

# Analyse der Blendwirkung des Solarparks Küntrop

---

**Im Auftrag von**

Entegro Photovoltaik-Systeme GmbH

Dipl.-Ing. Dieter Röttger

In den Telgen 44

58730 Fröndenberg

**Gutachten ZE24077**

**Oktober 2024**



**INHALT**

1 Situationsbeschreibung..... 4

    1.1 PROBLEMBESCHREIBUNG .....4

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

    1.3 MODELLIERUNG .....5

    1.4 PLANUNGS-ÄNDERUNGEN .....6

    1.5 MODULTYPE .....7

    1.6 UNTERSUCHTER RAUM .....7

    1.7 ABSCHATTUNGEN & VERDECKUNGEN .....7

        1.7.1 *Geländeprofil*.....7

        1.7.2 *Horizont*.....8

        1.7.3 *Bewuchs* .....8

        1.7.4 *Künstliche Abschattungen*.....8

2 Blendberechnung ..... 9

    2.1 BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....9

    2.2 REFLEXIONSBERECHNUNG .....9

    2.3 ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE ..... 11

    2.4 SICHTBEZUG..... 11

    2.5 BLENDWIRKUNG ..... 12

        2.5.1 *Größenverhältnisse* .....12

        2.5.2 *Richtung der Blendung*.....13

        2.5.3 *Blendstärke* .....13

        2.5.4 *Blenddauer* .....14

        2.5.5 *Subjektive Faktoren*.....15

        2.5.6 *Verkehrskritische Punkte*.....15

        2.5.7 *kritische Verkehrswege - Schienenfahrzeugverkehr*.....16

        2.5.8 *Ursprung der Reflexionen*.....16

3 Beurteilung & Empfehlungen..... 17

    3.1 BLENDREDUZIERENDE MAßNAHMEN..... 17

        3.1.1 *Zu den Eigenschaften der Hecke* .....19

        3.1.2 *Allgemeine Anmerkungen zur Blendreduktion*.....20

        3.1.3 *Evaluierung mit blendreduzierenden Maßnahmen*.....20

ANHANG 1 Definitionen ..... 21

ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze ..... 22

ANHANG 3 Methodik der Berechnung ..... 24

ANHANG 4 Vermessung der Umgebung ..... 25

ANHANG 5 Detail-Ergebnisse der Berechnungen ..... 26

    ANHANG 5.1 ERGEBNISSE MIT BLENDREDUZIERENDEN MAßNAHMEN ..... 55

## Zusammenfassung

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

Durch die PV-Anlage würden Blendungen des Bahn- und Straßenverkehrs, sowie der Nachbarschaft stattfinden, weshalb blendreduzierende Maßnahmen zu empfehlen sind.

Bei Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen wird keine gefährliche Blendwirkung in Richtung des Bahn- oder Straßenverkehrs und keine erhebliche Blendung der Nachbarschaft auftreten.

### Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	4.5.2024	ursprüngliche Fassung
2.0	14.10.2024	Maßnahme Sichtschutz

### 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 Blendendauern 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.

Ein bereits existierendes Blendgutachten (AMK293-AA-2413-V1.0, vom 12.4.24) kommt zu dem Schluss, dass die prognostizierten Blendungen der Bahn durch einen Blendschutz vermieden werden könnten („Ein entsprechender Blendschutz nördlich des Weges zwischen Bahnlinie und PV-Feld müsste eine Höhe von 4,2m über der Bahnlinie haben“).

Ziel dieses, neuen Gutachtens ist die Prüfung, ob der Bahn- oder Straßenverkehr, oder die Nachbarschaft von den Reflexionen der PV-Module geblendet werden könnten und ob andere, günstigere Maßnahmen, als der genannte 4,2m hohe Sichtschutz neben der Bahntrasse, möglich wären, um die Blendungen so weit zu reduzieren, dass keine gefährlichen Blendungen auftreten.

### 1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Die geplante Freiflächen-Photovoltaik-Anlage befindet sich in der Gemeinde 58809 Neuenrade, Landkreis Märkischer Kreis (Gemarkung Küntrop, Flur 001, Flurstück 826 u.a.) nördlich der Bahntrasse.

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 Modellierung der reflektierenden Flächen



Abbildung 3 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabgetreu)

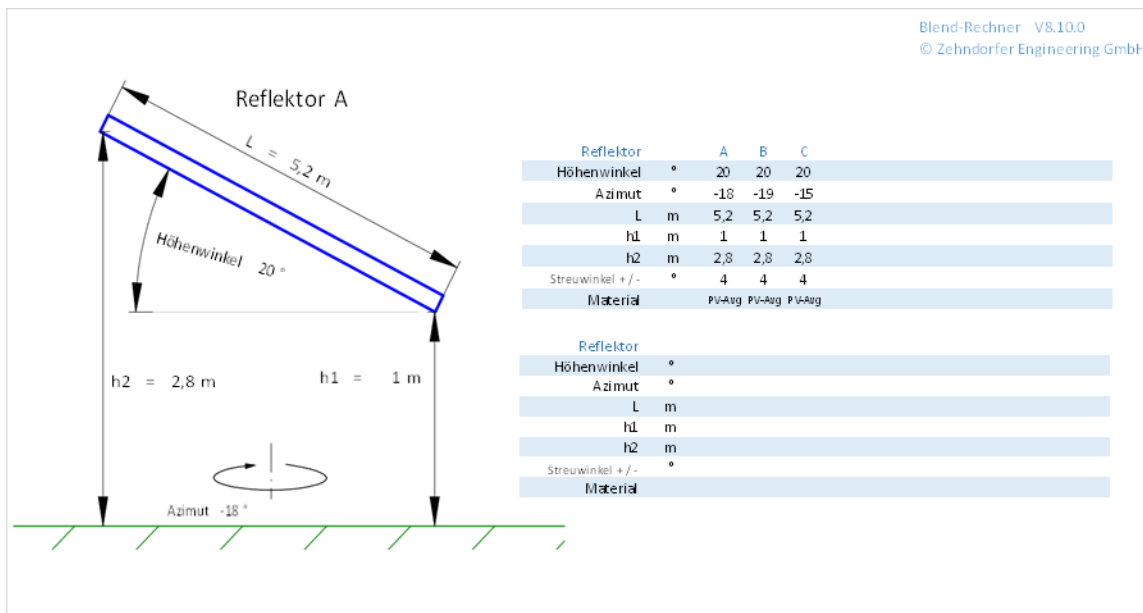


Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum<sup>1</sup>. Die Module sind in Richtung - Süden mit 18° geneigt aufgeständert. Sie sind auf dreireihigen Modultischen, hochkant, mit der Oberkante bei ca. 3 m angeordnet.

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 4 (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

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

## 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  $\pm 4^\circ$  angenommen.

## 1.6 Untersucher Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen auf der Bahntrasse der 2853 H, sowie auf der K12 Garbecker Straße in beiden Richtungen und an den Häusern der Nachbarschaft (2,5m über den Gleisen bzw. der Straße und an den höchsten Fenstern der Nachbarn, siehe Anhang 4).

Abbildung 4 Immissionpunkte

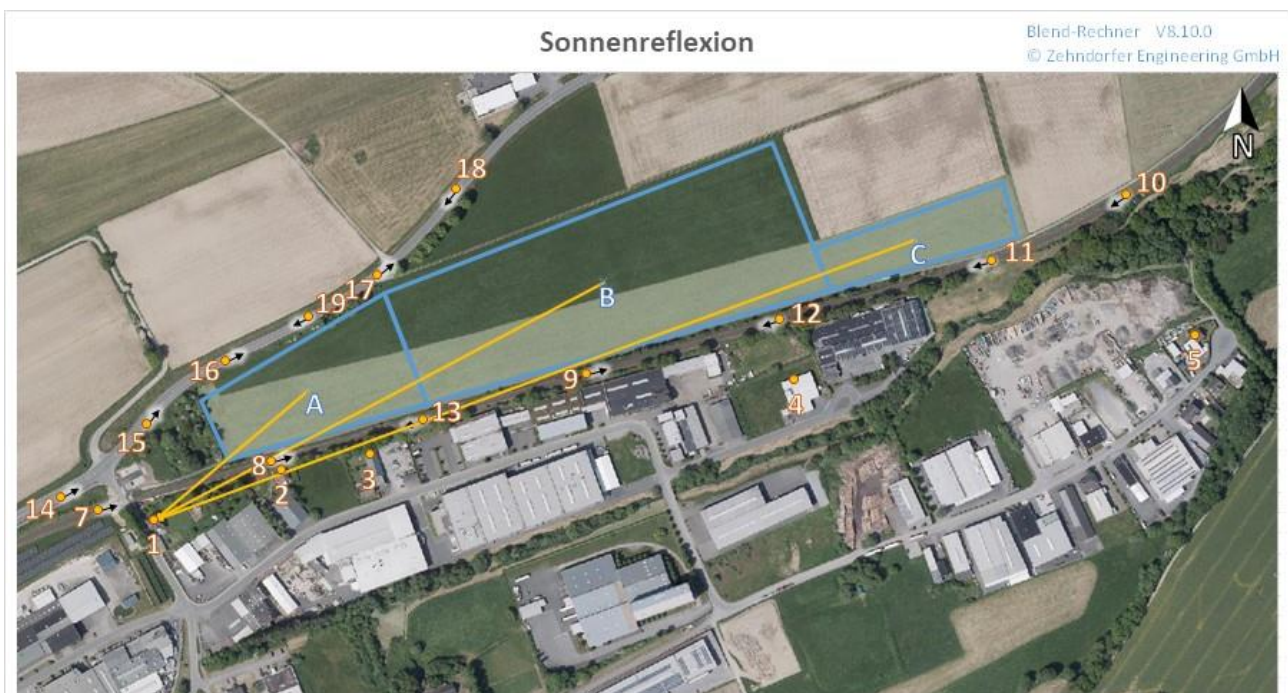


Abbildung 4 zeigt die Lage der Immissionspunkte (IP) und des PV-Feldes. Die Immissionspunkte wurden unter dem Kriterium ausgewählt, dass eine Sichtverbindung zur Vorderseite der PV-Module gegeben sein muss.

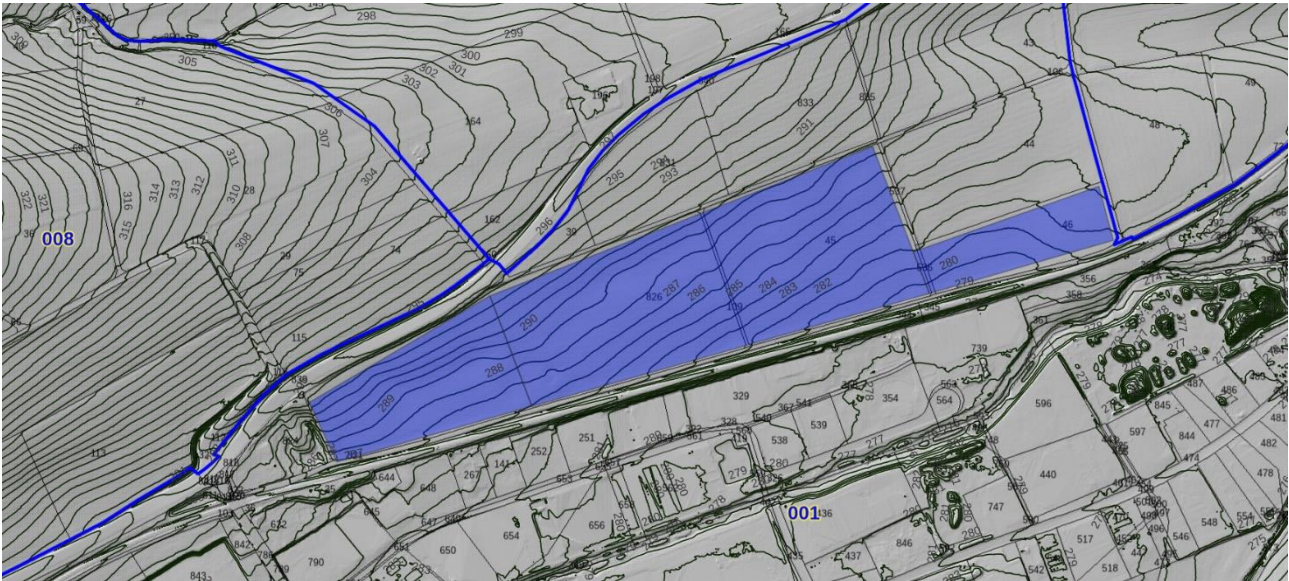
Die detaillierte Vermessung der relevanten Umgebung ist in Anhang 4 zu finden.

## 1.7 Abschattungen & Verdeckungen

### 1.7.1 Geländeprofil

Die geplanten PV-Anlage liegt auf einem Süd-Ost Hang. Es gibt keine Geländekanten, die den Blick auf die PV-Anlage verhindern würde.

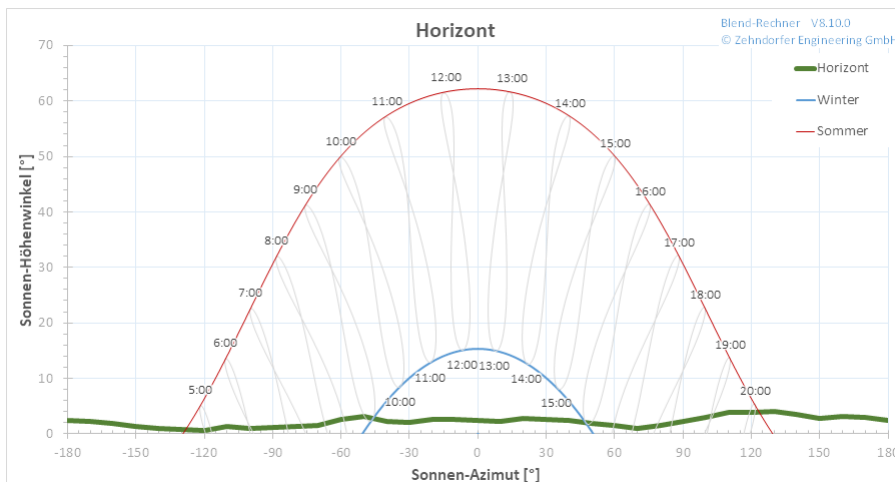
Abbildung 5 Gelände-schummerung



### 1.7.2 Horizont

Die Umgebung der PV-Anlage ist etwas hügelig, die Sonnenstunden werden dadurch aber kaum reduziert.

Abbildung 6 Horizont



### 1.7.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und einigen IP stehen Bäume, die den Blick auf die PV-Anlage zu einem Teil 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  $10^\circ$
- 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 IP8 betrachtet.

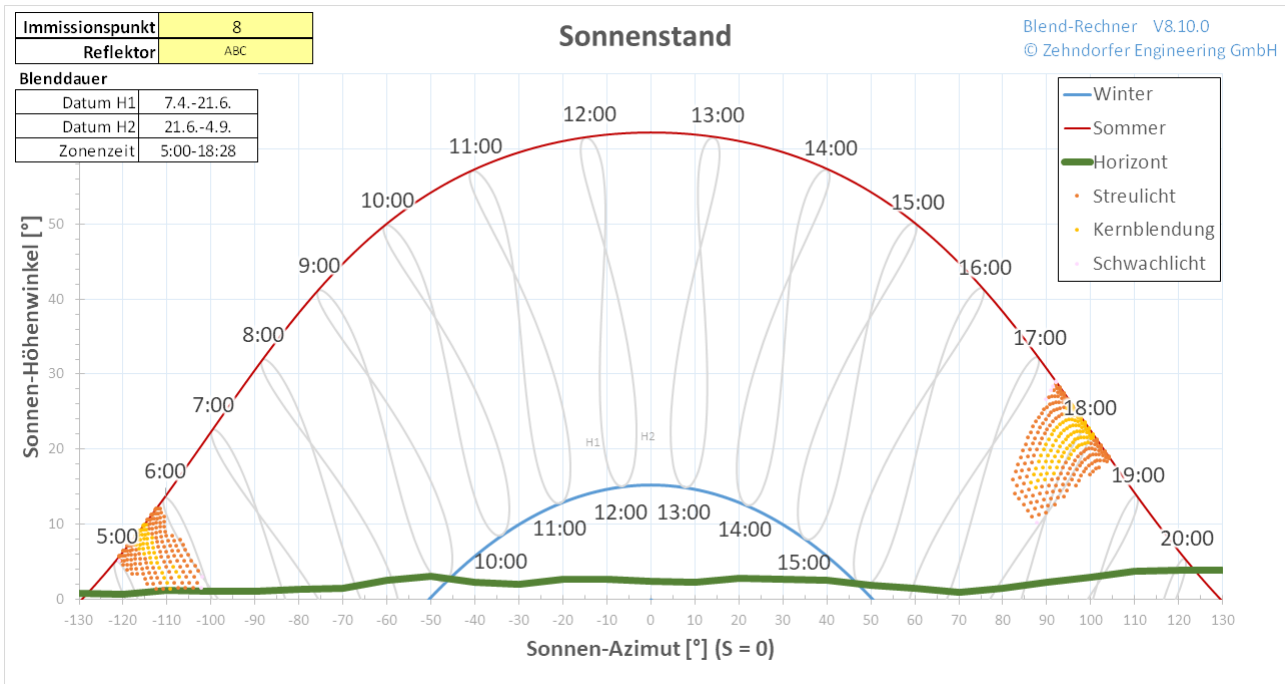
Abbildung 7 Reflexion der Solar Anlage



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 abends von April 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>	ABC	
<b>Immissionspunkt</b>	8	
Distanz	m	14
Höhenwinkel	°	0
Raumwinkel	msr	472
Datum H1	7.4.-21.6.	
Datum H2	21.6.-4.9.	
Zeit	5:00-18:28	
Kernblendung	min / Tag	15
Kernblendung	h / Jahr	10
Streulicht	min / Tag	25
Streulicht	h / Jahr	33
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	41
Blendung - Blickwinkel (min)	°	1
Leuchtdichte (max)	[k cd/m <sup>2</sup> ]	5 378
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm <sup>2</sup> ]	42
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	15 274

## 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

<b>Reflektor</b>			ABC
<b>Immissionspunkt</b>			8
Distanz	m		14
Höhenwinkel	°		0
Raumwinkel	msr		472
Datum H1			7.4.-21.6.
Datum H2			21.6.-4.9.
Zeit			5:00-18:28
Kernblendung	min / Tag		15
Kernblendung	h / Jahr		10
Streulicht	min / Tag		25
Streulicht	h / Jahr		33
Sonne-Reflektor-Winkel (max)			° 41
Blendung - Blickwinkel (min)			° 1
Leuchtdichte (max)			[k cd/m <sup>2</sup> ] 5 378
Retinale Einstrahlung (max)			[mW/cm <sup>2</sup> ] 42
Beleuchtungsstärke (max)			[lx] 15 274

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 (472 msr), ist als sehr groß 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.

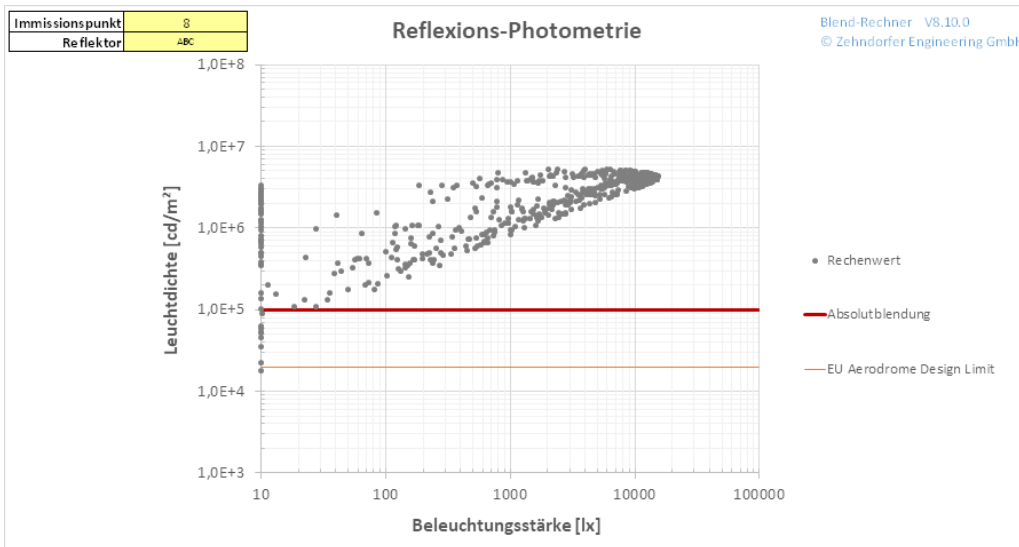
### 2.5.3 Blendstärke

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 Absolutblendung erreicht wird.

### 2.5.4 Blenddauer

Abbildung 11 Blenddauer

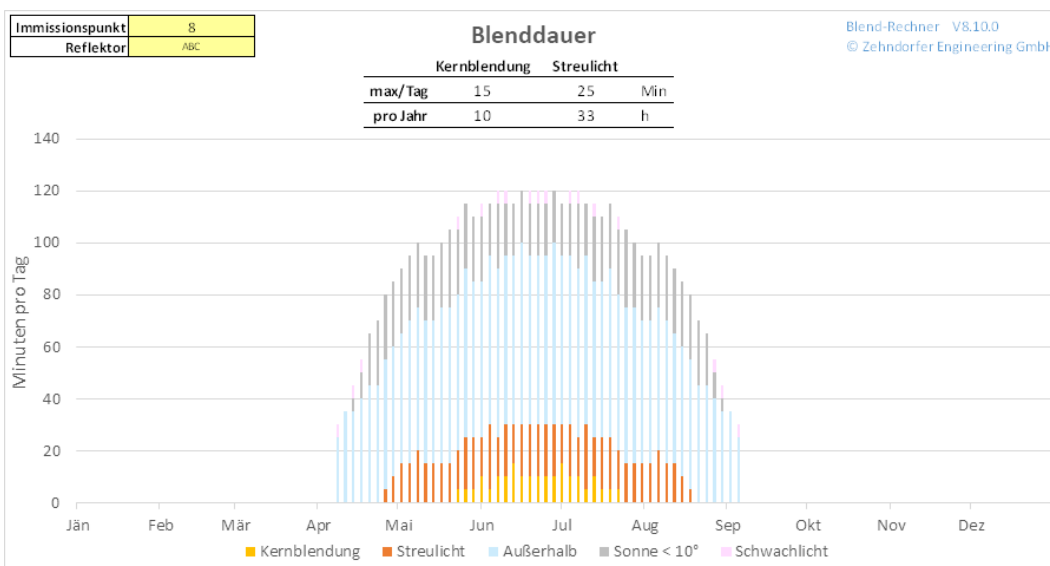


Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

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/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.

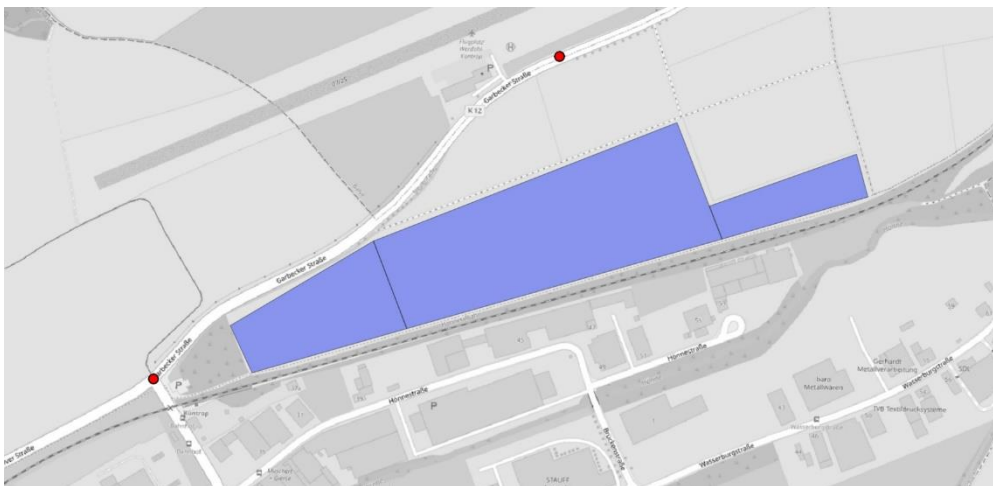
Bei Fahrzeuglenkern kann der Blick in Richtung der Reflexionen notwendig sein, falls diese in Fahrtrichtung liegen.

### 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 12 Unfälle 2021



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

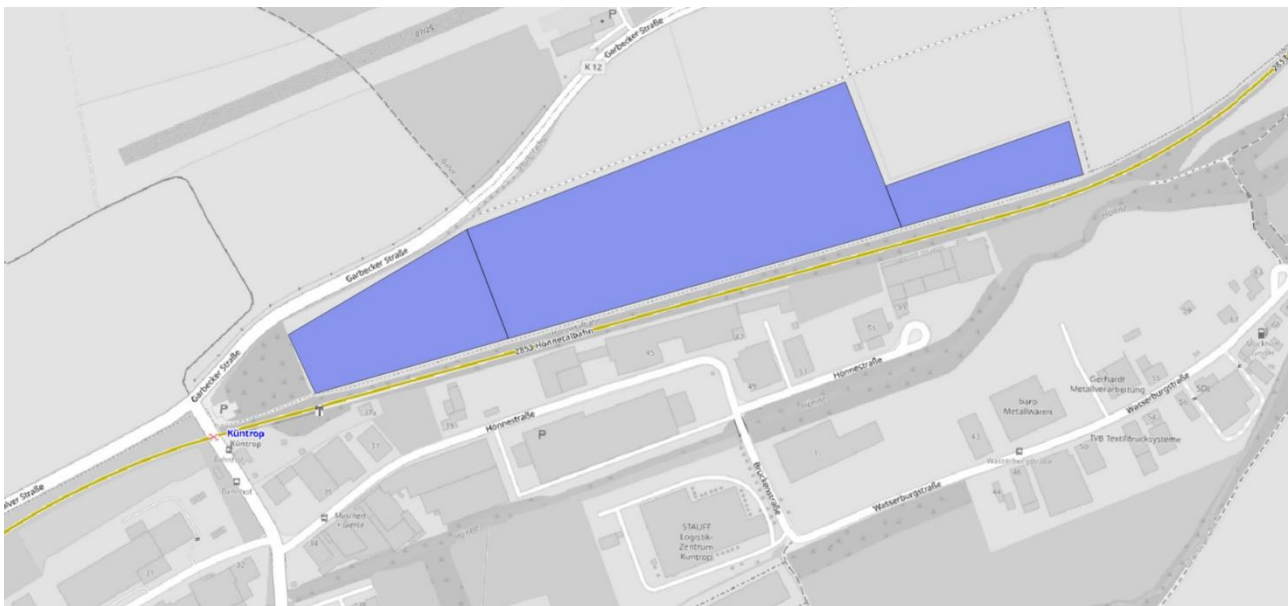
### 2.5.7 kritische Verkehrswege - Schienenfahrzeugverkehr

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 Bahntrasse 2853 Hönnetalbahn



Am IP7 liegt ein Bahnübergang. Der Abschnitt ist daher als kritisch für die Bahn zu bewerten.

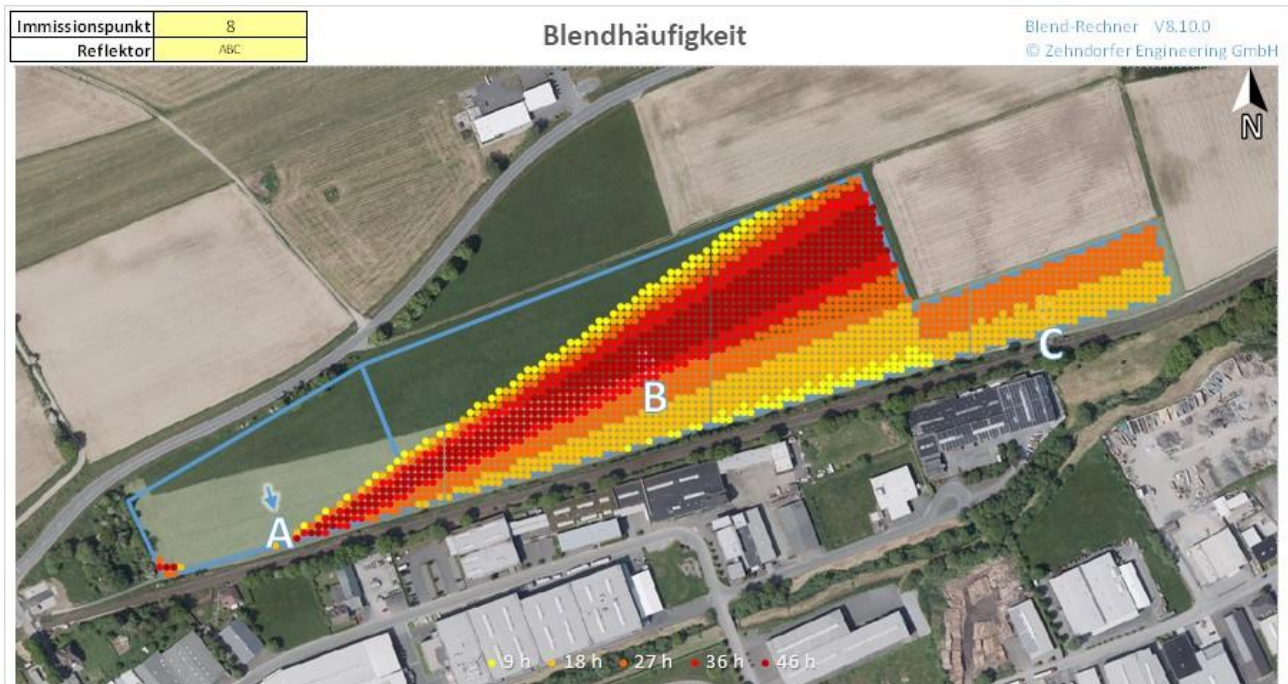
### 2.5.8 Ursprung der Reflexionen

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 5 (Nachbarn)

Es werden Reflexionen in Richtung der Nachbarn auftreten, welche am IP3 die Grenzwerte der Richtlinie überschreitet. **Daher sind blendreduzierende Maßnahmen zu empfehlen.**

#### IP6 bis 13 (Bahn)

Es werden Blendungen der Bahn auftreten, welche zum Teil auch im inneren Gesichtsfeld der Triebwagenführer liegen, **daher sind blendreduzierende Maßnahmen zu empfehlen.**

#### IP14 bis 19 (Straße)

Es werden Blendungen des Straßenverkehrs auftreten, welche zum Teil auch im inneren Gesichtsfeld der Fahrzeuglenker liegen, **daher sind blendreduzierende Maßnahmen zu empfehlen.**

#### 3.1 Blendreduzierende Maßnahmen

Als blendreduzierende Maßnahme wird ein Sichtschutz im Süden und Westen der Anlage empfohlen. Dieser kann auch aus einer geeigneten blickdichten Hecke bestehen.

Abbildung 15 Blendreduzierende Maßnahme



Tabelle 1 Koordinaten Sichtschutz

Abschattung	FA				FB				FC			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	417 403	417 431	417 431	417 403	417 431	417 624	417 624	417 431	417 624	418 013	418 013	417 624
y	683 217	683 156	683 156	683 217	683 156	683 210	683 210	683 156	683 210	683 320	683 320	683 210
z	295	287	287	295	287	286	286	287	286	280	280	286
h	0,0	0,0	4,5	4,5	0,0	0,0	4,5	4,5	0,0	0,0	4,5	4,5

Abschattung	FD				FE			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	418 013	418 192	418 192	418 013	417 581	417 403	417 403	417 581
y	683 320	683 371	683 371	683 320	683 323	683 217	683 217	683 323
z	280	282	282	280	295	295	295	295
h	0,0	0,0	4,5	4,5	0,0	0,0	2,5	2,5

Tabelle 2 Abmessungen Sichtschutz

Sichtschutz	min. Breite [m]	min. Höhe [m]
FA	67	4,5
FB	201	4,5
FC	403	4,5
FD	187	4,5
FE	208	2,5

Abbildung 15, Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen die vorgeschlagenen blendreduzierenden Maßnahmen. Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen werden Reflexionen am IP8 fast vollständig reduziert (wie im Vergleich von Abbildung 16 und Abbildung 17 zu sehen ist). Die Ergebnisse für die anderen IP sind in

Abbildung 16 Blendhäufigkeit (original)

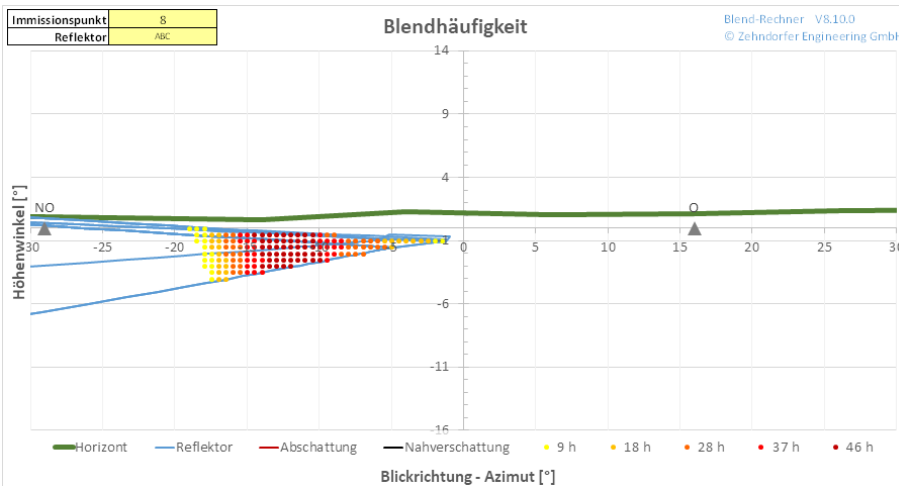
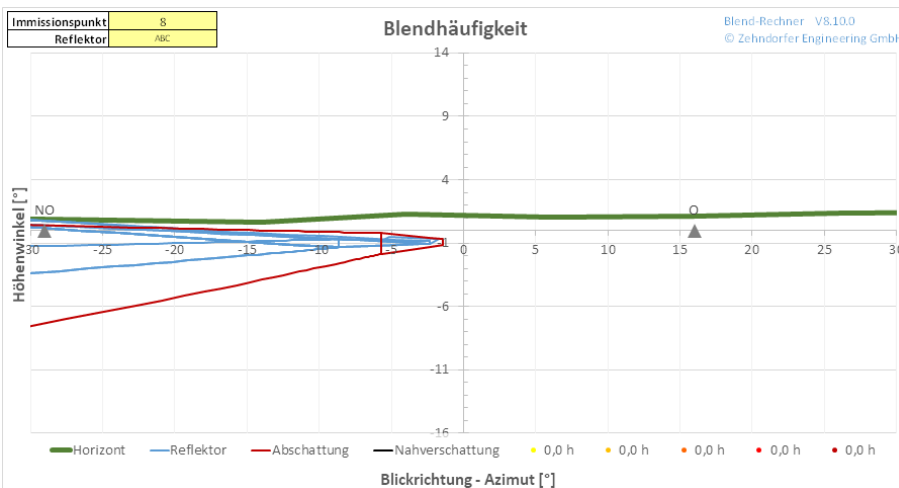


Abbildung 17 Blendhäufigkeit (mit Sichtschutz)



Die restlichen Ergebnisse der Berechnungen sind in Anhang 5.1 auf Seite 55 zu sehen.

### 3.1.1 Zu den Eigenschaften der Hecke als Sichtschutz

Die Hecke kann auch aufgelockert sein, muss aber zumindest die Reflexionen, welche im inneren Gesichtsfeld der Triebwagenführer bzw. des Straßenverkehrs auftreten, verhindern ( $\pm 15^\circ$  zur Sichtachse). Diese Eigenschaft ist dann gegeben, wenn die Dicke der Hecke mindestens  $1/4$  der möglichen Lückenbreite in der Hecke beträgt.

Der Teil „FA“ des Sichtschutzes kann mit dem bestehenden Bewuchs im Westen der Anlage realisiert werden, wenn dieser blickdicht ist.

### 3.1.2 Allgemeine Anmerkungen zur Blendreduktion

PV-Module mit Anti-Reflexionsschicht stellen in der Regel keine ausreichende Lösung zur Blendreduzierung dar. Die Blendberechnung wurde bereits mit den partiellen Reflexionswerten solcher PV-Module durchgeführt. Die Leuchtdichte der Reflexionen kann im Diagramm der Reflexions-Photometrie (Abbildung 10 auf Seite 14) abgelesen werden. Nur wenn es gelingt, die berechneten Punkte unter die Grenze für Absolutblendung zu bringen, kann von einer erfolgreichen Blendreduktion gesprochen werden. In den meisten Fällen wären hier Verbesserungen des Reflexionsfaktors mit dem Faktor 10 bis 100 erforderlich. Hier sind daher andere Maßnahmen (wie oben beschrieben) umzusetzen.

### 3.1.3 Evaluierung mit blendreduzierenden Maßnahmen

#### IP1 bis 5 (Nachbarn)

Es werden noch Reflexionen in Richtung der Nachbarn auftreten, deren Dauer jedoch deutlich unter den Grenzwerten der Richtlinie liegt.

#### IP6 bis 13 (Bahn)

Es werden Reflexionen in Richtung der Bahn auftreten. Sie haben die folgenden Eigenschaften:

- Sie treten nur kurz auf (max. 5 Minuten direkte Reflexionen und 15 Minuten Streulicht)
- Sie stammen von den kleineren und entfernter liegenden Flächen, welche den Sichtschutz überragen.
- Die Sonne steht zum Zeitpunkt der Reflexionen in einer ähnlichen Richtung (10 bis 27° Abweichung) und überstrahlt die Reflexionen daher zum Teil.

Mit diesen Eigenschaften stellen die restlichen Reflexionen keine Gefahr für den Bahnverkehr dar.

#### IP14 bis 19 (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.

**Durch die PV-Anlage würden also Blendungen des Bahn- und Straßenverkehrs, sowie der Nachbarschaft stattfinden, weshalb blendreduzierende Maßnahmen zu empfehlen sind.**

**Bei Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen wird keine gefährliche Blendwirkung in Richtung des Bahn- oder Straßenverkehrs und keine erhebliche Blendung der Nachbarschaft auftreten.**

Datum: 14.10.2024

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/ATU74524626

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 NRW	ohne Einschr.	<a href="http://www.opengeodata.nrw.de">www.opengeodata.nrw.de</a>	
Geländemodell NRW	ohne Einschr.	<a href="http://www.opengeodata.nrw.de">www.opengeodata.nrw.de</a>	
Oberflächenmodell NRW	ohne Einschr.	<a href="http://www.opengeodata.nrw.de">www.opengeodata.nrw.de</a>	
Verwaltungsgrenzen NRW	ohne Einschr.	<a href="http://www.opengeodata.nrw.de">www.opengeodata.nrw.de</a>	

## ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Tabelle 3 Koordinaten der reflektierenden Flächen

Reflektor Eckpunkt	A				B				C			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	417 435	417 625	417 584	417 408	417 625	418 013	417 958	417 584	418 013	418 193	418 179	417 997
y	683 154	683 208	683 316	683 212	683 208	683 318	683 462	683 316	683 318	683 370	683 423	683 359
z	287	286	294	294	286	280	288	294	280	282	283	282
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

Tabelle 4 Winkel der reflektierenden Flächen

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	20	-16	5	-26	20	-18
B	20	-16	3	-33	20	-19
C	20	-16	2	-5	20	-15

Tabelle 5 Immissionspunkte

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP-B1	IP-B2	IP-B3	IP-B4	IP-B5	IP-B6	IP-B7
x	417 364	417 487	417 571	417 979	418 364	417 119	417 310	417 478	417 780	418 298	418 169	417 966
y	683 096	683 143	683 158	683 231	683 273	683 011	683 104	683 152	683 237	683 409	683 347	683 289
z	289	287	285	277	276	294	291	289	285	280	281	283
h	8,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az						-123	-108	-106	-106	58	72	74

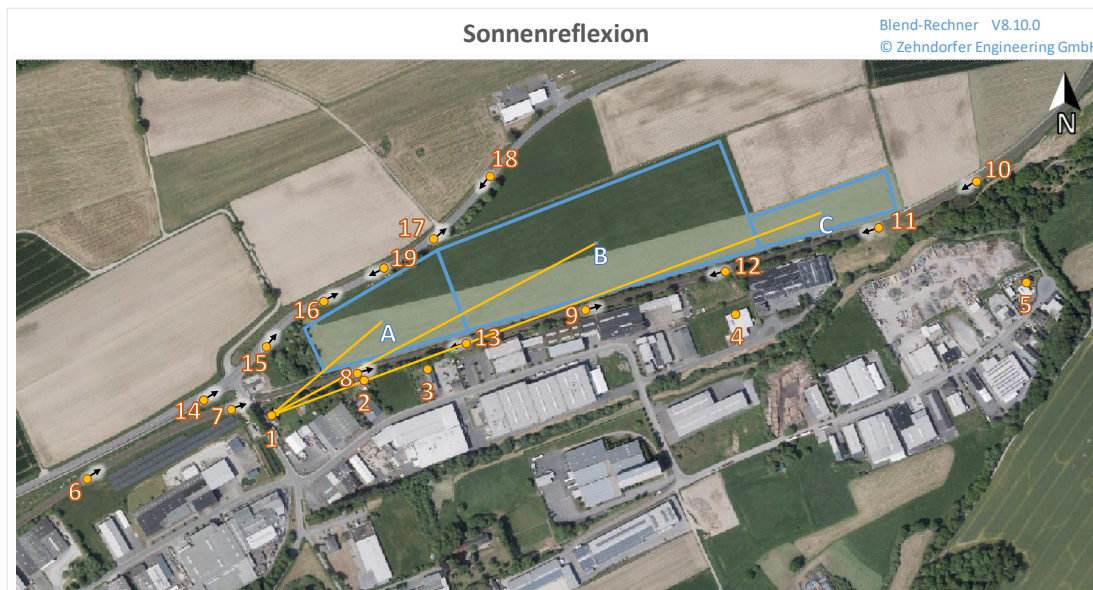
Immissionspunkt	13	14	15	16	17	18	19
Bezeichnung	IP-B8	IP-S1	IP-S2	IP-S3	IP-S4	IP-S5	IP-S6
x	417 623	417 274	417 357	417 433	417 579	417 654	417 513
y	683 193	683 117	683 187	683 249	683 332	683 416	683 293
z	287	292	293	296	296	297	296
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az	74	-121	-141	-117	-130	39	62

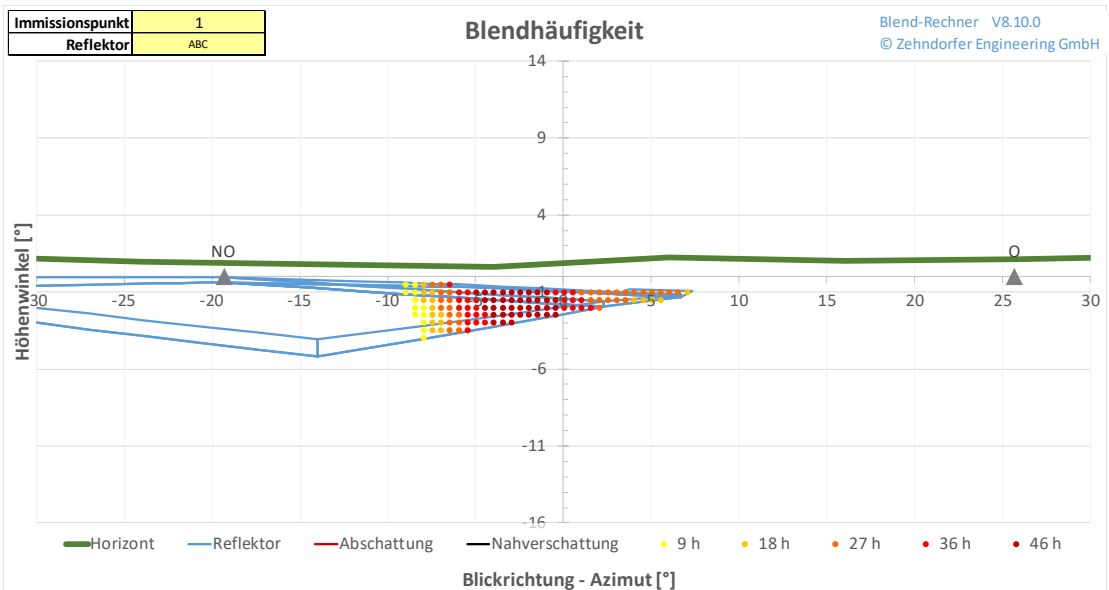
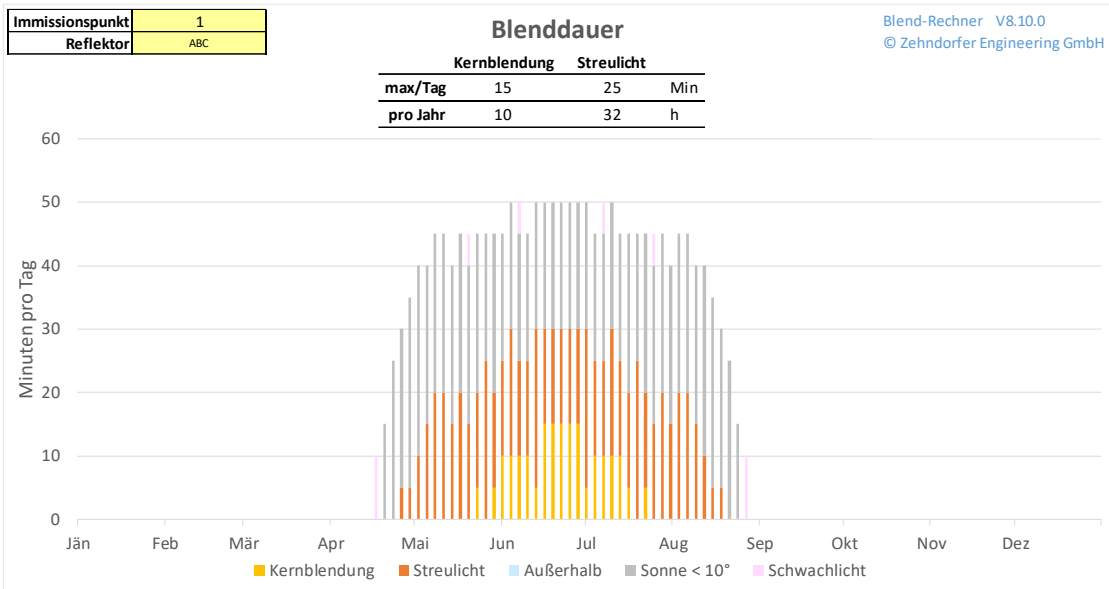
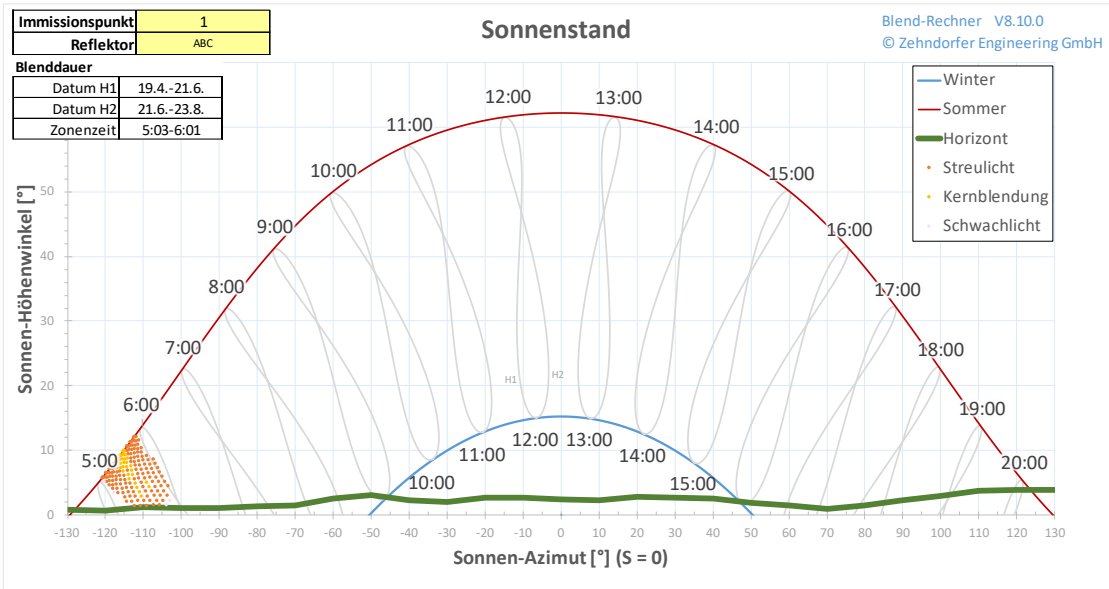
ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Reflektor		ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC
<b>Immissionspunkt</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz	m	92	25	34	75	197	346	134	14	15	112
Höhenwinkel	°	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0
Raumwinkel	msr	38	301	195	68	8	2	7	472	475	4
Datum H1		19.4.-21.6.	16.4.-21.6.	26.3.-21.6.	11.3.-21.6.	11.3.-21.6.	19.4.-21.6.	16.4.-21.6.	7.4.-21.6.	27.2.-21.6.	21.2.-13.5.
Datum H2		21.6.-23.8.	21.6.-26.8.	21.6.-16.9.	21.6.-1.10.	21.6.-1.10.	21.6.-23.8.	21.6.-26.8.	21.6.-4.9.	21.6.-13.10.	30.7.-19.10.
Zeit		5:03-6:01	5:02-18:20	5:02-18:33	5:19-18:33	17:18-18:35	5:02-6:00	5:00-6:00	5:00-18:28	5:03-18:33	16:59-18:24
Kernblendung	min / Tag	15	25	25	10	10	0	5	15	15	0
Kernblendung	h / Jahr	10	24	36	15	11	0	0	10	12	0
Streulicht	min / Tag	25	60	65	40	50	20	25	25	20	0
Streulicht	h / Jahr	32	92	120	89	108	30	33	33	32	0
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	20	37	32	29	29	16	18	41	39	24
Blendung - Blickwinkel (min)	°	0	0	1	4	0	1	0	1	2	14
Leuchtdichte (max)	[k cd/m <sup>2</sup> ]	4 525	4 844	6 613	6 830	6 431	4 414	4 507	5 378	6 901	6 608
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm <sup>2</sup> ]	35	38	52	53	50	34	35	42	54	51
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	9 014	6 813	14 322	7 531	6 254	1 757	3 731	15 274	24 169	3 354

Reflektor		ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC
<b>Immissionspunkt</b>		11	12	13	14	15	16	17	18	19
Distanz	m	16	16	15	161	57	19	17	68	16
Höhenwinkel	°	1	1	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2
Raumwinkel	msr	183	544	409	4	12	148	262	35	294
Datum H1		24.2.-21.6.	27.2.-21.6.	2.3.-21.6.	13.4.-21.6.	13.4.-21.6.	13.4.-25.5.	16.4.-1.5.	-	10.4.-10.5.
Datum H2		21.6.-16.10.	21.6.-13.10.	21.6.-10.10.	21.6.-29.8.	21.6.-29.8.	18.7.-29.8.	11.8.-26.8.	-	2.8.-1.9.
Zeit		17:08-18:35	5:10-18:30	5:02-18:35	5:00-6:00	5:00-5:59	5:11-5:59	5:23-5:50	-	5:21-6:05
Kernblendung	min / Tag	10	15	10	0	0	0	0	-	0
Kernblendung	h / Jahr	1	5	3	0	0	0	0	-	0
Streulicht	min / Tag	25	20	20	20	0	10	0	-	0
Streulicht	h / Jahr	16	12	11	28	0	10	0	-	0
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	35	42	37	16	16	14	9	-	13
Blendung - Blickwinkel (min)	°	3	2	4	0	22	3	21	-	163
Leuchtdichte (max)	[k cd/m <sup>2</sup> ]	6 608	6 814	7 001	4 330	3 943	1 970	482	-	858
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm <sup>2</sup> ]	51	53	55	34	31	15	4	-	7
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	18 054	25 822	23 721	1 599	1 215	577	63	-	676

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

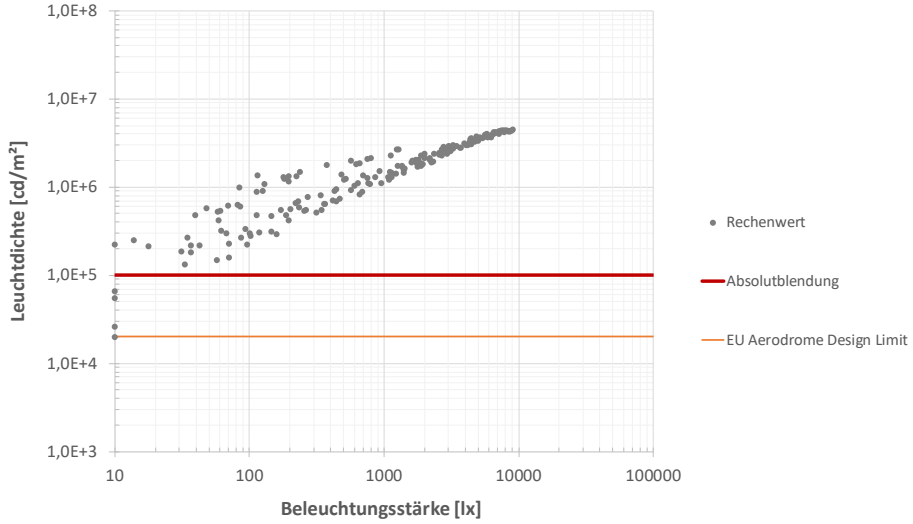




Immissionspunkt	1
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

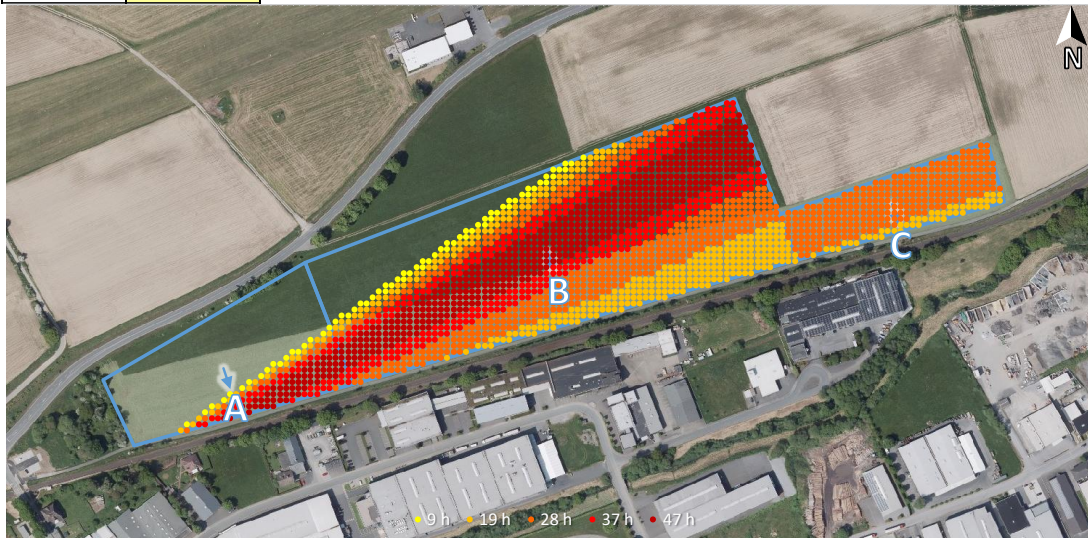
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	1
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

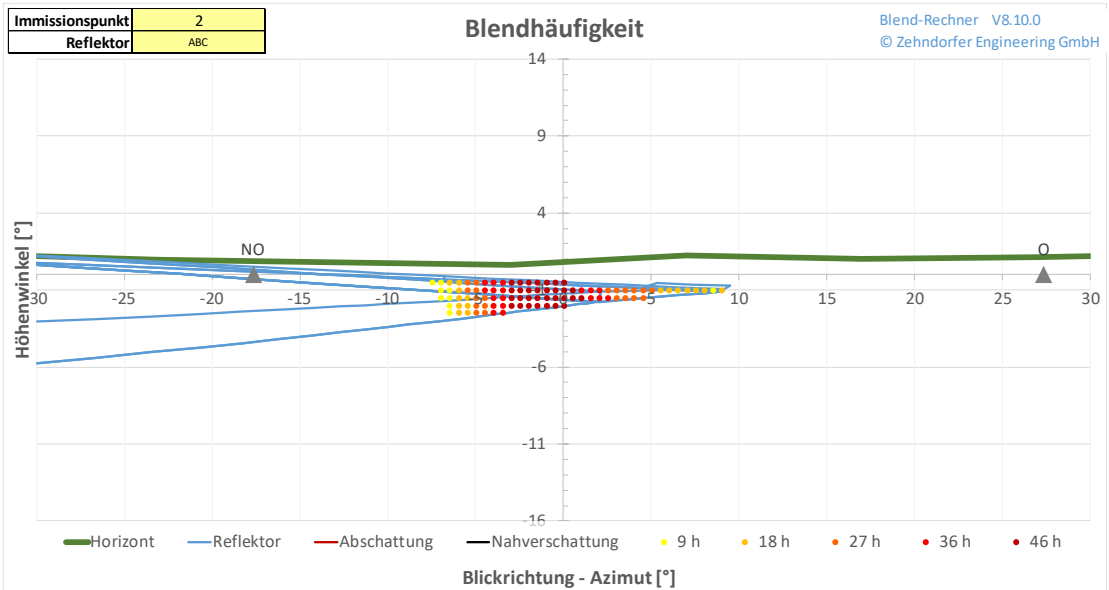
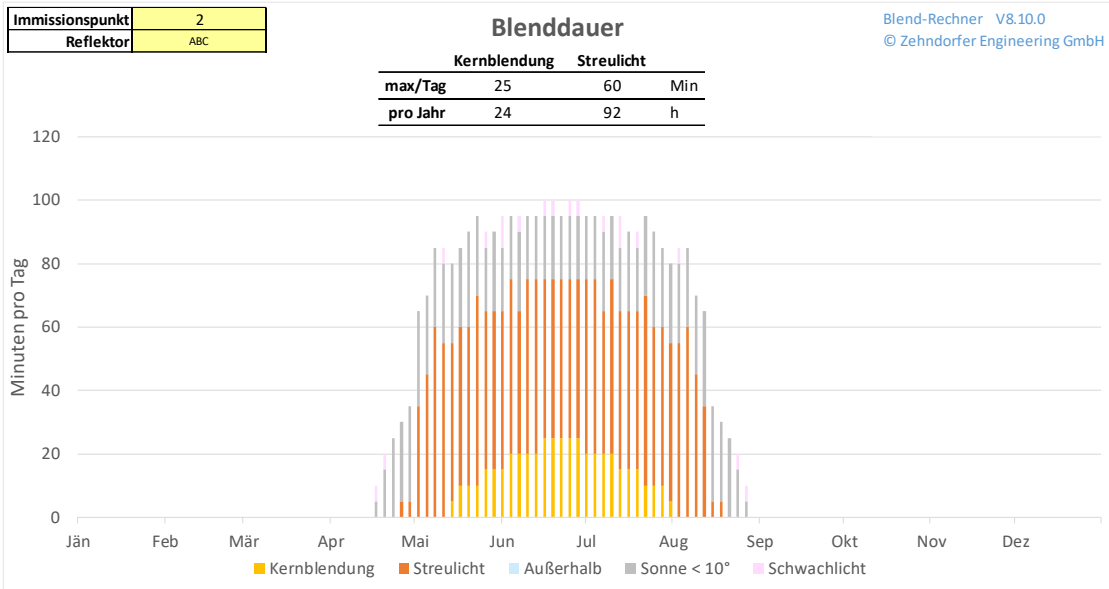
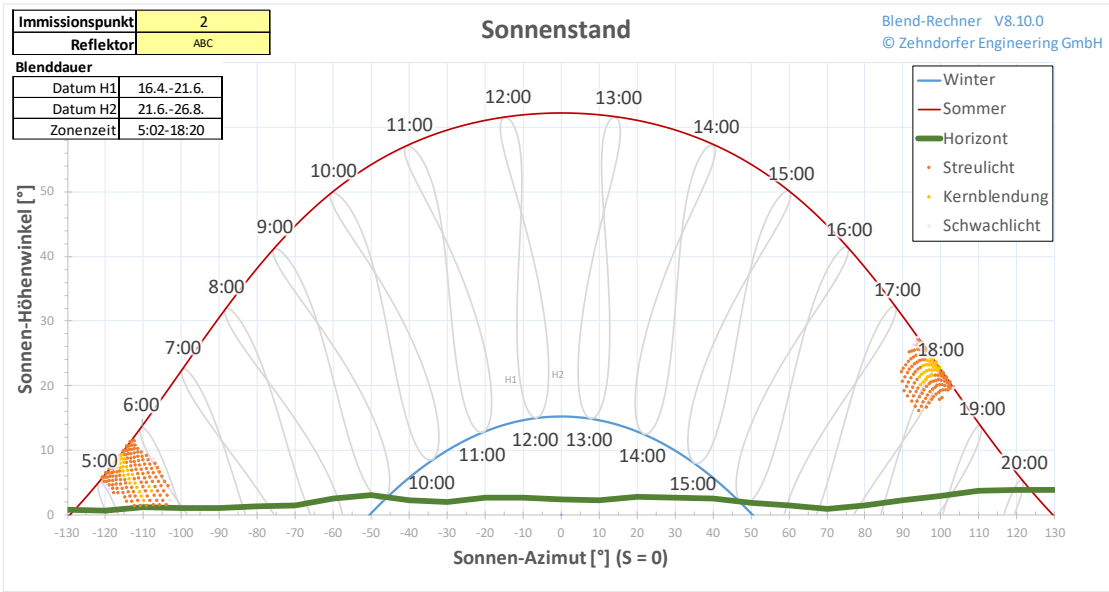
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

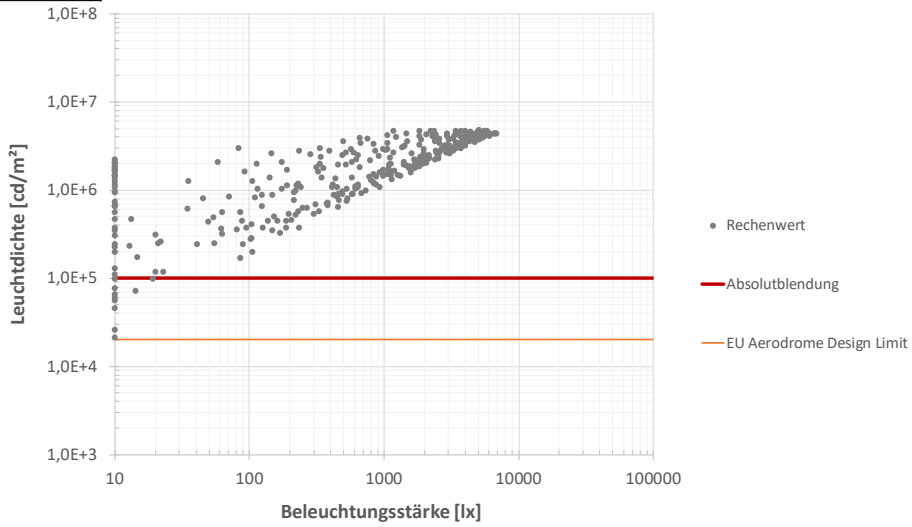




Immissionspunkt	2
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

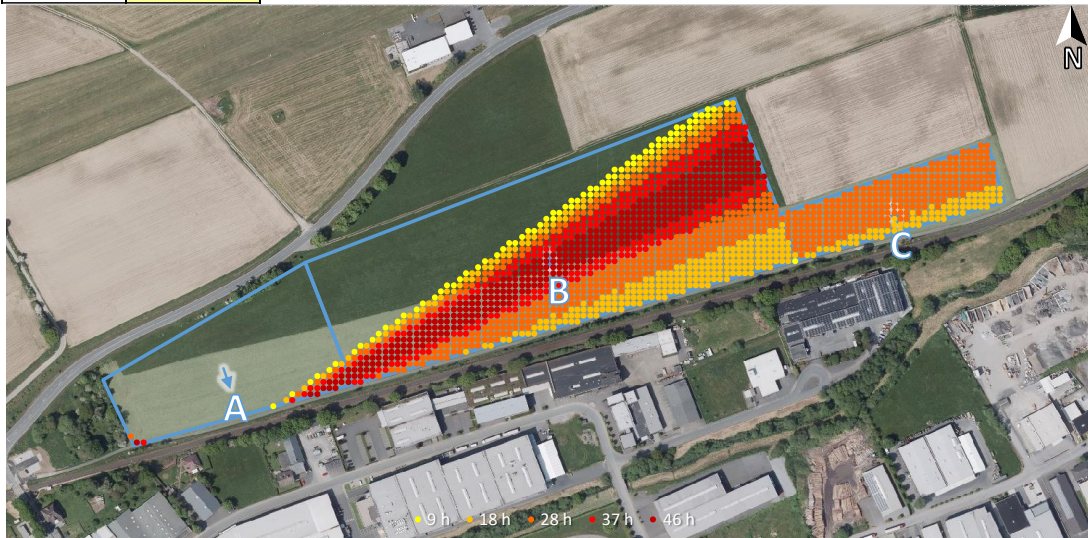
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	2
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

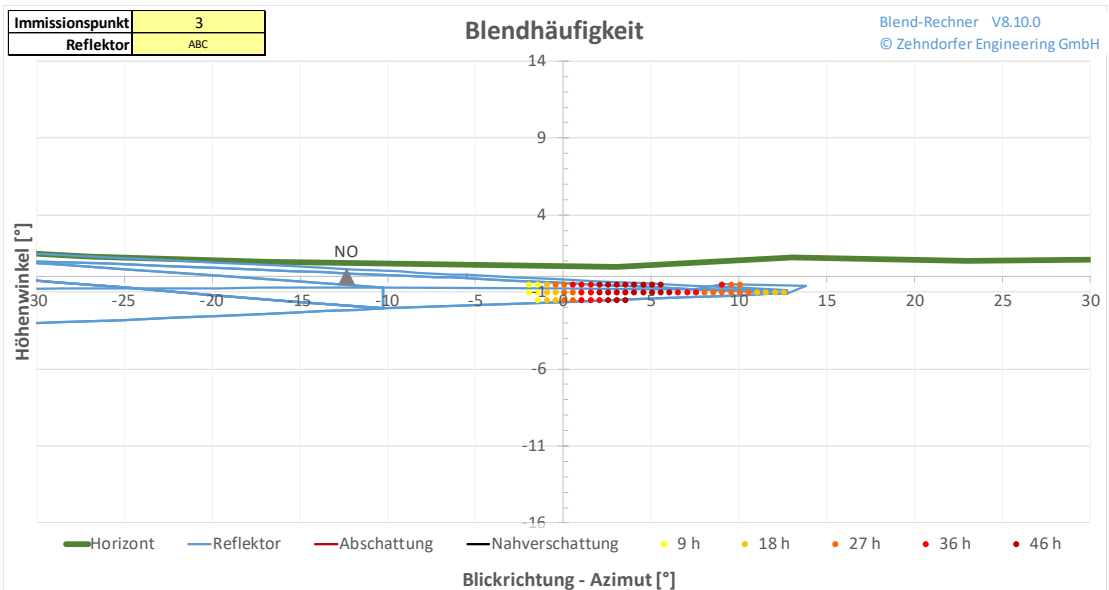
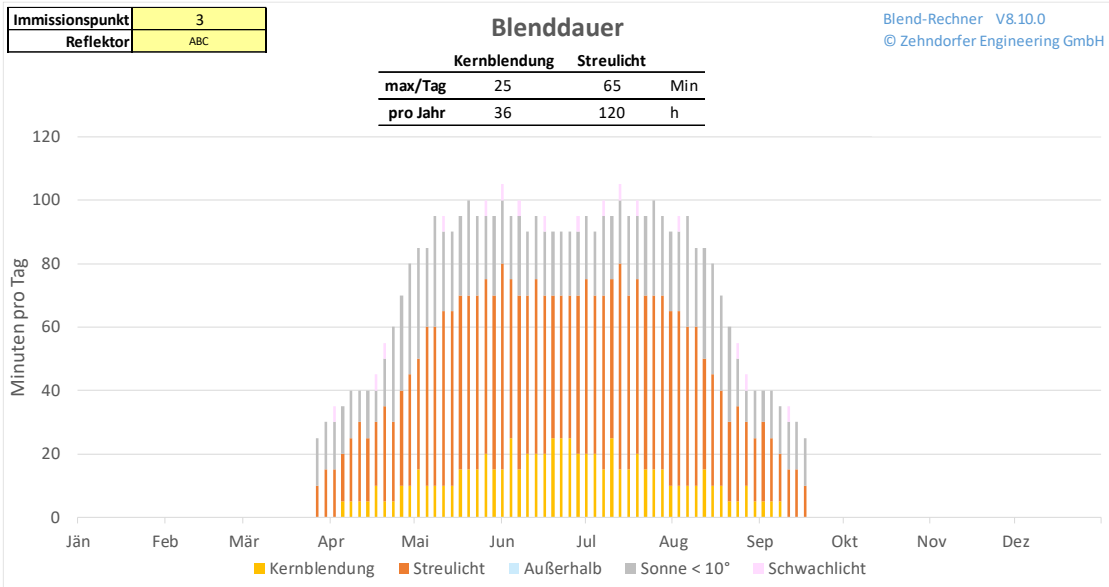
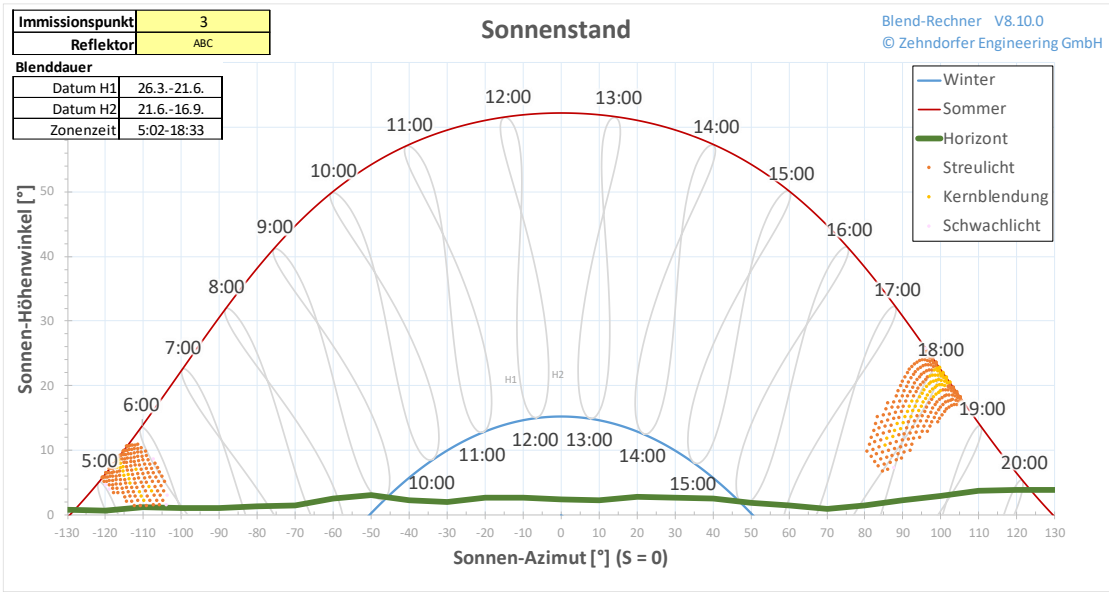
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

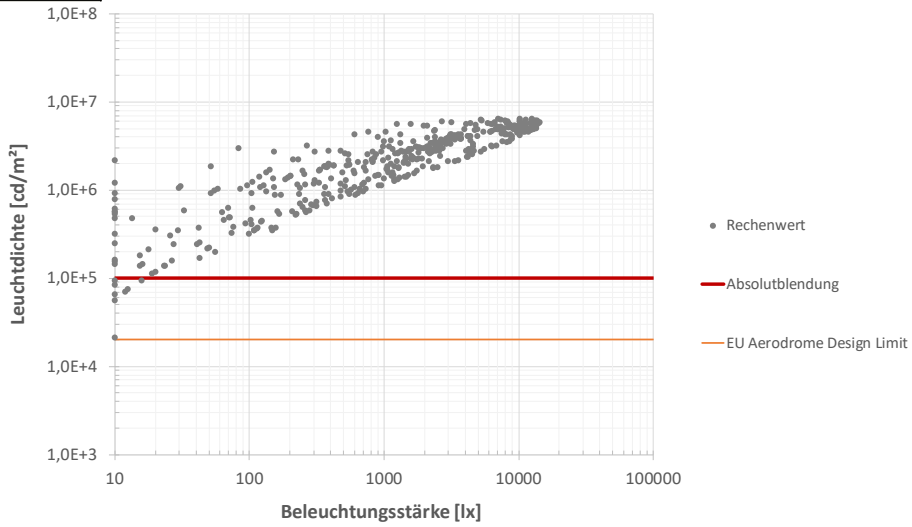




Immissionspunkt	3
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

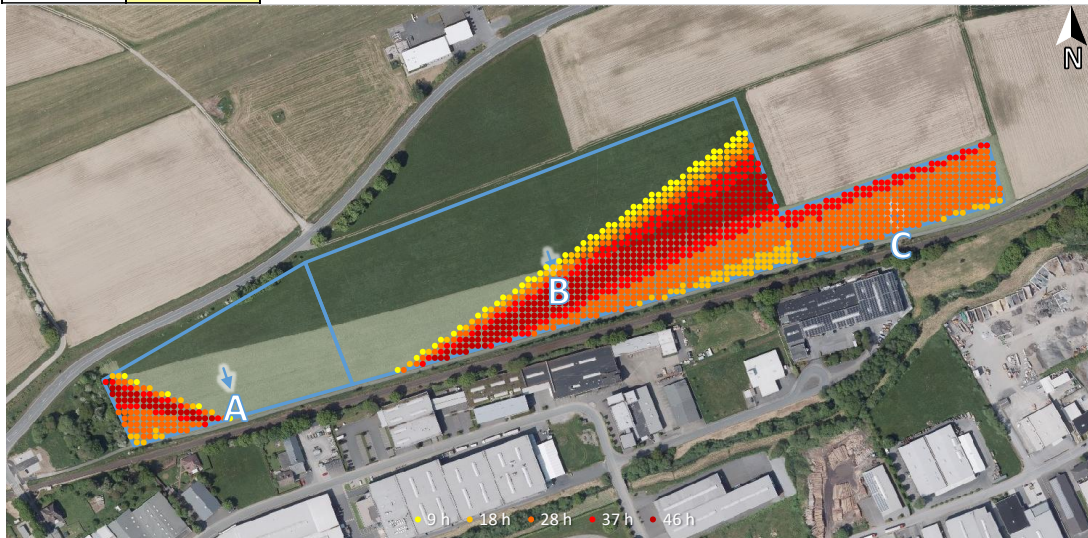
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	3
Reflektor	ABC

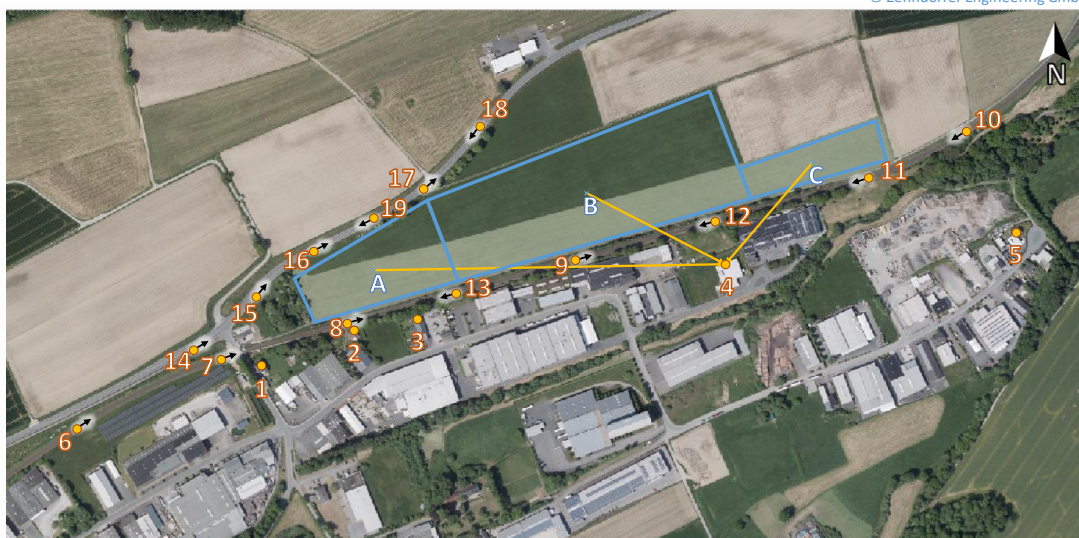
Blendhäufigkeit

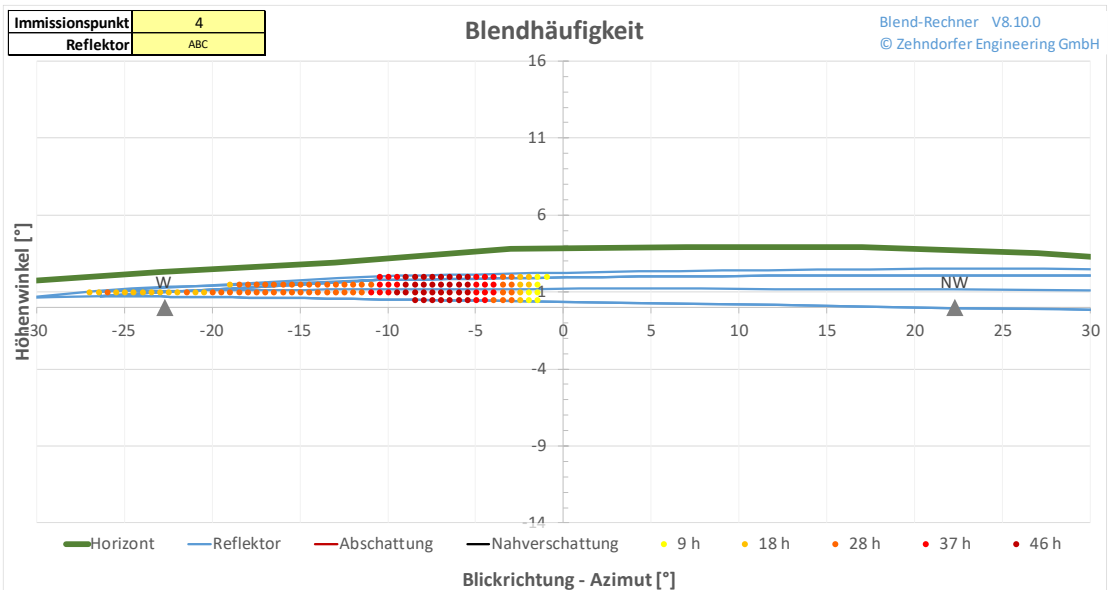
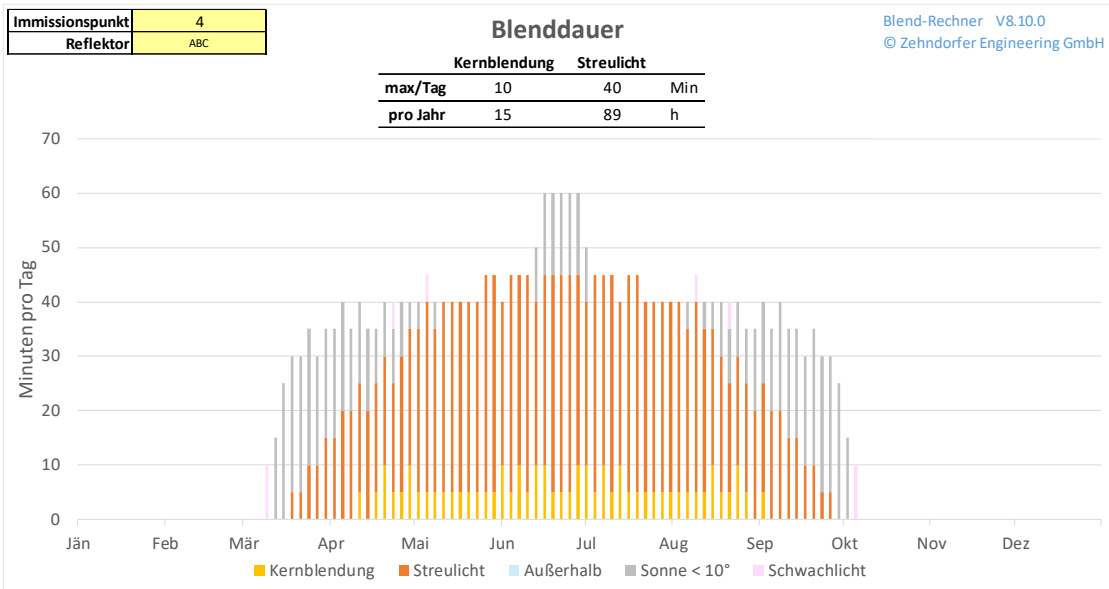
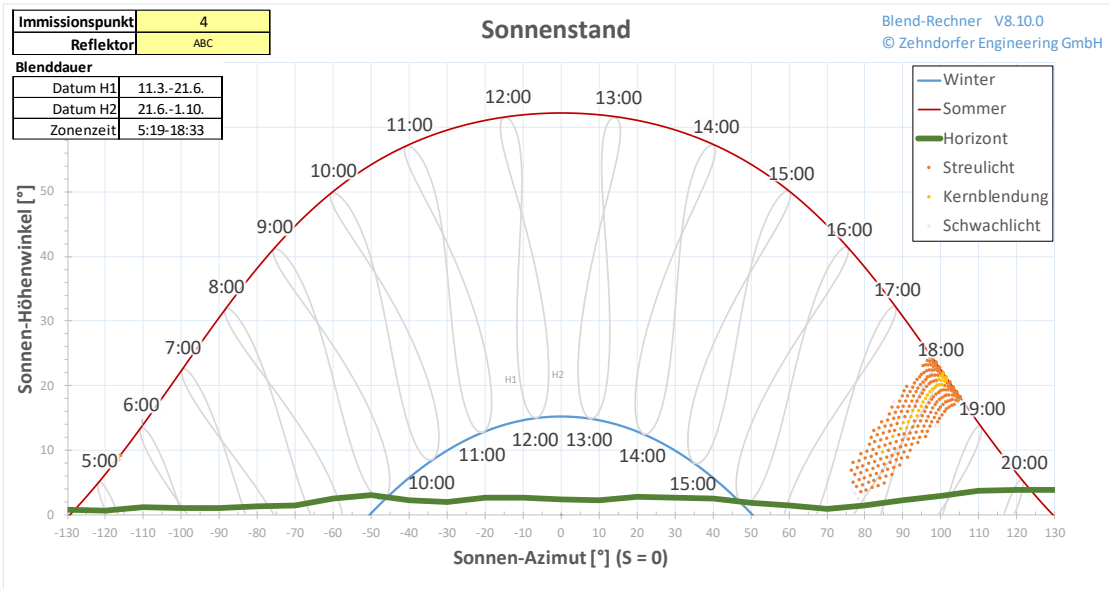
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

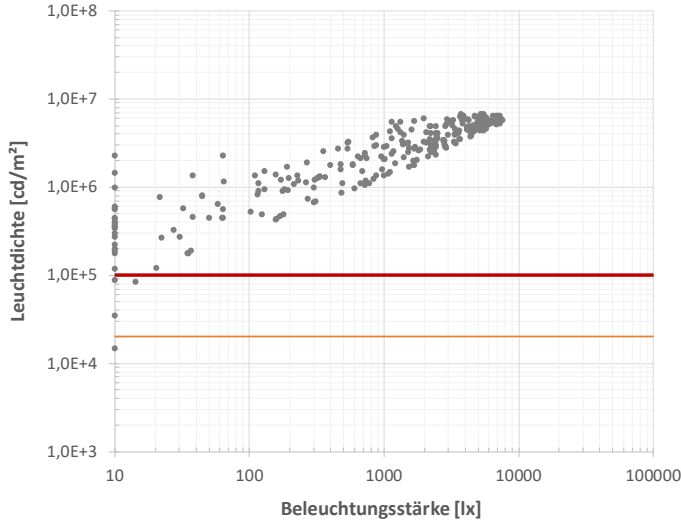




Immissionspunkt	4
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

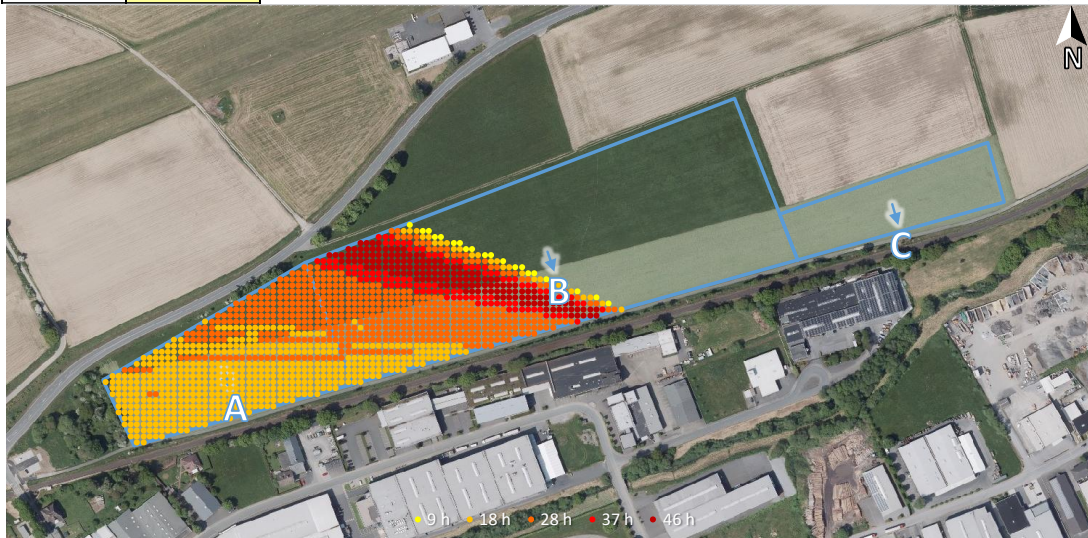
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	4
Reflektor	ABC

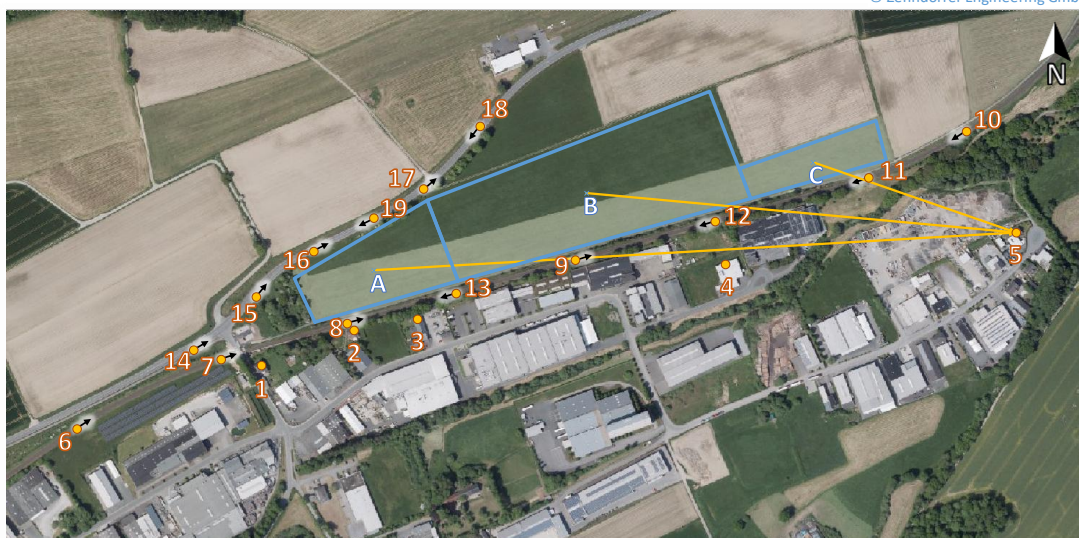
Blendhäufigkeit

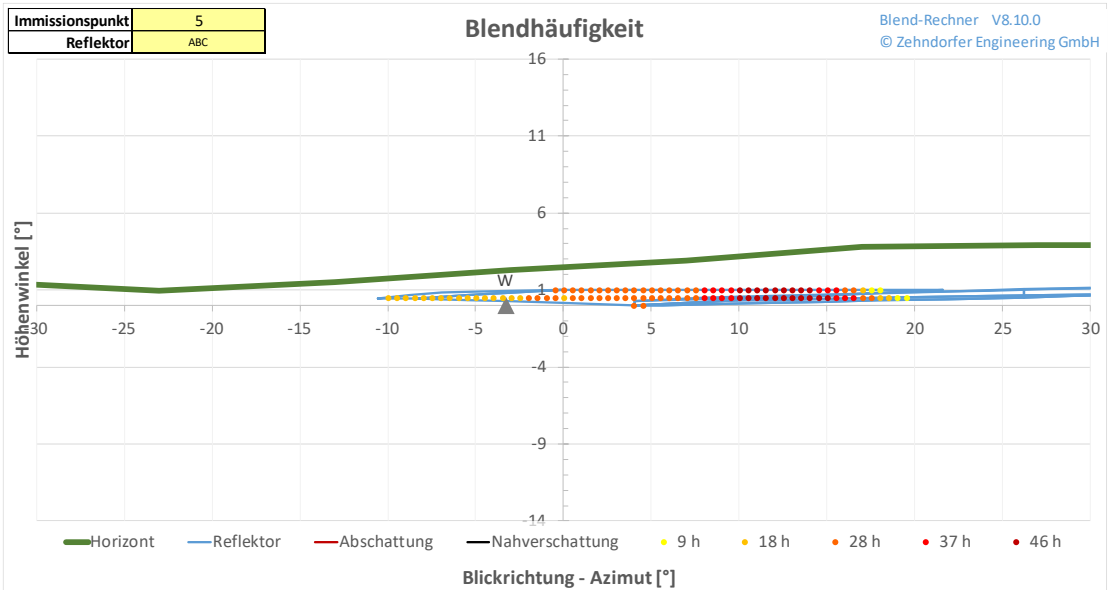
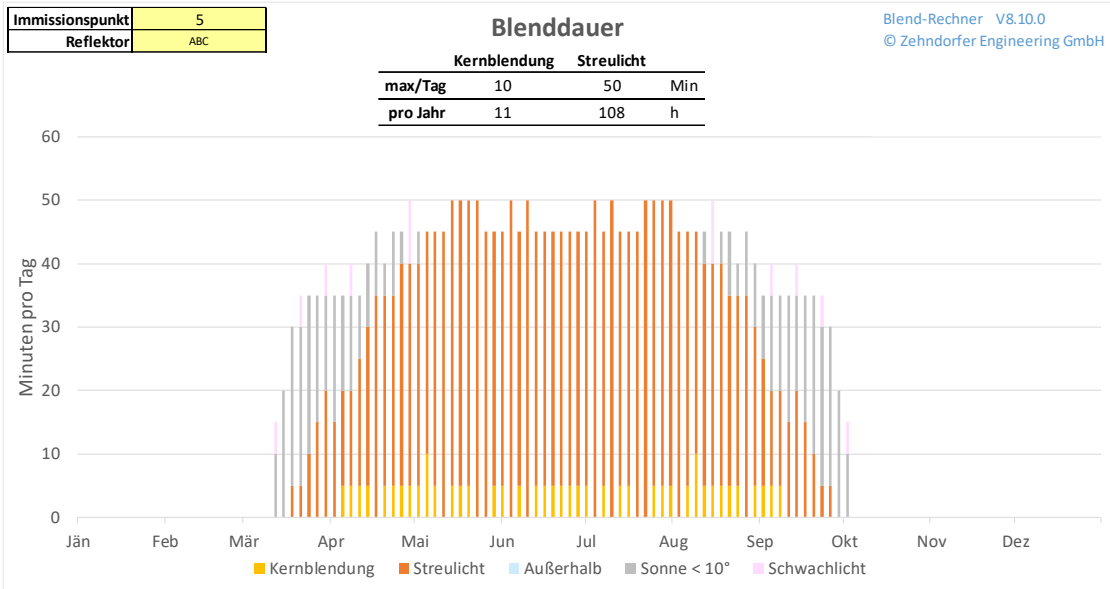
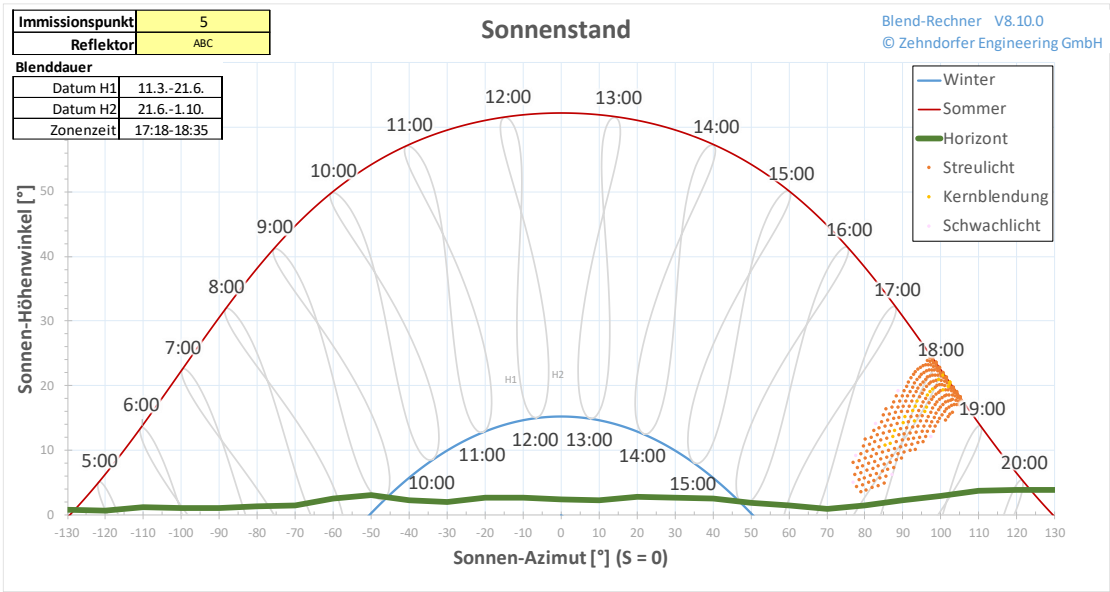
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

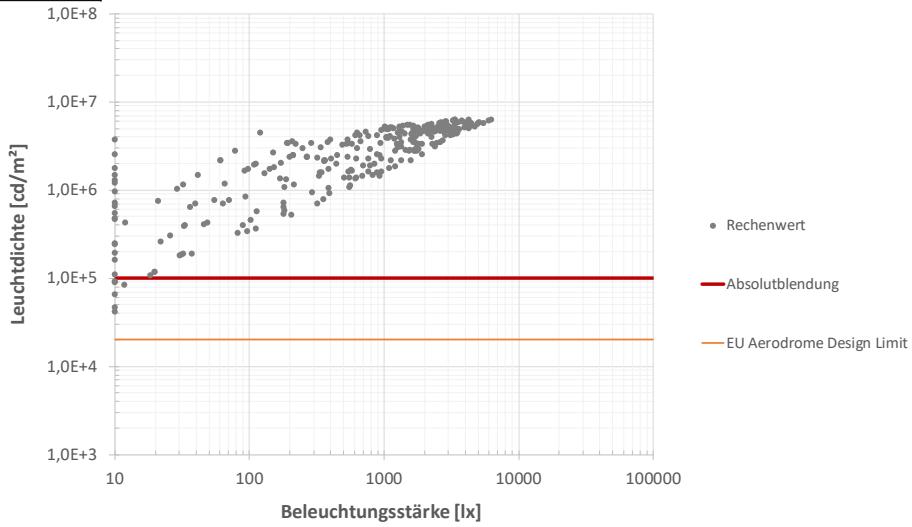




Immissionspunkt	5
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

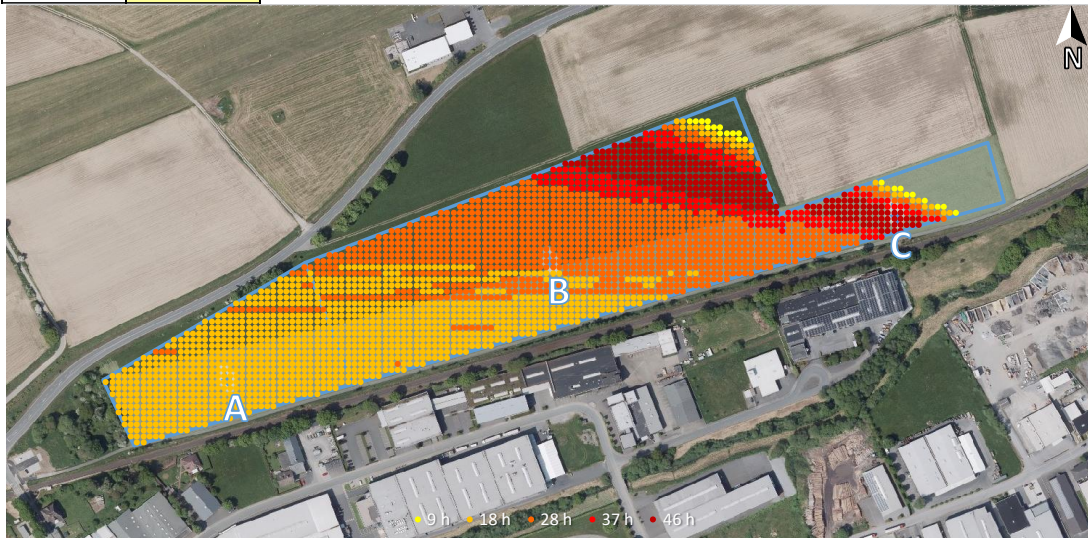
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	5
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

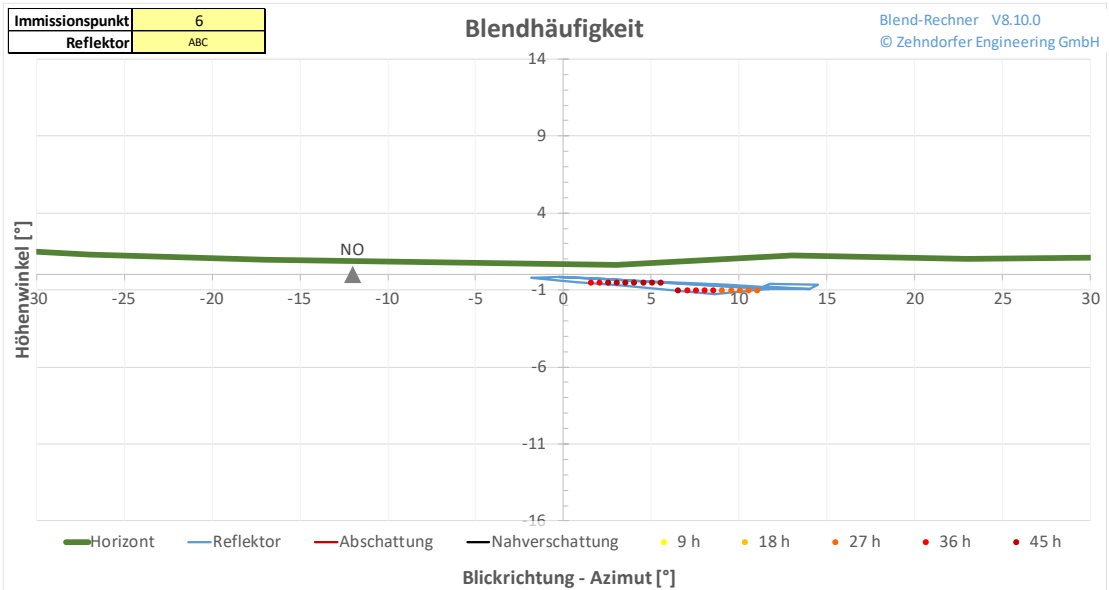
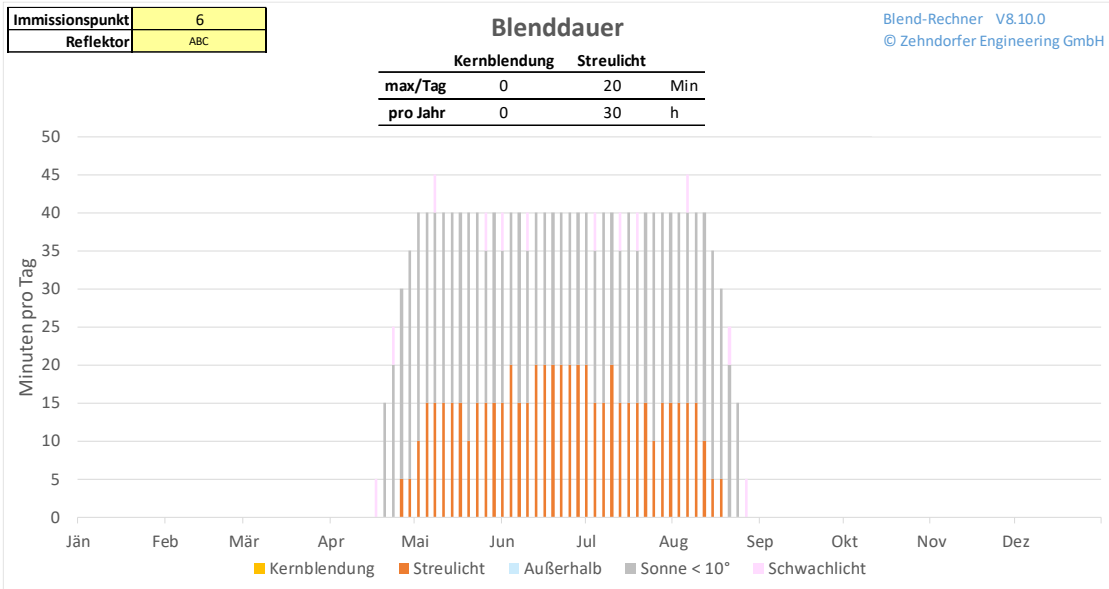
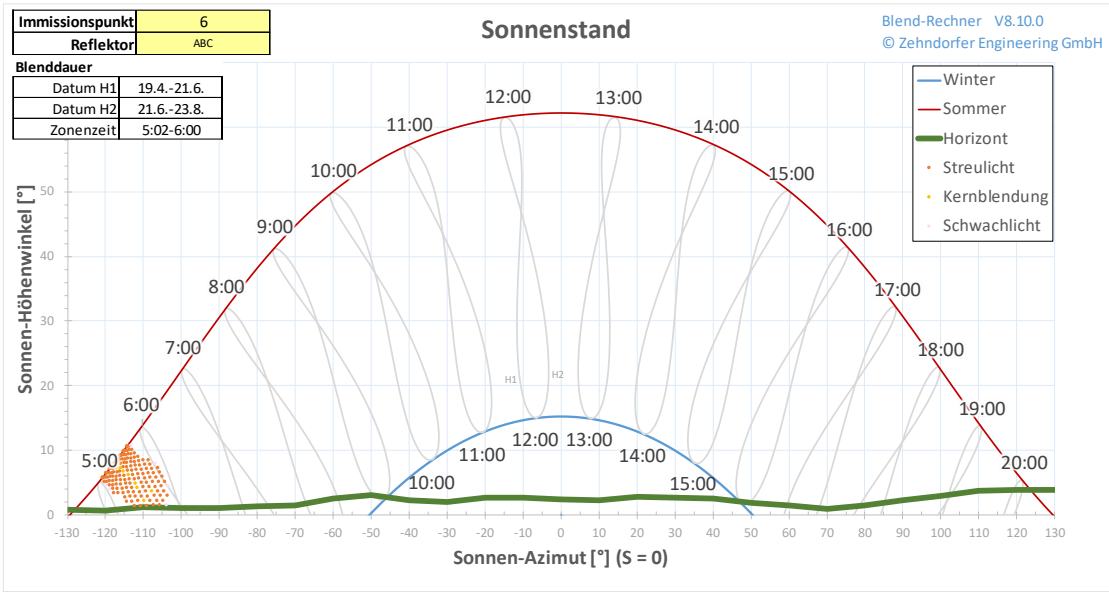
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

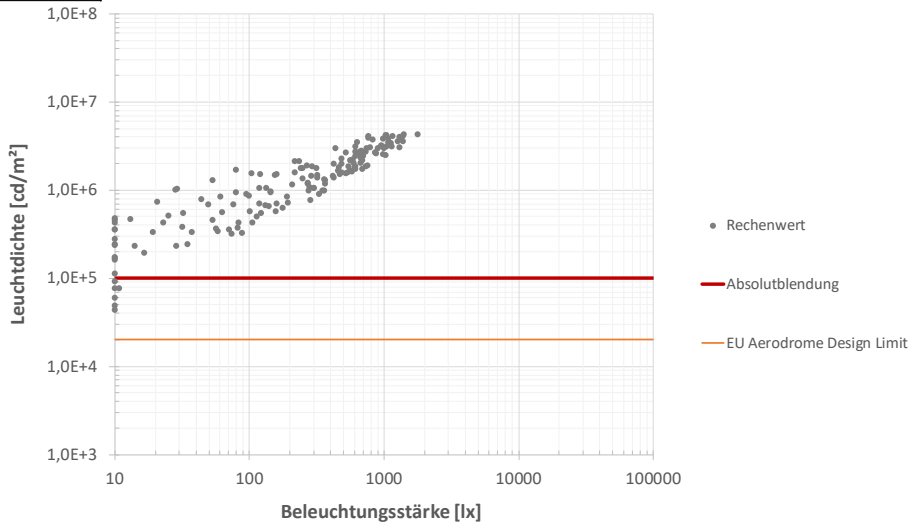




Immissionspunkt	6
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

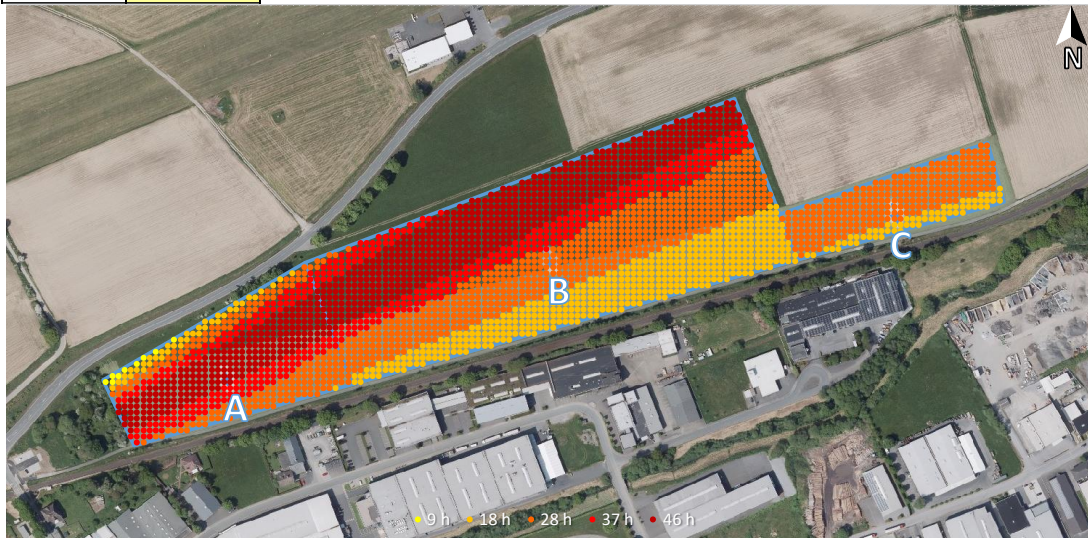
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	6
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

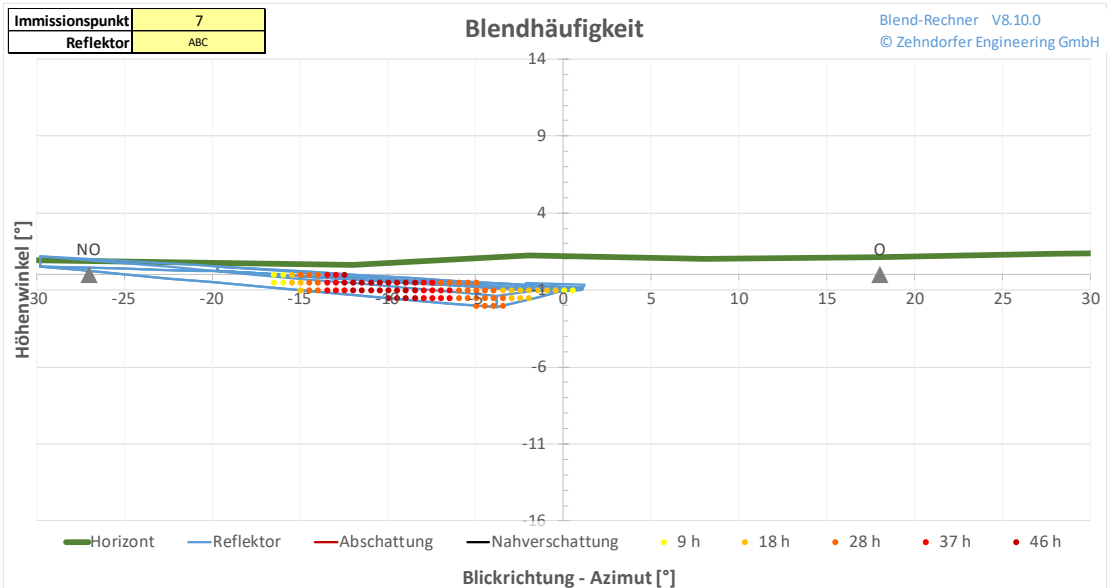
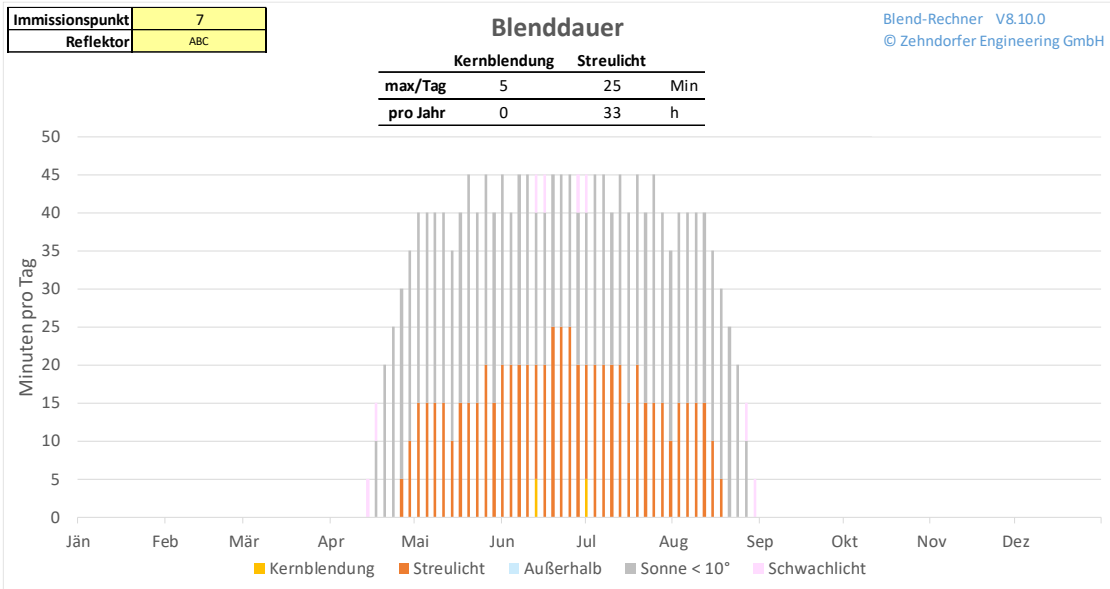
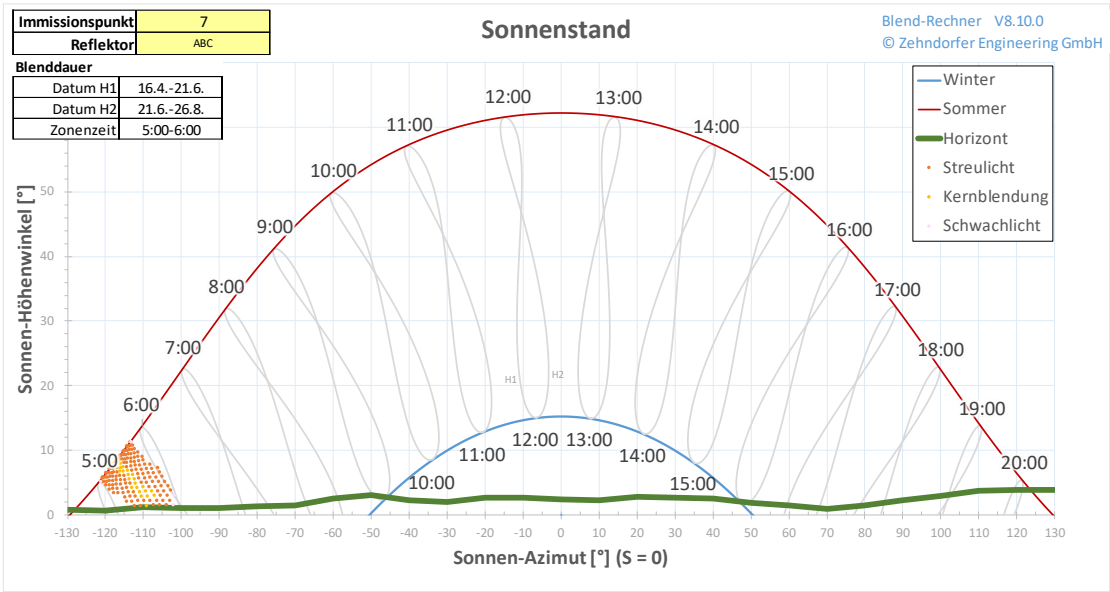
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

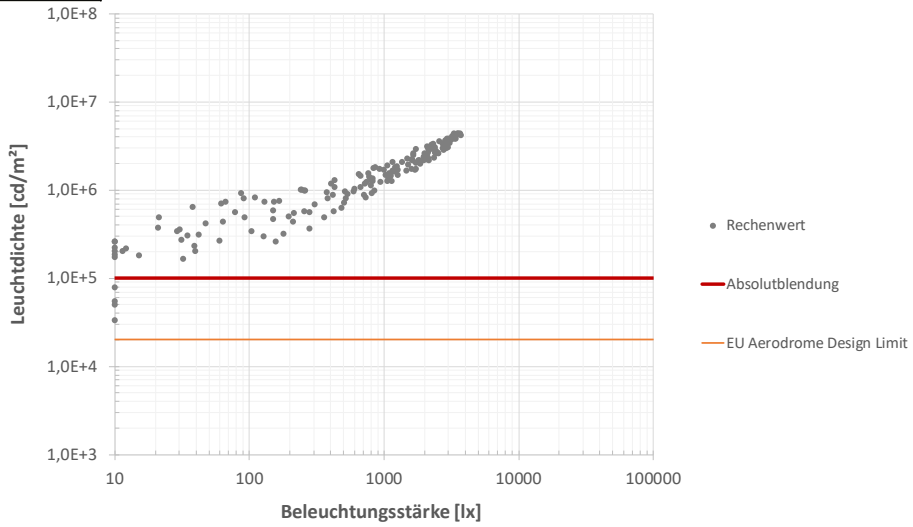




Immissionspunkt	7
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

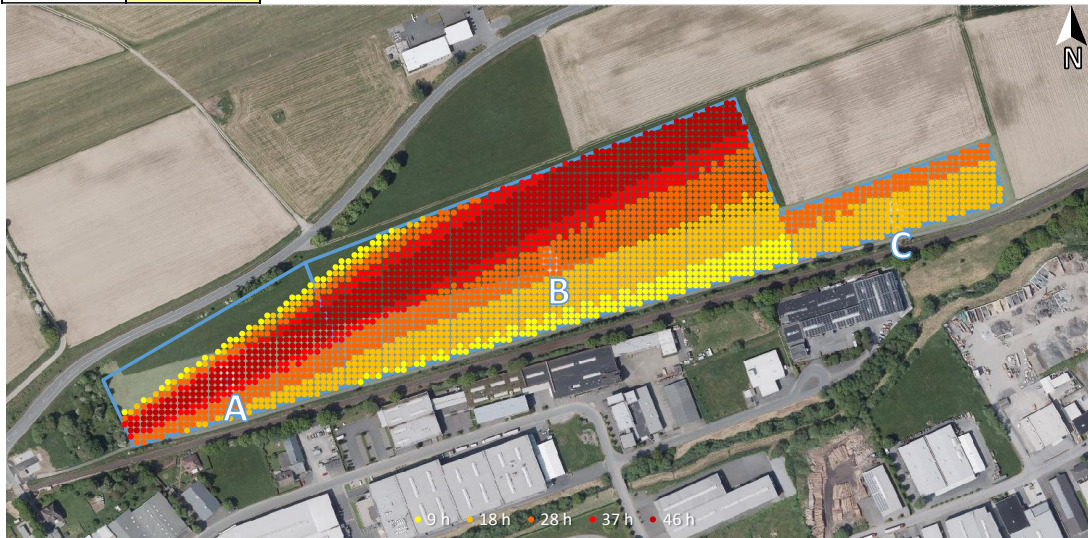
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	7
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

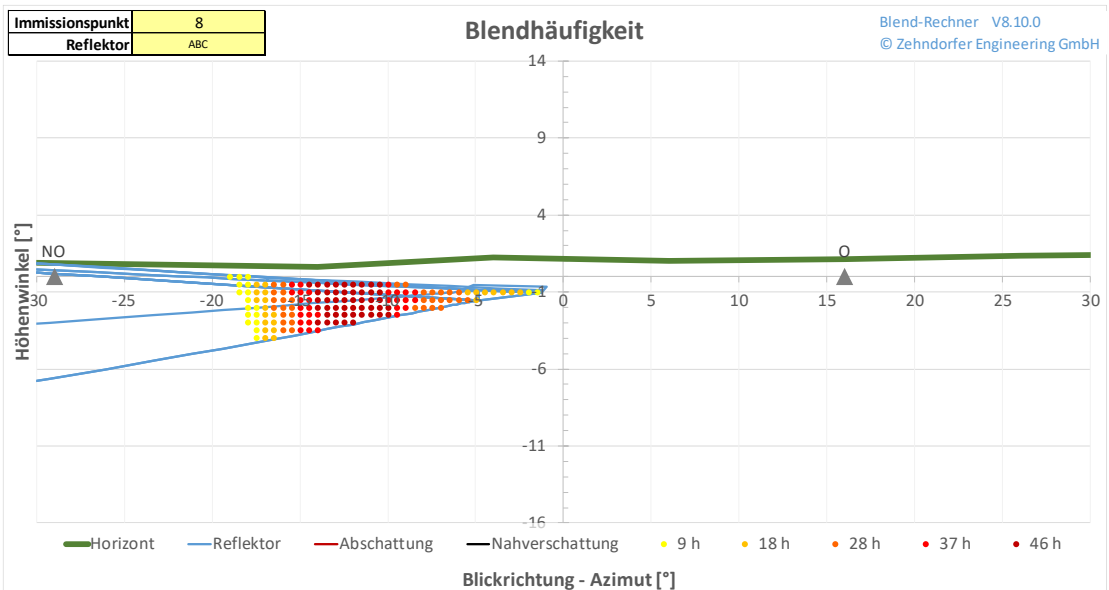
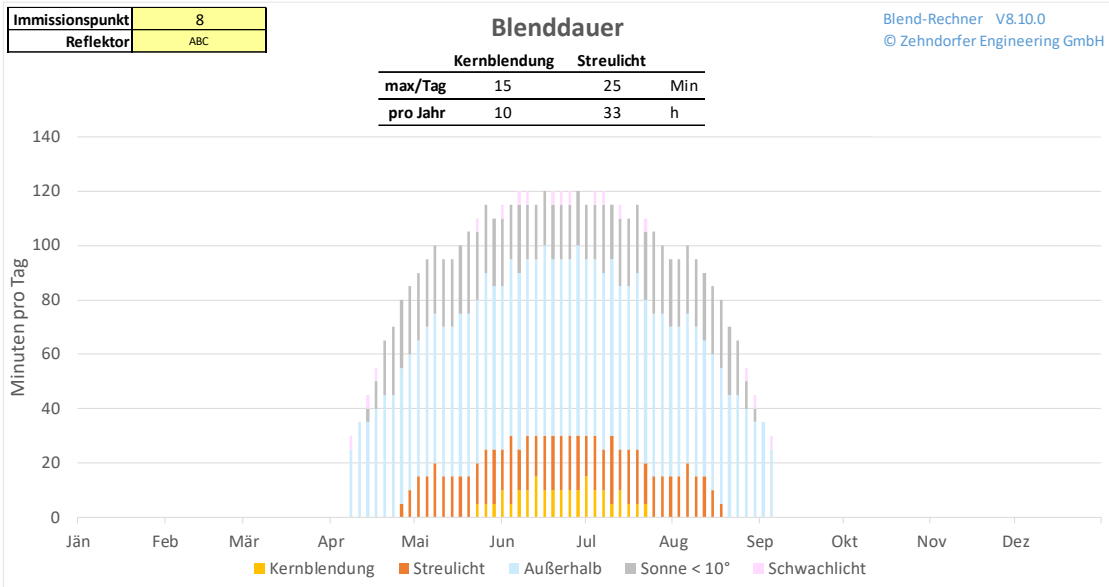
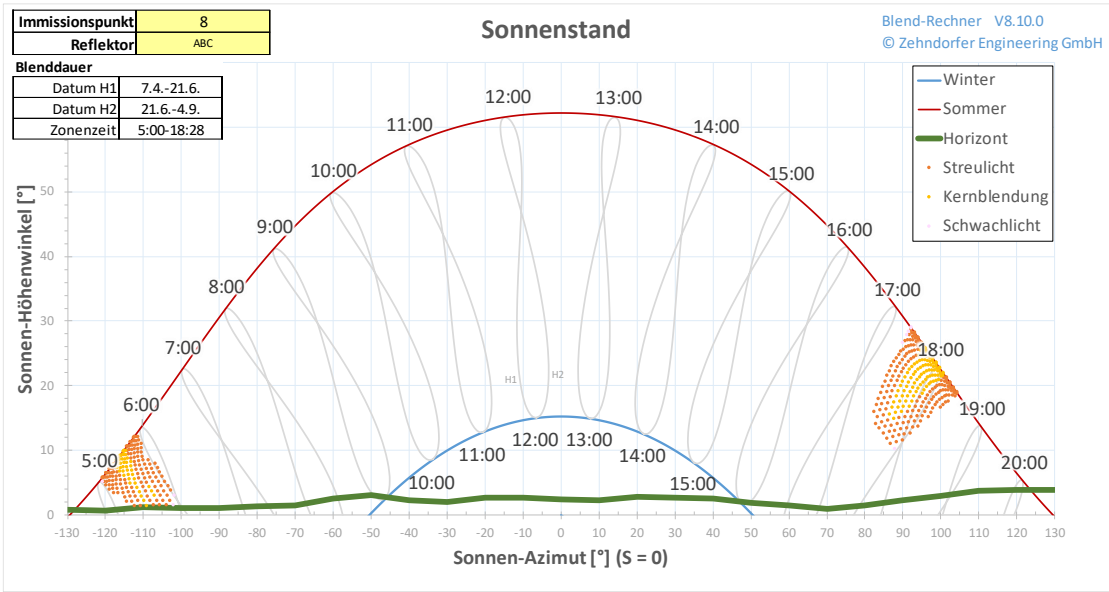
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

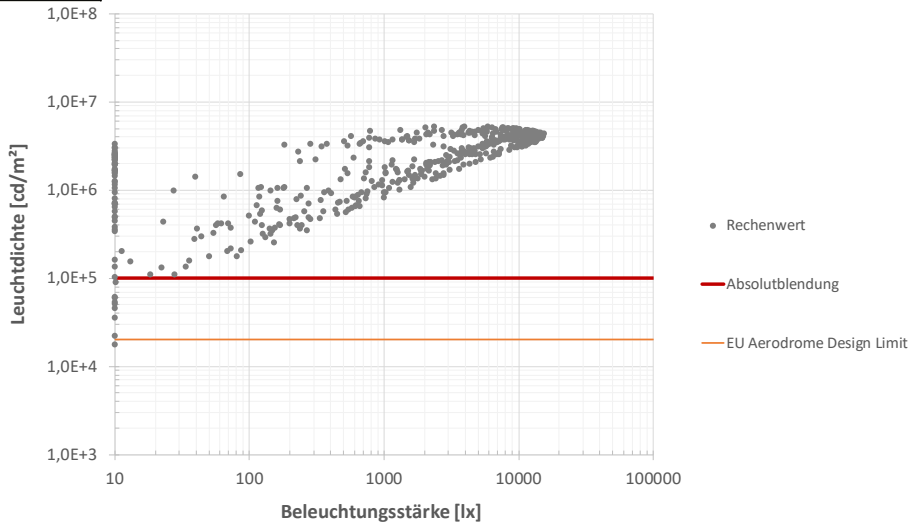




Immissionspunkt	8
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

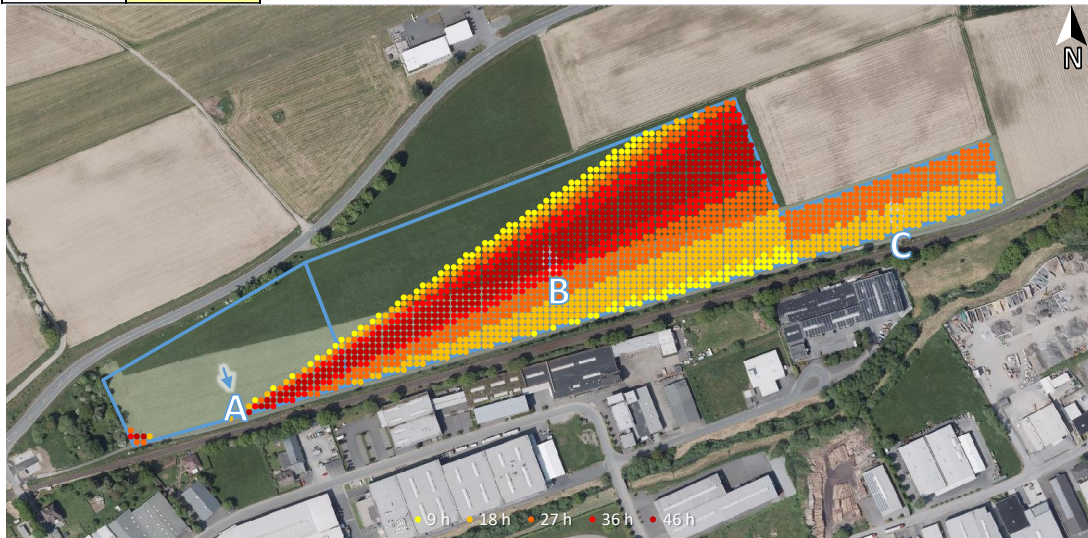
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	8
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

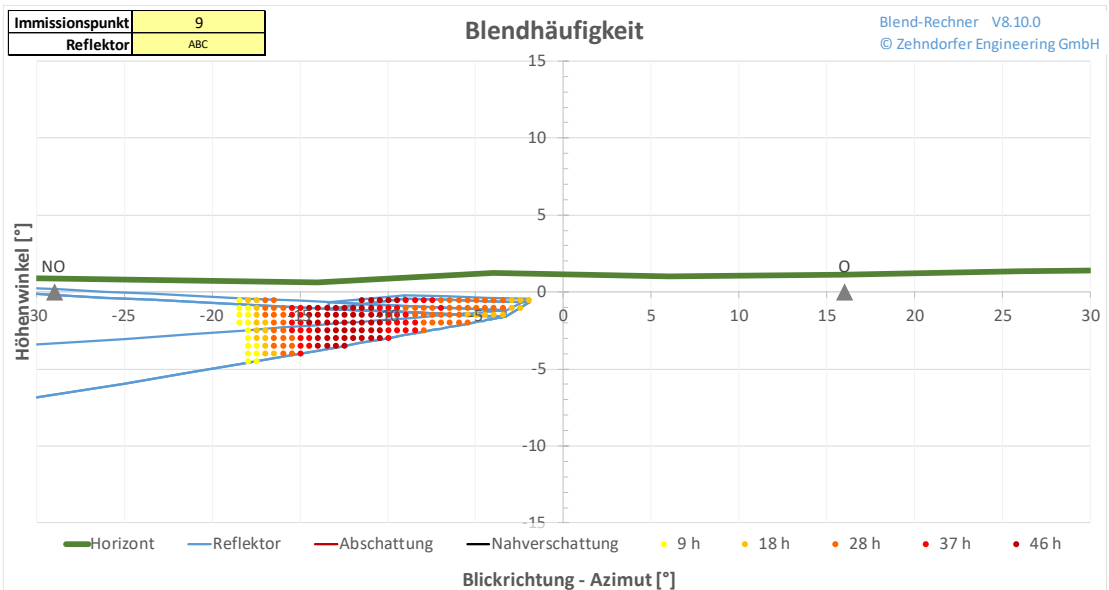
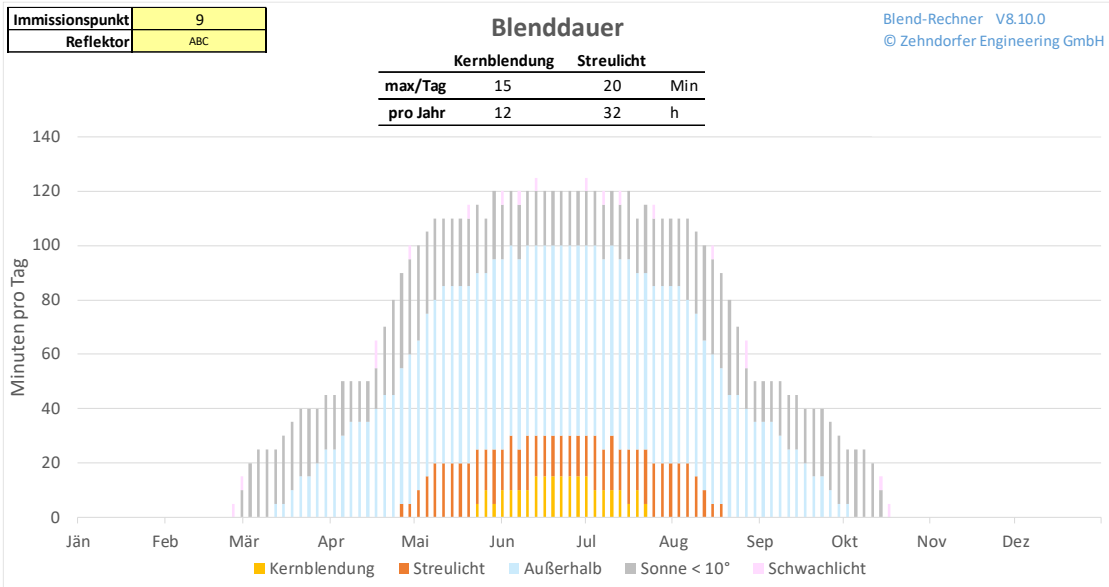
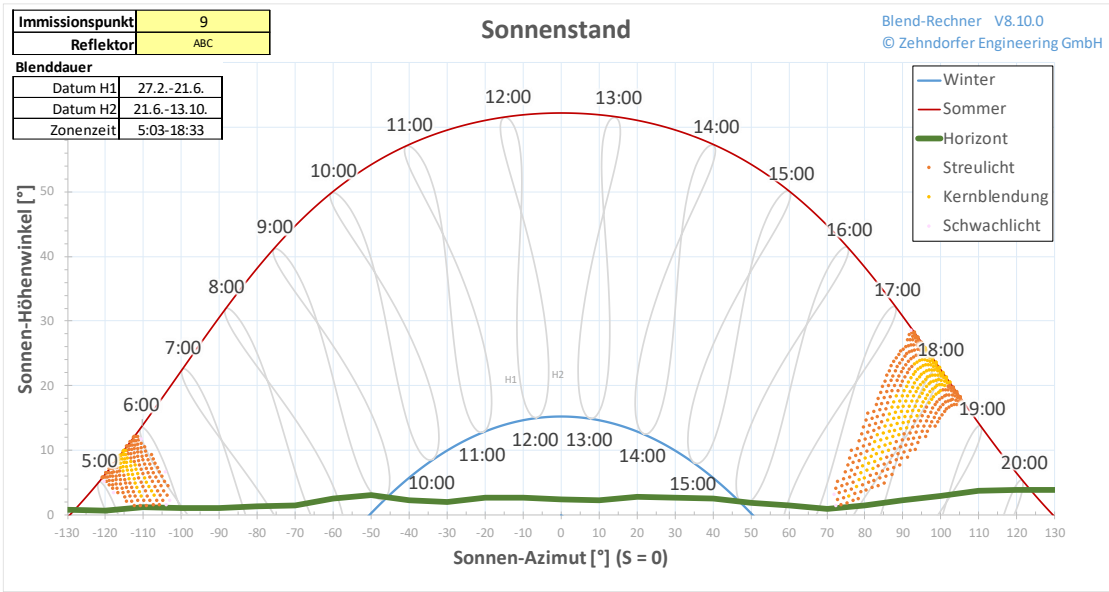
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

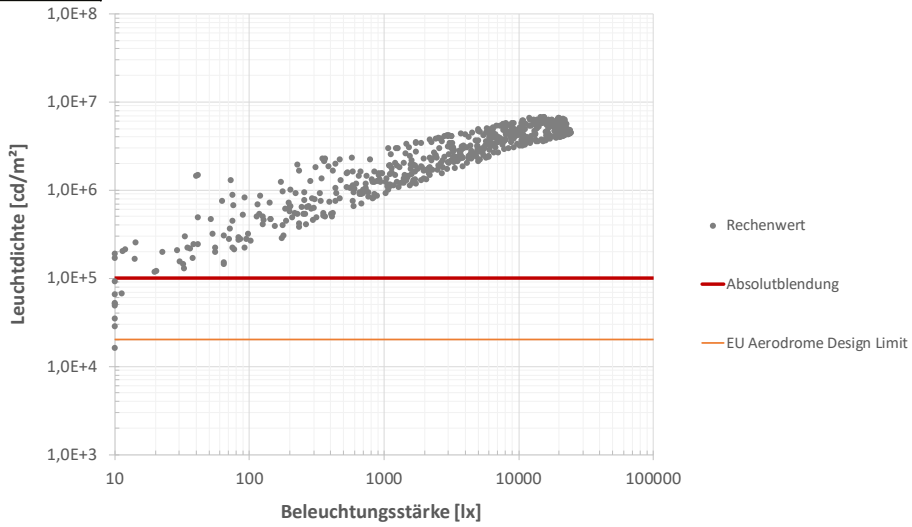




Immissionspunkt	9
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

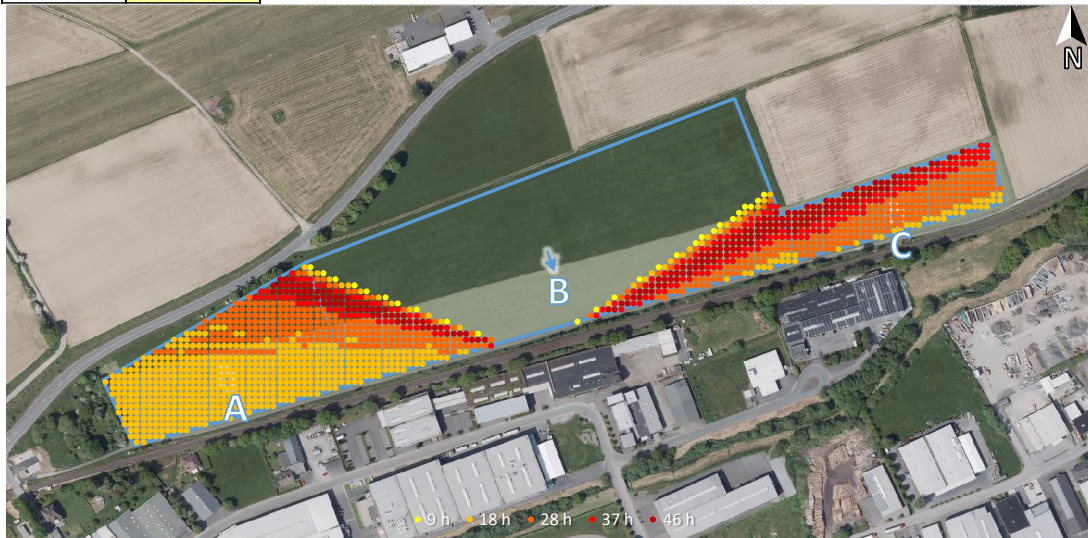
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	9
Reflektor	ABC

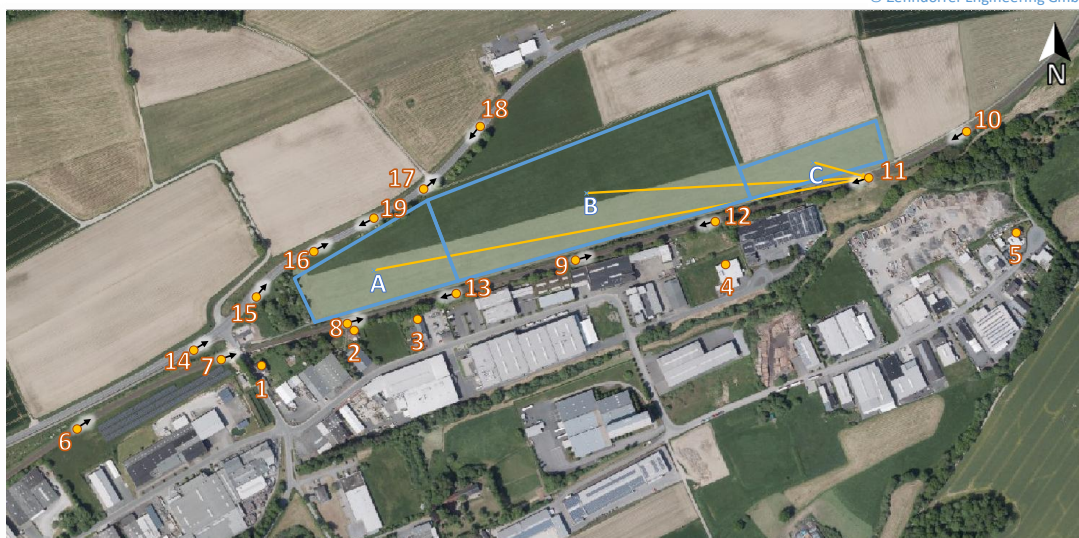
Blendhäufigkeit

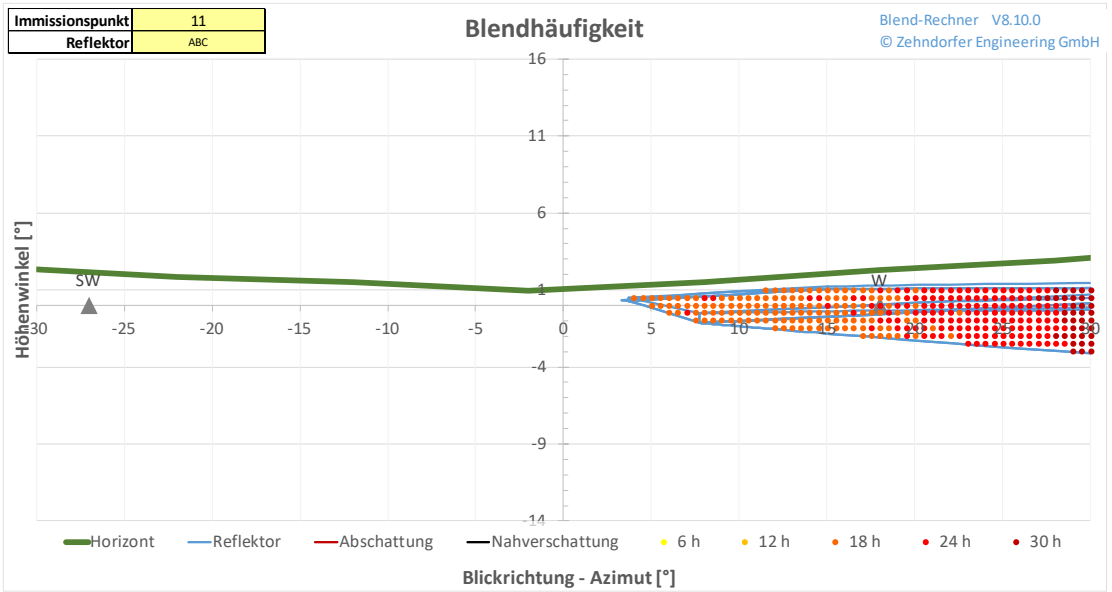
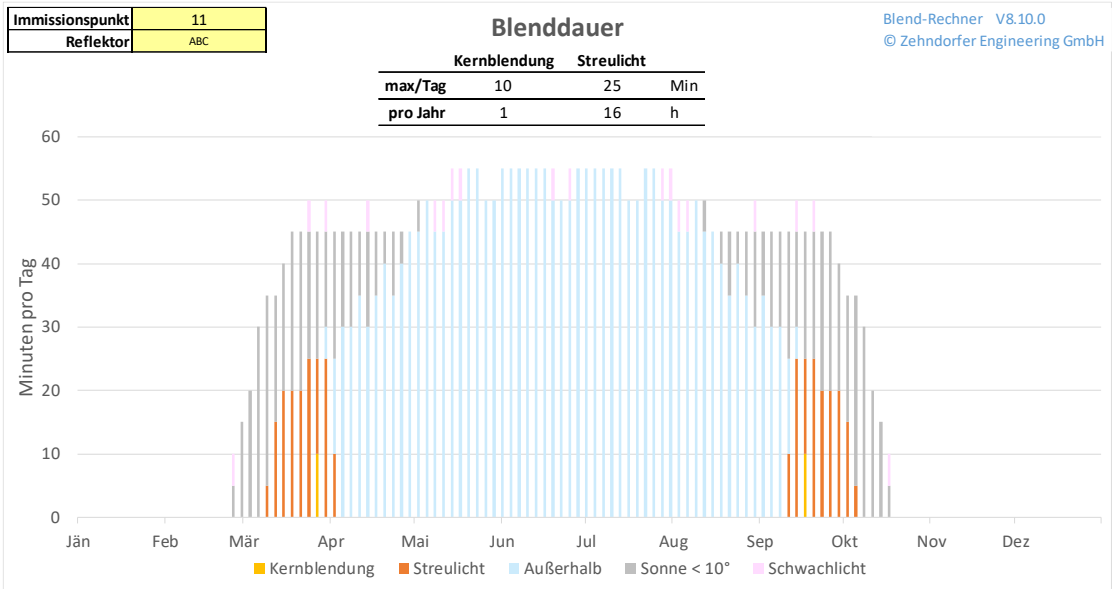
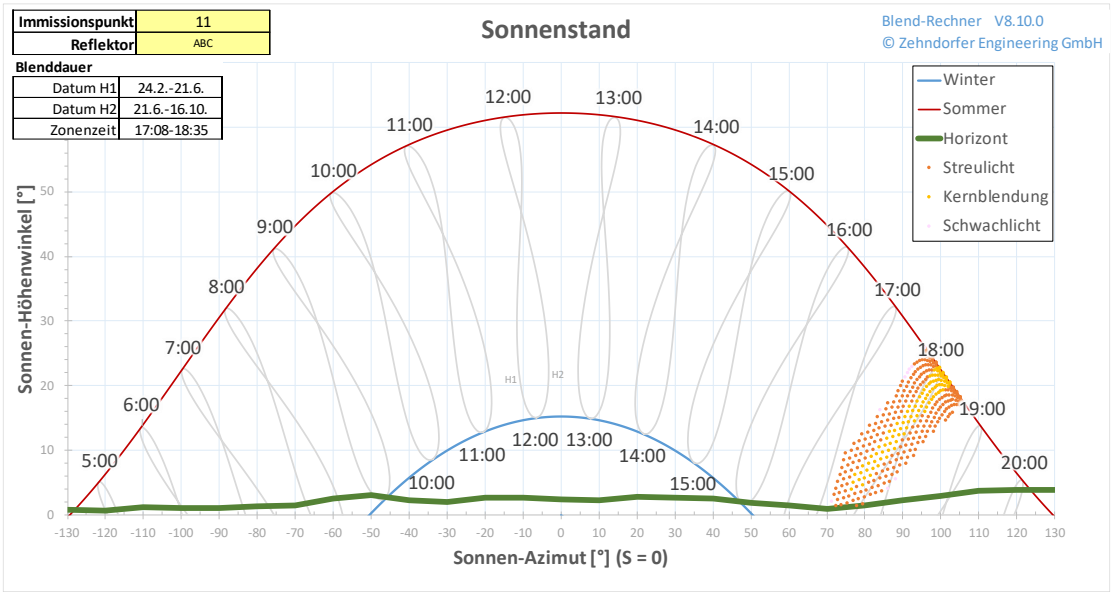
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

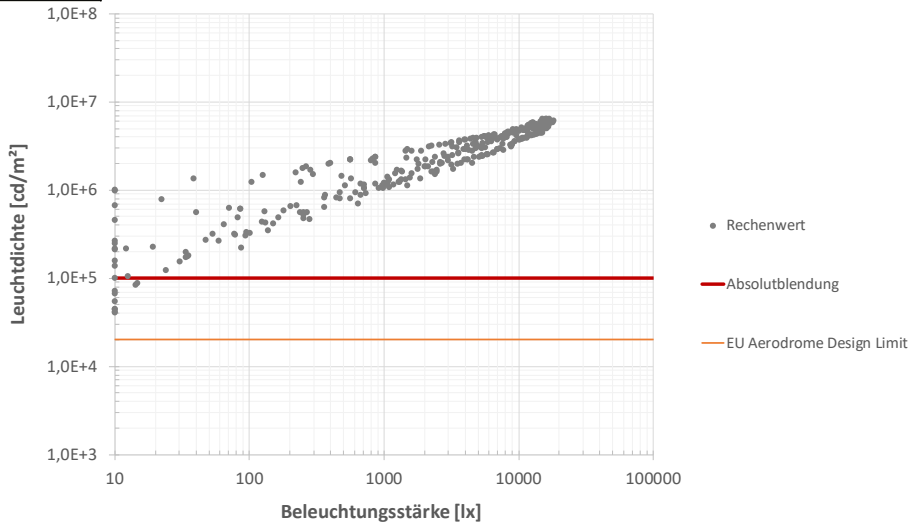




Immissionspunkt	11
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

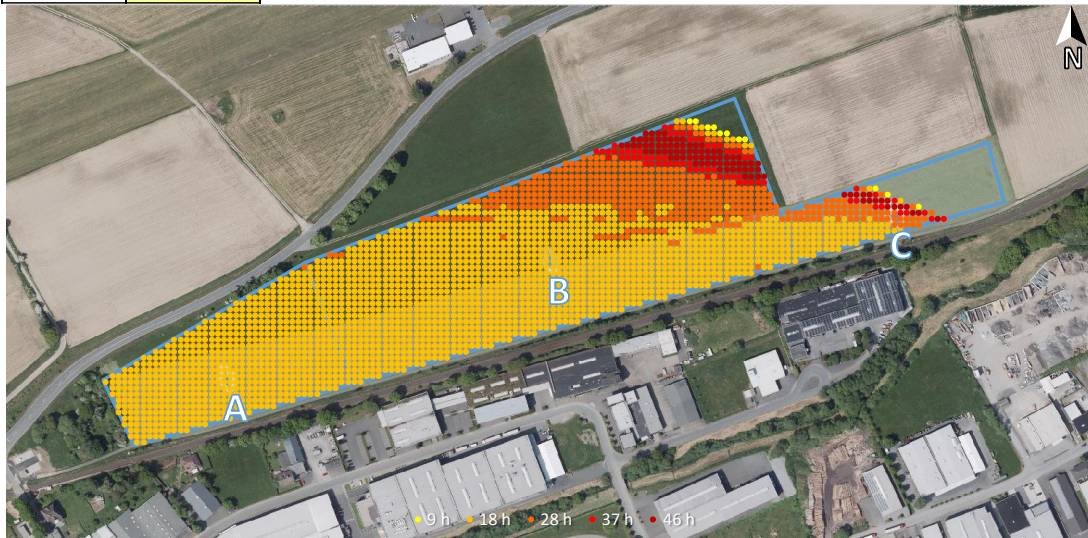
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	11
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

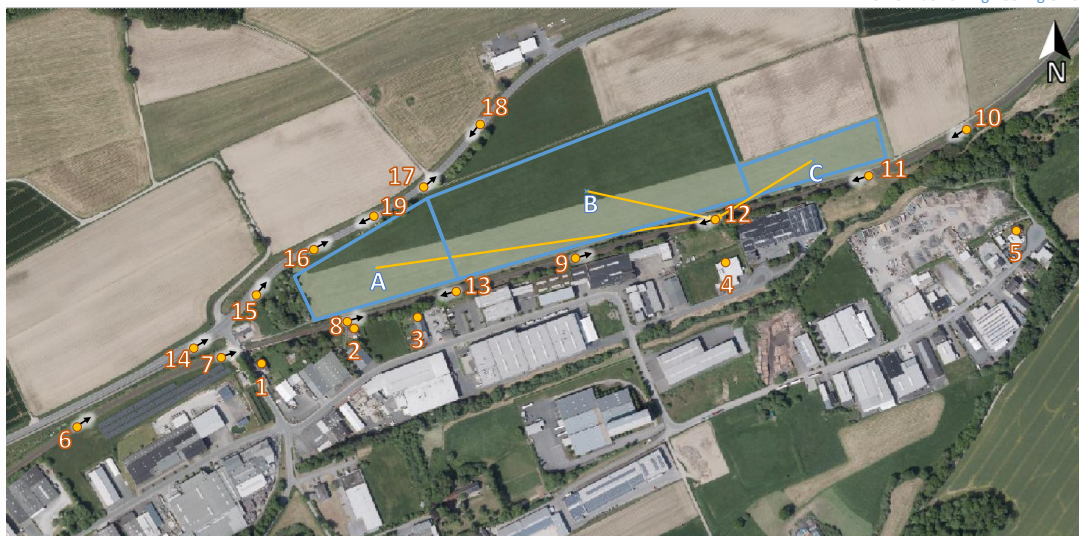
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

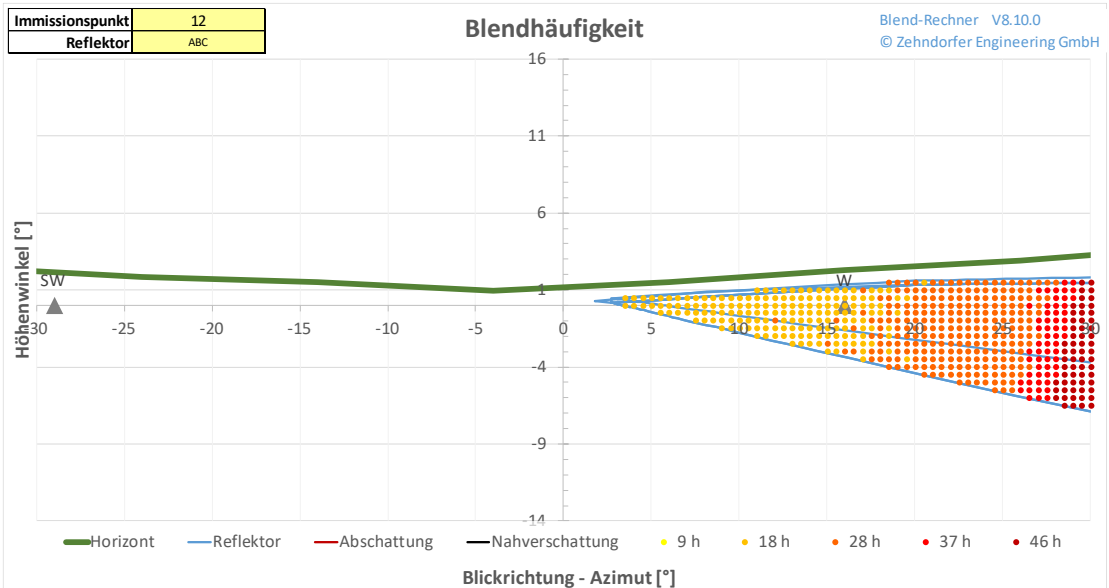
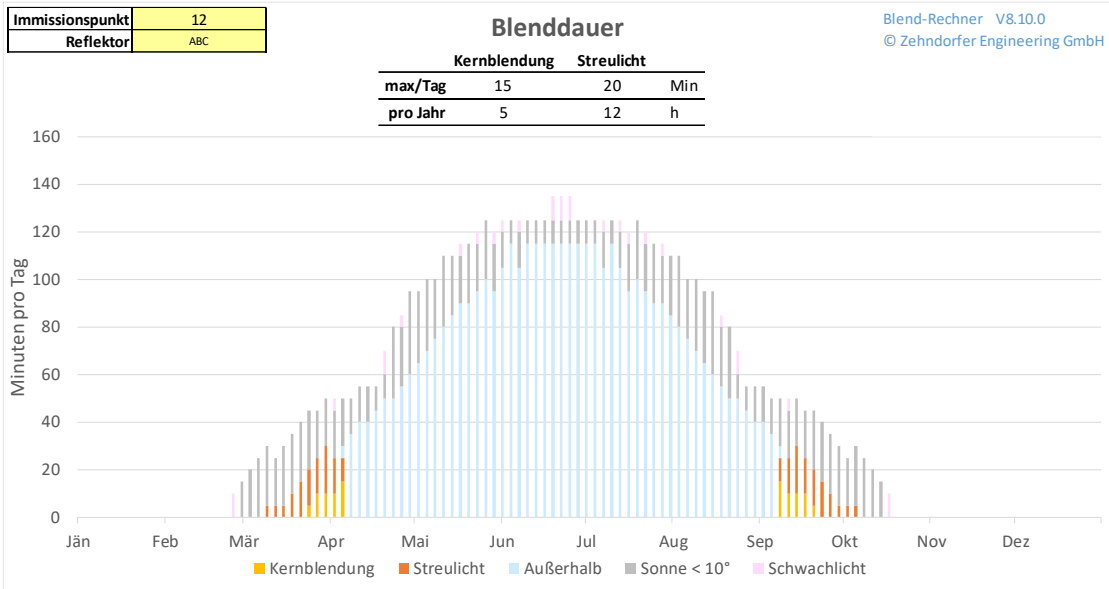
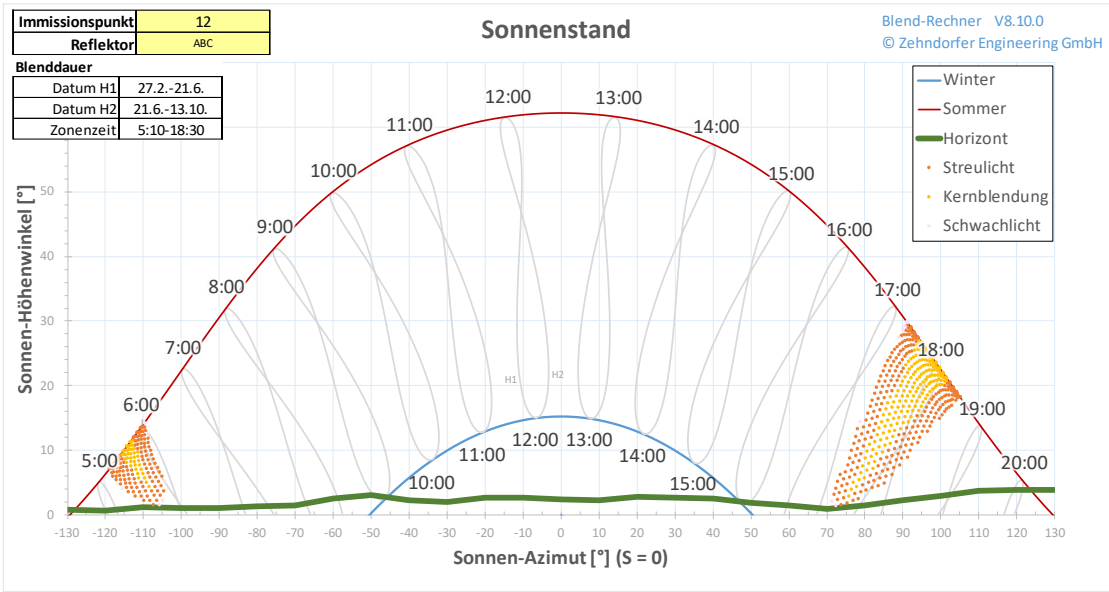


Immissionspunkt	11
Reflektor	ABC

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

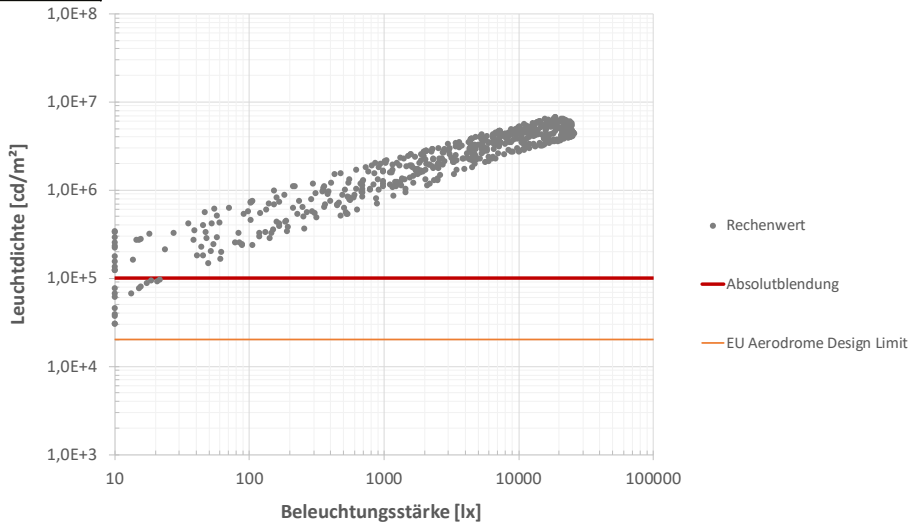




Immissionspunkt	12
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

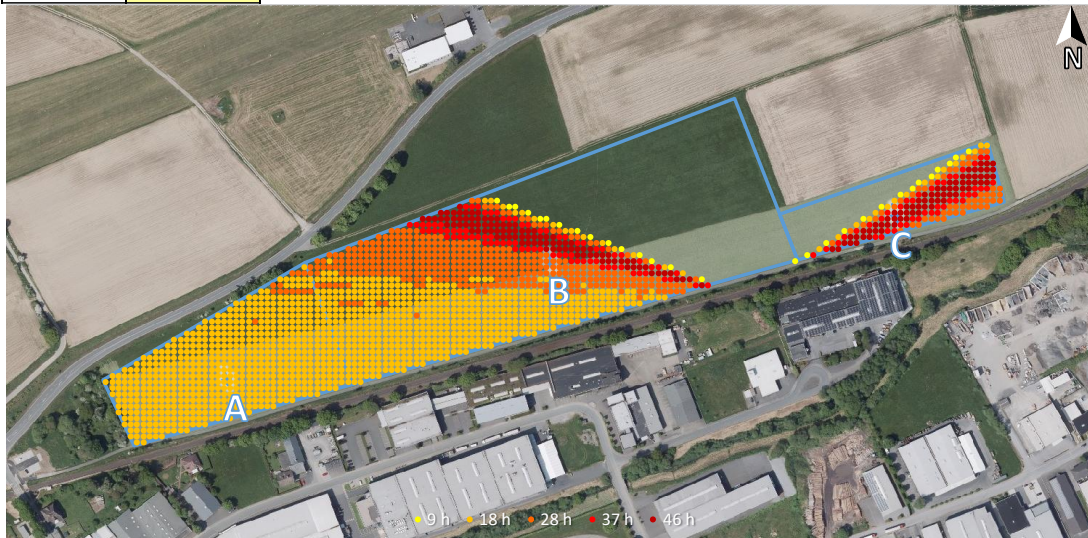
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	12
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

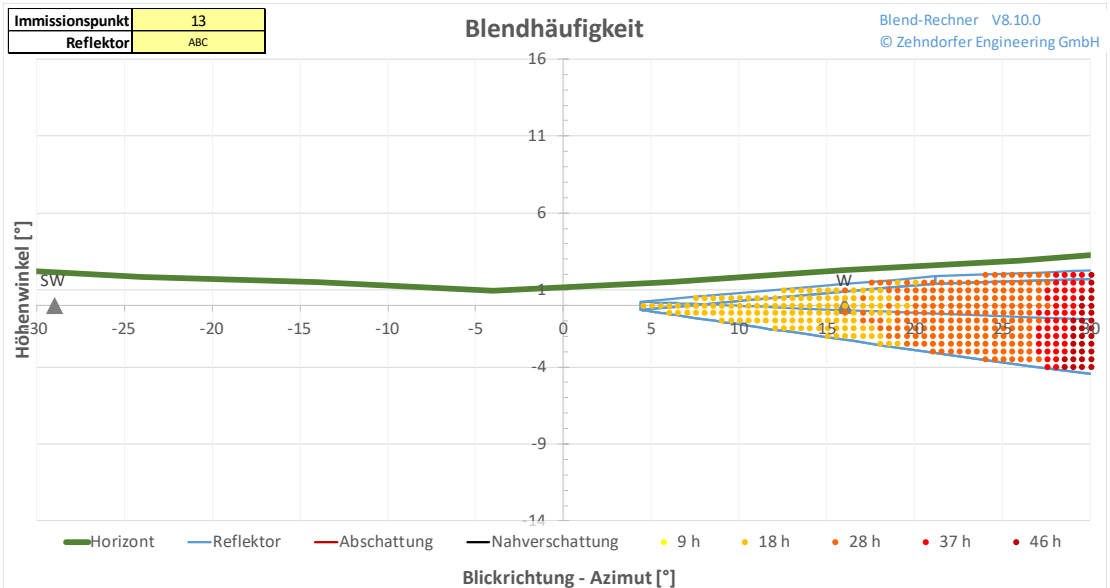
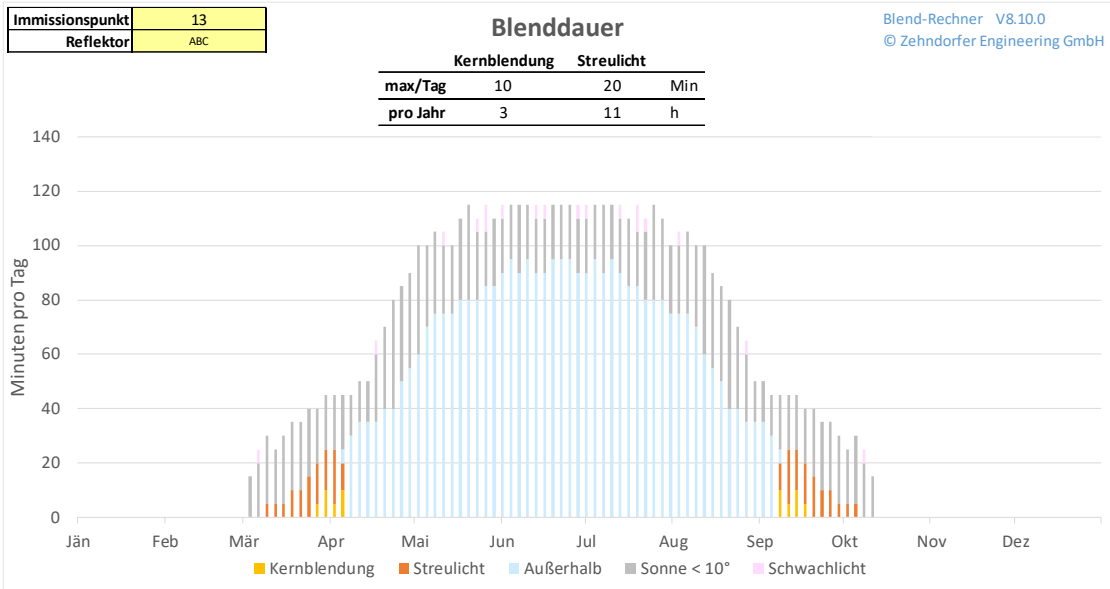
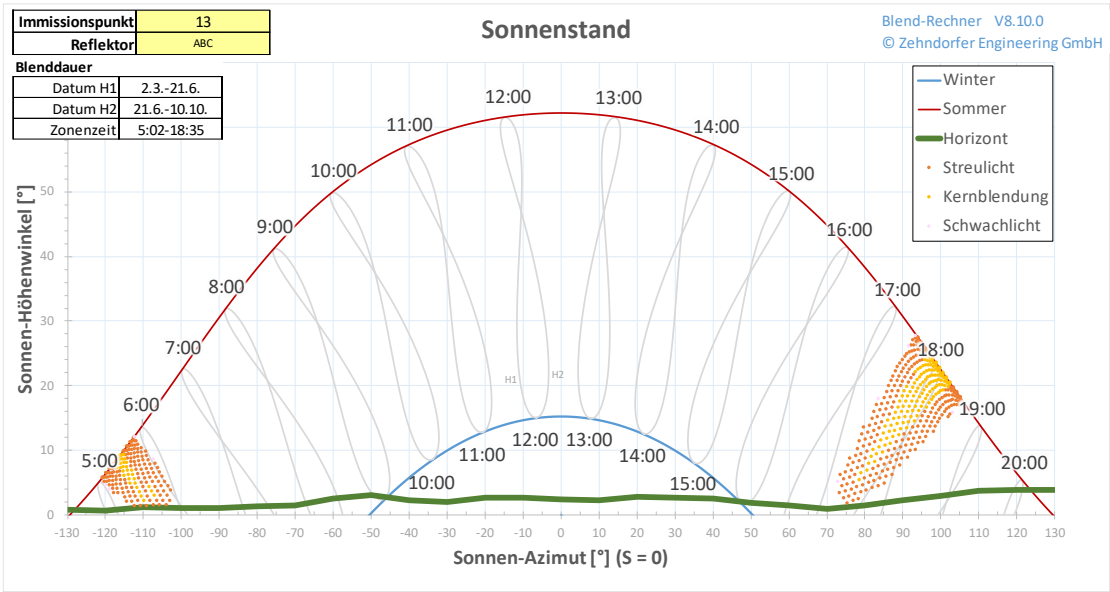
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

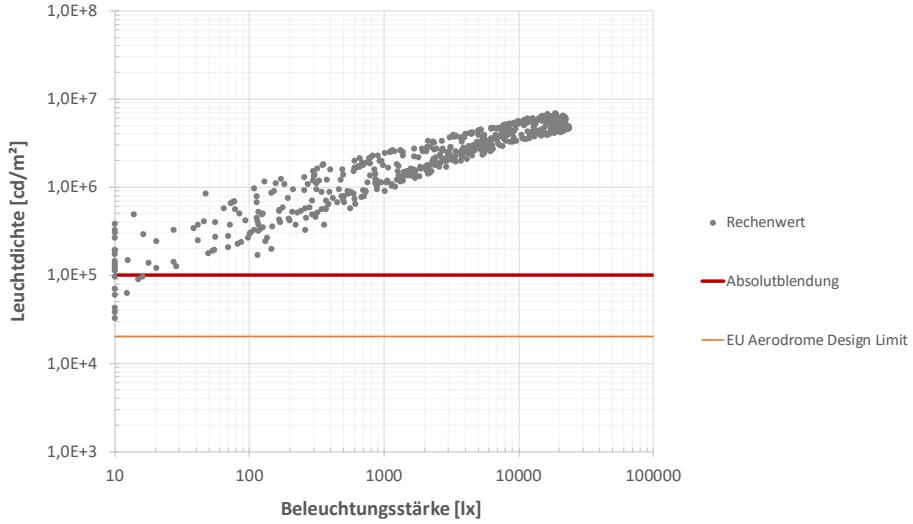




Immissionspunkt	13
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

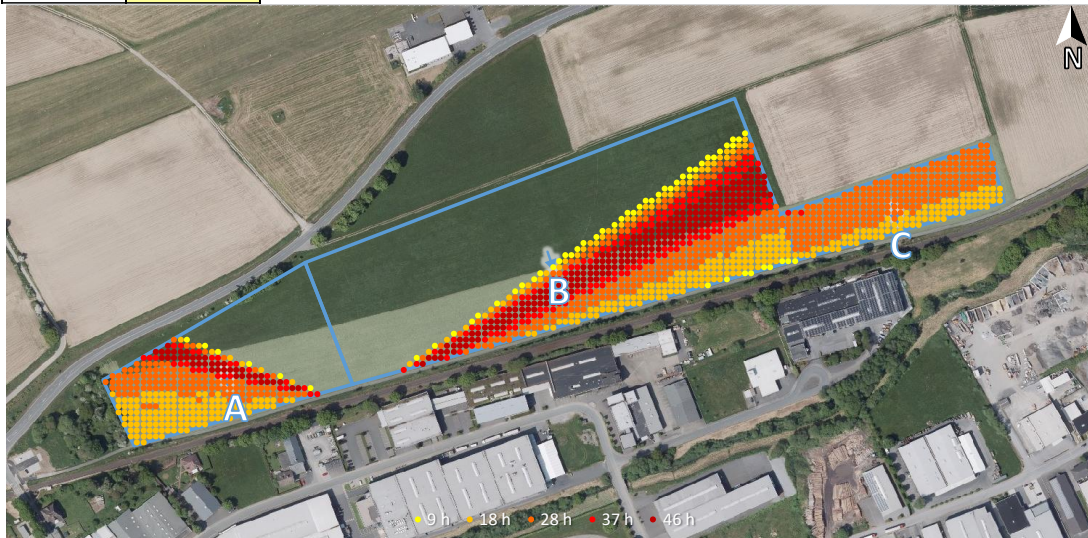
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	13
Reflektor	ABC

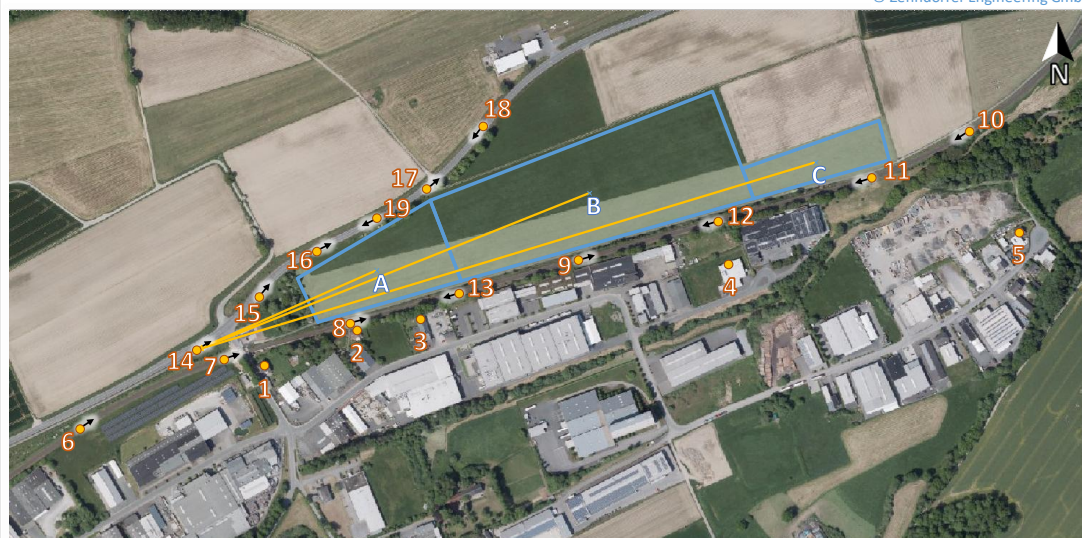
Blendhäufigkeit

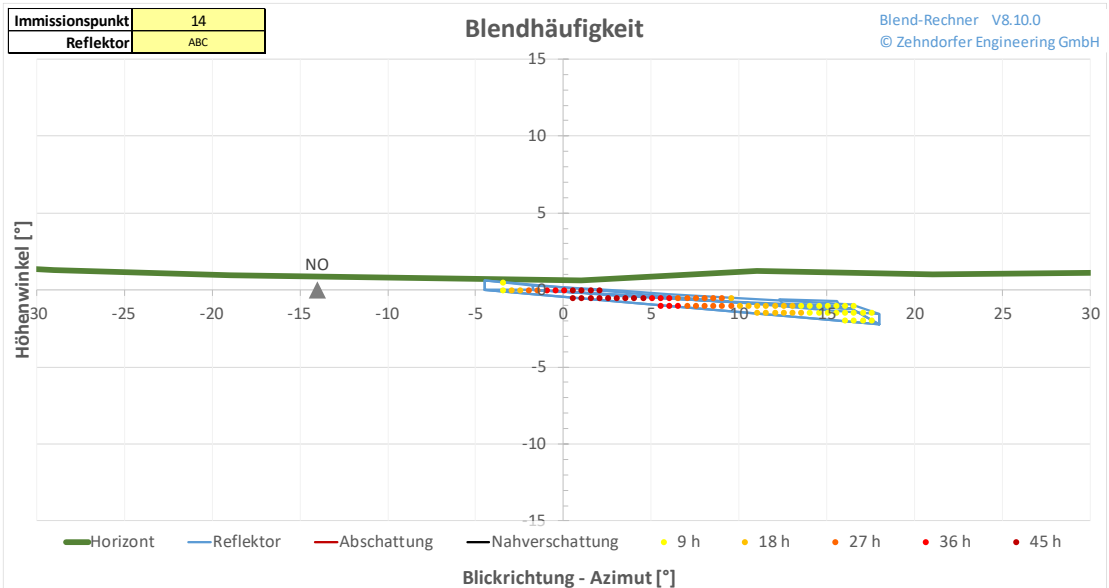
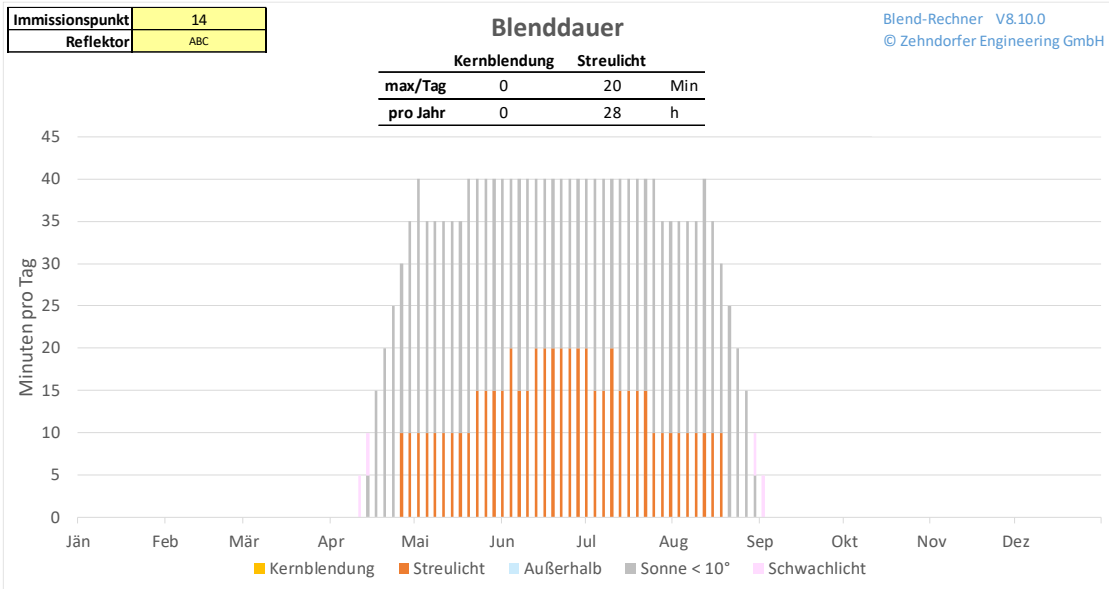
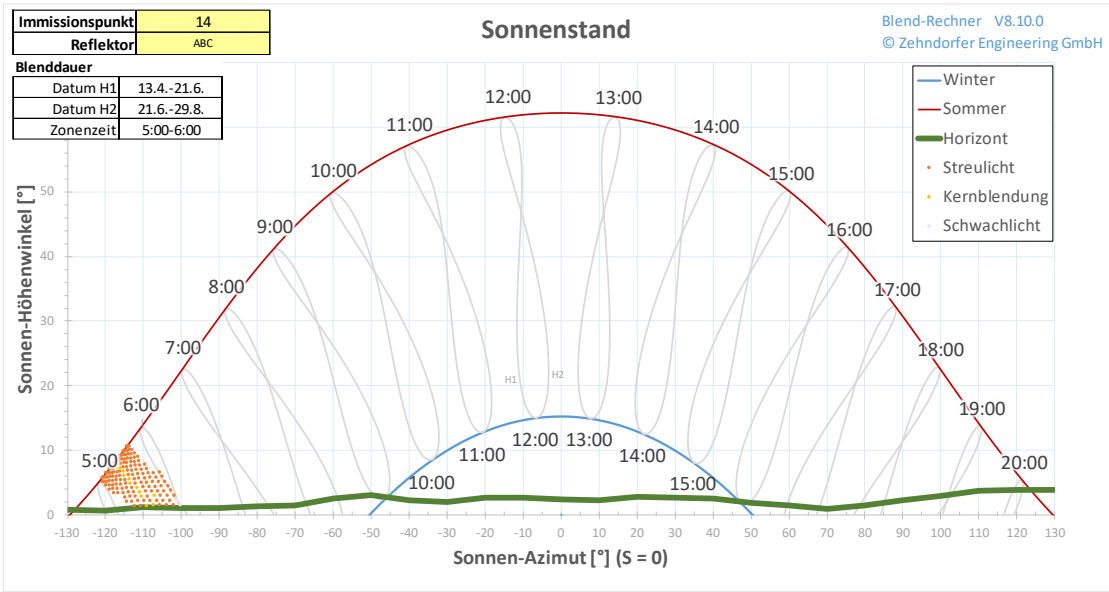
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

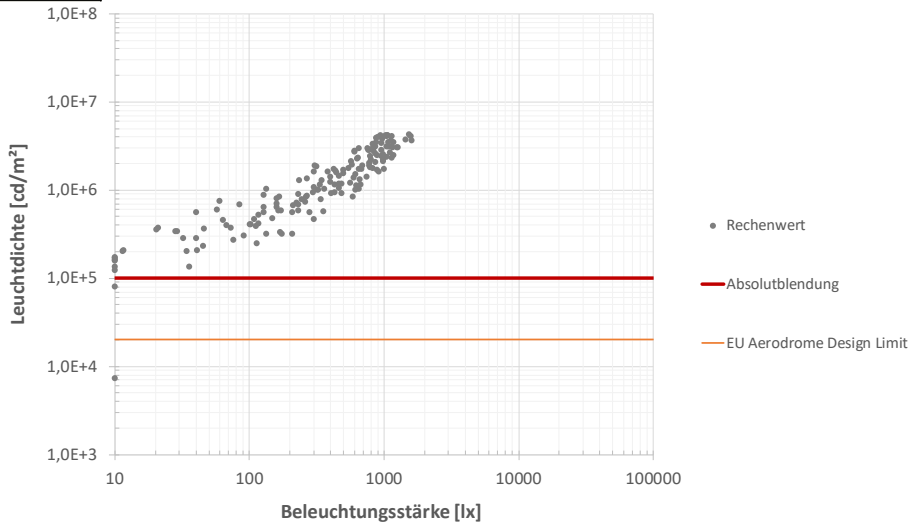




Immissionspunkt	14
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

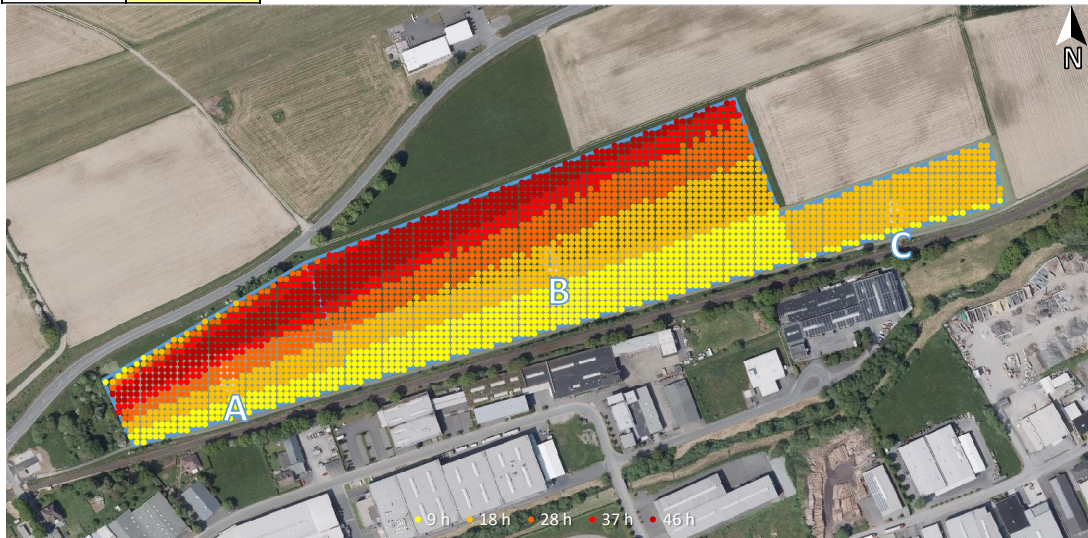
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	14
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

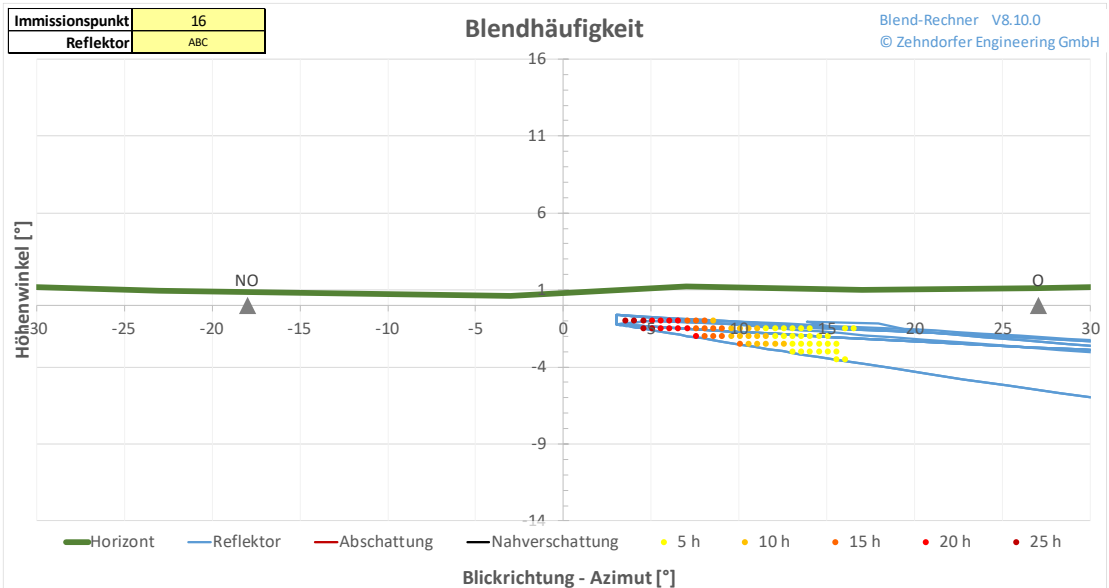
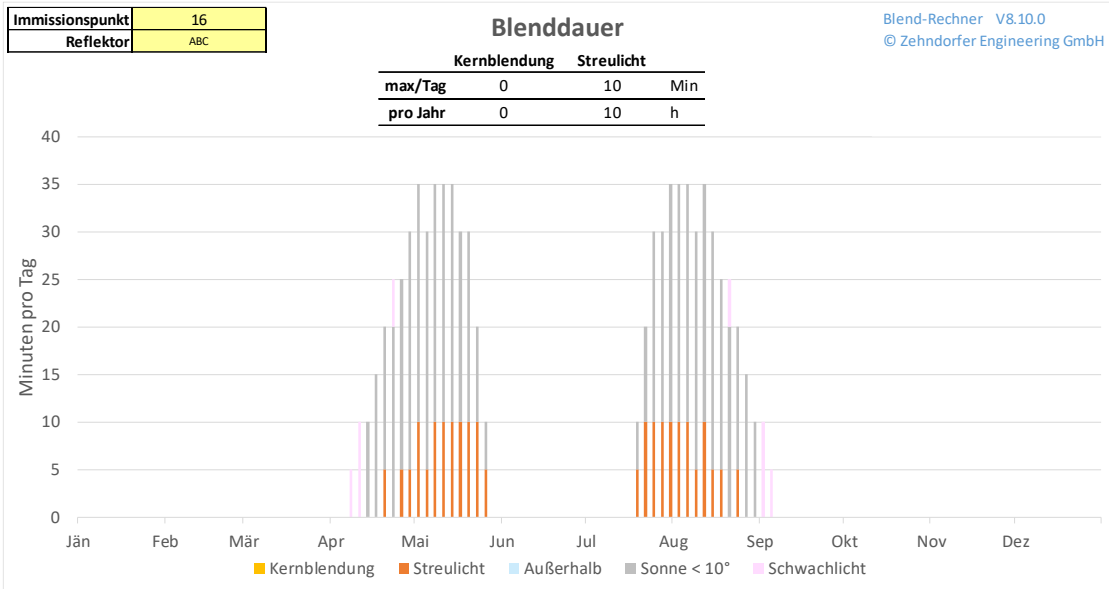
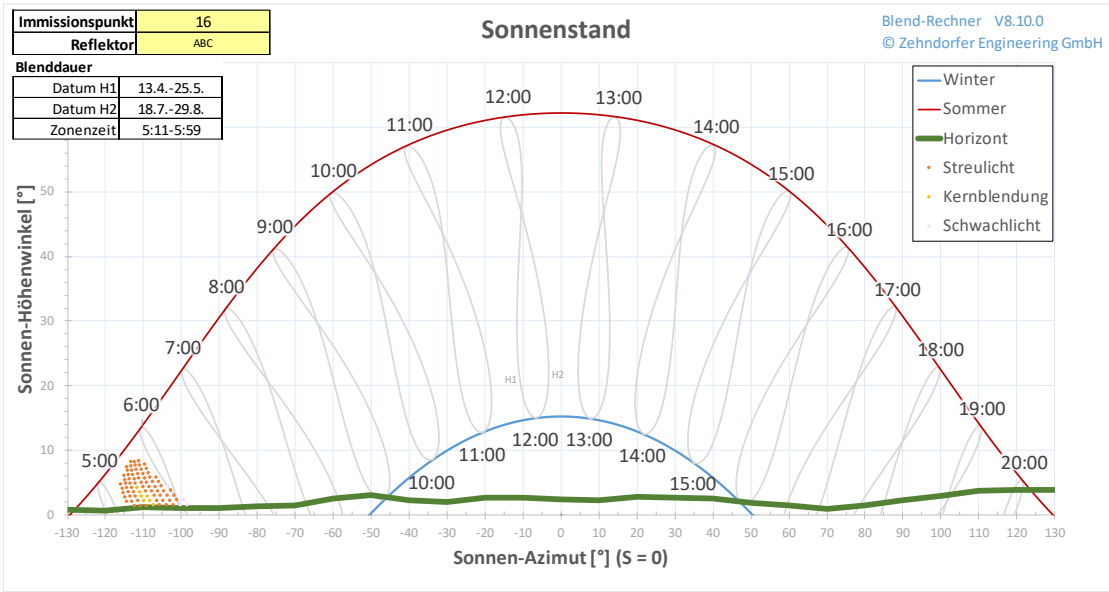
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

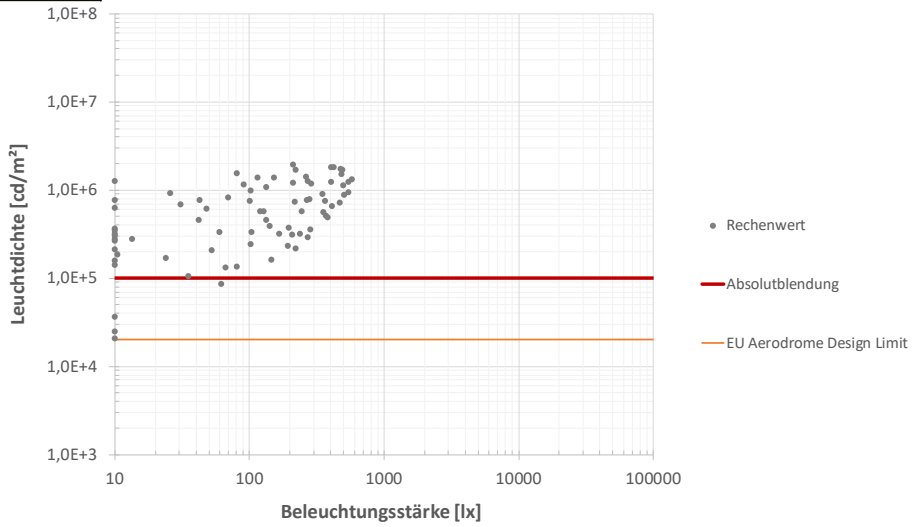




Immissionspunkt	16
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

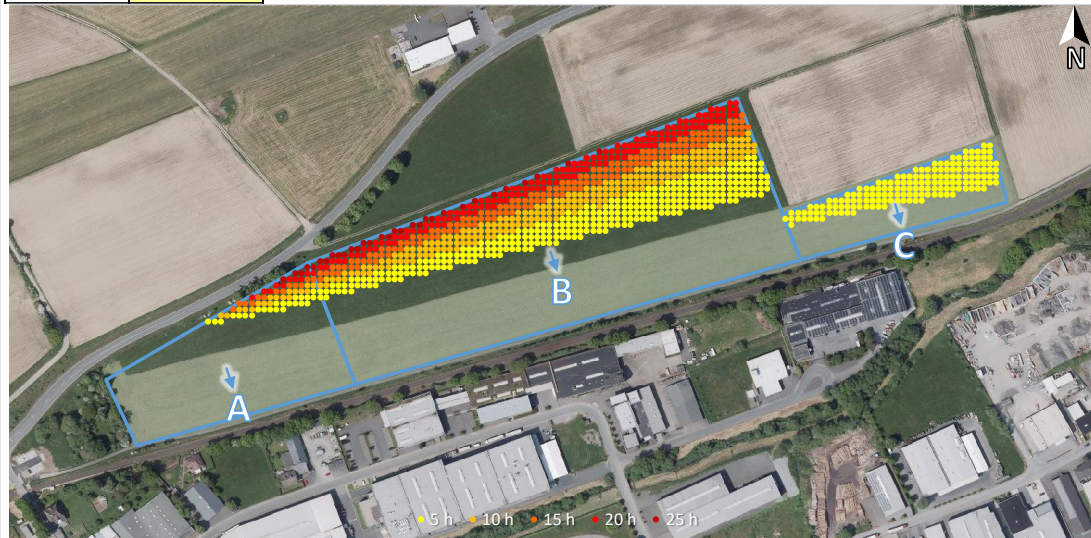
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	16
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

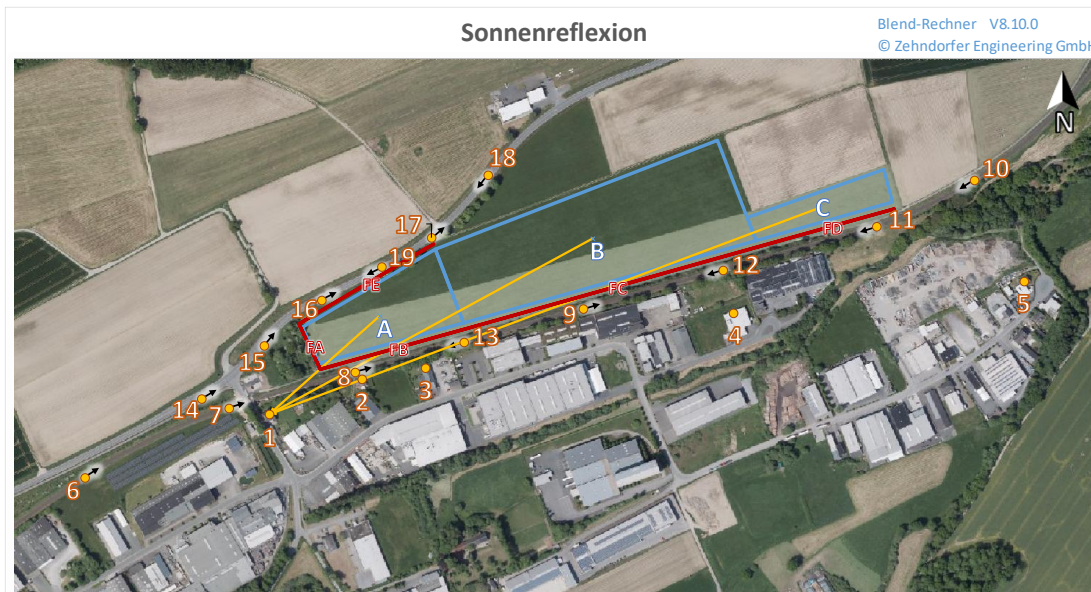


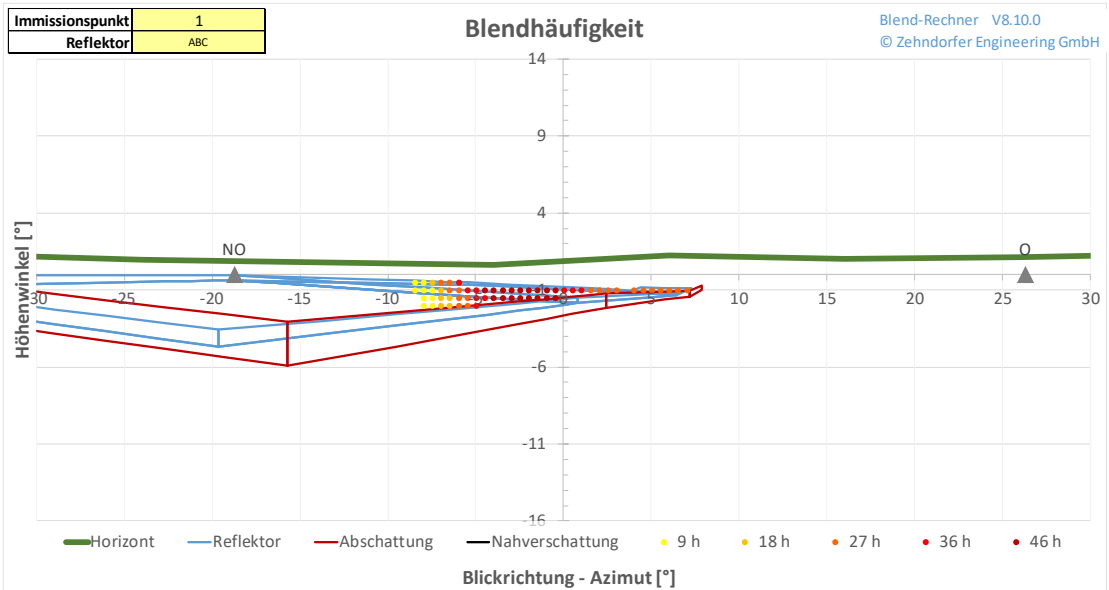
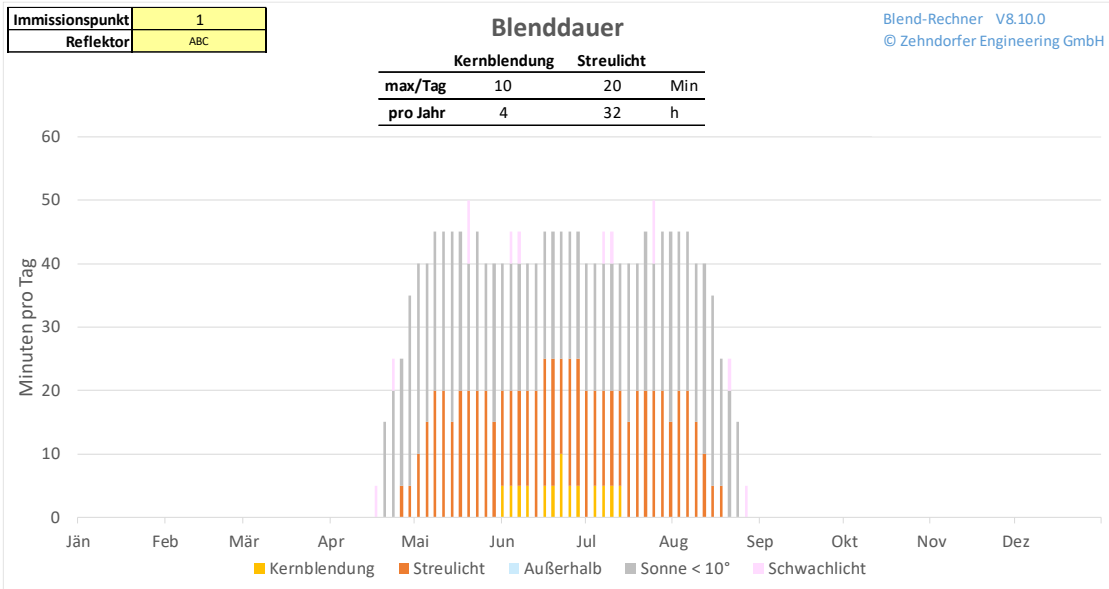
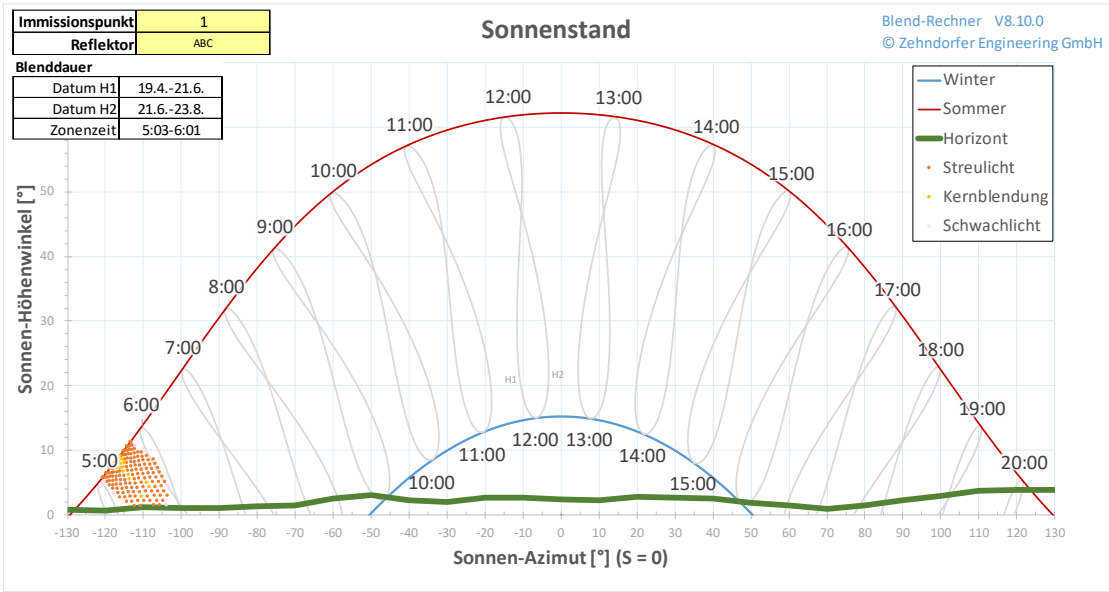
### Anhang 5.1 Ergebnisse mit blendreduzierenden Maßnahmen

Reflektor	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC
<b>Immissionspunkt</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz m	95	35	44	85	204	346	134	24	25	112
Höhenwinkel °	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
Raumwinkel msr	16	49	1	0	2	0	0	21	10	3
Datum H1	19.4.-21.6.	19.4.-21.6.	28.4.-21.6.	19.4.-21.6.	20.3.-21.6.	19.4.-16.5.	16.4.-25.5.	16.4.-25.4.	2.3.-21.6.	24.2.-13.5.
Datum H2	21.6.-23.8.	21.6.-23.8.	21.6.-14.8.	21.6.-23.8.	21.6.-22.9.	27.7.-23.8.	18.7.-26.8.	17.8.-26.8.	21.6.-10.10.	30.7.-16.10.
Zeit	5:03-6:01	5:02-6:00	5:21-18:33	17:41-18:33	17:29-18:27	5:11-6:00	5:07-6:00	5:35-6:00	5:14-18:33	17:04-18:24
Kernblendung min / Tag	10	0	5	5	5	0	0	0	0	0
Kernblendung h / Jahr	4	0	4	0	4	0	0	0	0	0
Streulicht min / Tag	20	15	45	40	35	10	10	5	15	0
Streulicht h / Jahr	32	16	58	68	80	4	6	0	17	0
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	18	15	26	26	28	13	14	10	27	24
Blendung - Blickwinkel (min) °	0	1	11	5	0	7	0	2	3	16
Leuchtdichte (max) [k cd/m²]	4 513	4 196	6 422	6 835	6 450	2 139	2 580	693	6 855	6 628
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²]	35	33	50	53	50	15	20	1	53	52
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	4 089	253	1 307	0	3 092	48	53	7	2 392	3 489

Reflektor	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC
<b>Immissionspunkt</b>	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Distanz m	26	26	25	161	57	19	17	68	16
Höhenwinkel °	1	1	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2
Raumwinkel msr	1	96	70	0	0	0	256	33	284
Datum H1	5.3.-7.4.	27.2.-21.6.	10.4.-21.6.	16.4.-22.4.	-	13.4.-19.4.	16.4.-1.5.	-	10.4.-10.5.
Datum H2	4.9.-7.10.	21.6.-13.10.	21.6.-1.9.	20.8.-26.8.	-	23.8.-29.8.	11.8.-26.8.	-	2.8.-1.9.
Zeit	17:13-18:08	5:10-18:30	5:02-18:20	5:41-5:59	-	5:46-5:59	5:23-5:50	-	5:17-6:05
Kernblendung min / Tag	0	5	0	0	-	0	0	-	0
Kernblendung h / Jahr	0	0	0	0	-	0	0	-	0
Streulicht min / Tag	15	15	0	0	-	0	0	-	0
Streulicht h / Jahr	7	8	0	0	-	0	0	-	0
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	17	27	21	9	-	8	10	-	13
Blendung - Blickwinkel (min) °	5	3	20	14	-	14	21	-	163
Leuchtdichte (max) [k cd/m²]	6 116	6 821	7 020	443	-	208	468	-	843
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²]	48	53	55	0	-	0	4	-	7
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	1 176	9 521	4 962	0	-	18	74	-	667

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

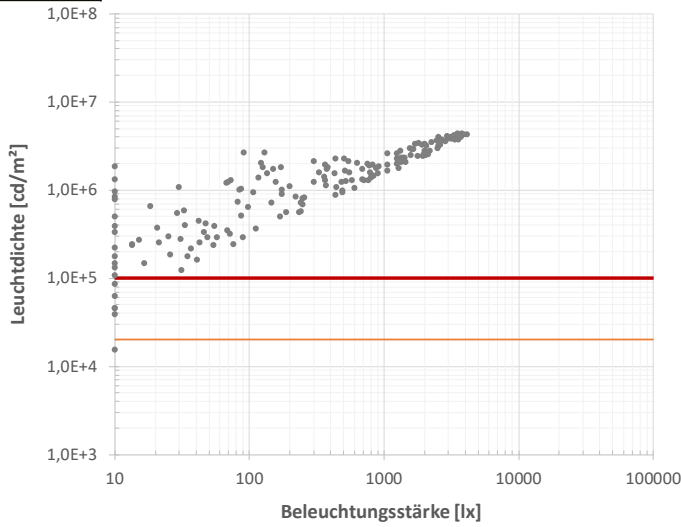




Immissionspunkt	1
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

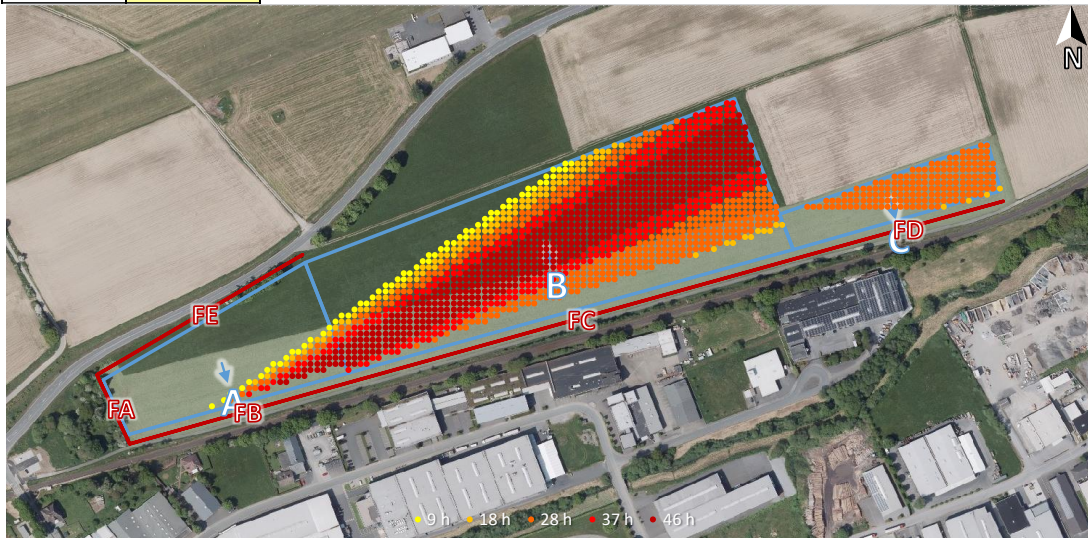


- Rechenwert
- Absolutblendung
- EU Aerodrome Design Limit

Immissionspunkt	1
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

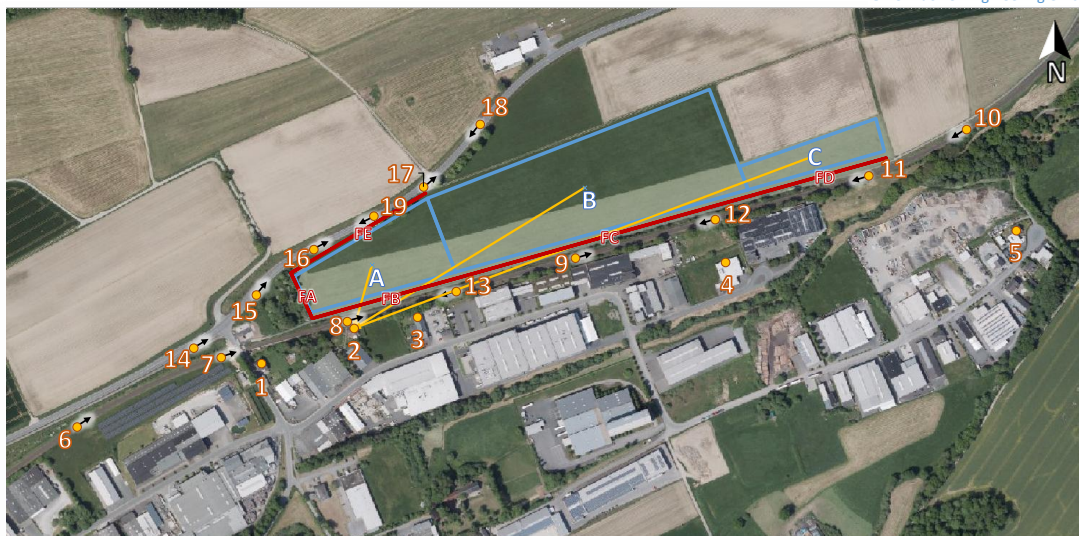
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

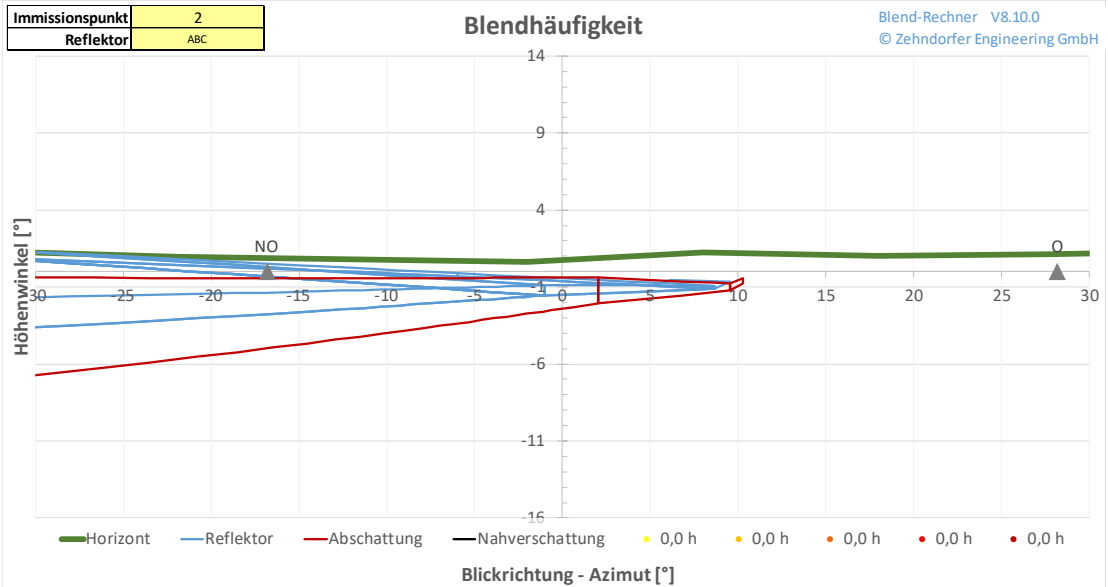
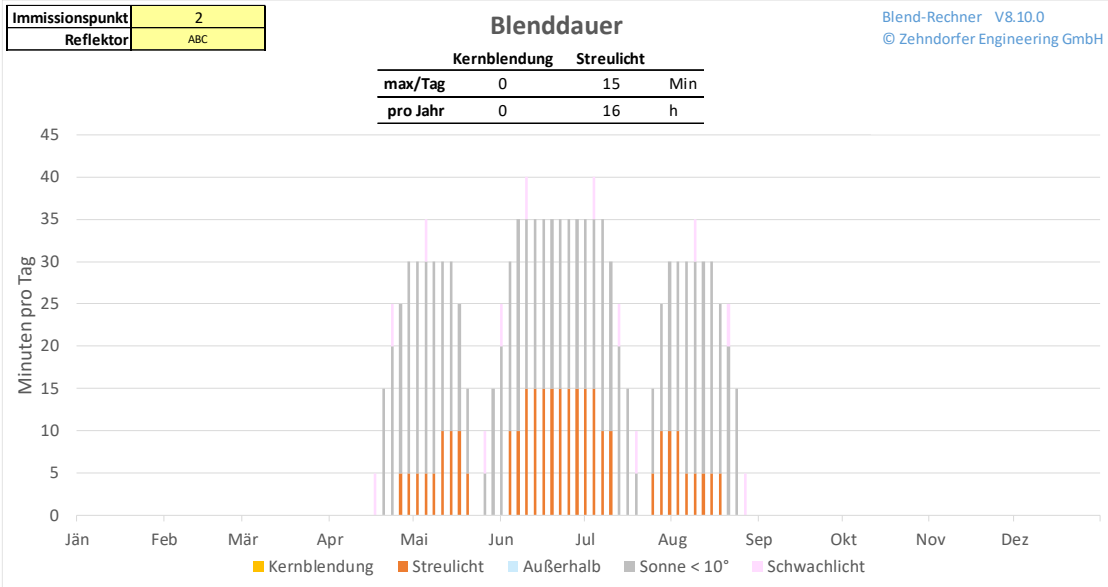
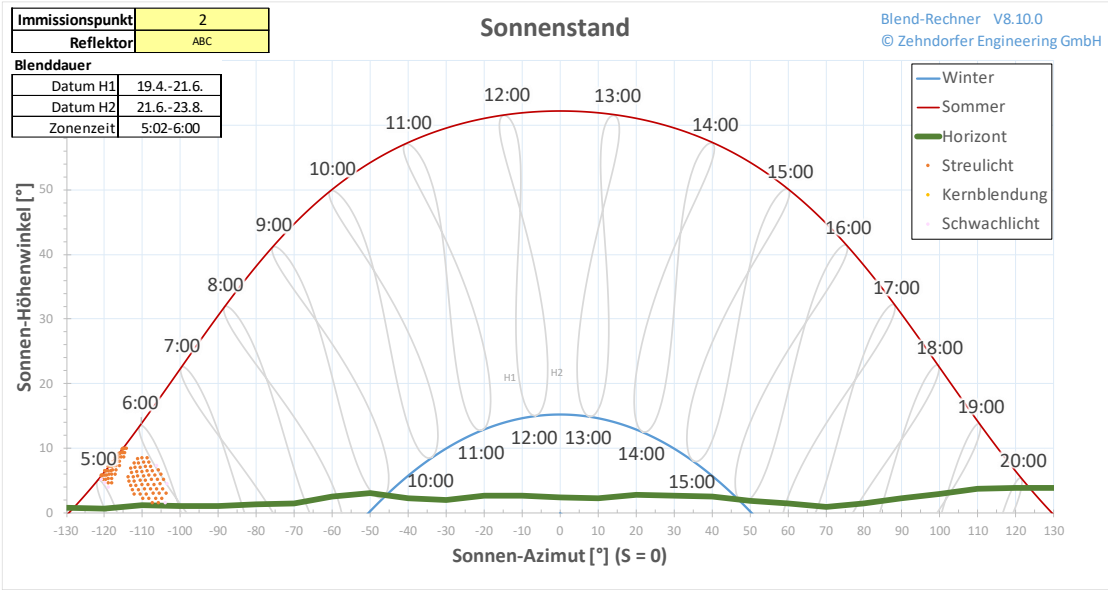


Immissionspunkt	1
Reflektor	ABC

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

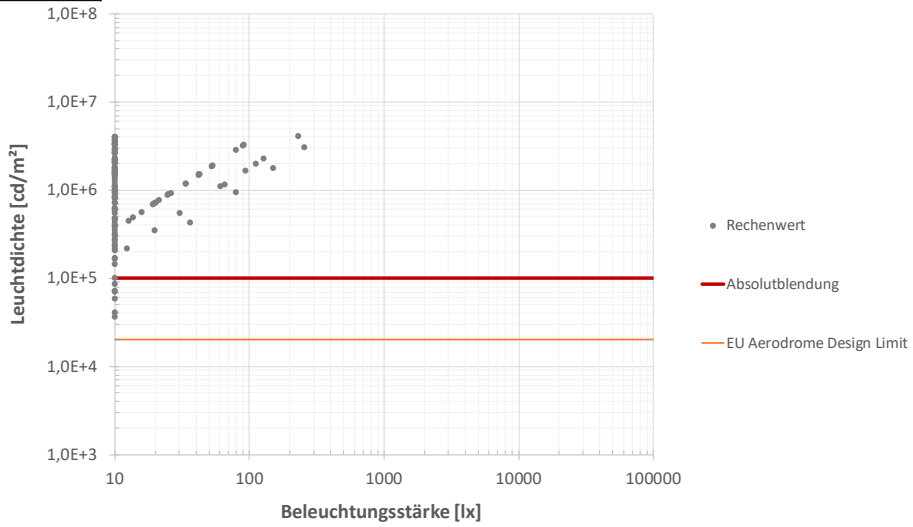




Immissionspunkt	2
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

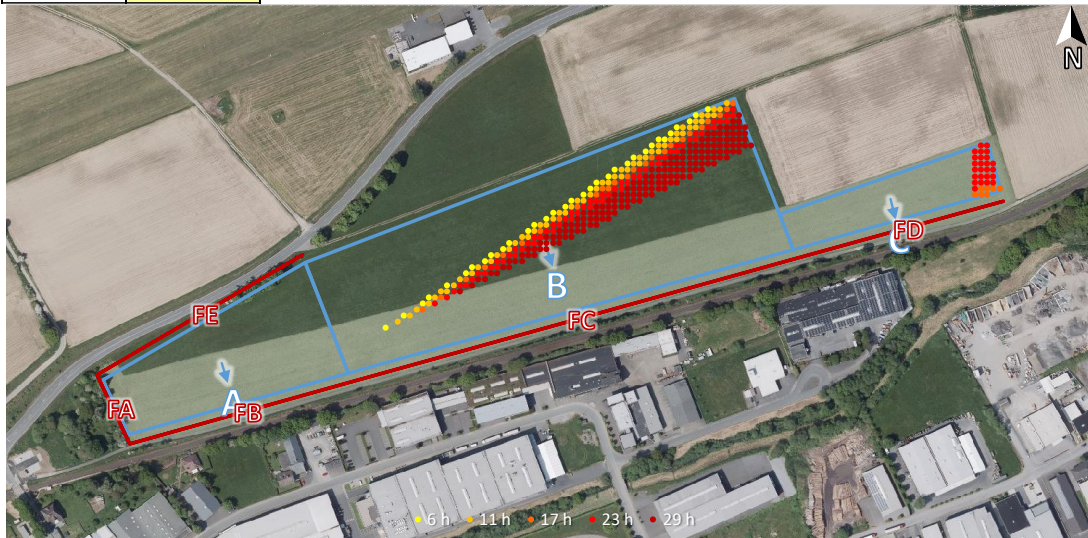
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	2
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

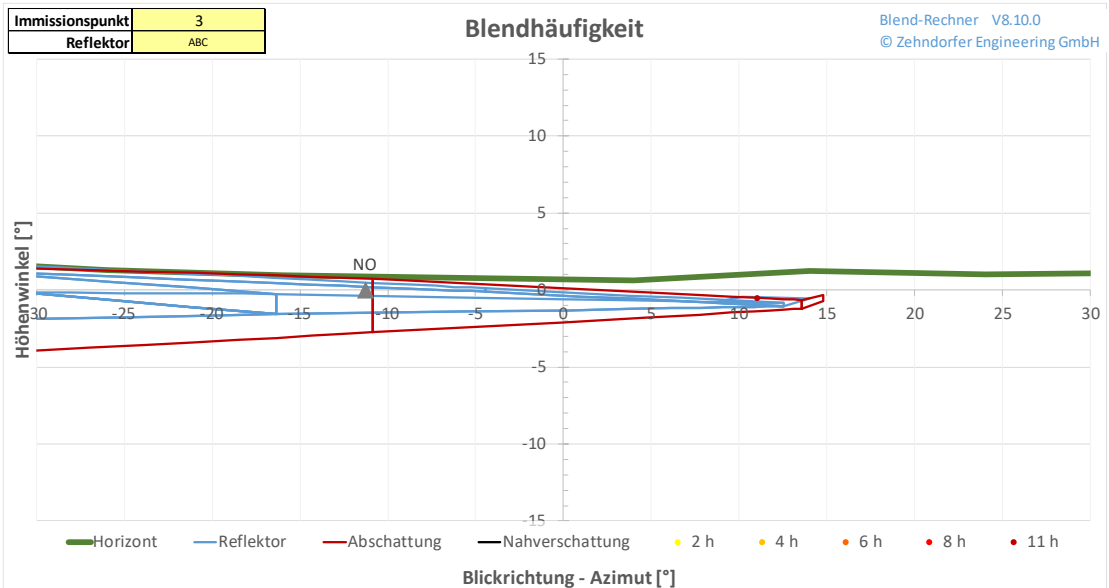
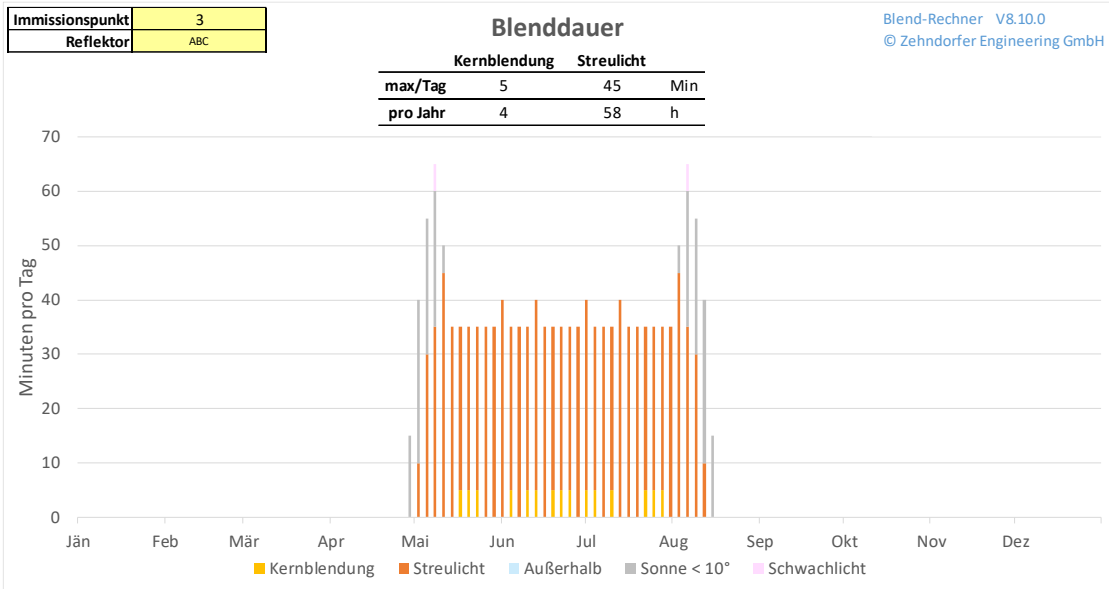
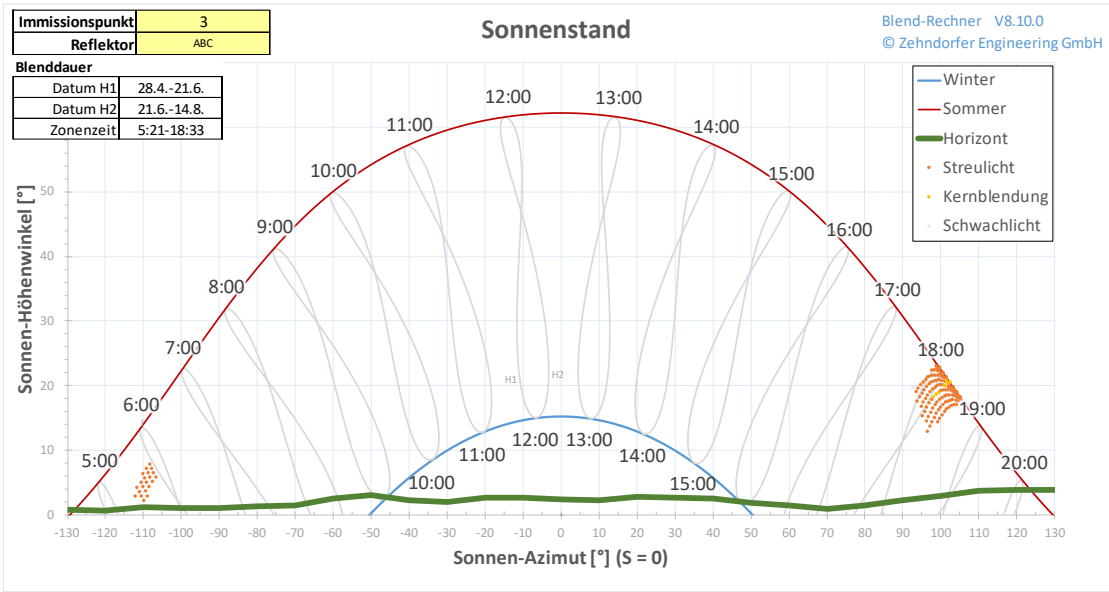
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

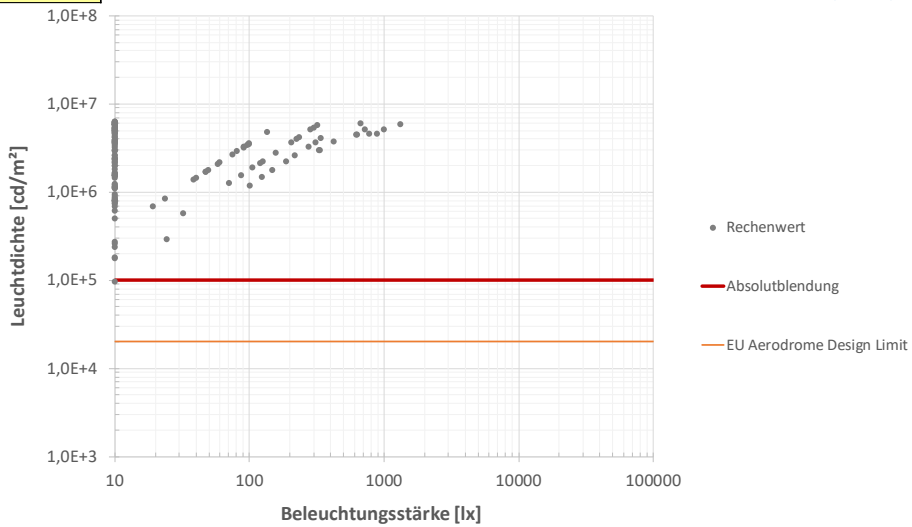




Immissionspunkt	3
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	3
Reflektor	ABC

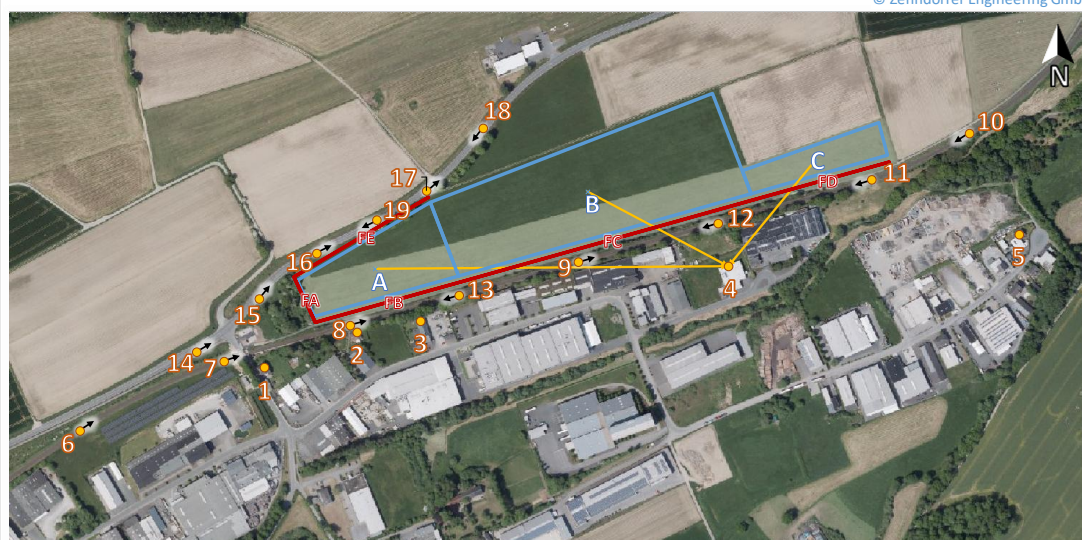
Blendhäufigkeit

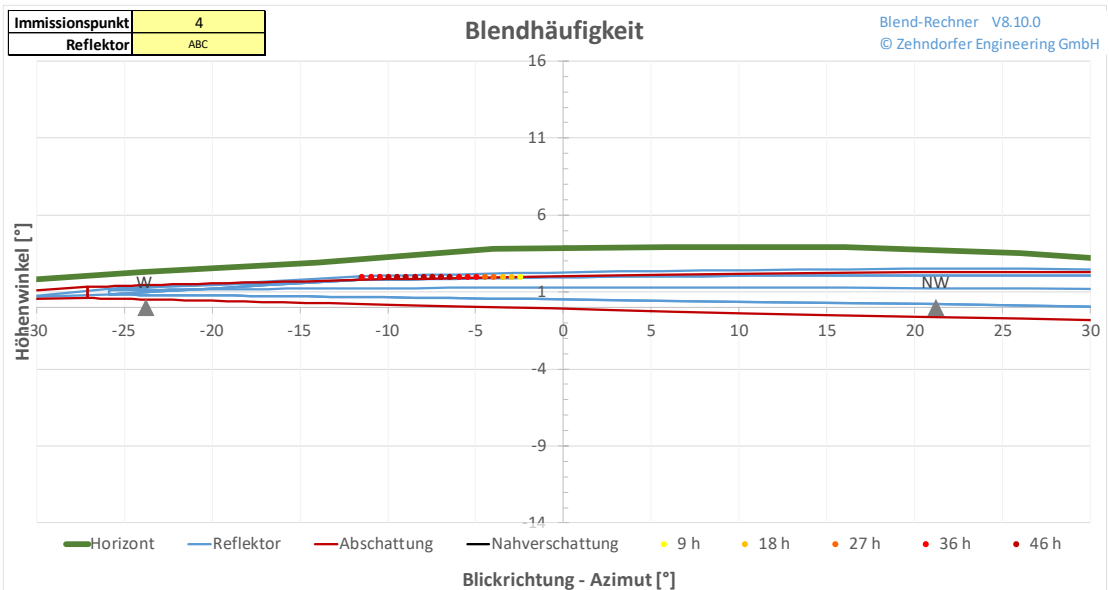
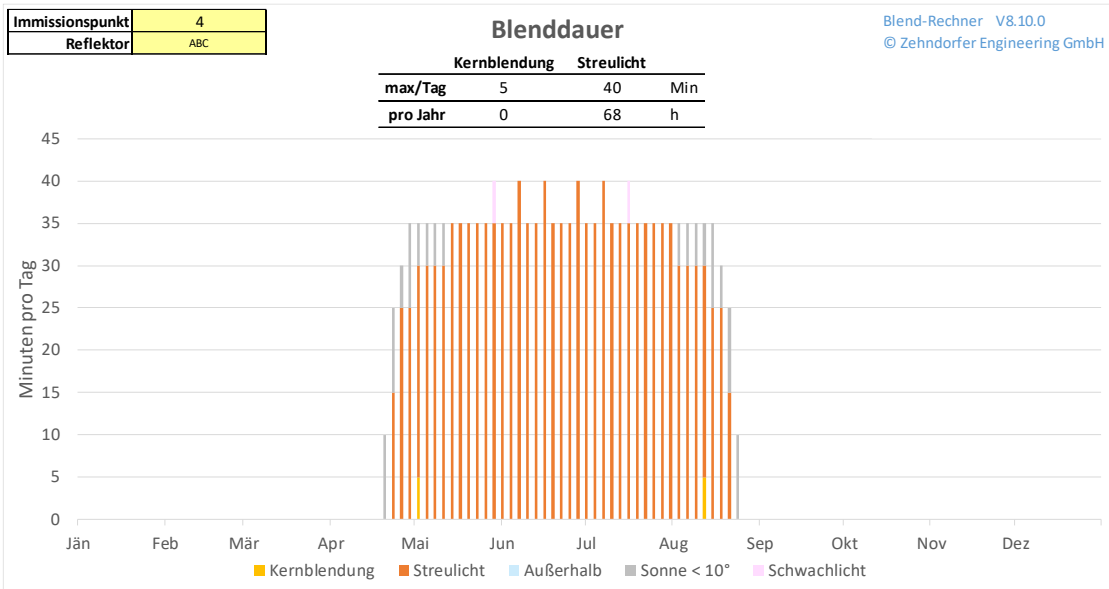
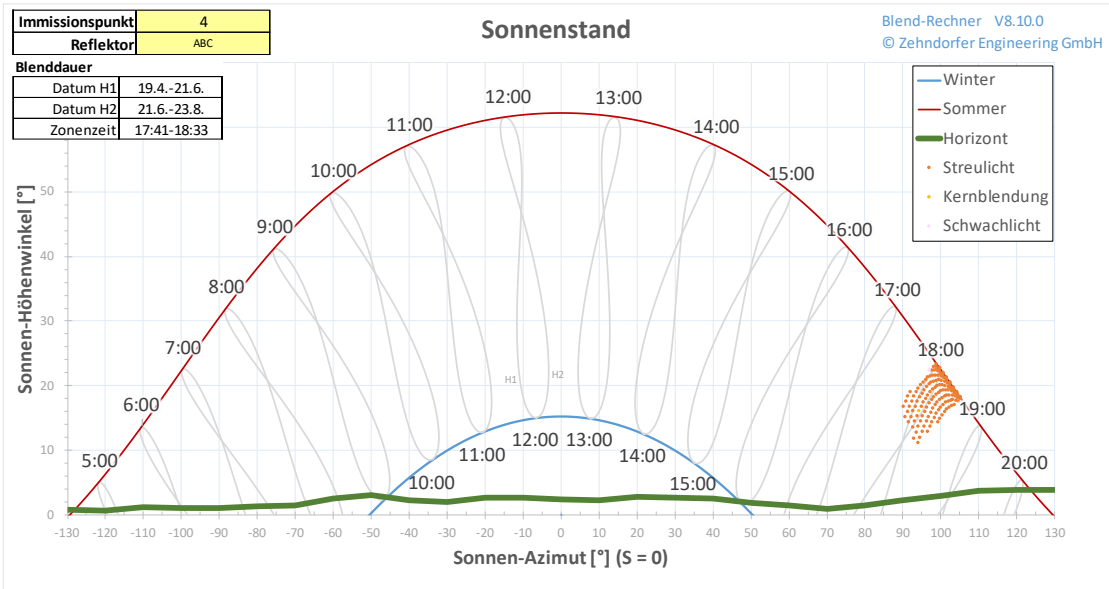
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

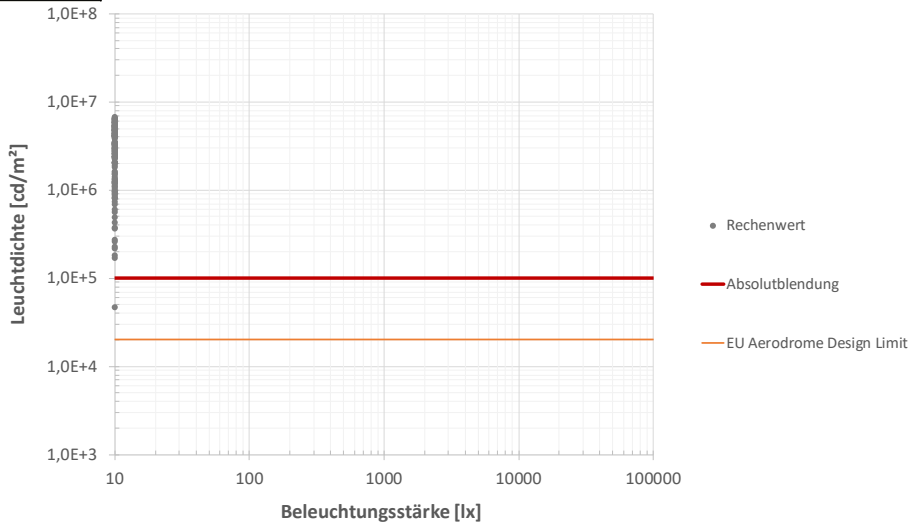




Immissionspunkt	4
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

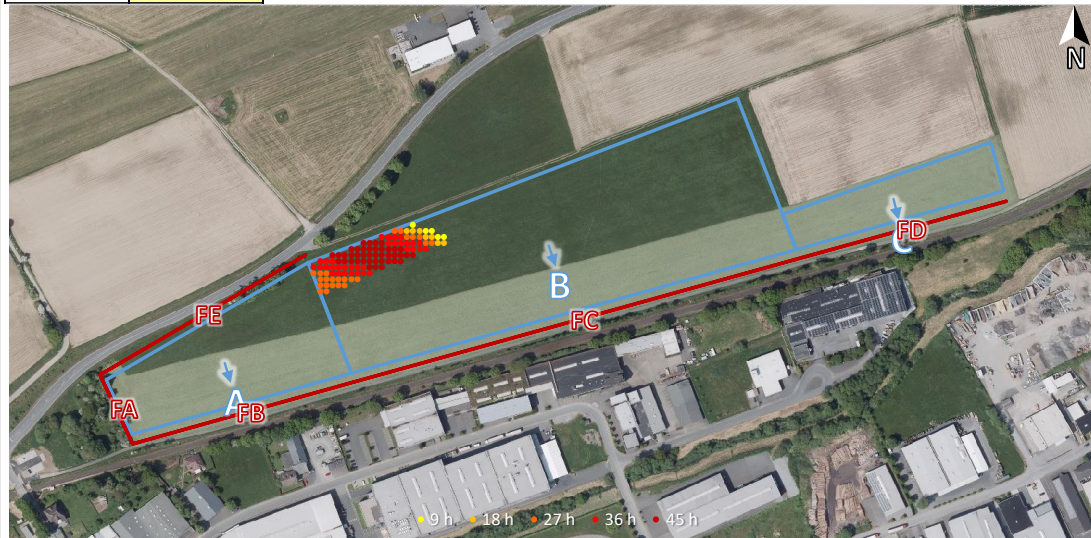
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	4
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

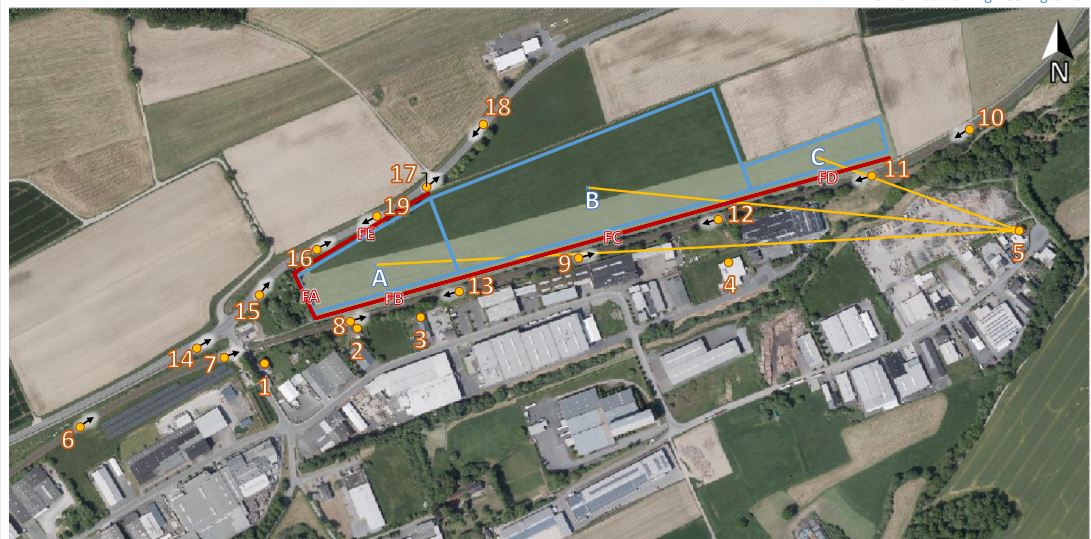
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

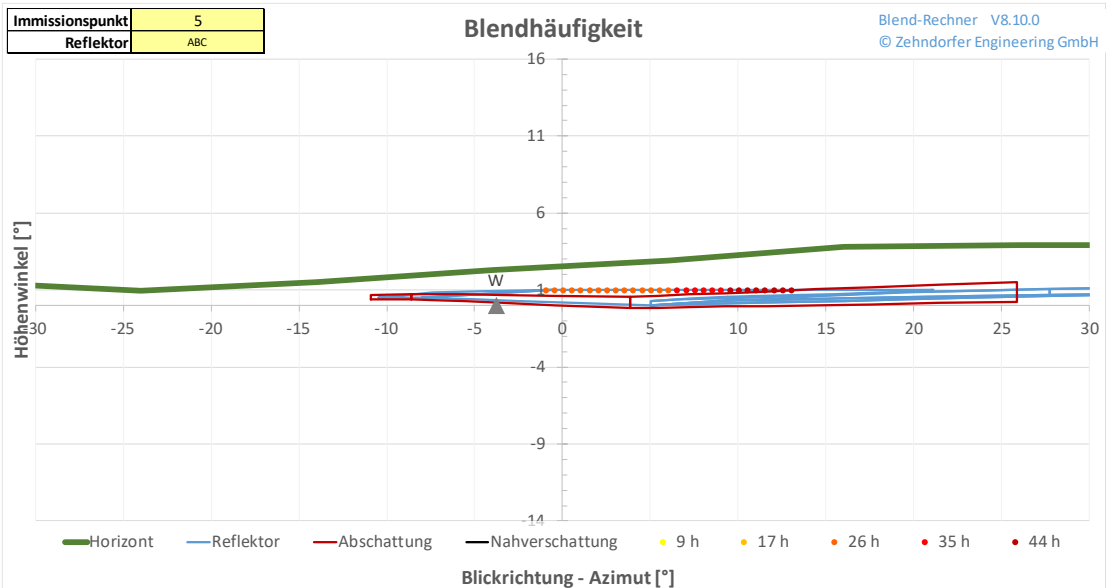
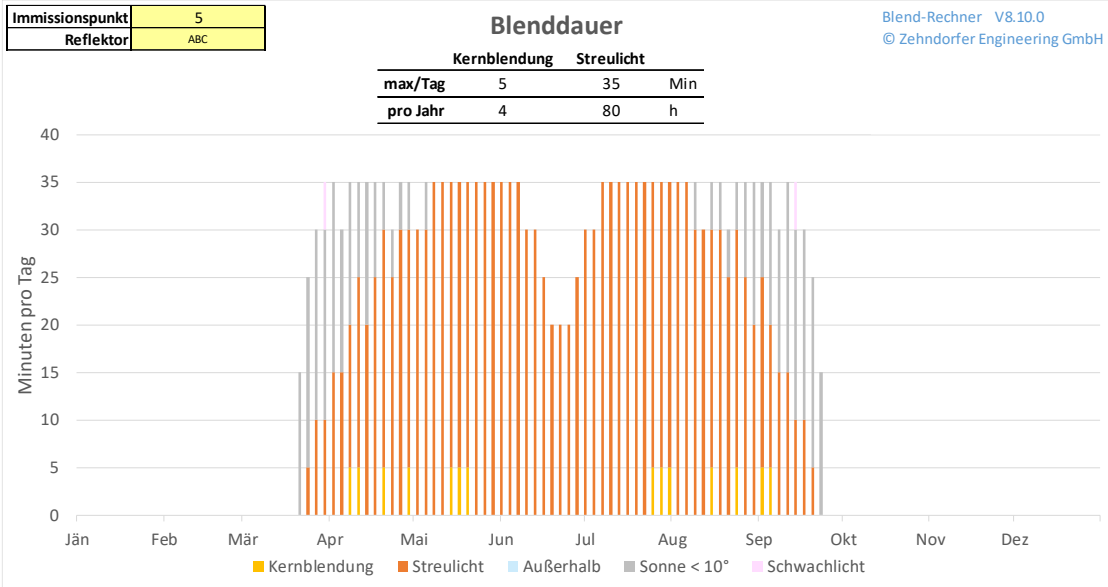
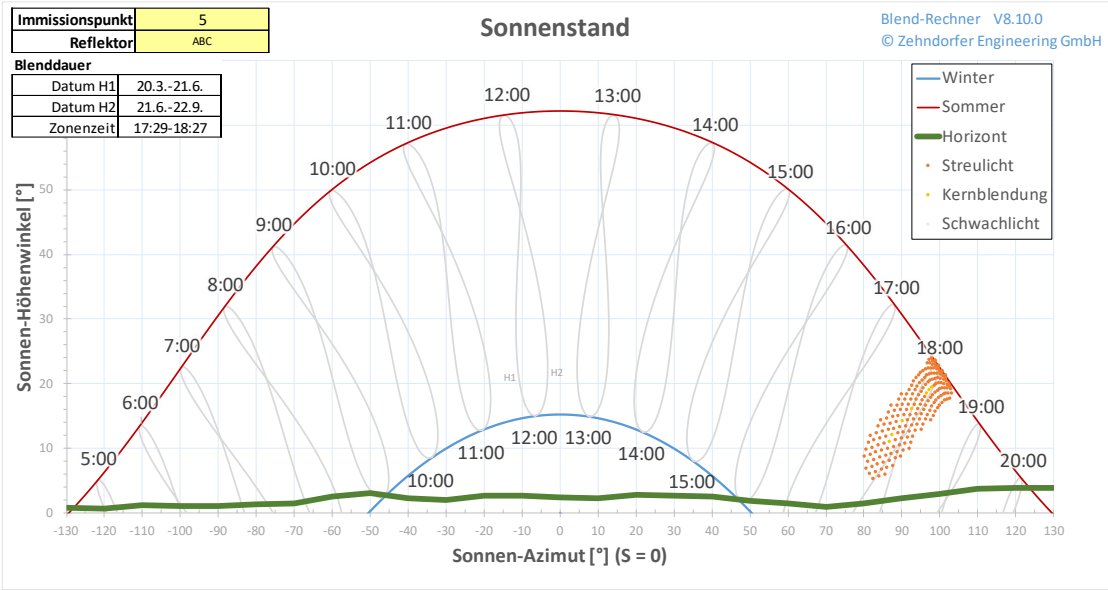


Immissionspunkt	4
Reflektor	ABC

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

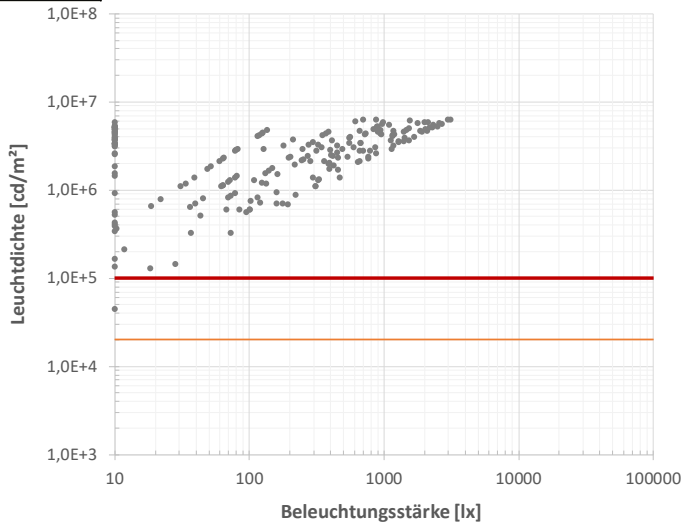




Immissionspunkt	5
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

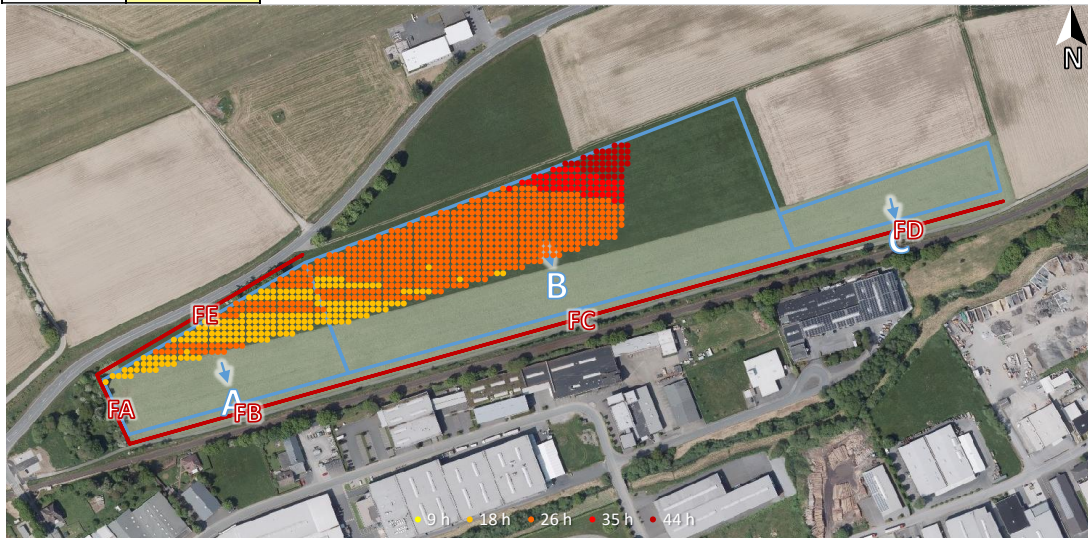


- Rechenwert
- Absolutblendung
- EU Aerodrome Design Limit

Immissionspunkt	5
Reflektor	ABC

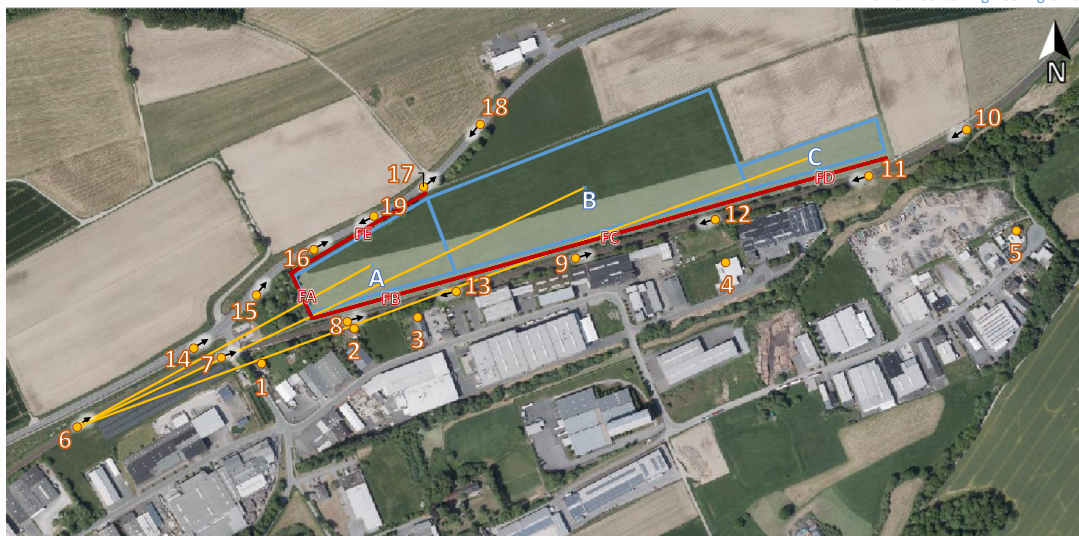
Blendhäufigkeit

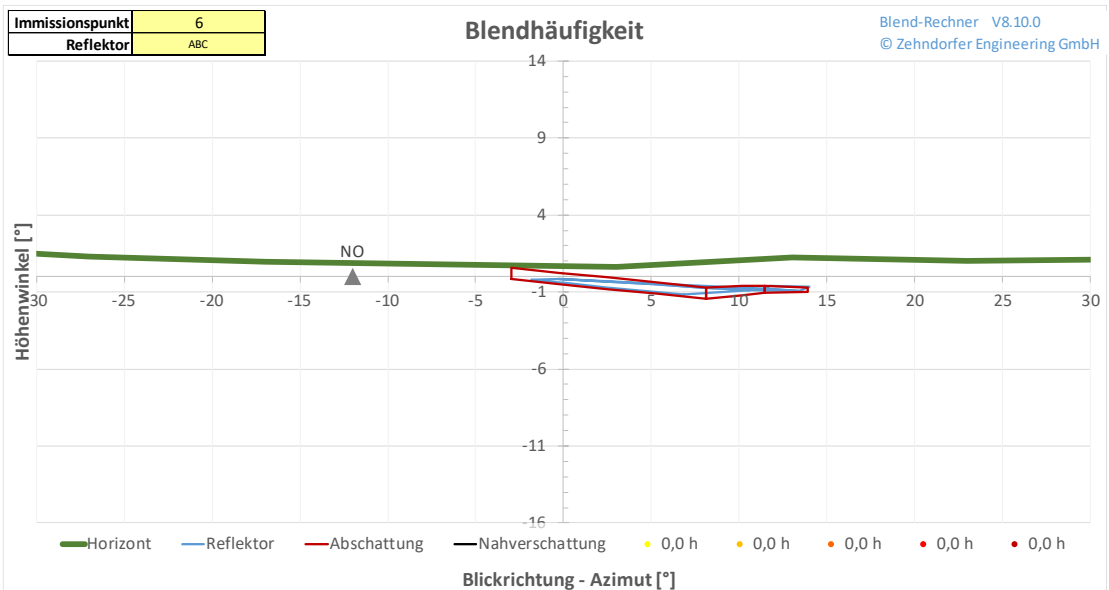
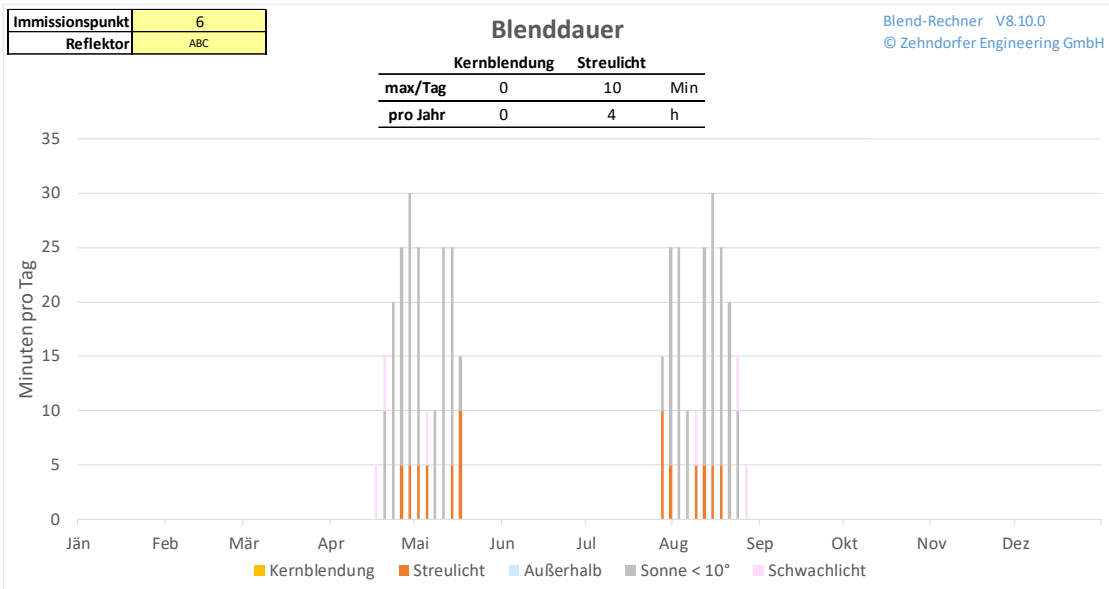
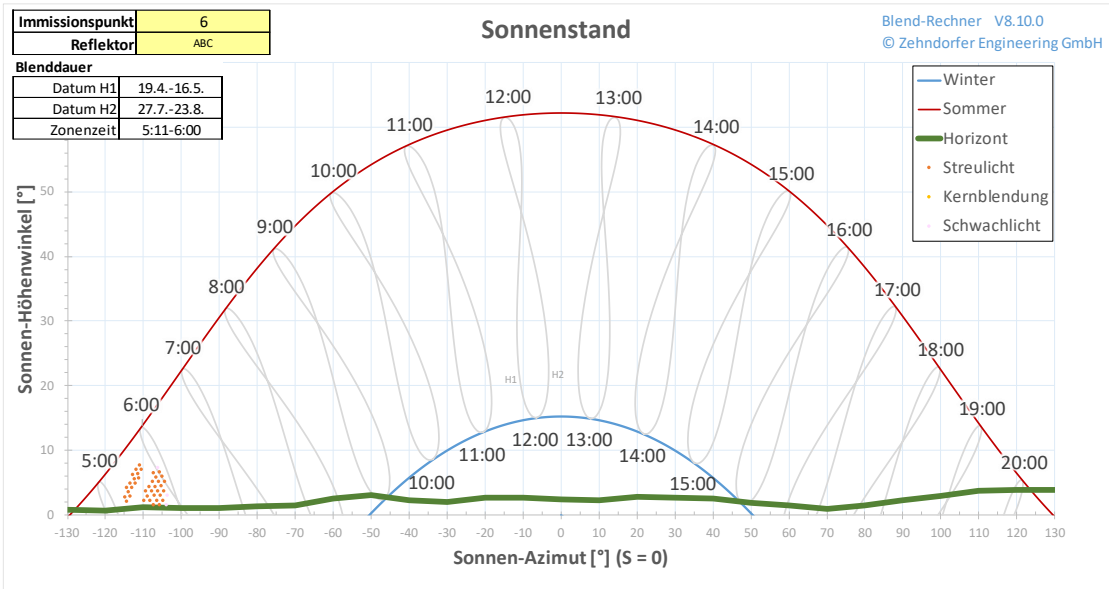
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

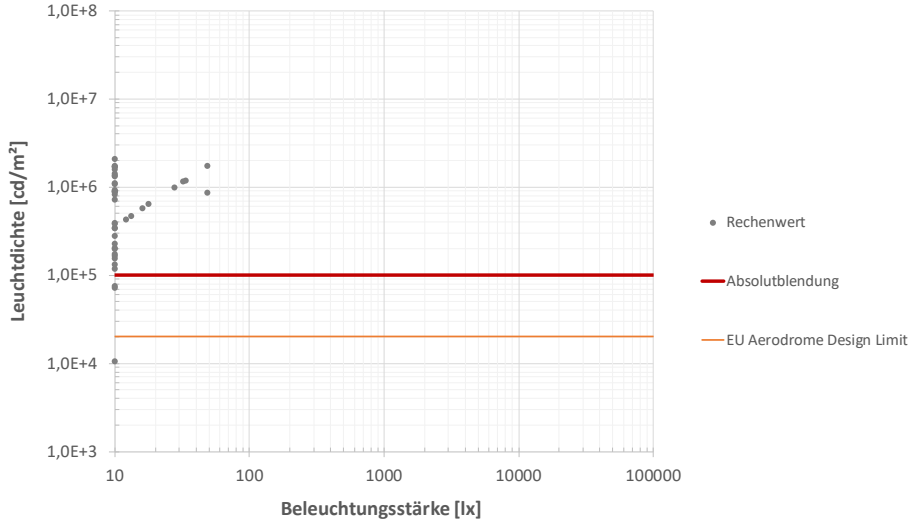




Immissionspunkt	6
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	6
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

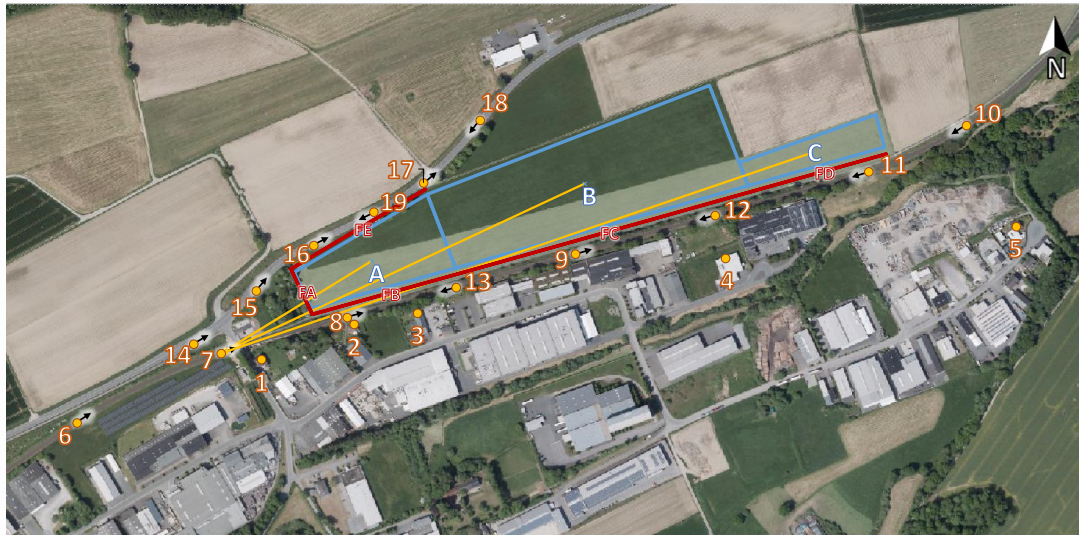
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

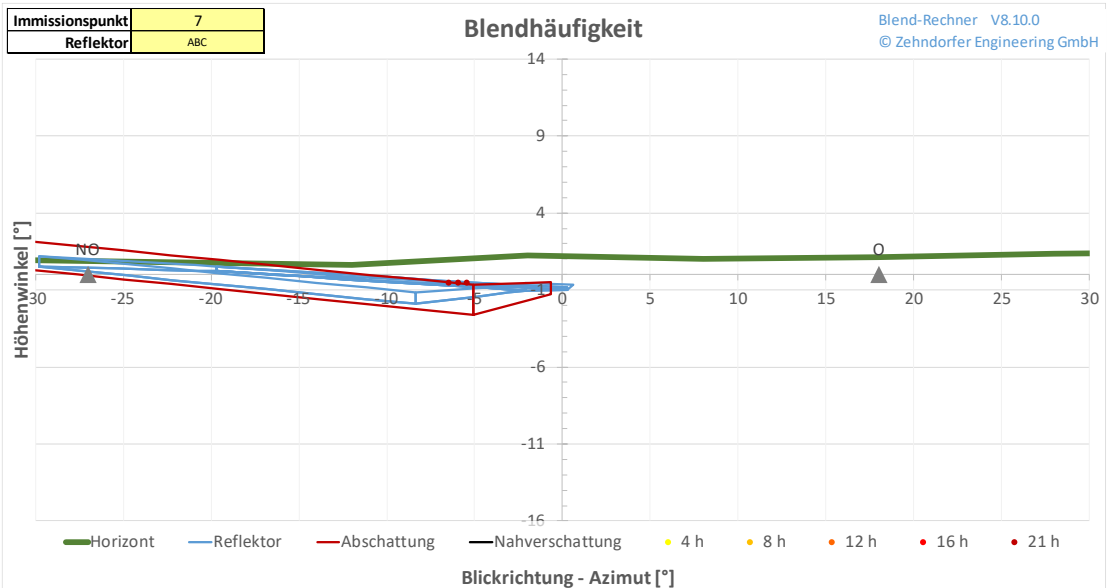
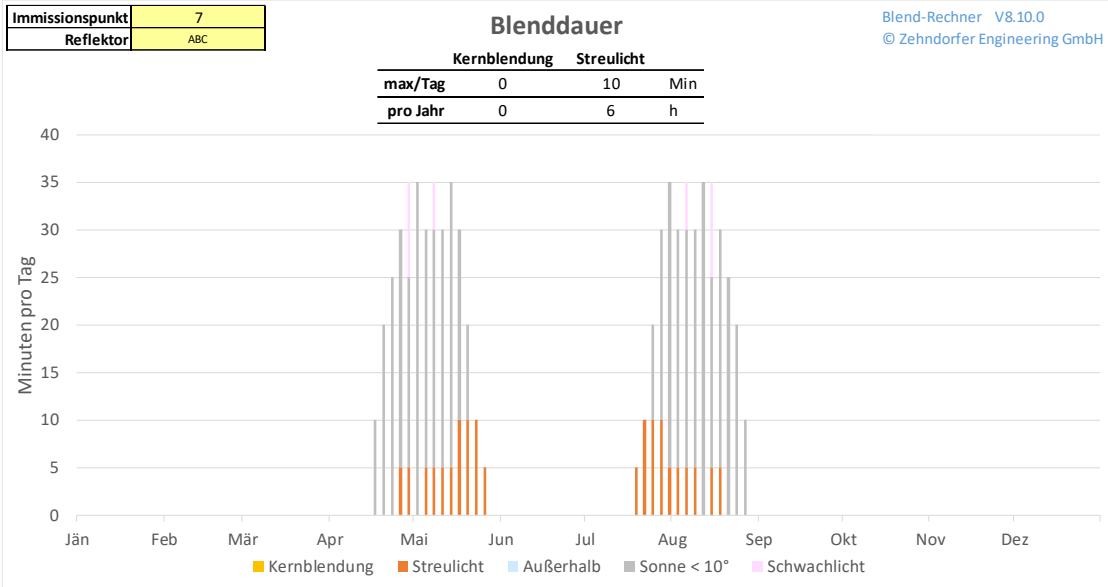
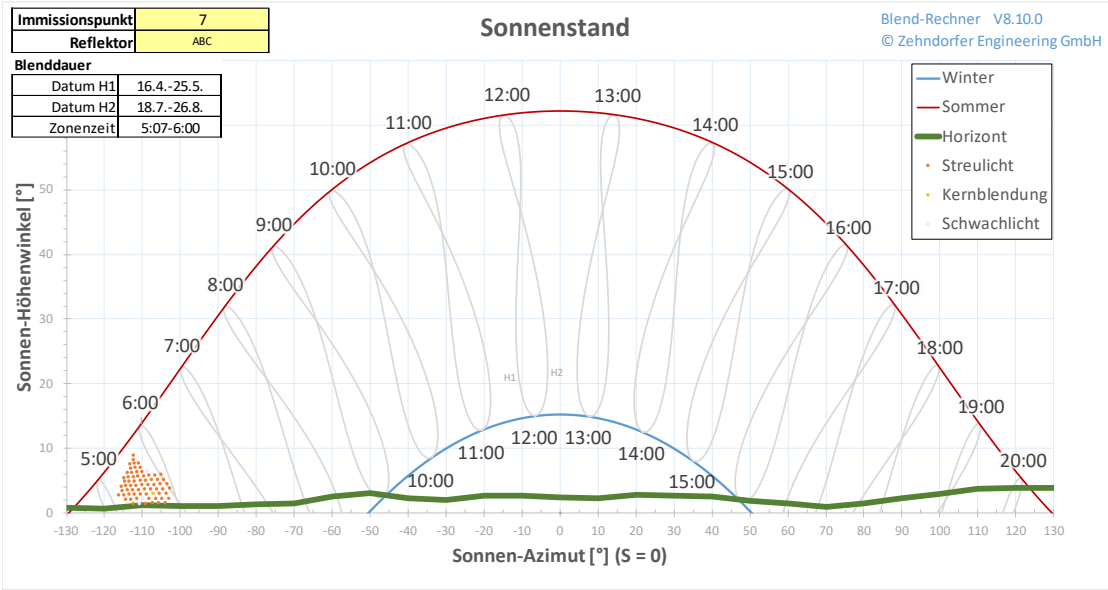


Immissionspunkt	6
Reflektor	ABC

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

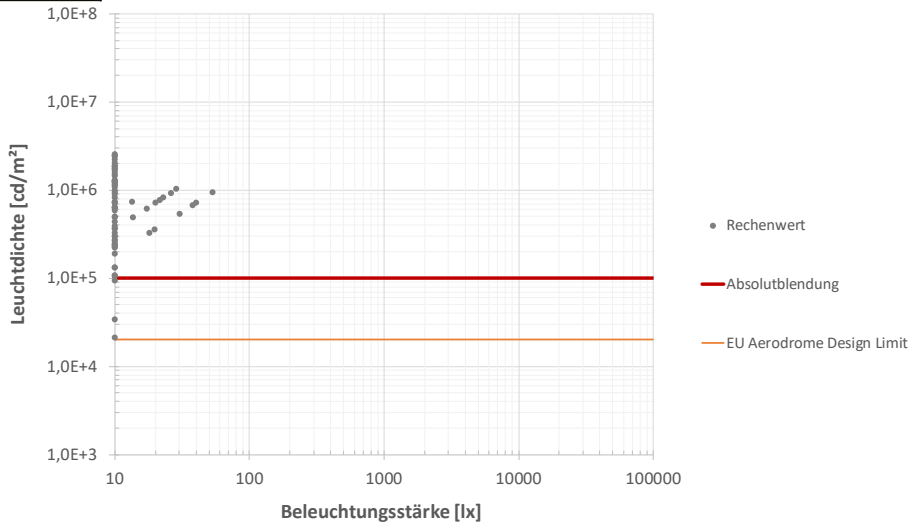




Immissionspunkt	7
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

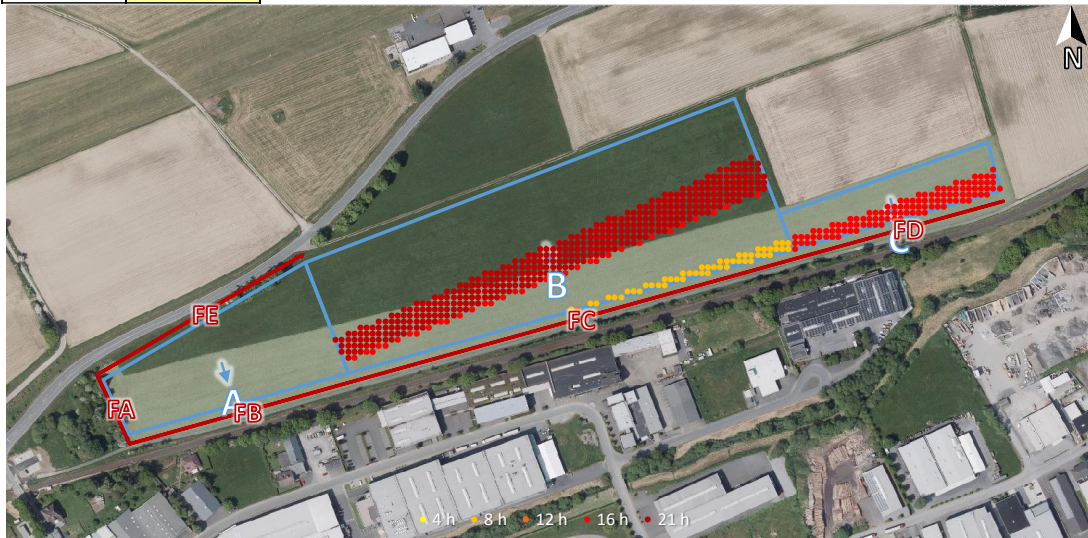
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	7
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

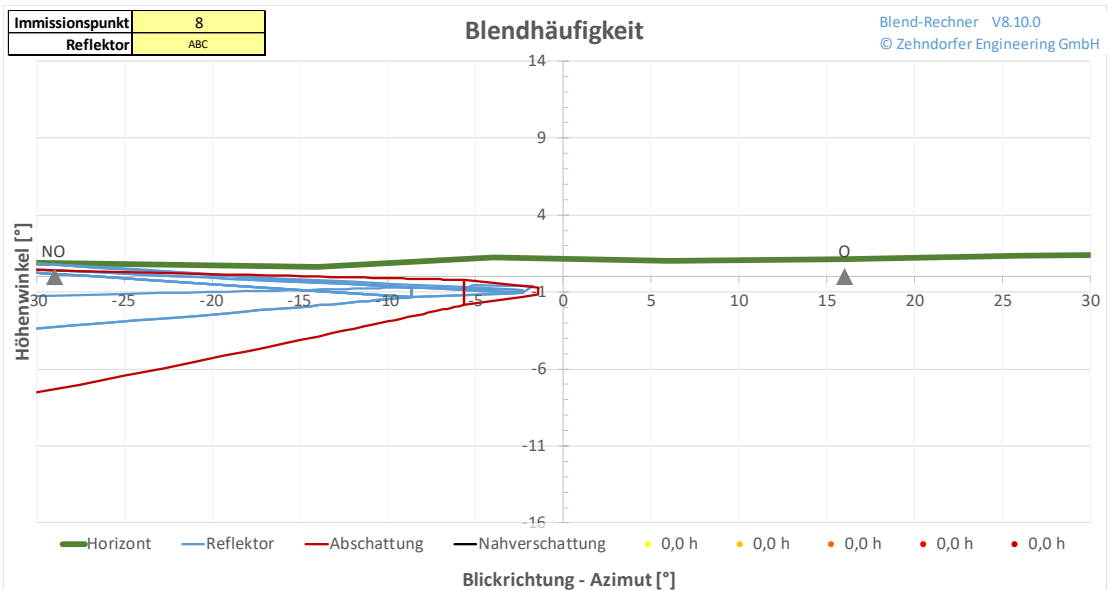
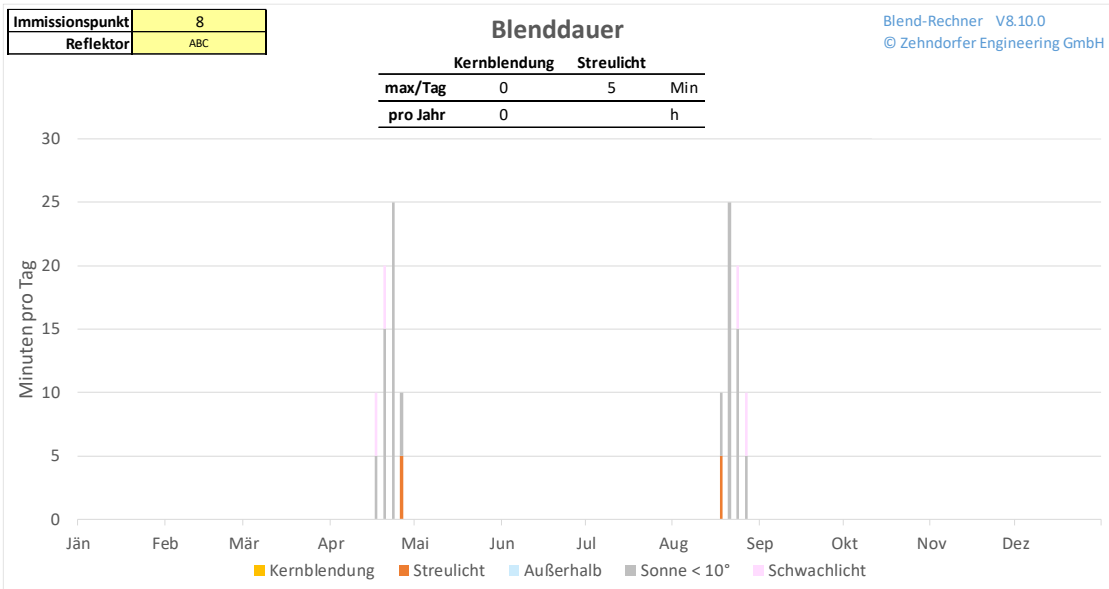
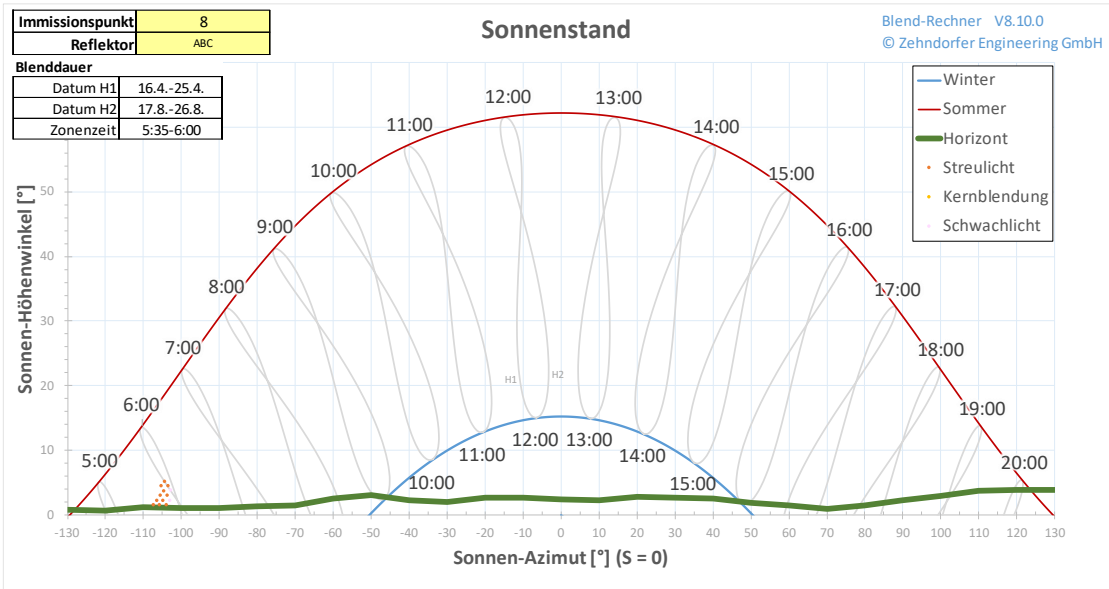
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

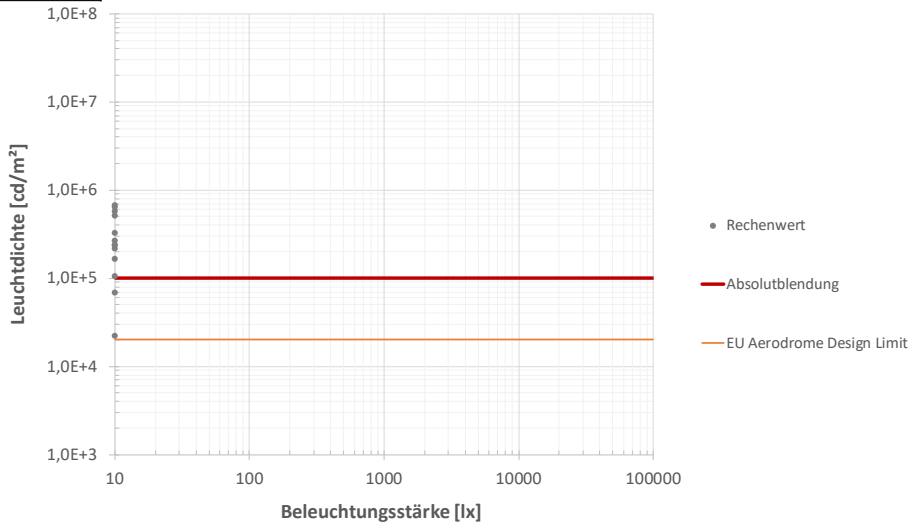




Immissionspunkt	8
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

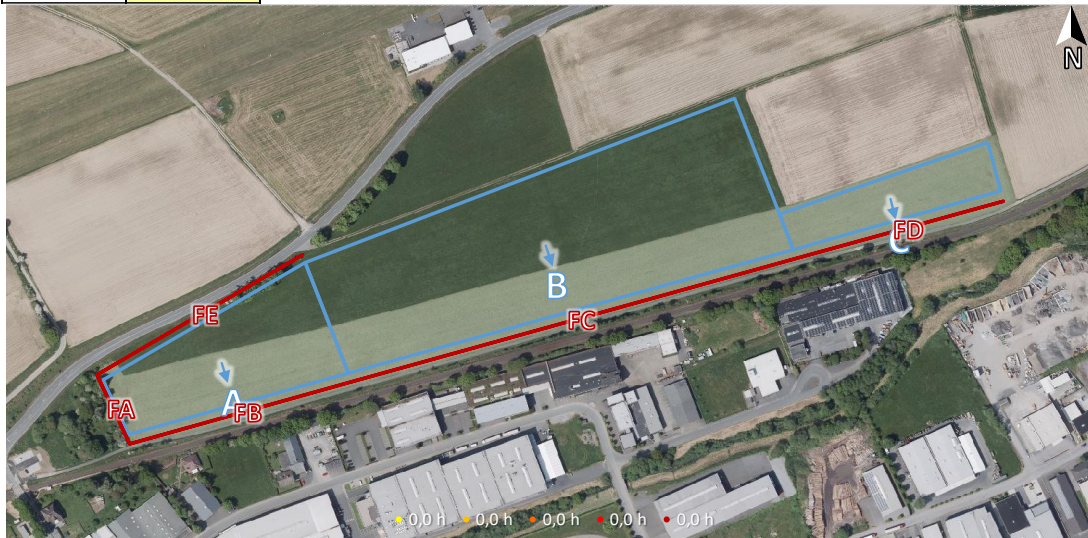
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	8
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

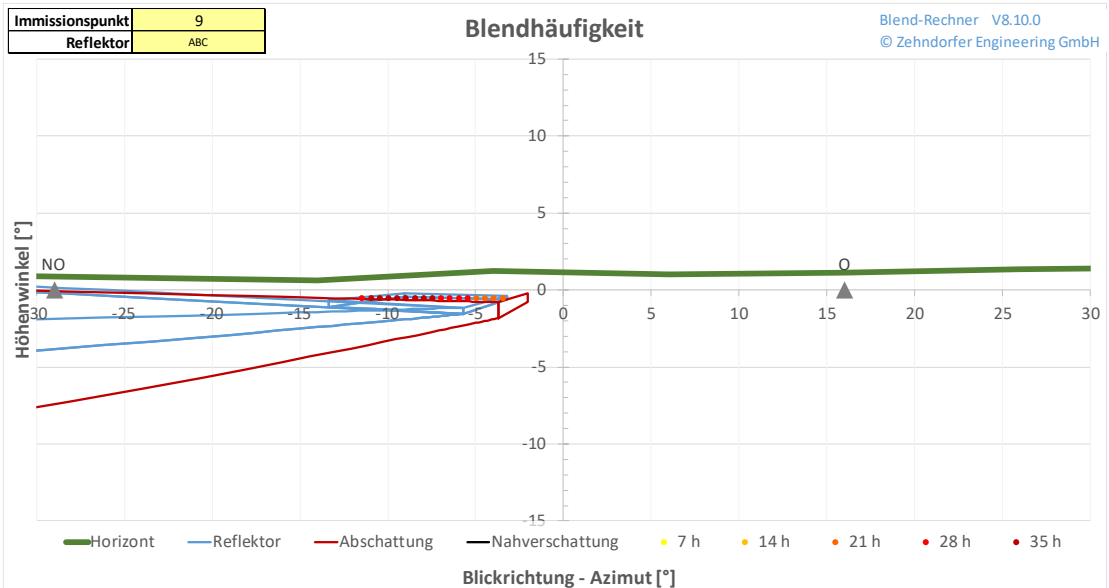
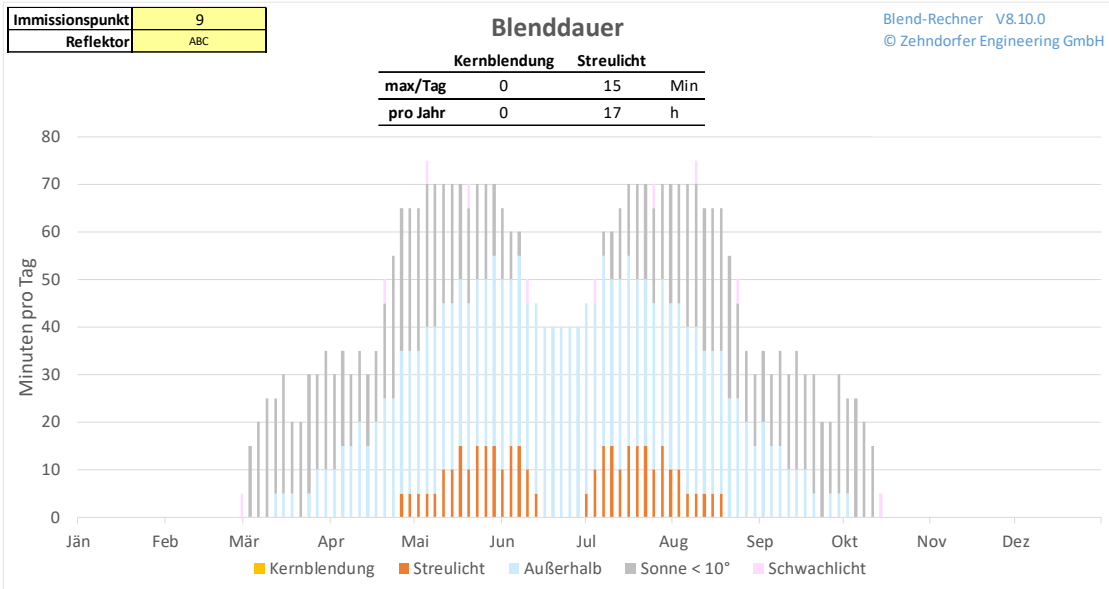
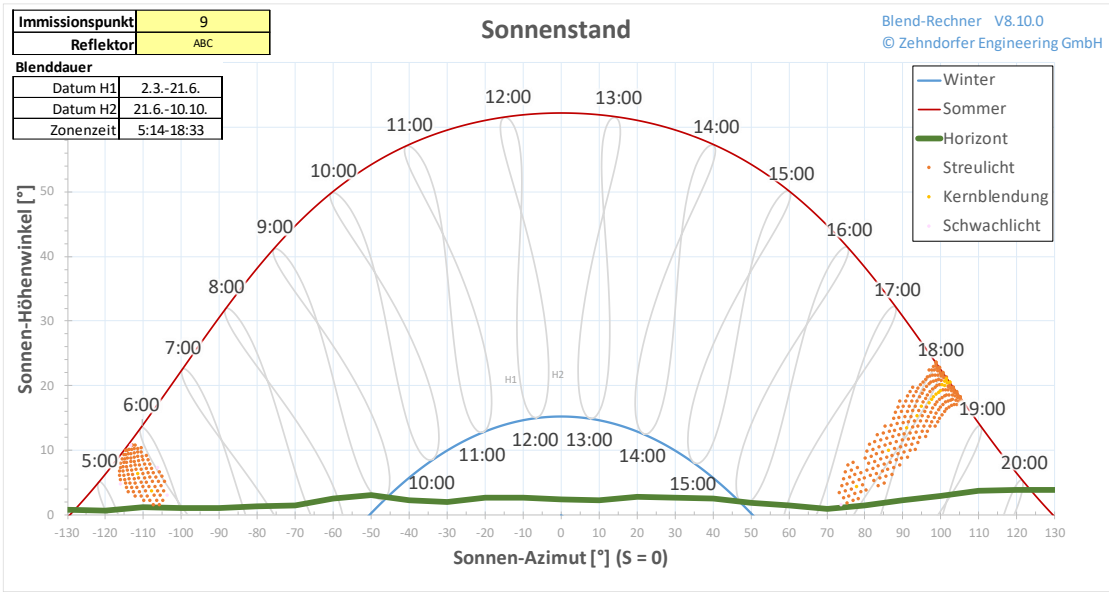
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

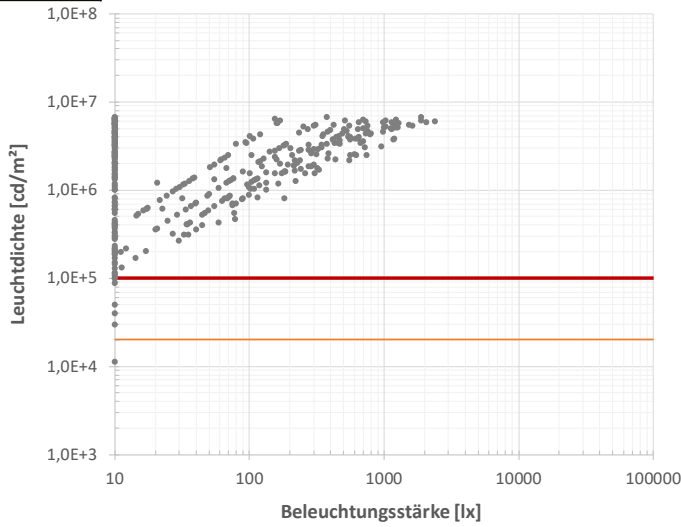




Immissionspunkt	9
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

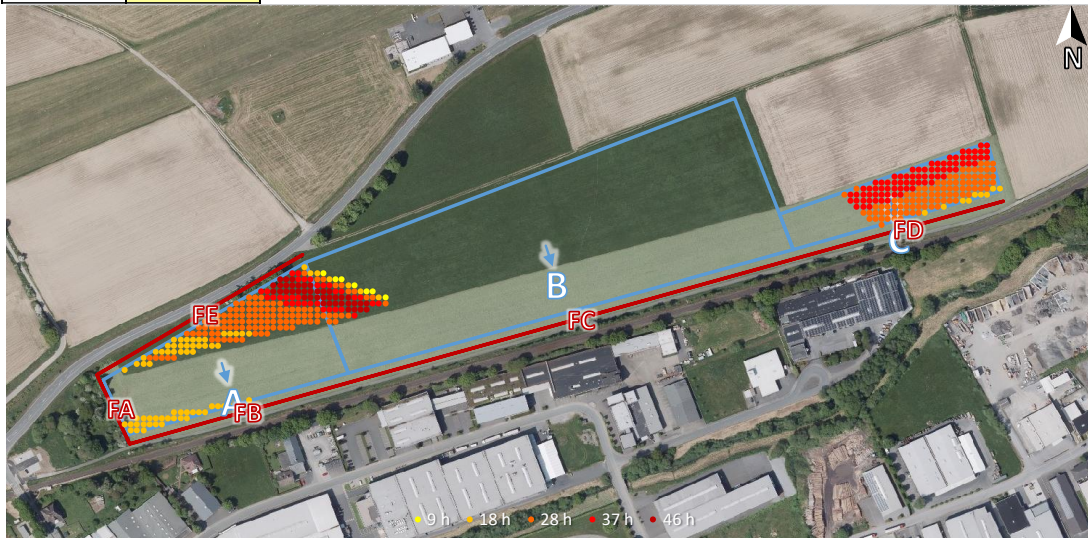


- Rechenwert
- Absolutblendung
- EU Aerodrome Design Limit

Immissionspunkt	9
Reflektor	ABC

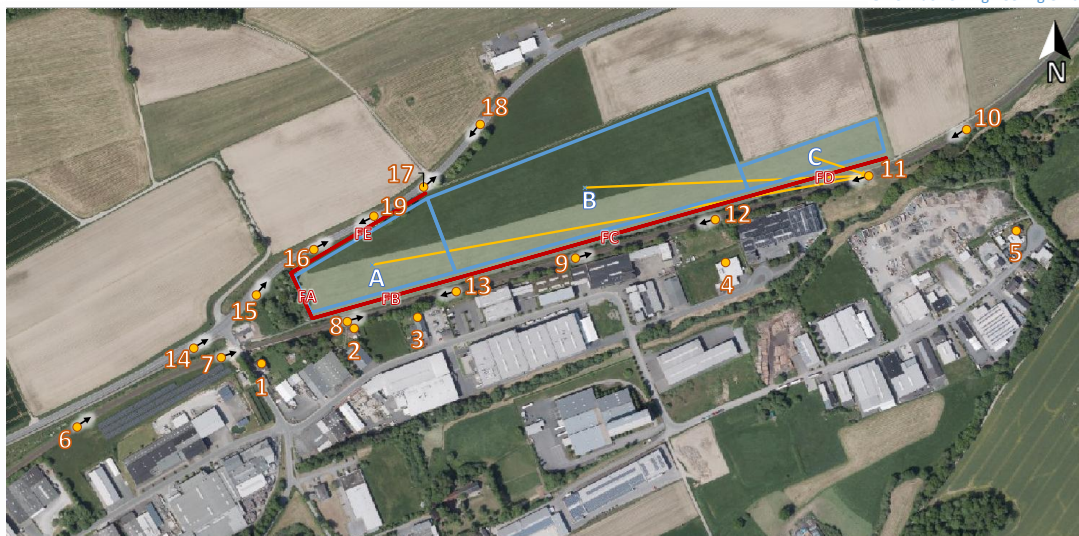
Blendhäufigkeit

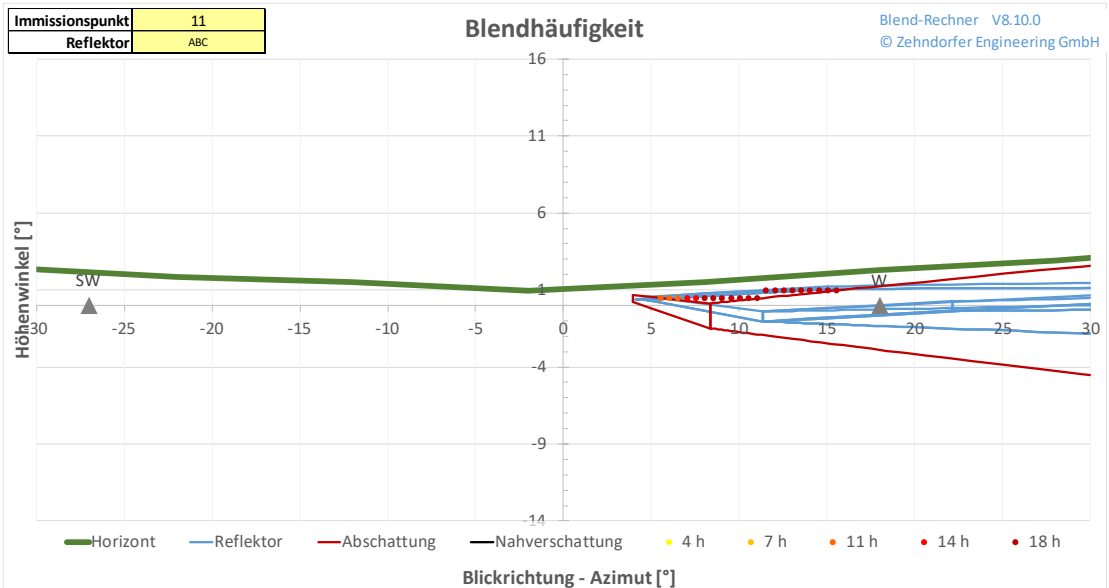
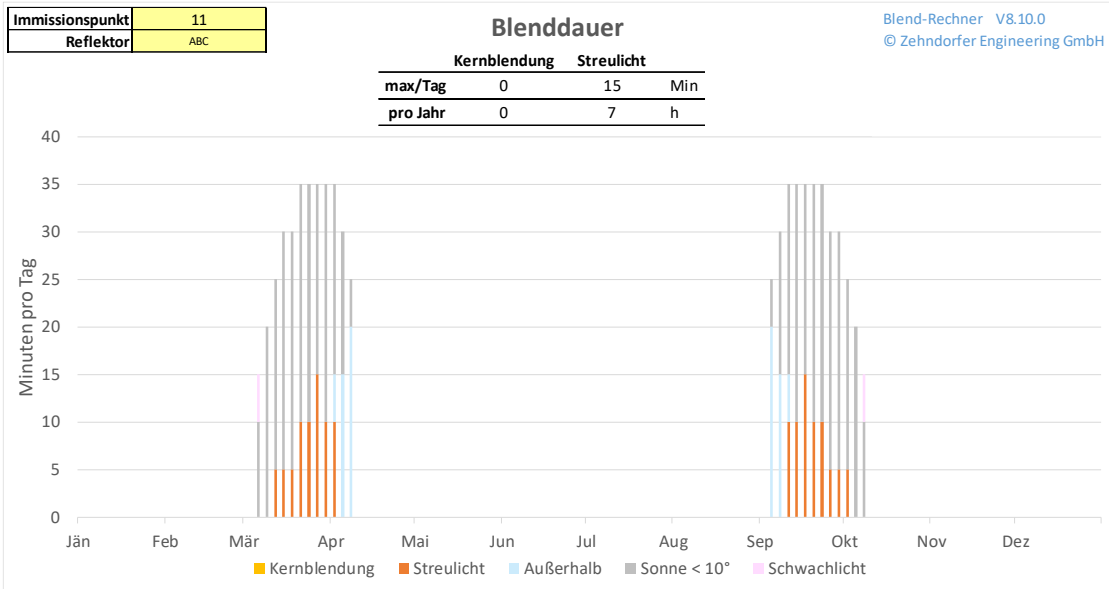
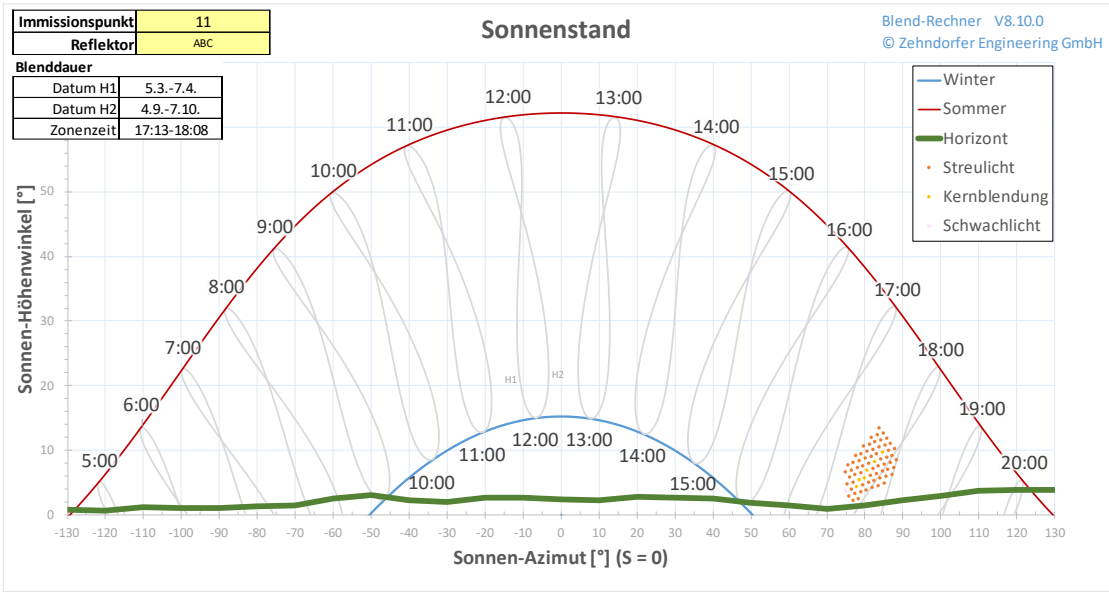
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

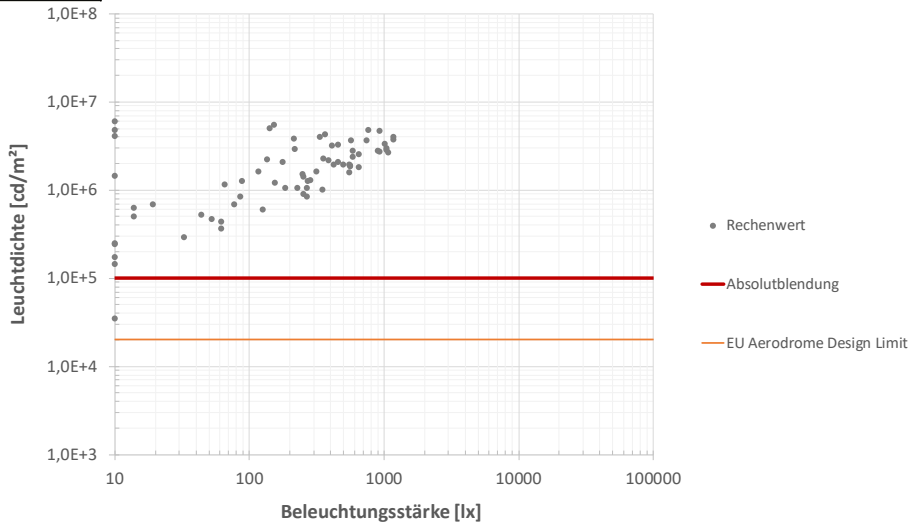




Immissionspunkt	11
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

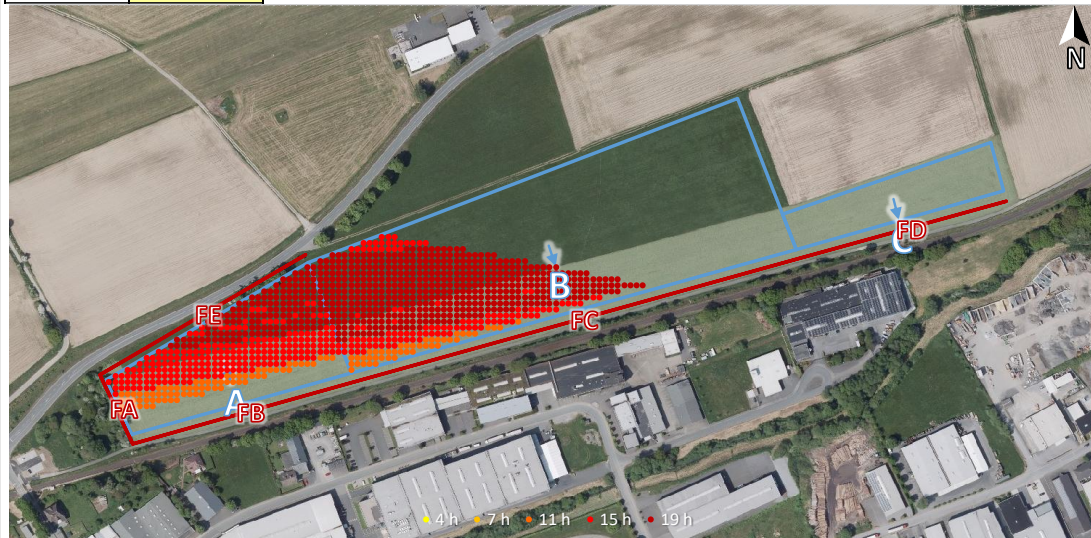
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	11
Reflektor	ABC

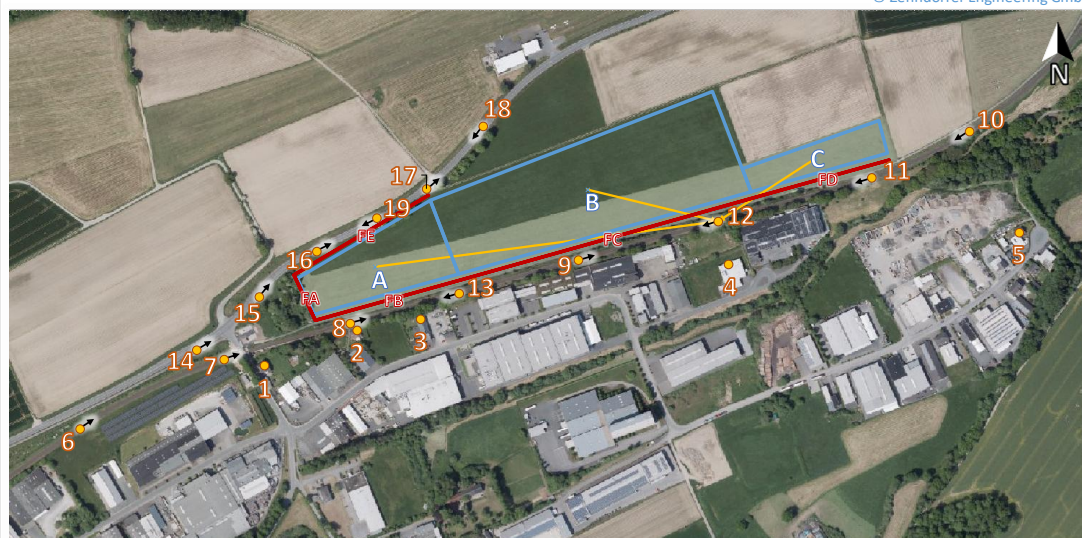
Blendhäufigkeit

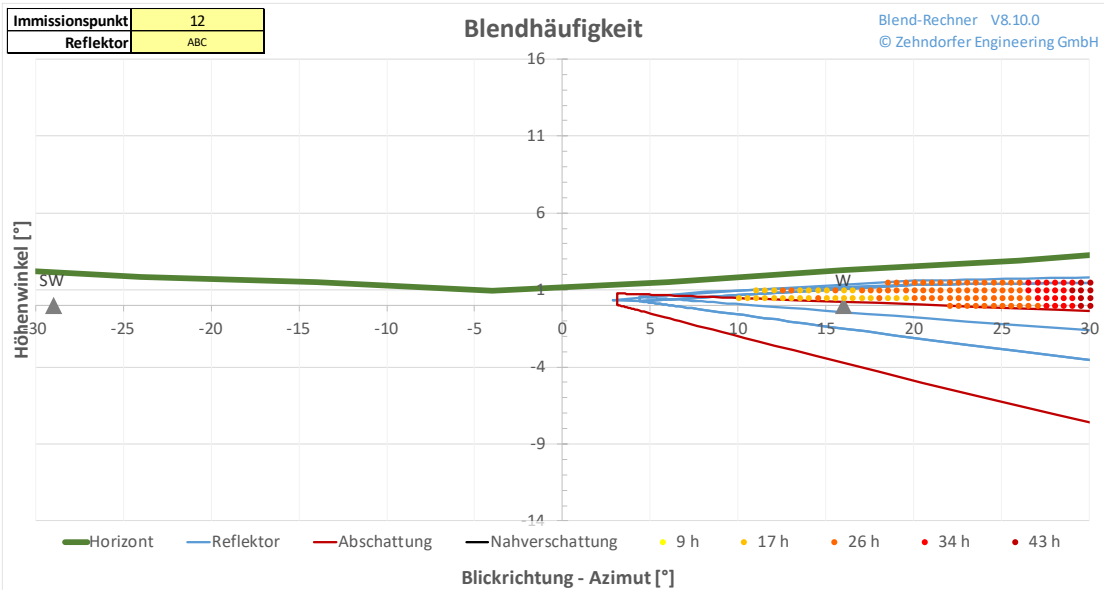
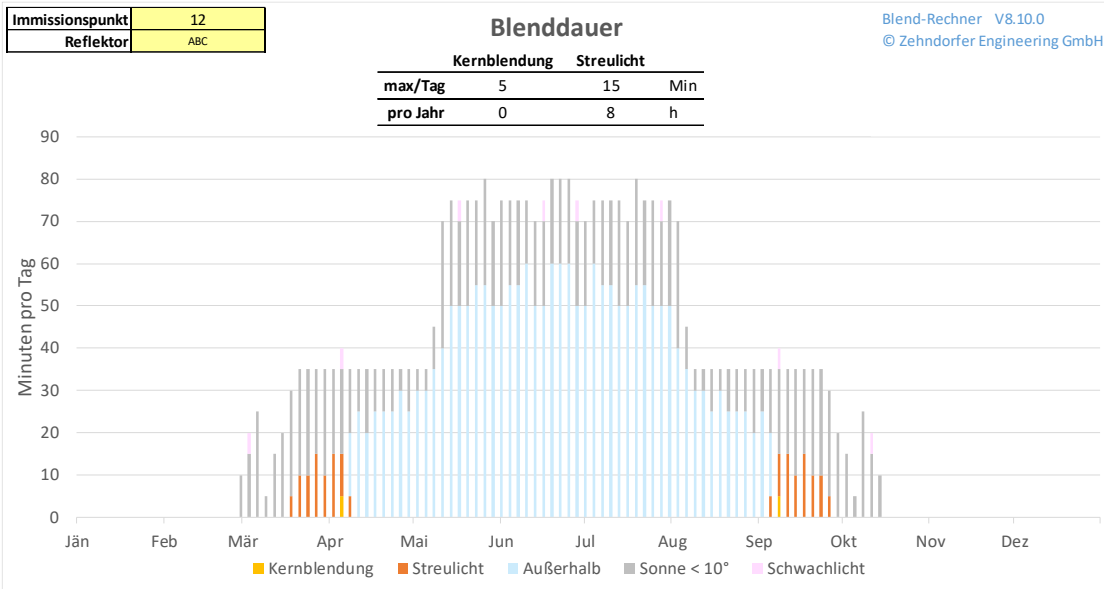
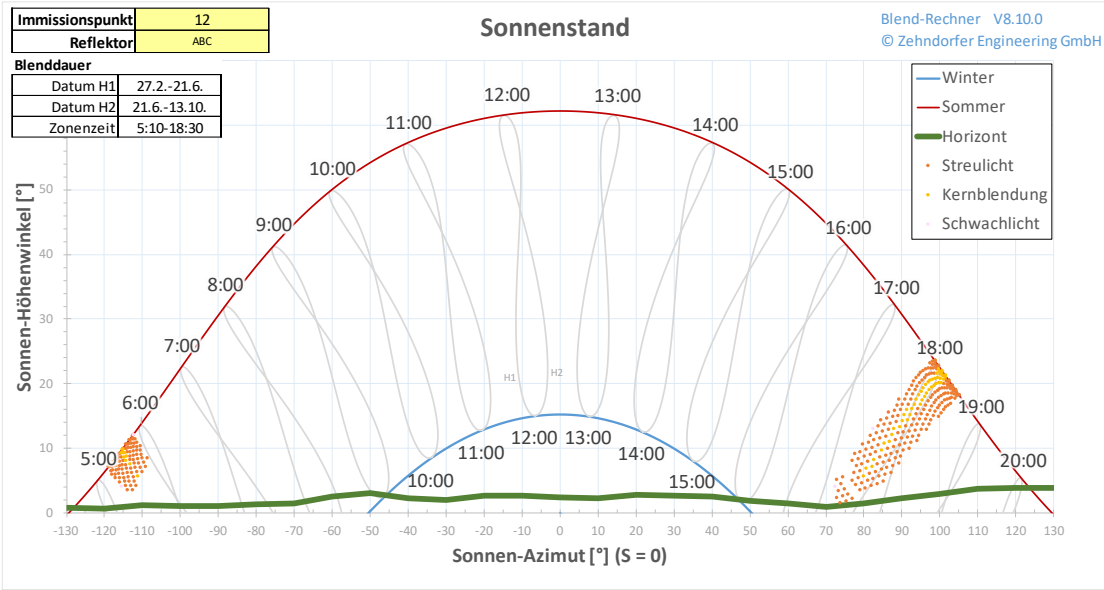
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH

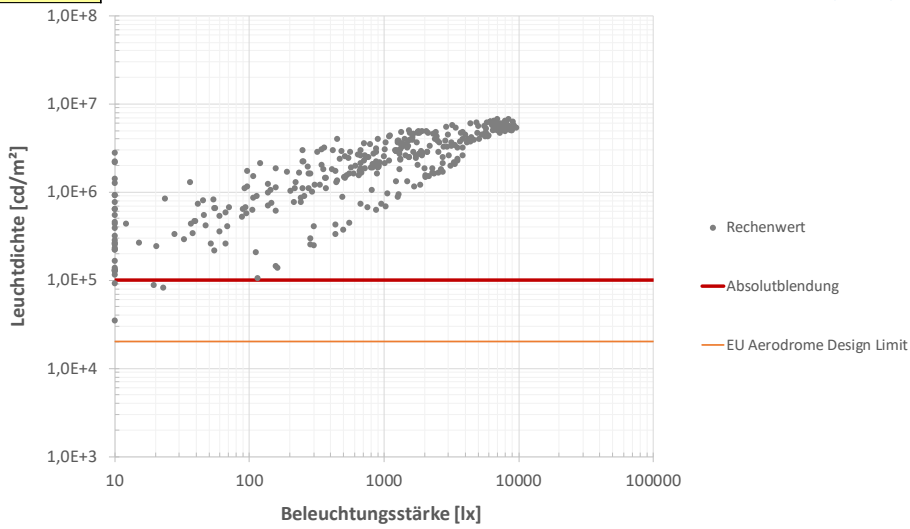




Immissionspunkt	12
Reflektor	ABC

Reflexions-Photometrie

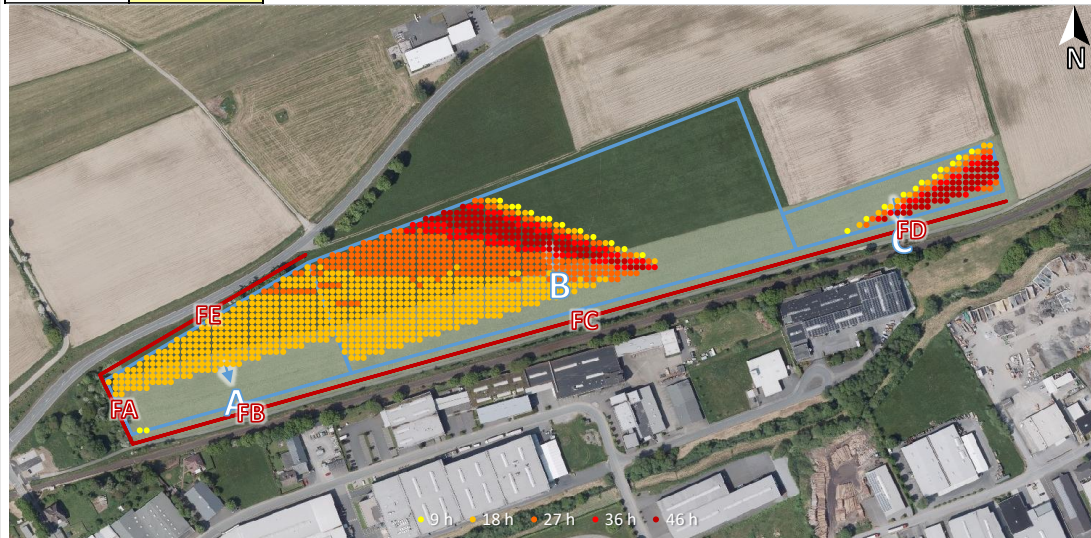
Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	12
Reflektor	ABC

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.10.0  
© Zehndorfer Engineering GmbH



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

