

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

Blendgutachten ***„Agri-PV Sarkwitz“***

*Ermittlung der potenziellen Blendwirkungen einer PV-
Anlage mit einachsigen horizontalen Trackersystemen auf
umliegende Verkehrswege und schutzwürdige Nutzungen
von Anliegern*

Auftraggeber:

Solventus GmbH & Co. KG
Uhlenkrog 32
24113 Kiel

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: 21. September 2026
Gutachten-Nr.: SPX-RS-P260078-01



Inhalt

1	Zweck und Gegenstand des Gutachtens	4
2	Regulatorischer Rahmen und Bewertungsgrundlagen	5
2.1	Vorbemerkung zu Reflexionen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen.....	5
2.2	Immissionsschutz	5
2.3	Verkehrssicherheit	6
2.3.1	Allgemeine Anforderungen.....	6
2.3.2	Straßen- und Schienenverkehr.....	6
3	Berechnungsmethodik.....	8
3.1	Berechnung der Reflexionsrichtungen.....	8
3.2	Blickpunktbezogene Blendanalyse	9
3.3	Lichttechnische Berechnungen	10
4	Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage.....	12
5	Vorbemerkungen zu Sonnenlichtreflexionen von PV-Anlagen mit Trackersystemen.....	14
6	Reflexionsanalyse für das Sondergebiet SO1.....	15
6.1	Reflexionsrichtungen in Sonderpositionen.....	15
6.1.1	Horizontalposition	15
6.1.2	Ausrichtung nach Osten	16
6.1.3	Ausrichtung nach Westen.....	17
6.2	Bewertung der Blendrisiken.....	17
7	Reflexionsanalyse für das Sondergebiet SO2.....	20
7.1	Reflexionsrichtungen in Sonderpositionen.....	20
7.1.1	Horizontalposition	20
7.1.2	Ausrichtung nach Süden	21
7.1.3	Ausrichtung nach Norden.....	21
7.2	Bewertung der Blendrisiken.....	23
8	Empfehlungen zu Sonderpositionen der Trackersysteme	25
9	Zusammenfassung und Fazit.....	26
10	Verwendete Materialien.....	27
10.1	Dokumente vom Auftraggeber	27



10.2	Literatur	27
11	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	28



1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens

Im Zuge der Bauleitplanung für die Freiflächen-Photovoltaikanlage Agri-PV Sarkwitz ist zu prüfen, ob von den Modulen der Anlage Sonnenlicht auf Verkehrswege oder schützenswerte Nutzungen von Anliegern reflektiert werden kann und ob dadurch gegebenenfalls unzumutbare Lichtimmissionen oder die Sicherheit des Verkehrs beeinträchtigende Blendwirkungen auftreten können. Aus den Ergebnissen sind Empfehlungen für blendwirkungsfreie Sonderpositionen der Trackersysteme abzuleiten.

Die Agri-PV-Anlage mit Batteriespeichersystem soll auf Grundlage des vorhabenbezogenen Bebauungsplans Nr. 105 -Sch- der Gemeinde Scharbeutz in der Gemarkung Sarkwitz im Kreis Ostholstein auf zwei landwirtschaftlich genutzten Belegungsflächen errichtet werden. Dabei werden die PV-Module auf einachsiger-horizontalen Trackersystemen montiert, die die Neigung der PV-Module dem Sonnenstand nachführen. Die Lage der Belegungsflächen ist in Abbildung 1 dargestellt.

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



Abbildung 1: Lage der geplanten Anlage „Agri-PV Sarkwitz“ (Modultischreihen in Blau eingezeichnet)



2 Regulatorischer Rahmen und Bewertungsgrundlagen

2.1 Vorbemerkung zu Reflexionen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen

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

PV-Anlagen, deren Neigung mit einachsigen-horizentalen Trackersystemen der Sonnenhöhe nachgeführt wird, können im Nachfuhrbetrieb nur Reflexionen mit positiven Höhenwinkeln bewirken, die unter den meisten topografischen Bedingungen nicht auf Anlieger oder bodengebundenen Verkehr gerichtet werden 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 regelmäßigen anlagenbedingten Lichtimmissionen kommen kann und eine erhebliche Belästigung damit prinzipbedingt ausgeschlossen ist.

2.2 Immissionsschutz

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) sind sowohl genehmigungspflichtige als auch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen, darunter auch Lichtimmissionen, sonstige Gefahren sowie erhebliche Nachteile und Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft vermieden werden.

Derzeit gibt es keine lichtbezogene Immissionsschutz-Verordnung. Deren Aufgabe übernehmen in Baugenehmigungsverfahren 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 auch Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung der Blendwirkung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Sie definieren schutzwürdige Räume, Flächen und Zeiten.

Die LAI-Hinweise geben eine Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume unter der Annahme einer punktförmigen Sonne und ideal gerichteter Reflexion vor. Dabei sind für die Ermittlung der Blendzeiträume nur die Zeiten zu berücksichtigen, in denen sich die Blickrichtungen zur Sonne und auf das reflektierende Modul um mindestens 10° unterscheiden. Für die Beurteilung der Zumutbarkeit von Lichtimmissionen definieren die LAI-Hinweise Mindestwerte von 30 min/d oder 30 h/a für die berechneten Blendzeiträume. Wenn diese erreicht werden, liegt ein Hinweis für eine erhebliche Belästigung vor und eine Würdigung des Einzelfalls notwendig.

Die Berechnungsvorschrift dient der Vergleichbarkeit von PV-Planungen hinsichtlich der anlagenbedingten Lichtimmissionen. Die Größe der Sonnenscheibe, die Streuung der Reflexionen durch Bündelaufweitung und die regional und jährlich unterschiedlichen Sonnenstunden bewirken, dass die tatsächlichen Immissionszeiträume von der schematischen Berechnung abweichen. In der Rechtsprechung wird die Zumutbarkeit von Lichtimmissionen hingegen häufig nach den tatsächlichen Verhältnisse bestimmt, wobei die Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit der betroffenen Anlieger einbezogen werden.



2.3 Verkehrssicherheit

2.3.1 Allgemeine Anforderungen

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

2.3.2 Straßen- und Schienenverkehr

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

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

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

Ein Risiko für eine Absolutblendung besteht vornehmlich im zentralen Blickfeld, das durch unbewusste Augenbewegungen (Sakkaden) und Fixationen des Blicks auf die für die Fahraufgabe wesentlichen Objekte



aufgespannt wird. Es umfasst für typische Fahraufgaben maximal den Bereich mit einem horizontalen Differenzwinkel zur Blickachse (= Hauptblickrichtung) von $\leq 10^\circ$ und einen Höhenwinkelbereich von -4° bis $+6^\circ$ zur Horizontalen. An Knotenpunkten und für spezielle Fahrsituationen kann eine abweichende Festlegung des zentralen Blickfelds erforderlich sein.

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

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

Wenn die Sonne zum Zeitpunkt der Reflexionen auf einer Höhe von bis zu 10° ebenfalls im Blickfeld steht, dominiert sie das Helligkeitsgeschehen. Bei einem Abstandswinkel von weniger als 5° kann eine Relativblendung durch die Reflexionen vernachlässigt werden. Bei einer Sonnenhöhe von 5° kann diese nicht mehr durch die Fahrzeugblende abgeschirmt werden, so dass das Risiko für eine Absolutblendung bereits durch den Blick in Richtung Sonne gegeben ist.



3 Berechnungsmethodik

3.1 Berechnung der Reflexionsrichtungen

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

Für die Reflexionsberechnungen wird der in dem UTM-Koordinatensystem der amtlichen Karten erstellte Belegungsplan der Anlage auf eine nach geographisch Nord ausgerichtete georeferenzierte Plangrundlage mit einem Koordinatensystem in winkeltreuer Lambert-Kegelprojektion übertragen und ggf. zum Ausgleich der Meridiankonvergenz gedreht. Auf dieser Grundlage werden die Azimutausrichtung der Module und die Winkelbeziehungen zu den Immissionsorten ermittelt.

Die Reflexionsrichtungen werden nach dem Reflexionsgesetz für ideal gerichtete Reflexion unter Annahme einer punktförmigen Sonne mit den Sonneneinfallswinkeln am Standort der Anlage berechnet. Die Berechnungsergebnisse werden für 12 Tage im Jahr (jeweils für den 21. jeden Monats) als Azimut (x-Wert) und Höhenwinkel (y-Wert) anschaulich in einem frei einstellbaren Minutenintervall der Tagesganglinien als Reflexionsdiagramm (Abbildung 2) dargestellt. Die roten Dreiecke im Diagramm markieren die Reflexionsrichtungen am 21. Juni und die dunkelblauen die am 21. Dezember. Sie markieren damit die Grenzwinkel aller möglichen Reflexionsrichtungen. Die Analemmata für ausgewählte Uhrzeiten geben eine Orientierung hinsichtlich der Tageszeit, an der bodennahe Reflexionen zu erwarten sind. Oberhalb des Diagrammbereichs werden angegeben:

- ▶ der Standort der PV-Anlage
- ▶ der berücksichtigte Anlagenteil mit auf geografisch Nord bezogener Planausrichtung, Planneigung und 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

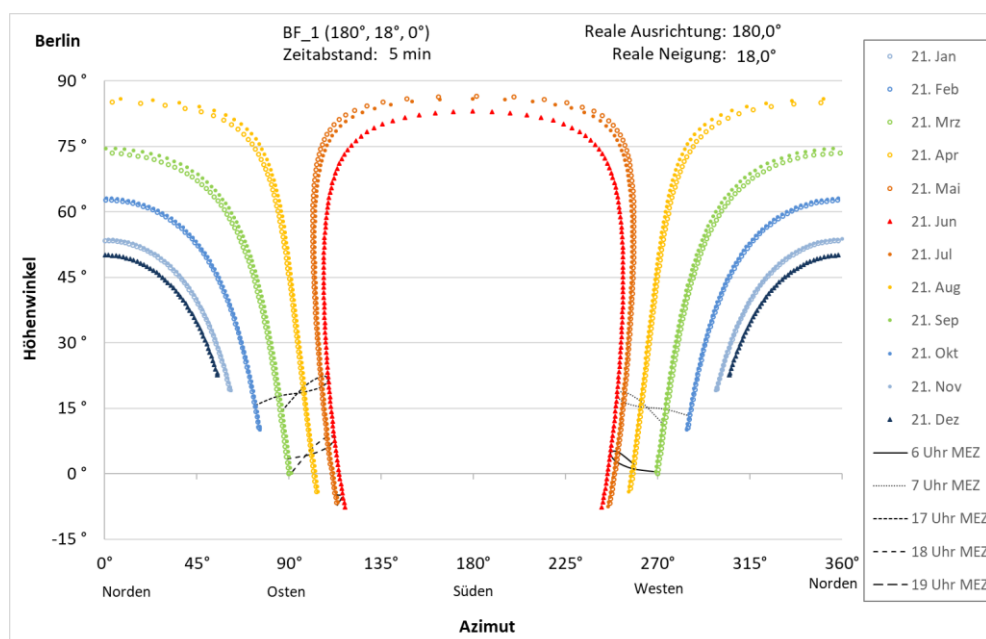


Abbildung 2: Reflexionsdiagramm für südusgerichtete PV-Tische mit 18° Neigung am Standort Berlin



3.2 Blickpunktbezogene Blendanalyse

Für die blickpunktbezogene Blendanalyse werden typischerweise die vier Eckpunkte aller PV-Tische als Reflexionspunkte modelliert. Die x-y-z-Koordinaten der Tischkanten werden der Plangrundlage entnommen. Die z-Werte ergeben sich aus den Höhen des Geländes und der Unter- resp. Oberkanten der Module. Falls der Belegungsplan keine Höheninformationen beinhaltet, werden ersatzweise Höhendaten des landesspezifischen Geoportals oder einer Pfadvermessung Google Elevate in Google Earth Pro genutzt.

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

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

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

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

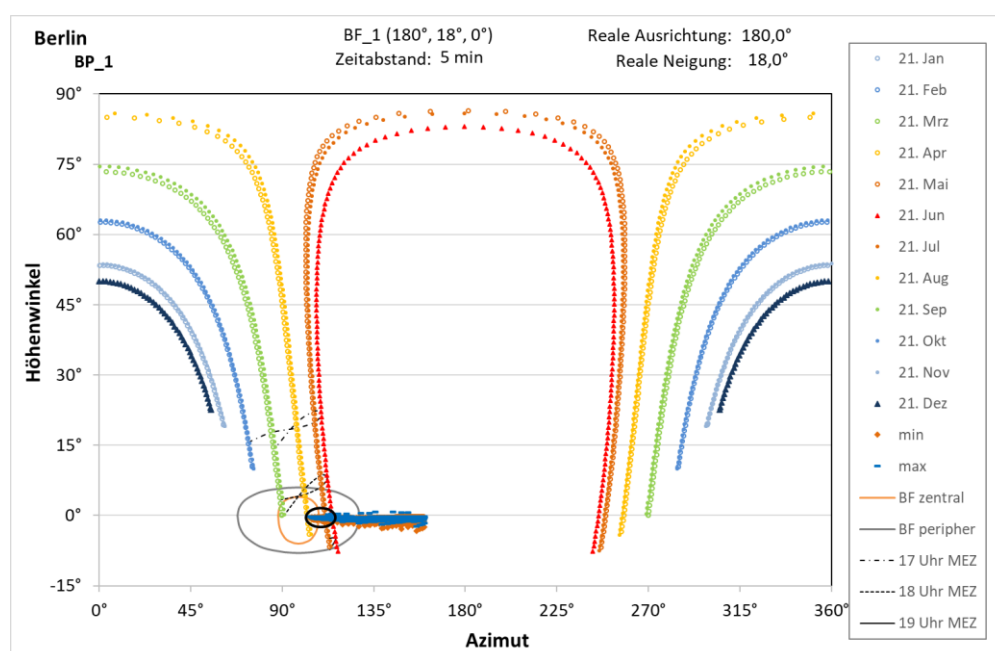


Abbildung 3: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden



Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Reflexionsdiagramm mit Blickbeziehungen zu einem schutzwürdigen Raum, bei der der potenzielle Blendzeitraum 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 im Sinne der LAI-Hinweise nicht als blendwirksame Lichtmissionen zu werten sind. Im gezeigten Beispiel beträgt der maximale tägliche Blendzeitraum 5 Minuten und der jährliche (umgrenzt durch eine schwarze Linie) ca. 8 Stunden.

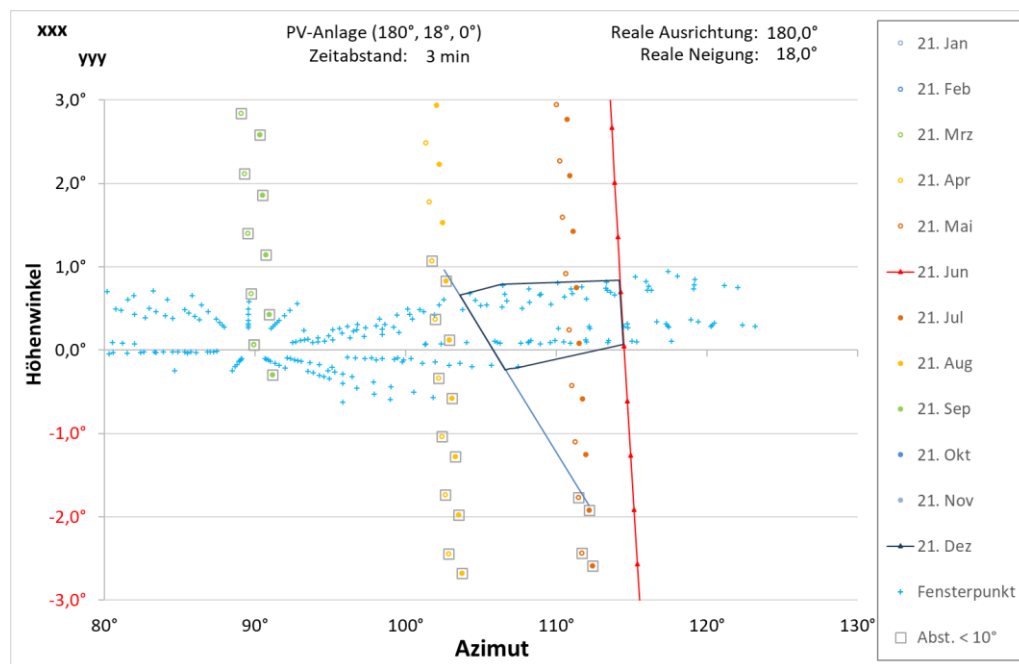


Abbildung 4: Reflexionsdiagramm für schutzwürdige Nutzungen mit Umrandung des Blendzeitraums

3.3 Lichttechnische Berechnungen

Die Blendwirkung von Sonnenlichtreflexionen wird in Abhängigkeit von der Sehaufgabe durch ihre Richtung (Azimut und Höhenwinkel in $^\circ$), die am Blickpunkt bewirkte Beleuchtungsstärke (lx) sowie der Leuchtdichte (cd/m^2) und Winkelgröße ($^\circ$) des Blendflecks im Blickfeld bestimmt.

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

Tabelle 1: Beleuchtungsstärken durch Sonnenstrahlen in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe

Sonnenhöhenwinkel	horizontale Beleuchtungsstärke	senkrechte Beleuchtungsstärke
10 °	7.135 lx	41.091 lx
20 °	24.776 lx	72.441 lx
30 °	43.571 lx	87.142 lx
65 °	94.489 lx	104.257 lx

Für den Reflexionsgrad der PV-Module werden – wenn keine modulspezifischen Werte verfügbar sind – die in Abbildung 5 dargestellten Standardwerte genutzt. Diese sind als Worst-Case einzustufen, da bei Modulen



mit strukturierter Oberfläche der Anteil gerichteter Reflexionen geringer ist, als der als hemisphärischer Reflexionsgrad ermittelte Standardwert angibt.

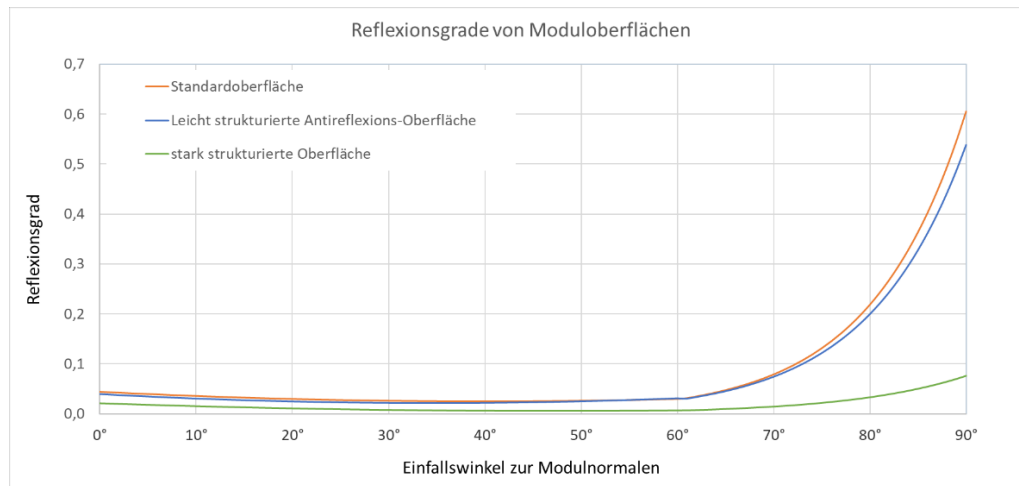


Abbildung 5: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015

Die mit Hilfe des Reflexionsgrads berechnete Beleuchtungsstärke am Blickpunkt unterstellt, dass das gesamte reflektierte Licht auf den Blickpunkt gerichtet wird. Auf Grund diffus gestreuter Lichtanteile und der Bündelaufweitung des konischen Reflexionsstrahls erreicht nur ein Teil des von einer Moduloberfläche reflektierten Lichts den Blickpunkt. Wenn keine Messwerte zur Bündelaufweitung der konkret verwendeten PV-Module vorliegen, wird der Öffnungswinkel des konischen Lichtstrahls pauschal mit 5° angesetzt und eine gleichmäßige Leuchtdichteverteilung unterstellt. Für die volle Reflexion des gerichtet reflektierten Sonnenlichts auf einen Blickpunkt ist ein Blendfleck von 5° Durchmesser im Sehfeld des Beobachters erforderlich.

Labor- und Feldmessungen (Bucher et al.) zeigen, dass die Aufweitung des Reflexionsstrahls von Solargläsern bei streifendem Lichteinfall zu einer elliptischen Öffnung führt. Bei den für bodennahe Reflexionen von Freiflächen-PV-Anlagen typischen Lichteinfallswinkeln von mehr als 70° erscheint die Ausdehnung des Blendflecks in Längsrichtung zunehmend größer als in Querrichtung. Für die Ermittlung der wirksamen Beleuchtungsstärke an einem Blickpunkt ist deshalb vor allem der Höhenwinkelbereich zu berücksichtigen, den die PV-Anlage im Blickfeld einnimmt. Bei Winkelhöhen der Anlage von weniger als 5° in Blickrichtung ($\pm 2,5^\circ$ Azimut) wird unter Berücksichtigung der ungleichmäßigen Leuchtdichteverteilung des Blendflecks eine entsprechende Abschätzung vorgenommen.

Aus der Beleuchtungsstärke auf der Moduloberfläche kann mit Hilfe eines messtechnisch ermittelten, winkelabhängigem Leuchtdichtekoeffizienten die Leuchtdichte des Blendflecks berechnet werden



4 Beschreibung des Plangebiets und der PV-Anlage

Das Plangebiet der PV-Anlage befindet sich unmittelbar nordöstlich der Ortslage Sarkwitz.

Die Belegungsfläche des nordwestlichen Sondergebiets SO 2 liegt ca. 100 m östlich des Sarkwitzer Anliegers Am Teich 8. Sie wird im Norden durch die als Wirtschaftsweg weitergeführte Anliegerstraße Am Teich begrenzt. Im Norden befindet sich Wald und im Westen grenzen Felder und das Sondergebiet SO2 an die Fläche an.

Die Belegungsfläche des Sondergebiets SO1 befindet sich unmittelbar hinter dem Ortsausgang Sarkwitz ca. 100 m nördlich der Kreisstraße K 54 (Pansdorfer Straße). Die Fläche wird im Norden und Osten durch Wald begrenzt. Im Nordwesten befindet sich das Sondergebiet SO2. Im Westen und Süden grenzen Felder an die Belegungsfläche. Abbildung 6 zeigt die Flächen und der geplante Belegung mit Trackersystemen.

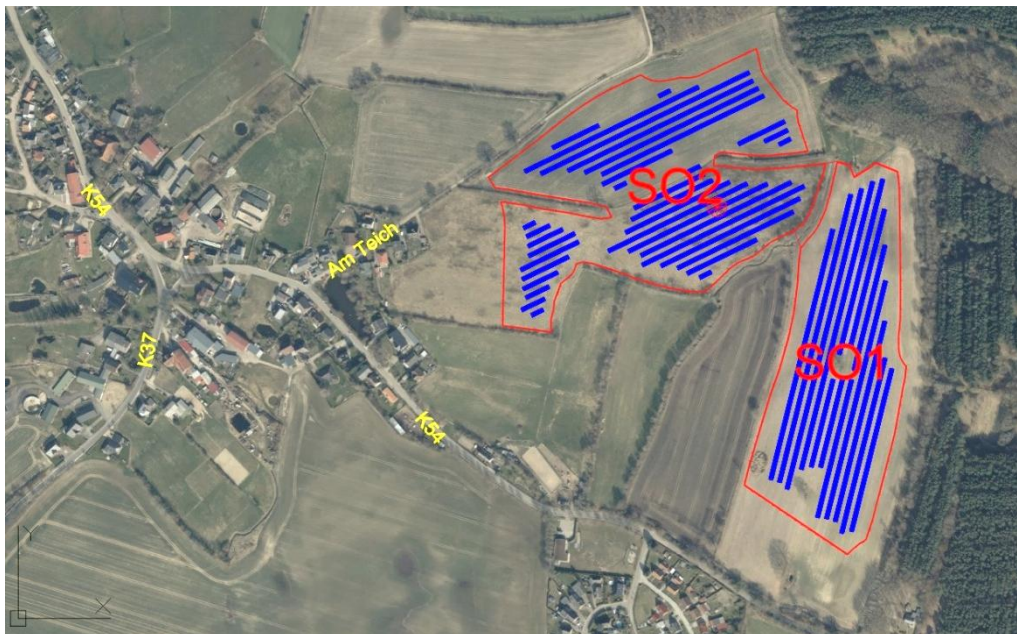


Abbildung 6: Belegungsplan der geplanten Agri-PV-Anlage, Stand Mai 2026

Die Belegungsflächen der Anlage liegen in mäßig reliefiertem Gebiet auf einer Höhe von 17 m üNN bis 26 m üNN mit uneinheitlicher Exposition. Die maximale Hangneigung in Verlaufsrichtung der Tischreihen beträgt weniger als 3° mit überwiegendem Anstieg nach Südosten. Die Einfriedung der Anlage ist mit umlaufende Drahtgitterzäunen geplant.

Der mit amtlichem Kartenmaterial erstellte Belegungsplan sieht für die auf die Trackersysteme im Sondergebiet SO2 montierten PV-Module eine Azimutausrichtung von 152,8° Süd und 332,8° Nord vor. Die Drehachse der Trackersysteme ist mit einem Neigungsbereich von -2° bis +2° (positiver Wert: Anstieg nach Osten) zu berücksichtigen. Die PV-Module im Sondergebiet SO1 werden mit 102,7° nach Osten und mit 282,7° nach Westen ausgerichtet. Die Drehachse der Trackersysteme steigt mit 0° bis 3° uneinheitlich nach Süden an.

Die Abweichung des UTM-Koordinatensystems der amtlichen Karten zu geographisch Nord beträgt am Standort der Anlage 1,4°. Bezogen auf geographisch Nord betragen die Planausrichtungen (= ebenes Gelände) der PV-Module in SO1 damit 104,1°/284,1° und in SO2 154,2°/334,2°.



Der Belegungsplan sieht für die auf die Trackersysteme montierten PV-Module eine 2P-Konfiguration vor. Die Modulneigung wird im regulären Nachführbetrieb auf 17° begrenzt. Für Flächenarbeiten können die Trackersysteme die PV-Module auf eine maximale Neigung von 70° drehen. In der Horizontalstellung befindet sich die reflektierende Oberfläche der Module auf einer Höhe von 2,8 m. Bei 17° Neigung befinden sich die Modulkanten auf minimal 2,05 m und maximal 3,55 m. Bei 70° Neigung erreicht die Oberkante eine Höhe von 4,56 m. Abbildung 7 zeigt bemaßte Ansichten der Trackersysteme. Tabelle 2 fasst die Angaben zum Plangebiet und zur PV-Anlage zusammen.

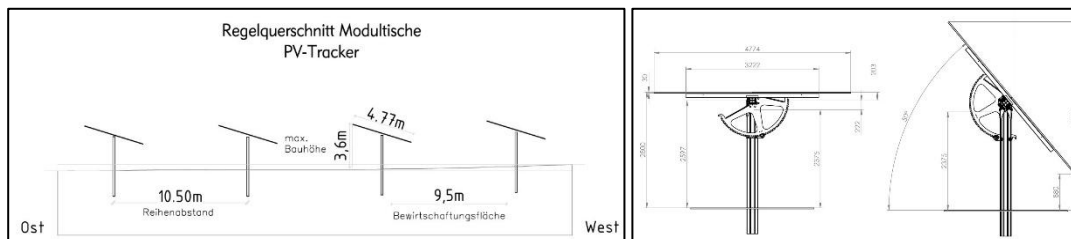


Abbildung 7: bemaßte Ansichten der Trackersysteme; Quelle: Kundenmaterial

Tabelle 2: Angaben zum Plangebiet und zur PV-Anlage

PV-Anlage:	Agri-PV Sarkwitz
Standort:	Gemarkung Sarkwitz, SO1: FlSt. 190, 201; SO2: FlSt. 194, 195
Standortkoordinaten:	N53.992°, E10.675°
Gemeinde / Kreis / Bundesland:	Scharbeutz / Ostholstein / Schleswig-Holstein
Höhe der Belegungsfläche:	17 m üNN bis 26 m üNN
Umliegende Verkehrswege / Abstand:	K54 > 100 m, Am Teich ≥ 25 m
Abstand schutzwürdige Räume:	Ca. 120 m (Am Teich 8)
Gesamtleistung der Anlage:	7 MWp
Typ der PV-Module:	Noch nicht festgelegt, thermisch gehärtetes Deckglas
Tischkonfiguration:	Trackersysteme mit 2P-Belegung
Höhe der Modulkanten:	0,9 m bis 4,6 m über GOK
Planausrichtung (geografisch Nord):	SO1: 104,1° und 284,1° SO2: 154,2° und 334,2°
Planneigung:	0° bis 17° im Nachführbetrieb, für Flächenarbeiten bis 70°
Achsneigungen: (positiv: Anstieg in östliche Richtung)	SO1: 0° bis 3° (Anstieg nach Süden) SO2: ±2°
Einfriedung:	Noch nicht festgelegt



5 *Vorbemerkungen zu Sonnenlichtreflexionen von PV-Anlagen mit Trackersystemen*

Die untersuchte PV-Anlage ist mit einachsigen horizontalen Trackersystemen geplant, die die darauf montierten PV-Module dem astronomischen Sonnenstand nachführen, so dass auf annähernd ebenem Gelände keine bodennahen Reflexionen entstehen können. Die Module werden durch die Nachführung vormittags in die östlichere Richtung und nachmittags in die westlichere ausgerichtet.

Die astronomische Nachführung der Trackersysteme wird durch einen Backtracking-Algorithmus ergänzt, der Verschattungen reduziert und den Energieertrag optimiert. In den morgendlichen Backtracking-Phasen werden die Module nach dem Sonnenaufgang aus geringer Neigung bis auf die maximale Neigung bei Ostausrichtung (hier: 17°) gedreht und anschließend entsprechend der Sonnenhöhe wieder vermindert bis die Horizontalposition erreicht wird. Nach dem Erreichen des höchsten Sonnenstandes werden die Module im weiteren Tagesverlauf nach Westen gedreht und ihre Neigung mit zunehmendem Tagesverlauf erhöht, bis in die abendliche Backtrackingphase übergegangen wird.

Während des Nachföhrbetriebs können keine bodennahen Sonnenlichtreflexionen entstehen. Nur Betriebszustände außerhalb der astronomischen Nachführung können zu einem Blendrisiko föhren. Diese Zustände umfassen neben der Backtracking-Regelung die Parkpositionen der Trackersysteme für Flächen- und Wartungsarbeiten, bei Störungen und bei Sturm. Für Flächenarbeiten sieht die organisatorische Planung der Betriebsführung für den Standort Sarkwitz eine Neigung der PV-Module von 70° vor.

Im Immissionsschutz wird die Zumutbarkeit von Lichtimmissionen anhand ihrer täglichen und jährlichen Dauer beurteilt. Weil diese im Regelbetrieb komplett vermieden werden, können nur die fest eingestellten Sonderpositionen zu einer ausnahmsweisen Belästigung von Anliegern föhren. Auch Verkehrsteilnehmer können nur bei fest eingestellter Sonderposition von blendwirksamen Reflexionen in ihre Blickfelder betroffen werden. Dementsprechend besteht das Ziel der Reflexionsuntersuchung in der Ermittlung blendwirkungsfreier Sonderpositionen für die Trackersysteme.



6 Reflexionsanalyse für das Sondergebiet SO1

6.1 Reflexionsrichtungen in Sonderpositionen

6.1.1 Horizontalposition

Abbildung 8 zeigt die Reflexionsrichtungen im Tages- und Jahresverlauf für die PV-Module des Sondergebiets SO1 in der Horizontalposition der Trackersysteme mit 0° (oben) und 3° Achsenneigung (unten). Die Neigung der Drehachse der Systeme führt dazu, dass sich die Ausrichtung der reflektierenden Ebene ändert. Die resultierende tatsächliche Ausrichtung und Neigung der Module ist den jeweiligen Reflexionsdiagrammen oder der Ergebniszusammenfassung in Tabelle 3 zu entnehmen.

Die PV-Module können auf ebenem Gelände (= 0° Achsenneigung) ausschließlich nach oben reflektieren. Bei geringen Höhenwinkeln < 5° steht die Sonne auf einer Höhe von weniger als 5° über der reflektierenden Fläche und überstrahlt die Reflexionen, die damit keine eigenständige Blendwirkung verursachen.

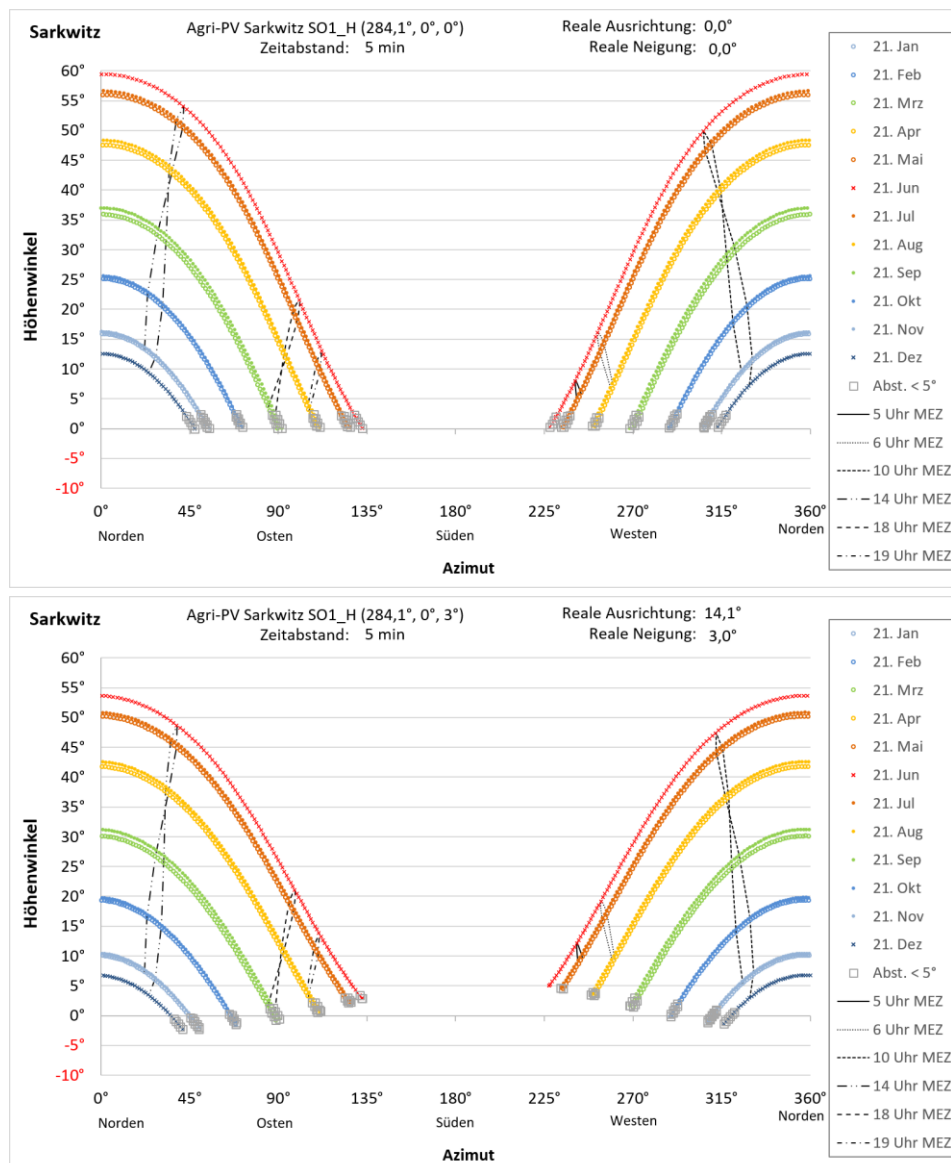


Abbildung 8: Reflexionsdiagramme für das Gebiet SO1 in Horizontalposition mit 0° und 3° Neigung der Drehachse



Auf Gelände mit der maximalen Hangneigung von 3° mit Anstieg in südlicher Richtung und der daraus resultierenden tatsächlichen Ausrichtung von 14,1° können die abendlichen bodennahen Reflexionen in östliche und nordöstliche Richtung (30° bis 105° Azimut) im Winterhalbjahr bereits bei höheren Sonnenständen als 5° auftreten und damit potenziell blendwirksam werden. Alle Neigungseinstellungen, die zu potenziell blendwirksamen Reflexionen führen, können nur in Sonderpositionen außerhalb des Nachführsregimes vorliegen.

6.1.2 Ausrichtung nach Osten

Abbildung 9 zeigt die Reflexionsrichtungen für ostausgerichtete Trackersysteme mit der medianen Achsenneigung der Trackersysteme von 1° mit Anstieg nach Süden bei einer Neigungseinstellung von 5° (oben), 17° (unten links, nur östliche Hemisphäre) und 70° (unten rechts, nur östliche Hemisphäre).

Bei einer Neigung von 5° können ganzjährig kurz vor Sonnenuntergang potenziell blendwirksame Reflexionen in einen östlichen Azimutbereich von 30° bis 120° gerichtet werden, bei 17° Neigung verschiebt sich der potenzielle Blendbereich auf 25° bis 90° und der Zeitpunkt auf den Nachmittag. Bei 70° Neigung können blendwirksame Reflexionen vormittags in einen Azimutbereich von 32° bis 105° gerichtet werden können. Alle Neigungseinstellungen, die zu potenziell blendwirksamen Reflexionen führen, können nur in Sonderpositionen außerhalb des Nachführsregimes vorliegen.

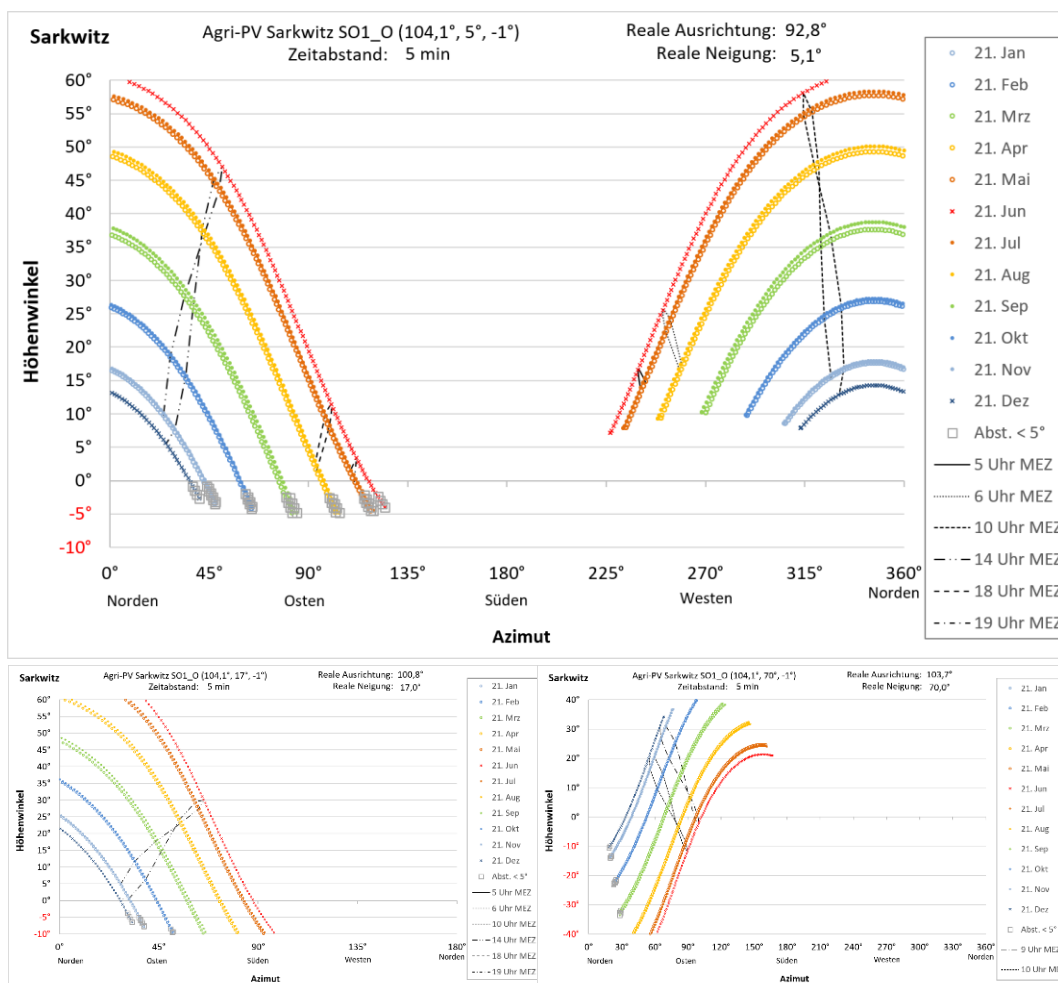


Abbildung 9: Reflexionsdiagramme für PV-Module des Gebiets SO1 bei Ausrichtung nach Osten mit einer Neigung von 5°, 17° und 70°



6.1.3 Ausrichtung nach Westen

Abbildung 10 zeigt die Reflexionsrichtungen für westausgerichtete Trackersysteme mit der medianen Achsenneigung von 1° mit Anstieg nach Süden bei einer Neigung von 5° (oben), 17° (unten links, nur westliche Hemisphäre) und 70° (unten rechts, nur westliche Hemisphäre).

Bei einer Neigung von 5° können ganzjährig kurz nach Sonnenaufgang potenziell blendwirksame Reflexionen in einen nordwestlichen Azimutbereich von 237° bis 335° gerichtet werden. Bei 17° Neigung verschiebt sich der potenzielle Blendbereich auf 274° bis 357° nach Norden. Bei 70° Neigung können blendwirksame Reflexionen vormittags in einen Azimutbereich von 303° bis 360° gerichtet werden. Alle Neigungseinstellungen, die zu potenziell blendwirksamen Reflexionen führen, können nur in Sonderpositionen außerhalb des Nachführungsregimes vorliegen.

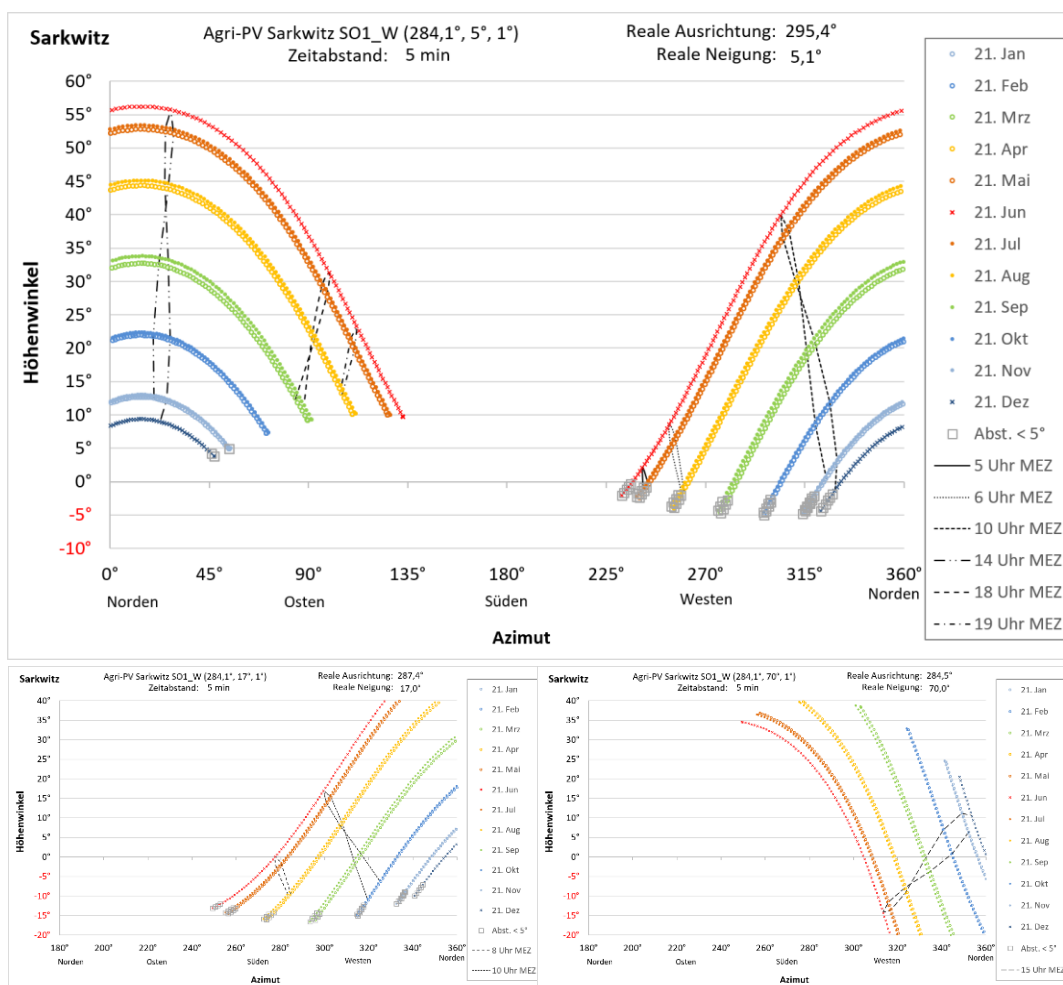


Abbildung 10: Reflexionsdiagramme für PV-Module des Gebiets SO1 bei Ausrichtung nach Westen mit einer Neigung von 5° (oben), 17° (unten links) und 70° (unten rechts)

6.2 Bewertung der Blendrisiken

Tabelle 3 dokumentiert die Azimutbereiche der bodennahen Reflexionen für alle untersuchten Ausrichtungseinstellungen und Abbildung 11 visualisiert deren Himmelsrichtungen mittels gelber (Horizontalposition), orangener (Ostausrichtung) und grüner (Westausrichtung) Winkel mit 300 m Schenkellänge vor dem Hintergrund eines nach geografisch Nord ausgerichteten Luftbilds aus Microsoft Bing Maps.



Tabelle 3: Azimutgrenzen der blendrelevanten bodennahen Reflexionen

Bezeichnung	Reale Ausrichtung	Reale Neigung	Blendbereich Ost	Blendbereich West
Agri-PV Sarkwitz SO1_H (284,1°, 0°, 0°)	0°	0,0°	-	-
Agri-PV Sarkwitz SO1_H (284,1°, 0°, 3°)	14,1°	3,0°	30° - 105°	-
Agri-PV Sarkwitz SO1_O (104,1°, 5°, -1°)	92,8°	5,1°	30° - 120°	-
Agri-PV Sarkwitz SO1_O (104,1°, 17°, -1°)	104,1°	17,0°	25° - 90°	-
Agri-PV Sarkwitz SO1_O (104,1°, 70°, -1°)	103,7°	70,0°	32° - 105°	-
Agri-PV Sarkwitz SO1_W (284,1°, 5°, -1°)	295,4°	5,1°	-	237° - 335°
Agri-PV Sarkwitz SO1_W (284,1°, 17°, -1°)	287,4°	17,0°	-	274° - 357°
Agri-PV Sarkwitz SO1_W (284,1°, 70°, -1°)	103,7°	70,0°	-	305° - 360°

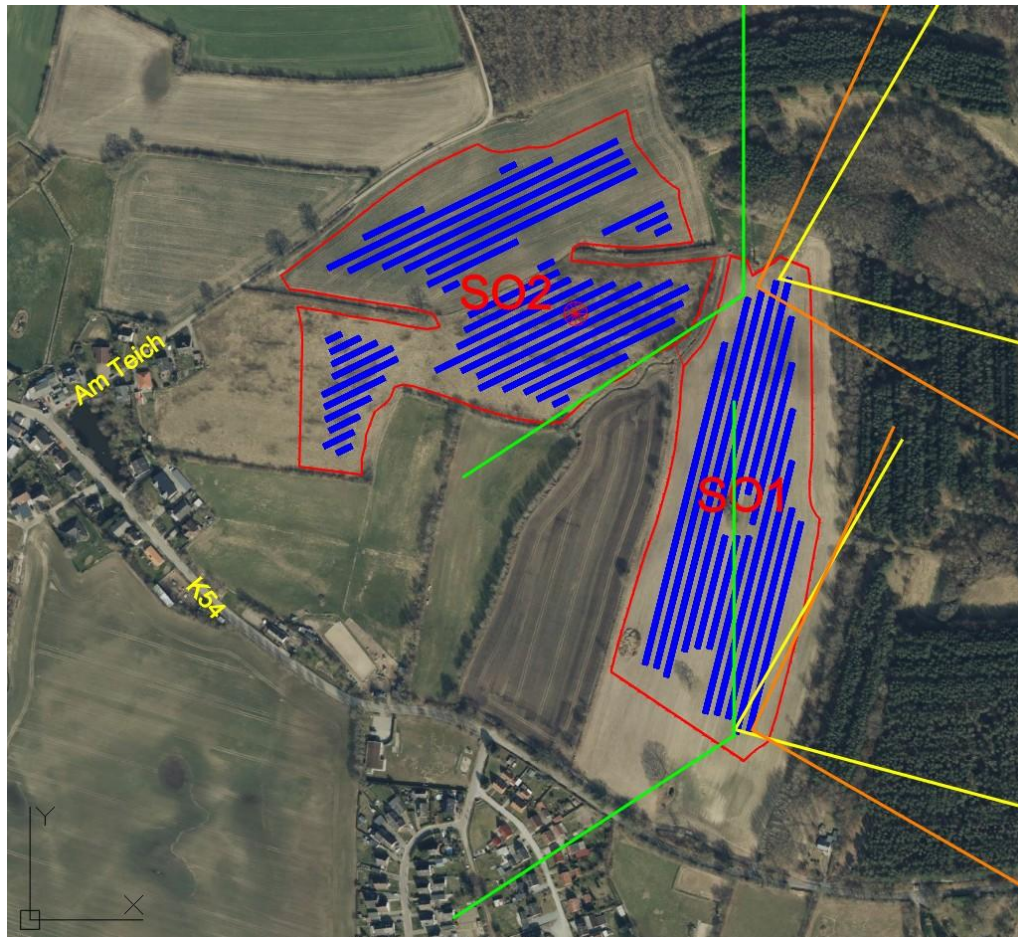


Abbildung 11: Darstellung der bodennahen Reflexionsrichtungen der PV-Module des Gebiets SO1 für Sonderpositionen der Trackersysteme durch gelbe (Horizontalposition), orangene (Ostausrichtung) und grüne (Westausrichtung) Winkel mit 300 m Schenkellänge, angetragenen an ausgewählte Eckpunkte der belegten Fläche

Die bodennahen Reflexionen der PV-Module in Horizontalstellung und bei Ausrichtung nach Osten können zu keinem Zeitpunkt auf öffentliche Verkehrswege oder schutzwürdige Räume von Anliegern gerichtet werden. Bei einer Ausrichtung nach Westen können der Verkehr auf der K 54 in südöstliche Richtung und



die Anlieger im südlichen Sarkwitz bei einer unterstellten freien Sichtbarkeit von potenziell blendwirksamen Reflexionen betroffen werden. Die Sichtbarkeit ist auf Grund der zwischen dem Sondergebiet und den Immissionsorten bestehenden dauerhaften Gehölzstrukturen während der belaubten Periode hinreichend eingeschränkt, um verkehrsgefährdende und erheblich belästigende Blendwirkungen auszuschließen. Die in die südliche Hemisphäre (Azimutrichtung $< 270^\circ$) möglichen bodennahen Reflexionen können ausschließlich in der belaubten Periode von Mitte April bis Ende August auftreten, so dass eine relevante Blendwirkung durch die PV-Module des Sondergebiets SO1 ausgeschlossen werden kann.



7 Reflexionsanalyse für das Sondergebiet SO2

7.1 Reflexionsrichtungen in Sonderpositionen

7.1.1 Horizontalposition

Abbildung 12 zeigt die Reflexionsrichtungen für die PV-Module des Sondergebiets SO2 für Trackersysteme mit $+2^\circ$ (oben) und 2° Achsenneigung (unten) in Horizontalposition. Von den PV-Modulen der Trackersysteme auf Gelände mit 2° Anstieg nach Osten können von Mitte März bis Ende September zwischen 5:30 Uhr (Juni) und 8 Uhr (März/September) Sommerzeit Reflexionen mit Höhenwinkeln von weniger als 2° und einem Abstandswinkel zur Sonne von teilweise etwas mehr als 5° in einen westlichen Azimutbereich von 235° bis 312° gerichtet werden. Von den Modulen auf Trackersystemen mit 2° Anstieg nach Westen können ganzjährig zwischen 15 Uhr MEZ (Dezember) und 20:00 Uhr Sommerzeit (Juni) potenziell blendwirksame Reflexionen in einen östlichen Azimutbereich von 36° bis 127° gerichtet werden.

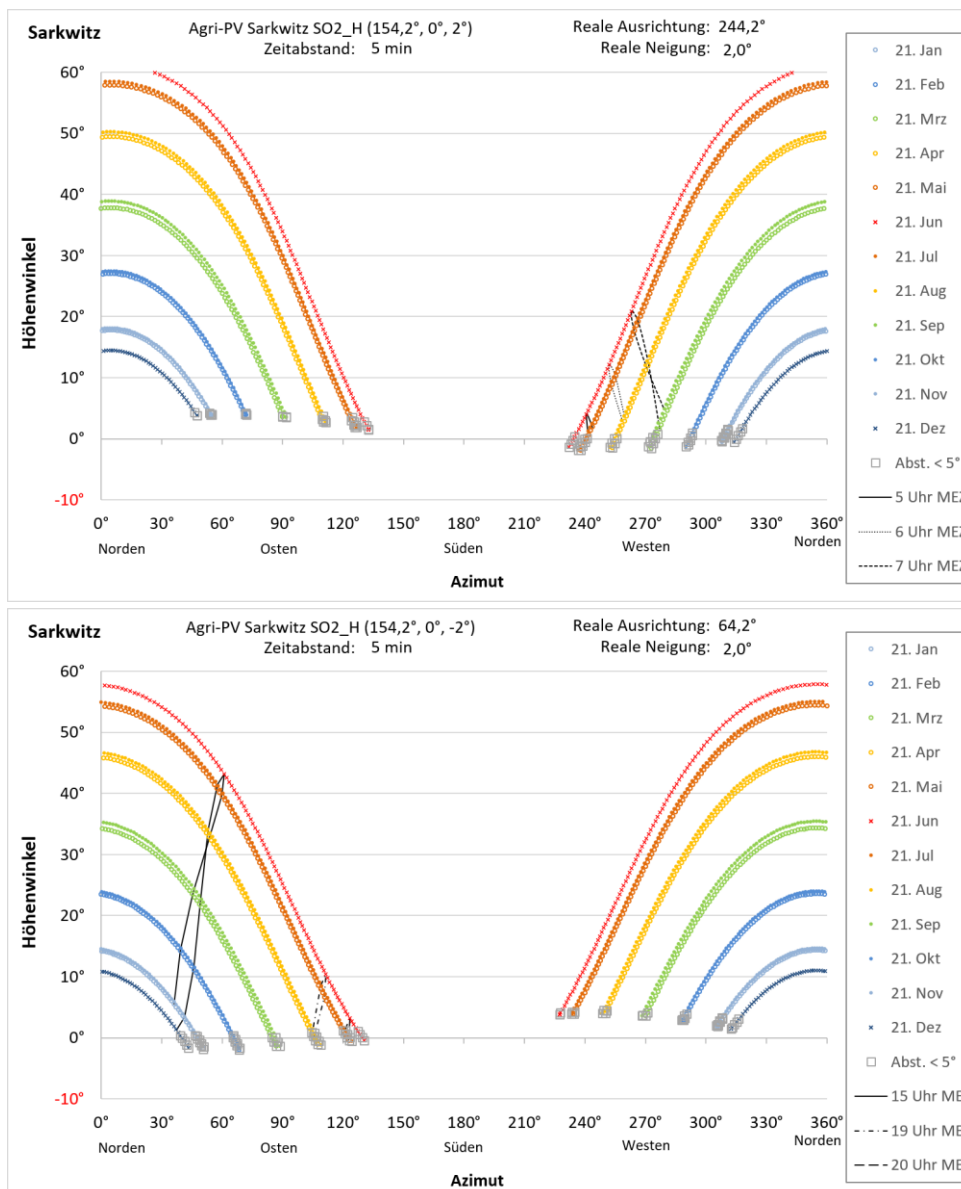


Abbildung 12: Reflexionsdiagramme für das Gebiet SO2 in Horizontalposition mit 2° und -2° Neigung der Drehachse



7.1.2 Ausrichtung nach Süden

Abbildung 13 zeigt die Reflexionsrichtungen für südausgerichtete Trackersysteme ohne Achsenneigung bei einer Neigungseinstellung von 5° (oben), 17° (unten links) und 70° (unten rechts).

Bei einer Neigung von 5° können von Ende Februar bis Mitte Oktober zwischen 16:30 Uhr MEZ (Februar/Oktobre) und 20:30 Uhr Sommerzeit (Juni) potenziell blendwirksame Reflexionen in einen östlichen Azimutbereich von 70° bis 121° gerichtet werden, bei 17° Neigung verschiebt sich der potenzielle Blendbereich auf 64° bis 107° und der Zeitpunkt auf den früheren Abend. Zudem können im Juni potenziell blendwirksame Reflexionen in den westlichen Azimutbereich von 235° bis 238° gerichtet werden. Bei 70° Neigung können potenziell blendwirksame Reflexionen in einen Azimutbereich von 82° bis 190° gerichtet werden können. Alle Neigungseinstellungen, die zu potenziell blendwirksamen Reflexionen führen, können nur als Sonderposition außerhalb des Nachführungsregimes vorliegen.

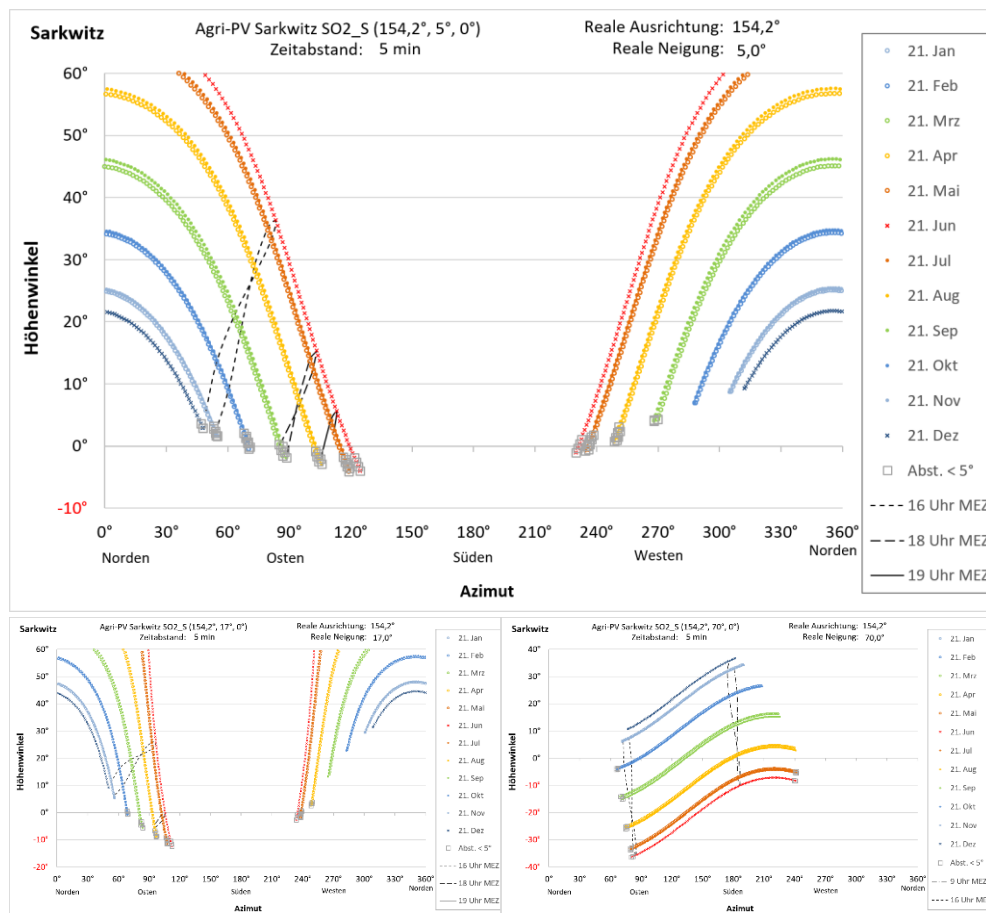


Abbildung 13: Reflexionsdiagramme für PV-Module des Gebiets SO2 bei Ausrichtung nach Süden mit einer Neigung von 5°, 17° und 70°

7.1.3 Ausrichtung nach Norden

Abbildung 14 zeigt die Reflexionsrichtungen für nordausgerichtete Trackersysteme ohne Achsenneigung bei einer Neigung von 5° (oben), 17° (unten links) und 70° (unten rechts).

Bei einer Neigung von 5° können im Winterhalbjahr morgens bodennahe Reflexionen in einen nordwestlichen Azimutbereich von 258° bis 346° und abends in einen nordöstlichen Azimutbereich von 28° bis 54° gerichtet werden. Bei 17° Neigung verschiebt sich der Blendbereich nach Norden auf 272° bis 34°.



Bei 70° Neigung können blendwirksame Reflexionen in dem Monat vor und nach der Sommersonnenwende kurz nach 6:00 Uhr Sommerzeit in einen westlichen Azimutbereich von 249° bis 254° und von Februar bis Oktober zwischen 18 Uhr und 19 Uhr Sommerzeit in einen nordöstlichen Azimutbereich von 24° bis 60° gerichtet werden. Alle Neigungseinstellungen, die zu potenziell blendwirksamen Reflexionen führen, können nur als Sonderposition außerhalb des Nachführungsregimes vorliegen.

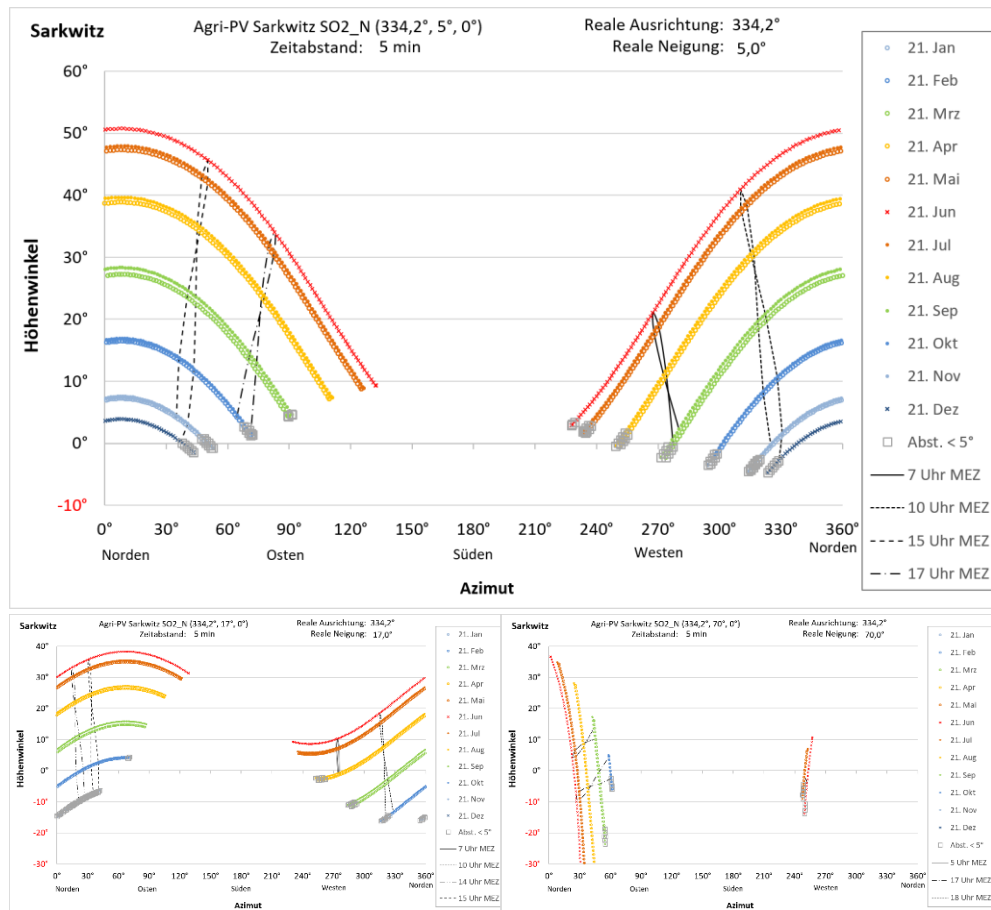


Abbildung 14: Reflexionsdiagramme für PV-Module des Gebiets SO2 bei Ausrichtung nach Norden mit einer Neigung von 5° (oben), 17° (unten links) und 70° (unten rechts)

Tabelle 4 zeigt die Azimutbereiche der bodennahen Reflexionen für alle untersuchten Ausrichtungseinstellungen.

Tabelle 4: Azimutgrenzen der blendrelevanten bodennahen Reflexionen

Bezeichnung	Reale Ausrichtung	Reale Neigung	Blendbereich Ost	Blendbereich West
Agri-PV Sarkwitz SO2_H (154,2°, 0°, 2°)	244,2°	2,0°	-	235° - 312°
Agri-PV Sarkwitz SO2_H (154,2°, 0°, -2°)	64,1°	2,0°	36° - 127°	-
Agri-PV Sarkwitz SO2_S (154,2°, 5°, 0°)	154,2°	5,0°	30° - 120°	-
Agri-PV Sarkwitz SO2_S (154,2°, 17°, 0°)	154,2°	17,0°	64° - 107°	235° - 238°
Agri-PV Sarkwitz SO2_S (154,2°, 70°, 0°)	154,2°	70,0°	89° - 180°	180° - 190°
Agri-PV Sarkwitz SO2_N (334,2°, 5°, 0°)	334,2°	5,0°	28° - 54°	258° - 346°
Agri-PV Sarkwitz SO2_N (334,2°, 17°, 0°)	334,2°	17,0°	0° - 34°	272° - 360°
Agri-PV Sarkwitz SO2_N (334,2°, 70°, 0°)	334,2°	70,0°	24° - 60°	249° - 254°



7.2 Bewertung der Blendrisiken

Abbildung 15 zeigt die Himmelsrichtungen der bodennahen Sonnenlichtreflexionen für die Horizontalstellung der Trackersysteme im Sondergebiet SO2 mittels gelber Winkel mit 300 m Schenkellänge auf Grundlage der Maximalgrenzen der bodennahen Reflexionen aus Tabelle 4. In westlicher Richtung kann der Verkehr auf der etwas oberhalb der Sondergebiets verlaufende Anliegerstraße Am Teich morgens von potenziell blendwirksamen Reflexionen in das zentrale Blickfeld der Fahrzeugführenden in östlicher Richtung betroffen werden. Das Blendrisiko ist auf Grund der Verkehrssituation und des geringen Abstandswinkels der Reflexionen zur Sonne als sehr gering einzuschätzen. Der Verkehr auf der K 54 kann nur von seitlichen und damit nicht blendwirksamen Reflexionen betroffen werden. Die bodennahen Reflexionen in die östliche Hemisphäre können nicht auf öffentliche Verkehrswege gerichtet werden.

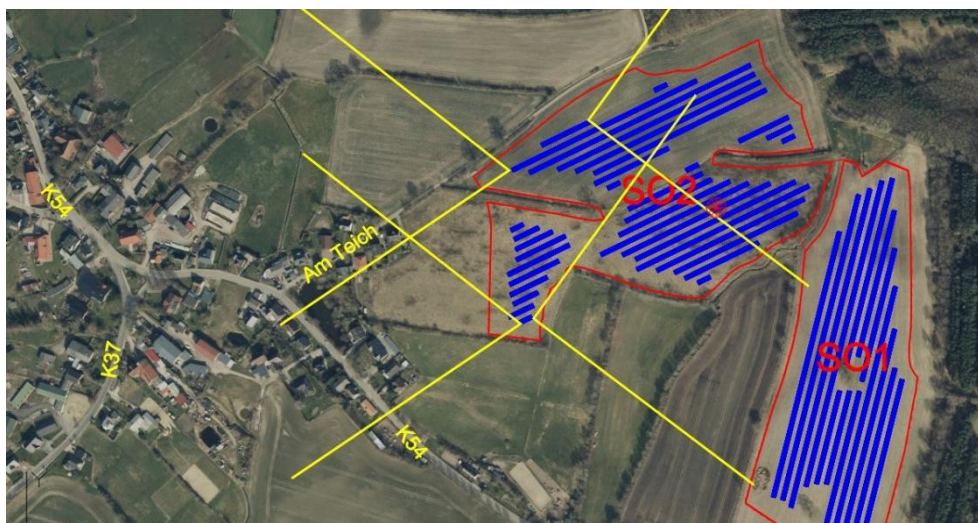


Abbildung 15: Bodennahen Reflexionsrichtungen des Gebiets SO2 in der Horizontalstellung der Trackersysteme als gelbe Winkel mit 300 m Schenkellänge, angetragen an ausgewählte Eckpunkte der belegten Fläche

Abbildung 16 visualisiert die Himmelsrichtungen der bodennahen Sonnenlichtreflexionen für die Südausrichtung der Trackersysteme im Sondergebiet SO2 mit unterschiedlichen Neigungseinstellungen mittels gelber (5° Neigung), orangener (17° Neigung) und grüner (70° Neigung) Winkel mit 300 m Schenkellänge auf Grundlage der Maximalgrenzen der bodennahen Reflexionen aus Tabelle 4.

Bei 5° Neigung sind die bodennahen Reflexionen ausschließlich in die östliche Hemisphäre gerichtet, ohne dass Verkehrswege oder schutzwürdige Ort betroffen sind. Bei 17° Neigung können die zur Sommersonnenwende in die westliche Hemisphäre gerichteten Reflexionen überwiegend seitlich außerhalb der Blickfelder auf die Fahrzeugführenden auf der K 54 gerichtet werden, so dass keine Blendrisiken entstehen. Auch bei 70° Neigung können Reflexionen außerhalb der Blickfelder der Fahrzeugführenden auf die K 54 gerichtet werden.



Abbildung 16: Bodennahen Reflexionsrichtungen des Gebiets SO2 bei Südausrichtung der Trackersysteme durch gelbe (5° Neigung), orangene (17°) und grüne (70°) Winkel mit 300 m Schenkellänge, angetragen an ausgewählte Eckpunkte

Abbildung 17 zeigt die Himmelsrichtungen der bodennahen Sonnenlichtreflexionen für die Nordausrichtung der Trackersysteme im Sondergebiet SO2 mit unterschiedlichen Neigungseinstellungen mittels gelber (5° Neigung), orangener (17° Neigung) und grüner (70° Neigung) Winkel mit 300 m Schenkellänge auf Grundlage der Maximalgrenzen der bodennahen Reflexionen aus Tabelle 4.

Bei 5° Neigung und bei 17° können die bodennahen Reflexionen in die westliche Hemisphäre außerhalb der Blickfelder der Fahrzeugführenden auf die K 54 gerichtet werden und am Ende der Anliegerstraße Am Teich in den Randbereich des zentrale Blickfelds der Fahrzeugführenden. Dennoch ist auch hier auf Grund des fehlenden Durchgangsverkehrs auf diesem Straßenabschnitt ein relevantes Blendrisiko zu verneinen. Bei 70° Neigung können Sonnenlichtreflexionen in das zentrale Blickfelder von Fahrzeugführenden am Ende der Anliegerstraße Am Teich gerichtet werden. Das Blendrisiko ist auf Grund der Verkehrssituation und des geringen Abstandswinkels der Reflexionen zur Sonne als sehr gering einzuschätzen.

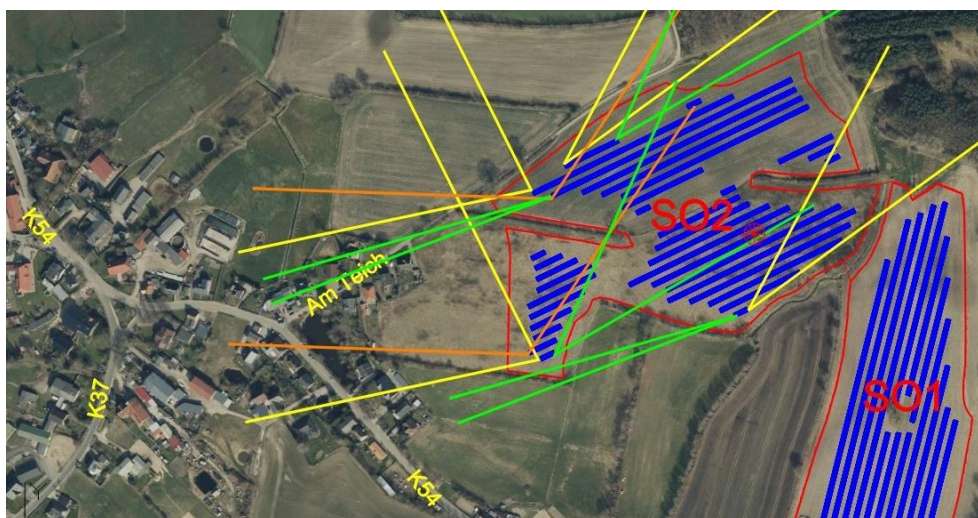


Abbildung 17: Bodennahen Reflexionsrichtungen des Gebiets SO2 bei Nordausrichtung der Trackersysteme durch gelbe (5° Neigung), orangene (17°) und grüne (70°) Winkel mit 300 m Schenkellänge, angetragen an ausgewählte Eckpunkte



8 Empfehlungen zu Sonderpositionen der Trackersysteme

Im Sondergebiet SO1 verläuft die Drehachse der Tracker annähernd in Nord-Süd-Richtung. Hier werden in der Horizontalposition und bei Ostausrichtung zu keinem Zeitpunkt Reflexionen in Richtung der umliegenden Verkehrswege oder von Anliegern mit schutzwürdigen Räumen gerichtet werden. Bei einer Ausrichtung nach Westen können bodennahe Reflexionen auf Anlieger in Sarkwitz und auf die Kreisstraße K 54 gerichtet werden, die aber durch die bestehenden Gehölzstrukturen, die als dauerhaft anzusehen sind, geschützt werden. Es wird empfohlen, für fest eingestellte Sonderpositionen eine Einstellung mit Ausrichtung nach Osten zu wählen. Für das Backtracking der Trackersysteme bestehen keinerlei Einschränkungen.

Im Sondergebiet SO2 verläuft die Drehachse der Tracker annähernd in West-Ost-Richtung. Hier kann die Horizontalposition zu einem geringen Blendrisiko für den Anliegerverkehr auf der Straße Am Teich führen. Ein Südausrichtung der PV-Module führt ab einer Neigung von 5° zu keinen Blendrisiken mehr. Bei einer Nordausrichtung können ebenfalls Fahrzeugführende auf Am Teich von Sonnenlichtreflexionen in das zentrale Blickfeld betroffen werden. Es wird empfohlen, für alle Sonderpositionen eine Einstellung mit Ausrichtung nach Süden und einer Neigung $\geq 5^\circ$ zu wählen. Für das morgendliche Backtracking sollte ebenfalls ein Mindestneigung von 5° vorgegeben werden.



9 Zusammenfassung und Fazit

Im Zuge der Bauleitplanung für die Freiflächen-Photovoltaikanlage Agri-PV Sarkwitz wurde geprüft, ob von den Modulen der Anlage Sonnenlicht auf Verkehrswege oder schützenswerte Nutzungen von Anliegern reflektiert werden kann und ob dadurch gegebenenfalls unzumutbare Lichtimmissionen oder die Sicherheit des Verkehrs beeinträchtigende Blendwirkungen auftreten können.

Die PV-Module sollen auf zwei Belegungsflächen (Sondergebiete SO1 und SO2) auf Trackersysteme montiert werden, die die Neigung der Module dem Sonnenstand nachführen. Die Drehachsen der Trackersysteme verlaufen im Sondergebiet SO1 auf nach Süden fallendem Gelände annähernd in Nord-Süd-Richtung. Im Sondergebiet SO2 verläuft die Drehachse auf wellig reliefiertem Gelände annähernd in West-Ost-Richtung.

Um Verschattungen zu reduzieren, werden die auf die Tracker montierten Module zu Tagesbeginn im Zuge des sogenannten Backtrackings mit geringer Neigung in die östlichere Richtung ausgerichtet und anschließend auf eine größere Neigung gedreht, bis sie senkrecht zum Sonnenwinkel stehen. Im folgenden Nachföhrbetrieb wird die Modulneigung durch die Tracker dem Sonnenstand nachgeföhrt. Mittags werden die Module über die Horizontalposition in westlichere Richtung gedreht. Im weiteren Verlauf wird die Neigung wieder dem Sonnenstand nachgeföhrt. Abends greift eine zweite Backtracking-Phase, in der die Module auf eine geringe Neigungseinstellung gedreht werden, um Verschattungen zu reduzieren.

Die Nachföhrung föhrt dazu, dass das Sonnenlicht mit Höhenwinkeln reflektiert wird, die der Sonnenhöhe entsprechen. Dadurch wird vermieden, dass Sonnenlichtreflexionen auf bodennahe Immissionsorte gerichtet werden. Dementsprechend können nur kurzzeitig auftretende Betriebszustände außerhalb des Nachföhrbetriebs zu Blendrisiken für Anlieger und Verkehrsteilnehmer föhren. Diese Zustände umfassen die Parkpositionen der Trackersysteme für Flächen- und Wartungsarbeiten, bei Störungen und bei Sturm. Für die landwirtschaftliche Nutzung der Fläche wird dabei eine Position mit maximaler Neigung der PV-Module angestrebt, um eine Befahrbarkeit der Fläche für landwirtschaftliche Fahrzeuge und Maschinen zu ermöglichen. In einer Reflexionsanalyse wurden unterschiedliche Sonderpositionen geprüft und bezüglich der Blendwirkungen der bei dieser Einstellung entstehenden bodennahen Sonnenlichtreflexionen bewertet.

Die Reflexionsanalyse bestätigt, dass die untersuchte Anlage während des Nachföhrbetriebs keine Sonnenlichtreflexionen auf schutzwürdige Nutzungen oder Verkehrswege richten kann. Für das morgendliche Backtracking sollte ein Mindestneigung von 5° vorgegeben werden. Für das abendliche Backtracking bestehen keine Einschränkungen.

Es wird festgestellt, dass von den PV-Modulen im Sondergebiet SO1 bei einer Horizontalstellung oder Ausrichtung in östliche Richtung keine Reflexionen auf die umliegenden Verkehrswege oder schutzwürdige Räume von Anliegern gerichtet werden können. Für die Sonderpositionen der Trackersysteme im Gebiet SO1 ist eine Ausrichtung nach Osten oder die Horizontalposition vorzusehen. Für die Sturmposition kann bei entsprechender Erfordernis auch eine Position mit Ausrichtung nach Westen eingestellt werden.

Es wird festgestellt, dass von den PV-Modulen im Sondergebiet SO2 bei einer Ausrichtung in südliche Richtung mit mindestens 5° Neigung keine Blendrisiken für Verkehrsteilnehmer ausgehen. Um die Lichtbelastung für Fahrzeugföhrende und Anlieger zu minimieren, wird empfohlen, eine Einstellung mit Ausrichtung nach Süden und einer Neigung $\geq 5^\circ$ zu wählen. Für die Sturmposition kann bei entsprechender Erfordernis auch eine Position mit Ausrichtung nach Norden eingestellt werden.

Aus blendgutachterlicher Sicht ist die geplante PV-Anlage ohne sichtunterbrechende Blendschutzmaßnahmen als genehmigungsfähig einzustufen.



10 Verwendete Materialien

10.1 Dokumente vom Auftraggeber

- ▶ Modulbelegungsplan als Datei „SAR - Blendgutachten Solarpraxis.dwg“
- ▶ Beschreibung der Trackersysteme als Datei „Agri_PV_Tracker.pdf“
- ▶ Entwurf des Vorhaben- und Erschließungsplan zum Bebauungsplan Nr. 105 -Sch- der Gemeinde Scharbeutz, Stand 28.05.2026

10.2 Literatur

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



11 *Abbildungs- und Tabellenverzeichnis*

Abbildung 1: Lage der geplanten Anlage „Agri-PV Sarkwitz“ (Modultischreihen in Blau eingezeichnet)	4
Abbildung 2: Reflexionsdiagramm für südausgerichtete PV-Tische mit 18° Neigung am Standort Berlin	8
Abbildung 3: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden.....	9
Abbildung 4: Reflexionsdiagramm für schutzwürdige Nutzungen mit Umrandung des Blendzeitraums	10
Abbildung 5: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015.....	11
Abbildung 6: Belegungsplan der geplanten Agri-PV-Anlage, Stand Mai 2026.....	12
Abbildung 7: bemaßte Ansichten der Trackersysteme; Quelle: Kundenmaterial	13
Abbildung 8: Reflexionsdiagramme für das Gebiet SO1 in Horizontalposition mit 0° und 3° Neigung der Drehachse	15
Abbildung 9: Reflexionsdiagramme für PV-Module des Gebiets SO1 bei Ausrichtung nach Osten mit einer Neigung von 5°, 17° und 70°	16
Abbildung 10: Reflexionsdiagramme für PV-Module des Gebiets SO1 bei Ausrichtung nach Westen mit einer Neigung von 5° (oben), 17° (unten links) und 70° (unten rechts).....	17
Abbildung 11: Darstellung der bodennahen Reflexionsrichtungen der PV-Module des Gebiets SO1 für Sonderpositionen der Trackersysteme durch gelbe (Horizontalposition), orangene (Ostausrichtung) und grüne (Westausrichtung) Winkel mit 300 m Schenkellänge, angetragen an ausgewählte Eckpunkte der belegten Fläche.....	18
Abbildung 12: Reflexionsdiagramme für das Gebiet SO2 in Horizontalposition mit 2° und -2° Neigung der Drehachse	20
Abbildung 13: Reflexionsdiagramme für PV-Module des Gebiets SO2 bei Ausrichtung nach Süden mit einer Neigung von 5°, 17° und 70°	21
Abbildung 14: Reflexionsdiagramme für PV-Module des Gebiets SO2 bei Ausrichtung nach Norden mit einer Neigung von 5° (oben), 17° (unten links) und 70° (unten rechts).....	22
Abbildung 15: Bodennahen Reflexionsrichtungen des Gebiets SO2 in der Horizontalstellung der Trackersysteme als gelbe Winkel mit 300 m Schenkellänge, angetragen an ausgewählte Eckpunkte der belegten Fläche	23
Abbildung 16: Bodennahen Reflexionsrichtungen des Gebiets SO2 bei Südausrichtung der Trackersysteme durch gelbe (5° Neigung), orangene (17°) und grüne (70°) Winkel mit 300 m Schenkellänge, angetragen an ausgewählte Eckpunkte.....	24
Abbildung 17: Bodennahen Reflexionsrichtungen des Gebiets SO2 bei Nordausrichtung der Trackersysteme durch gelbe (5° Neigung), orangene (17°) und grüne (70°) Winkel mit 300 m Schenkellänge, angetragen an ausgewählte Eckpunkte.....	24



Tabelle 1: Beleuchtungsstärken durch Sonnenstrahlen in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe.....	10
Tabelle 2: Angaben zum Plangebiet und zur PV-Anlage.....	13
Tabelle 3: Azimutgrenzen der blendrelevanten bodennahen Reflexionen	18
Tabelle 4: Azimutgrenzen der blendrelevanten bodennahen Reflexionen	22