

# Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Mangolding

---

**Im Auftrag von**

Gemeinde Mintraching  
z.H. Hr. Wolfgang Weigert  
Friedenstraße 2  
93098 Mintraching

**Gutachten ZE23179**

**Oktober 2023**



**INHALT**

1 Situationsbeschreibung..... 4

    1.1 PROBLEMBESCHREIBUNG .....4

    1.2 ORTSBEZEICHNUNG UND LAGE DER PV-ANLAGE .....4

    1.3 UNTERSUCHTER RAUM .....6

    1.4 ABSCHATTUNGEN & VERDECKUNGEN .....6

        1.4.1 *Geländeprofil*.....6

        1.4.2 *Horizont*.....7

        1.4.3 *Bewuchs* .....7

        1.4.4 *Künstliche Abschattungen*.....7

2 Blendberechnung ..... 8

    2.1 BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....8

    2.2 REFLEXIONSBERECHNUNG .....8

    2.3 ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE ..... 10

    2.4 SICHTBEZUG..... 10

    2.5 BLENDWIRKUNG ..... 11

        2.5.1 *Größenverhältnisse* .....11

        2.5.2 *Richtung der Blendung*.....12

        2.5.3 *Blendstärke* .....12

        2.5.4 *Blenddauer* .....13

        2.5.5 *Subjektive Faktoren*.....14

        2.5.6 *Verkehrskritische Punkte*.....14

        2.5.7 *kritische Verkehrswege - Schienenfahrzeugverkehr*.....15

        2.5.8 *Ursprung der Reflexionen*.....15

3 Beurteilung & Empfehlungen..... 16

ANHANG 1 Definitionen ..... 17

ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze..... 18

ANHANG 3 Methodik der Berechnung ..... 20

ANHANG 4 Vermessung der Umgebung..... 21

ANHANG 5 Detail-Ergebnisse der Berechnungen ..... 22

## Zusammenfassung

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

Durch die PV-Anlage wird keine erhebliche Blendwirkung in Richtung der Nachbarschaft und keine gefährliche Blendwirkung in Richtung des Straßen- oder Bahnverkehr stattfinden.

## Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	12.10.2023	ursprüngliche Fassung

### 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 und den von diesem Beauftragten 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.

Lichtsignale der Bahn bestehen aus einem Hauptsignal (auf dessen Höhe im Bedarfsfall zu halten ist) und einem Vorsignal, das dem Hauptsignal um den Bremsweg (abhängig von der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit) vorgelagert ist. Der Triebfahrzeugführer muss die Stellung („Halt“ oder „Frei“) beider Signale einwandfrei erkennen können – kann er dies nicht, so muss er die Bremsung einleiten, sodass er beim Haltsignal in jedem Fall zum Stehen 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 Bahn- oder Straßenverkehr, bzw. die Nachbarn von den Reflexionen der PV-Module geblendet werden könnten.

### 1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Der geplante Solarpark liegt in der Gemeinde 93098 Mintraching, Landkreis Regensburg (Gemarkung Mangolding, GPS-Koordinaten 48°56'36"N, 12°13'55"O).

Abbildung 1 Situation



Abbildung 2 Modellierung der reflektierenden Flächen



Die reflektierenden Flächen werden für die Berechnung in mehreren Vierecken modelliert.

Abbildung 3 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgetreu)

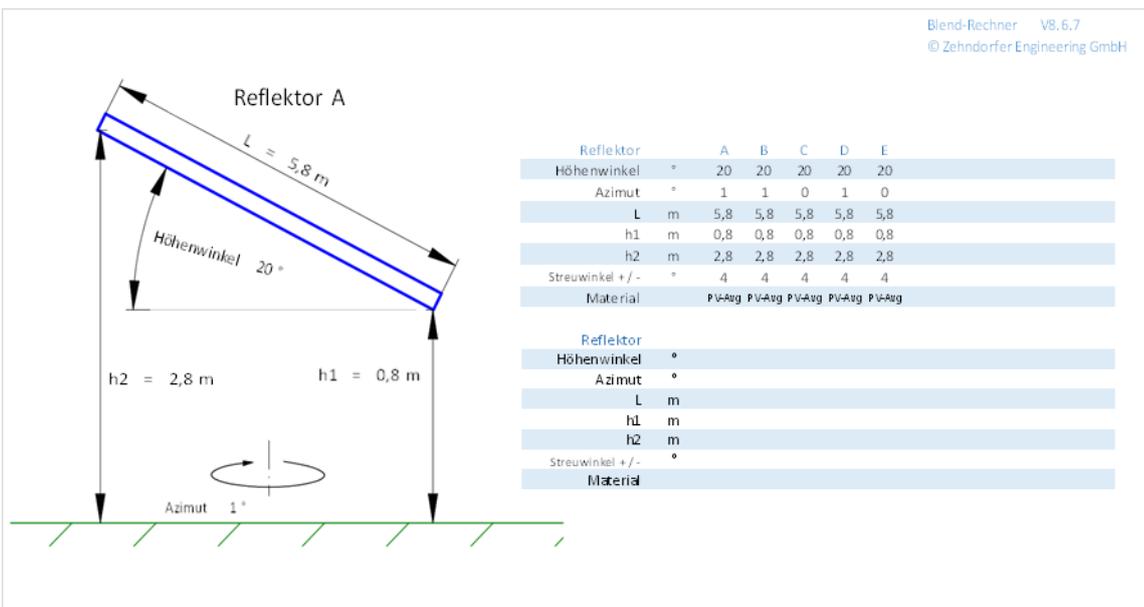


Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum<sup>1</sup>. Die Module sind in Richtung Süden mit 20° geneigt aufgeständert. Sie sind auf mehrreihigen Modultischen, mit der Oberkante bei ca. 2,8 m angeordnet. Für die Streuung an den PV-Modulen wurde ein üblicher Streuwinkel von +/- 4° angenommen.

<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.

### 1.3 Untersucher Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen auf der St 2111 Mooshamer Straße, sowie auf der Bahnstrecke 5830 Passau-Obertraubing, in beiden Richtungen (2,5m über der Fahrbahn bzw. den Gleisen, siehe Anhang 4).

Abbildung 4 Immissionpunkte



Abbildung 4 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.

### 1.4 Abschattungen & Verdeckungen

#### 1.4.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist relativ flach. Bahntrasse liegt an der fraglichen Stelle etwas über oder auch unter Fläche auf der sich die PV-Anlage befindet. Es gibt aber keine Geländekanten, die den Blick auf die PV-Anlage verhindern würden.

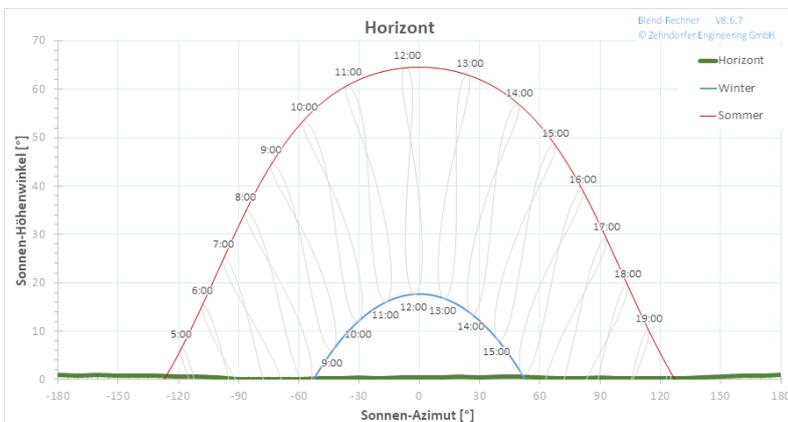
Abbildung 5 Gelände-schummerung



1.4.2 Horizont

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

Abbildung 6 Horizont



1.4.3 Bewuchs

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

1.4.4 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  $10^\circ$
- Erhebliche Blendung ab 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr

### 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 IP4 betrachtet.

Abbildung 7 Reflexion der Solar Anlage

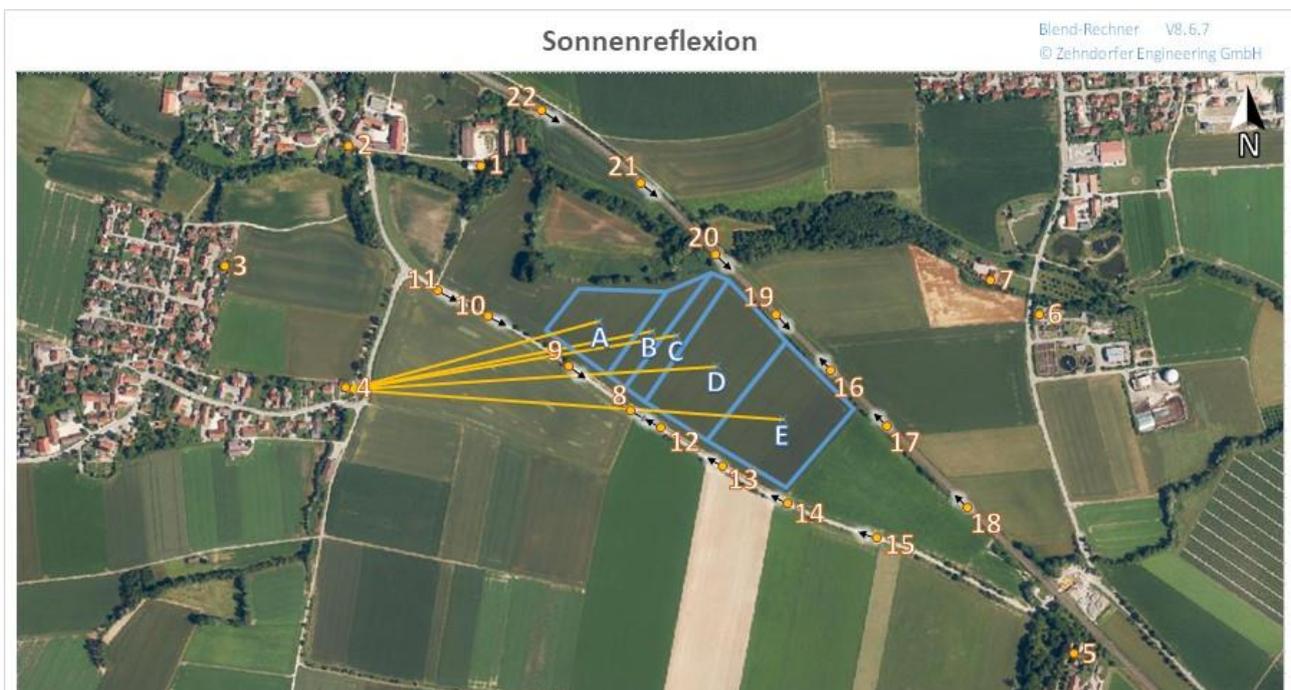
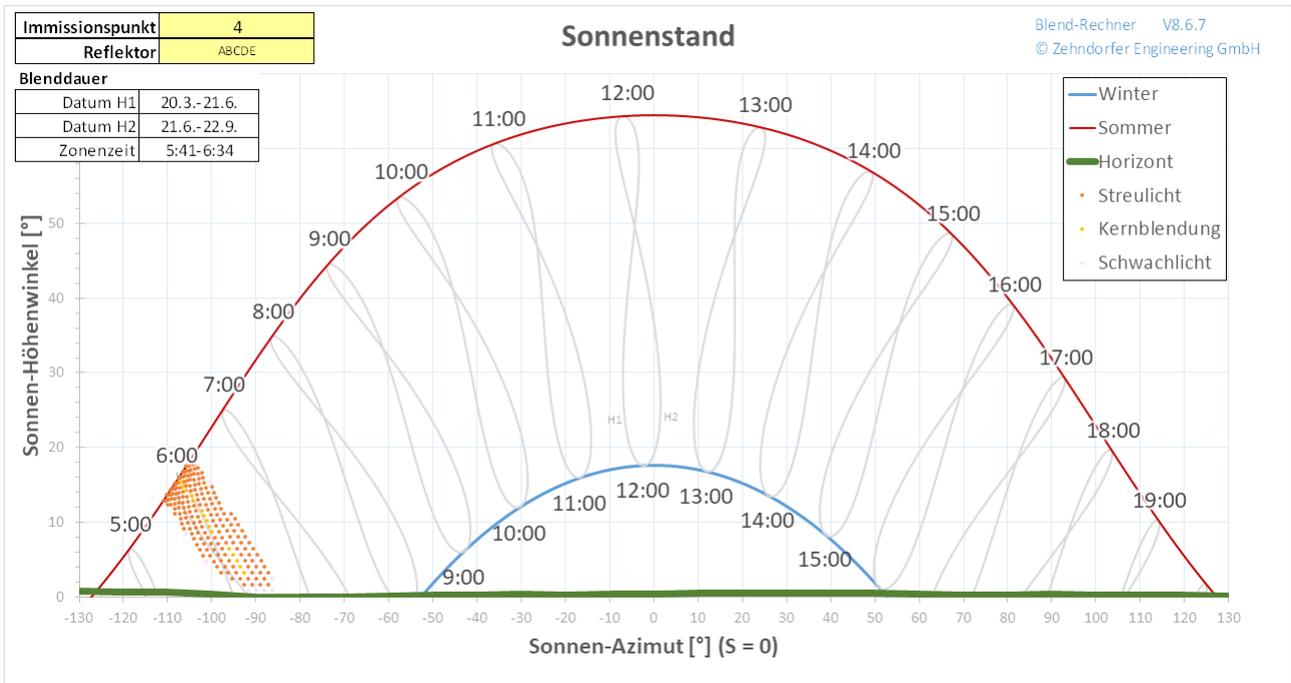


Abbildung 7 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 8 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 8 Sonnenwinkel bei Blendung



Es ist also morgens von März bis September mit Reflexionen zu rechnen. Die Resultate der Berechnung sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Alle weiteren Ergebnisse sind in Anhang 5 zu finden.

<b>Reflektor</b>	ABCDE	
<b>Immissionspunkt</b>	4	
Distanz	m	368
Höhenwinkel	°	0
Raumwinkel	msr	1
Datum H1	20.3.-21.6.	
Datum H2	21.6.-22.9.	
Zeit	5:41-6:34	
Kernblendung	min / Tag	5
Kernblendung	h / Jahr	4
Streulicht	min / Tag	40
Streulicht	h / Jahr	65
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	24
Blendung - Blickwinkel (min)	°	0
Leuchtdichte (max)	[k cd/m <sup>2</sup> ]	5 927
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm <sup>2</sup> ]	18
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	5 118

## 2.3 Erklärung der Ergebnisse

<b>Distanz</b>	Die Distanz zwischen Mittelpunkt des Reflektors und Immissionspunkt in Meter
<b>Höhenwinkel</b>	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°), 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°), so spielt die Blendung für den Verkehr eine untergeordnete Rolle.
<b>Leuchtdichte</b>	Das Maximum der errechneten Leuchtdichte der Reflexion in 1.000 cd/m <sup>2</sup>
<b>Retinale Einstrahlung</b>	Die maximale Leistungsdichte der reflektierten Strahlen auf der Netzhaut in W/cm <sup>2</sup>
<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 9 Blickfeld

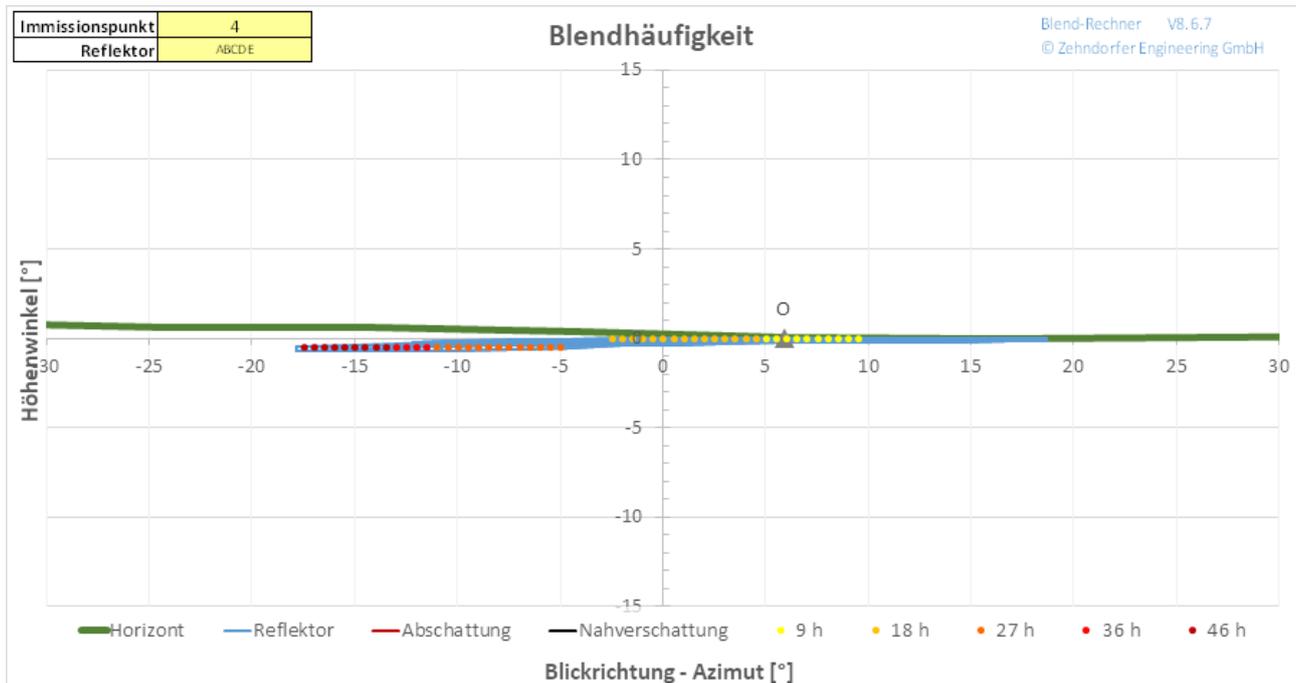


Abbildung 9 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. Alle weiteren Ansichten sind in Anhang 5 zu sehen.

## 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 (1 msr), ist als sehr klein 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.

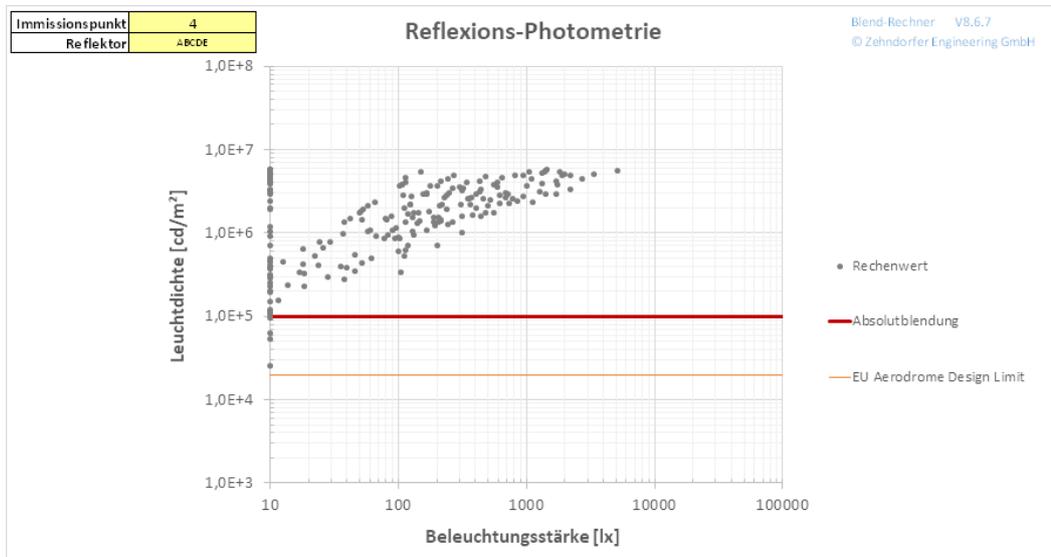
### 2.5.3 Blendstärke

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 10 Stärke der Reflexionen



Die Berechnung der Leuchtdichte in Abbildung 10 zeigt, dass bei einigen Sonnenständen Absoluteblendung erreicht wird.

2.5.4 Blenddauer

Abbildung 11 Blenddauer

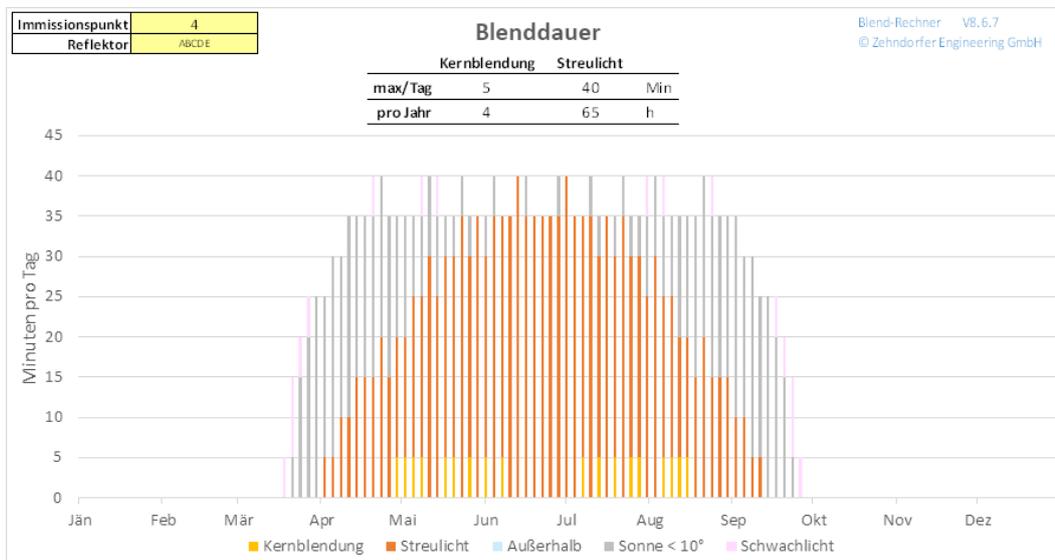


Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

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/m<sup>2</sup>)

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.

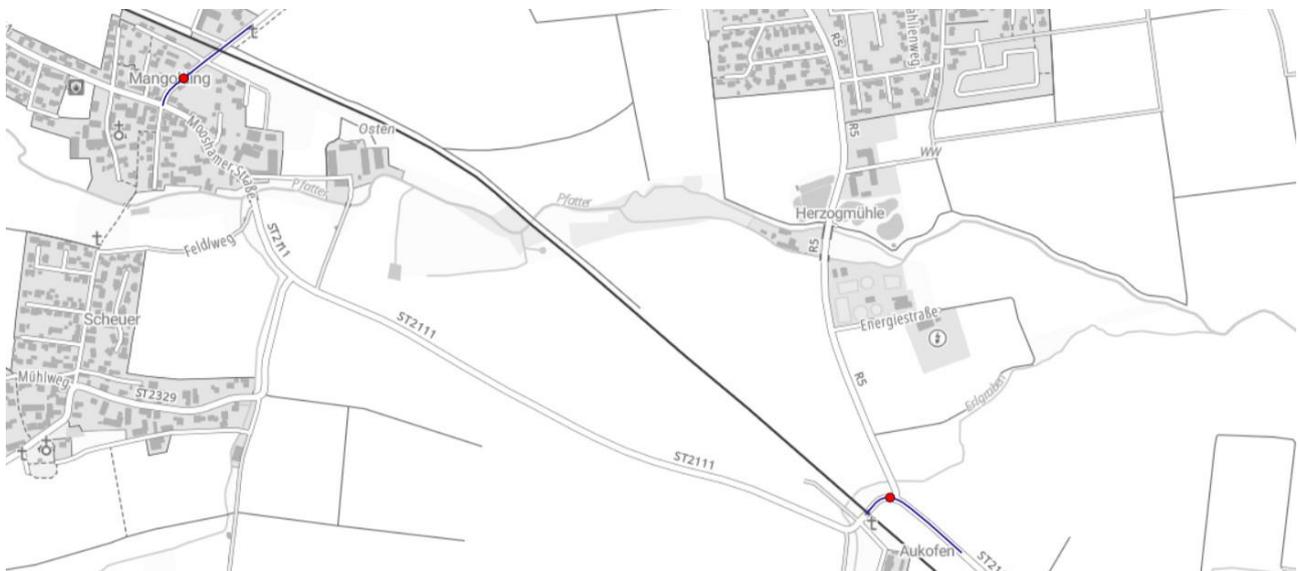
Bei Fahrzeuglenkern kann der Blick in Richtung der Reflexionen notwendig sein, falls diese in Fahrtrichtung liegen.

### 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 12 Unfälle 2022



Auf dem relevanten Straßenabschnitt wurden in den letzten Jahren keine Unfälle gemeldet. Es liegt also keine Stelle von Unfallhäufungen vor.

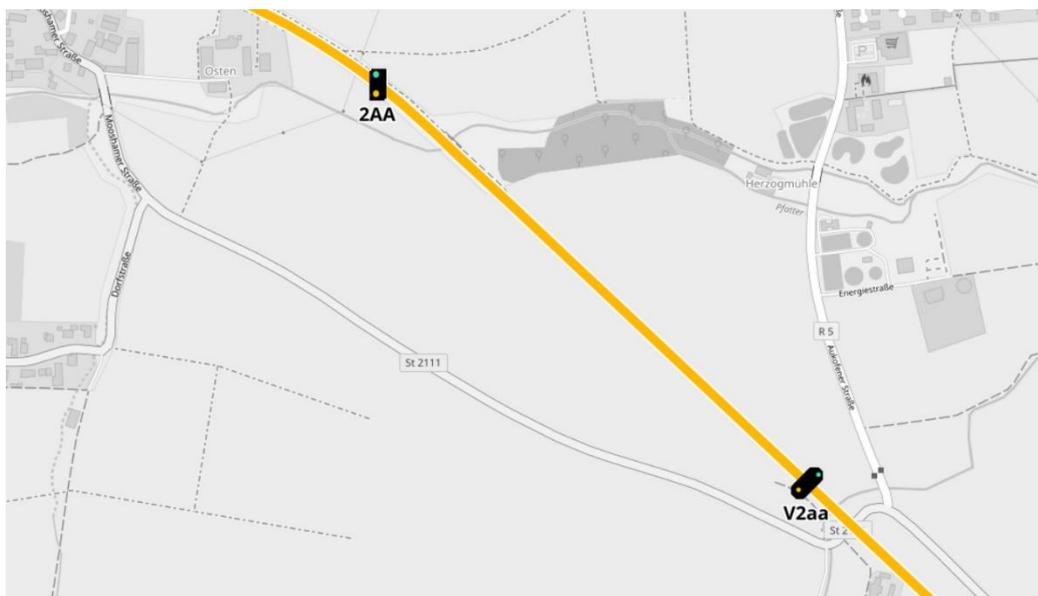
### 2.5.7 kritische Verkehrswege - Schienenfahrzeugverkehr

Für den Bahnverkehr sind die folgenden Punkte als kritisch zu betrachten:

- Form- und Lichtsignale für den Bahnverkehr
- Eisenbahnkreuzungen

Die Erkennbarkeit von Signalbildern bei Form- und Lichtsignalen in Verkehrsstellen (Bahnhöfen, Haltestellen) darf weder durch auftreffendes Licht (verursacht durch Reflexion) noch durch hinter Signalen angebrachte reflektierende Flächen beeinflusst werden.

#### Abbildung 13 Signalanlagen der Bahn



Am relevanten Streckenabschnitt sind mehrere Signalanlagen der Bahn installiert. Der Abschnitt ist daher als kritisch für die Bahn zu bewerten.

### 2.5.8 Ursprung der Reflexionen

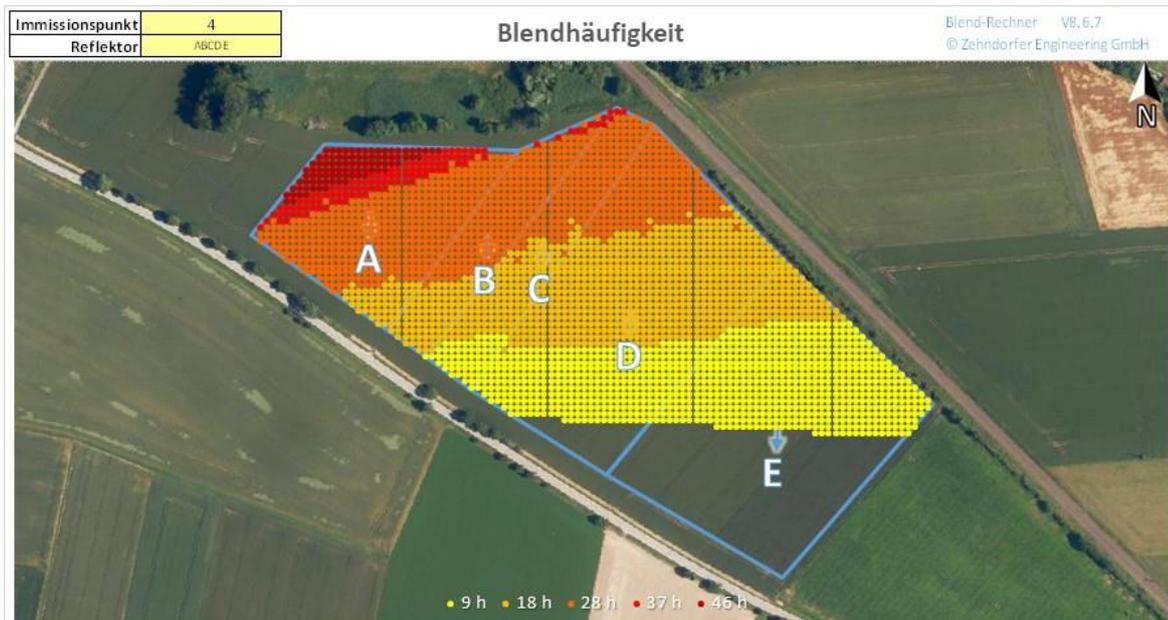
Um die Wirksamkeit möglicher blendreduzierender Maßnahmen abschätzen zu können, ist es hilfreich den Ursprung der Reflexionen zu kennen<sup>4</sup>. Abbildung 14 zeigt (in den Farben gelb, orange, rot) die ungefähre Dauer der Reflexionen<sup>5</sup> von bestimmten reflektierenden Flächen, während eines ganzen Jahres.

---

<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.

Abbildung 14 Reflektierende Flächen



### 3 Beurteilung & Empfehlungen

#### IP1 bis 7 (Nachbarschaft)

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

#### IP8 bis 15 (Straße)

Es werden Reflexionen in Richtung der Straße auftreten. Diese liegen jedoch immer vollständig außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker und stellen daher keine Gefahr für den Straßenverkehr dar.

#### IP16 bis 22 (Bahn)

Es werden Reflexionen in Richtung der Bahn auftreten. Diese liegen jedoch immer vollständig außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Triebwagenführer und stellen daher keine Gefahr für den Bahnverkehr dar.

**Durch die PV-Anlage wird also keine erhebliche Blendwirkung in Richtung der Nachbarschaft und keine gefährliche Blendwirkung in Richtung des Straßen- oder Bahnverkehr stattfinden.**

Datum: 4.10.2023

Gutachter:

**Zehndorfer  
Engineering**  
+43 (680) 244 3310  
office@zehndorfer.at  
www.zehndorfer.at  
FN 516736k  
UID ATU74524829

Zehndorfer Engineering GmbH  
Stift-Viktring-Straße 21/6  
9073 Klagenfurt  
Austria

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 [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ] bzw. den Lichtstrom pro sichtbarer Flächeneinheit des Reflektors und Raumwinkel (des entfernt stehenden Auges) [ $\text{lm}/\text{m}^2\text{sr}$ ] an.
Lichtstärke	Der Lichtstrom pro Raumwinkel [ $\text{lm}/\text{sr}$ ]
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 Bayernatlas	CC BY 4.0	geodaten.bayern.de
	Geländemodell Bayernatlas	CC BY 4.0	geodaten.bayern.de
	Oberflächenmodell N/A		
	Verwaltungsgrenzen Bayernatlas	CC BY 4.0	geodaten.bayern.de

## ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Die reflektierenden Flächen befinden sich an folgenden Koordinaten

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

Reflektor Eckpunkt	A				B				C			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	297 035	297 145	297 251	297 094	297 145	297 176	297 330	297 251	297 176	297 213	297 361	297 330
y	424 931	424 852	425 001	425 006	424 852	424 829	425 036	425 001	424 829	424 803	425 022	425 036
z	337	339	337	336	339	340	337	337	340	340	338	337
h	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Reflektor Eckpunkt	D				E			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	297 213	297 322	297 465	297 361	297 322	297 464	297 585	297 465
y	424 803	424 732	424 911	425 022	424 732	424 648	424 790	424 911
z	340	339	340	338	339	339	340	340
h	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

mit den folgenden Winkeln der reflektierenden Flächen

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	20	0	1	164	20	1
B	20	0	1	158	20	1
C	20	0	1	168	20	0
D	20	0	0	141	20	1
E	20	0	0	28	20	0

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	IP-S1	IP-S2	IP-S3	IP-S4	IP-S5
x	296 922	296 687	296 465	296 683	297 979	297 917	297 831	297 189	297 078	296 934	296 847	297 243
y	425 228	425 262	425 044	424 825	424 345	424 957	425 019	424 785	424 865	424 955	425 000	424 752
z	336	336	339	337	339	336	334	341	340	338	337	340
h	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az								-58	-53	-63	-62	122

Immissionspunkt	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Bezeichnung	IP-S6	IP-S7	IP-S8	IP-B1	IP-B2	IP-B3	IP-B4	IP-B5	IP-B6	IP-B7
x	297 353	297 468	297 627	297 547	297 645	297 790	297 447	297 340	297 209	297 031
y	424 682	424 617	424 555	424 856	424 756	424 609	424 957	425 067	425 196	425 326
z	340	340	339	339	339	339	339	339	340	340
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az	123	117	108	136	134	134	-45	-45	-50	-58

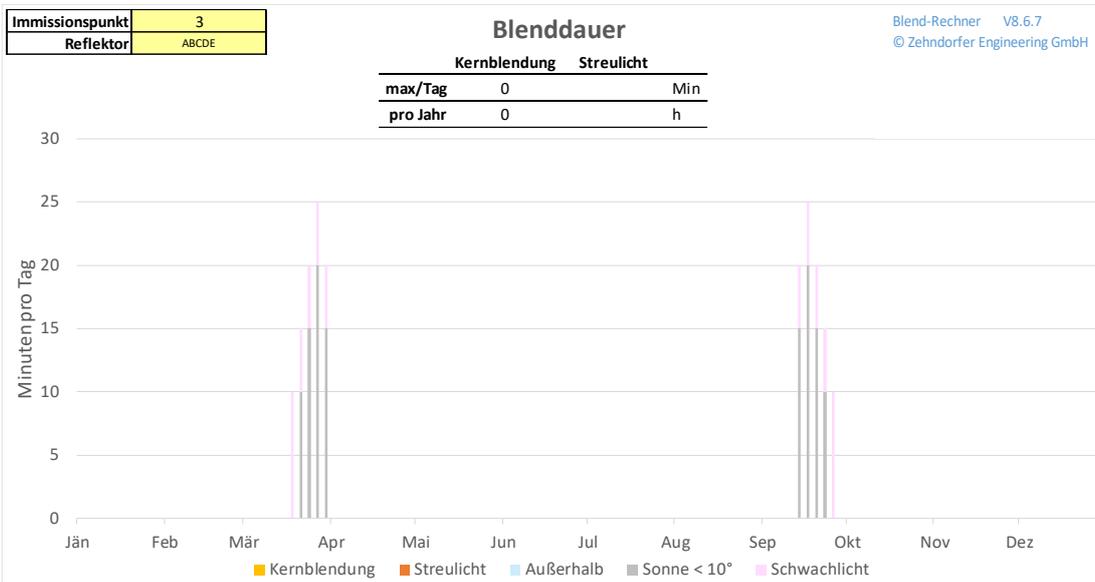
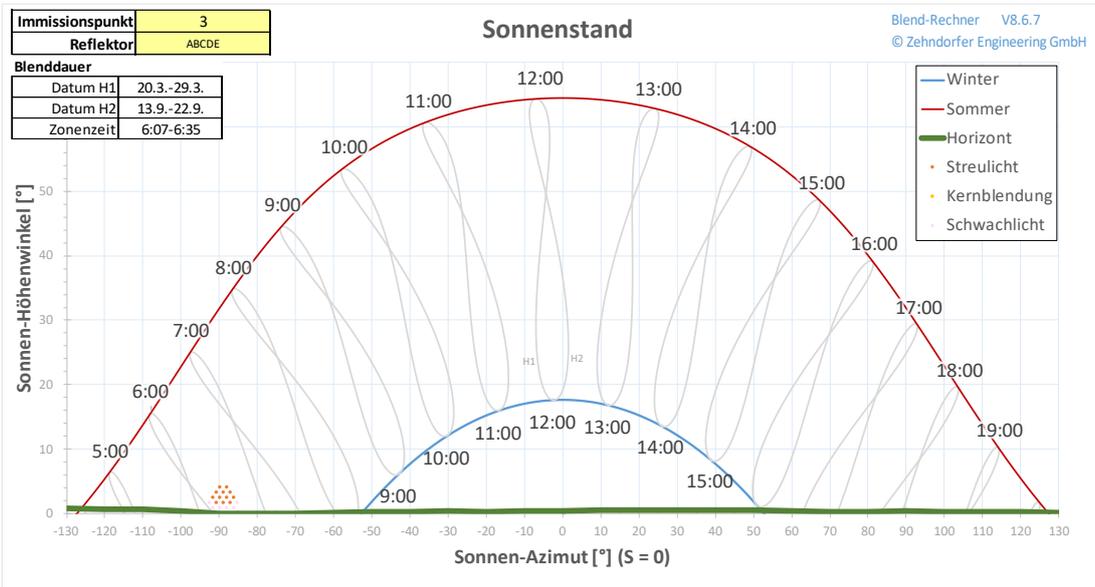
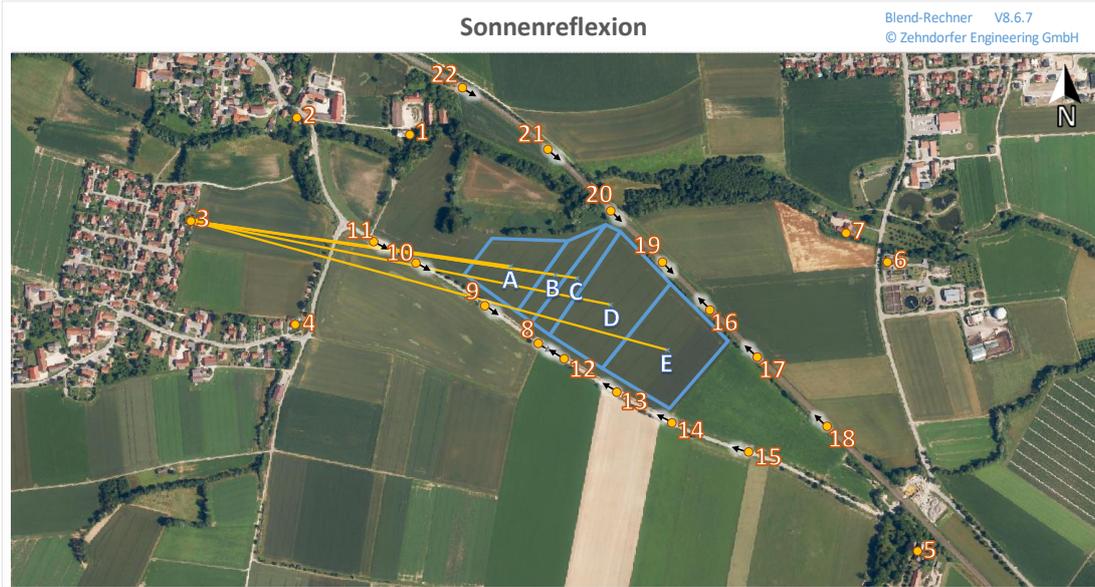
ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

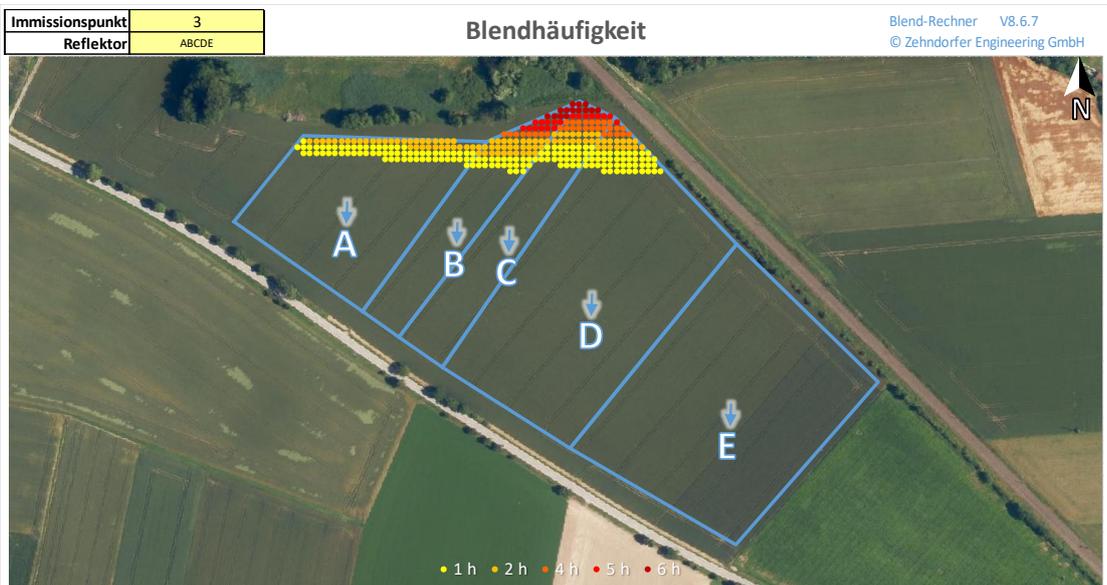
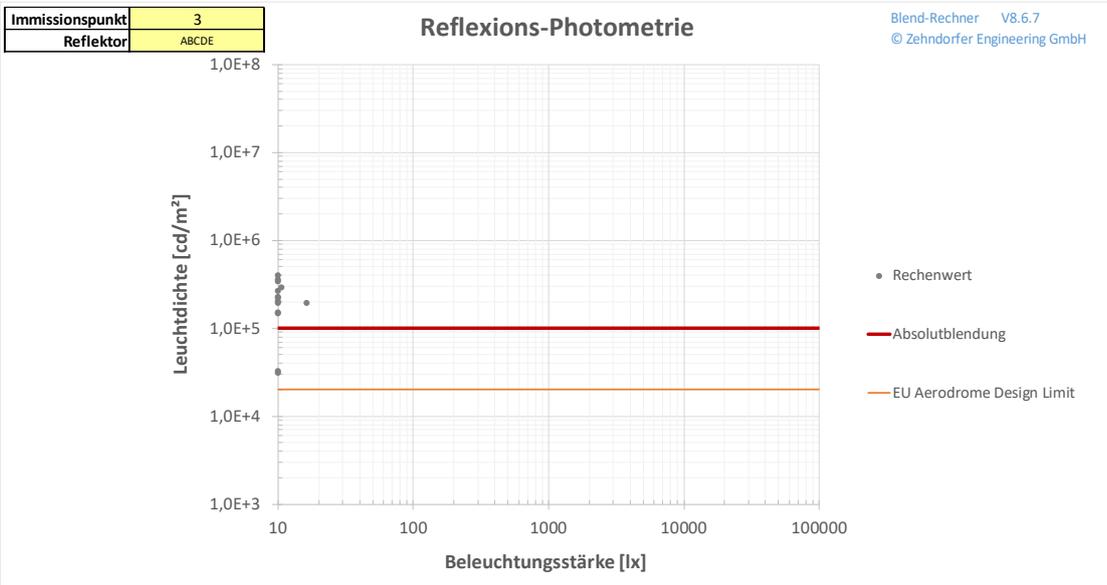
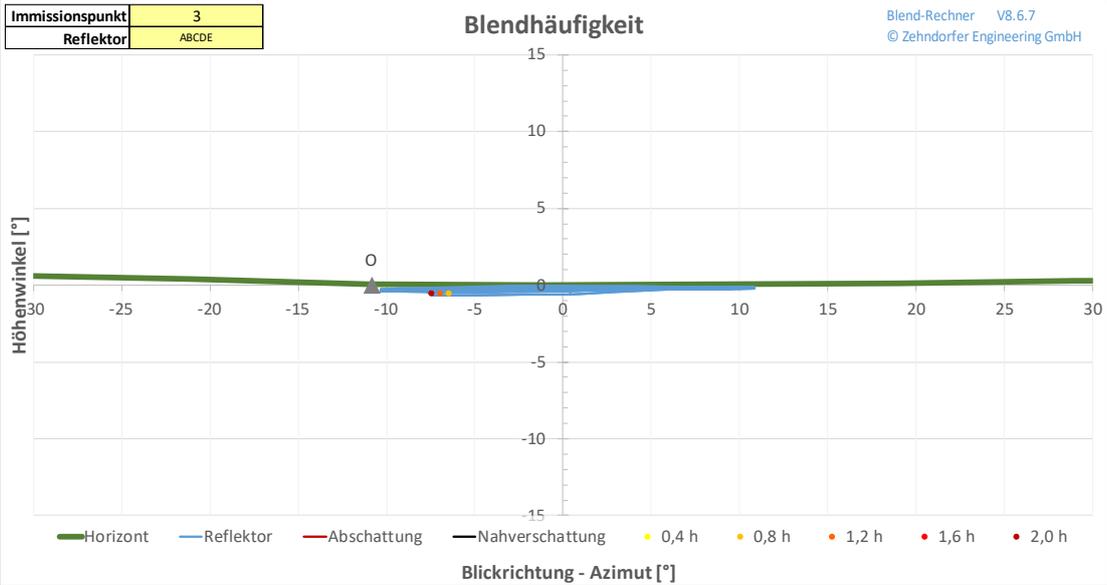
Reflektor		ABC	ABC	ABCDE	ABCDE	DE	CDE	CDE	CDE	ABCDE	ABCDE
<b>Immissionspunkt</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz	m	281	479	581	368	588	371	335	29	28	104
Höhenwinkel	°	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0
Raumwinkel	msr	5	0	1	1	0	4	1	123	143	13
Datum H1		-	-	20.3.-29.3.	20.3.-21.6.	-	23.3.-19.4.	23.3.-4.4.	14.3.-21.6.	14.3.-21.6.	17.3.-28.5.
Datum H2		-	-	13.9.-22.9.	21.6.-22.9.	-	23.8.-19.9.	7.9.-19.9.	21.6.-28.9.	21.6.-28.9.	15.7.-25.9.
Zeit		-	-	6:07-6:35	5:41-6:34	-	17:51-18:30	17:51-18:21	5:38-6:47	5:40-6:47	5:46-6:40
Kernblendung	min / Tag	-	-	0	5	-	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	-	-	0	4	-	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	-	-	0	40	-	10	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	-	-	0	65	-	4	0	0	0	0
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	-	-	8	24	-	13	8	31	31	23
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-	9	0	-	11	20	28	33	24
Leuchtdichte (max)	[k cd/m <sup>2</sup> ]	-	-	408	5 927	-	2 267	493	6 045	6 045	5 655
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm <sup>2</sup> ]	-	-	0	18	-	5	1	47	47	44
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	-	-	16	5 118	-	90	13	18 150	20 921	3 903

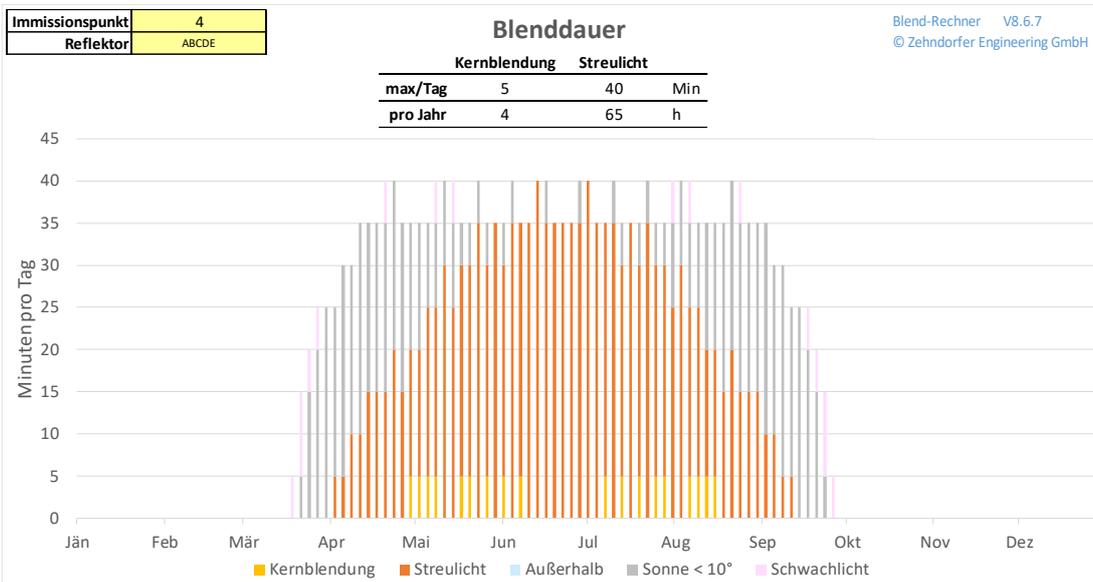
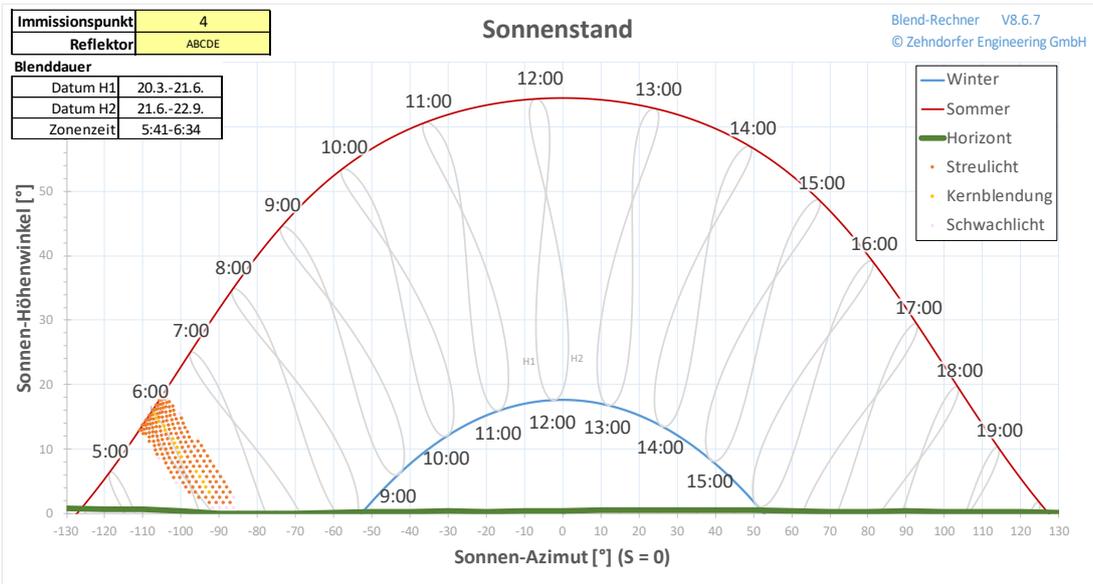
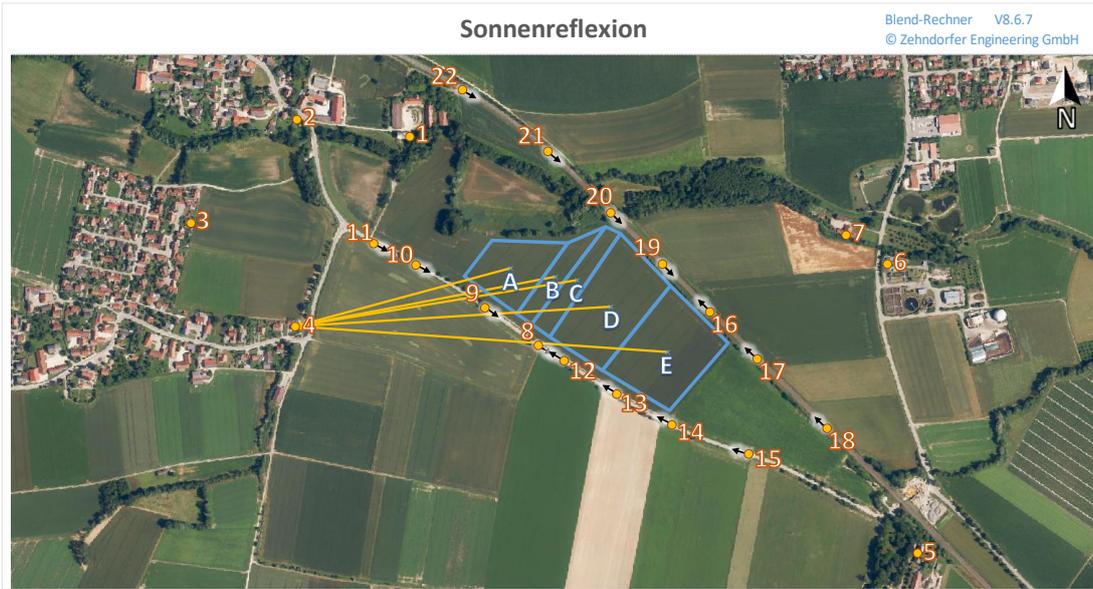
Reflektor		ABCDE	ABCD	ABCDE	ABCDE	ABCDE	DE	DE	DE	DE	BCDE
<b>Immissionspunkt</b>		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Distanz	m	201	26	27	31	184	19	69	273	19	32
Höhenwinkel	°	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	6	144	149	69	4	69	8	0	133	125
Datum H1		20.3.-10.4.	14.3.-21.6.	17.3.-21.6.	-	-	17.3.-21.6.	20.3.-21.6.	1.4.-21.6.	14.3.-21.6.	-
Datum H2		1.9.-22.9.	21.6.-28.9.	21.6.-25.9.	-	-	21.6.-25.9.	21.6.-22.9.	21.6.-10.9.	21.6.-28.9.	-
Zeit		5:58-6:35	5:40-6:47	5:38-6:42	-	-	17:45-18:54	17:51-18:53	17:58-18:49	17:35-18:48	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-
Streulicht	min / Tag	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	12	31	31	-	-	24	24	22	27	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	26	124	123	-	-	21	19	19	131	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m <sup>2</sup> ]	1 508	5 943	6 066	-	-	6 635	6 486	6 111	5 959	-
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm <sup>2</sup> ]	7	46	47	-	-	52	51	43	46	-
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	152	15 945	16 172	-	-	4 718	5 437	1 797	7 351	-

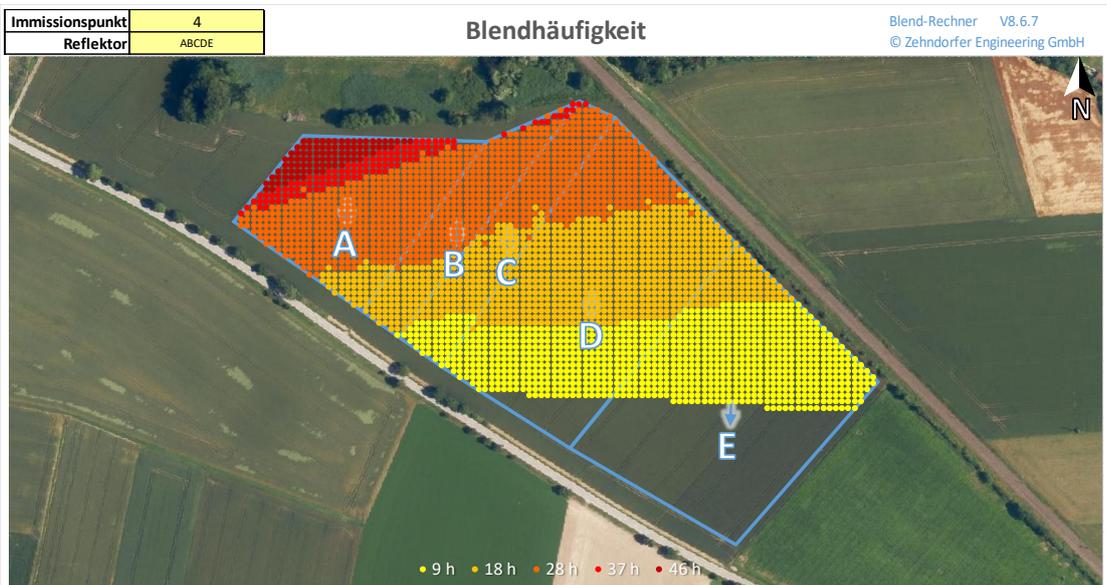
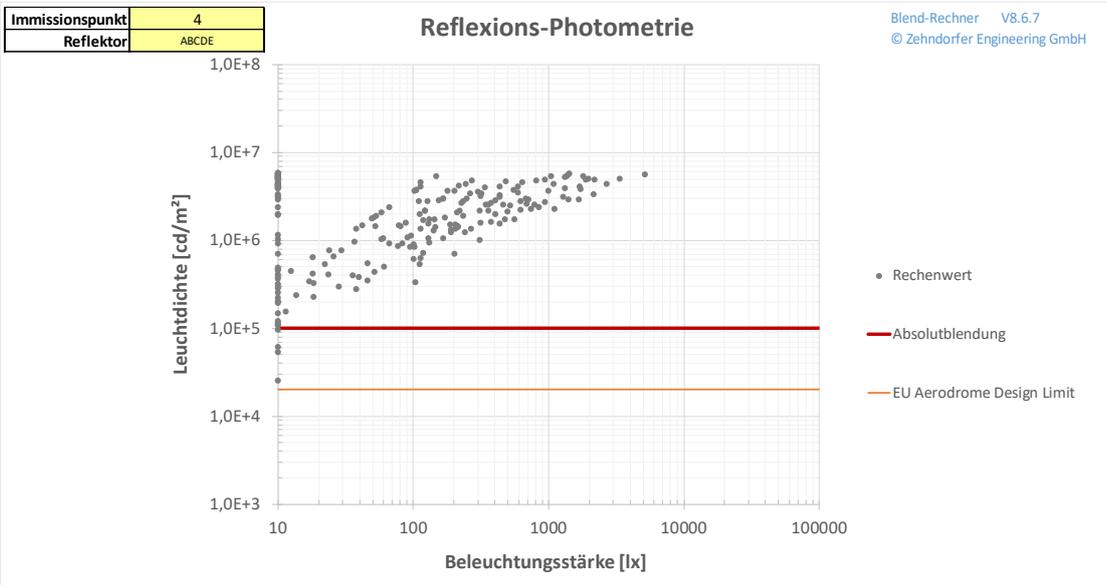
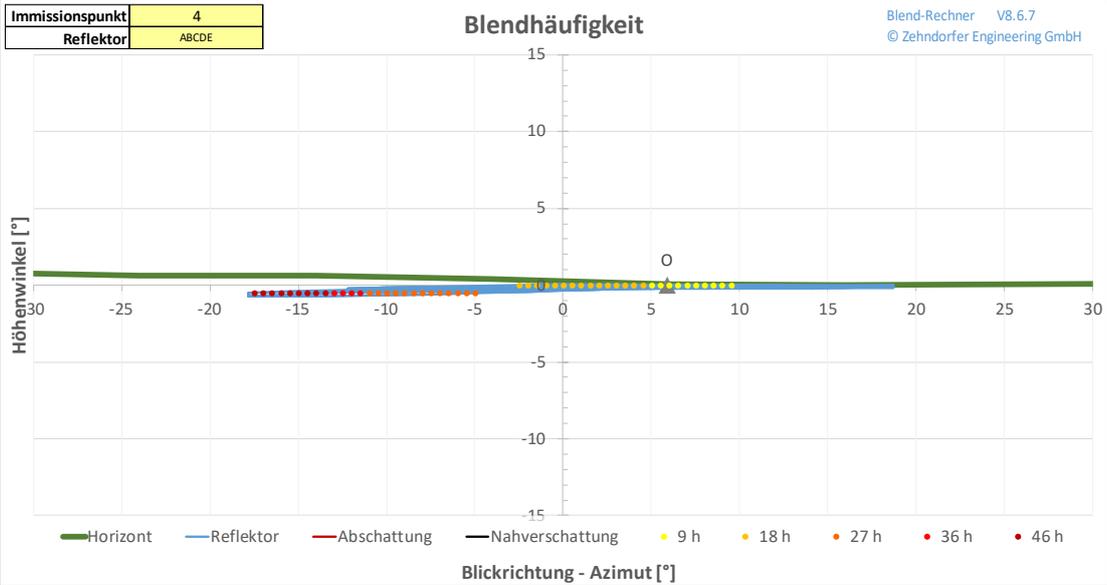
Reflektor		ABCDE	ABCDE
<b>Immissionspunkt</b>		21	22
Distanz	m	193	327
Höhenwinkel	°	0	0
Raumwinkel	msr	20	7
Datum H1		-	-
Datum H2		-	-
Zeit		-	-
Kernblendung	min / Tag	-	-
Kernblendung	h / Jahr	-	-
Streulicht	min / Tag	-	-
Streulicht	h / Jahr	-	-
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m <sup>2</sup> ]	-	-
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm <sup>2</sup> ]	-	-
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	-	-

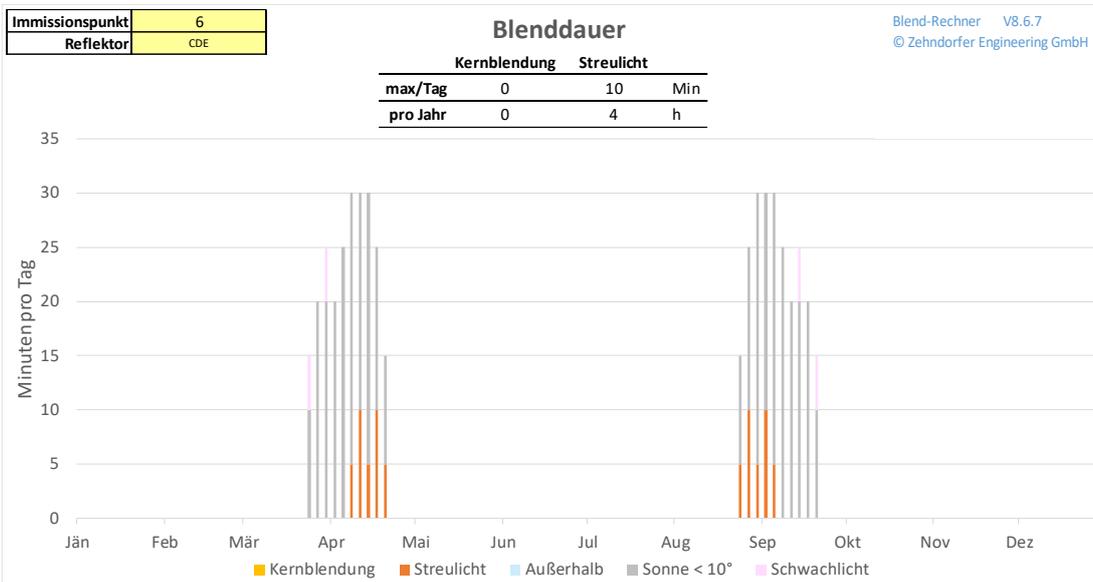
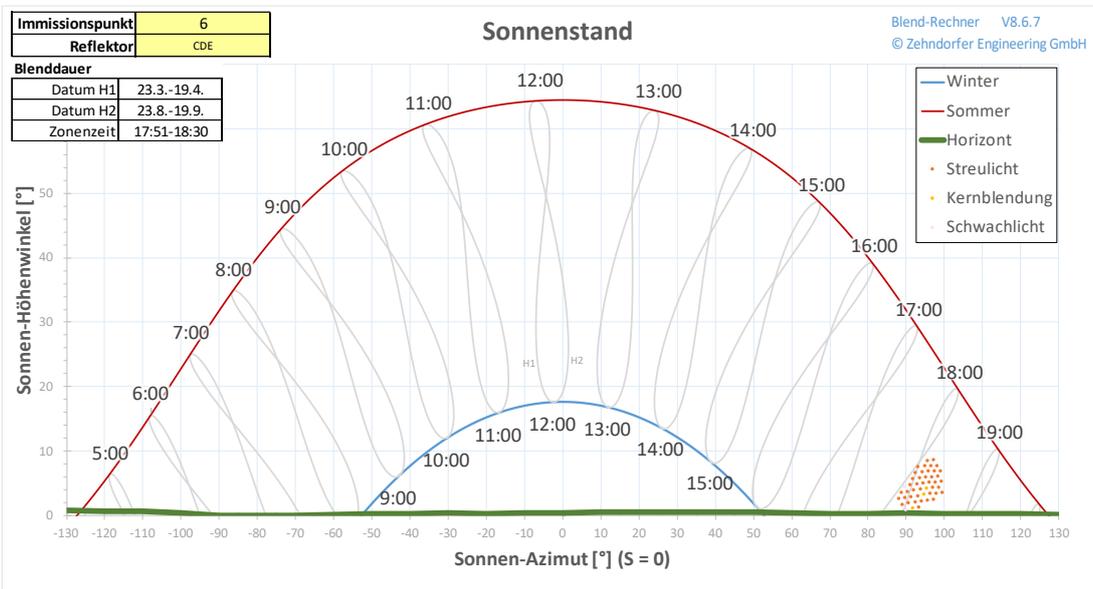
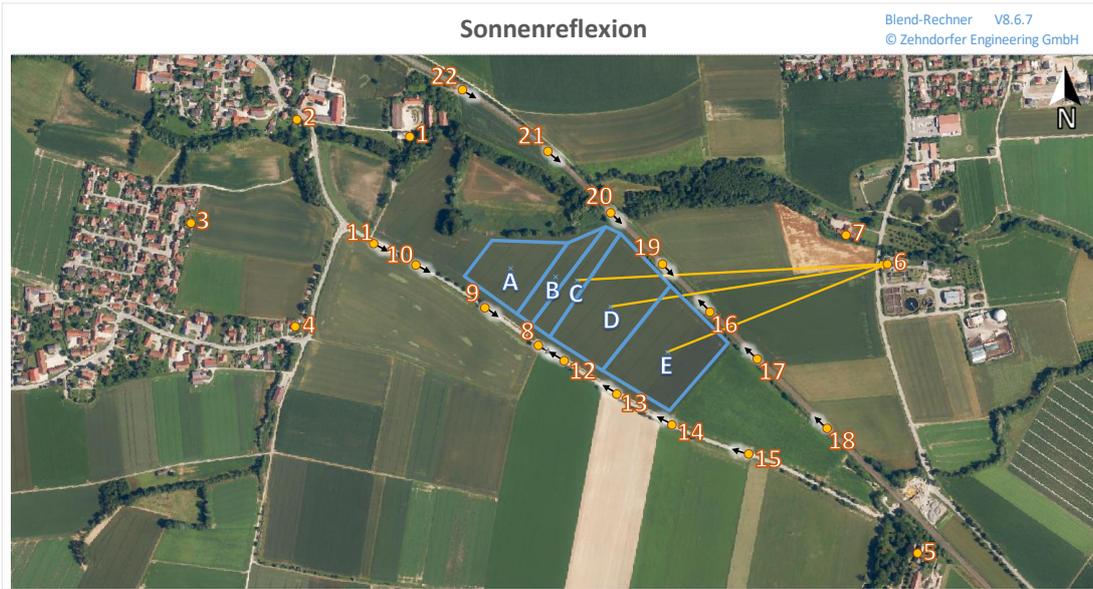
Im Folgenden werden jene Ergebnisse grafisch dargestellt, für welche Reflexionen auftreten können.







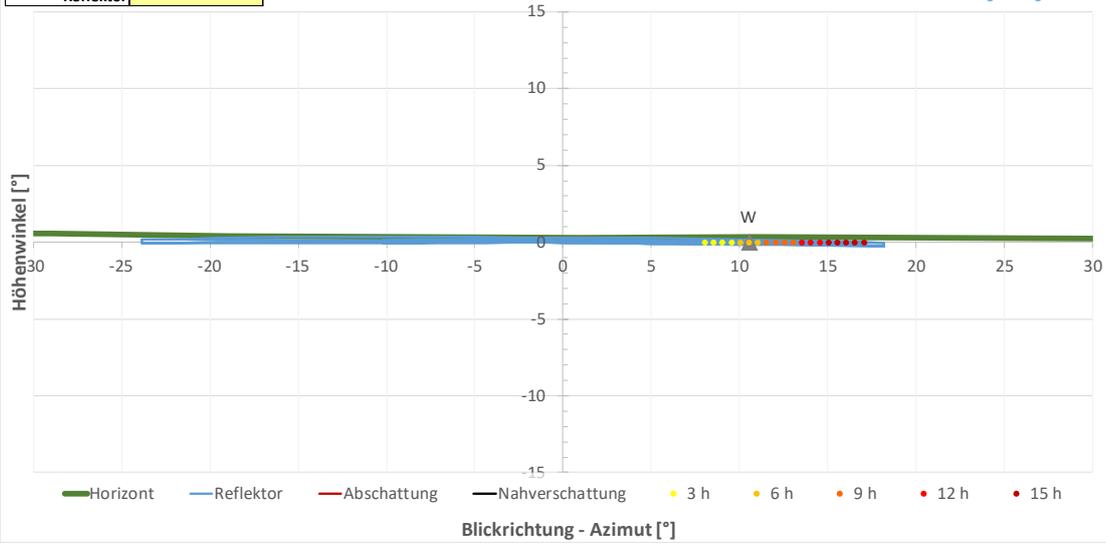




Immissionspunkt	6
Reflektor	CDE

Blendhäufigkeit

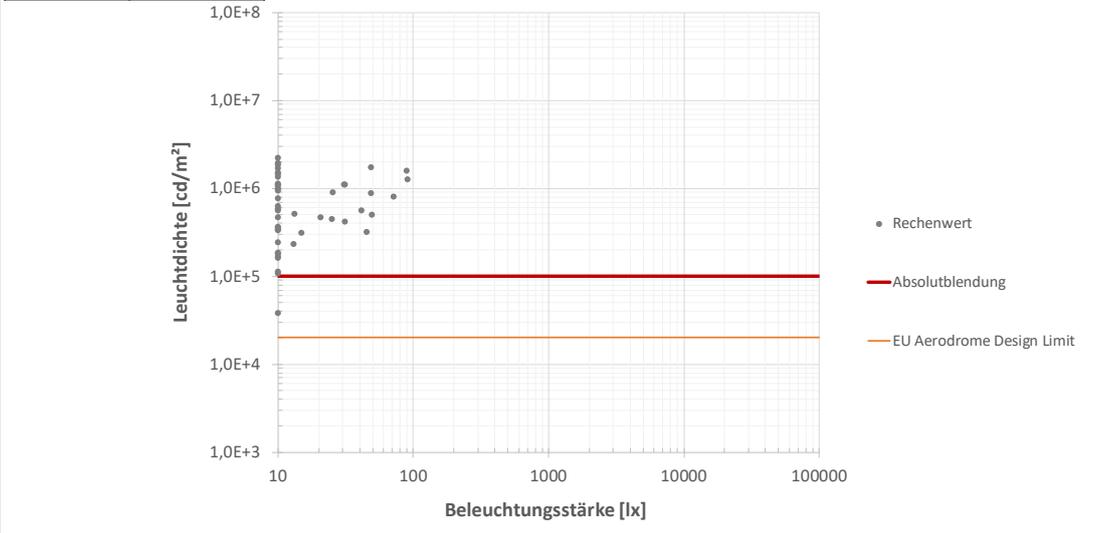
Blend-Rechner V8.6.7  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	6
Reflektor	CDE

Reflexions-Photometrie

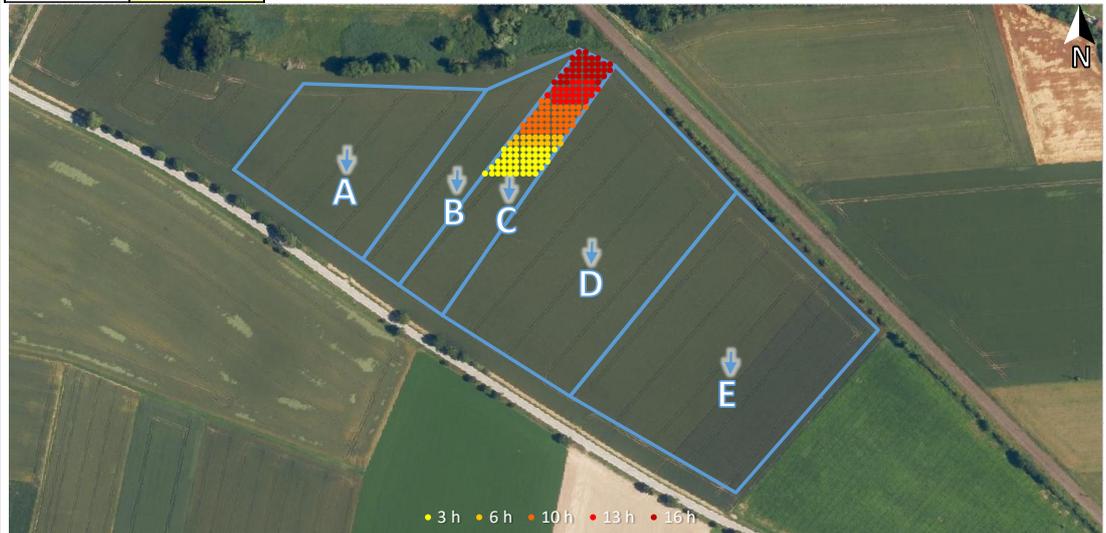
Blend-Rechner V8.6.7  
© Zehndorfer Engineering GmbH

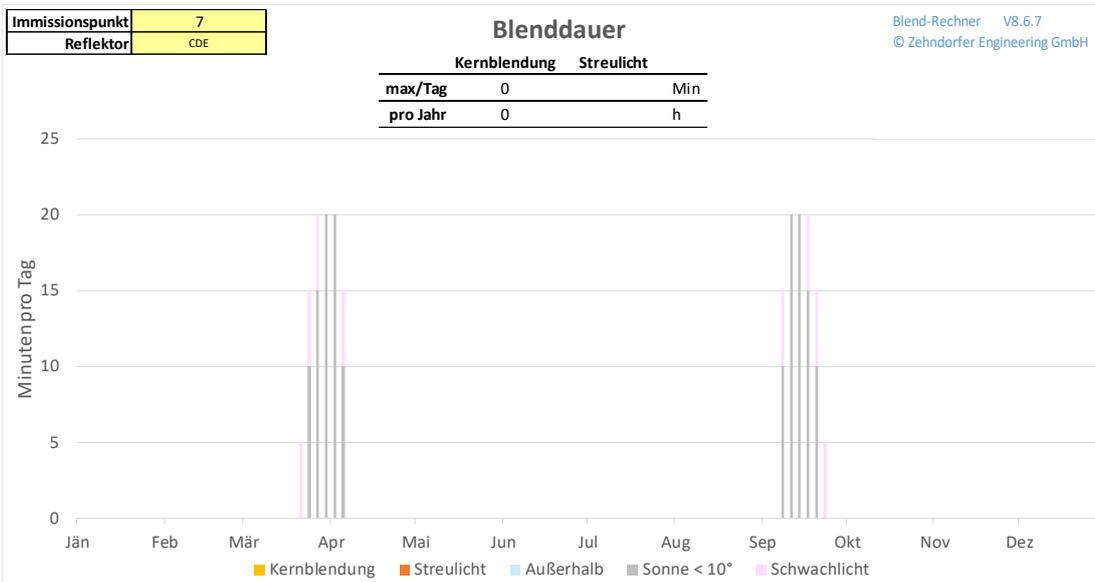
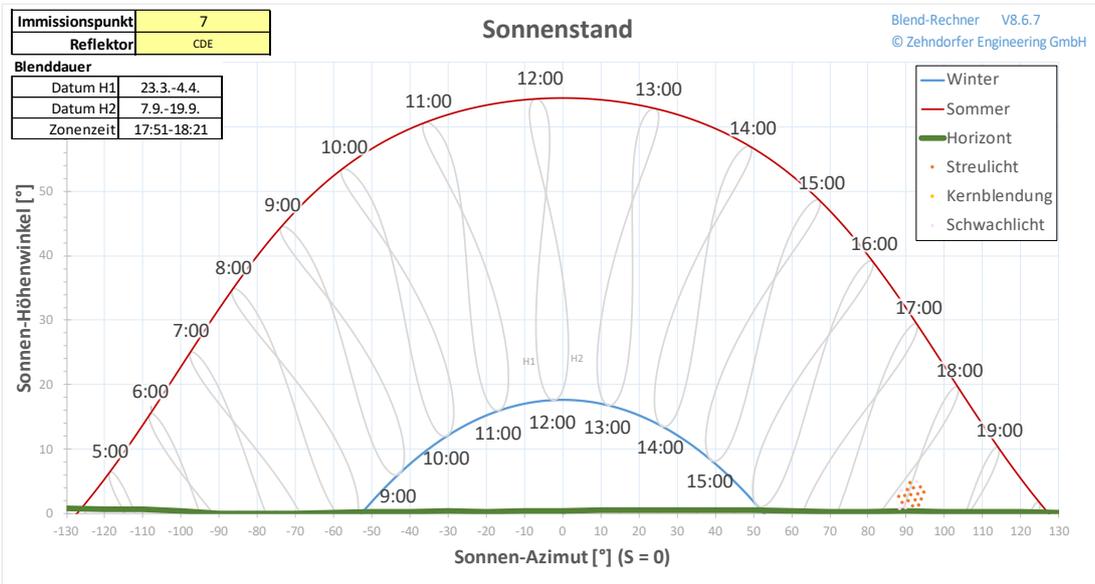
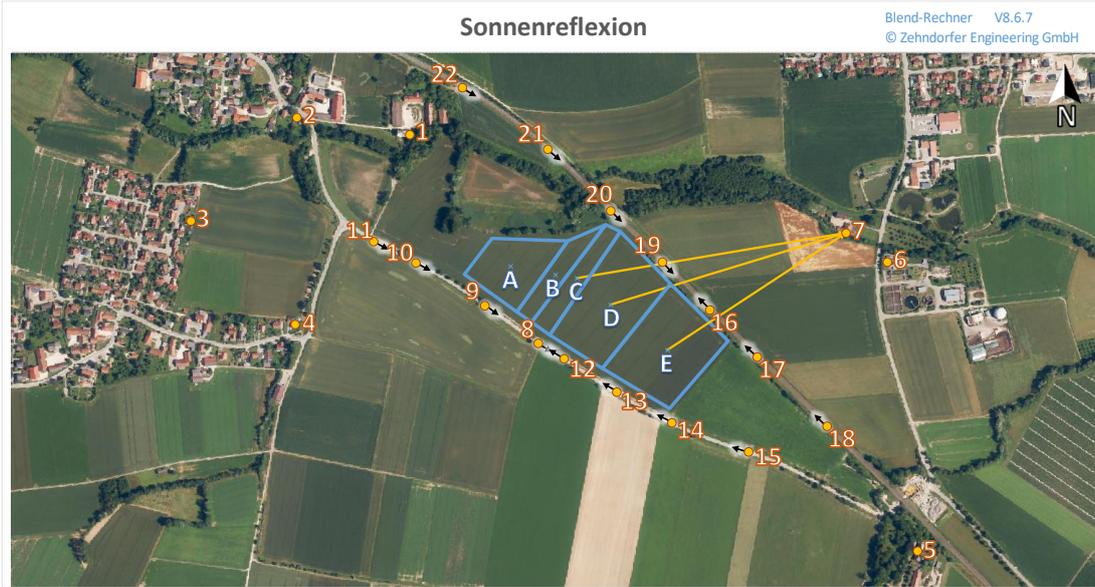


Immissionspunkt	6
Reflektor	CDE

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.6.7  
© Zehndorfer Engineering GmbH

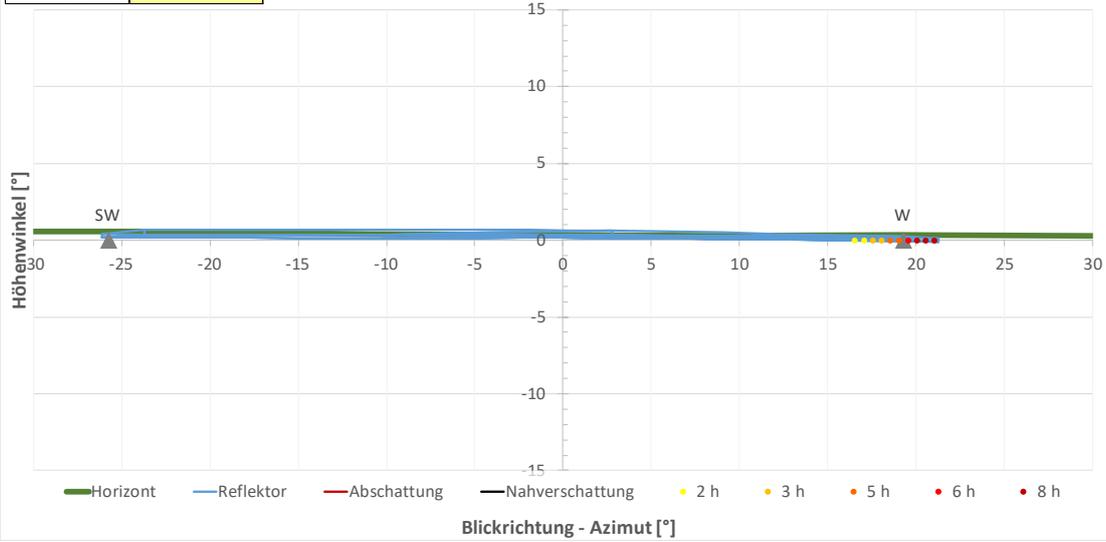




Immissionspunkt	7
Reflektor	CDE

Blendhäufigkeit

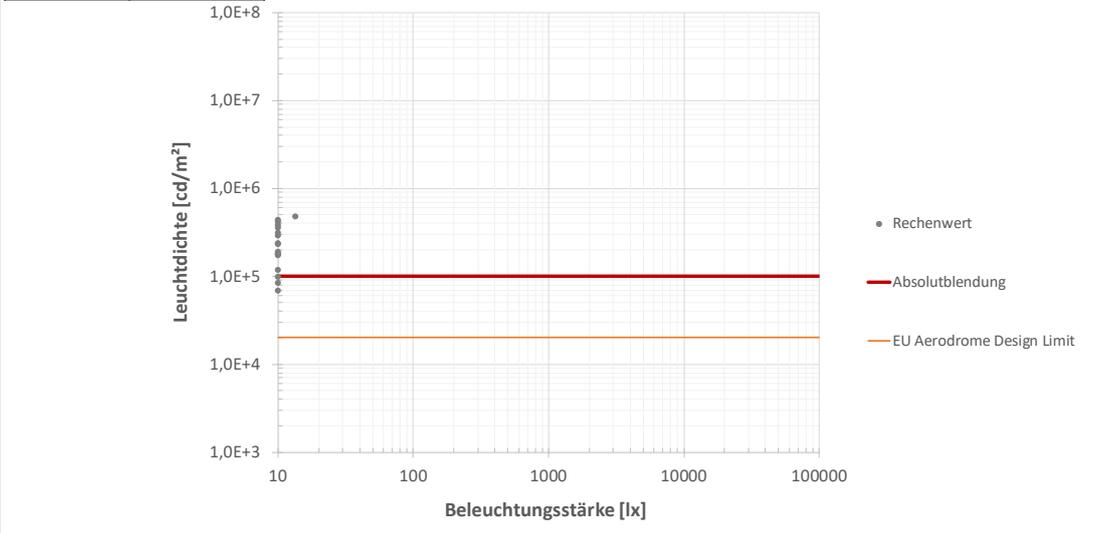
Blend-Rechner V8.6.7  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	7
Reflektor	CDE

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V8.6.7  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	7
Reflektor	CDE

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.6.7  
© Zehndorfer Engineering GmbH



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

