

Blendgutachten

für die

geplante Errichtung und den Betrieb einer Freiflächen-Photovoltaikanlage im
baurechtlich privilegierten Bereich entlang der BAB 31 in Weener und Bunde
(Landkreis Leer, Niedersachsen)



LandPlan OS
Landschaftsplanung

Lengericher Landstr. 19a 49078 Osnabrück
Fon: 0541.42929 www.landplan-os.de

Freiflächen-Photovoltaikanlage im baurechtlich privilegierten Bereich entlang der BAB 31 in Weener und Bunde, Landkreis Leer

Gutachten zur potenziellen Blendwirkung

Auftraggeber **enercity Erneuerbare Projekte GmbH & Co. KG**
Nessestraße 24
26789 Leer

Verfasser **LandPlan OS GmbH**
Lengericher Landstraße 19a
49078 Osnabrück
Fon: 0541.42929
Fax: 0541.47820
info@landplan-os.de
www.landplan-os.de

Bearbeiter/in Dr. Sebastian Quasinowski
Dr. Frances Seeger
Jan Erik Kilimann

Dezember 23

Inhaltsverzeichnis	Seite
<u>1. EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG</u>	<u>6</u>
<u>2. LAGE IM RAUM UND BESCHREIBUNG DER PV-ANLAGE.....</u>	<u>8</u>
<u>3. RECHTLICHE GRUNDLAGEN</u>	<u>11</u>
BAUGESETZBUCH (BAUGB)	11
LANDESBYBAUORDNUNGEN (LBO)	11
ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ (EEG)	11
BUNDESIMMISSIONSSCHUTZGESETZ (BIMSCHG)	11
LICHT-LEITLINIE (LAI)	12
<u>4. BLENDWIRKUNGEN</u>	<u>13</u>
4.1. REFLEXIONSGESETZ	13
4.2. LAMBERTSCHES GESETZ	14
4.3. BLENDWIRKUNG VON PV-MODULEN	14
4.4. INTENSITÄT DER BLENDUNG	16
4.5. BERECHNUNG DER BLENDWIRKUNG	16
4.6. BEURTEILUNG DER BLENDUNG	17
<u>5. VISUALISIERUNGEN UND BERECHNUNGEN.....</u>	<u>20</u>
5.1. BESTIMMUNG DER IMMISSIONSPUNKTE	23
5.2. AUSWERTUNG DER IMMISSIONSPUNKTE	29
5.2.1. IMMISSIONSPUNKT 1 (IP1) – PKW	30
5.2.2. IMMISSIONSPUNKT 1 (IP1) – LKW	34
5.2.3. IMMISSIONSPUNKT 2 (IP2) – PKW	38
5.2.4. IMMISSIONSPUNKT 2 (IP2) – LKW	42
5.2.5. IMMISSIONSPUNKT 3 (IP3) – PKW	46
5.2.6. IMMISSIONSPUNKT 3 (IP3) – LKW	50
5.2.7. IMMISSIONSPUNKT 4 (IP4) – PKW	54
5.2.8. IMMISSIONSPUNKT 4 (IP4) – LKW	57
<u>6. ZUSAMMENFASSENGE BETRACHTUNG UND EMPFEHLUNGEN.....</u>	<u>60</u>
<u>7. QUELLENNACHWEISE</u>	<u>61</u>
7.1. LITERATUR-/QUELLENVERZEICHNIS.....	61
7.2. INTERNETQUELLEN	61
7.3. ENTSCHEIDUNGSVERZEICHNIS	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektübersicht für den Bauabschnitt 1 mit der Darstellung der technischen Planung der PV-Module (Quelle: Auftraggeber)	9
Abbildung 2: Projektübersicht mit Bauabschnitt 1 (Quelle: Auftraggeber)	10
Abbildung 3: Reflexion eines Lichtstrahls an einem ebenen Spiegel (Quelle: https://www.grund-wissen.de/physik/_images/reflexionsgesetz.png).....	13
Abbildung 4: Verlauf von Lichtstrahlen bei direkter und diffuser Reflexion (Quelle: https://www.grund-wissen.de/physik/_images/reflexion-direkt-diffus.png)	14
Abbildung 5: Beispiele für Reflexionen und Streuung des Lichts auf verschiedenen PV-Modulen mit unterschiedlicher Obeflächenstruktur. Von links nach rechts: glattes Glas, leicht texturiertes Glas mit Antireflexionsbeschichtung und tief strukturiertes Glas (Quelle: Yellowhair und Ho: Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and GlintGlare Impacts, 2015).....	15
Abbildung 6: 3D-Visualisierung mit der Übersicht über den Untersuchungsraum mit LKW an den IP und der kumuliert dargestellten potenziellen Blendwirkung (21. März, Juni, September und Dezember 2023; grün = geringes Blendpotenzial, gelb = mittleres Blendpotenzial, rot = hohes Blendpotenzial)	22
Abbildung 7: 3D-Visualisierung mit der Übersicht über den IP 4 mit Blick in Richtung Süden und der potenziellen Blendwirkung am 21. März 2023.....	22
Abbildung 8: Blick auf IP 1 in Fahrtrichtung Nord; links im Bild soll die geplante FFPV-Anlage entstehen (Quelle: Apple Karten, abgerufen am 22.12.23)	27
Abbildung 9: Blick auf IP 2 in Fahrtrichtung Nord; links im Bild soll die geplante FFPV-Anlage entstehen (Quelle: Apple Karten, abgerufen am 22.12.23)	27
Abbildung 10: Blick auf IP 3 in Fahrtrichtung Nord; links im Bild soll die geplante FFPV-Anlage entstehen (Quelle: Apple Karten, abgerufen am 22.12.23)	28
Abbildung 11: Blick auf IP 4 in Fahrtrichtung Nord; links im Bild soll hinter dem Lärmschutzwall die geplante FFPV-Anlage entstehen (Quelle: Apple Karten, abgerufen am 22.12.23).....	28
Abbildung 12: Ansicht des IP1 mit einem PKW in Fahrtrichtung Nord und dem zentralen Gesichtsfeld des Fahrers (blaue Balken).....	30
Abbildung 13: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Kernblendung) für den IP1 bei einem vorbeifahrenden PKW (Uhrzeit in UTC)	31
Abbildung 14: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Streublendung) für den IP1 bei einem vorbeifahrenden PKW (Uhrzeit in UTC)	31
Abbildung 15: Ansicht des IP1 mit einem LKW in Fahrtrichtung Nord und dem zentralen Gesichtsfeld des Fahrers (blaue Balken).....	34
Abbildung 16: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Kernblendung) für den IP1 bei einem vorbeifahrenden LKW (Uhrzeit in UTC)	35
Abbildung 17: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Streublendung) für den IP1 bei einem vorbeifahrenden LKW (Uhrzeit in UTC)	35

Abbildung 18: Ansicht des IP2 mit einem PKW in Fahrtrichtung Nord und dem zentralen Gesichtsfeld des Fahrers (blaue Balken).....	38
Abbildung 19: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Kernblendung) für den IP2 bei einem vorbeifahrenden PKW (Uhrzeit in UTC)	39
Abbildung 20: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Streublendung) für den IP2 bei einem vorbeifahrenden PKW (Uhrzeit in UTC)	39
Abbildung 21: Ansicht des IP2 mit einem LKW in Fahrtrichtung Nord und dem zentralen Gesichtsfeld des Fahrers (blaue Balken).....	42
Abbildung 22: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Kernblendung) für den IP2 bei einem vorbeifahrenden LKW (Uhrzeit in UTC)	43
Abbildung 23: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Streublendung) für den IP2 bei einem vorbeifahrenden LKW (Uhrzeit in UTC)	43
Abbildung 24: Ansicht des IP3 mit einem PKW in Fahrtrichtung Nord und dem zentralen Gesichtsfeld des Fahrers (blaue Balken).....	46
Abbildung 25: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Kernblendung) für den IP3 bei einem vorbeifahrenden PKW (Uhrzeit in UTC)	47
Abbildung 26: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Streublendung) für den IP3 bei einem vorbeifahrenden PKW (Uhrzeit in UTC)	47
Abbildung 27: Ansicht des IP3 mit einem LKW in Fahrtrichtung Nord und dem zentralen Gesichtsfeld des Fahrers (blaue Balken).....	50
Abbildung 28: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Kernblendung) für den IP4 bei einem vorbeifahrenden LKW (Uhrzeit in UTC)	51
Abbildung 29: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Streublendung) für den IP3 bei einem vorbeifahrenden LKW (Uhrzeit in UTC)	51
Abbildung 30: Ansicht des IP4 mit einem PKW in Fahrtrichtung Nord und dem zentralen Gesichtsfeld des Fahrers (blaue Balken).....	54
Abbildung 31: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Kernblendung) für den IP4 bei einem vorbeifahrenden PKW (Uhrzeit in UTC)	55
Abbildung 32: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Streublendung) für den IP4 bei einem vorbeifahrenden PKW (Uhrzeit in UTC)	55
Abbildung 33: Ansicht des IP4 mit einem LKW in Fahrtrichtung Nord und dem zentralen Gesichtsfeld des Fahrers (blaue Balken).....	57
Abbildung 34: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Kernblendung) für den IP4 bei einem vorbeifahrenden LKW (Uhrzeit in UTC)	58
Abbildung 35: Diagramm mit potenziellen Blendungen im Jahresverlauf (Streublendung) für den IP4 bei einem vorbeifahrenden LKW (Uhrzeit in UTC)	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kernblendung und Streublendung für Immissionspunkt 1 bis 4 (orange hervorgehoben: IP1 für PKW).....	32
Tabelle 2: Kernblendung und Streublendung für Immissionspunkt 1 bis 4 (orange hervorgehoben: IP1 für LKW)	36
Tabelle 3: Kernblendung und Streublendung für Immissionspunkt 1 bis 4 (orange hervorgehoben: IP2 für PKW).....	40
Tabelle 4: Kernblendung und Streublendung für Immissionspunkt 1 bis 4 (orange hervorgehoben: IP2 für LKW)	44
Tabelle 5: Kernblendung und Streublendung für Immissionspunkt 1 bis 4 (orange hervorgehoben: IP3 für PKW).....	48
Tabelle 6: Kernblendung und Streublendung für Immissionspunkt 1 bis 4 (orange hervorgehoben: IP3 für LKW)	52
Tabelle 7: Kernblendung und Streublendung für Immissionspunkt 1 bis 4 (orange hervorgehoben: IP4 für PKW).....	56
Tabelle 8: Kernblendung und Streublendung für Immissionspunkt 1 bis 4 (orange hervorgehoben: IP4 für LKW)	59

Kartenverzeichnis

Karte 1: Übersichtskarte FFPV-Anlage Weener mit Lage im Raum, DTK 1:100.000	6
Karte 2: Darstellung des Bauabschnitts 1 (dunkelblau) und des Bauabschnitts 2 (hellblau) der FFPV Planung in Weener (Quelle: Auftraggeber)	7
Karte 3: Übersicht FFPV-Anlage Weener, DTK 1:10.000	8
Karte 4: Übersicht über den PV-Park mit potenzieller Blendwirkung auf Bodenhöhe am 21. Tag der Monate März, Juni, September und Dezember (kumuliert dargestellt) mit der sich daraus ergebenden Auswahl der Immissionspunkte	25
Karte 5: Potenzielle Blendwirkung auf Bodenhöhe am 21.03.23	26
Karte 6: Potenzielle Blendwirkung auf Bodenhöhe am 21.06.23	26
Karte 7: Potenzielle Blendwirkung auf Bodenhöhe am 21.09.23	26
Karte 8: Potenzielle Blendwirkung auf Bodenhöhe am 21.12.23	26
Karte 9: Übersicht mit IP1, dem zentralen Sichtfeld bei Fahrtrichtung Nord und den potenziell möglichen maximalen und minimalen Winkeln, welche für Blendungen sorgen können (bezogen auf die Berechnung mit Streulicht für PKW).....	30
Karte 10: Übersicht mit IP1, dem zentralen Sichtfeld bei Fahrtrichtung Nord und den potenziell möglichen maximalen und minimalen Winkeln, welche für Blendungen sorgen können (bezogen auf die Berechnung mit Streulicht für LKW)	34
Karte 11: Übersicht mit IP2, dem zentralen Sichtfeld bei Fahrtrichtung Nord und den potenziell möglichen maximalen und minimalen Winkeln, welche für Blendungen sorgen können (bezogen auf die Berechnung mit Streulicht für PKW).....	38

Karte 12: Übersicht mit IP2, dem zentralen Sichtfeld bei Fahrtrichtung Nord und den potenziell möglichen maximalen und minimalen Winkeln, welche für Blendungen sorgen können (bezogen auf die Berechnung mit Streulicht für LKW)	42
Karte 13: Übersicht mit IP3, dem zentralen Sichtfeld bei Fahrtrichtung Nord und den potenziell möglichen maximalen und minimalen Winkeln, welche für Blendungen sorgen können (bezogen auf die Berechnung mit Streulicht für PKW).....	46
Karte 14: Übersicht mit IP3, dem zentralen Sichtfeld bei Fahrtrichtung Nord und den potenziell möglichen maximalen und minimalen Winkeln, welche für Blendungen sorgen können (bezogen auf die Berechnung mit Streulicht für LKW)	50
Karte 15: Übersicht mit IP4 und dem zentralen Sichtfeld bei Fahrtrichtung Nord (da keine Blendungen auftreten, gibt es keine maximalen und minimalen Winkel, mit denen die Reflexionen auf den IP treffen)	54
Karte 16: Übersicht mit IP4 und dem zentralen Sichtfeld bei Fahrtrichtung Nord (da keine Blendungen auftreten, gibt es keine maximalen und minimalen Winkel, mit denen die Reflexionen auf den IP treffen)	57

1. EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die *energycy Erneuerbare Projekte GmbH & Co. KG* plant im baurechtlich privilegierten Bereich entlang der BAB 31 in Weener und Bunde (Landkreis Leer, Niedersachsen) die Errichtung und den Betrieb einer Freiflächen-Photovoltaikanlage (FFPV-Anlage). Siehe dazu auch Karte 1.



KARTE 1: ÜBERSICHTSKARTE FFPV-ANLAGE WEENER MIT LAGE IM RAUM, DTK 1:100.000

PV-Anlagen sollen Sonnenlicht in nutzbare Energie umwandeln. Teile des Sonnenlichts werden dabei jedoch reflektiert, anstatt absorbiert zu werden. Reflexionen auf PV-Anlagen können zu Konflikten führen, welche lästig und im schlimmsten Fall gefährlich sind. Unter Umständen entstehen neben Blendwirkungen auf umliegende Wohnbebauung auch Lichtimmissionen für den Straßen-, Bahn- und Flugverkehr.



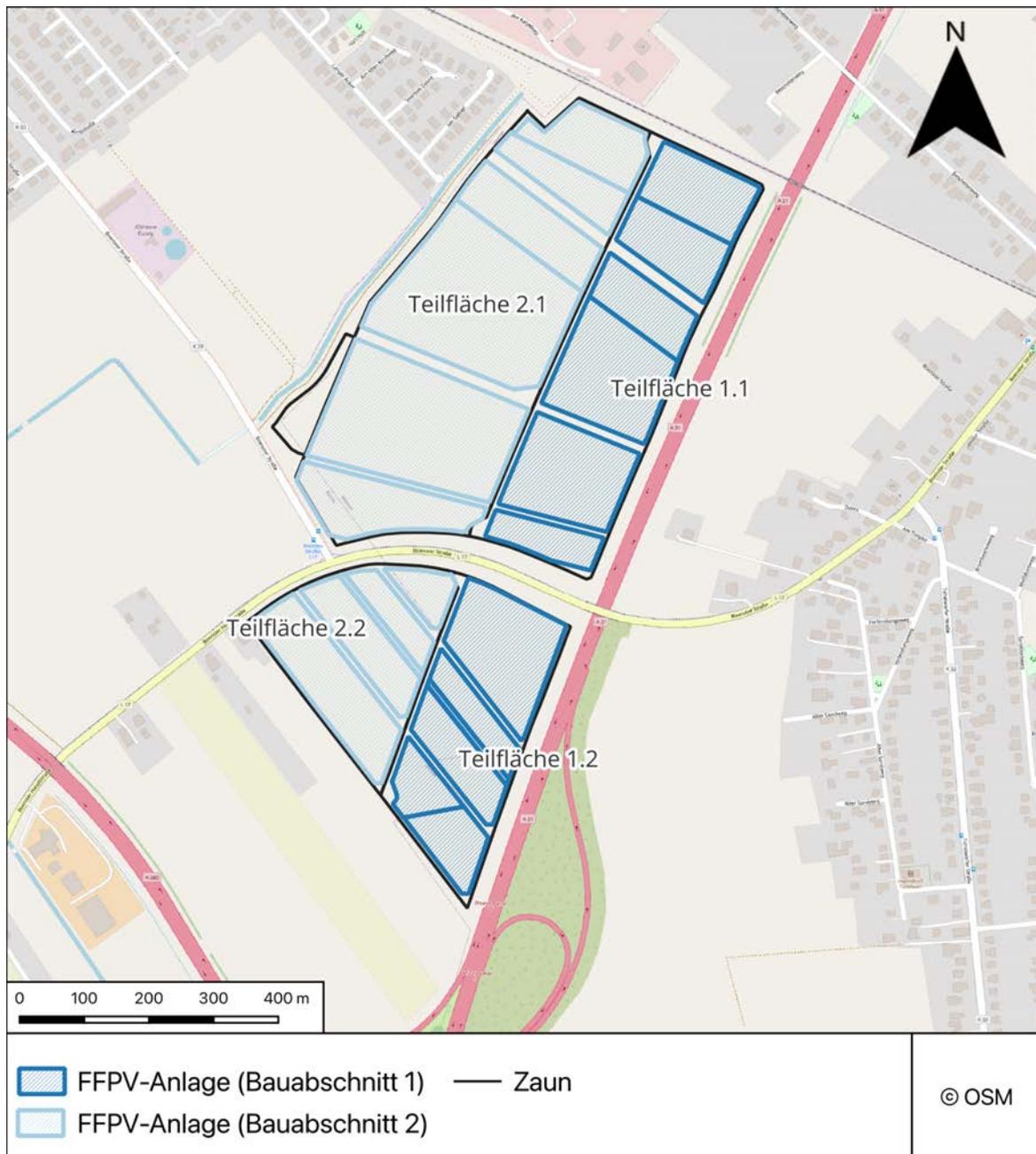
KARTE 2: DARSTELLUNG DES BAUABSCHNITTS 1 (DUNKELBLAU) UND DES BAUABSCHNITTS 2 (HELLBLAU) DER FFPV PLANUNG IN WEENER (QUELLE: AUFTRAGGEBER)

Die *LandPlan OS GmbH* wurde von der *energcity Erneuerbare Projekte GmbH & Co. KG* mit der Erstellung eines Gutachtes zur Beurteilung einer möglichen Blendwirkung durch die geplante FFPV-Anlage auf die angrenzende BAB 31 beauftragt (siehe Karte 2). Hierzu werden zunächst Immissionspunkte entlang des betroffenen Autobahnabschnitts (in beide Fahrtrichtungen) gewählt. Anschließend werden Zeiträume und Immissionswinkel potenzieller Blendungen ermittelt und ggf. Maßnahmen zum Blendschutz empfohlen.

Die Einzelfallprüfung ist dabei durch die zuständige Genehmigungsbehörde vorzunehmen. Zur Vorbereitung der Prüfung werden mit dem hier vorliegenden Gutachten die erforderlichen Detailinformationen zur Entscheidungsunterstützung vorgelegt.

2. LAGE IM RAUM UND BESCHREIBUNG DER PV-ANLAGE

Die geplante FFPV-Anlage Weener liegt westlich angrenzend an die BAB 31 zwischen dem Dreieck Bunde (Ausfahrt 14) und der Ausfahrt Weener (Ausfahrt 13) im Landkreis Leer (Niedersachsen). Die FFPV-Anlage mit insgesamt 48 MWp installierter Leistung ist in zwei Bauabschnitte unterteilt, wobei der zweite Bauabschnitt an dieser Stelle lediglich nachrichtlich Erwähnung findet und in diesem Gutachten nicht berücksichtigt wird, da er außerhalb der bauplanungsrechtlich privilegierten Bereiche liegt.



KARTE 3: ÜBERSICHT FFPV-ANLAGE WEENER, DTK 1:10.000

Die FFPV-Anlage wird in ost-westlicher Richtung durch die L 17 (Boenster Hauptstraße) durchschnitten, sodass beide Bauabschnitte jeweils in zwei Teile unterteilt sind (1.1/1.2 und 2.1/2.2).

Berücksichtigung findet in diesem Gutachten also der **Bauabschnitt 1** (unterteilt in die Teilbereiche 1.1 und 1.2), welcher einen ca. 200 m breiten Streifen entlang der BAB 31 darstellt (siehe in Karte 2 und Karte 3 die **dunkelblauen Flächen**). Die 35.400 Module im Bauabschnitt 1 sind auf einer umzäunten Fläche von ca. 21 ha (200.844,7 m²) geplant und liefern eine Leistung von ca. 20,5 MWp. Das Projektgebiet befindet sich auf den Gemeindegebieten der Stadt

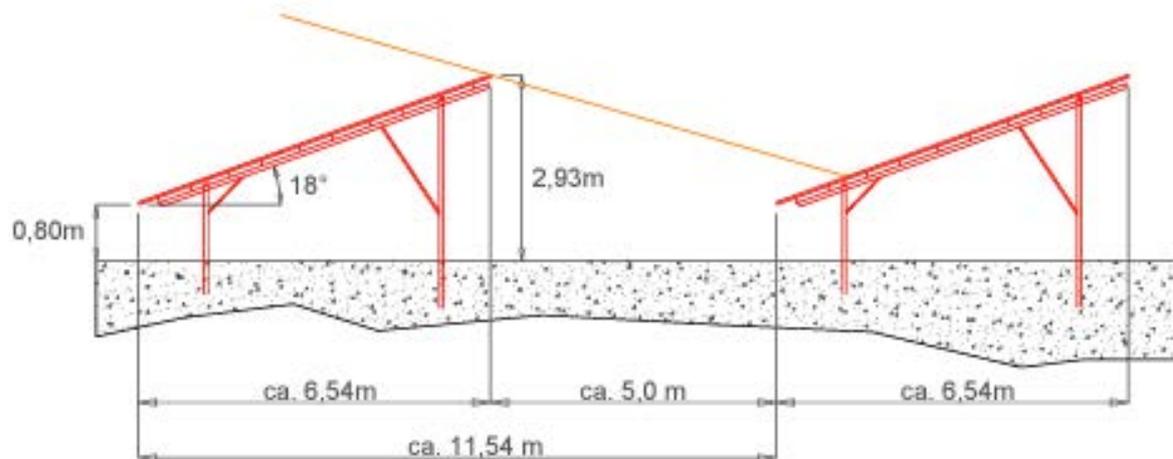
Weener und der Gemeinde Bunde südlich der Bahnstrecke Weener/Bunde, westlich der BAB 31, nördlich des Autobahndreiecks Bunde (A 31 und A 280) und östlich des Klärwerks in Bunde.

Der Belegungsplan der FFPV-Anlage Weener ist in Karte 2 zu finden. Die technischen Details der Anlage sind dem Bauantrag der enercity Erneuerbare Projekte GmbH & Co. KG mit dem Aktenzeichen „PV Weener I“ (Abschnitt 04, Seite 4) entnommen: „Zur Auslegung des zuvor dargestellten antragsgegenständlichen Bauabschnitt 1 wurden folgende Annahmen getroffen: Die Planung wurde auf Grundlage des Modultyps ‚Design Module 580 Wp‘ erstellt unter Verwendung eines Fixed Tilt Systems. Die Abmaße pro Modul betragen: 2.278 x 1.134 x 35 mm (LBH). Die Module werden in der Fläche einen Neigungswinkel von 18° aufweisen. Pro Tisch werden immer drei Module

<u>Projektübersicht</u>	
beplanbare Fläche: <small>(Zaunanlage)</small>	200.844,7 m ²
GRZ <small>(Gesamtfläche / Modulfläche)</small>	0,455
installierte Leistung: <small>(Leistung pro ha)</small>	20.514,6 kWp <small>(1,02 MW pro ha)</small>
Modulanzahl:	35.370 Stück - 580 Wp
Stringanzahl:	551 Tische à 60 Module 154 Tische à 15 Module
Zaunlänge:	3.020,8 m
<u>Teilfläche 1.1</u>	
beplanbare Fläche: <small>(Zaunanlage)</small>	123.846,1 m ²
installierte Leistung: <small>(Leistung pro ha)</small>	12.780,3 kWp <small>(1,03 MW pro ha)</small>
Modulanzahl:	22.035 Stück - 580 Wp
Stringanzahl:	350 Tische à 60 Module 69 Tische à 15 Module
Zaunlänge:	1.760,6 m
<u>Teilfläche 1.2</u>	
beplanbare Fläche: <small>(Zaunanlage)</small>	76.998,6 m ²
installierte Leistung: <small>(Leistung pro ha)</small>	7.734,3 kWp <small>(1,00 MW pro ha)</small>
Modulanzahl:	13.335 Stück - 580 Wp
Stringanzahl:	201 Tische à 60 Module 85 Tische à 15 Module
Zaunlänge:	1.260,2 m

ABBILDUNG 1: PROJEKTÜBERSICHT FÜR DEN BAUABSCHNITT 1 MIT DER DARSTELLUNG DER TECHNISCHEN PLANUNG DER PV-MODULE (QUELLE: AUFTRAGGEBER)

übereinandergelegt, sodass die senkrecht auf den Boden projizierte Fläche 6,54 m breit ist. Die maximale Bauhöhe über Geländeoberkante beträgt 2,93 m. Die Aufstellung erfolgt in Süd-ausrichtung-, teilweise in Süd-Südwestlicher Ausrichtung. Der lichte Reihenabstand unter den Reihen wird 5,00 m betragen (vgl. Abbildung 1).



Modulgröße: 2.278 x 1.134 x 35 mm

ABBILDUNG 2: PROJEKTÜBERSICHT MIT BAUABSCHNITT 1 (QUELLE: AUFTRAGGEBER)

3. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Um Photovoltaikanlagen zu errichten, müssen verschiedene gesetzliche Regelwerke beachtet werden. Zentral sind dabei das Baugesetzbuch (BauGB), die Landesbauordnungen (LBOs), das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG).

BAUGESETZBUCH (BAUGB)

Innerhalb des BauGB sind vor allem Vorschriften zur städtebaulichen Planung und Errichtung von Anlagen, einschließlich Photovoltaikanlagen, festgeschrieben. Gemäß § 29 BauGB ist für bauliche Vorhaben, zu denen auch Photovoltaikanlagen gehören, grundsätzlich eine Genehmigung erforderlich, es sei denn, sie sind von der Genehmigungspflicht befreit. Die genauen Bedingungen für die Genehmigung ergeben sich aus den LBOs der einzelnen Bundesländer.

LANDESBAUORDNUNGEN (LBO)

In den Landesbauordnungen (LBO) sind Bestimmungen verankert, die festlegen, wann Photovoltaikanlagen von der Genehmigungspflicht ausgenommen sind. Üblicherweise ist dies der Fall bei kleineren Anlagen, die an Dächern oder Wänden montiert sind. Für großflächige Anlagen, besonders für diejenigen auf freiem Feld (FFPV-Anlagen), ist dagegen eine Genehmigung erforderlich.

ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ (EEG)

Das EEG definiert u.a. Kriterien für die finanzielle Förderung von Strom aus erneuerbaren Energien. Hierbei sind die §§ 21 bis 26 besonders wichtig, welche die Vergütung für eingespeisten Strom von Photovoltaikanlagen behandeln, einschließlich der dazugehörigen Anforderungen und Nachweise. Die §§ 37 bis 38 sind ebenso bedeutend, da sie die planungsrechtlichen Bedingungen für die Genehmigung von (FFPV-Anlagen) festlegen.

BUNDESIMMISSIONSSCHUTZGESETZ (BIMSCHG)

Das Hauptziel des BImSchG ist der Schutz von Mensch und Natur vor schädlichen Umwelteinflüssen. Spezifische Vorgaben für Photovoltaikanlagen im Hinblick auf die Vermeidung von Reflexionen und Blendungen, welche die Umwelt und Anwohner beeinträchtigen könnten, sind

in § 22 BImSchG enthalten. Die Bestimmungen für die Genehmigungspflicht von Anlagen sind in der 4. BImSchV detailliert aufgelistet. Eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung ist nach § 4 Abs. 1 Satz 1 BImSchG erforderlich, wenn von der Anlage potenziell schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen könnten. Für das Genehmigungsverfahren wird zwischen dem förmlichen Verfahren gemäß § 10 BImSchG und dem vereinfachten Verfahren nach § 19 BImSchG unterschieden. Beide erfordern einen schriftlichen Antrag, die Einreichung aller relevanten Dokumente und die Einbindung aller beteiligten Behörden. Das förmliche Verfahren umfasst zudem eine öffentliche Bekanntgabe, eine Auslegung der Dokumente und eventuell einen Erörterungstermin sowie unter bestimmten Umständen eine Umweltverträglichkeitsprüfung gemäß der 9. BImSchV. In der Regel ist die Kreisverwaltungsbehörde zuständig für die Genehmigungsentscheidung. Bei wesentlichen Änderungen an genehmigungspflichtigen Anlagen ist eine erneute Genehmigung notwendig nach § 16 Abs. 1 BImSchG, während für geringfügigere Modifikationen eine Vorabmeldung bei der Genehmigungsbehörde einen Monat vor Beginn erforderlich ist, entsprechend § 15 Abs. 1 BImSchG.

LICHT-LEITLINIE (LAI)

Die Licht-Leitlinie der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellt zwar keine eigentliche rechtliche Grundlage dar, liefert aber mit der Ergänzung der Anlage 2 vom 03.11.2015 wichtige Hinweise für die Prüfung der Blendwirkung von PV-Anlagen. Das Papier ist als Empfehlung zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung von PV-Anlagen konzipiert und hat keinen bindenden Charakter. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass nach aktueller Gesetzgebung der Ausbau der Erneuerbaren Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegt sowie der öffentlichen Sicherheit dient und somit höher wiegt als Einzelinteressen. Darüber hinaus bestätigt ein aktuelles Urteil des OLG Braunschweig¹ die grundsätzlich fehlenden Bewertungsgrundlagen für Reflexion durch Sonnenlicht. Die Ausführungen der Licht-Leitlinie der LAI können daher lediglich im Einzelfall als Orientierung herangezogen werden.

¹ Artikel zum Urteil des OLG Braunschweig bezüglich Reflexionen einer PV-Anlage (14.07.2022 AZ. 8 U 166/21): <https://oberlandesgericht-braunschweig.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wenn-sonnenlicht-stoert-nachbarrechtsstreitigkeit-wegen-reflexionen-einer-photovoltaikanlage-214293.html>

4. BLENDWIRKUNGEN

4.1. REFLEXIONSGESETZ

Wenn Licht auf die Oberfläche eines Körpers trifft, wird ein Teil dieses Lichts zurückgeworfen. Diesen Vorgang nennt man Reflexion. Für die Reflexion von Licht gilt das Reflexionsgesetz. Wenn Licht also an einer Fläche reflektiert wird, sind laut dem Reflexionsgesetz Einfallswinkel und Ausfallswinkel (auch Reflexionswinkel genannt) gleich groß und liegen mit dem Lot in einer Ebene (Einfallsebene). Mathematisch drückt sich das Reflexionsgesetz somit durch $\alpha = \alpha'$ aus, wobei α der Einfallswinkel und α' der Reflexionswinkel ist (vgl. Abbildung 3: Reflexion eines Lichtstrahls an einem ebenen Spiegel (Quelle: <https://www.grund-wissen.de/phy->

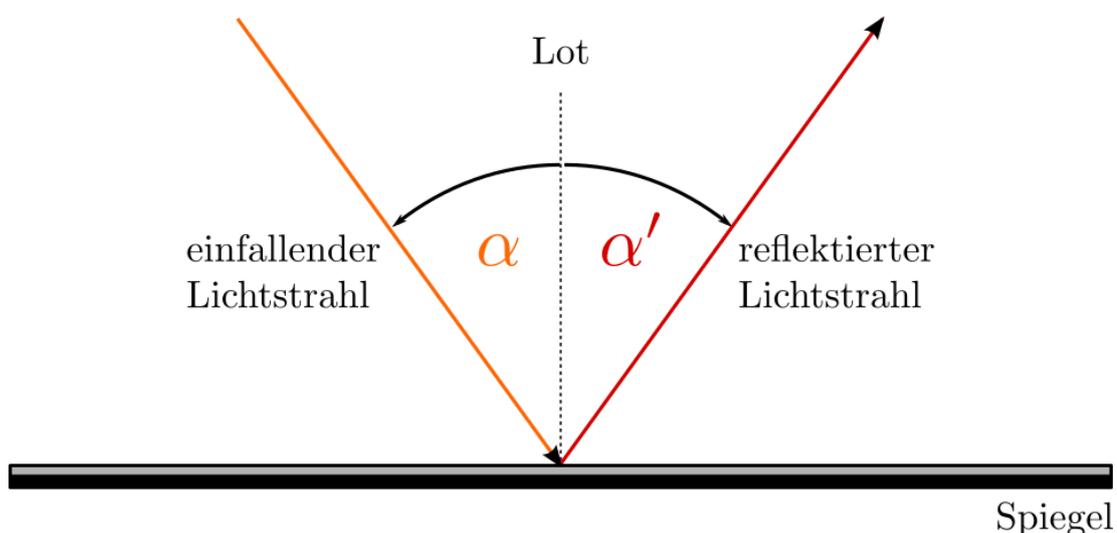


ABBILDUNG 3: REFLEXION EINES LICHTSTRAHLS AN EINEM EBENEN SPIEGEL (QUELLE: [HTTPS://WWW.GRUND-WISSEN.DE/PHYSIK/_IMAGES/REFLEXIONSGESETZ.PNG](https://www.grund-wissen.de/physik/_images/reflexionsgesetz.png))

sik/_images/reflexionsgesetz.png)).

Das Prinzip der Lichtreflexion findet universelle Anwendung, unbeeinflusst von der Beschaffenheit der Oberflächenstruktur, ob sie nun planar oder uneben ist. Bei unebenen Oberflächen variiert der Winkel des einfallenden Lichts je nach spezifischem Auftreffpunkt, was zu einer Verbreiterung des reflektierten Lichtstrahls führt. Die Regel, die hier zum Tragen kommt, besagt: Je stärker die Oberflächenstrukturierung, desto streuender (diffuser) ist die Reflexion

des Lichts (vgl. Abbildung 4: Verlauf von Lichtstrahlen bei direkter und diffuser Reflexion (Quelle: https://www.grund-wissen.de/physik/_images/reflexion-direkt-diffus.png)).

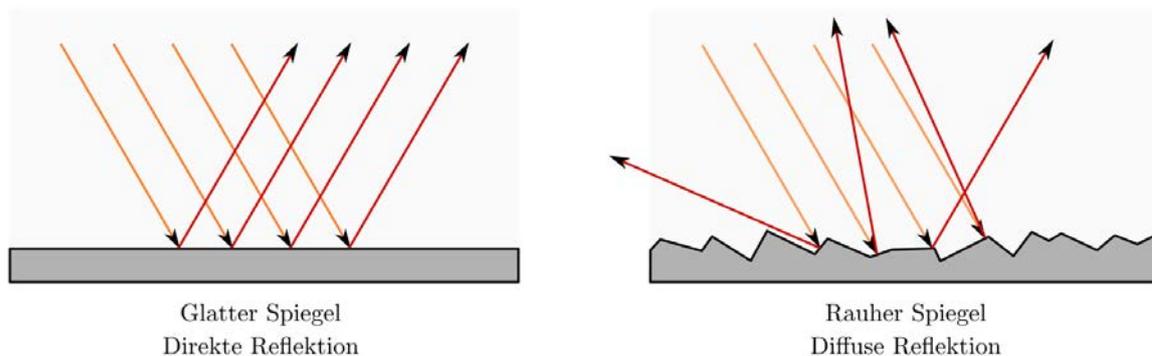


ABBILDUNG 4: VERLAUF VON LICHTSTRAHLEN BEI DIREKTER UND DIFFUSER REFLEXION (QUELLE: [HTTPS://WWW.GRUND-WISSEN.DE/PHYSIK/_IMAGES/REFLEXION-DIREKT-DIFFUS.PNG](https://www.grund-wissen.de/physik/_images/reflexion-direkt-diffus.png))

4.2. LAMBERTSCHES GESETZ

Das durch Johann Heinrich Lambert im 18. Jahrhundert formulierte Lambert'sche Gesetz beschreibt, wie die Strahlungsstärke eines Lichtstrahls durch flacher werdende Abstrahlwinkel abnimmt. Folgt eine Oberfläche diesem Prinzip und bleibt die Emissionsdichte gleich, resultiert daraus eine kreisförmige Ausbreitung der Leuchtintensität. Da das menschliche Auge lediglich die Helligkeitsdichte beurteilt (ein photometrisches Pendant zur Emissionsdichte), wirkt ein Material, das sich nach Lamberts Regel verhält, aus allen Blickwinkeln gleichförmig leuchtend.

4.3. BLENDWIRKUNG VON PV-MODULEN

Einfallendes Licht, das auf PV-Module fällt, wird nach den Regeln des Reflexionsgesetzes zurückgeworfen. Entscheidend für die Reflexion ist dabei die Oberfläche der PV-Module. Abbildung 5 zeigt drei PV-Module mit unterschiedlich strukturierten Oberflächen und die daraus resultierende Reflexion von Sonnenlicht.

Bei der Untersuchung von Messergebnissen zeigte sich, dass normales Flachglas eine Strahlverbreiterung von 20 mrad (1,16°) aufweist. Gläser mit einer leichten bis mittleren Texturierung verzeichneten eine Zunahme der Strahlausbreitung zwischen 92 und 184 mrad (5,34° bis 10,6°), während stark reliefierte Glassorten eine Intensivierung auf 1000 mrad (58°) offenbarten.²

PV-Module werden so entworfen, dass sie den größtmöglichen Prozentsatz des einfallenden Sonnenlichts für die Energiegewinnung nutzen; demnach ist das vorderseitige Glas derart gestaltet, dass es eine maximale Lichtdurchlässigkeit bietet und gleichzeitig einen minimalen Anteil an Reflektion aufweist.

Durch die Entwicklung von speziell strukturierten Glasoberflächen (Texturen) und Antireflexionsbeschichtungen, konnte der Forschungsbereich die Reflexionsrate für PV-Module auf lediglich 1 bis 4 Prozent reduzieren.³ Im Gegensatz zu herkömmlichen Glasoberflächen, wie sie bei Autoscheiben, Glasfassaden, Fenstern oder in Gewächshäusern Verwendung finden, weisen Photovoltaikmodule eine andersartige Reflexionscharakteristik auf: Sonnenstrahlen, die auf diese Module treffen, werden nicht gerichtet (oder direkt), sondern diffus zurückgestrahlt (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5).



ABBILDUNG 5: BEISPIELE FÜR REFLEXIONEN UND STREUUNG DES LICHTS AUF VERSCHIEDENEN PV-MODULEN MIT UNTERSCHIEDLICHER OBEFLÄCHENSTRUKTUR. VON LINKS NACH RECHTS: GLATTES GLAS, LEICHT TEXTURIERTES GLAS MIT ANTIREFLEXIONS BESCHICHTUNG UND TIEF STRUKTURIERTES GLAS (QUELLE: YELLOWHAIR UND HO: ASSESSMENT OF PHOTOVOLTAIC SURFACE TEXTURING ON TRANSMITTANCE EFFECTS AND GLINT/GLARE IMPACTS, 2015).

² Vgl. Yellowhair und Ho: Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts, 2015.

³ Vgl. dazu auch einen Fachartikel bei bulletin.ch zu Reflexionen an PV-Anlagen: <https://www.bulletin.ch/de/news-detail/reflexionen-an-photovoltaikanlagen.html>

4.4. INTENSITÄT DER BLENDUNG

Die Leuchtdichte ist ein entscheidender Faktor, wenn es um Blendungen geht. Diese wird als Verhältnis der Lichtintensität zur projizierten Fläche beschrieben. Wobei die gängige Messgröße hierfür in Candela je Quadratmeter (cd/m^2) angegeben wird. Das visuelle Wahrnehmungssystem des Menschen kann Helligkeiten in einem Bereich von $0,00001 \text{ cd}/\text{m}^2$ bis zu $100000 \text{ cd}/\text{m}^2$ verarbeiten.

Die Intensität des Sonnenlichts variiert mit dem Winkel, in dem die Sonne steht. Dabei wird ein Wert von etwa einer Milliarde Candela pro Quadratmeter für durchschnittliche Sonnenstände vermutet. Ein längerer Blick in eine intensive Lichtquelle kann bei Strahlungswerten, die zwischen 4.000 und $10.000 \text{ cd}/\text{m}^2$ liegen, noch als gerade tolerierbar angesehen werden. Daraus folgt, dass die Reflexionsquote eines Solarzellenmoduls einen Bereich von $0,00004\%$ bis $0,0001\%$ nicht überschreiten sollte. Jedoch liegen gegenwärtige Reflexionswerte für direkte Reflexionen normalerweise in einer Spanne von 3% bis 10% , wobei diese Werte mit zunehmendem Einfallswinkel ansteigen und ab einem Winkel von 60 Grad signifikant höher werden. Zwar können Anti-Reflex-Beschichtungen die Reflexion auf etwa 1% mindern, dennoch muss man von einer Lichtintensität ausgehen, die zwischen 10 und 100 Millionen cd/m^2 liegt und somit weit über dem Limit für absolute Blendung, welches zwischen 10.000 und $1,6$ Millionen cd/m^2 angesetzt wird, liegt. Entscheidend ist bei einer solchen Blendung zum einen die Dauer der Blendung und zum anderen der Winkel, mit dem die Sonnenstrahlung von der PV-Anlage reflektiert wird. Es ist davon auszugehen, dass Winkel kleiner als 10° unbedenklich sind.⁴

4.5. BERECHNUNG DER BLENDWIRKUNG

Die Ermittlung der Reflexionsfaktoren elektromagnetischer Wellen, wozu auch das für uns sichtbare Licht zählt, stützt sich auf fundierte physikalische Gesetze – darunter fallen das Reflexionsgesetz und das Lambertsche Gesetz – ergänzt durch die zugehörigen Berechnungsgrundlagen. Zusätzlich finden die in Anhang 2 der Lichtleitlinie aufgeführten Richtlinien (ab Seite 21) Anwendung. Eine vollständige Erläuterung sämtlicher Formeln und theoretischen

⁴ Vgl. Schierz: Über die Blendungsbewertung von reflektiertem Sonnenlicht bei Solaranlagen. Ilmenau, 2012.

Grundlagen, die für die Kalkulationen vonnöten sind, überschreitet den Rahmen dieser Ausführungen. Die prinzipielle Methodik zur Ermittlung der Reflexionswinkel gestaltet sich wie folgt: Mit Kenntnis über die Sonnenposition sowie die spezifische Ausrichtung des Photovoltaikmoduls – charakterisiert durch Neigungswinkel γ_P und Azimutwinkel α_P – lässt sich der Reflexionswinkel θ_P mittels nachstehender Gleichung bestimmen:

$$\cos(\theta_P) = -\cos(\gamma_S) \cdot \sin(\gamma_P) \cdot \cos(\alpha_S + 180^\circ - \alpha_P) + \sin(\gamma_S) \cdot \cos(\gamma_P)$$

Für die Kalkulation des Blendpotenzials orientiert sich die Analyse an den spezifischen Vorgaben gemäß den Hinweisen der Licht-Leitlinie mit den ergänzten Änderungen für PV-Anlagen⁵. Wesentliche Annahmen hierbei sind: die Betrachtung der Sonne als punktueller Lichtemitter; die Annahme einer perfekten Spiegelung des Moduls ohne diffuse Blendeffekte; durchgängige Sonneneinstrahlung vom Sonnenaufgang bis -untergang ohne Unterbrechungen durch schlechtes Wetter; ein minimaler Winkel von 10 Grad zwischen der Sonne und dem Modul; und ein signifikantes Blendrisiko bei einer täglichen Exposition von mindestens einer halben Stunde oder jährlichen Gesamtbelastung von 30 Stunden.

Die gegebenen Parameter, welche zur Berechnung herangezogen werden, liefern somit Ergebnisse eines Worst-Case-Szenarios. Unberücksichtigt bleiben hierbei zum einen die diffuse Reflexion auf den PV-Modulen sowie die real vorzufindende Wettersituation (mit einer wesentlich geringeren Sonnenscheindauer und damit potenzieller Blendungen).

4.6. BEURTEILUNG DER BLENDUNG

Die Licht-Leitlinie der LAI gibt als Bewertungsgrundsatz folgendes vor: „Schädliche Umwelteinwirkungen liegen dann vor, wenn die Nachbarschaft oder die Allgemeinheit erheblich belastigt wird. Diese Hinweise geben Maßstäbe zur Beurteilung der Lästigkeitswirkung an. Eine erhebliche Belästigung i. S. des § 5 Abs. 1 Nr. 1 oder des § 22 Abs. 1 BImSchG tritt in der Regel auf, wenn die unter Nr. 4.1 bzw. Nr. 5.2 dieser Hinweise angegebenen Immissionsrichtwerte überschritten werden.“⁶

⁵ Siehe https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lichthinweise-2015-11-03mit-formelkorrektur_aus_03_2018_1520588339.pdf

⁶ LAI: Licht-Leitlinie. S. 3.

Bei Blendung unterscheidet man zwischen physiologischer und psychologischer Blendung.⁷ Physiologische Blendung, die die Sehfähigkeit durch Streulicht beeinträchtigt, kommt in normalen Immissionssituationen nicht vor. Psychologische Blendung hingegen stört Anwohner oft auch aus größerer Entfernung, ohne die Helligkeit im Wohnbereich wesentlich zu erhöhen. Die Störung entsteht durch ungewollte Blickablenkung und die Notwendigkeit ständiger Augen Anpassung aufgrund hoher Leuchtdichteunterschiede zwischen Lichtquelle und Umgebung. Der Immissionsschutz zielt darauf ab, erhebliche Belästigungen durch solche Blendung zu verhindern, um die Wohnqualität nicht zu beeinträchtigen. Die Beurteilung geht laut den Hinweisen des LAI von einem durchschnittlich empfindlichen Menschen aus.

Handelt es sich bei den zu untersuchenden Räumen um Wohnräume, gelten laut der Licht-Leitlinie des LAI folgende Annahmen für schutzwürdige Räume:

- Wohnräume, einschließlich Wohndielen
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume

Direkt an Gebäuden beginnende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) sind in die Beurteilung tagsüber zwischen 6:00 und 22:00 Uhr mit einzubeziehen.

Ohne detaillierte Betrachtungen der Blendsituation lassen sich generell Immissionsorte ausschließen. Dazu wird ein Puffer von 100 m um die geplante FFPV-Anlage gezogen, da davon auszugehen ist, dass Immissionspunkte außerhalb dieses Puffers lediglich kurzfristige Blendwirkungen erfahren, welche vernachlässigbar sind. Weiterhin können Immissionspunkte ausgeschlossen werden, welche vornehmlich nördlich der geplanten FFPV-Anlage liegen (hier ist lediglich eine genauere Betrachtung notwendig, wenn der Immissionspunkt besonders hoch liegt oder die PV-Module besonders flach ausgerichtet sind). Immissionspunkte südlich der FFPV-Anlage sind in der Regel ebenfalls unproblematisch in Bezug auf potenzielle Blendungen, außer die PV-Module sind senkrecht angeordnet. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass hinsichtlich einer möglichen Blendung jene Immissionspunkte kritisch sind (und somit einer

⁷ Vgl. hierzu: LAI: Licht-Leitlinie. S. 4.

detaillierteren Betrachtung bedürfen), welche vorwiegend westlich oder östlich einer Photovoltaikanlage und nicht weiter als ca. 100 m von dieser entfernt liegen.⁸ Unproblematisch sind zudem PV-Anlagen, deren Ausrichtung der Sonne nachgeführt wird. Die Reflexionen dieser Anlagen weisen in Richtung der Sonne und können deshalb nicht zur Blendung der Umgebung führen.

In Bezug auf die Blendung im Straßenverkehr muss weiter unterschieden werden. Man differenziert bei Lichtreflexionen zwischen solchen, die die visuelle Wahrnehmung beeinträchtigen, und denen, die lediglich als störend wahrgenommen werden. In Situationen, in denen es auf die Verkehrssicherheit ankommt, sollte jede Art von visueller Störung unbedingt vermieden werden. Für Personen, die sich an einem festen Standort aufhalten, stellt eine kurzzeitige Störung durch Lichtreflexionen ein kleineres Problem dar, verglichen mit langanhaltenden Reflexionen, die zwar nur als störend, aber nicht als hindernd empfunden werden. Die Wahrnehmung, wann eine Reflexion als störend gilt, wird durch zahlreiche Umstände beeinflusst. Obwohl in der Fachliteratur unterschiedlichste Verfahren zur Berechnung dieser Störungen vorgeschlagen werden, konnte sich noch kein allgemein anerkanntes Berechnungsmodell durchsetzen.

⁸ Vgl. hierzu LAI: Licht-Leitlinie. Anhang 2. S. 23f.

5. VISUALISIERUNGEN UND BERECHNUNGEN

Zur Erstellung der Visualisierungen wurde die Passage-Plattform verwendet. Dabei handelt es sich um eine vollvirtuelle Welt, welche als Grundlage ein digitales Geländemodell nutzt und modellhaft Vegetation sowie Gebäude darstellt. Objekte wie Windenergieanlagen oder Freiflächenphotovoltaikanlagen können georeferenziert in dieser virtuellen Welt dargestellt werden (siehe Abbildung 7). Zudem können die Ergebnisse von beispielsweise Sichtbarkeitsanalysen oder Reflexionsberechnungen als Overlay eingebunden werden (siehe Abbildung 6). Durch die Darstellung des Geländes lassen sich damit komplexe Sachzusammenhänge oftmals wesentlich verständlicher kommunizieren, als es mit gewöhnlichen Karten der Fall wäre.

Neben der Darstellung der vollvirtuellen Welt ist es mit der Passage-Plattform möglich, Vor-Ort-Visualisierungen zu erstellen, welche die AR-Technologie (Augmented Reality) nutzt.

Einer der großen Vorteile der App liegt darin, dass direkt vor Ort die korrekte spätere Ansicht simuliert werden kann und auch die Auswirkungen von kleinsten Standortveränderungen (z.B. vor oder neben Gebäude oder Bewuchs) berücksichtigt werden. Dies führt unter anderem zu einem besseren Verständnis der zu erwartenden Auswirkungen und durch die einfache Handhabbarkeit und die damit verbundene Möglichkeit die App auch von Beteiligten (z.B. Anwohner, Behörden- / Verbandsvertretern) nutzen zu lassen, zu einer höheren Glaubwürdigkeit und Akzeptanz der Darstellungen.

Die App nutzt die AR-Technologie um die geplanten Windenergieanlagen/PV-Anlagen als virtuelle 3D Modelle in das Livebild eines mobilen Endgerätes (Handy/Tablet) einzublenden. Die Windenergieanlagen/PV-Anlagen entsprechen dabei in Aussehen und Größe ihren realen Vorbildern. Zusätzlich zur Echtzeitdarstellung im Livebild verfügt die App über eine Speicherfunktion, die es ermöglicht, das augmentierte Bild zu sichern.

Die korrekte Position des Betrachters wird dabei durch die Nutzung des GPS-Signals und/oder durch die manuelle Positionierung auf einer App-internen Karte/Luftbild sichergestellt. Die korrekte Höhe des Betrachters wird durch eine ebenfalls in der App vorgehaltene Höhenkarte gewährleistet. Die korrekte Ausrichtung wird über das Setzen von Referenzpunkten an Landmarken (Hausgiebel, Kirchtürme, Strommasten, markante Einzelbäume, etc.) sichergestellt,

welche sich im Sichtbereich des jeweiligen Standortes befinden. Die Ausrichtung erfolgt an jedem einzelnen Standort erneut.

Die AR-Technologie sorgt dabei zum einen dafür, dass die Kameraeinstellungen der virtuellen Kamera automatisch auf die Kameraeinstellung des jeweiligen Endgerätes eingestellt werden. Zum anderen, dass nach erfolgter korrekter Ausrichtung, auch bei Bewegungen des Endgerätes, und somit der physischen Kamera, diese permanent mit der virtuellen Kamera synchronisiert wird. Dadurch wird ein späteres, aufwendiges Ausrichten und Compositing der Aufnahmen unnötig und ermöglicht zusätzlich Filmaufnahmen vor Ort bei denen z.B. die unterschiedlichen Auswirkungen hinter und vor einem Objekt (z.B. Haus, Baum, etc.) anschaulich festgehalten werden können.

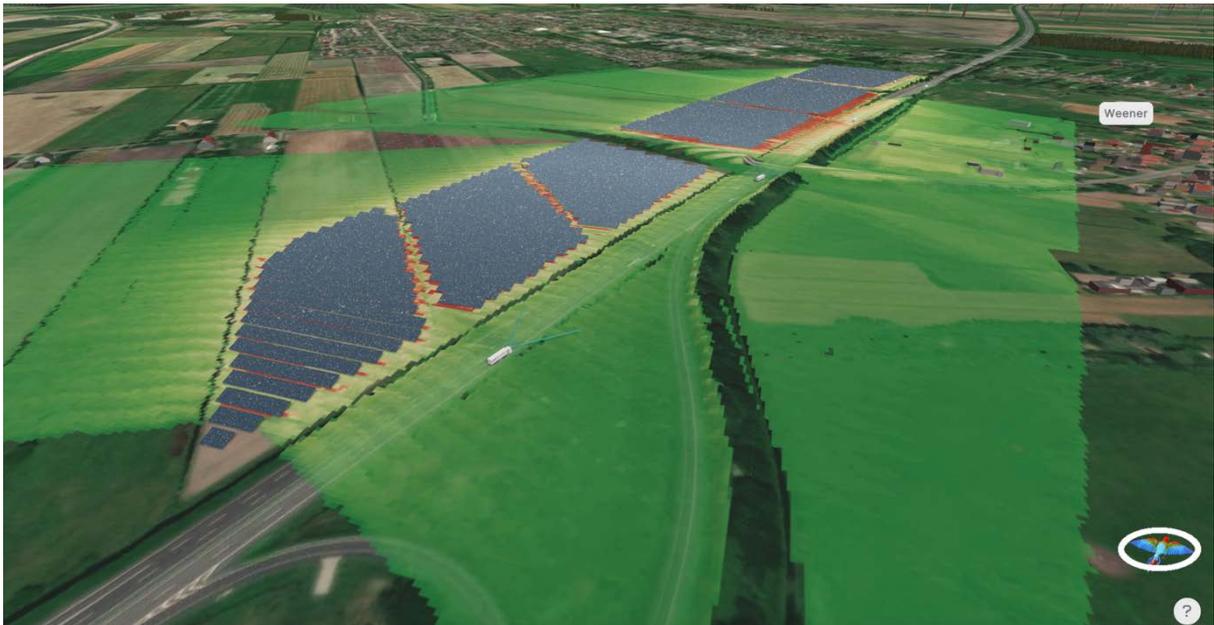


ABBILDUNG 6: 3D-VISUALISIERUNG MIT DER ÜBERSICHT ÜBER DEN UNTERSUCHUNGSRAUM MIT LKW AN DEN IP UND DER KUMULIERT DARGESTELLTEN POTENZIELLEN BLENDWIRKUNG (21. MÄRZ, JUNI, SEPTEMBER UND DEZEMBER 2023; GRÜN = GERINGES BLENDPOTENZIAL, GELB = MITTLERES BLENDPOTENZIAL, ROT = HOHES BLENDPOTENZIAL)

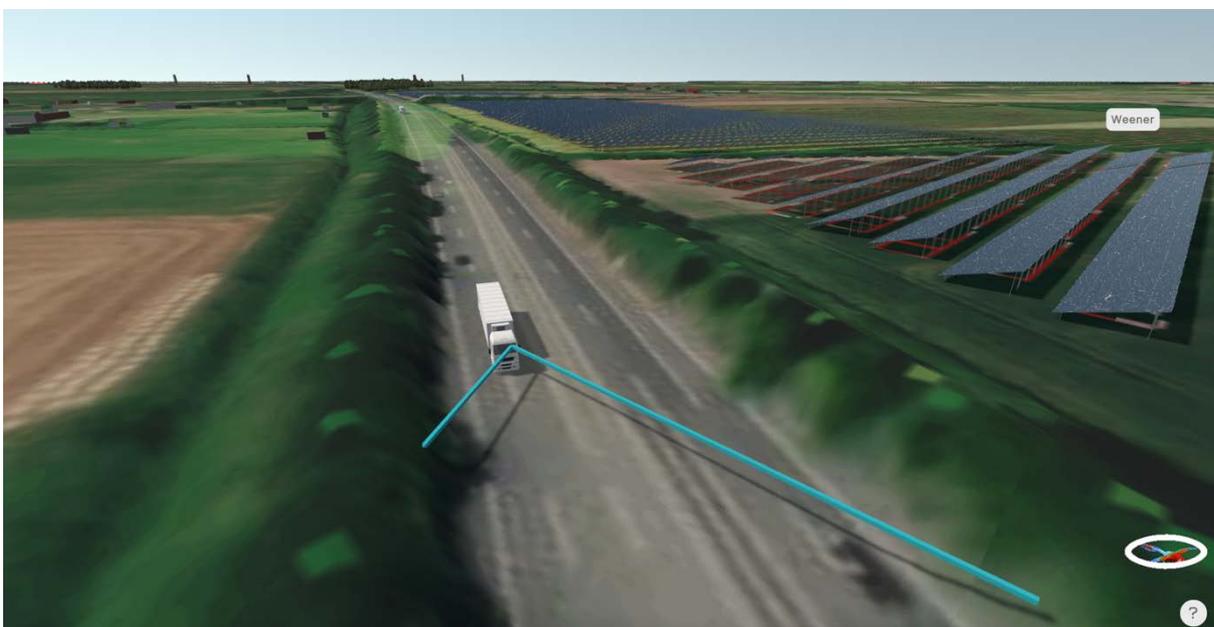


ABBILDUNG 7: 3D-VISUALISIERUNG MIT DER ÜBERSICHT ÜBER DEN IP 4 MIT BLICK IN RICHTUNG SÜDEN UND DER POTENZIELLEN BLENDWIRKUNG AM 21. MÄRZ 2023

5.1. BESTIMMUNG DER IMMISSIONSPUNKTE

Die virtuelle Welt der Passage-Plattform stellt die Grundlage für die Berechnungen der Blendwirkungen dar. Der Vorteil im Vergleich zu anderen Arten der Berechnung von Blendwirkungen von PV-Anlagen auf die Umgebung ist, dass das digitale Geländemodell mit in die Berechnung aufgenommen wird. Beispielsweise können so bestehende Lärmschutzwälle an Autobahnen berücksichtigt werden. Jene können potenzielle Blendungen für vorbeifahrende Verkehrsteilnehmer verhindern, da sie eine visuelle Barriere zwischen der PV-Anlage und der Autobahn darstellen (wie beispielsweise in Abbildung 7 und Abbildung 11 zu sehen).

Zur Bestimmung der Immissionspunkte (IP) wird dazu zunächst auf eine Fläche im Untersuchungsraum ermittelt, welche Bereiche besonders von potenziellen Blendungen betroffen sein können. Als Referenztage werden der längste (21. Juni) sowie der kürzeste Tag des Jahres (21. Dezember) herangezogen und zwei weitere Daten interpoliert (21. März und 21. September). Für die flächige Auswertung der potenziellen Blendwirkung wird zunächst die Blendung auf Bodenhöhe untersucht. In einem späteren Schritt wird an den hier ermittelten Immissionspunkten dann die Untersuchung für verschiedene Höhen (PKW, LKW) vorgenommen.

Um zunächst eine generelle Einordnung der potenziell auftretenden Blendung durchführen zu können, geht es in diesem ersten Schritt also nicht um eine qualitative, sondern eine quantitative Auswertung der Ergebnisse im gesamten Untersuchungsraum. Diese werden in Karten, welche die potenzielle Blendwirkungen an diesen Tagen auf die Fläche darstellen und zwischen einem niedrigen und einem hohen Blendpotenzial unterscheiden, dargestellt. Dabei sind Bereiche mit niedrigem Blendpotenzial grün, mittlerem Blendpotenzial gelb und hohem Blendpotenzial rot dargestellt. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass etwaige Sichtverschattungen durch das Gelände identifiziert und für die Auswahl der Immissionspunkte berücksichtigt werden können.

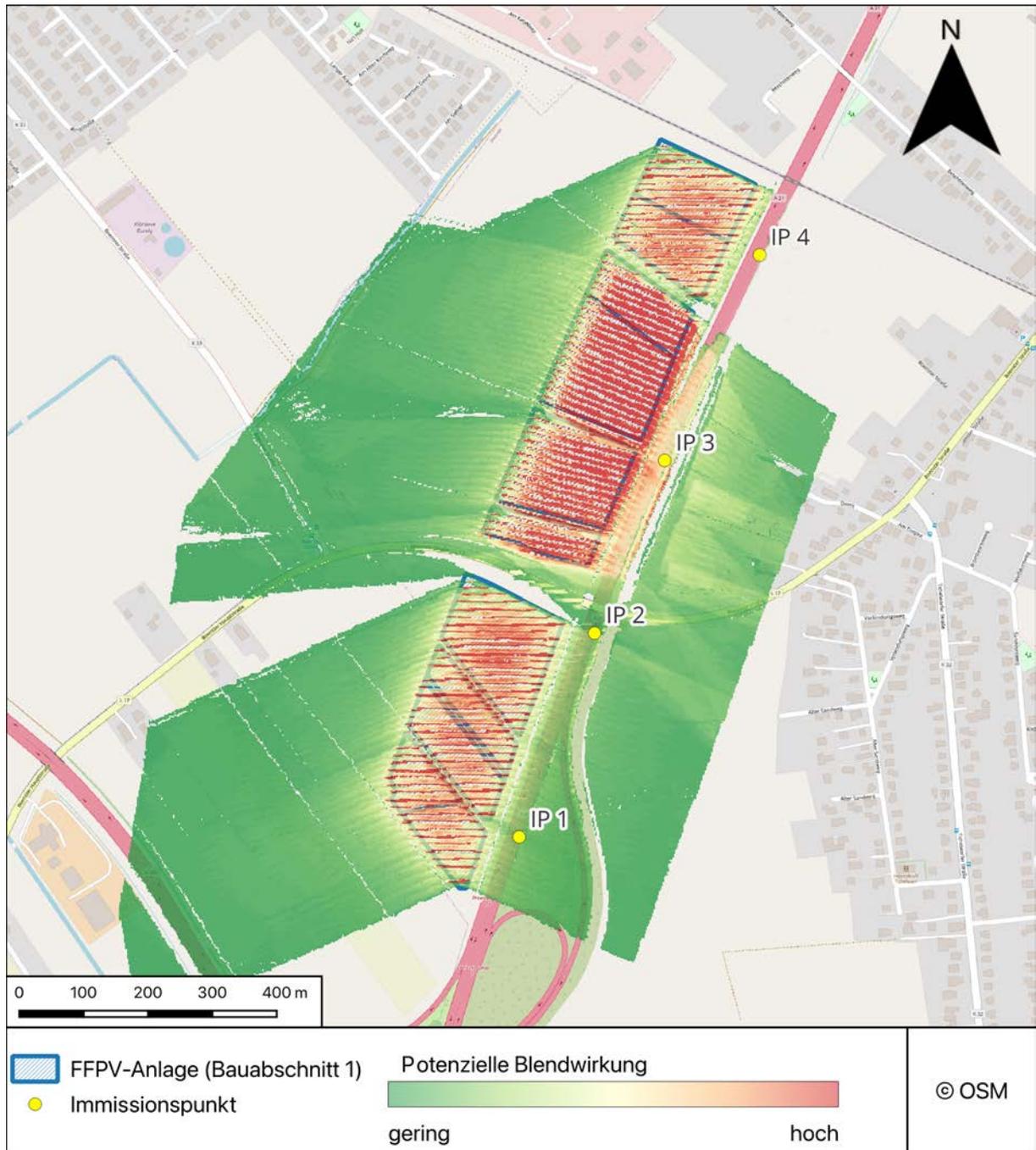
Die Ergebnisse dieser flächigen Betrachtung der Reflexionen auf den Untersuchungsraum wird die Möglichkeit geschaffen, generelle Aussagen über die Reflexionen an den untersuchten Tagen zu tätigen. Sie sind somit als Vorbereitung für den zweiten Schritt der Berechnung zu sehen, welche qualitative Aussagen zu definierten Immissionspunkten (mit unterschiedlichen Höhen für PKW und LKW) ermöglicht und auf das Jahr gesehen minutengenaue Analysen zulässt.

Karte 4 gibt eine Übersicht über potenzielle Blendwirkungen auf Bodenhöhe im Umfeld der FFPV-Anlage am 21. Tag der Monate März, Juni, September und Dezember (kumuliert dargestellt). Zum einen wird aus der Darstellung ersichtlich, dass keine Blendwirkungen im zentralen Gesichtsfeld auftreten (in beide Fahrtrichtungen). Bei Fahrten in Richtung Süden liegen die potenziellen Blendungen außerhalb des zentralen und damit im peripheren Gesichtsfeld, da sie in einem Winkel von mehr als 45° auf das vorbeifahrende Fahrzeug treffen (also von der westlichen Seite auf das Fahrzeug treffen). Potenzielle Blendungen treten bei der Fahrt in Richtung Süden in einem Winkel (bezogen auf die Blickrichtung in Fahrtrichtung) zwischen ca. 61° und 107° auf. Teilweise handelt es sich dabei also auch um Blendungen, die von leicht schräg hinten auf das Fahrzeug treffen. Bei der Fahrt in Richtung Norden treffen die potenziellen Blendungen den Fahrzeugführer in einem Winkel zwischen 72° und 110° . Die Blendungen treffen hier von links (Westen) und schräg hinten links (Südwesten) auf das Fahrzeug. Zum anderen lassen sich Immissionspunkte (IP) für eine nähere Untersuchung bestimmen.

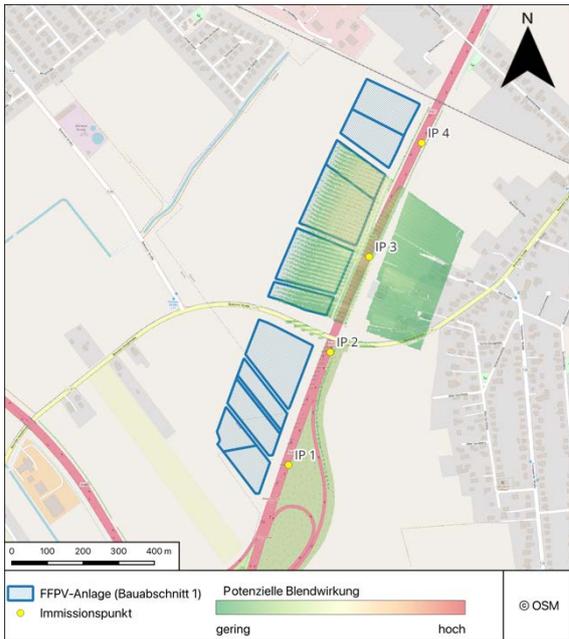
Da in beide Fahrtrichtungen davon ausgegangen werden kann, dass die Blendungen von der Seite kommen und außerhalb des zentralen Gesichtsfelds liegen, wurden die IP exemplarisch auf der östlichen Fahrbahn gewählt (Fahrtrichtung Nord). IP1 und IP4 wurden gewählt, um ein ausgewogenes Gesamtbild zu liefern und befinden sich im südlichen sowie nördlichen Bereich neben der FFPV-Anlage. IP2 und IP3 wurden gewählt, weil hier eine potenziell maximale Blendwirkung auftreten kann, da sich in diesen Bereichen mögliche Blendwirkungen von mehreren Segmenten der FFPV-Anlage überschneiden. Insbesondere IP3 liegt in einem gelben Bereich in der Karte 4. Zwischen IP4 und der FFPV-Anlage befindet sich ein Lärmschutzwall (siehe Abbildung 11), sodass davon auszugehen ist, dass hier keinerlei Blendungen auftreten. Nachrichtlich wurde dieser Punkt trotzdem mit in die Untersuchung aufgenommen.

Karte 5, Karte 6, Karte 7 und Karte 8 zeigen jeweils die Blendsituation am 21. März, Juni, September und Dezember 2023. Die Blendwirkung ist im Juni auf die Fläche gesehen am höchsten. Am gewählten Tag im Dezember treten keine Blendungen auf.

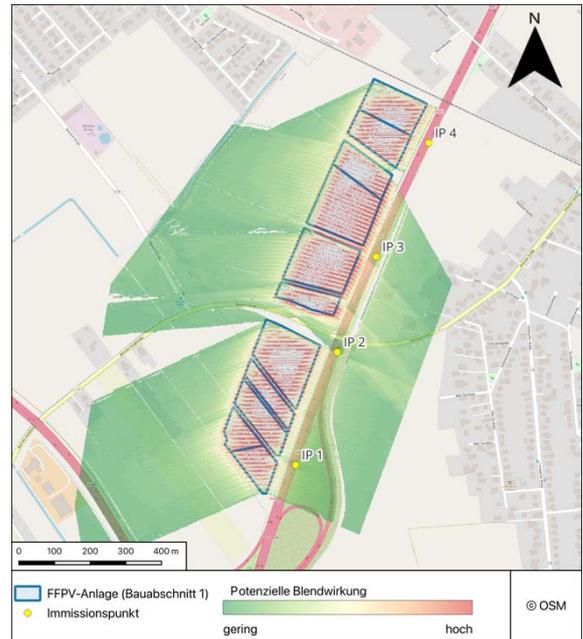
Abbildung 8, Abbildung 9, Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigen Ansichten von der BAB 31 mit Fahrtrichtung Nord, welche sich jeweils ein Stück südlich der gewählten IP befinden. Jeweils links im Bild soll angrenzend an die westliche Fahrbahn die geplante FFPV-Anlage entstehen.



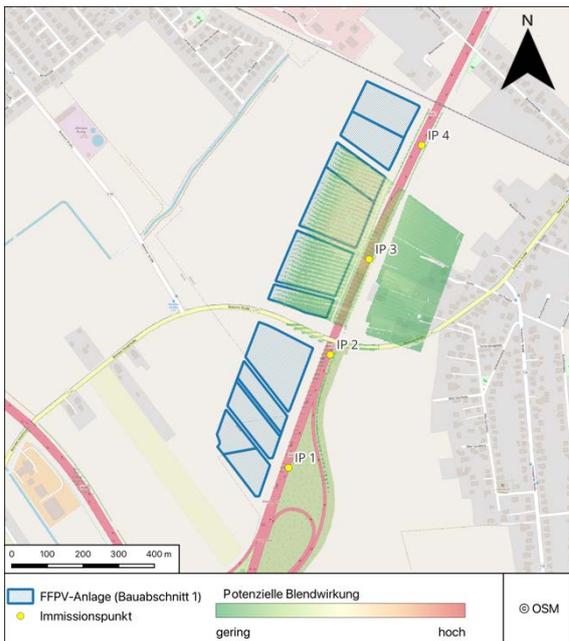
KARTE 4: ÜBERSICHT ÜBER DEN PV-PARK MIT POTENZIELLER BLENDWIRKUNG AUF BODENHÖHE AM 21. TAG DER MONATE MÄRZ, JUNI, SEPTEMBER UND DEZEMBER (KUMULIERT DARGESTELLT) MIT DER SICH DARAUS ERGEBENDEN AUSWAHL DER IMMISSIONSPUNKTE



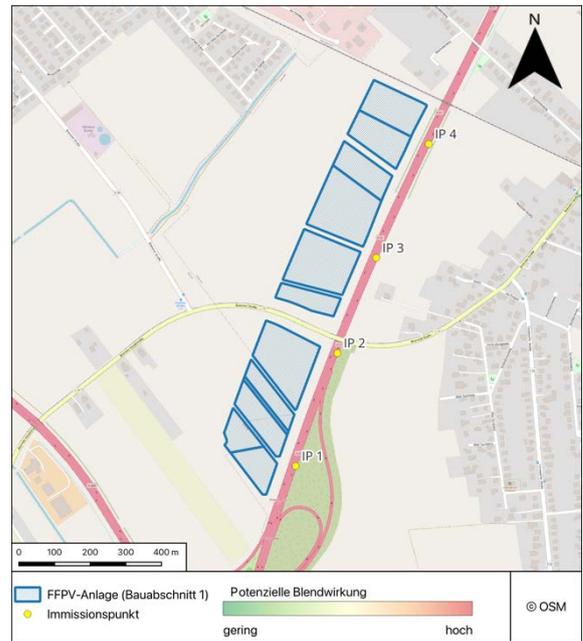
KARTE 5: POTENZIELLE BLENDWIRKUNG AUF BODENHÖHE AM 21.03.23



KARTE 6: POTENZIELLE BLENDWIRKUNG AUF BODENHÖHE AM 21.06.23



KARTE 7: POTENZIELLE BLENDWIRKUNG AUF BODENHÖHE AM 21.09.23



KARTE 8: POTENZIELLE BLENDWIRKUNG AUF BODENHÖHE AM 21.12.23



ABBILDUNG 8: BLICK AUF IP 1 IN FAHRTRICHTUNG NORD; LINKS IM BILD SOLL DIE GEPLANTE FFPV-ANLAGE ENTSTEHEN (QUELLE: APPLE KARTEN, ABGERUFEN AM 22.12.23)



ABBILDUNG 9: BLICK AUF IP 2 IN FAHRTRICHTUNG NORD; LINKS IM BILD SOLL DIE GEPLANTE FFPV-ANLAGE ENTSTEHEN (QUELLE: APPLE KARTEN, ABGERUFEN AM 22.12.23)



ABBILDUNG 10: BLICK AUF IP 3 IN FAHRRICHTUNG NORD; LINKS IM BILD SOLL DIE GEPLANTE FFPV-ANLAGE ENTSTEHEN (QUELLE: APPLE KARTEN, ABGERUFEN AM 22.12.23)



ABBILDUNG 11: BLICK AUF IP 4 IN FAHRRICHTUNG NORD; LINKS IM BILD SOLL HINTER DEM LÄRMSCHUTZWALL DIE GEPLANTE FFPV-ANLAGE ENTSTEHEN (QUELLE: APPLE KARTEN, ABGERUFEN AM 22.12.23)

5.2. AUSWERTUNG DER IMMISSIONSPUNKTE

Die in Kapitel 0 ermittelten IP werden an dieser Stelle weiter untersucht. Dazu werden verschiedene Höhen für unterschiedliche Verkehrsteilnehmer angenommen. Für vorbeifahrende PKW wird eine Höhe von 1,3 m angenommen, für vorbeifahrende LKW eine Höhe von 2,5 m. Gemeint ist mit diesen Höhen die Höhe der Immissionspunkte, also der Position des Kopfes der Kraftfahrzeugführer.

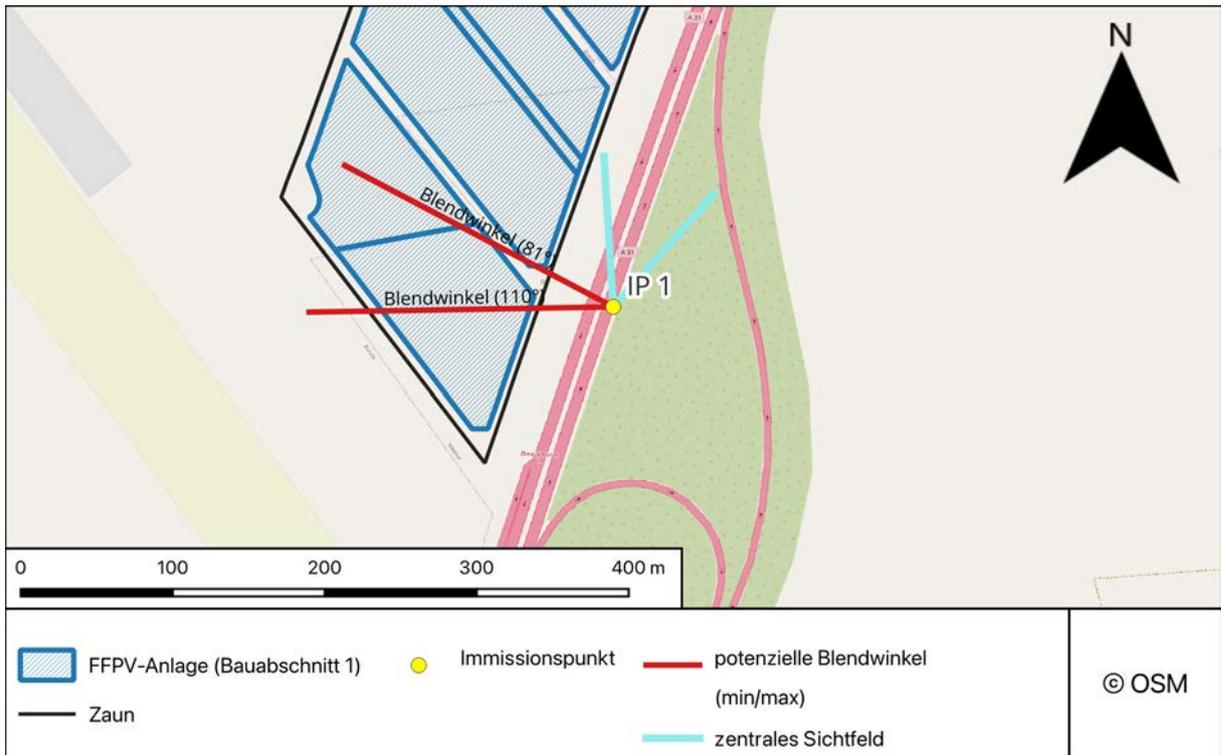
Weiterhin werden für jeden Immissionspunkt und für jede Höhe der Immissionspunkte zwei verschiedene Berechnungen vorgenommen. Zum einen wird das einzelne PV-Modul als ideal spiegelnde Fläche angenommen (Kernblendung) und zum anderen wird die Berechnung ebenfalls für eine diffuse Reflexion (Streulicht) durchgeführt. Bei der diffusen Reflexion ergeben sich zusätzliche Blendungen, da der eintreffende Sonnenstrahl durch die Oberflächenstrukturierung des PV-Moduls (siehe 4.3 Blendwirkung von PV-Modulen auf S. 14) in unterschiedliche Richtungen reflektiert wird. Unbeachtet bleibt dabei die abnehmende Lichtintensität der Streublendungen. Somit wird an dieser Stelle mit den Streublendungen ein **Worst-Case-Szenario** simuliert.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden jeweils in einer Tabelle und zusätzlich in einem Diagramm dargestellt. Das Diagramm zeigt auf das Jahr gesehen die potenziellen Blendungen am entsprechenden Immissionspunkt. Grundlage dafür ist die minutengenaue Betrachtung des Immissionspunktes im Laufe eines gesamten Jahres.

Unberücksichtigt bleibt bei dieser Berechnung außerdem die Annahme, dass Blendungen, welche durch Lichtstrahlen ausgelöst werden, welche in einem Winkel kleiner als 10° auf ein PV-Modul treffen, irrelevant sind, da die Blendung der Sonne in diesem Fall stärker ins Gewicht fällt als die Reflexion (siehe Vorschläge der LAI in der Licht-Leitlinie zur Bewertung von Blendwirkungen⁹). Da es sich beim Untersuchungsraum um eine BAB handelt, werden in diesem Fall zunächst alle potenziellen Blendungen betrachtet.

⁹ LAI: Licht-Leitlinie. S. 24.

5.2.1. IMMISSIONSPUNKT 1 (IP1) – PKW



KARTE 9: ÜBERSICHT MIT IP1, DEM ZENTRALEN SICHTFELD BEI FAHRTRICHTUNG NORD UND DEN POTENZIELL MÖGLICHEN MAXIMALEN UND MINIMALEN WINKELN, WELCHE FÜR BLENDUNGEN SORGEN KÖNNEN (BEZOGEN AUF DIE BERECHNUNG MIT STREULICHT FÜR PKW)



ABBILDUNG 12: ANSICHT DES IP1 MIT EINEM PKW IN FAHRTRICHTUNG NORD UND DEM ZENTRALEN GESICHTSFELD DES FAHRERS (BLAUE BALKEN)

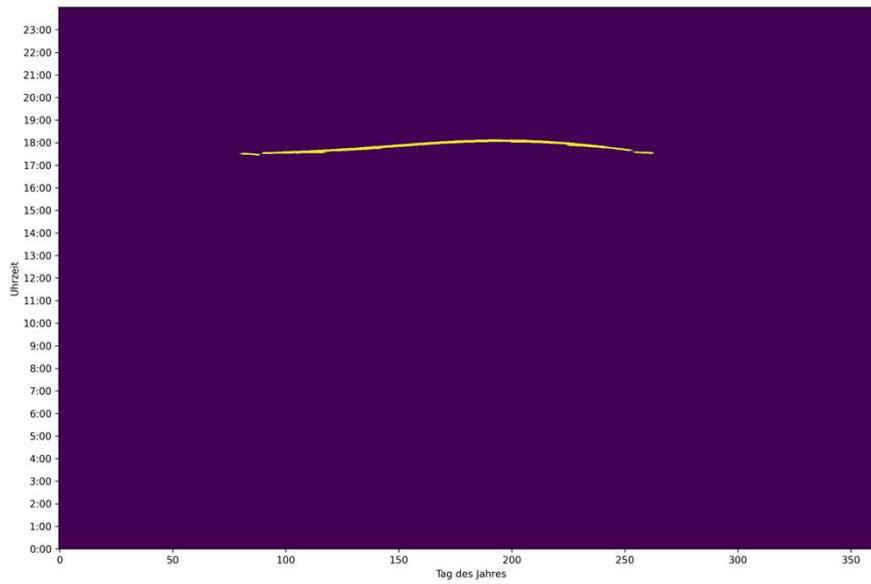


ABBILDUNG 13: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (KERNBLENDUNG) FÜR DEN IP1 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN PKW (UHRZEIT IN UTC)

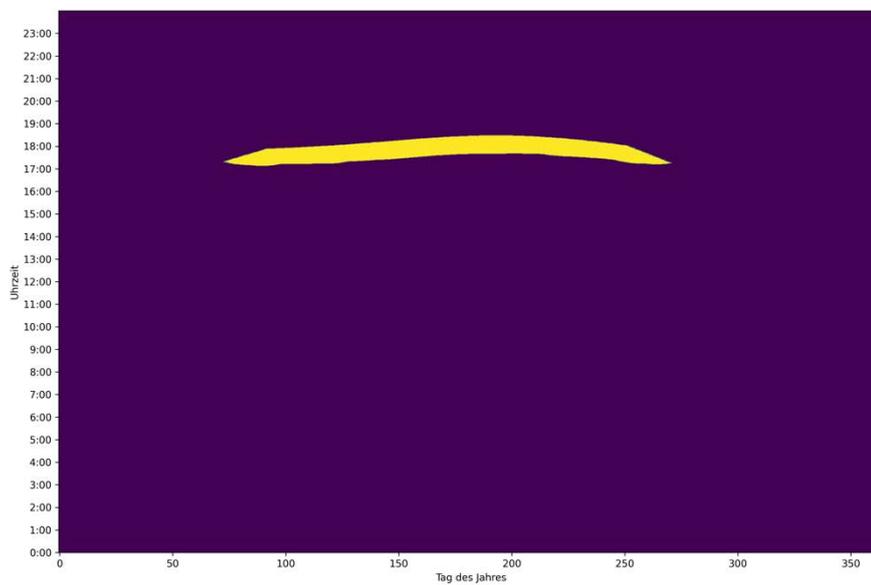


ABBILDUNG 14: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (STREUBLENDUNG) FÜR DEN IP1 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN PKW (UHRZEIT IN UTC)

TABELLE 1: KERNBLENDUNG UND STREUBLENDUNG FÜR IMMISSIONSPUNKT 1 BIS 4 (ORANGE HERVORGEHOBEN: IP1 FÜR PKW)

Kernblendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	1.194	182	24.04.23	9	86	110
	IP 1 (LKW)	1.480	182	25.04.23	12	86	110
	IP 2 (PKW)	1.282	184	07.05.23	11	87	110
	IP 2 (LKW)	1.605	183	02.05.23	12	87	110
	IP 3 (PKW)	791	137	24.05.23	7	78	96
	IP 3 (LKW)	933	135	21.04.23	10	78	95
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

mit Streublendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	8.417	198	26.05.23	49	81	110
	IP 1 (LKW)	8.962	198	30.04.23	52	82	110
	IP 2 (PKW)	8.537	198	10.05.23	50	87	110
	IP 2 (LKW)	9.563	222	12.05.23	54	87	118
	IP 3 (PKW)	6.919	155	09.05.23	65	73	96
	IP 3 (LKW)	7.280	155	08.05.23	66	73	96
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

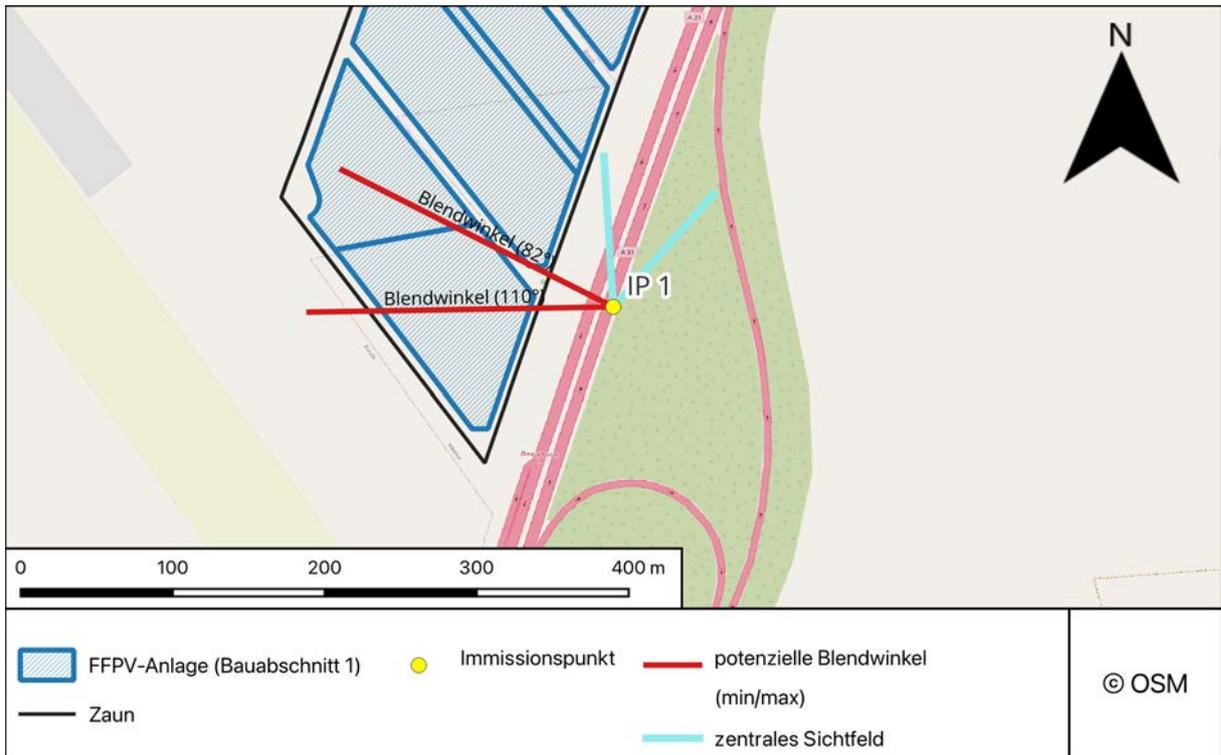
Kernblendung (ideale Reflexion)

Für den Immissionspunkt 1 (IP1) kann in Bezug auf vorbeifahrende PKW festgestellt werden, dass es an 182 Tagen zu Kernblendungen kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 1.194 min. Der 24. April 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 9 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 86° und der maximale Winkel 110° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

Mit Streublendung (durch diffuse Reflexion)

Berücksichtigt man die diffuse Reflexion, so kann für den IP1 in Bezug auf vorbeifahrende PKW festgestellt werden, dass es an 198 Tagen zu Blendungen inkl. Streulicht kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 8.417 min. Der 26. Mai 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 49 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 81° und der maximale Winkel 110° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

5.2.2. IMMISSIONSPUNKT 1 (IP1) – LKW



KARTE 10: ÜBERSICHT MIT IP1, DEM ZENTRALEN SICHTFELD BEI FAHRRICHTUNG NORD UND DEN POTENZIELL MÖGLICHEN MAXIMALEN UND MINIMALEN WINKELN, WELCHE FÜR BLENDUNGEN SORGEN KÖNNEN (BEZOGEN AUF DIE BERECHNUNG MIT STREULICHT FÜR LKW)

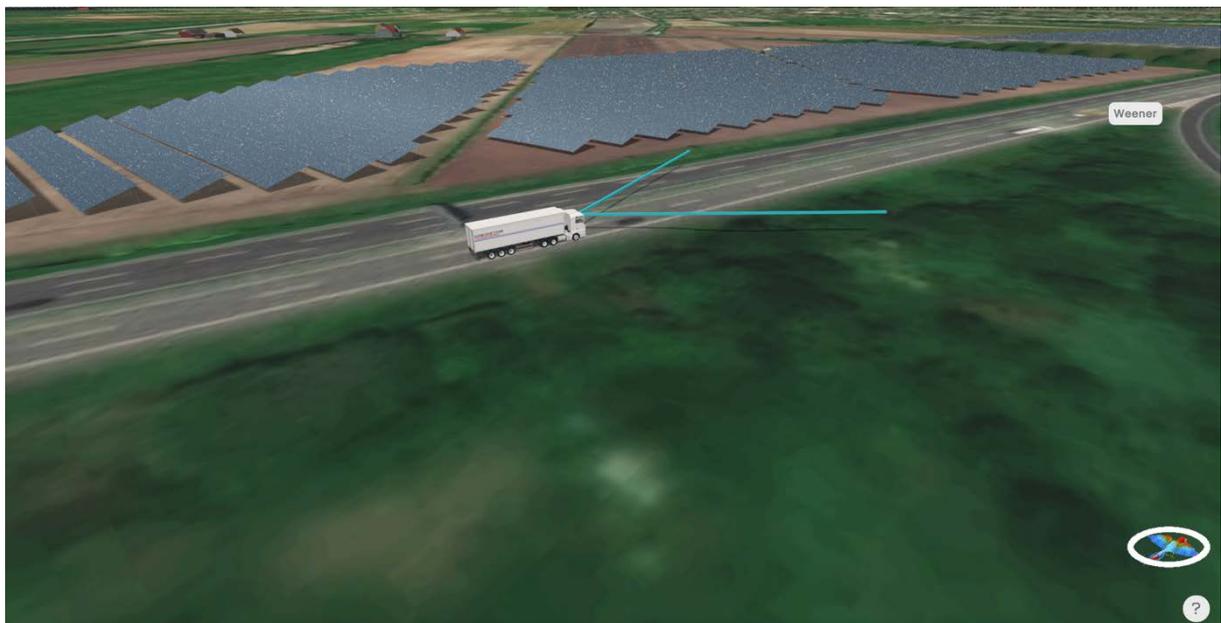


ABBILDUNG 15: ANSICHT DES IP1 MIT EINEM LKW IN FAHRRICHTUNG NORD UND DEM ZENTRALEN GESICHTSFELD DES FAHRERS (BLAUE BALKEN)

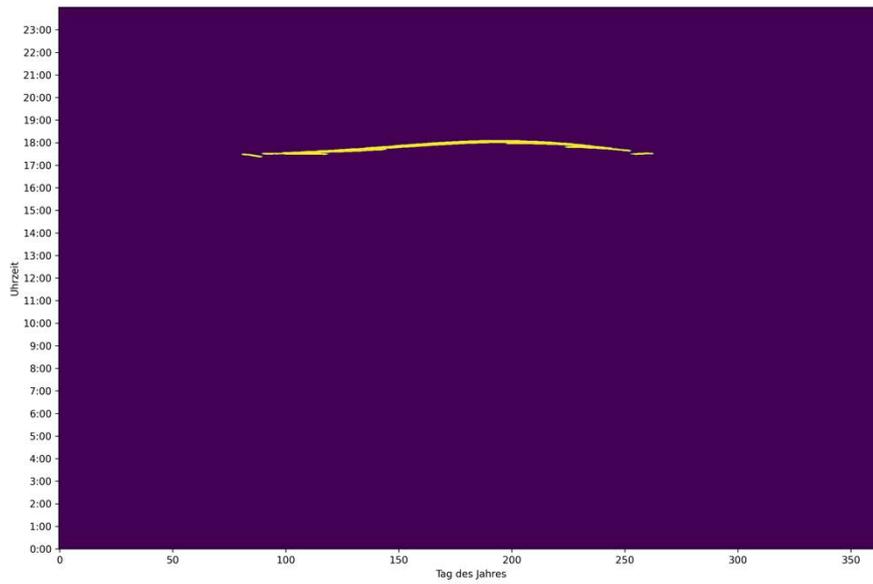


ABBILDUNG 16: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (KERNBLENDUNG) FÜR DEN IP1 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN LKW (UHRZEIT IN UTC)

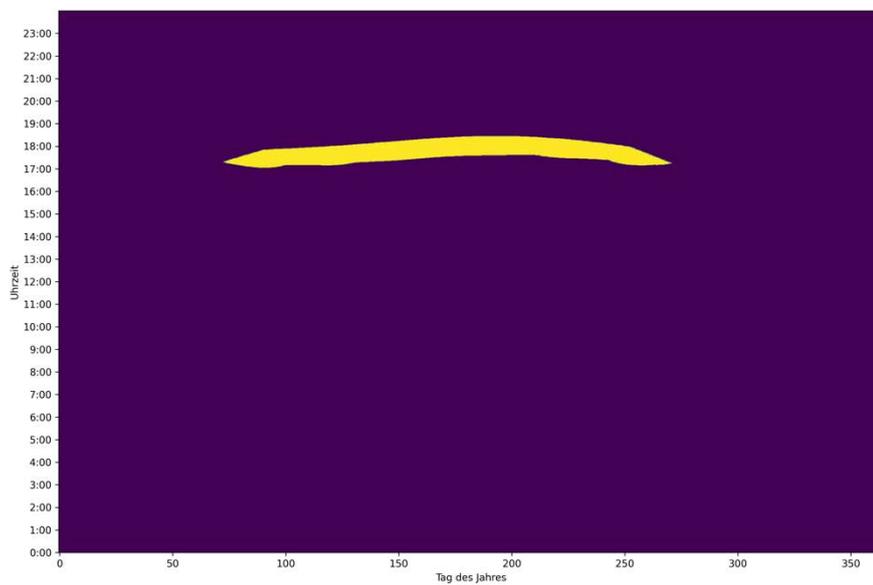


ABBILDUNG 17: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (STREUBLENDUNG) FÜR DEN IP1 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN LKW (UHRZEIT IN UTC)

TABELLE 2: KERNBLENDUNG UND STREUBLENDUNG FÜR IMMISSIONSPUNKT 1 BIS 4 (ORANGE HERVORGEHOBEN: IP1 FÜR LKW)

Kernblendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	1.194	182	24.04.23	9	86	110
	IP 1 (LKW)	1.480	182	25.04.23	12	86	110
	IP 2 (PKW)	1.282	184	07.05.23	11	87	110
	IP 2 (LKW)	1.605	183	02.05.23	12	87	110
	IP 3 (PKW)	791	137	24.05.23	7	78	96
	IP 3 (LKW)	933	135	21.04.23	10	78	95
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

mit Streublendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	8.417	198	26.05.23	49	81	110
	IP 1 (LKW)	8.962	198	30.04.23	52	82	110
	IP 2 (PKW)	8.537	198	10.05.23	50	87	110
	IP 2 (LKW)	9.563	222	12.05.23	54	87	118
	IP 3 (PKW)	6.919	155	09.05.23	65	73	96
	IP 3 (LKW)	7.280	155	08.05.23	66	73	96
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

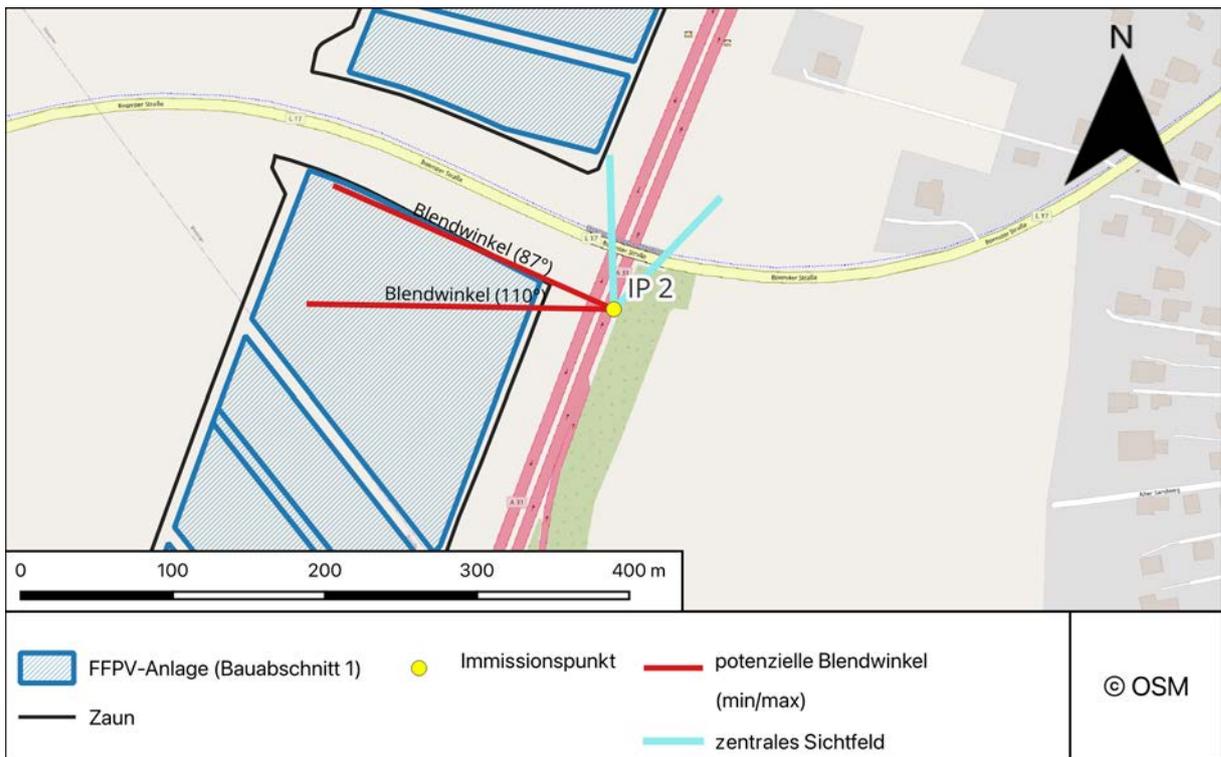
Kernblendung (ideale Reflexion)

Für den Immissionspunkt 1 (IP1) kann in Bezug auf vorbeifahrende LKW festgestellt werden, dass es an 182 Tagen zu Kernblendungen kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 1.480 min. Der 25. April 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 12 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 86° und der maximale Winkel 110° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

Mit Streublendung (durch diffuse Reflexion)

Berücksichtigt man die diffuse Reflexion, so kann für den IP1 in Bezug auf vorbeifahrende LKW festgestellt werden, dass es an 198 Tagen zu Blendungen inkl. Streulicht kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 8.962 min. Der 30. April 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 52 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 82° und der maximale Winkel 110° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

5.2.3. IMMISSIONSPUNKT 2 (IP2) – PKW



KARTE 11: ÜBERSICHT MIT IP2, DEM ZENTRALEN SICHTFELD BEI FAHRRICHTUNG NORD UND DEN POTENZIELL MÖGLICHEN MAXIMALEN UND MINIMALEN WINKELN, WELCHE FÜR BLENDUNGEN SORGEN KÖNNEN (BEZOGEN AUF DIE BERECHNUNG MIT STREULICHT FÜR PKW)



ABBILDUNG 18: ANSICHT DES IP2 MIT EINEM PKW IN FAHRRICHTUNG NORD UND DEM ZENTRALEN GESICHTSFELD DES FAHRERS (BLAUE BALKEN)

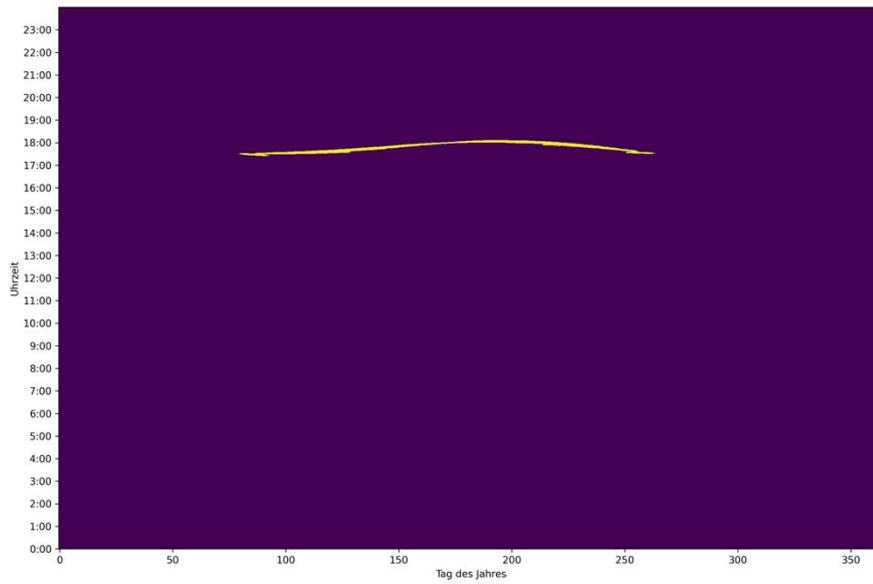


ABBILDUNG 19: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (KERNBLENDUNG) FÜR DEN IP2 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN PKW (UHRZEIT IN UTC)

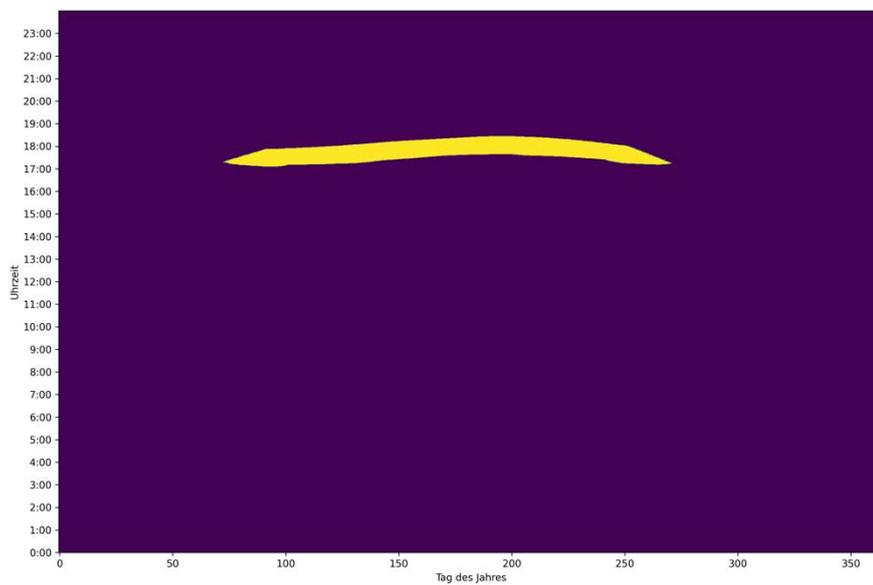


ABBILDUNG 20: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (STREUBLENDUNG) FÜR DEN IP2 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN PKW (UHRZEIT IN UTC)

TABELLE 3: KERNBLENDUNG UND STREUBLENDUNG FÜR IMMISSIONSPUNKT 1 BIS 4 (ORANGE HERVORGEHOBEN: IP2 FÜR PKW)

Kernblendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	1.194	182	24.04.23	9	86	110
	IP 1 (LKW)	1.480	182	25.04.23	12	86	110
	IP 2 (PKW)	1.282	184	07.05.23	11	87	110
	IP 2 (LKW)	1.605	183	02.05.23	12	87	110
	IP 3 (PKW)	791	137	24.05.23	7	78	96
	IP 3 (LKW)	933	135	21.04.23	10	78	95
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

mit Streublendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	8.417	198	26.05.23	49	81	110
	IP 1 (LKW)	8.962	198	30.04.23	52	82	110
	IP 2 (PKW)	8.537	198	10.05.23	50	87	110
	IP 2 (LKW)	9.563	222	12.05.23	54	87	118
	IP 3 (PKW)	6.919	155	09.05.23	65	73	96
	IP 3 (LKW)	7.280	155	08.05.23	66	73	96
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

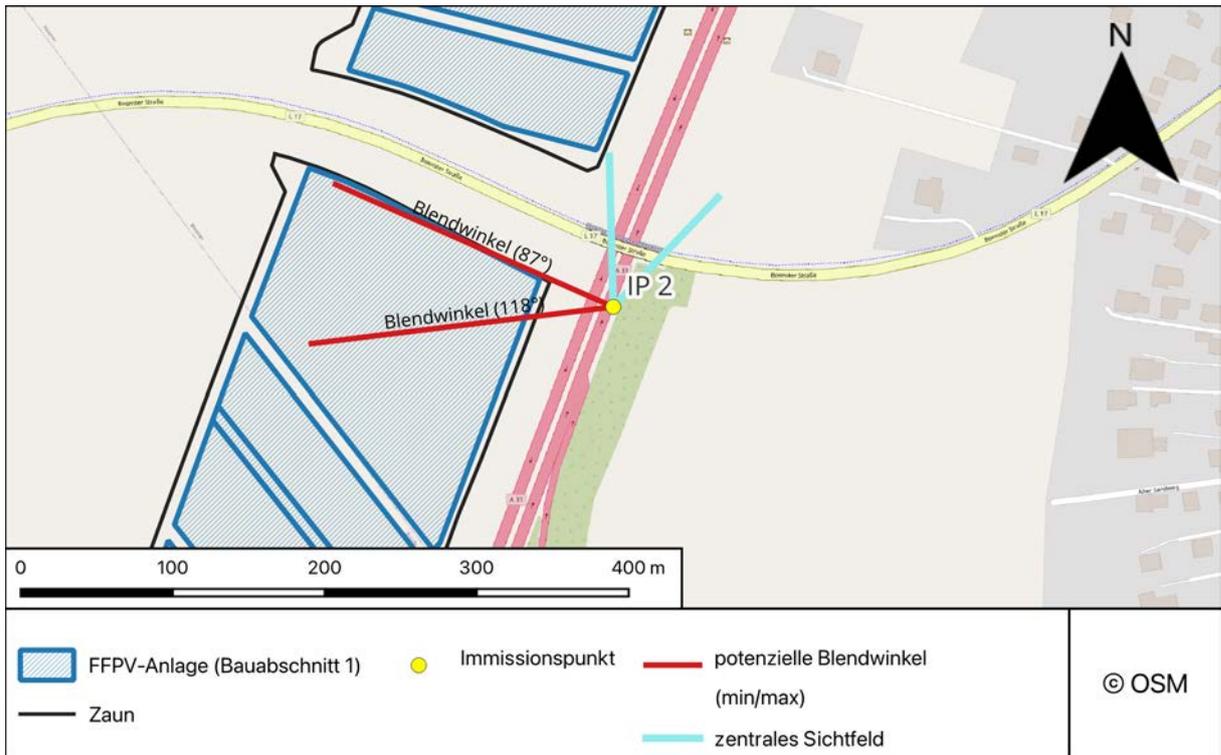
Kernblendung (ideale Reflexion)

Für den Immissionspunkt 2 (IP2) kann in Bezug auf vorbeifahrende PKW festgestellt werden, dass es an 184 Tagen zu Kernblendungen kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 1.282 min. Der 07. Mai 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 11 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 87° und der maximale Winkel 110° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

Mit Streublendung (durch diffuse Reflexion)

Berücksichtigt man die diffuse Reflexion, so kann für den IP1 in Bezug auf vorbeifahrende PKW festgestellt werden, dass es an 198 Tagen zu Blendungen inkl. Streulicht kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 8.962 min. Der 10. Mai 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 50 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 87° und der maximale Winkel 110° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

5.2.4. IMMISSIONSPUNKT 2 (IP2) – LKW



KARTE 12: ÜBERSICHT MIT IP2, DEM ZENTRALEN SICHTFELD BEI FAHRRICHTUNG NORD UND DEN POTENZIELL MÖGLICHEN MAXIMALEN UND MINIMALEN WINKELN, WELCHE FÜR BLENDUNGEN SORGEN KÖNNEN (BEZOGEN AUF DIE BERECHNUNG MIT STREULICHT FÜR LKW)

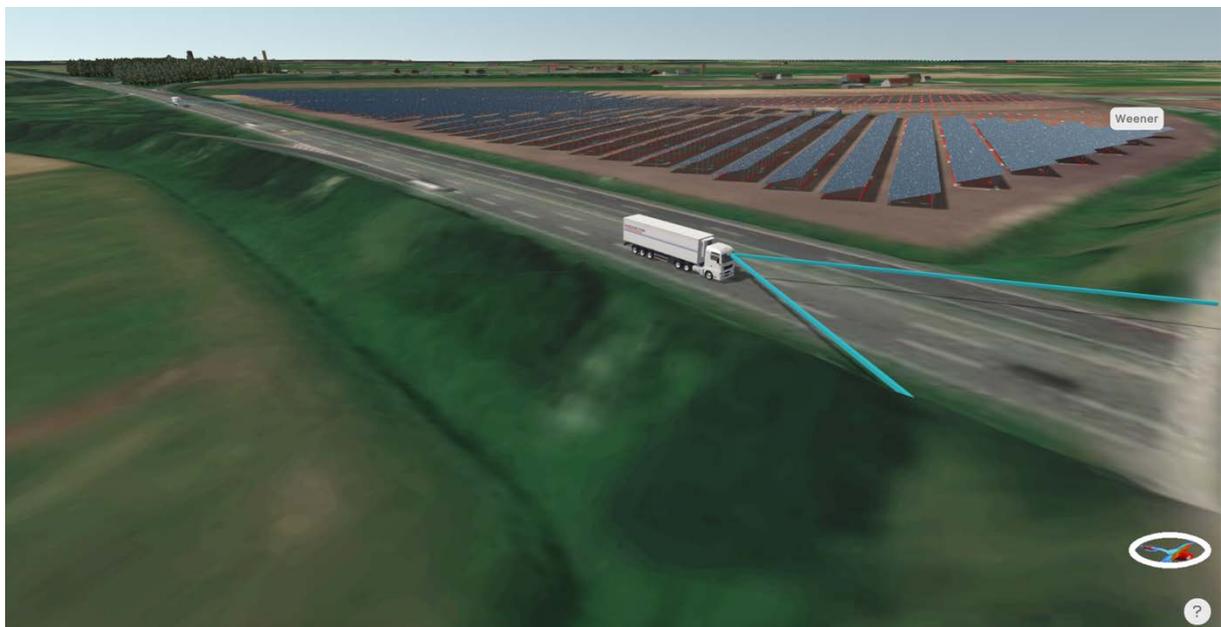


ABBILDUNG 21: ANSICHT DES IP2 MIT EINEM LKW IN FAHRRICHTUNG NORD UND DEM ZENTRALEN GESICHTSFELD DES FAHRERS (BLAUE BALKEN)

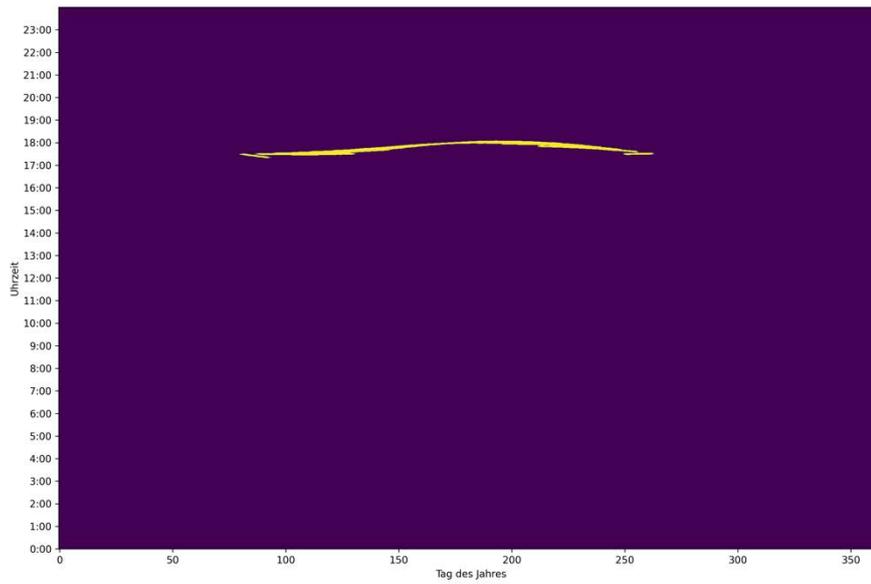


ABBILDUNG 22: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (KERNBLENDUNG) FÜR DEN IP2 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN LKW (UHRZEIT IN UTC)

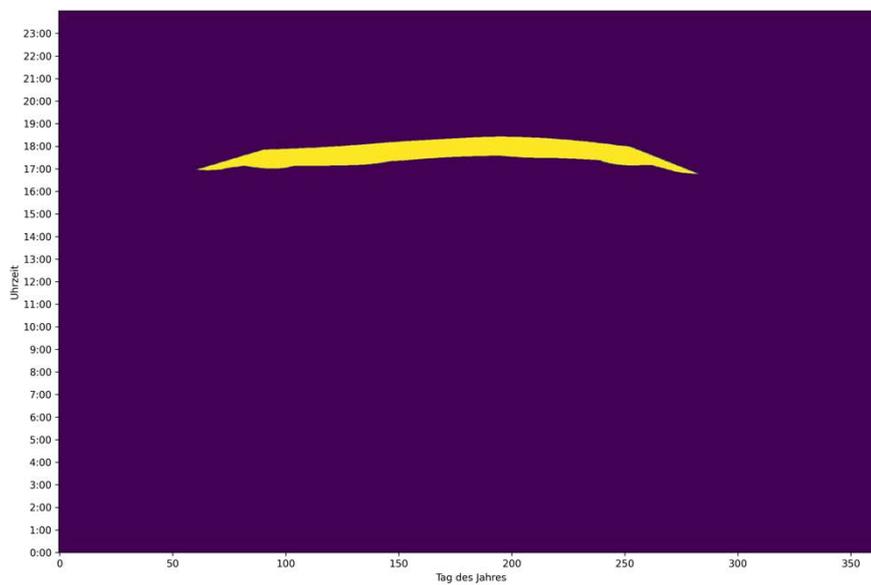


ABBILDUNG 23: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (STREUBLENDUNG) FÜR DEN IP2 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN LKW (UHRZEIT IN UTC)

TABELLE 4: KERNBLENDUNG UND STREUBLENDUNG FÜR IMMISSIONSPUNKT 1 BIS 4 (ORANGE HERVORGEHOBEN: IP2 FÜR LKW)

Kernblendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	1.194	182	24.04.23	9	86	110
	IP 1 (LKW)	1.480	182	25.04.23	12	86	110
	IP 2 (PKW)	1.282	184	07.05.23	11	87	110
	IP 2 (LKW)	1.605	183	02.05.23	12	87	110
	IP 3 (PKW)	791	137	24.05.23	7	78	96
	IP 3 (LKW)	933	135	21.04.23	10	78	95
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

mit Streublendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	8.417	198	26.05.23	49	81	110
	IP 1 (LKW)	8.962	198	30.04.23	52	82	110
	IP 2 (PKW)	8.537	198	10.05.23	50	87	110
	IP 2 (LKW)	9.563	222	12.05.23	54	87	118
	IP 3 (PKW)	6.919	155	09.05.23	65	73	96
	IP 3 (LKW)	7.280	155	08.05.23	66	73	96
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

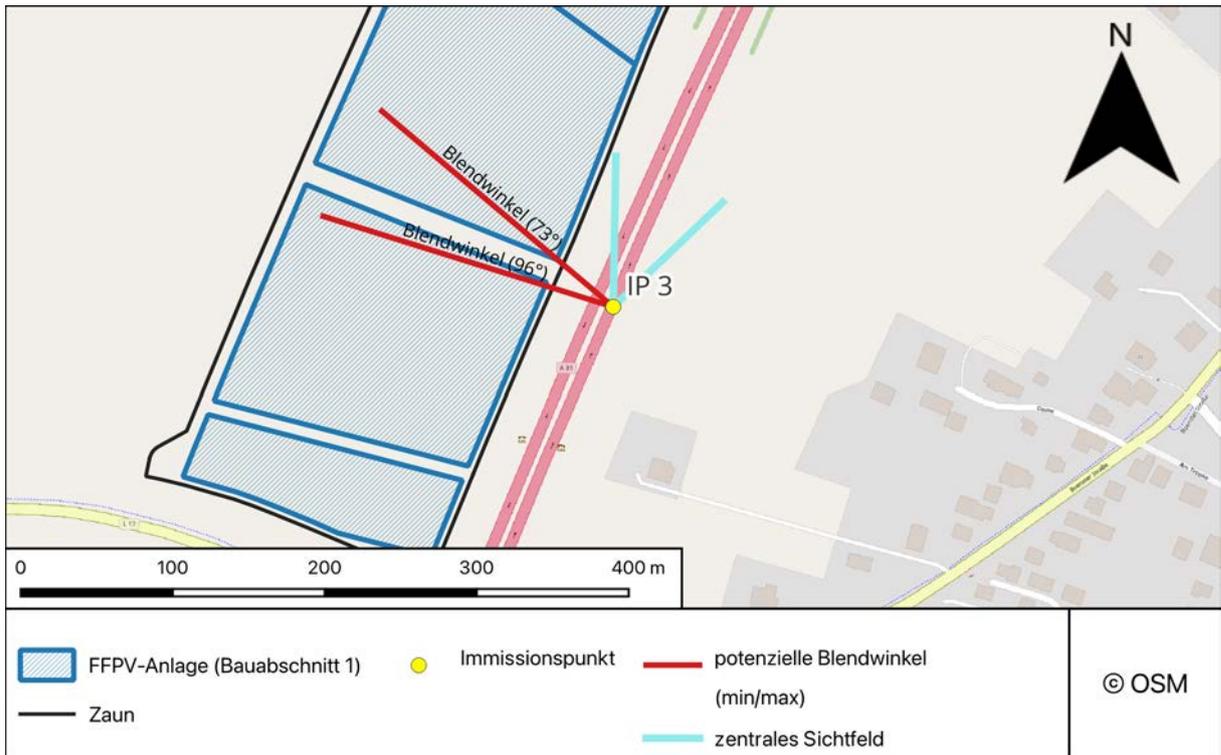
Kernblendung (ideale Reflexion)

Für den Immissionspunkt 2 (IP2) kann in Bezug auf vorbeifahrende LKW festgestellt werden, dass es an 183 Tagen zu Kernblendungen kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 1.605 min. Der 02. Mai 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 12 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 87° und der maximale Winkel 110° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

Mit Streublendung (durch diffuse Reflexion)

Berücksichtigt man die diffuse Reflexion, so kann für den IP1 in Bezug auf vorbeifahrende LKW festgestellt werden, dass es an 222 Tagen zu Blendungen inkl. Streulicht kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 9.563 min. Der 12. Mai 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 54 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 87° und der maximale Winkel 118° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

5.2.5. IMMISSIONSPUNKT 3 (IP3) – PKW



KARTE 13: ÜBERSICHT MIT IP3, DEM ZENTRALEN SICHTFELD BEI FAHRTRICHTUNG NORD UND DEN POTENZIELL MÖGLICHEN MAXIMALEN UND MINIMALEN WINKELN, WELCHE FÜR BLENDUNGEN SORGEN KÖNNEN (BEZOGEN AUF DIE BERECHNUNG MIT STREULICHT FÜR PKW)



ABBILDUNG 24: ANSICHT DES IP3 MIT EINEM PKW IN FAHRTRICHTUNG NORD UND DEM ZENTRALEN GESICHTSFELD DES FAHRERS (BLAUE BALKEN)

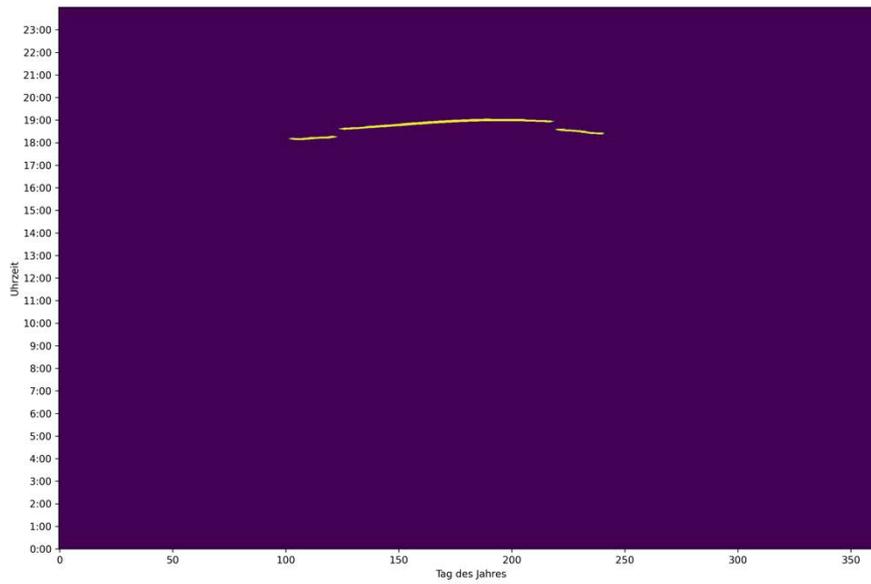


ABBILDUNG 25: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (KERNBLENDUNG) FÜR DEN IP3 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN PKW (UHRZEIT IN UTC)

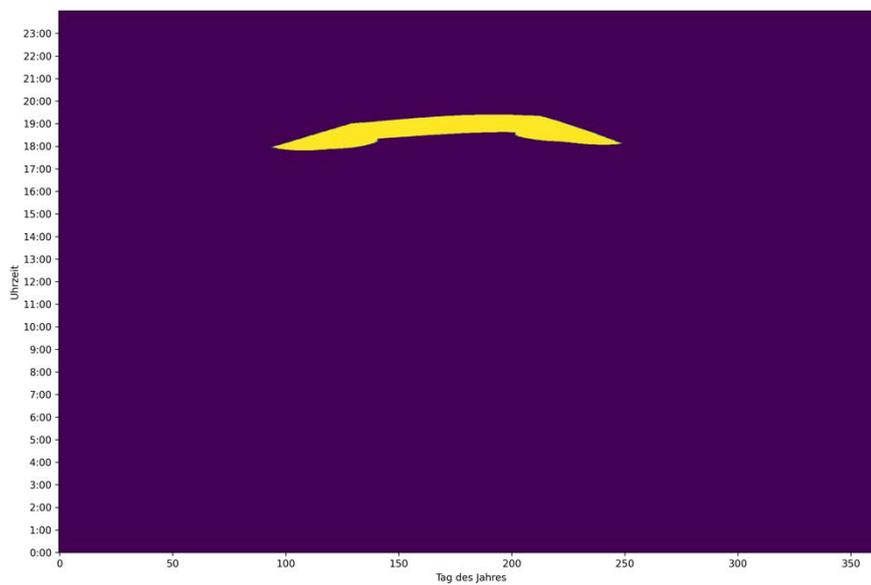


ABBILDUNG 26: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (STREUBLENDUNG) FÜR DEN IP3 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN PKW (UHRZEIT IN UTC)

TABELLE 5: KERNBLENDUNG UND STREUBLENDUNG FÜR IMMISSIONSPUNKT 1 BIS 4 (ORANGE HERVORGEHOBEN: IP3 FÜR PKW)

Kernblendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	1.194	182	24.04.23	9	86	110
	IP 1 (LKW)	1.480	182	25.04.23	12	86	110
	IP 2 (PKW)	1.282	184	07.05.23	11	87	110
	IP 2 (LKW)	1.605	183	02.05.23	12	87	110
	IP 3 (PKW)	791	137	24.05.23	7	78	96
	IP 3 (LKW)	933	135	21.04.23	10	78	95
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

mit Streublendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	8.417	198	26.05.23	49	81	110
	IP 1 (LKW)	8.962	198	30.04.23	52	82	110
	IP 2 (PKW)	8.537	198	10.05.23	50	87	110
	IP 2 (LKW)	9.563	222	12.05.23	54	87	118
	IP 3 (PKW)	6.919	155	09.05.23	65	73	96
	IP 3 (LKW)	7.280	155	08.05.23	66	73	96
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

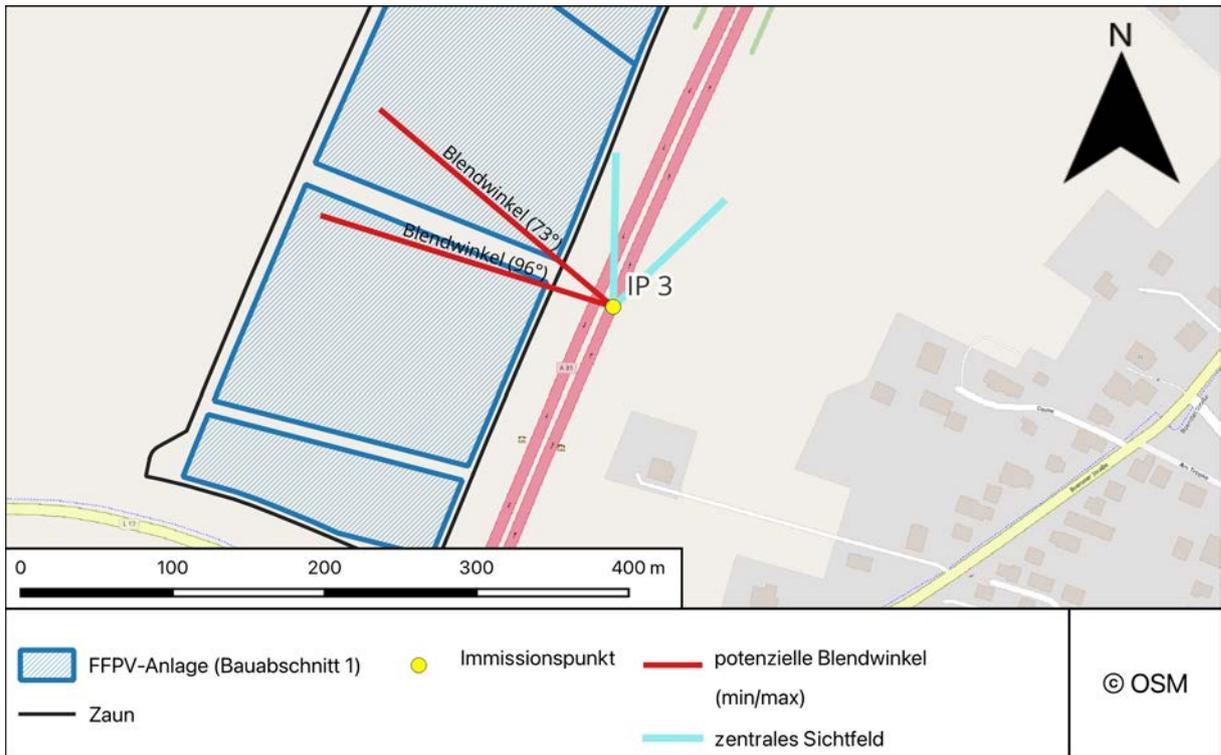
Kernblendung (ideale Reflexion)

Für den Immissionspunkt 3 (IP3) kann in Bezug auf vorbeifahrende PKW festgestellt werden, dass es an 137 Tagen zu Kernblendungen kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 791 min. Der 24. April 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 7 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 78° und der maximale Winkel 96° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

Mit Streublendung (durch diffuse Reflexion)

Berücksichtigt man die diffuse Reflexion, so kann für den IP3 in Bezug auf vorbeifahrende PKW festgestellt werden, dass es an 155 Tagen zu Blendungen inkl. Streulicht kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 6.919 min. Der 09. Mai 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 65 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 73° und der maximale Winkel 96° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

5.2.6. IMMISSIONSPUNKT 3 (IP3) – LKW



KARTE 14: ÜBERSICHT MIT IP3, DEM ZENTRALEM SICHTFELD BEI FAHRTRICHTUNG NORD UND DEN POTENZIELL MÖGLICHEN MAXIMALEN UND MINIMALEN WINKELN, WELCHE FÜR BLENDUNGEN SORGEN KÖNNEN (BEZOGEN AUF DIE BERECHNUNG MIT STREULICHT FÜR LKW)



ABBILDUNG 27: ANSICHT DES IP3 MIT EINEM LKW IN FAHRTRICHTUNG NORD UND DEM ZENTRALEM GESICHTSFELD DES FAHRERS (BLAUE BALKEN)

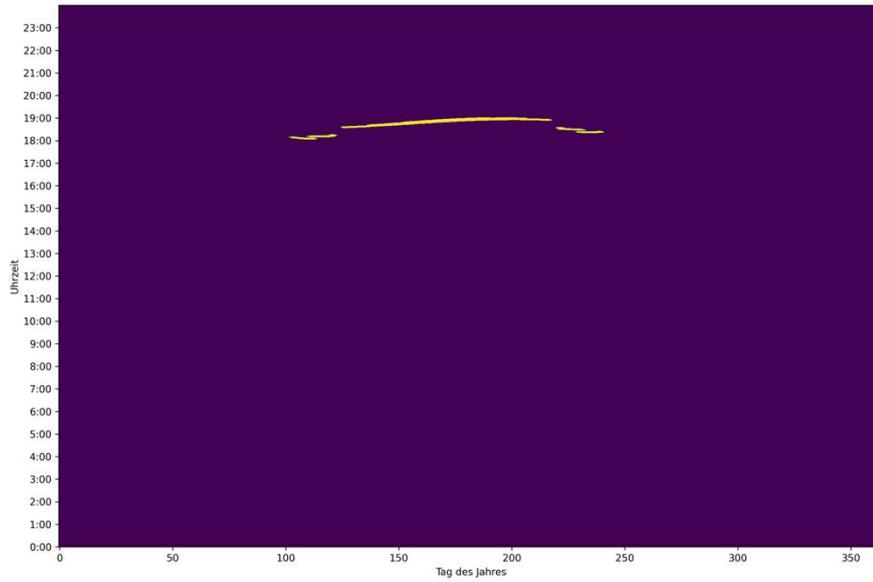


ABBILDUNG 28: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (KERNBLENDUNG) FÜR DEN IP4 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN LKW (UHRZEIT IN UTC)

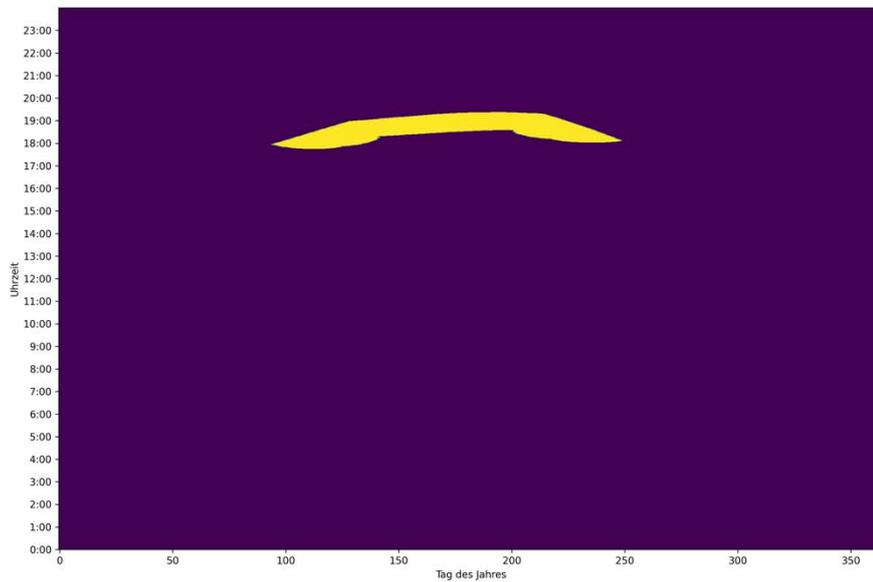


ABBILDUNG 29: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (STREUBLENDUNG) FÜR DEN IP3 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN LKW (UHRZEIT IN UTC)

TABELLE 6: KERNBLENDUNG UND STREUBLENDUNG FÜR IMMISSIONSPUNKT 1 BIS 4 (ORANGE HERVORGEHOBEN: IP3 FÜR LKW)

Kernblendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	1.194	182	24.04.23	9	86	110
	IP 1 (LKW)	1.480	182	25.04.23	12	86	110
	IP 2 (PKW)	1.282	184	07.05.23	11	87	110
	IP 2 (LKW)	1.605	183	02.05.23	12	87	110
	IP 3 (PKW)	791	137	24.05.23	7	78	96
	IP 3 (LKW)	933	135	21.04.23	10	78	95
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

mit Streublendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	8.417	198	26.05.23	49	81	110
	IP 1 (LKW)	8.962	198	30.04.23	52	82	110
	IP 2 (PKW)	8.537	198	10.05.23	50	87	110
	IP 2 (LKW)	9.563	222	12.05.23	54	87	118
	IP 3 (PKW)	6.919	155	09.05.23	65	73	96
	IP 3 (LKW)	7.280	155	08.05.23	66	73	96
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

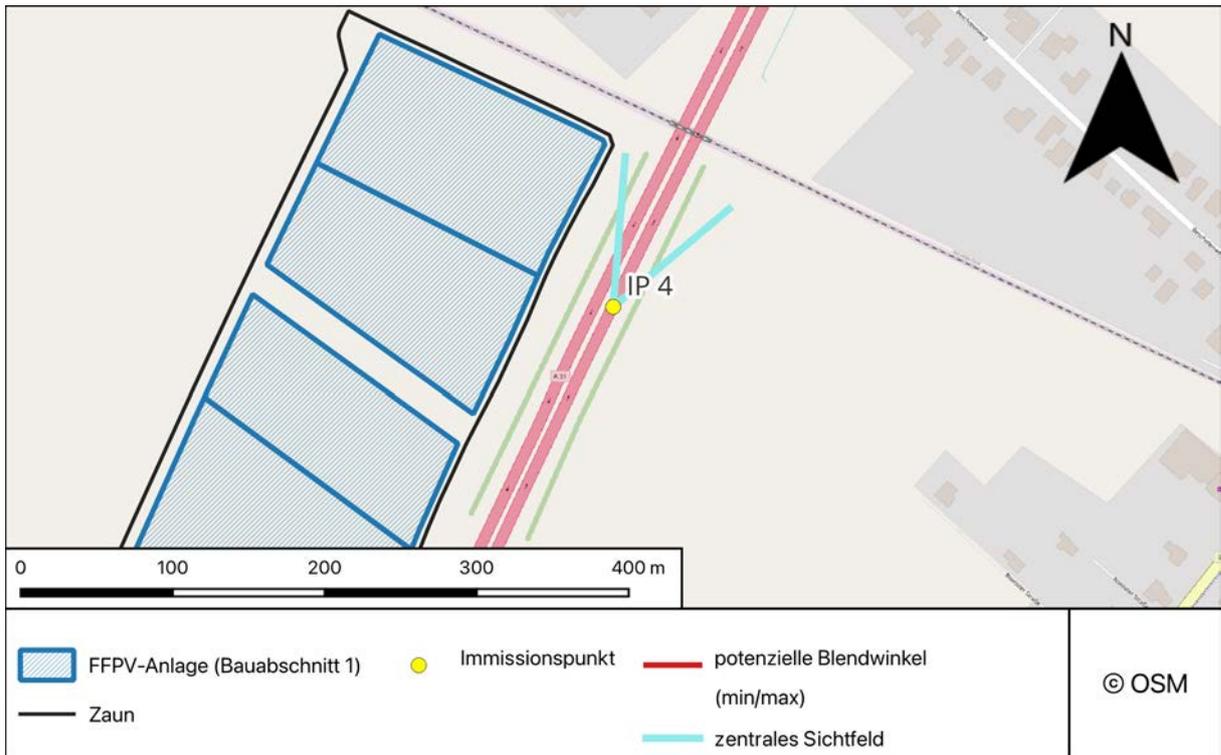
Kernblendung (ideale Reflexion)

Für den Immissionspunkt 3 (IP3) kann in Bezug auf vorbeifahrende LKW festgestellt werden, dass es an 135 Tagen zu Kernblendungen kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 933 min. Der 21. April 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 10 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 78° und der maximale Winkel 95° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

Mit Streublendung (durch diffuse Reflexion)

Berücksichtigt man die diffuse Reflexion, so kann für den IP3 in Bezug auf vorbeifahrende LKW festgestellt werden, dass es an 155 Tagen zu Blendungen inkl. Streulicht kommt. Die maximale Blenddauer auf das gesamte Jahr gerechnet beträgt 7.280 min. Der 08. Mai 2023 ist der Tag im Jahr mit der maximalen Blenddauer von 66 min. Für Straßenverkehrsteilnehmer mit Fahrtrichtung Nord beträgt der minimale Winkel, bei dem eine Blendung auftreten kann, 73° und der maximale Winkel 96° (bezogen auf die Blickrichtung, welche dem Straßenverlauf folgt). Die Blendungen liegen damit außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes.

5.2.7. IMMISSIONSPUNKT 4 (IP4) – PKW



KARTE 15: ÜBERSICHT MIT IP4 UND DEM ZENTRALEM SICHTFELD BEI FAHRTRICHTUNG NORD (DA KEINE BLENDUNGEN AUFTRETEN, GIBT ES KEINE MAXIMALEN UND MINIMALEN WINKEL, MIT DENEN DIE REFLEXIONEN AUF DEN IP TREFFEN)

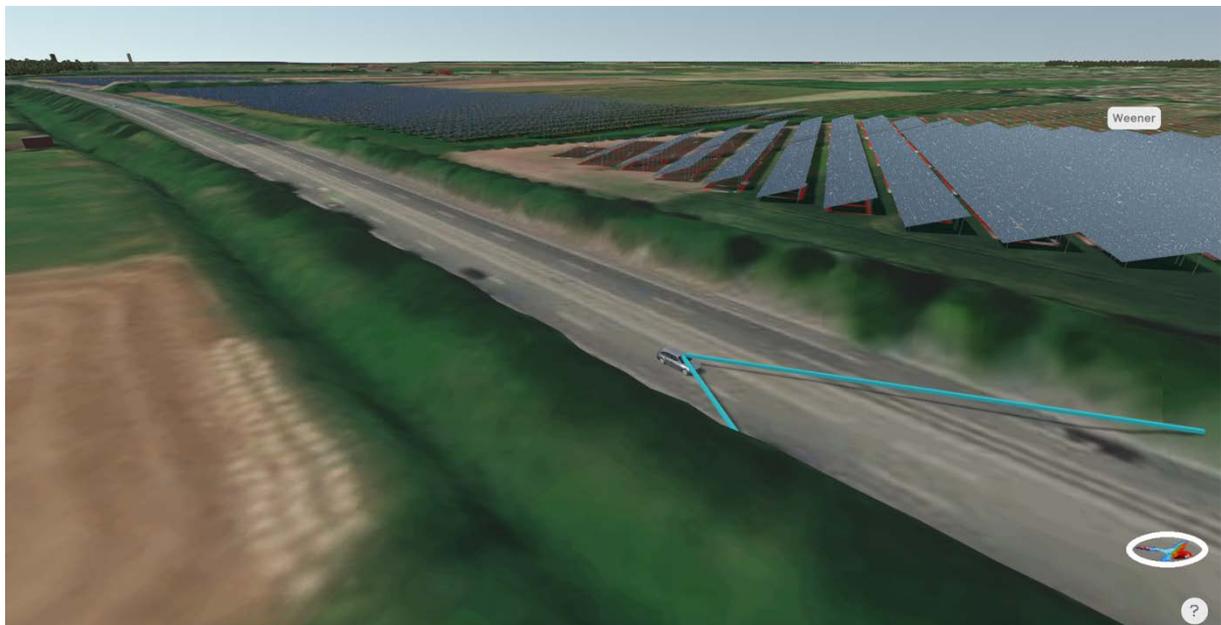


ABBILDUNG 30: ANSICHT DES IP4 MIT EINEM PKW IN FAHRTRICHTUNG NORD UND DEM ZENTRALEM GESICHTSFELD DES FAHRERS (BLAUE BALKEN)

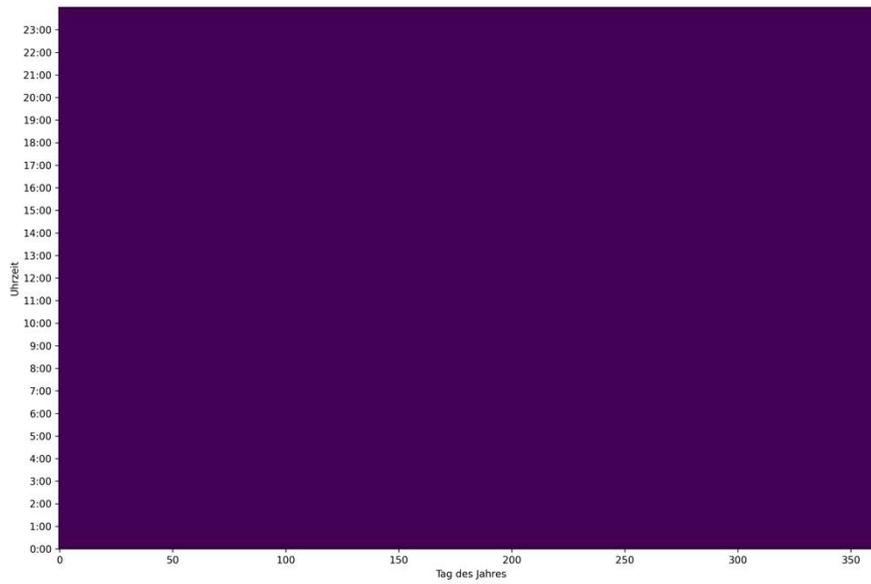


ABBILDUNG 31: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (KERNBLENDUNG) FÜR DEN IP4 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN PKW (UHRZEIT IN UTC)

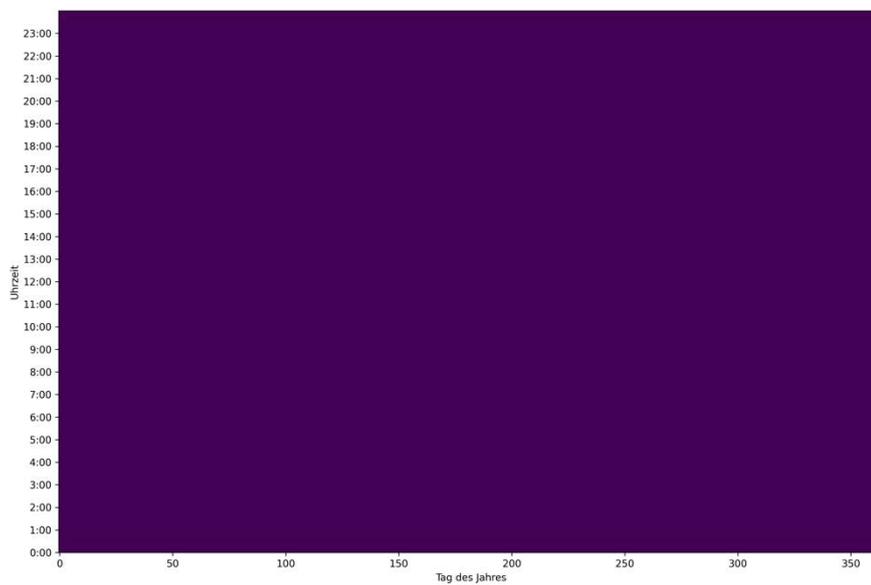


ABBILDUNG 32: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (STREUBLENDUNG) FÜR DEN IP4 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN PKW (UHRZEIT IN UTC)

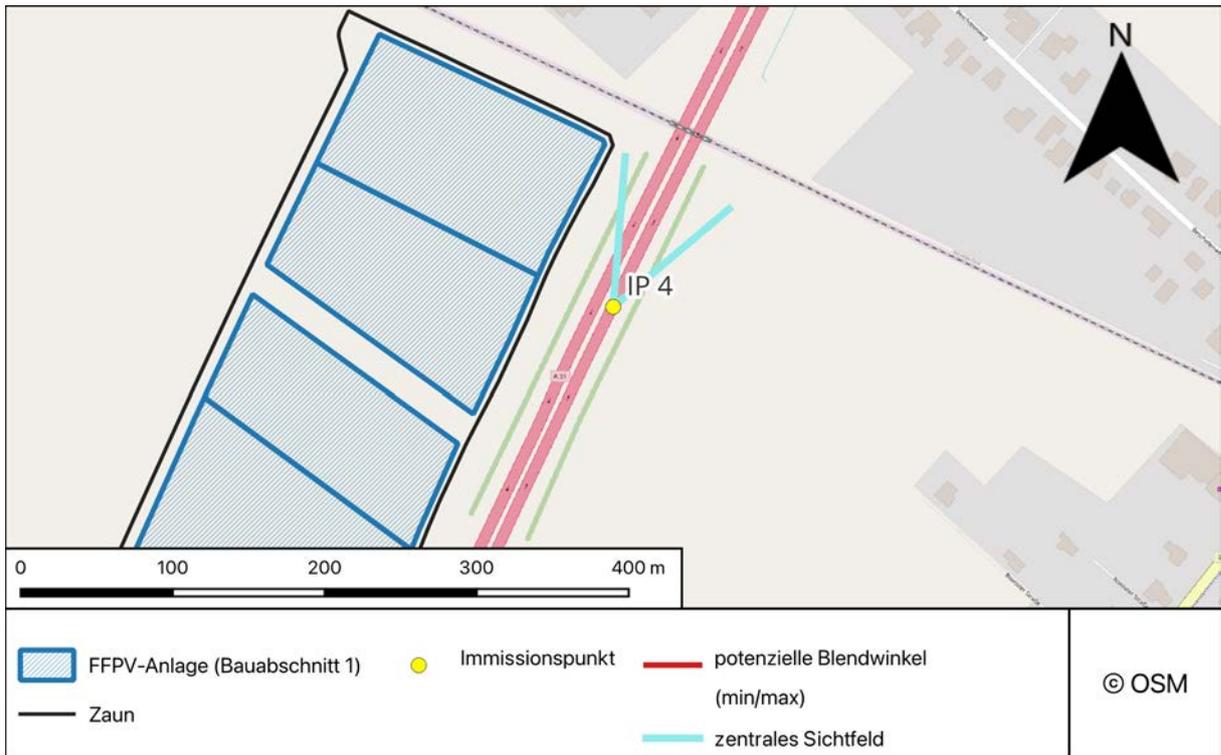
TABELLE 7: KERNBLENDUNG UND STREUBLENDUNG FÜR IMMISSIONSPUNKT 1 BIS 4 (ORANGE HERVORGEHOBEN: IP4 FÜR PKW)

Kernblendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	1.194	182	24.04.23	9	86	110
	IP 1 (LKW)	1.480	182	25.04.23	12	86	110
	IP 2 (PKW)	1.282	184	07.05.23	11	87	110
	IP 2 (LKW)	1.605	183	02.05.23	12	87	110
	IP 3 (PKW)	791	137	24.05.23	7	78	96
	IP 3 (LKW)	933	135	21.04.23	10	78	95
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

mit Streublendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	8.417	198	26.05.23	49	81	110
	IP 1 (LKW)	8.962	198	30.04.23	52	82	110
	IP 2 (PKW)	8.537	198	10.05.23	50	87	110
	IP 2 (LKW)	9.563	222	12.05.23	54	87	118
	IP 3 (PKW)	6.919	155	09.05.23	65	73	96
	IP 3 (LKW)	7.280	155	08.05.23	66	73	96
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

Für den Immissionspunkt 4 (IP4) kann in Bezug auf vorbeifahrende PKW festgestellt werden, dass keine potenziellen Blendungen stattfinden, da sich in diesem Bereich zwischen der Fahrbahn und der FFPV-Anlage ein Lärmschutzwall befindet und somit keine Sichtverbindung zwischen den Anlagen und dem IP besteht. Siehe dazu auch Abbildung 30.

5.2.8. IMMISSIONSPUNKT 4 (IP4) – LKW



KARTE 16: ÜBERSICHT MIT IP4 UND DEM ZENTRALEN SICHTFELD BEI FAHRTRICHTUNG NORD (DA KEINE BLENDUNGEN AUFTRETEN, GIBT ES KEINE MAXIMALEN UND MINMALEN WINKEL, MIT DENEN DIE REFLEXIONEN AUF DEN IP TREFFEN)

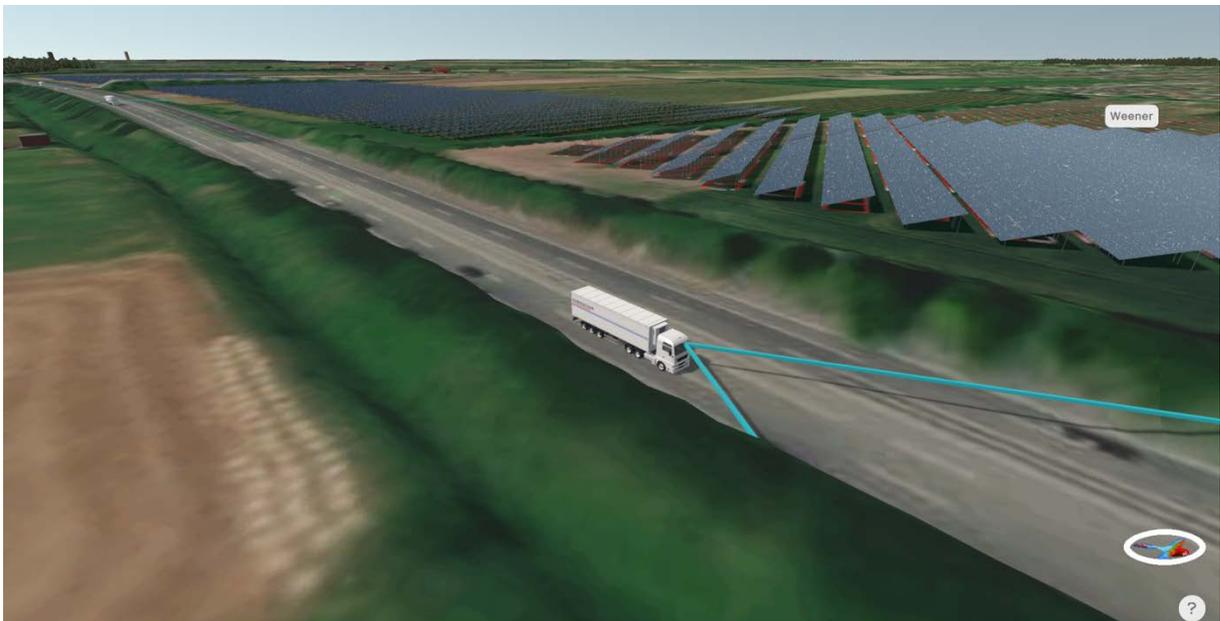


ABBILDUNG 33: ANSICHT DES IP4 MIT EINEM LKW IN FAHRTRICHTUNG NORD UND DEM ZENTRALEN GESICHTSFELD DES FAHRERS (BLAUE BALKEN)

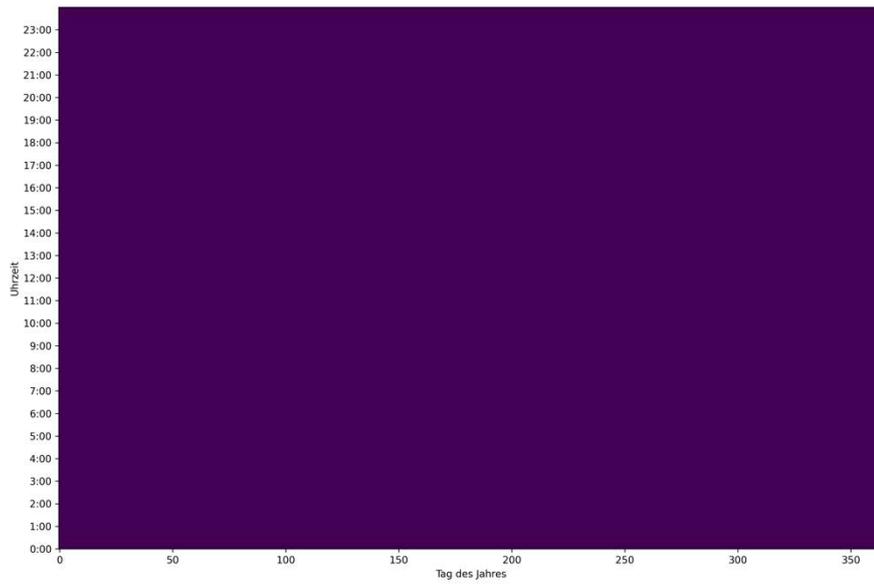


ABBILDUNG 34: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (KERNBLENDUNG) FÜR DEN IP4 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN LKW (UHRZEIT IN UTC)

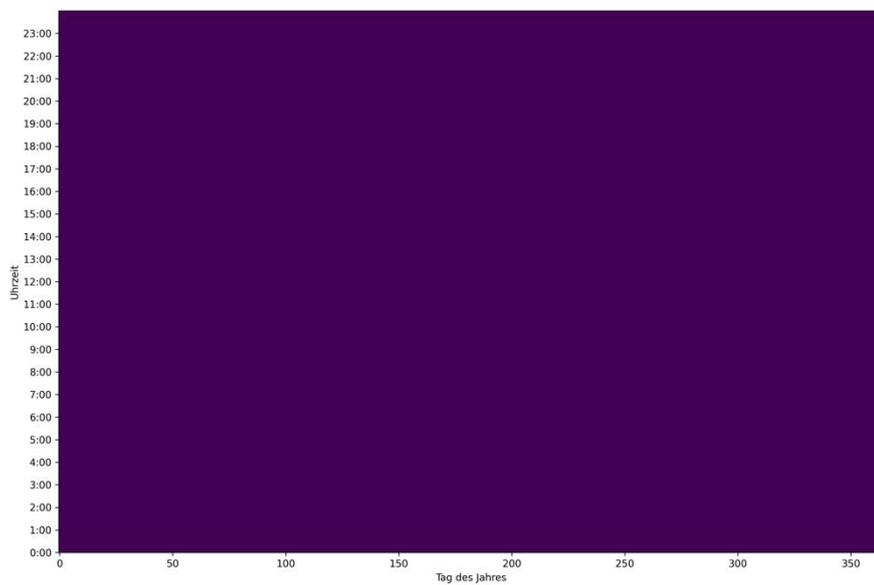


ABBILDUNG 35: DIAGRAMM MIT POTENZIELLEN BLENDUNGEN IM JAHRESVERLAUF (STREUBLENDUNG) FÜR DEN IP4 BEI EINEM VORBEIFAHRENDEN LKW (UHRZEIT IN UTC)

TABELLE 8: KERNBLENDUNG UND STREUBLENDUNG FÜR IMMISSIONSPUNKT 1 BIS 4 (ORANGE HERVORGEHOBEN: IP4 FÜR LKW)

Kernblendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	1.194	182	24.04.23	9	86	110
	IP 1 (LKW)	1.480	182	25.04.23	12	86	110
	IP 2 (PKW)	1.282	184	07.05.23	11	87	110
	IP 2 (LKW)	1.605	183	02.05.23	12	87	110
	IP 3 (PKW)	791	137	24.05.23	7	78	96
	IP 3 (LKW)	933	135	21.04.23	10	78	95
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

mit Streublendung	IP	Blenddauer pro Jahr (min)	Anzahl der Tage mit Blendungen	Tag der maximalen Blenddauer im Jahr 2023	Maximale Blenddauer pro Tag (min)	Minimaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)	Maximaler Winkel der Blendung bei Blick in Fahrtrichtung Nord (Grad)
	IP 1 (PKW)	8.417	198	26.05.23	49	81	110
	IP 1 (LKW)	8.962	198	30.04.23	52	82	110
	IP 2 (PKW)	8.537	198	10.05.23	50	87	110
	IP 2 (LKW)	9.563	222	12.05.23	54	87	118
	IP 3 (PKW)	6.919	155	09.05.23	65	73	96
	IP 3 (LKW)	7.280	155	08.05.23	66	73	96
	IP 4 (PKW)	0	0	-	0	-	-
	IP 4 (LKW)	0	0	-	0	-	-

Für den Immissionspunkt 4 (IP4) kann in Bezug auf vorbeifahrende LKW festgestellt werden, dass keine potenziellen Blendungen stattfinden, da sich in diesem Bereich zwischen der Fahrbahn und der FFPV-Anlage ein Lärmschutzwall befindet und somit keine Sichtverbindung zwischen den Anlagen und dem IP besteht. Siehe dazu auch Abbildung 33.

6. ZUSAMMENFASSENDE BETRACHTUNG UND EMPFEHLUNGEN

Die Berechnung der potenziellen Blendungen auf Standorten der BAB 31 hat ergeben, dass es im Laufe des Jahres zu Blendungen kommen kann. Die Blendungen treten vor allem zum späten Nachmittag und in den frühen Abendstunden auf. Durch die Berechnung inkl. Streulicht und mit Berücksichtigung von Reflexionen von weniger als 10° ergeben sich **Worst-Case-Szenarien** mit entsprechend hohen Werten (Blenddauer in min).¹⁰ Zudem bleiben Wettereinflüsse unberücksichtigt. Die real anzunehmenden Blendungen fallen also entsprechend geringer aus.

Die Blendungen treffen für Verkehrsteilnehmer in Fahrtrichtung Süd mit Winkeln zwischen 69° und 107° auf die Hauptblickrichtung des Fahrzeugführers eines PKW und Winkeln zwischen 61° und 107° auf die Hauptblickrichtung des Fahrzeugführers eines LKW. **Diese Blendungen sind somit für die Sicherheit des Fahrverkehrs von untergeordneter Bedeutung**, da die Blendung des Fahrzeugführers lediglich in dessen peripheres und nicht in sein zentrales Gesichtsfeld trifft. Teilweise findet die potenzielle Blendung sogar von leicht schräg hinten statt.

Die Blendungen treffen für Verkehrsteilnehmer in Fahrtrichtung Nord mit Winkeln zwischen 72° und 110° auf die Hauptblickrichtung des Fahrzeugführers eines PKW und Winkeln zwischen 73° und 118° auf die Hauptblickrichtung des Fahrzeugführers eines LKW. **Diese Blendungen sind somit für die Sicherheit des Fahrverkehrs von untergeordneter Bedeutung**, da die Blendung des Fahrzeugführers lediglich in dessen peripheres und nicht in sein zentrales Gesichtsfeld trifft. Teilweise findet die potenzielle Blendung hier ebenfalls von leicht schräg hinten statt.

Osnabrück, den 08.01.24



(Dr. Sebastian Quasinowski)

LandPlan OS GmbH

¹⁰ Siehe LAI: Licht-Leitlinie. S. 24.

7. QUELENNACHWEISE

7.1. LITERATUR-/QUELLENVERZEICHNIS

ARGE MONITORING PV-ANLAGEN: LEITFADEN ZUR BERÜCKSICHTIGUNG VON UMWELTBELANGEN BEI DER PLANUNG VON PV-FREIFLÄCHENANLAGEN. 2007.

BAUGB (2018): BAUGESETZBUCH IN DER FASSUNG DER BEKANNTMACHUNG VOM 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), STAND: 05.01.2018 AUFGRUND DES GESETZES VON 30.06.2017 (BGBl. I S. 2193).

LAI: LICHT-LEITLINIE. HINWEISE ZUR MESSUNG, BEURTEILUNG UND MINDERUNG VON LICHTIMMISSIONEN DER BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ (LAI). 2012.

SCHIERZ, CHRISTOPH: ÜBER DIE BLENDUNGSBEWERTUNG VON REFLEKTIERTEM SONNENLICHT BEI SOLARANLAGEN. ILMENAU, 2012.

YELLOWHAIR, JULIUS YELLOWHAIR, UND CLIFFORD 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*. ALBUQUERQUE, NEW MEXICO: LABORATORIES, SANDIA NATIONAL, 2015.

.

7.2. INTERNETQUELLEN

BULLETIN.CH, FACHARTIKEL ZU REFLEXIONEN AN PV-ANLAGEN MIT URSACHEN UND LÖSUNGEN (2021): [HTTPS://WWW.BULLETIN.CH/DE/NEWS-DETAIL/REFLEXIONEN-AN-PHOTOVOLTAIKANLAGEN.HTML](https://www.bulletin.ch/de/news-detail/reflexionen-an-photovoltaikanlagen.html)

ENERGIEATLAS NIEDERSACHSEN: [HTTPS://ENERGIEATLAS.NIEDERSACHSEN.DE/STARTSEITE/](https://energieatlas.niedersachsen.de/startseite/)

GEODATEN NIEDERSACHSEN: [HTTPS://WWW.GEODATEN.NIEDERSACHSEN.DE/STARTSEITE/](https://www.geodaten.niedersachsen.de/startseite/)

GRUNDWISSEN, REFLEXION VON LICHT: [HTTPS://WWW.GRUNDWISSEN.DE/PHYSIK/OPTIK/LICHTREFLEXION.HTML](https://www.grundwissen.de/physik/optik/lichtreflexion.html)

LEIFIPHYSIK, LICHTREFLEXIONEN:

[HTTPS://WWW.LEIFIPHYSIK.DE/OPTIK/LICHTREFLEXION/GRUNDWISSEN/REFLEXIONSGESETZ#:~:TEXT=DAS%20REFLEXIONSGESETZ%20BESAGT%3A,DER%20AUSFALLSWINKEL%20SIND%20GLEICH%20GROß.](https://www.leifiphysik.de/optik/lichtreflexion/grundwissen/reflexionsgesetz#:~:text=DAS%20REFLEXIONSGESETZ%20BESAGT%3A,DER%20AUSFALLSWINKEL%20SIND%20GLEICH%20GROß.)

7.3. ENTSCHEIDUNGSVERZEICHNIS

OLG Braunschweig, Urteil vom 14.07.2022 – Az. 8 U 166/21