

## Prüfbericht

---

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Baar
Auftraggeber:	Greenovative 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
Standort, Land:	<u>85107 Baar-Ebenhausen (48.668°N; 11.455°E),</u> Germany
Prüfberichtsnummer:	21K3329-PV-BG-Baar-R02-JBS_LBE-2021
Prüfdatum:	29.10.2021
Verantwortlicher Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt 8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg Tel: +49 (0)40 / 18 12 604-22 E-Mail: joerg.behrschmidt@8p2.de

**Inhaltsverzeichnis**

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 Fahrzeugführern.....	12
C.4.  Reflexionen an Solarmodulen.....	12
D.    Analyse .....	14
D.1.  Grundlage und Vorgehensweise .....	14
D.2.  Geometrische Betrachtung.....	16
E.    Bewertung.....	31

## Bildverzeichnis

Abbildung 1:	Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit .....	12
Abbildung 2:	Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel .....	13
Abbildung 3:	Google Earth ©2021 Lageplan der Planfläche .....	14
Abbildung 4:	Sicht von südwestlichster Ecke der Planfläche in Richtung Bundesstraße .....	15
Abbildung 5:	Sicht von nordwestlichster Ecke der Planfläche in Richtung Süden.....	15
Abbildung 6:	Sicht von südwestlichster Ecke der Planfläche in Richtung Nordosten.....	15
Abbildung 7:	Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul .....	17
Abbildung 8:	Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	17
Abbildung 9:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A3 für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 15°) ..	19
Abbildung 10:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 auf der Bundesstraße (Modulneigung 15°) .....	20
Abbildung 11:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A3 für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 15°) ..	21
Abbildung 12:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 auf der Bundesstraße (Modulneigung 20°) .....	21
Abbildung 13:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt C4 für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 15°) ..	22
Abbildung 14:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt C4 auf der Bahntrasse (Modulneigung 15°) .....	23
Abbildung 15:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt C4 für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 20°) ..	24
Abbildung 16:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt C4 auf der Bahntrasse (Modulneigung 20°) .....	24
Abbildung 17:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 UG für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 15°) .....	25
Abbildung 18:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 OG für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 15°) .....	25
Abbildung 19:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1 am Ortsrand Baar-Ebenhausen (Modulneigung 15°) .....	26
Abbildung 20:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 UG für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 20°) .....	26
Abbildung 21:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 OG für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 20°) .....	27
Abbildung 22:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1 am Ortsrand Baar-Ebenhausen (Modulneigung 20°) .....	27
Abbildung 23:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Modulneigung 15°).....	28
Abbildung 24:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Modulneigung 20°).....	29
Abbildung 25:	Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt C4 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Modulneigung 15°).....	30
Abbildung 26:	Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt C4 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Modulneigung 20°).....	30

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Revisionsübersicht.....	4
Tabelle 2:	Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten .....	18

Tabelle 1: Revisionsübersicht

<b>Version</b>	<b>Modifikationen</b>
21K3329-PV-BG-Baar-R00-JBS_LBE-2021	Ursprungsversion 09.11.2021
21K3329-PV-BG-Baar-R01-JBS_LBE-2021	Erweiterung um die Betrachtung der Bahntrasse im Osten der Planfläche 06.12.2021
21K3329-PV-BG-Baar-R02-JBS_LBE-2021	Anpassung der maximalen Gestellhöhe 06.12.2021

## I. Inhalt und Nutzung des Berichts

8.2 Obst & Ziehmann GmbH (im Folgenden: 8.2 Obst & Ziehmann) 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 & Ziehmann.

## 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 & Ziehmann 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 & Ziehmann 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 & Ziehmann 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 & Ziehmann zur Verfügung gestellt wurden, ist 8.2 Obst & Ziehmann 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 & Ziehmann 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 & Ziehmann 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 allein für die Inhalte verantwortlich. 8.2 Obst & Ziehmann 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 & Ziehmann geht daher davon aus, dass alle Informationen vom Auftraggeber rechtmäßig zur Verfügung gestellt wurden, dass 8.2 Obst & Ziehmann zur Nutzung der Informationen für den Bericht berechtigt ist und dass 8.2 Obst & Ziehmann 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 & Ziehmann 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 Bundesstraße B13, der Bebauung südöstlich der Planfläche, der Bahntrasse im Osten der Planfläche und am Ortsrand von Baar-Ebenhausen auftreten und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	Greenovative GmbH Fürther Straße 252 90429 Nürnberg
Auftragsdatum:	20.10.2021
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwierte 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	21K3329-PV-BG-Baar-R02-JBS_LBE-2021

## A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die östlich der Planfläche verlaufenden Bundesstraße B13, die Bahntrasse im Osten der Planfläche, der Bebauung südöstlich der Planfläche und dem Ortsrand von Baar-Ebenhausen im Osten und im Nordosten der Planfläche. 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
  - o Kurzbeschreibung des Vorhabens mit Bildansichten der Planfläche
- 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 Earth<sup>1</sup>
- Daten der Online-Plattform „BayernAtlas“<sup>2</sup>

Hinweise:

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

## A.4. Identifikation der Anlage

Die geplante Photovoltaikanlage Baar soll im Südwesten der Gemeinde Baar-Ebenhausen westlich der Bundesstraße B13 installiert werden.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 182° (N=0°) ausgerichtet. Die Modulneigung steht noch nicht final fest. Aus diesem Grund werden in diesem Gutachten die Modulneigungswinkel 15° und 20° betrachtet. 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 rund 3,5 m.

---

<sup>1</sup> ©2019 Google LLC.

<sup>2</sup> 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 Baar wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Bundesstraße B13, der Bahntrasse im Osten der Planfläche, der Bebauung südöstlich der Planfläche und dem Ortsrand von Baar-Ebenhausen durchgeführt. Die Analyse wurde sowohl für einen Modulneigungswinkel von 15° als auch für einen Modulneigungswinkel von 20° durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Bundesstraße B13 Lichtimmissionen von April bis September in den Abendstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer beträgt rund 14 Minuten. Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Eine Störung des Straßenverkehrs durch Lichtimmissionen ist nicht erkennbar.

Weiterhin zeigt die Untersuchung der Bahntrasse im Osten der Planfläche, dass dort Lichtimmissionen von April bis August in den Abendstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer beträgt rund 4 Minuten. Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Zugführer. Eine Störung des Schienenverkehrs durch Lichtimmissionen ist nicht erkennbar.

Die Untersuchung der Bebauung südöstlich der Planfläche zeigt, dass dort nicht mit Reflexionen zu rechnen ist.

Die Untersuchung des Ortsrandes von Baar-Ebenhausen, welcher der Photovoltaikanlage zugewandt ist, zeigt, dass nur im südlichen Bereich mit Lichtimmissionen zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt 5 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 7,2 Stunden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellen die Lichtimmissionen damit keine erhebliche Belästigung dar und sind zu tolerieren.

Hamburg, 6. Dezember 2021



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 31 Seiten und ist bis Ende 2031 in der 8.2 Obst & Ziehmann 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 Bundesstraße und die Bebauungen zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter, bei Fahrzeugführern 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 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 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 Bundesstraße 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 Glasfassaden gemacht hat, wird dieser Störcharakter in der Hinsicht „Neuigkeitswert“ kaum eintreten.

Solarmodule reflektieren mit ca. 2 % äußerst wenig von dem eingestrahlteten 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 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. Ausführungen hierzu finden sich in der Arbeit von Dipl.-Ing. Romy Reinisch „Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Straßenumfeld bei Nachtfahrten im übergeordneten Straßennetz“, 27. Oktober 2009. Aus Bild 4-6 der Arbeit, erstellt in Anlehnung an das „Traffic Engineering Handbook“, leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab.

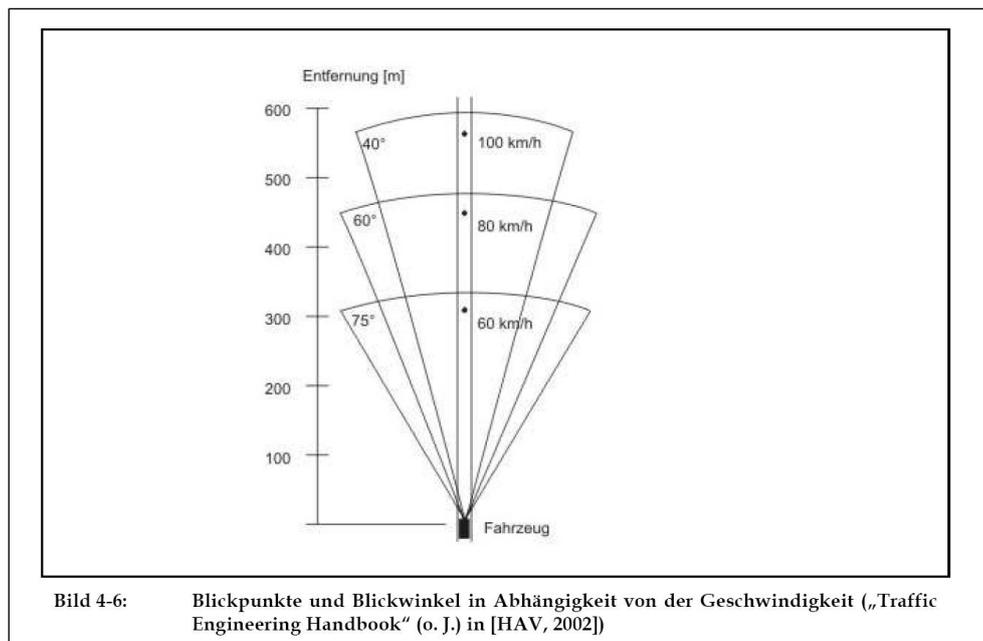


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit<sup>3</sup>

### 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.

<sup>3</sup> „Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Straßenumfeld bei Nachtfahrten im übergeordneten Straßennetz“, 27. Oktober 2009, Dipl.-Ing. Romy Reinisch

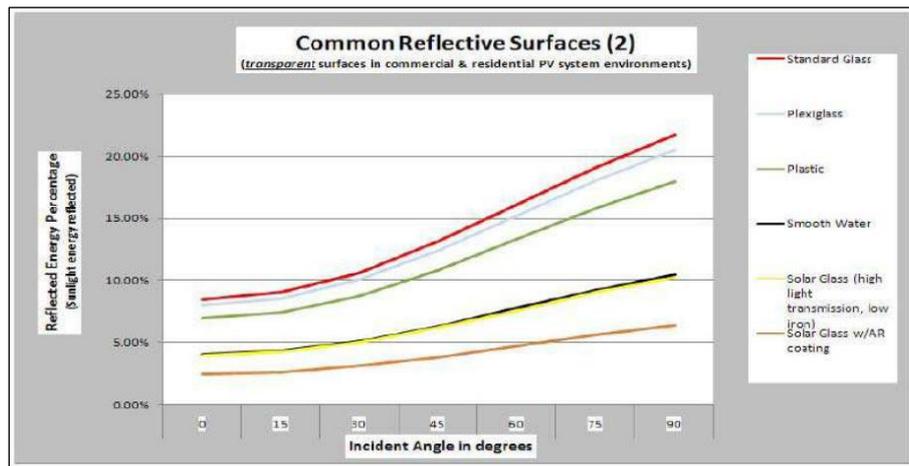


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel<sup>4</sup>

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 Sonne<sup>5</sup> rund  $6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$ . Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um  $0,6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$ .

<sup>4</sup> Deutsche Flugsicherung (DFS): Aeronautical Information Publication – Luftfahrthandbuch AIP VFR.

<sup>5</sup> - 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 Earth<sup>6</sup> sowie der Online-Plattform „BayernAtlas“<sup>7</sup>.

Die Planfläche selbst liegt im Westen der Bundesstraße B13 im Südwesten der Gemeinde Baar-Ebenhausen. Das Höhengniveau (NHN) der Bundesstraße beträgt im Untersuchungsbe-  
reich 374 m. Das Höhengniveau der Bebauung südöstlich der Planfläche beträgt 373 m im Punkt O1 und 374 m im Punkt O2. Das Höhengniveau der Bahntrasse beträgt 373 m im Punkt C1 und 376 m im Punkt C5. Das Höhengniveau des Ortsrandes von Baar-Ebenhausen beträgt im Untersuchungsbereich 375 m. Die Bebauung besteht aus einer Mischung aus gewerblich genutzten Gebäuden und Wohngebäuden.

Die Planfläche zeigt eine leichte Neigung von Osten (374 m) nach Westen (372 m).

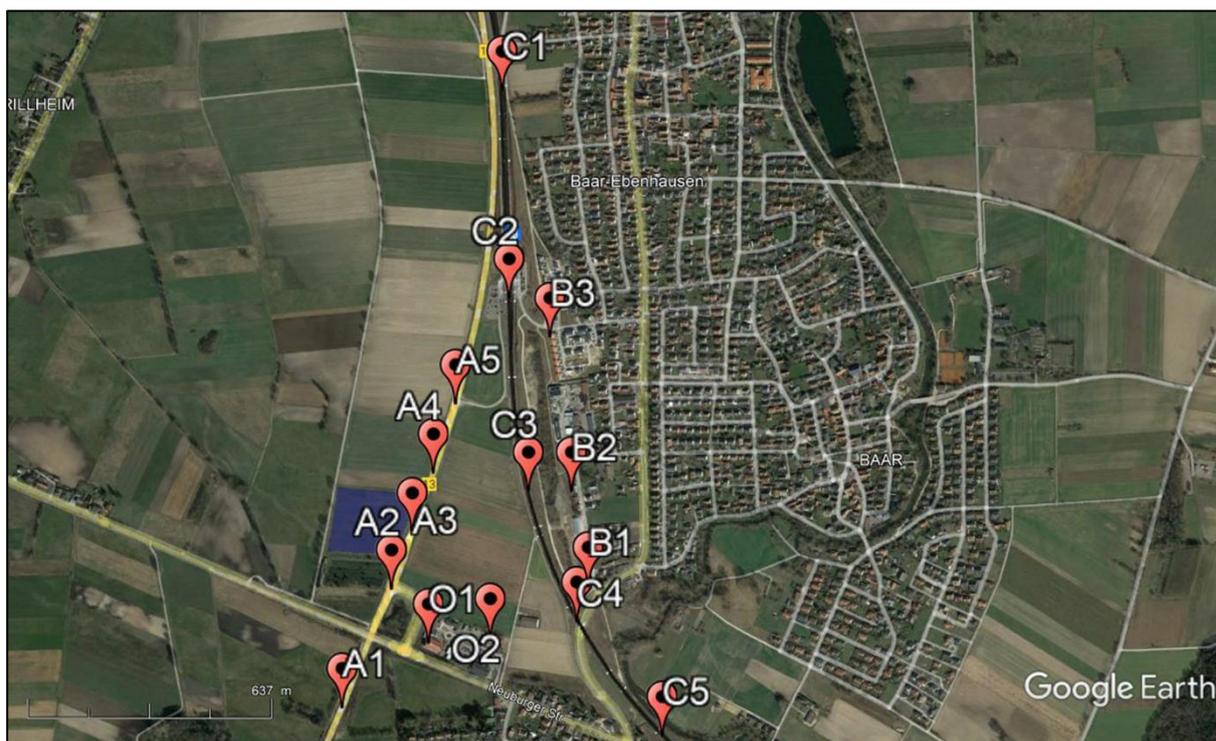


Abbildung 3: Google Earth ©2021 Lageplan der Planfläche

<sup>6</sup> ©2020 Google, ©2020 GeoBasis-DE/BKG

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



**Abbildung 4: Sicht von südwestlichster Ecke der Planfläche in Richtung Bundesstraße**



**Abbildung 5: Sicht von nordwestlichster Ecke der Planfläche in Richtung Süden**



**Abbildung 6: Sicht von südwestlichster Ecke der Planfläche in Richtung Nordosten**

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von  $182^\circ$  ( $N=0^\circ$ ) ausgerichtet. In dieser Untersuchung werden die Modulneigungswinkel  $15^\circ$  und  $20^\circ$  betrachtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit  $0,8\text{ m}$ , einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Die maximale Höhe der Gestelle beträgt laut Planung rund  $3,5\text{ m}$ .

### D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Bundesstraße, bzw. an den Bebauungen repräsentative Punkte festgelegt. Über die Planfläche wird ein Netz mit einer Gitterweite von 5 m gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte. Für die einzelnen Punktepaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt.

Auf der Bundesstraße werden die Punkte A1 bis A5, an der Bebauung südöstlich der Planfläche die Punkte O1 und O2, für die Bahntrasse die Punkte C1 bis C5 und am Ortsrand von Baar-Ebenhausen die Punkte B1 bis B3 gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtimmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind und wie diese sich auswirken, siehe Abbildung 3.

Nach Abschluss der Bestimmung möglicher sichtbarer Reflexionen erfolgt eine Bewertung, inwieweit die Reflexionen von Fahrzeugführern wahrgenommen werden können bzw. inwieweit die Reflexionen eine Belastung für die Anwohner 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 Fahrzeugführer wird mit 1,2 m für PKW und 2,5 m für LKW über der Straße angesetzt. Die Augenposition der Zugführer wird mit 3,0 m angenommen.

Für die exemplarische Untersuchung der Bebauung und des Ortsrandes 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 Bundesstraße bzw. an den Gebäuden zu den Punkten auf der Photovoltaikfläche der Ort einer Lichtquelle (Emissionsort) ermittelt, der zu den entsprechenden Lichtimmissionen führt. Der Emissionsort wird definiert durch Azimut  $\alpha$  und Höhenwinkel  $h^\circ$ . Im zweiten Schritt werden die Koordinaten der berechneten Emissionsorte mit dem Sonnenstand der Sonne im Jahresverlauf verglichen.

# 8.2

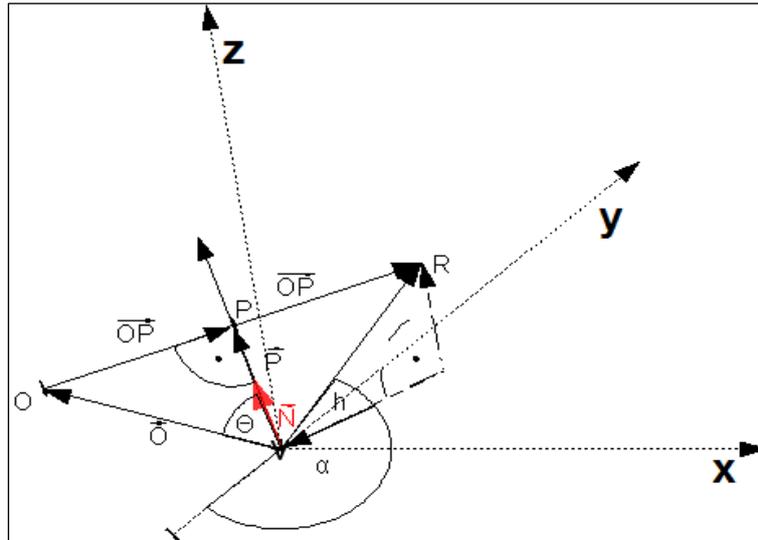


Abbildung 7: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

Die Bestimmung der Emissionsorte erfolgt anhand der Darstellung in Abbildung 7. 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 8, 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  $-120^\circ$  bis  $+120^\circ$  und für den Höhenwinkel  $h$  von  $0^\circ$  bis  $64^\circ$ .

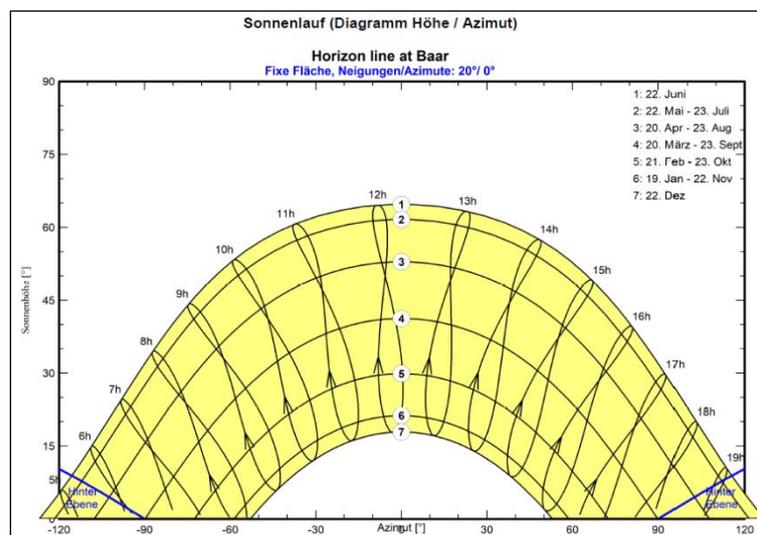


Abbildung 8: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

### 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]
<b>Neigungswinkel 15° Azimut 182° (N=0°)</b>				
A1		Keine Reflexionen		
A2		Keine Reflexionen		
A3	von 03. Apr bis 08. Sep	18:01 - 18:54	14	18.7
A4		Keine Reflexionen		
A5		Keine Reflexionen		
O1		Keine Reflexionen		
O2		Keine Reflexionen		
B1 UG	von 12. Mai bis 30. Jul	18:38 - 18:55	4	5.0
B1 OG	von 08. Mai bis 04. Aug	18:35 - 18:54	5	5.7
B2 (UG + OG)		Keine Reflexionen		
B3 (UG + OG)		Keine Reflexionen		
C1		Keine Reflexionen		
C2		Keine Reflexionen		
C3		Keine Reflexionen		
C4	von 09. Mai bis 02. Aug	18:36 - 18:54	4	5.0
C5		Keine Reflexionen		
<b>Neigungswinkel 20° Azimut 182° (N=0°)</b>				
A1		Keine Reflexionen		
A2		Keine Reflexionen		
A3	von 02. Apr bis 10. Sep	17:53 - 18:37	13	20.4
A4		Keine Reflexionen		
A5		Keine Reflexionen		
O1		Keine Reflexionen		
O2		Keine Reflexionen		
B1 UG	von 29. Apr bis 13. Aug	18:23 - 18:39	4	6.6
B1 OG	von 27. Apr bis 15. Aug	18:21 - 18:38	5	7.2
B2 (UG + OG)		Keine Reflexionen		
B3 (UG + OG)		Keine Reflexionen		
C1		Keine Reflexionen		
C2		Keine Reflexionen		
C3		Keine Reflexionen		
C4	von 29. Apr bis 13. Aug	18:22 - 18:38	4	6.2
C5		Keine Reflexionen		

#### Bundesstraße B13 (Modulneigungswinkel 15°)

Die Analyse zeigt für die Punkte A1, A2, A4 und A5, dass in diesen Bereichen auf der Bundesstraße keine Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in dem

## 8.2

Punkt A3 zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Abendstunden von April bis September im Zeitraum zwischen 18:01 Uhr bis 18:54 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 14 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind im nachfolgenden Diagramm Abbildung 9 dargestellt. Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionschutz (LAI) kommt es erst ab einem Differenzwinkel (Winkel zwischen Sichtlinie zur Sonne und der Sichtlinie zum Modul) größer  $10^\circ$  zu einer zusätzlichen Blendung durch die Photovoltaikanlage<sup>8</sup>. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer  $10^\circ$  aufweisen.

In dem Diagramm Abbildung 9 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.

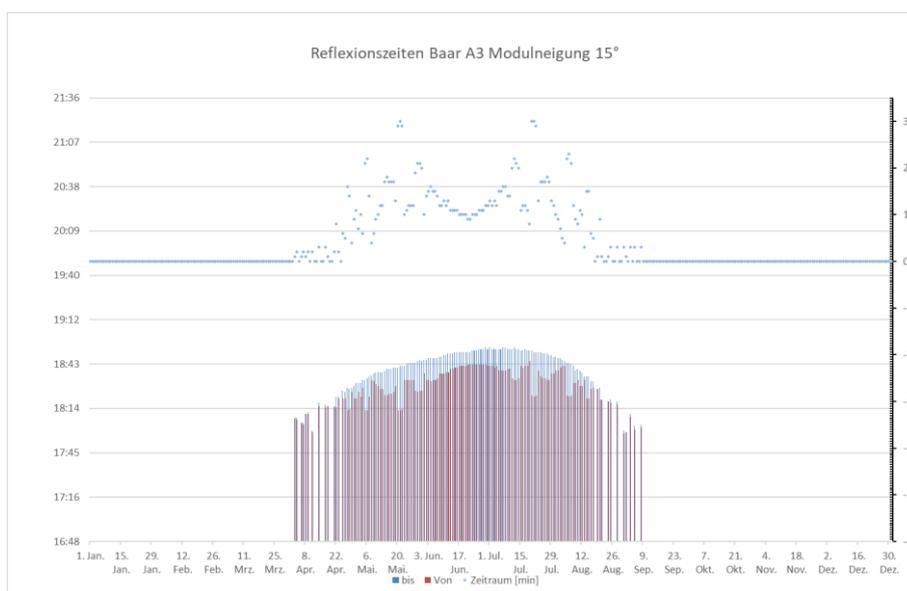


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A3 für Emissionen der Planfläche (Modulneigung  $15^\circ$ )

Die folgende Grafik Abbildung 10 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für den Punkt A3 ausgehen. Die lilafarbene Fläche stellt 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.

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



Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 auf der Bundesstraße (Modulneigung 15°)

### Bundesstraße B13 (Modulneigungswinkel 20°)

Die Analyse zeigt für die Punkte A1, A2, A4 und A5, dass auf der Bundesstraße in diesen Bereichen keine Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in dem Punkt A3 zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Abendstunden von April bis September im Zeitraum zwischen 17:53 Uhr bis 18:37 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 13 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind im nachfolgenden Diagramm 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 Photovoltaikanlage<sup>9</sup>. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

In dem Diagramm 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.

<sup>9</sup> Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

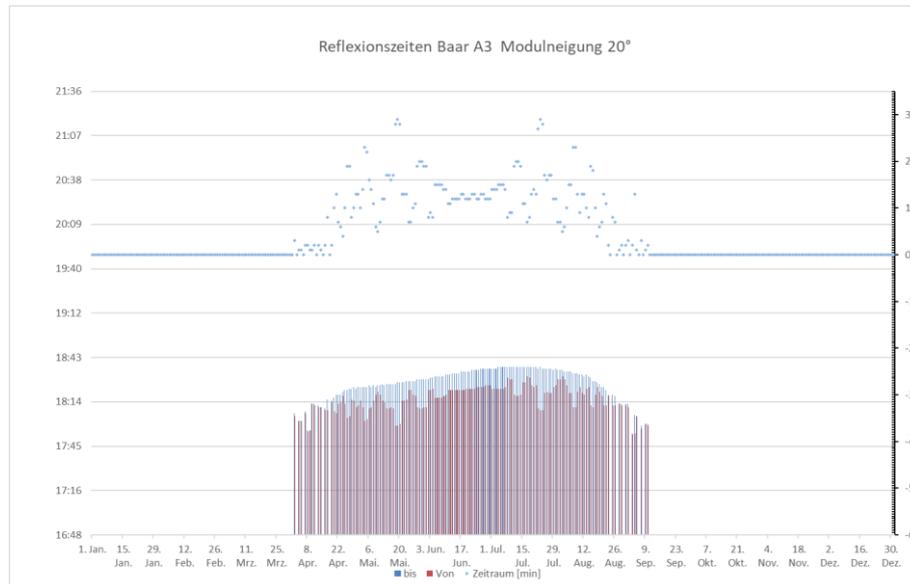


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A3 für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 15°)

Die folgende Grafik Abbildung 12 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für den Punkt A3 ausgehen. Die lilafarbene Fläche stellt 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 A3 auf der Bundesstraße (Modulneigung 20°)

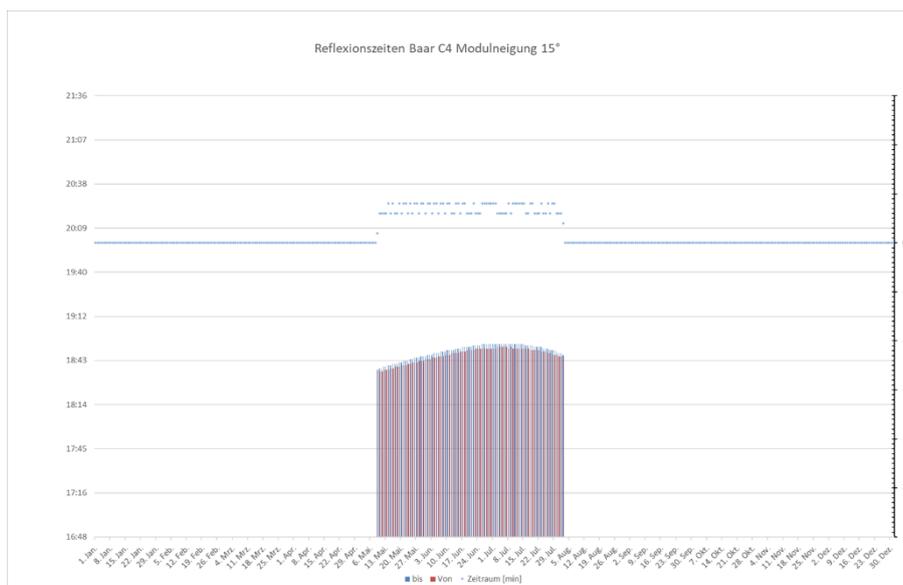
### Bahntrasse Baar (Modulneigungswinkel 15°)

Die Analyse zeigt für die Punkte C1, C2, C3 und C5, dass auf der Bahntrasse in diesen Bereichen keine Lichtemissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtemissionen in dem Punkt C4 zu erwarten. Die Lichtemissionen erfolgen in den Abendstunden von Mai bis August im Zeitraum zwischen 18:36 Uhr bis 18:54 Uhr. Die Dauer der Lichtemissionen beträgt im Maximum rund 4 Minuten.

## 8.2

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind im nachfolgenden Diagramm 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  $10^\circ$  zu einer zusätzlichen Blendung durch die Photovoltaikanlage<sup>10</sup>. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer  $10^\circ$  aufweisen.

In dem Diagramm Abbildung 13 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 13: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt C4 für Emissionen der Planfläche (Modulneigung  $15^\circ$ )**

Die folgende Grafik Abbildung 14 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für den Punkt C4 ausgehen. Die lilafarbene Fläche stellt 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.

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



Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt C4 auf der Bahntrasse (Modulneigung 15°)

### Bahntrasse Baar (Modulneigungswinkel 20°)

Die Analyse zeigt für die Punkte C1, C2, C3 und C5, dass auf der Bahntrasse in diesen Bereichen keine Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in dem Punkt C4 zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Abendstunden von April bis August im Zeitraum zwischen 18:22 Uhr bis 18:38 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 4 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind im nachfolgenden Diagramm Abbildung 15 dargestellt. Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionschutz (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 Photovoltaikanlage<sup>11</sup>. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

In dem Diagramm Abbildung 15 stellen die Werte der linken Ordinate die Uhrzeiten dar, in denen die Blendung am Immissionsort auftritt. Die Werte der rechten Koordinate stellen die Anzahl der Minuten pro Tag dar, in denen eine Blendung am Immissionsort auftritt.

<sup>11</sup> Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

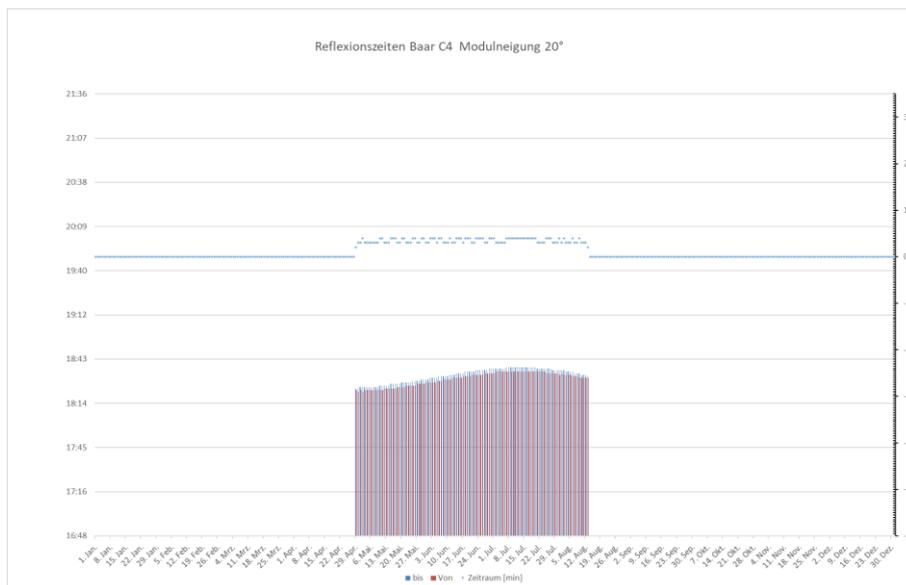


Abbildung 15: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt C4 für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 20°)

Die folgende Grafik zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für den Punkt C4 ausgehen. Die lilafarbene Fläche stellt 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 16: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt C4 auf der Bahntrasse (Modulneigung 20°)

### Bebauung, südöstlich der Planfläche (Modulneigung 15°)

Die Untersuchung der Bebauung in den definierten Punkten ergab, dass dort nicht mit Reflexionen zu rechnen ist.

### Bebauung, südöstlich der Planfläche (Modulneigung 20°)

Die Untersuchung der Bebauung in den definierten Punkten ergab, dass dort nicht mit Reflexionen zu rechnen ist.

### Ortsrand von Baar-Ebenhausen (Modulneigung 15°)

Die Untersuchung des Ortsrandes in den definierten Punkten ergab, dass im Punkt B2 und B3 nicht mit Reflexionen zu rechnen ist.

Die Untersuchung des Ortsrandes ergab weiterhin, dass im Punkt B1 mit Reflexionen zu rechnen ist. In diesem Punkt sind Lichtimmissionen von Mai bis August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Abendstunden zwischen 18:35 und 18:55 auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 5 Minuten am Tag und summiert sich auf 5,7 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 17 und Abbildung 18, dargestellt.

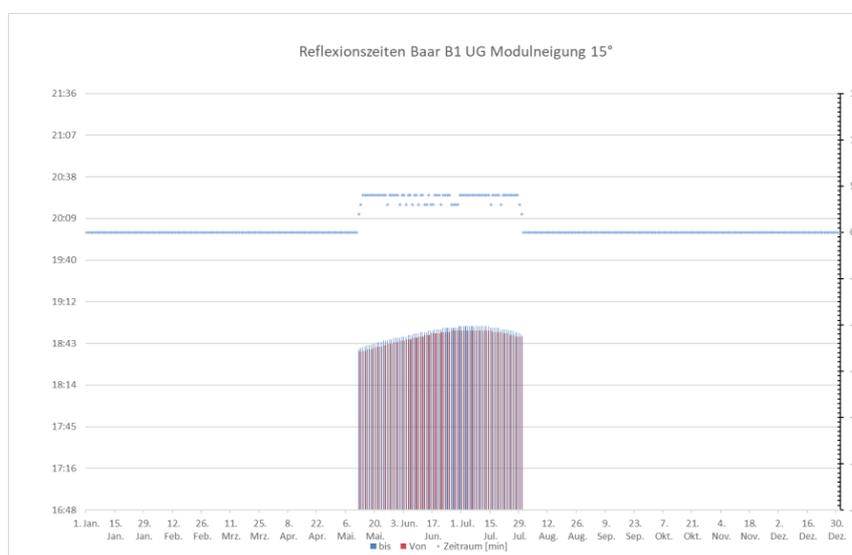


Abbildung 17: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 UG für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 15°)

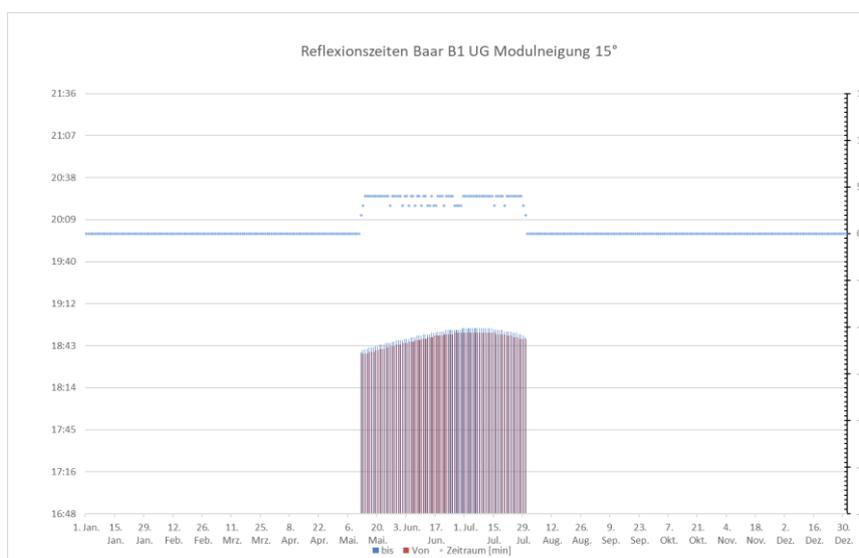


Abbildung 18: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 OG für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 15°)

Abbildung 19 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für den Punkt B1 (UG + OG) ausgehen.



Abbildung 19: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1 am Ortsrand Baar-Ebenhausen (Modulneigung 15°)

### Ortsrand von Baar-Ebenhausen (Modulneigung 20°)

Die Untersuchung des Ortsrandes in den definierten Punkten ergab, dass im Punkt B2 und B3 nicht mit Reflexionen zu rechnen ist.

Die Untersuchung des Ortsrandes ergab weiterhin, dass im Punkt B1 mit Reflexionen zu rechnen ist. In diesem Punkt sind Lichtimmissionen von April bis August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Abendstunden zwischen 18:21 und 18:39 auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 5 Minuten am Tag und summiert sich auf 7,2 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 20 und Abbildung 21, dargestellt.

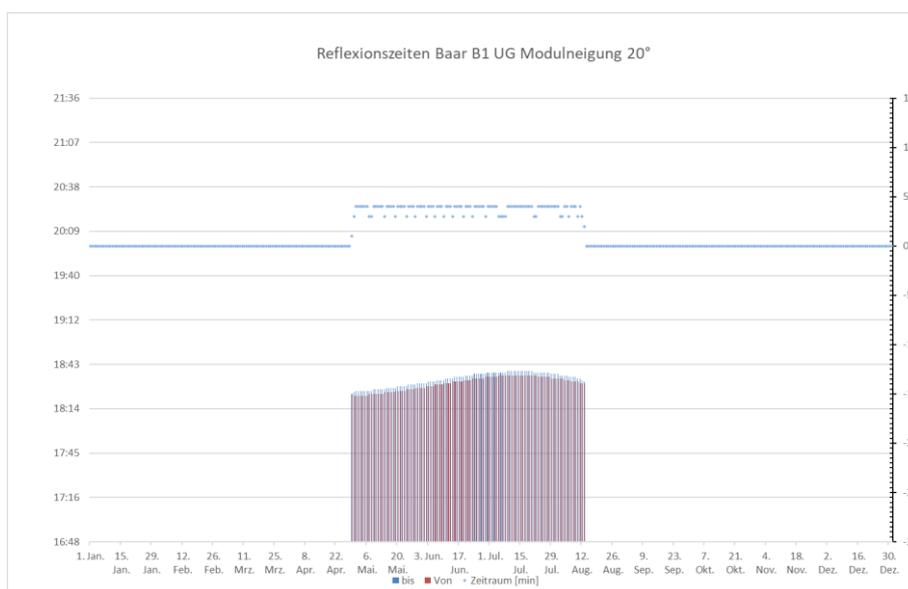
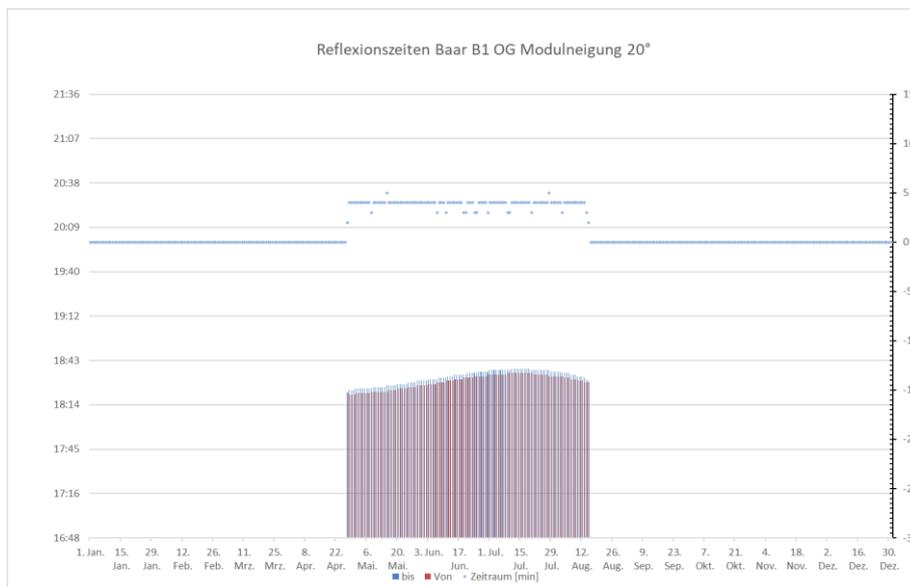
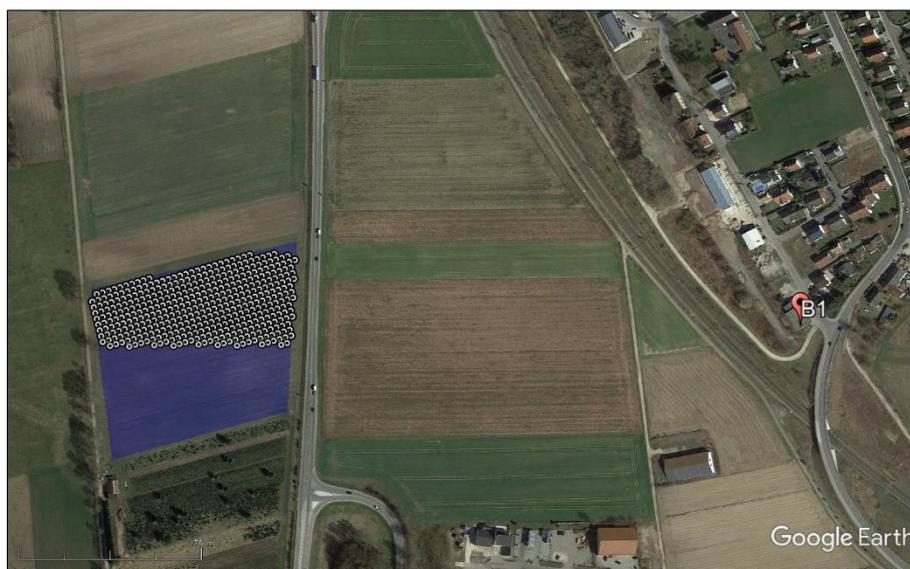


Abbildung 20: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 UG für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 20°)



**Abbildung 21: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 OG für Emissionen der Planfläche (Modulneigung 20°)**

Abbildung 22 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für den Punkt B1 (UG + OG) ausgehen.



**Abbildung 22: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1 am Ortsrand Baar-Ebenhausen (Modulneigung 20°)**

### D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

#### Bundesstraße B13

Wie in C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Fahrzeugführern 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  $75^\circ$ .

Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Abbildung 23 für Punkt A3 für die Modulneigung von  $15^\circ$  und in der Abbildung 24 für die Modulneigung von  $20^\circ$  dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in blau dargestellt. Der obere Kegel gibt das Sichtfeld für Fahrzeuge wieder, die Richtung Norden unterwegs sind, und der untere Kegel das Sichtfeld der Fahrzeugführer mit Fahrtrichtung Süden. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von Punkt A3 in Richtung der Module aufspannen, die zu Reflexionen in dem Punkt führen, siehe Tabelle 2 in Kapitel D.2.2.

Es zeigt sich für den Punkt A3 für beide Modulneigungswinkel  $15^\circ$  und  $20^\circ$  und beide Fahrtrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen.



Abbildung 23: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Modulneigung  $15^\circ$ )



Abbildung 24: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Modulneigung  $20^\circ$ )

### Bahntrasse Baar

Wie in C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Zugführern 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  $60^\circ$ .

Das Sichtfeld der Zugführer ist in Abbildung 25 für Punkt C4 für die Modulneigung von  $15^\circ$  und in der Abbildung 26 für die Modulneigung von  $20^\circ$  dargestellt. Das Sichtfeld der Zugführer ist in blau dargestellt. Der obere Kegel gibt das Sichtfeld für Züge wieder, die Richtung Norden unterwegs sind, und der untere Kegel das Sichtfeld der Zugführer mit Fahrtrichtung Süden. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von Punkt A3 in Richtung der Module aufspannen, die zu Reflexionen in dem Punkt führen, siehe Tabelle 2 in Kapitel D.2.2.

Es zeigt sich für den Punkt A3 für beide Modulneigungswinkel  $15^\circ$  und  $20^\circ$  und beide Fahrtrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Zugführer liegen.



Abbildung 25: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt C4 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Modulneigung 15°)



Abbildung 26: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt C4 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Modulneigung 20°)

### Ortsrand von Baar-Ebenhausen

Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)<sup>14</sup> 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.

Für die Gebäude am Ortsrand von Baar-Ebenhausen und die Modulneigungswinkel 15° und 20° stellen die Lichtimmissionen nach LAI keine erhebliche Belästigung dar, da die maximal mögliche Dauer für einzelne Gebäude pro Ereignis 5 Minuten beträgt und maximal an 7,2 Stunden im Kalenderjahr Lichtimmissionen wahrgenommen werden können.

<sup>14</sup> Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

## E. Bewertung

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Bundesstraße B13 und der Bahntrasse, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Baar, unter Berücksichtigung eines Modulneigungswinkels von 15° und 20° Lichtimmissionen von April bis September in den Abendstunden zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in etwa zwischen 17:53 Uhr und 18:54 auf. Die Dauer beträgt im Maximum 14 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)<sup>15</sup> nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Bundesstraße bzw. die Bahntrasse treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer bzw. der Zugführer befinden. Eine Wahrnehmung ist nur dann zu erwarten, wenn der Fahrzeugführer bzw. der Zugführer den Blick bewusst abwenden, so dass die Blickrichtung sich außerhalb des normalen Sichtkegels befindet. Es ist davon auszugehen, dass dies entsprechend vorsichtig erfolgt, so dass eine Blendung auszuschließen ist.

Aus diesem Grund ist eine Störung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Baar entstehen, für den Straßenverkehr und den Bahnverkehr nicht zu erkennen.

Die Analyse der Lichtemissionen zeigt für die Bebauung südöstlich der Planfläche, dass keine Lichtimmissionen zu erwarten sind.

Die Analyse der Lichtemissionen zeigt, dass am der Photovoltaikanlage zugewandtem Ortsrand von Baar-Ebenhausen Lichtimmissionen zu erwarten sind. Nach den Richtlinien der LAI liegt keine erhebliche Belästigung vor, da die zu tolerierenden Zeiträume mit maximal 5 Minuten am Tag und maximal 7,2 Stunden im Jahr eingehalten werden.

---

<sup>15</sup> Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012