

# Prüfbericht

---

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Hammerschrott
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:	<u>91284 Neuhaus an der Pegnitz (49.636°N; 11.554°E), Germany</u>
Prüfberichtsnummer:	23K5446-PV-BG-Hammerschrott-R00-JBS_LBE-2023
Prüfdatum:	24.10.2023
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**

Bildverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis.....	3
Abkürzungen und Begriffe.....	6
A.    Allgemeine Daten.....	7
A.1.  Auftrag .....	7
A.2.  Prüfungsumfang.....	8
A.3.  Prüfungsgrundlagen .....	8
A.4.  Identifikation der Anlage .....	8
B.    Prüfergebnis.....	9
C.    Grundlage .....	10
C.1.  Blend- und Störwirkung von reflektiertem Sonnenlicht.....	10
C.2.  Wirkung auf den Menschen .....	11
C.3.  Blickwinkel von Fahrzeugführern.....	12
C.4.  Reflexionen an Solarmodulen.....	12
D.    Analyse .....	14
D.1.  Grundlage und Vorgehensweise .....	14
D.2.  Geometrische Betrachtung.....	15
E.    Bewertung.....	25

**Bildverzeichnis**

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	12
Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel .....	13
Abbildung 3: Google Earth ©2023 Lageplan der Planfläche .....	14
Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	15
Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	16
Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG Neigungswinkel 15° .....	18
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im OG Neigungswinkel 18° .....	18
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im EG Neigungswinkel 18° .....	19
Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG Neigungswinkel 18° .....	19
Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im EG Neigungswinkel 20° .....	20
Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im OG Neigungswinkel 20° .....	20
Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im EG Neigungswinkel 20° .....	21
Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG Neigungswinkel 20° .....	21
Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 im EG .....	22
Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 im EG .....	23
Abbildung 16: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 im OG .....	24

**Tabellenverzeichnis**

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

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
23K5446-PV-BG-Hammerschrott-R00-JBS_LBE-2023	Ursprungsversion 24.10.2023

## 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 allein 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 süd-östlich der Photovoltaikanlage liegenden Bebauung von Hammerschrott zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	Greenovative GmbH Fürther Straße 252 90429 Nürnberg
Auftragsdatum:	30.08.2023
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	23K5446-PV-BG-Hammerschrott-R00-JBS_LBE-2023

## A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die Gebäude, die sich zwischen der Photovoltaikanlage und dem südöstlich vorbeiführenden Fluss Pegnitz in Hammerschrott befinden. Weiterhin erfolgt eine Bewertung der Auswirkungen der Modulreflexionen unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten, die einen Einfluss auf die Strahlungsleistung der Emissionen nehmen. Die Analyse erfolgt für die drei Modulneigungen 15°, 18° und 20°.

## A.3. Prüfungsgrundlagen

- Zur Verfügung gestellte Unterlagen
  - o Modulbelegungsplan mit Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau
  - o Stellungnahme vom 24.07.2023 Landratsamt Nürnberger Land zur Änderung des Flächennutzungsplans / Vorhabenbezogener Bebauungsplan mit Grünordnungsplan NR. 11.
- 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 Earth<sup>1</sup>
- Daten der Online-Plattform „BayernAtlas“<sup>2</sup>

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 Hammerschrott soll nordwestlich des Ortsteils Hammerschrott in der Gemeinde Neuhaus an der Pegnitz errichtet werden.

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° (N=0°) ausgerichtet. Die Modulneigung ist noch offen. Die Untersuchung erfolgt daher für die Neigungswinkel von 15°, 18° und 20°. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden wird mit 0,8 m, einem in Deutschland üblichen Planungswert, angenommen. Es sollen drei kristalline Module hochkant übereinander montiert werden. Die maximale Höhe der Gestelle ergibt sich, in Abhängigkeit der Modullänge und der Modulneigung mit rund 3,0 m.

---

<sup>1</sup> ©2019 Google LLC.

<sup>2</sup> 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 Hammerschrott wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf die Gebäude am Ortsrand von Hammerschrott durchgeführt. Die Untersuchung erfolgte für die drei Modulneigungen von 15°, 18° und 20° bei einem Azimut der Module von 180° (N = 0°).

Die Untersuchung des Ortsrandes von Hammerschrott zeigt, dass nur im südlichen Bereich von Hammerschrott mit Lichtimmissionen zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt 16 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 20 Stunden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), die vom Landratsamt Nürnberger Land in dessen Stellungnahme zugrunde gelegt werden, liegt damit für alle drei Modulneigungen keine unzulässige Blendwirkung im Sinne des Immissionsschutzrechts vor.

Hamburg, 24. Oktober 2023



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 25 Seiten und ist bis Ende 2033 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 den westlichen Ortsrand von Hammerschrott zu bewerten. Zu berücksichtigen sind hierbei die Störwirkung von Reflexionen auf 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 an einem Hang 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 eingestrahlt 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“<sup>3</sup>. Aus Bild 2-6 der Ausführungen leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab, siehe nachfolgende Grafik in Abbildung 1.

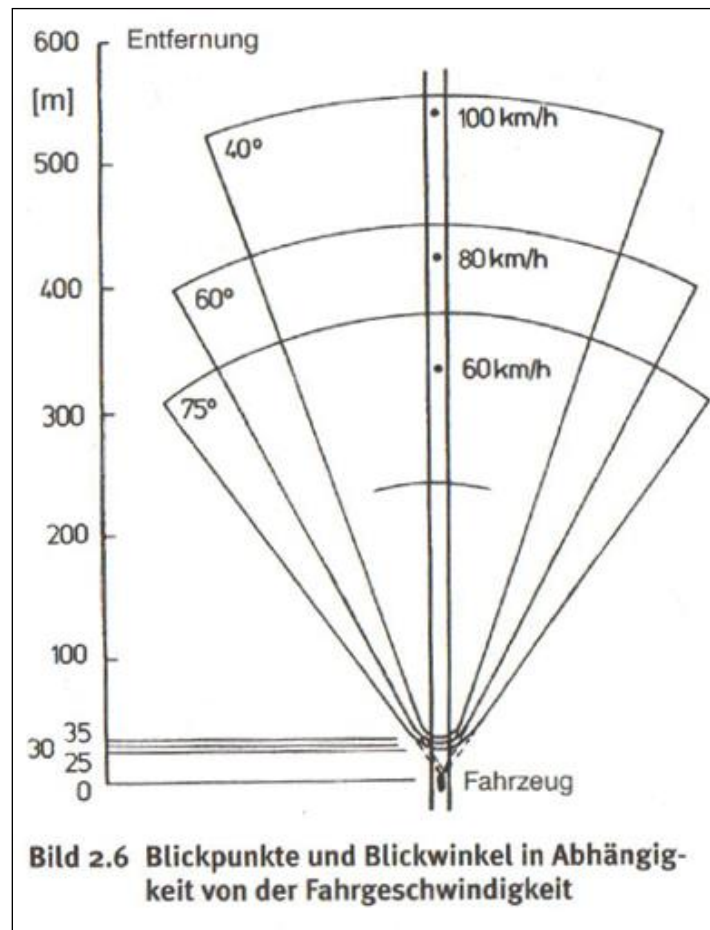


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit<sup>3</sup>

### 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.

<sup>3</sup> „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

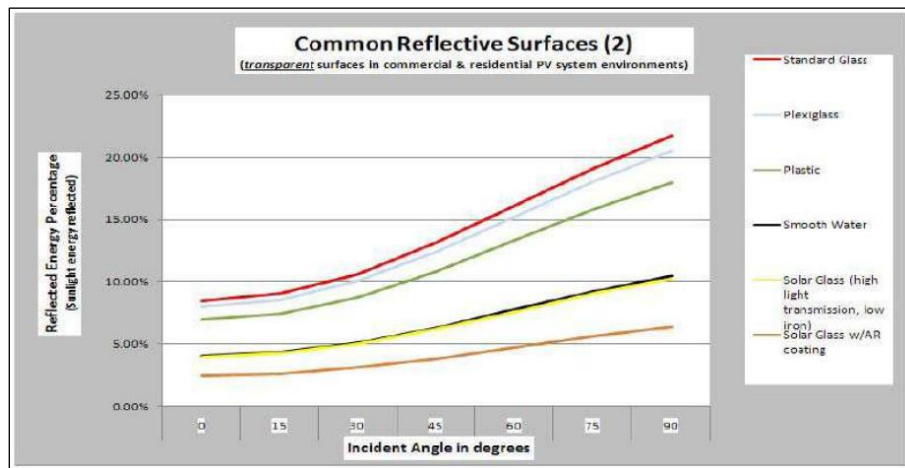


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel<sup>4</sup>

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 Sonne<sup>5</sup> rund  $6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$ . Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um  $0,6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$ .

<sup>4</sup> Deutsche Flugsicherung (DFS): Aeronautical Information Publication – Luftfahrthandbuch AIP VFR.

<sup>5</sup> - 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 Earth<sup>6</sup> sowie der Online-Plattform „BayernAtlas“<sup>7</sup>.

Die Planfläche selbst liegt in einer Hanglage nordwestlich des Ortsteils Hammerschrott. Das Höhenniveau im Bereich des Ortsrandes von Hammerschrott beträgt zwischen 385 m und 392 m. Die Bebauung besteht aus Wohngebäuden. Auf der Planfläche variiert die Höhe zwischen 391 m im Südwesten der Anlage und 402 m im Norden der Anlage, siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Google Earth ©2023 Lageplan der Planfläche

<sup>6</sup> ©2020 Google, ©2020 GeoBasis-DE/BKG

<sup>7</sup> Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Alexandrastraße 4, 80538 München  
<https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/?topic=ba&lang=de&bgLayer=atkis&catalogNodes=11,122>

### D.1.2. Vorgehensweise

Für die nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden am Ortsrand von Hammerschrott repräsentative Gebäude festgelegt. Über die Planfläche wird ein Netz mit einer Gitterweite von 5 m gelegt. Die Gitterpunkte dienen als Referenzpunkte. Für die einzelnen Punktepaare werden, wie später beschrieben, Reflexionsbetrachtungen durchgeführt.

Die Betrachtung für den Ortsrand Hammerschrott erfolgt exemplarisch für die Punkte O1 bis O4.

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 Lichtemissionen führt. Der Emissionsort wird definiert durch Azimut  $\alpha$  und Höhenwinkel  $h^\circ$ . Im zweiten Schritt werden die Koordinaten der berechneten Emissionsorte mit dem Sonnenstand im Jahresverlauf verglichen.

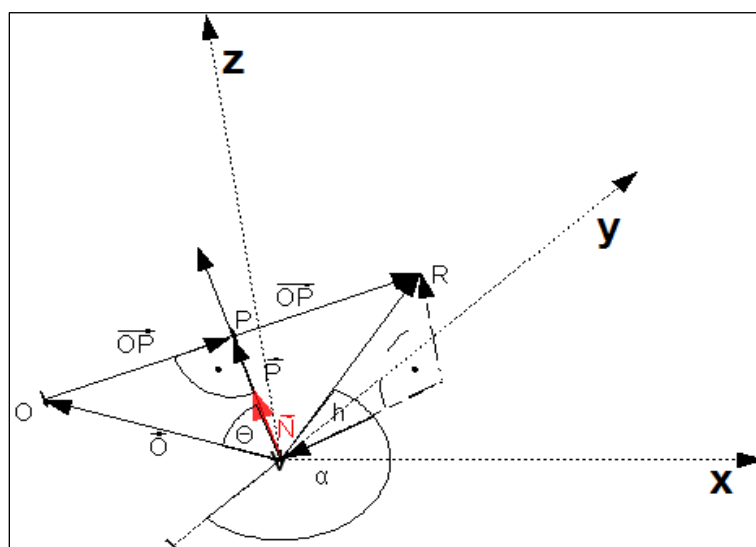


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

Die Bestimmung der Emissionsorte erfolgt anhand der Darstellung in Abbildung 4. Der Nullpunkt des Koordinatensystems befindet sich in der Modulebene. Punkt O steht für den Ort

# 8.2

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

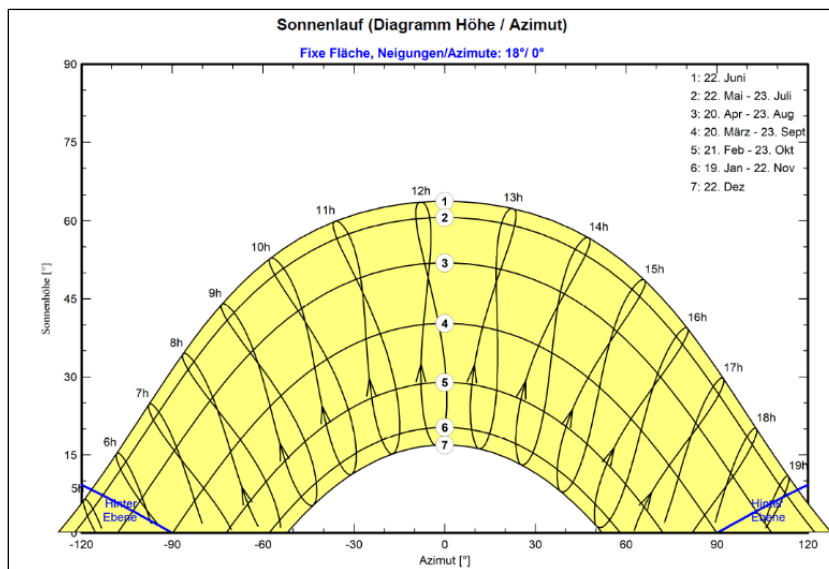


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs



### 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.

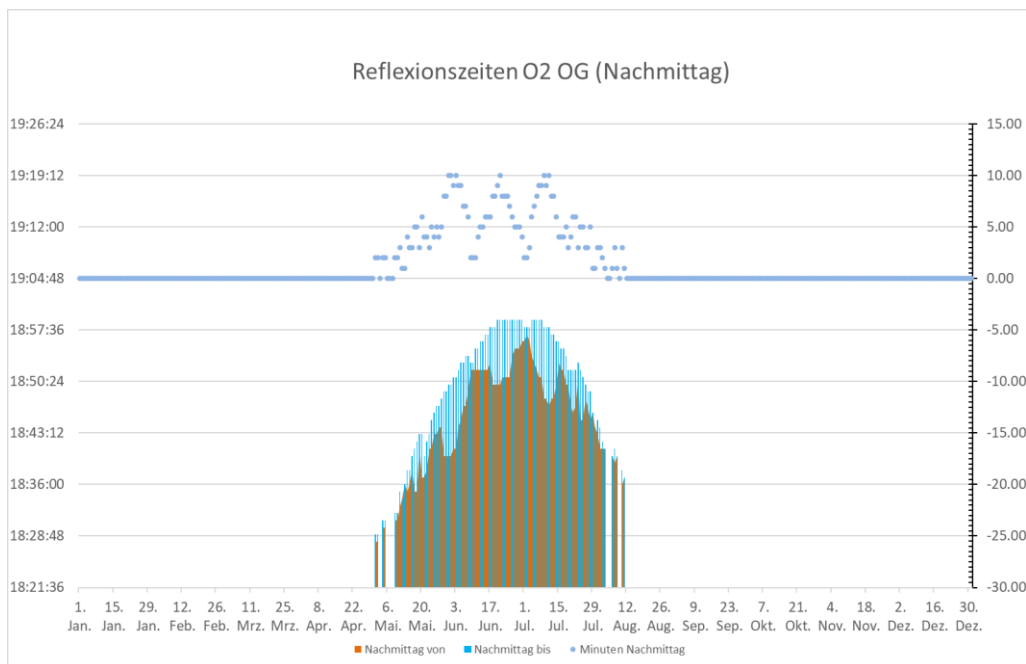
Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten

Datumsbereich		Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
<b>Neigungswinkel 15° Azimut 180° (N=0°)</b>				
O1EG	Keine Reflexionen			
O1OG	Keine Reflexionen			
O2EG	Keine Reflexionen			
O2OG	von 01. Mai bis 11. Aug	18:28 - 18:59	10	8.0
O3EG	Keine Reflexionen			
O3OG	Keine Reflexionen			
O4EG	Keine Reflexionen			
O4OG	Keine Reflexionen			
<b>Neigungswinkel 18° Azimut 180° (N=0°)</b>				
O1EG	Keine Reflexionen			
O1OG	von 03. Jun bis 08. Jul	18:45 - 18:53	4	1.7
O2EG	von 29. Mai bis 13. Jul	18:40 - 18:53	5	2.7
O2OG	von 26. Apr bis 17. Aug	18:18 - 18:53	16	17.0
O3EG	Keine Reflexionen			
O3OG	Keine Reflexionen			
O4EG	Keine Reflexionen			
O4OG	Keine Reflexionen			
<b>Neigungswinkel 20° Azimut 180° (N=0°)</b>				
O1EG	von 06. Jun bis 05. Jul	18:42 - 18:49	4	1.3
O1OG	von 20. Mai bis 23. Jul	18:33 - 18:49	7	5.4
O2EG	von 18. Mai bis 24. Jul	18:31 - 18:49	9	7.4
O2OG	von 22. Apr bis 20. Aug	18:15 - 18:46	16	20.0
O3EG	Keine Reflexionen			
O3OG	Keine Reflexionen			
O4EG	Keine Reflexionen			
O4OG	Keine Reflexionen			

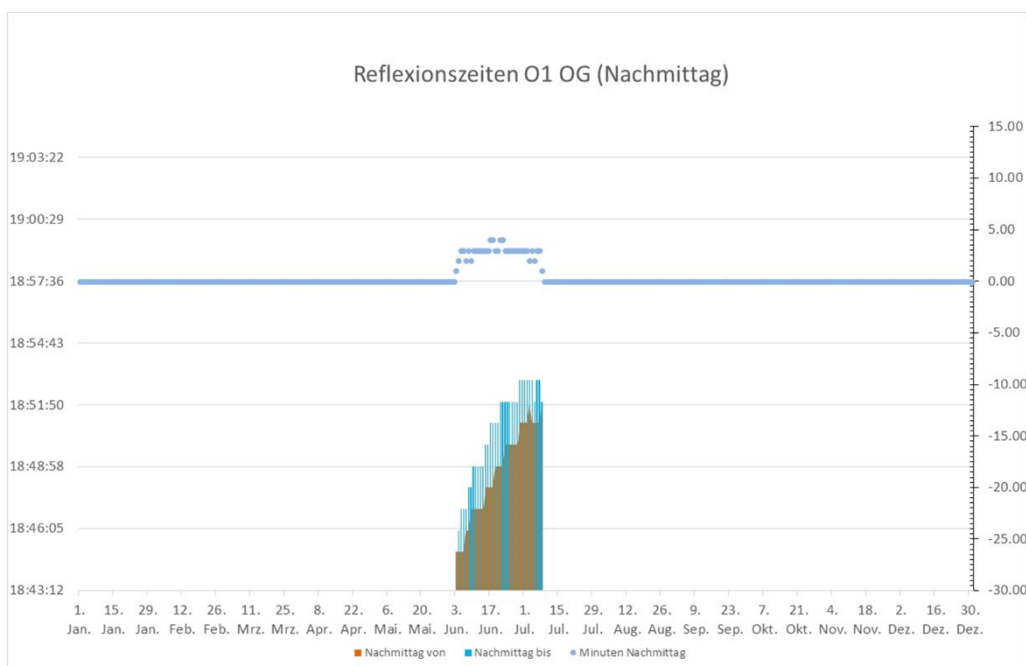
Die Untersuchung der Gebäude in den definierten Punkten ergab, dass mit Reflexionen nur im Süden von Hammerschrott zu rechnen ist.

In den Punkten O1 und O2 sind Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten in den späten Nachmittagsstunden zwischen 18:15 Uhr und 18:59 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 16 Minuten am Tag und summiert sich auf maximal 20,0 Stunden im Jahr bei einer Modulneigung von 20°.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen, siehe Abbildung 6 und Abbildung 13, dargestellt.



**Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG Neigungswinkel 15°**



**Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im OG Neigungswinkel 18°**

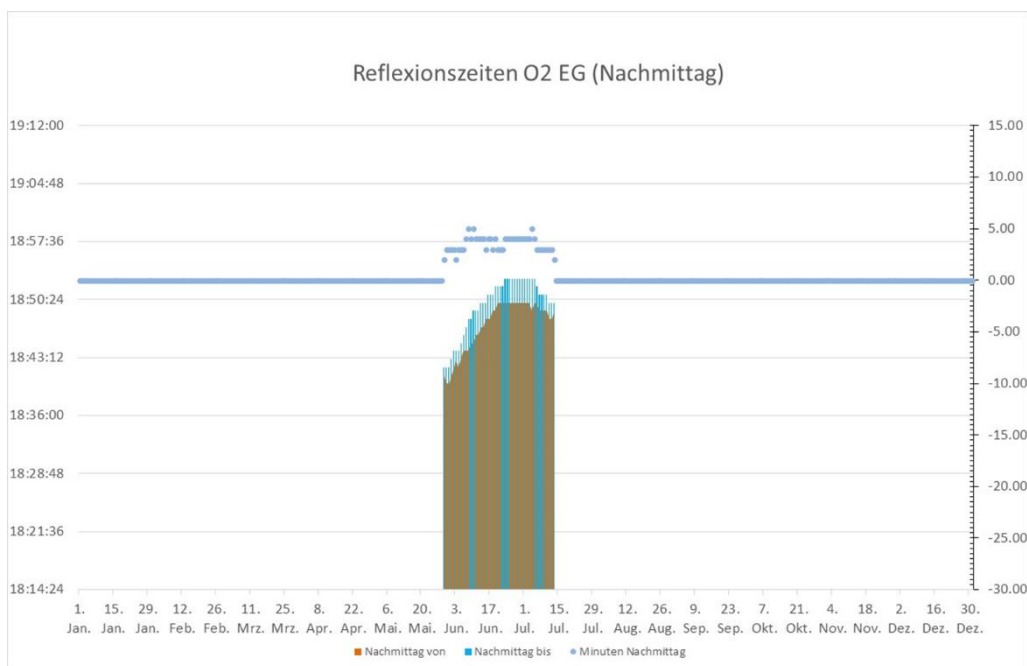


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im EG Neigungswinkel 18°

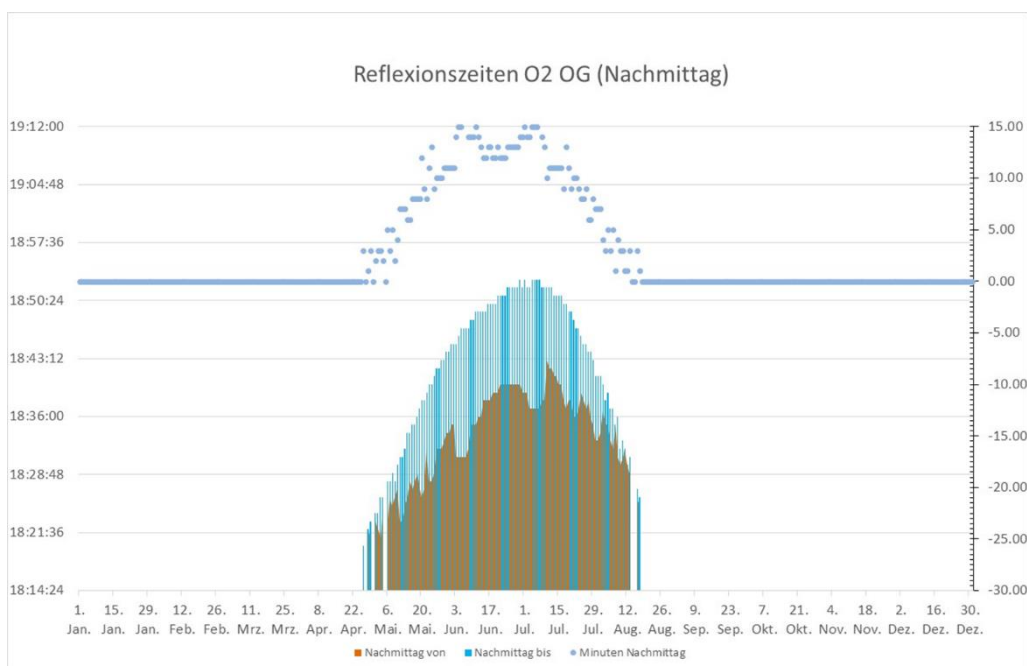


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG Neigungswinkel 18°

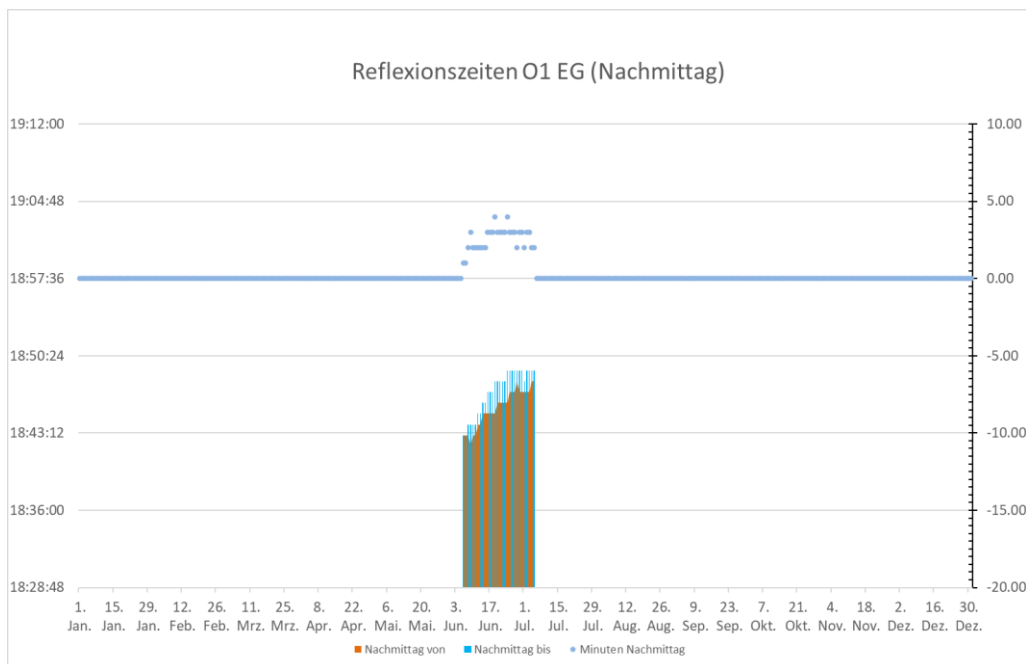


Abbildung 10: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im EG Neigungswinkel 20°

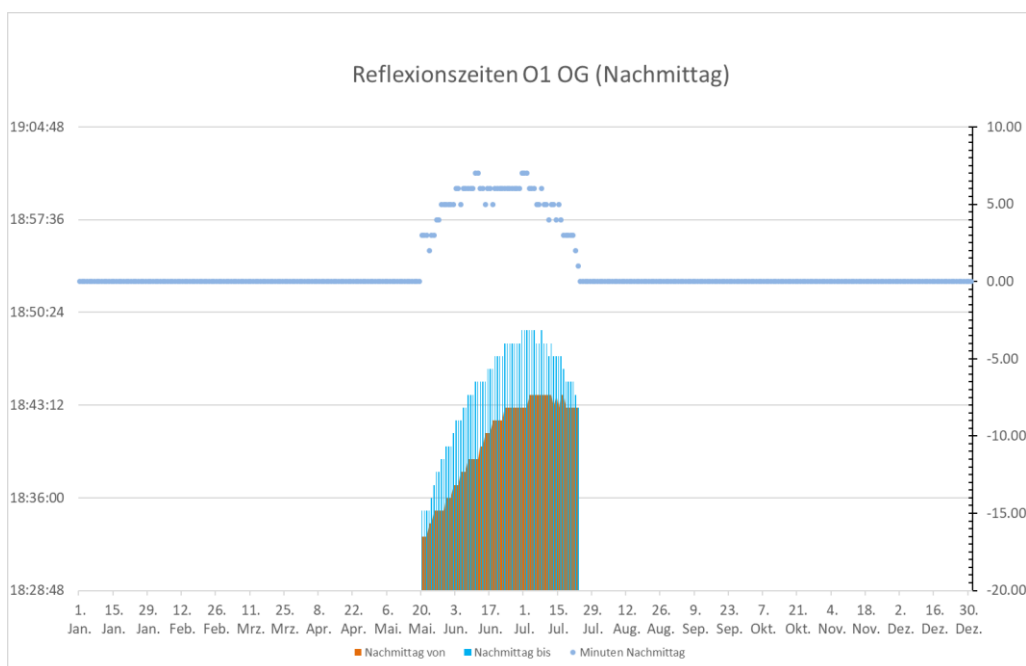


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O1 im OG Neigungswinkel 20°

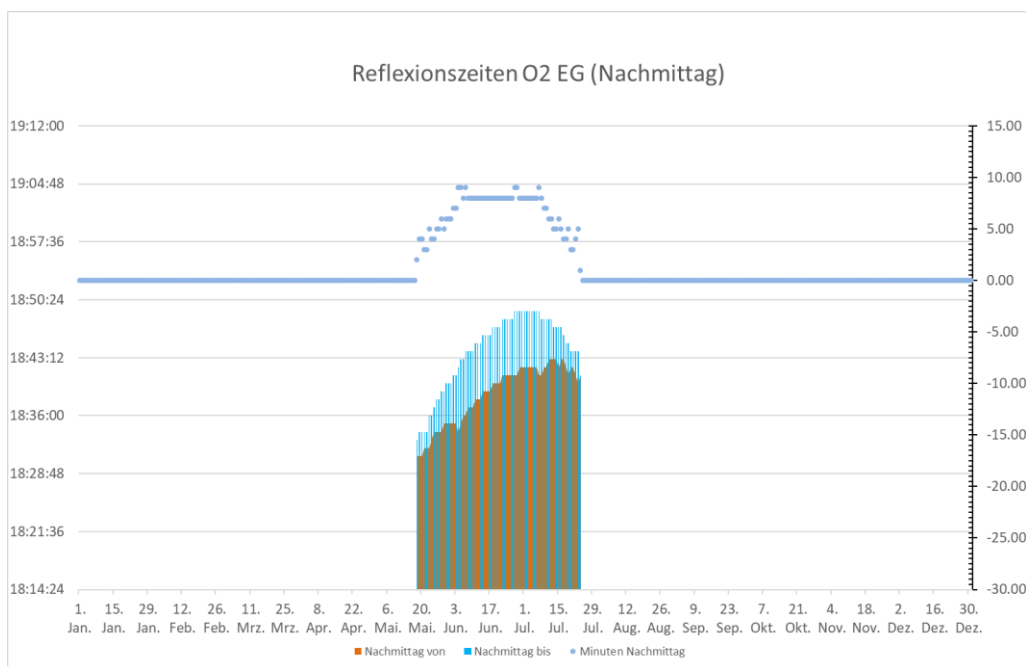


Abbildung 12: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im EG Neigungswinkel 20°

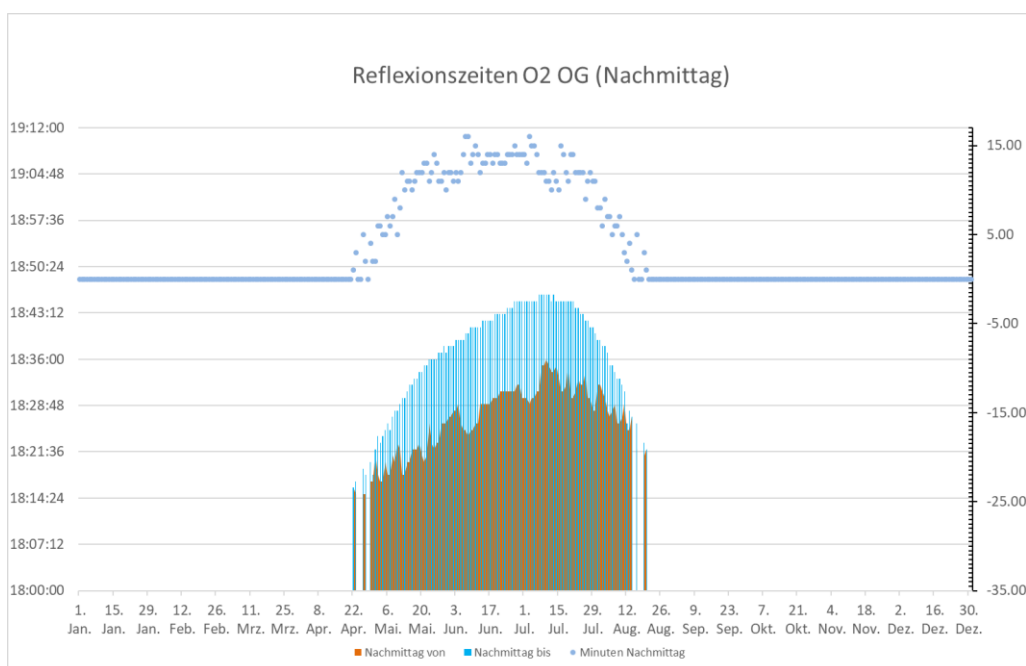


Abbildung 13: Reflexionszeiten und Dauer am Nachmittag zu Punkt O2 im OG Neigungswinkel 20°

Abbildung 14 bis Abbildung 18 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für die Punkte O1 und O2 für die Unterschiedlichen Modulneigungen ausgehen. Die Ergebnisse für das Erd- und für das Untergeschoss sind in den Grafiken zusammengefasst dargestellt.



Abbildung 14: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 im OG Neigungswinkel 18°



Abbildung 15: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O1 EG und OG Neigungswinkel 20°





Abbildung 16: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 OG Neigungswinkel 15°



Abbildung 17: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 EG und OG Neigungswinkel 18°



Abbildung 18: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt O2 EG und OG Neigungswinkel 20°



## **E. Bewertung**

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass in Hammerschrott Lichtimmissionen zu erwarten sind, deren Grundlage die Reflexionen der Sonne an den Modulen sind.

Im Bereich der Punkte O1 und O2 treten diese Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August auf. Die Lichtimmissionen treten in den späten Nachmittagsstunden zwischen 18:15 Uhr und 18:59 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 16 Minuten am Tag und summiert sich auf 20,0 Stunden im Jahr.

Für alle drei untersuchten Neigungswinkel der Module gilt, dass nach den Richtlinien der LAI keine erheblichen Belästigungen vorliegen, da die zu tolerierenden Zeiträume von 30 Minuten am Tag und maximal 30 Stunden im Jahr nicht überschritten werden. Damit sind die Anforderungen aus der Stellungnahme des Landratsamt Nürnberger Land vom 24.07.2023 eingehalten.