

Prüfbericht

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Herrnberchtheim
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>97258 Ippesheim (49.598°N; 10.193°E), Germany</u>
Prüfberichtsnummer:	21K2952-PV-BG-Herrnberchtheim-R01-JBS_LBE-2021
Prüfdatum:	17.06.2021
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.....	15
E. Bewertung.....	28
F. Anhang.....	29

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 A3 für Emissionen der südlichen Planfläche.....	18
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A5' für Emissionen der südlichen Planfläche.....	19
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A6 für Emissionen der nördlichen Planfläche.....	19
Abbildung 9: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 auf der Bahntrasse	20
Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A5' auf der Bahntrasse.....	20
Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A6 auf der Bahntrasse	21
Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B2 für Emissionen der südlichen Planfläche.....	22
Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B6 für Emissionen der nördlichen Planfläche.....	22
Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2 auf der Kreisstraße	23
Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B6 auf der Kreisstraße	23
Abbildung 16: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O2 UG für Emissionen der südlichen Planfläche.....	24
Abbildung 17: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 am Ortsrand Herrnberechthheim. .	24
Abbildung 18: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	25
Abbildung 19: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A6 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	25
Abbildung 20: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	26
Abbildung 21: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt B6 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	26

Tabellenverzeichnis

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

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
21K2952-PV-BG-Herrnberchtheim-R00-JBS_LBE-2021	Ursprungsversion 18.06.2021
21K2952-PV-BG-Herrnberchtheim-R01-JBS_LBE-2021	Berücksichtigung der Planflächenerweiterung 30.06.2021

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 Bahntrasse, die westlich der PVA vorbeiführt, und der Kreisstraße NEA 44, die östlich der PVA vorbeiführt sowie dem nördlichen Ortsrand von Herrnberchthheim zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	HEG Energie GmbH & Co. KG Lauterbach 10 91608 Geslau
Auftragsdatum:	19.04.2021
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwierte 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	21K2952-PV-BG-Herrnberchthheim-R01-JBS_LBE-2021

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die westliche der Anlage vorbeiführenden Bahntrasse, der Kreisstraße NEA 44 sowie der südöstlich gelegenen Bebauung am Ortsrand von Herrnberchtheim. 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
- 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° beziehen sich auf die Anordnung im Uhrzeigersinn
- Zeitangaben erfolgen mit mitteleuropäischer Zeit (UTC+1)

A.4. Identifikation der Anlage

Die geplante Photovoltaikanlage Herrnberchtheim soll westlich der Marktgemeinde Ippesheim und nördlich von Herrnberchtheim zwischen der sich dort befindlichen Bahntrasse und der Kreisstraße installiert werden.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° (N=0°) und einem Neigungswinkel von 15° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Es sollen vier kristalline Module hochkant übereinander montiert werden. Die Höhe der Moduloberkante über Erde ergibt sich damit mit rund 3,4 m.

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 Herrnberchthaim wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der westlich der Planflächen gelegenen Bahntrasse, der Kreisstraße NEA 44 und dem Ortsrand von Herrnberchthaim durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Bahntrasse Lichtimmissionen von Februar bis Oktober in den Morgenstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer beträgt rund 20 Minuten. Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Zugführer. Eine Gefährdung des Bahnverkehrs durch Lichtimmissionen ist nicht erkennbar.

Weiterhin zeigt eine Untersuchung der Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Kreisstraße NEA 44, dass mit Reflexionen über das gesamte Jahr verteilt in den Nachmittags- und Abendstunden zu rechnen ist. Die maximale Dauer beträgt 48 Minuten. Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Eine Gefährdung des Straßenverkehrs durch Lichtimmissionen ist nicht erkennbar.

Die Untersuchung des Ortsrandes von Herrnberchthaim, welcher der Photovoltaikanlage zugewandt ist, zeigt, dass mit Lichtimmissionen nur im Betrachtungspunkt O2 und lediglich aus der südlichen Planfläche zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt 5 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 3,5 Stunden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellen die Lichtimmissionen damit keine erhebliche Belästigung dar und sind zu tolerieren.

Hamburg, 30. Juni 2021



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 43 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 Bahntrasse, die Kreisstraße und die Bebauung am Ortsrand von Herrnberchtheim zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter, bei Zugführern und 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 Bahntrasse 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.

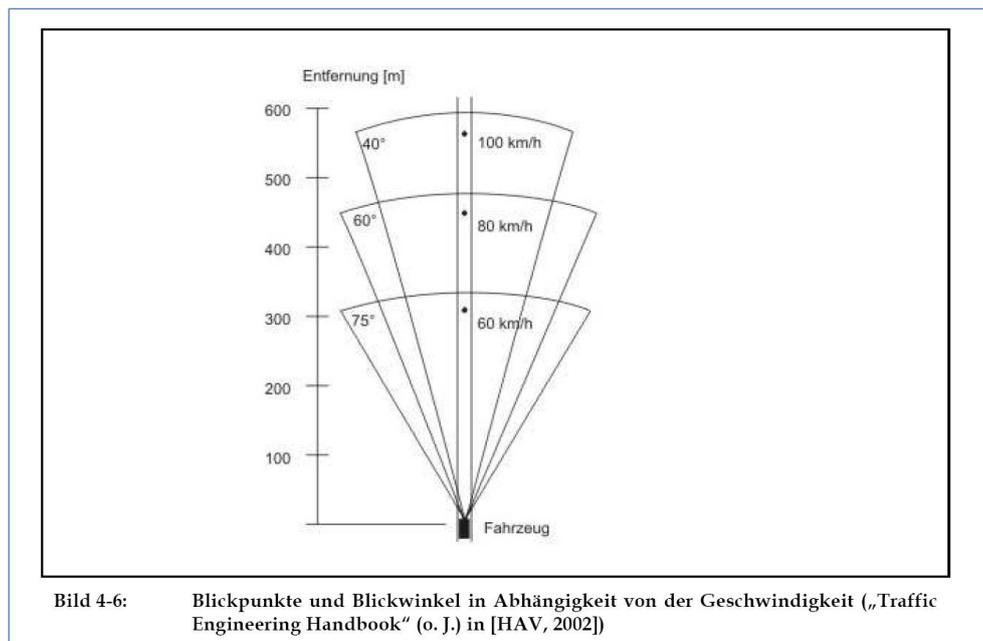


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit³

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

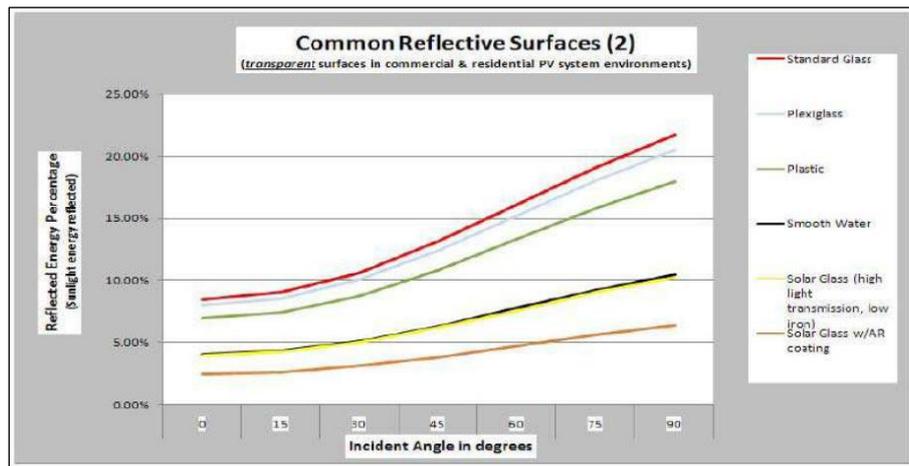


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

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 $6 \cdot 10^6$ cd/m². Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um $0,6 \cdot 10^6$ cd/m².

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

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

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 östlich der Bahntrasse, die westlich am Ort Herrnbrechtheim vorbeiführt und östlich der Kreisstraße NEA 44 liegt. Das Höhenniveau der Bahntrasse über Normalhöhennull beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 296 m und 309 m. Das Höhenniveau der Kreisstraße NEA 44 beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 301 m und 314 m. Das Höhenniveau im Bereich des Ortsrandes von Herrnbrechtheim beträgt zwischen 307 m und 310 m. Die Bebauung besteht zum überwiegenden Teil aus Wohngebäuden und Wirtschaftsgebäuden sowie Einfamilienhäusern. Das Höhenniveau der nördlichen Planfläche variiert zwischen 302 m im Westen und 297 m nahe der Bahnlinie. Auf der südlichen Planfläche variiert die Höhe zwischen 311 m im Norden der Planfläche und 316 m im Süden der Planfläche.

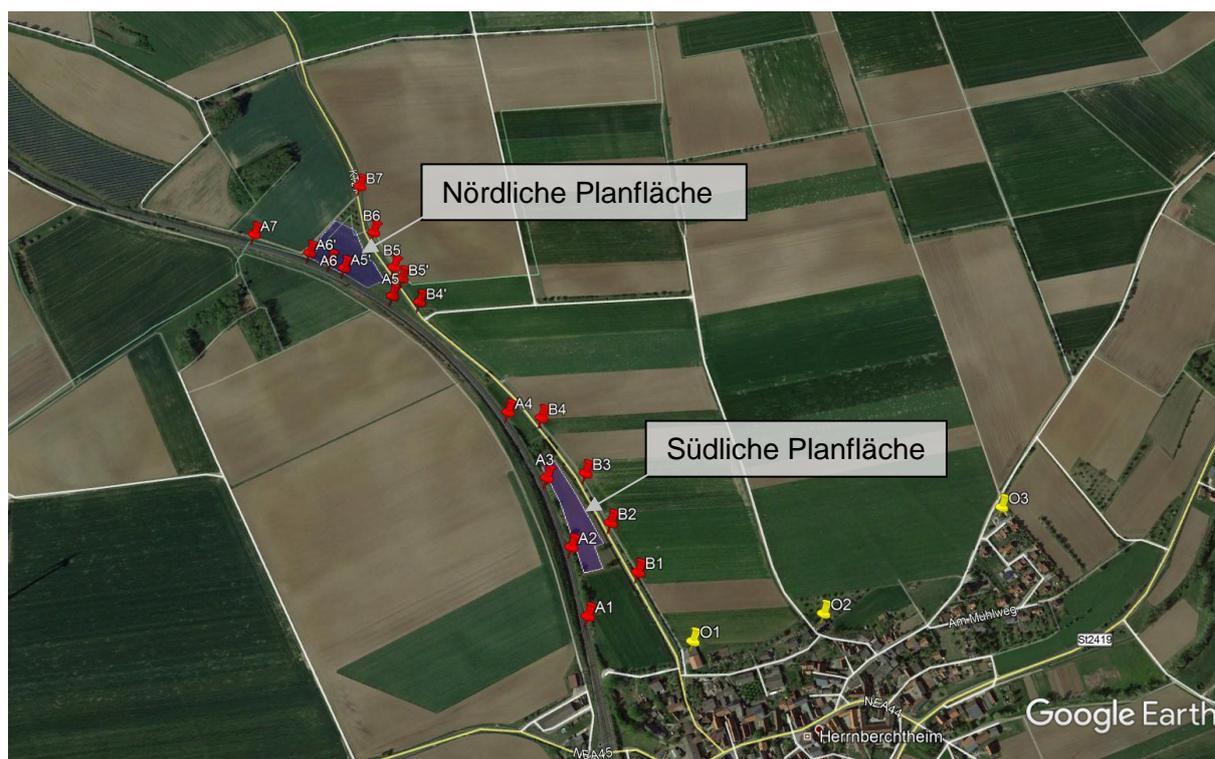


Abbildung 3: Google Earth ©2021 Lageplan der Planfläche

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>

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

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Bahntrasse bzw. der Kreisstraße und dem Ortsrand repräsentative Punkte festgelegt. Für die einzelnen Punktepaaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt.

Für die Analyse der Reflexionen wird ein Netz mit einer Gitterweite von 2 m über die Planfläche gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte.

Auf der Bahntrasse werden die Punkte A1 bis A7 sowie A5' und auf der Kreisstraße die Punkte B1 bis B7 sowie B4' und B5' 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 Herrnberchtheim erfolgt exemplarisch für die Punkte O1 bis O3.

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

Aufgrund der topologischen Lage des Ortsrandes Gnötzheim nördlich der Planflächen und dessen Position in Bezug auf die Modulausrichtung können Reflexionen am Ortsrand Gnötzheim ausgeschlossen werden.

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 Zugführer wird mit 3,0 m über Trasse und für Fahrzeugführer mit 1,2 m für PKW und 2,5 m für LKW 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 Bahntrasse bzw. an den Gebäuden zu den Punkten auf der Photovoltaikfläche der Ort einer Lichtquelle (Emissionsort) ermittelt, der zu Lichtimmissionen auf der Bahntrasse, der Kreisstraße und am Ortsrand 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.

8.2

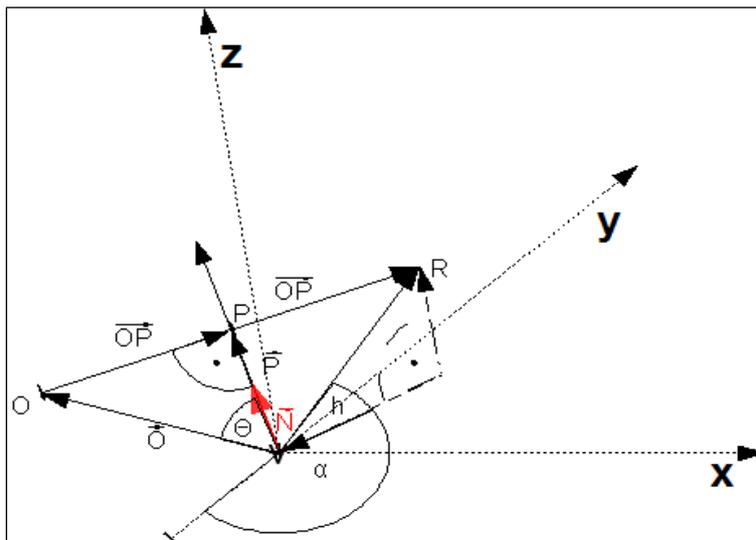


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

Die Bestimmung der Emissionsorte erfolgt anhand der Darstellung in Abbildung 4. Der Nullpunkt des Koordinatensystems befindet sich in der Modulebene. Punkt O steht für den Ort außerhalb der Photovoltaikanlage, der auf Lichtimmissionen untersucht wird. Punkt R bezeichnet den Ort der zugehörigen Lichtemission. Punkt P ist der Schnittpunkt des Verbindungsvektors zwischen O und R mit dem Lot auf die Modulfläche („Flächennormale“). Für die unterschiedlichen Ortsbeziehungen („Ort außerhalb der Photovoltaikfläche“ zu „Ort in der Fläche“) ergeben sich unterschiedliche Emissionsorte, die in der Sonnenbahn, siehe Abbildung 5, oder außerhalb dieser liegen können. Außerhalb der im Diagramm dargestellten blauen Linien befindet sich die Sonne „hinter“ den Modulen, so dass keine Reflexion erfolgen kann. Der relevante Sonnenverlauf reicht somit im Azimut von -120° bis $+120^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 64° .

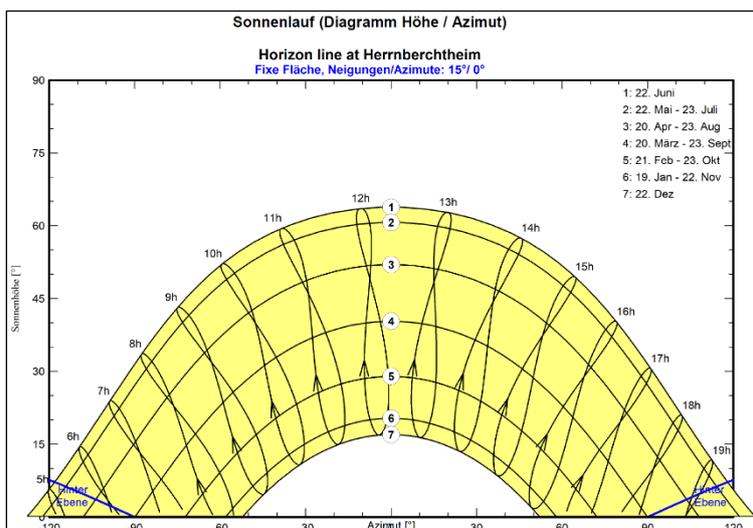


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

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]
Neigungswinkel 15° Azimut 180° (N=0°)				
Fläche A				
B1	von 15. Jun bis 28. Jun	18:34 - 18:36	3	0,4
B2	von 01. Jan bis 31. Dez	15:25 - 18:36	48	74,3
B3	von 24. Feb bis 18. Okt	17:01 - 18:57		
B4	Keine Reflexionen			
A1	Keine Reflexionen			
A2	Keine Reflexionen			
A3	von 21. Mai bis 21. Jul	05:39 - 05:54	4	2,3
A4	Keine Reflexionen			
O1(UG)	Keine Reflexionen			
O1(OG)	Keine Reflexionen			
O2(UG)	von 26. Mai bis 17. Jul	18:51 - 19:04	5	3,5
O2(OG)	von 26. Mai bis 16. Jul	18:50 - 19:02	5	3,4
O3(UG)	Keine Reflexionen			
O3(OG)	Keine Reflexionen			
Fläche B				
B4'	Keine Reflexionen			
B5'	von 30. Apr bis 12. Aug	18:33 - 19:01	11	12,2
B5	von 11. Mrz bis 01. Okt	17:28 - 18:50	22	38,8
B6	von 12. Mrz bis 30. Sep	17:33 - 18:53	21	29,2
B7	Keine Reflexionen			
A5	Keine Reflexionen			
A5'	von 04. Mrz bis 08. Okt	05:51 - 07:16	20	25,0
A6	von 21. Feb bis 21. Okt	05:48 - 07:33	20	33,4
A6'	von 26. Feb bis 16. Okt	05:43 - 07:31	30	48,7
A7	Keine Reflexionen			
O1(UG)	Keine Reflexionen			
O1(OG)	Keine Reflexionen			
O2(UG)	Keine Reflexionen			
O2(OG)	Keine Reflexionen			
O3(UG)	Keine Reflexionen			
O3(OG)	Keine Reflexionen			

Bahntrasse

Die Analyse zeigt für die Punkte A3, A5' und A6, dass auf der Bahntrasse Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in den anderen Betrachtungspunkten auf der Bahntrasse nicht zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Morgenstunden zwischen Februar und Oktober im Zeitraum zwischen 05:39 Uhr bis 07:33 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 20 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 8 für die Punkte A3, A5' und A6 dargestellt. Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) kommt es erst ab einem Differenzwinkel (Winkel zwischen Sichtlinie zur Sonne und der Sichtlinie zum Modul) größer 10° zu einer zusätzlichen Blendung durch die Photovoltaikanlage⁸. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

In den Diagrammen Abbildung 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.

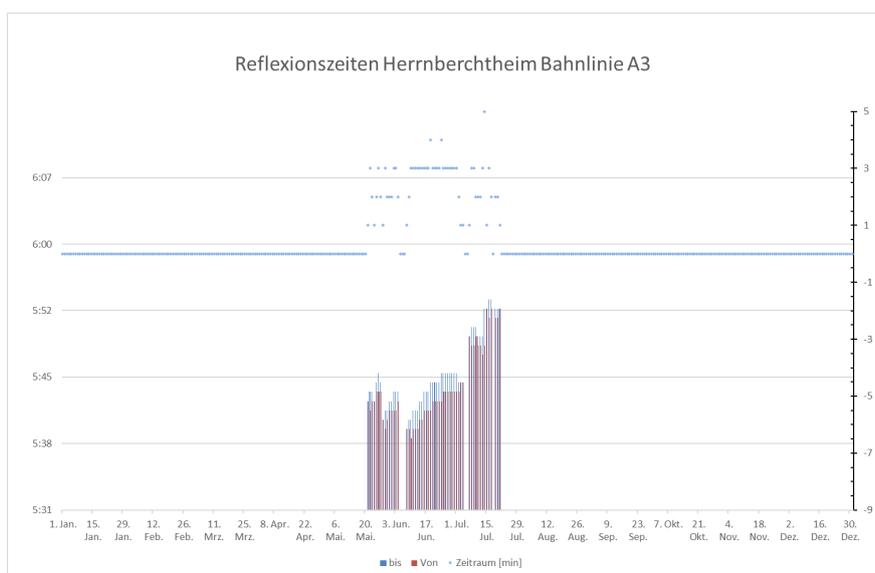


Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A3 für Emissionen der südlichen Planfläche

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

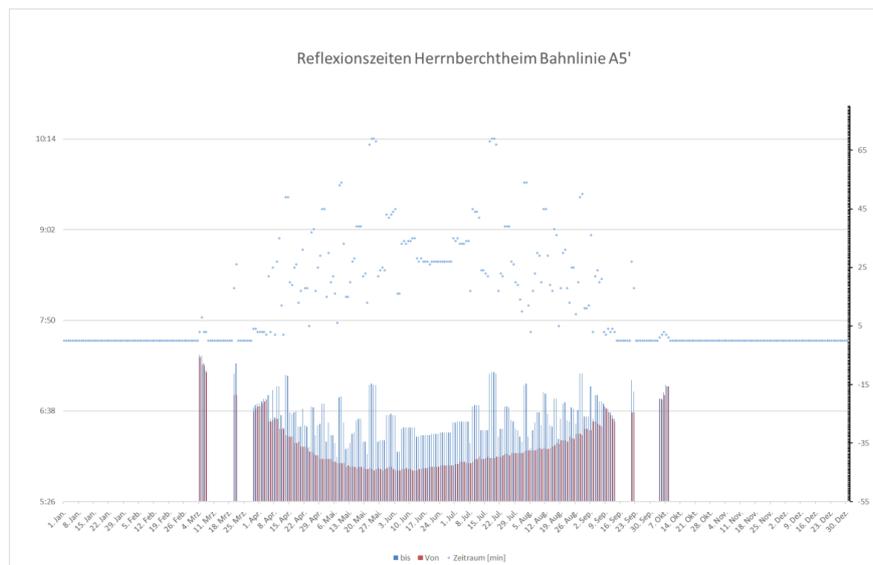


Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A5' für Emissionen der südlichen Planfläche

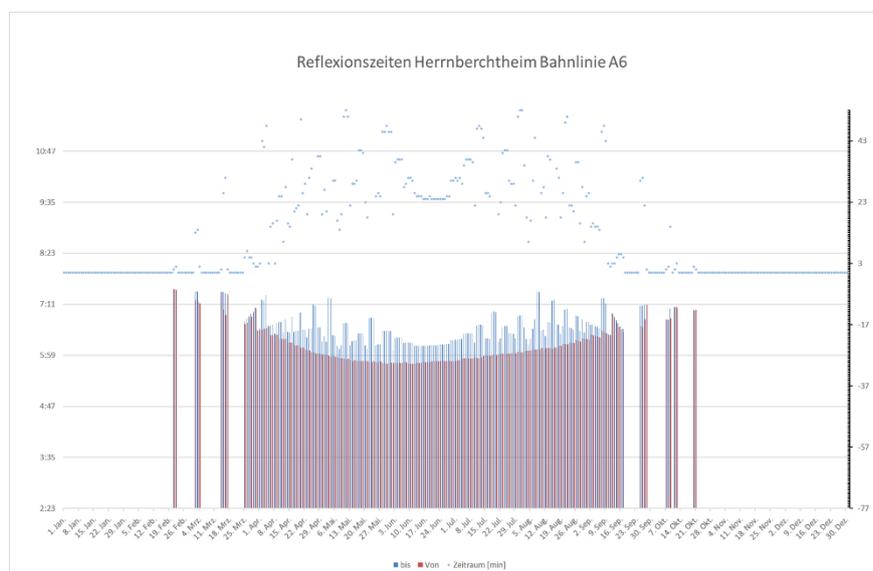


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A6 für Emissionen der nördlichen Planfläche

Die folgenden Grafiken Abbildung 9 bis zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte A3, A5' und A6 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 9: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 auf der Bahntrasse

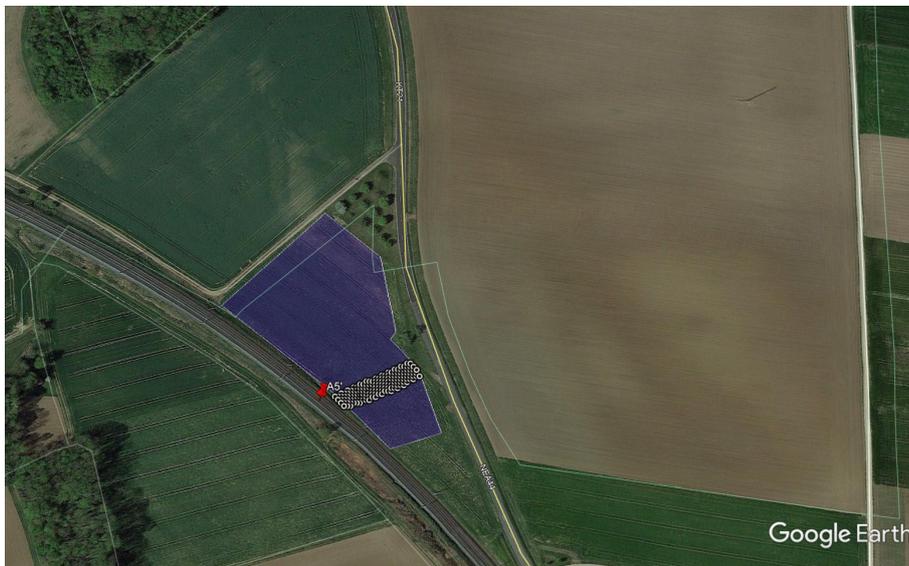


Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A5' auf der Bahntrasse



Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A6 auf der Bahntrasse

Kreisstraße NEA 44

Die Analyse zeigt für die Punkte B1 bis B6, dass auf der Kreisstraße Lichtimmissionen zu erwarten sind. Hingegen sind Lichtimmissionen in dem Betrachtungspunkte B4 und B7 sowie B4' auf der Kreisstraße nicht zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Nachmittags- und Abendstunden über das gesamte Jahr verteilt im Zeitraum zwischen 15:25 Uhr bis 19:01 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 48 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 12 bis Abbildung 13 exemplarisch für die Punkte B2 und B6 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 12 bis Abbildung 13 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

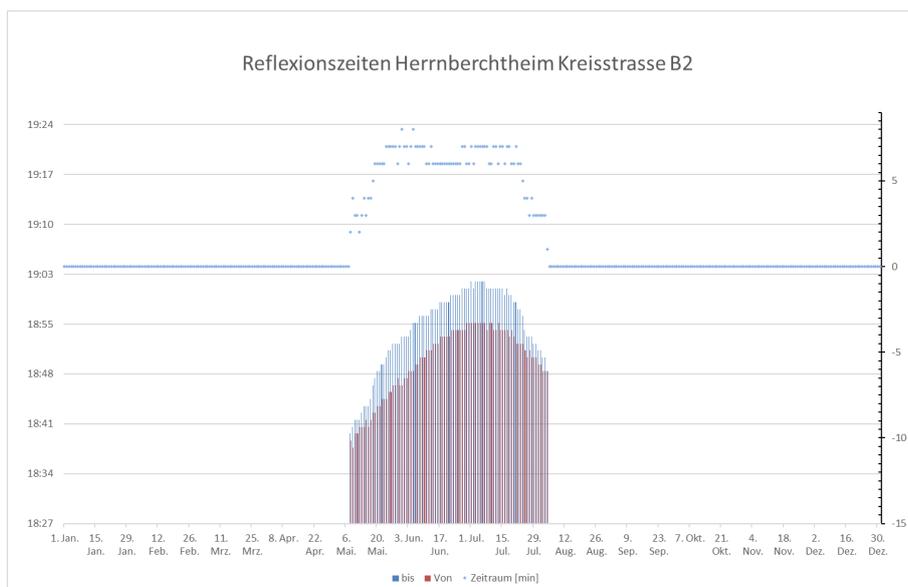


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B2 für Emissionen der südlichen Planfläche

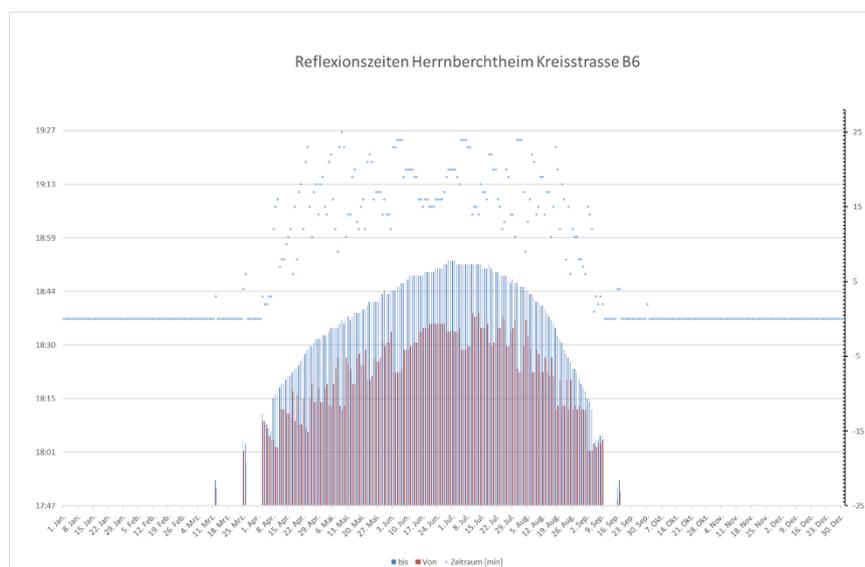


Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B6 für Emissionen der nördlichen Planfläche

Die folgenden Grafiken Abbildung 14 bis Abbildung 15 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte B2 und B6 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.

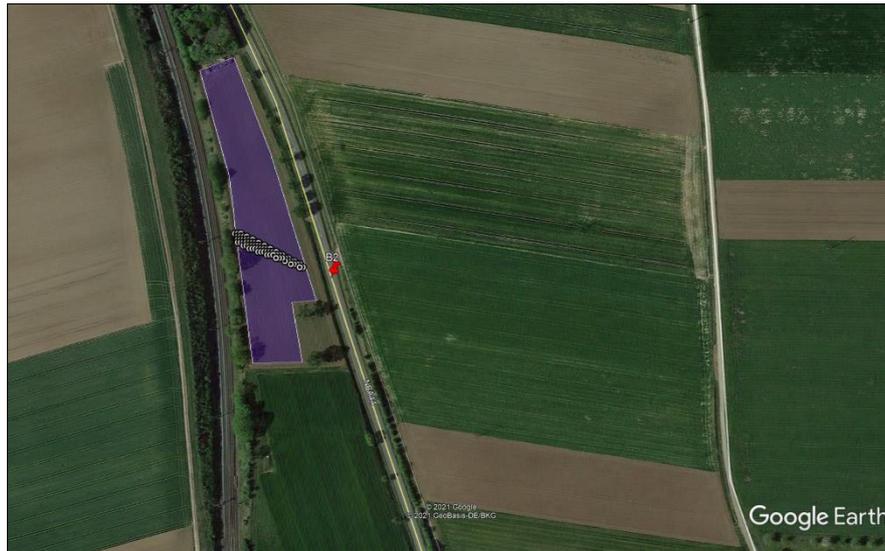


Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2 auf der Kreisstraße

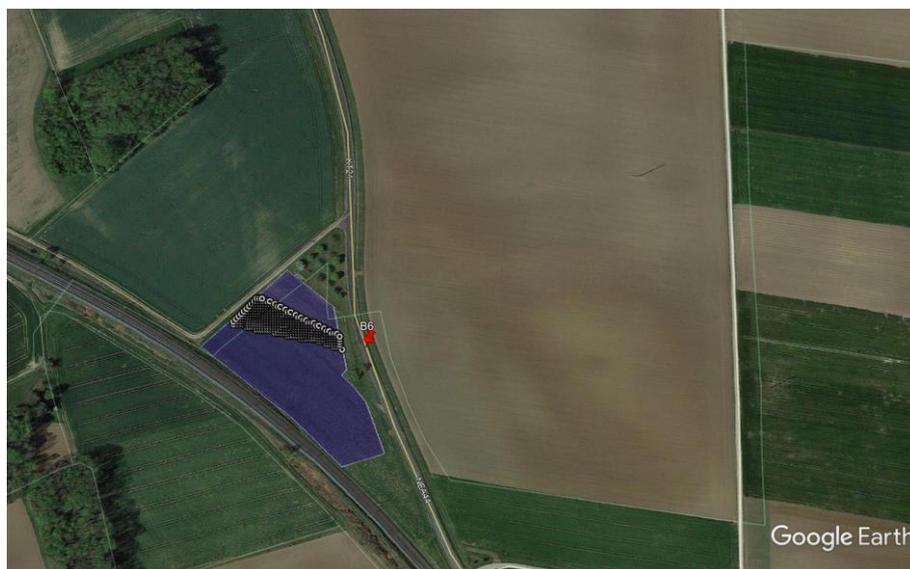


Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B6 auf der Kreisstraße

Ortsränder

Die Untersuchung des Ortsrandes von Herrnberchthaim in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen nur aus der südlichen Planfläche im Punkt O2 zu rechnen ist.

In Punkt O2 sind Lichtimmissionen von Mai bis Juli zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Abendstunden zwischen 18:50 und 19:04 auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 5 Minuten am Tag und summiert sich auf 3,5 h im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind im nachfolgenden Diagramm, siehe Abbildung 16, exemplarisch für den Punkt O2 im Untergeschoss dargestellt.

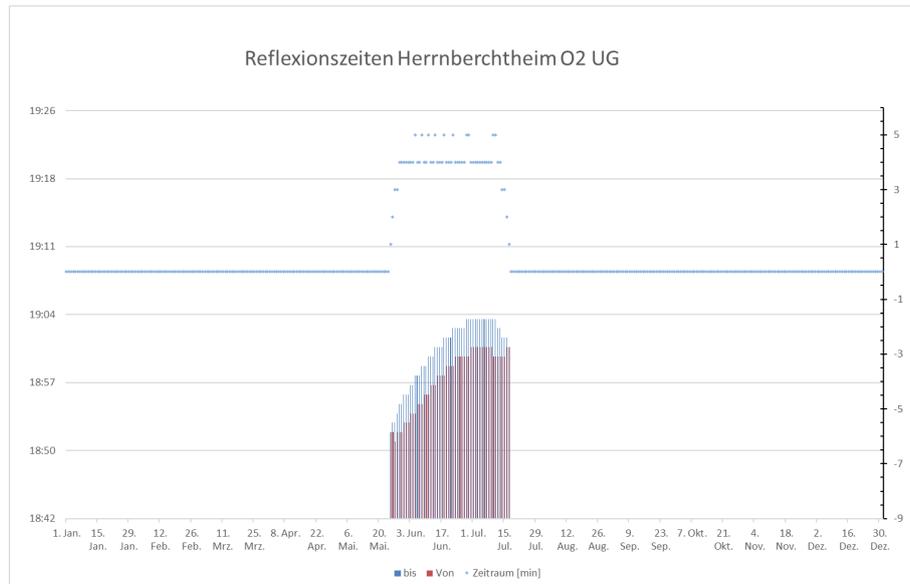


Abbildung 16: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O2 UG für Emissionen der südlichen Planfläche

Abbildung 17 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für den Punkt O2 ausgehen.

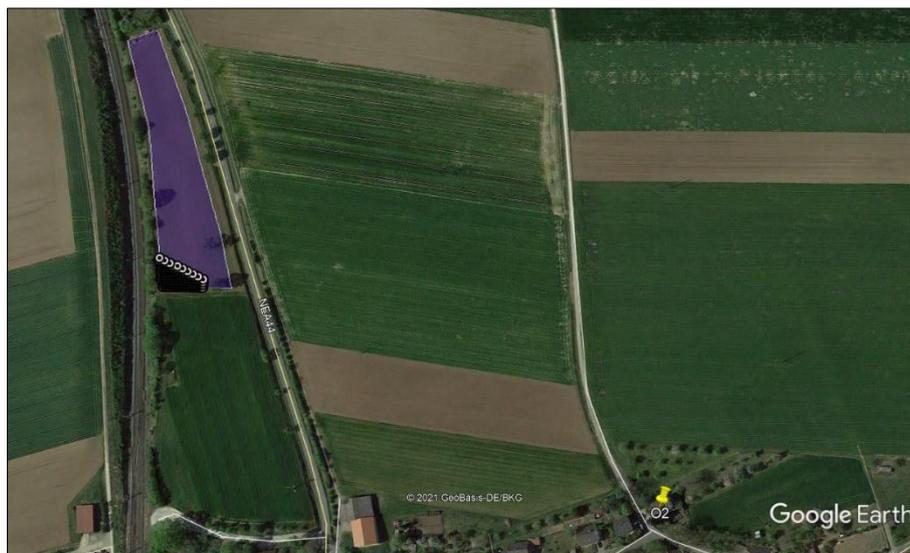


Abbildung 17: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 am Ortsrand Herrnburchheim

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Bahntrasse

Wie in C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Fahrzeugführern bzw. Zugführern je nach Geschwindigkeit eingeschränkt. Bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h, die als zu erwartende Mindestgeschwindigkeit an dieser Stelle zugrunde gelegt wird, beträgt der Öffnungswinkel des Sichtfeldes 40°.

8.2

Das Sichtfeld der Zugführer ist in Abbildung 18 für Punkt A3 und in Abbildung 19 für Punkt A6 dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in blau dargestellt. Die Kegel stellen die entsprechenden Sichtfelder für Zugführer wieder, die in die jeweiligen Fahrrichtungen unterwegs sind. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von Punkt A3 bzw. Punkt A6 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 beide Punkte und beide Fahrrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Zugführer liegen.



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



Abbildung 19: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A6 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Kreisstraße NEA 44

8.2

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 an dieser Stelle zugrunde gelegt wird, beträgt der Öffnungswinkel des Sichtfeldes 75° .

Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Abbildung 20 exemplarisch für Punkt B2 und in Abbildung 21 exemplarisch für Punkt B6 dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in blau dargestellt. Die Kegel stellen die entsprechenden Sichtfelder für Fahrzeugführer wieder, die in die jeweiligen Fahrtrichtungen unterwegs sind. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von Punkt B2 bzw. Punkt B6 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 beide Punkte und beide Fahrtrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen. Gleiches gilt auch für den dazwischenliegenden Betrachtungspunkte mit Reflexionen aus den Planflächen auf der Kreisstraße.



Abbildung 20: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 21: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt B6 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Ortsränder Herrnberchtheim

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 Herrnberchtheim stellen die Lichtimmissionen nach LAI keine erhebliche Belästigung dar, da die maximal mögliche Dauer für einzelne Gebäude pro Ereignis 5 Minuten beträgt und maximal an 3,5 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 der betrachteten Bahntrasse, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Herrberchtheim, Lichtimmissionen von Februar bis Oktober in den Morgenstunden zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in etwa zwischen 05:39 Uhr und 07:33 auf. Die Dauer beträgt im Maximum 20 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.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Bahntrasse treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Wahrnehmung ist nur dann zu erwarten, wenn der Zugführer den Blick bewusst abwendet, so dass die Blickrichtung sich außerhalb des normalen Sichtkegels befindet. Es ist davon auszugehen, dass dies entsprechend vorsichtig erfolgt, so dass eine Blendung auszuschließen ist.

Weiterhin geht aus den geometrischen Reflexionsbetrachtungen in Kapitel D.2.2 hervor, dass auch auf der Kreisstraße NEA 44 mit Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Herrberchtheim zu rechnen ist. Diese Lichtimmissionen treten über das gesamte Jahr verteilt in den Nachmittags- und Abendstunden in etwa zwischen 15:25 Uhr und 19:01 Uhr auf. Die Dauer beträgt im Maximum 48 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)¹² nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Kreisstraße treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Wahrnehmung ist nur dann zu erwarten, wenn die Fahrzeugführer den Blick bewusst abwenden, so dass sich die Blickrichtung außerhalb des normalen Sichtkegels befindet. Es ist davon auszugehen, dass dies entsprechend vorsichtig erfolgt, so dass eine Blendung auszuschließen ist.

Aus den oben genannten Gründen ist eine Gefährdung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Herrberchtheim entstehen, für den Bahnverkehr auf der Bahntrasse, sowie für den Straßenverkehr auf der Kreisstraße NEA 44 nicht zu erkennen.

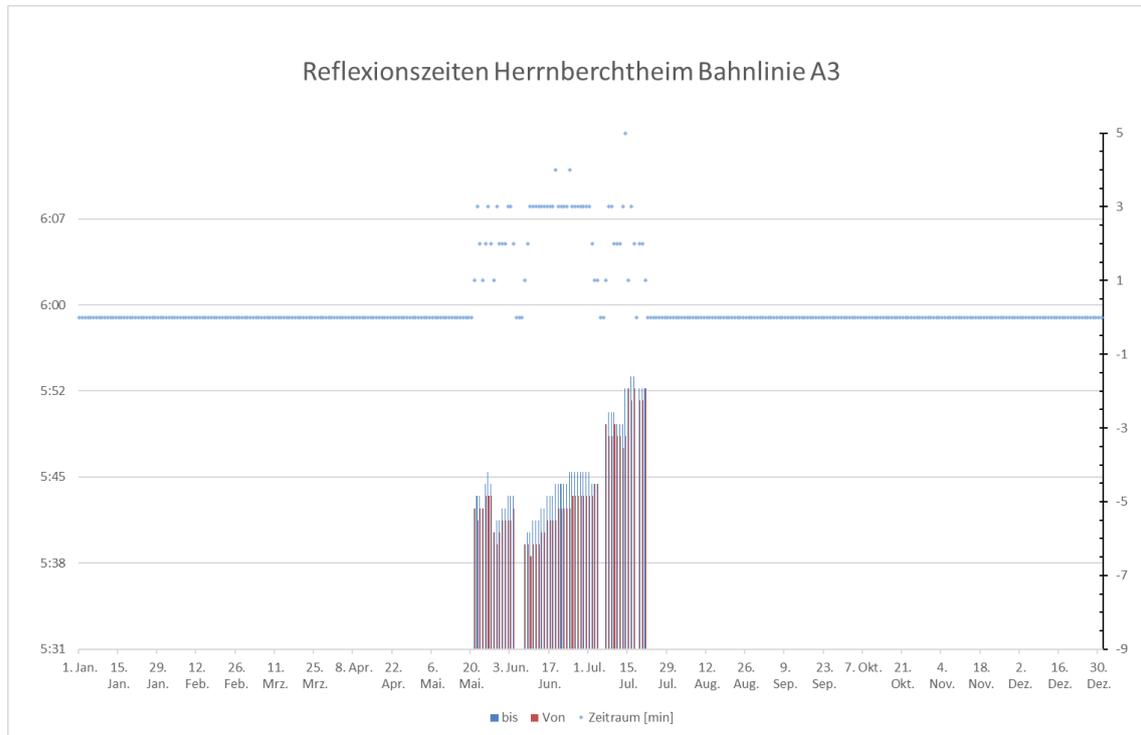
Die Analyse der Lichtemissionen zeigt, dass am der Photovoltaikanlage zugewandtem Ortsrand von Herrberchtheim Lichtimmissionen nur im Betrachtungspunkt O2 aus der südlichen Planfläche zu erwarten sind. Nach den Richtlinien der LAI liegen keine erheblichen Belästigungen vor, da die zu tolerierenden Zeiträume mit maximal 5 Minuten am Tag und maximal 3,5 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

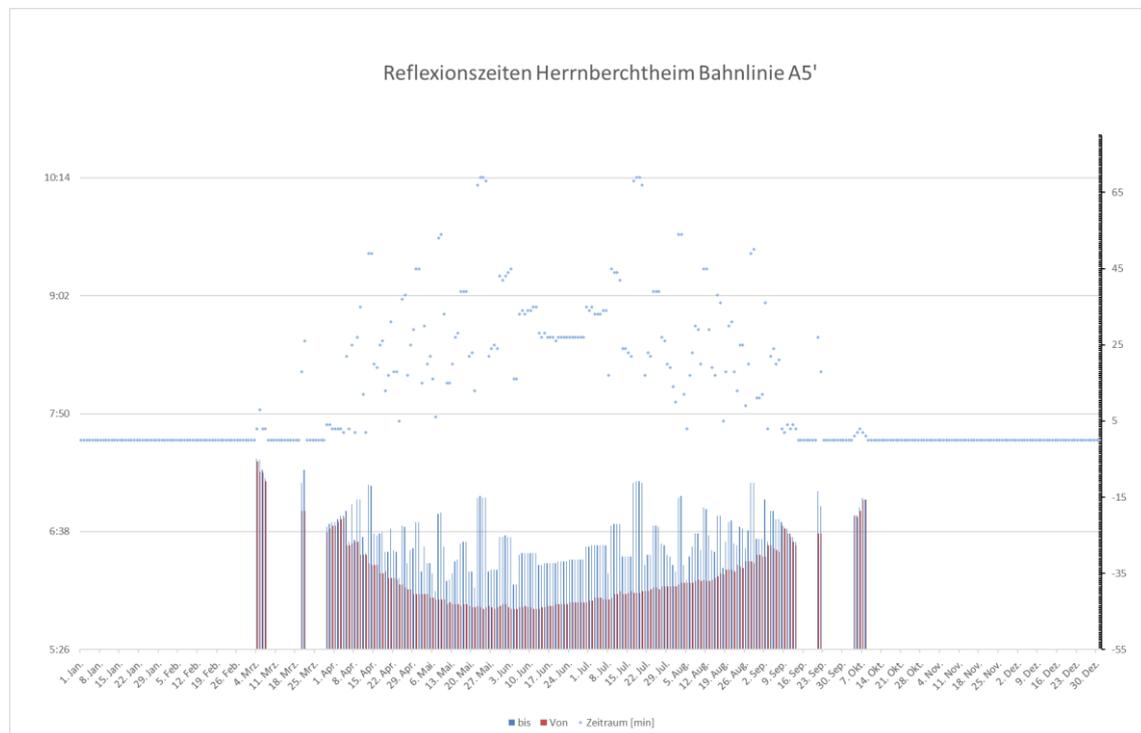
¹² Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

F. Anhang

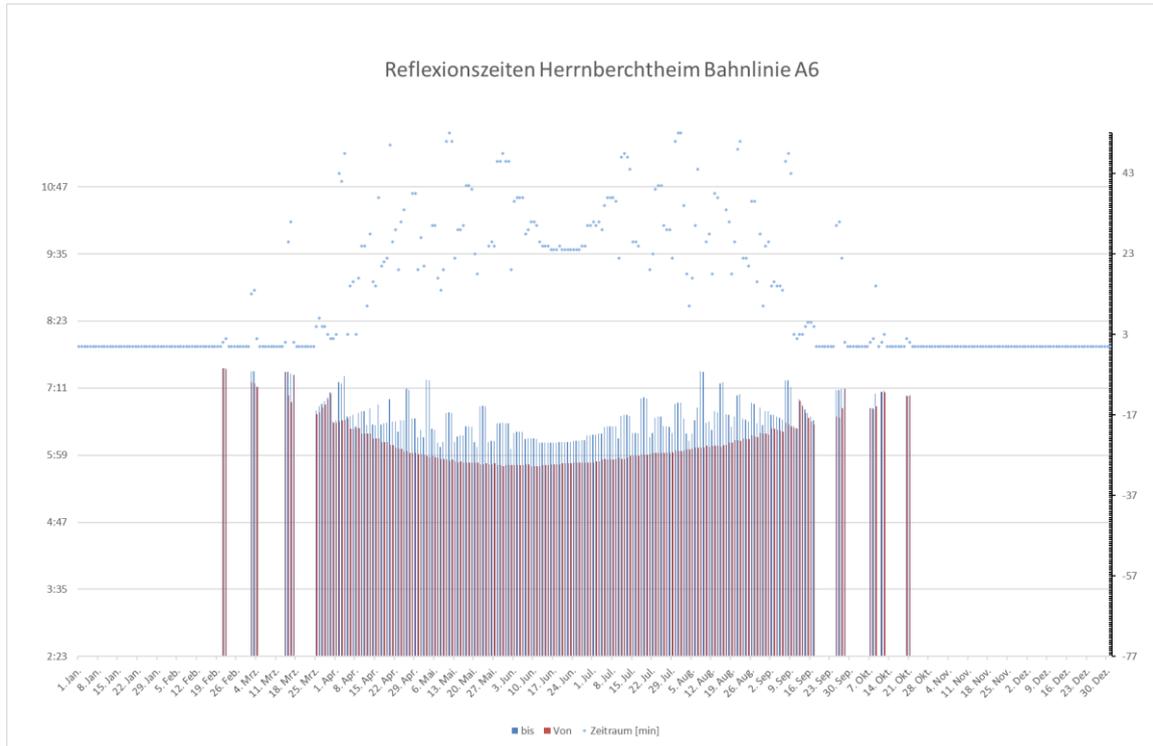
Reflexionszeiten und Dauer der Betrachtungspunkte



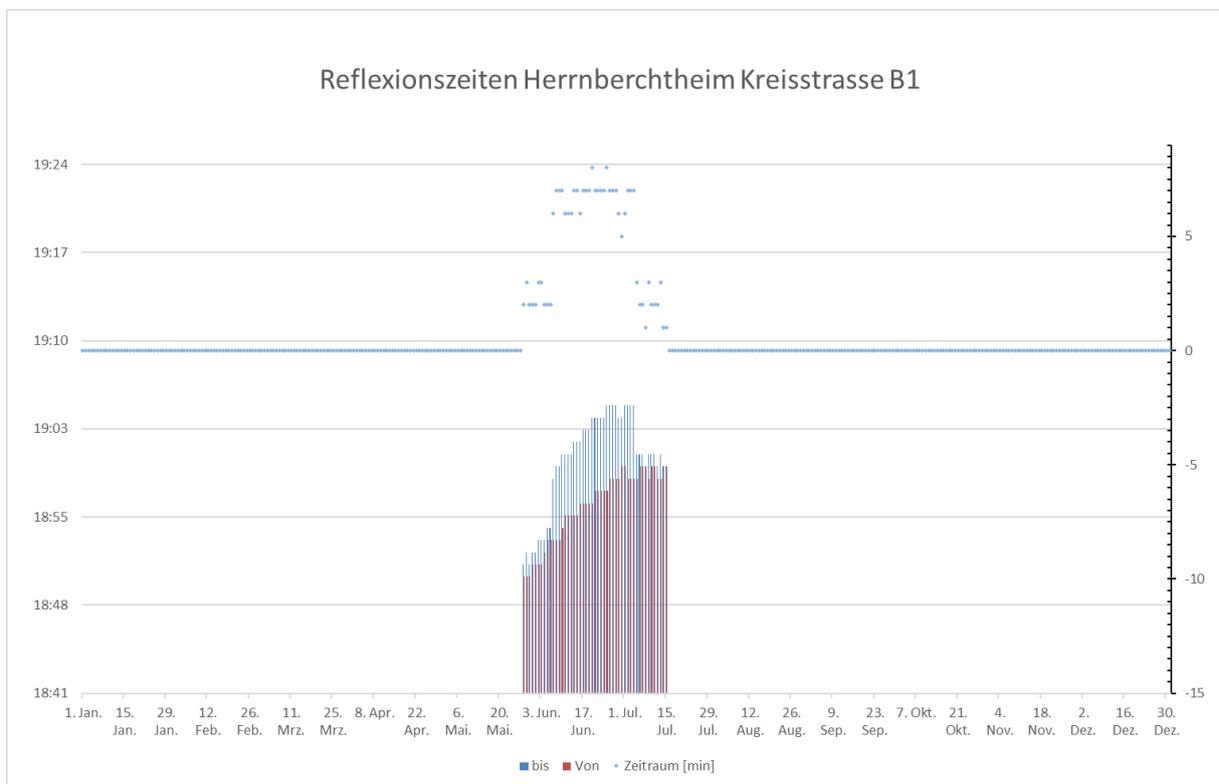
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A3 für Emissionen der Planflächen



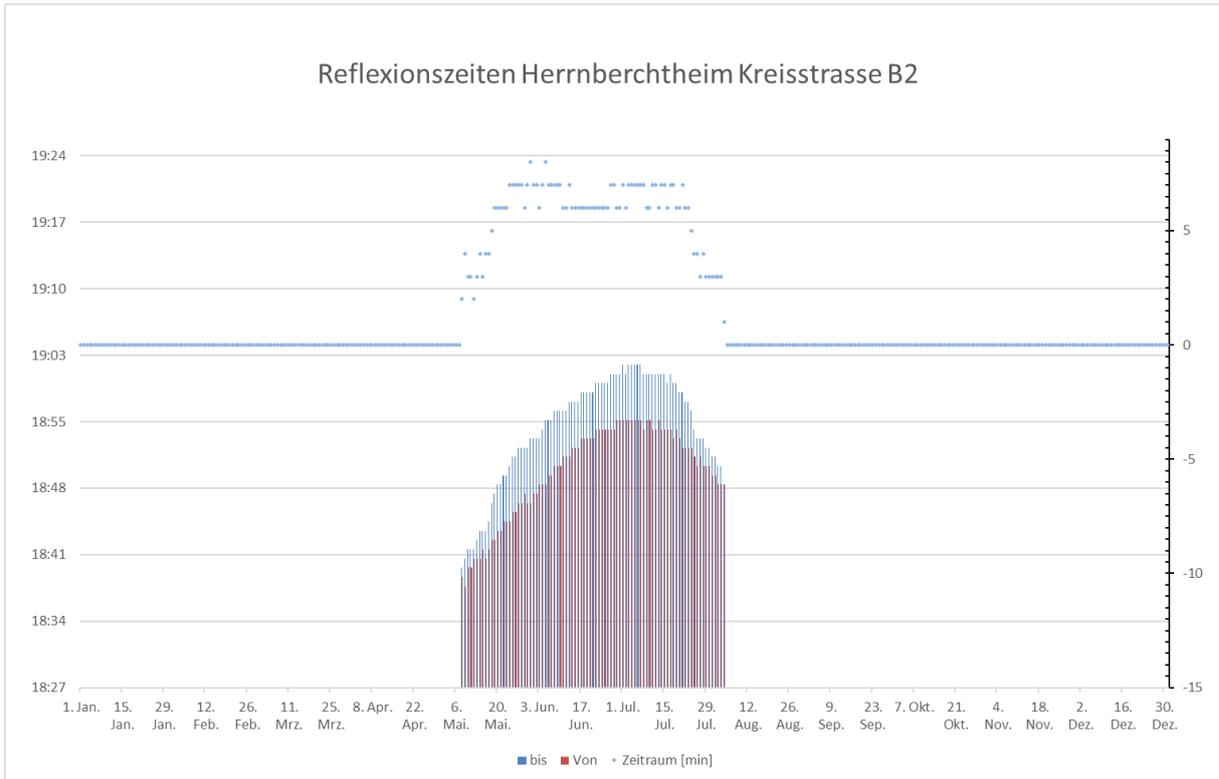
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A5' für Emissionen der Planflächen



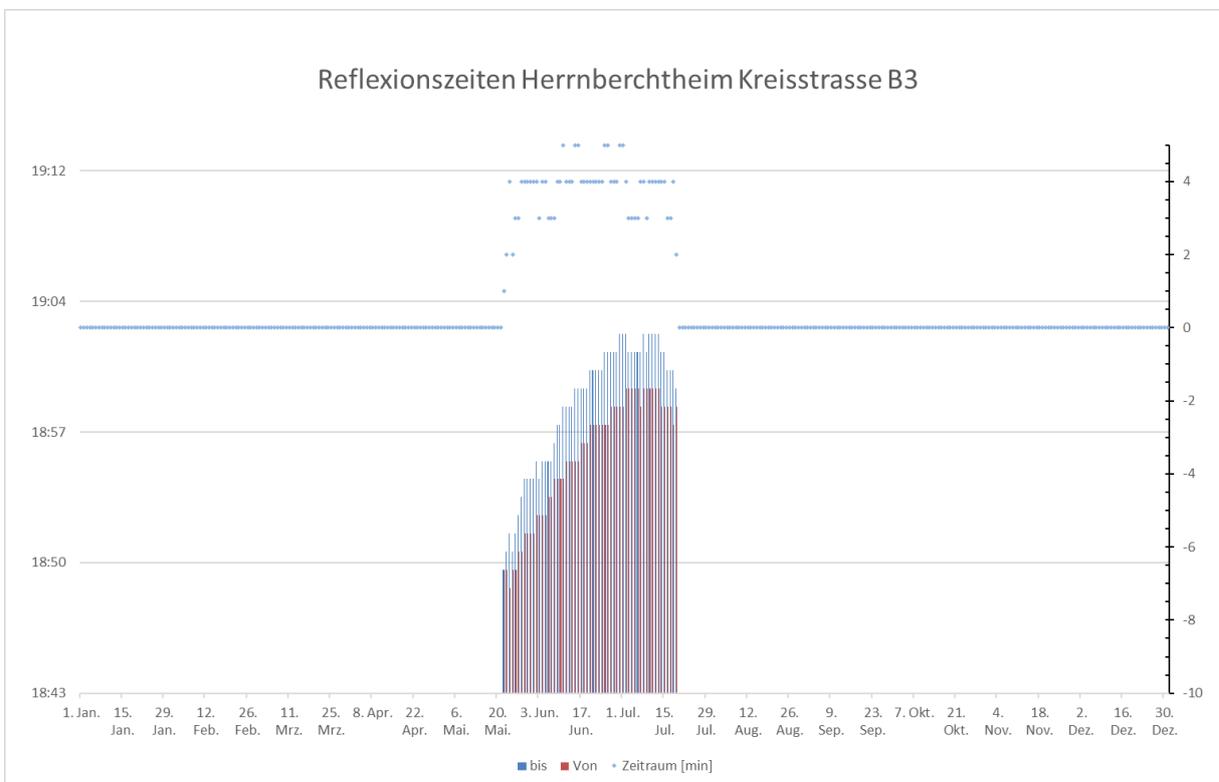
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt A6 für Emissionen der Planflächen



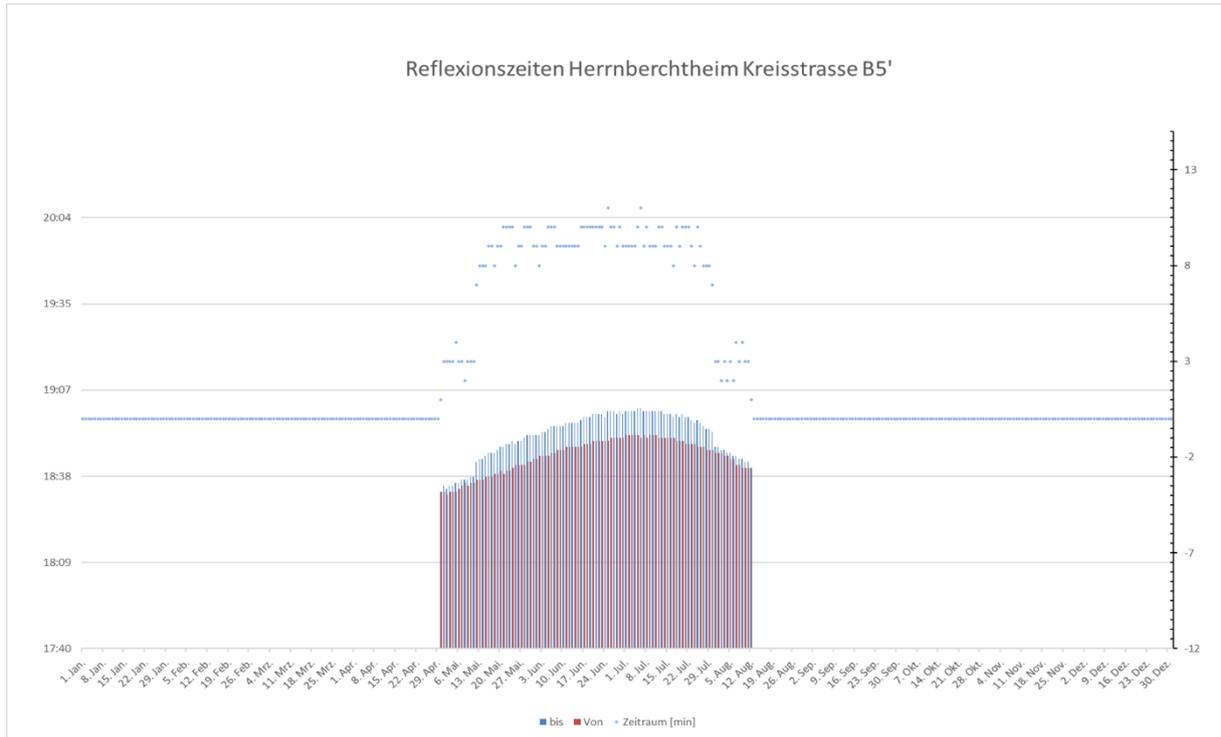
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B1 für Emissionen der Planflächen



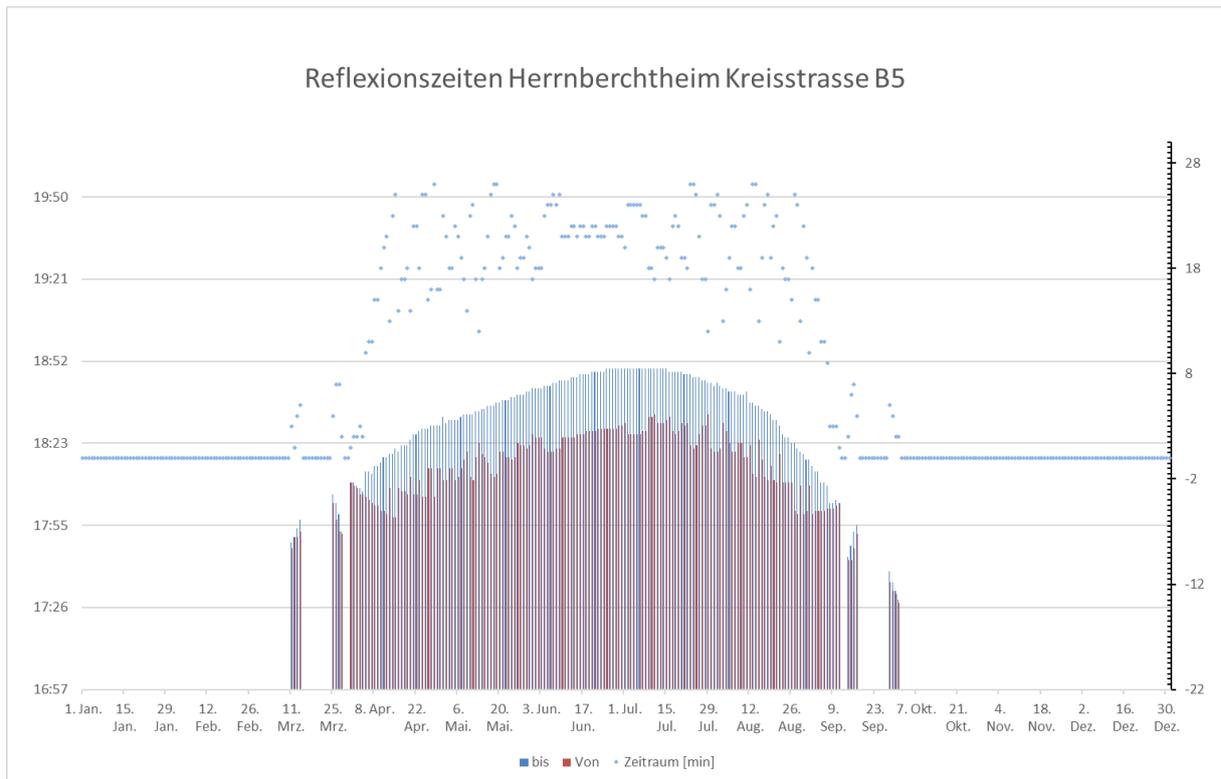
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B2 für Emissionen der Planflächen



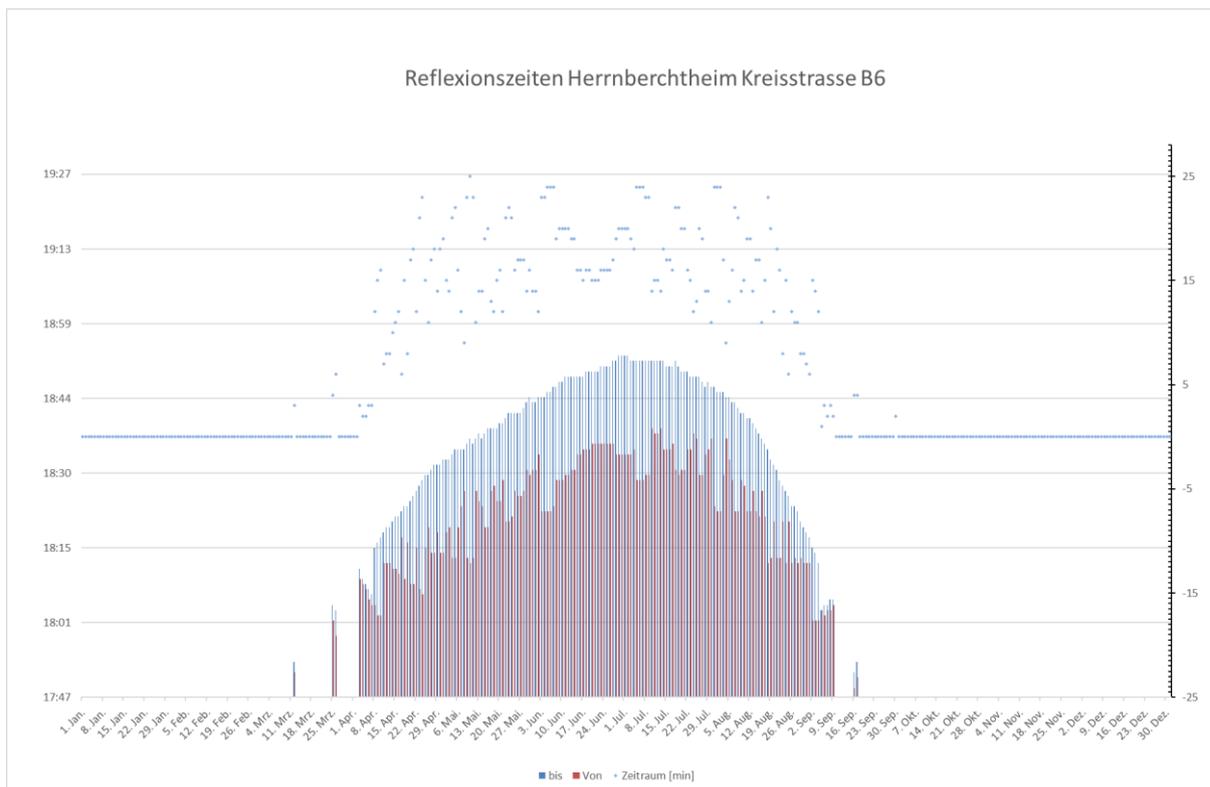
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B3 für Emissionen der Planflächen



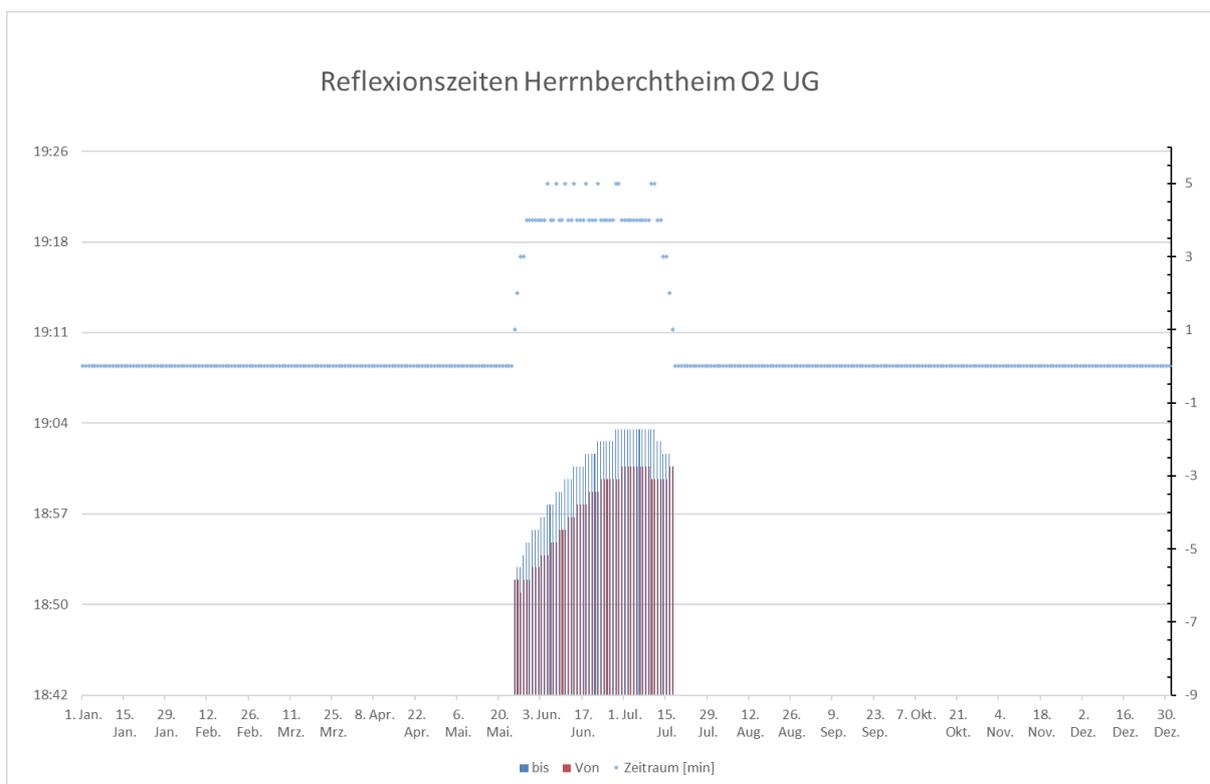
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B5' für Emissionen der Planflächen



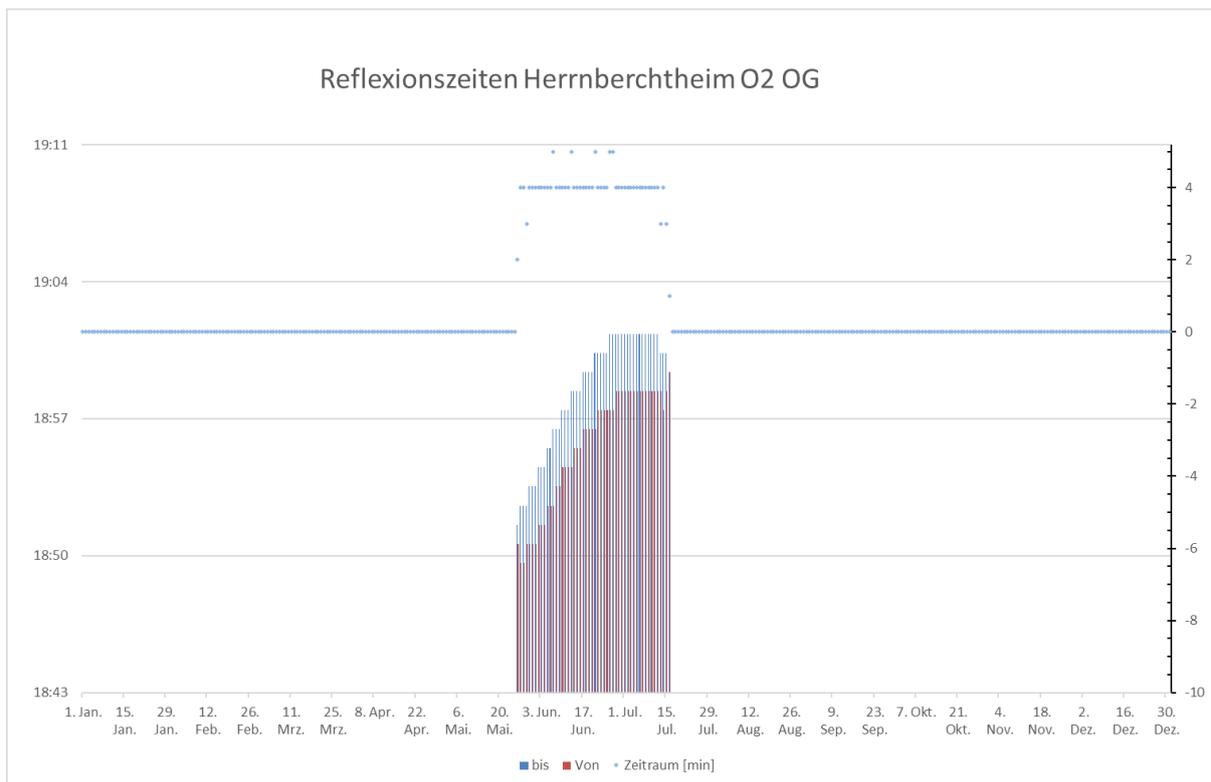
Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B5 für Emissionen der Planflächen



Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt B6 für Emissionen der Planflächen

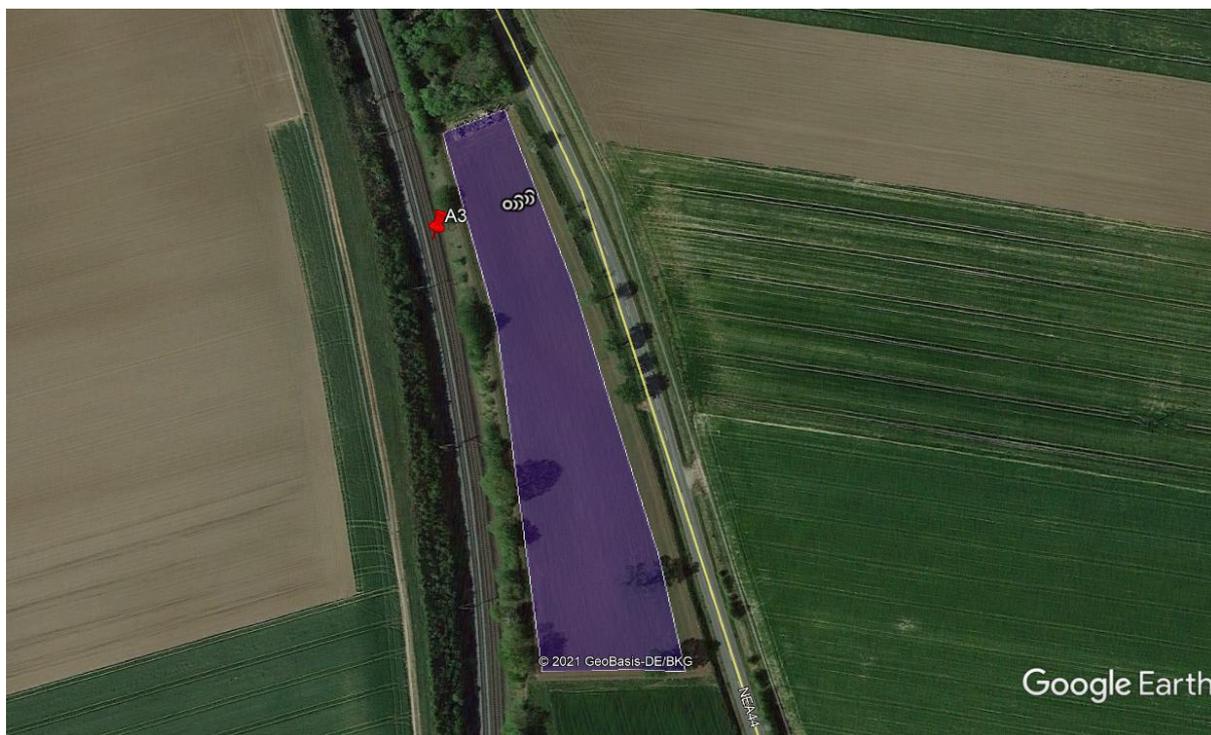


Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O2 UG für Emissionen der Planflächen



Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt O2 OG für Emissionen der Planflächen

Spezifische Emissionsbereiche der Betrachtungspunkte



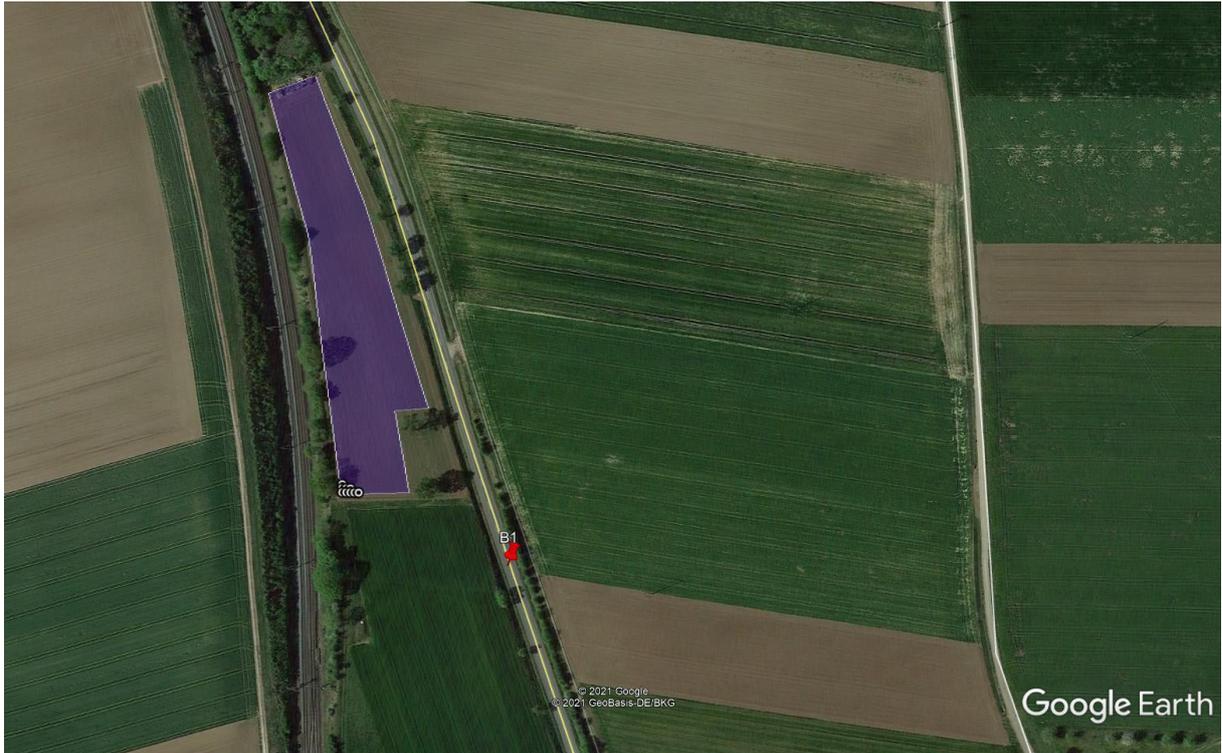
Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A3 auf der Bahntrasse



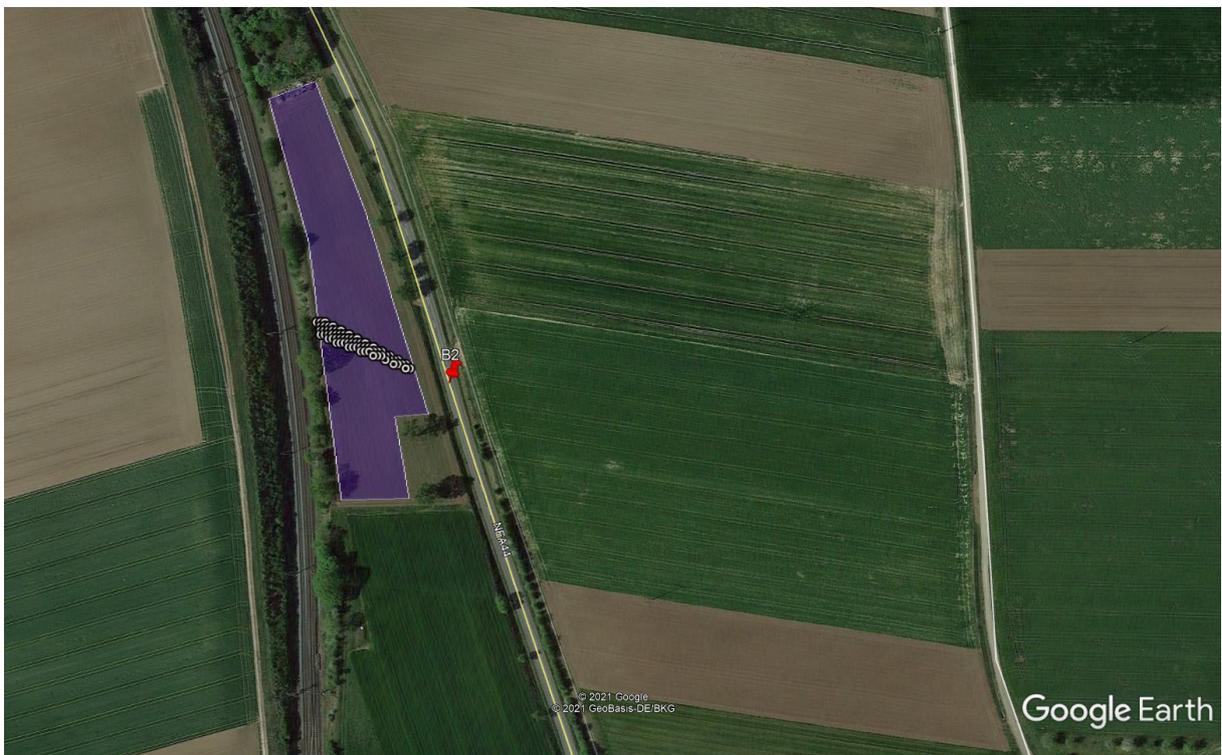
Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A5' auf der Bahntrasse



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt A6 auf der Bahntrasse



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1 auf der Kreisstraße



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2 auf der Kreisstraße



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B3 auf der Kreisstraße



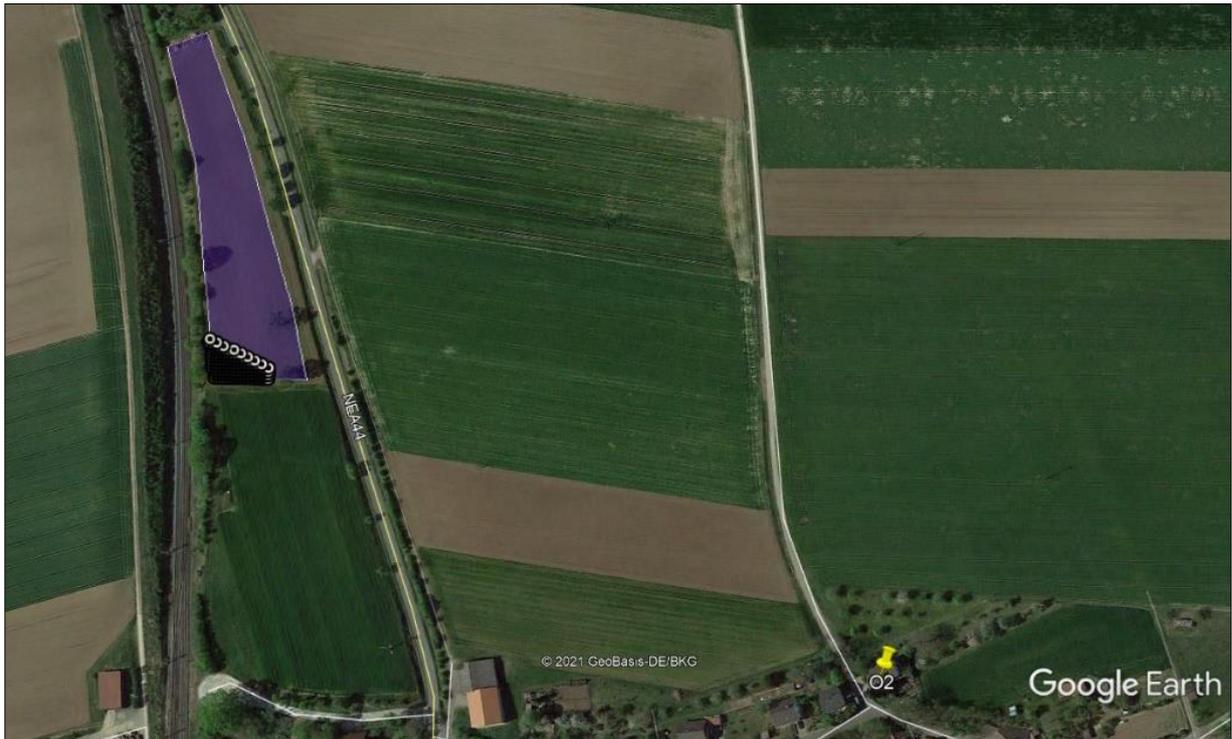
Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B5' auf der Kreisstraße



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B5 auf der Kreisstraße



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B6 auf der Kreisstraße



Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 am Ortsrand

Sichtkegelanalyse der Betrachtungspunkte (Bahntrasse und Kreisstraße)



Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A3 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A5' mit Grenzvektoren in Richtung Module



Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A6 mit Grenzvektoren in Richtung Module



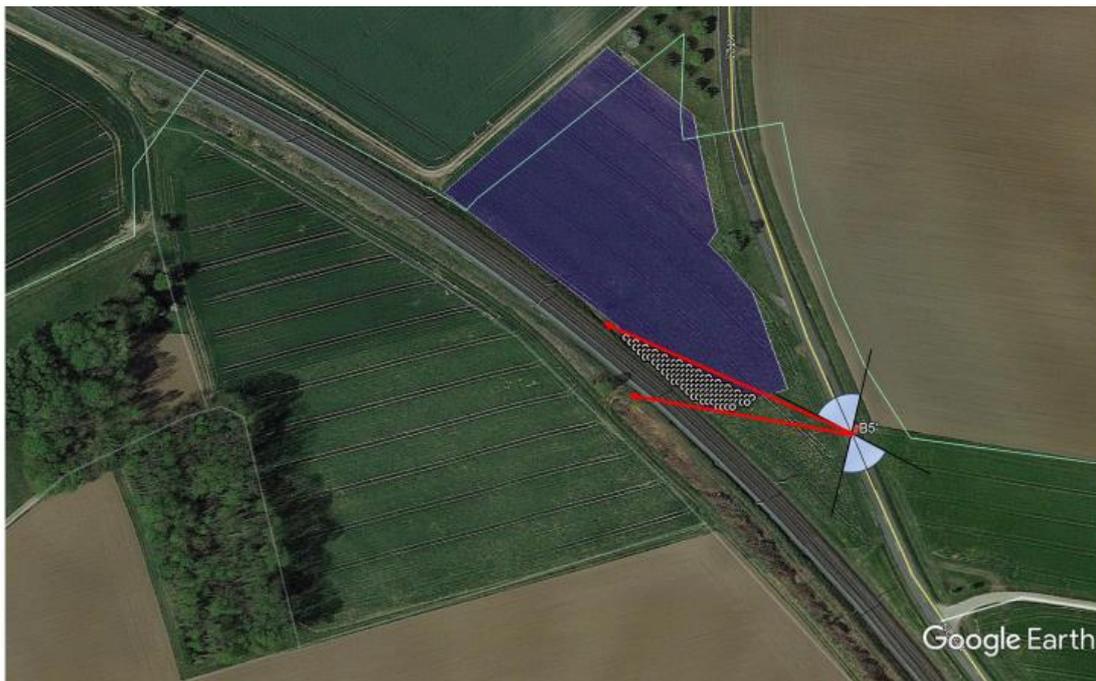
Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B1 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module



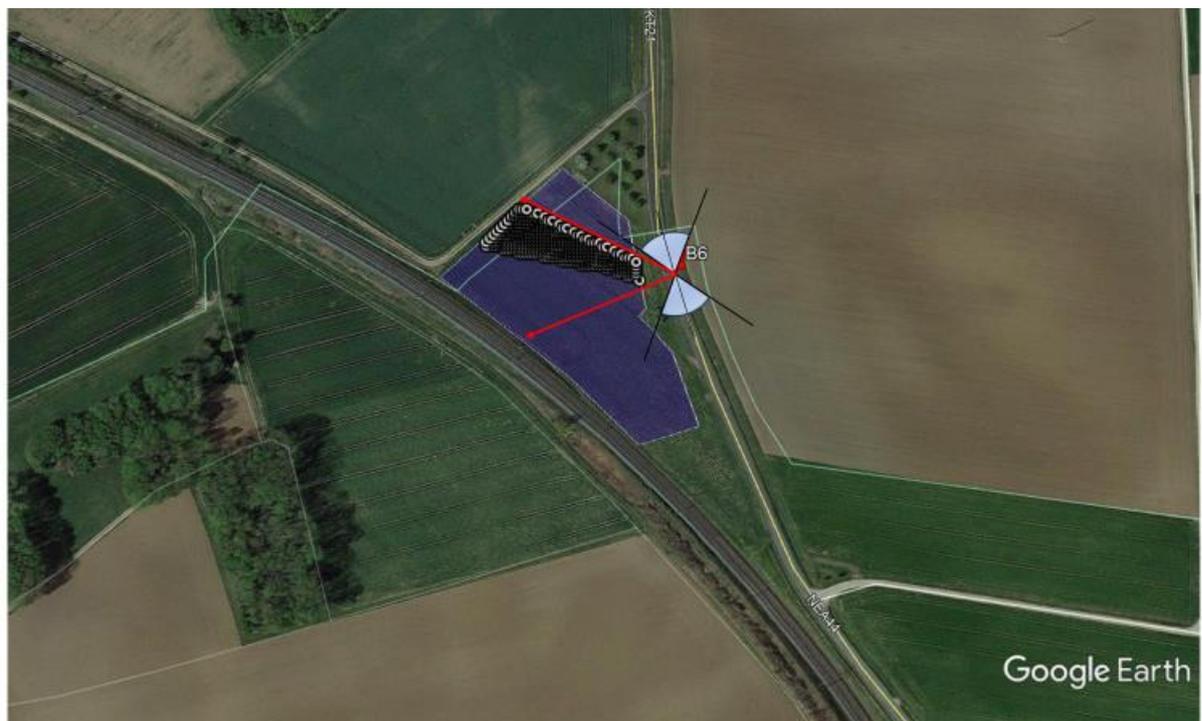
Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B3 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B5' mit Grenzvektoren in Richtung Module



Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B5 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt B6 mit Grenzvektoren in Richtung Module