

Prüfbericht

Berichtsart:	Blendgutachten
Projekt:	Solarhof-Grünthal
Auftraggeber:	Solarhof St. Michel GmbH & Co. KG
Zweck:	Erstellung eines Gutachtens über den Einfluss der Solaranlage auf die Umgebung durch Reflexionen im Rahmen des allgemeinen Genehmigungsprozesses zum B-Plan
Standort, Land:	<u>25693 St. Michaelisdonn (54.001°N; 9.152°E).</u>
Betreiber:	Solarhof St. Michel GmbH & Co. KG
Prüfberichtsnummer:	23K5192-PV-BG-Solarhof-Grünthal-R02-JBS_LBE-2023
Prüfdatum:	07.07.2023
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.....	30

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.....	12
Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel	13
Abbildung 3: Google Earth ©2022 Lageplan der Planfläche	14
Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul.....	16
Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs.....	16
Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A1	19
Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A2	20
Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A3	20
Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer in Punkt ON3 im OG bei 15° Modulneigung.....	21
Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt ON3 OG bei 15° Modulneigung	22
Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer in Punkt OW1 im EG bei 15° Modulneigung	23
Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt OW3 EG bei 15° Modulneigung	23
Abbildung 13: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A1 mit Grenzvektoren in Richtung Module	24
Abbildung 14: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module	25
Abbildung 15: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A4 mit Grenzvektoren in Richtung Module	25
Abbildung 16: Darstellung Höhenprofil entlang Sichtachse Nord für Punkt A1	26
Abbildung 17: Darstellung Höhenprofil entlang Sichtachse Süd für Punkt A1	26
Abbildung 18: Darstellung Höhenprofil L140 von A1 Richtung Osten	27
Abbildung 19: Darstellung Höhenprofil entlang Sichtachse Nord für Punkt A2.....	27
Abbildung 20: Darstellung Höhenprofil entlang Sichtachse Süd für Punkt A2	28
Abbildung 21: Darstellung des notwendigen Sichtschutzes	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Revisionsübersicht.....	4
Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten Modulneigung 15°	17
Tabelle 3: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten Modulneigung 17,5°	18
Tabelle 4: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten Modulneigung 20°	18

Tabelle 1: Revisionsübersicht

Version	Modifikationen
23K5192-PV-BG-Solarhof-Grünthal-R00-JBS_LBE-2023	Ursprungsversion 06.07.2023
23K5192-PV-BG-Solarhof-Grünthal-R01-JBS_LBE-2023	Redaktionelle Änderung 10.07.2023
23K5192-PV-BG-Solarhof-Grünthal-R02-JBS_LBE-2023	Anpassung Disclaimer; Hinweis auf die vorhandenen Bäume und Büsche und deren Einfluss auf die Sichtbeziehungen. 18.07.2023

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 der Analyse der Sichtbeziehungen 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 Informationen öffentlich zugänglicher Quellen und 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 Burger Straße im Norden der Photovoltaikanlage und der westlich liegenden Ortsgrenze von St. Michaelisdonn zu erwarten sind und welche Auswirkungen diese haben.
Auftraggeber:	Solarhof St. Michel GmbH & Co. KG Burger Str. 80 25693 St. Michaelisdonn
Auftragsdatum:	31.05.2023
Auftragnehmer:	8.2 Obst & Hamm GmbH Brandstwiete 4 20457 Hamburg
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt Lennart Behn, B.Sc.
Nummer des Prüfberichts:	23K5192-PV-BG-Solarhof-Grünthal-R02-JBS_LBE-2023

A.2. Prüfungsumfang

Der Prüfungsauftrag umfasst die Bestimmung der einfallenden Modulreflexionen auf die Burger Straße (L140) mit den dort liegenden Gebäuden und die westlich gelegene Bebauung am Ortsrand von St. Michaelisdonn. 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 Schriftliche Angaben zur Modulausrichtung und dem Tischaufbau der beiden Teilflächen
 - o 11. Vermessungsdaten der Fläche inkl. Höhenlinien
 - o Zeichnungen zur Planfläche aus der Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 53 „Solarhof Grünthal“
- 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 des Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein

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 Solarhof-Grünthal soll östlich der Gemeinde St. Michaelisdonn installiert werden. An die Nordgrenze der Anlage grenzt die Burger Straße (L140).

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° (N=0°) installiert. Die Modulneigung ist noch in der Klärung. Die Analyse wird für die Neigungswinkel 15°; 17,5°; 20° durchgeführt. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden soll laut Planung 1,3 m, betragen. Die maximale Höhe der Gestelle wird mit 2,7 m angegeben.

¹ ©2019 Google LLC.

B. Prüfergebnis

Zusammenfassung der Ergebnisse der nachfolgenden Kapitel.

Für die Photovoltaikanlage Solarhof-Grünthal wurde eine Untersuchung über die Reflexionen der Sonne an den Modulen und deren Auswirkungen auf Immissionsorte auf der Straße L140, an Bebauungen des Ortsrandes Michaelisdonn am Feldrain sowie an den Bebauungen entlang der L140 (Burger Straße) durchgeführt.

Die quantitative Analyse zeigt, dass auf der L140 Lichtimmissionen von April bis August in den frühen Morgen- und Abendstunden zu erwarten sind. Die maximale Dauer beträgt rund 8 Minuten. Die reflektierenden Module liegen bei freier Sichtbeziehung im Sichtfeld der Fahrzeugführer. Eine Störung des Straßenverkehrs kann nur dann ganz ausgeschlossen werden, wenn östlich der Baumschule ein Sichtschutz entlang eines Bereiches der Planflächengrenze, wie in Abbildung 21 dargestellt, errichtet wird.

Die quantitative Analyse der Bebauungen, die der Photovoltaikanlage zugewandt sind, zeigt, dass bei freien Sichtbeziehungen ohne Berücksichtigung von Bäumen und Büschen mit Lichtimmissionen zu rechnen ist. Die maximale Dauer der Lichtimmissionen beträgt 16 Minuten am Tag bzw. in Summe für das gesamte Jahr 21,2 Stunden. Nach den Kriterien der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) stellen die Lichtimmissionen damit keine erhebliche Belästigung dar und sind zu tolerieren.

Berücksichtigt man die Geländeform mit dem Anstieg von Feldrain bis zur Planfläche und die Knicke mit Bäumen und Büschen ist zu erkennen, dass die Sichtbeziehungen zwischen den Gebäuden am Feldrain sowie der Burger Straße und der Planfläche stark eingeschränkt sind. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass an den Gebäuden in der Burger Straße und am Feldrain die Reflexionen an den Photovoltaikmodulen nur sehr eingeschränkt, wenn überhaupt, wahrzunehmen sind.

Hamburg, 18. Juli 2023



Dipl.-Ing. (FH) Jörg Behrschmidt



Lennart Behn, B.Sc.

Dieser Bericht besteht aus 67 Seiten und ist bis Ende 2032 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 L140, der dortigen Bebauung sowie den östlichen Ortsrand von St. Michaelisdonn 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 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“². Aus Bild 2-6 der Ausführungen leiten sich die Öffnungswinkel des Sehfeldes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ab, siehe nachfolgende Grafik in Abbildung 1.

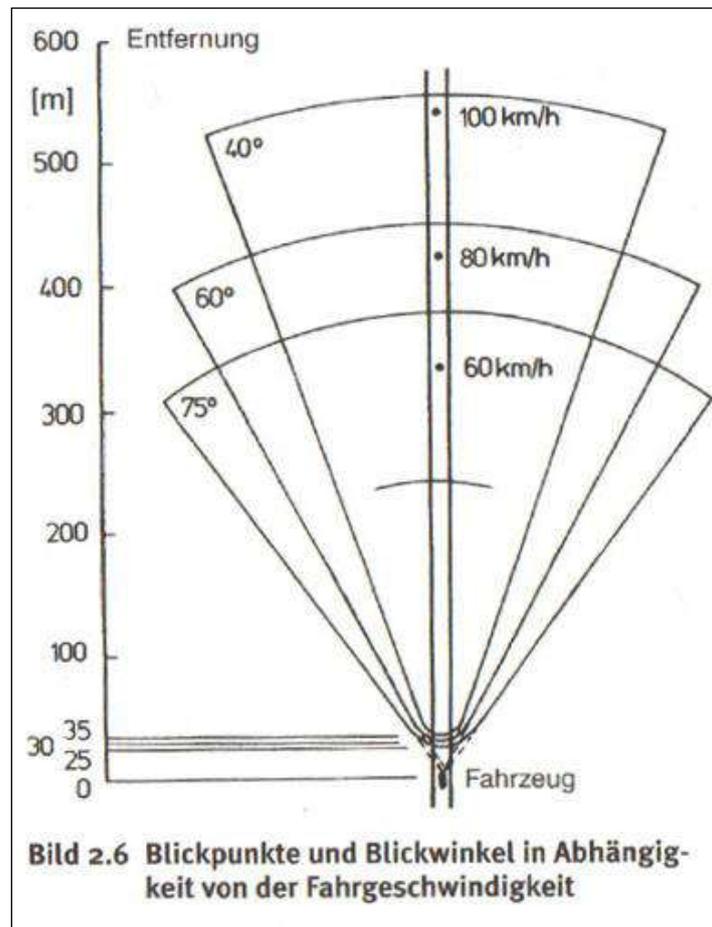


Abbildung 1: Öffnungswinkel Sehfeld in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit²

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.

² „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

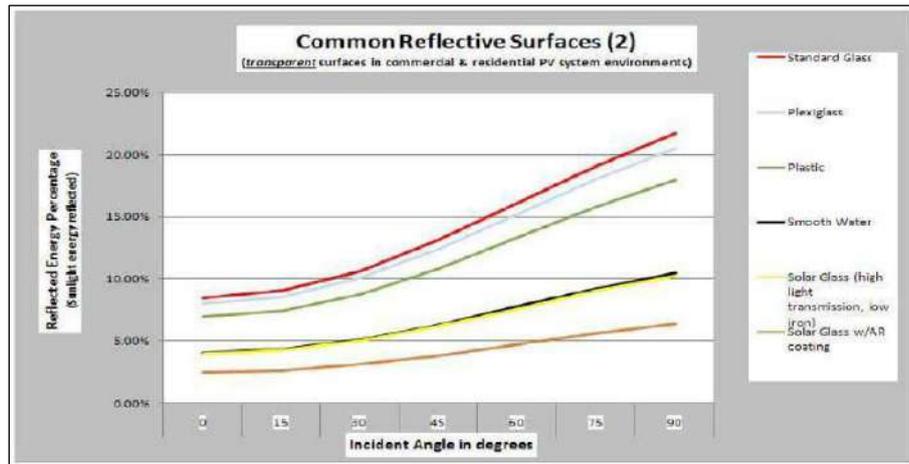


Abbildung 2: Reflexionsverhalten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel³

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 Sonne⁴ rund $6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$. Die Leuchtdichte der Reflexion der Sonne am Modul beträgt damit um $0,6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$.

³ Deutsche Flugsicherung (DFS): Aeronautical Information Publication – Luftfahrthandbuch AIP VFR.

⁴ - 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 Earth⁵.

Die Planfläche selbst liegt südlich der L140 und östlich der Gemeinde St. Michaelisdonn. Das Höhenniveau der Straße über Normalhöhennull (NHN) beträgt im Untersuchungsbereich zwischen 15,2 m und 22,3 m. Das Höhenniveau im Bereich des Ortsrandes von St. Michaelisdonn beträgt zwischen 13,0 m und 18,1 m. Die Bebauung besteht aus einer Mischung aus landwirtschaftlichen Anwesen mit Wohngebäuden und Wirtschaftsgebäuden sowie Ein- und Mehrfamilienhäusern. Das Höhenniveau der Planfläche variiert zwischen 13,7 m und 22,6 m, siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Google Earth ©2022 Lageplan der Planfläche

Die Landschaft ist geprägt durch Knicke und kleinere Waldbestände. Dies zeigt sich auch in der Planfläche, die am Ostrand an ein Waldstück angrenzt. An der südlichen, westlichen und nördlichen Grenze wird die Fläche von Knicks begrenzt, die die Sicht auf die Planfläche einschränken. Auf den Knicks wachsen Bäume mit einer Höhe zwischen rund 8 m und 15 m.

Die Planfläche grenzt auf der westlichen Seite an eine Baumschule mit Bäumen unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Höhe.

⁵ ©2020 Google, ©2020 GeoBasis-DE/BKG

Die Module werden nach Süden mit einem Azimut von 180° ($N=0^\circ$) installiert. Die Modulneigung ist noch in der Klärung. Die Analyse wird für die Neigungswinkel 15° ; $17,5^\circ$; 20° durchgeführt. Die minimale Höhe der Gestellreihen über dem Boden soll laut Planung 1,3 m, betragen. Die maximale Höhe der Gestelle wird mit 2,7 m angegeben.

D.1.2. Vorgehensweise

Durch die Bäume und Knicke gibt es zwischen der Photovoltaikanlage und den Gebäuden an der Burger Straße bzw. am Ortsrand von St. Michaelisdonn kaum eine freie Sichtbeziehung. Um eine quantitative Aussage über mögliche Lichtimmissionen treffen zu können, wird im ersten Schritt davon ausgegangen, dass die Einschränkungen nicht bestehen und eine freie Sicht auf die Photovoltaikanlage möglich ist. Für diese nachfolgend beschriebene geometrische Betrachtung werden auf der Straße bzw. am Ortsrand repräsentative Punkte festgelegt und über die Planfläche 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 Burger Straße werden die Punkte A1 bis A5 gewählt, für die untersucht wird, ob an diesen Stellen Lichtimmissionen durch Reflexionen zu erwarten sind, und wie diese sich auswirken, siehe Abbildung 3. Die Bebauung, die sich an der L140 befindet erhält die Bezeichnungen ON1 bis ON3.

Die Betrachtung für den Ortsrand St. Michaelisdonn erfolgt für die Straße Feldrain exemplarisch für die Punkte OW1 bis OW3.

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 1,3 m durchgeführt. Erfahrungsgemäß stellt dies den ungünstigsten Fall dar.

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 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 UG (Fensterunterkantenhöhe = 1,2 m) und das Obergeschoss OG (Fensterunterkantenhöhe = 3,8 m).

Die Bewertung der Lichtemissionen des Solarparks erfolgt in zwei Schritten. In Schritt 1 wird für die Punkte auf der Straße bzw. 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.

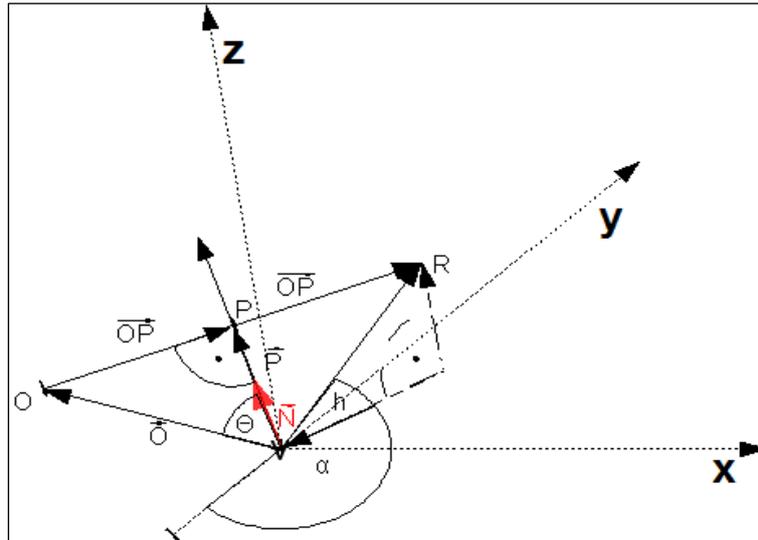


Abbildung 4: Geometrische Betrachtung der Reflexion am geneigten Modul

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 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° bis $+120^\circ$ und für den Höhenwinkel h von 0° bis 60° .

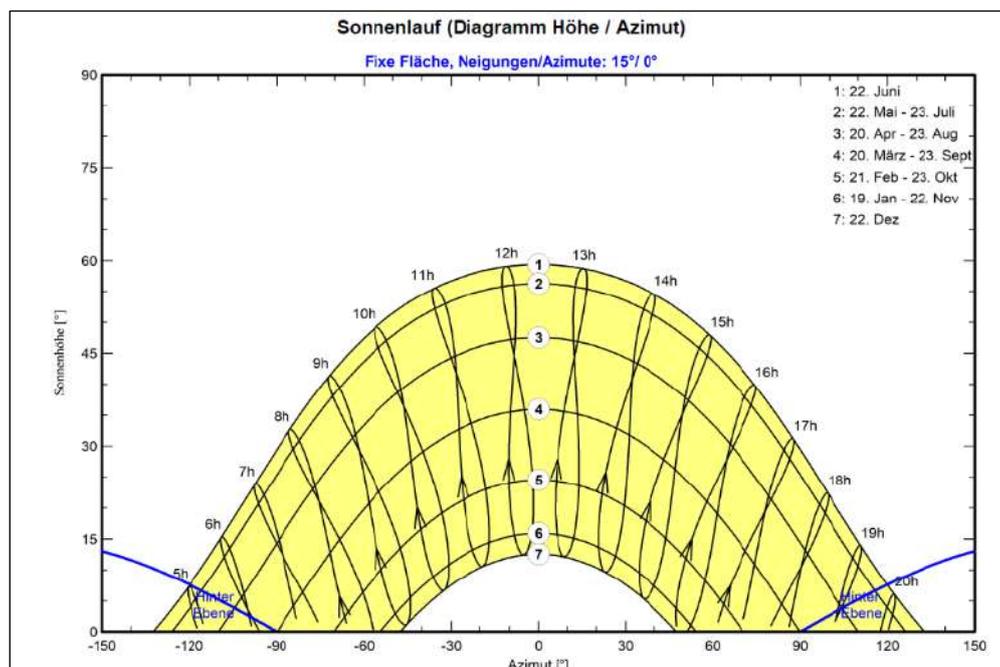


Abbildung 5: Horizontdarstellung des Sonnenlaufs

D.2.2. Ergebnisse der geometrischen Betrachtung

Die nachfolgenden Ergebnisse der geometrischen Betrachtung für die Planfläche gehen, wie oben beschrieben, im ersten Schritt von freien Blickbeziehungen aus („worst case“). Abschätzungen durch Bäume, Böschungen etc. sind noch nicht berücksichtigt.

In den nachfolgenden Tabellen stehen die Punkte A1 bis A5 für die Straße L140. Die Punkte ON1 bis ON3 bezeichnen die Gebäude an der Burger Straße. Die Punkte OW 1 bis OW3 stehen exemplarisch für die Straße Feldrain.

Tabelle 2: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten Modulneigung 15°

	Datumsbereich	Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
Neigungswinkel 15° Azimut 180° (N=0°)				
A1	von 07. Mai bis 04. Aug	05:37 - 06:00	5	6,7
A2	von 02. Mai bis 09. Aug	05:40 - 06:04	5	6,5
A3	von 14. Apr bis 28. Aug	05:48 - 06:23	8	2,2
A4	Keine Reflexionen			
A5	Keine Reflexionen			
ON1 EG	von 05. Mai bis 07. Aug	05:39 - 06:02	5	6,5
ON1 OG	von 04. Mai bis 08. Aug	05:40 - 06:03	5	6,3
ON2 EG	von 04. Mai bis 07. Aug	05:39 - 06:02	5	7,1
ON2 OG	von 03. Mai bis 09. Aug	05:40 - 06:04	5	6,7
ON3 EG	von 19. Apr bis 23. Aug	05:40 - 06:16	9	10,2
ON3 OG	von 11. Mrz bis 30. Sep	05:42 - 07:14	15	20,1
OW1 EG	von 08. Mai bis 04. Aug	05:37 - 05:59	6	7,1
OW1 OG	von 07. Mai bis 05. Aug	05:38 - 06:00	5	6,8
OW2 EG	von 10. Mai bis 01. Aug	05:36 - 05:57	5	6,0
OW2 OG	von 09. Mai bis 03. Aug	05:37 - 05:58	5	5,9
OW3 EG	von 11. Mai bis 31. Jul	05:37 - 05:57	4	4,6
OW3 OG	von 10. Mai bis 02. Aug	05:38 - 05:57	4	4,8

Tabelle 3: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten Modulneigung 17,5°

	Datumsbereich	Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
Neigungswinkel 17,5° Azimut 180° (N=0°)				
A1	von 01. Mai bis 11. Aug	05:47 - 06:09	5	7,8
A2	von 27. Apr bis 15. Aug	05:50 - 06:12	5	7,0
A3	von 14. Apr bis 28. Aug	05:55 - 06:26	7	3,2
A4	Keine Reflexionen			
A5	Keine Reflexionen			
ON1 EG	von 29. Apr bis 13. Aug	05:48 - 06:11	5	7,3
ON1 OG	von 28. Apr bis 14. Aug	05:50 - 06:12	5	6,8
ON2 EG	von 29. Apr bis 13. Aug	05:49 - 06:11	5	7,9
ON2 OG	von 27. Apr bis 15. Aug	05:50 - 06:12	4	7,2
ON3 EG	von 20. Apr bis 22. Aug	05:50 - 06:21	8	10,5
ON3 OG	von 09. Mrz bis 03. Okt	05:51 - 07:14	13	20,5
OW1 EG	von 02. Mai bis 10. Aug	05:47 - 06:08	5	7,8
OW1 OG	von 01. Mai bis 11. Aug	05:48 - 06:09	5	7,4
OW2 EG	von 03. Mai bis 09. Aug	05:46 - 06:07	5	6,4
OW2 OG	von 02. Mai bis 10. Aug	05:47 - 06:08	5	6,3
OW3 EG	von 09. Mai bis 03. Aug	05:47 - 06:05	4	4,8
OW3 OG	von 09. Mai bis 03. Aug	05:48 - 06:05	4	4,7

Tabelle 4: Datums- und Zeitbereiche der Reflexionen an den Betrachtungspunkten Modulneigung 20°

	Datumsbereich	Zeitbereich	Max Minuten pro Tag [min]	Max Stunden pro Jahr [h]
Neigungswinkel 20° Azimut 180° (N=0°)				
A1	von 27. Apr bis 15. Aug	05:56 - 06:16	5	8,2
A2	von 23. Apr bis 19. Aug	05:59 - 06:18	4	7,4
A3	von 14. Apr bis 28. Aug	06:02 - 06:30	7	4,2
A4	Keine Reflexionen			
A5	Keine Reflexionen			
ON1 EG	von 25. Apr bis 17. Aug	05:57 - 06:17	5	7,9
ON1 OG	von 24. Apr bis 18. Aug	05:59 - 06:18	5	7,2
ON2 EG	von 24. Apr bis 18. Aug	05:58 - 06:17	5	8,4
ON2 OG	von 22. Apr bis 19. Aug	05:59 - 06:19	4	7,6
ON3 EG	von 17. Apr bis 25. Aug	05:59 - 06:25	9	11,3
ON3 OG	von 09. Apr bis 03. Sep	06:00 - 06:45	16	21,2
OW1 EG	von 27. Apr bis 15. Aug	05:56 - 06:15	5	8,3
OW1 OG	von 26. Apr bis 16. Aug	05:57 - 06:16	5	7,8
OW2 EG	von 28. Apr bis 14. Aug	05:56 - 06:14	5	6,5
OW2 OG	von 28. Apr bis 14. Aug	05:56 - 06:15	5	6,4
OW3 EG	von 11. Mai bis 01. Aug	05:56 - 06:11	4	4,4
OW3 OG	von 10. Mai bis 01. Aug	05:57 - 06:12	4	4,4

Burger Straße (L140)

Die Analyse zeigt für die Punkte A1 bis A5, dass auf der Straße keine Lichtimmissionen in den Punkten A4 und A5 zu erwarten sind. In den Punkten A1 bis A3 sind Lichtimmissionen zu erwarten. Die Lichtimmissionen erfolgen in den frühen Morgenstunden von Mitte April bis Ende August. Die Reflexionen treten zwischen 05:37 Uhr bis 06:23 Uhr bei einer Modulneigung von 15° auf. Der Zeitraum verschiebt sich mit der Neigung der Module. Bei einer Modulneigung von 20° um rund 20 Minuten. Die Dauer der Lichtimmissionen beträgt im Maximum rund 8 Minuten am Tag.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 8 für die Punkte A1 bis A3 für eine Neigung von 15° dargestellt. Die Ergebnisse für die Modulneigungen 17,5° und 20° befinden sich im Anhang. 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 Photovoltaikanlage⁶. Aus diesem Grund sind in den Diagrammen nur Zeiten berücksichtigt, die einen Differenzwinkel größer 10° aufweisen.

In den Diagrammen Abbildung 6 bis Abbildung 8 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.

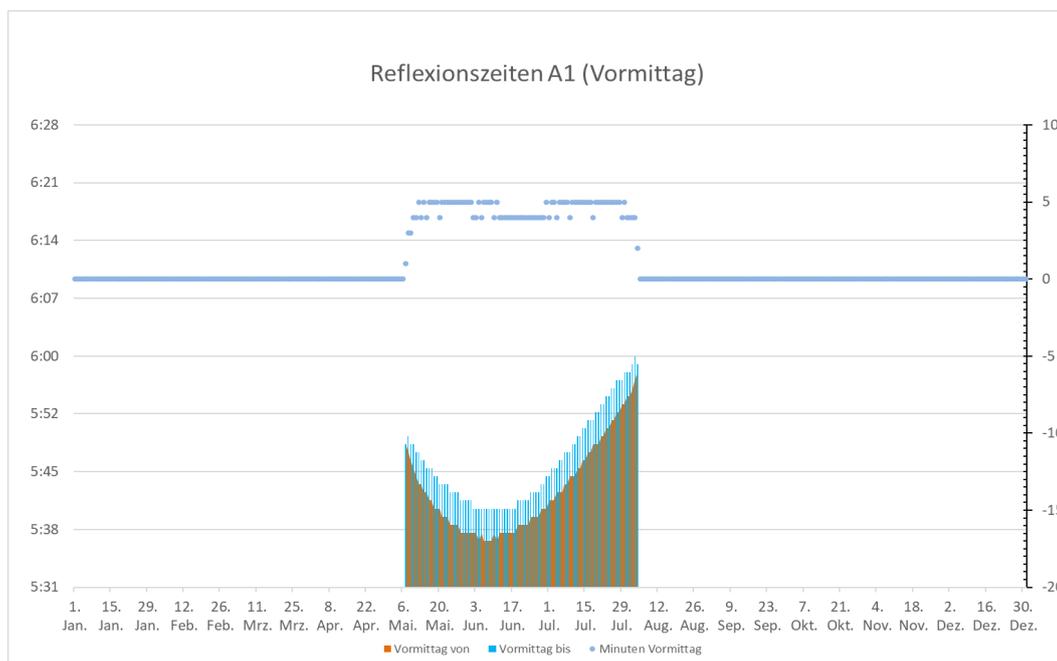


Abbildung 6: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A1

⁶ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

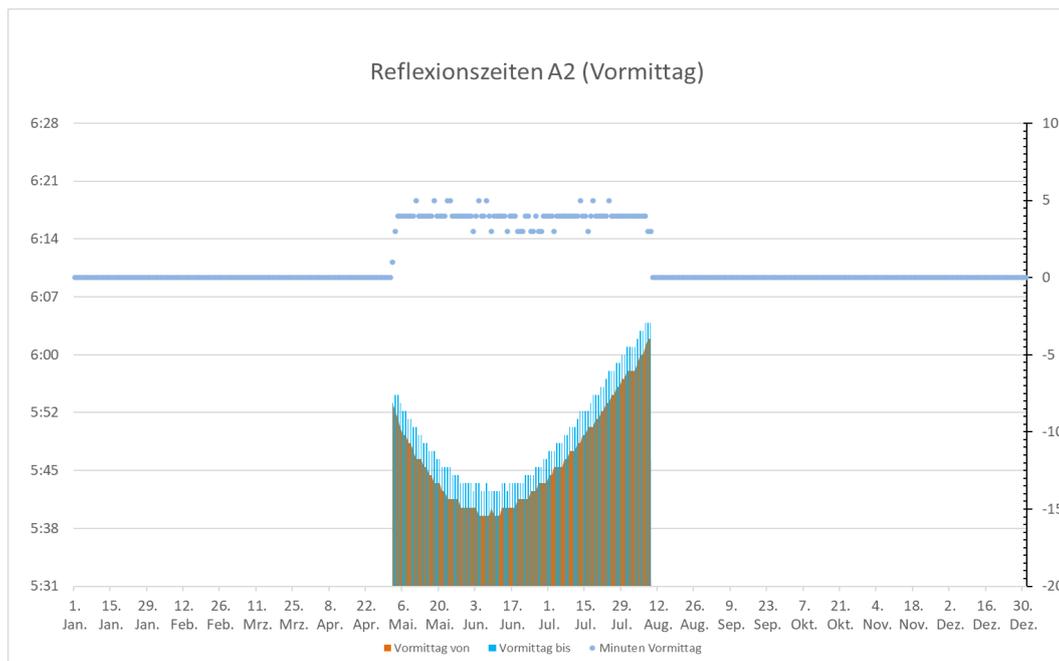


Abbildung 7: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A2

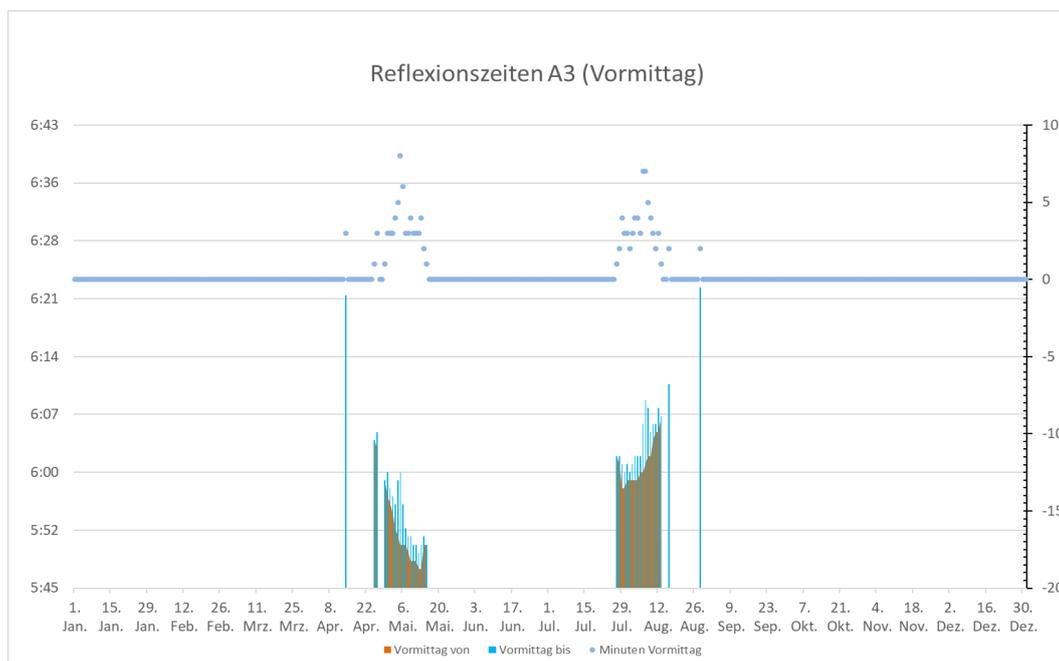


Abbildung 8: Reflexionszeiten und Dauer am Vormittag zu Punkt A3

Gebäude Burger Straße

Die Untersuchung der Gebäude in den definierten Punkten der Burger Straße ergab, dass ohne Berücksichtigung der Bäume mit Reflexionen zu rechnen ist.

8.2

In Punkt ON3 sind Lichtimmissionen von Anfang März bis Anfang Oktober zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten bei 15° Modulneigung in den Morgenstunden zwischen 05:37 Uhr und 07:14 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 15 Minuten am Tag und summiert sich auf 20,1 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind im nachfolgenden Diagramm beispielhaft für ON3 OG bei einer Modulneigung von 15°, siehe Abbildung 9 dargestellt. Die Informationen zu den weiteren Punkten finden sich im Anhang.

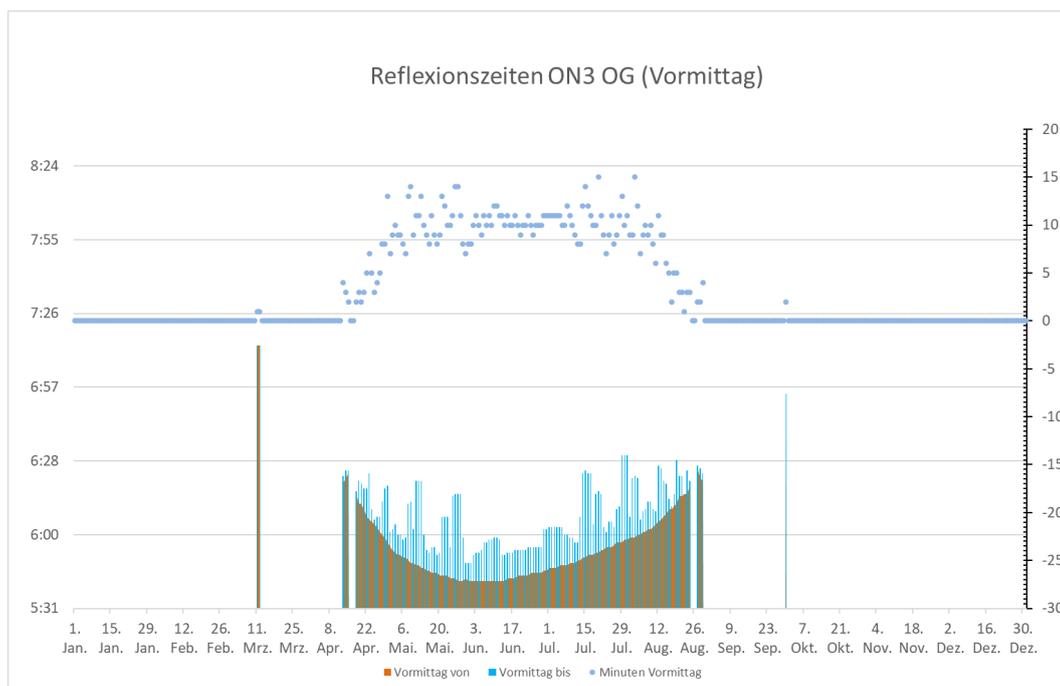


Abbildung 9: Reflexionszeiten und Dauer in Punkt ON3 im OG bei 15° Modulneigung

Abbildung 10 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für den Punkt ON3 im OG bei einer Modulneigung von 15° ausgehen. Die Grafiken für die weiteren Punkte finden sich im Anhang.



Abbildung 10: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt ON3 OG bei 15° Modulneigung

Ortsrand St. Michaelisdonn (Straße Feldrain)

Die Untersuchung der Gebäude am Ortsrand von St. Michaelisdonn an der Straße Feldrain ergab, dass ohne Berücksichtigung der Bäume und Büsche mit Reflexionen zu rechnen ist.

In Punkt OW1, dem Punkt mit der größten jährlichen Summe, sind Lichtimmissionen von Ende April bis Mitte August zu erwarten. Die Lichtimmissionen treten bei 15° Modulneigung in den Morgenstunden zwischen 05:37 Uhr und 06:00 Uhr auf. Die Dauer beläuft sich im Maximum auf 6 Minuten am Tag und summiert sich auf 7,1 Stunden im Jahr.

Die Tage und die Zeiten, zu denen Reflexionen wahrnehmbar sind, sind im nachfolgenden Diagramm beispielhaft für OW1 EG bei einer Modulneigung von 15°, siehe Abbildung 11 dargestellt. Die Informationen zu den weiteren Punkten finden sich im Anhang.

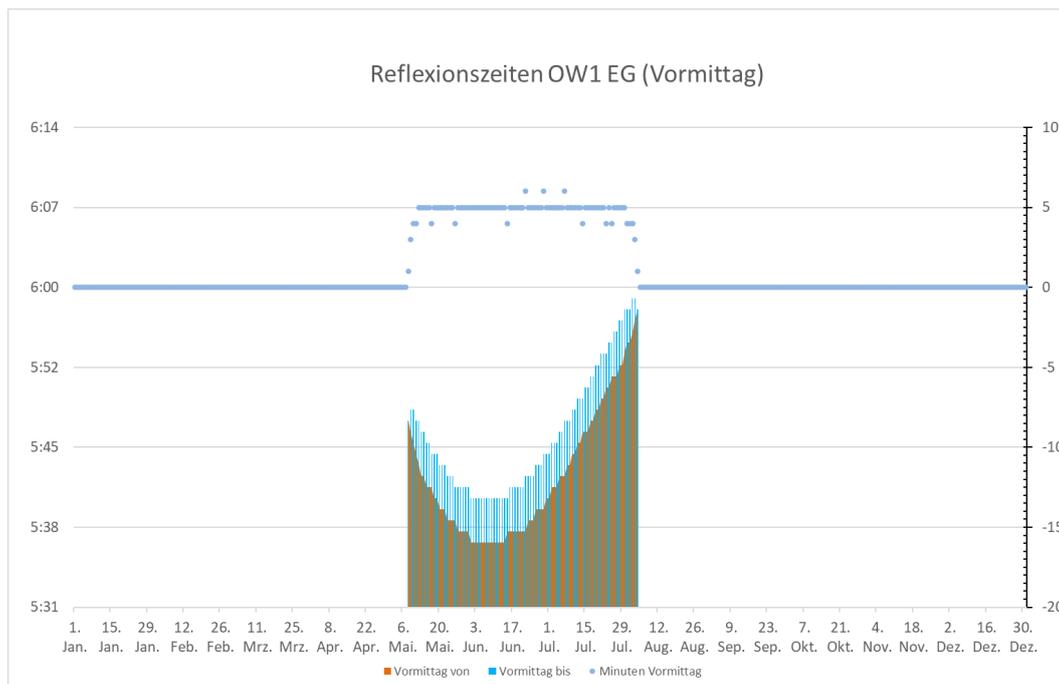


Abbildung 11: Reflexionszeiten und Dauer in Punkt OW1 im EG bei 15° Modulneigung

Abbildung 12 zeigt den spezifischen Bereich der Photovoltaikanlage, von dem Lichtemissionen für den Punkt OW1 im EG bei einer Modulneigung von 15° ausgehen. Die Grafiken für die weiteren Punkte finden sich im Anhang.



Abbildung 12: Spezifischer Emissionsbereich für Punkt OW1 EG bei 15° Modulneigung

D.2.3. Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Reflexionen

Burger Straße (L140)

Die folgenden Grafiken Abbildung 13 bis Abbildung 15 zeigen die spezifischen Bereiche der Photovoltaikanlage, von denen Lichtemissionen für die Punkte A1 bis A3 ausgehen. Die blaue Fläche stellt 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. Die Darstellung zeigt die Flächen bei einer Modulneigung von 20° . Die Flächen bei 15° und $17,5^\circ$ Modulneigung sind kleiner und darin enthalten.

Wie in Kapitel C.3 ausgeführt ist das Sichtfeld von Fahrzeugführern je nach Geschwindigkeit eingeschränkt. Bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h beträgt der Öffnungswinkel des Sichtfeldes, das für die Analyse verwendet wird, 75° .

Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Abbildung 13 bis Abbildung 15 für die Punkte A1 bis A3 dargestellt. Das Sichtfeld der Fahrzeugführer ist in Blau dargestellt. Der nach Osten geöffnete Kegel gibt das Sichtfeld für Fahrzeuge wieder, die Richtung Osten unterwegs sind, und der nach Westen geöffnete Kegel das Sichtfeld der Fahrzeugführer mit Fahrtrichtung Westen. Die roten Pfeile geben die Grenzvektoren wieder, die das Vektorfeld der Sichtbeziehung von den einzelnen Punkten in Richtung der Module aufspannen, die zu Reflexionen in dem zugehörigen Punkt führen, siehe Tabelle 2 bis Tabelle 4 in Kapitel D.2.2.

Es zeigt sich für die drei Punkte, dass bei freier Sicht die Module mit Lichtemissionen innerhalb der Sichtbereiche der Fahrzeugführer liegen würden.

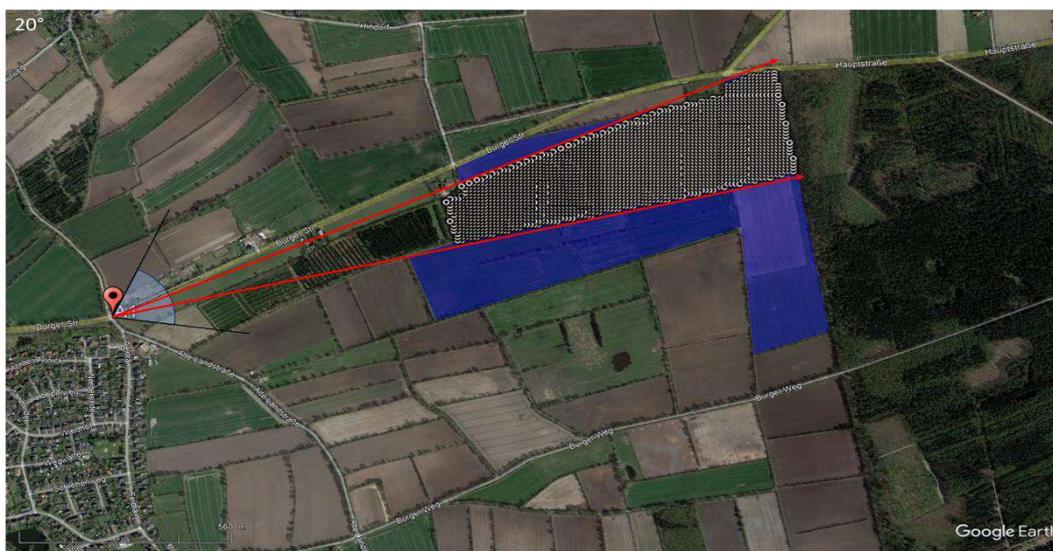


Abbildung 13: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A1 mit Grenzvektoren in Richtung Module

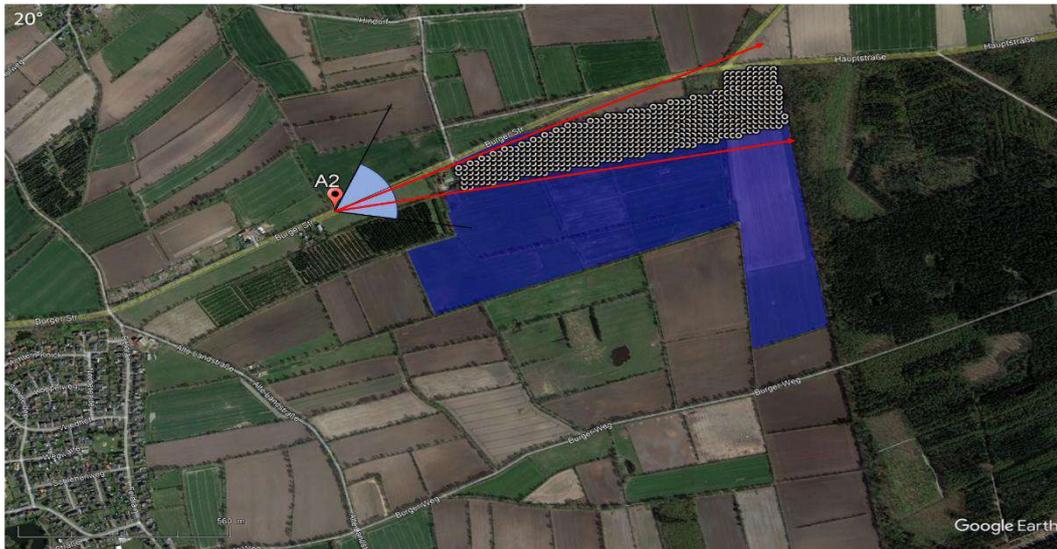


Abbildung 14: Vergleich Sichtfeld Fahrzeugführer für Punkt A2 mit Grenzvektoren in Richtung Module

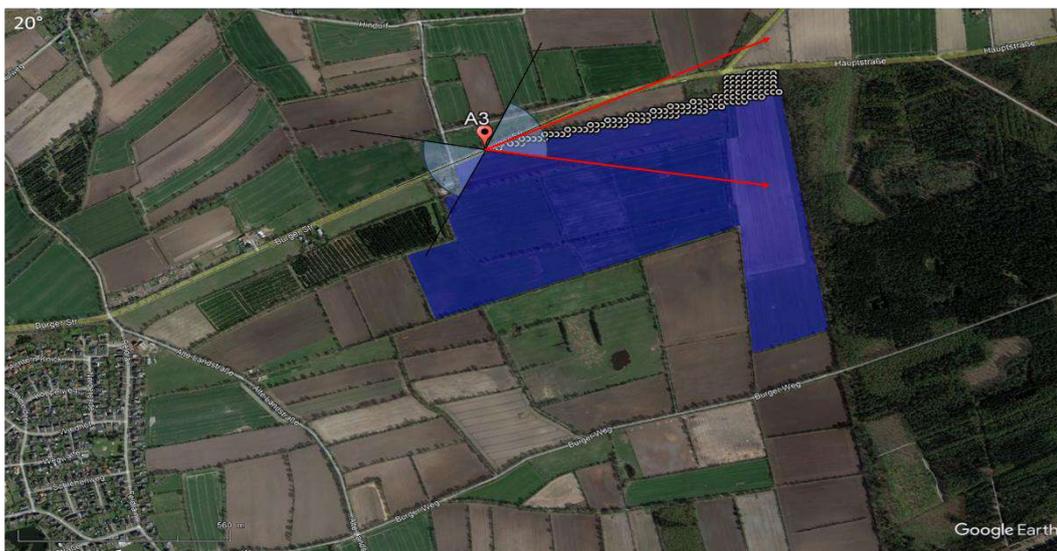


Abbildung 15: Vergleich Sichtfeld Zugführer für Punkt A4 mit Grenzvektoren in Richtung Module

Abbildung 16 und Abbildung 17 zeigen für Punkt A1 die Höhenprofile entlang der äußeren Sichtachsen von Punkt A1 in Richtung reflektierender Module. Es zeigt sich, dass keine direkte Sichtbeziehung aufgrund der Geländestructur besteht. Wie die Analyse des Straßenverlaufs in Abbildung 18 zeigt, gilt dies bis zum Ende des bebauten Bereiches nördlich der Straße.

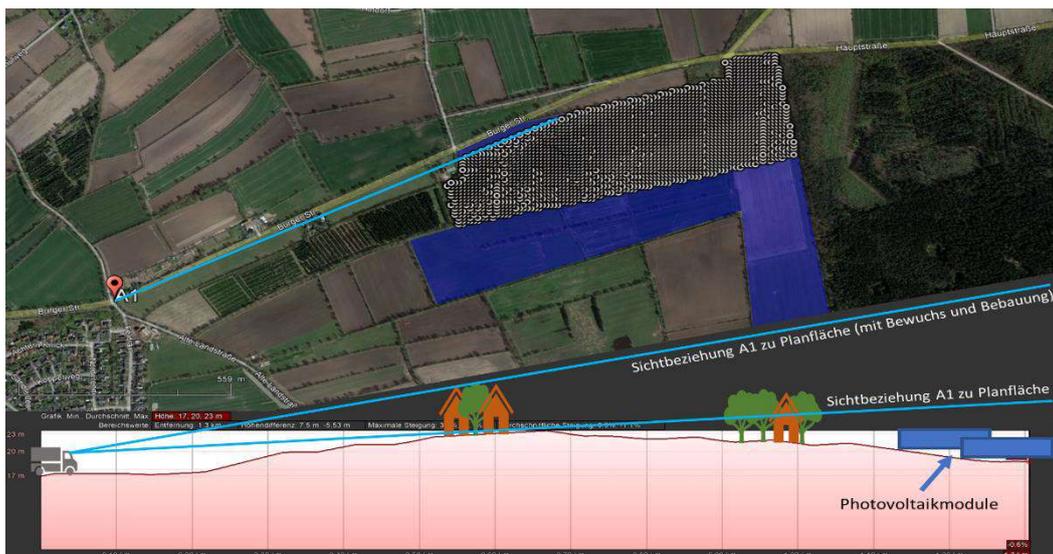


Abbildung 16: Darstellung Höhenprofil entlang Sichtachse Nord für Punkt A1

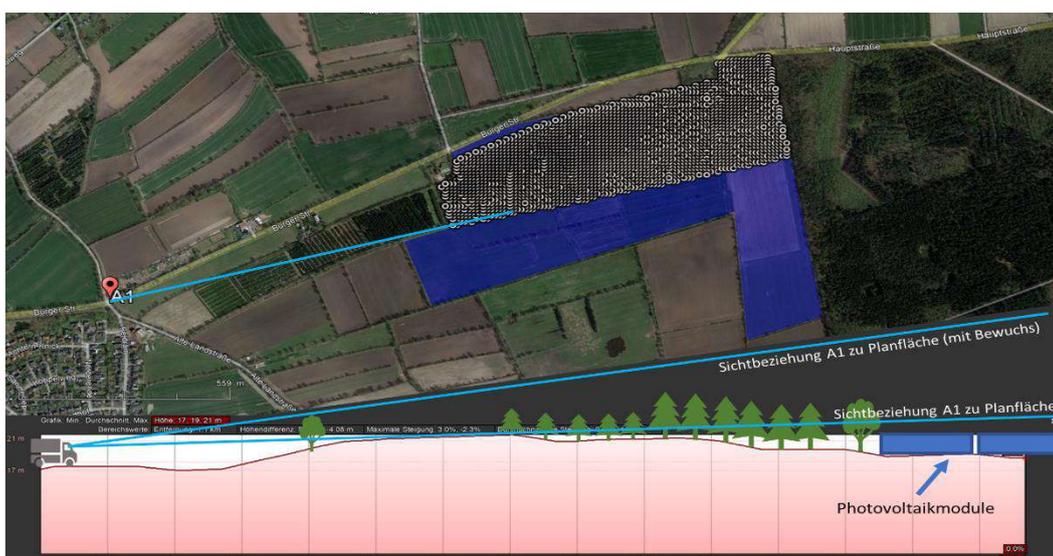


Abbildung 17: Darstellung Höhenprofil entlang Sichtachse Süd für Punkt A1



Abbildung 18: Darstellung Höhenprofil L140 von A1 Richtung Osten

In Abbildung 19 und Abbildung 20 sind die Höhenprofile für Punkt A2 dargestellt. Wie sich zeigt, wird die Sicht auf die reflektierenden Module zum größten Teil durch das Gebäude auf der Westseite der Fläche an der Burger Straße genommen. Hinzukommt der Baumbestand auf der Westseite, der eine direkte Sichtbeziehung unterbindet.



Abbildung 19: Darstellung Höhenprofil entlang Sichtachse Nord für Punkt A2

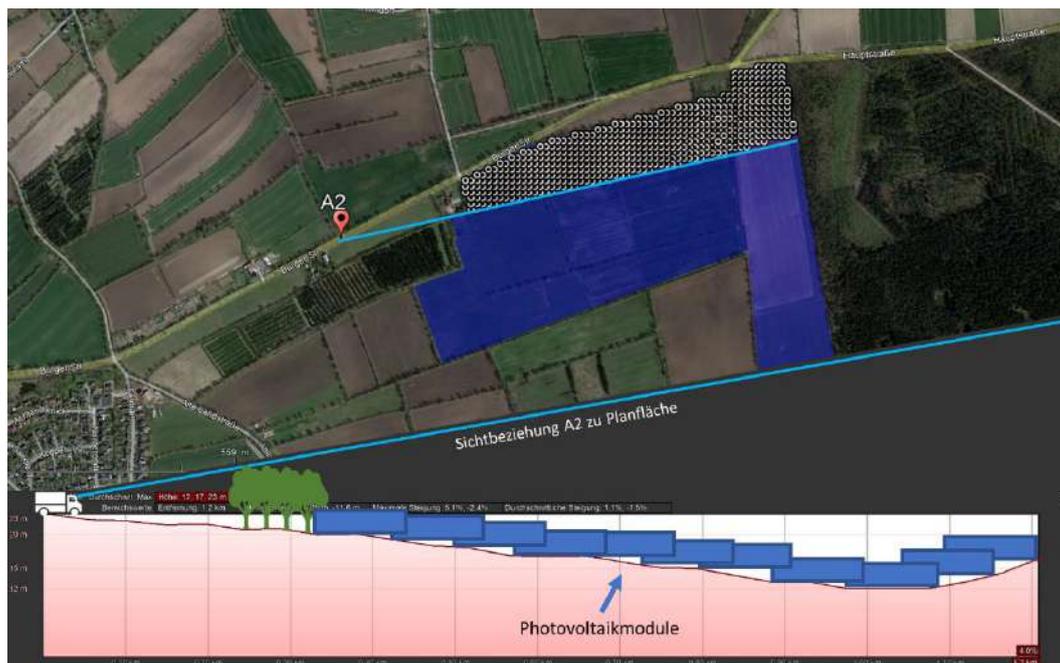


Abbildung 20: Darstellung Höhenprofil entlang Sichtachse Süd für Punkt A2

Punkt A3 zeigt die Situation des Teils der Straße, der direkt an den Park angrenzt. Ein direkter Blick Richtung reflektierender Module ist trotz Bäume und Knicks möglich. Daher ist ein Sichtschutz notwendig, wo die Photovoltaikanlage direkt an die Straße grenzt, siehe Abbildung 21. Aufgrund des leichten Gefälles nach Osten ist die Höhe so zu wählen, dass LKW Fahrer nicht über den Zaun schauen können. Die Oberkante sollte bei rund 2,5 m über der Fahrbahnoberfläche liegen.



Abbildung 21: Darstellung des notwendigen Sichtschutzes

Gebäude Burger Straße

Laut Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)⁷ ist ein bestimmtes Maß an Lichtimmissionen, die durch Reflexionen entstehen tolerierbar. Dies ist der Fall, wenn die maximale astronomisch mögliche Dauer pro Tag auf 30 Minuten begrenzt ist und im Kalenderjahr 30 Stunden nicht überschritten werden.

Für die Gebäude an der Burger Straße stellt das Gebäude ON3 mit dem OG den ungünstigsten Fall dar. Hier beträgt die maximale Dauer eines Ereignisses, zu dem Lichtimmissionen wahrgenommen werden können, 16 Minuten am Tag und maximal 21,2 Stunden im Kalenderjahr.

Die berechnete Dauer und Anzahl der Ereignisse gilt für eine freie Sichtbeziehung. Diese ist aufgrund von Bäumen und Büschen der Knicke und die Baumschule sowie der Tatsache, dass die Photovoltaikanlage in einer Mulde liegt, nicht gegeben. Es ist davon auszugehen, dass ein sehr großer Teil der Photovoltaikanlage von den Gebäuden aus nicht sichtbar ist

Ortsrand St. Michaelisdonn (Feldrain)

Für die Gebäude am Ortsrand von St. Michaelisdonn stellt das Gebäude OW1 mit dem EG den ungünstigsten Fall dar. Hier beträgt die maximale Dauer eines Ereignisses, zu dem Lichtimmissionen wahrgenommen werden können, 6 Minuten am Tag und maximal 8,3 Stunden im Kalenderjahr.

Die berechnete Dauer und Anzahl der Ereignisse gilt für eine freie Sichtbeziehung. Diese ist aufgrund von Bäumen und Büschen der Knicke sowie der Tatsache, dass die Photovoltaikanlage in einer Mulde liegt, nicht gegeben. Es ist davon auszugehen, dass ein sehr großer Teil der Photovoltaikanlage von den Gebäuden aus nicht sichtbar ist.

⁷ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

E. Bewertung

Die folgende Bewertung gilt für die Modulneigungswinkel 15° , $17,5^\circ$ und 20° .

Aus den Ergebnissen der geometrischen Reflexionsbetrachtung in Kapitel D.2.2 geht hervor, dass auf der L140, aufgrund von Reflexionen an den Modulen der Photovoltaikanlage Solarhof-Grünthal, ohne Berücksichtigung der Knicks und Bäume Lichtimmissionen von April bis August in den Morgenstunden zu erwarten sind. Diese Immissionen treten in etwa zwischen 05:36 Uhr bis 06:30 Uhr auf. Die Dauer beträgt im Maximum 8 Minuten. Bei dieser Betrachtung wurden Ereignisse, bei denen der Differenzwinkel zwischen Reflexionsort und Sonne kleiner 10° beträgt, entsprechend der Empfehlung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)⁸ nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Kapitel D.2.3 zeigen, dass die Reflexionen in einem Winkel auf die Straße treffen, der erkennen lässt, dass reflektierende Module sich innerhalb des normalen Blickfeldes der Fahrzeugführer befinden. Aufgrund der Knicks und Bäume ist die Planfläche von der Straße nur im Bereich östlich der Baumschule einsehbar. Eine Störung des Straßenverkehrs kann hier nur dann ausgeschlossen werden, wenn ein Sichtschutz, wie in Abbildung 21 dargestellt, errichtet wird.

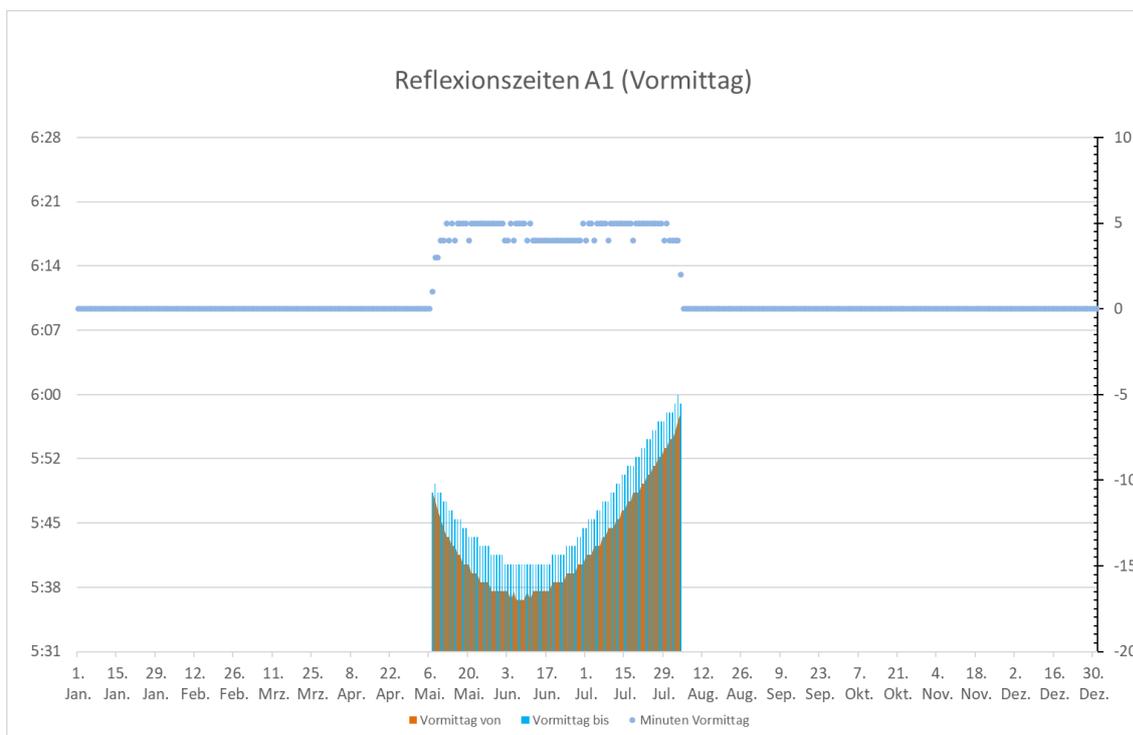
Die quantitative Analyse der Lichtemissionen bei freier Sichtbeziehung zeigt für die Ortschaften, dass an den Bebauungen des Ortsrandes Michaelisdonn (Feldrain) sowie an den Bebauungen entlang der Burger Straße Lichtimmissionen zu erwarten wären. Nach den Richtlinien der LAI liegen keine erheblichen Belästigungen vor, da die zu tolerierenden Zeiträume mit maximal 16 Minuten am Tag und maximal 21,2 Stunden im Jahr eingehalten werden.

Berücksichtigt man die Knicklinien kann festgestellt werden, dass die Sichtbeziehungen zwischen den Gebäuden und der Planfläche durch Büsche und Bäume stark eingeschränkt sind. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass an den Gebäuden in der Burger Straße und am Feldrain Reflexionen an den Photovoltaikmodulen nur eingeschränkt wahrzunehmen sind.

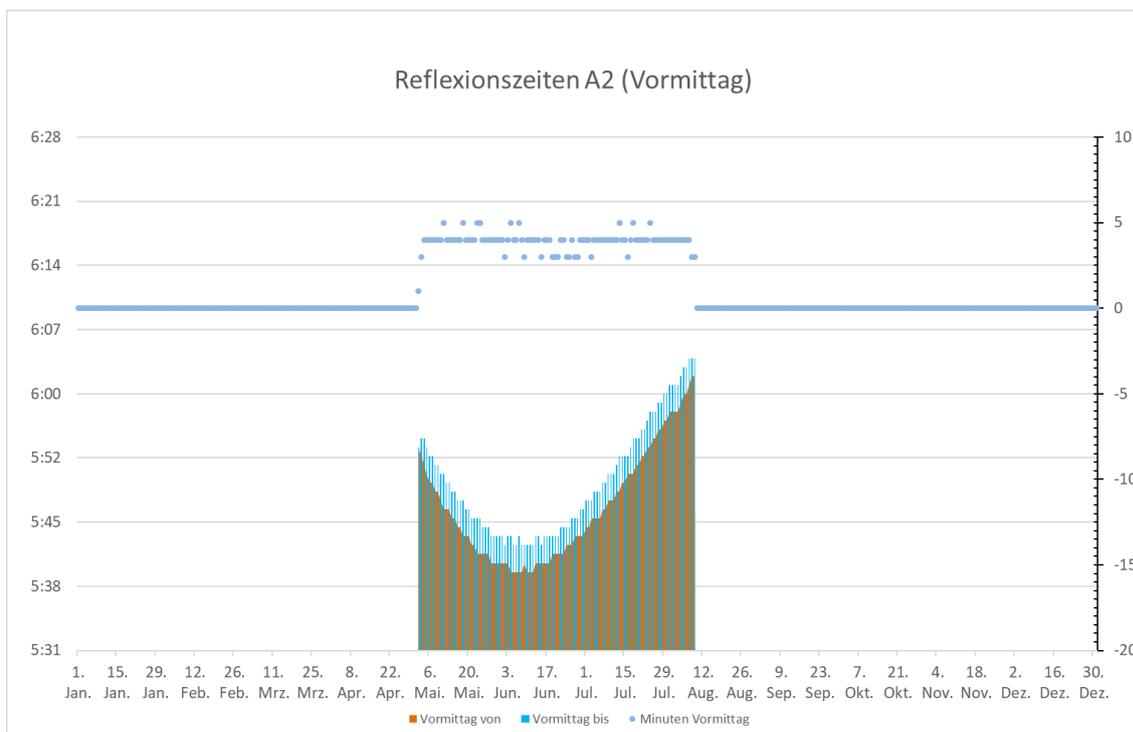
⁸ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI); Beschluss der LAI vom 13.09.2012

Anhang

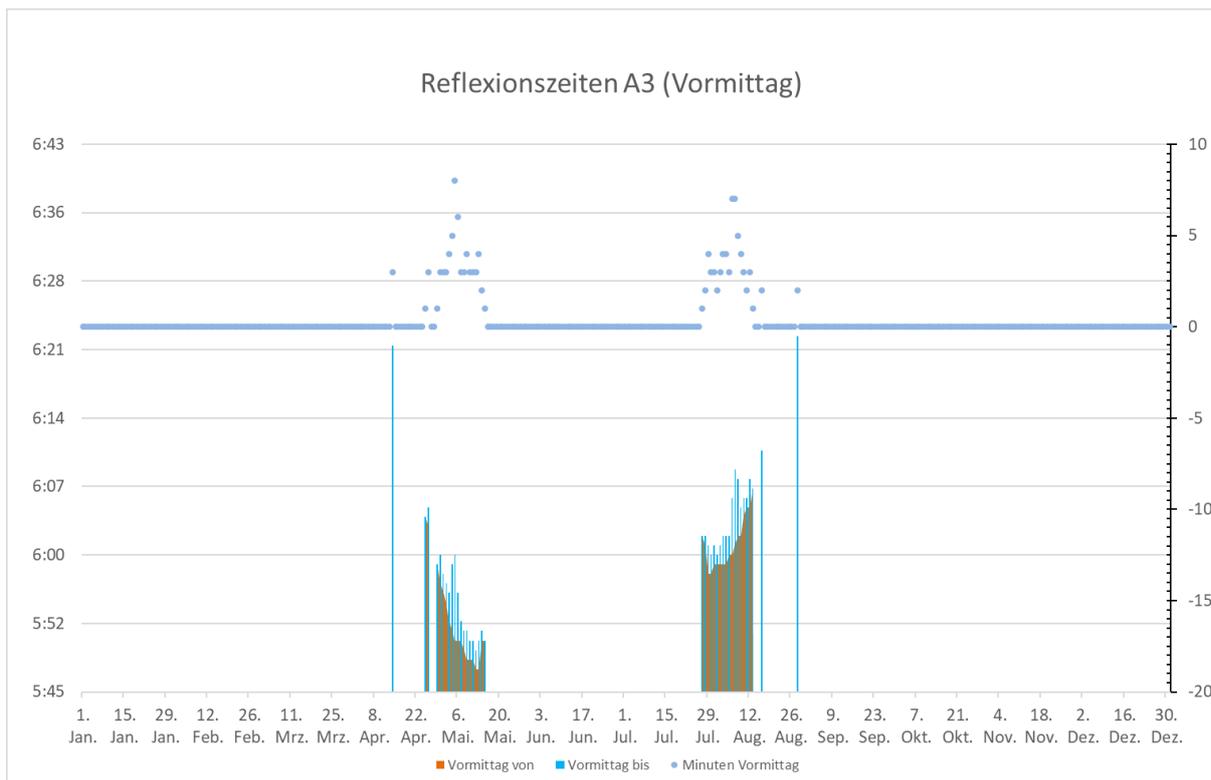
Reflexionszeiten und Dauer



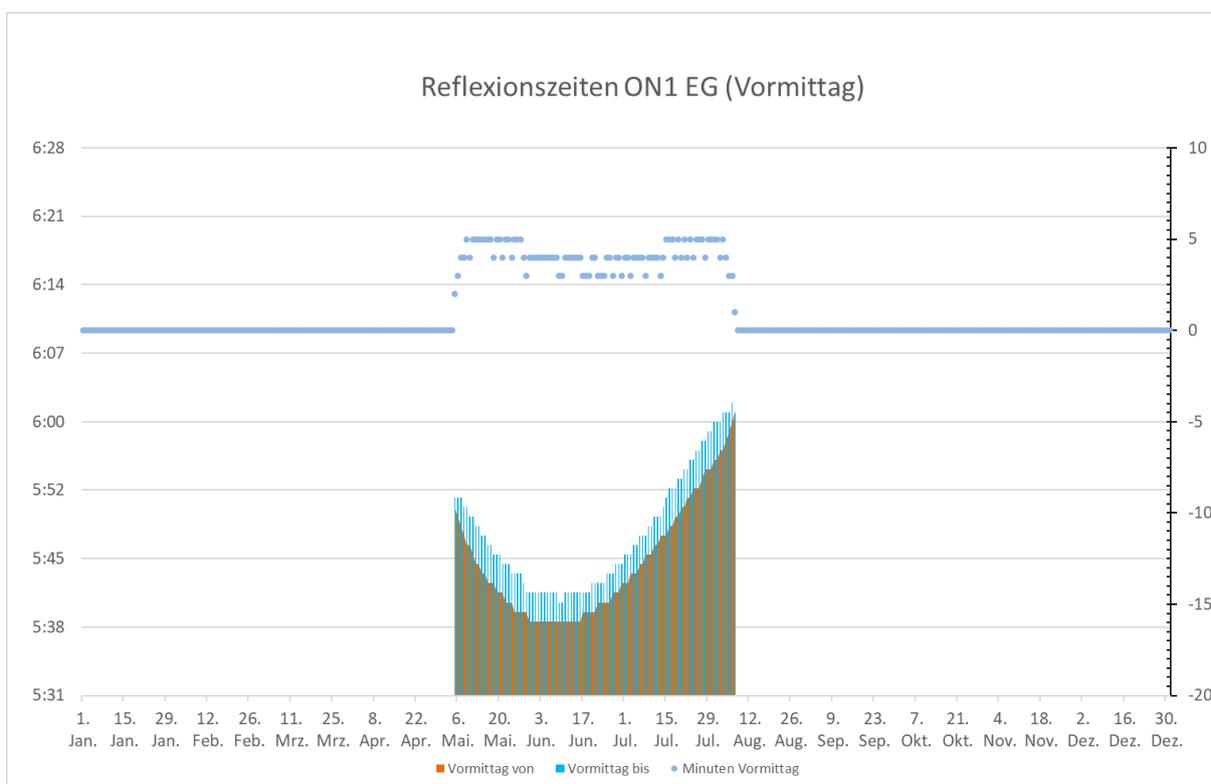
Punkt A1 vormittags 15° Neigungswinkel



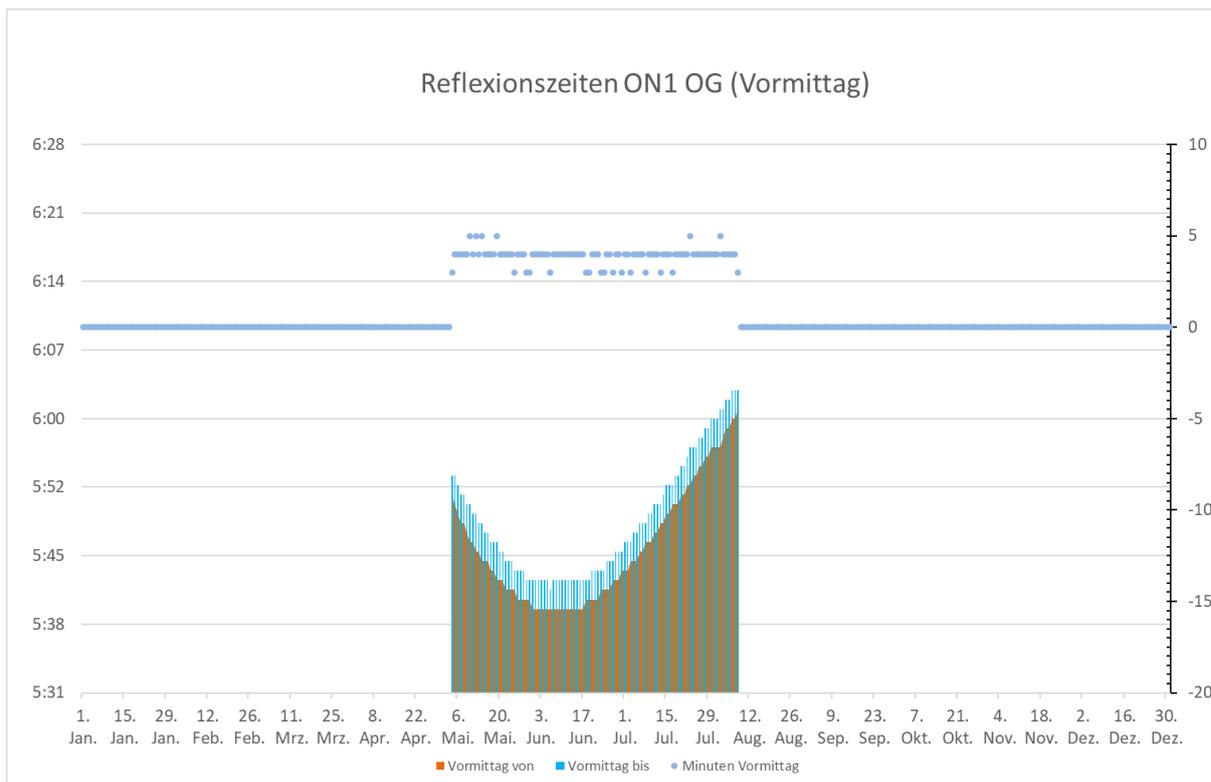
Punkt A2 vormittags 15° Neigungswinkel



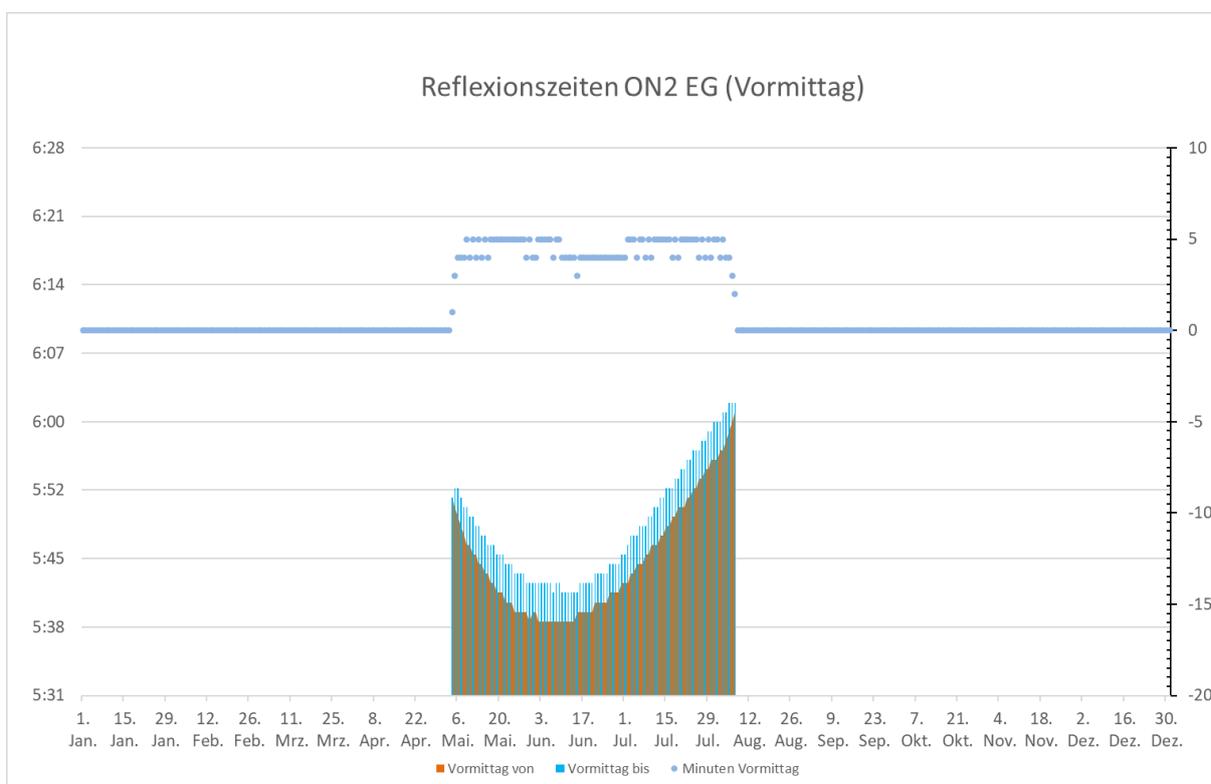
Punkt A3 vormittags 15° Neigungswinkel



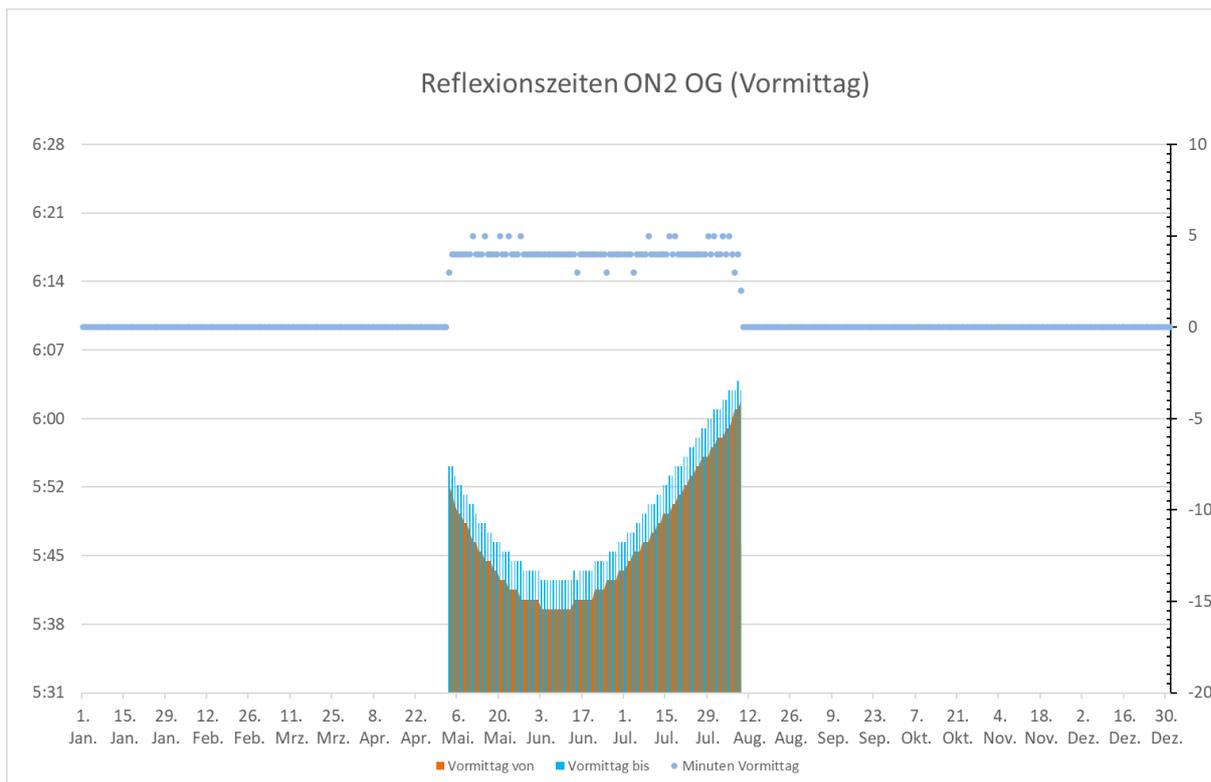
Punkt ON1-EG vormittags 15° Neigungswinkel



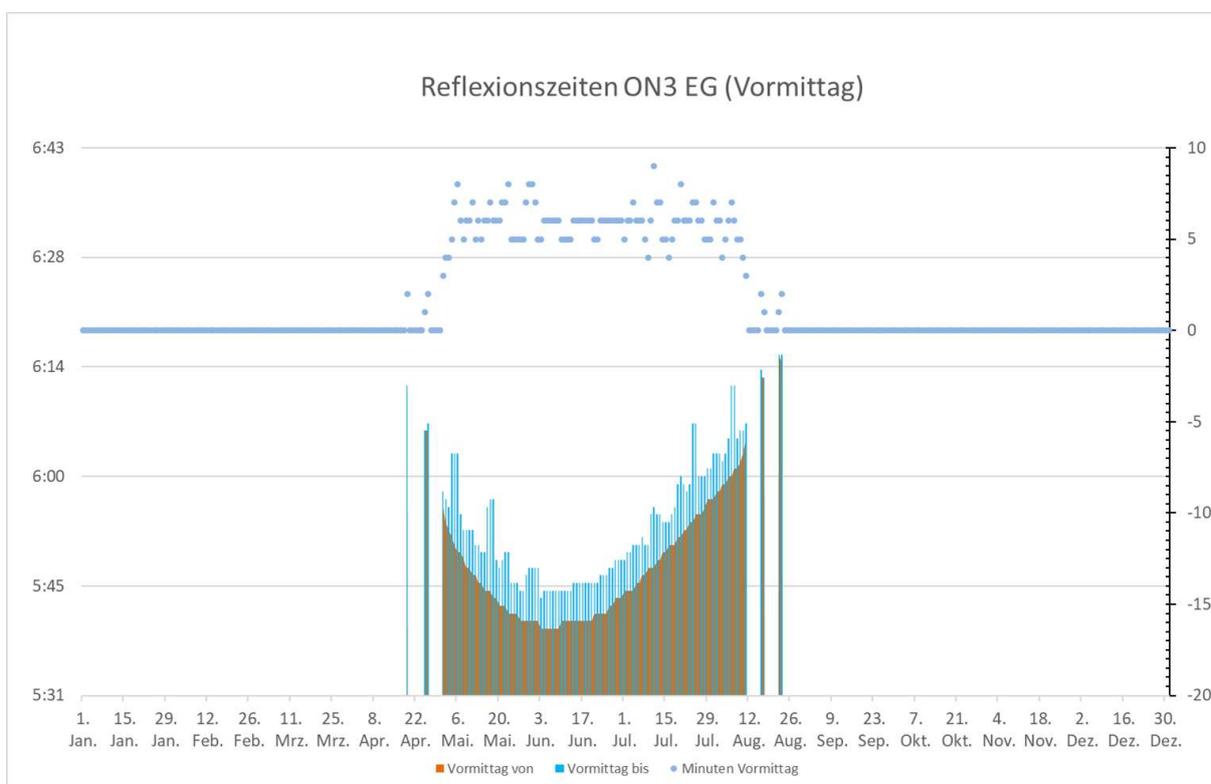
Punkt ON1-OG vormittags 15° Neigungswinkel



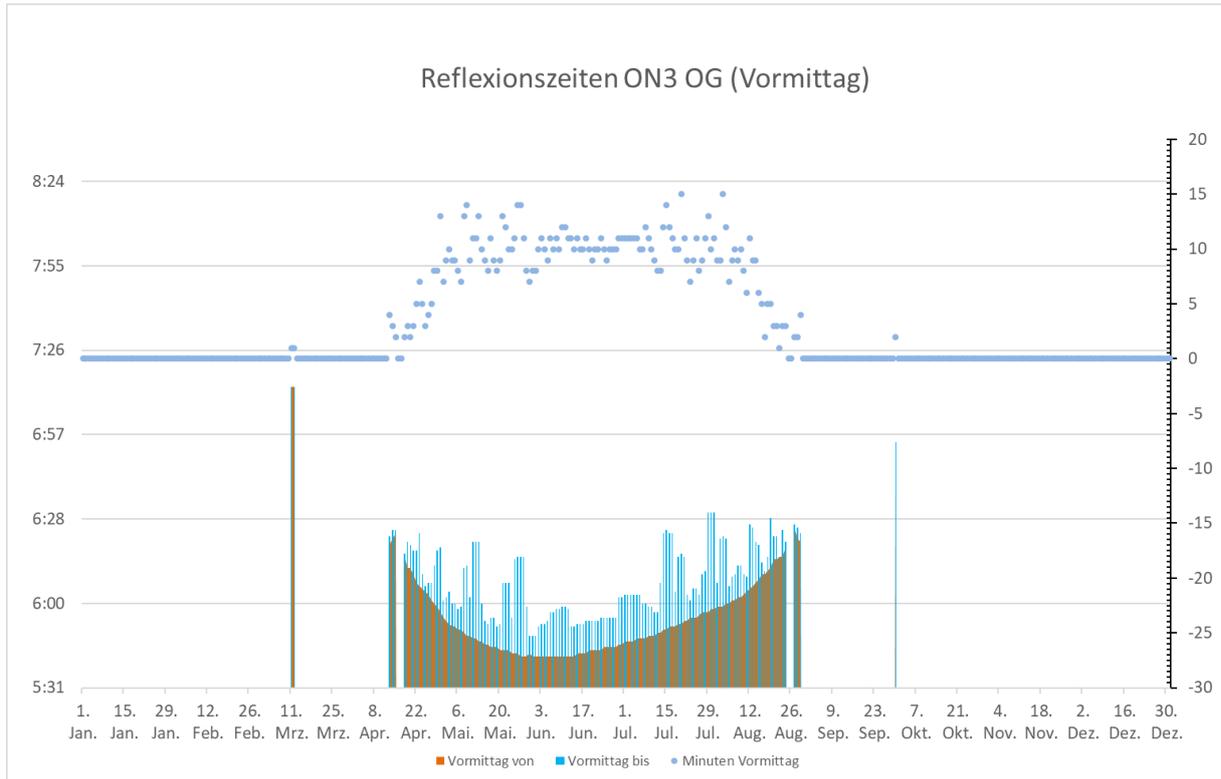
Punkt ON2-EG vormittags 15° Neigungswinkel



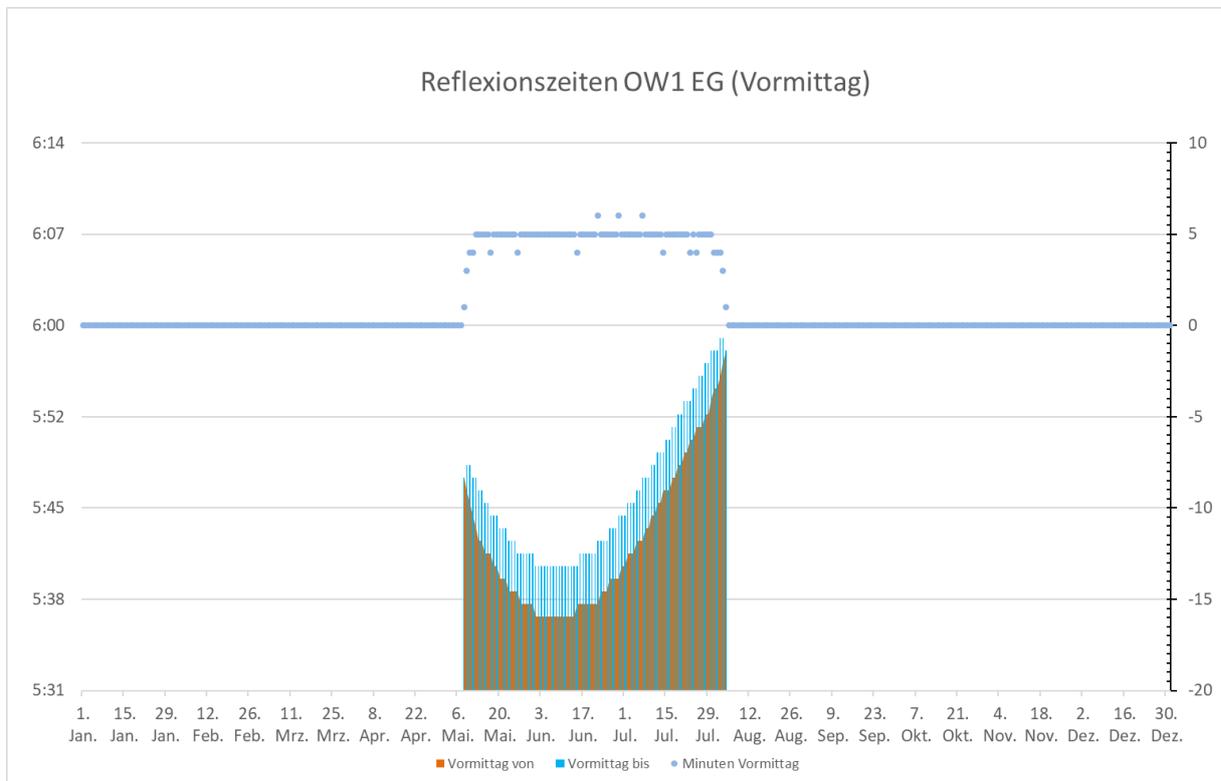
Punkt ON2-OG vormittags 15° Neigungswinkel



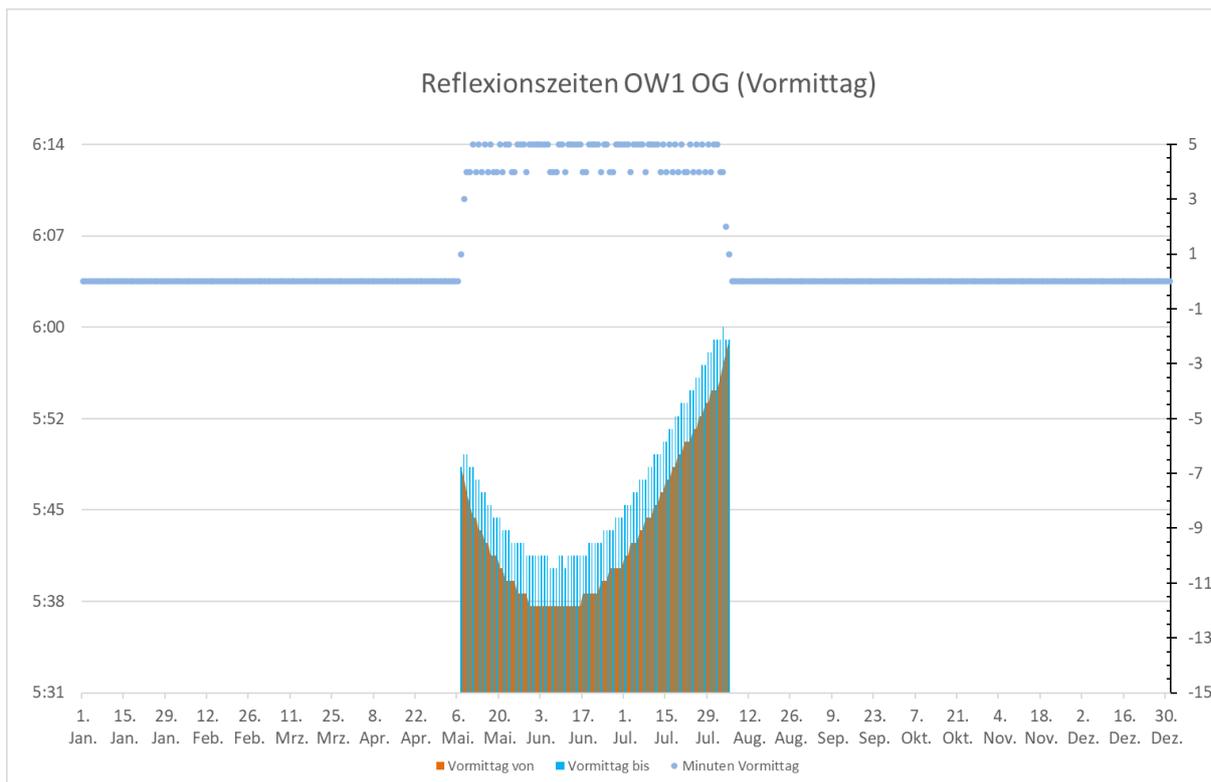
Punkt ON3-EG vormittags 15° Neigungswinkel



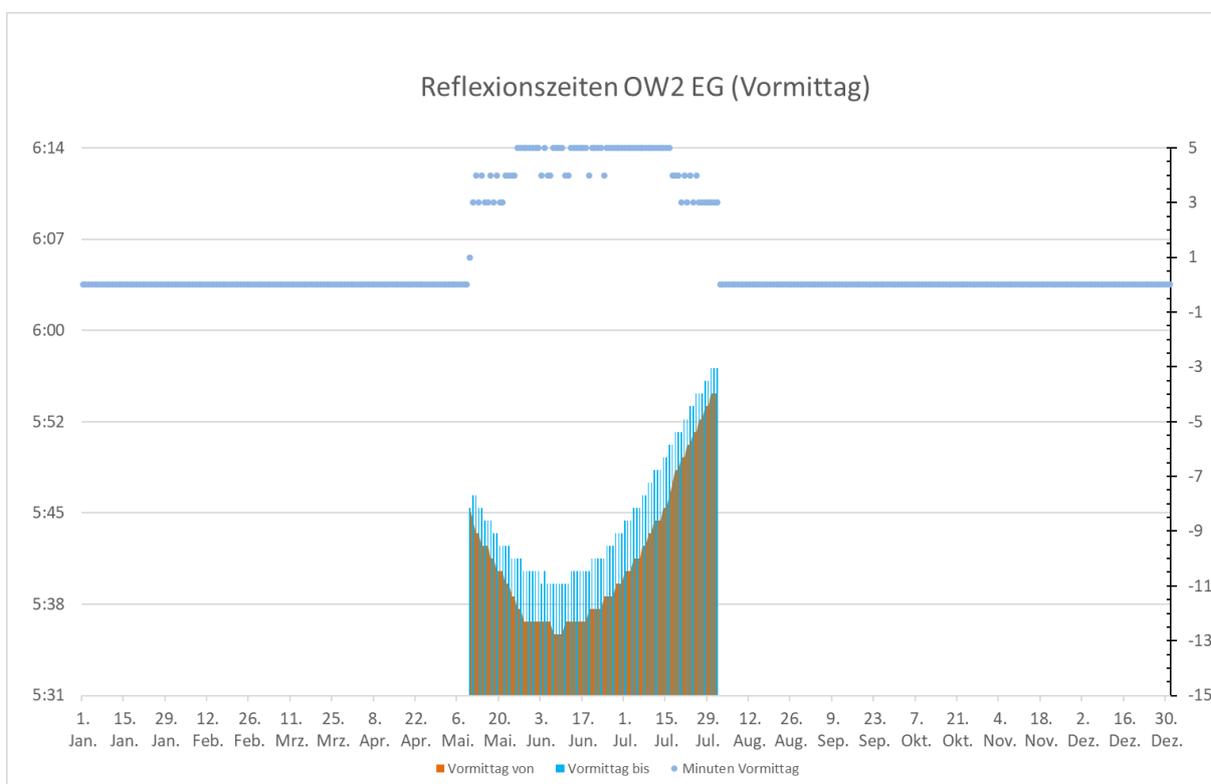
Punkt ON3-OG vormittags 15° Neigungswinkel



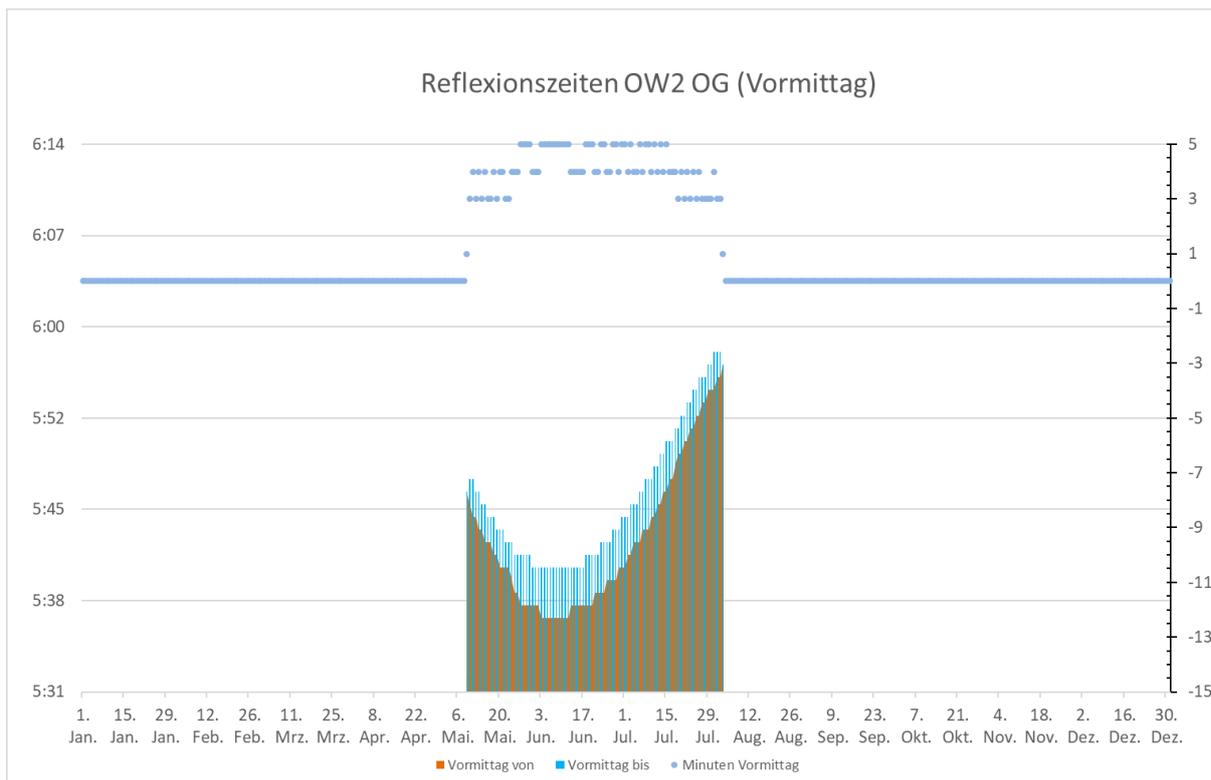
Punkt OW1-EG vormittags 15° Neigungswinkel



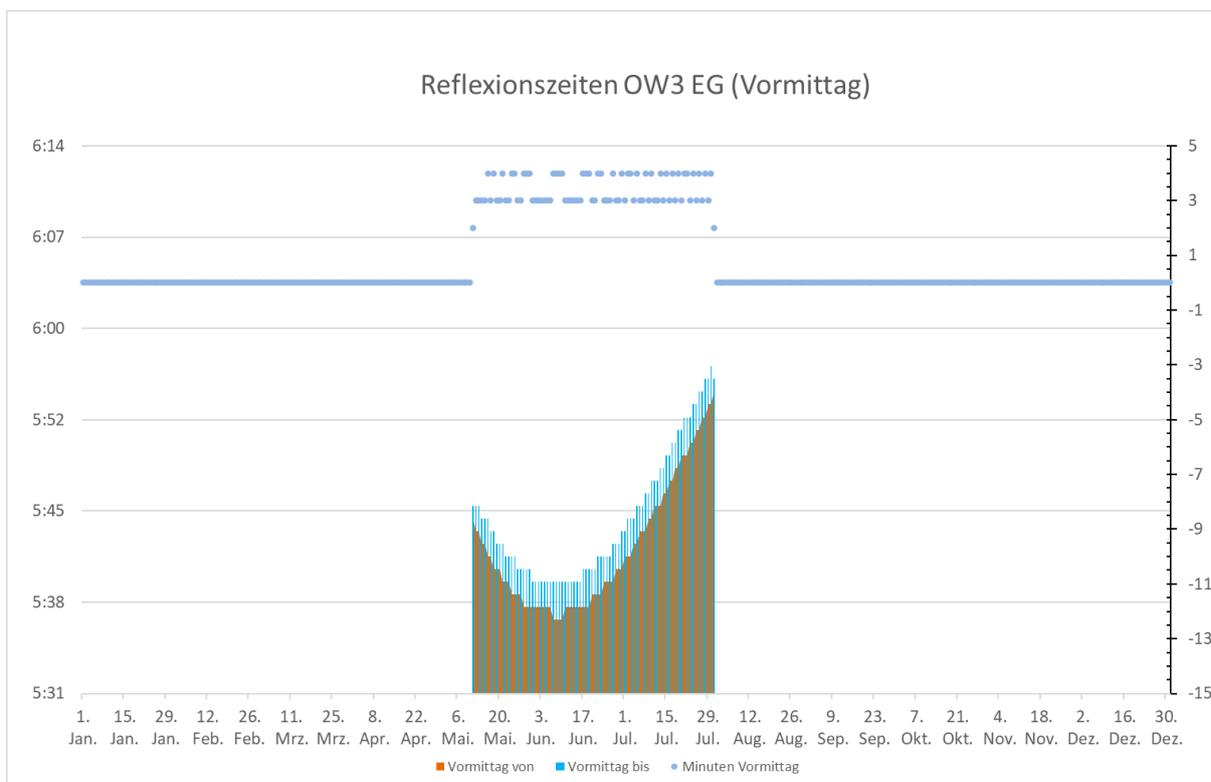
Punkt OW1-OG vormittags 15° Neigungswinkel



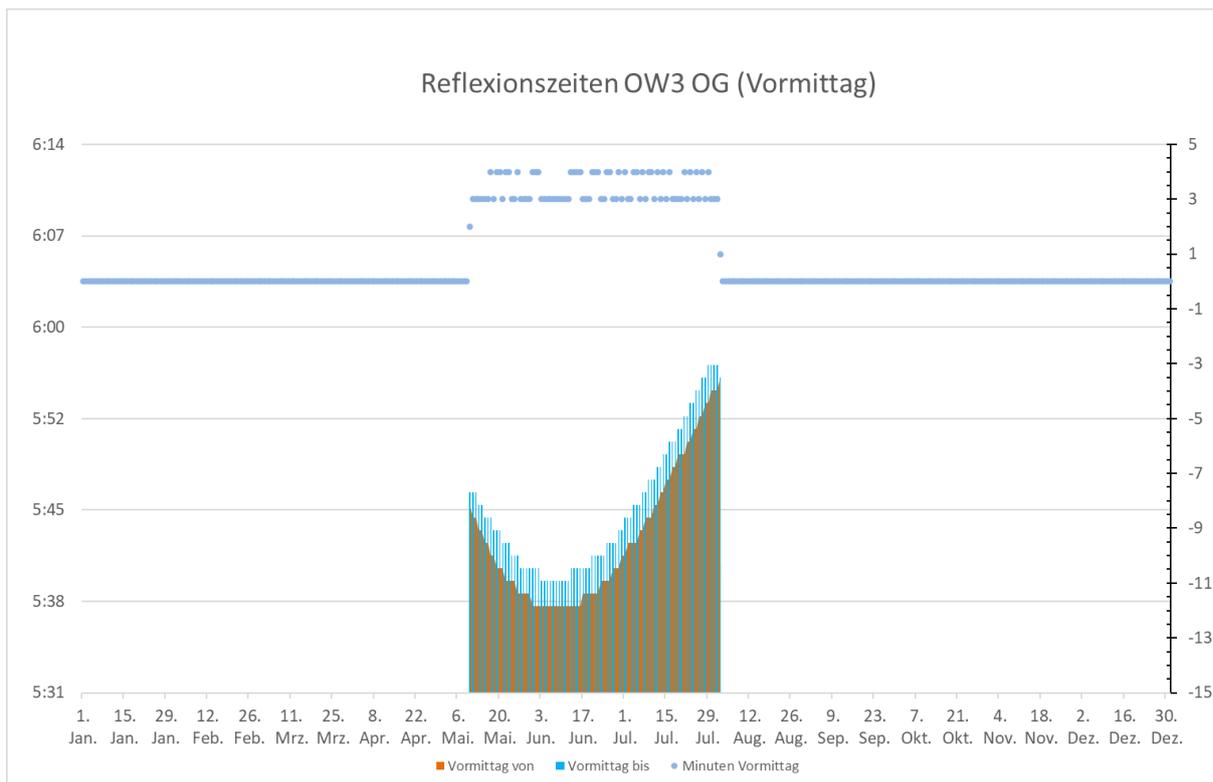
Punkt OW2-EG vormittags 15° Neigungswinkel



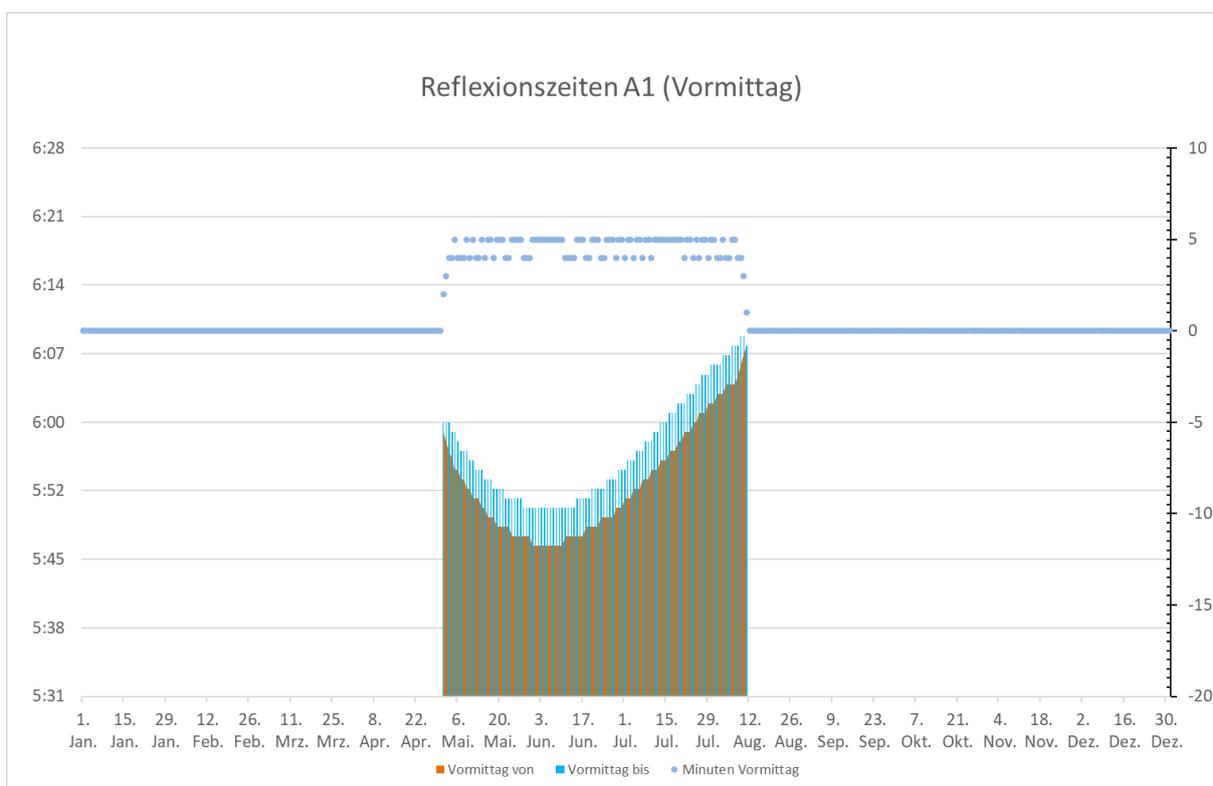
Punkt OW2-OG vormittags 15° Neigungswinkel



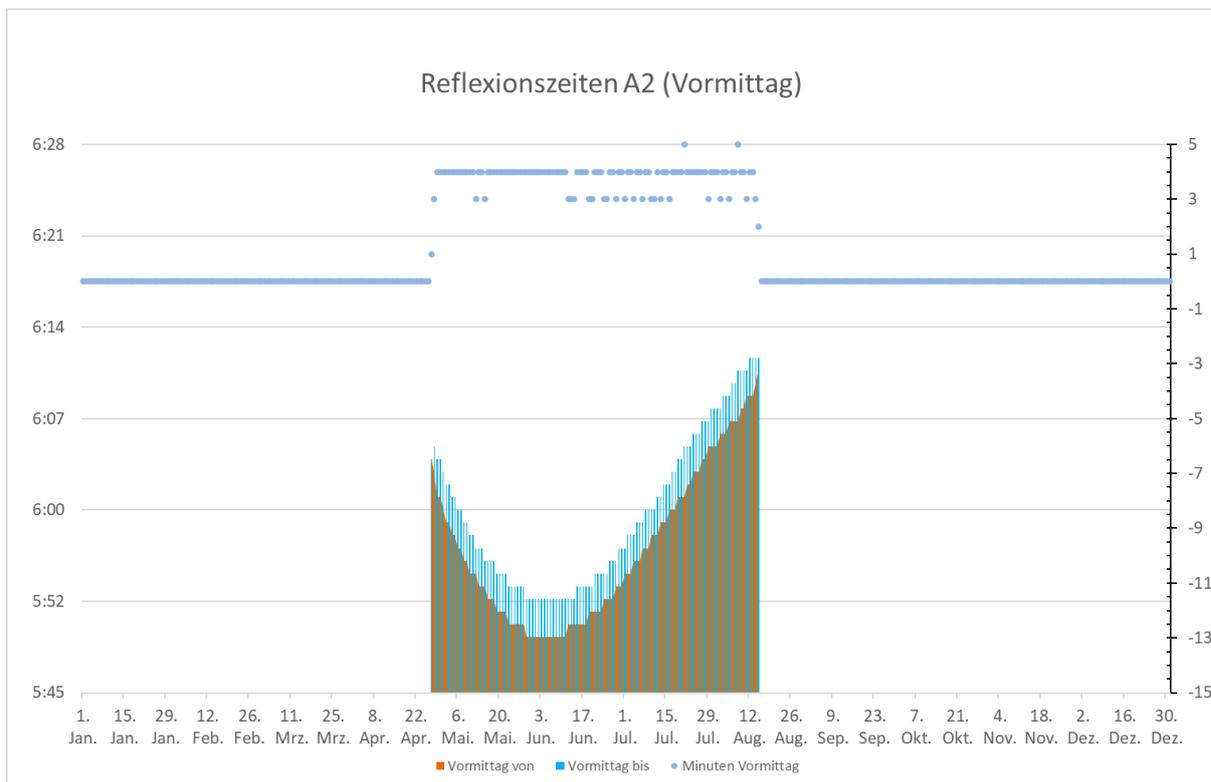
Punkt OW3-EG vormittags 15° Neigungswinkel



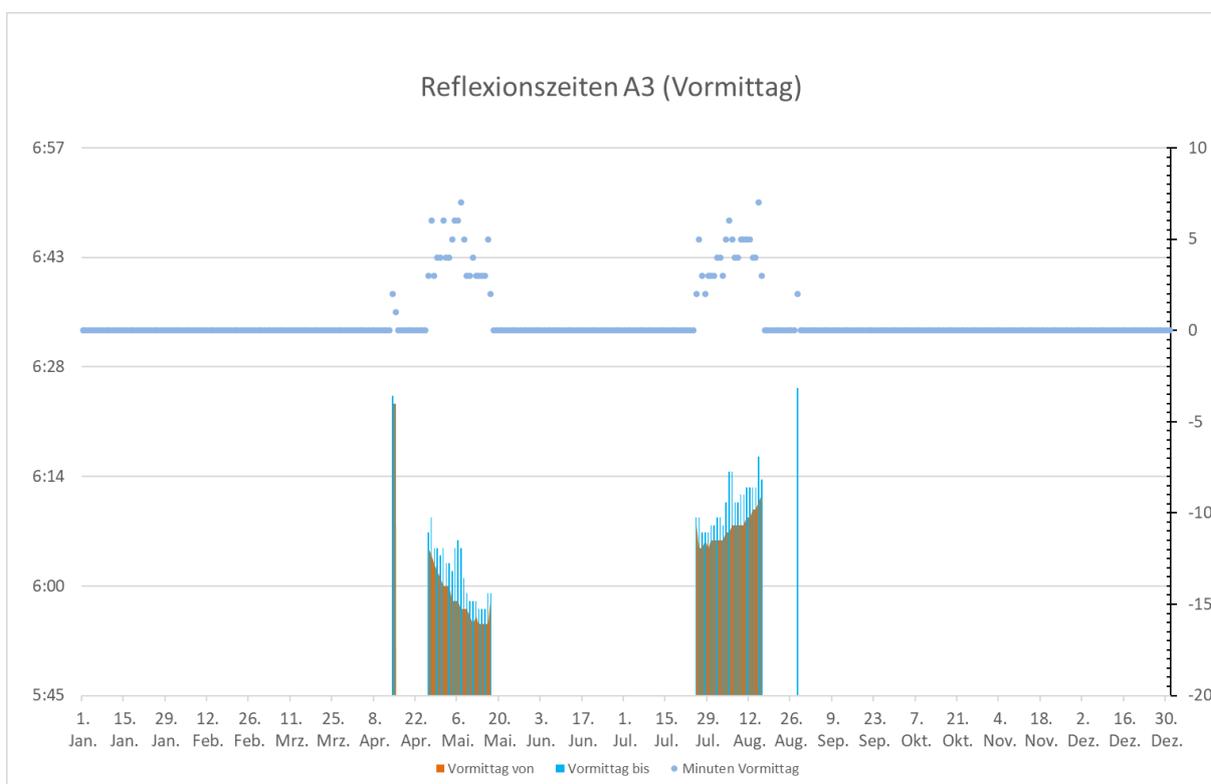
Punkt OW3-OG vormittags 15° Neigungswinkel



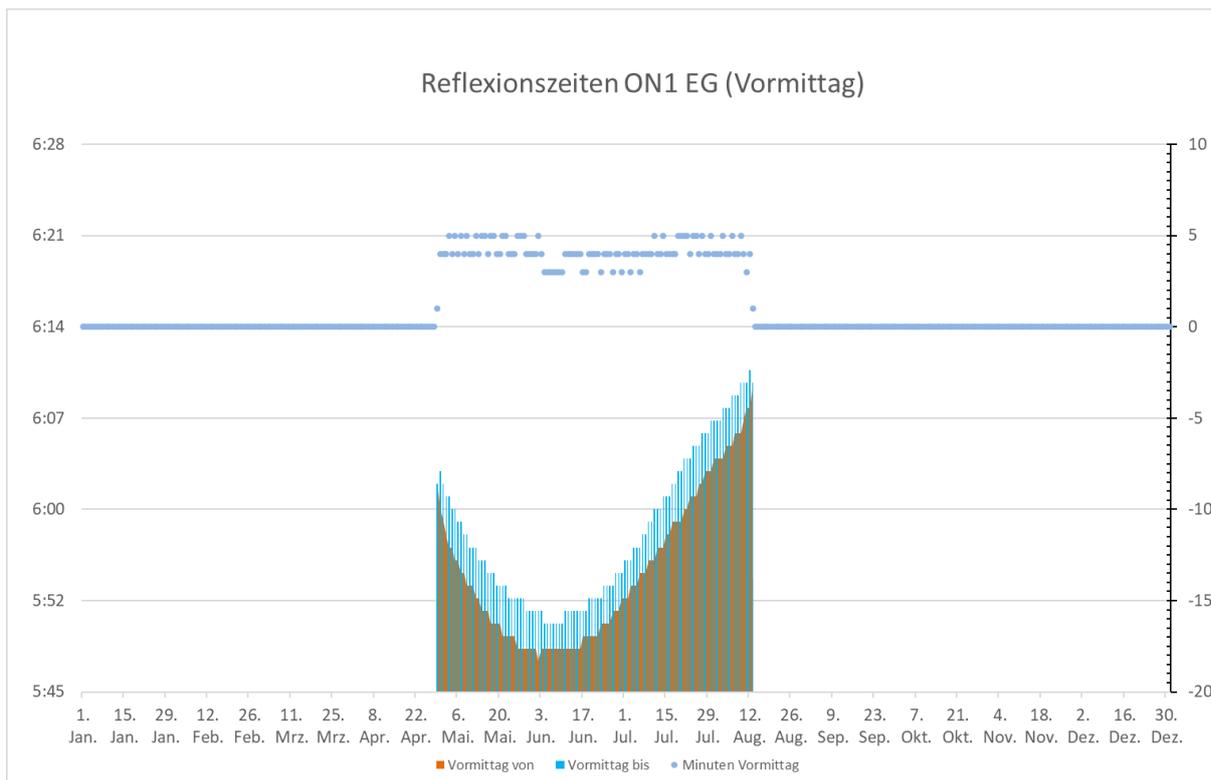
Punkt A1 vormittags 17,5° Neigungswinkel



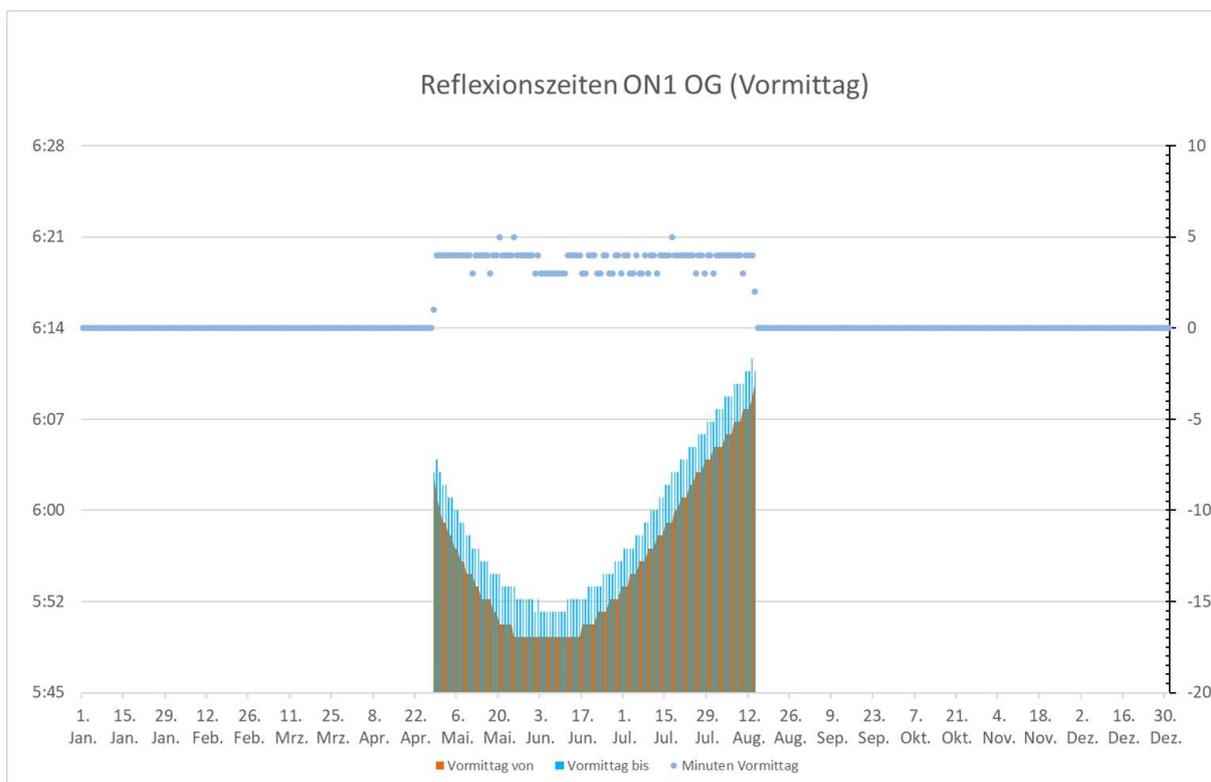
Punkt A2 vormittags 17,5° Neigungswinkel



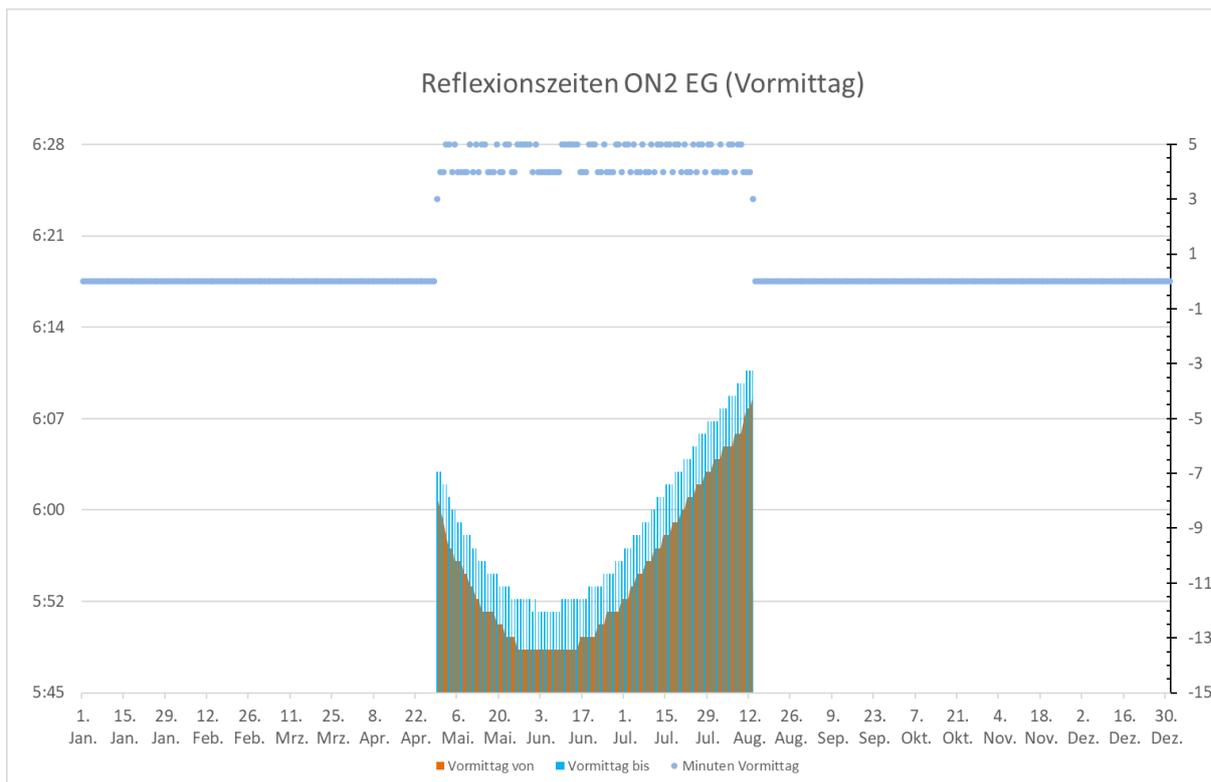
Punkt A3 vormittags 17,5° Neigungswinkel



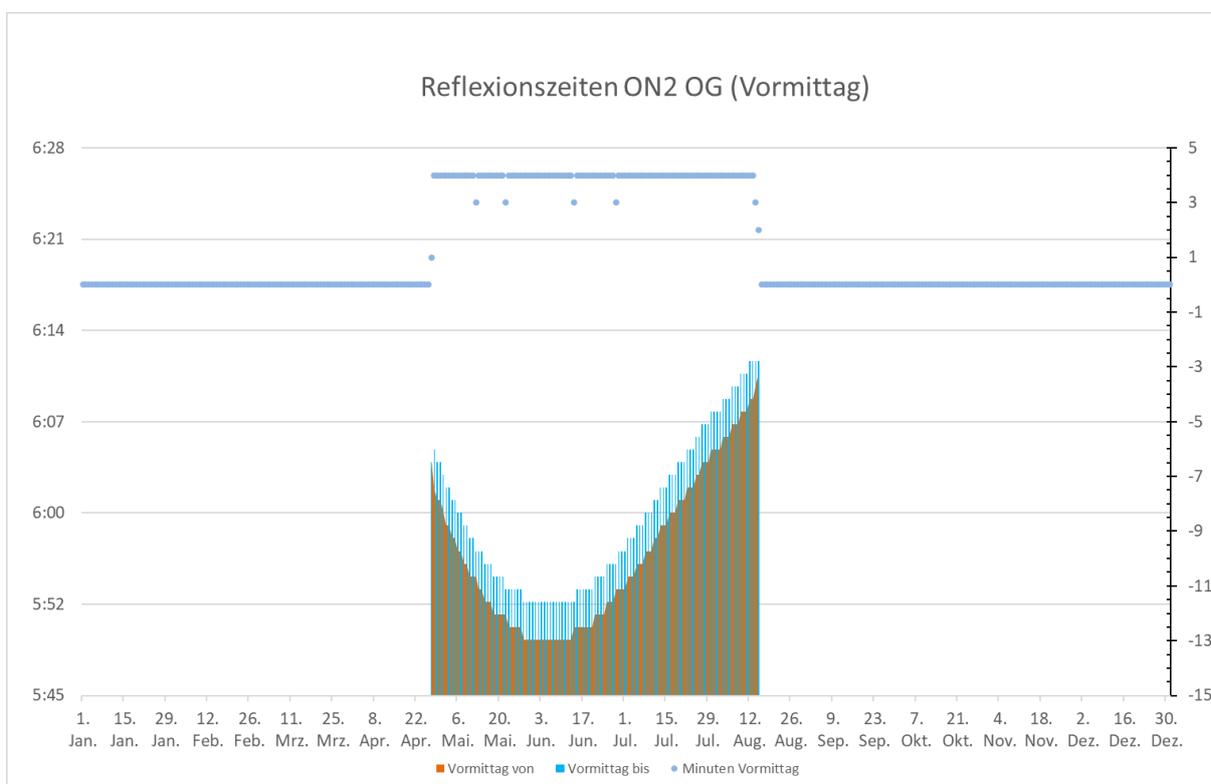
Punkt ON1-EG vormittags 17,5° Neigungswinkel



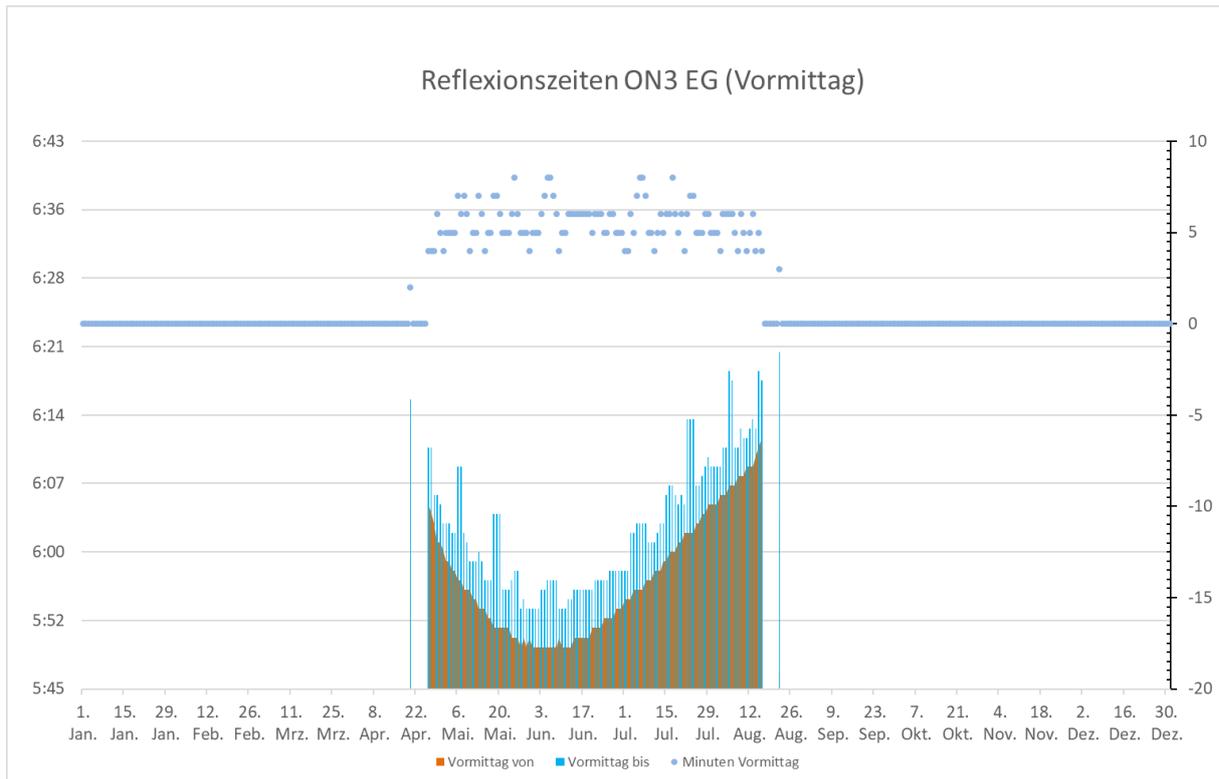
Punkt ON1-OG vormittags 17,5° Neigungswinkel



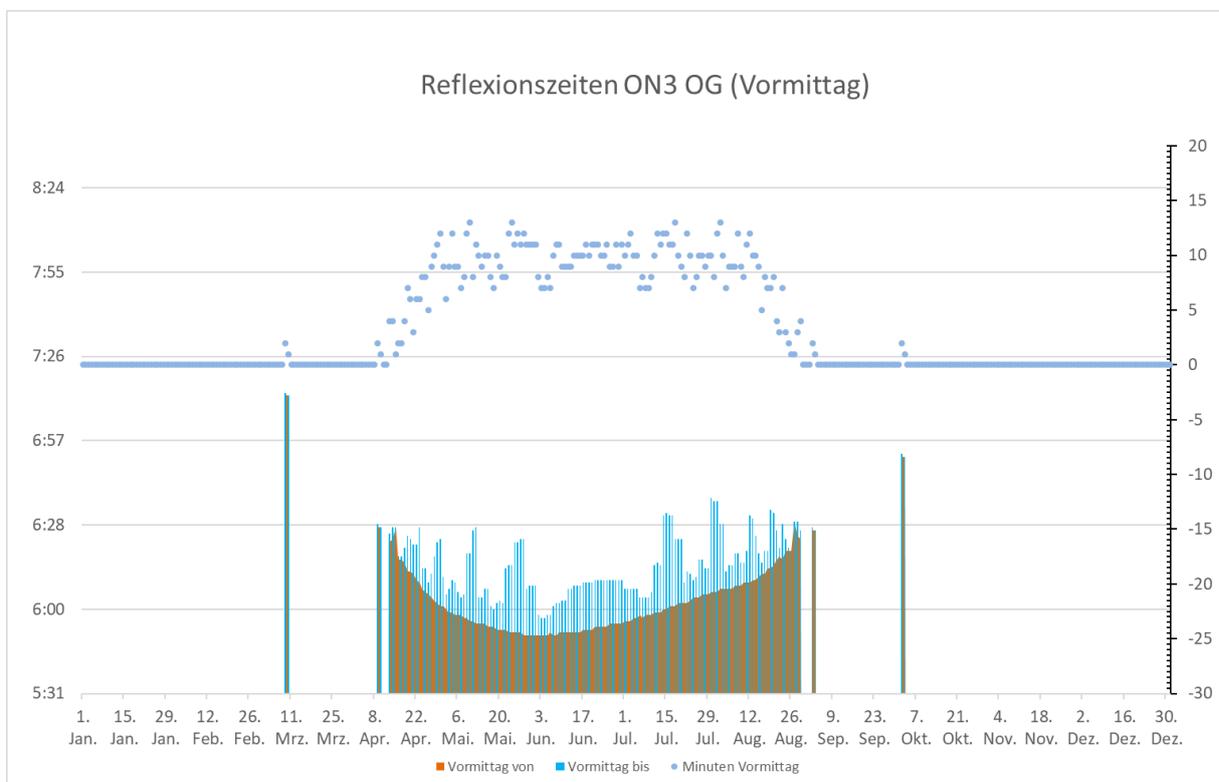
Punkt ON2-EG vormittags 17,5° Neigungswinkel



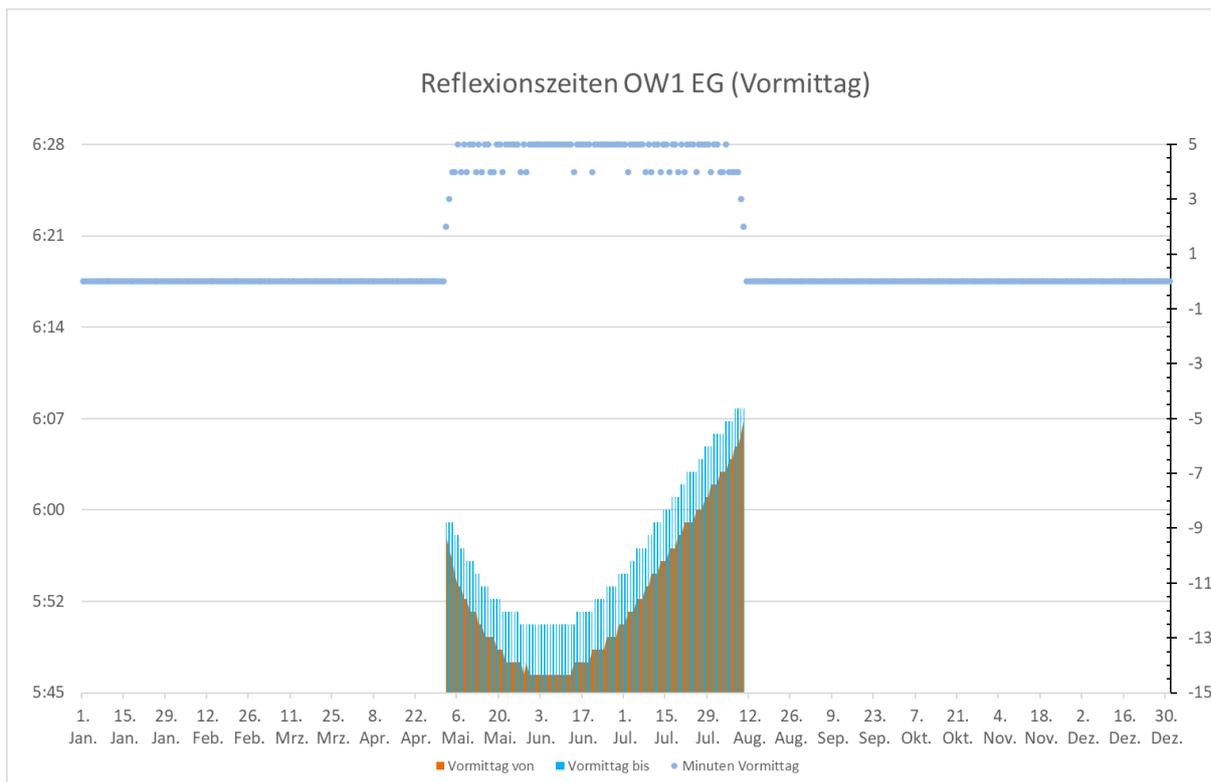
Punkt ON2-OG vormittags 17,5° Neigungswinkel



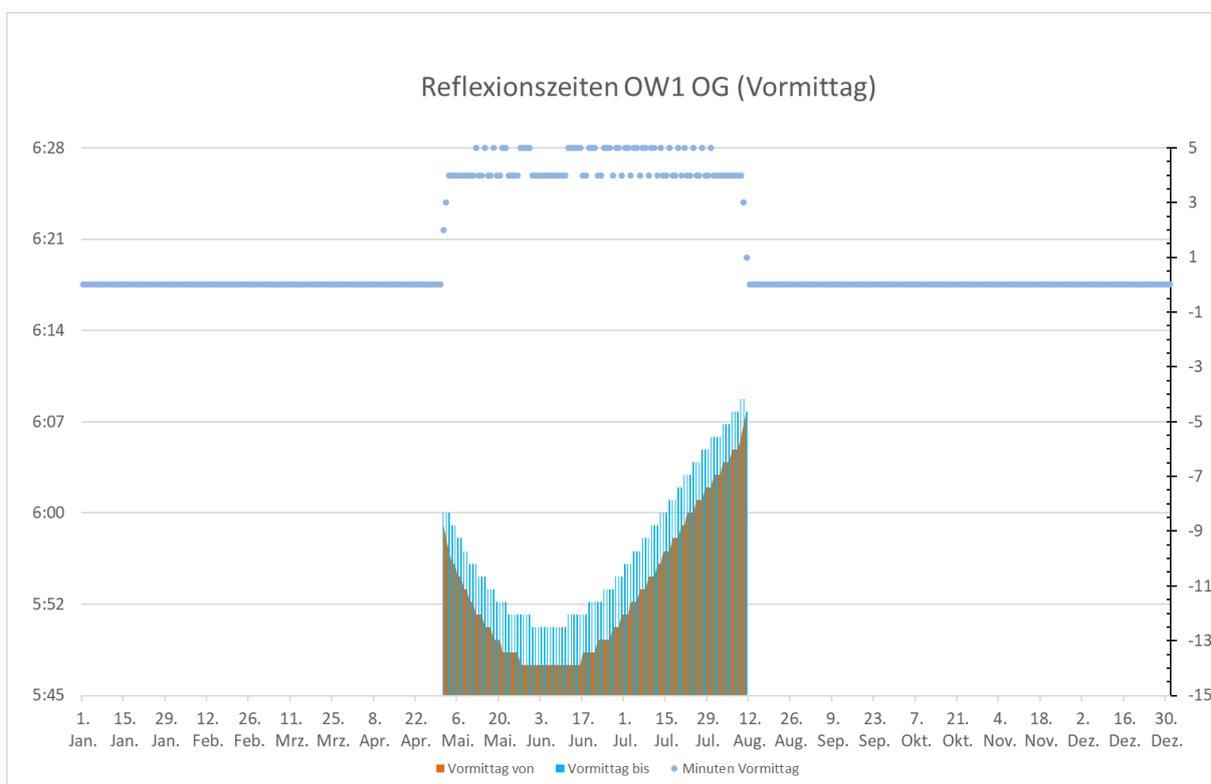
Punkt ON3-EG vormittags 17,5° Neigungswinkel



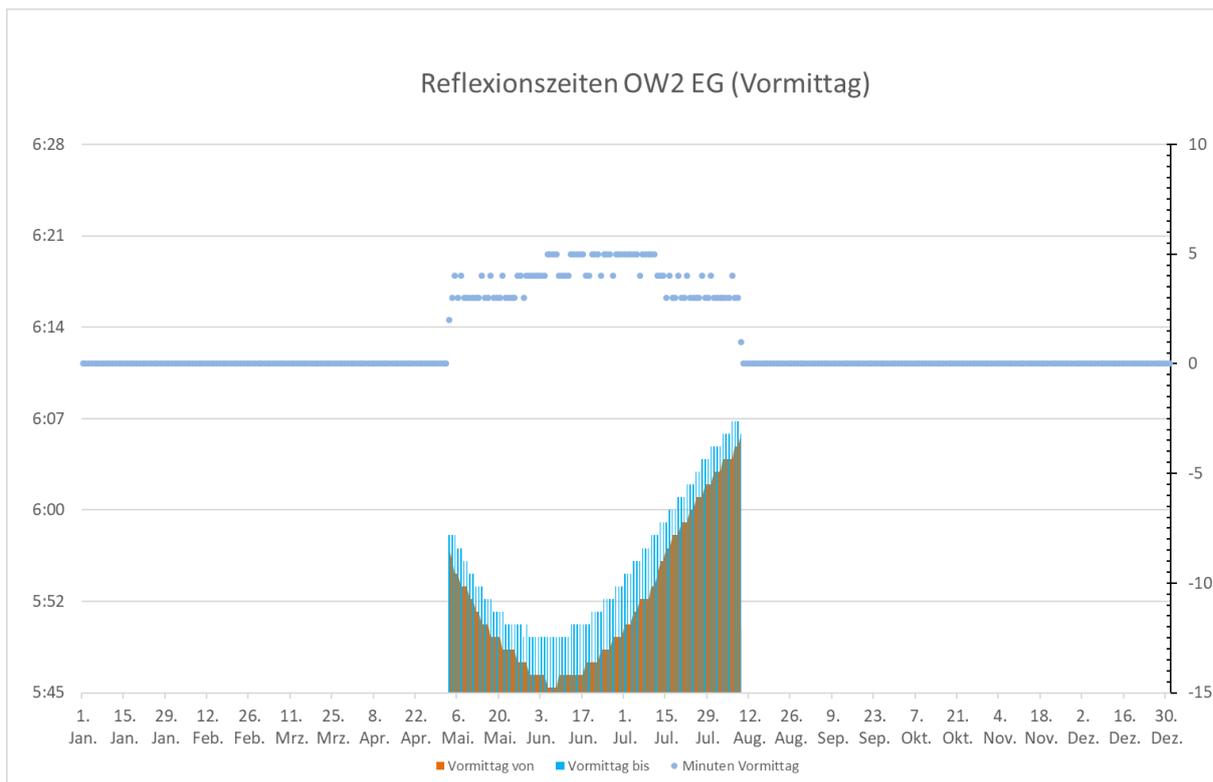
Punkt ON3-OG vormittags 17,5° Neigungswinkel



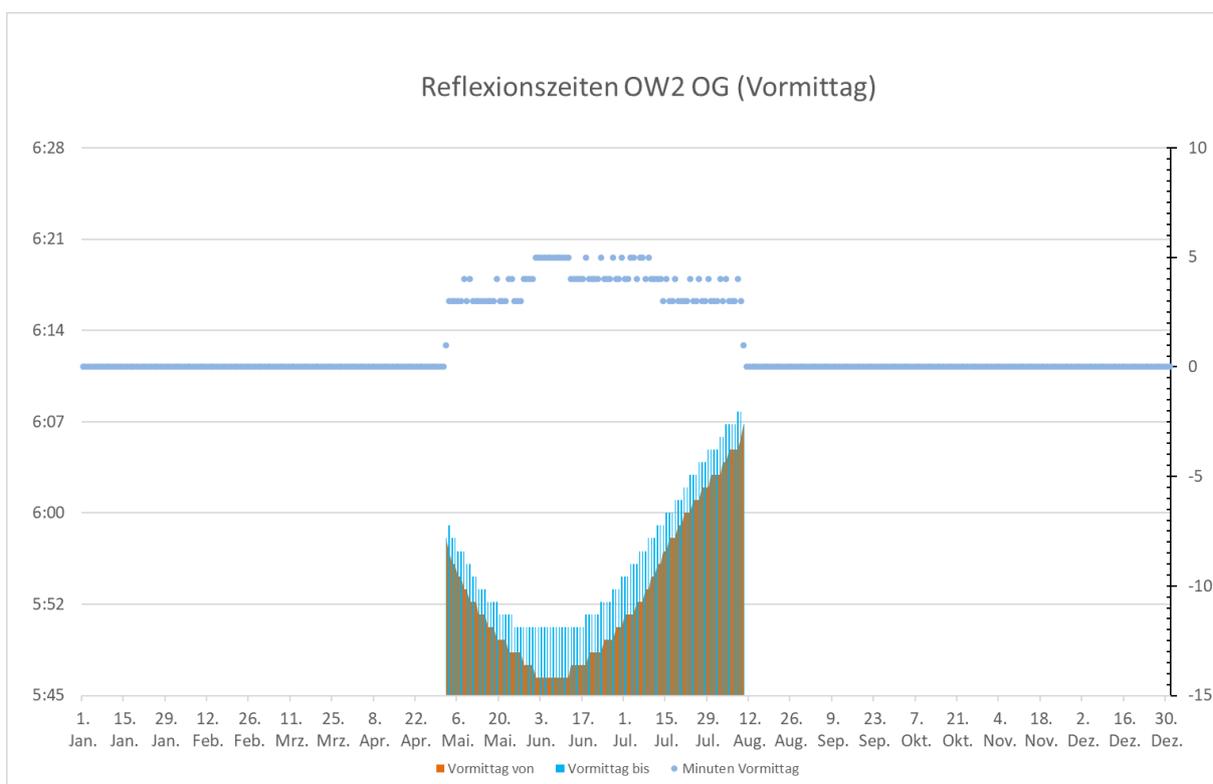
Punkt OW1-EG vormittags 17,5° Neigungswinkel



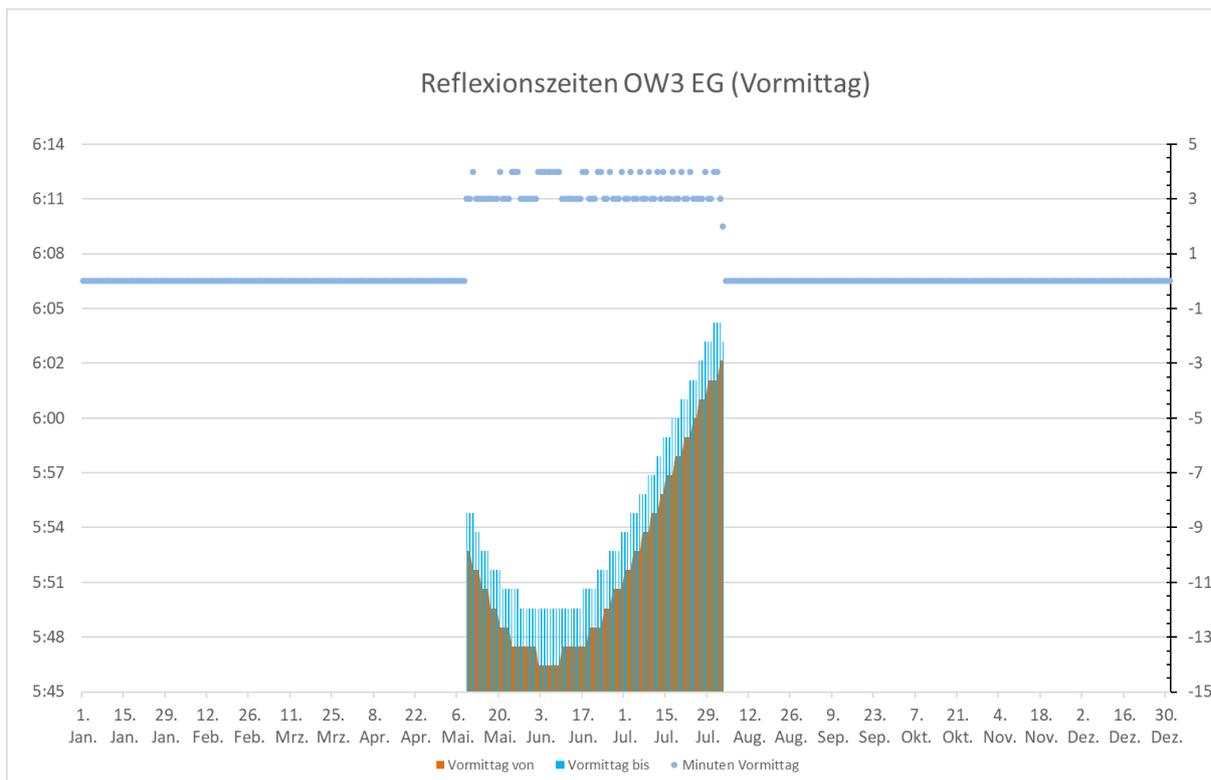
Punkt OW1-OG vormittags 17,5° Neigungswinkel



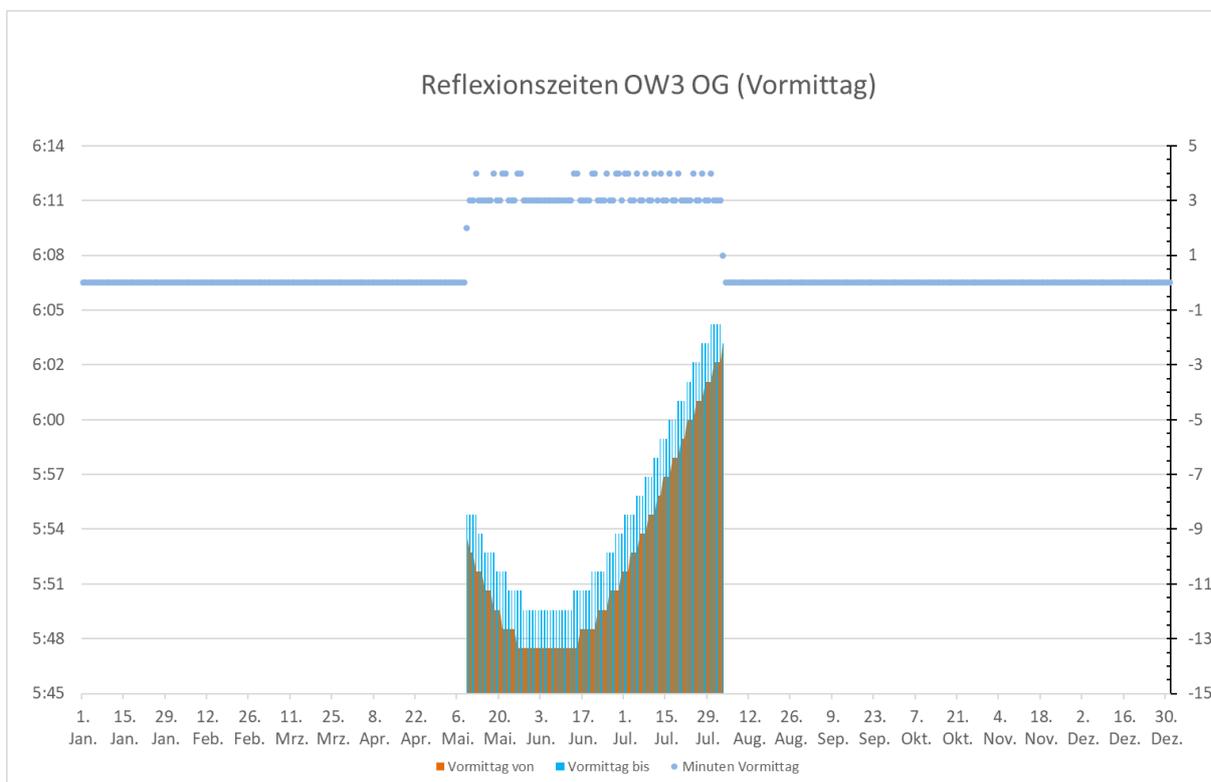
Punkt OW2-EG vormittags 17,5° Neigungswinkel



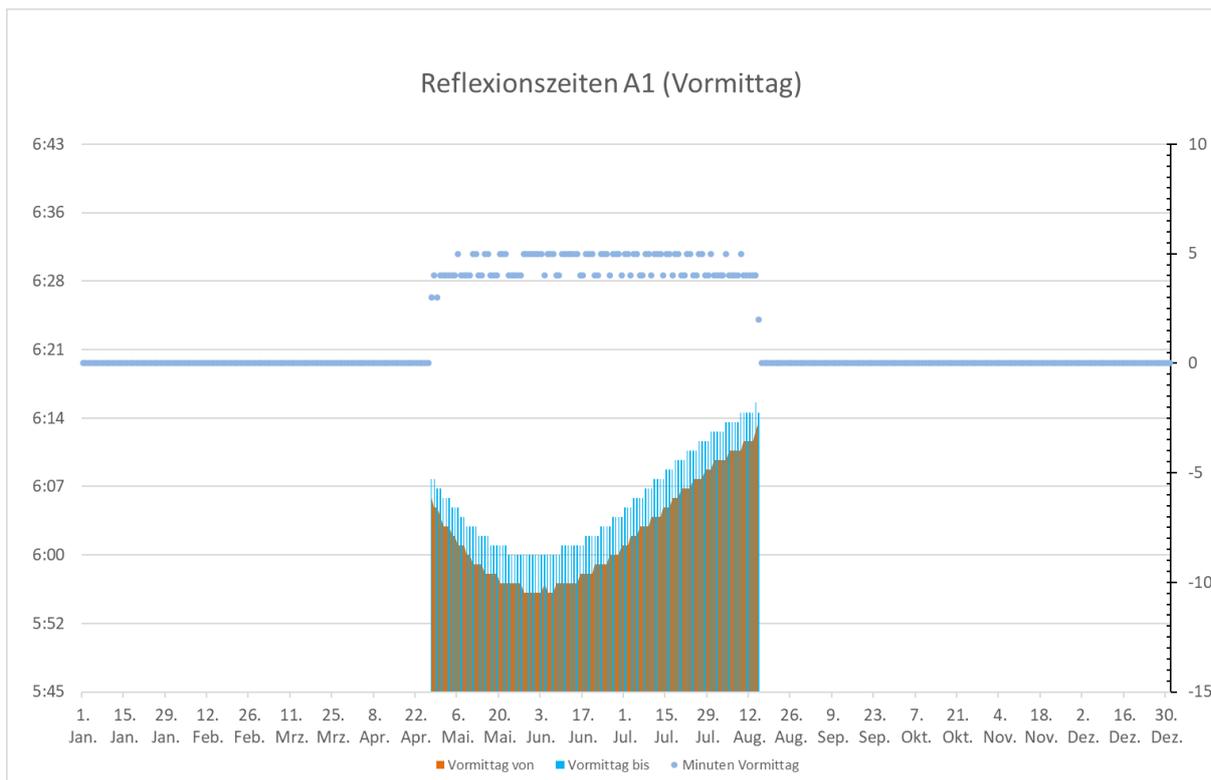
Punkt OW2-OG vormittags 17,5° Neigungswinkel



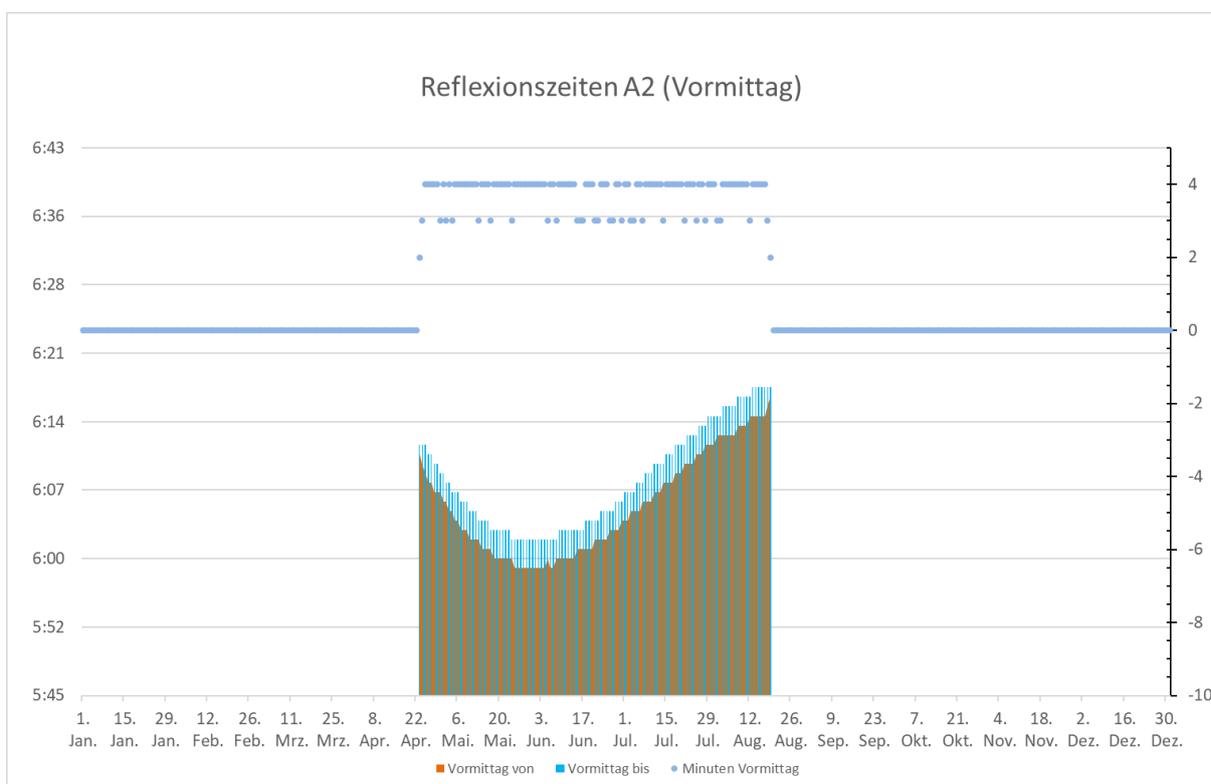
Punkt OW3-EG vormittags 17,5° Neigungswinkel



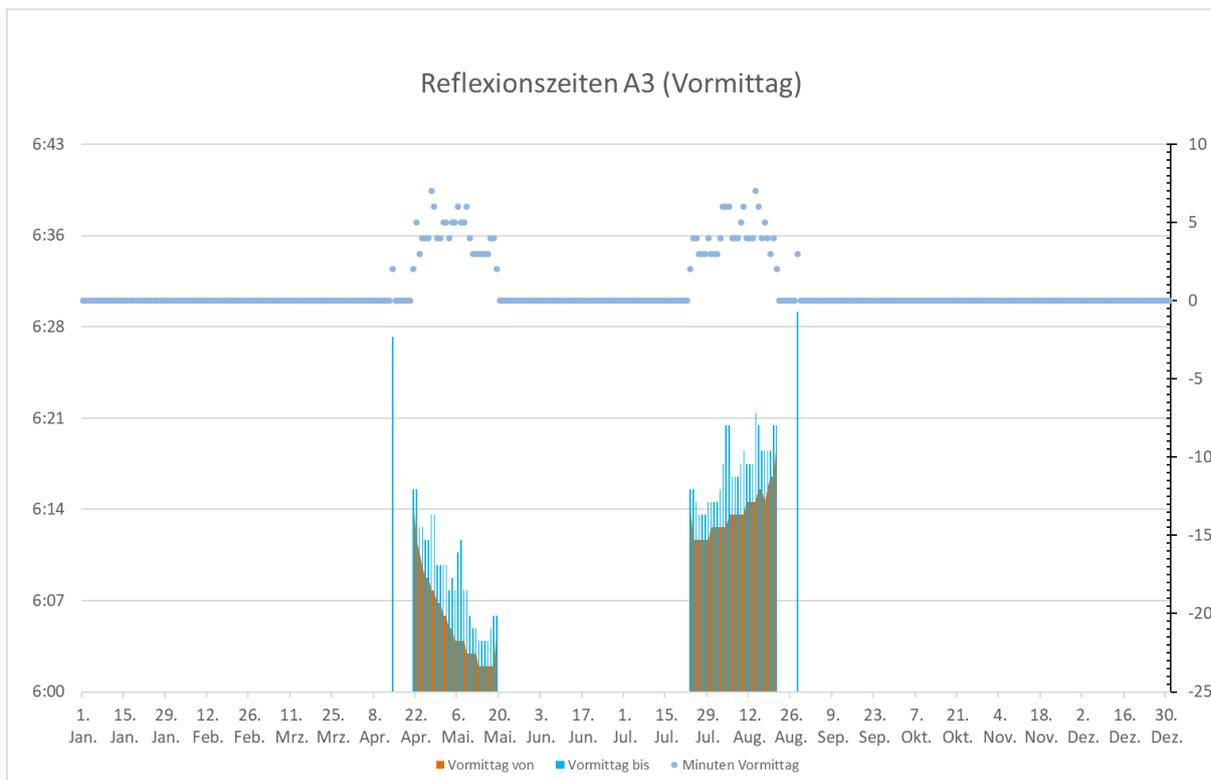
Punkt OW3-OG vormittags 17,5° Neigungswinkel



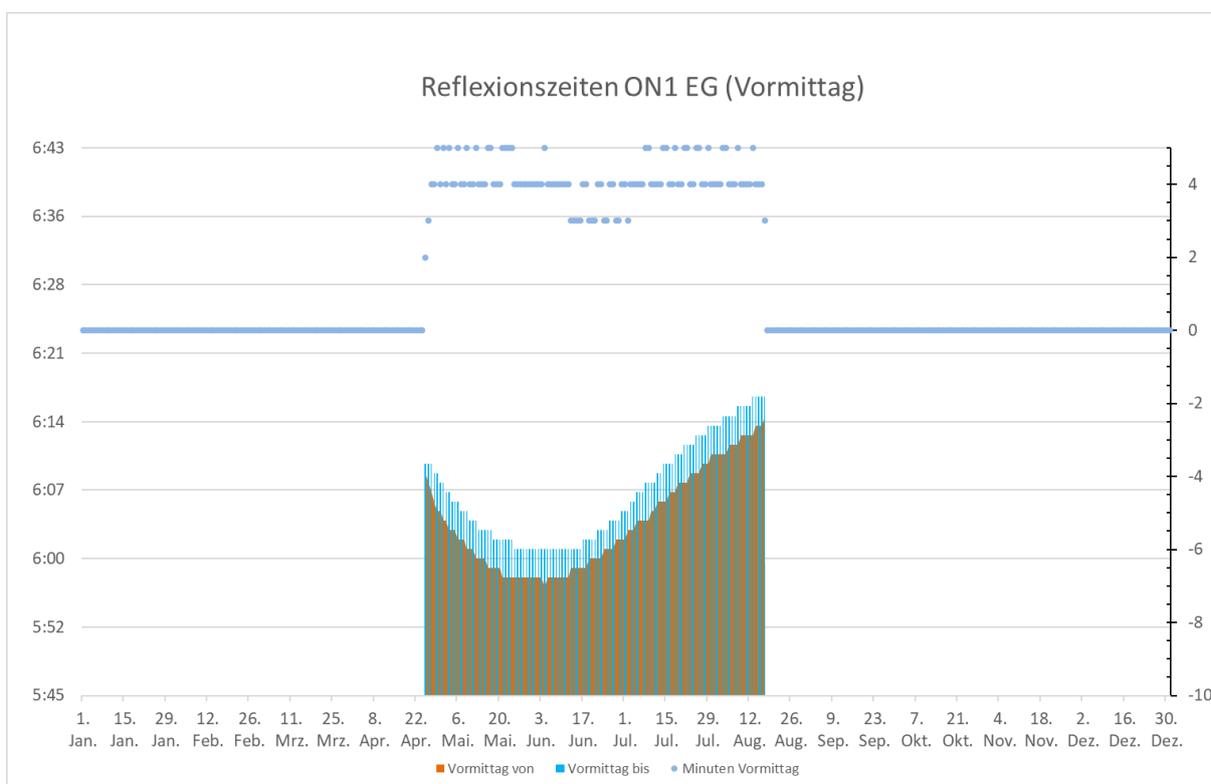
Punkt A1 vormittags 20° Neigungswinkel



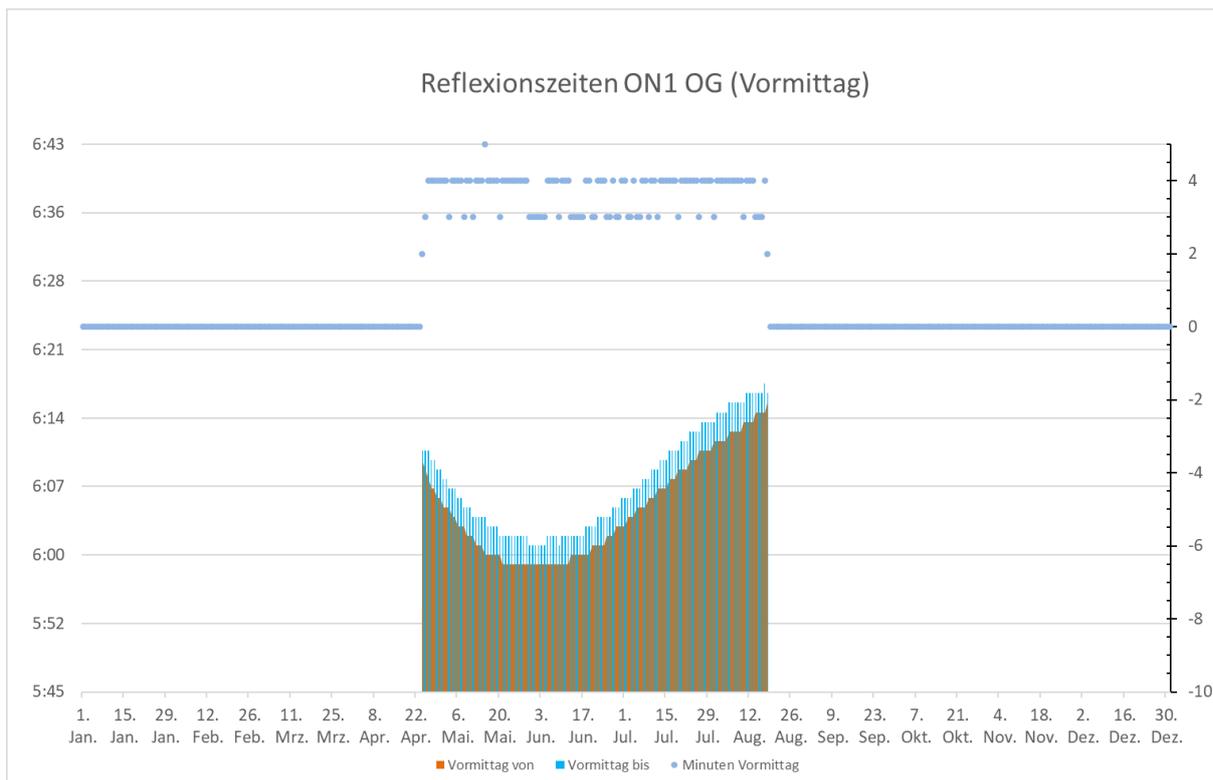
Punkt A2 vormittags 20° Neigungswinkel



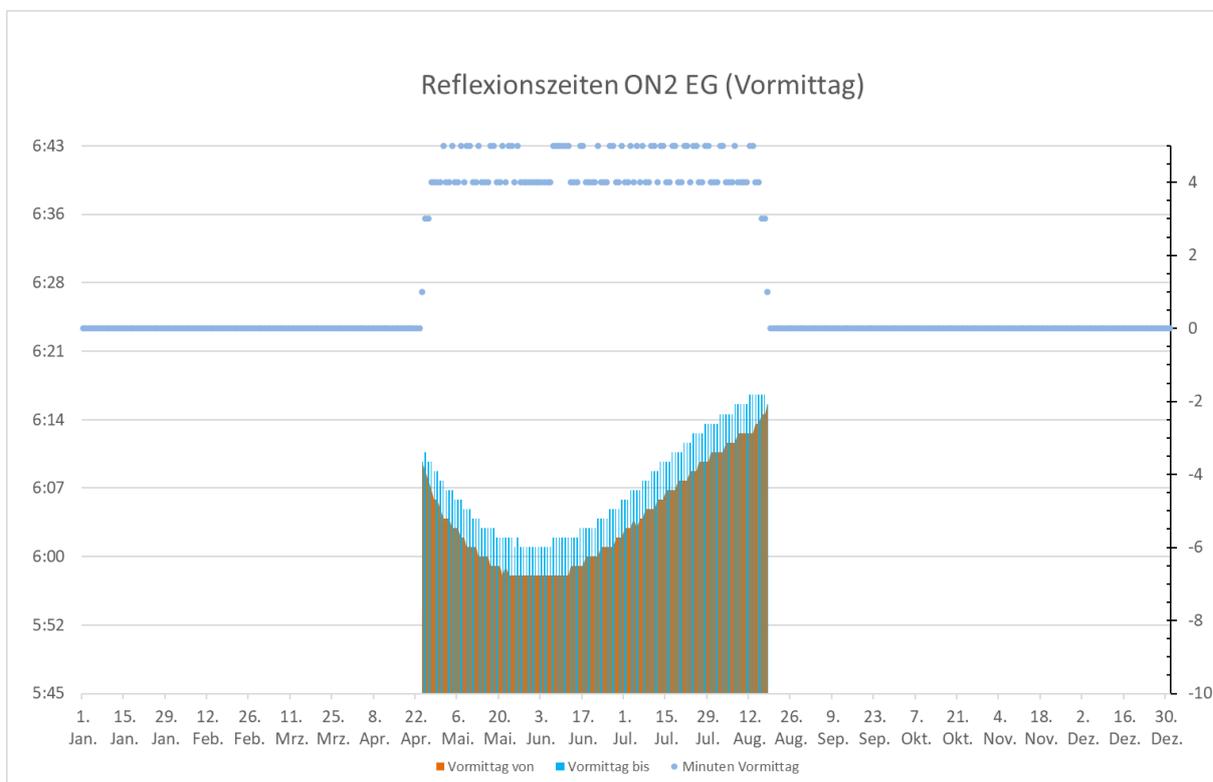
Punkt A3 vormittags 20° Neigungswinkel



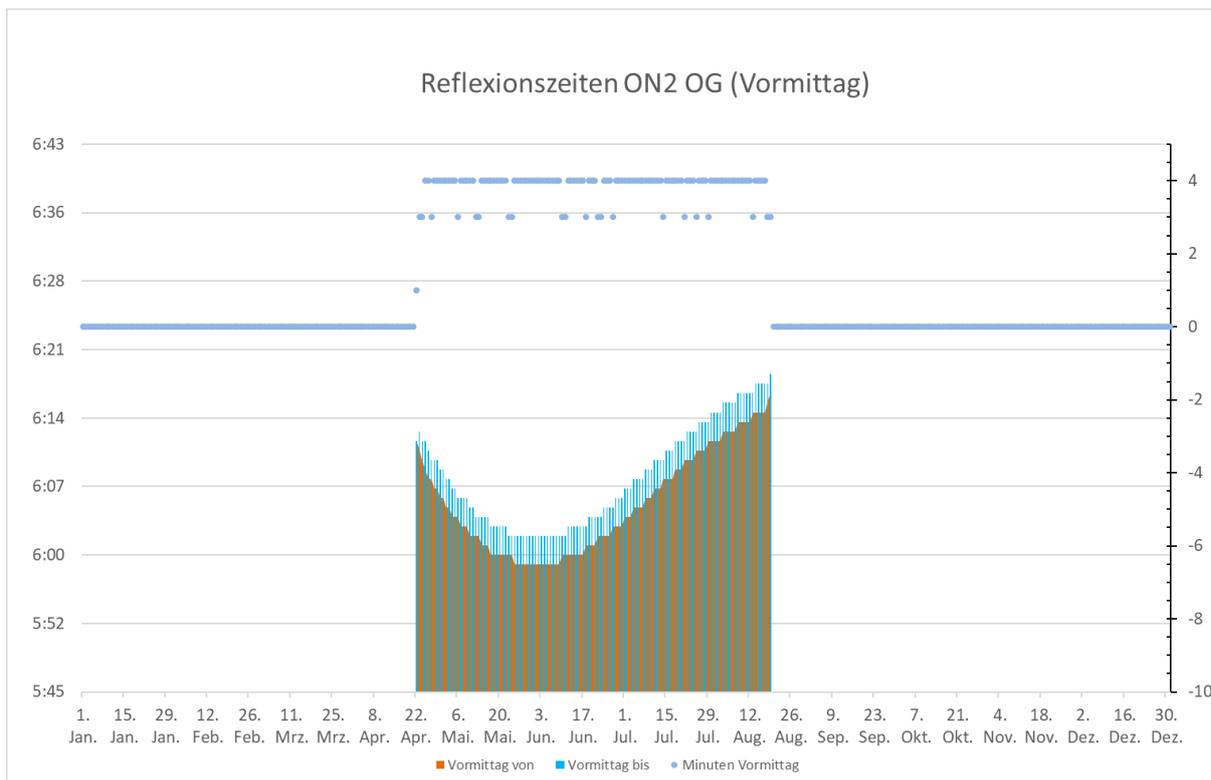
Punkt ON1-EG vormittags 20° Neigungswinkel



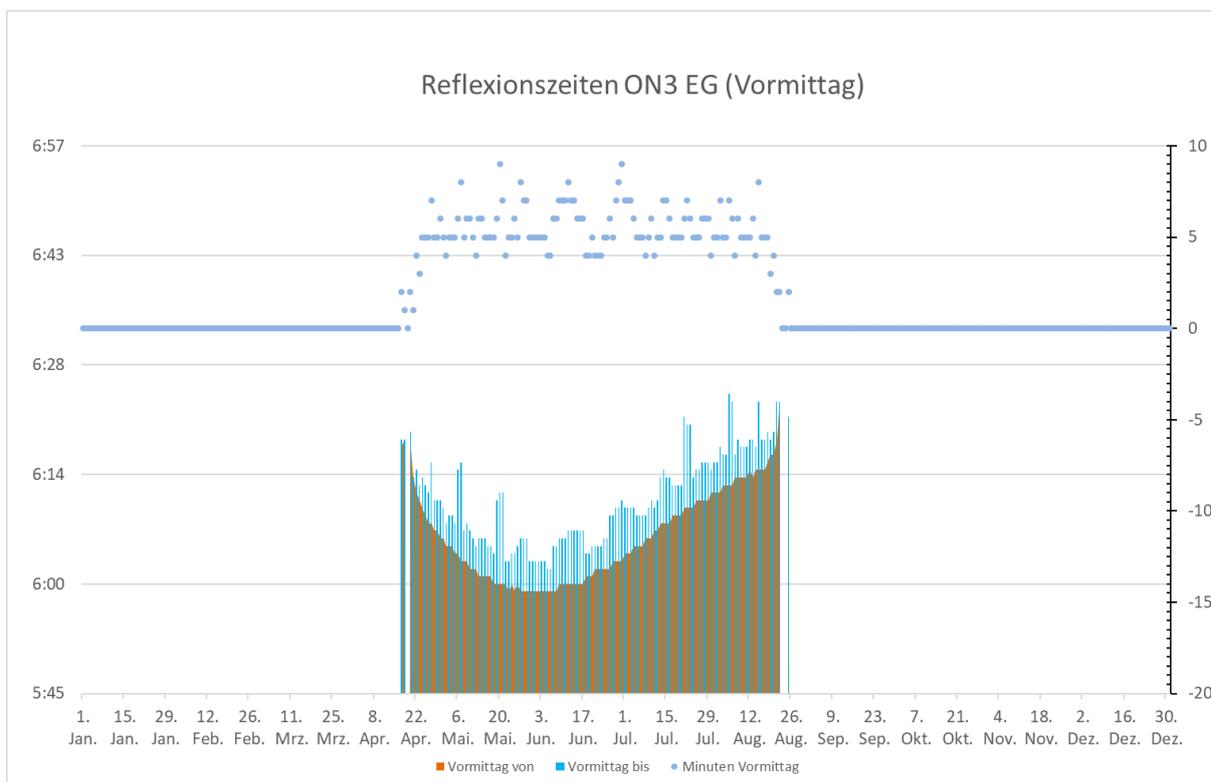
Punkt ON1-OG vormittags 20° Neigungswinkel



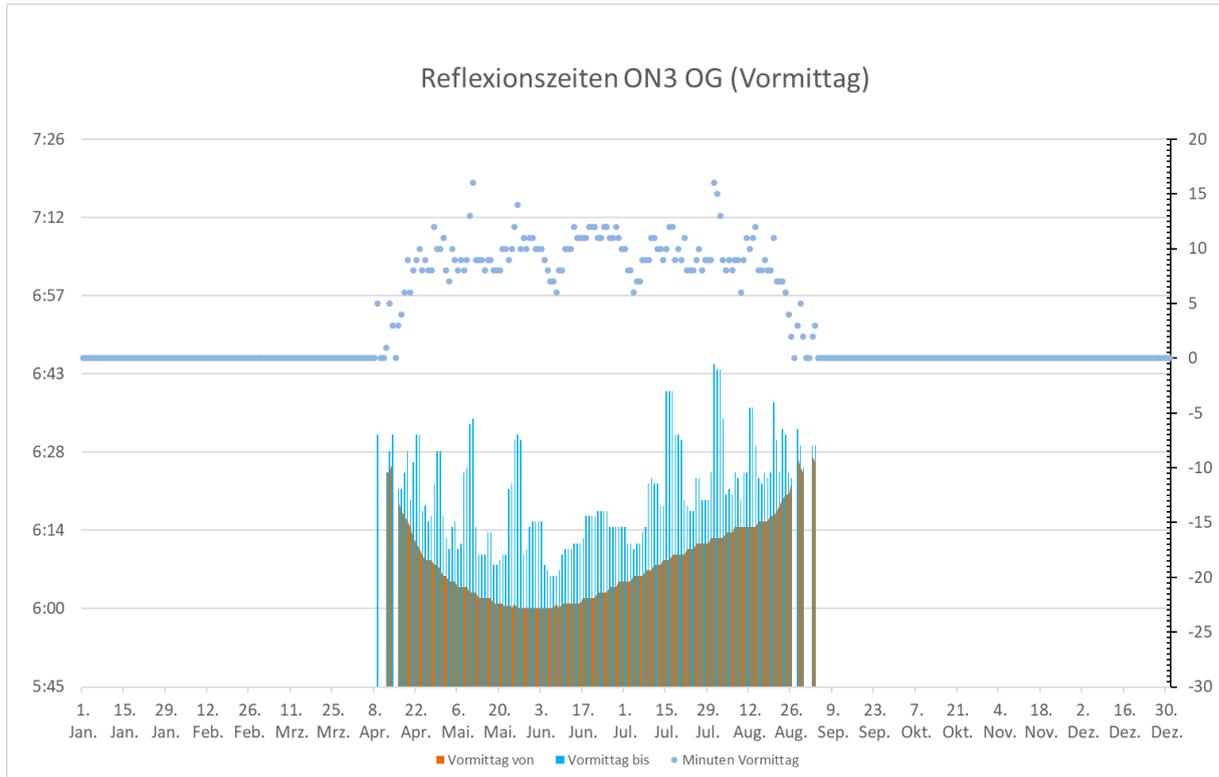
Punkt ON2-EG vormittags 20° Neigungswinkel



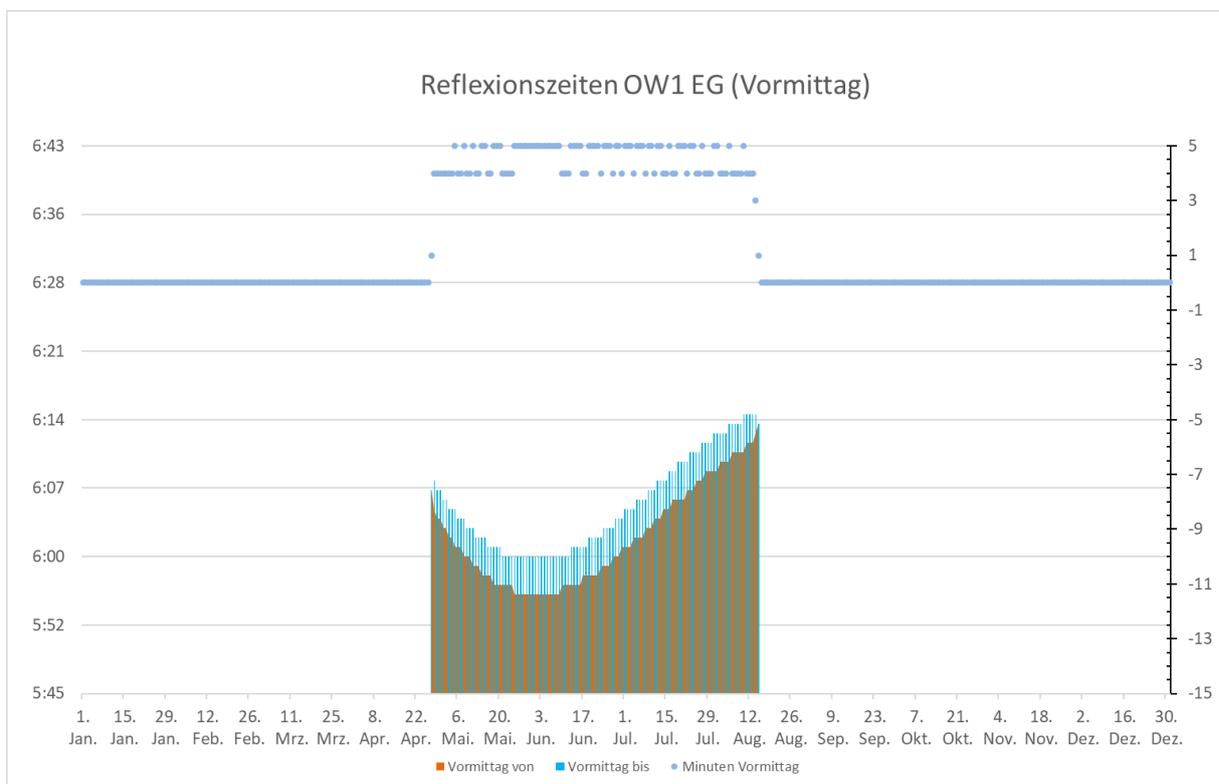
Punkt ON2-OG vormittags 20° Neigungswinkel



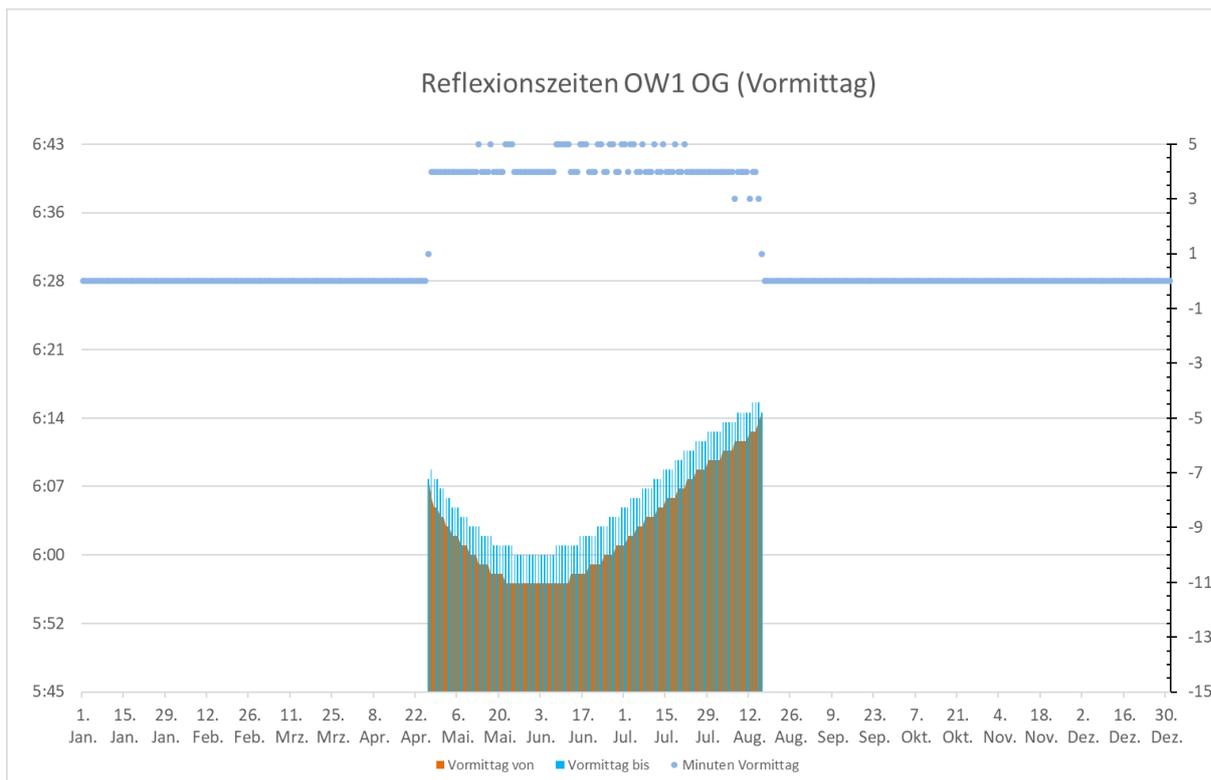
Punkt ON3.EG vormittags 20° Neigungswinkel



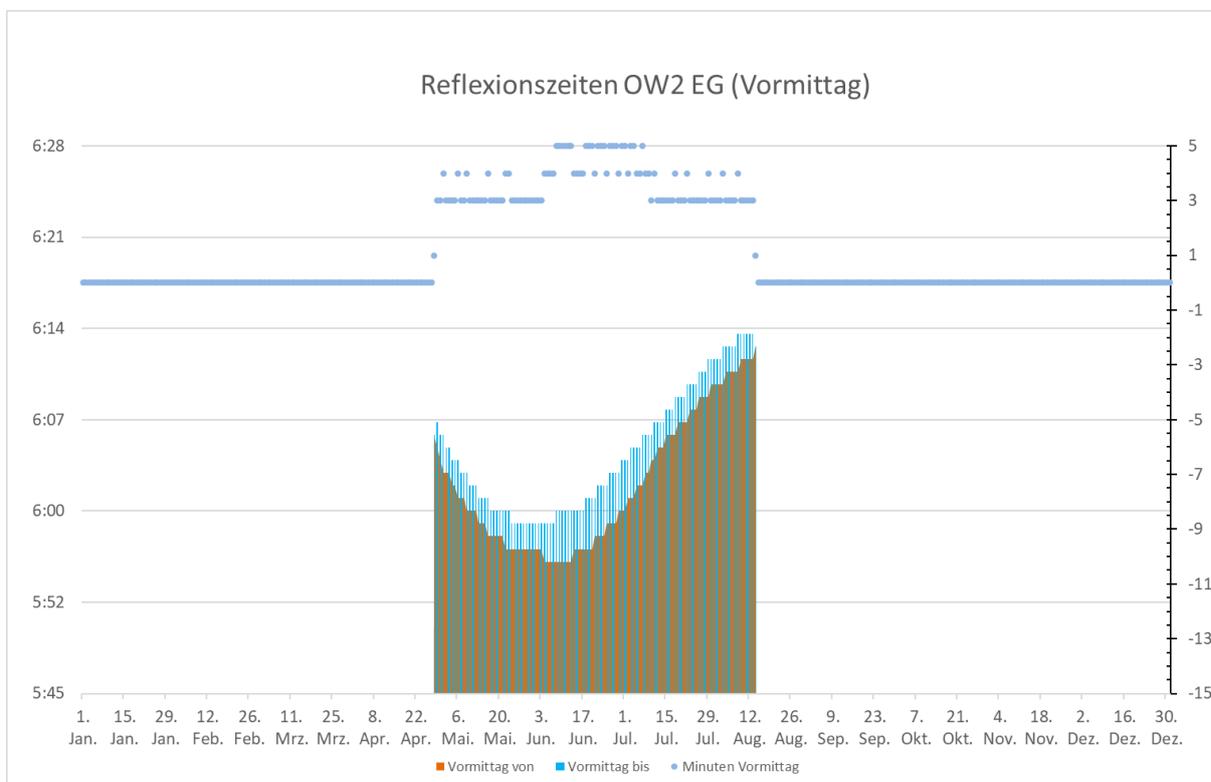
Punkt ON3-OG vormittags 20° Neigungswinkel



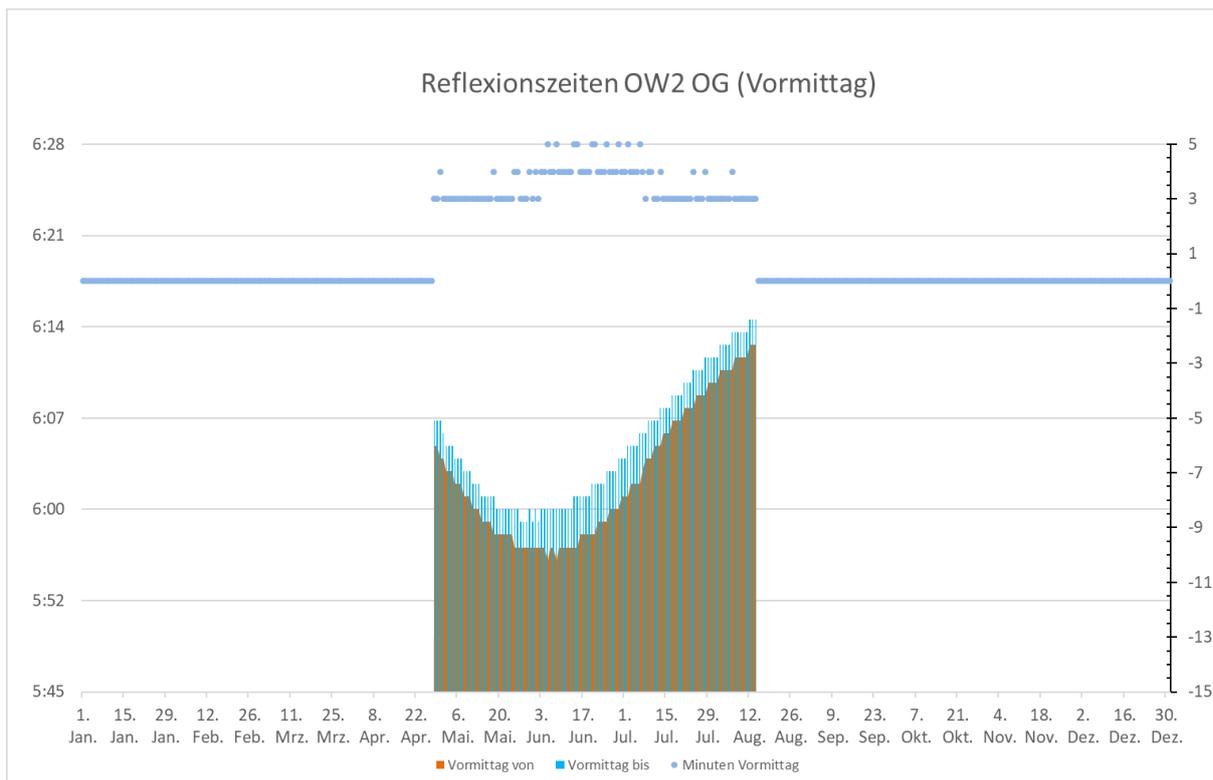
Punkt OW1-EG vormittags 20° Neigungswinkel



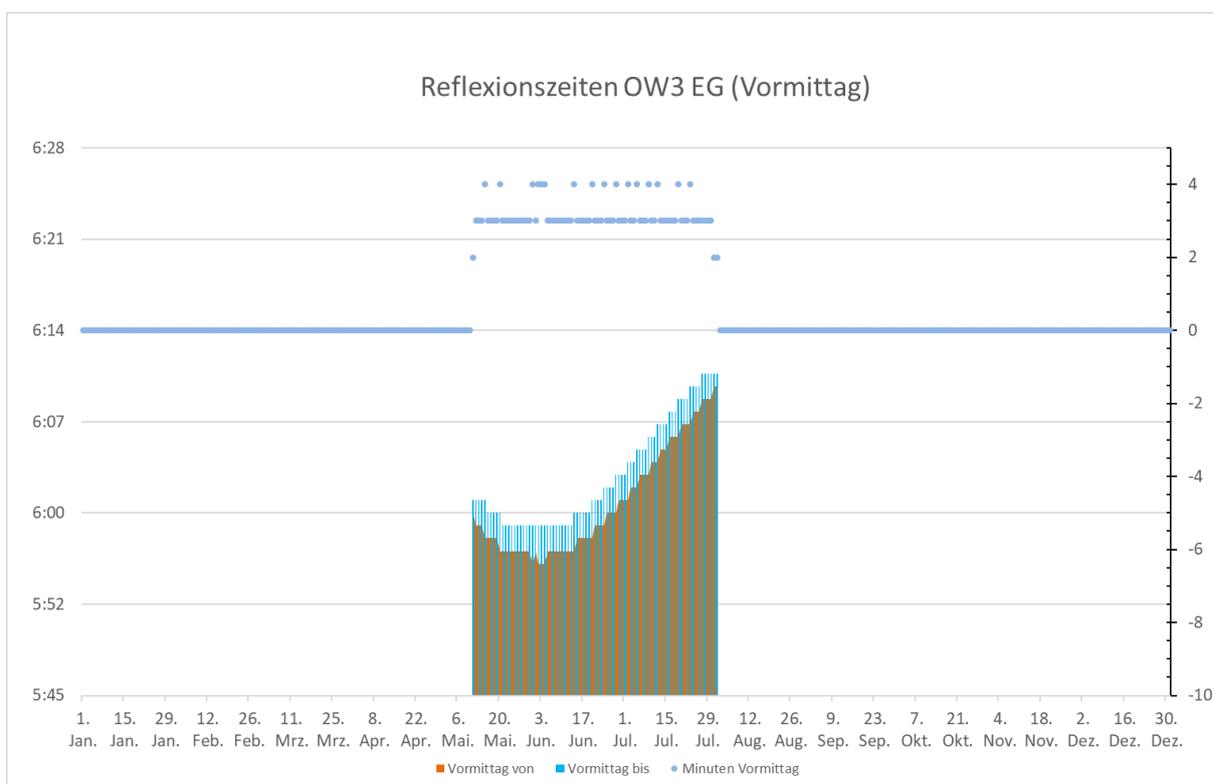
Punkt OW1-OG vormittags 20° Neigungswinkel



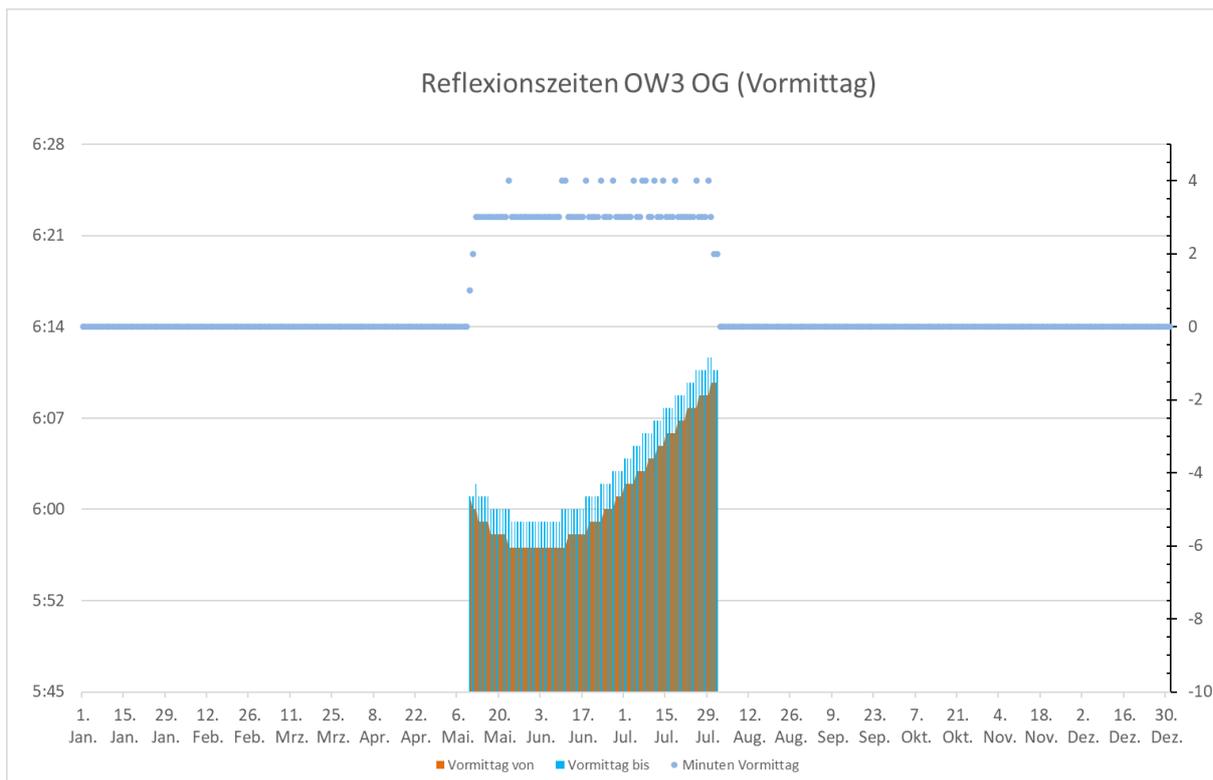
Punkt OW2-EG vormittags 20° Neigungswinkel



Punkt OW2-OG vormittags 20° Neigungswinkel



Punkt OW3-EG vormittags 20° Neigungswinkel



Punkt OW3-OG vormittags 20° Neigungswinkel

Spezifische Emissionsbereiche



Punkt A1 15° Neigungswinkel



Punkt A2 15° Neigungswinkel



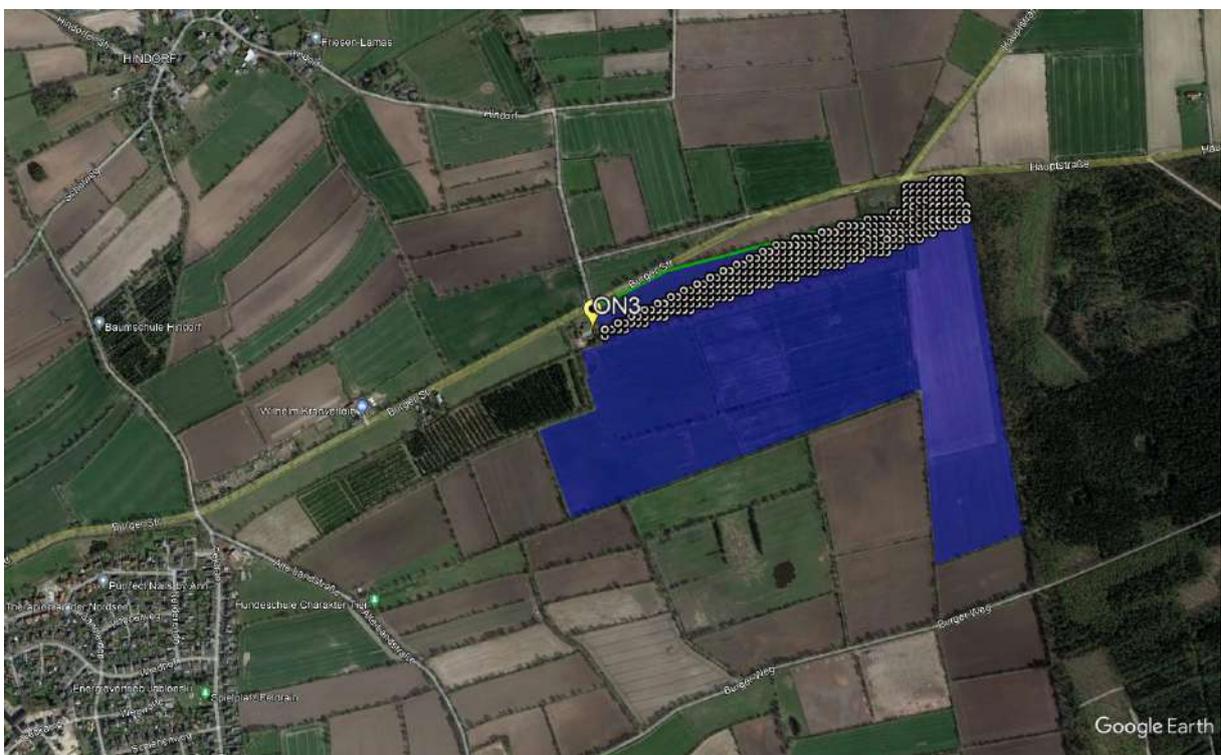
Punkt A3 15° Neigungswinkel



Punkt ON1 EG und OG 15° Neigungswinkel



Punkt ON2 EG und OG 15° Neigungswinkel



Punkt ON3 EG und OG 15° Neigungswinkel



Punkt OW1 EG und OG 15° Neigungswinkel



Punkt OW2 EG und OG 15° Neigungswinkel



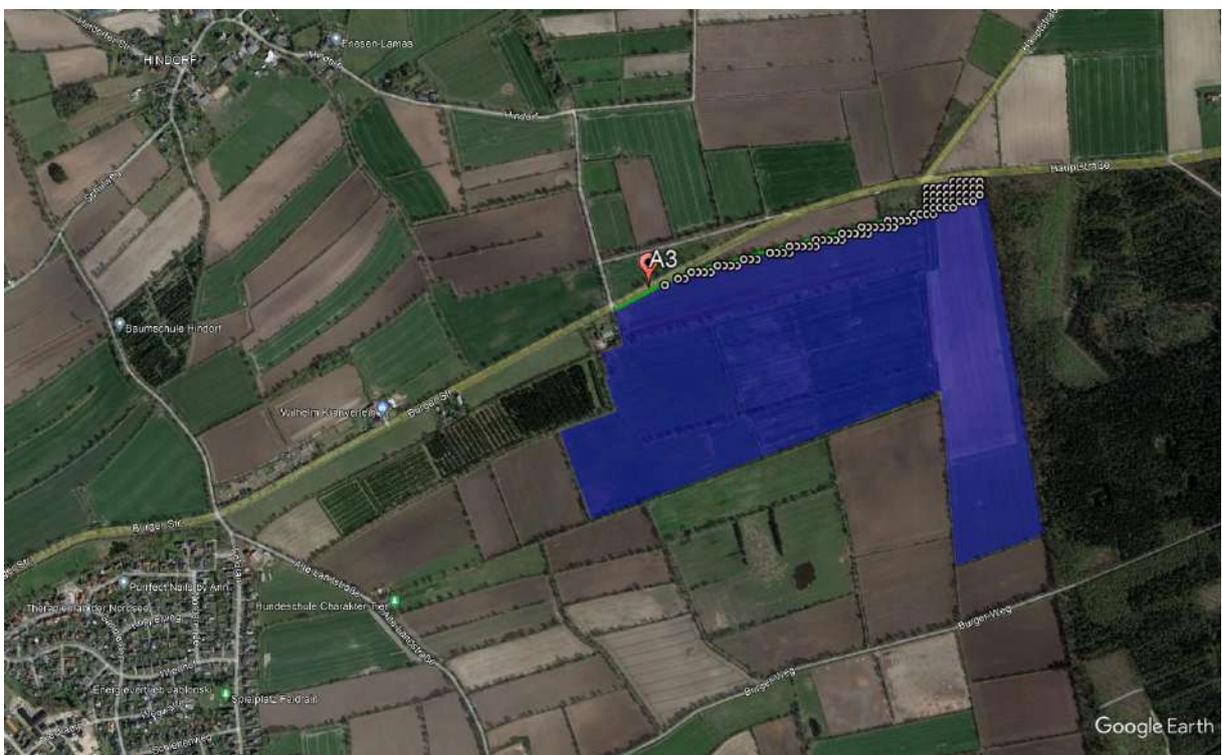
Punkt OW3 EG und OG 15° Neigungswinkel



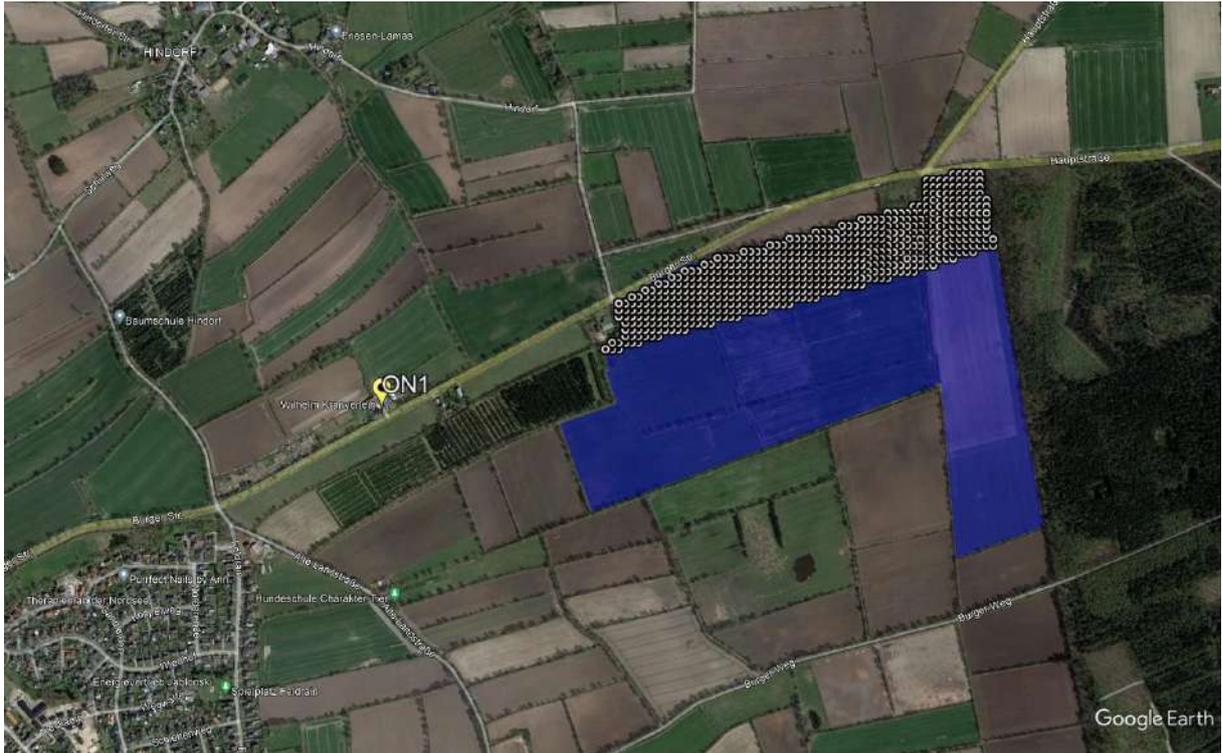
Punkt A1 17,5° Neigungswinkel



Punkt A2 17,5° Neigungswinkel



Punkt A3 17,5° Neigungswinkel



Punkt ON1 EG und OG 17,5° Neigungswinkel



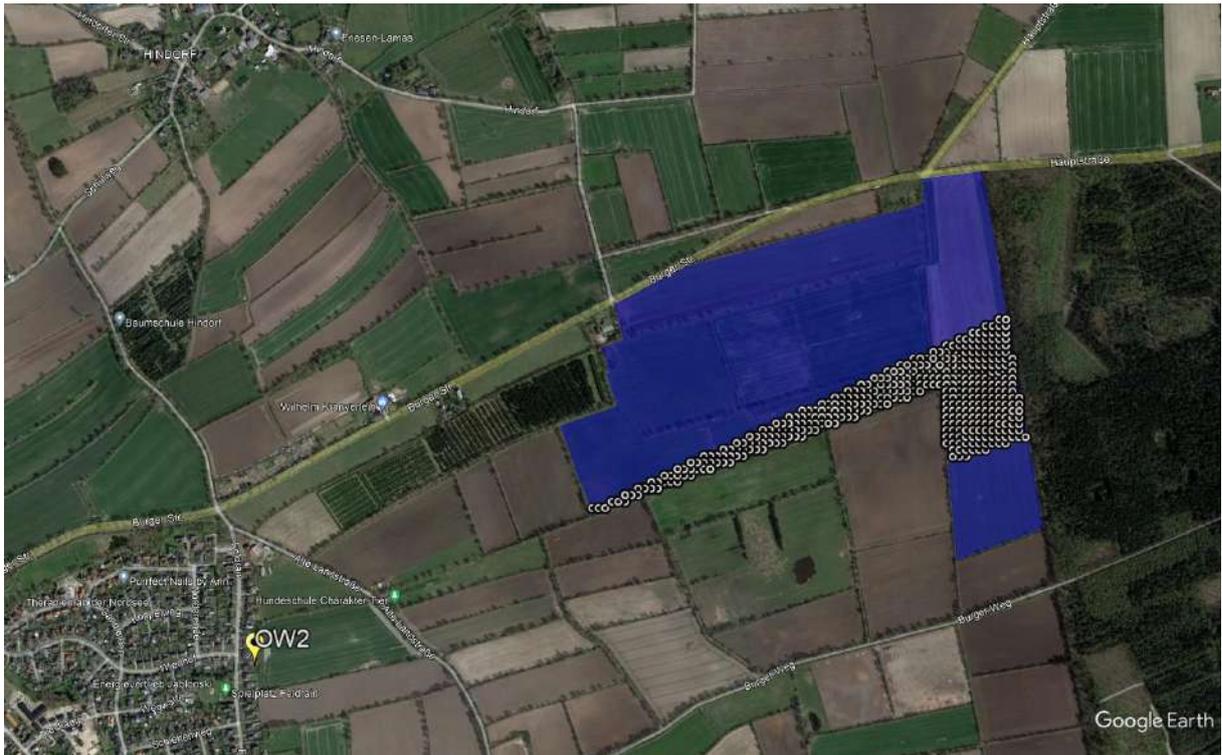
Punkt ON2 EG und OG 17,5° Neigungswinkel



Punkt ON3 EG und OG 17,5° Neigungswinkel



Punkt OW1 EG und OG 17,5° Neigungswinkel



Punkt OW2 EG und OG 17,5° Neigungswinkel



Punkt OW3 EG und OG 17,5° Neigungswinkel



Punkt A3 20° Neigungswinkel



Punkt ON1 EG und OG 20° Neigungswinkel

