

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

Blendgutachten ***„Solarpark Emilienhof“***

*Analyse der Blendwirkungen einer Photovoltaikanlage
auf die umliegenden Verkehrswege*

Auftraggeber:

ABO Energy GmbH
Volmerstr. 7b
12489 Berlin

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: 18. Dezember 2025
Gutachten-Nr.: SPX-RS-P250105-01



Inhalt

1	Zweck und Gegenstand des Gutachtens	4
2	Zusammenfassung der Bewertung	5
3	Gesetzlicher und regulatorischer Rahmen	6
3.1	Raumordnung und Baurecht	6
3.2	Immissionsschutz	6
3.3	Straßenverkehrsgesetze	6
4	Bewertungsgrundlagen	7
4.1	Bewertung von Blendungen im Immissionsschutz	7
4.2	Bewertung von Blendwirkungen im Verkehr	7
5	Beschreibung der Methodik	9
5.1	Berechnung der Reflexionsrichtungen	9
5.2	Lichttechnische Berechnungen	10
5.3	Modellierung der Reflexions- und Blickpunkte	11
5.4	Ergebnisdarstellung	11
5.4.1	Verkehr	11
5.4.2	Schützenswerte Räume	13
6	Beschreibung der PV-Anlage und des Plangebiets	14
7	Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen	16
8	Ermittlung, Beschreibung und Modellierung der zu prüfenden Immissionsorte	17
8.1	Ermittlung	17
8.2	Beschreibung	17
8.3	Modellierung	18
9	Berechnungsergebnisse	19
9.1	Schienenverkehr aus westlicher Richtung	19
9.1.1	Blickpunkt BahnVW_1	19
9.1.2	Blickpunkt BahnVW_2	19
9.1.3	Blickpunkt BahnVW_3	20
9.1.4	Blickpunkt BahnVW_4	21
9.1.5	Blickpunkt BahnVW_5	22



9.1.6	Zusammenfassung der lichttechnischen Berechnungsergebnisse	22
9.2	Schienenverkehr aus östlicher Richtung.....	23
9.2.1	Blickpunkt BahnVO_1.....	23
9.2.2	Blickpunkt BahnVO_2	23
9.2.3	Blickpunkt BahnVO_3	24
9.2.4	Blickpunkt BahnVO_4.....	25
9.2.5	Zusammenfassung der lichttechnischen Berechnungsergebnisse	25
10	Bewertung der Blendrisiken und Ableitung von Blendschutzmaßnahmen	26
10.1	Blendwirkung von Reflexionen in das periphere Blickfeld.....	26
10.2	Blendrisiken für den Zugverkehr aus westlicher Richtung.....	26
10.3	Blendrisiken für den Zugverkehr aus östlicher Richtung.....	27
10.4	Blendschutzmaßnahmen.....	27
11	Verwendete Materialien.....	29
11.1	Dokumente vom Auftraggeber	29
11.2	Literatur	29
12	Abbildungsverzeichnis.....	30
13	Tabellenverzeichnis	32



1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens

Im Zuge der Bauleitplanung für den Bebauungsplan „Solarpark Emilienhof“ der Gemeinde Wusterhausen/Dosse und des weiteren Baugenehmigungsverfahrens für die im Plangebiet mit zwei Teilgebieten zu errichtende PV-Freiflächenanlage ist zu prüfen, ob von der geplanten Anlage 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 belästigenden Blendwirkungen auftreten können. Im Einzelnen sind die folgenden Immissionsorte detailliert auf Blendwirkungen zu untersuchen:

► Bahnstrecke DB 6946 Neustadt-Neuruppin

Das Plangebiet befindet sich in den Fluren 3 (Teilgebiet Ost) und den Fluren 4 und 5 (Teilgebiet West) der Gemarkung Lögow der Gemeinde Wusterhausen/Dosse im Landkreis Ostprignitz-Ruppin in Brandenburg. Die PV-Anlage soll mit südausgerichteten PV-Modulen auf 9 Belegungsfeldern nördlich und südlich der derzeit für Güterverkehr genutzte Bahnstrecke 6946 Neustadt-Neuruppin 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 Brandenburg und Google Earth Pro.

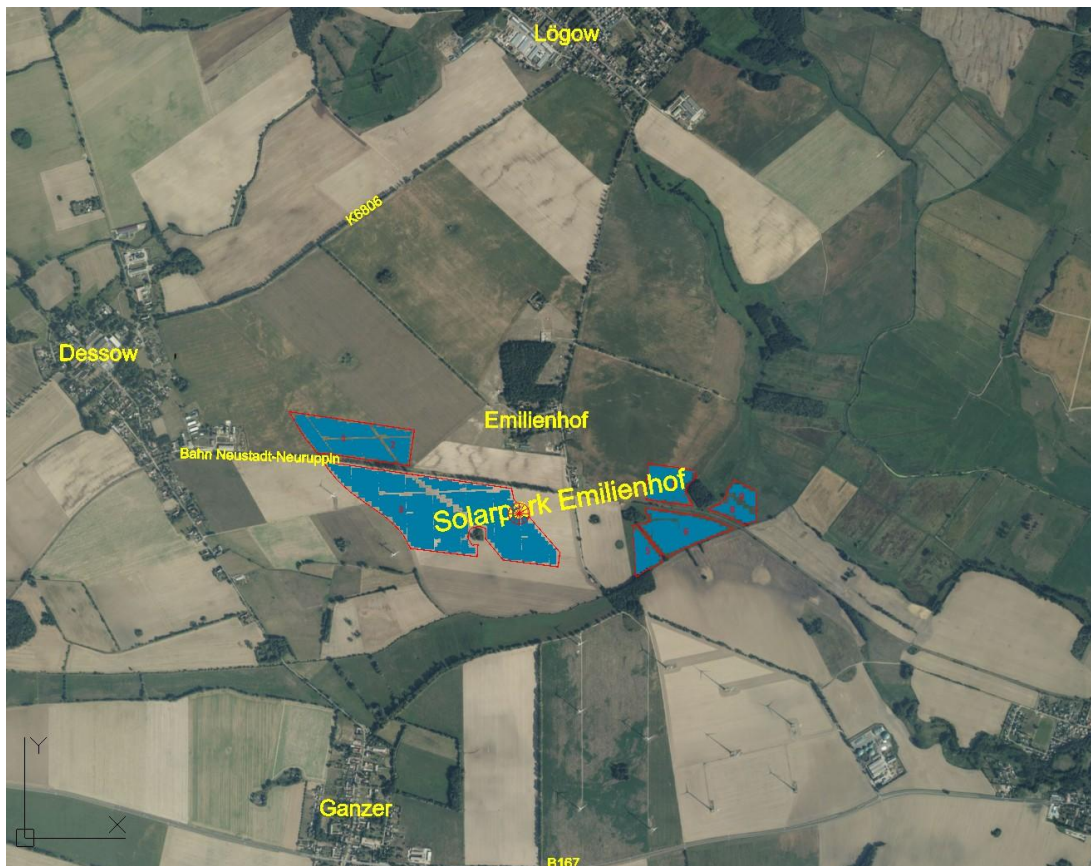


Abbildung 1: Lage der geplanten Anlage „Solarpark Vietlütbe Ausbau-Süd“ (PV-Modultischreihen blau eingezeichnet)



2 Zusammenfassung der Bewertung

Es wird festgestellt, dass der Verkehr auf den umliegenden Straßen der PV-Anlage nicht von blendwirksamen Sonnenlichtreflexionen betroffen werden kann. Die Sicherheit und Leichtigkeit des Straßenverkehrs bleiben jederzeit gewahrt.

Es wird festgestellt, dass es zu keinen erheblichen Belästigungen von schutzwürdigen Räumen im Umfeld der PV-Anlage kommen kann.

Es wird festgestellt, dass der Zugverkehr aus westlicher Richtung nicht von blendwirksamen Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage betroffen werden kann.

Es wird festgestellt, dass der Schienenverkehr aus östlicher Richtung von Mitte April bis Ende August zwischen 19:00 Uhr und 19:30 Uhr Sommerzeit von blendwirksamen Reflexionen einiger PV-Tische der nördlich der Bahnstrecke gelegenen Belegungsfelder der geplanten PV-Anlage in das zentrale Blickfeld betroffen werden kann. Die geplanten Feldhecken zwischen diesen Belegungsfeldern und dem Schienenweg bieten ab einer Wuchshöhe von 3,5 m einen hinreichenden Blendschutz. Für die Übergangszeit bis zum Erreichen der erforderlichen Wuchshöhe kann durch eine der in Abschnitt 10.4 des vorliegenden Gutachtens beschriebenen temporären Maßnahmen ein hinreichender Blendschutz erzielt werden.

Aus blendgutachterlicher Sicht ist die Photovoltaik-Freiflächenanlage „Solarpark Emilienhof“ bei Umsetzung der empfohlenen zusätzlichen temporären Blendschutzmaßnahmen als genehmigungsfähig einzustufen.



3 Gesetzlicher und regulatorischer Rahmen

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. Die LAI-Hinweise geben Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung der Blendwirkung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen.

3.3 Straßenverkehrsgesetze

Das Straßenverkehrsrecht ist ein Sicherheitsrecht und darauf ausgerichtet, die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu gewährleisten (§ 6 Abs. 1 StVG). Die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs werden 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).

Für die Errichtung von PV-Anlagen ist das Bundesfernstraßengesetz zu beachten. 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.



4 *Bewertungsgrundlagen*

4.1 *Bewertung von Blendungen im Immissionsschutz*

Die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), im folgenden LAI-Hinweise genannt, definieren schutzwürdige Räume und Flächen und beschreiben 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 $0,56^\circ$ und der Streuung der Reflexionen (Bündelaufweitung) können real auftretende Reflexionen etwas 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 $\geq 10^\circ$ 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. Zeitauern 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). Die Zuweisung eines überragenden öffentlichen Interesses an der Errichtung und dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023) ist in der veröffentlichten Rechtsprechung bislang kaum berücksichtigt.

4.2 *Bewertung von Blendwirkungen im Verkehr*

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 können morgens oder abends bodennahe Sonnenlichtreflexionen der Anlage mit geringen Höhenwinkeln auf die Augen von Verkehrsteilnehmern oder Anliegern gerichtet sein. Gleichzeitig steht die Sonne auf einer geringen Höhe in der Nähe der reflektierenden Fläche.

Die Reflexionen der PV-Anlage dürfen die Erfüllung der Sehaufgabe von Verkehrsteilnehmer nicht beeinträchtigen. Dafür ist unter Tageslichtbedingungen der Bereich des fovealen Sehens (Stellen, die mit beiden Augen fixiert werden müssen) als besonders kritisch anzusehen, denn bei einer Fixation der Augen auf eine Blendquelle mit einer Leuchtdichte von mehr als ca. 10^5 cd/m^2 , die ein Sonnenlicht reflektierendes PV-Modul typischerweise überschreitet, tritt eine Absolutblendung auf, bei der die Anpassungsfähigkeit des Auges an die Helligkeit überschritten wird. Es setzen Schutzmechanismen (Lidschluss, Blickabwendung) ein und ein Risiko für Nachbilder und temporäre Blindheit entsteht. 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 $\leq 10^\circ$. Der Höhenwinkelbereich ist mit -4° bis $+6^\circ$



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 Blendungen führen, die die Erfüllung der Sehaufgabe erschweren. Helligkeitsreize im peripheren Blickfeld, in dem Umgebungsinformationen aufgenommen werden, die der Orientierung (z.B. Spurhalten) und der Wahrnehmung von Veränderungen in der Umgebung (Bewegung, Leuchtdichteunterschiede) dienen, wirken als Distraktoren. Es entsteht ein Ablenkungsreiz, der eine Blickzuwendung auslöst. Bei länger anhaltender Blendsituation, oder sehr leuchtstarken ($> 3.000 \text{ lx}$) Blendquellen im peripheren Blickfeld, kann eine Relativblendung hervorgerufen werden, bei der die gerichteten Lichtstrahlen der Reflexionen durch Streueffekte des Augenapparats eine Schleierleuchtdichte auf der Netzhaut bewirken, die eine Einschränkung der Sehleistung vor allem durch eine Kontrastminderung und die Ablenkung von der Sehaufgabe mit sich bringt. Im Extremfall wird eine Adaptionstörung 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 $+8^\circ$ als Risikobereich für Relativblendungen zu berücksichtigen. Dabei erhöht sich das Risiko einer Blendung mit abnehmender Winkeldifferenz der Reflexionen zur Blickachse, der Dauer der Blendsituation und der Beleuchtungsstärke der Reflexionen, die den Einfluss der Helligkeit der Blendquelle und deren Winkelgröße im Blickfeld zusammenfasst.

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



5 Beschreibung der Methodik

5.1 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 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. Zwischen den Markierungspunkten liegt im Beispieldiagramm ein Zeitraum von 5 min. Die eingezeichneten Analemmata für ausgewählte Uhrzeiten geben eine Orientierung hinsichtlich des Zeitpunkts, 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.

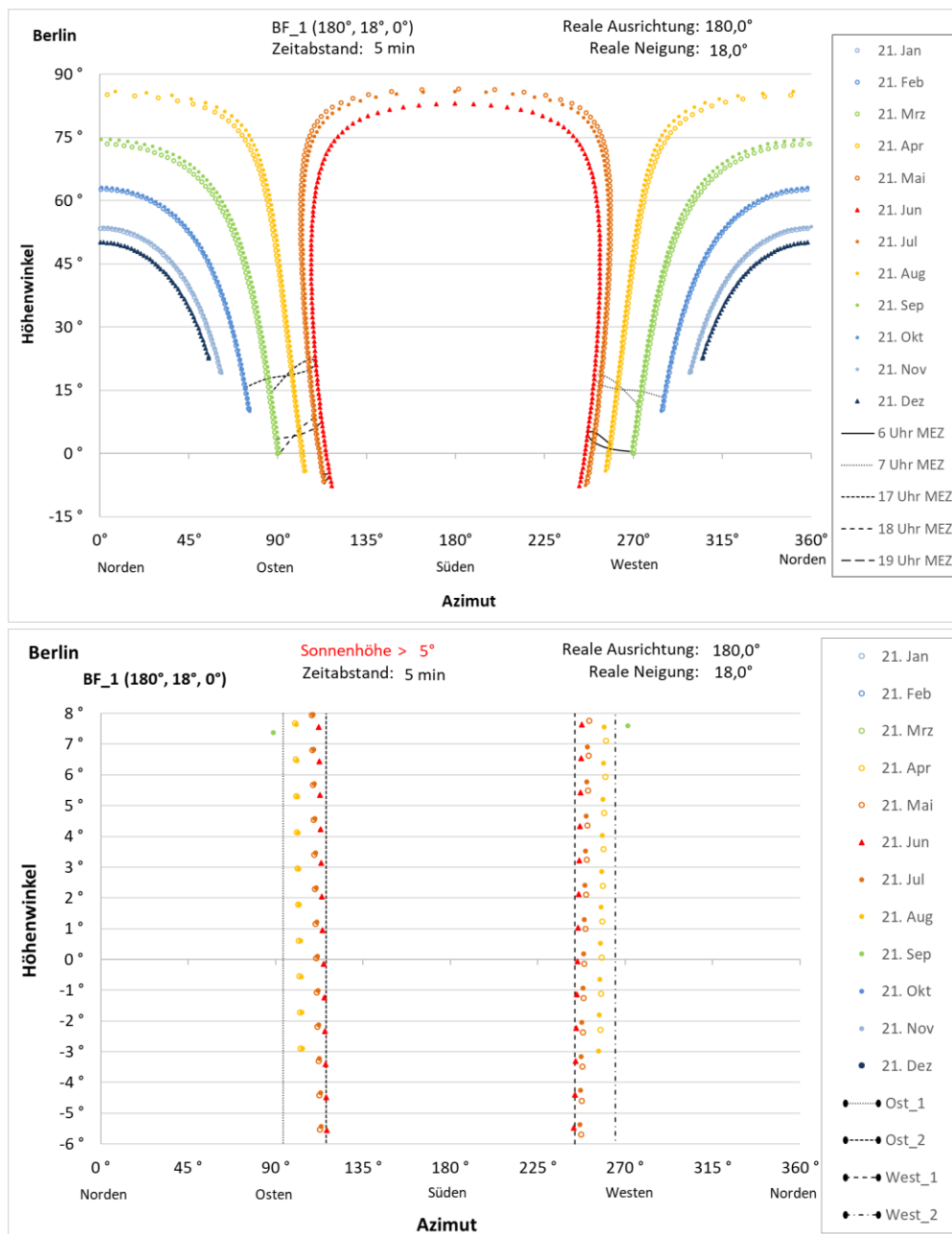


Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm (oben) und Ausschnitt mit Einzeichnung der Azimutgrenzen, in die bodennahe blendwirksame Reflexionen gerichtet werden können (unten)

5.2 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 auf der Moduloberfläche nach Formel 22 der DIN 5034 Teil 2 Abschnitt 5.3 für eine geringe atmosphärische Trübung berechnet und auf die Modulnormale angepasst. Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen wird anschließend 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.

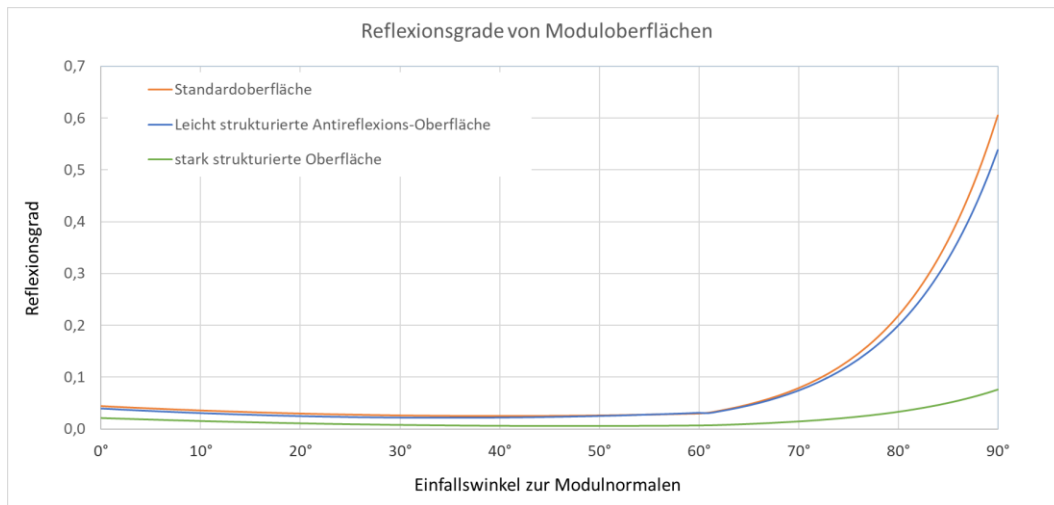


Abbildung 3: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015

5.3 Modellierung der Reflexions- und Blickpunkte

Für die blickpunktbezogene Blendanalyse werden ausgewählte Punkte auf der reflektierenden Oberfläche als Reflexionspunkte modelliert, typischerweise die vier Eckpunkte der PV-Tische, die an den untersuchten Blickpunkten sichtbar ist. Die x-y-z-Koordinaten der Reflexionspunkte 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 Dimensionierung der Tische. Falls der Belegungsplan keine Höheninformationen beinhaltet, werden ersatzweise die Höhendaten des landesspezifischen Geoportals oder aus einer Pfadvermessung mit Google Earth Pro genutzt.

Für die 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.

5.4 Ergebnisdarstellung

5.4.1 Verkehr

Zum Abgleich, ob ein Blickpunkt (= Immissionsort, Augenpunkte der Fahrzeugführenden) 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 wird die Lage des Blickpunkts mit Azimut und Höhenwinkel für jeden modellierten Reflexionspunkt berechnet und in das Reflexionsdiagramm aufgenommen. Die minimale und maximale Höhe eines Blickpunkts mit gleichen x-y-Koordinaten werden dabei mit „min“ und „max“ markiert. Zusätzlich werden das zentrale Blickfeld (oranges Oval) und das periphere Blickfeld (graues Oval) der Fahrzeugführenden entgegen der Blickrichtung eingezeichnet.

Abbildung 4 zeigt exemplarisch ein Reflexionsdiagramm mit Sichtbeziehungen zu einem Blickpunkt im Straßenverkehr und die dazugehörige Detailbetrachtung, in der die blendrelevanten Sichtbeziehungen zwischen den Reflexionspunkten und dem untersuchten Blickpunkt schwarz umrandet sind. Wenn ein



Blickpunkt zwischen den Tagesganglinien für den 21. Juni und den 21. Dezember liegt, dann können Reflexionen auf den Blickpunkt gerichtet sein.

In diesem 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. Die Detailbetrachtung zeigt dabei typischerweise nur das Reflexionsgeschehen für die stärker betroffenen hoch sitzenden Fahrzeugführenden (BP_hoch). 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.

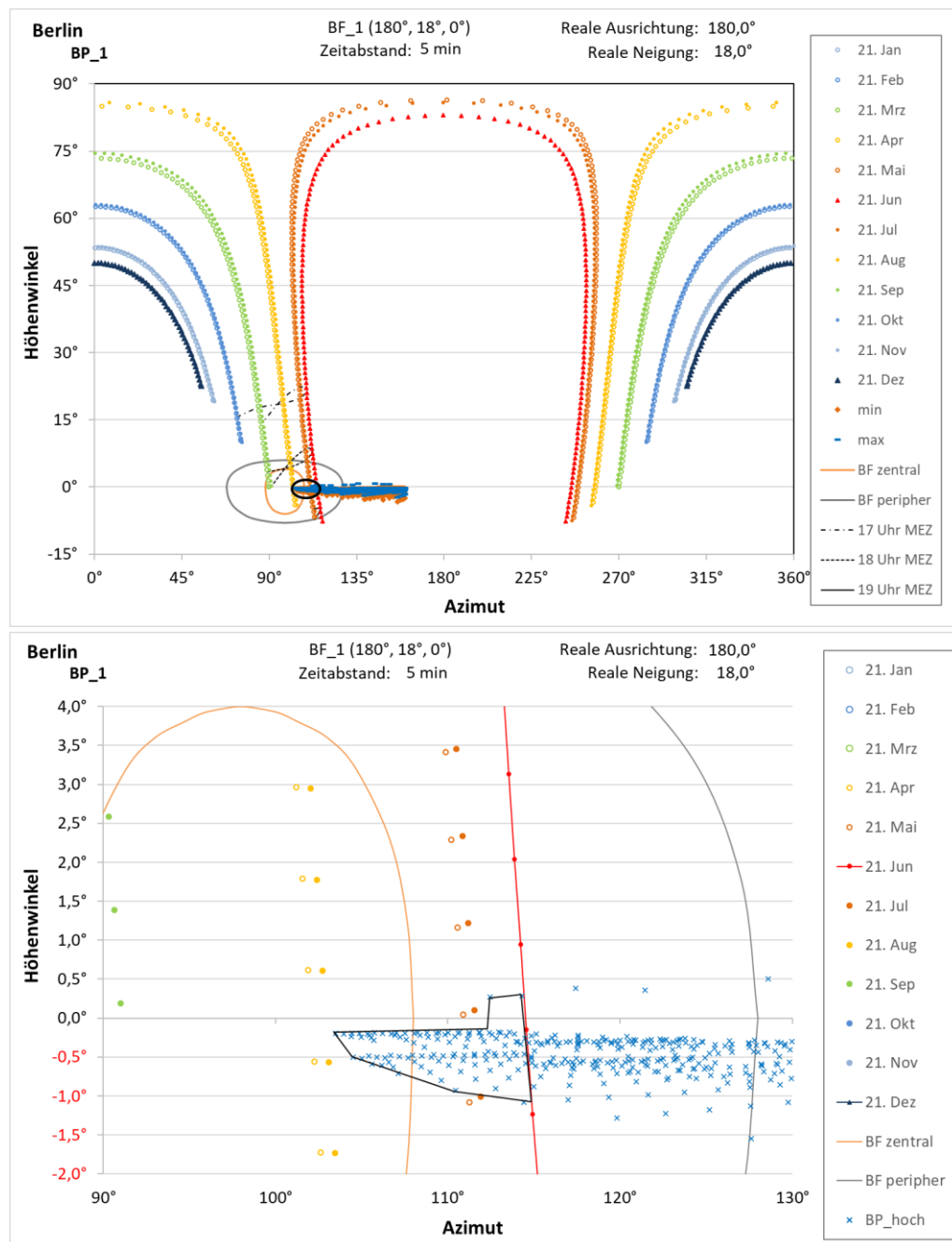


Abbildung 4: Beispielhafte Reflexionsdiagramme mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden



5.4.2 Schützenswerte Räume

Abbildung 5 oben zeigt ein Reflexionsdiagramm mit Blickbeziehungen zu einem schützenswerten Raum und eine Detailansicht mit dreiminütiger Auflösung der Tagesganglinien (unten), bei der der potenzielle Immissionszeitraum innerhalb eines Jahres 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 Licht-Hinweise zu werten sind. Im gezeigten Beispiel beträgt die maximale tägliche Immissionsdauer 6 Minuten (2 Reflexionszeitpunkte auf den Tagesganglinien in der Detailansicht). Die maximale jährliche Immissionsdauer, umgrenzt durch die schwarze Linie in der Detailansicht, beträgt ca. 10 Stunden.

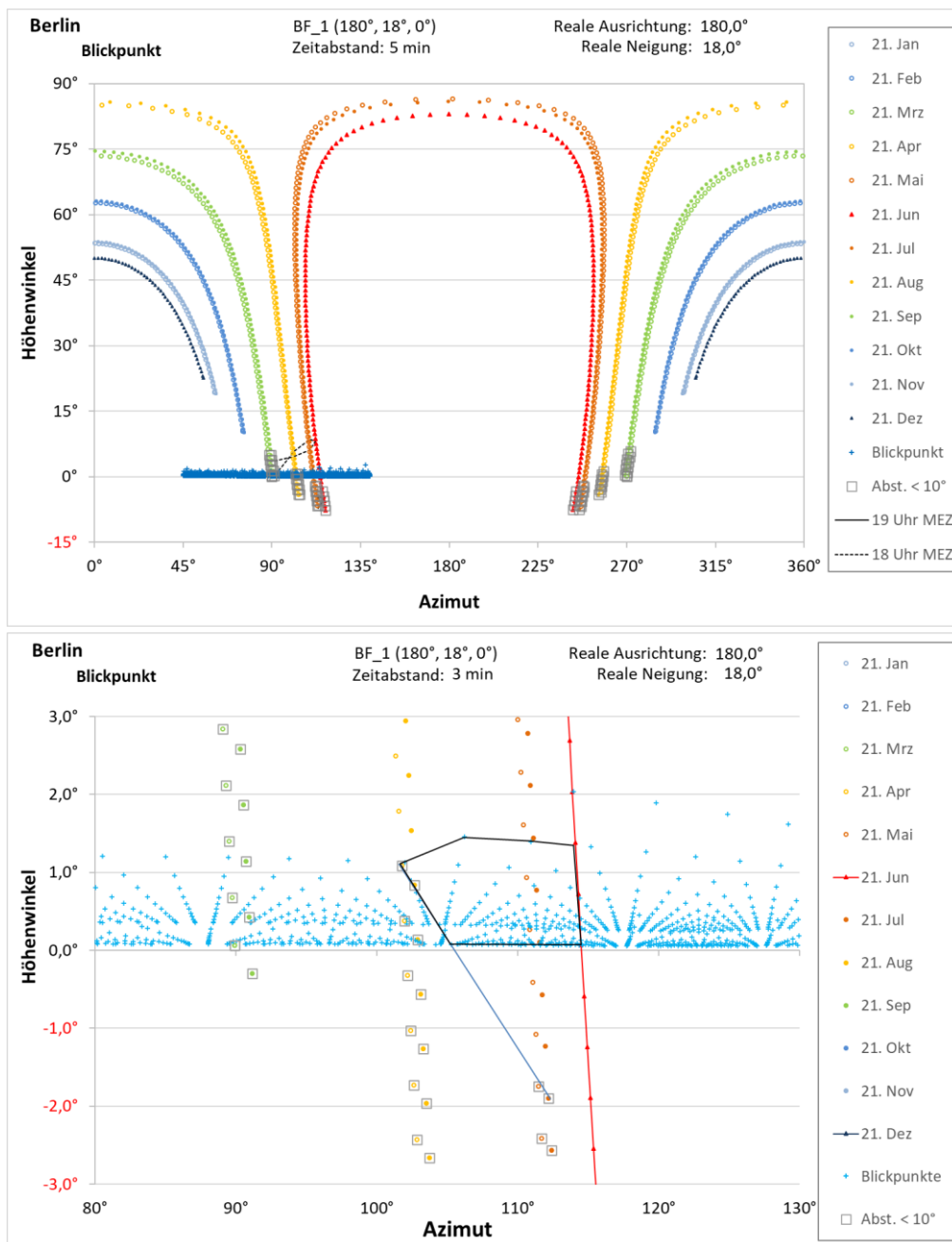


Abbildung 5: Reflexionsdiagramm für schützenswerte Nutzungen (oben) mit einem Ausschnitt in 3-minütiger Auflösung der Tagesganglinien und schwarzer Umrandung des maximalen Immissionszeitraums (unten)



6 Beschreibung der PV-Anlage und des Plangebiets

Die PV-Freiflächenanlage soll im Geltungsbereich des Bebauungsplans „Solarpark Emilienhof“ der Gemeinde Wusterhausen/Dosse in den Fluren 3 (Teilbereich Ost, ca. 46 ha) und den Fluren 4 und 5 (Teilbereich West, ca. 23 ha) der Gemarkung Lögow der Gemeinde Wusterhausen/Dosse im Landkreis Ostprignitz-Ruppin in Brandenburg errichtet werden.

Die beiden Teilbereiche des Sondergebiets liegen in einer Entfernung von mehr als 300 m südwestlich und südöstlich des Lögower Ortsteils Emilienhof. Für die Teilbereiche sind jeweils ein oder zwei Belegungsfelder nördlich und südlich der Bahnstrecke Neustadt-Neuruppin geplant. Für die Blendanalyse werden die Belegungsfelder in die vier Felder FNW, FSW, FNO und FSO eingeteilt. Abbildung 6 zeigt die Belegungsplanung der PV-Anlage mit Einteilung und Benennung der Belegungsfelder.

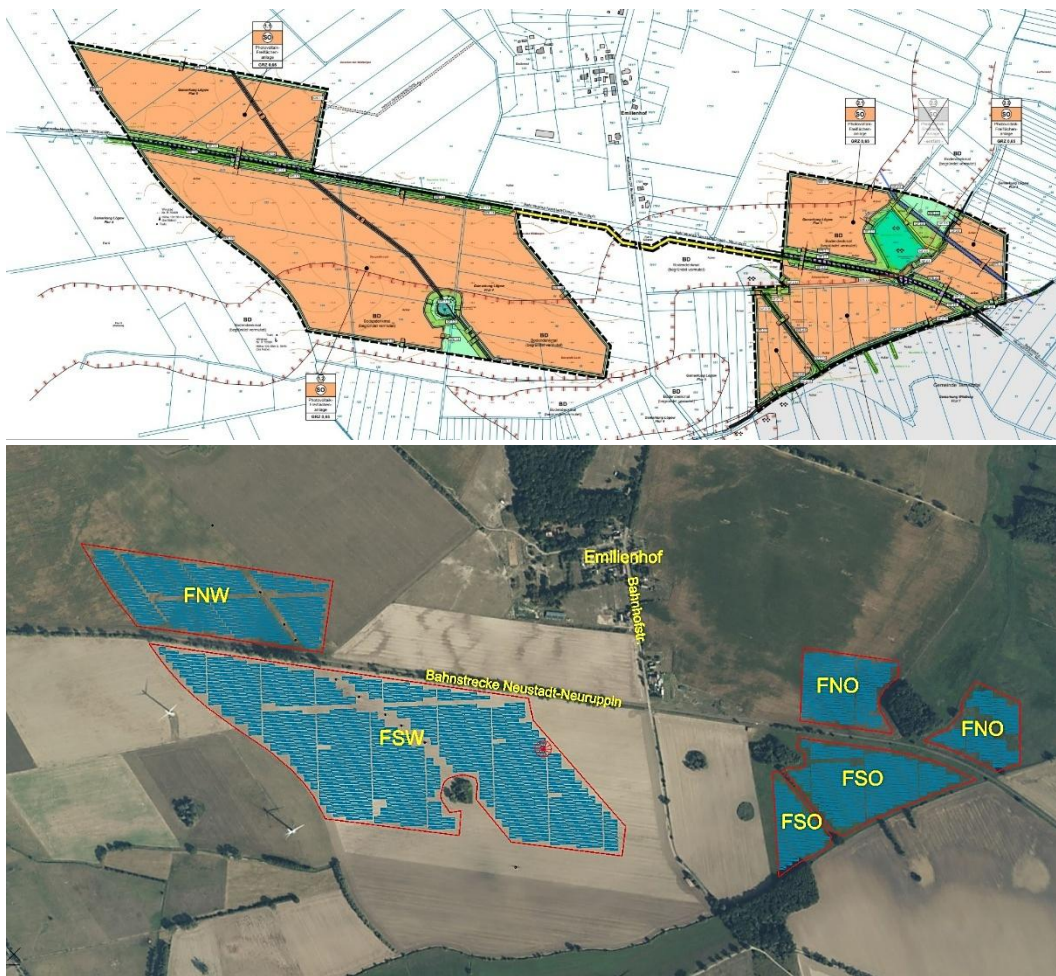


Abbildung 6: Planzeichnung des Bebauungsplans (oben) und Belegungsplan der PV-Anlage (unten, Modultischreihen in Blau, Einfriedung in Rot)

Das Belegungsfeld FNW im Teilgebiet West liegt auf einer Höhe von 40 m üNN bis 44 m üNN nördlich des Schienenwegs. Das Gelände ist leicht wellig ohne einheitliche Exposition. Die durchschnittliche Hangneigung in Verlaufsrichtung der PV-Tischreihen beträgt weniger als 0,2° und ist damit im Rahmen dieser Betrachtung vernachlässigbar.

Das Belegungsfeld FSW im Teilgebiet West liegt auf einer Höhe von 38 m üNN bis 43 m üNN südlich des Schienenwegs. Das Gelände ist ebenfalls leicht wellig mit geringer Exposition nach Süden. Die



durchschnittliche Hangneigung in Verlaufsrichtung der PV-Tischreihen beträgt weniger als 0,2° und ist damit im Rahmen dieser Betrachtung vernachlässigbar.

Das Belegungsfeld FNO im Teilgebiet Ost liegt auf einer Höhe von 36 m üNN bis 41 m üNN nördlich des Schienenwegs. Das Gelände ist leicht wellig mit geringer Exposition nach Südosten. Die durchschnittliche Hangneigung in Verlaufsrichtung der PV-Tischreihen beträgt weniger als 0,2° und ist damit im Rahmen dieser Betrachtung vernachlässigbar.

Das Belegungsfeld FSW im Teilgebiet Ost liegt auf einer Höhe von 38 m üNN bis 38 m üNN südlich des Schienenwegs. Das Gelände ist leicht wellig ohne einheitliche Exposition. Die durchschnittliche Hangneigung in Verlaufsrichtung der PV-Tischreihen beträgt weniger als 0,1° und ist damit im Rahmen dieser Betrachtung vernachlässigbar.

Die Belegung der Flächen soll mit südausgerichteten Tischreihen mit 3P-Modulbelegung realisiert werden. Der mit amtlichem Kartenmaterial erstellte Belegungsplan der PV-Anlage sieht eine Azimutausrichtung der PV-Module von 180° vor. Die Abweichung des UTM-Koordinatensystems der amtlichen Karten zu geographisch Nord beträgt am Standort der Anlage -1,9°. Bezogen auf geographisch Nord beträgt die Planausrichtung (= ebenes Gelände) der PV-Module damit 178,1° Süd.

Eine etwaige Querneigung der PV-Tische kann auf Grund der geringen Hangneigung (< 0,2°) in Verlaufsrichtung der PV-Tischreihen in allen Belegungsfeldern vernachlässigt werden. Die Unter- und Oberkanten der mit einer Neigung von 20° und einem lichten Reihenabstand von ca. 4 m geplanten PV-Tische sind mit 0,8 m respektive 3,3 m über dem Gelände zu berücksichtigen.

Die Einfriedung der Belegungsfläche soll nach den Unterlagen des B-Planverfahrens mit transparenten Metallgitter- oder Maschendrahtzäunen und dreireihigen Feldhecken mit 4 m Wuchshöhe aus heimischen Gehölzen gestaltet werden.

Tabelle 1 fasst die Angaben zur PV-Anlage zusammen.

Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage

PV-Anlage:	Solarpark Emilienhof
Standortkoordinaten:	N53.382°, E12.123°
Standort:	Gemarkungen Lögow, Flur 3,4 und 5
Gemeinde / Kreis / Bundesland:	Wittstock/Dosse / Ostprignitz-Ruppin / Brandenburg
Umliegende Verkehrswege:	Bahnstrecke 6946 Neustadt-Neuruppin, Km 10,7 bis km 13,0 Bahnhofstraße (Emilienhof)
Mindestabstand zu Schienenweg:	40 m
Mindestabstand zu Wohnbebauung:	> 300 m
Höhe des Baugrunds:	36-44 m üNN
Planausrichtung:	178,1°
Planneigung:	20°
Querneigungen (QN):	zu vernachlässigen (< 0,2°)
Reihenabstand:	4 m
Unterkonstruktion:	Fixed Tilt 3P
Höhe der Modulkanten:	0,8 m bis 3,3 m über Geländeoberkante
Reflexionsverhalten PV-Module:	Standard oder Antireflex-Beschichtung
Einfriedung:	Zäune und dreireihige Feldhecke (4 m Wuchshöhe)



7 Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen

Auf Grund der topografischen Bedingungen und der Entfernung zu den Immissionsorten können nur bodennahe Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage auf die Augenpunkthöhen der Lokführenden gerichtet sein. Abbildung 7 zeigt die Reflexionsrichtungen der PV-Module im Tages- und Jahresverlauf (oben) und die Azimutgrenzen der bodennahen Reflexionen für alle Sonnenstände $> 5^\circ$ (unten). Potenziell blendwirksame Reflexionen können von Anfang April bis Mitte September gegen 7 Uhr Sommerzeit in einen westlichen Azimutbereich von 245° bis 265° und von Mitte April bis Anfang September gegen 20 Uhr Sommerzeit in einen östlichen Azimutbereich von 95° bis 114° gerichtet werden.

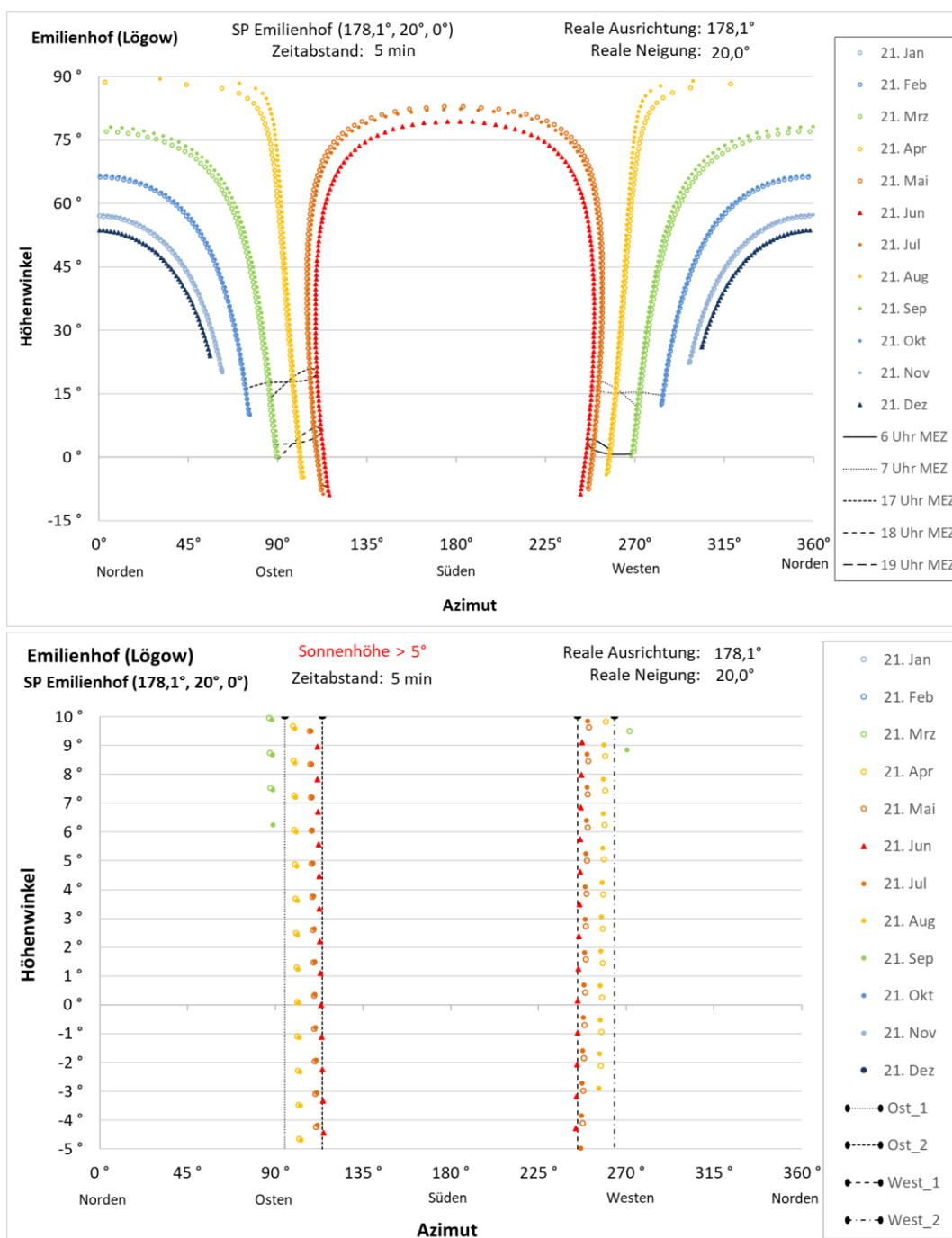


Abbildung 7: Reflexionsdiagramm (oben) mit Eingrenzung der blendkritischen Azimutbereiche (unten)



8 Ermittlung, Beschreibung und Modellierung der zu prüfenden Immissionsorte

8.1 Ermittlung

Abbildung 8 visualisiert die Richtungen, in die potenziell blendwirksame Sonnenlichtreflexionen der Anlage gerichtet sein können. Die gelben Winkel mit 300 m Schenkellänge zeigen die Richtungen bodennaher Reflexionen für ausgewählte Eckpunkte der PV-Anlage.

Die Reflexionen in die westliche Hemisphäre können auf den Schienenverkehr aus westlicher Richtung und die Reflexionen in die östliche Hemisphäre auf den Schienenverkehr aus östlicher Richtung gerichtet werden. Auch der unbeschränkte Bahnübergang der Bahnhofstraße liegt im potenziellen Blendbereich beider Teilgebiete.

Der Verkehr auf der Bahnhofstraße kann nur von seitlichen Reflexionen außerhalb der zentralen und peripheren Blickfelder der Fahrzeugführenden betroffen werden, so dass kein Risiko für relevante Blendwirkungen entsteht. Alle schutzwürdigen Räume von Anliegern befinden sich mehr als 300 m von den in ihre Richtung reflektierenden PV-Modulen entfernt, so dass es nach den Ausführungen der Brandenburger Licht-Leitlinie zu keinen erheblichen Belästigungen von Anliegern kommen kann.



Abbildung 8: Bodennahe Reflexionsrichtungen (gelbe Winkel mit 300 m Schenkellänge) in westliche (oben) und östliche (unten) Richtung, angezeichnet an ausgewählte Eckpunkte der Anlage

8.2 Beschreibung

Die Bahnstrecke 6946 Neustadt-Neuruppin wird von der Regio Infra Nord-Ost GmbH betrieben und verläuft als eingleisige, nicht elektrisierte Strecke in Ost-West-Richtung zwischen den nördlichen und südlichen



Belegungsflächen beider Teilgebiete hindurch. Die Höhe der Gleise sinkt während der Passage aus westlicher Richtung von 41 m üNNH bis auf 37 m üNNH. Die Trasse wird derzeit nach den Ausführungen des Umweltberichts zum Bebauungsplan einmal wöchentlich von einem Güterzug genutzt. Der Personennahverkehr wurde 2006 eingestellt.

Die Sehaufgabe der Lokführenden beinhaltet die Überwachung des vorausliegenden Schienenweges und die Prüfung der Verkehrssituation am unbeschränkten Bahnübergang. In der Umgebung der geplanten PV-Anlage befinden sich keine Signaleinrichtungen. Zwischen den Teilgebieten befindet sich der unbeschränkte Bahnübergang mit der Bahnhofstraße, die nördlich des Bahnübergangs als klassifizierte Straße durch Emilienhof nach Lögow führt und südlich des Bahnübergangs als unbefestigter Wirtschaftsweg weitergeführt wird.

8.3 Modellierung

Für die Belegungsfelder der PV-Anlage werden die randständigen westlichen Unter- und Oberkanten der PV-Module eines jeden Tisches modelliert. Das Blendrisiko für den Schienenverkehr wird mit fünf repräsentativen Blickpunkten für den Verkehr aus westlicher Richtung und mit vier Blickpunkten für den aus östlicher Richtung mit Augenpunkthöhen von 2 m bis 4 m über den Gleisen geprüft. Abbildung 9 zeigt oben die PV-Tischreihen der Belegungsfelder und die ausgewählten Blickpunkte, unten die modellierten Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene.

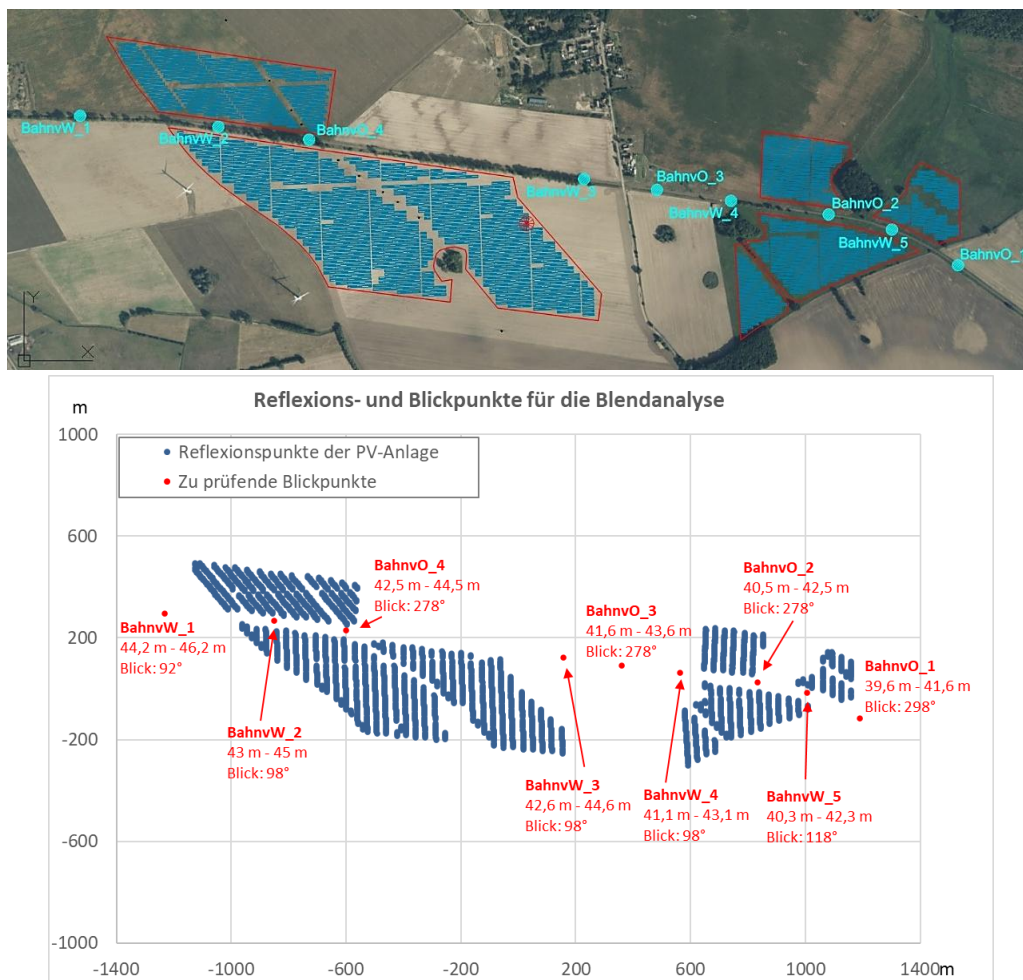


Abbildung 9: oben: Blickpunkte (cyanfarbene Kreise) für die detaillierte Blendanalyse; unten: Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und Blickrichtung am Blickpunkt



9 Berechnungsergebnisse

9.1 Schienenverkehr aus westlicher Richtung

9.1.1 Blickpunkt BahnW_1

Der Blickpunkt BahnW_1 befindet sich in einer leichten Rechtskurve in 190 m Entfernung zu den schienennahen PV-Tischen am westlichen Rand der geplanten PV-Anlage. Das Reflexionsdiagramm für die PV-Tische im Teilgebiet West in Abbildung 10 zeigt, dass die Sonnenlichtreflexionen einiger PV-Tische des Belegungsfelds FNW von Mitte März bis Ende September gegen 7 Uhr Sommerzeit (6 Uhr MEZ) in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet werden können. Die eingefügte Grafik veranschaulicht, welche PV-Tische (grün hervorgehoben) dabei in das zentrale Blickfeld reflektieren können.

Der Abstandswinkel der auf die Augen der Lokführenden gerichteten Reflexionen zur Hauptblickrichtung beträgt zu jedem Zeitpunkt mehr als 4° . Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen in das zentrale Blickfeld erreicht maximal 150 lx, während die aufgehende Sonne zu den Reflexionszeiten auf einer Höhe von bis zu 5° über der reflektierenden Fläche steht und das Helligkeitsgeschehen dominiert. Tabelle 2 am Ende des Abschnitts zum Schienenverkehr aus westlicher Richtung dokumentiert die lichttechnischen Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächste und die lichtstärkste Reflexion in das zentrale Blickfeld der stärker betroffenen hoch sitzenden Lokführenden (4 m über Gleis).

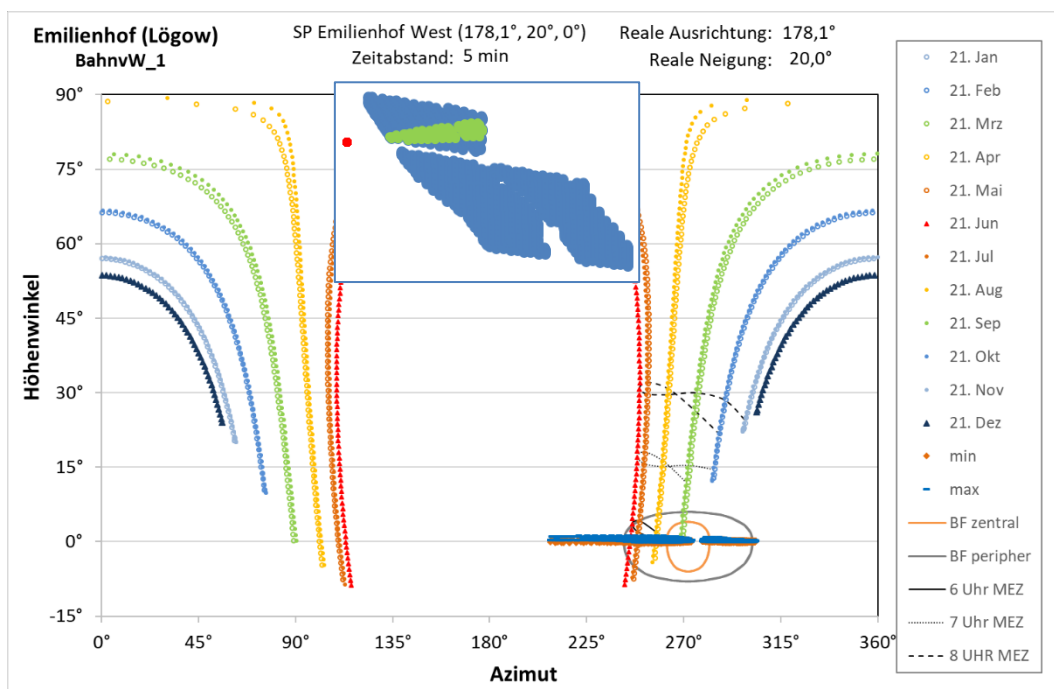


Abbildung 10: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_1 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

9.1.2 Blickpunkt BahnW_2

Der Blickpunkt BahnW_2 befindet sich zwischen den Belegungsfeldern FNW und FSW. Das Reflexionsdiagramm für die PV-Tische im Teilgebiet West in Abbildung 11 zeigt, dass von Mitte März bis Ende September gegen 7 Uhr Sommerzeit (6 Uhr MEZ) Lichtreflexionen des Belegungsfelds FNW in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet sein können, die sich im Vergleich zum



vorhergehenden Blickpunkt auf Grund der durchfahrenen Rechtskurve von der Blickachse der Lokführenden entfernt haben.

Der Abstandswinkel der auf die Augen der Lokführenden gerichteten Reflexionen zur Hauptblickrichtung beträgt zu jedem Zeitpunkt mehr als 9° . Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen in das zentrale Blickfeld bleibt unter 10 lx , während die aufgehende Sonne zu den Reflexionszeiten auf einer Höhe von weniger als $0,5^\circ$ über der reflektierenden Fläche steht und das Helligkeitsgeschehen dominiert. Tabelle 2 dokumentiert die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse.

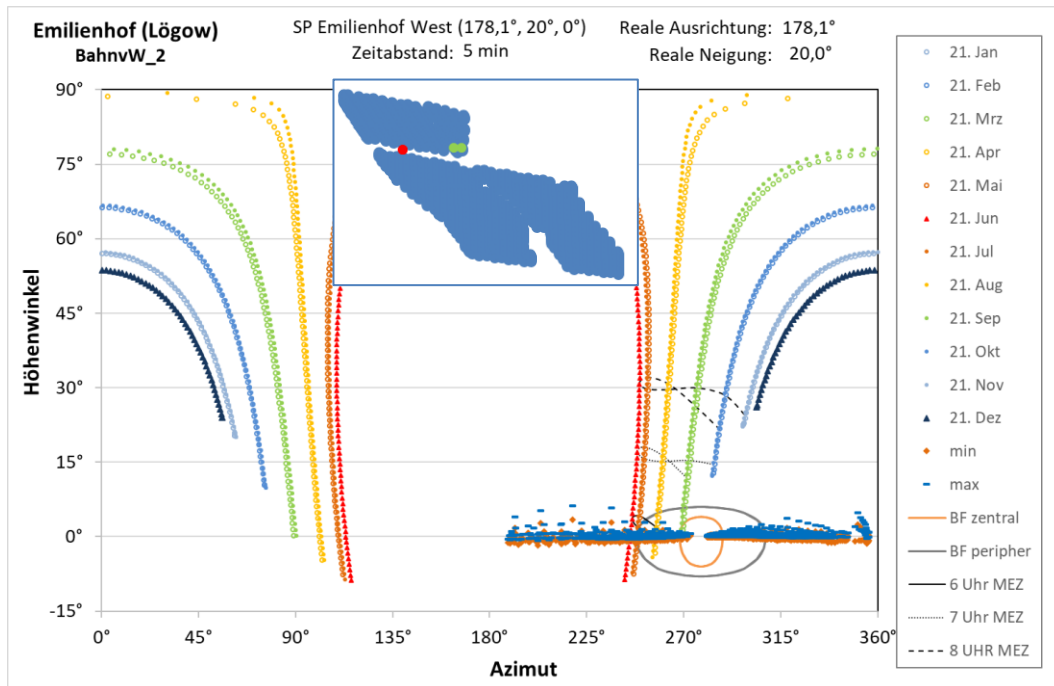


Abbildung 11: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_2 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

9.1.3 Blickpunkt BahnW_3

Der Blickpunkt BahnW_3 befindet sich in einer Entfernung von 110 m zu dem in Fahrtrichtung liegenden unbeschränkten Bahnübergang. Das Reflexionsdiagramm für die PV-Tische des in Blickrichtung liegenden Teilgebiets Ost in Abbildung 12 zeigt sich im Vergleich zum vorhergehenden Blickpunkt nahezu unverändert hinsichtlich der in das zentrale oder periphere Blickfeld gerichteten Reflexionen. Die Sonnenlichtreflexionen einiger PV-Tische des Belegungsfelds FNO können von Mitte März bis Ende September gegen 7 Uhr Sommerzeit (6 Uhr MEZ) in das zentrale oder periphere Blickfeld der Fahrzeugführenden gerichtet sein.

Der Abstandswinkel der auf die Augen der Lokführenden gerichteten Reflexionen zur Hauptblickrichtung beträgt zu jedem Zeitpunkt mehr als 9° . Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen in das zentrale Blickfeld erreicht weniger als 10 lx , während die aufgehende Sonne zu den Reflexionszeiten auf einer Höhe von weniger als $0,5^\circ$ über der reflektierenden Fläche steht und das Helligkeitsgeschehen dominiert. Tabelle 2 dokumentiert die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse.

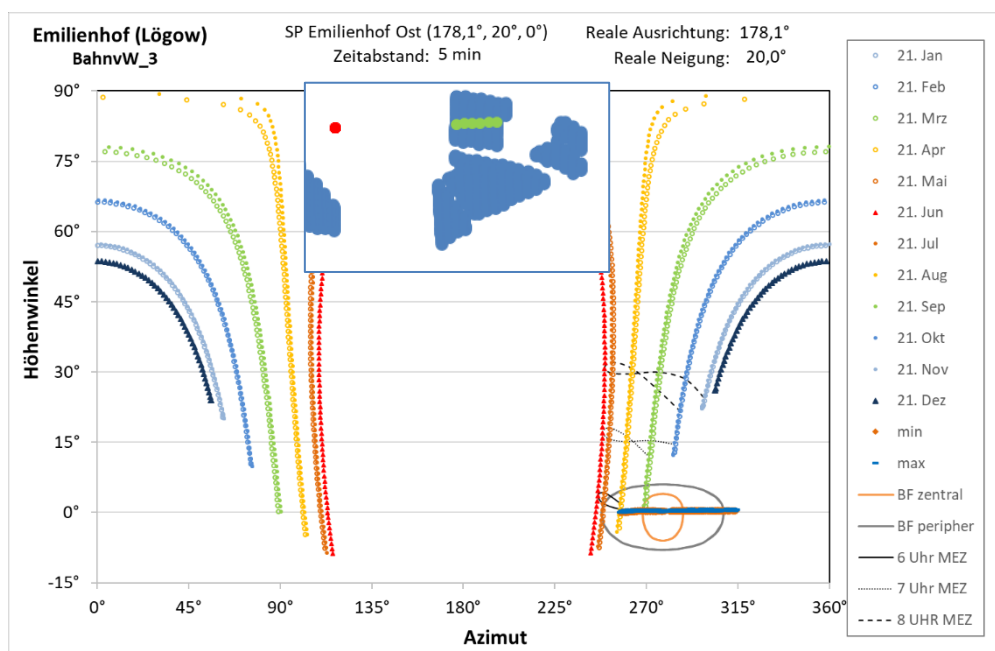


Abbildung 12: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_3 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

9.1.4 Blickpunkt BahnW_4

Der Blickpunkt BahnW_2 befindet sich zwischen den Belegungsfeldern FNW und FSW. Das Reflexionsdiagramm für die PV-Tische im Teilgebiet Ost in Abbildung 13 zeigt, dass von Mitte März bis Ende September gegen 7 Uhr Sommerzeit (6 Uhr MEZ) Lichtreflexionen des Belegungsfelds FNW in das zentrale oder periphere Blickfeld der Fahrzeugführenden gerichtet sein können, die sich im Vergleich zum vorhergehenden Blickpunkt auf Grund der durchfahrenen Rechtskurve von der Blickachse der Lokführenden entfernt haben. Tabelle 2 dokumentiert die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse.

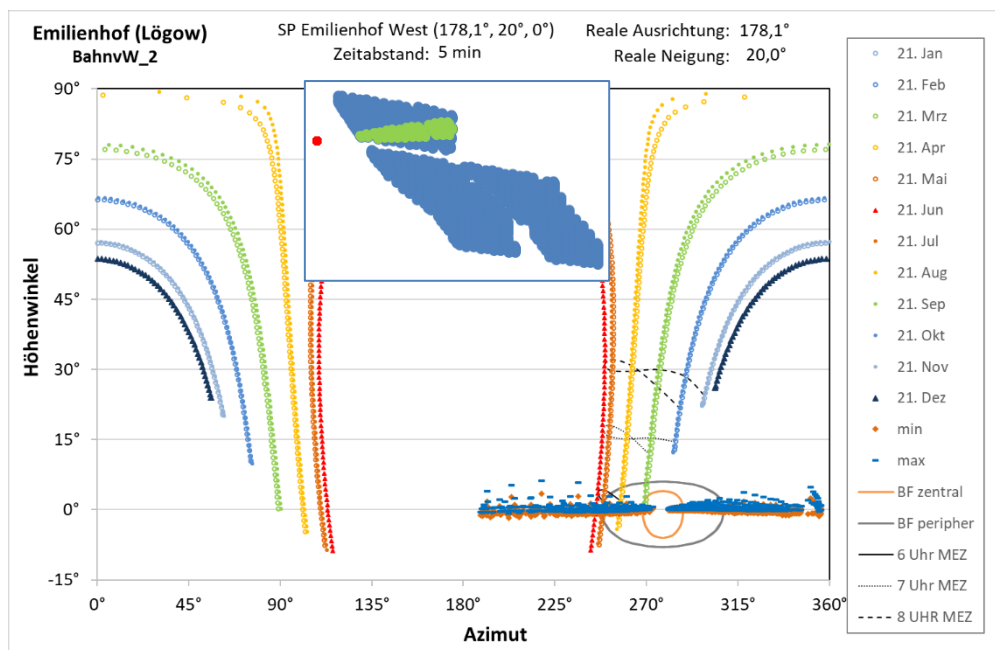


Abbildung 13: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_4 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können



9.1.5 Blickpunkt BahnW_5

Der Blickpunkt BahnW_4 befindet sich eingangs der leichten Rechtskurve kurz vor dem Ende des Teilgebiets Ost. Das Reflexionsdiagramm in Abbildung 14 zeigt, zu keinem Zeitpunkt im Jahr Sonnenlichtreflexionen der geplanten PV-Anlage in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet werden können.

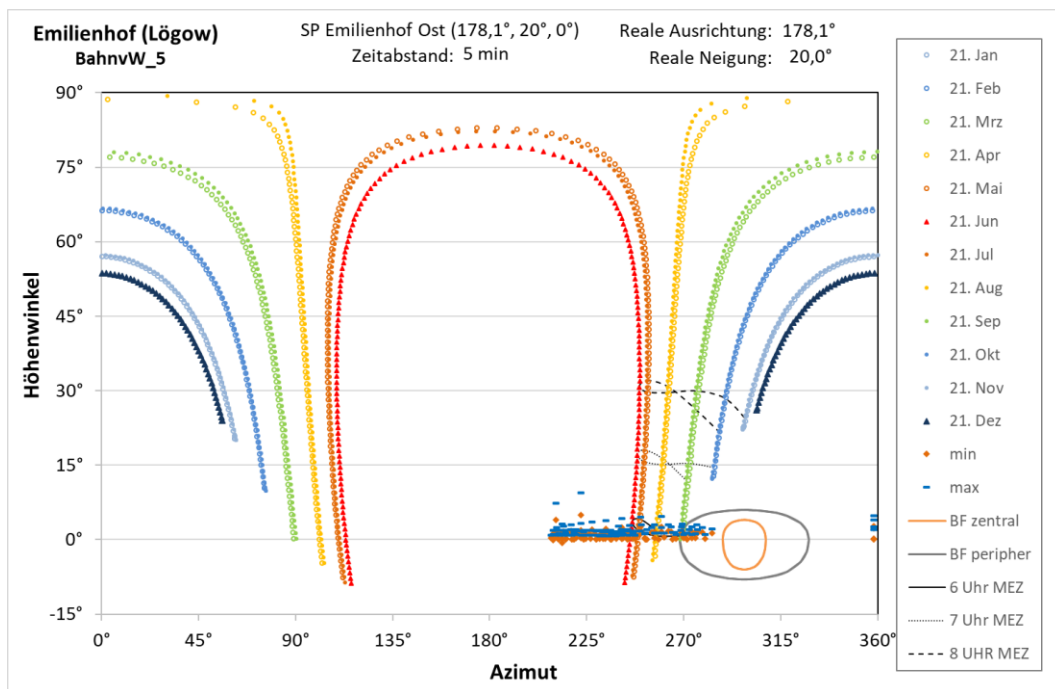


Abbildung 14: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_5

9.1.6 Zusammenfassung der lichttechnischen Berechnungsergebnisse

Tabelle 2 zeigt die lichttechnischen Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächste und ggf. lichtstärkste Reflexion in das zentrale Blickfeld hoch sitzender Lokführender (Augenpunkthöhe: 4 m über dem Gleis) an den untersuchten Blickpunkten.

Berechnungsergebnisse, bei denen auf Grund der geringen Lichtintensität oder der Position der Sonne zum Reflexionszeitpunkt kein Risiko für eine relevante Blendwirkung durch die Sonnenlichtreflexionen der PV-Module besteht, sind in Grün dargestellt.

Tabelle 2: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für Reflexionen der PV-Tische nördlich des Schienenwegs in das zentrale Blickfeld der aus Richtung Westen kommenden Lokführenden

Reflexion	Az-Diff. Blickachse	Höhenwinkel	Bel.-stärke	Sonnenhöhe	Az-Diff. Sonne	Winkel zur Modulnormale
BahnW1_znah	3,4°	0,9°	< 10 lx	0,4°	3°	89,5°
BahnW1_zhell	9,5°	0,9°	144 lx	5,2°	7,6°	87°
BahnW2_znahhell	9,5°	0,5°	< 10 lx	0,2°	9,3°	89,7°
BahnW3_znahhell	9,6°	0,4°	< 10 lx	0,2°	9,5°	89,7°
BahnW4_znahhell	8,1°	1,4°	< 10 lx	0,3°	7,7°	89,5°



9.2 Schienenverkehr aus östlicher Richtung

9.2.1 Blickpunkt BahnVO_1

Der Blickpunkt BahnVO_1 für den Schienenverkehr aus östlicher Richtung befindet sich kurz vor dem Beginn einer Linkskurve in 80 m Entfernung zu den Belegungsfeldern FNO und FSO. Das Reflexionsdiagramm für die PV-Tische im Teilgebiet Ost in Abbildung 15 zeigt, dass von Mitte Mai bis Ende Juli gegen 19:20 Uhr Sommerzeit (18:20 Uhr MEZ) Lichtreflexionen des Belegungsfelds FNO in das zentrale und Lichtreflexionen des Belegungsfelds FSO in das periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet werden können.

Zur Sommersonnenwende treten die lichtstärksten und gleichzeitig der Blickachse nächsten Reflexionen auf. Sie erreichen einer Beleuchtungsstärke von bis zu 1.400 lx bei einem Winkelabstand von 5° zur Blickachse der Lokführenden, während die Sonne auf einer Höhe von 16° steht. Tabelle 3 dokumentiert die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse.

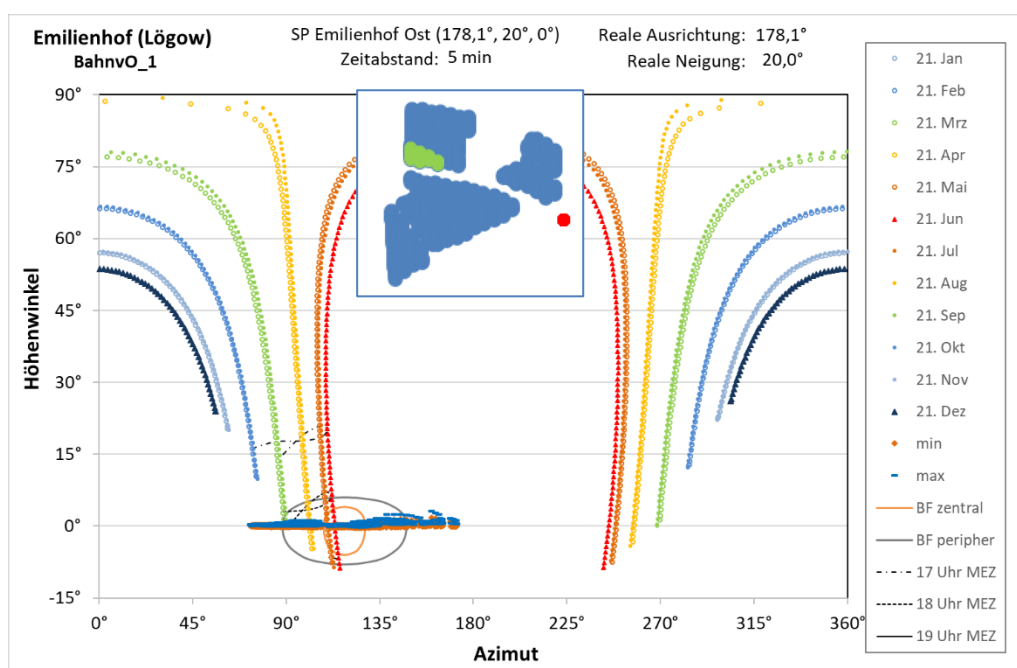


Abbildung 15: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnVO_1 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

9.2.2 Blickpunkt BahnVO_2

Der Blickpunkt BahnVO_2 befindet sich ausgangs der Linkskurve zwischen den Belegungsfeldern FNO und FSO. Das Reflexionsdiagramm für die in Blickrichtung liegenden PV-Tische der Teilgebiets Ost in Abbildung 16 zeigt, dass sich die von Mitte Mai bis Ende Juli in das zentrale Blickfeld möglichen Reflexionen des Belegungsfelds FNO mit dem Durchfahren der Linkskurve nach rechts von der Blickachse entfernen. Dies führt auch dazu, dass im März und September bei Sonnenuntergang lichtschwache Reflexionen des Belegungsfelds FNS in den Randbereich des zentralen Blickfelds der Lokführenden gerichtet werden können.

Der Abstandswinkel der auf die Augen der Lokführenden gerichteten Reflexionen zur Hauptblickrichtung beträgt zu jedem Zeitpunkt mehr als 9°. Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen in das zentrale Blickfeld erreicht bis zu 1.200 lx, während die untergehende Sonne zu den Reflexionszeiten auf einer Höhe von weniger als 13° zwischen der reflektierenden Fläche und dem Schienenweg steht. Tabelle 3 dokumentiert die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse.

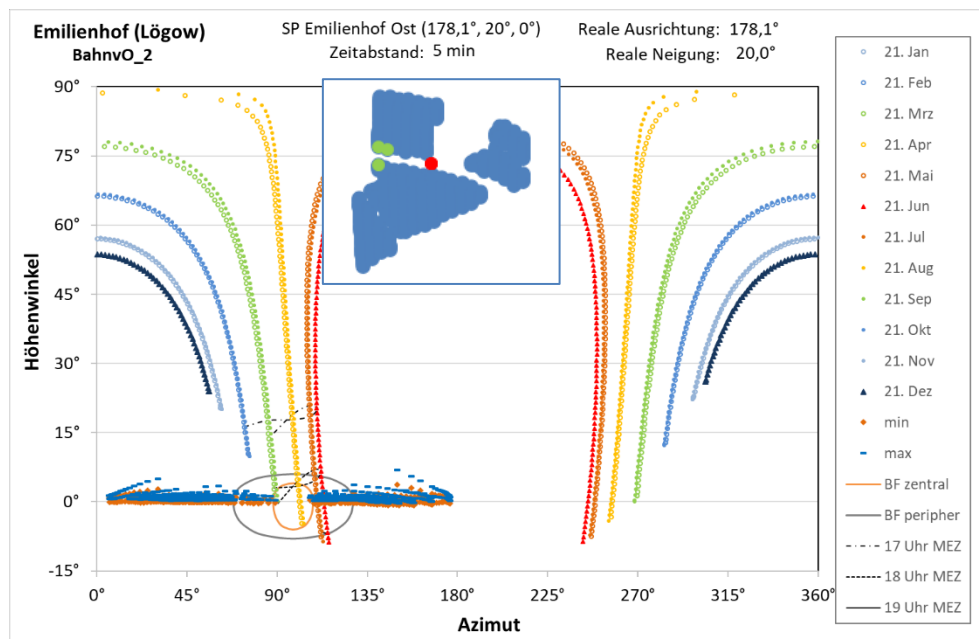


Abbildung 16: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte Bahnvo_2 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

9.2.3 Blickpunkt Bahnvo_3

Der Blickpunkt Bahnvo_3 befindet sich 90 m vor dem unbeschränkten Bahnübergang. Das Reflexionsdiagramm für das Teilgebiet West in Abbildung 17 zeigt, dass von Mitte April bis Ende August gegen 19:15 Uhr Sommerzeit Sonnenlichtreflexionen des Belegungsfelds FNW mit einer berechneten Beleuchtungsstärke von mehr als 1.000 lx in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet sein können. Ende März und Mitte September können zudem kurz nach 19 Uhr Sommerzeit zum Sonnenuntergang lichtschwache Reflexionen des Belegungsfelds FSW in das zentrale Blickfeld gerichtet werden. Tabelle 3 dokumentiert die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse.

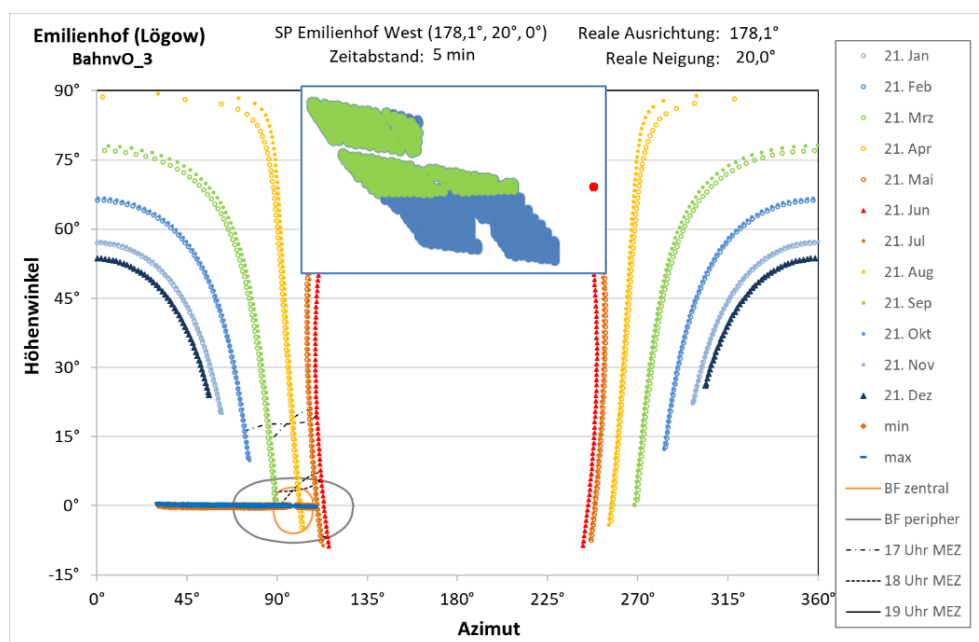


Abbildung 17: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte Bahnvo_3 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können



9.2.4 Blickpunkt BahnV_4

Der Blickpunkt BahnV_4 liegt zwischen den Belegungsfeldern FNW und FSW. Das Reflexionsdiagramm für das Teilgebiet West in Abbildung 18 zeigt, dass von Mitte April bis Ende August gegen 19:15 Uhr Sommerzeit Reflexionen des Belegungsfelds FNW mit einer berechneten Beleuchtungsstärke von mehr als 1.000 lx in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet sein können. Ende März und Mitte September können kurz nach 19 Uhr Sommerzeit zum Sonnenuntergang lichtschwache Reflexionen des Belegungsfelds FSW in den Randbereich des zentralen Blickfelds gerichtet werden.

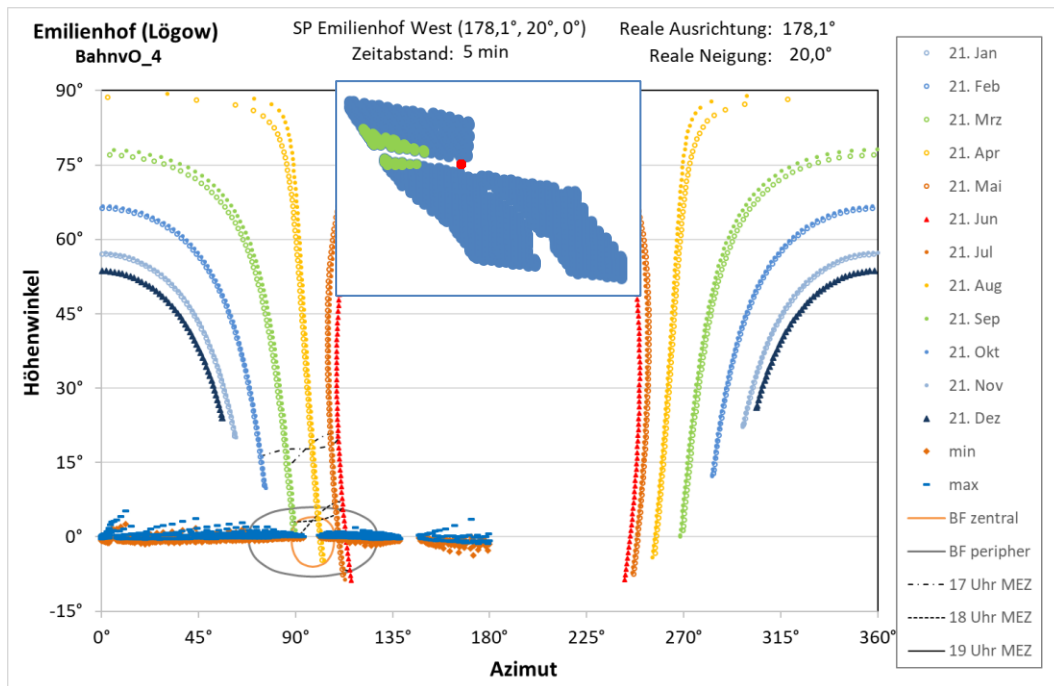


Abbildung 18: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnV_4 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

9.2.5 Zusammenfassung der lichttechnischen Berechnungsergebnisse

Tabelle 3 zeigt die lichttechnischen Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächste und ggf. lichtstärkste Reflexion in das zentrale Blickfeld hoch sitzender Lokführender (Augenpunkthöhe: 4 m über dem Gleis) an den untersuchten Blickpunkten.

Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für Reflexionen der PV-Tische nördlich des Schienenwegs in das zentrale Blickfeld der aus Richtung Osten kommenden Lokführenden

Reflexion	Az-Diff. Blickachse	Höhenwinkel	Bel.-stärke	Sonnenhöhe	Az-Diff. Sonne	Winkel zur Modulnormale
BahnV01_znahhell	4,9°	0,1°	1.407 lx	15,7°	10,2°	82°
BahnV02_znahhell	8,6°	0,9°	1.121 lx	12,5°	3,9°	83°
BahnV03_znah	1,1°	0,1°	417 lx	7,1°	1,5°	86°
BahnV03_hell	10°	-0,1°	1.096 lx	12,5°	5,6°	83°
BahnV04_znah	3°	0,3°	619 lx	8,5°	0,1°	85°
BahnV04_hell	9,8°	1,0°	1.203 lx	13,3°	4,8°	82°



10 Bewertung der Blendrisiken und Ableitung von Blendschutzmaßnahmen

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.

10.1 Blendwirkung von Reflexionen in das periphere Blickfeld

Das Risiko einer Relativblendung durch die kurz nach Sonnenaufgang oder kurz vor Sonnenuntergang entstehenden Reflexionen in das periphere Blickfeld ($\pm 10^\circ$ bis $\pm 30^\circ$ zur Blickachse) lässt sich auf Grund der geringen Lichtintensität der Reflexionen ausschließen. Die an den Augen der Lokführenden bewirkte Beleuchtungsstärke bleibt jederzeit deutlich unter 2.000 lx, die nach den Untersuchungen von van der Leden (van der Leden et al. 2015) weniger als die Hälfte der Beleuchtungsstärke ausmachen, ab der bei einem Abstandswinkel zur Blickachse von mehr als 10° eine relevante Blendwirkung mit Auswirkungen auf die Fahrleistung von Fahrzeugführenden entstehen kann. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich deshalb auf die Blendrisiken der in das zentrale Blickfeld der Lokführenden gerichteten Reflexionen.

10.2 Blendrisiken für den Zugverkehr aus westlicher Richtung

Nach der Passage der letzten Gebäude des Ortsteils Dessow der Gemeinde Wusterhausen/Doss gerät das Belegungsfeld nördlich des Schienenwegs (Blendgutachten: FNW, Entwurfsplanung: Feld 1) beim Durchfahren einer leichten Linkskurve ab km 10,3 in das Blickfeld der Lokführenden (Blickpunkt BahnW_1). Von Mitte März bis Ende September gegen 7 Uhr Sommerzeit (6 Uhr MEZ) können mit dem Sonnenaufgang Lichtreflexionen in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet werden, die auf Grund ihrer geringen Lichtintensität und der auf einer Höhe von maximal 5° unmittelbar über den reflektierenden Flächen stehenden Sonne keine Blendwirkung verursachen können.

Nach dem Durchfahren der leichten Rechtskurve verläuft die Bahnstrecke gradlinig erst zwischen den Belegungsfeldern des Teilgebiets West (Blickpunkt BahnW_2) und anschließend auf freiem Feld auf den unbeschränkten Bahnübergang der Emilienhofer Bahnhofstraße zu (Blickpunkt BahnW_3). Im beschriebenen Streckenverlauf können erst die schienenannahen PV-Module des nördlich der Gleise gelegenen Belegungsfelds FNW (Felder 1 und 2) und anschließend die PV-Tische des nördlich der Gleise gelegenen Belegungsfelds FNO (Felder 7 bis 9) von Mitte März bis Ende September gegen 7 Uhr Sommerzeit (6 Uhr MEZ) in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden reflektieren, ohne dass dabei ein Risiko für relevante Blendwirkungen entsteht. Der Winkelabstand der lichtschwachen Reflexionen in das zentrale Blickfeld zur Blickachse beträgt mehr als 9° , während die aufgehende Sonne auf einer Höhe von weniger als 1° unmittelbar über den reflektierenden Flächen steht und das Helligkeitsgeschehen dominiert. Die Reflexionen haben keinen Einfluss auf die Überwachung des vorausliegenden Streckenverlaufs oder des Verkehrsgeschehens am Bahnübergang.

Im weiteren Streckenverlauf wird das Teilgebiet Ost der geplanten PV-Anlage durchfahren (Blickpunkte BahnW_4 und BahnW_5). Auch in diesem Streckenabschnitt können die schienenannahen PV-Tische nördlich der Gleise in den Randbereich des zentralen und in das periphere Blickfeld reflektieren, ohne dass aus den für die vorhergehenden Streckenabschnitten beschrieben Gründe ein Risiko für relevante Blendwirkungen entsteht. Die Sicherheit des Schienenverkehrs bleibt jederzeit gewahrt.



10.3 Blendrisiken für den Zugverkehr aus östlicher Richtung

Die Bahnstrecke Neustadt-Neuruppin führt aus südöstlicher Richtung auf das Teilgebiet Ost der geplanten PV-Anlage zu. Bei der Annäherung können im Frühjahr und Herbst kurz vor Sonnenuntergang lichtschwache Sonnenlichtreflexionen der südlich der Gleise gelegenen Belegungsfelder (FSO, Felder 5 und 6) in das periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet werden. In ca. 100 m Entfernung zum Plangebiet (Blickpunkt BahnVO_1) geraten die östlichen PV-Tischreihen des Belegungsfelds FNO (Feld 7 des Belegungsplans) in den Blick der Lokführenden, deren Sonnenlichtreflexionen von Mitte Mai bis Ende Juli gegen 19:20 Uhr Sommerzeit mit einer Beleuchtungsstärke von bis zu 1.400 lx bei einem Winkelabstand von 5° zur Blickachse in das zentrale Blickfeld der Lokführenden gerichtet werden können. Damit entsteht ein Risiko für eine relevante Blendwirkung: die Fixation des Blicks auf die reflektierende Fläche kann zu einer Absolutblendung der Lokführenden führen, so dass Schutzreaktionen wie Lidschluss und eine Kopfabwendung einsetzen, die eine Erfüllung der Sehaufgabe behindern. Die Kontrolle des vorausliegenden Schienenwegs ist zu den Reflexionszeiten während des Durchfahrens der Linkskurve im Osten des Teilgebiets Ost eingeschränkt.

Nach dem Durchfahren der leichten Rechtskurve verläuft die Bahnstrecke gradlinig erst zwischen den Belegungsfeldern des Teilgebiets Ost (Blickpunkt BahnVO_2) und anschließend auf freiem Feld auf den unbeschränkten Bahnübergang der Emilienhofer Bahnhofstraße zu (Blickpunkt BahnVO_3). Im beschriebenen Streckenverlauf können erst die schienen nahen PV-Module des nördlich der Gleise gelegenen Belegungsfelds FNO (Feld 7) und anschließend die PV-Tische des nördlich der Gleise gelegenen Belegungsfelds FNO (Felder 1 und 2) von Mitte April bis Ende August gegen 19:15 Uhr Sommerzeit mit einer Beleuchtungsstärke von bis zu 1.200 lx das zentrale Blickfeld der Lokführenden reflektieren, so dass auch in diesem Streckenabschnitt teilweise ein Risiko für eine relevante Blendwirkung entsteht. Auf Grund der großen Entfernung von mindestens 800 m zu den in das zentrale Blickfeld reflektierenden Flächen des Belegungsfelds FNW (Feld 2) besteht auf dem Streckenabschnitt zwischen den Belegungsfeldern des Teilgebiets Ost und dem Bahnübergang kein Risiko für eine Absolutblendung. Eine Fixation des Blickes auf den nahegelegenen Bahnübergang und die Bahnhofstraße bleibt möglich, ohne in die Blendquelle zu sehen. Die Kontrolle des Verkehrs auf der Bahnhofstraße und des unmittelbar voraus liegenden Schienenwegs wird nicht eingeschränkt.

Im weiteren Streckenverlauf nähert sich der Zug unter gleichbleibenden Winkelbedingungen dem Teilgebiet West und fährt dort zwischen den Belegungsfeldern FNW und FSW hindurch (Blickpunkt Ost_4). Dabei können weiterhin von Mitte April bis Ende August gegen 19:15 Uhr Sommerzeit Reflexionen des Belegungsfelds FNW mit einer berechneten Beleuchtungsstärke von mehr als 1.000 lx in das zentrale oder periphere Blickfeld der Lokführenden gerichtet sein, die bei einer Blickzuwendung eine Absolutblendung bewirken können.

10.4 Blendschutzmaßnahmen

Die Blendrisiken für den Schienenverkehr gehen ausschließlich von den Belegungsfeldern nördlich des Schienenwegs aus. Dabei ist nur der Zugverkehr aus östlicher Richtung zu Beginn der Passage unmittelbar vor dem Erreichen des Teilgebiets Ost, im Verlauf der folgenden Linkskurve sowie auf dem gradlinigen Teilstück zwischen Bahnübergang und der Linkskurve auf Höhe des Teilgebiets West betroffen. Die Blendrisiken bestehen ausschließlich von Mitte April bis Ende August zwischen 19:00 Uhr und 19:30 Uhr Sommerzeit.

Im östlichen Streckenabschnitt besteht ein hohes Risiko für Absolutblendung, da die reflektierende Fläche unmittelbar in Blickrichtung der Lokführenden liegt. Diese kann zu einer temporären Einschränkung der Sehfähigkeit führen, so dass die Überwachung des vorausliegenden Schienenwegs und der Situation am



unbeschränkten Bahnübergang eingeschränkt werden kann. Im westlichen Streckenabschnitt besteht ein geringes Risiko für eine Absolutblendung.

Die vorgesehenen Maßnahmen zur dauerhaften Etablierung eines vegetativen Blendschutzes durch die geplanten 3-reihigen, 4 m hohen Feldhecken sind ab dem Erreichen einer Wuchshöhe von ca. 3,5 m als hinreichend einzustufen.

Bis zum Erreichen der für einen hinreichenden Blendschutz erforderlichen Wuchshöhe können temporäre Maßnahmen ergriffen werden, um die Blendrisiken für die Lokführenden aus östlicher Richtung zu vermeiden. Dazu kann

- ▶ der Errichter der PV-Anlage einen temporären Sichtschutz durch die Gestaltung der südlichen Einfriedungszäune der nördlichen Belegungsfelder 1, 2 und 7 (siehe Abbildung 19) als Sichtschutzzaun mit einer Höhe von mindestens 3,5 m vorsehen, der durch Schattiernetze (Schattiergrad $\geq 80\%$) oder andere intransparente Materialien auf einer Höhe von 0,8 m bis 3,5 m verblendet wird.
- ▶ angesichts der geringen Frequenz des Güterverkehrs und dem Fehlen eines Personenverkehrs eine organisatorische Regelung getroffen werden, die für die ersten drei Jahre einen Zugverkehr aus östlicher Richtung von Mitte April bis Ende August zwischen 19:00 Uhr und 19:30 Uhr Sommerzeit ausschließt.



Abbildung 19: Darstellung der Einfriedungsabschnitte als grüne Linie, die als temporärer Sichtschutzzaun auszuführen sind



11 Verwendete Materialien

11.1 Dokumente vom Auftraggeber

- ▶ Modulbelegungsplan als Datei „2025-03-04_Lögow_FVF_JAY_DFJ.dwg“
- ▶ Weitere Systemangaben als Datei „2025.02.28_LGW_DE_3997_A1-1_FVF.pdf“
- ▶ Vorentwurf zum Bebauungsplan „Solarpark Emilienhof“ der Gemeinde Wusterhausen/Dosse, Stand 13.05.2025, mit Planzeichnungen, Begründung, Umweltbericht und Textfestsetzungen
- ▶ Moduldatenblätter als Dateien „DM640-660G12RT-B66HSW-LRF-20250512-EN Draft.pdf“ und „DM610-635G12RT-B66HSW-20250619-EN.pdf“

11.2 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
- ▶ 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
- ▶ RAL R1 – Richtlinie für die Anlage von Landstraßen, FGSV 2012
- ▶ RAL R1 – Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RAS 06, FGSV 2006
- ▶ 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
- ▶ 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
- ▶ Empfehlungen der Strahlenschutzkommission: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren, Februar 2006
- ▶ Eicker, U.: Solare Technologien für Gebäude; 1. Aufl. B. G. Teubner GmbH Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, 2001
- ▶ 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 Lärmschutzwällen – ein Laborexperiment. Tagungsband 18. Gemeinschaftstagung Licht 2008, 10. - 13. Sep 2008, Ilmenau, pp 582-589



12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der geplanten Anlage „Solarpark Vietlütbe Ausbau-Süd“ (PV-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	12
Abbildung 5: Reflexionsdiagramm für schützenswerte Nutzungen (oben) mit einem Ausschnitt in 3-minütiger Auflösung der Tagesganglinien und schwarzer Umrandung des maximalen Immissionszeitraums (unten)	13
Abbildung 6: Planzeichnung des Bebauungsplans (oben) und Belegungsplan der PV-Anlage (unten, Modultischreihen in Blau, Einfriedung in Rot)	14
Abbildung 7: Reflexionsdiagramm (oben) mit Eingrenzung der blendkritischen Azimutbereiche (unten) ..	16
Abbildung 8: Bodennahe Reflexionsrichtungen (gelbe Winkel mit 300 m Schenkellänge) in westliche (oben) und östliche (unten) Richtung, angezeichnet an ausgewählte Eckpunkte der Anlage.....	17
Abbildung 9: oben: Blickpunkte (cyanfarbene Kreise) für die detaillierte Blendanalyse; unten: Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und Blickrichtung am Blickpunkt	18
Abbildung 10: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_1 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können.....	19
Abbildung 11: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_2 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können.....	20
Abbildung 12: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_3 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können.....	21
Abbildung 13: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_4 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können.....	21
Abbildung 14: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnW_5.....	22
Abbildung 15: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnO_1 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können.....	23
Abbildung 16: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnO_2 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können.....	24
Abbildung 17: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnO_3 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können.....	24
Abbildung 18: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkte BahnO_4 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können.....	25



Abbildung 19: Darstellung der Einfriedungsabschnitte als grüne Linie, die als temporärer Sichtschutzzaun auszuführen sind 28



13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage	15
Tabelle 2: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für Reflexionen der PV-Tische nördlich des Schienenwegs in das zentrale Blickfeld der aus Richtung Westen kommenden Lokführenden.....	22
Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für Reflexionen der PV-Tische nördlich des Schienenwegs in das zentrale Blickfeld der aus Richtung Osten kommenden Lokführenden.....	25