

# Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Goch

---

**Im Auftrag von**  
Solarians Gbr  
z.H. Christian Arians  
Mortelweg 53  
47574 Goch

**Gutachten ZE21096-SA**  
**Juli 2021**



**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 .....               | 7  |
| 1.4.1 Geländeprofil.....                             | 7  |
| 1.4.2 Horizont.....                                  | 8  |
| 1.4.3 Bewuchs .....                                  | 8  |
| 1.4.4 Künstliche Abschattungen.....                  | 8  |
| 2 Blendberechnung.....                               | 8  |
| 2.1 BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....              | 8  |
| 2.2 REFLEXIONSBERECHNUNG .....                       | 9  |
| 2.3 ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE .....                   | 10 |
| 2.4 SICHTBEZUG.....                                  | 11 |
| 2.5 BLEND-WIRKUNG.....                               | 12 |
| 2.5.1 Größenverhältnisse .....                       | 12 |
| 2.5.2 Richtung der Blendung.....                     | 12 |
| 2.5.3 Blendstärke .....                              | 13 |
| 2.5.4 Blenddauer .....                               | 14 |
| 2.5.5 Subjektive Faktoren.....                       | 14 |
| 2.5.6 Verkehrskritische Punkte.....                  | 14 |
| 3 Beurteilung & Empfehlungen.....                    | 15 |
| 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 auf den Straßenverkehr oder die Nachbarschaft besteht.

Durch die PV-Anlage wird keine gefährliche Blendwirkung auf den Straßenverkehr und keine erhebliche Blendwirkung in Richtung der Nachbarschaft stattfinden.

## Versionsverlauf

| Version | Datum     | Beschreibung          |
|---------|-----------|-----------------------|
| 1.0     | 16.7.2021 | ursprüngliche Fassung |
| 1.1     | 20.7.2021 | Korrektur Standort    |
|         |           |                       |
|         |           |                       |

### Haftungsausschluss

*Die Simulationsmodelle werden mit aller notwendigen Sorgfalt erstellt. Auf Grund unvermeidbarer Abweichungen zwischen Simulationsmodell 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.*

### 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. Es bezieht sich auf einen konkreten Standort und eine ganz bestimmte Anlage. 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 auf der Autobahn A57 (bzw. auf deren Verlängerung über der niederländischen Grenze, der A77), 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 47574 Goch, Landkreis Kleve (Gemarkung Hommersum, Flur 005, Flurstück 106, GPS-Koordinaten 51°40'35"N, 6°2'8"O) nördlich der Autobahn A57.

Abbildung 1 Situation und Modulbelegung

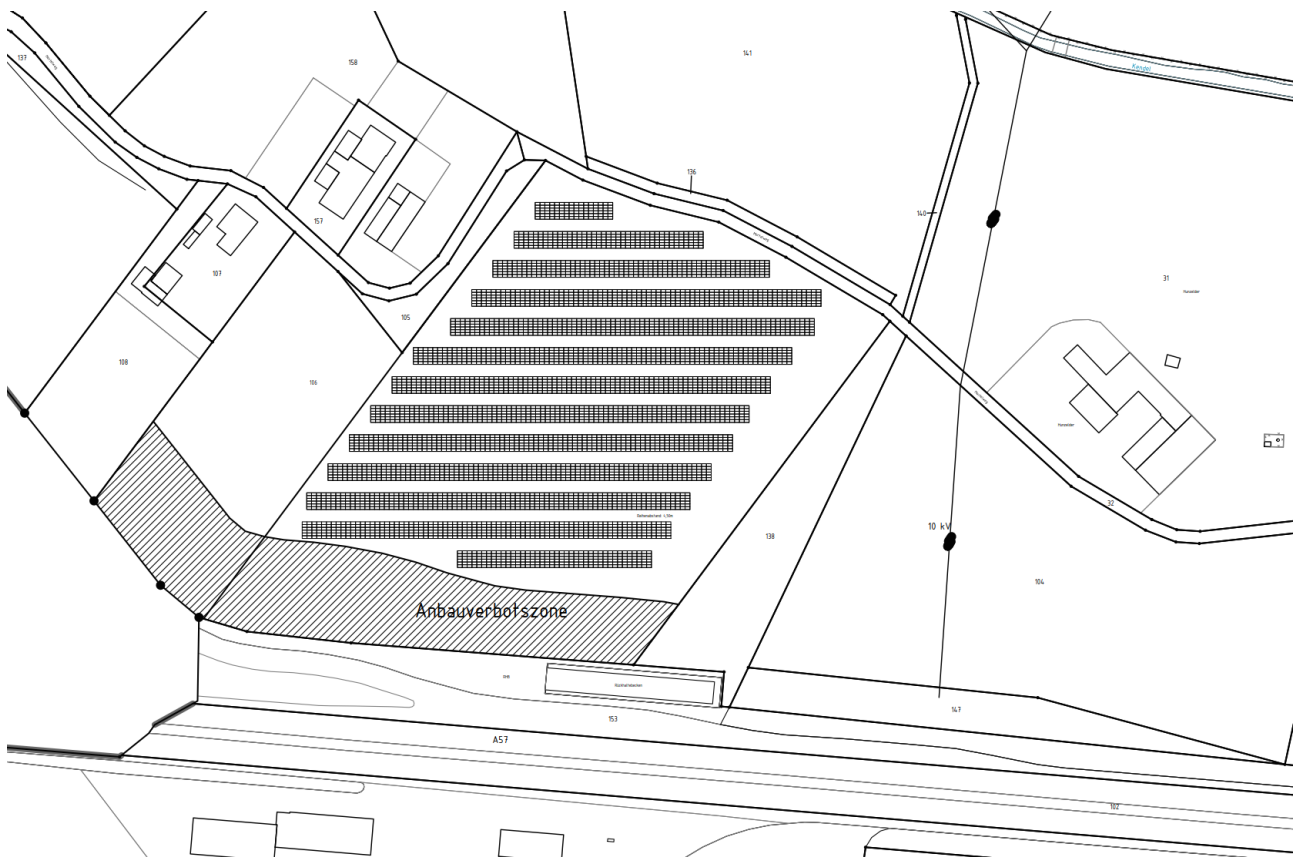


Abbildung 2 Modultischkonfiguration

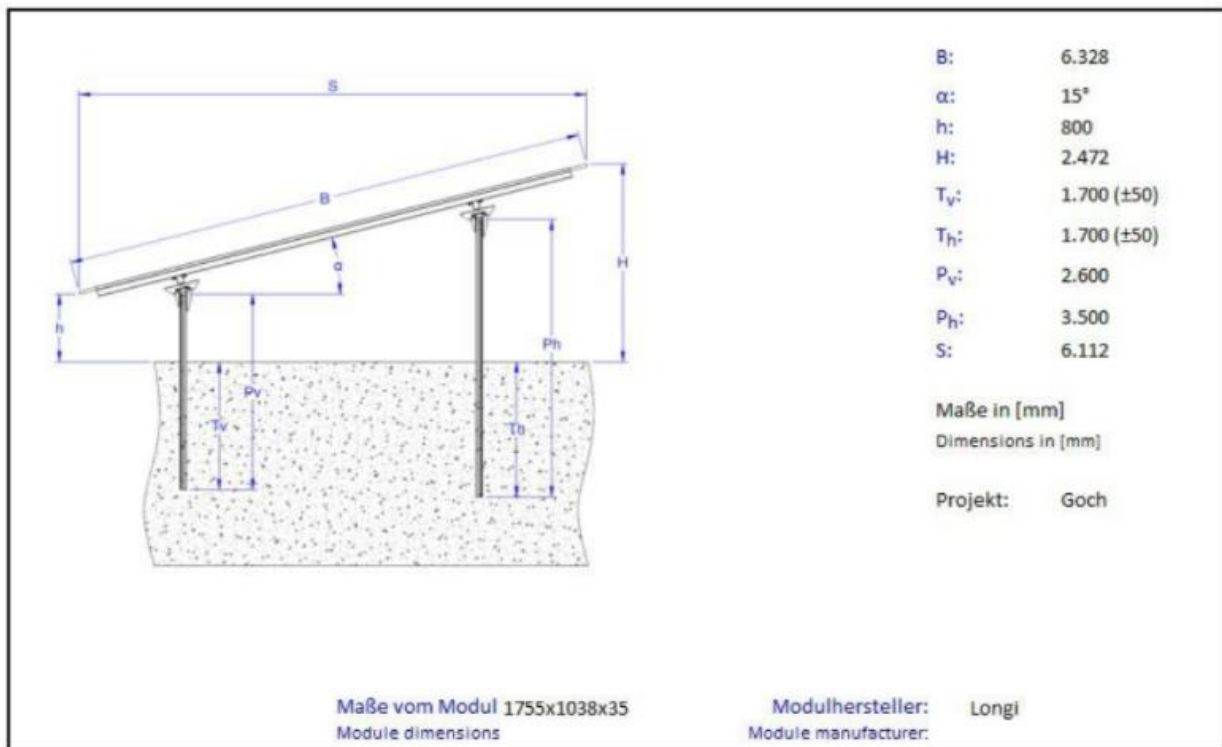


Abbildung 3 Ausrichtung der Anlage



Die reflektierenden Flächen werden für die Berechnung in einem Vierecke modelliert.

Abbildung 4 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgetreu)

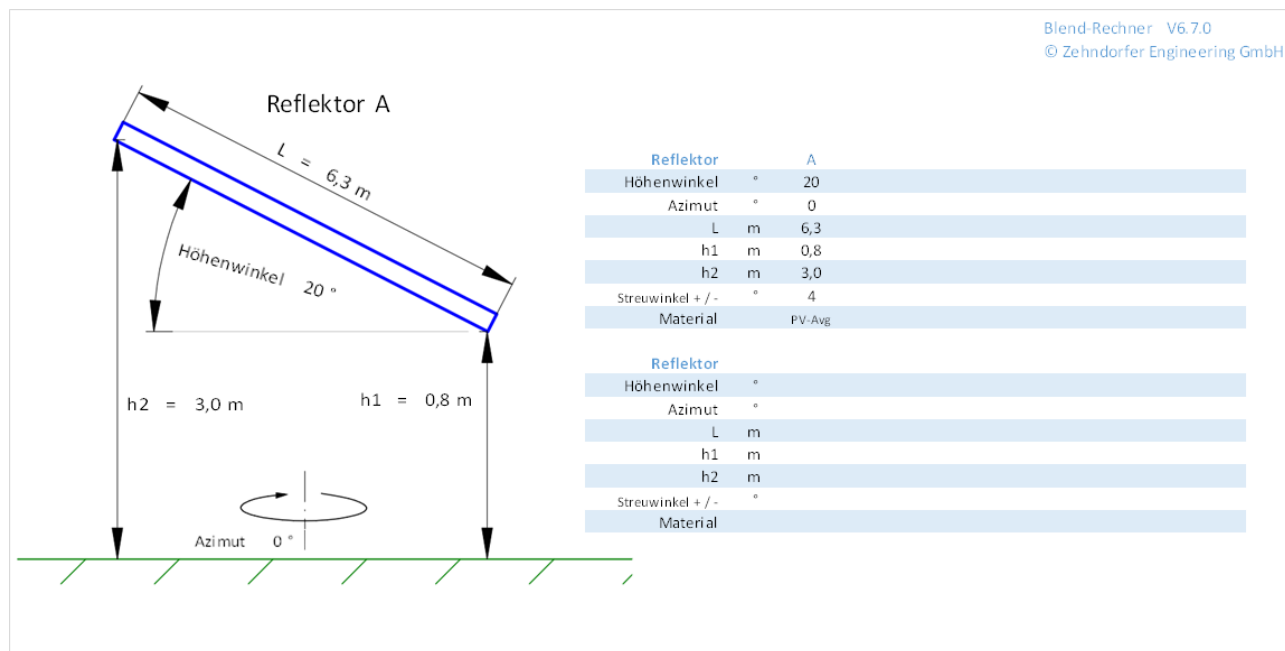


Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum<sup>1</sup>. Die Module sind in Richtung - Süden mit 20° geneigt aufgeständert. Sie sind auf sechsreihigen Modultischen, querkant, mit der Oberkante bei ca. 3 m angeordnet. Für die Streuung an den PV-Modulen wurde ein üblicher Streuwinkel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

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 Autobahn A57/A77 in beiden Richtungen (2,5m über der Fahrbahn) sowie an den obersten Stockwerken der Nachbarn.

<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.



Abbildung 5 Immissionspunkte



Abbildung 5 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.

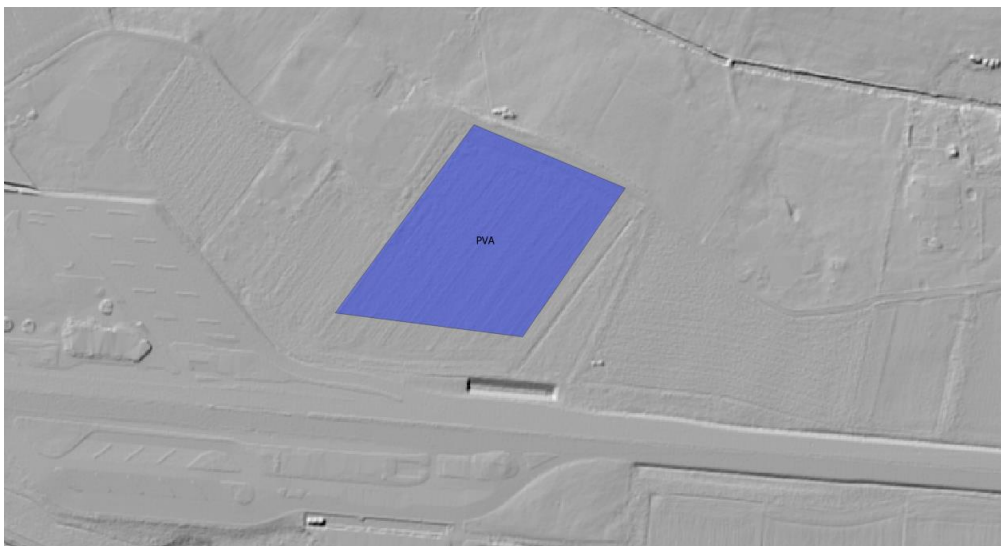
Die detaillierte Vermessung der relevanten Umgebung ist in Anhang 4 zu finden.

## 1.4 Abschattungen & Verdeckungen

### 1.4.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist relativ flach. Die Autobahn liegt an der fraglichen Stelle etwa einen Meter höher als die Fläche auf der sich die PV-Anlage befindet. Es gibt aber sonst keine Geländekanten, die den Blick auf die PV-Anlage verhindern würden.

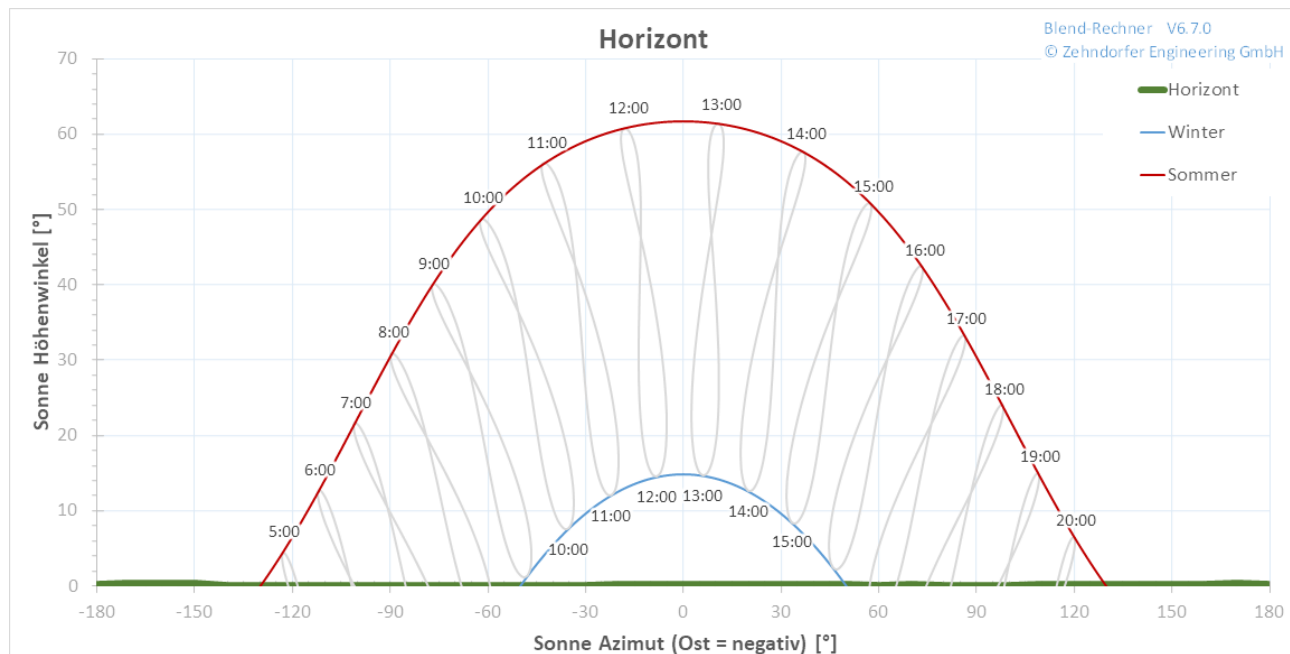
Abbildung 6 Gelände-schummerung



### 1.4.2 Horizont

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

Abbildung 7 Horizont



### 1.4.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und den IP stehen zum Teil (insbesondere Richtung Osten) dichte Baumreihen, die den Blick auf die PV-Anlage zu einem Großteil 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°
- 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.

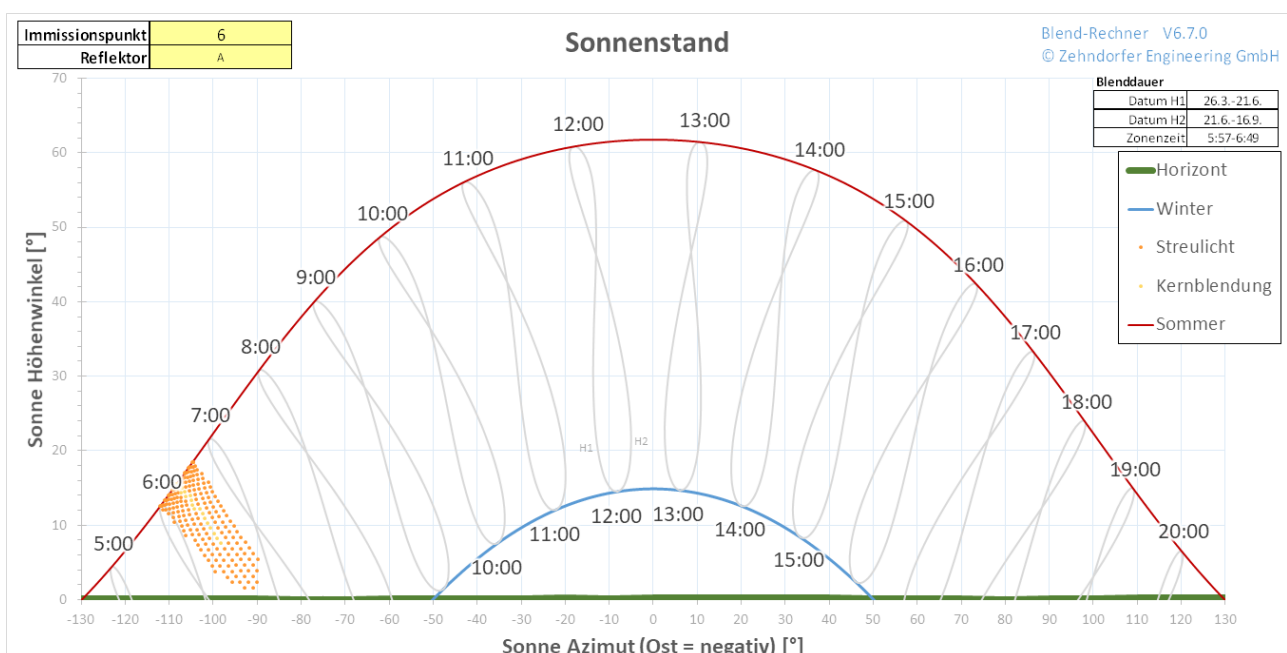
Abbildung 8 Reflexion der Solar Anlage zum IP6



Abbildung 8 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 9 zeigt zu welchem Zeitpunkt (Jahres- und Uhrzeit) Reflexionen auftreten. An den Achsen sind jene Sonnenhöhenwinkel und der Sonnenseitenwinkel ablesbar, bei welchen Blendung am Immissionspunkt auftreten.

Abbildung 9 Sonnenwinkel bei Blendung am IP 6



Am IP 6 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>                     | <b>A</b>    |
| <b>Immissionspunkt</b>               | <b>6</b>    |
| Distanz m                            | 73          |
| Höhenwinkel °                        | 0           |
| Raumwinkel msr                       | 10          |
| Datum H1                             | 26.3.-21.6. |
| Datum H2                             | 21.6.-16.9. |
| Zeit                                 | 5:57-6:49   |
| Kernblendung min / Tag               | 10          |
| Kernblendung h / Jahr                | 11          |
| Streulicht min / Tag                 | 35          |
| Streulicht h / Jahr                  | 61          |
| Sonnen Höhenwinkel (Mittel) °        | 10          |
| Sonnen Azimut (Mittel) °             | -101        |
| Sonne-Reflektor Winkel (max) °       | 25          |
| Blendung - Blickwinkel (min) °       | 1           |
| Leuchtdichte (max) [k cd/m²]         | 6.531       |
| Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²] | 47          |
| Beleuchtungsstärke (max) [lx]        | 6.731       |

## 2.3 Erklärung der Ergebnisse

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Distanz</b>      | Ist 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 am Horizont befindet.                                                                                                                                                     |
| <b>Raumwinkel</b>   | Der Raumwinkel, gemessen in Milliradian. Der Raumwinkel 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>         | Jene 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, für den Fall, dass das Streulicht (nach Vorgabe) unberücksichtigt bleibt, steht hier derselbe Wert wie bei der Kernblendung |
| <b>Dauer</b>        | Die Anzahl jener Tage im Jahr (Frühjahr und Herbst), an denen zu irgendeiner Uhrzeit eine Blendung auftreten kann. Außerhalb dieser Tage steht die Sonne zu                                                                                                             |

hoch oder zu flach um am Immissionspunkt zu blenden, oder es findet eine Verschattung durch den Horizont oder künstliche Hindernisse statt.

- Sonnen Höhenwinkel** Durchschnittlicher Sonnenhöhenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
- Sonnen Azimut** Durchschnittlicher Sonnenseitenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
- Sonne-Reflektor Winkel** Der bei Blendung 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.
- Blendung-Blickwinkel** 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 eine untergeordnete Rolle.
- Leuchtdichte** Das Maximum der errechneten Leuchtdichte der Reflexion in  $1.000 \text{ cd/m}^2$
- Retinale Einstrahlung** Die maximale Leistungsdichte der reflektierten Strahlen auf der Netzhaut in  $\text{W/cm}^2$
- Beleuchtungsstärke** Die maximale, zusätzliche Beleuchtungsstärke der reflektierenden Strahlen am IP in lux.

## 2.4 Sichtbezug

Um den Sichtbezug zu den reflektierenden Flächen, sowie zur Reflexion und zum Sonnenstand 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 10 Blickfeld am IP 6

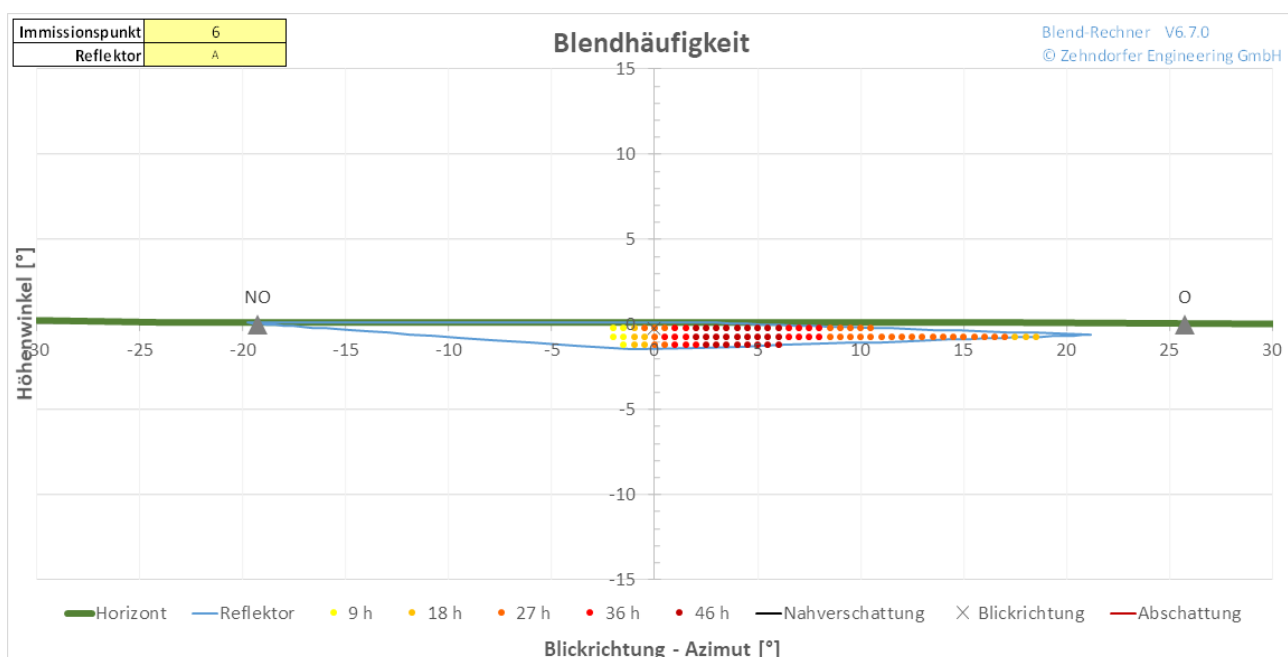


Abbildung 10 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. Alle weiteren Ansichten sind in Anhang 5 zu sehen.

## 2.5 Blend-wirkung

Die Auswirkung der Blendung auf den Menschen ist von mehreren Parametern abhängig. Folgende Parameter haben einen Einfluss auf die Blend-wirkung 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.

| 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 IP 6 (10 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.

---

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

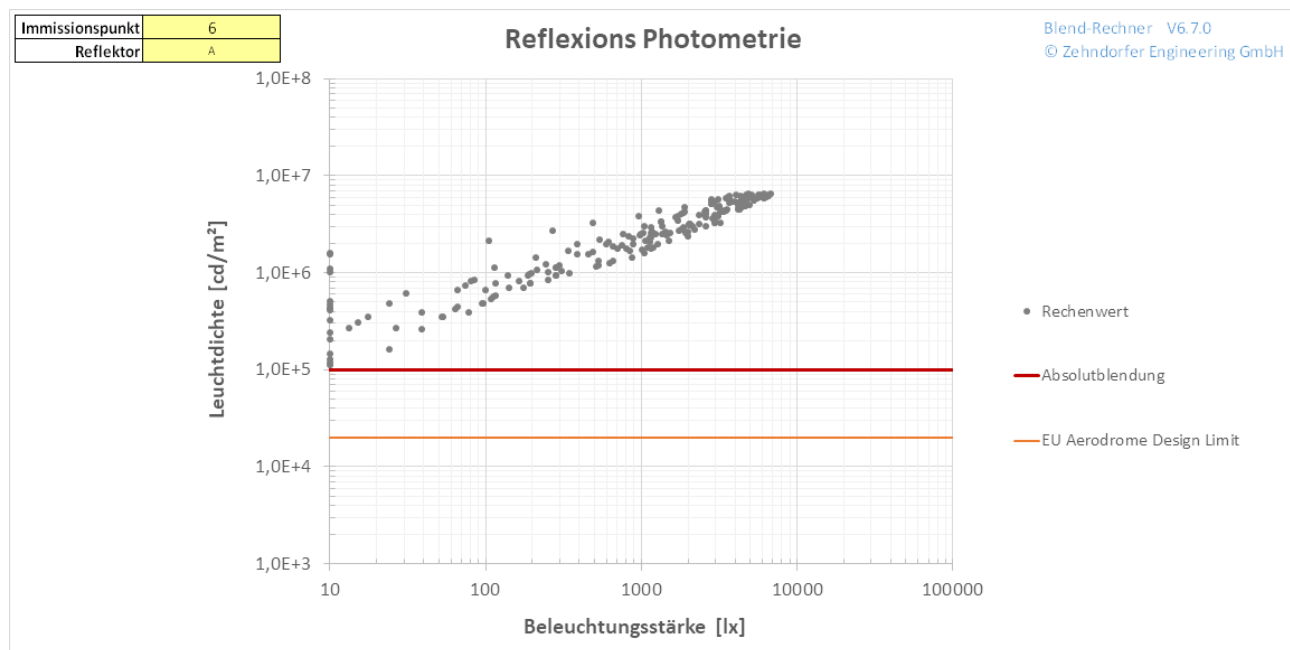
Die Richtlinie für die "Beleuchtung von Arbeitsstätten" DIN EN 12464, zum Beispiel, reduziert seitlich auftretende Blendungen mit dem Guth-Positionsindex<sup>3</sup>.

Daher werden in diesem Gutachten nur solche Blendungen als relevant für den Verkehr betrachtet, die innerhalb eines Winkels von  $\pm 15^\circ$  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 OVE R11-3 wird davon ausgegangen, dass Leuchtdichten in dieser Größenordnung bei Sonnenreflexionen immer erreicht werden. Die 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 Grenzen der Zumutbarkeit überschritten.

Abbildung 11 Stärke der Reflexionen



Die Berechnung der Leuchtdichte in Abbildung 11 zeigt, dass bei einigen Sonnenständen Absolutblendung erreicht wird.

<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.“

## 2.5.4 Blenddauer

Abbildung 12 Blenddauer am IP 6

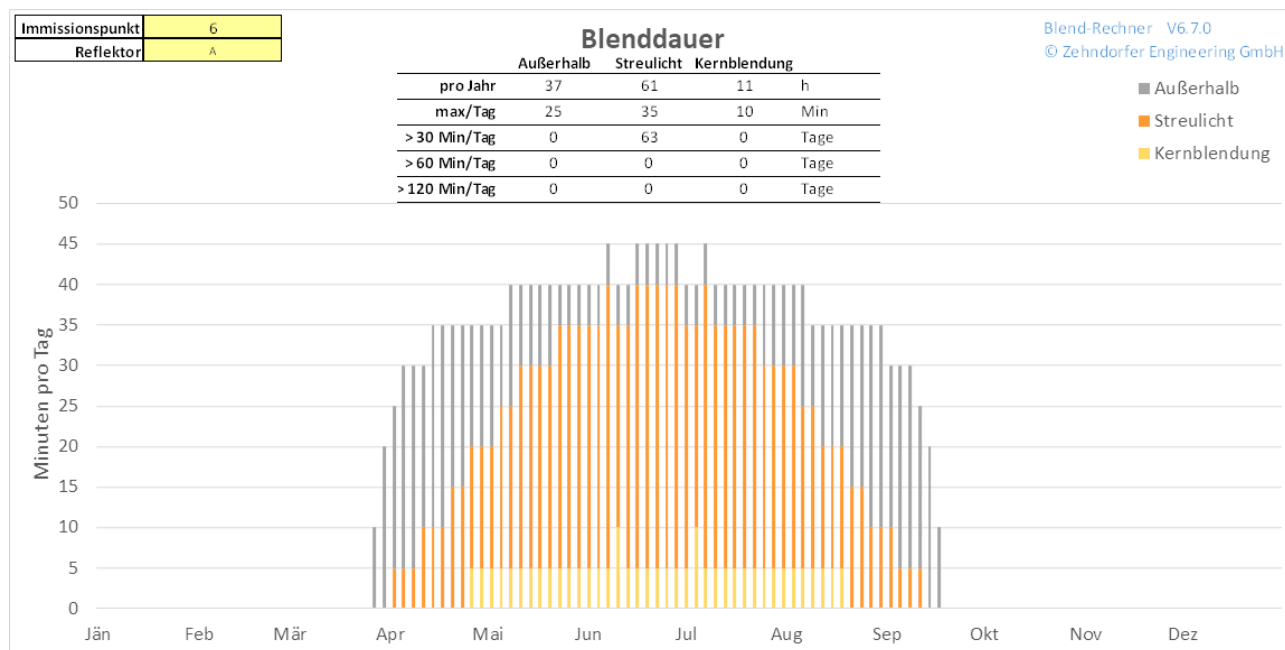


Abbildung 12 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

Orange Linien kennzeichnen Streulicht, eventuelle gelbe Linien stellen direkte Spiegelungen dar.

Eventuell grau unterlegte Bereiche sind jene Zeiten zu denen zwar Reflexionen stattfinden, diese werden jedoch auf Grund der 10°-Regel gemäß LAI-2012 (Blickwinkel zwischen Sonne und Modul mindestens 10°) beziehungsweise des inneren Gesichtsfeldes (+/-15° von der Blickrichtung) nicht in der Summe der Blenddauer berücksichtigt.

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.

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





Auf dem relevanten Straßenabschnitt wurden in den letzten Jahren keine Unfälle gemeldet. Es liegt keine Stelle von Unfallohäufungen vor. Am IP 4 liegt eine Abbiegespur. Dieser Punkt ist also als kritisch zu betrachten.

### 3 Beurteilung & Empfehlungen

#### IP1, 2, 3 und 6 (Nachbarschaft)

Es wird zu Reflexionen in Richtung der IP kommen, deren Dauer jedoch immer unter den Grenzwerten der Richtlinie liegt.

#### IP4, 5, 8 und 9 (Autobahn)

In Richtung einiger dieser IP können kurzfristig Reflexionen auftreten. Diese liegen immer vollständig außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker und stellen daher keine Gefahr für den Straßenverkehr dar.

#### IP7 (Autobahn)

Es werden Reflexionen in Richtung des IP auftreten. Diese haben die folgenden Eigenschaften

- Sie bestehen ausschließlich aus Streuungen (nicht aus direkt spiegelnden Reflexionen)
- Ihre Leuchtdichte liegt über dem Schwellwert der Absolutblendung
- Sie finden im Sommer kurz vor Sonnenuntergang statt
- Sie liegen am Rande des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker (10° zur Fahrtichtung)
- Die Anlage liegt in einer Distanz von 150m zu dem IP und hat einen Raumwinkel von 6msr
- Die Sonne steht zu diesem Zeitpunkt in einer ähnlichen Richtung (24° Abweichung)

Im Osten der Anlage stehen außerdem dichte Baumreihen, welche derzeit den Sichtkontakt zwischen IP7 und PV-Anlage verhindern.

Auf Basis der oben genannten Eigenschaften besteht (auch ohne Berücksichtigung der Bäume im Osten) keine Gefahr einer Blendung des Straßenverkehrs.

**Durch die PV-Anlage wird also keine gefährliche Blendwirkung auf den Straßenverkehr und keine erhebliche Blendwirkung in Richtung der Nachbarschaft stattfinden.**

Datum: 16.7.2021

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 (durch Reflexion) einwirkt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Emissionspunkt          | Punkt, von dem Strahlung (durch Reflexion) 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) [ $\text{lm}/\text{m}^2\text{sr}$ ].                                                                                |
| Lichtstärke             | Der Lichtstrom pro Raumwinkel [ $\text{lm}/\text{sr}$ ].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| IP                      | Die Immissionspunkte auch „Points of interest“ sind jene Punkte, für die die Blend-berechnung durchgeführt wird                                                                                                                                                                                                                                                           |
| PV                      | Photovoltaikanlage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Azimet                  | Winkel (am Boden) zwischen Objekt und Südrichtung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Elevation               | zu Deutsch <i>Höhenwinkel</i> , gemessen von der Horizontalen zum Objekt                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 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 aber 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° 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 zu den Immissionsunkten 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 reflektierende Oberfläche berechnet.



## ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Für die Koordinaten wurde das folgende Bezugssystem gewählt: UTM Zone 32, mit false northing -5.000.000

Die PV Anlage befindet sich an folgenden Koordinaten

| Reflektor | A       |         |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Eckpunkt  | C1      | C2      | C3      | C4      |
| x         | 295.010 | 295.145 | 295.218 | 295.110 |
| y         | 729.101 | 729.084 | 729.191 | 729.236 |
| z         | 14      | 14      | 15      | 15      |
| h         | 0,8     | 0,8     | 3,0     | 3,0     |

mit den folgenden Winkeln der reflektierenden Flächen

|   | Montagesystem |              | Untergrund  |              | Resultierende |              |
|---|---------------|--------------|-------------|--------------|---------------|--------------|
|   | Höhenwinkel   | Seitenwinkel | Höhenwinkel | Seitenwinkel | Höhenwinkel   | Seitenwinkel |
| A | 20            | 0            | 0           | 29           | 20            | 0            |

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

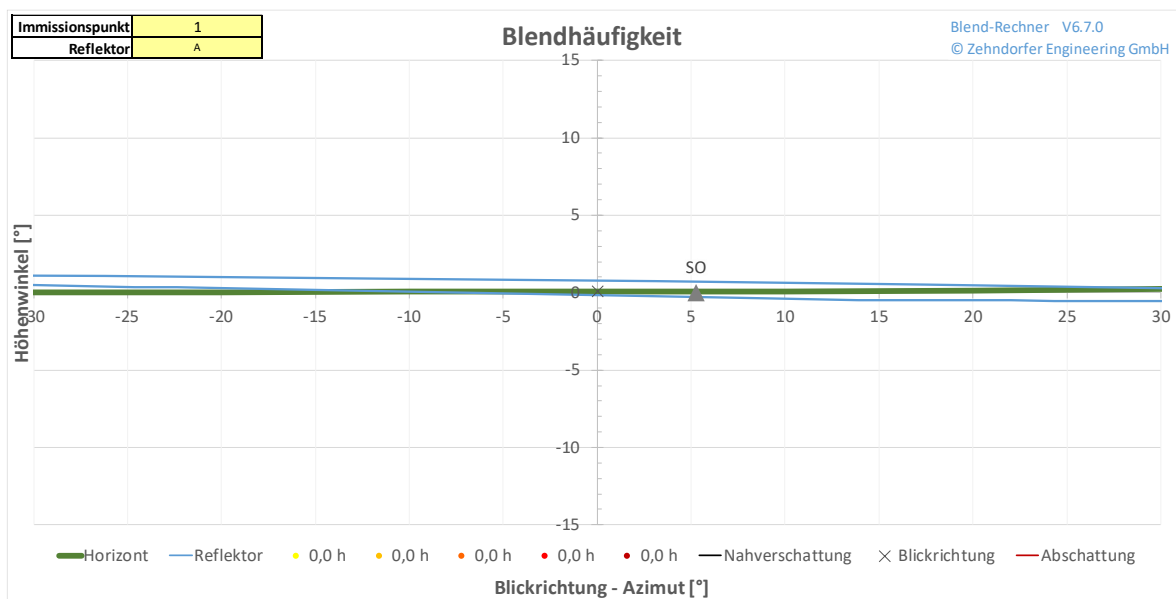
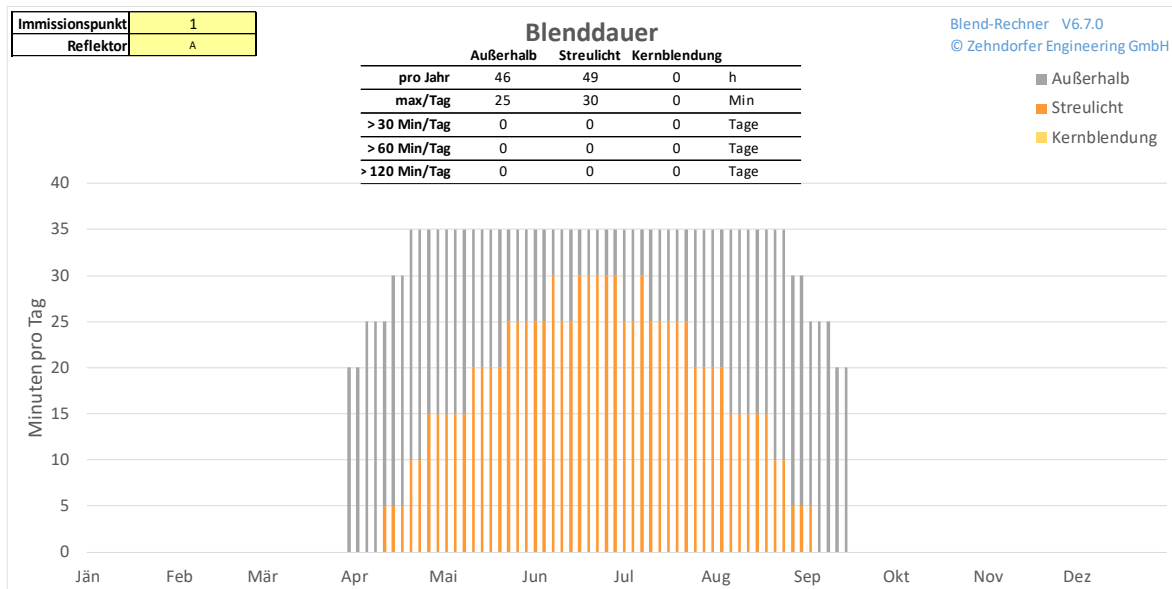
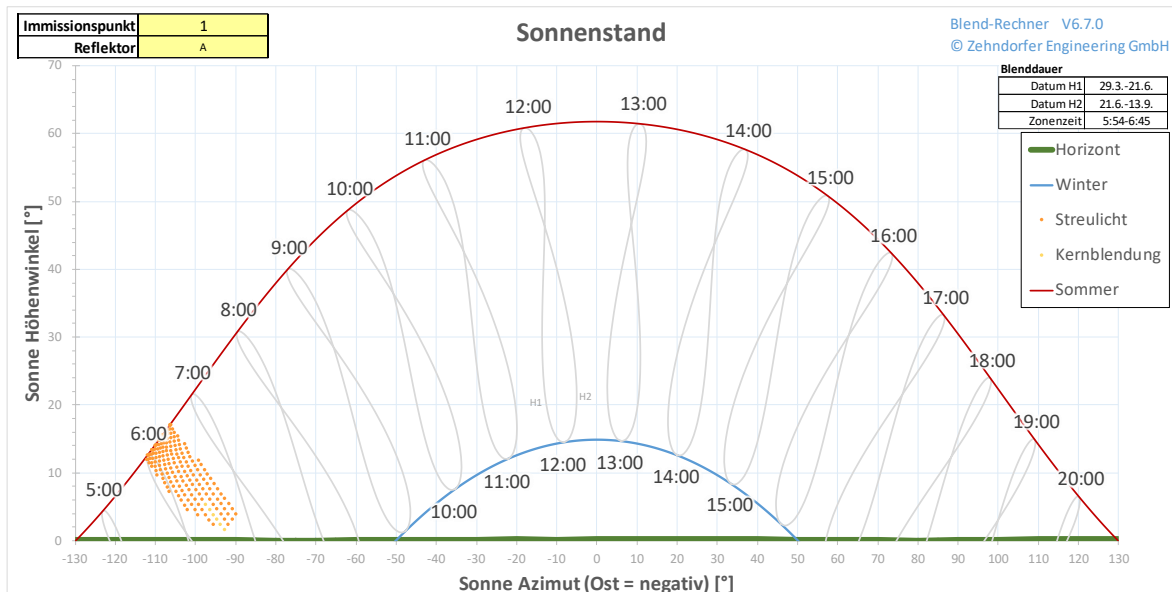
| Immissionspunkt    | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Bezeichnung        | IP1     | IP2     | IP3     | IP4     | IP5     | IP6     | IP7     | IP8     | IP9     |
| x                  | 295.052 | 294.991 | 295.302 | 295.141 | 295.049 | 294.945 | 295.278 | 294.907 | 294.786 |
| y                  | 729.210 | 729.209 | 729.151 | 729.033 | 729.047 | 729.068 | 729.013 | 729.031 | 729.041 |
| z                  | 14      | 14      | 14      | 15      | 15      | 15      | 15      | 16      | 16      |
| h                  | 2,0     | 5,0     | 5,0     | 2,5     | 2,5     | 2,0     | 2,5     | 2,5     | 2,5     |
| Blickrichtung - Az |         |         |         | 99      | 105     |         | 98      | -82     | -82     |

## ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

| Reflektor                            | A           | A          | A           | A           | A           | A           | A           | A           | A           |
|--------------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Immissionspunkt                      | 1           | 2          | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           |
| Distanz m                            | 31          | 79         | 93          | 52          | 49          | 73          | 150         | 125         | 232         |
| Höhenwinkel °                        | 0           | -1         | -1          | -1          | -1          | 0           | 0           | 0           | 0           |
| Raumwinkel msr                       | 30          | 19         | 6           | 46          | 55          | 10          | 6           | 7           | 3           |
| Datum H1                             | 29.3.-21.6. | 17.3.-7.5. | 17.3.-21.6. | 15.6.-21.6. | 10.5.-21.6. | 26.3.-21.6. | 28.4.-21.6. | 13.4.-21.6. | 29.3.-21.6. |
| Datum H2                             | 21.6.-13.9. | 5.8.-25.9. | 21.6.-25.9. | 21.6.-27.6. | 21.6.-2.8.  | 21.6.-16.9. | 21.6.-14.8. | 21.6.-29.8. | 21.6.-13.9. |
| Zeit                                 | 5:54-6:45   | 6:12-6:55  | 18:15-19:11 | 18:52-18:58 | 6:03-6:40   | 5:57-6:49   | 18:34-19:12 | 5:59-6:43   | 5:58-6:47   |
| Kernblendung min / Tag               | 0           | 0          | 5           | 0           | 0           | 10          | 0           | 0           | 0           |
| Kernblendung h / Jahr                | 0           | 0          | 3           | 0           | 0           | 11          | 0           | 0           | 0           |
| Streulicht min / Tag                 | 30          | 20         | 35          | 0           | 0           | 35          | 35          | 0           | 5           |
| Streulicht h / Jahr                  | 49          | 32         | 68          | 0           | 0           | 61          | 31          | 0           | 1           |
| Sonnen Höhenwinkel (Mittel) °        | 9           | 7          | 9           | 15          | 15          | 10          | 13          | 12          | 10          |
| Sonnen Azimut (Mittel) °             | -101        | -94        | 98          | 109         | -106        | -101        | 106         | -103        | -101        |
| Sonne-Reflektor Winkel (max) °       | 21          | 18         | 24          | 18          | 25          | 25          | 24          | 25          | 23          |
| Blendung - Blickwinkel (min) °       | 43          | 20         | 0           | 19          | 141         | 1           | 10          | 21          | 15          |
| Leuchtdichte (max) [k cd/m²]         | 7.059       | 4.702      | 6.319       | 388         | 5.785       | 6.531       | 6.319       | 6.397       | 6.453       |
| Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²] | 51          | 34         | 46          | 3           | 42          | 47          | 34          | 46          | 15          |
| Beleuchtungsstärke (max) [lx]        | 1.739       | 1.379      | 3.158       | 0           | 1.507       | 6.731       | 2.758       | 3.811       | 3.526       |

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

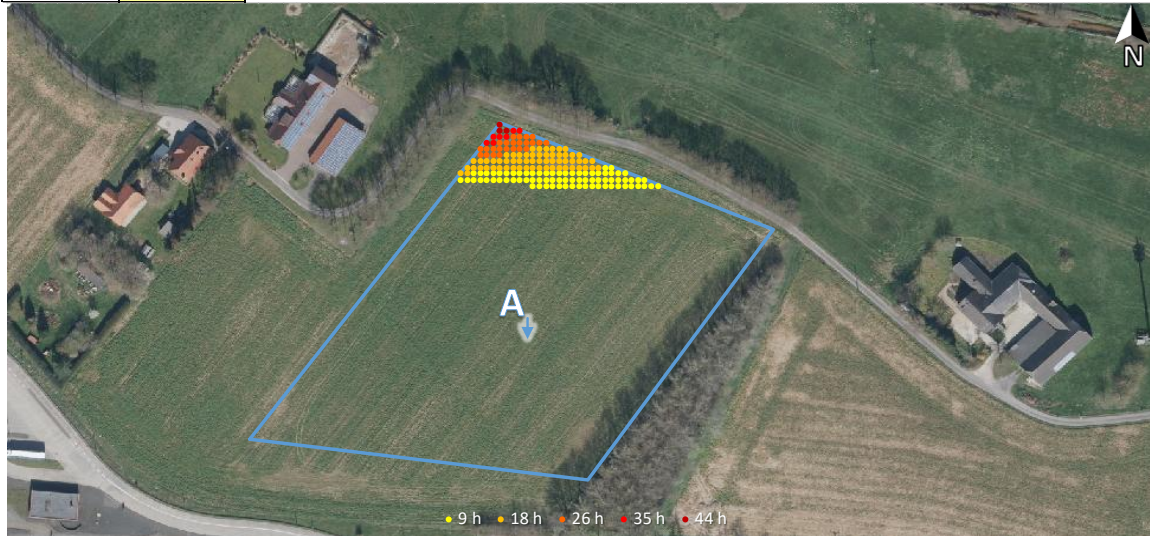




|                 |   |
|-----------------|---|
| Immissionspunkt | 1 |
| Reflektor       | A |

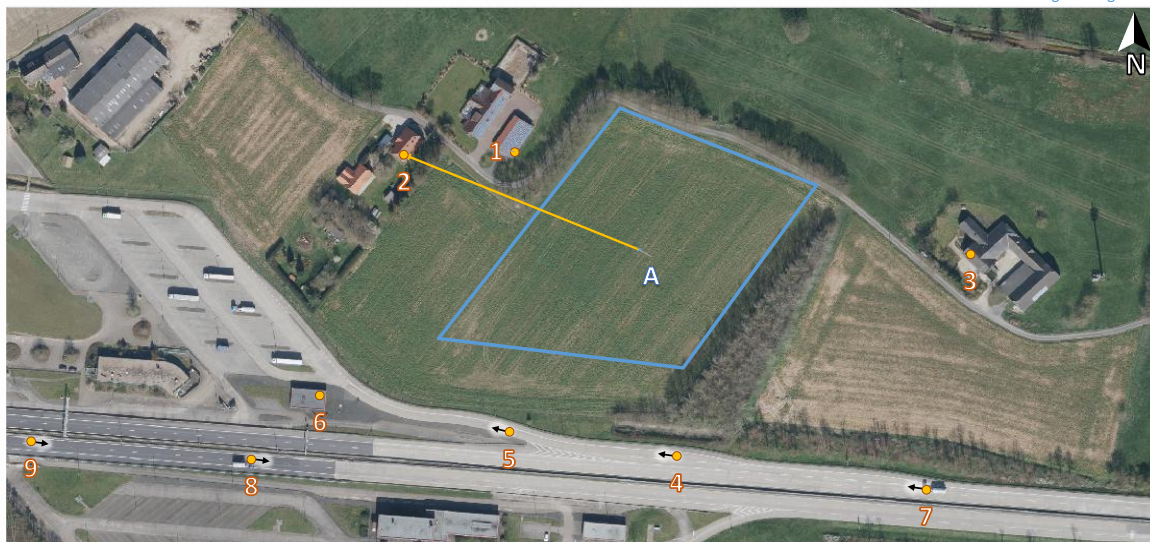
### Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



### Sonnenreflexion

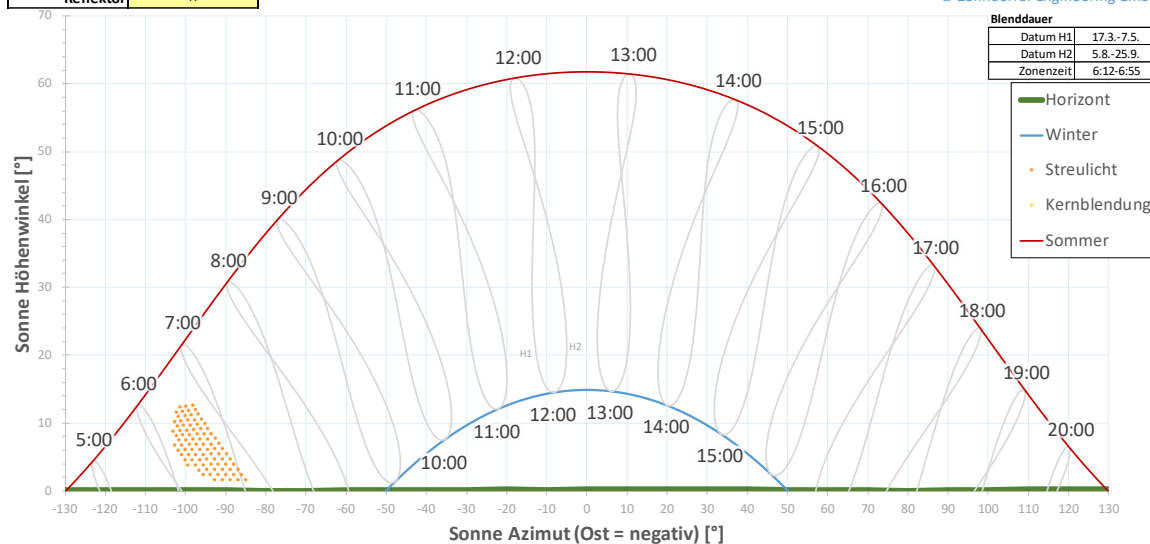
Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



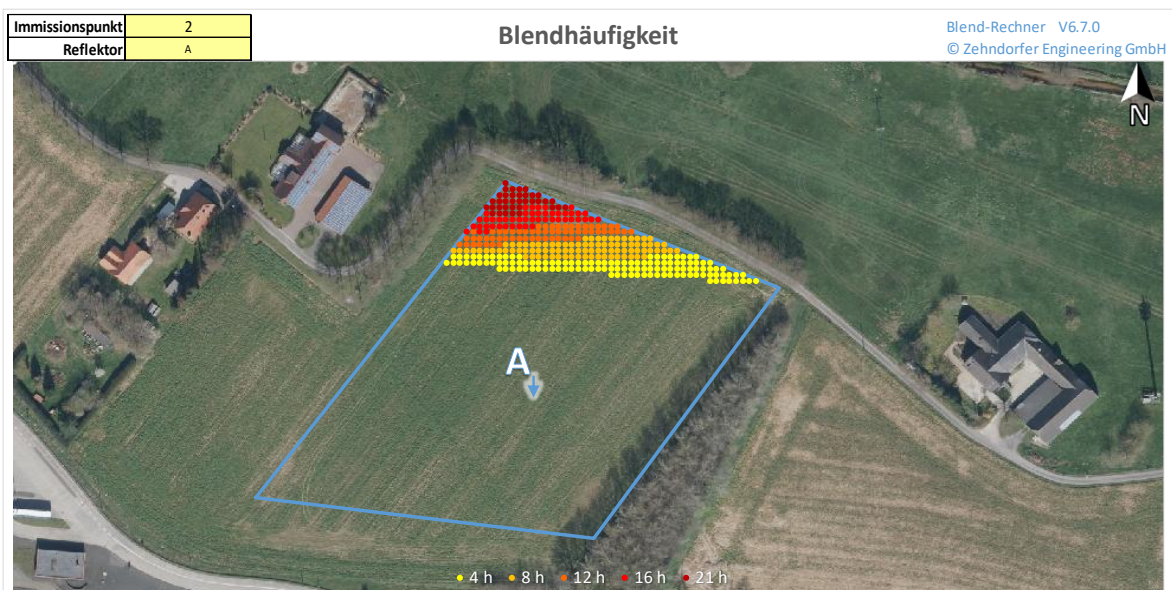
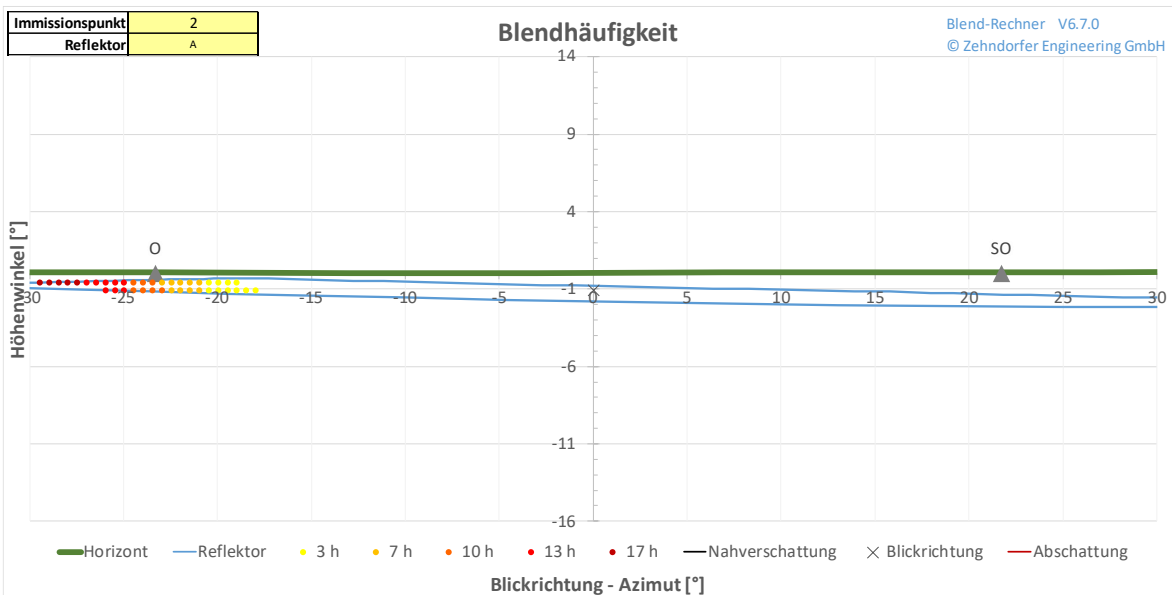
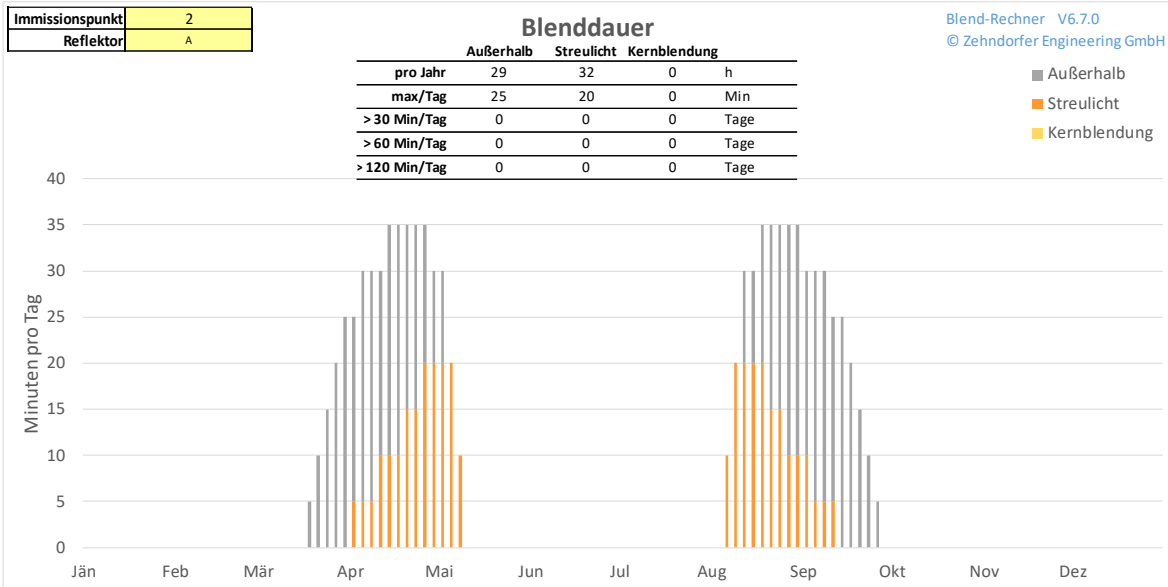
|                 |   |
|-----------------|---|
| Immissionspunkt | 2 |
| Reflektor       | A |

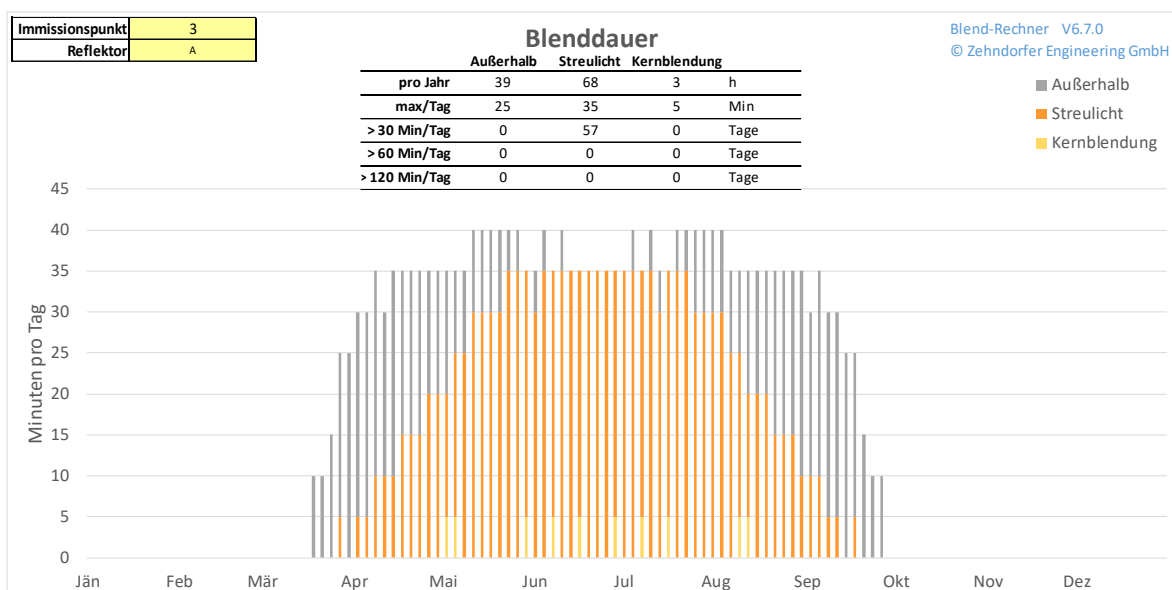
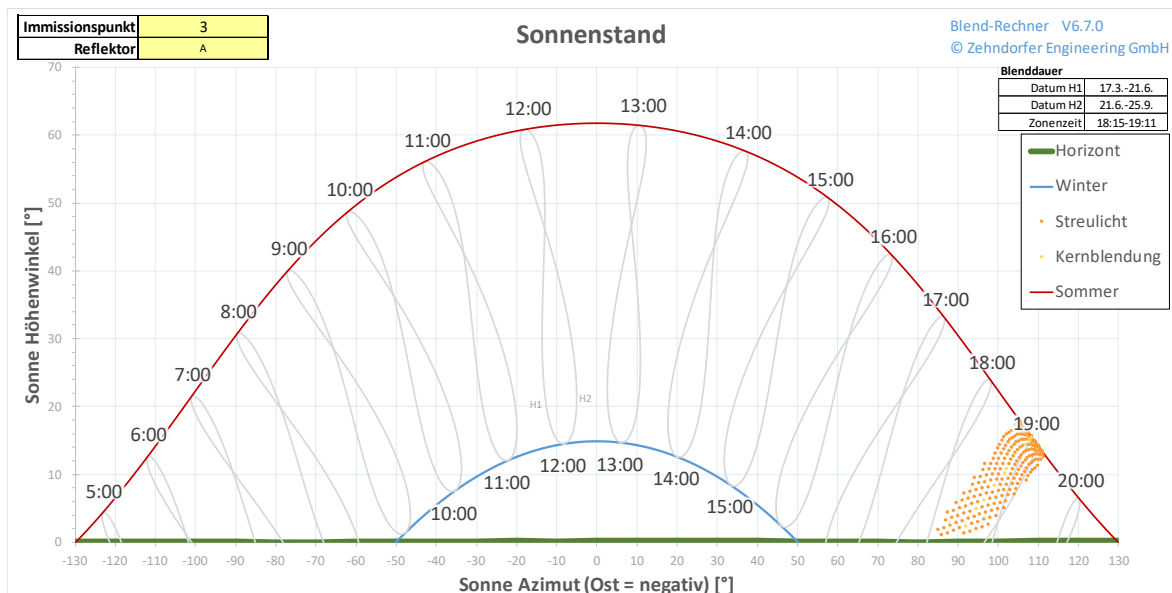
### Sonnenstand

Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

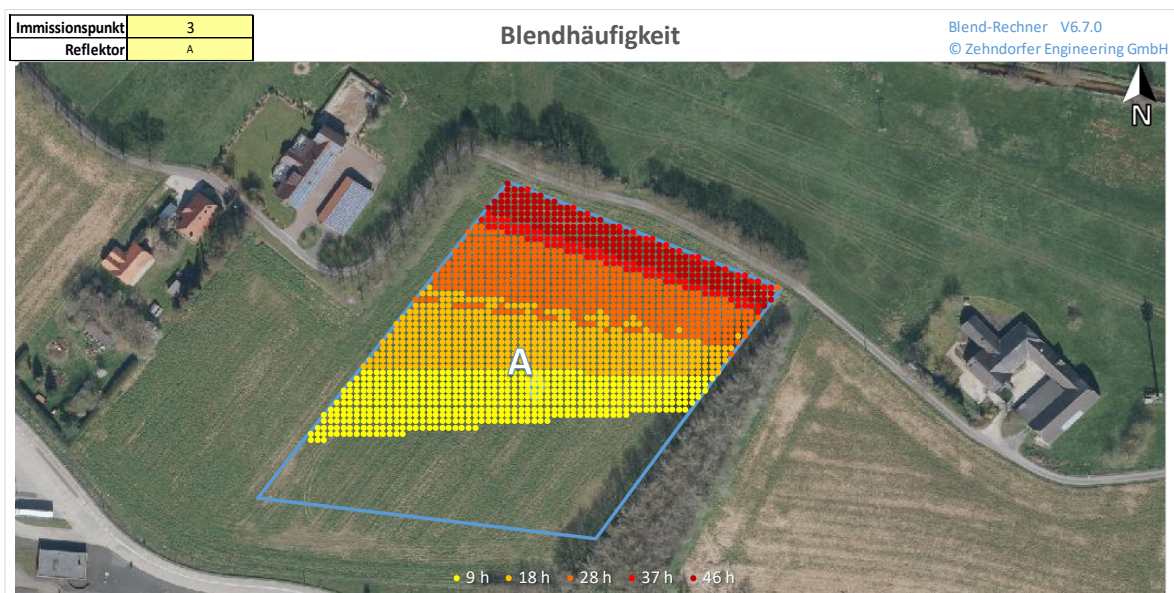
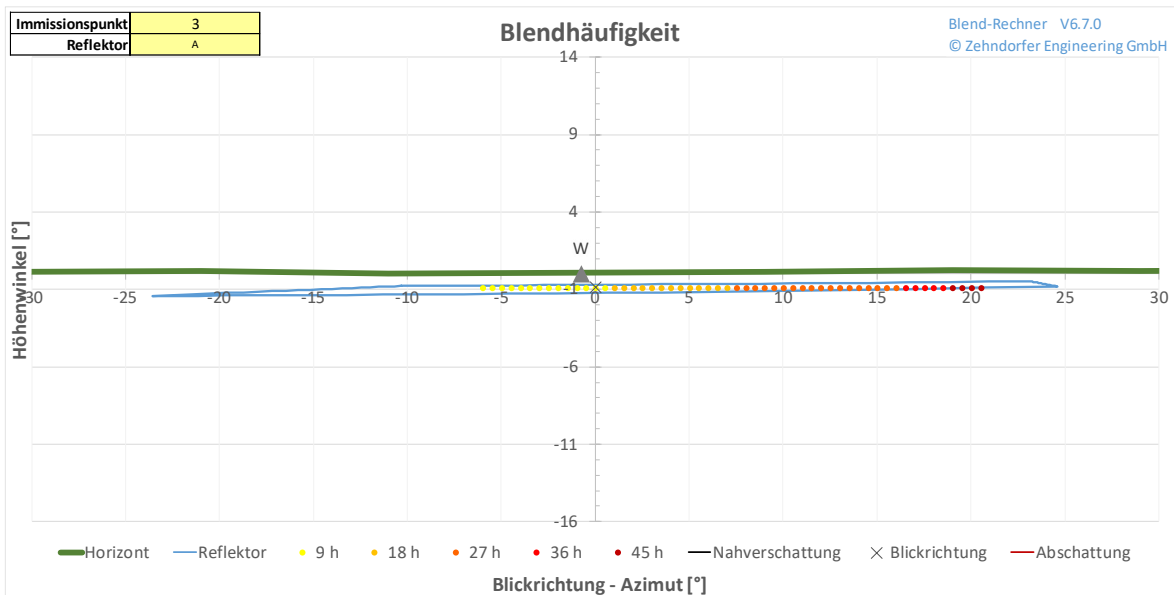




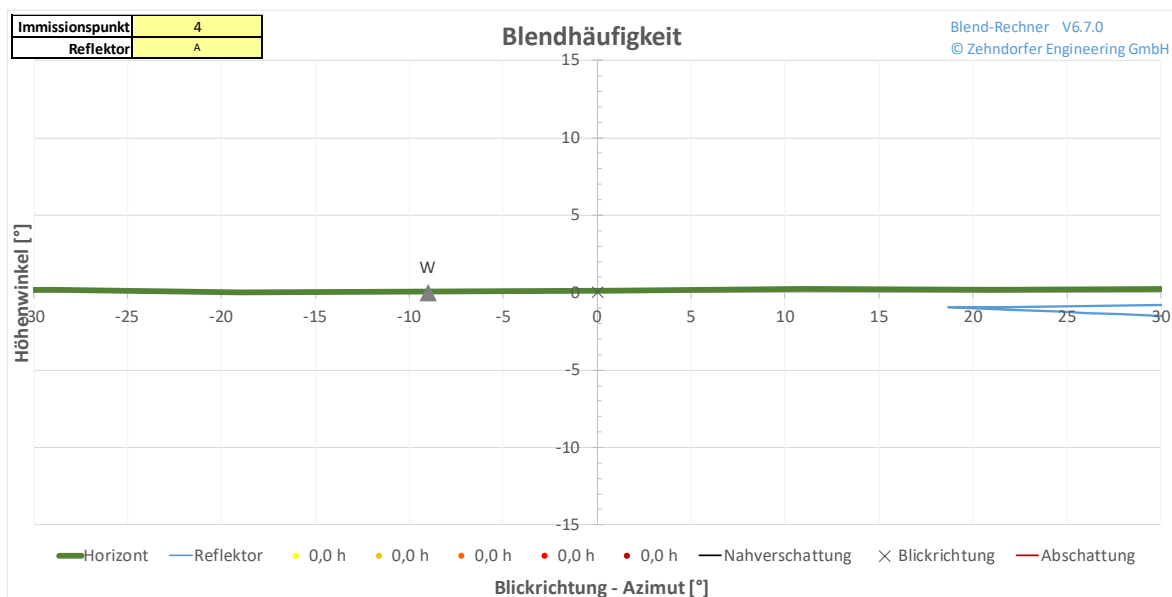
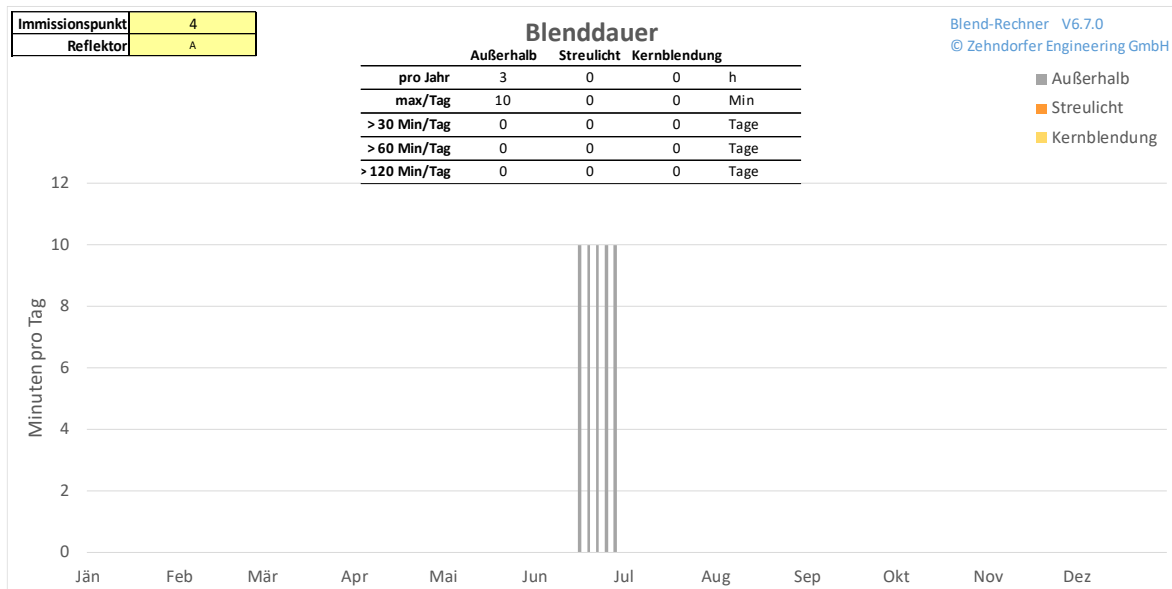
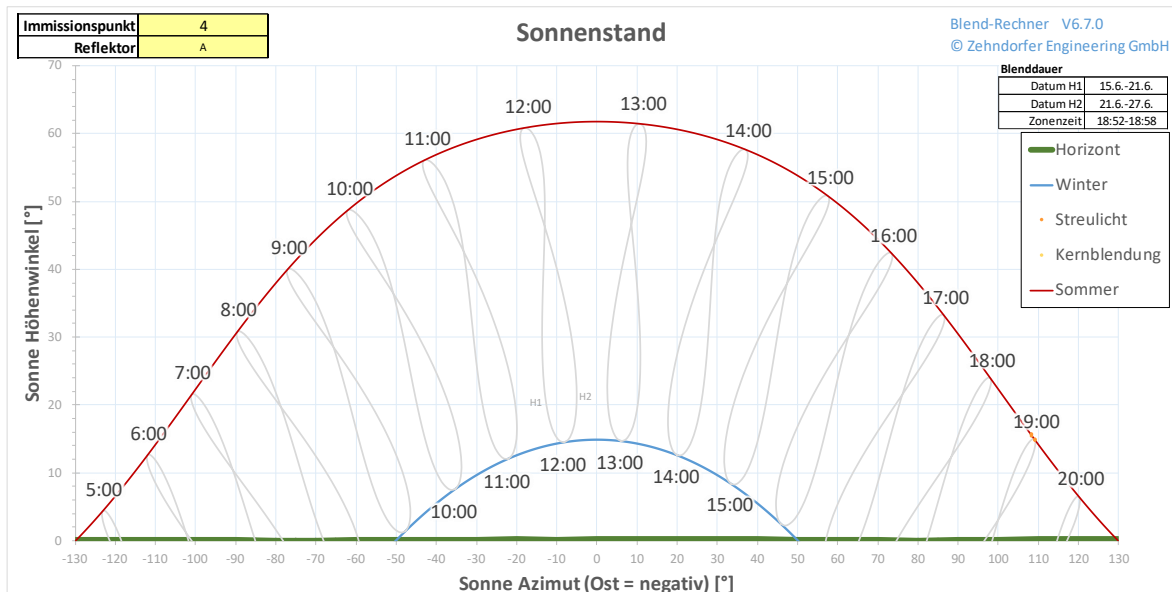












|                 |   |
|-----------------|---|
| Immissionspunkt | 4 |
| Reflektor       | A |

### Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



### Sonnenreflexion

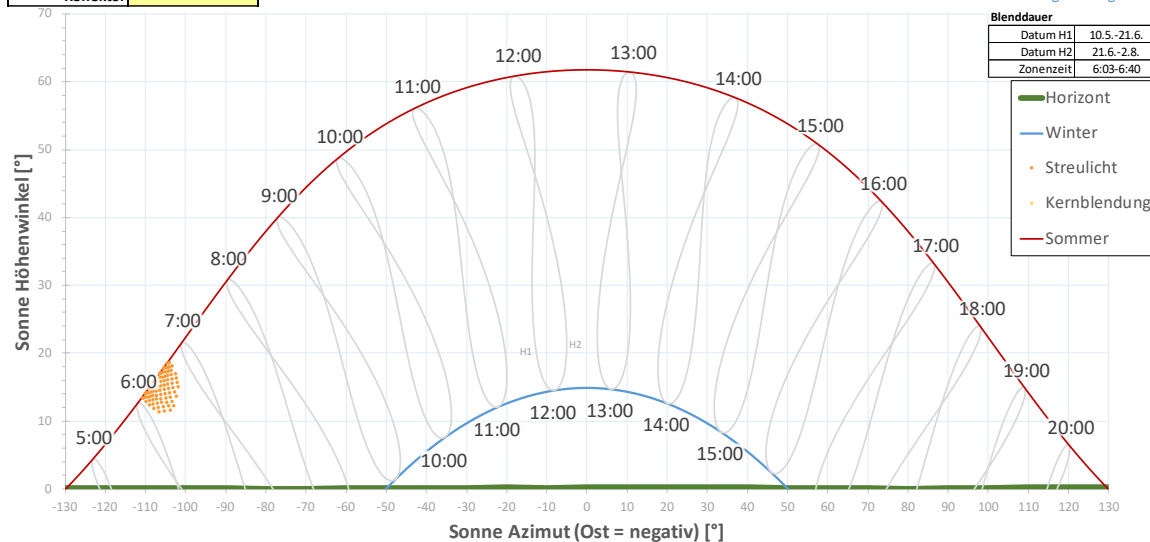
Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

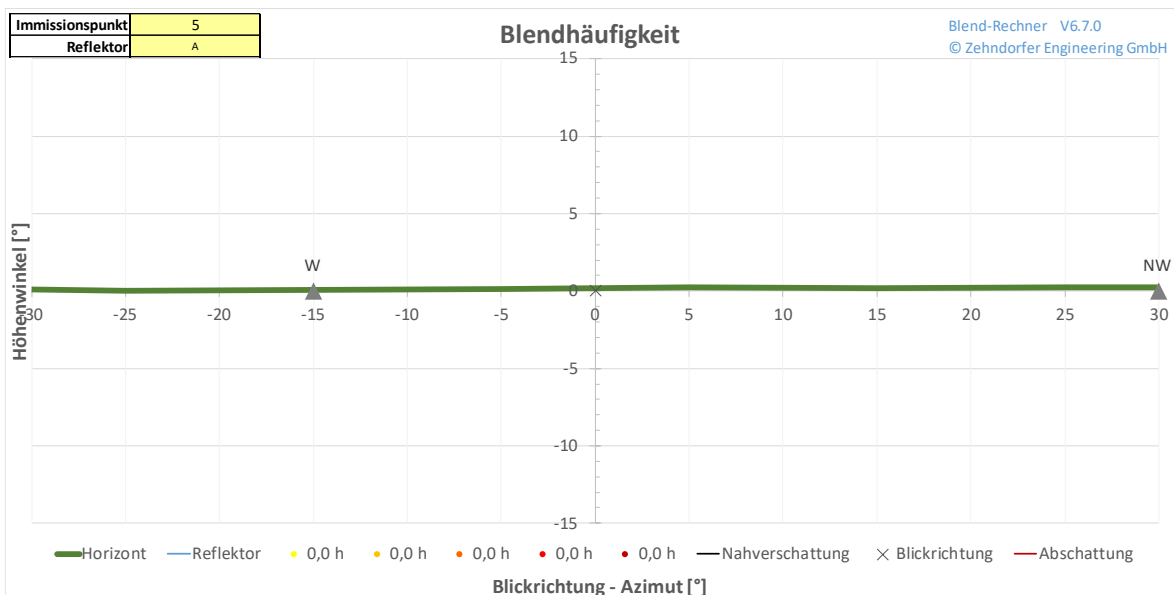
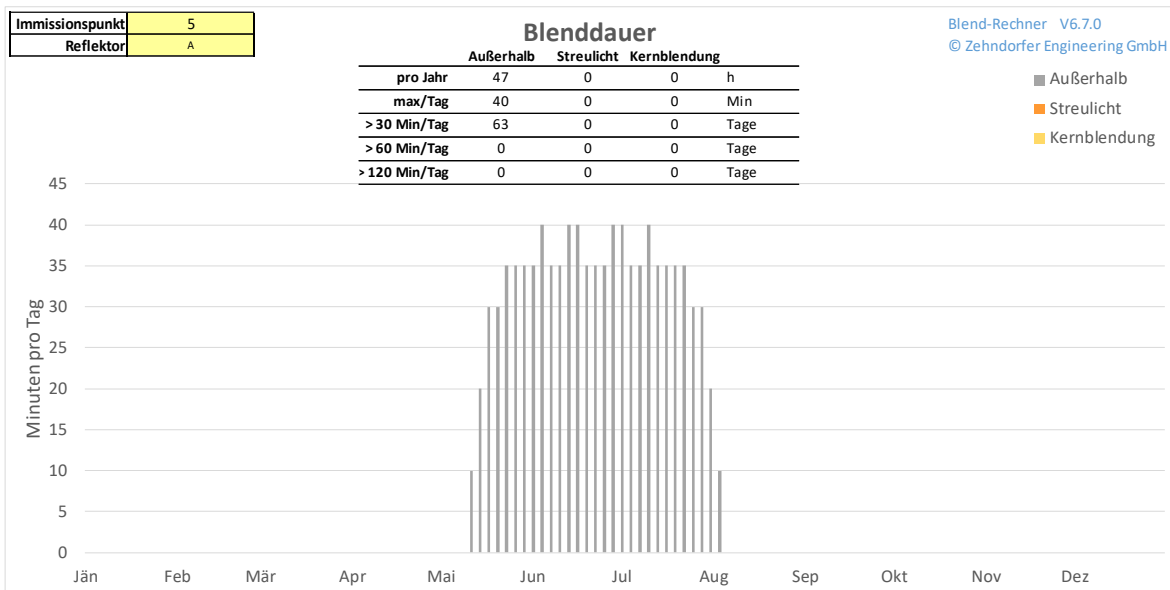


|                 |   |
|-----------------|---|
| Immissionspunkt | 5 |
| Reflektor       | A |

### Sonnenstand

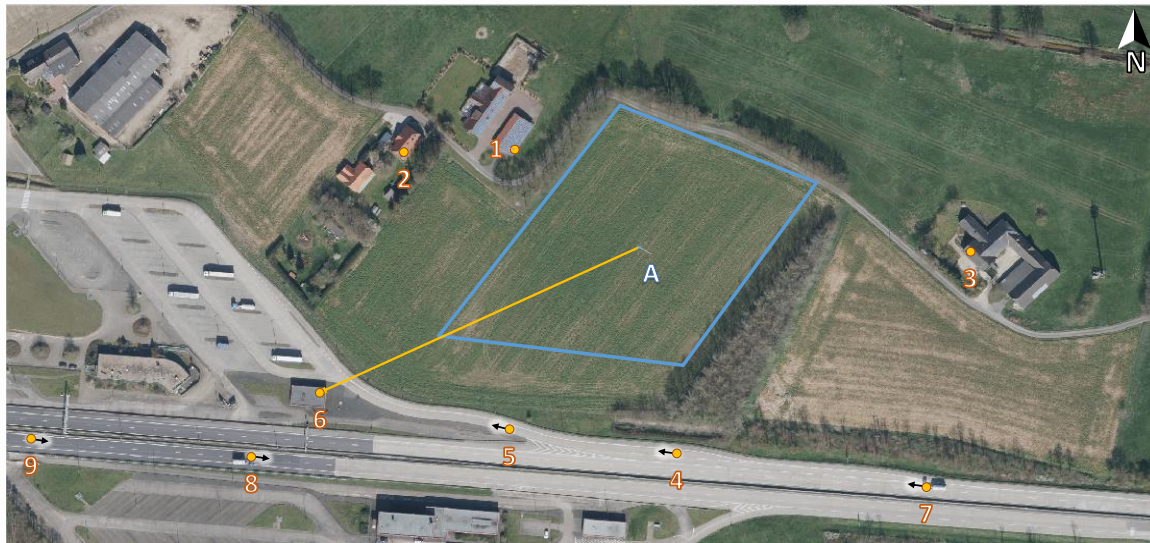
Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



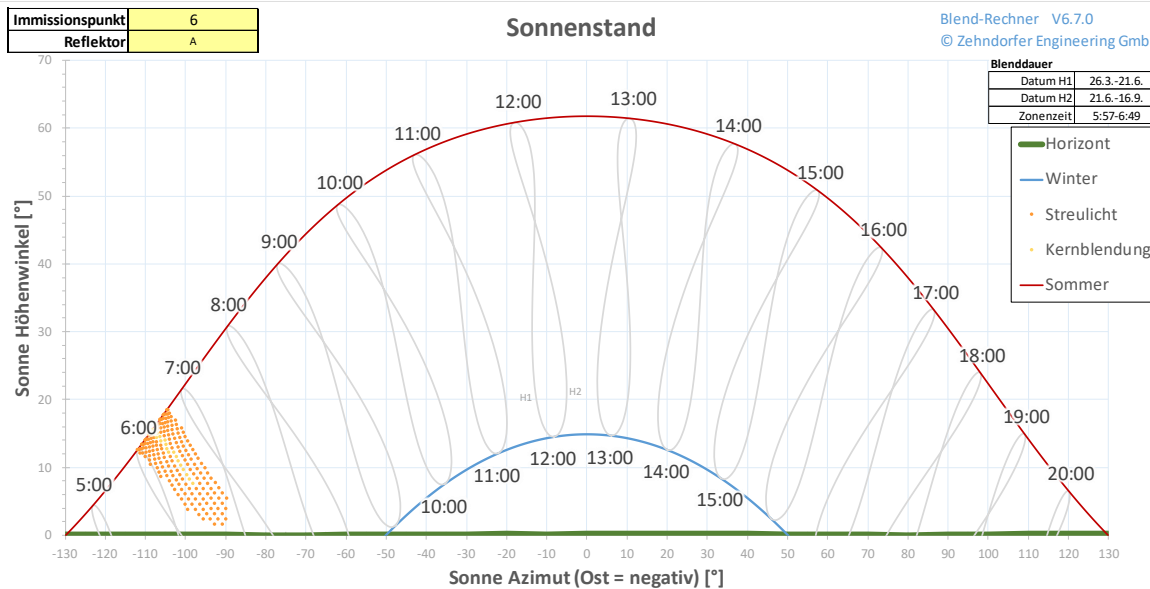




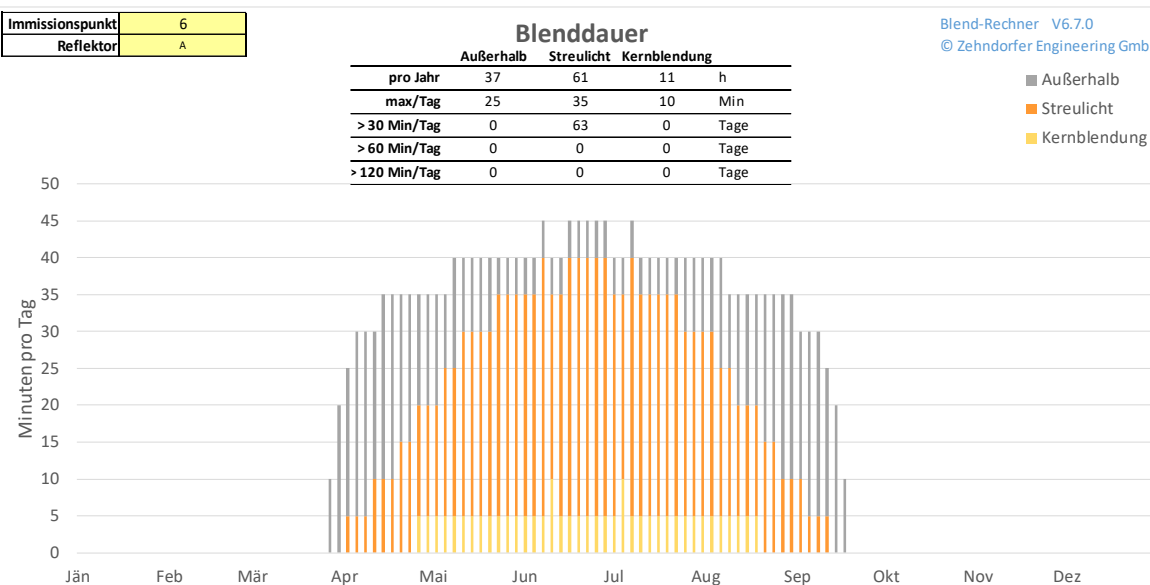
### Sonnenreflexion

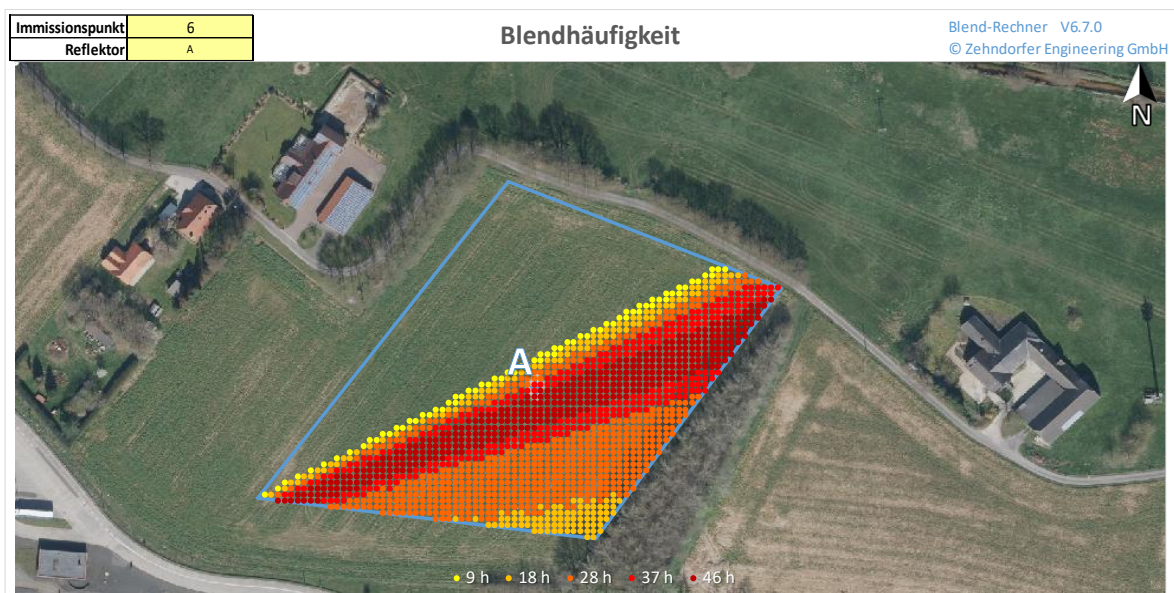
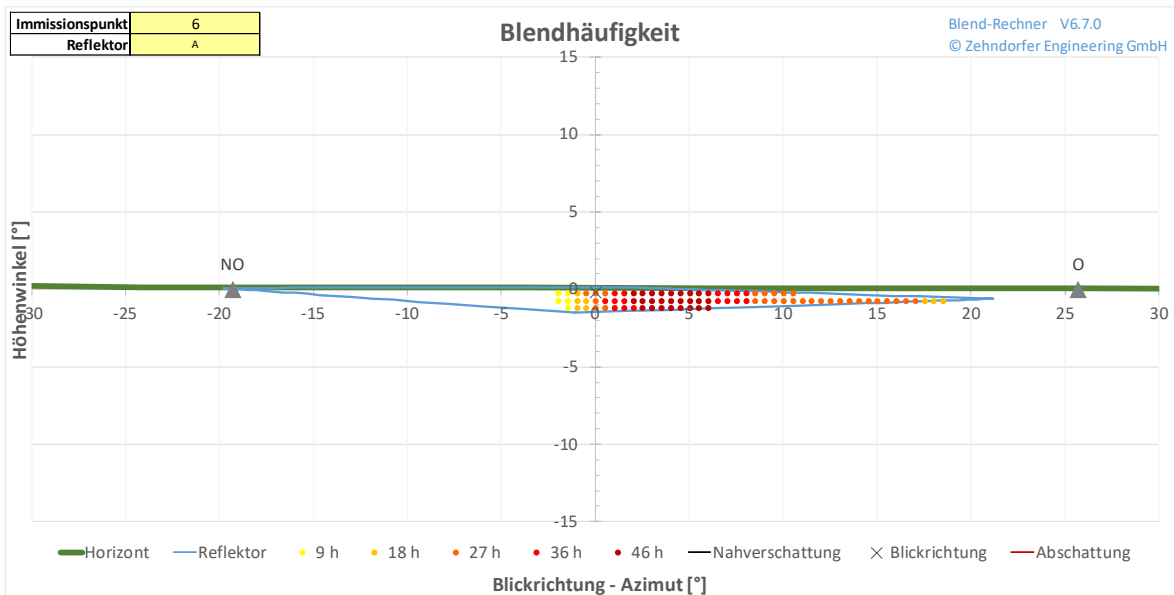
 Blend-Rechner V6.7.0  
 © Zehndorfer Engineering GmbH


### Sonnenstand

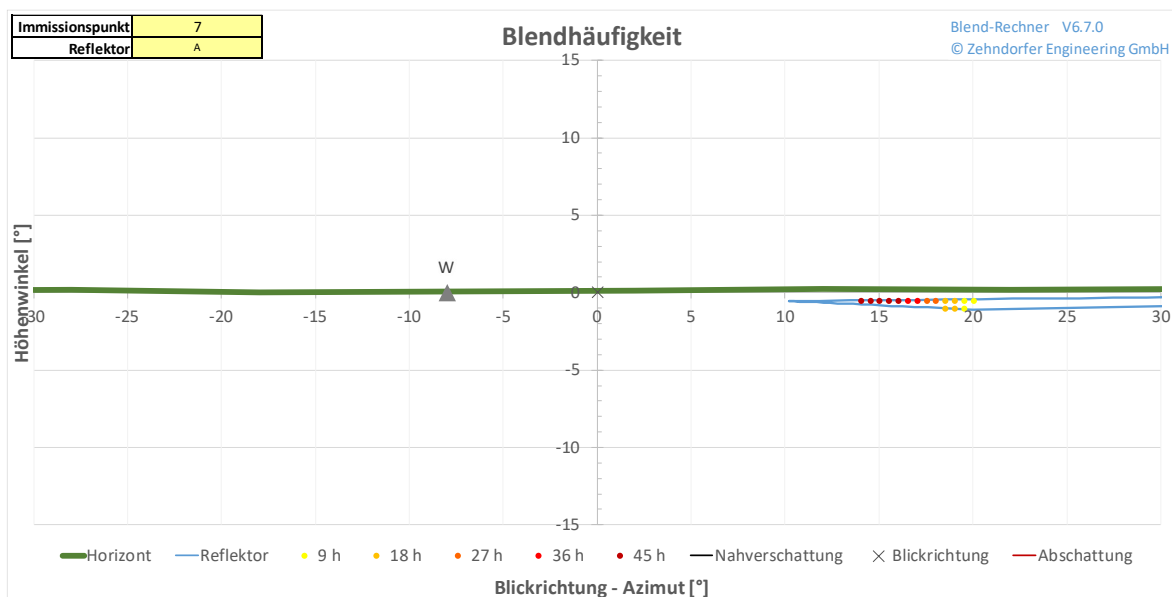
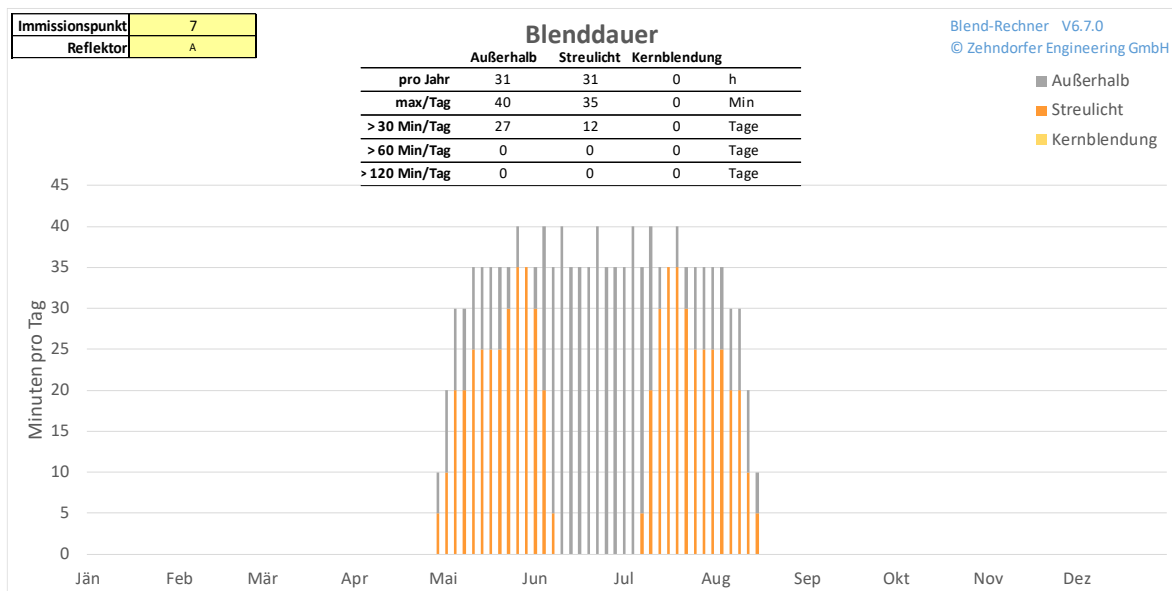
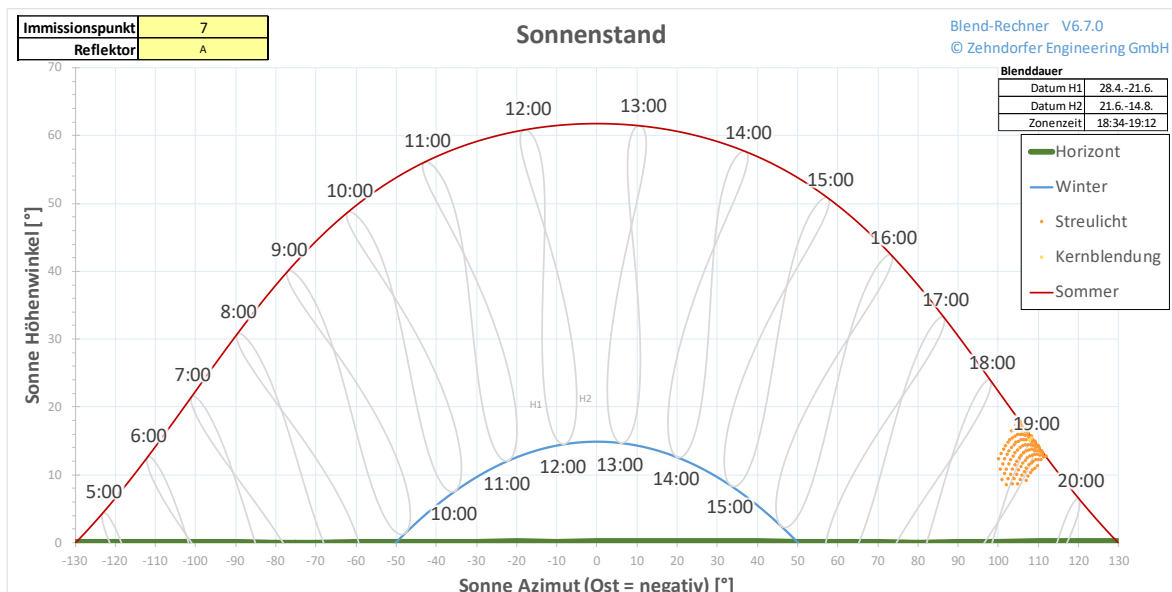
 Blend-Rechner V6.7.0  
 © Zehndorfer Engineering GmbH


### Blendedauer

 Blend-Rechner V6.7.0  
 © Zehndorfer Engineering GmbH




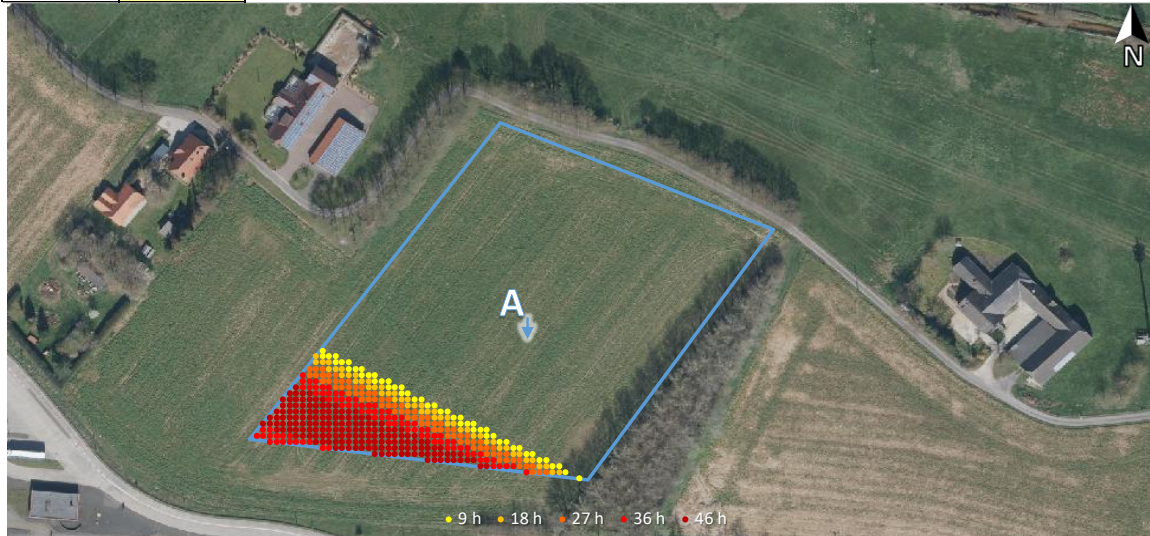




|                 |   |
|-----------------|---|
| Immissionspunkt | 7 |
| Reflektor       | A |

### Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



### Sonnenreflexion

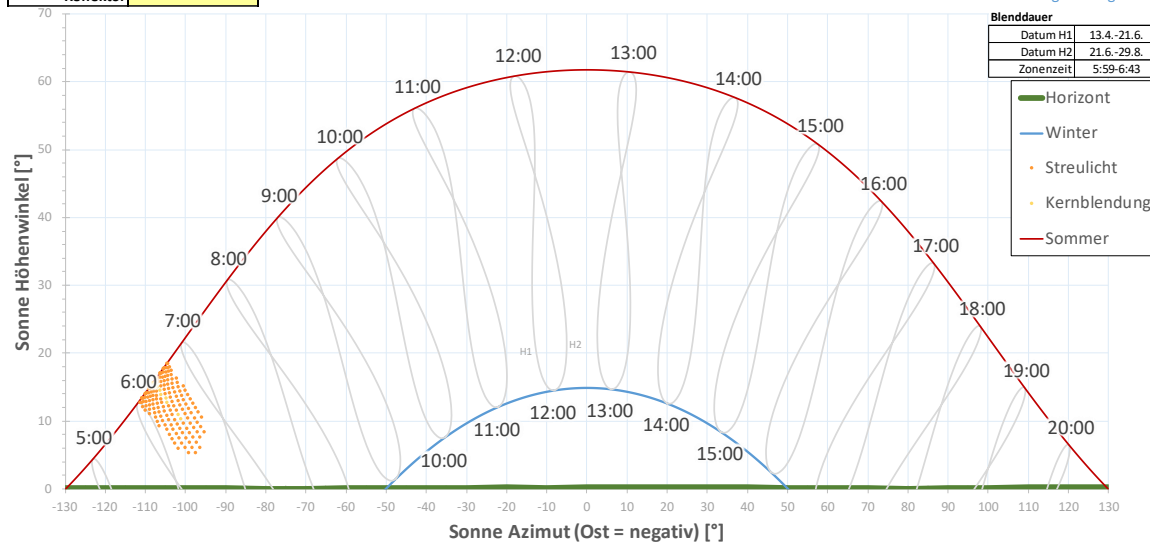
Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

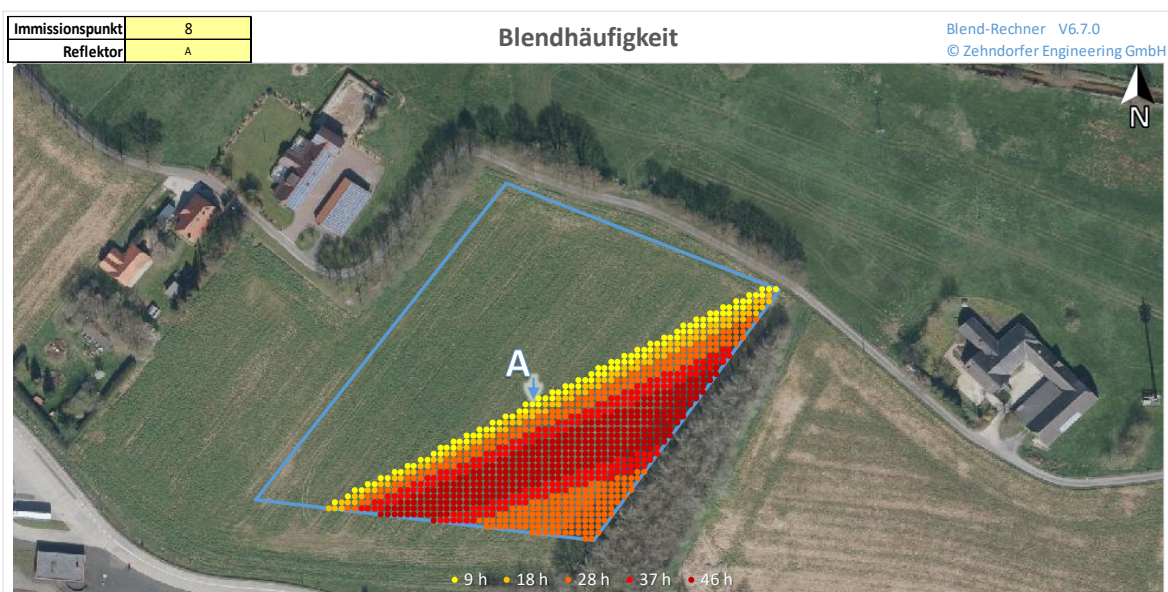
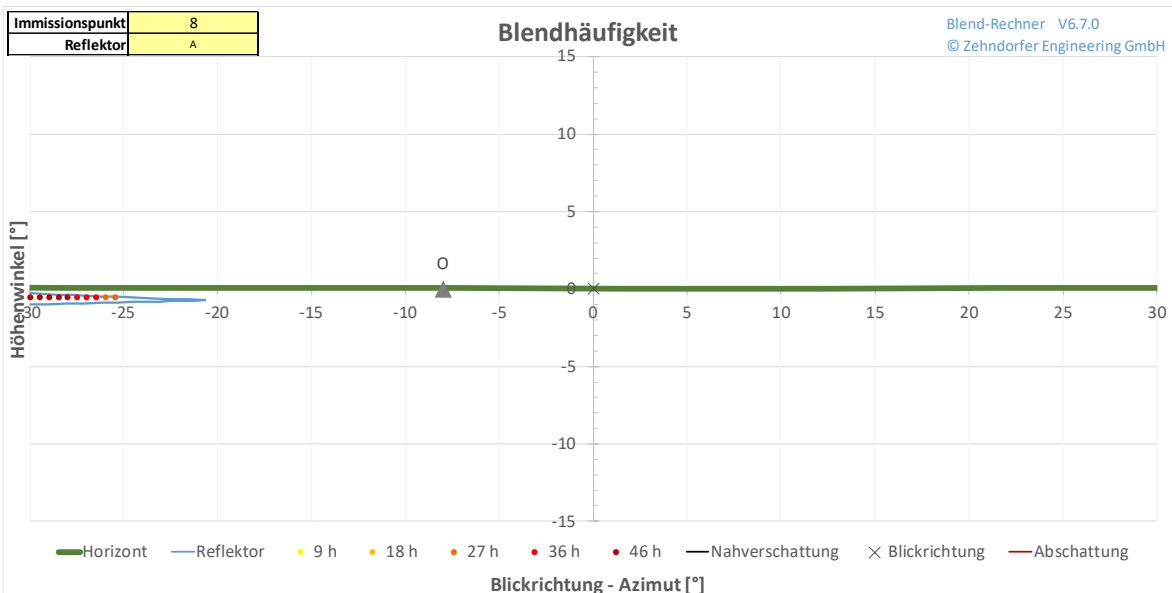
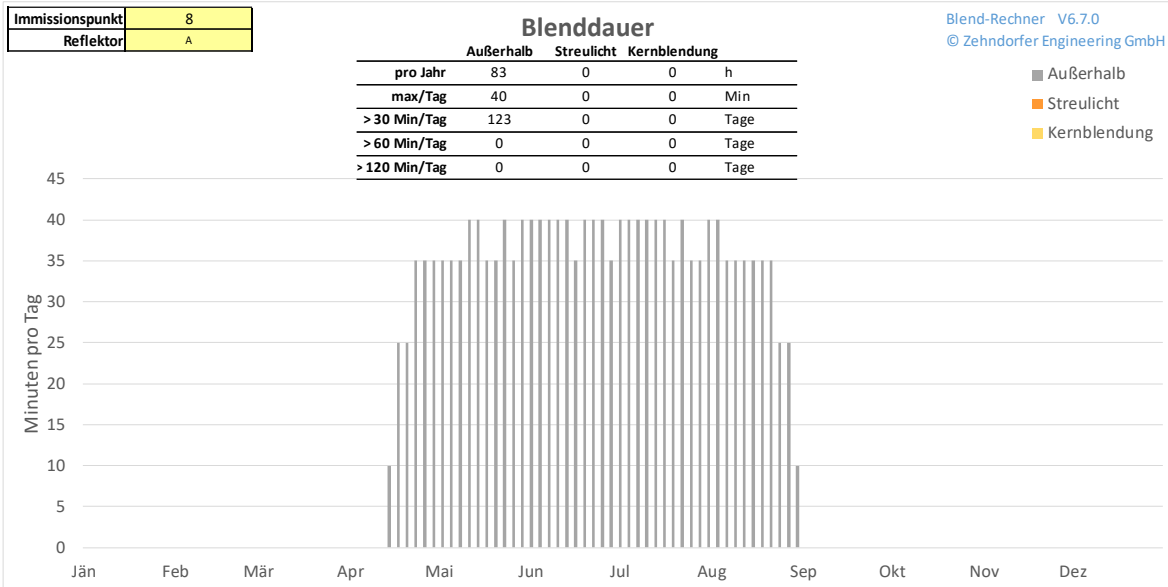


|                 |   |
|-----------------|---|
| Immissionspunkt | 8 |
| Reflektor       | A |

### Sonnenstand

Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

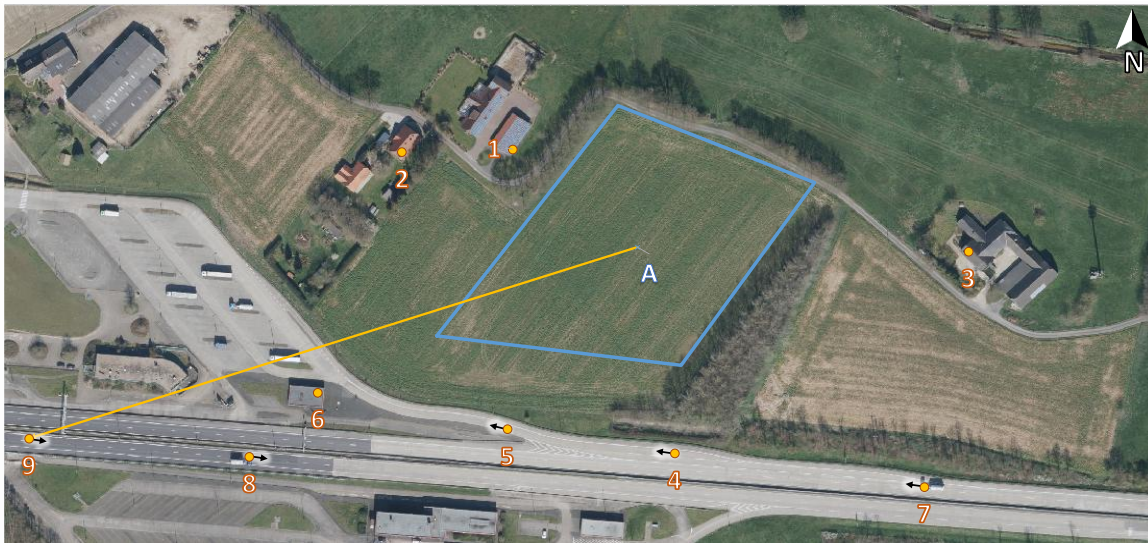






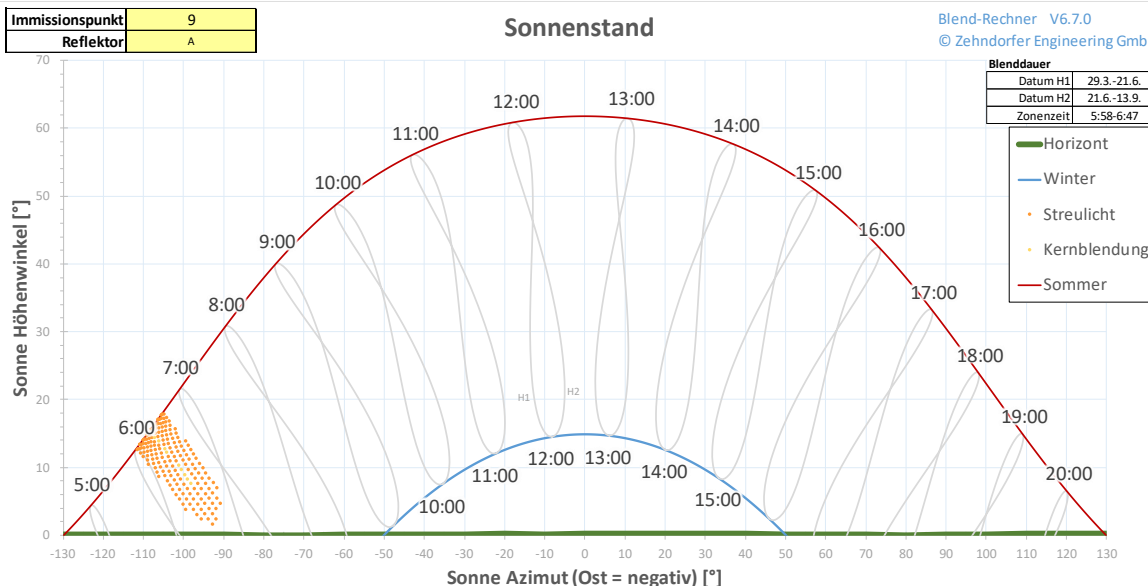
## Sonnenreflexion

Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



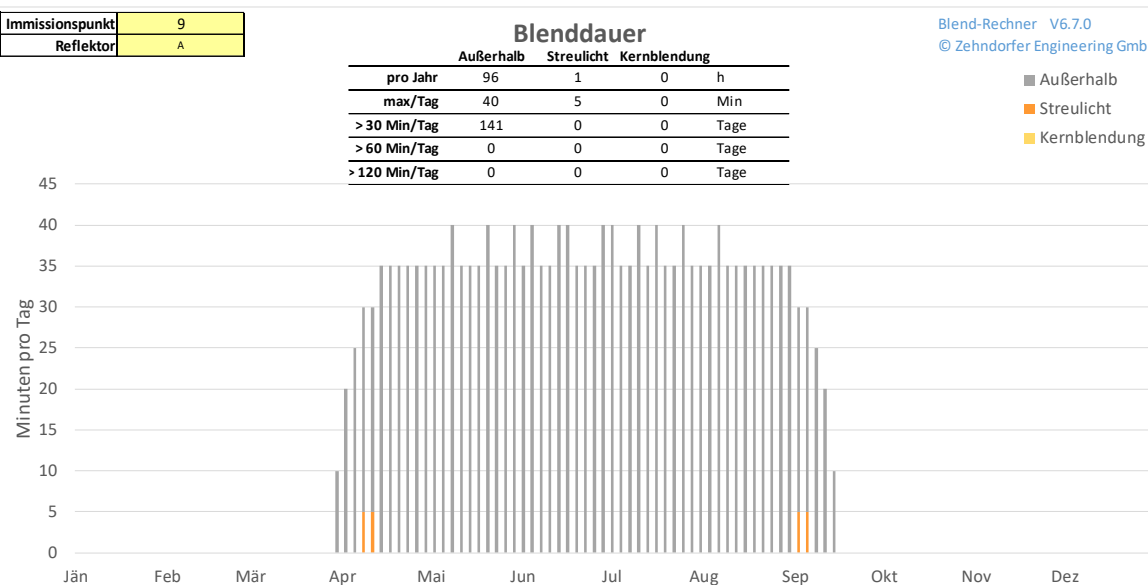
## Sonnenstand

Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

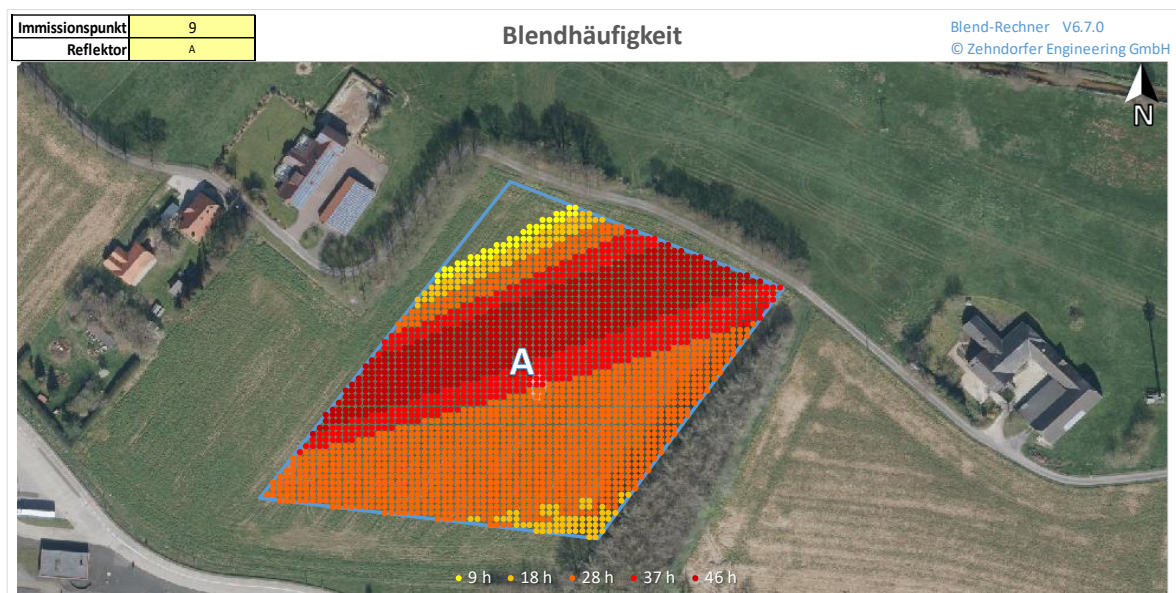
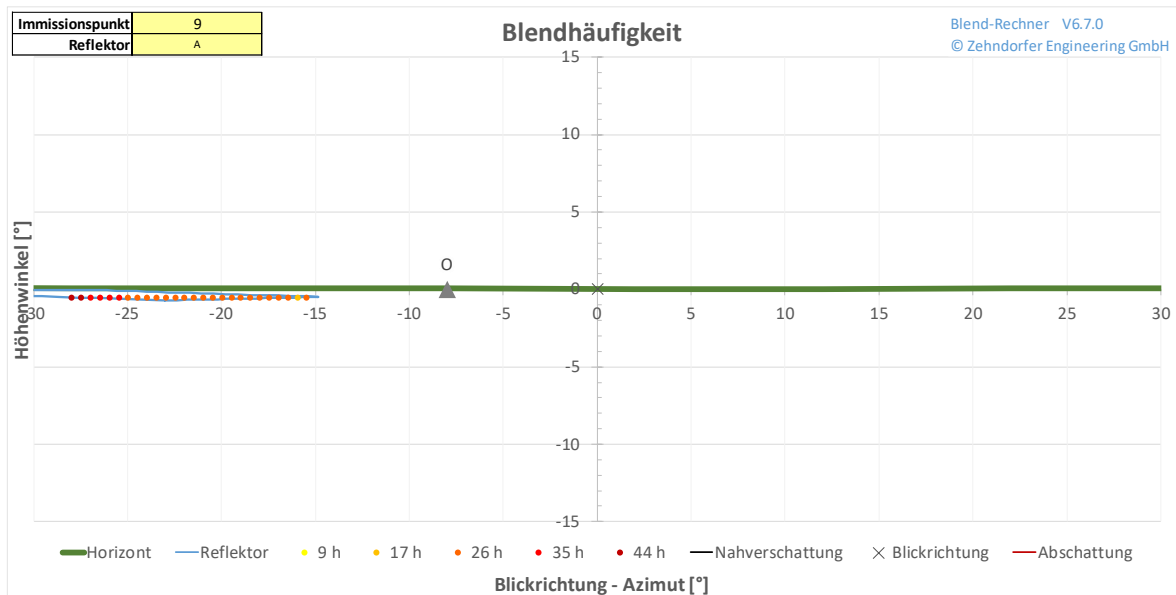


## Blenddauer

Blend-Rechner V6.7.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH







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

