

DGS Gesellschaft für Solarenergie Berlin mbH

Erich-Steinfurth-Str. 8

10243 Berlin

Phone +49 (030) 29 38 12 80

Email dgs@dgs-berlin.de

Web www.dgs-berlin.de

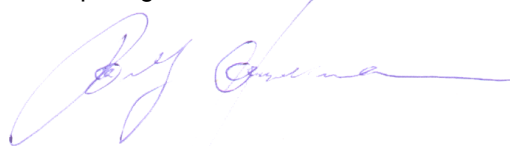
Fachgutachten zur Bewertung der Blendwirkung durch Reflexion an PV-Modulen (Blendgutachten) für den Solarpark Oberbreisig

Anlage: Solarpark Oberbreisig
50.490631°, 7.257141°
53498, Bad Breisig

in Auftrag gegeben von: Buß Solar GmbH
Nordring 82
46325 Borken

Projektnummer: A-GmbH24/0032

Gutachter: Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ralf Haselhuhn', written over a faint, larger version of the same signature.

Bearbeiter: M. Sc. Markus Stich

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Markus Stich', written over a faint, larger version of the same signature.

Berlin, 07.10.2024

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Beschreibung der Umgebung	3
3	Beschreibung der PV-Anlage.....	4
4	Grundlagen der Optik.....	5
	4.1 Geometrische Reflexionssituation.....	5
	4.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen	6
	4.3 Blendung.....	8
5	Methodik der Untersuchung	9
6	Auswertung	10
7	Zusammenfassung.....	13
8	Literaturverzeichnis	14
9	Abbildungsverzeichnis.....	15
10	Gewährleistung	16

1 Einleitung

Im folgenden Gutachten wird die durch Reflexion direkter Sonneneinstrahlung verursachte Lichtemission der geplanten PV-Anlage (PVA) Oberbreisig und die damit einhergehende potenzielle Beeinträchtigung der Umgebung untersucht und nach den *Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen* (kurz: LAI) der *Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz* bewertet. Es werden Zeitraum und Immissionswinkel potenzieller Blendung ermittelt und bei Bedarf Blendschutzmaßnahmen erarbeitet, um eine solche zu verhindern.

2 Beschreibung der Umgebung

Die geplante PVA liegt südwestlich der Stadt Bad Breisig im Landkreis Ahrweiler in Rheinland-Pfalz. Zwischen den Modulflächen verläuft die K48. Die PVA ist auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen geplant. Das Gelände ist teils uneben und fällt stellenweise in Richtung Osten ab. Eine Übersicht über die nähere Umgebung der PV-Anlage wird in Abbildung 1 gegeben. Es gab keinen Ortstermin.



Abbildung 1: Modulflächen der geplanten PVA in Blau und Umgebung (Quelle: Google Earth)

3 Beschreibung der PV-Anlage

Die PVA ist auf einer Fläche von ca. 11,1 ha und mit einer DC-Leistung von 14 MWp geplant. Vorgesehen ist eine Süd-Ausrichtung mit 180° Azimut und einem Neigungswinkel von 10°. Der Belegungsplan ist in Abbildung 2 dargestellt. Als Unterkonstruktion kommt ein 2-Pfeiler-System zum Einsatz mit drei im Hochformat (portrait) ausgerichteten Modulen über die Tischbreite. Die Modulunterkante ist auf 0,8 m Höhe und die Moduloberkante auf 2,06 m geplant. Die Unterkonstruktion ist schematisch in Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 2: Modulbelegungsplan (Quelle: Auftraggeber)

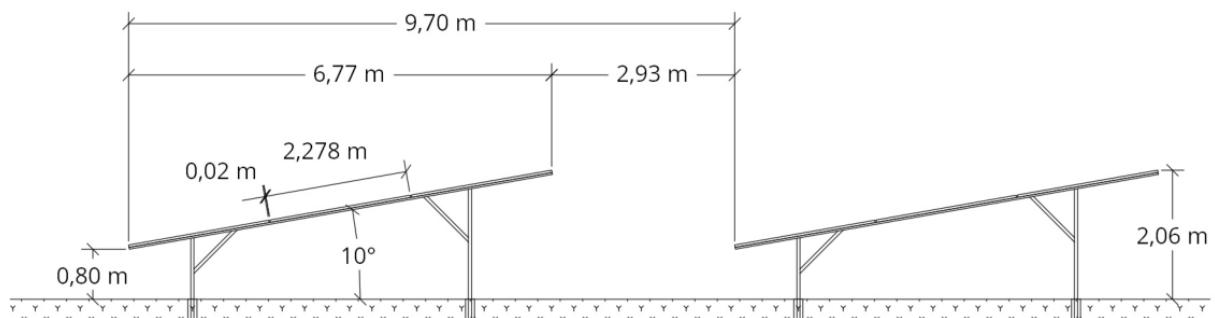


Abbildung 3: Zeichnung der Unterkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

4 Grundlagen der Optik

In diesem Abschnitt werden die Grundlagen zur Berechnung der Reflexion erläutert.

4.1 Geometrische Reflexionssituation

Nach dem Reflexionsgesetz ist der Winkel des einfallenden Lichtstrahls bezogen auf die Flächennormale (Senkrechte, Lot zur Fläche) gleich dem Winkel des reflektierten Strahls zur Normalen ($\alpha = \beta$).

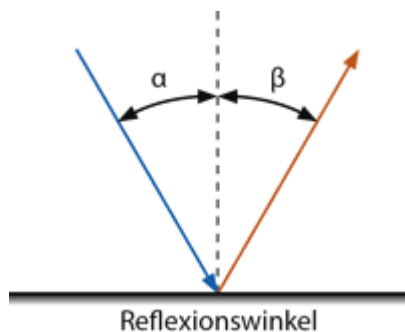


Abbildung 4: Reflexion eines Lichtstrahls

Das Reflexionsgesetz gilt grundsätzlich bei der Reflexion von Lichtstrahlen unabhängig davon, ob es sich bei der reflektierenden Fläche um eine ebene oder raue Oberfläche handelt. Im Fall einer rauen Oberfläche ändert sich jedoch der Einfallswinkel mit dem konkreten Einfallsort, sodass es zu einer Aufweitung des reflektierten Strahls kommt. Generell gilt, je rauer die Oberfläche, desto diffuser die Reflexion. In Abbildung 5 ist in a) die ideal gerichtete Reflexion an einer völlig glatten Oberfläche, in b) eine reale auftretende Streuung an einer unebenen Oberfläche und in c) eine ideal gestreute Reflexion nach dem Lambertschen Gesetz zu sehen.

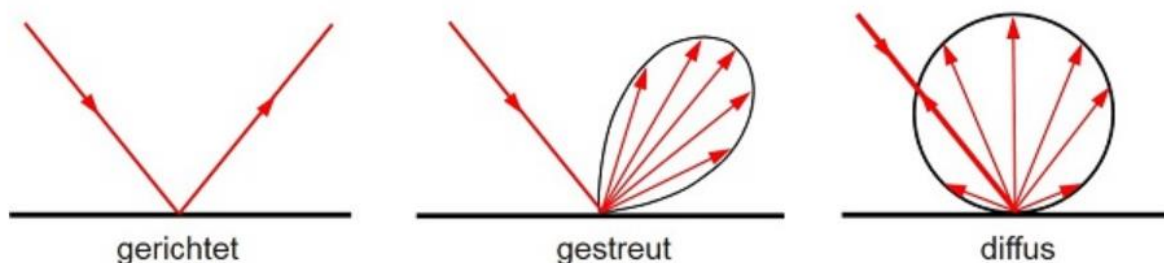


Abbildung 5: (a) gerichtete Reflexion, (b) reale Reflexion, (c) ideale diffuse Reflexion [1]

Bei realer Reflexion kommt es zudem zu sogenannter Bündelaufweitung, einer Streuung um den idealen Reflexionswinkel. Mit steigendem Differenzwinkel zwischen idealem Reflexionswinkel und Streuwinkel nimmt die Intensität der reflektierten Strahlung stark ab. Hier wird, wenn von einer Bündelaufweitung gesprochen wird, das Bogenmaß (oder der Winkel) der Standardabweichung um die Intensität der realen Reflexion verwendet (s. Abbildung 6).

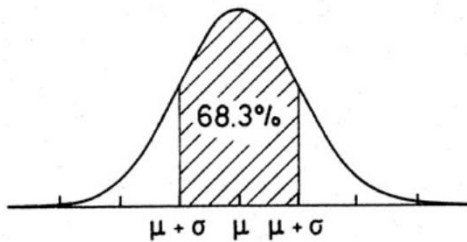


Abbildung 6: Standardabweichung um Maximum einer Normalverteilung

4.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen

Entscheidend für die Reflexionseigenschaften eines PV-Moduls ist die Oberflächenstruktur des Glases. In Abbildung 7 sind Messungen der Oberflächenstruktur und Bilder der auftretenden Reflexion für drei unterschiedlich stark texturierte Frontgläser zu sehen.

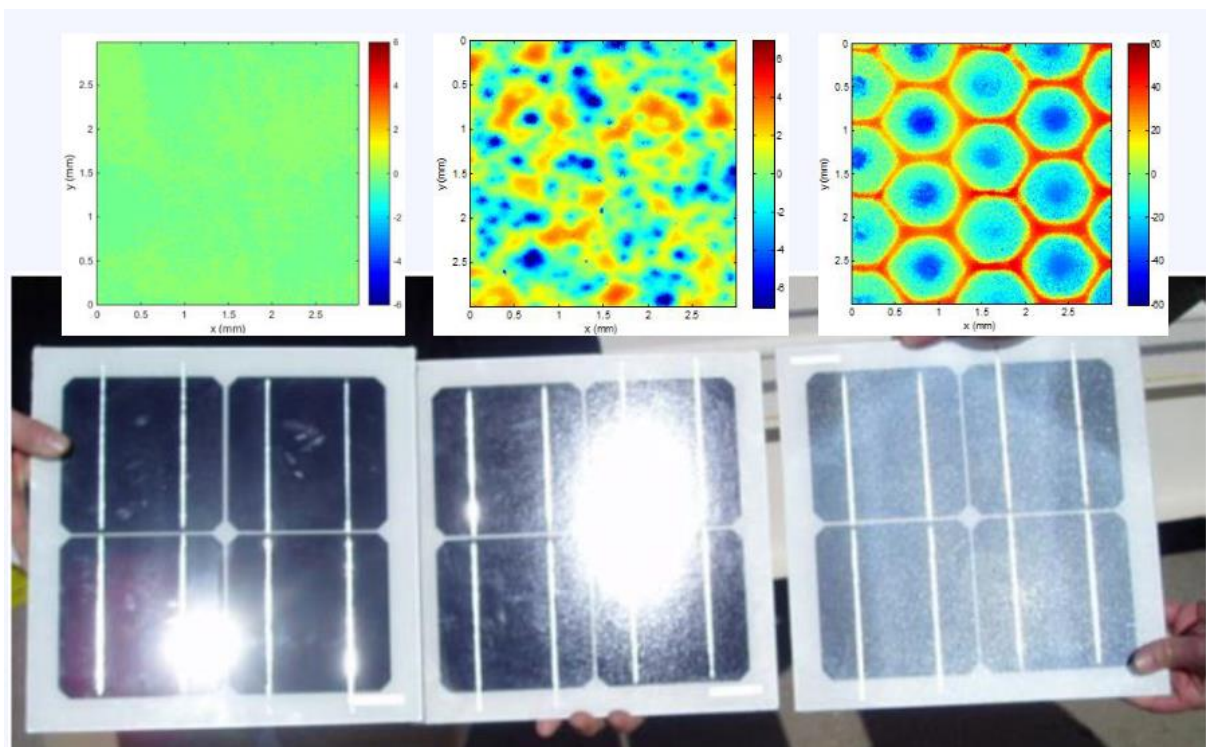


Abbildung 7: Messung der Oberflächenstruktur und Aufnahmen der Reflexion an Solarmodulen mit verschiedener Frontglas-Strukturierung, links: glattes Floatglas, mitte: leicht strukturiert mit Anti-Reflexionsschicht, rechts: tief strukturiert [2]

In der Messdatenanalyse wurde für Floatglas eine Strahlweite von 20 mrad (1,15°), für leicht- bis mittelstark texturiertes Glas eine Aufweitung von 92-184 mrad (5,27-10,56°) und für tiefstrukturiertes Glas 1000 mrad (57°) gemessen [2]. Während leicht bis mittelstark strukturiertes Glas bereits als Standardprodukt vertrieben wird, handelt es sich bei tiefstrukturiertem Glas noch nicht um Massenware, da die Herstellung mit erheblichen Mehrkosten einhergeht. Alternativ ist jedoch auch das Aufbringen geeigneter Folien oder das Verwenden von satiniertem Glas eine Möglichkeit, um beinahe vollständig blendfreie Module herzustellen, siehe Abbildung 8.



Abbildung 8: links: Module mit satinierter Folie [3], rechts: nachträglich sandgestrahltes Modul [4]

Solarmodule sind so konzipiert, dass sie einen möglichst hohen Anteil des Sonnenlichtes nutzen, das Frontglas also einen möglichst hohen Transmissionsgrad und möglichst niedrigen Reflexionsgrad aufweist. Die Transmission von Solargläsern liegt typischerweise bei rund 96% bei senkrechter Einstrahlung, sodass die Reflexionsverluste etwa 4% betragen. Mit Verwendung von Anti-Reflexions-Beschichtungen sind auch Reflexionsgrade von nur 2% möglich. Mit höheren Einfallswinkeln steigt der Reflexionsgrad jedoch bei beinahe allen Modultypen stark an, wie in Abbildung 9 zu sehen ist. Ausnahmen sind hier nur tief texturierte Module.

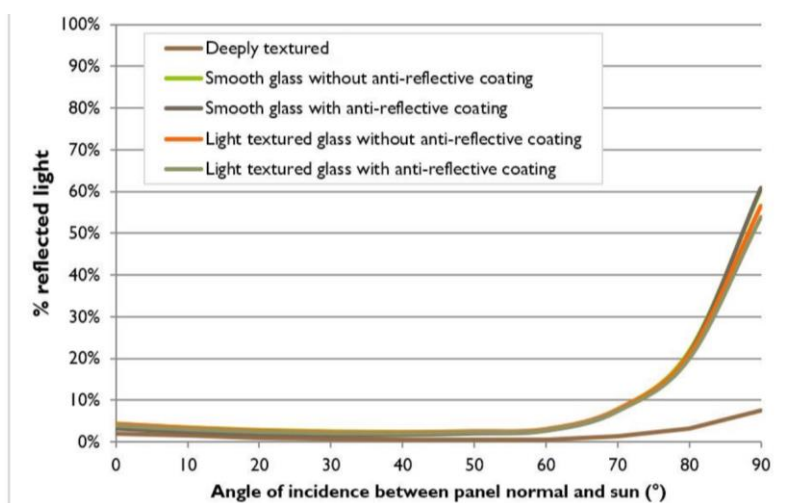


Abbildung 9 Reflexionsgrad über Einfallswinkel für verschiedene Modultypen [2]

4.3 Blendung

Blendung wird hier definiert als eine Störung der Wahrnehmung durch eine Lichtquelle. Hierfür ist zum einen die gewichtete Helligkeit des Sichtfeldes relevant, welche zu einer entsprechenden Adaption des Auges führt, zum anderen die Helligkeit des Objekts, auf welches das Auge fokussiert ist und welches wahrgenommen werden soll.

Es wird zwischen einer Blendung, welche eine Beeinträchtigung der Sicht zur Folge hat und einer Blendung, welche „nur“ als unangenehm empfunden wird, unterschieden. Während eine Beeinträchtigung der Sicht in Verkehrssituationen gänzlich vermieden werden sollte, ist für ortsfeste Beobachter eine kurzzeitige Beeinträchtigung durch Blendung ein geringeres Problem als eine lang andauernde „nur“ unangenehm empfundene Blendung. Wann eine Reflexion als unangenehm empfunden wird, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. In der Literatur werden verschiedene Berechnungsmethoden vorgeschlagen, es hat sich jedoch bisher kein Standard etablieren können [5].

Eine Beeinträchtigung der Sicht liegt vor, wenn die Helligkeit der Blendquelle (gewichtet mit deren Entfernung zum zentralen Sichtfeld) eine Anhebung der adaptiven Helligkeit zur Folge hat, welche dazu führt, dass das Ziel nicht mehr richtig wahrgenommen werden kann. Dies wird in Abbildung 10 verdeutlicht: Erhöht sich die adaptive Helligkeit, erhöht sich auch die minimale Helligkeit, die ein Objekt haben muss, um gut erkennbar zu sein. Das Anpassungsvermögen an die Umgebungshelligkeit endet bei einer Helligkeit zwischen $10^4 - 10^5$ cd/m², was dann als Absolutblendung bezeichnet wird. Ob es durch eine Blendquelle zu einer Absolutblendung kommt, hängt somit immer auch von der Blickrichtung zu dieser ab und ist in der Regel nur bei einer Blickrichtung direkt in die Blendquelle oder in deren direkte Nähe möglich.

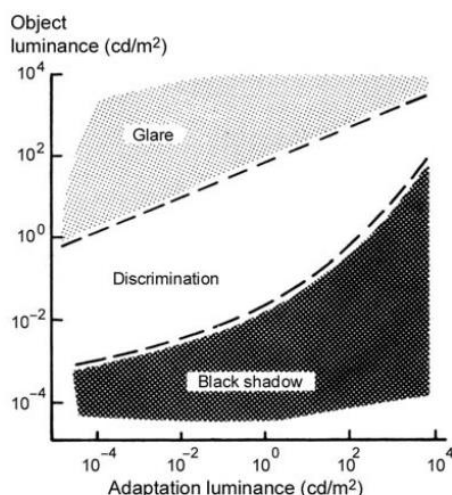


Abbildung 10: Wahrnehmungsbereiche von Objekthelligkeiten in Abhängigkeit der Helligkeitsadaption des Auges [5]

5 Methodik der Untersuchung

Gemäß den LAI-Hinweisen werden folgende Orte als schutzwürdige Räume definiert und sind demnach auf potenzielle Blendung zu untersuchen:

- 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 [6]

Ist einer dieser Räume von Blendung betroffen, wird überprüft, ob es zu einer erheblichen Belästigung im Sinne der LAI-Hinweise kommt. Derzeit gibt es dafür in Deutschland keine gesetzlichen Regelungen, bzw. Grenzwerte. Die LAI-Hinweise leiten Bewertungsgrößen aus einem Hinweispapier für Windenergieanlagen [7] ab und definieren diese Bewertungsgrößen wie folgt:

*„[Gegenwärtig wird davon ausgegangen, dass...] eine erhebliche Belästigung im Sinne des BImSchG durch die maximal mögliche astronomische Blenddauer unter Berücksichtigung aller umliegenden Photovoltaikanlagen vorliegt, wenn diese **mindestens 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr** beträgt.“* [6]

Liegt die Blenddauer unterhalb dieser Grenzwerte, wird die Blendung als allgemein hinnehmbar bewertet. Auch der Österreichische Verband für Elektrotechnik veröffentlichte im November 2016 eine Richtlinie mit identischen Richtwerten für die Ermittlung von durch Blendung verursachter Belästigung [8]. Zusätzlich zu den schutzwürdigen Räumen muss überprüft werden, ob die auftretende Blendung die Sicherheit in folgenden Bereichen gefährdet:

- Straßenverkehr / Schienenverkehr / Schifffahrtsverkehr / Flugverkehr

Tritt in einem dieser Bereiche Blendung auf, kann selbst eine kurzzeitige Blendung schwerwiegende Folgen haben. Es sollte deshalb beim Auftreten von potenzieller Blendung im Verkehrsbereich mit der Behörde und den Beteiligten eine Risikoanalyse zur Gefährdungsbeurteilung vorgenommen werden, um ggf. Blendschutzmaßnahmen vorzunehmen. Zur Bewertung des Straßenverkehrs werden nur Reflexionen im Bereich des Blickwinkels von $\pm 30^\circ$ als relevant erachtet, ausgehend von der jeweiligen Fahrtrichtung. Zur Bewertung des Bahnverkehrs wird die Reflexion im Bereich des Blickwinkels von $\pm 20^\circ$ berücksichtigt.

Für Blendung im Flugverkehr folgt das Gutachten der Beurteilung nach der *European Aviation Safety Agency 2022 - Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design (CS-ADR-DSN)* [9]. In dieser wird festgestellt, dass eine Blendung der Fluglotsen im Tower sowie der Piloten beim Landeanflug und auf dem Flugfeld mit einem inakzeptablen Risiko verbunden ist. Als Grenzwert wird eine Leuchtdichte über 20.000 cd/m^2 definiert.

6 Auswertung

Auf Basis der Geokoordinaten und der Modulausrichtung wird das Reflexionsdiagramm für die Modulflächen erstellt, zu sehen in Abbildung 11. In diesem ist die Richtung der möglichen Reflexionen der Sonne an der Modulfläche zu sehen. Dargestellt sind die sich ergebenden Reflexionsrichtungen in 6 Minuten Abständen über den Tag und in zwei Wochen Abständen über das Jahr. Reflexionen mit einem Höhenwinkel größer 0° gehen in Richtung Himmel, Reflexionen mit einem Azimut von 90° gehen in Richtung Osten.

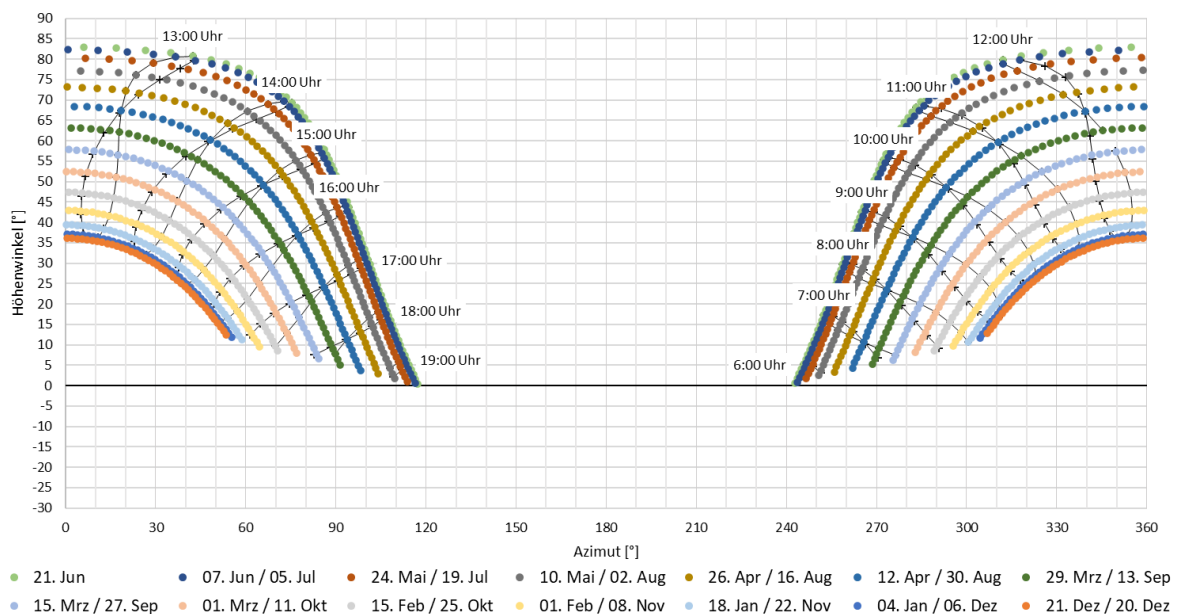


Abbildung 11: Reflexionsdiagramm der Modulfläche: 180° Süd-Ausrichtung, 10° Neigung, (UTC +1)

Gemäß des Reflexionsdiagramms treten an der Modulfläche horizontnahe Reflexionen mit einem Höhenwinkel bis 5° in Richtung Osten zwischen $97 - 117^\circ$ von April bis August und in Richtung Westen zwischen $243 - 263^\circ$ von April bis August auf. Das entspricht Immissionswinkeln zwischen $277 - 297^\circ$ und zwischen $63 - 83^\circ$.

K48

Die K48 verläuft entlang der Modulflächen teils mit Nord/Süd-Richtung, teils in Ost-West-Richtung. Für den Verkehr wird ein Sichtwinkel von $\pm 30^\circ$ zur Fahrtrichtung für relevant erachtet. Es wird eine Immissionshöhe bis maximal 2,5 m über der Straße untersucht.

Im Streckenabschnitt, in welchem die K48 in Nord/Süd-Richtung verläuft, sind für den Verkehr Immissionswinkel zwischen $317 - 17^\circ$ in Fahrtrichtung Norden und zwischen $137 - 197^\circ$ in Fahrtrichtung Süden relevant. Es treten gemäß Reflexionsdiagramm in diesen Bereichen keine horizontnahen

Reflexionen auf, welche auf den Verkehr treffen könnten. Es ist daher von keiner Blendwirkung für die Verkehrsteilnehmer auszugehen und damit von keiner Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit.

Im Streckenabschnitt, in welchem die K48 in Ost-West-Richtung verläuft, sind für den Verkehr Immissionswinkel zwischen 45 – 116° in Fahrtrichtung Osten und zwischen 225 – 296° in Fahrtrichtung Westen relevant. Die Reflexionen liegen hier in beiden Fahrtrichtungen teils im relevanten Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer.

Die Modulflächen liegen bei Fahrtrichtung Westen in Richtung des Sichtfeldes der Verkehrsteilnehmer in einem Abstand von wenigstens 30 m zur Straße. Mit einer maximalen Immissionshöhe von 2,5 m sind damit für den Verkehr Reflexionen mit einem Höhenwinkel von bis zu 3,3° relevant. Solche Reflexionen treten mit Immissionswinkeln zwischen 284 - 297° auf. Die Reflexionen liegen damit im äußeren Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer ab 28° zur Fahrtrichtung, im westlichen Streckenabschnitt bei bis zu 20° in zur Fahrtrichtung. Da die Reflexionen nur im äußeren Sichtfeld auftreten ist von keiner relevanten Blendwirkung auszugehen.

Bei Fahrtrichtung Osten liegen die Modulflächen in Richtung der Reflexionen in einem Abstand von wenigstens 85 m zur Straße. Mit einer maximalen Immissionshöhe von 2,5 m sind damit für den Verkehr Reflexionen mit einem Höhenwinkel von bis zu 1,2° relevant. Solche Reflexionen treten mit Immissionswinkeln zwischen 63 - 67° auf. Die Reflexionen liegen bei bis zu 7° zur Fahrtrichtung, es ist hier eine Blendwirkung auf die Verkehrsteilnehmer zu erwarten. Es werden daher Blendschutzmaßnahmen empfohlen. Zielführend ist eine Sichtunterbrechung an der südlichen Grundstücksgrenze der nördlich der Straße liegenden PV-Flächen mit einer Höhe von wenigstens 2,06 m gemäß der Moduloberkante, wobei der Bereich bis zu Modulunterkante ausgelassen werden kann. Eine Darstellung der Reflexionssituation und der empfohlenen Sichtunterbrechung ist in Abbildung 12 dargestellt.

Als Sichtunterbrechung bieten sich beispielsweise blickdichte feinmaschige Netzen oder Folien an, welche an einer bestehenden Umzäunung angebracht werden können. Alternativ ist auch ein Sichtschutz durch sommergrüne Vegetation ausreichend, da relevante Reflexionen nur im Sommerhalbjahr auftreten.

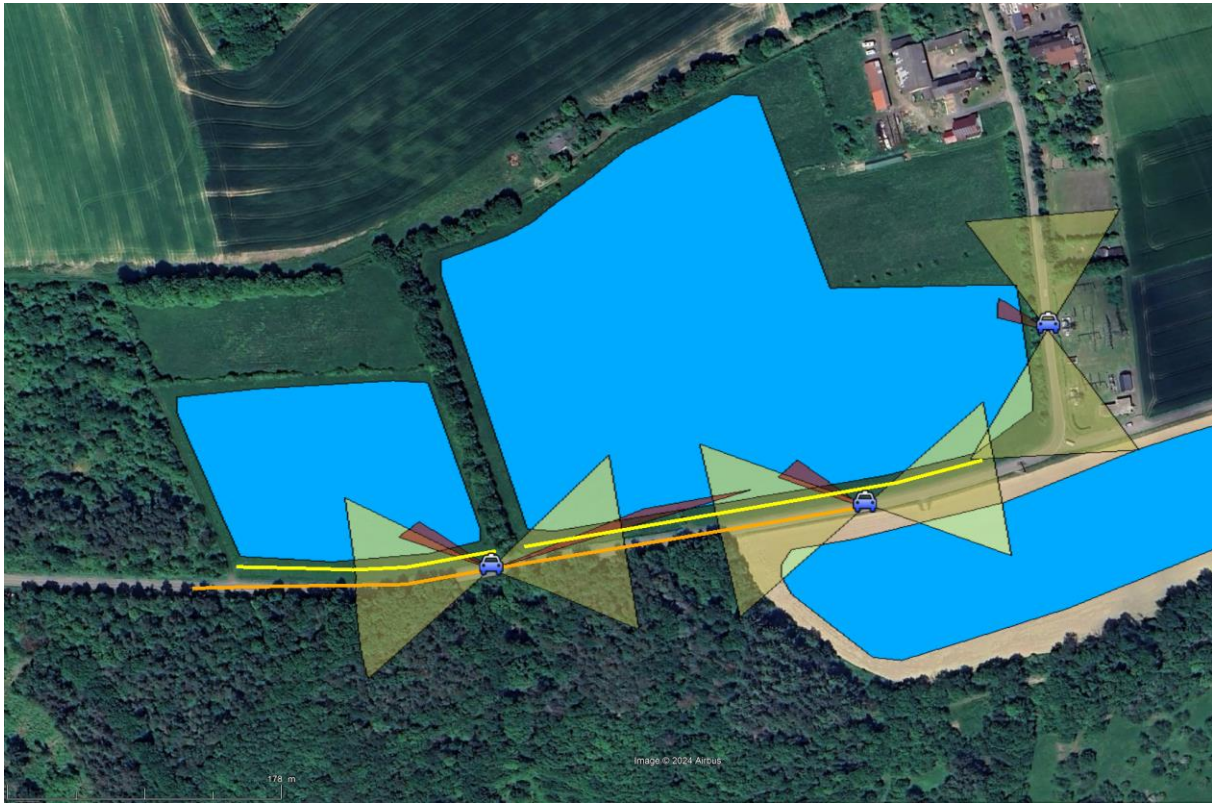


Abbildung 12: Relevanter Sichtwinkel der Verkehrsteilnehmer auf der K48 in Hellgelb, Immissionswinkel möglicher Reflexionen von der Modulfläche in Rot, Streckenabschnitt mit Reflexionen im Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer in Orange, empfohlene Sichtunterbrechung zwischen nördlichen Modulflächen und Straße in Gelb (Quelle: Google Earth)

7 Zusammenfassung

Es wurde die potenzielle Blendung durch Reflexion der Sonne an PV-Modulen der geplanten PV-Anlage Oberbreisig für den Verkehr der anliegenden K48 untersucht.

Das Gutachten kommt zu dem Schluss, dass es auf Basis der Strahlengeometrie, zu Reflexionen im relevanten Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten auf der K48 im ost-west-verlaufenden Streckenabschnitt entlang der Modulflächen kommen kann. Da Reflexionen bei Fahrtrichtung Westen nahe der zentralen Sichtrichtung auftreten ist eine relevante Blendwirkung durch diese nicht auszuschließen und es werden Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

Mit Errichtung einer Sichtunterbrechung mit einer Höhe gemäß der Moduloberkante an der südlichen Grundstücksgrenze der nördlich der Straße liegenden Modulflächen treten auf keinem Streckenabschnitt der K48 Reflexionen im relevanten Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer auf. Es ist dann von keiner relevanten Blendwirkung und von keiner Gefährdung der Verkehrssicherheit durch Reflexionen an den Modulflächen auszugehen.

8 Literaturverzeichnis

- [1] J. Trempler, *Optische Eigenschaften*, Carl Hanser Verlag, 2015.
- [2] J. Yellowhair und C. K. Ho, *Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts*, Proceedings of the ASME 2015 9th International Conference on Energy Sustainability, 2015.
- [3] C. Bucher, <https://www.bulletin.ch/de/news-detail/reflexionen-an-photovoltaikanlagen.html>, 2021.
- [4] P. Warthmann, <https://www.gebaeudetechnik.ch/gebaeudehuelle/photovoltaikanlage/sandstrahl-atelier-loest-blendproblem>, 2021.
- [5] P. R. Boyce, *Human Factors in Lightning*, CRC Press, 2014.
- [6] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg als Vorsitzland der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)*, 2012.
- [7] Länderausschuss für Immissionsschutz, *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immission von Windnergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)*, 2002.
- [8] OVE (Österreichischer Verband für Elektrotechnik), *Blendung durch Photovoltaikanlagen*, Wien, 2016.
- [9] European Union Aviation Safety Agency, *Certification Specifications and Guidance Material for Aerodrome Design (CS-ADR-DSN, Issue 6)*, 2022.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modulflächen der geplanten PVA in Blau und Umgebung (Quelle: Google Earth).....	3
Abbildung 2: Modulbelegungsplan (Quelle: Auftraggeber)	4
Abbildung 3: Zeichnung der Unterkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)	4
Abbildung 4: Reflexion eines Lichtstrahls.....	5
Abbildung 5: (a) gerichtete Reflexion, (b) reale Reflexion, (c) ideale diffuse Reflexion [1].....	5
Abbildung 6: Standardabweichung um Maximum einer Normalverteilung	6
Abbildung 7: Messung der Oberflächenstruktur und Aufnahmen der Reflexion an Solarmodulen mit verschiedener Frontglas-Strukturierung, links: glattes Floatglas, mitte: leicht strukturiert mit Anti-Reflexionsschicht, rechts: tief strukturiert [2]	6
Abbildung 8: links: Module mit satiniertes Folie [3], rechts: nachträglich sandgestrahltes Modul [4]	7
Abbildung 9 Reflexionsgrad über Einfallswinkel für verschiedene Modultypen [2]	7
Abbildung 10: Wahrnehmungsbereiche von Objektivitäten in Abhängigkeit der Helligkeitsadaption des Auges [5]	8
Abbildung 11: Reflexionsdiagramm der Modulfläche: 180° Süd-Ausrichtung, 10° Neigung, (UTC +1).....	10
Abbildung 12: Relevanter Sichtwinkel der Verkehrsteilnehmer auf der K48 in Hellgelb, Immissionswinkel möglicher Reflexionen von der Modulfläche in Rot, Streckenabschnitt mit Reflexionen im Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer in Orange, empfohlene Sichtunterbrechung zwischen nördlichen Modulflächen und Straße in Gelb (Quelle: Google Earth)	12

10 Gewährleistung

Unsere Fachgutachten werden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Die Messungen, Bewertungen, Berechnungen und Simulationen werden entsprechend dem Stand der Wissenschaft und Technik und den anerkannten Regeln der Technik mit größtmöglicher Sorgfalt vorgenommen.

Die Fachgutachten erfolgen auf Basis der vom Auftraggeber übermittelten Informationen und Planungsunterlagen. Diese werden einer fachkritischen Wertung unterzogen. Die Informationen zu den technischen Parametern der einzelnen Komponenten werden soweit möglich mit Herstellerangaben abgeglichen. Dabei wird die Eignung der Komponenten anhand der entsprechenden Zertifikate oder anderer Nachweise geprüft. Der Gutachter unterstellt dabei, dass die für die Komponenten geltenden anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden. Für Fehlangaben des Auftraggebers sowie modellbedingte Abweichungen hat der Gutachter nicht einzustehen. Die in den Fachgutachten verwendeten Messungen sind mit Messunsicherheiten behaftet. Die Bewertungen anhand von Berechnungen sind mit Unsicherheiten in der Modellierung verbunden. Somit können Abweichungen zwischen den gemessenen und berechneten Werten zu den tatsächlichen Werten nicht ausgeschlossen werden. Der Gutachter ist bestrebt, die Abweichungen gering zu halten.

Für einfache und grobe Fahrlässigkeit gilt eine Haftungsbegrenzung auf folgende Beträge:

1. Die Haftung für einfache Fahrlässigkeit ist auf einen Betrag von 100.000 € beschränkt.
2. Die Haftung für alle sonstigen Fälle der Fahrlässigkeit ist auf einen Betrag von 200.000 € begrenzt.
3. Die Haftung für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit wird durch die vereinbarten Haftungsbegrenzungen nicht berührt. Das gleiche gilt für die Haftung wegen Vorsatz.