Solarpraxis Engineering GmbH · Manteuffelstr. 74 · 12103 Berlin, Germany

Blendgutachten „Solarpark Kiesgrube Cammin“

Analyse der Blendwirkungen einer Photovoltaikanlage auf die umliegenden Verkehrswege und schutzwürdige Räume von Anliegern

Auftraggeber:
Enerparc AG
Kirchenpauerstr. 26
20457 Hamburg

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: 27. April 2026
Gutachten-Nr.: SPX-RS-P250157-02

Inhalt

1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens 4

2 Zusammenfassung der Bewertung 5

3 Regulatorischer Rahmen und Bewertungsgrundlagen 6

3.1 Raumordnung und Baurecht 6

3.2 Immissionsschutz 6

3.3 Verkehr 7

3.3.1 Allgemeine Anforderungen 7

3.3.2 Straßenverkehr 7

4 Beschreibung der Methodik 9

4.1 Vorbemerkung zu Reflexionen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen 9

4.2 Berechnung der Reflexionsrichtungen 9

4.3 Lichttechnische Berechnungen 11

4.4 Blickpunktbezogene Blendanalyse 11

4.4.1 Modellierung der Reflexions- und Blickpunkte 11

4.4.2 Verkehr 12

4.4.3 Schützenswerte Räume 13

5 Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage 15

6 Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen 17

7 Ermittlung, Beschreibung und Modellierung der zu prüfenden Immissionsorte 18

7.1 Ermittlung 18

7.2 Beschreibung 18

7.3 Modellierung 19

8 Berechnungsergebnisse 20

8.1 Planteil Süd 20

8.2 Planteil Nord 22

8.3 Zusammenfassung der lichttechnischen Berechnungsergebnisse 23

9 Bewertung der Blendrisiken 24

9.1 Bahnstecke DB 6088 Berlin-Stralsund 24

9.2 Straßenverkehr 24

9.3 Schutzwürdige Räume von Anliegern 25

10 Verwendete Materialien 26

10.1 Dokumente vom Auftraggeber 26

10.2 Literatur 26

11 Abbildungsverzeichnis 27

12 Tabellenverzeichnis 28

1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens

Im Zuge der Bauleitplanung und des Baugenehmigungsverfahrens für die im Plangebiet des vorhabensbezogenen Bebauungsplans Nr. 25 „Solarpark Kiesgrube Cammin“ der Stadt Burg Stargard geplante Freiflächen-Photovoltaikanlage ist zu prüfen, ob Sonnenlicht auf umliegende Verkehrswege oder schutzwürdige Nutzungen von Anliegern reflektiert werden kann und ob dadurch gegebenenfalls die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs beeinträchtigende oder die Anlieger belästigende Blendwirkungen auftreten können. Dabei ist für den folgenden Immissionsort eine blickpunktbezogene detaillierte Blendanalyse durchzuführen:

- Schienenverkehr auf der Bahnstrecke DB 6088 Berlin-Stralsund

Das Plangebiet befindet sich in dem Burg Stargarder Ortsteil Cammin, Gemarkungen Cammin (Planteil Süd) und Riepke (Planteil Nord), im Landkreis Mecklenburgische Seenplatte in Mecklenburg-Vorpommern. Die Anlage soll mit südausgerichteten PV-Modulen mit starrem Neigungswinkel auf drei räumlich getrennten Belegungsfeldern auf dem Gelände einer ehemaligen Kiesgrube und bislang landwirtschaftlich genutzten Fläche errichtet werden. Die Lage der geplanten PV-Anlage ist in Abbildung 1 dargestellt.

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

Abbildung 1: Lage des geplanten Solarparks (Modultischreihen blau eingezeichnet)

2 Zusammenfassung der Bewertung

Es wird festgestellt, dass die Lokführenden auf der Bahnstrecke DB 6088 Berlin-Stralsund in beiden Fahrtrichtungen zu keinem Zeitpunkt von Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage in ihre zentralen Blickfelder betroffen werden können. Die Überwachung der vorausliegenden Strecke bleibt uneingeschränkt möglich, ohne von Blendquellen in der Nähe der notwendigen Fixationspunkte der Augen behindert zu werden. Die Sicherheit des Schienenverkehrs bleibt jederzeit gewahrt.

Es wird festgestellt, dass die Fahrzeugführenden auf der Verbindungsstraße zwischen Cammin und Riepke in beiden Fahrtrichtungen zu keinem Zeitpunkt von Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage in ihre zentralen Blickfelder betroffen werden können. Die Überwachung der vorausliegenden Strecke bleibt uneingeschränkt möglich, ohne von Blendquellen in der Nähe der notwendigen Fixationspunkte der Augen behindert zu werden. Die Leichtigkeit und Sicherheit des Straßenverkehrs bleiben jederzeit gewahrt.

Es wird festgestellt, dass keine schutzwürdigen Räume von Anliegern durch anlagebedingte Lichtimmissionen beeinträchtigt werden können.

Aus blendgutachterlicher Sicht ist die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage ohne weitere Blendschutzmaßnahmen als genehmigungsfähig einzustufen.

3 Regulatorischer Rahmen und Bewertungsgrundlagen

3.1 Raumordnung und Baurecht

Das Baugesetzbuch (BauGB) definiert die Nutzung erneuerbarer Energien als öffentlichen Belang, der bei der Aufstellung der Bauleitpläne zu berücksichtigen ist. Mit dem Gesetz zur sofortigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für die erneuerbaren Energien vom 4. Januar 2023 werden bestimmte Solaranlagen in die Liste der privilegierten Vorhaben des § 35 Abs. 1 BauGB aufgenommen, darunter Solaranlagen auf einer Fläche längs von Autobahnen oder Schienenwegen des übergeordneten Netzes in einer Entfernung zu diesen von bis zu 200 Metern, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn.

Die Privilegierung dieser Solaranlagen führt zu einer Beschleunigung des Genehmigungsverfahrens. Es kann direkt ein Bauantrag gestellt werden, dessen Bewilligung nicht mehr von der Zustimmung eines Gemeinderats abhängt. Bei Genehmigungsfähigkeit der Anlage besteht ein Anspruch auf Erteilung der Baugenehmigung.

3.2 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. Aufgrund der Größe der Sonnenscheibe mit einem Durchmesser von bis zu 0,6°, der Streuung der Reflexionen durch Bündelaufweitung und der regional und jährlich unterschiedlichen Sonnenstunden können real auftretende Reflexionen etwas kürzer oder länger andauern, als die schematische Berechnung ergibt.

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 ≥ 10° unterscheiden. Die LAI-Hinweise schränken den 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 werden keinesfalls grundsätzlich als unzumutbar angesehen (LG Frankfurt / Main 2/12 O 322/06; OLG Stuttgart 3 U 46/13).

3.3 Verkehr

3.3.1 Allgemeine Anforderungen

Das Verkehrsrecht dient der Regelung der Mobilität auf der Straße, der Schiene und in der Luft. Es ist darauf ausgerichtet, die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu gewährleisten (§ 6 Abs. 1 StVG). So werden die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs durch Umstände beeinträchtigt, die zur Entstehung neuer oder Erhöhung bereits bestehender Gefahren oder zu einer Verschlechterung der Verkehrsverhältnisse beitragen (vgl. BVerwG, Urt. v. 17. 9. 1964 - I C 26/63). Dies ist 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 für den Straßenverkehr sind sinngemäß auch auf die anderen Verkehrsbereiche zu übertragen.

3.3.2 Straßenverkehr

Bei der Errichtung von PV-Anlagen auf Bestandteilen der Bundesfernstraßen sowie 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.

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 Eckpunkte zur Beurteilung von relevanten Blendwirkungen erarbeitet worden und erstmalig im November 2025 durch das Fernstraßen-Bundesamt veröffentlicht worden. Das Eckpunktepapier soll im Rahmen der Fortschreibung und Evaluierung auf aktuelle Entwicklungen angepasst werden.

Die Reflexionen der PV-Anlage dürfen die Erfüllung der Sehaufgabe der Verkehrsteilnehmer nicht beeinträchtigen. Dafür ist unter Tageslichtbedingungen in erster Linie der Bereich des fovealen Sehens (Stellen, die mit beiden Augen fixiert werden müssen) als kritisch anzusehen, denn bei einer Fixation der Augen auf eine Blendquelle mit einer Leuchtdichte von mehr als 30.000 cd/m^2, die ein Sonnenlicht reflektierendes PV-Modul typischerweise überschreitet, kann eine Absolutblendung auftreten, bei der die Anpassungsfähigkeit des Auges an die Helligkeit überschritten wird. Es setzen Schutzmechanismen (Lidschluss, Blickabwendung) ein und bei einer anhaltenden Fixation der Blendquelle entsteht ein Risiko für temporäre Blindheit und dauerhafte Schädigungen am Auge. Das Risiko für eine Absolutblendung steigt mit der Leuchtdichte der Blendquelle, deren Größe im Sichtfeld und der Dauer des Blicks in die Blendquelle.

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 ≤ 10°. Der Höhenwinkelbereich ist mit -4° bis +6°

zur Horizontalen als Worst-Case-Annahme zu berücksichtigen. An Knotenpunkten und für spezielle Fahrsituationen kann eine abweichende Festlegung des zentralen Blickfelds notwendig sein.

Auch eine Blendquelle außerhalb des notwendigen Fixationsbereichs der Augen kann zu relevanten Blendwirkungen führen, die die Erfüllbarkeit der Sehaufgabe einschränken. Helligkeitsreize im zentralen oder auch im peripheren Blickfeld, in dem Umgebungsinformationen aufgenommen werden, die der Orientierung (z.B. Spurhalten) und der Wahrnehmung von Veränderungen (Bewegung, Leuchtdichteunterschiede) dienen, wirken generell als Distraktoren. Es entsteht ein Ablenkungsreiz, der je nach Plötzlichkeit des Auftretens und Fahrsituation zu einer Blickzuwendung und Ablenkung von der Fahraufgabe führen kann.

Bei länger anhaltender Blendsituation, oder leuchtstarken Blendquellen kann eine Relativblendung hervorgerufen werden, bei der die gerichteten Lichtstrahlen der Reflexionen durch Streueffekte des Augenapparats eine Schleierleuchtdichte auf der Netzhaut erzeugen, die eine Einschränkung der Sehleistung vor allem durch eine Minderung der Kontrasterkennung bewirken. Im Extremfall wird eine Adaptionsstörung ausgelöst, die die allgemeine Sehfähigkeit zeitweilig stark herabsetzt. Im peripheren Blickfeld sind ein horizontaler Differenzwinkel von bis zu 30° zur Blickachse der Fahrzeugführenden und ein Höhenwinkelbereich von -6° bis +8° als Risikobereich für Relativblendungen zu berücksichtigen, wobei ab einem Differenzwinkel von 20° besondere Umstände, wie ein Dunkel-Hell-Übergang und ein plötzliches Auftreten vorliegen müssen, um zu einer Beeinträchtigung der Fahrleistung zu führen.

Das Risiko einer relevanten Blendwirkung durch eine Relativblendung erhöht sich mit abnehmender Winkeldifferenz der Reflexionen zur Blickachse, der Dauer der Blendsituation, und der am Auge bewirkten Beleuchtungsstärke, die den Einfluss der Helligkeit der Blendquelle und deren Winkelgröße im Blickfeld zusammenfasst. Auch das Niveau der Helligkeitsadaption der Augen beeinflusst die Blendwirkung. Der Stand der Wissenschaft und Forschung in diesem Bereich ist überschaubar. Die Untersuchungen von van der Leden et al. mit einem Fahrsimulator ermittelten Werte von ca. 4.000 lx bei einem Differenzwinkel von 10° zur Blickachse, ab denen Auswirkungen auf die Fahrleistung der Probanden erkennbar werden.

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 nicht durch die Sonnenblende des Fahrzeugs abgeschirmt werden, so dass die Blendwirkung der Reflexionen in diesem Fall vernachlässigt werden kann.

4 Beschreibung der Methodik

4.1 Vorbemerkung zu Reflexionen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen

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

Von PV-Anlagen, deren Neigungswinkel mit einem einachsig-horizontalem Trackersystem der Sonnenhöhe nachgeführt wird, können im Nachführbetrieb nur Reflexionen mit positiven Höhenwinkeln ausgehen, die unter den meisten topografischen Bedingungen nicht auf Anlieger oder bodengebundenen Verkehr gerichtet sein können. Hier sind es die Sonnenlichtreflexionen in Park- und Sonderpositionen sowie beim Backtracking, die bei ungünstig gewählten Einstellungen zu Blendwirkungen 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.

4.2 Berechnung der Reflexionsrichtungen

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

Für die Reflexionsberechnungen wird der im Regelfall in einem 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 die Azimutausrichtung und die Neigung der Module unter Berücksichtigung etwaiger Querneigungen bestimmt.

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

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

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

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

Das untere Diagramm in Abbildung 2 zeigt die in einen Ausschnitt des Reflexionsdiagramms eingetragen Grenzen der Azimutwinkel, in die potenziell blendwirksame bodennahe Reflexionen ab einer Sonnenhöhe von > 5° gerichtet sein können. Diese Darstellung wird für die Blendanalysen im Verkehrsbereich genutzt.

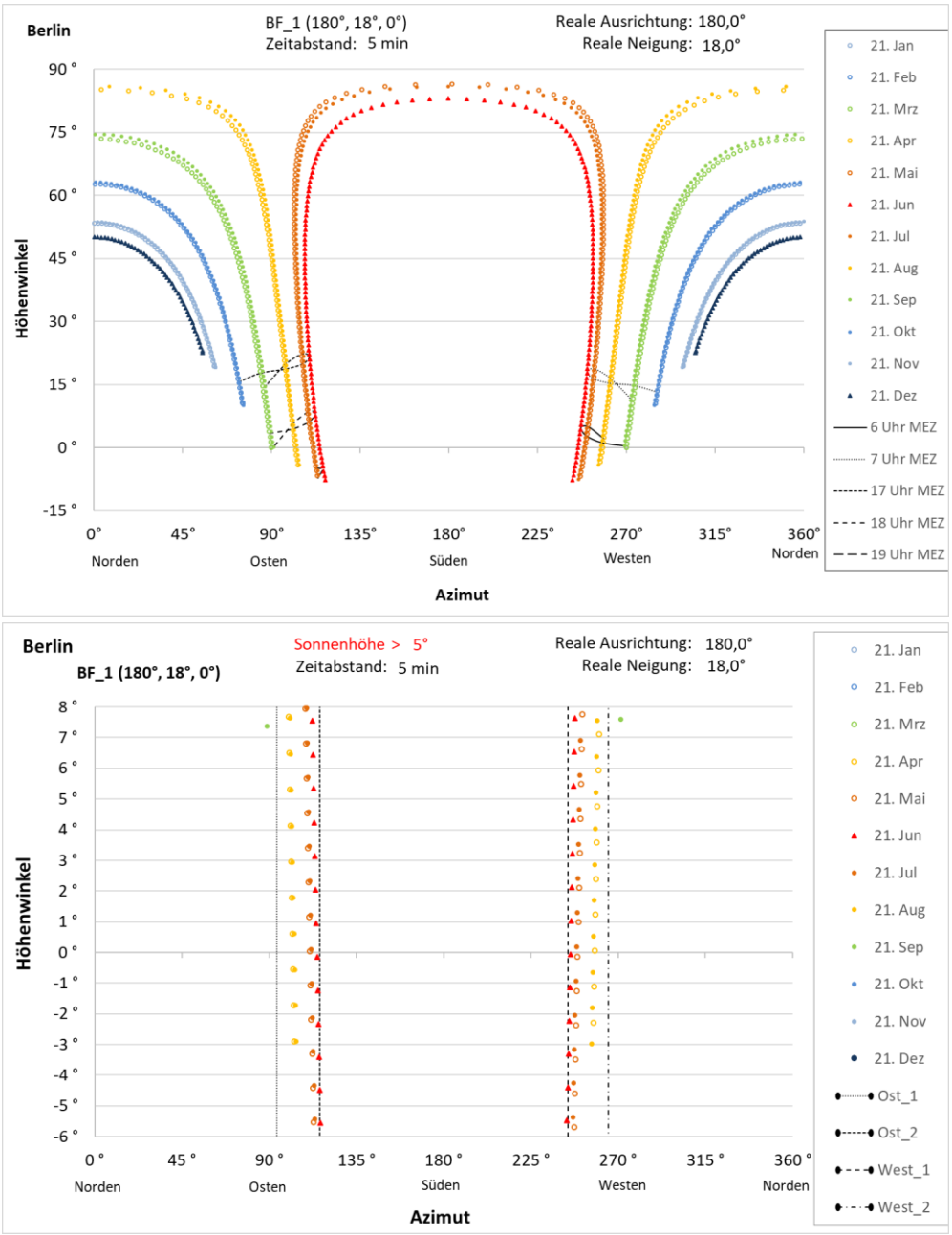


Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm (oben) und Ausschnitt mit Einzeichnung der Azimutgrenzen, in die bodennahe blendwirksame Reflexionen gerichtet werden können (unten)

4.3 Lichttechnische Berechnungen

Zur Beurteilung der Blendwirkung der Sonnenlichtreflexionen wird deren Intensität durch die am untersuchten Blickpunkt bewirkte Beleuchtungsstärke charakterisiert. Dazu wird im ersten Schritt für die entsprechenden Reflexionszeitpunkte die horizontale Beleuchtungsstärke nach Formel 22 der DIN 5034 Teil 2 Abschnitt 5.3 für eine geringe atmosphärische Trübung berechnet und anschließend mittels der Winkel der Modulnormalen die Beleuchtungsstärke auf der Moduloberfläche ermittelt. Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen wird durch Multiplikation mit Standardwerten für den Reflexionsgrad der PV-Module berechnet, der abhängig vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ist (siehe Abbildung 3). Zusätzlich wird ein empirisch ermittelter Diffusionsfaktor von 0,4 für diffus gestreute Reflexionen berücksichtigt. Sofern Messwerte für die konkret verwendeten PV-Module vorliegen, werden diese dokumentiert und für die Berechnungen genutzt.

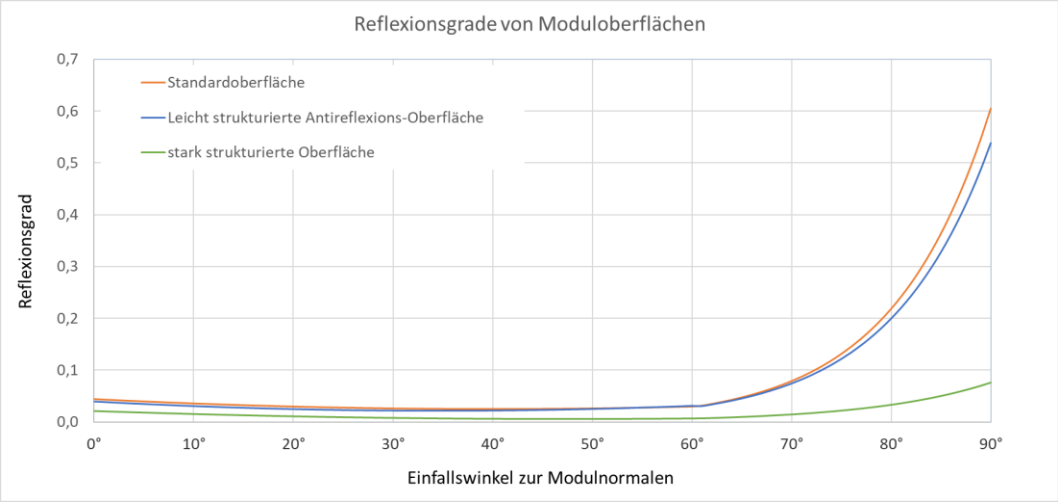


Abbildung 3: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015

4.4 Blickpunktbezogene Blendanalyse

4.4.1 Modellierung der Reflexions- und Blickpunkte

Für die blickpunktbezogene Blendanalyse werden ausgewählte Punkte der reflektierenden Oberfläche 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 aus einer Pfadvermessung mit Google Earth Pro genutzt.

Für schützenswerte Nutzungen oder Verkehrsteilnehmer werden repräsentative Blickpunkte im potenziellen Blendbereich der PV-Anlage ermittelt und im Koordinatensystem der Plangrundlage modelliert. Die z-Koordinaten ergeben sich aus der Höhe der Geländeoberkante zuzüglich der Augenpunkthöhen 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 schützenswerte Räume wird die Höhe des Fenstermittelpunkts angesetzt.

4.4.2 Verkehr

Zum Abgleich, ob ein Blickpunkt im Jahres- und Tagesverlauf von Reflexionen eines Reflexionspunkts (PV-Punkt) 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 4 zeigt exemplarisch ein Reflexionsdiagramm mit Sichtbeziehungen für den Straßenverkehr und eine Detailbetrachtung für die typischerweise stärker betroffenen höher sitzenden Fahrzeugführenden (BP_hoch), in der die blendrelevanten Sichtbeziehungen schwarz umrandet sind. Im obigen Beispiel können von Ende April bis Mitte August gegen 19:30 Sommerzeit (18:30 MEZ) Reflexionen einiger PV-Tische in das zentrale oder periphere Blickfeld (BF) 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 wird anschließend geprüft, ob die Reflexionen eine relevante Blendung mit Auswirkungen auf die Sehaufgabe und die Verkehrssicherheit verursachen können.

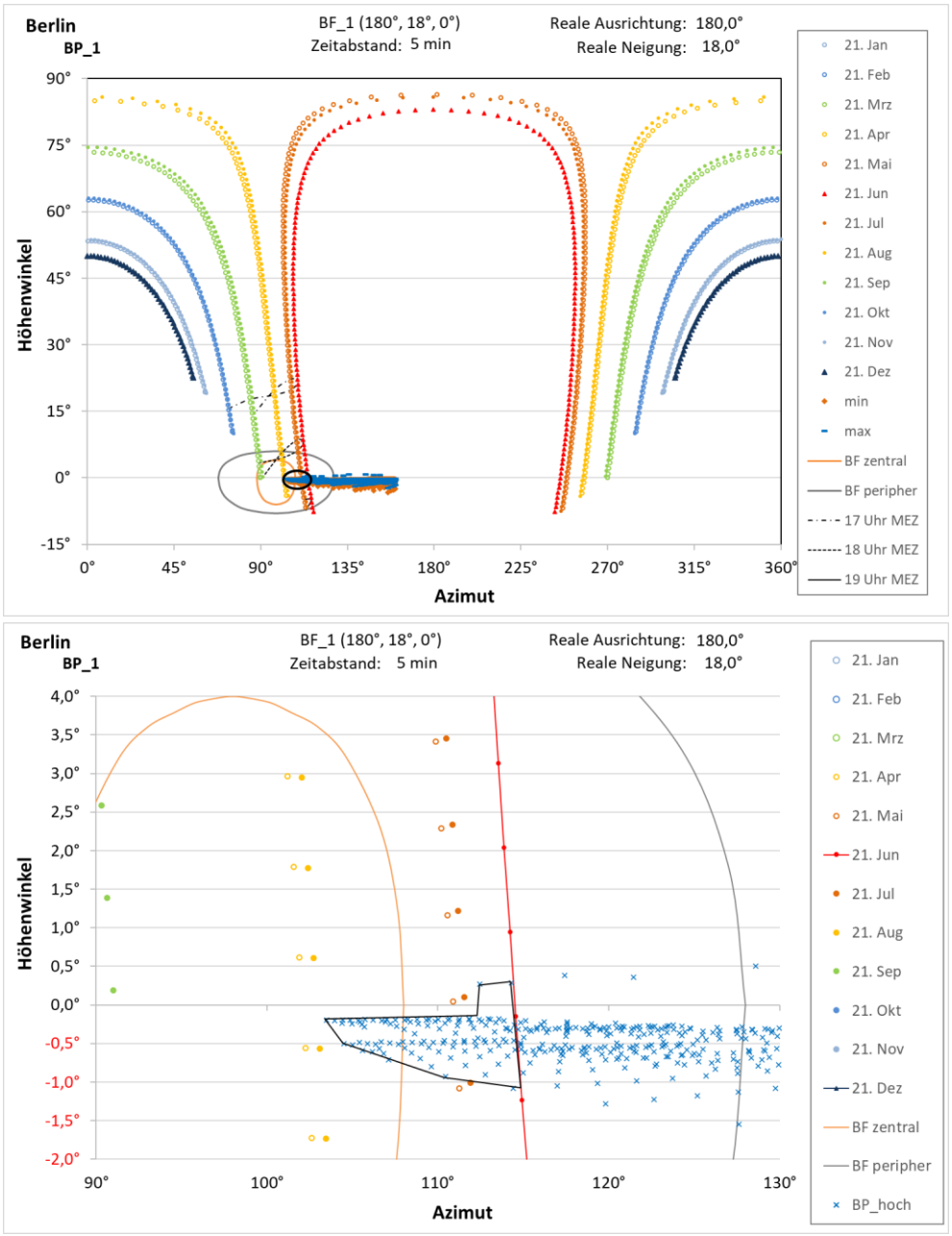


Abbildung 4: Beispielhafte Reflexionsdiagramme mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden

4.4.3 Schützenswerte Räume

Abbildung 5 oben zeigt ein Reflexionsdiagramm mit Blickbeziehungen für einen schützenswerten Raum und eine Detailansicht mit dreiminütiger Auflösung der Tagesganglinien (unten), 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° ist, und die damit nicht als Lichtimmissionen im Sinne der LAI-Hinweise zu werten sind. Im gezeigten Beispiel beträgt die maximale tägliche Immissionsdauer 6 Minuten (2 Reflexionspunkte auf den Tagesganglinien in der Detailansicht). Die maximale jährliche Immissionsdauer, umgrenzt durch die schwarze Linie, beträgt ca. 10 Stunden.

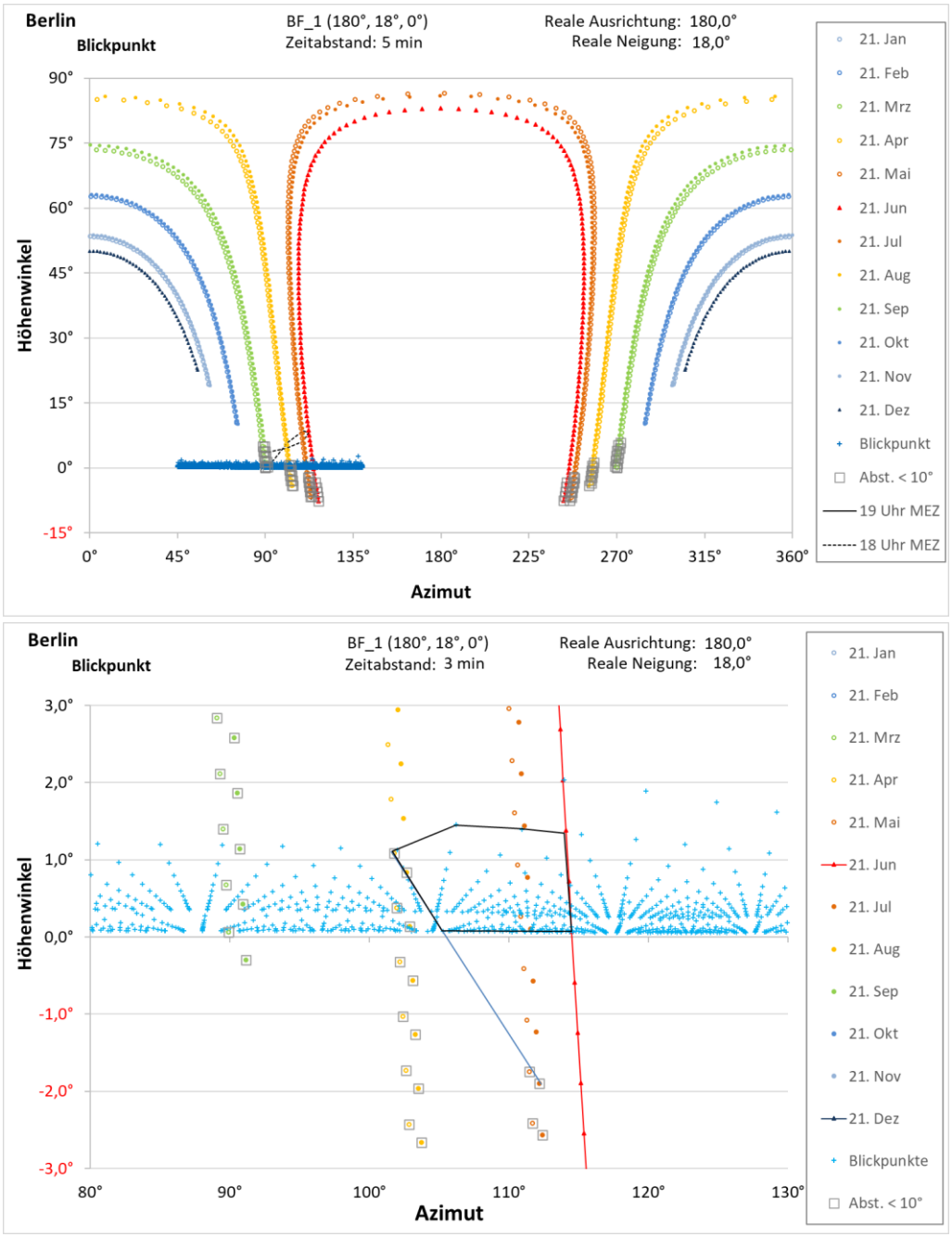


Abbildung 5: Reflexionsdiagramm für schützenswerte Nutzungen (oben) mit einem Ausschnitt in 3-minütiger Auflösung der Tagesganglinien und schwarzer Umrandung des maximalen Immissionszeitraums (unten)

5 Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage

Die PV-Freiflächenanlage soll im Geltungsbereich des Vorhabensbezogenen Bebauungsplans Nr. 25 „Solarpark Kiesgrube Cammin“ der Stadt Burg Stargard errichtet werden. Das 14,16 ha große Plangebiet umfasst im „Planteil Nord“ die Flurstücke 12 und 13 der Flur 2 der Gemarkung Riepke und im „Planteil Süd“ die Flurstücke 4/2 und 9/2 der Flur 2 der Gemarkung Cammin. Abbildung 6 zeigt die Anordnung der PV-Tischreihen in den jeweiligen Belegungsfeldern und den Verlauf der Einfriedungszäune der Teilgebiete.

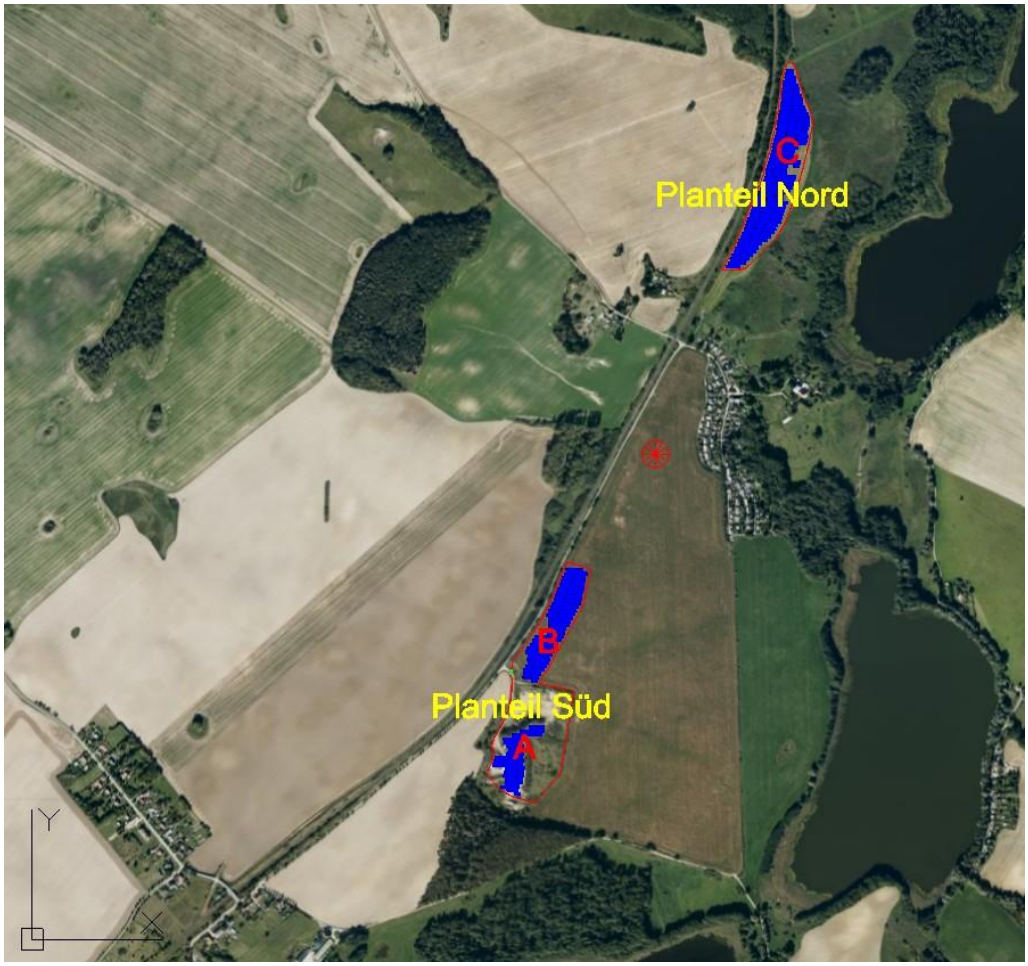


Abbildung 6: Belegungsplan des Solarparks mit Belegungsfeldern A, B und C (Tischreihen in Blau, Einfriedung in Rot)

Das ca. 8,8 ha große südliche Teilgebiet befindet sich nordöstlich des 600 m entfernten Ortsteils Cammin und südwestlich des 320 m entfernten Ortsteils Riepke. Die im „Planteil Süd“ vorgesehenen Belegungsfelder A und B grenzen im Westen mit einem Mindestabstand von mehr als 25 m an den Bahndamm der Strecke Berlin-Stralsund. Im Norden und Osten schließen sich landwirtschaftliche Fläche an, im Süden ein Wald. Das Feld A liegt auf einer vermessenen Höhe von 73 bis 77 m üNHN auf der Fläche einer ehemaligen Kiesgrube mit Exposition nach Westen. Die mittlere Hangneigung des Geländes in Verlaufsrichtung der Tischreihen beträgt +2,6° (Anstieg nach Osten). Das Feld B liegt auf einer Höhe von 68 bis 75 m üNHN mit überwiegender Exposition nach Westen. Die mittlere Hangneigung beträgt +3,1° (Anstieg nach Osten).

Der ca. 5,3 ha große „Planteil Nord“ mit dem Belegungsfeld C befindet sich ca. 150 m nördlich der Ortslage Riepke und grenzt im Westen mit einem Mindestabstand von 20 m an den Bahndamm der Strecke Berlin-Stralsund. Im Norden, Osten und Süden grenzen landwirtschaftliche Flächen an. Das Belegungsfeld C liegt

auf einer vermessenen Höhe von 63 bis 75 m üNHN mit Exposition nach Ost bis Ostsüdost. Die mittlere Hangneigung des Geländes in Verlaufsrichtung der Tischreihen beträgt -4,8° (Anstieg nach Westen).

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 -1,35°. Bezogen auf geografisch Nord beträgt die Planausrichtung (= ebenes Gelände) der PV-Module damit 178,65°.

Als PV-Module soll der Typ TWMND-72HD590 des Herstellers Tongwei mit einem semi-gehärtetem Antireflexions-Deckglas oder ein ähnlicher Typ genutzt werden. Das Reflexionsverhalten wird im Sinne einer Worst-Case-Annahme mit den Standardwerten für unstrukturierte Oberflächen modelliert.

Die mittlere Querneigung der PV-Tische ist für die Belegungsfelder A und B mit +3° anzusetzen und für das Belegungsfeld C mit -5°. Der Belegungsplan sieht eine Fixed Tilt 6H Konfiguration der PV-Module mit 18° Neigungswinkel bei einem lichten Reihenabstand von 2,5 m vor. Die Unter- und Oberkanten der montierten PV-Module sind mit 0,8 m respektive 3,0 m über dem Gelände zu berücksichtigen. Abbildung 7 zeigt eine bemaßte Seitenansicht der Tischreihen. Tabelle 1 fasst die Angaben zur PV-Anlage zusammen.

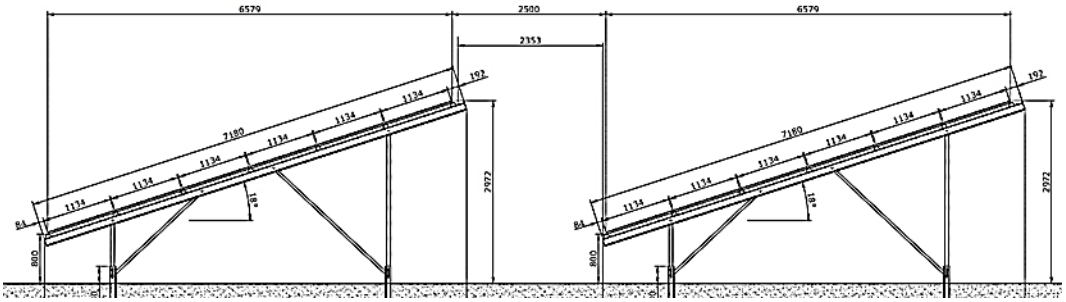


Abbildung 7: Seitenansicht der PV-Tischreihen; Quelle: Kundenmaterial

Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage

PV-Anlage:	Solarpark Kiesgrube Cammin
Standort:	Gemarkung Cammin, Flur 2 und Gemarkung Riepke, Flur 2
Standortkoordinaten:	N53.451°, E13.319°
Gemeinde / Kreis / Bundesland:	Burg Stargard / Mecklenburgische Seenplatte, M-VP
Höhe des Belegungsfelder:	63 m bis 77 m üNHN
Umliegende klassifizierte Straßen:	keine
Umliegende Schienenwege:	DB 6088 Berlin-Stralsund
Mindestabstand PV-Modul zu Gleis:	>20 m
Mindestabstand schutzwürdige Räume:	> 140 m
DC-Gesamtleistung der Anlage:	9,4 MWp
Anzahl und Typ der PV-Module:	15.912 Stk. TWMND-72HD590 oder ähnlich
Tischkonfiguration:	Fixed Tilt 6H
Minimaler Reihenabstand:	2,5 m
Höhe der Modulkanten:	0,8 m bis 3,0 m über Geländeoberkante
Planausrichtung (geografisch Nord):	178,65°
Planneigung:	18°
Querneigungen (QN):	Median: Feld A: 2,6°, Feld B: 3,1°, Feld C: -4,8° Maximal: -10° bis +5°

6 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 sein. Abbildung 8 zeigt die Reflexionsrichtungen der PV-Module für PV-Tische ohne Querneigung im Tages- und Jahresverlauf. Potenziell blendwirksame Reflexionen (Sonnenhöhe ≥ 5°) können von Anfang April bis Anfang September kurz vor 7 Uhr Sommerzeit in einen westlichen Azimutbereich von 244° bis 263° und im gleichen Zeitraum gegen 19:30 Uhr Sommerzeit in einen östlichen Azimutbereich von 95° bis 115° gerichtet werden.

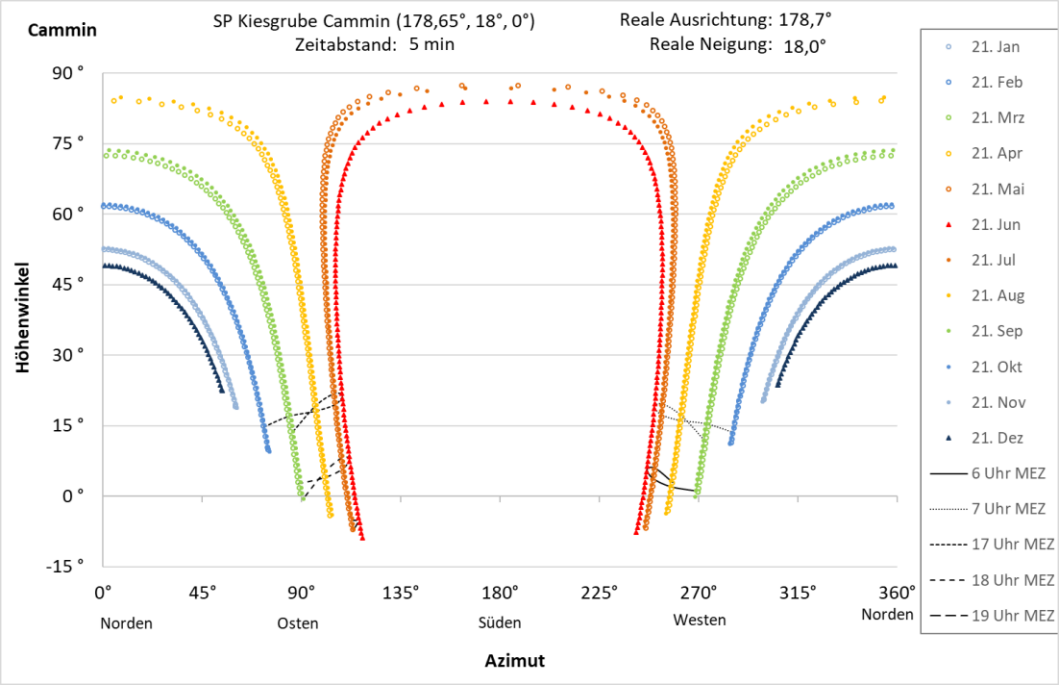


Abbildung 8: Reflexionsdiagramm für den Solarpark Kiesgrube Cammin

Tabelle 2 zeigt die Azimutbereiche der bodennahen Reflexionen für den gesamten möglichen Querneigungsbereich, unabhängig davon, ob die jeweiligen PV-Tische an den Immissionsorten sichtbar sind. Abweichende Querneigungen einzelner Tische innerhalb der Belegungsfelder haben auf Grund der geringen an den Immissionsorten sichtbaren Fläche keinen Einfluss auf das Blendgeschehen. Bei randständigen Tischen wird im Rahmen der detaillierten Blendanalyse ggf. deren Querneigungsbereich berücksichtigt

Tabelle 2: Azimutgrenzen der blendrelevanten bodennahen Reflexionen

Bezeichnung	Ost_1	Ost_2	West_1	West_2
SP Kiesgrube Cammin (178,65°, 18°, 0,5°)	95°	115°	244°	263°
SP Kiesgrube Cammin (178,65°, 18°, -10°)	65°	104°	234°	238°
SP Kiesgrube Cammin (178,65°, 18°, +5°)	109°	120°	250°	282°
Solarpark maximal	65°	120°	234°	282°

7 Ermittlung, Beschreibung und Modellierung der zu prüfenden Immissionsorte

7.1 Ermittlung

Abbildung 9 visualisiert die Richtungen, in die potenziell blendwirksame Sonnenlichtreflexionen der Anlage gerichtet sein können. Die gelben Winkel mit 200 m Schenkellänge zeigen die Richtungen bodennaher Reflexionen für ausgewählte Eckpunkte der PV-Anlage.

Die Reflexionen in die östliche Hemisphäre können weder auf klassifizierte Straßen noch auf den Schienenweg gerichtet werden. Die Anlieger im südöstlichen Riepke haben auf Grund einer Hügelkuppe mit einer Höhe von 82 m üNHN zwischen PV-Anlage (< 75 m üNHN) und der Ortslage (< 77 m üNHN) keine Sichtverbindung zu den PV-Modulen, so dass keine Blendrisiken entstehen.

Die Reflexionen in die östliche Hemisphäre können auf die Bahnstrecke Berlin-Stralsund sowie im Reflexionsbereich der Belegungsfelder A und B auf die zwischen Bahndamm und den Belegungsfeldern verlaufende Ortsverbindungsstraße gerichtet werden. Die reflektierende Vorderseite der PV-Module ist dabei ausschließlich für den Schienenverkehr aus südlicher Richtung (Fahrtrichtung Stralsund) sichtbar. Für den Schienenverkehr aus südlicher Richtung ist eine blickpunktbezogene Blendanalyse erforderlich. Die Sichtverbindung zwischen der Riepker Außensiedlung südwestlich des Belegungsfelds C und den PV-Modulen ist durch den in diesem Bereich gegenüber der Umgebung erhöhten Bahndamm stark eingeschränkt, so dass keine Blendrisiken entstehen.

Abbildung 9: Bodennahe Reflexionsrichtungen (gelbe Winkel) der Belegungsfelder A und B (links) sowie C (rechts), angezeichnet an ausgewählte Eckpunkte der Anlage

7.2 Beschreibung

Die in diesem Streckenabschnitt eingleisig verlaufende Bahnstrecke Berlin-Stralsund (Berliner Nordbahn) wird von Zügen des Regional- und Fernverkehrs mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h befahren. Im relevanten Streckenabschnitt zwischen dem Bahnhof Cammin und dem nördlichen Rand des „Planteils Nord“ der Anlage befinden sich keine Signaleinrichtungen.

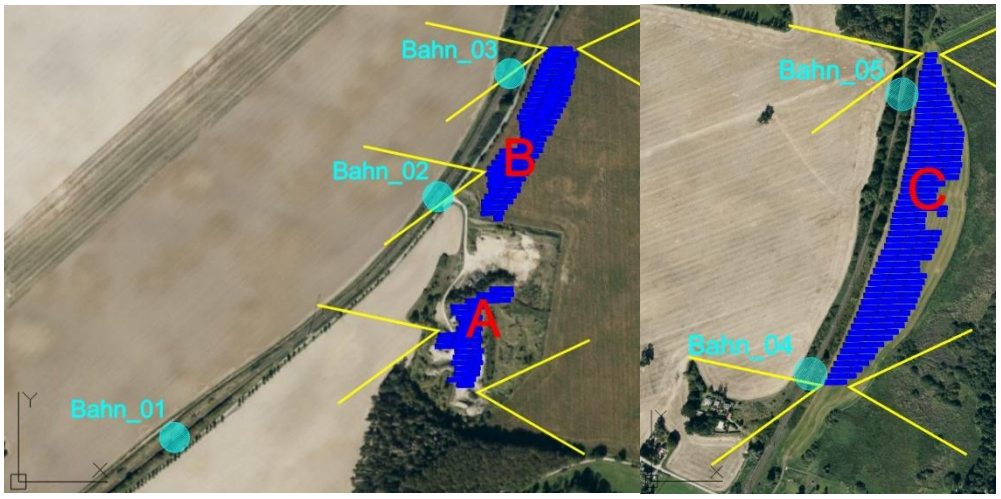
Die Bahnstrecke führt aus südsüdwestlicher Richtung mit 52° Azimut auf die südlichen Belegungsfelder der Anlage zu und in einer sanften Linkskurve mit einem sich verkleinernden Abstand an deren westlichen Rand

entlang. Anschließend verläuft die Strecke mit 30° Azimut auf den „Planteil Nord“ der geplanten Anlage zu und in einem Mindestabstand von 20 m zur Einfriedung in einer leichten Linkskurve auf einem erhöhten Bahndamm am westlichen Rand des Belegungsfelds C entlang. Die Höhe des Gleisbett liegt im beschriebenen Streckenabschnitt zwischen 71 und 75 m üNHN.

Die Verbindungsstraße zwischen Cammin und Riepke ist eine asphaltierte Nebenstraße die zwischen den Ortsteilen östlich angrenzend parallel zum Schienenweg verläuft. Auf Grund der mit der Bahnstrecke übereinstimmenden Winkelbeziehungen zu den PV-Modulen sind die Ergebnisse der blickpunktbezogen Blendanalyse für die Bahnstrecke auf den Straßenverkehr übertragbar.

7.3 Modellierung

Für die Belegungsfelder der PV-Anlage werden die westrandständigen Unter- und Oberkanten der PV-Module für jeden Tisch modelliert. Das Blendrisiko für den Schienenverkehr wird mit fünf Blickpunkten für die Fahrtrichtung Stralsund geprüft. Abbildung 10 zeigt oben die Tischreihen der Belegungsfelder und die Blickpunkte und unten die modellierten Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene.



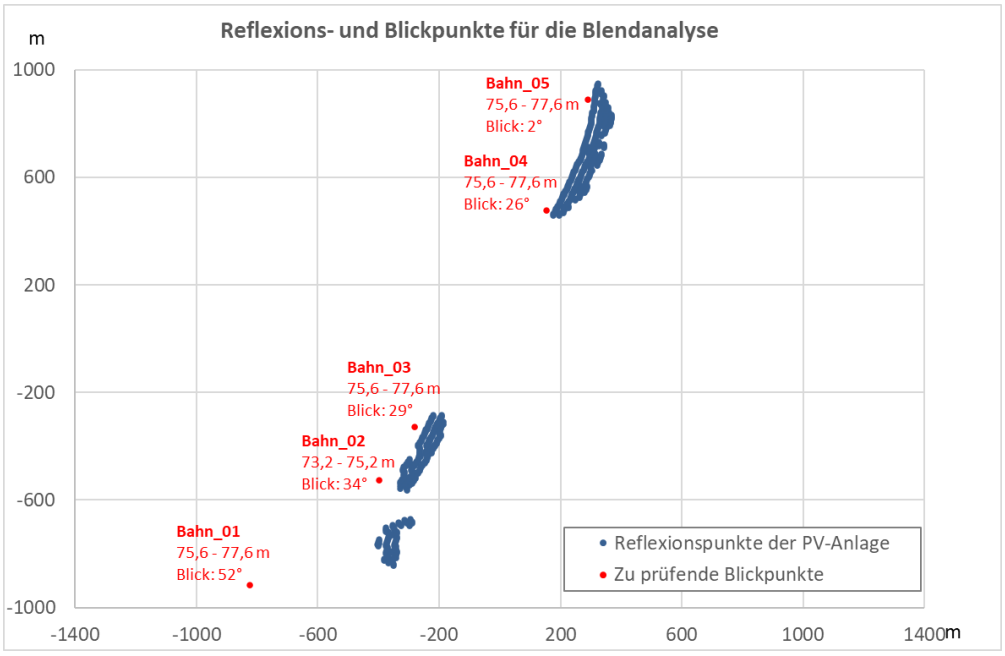


Abbildung 10: oben: Blickpunkte (cyanfarbene Kreise) für die detaillierte Blendanalyse; unten: modellierte Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und Blickrichtung am Blickpunkt

8 Berechnungsergebnisse

8.1 Planteil Süd

Am Blickpunkt Bahn_01 in ca. 450 m Entfernung zum Belegungsfeld A der PV-Anlage gelangen die Lokführenden in den Reflexionsbereich des Belegungsfelds A. Deren westrandständige PV-Tische sind rechts des Bahndamms sichtbar. Die Querneigung der sichtbaren PV-Tische beträgt zwischen +0,2° und +2,3°. Für die Blendanalyse wird als Worst-Case das Minimum von +0,2° angesetzt.

Das Reflexionsdiagramm in Abbildung 11 zeigt, dass von Mitte April bis Ende August zwischen 6:30 Uhr und 6:50 Uhr Sommerzeit Lichtreflexionen des Belegungsfelds A in das periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet werden können. Das zentrale Blickfeld bleibt jederzeit frei von Reflexionen. Die lichttechnischen Berechnungsergebnisse (vgl. Tabelle 3) ergeben einen minimalen Winkelabstand der Reflexionen zur Blickachse der Lokführenden von 12,4°, der zur Sommersonnenwende gegen 6:35 Uhr Sommerzeit erreicht wird. Die Reflexionen bewirken bei einer Reflexion der gesamten Sonnenscheibe von 0,52° am Auge der Lokführenden eine Beleuchtungsstärke von bis zu 1.300 lx. Da die Winkelhöhe der Anlage im Blickfeld mit 0,4° nur einen Teil der Sonne reflektieren kann, reduziert sich die maximale Beleuchtungsstärke auf ca. 1.000 lx.

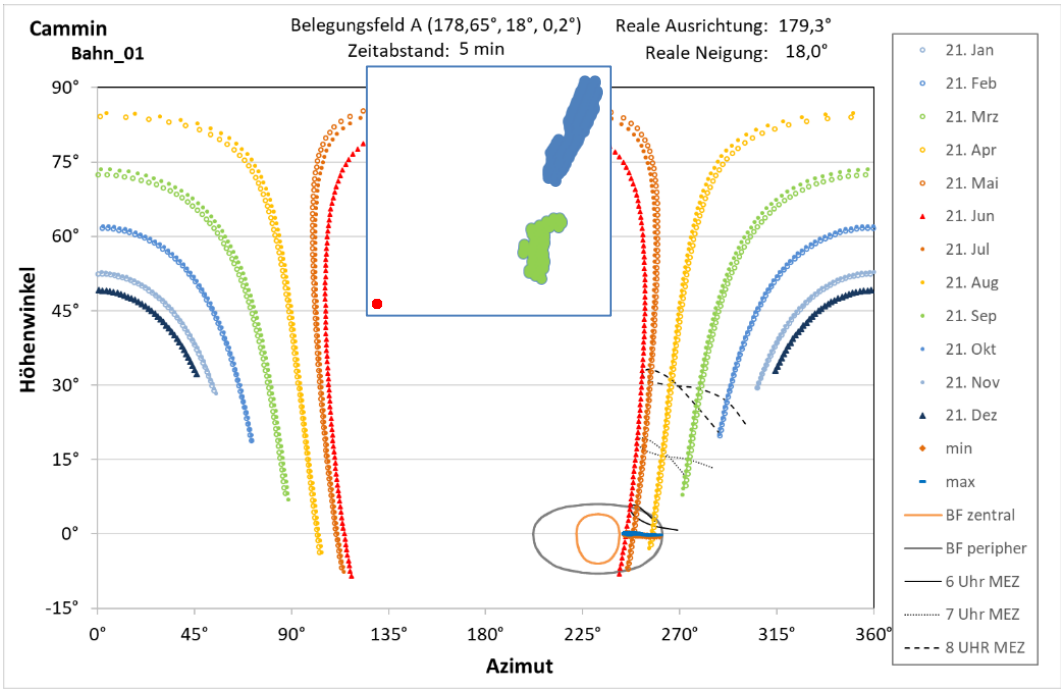


Abbildung 11: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Bahn_01 mit Visualisierung der PV-Tische, die in das periphere Blickfeld der Lokführenden reflektieren können

Am Blickpunkt Bahn_02 auf Höhe des südlichen Rands des Belegungsfelds B sind die westrandständigen Tische des Belegungsfelds B rechts des Bahndamms sichtbar. Die Querneigung der PV-Tische beträgt zwischen -2,4° und +4,4°. Für die Blendanalyse wird als Worst-Case das Minimum von -2,4° angesetzt.

Das Reflexionsdiagramm in Abbildung 12 zeigt, dass sich die Reflexionen mit dem Durchfahren der Linkskurve von der Blickachse der Lokführenden entfernt haben. Der Winkelabstand beträgt am Blickpunkt Bahn_02 mindestens 28°.

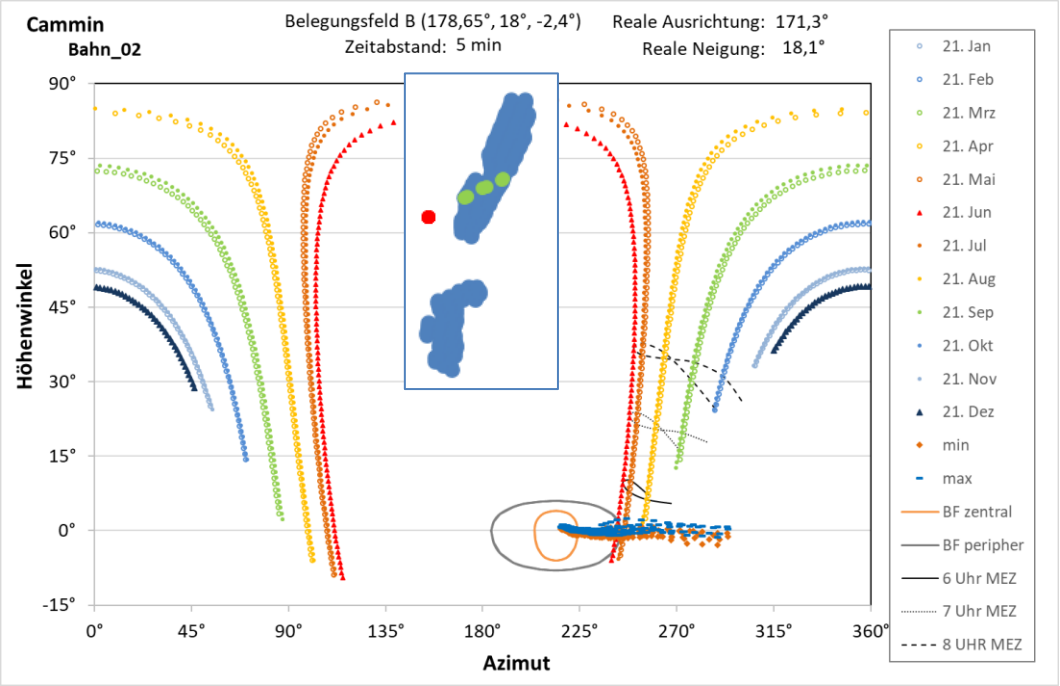


Abbildung 12: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Bahn_02 mit Visualisierung der PV-Tische, die in das periphere Blickfeld der Lokführenden reflektieren können

Am Blickpunkt Bahn_03 kurz vor dem Ende der Passage des Belegungsfelds B sind die nördlichen westrandständigen Tische des Belegungsfelds B rechts des Bahndamms sichtbar. Die Querneigung der PV-Tische beträgt zwischen +4,2° und +4,6°. Für die Blendanalyse wird als Worst-Case das Minimum von +4,2° angesetzt. Das Reflexionsdiagramm in Abbildung 13 zeigt, dass zu keinem Zeitpunkt im Jahr Sonnenlichtreflexionen in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet sein können.

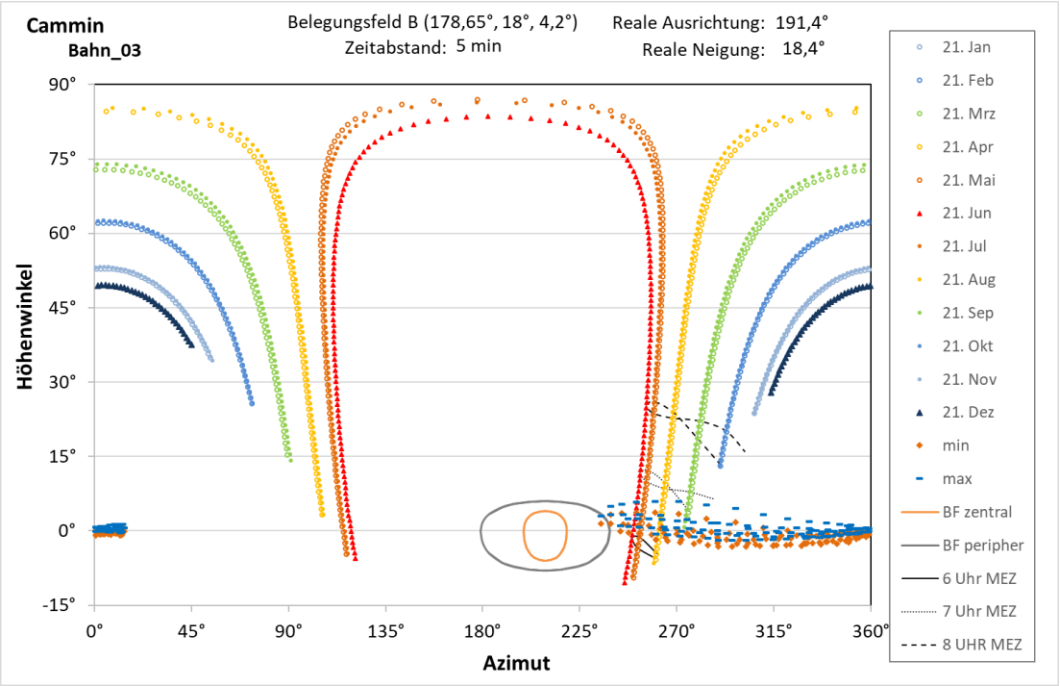


Abbildung 13: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Bahn_03

8.2 Planteil Nord

Am Blickpunkt Bahn_04 auf Höhe des südlichen Rands des Belegungsfelds C der PV-Anlage gelangen die Lokführenden in den Reflexionsbereich des Belegungsfelds A. Die PV-Tische sind rechts des an dieser Stelle um 5 m gegenüber dem angrenzenden Belegungsfeld erhöhten Bahndamms sichtbar. Die Querneigung der PV-Tische wird als Worst-Case mit dem Minimum von -10° angesetzt. Für den Blickpunkt Bahn_05 kurz vor dem Ende der Passage des Belegungsfelds ist für die in Fahrtrichtung liegenden Tische eine Worst-Case-Querneigung von -8,8° anzusetzen. Die Reflexionsdiagramme in Abbildung 14 zeigen, dass zu keinem Zeitpunkt im Jahr Sonnenlichtreflexionen der PV-Module des Belegungsfelds C in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet werden können.

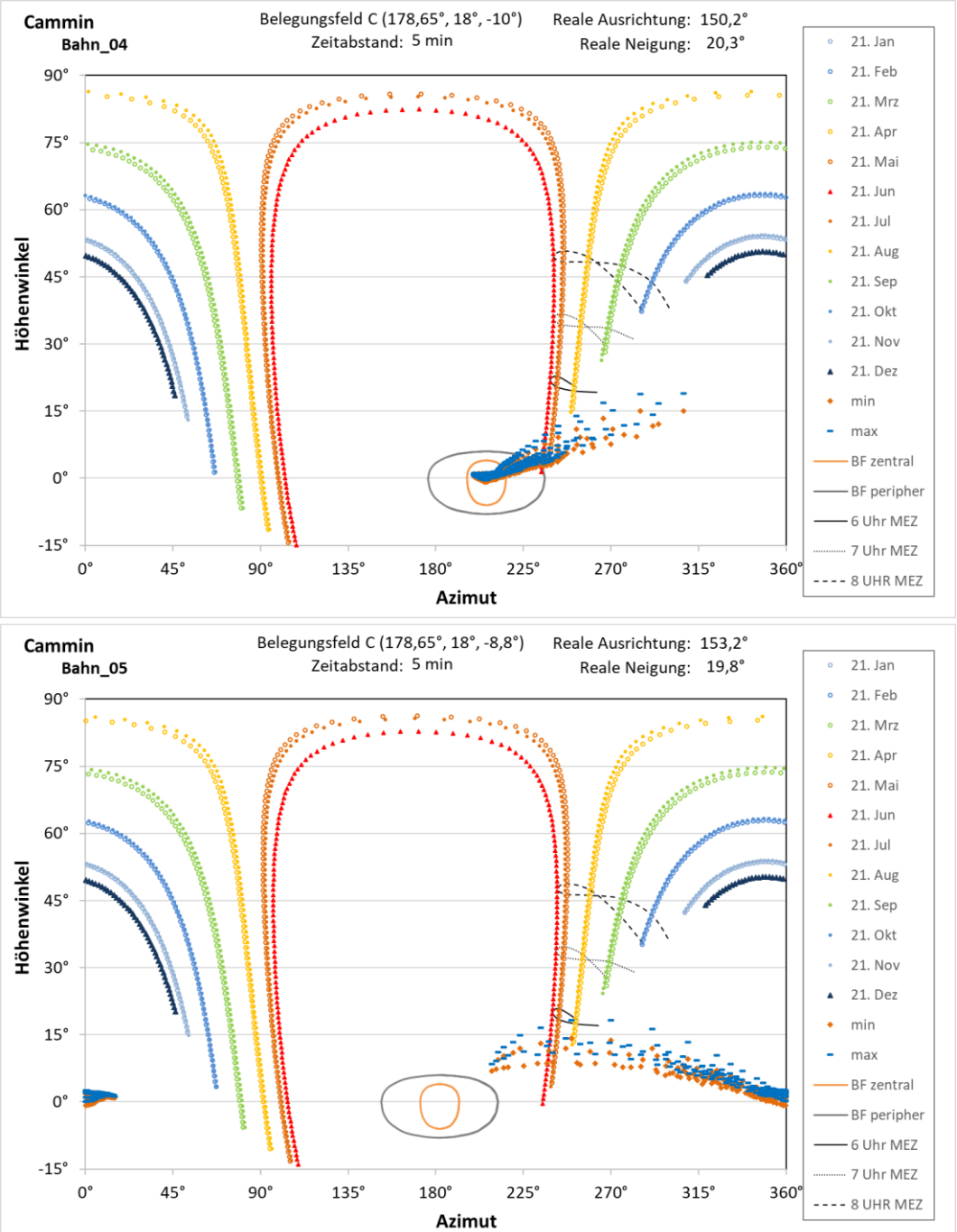


Abbildung 14: Reflexionsdiagramme für die Blickpunkte Bahn_04 und Bahn_05

8.3 Zusammenfassung der lichttechnischen Berechnungsergebnisse

Tabelle 3 zeigt die lichttechnischen Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächste und gleichzeitig lichtstärkste Reflexionen in das periphere Blickfeld hoch sitzender Fahrer an den untersuchten Blickpunkten.

Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für Reflexionen der Oberkante der PV-Module in das periphere Blickfeld hoch sitzender Lokführender

Reflexion	Azimutdifferenz Blickachse zu Reflexion	Höhenwinkel Reflexion	Beleuchtungsstärke der Reflexion am Blickpunkt	Winkelhöhe der PV-Anlage im Sichtfeld	Sonnenhöhe zum Reflexionszeitpunkt	Azimutdifferenz Blickachse zu Sonne	Winkel Sonne zur Modulnormale	Monat	Uhrzeit
Bahn_01_nahhell	12,4°	0,1°	1.267 lx	0,4°	14,2°	16,8°	82,4°	Juni	06:35
Bahn_02_nahhell	28,7°	0,9°	1.025 lx	2,0°	10,5°	32,7°	83,4°	Juni	06:08

9 Bewertung der Blendrisiken

Hinweis: Die Berechnungen berücksichtigen keine Sichtunterbrechungen durch die bestehende Vegetation. Für die Bewertung der Blendrisiken wird diese ggf. berücksichtigt und bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit eingeschätzt. Für die im Zuge der Einfriedung der Anlage geplanten Gehölzhecken oder Zäune wird ggf. deren Mindesthöhe und die erforderliche Minderung der Lichttransmission ermittelt, um Blendwirkungen hinreichend auszuschließen.

9.1 Bahnstecke DB 6088 Berlin-Stralsund

Die Lokführenden auf der Bahnstrecke Berlin-Stralsund in Fahrtrichtung Stralsund geraten kurz hinter Cammin in den Bereich der bodennahen Sonnenlichtreflexionen des Belegungsfeld A („Planteil Süd“) des geplanten Solarparks. Die Sehaufgabe der Lokführenden beschränkt sich in diesem Streckenabschnitt auf die Überwachung des vorausliegenden Schienenwegs. Es sind keine Signaleinrichtungen vorhanden.

Am untersuchten Blickpunkt Bahn_01 in ca. 450 m Entfernung zu den PV-Modulen sind die westrandständigen PV-Tische des Belegungsfelds rechts des Bahndamms sichtbar. Auf Grund der großen Entfernung beträgt die Winkelhöhe der PV-Anlage im Sichtfeld der Lokführenden ca. 0,4°, so dass nur ein Teil der Sonnenscheibe reflektiert werden kann. Die lichttechnische Worst-Case-Berechnung ergibt, dass die der Blickachse am nächsten kommende und gleichzeitig lichtstärkste Reflexion zur Sommersonnenwende gegen 6:30 Uhr Sommerzeit bei einer Winkeldifferenz von 12,4° zur Blickrichtung der Lokführenden eine maximale Beleuchtungsstärke von ca. 1.000 lx an den Augen bewirken kann.

Das zentrale Blickfeld der Lokführenden bleibt jederzeit frei von Reflexionen, so dass kein Risiko für eine Absolutblendung entsteht. Die Überwachung der vorausliegenden Strecke bleibt uneingeschränkt möglich, ohne von Blendquellen in der Nähe der notwendigen Fixationspunkte der Augen behindert zu werden.

Auch eine relevante Relativblendung ist bei den bewirkten Beleuchtungsstärken sicher ausgeschlossen, wie u.a. die Untersuchungen von van der Leden (van der Leden et al. 2005) zeigen, die für einen Differenzwinkel von 10° Mindestbeleuchtungsstärken von 4.000 lx ermitteln, damit Auswirkungen auf die Fahrleistung von Autofahrern erkennbar werden.

Im weiteren Streckenverlauf entfernen sich die Reflexionen mit dem Durchfahren der Linkskurve schnell und kontinuierlich von der Blickrichtung der Lokführenden. Schon auf Höhe des Belegungsfelds A können keine Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage mehr in die Blickfelder der Lokführenden gerichtet werden.

Auch die Sonnenlichtreflexionen des Belegungsfelds C im „Planteil Nord“ können zu keinem Zeitpunkt in die Blickfelder der Lokführenden gerichtet werden.

Durch die Errichtung der geplanten PV-Anlage entstehen keinerlei Risiken für die Sicherheit des Schienenverkehrs.

9.2 Straßenverkehr

Die gering frequentierte Verbindungsstraße zwischen den Ortsteilen Cammin und Riepke verläuft in einem Abstand von ca. 15 m östlich der Gleise parallel zum Schienenweg. Die Sehaufgabe der Fahrzeugführenden beschränkt sich auf die Überwachung der vorausliegenden Verkehrssituation. Im Reflexionsbereich der geplanten PV-Anlage befinden sich weder Kontenpunkte noch Verkehrszeichen. Auf Grund der geringen Straßenbreite von weniger als 3,3 m ist ein Überholen nicht möglich. Für die Passage entgegenkommender Fahrzeuge sind alle ca. 300 m Ausweichbuchten vorgesehen.

Die Berechnungsergebnisse der Blendanalyse für die Bahnstrecke sind auf den Straßenverkehr auf der Verbindungsstraße übertragbar, da die Abweichungen der Winkelbeziehungen zwischen den jeweiligen Verkehrswegen und der PV-Anlage weniger als 1° betragen. Die Straße kann im Sommerhalbjahr gegen 6:30 für wenige Minuten von Sonnenlichtreflexionen der Belegungsfelder A und B betroffen werden. Das zentrale Blickfeld der Fahrzeugführenden bleibt dabei jederzeit frei von Reflexionen, so dass kein Risiko für eine Absolutblendung entsteht. Die Überwachung der vorausliegenden Strecke bleibt ungehindert möglich, ohne von Blendquellen in der Nähe der notwendigen Fixationspunkte der Augen eingeschränkt zu werden. Auch eine relevante Relativblendung ist bei den auftretenden Beleuchtungsstärken der Reflexionen sicher ausgeschlossen. Es entsteht zu keinem Zeitpunkt im Jahr ein Risiko für die Sicherheit und Leichtigkeit des Straßenverkehrs.

9.3 Schutzwürdige Räume von Anliegern

Für die Anlieger in Cammin und Riepke entstehen durch die geplante Anlage keine erheblich belästigenden Lichtimmissionen im Sinne der maßgeblichen LAI-Hinweise. Zwar befinden sich die Riepker Außensiedlung westlich des Bahndamms und der südöstliche Teil der Ortslage Riepke im Azimutbereich bodennaher Reflexionen, aber zum einen schränkt die Geländetopographie die Sichtverbindung zwischen den in Richtung der Anlieger reflektierenden PV-Modulen und den schutzwürdigen Räumen stark ein, und zum anderen schließt auch die Mindestentfernung von mehr als 140 m zu den nächstgelegenen PV-Modulen die Entstehung von anlagebedingten erheblich belästigenden Lichtimmissionen aus.

10 Verwendete Materialien

10.1 Dokumente vom Auftraggeber

- Modulbelegungsplan als Datei „25-11-21_Riepke-Cammin_V1_P7_Layout_CM_purged.dwg“
- Systemangaben als Datei „25-11-21_Riepke-Cammin_V1_P7_Layout_CM-A0-P.pdf“
- Vorentwurf des vorhabensbezogenen Bebauungsplans Nr. 25 „Solarpark Kiesgrube Cammin“ der Stadt Burg Stargard mit Planzeichnung und Begründung, Stand März 2024

10.2 Literatur

- Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20.07.2022 (BGBl. I S. 1353)
- Baugesetzbuch In der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 28.7.2023 I Nr. 221
- Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) 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 16 des Gesetzes vom 2. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56) 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_Eckpunktepapier_Photovoltaik.html?nn=871298
- RAL R1 – Richtlinie für die Anlage von Landstraßen, FGSV 2012
- 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
- Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) Technical Reference Manual, Clifford K. Ho, Cianan A. Sims, Julius Yellowhair, and Evan Bush, Sandia National Laboratories, (505) 844-2384, ckho@sandia.gov, SAND2014-18360 O, March 2015
- Reidenbach H.-D., Dollinger K., Ott G., Janßen M., Brose M. (2008): Blendung durch optische Strahlungsquellen. Bericht der BAUA, Forschung Projekt 2185
- Borislav Hristov 2009: Untersuchung des Blickverhaltens von Autofahrern. Dissertation an der TU Dresden
- Ralph Schulz 2012: Blickverhalten und Orientierung von Kraftfahrern auf Landstraßen. Dissertation an der TU Dresden
- Natasja van der Leden et al. 2015: Verhinderung von Sonnenreflexionen in Lärmschutzwallen – ein Laborexperiment. Tagungsband 18. Gemeinschaftstagung Licht 2008, 10. - 13. Sep 2008, Ilmenau, pp 582-589

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des geplanten Solarparks (Modultischreihen blau eingezeichnet) 4

Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm (oben) und Ausschnitt mit Einzeichnung der Azimutgrenzen, in die bodennahe blendwirksame Reflexionen gerichtet werden können (unten) ...10

Abbildung 3: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015 11

Abbildung 4: Beispielhafte Reflexionsdiagramme mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden 13

Abbildung 5: Reflexionsdiagramm für schützenswerte Nutzungen (oben) mit einem Ausschnitt in 3-minütiger Auflösung der Tagesganglinien und schwarzer Umrandung des maximalen Immissionszeitraums (unten) 14

Abbildung 6: Belegungsplan des Solarparks mit Belegungsfeldern A, B und C (Tischreihen in Blau, Einfriedung in Rot) 15

Abbildung 7: Seitenansicht der PV-Tischreihen; Quelle: Kundenmaterial.....16

Abbildung 8: Reflexionsdiagramm für den Solarpark Kiesgrube Cammin.....17

Abbildung 9: Bodennahe Reflexionsrichtungen (gelbe Winkel) der Belegungsfelder A und B (links) sowie C (rechts), angezeichnet an ausgewählte Eckpunkte der Anlage.....18

Abbildung 10: oben: Blickpunkte (cyanfarbene Kreise) für die detaillierte Blendanalyse; unten: modellierte Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und Blickrichtung am Blickpunkt.....19

Abbildung 11: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Bahn_01 mit Visualisierung der PV-Tische, die in das periphere Blickfeld der Lokführenden reflektieren können 20

Abbildung 12: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Bahn_02 mit Visualisierung der PV-Tische, die in das periphere Blickfeld der Lokführenden reflektieren können 21

Abbildung 13: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Bahn_03 21

Abbildung 14: Reflexionsdiagramme für die Blickpunkte Bahn_04 und Bahn_05 22

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage 16

Tabelle 2: Azimutgrenzen der blendrelevanten bodennahen Reflexionen 17

Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für Reflexionen der Oberkante der PV-Module in das periphere Blickfeld hoch sitzender Lokführender.....23