

Prüfbericht

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Veynau
Auftraggeber:	EYEDEXE 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>53881 Wißkirchen OT Euskirchen (50.643°N; 6.729°E)</u>
Prüfberichtsnummer:	21K2998-PV-BG-Veynau-R00-JBS_LBE-2021
Prüfdatum:	11.05.2021
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	15
E. Bewertung.....	25

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 entlang der Bahnlinie Richtung Westen auf die Autobahn.....	15
Abbildung 5:	Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	16
Abbildung 6:	Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	17
Abbildung 7:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B4 für Emissionen der nördlichen Planfläche .	19
Abbildung 8:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B5 für Emissionen der nördlichen Planfläche .	19
Abbildung 9:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4 auf der Bahntrasse	20
Abbildung 10:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B5 auf der Bahntrasse	20
Abbildung 11:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A1 für Emissionen der nördlichen Planfläche .	21
Abbildung 12:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A2 für Emissionen der nördlichen Planfläche .	21
Abbildung 13:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A1 auf der Autobahn	22
Abbildung 14:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2 auf der Autobahn	22
Abbildung 15:	Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt B4 mit Grenzvektoren in Richtung Module...	23
Abbildung 16:	Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt B5 mit Grenzvektoren in Richtung Module...	23
Abbildung 17:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A1 mit Grenzvektoren in Richtung Module	24
Abbildung 18:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module	24

Tabellenverzeichnis

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

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
21K2998-PV-BG-Veynau-R00-JBS_LBE-2021	Ursprungsversion 11.05.2021

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 alleinig 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 Veynau. Es wird untersucht, wann Reflexionen an verschiedenen Punkten der Bahnlinie Köln-Trier, die zwischen den beiden Teilen der PVA hindurchführt, und der westlich vorbeiführenden Autobahn A1 zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	EYEDEXE GmbH Raabestraße 14 B 34119 Kassel
Auftragsdatum:	07.05.2021
Auftragnehmer:	8.2 Arp & Kleiss GmbH Gerhard Kleiss Schwedenstrasse 11 a 13357 Berlin
Unterauftragnehmer:	8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	21K2998-PV-BG-Veynau-R00-JBS_LBE-2021

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die zwischen den Anlagenteilen hindurchführende Bahnlinie Köln-Trier und die westlich vorbeiführende Autobahn A1. 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 Entwurfsplanung mit Tischaufbau
 - o Vorentwurf: Vorhabenbezogener Bebauungsplan Nr. 4 „Solarpark Veynau“
 - o Bildansichten der Bahnstrecke und der Unterführung
 - o Lageplan mit Abstand zur Autobahn
- 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 „GEOportal.NRW“²

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 Veynau soll westlich von Wißkirchen einem Stadtteil von Euskirchen errichtet werden. Die Anlage mit ihren beiden Anlagenteilen wird nördlich und südliche der Bahnlinie Köln-Trier errichtet. Westlich der Anlage befindet sich die Autobahn A1.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 161° und 195° (N=0°) und einem Neigungswinkel von 20° und 23° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,80 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Es sollen vier kristalline Module hochkant übereinander montiert werden. Die maximale Höhe der Gestelle ergibt sich damit mit rund 2,53 m. Nach B-Plan darf die maximale Höhe 3,50 m betragen.

¹ ©2021 Google LLC.

² Geschäftsstelle des IMA GDI Nordrhein-Westfalen, <https://www.geoportal.nrw/>

B. Prüfergebnis

Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel:

Für die Photovoltaikanlage Veynau wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Bahntrasse Köln-Trier und die Autobahn A1 durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Bahntrasse Lichtimmissionen von April bis August in den Abendstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer beträgt rund 26 Minuten. Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Zudem weicht die Blickrichtung in Richtung Module und die in Richtung Sonne nur wenig voneinander ab, so dass ein Blick in Richtung Module mit gleicher Vorsicht, wie in Richtung Sonne erfolgen würde. Eine Gefährdung des Bahnverkehrs durch Lichtimmissionen ist nicht erkennbar.

Auf der Autobahn sind Lichtimmissionen durch Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage von März bis Oktober möglich. Die maximale Dauer beträgt 20 Minuten. Auch hier liegen die reflektierenden Module nicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Eine Gefährdung des Autoverkehrs durch Lichtimmissionen auf der Autobahn ist nicht zu erwarten.

Hamburg, 11. Mai 2021



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 26 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 Autobahn A1 und die Bahnlinie Köln-Trier zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Fahrzeugführer 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 Bahnlinie 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.

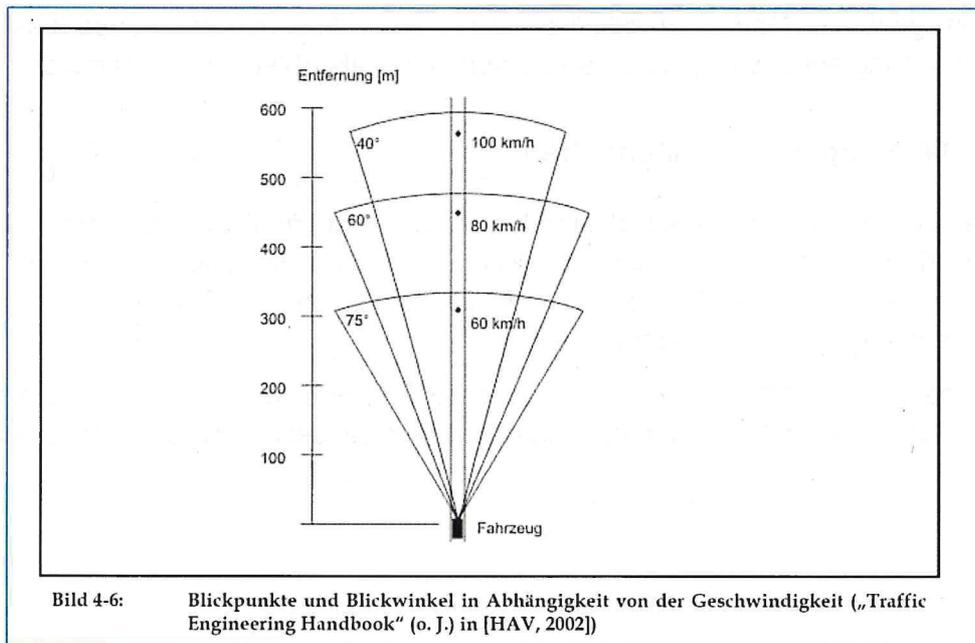


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit³

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

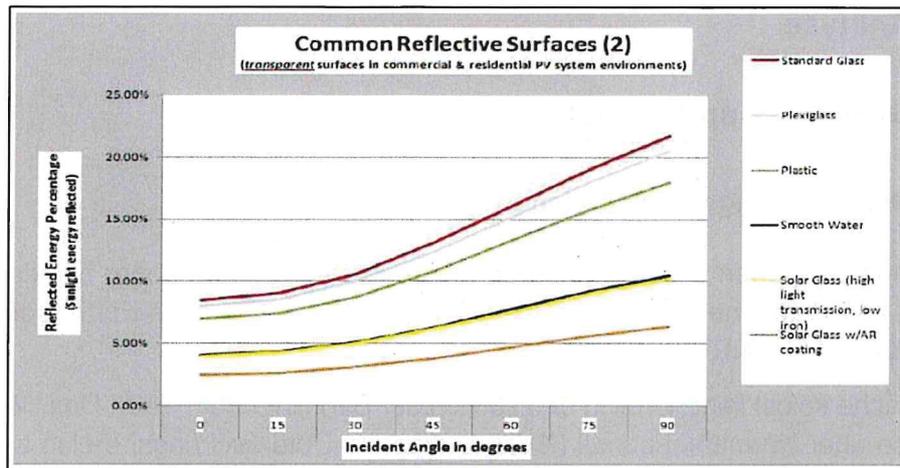


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

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 $6 \cdot 10^6$ cd/m². Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um $0,6 \cdot 10^6$ cd/m².

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 GEOportal.NRW⁷

Die Planfläche selbst liegt nördlich und südlich der Bahnlinie Köln-Trier. Das Höhengniveau der Bahntrasse über Normalhöhennull (NHN) beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 191 m und 200 m. Die westlich der Planfläche vorbeiführende Autobahn A1 weist im Untersuchungsbereich eine Höhe zwischen 206 m und 208 m über NHN auf. Das Höhengniveau der nördlichen Planfläche variiert zwischen 192 m im Osten und 197 m im Westen. Auf der südlichen Planfläche variiert die Höhe zwischen 192 m und 193 m, siehe Abbildung 3.

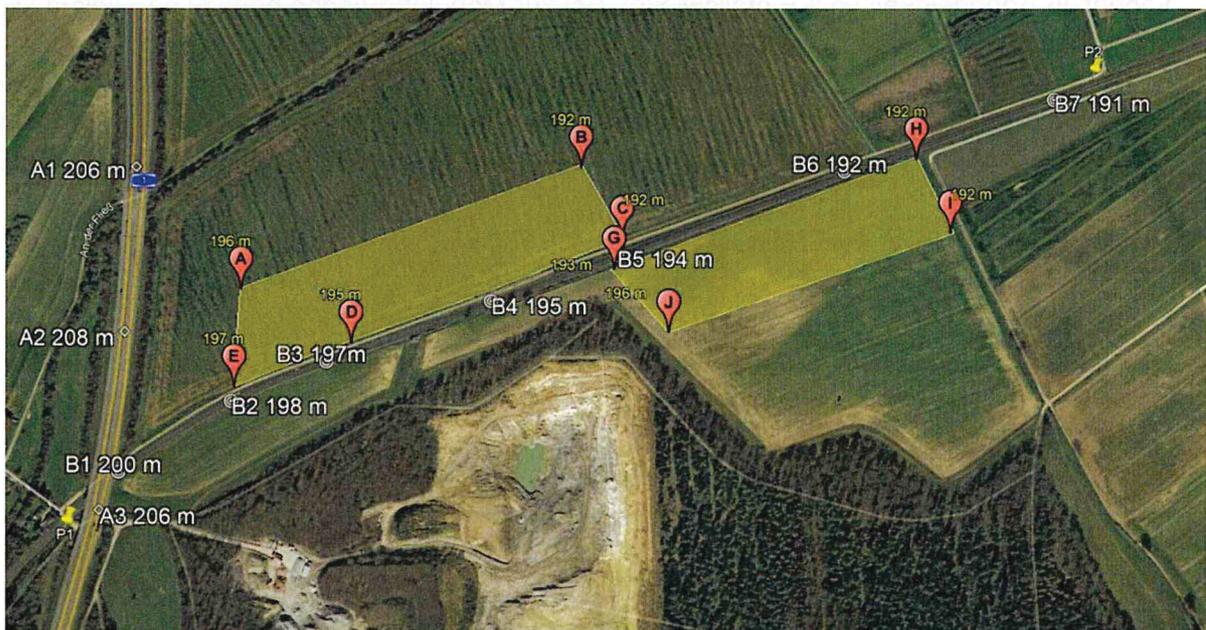


Abbildung 3: Google Earth ©2021 Lageplan der Planfläche

⁶ ©2021 Google, ©2021 GeoBasis-DE/BKG

⁷ Geschäftsstelle des IMA GDI Nordrhein-Westfalen, <https://www.geoportal.nrw/>



Abbildung 4: Sicht entlang der Bahnlinie Richtung Westen auf die Autobahn

Die Module werden auf der nördlichen Planfläche mit einem Azimut von 195° ($N=0^\circ$) und einem Neigungswinkel von 20° ausgerichtet. Auf der südlichen Planfläche werden die Modulreihen parallel zur Bahnlinie mit einem Azimut von 161° ($N=0^\circ$) und einer Modulneigung von 23° errichtet.

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Bahntrasse und der Autobahn repräsentative Punkte festgelegt. Für die einzelnen Punktepaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt.

Für die Analyse der Reflexionen wird ein Netz mit einer Gitterweite von 5 m über die Planfläche gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte.

Auf der Bahntrasse werden die Punkte B1 bis B7 und auf der Autobahn die Punkte A1 bis A3 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.

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.

8.2

Die Augenposition der Zugführer wird mit 3,0 m über Trasse angesetzt. Für Autofahrer wird eine Augenposition mit 1,2 m für PKW-Fahrer und 2,5 m für LKW-Fahrer über der Fahrbahn angenommen.

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

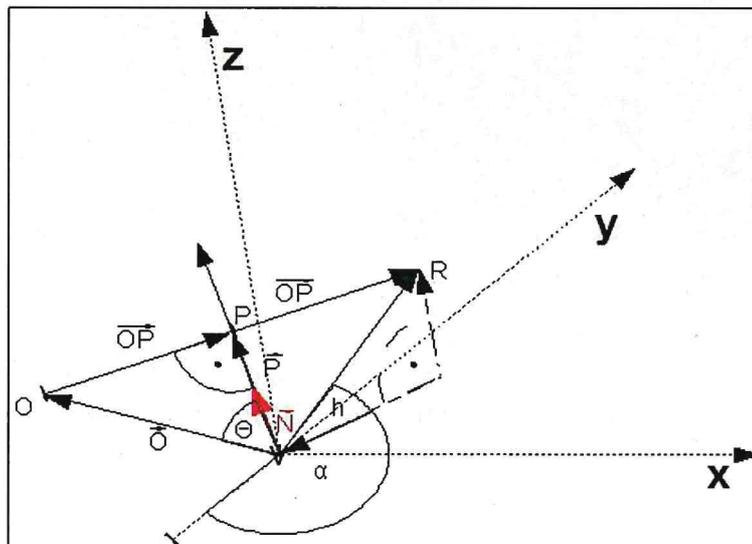
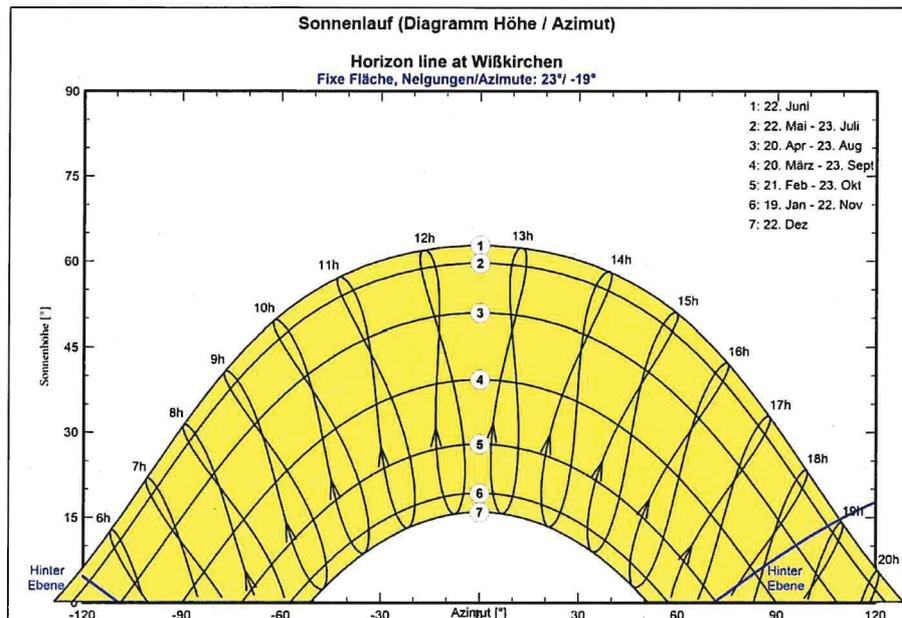


Abbildung 5: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

Die Bestimmung der Emissionsorte erfolgt anhand der Darstellung in Abbildung 5. Der Nullpunkt des Koordinatensystems befindet sich in der Modulebene. Punkt O steht für den Ort außerhalb der Photovoltaikanlage, der auf Lichtemissionen 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 6, 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 -128° bis $+128^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 63° .



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.

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 werden Zeiten, in denen der Differenzwinkel kleiner 10° ist, nicht berücksichtigt.

Die Analysen für die südliche Planfläche zeigen, dass von dort keine Lichtemissionen durch Reflexionen ausgehen, die zu Lichtimmissionen auf der Bahntrasse und auf der Autobahn führen.

Von der nördlichen Planfläche gehen Lichtemissionen aus, die in den Punkten A1 und A2 auf der Autobahn sowie in den Punkten B4 und B5 auf der Bahntrasse zu Lichtimmissionen führen, siehe Tabelle 2.

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

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

	Datumsbereich	Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
Neigungswinkel 20° Azimut 195° (N=0°) Nord				
A1	von 21. Mrz bis 01. Apr	07:18 - 07:27	4	1.3
A1	von 10. Sep bis 21. Sep	07:11 - 07:14	4	1.3
A2	von 02. Mrz bis 10. Okt	6:57 - 07:53	20	51.7
A3	Keine Reflexionen			
B1	Keine Reflexionen			
B2	Keine Reflexionen			
B3	Keine Reflexionen			
B4	von 17. Apr bis 25. Aug	18:57 - 19:32	9	7.7
B5	von 24. Apr bis 18. Aug	18:53 - 19:32	26	9.2
B6	Keine Reflexionen			
B7	Keine Reflexionen			

Bahntrasse

Die Analyse zeigt für die Punkte B1, B2, B3, B6 und B7, dass für diese Punkte auf der Bahntrasse keine Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in den Punkten B4 und B5 zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Abendstunden von April bis August im Zeitraum zwischen 18:53 Uhr bis 19:32 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 26 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen in B4 und B5 wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 7 und Abbildung 8 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 Photovoltaikanlage⁹. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

In den Diagrammen Abbildung 7 und Abbildung 8 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.

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

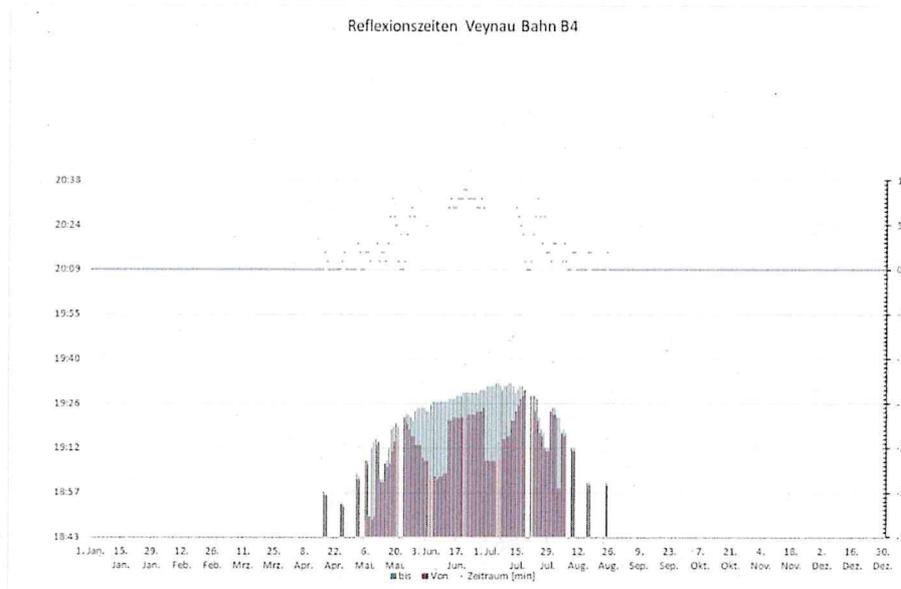


Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B4 für Emissionen der nördlichen Planfläche

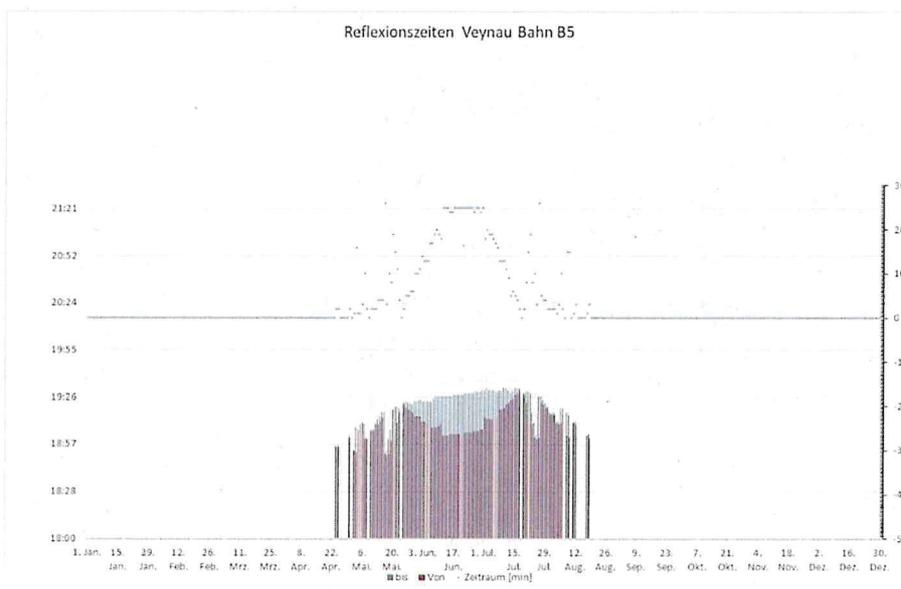


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B5 für Emissionen der nördlichen Planfläche

Die folgenden Grafiken Abbildung 9 bis Abbildung 10 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte B4 und B5 ausgehen. Die gelbe Fläche stellt die Planfläche entsprechend Abbildung 3 dar. Die gelben Ringe stellen den Reflexionsbereich der Module auf der Planfläche dar, die für den entsprechenden Betrachtungspunkt unter den gesetzten Annahmen gilt. Die Reflexionsbereiche stellen die Gesamtheit der reflektierenden Module dar, von denen im Jahresverlauf Reflexionen ausgehen. Der Bereich reduziert sich bei Tages- bzw. Monatsbetrachtungen.



Abbildung 9: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4 auf der Bahntrasse



Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B5 auf der Bahntrasse

Autobahn

Die Analyse zeigt für Punkt A3, dass dort keine Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in den Punkten A1 und A2 zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den frühen Morgenstunden in A1 von März bis April und im September im Zeitraum zwischen 07:11 Uhr und 07:27 Uhr und in A2 von März bis Oktober im Zeitraum zwischen 06:57 Uhr und 07:53 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum in A1 rund 4 Minuten und in A2 rund 20 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen in A1 und A2 wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 11 und Abbildung 12 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

8.2

Blendung durch die Photovoltaikanlage¹⁰. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

In den Diagrammen Abbildung 11 und Abbildung 12 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.

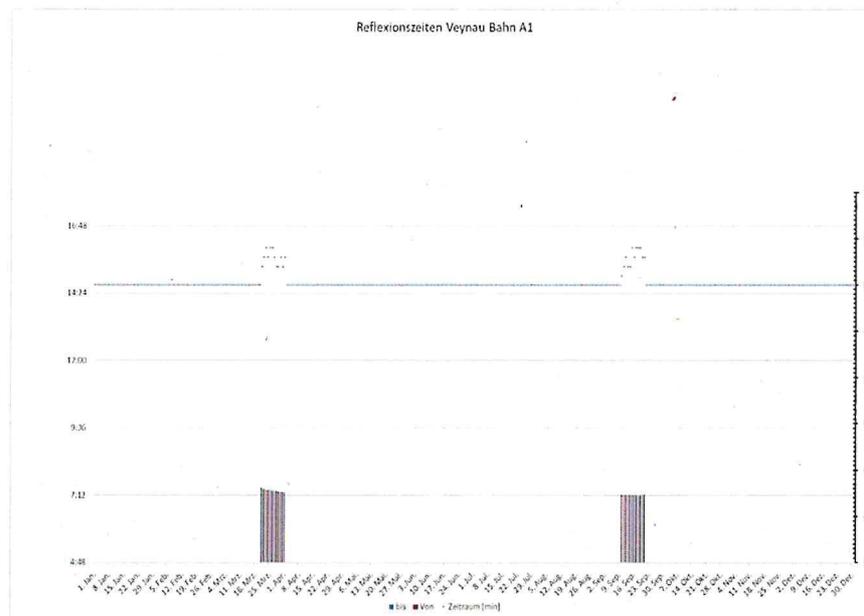


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A1 für Emissionen der nördlichen Planfläche

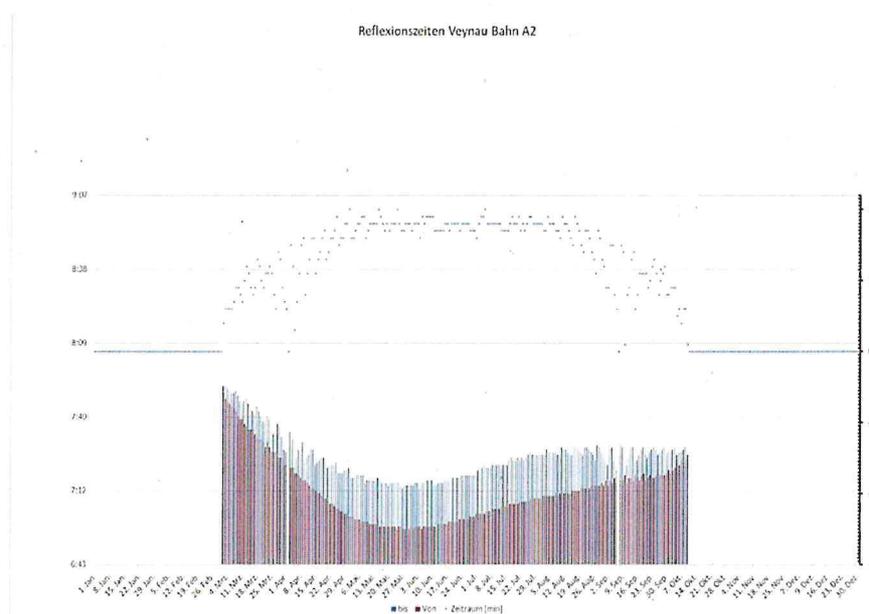


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A2 für Emissionen der nördlichen Planfläche

Die folgenden Grafiken Abbildung 13 bis Abbildung 14 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte A1 und A2 ausgehen. Die gelbe

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

Fläche stellt die Planfläche entsprechend Abbildung 3 dar. Die gelben Ringe stellen den Reflexionsbereich der Module auf der Planfläche dar, die für den entsprechenden Betrachtungspunkt unter den gesetzten Annahmen gilt. Die Reflexionsbereiche stellen die Gesamtheit der reflektierenden Module dar, von denen im Jahresverlauf Reflexionen ausgehen. Der Bereich reduziert sich bei Tages- bzw. Monatsbetrachtungen.



Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A1 auf der Autobahn



Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2 auf der Autobahn

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Bahntrasse

Wie in C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Fahrzeugführern 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 Zugführer ist in Abbildung 15 für Punkt B4 und in Abbildung 16 für Punkt B5 dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in blau dargestellt. Der linke Kegel gibt das Sichtfeld für Fahrzeuge wieder, die Richtung Westen unterwegs sind, und der rechte Kegel das Sichtfeld der Fahrzeugführer mit Fahrtrichtung Osten. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von Punkt B4 bzw. B5 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 Punkte und beide Fahrrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen. Aufgrund ähnlicher Lagebeziehungen von Bahntrasse und Planfläche kann diese Aussage auch auf dazwischenliegende Punkte und Punkte, die zwischen B3 und B4 liegen, übertragen werden.

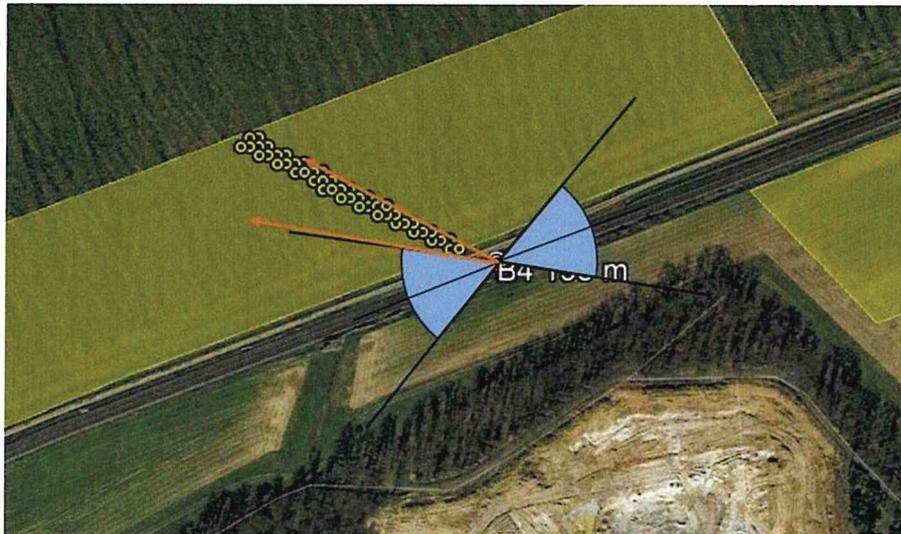


Abbildung 15: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt B4 mit Grenzvektoren in Richtung Module

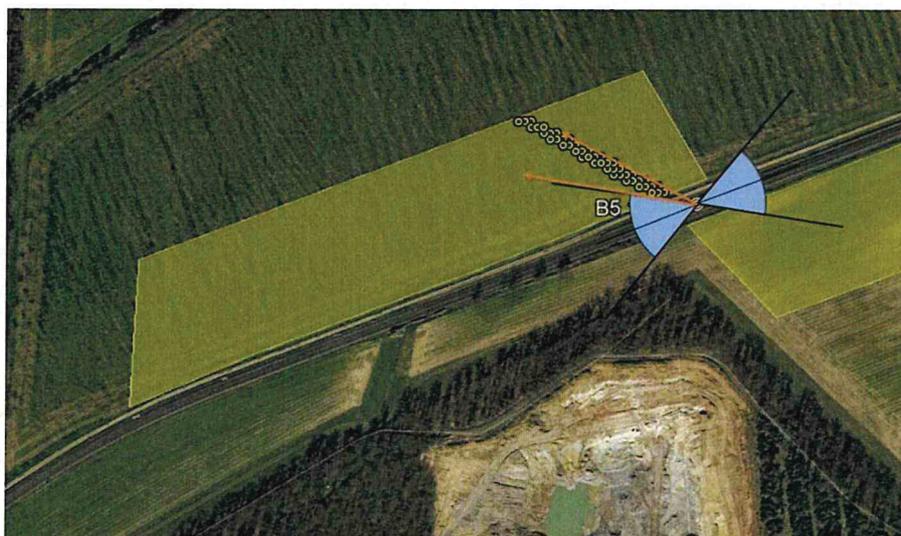


Abbildung 16: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt B5 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Autobahn

Wie in C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Fahrzeugführern 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 Fahrzeugführer ist in Abbildung 17 für Punkt A1 und in Abbildung 18 für Punkt A2 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

8.2

Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von Punkt A1 bzw. A2 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 Punkte und beide Fahrrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen. Aufgrund ähnlicher Lagebeziehungen von Autobahn und Planfläche gilt gleiches auch für dazwischenliegende Punkte sowie Punkte, die zwischen A2 und A3 liegen.



Abbildung 17: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A1 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 18: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

E. Bewertung

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Bahntrasse Köln-Trier, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Veynau, Lichtimmissionen von April bis August in den Abendstunden zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in etwa zwischen 18:53 Uhr bis 19:32 Uhr auf. Der angegebene Zeitraum bildet das Zeitintervall über alle Tage ab, das heißt die Grenzen beziehen sich dabei auf den Tag mit der frühesten Zeit der Lichtimmissionen und dem Tag mit der spätesten Zeit der Reflexion. Betrachtet man die einzelnen Tage ist die Periode kleiner. Die Dauer beträgt im Maximum 26 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)¹¹ nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen für die Bahnlinie, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Bahntrasse treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Wahrnehmung ist nur dann zu erwarten, wenn der Fahrzeugführer den Blick bewusst abwendet, so dass die Blickrichtung sich außerhalb des normalen Sichtkegels befindet. Zu diesem Zeitpunkt steht die Sonne nahezu in gleicher Richtung, wie die reflektierenden Module, so dass der Blick in Richtung Module mit entsprechender Vorsicht erfolgt.

Aus diesem Grund ist eine Gefährdung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Veynau entstehen, für den Bahnverkehr nicht zu erkennen.

Auf der Autobahn sind Lichtimmissionen durch Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Veynau von März bis Oktober in den Morgenstunden zu erwarten. Diese Immissionen treten in etwa zwischen 06:57 Uhr und 07:53 Uhr auf. Der angegebene Zeitraum bildet das Zeitintervall über alle Tage ab, das heißt die Grenzen beziehen sich dabei auf den Tag mit der frühesten Zeit der Lichtimmissionen und dem Tag mit der spätesten Zeit der Reflexion. Betrachtet man die einzelnen Tage ist die Periode kleiner. Die Dauer beträgt im Maximum 20 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)¹² nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen für die Autobahn, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Fahrbahn treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Wahrnehmung ist nur dann zu erwarten, wenn der Fahrzeugführer den Blick bewusst abwendet, so dass die Blickrichtung sich außerhalb des normalen Sichtkegels befindet. Zu diesem Zeitpunkt steht die Sonne nahezu in

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

¹² Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

8.2

gleicher Richtung, wie die reflektierenden Module, so dass der Blick in Richtung Module mit entsprechender Vorsicht erfolgt.

Aus diesem Grund ist eine Gefährdung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Veynau entstehen, für den Autoverkehr auf der Autobahn nicht zu erkennen.