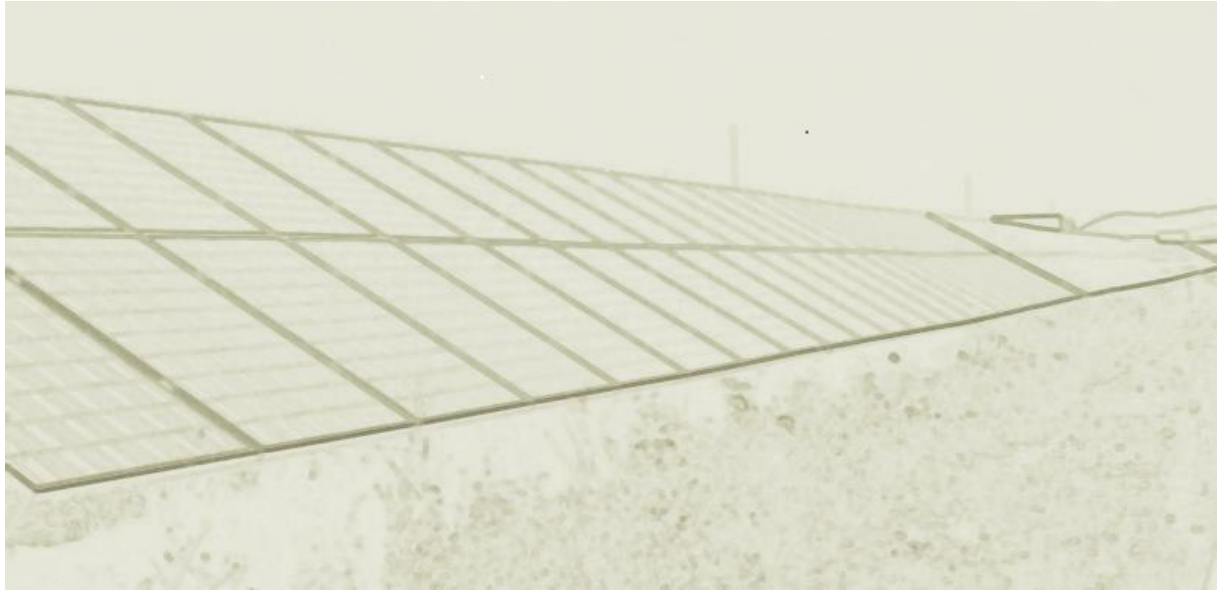




P r ü f b e r i c h t

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Kalchreuth
Auftraggeber:	zeitgeist engineering gmbh
Zweck:	Erstellung eines Gutachtens über den Einfluss der Solaranlage auf die Umgebung durch Reflexionen im Rahmen des allgemeinen Genehmigungsprozesses und für die öffentliche Auslegung und Beteiligung der Träger öffentlicher Belange nach § 3 und §4 BauGB sowie für Baugenehmigungsverfahren.
Standort, Land:	<u>90562 Kalchreuth (49.588°N; 11.124°E), Deutschland</u>
Prüfberichtsnummer:	25K8183-PV-BG-Kalchreuth-R00-JBS_LBE-2025
Berichtsdatum:	14.11.2025
Verantwortlicher Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt 8.2 Obst & Hamm GmbH Brandswiete 4 20457 Hamburg Tel: +49 (0)40 / 18 12 604-22 E-Mail: joerg.behrschmidt@8p2.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Bildverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis.....	3
Abkürzungen und Begriffe.....	6
A. Allgemeine Daten.....	7
A.1. Auftrag	7
A.2. Prüfungsumfang	8
A.3. Prüfungsgrundlagen	8
A.4. Identifikation der Anlage	8
B. Prüfergebnis.....	9
C. Grundlage	10
C.1. Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht.....	10
C.2. Wirkung auf den Menschen	11
C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführenden	12
C.4. Reflexionen an Solarmodulen.....	12
D. Analyse	14
D.1. Grundlage und Vorgehensweise	14
D.2. Geometrische Betrachtung	15
E. Bewertung.....	28

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	12
Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel	13
Abbildung 3: Google Earth ©2025 Lageplan der Planfläche	14
Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	16
Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	16
Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B1	18
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B2	19
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B2.1	19
Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B2.1	20
Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B3	20
Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B4	21
Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1	22
Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2	22
Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2.1	23
Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B3	23
Abbildung 16: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4	24
Abbildung 17: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B1 mit Grenzvektoren in Richtung Module	25
Abbildung 18: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module	25
Abbildung 19: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B2.1 mit Grenzvektoren in Richtung Module	26
Abbildung 20: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B3 mit Grenzvektoren in Richtung Module	26
Abbildung 21: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B4 mit Grenzvektoren in Richtung Module	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Revisionsübersicht.....	4
Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten	17
Tabelle 3: Sonnenstand zum Zeitpunkt der Reflexionen.....	27

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
25K8183-PV-BG-Kalchreuth-R00-JBS_LBE-2025	Ursprungsversion 14.11.2025

I. Inhalt und Nutzung des Berichts

8.2 Obst & Hamm GmbH (im Folgenden: 8.2 Obst & Hamm) wurde vom Auftraggeber beauftragt, diesen Bericht zu erstellen. Der Bericht fasst die Erkenntnisse aus Vor-Ort-Termin(en) und/oder der 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 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 Personen 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 weiter zu geben, ohne das vorherige schriftliche Einverständnis von 8.2 Obst & Hamm.

II. Ergänzende Informationen zu Haftungsausschlüssen

Der vorliegende Bericht basiert ausschließlich auf eigenen Erkenntnissen aus Vor-Ort-Termin(en), sowie 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:

1.) Die Genauigkeit der bereitgestellten Informationen kann die Genauigkeit des Berichts beeinflussen. 8.2 Obst & Hamm 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. 8.2 Obst & Hamm 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. 8.2 Obst & Hamm geht davon aus, dass der Informationsgehalt gültig und bindend für die beteiligten Parteien ist.

2.) Im Hinblick auf Zusammenfassungen, Tabellen und Auszüge aus Dokumenten, die 8.2 Obst & Hamm zur Verfügung gestellt wurden, ist 8.2 Obst & Hamm 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.

3.) Der Bericht basiert im Wesentlichen auf den Informationen und Dokumenten, die 8.2 Obst & Hamm vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden. Es ist nicht auszuschließen, dass neben den zur Verfügung gestellten Informationen und Dokumenten weitere Informationen und/oder Dokumente für die Erstellung dieses Berichts wichtig gewesen wären, die nicht an 8.2 Obst & Hamm weitergegeben wurden.

4.) Der Bericht wurde als Zusammenfassung der wichtigsten Fragen und Bedenken, die sich aus den bereitgestellten Informationen ergeben, erstellt.

5.) Jegliche rechtliche, kommerzielle, finanzielle, versicherungstechnische, steuerliche oder buchhalterische Stellungnahmen werden in diesem Bericht explizit ausgeschlossen.

6.) Unter der Voraussetzung, dass der Bericht sich auf Notizen, Berichte, Aussagen, Meinungen oder Ratschläge vom Auftraggeber und/oder von Dritten (die im Bericht angegeben werden) bezieht oder darauf beruht, bleiben diese Personen alleinig für die Inhalte verantwortlich. 8.2 Obst & Hamm macht sich die vom Auftraggeber und von den vorgenannten Dritten getätigten Notizen, Berichte, Aussagen, Meinungen oder Ratschläge ausdrücklich nicht zu Eigen.

7.) Bestimmte Informationen, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, können vertraulich sein. 8.2 Obst & Hamm geht daher davon aus, dass alle Informationen vom Auftraggeber rechtmäßig zur Verfügung gestellt wurden, dass 8.2 Obst & Hamm zur Nutzung der Informationen für den Bericht berechtigt ist und dass 8.2 Obst & Hamm berechtigt ist, den Bericht und/oder dessen Inhalte anderen Projektteilnehmern in Übereinstimmung mit projektbezogenen Geheimhaltungsvereinbarungen weitergeben zu dürfen. Jegliche Haftung für nicht-projektbezogene Geheimhaltungsvereinbarungen wird ausgeschlossen.

8.) Soweit Informationen und Dokumente vom Auftraggeber in anderen Sprachen als Deutsch oder Englisch zur Verfügung gestellt wurden, beschränkte sich die Prüfung von 8.2 Obst & Hamm auf eine Plausibilitätskontrolle ohne Detailanalyse und Detailbewertung dieser Informationen und Dokumente.

Abkürzungen und Begriffe

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 beschreibt dies, eine vorübergehende Funktionsstörung des Auges
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
Feldverteiler /Verteiler	Sammelt Modulstränge und leitet den Strom weiter zum Hauptverteiler (HV)
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	Der Verlauf der Sonne im Jahresverlauf definiert durch Azimut und Höhenwinkel
Strang / Modulstrang	Besteht aus einer bestimmten Anzahl in Reihe geschalteter PV-Module
Vektor OM	Vektor von Betrachtungspunkt (Ortspunkt) O zum Modul in der Photovoltaikfläche
Vektor OS	Vektor von Ortspunkt O zur Sonne

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 der Kreisstraße ERH 33, die südlich entlang der PVA verläuft, sowie an den östlich liegenden Gebäuden nahe der Planfläche zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	zeitgeist engineering gmbh Äußere Sulzbacher Straße 29 90491 Nürnberg
Auftragsdatum:	04.11.2025
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwierte 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	25K8183-PV-BG-Kalchreuth-R00-JBS_LBE-2025

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die südlich verlaufende Kreisstraße ERH 33 und die östlich liegenden Gebäude nahe der Planfläche am Ortsrand Dormitz. 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
 - Modulbelegungsplan mit schriftlichen Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau
 - Koordinaten als .klm-Datei
- Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), (Stand: 08.10.2012)
- Reflexionsverhalten von Modulen (soweit bekannt)
- Daten aus Google Earth¹
- Daten der Online-Plattform „BayernAtlas“²

Hinweise:

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

A.4. Identifikation der Anlage

Die geplante Photovoltaikanlage Kalchreuth soll südlich der Gemeinde Dormitz nördlich der, in diesem Bereich von Westen nach Osten führenden, Kreisstraße ERH 33 installiert werden.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° ($N=0^\circ$) und einem Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Es sollen drei kristalline Module hochkant übereinander montiert werden. Die maximale Höhe der Gestelle ist mit 3 m angegeben.

¹ ©2025 Google LLC.

² Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. Alexandrastraße 4, 80538 München
<https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/?topic=ba&lang=de&bgLayer=atkis&catalogNodes=11,122>

B. Prüfergebnis

Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel.

Für die Photovoltaikanlage Kalchreuth wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Kreisstraße ERH 33 und die Gebäude östlich der Planfläche am Ortsrand von Dormitz durchgeführt.

Die Untersuchung des Ortsrandes von Dormitz, der der Photovoltaikanlage zugewandt ist, zeigt, dass mit keinen Lichtimmissionen zu rechnen ist.

Die Untersuchung der Kreisstraße ERH 33 zeigt, dass Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August in den frühen Morgen- und Abendstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum 11 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 13,2 Stunden. Die reflektierenden Module liegen zum Teil im Sichtfeld der Fahrzeugführenden. Zum Zeitpunkt der Lichtimmissionen steht die Sonne tief und nahezu direkt hinter den Modulen. Aufgrund ihrer Helligkeit überstrahlt die Sonne die Lichtemissionen an den Modulen. Eine Störung des Verkehrs auf der Kreisstraße ERH 33 durch Reflexionen an den Modulen ist daher eher unwahrscheinlich. Ein erhöhtes Unfallrisiko, verursacht durch Lichtemissionen der Photovoltaikanlage, ist nicht zu erkennen.

Hamburg, 14. November 2025



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 28 Seiten und ist bis Ende 2035 in der 8.2 Obst & Hamm GmbH hinterlegt (Dokumentationsfrist).

C. Grundlage

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens sind die Lichtemissionen in Form von Reflexionen an den Modulen zu untersuchen und deren Auswirkungen auf die Kreisstraße und die östlich liegenden Gebäude nahe der Planfläche zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen sowie die Wahrnehmung durch Betrachtende, insbesondere durch Fahrzeugführende und Anwohnende, unter Beachtung derer 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 empfunden 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 Betrachtenden 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 Betrachtenden.

Neben anhaltender Blendung sind **Flimmereffekte** von besonderer Bedeutung. Sie treten insbesondere dann auf, wenn sich die Beobachtenden selbst schnell bewegen. 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 die Blendwirkung ausgeht, nicht im direkten Fokus des Gesichtsfeldes, so steigt die Attraktivität und die Tendenz 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 Kreisstraße erstreckt. Es ist davon auszugehen, dass bei der Ausdehnung des Solarfeldes in der entsprechenden Blickrichtung der Betrachtenden 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 Glasfassaden gemacht hat, wird dieser Störcharakter in der Hinsicht „Neuigkeitswert“ kaum eintreten.

Solarmodule reflektieren mit ca. 2 % äußerst wenig von dem eingestrahltten 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.

C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführenden

Neben der Intensität der Lichtquelle ist für eine Blendung maßgeblich, dass die Lichtquelle innerhalb des Sichtfelds der Betrachtenden liegt. Das Sichtfeld wird maßgeblich bestimmt durch den Blickwinkel. Ausführungen hierzu finden sich im Buch „HAV Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen“³. Aus Bild 2-6 der Ausführungen leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab, siehe nachfolgende Grafik in Abbildung 1.

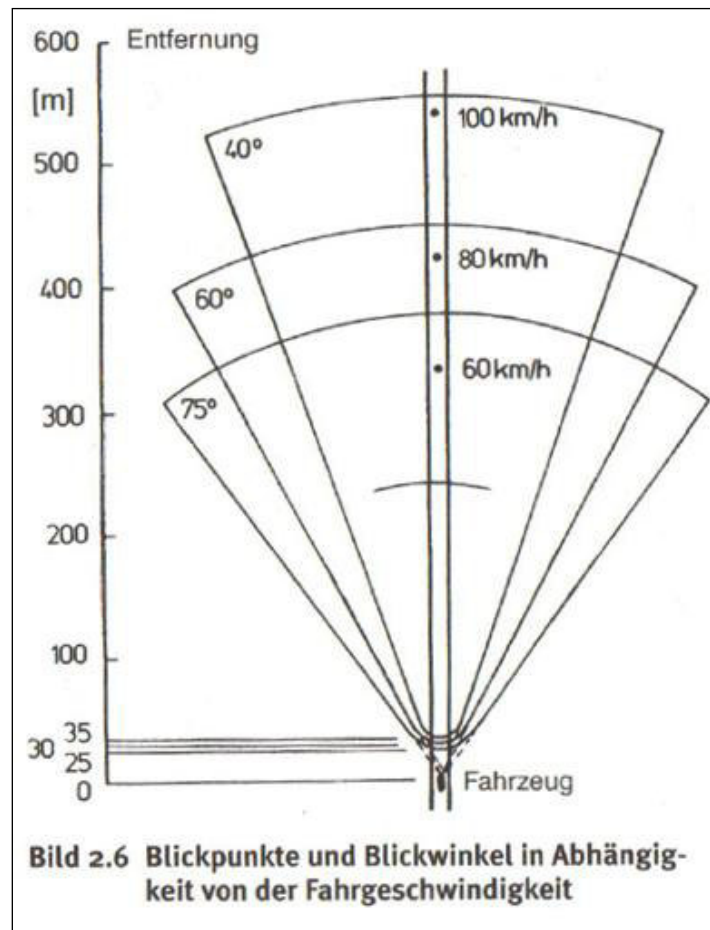


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit³

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.

³ „HAV-Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen“, 01. September 2013, Prof. Dr.-Ing. S. Giesa, Prof. Dr.-Ing J. Bald, Dipl.-Ing K. Stumpf

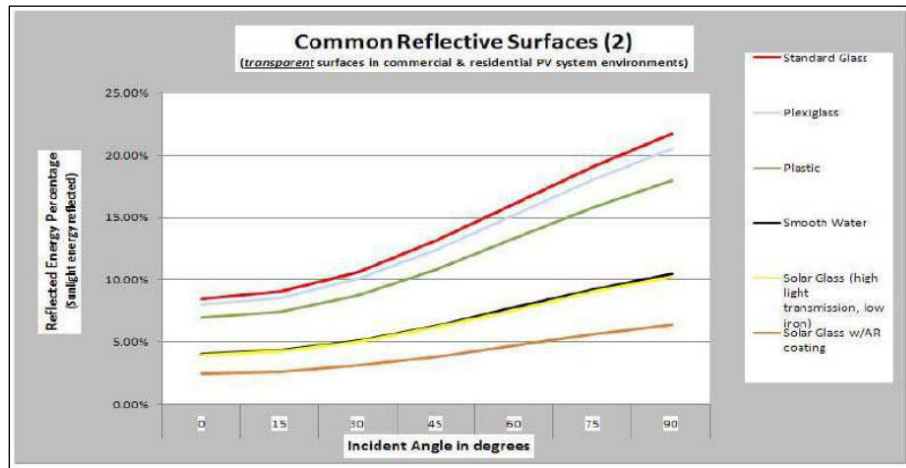


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

Generell gilt, dass die an den Modulen auftretenden Reflexionen stark vom Einfallswinkel abhängen. Die Darstellung in Abbildung 2 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 Sonne⁵ rund $6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$. Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um $0,6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$.

⁴ Deutsche Flugsicherung (DFS): Aeronautical Information Publication – Luftfahrthandbuch AIP VFR.

⁵ - Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), (Stand: 08.10.2012)

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 Earth⁶ sowie der Online-Plattform „BayernAtlas“⁷.

Die Planfläche selbst liegt nördlich der Kreisstraße ERH 33 südlich der Gemeinde Dormitz, siehe Abbildung 3. Das Höhengniveau der Kreisstraße über Normalhöhengnull (NHN) beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 299 m und 302 m. Das Höhengniveau der östlich, nahe der Planfläche, liegenden Gebäude beträgt zwischen 297 m und 302 m. Die Bebauung besteht aus einer Mischung aus Wohngebäuden und Wirtschaftsgebäuden. Das Höhengniveau der Planfläche variiert zwischen 299 m und 301 m.



Abbildung 3: Google Earth ©2025 Lageplan der Planfläche

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° ($N=0^\circ$) und einem Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Die maximale Höhe der Gestelle beträgt laut Planung rund 3 m.

⁶ ©2025 Google

⁷ Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. Alexandrastraße 4, 80538 München
<https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/?topic=ba&lang=de&bgLayer=atkis&catalogNodes=11,122>

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Kreisstraße bzw. an den Gebäuden repräsentative Punkte festgelegt. Über die Planfläche wird ein Netz mit einer Gitterweite von 4 m gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte. Für die einzelnen Punktpaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt.

Auf der Kreisstraße werden die Punkte B1 bis B4 gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtimmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind, und wie diese sich auswirken, siehe Abbildung 3.

Die Betrachtung für die östlich liegenden Gebäude nahe der Planfläche erfolgt exemplarisch für den Punkt O1.

Nach Abschluss der Bestimmung möglicher sichtbarer Reflexionen erfolgt eine Bewertung, inwieweit die Reflexionen von Fahrzeugführenden wahrgenommen werden können bzw. inwieweit die Reflexionen eine Belastung für die Anwohnenden darstellen.

D.2. Geometrische Betrachtung

D.2.1. Grundlage

Die geometrische Betrachtung wird für die Unterkante der Module mit 0,8 m durchgeführt. Erfahrungsgemäß stellt dies den ungünstigsten Fall dar.

Die Augenposition der LKW und PKW wird mit 2,5 m bzw. 1,2 m über der Straße angesetzt.

Für die exemplarische Untersuchung der Ortsränder werden die Höhe der Fenster mit 1,2 m und die Breite mit 2,0 m angenommen. In diesen Bereichen umfasst die Untersuchung das Untergeschoss (Fensterunterkantenhöhe = 1,2 m) und das Obergeschoss (Fensterunterkantenhöhe = 3,8 m).

Die Bewertung der Lichtemissionen des Solarparks erfolgt in zwei Schritten. In Schritt 1 wird für die Punkte auf der Kreisstraße bzw. an den Gebäuden zu den Punkten auf der Photovoltaikfläche der Ort einer Lichtquelle (Emissionsort) ermittelt, der zu Lichtimmissionen führt. Der Emissionsort wird definiert durch Azimut α und Höhenwinkel h° . Im zweiten Schritt werden die Koordinaten der berechneten Emissionsorte mit dem Sonnenstand im Jahresverlauf verglichen.

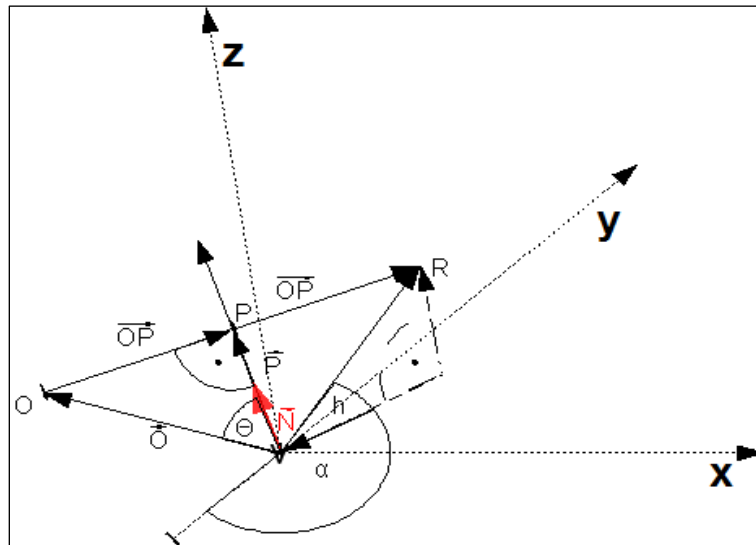


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

Die Bestimmung der Emissionsorte erfolgt anhand der Darstellung in Abbildung 4. Der Nullpunkt des Koordinatensystems befindet sich in der Modulebene. Punkt O steht für den Ort außerhalb der Photovoltaikanlage, der auf Lichtimmissionen untersucht wird. Punkt R bezeichnet den Ort der zugehörigen Lichtemission. Punkt P ist der Schnittpunkt des Verbindungsvektors zwischen O und R mit dem Lot auf die Modulfläche („Flächennormale“). Für die unterschiedlichen Ortsbeziehungen („Ort außerhalb der Photovoltaikfläche“ zu „Ort in der Fläche“) ergeben sich unterschiedliche Emissionsorte, die in der Sonnenbahn, siehe Abbildung 5, oder außerhalb dieser liegen können. Außerhalb der im Diagramm dargestellten blauen Linien befindet sich die Sonne „hinter“ den Modulen, so dass keine Reflexion erfolgen kann. Der relevante Sonnenverlauf reicht somit im Azimut von -120° bis $+120^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 64° .

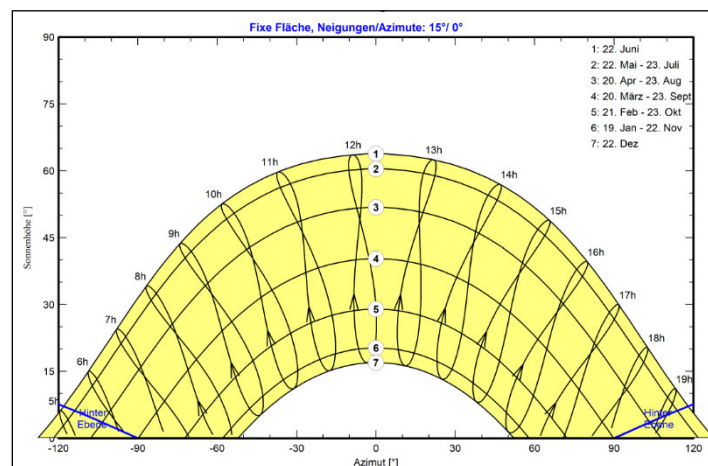


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

D.2.2. Ergebnisse der geometrischen Betrachtung

Die nachfolgenden Ergebnisse der geometrischen Betrachtung für die Planfläche gehen von freien Blickbeziehungen aus („worst case“). Abschattungen durch Bäume, Böschungen etc. sind nicht berücksichtigt.

Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten

	Datumsbereich	Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
Neigungswinkel 15° Azimut 180° (N=0°)				
B1	von 08. Mai bis 04. Aug	05:38 - 05:59	6	7.3
B2	von 02. Mai bis 09. Aug	05:37 - 06:02	10	13.2
B2.1(Vormittag)	von 01. Mai bis 10. Aug	05:41 - 06:03	8	10.9
B2.1(Nachmitt)	von 04. Mai bis 08. Aug	18:32 - 18:55	7	8.6
B3	von 07. Mai bis 05. Aug	18:34 - 18:56	11	10.7
B4	von 27. Apr bis 15. Aug	18:27 - 18:51	7	9.9
O1	Keine Reflexionen			

Ortsränder

Die Untersuchung der Ortsränder in den definierten Punkten ergab, dass mit keinen Reflexionen bei den östlich der Planfläche liegenden Gebäuden zu rechnen ist.

Kreisstraße

Die Untersuchung der Kreisstraße ERH 33 in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen an den Punkten B1 bis B4 zu rechnen ist.

Auf der Kreisstraße sind Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Morgenstunden zwischen 05:37 Uhr und 06:03 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 10 Minuten am Tag und summiert sich auf 13,2 Stunden im Jahr. In den Abendstunden treten die Reflexionen zwischen 18:32 Uhr und 18:56 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 11 Minuten am Tag und summiert sich auf 10,7 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 6 bis Abbildung 11, dargestellt. Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) kommt es erst ab einem Differenzwinkel (Winkel zwischen Sichtlinie zur Sonne und der Sichtlinie zum Modul) größer 10° zu einer zusätzlichen Blendung durch die Photovoltaikanlage⁸. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

⁸ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

In den Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 11 stellen die Werte der linken Ordinate die Uhrzeiten dar, in denen die Blendung am Immissionsort auftritt. Die Werte der rechten Ordinate stellen die Anzahl der Minuten pro Tag dar, in denen eine Blendung am Immissionsort auftritt.

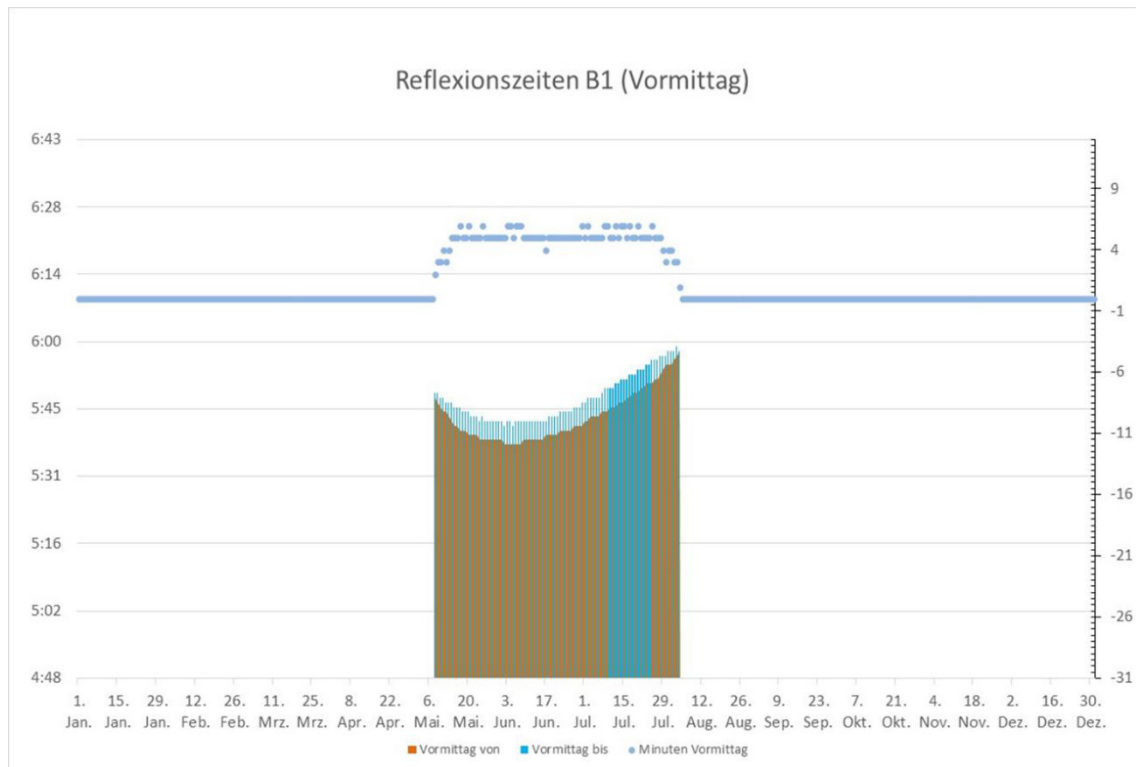


Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B1

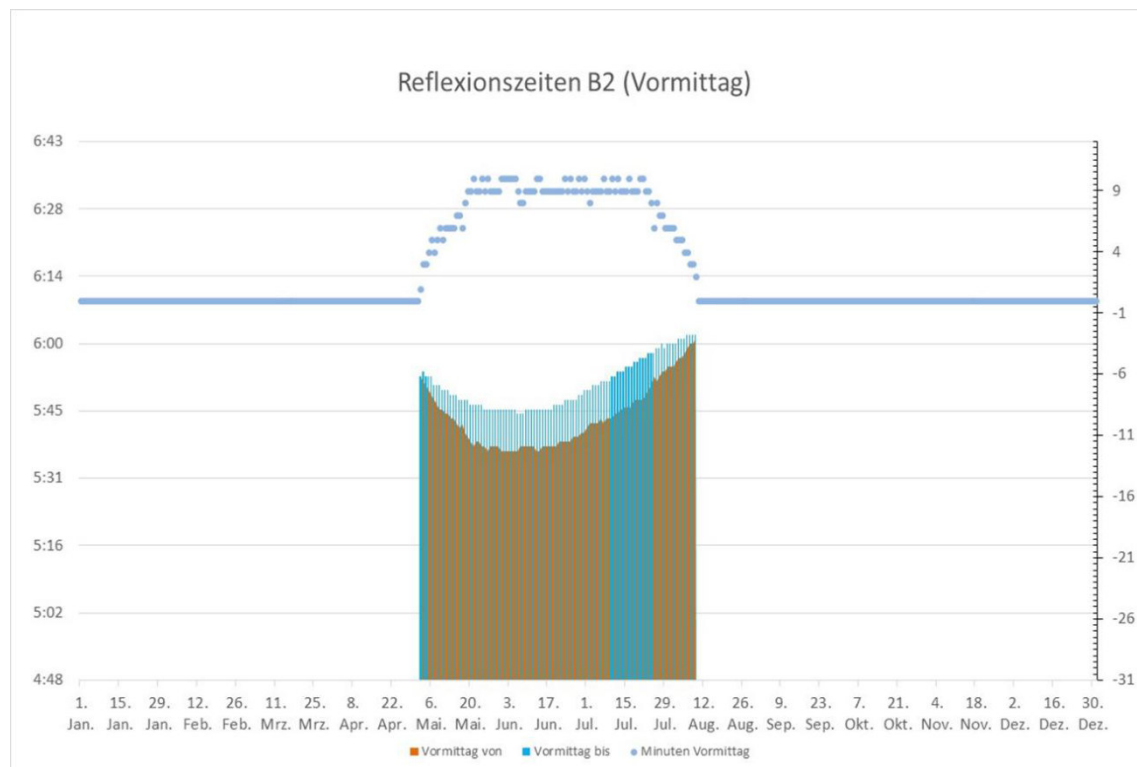


Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B2

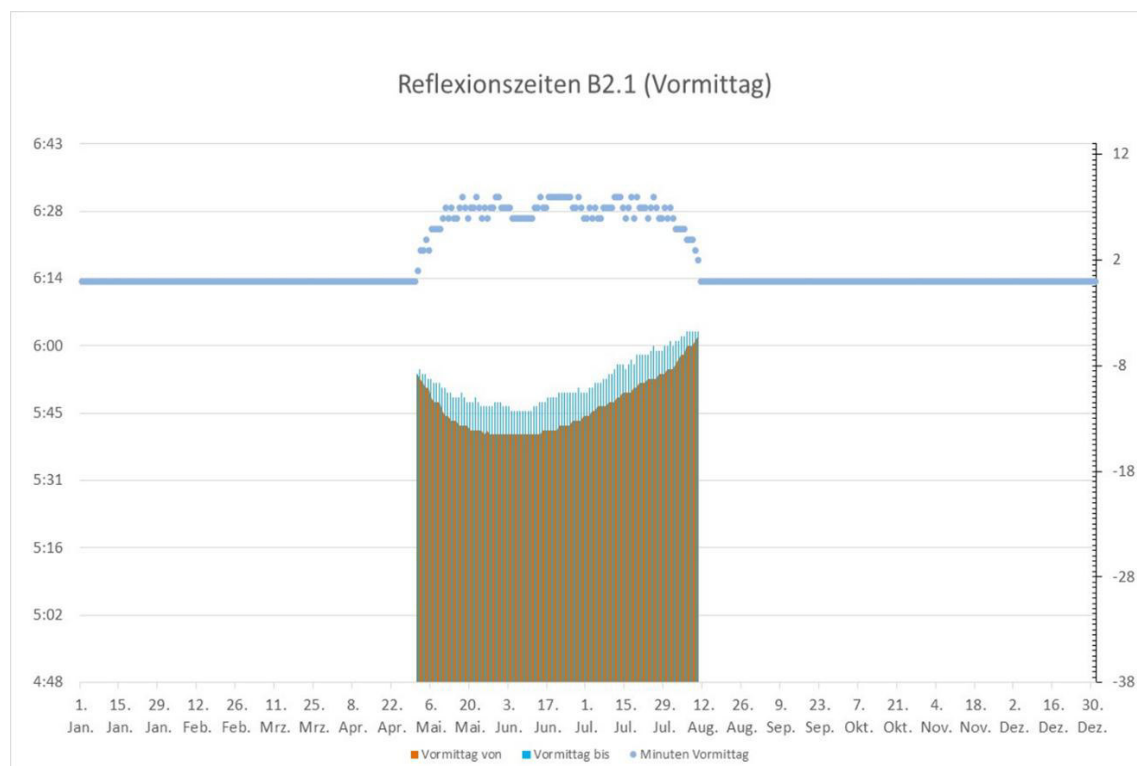


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B2.1

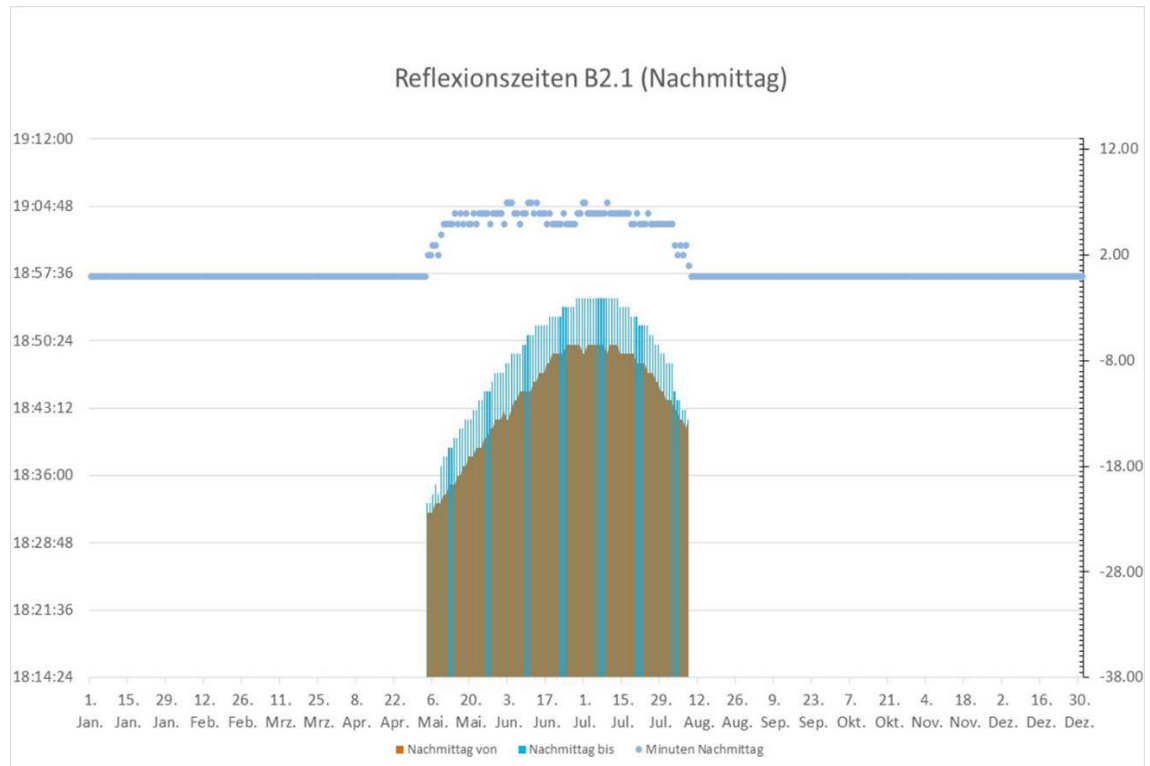


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B2.1

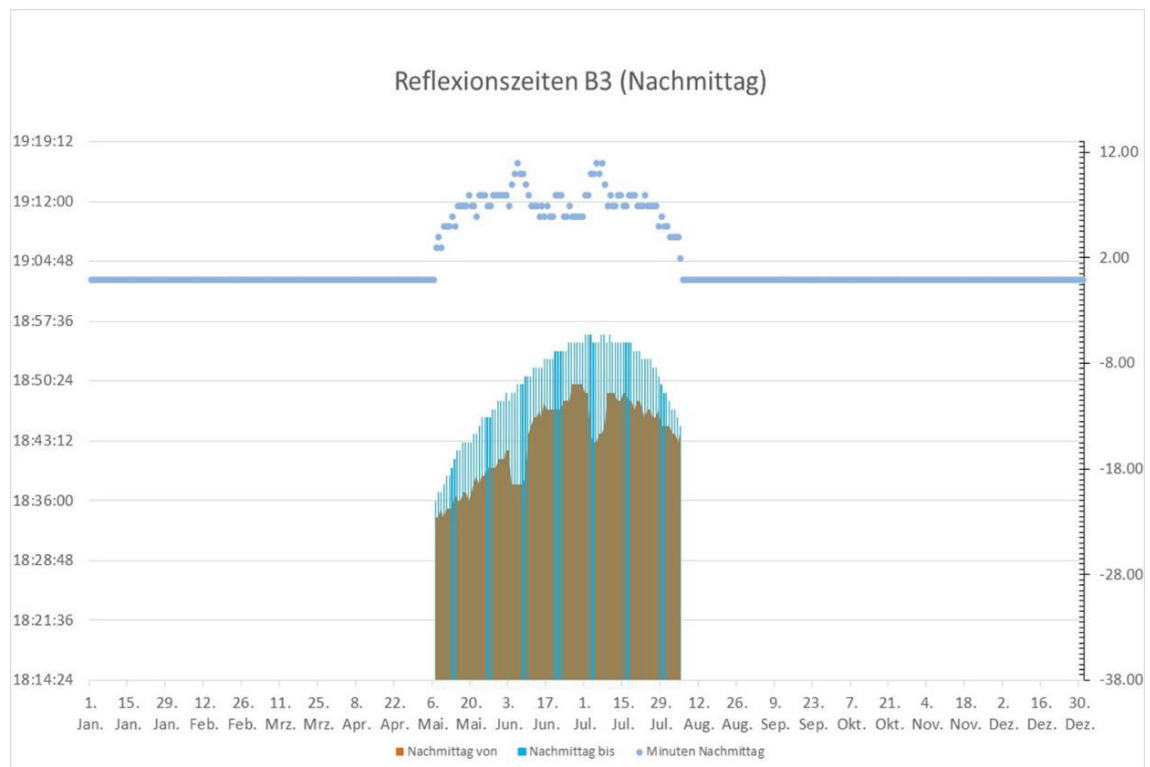


Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B3

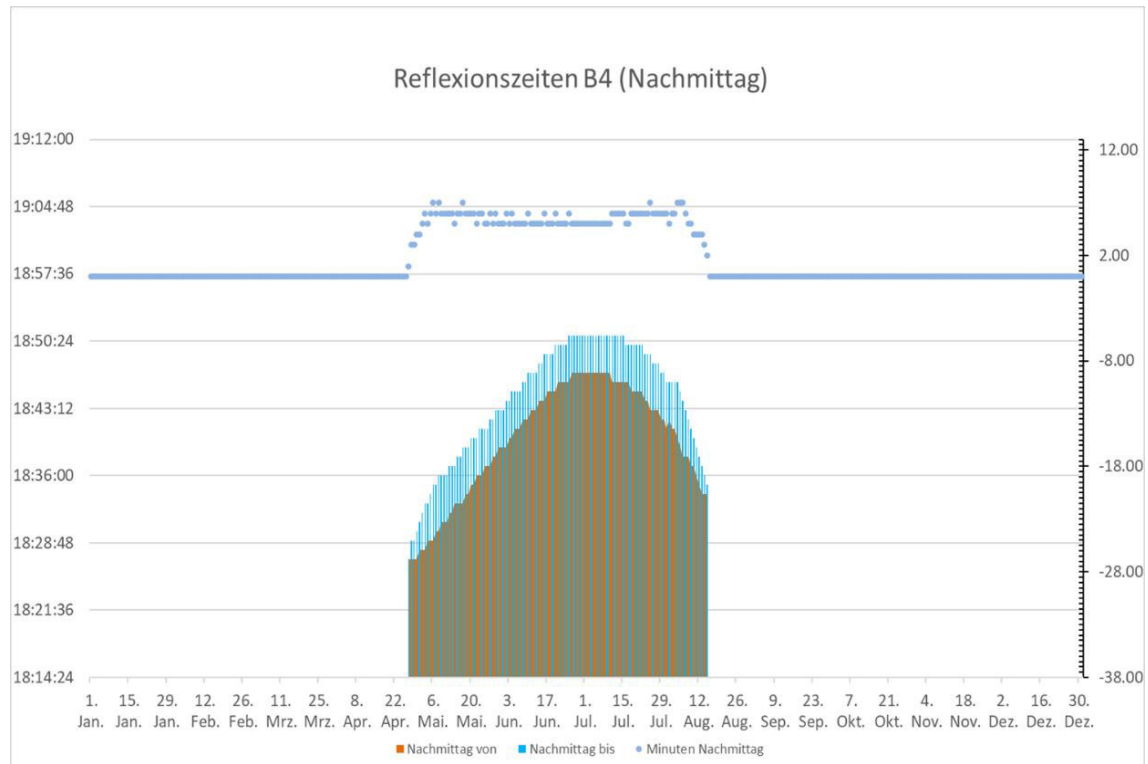


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B4

Abbildung 12 bis Abbildung 16 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte B1 bis B4 ausgehen. Die blauen Flächen stellen die Planfläche entsprechend Abbildung 3 dar. Die weißen Ringe stellen den Reflexionsbereich der Module auf der Planfläche dar, der für den entsprechenden Betrachtungspunkt unter den gesetzten Annahmen gilt.



Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1



Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2



Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2.1



Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B3



Abbildung 16: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Kreisstraße ERH 33

Wie in Kapitel C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Fahrzeugführerenden je nach Geschwindigkeit eingeschränkt. Bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h, die als zu erwartende Mindestgeschwindigkeit an dieser Stelle zugrunde gelegt wird, beträgt der Öffnungswinkel des Sichtfeldes 60°.

Das Sichtfeld der Fahrzeugführerenden ist in Abbildung 17 bis Abbildung 21 für die Punkte B1 bis B4 dargestellt. Der Kegel mit der Öffnung nach links gibt das Sichtfeld für Fahrzeuge wieder, die Richtung Westen unterwegs sind, und der Kegel mit der Öffnung nach rechts das Sichtfeld der Fahrzeugführenden mit Fahrtrichtung Osten. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von den einzelnen Punkten in Richtung der Module aufspannen, die zu Reflexionen in dem zugehörigen Punkt führen, siehe Tabelle 2 in Kapitel D.2.2.

Es zeigt sich für beide Fahrtrichtungen, dass für die Punkte B1 bis B4 die Module mit Lichtemissionen bei freier Sicht innerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführenden liegen würden.

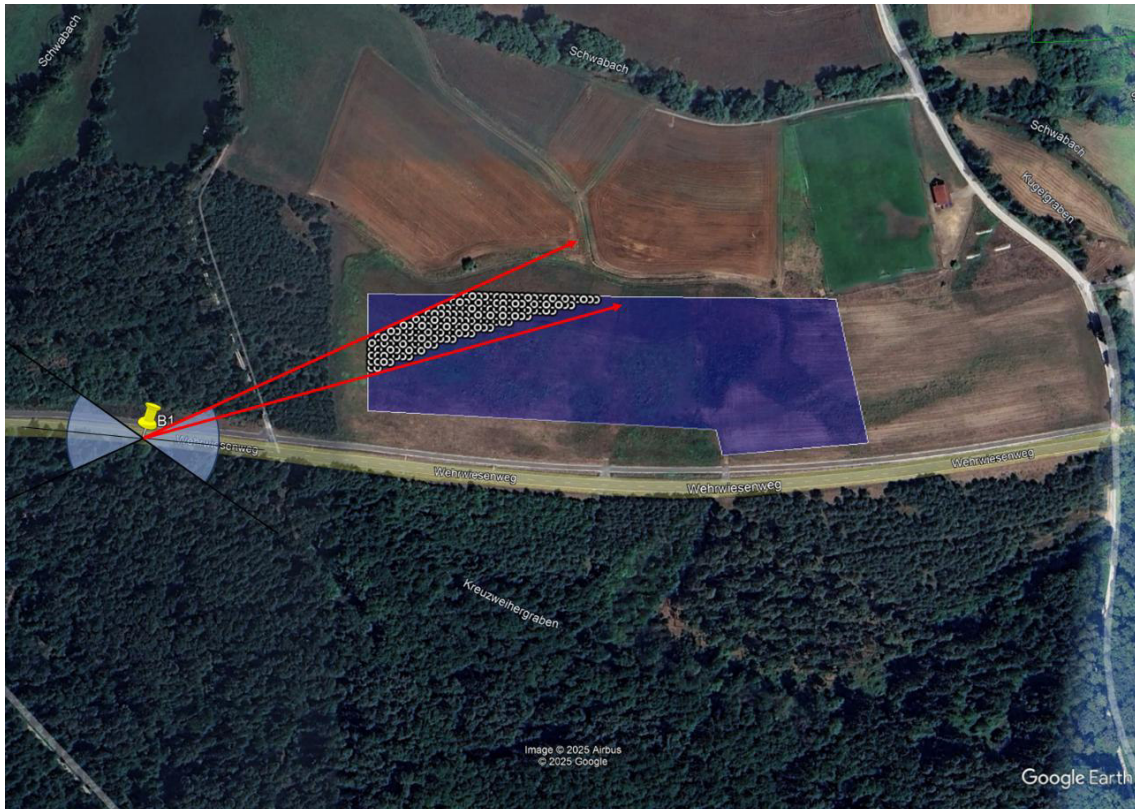


Abbildung 17: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B1 mit Grenzvektoren in Richtung Module

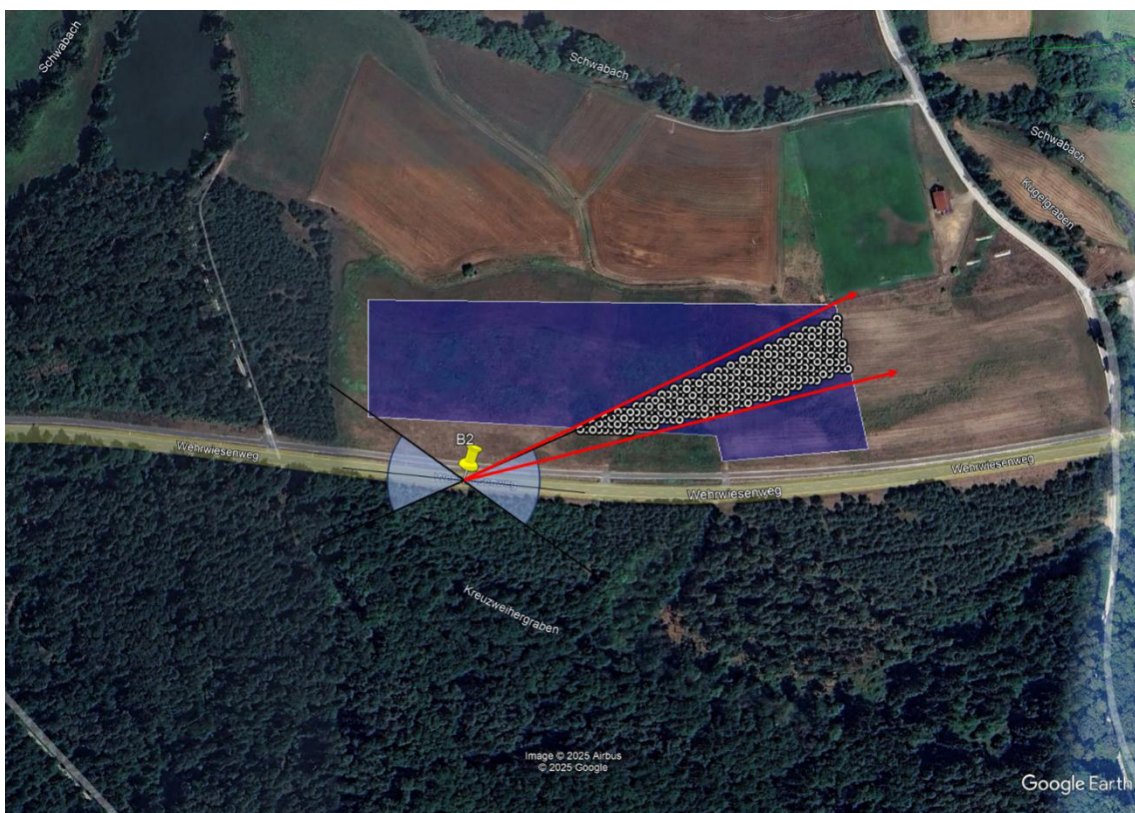


Abbildung 18: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

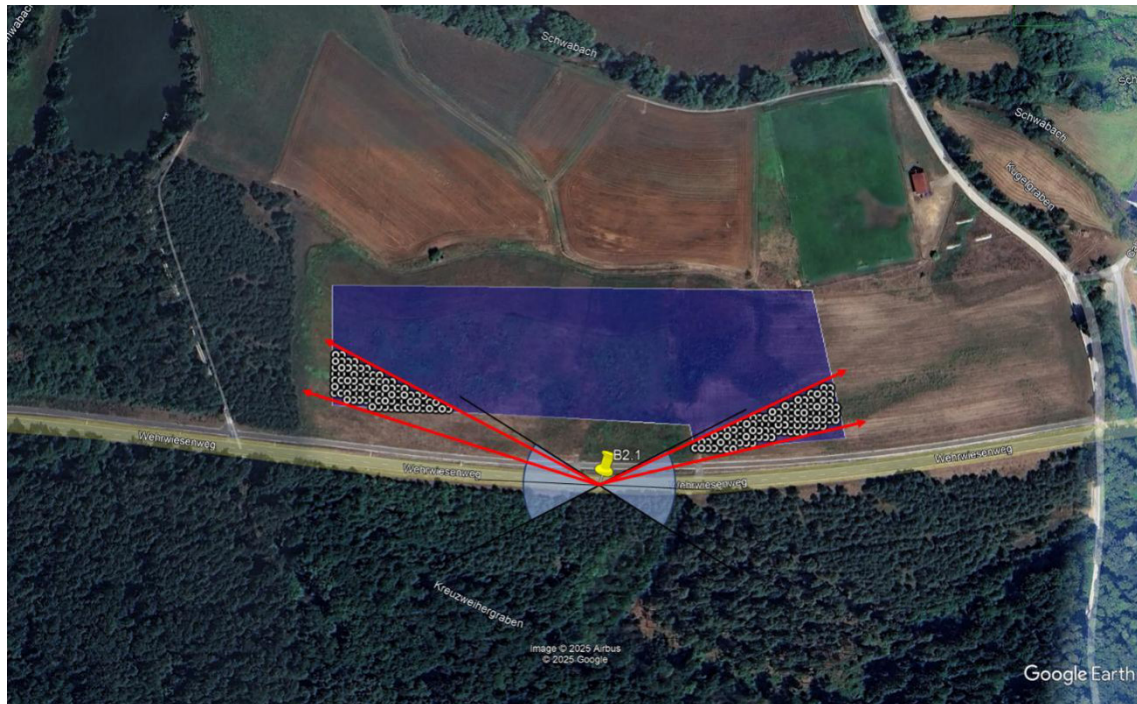


Abbildung 19: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B2.1 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 20: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B3 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 21: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer*in zu Punkt B4 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Ergänzend zu den Blickrichtungen wurde eine Auswertung der Sonnenstände zum Zeitpunkt der Reflexionen durchgeführt, siehe Tabelle 3.

Tabelle 3: Sonnenstand zum Zeitpunkt der Reflexionen

Punkt	Azimut / Modulneigung	Höhe Sonne		Differenz Azimut Sonne Blickwinkel Modul	
		Min [°]	Max [°]	Min [°]	Max [°]
B1	180/15	9.4	12.6	2.5	3.2
B2	180/15	8.9	13	2.4	3.5
B2.1	180/15	8.8	13.2	2.5	3.6
B3	180/15	9.3	13.3	2.5	3.9
B4	180/15	8.4	13.3	2.5	3.6

Die Analyse zeigt für alle Punkte und untersuchten Ausrichtungen, dass die Sonne tief steht. Die Maximale Höhe liegt bei 13,3°. Die Abweichung des Azimuts zwischen dem Sichtvektor zur Sonne und der Sichtachse zu den reflektierenden Modulen beträgt maximal 3,9°. Dies bedeutet, dass die Sonne nahezu hinter den reflektierenden Modulen steht.

E. Bewertung

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Kreisstraße ERH 33, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Kalchreuth, Lichtimmissionen von April bis August in den Morgen- und Abendstunden zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in den Morgenstunden etwa zwischen 05:37 Uhr bis 06:03 Uhr und in den Abendstunden zwischen 18:27 Uhr und 18:56 Uhr auf. Die Dauer beträgt im Maximum 11 Minuten. Bei dieser Betrachtung wurden Ereignisse, bei denen der Differenzwinkel zwischen Reflexionsort und Sonne kleiner 10° beträgt, entsprechend der Empfehlung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)¹⁰ nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Kreisstraße treffen, der erkennen lässt, dass sich reflektierende Module teilweise innerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführenden befinden. Eine Analyse des Sonnenstandes zeigt, dass die Sonne tief und nahezu hinter den Modulen steht. Aufgrund des Unterschieds in der Helligkeit um einen Faktor von 10 ist davon auszugehen, dass die Sonne die höhere Attraktivität aufweist und sich Fahrzeugführende auf die Helligkeit der Sonne einstellen bevor sie die Reflexionen an den Modulen wahrnehmen. Daher ist das Risiko auf eine Störung des Verkehrs durch Lichtimmissionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Kalchreuth als sehr gering einzuschätzen. Eine Gefährdung des Verkehrs ist nicht erkennbar. Ein zusätzlicher Sichtschutz ist als nicht notwendig erachtet.

Die Analyse der Lichtemissionen für den Ortsrand zeigt, dass am Ortsrand von Dormitz, der der Photovoltaikanlage zugewendet ist, keine Lichtimmissionen zu erwarten sind, weshalb nach den Richtlinien der LAI keine erheblichen Belästigungen vorliegen.

¹⁰ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012