

Prüfbericht

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Reinbek-Haidland
Auftraggeber:	Wirtschafts- und Aufbaugesellschaft Stormarn mbH
Zweck:	Erstellung eines Gutachtens über den Einfluss der Solaranlage auf die Umgebung durch Reflexionen im Rahmen des allgemeinen Genehmigungsprozesses und für die öffentliche Auslegung und Beteiligung der Träger öffentlicher Belange nach § 3 und §4 BauGB sowie für Baugenehmigungsverfahren.
Standort, Land:	<u>21465 Reinbek (53.531°N; 10.245°E), Deutschland</u>
Prüfberichtsnummer:	25K7466-PV-BG-Reinbek-Haidland-R00-JBS_LBE-2025
Prüfdatum:	16.04.2025
Verantwortlicher Prüfer:	Dipl.-Ing. [REDACTED] 8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg Tel: +49 (0)40 / 18 12 604 [REDACTED] E-Mail: [REDACTED]

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Bildverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis.....	3
Abkürzungen und Begriffe.....	6
A. Allgemeine Daten.....	7
A.1. Auftrag	7
A.2. Prüfungsumfang.....	8
A.3. Prüfungsgrundlagen	8
A.4. Identifikation der Anlage	8
B. Prüfergebnis.....	9
C. Grundlage	10
C.1. Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht.....	10
C.2. Wirkung auf den Menschen	11
C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführern.....	12
C.4. Reflexionen an Solarmodulen.....	12
D. Analyse	14
D.1. Grundlage und Vorgehensweise	14
D.2. Geometrische Betrachtung	17
E. Bewertung.....	35

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: Erweiterung Gewerbegebiet Haidland Planskizze	15
Abbildung 5: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	18
Abbildung 6: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	18
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt S1	20
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt S2	20
Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt S4	21
Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt S5	21
Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S1	22
Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S2	22
Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S4	23
Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S5	23
Abbildung 15: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im EG	24
Abbildung 16: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im OG.....	25
Abbildung 17: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im EG	25
Abbildung 18: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG.....	26
Abbildung 19: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 EG.....	26
Abbildung 20: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 OG	27
Abbildung 21: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 EG.....	27
Abbildung 22: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 OG	28
Abbildung 23: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt S1 mit Grenzvektoren in Richtung Module	29
Abbildung 24: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt S2 mit Grenzvektoren in Richtung Module	29
Abbildung 25: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt S4 mit Grenzvektoren in Richtung Module	30
Abbildung 26: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt S5 mit Grenzvektoren in Richtung Module	30
Abbildung 27: Höhenprofil zu S1	31
Abbildung 28: Höhenprofil zu S2	32
Abbildung 29: Höhenprofil zu S4	32
Abbildung 30: Höhenprofil zu S5	33
Abbildung 31: Höhenprofil zu O1	33
Abbildung 32: Höhenprofil zu O2.....	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Revisionsübersicht.....	4
Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten	19

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
25K7466-PV-BG-Reinbek-Haidland-R00-JBS_LBE-2025	Ursprungsversion 24.04.2025

I. Inhalt und Nutzung des Berichts

8.2 Obst & Hamm GmbH (im Folgenden: 8.2 Obst & Hamm) wurde vom Auftraggeber beauftragt, diesen Bericht zu erstellen. Der Bericht fasst die Erkenntnisse aus Vor-Ort-Termin(en) und/oder der Prüfung projektspezifischer Unterlagen, welche durch den Auftraggeber bereitgestellt wurden, zusammen.

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

- darf dieser ausschließlich vom Auftraggeber und dessen Beratern, die zur Vertraulichkeit verpflichtet sind, für den vorgesehenen Zweck verwendet werden;
- dient der Bericht weder zur Information, noch zum Schutz anderer Personen als dem Auftraggeber und darf weder von anderen Personen noch zu anderen Zwecken genutzt werden;
- ist der Auftraggeber nicht berechtigt, die im Bericht enthaltenen vertraulichen Informationen offen zu legen, zu veröffentlichen, zu vervielfältigen oder anderweitig an Dritte weiter zu geben, ohne das vorherige schriftliche Einverständnis von 8.2 Obst & Hamm.

II. Ergänzende Informationen zu Haftungsausschlüssen

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

1.) Die Genauigkeit der bereitgestellten Informationen kann die Genauigkeit des Berichts beeinflussen. 8.2 Obst & Hamm geht davon aus, dass die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Informationen wahr, vollständig, akkurat, nicht irreführend und aktuell sind. In der Regel werden Informationen lediglich in Kopie zur Verfügung gestellt. 8.2 Obst & Hamm betrachtet diese bereitgestellten Kopien als wahre und vollständige Reproduktionen der jeweiligen Originale. Weder die Echtheit der enthaltenen Informationen noch die Befugnis der Unterzeichner wurde geprüft. 8.2 Obst & Hamm geht davon aus, dass der Informationsgehalt gültig und bindend für die beteiligten Parteien ist.

2.) Im Hinblick auf Zusammenfassungen, Tabellen und Auszüge aus Dokumenten, die 8.2 Obst & Hamm zur Verfügung gestellt wurden, ist 8.2 Obst & Hamm nicht in der Lage zu beurteilen, ob diese Zusammenfassungen, Tabellen und Auszüge vollständig fehlerfrei sind und alle Informationen enthalten, die für eine endgültige Einschätzung der Tatsachen, auf die sie sich beziehen, wichtig sind.

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

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

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

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

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

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

Abkürzungen und Begriffe

Absolutblendung	Keine Anpassung des Auges möglich
Adaptionsblendung	Anpassung des Auges möglich.
Azimutwinkel	Winkel auf der horizontalen Ebene, der die Lage eines Objektes im Raum bezüglich einer Ausgangsrichtung, z.B. Nordrichtung, beschreibt.
Blendung	Im üblichen Sinne beschreibt dies, eine vorübergehende Funktionsstörung des Auges
Differenzwinkel	Winkel zwischen der Sichtlinie vom Immissionsort zum Reflexionsort (Solarmodul) und der Sichtlinie vom Immissionsort zur Sonne
Direkte Blendung	Direkte Einwirkung einer Lichtquelle
Emissionspunkt	Punkt von dem aus Licht ausgestrahlt wird
Feldverteiler /Verteiler	Sammelt Modulstränge und leitet den Strom weiter zum Hauptverteiler (HV)
Höhenwinkel	Beschreibt die Höhe der Sonne über dem Horizont
Immissionspunkt	Punkt an dem Licht von einer externen Quelle auftrifft
Indirekte Blendung	Ausgelöst durch Reflexionen einer Lichtquelle
Physiologische Blendung	Beeinträchtigung der Sehleistung
Psychologische Blendung	Subjektiv empfundene Blendung ohne messbare Beeinträchtigung der Sehleistung
PV-Modul / Modul	Einzelnes Solarmodul, kleinste elektrische Leistungseinheit innerhalb der Solaranlage
Solargenerator	Gesamtes Modulfeld
Sonnenbahn	Der Verlauf der Sonne im Jahresverlauf definiert durch Azimut und Höhenwinkel
Strang / Modulstrang	Besteht aus einer bestimmten Anzahl in Reihe geschalteter PV-Module.
Vektor OM	Vektor von Betrachtungspunkt (Ortspunkt) O zum Modul in der Photovoltaikfläche
Vektor OS	Vektor von Ortspunkt O zur Sonne

A. Allgemeine Daten

A.1. Auftrag

Aufgabenstellung:	Untersuchung über den Einfluss der Modulreflexionen auf die Umgebung der Solaranlage. Es wird untersucht, wann Reflexionen an verschiedenen Punkten der Sachsenwaldstraße im Süden der Anlage und möglichen Neubauten östlich und westlich der Anlage zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	Wirtschafts- und Aufbaugesellschaft Stormarn mbH Mommsenstr. 14 23843 Bad Oldesloe
Auftragsdatum:	10.03.2025
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. [REDACTED] [REDACTED]
Nummer des Prüfberichts:	25K7466-PV-BG-Reinbek-Haidland-R00-JBS_LBE-2025

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die Sachsenwaldstraße im Süden der Photovoltaikanlage, im West im Neubaugebiet Haidland und im Osten auf dem bestehenden Recyclinghof. 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
 - Ansicht Erweiterung Gewerbegebiet Haidland mit Lage der Photovoltaikanlage und der Gewerbegebäude
 - Lageplan
 - Schriftliche Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau der beiden Teilflächen
- 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 Schleswig-Holstein“²

Hinweise:

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

A.4. Identifikation der Anlage

Die geplante Photovoltaikanlage Reinbek-Haidland im südöstlichen Bereich der Erweiterung des Gewerbegebiets Haidland nördlich der Sachsenwaldstraße errichtet werden. Östlich der Planfläche liegt der bestehende Recyclinghof, der im Zuge der Erweiterung des Gewerbegebiets verlagert wird und die freiwerdende Fläche möglicherweise für Wohnzwecke entwickelt wird.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° ($N=0^\circ$) und einem Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Es liegt noch kein Belegungsentwurf vor. Daher wird eine maximalen Höhe der Module über Geländeoberkante von 3,0 m angesetzt, ein Wert, der im Regelfall bei heutigen Planungen eingehalten wird.

¹ ©2019 Google LLC.

² Landesamt für Vermessung und Geoinformation SH

https://geodaten.schleswig-holstein.de/gaialight-sh/_apps/dl/download/index.php

B. Prüfergebnis

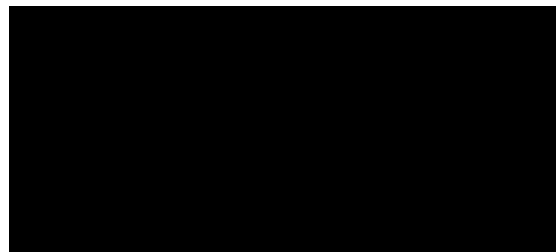
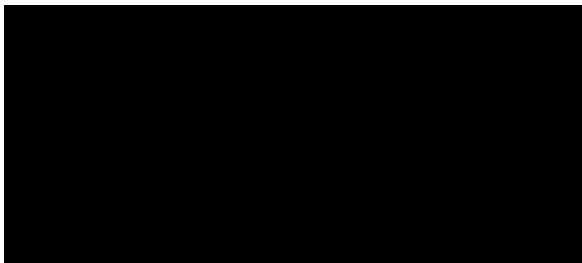
Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel.

Für die Photovoltaikanlage Reinbek-Haidland wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Sachsenwaldstraße und einer zukünftigen Bebauung im Umfeld der Planfläche durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Sachsenwaldstraße Lichtimmissionen von Mai bis August in den frühen Morgen- und Abendstunden möglich sind. Die maximale Dauer beträgt rund 10 Minuten. Die reflektierenden Module liegen bei freier Sicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Ansichten der Sachsenwaldstraße zeigen, dass diese von einem „Knick“ mit Büschen und Bäumen gesäumt wird. Die Büsche und Bäume bieten einen ausreichenden Sichtschutz, so dass eine Störung des Straßenverkehrs nicht zu erkennen ist.

Die Untersuchung der Gebäude zeigt, dass im Westen auf dem zukünftigen Recyclinghof keine schutzwürdigen Gebäude gemäß LAI geplant sind. An möglichen schutzwürdigen Gebäuden im Norden sind bei einer Südausrichtung der Module gemäß LAI keine Belästigungen zu erwarten. Dahingegen sind bei freier Sicht Lichtimmissionen in den Gebäuden auf dem Gelände des jetzigen Recyclinghofes im Osten der Photovoltaikanlage nicht auszuschließen. Ansichten der Planfläche zeigen einen Knick zwischen dem bestehenden Recyclinghof und der Planfläche. Damit ist sichergestellt, dass die Richtwerte der LAI nicht überschritten werden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellen die Lichtimmissionen damit keine erhebliche Belästigung dar und sind zu tolerieren.

Hamburg, 24. April 2025



Dieser Bericht besteht aus 35 Seiten und ist bis Ende 2035 in der 8.2 Obst & Hamm GmbH hinterlegt (Dokumentationsfrist).

C. Grundlage

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens sind die Lichtemissionen in Form von Reflexionen an den Modulen zu untersuchen und deren Auswirkungen Sachsenwaldstraße und anliegende Gebäude 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 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 nördlich einer Kreisstraße befindet. 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 im Buch „HAV Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen“³. Aus Bild 2-6 der Ausführungen leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab, siehe nachfolgende Grafik in Abbildung 1.

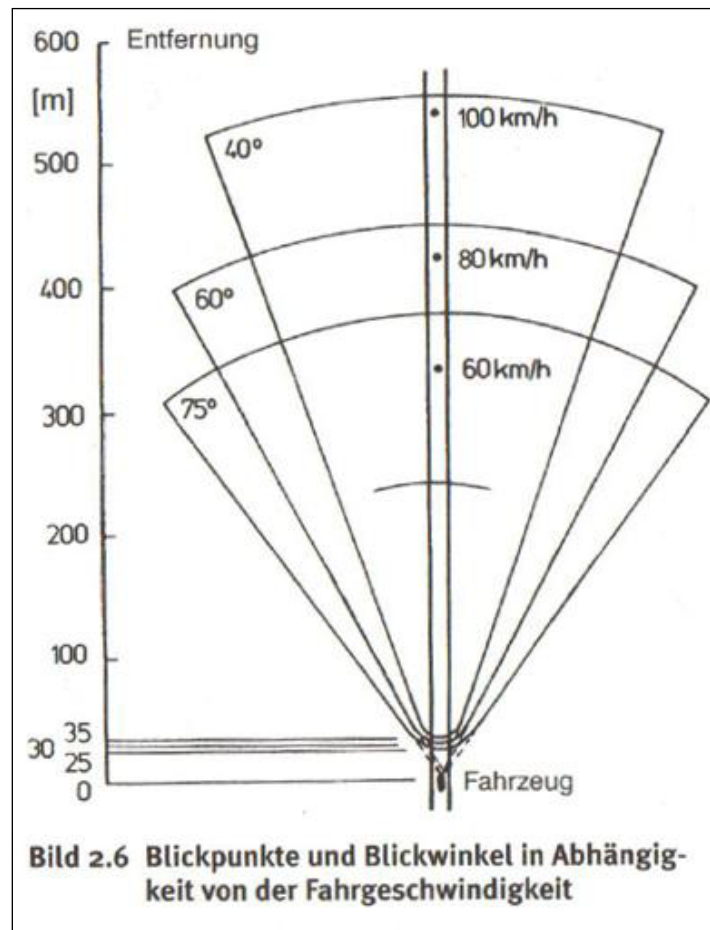


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit³

C.4. Reflexionen an Solarmodulen

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

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

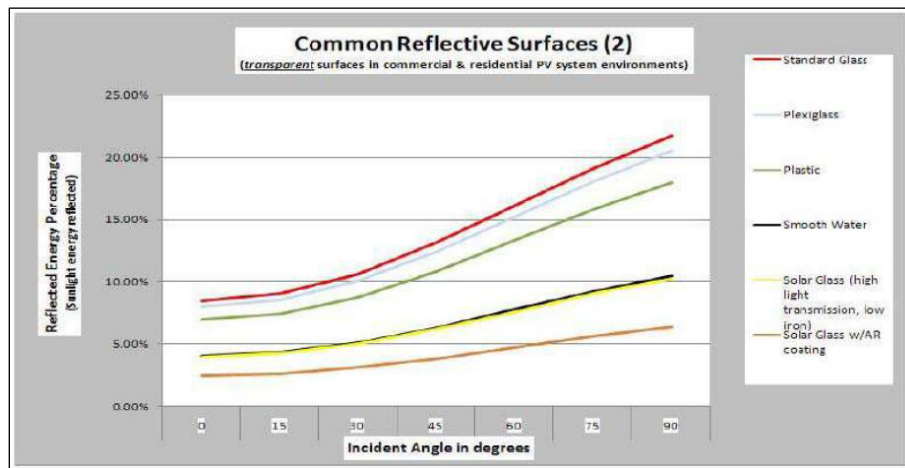


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

Generell gilt, dass die an den Modulen auftretenden Reflexionen stark vom Einfallswinkel abhängen. Die Darstellung in Abbildung 2 zeigt das Reflexionsverhalten unterschiedlicher Oberflächen in Abhängigkeit vom Einfallswinkel. Bei zur Moduloberfläche nahezu parallelem Lichteinfall werden je nach Modultyp zwischen 7 % und 11 % der Solarstrahlung reflektiert. Das heißt in den Morgen- und Abendstunden kann mit einer maximalen Reflektionsrate von ca. 10 % gerechnet werden. Zu diesen Zeiten beträgt die Leuchtdichte der Sonne⁵ rund $6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$. Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um $0,6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$.

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

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

D. Analyse

D.1. Grundlage und Vorgehensweise

D.1.1. Beschreibung Örtlichkeiten und PV-Feld

Die folgenden Angaben zur Anlage beruhen auf den vom Auftraggeber bereitgestellten Informationen. Hinzu kommen Informationen und Ansichten aus Google Earth⁶ sowie der Online-Plattform „Geoportal Schleswig-Holstein“⁷.

Die Planfläche selbst liegt nördlich der Sachsenwaldstraße und östlich des Gewerbegebietes Haidland. Das Höhengniveau der Sachsenwaldstraße über Normalhöhennull (NHN) beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 38 m und 44 m. Das Höhengniveau im Gewerbegebiet beträgt zwischen 37 m und 40 m und am bestehenden Recyclinghof zwischen 42 m und 43 m. Die Bebauung besteht im Gewerbegebiet aus Lagerhallen und Betriebsstätten. Auf der Fläche des Recyclinghofs wird von einstöckigen Einfamilienhäusern mit Giebeldach ausgegangen. Das Höhengniveau der Planfläche variiert zwischen 40 m und 42 m, siehe Abbildung 3.

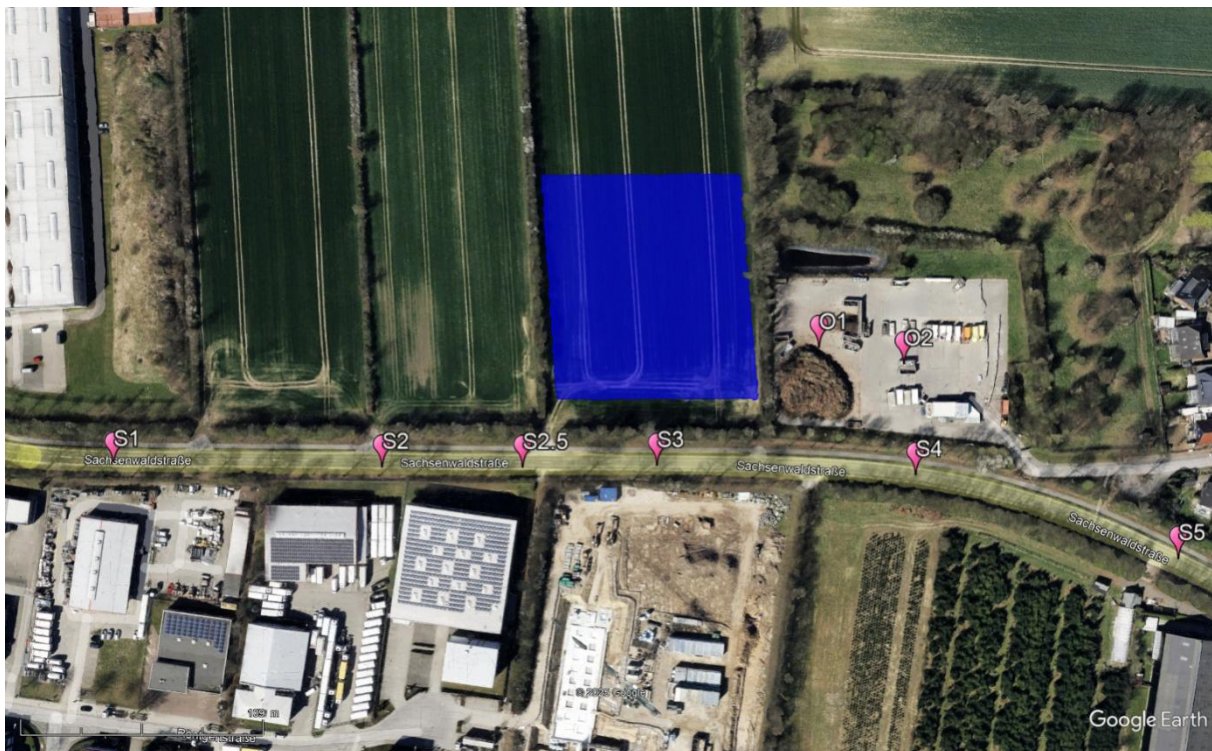


Abbildung 3: Google Earth ©2022 Lageplan der Planfläche

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° ($N=0^\circ$) und einem Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m,

⁶ ©2020 Google, ©2020 GeoBasis-DE/BKG

⁷ Landesamt für Vermessung und Geoinformation SH

https://geodaten.schleswig-holstein.de/gaialight-sh/_apps/dlownload/index.php

8.2

einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Die maximalen Höhe der Module über Geländeoberkante wird mit 3,0 m angesetzt.

Die Erweiterung des Gewerbegebietes Haidland sieht den Bau der Photovoltaikanlage im Südosten des Gewerbegebiets an der Sachsenwaldstraße vor, siehe Abbildung 4. Westlich neben der Photovoltaikanlage soll der neue Recyclinghof entstehen. Oberhalb der Photovoltaikanlage entsteht ein Rückhaltebecken. Die ersten Gebäude sind oberhalb der Grenze Rückhaltebecken/Recyclinghof vorgesehen.



Abbildung 4: Erweiterung Gewerbegebiet Haidland Planskizze

Die Sachsenwaldstraße wird von einem Knick gesäumt, siehe Abbildung 5 und Abbildung 6. Die Höhe der Büsche wird auf rund 4 m und die der Bäume auf bis zu 14 m geschätzt.



Abbildung 5: Sachsenwaldstraße Blick Recyclinghof aktuell nach West



Abbildung 6: Sachsenwaldstraße Blick Erweiterungsfläche Gewerbegebiet nach Ost

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Sachsenwaldstraße und dem Gewerbegebiet repräsentative Punkte festgelegt. Über die Planfläche wird ein Netz mit einer Gitterweite von 3 m gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte. Für die einzelnen Punktpaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt, siehe Abbildung 3.

Nach den Richtlinien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), (Stand: 08.10.2012) sind bei Photovoltaikanlagen mit einer Ausrichtung der Module nach Süden keine Lichtimmissionen im Norden zu erwarten. Damit erübrigt sich eine weitere Untersuchung für die Gebäude im Norden der Photovoltaikanlage. Weiterhin sind nach LAI

Büroräume und Wohnräume als schutzwürdig definiert. Auf dem Gelände des neuen Recyclinghofes befinden sich damit keine schutzwürdigen Bereiche, so dass hier keine weiteren Untersuchungen notwendig sind.

Auf dem Gelände des jetzigen Recyclinghofes wird nicht ausgeschlossen, dass in Zukunft dort Wohngebäude errichtet werden. Daher erfolgt dort eine Analyse exemplarisch für die Punkte O1 und O3.

Auf der Sachsenwaldstraße werden die Punkte S1 bis S4 gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtimmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind, und wie diese sich auswirken.

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 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.

8.2

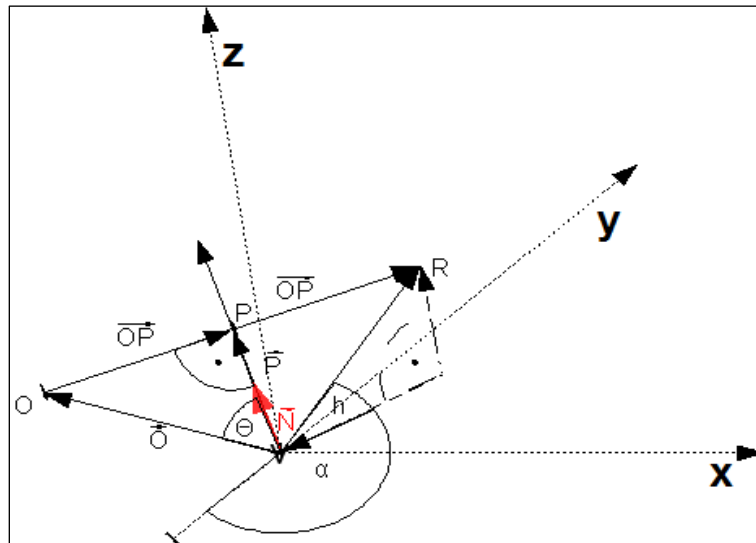


Abbildung 7: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

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 Lichtmissionen 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° bis $+120^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 60° .

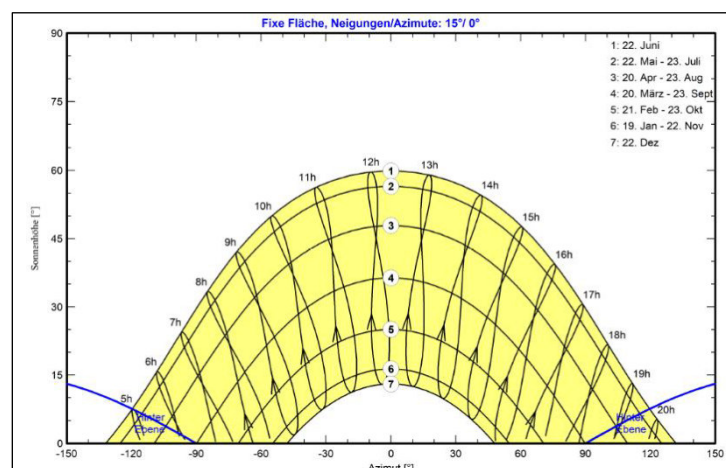


Abbildung 8: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

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]
Neigungswinkel 15° Azimut 180° (N=0°)				
S1	von 12. Mai bis 30. Jul	05:33 - 05:52	5	6.0
S2	von 07. Mai bis 05. Aug	05:34 - 05:57	8	9.5
S3	Keine Reflexionen			
S4	von 24. Apr bis 18. Aug	18:32 - 19:01	10	14.8
S5	von 29. Apr bis 12. Aug	18:37 - 19:03	5	8.2
O1_EG	von 09. Apr bis 03. Sep	18:16 - 19:02	15	25.0
O1_OG	von 08. Mrz bis 13. Okt	17:09 - 18:57	25	52.0
O2_EG	von 17. Apr bis 25. Aug	18:16 - 18:57	15	27.0
O2_OG	von 27. Mrz bis 15. Sep	17:57 - 18:57	15	34.0

Sachsenwaldstraße

Die Analyse zeigt für die Sachsenwaldstraße, dass in den Punkten S1 und S2 Lichtimmissionen zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen am frühen Morgen von Mai bis August im Zeitraum zwischen 05:33 Uhr bis 05:57 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 8 Minuten am Tag und 9,5 Stunden im Jahr. In den Punkten S4 und S5 sind Lichtimmissionen in den Abendstunden von Ende April bis Mitte August im Zeitraum zwischen 18:32 Uhr bis 19:03 Uhr zu erwarten. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 10 Minuten am Tag und 14,8 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 9 bis 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 Blendung durch die Photovoltaikanlage⁸. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

In den Diagrammen Abbildung 9 bis 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.

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

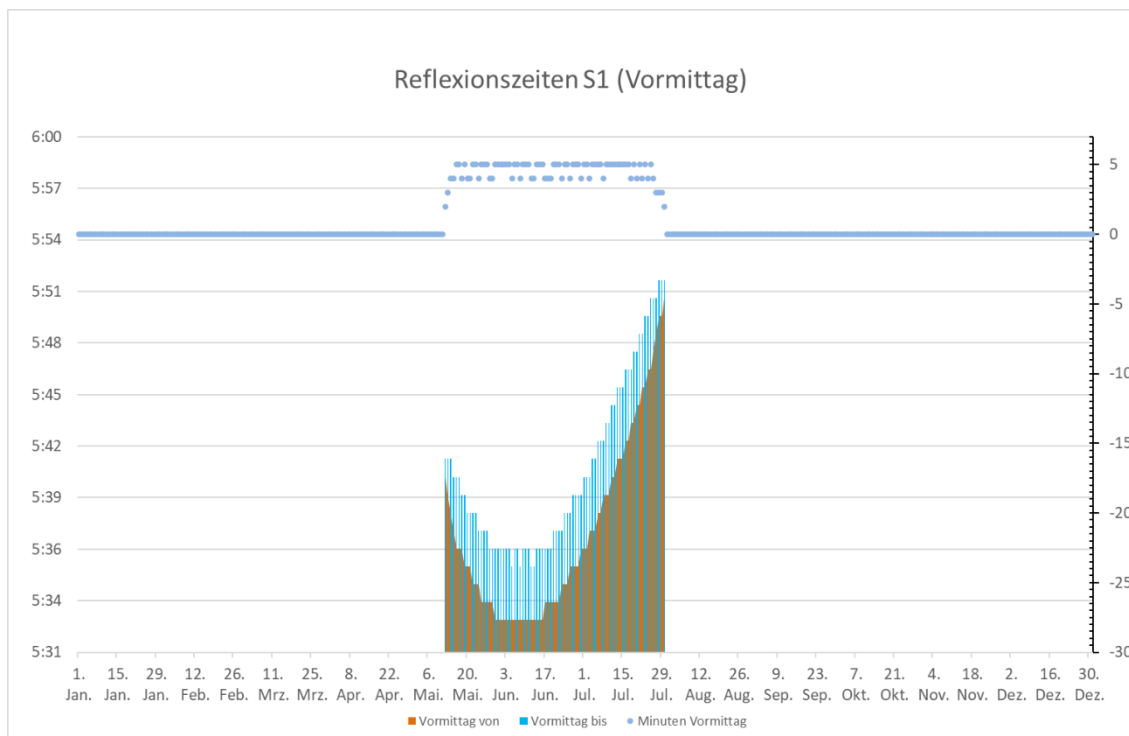


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt S1

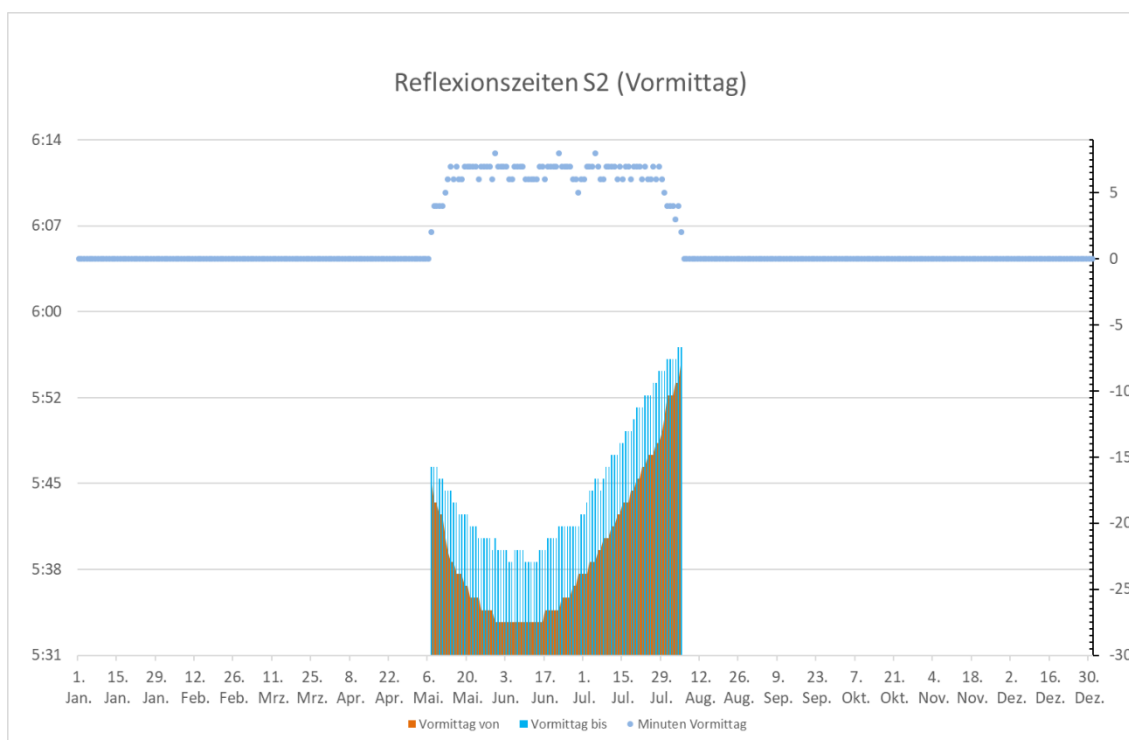


Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt S2

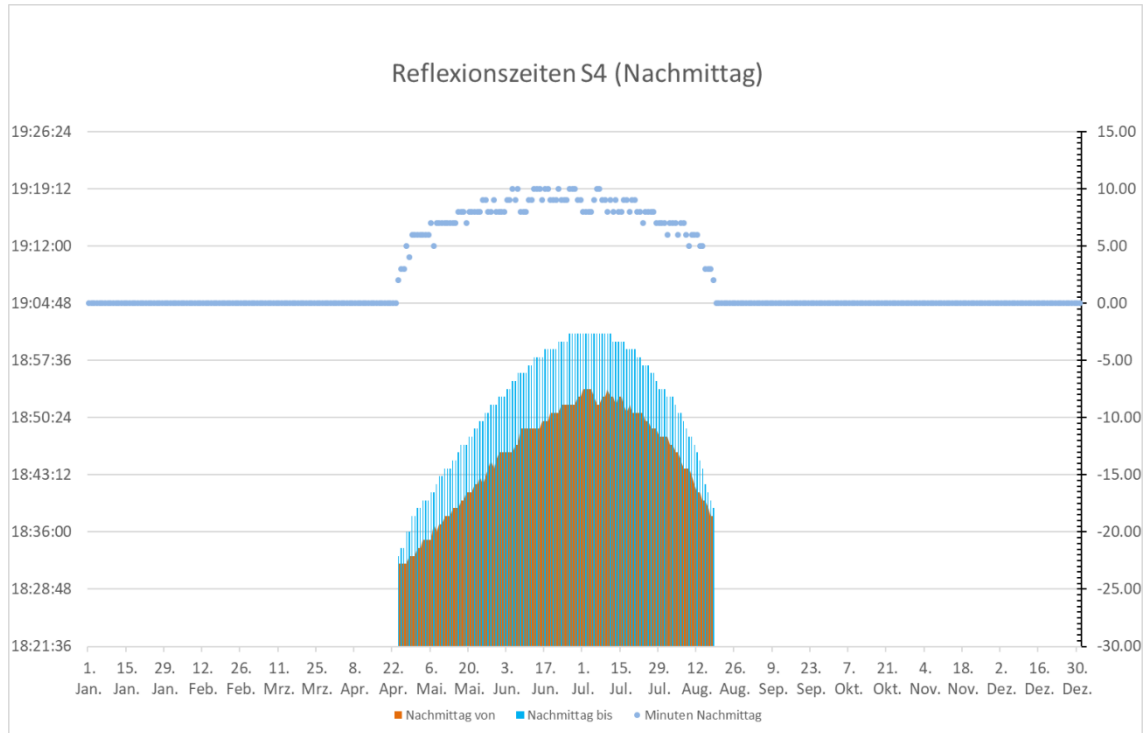


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt S4

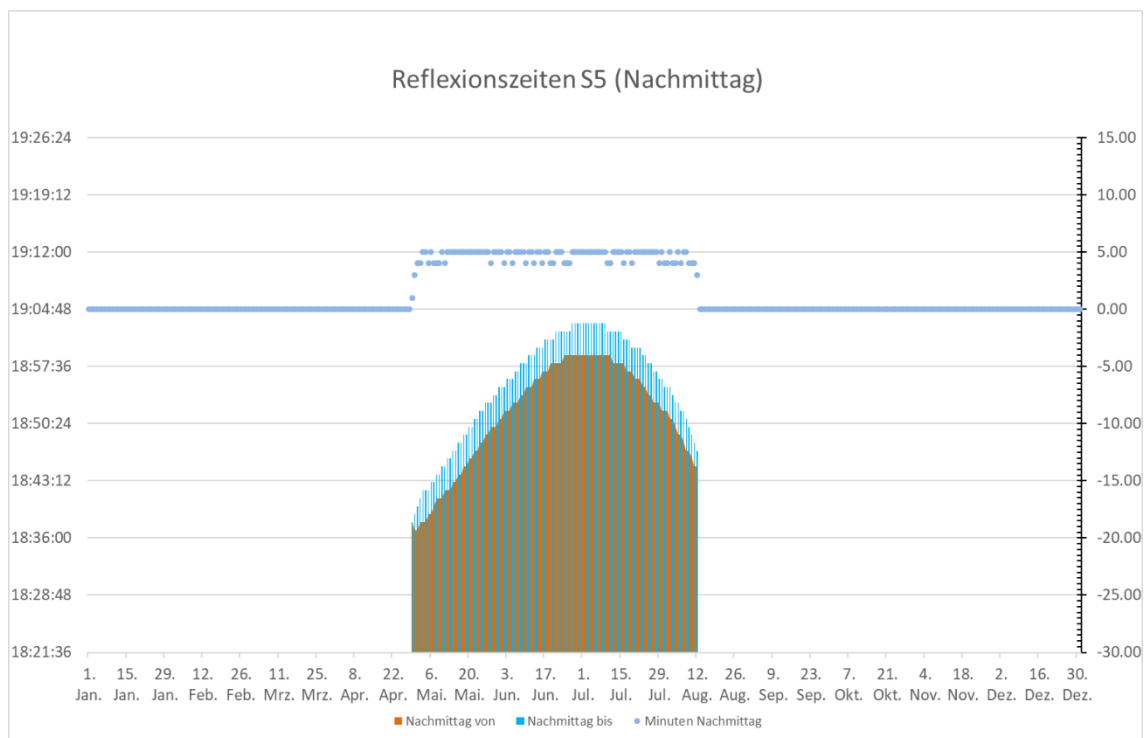


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt S5

Die folgenden Grafiken Abbildung 13 bis Abbildung 16 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte S1 bis S5 ausgehen. Die blauen Flächen stellen die Planfläche entsprechend Abbildung 3 dar. Die weißen Ringe stellen den Reflexionsbereich der Module auf der Planfläche dar, der für den entsprechenden Betrachtungspunkt unter den gesetzten Annahmen gilt.



Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S1



Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S2



Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S4

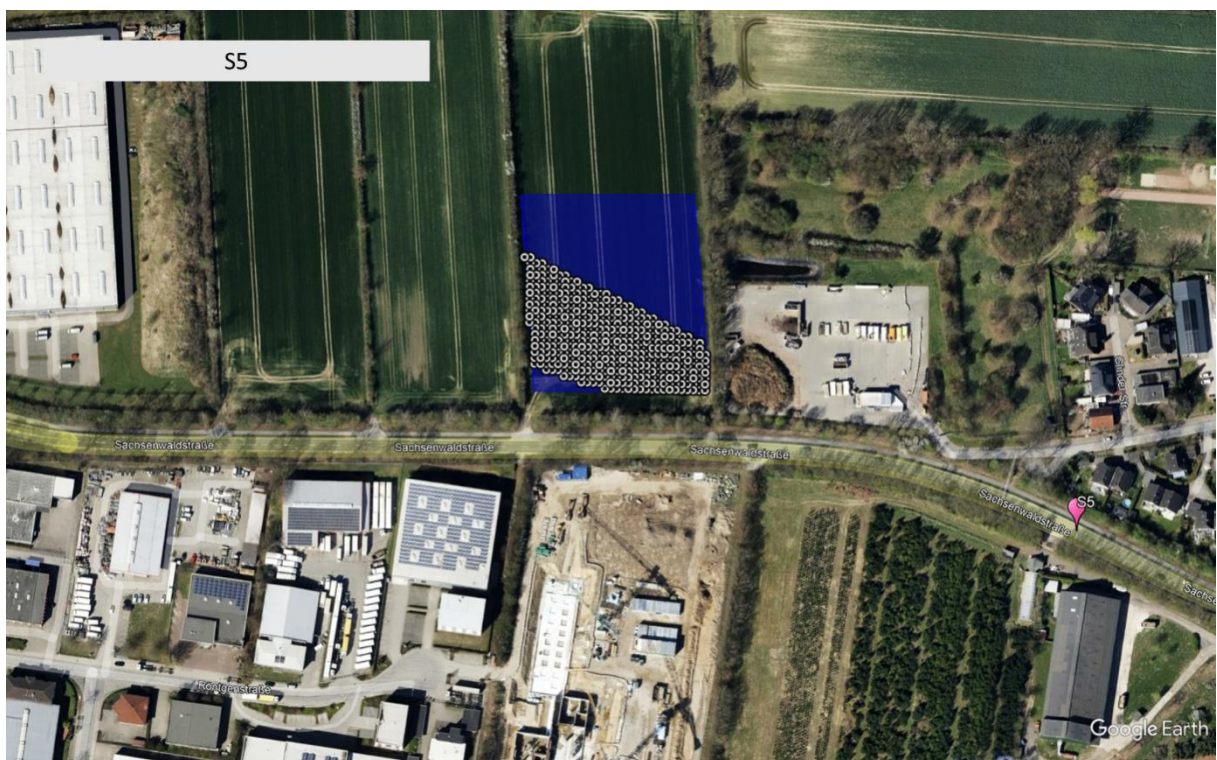


Abbildung 16: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt S5

Bestehender Recyclinghof

Die Untersuchung für den bestehenden Recyclinghof in den definierten Punkten ergab, dass Lichtimmissionen von Anfang März bis Mitte Oktober zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Nachmittag und Abendstunden zwischen 17:09 Uhr und 19:03 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 25 Minuten am Tag und summiert sich auf ein Maximum von 52 Stunden im Obergeschoss von O1.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 17 und Abbildung 20, dargestellt.

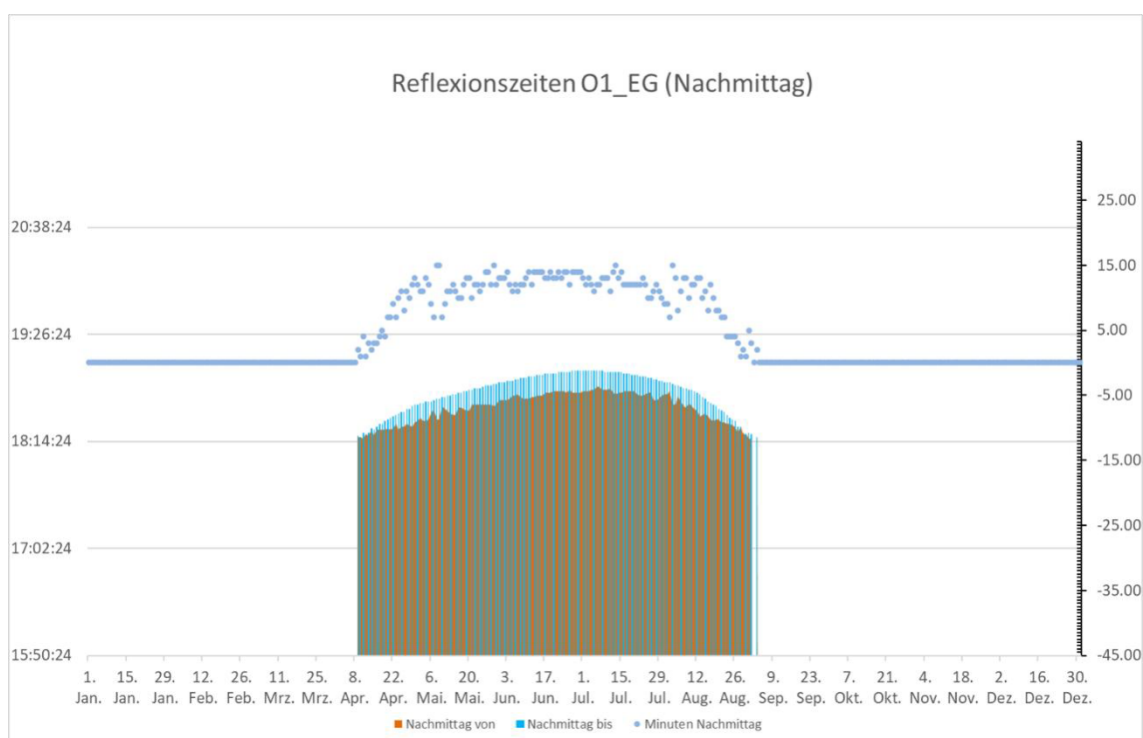


Abbildung 17: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im EG

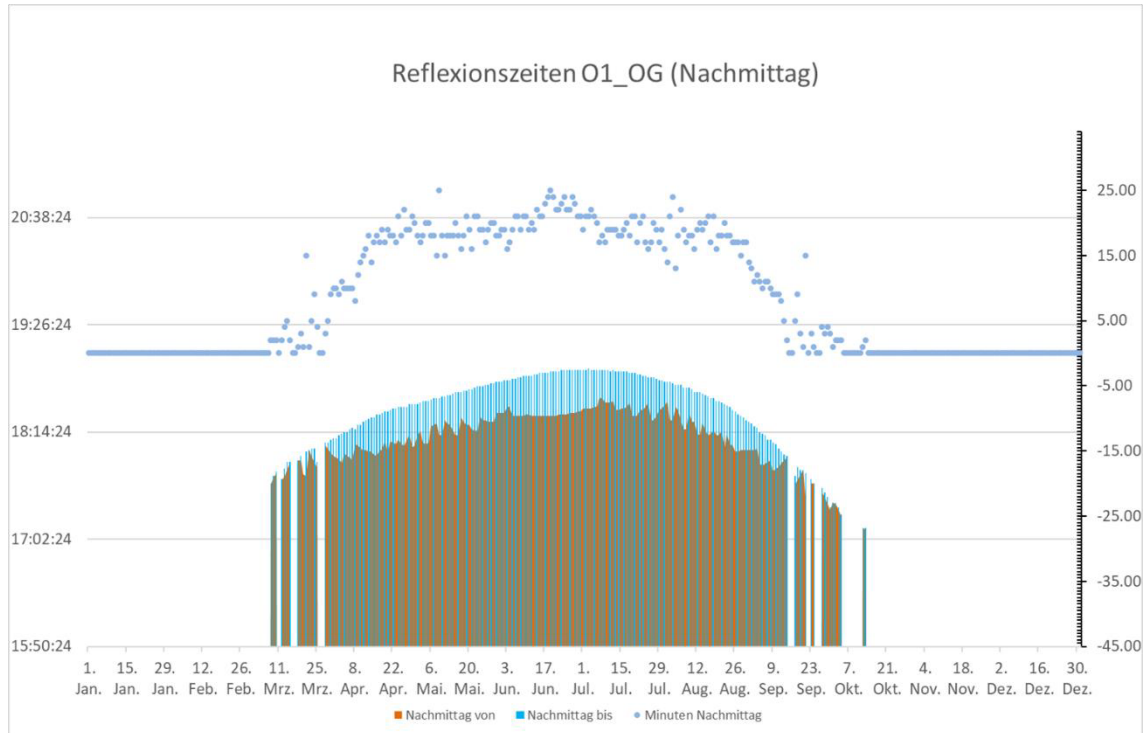


Abbildung 18: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im OG

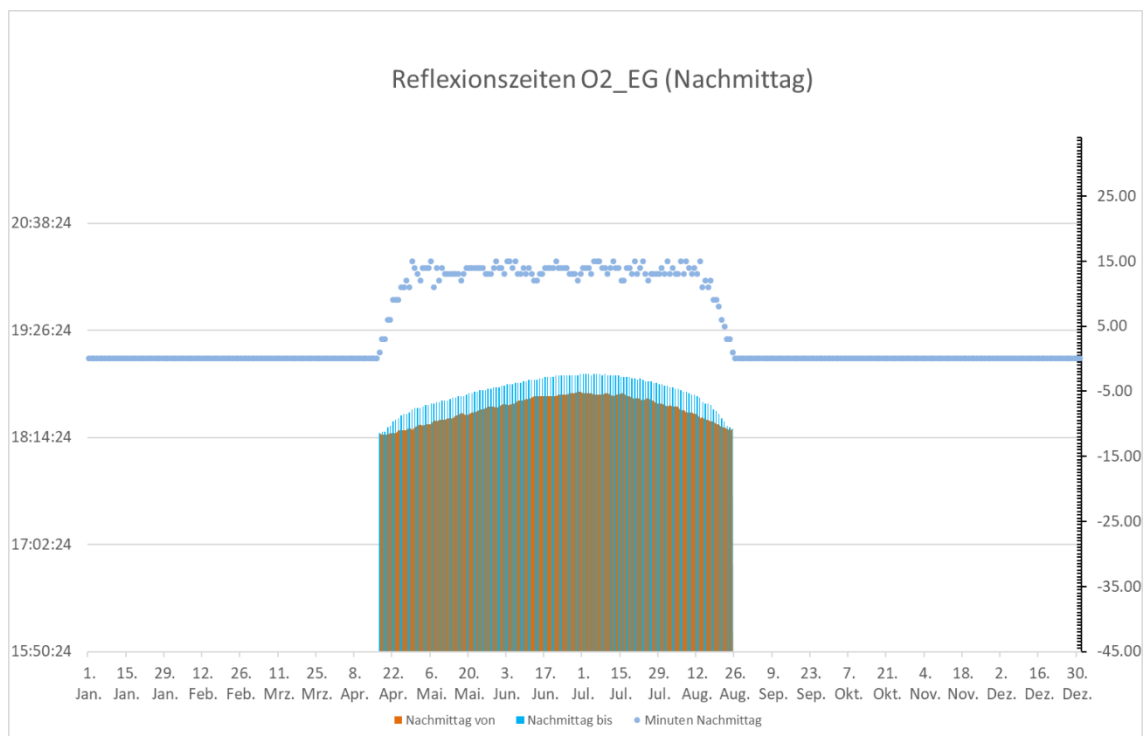


Abbildung 19: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im EG

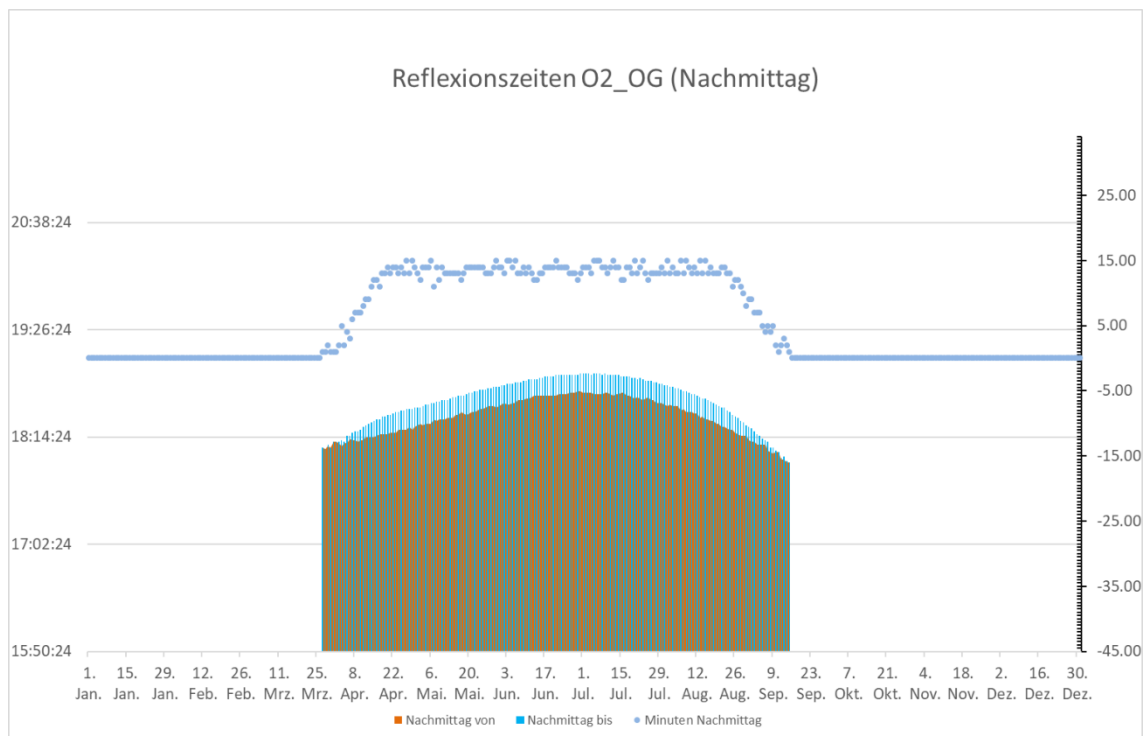


Abbildung 20: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG

Abbildung 21 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für die Punkte O1 und O2 ausgehen.

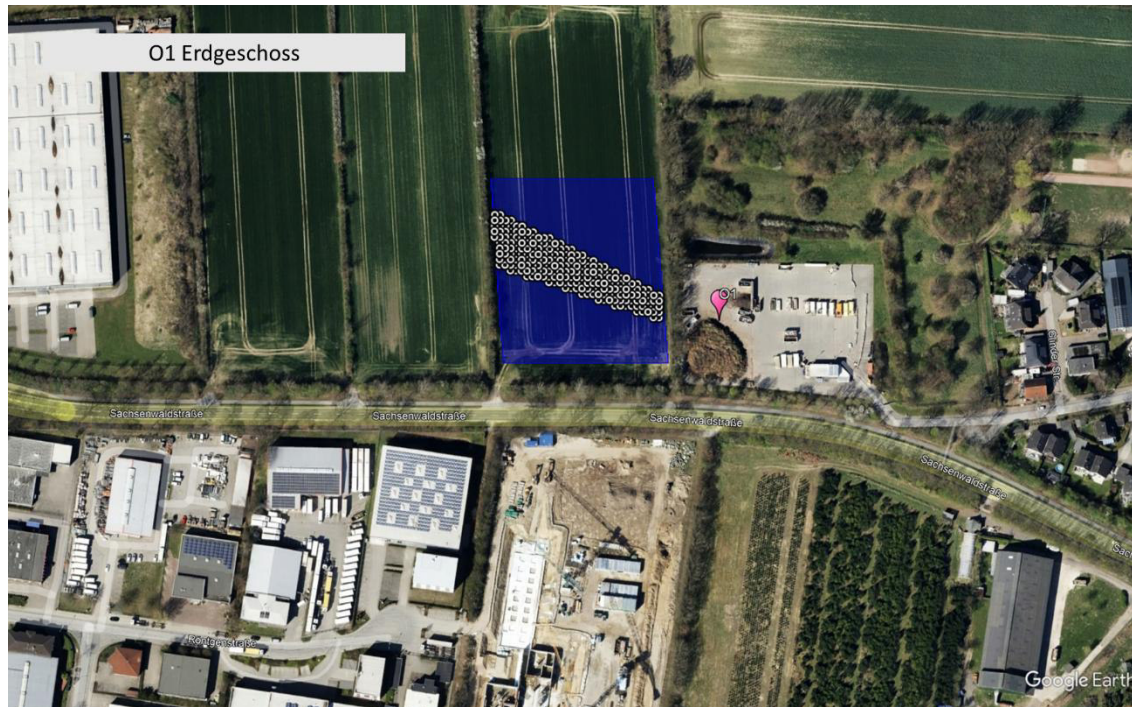


Abbildung 21: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 EG

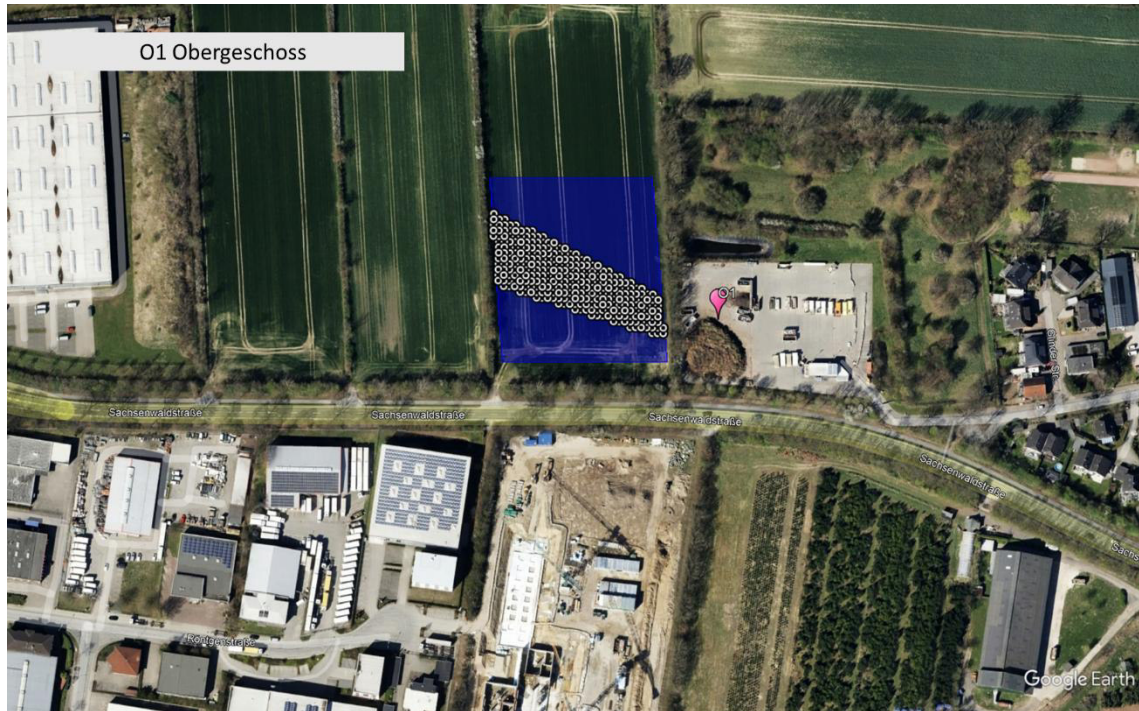


Abbildung 22: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 OG

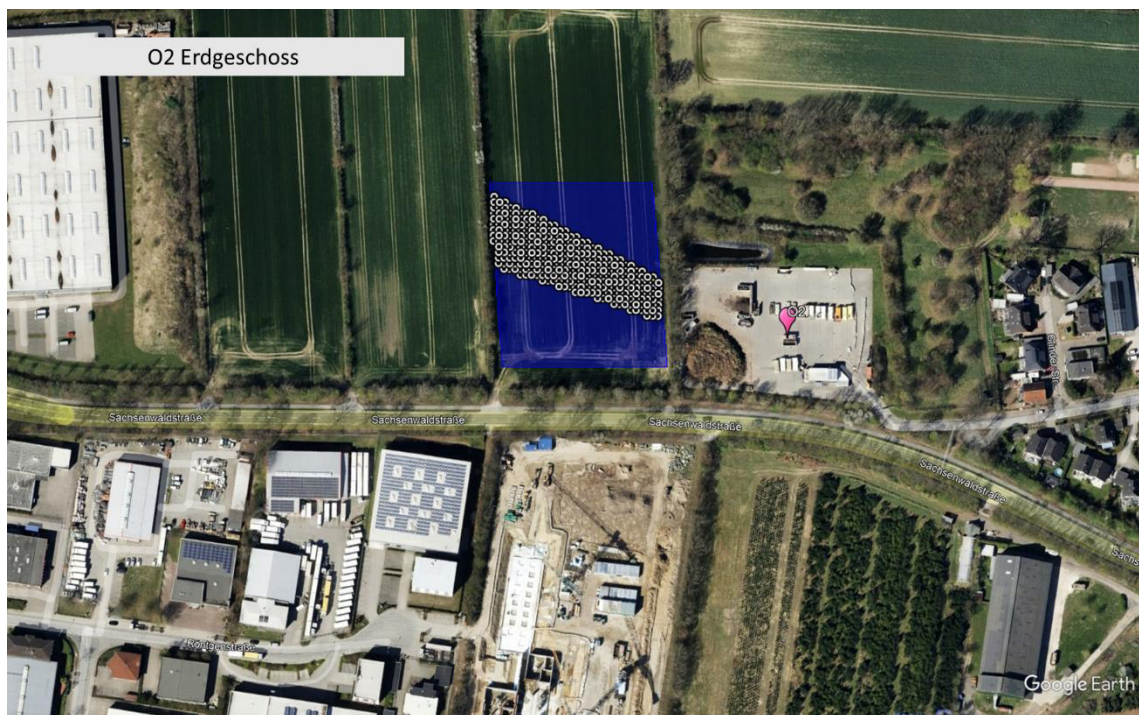


Abbildung 23: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 EG

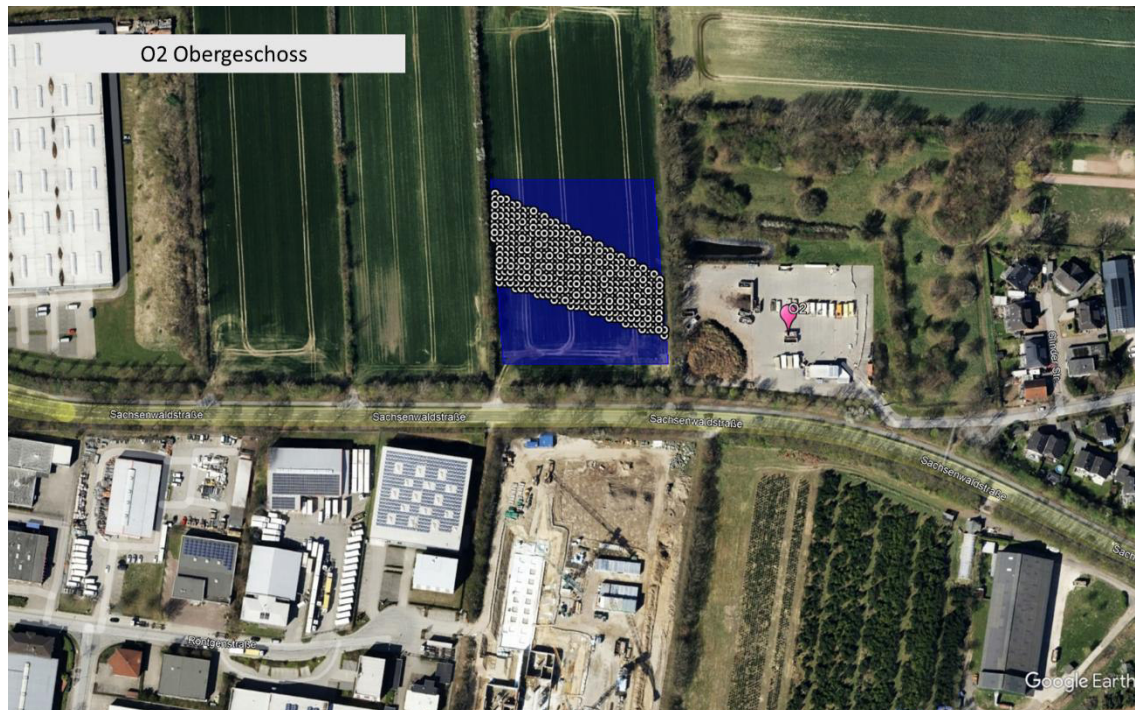


Abbildung 24: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 OG

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Sachsenwaldstraße

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

Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Abbildung 25 bis Abbildung 28 für die Punkte A1 bis S5 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 den einzelnen Punkten in Richtung der Module aufspannen, die zu Reflexionen in dem zugehörigen Punkt führen, siehe Tabelle 2 in Kapitel D.2.2.

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

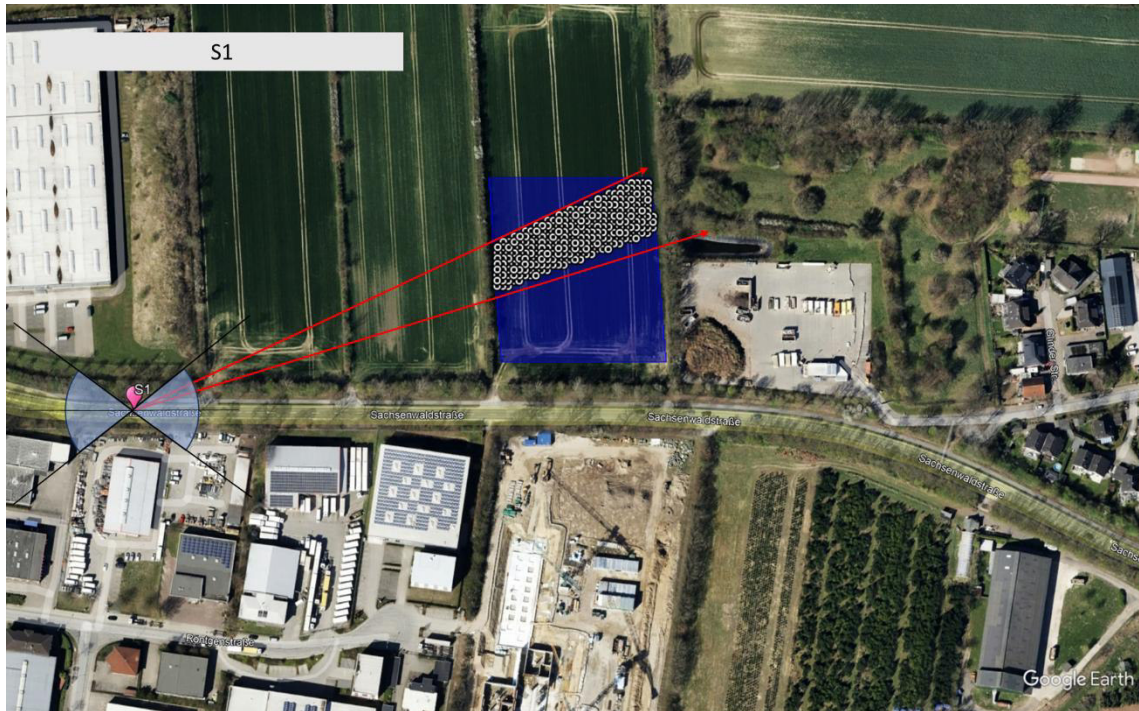


Abbildung 25: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt S1 mit Grenzvektoren in Richtung Module

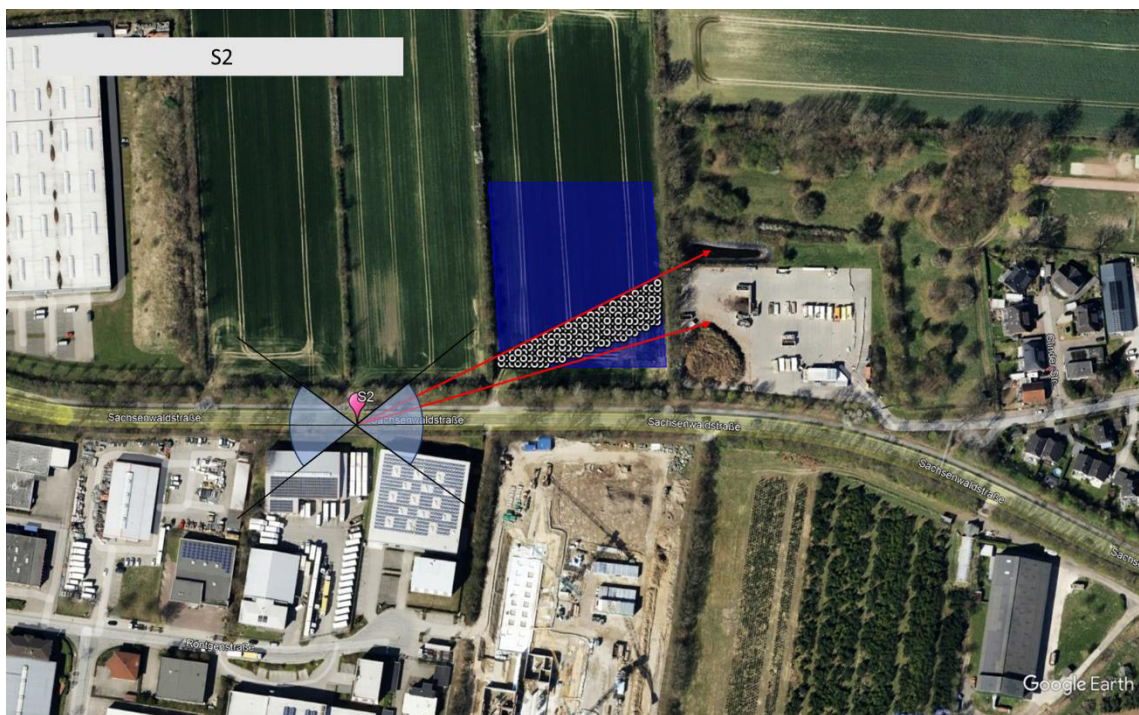


Abbildung 26: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt S2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

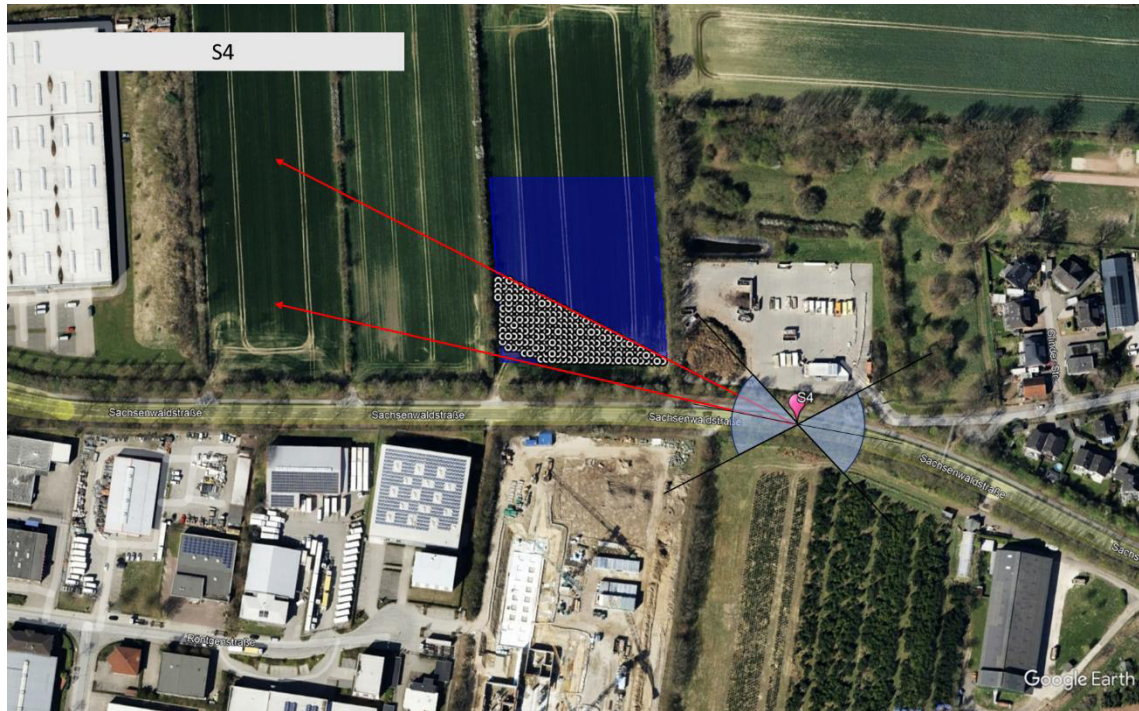


Abbildung 27: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt S4 mit Grenzvektoren in Richtung Module

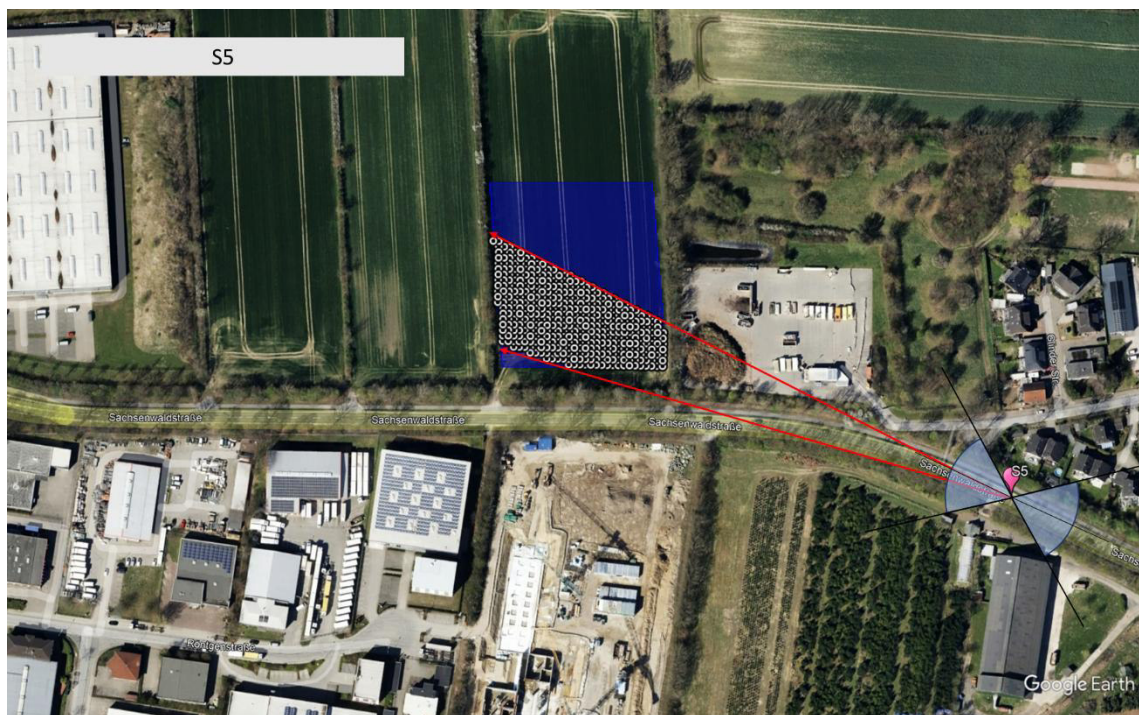


Abbildung 28: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt S5 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Bestehender Recyclinghof

Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)⁹ 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 Willendorf würden bei freier Sicht die Lichtimmissionen in den Obergeschossen die Richtwerte nach LAI in der Jahressumme mit maximal 52 Stunden im Kalenderjahr überschreiten.

D.2.4. Höhenanalyse

Für die Sachsenwaldstraße und die Obergeschosse der Gebäude O1 und O2, erfolgt eine Analyse des Höhenprofils um zu klären, ob die Topographie zu einer Abschattung der reflektierenden Module führt, bzw. wie hoch ein Sichtschutz sein muss, um die Module abzuschatten. Die Ergebnisse zeigen für die Sachsenwaldstraße, siehe Abbildung 29 bis Abbildung 32, dass bei einer Moduloberkante von 3,0 m ein Sichtschutz mit einer Höhe von rund 2.8 m im südlichen Bereich der Westgrenze und im westlichen Abschnitt der Südgrenze benötigt wird. Auf der östlichen Seite ist ein Sichtschutz mit einer Höhe von im Maximum rund 3,4 m notwendig.

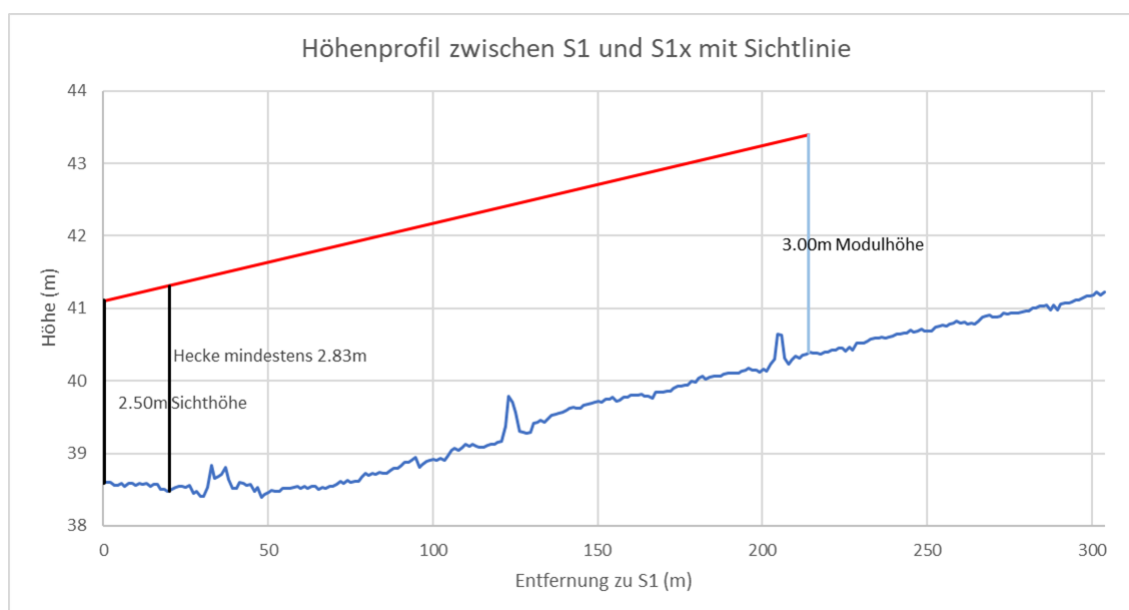


Abbildung 29: Höhenprofil zu S1

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

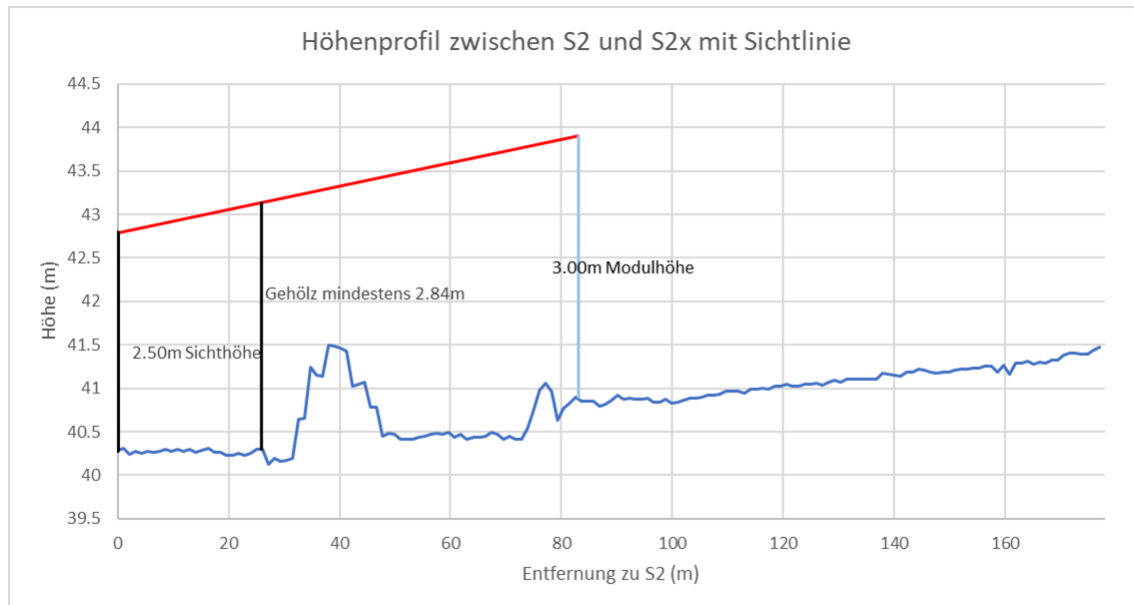


Abbildung 30: Höhenprofil zu S2

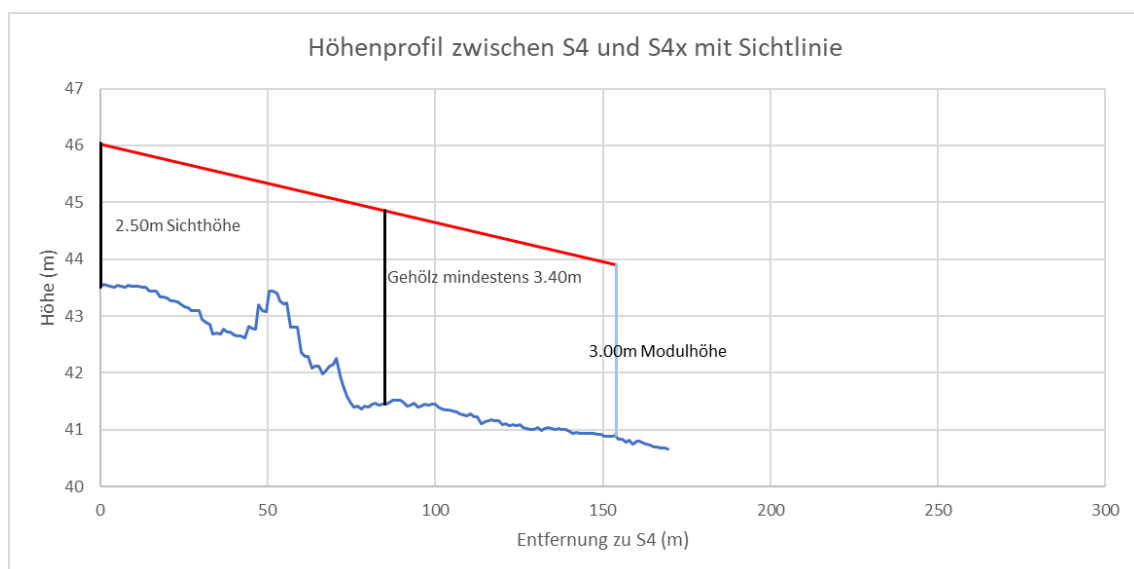


Abbildung 31: Höhenprofil zu S4

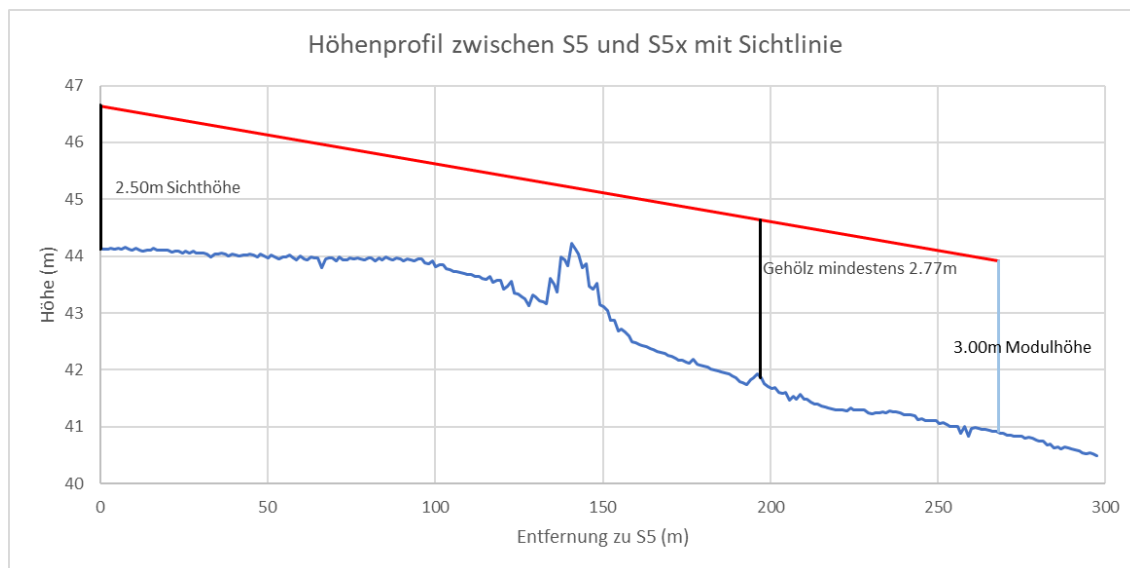


Abbildung 32: Höhenprofil zu S5

Die Analysen für die Gebäude auf dem bestehendem Recyclinghof, siehe Abbildung 33 und Abbildung 34, zeigen, dass für ein vollständiges Unterbinden der Lichtimmissionen in den Obergeschossen ein Sichtschutz von rund 4,8 m benötigt wird.

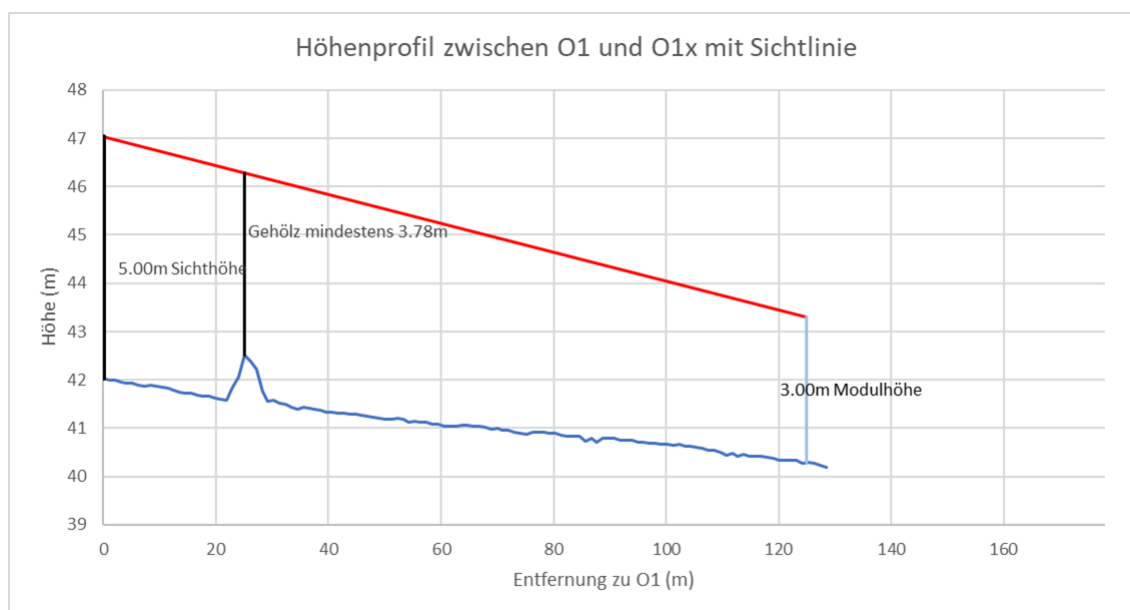


Abbildung 33: Höhenprofil zu O1

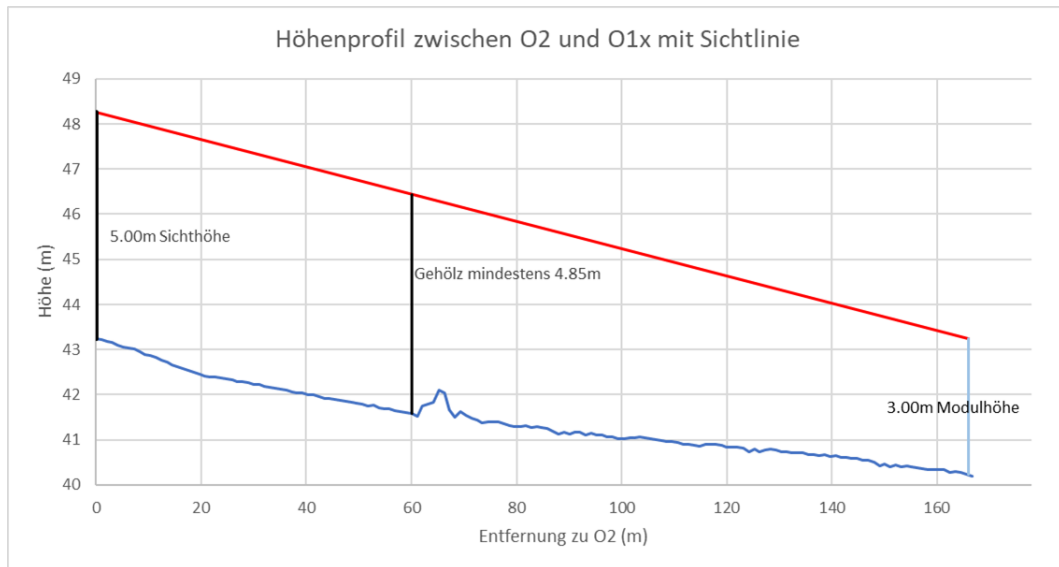


Abbildung 34: Höhenprofil zu O2

E. Bewertung

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Sachsenstraße, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Reinbek-Haidland, Lichtimmissionen von Mai bis August in den Morgenstunden zwischen 05:33 Uhr bis 05:57 Uhr und in den Abendstunden zwischen 18:32 Uhr und 19:03 Uhr auftreten. Die Dauer beträgt im Maximum 10 Minuten. Bei dieser Betrachtung wurden Ereignisse, bei denen der Differenzwinkel zwischen Reflexionsort und Sonne kleiner 10° beträgt, entsprechend der Empfehlung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)¹⁰ nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Straße treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich innerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Störung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Reinbek-Haidland entstehen, kann ohne Sichtschutz nicht ganz ausgeschlossen werden. Um Lichtimmissionen komplett auszuschließen ist ein Sichtschutz von im Maximum 3,4 m notwendig. Der Straßenrand wird von einem „Knick“ gesäumt, der Büsche und Bäume aufweist, die höher als 3,4 m sind und einen ausreichenden Sichtschutz auf die Photovoltaikanlage bietet.

Die Analyse der Lichtemissionen für die Gebäude auf dem Recyclinghof zeigt, dass die Richtlinien der LAI in den Obergeschossen in der Jahressumme mit im Maximum 52 Stunden überschritten wird. Die Luftbilder aus Google Earth zeigen, dass die Planfläche für die Erweiterung des Gewerbegebietes Haidland von einem „Knick“ zum bestehenden Recyclinghof hin, abgegrenzt wird. Aufgrund des ökologischen Wertes der „Knicks“ ist davon auszugehen, dass dieser dauerhaft erhalten bleibt. Die Höhe der Büsche und Bäume liegt über der notwendigen Höhe eines Sichtschutzes von im Maximum 4,8 m. Eine übermäßige Belästigung zukünftiger Bewohner ist nicht zu erkennen.

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