



DGS Landesverband Berlin Brandenburg e.V.

Erich-Steinfurth-Str. 8

10243 Berlin

Tel. +49 (0)30 29 38 12 80

E-Mail solarservices@dgs-berlin.de

Web www.dgs-berlin.de

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

Anlage: Solarpark Bippen
52.607556°, 7.663507° und 52.585656°, 7.633763°
49626, Bippen

in Auftrag gegeben von: AMPYR Solar Deutschland GmbH
Oeder Weg 113
60318 Frankfurt am Main

Projektnummer: A-LV26/0035

Gutachter: Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn

Bearbeiter: Dr. Laurent Kroely

Berlin, 02.04.2026

Handelsregister:
Amtsgericht
Charlottenburg
HRB 90823 B

Bankverbindung:
Bank für Sozialwirtschaft
BLZ 100 205 00
Konto 130 96 00

U-ID-Nr.: DE 813844044
Steuer-Nr.: 37/259/32257
BIC: BFSWDE33BER
IBAN: DE 84 1002 0500 00013 09600

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Untersuchungsziel und Bewertungsgrundlagen	4
3	Methodik der Untersuchung mit ForgeSolar	5
	3.1 Simulationstool und Modellierung	5
	3.2 Bewertung der Blendwirkung	6
4	Projektbeschreibung	8
	4.1 Beschreibung der Umgebung	8
	4.2 Beschreibung der PV-Anlage	9
5	Simulation mit ForgeSolar	11
	5.1 PV-Anlage	13
	5.2 Immissionsorte	14
6	Ergebnisse mit ForgeSolar	15
	6.1 Schutzwürdige Nachbarschaft	16
	6.2 Diekwall	21
	6.3 Grüne Riede Weg Mitte	22
	6.4 Grüne Riede Weg West	25
	6.5 L60 Ost	26
	6.6 Mühlenweg	28
	6.7 Schafsdrift	31
	6.8 Lange Zufahrtstr.	32
7	Literaturverzeichnis	34
8	Abbildungsverzeichnis	36
9	Gewährleistung	38
10	Vorbehaltsklausel für die Veröffentlichung des Gutachtens	38
11	Anhang	39

1 Zusammenfassung

Es wurde die potenzielle Blendung durch Reflexion der Sonne an PV-Modulen der geplanten PV-Anlage Bippen (siehe Kapitel 4.1) für folgende Immissionsorte untersucht:

- Für beide PV-Flächen: die schutzwürdige Nachbarschaft
- Für die PV-Fläche Ohrtermersch:
 - o Hütfeldstr.
 - o Schafsdrift
 - o Grüne Riede Weg
- Für die PV-Fläche Ohrte:
 - o Mühlenweg
 - o Lange Zufahrtstraße
 - o Kurze Zufahrtstraße
 - o Diekwall
 - o Lingener Str. / L60

Das Gutachten kommt auf Basis der durchgeführten Simulation zu dem Schluss, dass es zu keinen gefährlichen Reflexionen im relevanten Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten auf den umliegenden Verkehrswegen kommen kann. Es ist entsprechend von keiner Gefährdung der Verkehrssicherheit auszugehen.

Um ein geringes potenzielles Risiko beim Abbiegen in den Mühlenweg komplett zu vermeiden, wird im Kapitel 6.2.6 (Seite 29) eine mögliche Lösung beschrieben.

Für die anliegende schutzwürdige Nachbarschaft werden die Grenzwerte für die potenzielle Blenddauer, wie sie durch die Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (kurz: LAI) vorgeschlagen werden, nur bei zwei Gebäuden leicht überschritten. Nach detaillierter Bewertung im Kapitel 6.1 (Seite 16) wird auch für diese zwei Standorte nicht von einer erheblichen Beeinträchtigung der Nutzung der Gebäude ausgegangen.

Es werden keine Blendschutzmaßnahmen für notwendig erachtet.

2 Untersuchungsziel und Bewertungsgrundlagen

Im folgenden Gutachten wird die durch Reflexion direkter Sonneneinstrahlung verursachte Lichtemission der geplanten PV-Anlage (PVA) Bippen und die damit einhergehende potenzielle Beeinträchtigung umliegender definierter Immissionsorte (siehe Kapitel 4) untersucht. Sofern potenzielle Lichtimmissionen zu einer Gefährdung oder erheblichen Beeinträchtigung der Umgebung führen können, werden geeignete Maßnahmen zur Vermeidung entsprechender Auswirkungen dargestellt.

Die Beurteilung der Immissionswirkung erfolgt unter Berücksichtigung der fachlichen Literatur und der maßgeblichen rechtlichen Dokumente. Die Grundlagen der fachlichen Bewertung sind in Kapitel 11A (Seite 39) dargestellt. Eine Übersicht der bestehenden Regulatorik zum Thema Lichtimmissionen ist in Kapitel 11B (Seite 45) aufgeführt.

3 Methodik der Untersuchung mit ForgeSolar

3.1 Simulationstool und Modellierung

Als Simulationstool zur Bestimmung der auftretenden Blendung wird das Programm *ForgeSolar* der Firma Sims Industries, LLC verwendet. Dieses basiert auf dem wissenschaftlichen Modell „Solar Glare Hazard Analysis Tool“, welches durch die Sandia National Laboratories, New Mexico, entwickelt wurde. Dieses wurde 2013 in den USA von staatlicher Seite anerkannt und bis 2021 war eine Analyse mit diesem Tool verpflichtend für PV-Flächen in Flughafenumgebung [1].

Das Tool berechnet aus den lokalen Sonnenständen die Einfallswinkel auf die mit Modulen belegte Fläche. Hierzu werden auf einer Karte die belegten Flächen markiert und die Ausrichtung (Neigungswinkel und Azimut) eingestellt. Mit den Höhendaten des Geländes für die Ecken der belegten Fläche wird eine einheitliche Fläche approximiert. Es lassen sich verschiedene Modultypen mit unterschiedlichen Reflexionseigenschaften auswählen, welche im Wesentlichen darüber entscheiden, wie stark das reflektierte Licht gestreut wird. Die Simulation wertet nur als relevant markierte Beobachtungspunkte und Strecken aus. Die Auflösung der Simulation ist minütlich und erfolgt für ein Kalenderjahr. Die Blendwirkung wird für einen perfekt wolkenlosen Himmel berechnet. Somit ergeben sich die astronomisch maximalen Blendzeiträume. Für weitere Informationen wird an dieser Stelle auf die Webseite von ForgeSolar verwiesen [2].

Über die Parametrisierung der Rauigkeit der Moduloberfläche lässt sich in der Simulation die Strahlaufweitung verschiedener Modulklassen abbilden. Wenn hierzu keine genaueren Angaben in Form von Messprotokollen vorliegen, wird für die Simulation der potenziellen Blendwirkung auf den Verkehr von einem marktüblichen Glas mit einer Rauigkeit (slope error) von 6,55 mrad gewählt, was einer Aufweitung von ca. $\pm 2,5^\circ$ entspricht. Dies ist hinsichtlich der resultierenden Leuchtdichte als worst-case Szenario anzusehen, da die meisten handelsüblichen Module leicht texturiert sind und eine Antireflexionsbeschichtung aufweisen. Für die Simulation der potenziellen Blendzeiträume auf schutzwürdige Immissionsorte wird in einer zweiten Simulation dagegen eine Rauigkeit von 0 mrad gewählt, um den Ansatz der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (kurz: LAI) [3] (ideale Verspiegelung) nachzubilden.

Zur Bewertung der Blendung im Straßenverkehr werden nur Reflexionen im Bereich des Blickwinkels von $\pm 30^\circ$ berücksichtigt, ausgehend von der jeweiligen Fahrtrichtung. Zur Bewertung des Bahnverkehrs werden die Reflexionen im Bereich des Blickwinkels von $\pm 20^\circ$ berücksichtigt. In Verkehrssituationen, in welchen ein erweitertes Blickfeld relevant ist, werden entsprechend größere Blickwinkel berücksichtigt. Bei einfachen, nicht konzentrierenden Reflexionen außerhalb dieses Sichtfelds ist von keinen relevanten Blendwirkungen für die Erfüllung der Fahraufgaben auszugehen.

Die Immissionshöhe im Straßenverkehr wird in der Regel auf eine Höhe von 2,7 m festgelegt, was der maximalen Sichthöhe von Lastkraftwagen entspricht. Grund hierfür ist, dass in der Regel höhere Beobachtungspositionen auch einer stärkeren Blendung ausgesetzt sind. In Situationen, in denen das nicht zutrifft, weil eine Blendung von oben stattfindet, wird die Sichthöhe stattdessen auf 1,0 m über der Fahrbahn festgelegt, um in diesem Fall einen PKW abzubilden. Die Immissionshöhe für Bahntrassen wird typischerweise

auf 3 m über der Trasse festgelegt. Werden Reflexionen im relevanten Sichtfeld festgestellt, so erfolgt die Berechnung der Blendwirkung auf Basis der Strahlengeometrie und der physiologischen Grundlagen des Sehapparats, wie sie detaillierter in Kapitel 11A beschrieben werden.

Bei der Untersuchung schutzwürdiger Immissionsorte (z. B. Wohngebäude) werden exemplarisch diejenigen Gebäude, Fenster und Aufenthaltsbereiche betrachtet, die aufgrund ihrer Lage die längsten potenziellen Blendzeiträume erwarten lassen (Worst-Case-Ansatz). Vor diesem Hintergrund ist nicht davon auszugehen, dass andere umliegende Immissionsorte, die nicht im Detail aufgeführt werden, höhere potenzielle Immissionsdauern aufweisen.

Reflexionen, welche aus der gleichen Richtung wie die direkte Sonnenstrahlung kommen, werden in Übereinstimmung mit der beschriebenen Methodik der LAI-Hinweise [4] bei Untersuchung schutzwürdiger Immissionsorte nicht betrachtet. Die Differenz der Richtungsvektoren von Reflexionsstrahl und Sonneneinstrahlung darf hierzu weniger als 10° betragen. Dies wird begründet dadurch, dass die Sonne, die eine höhere Lichtintensität aufweist als die Reflexion, als Hauptblendquelle wahrgenommen wird und die Reflexion in diesen Fällen keine zusätzliche Blendungsquelle darstellt. Im Straßen- und Bahnverkehr werden die Reflexionen erst bei sehr tiefen Sonnenständen (Höhe $\leq 5^\circ$) gefiltert, weil dann eine Sonnenblende nicht mehr effektiv zum Einsatz kommen kann [5].

3.2 Bewertung der Blendwirkung

Die Simulation wertet jede PV-Fläche und jeden Beobachtungspunkt bzw. Strecke einzeln aus. Es werden dabei folgende Werte für jede Minute, jeweils für die betreffende Position, berechnet:

- Die Einstrahlungsstärke der Sonne in Abhängigkeit der Uhrzeit [W/m^2]
- Der Reflexionsgrad der PV-Fläche [%]
- Alle Strahlungsvektoren
- Der äquivalente Öffnungswinkel der blendenden PV-Fläche aus Sicht des Beobachters [rad]
- Die Bestrahlungsstärke der Reflexion auf der Netzhaut [W/cm^2]
- Die Einstufung des Blendpotenzials auf Basis der Bestrahlungsstärke und der Größe der Blendquelle [grün/gelb/rot]
- Die Leuchtdichte der Reflexionen [cd/m^2]

Das Blendpotenzial bei einem direkten Blick in die Blendquelle wird gemäß Abbildung 1 in drei Bereiche unterteilt. Im grünen Bereich ist davon auszugehen, dass keine anhaltende Beeinträchtigung der Sicht stattfindet, im gelben Bereich kann es dagegen zu Sichteinschränkungen mit einer Dauer länger einer Sekunde kommen und im roten Bereich sogar zu dauerhaften Verbrennungen der Netzhaut. Je größer die Blendquelle ist (angegeben als äquivalenter Sichtwinkel in Milliradian), desto größer ist auch deren Blendpotenzial.

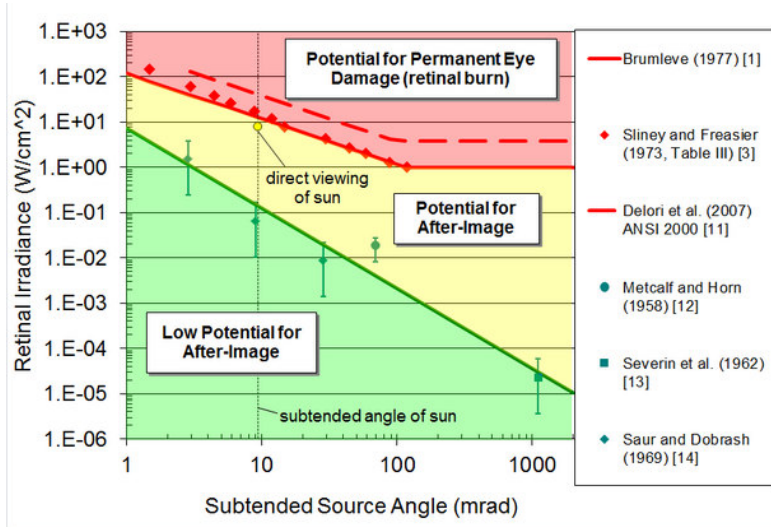


Abbildung 1: Einstufung des Blendpotenzials hinsichtlich der Sichtbeeinträchtigung [2]

4 Projektbeschreibung

4.1 Beschreibung der Umgebung

Die geplante PVA besteht aus zwei Flächen nordwestlich und südwestlich des Gemeindeteils Ohrtermersch der Mitgliedsgemeinde Bippen im nordwestlichen Landkreis Osnabrück in Niedersachsen. Südöstlich der Fläche „Ohrte“ liegt die Lingener Straße/L60. Die schutzwürdige Nachbarschaft und die anderen umliegenden Straßen werden auch untersucht. Die zwei Flächen sind auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen geplant. Das Gelände ist weitestgehend eben (durchschnittliche Basisneigung unter 1°). Eine Übersicht über die nähere Umgebung der PV-Anlage wird in Abbildung 2 gegeben. Ein Ortstermin wurde nicht durchgeführt.



Abbildung 2: Modulflächen der geplanten PVA in Blau und Umgebung (Quelle: Google Earth)

4.2 Beschreibung der PV-Anlage

Die PVA ist auf zwei Flächen (Ohrtermersch und Ohrte) von jeweils ca. 15 ha und mit einer DC-Leistung von insgesamt ca. 41,9 MWp geplant. Vorgesehen ist eine Süd-Ausrichtung mit 180° Azimut und einem Neigungswinkel von 15° . Die Belegungspläne sind in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt. Etwaige kleinere Abweichungen der Azimut-Ausrichtung gegenüber den in den Planungsdaten des Auftraggebers aufgeführten Werten sind auf das verwendete Referenzsystem zurückzuführen. Für die Analyse wird ein geodätisches Referenzsystem verwendet.

Als Unterkonstruktion kommt ein 2-Pfeiler-System zum Einsatz. Die Modulunterkante ist auf 0,8 m Höhe und die Moduloberkante auf 2,8 m geplant. Die Unterkonstruktion ist schematisch in Abbildung 5 dargestellt.



Abbildung 3: Modulbelegungsplan der Fläche Ohrtermersch (Quelle: Auftraggeber)



Abbildung 4: Modulbelegungsplan der Fläche Ohrte (Quelle: Auftraggeber)

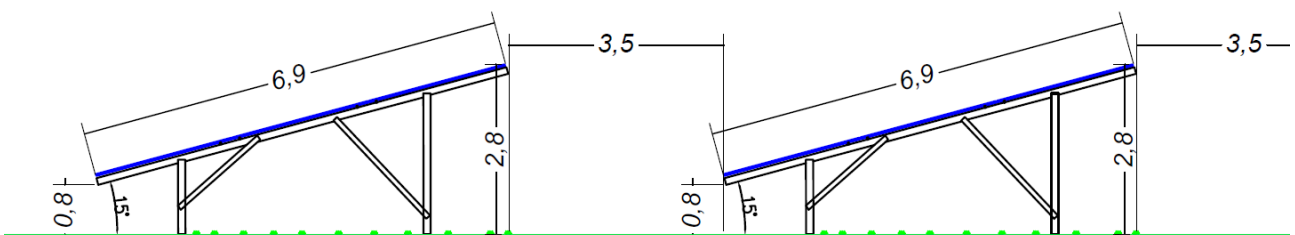


Abbildung 5: Zeichnung der Unterkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

5 Simulation mit ForgeSolar

Dieses Kapitel stellt die Simulationsparameter dar. Es werden die Eingabedaten und Simulationsparameter für die PV-Flächen und die zu untersuchenden Immissionsorte aufgeführt. In Abbildung 6, Abbildung 7, Abbildung 8 und Abbildung 9 sind Übersichten über die angelegte Simulation dargestellt. Sichtunterbrechungen durch das Gelände oder Objekte/Häuser werden durch die Simulation nicht automatisch ermittelt und müssen manuell eingetragen werden.



Abbildung 6: PV-Fläche Ohrtermersch und schutzwürdige Nachbarschaft (rote Punkte) in der Simulationssoftware ForgeSolar

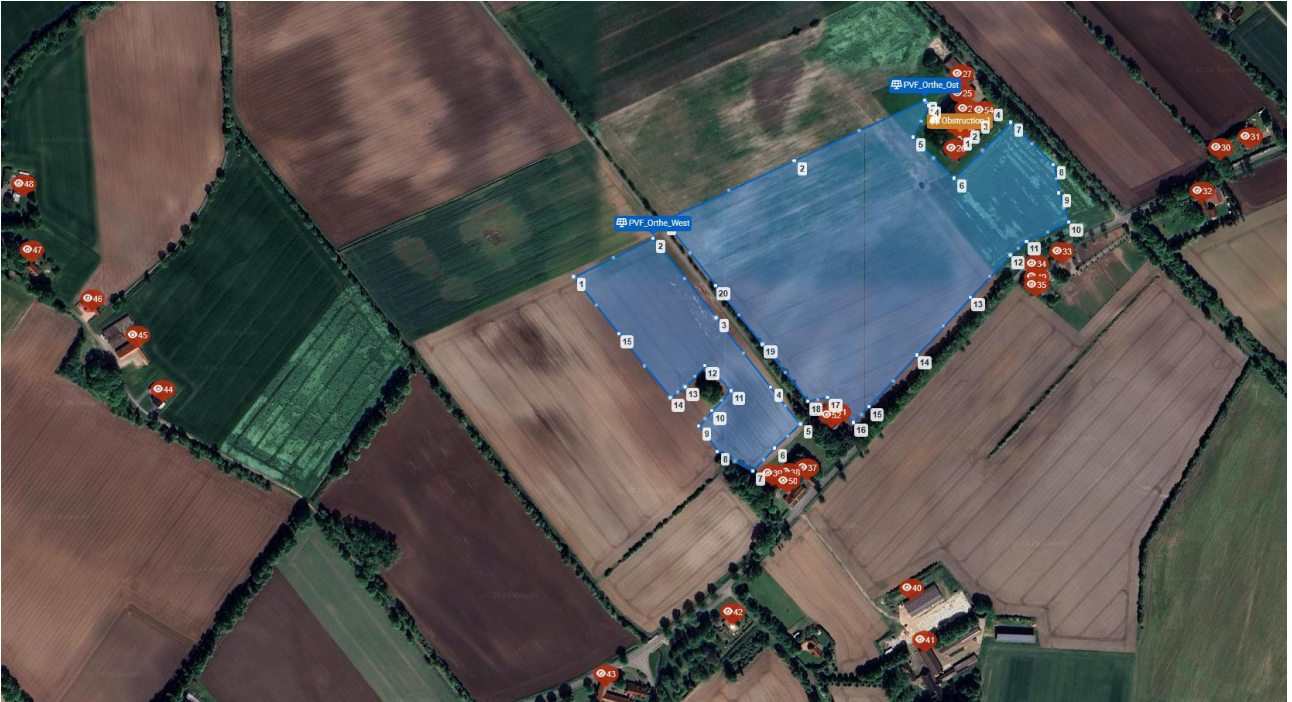


Abbildung 7: PV-Fläche Ohrte und schutzwürdige Nachbarschaft (rote Punkte) in der Simulationssoftware ForgeSolar



Abbildung 8: PV-Fläche Ohrtermersch und umliegende Straßen in der Simulationssoftware ForgeSolar



Abbildung 9: PV-Fläche Ohrte und umliegende Straßen in der Simulationssoftware ForgeSolar

5.1 PV-Anlage

Für die Simulation werden die Eingabedaten der PV-Anlage mit den Koordinaten und der Höhe über Normalhöhennull ermittelt. Die Nachstellung im Simulationsprogramm basiert auf den vom Auftraggeber bereitgestellten Planungsunterlagen sowie auf Satellitendaten. Als maximale Bestrahlungsstärke auf die horizontale Fläche werden 915 W/m^2 angesetzt. Die genauen Koordinaten der Eckpunkte der PV-Flächen sind in Tabelle 3 im Anhang D (Seite 48) aufgeführt.

5.2 Immissionsorte

Folgende relevante Immissionsorte werden untersucht:

- Für beide PV-Flächen: die schutzwürdige Nachbarschaft
- Für die PV-Fläche Ohrtermersch:
 - o Hütfeldstr.
 - o Schafsdrift
 - o Grüne Riede Weg
- Für die PV-Fläche Ohrte:
 - o Mühlenweg
 - o lange Zufahrtstraße
 - o kurze Zufahrtstraße
 - o Diekwall
 - o Lingener Str. / L60

Grundlage für die gewählten Immissionsorte sind Angaben des Auftraggebers sowie Satellitenbilder. Die exakten Koordinaten, die Höhen ü. NN, die für die Simulation angenommenen Untersuchungshöhen und die daraus resultierenden Gesamthöhen sind aus Tabelle 4 im Anhang D (Seite 49) zu entnehmen.

Die Wirtschaftswege werden nicht untersucht.

6 Ergebnisse mit ForgeSolar

In Tabelle 1 und Tabelle 2 sind die ermittelten Ergebnisse der Simulation bezüglich der potenziell auftretenden solaren Blendungen durch Reflexionen dargestellt. Werte, welche den LAI-Grenzwert von 30 Stunden/Jahr bzw. 30 Minuten/Tag überschreiten und einen schutzbedürftigen Ort betreffen oder eine kritische Blendung im Verkehr betreffen, sind in Rot dargestellt. **Immissionsorte ohne Reflexionen sind in den Tabellen nicht aufgelistet.**

Tabelle 1: Simulationsergebnisse für die schutzwürdige Nachbarschaft nach Filterung der Ergebnisse

Immissionsort	Potenzielle Blenddauer in Stunden über ein Jahr	Längste potenzielle tägliche Blenddauer in Minuten
Beobachtungspunkt 1	5	4
Beobachtungspunkt 2	7	5
Beobachtungspunkt 3	7	5
Beobachtungspunkt 4	6	4
Beobachtungspunkt 5	1	3
Beobachtungspunkt 6	3	3
Beobachtungspunkt 10	5	4
Beobachtungspunkt 11	11	8
Beobachtungspunkt 12	19	12
Beobachtungspunkt 13	27	15
Beobachtungspunkt 14	20	15
Beobachtungspunkt 15	19	11
Beobachtungspunkt 16	30	19
Beobachtungspunkt 26	4	4
Beobachtungspunkt 28	3	6
Beobachtungspunkt 29	8	7
Beobachtungspunkt 32	2	3
Beobachtungspunkt 33	27	15
Beobachtungspunkt 34	2	2
Beobachtungspunkt 35	23	13
Beobachtungspunkt 36	28	16
Beobachtungspunkt 37	28	16
Beobachtungspunkt 38	12	9
Beobachtungspunkt 44	1	4
Beobachtungspunkt 49	26	14
Beobachtungspunkt 51	25	15
Beobachtungspunkt 52	35	16
Beobachtungspunkt 53	3	6
Beobachtungspunkt 55	21	10
Beobachtungspunkt 56	16	11

Tabelle 2: Simulationsergebnisse für die Straßen nach Filterung der Ergebnisse

Immissionsort	Potenzielle Blenddauer in Stunden über ein Jahr	Längste potenzielle tägliche Blenddauer in Minuten
Diekwall	8	14
Grüne Riede Weg Mitte	1	4
Grüne Riede Weg West	6	11
L60 Ost	3	14
Mühlenweg	74	40
Schafsdrift	32	37
Lange Zufahrtstr.	2	9

6.1 Schutzwürdige Nachbarschaft

6.1.1 Beobachtungspunkt 16

Der Beobachtungspunkt 16 liegt südöstlich der PV-Fläche Ohrtermersch (s. Abbildung 10).



Abbildung 10: Position des Beobachtungspunkts 16 (Simulationssoftware ForgeSolar)

Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 11 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 24.04. bis zum 19.08. zwischen 6:50 - 7:21 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 65 - 77° auf. Weiter tritt potenzielle Blendung vom 24.04. bis zum 19.08. zwischen 19:41 - 20:14 Uhr mit

Immissionswinkeln zwischen 283 - 295° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 19 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 30,5 Stunden.

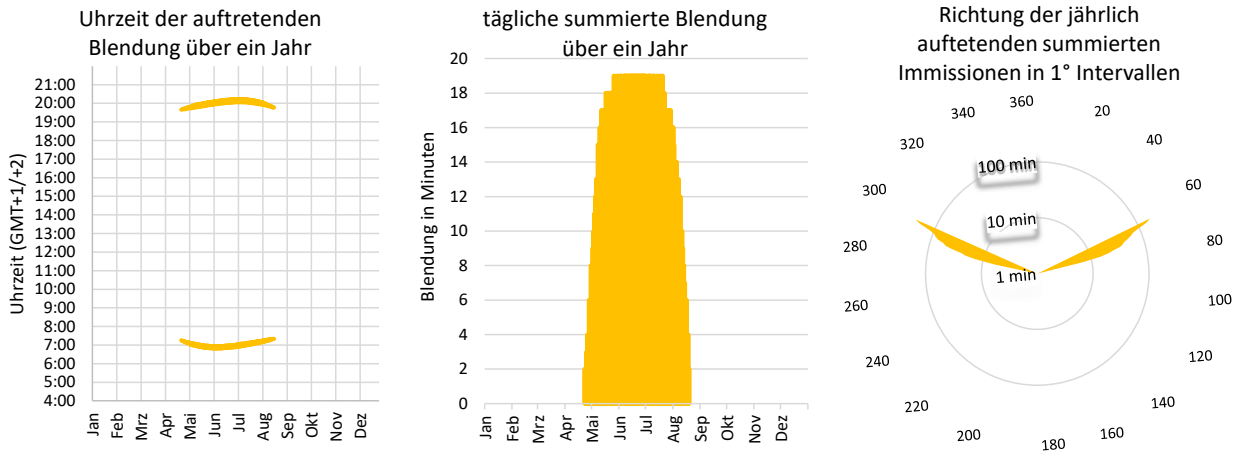


Abbildung 11: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung

Detaillierte Fotos der Fassaden liegen nicht vor und konnten auch in öffentlichen Quellen nicht gefunden werden. Laut Informationen des Auftraggebers ist das Gebäude ein Schweinestall. Ob überhaupt Fenster vorhanden sind, ist unbekannt. Da potenzielle Reflexionen im Sommer auftreten, wird davon ausgegangen, dass die Bäume um das Gebäude weitestgehend sie unterbrechen werden. Für die nördliche Fassade sind die Reflexionen sowieso sehr streifend und für die östliche und westliche Fassaden werden alle Reflexionsdauern halbiert.

Es wird davon ausgegangen, dass diese Reflexionen für die Nutzung des Schweinestalls keine erhebliche Beeinträchtigung sein werden. **Es werden keine Blendschutzmaßnahmen für notwendig erachtet.**

6.2.1 Beobachtungspunkt 52

Dieser Punkt ist das Haus am Mühlenweg 2 zwischen den zwei PV-Flächen Ohrte (s. Abbildung 12). Fotos der nordwestlichen Fassaden liegen vor (s. Abbildung 13). Laut Angaben des Auftraggebers wird das Gebäude derzeit renoviert und soll erst in zwei Jahren bewohnt werden.



Abbildung 12: Position des Beobachtungspunktes 52 (Simulationssoftware ForgeSolar)



Abbildung 13: Nordwestliche Fassade des Hauses am Mühlenweg 2 (Quelle: Auftraggeber)

Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 14 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 24.03. bis zum 17.09. zwischen 18:14 - 20:10 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 269 - 295° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 16 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 35,2 Stunden. Die möglichen Immissionswinkel und das relevante Sichtfeld sind in Abbildung 15 dargestellt.

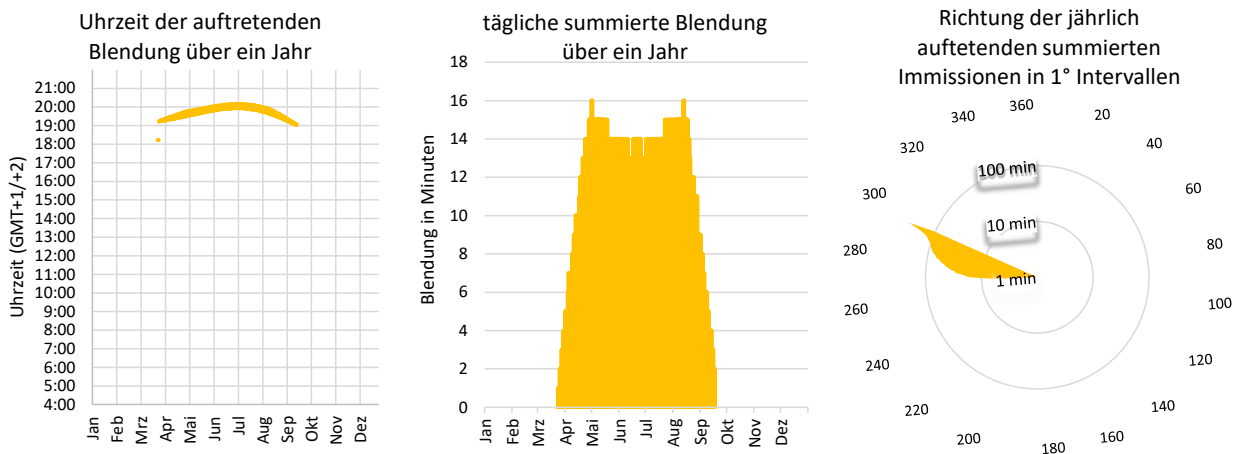


Abbildung 14: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung

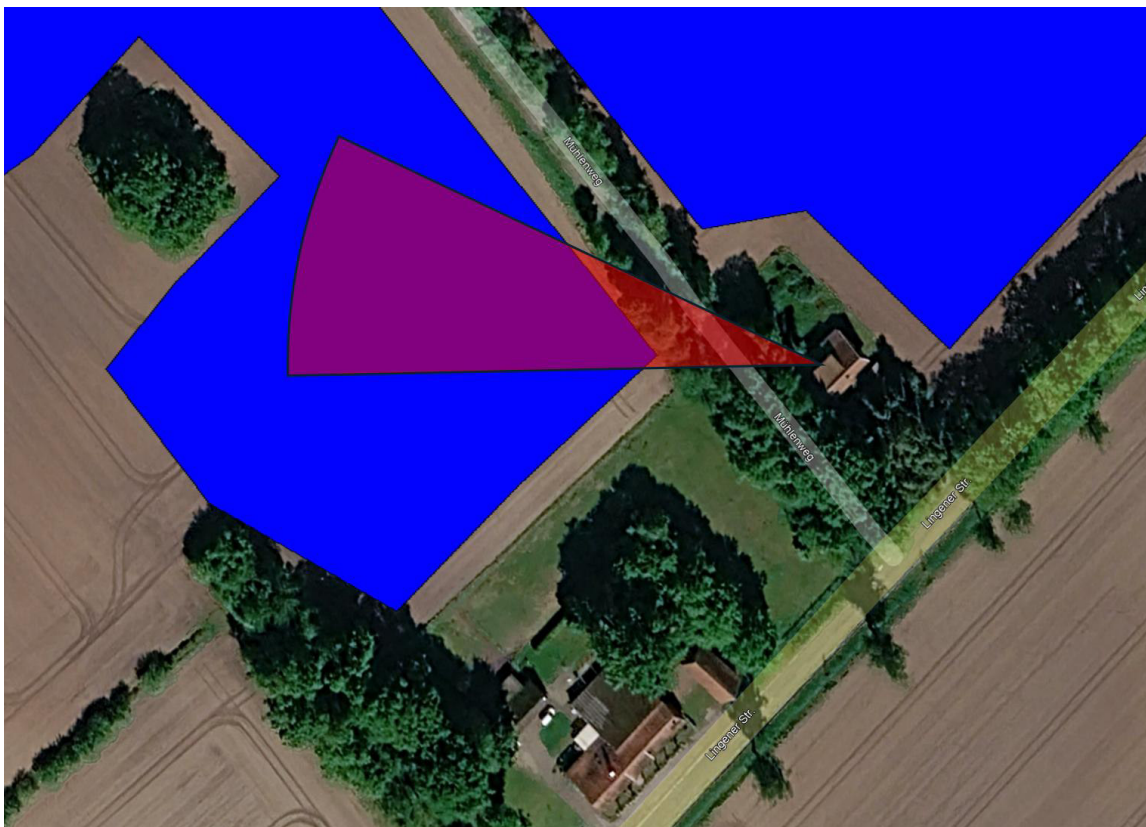


Abbildung 15: Potenzielle Immissionswinkel in Rot

Die potenziellen Reflexionen treten in der Halbsommerzeit auf. Sie sind weniger als 20° entfernt von der Position der Sonne, sodass die Anwohner ohnehin auf schwierige Lichtverhältnisse eingestellt sind. Die in den LAI-Hinweisen vorgeschlagene Grenze von 30 Stunden pro Jahr wird nur leicht überschritten und es stehen zwischen dem Solarpark und den Fenstern zwei Reihen von hohen Bäumen (s. Abbildung 16, Höhen zwischen 9 m und 21 m).

Unter Bestehen der Bäume wird nicht von einer erheblichen Beeinträchtigung der Anwohner ausgegangen.

Es werden keine Blendschutzmaßnahmen für notwendig erachtet.

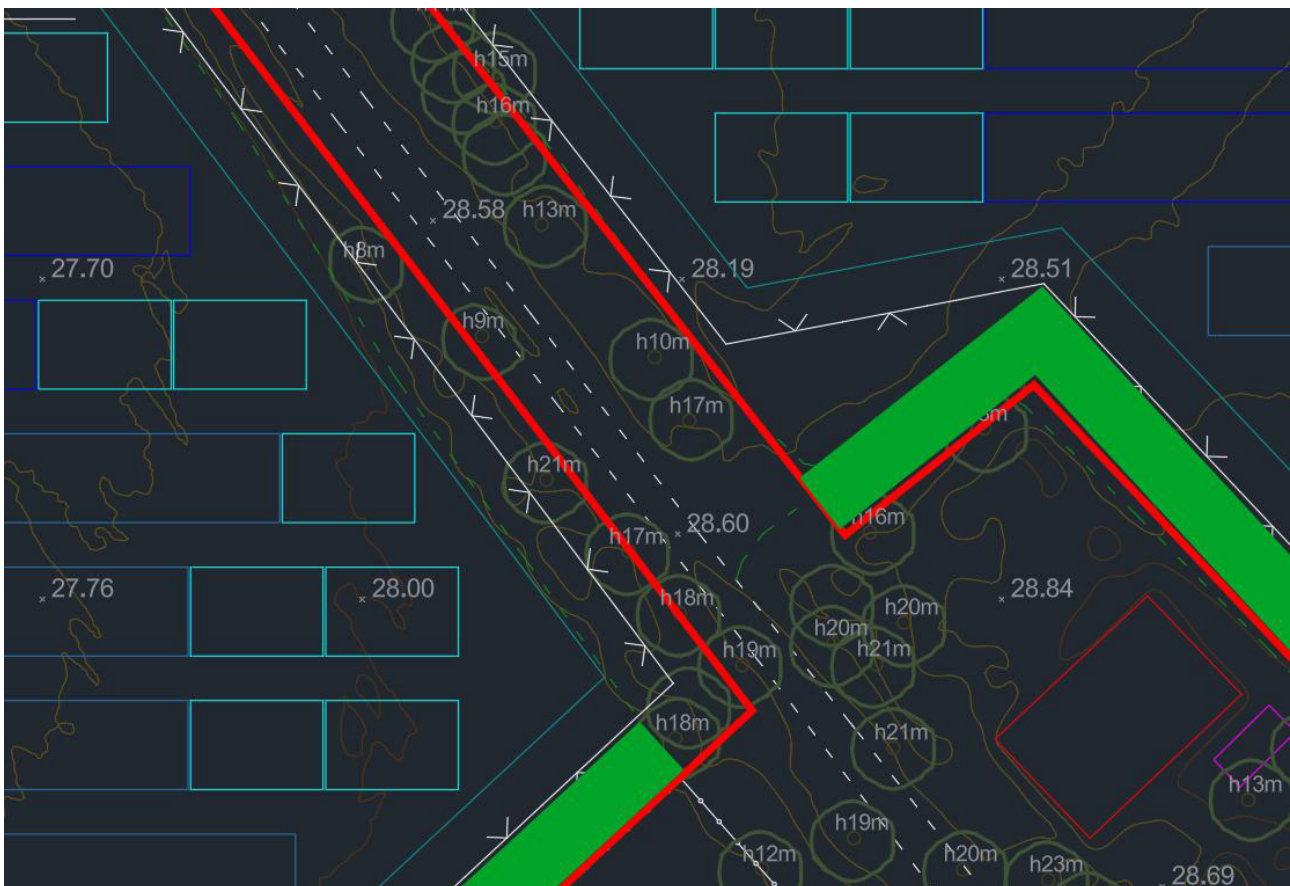


Abbildung 16: Vermessung der Höhen der Bäume beim Mühlenweg 2 (Quelle: Auftraggeber)

6.2 Diekwall

Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 17 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 07.04. bis zum 02.05. und vom 11.08. bis zum 04.09. zwischen 7:01 - 7:33 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 74 - 84° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 14 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 7,9 Stunden. Die möglichen Immissionswinkel und das relevante Sichtfeld sind in Abbildung 18 dargestellt.

In Richtung der potenziellen Reflexionen liegt der Solarpark in einer Entfernung von mindestens ca. 1 km. Die Reflexionen treten am Rand des relevanten Sichtfeldes der Verkehrsbeteiligten: Es bleiben mindestens ca. 22° zur Fahrtrichtung frei von Reflexionen. Aus der Entfernung ist der vertikale Öffnungswinkel der Blendquelle kleiner als 0,3°, sodass anlehnend auf dem *Eckpunktepapier Photovoltaik: Blendwirkungen und Blendgutachten* des Fernstraßen-Bundesamts (FBA) [5] (s. auch Kapitel B.3, Seite 46) anzunehmen ist, dass keine erheblichen Blendwirkungen möglich sind.

Es werden keine Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

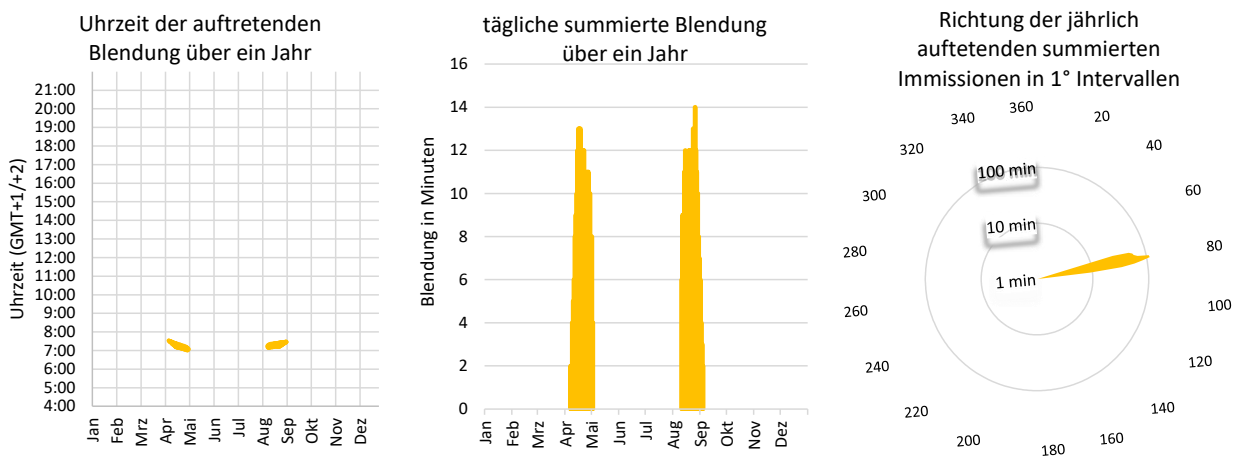


Abbildung 17: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung



Abbildung 18: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange

6.3 Grüne Riede Weg Mitte



Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 19 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 27.05. bis zum 02.06. und vom 05.06. bis zum 07.07. zwischen 6:49 - 7:03 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 65 - 67° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 4 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 1,5 Stunden. Die möglichen Immissionswinkel und das relevante Sichtfeld sind in Abbildung 20 dargestellt.

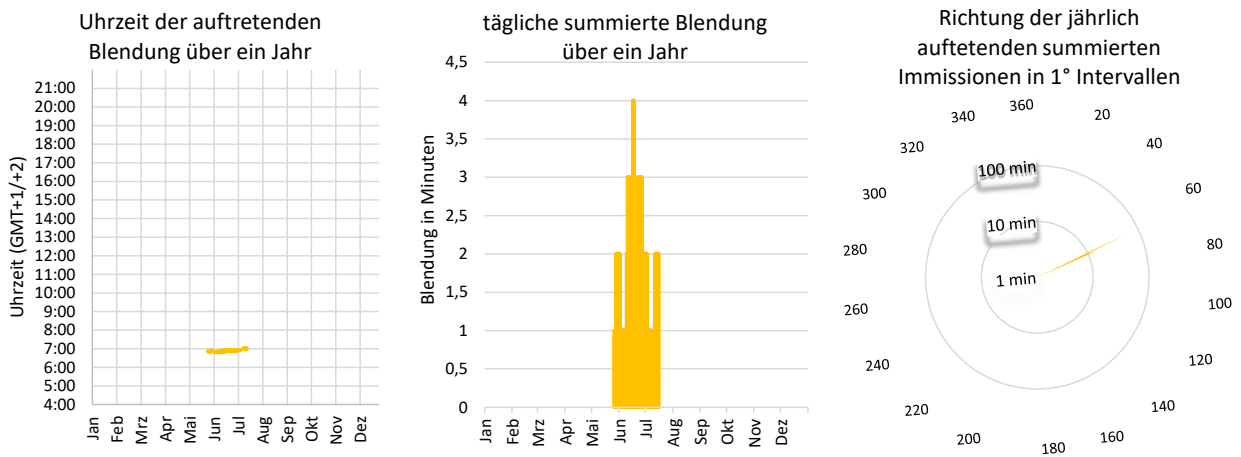


Abbildung 19: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung



Abbildung 20: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange

Die PV-Fläche in der Simulationssoftware ForgeSolar ist die maximal belegbare Fläche. Wie in Abbildung 21 gezeigt, enthält die potenziell verursachende PV-Fläche eigentlich laut Modulbelegungsplan nur drei Modultische (rot markiert). Unter Bestehen der Bäume ist mindestens der westlichste Modultisch um die Uhrzeit der Reflexionen verschattet (s. Abbildung 22). Weiter treten die potenziellen Reflexionen bei tiefstehender Sonne ($< 15^\circ$) aus ähnlicher Richtung wie die direkte Strahlung der Sonne (max. 16° Unterschied) auf. Die Verkehrsteilnehmer sind damit ohnehin auf schwierige Sichtverhältnisse eingestellt. Mit einer Entfernung von mindestens 400 m wird die potenzielle Blendwirkung für diese wenig befahrene Straße als unkritisch eingestuft.

Es werden keine Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

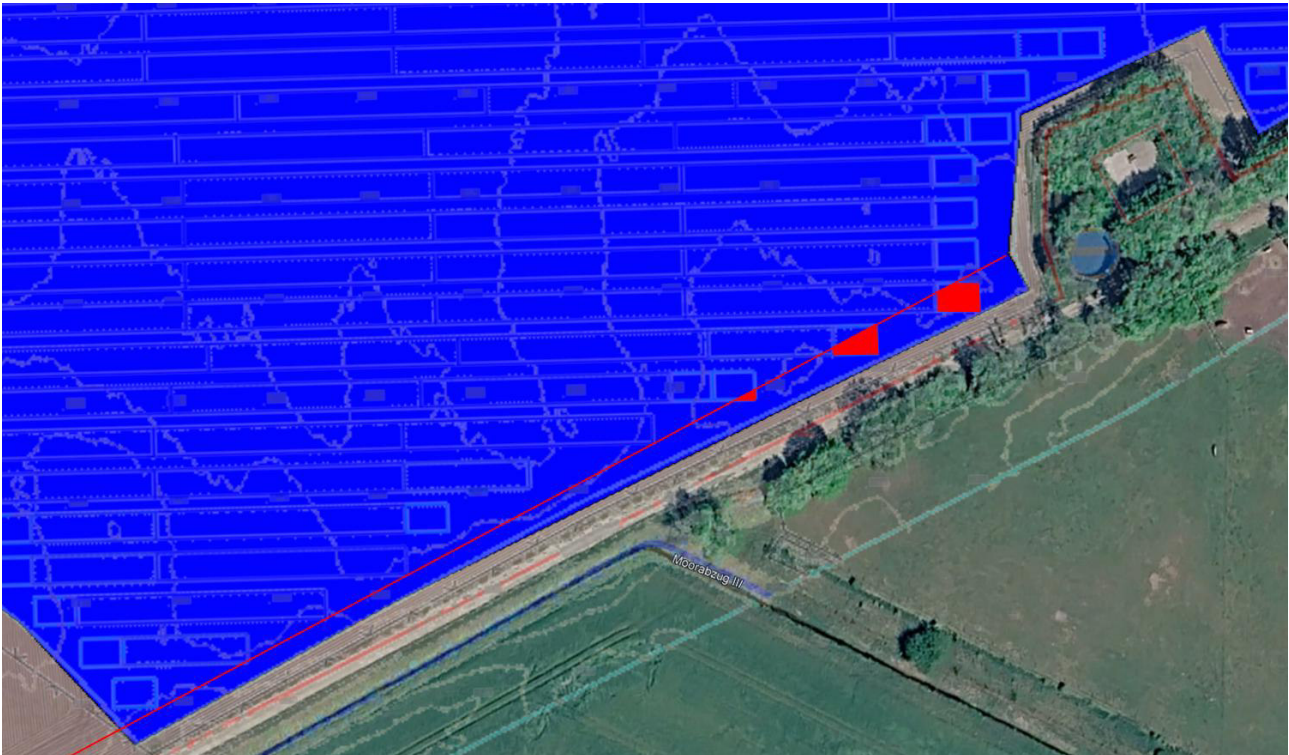


Abbildung 21: Modultische in der potenziell verursachende PV-Fläche in Rot



Abbildung 22: Verschattungskarte der Umgebung der PV-Fläche Ohrtermersch am 15.06. um 7:00 Uhr
(Quelle: <https://shademap.app>)

6.4 Grüne Riede Weg West



Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 23 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 15.04. bis zum 09.05. und vom 04.08. bis zum 26.08. zwischen 6:47 - 7:15 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 71 - 79° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 11 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 5,8 Stunden. Die möglichen Immissionswinkel und das relevante Sichtfeld sind in Abbildung 24 dargestellt.

Dieser Teil der Straße verläuft mit ca. 105°, sodass mindestens 26° zur Fahrtrichtung frei von Reflexionen bleiben. Zwischen dem Solarpark und der Straße gibt es drei Reihen von Bäumen. Für diese gerade und wenig befahrene Straße werden diese potenziellen Reflexionen als unkritisch eingestuft.

Es werden keine Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

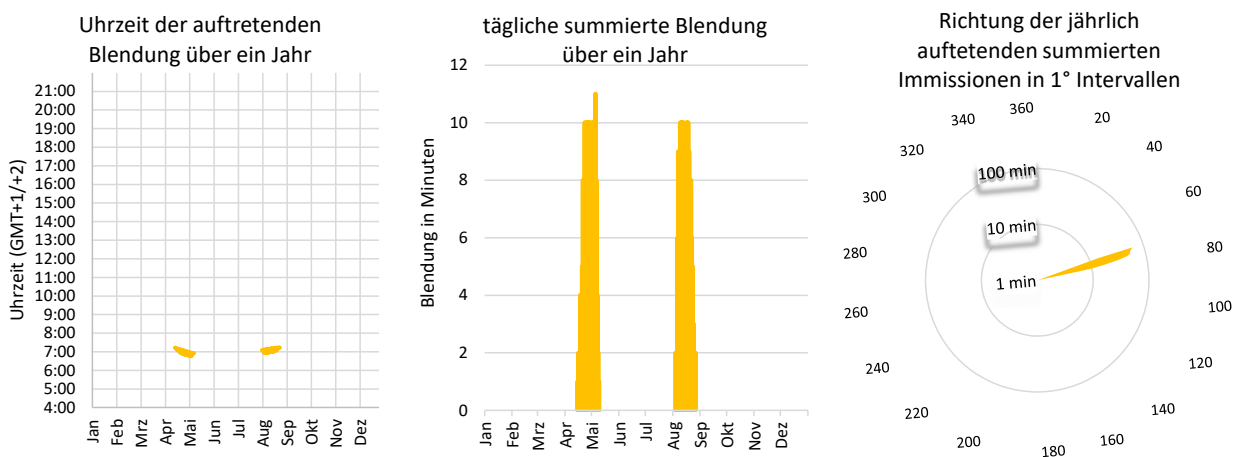


Abbildung 23: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung

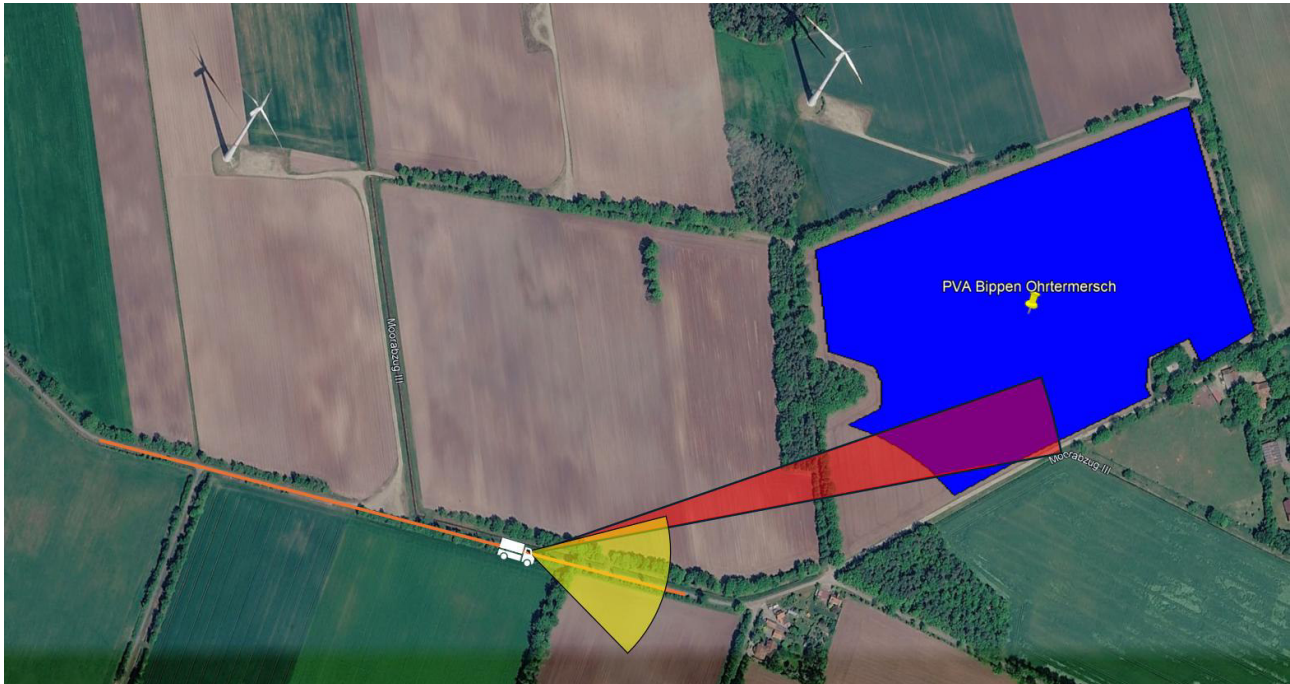
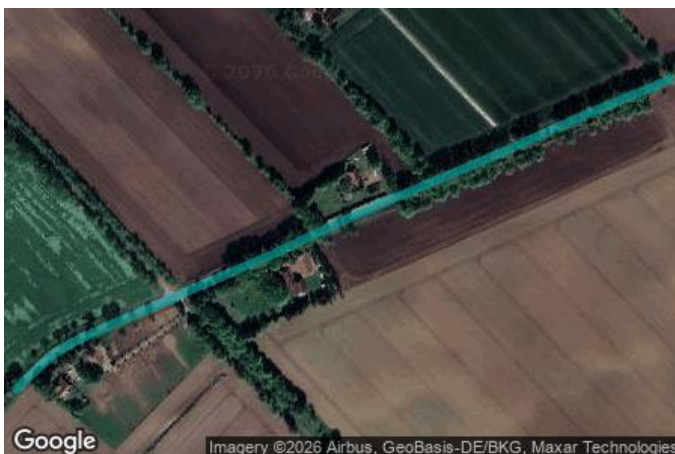


Abbildung 24: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange

6.5 L60 Ost



Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 25 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 04.04. bis zum 16.04. und vom 26.08. bis zum 07.09. zwischen 19:22 - 19:44 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 274 - 280° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 14 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 3,4 Stunden. Die möglichen Immissionswinkel und das relevante Sichtfeld sind in Abbildung 26 dargestellt.

Die betroffene Strecke auf der L60 ist gerade und die maximale Fahrgeschwindigkeit beträgt 70 km/h. In Fahrtrichtung Westen verläuft die Lingener Str./L60 in diesem Teil mit ca. 246°. Es bleiben also mindestens 28° frei von Reflexionen. Weiter treten die potenziellen Reflexionen bei tiefstehender Sonne (< 8°) aus ähnlicher Richtung wie die direkte Strahlung der Sonne (max. 12° Unterschied) auf. Die Verkehrsteilnehmer

sind damit ohnehin auf schwierige Sichtverhältnisse eingestellt. Aus diesen Gründen ist nicht von einer Gefährdung der Verkehrssicherheit auszugehen.

Es werden keine Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

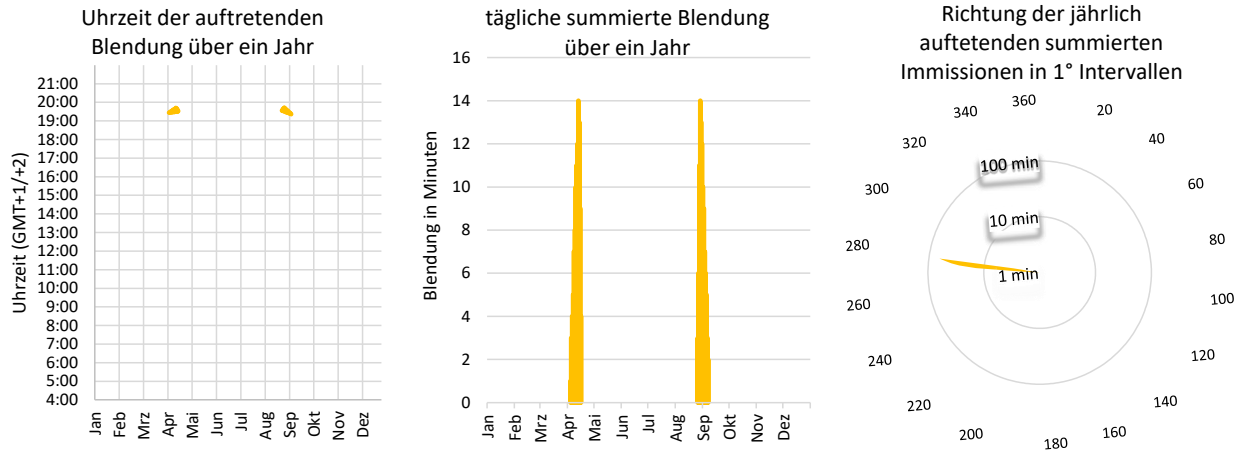


Abbildung 25: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung

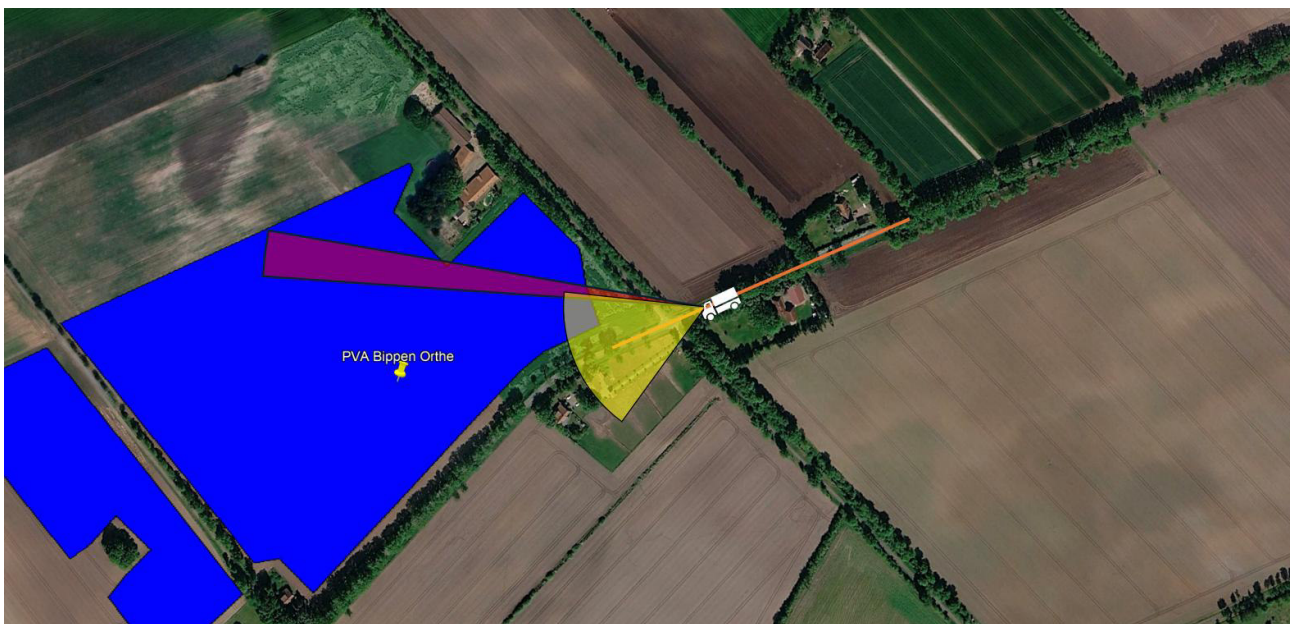


Abbildung 26: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange

6.6 Mühlenweg

Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 27 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 19.04. bis zum 24.08. zwischen 19:26 - 20:30 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 281 - 297° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 40 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 73,6 Stunden. Die möglichen Immissionswinkel und das relevante Sichtfeld sind in Abbildung 28 dargestellt.

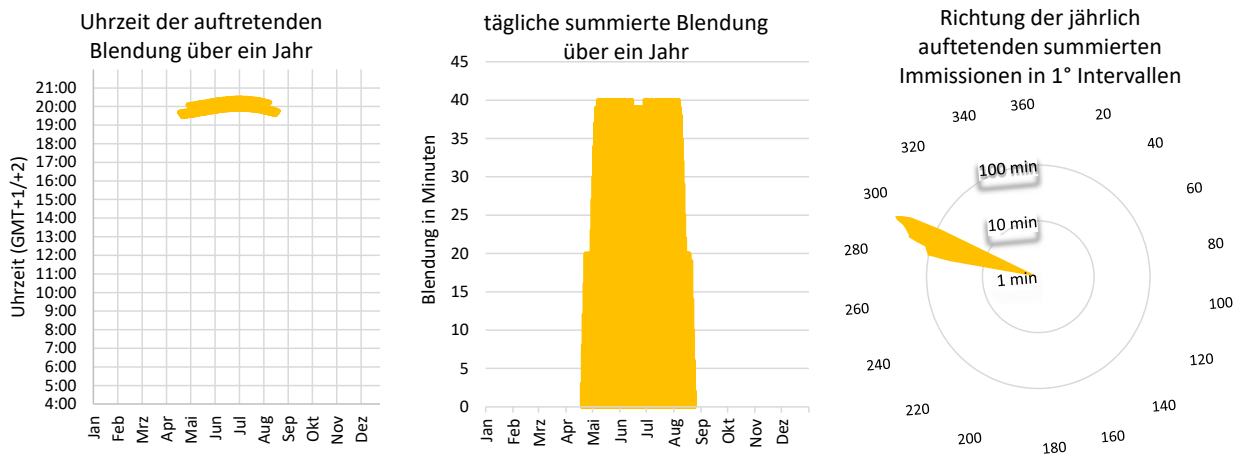


Abbildung 27: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung



Abbildung 28: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange



Abbildung 29: Südlicher Teil des Mühlenwegs (Quelle: Google Street View)

6.1.6 Für den Mühlenweg

Für diesen geraden, wenig befahrenen Weg mit niedriger Fahrgeschwindigkeit (s. Abbildung 29) werden diese potenziellen Reflexionen als unkritisch eingestuft, weil mindestens 24° zur Fahrtrichtung frei von Reflexionen bleiben.

Es werden für den Weg keine Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

6.2.6 Für das Abbiegen in den Mühlenweg

Für die Verkehrsbeteiligten auf der L60 in Fahrtrichtung Südwesten, die nach rechts in den Mühlenweg abbiegen möchten, kann es zu einer Überraschung kommen, da die Reflexionen zuvor von den Bäumen unterbrochen werden (s. Abbildung 30). Ein auf dem Mühlenweg nach Süden fahrendes Fahrzeug könnte zu spät gesehen werden. Da der Mühlenweg allerdings sicherlich wenig befahren ist, wird das Risiko, dass diese Situation eintritt, als sehr gering eingeschätzt, weshalb keine Blendschutzmaßnahmen empfohlen werden.

Sollte eine Behörde der Meinung sein, dass dieses Risiko ausgeschlossen werden soll, ist eine Sichtunterbrechung mit einer Höhe entsprechend der Moduloberkante und einer Länge wie auf der Abbildung 31 gezeichnet eine effektive Lösung. Für die Umsetzung bieten sich feinmaschige Netze an, welche an der bestehenden Umzäunung angebracht werden können. Auch das Anpflanzen eines während der von Reflexionen betroffenen Jahreszeit laubtragenden, blickdichten Gehölzstreifens ist geeignet.



Abbildung 30: Linkes Bild: Keine Sichtverbindung mit dem Solarpark vor dem Abbiegen. Rechtes Bild: Winkel der potenziellen Reflexionen (rote Linien) aus dem Solarpark (blaues Volumen) beim Abbiegen (Quelle: Google Street View und Google Earth)



Abbildung 31: Sichtunterbrechung in Gelb, um alle potenziellen Reflexionen beim Abbiegen in den Mühlenweg zu vermeiden

6.7 Schafsdrift

Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 32 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 20.03. bis zum 03.05. und vom 09.08. bis zum 22.09. zwischen 18:10 - 19:59 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 267 - 286° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 37 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 32,5 Stunden. Die möglichen Immissionswinkel und das relevante Sichtfeld sind in Abbildung 33 dargestellt.

Bilder der Straße konnten in öffentlichen Quellen nicht gefunden werden. Es wird angenommen, dass die maximale Fahrgeschwindigkeit gering ist und die Straße wenig befahren ist. Sie verläuft mit ca. 252°, sodass mindestens 15° zur Fahrtrichtung frei von Reflexionen bleiben. Weiter treten die potenziellen Reflexionen bei tiefstehender Sonne (< 14°) aus ähnlicher Richtung wie die direkte Strahlung der Sonne (weniger als 22° zwischen Sonne und Reflexionen) auf. Verkehrsteilnehmer sind damit ohnehin auf schwierige Sichtverhältnisse eingestellt.

Die Verkehrsteilnehmer kommen an der Kreuzung mit der Hütfeldstr. und dem Feldweg zum Rollen mit niedriger Geschwindigkeit und die Reflexionen treten schon vor der Kreuzung auf, sodass es keinen Überraschungseffekt geben soll. Aus diesen Gründen wird auch für die Kreuzung von einer Gefährdung der Verkehrssicherheit nicht ausgegangen.

Es werden keine Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

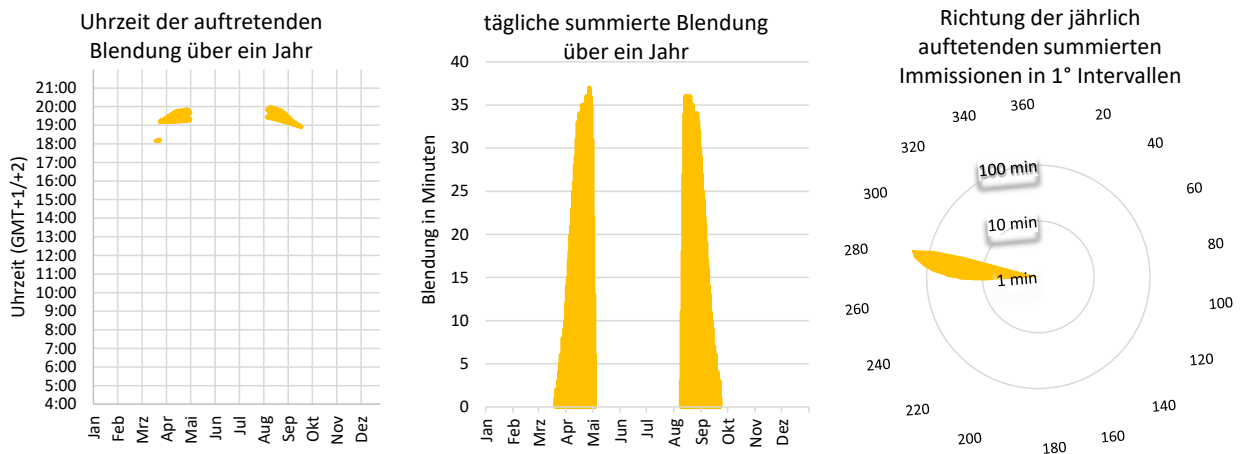


Abbildung 32: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung



Abbildung 33: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange

6.8 Lange Zufahrtstr.



Die Ergebnisse der Simulation für diesen Immissionsort sind in Abbildung 34 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach aus dem PV-Feld Ohrte Ost vom 07.04. bis zum 16.04. und vom 27.08. bis zum 04.09. zwischen 7:17 - 7:32 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 80 - 84° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 9 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 1,7 Stunden. Die möglichen Immissionswinkel und das relevante Sichtfeld sind in Abbildung 35 dargestellt.

In Richtung der Reflexionen beträgt die Entfernung zur PV-Feld Ohrte Ost mehr als 700 m. Die potenziellen Reflexionen treten am äußersten Rand des relevanten Sichtfeldes und werden deswegen für diese Zufahrtstraße mit geringer Fahrgeschwindigkeit als unkritisch eingestuft.

Es werden keine Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

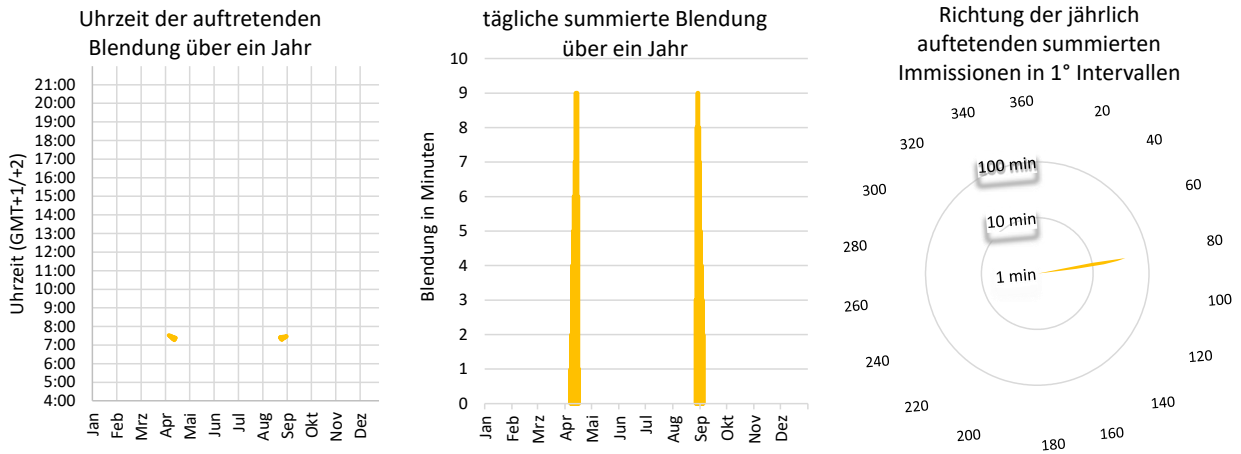


Abbildung 34: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung



Abbildung 35: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange

7 Literaturverzeichnis

- [1] Federal Aviation Administration (FAA), *Interim Policy, FAA Review of Solar Energy System Projects on Federally Obligated Airports*, 2013.
- [2] ForgeSolar / Sims Industries, LLC, *ForgeSolar Help – Guidance and methodology for PV glare analysis*, 2025.
- [3] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, redaktionelle Überarbeitung mit Formelkorrektur, Stand 03.2018,“ 2018.
- [4] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen (WKA – Schattenwurfhinweise), Aktualisierung 2019, Stand 23.01.2020,“ Deutschland, 2020.
- [5] Fernstraßen-Bundesamt (FBA) and Autobahn GmbH des Bundes and Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) and Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr and Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg and Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr and Landesbetrieb für Straßenbau - Saarland and Straßenbauverwaltung Schleswig-Holstein, „Eckpunktepapier Photovoltaik: Blendwirkungen und Blendgutachten,“ 2025.
- [6] J. Trempler, *Optische Eigenschaften*, München: Carl Hanser Verlag, 2015.
- [7] J. Yellowhair und C. K. Ho, „Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts,“ 2015.
- [8] C. Bucher, *Reflexionen an Photovoltaikanlagen*, 2021.
- [9] P. Warthmann, *Sandstrahl-Atelier löst Blendproblem bei Photovoltaikanlage*, 2021.
- [10] P. R. Boyce, *Human Factors in Lighting*, 3 Hrsg., Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2014.
- [11] J. J. Vos, „Reflections on glare,“ *Lighting Research & Technology*, Bd. 35, p. 163–175, June 2003.
- [12] H.-D. Reidenbach, K. Dollinger, G. Ott, M. Janßen und M. Brose, *Blendung durch optische Strahlungsquellen*, 1 Hrsg., Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2008, p. 407.
- [13] H.-W. Bodmann und E. A. Voit, „Versuche zur Beschreibung der Hellempfindung,“ *Lichttechnik*, Bd. 14, p. 394–400, 1962.

- [14] J. W. A. M. Alferdinck, A. Toet, N. van der Leden und L. Zonneveldt, „Glare from sound barriers. Phase 2 and 3: Experiments and modelling,“ Soesterberg, 2008.
- [15] A. Stockman, M. Langendörfer, H. E. Smithson und L. T. Sharpe, „Human cone light adaptation: from behavioral measurements to molecular mechanisms,“ *Journal of Vision*, Bd. 6, p. 1194–1213, 2006.
- [16] N. Gaspelin, E. Ruthruff und M.-C. Lien, „The problem of latent attentional capture: Easy visual search conceals capture by task-irrelevant abrupt onsets,“ *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Bd. 42, p. 1104–1120, August 2016.
- [17] EASA, „CS-ADR-DSN Issue 6,“ 2022.
- [18] I. Reda und A. Andreas, „Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications,“ Golden, 2008.
- [19] S. J. Anderson und I. E. Holliday, „Night driving: effects of glare from vehicle headlights on motion perception,“ *Ophthalmic and Physiological Optics*, Bd. 15, pp. 545-551, 1995.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einstufung des Blendpotenzials hinsichtlich der Sichtbeeinträchtigung [2]	7
Abbildung 2: Modulflächen der geplanten PVA in Blau und Umgebung (Quelle: Google Earth)	8
Abbildung 3: Modulbelegungsplan der Fläche Ohrtermersch (Quelle: Auftraggeber)	9
Abbildung 4: Modulbelegungsplan der Fläche Ohrte (Quelle: Auftraggeber)	10
Abbildung 5: Zeichnung der Unterkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)	10
Abbildung 6: PV-Fläche Ohrtermersch und schutzwürdige Nachbarschaft (rote Punkte) in der Simulationsoftware ForgeSolar	11
Abbildung 7: PV-Fläche Ohrte und schutzwürdige Nachbarschaft (rote Punkte) in der Simulationsoftware ForgeSolar	12
Abbildung 8: PV-Fläche Ohrtermersch und umliegende Straßen in der Simulationsoftware ForgeSolar	12
Abbildung 9: PV-Fläche Ohrte und umliegende Straßen in der Simulationsoftware ForgeSolar	13
Abbildung 10: Position des Beobachtungspunkts 16 (Simulationsoftware ForgeSolar)	16
Abbildung 11: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	17
Abbildung 12: Position des Beobachtungspunktes 52 (Simulationsoftware ForgeSolar)	18
Abbildung 13: Nordwestliche Fassade des Hauses am Mühlenweg 2 (Quelle: Auftraggeber)	18
Abbildung 14: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	19
Abbildung 15: Potenzielle Immissionswinkel in Rot	19
Abbildung 16: Vermessung der Höhen der Bäume beim Mühlenweg 2 (Quelle: Auftraggeber)	20
Abbildung 17: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	21
Abbildung 18: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange	21
Abbildung 19: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	22
Abbildung 20: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange	23
Abbildung 21: Modultische in der potenziell verursachende PV-Fläche in Rot	24
Abbildung 22: Verschattungskarte der Umgebung der PV-Fläche Ohrtermersch am 15.06. um 7:00 Uhr (Quelle: https://shademap.app)	24
Abbildung 23: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	25
Abbildung 24: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange	26
Abbildung 25: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	27
Abbildung 26: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange	27
Abbildung 27: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	28
Abbildung 28: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange	28

Abbildung 29: Südlicher Teil des Mühlenwegs (Quelle: Google Street View).....	29
Abbildung 30: Linkes Bild: Keine Sichtverbindung mit dem Solarpark vor dem Abbiegen. Rechtes Bild: Winkel der potenziellen Reflexionen (rote Linien) aus dem Solarpark (blaues Volumen) beim Abbiegen (Quelle: Google Street View und Google Earth)	30
Abbildung 31: Sichtunterbrechung in Gelb, um alle potenziellen Reflexionen beim Abbiegen in den Mühlenweg zu vermeiden.....	30
Abbildung 32: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	31
Abbildung 33: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange	32
Abbildung 34: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung	33
Abbildung 35: Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot, betroffener Streckenabschnitt in Orange	33
Abbildung 36: Reflexion eines Lichtstrahls	39
Abbildung 37: ideale, gerichtete Reflexion, reale Reflexion mit Aufweitung, ideale diffuse Reflexion [6].....	39
Abbildung 38: Standardabweichung um Maximum einer Normalverteilung.....	40
Abbildung 39: 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 [7].....	40
Abbildung 40: links: Module mit satinierter Folie [8], rechts: nachträglich sandgestrahltes Modul [9]	41
Abbildung 41 Reflexionsgrad über Einfallswinkel für verschiedene Modultypen [7]	41
Abbildung 42: Wahrnehmungsbereiche von Objekthelligkeiten in Abhängigkeit der Helligkeitsadaption des Auges, adaptiert nach [10].....	42

9 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 und 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. Dies gilt ebenso für die Haftung wegen Vorsatzes.

10 Vorbehaltsklausel für die Veröffentlichung des Gutachtens

Der Auftraggeber ist nicht berechtigt, das Gutachten ohne die ausdrückliche schriftliche Zustimmung des Auftragnehmers an Dritte weiterzugeben oder zu veröffentlichen, mit Ausnahme der Weitergabe an dafür vorgesehene Behörden. Eine Veröffentlichung im Internet oder die Weitergabe an andere Dritte muss schriftlich angefragt werden. Es ist wichtig, dass alle Parteien die vertraglichen Vereinbarungen respektieren, um rechtliche Konflikte zu vermeiden.

11 Anhang

A Fachliche Bewertungsgrundlagen

In diesem Abschnitt werden die Grundlagen zur Berechnung von Reflexionen erläutert.

A.1 Reflexionen an Oberflächen

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 ($\alpha = \beta$).

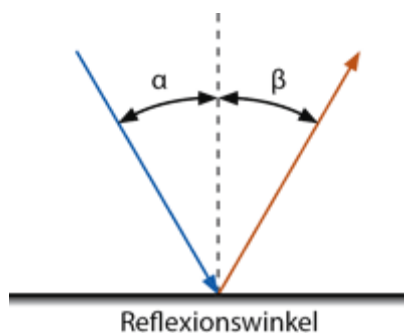


Abbildung 36: Reflexion eines Lichtstrahls

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 rauhen 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 37 sind schematisch eine ideal gerichtete Reflexion an einer völlig glatten Oberfläche, eine reale auftretende Streuung an einer unebenen Oberfläche und eine ideal gestreute Reflexion nach dem Lambert'schen Gesetz zu sehen.

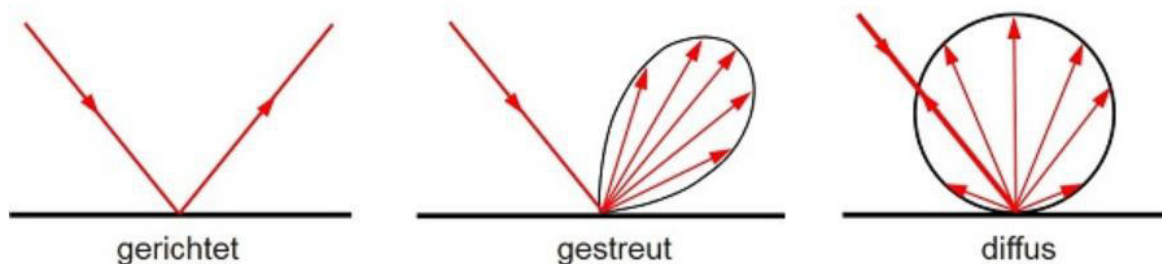


Abbildung 37: ideale, gerichtete Reflexion, reale Reflexion mit Aufweitung, ideale diffuse Reflexion [6]

Bei nicht idealen Reflexionen kommt es damit zu sogenannter Bündelaufweitung, einer Streuung um den idealen Reflexionswinkel. Mit steigendem Differenzwinkel zwischen idealem Reflexionswinkel und Streuwinkel nimmt die Intensität der reflektierten Strahlung in der Regel 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 38).

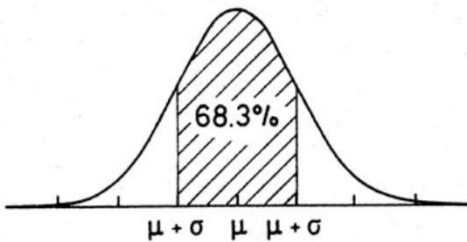


Abbildung 38: Standardabweichung um Maximum einer Normalverteilung

A.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen

Entscheidend für die Reflexionseigenschaften eines PV-Moduls ist die Oberflächenstruktur des Glases. In Abbildung 39 sind Messungen der Oberflächenstruktur und Bilder der auftretenden Reflexion für drei unterschiedlich stark texturierte Frontgläser zu sehen.

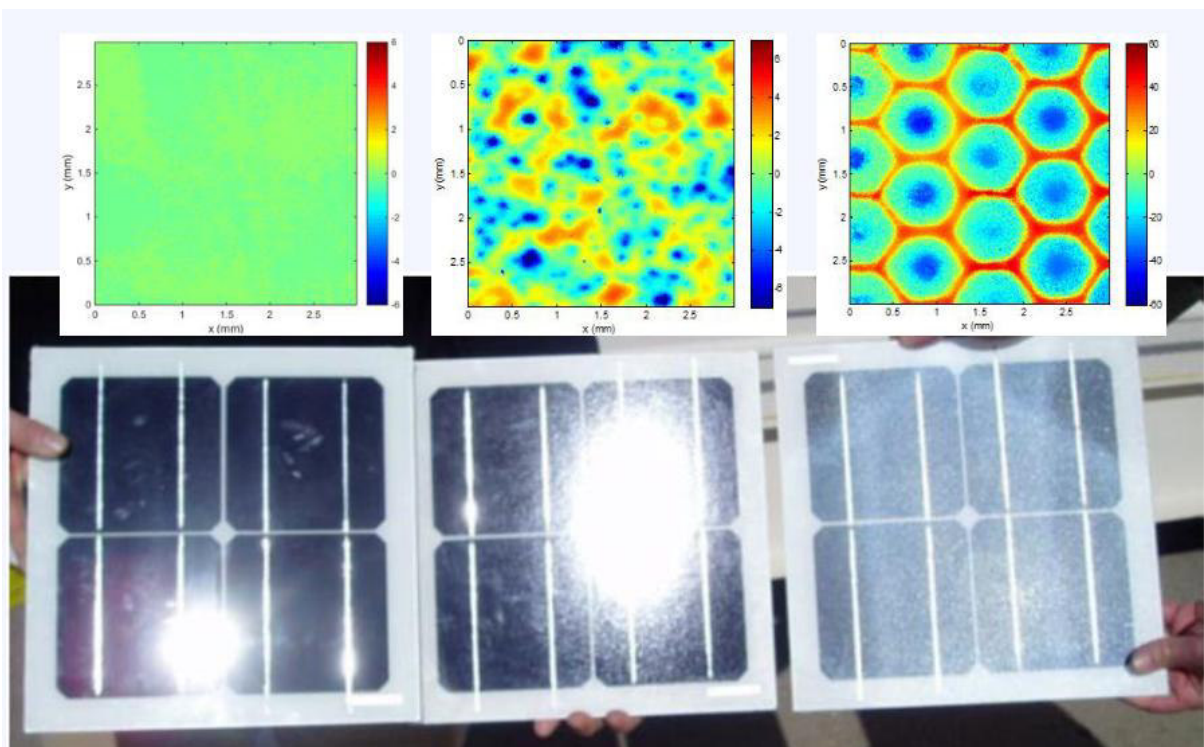


Abbildung 39: Messung der Oberflächenstruktur und Aufnahmen der Reflexion an Solarmodulen mit verschiedener Frontglas-Strukturierung, links: glattes Floatglas, Mitte: leicht strukturiert mit Anti-Reflexionsschicht, rechts: tief strukturiert [7]

In der Messdatenanalyse wurden 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 [7]. 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 40.

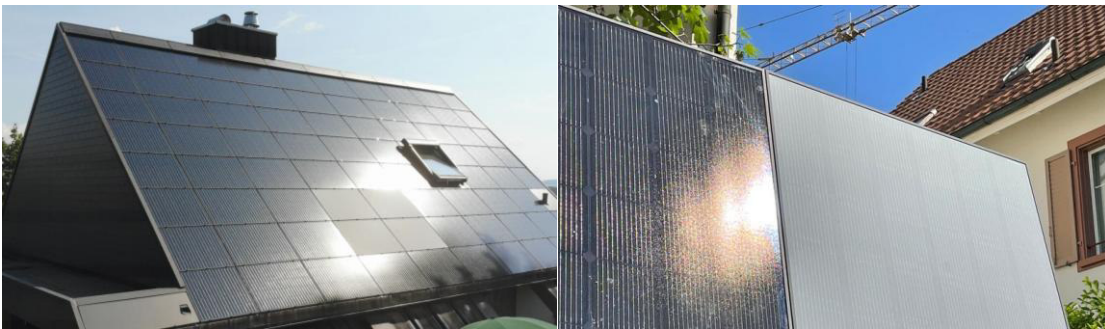


Abbildung 40: links: Module mit satinierter Folie [8], rechts: nachträglich sandgestrahltes Modul [9]

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 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 Modularten stark an, wie in Abbildung 41 zu sehen ist. Ausnahmen sind hier nur tief texturierte Module.

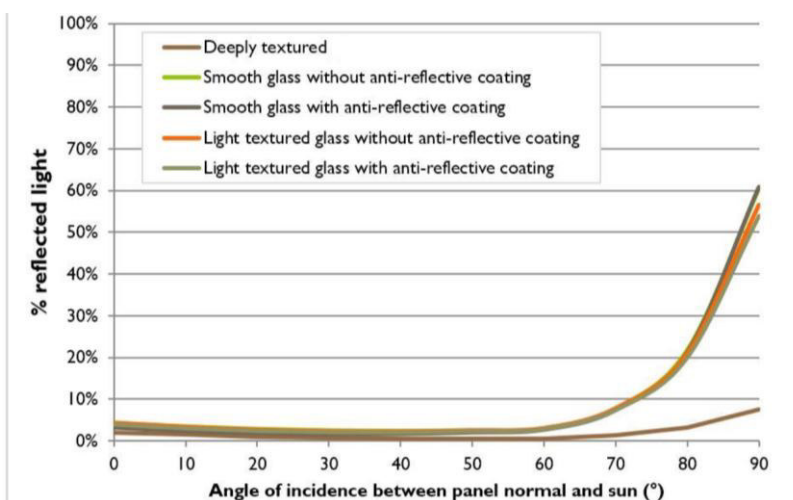


Abbildung 41 Reflexionsgrad über Einfallswinkel für verschiedene Modultypen [7]

A.3 Blendung

Blendung wird hier definiert als eine Störung der Wahrnehmung durch eine Lichtquelle. Hierfür sind zum einen die gewichtete, mittlere Helligkeit des Sichtfeldes relevant, welche zu einer entsprechenden Adaption des Auges führt, zum anderen die Helligkeiten und Kontraste der Objekte, welche wahrgenommen werden sollen.

Eine Beeinträchtigung der Sicht liegt vor, wenn die Helligkeit der Blendquelle eine Anhebung der adaptiven Helligkeit zur Folge hat, welche dazu führt, dass die Sehaufgabe schlechter erfüllt werden kann. Es wird hierfür oft der Begriff Relativblendung verwendet, welcher in Abbildung 42 vereinfacht dargestellt wird: Erhöht sich die adaptive Helligkeit, erhöht sich auch der minimale Helligkeitskontrast, den ein Objekt zur Umgebung haben muss, um gut erkennbar zu sein. Die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Sehens endet bei einer Helligkeit zwischen 10^4 und 10^5 cd/m^2 , eine Überschreitung dieser Helligkeiten wird als Absolutblendung bezeichnet.

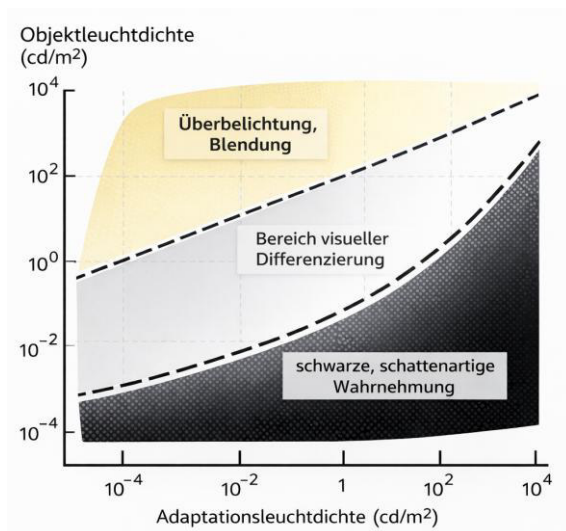


Abbildung 42: Wahrnehmungsbereiche von Objekthelligkeiten in Abhängigkeit der Helligkeitsadaption des Auges, adaptiert nach [10]

In der Literatur wird zwischen der psychologischen und der physiologischen Blendung unterschieden. Erstere beschreibt, wie unangenehm eine Blendquelle empfunden wird. Die Datenerhebung erfolgt hier generell über Befragung der Testpersonen. Letztere beschreibt die messbaren Auswirkungen der Blendung auf das visuelle System und dessen Funktion und wird über direkte Messungen am Auge oder indirekte Messungen anhand von Leistungen in Testaufgaben ermittelt.

Wann eine Lichtquelle als unangenehm oder blendend empfunden wird, also eine psychologische Blendung auftritt, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, insbesondere von der subjektiven Wahrnehmungssituation (Tätigkeit, Gefühlslage, etc.), in der sich die betrachtende Person befindet. In der Literatur werden entsprechend auch je nach Umgebung verschiedene Berechnungsmethoden vorgeschlagen [10].

A.4 Mechanismus der physiologischen Blendung

Der Funktionsmechanismus, durch welchen es zu einer physiologischen Blendwirkung kommt, ist ausreichend untersucht. Ursächlich ist die Streuung von Licht an Strukturen des visuellen Apparates (Hornhaut, Regenbogenhaut, Glaskörper). Ein Teil des gestreuten Lichts trifft auf den zentralen Sehbereich der Netzhaut (Fovea) und führt zur Erhöhung der Beleuchtung dieser Sinneszellen. Dieser zentrale Bereich der Netzhaut ist mit einer sehr viel höheren Dichte an Zapfen versehen und für das eigentliche Erkennen verantwortlich. Die Zapfen passen sich bei zusätzlichem Licht an eine höhere Helligkeit an und sind damit nicht mehr ideal zur Erfüllung der eigentlichen Sehaufgabe adaptiert [11].

Diese zusätzliche Helligkeit (durch Streuung) wird in der Literatur als Schleierleuchtdichte bezeichnet. Die internationale Beleuchtungskommission (CIE, franz. Commission Internationale de l'Éclairage) hat für die Berechnung eine empirisch validierte Formel veröffentlicht. Mit in der Formel berücksichtigt sind Alter und Augenfarbe (p_i) der Person, welche ebenfalls einen relevanten Einfluss auf die Streuung und damit die Intensität der Schleierleuchtdichte haben.

$$L_{eq,verall.} = E_B \cdot \left\{ \frac{10}{\Theta^3} + \left[\frac{5}{\Theta^2} + 0,1 \cdot \frac{p_i}{\Theta} \right] \cdot \left\langle 1 + \left(\frac{Alter}{62,5} \right)^4 \right\rangle + 0,0025 \cdot p_i \right\}$$

Die Position der Blendquelle (Theta) im Sichtfeld der Person ist demnach im hohen Maße relevant für deren Blendwirkung. Zu einer Absolutblendung kann es in der Regel nur bei einer Blickrichtung direkt in die Blendquelle oder in deren unmittelbare Nähe kommen, eine Relativblendung ist jedoch auch bei größeren Differenzwinkeln möglich.

Für die Beschreibung der physiologischen Blendwirkung eignet sich die Angabe der relativen Kontrastschwellerhöhung ΔK_{rel} , welche als Faktor angibt, wieviel stärker der minimale Kontrast eines Objekts zu seiner Umgebung unter Anwesenheit einer Blendquelle sein muss, damit das Objekt gleich gut erfasst werden kann. L_0 ist hierbei die ursprüngliche Adaptionshelligkeit der Sehfunktion und L_V die zusätzliche Helligkeit, auch Schleierleuchtdichte L_{eq} genannt, welche durch die Blendquelle verursacht wird [12].

$$\Delta K_{rel} = \frac{L_0 + L_V}{L_0}$$

In anderer Form ist die Kontrastschwellerhöhung als TI-Wert (Threshold Increment) bekannt. Abweichende Formeln für den TI-Wert versuchen die ursprüngliche Adaptionshelligkeit L_0 beispielsweise anhand der durchschnittlichen Straßenhelligkeit herzuleiten und damit die Berechnung zu standardisieren.

$$TI = \frac{L_V}{L_0} * 100\%$$

Eine effektive Blendwirkung tritt dann auf, wenn ein Objekt schlechter, langsamer oder nicht mehr erkannt wird. Bei welchen TI-Werten es zu solchen Effekten kommt, hängt in hohem Maße von der Schwierigkeit der Sehaufgabe ab, aber auch von der Umgebungshelligkeit. Untersuchungen von [13] zeigen eine Zunahme der

relativen Kontrastempfindlichkeit um mehr als den Faktor 10 beim Tagessehen gegenüber dem Nachtsehen, hinzu kommen noch Farbkontraste, welche bei Tageslicht eine deutlich stärkere Rolle spielen. Die Erkennung von Objekten ist so am Tag deutlich leichter als bei Nacht und die Sehaufgabe entsprechend deutlich einfacher.

Unter anderem gibt es durch Anderson et al. [15] detailliertere Untersuchungen für die Blendwirkung von Scheinwerfern von entgegenkommendem Verkehr bei Nacht sowie auch für die Straßenbeleuchtung. Je nach Verkehrssituation empfiehlt die CIE beispielsweise für Straßenbeleuchtung TI-Grenzwerte zwischen 10% und 20%. Eine Übernahme dieser Werte für das Tagessehen ist jedoch unter Anbetracht des deutlich besseren Sehvermögens und der damit deutlich einfacheren Sehaufgabe unter Tageslichtbedingungen nicht sinnvoll.

Untersuchungen in einem Fahrsimulator durch [14] stellten unter Tageslichtbedingungen erste messbare Effekte für eine verminderte Fahrleistung erst ab einer relativen Kontrastanhebung mit einem TI von ca. 100% fest. Es wurde hier jedoch lediglich das Halten der Spur als Fahraufgabe untersucht. Auch in [12] wird ein TI von 100% für eine relevante physiologische Blendung genannt. Unter Anbetracht der eingeschränkten Studienlage lässt sich als konservative Annahme zumindest feststellen, dass bei einer Unterschreitung des TI-Grenzwerts von 20%, wie er für nächtliche Straßenbeleuchtung definiert wird, auch bei Tageslicht keine relevante Blendwirkung für Verkehrsteilnehmer gegeben ist.

Die zeitliche Dimension von Blendung ergibt sich im Wesentlichen aus der Geschwindigkeit der Hell- und Dunkel-Adaption der Zapfen. Untersuchungen durch Stockman et al. [15] ermitteln in Versuchen zwei unterschiedliche neuronale Mechanismen, einen schnellen mit einer Zeitkonstante im Bereich von mehreren hundert Millisekunden und einen langsameren im Bereich von 1-2 Sekunden. Eine Blendwirkung tritt entsprechend sehr schnell ein und klingt ebenso schnell wieder ab. Diese schnelle Adaption funktioniert dagegen nicht mehr bei Exposition mit sehr hohen Helligkeiten über einen längeren Zeitraum, durch welche es zum Ausbleichen eines großen Teils der Photopigmente kommen kann. In solchen Fällen können bis zur Regeneration der Pigmente über mehrere Minuten dunkle Flecken wahrgenommen werden.

Hinsichtlich des Zuwendungsreizes durch Reflexionen ist bekannt, dass solche plötzlichen Lichtsignale durchaus einen Zuwendungsreiz auslösen. Die Zeit, in der der Blick auf den Reiz fokussiert bleibt, korreliert stark mit der Schwierigkeit, den Reiz zu identifizieren. Reflexionen werden sehr schnell als solche erkannt und binden die Aufmerksamkeit daher nur sehr kurz [16]. Die Analyse der Blendwirkung fokussiert sich daher auf die Blendwirkung bei Ausführung der Sehaufgabe.

B Rechtliche Beurteilungsgrundlagen

B.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Rechtliche Grundlage für die Beurteilung ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz. In diesem heißt es:

§ 5 Pflichten der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen

(1) Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt

1. schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können;
2. Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen;

§ 22 Pflichten der Betreiber nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen

(1) Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass

1. schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind,
2. nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden und
3. die beim Betrieb der Anlagen entstehenden Abfälle ordnungsgemäß beseitigt werden können.

B.2 Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)

Für die Beurteilung, wann von erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft auszugehen ist, stützt sich das Gutachten auf die rechtlich nicht verbindlichen, aber dennoch maßgeblichen *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)* [3].

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

Ist einer dieser Räume von Blendung betroffen, wird überprüft, ob es zu einer erheblichen Belästigung im Sinne der LAI-Hinweise kommt. Die LAI-Hinweise leiten Bewertungsgrößen aus einem Hinweispapier für Windenergieanlagen [4] ab und definieren diese Bewertungsgrößen wie folgt:

*In Anlehnung an [7] kann eine erhebliche Belästigung im Sinne des BImSchG durch die maximal mögliche astronomische Blenddauer unter Berücksichtigung aller umliegenden Photovoltaikanlagen vorliegen, wenn diese **mindestens 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr beträgt**.*

Liegt die Blenddauer unterhalb dieser Grenzwerte, wird die Blendung als allgemein hinnehmbar bewertet. Liegen die Blenddauern oberhalb dieser Werte, wird eine Einschätzung zur voraussichtlichen Beeinträchtigung gegeben, sowie gegebenenfalls Maßnahmen vorgestellt, mit welchen die Grenzwerte nicht überschritten werden. Die LAI-Hinweise geben die Methodik vor, nach welcher die potenziellen Blendzeiten zu bestimmen sind, welche auch im Gutachten für die Ermittlung potenzieller Blendung auf schutzwürdige Immissionsorte angewandt wird.

B.3 Eckpunktepapier Photovoltaik

Die Beurteilung für Bundesfernstraßen richtet sich nach dem *Eckpunktepapier Photovoltaik: Blendwirkungen und Blendgutachten* des Fernstraßen-Bundesamts (FBA) [5]. Reflexionen im Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer von wenigstens $\pm 30^\circ$ zur Fahrtrichtung (je nach Verkehrssituation zu erweitern) sind demnach als potenziell sichtbeeinträchtigend anzusetzen. Eine relevante Blendwirkung für den Verkehr ist auszuschließen.

Im Rahmen einer Begutachtung kann jedoch nachgewiesen werden, dass keine relevanten Blendwirkungen vorliegen. Der Nachweis erfolgt mittels entsprechender Berechnungen. Die Diskussion der Ergebnisse ist anschließend detailliert und unter Angabe entsprechender Quellen darzulegen.

Eine Reflexion kann als nicht erheblich beeinträchtigend eingestuft werden, wenn einer der nachfolgenden Punkte erfüllt ist:

- *Die reflektierende Fläche weist eine geringe Leuchtdichte von $\leq 30.000 \text{ cd/m}^2$ auf.*
- *Die reflektierende Quelle für die fahrzeugführende Person erscheint nur sehr klein (z. B. aufgrund der Entfernung).*
 - *Wenn die vertikale Größe der Blendquelle im Sichtfeld und außerhalb des zentralen Sehbereichs ($\pm 10^\circ$) des Betrachtenden $\leq 0,30^\circ$ beträgt, ist anzunehmen, dass keine erheblichen Blendwirkungen möglich sind.*
- *Die Sonne überlagert die Blendwirkung der PV-Anlage.*
 - *Dabei ist zu beachten, dass Sonnenblendungen in der Regel durch eine Blende im Fahrzeug reduziert werden können.*
 - *Erst bei sehr tiefen Sonnenständen (Höhe $\leq 5^\circ$) kann argumentiert werden, dass die Sonnenblendung die Blendwirkung der PV-Anlage dominiert.*

- *Die Reflexionen treten innerhalb des relevanten Sehbereichs ($\pm 30^\circ$ ggf. Erweiterung wg. der verkehrlichen Situation – siehe oben) auf, aber auf Grund ihres Winkelabstands zur Hauptblickrichtung und ihrer Intensität führen sie zu keiner relevanten Blendwirkung.*
- *Weitere Aspekte sind möglich, jedoch plausibel und fundiert darzulegen*

C Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design

Für Blendung im Flugverkehr folgt das Gutachten der Beurteilung der *European Aviation Safety Agency 2022 - Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design (CS-ADR-DSN)* [17].

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 für die Erheblichkeit wird eine Leuchtdichte über 20.000 cd/m² definiert.

Entsprechend wird eine potenzielle Blendung beim bloßen Überfliegen einer nicht konzentrierenden Solaranlage, außerhalb des Landeanflugs, als unkritisch eingestuft.

D Koordinaten der Simulation

Tabelle 3: Koordinaten der PV-Flächen

PV-Flächen	Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Geländehöhe ü. NN [m]	Höhe über Gelände [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
PV-Fläche Ohrtermersch	1	52,60821299	7,659905085	29	1,8	30,8
	2	52,60875049	7,662243971	28	1,8	29,8
	3	52,60935314	7,66479207	28	1,8	29,8
	4	52,6096854	7,666202912	28	1,8	29,8
	5	52,60892314	7,666573057	28	1,8	29,8
	6	52,60811852	7,666943202	28	1,8	29,8
	7	52,60738881	7,667318711	29,3	1,8	31,1
	8	52,60706304	7,666398713	28,8	1,8	30,6
	9	52,60730411	7,666213641	27,9	1,8	29,7
	10	52,60710865	7,66553236	27,6	1,8	29,4
	11	52,60679916	7,665486762	28,3	1,8	30,1
	12	52,60671772	7,665564546	28,6	1,8	30,4
	13	52,60643919	7,664625773	27,7	1,8	29,5
	14	52,60601405	7,663209567	27	1,8	28,8
	15	52,60569479	7,662249336	28,2	1,8	30
	16	52,60596551	7,661827697	27	1,8	28,8
	17	52,60616097	7,661387814	27,6	1,8	29,4
	18	52,60631734	7,660926474	28,9	1,8	30,7
	19	52,60642322	7,660454406	29,7	1,8	31,5
	20	52,60658448	7,661001576	28,7	1,8	30,5
	21	52,60673922	7,66101767	28,5	1,8	30,3
	22	52,6068907	7,660988165	28,4	1,8	30,2
	23	52,60700635	7,660923792	28,4	1,8	30,2
	24	52,6070487	7,66073872	28,7	1,8	30,5
	25	52,60717249	7,660121812	29,3	1,8	31,1
	26	52,60767418	7,66002257	29	1,8	30,8
PV-Fläche Ohrte Ost	1	52,58618755	7,628802345	26	1,8	27,8
	2	52,58689806	7,631366536	25,8	1,8	27,6
	3	52,58761508	7,633930728	27,3	1,8	29,1
	4	52,58755641	7,63400583	27,5	1,8	29,3
	5	52,58717509	7,633700058	26,9	1,8	28,7
	6	52,58668947	7,634499356	27,5	1,8	29,3
	7	52,58735109	7,63562052	29,6	1,8	31,4
	8	52,58685243	7,636452005	28,2	1,8	30
	9	52,58651348	7,636559293	28,2	1,8	30
	10	52,58616474	7,636752412	28,7	1,8	30,5
	11	52,58593659	7,635931656	28	1,8	29,8

	12	52,58577363	7,635604427	28	1,8	29,8
	13	52,58527169	7,634821222	28	1,8	29,8
	14	52,58458071	7,63377516	27,2	1,8	29
	15	52,58396795	7,632836387	28,1	1,8	29,9
	16	52,5837789	7,632530615	28,4	1,8	30,2
	17	52,58408203	7,632020995	26,8	1,8	28,6
	18	52,58403314	7,631640122	26,3	1,8	28,1
	19	52,58471109	7,630749628	25,9	1,8	27,7
	20	52,58541184	7,629826948	26,7	1,8	28,5
PV-Fläche Ohrte West	1	52,58551288	7,627037451	24,7	1,8	26,5
	2	52,58596918	7,628587768	26	1,8	27,8
	3	52,58502725	7,629832313	26,4	1,8	28,2
	4	52,58419611	7,630910561	25,9	1,8	27,7
	5	52,58375935	7,631489918	27,2	1,8	29
	6	52,58347252	7,630985663	27,9	1,8	29,7
	7	52,58320198	7,630551145	27,6	1,8	29,4
	8	52,58343666	7,62985377	25,9	1,8	27,7
	9	52,58373653	7,629494354	25,8	1,8	27,6
	10	52,58392232	7,629751847	25,4	1,8	27,2
	11	52,584157	7,630121991	25,4	1,8	27,2
	12	52,58446012	7,629612372	25,9	1,8	27,7
	13	52,58420263	7,629226134	26	1,8	27,8
	14	52,58407551	7,628936455	26	1,8	27,8
	15	52,58483494	7,62792258	25	1,8	26,8

Tabelle 4: Koordinaten der zu untersuchenden Immissionsorte

Beobachtungspunkte	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Geländehöhe ü. NN [m]	Höhe über Gelände [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
1	52,60671085	7,672013687	30,2	1,7	31,9
2	52,60652027	7,673196541	32,6	4,7	37,3
3	52,60550275	7,676142638	36,5	4,7	41,2
4	52,60376141	7,677038496	35,5	4,7	40,2
5	52,6013521	7,677695637	35,3	4,7	40
6	52,60193693	7,678092604	34,1	4,7	38,8
7	52,60269537	7,667912067	31,4	4,7	36,1
8	52,6025155	7,669895027	30,9	4,7	35,6
9	52,60309054	7,67067555	31,4	4,7	36,1
10	52,60419166	7,669441629	31,6	4,7	36,3
11	52,60563082	7,667878423	30,1	4,7	34,8
12	52,60621396	7,667555217	30,3	4,7	35
13	52,60680442	7,667320524	30,7	4,7	35,4

14	52,60694369	7,666973178	30	1,7	31,7
15	52,60677999	7,66642869	29,7	1,7	31,4
16	52,60704061	7,665928458	28,2	1,7	29,9
17	52,60841166	7,642089561	26,2	4,7	30,9
18	52,5987143	7,64688895	28,4	4,7	33,1
19	52,6030034	7,6598433	29,5	4,7	34,2
20	52,60448998	7,6594104	28,9	4,7	33,6
21	52,60466428	7,66030894	30,1	4,7	34,8
22	52,60472129	7,66007827	29,8	1,7	31,5
23	52,60418048	7,659206552	28,8	4,7	33,5
24	52,60458609	7,659211916	28,5	1,7	30,2
25	52,58759394	7,634664462	28,6	4,7	33,3
26	52,58693804	7,634528206	27,9	1,7	29,6
27	52,58782534	7,634650246	28,2	4,7	32,9
28	52,58725573	7,634884269	28,8	4,7	33,5
29	52,58741306	7,634770946	28,9	4,7	33,6
30	52,58695301	7,639741079	29,4	1,7	31,1
31	52,58708342	7,640317754	29	4,7	33,7
32	52,58642747	7,639366911	29,2	4,7	33,9
33	52,58571206	7,636617647	28,3	4,7	33
34	52,58556376	7,636118756	28	1,7	29,7
35	52,58531443	7,636118756	28	4,7	32,7
36	52,58379123	7,632234822	28,1	4,7	32,8
37	52,58312869	7,631616192	29,3	4,7	34
38	52,5830797	7,631278414	28,9	1,7	30,6
39	52,58306829	7,630937773	28,4	1,7	30,1
40	52,58170336	7,63366298	28,3	1,7	30
41	52,58108078	7,633923154	29,3	4,7	34
42	52,58141737	7,630156751	28	4,7	32,7
43	52,58067744	7,627664979	27,4	4,7	32,1
44	52,58407143	7,618973535	26	4,7	30,7
45	52,58471061	7,618469336	24,9	4,7	29,6
46	52,5851413	7,617579266	24,4	4,7	29,1
47	52,58572416	7,61640278	24,9	4,7	29,6
48	52,58651127	7,616236483	24,4	4,7	29,1
49	52,58540559	7,63612332	28	4,7	32,7
50	52,5829715	7,631229289	28,8	1,7	30,5
51	52,58380407	7,632197566	28	1,7	29,7
52	52,58376333	7,632090278	28,1	4,7	32,8
53	52,58719257	7,63471852	28,5	4,7	33,2
54	52,58739219	7,635076595	29,3	1,7	31
55	52,58721701	7,634566975	28,3	4,7	33

	56	52,60686173	7,6667971	30	1,7	31,7
Verkehrsstrecken	Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Geländehöhe ü. NN [m]	Höhe über Gelände [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
Diekwall	1	52,58426915	7,611680144	23,2	3	26,2
	2	52,58456902	7,612339967	23,4	3	26,4
	3	52,58498621	7,61324119	24,3	3	27,3
	4	52,58535452	7,613986844	24	3	27
	5	52,5857	7,614700311	24,7	3	27,7
	6	52,585964	7,615177745	25	3	28
	7	52,58636815	7,615569347	25	3	28
	8	52,58678207	7,615698093	24,8	3	27,8
	9	52,58729343	7,615670089	24,2	3	27,2
	10	52,58758675	7,61575592	23,8	3	26,8
	11	52,58789311	7,61598659	23,3	3	26,3
	12	52,5881903	7,616417898	23	3	26
	13	52,58845428	7,616991891	23,5	3	26,5
	14	52,58879811	7,61775632	24	3	27
	15	52,5891012	7,618512703	24	3	27
	16	52,58934563	7,619252993	23,7	3	26,7
	17	52,58945481	7,619676782	23	3	26
Grüne Ried Weg Mitte	1	52,60457503	7,658366977	28	3	31
	2	52,60455874	7,658538639	28,1	3	31,1
	3	52,60455548	7,658721029	28,1	3	31,1
	4	52,60458806	7,658930241	28,1	3	31,1
	5	52,60464019	7,659193098	28,5	3	31,5
	6	52,60472489	7,659573971	29,1	3	32,1
	7	52,60478679	7,659901201	29,5	3	32,5
	8	52,60480308	7,660115777	29,9	3	32,9
	9	52,60479005	7,660217701	30	3	33
Grüne Ried Weg Ost	1	52,60479005	7,660217701	30	3	33
	2	52,60467602	7,660636126	30,5	3	33,5
	3	52,6045229	7,661183297	31,3	3	34,3
	4	52,60435023	7,661714374	31,5	3	34,5
	5	52,6041515	7,662406384	30,3	3	33,3
	6	52,60393974	7,663184225	29,7	3	32,7
	7	52,60366607	7,664047896	28,6	3	31,6
	8	52,60341847	7,664922296	28,3	3	31,3
	9	52,60316435	7,665769874	28,2	3	31,2
	10	52,60289719	7,666665732	29,7	3	32,7
	11	52,6026789	7,667400657	30,6	3	33,6
Grüne Ried Weg West	1	52,60622348	7,647951883	26,3	3	29,3
	2	52,60607363	7,648960394	26	3	29

	3	52,60588793	7,650113744	26,9	3	29,9
	4	52,60569572	7,651315373	26,6	3	29,6
	5	52,60556215	7,652205867	26,4	3	29,4
	6	52,60525918	7,6540969	27	3	30
	7	52,60504742	7,655368267	27,3	3	30,3
	8	52,60484869	7,656639635	27,1	3	30,1
	9	52,60464344	7,657905637	27,6	3	30,6
	10	52,60457503	7,658366977	28	3	31
Hütfeldstr.	1	52,6107899	7,665983126	28	3	31
	2	52,61051953	7,666095779	28	3	31
	3	52,61010421	7,666275487	28	3	31
	4	52,60979638	7,666404233	28	3	31
	5	52,60940598	7,666600034	28	3	31
	6	52,60892061	7,666806564	28	3	31
	7	52,60856228	7,666986272	28	3	31
	8	52,60817951	7,667149887	28	3	31
	9	52,60776742	7,66732423	28,5	3	31,5
	10	52,60729832	7,667536125	29,8	3	32,8
	11	52,60692331	7,667691693	30,6	3	33,6
	12	52,60634507	7,667938456	30,7	3	33,7
	13	52,60569367	7,668257639	30,4	3	33,4
	14	52,60518513	7,66845511	30,1	3	33,1
	15	52,60479581	7,668621407	30,7	3	33,7
L60 Mitte	1	52,58024677	7,625078376	26,6	3	29,6
	2	52,58038368	7,62592059	26,7	3	29,7
	3	52,58054666	7,626660879	26,2	3	29,2
	4	52,58080417	7,627594288	27,1	3	30,1
	5	52,5810845	7,628436502	27,3	3	30,3
	6	52,58142187	7,629222389	27,6	3	30,6
	7	52,58175598	7,629914399	27,9	3	30,9
	8	52,58203467	7,630394514	27,9	3	30,9
	9	52,58256649	7,631200028	28,7	3	31,7
	10	52,58299838	7,631835711	29,4	3	32,4
	11	52,58346285	7,632557226	29,5	3	32,5
	12	52,58391265	7,633270693	28,2	3	31,2
	13	52,5843103	7,633892966	27,5	3	30,5
	14	52,58473886	7,634555431	27,6	3	30,6
	15	52,5851148	7,635115166	28	3	31
	16	52,58539673	7,635536273	28	3	31
L60 Ost	1	52,58540107	7,63553716	28	3	31
	2	52,58553633	7,635770512	28	3	31
	3	52,58570256	7,63607092	28	3	31

	4	52,585815	7,636374009	28,2	3	31,2
	5	52,58595189	7,636867536	28,8	3	31,8
	6	52,58610019	7,637441529	28,9	3	31,9
	7	52,58631041	7,638211323	28	3	31
	8	52,58655792	7,639154553	29	3	32
	9	52,58681866	7,640053093	29,8	3	32,8
	10	52,58700281	7,640718281	29,3	3	32,3
	11	52,58730787	7,641900932	29	3	32
	12	52,58752624	7,642727052	29,3	3	32,3
	13	52,58780222	7,643737958	28,9	3	31,9
	14	52,58808577	7,644856439	29	3	32
L60 West	1	52,5770307	7,615609292	26	3	29
	2	52,57760771	7,616607074	26	3	29
	3	52,57803149	7,617352728	25,7	3	28,7
	4	52,5785172	7,61816812	25,8	3	28,8
	5	52,57881711	7,618768935	26,9	3	29,9
	6	52,57918546	7,619696979	28	3	31
	7	52,57950166	7,620710854	27,7	3	30,7
	8	52,57975266	7,621767644	26,8	3	29,8
	9	52,579986	7,62310427	27	3	30
	10	52,58014898	7,624381002	27	3	30
	11	52,58025003	7,625067647	26,6	3	29,6
Mühlenweg	1	52,58920001	7,624685575	24	3	27
	2	52,58838199	7,62574773	24,6	3	27,6
	3	52,587516	7,626888901	24,9	3	27,9
	4	52,58670446	7,627940327	25,1	3	28,1
	5	52,58609256	7,628748992	26	3	29
	6	52,5854407	7,629585841	26,4	3	29,4
	7	52,58489965	7,63028858	26,2	3	29,2
	8	52,58424778	7,631125429	25,8	3	28,8
	9	52,58368064	7,631919363	28,2	3	31,2
	10	52,58340359	7,632396796	29,7	3	32,7
Schafsdrift	1	52,60914037	7,677111928	38,6	3	41,6
	2	52,60895795	7,676055138	36,1	3	39,1
	3	52,60876901	7,675068085	34,5	3	37,5
	4	52,60857681	7,674129312	33	3	36
	5	52,60838462	7,673077886	31,6	3	34,6
	6	52,60816961	7,672031824	30,2	3	33,2
	7	52,60794158	7,670862381	29	3	32
	8	52,60772658	7,66981632	29	3	32
	9	52,60752786	7,668802445	29,6	3	32,6
	10	52,60735846	7,668013875	30	3	33

	11	52,60726399	7,6675579	29,9	3	32,9
Lange Zufahrtstr.	1	52,58573961	7,615316812	25	3	28
	2	52,58557012	7,615976635	25	3	28
	3	52,58528657	7,616754476	25	3	28
	4	52,58505189	7,61731774	24,7	3	27,7
	5	52,58477159	7,617693249	24,9	3	27,9
	6	52,58437884	7,618092898	25,7	3	28,7
	7	52,58403986	7,618404035	26,8	3	29,8
	8	52,58393556	7,618564967	26,5	3	29,5
	9	52,58381985	7,618841235	25,9	3	28,9
	10	52,58353465	7,619731728	25	3	28
	11	52,58318882	7,620820125	25	3	28
	12	52,5829411	7,621589919	25,4	3	28,4
	13	52,58283679	7,621801813	25,7	3	28,7
	14	52,58261327	7,622108449	26	3	29
	15	52,58222701	7,622601975	26,1	3	29,1
	16	52,58189943	7,623009671	26,8	3	29,8
	17	52,58154739	7,623473693	26,8	3	29,8
	18	52,58115617	7,623983313	26,8	3	29,8
	19	52,58075523	7,624495615	26,7	3	29,7
	20	52,58035109	7,624997188	26,8	3	29,8
	21	52,58027612	7,625058878	26,7	3	29,7
Kurze Zufahrtstr.	1	52,58891578	7,640423884	27	3	30
	2	52,58867461	7,6407833	27,2	3	30,2
	3	52,58833241	7,641325106	27,5	3	30,5
	4	52,58802279	7,641823997	28,1	3	31,1
	5	52,58769688	7,642328252	28,6	3	31,6
	6	52,58752741	7,642596473	29,2	3	32,2