

# Prüfbericht

---

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Mausendorf
Auftraggeber:	HEG Energie GmbH & Co. KG
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>Mausendorf (49,307 N; 10,813 E), Germany</u>
Prüfberichtsnummer:	23K4945-PV-BG-Mausendorf-R00-JBS_LBE-2023
Prüfdatum:	05.04.2023
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

**Inhaltsverzeichnis**

Bildverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis.....	3
Abkürzungen und Begriffe.....	6
A.    Allgemeine Daten.....	7
A.1.  Auftrag .....	7
A.2.  Prüfungsumfang .....	8
A.3.  Prüfungsgrundlagen .....	8
A.4.  Identifikation der Anlage .....	8
B.    Prüfergebnis.....	9
C.    Grundlage .....	10
C.1.  Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht.....	10
C.2.  Wirkung auf den Menschen .....	11
C.3.  Blickwinkel von Fahrzeugführern.....	12
C.4.  Reflexionen an Solarmodulen.....	12
D.    Analyse .....	14
D.1.  Grundlage und Vorgehensweise .....	14
D.2.  Geometrische Betrachtung .....	16
E.    Bewertung.....	26

**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: Sicht von Nordost nach Südwest .....	15
Abbildung 5: Sicht über die Planfläche von Westen nach Osten.....	15
Abbildung 6: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	16
Abbildung 7: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	17
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt A1 .....	18
Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt A2 .....	19
Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A3 .....	19
Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A4 .....	20
Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A1 .....	21
Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2 .....	21
Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 .....	22
Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A4 .....	22
Abbildung 16: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A1 mit Grenzvektoren in Richtung Module .....	23
Abbildung 17: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module .....	24
Abbildung 18: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module .....	24
Abbildung 19: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A4 mit Grenzvektoren in Richtung Module .....	25
Abbildung 19: Höhenprofil von der Autobahn nach Norden .....	25

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Revisionsübersicht.....	4
Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten .....	17

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
23K4945-PV-BG-Mausendorf-R00-JBS_LBE-2023	Ursprungsversion 05.04.2023

## 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 allein 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 Autobahn A6 und den Gebäuden von direkte betroffenen Anwohnern im Nordwesten der PVA am Ortsrand von Mausendorf zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	HEG Energie GmbH & Co. KG Lauterbach 10 91608 Geslau
Auftragsdatum:	08.03.2023
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	23K4945-PV-BG-Mausendorf-R00-JBS_LBE-2023

## A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die im Süden vorbeiführende Autobahn A6 und 2 Gebäude betroffener Bürger am nordwestlich gelegenen Ortsrand von Mausendorf.

Eine Untersuchung der Auswirkungen auf die naheliegende Flugzone ARR/DEP COPTER Ansbach wird nicht durchgeführt. Aufgrund der räumlichen Nähe zum bereits bestehenden Anlagenteil 1, können die Ergebnisse auf den jetzt in Planung befindlichen Anlagenteil übertragen werden.

## A.3. Prüfungsgrundlagen

- Zur Verfügung gestellte Unterlagen
  - o Schriftliche Angaben zur Modulausrichtung
  - o Vorababzug: Vorhabenbezogener Bebauungsplan Nr. 38 für das Sondergebiet "Erweiterung Solarpark Mausendorf"
  - o Drohnenbilder der Fläche
- Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), (Stand: 08.10.2012)
- Reflexionsverhalten von Modulen (soweit bekannt)
- Daten aus Google Earth<sup>1</sup>
- Daten der Online-Plattform „BayernAtlas“<sup>2</sup>

Hinweise:

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

## A.4. Identifikation der Anlage

Die geplante Photovoltaikanlage Mausendorf soll südöstlich der Gemeinde Mausendorf und nördlich der Autobahn A6 installiert werden.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von  $180^\circ$  ( $N=0^\circ$ ) und einem Neigungswinkel von  $15^\circ$  ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Angaben über die maximale Höhe der Module über dem Boden liegen nicht vor. Die maximale Höhe wird im Bebauungsplan auf 3,5 m begrenzt.

---

<sup>1</sup> ©2019 Google LLC.

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



## B. Prüfergebnis

Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel.

Für die Photovoltaikanlage Mausendorf wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Autobahn A6 und zwei Gebäuden betroffener Bürger am nordöstlichen Ortsrand von Mausendorf durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Autobahn bei freier Sicht Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August in den Morgen- und Abendstunden möglich wären. Die maximale Dauer beträgt rund 10 Minuten. Im östlichen Untersuchungsbereich liegen die Lichtimmissionen außerhalb des normalen Sichtfeldes der Fahrzeugführer und stellen somit kein Risiko für den Straßenverkehr da. Im westlichen Untersuchungsbereich würden bei freier Sicht, die reflektierenden Module im Sichtfeld der Autofahrer liegen. Aufgrund der Geländestruktur ist ein freier Blick auf die Module in diesem Abschnitt der Autobahn nicht gegeben. Eine Gefährdung des Straßenverkehrs durch Lichtimmissionen ist nicht erkennbar.

Die Untersuchung der Gebäude am Ortsrand von Mausendorf zeigt, dass dort keine Lichtimmissionen durch Sonnenreflexionen zu erwarten sind.

Hamburg, 5. April 2023



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 26 Seiten und ist bis Ende 2033 in der 8.2 Obst & Hamm GmbH hinterlegt (Dokumentationsfrist).

## C. Grundlage

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens sind die Lichtemissionen in Form von Reflexionen an den Modulen zu untersuchen und deren Auswirkungen auf Autobahn A6 und die Gebäude am nordöstlichen Ortsrand von Mausendorf 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 unterscheiden.

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 Autobahn 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 im Buch „HAV Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen“<sup>3</sup>. Aus Bild 2-6 der Ausführungen leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab, siehe nachfolgende Grafik in Abbildung 1.

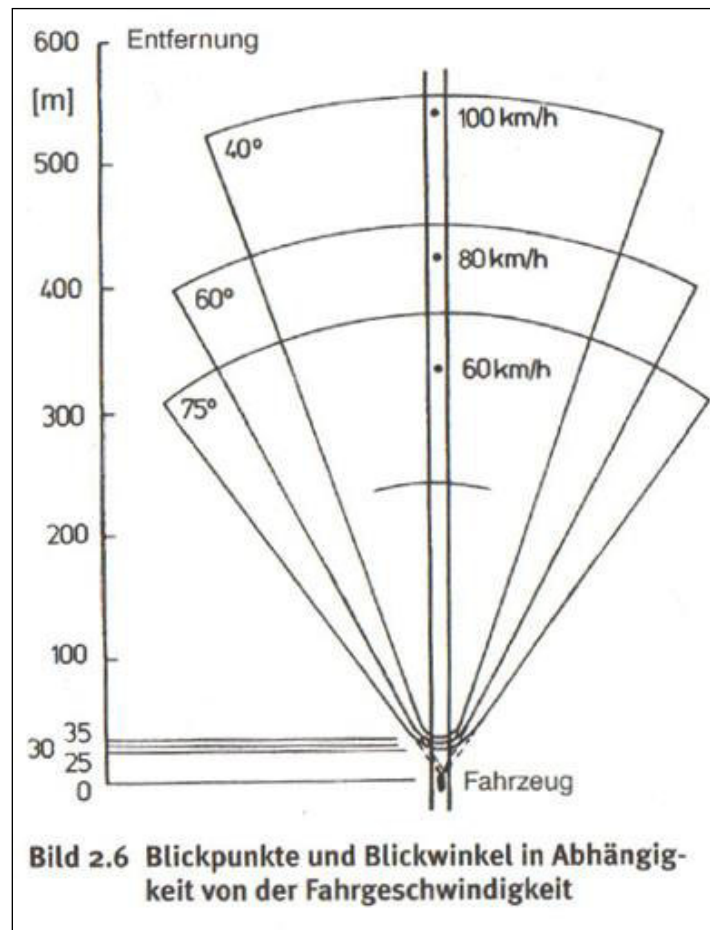


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit<sup>3</sup>

### C.4. Reflexionen an Solarmodulen

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

<sup>3</sup> „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

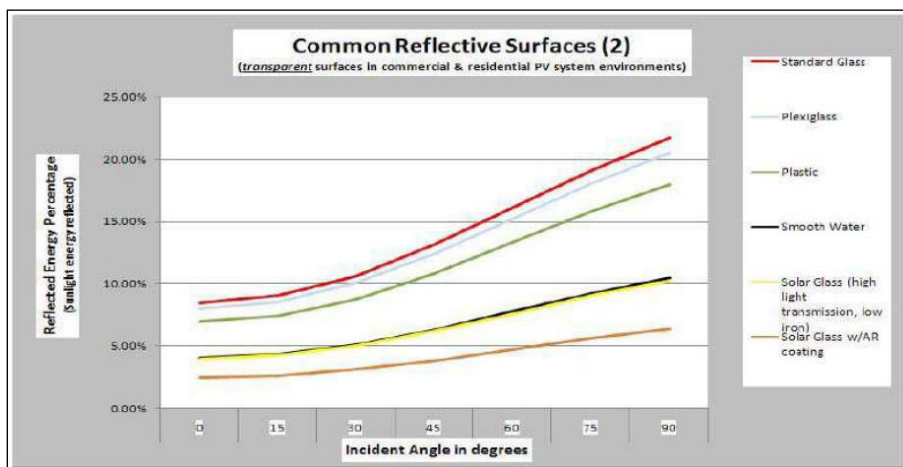


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel<sup>4</sup>

Generell gilt, dass die an den Modulen auftretenden Reflexionen stark vom Einfallswinkel abhängen. Die Darstellung in Abbildung 2 zeigt das Reflexionsverhalten unterschiedlicher Oberflächen in Abhängigkeit vom Einfallswinkel. Bei zur Moduloberfläche nahezu parallelem Lichteinfall werden je nach Modultyp zwischen 7 % und 11 % der Solarstrahlung reflektiert. Das heißt in den Morgen- und Abendstunden kann mit einer maximalen Reflektionsrate von ca. 10 % gerechnet werden. Zu diesen Zeiten beträgt die Leuchtdichte der Sonne<sup>5</sup> rund  $6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$ . Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um  $0,6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$ .

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

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

## D. Analyse

### D.1. Grundlage und Vorgehensweise

#### D.1.1. Beschreibung Örtlichkeiten und PV-Feld

Die folgenden Angaben zur Anlage beruhen auf den vom Auftraggeber bereitgestellten Informationen. Hinzu kommen Informationen und Ansichten aus Google Earth<sup>6</sup> sowie der Online-Plattform „BayernAtlas“<sup>7</sup>.

Die Planfläche selbst liegt nördlich der Autobahn A6 und südlich der Ortschaft Mausendorf. Das Höhengniveau der Autobahn über Normalnull beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 420 m und 435 m. Das Höhengniveau im Bereich Mausendorf beträgt zwischen 418 m und 422 m. Die Bebauung besteht aus einer Mischung aus landwirtschaftlichen Anwesen mit Wohngebäuden und Wirtschaftsgebäuden sowie Einfamilienhäusern. Das Höhengniveau der Planfläche variiert zwischen 426 m im Norden und 433 m im Süden, siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Google Earth ©2022 Lageplan der Planfläche

Die Böschung an der Südgrenze der Planfläche zur Autobahn ist dicht bewachsen mit Buschwerk und Bäumen. Östlich der Planfläche befindet sich zwischen Autobahn und Planfläche ein Waldstreifen mit einer Tiefe von rund 50 m und Baumhöhen von geschätzt zwischen 10 m und 15 m, siehe Abbildung 4 und Abbildung 5.

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

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



Abbildung 4: Sicht von Nordost nach Südwest



Abbildung 5: Sicht über die Planfläche von Westen nach Osten

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von  $180^\circ$  ( $N=0^\circ$ ) und einem Neigungswinkel von  $15^\circ$  ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Angaben über die maximale Höhe der Module über dem Boden liegen nicht vor. Die maximale Höhe wird im Bebauungsplan auf 3,5 m begrenzt.

### D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Autobahn bzw. den Ortsrändern 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 Autobahn werden die Punkte A1 bis A4 gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtimmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind, und wie diese sich auswirken, siehe Abbildung 3.

Die Ortspunkte der betroffenen Bürger werden mit B1 und B2 bezeichnet.

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 Untersuchung der Gebäude wird eine mittlere Fensterhöhe von 1,8m im Erdgeschoss und 4,4 im Obergeschoss angesetzt.

Die Bewertung der Lichtemissionen des Solarparks erfolgt in zwei Schritten. In Schritt 1 wird für die Punkte auf der Autobahn 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  $\alpha$  und Höhenwinkel  $h^\circ$ . Im zweiten Schritt werden die Koordinaten der berechneten Emissionsorte mit dem Sonnenstand im Jahresverlauf verglichen.

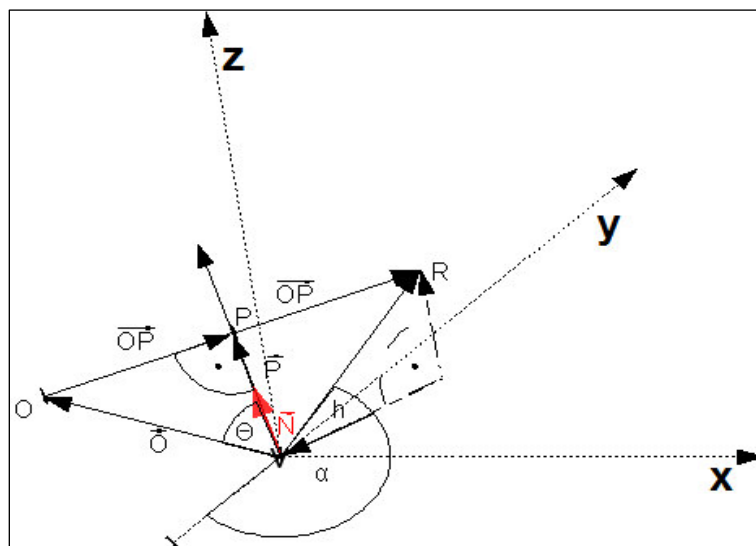


Abbildung 6: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

Die Bestimmung der Emissionsorte erfolgt anhand der Darstellung in Abbildung 6. 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 bezeich-



# 8.2

net 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 7, oder außerhalb dieser liegen können. Außerhalb der im Diagramm dargestellten blauen Linien befindet sich die Sonne „hinter“ den Modulen, so dass keine Reflexion erfolgen kann. Der relevante Sonnenverlauf reicht somit im Azimut von  $-120^\circ$  bis  $+120^\circ$  und für den Höhenwinkel  $h$  von  $0^\circ$  bis  $64^\circ$ .

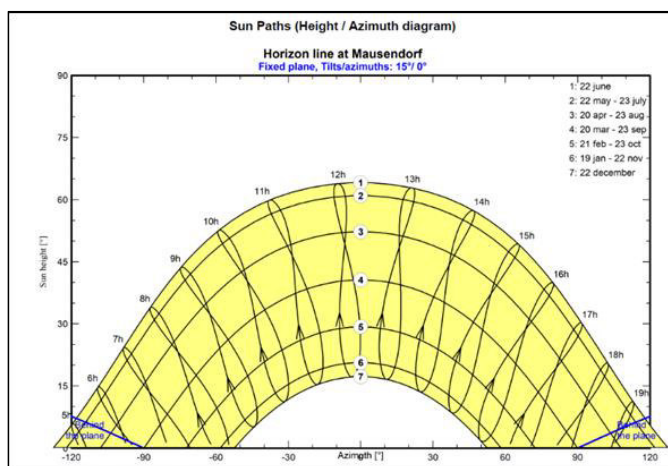


Abbildung 7: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

## D.2.2. Ergebnisse der geometrischen Betrachtung

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

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

	Datumsbereich	Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
<b>Neigungswinkel 15° Azimut 180° (N=0°)</b>				
A1	von 25. Apr bis 17. Aug	18:26 - 18:50	5	5,8
A2	von 26. Apr bis 16. Aug	18:26 - 18:53	10	13,8
A3	von 12. Jun bis 30. Jun	05:35 - 05:39	3	0,8
A4	von 14. Jun bis 28. Jun	05:35 - 05:38	2	0,4
B1	Keine Reflexionen			
B2	Keine Reflexionen			

Die Analyse zeigt für die Gebäude in den Punkte B1 und B2, dass dort keine Lichtimmissionen zu erwarten sind, die von der Photovoltaikanlage ausgehen.

# 8.2

Auf der Autobahn ist mit Lichtimmissionen zu rechnen. Im westlichen Bereich der Autobahn in den Punkten A3 und A4 erfolgen die Lichtimmissionen an wenigen Tagen im Juni in den frühen Morgenstunden zwischen 5:35 Uhr und 5:39 Uhr. Im östlichen Bereich der Autobahn treten die Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August in den Abendstunden zwischen 18:26 Uhr und 18:53 Uhr auf. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 4 Minuten am Tag bzw. 13,8 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 8 bis Abbildung 11 dargestellt.

In den Diagrammen Abbildung 8 bis Abbildung 11 stellen die Werte der linken Ordinate die Uhrzeiten dar, in denen die Blendung am Immissionsort auftritt. Die Werte der rechten Ordinate stellen die Anzahl der Minuten pro Tag dar, in denen eine Blendung am Immissionsort auftritt.

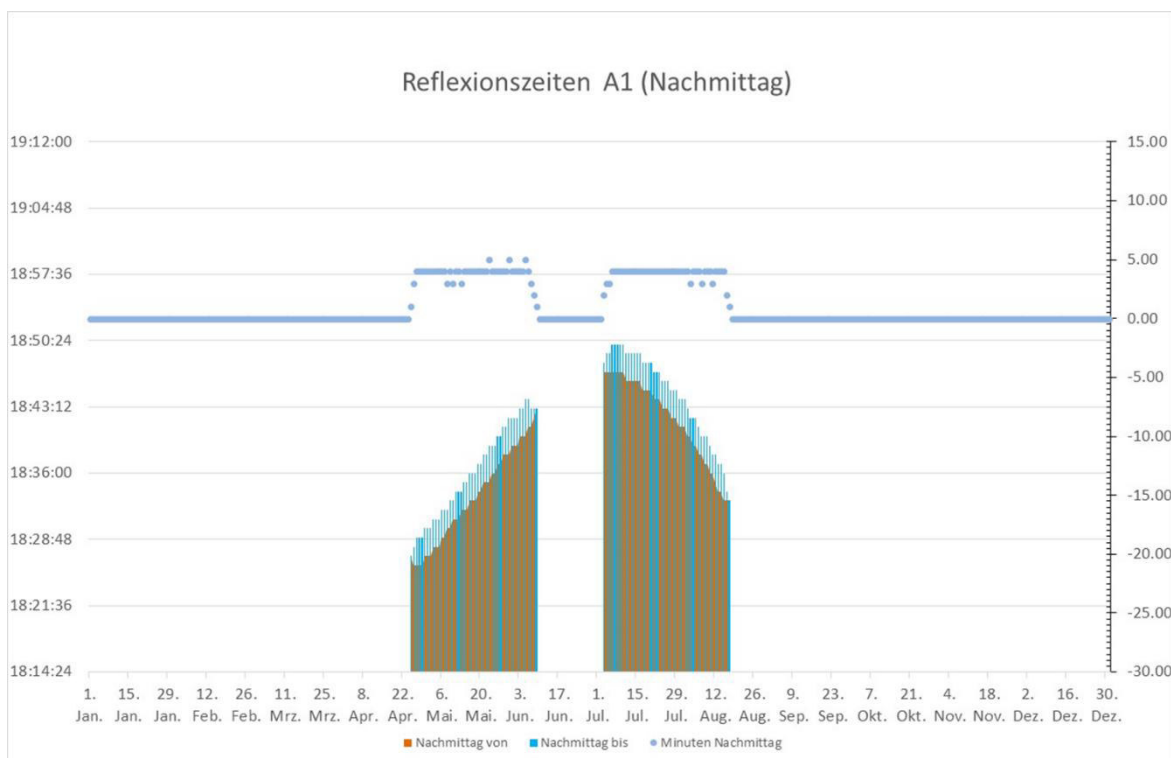
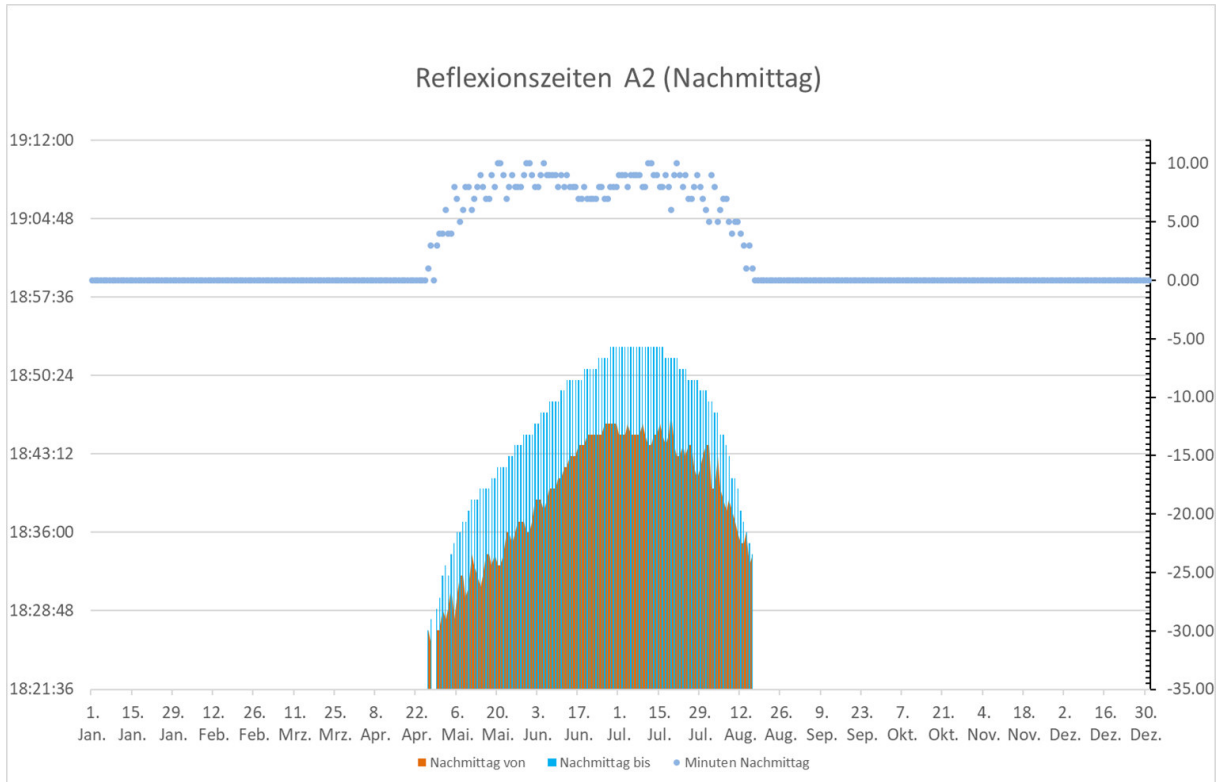
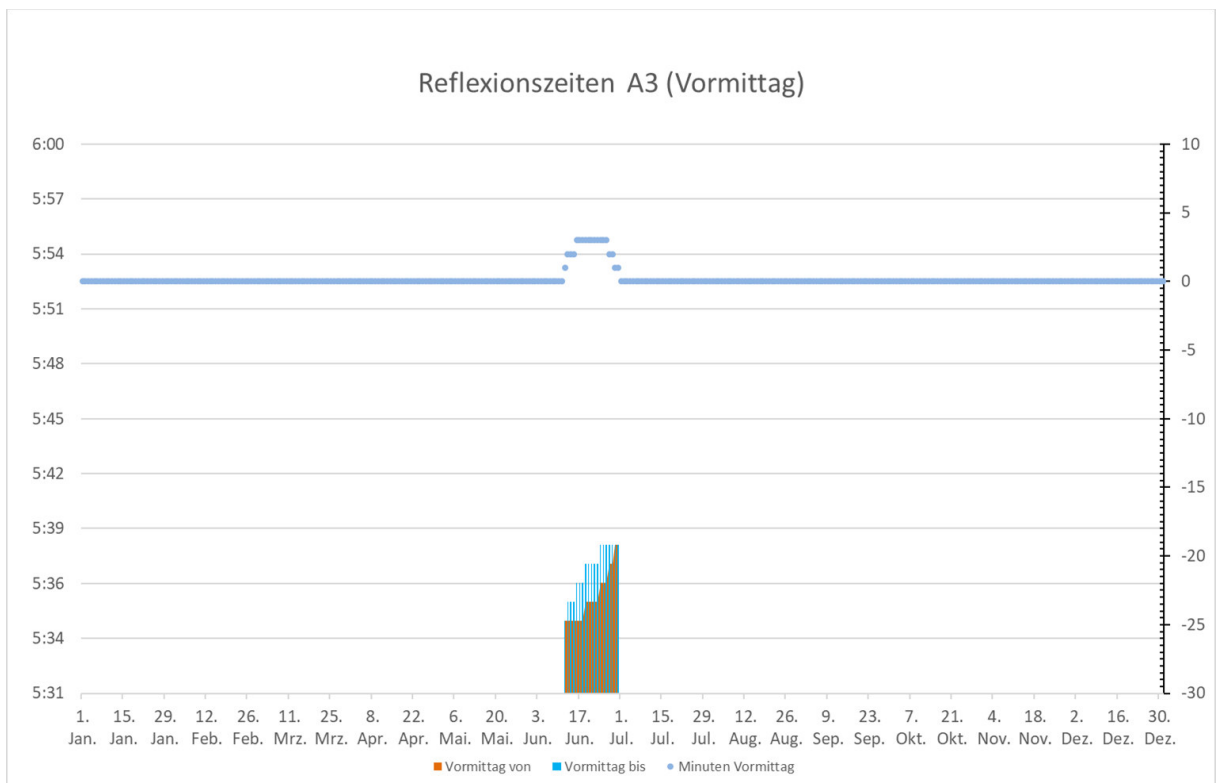


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt A1



**Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt A2**



**Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A3**

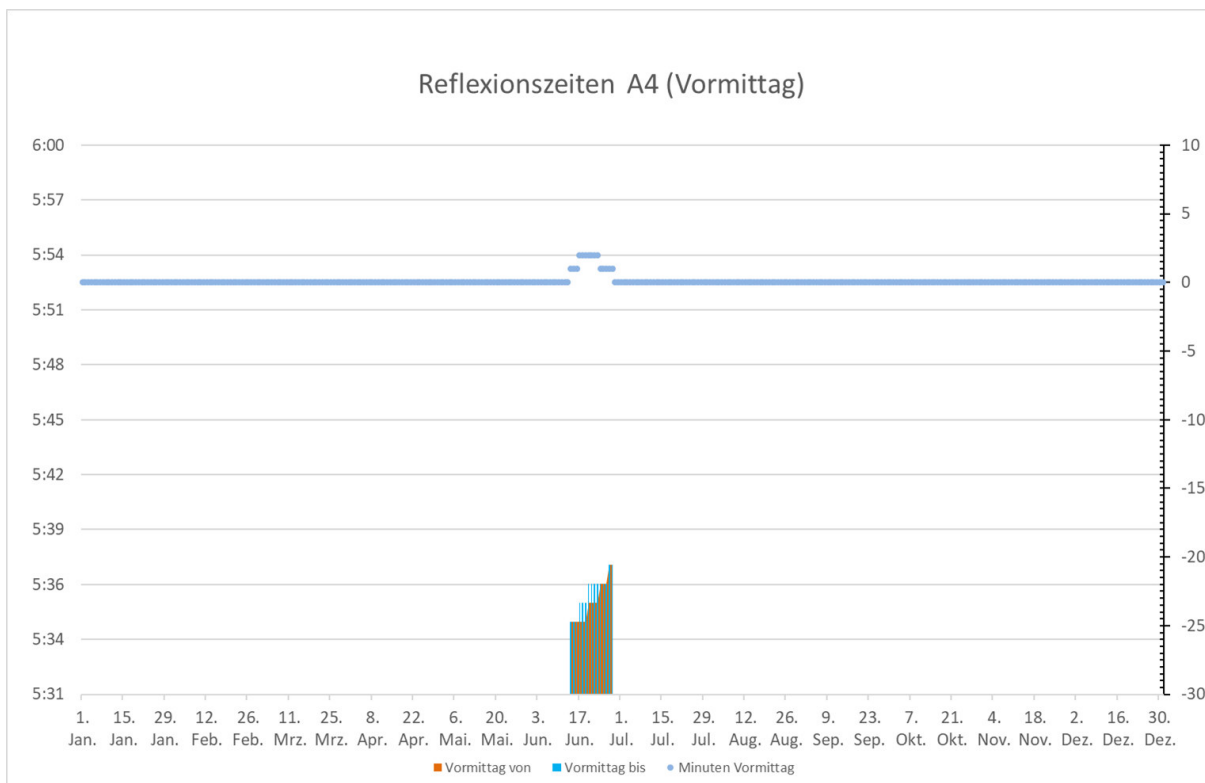


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A4

Die folgenden Grafiken Abbildung 12 bis Abbildung 15 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte A1 bis A4 ausgehen. Die blauen Flächen stellen die Planfläche entsprechend Abbildung 3 dar. Die weißen Ringe stellen den Reflexionsbereich der Module auf der Planfläche dar, die für den entsprechenden Betrachtungspunkt unter den gesetzten Annahmen gilt.



Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A1

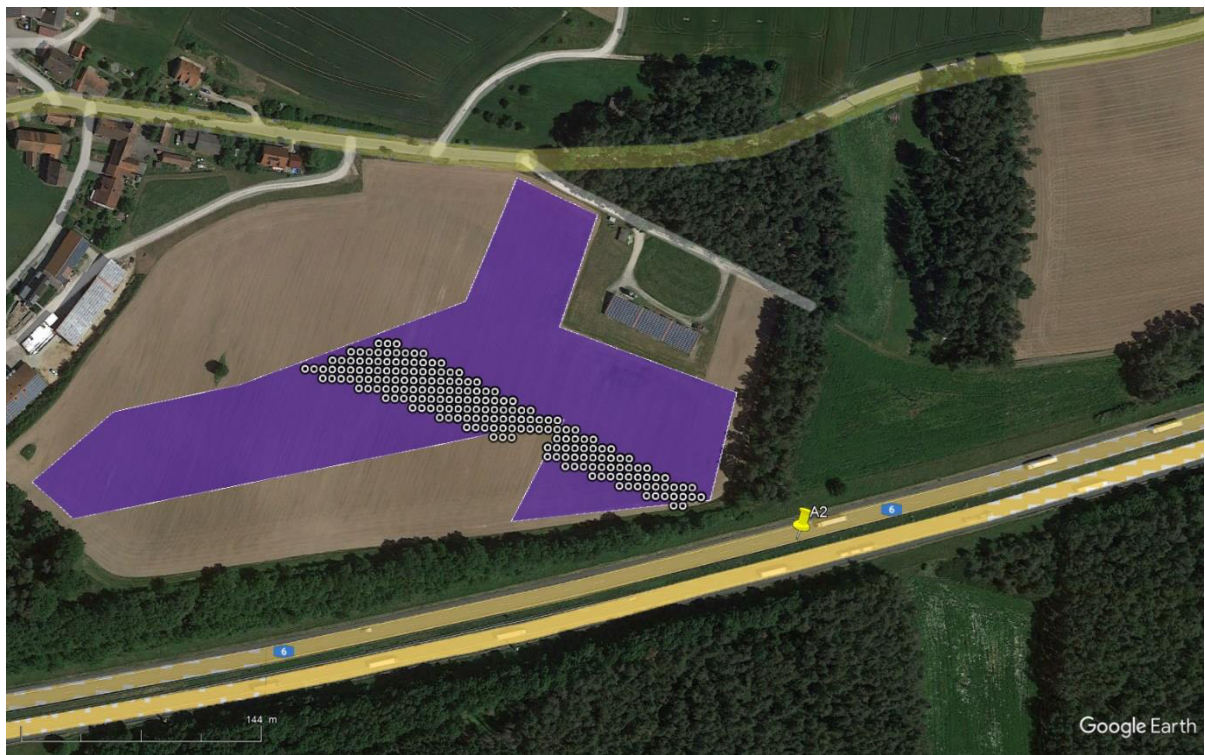


Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2

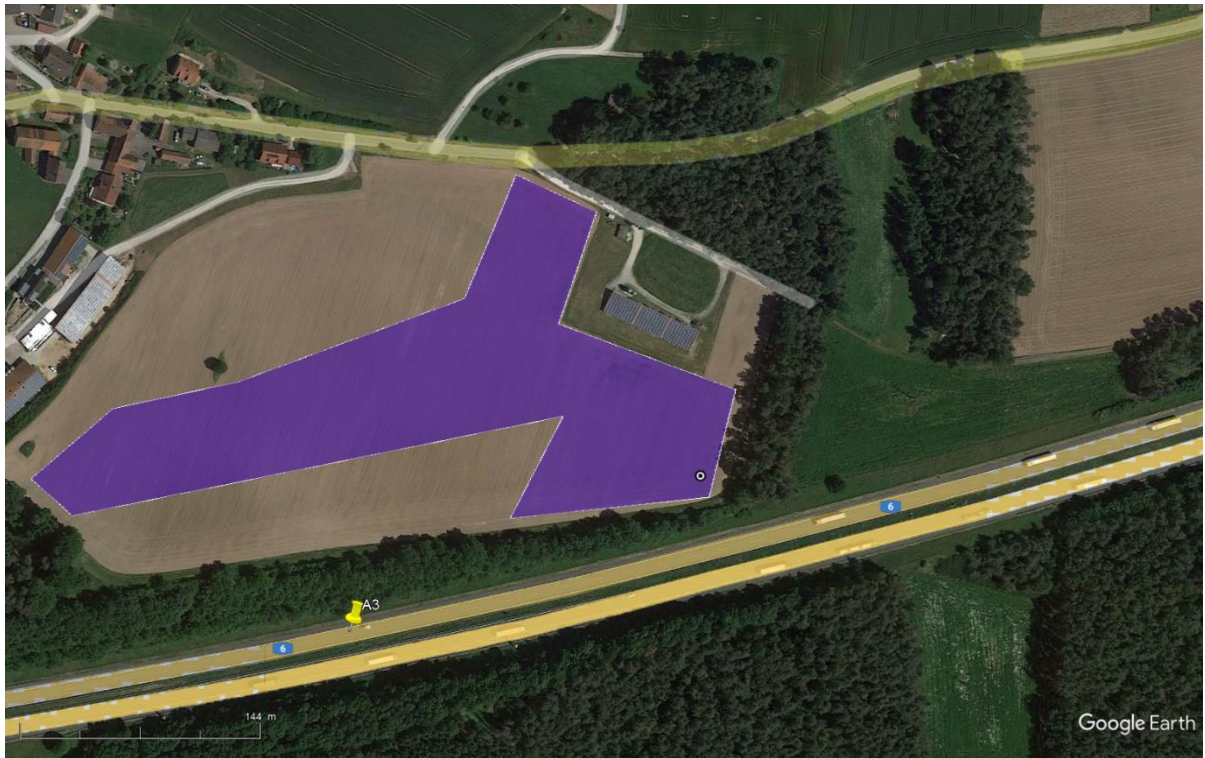


Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3

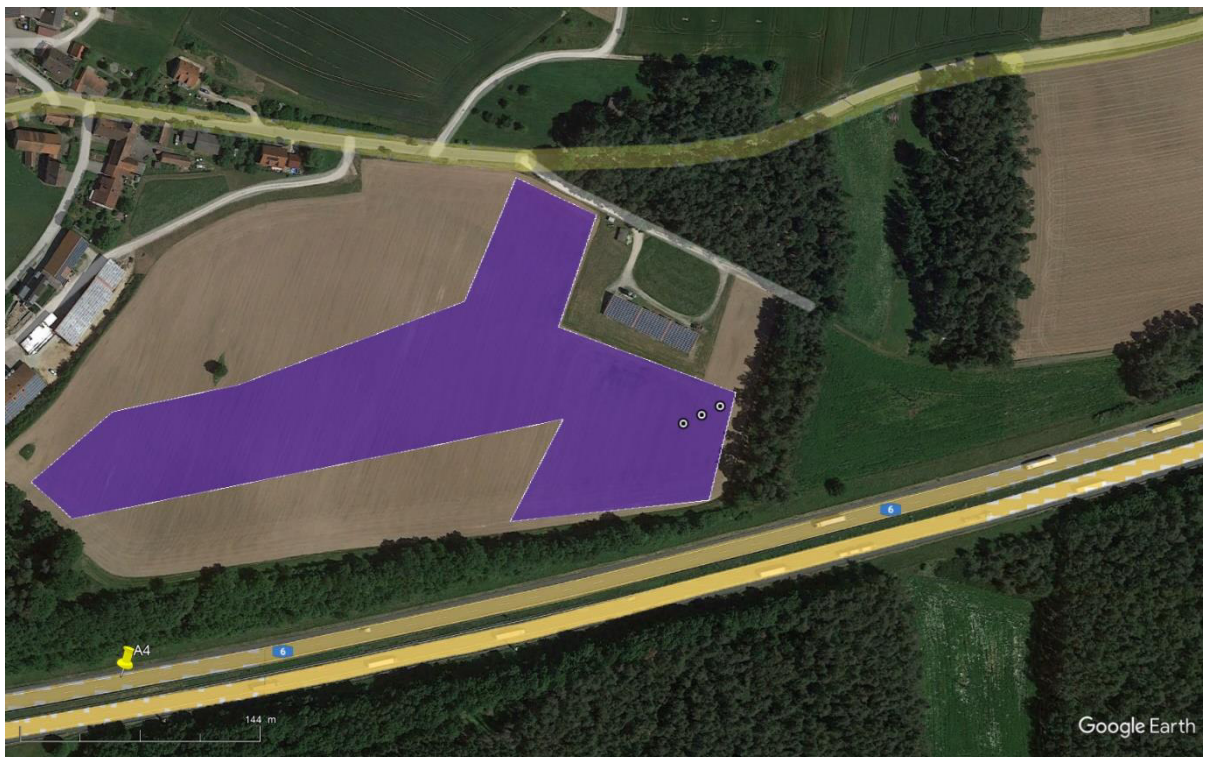


Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A4

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

Wie in Kapitel 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  $60^\circ$ .

Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Abbildung 16 bis Abbildung 19 für die Punkte A1 bis A4 dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Blau dargestellt. Die Öffnung der Kegel zeigt in Fahrtrichtung und gibt das Sichtfeld für Fahrzeuge wieder. 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 die Punkte A1 und A2, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen. Für die Punkte A3 und A4 zeigt sich, dass die Module im Sichtbereich der Fahrzeugführer liegen würden, wenn freie Sichtbeziehungen bestehen sollten.

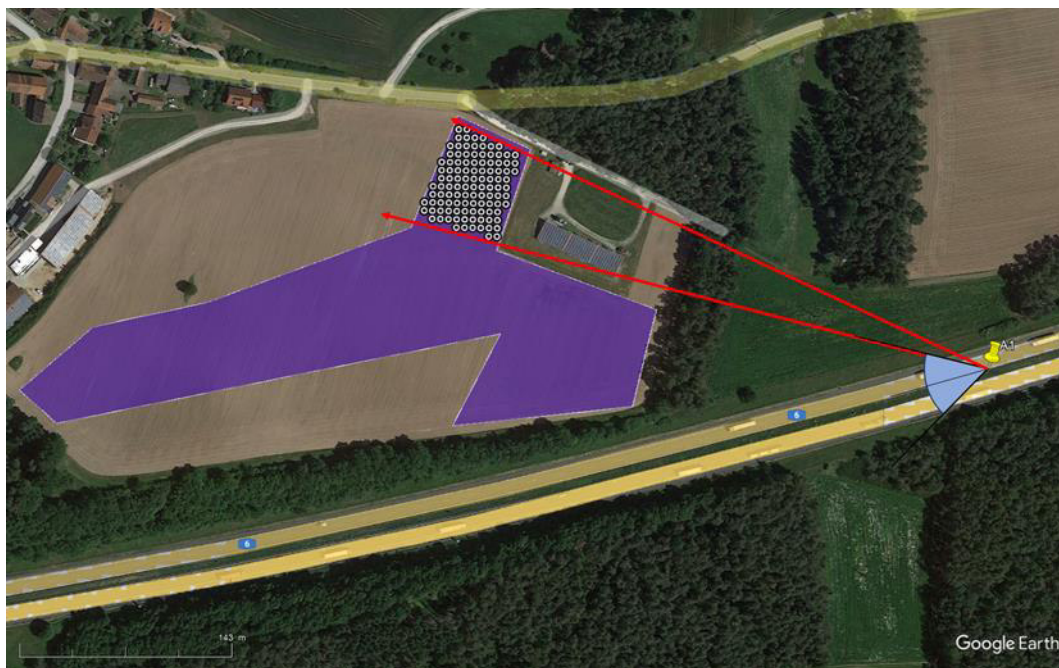


Abbildung 16: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A1 mit Grenzvektoren in Richtung Module

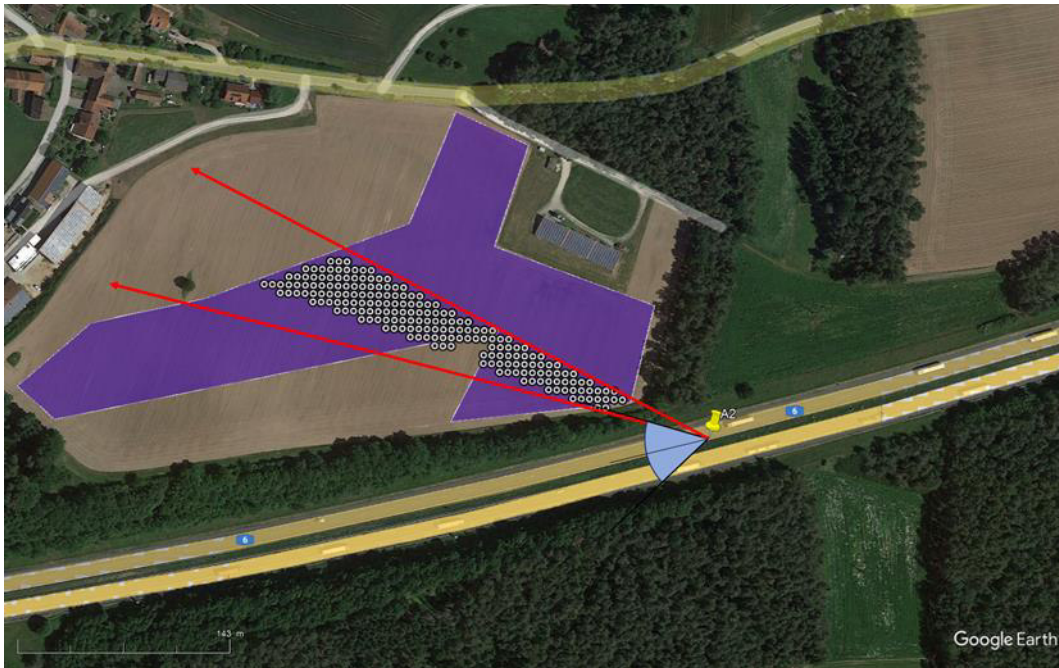


Abbildung 17: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

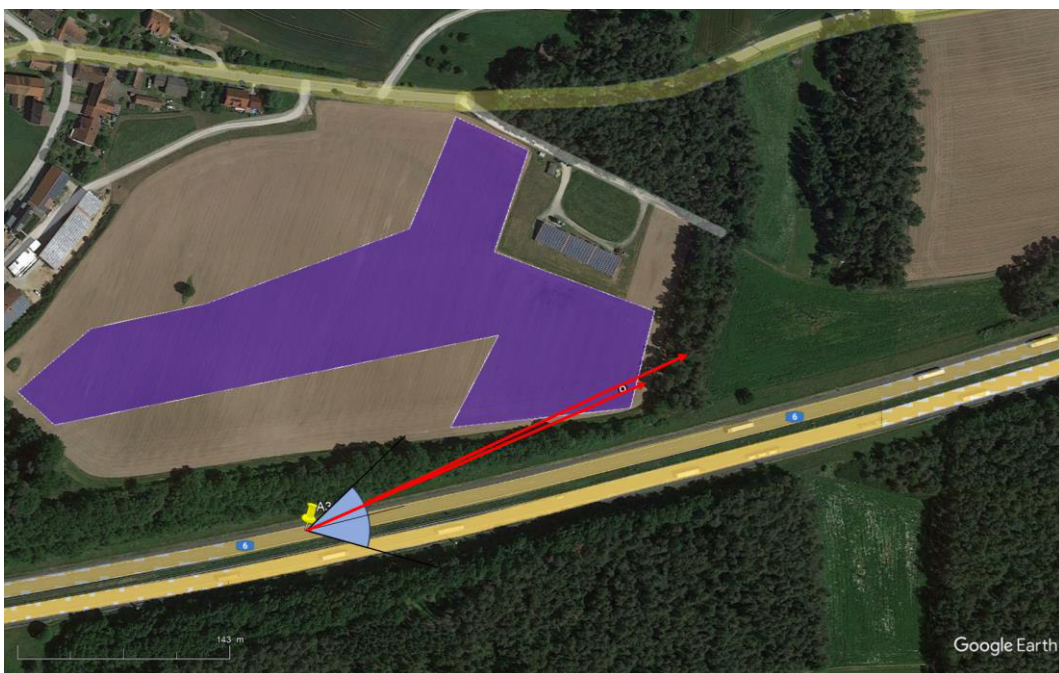


Abbildung 18: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module



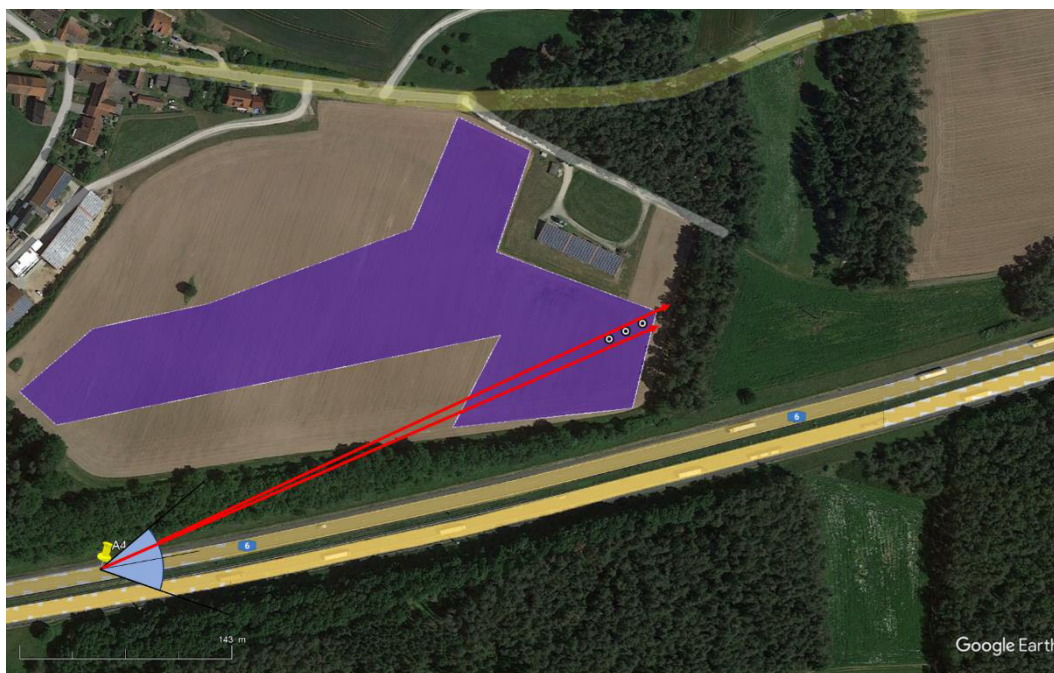


Abbildung 19: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A4 mit Grenzvektoren in Richtung Module

In der Grafik Abbildung 20 ist das Höhenprofil eines Geländeschnitts, der von der Autobahn in Richtung Nord verläuft dargestellt. Es zeigt sich, dass die Autobahn wesentlich tiefer liegt, als der südliche Teil der Planfläche. Damit ist ein direkter Blick von der Autobahn im Bereich der Punkte A3 und A4 auf die Module nicht möglich.

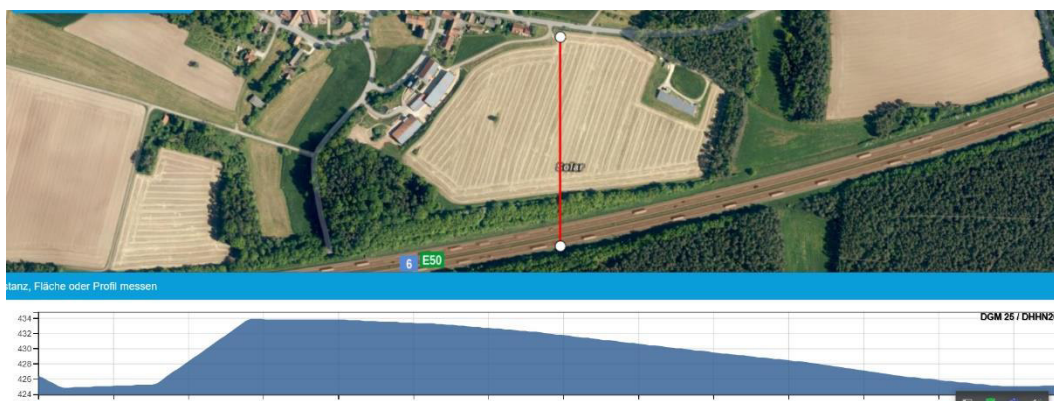


Abbildung 20: Höhenprofil von der Autobahn nach Norden

## E. Bewertung

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Autobahn A6, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Mausendorf, Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August möglich sind, wenn eine freie Blickbeziehung bestehen würde. Die Lichtemissionen in Richtung westlicher Bereich der Autobahn treten in den frühen Morgenstunden zwischen 05:35 Uhr und 05:39 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich auf maximal 3 Minuten am Tag. Lichtemissionen in Richtung östlicher Bereich der Autobahn sind in den Abendstunden zwischen 18:26 Uhr und 18:52 Uhr zu erwarten. Die Dauer beträgt im Maximum 10 Minuten am Tag.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf den östlichen Bereich der Autobahn treffen, Punkte A1 und A2, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Wahrnehmung ist aufgrund des dichten Bewuchses auch dann nicht zu erwarten, wenn der Autofahrer den Blick bewusst abwendet, so dass die Blickrichtung sich außerhalb des normalen Sichtkegels befindet.

Im westlichen Bereich der Autobahn, würden die reflektierenden Module sich, bei freier Sicht, im normalen Blickfeld des Fahrzeugführers befinden. Wie in Kapitel D.2.3 dargestellt liegt das Höhenniveau der Autobahn unterhalb des Höhenniveaus der angrenzenden Planfläche, so dass ein freier Blick auf die reflektierenden Module nicht möglich ist.

Aus diesen Gründen ist eine Störung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Mausendorf entstehen, für den Straßenverkehr auf der Autobahn nicht zu erkennen.

Die Analyse der Lichtemissionen für die beiden Gebäude am Ortsrand von Mausendorfen zeigt, dass dort nicht mit Lichtimmissionen aufgrund von Reflexionen an den Modulen zu rechnen ist.