

Prüfbericht

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	PVA Dunum
Auftraggeber:	Enerparc AG
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 sowie für Baugenehmigungsverfahren.
Standort, Land:	<u>26427 Dunum (53.569°N;7.599°E)</u> , Deutschland
Prüfberichtsnummer:	25K7414-PV-BG-PVA Dunum-R00-JBS_LBE-2025
Prüfdatum:	19.03.2025
Verantwortlicher Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt 8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg Tel: +49 (0)40 / 18 12 604-22 E-Mail: joerg.behrschmidt@8p2.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
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.....	37

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	13
Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel	14
Abbildung 3: Google Earth ©2025 Lageplan der Planflächen	15
Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	16
Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	17
Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O1 im EG.....	19
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im EG	20
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O1 im OG.....	20
Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im OG.....	21
Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im EG	21
Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG.....	22
Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O3 im EG	22
Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O3 im EG	23
Abbildung 14: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O4 im EG	23
Abbildung 15: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O4 im OG.....	24
Abbildung 16: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O5 im EG	24
Abbildung 17: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O5 im OG.....	25
Abbildung 18: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O5 im OG.....	25
Abbildung 19: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O6 im EG	26
Abbildung 20: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O6 im OG.....	26
Abbildung 21: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O7 im EG	27
Abbildung 22: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O7 im OG.....	27
Abbildung 23: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O8 im EG	28
Abbildung 24: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O8 im OG.....	28
Abbildung 25: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 im EG.....	29
Abbildung 26: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 im OG.....	29
Abbildung 27: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 im EG	30
Abbildung 28: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 im OG.....	30
Abbildung 29: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O3 im EG (Kein OG vorhanden)....	31
Abbildung 30: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O4 im EG	31
Abbildung 31: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O4 im OG.....	32
Abbildung 32: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O5 im EG	32
Abbildung 33: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O5 im OG.....	33
Abbildung 34: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O6 im EG	33
Abbildung 35: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O6 im OG.....	34
Abbildung 36: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O7 im EG	34
Abbildung 37: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O7 im OG.....	35
Abbildung 38: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O8 im EG	35
Abbildung 39: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O8 im OG.....	36

Tabellenverzeichnis

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

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
25K7414-PV-BG-PVA Dunum-R00-JBS_LBE-2025	Ursprungsversion 19.03.2025

I. Inhalt und Nutzung des Berichts

8.2 Obst & Hamm GmbH (im Folgenden: 8.2 Obst & Hamm) 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 & Hamm.

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 & Hamm 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 & Hamm 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 & Hamm 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 & Hamm zur Verfügung gestellt wurden, ist 8.2 Obst & Hamm 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 & Hamm 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 & Hamm 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 & Hamm 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 & Hamm geht daher davon aus, dass alle Informationen vom Auftraggeber rechtmäßig zur Verfügung gestellt wurden, dass 8.2 Obst & Hamm zur Nutzung der Informationen für den Bericht berechtigt ist und dass 8.2 Obst & Hamm 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 & Hamm 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 Bebauung, die sich im Umfeld der PVA befindet zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	Enerparc AG Kirchenpauerstraße 26 20457 Hamburg
Auftragsdatum:	26.02.2025
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	25K7414-PV-BG-PVA Dunum-R00-JBS_LBE-2025

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die im Umfeld der Anlagenteile liegende Bebauung. 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 mit Angabe der Flurstücknummern
 - o Schriftliche Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau der Teilflächen
 - o Planzeichnung
- 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 „ni-lgln-opengeodata.hub.arcgis.com“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 PVA Dunum soll südöstlich der Gemeinde Blomberg im Landkreis Wittmund beidseits der in diesem Bereich von Südwest nach Nordost führenden Straße „Alter Postweg“ installiert werden.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° ($N=0^\circ$) und einem Neigungswinkel von 18° ausgerichtet. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen.

¹ ©2025 Google LLC.

² <https://ni-lgln-opengeodata.hub.arcgis.com/apps/lgln-opengeodata::digitales-gel%C3%A4ndemodell-dgm1/explore>

B. Prüfergebnis

Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel.

Für die Photovoltaikanlage PVA Dunum wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte an den Bebauungen im Umfeld der Teileflächen der Photovoltaikanlage durchgeführt.

Die Untersuchung der Gebäude, die der Photovoltaikanlage zugewandt ist, zeigt, dass an allen definierten Punkten mit Lichtimmissionen zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt 14 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 21 Stunden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellen die Lichtimmissionen damit keine erhebliche Belästigung dar und sind zu tolerieren.

Hamburg, 19. März 2025

Handwritten signature in blue ink, starting with 'i.A.' followed by a stylized signature.

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt

Handwritten signature in blue ink, starting with 'i.A.' followed by a stylized signature.

Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 37 Seiten und ist bis Ende 2035 in der 8.2 Obst & Hamm 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 Bebauungen im Umfeld der PVA zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen, sowie die Wahrnehmung durch den Betrachter.

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 Straße 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 im Buch „HAV Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen“³. Aus Bild 2-6 der Ausführungen leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab, siehe nachfolgende Grafik in Abbildung 1.

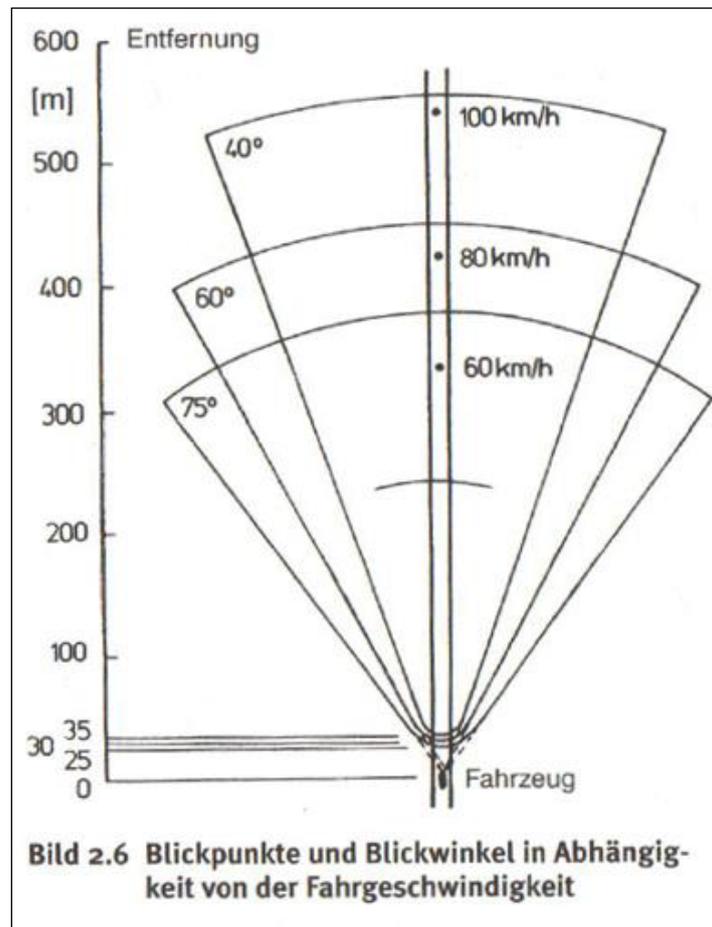


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit³

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 „HAV-Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen“, 01. September 2013, Prof. Dr.-Ing. S. Giesa, Prof. Dr.-Ing J. Bald, Dipl.-Ing K. Stumpf

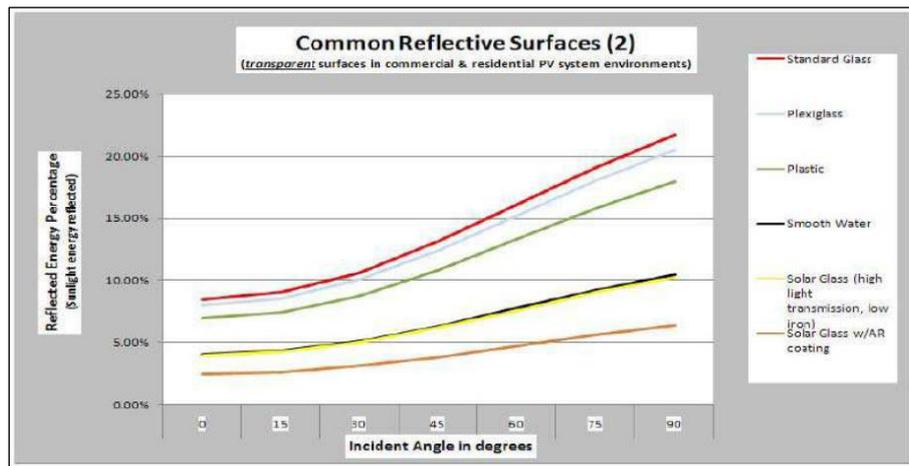


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel⁴

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 „ni-lgln-opengeodata.hub.arcgis.com“⁷.

Die Planfläche selbst liegt südöstlich der Gemeinde Blomberg im Landkreis Wittmund beidseits der, in diesem Bereich von Südwest nach Nordost führenden Straße „Alter Postweg“. Das Höhengniveau der Straße „Alter Postweg“ über Normalhöhennull (NHN) beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 4 m und 6 m. Das Höhengniveau der Bebauungen im Umfeld beträgt ebenfalls zwischen 4 m und 6 m. Die Bebauung besteht aus einer Mischung aus landwirtschaftlichen Anwesen mit Wohngebäuden und Wirtschaftsgebäuden sowie Einfamilienhäusern. Das Höhengniveau der Planfläche variiert zwischen 3 m und 5 m, siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Google Earth ©2025 Lageplan der Planflächen

⁶ ©2025 Google, ©2025 GeoBasis-DE/BKG

⁷ <https://ni-lgln-opengeodata.hub.arcgis.com/apps/lgln-opengeodata::digitales-gel%C3%A4ndemodell-dgm1/explore>

D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden an den Gebäuden repräsentative Punkte festgelegt. Über die Planfläche wird ein Netz mit einer Gitterweite von 4 m gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte. Für die einzelnen Punktepaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt.

An den Bebauungen werden die Punkte O1 bis O8 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 sichtbarer Reflexionen erfolgt eine Bewertung, 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.

Für die exemplarische Untersuchung der Ortsränder werden die Höhe der Fenster mit 1,2 m und die Breite mit 2,0 m angenommen. In diesen Bereichen umfasst die Untersuchung das Untergeschoss (Fensterunterkantenhöhe = 1,2 m) und das Obergeschoss (Fensterunterkantenhöhe = 3,8 m).

Die Bewertung der Lichtemissionen des Solarparks erfolgt in zwei Schritten. In Schritt 1 wird für die Punkte an den Gebäuden 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.

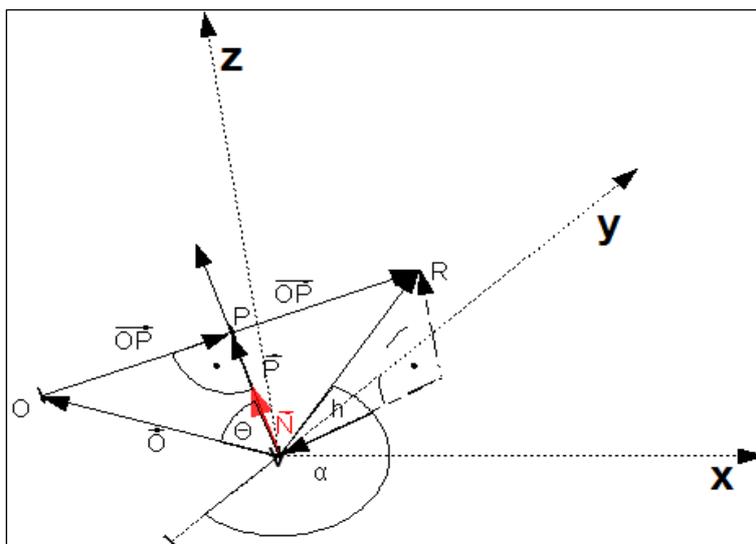


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

8.2

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 Lichtmissionen untersucht wird. Punkt R bezeichnet den Ort der zugehörigen Lichtemission. Punkt P ist der Schnittpunkt des Verbindungsvektors zwischen O und R mit dem Lot auf die Modulfläche („Flächennormale“). Für die unterschiedlichen Ortsbeziehungen („Ort außerhalb der Photovoltaikfläche“ zu „Ort in der Fläche“) ergeben sich unterschiedliche Emissionsorte, die in der Sonnenbahn, siehe Abbildung 5, oder außerhalb dieser liegen können. Außerhalb der im Diagramm dargestellten blauen Linien befindet sich die Sonne „hinter“ den Modulen, so dass keine Reflexion erfolgen kann. Der relevante Sonnenverlauf reicht somit im Azimut von -120° bis $+120^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 60° .

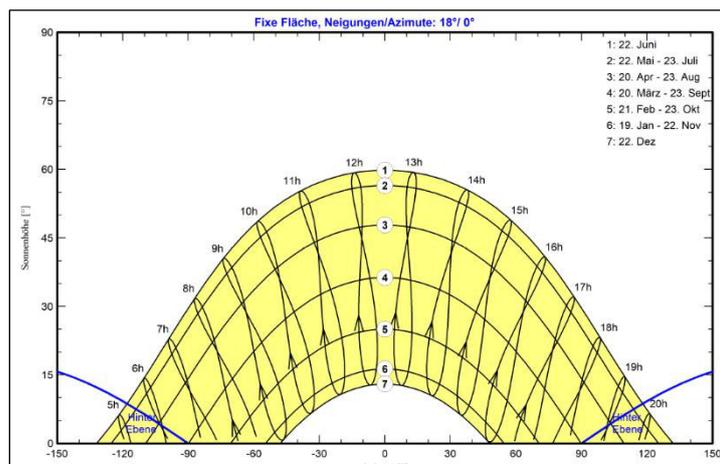


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

D.2.2. Ergebnisse der geometrischen Betrachtung

Die nachfolgenden Ergebnisse der geometrischen Betrachtung für die Planfläche gehen von freien Blickbeziehungen aus („worst case“). Abschattungen durch Bäume, Böschungen etc. sind nicht berücksichtigt.

Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten

	Datumsbereich	Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
Neigungswinkel 18° Azimut 180° (N=0°)				
O1EG	von 16. Jun bis 26. Jun	06:00 - 06:02	2	0.3
	von 25. Apr bis 16. Aug	18:40 - 19:05	6	9.9
O1OG	von 19. Jun bis 23. Jun	06:02 - 06:03	1	0
	von 18. Apr bis 24. Aug	18:34 - 19:03	10	15.2
O2EG	von 26. Apr bis 16. Aug	18:41 - 19:06	7	11
O2OG	von 17. Apr bis 25. Aug	18:33 - 19:03	13	21
O3EG	von 27. Mai bis 15. Jul	05:59 - 06:10	4	2.8
	von 27. Apr bis 15. Aug	18:41 - 19:06	7	10.2
O4EG	von 27. Apr bis 15. Aug	18:41 - 18:58	5	1
O4OG	von 20. Apr bis 22. Aug	18:35 - 18:53	7	3
O5EG	von 02. Mai bis 10. Aug	18:45 - 18:55	2	0
O5OG	von 18. Apr bis 24. Aug	06:17 - 06:27	4	0.4
	von 23. Apr bis 19. Aug	18:38 - 18:53	5	1.5
O6EG	von 22. Apr bis 20. Aug	18:37 - 19:04	9	12
O6OG	von 15. Apr bis 27. Aug	18:30 - 19:01	13	19
O7EG	von 24. Apr bis 18. Aug	18:38 - 19:04	9	13
O7OG	von 12. Apr bis 30. Aug	18:28 - 19:02	14	21
O8EG	von 29. Apr bis 13. Aug	18:43 - 19:03	4	3
O8OG	von 24. Apr bis 18. Aug	18:42 - 19:03	5	4

Die Untersuchung der Bebauungen im Umfeld der PVA in den definierten Punkten ergab, dass an allen Punkten mit Reflexionen zu rechnen ist.

In Punkt O1 sind Lichtimmissionen von Mitte April bis Ende August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Morgen und Abendstunden zwischen 6:00 Uhr und 6:03 Uhr und zwischen 18:34 Uhr und 19:05 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 11 Minuten am Tag und summiert sich auf 15,2 Stunden im Jahr. (Flurstück 29)

In Punkt O2 und O3 sind Lichtimmissionen von Mitte April bis Ende August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Morgen und Abendstunden zwischen 05:59 Uhr und 06:10 Uhr und zwischen 18:33 Uhr und 19:06 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 13 Minuten am Tag und summiert sich auf 21 Stunden im Jahr. (Flurstück 9/1)

In Punkt O4 und O5 sind Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Morgen und Abendstunden zwischen 06:17 Uhr und 06:27 Uhr und zwischen 18:35 Uhr und 18:58 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 9 Minuten am Tag und summiert sich auf 3 Stunden im Jahr. (Flurstück 3)

8.2

In Punkt O6 und O7 sind Lichtimmissionen von Mitte April bis Ende August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Abendstunden zwischen 18:28 Uhr und 19:04 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 14 Minuten am Tag und summiert sich auf 21 Stunden im Jahr. (Flurstück 7)

In Punkt O8 sind Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den Abendstunden zwischen 18:42 Uhr und 19:03 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 5 Minuten am Tag und summiert sich auf 4 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 24 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 24 stellen die Werte der linken Ordinate die Uhrzeiten dar, in denen die Blendung am Immissionsort auftritt. Die Werte der rechten Ordinate stellen die Anzahl der Minuten pro Tag dar, in denen eine Blendung am Immissionsort auftritt.

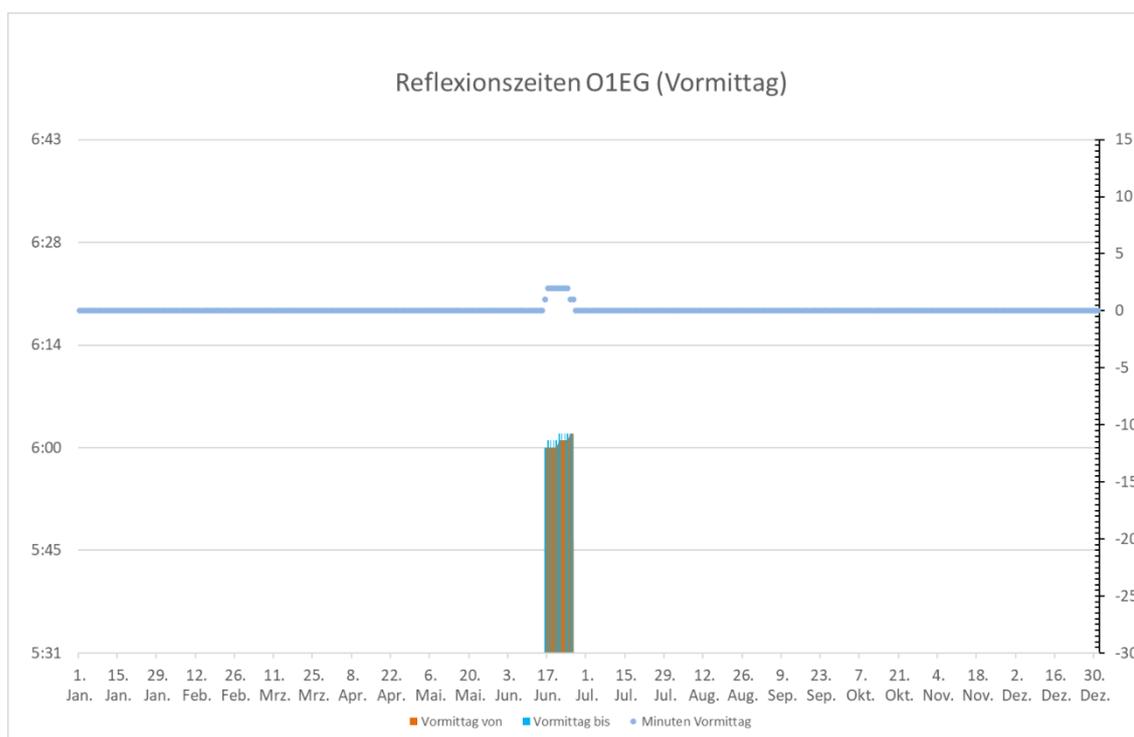


Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O1 im EG

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

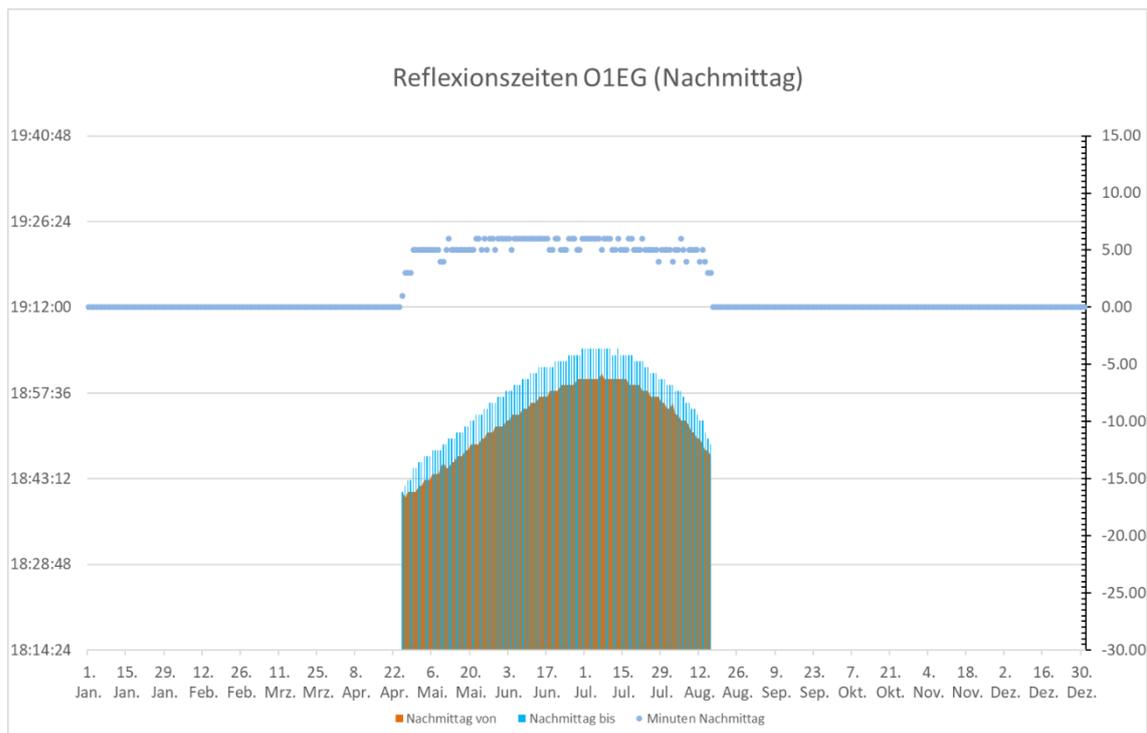


Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im EG

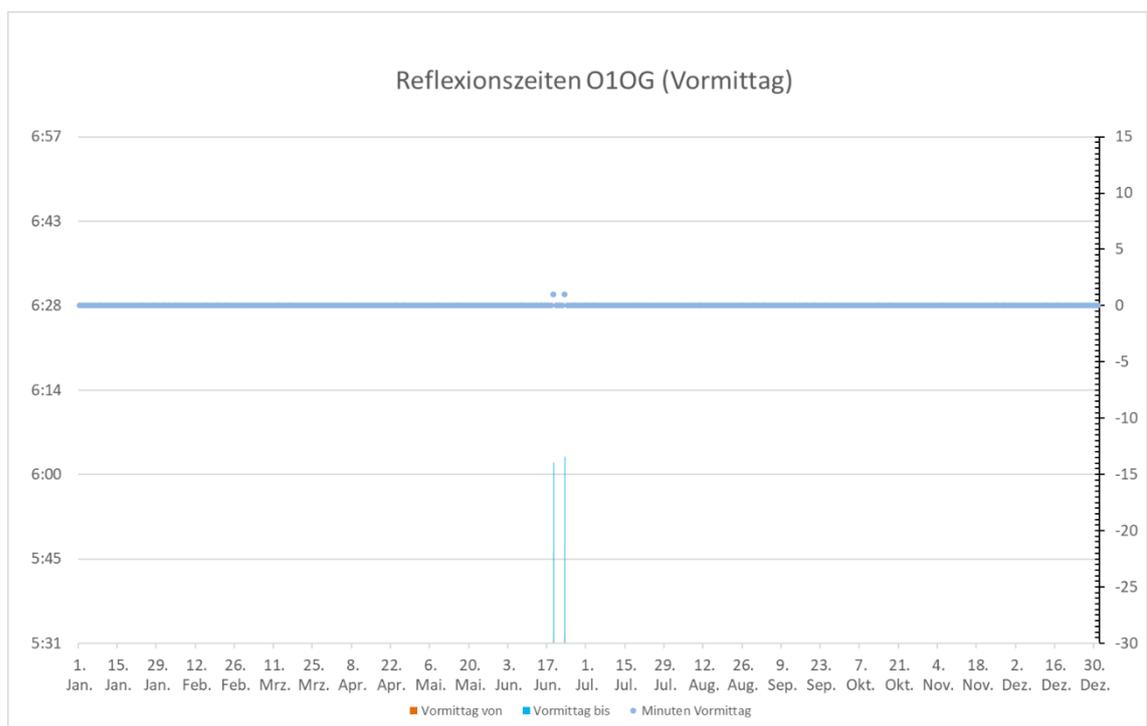


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O1 im OG

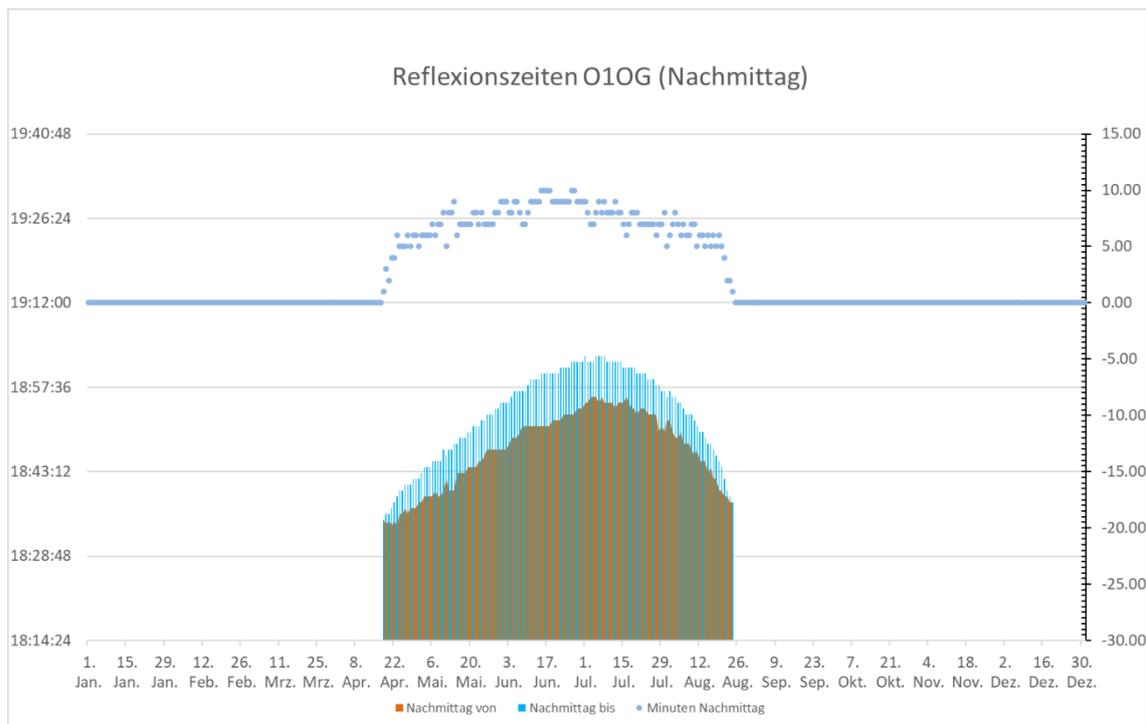


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im OG

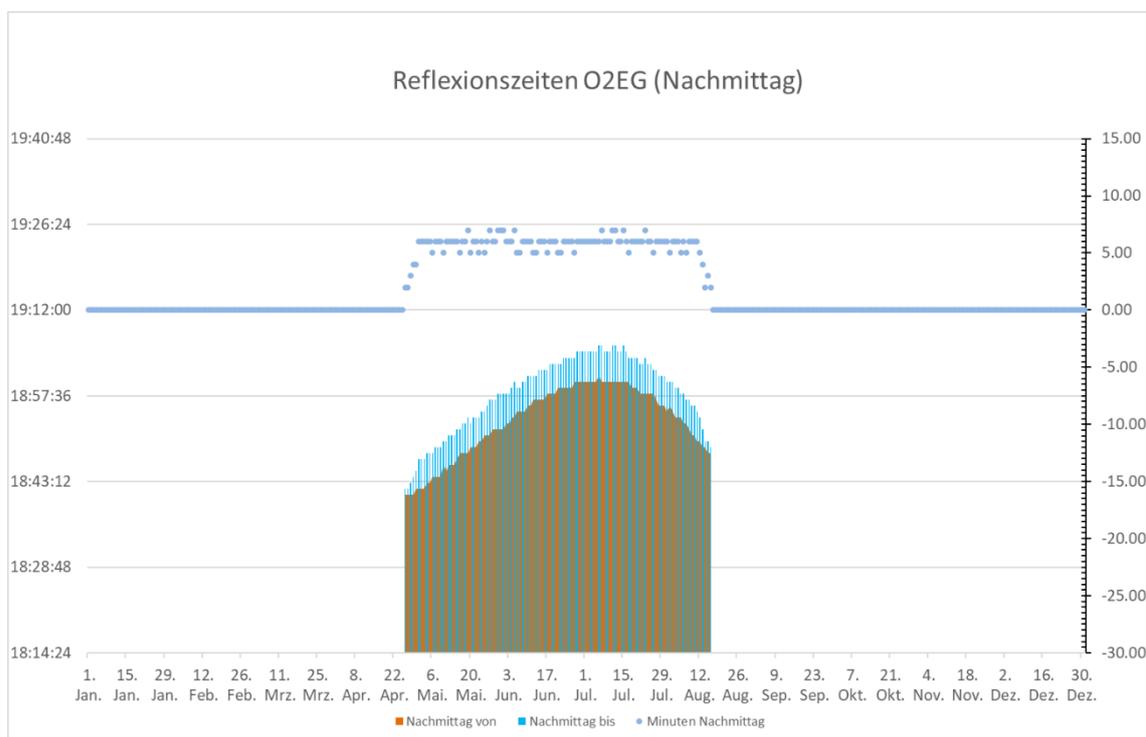


Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im EG

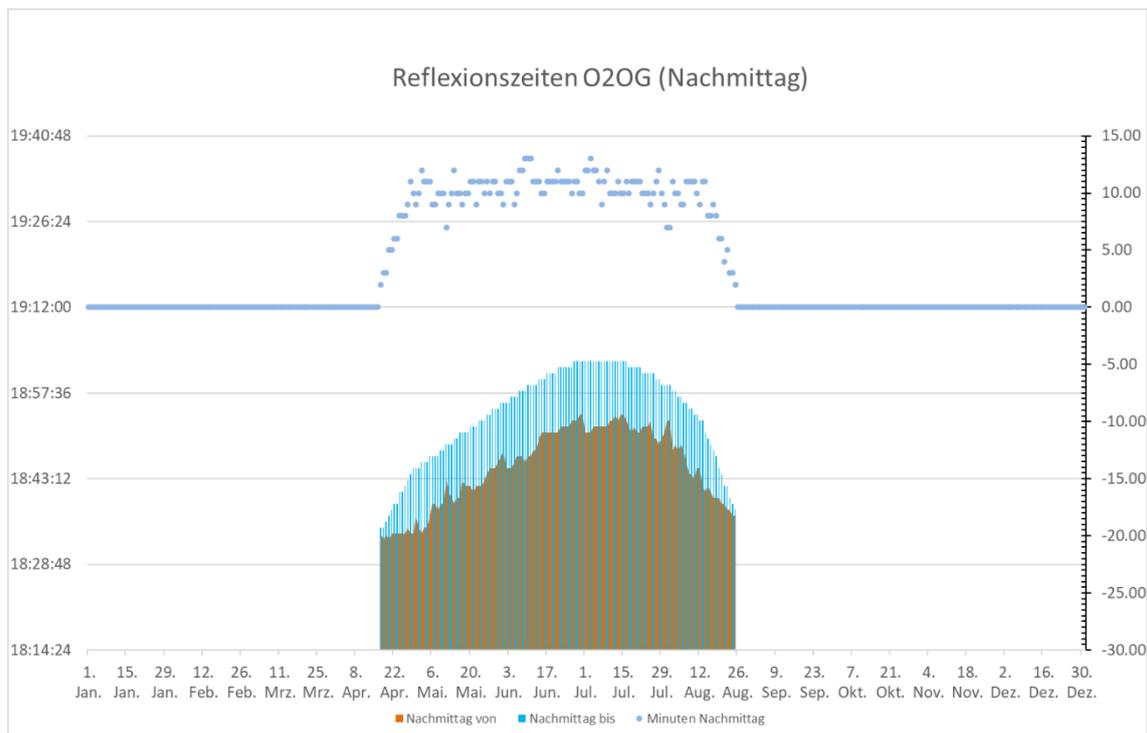


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG

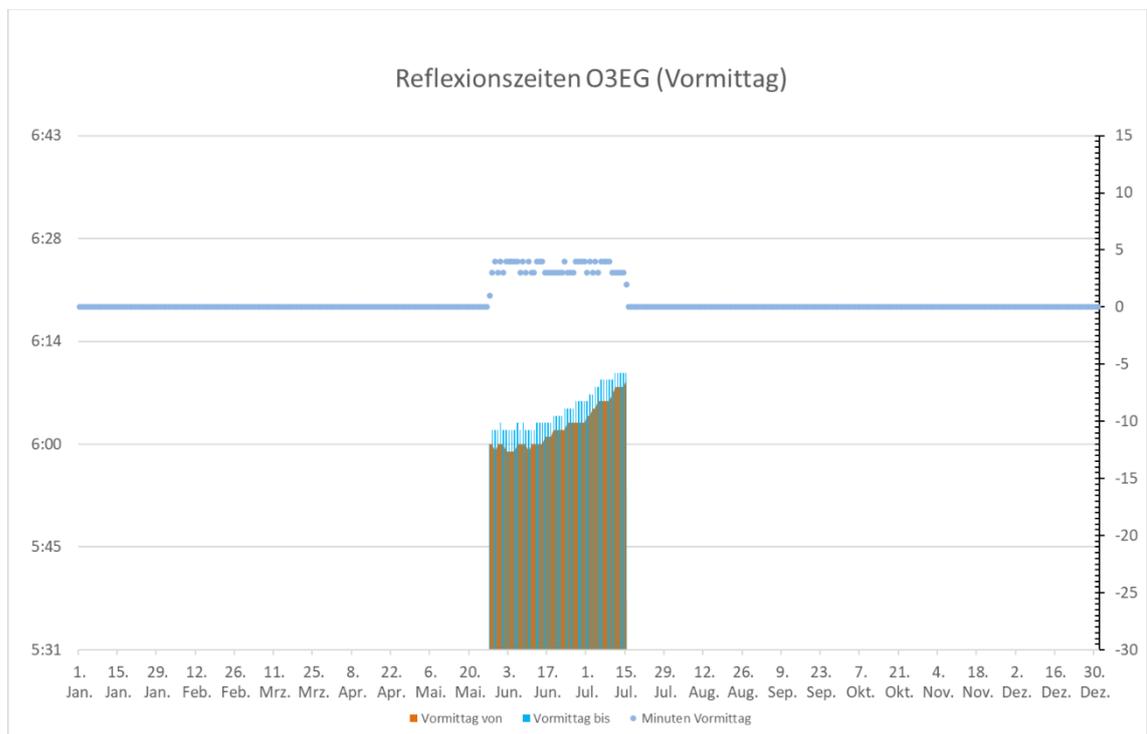


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O3 im EG

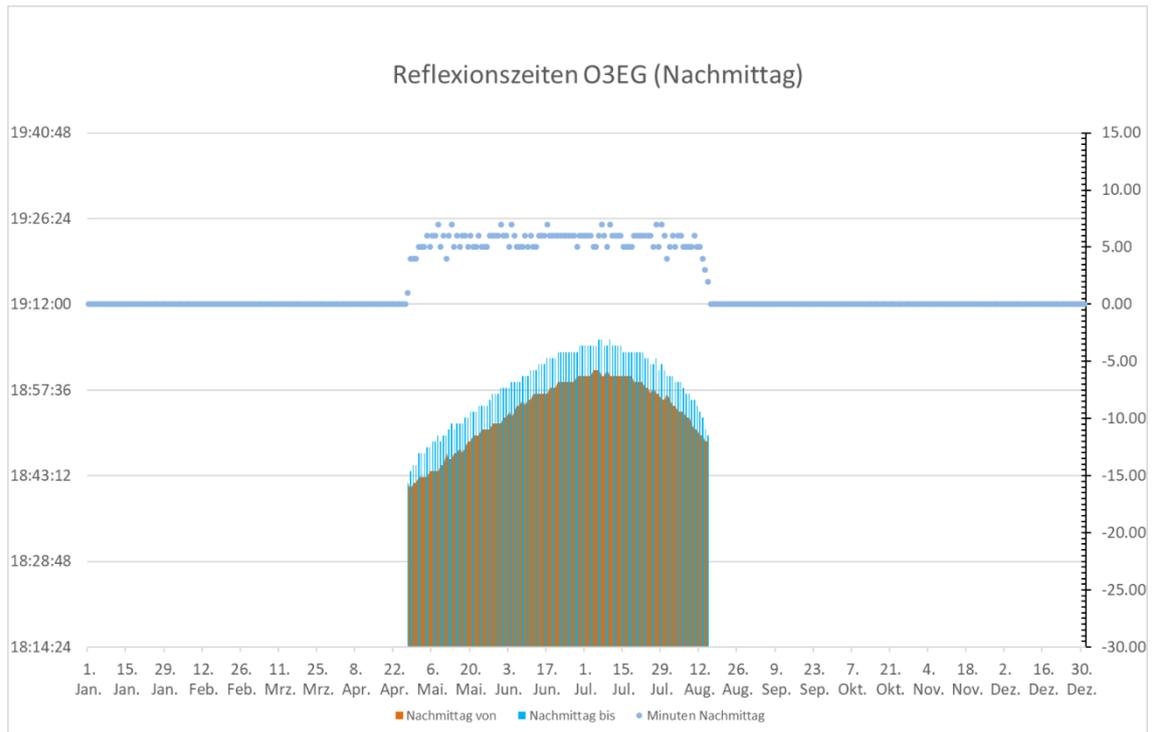


Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O3 im EG

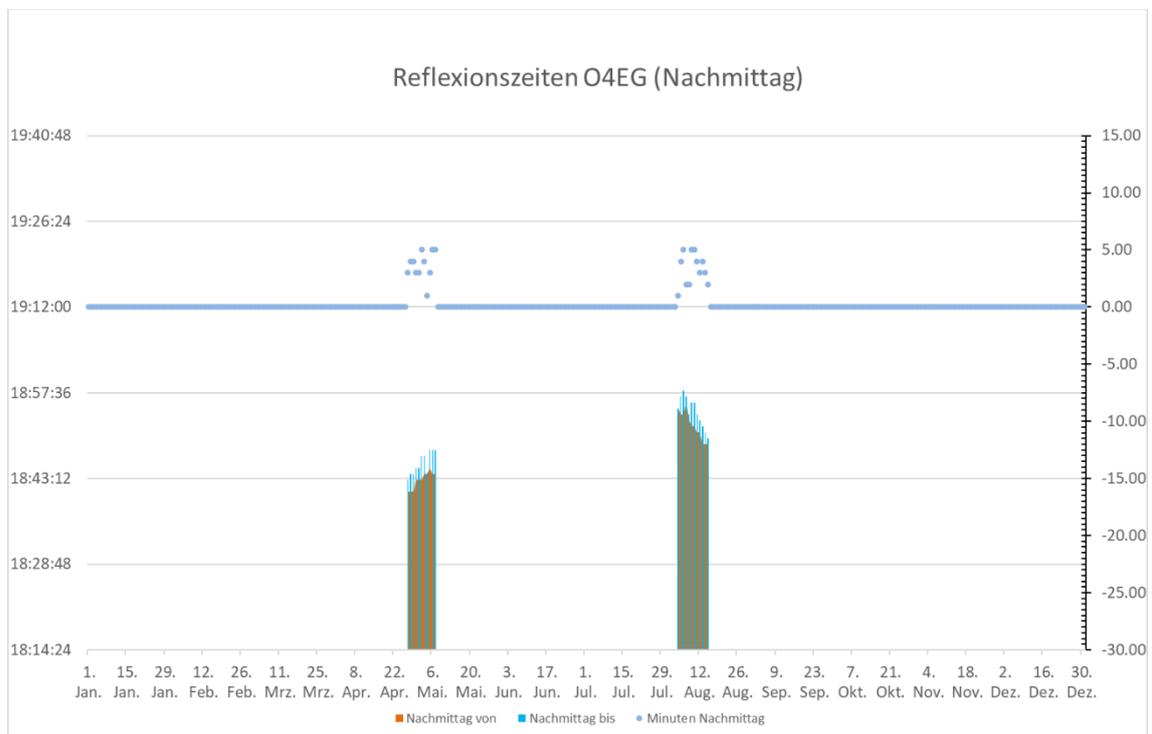


Abbildung 14: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O4 im EG

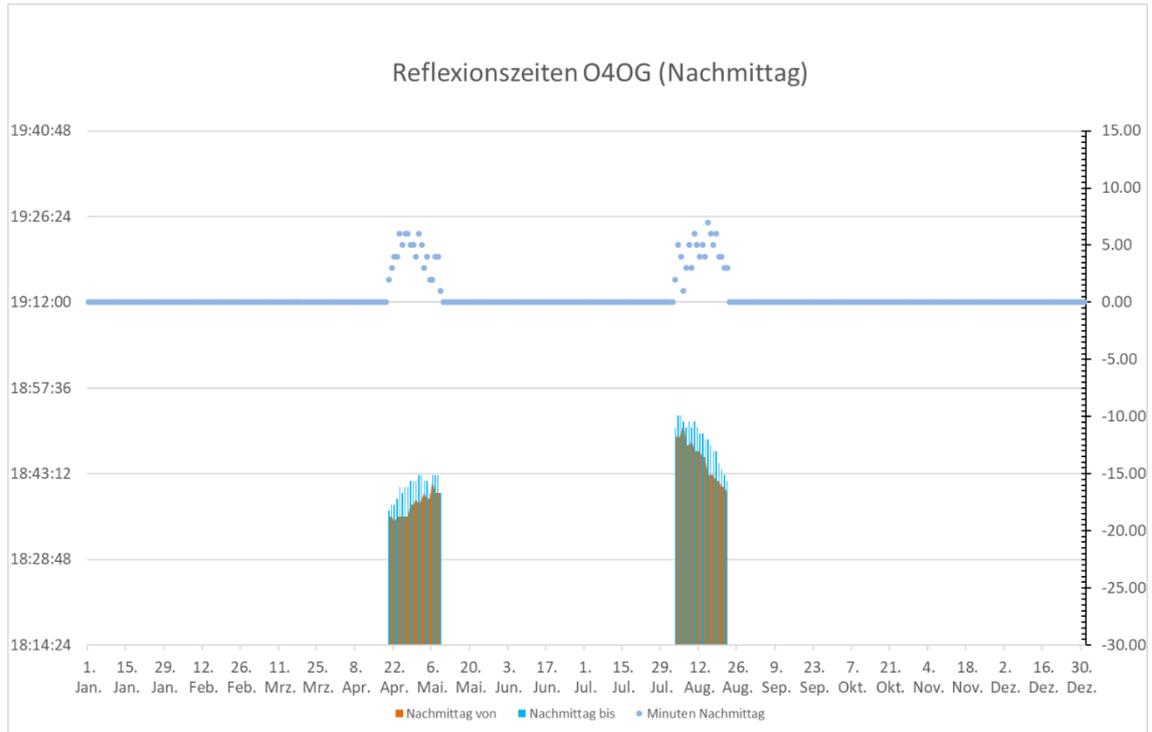


Abbildung 15: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O4 im OG

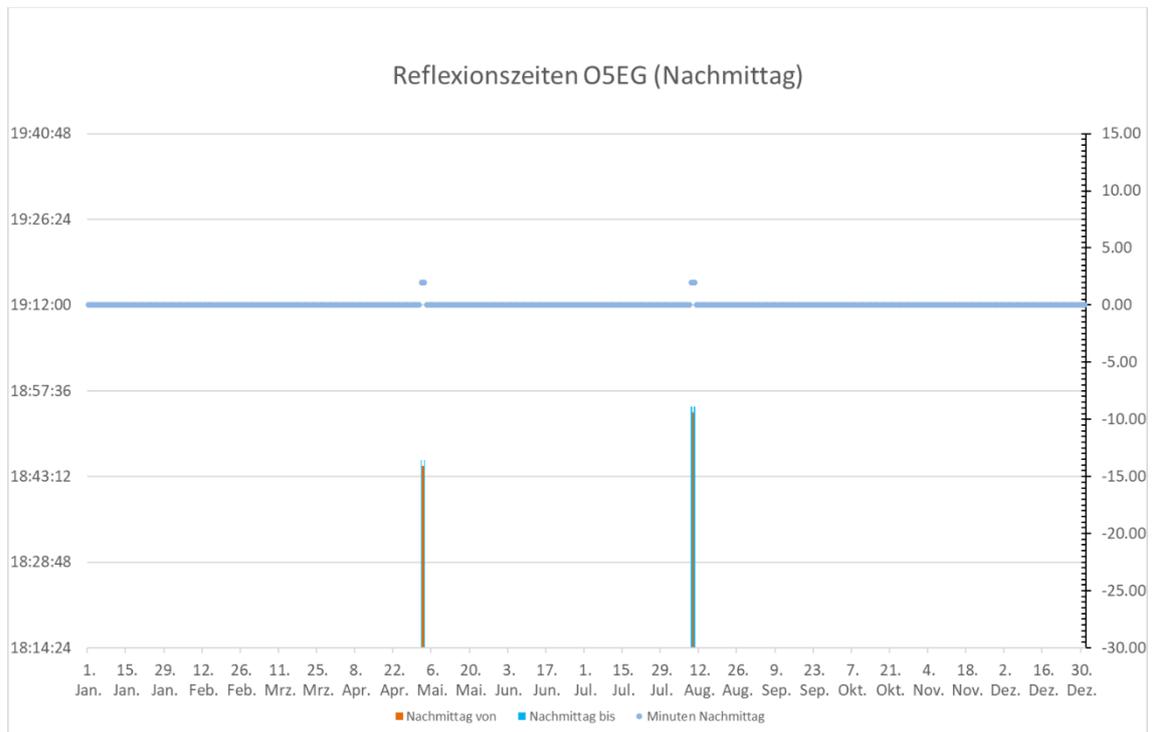


Abbildung 16: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O5 im EG

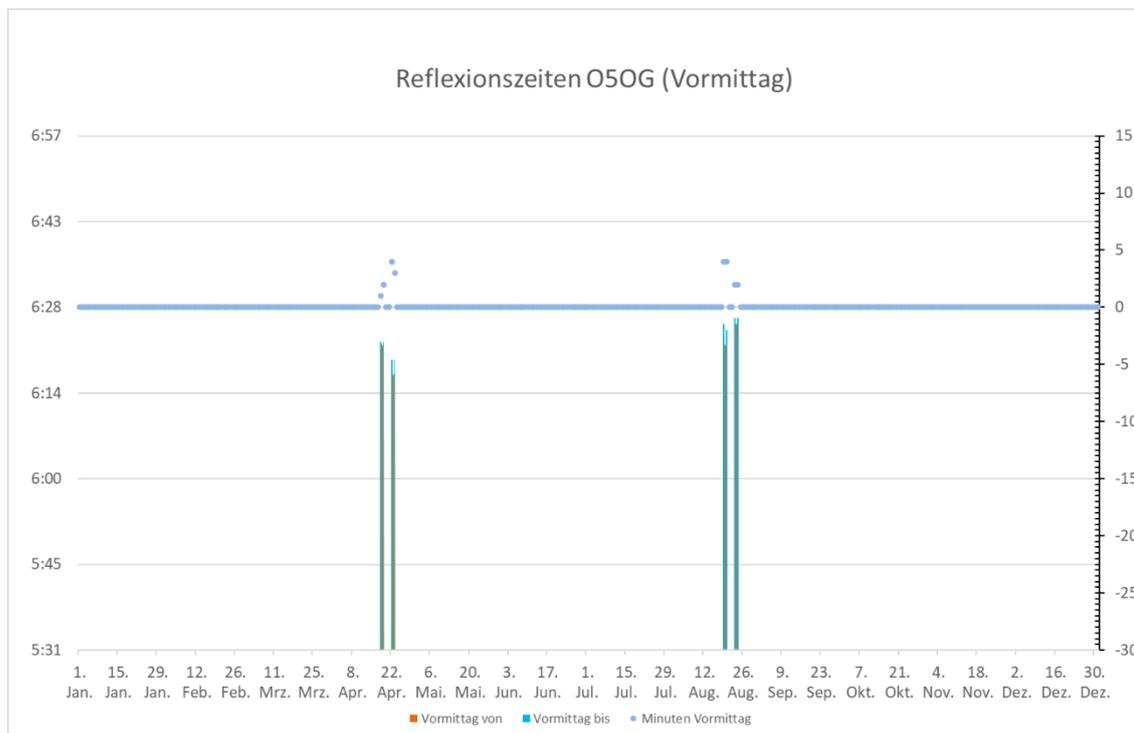


Abbildung 17: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt O5 im OG

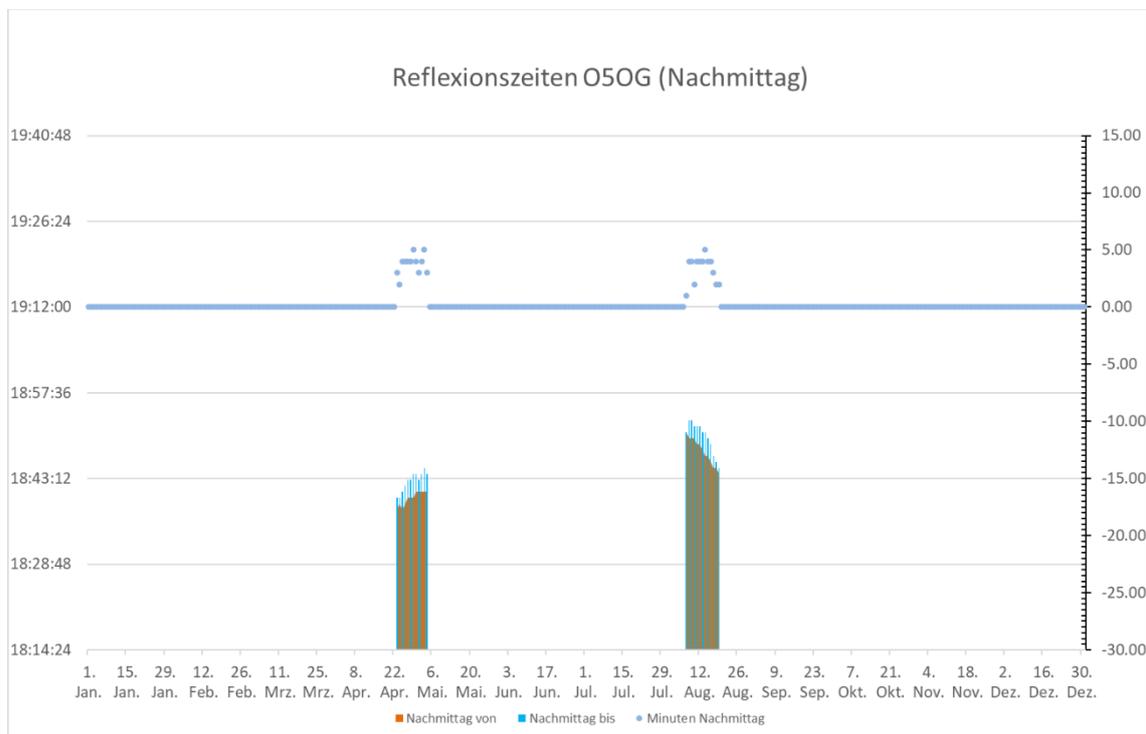


Abbildung 18: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O5 im OG

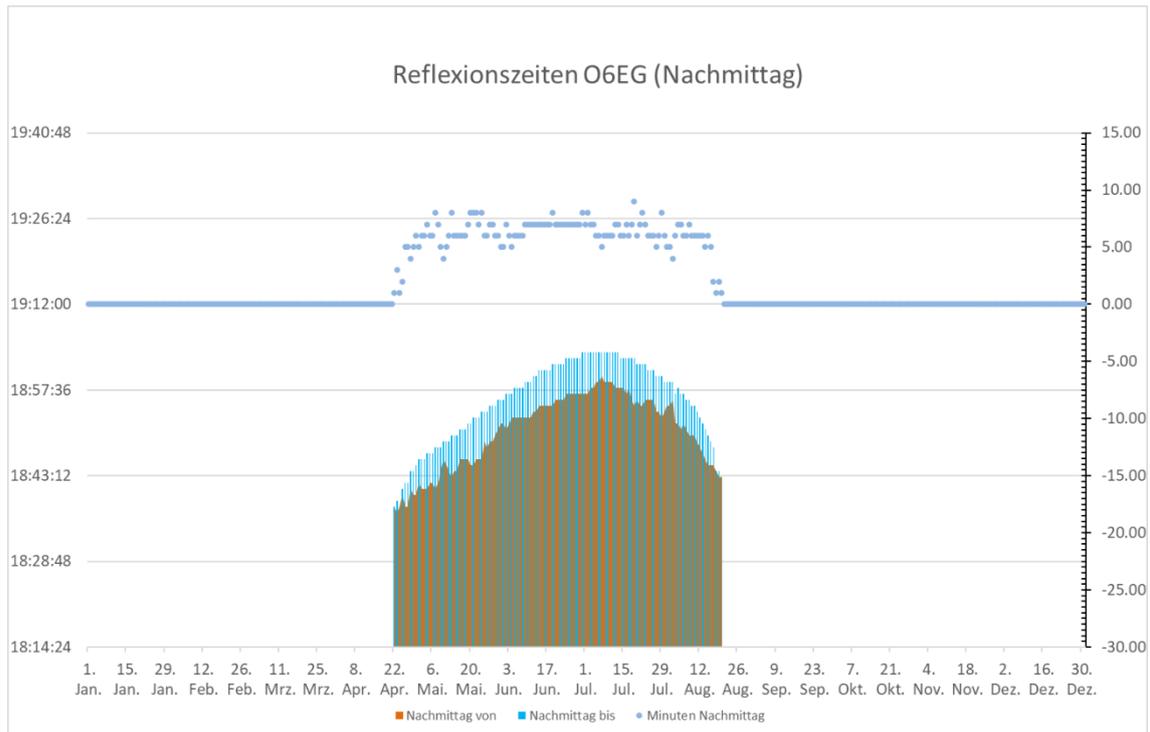


Abbildung 19: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O6 im EG

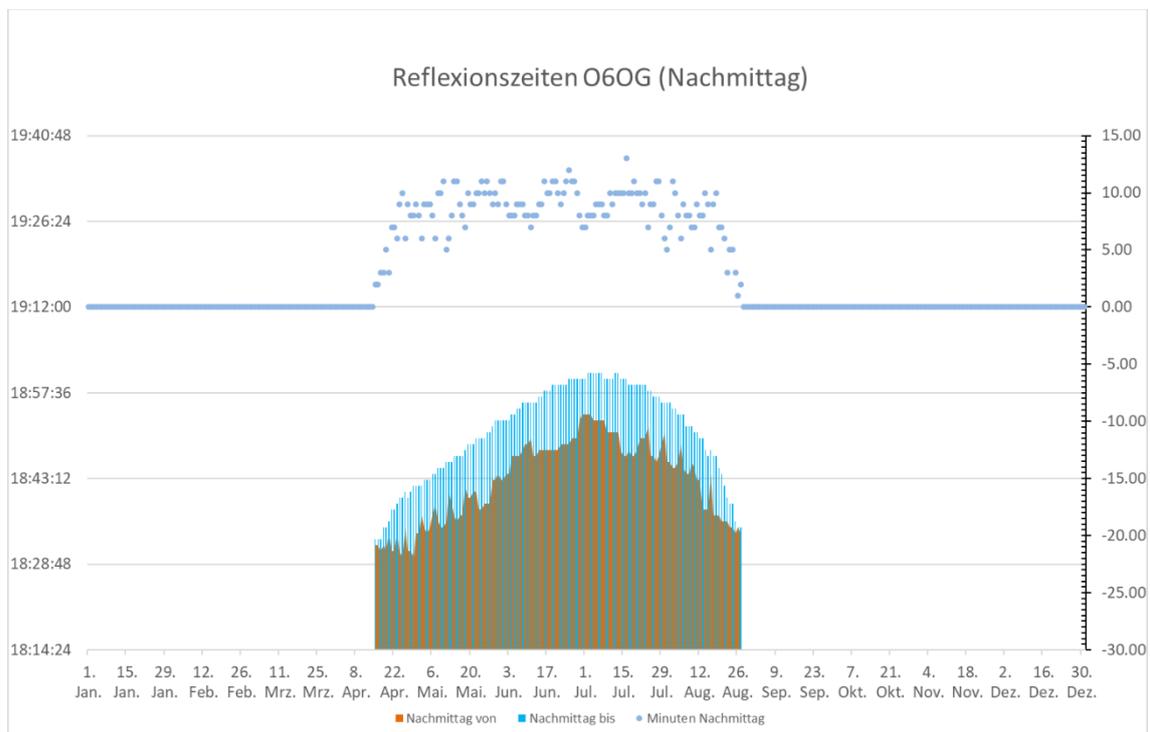


Abbildung 20: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O6 im OG

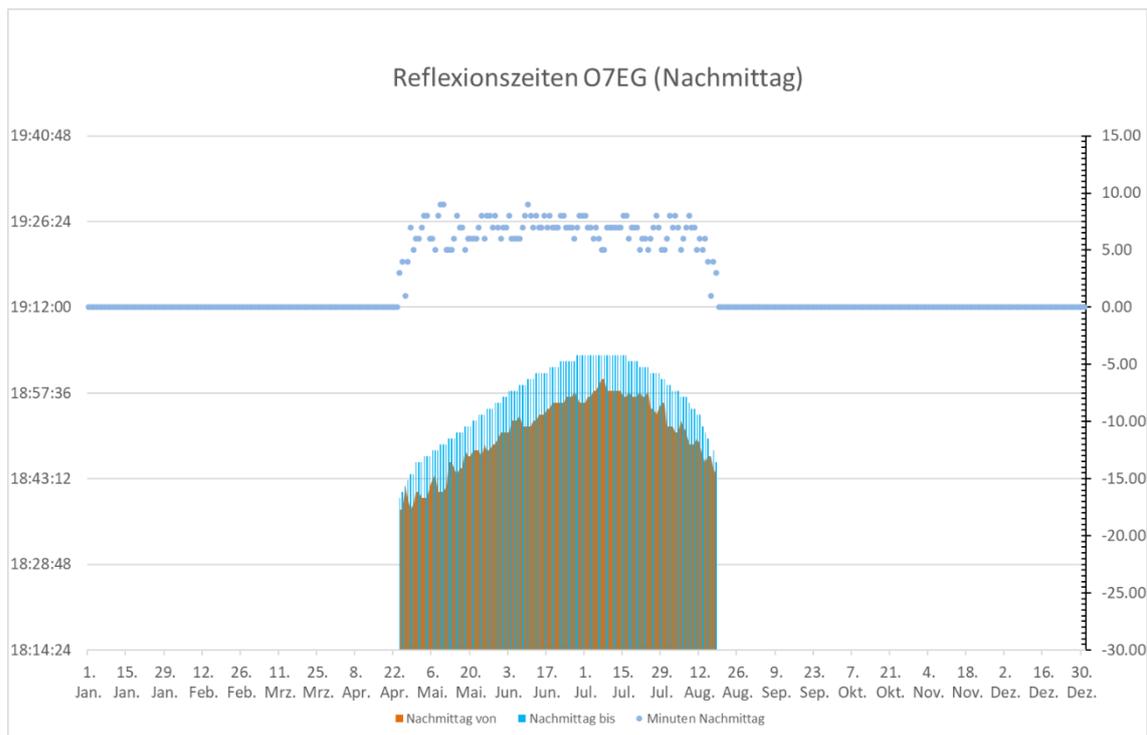


Abbildung 21: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O7 im EG

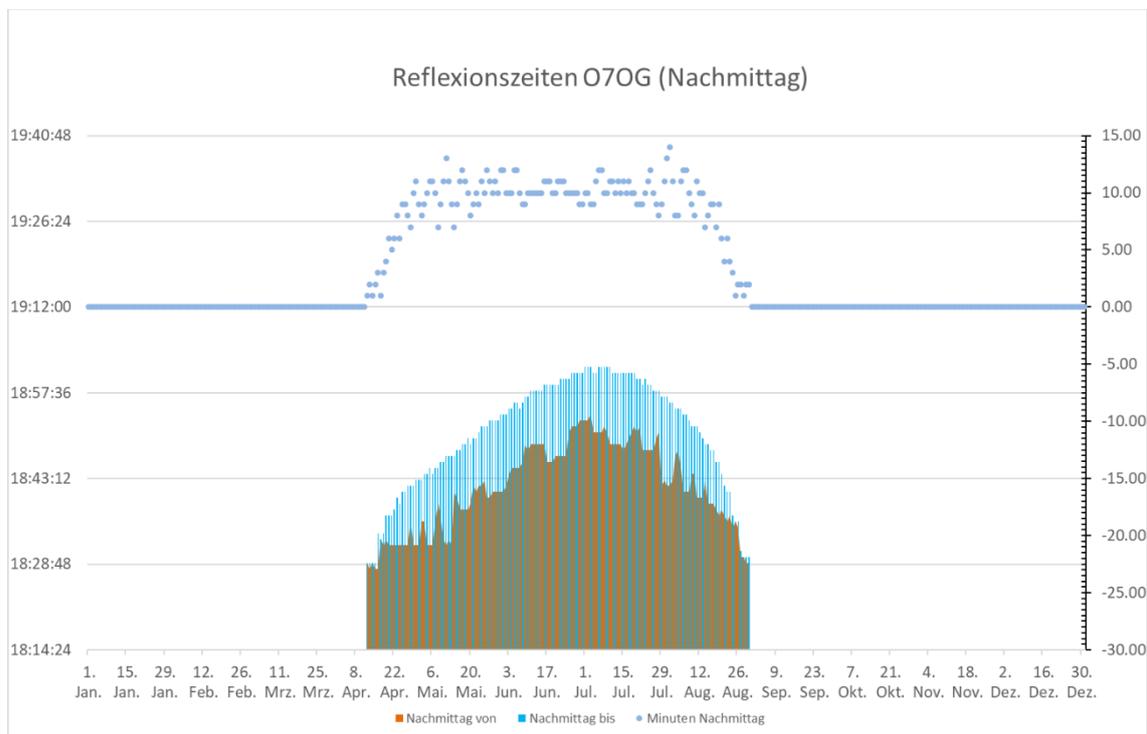


Abbildung 22: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O7 im OG

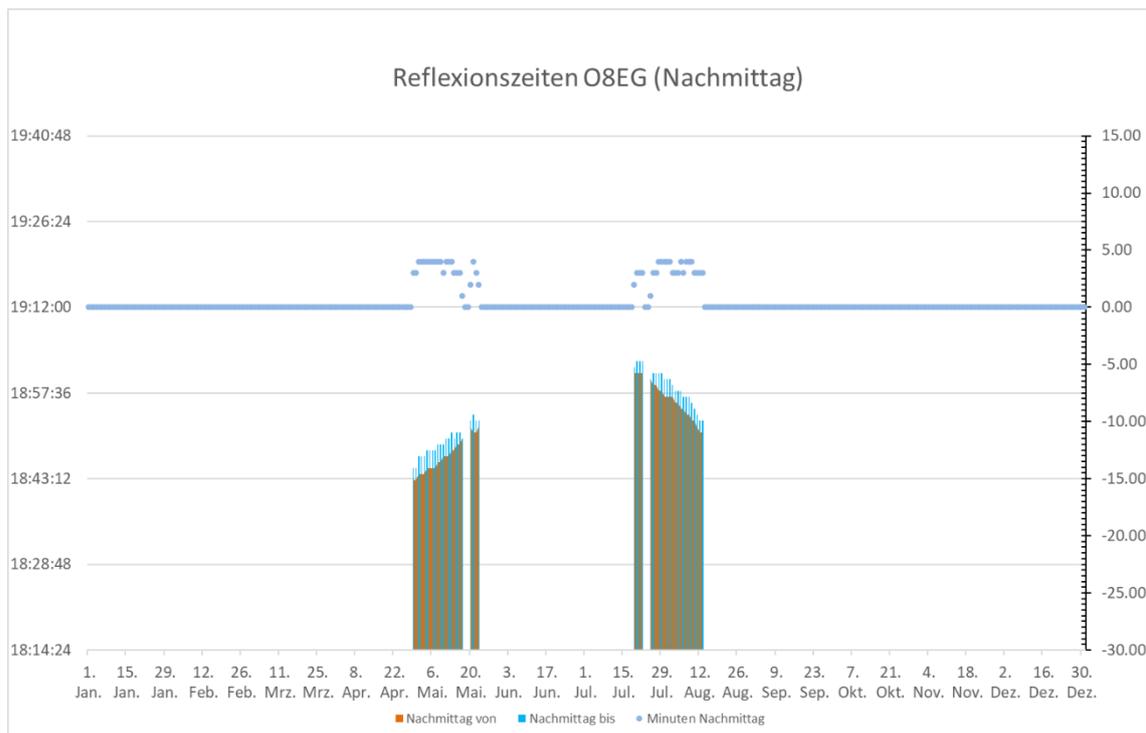


Abbildung 23: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O8 im EG

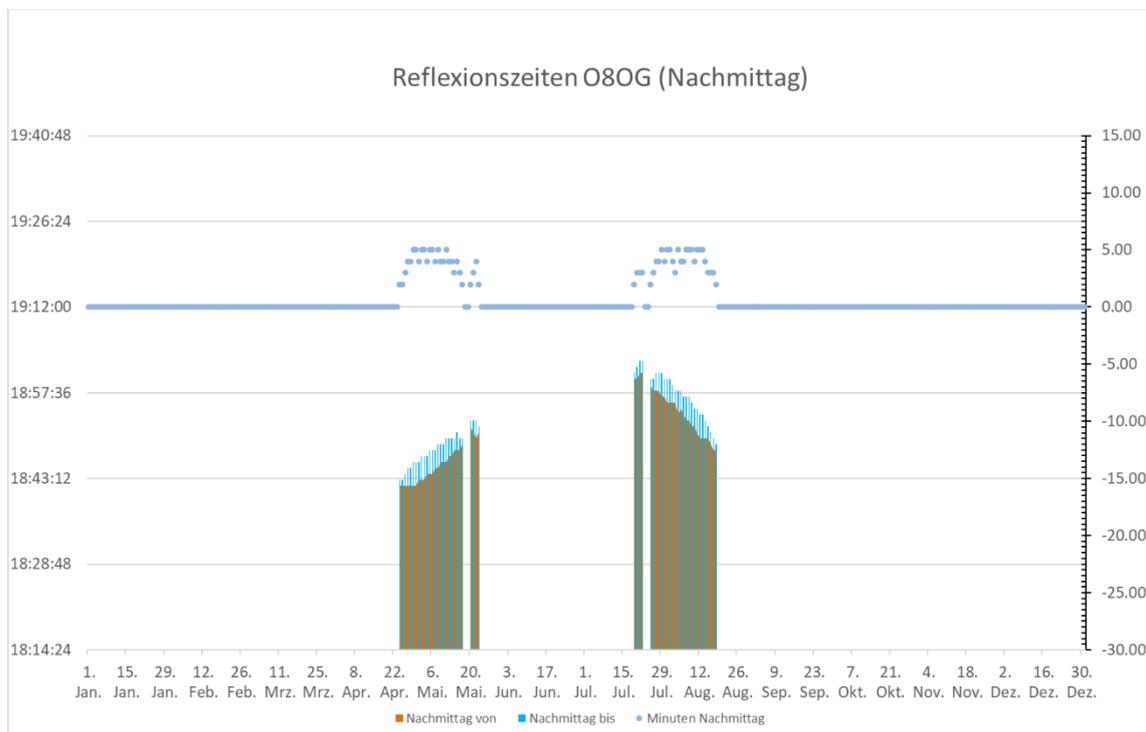


Abbildung 24: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O8 im OG

Die folgenden Grafiken Abbildung 25 bis Abbildung 39 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte O1 bis O8 ausgehen. Die

8.2

blauen Flächen stellen die Planfläche entsprechend Abbildung 3 dar. Die weißen Ringe stellen den Reflexionsbereich der Module auf der Planfläche dar, der für den entsprechenden Betrachtungspunkt unter den gesetzten Annahmen gilt.



Abbildung 25: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 im EG



Abbildung 26: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 im OG



Abbildung 27: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 im EG



Abbildung 28: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 im OG



Abbildung 29: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O3 im EG (Kein OG vorhanden)



Abbildung 30: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O4 im EG



Abbildung 31: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O4 im OG



Abbildung 32: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O5 im EG



Abbildung 33: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O5 im OG



Abbildung 34: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O6 im EG



Abbildung 35: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O6 im EG



Abbildung 36: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O7 im EG



Abbildung 37: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O7 im OG



Abbildung 38: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O8 im EG



Abbildung 39: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O8 im OG

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

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.

Die maximale Dauer der Lichtimmissionen über alle Gebäude beträgt pro Ereignis 14 Minuten beträgt und maximal an 21 Stunden im Kalenderjahr und unterschreiten die Richtwerte der LAI.

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 an den Bebauungen im Umfeld der Photovoltaikanlage aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage PVA Dunum, Lichtimmissionen von April bis August in den Morgen- und Abendstunden zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in den Morgenstunden etwa zwischen 05:59 Uhr bis 06:27 Uhr und in den Abendstunden zwischen 18:28 Uhr und 19:06 Uhr auf. Die Dauer beträgt im Maximum 14 Minuten und summiert sich auf maximal 21 Stunden im Jahr. 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.

Nach den Richtlinien der LAI liegen keine erheblichen Belästigungen vor, da die zu tolerierenden Zeiträume mit maximal 14 Minuten am Tag und maximal 21 Stunden im Jahr eingehalten werden.

Aus diesem Grund ist eine übermäßige Belastung durch Lichtemissionen, die durch Sonnenreflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage PVA Dunum entstehen, für die Anwohner 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