

Blendgutachten „PVA Frankenfeld“

*Ermittlung der potenziellen Blendwirkungen einer
Photovoltaikanlage auf die umliegenden Verkehrswege
und schutzwürdige Nutzungen von Anliegern*

Auftraggeber:

PNE AG
Peter-Henlein-Straße 2-4
27472 Cuxhaven

erstellt von:

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



Datum: 24. Juni 2026
Gutachten-Nr.: SPX-RS-P260043-01



Inhalt

1	Zweck und Gegenstand des Gutachtens	3
2	Regulatorischer Rahmen und Bewertungsgrundlagen	4
2.1	Vorbemerkung zu Reflexionen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen.....	4
2.2	Immissionsschutz	4
2.3	Verkehrssicherheit	5
2.3.1	Allgemeine Anforderungen.....	5
2.3.2	Straßen- und Schienenverkehr.....	5
3	Berechnungsmethodik.....	7
3.1	Berechnung der Reflexionsrichtungen.....	7
3.2	Blickpunktbezogene Blendanalyse	8
3.3	Lichttechnische Berechnungen.....	10
4	Teilfläche A.....	12
4.1	Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage für die Teilfläche A.....	12
4.2	Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen.....	14
4.3	Potenzielle Immissionsorte.....	14
4.4	Auswahl und Modellierung für die blickpunktbezogene Blendanalyse.....	15
4.5	Blendrisiken für den Straßenverkehr.....	18
4.6	Blendrisiken für Anlieger	19
4.6.1	Dorfstr. 10.....	19
4.6.2	Dorfstr. 24.....	19
5	Teilfläche B.....	21
5.1	Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage für die Teilfläche B.....	21
5.2	Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen.....	22
5.3	Potenzielle Immissionsorte.....	23
6	Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit.....	24
7	Verwendete Materialien.....	25
7.1	Dokumente vom Auftraggeber	25
7.2	Literatur	25
8	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	26



1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens

Im Zuge der Bauleitplanung für die im Plangebiet VB 4 „Freiflächen Photovoltaikanlage Frankenfeld Teilfläche A und B“ der Gemeinde Frankenfeld zu errichtende PV-Anlage ist zu prüfen, ob Sonnenlicht auf umliegende Verkehrswege oder schutzwürdige Nutzungen von Anliegern reflektiert werden kann und ob dadurch ggf. die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs beeinträchtigende oder die Anlieger belästigende Blendwirkungen auftreten können.

Das Plangebiet befindet sich in der Gemarkung Frankenfeld der Gemeinde Frankenfeld, Samtgemeinde Rethem im Heidekreis in Niedersachsen. Es besteht aus zwei räumlich getrennten Teilflächen, die mit südausgerichteten PV-Modulen belegt werden sollen. Die Lage der Teilflächen und die geplanten PV-Tischreihen sind in Abbildung 1 dargestellt.

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

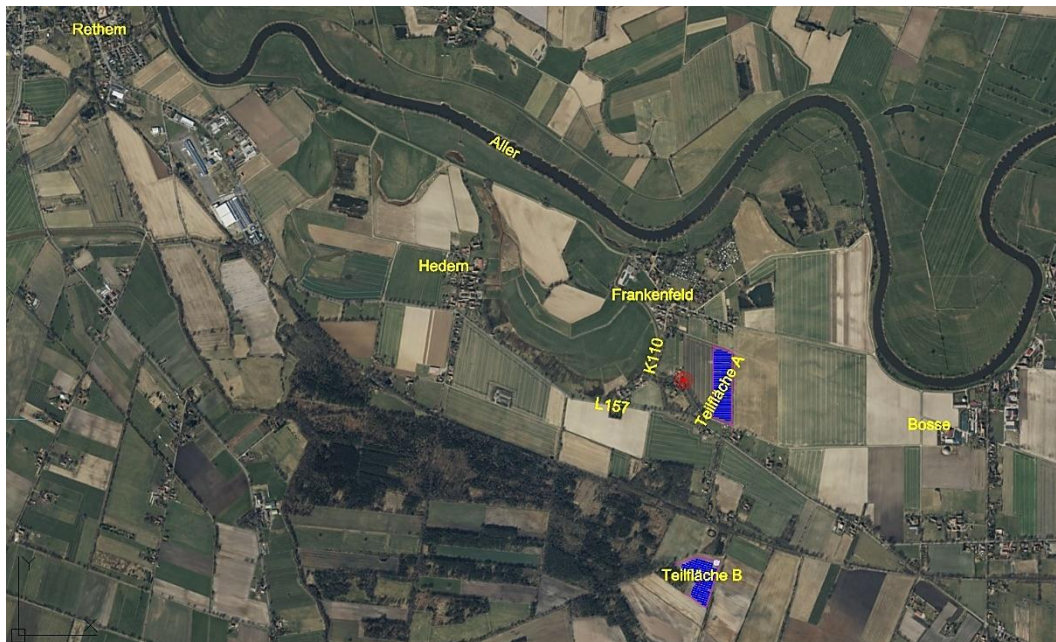


Abbildung 1: Lage der Teilflächen der PVA Frankenfeld (Modultischreihen blau eingezeichnet)



2 Regulatorischer Rahmen und Bewertungsgrundlagen

2.1 Vorbemerkung zu Reflexionen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen

Bei typischen Freiflächen-Photovoltaikanlagen werden die PV-Tische mit starren Azimutausrichtungen und Neigungswinkeln errichtet. In Abhängigkeit von der Topografie des Belegungsfelds und der Umgebung entstehen bei südausgerichteten PV-Anlagen vornehmlich morgens oder abends bodennahe Lichtreflexionen in westliche resp. östliche Richtung, die mit geringen Höhenwinkeln auf die Augen von Verkehrsteilnehmern oder Anliegern gerichtet werden können. Gleichzeitig steht die Sonne auf einer geringen Höhe in der Nähe der reflektierenden Fläche. Bei Ost-West-ausgerichteten Anlagen verschieben sich der blendwirksame Azimutbereich nach Nordosten resp. Nordwesten und der Zeitraum bodennaher Reflexionen auf den Vor- resp. Nachmittag.

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

2.2 Immissionsschutz

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

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

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



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

2.3 Verkehrssicherheit

2.3.1 Allgemeine Anforderungen

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

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

2.3.2 Straßen- und Schienenverkehr

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

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



beeinträchtigen können. Das Risiko für eine Absolutblendung steigt mit der Leuchtdichte der Blendlichtquelle, deren sichtbarer Größe als Winkelbereich im Sehfeld und der Dauer der Fixation.

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

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

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

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



3 Berechnungsmethodik

3.1 Berechnung der Reflexionsrichtungen

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

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

Die Reflexionsrichtungen werden nach dem Reflexionsgesetz für ideal gerichtete Reflexion (Einfallswinkel = Ausfallswinkel) unter Annahme einer punktförmigen Sonne mit den Sonneneinfallswinkeln am Standort der Anlage berechnet. Die Berechnungsergebnisse werden für 12 Tage im Jahr (jeweils für den 21. jeden Monats) als Azimut (x-Wert) und Höhenwinkel (y-Wert) anschaulich in einem frei einstellbaren Minutenintervall der Tagesganglinien als Reflexionsdiagramm dargestellt. Abbildung 2 zeigt exemplarisch ein Reflexionsdiagramm für PV-Module an einem gegebenen Standort, die eine Azimutausrichtung (senkrecht zur reflektierenden Ebene) von 180° und einen Neigungswinkel von 18° aufweisen.

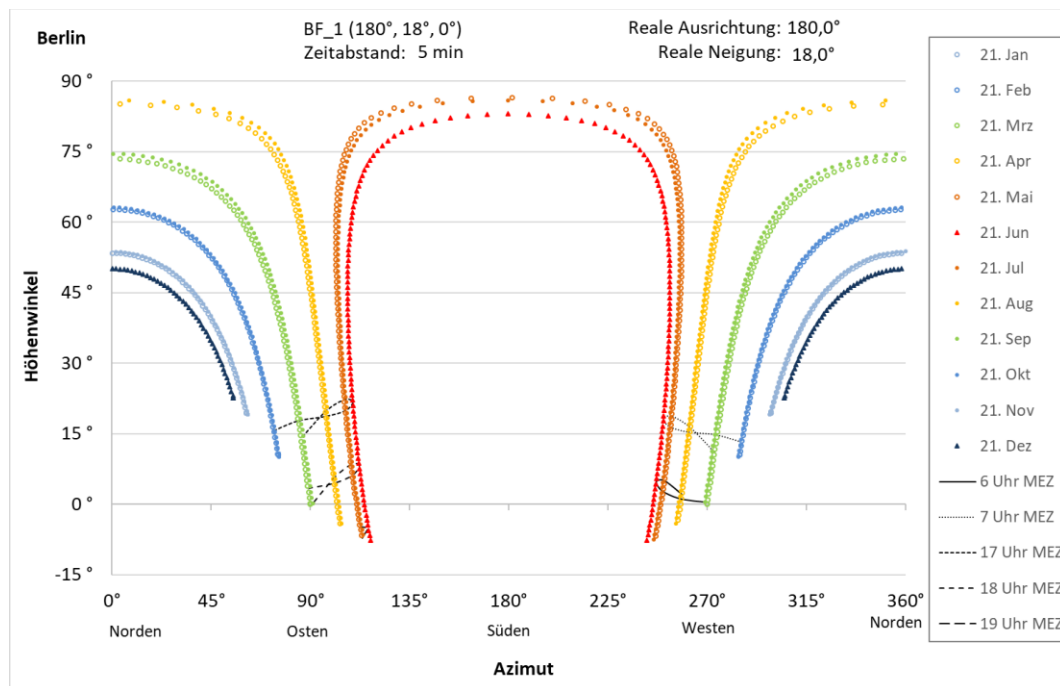


Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm

Oberhalb des Diagrammbereichs werden angegeben:

- ▶ der Standort der PV-Anlage
- ▶ der untersuchte Bereich der PV-Anlage mit seiner auf geographisch Nord bezogenen Planausrichtung, Planneigung und der baufeldbedingten Querneigung (hier: Anlagenteil: BF_1 mit 180° Ausrichtung, 18° Neigung und 0° Querneigung)



- ▶ der Zeitabstand zwischen zwei Reflexionspunkten (hier: 5 Minuten)
- ▶ die reale Ausrichtung und Neigung unter Berücksichtigung der Querneigung der PV-Tische

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

3.2 Blickpunktbezogene Blendanalyse

Für die blickpunktbezogene Blendanalyse werden ausgewählte Punkte der reflektierenden Oberflächen als Reflexionspunkte modelliert, typischerweise die vier Eckpunkte aller PV-Tische. Die x-y-z-Koordinaten der Tischkanten werden der Plangrundlage entnommen. Dabei ergeben sich die z-Koordinaten aus der Höhe der Geländeoberkante (GOK) und der Höhe der Unter- und Oberkanten der PV-Module gemäß der Auslegung der Tische. Falls der Belegungsplan keine Höheninformationen beinhaltet, werden ersatzweise Höhendaten des landesspezifischen Geoportals oder einer Pfadvermessung mit Google Earth Pro genutzt.

Für die auf etwaige Blendwirkungen zu prüfenden Immissionsorte werden repräsentative Blickpunkte im Bereich der bodennahen Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage ermittelt und im Koordinatensystem der Plangrundlage modelliert. Die z-Koordinaten ergeben sich aus der Höhe der Geländeoberkante zuzüglich der Augenpunkthöhe(n) am Blickpunkt. Dazu werden im Straßenverkehr auf Fernstraßen gemäß den Anforderungen des Fernstraßen-Bundesamts 1 m (PKW) und 2,7 m (LKW) angesetzt, im Schienenverkehr auf Hauptstrecken 2 m bis 4 m. Für schutzwürdige Räume wird die Höhe des Fenstermittelpunkts angesetzt.

Zum Abgleich, ob ein Blickpunkt von den Reflexionen eines Reflexionspunkts erreicht werden kann, wird ein Reflexionsdiagramm für die untersuchten PV-Tische erstellt und um die Sichtbeziehung zwischen den Reflexionspunkten und dem Blickpunkt ergänzt. Dazu werden Azimut und Höhenwinkel des Blickpunkts für jeden Reflexionspunkt berechnet und in das Diagramm aufgenommen. Die minimale und maximale Höhe eines Blickpunkts mit gleichen x-y-Koordinaten werden dabei mit „min“ und „max“ markiert. Zusätzlich werden das zentrale (oranges Oval) und das periphere Blickfeld (graues Oval) von Fahrzeugführenden entgegen der Blickrichtung eingezeichnet.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch ein Reflexionsdiagramm mit Sichtbeziehungen für den Straßenverkehr. In diesem Beispiel können von Ende April bis Mitte August gegen 19:30 Sommerzeit (18:30 MEZ) die nach Osten gerichteten Reflexionen einiger PV-Tische in die Blickfelder der Richtung Westen fahrenden Verkehrsteilnehmer gerichtet werden.

Für die Reflexionspunkte, aus deren Sicht die Blickpunkte im Reflexionsbereich liegen, werden die Position der Sonne zum Reflexionszeitpunkt und die lichttechnischen Kenngrößen berechnet. Anhand der Ergebnisse für die potenziell blendwirksamsten Reflexionen wird anschließend geprüft, ob diese eine relevante Blendung mit Auswirkungen auf die Sehaufgabe und die Verkehrssicherheit verursachen können.

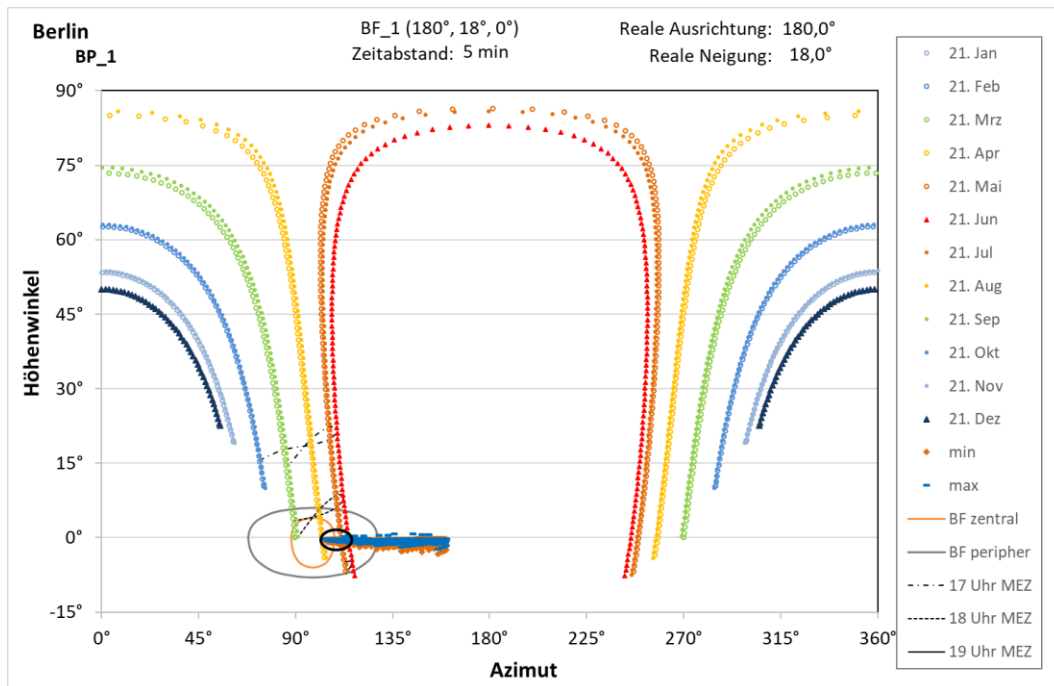


Abbildung 3: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden

Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Reflexionsdiagramm mit Blickbeziehungen für einen schutzwürdigen Raum, bei der der potenzielle Immissionszeitraum durch eine schwarze Linie umgrenzt wird. Die graue Umrandung der Reflexionspunkte kennzeichnet die Zeitpunkte, an denen der Abstandswinkel der reflektierenden Fläche zur Sonne $< 10^\circ$ ist, und die damit nicht als Lichtimmissionen im Sinne der LAI-Hinweise zu werten sind. Im gezeigten Beispiel beträgt die maximale tägliche Immissionsdauer 5 Minuten und die jährliche (umgrenzt durch eine schwarze Linie) ca. 8 Stunden.

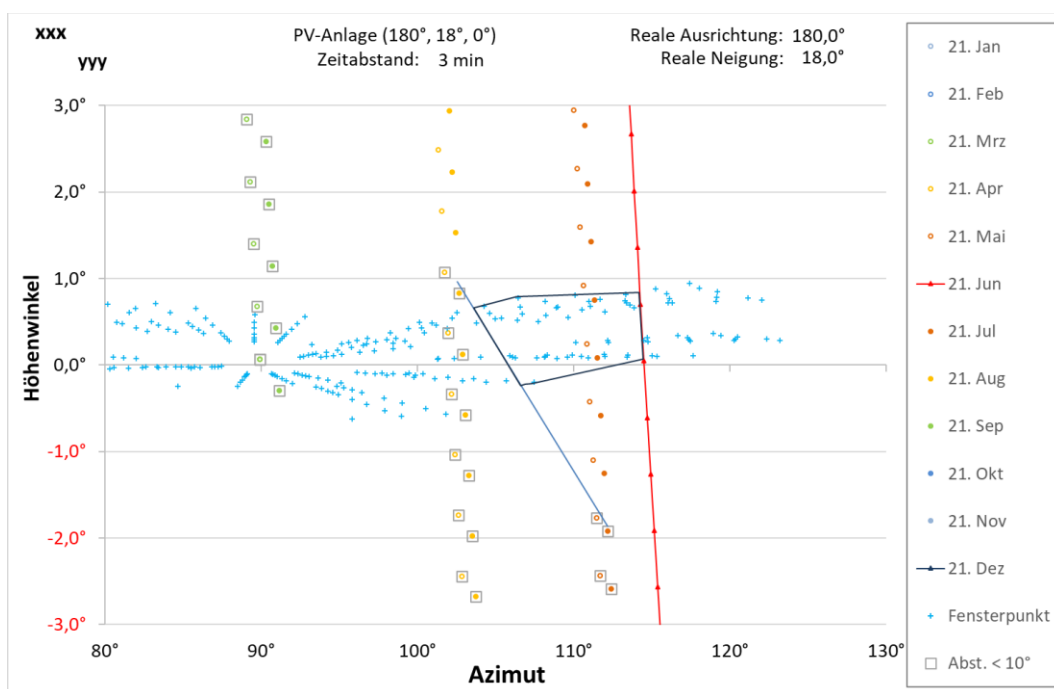


Abbildung 4: Reflexionsdiagramm für schutzwürdige Nutzungen mit Umrandung des Blendzeitraums



3.3 Lichttechnische Berechnungen

Für die Beurteilung von Blendwirkungen werden die Richtung des Reflexionsstrahls, die am Blickpunkt bewirkte Beleuchtungsstärke der Reflexionen (lx) sowie die Leuchtdichte (cd/m^2) und Winkelgröße ($^\circ$) der reflektierenden Fläche im Sehfeld herangezogen.

Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen wird aus der horizontalen Beleuchtungsstärke der direkten Sonnenstrahlen, dem Einfallswinkel des Sonnenstrahls auf die Moduloberfläche und dem einfallswinkelabhängigen Reflexionsgrad berechnet. Die horizontale, auf die Erdoberfläche wirkende Beleuchtungsstärke der Sonne wird mit Formel 20 der DIN 5034 Teil 2 für eine geringe atmosphärische Trübung berechnet. Tabelle 1 zeigt die horizontale und die senkrecht zum Sonnenstrahl bewirkte Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe.

Tabelle 1: Beleuchtungsstärken durch direkte Sonnenstrahlen in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe

Sonnenhöhenwinkel γ_s	horizontale Beleuchtungsstärke E_s	senkrechte Beleuchtungsstärke $E_{\perp}$
10 °	7.135 lx	41.091 lx
20 °	24.776 lx	72.441 lx
30 °	43.571 lx	87.142 lx
40 °	61.218 lx	95.239 lx
50 °	76.703 lx	100.128 lx
60 °	89.367 lx	103.192 lx
65 °	94.489 lx	104.257 lx

Für den Reflexionsgrad der PV-Module werden – wenn keine modulspezifischen Werte verfügbar sind – die in Abbildung 5 dargestellten Standardwerte genutzt. Diese sind als Worst-Case einzustufen, da insbesondere bei Modulen mit stark strukturierter Oberfläche der Anteil gerichteter Reflexionen geringer ist, als der meist als hemisphärischer Reflexionsgrad ermittelte Standardwert angibt.

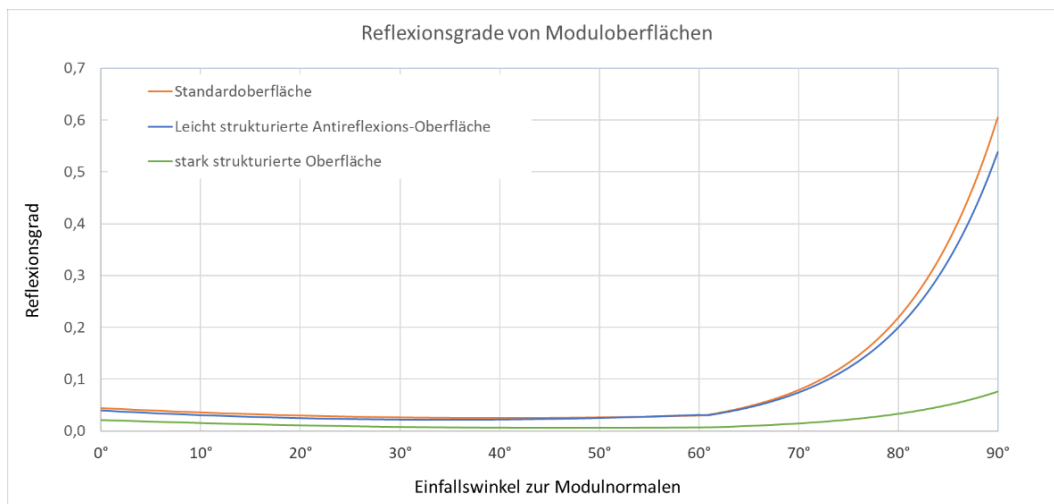


Abbildung 5: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015

Die mit Hilfe des Reflexionsgrads berechnete Beleuchtungsstärke am Blickpunkt entspricht einem Maximalwert, der unterstellt, dass das gesamte reflektierte Licht auf den Blickpunkt gerichtet wird. Auf Grund diffus gestreuter Lichtanteile und der Bündelaufweitung des konischen Reflexionsstrahls erreicht nicht das gesamte reflektierte Licht eines PV-Moduls den Blickpunkt. Wenn keine Messwerte zur Bündelaufweitung der konkret verwendeten PV-Module vorliegen, wird der Öffnungswinkel des konischen Lichtstrahls



pauschal mit 5° angesetzt. Für die volle Reflexion des gerichteten, reflektierten Sonnenlichts auf einen Blickpunkt ist dementsprechend eine im Vergleich zur Sonne ($0,5^\circ$ Durchmesser) ca. 100-fach größere erscheinende reflektierende Fläche von mehr als 5° Durchmesser im Sehfeld des Beobachters erforderlich.

Aus der Beleuchtungsstärke auf der Moduloberfläche kann mit Hilfe eines messtechnisch ermittelten, winkelabhängigem Leuchtdichtekoeffizienten die Leuchtdichte der reflektierenden Fläche berechnet werden.



4 Teilfläche A

4.1 Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage für die Teilfläche A

Die PV-Freiflächenanlage soll auf den zwei räumlich getrennten Teilflächen A und B in der Gemarkung Frankenfeld der Gemeinde Frankenfeld, Samtgemeinde Rethem im Heidekreis in Niedersachsen errichtet werden. Die ca. 4,7 ha große Teilfläche A der geplanten PV-Anlage liegt auf der Flur 5, Flurstück 5 der Gemarkung Frankenfeld unmittelbar südöstlich der Ortslage Frankenfeld. Die mit PV-Modulen belegte Fläche umfasst ca. 4,2 ha. Die Fläche befindet sich auf einer Höhe von 19,3 m üNN bis 20,1 m üNN und ist weitgehend eben.

Im Westen und Osten grenzen landwirtschaftliche Flächen an die Belegungsfläche. Im Norden wird das Baufeld durch die Anliegerstraße Ahldener Kirchweg begrenzt. Südwestlich verläuft die K 110 als Dorfstraße und im Süden verlaufen angrenzend ein Wirtschaftsweg und in einem Mindestabstand von 50 m die L 157 als Hauptstraße.

Die nächstgelegenen schutzwürdigen Räume mit freier Sichtverbindung auf die Belegungsfläche im Reflexionsbereich der Anlage befinden sich in den Wohngebäuden Dorfstraße 10 in einem Abstand von > 170 m und Dorfstraße 24 in einem Abstand > 80 m westlich und im Wohngebäude der Hauptstraße 36 in einem Abstand > 50 m südlich der Belegungsfläche.

Abbildung 6 zeigt die Anordnung der PV-Tischreihen sowie die umliegenden Anlieger und Verkehrswege.

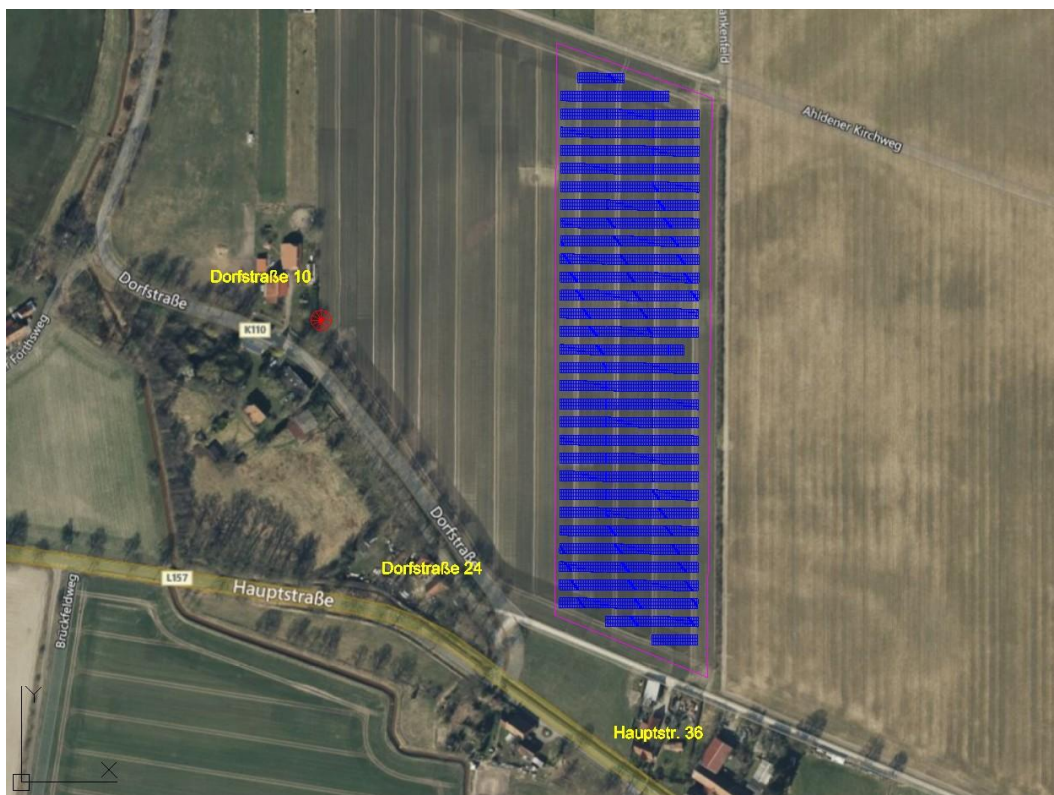


Abbildung 6: Geplante Belegung der Teilfläche A (PV-Tischreihen in Blau)

Der mit amtlichem Kartenmaterial erstellte Belegungsplan der PV-Anlage sieht eine Azimutausrichtung der PV-Module von 180° Süd vor. Die Abweichung des UTM-Koordinatensystems der amtlichen Karten zu geographisch Nord beträgt am Standort der Anlage +0,34°. Bezogen auf geographisch Nord beträgt die



Planausrichtung (= ebenes Gelände) der PV-Module damit $180,34^\circ$. Die PV-Tische weisen auf Grund des ebenen Baugrunds keine Querneigung auf.

Als PV-Module soll der Typ DM620G12RT-B66HSW des Herstellers Hengdian Group DMEGC Magnetics mit einem gehärteten Deckglas mit Antireflexions-Beschichtung genutzt werden.

Der Belegungsplan sieht eine Fixed Tilt 3P-Konfiguration der PV-Module mit 20° Neigungswinkel bei einem lichten Reihenabstand von 5,5 m vor. Die Unter- und Oberkanten der PV-Module sind mit 0,8 m respektive 3,3 m über dem Gelände anzusetzen. Abbildung 7 zeigt eine bemaßte Seitenansicht der Tischreihen.

Die Einfriedung der Anlage erfolgt durch einen umlaufenden 2 m hohen Zaun. Zudem sieht der Vorentwurf des Bebauungsplans nördlich, westlich und südlich des Belegungsfelds die Pflanzung einer dem Zaun vorgelagerten 3-reihigen Gehölzhecke vor.

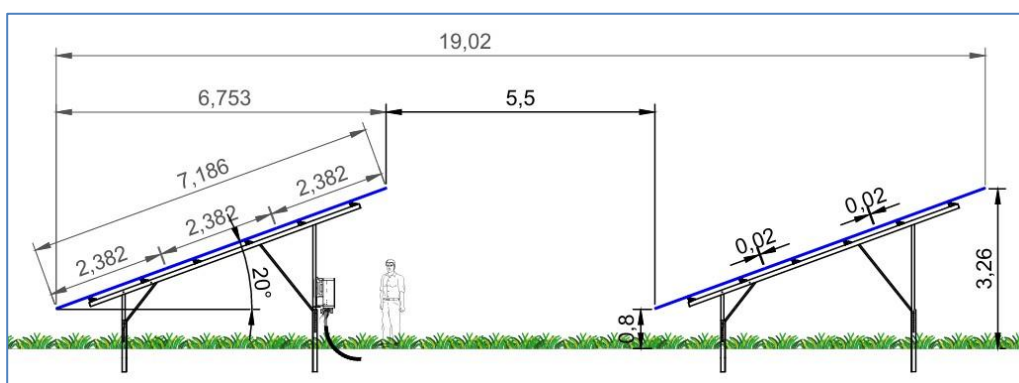


Abbildung 7: Seitenansicht der PV-Tischreihen der Teilfläche A; Quelle: Kundenmaterial

Tabelle 2 fasst die Angaben zur PV-Anlage zusammen.

Tabelle 2: Angaben zur PV-Anlage (Teilfläche A)

PV-Anlage:	PVA Frankenfeld, Teilfläche A
Standort:	Gemarkung Frankenfeld, Flur 5, Flurstück 5
Standortkoordinaten:	N52.763°, E9.434°
Gemeinde / Kreis / Bundesland:	Frankenfeld (Samtgemeinde Rethen) / Heidekreis / Niedersachsen
Höhe des Belegungsfelds:	19,3 m bis 20,1 m üNNH
Entfernung zu klassifizierten Straßen:	L157: > 50 m, K110: > 50 m
Abstand schutzwürdige Räume:	> 50 m
Gesamtleistung der Anlage:	4,7 MWp
Anzahl / Typ der PV-Module:	7.290 Stk. / DM620G12RT-B66HSW
Tischkonfiguration:	Fixed Tilt 3P
Höhe der Modulkanten:	0,8 m bis 3,3 m über Geländeoberkante
Planausrichtung (geografisch Nord):	$180,34^\circ$
Planneigung:	20°
Querneigungen (QN):	keine
Einfriedung:	Umlaufender Zaun von 2,0 m Höhe und 3-reihige Schutzhecke im Norden, Westen und Süden

sollte man hier die (Bestands-)Hecke im Osten auch erwähnen?



4.2 Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen

Auf Grund der topografischen Bedingungen und der Entfernung zu den Immissionsorten können nur bodennahe Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage mit geringen Höhenwinkeln auf die Augenpunkthöhen von Verkehrsteilnehmern oder auf schutzwürdige Räume von Anliegern gerichtet werden. Dabei können nur Reflexionen mit einem Abstandswinkel von $> 5^\circ$ zu den auf die Augen gerichteten Sonnenstrahlen Blendwirkungen verursachen, da die lichtstärkere Sonne die Reflexionen überstrahlt.

Abbildung 8 zeigt die Reflexionsrichtungen für die PV-Tische der Teilfläche A. Bodennahe Reflexionen mit einem Abstandswinkel von $> 5^\circ$ zur Sonne können von Ende März bis Mitte September gegen 6:00 Uhr MEZ (7:00 Uhr Sommerzeit) in einen westlichen Azimutbereich von 245° bis 267° und im gleichen Jahreszeitraum kurz vor 19:00 Uhr MEZ (20:00 Uhr Sommerzeit) in einen östlichen Azimutbereich von 94° bis 115° gerichtet werden.

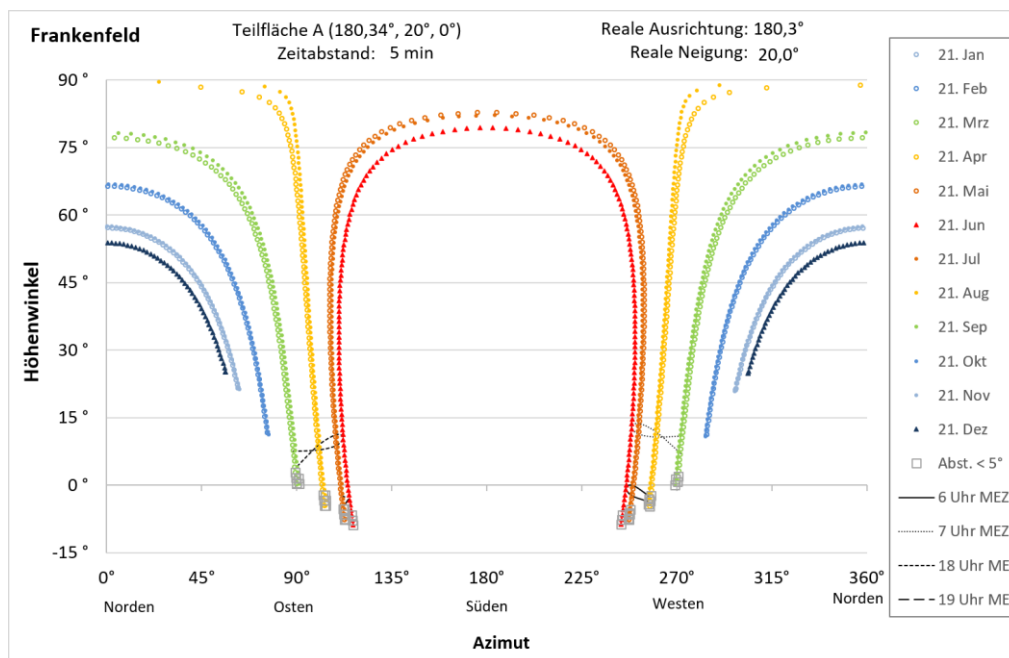


Abbildung 8: Reflexionsdiagramm für die PV-Tische der Teilfläche A

4.3 Potenzielle Immissionsorte

Abbildung 9 visualisiert die Richtungen, in die potenziell blendwirksame Sonnenlichtreflexionen gerichtet sein können, durch orange Winkel mit 200 m Schenkellänge für ausgewählte Eckpunkte des Belegungsfelds.

In der westlichen Hemisphäre befinden sich die Anlieger an der Dorfstraße im potenziellen Blendbereich der Anlage. Zudem kann der Verkehr auf der Hauptstraße (L 157) aus westlicher Richtung kurz vor der Rechtskurve südwestlich des Belegungsfelds von morgendlichen Reflexionen in die Blickfelder der Fahrzeugführenden betroffen werden. Der Verkehr auf der Dorfstraße kann hingegen ausschließlich von Reflexionen außerhalb der Blickfelder erreicht werden, die damit keine Blendwirkung hervorrufen können.

In der östlichen Hemisphäre befinden sich keine geschützten Immissionsorte.

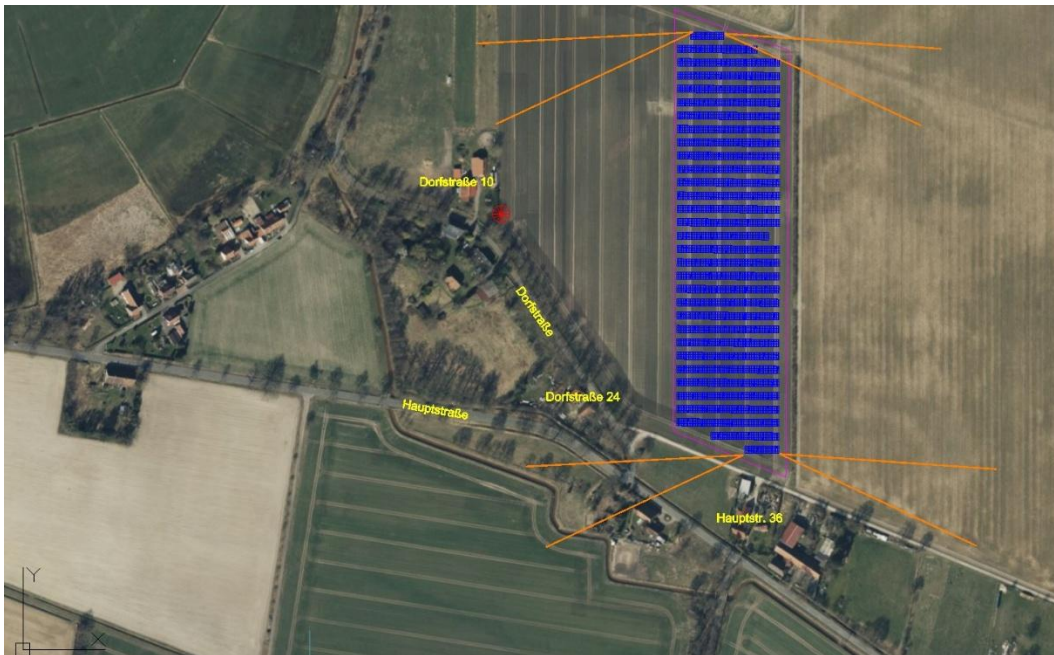


Abbildung 9: Bodennahe Reflexionsrichtungen (orangene Winkel) der PV-Module der Teilfläche A für ausgewählte Eckpunkte der Anlage

4.4 Auswahl und Modellierung für die blickpunktbezogene Blendanalyse

Für den Verkehr auf der L 157 (Hauptstraße) und die exponiertesten schutzwürdigen Räume der Anlieger Dorfstr. 10 und 24 wird eine blickpunktbezogene Blendanalyse durchgeführt, um die Blendrisiken ohne Berücksichtigung der sichtunterbrechenden Wirkung der Einfriedung des Belegungsfelds oder der betroffenen Grundstücke zu ermitteln.

Dafür werden die westlichen unteren und oberen Kanten eines jeden PV-Tisches als Reflexionspunkte gewählt und mit ihren x-, y- und z-Koordinaten modelliert.

Für den Verkehr auf der Hauptstraße aus westlicher Richtung wird der kritischste Punkt eingangs der Rechtskurve (Abbildung 10) als Blickpunkt gewählt, an dem der Blick auf das Belegungsfeld nicht durch Gehölze unterbunden wird.



Abbildung 10: Blick aus 2,9 m Höhe über der Fahrbahn für den Verkehr aus westlicher Richtung auf der L 157 eingangs der Rechtskurve; Quelle: Google Street View



Für die Dorfstraße 10 (Abbildung 11 oben) wird für ein Fenster im Erdgeschoss der Ostfassade und für die Dorfstraße 24 (Abbildung 11 unten) für ein Fenster im Obergeschoss der maximale Blendzeitraum ermittelt.



Abbildung 11: Blick auf die Wohngebäude der Anlieger Dorfstr. 10 (oben) und Dorfstr. 24 (unten); Quelle: Google Street View

Abbildung 12 zeigt oben die gewählten Blickpunkte und unten die modellierten Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhe und ggf. Blickrichtung.

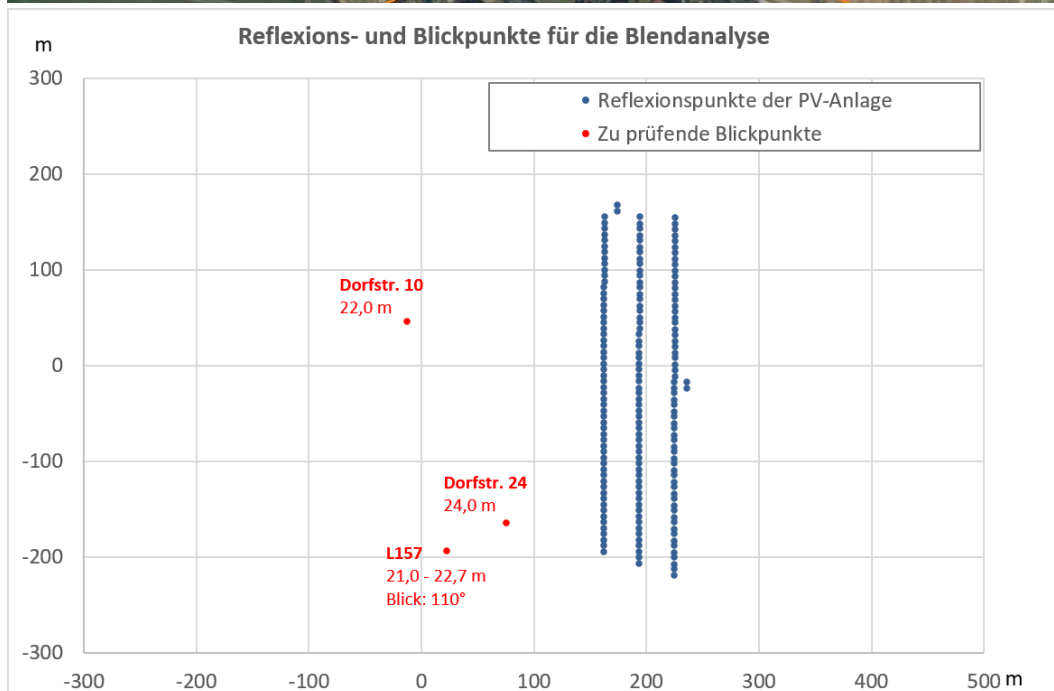
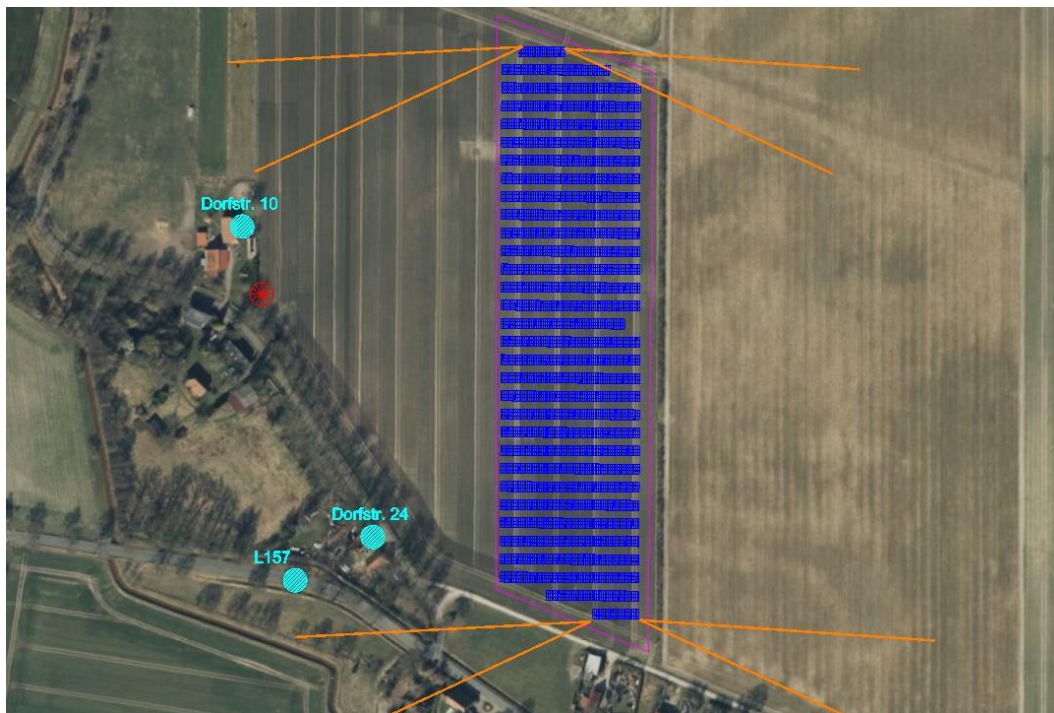


Abbildung 12: Gewählte Blickpunkte (oben, cyanfarbene Kreise) und modellierte Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und Blickrichtung am Blickpunkt (unten)



4.5 Blendrisiken für den Straßenverkehr

Das Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt L157 in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. oben zeigt, dass die Fahrzeugführenden auf der L 157 aus westlicher Richtung am Eingang der Rechtskurve von Mitte März bis Mitte April und von Ende August bis Ende September kurz nach 7:00 Uhr Sommerzeit (6:00 Uhr MEZ) von Reflexionen der aufgehenden Sonne in das periphere Blickfeld betroffen werden können.

Die Reflexionen treffen mit einem Differenzwinkel zur Blickrichtung der Fahrzeugführenden von mindestens 19° auf die Augen der Fahrzeugführenden und bewirken dort im Blickfeld eine maximale Beleuchtungsstärke von weniger als 200 lx. Gleichzeitig steht die aufgehende Sonne auf einer Höhe von weniger als 7° zwischen den reflektierenden Flächen und der Fahrbahn. Die bewertungsrelevanten Berechnungsergebnisse sind in Tabelle 3 dokumentiert.

Eine relevante Blendwirkung ist unter diesen Bedingungen auch ohne Berücksichtigung der sichtunterbrechenden Wirkung der Einfriedungshecke des Belegungsfelds ausgeschlossen. Die Sehaufgabe der Fahrzeugführenden bleibt jederzeit voll erfüllbar. Die Sicherheit und die Leichtigkeit des Straßenverkehrs bleiben gewahrt.

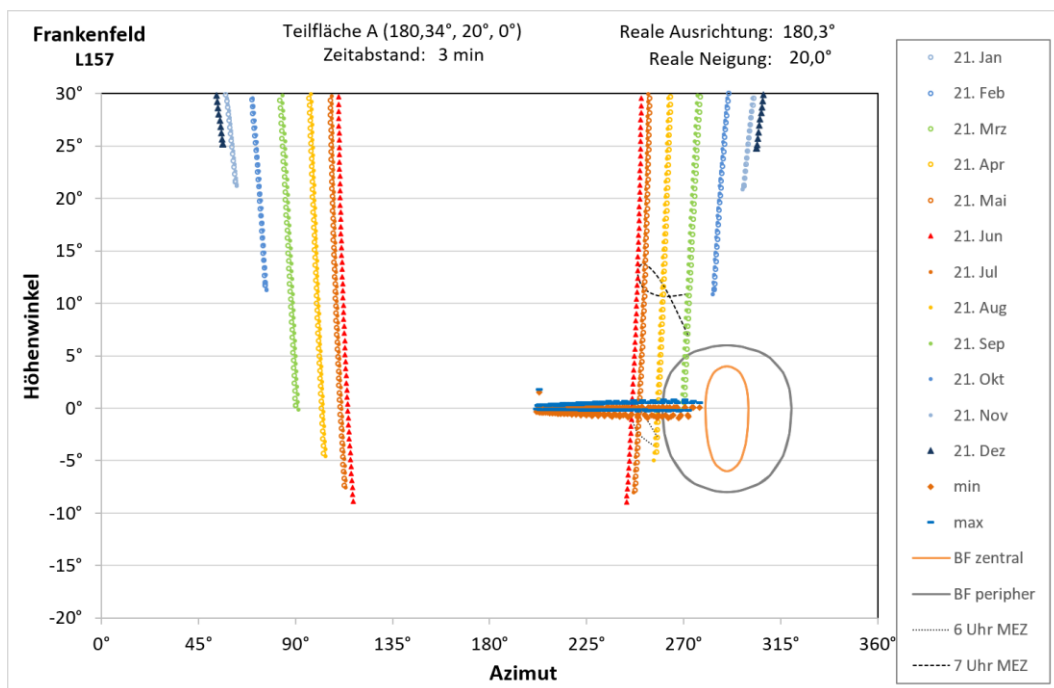


Abbildung 13: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte L157

Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für Reflexionen in das periphere Blickfeld hoch sitzender Fahrzeugführender

Reflexion	Azimutdifferenz Blickachse zu Reflexion	Höhenwinkel Reflexion	Beleuchtungsstärke der Reflexion bei Abbildung der vollen Sonnenscheibe	Winkelhöhe der PV- Anlage im Sichtfeld	Beleuchtungsstärke der Reflexionen am Auge	Sonnenhöhe zum Reflexionszeitpunkt	Azimutdifferenz Blickachse zu Sonne	Winkel Sonne zur Modulnormale
L157_nah	-19,5°	0,8°	< 10 lx	0,9°	< 10 lx	0,5°	-19,0°	89,3°
L157_hell	-29,5°	1,0°	700 lx	0,9°	< 200 lx	6,9°	-27,1°	85,2°



4.6 Blendrisiken für Anlieger

4.6.1 Dorfstr. 10

Das Reflexionsdiagramm für das untersuchte Fenster im Wohngebäude Dorfstr. 10 in Abbildung 14 veranschaulicht, dass von Mitte März bis Ende September kurz nach 7:00 Uhr Sommerzeit über einen Zeitraum von weniger als 5 Minuten Reflexionen der Morgensonne auf den Blickpunkt gerichtet werden können. Dabei beträgt der Abstandswinkel der Sonne zu den reflektierenden Flächen nur von Anfang Mai bis Mitte August mehr als 10° , so dass es zu blendwirksamen Lichtimmissionen im Sinne der LAI-Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen kommt.

Die berechneten maximalen Blendzeiträume betragen 4 min/d und weniger als 7 h/a. Diese Werte sind deutlich geringer als die Schwellenwerte der LAI-Hinweise von 30 min/d und 30 h/a, die einen Hinweis auf eine erhebliche Belästigung geben können. Zudem steht die Sonne auch während der Immissionszeiten auf einer geringen Höhe zwischen 10° und 15° oberhalb der reflektierenden Flächen und scheint aus annähernd gleicher Himmelsrichtung auf das untersuchte Fenster.

Unter Berücksichtigung der anliegerseitigen Grundstückseinfriedung oder der geplanten Einfriedungshecke des Belegungsfelds nach Erreichen der dauerhaften Wuchshöhe sind Lichtimmissionen für den Anlieger ausgeschlossen.

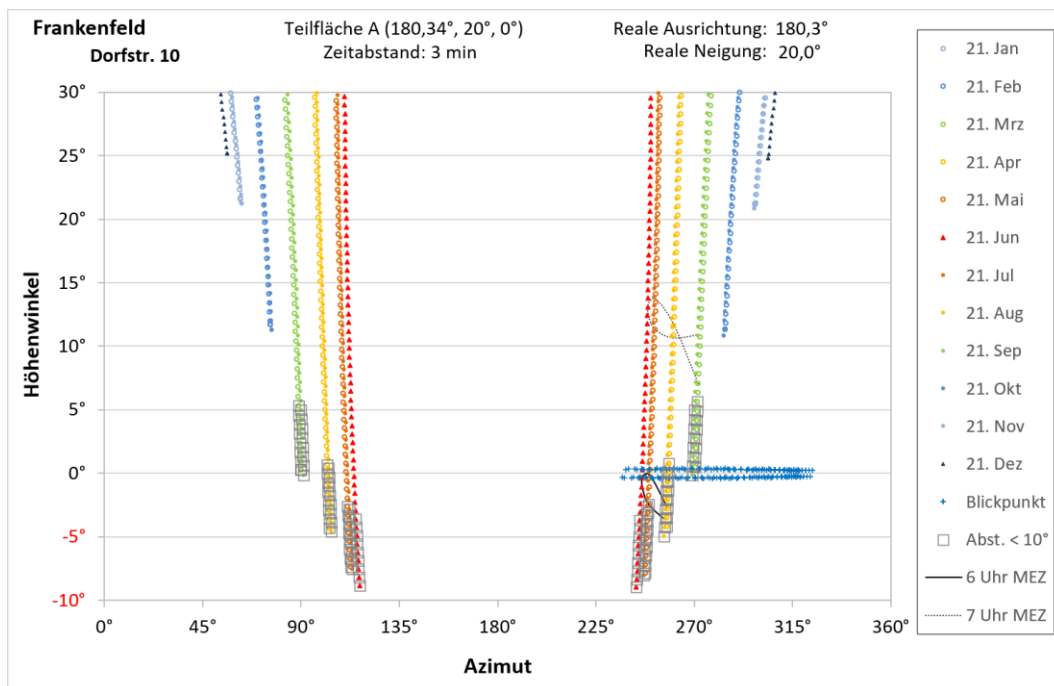


Abbildung 14: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Dorfstr. 10

4.6.2 Dorfstr. 24

Das Reflexionsdiagramm für das untersuchte Fenster im Wohngebäude Dorfstr. 24 in Abbildung 15 zeigt, dass dieser Blickpunkt von Mitte März bis Ende September kurz nach 7:00 Uhr Sommerzeit über einen Zeitraum von weniger als 9 Minuten von Reflexionen der Morgensonne betroffen werden kann. Der Abstandswinkel der reflektierenden Flächen zur Sonne beträgt von Mitte April bis Ende August mehr als 10° , so dass es zu blendwirksamen Lichtimmissionen im Sinne der LAI-Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen kommt.



Die berechneten maximalen Blendzeiträume liegen bei 9 min/d und 16 h/a. Auch diese Werte unterschreiten die Schwellenwerte der LAI-Hinweise deutlich.

Unter Berücksichtigung der geplanten Einfriedungshecke des Belegungsfelds sind Lichtimmissionen nach Erreichen der dauerhaften Wuchshöhe der Hecke für den Anlieger ausgeschlossen.

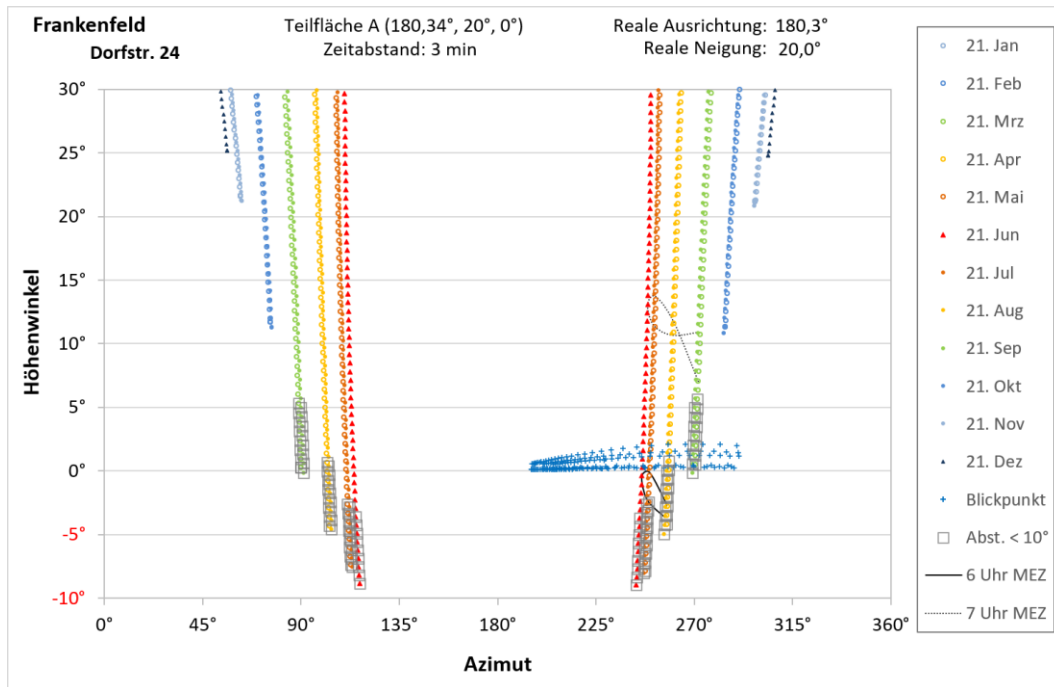


Abbildung 15: Reflexionsdiagramme für den Blickpunkt Dorfstr. 24



5 Teilfläche B

5.1 Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage für die Teilfläche B

Die ca. 4,6 ha große Teilfläche B der geplanten PV-Anlage liegt auf der Flur 6, Flurstück 28/1 der Gemarkung Frankenfeld ca. 1,2 km südlich der Ortslage Frankenfeld. Die mit PV-Modulen belegte Fläche umfasst ca. 3,8 ha. Die Fläche befindet sich auf einer Höhe von 20 m üNNH $\pm$ 0,5 m und ist weitgehend eben. Abbildung 16 zeigt die Anordnung der PV-Tischreihen auf der Teilfläche B und deren Umgebung.

Die Belegungsfläche ist umgeben von Feldern und Waldinseln. Im Norden und Nordwesten schließt sich ein Wirtschaftsweg an die Belegungsfläche an. Östlich der Fläche verläuft der unbefestigte Heidweg. Es befinden sich keine schutzwürdigen Räume in der Umgebung der Teilfläche.



Abbildung 16: Belegung der Teilfläche B (PV-Tischreihen in Blau, Batteriespeicher auf der grau markierten Fläche)

Der mit amtlichem Kartenmaterial erstellte Belegungsplan der PV-Anlage sieht eine Azimutausrichtung der PV-Module von 195° Süd vor. Die Abweichung der amtlichen Karten zu geographisch Nord beträgt am Standort der Anlage +0,34°. Bezogen auf geographisch Nord beträgt die Planausrichtung der PV-Module 195,34°. Eine Querneigung ist nicht zu berücksichtigen.

Der Belegungsplan sieht eine Fixed Tilt 3P-Konfiguration der PV-Module mit 20° Neigungswinkel bei einem lichten Reihenabstand von 5,0 m vor. Die Unter- und Oberkanten der PV-Module sind mit 0,8 m respektive 3,3 m über dem Gelände anzusetzen. Abbildung 17 zeigt eine bemaßte Seitenansicht der Tischreihen.

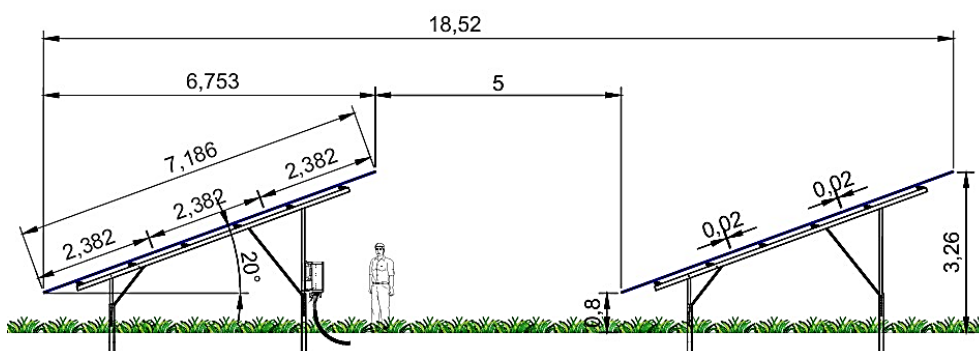


Abbildung 17: Seitenansicht der PV-Tischreihen der Teilfläche B; Quelle: Kundenmaterial



Die Belegungsfläche soll mit einem umlaufenden 2 m hohen Zaun und nördlich, östlich und südlich des Belegungsfelds durch die Pflanzung einer dem Zaun vorgelagerten 3-reihigen Gehölzhecke eingefriedet werden.

Tabelle 4 fasst die Angaben zur PV-Anlage zusammen.

Tabelle 4: Angaben zur PV-Anlage (Teilfläche B)

PV-Anlage:	PVA Frankenfeld, Teilfläche B
Standort:	Gemarkung Frankenfeld, Flur 6, Flurstück 28/1
Standortkoordinaten:	N52.756°, E9.433°
Gemeinde / Kreis / Bundesland:	Frankenfeld (Samtgemeinde Rethen) / Heidekreis / Niedersachsen
Höhe des Belegungsfelds:	20 m üNNH ± 0,5 m
Gesamtleistung der Anlage:	3,7 MWp
Anzahl / Typ der PV-Module:	5.778 Stk. / DM620G12RT-B66HSW
Tischkonfiguration:	Fixed Tilt 3P
Höhe der Modulkanten:	0,8 m bis 3,3 m über Geländeoberkante
Planausrichtung (geografisch Nord):	195,34°
Planneigung:	20°
Querneigungen (QN):	keine
Einfriedung:	Umlaufender Zaun von 2,0 m Höhe und 3-reihige Schutzhecke im Norden, Osten und Süden

5.2 Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen

Abbildung 18 zeigt die Reflexionsrichtungen für die PV-Tische der Teilfläche B. Bodennahe Reflexionen mit einem Abstandswinkel von > 5° können von Mitte März bis Ende September kurz vor 7:00 Uhr MEZ (8:00 Uhr Sommerzeit) in einen westlichen Azimutbereich von 251° bis 280° und von Ende April bis Mitte August kurz nach 20:00 Uhr Sommerzeit in einen östlichen Azimutbereich von 108° bis 120° gerichtet werden.

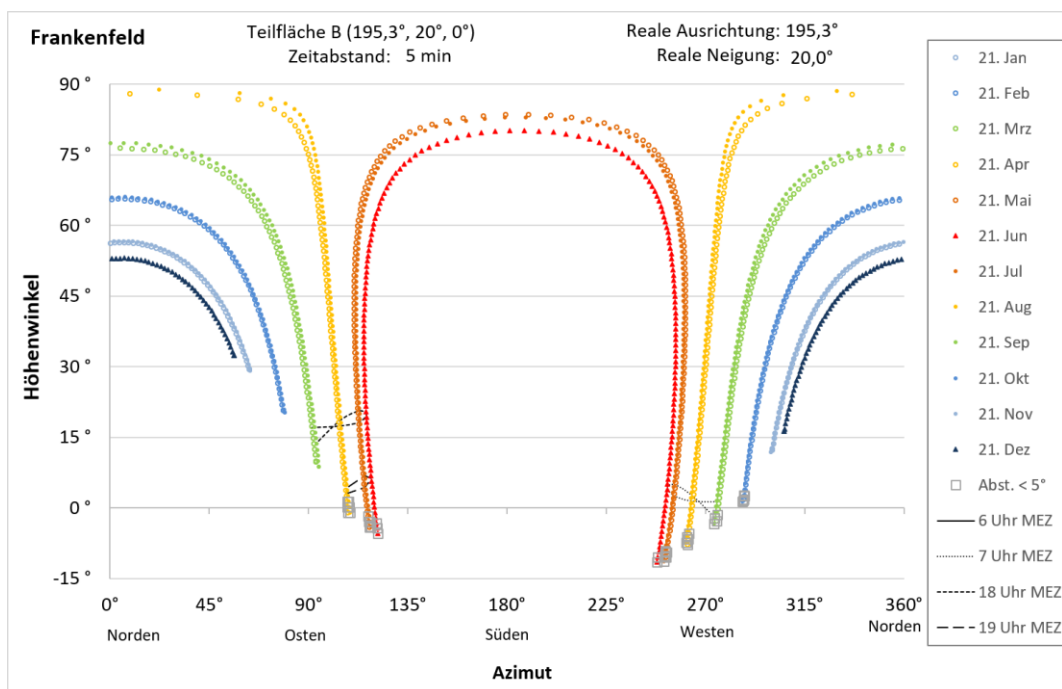


Abbildung 18: Reflexionsdiagramm für die PV-Tische der Teilfläche B



5.3 Potenzielle Immissionsorte

Abbildung 19 visualisiert die Richtungen, in die potenziell blendwirksame Sonnenlichtreflexionen gerichtet sein können, durch orange Winkel mit 200 m Schenkellänge für ausgewählte Eckpunkte des Belegungsfelds.

Es befinden sich keine geschützten Immissionsorte im potenziellen Blendbereich der PV-Module der Teilfläche B.



Abbildung 19: Bodennahe Reflexionsrichtungen (orangene Winkel) der PV-Module der Teilfläche B für ausgewählte Eckpunkte der Anlage



6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit

Es wird festgestellt, dass die Fahrzeugführenden auf den umliegenden Verkehrswegen auch ohne Berücksichtigung der sichtunterbrechenden Einfriedungsmaßnahmen nicht von blendwirksamen Sonnenlichtreflexionen der geplanten Anlage in ihre Blickfelder betroffen werden. Die sichere Fahrzeugführung bleibt jederzeit unbeeinträchtigt.



Es wird festgestellt, dass die schutzwürdigen Räume von Anliegern auch ohne Berücksichtigung der sichtunterbrechenden Einfriedungsmaßnahmen nicht von erheblich belästigenden, anlagebedingten Lichtimmissionen betroffen werden. Mit dem Erreichen der dauerhaften Wuchshöhe der geplanten Einfriedungshecken werden anlagenbedingten Lichtimmissionen vollständig ausgeschlossen.

Aus blendgutachterlicher Sicht ist die geplante PV-Anlage auf beiden untersuchten Teilflächen ohne weitere Blendschutzmaßnahmen als genehmigungsfähig einzustufen.



7 Verwendete Materialien

7.1 Dokumente vom Auftraggeber

- ▶ Modulbelegungsplan als Datei „20260609_PV Frankenfeld_Export.dwg“
- ▶ Systemangaben in den Dateien „Frankenfeld-Modulbelegungsplan_Area1_A.pdf“ und „Frankenfeld-Modulbelegungsplan_Area2_B.pdf“
- ▶ Anlagenbeschreibung als Datei „251027_Anlagenbeschreibung_PV_mit_Speicher_überarbeitet_DIB.pdf“
- ▶ Vorentwurf des Bebauungsplans VB 4 „Freiflächen Photovoltaikanlage Frankenfeld Teilflächen A und B mit Planzeichnungen, Stand Oktober 2025“

7.2 Literatur

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



8 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Teilflächen der PVA Frankenfeld (Modultischreihen blau eingezeichnet).....	3
Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm	7
Abbildung 3: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden.....	9
Abbildung 4: Reflexionsdiagramm für schutzwürdige Nutzungen mit Umrandung des Blendzeitraums	9
Abbildung 5: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015.....	10
Abbildung 6: Geplante Belegung der Teilfläche A (PV-Tischreihen in Blau).....	12
Abbildung 7: Seitenansicht der PV-Tischreihen der Teilfläche A; Quelle: Kundenmaterial	13
Abbildung 8: Reflexionsdiagramm für die PV-Tische der Teilfläche A.....	14
Abbildung 9: Bodennahe Reflexionsrichtungen (orangene Winkel) der PV-Module der Teilfläche A für ausgewählte Eckpunkte der Anlage	15
Abbildung 10: Blick aus 2,9 m Höhe über der Fahrbahn für den Verkehr aus westlicher Richtung auf der L 157 eingangs der Rechtskurve; Quelle: Google Street View.....	15
Abbildung 11: Blick auf die Wohngebäude der Anlieger Dorfstr. 10 (oben) und Dorfstr. 24 (unten); Quelle: Google Street View	16
Abbildung 12: Gewählte Blickpunkte (oben, cyanfarbene Kreise) und modellierte Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und Blickrichtung am Blickpunkt (unten)	17
Abbildung 13: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte L157.....	18
Abbildung 14: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Dorfstr. 10.....	19
Abbildung 15: Reflexionsdiagramme für den Blickpunkt Dorfstr. 24	20
Abbildung 16: Belegung der Teilfläche B (PV-Tischreihen in Blau, Batteriespeicher auf der grau markierten Fläche).....	21
Abbildung 17: Seitenansicht der PV-Tischreihen der Teilfläche B; Quelle: Kundenmaterial.....	21
Abbildung 18: Reflexionsdiagramm für die PV-Tische der Teilfläche B.....	22
Abbildung 19: Bodennahe Reflexionsrichtungen (orangene Winkel) der PV-Module der Teilfläche B für ausgewählte Eckpunkte der Anlage	23
 Tabelle 1: Beleuchtungsstärken durch direkte Sonnenstrahlen in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe...	 10
Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage (Teilfläche A)	13
Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für Reflexionen in das periphere Blickfeld hoch sitzender Fahrzeugführender	18
Tabelle 4: Angaben zur PV-Anlage (Teilfläche B).....	22