
Planausrichtungen (geografisch Nord):	F1, F2, F3, F4: 179°; F5: 158°
Planneigung:	20°
Querneigungen (QN):	F1, F2, F3, F4: 0° bis -10°; F5: +1° bis +3°



5 Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen

Auf Grund der topografischen Bedingungen und der Entfernung zu den Immissionsorten können nur bodennahe Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage mit negativen oder gering positiven Höhenwinkeln auf die Augenpunkthöhen von Verkehrsteilnehmern gerichtet werden.

Abbildung 5 zeigt die Reflexionsrichtungen für die PV-Tische der Felder 1 bis 4 über den gesamten Querneigungsbereich. Bodennahe Reflexionen mit negativen Höhenwinkeln können von PV-Tischen mit 0° Querneigung (oben) von Anfang April bis Ende August zwischen 6:00 Uhr und 7:15 Uhr Sommerzeit in einen westlichen Azimutbereich von 245° bis 270° und im gleichen Jahreszeitraum nach 19:30 Uhr Sommerzeit in einen östlichen Azimutbereich von 90° bis 115° gerichtet werden. Tabelle 2 am Ende des Abschnitts zeigt die Azimutbereiche der bodennahen Reflexionen über den gesamten Querneigungsbereich aller Felder.

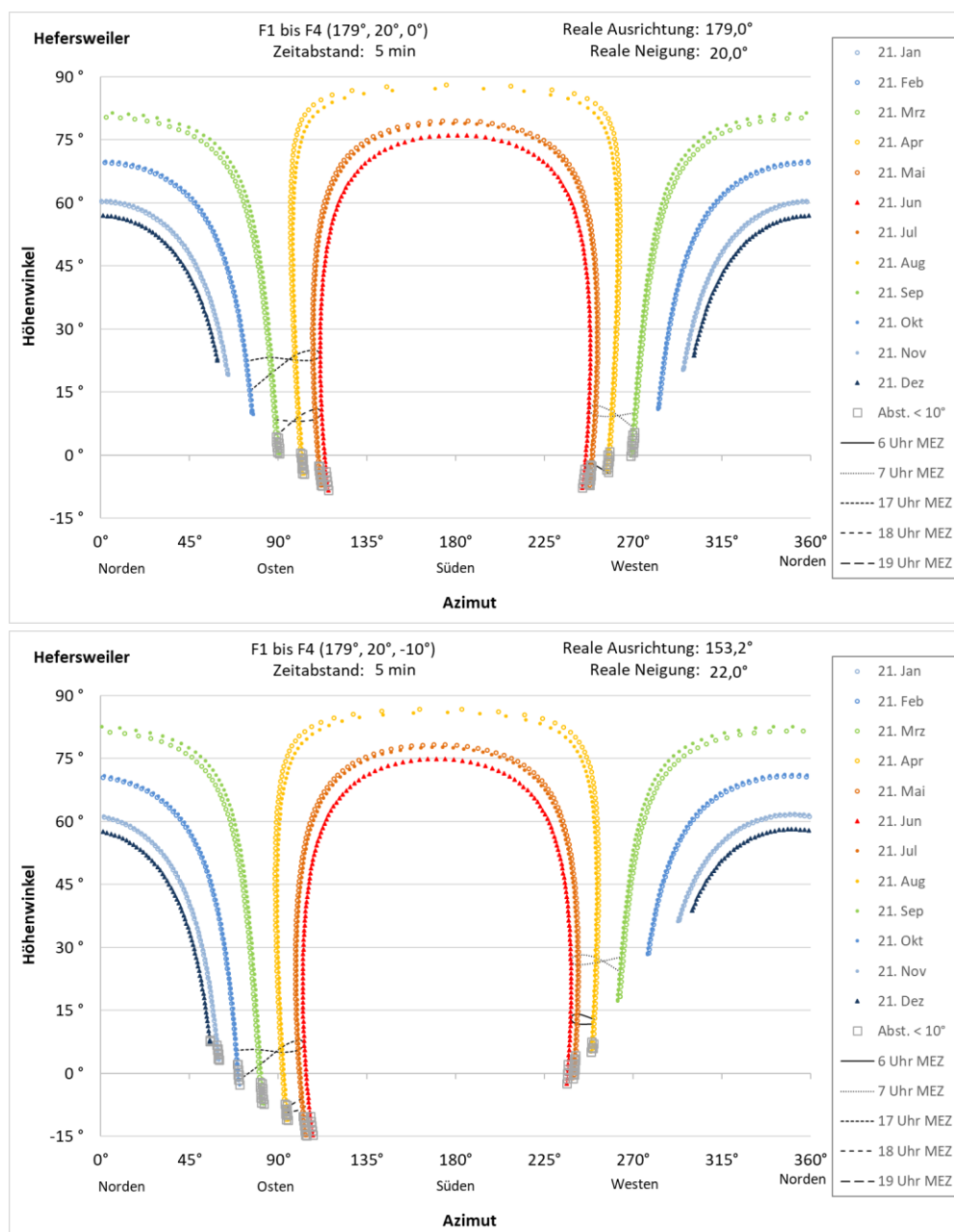


Abbildung 5: Reflexionsdiagramme für die Belegungsfelder F1 bis F4 mit 0° (oben) und -10° (unten) Querneigung



Abbildung 6 zeigt die Reflexionsdiagramme für das Belegungsfeld F5.

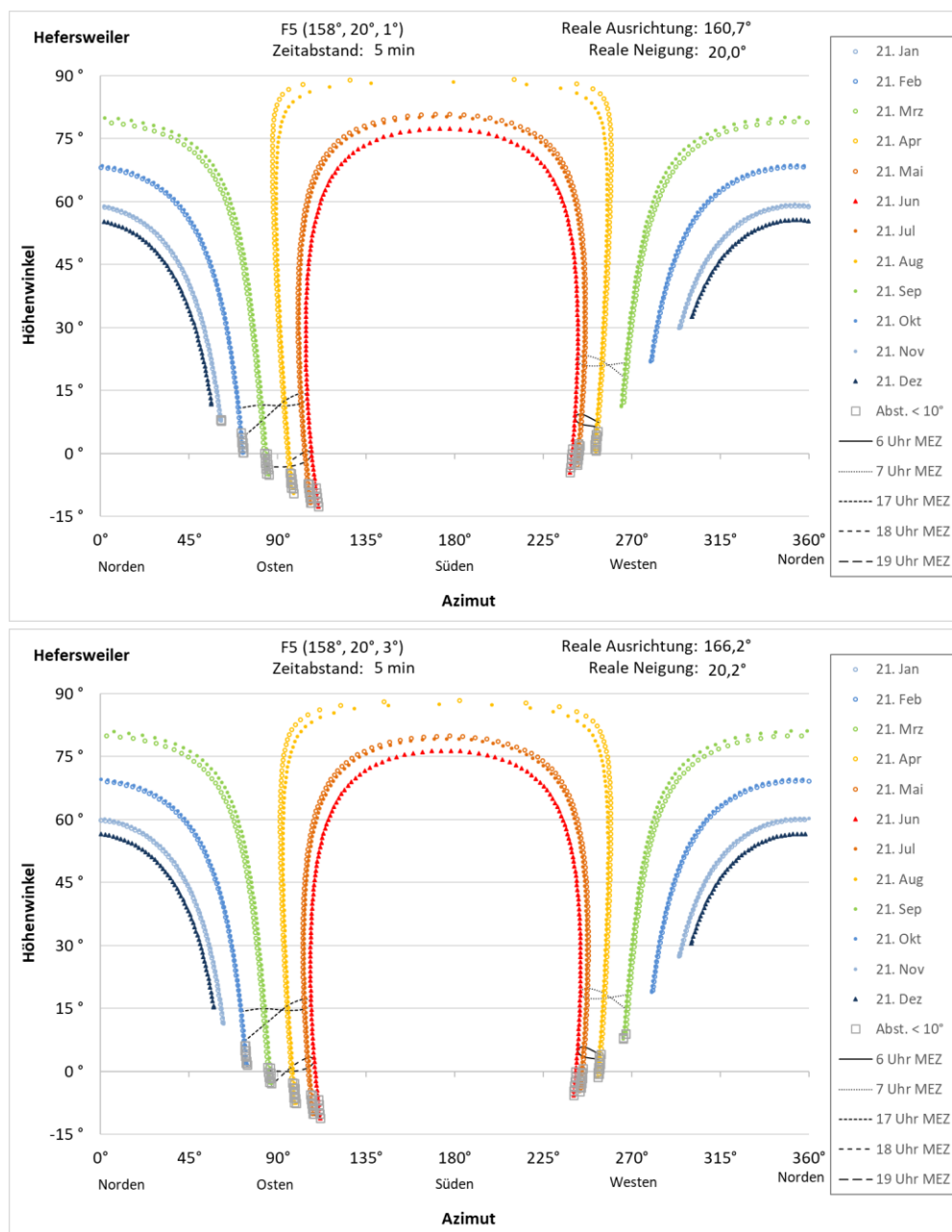


Abbildung 6: Reflexionsdiagramme für das Belegungsfeld F5 mit +1° (oben) und +3° (unten) Querneigung

Tabelle 2 zeigt die Azimutbereiche der bodennahen Reflexionen für die Teilfelder der geplanten PV-Anlage.

Tabelle 2: Azimutgrenzen der blendrelevanten bodennahen Reflexionen

PV-Feld	Reale Ausrichtung	Reale Neigung	Blendbereich Ost	Blendbereich West
F1 bis F4 (179°, 20°, 0°)	179,0°	20,0°	90° bis 115°	245° bis 270°
F1 bis F4 (179°, 20°, -10°)	153,2°	22,0°	65° bis 105°	237° bis 242°
F5 (158°, 20°, +1°)	160,7°	20,0°	74° bis 109°	238° bis 248°
F5 (158°, 20°, +3°)	166,2°	20,2°	76° bis 112°	240° bis 256°



6 Blendrisiken

6.1 Darstellung der potenziellen Blendbereiche

Abbildung 7 visualisiert die Richtungen, in die bodennahe, potenziell blendwirksame Sonnenlichtreflexionen der Anlage gerichtet sein können. Die gelben (Felder 1 bis 4) und grünen (Feld 5) Winkel mit 200 m Schenkellänge zeigen die Richtungen bodennaher Reflexionen für ausgewählte Eckpunkte der Belegungsfelder.

Die in die westliche Hemisphäre gerichteten morgendlichen Reflexionen der PV-Anlage können – ohne Berücksichtigung von topographisch und vegetationsbedingten Sichthindernissen – auf die Kreisstraße K 43 gerichtet werden.

Die in die östliche Hemisphäre gerichteten abendlichen Reflexionen können – ohne Berücksichtigung von topographisch und vegetationsbedingten Sichthindernissen – auf die Landesstraße L 382 gerichtet werden.



Abbildung 7: Bodennahe Reflexionsrichtungen (gelbe und grüne Winkel) der Belegungsfelder der geplanten PV-Anlage, angezeichnet an ausgewählte Eckpunkte der Felder

6.2 Blendrisiken für den Verkehr auf der K 43

Die Kreisstraße K43 verbindet die Orte Relsberg und Hefersweiler. Sie führt von Relsberg aus einer Höhe von 375 m üNN mit einem mittleren Gefälle von 3,7° in östliche Richtung auf den südlichen Rand des Plangebiets zu. In einer Entfernung von ca. 600 m zu den nächsten PV-Tischen wird eine Serpentine durchfahren, die den weiteren Streckenverlauf auf eine Azimutfahrtrichtung von 18° lenkt. Mit dieser Fahrtrichtung führt die K 43 weiter absteigend westlich der Anlage in nördliche Richtung.

Abbildung 8 zeigt den Blick von der K 43 kurz vor der Serpentine in Richtung Plangebiet, das durch die Geländekuppe des Schwanenberg nahezu vollständig vor den Augen der Fahrzeugführenden abgeschirmt wird.



Abbildung 8: Blick von der K 43 eingangs der Serpentine in Richtung des Plangebiets; Quelle: Google Street View

Unter Berücksichtigung der Höhen der Moduloberkanten von max. 3,3 m über dem Gelände können einige Module der westrandständigen Tische des Belegungsfelds 1 außerhalb der zentralen und peripheren Blickfelder für die Fahrzeugführenden sichtbar sein. Im weiteren Streckenverlauf sind auch diese PV-Module durch den Geländeverlauf abgeschirmt.

Es entstehen keine Blendrisiken für den Verkehr auf der K 43.

6.3 *Blendrisiken für den Verkehr auf der L 382*

Die Landesstraße L 382 führt aus Niederkirchen in nördliche Richtung nach Hefersweiler. Sie verläuft leicht kurvig in einem Geländeeinschnitt unterhalb und östlich des Plangebiets. Innerhalb des potenziellen Blendbereichs der Belegungsfelder wird die PV-Anlage vollständig durch eine Waldzunge und die Geländekante des stärker abfallenden straßennahen Bereichs des Einschnitts abgeschirmt.

Es entstehen keine Blendrisiken für den Verkehr auf der L 382.



7 Zusammenfassung und Fazit

Es wird festgestellt, dass die Fahrzeugführenden auf der Kreisstraße K 43 nicht von blendwirksamen Sonnenlichtreflexionen der geplanten Anlage in ihre Blickfelder betroffen werden können. Die Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs bleiben jederzeit gewahrt.

Es wird festgestellt, dass die Fahrzeugführenden auf der Landesstraße L 382 nicht von Sonnenlichtreflexionen der geplanten Anlage betroffen werden können. Die Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs bleiben jederzeit gewahrt.



8 Verwendete Materialien

8.1 Dokumente vom Auftraggeber

- ▶ Modulbelegungsplan als Datei „260402_MASTER_Hefersweiler.dwg“
- ▶ Vorentwurf des Bebauungsplans „Photovoltaik-Freiflächenanlage Hinterster Schwannenberg“ der Ortsgemeinde Hefersweiler mit Planzeichnung, Stand 01/2026 und Begründung vom Mai 2024
- ▶ Stellungnahme des Landesbetrieb Mobilität Kaiserslautern zur Aufstellung des Bebauungsplans vom 12. September 2024

8.2 Literatur

- ▶ Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 12. August 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 189) geändert worden ist
- ▶ Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 22. Dez. 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 348) geändert worden ist
- ▶ Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 23 des Gesetzes vom 18. Dezember 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 347) geändert worden ist
- ▶ Hinweise der LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (LAI-Hinweise); Stand 3.11.2015
- ▶ Leitlinie des Brandenburger Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen (Licht-Leitlinie) vom 16. April 2014
- ▶ Straßenverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I S. 310, 919), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 23. Februar 2026 (BGBl. 2026 I Nr. 46) geändert worden ist
- ▶ Bundesfernstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. Juni 2007 (BGBl. I S. 1206), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist
- ▶ Eckpunktepapier Photovoltaik: Blendwirkungen und Blendgutachten des Fernstraßen-Bundesamts, Stand November 2025,
https://www.fba.bund.de/DE/Themen/Anbaurecht_Paragraph9_FStrG/Dokumente/20251106_Eckpunkte_papier_Photovoltaik.html?nn=871298
- ▶ DIN 5034-2:2021-08 Tageslicht in Innenräumen – Teil 2: Grundlagen
- ▶ Wittlich, M.: Blendung – Theoretischer Hintergrund, Informationen des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA); Sankt Augustin 2010
- ▶ Reidenbach H.-D., Dollinger K., Ott G., Janßen M., Brose M. (2008): Blendung durch optische Strahlungsquellen. Bericht der BAUA, Forschung Projekt 2185
- ▶ Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) Technical Reference Manual, Clifford K. Ho, Cieran A. Sims, Julius Yellowhair, and Evan Bush, Sandia National Laboratories, (505) 844-2384, 2015
- ▶ Toggweiler et al. 2024: Stand der Technik zu blendarmen Oberflächen bei PV-Modulen; EnergieSchweiz – Bundesamt für Energie BFE
- ▶ Bucher et al. 2026: Praxistest blendfreie Photovoltaik-Module; Schlussbericht
- ▶ Borislav Hristov 2009: Untersuchung des Blickverhaltens von Autofahrern. Dissertation TU Dresden
- ▶ Ralph Schulz 2012: Blickverhalten und Orientierung von Kraftfahrern auf Landstraßen. Dissertation TU Dresden
- ▶ Natasja van der Leden et al. 2015: Verhinderung von Sonnenreflexionen in Lärmschutzwällen – ein Laborexperiment. Tagungsband 18. Gemeinschaftstagung Licht 2008, 10. - 13. Sep 2008, Ilmenau, pp 582-589



9 *Abbildungs- und Tabellenverzeichnis*

Abbildung 1: Lage der geplanten Freiflächen-Photovoltaikanlage (Modultischreihen blau eingezeichnet)	3
Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm	8
Abbildung 3: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015.....	8
Abbildung 4: Geplante Belegung der PV-Anlage Hinterster Schwannenberg (PV-Tischreihen in Blau Einfriedung in Rot).....	10
Abbildung 5: Reflexionsdiagramme für die Belegungsfelder F1 bis F4 mit 0° (oben) und -10° (unten) Querneigung.....	12
Abbildung 6: Reflexionsdiagramme für das Belegungsfeld F5 mit +1° (oben) und +3° (unten) Querneigung	13
Abbildung 7: Bodennahe Reflexionsrichtungen (gelbe und grüne Winkel) der Belegungsfelder der geplanten PV-Anlage, angezeichnet an ausgewählte Eckpunkte der Felder	14
Abbildung 8: Blick von der K 43 eingangs der Serpentine in Richtung des Plangebiets; Quelle: Google Street View	15
Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage	11
Tabelle 2: Azimutgrenzen der blenderelevanten bodennahen Reflexionen	13