

# Prüfbericht

---

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Feuchtwangen
Auftraggeber:	ENERKRAFT GmbH
Zweck:	Erstellung eines Gutachtens über den Einfluss der Solaranlage auf die Umgebung durch Reflexionen im Rahmen des allgemeinen Genehmigungsprozesses und für die öffentliche Auslegung und Beteiligung der Träger öffentlicher Belange nach § 3 und §4 BauGB
Standort, Land:	<u>91555 Feuchtwangen (49.183°N; 10.339°E), Deutschland</u>
Prüfberichtsnummer:	22K3839-PV-BG-Feuchtwangen-R01-JBS_LBE-2022
Prüfdatum:	04.03.2022
Verantwortlicher Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt 8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg Tel: +49 (0)40 / 18 12 604-22 E-Mail: joerg.behrschmidt@8p2.de

**Inhaltsverzeichnis**

Bildverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis.....	3
Abkürzungen und Begriffe.....	6
A.    Allgemeine Daten.....	7
A.1.  Auftrag .....	7
A.2.  Prüfungsumfang.....	8
A.3.  Prüfungsgrundlagen .....	8
A.4.  Identifikation der Anlage .....	8
B.    Prüfergebnis.....	9
C.    Grundlage .....	10
C.1.  Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht.....	10
C.2.  Wirkung auf den Menschen .....	11
C.3.  Blickwinkel von Fahrzeugführern.....	12
C.4.  Reflexionen an Solarmodulen.....	12
D.    Analyse .....	14
D.1.  Grundlage und Vorgehensweise .....	14
D.2.  Geometrische Betrachtung.....	15
E.    Bewertung.....	24

**Bildverzeichnis**

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	12
Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel .....	13
Abbildung 3: Google Earth ©2021 Lageplan der Planfläche .....	14
Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	16
Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	16
Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A1 für Emissionen der Planfläche .....	18
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A2 für Emissionen der Planfläche .....	18
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A3 für Emissionen der Planfläche .....	19
Abbildung 9: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A1 auf der Staatsstraße .....	19
Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2 auf der Staatsstraße .....	20
Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 auf der Staatsstraße .....	20
Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O1 für Emissionen der Planfläche.....	21
Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O4 für Emissionen der Planfläche.....	21
Abbildung 14: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	22
Abbildung 15: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	23

**Tabellenverzeichnis**

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

Tabelle 1: Revisionsübersicht

<b>Version</b>	<b>Modifikationen</b>
22K3839-PV-BG-Feuchtwan- gen-R00-JBS_LBE-2022	Ursprungsversion 04.03.2022
22K3839-PV-BG-Feuchtwan- gen-R01-JBS_LBE-2022	Redaktionelle Anpassungen im Kapitel D.1.1. Beschrei- bung Örtlichkeiten und PV-Feld 16.03.2022

## I. Inhalt und Nutzung des Berichts

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

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

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

## II. Ergänzende Informationen zu Haftungsausschlüssen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Abkürzungen und Begriffe**

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

## A. Allgemeine Daten

### A.1. Auftrag

Aufgabenstellung:	Untersuchung über den Einfluss der Modulreflexionen auf die Umgebung der Solaranlage. Es wird untersucht, wann Reflexionen an verschiedenen Punkten der Staatsstraße St1066 und an Gebäuden in der Umgebung zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	ENERKRAFT GmbH Kirchgasse 7 74235 Erlenbach
Auftragsdatum:	25.02.2022
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwierte 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	22K3839-PV-BG-Feuchtwangen-R01-JBS_LBE-2022

## A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die Staatsstraße St1066 und auf Gebäude in der Umgebung der Photovoltaikanlage und am Ortsrand von Feuchtwangen unter Berücksichtigung der Bebauungsplanung entsprechend des Bebauungsplans Nr.46 „Hochschule“. Weiterhin erfolgt eine Bewertung der Auswirkungen der Modulreflexionen unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten, die einen Einfluss auf die Strahlungsleistung der Emissionen nehmen.

## A.3. Prüfungsgrundlagen

- Zur Verfügung gestellte Unterlagen
  - o Schriftliche Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau
  - o Bebauungsplan Nr. 46 „Hochschule“
  - o Vorhabensbezogener Bebauungsplan Nr. 50 für das Sondergebiet „Photovoltaikanlage Deponie“ inkl. Modulbelegungsplan
  - o Dokument zur Behandlung von Einwendungen im Rahmen der frühzeitigen Beteiligung der Behörden und sonstiger Träger Öffentlicher Belange für die Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 50 für das Sondergebiet „PV Deponie“
- 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 Feuchtwangen soll nordöstlich des Ortes Feuchtwangen im mittelfränkischen Landkreis Ansbach östlich der Staatsstraße St1066 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. Die maximale Höhe der Gestelle ergibt sich mit rund 3,0 m.

---

<sup>1</sup> ©2019 Google LLC.

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

## B. Prüfergebnis

Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel.

Für die Photovoltaikanlage Feuchtwangen wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Staatsstraße St1066 und den umliegenden Gebäuden durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Staatsstraße Lichtimmissionen von April bis September in den Morgenstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer beträgt rund 23 Minuten. Die reflektierenden Module liegen in nur einem Punkt im Sichtfeld der Fahrzeugführer. In diesem Punkt weichen die Blickrichtungen in Richtung Module bzw. in Richtung Sonne nur wenig voneinander ab, so dass ein Blick in Richtung Module mit gleicher Vorsicht, wie in Richtung Sonne erfolgen würde. Eine Gefährdung des Straßenverkehrs durch Lichtimmissionen ist nicht erkennbar.

Die Untersuchung der Gebäude in der Umgebung der Photovoltaikanlage, zeigt, dass mit Lichtimmissionen zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt 17 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 20,1 Stunden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellen die Lichtimmissionen damit keine erhebliche Belästigung dar und sind zu tolerieren.

Hamburg, 16. März 2022



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 26 Seiten und ist bis Ende 2032 in der 8.2 Obst & Ziehmann GmbH hinterlegt (Dokumentationsfrist).

## C. Grundlage

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens sind die Lichtemissionen in Form von Reflexionen an den Modulen zu untersuchen und deren Auswirkungen auf die Staatsstraße und Gebäude in der Umgebung zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter, bei Fahrzeugführern unter Beachtung derer Blickwinkel.

### C.1. Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht

Blendung beschreibt im üblichen Sinne eine vorübergehende Funktionsstörung des Auges durch ein Überangebot von Licht. Es wird unterschieden zwischen der **physiologischen Blendung** – einer messbaren Beeinträchtigung der Sehleistung, und der **psychologischen Blendung** – einer subjektiv empfunden und ablenkenden Wirkung, ohne dass eine messbare Beeinträchtigung der Sehleistung vorliegt. Ist die eintreffende Lichtmenge so groß, dass das Auge sich an diese nicht mehr adaptieren kann, spricht man von **Absolutblendung**, sonst von **Adaptionsblendung**. Außerdem wird zwischen **direkter Blendung** – direkte Wirkung einer Lichtquelle, und **indirekter Blendung** – durch reflektiertes Licht einer Lichtquelle unterschieden.

Bei Tageslicht geht die häufigste Blendung direkt von der Sonne aus. Befindet sie sich im Sichtfeld, tritt Absolutblendung auf. In dieser Situation werden keine oder kaum noch Kontraste wahrgenommen und der einzige Schutz ist die Verschattung der Sonne im Sichtfeld (Vorhalten der Hand, Wegdrehen des Kopfes, o.ä.). Des Weiteren droht bei Absolutblendung durch die Sonne eine dauerhafte Schädigung des Auges.

Häufig wird das Sonnenlicht auch von glänzenden Oberflächen zum Betrachter reflektiert. Natürliche reflektierende Objekte können z. B. Gewässer sein. Künstliche Objekte sind Fensterfronten von Gebäuden, Gewächshäuser, Lärmschutzwände aus Glas, Scheiben und Lackoberflächen von Fahrzeugen und auch Solarmodule. Die Intensität der reflektierten Sonnenstrahlung ist in der Regel deutlich geringer als die direkte Sonnenstrahlung: Normale Glasflächen reflektieren ca. 5% des Sonnenlichts, Solarglasflächen ca. 2%. Bei sehr flach eintreffender Sonnenstrahlung wird der Reflexionsgrad deutlich höher – zu diesem Zeitpunkt befindet sich die Sonne allerdings bereits in Blickrichtung des Betrachters.

Neben anhaltender Blendung sind **Flimmereffekte** von besonderer Bedeutung. Sie treten insbesondere dann auf, wenn sich der Beobachter selbst schnell bewegt. Periodisch oder unregelmäßig schwankende Lichtintensitäten werden als besonders störend empfunden. Solche Effekte treten typischerweise beim Autofahren in beleuchteten Tunneln oder beim Durchfahren von Baumalleen bei Sonnenschein auf.

Medizinisch gesehen vollzieht sich die störende Wirkung einer Blendung in drei zu unterscheidenden Schritten. Das eigentliche Sehen besteht in der physikalisch-physiologischen Anregung des Auges durch die Lichteinwirkung auf der Netzhaut. Die Wahrnehmung erfolgt durch die Weiterleitung eines Nervensignals an das Gehirn, wodurch ein bewusstes Erlebnis hervorgerufen wird. Im Fall der Blendung ist dies ein deutlicher Leuchtdichteunterschied eines Sichtfeldausschnittes zur Umgebung. Der dritte Schritt ist das Erkennen. Das wahrgenommene Objekt wird vom Gehirn durch Vergleich mit vorher abgespeicherten Vorlagen (Erfahrungen) bewertet und mit einer Bedeutung belegt.

Liegt das Objekt, von dem die Blendwirkung ausgeht, nicht im direkten Fokus des Gesichtsfeldes, so steigt die Attraktivität und die Tendenz den Blick dorthin zu wenden mit der:

- Größe des Objektes
- Helligkeitskontrast zur Umgebung
- Farbkontrast zur Umgebung
- Bewegung des Objektes (Fahrzeuge usw.)
- Grad der Änderung des Objektes
- Qualitative Andersartigkeit gegenüber der Umgebung
- Neuigkeitswert

Ab einem gewissen Maß an Attraktivität kommt es – durchaus auch unbewusst – zu einer Blickzuwendung auf das Objekt. Dies wird gemeinhin als Ablenkung bezeichnet.

## **C.2. Wirkung auf den Menschen**

Die oben beschriebenen Attraktivitätsmerkmale wirken abhängig vom persönlichen Charakter und der Erfahrung eines Menschen immer unterschiedlich. Sie sind nur von jedem Einzelnen subjektiv zu bewerten. Es ist daher nicht möglich, allgemein gültige Kriterien zu benennen, die den Zustand der „Störung“ charakterisieren.

Im vorliegenden Fall soll die Solaranlage auf einer Freifläche errichtet werden, die sich entlang einer Staatsstraße erstreckt. Es ist davon auszugehen, dass bei der Ausdehnung des Solarfeldes in der entsprechenden Blickrichtung eines Betrachters auch andere – im Sinne der obigen Auflistung – „attraktive“ Objekte im Blickfeld auftauchen können.

Da das Solarfeld unbeweglich ist, wird die ablenkende Attraktivität dieses Objektes erfahrungsgemäß sehr schnell nachlassen. Lediglich bei dem Charakteristikum Helligkeitskontrast könnte die reflektierte Sonnenstrahlung Ablenkung oder subjektive Störung verursachen.

Da sich die reflektierte Sonnenstrahlung in gleicher Winkelgeschwindigkeit wie die Sonne selbst bewegt – also sehr langsam – kann hinter Fenstern in Gebäuden eine plötzliche auftretende Störwirkung ausgeschlossen werden. Wie oben angeführt ruft das Gehirn bei jedem neuen optischen Sinneseindruck vorhandene Erfahrungsvorlagen zur Bewertung des neuen Eindrucks auf. Da jeder Mensch in unserem Kulturraum schon Erfahrung mit reflektiertem Sonnenlicht z. B. an Glasfassaden gemacht hat, wird dieser Störcharakter in der Hinsicht „Neuigkeitswert“ kaum eintreten.

Solarmodule reflektieren mit ca. 2 % äußerst wenig von dem eingestrahlteten Sonnenlicht. Des Weiteren handelt es sich bei dem reflektierten Licht immer um Sonnenlicht – also um ein dem Organismus angenehmes und gewohntes Spektrum, mit lediglich natürlicher Intensitätsschwankung – z. B. bei Wolkendurchzug.

### C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführern

Neben der Intensität der Lichtquelle ist für eine Blendung maßgeblich, dass die Lichtquelle innerhalb des Sichtfelds des Betrachters liegt. Das Sichtfeld wird maßgeblich bestimmt durch den Blickwinkel. Ausführungen hierzu finden sich in der Arbeit von Dipl.-Ing. Romy Reinisch „Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Straßenumfeld bei Nachtfahrten im übergeordneten Straßennetz“, 27. Oktober 2009. Aus Bild 4-6 der Arbeit, erstellt in Anlehnung an das „Traffic Engineering Handbook“, leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab.

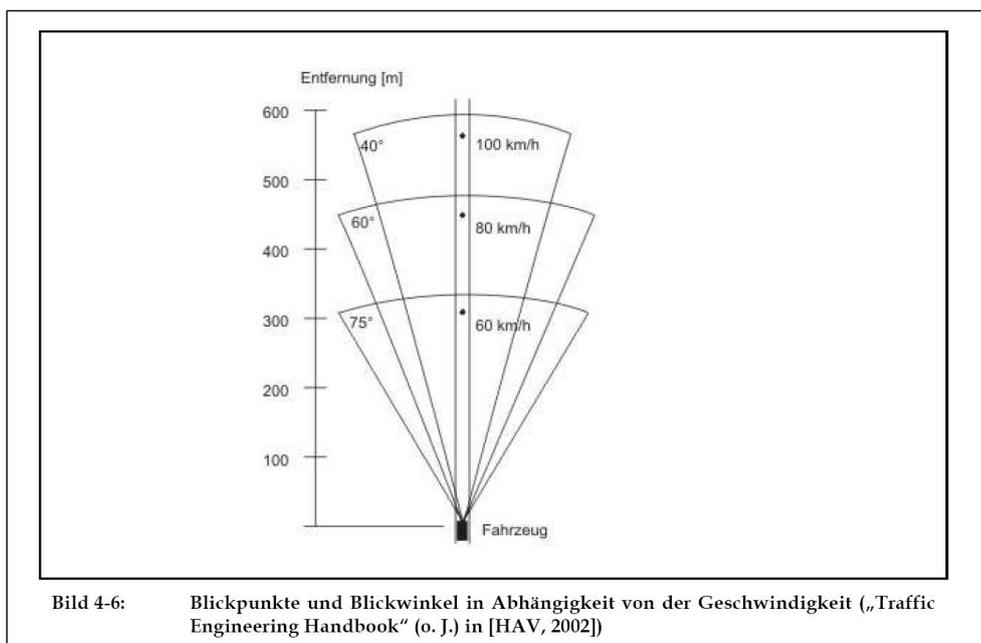


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit<sup>3</sup>

### C.4. Reflexionen an Solarmodulen

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

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

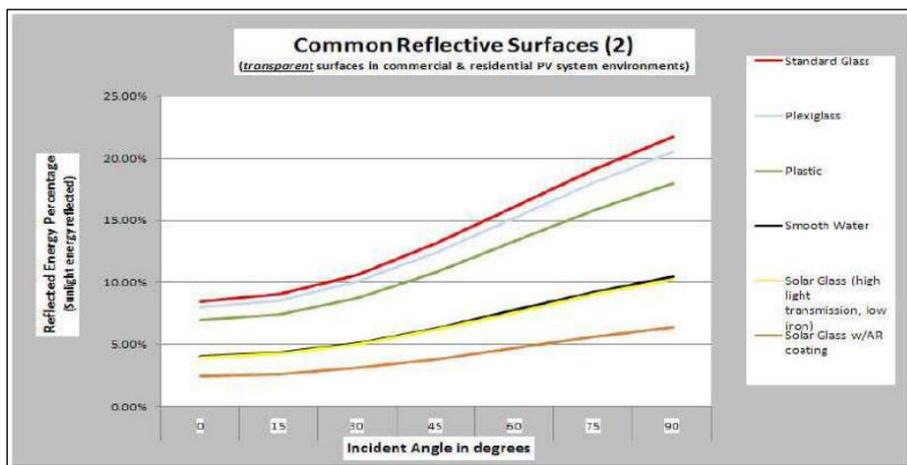


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel<sup>4</sup>

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

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

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

## D. Analyse

### D.1. Grundlage und Vorgehensweise

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

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

Die Planfläche selbst liegt im Nordwesten der Stadt Feuchtwangen, östlich der Staatsstraße St1066, im Landkreis Ansbach. Das Gelände weist unterschiedliche Neigungen auf. Diese wurden im Rahmen der Analyse entsprechend der in Abbildung 3 dargestellten, farblich abgegrenzten Teilflächen berücksichtigt. Das Höhengniveau der Planfläche über Normalhöhennull (NHN) beträgt zwischen 510 m an der Grenze zur Staatsstraße und 475 m am östlichen Rand der Planfläche. Das Höhengniveau der Staatsstraße beträgt zwischen 511 m und 512 m. Das Höhengniveau der betrachteten Gebäude beträgt zwischen 512 m im Punkt O1 und 464 m im Punkt O4. Die bestehende Bebauung besteht aus einer Mischung aus landwirtschaftlichen Anwesen mit Wohngebäuden und Wirtschaftsgebäuden sowie Einfamilienhäusern. Der Punkt O2 betrachtet repräsentativ die geplante Bebauung des Bebauungsplans Nr.48 „Hochschule“ mit einer Mischung aus Wohnbebauung im nördlichen und nordwestlichen Teil des Planungsbereiches und Hochschul-Gelände und einem Mischgebiet für Dienstleister im südlichen Teil. Die Punkte O1 und O2 sind bewusst an den Bebauungsgrenzen gesetzt worden, da hier erfahrungsgemäß mit der längsten Dauer der Blendwirkung zu rechnen ist.



Abbildung 3: Google Earth ©2021 Lageplan der Planfläche

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

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

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. Die maximale Höhe der Gestelle beträgt laut Planung rund 3,0 m.

## D.1.2. Vorgehensweise

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

Auf der Staatsstraße werden die Punkte A1 bis A5 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 am Ortsrand von Feuchtwangen, unter Berücksichtigung der zukünftigen Bebauung entsprechend des Bebauungsplanes „Hochschule“, sowie Gebäude in der Umgebung erfolgt exemplarisch für die Punkte O1 bis O4.

Nach Abschluss der Bestimmung möglicher sichtbarer Reflexionen erfolgt eine Bewertung, inwieweit die Reflexionen von Fahrzeugführern wahrgenommen werden können bzw. inwieweit die Reflexionen eine Belastung für die Anwohner darstellen.

## D.2. Geometrische Betrachtung

### D.2.1. Grundlage

Die geometrische Betrachtung wird für die Unterkante der Module mit 0,8 m durchgeführt. Erfahrungsgemäß stellt dies den ungünstigsten Fall dar.

Die Augenposition der Fahrzeugführer wird mit 1,2 m für PKW und 2,5 m für LKW über der Straße angesetzt.

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 Staatsstraße bzw. an den Gebäuden zu den Punkten auf der Photovoltaikfläche der Ort einer Lichtquelle (Emissionsort) ermittelt, der zu Lichtimmissionen auf der Staatsstraße bzw. den Gebäuden 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.

# 8.2

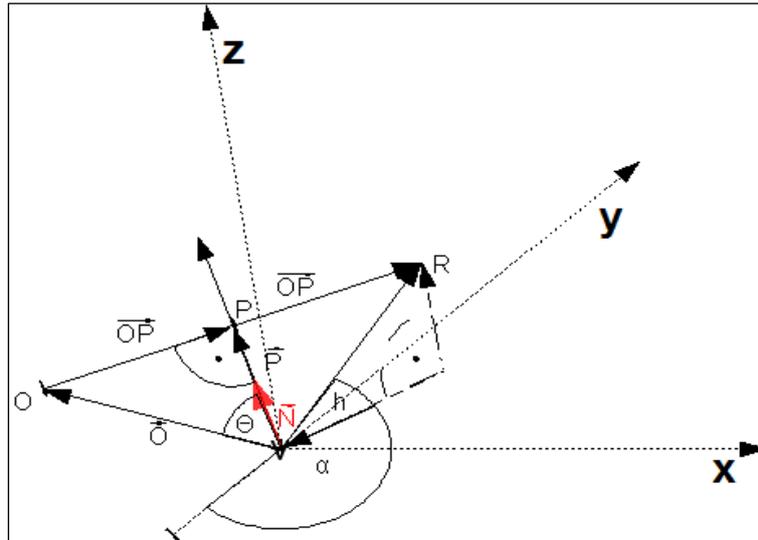


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

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  $-120^\circ$  bis  $+120^\circ$  und für den Höhenwinkel  $h$  von  $0^\circ$  bis  $64^\circ$ .

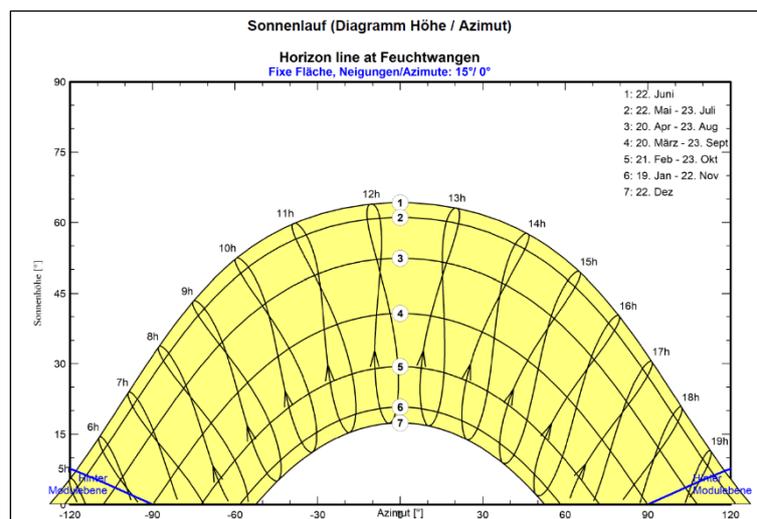


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

### 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]
A1 PKW + LKW	von 22. Apr bis 20. Aug	05:21 - 06:28	19	22.6
A2 PKW + LKW	von 03. Apr bis 09. Sep	05:24 - 06:49	23	36.3
A3 PKW + LKW	von 14. Mrz bis 28. Sep	05:24 - 07:18	13	21.8
A4 PKW + LKW	Keine Reflexionen			
A5 PKW + LKW	Keine Reflexionen			
O1	von 01. Mai bis 07. Okt	05:49 - 06:24	17	20.1
O2	Keine Reflexionen			
O3	Keine Reflexionen			
O4	von 01. Jun bis 10. Jul	18:36 - 18:44	4	2.0

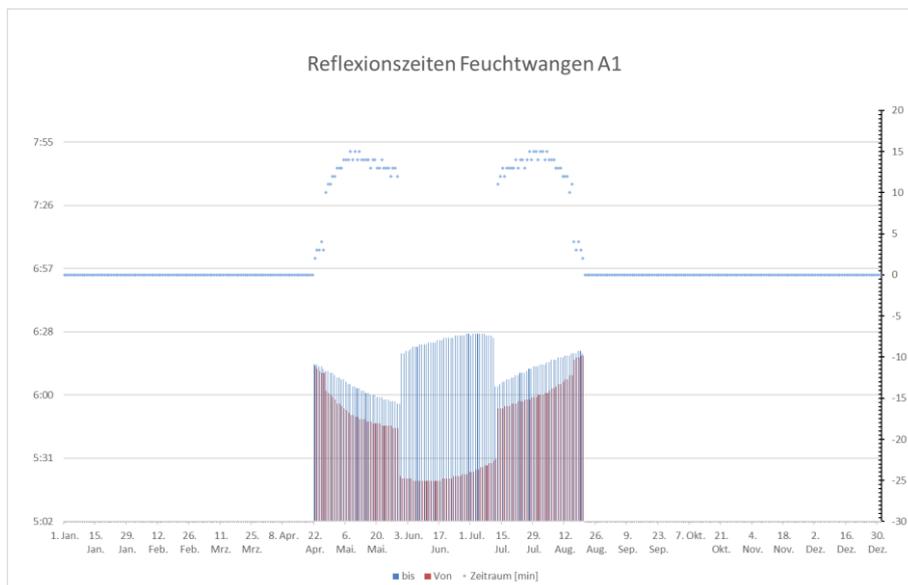
#### Staatsstraße St1066

Die Analyse zeigt für die Punkte A4 und A5, dass auf der Staatsstraße keine Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in den Punkten A1 bis A3 zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Morgenstunden im Zeitraum zwischen 05:21 Uhr bis 07:18 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 23 Minuten.

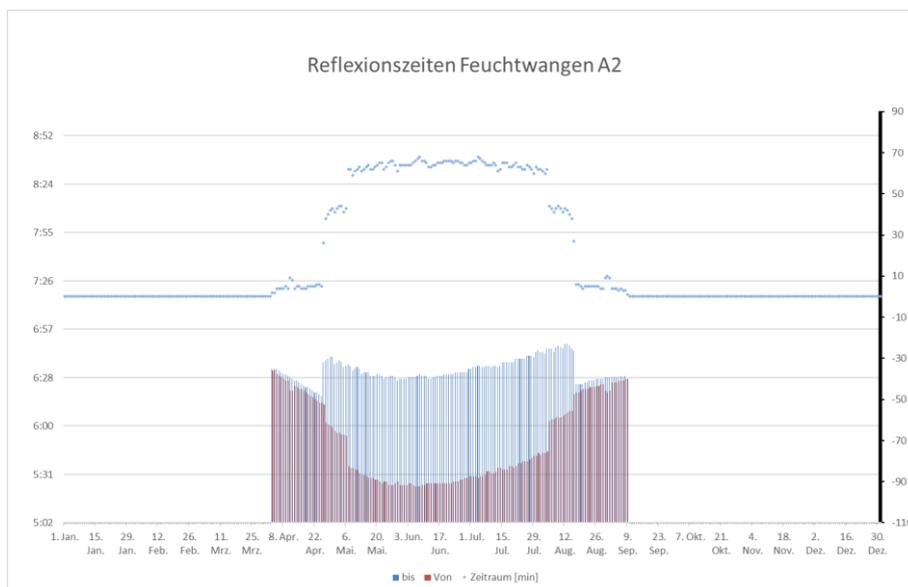
Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 8 dargestellt. Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) kommt es erst ab einem Differenzwinkel (Winkel zwischen Sichtlinie zur Sonne und der Sichtlinie zum Modul) größer  $10^\circ$  zu einer zusätzlichen Blendung durch die Photovoltaikanlage<sup>8</sup>. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer  $10^\circ$  aufweisen.

In den Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 8 stellen die Werte der linken Ordinate die Uhrzeiten dar, in denen die Blendung am Immissionsort auftritt. Die Werte der rechten Ordinate stellen die Anzahl der Minuten pro Tag dar, in denen eine Blendung am Immissionsort auftritt.

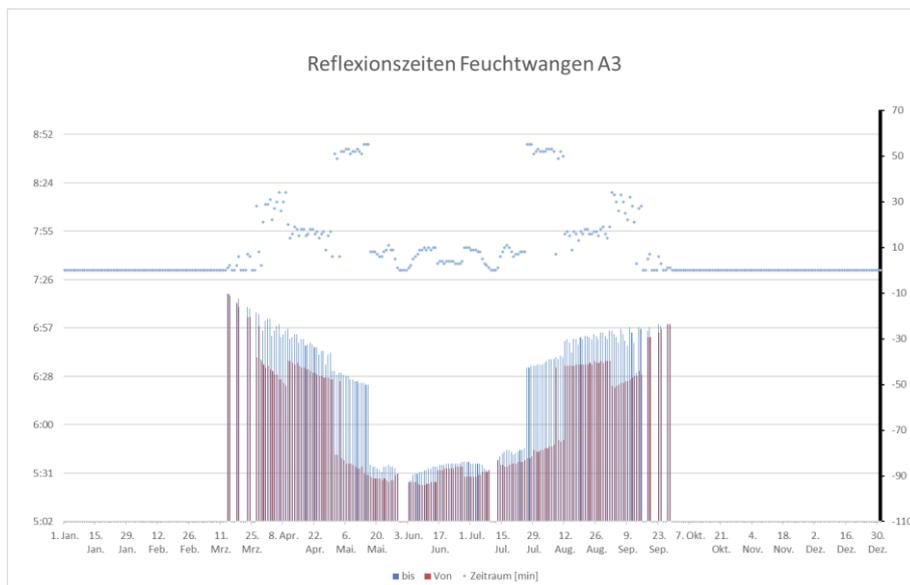
<sup>8</sup> Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012



**Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A1 für Emissionen der Planfläche**



**Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A2 für Emissionen der Planfläche**



**Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A3 für Emissionen der Planfläche**

Die folgenden Grafiken Abbildung 9 bis Abbildung 11 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte A1 bis A3 ausgehen. Die bunten Flächen stellen die Planfläche mit ihren unterschiedlichen Geländeneigungen 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 9: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A1 auf der Staatsstraße**

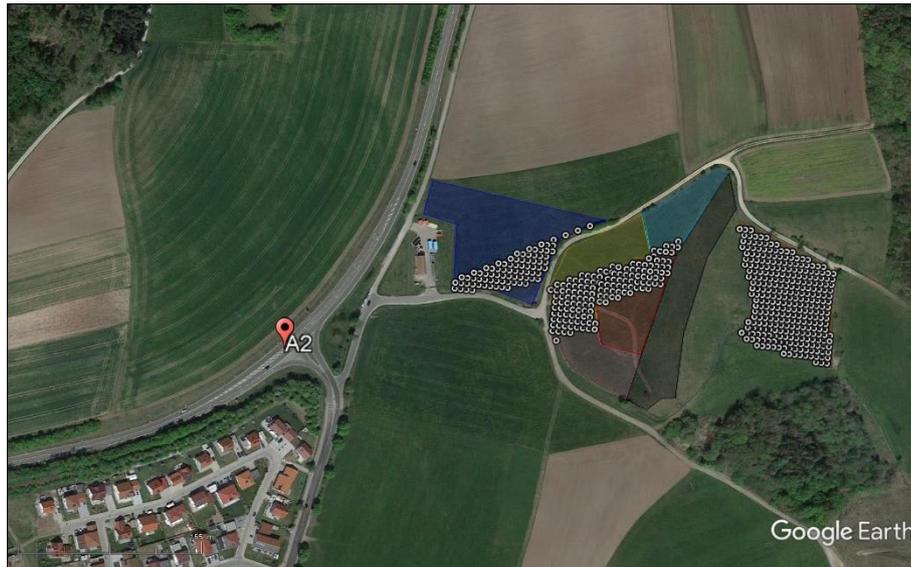


Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2 auf der Staatsstraße



Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 auf der Staatsstraße

### Gebäude in der Umgebung der Photovoltaikanlage

Die Untersuchung der Ortsränder in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen nur in den Punkten O1 und O4 zu rechnen ist. In den Punkten O2 und O3 treten keine Reflexionen auf.

In Punkt O1 sind Lichtimmissionen von Anfang Mai bis Anfang Oktober zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Morgenstunden zwischen 5:49 und 06:24 auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 17 Minuten am Tag und summiert sich auf 20,1 h im Jahr.

In Punkt O4 sind Lichtimmissionen von Anfang Juni bis Anfang Juli zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Abendstunden zwischen 18:36 und 18:44 auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 4 Minuten am Tag und summiert sich auf 2,0 h im Jahr.

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

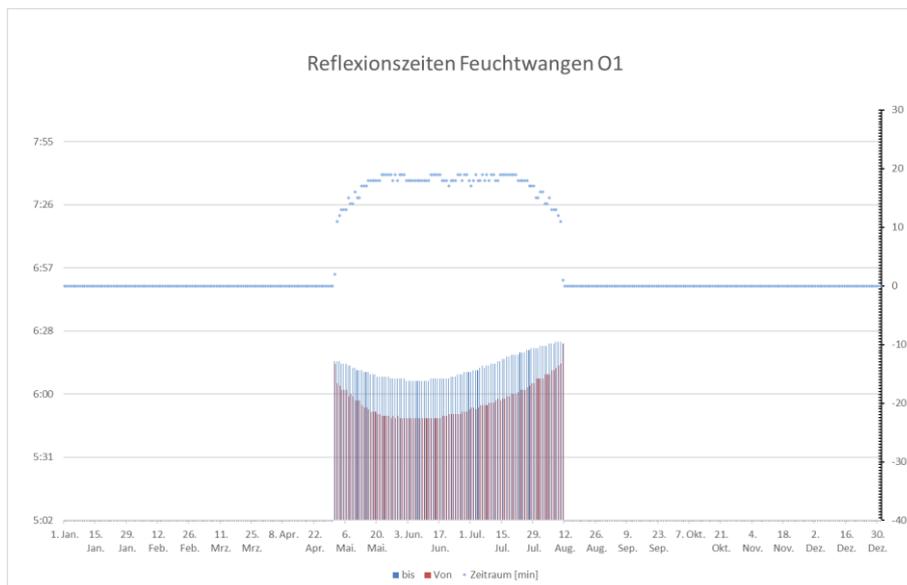


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O1 für Emissionen der Planfläche

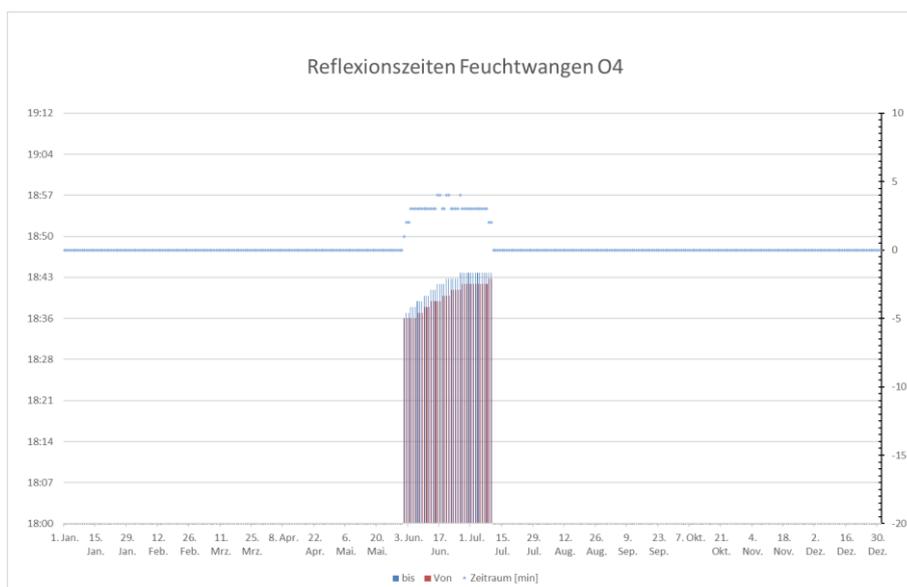


Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O4 für Emissionen der Planfläche

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

#### Staatsstraße

Die Reflexionen, die im Bereich zwischen Punkt A1 und Punkt A2 rechnerisch auftreten sind aufgrund der Geländetopografie für den Betrachter nicht sichtbar, siehe Abbildungen im Anhang.

## 8.2

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 14 für Punkt A2 und in Abbildung 15 für Punkt A3 dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in blau dargestellt. Die Kegel geben die Sichtfelder der Fahrzeuge in die jeweiligen Fahrrichtungen wieder. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von Punkt A2 bzw. Punkt A3 in Richtung der Module aufspannen, die zu Reflexionen in dem zugehörigen Punkt führen, siehe Tabelle 2 in Kapitel D.2.2.

Die Analyse zeigt, dass die Differenz des Azimutwinkels zwischen dem Blickvektor Richtung Sonne und dem Blickvektor Richtung Module im Punkt A2 im Maximum  $5,3^\circ$  beträgt.

Es zeigt sich für Punkt A2 und Fahrtrichtung Norden, dass im westlichen Feld eine geringe Anzahl von Modulen mit Lichtemissionen innerhalb des Sichtfeldes der Fahrzeugführer liegt.

Es zeigt sich für Punkt A3 und beide Fahrrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb des Sichtbereiches der Fahrzeugführer liegen.

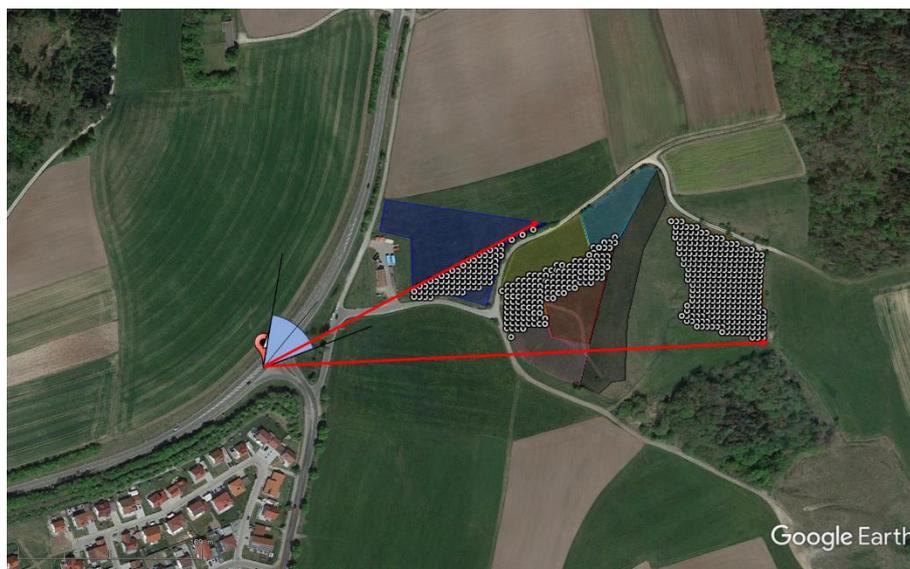


Abbildung 14: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

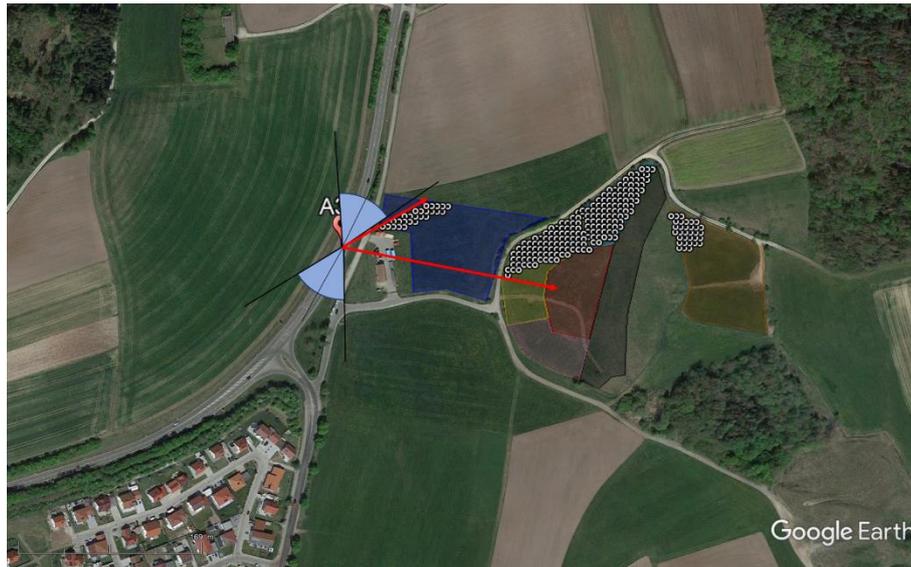


Abbildung 15: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module

### Gebäude in der Umgebung der Photovoltaikanlage

Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)<sup>9</sup> ist ein bestimmtes Maß an Lichtimmissionen, die durch Reflexionen entstehen tolerierbar. Ist die maximale astronomisch mögliche Dauer pro Tag auf 30 Minuten begrenzt und werden im Kalenderjahr 30 Stunden nicht überschritten, liegt nach LAI keine erhebliche Belästigung vor.

Für die Gebäude in der Umgebung der stellen die Lichtimmissionen nach LAI keine erhebliche Belästigung dar, da die maximal mögliche Dauer für einzelne Gebäude pro Ereignis 17 Minuten beträgt und maximal an 20,1 Stunden im Kalenderjahr Lichtimmissionen wahrgenommen werden können.

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

## E. Bewertung

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Staatsstraße St1066, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Feuchtwangen, Lichtimmissionen von April bis September in den Morgenstunden zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in etwa zwischen 05:21 Uhr und 06:49 auf. Die Dauer beträgt im Maximum 23 Minuten. Bei dieser Betrachtung wurden Ereignisse, bei denen der Differenzwinkel zwischen Reflexionsort und Sonne kleiner  $10^\circ$  beträgt, entsprechend der Empfehlung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)<sup>10</sup> nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen für Punkt A1, dass die Planfläche aus diesem Punkt aufgrund der Geländetopografie nicht einsehbar ist und somit keine störenden Blendungen auftreten können.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen für Punkt A2, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Staatsstraße treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich innerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Die Reflexionen, die sich im Sichtkegel der Fahrzeugführer befinden, treten lediglich zwischen Mai und Juli und an maximal 5 Minuten pro Tag auf. Aus den Ergebnissen der geometrischen Betrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass die Differenz des Azimutwinkels zwischen dem Blickvektor Richtung Sonne und dem Blickvektor Richtung Module mit im Maximum  $3,3^\circ$  gering ist. Dies bedeutet, dass ein Hinwenden in Richtung Module eine Hinwendung in Richtung Sonne bedeutet. Es ist davon auszugehen, dass dies entsprechend vorsichtig erfolgt, so dass eine Blendung auszuschließen ist.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen für Punkt A3, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Staatsstraße treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Wahrnehmung ist nur dann zu erwarten, wenn der Fahrzeugführer den Blick bewusst abwendet, so dass die Blickrichtung sich außerhalb des normalen Sichtkegels befindet. Eine Störung des Straßenverkehrs ist daher nicht erkennbar.

Die Analyse der Lichtemissionen zeigt, dass an Gebäuden in der Umgebung der Photovoltaikanlage teilweise Lichtimmissionen zu erwarten sind. Nach den Richtlinien der LAI liegen keine erheblichen Belästigungen vor, da die zu tolerierenden Zeiträume mit maximal 17 Minuten am Tag und maximal 20,1 Stunden im Jahr eingehalten werden.

---

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

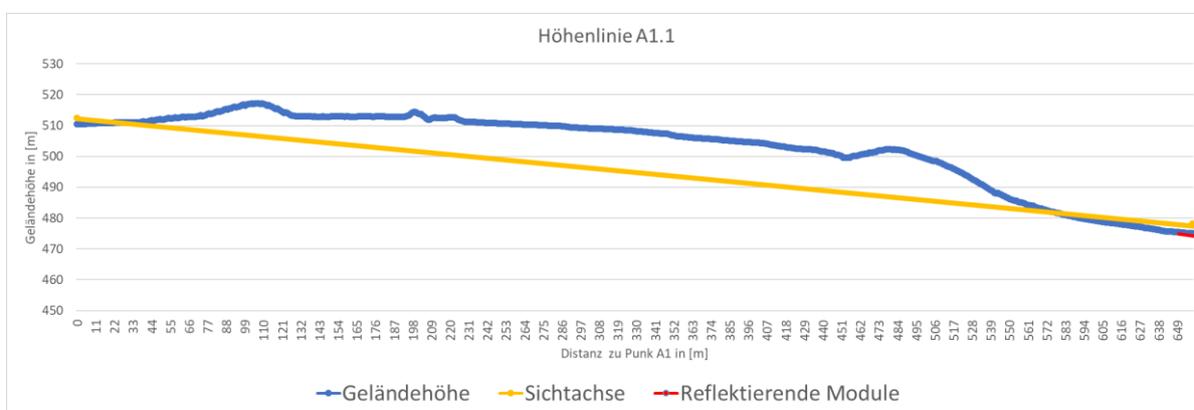
## Anhang

### Höhenlinien von Punkt A1 in Richtung Planfläche

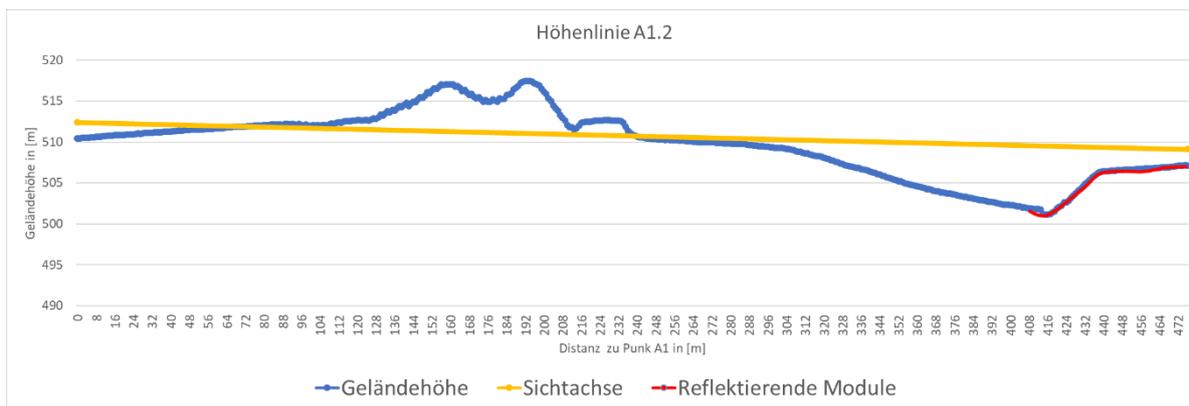
#### Übersichtsbild



#### Höhenlinie A1.1



## Höhenlinie A1.2



## Höhenlinie A1.3

