

Anlage 5



Prüfbericht

Berichtsart	Blendgutachten
Projekt	PVA Bockwitzer See
Auftraggeber	Solarprojekt Dittmannsdorf GmbH
Zweck	Erstellung eines Gutachtens über den Einfluss der Solaranlage auf die Umgebung durch Reflexionen im Rahmen des allgemeinen Genehmigungsverfahrens sowie für die öffentliche Auslegung nach § 3 und § 4 BauGB.
Standort, Land	Bockwitzer See (51.144167°N; 12.534771°E), Deutschland
Prüfberichtsnummer	20260515_PVA_Bockwitzer_See_001
Prüfdatum	15.06.2026
Verantwortlicher Prüfer	M.Sc. Fouad Kasri

Gutachterbüro	Fouad Kasri Consulting
Anschrift	Stadtfeldkamp 23, 24114 Kiel
Telefon	+49 176 75 422 978
E-Mail	fouad@kasri-consulting.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abkürzungen und Begriffe	5
A. Allgemeine Daten	6
A.1. Auftrag	6
A.2. Prüfungsumfang	6
A.3. Prüfungsgrundlagen	6
A.4. Identifikation der Anlage	6
B. Prüfergebnis	9
C. Grundlage	10
C.1. Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht	10
C.2. Wirkung auf den Menschen	10
C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführern	12
C.4. Reflexionen an Solarmodulen	12
D. Analyse	14
D.1. Grundlage und Vorgehensweise	14
D.1.1. Beschreibung Örtlichkeiten und PV-Feld	14
D.1.2. Vorgehensweise	15
D.2.2. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen	15
D.2.3. Ergebnisse der Analyse	16
D.2.3.1. Teilfläche 1	16
D.2.3.2. Teilfläche 2	21
D.2.3.3. Teilfläche 3	25
E. Bewertung	26
E.1. Bewertung der Ausgangsplanung	26
E.2. Optimierungsvariante	27
F. Anlagen	29

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht des geplanten Standortes für PVA Bockwitzer See

Abbildung 2: Skizze der Modultische. Die Abmessungen sind in Millimetern angegeben

Abbildung 3: Einordnung von Blendung nach Netzhautbestrahlung und Quellwinkel

Abbildung 4: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit

Abbildung 5: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel

Abbildung 6: Belegungsplan der Planfläche

Abbildung 7: Bewuchs als Sichtschutz im östlichen Teil der Route B176

Abbildung 8: Position entlang der Straße mit Blendwirkung – Teilfläche 1, B176 West

Abbildung 9: Jährliches Auftreten von Blendwirkung – Teilfläche 1, B176 West

Abbildung 10: Tägliche Dauer der Blendung – Teilfläche 1, B176 West

Abbildung 11: Blendgefahren-Diagramm – Teilfläche 1, B176 West

Abbildung 12: Jährliches Auftreten von Blendwirkung – Teilfläche 1, B176 Ost

Abbildung 13: Tägliche Dauer der Blendwirkung – Teilfläche 1, B176 Ost

Abbildung 14: Positionen entlang des Pfads mit Blendwirkung – Teilfläche 1, B176 Ost

Abbildung 15: Blendungsgefahr-Diagramm – Teilfläche 1, B176 Ost

Abbildung 16: Jährliches Auftreten von Blendwirkung – Teilfläche 1, Zum Lerchenberg

Abbildung 17: Tägliche Blenddauer – Teilfläche 1, Zum Lerchenberg

Abbildung 18: Positionierung entlang der Straße mit Blendwirkung – Teilfläche 1, Zum Lerchenberg

Abbildung 19: Blendungsgefahren-Diagramm – Teilfläche 1, Zum Lerchenberg

Abbildung 20: Jährliches Auftreten der Blendwirkung – Teilfläche 2, B176 West

Abbildung 21: Tägliche Blenddauer – Teilfläche 2, B176 West

Abbildung 22: Position der Reflexion – Teilfläche 2, B176 West

Abbildung 23: Blendungsgefahren-Diagramm – Teilfläche 2, B176 West

Abbildung 24: Jährliches Auftreten der Blendwirkung – Teilfläche 2, Zum Lerchenberg

Abbildung 25: Tägliche Blenddauer – Teilfläche 2, Zum Lerchenberg

Abbildung 26: Position der Reflexionen – Teilfläche 2, Zum Lerchenberg

Abbildung 27: Blendungsgefahren-Diagramm – Teilfläche 2, Zum Lerchenberg

Abbildung 28: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abkürzungen und Begriffe

Tabelle 2: Revisionsübersicht

Tabelle 3: Allgemeine Daten zum Auftrag

Tabelle 4: Wesentliche technische Parameter der geplanten Photovoltaikanlage

Tabelle 5: Gesamte von jedem Beobachtungspunkt empfangene Blendung

Tabelle 6: Prognostizierte Blenddauer je Konfiguration – B176

Tabelle 7: Prognostizierte Blenddauer je Konfiguration – Zum Lerchenberg

I. Inhalt und Nutzung des Berichts

Fouad Kasri Consulting wurde vom Auftraggeber beauftragt, diesen Bericht zu erstellen. Der Bericht fasst die Prüfung projektspezifischer Unterlagen, welche durch den Auftraggeber bereitgestellt wurden, zusammen.

Der Bericht wurde zur Nutzung durch den Auftraggeber zum oben genannten Zweck erstellt. Solange der Bericht nicht zum Zweck eines öffentlichen Antrag- bzw. Bauverfahrens oder Baugenehmigungsverfahren mit oder ohne öffentliche Auslegung bestimmt ist,

- darf dieser ausschließlich vom Auftraggeber und dessen Beratern, die zur Vertraulichkeit verpflichtet sind, für den vorgesehenen Zweck verwendet werden;
- Dient der Bericht weder zur Information noch zum Schutz anderer Personen als dem Auftraggeber und darf weder von anderen noch zu anderen Zwecken genutzt werden;
- Ist der Auftraggeber nicht berechtigt, die im Bericht enthaltenen vertraulichen Informationen offen zu legen, zu veröffentlichen, zu vervielfältigen oder anderweitig an Dritte weiterzugeben, ohne das vorherige schriftliche Einverständnis vom Prüfer.

II. Ergänzende Informationen zu Haftungsausschlüssen

Der vorliegende Bericht basiert ausschließlich auf eigenen Erkenntnissen aus den gewonnenen Informationen aus Dokumenten, die bis zum Abgabedatum des Berichts vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden. Es wird ferner auf die folgenden Umstände hingewiesen:

- Die Genauigkeit der bereitgestellten Informationen kann die Genauigkeit des Berichts beeinflussen. Der Prüfer geht davon aus, dass die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Informationen wahr, vollständig, akkurat, nicht irreführend und aktuell sind. In der Regel werden Informationen lediglich in Kopie zur Verfügung gestellt. Der Prüfer betrachtet diese bereitgestellten Kopien als wahre und vollständige Reproduktionen der jeweiligen Originale. Weder die Echtheit der enthaltenen Informationen noch die Befugnis der Unterzeichner wurde geprüft;
- Im Hinblick auf Zusammenfassungen, Tabellen und Auszüge aus Dokumenten, die der Prüfer zur Verfügung gestellt wurden, ist der Prüfer nicht in der Lage zu beurteilen, ob diese Zusammenfassungen, Tabellen und Auszüge vollständig fehlerfrei sind und alle Informationen enthalten, die für eine endgültige Einschätzung der Tatsachen, auf die sie sich beziehen, wichtig sind.
- Der Bericht basiert im Wesentlichen auf den Informationen und Dokumenten, die der Prüfer zur Verfügung gestellt wurden. Es ist nicht auszuschließen, dass neben den zur Verfügung gestellten Informationen und Dokumenten weitere Informationen oder Dokumenten für die Erstellung dieses Berichts wichtig gewesen wären, die nicht an den Prüfer weitergegeben wurden.
- Der Bericht wurde als Zusammenfassung der wichtigsten Fragen und Bedenken, die sich aus den bereitgestellten Informationen ergeben, erstellt.
- Jegliche rechtlichen kommerziellen, finanziellen, versicherungstechnischen, steuerlichen oder buchhalterischen Stellungnahmen werden in diesem Bericht explizit ausgeschlossen.
- Unter den Voraussetzungen, dass der Bericht sich auf Notizen, Berichte, Aussagen, Meinungen oder Ratschläge vom Auftraggeber oder Dritten bezieht oder darauf beruht, bleiben diese Personen alleinig für die Inhalte verantwortlich. Der Prüfer macht sich die vom Auftraggeber und von den vorgenannten Dritten getätigten Notizen, Berichte, Aussagen, Meinungen oder Ratschläge ausdrücklich nicht zu Eigen.
- Bestimmte Informationen, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, können vertraulich sein. Der Prüfer geht davon aus, dass alle Informationen vom Auftraggeber rechtmäßig zur Verfügung gestellt wurden, dass der Prüfer zur Nutzung der Informationen für den Bericht berechtigt ist und dass der Prüfer berechtigt ist, den Bericht oder dessen Inhalte anderen Projektteilnehmern in Übereinstimmung mit projektbezogenen Geheimhaltungsvereinbarungen weitergeben zu dürfen. Jegliche Haftung für nichtprojektbezogene Geheimhaltungsvereinbarungen wird ausgeschlossen.

Abkürzungen und Begriffe

Begriff	Definition
Absolutblendung	Keine Anpassung des Auges möglich
Adaptionsblendung	Anpassung des Auges möglich
Azimutwinkel	Winkel auf der horizontalen Ebene, der die Lage eines Objektes im Raum bezüglich einer Ausgangsrichtung (z. B. Nordrichtung) beschreibt
Blendung	Im üblichen Sinne eine vorübergehende Funktionsstörung des Auges durch ein Überangebot von Licht
Differenzwinkel	Winkel zwischen der Sichtlinie vom Immissionsort zum Reflexionsort (Solarmodul) und der Sichtlinie vom Immissionsort zur Sonne
Direkte Blendung	Direkte Einwirkung einer Lichtquelle
Emissionspunkt	Punkt, von dem aus Licht ausgestrahlt wird
Höhenwinkel	Beschreibt die Höhe der Sonne über dem Horizont
Immissionspunkt	Punkt, an dem Licht von einer externen Quelle auftrifft
Indirekte Blendung	Ausgelöst durch Reflexionen einer Lichtquelle
Physiologische Blendung	Beeinträchtigung der Sehleistung
Psychologische Blendung	Subjektiv empfundene Blendung ohne messbare Beeinträchtigung der Sehleistung
PV-Modul / Modul	Einzelnes Solarmodul, kleinste elektrische Leistungseinheit innerhalb der Solaranlage
Solargenerator	Gesamtes Modulfeld
Sonnenbahn	Verlauf der Sonne im Jahresverlauf, definiert durch Azimut und Höhenwinkel
Strang / Modulstrang	Besteht aus einer bestimmten Anzahl in Reihe geschalteter PV-Module
Portrait	Modul hochkant installiert
Landscape	Modul liegend bzw. Querformat installiert
BESS	Batteriespeicher

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
20260515_PVA_Bockwitzer_See_R00	Ursprungsversion 15.06.2026
20260515_PVA_Bockwitzer_See_R01	Optimierungsvariante 25.06.2026

A. Allgemeine Daten

A.1. Auftrag

Aufgabenstellung	Untersuchung über den Einfluss der Modulreflexionen auf die Umgebung der Solaranlage. Es wird untersucht, wann Reflexionen an verschiedenen Punkten im Untersuchungsbereich zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber	<i>Solarprojekt Dittmannsdorf GmbH Burgstr. 1-5 04109 Leipzig</i>
Auftragsdatum	<i>19.05.2026</i>
Auftragnehmer	<i>Fouad Kasri Consulting</i>
Prüfer	<i>M.Sc. Fouad Kasri</i>
Nummer des Prüfberichts	<i>20260519_PVA_Bockwitzer_See_R01</i>

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die ostwestlich vorbeiführende Bundesstraße „B176“ und der „Zum Lerchenberg“ Straße, die die Anlage erstreckt. Weiterhin erfolgt eine Bewertung der Auswirkungen der Modulreflexionen unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten, die einen Einfluss auf die Strahlungsleistung der Emissionen nehmen.

A.3. Prüfungsgrundlagen

- Zur Verfügung gestellte Unterlagen
 - o Modulbelegungsplan
 - o Schriftliche Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau der Teilflächen
 - o Stellungnahme aus Sicht des Immissionsschutzes der zuständigen Behörde
- Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Stand: 08.10.2012
- Eckpunktepapier des Fernstraßen-Bundesamtes (FBA), Stand 2025
- Reflexionsverhalten von Modulen (soweit bekannt)
- Daten aus Google Earth
- Topographische Daten aus der Datenbank von ForgeSolar

Hinweise:

- Alle Winkelangaben mit Bezugspunkt N = 0° beziehen sich auf die Anordnung im Uhrzeigersinn
- Zeitangaben erfolgen in mitteleuropäischer Zeit (UTC+1)

A.4. Identifikation der Anlage

Die geplante Solaranlage befindet sich im Freistaat Sachsen im Landkreis Leipzig, auf dem Gebiet der Stadt Kitzscher südlich des Ortsteils Dittmannsdorf. Die Vorhabenfläche liegt unmittelbar südlich der Bundesstraße „B176“ sowie nördlich des Bockwitzer Sees in einer überwiegend landwirtschaftlich genutzten Offenlandschaft.

Die Bundesstraße „B176“ verläuft entlang der nördlichen bzw. nordöstlichen Grenze des Plangebietes und stellt die verkehrlich bedeutendste Infrastruktur im Umfeld dar. Die Erschließung der Anlage erfolgt über die „Zum Lerchenberg“, welche im Bereich des Plangebietes von Süden nach Norden verläuft und an die „B176“ anbindet. Aufgrund ihrer Ausgestaltung und Funktion ist die Straße „Zum Lerchenberg“ als untergeordnete Gemeindeverbindungs- bzw. Wirtschaftsstraße einzustufen und weist gegenüber der „B176“ ein deutlich geringeres Verkehrsaufkommen auf.

Die Vorhabenfläche befindet sich außerhalb geschlossener Siedlungsbereiche. Die nächstgelegene Wohnbebauung liegt im Bereich des Ortsteils Dittmannsdorf nördlich des Anlagenstandorts.



Abbildung 1: Übersicht des geplanten Standortes für PVA Bockwitzer See (Quelle: Google Earth)

Geplant ist die Errichtung einer Freiflächen-Photovoltaikanlage mit fest installierten Modulgestellen. Die Module werden mit einer Neigung von 15° ausgeführt. Die Anlage ist nach Süden ausgerichtet. Die minimale Höhe der Module über Grund beträgt 800 mm. Es sollen 3 kristalline Module „Portrait“ übereinander montiert werden. Die maximale Höhe der Gestelle bzw. Module über Grund ergibt sich laut Planung mit 2659 mm (siehe Abbildung 2).

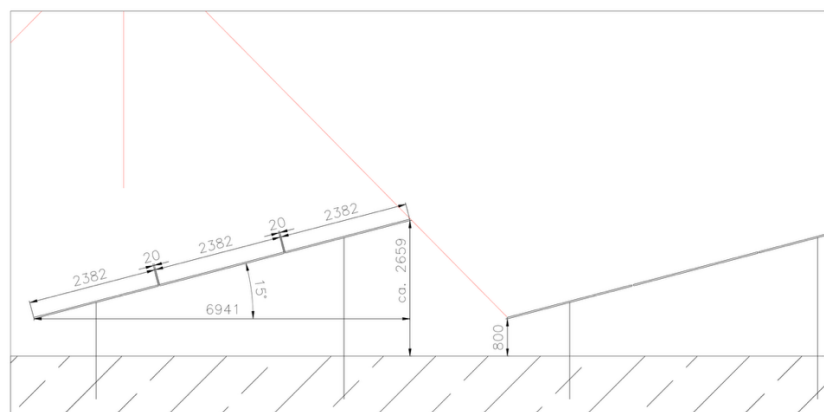


Abbildung 2: Skizze der Modultische. Die Abmessungen sind in Millimetern angegeben

Die wesentlichen technischen Parameter der geplanten Photovoltaikanlage sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Standortbezeichnung	<i>PVA Bockwitzer See</i>
Lage	<i>Zwischen Borna und Dittmannsdorf, nordöstlich Bockwitzer See, westlich der B176</i>
Koordinaten	<i>51.14347804778324°N 12.53499115210687°E</i>
Azimut Ostteil (N = 0°)	<i>180°und 227°</i>
Neigungswinkel	<i>15°</i>
Modulunterkante	<i>800 mm über Gelände</i>
Maximale Gestellhöhe	<i>2659 mm</i>
Modultyp	<i>Kristallin, bifazial</i>

B. Prüfergebnis

Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel.

Für die Photovoltaikanlage PVA Bockwitzer See wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf die Bundesstraße „B176“ und die Straße „Zum Lerchenberg“ durchgeführt.

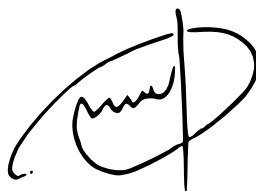
Die Bewertung der Lichtimmissionen erfolgte anhand der Hinweise der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). Demnach ist bei einer astronomisch maximal möglichen Blenddauer von mehr als 30 Minuten pro Kalendertag oder mehr als 30 Stunden pro Kalenderjahr von einer erheblichen Belästigung auszugehen.

Die durchgeführte Blendungsanalyse zeigt, dass diese Beurteilungskriterien an den betroffenen Schutzobjekten überschritten werden. Die festgestellten Lichtimmissionen sind daher gemäß den LAI-Hinweisen als erhebliche Belästigung einzustufen.

Zur Vermeidung bzw. wirksamen Reduzierung der Blendwirkungen sind geeignete Minderungsmaßnahmen erforderlich. Zur Zielerreichung genügt die Umsetzung einer der nachfolgend genannten Maßnahmen:

- Herstellung eines wirksamen Sichtschutzes entlang der betroffenen Anlagenbereiche, um die Sichtbeziehungen zwischen den reflektierenden Modulflächen und den betroffenen Schutzobjekten dauerhaft zu unterbrechen.
- Gezielte Anpassung der Randreihen als technische Maßnahme zur Vermeidung der Blendwirkungen.
- Drehung der Modulreihen bei einer Modulneigung von 15° um mindestens 24° nach Westen, sodass die zulässigen Grenzwerte der Blendwirkung eingehalten werden.

Kiel, 16.06.2026



M. Sc. Fouad Kasri

Dieser Bericht besteht aus 30 Seiten und ist bis Ende 2036 hinterlegt (Dokumentationsfrist).

C. Grundlage

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens sind die Lichtimmissionen in Form von Reflexionen an den Modulen zu untersuchen und deren Auswirkungen an den Schutzobjekten zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter unter Beachtung ihrer Blickwinkel.

C.1. Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht

Blendung beschreibt im üblichen Sinne eine vorübergehende Funktionsstörung des Auges durch ein Überangebot von Licht. Es wird unterschieden zwischen der **physiologischen Blendung** – einer messbaren Beeinträchtigung der Sehleistung, und der **psychologischen Blendung** – einer subjektiv empfundenen und ablenkenden Wirkung, ohne dass eine messbare Beeinträchtigung der Sehleistung vorliegt. Ist die eintreffende Lichtmenge so groß, dass das Auge sich an diese nicht mehr adaptieren kann, spricht man von **Absolutblendung**, sonst von **Adaptionsblendung**. Außerdem wird zwischen **direkter Blendung** – direkte Wirkung einer Lichtquelle – und **indirekter Blendung** – durch reflektiertes Licht einer Lichtquelle – unterschieden.

Bei Tageslicht geht die häufigste Blendung direkt von der Sonne aus. Befindet sie sich im Sichtfeld, tritt Absolutblendung auf. In dieser Situation werden keine oder kaum noch Kontraste wahrgenommen und der einzige Schutz ist die Verschattung der Sonne im Sichtfeld (Vorhalten der Hand, wegdrehen des Kopfes, o.ä.). Des Weiteren droht bei Absolutblendung durch die Sonne eine dauerhafte Schädigung des Auges.

Häufig wird das Sonnenlicht auch von glänzenden Oberflächen zum Betrachter reflektiert. Natürliche reflektierende Objekte können z.B. Gewässer sein. Künstliche Objekte sind Fensterfronten von Gebäuden, Gewächshäuser, Lärmschutzwände aus Glas, Scheiben und Lackoberflächen von Fahrzeugen und auch Solarmodule. Die Intensität der reflektierten Sonnenstrahlung ist in der Regel deutlich geringer als die direkte Sonnenstrahlung: Normale Glasflächen reflektieren ca. 5% des Sonnenlichts, Solarglasflächen ca. 2%. Bei sehr flach eintreffender Sonnenstrahlung wird der Reflexionsgrad deutlich höher – zu diesem Zeitpunkt befindet sich die Sonne allerdings bereits in Blickrichtung des Betrachters.

Neben anhaltender Blendung sind **Flimmereffekte** von besonderer Bedeutung. Sie treten insbesondere dann auf, wenn sich der Beobachter selbst schnell bewegt. Periodisch oder unregelmäßig schwankende Lichtintensitäten werden als besonders störend empfunden. Solche Effekte treten typischerweise beim Autofahren in beleuchteten Tunneln oder beim Durchfahren von Baumalleen bei Sonnenschein auf.

Medizinisch gesehen vollzieht sich die störende Wirkung einer Blendung in drei zu unterscheidenden Schritten. Das eigentliche Sehen besteht in der physikalisch-physiologischen Anregung des Auges durch die Lichteinwirkung auf der Netzhaut. Die Wahrnehmung erfolgt durch die Weiterleitung eines Nervensignals an das Gehirn, wodurch ein bewusstes Erlebnis hervorgerufen wird. Im Fall der Blendung ist dies ein deutlicher Leuchtdichteunterschied eines Sichtfeldausschnittes zur Umgebung. Der dritte Schritt ist das Erkennen. Das wahrgenommene Objekt wird vom Gehirn durch Vergleich mit vorher abgespeicherten Vorlagen (Erfahrungen) bewertet und mit einer Bedeutung belegt.

Liegt das Objekt, von dem Blendwirkung ausgeht, nicht im direkten Fokus des Gesichtsfeldes, so steigt die Attraktivität und die Toleranz den Blick dorthin zu wenden mit der:

- Größe des Objektes
- Helligkeitskontrast zur Umgebung
- Farbkontrast zur Umgebung
- Bewegung des Objektes (Fahrzeuge usw.)
- Grad der Änderung des Objektes
- Qualitative Andersartigkeit gegenüber der Umgebung
- Neuigkeitswert

Ab einem gewissen Maß an Attraktivität kommt es – durchaus auch unbewusst – zu einer Blickzuwendung auf das Objekt. Dies wird gemeinhin als Ablenkung bezeichnet.

C.2. Wirkung auf den Menschen

Die oben beschriebenen Attraktivitätsmerkmale wirken abhängig vom persönlichen Charakter und der Erfahrung eines Menschen immer unterschiedlich. Sie sind nur von jedem Einzelnen subjektiv zu bewerten. Es ist daher nicht möglich, allgemein gültige Kriterien zu benennen, die den Zustand der „Störung“ charakterisieren.

Im vorliegenden Fall soll die Solaranlage auf einer Freifläche errichtet werden, die sich entlang einer Straße erstreckt. Es ist davon auszugehen, dass bei der Ausdehnung des Solarfeldes in der entsprechenden Blickrichtung eines Betrachters auch andere – im Sinne der obigen Auflistung – „attraktive“ Objekte im Blickfeld auftauchen können.

Da das Solarfeld unbeweglich ist, wird die ablenkende Attraktivität dieses Objektes erfahrungsgemäß sehr schnell nachlassen. Lediglich bei dem Charakteristikum Helligkeitskontrast könnte die reflektierte Sonnenstrahlung Ablenkung oder subjektive Störung verursachen.

Da sich die reflektierte Sonnenstrahlung in gleicher Winkelgeschwindigkeit wie die Sonne selbst bewegt – also sehr langsam – kann hinter Fenstern in Gebäuden eine plötzliche auftretende Störwirkung ausgeschlossen werden. Wie oben angeführt ruft das Gehirn bei jedem neuen optischen Sinneseindruck vorhandene Erfahrungsvorlagen zur Bewertung des neuen Eindrucks auf. Da jeder Mensch in unserem Kulturraum schon Erfahrung mit reflektiertem Sonnenlicht z.B. an Glassfassaden gemacht hat, wird dieser Störcharakter in der Hinsicht „Neuigkeitswert“ kaum eintreten.

Solarmodule reflektieren mit ca. 2% äußerst wenig von dem eingestrahlt Sonnenlicht. Des Weiteren handelt es sich bei dem reflektierten Licht immer um Sonnenlicht – also um ein dem Organismus angenehmes und gewohntes Spektrum, mit lediglich natürlicher Intensitätsschwankung – z.B. bei Wolkendurchzug.

Die Bewertung von Emissionen erfolgt auf der Grundlage von verschiedenen Studien in dem Abbildung 3 dargestellten Diagramm. Hiernach wird die Belastung für das Auge in drei voneinander abtrennbare Zonen unterteilt, die sich durch auftretende Effekte gegenseitig abgrenzen. In der roten Zone kann es zu permanenten Schädigungen der Netzhaut kommen, in der gelben Zone können temporär (bis zu 20 Sekunden) Abbildungen im Sichtfeld auftreten und in der grünen Zone ist die Wahrscheinlichkeit für entsprechende Abbildungen sehr gering.

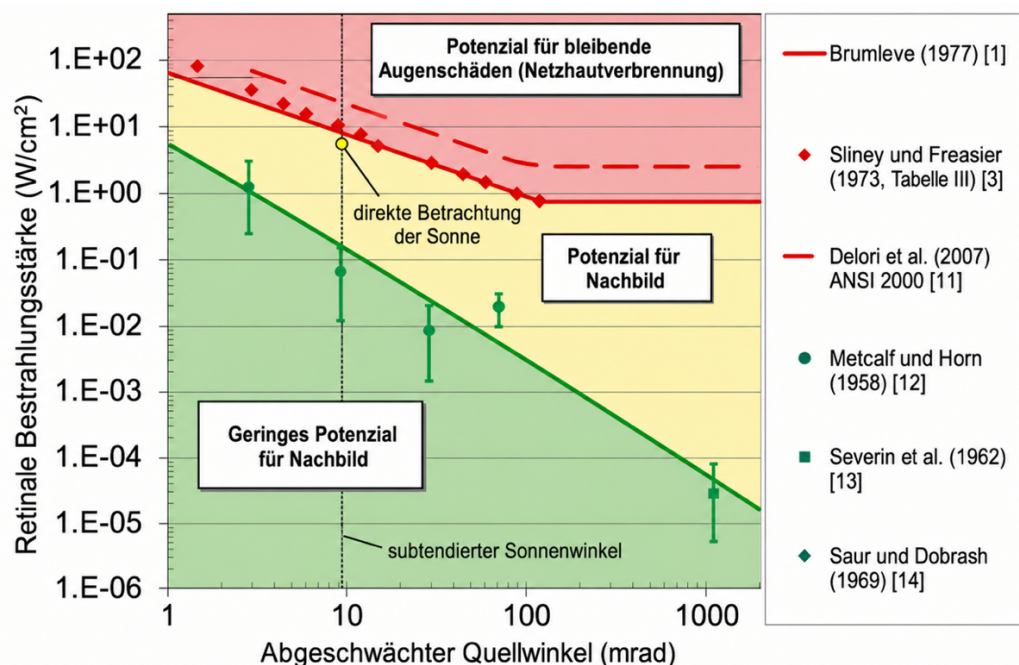


Abbildung 3: Einordnung von Blendung nach Netzhautbestrahlung und Quellwinkel¹

¹ Ho, C. K., Ghanbari, C. M., and Diver, R. B., 2011, Methodology to Assess Potential Glint and Glare Hazards From Concentrating Solar Power Plants: Analytical Models and Experimental Validation, ASME J. Sol. Energy Eng., 133.

C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführern

Neben der Intensität der Lichtquelle ist für eine Blendung maßgeblich, dass die Lichtquelle innerhalb des Sichtfelds des Betrachters liegt. Das Sichtfeld wird maßgeblich bestimmt durch den Blickwinkel. Gemäß HAV-Hinweisen für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen (09/2013) verringert sich der Öffnungswinkel des Sehfelds mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit von ca. 75° bei 60 km/h auf ca. 40° bei 100 km/h.

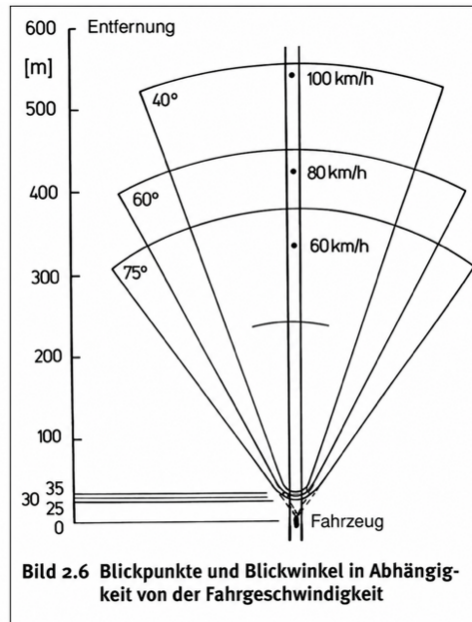


Abbildung 4: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Quelle: HAV 2013)

C.4. Reflexionen an Solarmodulen

Kristalline Solarmodule bestehen im Regelfall aus einer Rückseitenfolie mit darauf liegenden Solarzellen, die in einer EVA-Folie eingebettet und mit Solarglas geschützt werden. Viele der heutigen Module verfügen über eine Antireflexschicht zur Steigerung des Wirkungsgrades und weisen damit eine hohe Absorption auf.

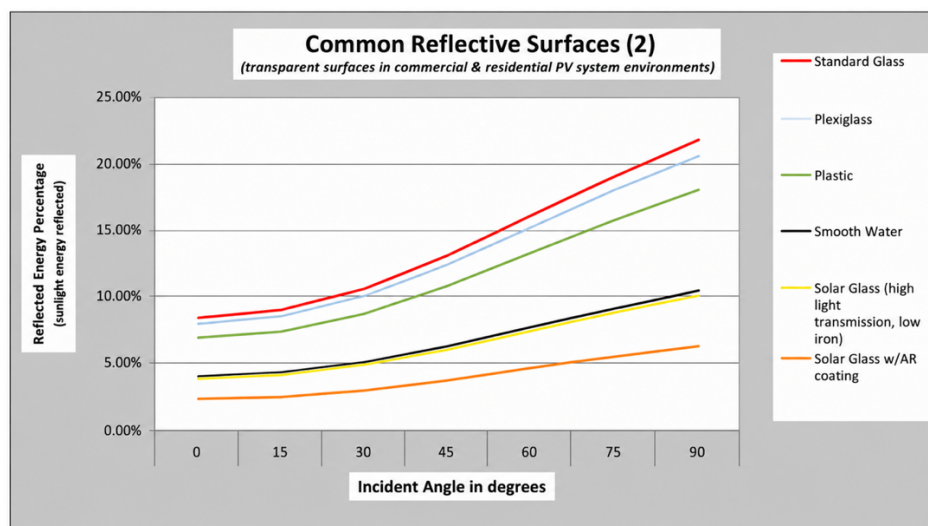


Abbildung 5: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel (Quelle: Deutsche Flugsicherung DFS, AIP VFR)

Generell gilt, dass die an den Modulen Auftretenden Reflexionen stark vom Einfallswinkel abhängen. Die Darstellung in Abbildung 5 zeigt das Reflexionsverhalten unterschiedlicher Oberflächen in Abhängigkeit

vom Einfallswinkel. Bei zur Moduloberfläche nahezu parallelem Lichteinfall werden je nach Modultyp zwischen 7% und 11% der Solarstrahlung reflektiert. Das heißt in den Morgen- und Abendstunden kann mit einer maximalen Reflektionsrate von ca. 10% gerechnet werden. Zu diesen Zeiten beträgt die Leuchtdichte der Sonne rund $6 * 10^6$ cd/qm. Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um $0,6 * 10^6$ cd/qm und liegt damit in einem Bereich, der in einer kurzen Zeit zur Absolutblendung führen kann.

D. Analyse

D.1. Grundlage und Vorgehensweise

D.1.1. Beschreibung Örtlichkeiten und PV-Feld

Die folgenden Angaben zur Anlage beruhen auf den vom Auftraggeber bereitgestellten Informationen. Hinzu kommen Informationen und Ansichten aus Google Earth.

Die Planfläche selbst liegt südlich der Bundesstraße „B176“ und nördlich des Bockwitzer Sees. Die PVA Bockwitzer See ist auf einer Fläche mit einer Gesamtleistung von 43,7 MWp geplant. Das Höhenniveau der Bundesstraße B176 über Normalhöhennull (NHN) beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 157 m und 168 m. Das Höhenniveau der „Zum Lerchenberg“ beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 164 m und 169 m. Das Höhenniveau der Planfläche variiert zwischen 159m und 169 m.

Die geplante Freiflächen-Photovoltaikanlage ist in drei Teilflächen gegliedert. Die Teilflächen werden durch die Straße „Zum Lerchenberg“ und bestehende Wege voneinander getrennt. Die Teilflächen 1 und 2 weisen eine einheitliche Modulkonfiguration hinsichtlich Aufständigung (15°), Reihenanzordnung und Ausrichtung (Azimut 180°) auf. Die Teilfläche 3 unterscheidet sich von den Teilflächen 1 und 2 durch eine abweichende Anordnung der Modulreihen. Neben Modulreihen mit einer Südausrichtung (Azimut 180°) umfasst die Teilfläche 3 auch Modulreihen mit einem Azimut von 227°, deren Ausrichtung annähernd parallel zum Verlauf der Bundesstraße „B176“ erfolgt. Innerhalb der Teilfläche 3 ist zudem ein Batterie-Energiespeichersystem (BESS) vorgesehen. Die maximale Bauhöhe der BESS beträgt 2.896 mm über Geländeoberkante.



Abbildung 6: Belegungsplan der Planfläche

Zur besseren Übersicht werden die Anlagenparameter der geplanten Freiflächen-Photovoltaikanlage sowie Höhendaten in Tabelle zusammengefasst.

Planfläche	Teilfläche 1 und 2: Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° und einen Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Der Abstand zur Bundesstraße B176 beträgt ca. 80 m Teilfläche 3: Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° und 227° und einen Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Der Abstand zum Fahrbahnrand der Bundesstraße B176 beträgt ca. 20 m
Höhenniveau Planfläche	159 m bis 169 m ü. NHN
Höhenniveau Schutzobj.	157 m bis 169 m ü. NHN

D.1.2. Vorgehensweise

Die Untersuchung möglicher Blendwirkungen der geplanten Photovoltaikanlage erfolgt mit der Simulationssoftware ForgeSolar. Hierbei handelt es sich um eine anerkannte und international eingesetzte Software zur Analyse und Bewertung von Lichtreflexionen, die von Photovoltaikanlagen ausgehen können. Die Berechnung basiert auf astronomischen Sonnenstandsdaten, den geometrischen Eigenschaften der Anlage sowie den Positionen potenziell betroffener Beobachter.

Für die Simulation wird zunächst die geplante Anlagenkonfiguration entsprechend dem aktuellen Belegungsplan modelliert. Dabei wird die Lage der Modulflächen, deren Ausrichtung (Azimut), der Aufständigungswinkel sowie die Höhenlage der Module berücksichtigt.

Zur Bewertung möglicher Auswirkungen auf den Straßenverkehr werden die relevanten Verkehrswege in ForgeSolar als Routen modelliert. Die Routen werden durch eine Vielzahl von Beobachtungspunkten entlang der jeweiligen Straßenachse abgebildet. Für jeden Beobachtungspunkt berechnet die Software die möglichen Reflexionen über den gesamten Jahresverlauf unter Berücksichtigung der jeweiligen Sonnenstände.

Da sich die Augenhöhe und damit die Sichtgeometrie zwischen verschiedenen Fahrzeugstypen unterscheiden, werden Betrachtungen für Pkw- und Lkw-Verkehr durchgeführt. Hierbei werden repräsentative Beobachterhöhen **1,0 m** bezogen auf die Straßenoberkante für **Pkw** und **2,7 m** bezogen auf die Straßenoberkante für **Lkw** angesetzt, um die tatsächlichen Sichtverhältnisse möglichst realitätsnah abzubilden. Für jeden Beobachtungspunkt entlang der Route wird ermittelt, ob die Reflexionen auftreten können, zu welchen Zeiten diese auftreten und welche Intensität sie aufweisen.

Die Berechnung erfolgt für den gesamten Jahresverlauf mit einer zeitlichen Auflösung von einer Minute. Durch die minütliche Berechnung des Sonnenstandes und der Reflexionsgeometrie wird eine hochaufgelöste Bewertung potenzieller Blendwirkungen ermöglicht. Dabei werden sowohl die astronomisch möglichen Reflexionsereignisse als auch die tatsächlichen Sichtverhältnisse berücksichtigt. Die Ergebnisse umfassen insbesondere die Dauer, Häufigkeit und Intensität möglicher Blendereignisse sowie die Bewertung potenzieller Nachbildwirkungen (After-Image-Effekte).

Im Anschluss erfolgt eine fachliche Bewertung der berechneten Reflexionen hinsichtlich ihrer Relevanz für die betroffenen Immissionsorte und Verkehrsteilnehmer. Dabei wird untersucht, ob die auftretenden Reflexionen lediglich wahrnehmbar sind oder ob sie eine potenziell störende beziehungsweise sicherheitsrelevante Blendwirkung hervorrufen können. Maßgebliche Kriterien sind hierbei insbesondere die Intensität der Reflexion, die Dauer des Ereignisses, die Häufigkeit des Auftretens sowie die Lage des betroffenen Beobachtungspunktes.

Sollten im Rahmen der Untersuchung relevante Blendwirkungen festgestellt werden, werden geeignete Maßnahmen zur Minderung und Vermeidung der Reflexionen geprüft. Hierzu können beispielsweise Anpassungen der Modulaufständigung, Änderungen der Modulausrichtung, die Einrichtung von Sichtschutzmaßnahmen oder die Berücksichtigung vorhandener bzw. geplanter Vegetationsstrukturen gehören. Ziel ist es, mögliche Beeinträchtigungen auf ein immissionsschutzrechtlich unbedenkliches Maß zu reduzieren und die Verträglichkeit der Photovoltaikanlage mit ihrer Umgebung sicherzustellen.

D.2.2. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ist ein bestimmtes Maß an Lichtimmissionen, die durch Reflexionen entstehen, tolerierbar. Ist die maximale astronomisch mögliche Dauer pro Tag auf 30 Minuten begrenzt und werden im Kalenderjahr 30 Stunden nicht überschritten, liegt nach LAI keine erhebliche Belästigung vor.

Wie in Kapitel C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Fahrzeugführenden je nach Geschwindigkeit eingeschränkt. Bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h, die als zu erwartende Mindestgeschwindigkeit an dieser Stelle zugrunde gelegt wird, beträgt der Öffnungswinkel des Sichtfeldes 75°.

Im Rahmen der Simulation wurden ausschließlich Reflexionen berücksichtigt, die innerhalb dieses relevanten Sichtfeldbereichs auftreten können. Reflexionen außerhalb des Öffnungswinkels von 75° wurden als für die Fahrzeugführenden nicht wahrnehmbar eingestuft und daher bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Durch die Anwendung dieser konservativen Annahmen wird sichergestellt, dass ausschließlich potenziell wahrnehmbare Blendereignisse in die Analyse eingehen.

D.2.3. Ergebnisse der Analyse

Die nachfolgenden Ergebnisse der Sichtbarkeits- und Blendungsanalyse für die Planfläche basieren grundsätzlich auf freien Sichtbeziehungen zwischen den betrachteten Immissionsorten und der geplanten Photovoltaikanlage („Worst-Case-Annahme“). Temporär oder dauerhafte Sichtverschattungen durch Vegetation, Einzelbäume, Gehölzstrukturen, Böschungen, Geländeerhebungen oder sonstige Hindernisse wurden hierbei nicht berücksichtigt.

Im Bereich der Bundesstraße „B176“ nordwestlich der Teilfläche wurde die vorhandene Gehölz- und Vegetationsstruktur entlang des Straßenrandes als wirksamer Sichtschutz berücksichtigt. Aufgrund des vorhandenen Bewuchses bestehen dort keine freien Sichtbeziehungen zur Planfläche (siehe Abbildung 7). Die Bewertung der Sichtbarkeit und einer möglichen Blendwirkung erfolgt daher unter Berücksichtigung dieser abschirmenden Vegetationskulisse.

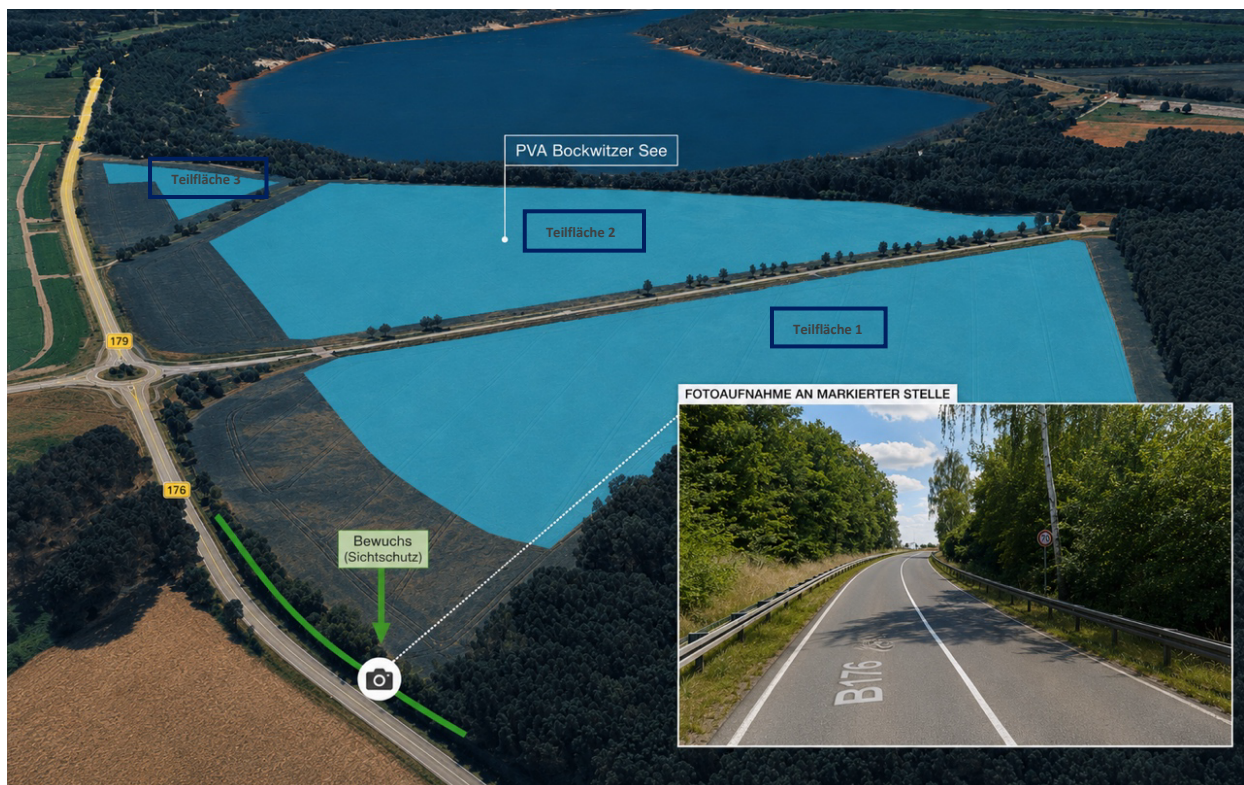


Abbildung 7: Bewuchs als Sichtschutz im östlichen Teil der Route B176 (Quelle: Google Earth)

D.2.3.1. Teilfläche 1

i. Bundesstraße B176 West

• Position der Blendung

Das Diagramm in Abbildung 8 zeigt die räumliche Verteilung der Blendereignisse entlang des untersuchten westlichen Abschnitts der Route „B176“. Der Hellblaue Linienzug stellt den betrachteten Streckenverlauf dar. Die gelb und grün markierten Abschnitte kennzeichnen jene Bereiche, in denen Reflexionen der Teilfläche 1 auftreten können. Dabei wird deutlich, dass nicht die gesamte Strecke von Blendungen betroffen ist. Vielmehr beschränken sich die Reflexionen auf einzelne Teilabschnitte, die durch längere blendfreie Strecken voneinander getrennt sind. Dies bedeutet, dass Verkehrsteilnehmer die potenziell betroffenen Bereiche lediglich für kurze Zeit durchfahren und keiner dauerhaften Blendwirkung ausgesetzt sind.

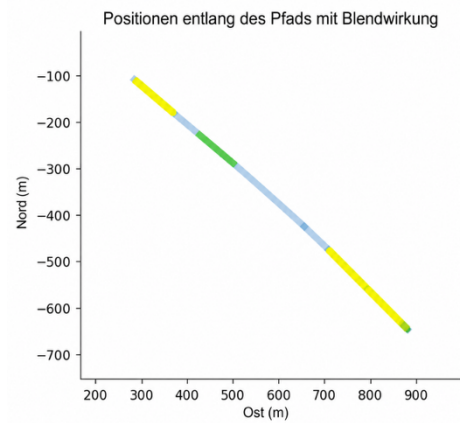


Abbildung 8: Position entlang der Straße mit Blendwirkung

• Jährliche vorhergesagtes Auftreten von Blendwirkung

Das Diagramm in Abbildung 9 zeigt die zeitliche Verteilung der von Teilfläche 1 ausgehenden Reflexionen entlang dem westlichen Abschnitt der Route „B176“ über das gesamte Jahr. Auf der horizontalen Achse sind die Tage des Jahres dargestellt, während die vertikale Achse die Tageszeit zeigt. Die Simulation weist Blendereignisse ausschließlich im Zeitraum von etwa Anfang März bis Ende September nach. Die Reflexionen treten dabei ausschließlich in den Abendstunden zwischen ungefähr 17:35 und 19:07 auf. Während der Wintermonate sowie in den Morgen- und Mittagsstunden werden keine Blendereignisse festgestellt.

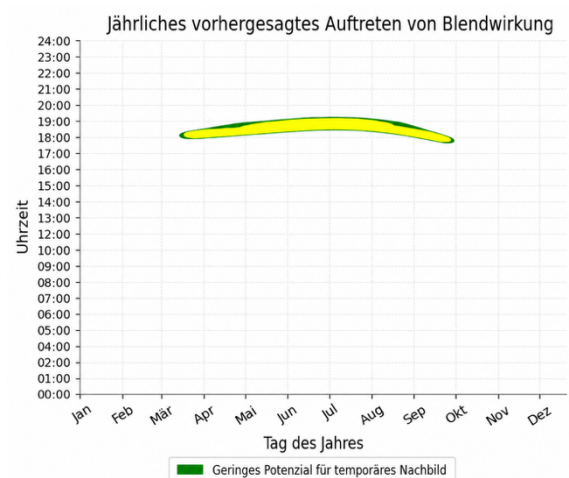


Abbildung 9: Jährliches Auftreten von Blendwirkung

• Tägliche Dauer der Blendwirkung

Das Diagramm in Abbildung 10 stellt die tägliche Blenddauer dar, die entlang des westlichen Abschnitts der Route B176 infolge von Reflexionen der Teilfläche 1 auftreten kann. Die gelben Bereiche kennzeichnen Reflexionen mit Potenzial zur Erzeugung temporärer Nachbilder, während die grünen Bereiche Reflexionen mit geringem Blendpotenzial darstellen. Die höchsten Blenddauern treten in den Sommermonaten auf und erreichen Werte von bis zu 29 Minuten pro Tag. Die Blenddauer nimmt zum Frühjahr hin zu, erreicht zwischen Mai und August ihr Maximum und sinkt anschließend wieder ab. Die Darstellung zeigt, dass die stärkeren Reflexionen überwiegend im Sommerhalbjahr auftreten und zeitlich auf einen vergleichsweise kurzen Abschnitt des Tages begrenzt bleiben.

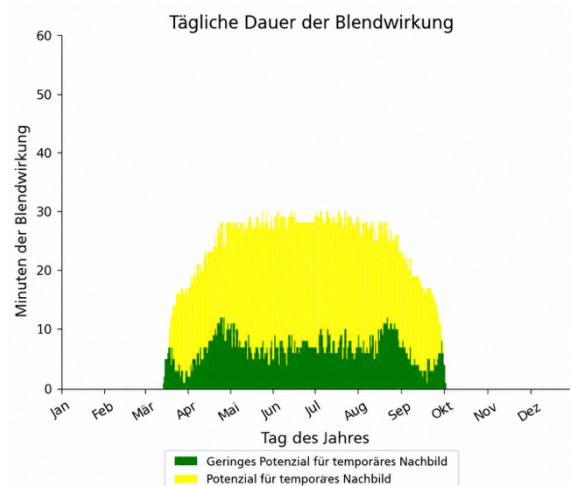


Abbildung 10: Tägliche Dauer der Blendung

• Blendungsgefahren

Die Darstellung in Abbildung 11 dient der Bewertung der Intensität der berechneten Reflexionen hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf das menschliche Auge. Dargestellt werden die simulierten Reflexionen der Teilfläche 1 als einzelne Punkte in Abhängigkeit von ihrer retinalen Bestrahlungsstärke und ihrer scheinbaren Quellgröße. Die Hintergrundbereiche kennzeichnen unterschiedliche Gefährdungszonen. Sämtliche berechneten Reflexionen befinden sich innerhalb des Bereichs mit geringem Blendpotenzial und liegen deutlich unterhalb der Schwelle, bei der temporäre Nachbilder oder gar dauerhafte Netzhautschäden zu erwarten wären. Der Vergleichspunkt für den direkten Blick in die ungefilterte Sonne liegt deutlich oberhalb der simulierten Reflexionen. Die Ergebnisse zeigen somit, dass die von der Teilfläche 1 ausgehenden Reflexionen keine Gefährdung der Augengesundheit darstellen.

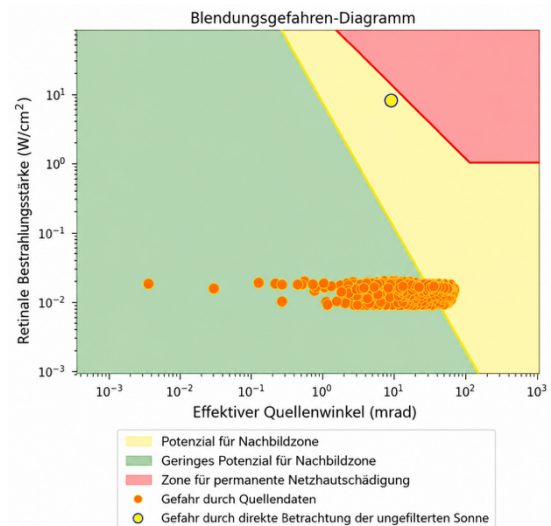


Abbildung 11: Blendungsgefahren-Diagramm

ii. Bundesstraße B176 Ost

• Jährliches Vorhergesagtes Auftreten von Blendwirkung

Das Diagramm in Abbildung 12 zeigt die zeitliche Verteilung der von der betrachteten Teilfläche der Photovoltaikanlage ausgehenden Reflexionen entlang des untersuchten Abschnitts der Route B176 über das gesamte Jahr. Die Simulation weist zwei voneinander getrennte Zeiträume mit potenziellen Blendereignissen aus. Der erste Zeitraum erstreckt sich ungefähr von Mitte März bis Mitte Mai, der zweite von Anfang August bis Ende September. Die Reflexionen treten ausschließlich in den Abendstunden zwischen etwa 17:47 Uhr und 18:49 Uhr auf. Zwischen Mai und August sowie außerhalb dieses Zeitfensters werden keine Blendereignisse festgestellt.

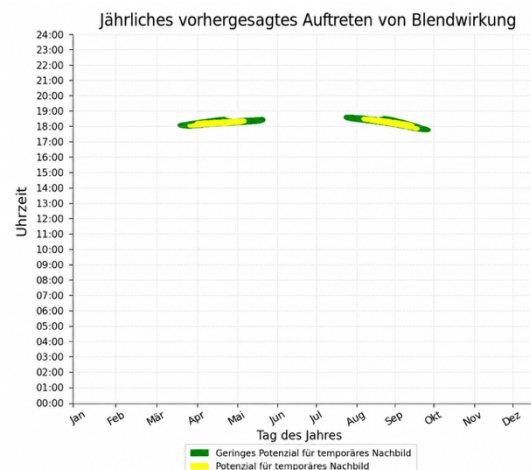


Abbildung 12: Jährliches Auftreten von Blendwirkung

• Tägliche Dauer der Blendung

Das Diagramm in Abbildung 13 stellt die tägliche Blenddauer entlang des untersuchten Abschnitts der Route „B176“ dar. Die Blenddauer steigt im Frühjahr zunächst an und erreicht im April maximale Werte von etwa 20 bis 22 Minuten pro Tag. Anschließend nimmt sie wieder ab und verschwindet im Frühsommer vollständig. Ab August treten erneut Blendereignisse auf, die wiederum tägliche Blenddauern von bis zu etwa 23 Minuten erreichen, bevor sie gegen Ende September auslaufen.

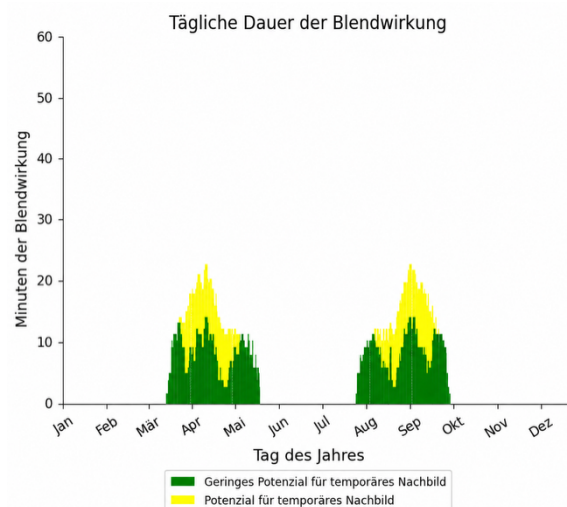


Abbildung 13: Tägliche Dauer der Blendwirkung

• Position der Blendung

Das Diagramm in Abbildung 14 zeigt die räumliche Verteilung der Blendereignisse entlang des untersuchten Streckenverlaufs der Route B176. Im Gegensatz zur Gesamtlänge der betrachteten Strecke beschränken sich die Blendereignisse auf einen relativ kurzen Abschnitt im südöstlichen Bereich der Route. Der überwiegende Teil des untersuchten Straßenverlaufs bleibt frei von Reflexionen. Die Darstellung verdeutlicht somit, dass potenzielle Blendwirkungen nur auf einem kleinen Teilstück der Strecke auftreten und Verkehrsteilnehmer die betroffenen Bereiche lediglich für kurze Zeit durchfahren.

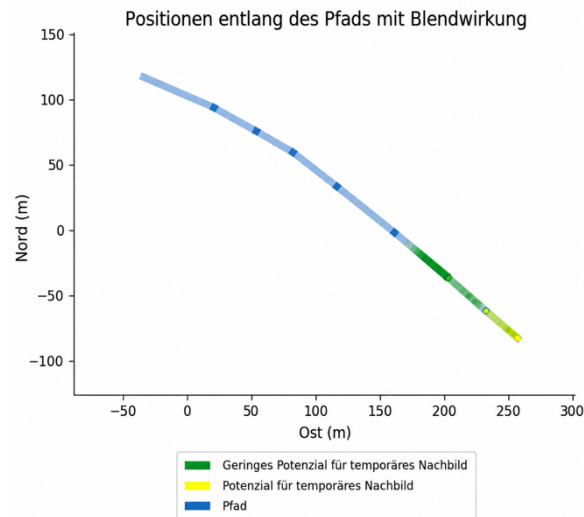


Abbildung 14: Positionen entlang des Pfads mit Blendwirkung

• Blendungsgefahr

Die Abbildung 15 dient der Bewertung der Intensität der berechneten Reflexionen hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf das menschliche Auge. Dargestellt werden die simulierten Reflexionen als einzelne Datenpunkte in Abhängigkeit von ihrer retinalen Bestrahlungsstärke und ihrer scheinbaren Quellgröße. Die Hintergrundbereiche kennzeichnen unterschiedliche Gefährdungszonen von geringem Blendpotenzial über temporäre Nachbilder bis hin zu Bereichen, in denen theoretisch dauerhafte Netzhautschäden auftreten könnten. Sämtliche berechneten Reflexionen liegen deutlich innerhalb des Bereichs mit geringem Blendpotenzial und weisen einen großen Abstand zu den Grenzbereichen auf. Die Auswertung zeigt somit, dass von den berechneten Reflexionen keine Gefahr für die Augengesundheit ausgeht und keine dauerhaften Schädigungen der Netzhaut zu erwarten sind.

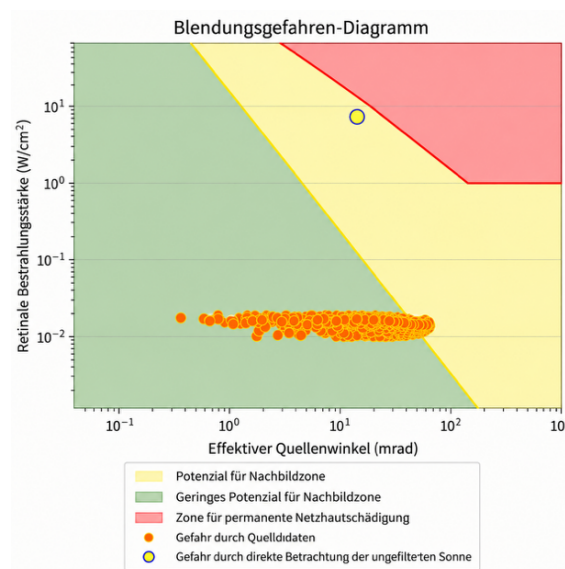


Abbildung 15: Blendungsgefahr-Diagramm

iii. Zum Lerchenberg

- **Jährliches Vorhergesagtes Auftreten von Blendwirkung**

Die Darstellung in Abbildung 16 der jährlichen Blendereignisse zeigt zwei klar voneinander getrennte Zeitfenster, in denen Reflexionen der Photovoltaikanlage den betrachteten Abschnitt der Route erreichen können. Das erste Ereignisfenster liegt im Frühjahr und erstreckt sich ungefähr über den Monat März. Ein zweites, ähnlich ausgeprägtes Ereignisfenster tritt im Herbst zwischen September und Anfang Oktober auf. Die Reflexionen konzentrieren sich ausschließlich auf die frühen Abendstunden und bewegen sich überwiegend zwischen 17:40 Uhr und 18:30 Uhr. Außerhalb dieser Zeiträume werden keine relevanten Reflexionen in Richtung der untersuchten Strecke festgestellt.

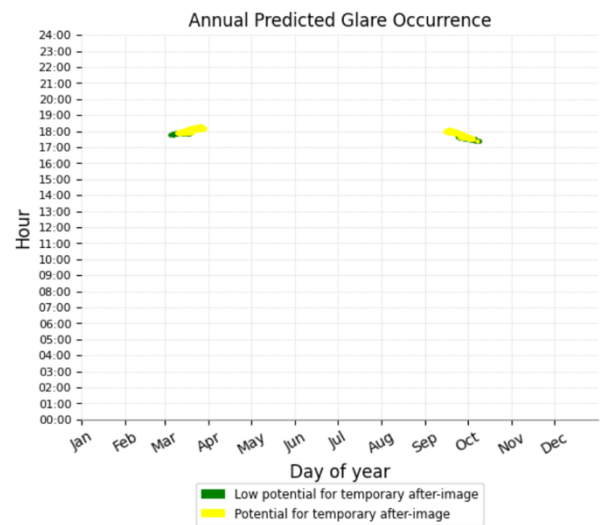


Abbildung 16: Jährliches Auftreten von Blendwirkung

- **Tägliche Dauer der Blendung**

Die Auswertung zeigt, dass Reflexionen ausschließlich in zwei zeitlich klar abgegrenzten Zeiträumen auftreten. Der erste Zeitraum liegt im Frühjahr zwischen etwa Anfang März bis Ende März, während der zweite Zeitraum im Herbst zwischen etwa Mitte September und Anfang Oktober zu beobachten ist. Die maximale tägliche Blenddauer erreicht in beiden Zeitfenstern Werte von bis zu rund 18 Minuten pro Tag.

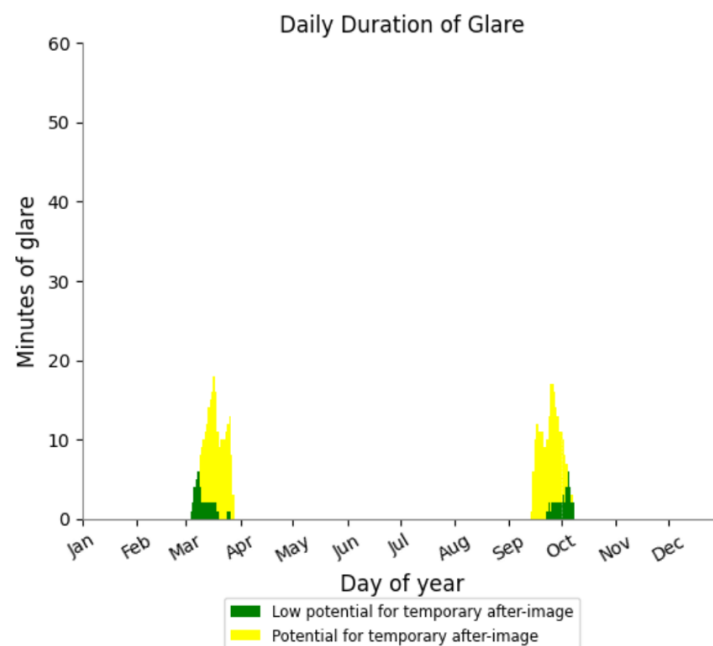


Abbildung 17: Tägliche Blenddauer

- **Position der Blendung**

Die Analyse entlang der untersuchten Route macht deutlich, dass Reflexionen nur auf einem kurzen Abschnitt im nördlichen Bereich des betrachteten Straßenverlaufs auftreten. Der größte Teil der Strecke bleibt frei von Blendereignissen. Die gelb und grün markierten Bereiche konzentrieren sich auf das obere Ende des Straßenabschnitts und bilden lediglich einen kleinen Anteil der gesamten Wegstrecke. Für Verkehrsteilnehmer bedeutet dies, dass potenzielle Reflexionen lediglich während eines kurzen Streckenabschnitts wahrgenommen werden können, bevor die Fahrtrasse wieder außerhalb des Reflexionsbereichs verläuft.

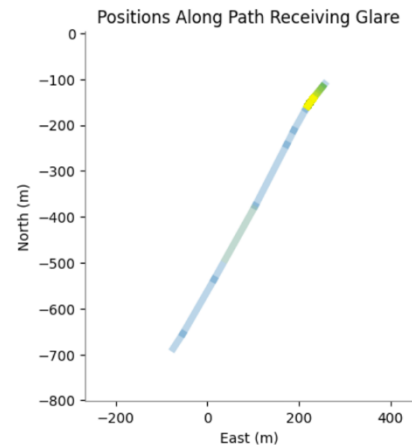


Abbildung 18: Positionierung entlang der Straße mit Blendwirkung

- **Blendungsgefahren**

Die berechneten Reflexionspunkte gruppieren sich in einem Bereich niedriger retinaler Bestrahlungsstärken und weisen einen deutlichen Abstand zu den Grenzbereichen auf, die mit erhöhten Blendwirkungen oder gesundheitlichen Risiken verbunden wären. Die Position der Datenpunkte zeigt, dass die reflektierte Strahlung der Modulflächen wesentlich schwächer ausfällt als die Belastung durch einen direkten Blick in die Sonne. Aus ophthalmologischer Sicht ergeben sich daher keine Anhaltspunkte für eine Gefährdung der Netzhaut oder für kritische Blendwirkungen.

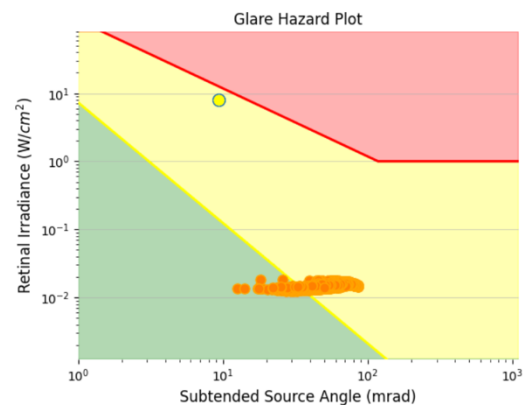


Abbildung 19: Blendungsgefahren-Diagramm

D.2.3.2. Teilfläche 2

i. Bundesstraße B176 West

- **Jährliches Auftreten der Blendwirkung**

Die Jahresübersicht der Blendereignisse zeigt ein durchgehendes Auftreten von Reflexionen über einen langen Zeitraum zwischen etwa Anfang März und Anfang Oktober. Die zeitliche Lage der Blendungen verschiebt sich im Jahresverlauf entsprechend dem Sonnenstand geringfügig und liegt durchgehend in den Abendstunden zwischen etwa 17:45 Uhr und 19:00 Uhr. Der höchste Zeitpunkt der Reflexionen wird während der Sommermonate erreicht. Außerhalb dieses Zeitfensters sind keine relevanten Blendwirkungen zu erwarten.

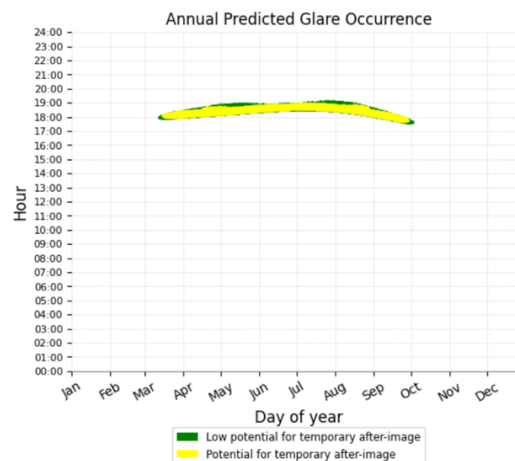


Abbildung 20: Jährliches Auftreten der Blendwirkung

- **Tägliche Dauer der Blendung**

Die Darstellung der täglichen Blenddauer verdeutlicht, dass die Intensität der Beeinträchtigung im Jahresverlauf nicht konstant verläuft. Bereits im Frühjahr steigen die täglichen Blendzeiten deutlich an und erreichen im Mai erstmals Spitzenwerte von rund 35 Minuten pro Tag. Nach einem zwischenzeitlichen Rückgang während der Sommermitte nimmt die Blenddauer ab August erneut zu und erreicht nochmals vergleichbare Höchstwerte. Erst gegen Ende September beziehungsweise Anfang Oktober gehen die Blendzeiten wieder zurück. Die Auswertung zeigt damit zwei ausgeprägte Belastungsphasen im Frühjahr und Spätsommer, während die Sommermonate von moderateren täglichen Blenddauern geprägt sind.

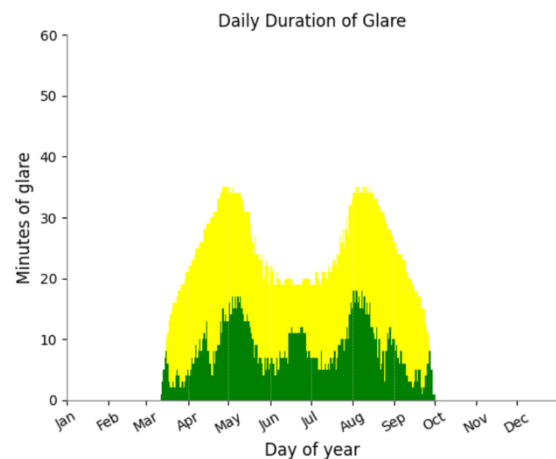


Abbildung 21: Tägliche Blenddauer

- **Position der Blendung**

Die Analyse entlang des untersuchten Verkehrsweges zeigt, dass die Blendereignisse über einen vergleichsweise langen Abschnitt der Route verteilt sind. Während andere Untersuchungsbereiche lediglich kurze Einzelabschnitte betreffen, erstrecken sich die hier identifizierten Reflexionsbereiche über mehrere Teilstücke der Strecke. Besonders im mittleren Abschnitt des Straßenverlaufs treten wiederholt Bereiche mit potenziellen Blendwirkungen auf. Dennoch verbleiben auch längere Abschnitte ohne erkennbare Reflexionen.

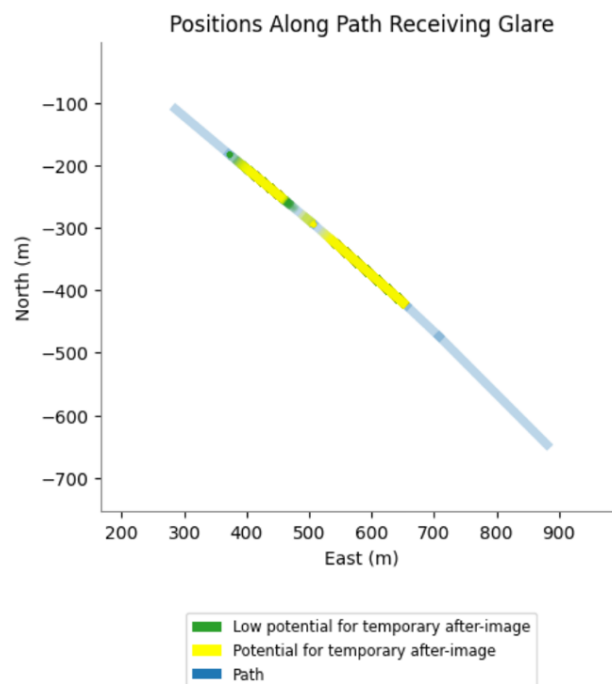


Abbildung 22: Position der Reflexion

- **Blendungsgefahren**

Die berechneten Datenpunkte konzentrieren sich im Bereich niedriger retinaler Bestrahlungsstärken und liegen vollständig innerhalb der Zone mit geringem Blendpotenzial. Selbst die stärksten ermittelten Reflexionen bleiben deutlich von den Bereichen entfernt, in denen temporäre Nachbilder oder gesundheitlich relevante Auswirkungen auftreten könnten. Der Vergleich mit dem Referenzpunkt eines direkten Sonnenblicks macht deutlich, dass die Intensität der Reflexionen nur einen sehr kleinen Bruchteil

der Belastung durch die direkte Sonne erreicht. Aus technischer und medizinischer Sicht ergeben sich daher keine Hinweise auf eine Gefährdung des menschlichen Auges.

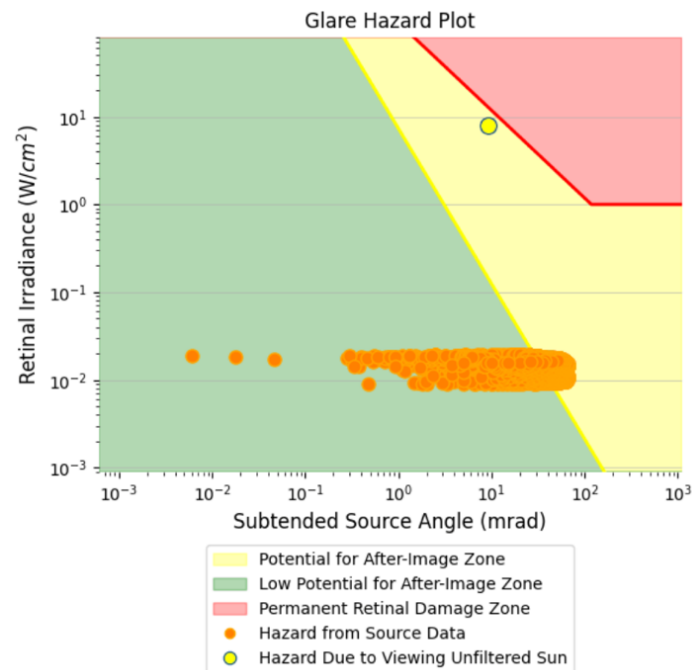


Abbildung 23: Blendungsgefahren-Diagramm

ii. Zum Lerchenberg

• Jährliches Auftreten der Blendwirkung

Die Jahresdarstellung der Blendereignisse weist auf ein kontinuierliches Auftreten von Reflexionen zwischen Anfang April und Mitte September hin. Die Blendungen konzentrieren sich ausschließlich auf die frühen Morgenstunden und treten etwa zwischen 05:00 Uhr und 06:30 Uhr auf. Im Verlauf des Jahres verändert sich die genaue Uhrzeit der Reflexionen entsprechend dem Sonnenstand leicht. Die Grafik zeigt somit eine ausgeprägte Konzentration der Blendwirkungen auf den morgendlichen Zeitraum unmittelbar nach Sonnenaufgang.

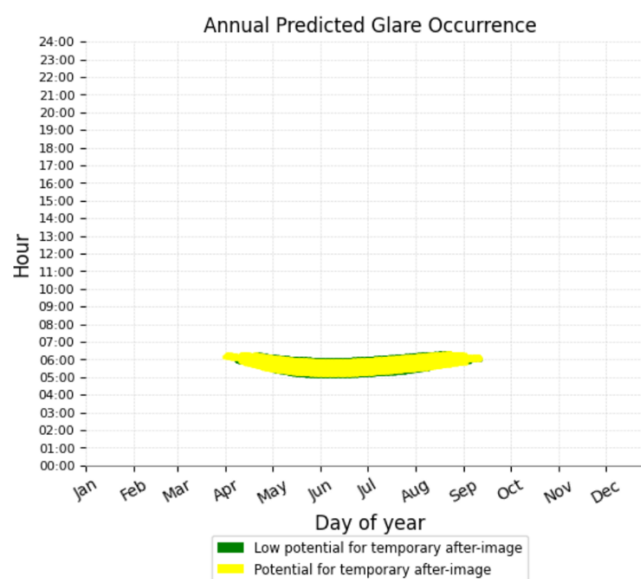


Abbildung 24: Jährliches Auftreten der Blendwirkung

• Tägliche Blenddauer

Die Auswertung der täglichen Blenddauer zeigt eine deutlich stärkere Ausprägung der Reflexionen als in den zuvor betrachteten Fällen. Bereits im April steigen die täglichen Blendzeiten rasch an und erreichen ab Mai ein nahezu konstantes Niveau von über 50 Minuten pro Tag. Dieser Zustand hält bis weit in den August hinein an, bevor die Blenddauer im September wieder deutlich zurückgeht. Der überwiegende Anteil der Blendzeit entfällt auf Reflexionen mit Potenzial zur Erzeugung temporärer Nachbilder. Die grün dargestellten Anteile mit geringem Blendpotenzial machen dagegen nur einen vergleichsweise kleinen Teil der gesamten Blenddauer aus. Die Ergebnisse weisen damit auf eine über mehrere Monate hinweg regelmäßig auftretende morgendliche Blendwirkung hin.

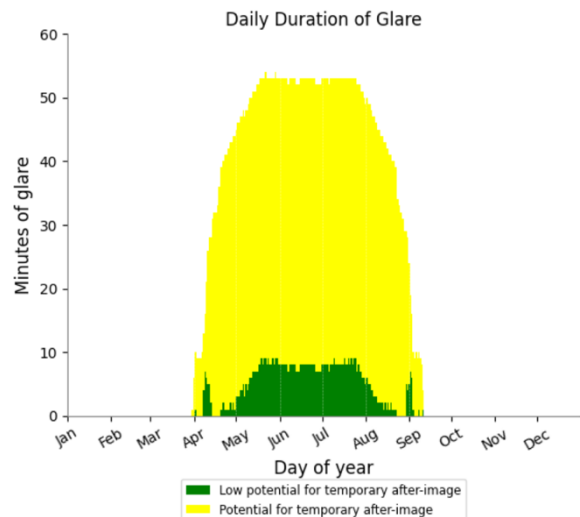


Abbildung 25: Tägliche Blenddauer

- **Position der Reflexion**

Die Verteilung der Blendereignisse entlang der untersuchten Route zeigt, dass die Reflexionen einen großen Teil des betrachteten Streckenverlaufs betreffen. Insbesondere der zentrale Abschnitt der Route ist nahezu durchgehend von potenziellen Blendereignissen betroffen. Lediglich an den Endpunkten der Strecke bleiben kurze Bereiche ohne Reflexionen. Daraus ergibt sich eine große räumliche Ausdehnung der Blendwirkung entlang des Verkehrsweges.

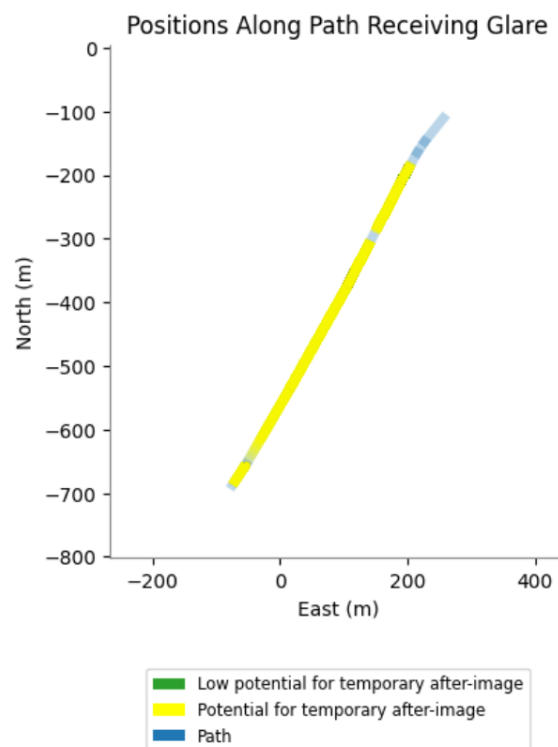


Abbildung 26: Position der Reflexionen

- **Blendungsgefahr**

Der Gefährdungsplot veranschaulicht die Intensität sämtlicher simulierten Reflexionen. Die berechneten Reflexionspunkte liegen konzentriert im unteren Bereich der Darstellung und weisen geringe Werte der retinalen Bestrahlungsstärke auf. Alle Datenpunkte befinden sich deutlich unterhalb der Bereiche, die mit kritischen Blendwirkungen oder gar dauerhaften Netzhautschäden verbunden wären. Der Abstand zum

Referenzwert eines direkten Blicks in die Sonne ist erheblich. Die Analyse bestätigt somit, dass die Reflexionen zwar wahrnehmbar sein können, jedoch keine gesundheitsgefährdende Intensität erreichen.

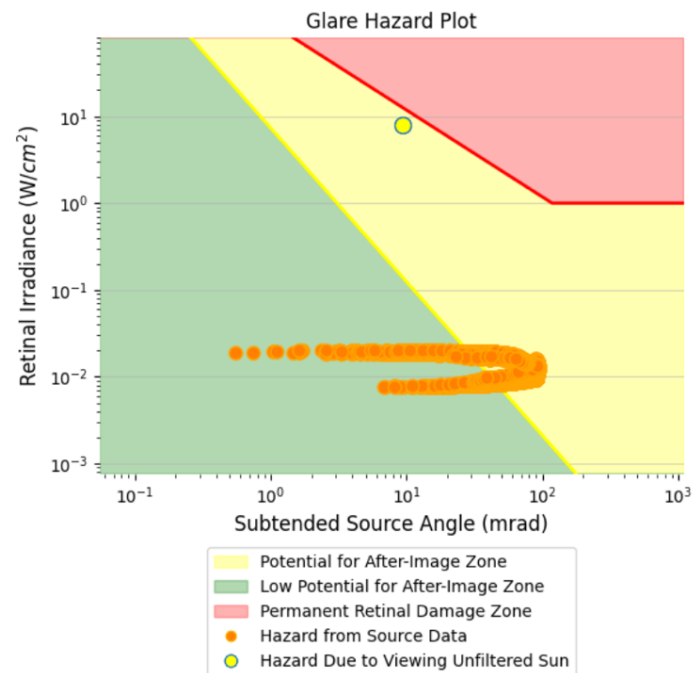


Abbildung 27: Blendungsgefahren-Diagramm

D.2.3.3. Teilfläche 3

Für die Teilfläche 3 können relevante Blendwirkungen auf die Bundesstraße „B176“ und die Straße „Zum Lerchenberg“ ausgeschlossen werden. Die Modultische sind in diesem Bereich weitgehend parallel zum Verlauf der Bundesstraße (Azimut 227°) angeordnet. Dadurch befindet sich die Fahrbahn aus Sicht der Modulflächen überwiegend außerhalb der potenziellen Reflexionsrichtung. Eine gezielte Reflexion des Sonnenlichts in Richtung der Verkehrsteilnehmer auf der B176 ist daher geometrisch nicht zu erwarten.

Zusätzlich sind innerhalb der Teilfläche 3 Batterie-Energiespeichersysteme (BESS) vorgesehen, deren Bauhöhe die Höhe der Modultische deutlich übersteigt. Die BESS-Anlagen befinden sich in einem Abstand von etwa 6 m zu den nächstgelegenen Modulreihen und wirken als zusätzliche Abschirmung gegenüber der Bundesstraße. Aufgrund der Anordnung der Modultische, der Lage der Bundesstraße sowie der abschirmenden Wirkung der BESS-Anlagen können relevante Blendwirkungen ausgehend von der Teilfläche 3 auf die Verkehrsteilnehmer der B176 ausgeschlossen werden.

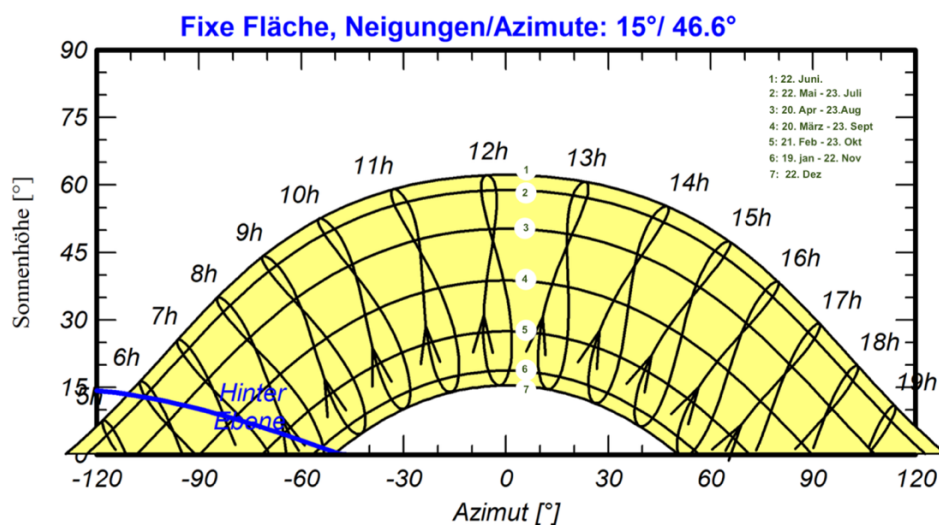


Abbildung 28: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

E. Bewertung

E.1. Bewertung der Ausgangsplanung

Die Analyse für die Bundesstraße „B176“ und „Zum Lerchenberg“ zeigt, dass an mehreren untersuchten Straßenabschnitten Reflexionen der Photovoltaikanlage auftreten können. Die simulierten Blendereignisse konzentrieren sich überwiegend auf die Morgen- oder Abendstunden und treten saisonal hauptsächlich im Zeitraum zwischen Frühjahr und Herbst auf. Die berechneten Reflexionen liegen zwar hinsichtlich ihrer Intensität deutlich unterhalb der Schwellenwerte für gesundheitsschädliche Auswirkungen auf das menschliche Auge, jedoch werden hohe jährliche sowie tägliche Blenddauern überschritten. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Betrachtungspunkt	jährliche Blendung Grün [Stunden]	Jährliche Blendung Gelb [Stunden]	Gesamt
B176	50,5	109,1	159,6
Zum Lerchenberg	29,7	114	143,7

Tabelle 5: Gesamte von jedem Beobachtungspunkt empfangene Blendung, die von allen reflektierenden Oberflächen verursacht werden

Aus fachlicher Sicht ist daher festzustellen, dass zur wirksamen Vermeidung bzw. Reduzierung der nachgewiesenen Lichtimmissionen geeignete Sichtschutzmaßnahmen vorzusehen sind. Hierfür eignet sich die Herstellung eines dauerhaft wirksamen, blickdichten Sichtschutzes entlang der betroffenen Anlagenränder. Der Sichtschutz kann beispielsweise als mehrreihige Gehölzpflanzung, als Wall-Hecken-Kombination oder als technische Sichtschutzwand ausgeführt werden. Aufgrund der langfristigen landschaftlichen Einbindung und der ökologischen Zusatzwirkungen wird eine mehrreihige Gehölzpflanzung mit standortgerechten heimischen Baum- und Straucharten empfohlen.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Abschirmung sollte der Sichtschutz eine Mindesthöhe von 3,0 m über Geländeoberkante aufweisen. Die Höhe ist erforderlich, um die Sichtverbindung zwischen den reflektierenden Modulflächen und den betroffenen Schutzobjekten bzw. Verkehrswegen dauerhaft zu unterbrechen.

Der Sichtschutz ist entlang der folgenden Bereiche vorzusehen:

- **Nördlich der Teilfläche 2 entlang der Bundesstraße B176**
- **Westlich der Teilfläche 2 entlang der Straße „Zum Lerchenberg“**
- **Östlich der Teilfläche 1 entlang der Straße „Zum Lerchenberg“**

Die Sichtschutzmaßnahmen sind dabei möglichst durchgängig auszuführen, sodass keine größeren Unterbrechungen entstehen, über die weiterhin direkte Sichtbeziehungen auf die Modulflächen möglich wären. Bei Verwendung von Gehölzpflanzungen ist sicherzustellen, dass auch im laubfreien Zustand eine ausreichende Abschirmwirkung gewährleistet bleibt.

Als Alternative zur Errichtung eines Sichtschutzes kann die Blendwirkung durch **eine gezielte Anpassung der Randreihen entlang der angrenzenden Verkehrswege ausgeschlossen werden**. Hierzu wird die erste Modulreihe der Teilfläche entlang der Straße „Zum Lerchenberg“ parallel zum Straßenverlauf angeordnet, wobei die Modulvorderseite zur Straße ausgerichtet wird. Die erste Modulreihe der Teilfläche 2 entlang der Straße „Zum Lerchenberg“ wird ebenfalls parallel zum Straßenverlauf angeordnet, jedoch mit der Modulvorderseite von der Straße abgewandt. Darüber hinaus soll die erste Modulreihe der Teilfläche 2 entlang der Bundesstraße B176 parallel zur Straße ausgerichtet und ebenfalls von der Straße weg orientiert.

Diese Maßnahme stellt eine technische Alternative zu einem baulichen Sichtschutz dar. Der Belegungsplan in Anlagen verdeutlicht die Lage und Ausrichtung der geänderten Modulreihen entlang der Straßen B176 und „Zum Lerchenberg“ und dient der nachvollziehbaren Darstellung der vorgesehen Blendminderungsmaßnahme.

E.2. Optimierungsvariante

Aufgrund der im Rahmen der Analyse festgestellten Überschreitungen der zulässigen Blenddauer an den Immissionsorten entlang der Bundesstraße B176 sowie die Straße „Zum Lerchenberg“ wurde eine Optimierungsuntersuchung durchgeführt. Ziel der Untersuchung war die Identifikation einer Anlagenkonfiguration, bei der die Blendwirkungen auf ein zulässiges Maß reduziert werden können.

Hierzu wurden verschiedene Kombinationen aus Modulaufständigungswinkel und Azimutausrichtung untersucht. Die Berechnungen erfolgten für die folgenden Aufständigungswinkel: 12°, 15° und 18°.

Für jede Aufständigungsvariante wurde die Modulausrichtung schrittweise von einer Südausrichtung (Azimut 180°) bis zu einer Südwestlichen Ausrichtung 222° variiert. Die Azimutwinkel wurde dabei in Schritten von 3° untersucht.

Die Bewertung der einzelnen Varianten erfolgte anhand der berechneten Blenddauer an den maßgeblichen Immissionsorten entlang der Bundesstraße B176 (s. Tabelle) sowie der Straße „Zum Lerchenberg“ (s. Tabelle). Zielkriterium war die Einhaltung der einschlägigen Grenzwerte für die tägliche und jährliche Blenddauer.

Blendung auf Bundesstraße B176

Neigung → Ausrichtung ↓	12°	15°	18°
180°	9.393	9.162	9.036
183°	8.841	8.625	8.495
186°	7.391	7.200	7.112
189°	6.049	6.915	6.812
192°	5.744	5.626	5.543
195°	4.438	4.346	4.270
198°	3.115	3.061	3.005
201°	2.784	2.736	2.726
204°	1.492	1.435	1.420
207°	1.238	1.186	1.159
210°	1.013	941	911
213°	782	706	650
216°	496	398	335
219°	223	128	73
222°	38	0	0

Tabelle 6: Prognostizierte jährliche Blendminuten je Konfiguration. Kontinuierliche Farbskala: Grün (keine) bis Rot (maximal).

Blendung auf „Zum Lerchenberg“

Neigung → Ausrichtung ↓	12°	15°	18°
180°	8.929	8.774	8.691
183°	7.561	7.417	7.330
186°	6.260	6.134	6.074
189°	5.033	5.944	5.874
192°	4.830	4.751	4.695
195°	3.625	3.564	3.513
198°	2.410	2.374	2.337
201°	1.189	1.158	1.150
204°	994	956	946
207°	825	791	773
210°	675	628	608
213°	521	471	434
216°	331	266	223
219°	148	85	49
222°	25	0	0

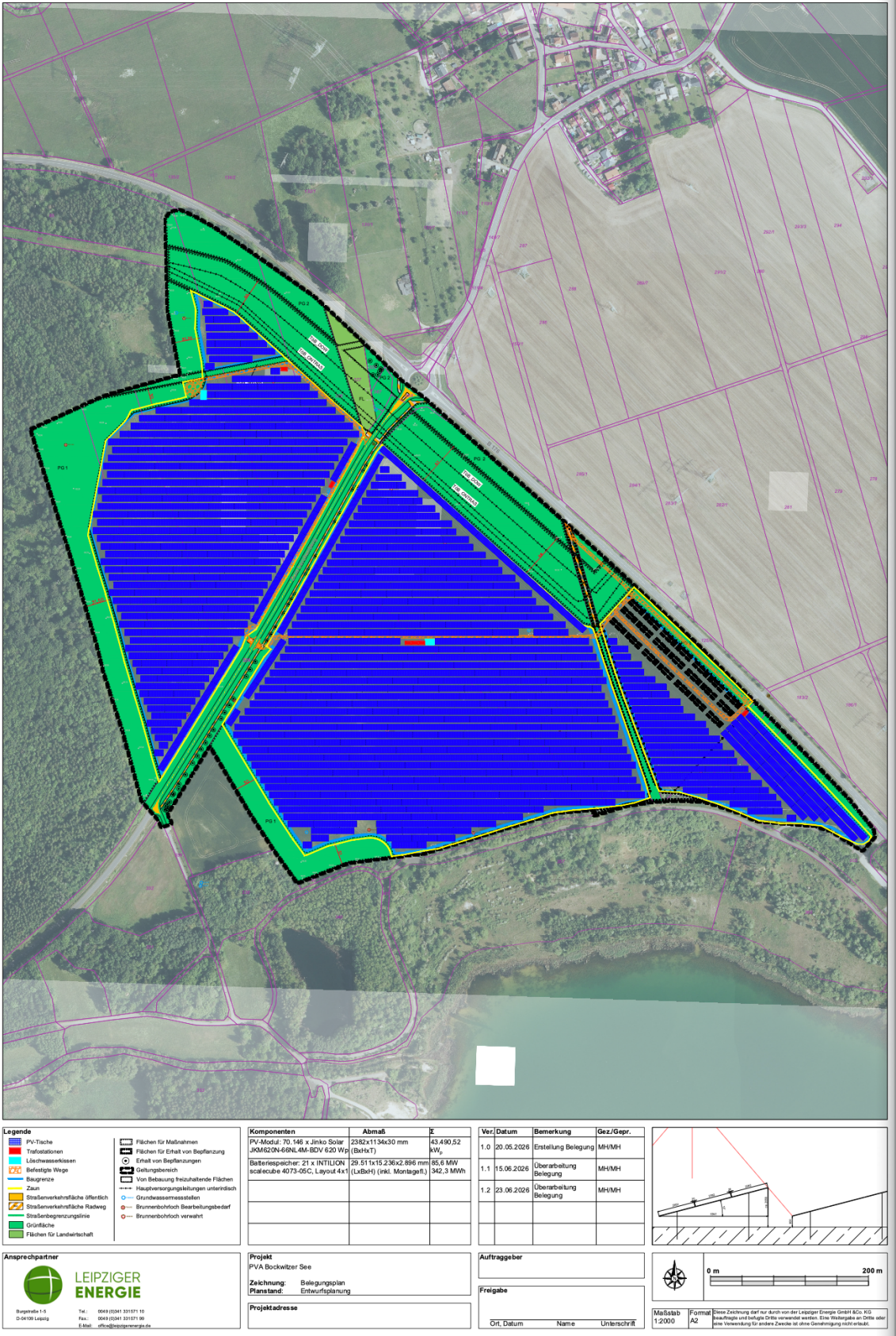
Tabelle 7: Prognostizierte jährliche Blendminuten je Konfiguration. Kontinuierliche Farbskala: Grün (keine) bis Rot (maximal).

Die durchgeführte Optimierungsanalyse zeigt, dass die Blendwirkung maßgeblich von der gewählten Modulausrichtung beeinflusst wird. Durch eine Drehung der Modulflächen in Richtung Südwesten kann die Reflexion in Richtung der betroffenen Verkehrswege deutlich reduziert werden.

Da ein Aufständigungswinkel von 15° für diese Anlagenkonfiguration eine gängige und in der Praxis eingesetzte Ausführung darstellt, wird diese Neigung auch für die Optimierungsuntersuchung zugrunde gelegt. Hierfür belegen die Berechnungen, dass **erst ab einer Drehung der Anlage um mindestens 24° nach Westen** die Blenddauer auf „B176“ und „Zum Lerchenberg“ die zulässigen Grenzwerte nicht mehr überschreitet.

F. Anlagen

1. Belegungsplan mit eingedrehten Reihen



2. Datenblatt

www.jinkosolar.com



TIGER Neo

66HL4M-BDV

605-630 Watt

BIFAZIALES MODUL MIT DOPPELGLAS



N-Typ



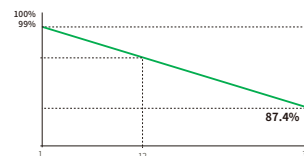
N-Typ Technologie

N-Typ Module mit Tunnel-Oxid Passivierungskontakten (TOPCon) bieten eine geringere LID/LeTID-Degradation und eine bessere Leistung bei schwachem Licht.



HOT 3.0 Technologie

N-Typ-Module mit der HOT 3.0-Technologie von JinkoSolar bieten eine höhere Zuverlässigkeit und Effizienz.



Beidseitige Strom Erzeugung

Beidseitiger Gewinn bei der Stromerzeugung steigt mit der Lichteinstrahlung auf der Rückseite, was die LCOE deutlich reduziert.



Mechanische Belastung Erhöht

Zertifiziert, um zu widerstehen:
5400 Pa maximale statische Prüflast auf der Vorderseite
2400 Pa Rückseite max. statische Prüflast

12 Jahre
Produktgarantie

30 Jahre
lineare Leistungsgarantie

1%
Degradation im 1. Jahr

0.4%
jährliche Degradation über 30 Jahre

- IEC61215:2021 / IEC61730:2023
- IEC61701 / IEC62716 / IEC60068 / IEC62804
- ISO9001:2015: Qualitätsmanagementsystem
- ISO14001:2015: Umweltmanagementsystem
- ISO45001:2018: Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit



SMBB Technologie

Mehr Modulleistung und Zuverlässigkeit dank verbesserter Lichtabsorption und verbesserten Stromtransport.



Anti-PID-Garantie

Minimiert die durch PID-Phänomene verursachte Degradationsgefahr durch Optimierung der Zellproduktionstechnologie und der Materialkontrolle.



EU-JKM605-630N-66HL4M-BDV-F3-DE