

Prüfbericht

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Brahlstorf
Auftraggeber:	Solarpark Brahlstorf UG (hb)
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>19273 Brahlstorf (53.359°N; 10.965°E), Deutschland</u>
Prüfberichtsnummer:	22K4021-PV-BG-Brahlstorf-R01-JBS_LBE-2022
Prüfdatum:	10.06.2022
Verantwortlicher Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt 8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg Tel: +49 (0)40 / 18 12 604-22 E-Mail: joerg.behrschmidt@8p2.de

Inhaltsverzeichnis

Bildverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis.....	4
Abkürzungen und Begriffe.....	7
A. Allgemeine Daten.....	8
A.1. Auftrag	8
A.2. Prüfungsumfang.....	9
A.3. Prüfungsgrundlagen	9
A.4. Identifikation der Anlage	9
B. Prüfergebnis.....	10
C. Grundlage	11
C.1. Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht.....	11
C.2. Wirkung auf den Menschen	12
C.3. Blickwinkel von Fahrzeugführern.....	13
C.4. Reflexionen an Solarmodulen.....	13
D. Analyse	15
D.1. Grundlage und Vorgehensweise	15
D.2. Geometrische Betrachtung.....	16
E. Bewertung.....	38

Bildverzeichnis

Abbildung 1:	Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	13
Abbildung 2:	Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel.....	14
Abbildung 3:	Google Earth ©2022 Lageplan der Planfläche.....	15
Abbildung 4:	Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	17
Abbildung 5:	Horizontdarstellung des Sonnenlaufs am Standort Brahlstorf.....	17
Abbildung 6:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B1.....	20
Abbildung 7:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B2.....	20
Abbildung 8:	Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B2.....	21
Abbildung 9:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B3.....	21
Abbildung 10:	Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B3.....	22
Abbildung 11:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B4.....	22
Abbildung 12:	Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B4.....	23
Abbildung 13:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B4.1.....	23
Abbildung 14:	Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B4.1.....	24
Abbildung 15:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B4.2.....	24
Abbildung 16:	Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B4.2.....	25
Abbildung 17:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B5.....	25
Abbildung 18:	Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B5.....	26
Abbildung 19:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1.....	26
Abbildung 20:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2.....	27
Abbildung 21:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B3.....	27
Abbildung 22:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4.....	28
Abbildung 23:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4.1.....	28
Abbildung 24:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4.2.....	29
Abbildung 25:	Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B5.....	29
Abbildung 26:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O1.....	30
Abbildung 27:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O2.....	30
Abbildung 28:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O3.....	31
Abbildung 29:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O4.....	31
Abbildung 30:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O5.....	32
Abbildung 31:	Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O6.....	32
Abbildung 32:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B1 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	33
Abbildung 33:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	34
Abbildung 34:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B3 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	34
Abbildung 35:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B4 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	35
Abbildung 36:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B4.1 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	35
Abbildung 37:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B4.2 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	36
Abbildung 38:	Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B5 mit Grenzvektoren in Richtung Module.....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Revisionsübersicht.....	5
Tabelle 2:	Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten	18

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
22K4021-PV-BG-Brahlstorf-R00-JBS_LBE-2022	Ursprungsversion 10.06.2022
22K4021-PV-BG-Brahlstorf-R01-JBS_LBE-2022	Redaktionelle Anpassungen und Ergänzung des Betrachtungsobjektes Bahnrtrasse 14.06.2022

I. Inhalt und Nutzung des Berichts

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

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

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

II. Ergänzende Informationen zu Haftungsausschlüssen

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

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

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

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

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

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

6.) Unter der Voraussetzung, dass der Bericht sich auf Notizen, Berichte, Aussagen, Meinungen oder Ratschläge vom Auftraggeber und/oder von Dritten (die im Bericht angegeben werden) bezieht oder darauf beruht, bleiben diese Personen 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 Landstraße L05, die zwischen den beiden Teilen der PVA hindurchführt, der nördlich liegenden Bahnstrecke Hamburg - Berlin und der südöstlich liegenden Ortsgrenze von Brahlstorf zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	Solarpark Brahlstorf UG (hb) Dorfstraße 34a 19260 Vellahn
Auftragsdatum:	18.05.2022
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Ziehmann GmbH Brandswiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	22K4021-PV-BG-Brahlstorf-R01-JBS_LBE-2022

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die zwischen den Anlagenteilen hindurchführende Landstraße L05, der nördlich vorbeiführenden Bahnstrecke Hamburg - Berlin und der westlich gelegenen Bebauung am Ortsrand von Brahlstorf. 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 der beiden Teilflächen
 - o Lageplan mit Höhen und Flurstücksgrenzen
 - o Vorentwurf: Vorhabenbezogener Bebauungsplan für das Sondergebiet der Photovoltaikanlage Brahlstorf
 - o Kurzbeschreibung des Vorhabens mit Bildansichten der Planfläche
- Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), (Stand: 08.10.2012)
- Reflexionsverhalten von Modulen (soweit bekannt)
- Daten aus Google Earth¹
- Daten der Online-Plattform „Geodatenportal MV“²

Hinweise:

- Alle Winkelangaben mit Bezugspunkt $N=0^\circ$ beziehen sich auf die Anordnung im Uhrzeigersinn
- Zeitangaben erfolgen mit mitteleuropäischer Zeit (UTC+1)

A.4. Identifikation der Anlage

Die geplante Photovoltaikanlage Brahlstorf soll in der Gemeinde Brahlstorf, beidseits der Landstraße L05 und südlich der Bahnstrecke Hamburg - Berlin installiert werden.

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 beträgt 0,8 m. Es sollen vier kristalline Module quer übereinander montiert werden. Die maximale Höhe der Gestelle ergibt sich daraus mit rund 2,61 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 Brahlstorf wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte, der zwischen der Planfläche hindurchführenden Landstraße L05, der Bahnstrecke Hamburg - Berlin und dem Ortsrand von Brahlstorf durchgeführt.

Die Untersuchung der Landstraße L05 zeigt, dass von Februar bis September Lichtimmissionen in den frühen Morgen- und Abendstunden zu erwarten sind. Die reflektierenden Module liegen zu einem geringen Teil am Rande des Sichtfelds der Fahrzeugführer.

Die Lichtimmissionen treten in einem eng begrenzten Zeitraum auf. Zudem weicht die Blickrichtung in Richtung Module bzw. in Richtung Sonne nur wenig voneinander ab, so dass ein Blick in Richtung Module mit gleicher Vorsicht, wie in Richtung Sonne erfolgen würde. Eine Störung des Straßenverkehrs ist somit nicht erkennbar.

Die Untersuchung des Ortsrandes von Brahlstorf, der der Photovoltaikanlage zugewandt ist, zeigt, dass mit Lichtimmissionen von Mitte April bis Ende August zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt 10 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 9,6 Stunden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellen die Lichtimmissionen damit keine erhebliche Belästigung dar und sind zu tolerieren.

Die Untersuchung zeigt, dass auf der Bahnlinie Hamburg – Berlin keine Lichtimmissionen zu erwarten sind.

Hamburg, 14. Juni 2022



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 38 Seiten und ist bis Ende 2032 in der 8.2 Obst & Ziehmann GmbH hinterlegt (Dokumentationsfrist).

C. Grundlage

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens sind die Lichtemissionen in Form von Reflexionen an den Modulen zu untersuchen und deren Auswirkungen auf die Landstraße, der Bahntrasse und den, der Planfläche zugewandten Ortsrand von Brahlstorf zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter, bei Fahrzeugführern und Anwohnern 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 und beidseits einer Landstraße 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.

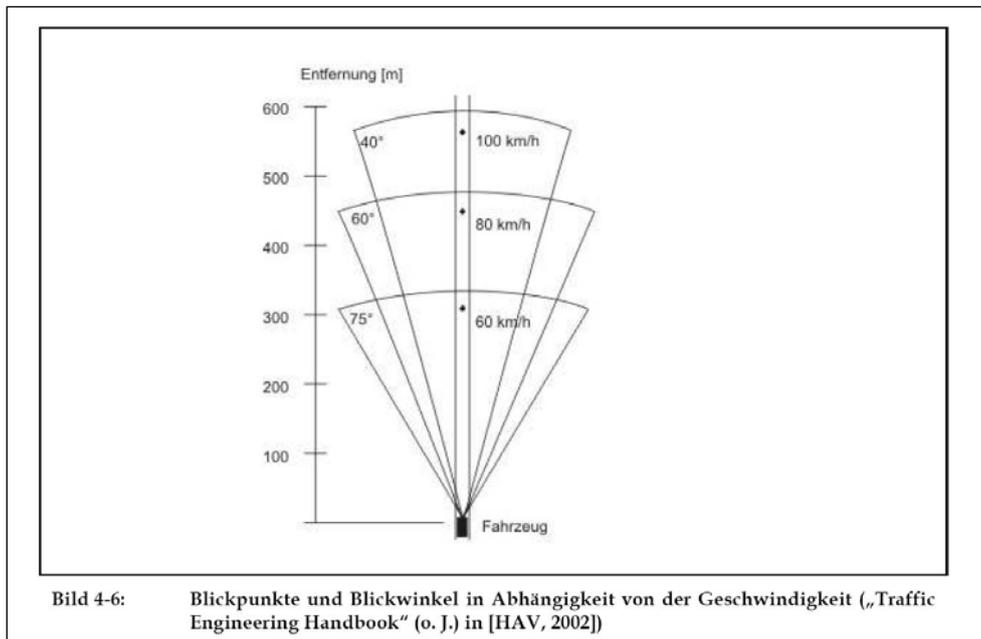


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit³

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

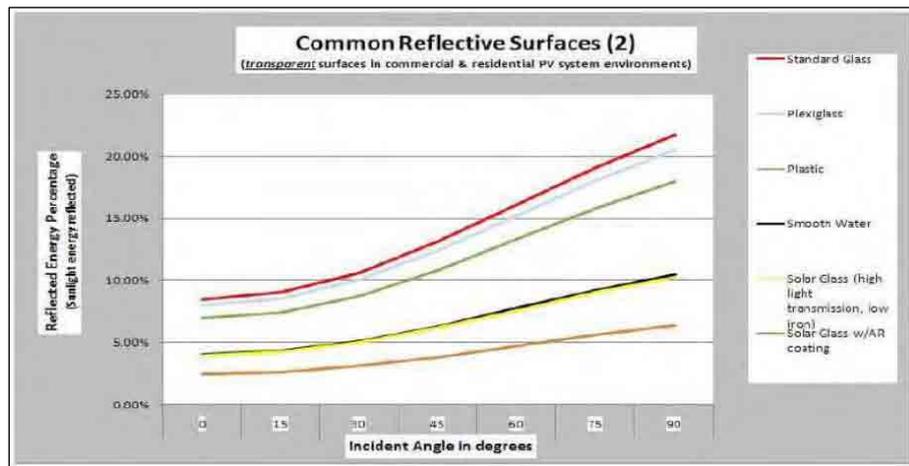


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

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 $6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$. Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um $0,6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$.

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

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

D. Analyse

D.1. Grundlage und Vorgehensweise

D.1.1. Beschreibung Örtlichkeiten und PV-Feld

Die folgenden Angaben zur Anlage beruhen auf den vom Auftraggeber bereitgestellten Informationen. Hinzu kommen Informationen und Ansichten aus Google Earth⁶ sowie der Online-Plattform „Geodatenportal MV“⁷.

Die Planfläche selbst liegt beidseits der Landstraße L05, in der Gemeinde Brahlstorf und südlich der Bahnstrecke Hamburg-Berlin. Das Höhengniveau im Bereich des Ortsrandes von Brahlstorf beträgt zwischen 12 m und 13 m. Die Bebauung besteht hauptsächlich aus Wohngebäuden sowie Einfamilienhäusern. Das Höhengniveau der Landstraße über NHN beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 12 m im südlichen Betrachtungsbereich und 23 m im höchsten Punkte der Straßenquerung über der Bahntrasse. Das Höhengniveau der Bahntrasse liegt konstant bei 14 m über NHN. Das Höhengniveau der westlichen Planfläche variiert zwischen 13 m im Norden und 12 m im Süden. Auf der östlichen Planfläche variiert die Höhe zwischen 13 m im Norden und 12 m im Süden, siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Google Earth ©2022 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 beträgt 0,8 m. Die maximale Höhe der Gestelle beträgt laut Planung 2,61 m.

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden an den Ortsrändern und der Landstraße repräsentative Punkte festgelegt. Über die Planfläche wird ein Netz mit einer Gitterweite von 10 m gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte. Für die einzelnen Punktepaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt.

Auf der Bahntrasse werden die Punkte A1 bis A6 gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtimmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind, und wie diese sich auswirken, siehe Abbildung 3.

Auf der Landstraße werden die Punkte B1 bis B6 (inkl. B4.1 und B4.2) gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtimmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind, und wie diese sich auswirken.

Die Betrachtung für den Ortsrand von Brahlstorf erfolgt exemplarisch für die Punkte O1 bis O6.

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 Zugführer wird mit 3,0 m über der Trasse angesetzt.

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

Für die exemplarische Untersuchung der Ortsränder wird die Höhe der Oberkante der Fenster mit 2,4 m angenommen.

Die Bewertung der Lichtemissionen des Solarparks erfolgt in zwei Schritten. In Schritt 1 wird für die Punkte an den Gebäuden und der Landstraße zu den Punkten auf der Photovoltaikfläche der Ort einer Lichtquelle (Emissionsort) ermittelt, der zu Lichtimmissionen führt. Der Emissionsort wird definiert durch Azimut α und Höhenwinkel h° . Im zweiten Schritt werden die Koordinaten der berechneten Emissionsorte mit dem Sonnenstand im Jahresverlauf verglichen.

8.2

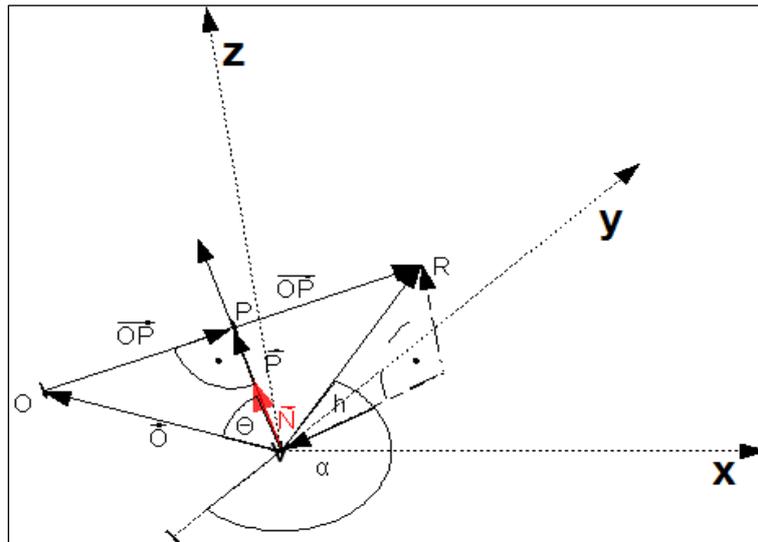


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

Die Bestimmung der Emissionsorte erfolgt anhand der Darstellung in Abbildung 4. Der Nullpunkt des Koordinatensystems befindet sich in der Modulebene. Punkt O steht für den Ort außerhalb der Photovoltaikanlage, der auf 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 -127° bis $+120^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 64° .

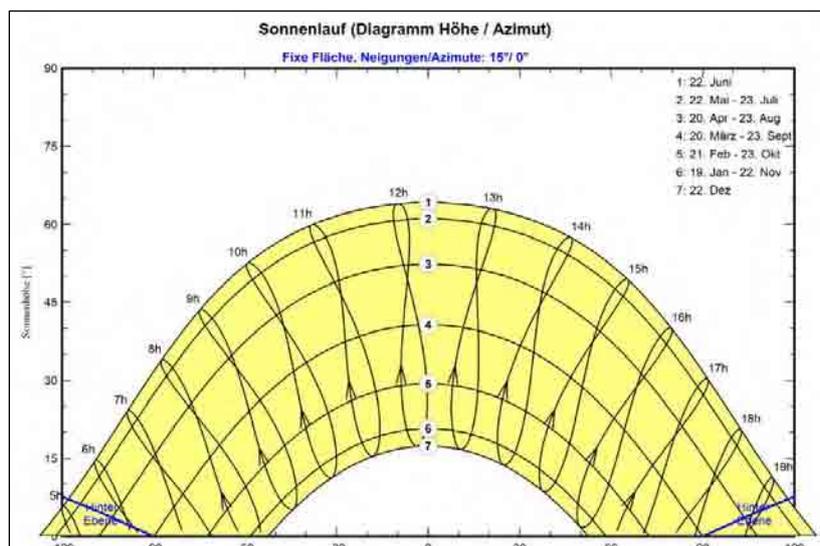


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs am Standort Brahlstorf

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°)				
A1	Keine Reflexionen			
A2	Keine Reflexionen			
A3	Keine Reflexionen			
A4	Keine Reflexionen			
A5	Keine Reflexionen			
A6	Keine Reflexionen			
B1 PKW+LKW	von 10. Mai bis 02. Aug	05:32 - 05:52	5	5.4
B2 PKW+LKW	von 12. Mai bis 30. Jul	05:32 - 05:57	6	13.7
	von 27. Apr bis 15. Aug	18:13 - 19:00		
B3 PKW+LKW	von 16. Apr bis 25. Aug	05:32 - 06:13	12	22.0
	von 14. Apr bis 28. Aug	18:15 - 19:00		
B4 PKW+LKW	von 11. Apr bis 01. Sep	05:32 - 06:18	10	18.7
	von 14. Apr bis 28. Aug	18:16 - 19:01		
B4.1 PKW+LKW	von 05. Apr bis 07. Sep	05:34 - 06:30	11	18.9
	von 04. Apr bis 07. Sep	18:06 - 18:58		
B4.2 PKW+LKW	von 26. Feb bis 16. Okt	05:40 - 07:35	12	26.2
	von 11. Apr bis 01. Sep	18:16 - 18:59		
B5 PKW+LKW	von 12. Feb bis 30. Okt	05:58 - 08:05	7	4.2
	von 15. Apr bis 27. Aug	18:21 - 18:37		
B6	Keine Reflexionen			
O1	von 09. Mai bis 02. Aug	05:32 - 05:52	5	5.0
O2	von 18. Apr bis 24. Aug	05:32 - 06:11	10	8.8
O3	von 24. Apr bis 18. Aug	05:32 - 06:06	9	9.6
O4	von 03. Mai bis 09. Aug	05:33 - 05:57	5	5.6
O5	von 08. Mai bis 04. Aug	05:33 - 05:54	4	4.1
O6	von 08. Mai bis 04. Aug	05:33 - 05:53	3	3.6

Bahntrasse

Die Analyse zeigt, dass für die Punkte A1 bis A6 keine Lichtimmissionen auf der Bahntrasse zu erwarten sind.

Bundesstraße

Die Untersuchung der Landstraße L05 in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen nur an den Punkten B1 bis B5 zu rechnen ist. Am Punkt B6 treten keine Reflexionen auf.

Auf der Landstraße L05 sind in den Punkten B1 bis B5 Lichtimmissionen morgens von 05:32 Uhr bis 08:05 Uhr von Februar bis Oktober zu erwarten. Am Abend können in den Punkten B2 bis B5 zusätzlich Reflexionen zwischen 18:13 Uhr und 19:01 Uhr von April bis September auftreten. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 12 Minuten am Tag und summiert sich auf maximal 26,2 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 18 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 18 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.

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

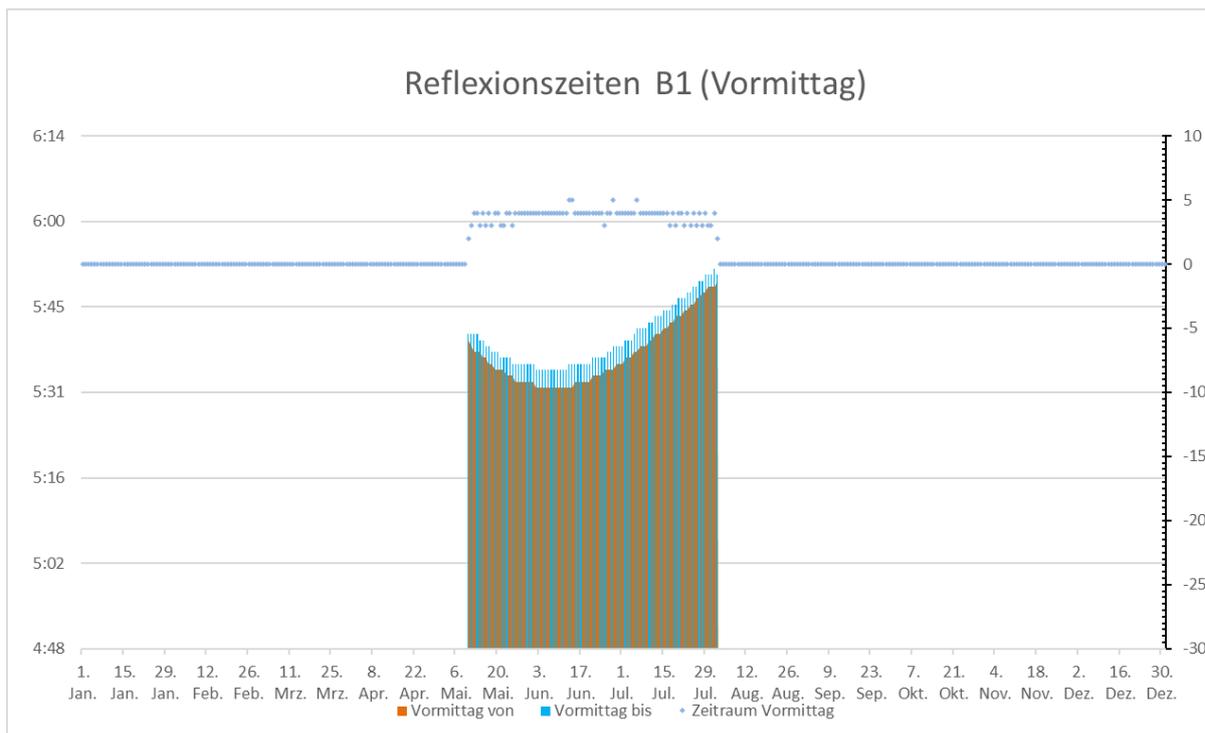


Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B1

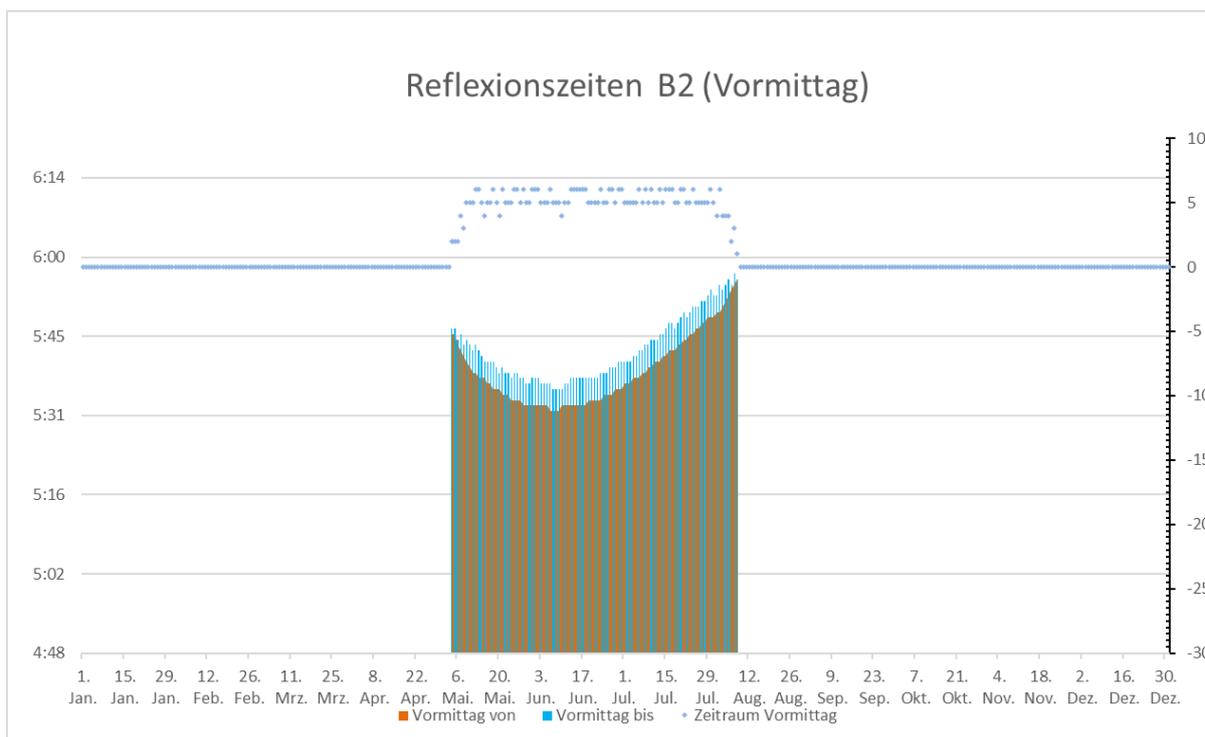


Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B2

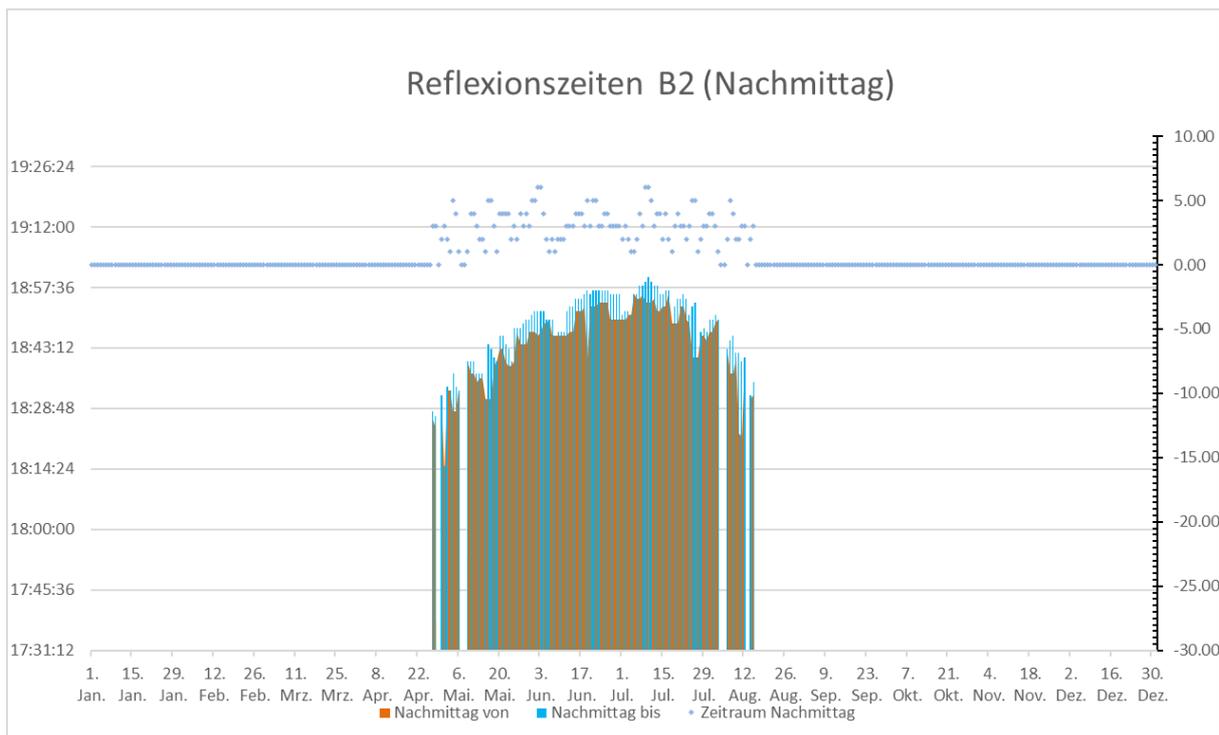


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B2

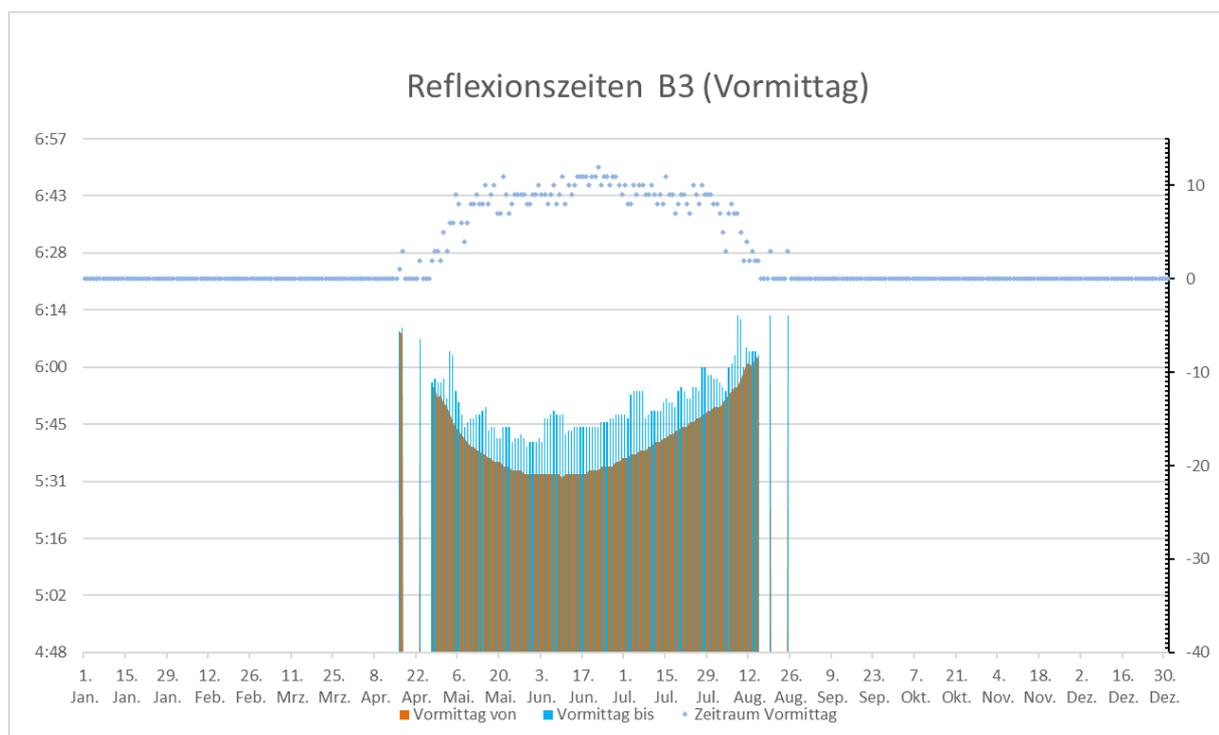


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B3

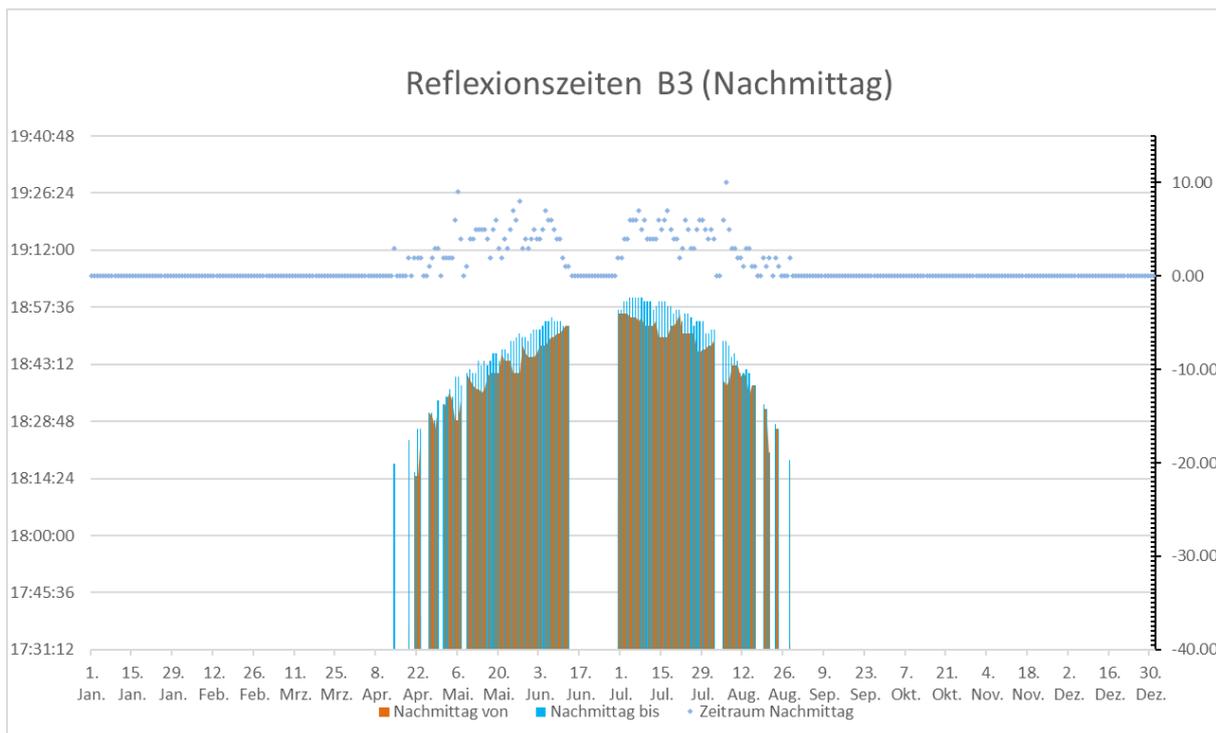


Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B3

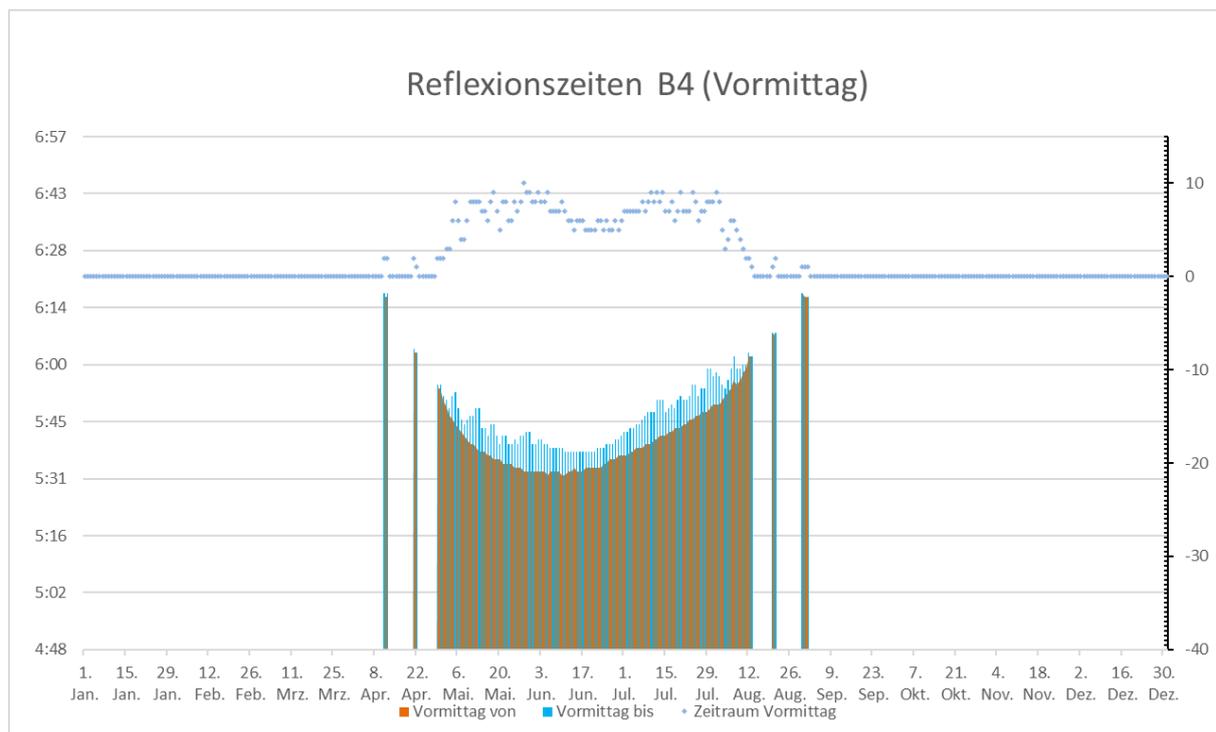


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B4

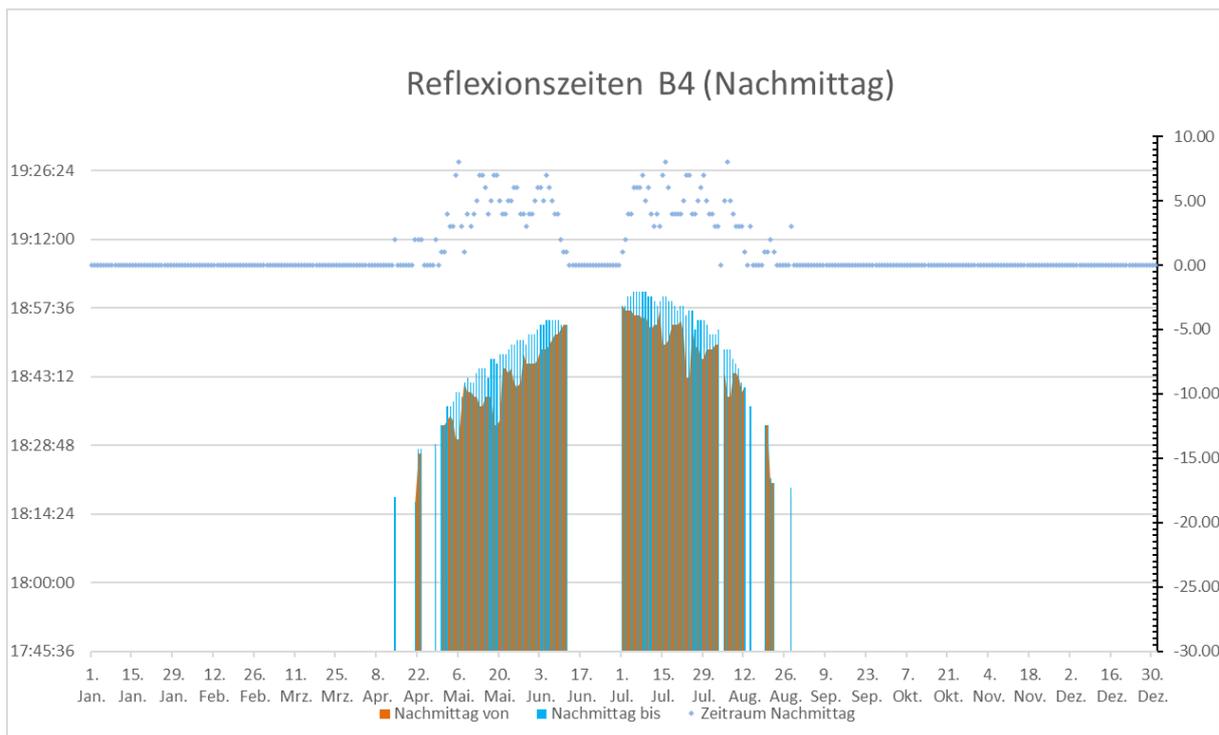


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B4

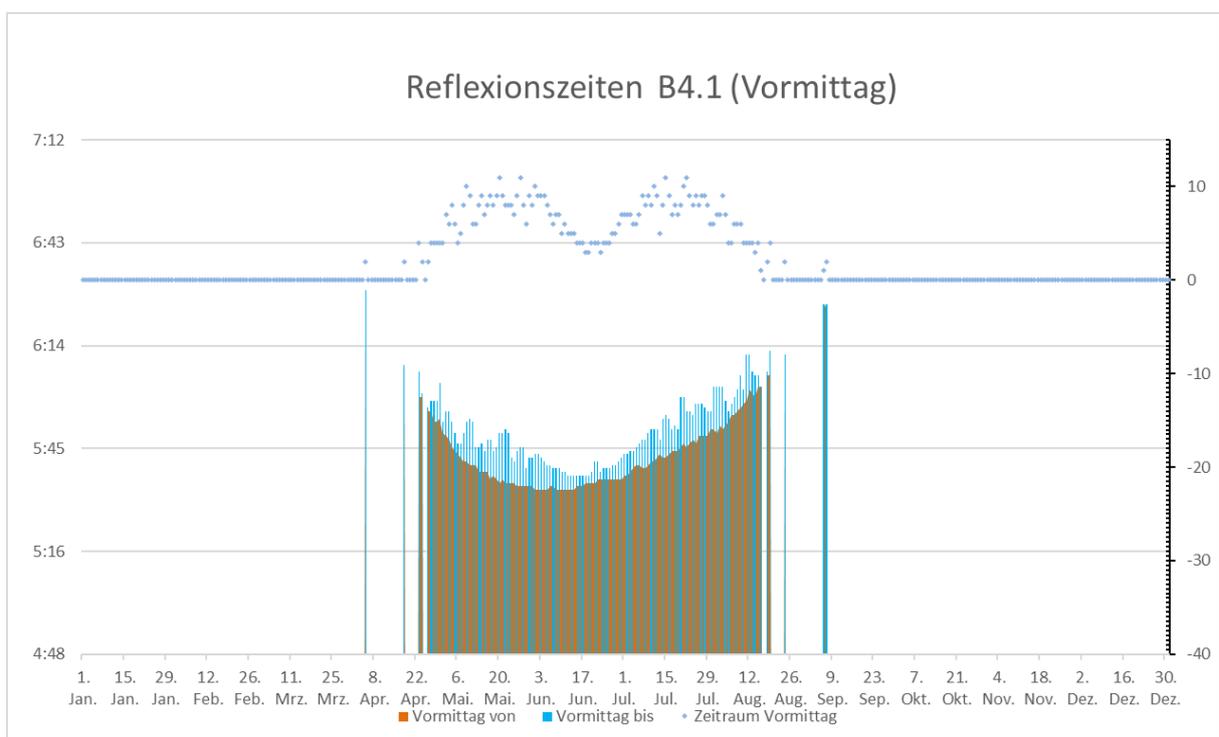


Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B4.1

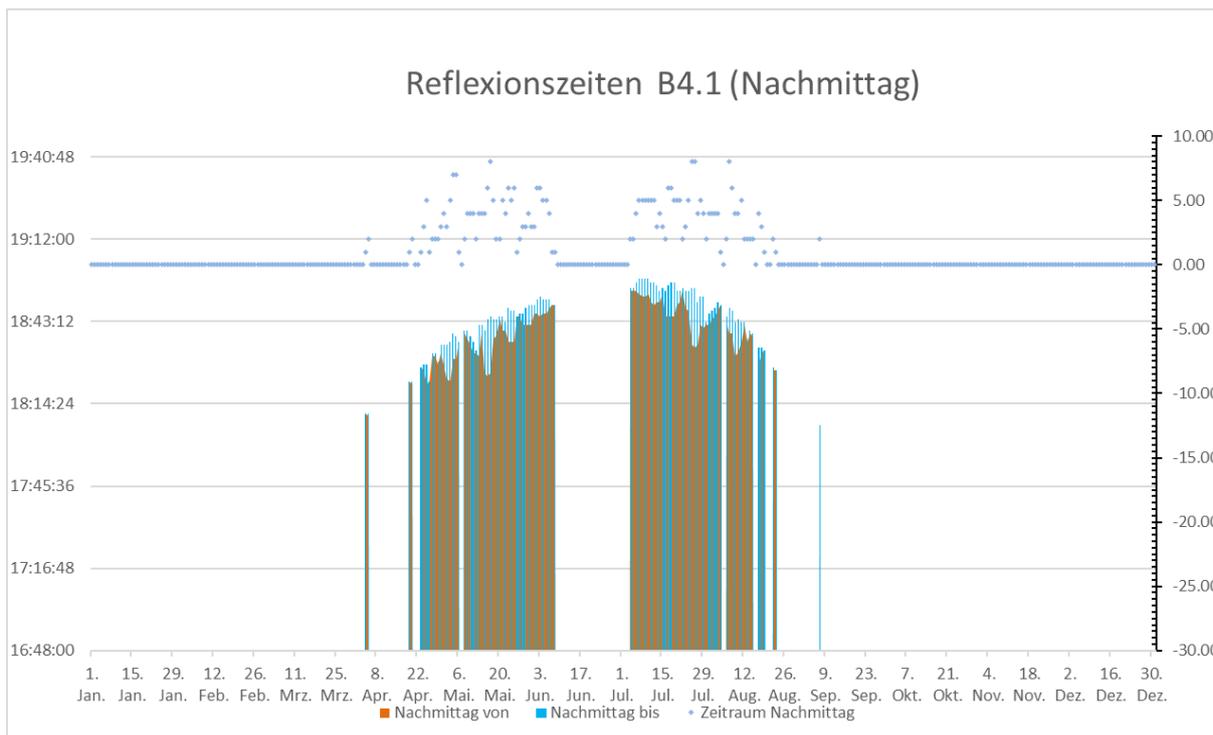


Abbildung 14: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B4.1

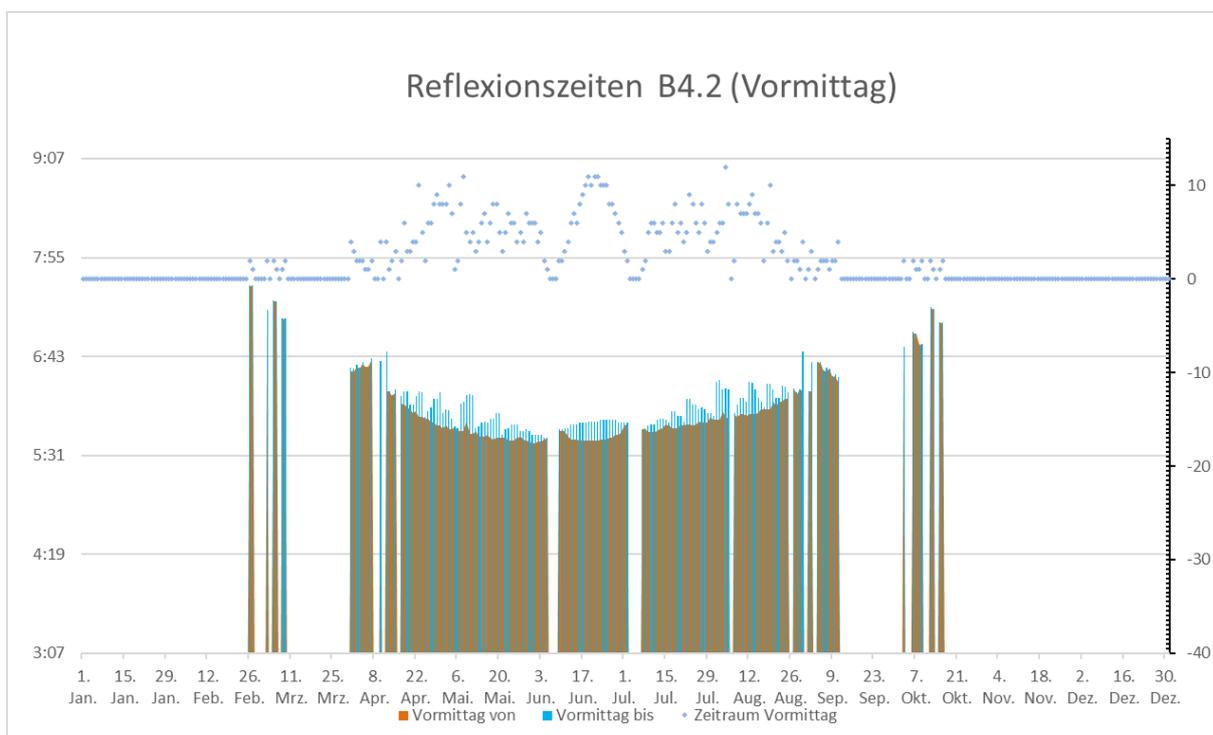


Abbildung 15: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B4.2

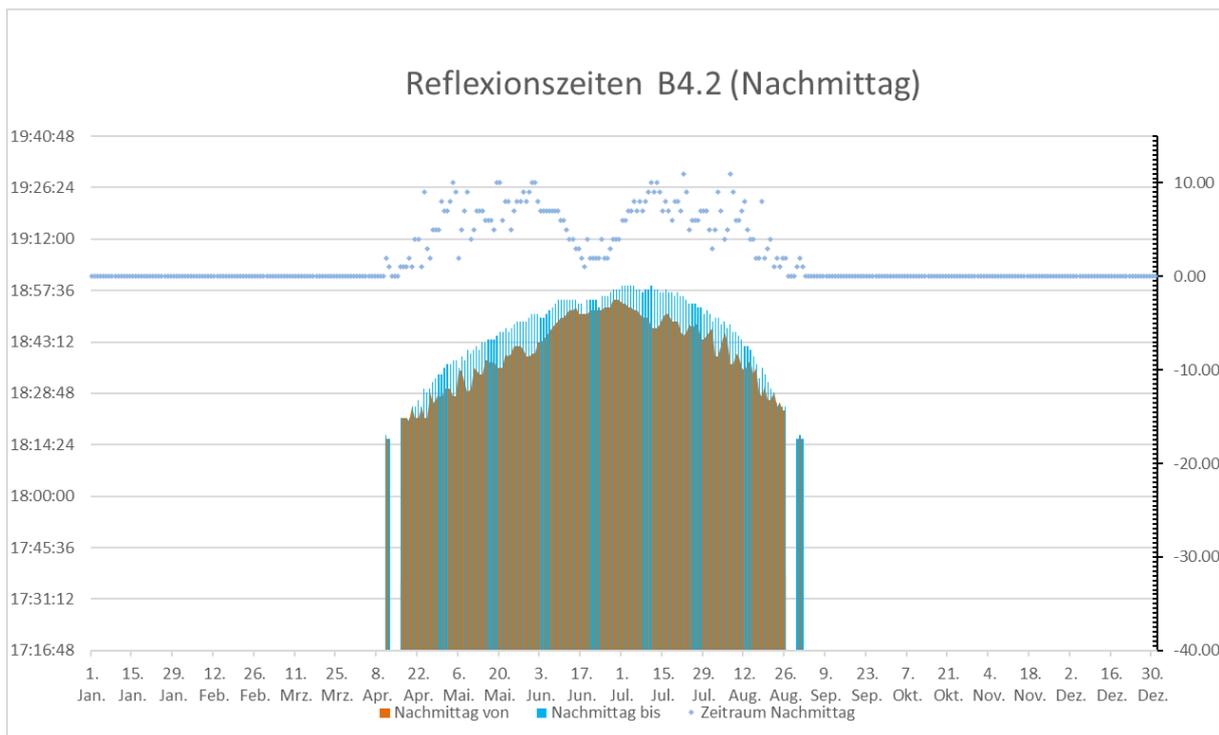


Abbildung 16: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B4.2

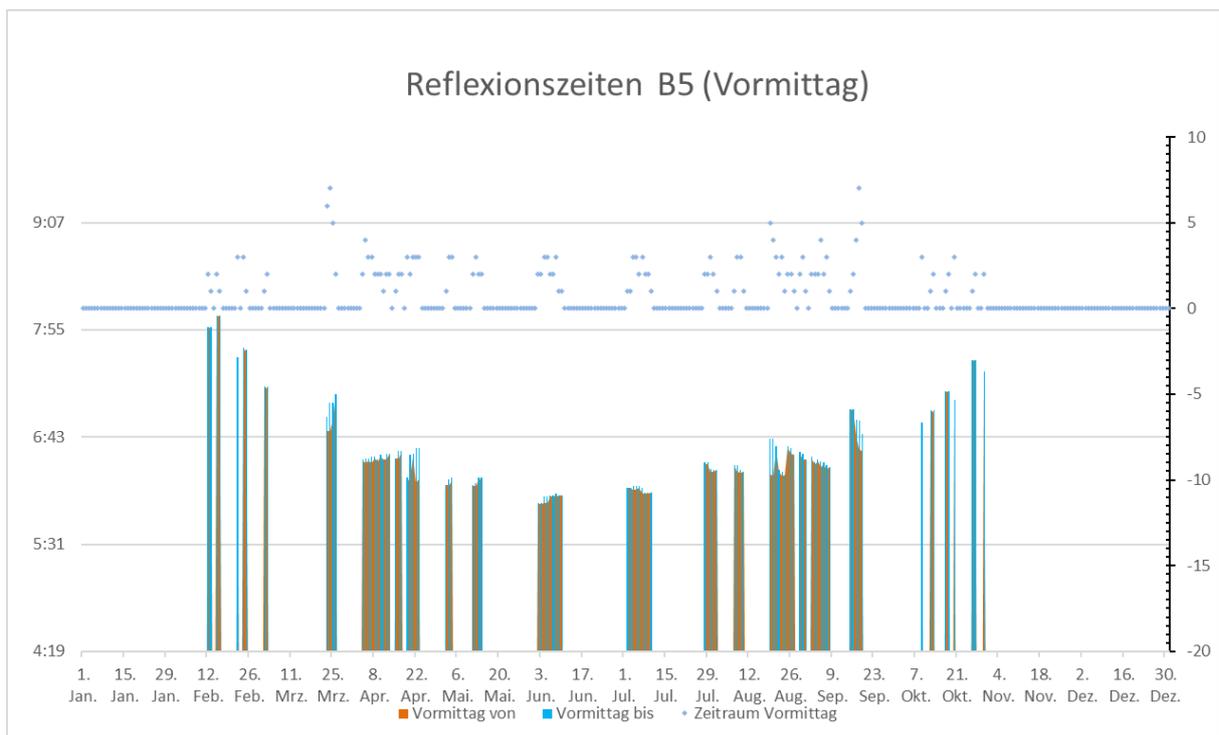


Abbildung 17: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt B5

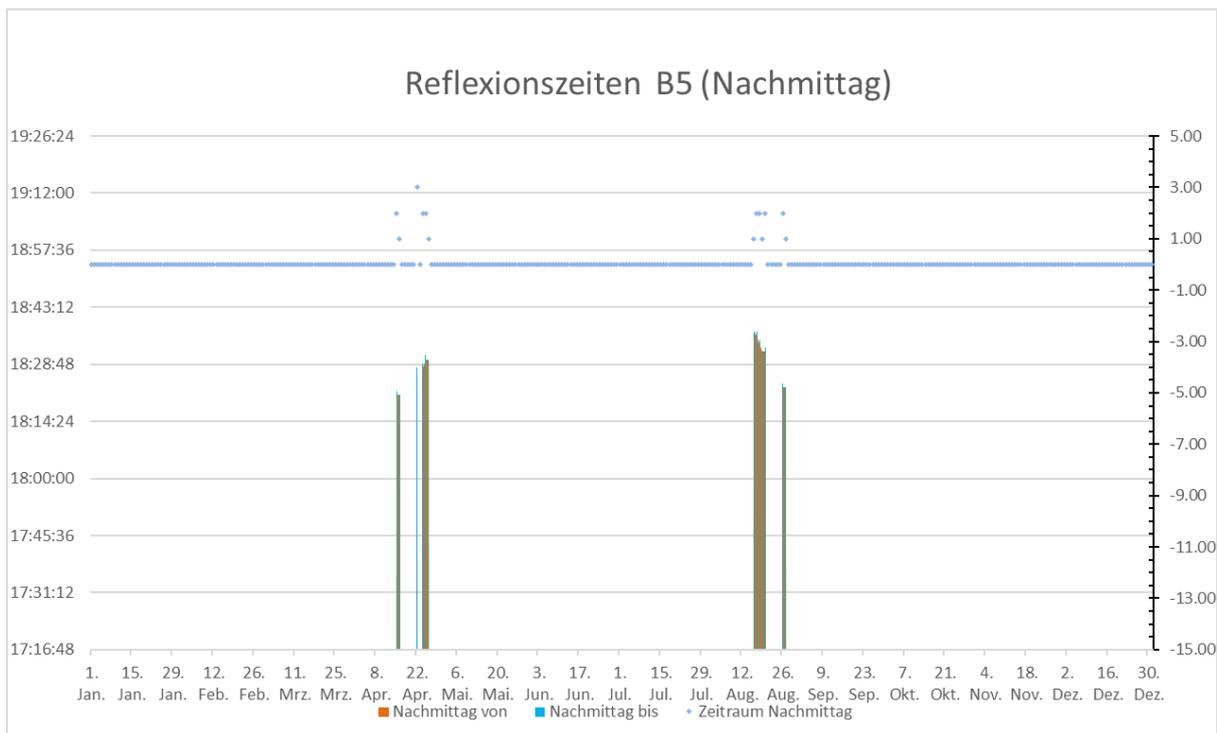


Abbildung 18: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt B5

Abbildung 19 und Abbildung 25 zeigen den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte B1 bis B5 ausgehen.



Abbildung 19: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B1



Abbildung 20: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B2



Abbildung 21: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B3



Abbildung 22: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4



Abbildung 23: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4.1



Abbildung 24: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B4.2



Abbildung 25: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt B5

Ortsrand von Brahlstorf

Die Untersuchung der Ortsränder in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen an den Punkten O1 bis O6 in Brahlstorf zu rechnen ist.

In den Punkten O1 bis O6 sind Lichtimmissionen von Anfang Mai bis Ende August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Morgenstunden zwischen 05:32 Uhr und 06:11 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 10 Minuten am Tag und 9,6 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 26 und Abbildung 31, dargestellt.

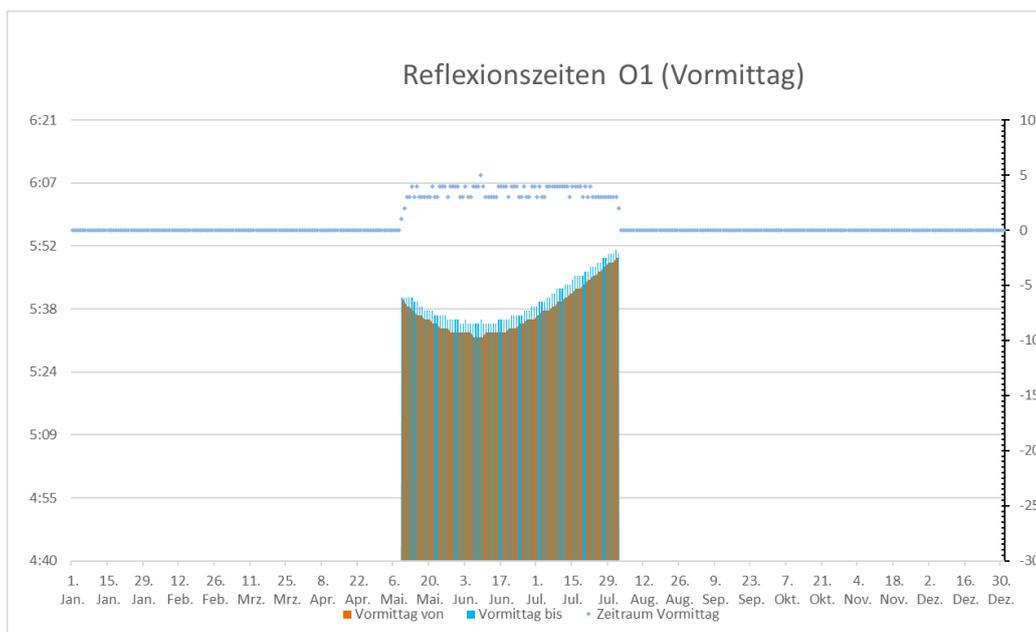


Abbildung 26: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O1

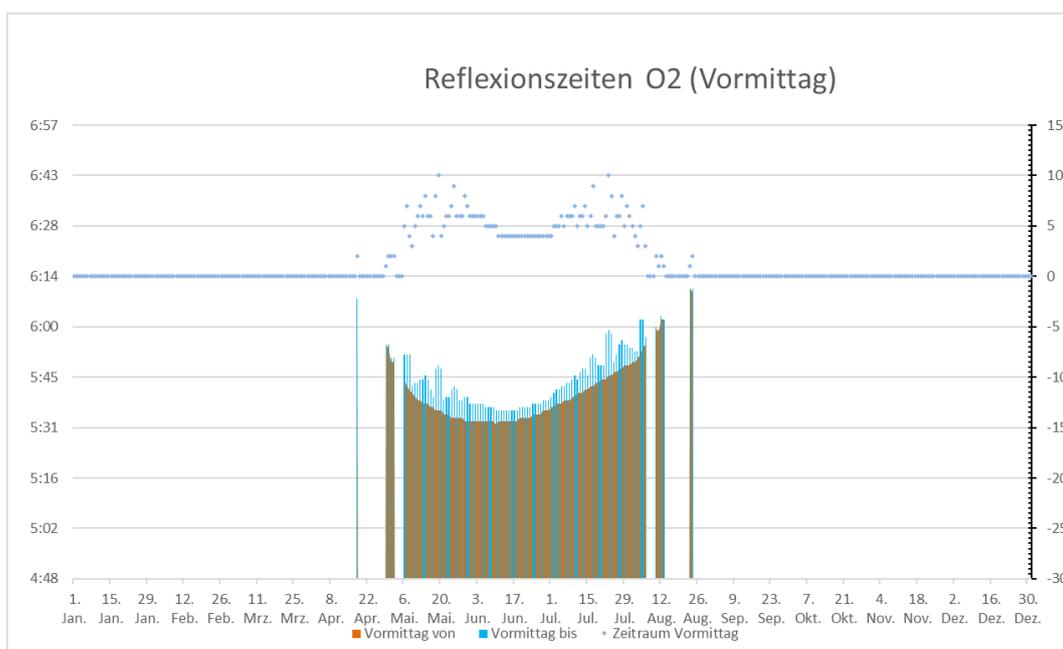


Abbildung 27: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O2

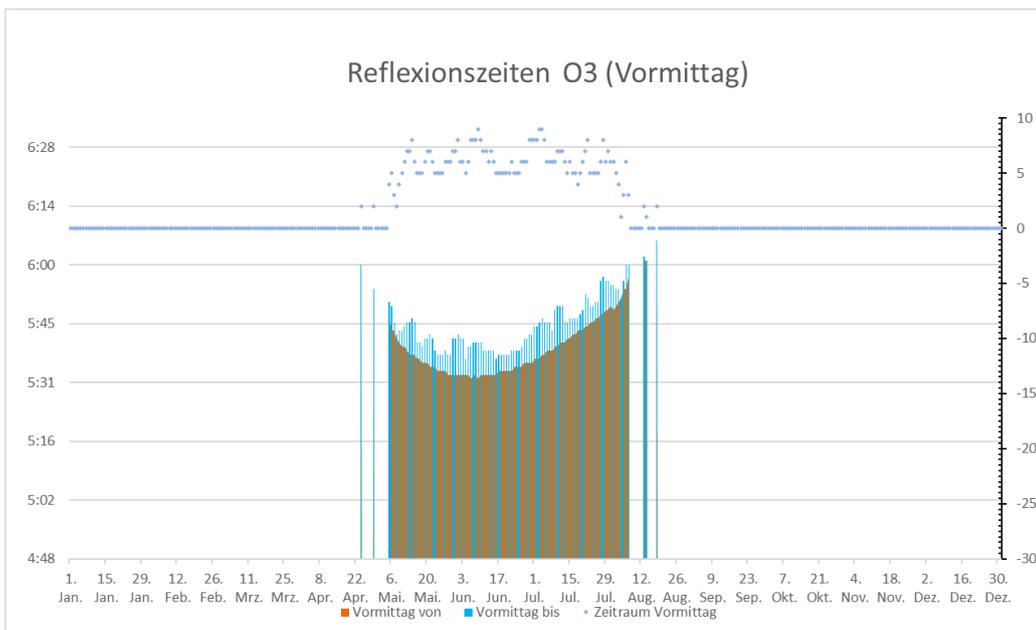


Abbildung 28: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O3

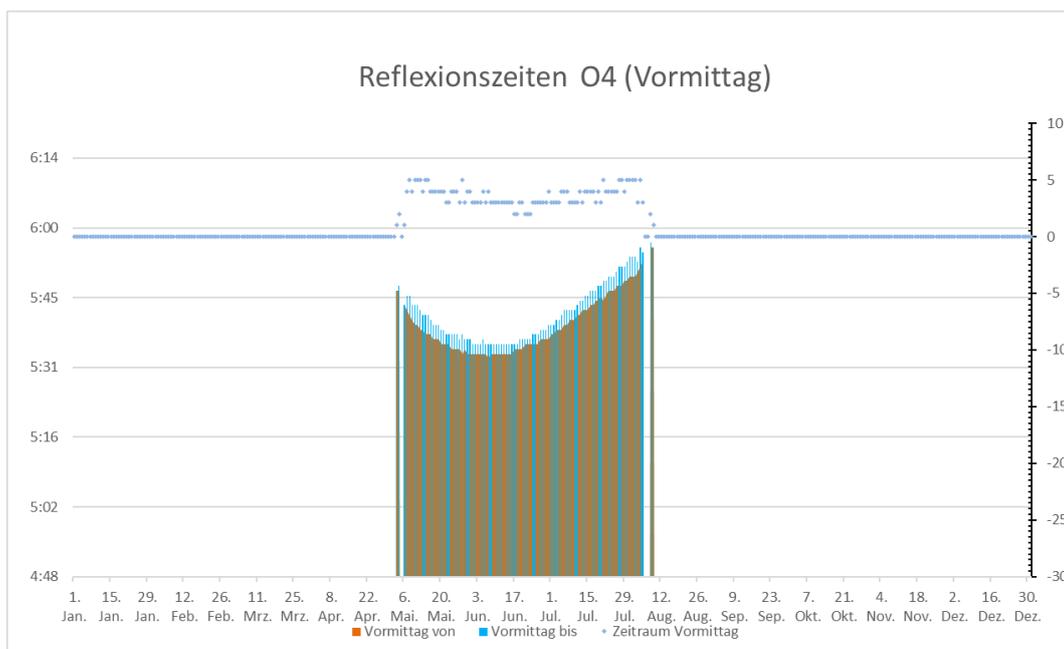


Abbildung 29: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O4

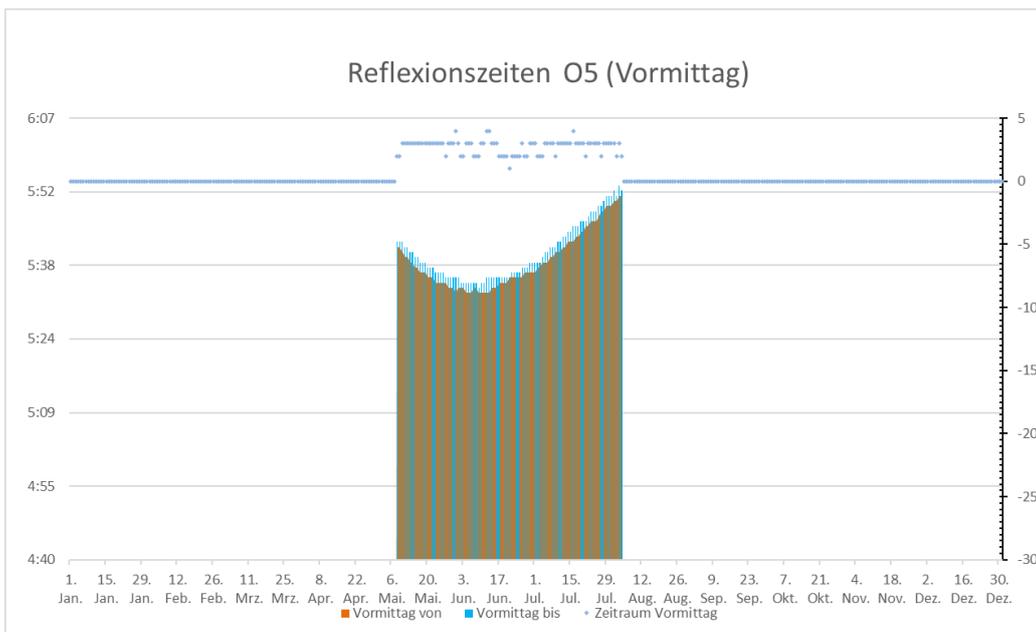


Abbildung 30: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O5

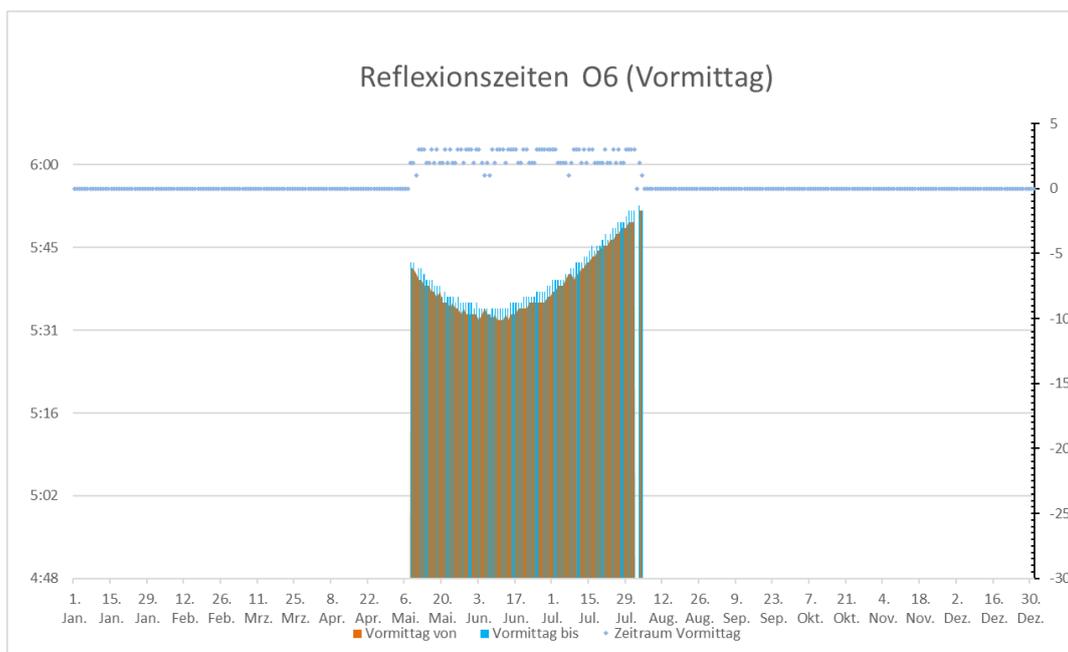


Abbildung 31: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O6

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Bahnstrecke Hamburg – Berlin

Die Analyse zeigt für die Punkte A1 bis A6, dass auf der Bahntrasse vom Zugführer keine Lichtemissionen wahrgenommen werden können.

Landstraße L05

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

Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Abbildung 32 und Abbildung 38 für die Punkte B1 bis B5 dargestellt.

Es zeigt sich für die Punkte B4 bis B4.2, dass die Module mit Lichtemissionen innerhalb des Sichtbereichs der Fahrzeugführer liegen.

Für die Punkte B1 bis B3 und B5 zeigt sich, dass die Module mit Lichtemissionen außerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen.



Abbildung 32: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B1 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 33: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

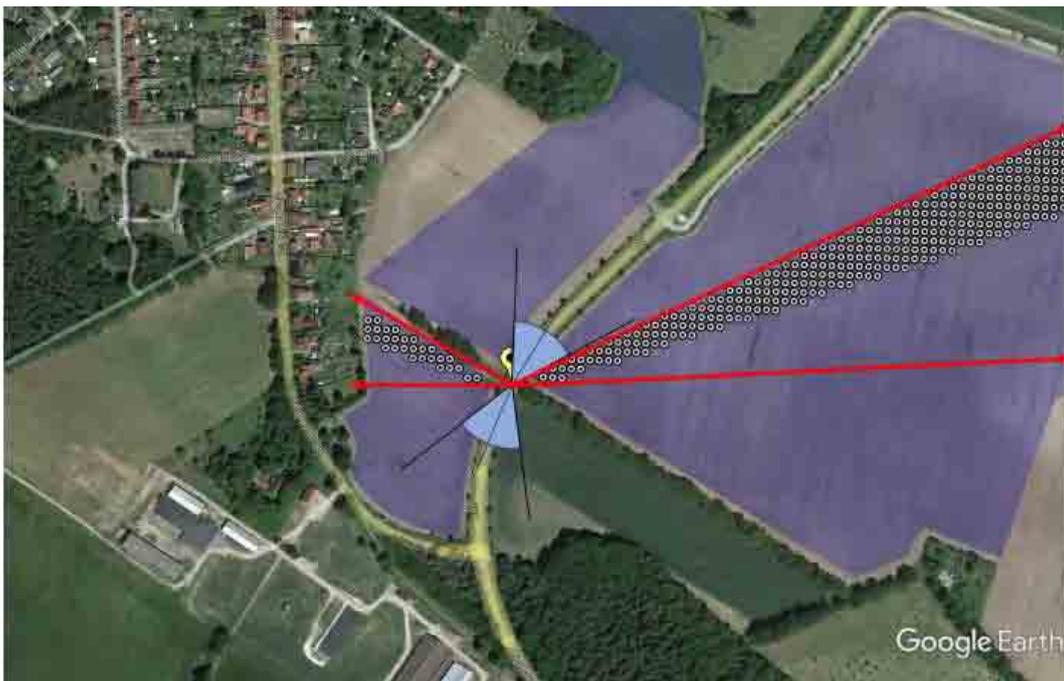


Abbildung 34: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B3 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 35: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B4 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 36: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B4.1 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 37: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B4.2 mit Grenzvektoren in Richtung Module



Abbildung 38: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer zu Punkt B5 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Ortsrand Brahlstorf

Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)⁹ 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 Willendorf stellen die Lichtimmissionen nach LAI keine erhebliche Belästigung dar, da die maximal mögliche Dauer für einzelne Gebäude pro Ereignis 10 Minuten beträgt und maximal an 9,6 Stunden im Kalenderjahr Lichtimmissionen wahrgenommen werden können.

⁹ 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 Landstraße L05, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Brahlstorf, Lichtimmissionen von Februar bis Anfang September in den Morgen- und Abendstunden zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in etwa zwischen 05:32 Uhr bis 19:01 Uhr auf. Die Dauer beträgt im Maximum 12 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 Immissionschutz (LAI) nicht berücksichtigt.

Ein geringer Teil der auftretenden Reflexionen treten am Rande des Sichtfeldes der Fahrzeugführer auf. Mit maximal 12 Minuten am Tag treten die Lichtimmissionen auf der Landstraße L05 in einem eng begrenzten Zeitraum auf. Zudem weicht die Blickrichtung in Richtung Module bzw. in Richtung Sonne nur wenig voneinander ab, so dass ein Blick in Richtung Module mit gleicher Vorsicht, wie in Richtung Sonne erfolgen würde. Aus diesen Gründen kann davon ausgegangen werden, dass es durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Brahlstorf nicht zu Störungen des Straßenverkehrs kommt.

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der Bahnstrecke Hamburg - Berlin, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Brahlstorf, keine Lichtimmissionen zu erwarten sind.

Die Analyse der Lichtemissionen für den Ortsrand zeigt, dass am Ortsrand von Brahlstorf, der der Photovoltaikanlage zugewendet ist, Lichtimmissionen zu erwarten sind. Nach den Richtlinien der LAI liegen keine erheblichen Belästigungen vor, da die zu tolerierenden Zeiträume mit maximal 10 Minuten am Tag und maximal 9,6 Stunden im Jahr eingehalten werden.