

Prüfbericht

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Langensendelbach
Auftraggeber:	Greeno Solarprojekt 24 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>91094 Langensendelbach (49.647°N; 11.056°E), Germany</u>
Prüfberichtsnummer:	21K2858-PV-BG-Langensendelbach-R00-JBS_LBE-2020
Prüfdatum:	25.05.2021
Verantwortlicher Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt 8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg Tel: +49 (0)40 / 18 12 604-22 E-Mail: joerg.behrschmidt@8p2.de

Inhaltsverzeichnis

Bildverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis.....	3
Abkürzungen und Begriffe.....	6
A. Allgemeine Daten.....	7
A.1. Auftrag	7
A.2. Prüfungsumfang.....	8
A.3. Prüfungsgrundlagen	8
A.4. Identifikation der Anlage	8
B. Prüfergebnis.....	9
C. Grundlage	10
C.1. Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht.....	10
C.2. Wirkung auf den Menschen	11
C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführern.....	12
C.4. Reflexionen an Solarmodulen.....	12
D. Analyse	14
D.1. Grundlage und Vorgehensweise	14
D.2. Geometrische Betrachtung.....	16
E. Bewertung.....	29
F. Anhang.....	30

Bildverzeichnis

Abbildung 1:	Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit	12
Abbildung 2:	Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel	13
Abbildung 3:	Google Earth ©2021 Lageplan der Planfläche	14
Abbildung 4:	Sicht von der Planfläche in Richtung Langensendelbach	15
Abbildung 5:	Sicht von der Planfläche in Richtung Igelsdorf	15
Abbildung 6:	Modulbelegungsplan der Planfläche	16
Abbildung 7:	Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul	17
Abbildung 8:	Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	18
Abbildung 9:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A2 für Emissionen der Planfläche	19
Abbildung 10:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2 auf der Kreisstraße FO15.....	20
Abbildung 11:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 für Emissionen der Planfläche	21
Abbildung 12:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B2 für Emissionen der Planfläche	21
Abbildung 13:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1 auf der Kreisstraße FO26.....	22
Abbildung 14:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2 auf der Kreisstraße FO26.....	22
Abbildung 15:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O3 UG für Emissionen der Planfläche.....	23
Abbildung 16:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O3 OG für Emissionen der Planfläche	23
Abbildung 17:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O3 OG und UG am Ortsrand Igelsdorf	24
Abbildung 18:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt L3 UG für Emissionen der Planfläche	25
Abbildung 19:	Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt L3 OG für Emissionen der Planfläche	25
Abbildung 20:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O3 OG und UG am Ortsrand Langensendelbach.....	26
Abbildung 21:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	27
Abbildung 22:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B1 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	27
Abbildung 23:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	28

Tabellenverzeichnis

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

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
21K2858-PV-BG-Langensendelbach-R00-JBS_LBE-2020	Ursprungsversion 26.05.2021

I. Inhalt und Nutzung des Berichts

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

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

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

II. Ergänzende Informationen zu Haftungsausschlüssen

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

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

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

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

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

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

6.) Unter der Voraussetzung, dass der Bericht sich auf Notizen, Berichte, Aussagen, Meinungen oder Ratschläge vom Auftraggeber und/oder von Dritten (die im Bericht angegeben werden) bezieht oder darauf beruht, bleiben diese Personen 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 umliegenden Kreisstraßen FO15 und FO26, sowie an den Ortsrändern von Igelsdorf und Langensendelbach zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	Greeno Solarprojekt 24 GmbH & Co. KG Fürther Str. 252 90429 Nürnberg
Auftragsdatum:	17.03.2021
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	21K2858-PV-BG-Langensendelbach-R00-JBS_LBE-2020

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die südwestlich und südlich der Anlage entlangführende Kreisstraße FO15, die östlich vorbeiführende Kreisstraße FO26, sowie die südwestlich gelegene Bebauung von Igelsdorf und die südöstlich gelegene Bebauung von Langensendelbach. 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 Modulbelegungsplan
 - o Schriftliche Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau
 - o Kurzbeschreibung des Vorhabens mit Bildansichten der Planfläche
- 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 „BayernAtlas“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 Langensendelbach soll nordwestlich der Stadt Langensendelbach im Landkreis Forchheim installiert werden.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von $178 - 185^\circ$ ($N=0^\circ$) und einem Neigungswinkel von 20° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Es sollen drei kristalline Module hochkant übereinander montiert werden.

¹ ©2019 Google LLC.

² 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 Langensendelbach wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf den Kreisstraßen FO15 und FO26, sowie den Ortsrändern von Igelsdorf und Langensendelbach durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf den Kreisstraßen FO15 und FO26 Lichtimmissionen von April bis August in den Morgen- bzw. Abendstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer beträgt rund 7 Minuten.

Die Lichtimmissionen treten in einem eng begrenzten Zeitraum auf. Zudem weichen die Blickrichtung 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 Verkehrsstörung durch Lichtimmissionen ist somit nicht erkennbar.

Die Untersuchung der Ortsränder von Igelsdorf und Langensendelbach, die der Photovoltaikanlage zugewandt sind, zeigt, dass mit Lichtimmissionen zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt 7 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 11,0 Stunden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellen die Lichtimmissionen damit keine erhebliche Belästigung dar und sind zu tolerieren.

Hamburg, 26. Mai 2021



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 40 Seiten und ist bis Ende 2031 in der 8.2 Obst & Ziehmann GmbH hinterlegt (Dokumentationsfrist).

C. Grundlage

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens sind die Lichtemissionen in Form von Reflexionen an den Modulen zu untersuchen und deren Auswirkungen auf die Kreisstraßen und die Ortsränder zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter und 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 zwischen zwei Kreisstraßen 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 in der Arbeit von Dipl.-Ing. Romy Reinisch „Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Straßenumfeld bei Nachtfahrten im übergeordneten Straßennetz“, 27. Oktober 2009. Aus Bild 4-6 der Arbeit, erstellt in Anlehnung an das „Traffic Engineering Handbook“, leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab.

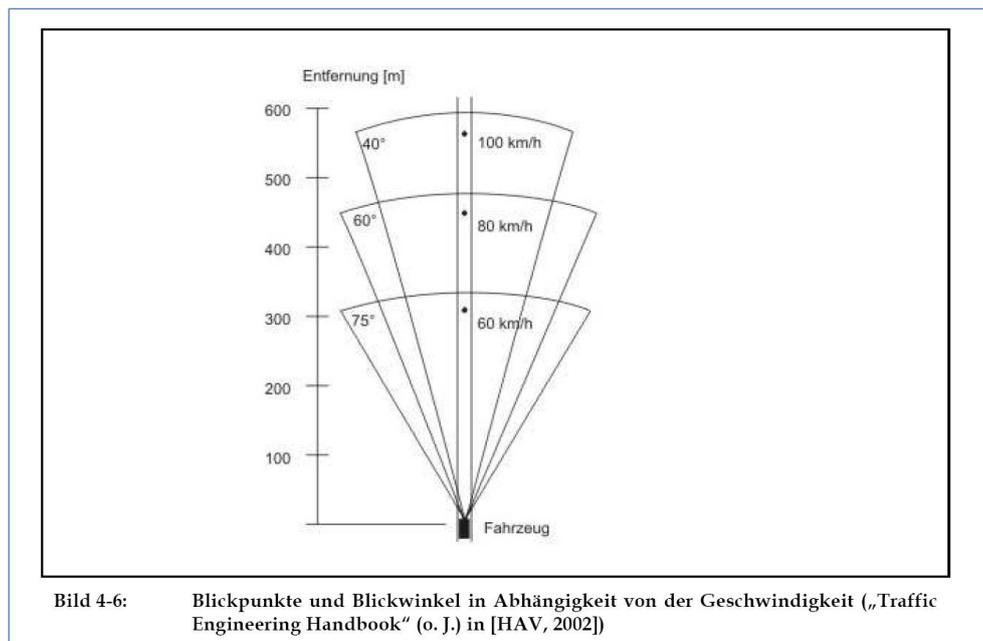


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit³

C.4. Reflexionen an Solarmodulen

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

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

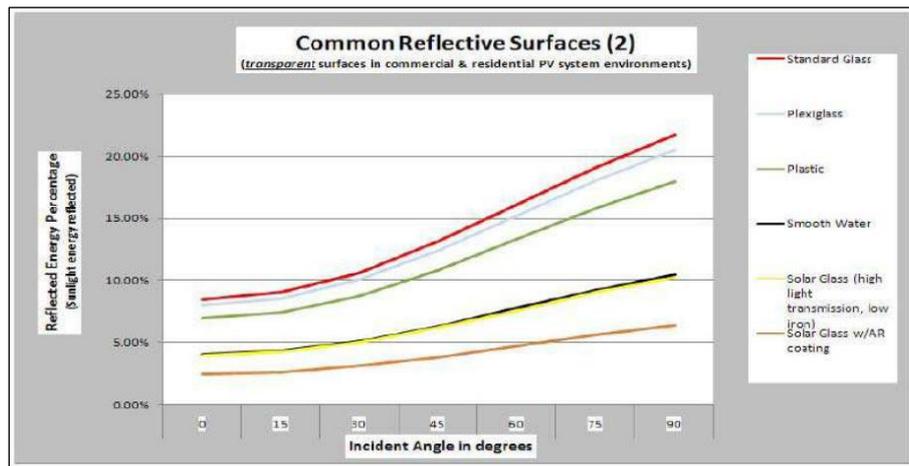


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

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

Die Planfläche selbst liegt nordwestlich der Stadt Langensendelbach, zwischen den Kreisstraßen FO15 und FO26.

Das Höhengniveau der Kreisstraße FO15 über Normalhöhennull beträgt im Untersuchungsbe-
reich zwischen 277 m und 291 m. Das Höhengniveau der Kreisstraße FO26 beträgt im Unter-
suchungsbereich zwischen 294 m und 297 m. Das Höhengniveau des Ortsrandes Igeldorf
beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 276 m und 282 m. Das Höhengniveau des Ortsran-
des Langensendelbach beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 287 m und 305 m. Die Be-
bauung besteht aus einer Mischung aus landwirtschaftlichen Anwesen mit Wohngebäuden
und Wirtschaftsgebäuden sowie Einfamilienhäusern. Das Höhengniveau der Planfläche liegt im
westlichen Bereich bei etwa 280 m und im östlichen Bereich auf bis zu 289 m, siehe Abbildung
3.



Abbildung 3: Google Earth ©2021 Lageplan der Planfläche

⁶ ©2020 Google, ©2020 GeoBasis-DE/BKG

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

8.2

Den südlichen Bereich der Planfläche überspannt eine Stromtrasse. Der Bereich unter der Stromtrasse wird von Modulen freigehalten.



Abbildung 4: Sicht von der Planfläche in Richtung Langensendelbach



Abbildung 5: Sicht von der Planfläche in Richtung Igelsdorf

Die Module werden im nördlichen Teil der Planfläche mit einem Azimut von 180° ($N=0^\circ$) ausgerichtet. Auf den südlichen Teilflächen werden die Module mit 178° ($N=0^\circ$) bzw. 185° ($N=0^\circ$) ausgerichtet, siehe Abbildung 6. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen.

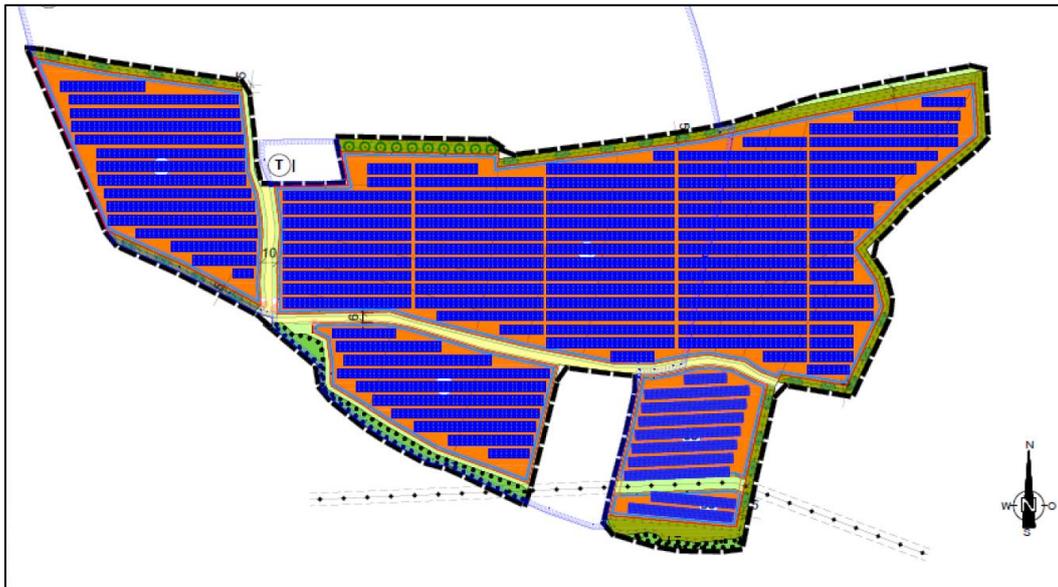


Abbildung 6: Modulbelegungsplan der Planfläche

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf den Kreisstraßen, 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 8 m über die Planfläche gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte.

Auf der Kreisstraße FO15 werden die Punkte A1 bis A4 und auf der Kreisstraße FO26 die Punkte B1 bis B3 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 den Ortsrand von Igelsdorf erfolgt exemplarisch für die Punkte O1 bis O4 und für den Ortsrand Langensendelbach für die Punkte L1 und L4.

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

8.2

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 Kreisstraße bzw. an den Gebäuden zu den Punkten auf der Photovoltaikfläche der Ort einer Lichtquelle (Emissionsort) ermittelt, der zu Lichtimmissionen auf der Straße führt. Der Emissionsort wird definiert durch Azimut α und Höhenwinkel h° . Im zweiten Schritt werden die Koordinaten der berechneten Emissionsorte mit dem Sonnenstand der Sonne im Jahresverlauf verglichen.

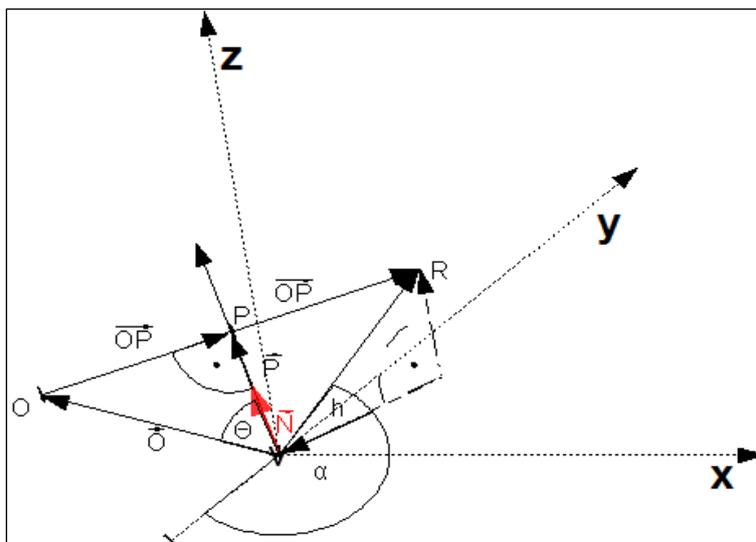


Abbildung 7: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

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 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 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 64° .

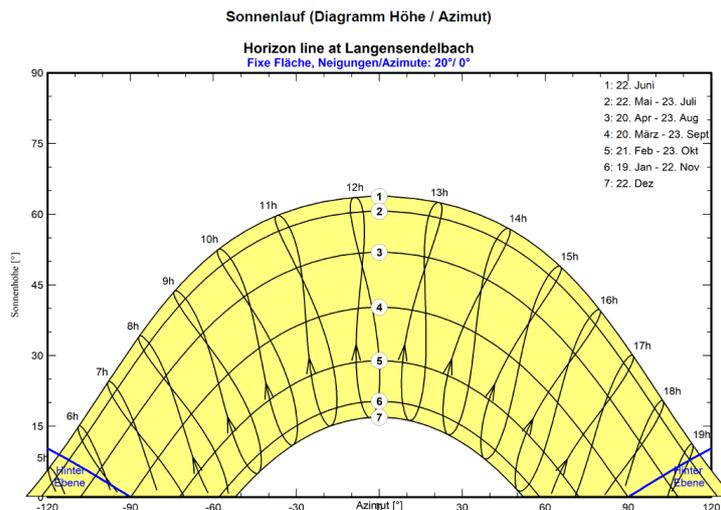


Abbildung 8: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

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 20° Azimut 180° (N=0°)				
A1 PKW	Keine Reflexionen			
A2 PKW und LKW	von 29. Apr bis 14. Aug	05:55 - 06:12	7	9.0
A3 PKW und LKW	Keine Reflexionen			
A4 PKW und LKW	Keine Reflexionen			
B1 PKW und LKW	von 20. Apr bis 22. Aug	18:17 - 18:35	5	8.1
B2 PKW und LKW	von 22. Apr bis 6. Mai.	18:17 - 18:22	4	1.7
	von 06. Aug bis 20. Aug.	18:29 - 18:31		
B3 PKW und LKW	Keine Reflexionen			
O1 (UG + OG)	Keine Reflexionen			
O2 (UG)	von 29. Apr bis 13. Aug	05:57 - 06:12	4	6.2
O2 (OG)	von 26. Apr bis 16. Aug	05:58 - 06:13	4	6.6
O3 (UG)	von 30. Apr bis 13. Aug	05:55 - 06:11	6	8.1
O3 (OG)	von 27. Apr bis 15. Aug	05:56 - 06:13	7	9.7
O4 (UG)	von 13. Apr bis 29. Aug	05:55 - 06:12	6	11.0
O4 (OG)	Keine Reflexionen			
L1 (UG + OG)	Keine Reflexionen			
L2 (UG + OG)	Keine Reflexionen			
L3 (UG)	von 20. Apr bis 22. Aug	18:15 - 18:33	4	7.4
L3 (OG)	von 18. Apr bis 22. Aug	18:15 - 18:33	5	8.9
L4 (UG + OG)	Keine Reflexionen			

Die Berechnungen wurden für einen Azimut der Module aller Teilflächen von 180° ($N=0^\circ$) durchgeführt. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die oben aufgeführten Zeitbereiche und Datumsbereiche der Reflexionen, sowie die Positionen der Reflexionspunkte auf der Planfläche unter der Variation des Azimuts zwischen 178° ($N=0^\circ$) und 185° ($N=0^\circ$) nur unwesentlich ändern und aus diesen Berechnungen gezogenen Schlussfolgerungen für den gesamten Azimut Bereich zwischen 178° ($N=0^\circ$) und 185° ($N=0^\circ$) gelten.

Kreisstraße FO15

Die Analyse zeigt für die Punkte A1, A3 und A4, dass auf der Kreisstraße keine Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen im Punkt A2 zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Morgenstunden von März bis April und im September im Zeitraum zwischen 06:08 und 06:23 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum 6 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in dem nachfolgenden Diagramm Abbildung 9 dargestellt. Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionschutz (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 dem Diagramm Abbildung 9 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.

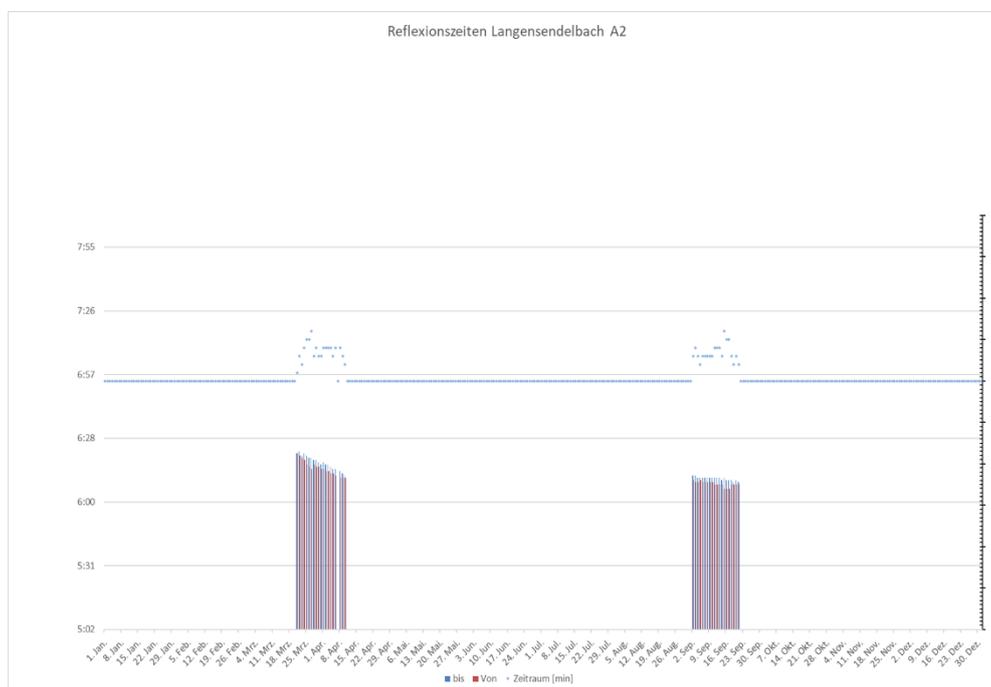


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A2 für Emissionen der Planfläche

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

Die folgende Grafik Abbildung 10 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für den Punkt A2 ausgehen. Die lilafarbene Fläche stellt 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 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2 auf der Kreisstraße FO15

Kreisstraße FO26

Die Analyse zeigt für den Punkt B3, dass auf der Kreisstraße keine Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in den Punkten B1 und B2 zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Abendstunden im Punkt B1 von April bis August und im Punkt B2 von April bis Mai und im August zwischen 18:17 und 18:35 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum 5 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 11 und Abbildung 12 dargestellt. Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) kommt es erst ab einem Differenzwinkel (Winkel zwischen Sichtlinie zur Sonne und der Sichtlinie zum Modul) größer 10° zu einer zusätzlichen Blendung durch die Photovoltaikanlage⁹. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

In den Diagrammen Abbildung 11 und Abbildung 12 stellen die Werte der linken Ordinate die Uhrzeiten dar, in denen die Blendung am Immissionsort auftritt. Die Werte der rechten Ordinate stellen die Anzahl der Minuten pro Tag dar, in denen eine Blendung am Immissionsort auftritt.

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

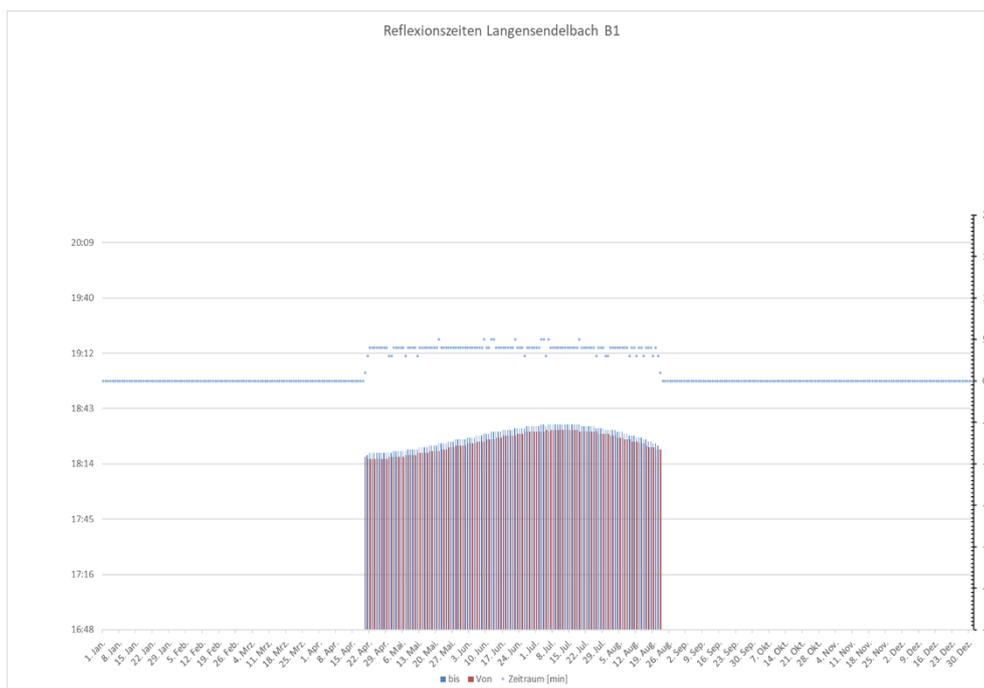


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 für Emissionen der Planfläche

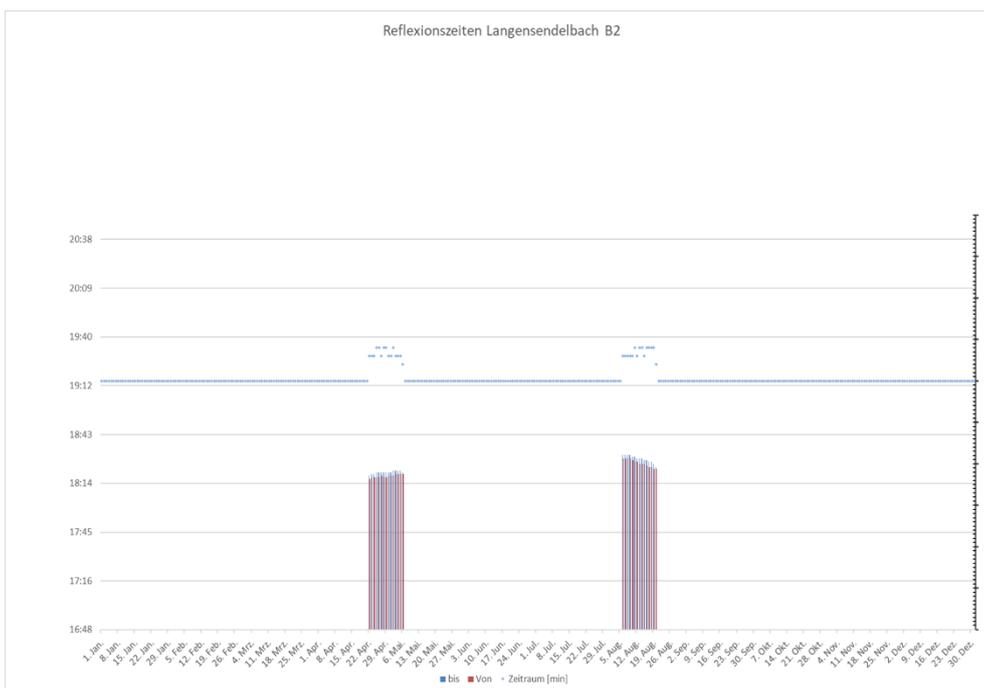


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B2 für Emissionen der Planfläche

Die folgenden Grafiken Abbildung 13 und Abbildung 14 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für den Punkt B1 und B2 ausgehen. Die lilafarbene Fläche stellt 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 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1 auf der Kreisstraße FO26



Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2 auf der Kreisstraße FO26

Ortsrand Igelsdorf

Die Untersuchung der Ortsränder in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen am Igelsdorfer Ortsrand in den Punkten O2, O3 und O4 zu rechnen ist.

In diesen Punkten sind Lichtimmissionen von Ende April bis August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Morgenstunden zwischen 5:55 und 6:13 auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 6 Minuten am Tag und summiert sich im Maximum auf 11,0 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 15 und Abbildung 16, exemplarisch für Punkt O3 dargestellt.

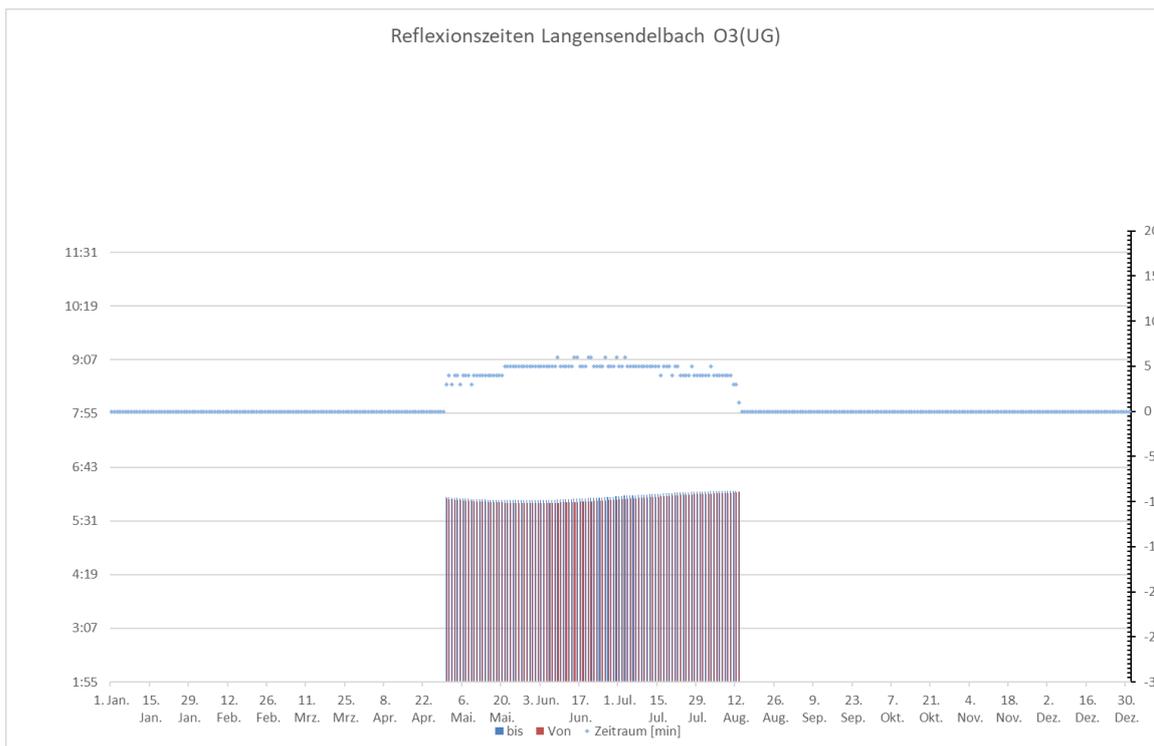


Abbildung 15: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O3 UG für Emissionen der Planfläche

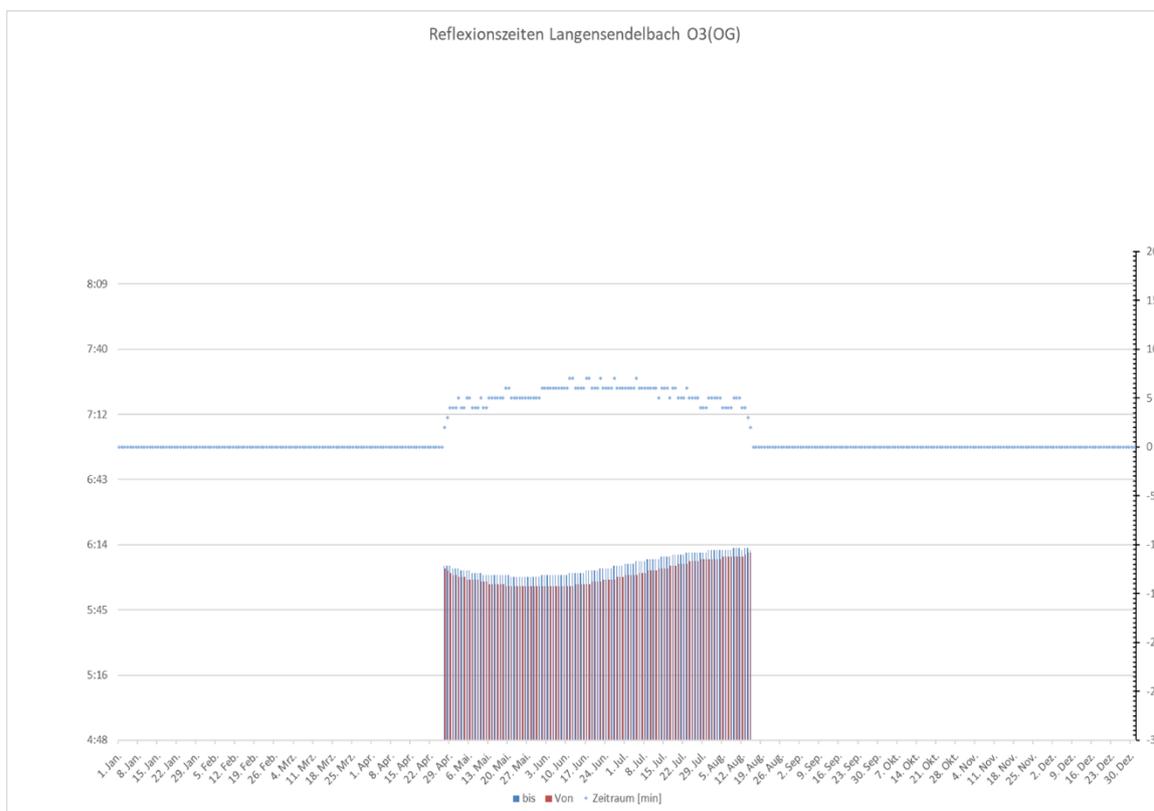


Abbildung 16: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O3 OG für Emissionen der Planfläche

Abbildung 17 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für den Punkt O3 ausgehen.



Abbildung 17: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O3 OG und UG am Ortsrand Igelsdorf

Ortsrand Langensendelbach

Die Untersuchung der Ortsränder in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen am Ortsrand von Langensendelbach nur im Punkt L3 zu rechnen ist.

In diesem Punkt sind Lichtimmissionen von April bis August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Abendstunden zwischen 18:15 und 18:34 auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 5 Minuten am Tag und summiert sich im Maximum auf 8,9 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 18 und Abbildung 19, für den Punkt L3 dargestellt.

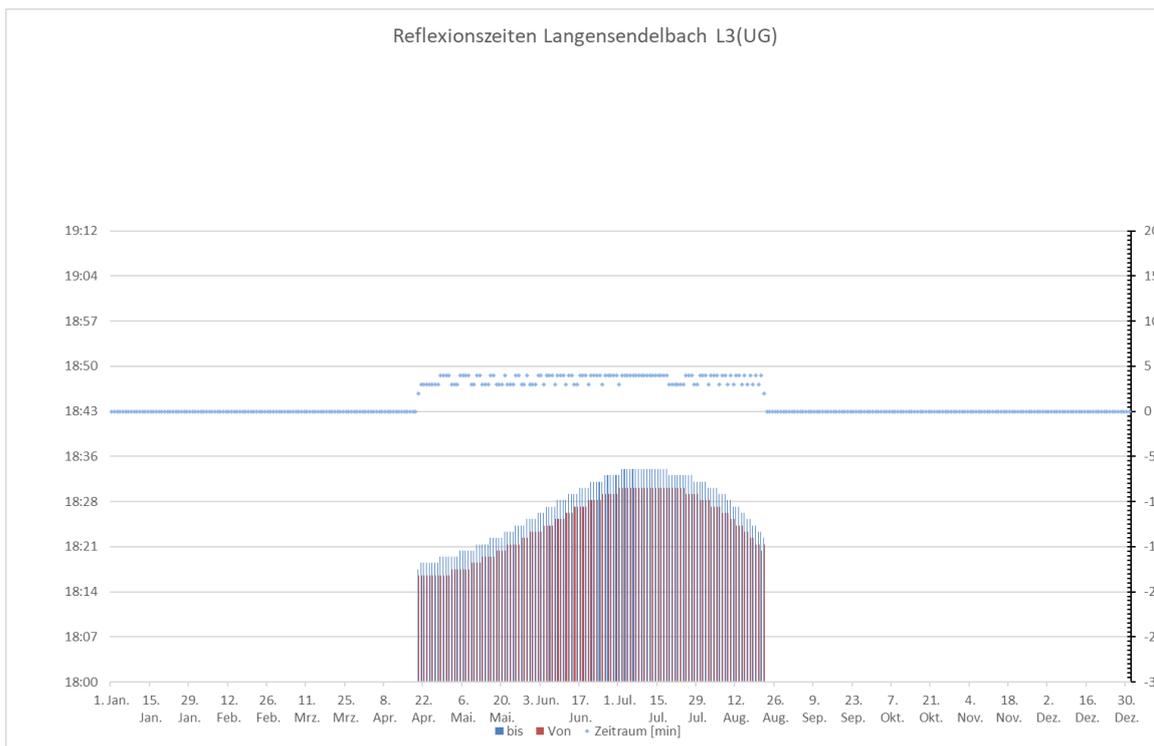


Abbildung 18: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt L3 UG für Emissionen der Planfläche

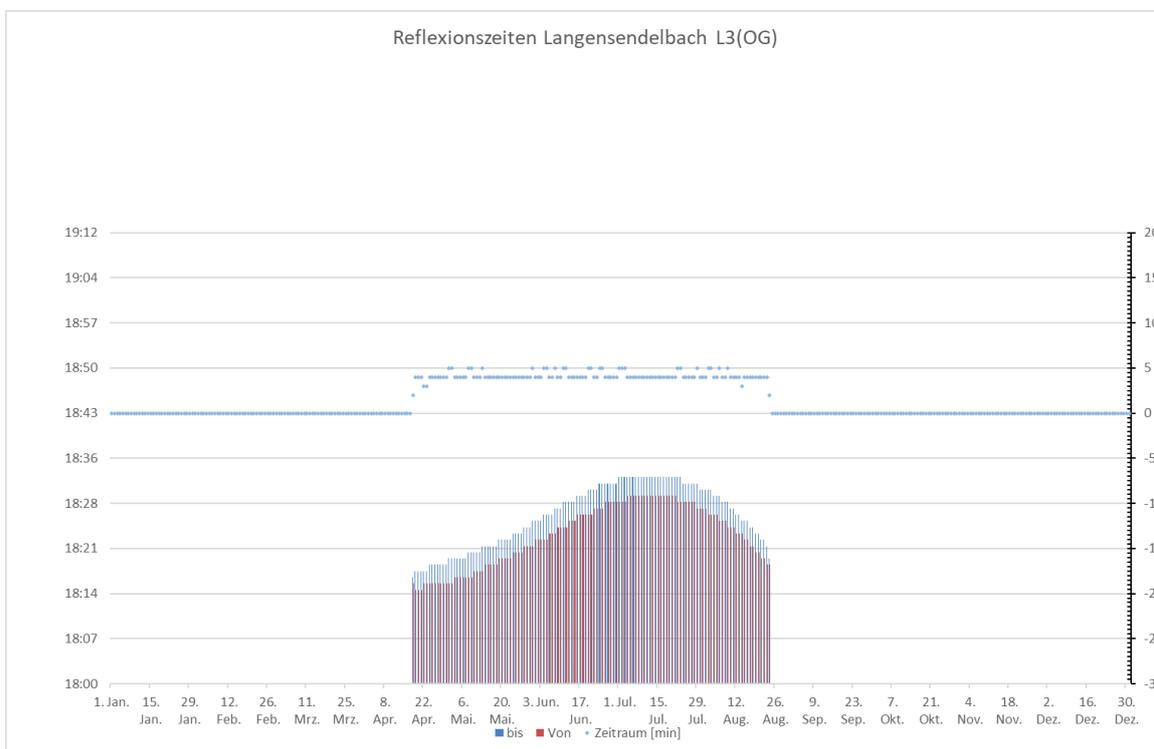


Abbildung 19: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt L3 OG für Emissionen der Planfläche

Abbildung 20 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für den Punkt L3 ausgehen.



Abbildung 20: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O3 OG und UG am Ortsrand Langensendelbach

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Kreisstraßen FO15 und FO26

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

Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Abbildung 21 für Punkt A2, in Abbildung 22 für den Punkt B1 und in Abbildung 23 für Punkt B2 dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in blau dargestellt. Die blau eingezeichneten Kegel stellen das Sichtfeld der Fahrzeugführer in Fahrtrichtung dar. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung 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 fast alle Punkte in denen Reflexionen auftreten, dass die Module mit Lichtemissionen innerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen.



Abbildung 21: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

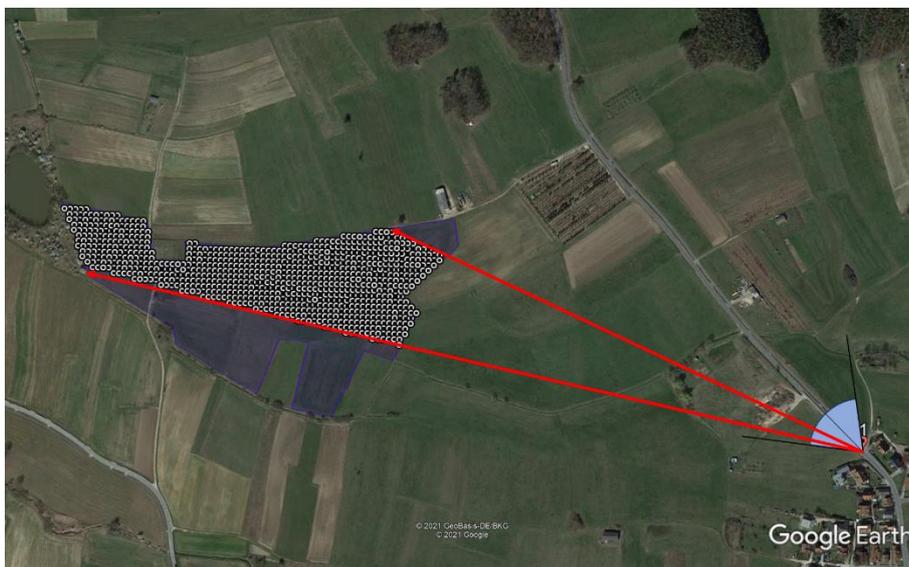


Abbildung 22: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B1 mit Grenzvektoren in Richtung Module

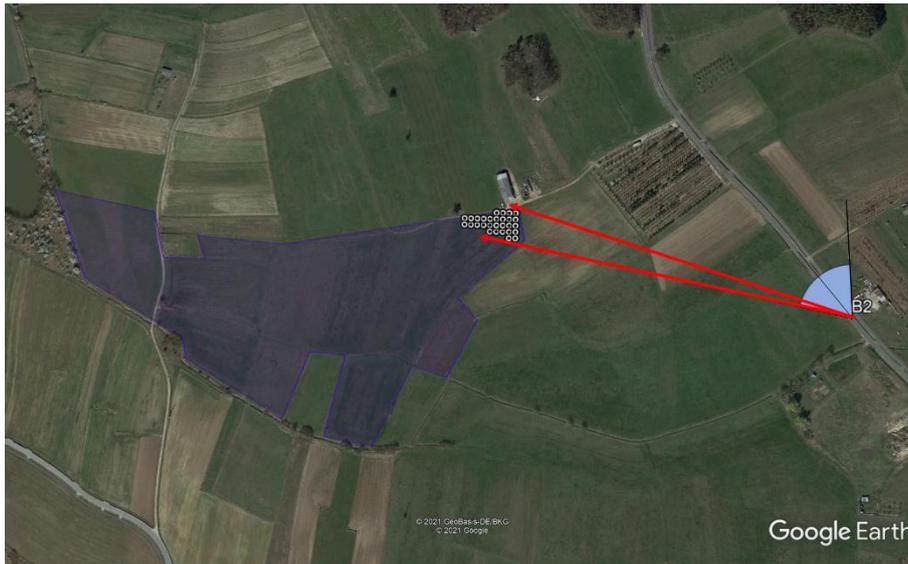


Abbildung 23: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Ortsränder Igelsdorf und Langensendelbach

Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)¹⁰ 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 Igelsdorf und Langensendelbach stellen die Lichtimmissionen nach LAI keine erhebliche Belästigung dar, da die maximal mögliche Dauer für einzelne Gebäude pro Ereignis 7 Minuten beträgt und maximal an 11,0 Stunden im Kalenderjahr Lichtimmissionen wahrgenommen werden können.

¹⁰ 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 den Kreisstraßen FO15 und FO16, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Langensendelbach, Lichtimmissionen von April bis August in den Morgenstunden (FO15) und in den Abendstunden (FO26) zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in den Morgenstunden etwa zwischen 05:55 Uhr und 06:12 Uhr und in den Abendstunden zwischen 18:17 und 18:35 auf. Die Dauer beträgt im Maximum 7 Minuten. Bei dieser Betrachtung wurden Ereignisse, bei denen der Differenzwinkel zwischen Reflexionsort und Sonne kleiner 10° beträgt, entsprechend der Empfehlung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)¹¹ nicht berücksichtigt.

Mit maximal 7 Minuten am Tag treten die Lichtimmissionen auf den Kreisstraßen in einem eng begrenzten Zeitraum auf. Zudem weichen die Blickrichtung 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. Zusätzlich ist die Distanz zwischen den Reflexionspunkten und den zugehörigen Betrachtungspunkten auf den Kreisstraßen so groß, dass davon ausgegangen werden kann, dass es durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Langensendelbach nicht zu Störungen des Straßenverkehrs kommt.

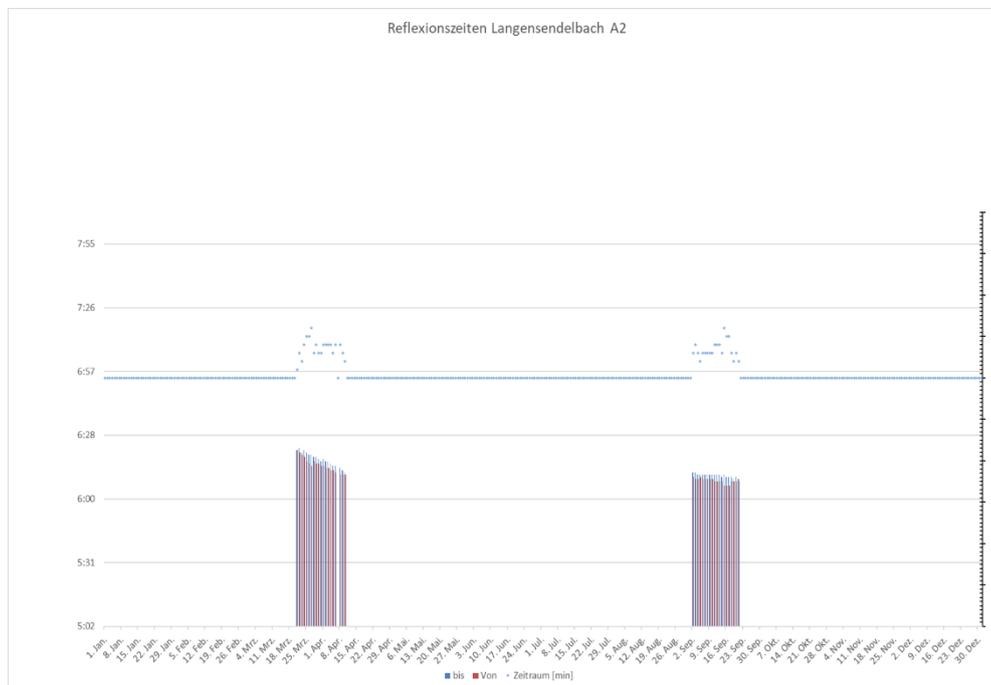
Weiterhin zeigt die Analyse der Lichtemissionen, dass am der Photovoltaikanlage zugewandtem Ortsrand von Igelsdorf und Langensendelbach Reflexionsereignisse auftreten können. Nach den Richtlinien der LAI liegen keine erheblichen Belästigungen vor, da die zu tolerierenden Zeiträume mit maximal 7 Minuten am Tag und maximal 11,0 Stunden im Jahr eingehalten werden.

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

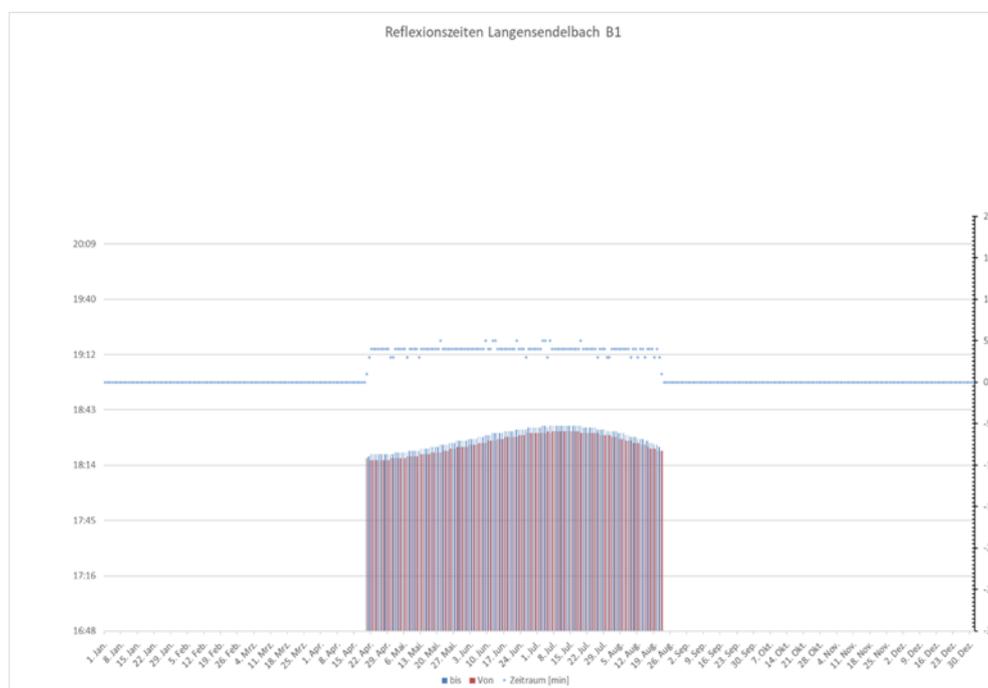
F. Anhang

Abbildungen zu Reflexionszeiten und Dauer

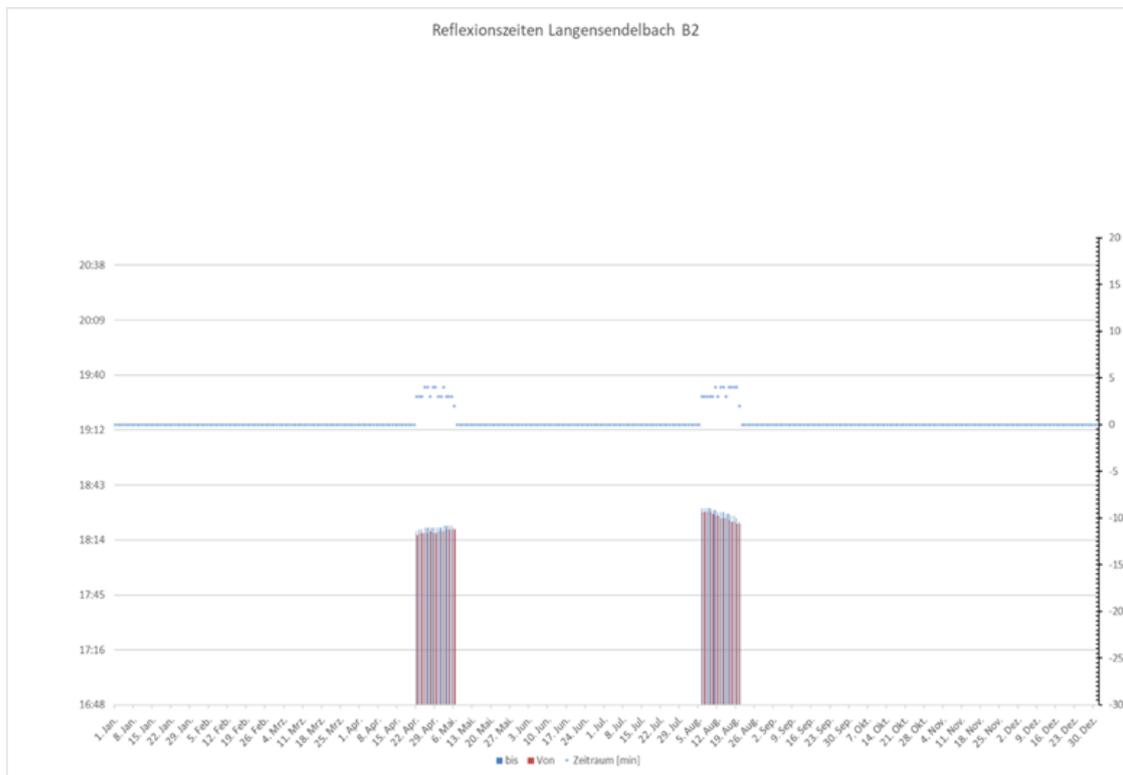
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A2 für Emissionen der Planfläche



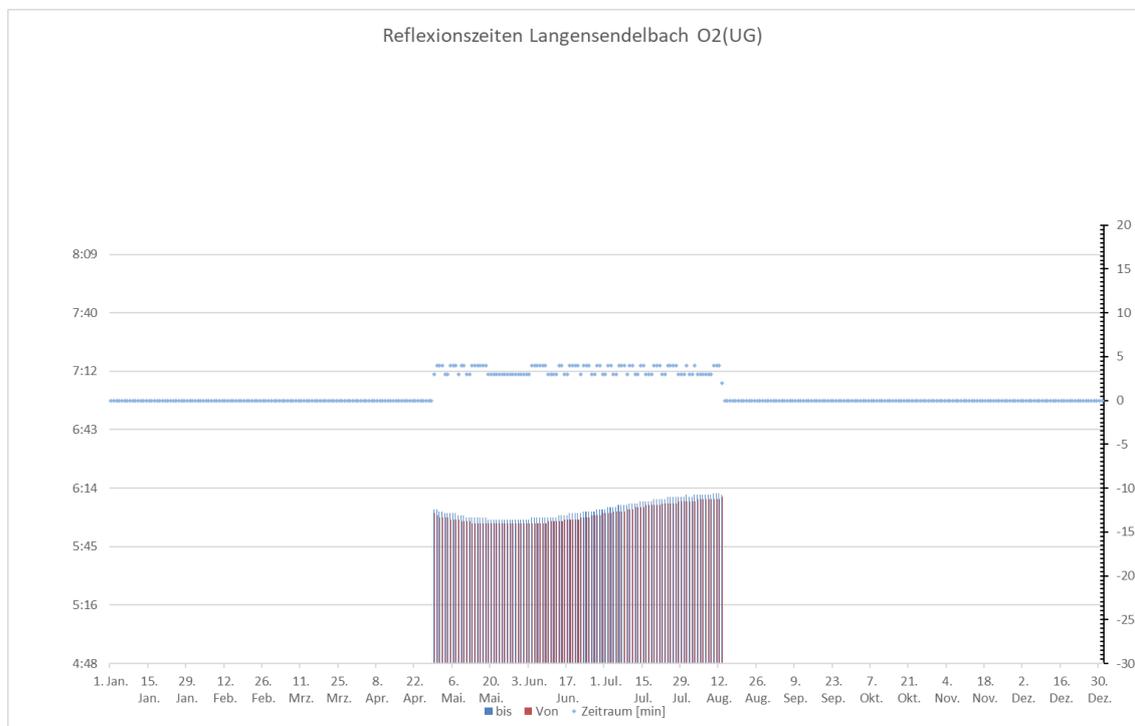
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 für Emissionen der Planfläche



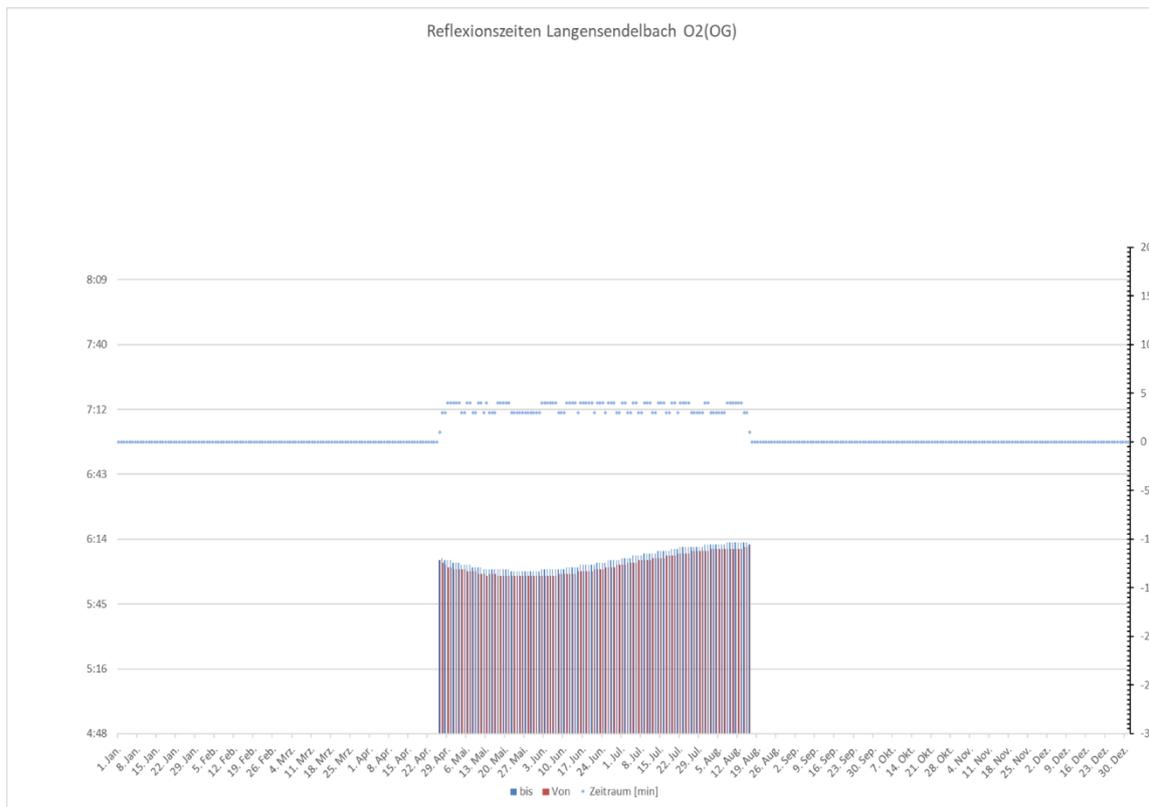
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B2 für Emissionen der Planfläche



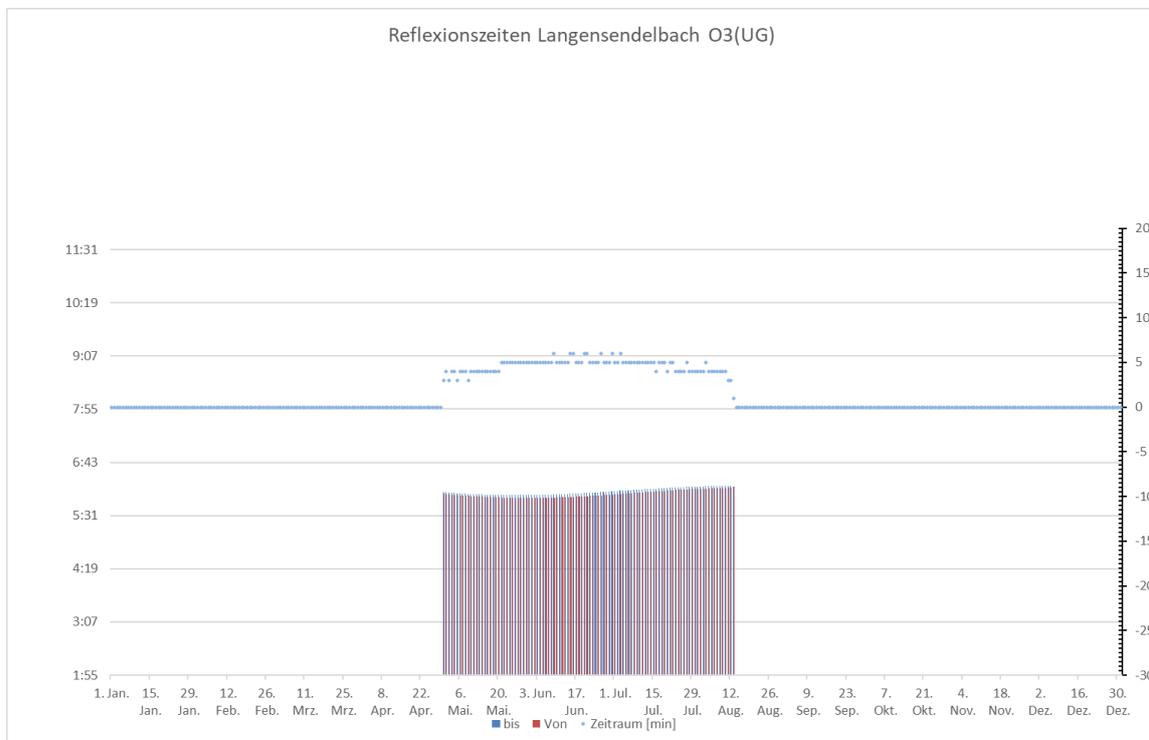
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O2 UG für Emissionen der Planfläche



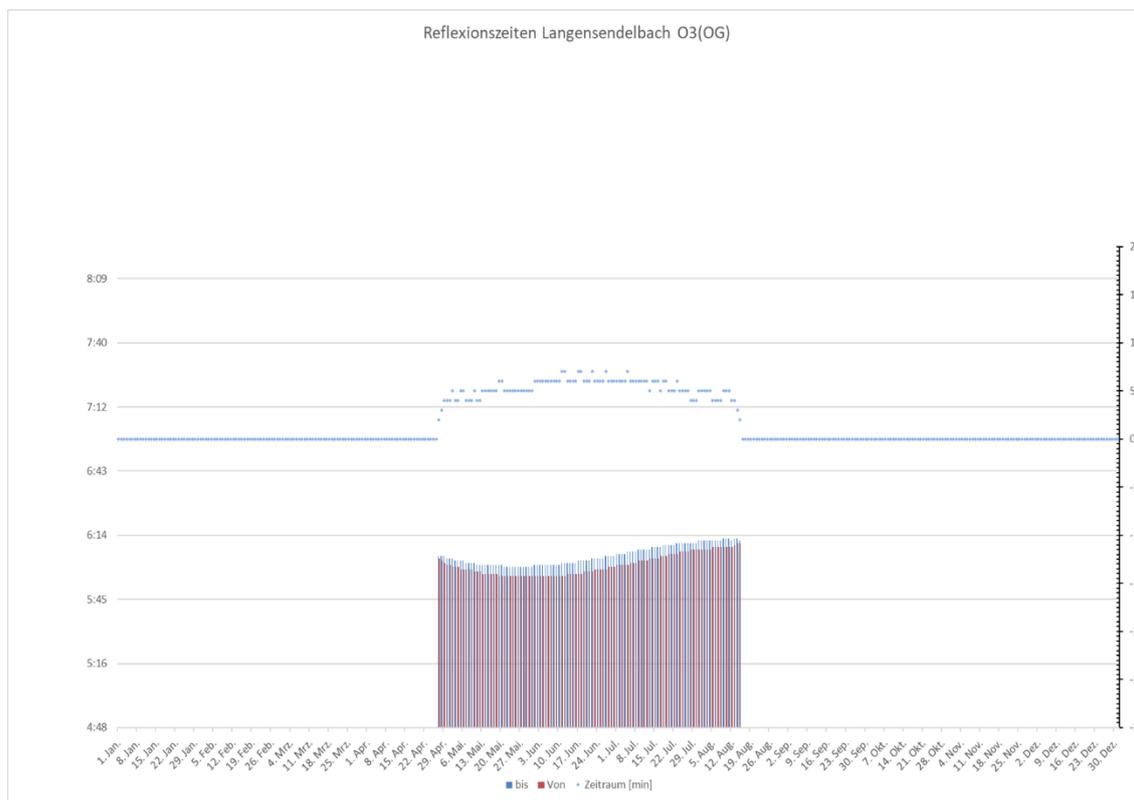
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O2 OG für Emissionen der Planfläche



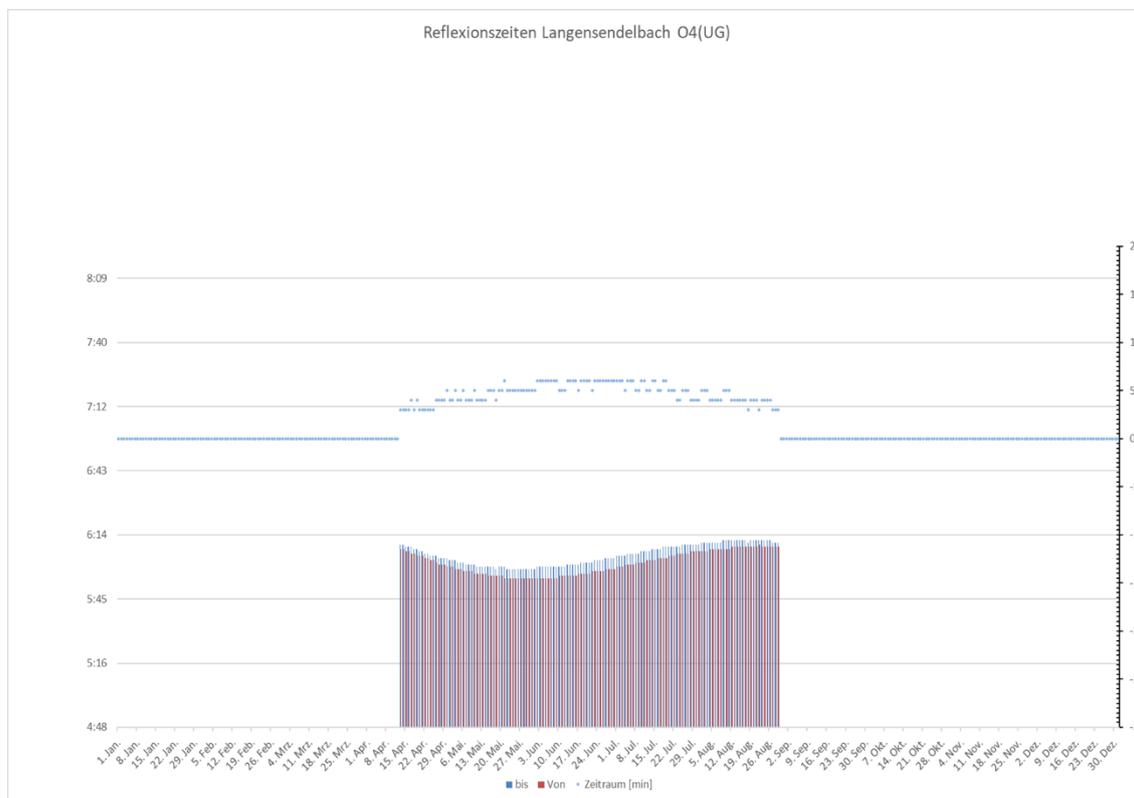
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O3 UG für Emissionen der Planfläche



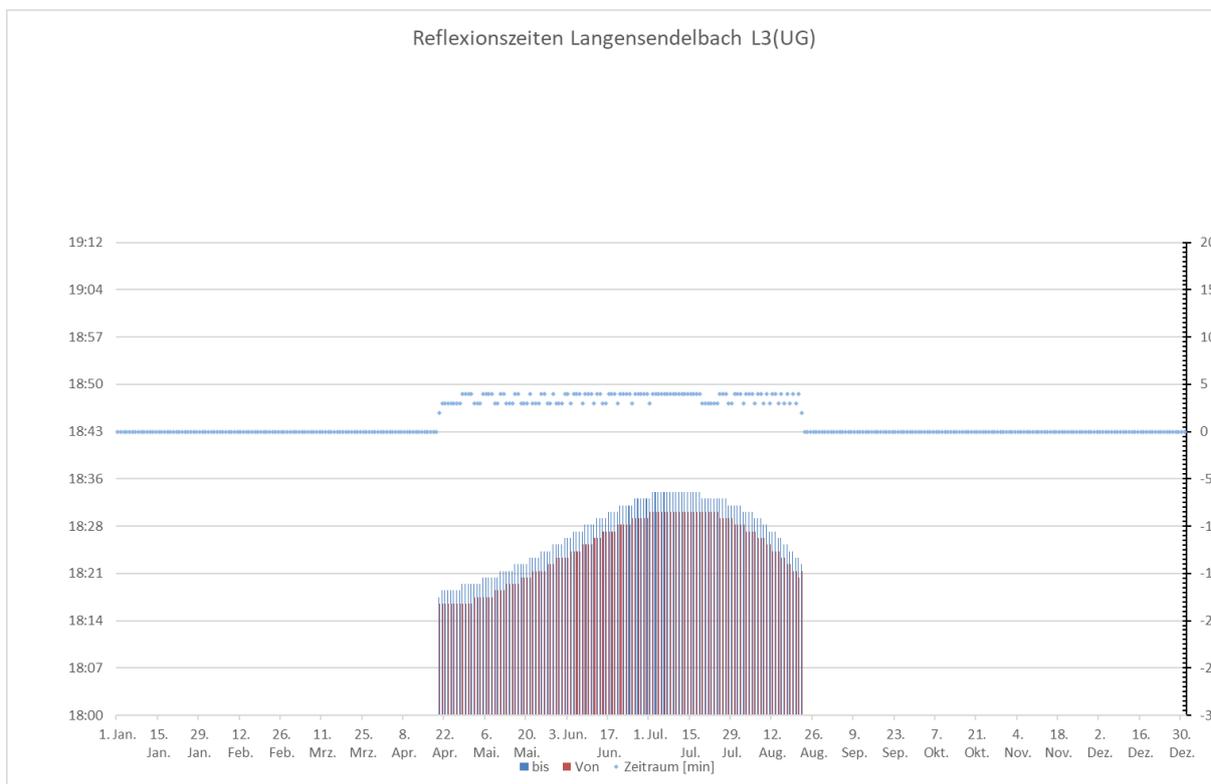
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O3 OG für Emissionen der Planfläche



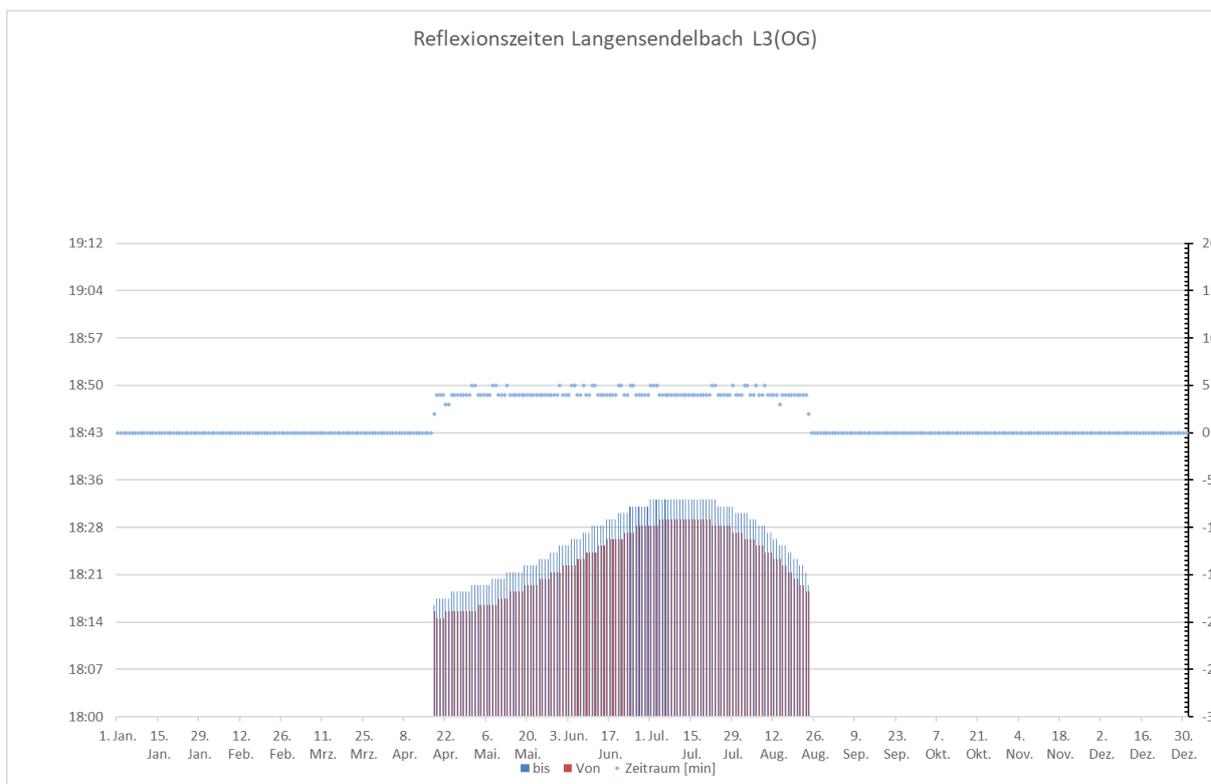
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O4 UG für Emissionen der Planfläche



Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt L3 UG für Emissionen der Planfläche



Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt L3 OG für Emissionen der Planfläche

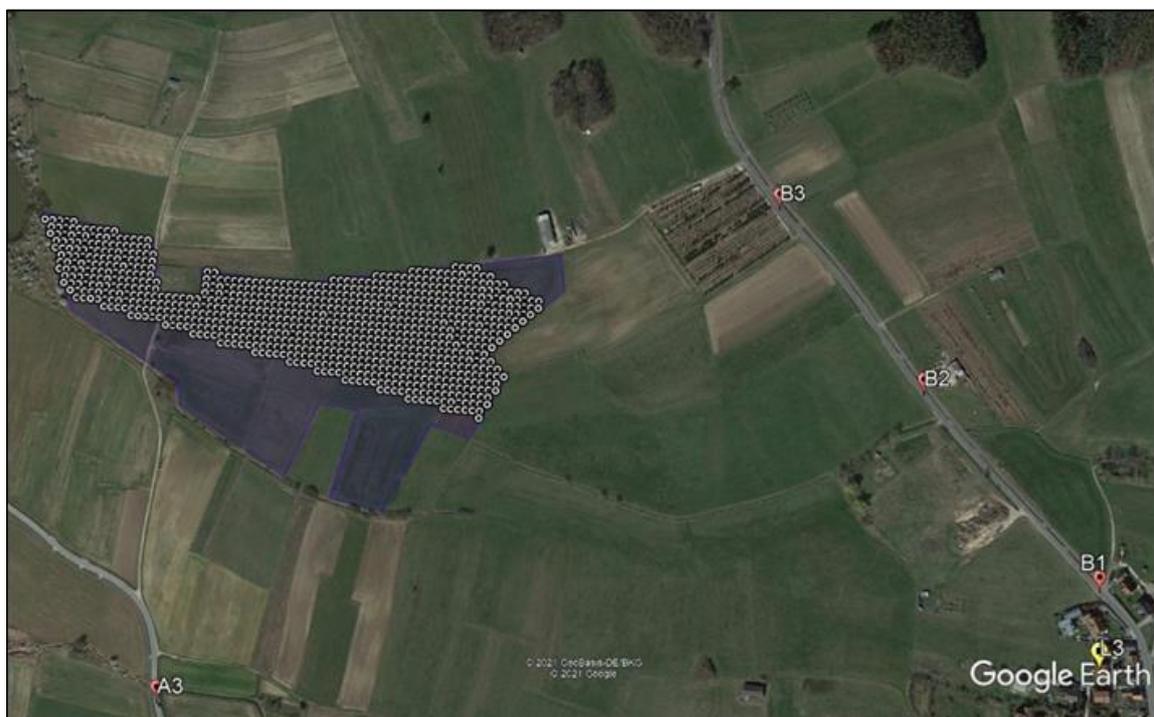


Spezifische Emissionsbereiche

Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A2 auf der Kreisstraße FO15



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1 auf der Kreisstraße FO26



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2 auf der Kreisstraße FO26



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2 auf der Kreisstraße FO26



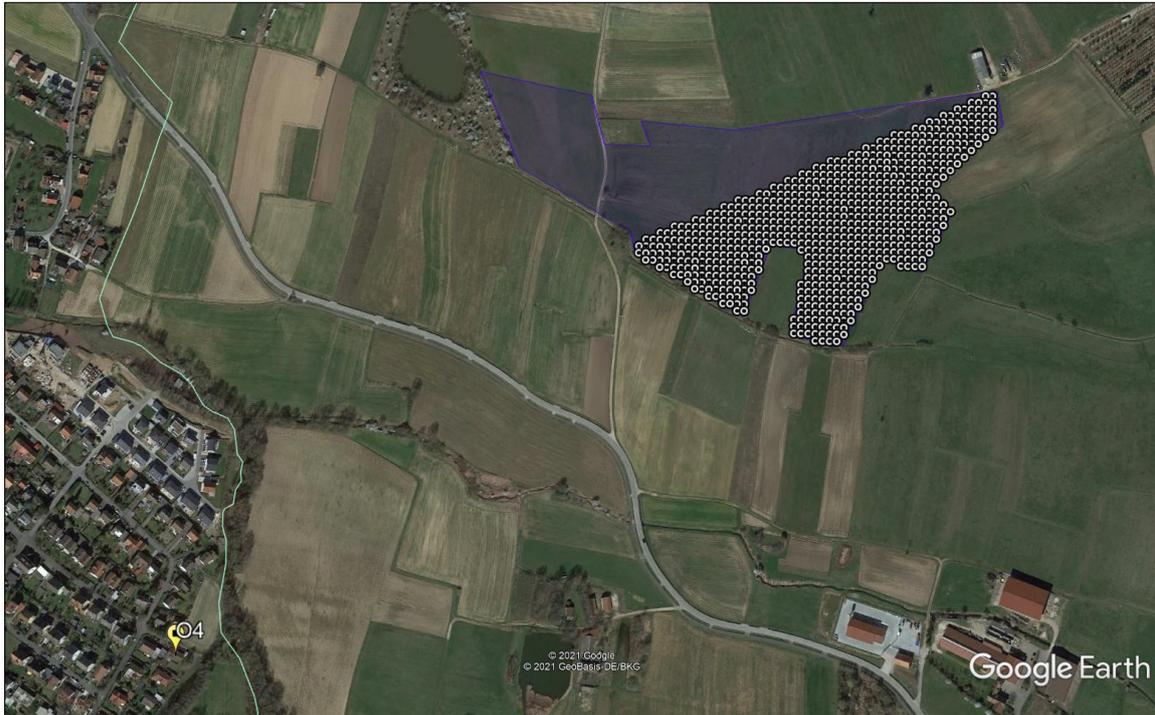
Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 OG + UG am Ortsrand von Igelsdorf



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O3 OG + UG am Ortsrand von Igelsdorf



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O4 UG am Ortsrand von Igelsdorf



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt L3 OG + UG am Ortsrand von Langensendelbach

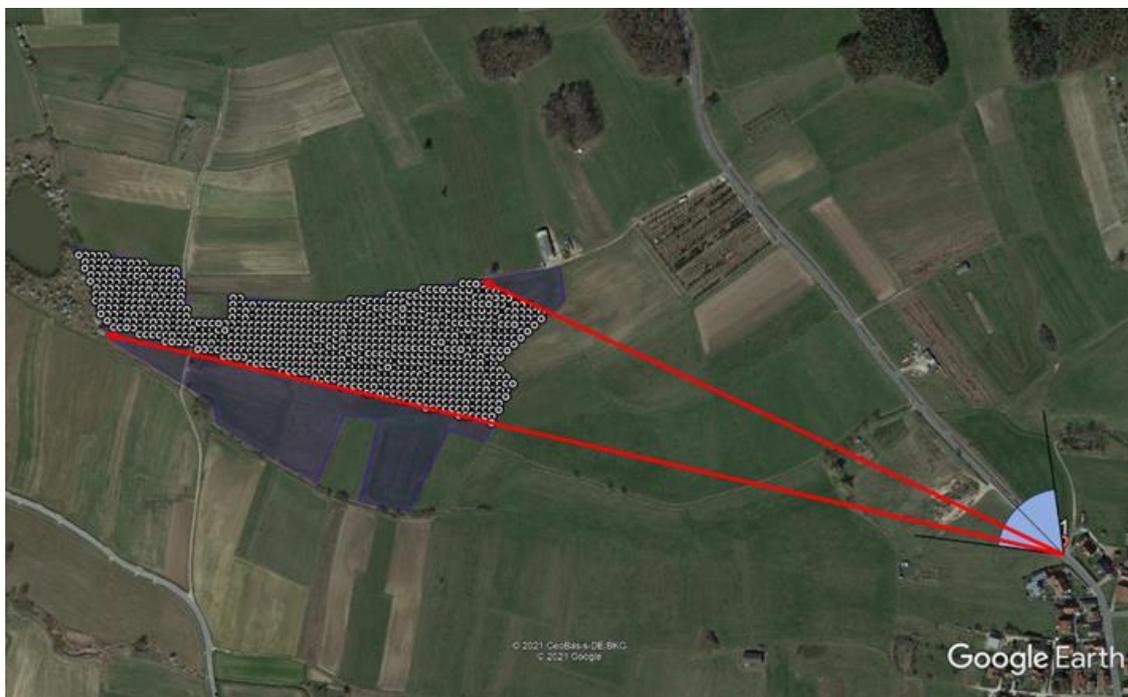


Sichtkegelanalysen

Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B1 mit Grenzvektoren in Richtung Module



8.2

Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

