



P r ü f b e r i c h t

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Betzenstein
Auftraggeber:	Greenovative GmbH
Zweck:	Erstellung eines Gutachtens über den Einfluss der Solaranlage auf die Umgebung durch Reflexionen im Rahmen des allgemeinen Genehmigungsprozesses und für die öffentliche Auslegung und Beteiligung der Träger öffentlicher Belange nach § 3 und §4 BauGB
Standort, Land:	Betzenstein (49,644 N; 11,435 E), Germany
Betreiber:	Greenovative GmbH
Prüfberichtsnummer:	19K1423-PV-BG-Betzenstein-R00-JBS_FBU-2019
Prüfdatum:	

8.2 Obst & Ziehmann GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt

Brandstwiete 4

20457 Hamburg

Tel: +49 (0)40 / 18 12 604-22

Fax: +49 (0)40 / 18 12 604-99

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	11
C.4. Reflexionen an Solarmodulen.....	12
D. Analyse	14
D.1. Grundlage und Vorgehensweise.....	14
D.2. Geometrische Betrachtung	17
E. Bewertung.....	27
F. Anhang.....	28
F.1. Reflexionszeiten und Dauer.....	28
F.2. Reflexionszeiten im Sonnenverlaufdiagramm	33
F.3. Reflexionszeiten und Dauer bei Änderungen der Modulausrichtung	35

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	12
Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel.....	12
Abbildung 3: Google Earth ©2018 Lageplan der Planfläche	14
Abbildung 4: Sicht von Nord nach Südost über die Planfläche Richtung Kreisstraße.....	15
Abbildung 5: Blick von Nord nach Südwest über die Planfläche Richtung Autobahn	15
Abbildung 6: Blick über die Planfläche entlang der Nordgrenze Richtung Autobahn.....	16
Abbildung 7: Belegungsplanentwurf der Photovoltaikanlage.....	16
Abbildung 8: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	18
Abbildung 9: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	18
Abbildung 10: Reflexionszeiten (Morgenstunden) und Dauer zu Punkt 3 für LKWs	19
Abbildung 11: Reflexionszeiten (Morgenstunden) und Dauer zu Punkt 3 für PKWs.....	20
Abbildung 12: Reflexionszeiten zu Punkte P3 (LKW & PKW) im Sonnenverlaufdiagramm ...	20
Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 3 LKW	21
Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 3 PKW	21
Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 1 LKW	22
Abbildung 16: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 2 LKW	22
Abbildung 17: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 7 LKW	23
Abbildung 18: Vergleich Sichtfeld Autofahrer für die Punkt 1-3 mit Blickwinkel in Richtung Module.....	24
Abbildung 19: Vergleich Sichtfeld Autofahrer für Punkt 7 mit Blickwinkel in Richtung Module	25
Abbildung 20: Vergleich Sichtfeld Autofahrer für die Punkt 1-3 mit Blickwinkel in Richtung Module (geänderte Ausrichtung)	26
Abbildung 21: Vergleich Sichtfeld Autofahrer für Punkt 7 und 8 mit Blickwinkel in Richtung Module (geänderte Ausrichtung)	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Winkelbetrachtungen zu Vektor OS und Vektor OM Geltungsbereich I ($N=0^\circ$)	23
Tabelle 2: Winkelbetrachtungen zu Vektor OS und Vektor OM Geltungsbereich I ($N=0^\circ$), unterschiedliche Ausrichtung	25

Version	Anpassungen
19K1423-PV-BG-Betzenstein-R00-JBS_FBU-2019	Ursprungsversion 09.11.2019

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 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 im Westen an der PVA vorbeiführenden Autobahn A9 und der im Osten liegenden Kreisstraße BT28 zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	Greenovative GmbH Gleißbühlstraße 2 90402 Nürnberg
Auftragsdatum:	11.10.2019
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Fabian Bussenius, M.Eng.
Nummer des Prüfberichts:	19K1423-PV-BG-Betzenstein-R00-JBS_FBU-2019

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der Lichtimmissionen durch Modulreflexionen auf der A9 im Westen der Photovoltaikanlagen und auf die Kreisstraße BT28 im Osten. Weiterhin erfolgt die Bewertung der Auswirkung der Lichtimmissionen unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten, die einen Einfluss auf die Strahlungsleistung der Modulreflexionen nehmen.

A.3. Prüfungsgrundlagen

- Zur Verfügung gestellte Unterlagen
 - o Lageplan mit Angabe der Flurstücksnummer
 - o Modulbelegungsplan mit Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau
 - o Schreiben der Autobahndirektion Nordbayern mit Anforderungen und Hinweisen zur Ausführung der Anlage
 - o Festsetzung zum Immissionsschutz mit einer Eingrenzung der möglichen Modulausrichtungen
 - o Hinweistext zum vorhabenbezogenen Bebauungsplan
 - o Schnittzeichnung der Modultische
 - o Diverse Bildansichten der Planfläche mit Autobahn und Kreisstraße
- 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 Betzenstein soll östlich der Autobahn A9 südlich des Rastplatzes Sperbes Ost im 110 Streifen zur Autobahn errichtet werden. Im Osten der Photovoltaikanlage liegt die Kreisstraße BT28.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 205° (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. Die maximale Höhe der Gestelle beträgt laut Schnittzeichnung 2,4 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 Betzenstein wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Autobahn A9 und der Kreisstraße BT28 durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Autobahn A9 Lichtimmissionen von Mitte Januar bis Mitte November in den Morgenstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer beträgt rund 42 Minuten. Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Eine Gefährdung der Fahrzeugführer durch Lichtimmissionen ist nicht zu erkennen.

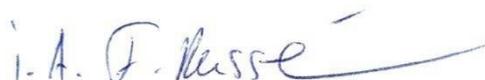
Auf der Kreisstraße BT28 treten Lichtimmissionen von Mitte Mai bis Ende Juli in den späten Nachmittagsstunden auf. Die maximale Dauer beschränkt sich auf rund 8 Minuten. Die reflektierenden Module liegen nicht im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Eine Gefährdung der Fahrzeugführer durch Lichtimmissionen ist nicht zu erkennen.

Die Modulneigung beträgt nach jetzigem Planungsstand 15° und der Azimut liegt bei 205° ($N=0^\circ$). Änderungen in der Modulausrichtung sind möglich, ohne dass sich eine Änderung in der Aussage des Gutachtens ergibt, solange sich die Modulneigung zwischen 15° und 20° bewegt und der Azimut innerhalb des Bereiches von 170° bis 205° verbleibt.

Hamburg, 9. November 2019



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Fabian Bussenius, M.Eng.

Dieser Bericht besteht aus 37 Seiten und ist bis Ende 2029 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 im Bereich der Autobahn A9 und der Kreisstraße BT28 zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter. Hinzu kommt bei Fahrzeugführern die Frage des Blickwinkels.

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 unterscheidet man zwischen **direkter Blendung** – direkte Wirkung einer Lichtquelle, und **indirekter Blendung** – durch reflektiertes Licht einer Lichtquelle.

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 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 nennt man gemeinhin Ablenkung.

C.2. Wirkung auf den Menschen

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

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

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

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

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

C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführern

Neben der Intensität der Lichtquelle ist für eine Blendung maßgeblich, dass die Lichtquelle innerhalb des Sichtfeldes 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.

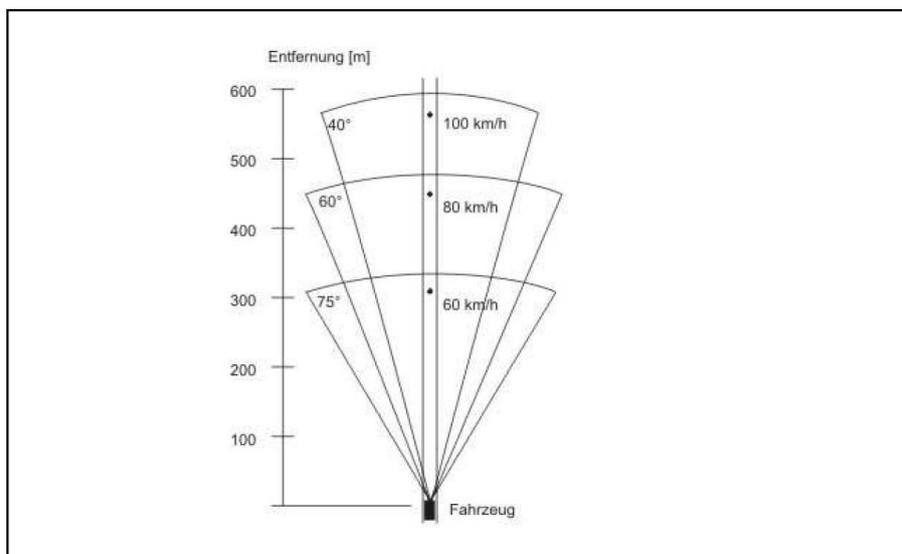


Bild 4-6: Blickpunkte und Blickwinkel in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit („Traffic Engineering Handbook“ (o. J.) in [HAV, 2002])

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.

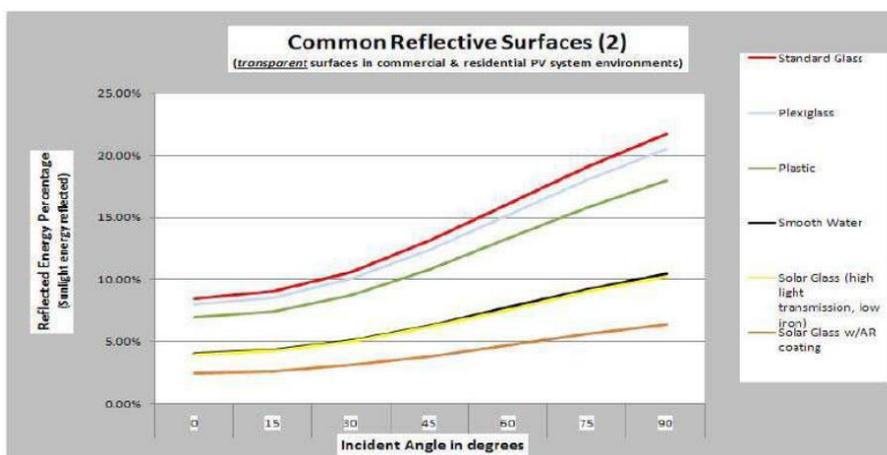


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

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

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

8.2

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 auf. 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. Das heißt, die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt um $0,6 \cdot 10^6$ cd/m².

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 A9. Das Höhengniveau der Autobahn über Normalnull beträgt im Untersuchungsbereich 493 m. Das Höhengniveau der Kreisstraße variiert im Untersuchungsbereich zwischen 480 m und 482 m. Das Höhengniveau der Planfläche variiert zwischen 481 m und 482 m, siehe Abbildung 3. Damit liegt die Autobahn mit 11 m bis 13 m Differenz deutlich oberhalb der Planfläche, während die Kreisstraße sich auf vergleichbarem Niveau mit der Planfläche befindet.

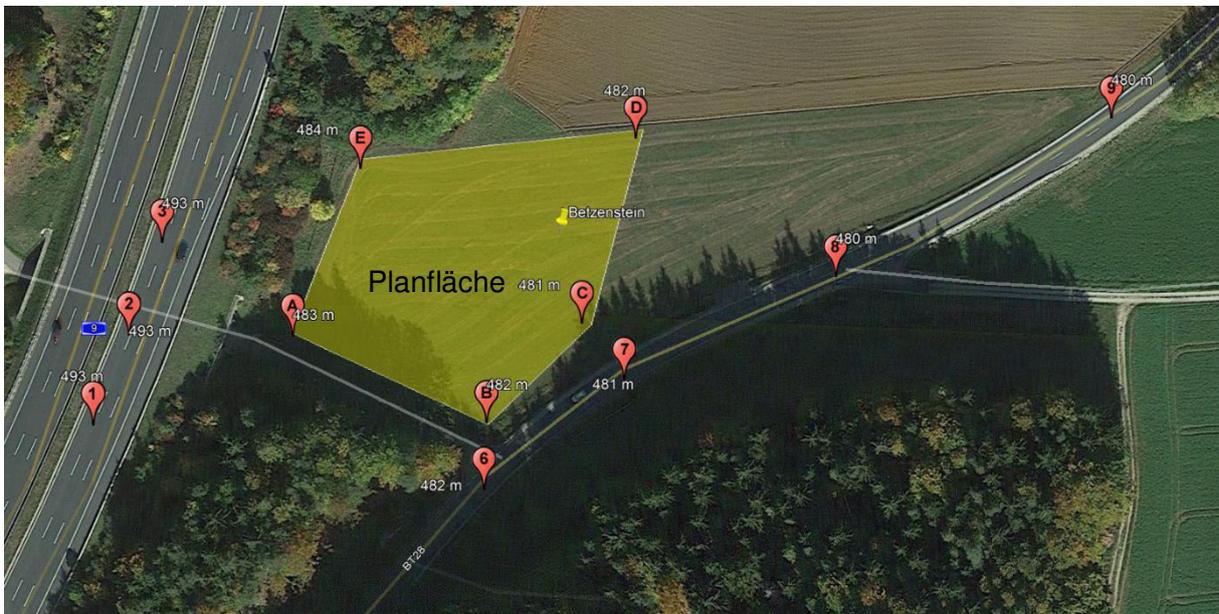


Abbildung 3: Google Earth ©2018 Lageplan der Planfläche

Südlich der Planfläche befindet sich ein landwirtschaftlich genutzter Weg, der in eine Unterführung unter der Autobahn führt. Die Planfläche selbst ist eben und weist keine Wellen auf, siehe Abbildung 4 bis Abbildung 6. Im Süden und Norden der Planfläche befinden sich Wälder, deren Bäume eine Höhe zwischen 10 m und 22 m aufweisen. Die Böschung zur Autobahn ist südlich der Planfläche bewachsen und verhindert eine Sicht auf die Autobahn Richtung Süden. Gleiches gilt für den nördlichen Bereich. Von der Unterführung Richtung Norden ist die Böschung mit Büschen und kleineren Bäumen bewachsen. Die Höhe reicht in diesem mittleren Bereich nicht für eine vollständige Abschattung zur Autobahn hin aus.

⁶ ©2019 Google LLC.

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>



Abbildung 4: Sicht von Nord nach Südost über die Planfläche Richtung Kreisstraße



Abbildung 5: Blick von Nord nach Südwest über die Planfläche Richtung Autobahn



Abbildung 6: Blick über die Planfläche entlang der Nordgrenze Richtung Autobahn

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 205° ($N=0^\circ$) 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. Die maximale Höhe der Gestelle beträgt laut Planung 2,4 m.

Der Abstand der Module zur Autobahn beträgt im Minimum 40 m und maximal 110 m. Der Abstand der Kreisstraße BT28 beträgt im Minimum 10 m zum ersten Modul.



Abbildung 7: Belegungsplanentwurf der Photovoltaikanlage

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Autobahn bzw. 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 1 m über die Planfläche gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte.

Auf der Autobahn und der Kreisstraße werden die Punkte 1 bis 3 und 6 bis 9 gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtimmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind, und wie diese sich auswirken, siehe Abbildung 3.

Nach Abschluss der Bestimmung möglicher auf der Autobahn bzw. Bundesstraße sichtbarer Reflexionen erfolgt eine Bewertung, inwieweit die Reflexionen von Fahrzeugführern wahrgenommen werden können.

D.2. Geometrische Betrachtung

D.2.1. Grundlage

Die geometrische Betrachtung der Autobahn 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 über der Autobahn für PKW-Fahrer und 2,5 m für LKW-Fahrer angesetzt.

Für Punkt 2 wurde zusätzlich und für Punkt 3 alternativ die Berechnung mit Sitzhöhe PKW-Fahrer bei einer Modulhöhe von 2,4 m durchgeführt.

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

8.2

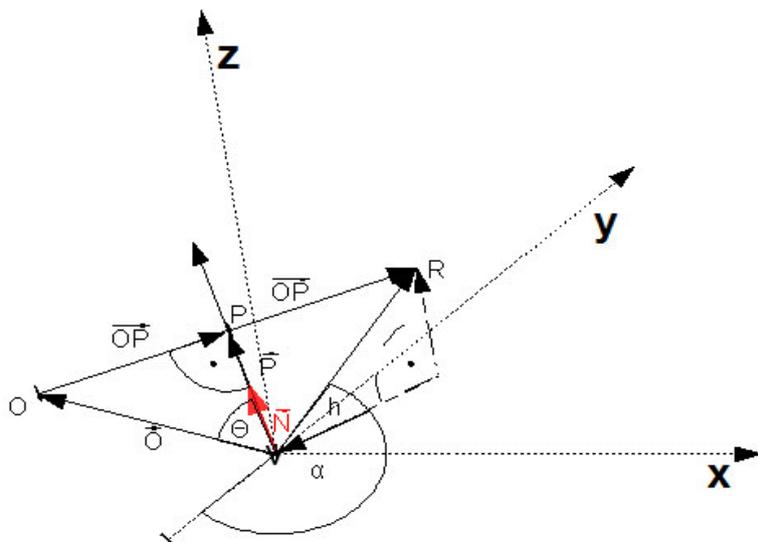


Abbildung 8: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

Die Bestimmung der Emissionsorte erfolgt anhand der Darstellung in Abbildung 8. 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 9, 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 -112° bis $+128^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 64° .

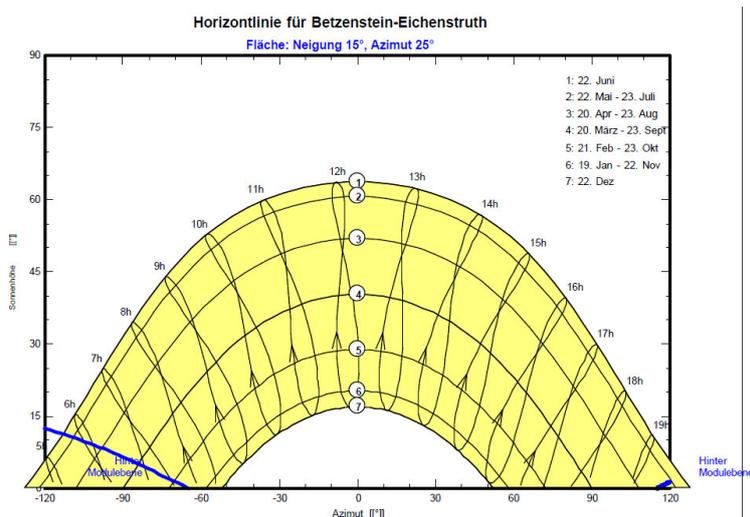


Abbildung 9: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

D.2.2. Ergebnisse der geometrischen Betrachtung

Die nachfolgenden Ergebnisse der geometrischen Betrachtung gehen im ersten Schritt von freien Blickbeziehungen aus. Abschattungen durch Bäume, Böschungen etc. werden in dieser Bewertung nicht berücksichtigt.

Die Analyse zeigt für die Punkte 1 bis 3, dass Lichtimmissionen durch Reflexionen an den Modulen im Geltungsbereich I in den Morgenstunden wahrnehmbar sind. Die Lichtimmissionen erfolgen in den Punkten 1 und 2 in etwa von Mitte März bis Mitte September im Zeitraum 6:50 Uhr bis 7:50 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 42 Minuten.

In Punkt 3 treten Lichtimmissionen von in etwa Mitte Januar bis Mitte November auf. In den Monaten März bis September treten die Lichtimmissionen in mit den Punkten 1 und 2 vergleichbaren Zeiten auf. Der Zeitraum in den restlichen Monaten bewegt sich zwischen 7:30 Uhr und 9:00 Uhr. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 40 Minuten.

Die Analyse der Kreisstraße zeigt, dass Lichtimmissionen durch Reflexionen an den Modulen nur in Punkt 7 in den späten Nachmittagsstunden zwischen 19:11 und 19:30 von Mitte Mai bis Ende Juli wahrnehmbar sind. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 8 Minuten.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind beispielhaft in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 10 und Abbildung 11 für Punkt 3 am Beispiel der Untersuchung für LKW-Fahrer und PKW-Fahrer, Modulhöhe gleich 2,4 m, dargestellt. Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) kommt es erst ab einem Differenzwinkel 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.

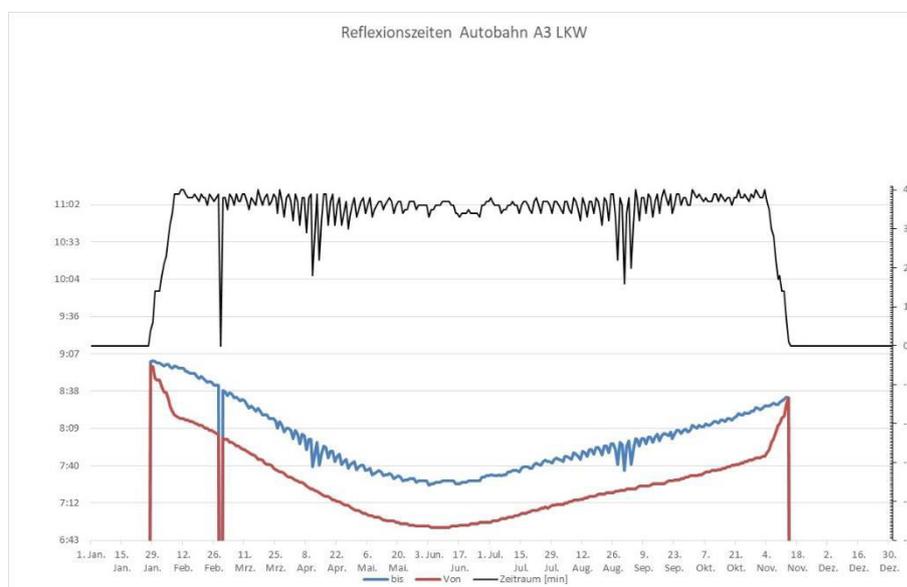


Abbildung 10: Reflexionszeiten (Morgenstunden) und Dauer zu Punkt 3 für LKWs

In den Diagrammen Abbildung 10 und Abbildung 11 stellen die Werte der linken Ordinate die

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

8.2

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.

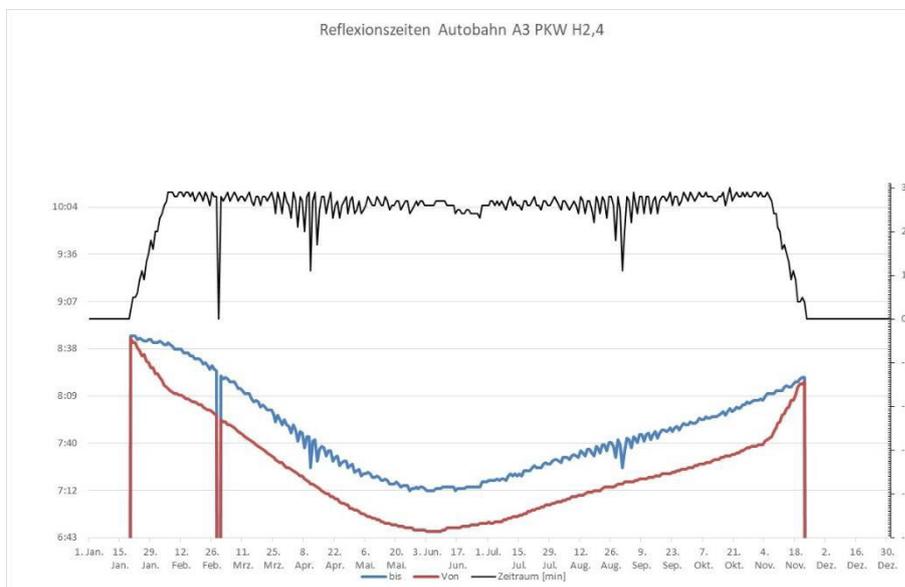


Abbildung 11: Reflexionszeiten (Morgenstunden) und Dauer zu Punkt 3 für PKWs

Es zeigt sich, dass die Zeiten, zu denen Lichtimmissionen auftreten, für LKW-Fahrer später am Tag sind und die zeitliche Dauer für LKW-Fahrer länger als für PKW-Fahrer ist.

Im Sonnenverlaufdiagramm, in dem der Sonnenverlauf über dem Azimut auf der Abszisse und der Sonnenhöhe auf der Ordinate aufgetragen wird, stellen sich die Zeiten mit Lichtimmissionen wie nachfolgend in Abbildung 12, am Beispiel für Punkt 3 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.

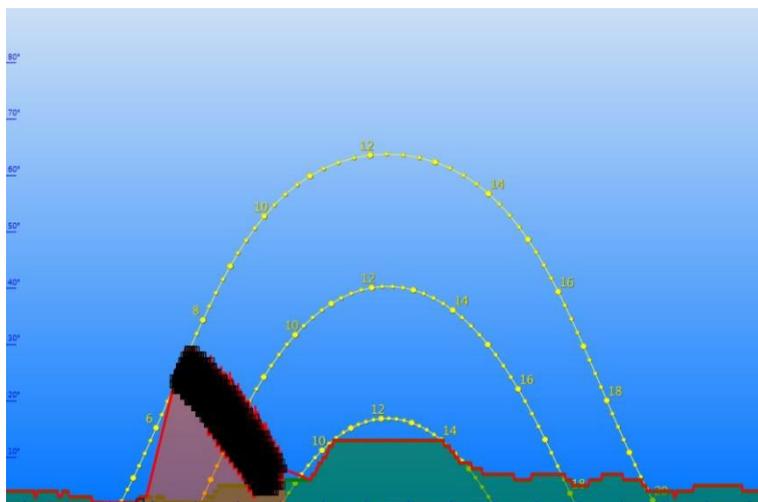


Abbildung 12: Reflexionszeiten zu Punkte P3 (LKW & PKW) im Sonnenverlaufdiagramm

8.2

Die folgenden Grafiken Abbildung 13 und Abbildung 14 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für Punkt 3 ausgehen. Die Diagramme zeigen zum einen den Bereich der Untersuchung für LKW-Fahrer, siehe Abbildung 13, und PKW-Fahrer bei einer Modulhöhe von 2,4 m, siehe Abbildung 14.



Abbildung 13: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 3 LKW



Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 3 PKW

Die Form der Emissionsbereiche ist nahezu identisch. Das heißt, dass der Höhenunterschied zwischen Modulen und Fahrzeugführer sich kaum auf die Emissionsbereiche auswirkt. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Betrachtung der Reflexionszeiten kann somit die Betrachtung für die Höhe von 0,8 m in Bezug auf die Augenposition der LKW-Fahrer als ausreichend angesehen werden kann. Entsprechend sind in den nachfolgenden Abbildungen nur noch die Ergebnisse für Lastkraftwagenfahrer aufgeführt.

Die Emissionsbereiche für die Punkte 2 bis 4 sind in Abbildung 15 bis Abbildung 17 dargestellt.



Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 1 LKW

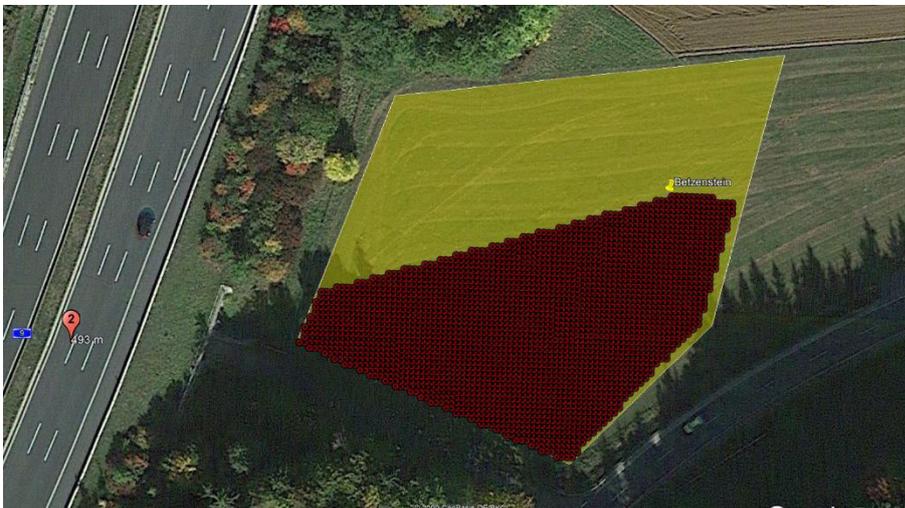


Abbildung 16: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 2 LKW



Abbildung 17: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt 7 LKW

In Tabelle 1 sind die maximalen und minimalen Azimutwinkel⁹ der Sonne für die Zeiten, zu denen Lichtimmissionen in den Untersuchungspunkten auf der Autobahn auftreten, dargestellt. Weiterhin dargestellt sind die minimalen und maximalen Azimutwinkel der Module (=Grenzwinkel), die zu Lichtimmissionen im Betrachtungspunkt führen. Ausgangspunkt ist jeweils der Betrachtungspunkt auf der Autobahn.

Tabelle 1: 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
A1 LKW	95.1	82.5	88.3	75.7	8.5	6.7	37.9
A1 PKW	94.8	81.1	88.3	74.6	8.1	6.4	36.5
A2 PKW H24	107.1	88.9	102.5	77.7	9.1	4.7	38.8
A2 PKW	107.6	89.9	102.5	77.7	10.2	5.1	42.5
A2 LKW	108.0	90.7	102.5	77.7	11.1	5.5	45.5
A3 PKW H24	129.6	103.8	125.2	98.1	6.4	2.6	24.3
A3 LKW	131.4	104.6	125.2	98.1	8.4	3.3	31.7
K7 LKW	299.0	293.9	301.8	296.6	-2.6	-3.3	12.8

Die Werte für die maximale und minimale Differenz zwischen dem Azimut Vektor OM und dem Azimut der Sonne, siehe Tabelle 1, beziehen sich auf die Differenzwerte zu den einzelnen

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.

Zeitpunkten mit Emissionsereignissen. Zur Ergänzung ist der Winkel zwischen dem Sichtvektor Richtung Modul (Vektor OM) und dem Sichtvektor zur Sonne (Vektor OS) dargestellt.

Fasst man die Ergebnisse der Grenzwinkel zusammen, erhält man einen Winkelbereich der Sichtlinie zu den Photovoltaikmodulen, die zu Lichtemissionen auf dem betroffenen Autobahnabschnitt am Morgen führen, mit den Grenzwinkeln $81,1^\circ$ und $131,4^\circ$ ($N=0^\circ$, $O=90^\circ$). Die Grenzwinkel der Sichtlinien zu den Photovoltaikmodulen mit Emissionen auf der Kreisstraße am späten Nachmittag betragen zwischen $293,9^\circ$ und $299,0^\circ$ ($N=0^\circ$, $W=270^\circ$).

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Autobahn

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 für Fahrzeugführer auf der Autobahn ist in Abbildung 18 dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrer 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 Richtung Süden. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Ortsbeziehungen, Punkt 1 bis 3, Richtung der Module mit Reflexionen aufspannen, siehe Tabelle 1 in Kapitel D.2.2.

Es zeigt sich für beide Fahrrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen.

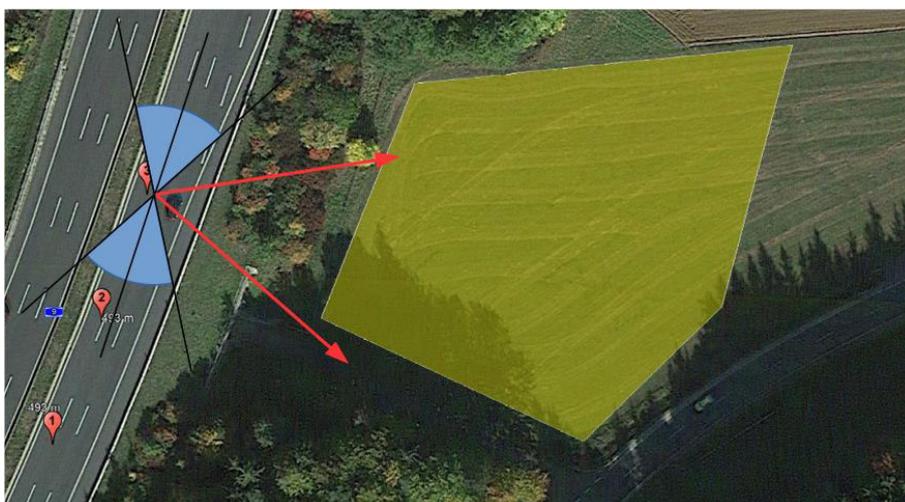


Abbildung 18: Vergleich Sichtfeld Autofahrer für die Punkt 1-3 mit Blickwinkel in Richtung Module

Kreisstraße BT28

Das Sichtfeld für Fahrzeugführer auf der Kreisstraße BT 28 ist in Abbildung 19 dargestellt. Der obere Kegel gibt das Sichtfeld für Fahrzeuge wieder, die Richtung Nordost unterwegs sind, und der untere Kegel das Sichtfeld der Fahrzeugführer Richtung Südwest. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Ortsbeziehungen, Punkt 1 bis 3, Richtung der Module mit Reflexionen aufspannen, siehe Tabelle 1 in Kapitel D.2.2.

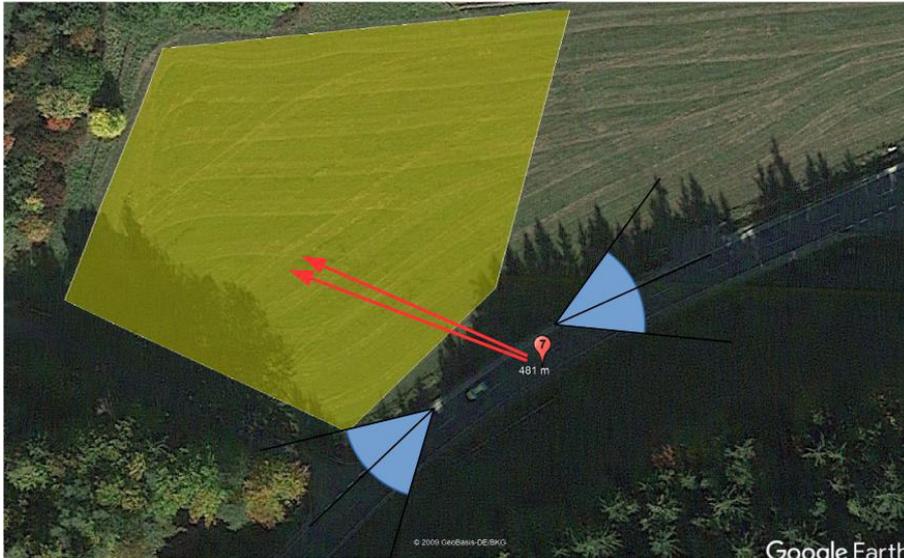


Abbildung 19: Vergleich Sichtfeld Autofahrer für Punkt 7 mit Blickwinkel in Richtung Module

Es zeigt sich für beide Fahrrichtungen, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen.

D.2.4. Abweichung der Modulausrichtung von der Planung

Zur Betrachtung der Planung wurde ergänzend untersucht, wie sich eine Änderung der Modulausrichtung auswirkt.

Als Grenze wurde für den Azimut eine Abweichung nach Ost auf einen Winkel von 170° ($N=0^\circ$) und eine maximale Modulneigung von 20° festgelegt.

Die Untersuchungen wurden für die Punkte 3 und 6 bis 9 durchgeführt. In Punkt 6 und 9 sind keine relevanten Reflexionen zu beobachten. Durch die Änderung der Modulausrichtung ändern sich die Reflexionszeiten. Im Wesentlichen ist dies bedingt durch die Änderung im Azimut. Es kommt zu verstärkten Lichtemissionen auf der Kreisstraße, während sich die Zeiten auf der Autobahn reduzieren, siehe Anhang F.3.

Bei Änderung der Modulausrichtung kommt es zudem zu Änderungen des Blickwinkels auf reflektierende Module. Die Winkelbereiche sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2: Winkelbetrachtungen zu Vektor OS und Vektor OM Geltungsbereich I ($N=0^\circ$), unterschiedliche Ausrichtung

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
A3 LKW $20^\circ/205^\circ$	132.6	107.2	125.2	98.1	11.0	4.1	31.4
A3 LKW $15^\circ/170^\circ$	112.6	80.1	108.9	70.9	7.3	2.5	27.8
A3 LKW $20^\circ/170^\circ$	103.7	77.8	98.3	66.7	10.3	3.4	29.9
K7 LKW $20^\circ/170^\circ$	28.2	10.0	290.7	267.9	-256.6	-271.1	28.2
K8 LKW $20^\circ/170^\circ$	284.7	270.0	290.8	273.4	-3.3	-6.4	20.7
K8 LKW $15^\circ/170^\circ$	288.9	275.3	292.3	277.8	-2.4	-3.7	16.4

8.2

Fasst man die Ergebnisse der Grenzwinkel zusammen, erhält man einen Winkelbereich der Sichtlinie zu den Photovoltaikmodulen, die zu Lichtimmissionen auf dem betroffenen Auto-
bahnabschnitt am Morgen führen, mit den Grenzwinkeln $66,7^\circ$ und $125,2^\circ$ ($N=0^\circ$, $O=90^\circ$). Die
Grenzwinkel der Sichtlinien zu den Photovoltaikmodulen, mit Emissionen auf der Kreisstraße
am späten Nachmittag, betragen zwischen $267,9^\circ$ und $292,3^\circ$ ($N=0^\circ$, $W=270^\circ$).

Setzt man die Sichtfelder in Beziehung zu den Grenzwinkeln gemäß Kapitel D.2.3, siehe gelbe
Vektoren in Abbildung 20 und Abbildung 21, erkennt man, dass die Module mit Lichtemissio-
nen noch außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen.

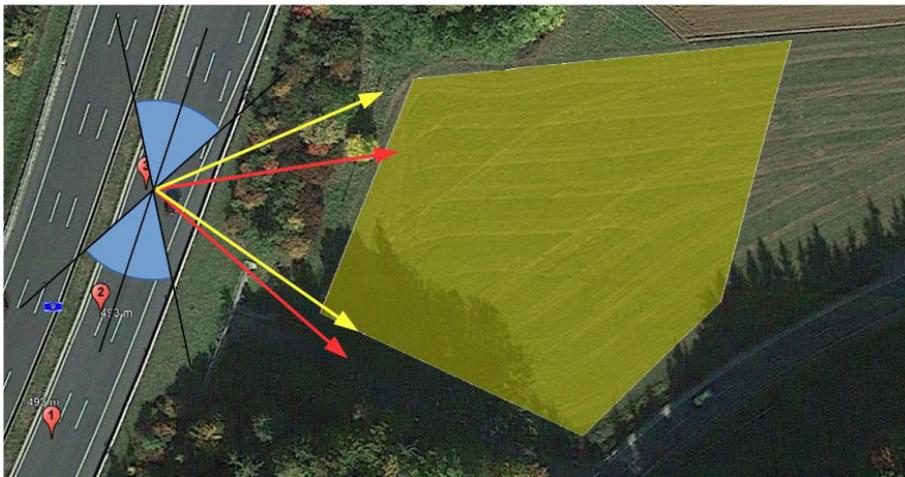


Abbildung 20: Vergleich Sichtfeld Autofahrer für die Punkt 1-3 mit Blickwinkel in Richtung Module (geänderte Ausrichtung)

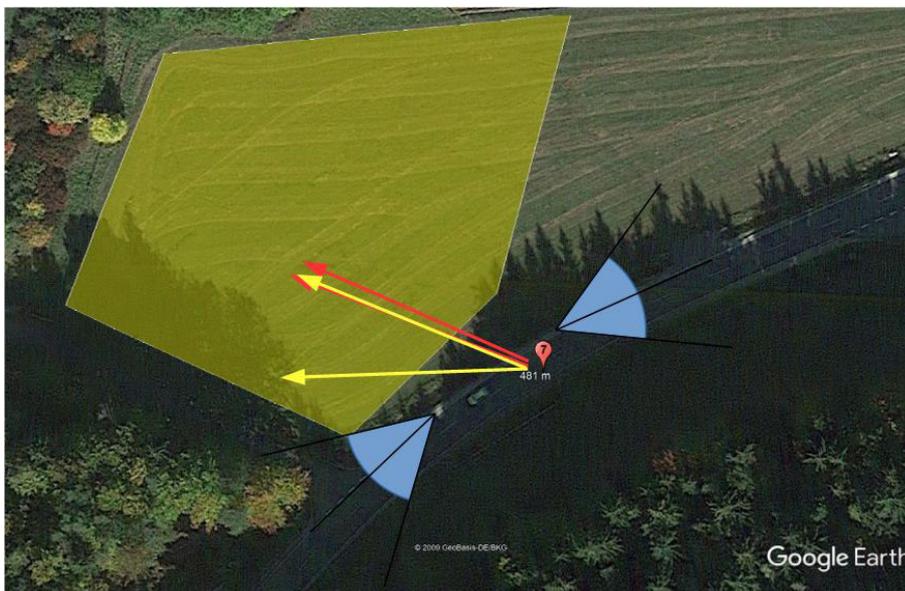


Abbildung 21: Vergleich Sichtfeld Autofahrer für Punkt 7 und 8 mit Blickwinkel in Richtung Module (geänderte Ausrichtung)

E. Bewertung

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Autobahn Lichtimmissionen aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Betzenstein von Mitte Januar bis Mitte November in den Morgenstunden auftreten. In den Monaten März bis September treten diese Immissionen im Zeitraum in etwa zwischen 6:50 Uhr und 7:50 Uhr auf. In den restlichen Monaten verschiebt sich dieser Zeitraum auf in etwa 7:30 Uhr bis 9:00 Uhr. Die Dauer beträgt im Maximum rund 42 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)¹⁰ nicht berücksichtigt.

Auf der Kreisstraße BT 28 treten Lichtimmissionen im Bereich um Punkt 7, siehe Abbildung 17, in den späten Nachmittagsstunden zwischen 19:11 und 19:30 von Mitte Mai bis Ende Juli auf. Die Dauer beschränkt sich auf rund 8 Minuten. Zu dieser Zeit liegt die Blickrichtung auf die Reflexionsquelle nahezu in Blickrichtung zur Sonne mit einer maximalen Abweichung im Azimutwinkel von rund $3,3^\circ$.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Autobahn treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich außerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Eine Wahrnehmung könnte nur dann auftreten, wenn der Fahrzeugführer den Blick bewusst von der Autobahn abwendet. Gleiches gilt für die Kreisstraße BT28.

Aus diesem Grund ist eine Gefährdung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Betzenstein entstehen, nicht zu erkennen.

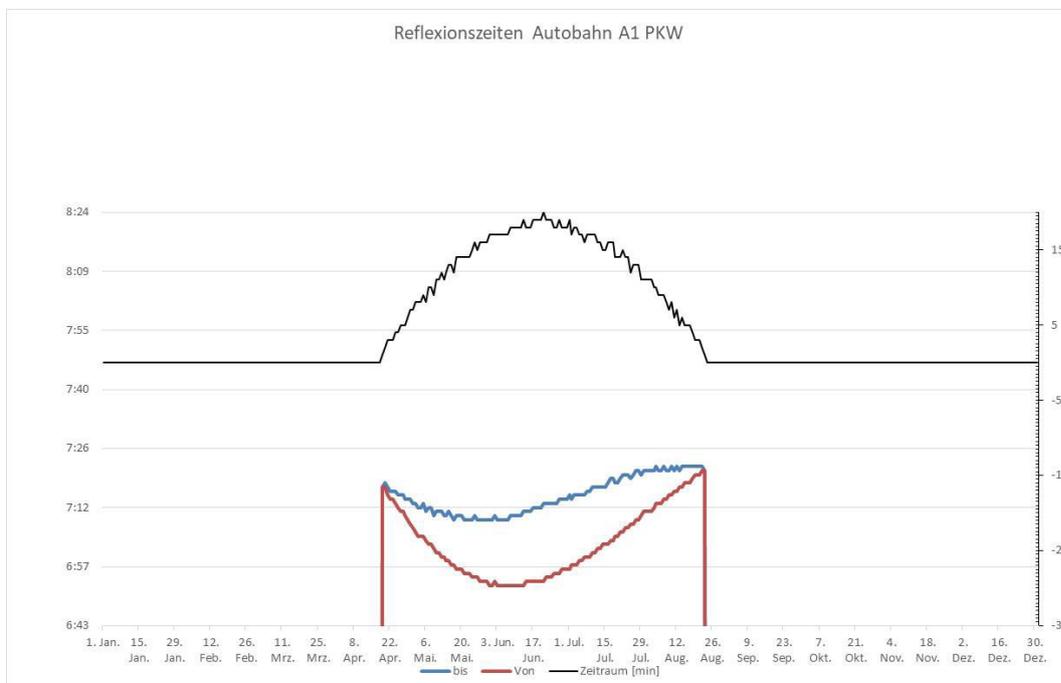
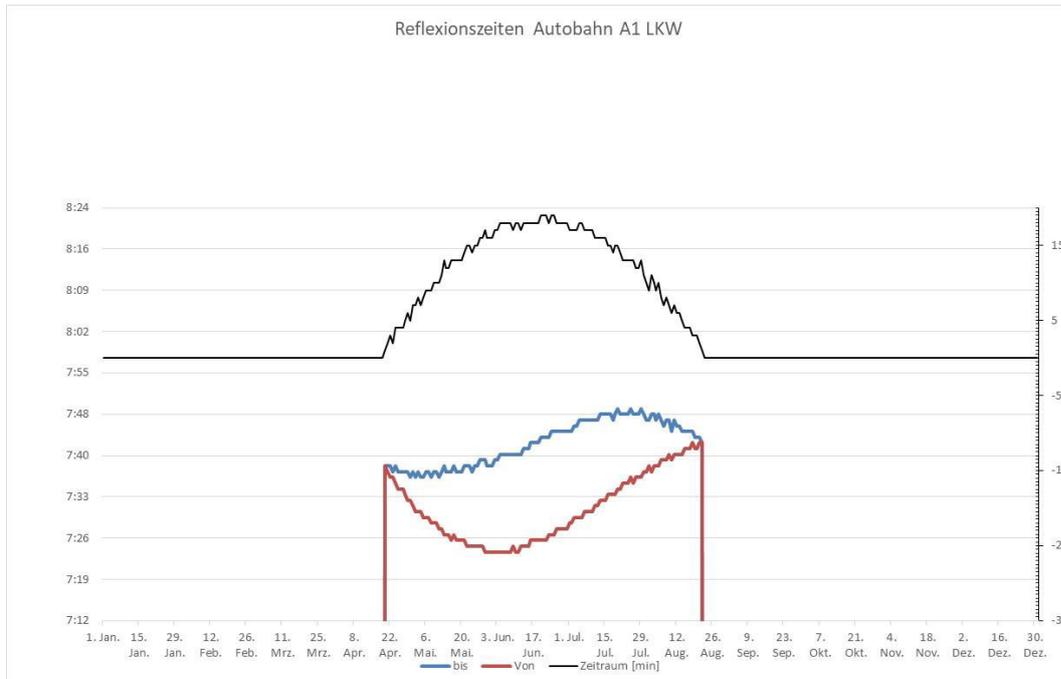
Die Analyse verschiedener Modulausrichtungen zeigt, dass mit Änderung von Modulneigung und Azimut eine Änderung im zeitlichen Auftreten der Lichtimmissionen erfolgt. Ebenso verändert sich der Winkelbereich der Sichtlinien von Punkt der Lichtimmission auf Autobahn und Kreisstraße zum Punkt der Lichtemission in der Photovoltaikanlage. Es zeigt sich bei den angenommenen Winkelbereichen, dass die sich die Dauer und Häufigkeit der Lichtimmissionen auf der Autobahn verringern, während sich die auf der Kreisstraße erhöhen. Die reflektierenden Module bleiben weiterhin außerhalb des normalen Sichtbereiches der Fahrzeugführer. Somit ist bei Änderungen der Modulausrichtung im Bereich von 15° bis 20° Modulneigung und 170° bis 205° Azimut eine Gefährdung der Fahrzeugführer nicht zu erkennen.

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

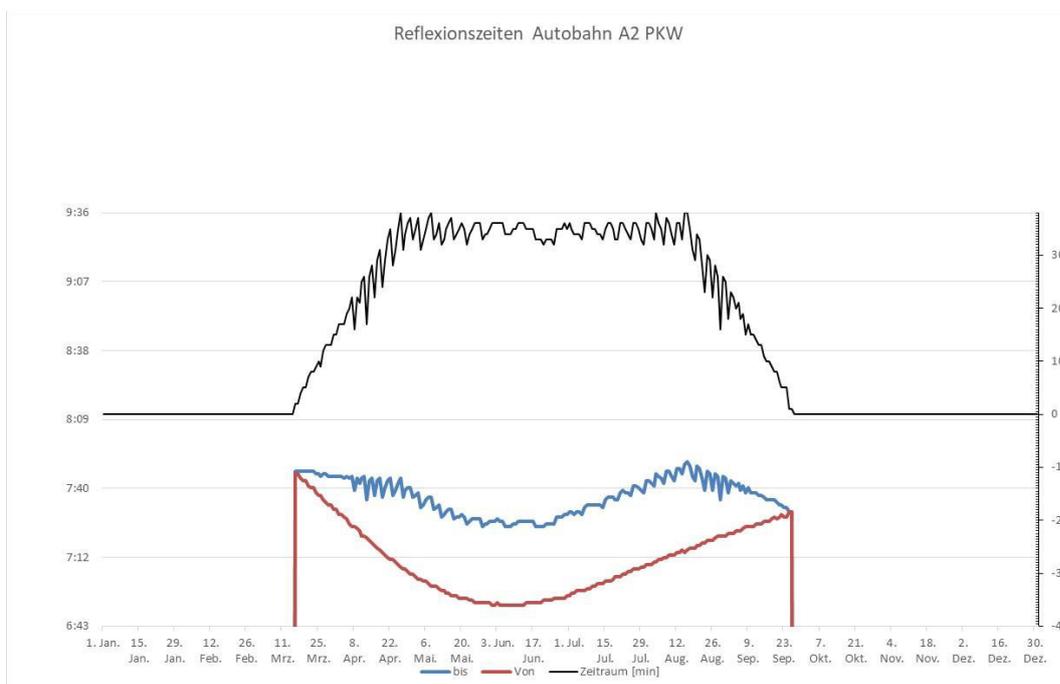
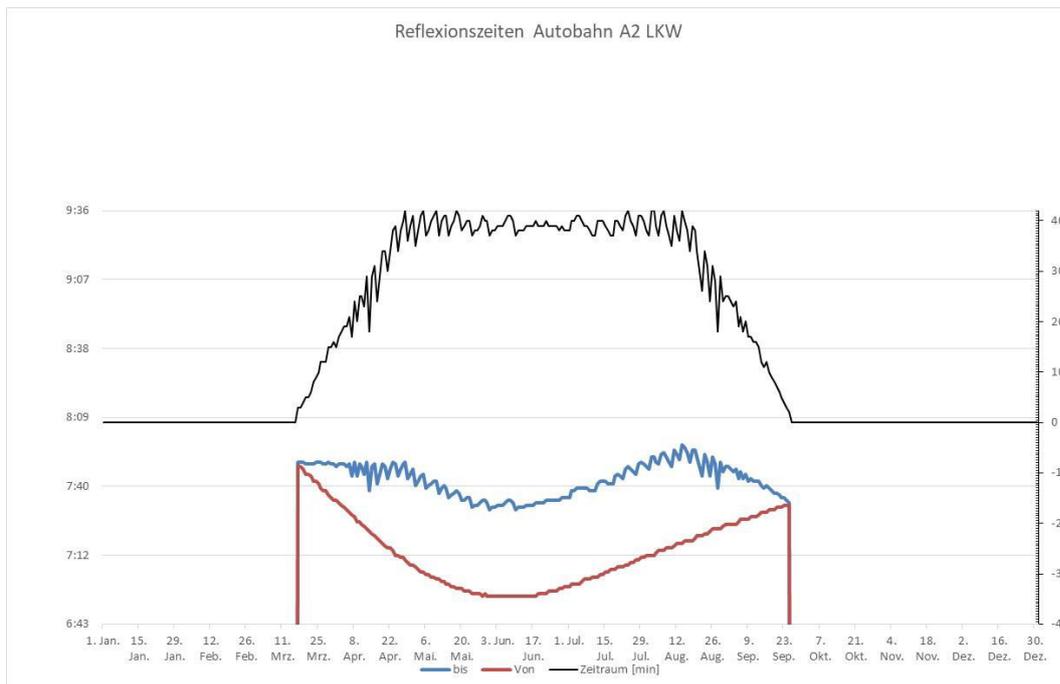
F. Anhang

F.1. Reflexionszeiten und Dauer

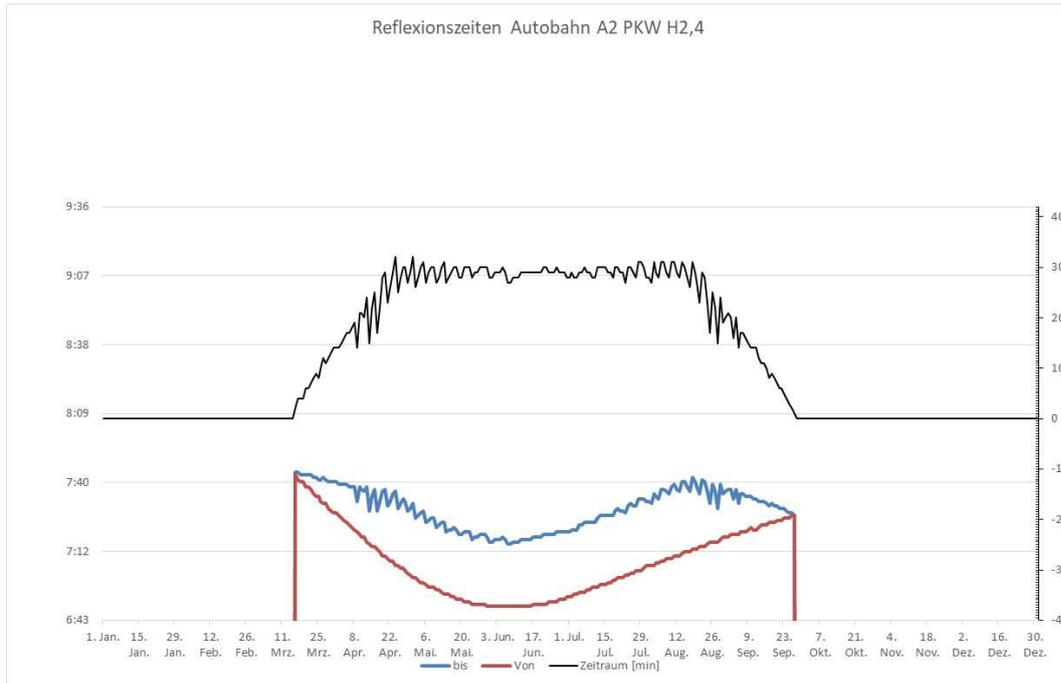
Autobahn Punkt 1



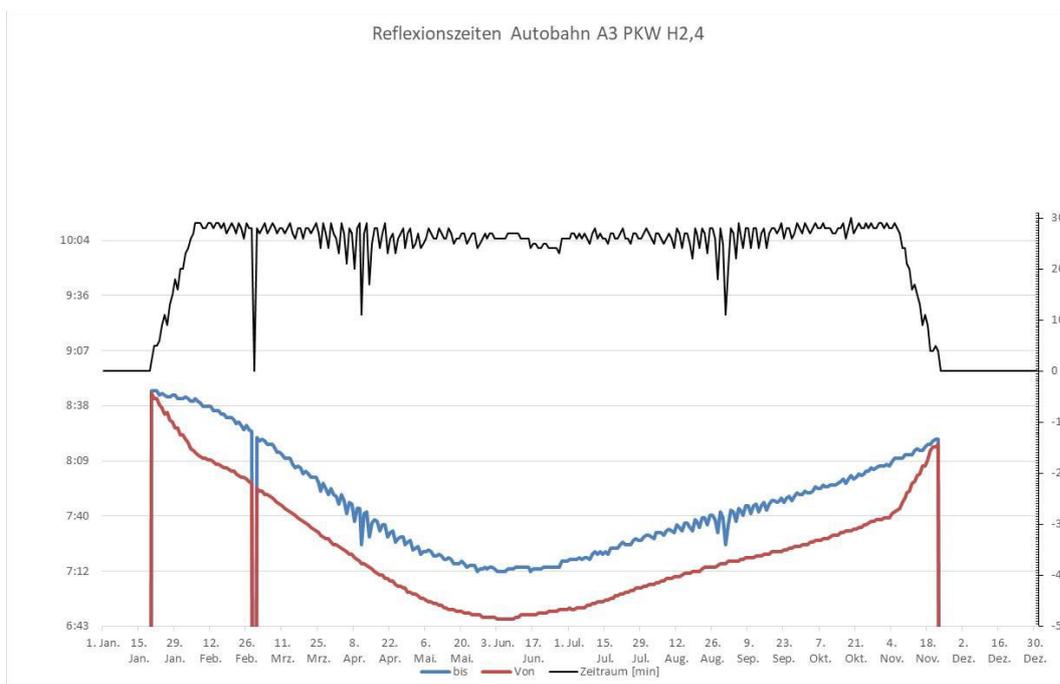
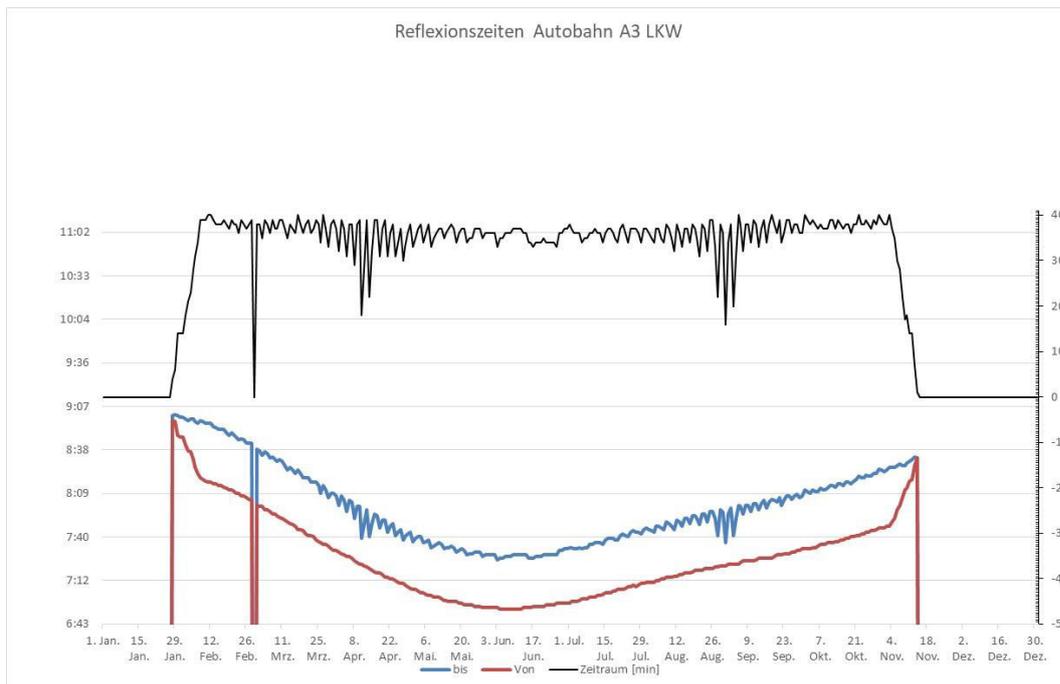
Autobahn Punkt 2



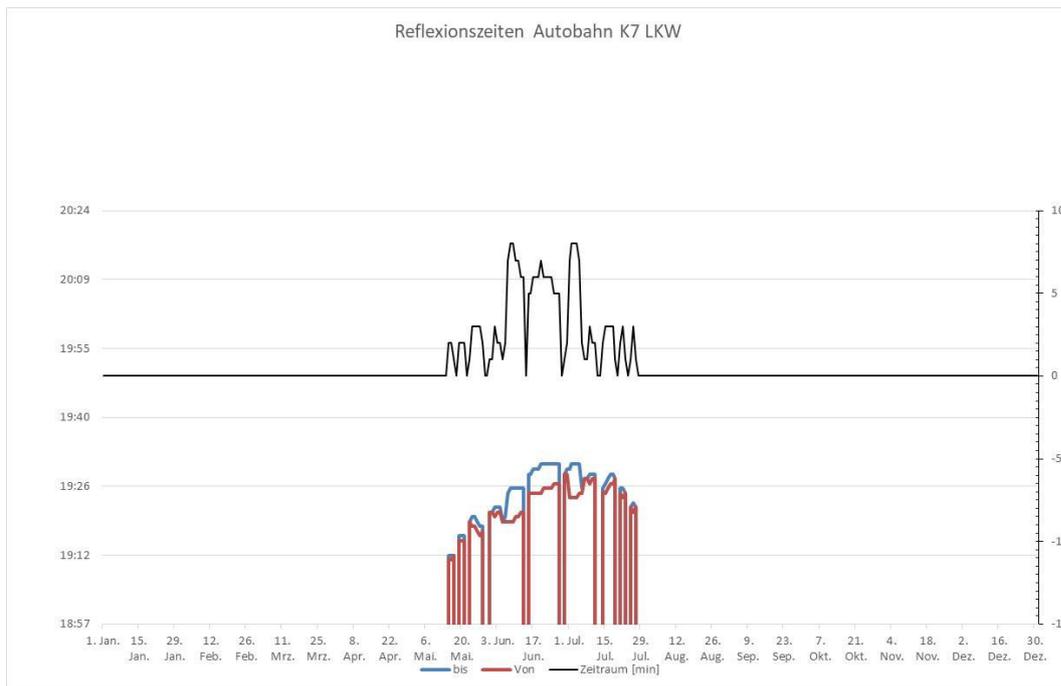
8.2



Autobahn Punkt 3

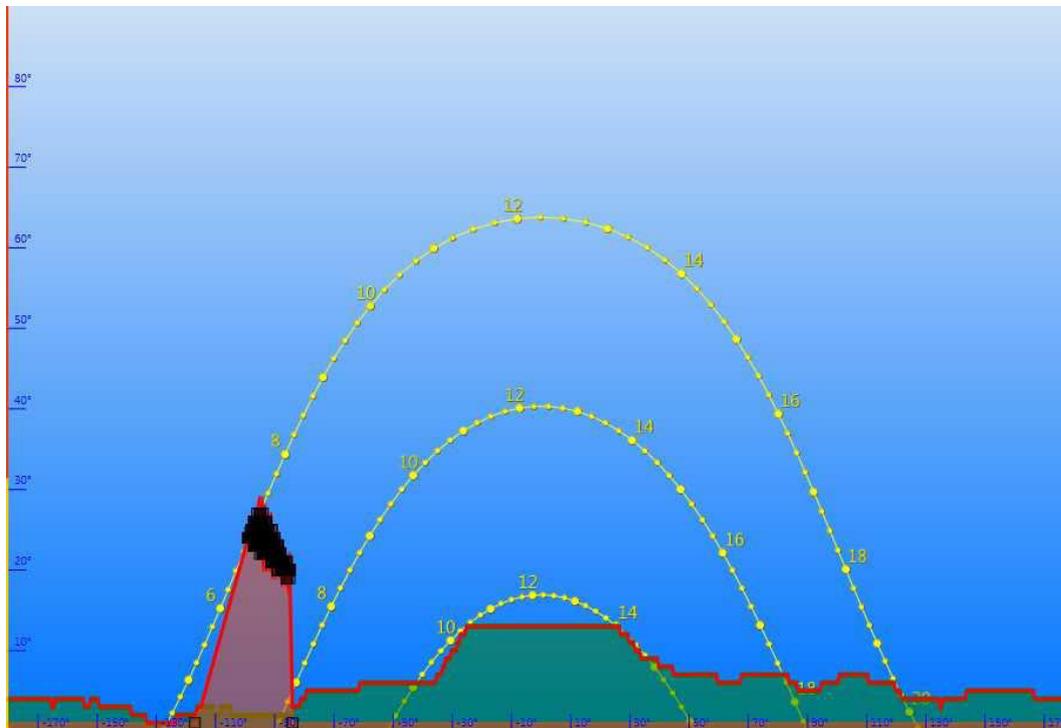


Autobahn Punkt 7

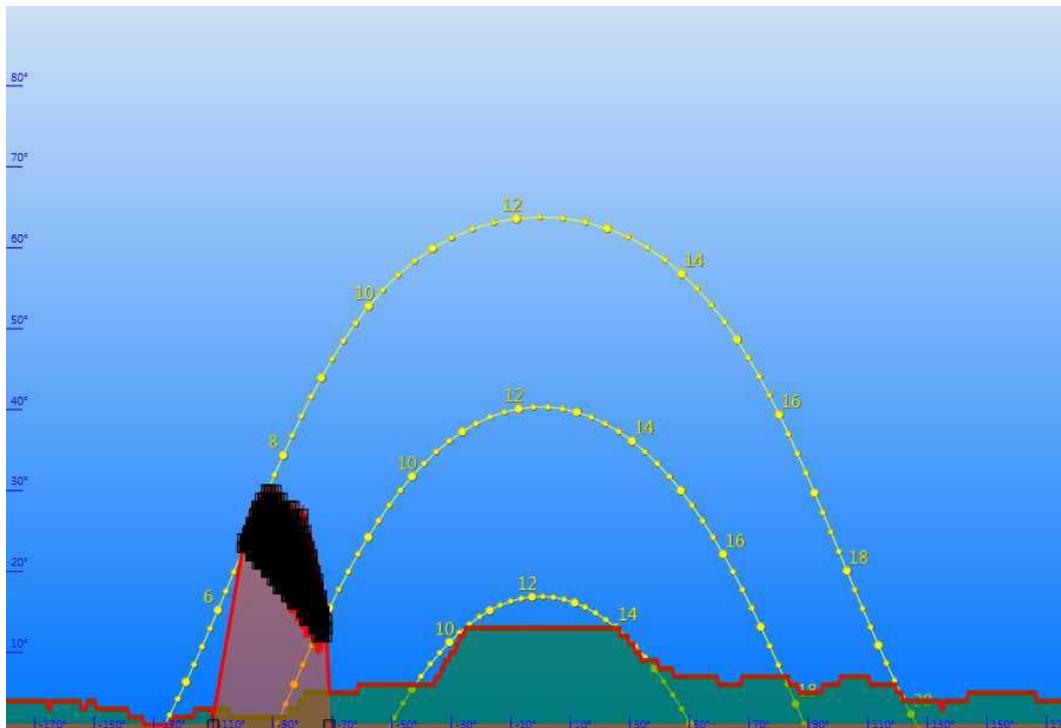


F.2. Reflexionszeiten im Sonnenverlaufdiagramm

Autobahn Punkt 1

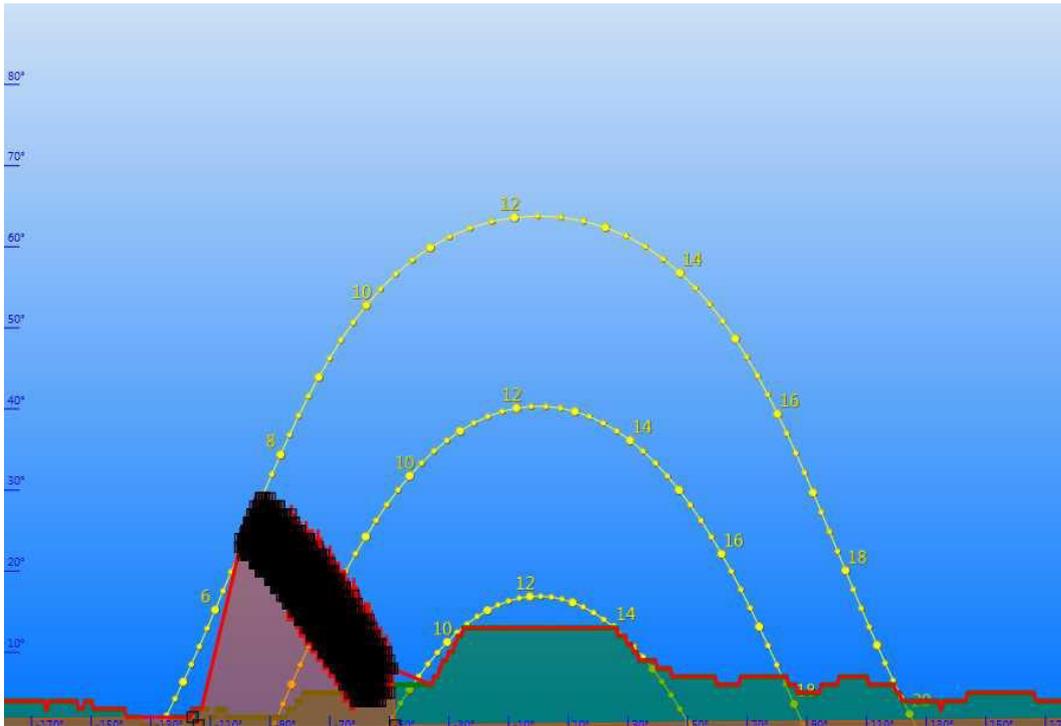


Autobahn Punkt 2

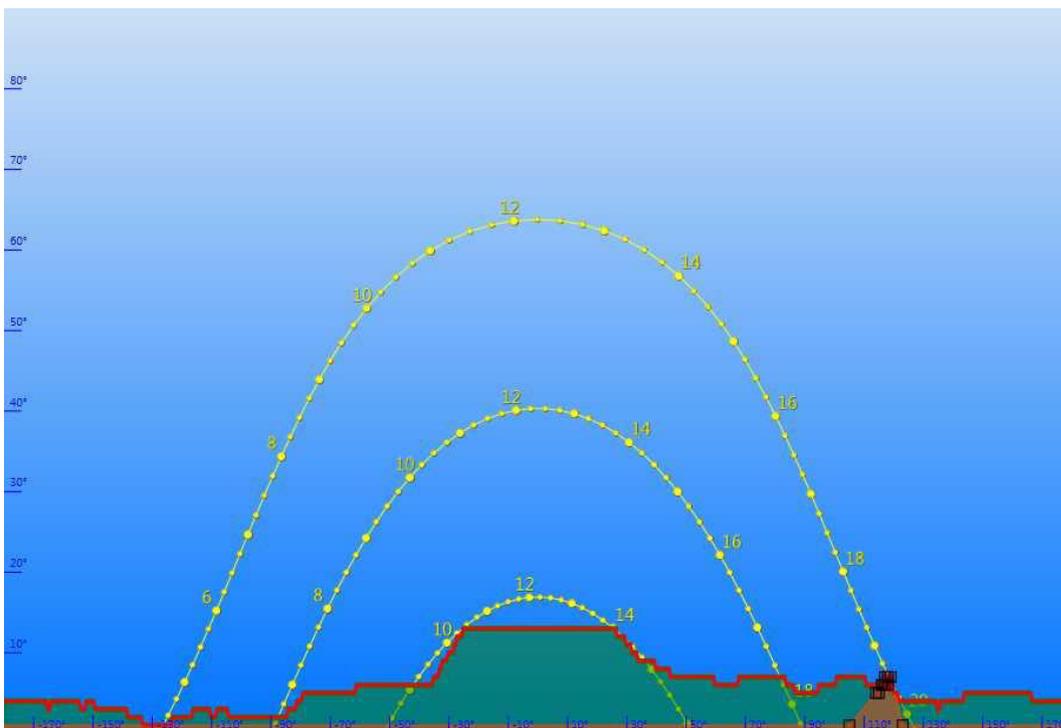


Autobahn Punkt 3

8.2

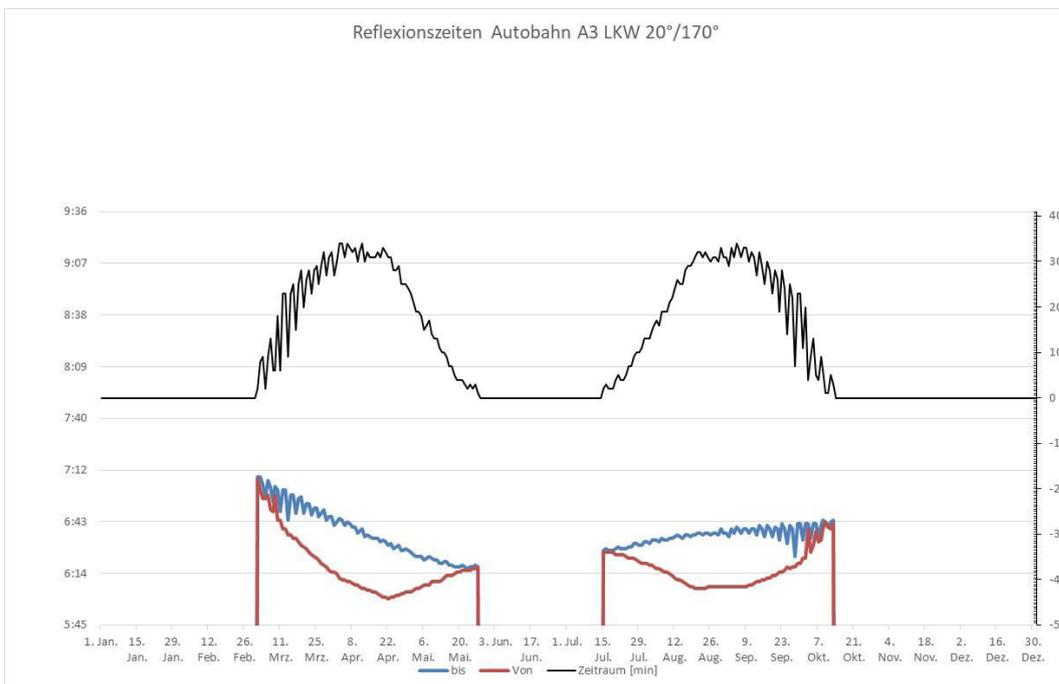
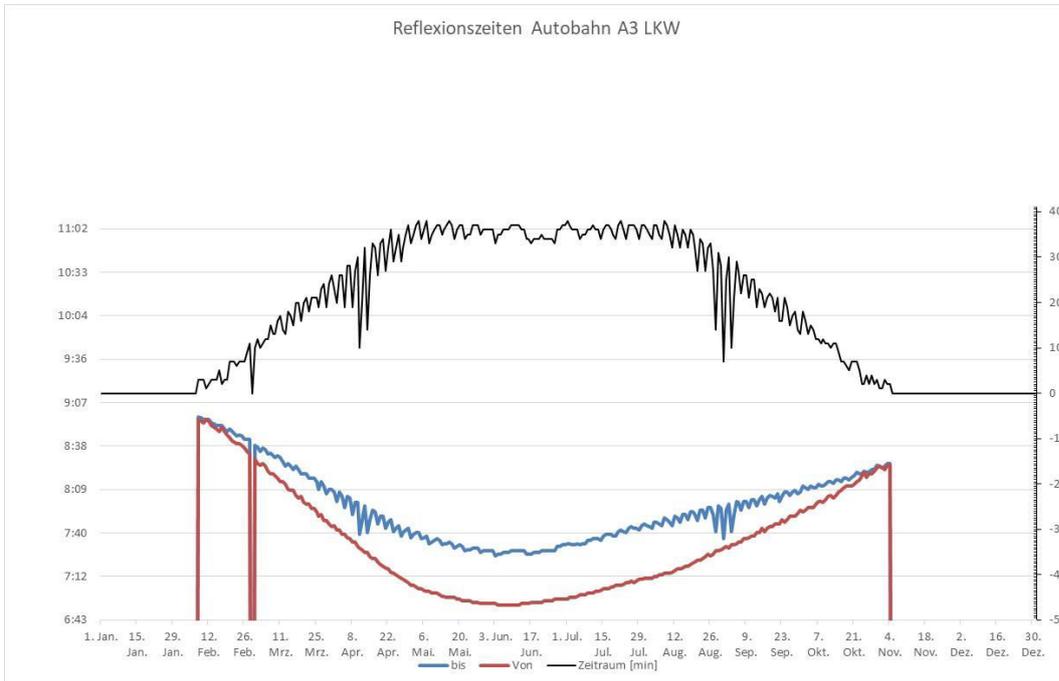


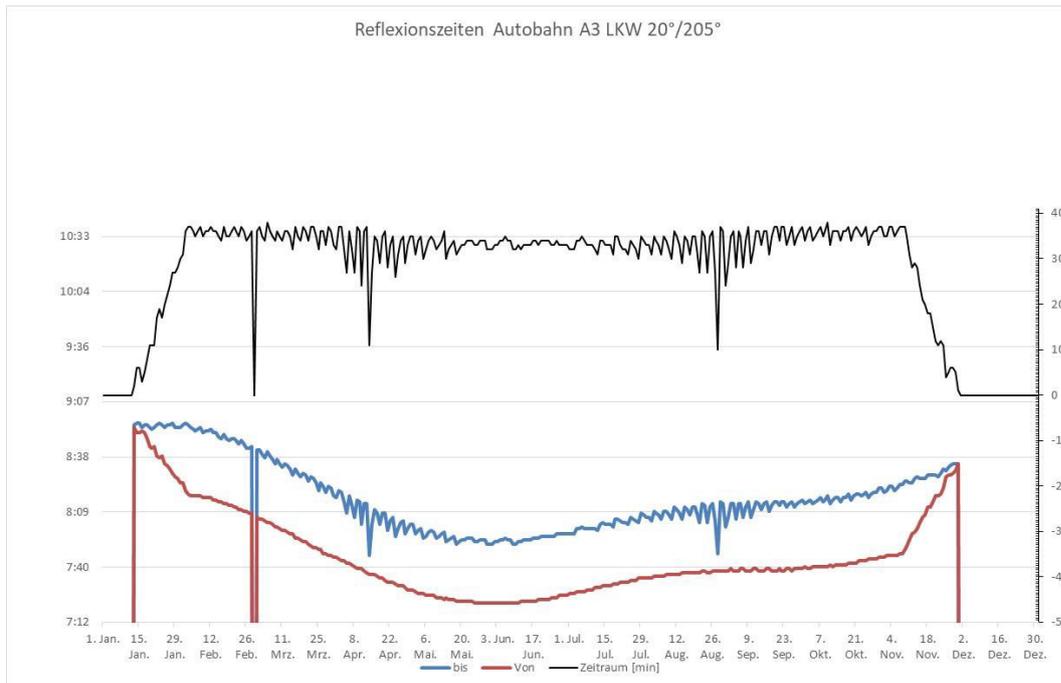
Autobahn Punkt 7



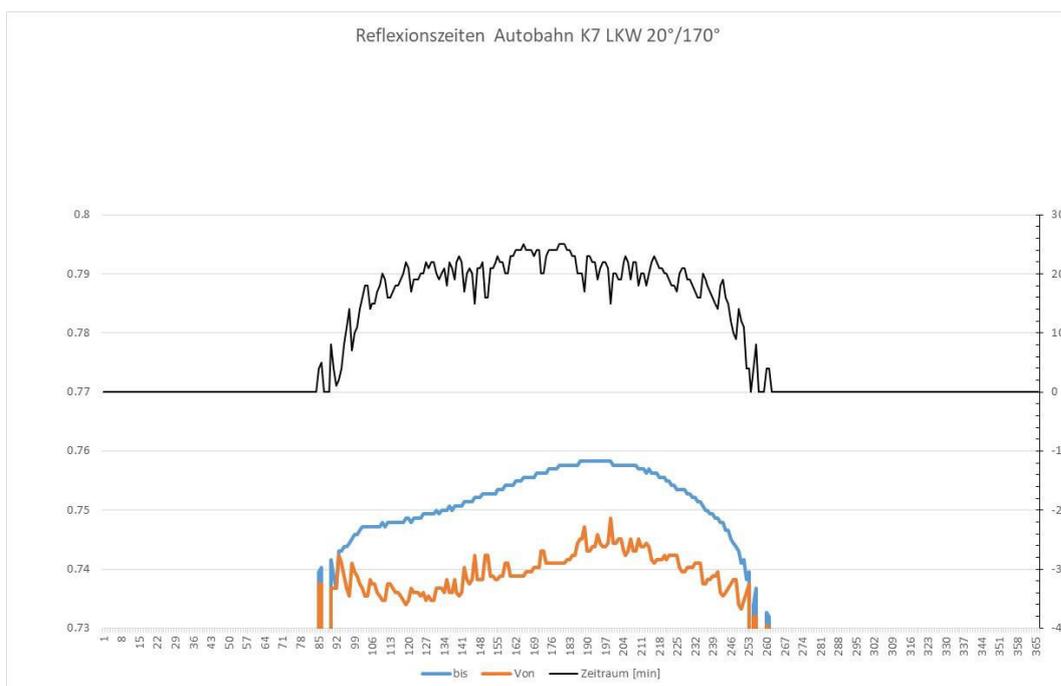
F.3. Reflexionszeiten und Dauer bei Änderungen der Modulausrichtung

Autobahn Punkt 3





Kreisstraße Punkt 7



Kreisstraße Punkt 8

