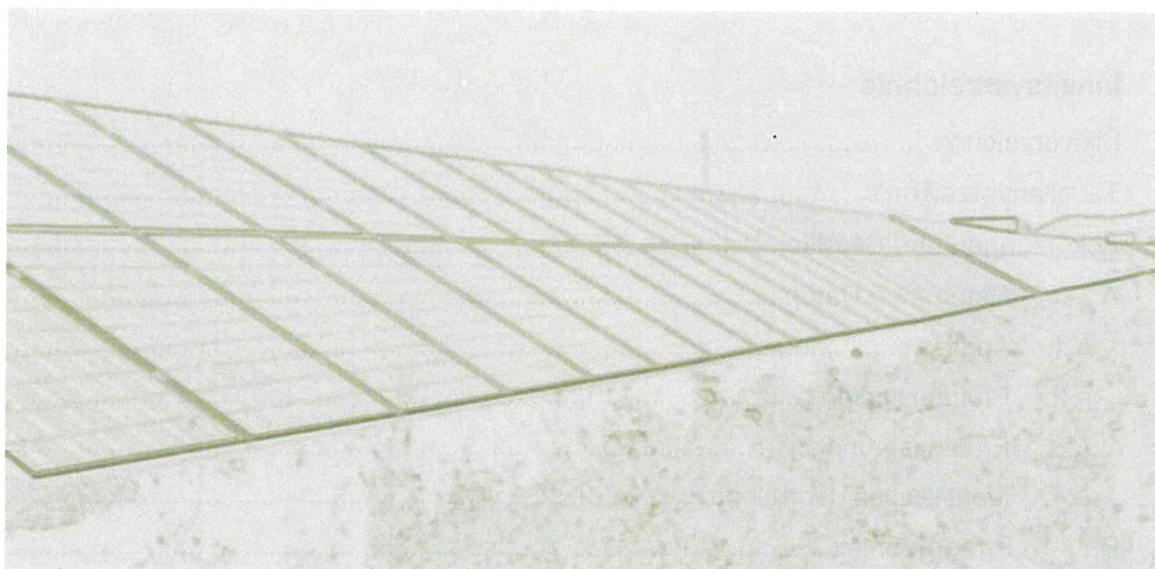




Prüfbericht

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Weidelbach West
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>Weidelbach West (49.119°N; 10.237°O), Germany</u>
Betreiber:	HEG Energie GmbH & Co. KG
Prüfberichtsnummer:	20K1796-PV-BG-Weidelbach West-R02-JBS_DO-2020
Prüfdatum:	06.03.2020
	8.2 Obst & Ziehmann GmbH
	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt
	Brandstwierte 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.....	13
D. Analyse	14
D.1. Grundlage und Vorgehensweise.....	14
D.2. Geometrische Betrachtung	15
E. Bewertung.....	24
F. Anhang.....	25
F.1. Reflexionszeiten und Dauer.....	25
F.2. Reflexionszeiten im Sonnenverlaufsdigramm	30
F.3. Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer mit Blickfeld in Richtung Module.....	33

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	12
Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel.....	13
Abbildung 3: Google Earth ©2018 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 2 für LKW.....	17
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt 2 für PKW	18
Abbildung 8: Reflexionszeiten zu Punkt 2 im Sonnenverlaufdiagramm	18
Abbildung 9: Für Punkt P2 spezifischer Emissionsbereich auf der Planfläche für PKW (links) LKW (rechts)	19
Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 1 auf der Autobahn	19
Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 3 auf der Autobahn	20
Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 4 auf der Autobahn	20
Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 5 auf der Autobahn	21
Abbildung 14: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt 4 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Revisionsübersicht.....	4
Tabelle 2:	Winkelbetrachtungen zu Vektor OS und Vektor OM Geltungsbereich I ($N=0^\circ$)	21

Tabelle 1 Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
20K1796-PV-BG-Weidelbach West-R00-JBS_DO-2020	Ursprungsversion 06.03.2020
20K1796-PV-BG-Weidelbach West-R01-JBS_DO-2020	Anpassung an die Änderung der Modulausrichtung 16.03.2020
20K1796-PV-BG-Weidelbach West-R02-JBS_DO-2020	Erweiterung um die Betrachtung der Keisstraße AN 42. 08.04.2020

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 ausschließlich zur Nutzung durch den Auftraggeber erstellt und dessen Inhalt ist vertraulich und urheberrechtlich geschützt. Der Bericht darf ausschließlich vom Auftraggeber und dessen Beratern, die zur Vertraulichkeit verpflichtet sind, für den vorgesehenen Zweck verwendet werden. Der Bericht dient weder zur Information, noch zum Schutz anderer Personen als dem Auftraggeber und darf weder von anderen Personen noch zu anderen Zwecken genutzt werden. Der Auftraggeber ist 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 ausschließlich 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 sollte nicht als Äquivalent zu einem voll umfassenden formellen spezialisierten Sachverständigen-gutachten betrachtet werden. Der Bericht wurde als Zusammenfassung der wichtigsten Fragen und Bedenken, die sich aus den bereitgestellten Informationen ergeben, erstellt. Grundsätzlich sollte der Bericht nicht als Ersatz für eine spezifische Beratung zu spezifischen Sachlagen in Bezug auf das Projekt behandelt werden. In solchen Fällen kann eine zusätzliche eingehende Beratung notwendig werden.
- 5.) Jegliche rechtliche, kommerzielle, finanzielle, versicherungstechnische, steuerliche oder buchhalterische Stellungnahmen werden in diesem Bericht explizit ausgeschlossen.
- 6.) Unter der Voraussetzung, dass der Bericht sich auf Notizen, Berichte, Aussagen, Meinungen oder Ratschläge vom Auftraggeber und/oder von Dritten (die im Bericht angegeben werden) bezieht oder darauf beruht, bleiben diese Personen alleinig für die Inhalte verantwortlich. 8.2 Obst & 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 Autobahn A7 und der Kreisstraße AN 42 zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	HEG Energie GmbH & Co. KG Lauterbach 10 91608 Geslau
Auftragsdatum:	30.01.2020
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Obst
Nummer des Prüfberichts:	20K1796-PV-BG-Weidelbach West-R02-JBS_DO-2020

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die westlich an der Planfläche vorbeiführende Autobahn A7 und die nordöstlich gelegene Kreisstraße AN 42. 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 Koordinaten der Photovoltaikanlage
 - 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 Weidelbach West soll westlich des Ortsteils Weidelbach einen Ortsteil von Dinkelsbühl in Mittelfranken errichtet werden. Die Anlage wird im parallel verlaufenden 110 m Streifen der westlich an die Photovoltaikanlage angrenzenden Autobahn A7 errichtet.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 210° (N=0°) und einem Neigungswinkel von 17° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Es sollen fünf kristalline Module hochkant übereinander montiert werden. Die maximale Höhe der Gestelle ergibt sich damit mit rund 3,3 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 Weidelbach West wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Autobahn A7 und der Kreisstraße AN 42 durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Kreisstraße keine Lichtimmissionen, die von der Photovoltaikanlage ausgehen zu erwarten sind. Hingegen sind auf der Autobahn Lichtimmissionen in den Morgenstunden zu erwarten. Diese Lichtimmissionen treten in etwa zwischen 6:44 Uhr bis 08:51 Uhr auf. Die Dauer beträgt im Maximum 29 Minuten.

Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Zudem weichen die Blickrichtung in Richtung reflektierende Module bzw. in Richtung Sonne nur wenig voneinander ab, so dass ein Blick in Richtung reflektierender Module mit gleicher Vorsicht, wie in Richtung Sonne erfolgen würde.

Eine Gefährdung des Straßenverkehrs durch Lichtimmissionen ist nicht erkennbar.

Hamburg, 8. April 2020



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Obst

Dieser Bericht besteht aus 35 Seiten und ist bis Ende 2030 in der 8.2 Obst & Ziehm 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 Autobahn bzw. die Kreisstraße zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter, bei Fahrzeugführern unter Beachtung derer Blickwinkel.

C.1. Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht

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

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

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

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

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

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

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

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

C.2. Wirkung auf den Menschen

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

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

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

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

Solarmodule reflektieren mit ca. 2 % äußerst wenig von dem eingestrahltten 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.

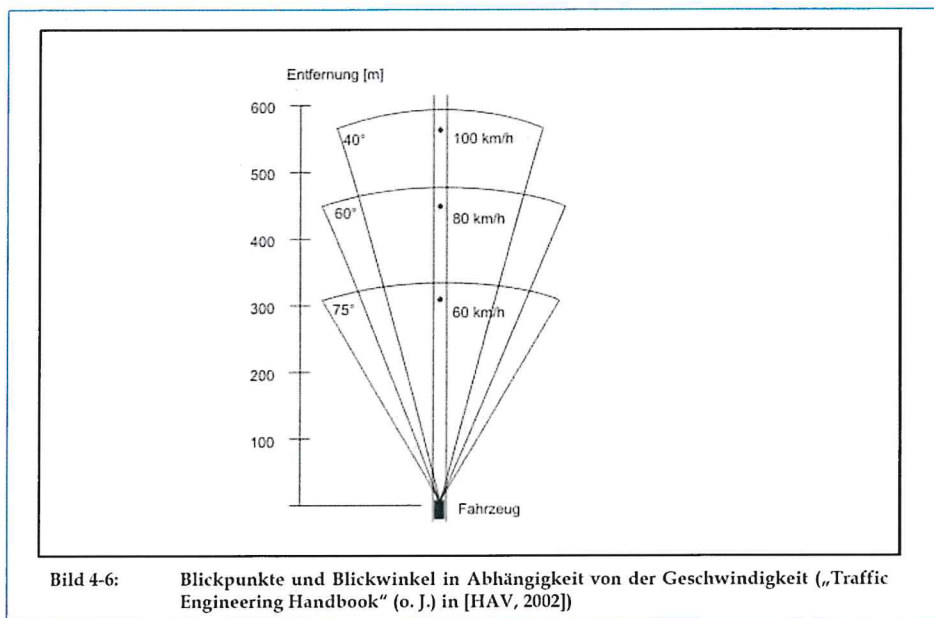


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit³

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

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.

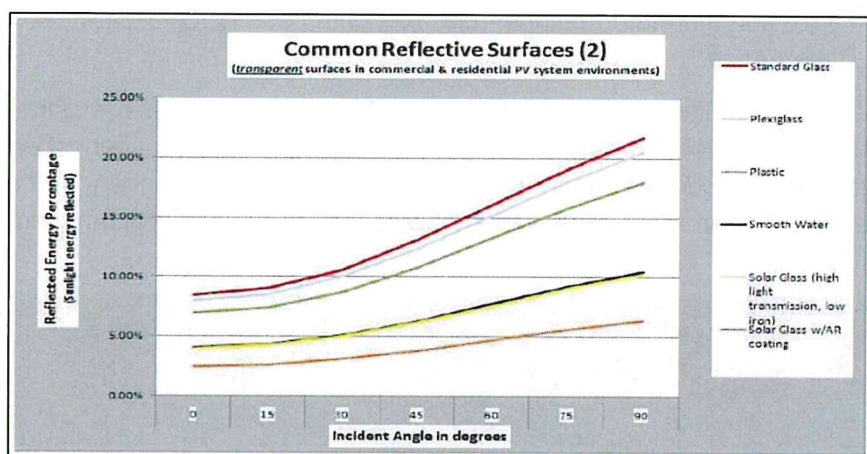


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

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 Autobahn A7 und südlich der Kreisstraße AN 42. Das Höhenniveau der Autobahn über Normalnull beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 459 m und 461 m und das Höhenniveau der Kreisstraße zwischen 448 m und 450 m. Das Höhenniveau der Planfläche variiert zwischen 454 m im Westen und 462 m, siehe Abbildung 3.

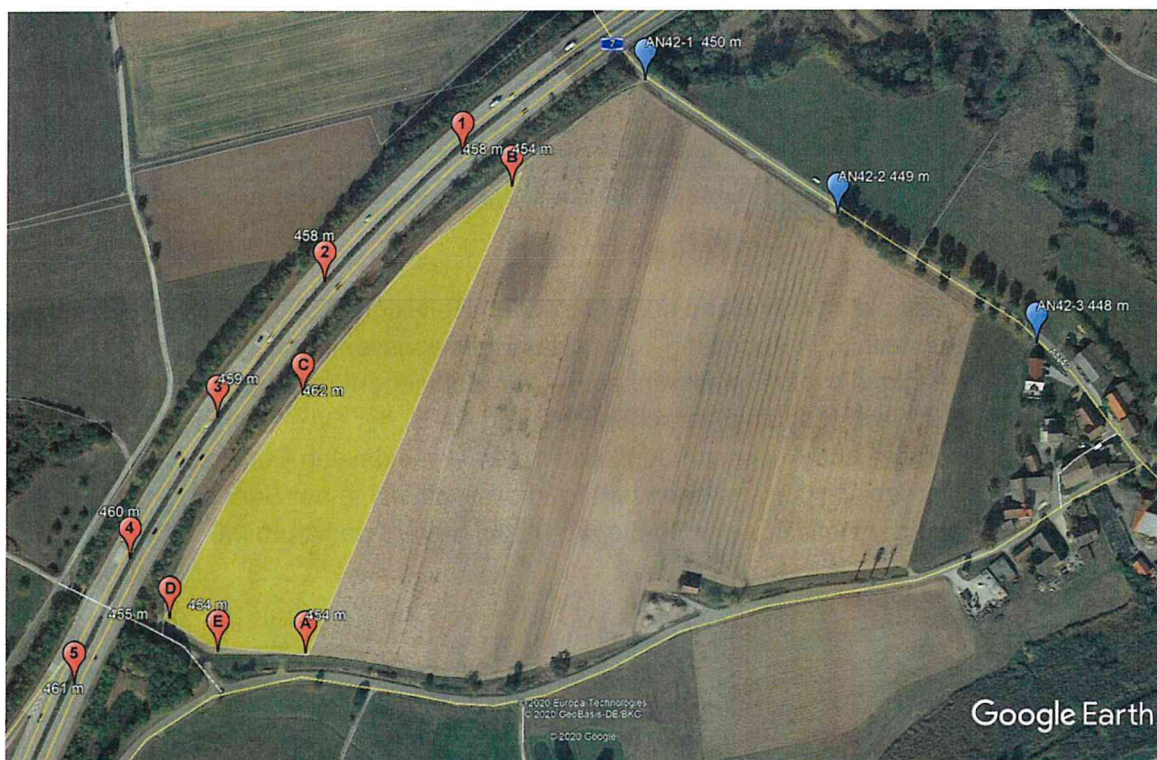


Abbildung 3: Google Earth ©2018 Lageplan der Planfläche

Der Böschungsbereich der Autobahn ist zum großen Teil mit Büschen bewachsen. Angaben zu den Höhen der Büsche liegen nicht vor. Die Ansichten aus Google Earth lassen vermuten, dass ein Sichtschutz durch die Büsche nur in wenigen Teilbereichen gegeben ist.

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>

Im Süden der Photovoltaikanlage grenzt ein kleines Waldstück an die Autobahn an. Die Ansichten aus Google Earth lassen vermuten, dass hier eine Abschattung der Photovoltaikanlage auf die südlich gelegene Autobahn gegeben ist.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 210° ($N=0^\circ$) und einem Neigungswinkel von 17° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Die maximale Höhe der Gestelle beträgt laut Planung rund 3,3 m.

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Autobahn und der Kreisstraße 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 2 m über die Planfläche gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte.

Auf der Autobahn werden die Punkte 1 bis 5 und auf der Kreisstraße die Punkte AN42-1 bis AN42-3 gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind, und wie diese sich auswirken, siehe Abbildung 3.

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 über der Fahrbahn wird mit 1,2 m für PKW und 3 m für LKW angesetzt.

Die Bewertung der Lichtmissionen des Solarparks erfolgt in zwei Schritten. In Schritt 1 wird für die Punkte auf der Autobahn zu den Punkten auf der Photovoltaikfläche der Ort einer Lichtquelle (Emissionsort) ermittelt, der zu Lichtmissionen auf der Autobahn 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.

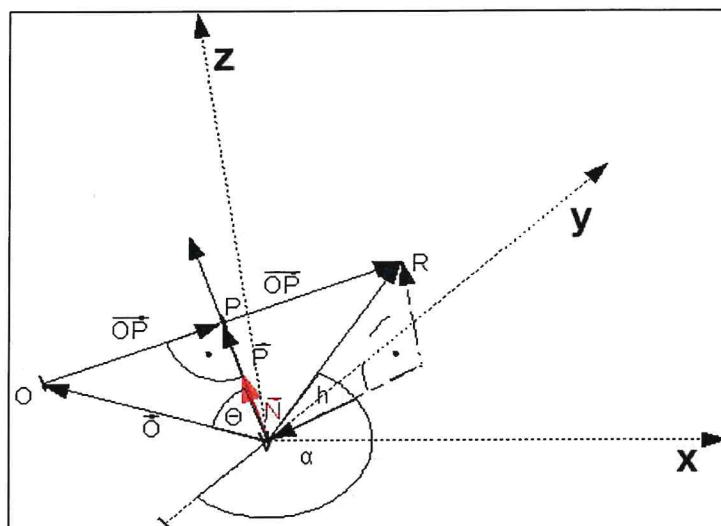


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

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 Lichtemissionen 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 -117° bis $+117^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 64° .

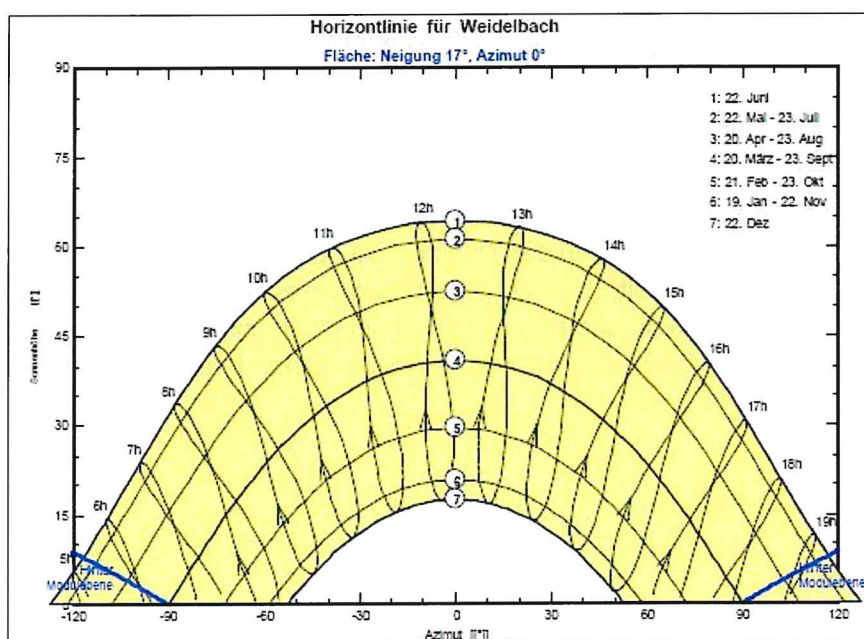


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

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.

Die Analyse zeigt, dass auf der Kreisstraße AN 42 keine Lichtimmissionen zu erwarten sind, die durch Reflexionen der Sonne an Modulen der Photovoltaikanlage entstehen.

Auf der Autobahn A7 sind Lichtimmissionen zu erwarten sind. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Morgenstunden im Zeitraum zwischen 6:44 Uhr bis 08:51 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 29 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 7 beispielhaft für den Punkt 2 einmal für PKW und einmal für LKW 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 7 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.

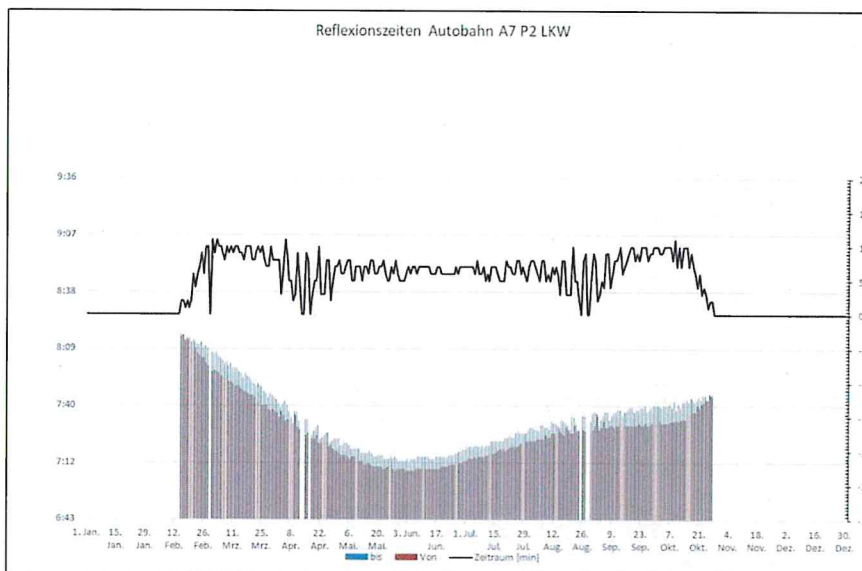


Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt 2 für LKW

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

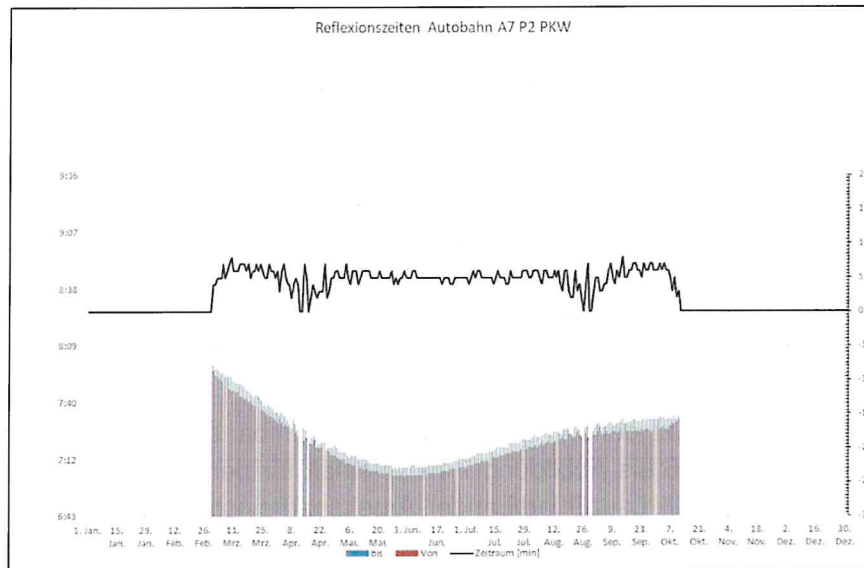


Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer zu Punkt 2 für PKW

Im Sonnenverlaufsdigramm, in dem der Sonnenverlauf über dem Azimut auf der Abszisse und der Sonnenhöhe auf der Ordinate aufgetragen wird, stellen sich die Zeiten mit Lichtimmissionen für Punkt 2 (PKW&LKW) wie in Abbildung 8 dargestellt dar. Die farbigen Linien geben den Sonnenverlauf an verschiedenen Tagen im Jahr wieder. Die äußere Bahn bezieht sich auf den 22. Juni, während sich die innere Verlaufsbahn auf den 21. Dezember bezieht. Die Zahlen geben die Uhrzeit wieder, zu dem die Sonne den zugehörigen Punkt erreicht. Die schwarzen Bereiche kennzeichnen die Zeiträume, in denen Lichtimmissionen am entsprechenden Immissionspunkt zu erwarten sind.

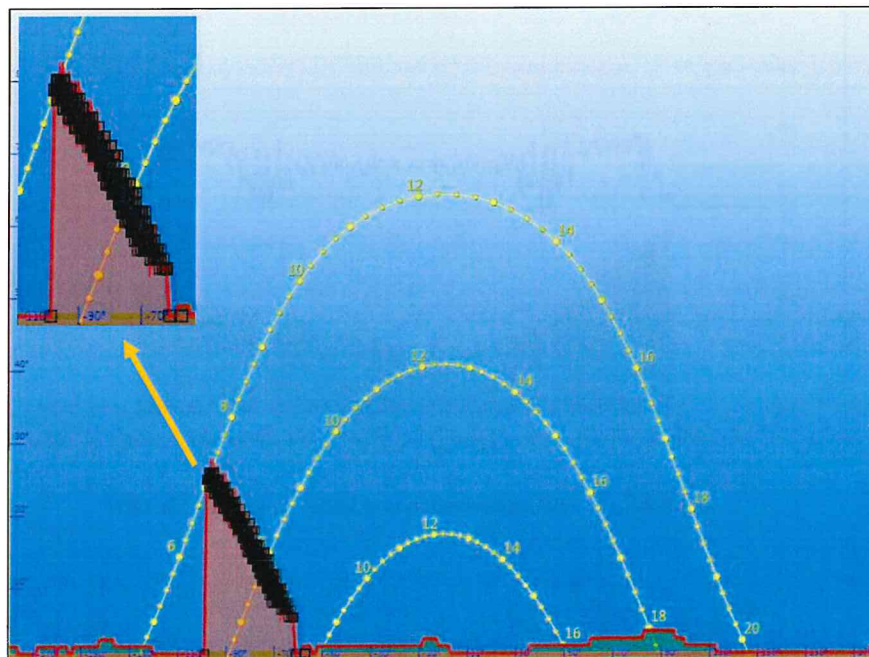


Abbildung 8: Reflexionszeiten zu Punkt 2 im Sonnenverlaufsdigramm

8.2

Die folgenden Grafiken zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für den zugeordneten Punkt auf der Autobahn ausgehen.

Die Grafiken in Abbildung 9 zeigen für Punkt 2 die Bereiche getrennt nach der Analyse für PKW und LKW. Es zeigt sich, dass die Bereiche sehr ähnlich sind und der Bereich für die LKW den Bereich, der für die PKW ermittelt wurde, umfasst. Daher werden im Folgenden nur noch die Ergebnisse für die LKW-Fahrer betrachtet.

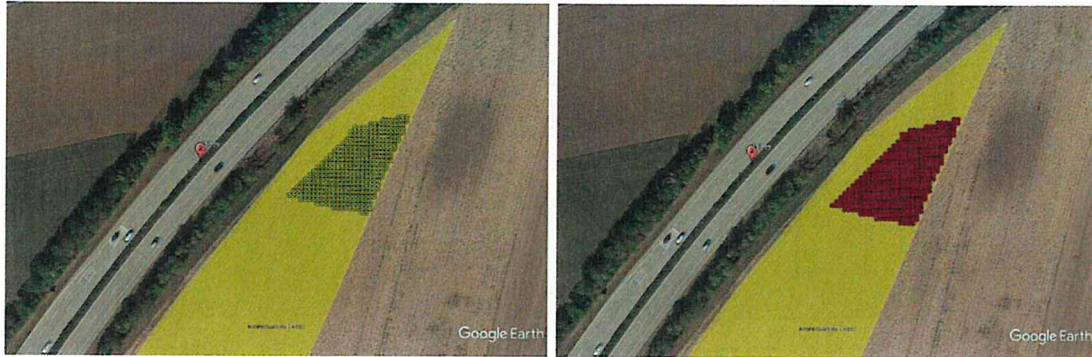


Abbildung 9: Für Punkt P2 spezifischer Emissionsbereich auf der Planfläche für PKW (links) LKW (rechts)

Die Grafiken Abbildung 10 bis Abbildung 13 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte 1 und 3 bis 5 ausgehen.

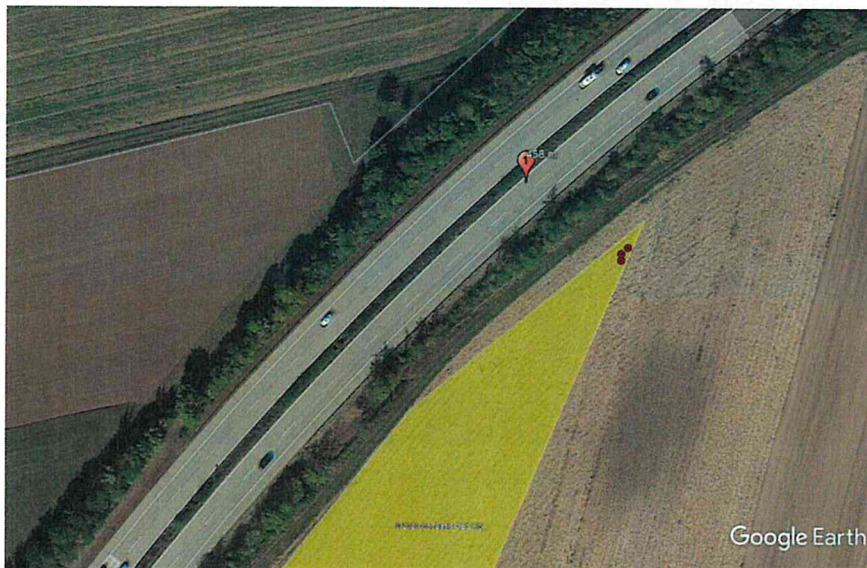


Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 1 auf der Autobahn

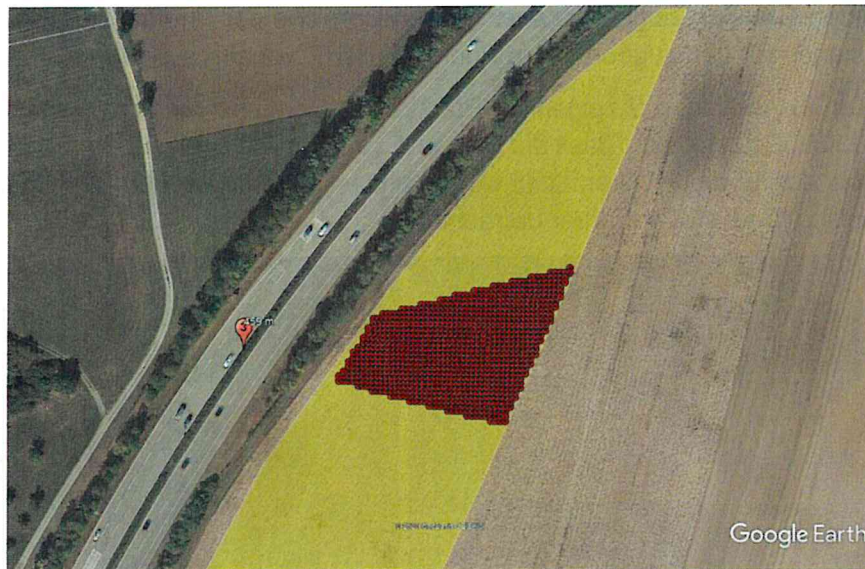


Abbildung 11: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 3 auf der Autobahn



Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 4 auf der Autobahn



Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 5 auf der Autobahn

Werden Reflexionen, die von verschiedenen Punkten der Planfläche ausgehen, an einem bestimmten Punkt beobachtet, bedeutet dies, dass die Sonne sich örtlich an unterschiedlichen Himmelspositionen, beschrieben durch den Azimut und der Sonnenhöhe, befinden muss. In Tabelle 2 sind die maximalen und minimalen Azimutwinkel⁹ der Sonne 'Azimut der Sonne' für die Zeiten, zu denen Lichtmissionen in den Untersuchungspunkten auf der Autobahn auftreten, dargestellt. Weiterhin dargestellt sind die minimalen und maximalen Azimutwinkel der Vektoren vom Betrachtungspunkt zu den Modulen, 'Azimut Vektor OM' die zu Lichtmissionen im Betrachtungspunkt führen. Ausgangspunkt ist jeweils der Betrachtungspunkt auf der Autobahn.

Tabelle 2: Winkelbetrachtungen zu Vektor OS und Vektor OM Geltungsbereich I (N=0°)

Ortspunkt	Azimut Sonne zum Zeitpunkt von Emissionen		Azimut Vektor OM (Ortspunkt zu Modul)		Differenz Azimut Sonne - Azimut Vektor OM		Differenz Vektor OM zum Vektor OS
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Autobahn P1 LKW	132.5	125.5	128.4	119.9	5.5	4.1	18.7
Autobahn P2 LKW	118.4	82.8	115.4	76.0	7.4	2.9	31.1
Autobahn P2 PKW	111.9	82.1	108.8	75.7	6.7	2.9	28.9
Autobahn P3 LKW	109.2	80.1	106.3	74.8	5.8	2.9	25.5
Autobahn P4 LKW	132.2	81.1	128.5	75.2	8.7	2.9	34.7
Autobahn P5 LKW	89.4	82.5	82.7	75.8	8.0	6.7	33.8

Die maximale und minimale Winkeldifferenz zwischen dem 'Azimut Vektor OM' und dem 'Azimut der Sonne' in Tabelle 2 ergeben sich aus der Menge der Differenzwerte der Einzelpunkte. Das heißt der Menge, die sich bildet aus den Winkeldifferenzen zwischen 'Azimut Vektor OM'

⁹ Der Azimutwinkel gibt die Richtung eines Objektes, hier die Sonne, in der horizontalen Ebene in Bezug einer Ausgangsrichtung, in diesem Fall der Nordrichtung (N=0°) wieder.

und dem 'Azimut der Sonne' für die einzelnen Zeitpunkte, zu denen Emissionsereignisse festgestellt werden konnten. Zur Ergänzung ist der Winkel zwischen dem Sichtvektor vom Ortspunkt Richtung Modul (Vektor OM) und dem Sichtvektor zur Sonne (Vektor OS) dargestellt.

Fasst man die Ergebnisse zusammen, erhält man für den 'Azimut Vektor OM' einen maximalen Bereich der Sichtlinie zu den Photovoltaikmodulen, die zu Lichtimmissionen auf dem betroffenen Abschnitt der Autobahn führen. Der Bereich wird begrenzt durch die Grenzvektoren mit einem Azimut, im Folgenden auch Grenzwinkel genannt, von $74,8^\circ$ und $128,5^\circ$ ($N=0^\circ$, $O=90^\circ$).

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Abbildung 13 in Kapitel D.2.2 zeigt, dass die Emissionsbereiche auf der Planfläche, die zu Lichtimmissionen auf der Autobahn in Punkt 5 führen können, durch die Bäume im Süden der Anlage abgeschattet werden. Die nachfolgenden Betrachtungen konzentrieren sich daher auf die Punkte 1 bis 4.

Wie in C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Fahrzeugführern je nach Geschwindigkeit eingeschränkt. Bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h, die als zu erwartende Mindestgeschwindigkeit an dieser Stelle zugrunde gelegt wird, beträgt der Öffnungswinkel des Sichtfeldes 60° (siehe Kapitel C.3).

Das Sichtfeld der Autofahrer ist beispielhaft in Abbildung 14 für Punkt 4 dargestellt. Die Darstellung der weiteren Punkte, siehe Anhang. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in blau dargestellt. Der obere Kegel gibt das Sichtfeld für Fahrzeuge wieder, die Richtung Norden unterwegs sind und der untere Kegel das Sichtfeld der Fahrzeugführer mit Fahrtrichtung Süden. Die roten Pfeile begrenzen das Vektorfeld der Vektoren OM, also die Sichtlinien zu den Modulen, die zu Lichtimmissionen auf der Autobahn führen, siehe auch Tabelle 2 in Kapitel D.2.2 mit den Angaben zu den minimalen und maximalen Azimutwinkeln der Vektoren OM.

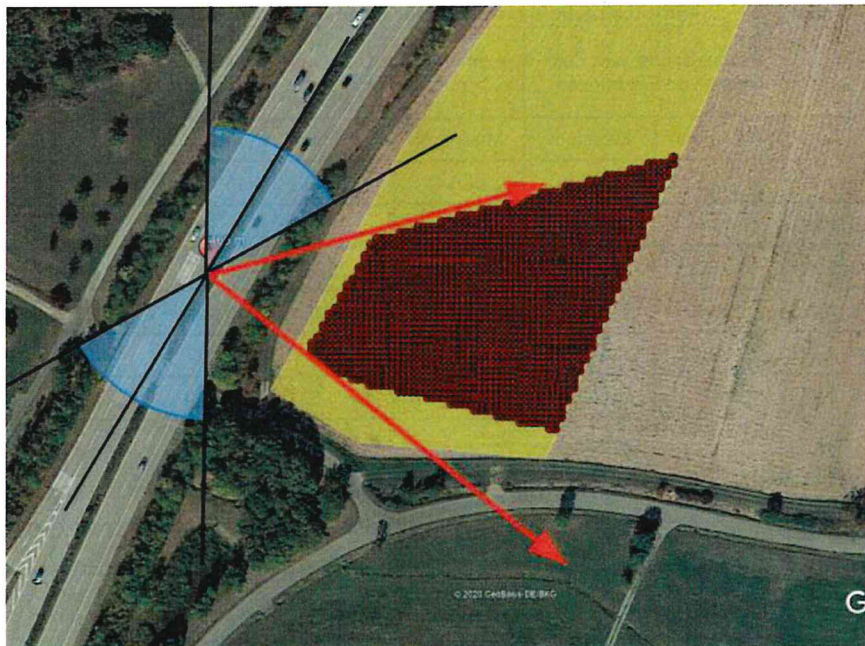


Abbildung 14: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt 4 mit Grenzvektoren in Richtung Module

8.2

Es zeigt sich, dass alle Module mit Lichtemissionen außerhalb des Sichtbereiches der Fahrzeugführer.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Punkt 1 bis 3 und Punkt 5, siehe die Darstellungen im Anhang F.3.

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 Kreisstraße AN 42 keine Lichtimmissionen zu erwarten sind, die ihren Ursprung in Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Weidelbach West haben. Eine Gefährdung des Straßenverkehrs auf der Kreisstraße liegt nicht vor.

Es zeigt sich, dass auf der Autobahn A7, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Weidelbach West, Lichtimmissionen für die Punkte 1 bis 5 in den Morgenstunden im Zeitraum zwischen 6:44 Uhr bis 08:51 Uhr zu erwarten sind. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 29 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. In Punkt 1 sind keine Lichtimmissionen zu erwarten.

Zum Zeitpunkt der Lichtimmissionen liegen der Reflexionsort im Photovoltaikfeld und die Sonne nahe beieinander. Dies bedeutet, dass ein Hinwenden in Richtung Module einer Hinwendung in Richtung Sonne gleichkommt. Es ist davon auszugehen, dass eine mögliche Hinwendung zu den Modulen mit entsprechender Vorsicht erfolgen würde, so dass eine Blendung auszuschließen ist.

Aus diesem Grund ist eine Gefährdung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Weidelbach West entstehen, für den Straßenverkehr auf der Autobahn nicht zu erkennen.

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

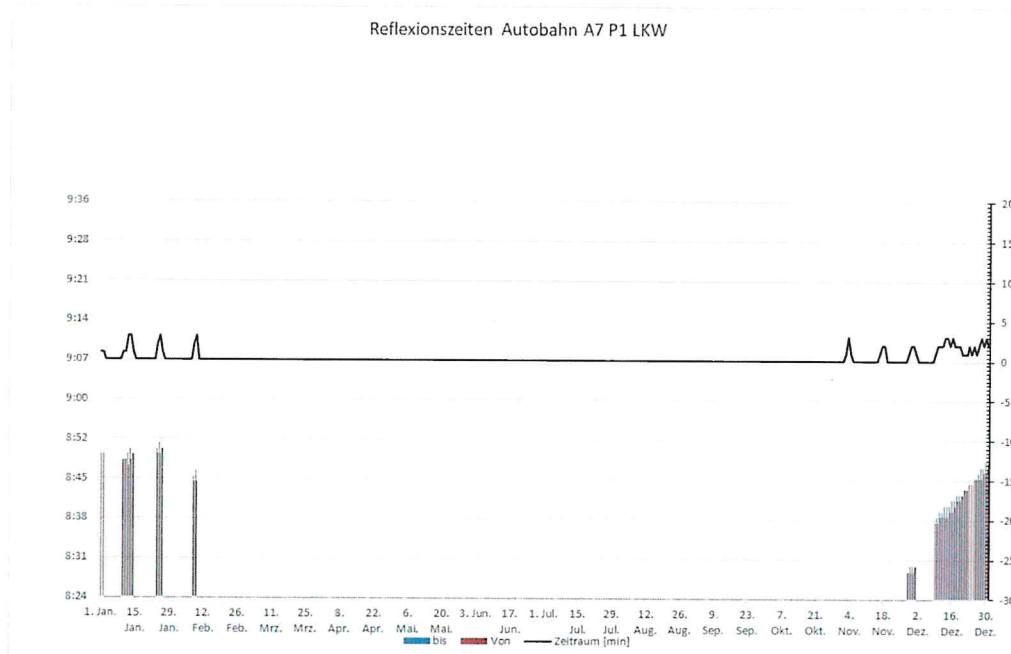
F. Anhang

F.1. Reflexionszeiten und Dauer

Kreisstraße Punkte AN42-1 bis AN42-3

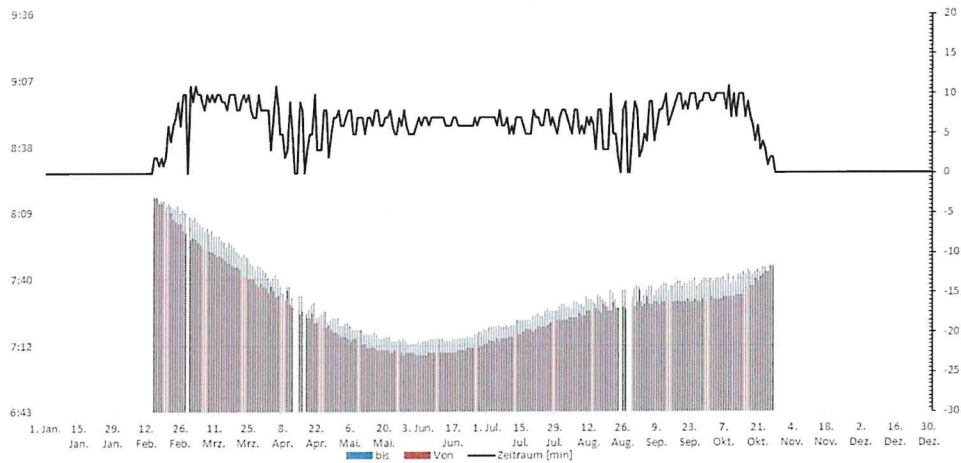
Keine Lichtimmissionen durch Reflexionen an den Modulen.

Autobahn Punkt 1

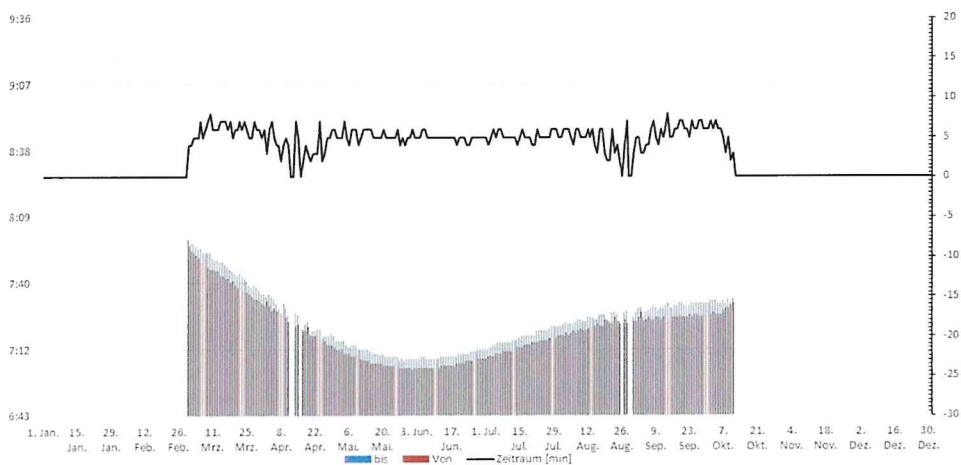


Autobahn Punkt 2

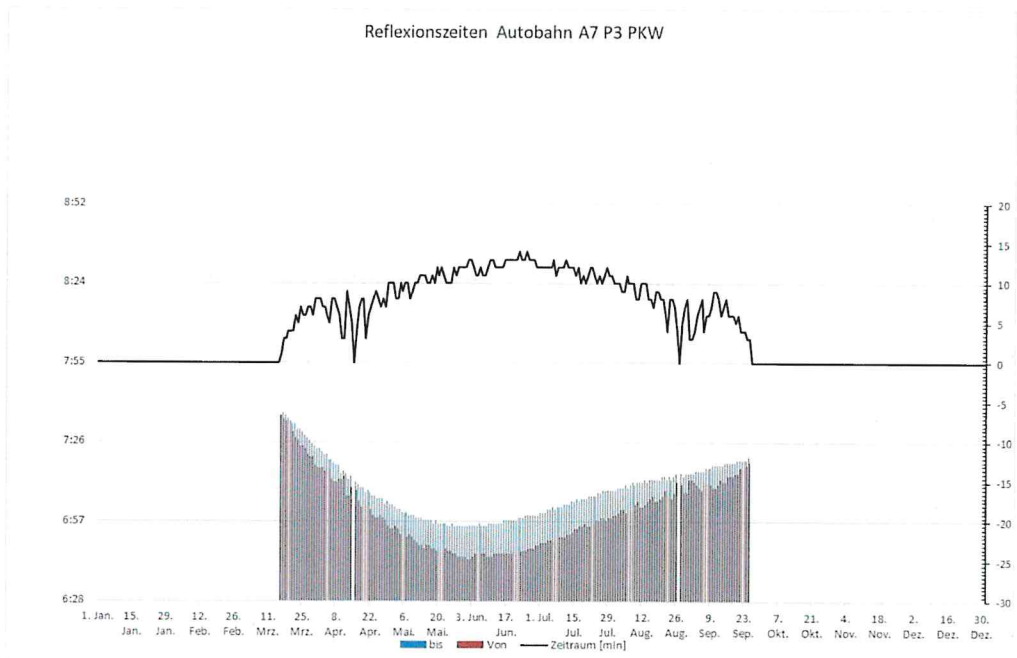
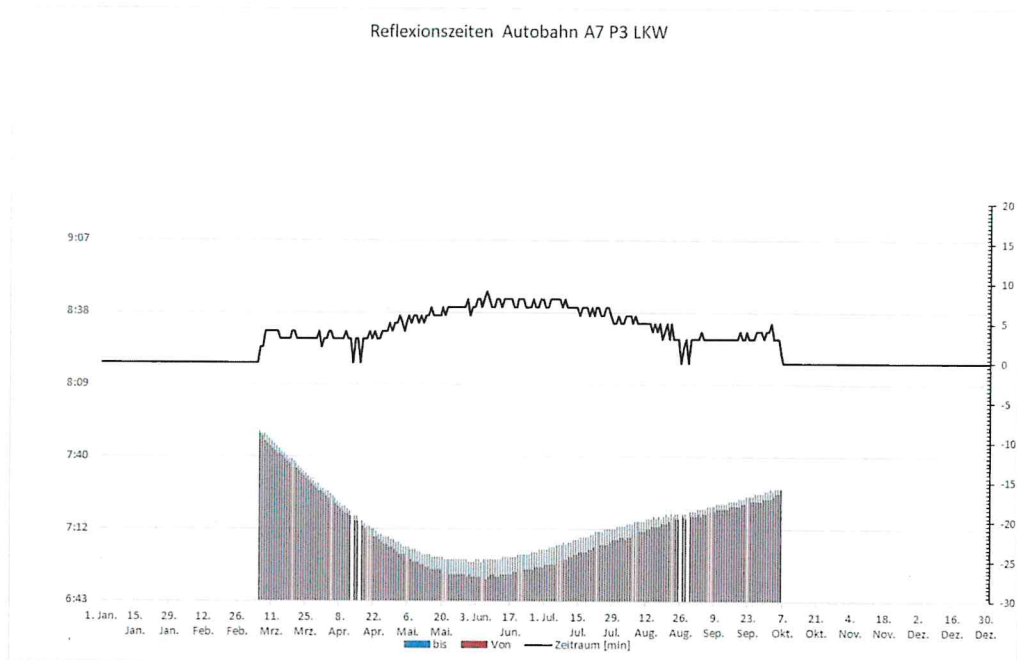
Reflexionszeiten Autobahn A7 P2 LKW



Reflexionszeiten Autobahn A7 P2 PKW

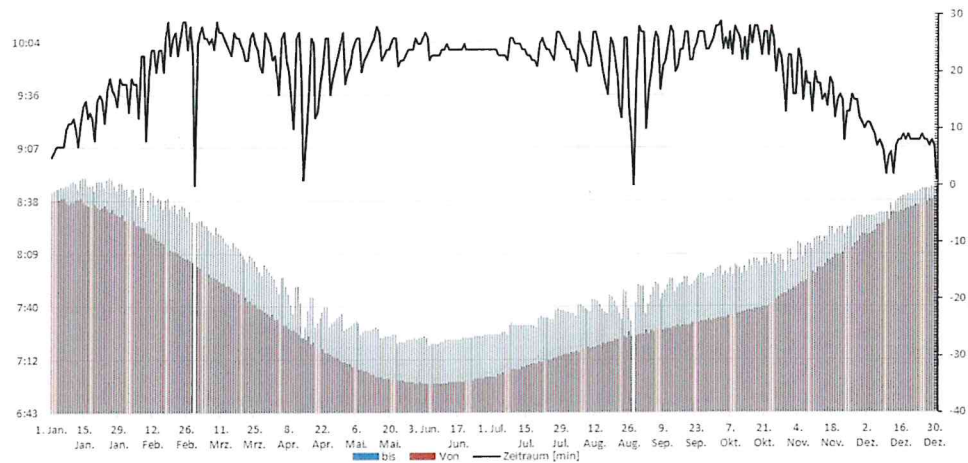


Autobahn Punkt 3

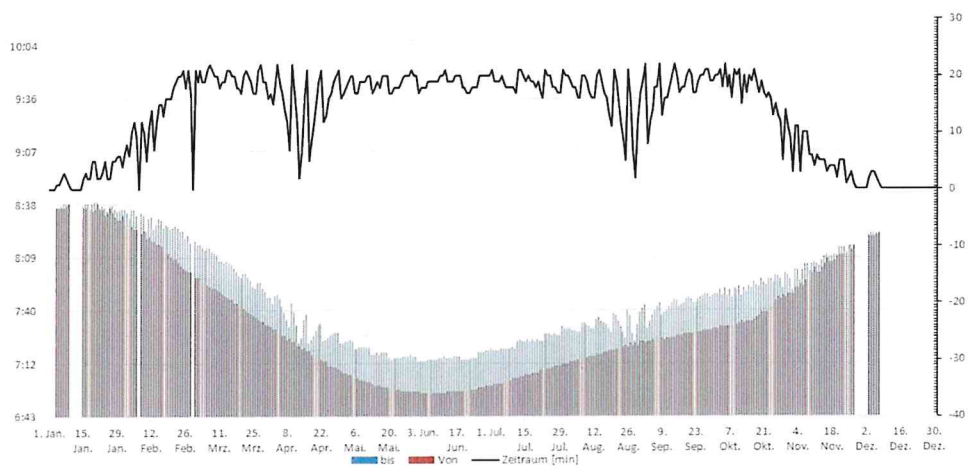


Autobahn Punkt 4

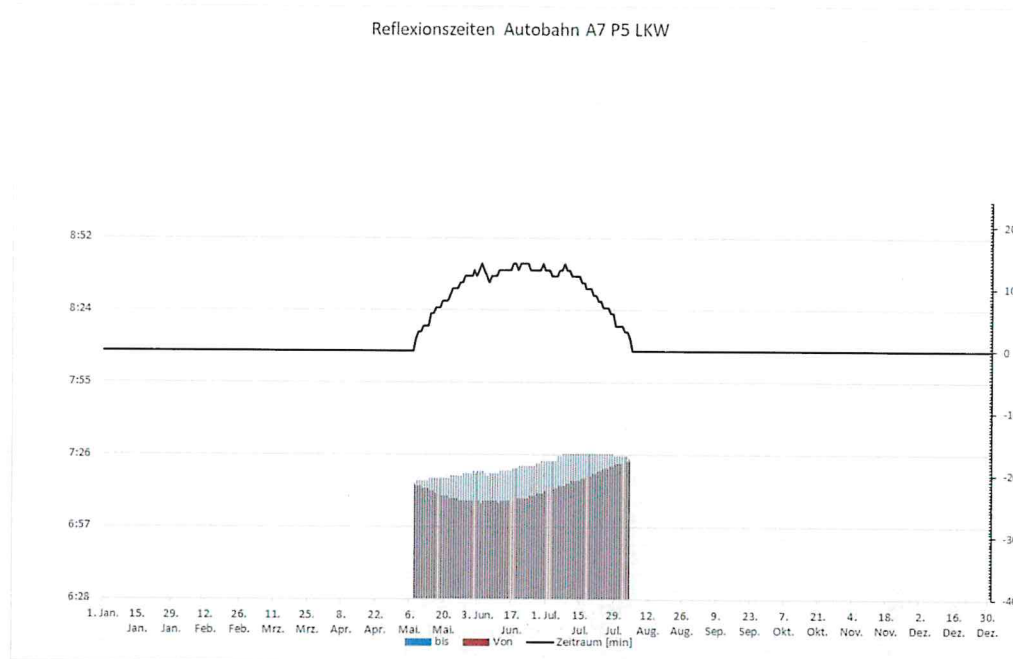
Reflexionszeiten Autobahn A7 P4 LKW



Reflexionszeiten Autobahn A7 P4 PKW



Autobahn Punkt 5

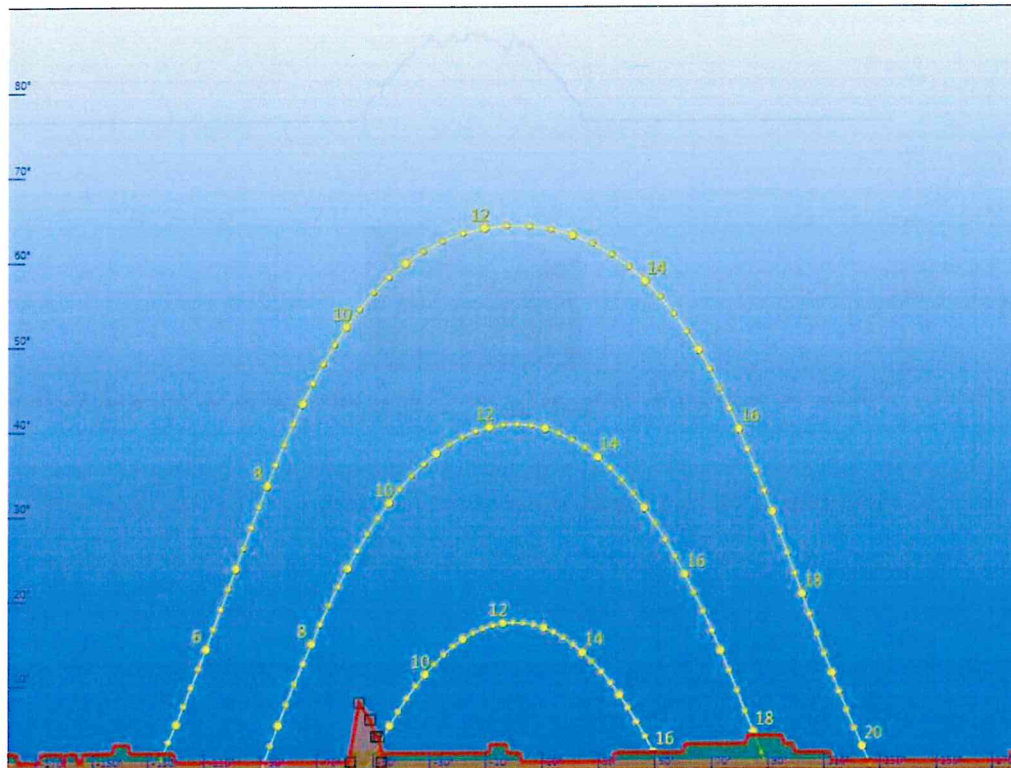


F.2. Reflexionszeiten im Sonnenverlaufsdigramm

Kreisstraße Punkte AN42-1 bis AN42-3

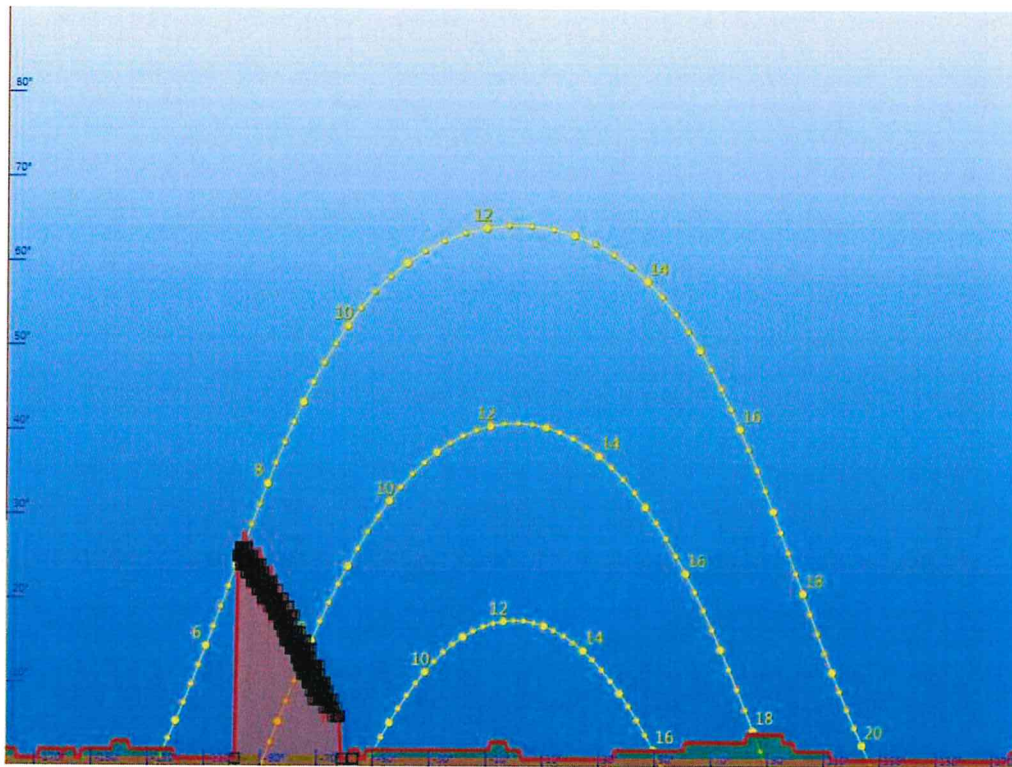
Keine Lichtimmissionen durch Reflexionen an den Modulen.

Autobahn Punkt 1

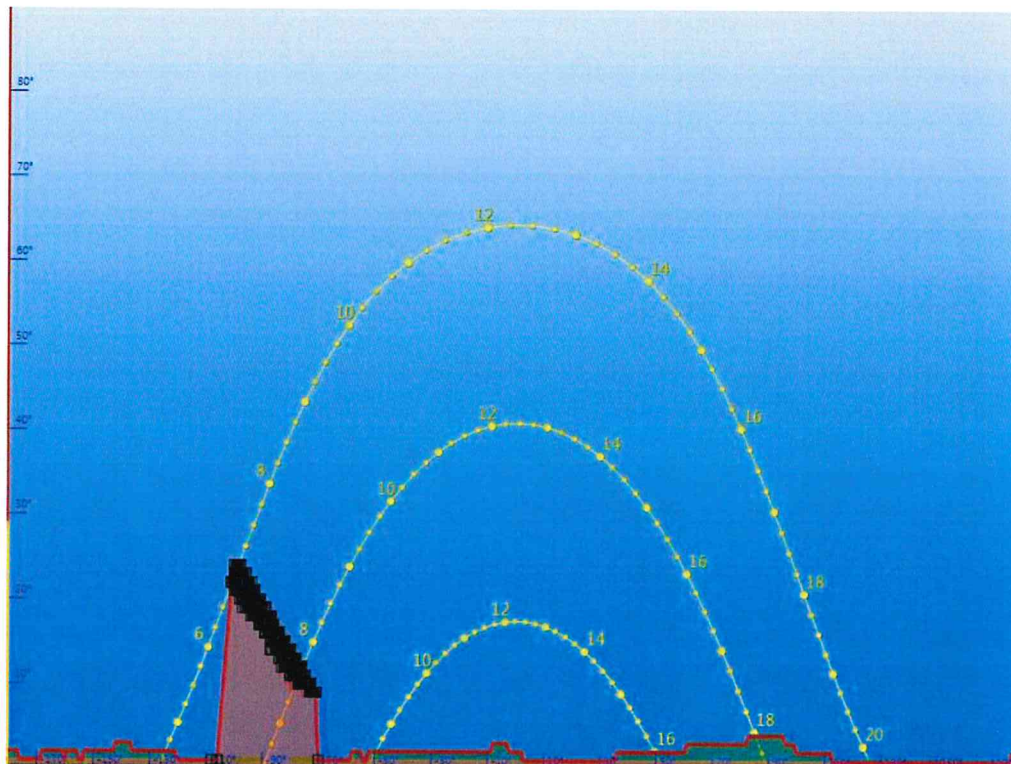


8.2

Autobahn Punkt 2

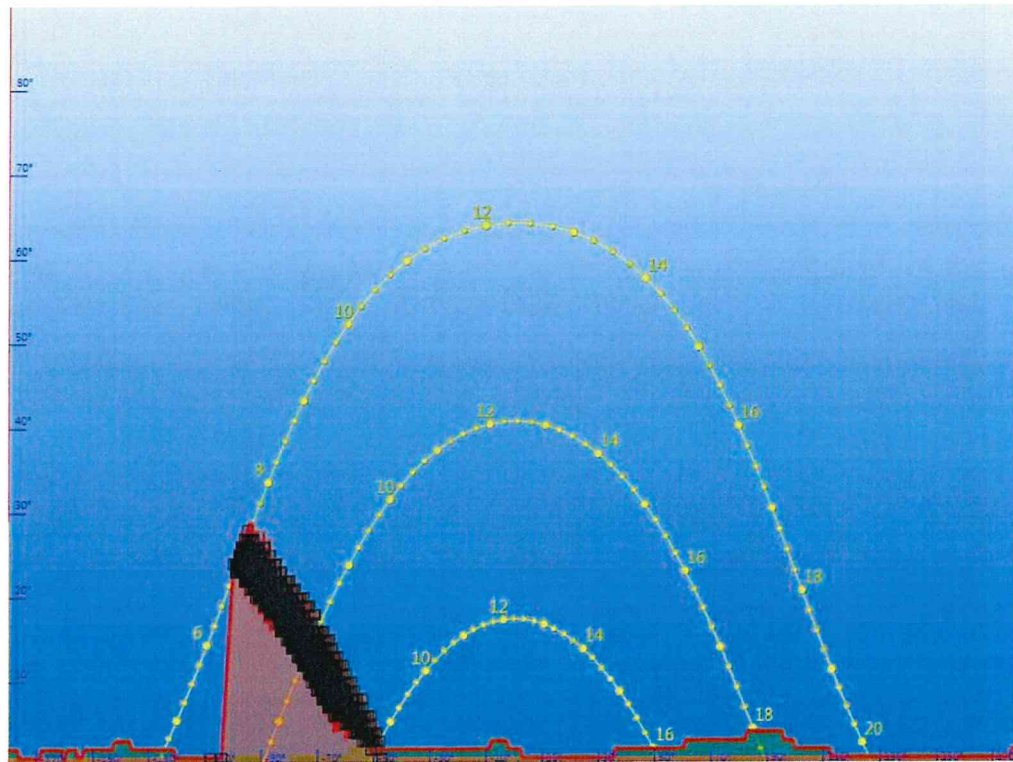


Autobahn Punkt 3

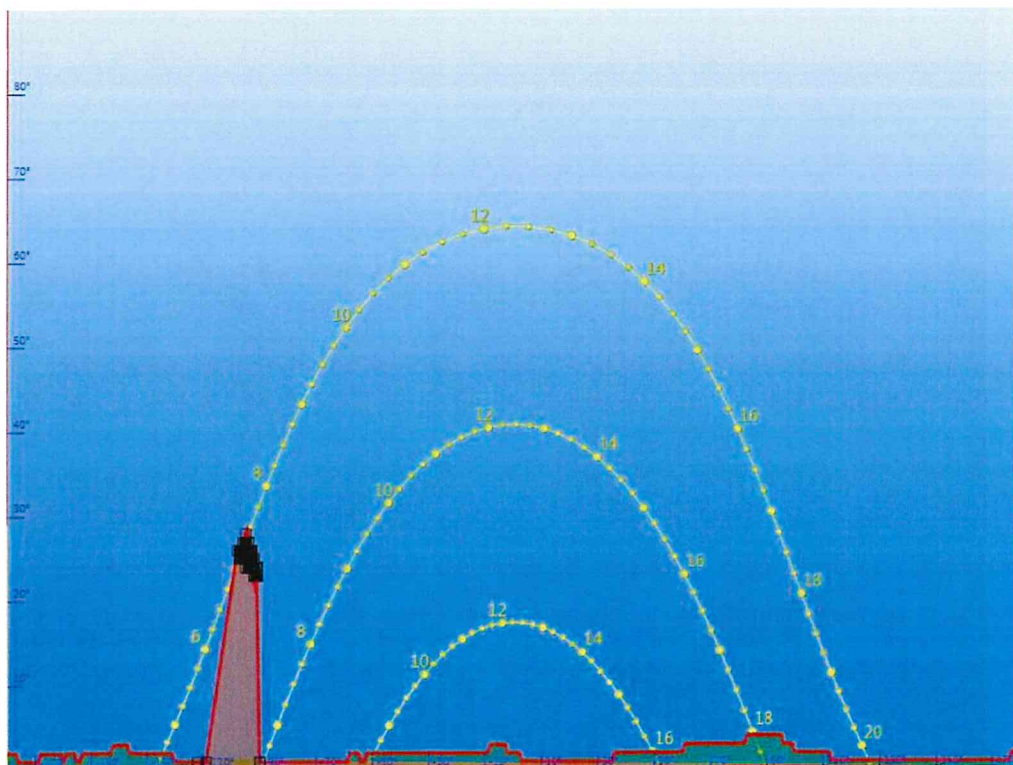


8.2

Autobahn Punkt 4

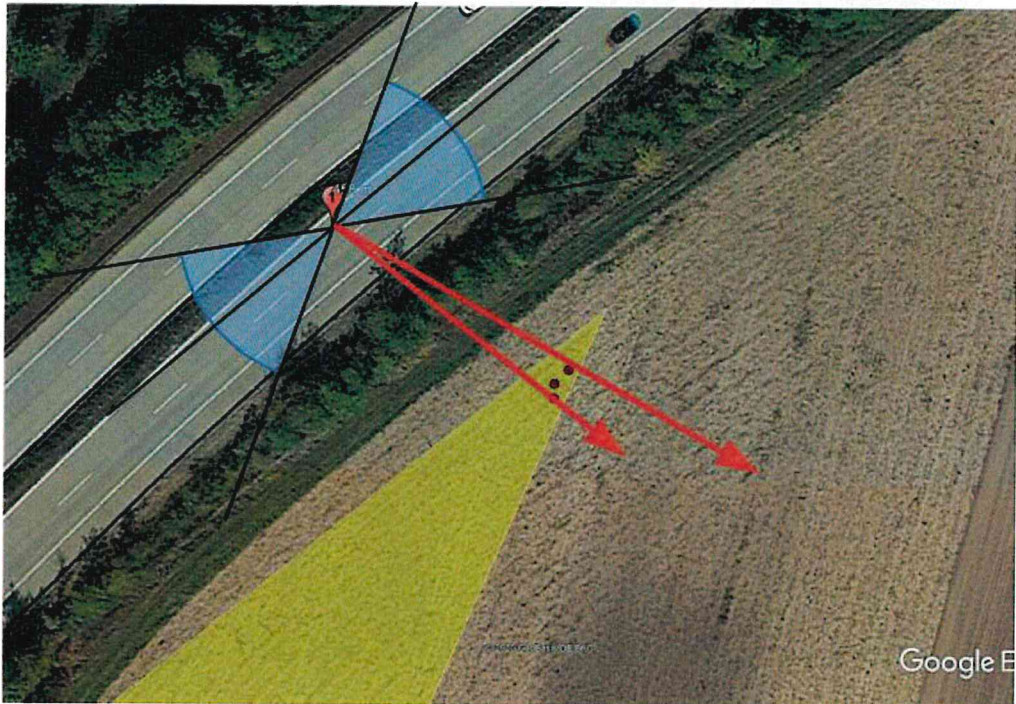


Autobahn Punkt 5

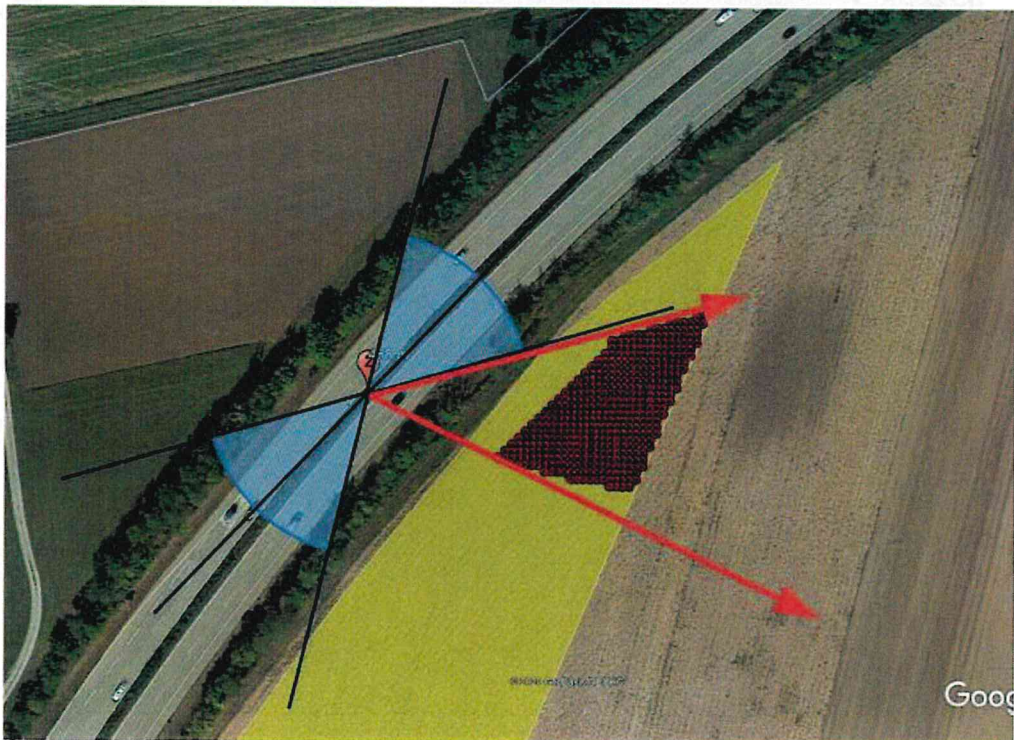


F.3. Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer mit Blickfeld in Richtung Module

Autobahn Punkt 1

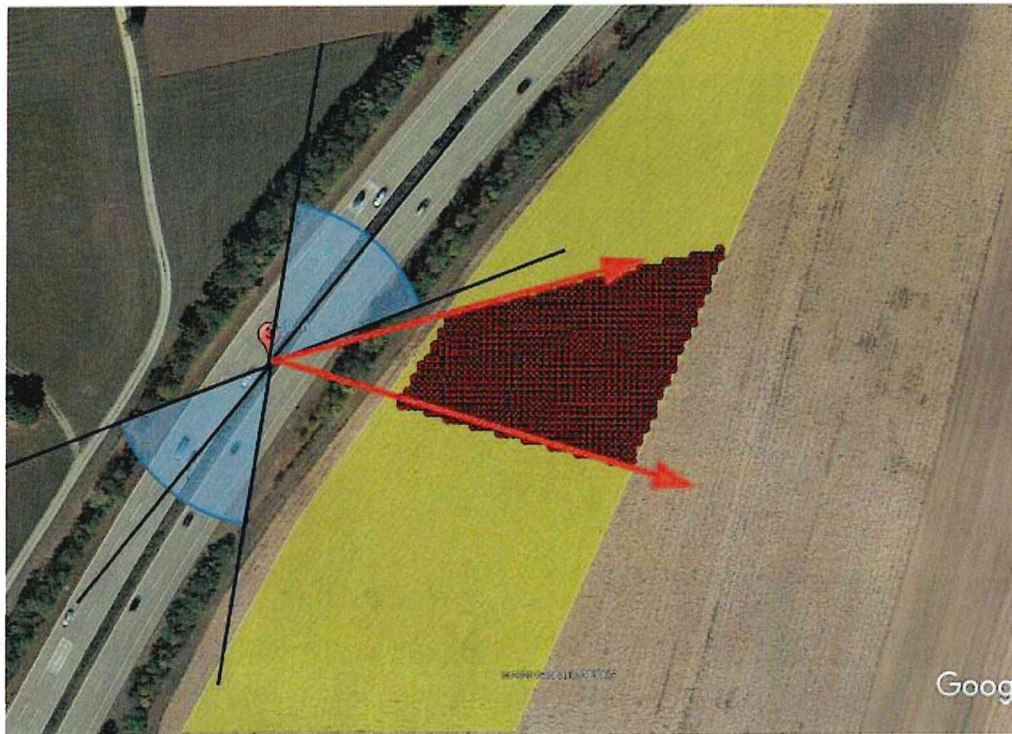


Autobahn Punkt 2

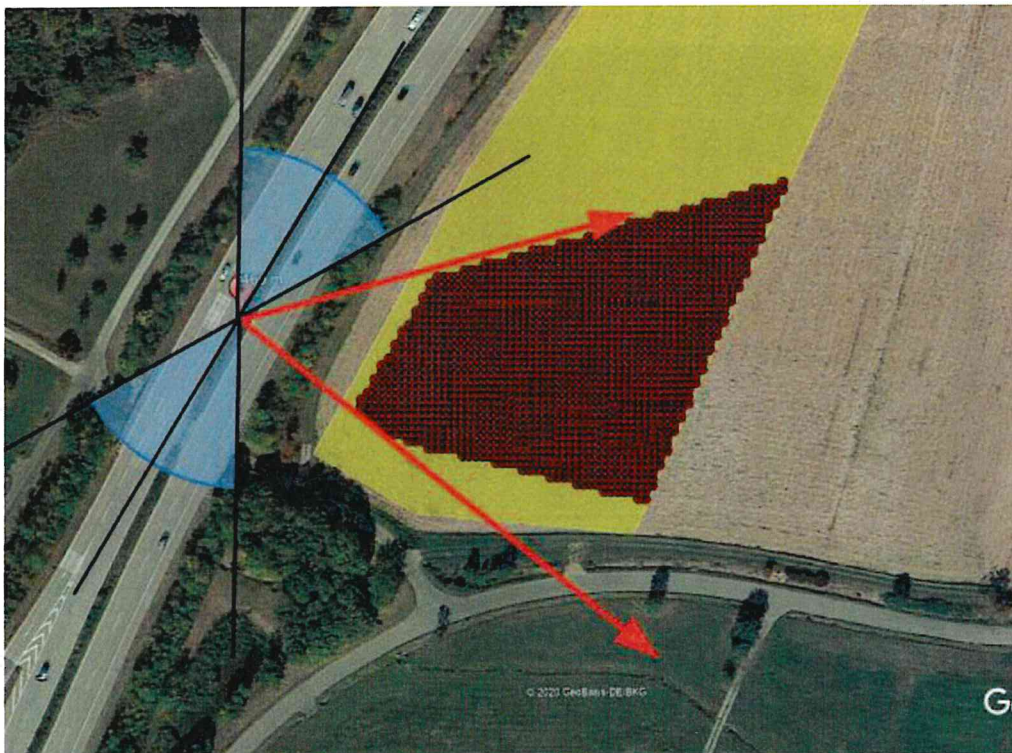


8.2

Autobahn Punkt 3



Autobahn Punkt 4



Autobahn Punkt 5

