

# Analyse der Blendwirkung des Solarparks Schacksdorf

---

**Im Auftrag von**

WBS Power  
z.H. Hr. Andres Friederici  
Ostra-Allee 35  
01067 Dresden

**Gutachten ZE24166**  
**Januar 2025**



**INHALT**

1	Situationsbeschreibung.....	4
1.1	PROBLEMBESCHREIBUNG .....	4
1.2	ORTSBEZEICHNUNG UND LAGE DER PV-ANLAGE .....	4
1.3	MODELLIERUNG .....	4
1.4	PLANUNGS-ÄNDERUNGEN .....	7
1.5	MODULTYPE .....	7
1.6	UNTERSUCHTER RAUM .....	7
1.7	ABSCHATTUNGEN & VERDECKUNGEN .....	8
1.7.1	<i>Geländeprofil</i> .....	8
1.7.2	<i>Horizont</i> .....	9
1.7.3	<i>Bewuchs</i> .....	9
1.7.4	<i>Künstliche Abschattungen</i> .....	9
2	Blendberechnung.....	9
2.1	BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....	9
2.2	REFLEXIONSBERECHNUNG .....	10
2.3	ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE .....	11
2.4	SICHTBEZUG.....	12
2.5	BLENDWIRKUNG .....	13
2.5.1	<i>Größenverhältnisse</i> .....	13
2.5.2	<i>Richtung der Blendung</i> .....	14
2.5.3	<i>Blendstärke</i> .....	14
2.5.4	<i>Blenddauer</i> .....	15
2.5.5	<i>Subjektive Faktoren</i> .....	16
2.5.6	<i>Verkehrskritische Punkte</i> .....	16
2.5.7	<i>Ursprung der Reflexionen</i> .....	17
3	Beurteilung & Empfehlungen.....	18
	ANHANG 1 Definitionen.....	19
	ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze.....	20
	ANHANG 3 Methodik der Berechnung .....	22
	ANHANG 4 Vermessung der Umgebung.....	23
	ANHANG 5 Detail-Ergebnisse der Berechnungen.....	23

## Zusammenfassung

Im Bauverfahren einer Freiflächen-Photovoltaikanlage ist zu prüfen, ob eine Blendwirkung in Richtung des Straßenverkehrs, oder der Nachbarschaft besteht.

Es wird keine erhebliche Blendwirkung in Richtung der Nachbarschaft stattfinden. Für den Straßenverkehr besteht keine Gefahr durch Blendung.

### Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	22.8.2024	ursprüngliche Fassung
1.1	26.8.2024	Beschreibung Maßnahmen
2.0	29.1.2025	Ost/West Ausrichtung

### Haftungsausschluss

*Die Simulationsmodelle werden mit aller notwendigen Sorgfalt erstellt. Auf Grund unvermeidbarer Abweichungen zwischen Modell und tatsächlicher Situierung der reflektierenden Oberflächen, kann es aber, insbesondere bei der Bestimmung der Zeitpunkte von Blendungen, aber auch bei der Bestimmung von Blenddauern und Winkeln der Lichtstrahlen zu geringen, messbaren Abweichungen kommen. Die simulierten, lichttechnischen Werte basieren auf durchschnittlichen Reflexionsfaktoren. Das Gutachten gilt ausschließlich für die untersuchten, reflektierenden Flächen und Immissionspunkte mit der entsprechend notierten Lage. Die Wirksamkeit von eventuellen Sichtschutzmaßnahmen hängt stark von den relativen Höhen von Sichtschutz, Reflektoren und Immissionspunkten ab, deren Genauigkeit in diesem Fall beim Bau zu prüfen ist.*

### Copyright

*Dieses Gutachten ist das geistige Eigentum der Zehndorfer Engineering GmbH. Seine Verwendung ist nur dem Auftraggeber, seinen Beauftragten und den Behörden für die Zwecke gemäß Kapitel 1 gestattet. Jede andere Verwendung wird untersagt.*

## 1 Situationsbeschreibung

### 1.1 Problembeschreibung

Menschen, die Fahrzeuge lenken, sind auf gute Sicht angewiesen. Blendung kann das „Fahren auf Sicht“ und das Erkennen von Signalen behindern, wodurch es zu Verkehrsbehinderungen und Unfällen kommen kann.

Blendung aus ungewohnten Richtungen können Menschen bei Arbeiten behindern, sowie den Erholungswert im Freien, auf Balkonen oder sogar in den Wohnräumlichkeiten derart verringern, dass von Unzumutbarkeit gesprochen werden kann. Speziell dort wo der Sichtbezug zu einem bestimmten Objekt wesentlich für die Ausführung der Tätigkeiten ist, können Blendungen Störungen darstellen, die Fehleinschätzungen herbeiführen.

Ziel dieses Gutachtens ist die Prüfung, ob der Straßenverkehr, oder die Nachbarschaft von den Reflexionen der PV-Module geblendet werden könnten.

### 1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Die geplante Freiflächen-Photovoltaik-Anlage befindet sich in der Gemeinde 03238 Finsterwalde, Landkreis Elbe-Elster (Gemarkung Schacksdorf, Flur 2) auf dem Gelände des ehemaligen Flugplatzes Finsterwalde/Schacksdorf.

Abbildung 1 Situation



### 1.3 Modellierung

Für die Simulation werden die reflektierenden Flächen modelliert (d.h. mathematisch beschrieben). Je nach Nähe und Sichtbeziehung der Immissionspunkte, kommen dabei ebene Vierecke, oder Prismen (mit Höhe), in unterschiedlicher Lage im Raum, zum Einsatz. Falls es für den Gutachter relevant erscheint, werden auch

Abschattungen (z.B. Geländekanten oder Häuser) und Fernverschattungen (z.B. durch nahe Berge) modelliert.

Die Modelle dienen ausschließlich dem Zweck der Blendberechnung und stellen die Geometrien der Flächen nur in jenem Umfang dar, in dem es für die Blendberechnung relevant ist. Dabei werden signifikante Vereinfachungen getroffen (die jedoch keine bedeutsame Auswirkung auf die Blendberechnung haben). Die Modelle weichen daher immer von der Realität ab. Sie ersetzen weder eine detaillierte Planung, noch die notwendige Ingenieursarbeit zur baulichen Realisierung der Anlagen.

Abbildung 2 Modulbelegungsplan

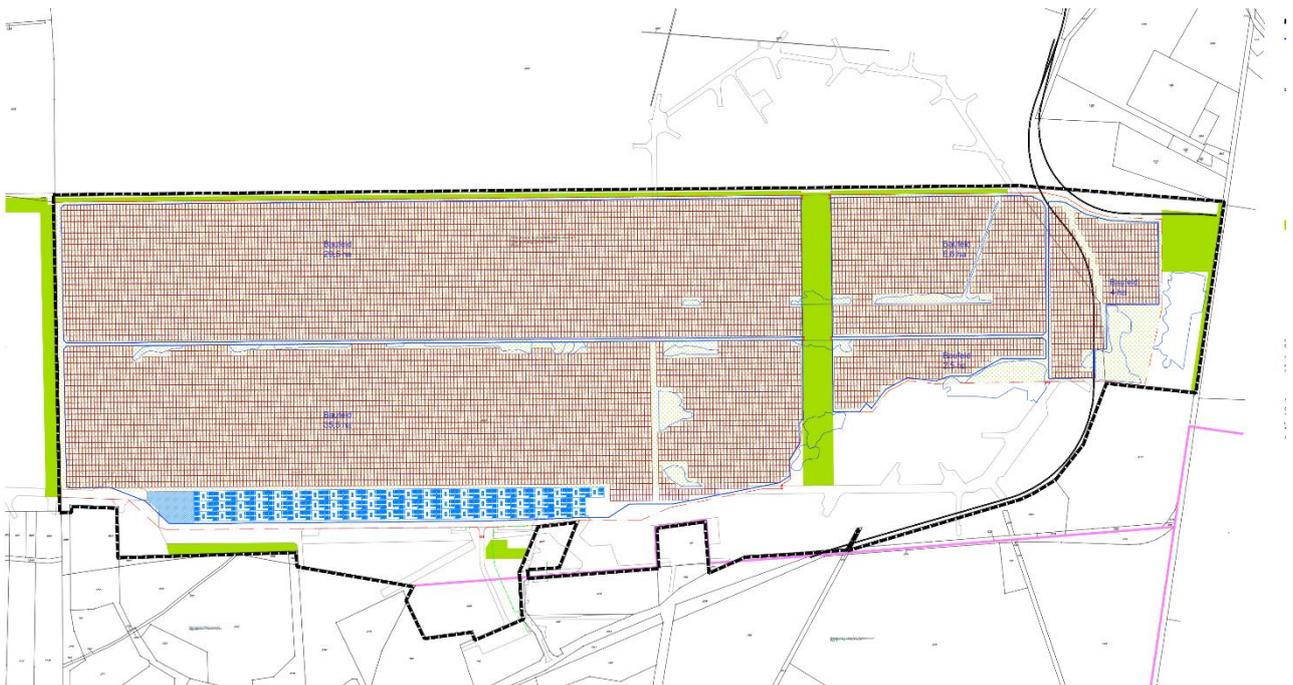


Abbildung 3 Montagesystem Ost/West

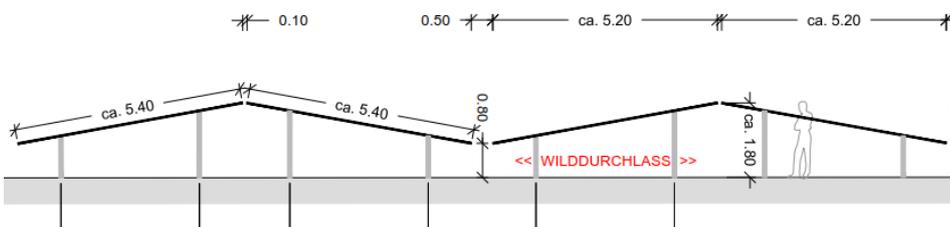


Abbildung 4 Modellierung der reflektierenden Flächen



Abbildung 5 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgetreu)

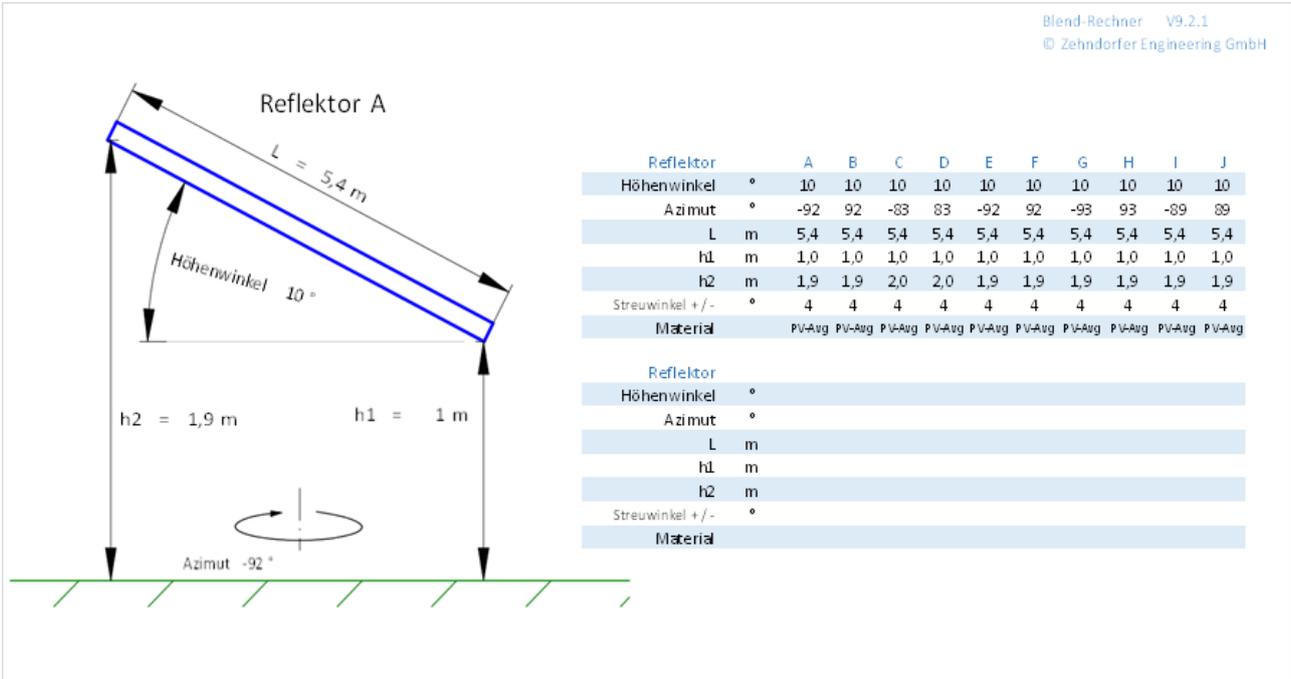


Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum<sup>1</sup>. Die Module sind in Richtung -Osten und Westen mit 10° geneigt aufgeständert.

<sup>1</sup> Der Seitenwinkel (Azimut) wird dabei mit Süd = 0, Ost negativ und West positiv angegeben. Der Höhenwinkel (Elevation) wird als Differenz der Reflexionsebene und der Horizontalen angegeben.

Die tatsächliche Neigung der PV-Module resultiert aus den Winkeln der Modultische und des Untergrunds. Sie wurde mit entsprechenden Drehmatrizen berechnet und ist in Anhang 4 zu sehen. Für die Ausrichtung der PV-Modul-Unterkonstruktion ist Tabelle 2 (Anhang 4) heranzuziehen.

## 1.4 Planungs-Änderungen

Im Zuge der späteren Ausführungsplanung des Projektes, kann es für den Planer erforderlich werden, die Parameter der Anlage zu ändern, sodass diese von der Modellierung abweichen. Wenn diese Änderungen gering sind, werden keine wesentlichen Auswirkungen auf die Blendwirkung zu erwarten sein und das Blendgutachten behält weiterhin Gültigkeit. Bei größeren Änderungen ist eine Aktualisierung der Blendberechnung zu empfehlen.

Beispiele für kleine Änderungen:

- geringe Änderungen des Modulhöhen- oder Seitenwinkels (bis 3°)
- Beliebige Änderungen des Modullayouts innerhalb des modellierten Umfangs
- geringe seitliche Abweichungen des Umfangs der Modulbelegung (bis 1m)
- Änderung der Modultype (es sei denn, in Kapitel 3 wird explizit eine bestimmte Modultype gefordert)
- Für Freiflächenanlagen: Änderungen in Modultisch-Oberkante oder -Unterkante (bis zu 50cm)
- Für Freiflächenanlagen: Beliebige Änderung des Modultisch-Reihenabstandes

## 1.5 Modultype

Für die Blendberechnung wird a priori von durchschnittlichen PV-Modulen ausgegangen, sodass die tatsächliche Wahl der PV-Module durch das Gutachten nicht wesentlich eingeschränkt wird. Für die Streuung an den PV-Modulen wurde ein üblicher Streuwinkel von +/- 4° angenommen.

## 1.6 Untersucher Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen an den benachbarten Häusern und in den Gewerbegebieten (wo Gebäude mit 12m Höhe entstehen sollen), sowie auf den umliegenden Straßen in beiden Richtungen (2,5m über der Fahrbahn, siehe Anhang 4).

Abbildung 6 Immissionspunkte

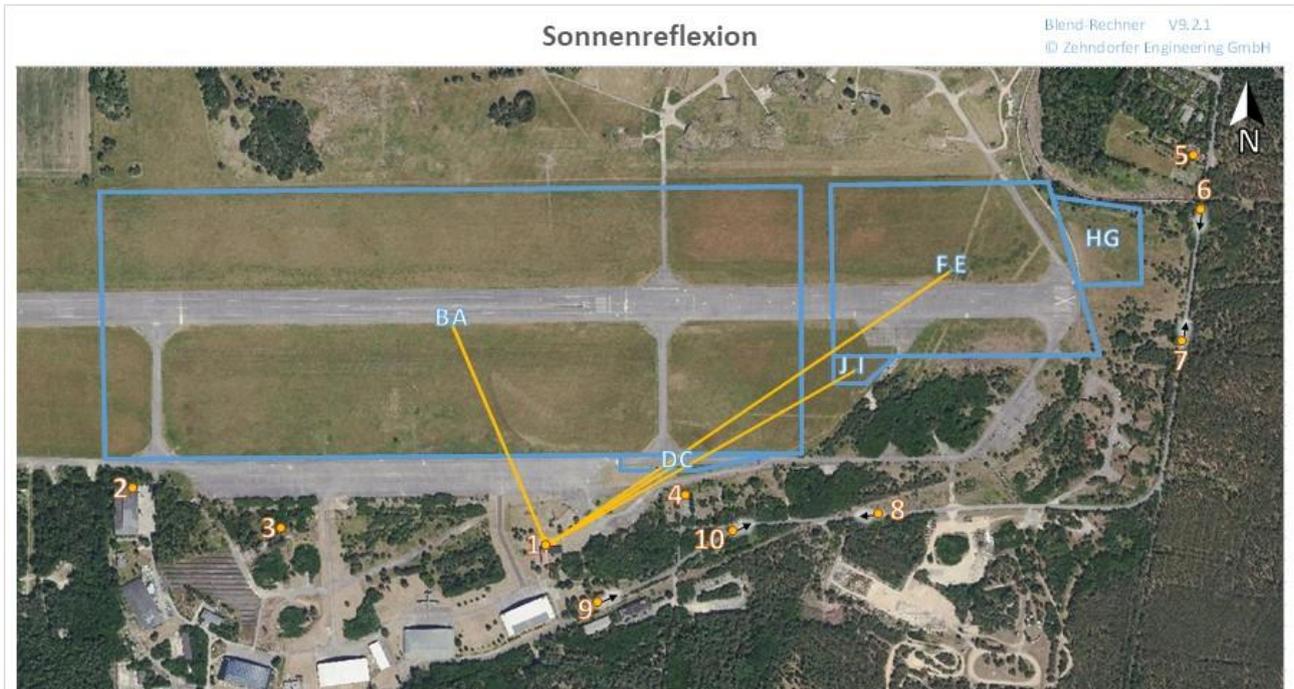


Abbildung 6 zeigt die Lage der Immissionspunkte (IP) und des PV-Feldes. Die Immissionspunkte wurden unter dem Kriterium ausgewählt, dass eine Sichtverbindung zur Vorderseite der PV-Module gegeben sein muss.

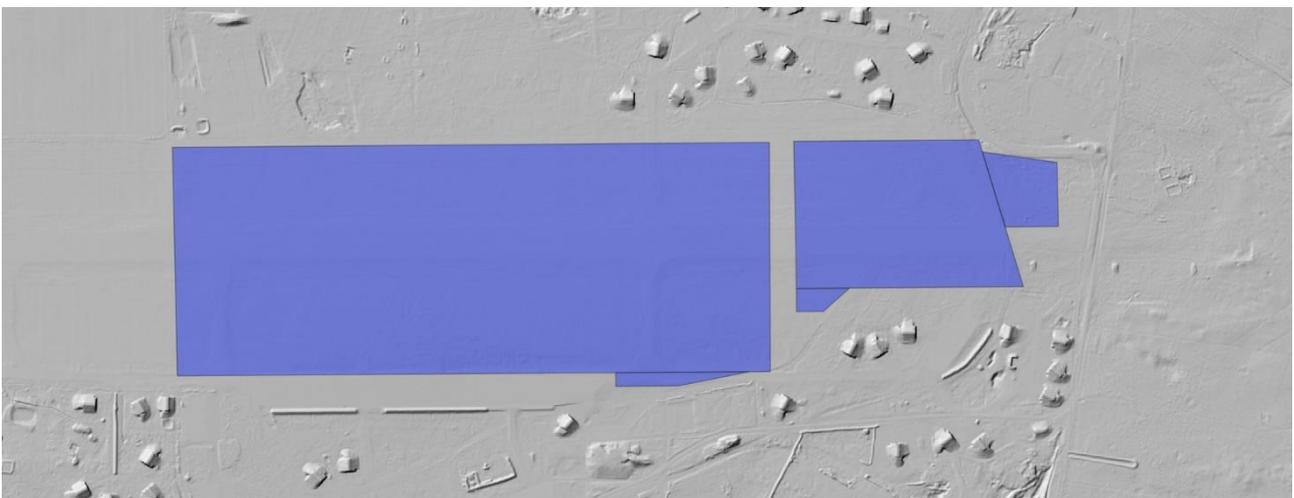
Die detaillierte Vermessung der relevanten Umgebung ist in Anhang 4 zu finden.

## 1.7 Abschattungen & Verdeckungen

### 1.7.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist relativ flach. Es gibt keine Geländekanten, die den Blick auf die PV-Anlage verhindern würden.

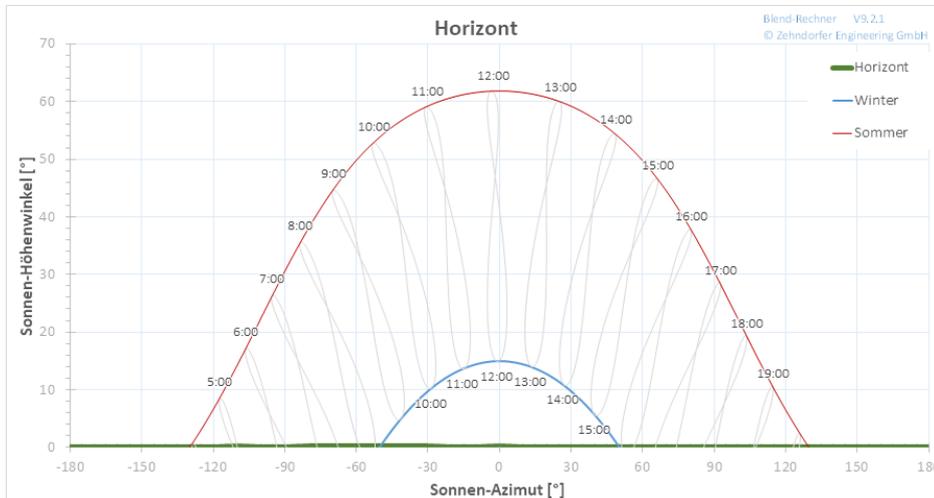
Abbildung 7 Gelände-schummerung



### 1.7.2 Horizont

Die Umgebung der PV-Anlage ist beinahe eben, die Sonnenstunden werden nicht reduziert.

Abbildung 8 Horizont



### 1.7.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und den IP stehen durchgehend dichte Baumgruppen, die den Blick auf die PV-Anlage zu einem Großteil verhindern würden. Die Blendberechnung wurde jedoch ohne die Wirkung von eventuellem Bewuchs durchgeführt.

### 1.7.4 Künstliche Abschattungen

Zwischen den IP und der Solaranlage gibt es keine Gebäude, die die Sichtbeziehung zur PV-Anlage unterbrechen würden.

## 2 Blendberechnung

### 2.1 Bedingungen für die Berechnung

Als Eingabe für die Blendberechnung wurden die Rahmenbedingungen der LAI-2012 Richtlinie (siehe Anhang 2) herangezogen. Diese sind insbesondere:

- Die Sonne ist als punktförmiger Strahler anzunehmen
- Das Modul ist ideal verspiegelt (keine Streublendung)
- Die Sonne scheint von Aufgang bis Untergang (keine Ausnahme von Schlechtwetter)
- Blickwinkel zwischen Sonne und Modul mindestens 10°
- Erhebliche Blendung ab 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr

Streulicht wird, gemäß Richtlinie, in der Bewertung der Blendwirkung in Richtung der Nachbarschaft nicht berücksichtigt, damit die errechneten Werte der Blenddauern mit den Grenzwerten der Richtlinie vergleichbar sind. Es wird also nur die Dauer der direkt spiegelnden Kernblendung für den Vergleich mit den Grenzwerten herangezogen.

## 2.2 Reflexionsberechnung

Die Reflexionsberechnung basiert auf der Methode Raytracing (siehe Anhang 3). Die Reflexionen werden für jeden Immissionspunkt einzeln berechnet. Beispielhaft werden hier die Ergebnisse der Berechnungen für den IP5 betrachtet.

Abbildung 9 Reflexion der Solar Anlage

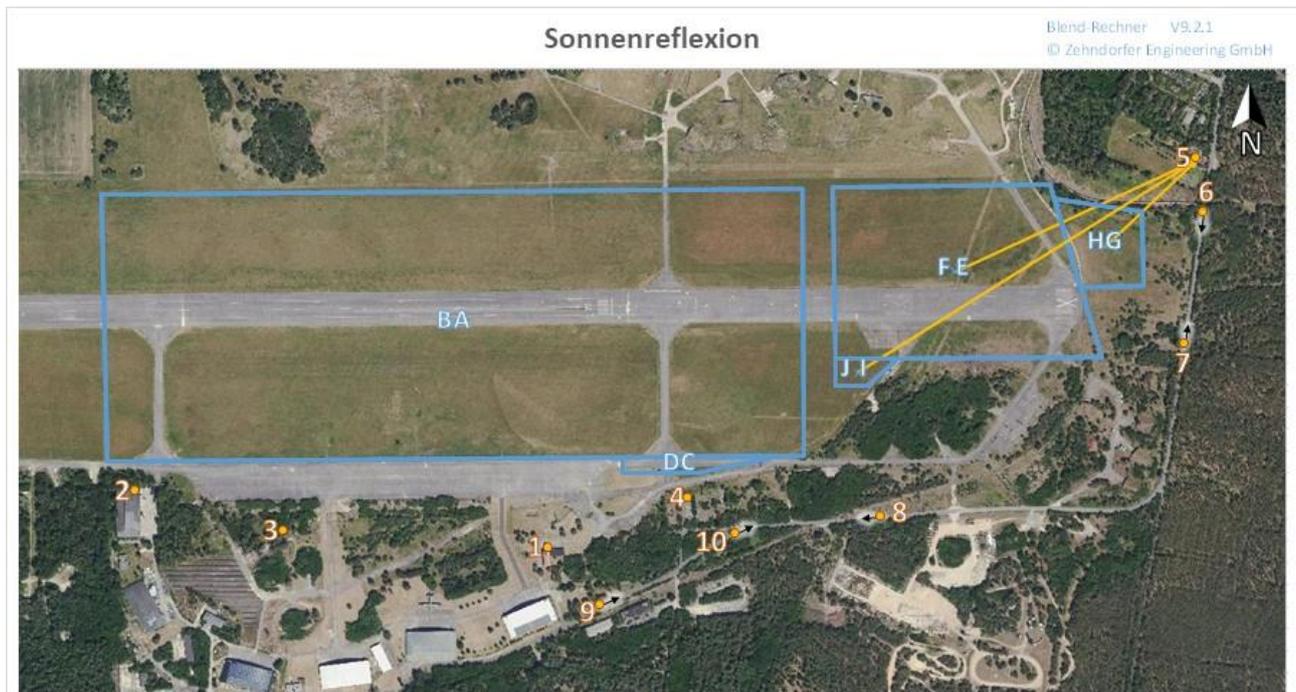
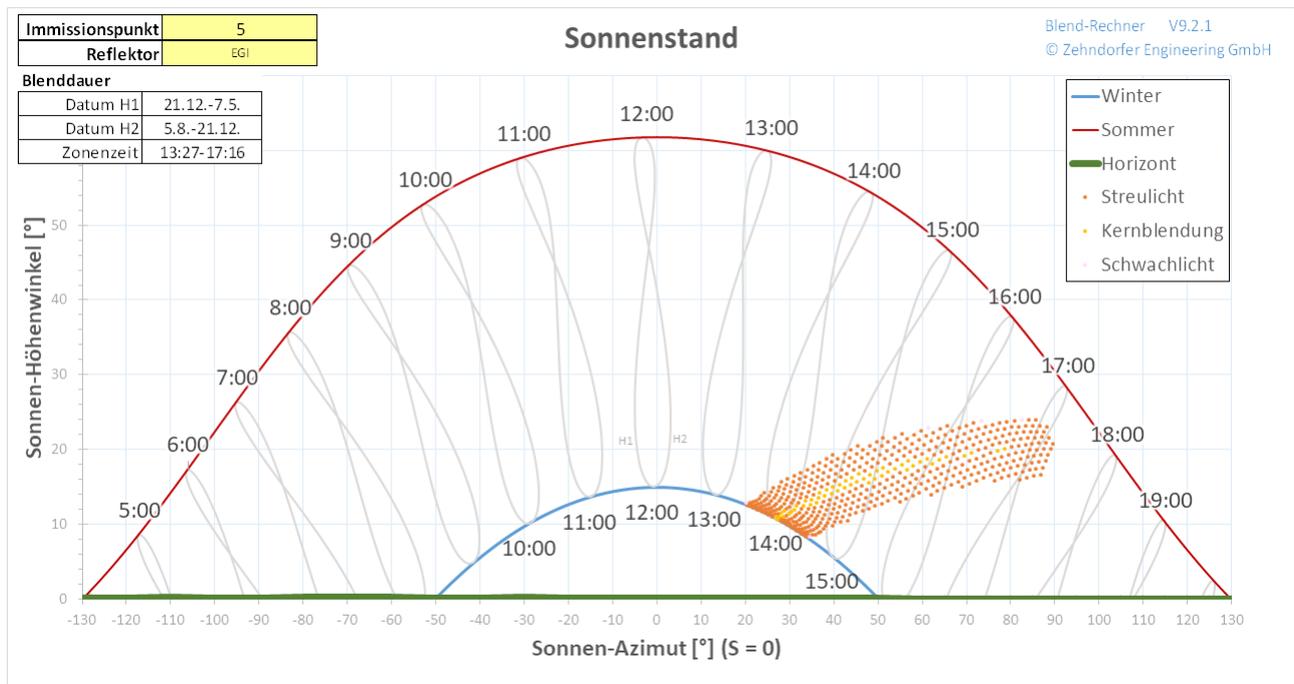


Abbildung 9 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 10 zeigt zu welchem Zeitpunkt (Jahres- und Uhrzeit) Reflexionen auftreten. An den Achsen sind jene Sonnenhöhenwinkel und Sonnenseitenwinkel ablesbar, bei welchen Reflexionen am Immissionspunkt auftreten.

Abbildung 10 Sonnenwinkel bei Blendung



Es ist also am Tagesrand von März bis September mit Reflexionen zu rechnen. Die Resultate der Berechnung sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Alle weiteren Ergebnisse sind in 0 zu finden.

<b>Reflektor</b>		EGI
<b>Immissionspunkt</b>		5
Distanz	m	137
Höhenwinkel	°	0
Raumwinkel	msr	16
Datum H1		21.12.-7.5.
Datum H2		5.8.-21.12.
Zeit		13:27-17:16
Kernblendung	min / Tag	15
Kernblendung	h / Jahr	26
Streulicht	min / Tag	50
Streulicht	h / Jahr	194
Sonne-Reflektor-Winkel (max)		° 28
Blendung - Blickwinkel (min)		° 0
Leuchtdichte (max)		[k cd/m <sup>2</sup> ] 6 388
Retinale Einstrahlung (max)		[mW/cm <sup>2</sup> ] 50
Beleuchtungsstärke (max)		[lx] 9 354

### 2.3 Erklärung der Ergebnisse

- Distanz** Die Distanz zwischen Mittelpunkt des Reflektors und Immissionspunkt in Meter
- Höhenwinkel** Der Höhenwinkel des Reflektors über dem Immissionspunkt. 0° bedeutet, dass sich der Reflektor auf gleicher Höhe wie der Immissionspunkt befindet.

<b>Raumwinkel</b>	Der Raumwinkel (gemessen in Milliradian) ist ein Maß für die sichtbare Größe eines Objektes. Er wird berechnet, indem man die sichtbare Fläche eines Objektes durch das Quadrat dessen Abstandes dividiert.
<b>Datum H1/H2</b>	Gibt genau jene Zeitspanne an, an welcher Blendung über den Reflektor erfolgt
<b>Zeit</b>	Die maximale Zeitspanne, bei welcher Blendung über den Reflektor erfolgt
<b>Kernblendung</b>	Die Dauer der Blendung durch direkte Spiegelung der Sonne am Reflektor, in Minuten pro Tag bzw. Stunden pro Jahr
<b>Streulicht</b>	Die Dauer der Blendung durch gestreutes Licht der Sonne, an der unebenen Oberfläche des Reflektors in Minuten pro Tag bzw. Stunden pro Jahr.
<b>Sonne-Reflektor-Winkel</b>	Der (zum Blendzeitpunkt), vom Immissionspunkt aus, sichtbare Winkel zwischen Reflektor und Sonnenstand. Ist dieser Winkel klein (also z.B. $< 10^\circ$ ), so spielt die Blendung, neben der, in gleicher Richtung stehenden und typischer Weise viel stärkeren Sonne, eine untergeordnete Rolle.
<b>Blendung-Blickwinkel</b>	Der minimale Winkel zwischen der Blickrichtung (also z.B. Fahrtrichtung) und jener Stelle des Reflektors, von welcher aus Reflexionen stattfinden können. Ist der Winkel groß (also außerhalb des eines Kegels von $30^\circ$ ), so spielt die Blendung für den Verkehr eine untergeordnete Rolle.
<b>Leuchtdichte</b>	Das Maximum der errechneten Leuchtdichte der Reflexion in $1.000 \text{ cd/m}^2$
<b>Retinale Einstrahlung</b>	Die maximale Leistungsdichte der reflektierten Strahlen auf der Netzhaut in $\text{W/cm}^2$
<b>Beleuchtungsstärke</b>	Die maximale, zusätzliche Beleuchtungsstärke der reflektierenden Strahlen, am Immissionspunkt in lux.

## 2.4 Sichtbezug

Um den Sichtbezug zu den reflektierenden Flächen und deren Reflexionen deutlich zu machen, wurde die Darstellung dieser Punkte mit Blick in Fahrtrichtung (bzw. von Nachbargebäuden in Richtung der reflektierenden Flächen) gewählt. Die Winkel der Darstellung sind realistisch, d.h. ein durchschnittlicher Beobachter wird das hier berechnete Gesichtsfeld vor Augen haben.

Abbildung 11 Blickfeld

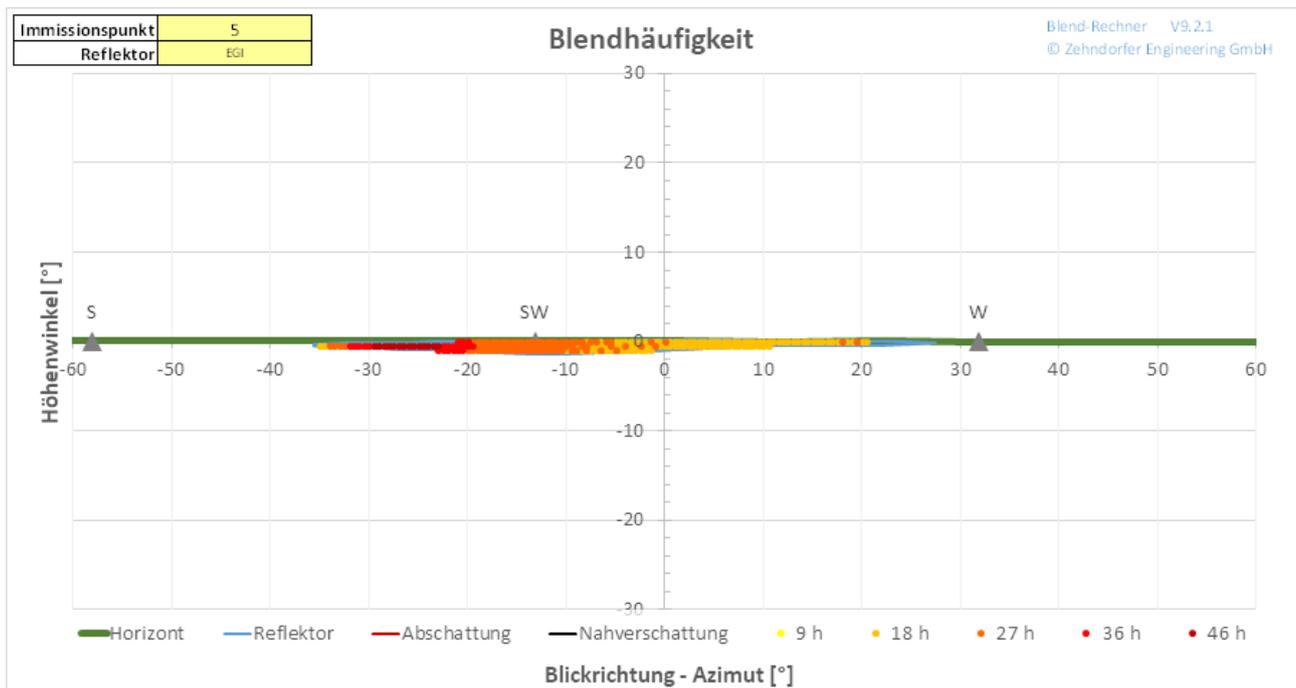


Abbildung 11 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. Alle weiteren Ansichten sind in 0 zu sehen.

## 2.5 Blendwirkung

Die Auswirkung der Blendung auf den Menschen ist von mehreren Parametern abhängig. Folgende Parameter haben einen Einfluss auf die Blendwirkung beim Menschen:

- Größe der projizierenden Reflexions-Fläche
- Reflexionsfaktor der verwendeten Materialien
- Entfernung zwischen IP und Reflektor
- Winkel zwischen Sonne und Reflexionsfläche
- Häufigkeit und Dauer der Reflexion
- Jahreszeit und Uhrzeit der Reflexion
- Tätigkeit des Menschen bei der die Reflexion wahrgenommen wird
- Möglichkeiten sich vor Blendung zu schützen

### 2.5.1 Größenverhältnisse

Die hier dargestellten Größenverhältnisse sollen bei der subjektiven Einordnung der Reflexionsfläche helfen. Da das Auge keine Größen, sondern nur optische Winkel wahrnimmt (also das Verhältnis von Größe zur Entfernung<sup>2</sup>) sind hier alle Größen im Maß des Raumwinkels (Milliradian) umgerechnet.

<sup>2</sup> Der Mond oder die Sonne sind also z.B. mit dem ausgestreckten Daumen vollständig verdeckbar.

Sichtbeziehung	Raumwinkel
<b>Gesichtsfeld</b>	2.200 msr
<b>Sonnenscheibe am Himmel</b>	0,068 msr
<b>Ausgestreckter Daumen</b>	1,55 msr

Die maximal sichtbare Größe der Solar-Anlage, vom Immissionspunkt gesehen (16 msr), ist als mittelgroß zu bezeichnen.

### 2.5.2 Richtung der Blendung

Die Richtung, von der Blendung ausgeht, kann eine entscheidende Rolle für die Blendwirkung spielen. Während Blendungen von oben (z.B. Sonne) als normal anzusehen sind und Menschen diesbezüglich nicht sehr empfindlich sind, können waagrecht einfallende Lichtstrahlen Menschen stören. Auch solche Blendungen, die von weiter links oder rechts der Sehachse kommen, werden weniger störend empfunden als jene, die im Zentrum des Gesichtsfeldes auftreten.

Die Richtlinie für die "Beleuchtung von Arbeitsstätten" DIN EN 12464, zum Beispiel, reduziert seitlich auftretende Blendungen mit dem Guth-Positionsindex<sup>3</sup>.

Daher werden in diesem Gutachten nur solche Blendungen als relevant für den Verkehr betrachtet, die innerhalb eines Winkels von +/- 15° zur Sehachse (= Fahrtrichtung) liegen.

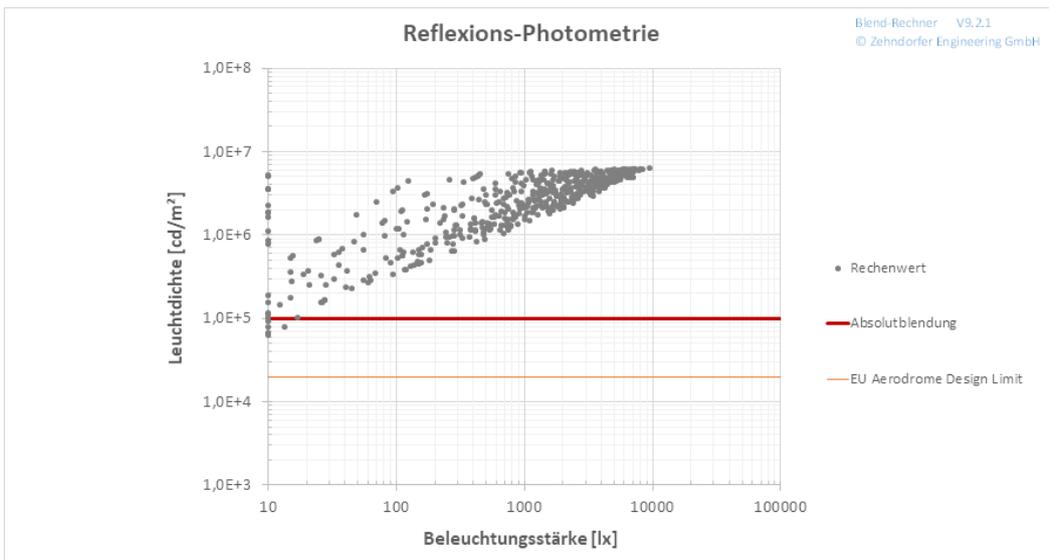
### 2.5.3 Blendstärke

Die Solar-Module haben bei rechtwinkelig auf die Oberfläche eintreffendem Licht relativ kleine Reflexionsfaktoren, weshalb dabei nur ein Teil des Sonnenlichts reflektiert wird. Bei flacher einfallenden Lichtstrahlen steigt der Anteil des reflektierten Lichtes (der Reflexionsfaktor wird höher). Auch die Stärke des Sonnenlichtes ist vom Sonnenstand abhängig (die Sonne erreicht Leuchtdichten bis zu  $1,6 \times 10^9 \text{ cd/m}^2$  und hat bei niedrig stehender Sonne noch eine Leuchtdichte von  $6 \times 10^6 \text{ cd/m}^2$ . Im Rechenmodell wurden diese Faktoren berücksichtigt. In den meisten Fällen wird bei Reflexionen Absolutblendung erreicht (eine reflektierte Leuchtdichte von über  $100.000 \text{ cd/m}^2$ ). In der Richtlinie LAI-2012 wird davon ausgegangen, dass Leuchtdichten in dieser Größenordnung bei Sonnenreflexionen immer erreicht werden. Die Stärke der Reflexionen ist demnach kein Kriterium in der Richtlinie. Gemäß der Richtlinie ist nur bei einer Dauer von über 30 Minuten pro Tag, bzw. 30 Stunden pro Jahr die Grenze der Zumutbarkeit überschritten.

---

<sup>3</sup> In diesem Zusammenhang wird auch auf eine Studie von Natasja van der Leden, Johan Alferdinck, Alexander Toet mit dem Titel „Verhinderung von Sonnenreflexionen in Lärmschutzwällen – ein Laborexperiment“ verwiesen, die zu dem Schluss kommt, dass: „die Fahrleistung bei kleinen Blendungswinkeln von 5 Grad besonders abnimmt.“

Abbildung 12 Stärke der Reflexionen



Die Berechnung der Leuchtdichte in Abbildung 12 zeigt, dass bei einigen Sonnenständen Absolutblendung erreicht wird.

### 2.5.4 Blenddauer

Abbildung 13 Blenddauer

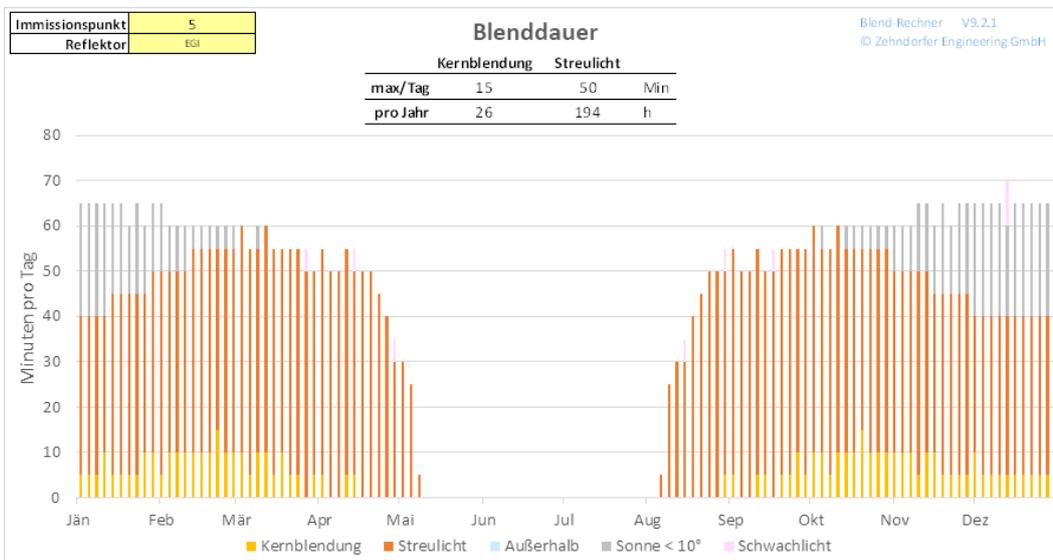


Abbildung 13 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

Die Farbkennzeichnung der unterschiedlichen Reflexionen haben die folgende Bedeutung:

- gelb: Direkt spiegelnde Kernblendung
- orange: Streulicht
- blau: Reflexionen außerhalb des Gesichtsfeldes (beim Verkehr +/-15° von der Fahrtrichtung)
- grau: Reflexionen bei denen die Sonne in einem geringen Winkel (<10°) zur Reflexion steht und diese daher überstrahlt.
- pink: Reflexionen mit geringer Leuchtdichte (unter 100.000 cd/m²)

Bei der Berechnung der Zeiten für Kernblendung (Reflexion ohne Streuung) wurden weder die verlängernde Wirkung der Streuung des Lichtes an den Modulen, noch die reduzierende Wirkung von Schlechtwetter (Regen, Schnee, Nebel, Hochnebel, Bewölkung) berücksichtigt.

### 2.5.5 Subjektive Faktoren

Es gibt Tätigkeiten, bei denen die ungestörte Sicht in Richtung der PV-Anlage notwendig ist.

Dies ist bei den Nachbarn nicht der Fall. Allerdings liegen die reflektierenden Flächen so nahe und großflächig vor den Fenstern einiger Nachbarn, dass beim Blick aus dem Fenster dieser unweigerlich auf die Reflexionen trifft.

Bei Fahrzeuglenkern kann der Blick in Richtung der Reflexionen notwendig sein, falls diese in Fahrtrichtung liegen.

### 2.5.6 Verkehrskritische Punkte

Für den Verkehr sind folgende Punkte als kritisch zu betrachten:

- Straßen- und Eisenbahnkreuzungen
- Straßenstellen mit Querungsachsen für Fußgänger und Radfahrer
- Unfallhäufungsstellen
- Straßenstellen mit Verflechtungs- und Manöverstrecken
- Stellen mit Geschwindigkeitsinhomogenität

Abbildung 14 Unfälle 2021-23

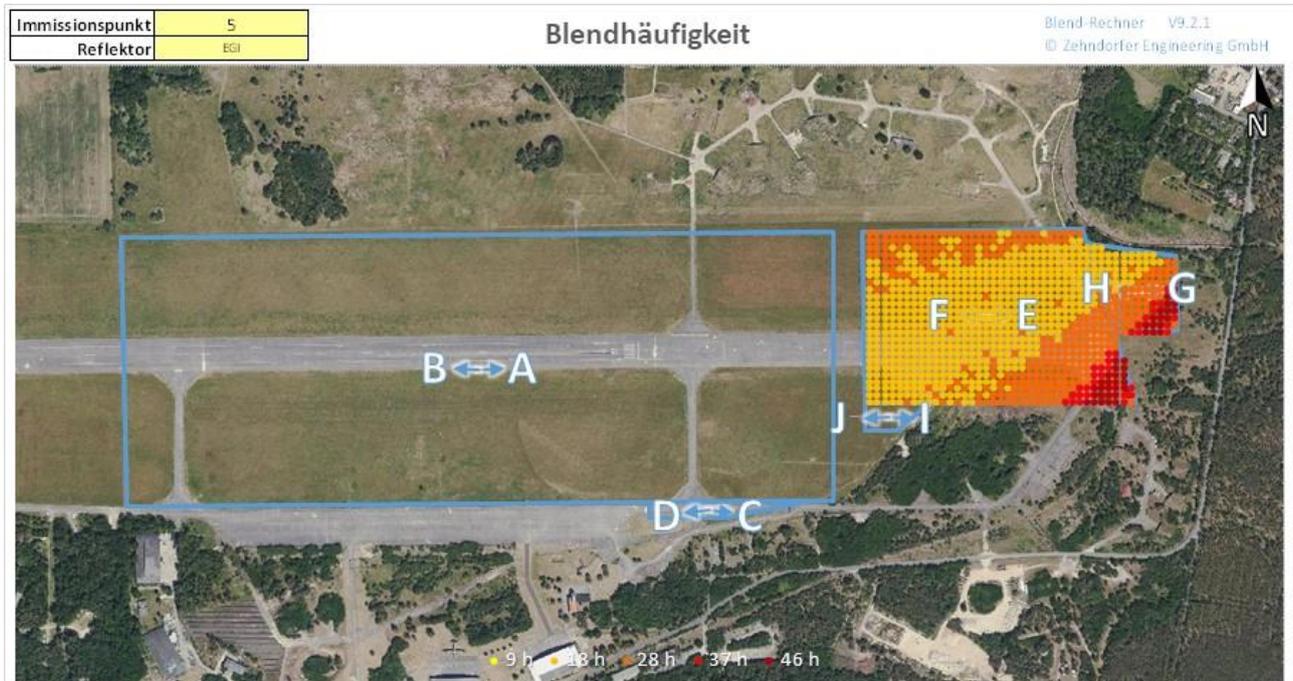


Auf den relevanten Straßenabschnitten wurden in den letzten Jahren keine Unfälle gemeldet.

2.5.7 Ursprung der Reflexionen

Um die Wirksamkeit möglicher blendreduzierender Maßnahmen abschätzen zu können, ist es hilfreich den Ursprung der Reflexionen zu kennen<sup>4</sup>. Abbildung 15 zeigt (in den Farben gelb, orange, rot) die ungefähre Dauer der Reflexionen<sup>5</sup> von bestimmten reflektierenden Flächen, während eines ganzen Jahres.

Abbildung 15 Reflektierende Flächen



<sup>4</sup> Auf Grund unterschiedlicher Blickwinkel reflektieren nicht alle Flächen gleich.

<sup>5</sup> In dieser Darstellung wurde Streulicht berücksichtigt. Die dargestellten Dauern sind daher nur als Indikation zu verstehen und nicht für den Vergleich mit den Grenzwerten der Richtlinie geeignet.

### 3 Beurteilung & Empfehlungen

#### IP1 bis 5 (Nachbarschaft)

Es werden Reflexionen in Richtung der Nachbarschaft stattfinden. Die Dauer der direkt spiegelnden Kernblendung liegt jedoch an allen Punkten unter den Grenzwerten der Richtlinie.

#### IP6 bis 10 (Straßen)

Es werden Blendungen in Richtung des IP8 auftreten. Diese bestehen hauptsächlich aus Streulicht. Falls diese trotz der derzeit bestehenden, dichten Vegetation auftreten, können diese mit einem Sichtschutz im Süden der Anlage verhindert werden.

**Es wird keine erhebliche Blendwirkung in Richtung der Nachbarschaft stattfinden. Für den Straßenverkehr besteht keine Gefahr durch Blendung.**

Datum: 29.1.2025

Gutachter:

**Zehndorfer  
Engineering**  
+43 (680) 244 3310 Zehndorfer Engineering GmbH  
office@zehndorfer.at Stift-Viktring-Straße 21/6  
www.zehndorfer.at 9073 Klagenfurt  
FN 515736k Austria  
UID-ATU74524829

Jakob Zehndorfer  
Zehndorfer Engineering GmbH

## ANHANG 1 DEFINITIONEN

Blendung (allgemein)	Eine Störung der visuellen <i>Wahrnehmung</i> , verursacht durch eine helle Lichtquelle im Gesichtsfeld
Psychologische Blendung	Eine Form von Blendung, welche als <i>unangenehm oder ablenkend</i> empfunden wird. Sie stört häufig nur unbewusst die Aufnahme von visueller Information, ohne die Wahrnehmung von Details wirklich zu verhindern.
Physiologische Blendung	Eine Form von Blendung, welche die Wahrnehmung von visueller Information <i>technisch messbar</i> reduziert. Sie wird durch Streulicht innerhalb des Auges verursacht, welches die wahrnehmbaren Kontraste durch seine Schleierleuchtdichte reduziert.
Blendwirkung	Die Auswirkung der Blendung auf ein Individuum
tolerierbare Grenze	In den genannten Vorschriften und Gesetzestexten wird die „tolerierbare Grenze“ für die Blendung nicht näher definiert.
Reflexion (Physik)	Das Zurückwerfen von Wellen an einer Grenzfläche
Gerichtete Reflexion	Für (nahezu) glatte Oberflächen gilt das <i>Reflexionsgesetz</i>
Immissionspunkt	Punkt, auf welchen Strahlung einwirkt
Emissionsfläche	Fläche, von welcher Strahlung ausgesendet wird
Leuchtdichte	Ein Maß für den <i>Helligkeitseindruck</i> . Gibt die Lichtstärke pro Fläche, in Candela pro Quadratmeter an [cd/m <sup>2</sup> ] bzw. den Lichtstrom pro sichtbarer Flächeneinheit des Reflektors und Raumwinkel (des entfernt stehenden Auges) [lm/m <sup>2</sup> sr] an.
Lichtstärke	Der Lichtstrom pro Raumwinkel [lm/sr]
IP	Die Immissionspunkte sind jene Punkte, für welche die Blendberechnung durchgeführt wird
PV	Photovoltaik
Azimut	Seitenwinkel (horizontal) zwischen Objekt und Südrichtung
Elevation	auch <i>Höhenwinkel</i> , gemessen von der Horizontalen zur Objektoberfläche
Koordinatensystem	Das verwendete Koordinatensystem verläuft in x/y-Ebene parallel zur Erdoberfläche, der z-Vektor zeigt senkrecht in die Höhe. In der Berechnung finden verschiedene andere Koordinatensysteme Anwendung, was für das Endergebnis jedoch irrelevant ist.
Prismierung	PV-Glas hat, neben seiner besonderen chemischen Zusammensetzung und einer eventuellen anti-reflex Beschichtung, in vielen Fällen auch noch die Eigenschaft einer „rauen“ Oberfläche – kleine Prismen, die die Reflexion verringern und die Transmission des Lichts in das Glas verstärken sollen. An diesen kleinen, unterschiedlich geneigten Flächen entsteht Streulicht.

## **ANHANG 2 RICHTLINIEN, VORSCHRIFTEN UND GESETZE**

### **Bundes-Immissionsschutzgesetz (2016)**

§ 5 (1) Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt 1. schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können; ...

§ 22 (1) Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass 1. schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, ...

### **Bürgerliches Gesetzbuch 2015, § 906**

(1) Der Eigentümer eines Grundstücks kann die Zuführung von Gasen, Dämpfen, Gerüchen, Rauch, Ruß, Wärme, Geräusch, Erschütterungen und ähnliche von einem anderen Grundstück ausgehende Einwirkungen insoweit nicht verbieten, als die Einwirkung die Benutzung seines Grundstücks nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt. Eine unwesentliche Beeinträchtigung liegt in der Regel vor, wenn die in Gesetzen oder Rechtsverordnungen festgelegten Grenz- oder Richtwerte von den nach diesen Vorschriften ermittelten und bewerteten Einwirkungen nicht überschritten werden. Gleiches gilt für Werte in allgemeinen Verwaltungsvorschriften, die nach § 48 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes erlassen worden sind und den Stand der Technik wiedergeben.

(2) Das Gleiche gilt insoweit, als eine wesentliche Beeinträchtigung durch eine ortsübliche Benutzung des anderen Grundstücks herbeigeführt wird und nicht durch Maßnahmen verhindert werden kann, die Benutzern dieser Art wirtschaftlich zumutbar sind. Hat der Eigentümer hiernach eine Einwirkung zu dulden, so kann er von dem Benutzer des anderen Grundstücks einen angemessenen Ausgleich in Geld verlangen, wenn die Einwirkung eine ortsübliche Benutzung seines Grundstücks oder dessen Ertrag über das zumutbare Maß hinaus beeinträchtigt.

### **Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI-2012), 13.09.2012**

#### **3. Maßgebliche Immissionsorte und –Situationen**

Maßgebliche Immissionsorte sind a) schutzwürdige Räume, die als Wohnräume, Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien, Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen, Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume genutzt werden. An Gebäuden anschließende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 6:00 – 22:00 Uhr gleichgestellt. b) unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund an dem am stärksten betroffenen Rand der Flächen, auf denen nach Bau- oder Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zugelassen sind.

Zur Ermittlung der Immissionen (Blendzeiträume) wird von idealisierten Annahmen ausgegangen

- Die Sonne ist punktförmig
- Das Modul ist ideal verspiegelt, d.h. es kann das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel“ angewendet werden.
- Die Sonne scheint von Aufgang bis Untergang d.h. die Berechnung liefert die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume.

In den Immissionszeiten sollten nur solche Konstellationen berücksichtigt werden, in denen sich die Blickrichtungen zur Sonne und auf das Modul um mindestens  $10^\circ$  unterscheiden.

Eine erhebliche Belästigung im Sinne des BImSchG durch die maximal mögliche astronomische Blenddauer unter Berücksichtigung aller umliegenden Photovoltaikanlagen kann vorliegen, wenn diese mindestens 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr beträgt.

### **Bundesfernstraßengesetz (2007)**

§ 9 Bauliche Anlagen an Bundesfernstraßen - (2) Im Übrigen bedürfen Baugenehmigungen oder nach anderen Vorschriften notwendige Genehmigungen der Zustimmung der obersten Landesstraßenbaubehörde, wenn 1. bauliche Anlagen längs der Bundesautobahnen in einer Entfernung bis zu 100 Meter und längs der Bundesstraßen außerhalb der zur Erschließung der anliegenden Grundstücke bestimmten Teile der Ortsdurchfahrten bis zu 40 Meter, gemessen vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn, errichtet, erheblich geändert oder anders genutzt werden sollen, ...

(3) Die Zustimmung nach Absatz 2 darf nur versagt oder mit Bedingungen und Auflagen erteilt werden, soweit dies wegen der Sicherheit oder Leichtigkeit des Verkehrs, der Ausbauabsichten oder der Straßenbaugestaltung nötig ist.

### ANHANG 3 METHODIK DER BERECHNUNG

Die Berechnung wird mittels *Raytracing* durchgeführt. Dabei wird der errechnete Sonnenstand für ein ganzes Jahr in der Auflösung von 1 bis 5 Minuten, in einen Einfallswinkel auf der Reflexionsfläche umgerechnet und mathematisch gespiegelt. Streublendungen werden als Strahlaufweitung an der Reflexionsoberfläche modelliert. Alle Zeitpunkte, bei denen Reflexionen in Richtung der Immissionsunkte auftreten, werden notiert und grafisch im Blendverlauf dargestellt. Die Blenddauer wird als tägliche und jährliche Akkumulation der Blendzeitpunkte errechnet. Alle Berechnungen werden unter Zuhilfenahme von vorteilhaften Koordinatensystemen, mittels entsprechender Drehmatrizen durchgeführt.

Für eine eventuelle Berechnung der photometrischen Daten (Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke) wird die, vom Sonnenstand abhängige, Einstrahlung mit dem winkelabhängigen Reflexionsfaktor multipliziert. Auch die Strahlaufweitung an der reflektierenden Oberfläche wird berücksichtigt. Die Beleuchtungsstärke wird mit der, zu jedem Zeitpunkt reflektierenden, Oberfläche berechnet.

In den Berechnungen und grafischen Darstellungen wurden die folgenden Datenquellen eingesetzt:

Copyright			
	Daten Quelle	©	Link
	Orthofoto BB GeoBasis-DE/LGB	DL-DE->BY-2.0	geobroker.geobasis-bb.de
	Geländemodell BB GeoBasis-DE/LGB	DL-DE->BY-2.0	geobroker.geobasis-bb.de
	Oberflächenmodell N/A		
	Verwaltungsgrenzen BB GeoBasis-DE/LGB	DL-DE->BY-2.0	geobroker.geobasis-bb.de

## ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Tabelle 1 Koordinaten der reflektierenden Flächen

EPSG	Koordinatensystem	False Northing	False Easting
25833	UTM 33N	5 000 000	0

Reflektor	A				B				C			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	412 288	413 531	413 529	412 278	412 288	413 531	413 529	412 278	413 207	413 340	413 487	413 207
y	717 857	717 866	718 349	718 339	717 857	717 866	718 349	718 339	717 835	717 836	717 866	717 864
z	122	124	122	117	122	124	122	117	122	123	124	123
h	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Reflektor	D				E				F			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	413 207	413 340	413 487	413 207	413 586	414 061	413 968	413 580	413 586	414 061	413 968	413 580
y	717 835	717 836	717 866	717 864	718 042	718 045	718 355	718 352	718 042	718 045	718 355	718 352
z	122	123	124	123	125	122	121	122	125	122	121	122
h	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Reflektor	G				H				I			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	414 023	414 135	414 132	413 976	414 023	414 135	414 132	413 976	413 586	413 642	413 696	413 586
y	718 171	718 172	718 307	718 329	718 171	718 172	718 307	718 329	717 993	717 993	718 042	718 042
z	123	121	120	122	123	121	120	122	125	125	125	125
h	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Reflektor	J			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4
x	413 586	413 642	413 696	413 586
y	717 993	717 993	718 042	718 042
z	125	125	125	125
h	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabelle 2 Winkel der reflektierenden Flächen

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	10	-90	0	155	10	-92
B	10	90	0	155	10	92
C	10	-90	1	8	10	-83
D	10	90	1	8	10	83
E	10	-90	0	-142	10	-92
F	10	90	0	-142	10	92
G	10	-90	1	-123	10	-93
H	10	90	1	-123	10	93
I	10	-90	0	-24	10	-89
J	10	90	0	-24	10	89

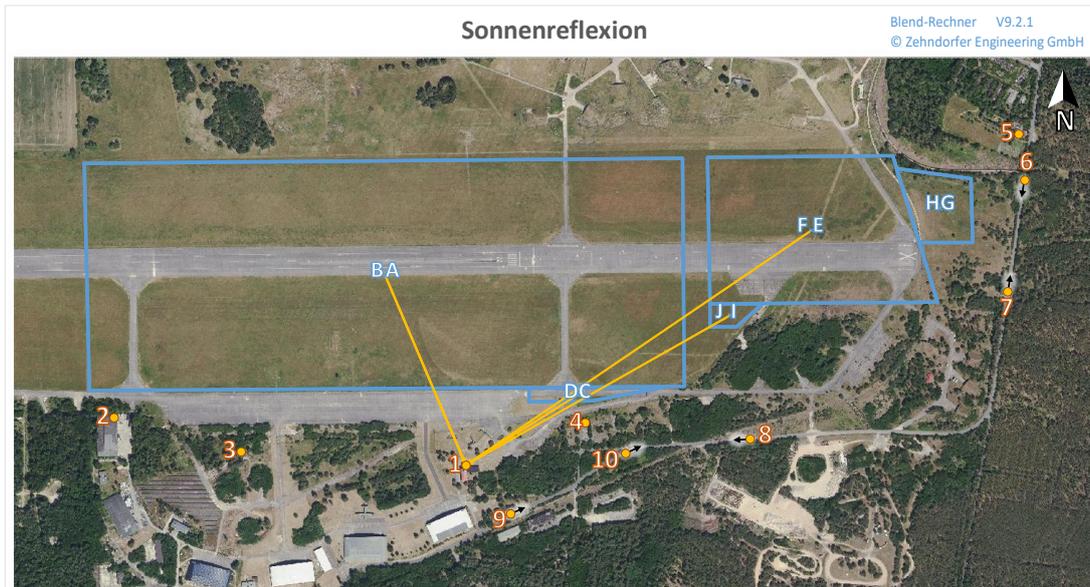
Tabelle 3 Immissionspunkte

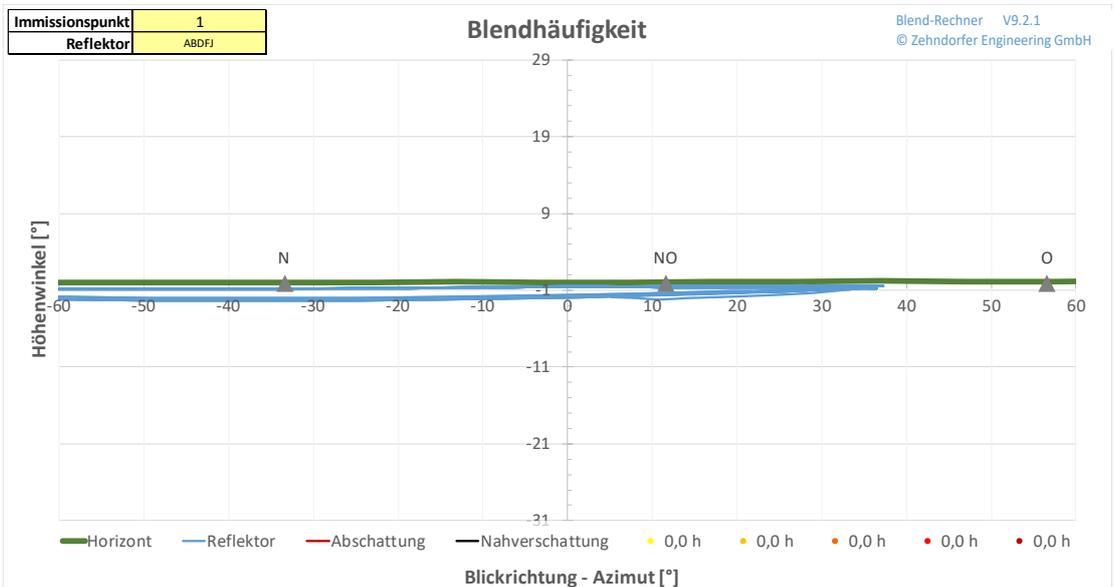
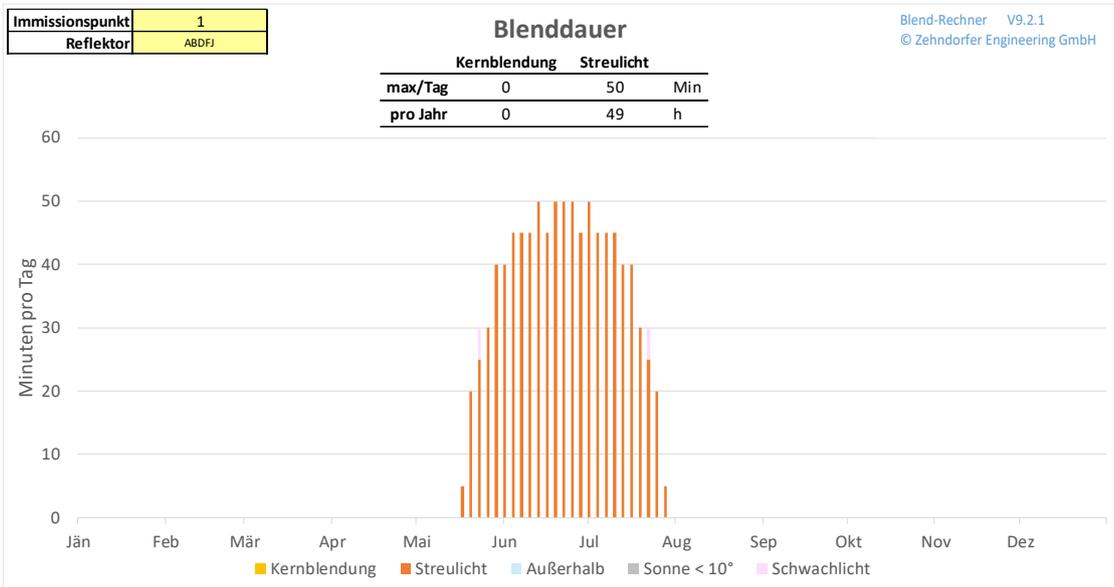
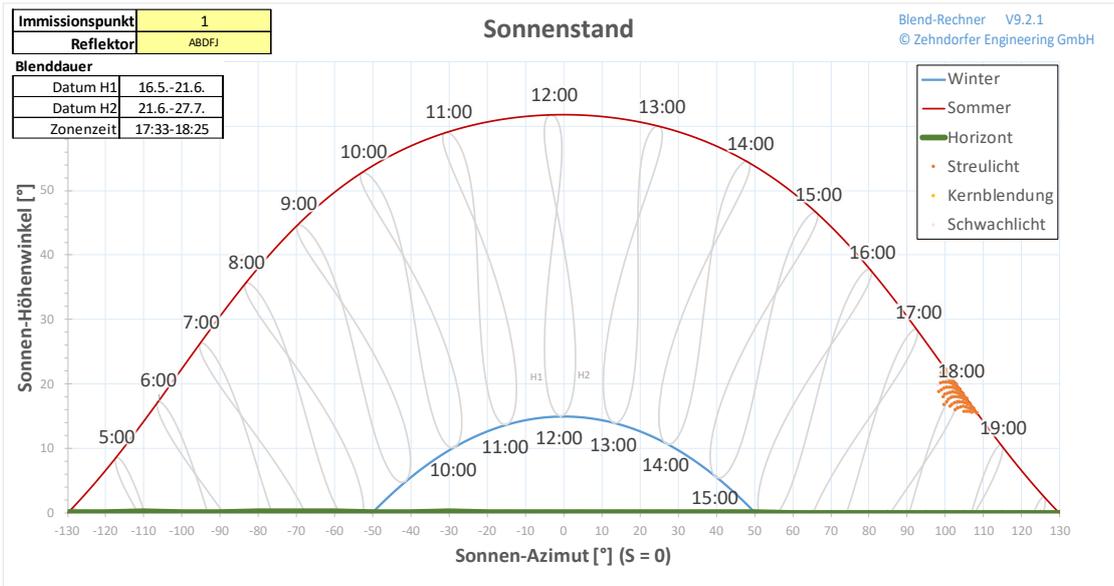
Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP-S1	IP-S2	IP-S3	IP-S4	IP-S5
x	413 076	412 340	412 605	413 325	414 230	414 243	414 209	413 670	413 168	413 409
y	717 700	717 801	717 730	717 790	718 402	718 304	718 067	717 756	717 597	717 725
z	121	123	122	122	119	120	121	123	121	122
h	10,0	10,0	10,0	10,0	5,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az						9	-172	86	-114	-114

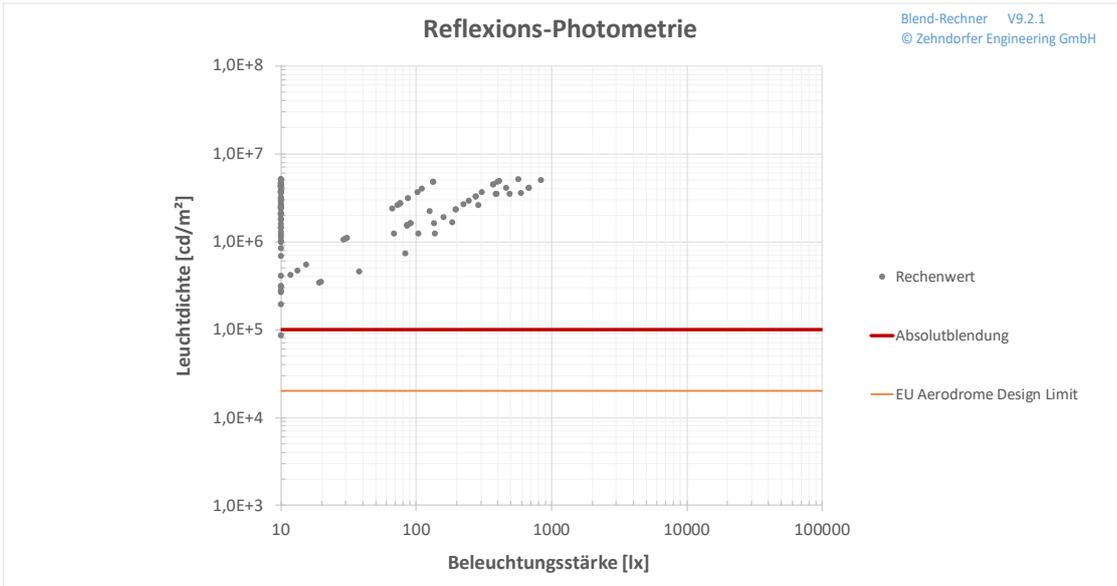
ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Reflektor		ABDFJ	ABDF	ABDF	ABDFHJ	EGI	EGI	EGI	AC	BD	BCDFJ
<b>Immissionspunkt</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz	m	164	57	130	47	137	111	128	177	241	122
Höhenwinkel	°	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	94	413	162	406	16	11	10	0	14	4
Datum H1		16.5.-21.6.	25.4.-21.6.	10.5.-21.6.	1.5.-21.6.	21.12.-7.5.	21.12.-21.6.	7.4.-21.6.	1.5.-21.6.	-	-
Datum H2		21.6.-27.7.	21.6.-17.8.	21.6.-2.8.	21.6.-11.8.	5.8.-21.12.	21.6.-21.12.	21.6.-4.9.	21.6.-11.8.	-	-
Zeit		17:33-18:25	5:48-7:12	5:48-6:55	17:06-18:25	13:27-17:16	13:57-18:12	16:31-18:31	17:11-18:28	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	10	10	5	15	0	0	5	-	-
Kernblendung	h / Jahr	0	10	2	5	26	0	0	1	-	-
Streulicht	min / Tag	50	55	60	55	50	0	0	45	-	-
Streulicht	h / Jahr	49	91	70	85	194	0	0	56	-	-
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	26	29	28	29	28	29	28	28	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	106	0	11	93	0	26	80	8	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m <sup>2</sup> ]	5 178	5 268	5 240	5 245	6 388	6 573	5 778	5 489	-	-
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm <sup>2</sup> ]	40	41	41	41	50	51	45	43	-	-
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	835	6 649	1 986	3 440	9 354	6 992	2 613	1 999	-	-

Im Folgenden werden jene Ergebnisse grafisch dargestellt, für welche Reflexionen auftreten können.







Immissionspunkt	1
Reflektor	ABDFJ

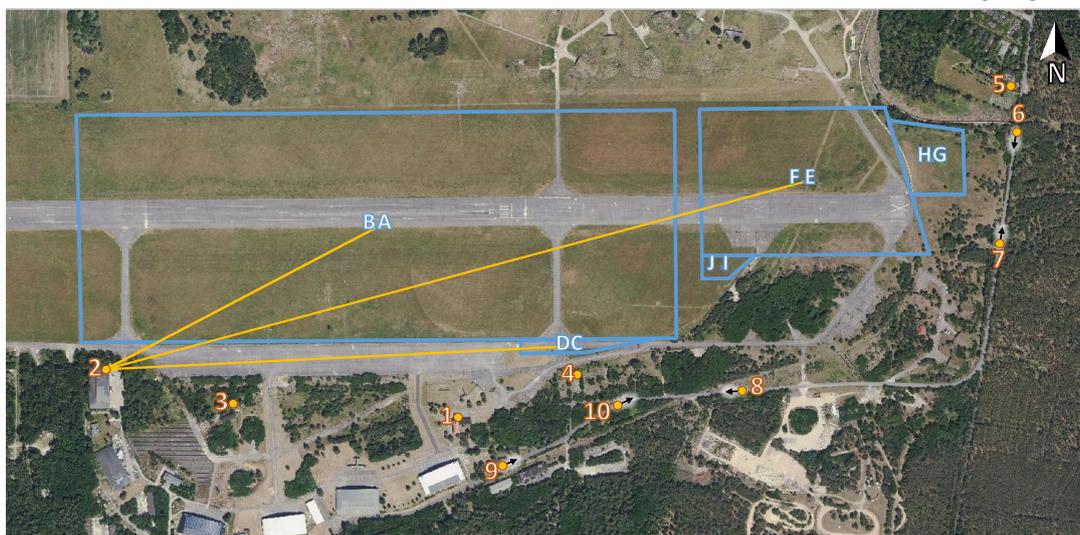
### Blendhäufigkeit

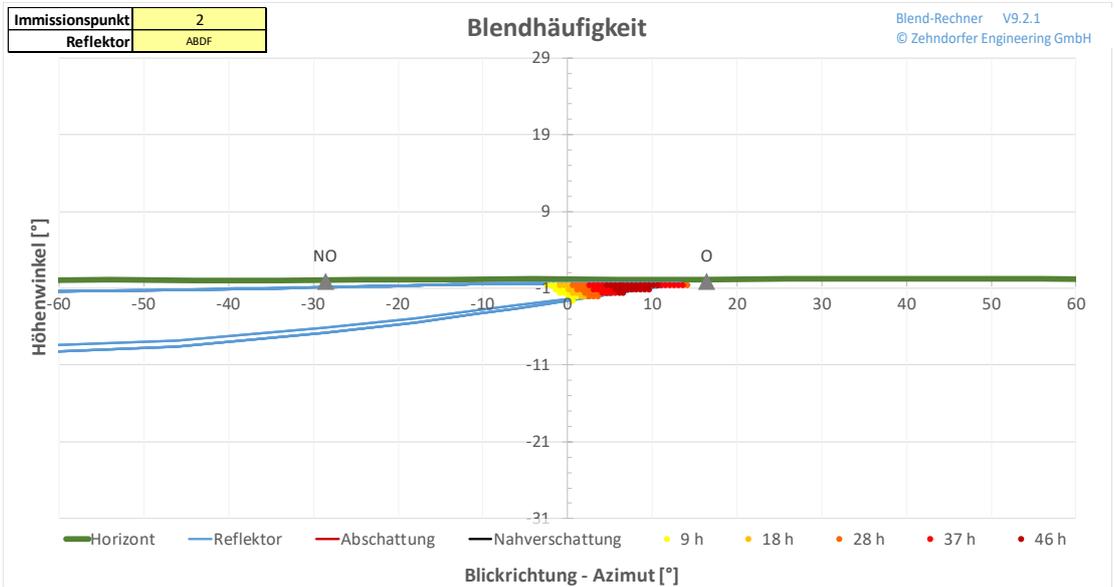
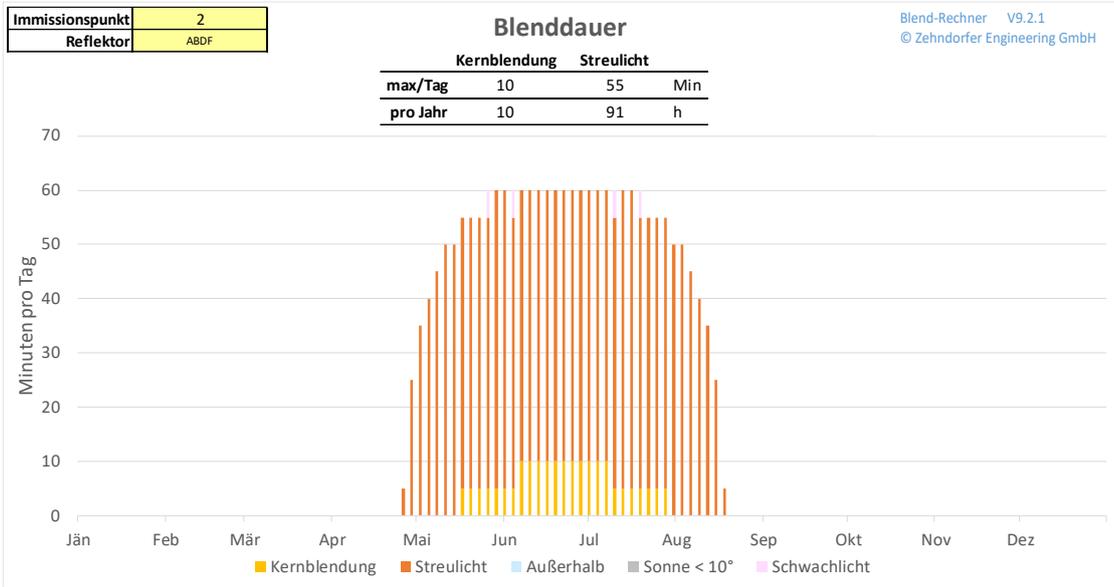
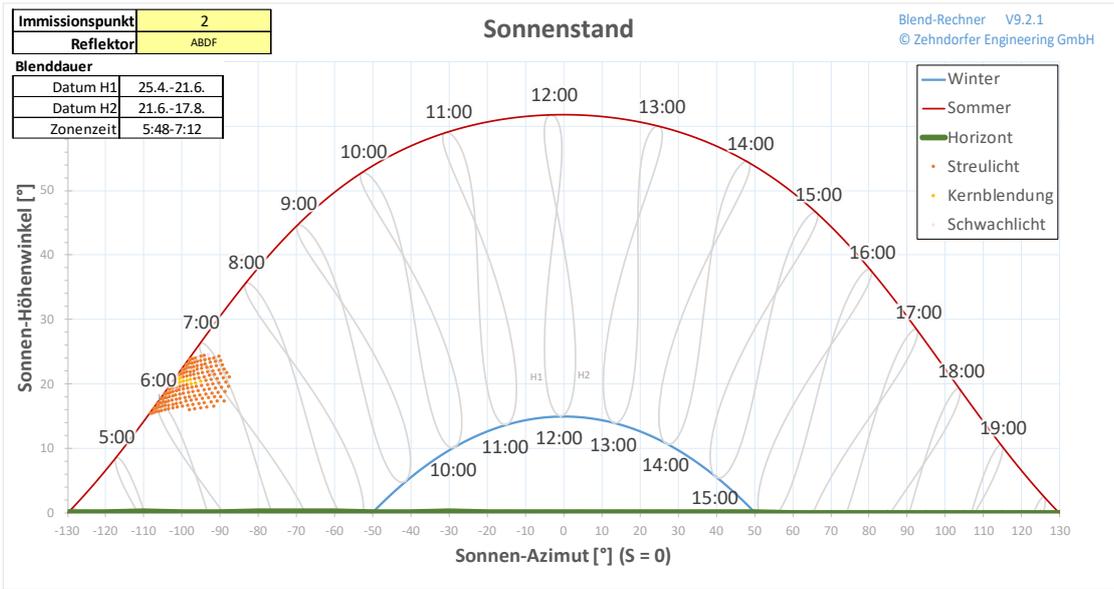
Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH

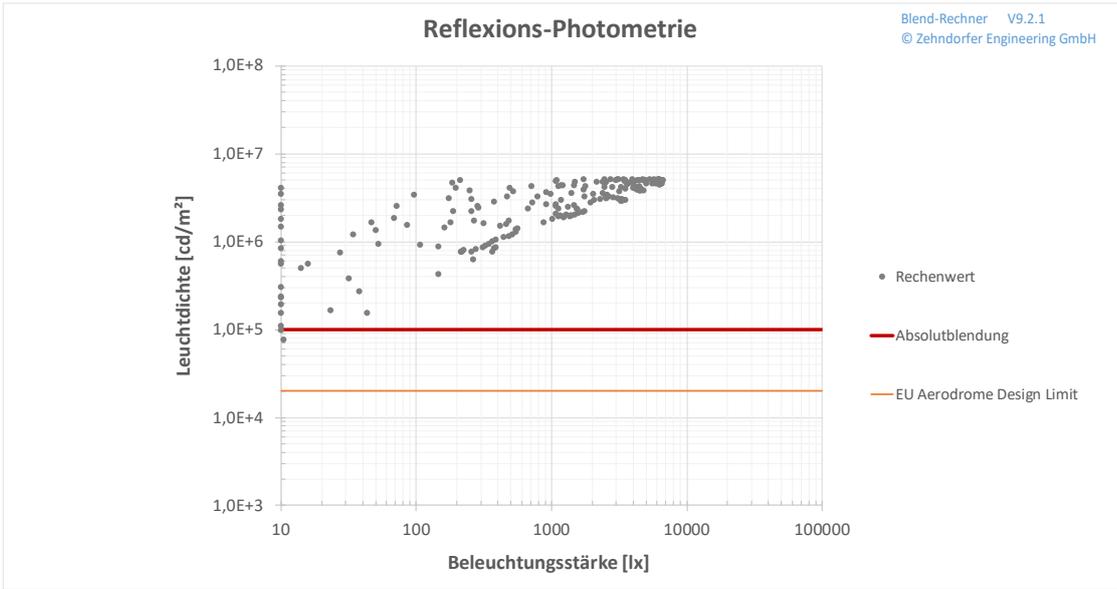


### Sonnenreflexion

Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH



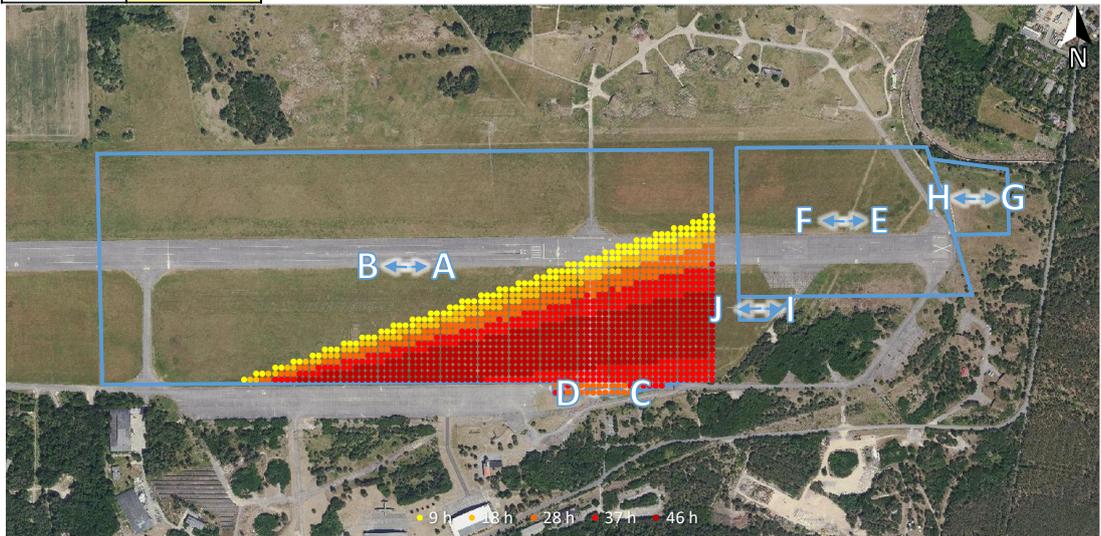




Immissionspunkt	2
Reflektor	ABDF

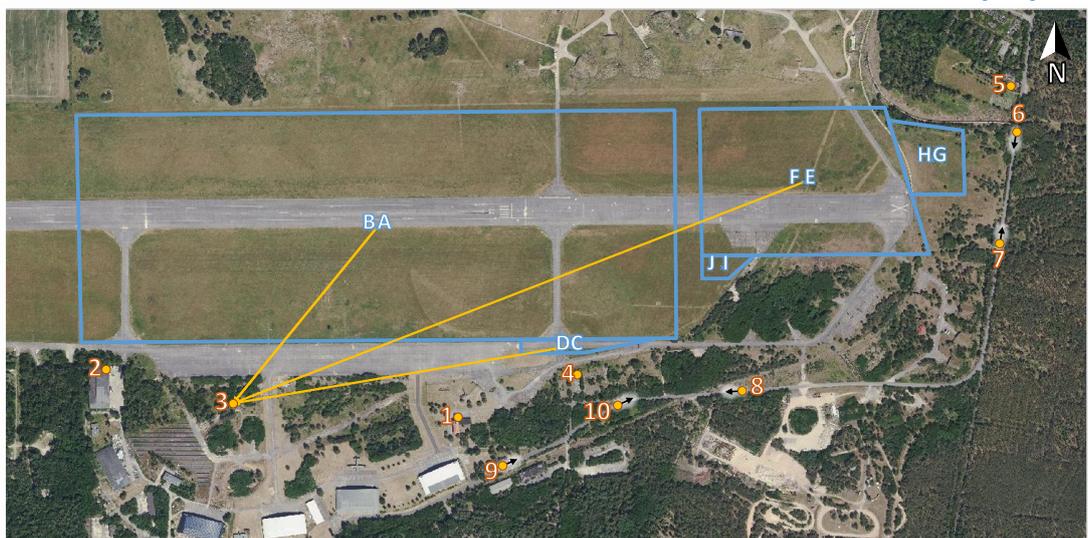
### Blendhäufigkeit

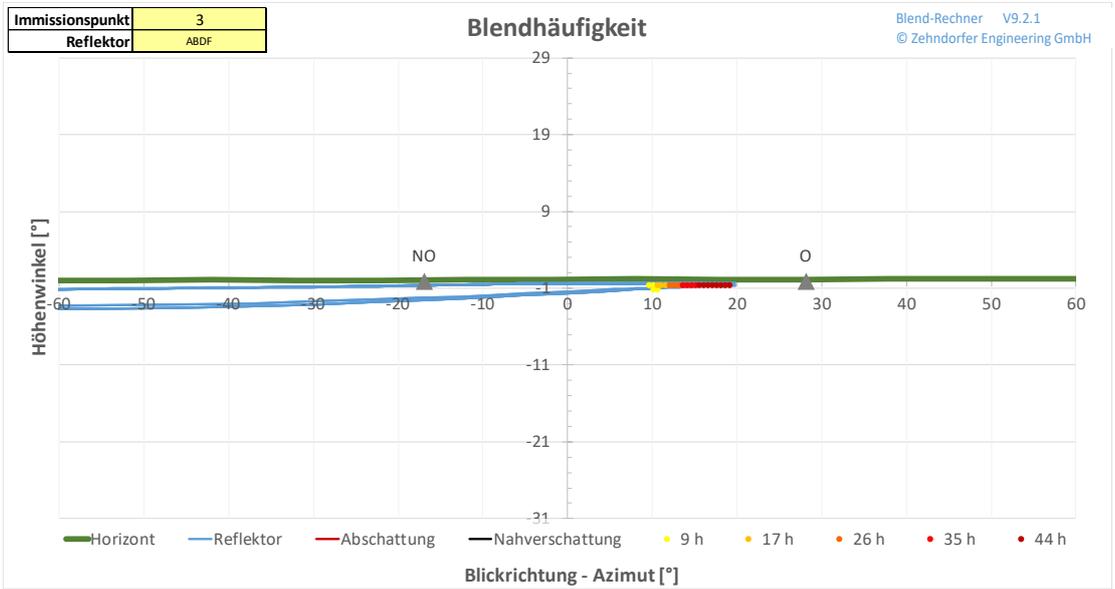
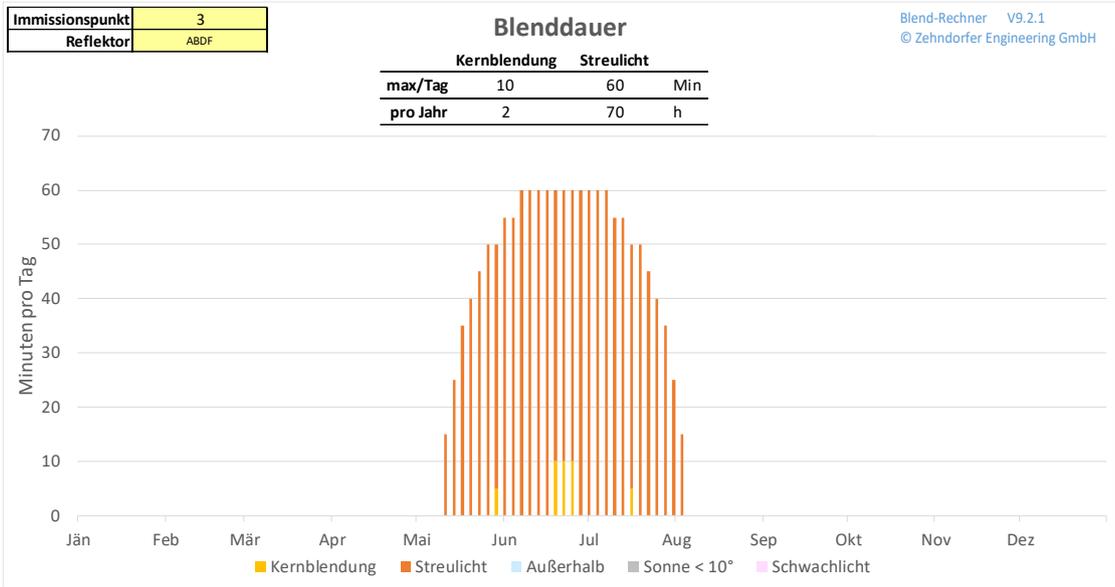
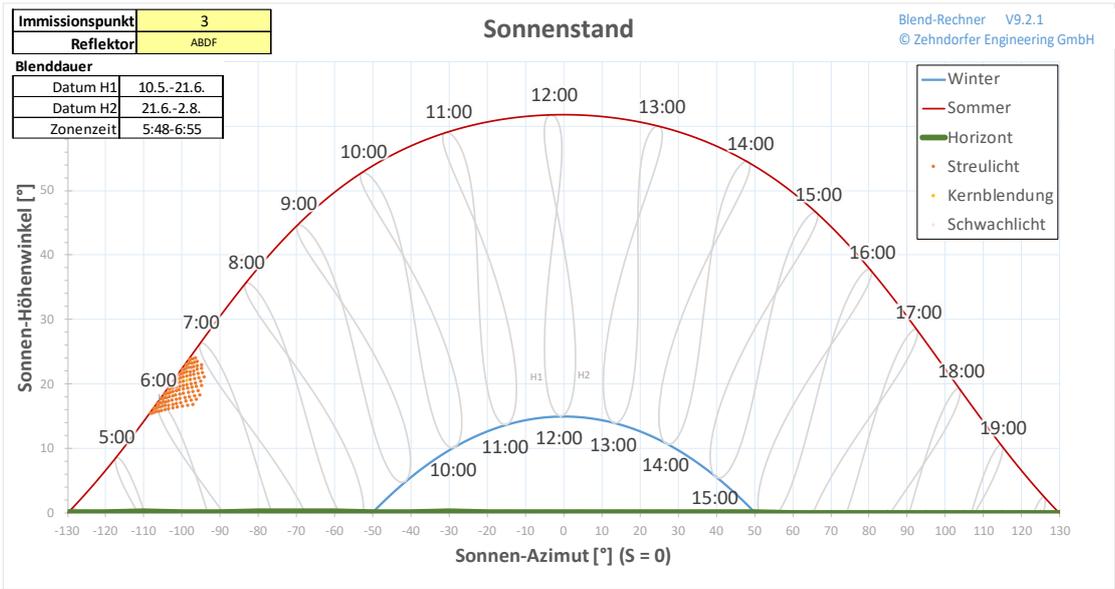
Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH

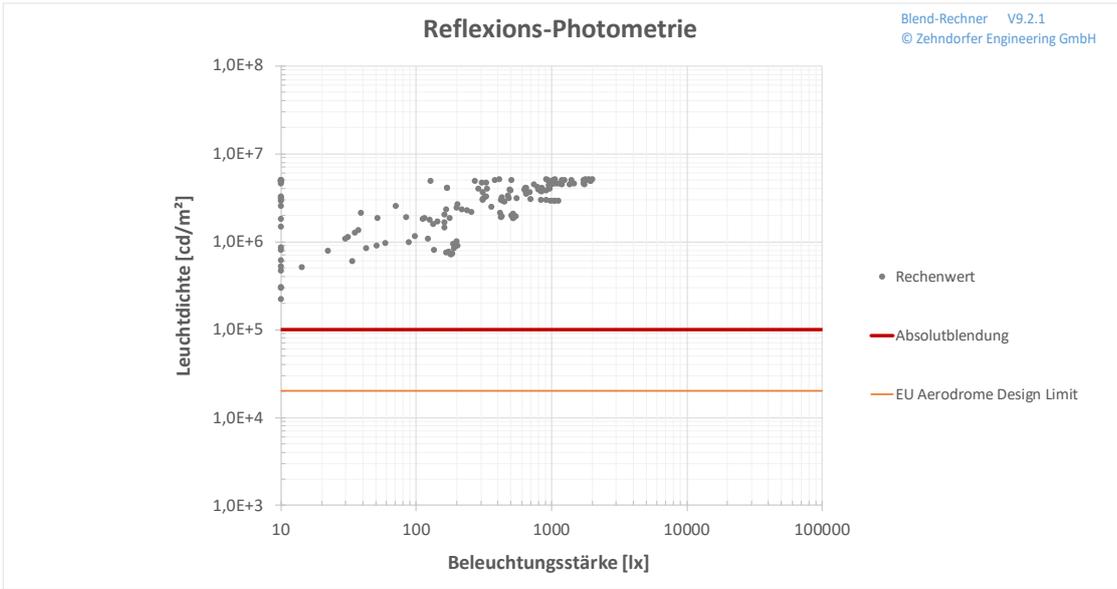


### Sonnenreflexion

Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH



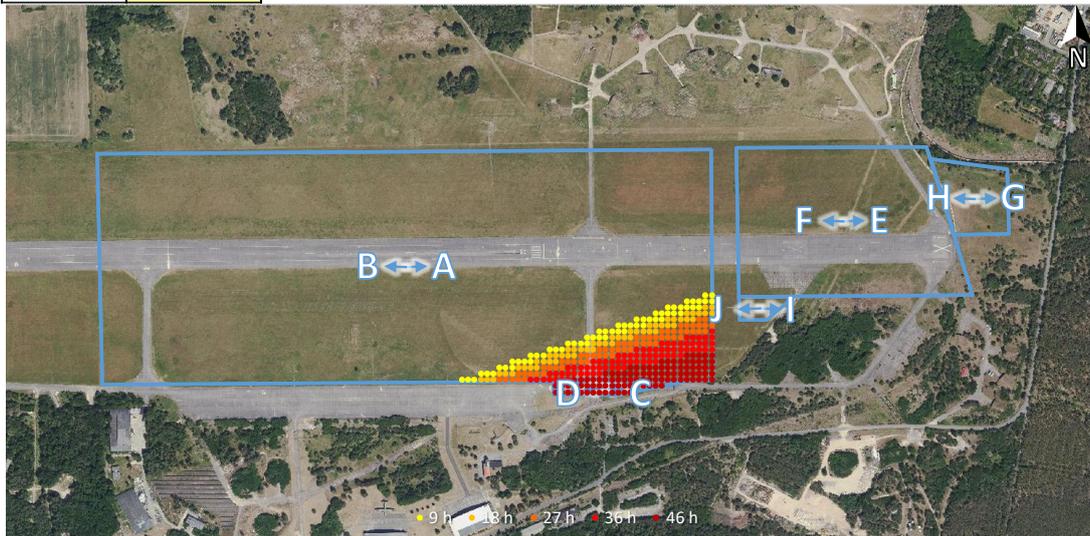




Immissionspunkt	3
Reflektor	ABDF

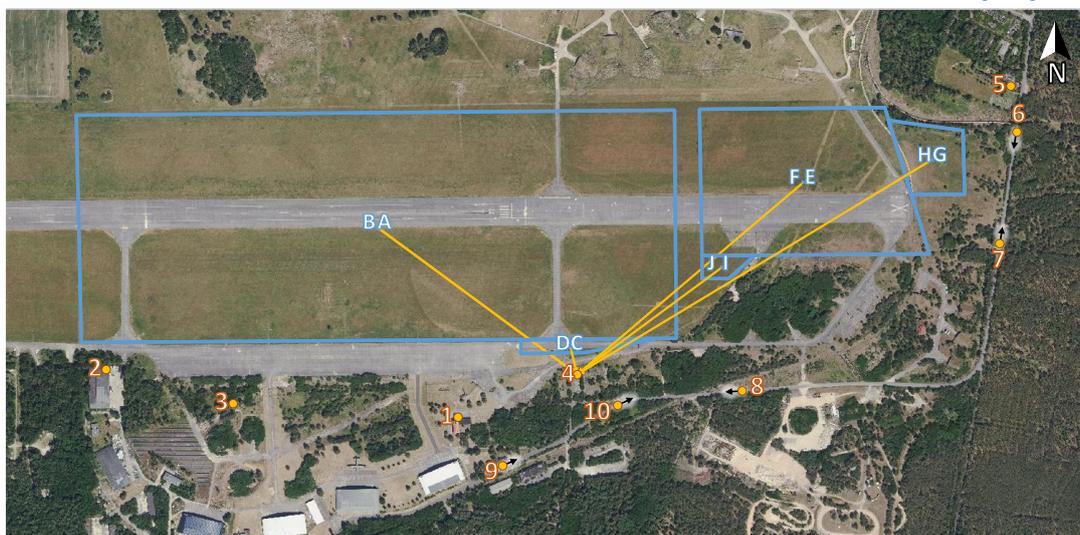
### Blendhäufigkeit

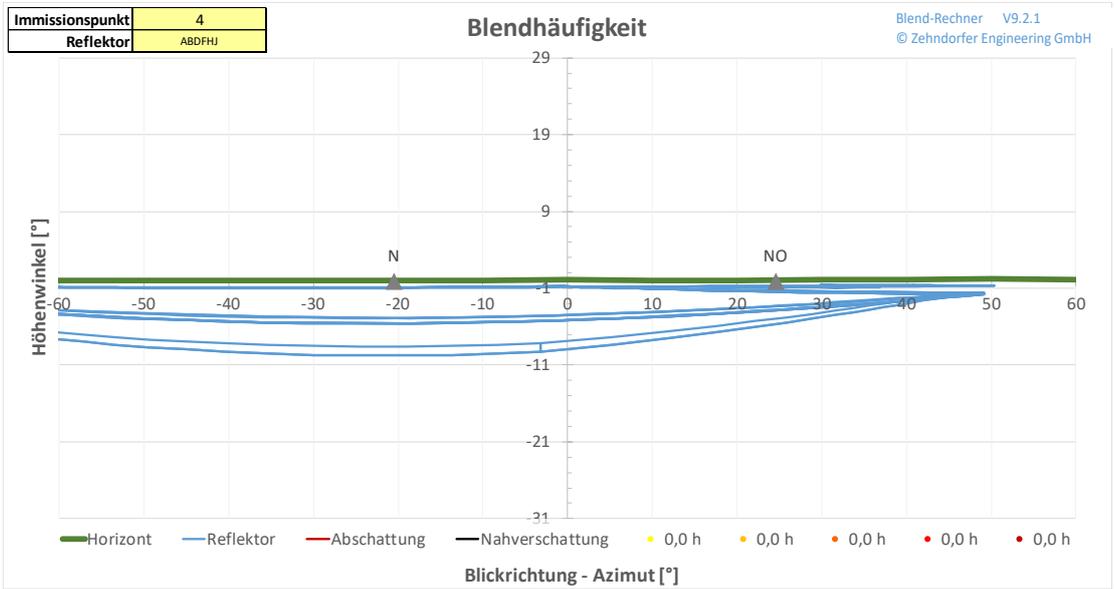
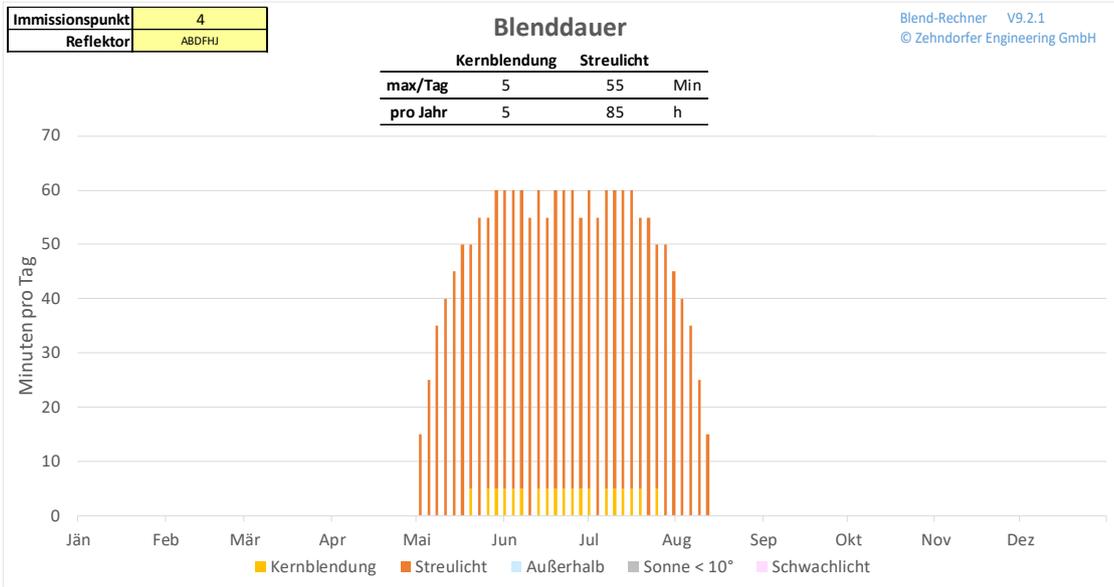
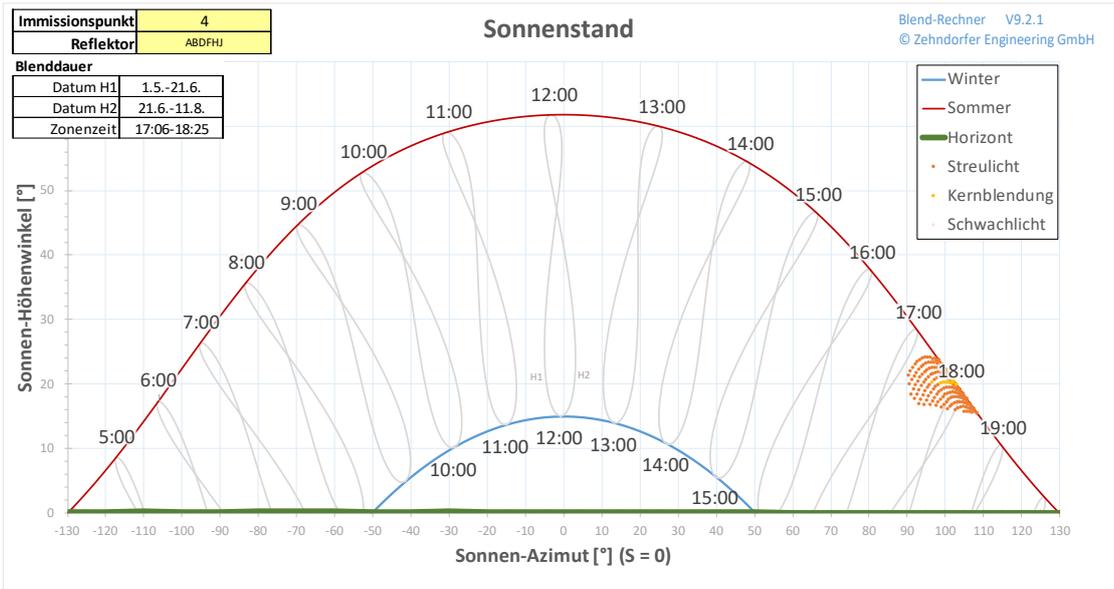
Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH

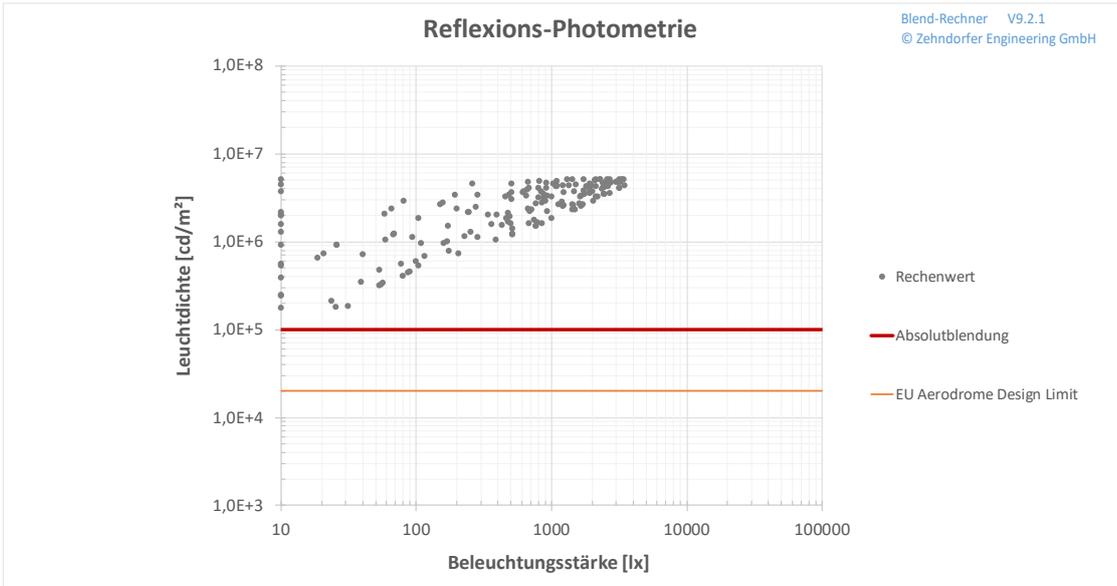


### Sonnenreflexion

Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH



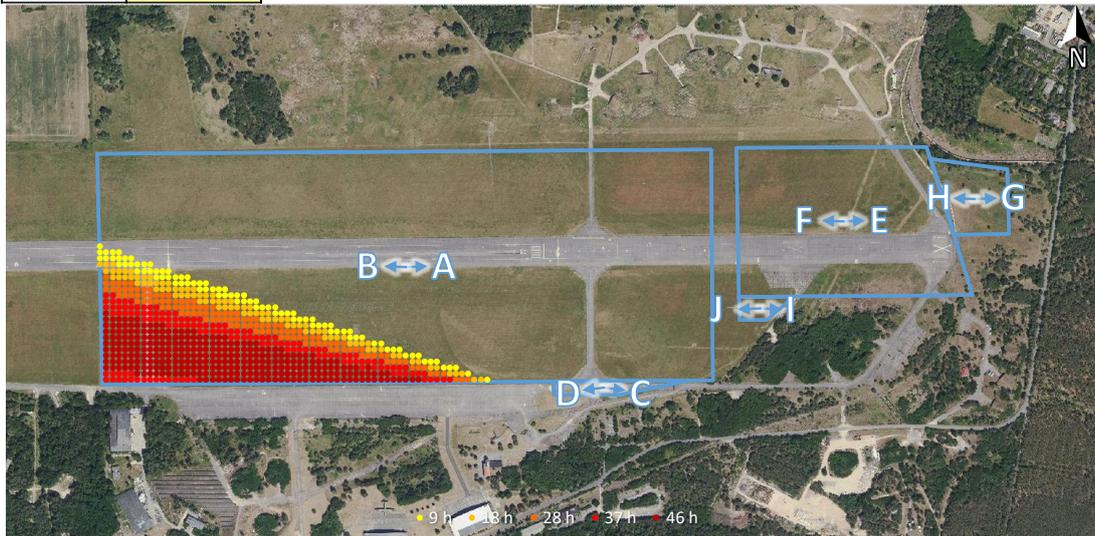




Immissionspunkt	4
Reflektor	ABDFHJ

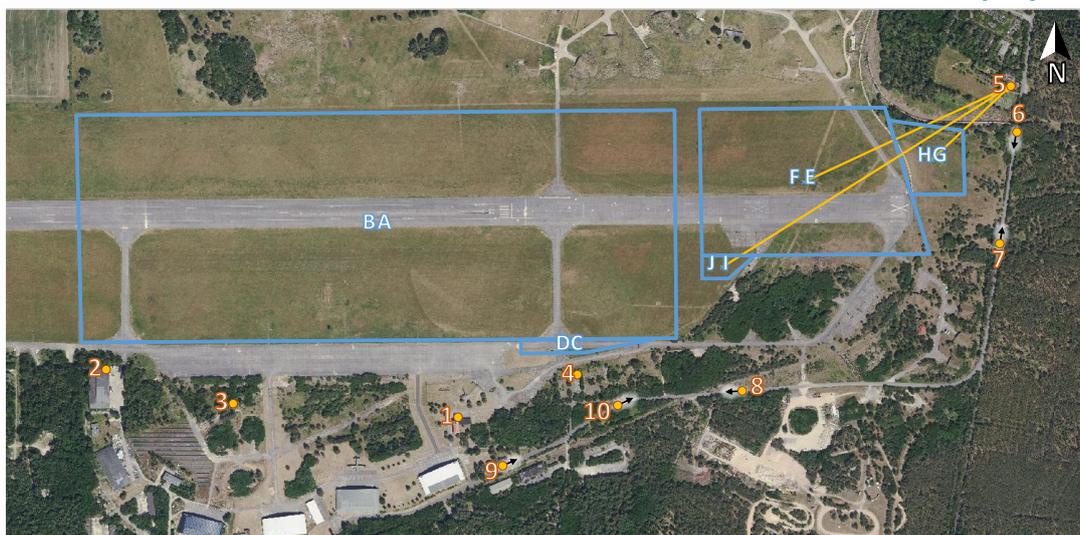
### Blendhäufigkeit

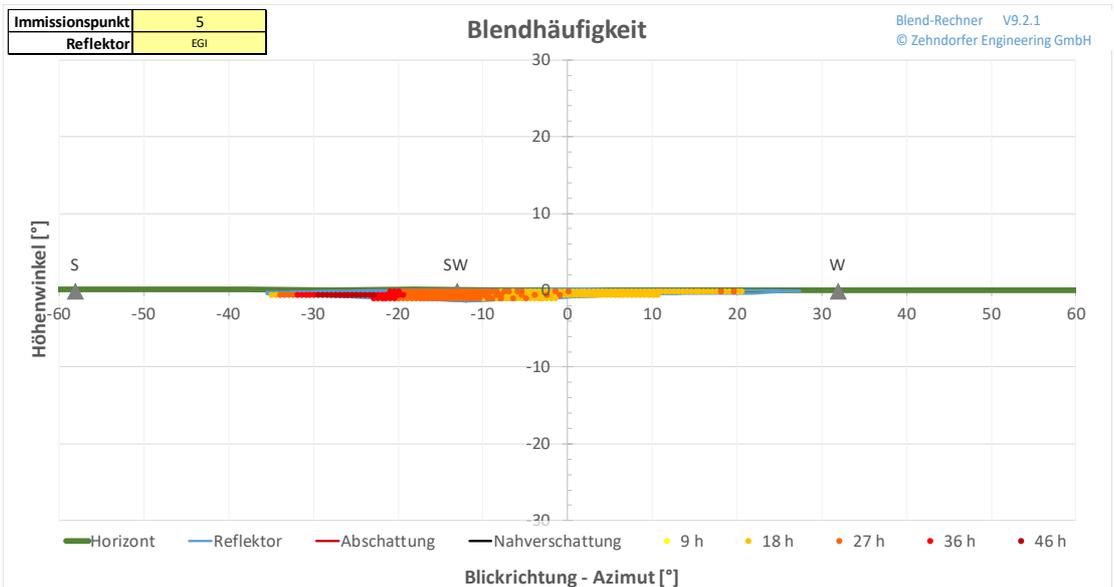
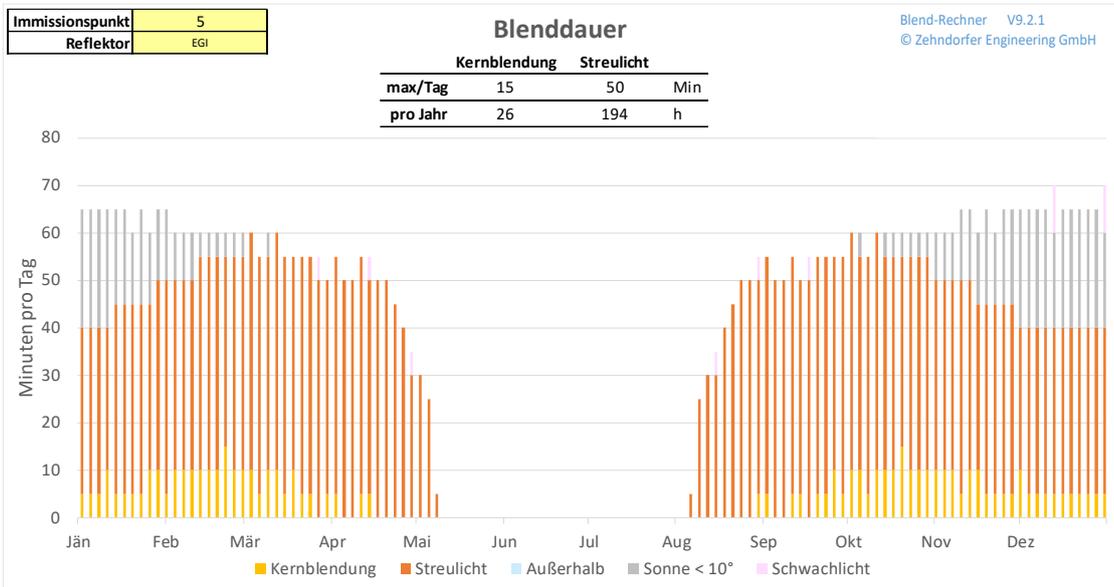
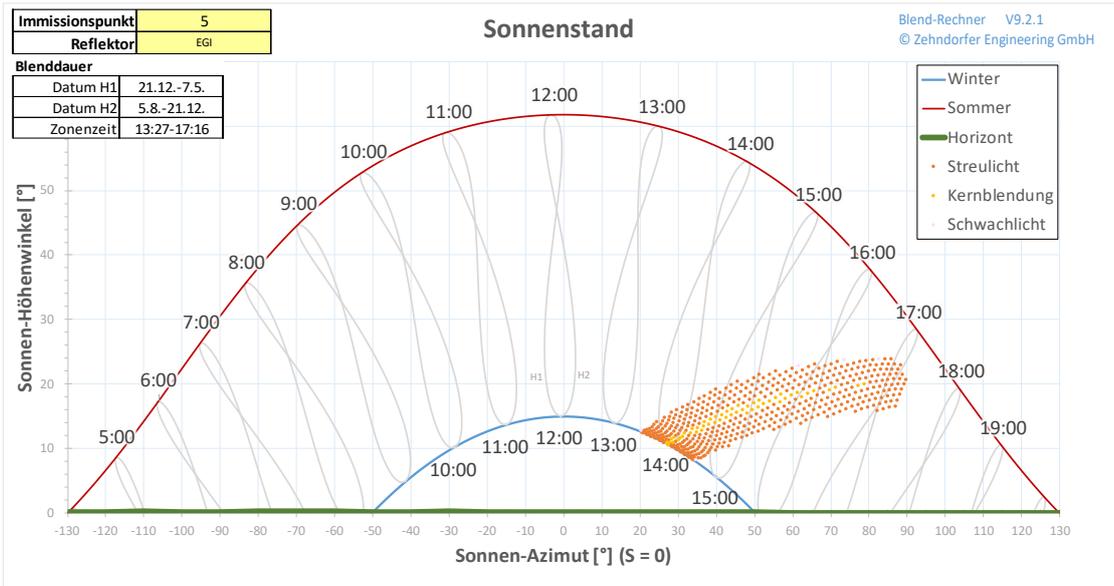
Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH

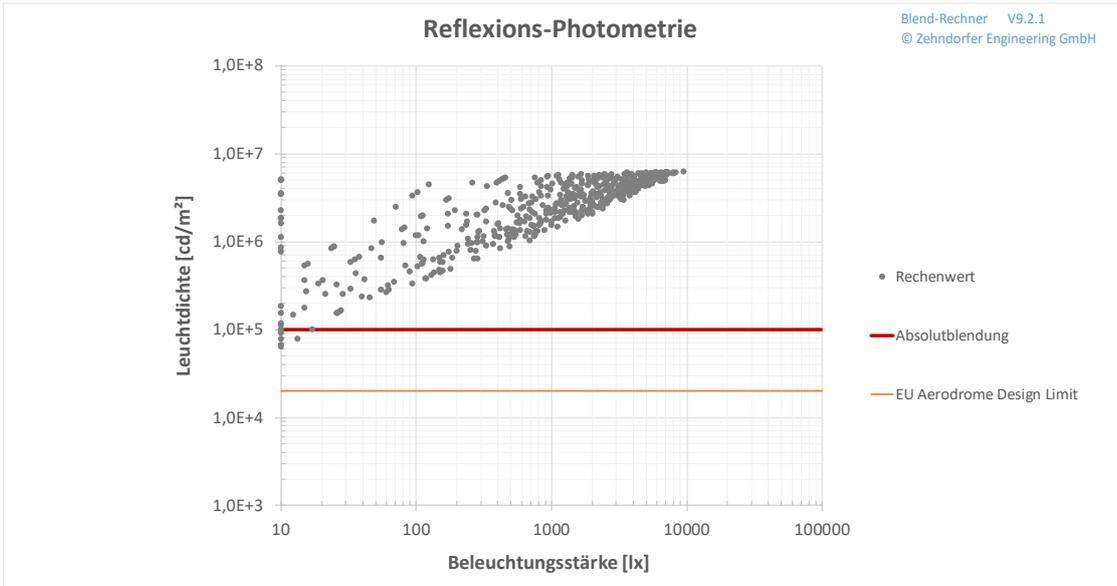


### Sonnenreflexion

Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH



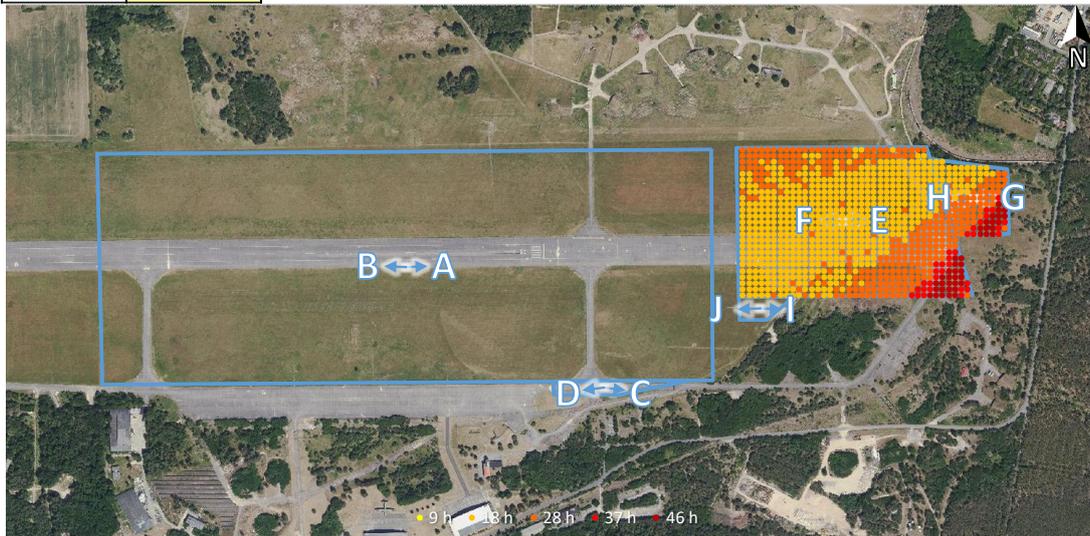




Immissionspunkt	5
Reflektor	EGI

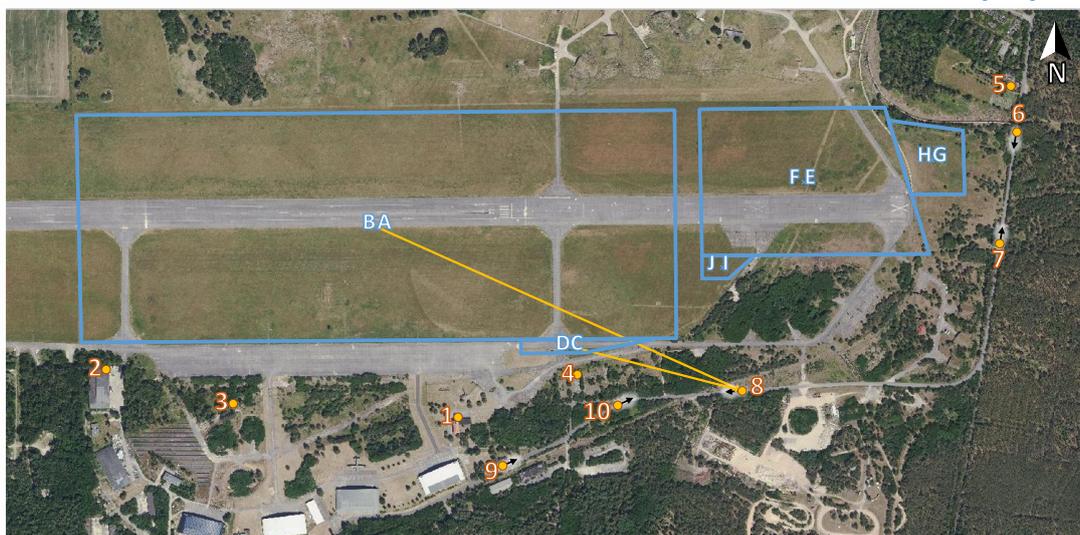
### Blendhäufigkeit

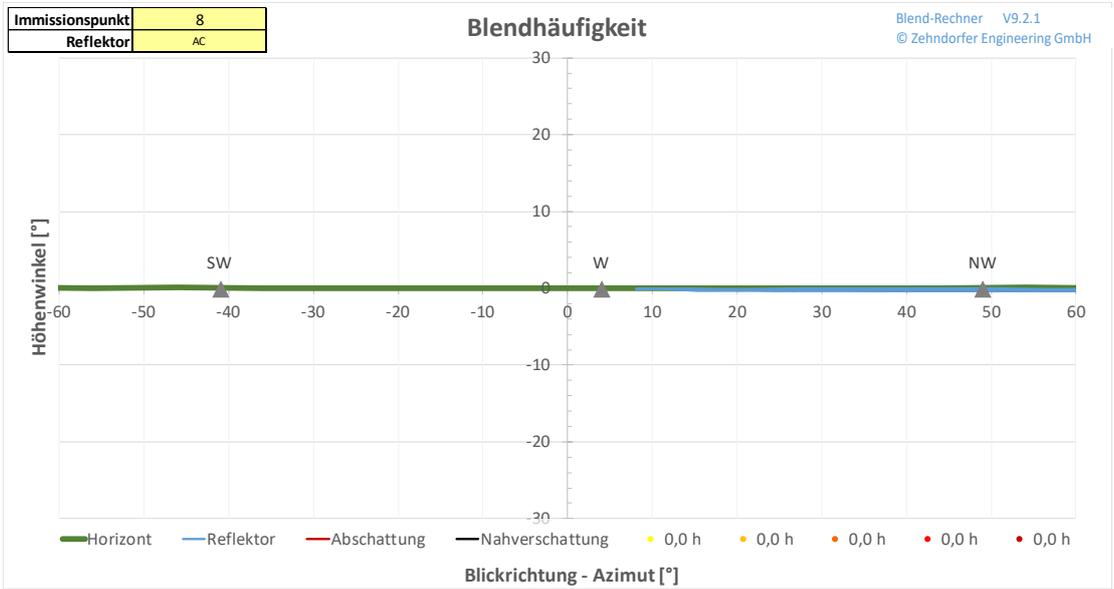
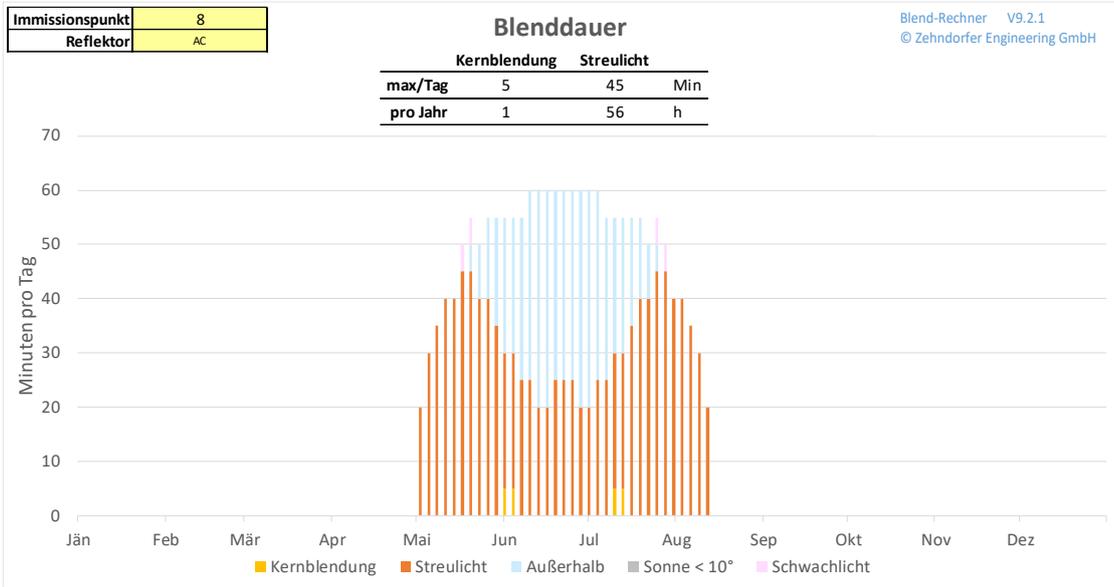
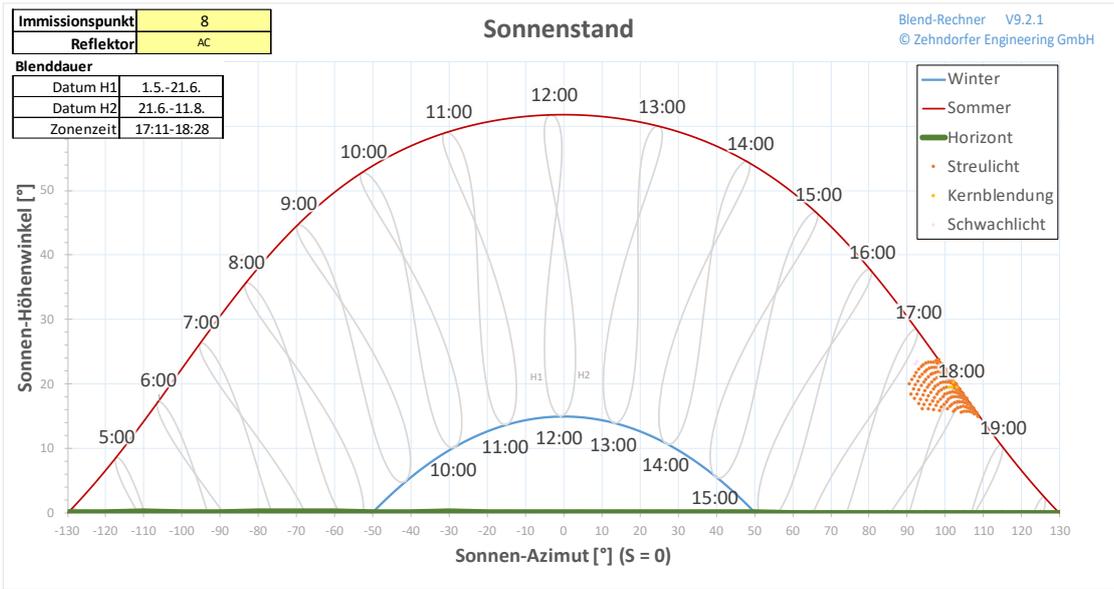
Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH

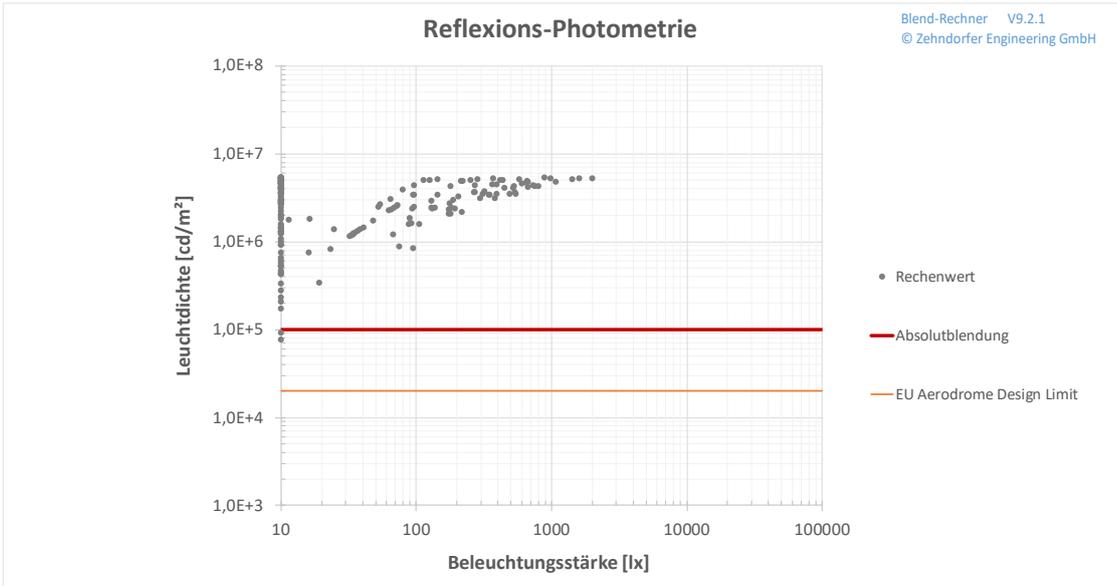


### Sonnenreflexion

Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH



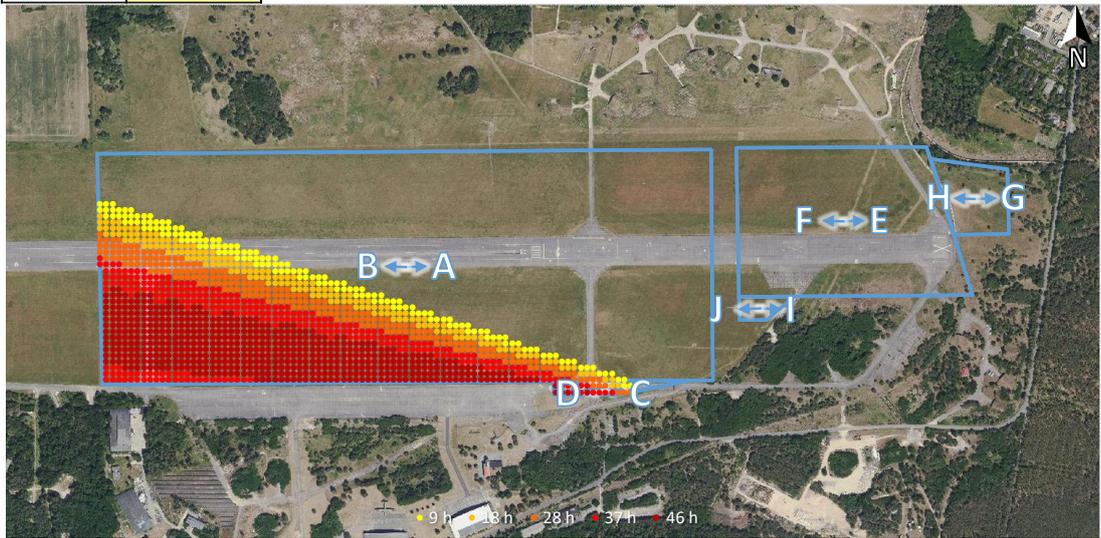




Immissionspunkt	8
Reflektor	AC

### Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V9.2.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Allgemeine Hintergründe, gesetzliche Regelungen und Fallbeispiele zum Thema Blendung finden Sie auf [www.zehndorfer.at](http://www.zehndorfer.at)

