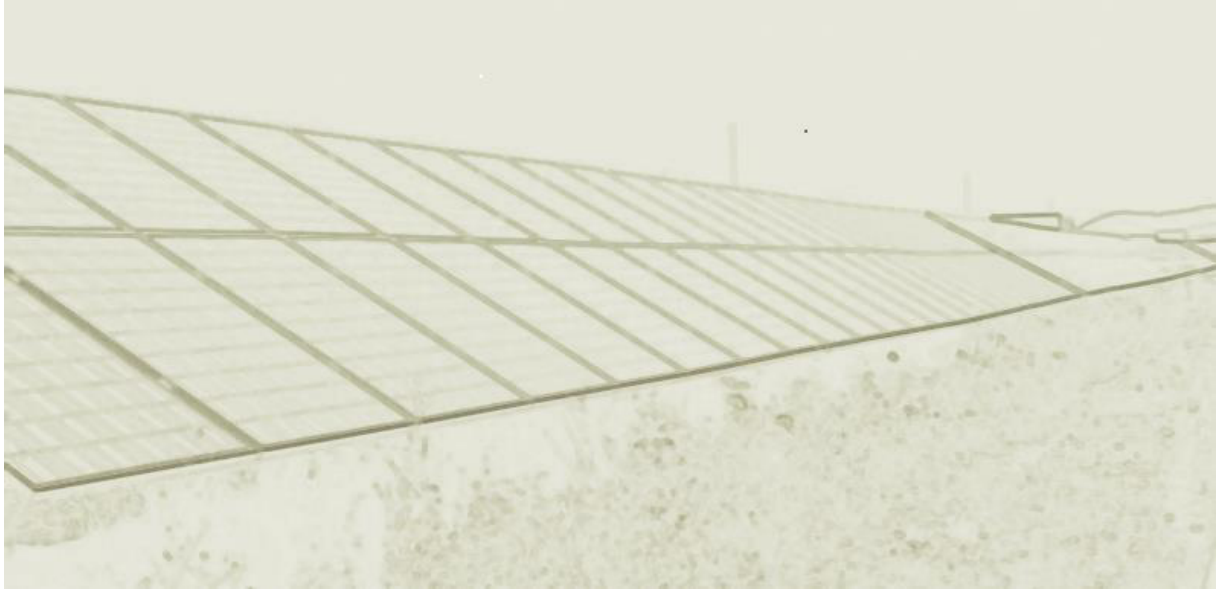
8.2



P r ü f b e r i c h t

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	SP Rheinberger Heide
Auftraggeber:	ENNI Solar 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:	47495 Rheinberg (51.551°N; 6.569°E), Deutschland
Prüfberichtsnummer:	23K4867-PV-BG-SP Rheinberger Heide-R03-JBS_LBE-2024
Prüfdatum:	24.07.2024
Revision:	R03
Verantwortlicher Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt 8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg Tel: +49 (0)40 / 18 12 604-22 E-Mail: joerg.behrschmidt@8p2.de

8.2

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 27

vertraulich! © Copyright 8.2

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit 12
Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel 13
Abbildung 3: Google Earth ©2022 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 Nachmittag zu Punkt O4 im EG 18
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O4 im OG 18
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O5 im EG 19
Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O5 im OG 19
Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O4 an der Straße „An der Rheinberger Heide“ 20
Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O5 an der Straße „An der Rheinberger Heide“ 20
Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt S2 21
Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt S3 21
Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S2 22
Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S3 22
Abbildung 16: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt S2 mit Grenzvektoren in Richtung Module 24
Abbildung 17: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt S3 mit Grenzvektoren in Richtung Module 24
Abbildung 18: An der Rheinberger Heide 1 Blick Richtung PVA (Streetview) 25
Abbildung 19: Kreuzung Römerstraße Blick Richtung PVA (Streetview) 25
Abbildung 20: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt S2 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Azimut 190°) 26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Revisionsübersicht 4
Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten 17
Tabelle 3: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten (Azimut 190°) 26

vertraulich! © Copyright 8.2

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
23K4867-PV-BG-SP Rheinberger Heide-R00-JBS_LBE-2024	Ursprungsversion 24.07.2024
23K4867-PV-BG-SP Rheinberger Heide-R01-JBS_LBE-2024	Korrektur Standortname 26.07.2024
23K4867-PV-BG-SP Rheinberger Heide-R02-JBS_LBE-2024	Berichtigung Straßenbezeichnung und Konkretisierung der Funktion des südlichen Hügels als Lärmschutzwall mit Lärmschutzwand. 29.07.2024
23K4867-PV-BG-SP Rheinberger Heide-R03-JBS_LBE-2024	Ergänzung Azimutbetrachtung zur Reduzierung der Dauer der Lichtimmissionen. 04.02.2025

vertraulich! © Copyright 8.2

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.

vertraulich! © Copyright 8.2

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

vertraulich! © Copyright 8.2

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 Straße „An der Rheinberger Heide“, die östlich der PVA vorbeiführt, sowie der Gebäude der Straße „An der Rheinberger Heide“ und der „Alpener Straße“ zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	ENNI Solar GmbH Am Jostenhof 15 47441 Moers
Auftragsdatum:	28.06.2024
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	23K4867-PV-BG-SP Rheinberger Heide-R03-JBS_LBE-2024

vertraulich! © Copyright 8.2

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die, östlich der Anlage vorbeiführende, Straße "An der Rheinberger Heide" (K 31), der östlich gelegenen Gebäude an der Straße "An der Rheinberger Heide" und der nördlich gelegenen Gebäude an der Alpener Straße. 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, inkl. Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau
- 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[1]
- Daten der Online-Plattform „GEOportal.NRW“[2]

Hinweise:

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

A.4. Identifikation der Anlage

Die geplante Photovoltaikanlage SP Rheinberger Heide soll nordwestlich der Stadt Rheinberg südlich der Alpener Straße und westlich der Straße "An der Rheinberger Heide" installiert werden.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 182° (N=0°) und einem Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden beträgt 1,0 m. Es sollen drei kristalline Module hochkant übereinander montiert werden. Die maximale Höhe der Gestelle ergibt sich damit mit rund 2,9 m.

[1] ©2019 Google LLC.
[2] Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, Friedrichstraße 62-80, 40217 Düsseldorf https://www.geoportal.nrw/?activetab=map&openDownloadclient=true

vertraulich! © Copyright 8.2

B. Prüfergebnis

Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel.

Für die Photovoltaikanlage SP Rheinberger Heide wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Straße "An der Rheinberger Heide" sowie den Gebäuden an der Straße "An der Rheinberger Heide" und der Alpener Straße durchgeführt.

Die Untersuchung der Gebäude an der Alpener Straße zeigt, dass dort keine Lichtimmissionen auftreten, die von der Photovoltaikanlage ausgehen.

Die Untersuchung der Straße "An der Rheinberger Heide“ zeigt, dass spätabends aus westlicher Richtung mit Lichtimmissionen zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Obergeschoss 25 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 39,1 Stunden. Damit werden die Richtwerte der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) überschritten. Allerdings treten unabhängig davon spätabends aus westlicher Richtung direkte Lichtimmissionen der Sonne auf, die die Lichtimmissionen der Photovoltaikanlage überlagern. Die Lichtstärke der Sonne überschreitet die Lichtstärke der reflektierenden Module um einen Faktor von 10. Daher bewirken die Reflexionen keine zusätzlichen Störungen und die Lichtimmissionen sind zu tolerieren.

Die Untersuchung der Straße "An der Rheinberger Heide" zeigt, dass von Ende April bis Mitte August bei freier Sicht Lichtimmissionen zu erwarten wären. Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Zudem ist vom betroffenen Straßenabschnitt aus ein direkte Blick auf die Photovoltaikanlage nicht möglich. Eine Gefährdung des Straßenverkehrs ist nicht erkennbar.

Eine Untersuchung der Dauer der Lichtimmissionen bei unterschiedlichen Azimutwerten an den Gebäuden „An der Rheinberger Heide“ ergibt, dass bei einem Azimut von 190° (N=0°) die Richtwerte der LAI eingehalten werden.

Hamburg, 4. Februar 2025

i.A. i.A.

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 27 Seiten und ist bis Ende 2035 in der 8.2 Obst & Hamm GmbH hinterlegt (Dokumentationsfrist).

vertraulich! © Copyright 8.2

C. Grundlage

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens sind die Lichtemissionen in Form von Reflexionen an den Modulen zu untersuchen und deren Auswirkungen auf die Straße "An der Rheinberger Heide" sowie die Gebäude an der Straße "An der Rheinberger Heide" und an der Alpener Straße zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter, bei Fahrzeugführern und Anwohnern 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

vertraulich! © Copyright 8.2

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 zweier Straßen 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 eingestrahlten 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.

vertraulich! © Copyright 8.2

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 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.

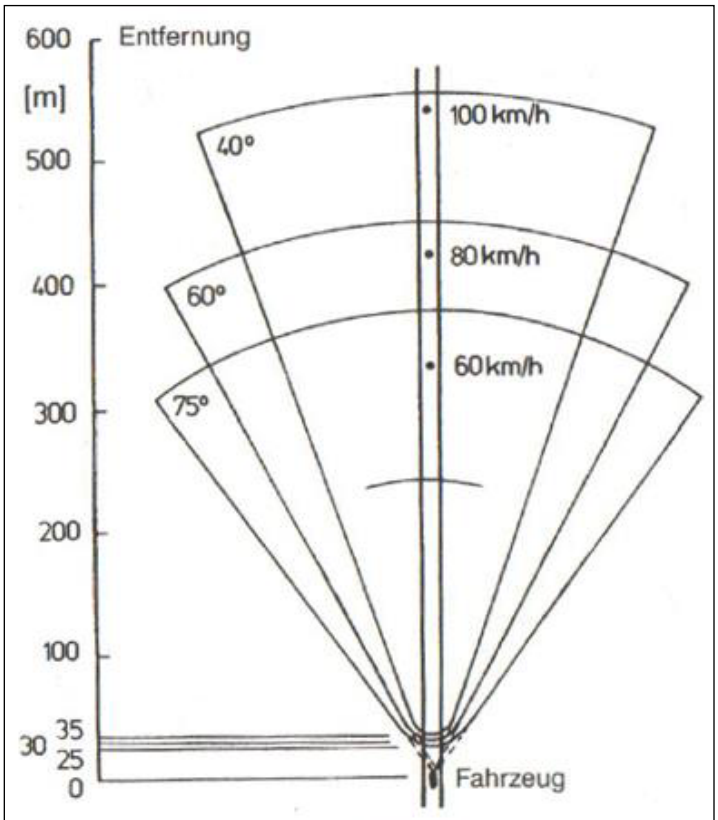


Bild 2.6 Blickpunkte und Blickwinkel in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit[3]

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

vertraulich! © Copyright 8.2

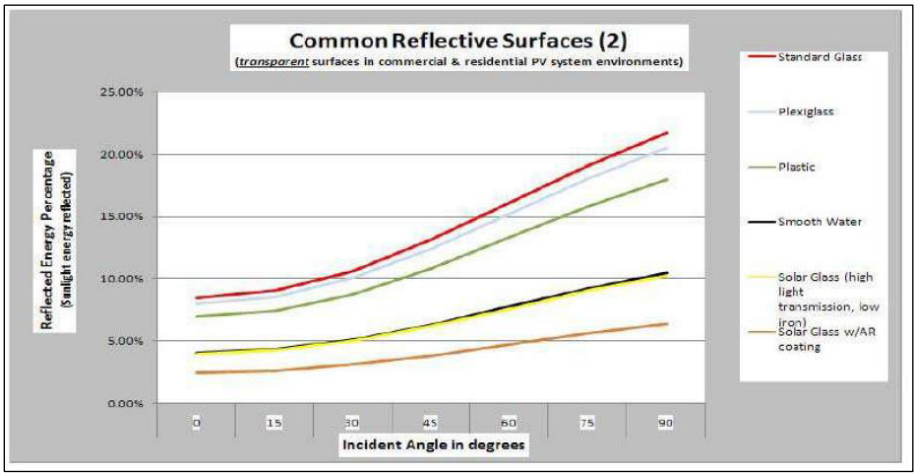


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel[4]

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[5] 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)

vertraulich! © Copyright 8.2

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[6] sowie der Online-Plattform „GEOportal.NRW“[7].

Die Planfläche selbst liegt westlich der Straße "An der Rheinberger Heide" nordwestlich der Stadt Rheinberg. Das Höhenniveau der Straße "An der Rheinberger Heide" über Normalhöhennull (NHN) beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 24 m und 26 m. Das Höhenniveau im Bereich der Gebäude an der Straße "An der Rheinberger Heide" beträgt zwischen 25 m und 26 m. Das Höhenniveau im Bereich der Gebäude an der Alpener Straße beträgt zwischen 24 m und 26 m. Die Bebauung besteht aus Mehr- und Einfamilienhäusern. Das Höhenniveau der Planfläche variiert zwischen 23 m im Westen und 26 m im Süden, siehe Abbildung 3.

Abbildung 3: Google Earth ©2022 Lageplan der Planfläche

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 182° (N=0°) und einem Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden beträgt 1,0 m. Die maximale Höhe der Gestelle beträgt laut Planung rund 2,9 m.

[6] ©2020 Google, ©2020 GeoBasis-DE/BKG
[7] Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, Friedrichstraße 62-80, 40217 Düsseldorf https://www.geoportal.nrw/?activetab=map&openDownloadclient=true

vertraulich! © Copyright 8.2

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Straße 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 Punktepaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt.

Auf der Straße "An der Rheinberger Heide" werden die Punkte S1 bis S5 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 Gebäude an der Alpener Straße erfolgt exemplarisch für die Punkte O1 bis O3.

Die Betrachtung für die Gebäude an der Straße "An der Rheinberger Heide" erfolgt exemplarisch für die Punkte O4 bis O5.

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 1,0 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 Straße 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.

vertraulich! © Copyright 8.2

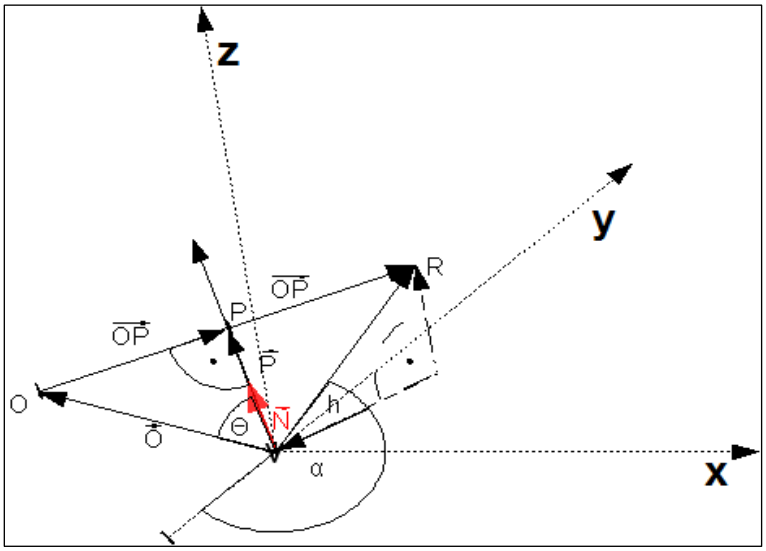


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

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° und für den Höhenwinkel h von 0° bis 64°.

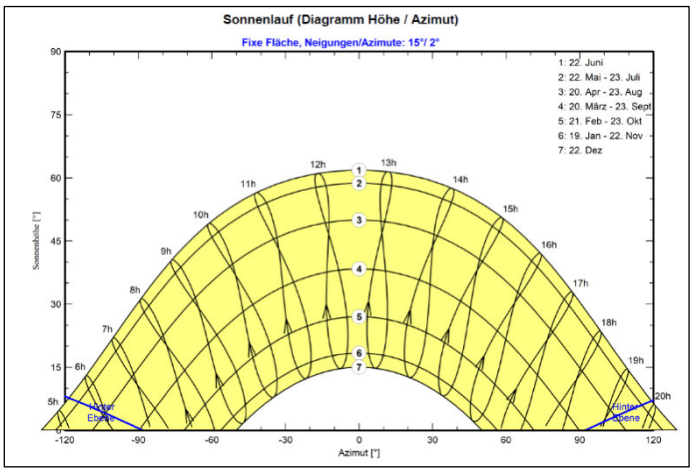


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

vertraulich! © Copyright 8.2

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 182° (N=0°)				
S1		Keine Reflexionen		
S2	von 30. Apr bis 12. Aug	18:52 - 19:21	10	13.1
S3	von 14. Mai bis 28. Jul	19:03 - 19:21	7	7
S4		Keine Reflexionen		
S5		Keine Reflexionen		
O1EG		Keine Reflexionen		
O1OG		Keine Reflexionen		
O2EG		Keine Reflexionen		
O2OG		Keine Reflexionen		
O3EG		Keine Reflexionen		
O3OG		Keine Reflexionen		
O4EG	von 18. Apr bis 24. Aug	18:40 - 19:21	15	18.3
O4OG	von 18. Mrz bis 24. Sep	17:57 - 19:15	25	39.1
O5EG	von 02. Mai bis 10. Aug	18:53 - 19:22	10	13.6
O5OG	von 10. Apr bis 02. Sep	18:33 - 19:18	19	30.3

Gebäude an der Alpener Straße

Die Untersuchung der Gebäude in den definierten Punkten ergab, dass nicht mit Reflexionen an den Punkten O1 bis O3 zu rechnen ist.

Gebäude an der Straße "An der Rheinberger Heide"

Die Untersuchung der Gebäude in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen an den Punkten O4 bis O5 zu rechnen ist.

In den Punkten sind Lichtimmissionen von Mitte März bis Ende September zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Nachmittag und Abendstunden zwischen 17:57 Uhr und 19:22 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 25 Minuten am Tag und summiert sich auf 39,1 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 6 bis Abbildung 9, dargestellt.

vertraulich! © Copyright 8.2

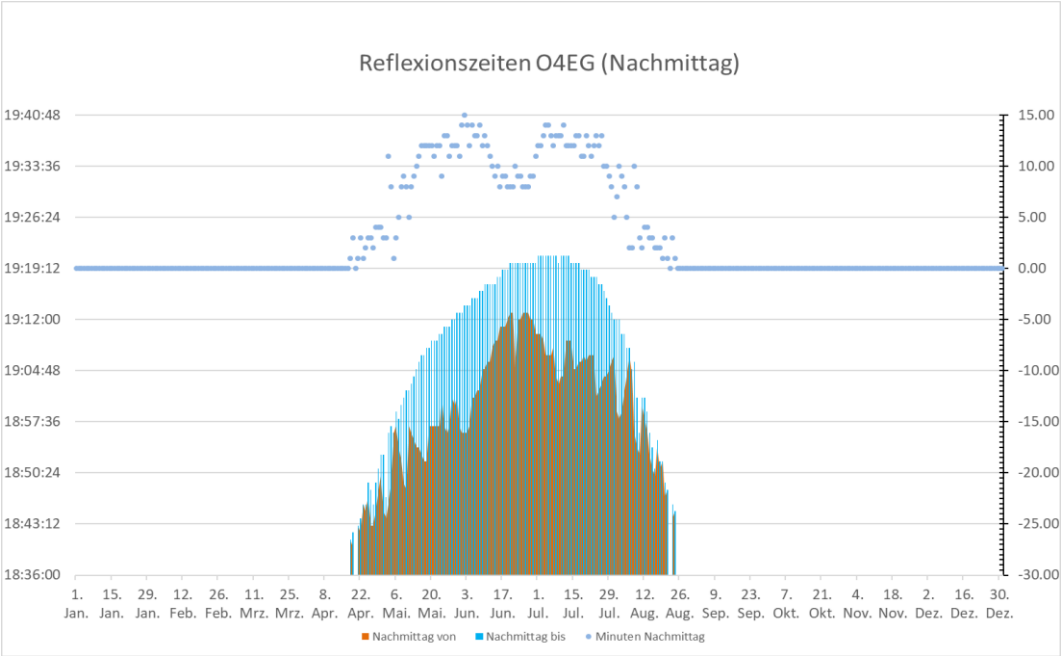


Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O4 im EG

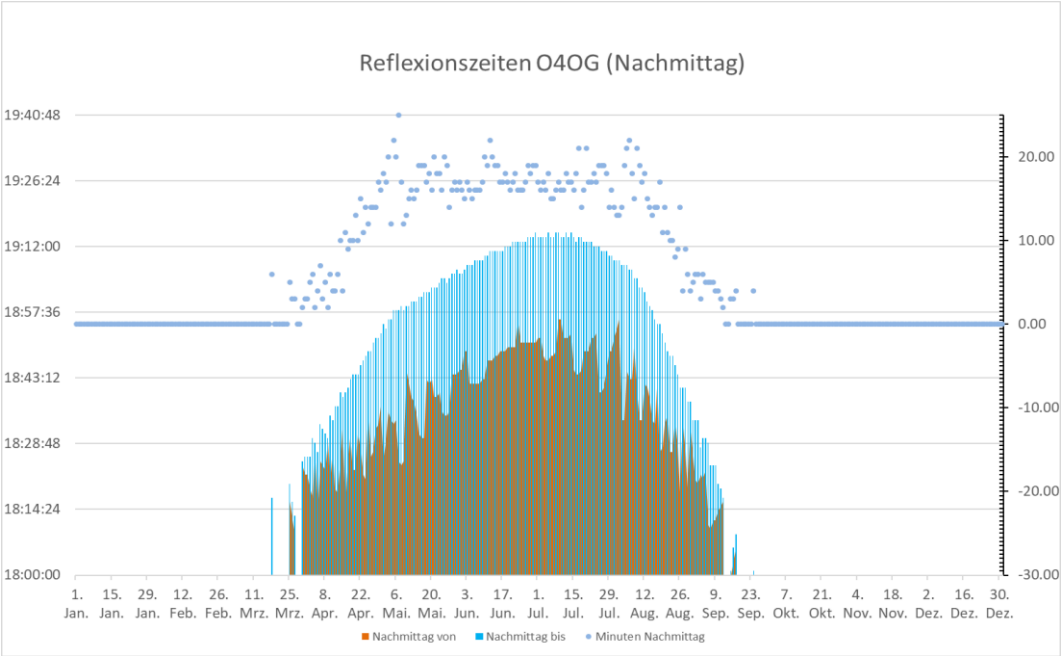


Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O4 im OG

vertraulich! © Copyright 8.2

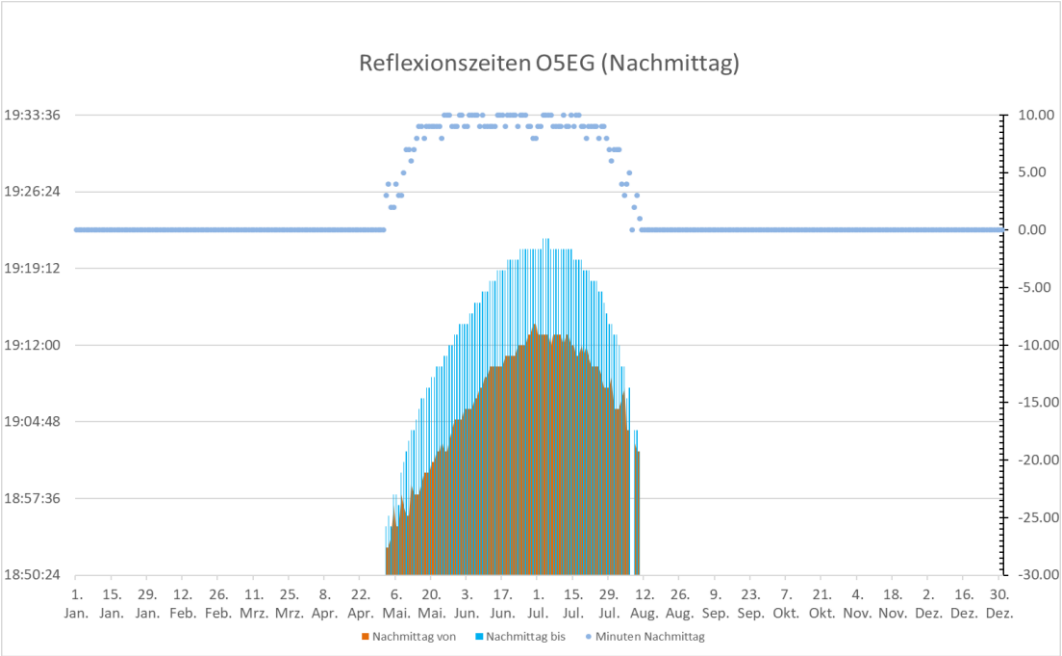


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O5 im EG

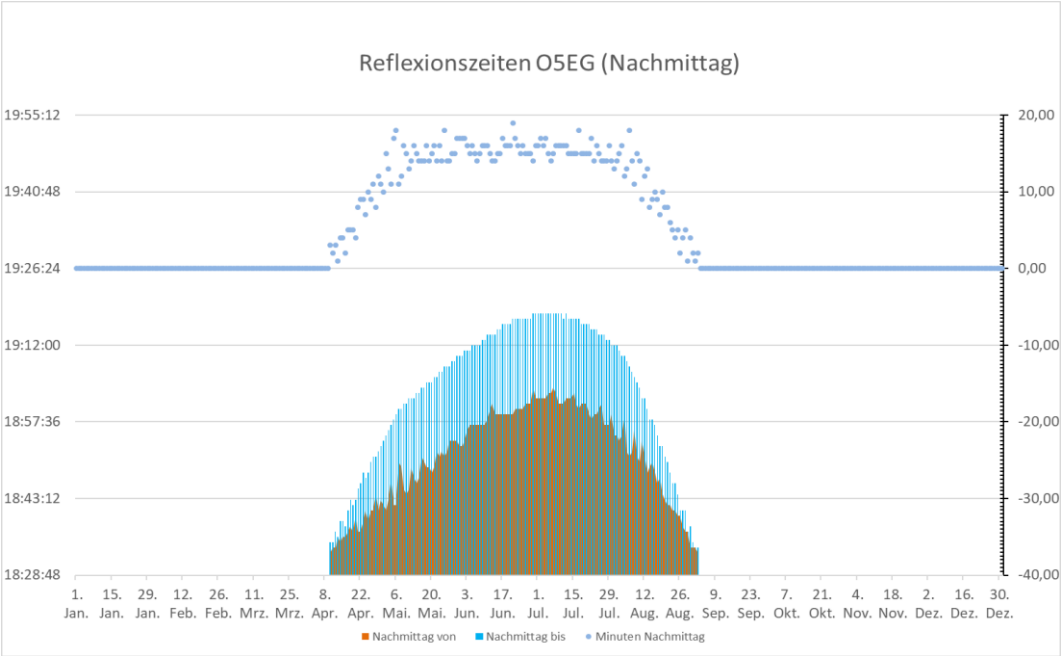


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O5 im OG

Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigen den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für die Punkte O4 und O5 ausgehen.

vertraulich! © Copyright 8.2

Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O4 an der Straße „An der Rheinberger Heide“

Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O5 an der Straße „An der Rheinberger Heide“

Straße „An der Rheinberger Heide“

Die Untersuchung der Straße "An der Rheinberger Heide" in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen nur an den Punkten S2 und S3 zu rechnen ist.

Auf der Straße sind Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Abendstunden zwischen 18:52 Uhr und 19:21 Uhr auf. Die

vertraulich! © Copyright 8.2

Dauer beläuft sich im Maximum auf 10 Minuten am Tag und summiert sich auf 13,1 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 12 und Abbildung 13, dargestellt.

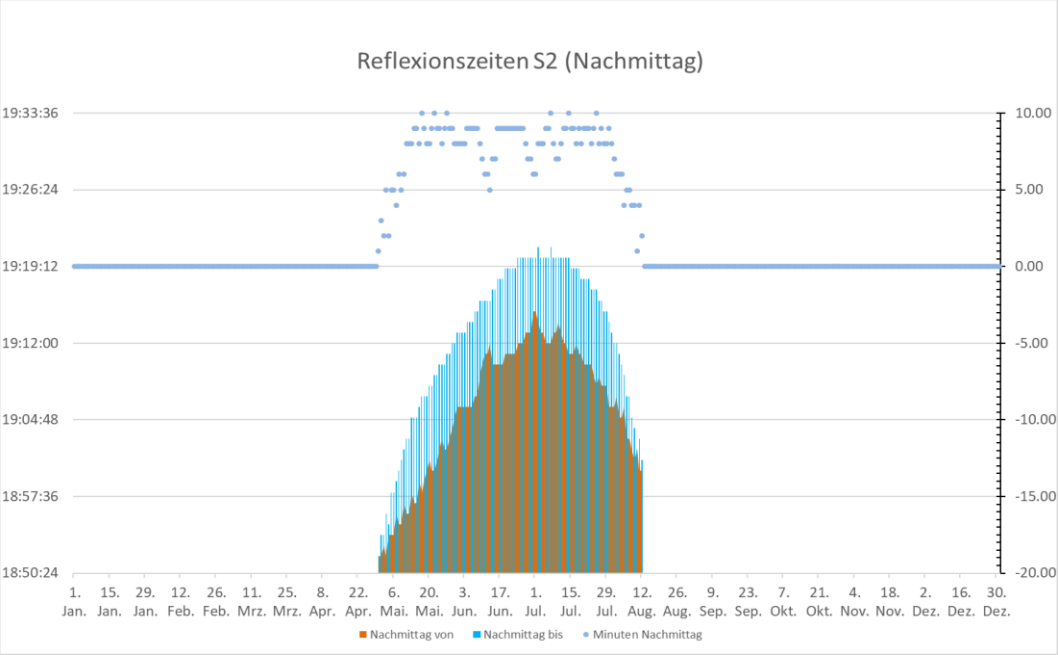


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt S2

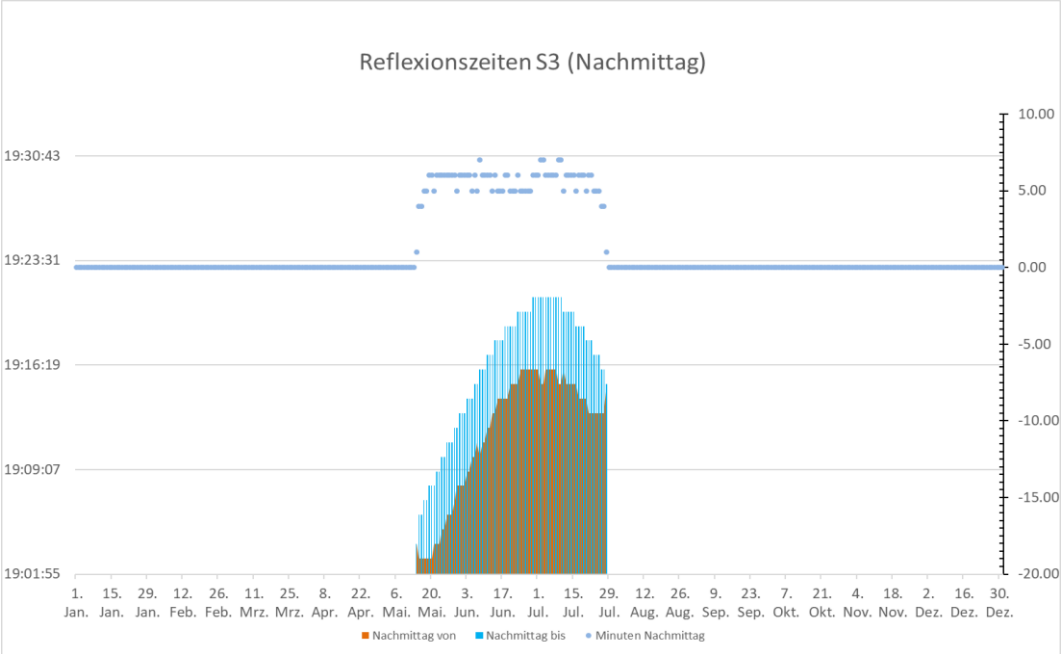


Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt S3

vertraulich! © Copyright 8.2

Abbildung 14 und Abbildung 15 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte S2 und S3 ausgehen.

Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S2

Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S3

vertraulich! © Copyright 8.2

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Gebäude an der Straße "An der Rheinberger Heide"

Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)[8] 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.

Die Werte für die Untergeschosse der Gebäude an der Straße "An der Rheinberger Heide" unterschreiten mit maximal 15 Minuten pro Ereignis und maximal 18,3 Stunden in der Jahressumme die Richtwerte der LAI. Die Dauer pro Ereignis für die Obergeschossen unterschreitet mit maximal 25 Minuten ebenfalls den Richtwert der LAI. Allerdings überschreiten die Jahressummen mit maximal 39,1 Stunden den Richtwert der LAI.

Zu den Zeiten, an denen die Reflexionen sichtbar sind, weist die Sonne eine Höhe über dem Horizont zwischen 6,2° und 15,7° auf. Die Sonne steht nahezu hinter den Modulen. Die Abweichung der Azimute zwischen den Sichtbeziehungen Fenster zu reflektierendem Modul und Fenster zur Sonne beträgt im Maximum 6,1°.

Straße "An der Rheinberger Heide"

Wie in Kapitel 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°.

Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Abbildung 16 und Abbildung 17 für die Punkte S2 und S3 dargestellt.

Es zeigt sich für beide Punkte und beide Fahrtrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen.

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

vertraulich! © Copyright 8.2

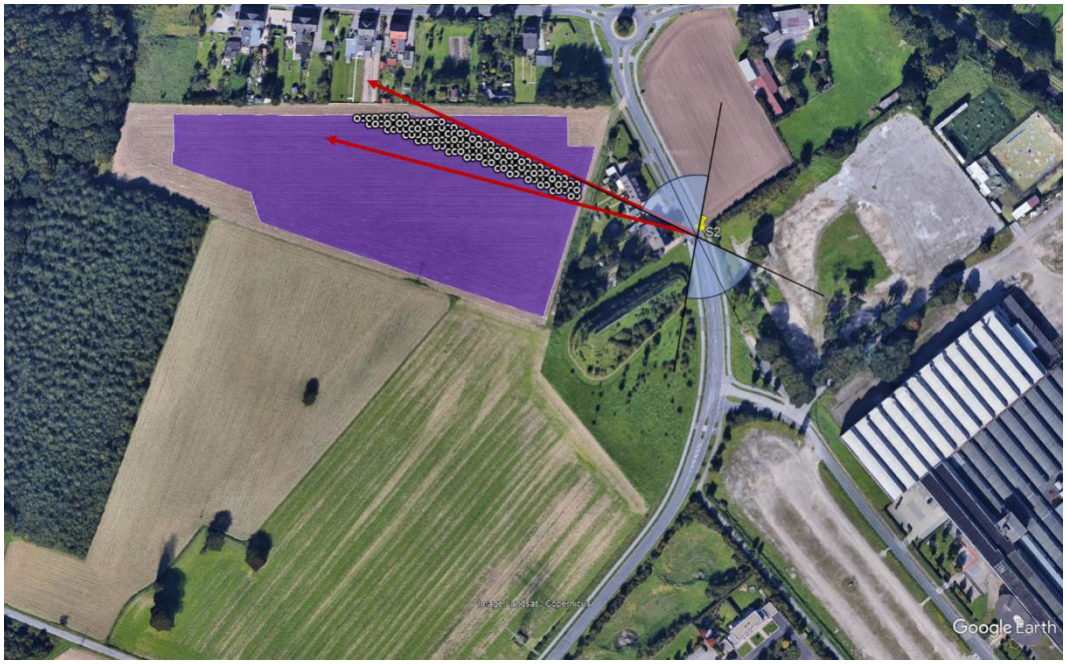


Abbildung 16: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt S2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

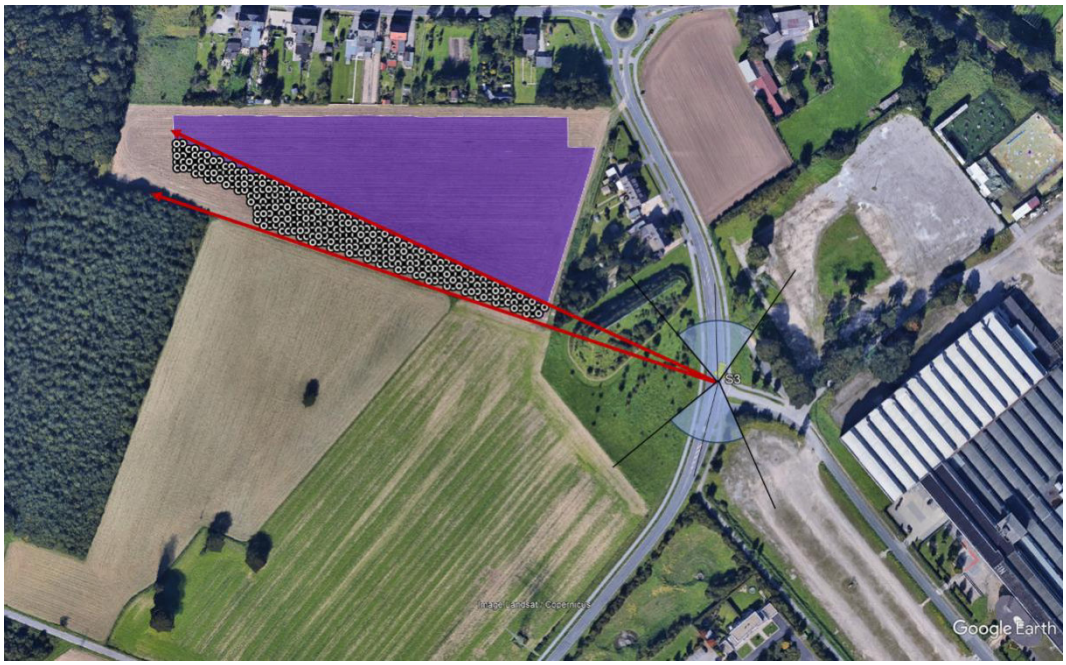


Abbildung 17: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt S3 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Eine Analyse des Straßenverlaufs mit Streetview und Google Earth zeigt, dass von „An der Rheinberger Heide“ 1 bis zur Einmündung Römerstraße eine Sicht auf die Planfläche nicht möglich ist. Im südlichen Bereich befindet sich ein begrünter Lärmschutzwall mit einer Lärmschutzwand, siehe Abbildung 19. Nördlich davon schließt eine Wohnbebauung mit mehrstöckigen Gebäuden, die von Bäumen und Büschen umgeben sind, an, siehe Abbildung 18.

vertraulich! © Copyright 8.2

Abbildung 18: An der Rheinberger Heide 1 Blick Richtung PVA (Streetview)

Abbildung 19: Kreuzung Römerstraße Blick Richtung PVA (Streetview)

D.2.4. Reduktion der Lichtimmissionen Gebäude „An der Rheinberger Heide“

Die Ergebnissen der Kapitel D.2.2 und D.2.3 zeigen, dass bei einem Azimut der Module mit 182° die Richtwerte der LAI überschritten werden. Aus diesem Grund wird untersucht, welche Möglichkeiten es gibt die Dauer der Lichtimmissionen zu minimieren. Die Konzentration lag hierbei auf einer Änderung des Azimuts der Module, da die Erfahrung zeigt, dass ein Sichtschutz bei ähnlichen Anlagen im Regelfall um die 4,5 m hoch sein müsste.

Die Analyse zeigt, dass bei einem Azimut von 190° und einer Modulneigung von 15° die Richtwerte der LAI eingehalten werden, siehe Tabelle 3. Die Dauer der Lichtimmissionen liegt in der Jahressumme jetzt bei im Maximum 30 Stunden.

Eine Untersuchung in Punkt O1 im Obergeschoss zeigt, dass an den Gebäuden Alpener Straße weiterhin nicht mit Lichtimmissionen zu rechnen ist.

vertraulich! © Copyright 8.2

Tabelle 3: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten (Azimut 190°)

	Datumsbereich	Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
Neigungswinkel 15° Azimut 190° (N=0°)				
S2	von 19. Mai bis 23. Jul	19:17 - 19:37	9,0	6,0
O4OG	von 21. Mrz bis 21. Sep	18:11 - 19:32	24,0	30,0
O5OG	von 24. Apr bis 18. Aug	18:56 - 19:36	18,0	22,0
O1OG	Keine Reflexionen			

Ergänzend wurde untersucht, wie sich die Reflexionen auf die Straße „An der Rheinberger Heide“ auswirkt, siehe Abbildung 20. Es zeigt sich, dass die reflektierenden Bereiche leicht nach Norden wandern. Die Aussagen in Kapitel D.2.3 sind weiterhin gültig.

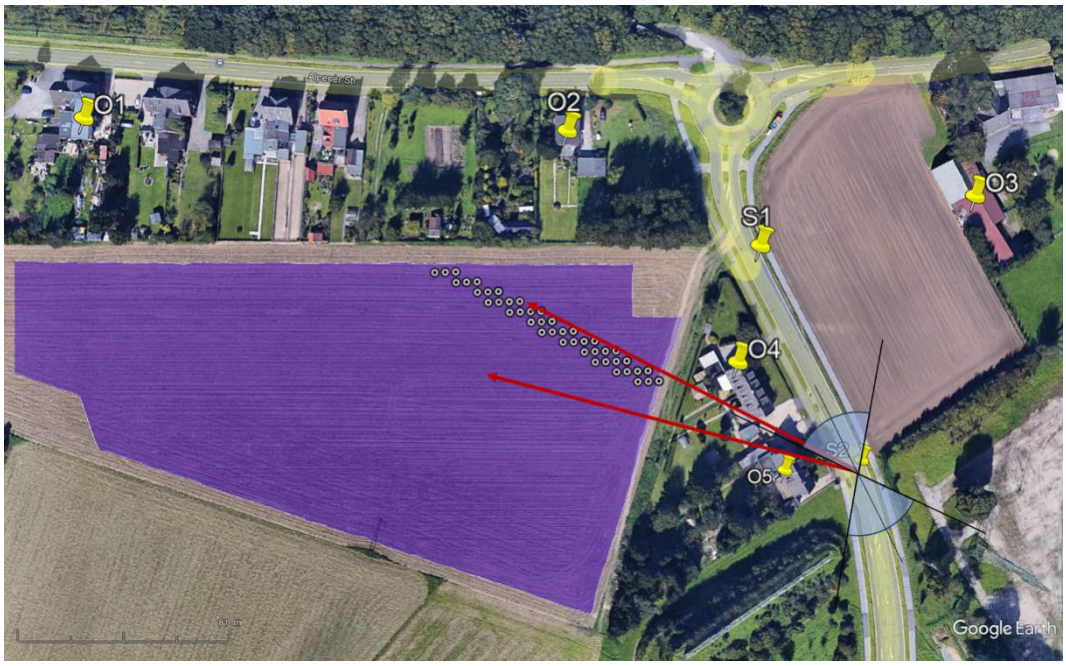


Abbildung 20: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt S2 mit Grenzvektoren in Richtung Module (Azimut 190°)

vertraulich! © Copyright 8.2

E. Bewertung

Die Analyse der Lichtemissionen für die Gebäude an der Alpener Straße zeigt, dass keine Lichtimmissionen zu erwarten sind, die von der Photovoltaikanlage ausgehen.

Die Analyse der Lichtemissionen für die Gebäude an der Straße "An der Rheinberger Heide" zeigt, dass Lichtimmissionen zu erwarten sind. In den Obergeschossen übersteigt die Jahressumme der Lichtimmissionen mit maximal 39,1 Stunden die Richtwerte der LAI. Zum Zeitpunkt der Lichtimmissionen steht die Sonne nahezu direkt hinter den reflektierenden Modulen. Das heißt die Sonne bescheint in diesen Momenten die Fenster mit Blick auf die reflektierenden Module. Die Lichtstärke der Sonne übersteigt die der reflektierenden Module um einen Faktor von 10. Damit stellen die Lichtemissionen der Photovoltaikanlage, trotz einer Überschreitung des Richtwerts der LAI in der Jahressumme, keine außerordentliche Belastung dar und sind zu tolerieren.

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Straße "An der Rheinberger Heide", aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage SP Rheinberger Heide, bei freiem Blick Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in etwa zwischen 18:52 Uhr bis 19:21 Uhr auf. Die Dauer beträgt im Maximum 10 Minuten pro Ereignis und 13,1 Stunden in der Jahressumme.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die K 31 treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Wahrnehmung wäre nur dann zu erwarten, wenn der Fahrzeugführer den Blick bewusst abwendet, so dass die Blickrichtung sich außerhalb des normalen Sichtkegels befindet.

Die Analyse der Örtlichkeiten mit Streetview und Google Earth zeigt, dass im Straßenabschnitt mit möglichen Lichtimmissionen ein Blick auf die Photovoltaikanlage nicht möglich ist. Dieser wird durch einen begrünten Lärmschutzwall mit Lärmschutzwand und die Wohnbebauung verhindert.

Aus diesen Gründen ist eine Gefährdung des Straßenverkehrs durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage SP Rheinberger Heide entstehen, für den Straßenverkehr nicht gegeben.

Besteht die Anforderung, dass die Richtwerte der LAI bezüglich der Dauer der Lichtimmissionen auch in der Jahresgesamtsumme eingehalten werden sollen, ist die Ausdrehung der Module auf einen Azimut von 190° (N=0°) zu empfehlen. Bei dieser Ausdrehung beträgt die maximale Jahressumme der Lichtimmissionen 30 Stunden und der Richtwert der LAI wird eingehalten.

vertraulich! © Copyright 8.2