

# Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Landshut

---

**Im Auftrag von**

Stadt Landshut

z.H.: Karin Mirlach (Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung)

Luitpoldstraße 29

84034 Landshut

**Gutachten ZE21003-LA**  
**Februar 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.....	7
1.4.3 Bewuchs .....	8
1.4.4 Künstliche Abschattungen.....	8
2 Blendberechnung.....	8
2.1 BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....	8
2.2 REFLEXIONSBERECHNUNG .....	8
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 .....	13
2.5.5 Mögliche subjektive Effekte .....	13
2.5.6 Verkehrskritische Punkte.....	13
3 Beurteilung & Empfehlungen.....	14
3.1 BLENDREDUZIERENDE MAßNAHMEN.....	15
3.1.1 Option 1 Blendschutz .....	15
3.1.2 Option 2 – Verdrehung der Anlage .....	16
ANHANG 1 Definitionen.....	19
ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze.....	20
ANHANG 3 Methodik der Berechnung .....	22
ANHANG 4 Vermessung der Umgebung.....	23
ANHANG 5 Detail-Ergebnisse der Berechnungen.....	24
ANHANG 5.1 ERGEBNISSE OPTION 1 .....	35
ANHANG 5.2 ERGEBNISSE OPTION 2 .....	44

**Zusammenfassung**

Im Bauverfahren einer Freiflächen-Photovoltaikanlage ist zu prüfen, ob eine Blendwirkung auf den Straßenverkehr oder Nachbarschaft besteht.

Die Nachbarschaft ist keiner erheblichen Blendwirkung ausgesetzt.

Es kann an einigen Immissionspunkten zu kurzen Reflexionen in Richtung der Straße kommen. Aus Sicht des Gutachters ist hier nicht von einer erheblichen Gefährdung der Verkehrsteilnehmer auszugehen.

**Versionsverlauf**

Version	Datum	Beschreibung
1.0	13.1.2021	ursprüngliche Fassung
2.0	26.2.2021	mit Option Verdrehung für Blendschutzmaßnahmen

*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 ein der Sichtbezug zu einem bestimmten Objekt wesentlich für die Ausführung der Tätigkeiten ist, können Blendungen Störungen darstellen, die Fehleinschätzungen herbeiführen.

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

### 1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Die geplante Freiflächen-Photovoltaik-Anlage befindet sich in der Gemeinde 84028 Landshut (Gemarkung Götzendorf, GPS Koordinaten 48°31'1"N, 12°10'42"O).

**Abbildung 1 Situation**



Abbildung 2 Modulbelegungsplan

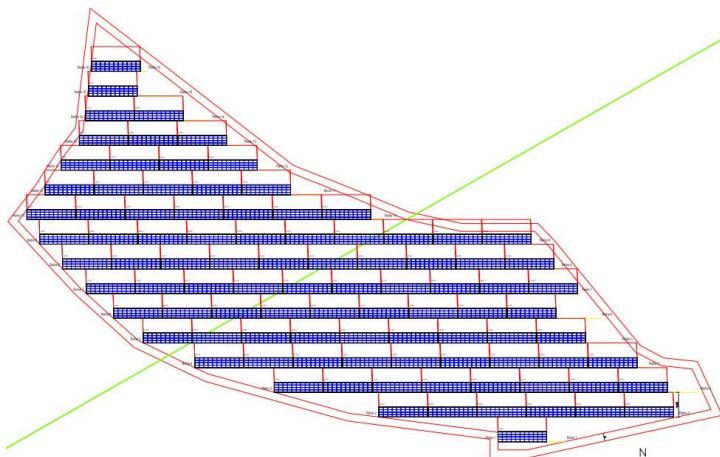


Abbildung 3 Ausrichtung der Anlage



Die PV-Anlage wurde für die Berechnung in drei Vierecken modelliert.

Abbildung 4 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgetreu)

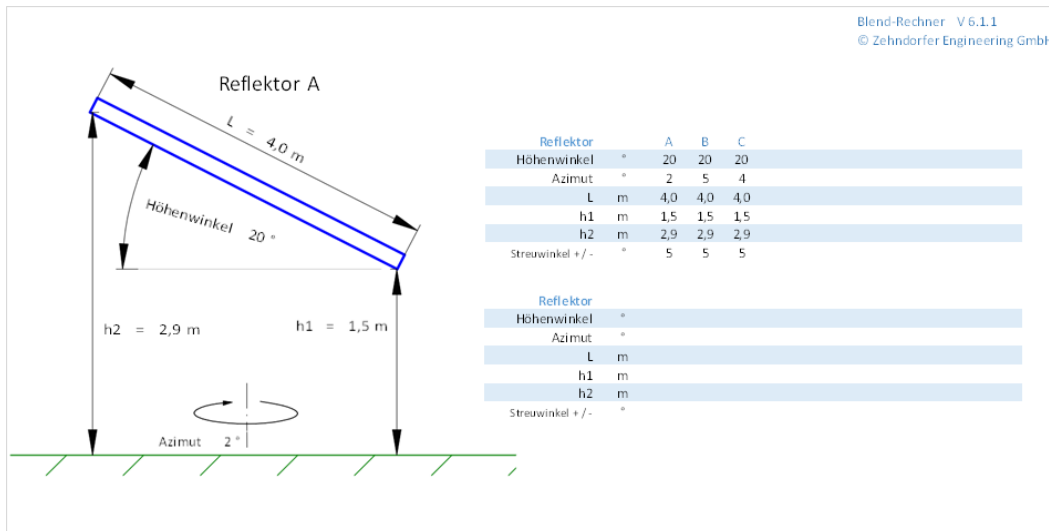


Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum. Die Module sind in Richtung Süden mit 20° geneigt aufgeständert. Sie sind auf vierreihigen Modultischen, querkant, mit der Oberkante bei ca. 2,9 m angeordnet. Für die Streuung an den PV-Modulen wurde ein üblicher Streuwinkel von +/- 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 Untersuchter Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen auf den Straßen (2,5m über der Fahrbahn), sowie bei den Nachbarn.

Abbildung 5 Immissionpunkte





Abbildung 5 und 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 hügelig. Gegen Norden und Osten wird der Blick auf die PV-Anlage zu einem großen Teil verdeckt. Es gibt keine anderen Geländekanten, die den Blick auf die PV-Anlage verhindern würden.

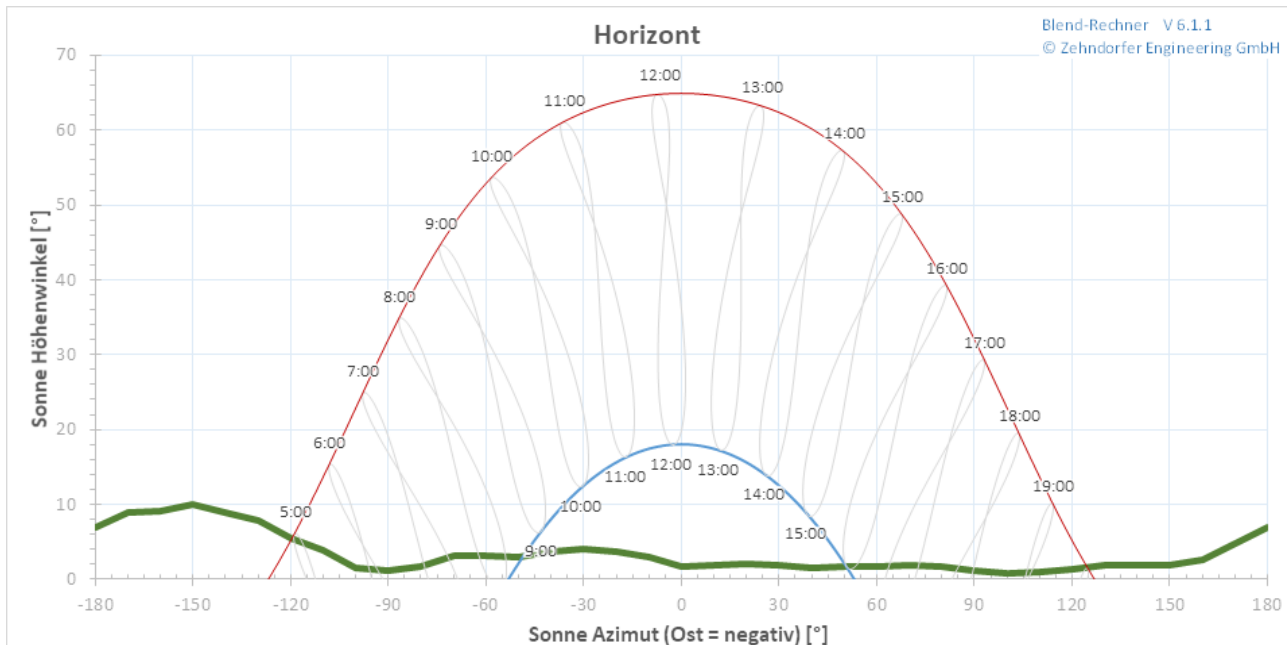
**Abbildung 6** Gelände-schummerung



### 1.4.2 Horizont

Die Umgebung der PV-Anlage etwas hügelig, die Sonnenstunden werden dadurch nur leicht begrenzt.

Abbildung 7 Horizont



#### 1.4.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und den IP steht zum Teil Gebüsch und Bäume. Die Blendberechnung wurde jedoch ohne die Wirkung von eventuellem Bewuchs durchgeführt.

#### 1.4.4 Künstliche Abschattungen

Zwischen einigen 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 IP4

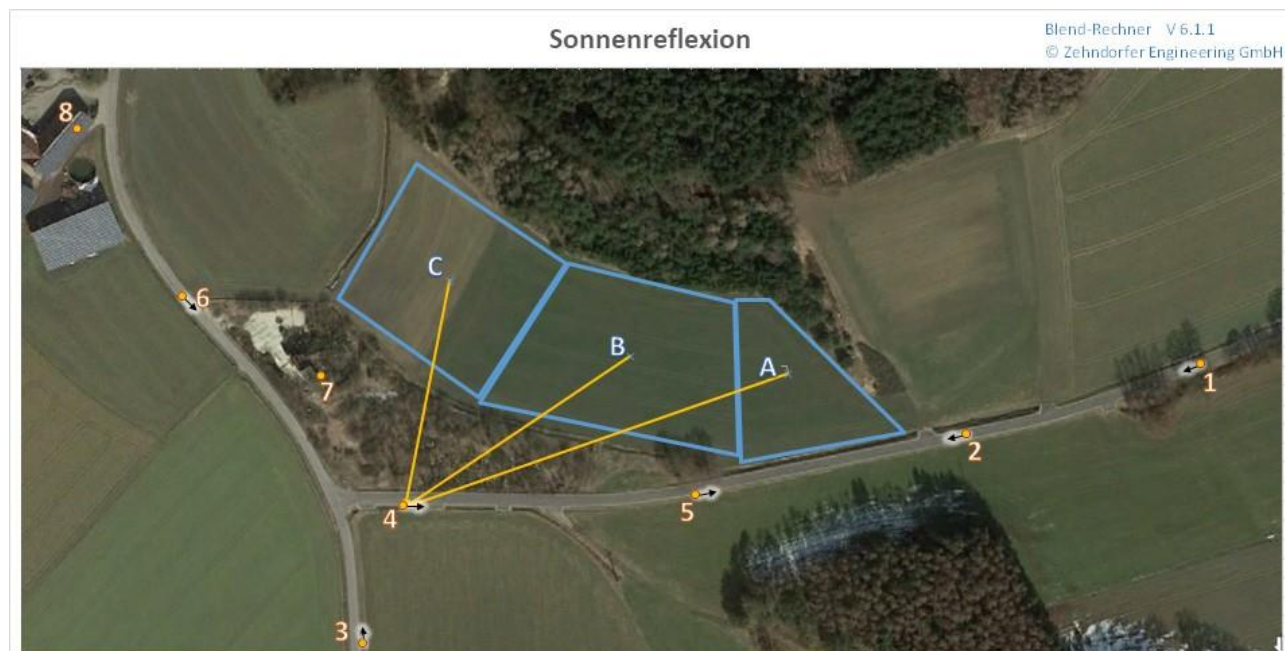
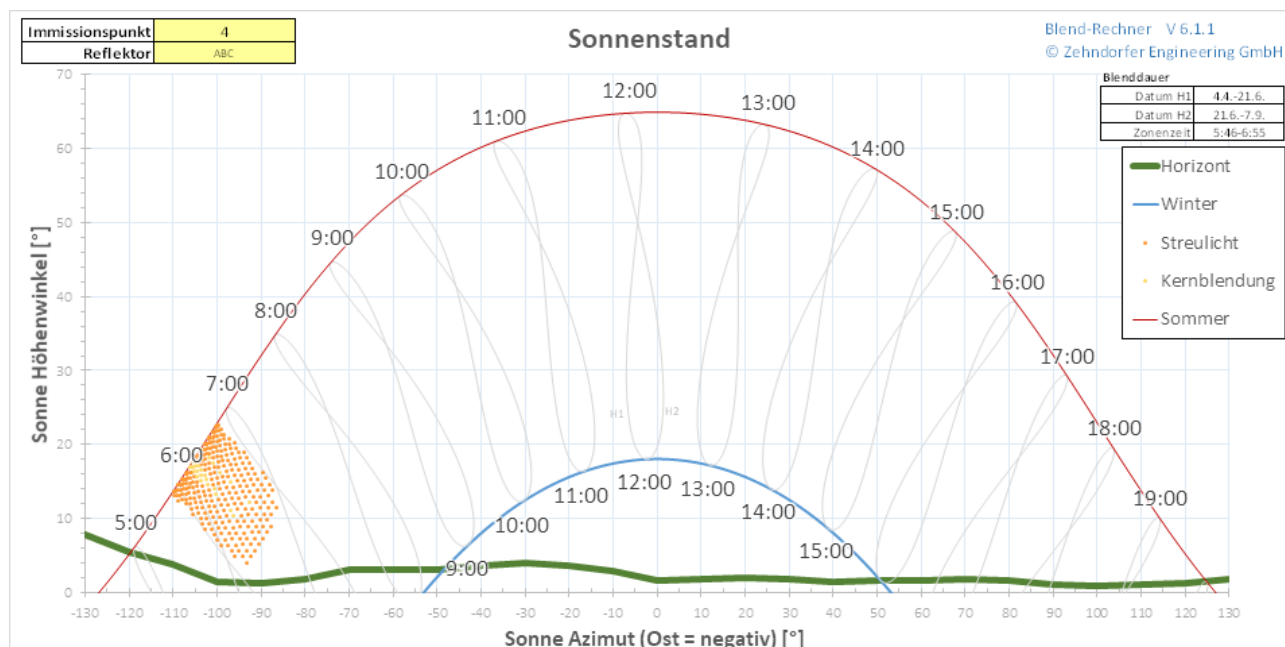


Abbildung 8 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 9 zeigt zu welchem Zeitpunkt (Jahres- und Uhrzeit) Reflexionen auftreten. Es ist auch jener Sonnen-höhenwinkel und der Sonnen-azimut dargestellt, bei denen Reflexionen in Richtung des Immissionspunktes ausgestrahlt werden.

Abbildung 9 Sonnenwinkel bei Blendung am IP 4



Am IP 4 ist also morgens 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.

Reflektor		ABC
Immissionspunkt		4
Distanz	m	61
Höhenwinkel	°	0
Raumwinkel	msr	52
Datum H1		4.4.-21.6.
Datum H2		21.6.-7.9.
Zeit		5:46-6:55
Kernblendung min / Tag		5
Kernblendung h / Jahr		3
Streulicht min / Tag		45
Streulicht h / Jahr		44
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	13
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-98
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	28
Blendung - Blickwinkel (min)	°	6

## 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 der die 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.
<b>Sonnen Höhenwinkel</b>	Durchschnittlicher Sonnen-höhenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
<b>Sonnen Azimut</b>	Durchschnittlicher Sonnen-Azimut zum Zeitpunkt der Blendung

**Sonne-Reflektor Winkel** Der vom Immissionspunkt aus, sichtbare Winkel zwischen Reflektor und Sonnenstand bei Blendung. 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 könnten. Ist der Winkel groß (also außerhalb des eines Kegels von  $30^\circ$ ), so spielt die Blendung eine untergeordnete Rolle.

## 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 4

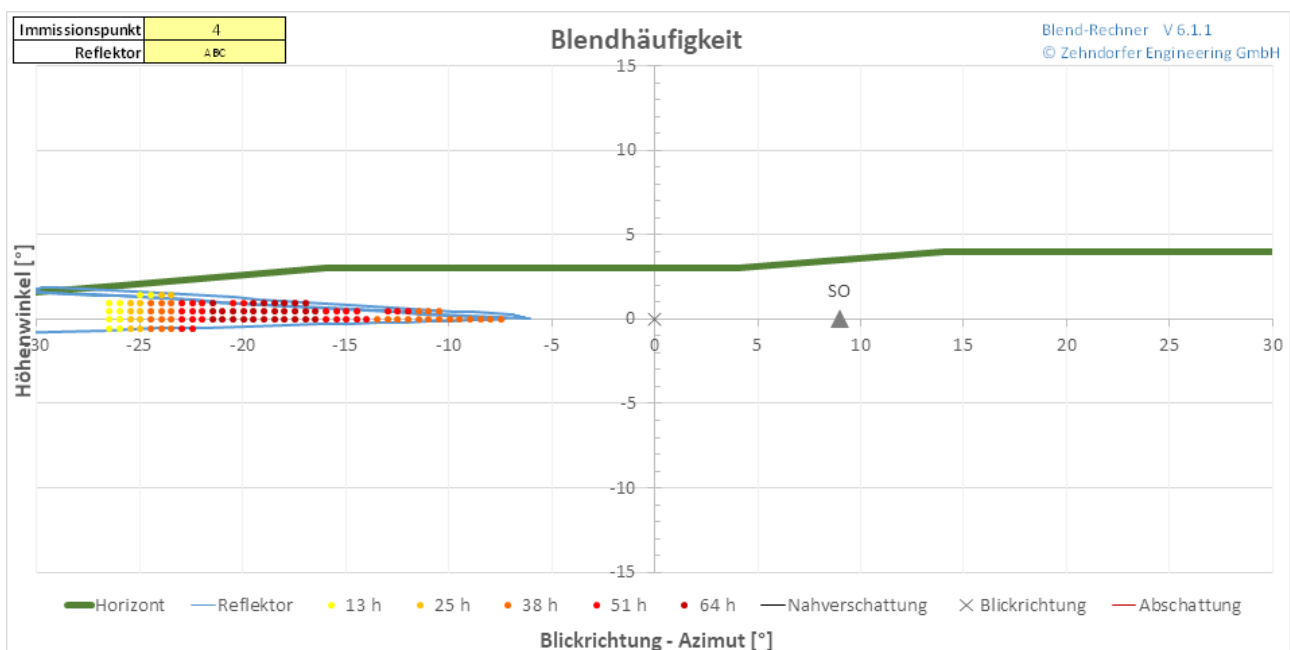


Abbildung 10 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. Alle weiteren Ansichten sind in Anhang 5 zu sehen.

## 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>1</sup>) sind hier alle Größen im Maß des Raumwinkels (milli Steradian) 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 4 (52 msr) ist als 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>2</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.

---

<sup>1</sup> Der Mond oder die Sonne sind also z.B. mit dem ausgestreckten Daumen vollständig verdeckbar.

<sup>2</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.“

### 2.5.3 Blendstärke

Die Solar-Module haben bei rechtwinklig auf die Oberfläche eintreffendem Licht relativ kleine Reflexionsfaktoren, weshalb dabei nur ein Teil des Sonnenlichts reflektiert wird. In diesem konkreten Fall ist der Reflexionswinkel jedoch (zur Normalen auf die Solar-Module) hoch (d.h. relativ flach zur Glasoberfläche), wodurch ein großer Teil des Sonnenlichts reflektiert wird.

### 2.5.4 Blenddauer

Abbildung 11 Blenddauer am IP 4

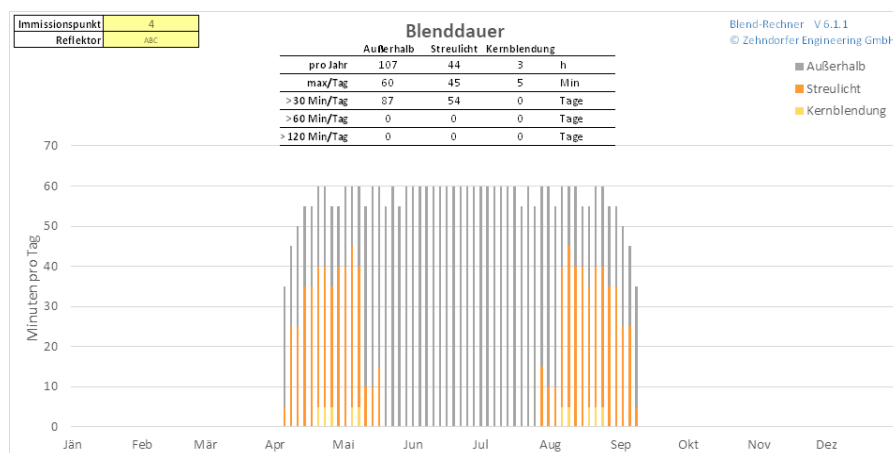


Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

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 Mögliche subjektive Effekte

Es gibt Tätigkeiten, bei denen die ungestörte Sicht in Richtung der PV Anlage notwendig ist. Für den Verkehr kann der Blick in Richtung der Blendung notwendig sein, falls diese in Fahrtrichtung liegt.

### 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

Vor dem IP4 liegt eine Straßenkreuzung. Auf den relevanten Straßenabschnitten wurden in den letzten Jahren keine Unfälle registriert.

Abbildung 12 Unfälle 2019



### 3 Beurteilung & Empfehlungen

#### IP1 bis 3 und 6 (Straße)

Auf Basis des astronomischen Sonnenstandes werden zu keiner Zeit Reflexionen in Richtung dieser IP ausgestrahlt.

#### IP4 und 5

In Richtung dieser IP können kurzfristig Reflexionen auftreten. Die Reflexionen haben die folgenden Eigenschaften:

- Die Reflexionen liegen zu einem (kleinen) Teil im inneren Gesichtsfeld der Autofahrer (ca. 7° zur Fahrtrichtung).
- Die Reflexionen bestehen hauptsächlich aus Streulicht.
- Sie treten nur früh morgens auf, zu einem Zeitpunkt auf wo die Sonne aus einer ähnlichen Richtung blendet (30°) und daher die Reflexionen wahrscheinlich überstrahlt.
- Die Frequenz des Verkehrs von Salzdorf in Richtung Altenbach in diesem Zeitraum wird als gering eingeschätzt
- Der bestehende Bewuchs wird die Blendwirkung etwas reduzieren.
- Auf dem relevanten Straßenstück liegen keine verkehrskritischen Punkte.

Aus Sicht des Gutachters ist daher nicht von einer erheblichen Gefährdung der Verkehrsteilnehmer auszugehen. Sollte dennoch ein Blendschutz gewünscht sein, so kann dieser nach den Vorgaben in Kapitel 3.1 effektiv umgesetzt werden.

#### IP7 und 8 (Nachbarschaft)

Es wird zu kurzen Reflexionen in Richtung des IP7 kommen. Die Dauer der direkt spiegelnden Kernblendung liegt jedoch immer deutlich unter den Grenzwerten der Richtlinie. Am IP8 werden keine Reflexionen auftreten.



## 3.1 Blendreduzierende Maßnahmen

### 3.1.1 Option 1 Blendschutz

Bei Bedarf umzusetzende Maßnahme kann ein blickdichter Zaun oder eine blickdichte Hecke, mit den Abmessungen Länge = 150m, Höhe = 4m (siehe Abbildung 13) sein.

Abbildung 13 Blendschutz

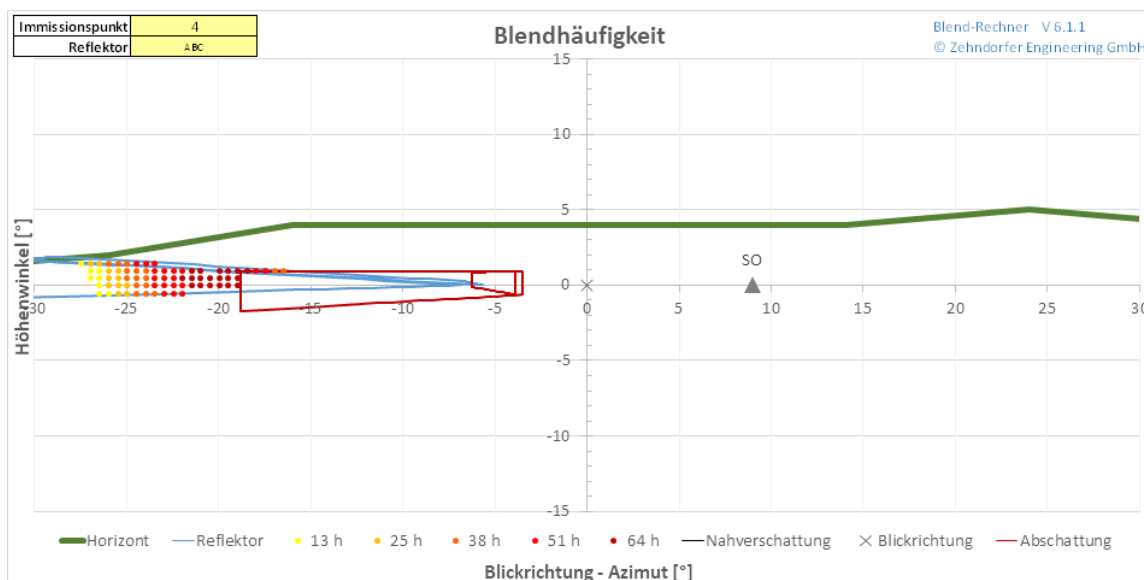


Tabelle 1 Blendschutz

Abschattung	I				II			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	291 795	291 712	291 712	291 795	291 711	291 644	291 644	291 711
y	377 541	377 526	377 526	377 541	377 525	377 544	377 544	377 525
z	444	443	443	444	443	442	442	443
h	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	4,0	4,0

Die Hecke liegt an den Koordinaten (UTM 33 System), wie in Tabelle 1 angegeben.

Abbildung 14 Blendschutz - Nachweis der Wirksamkeit IP4



Der Blendschutz bietet einen vollständigen Schutz vor Blendung im Gesichtsfeld der Fahrzeuglenker (siehe Abbildung 14).

Alle Resultate der Berechnungen sind in Anhang 5.1/Anhang 5.2 zu sehen.

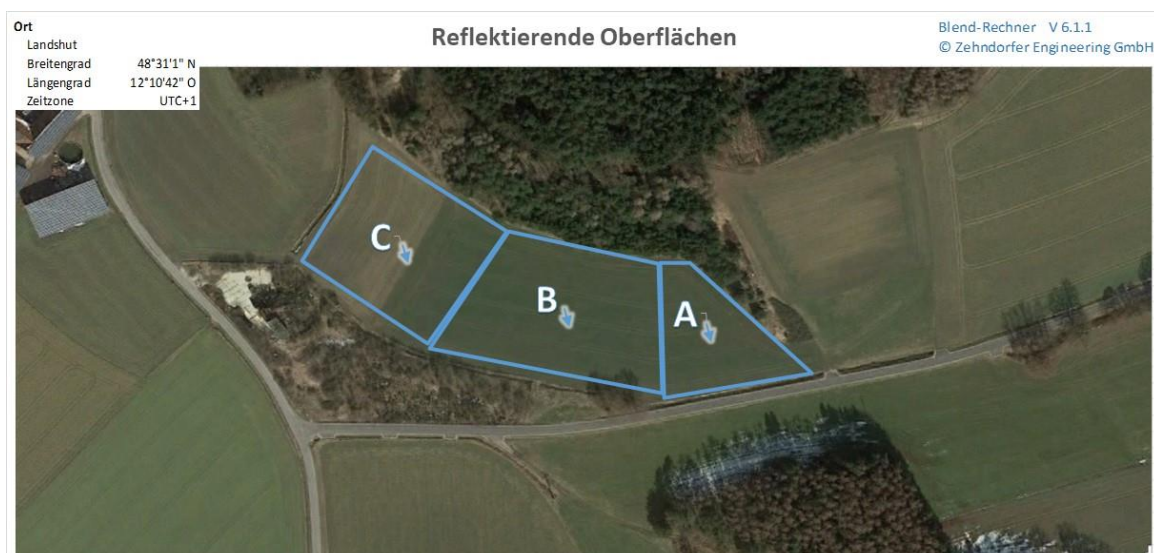
### 3.1.2 Option 2 – Verdrehung der Anlage

Eine weitere Möglichkeit zur Blendreduktion stellt die Verdrehung der Anlage um 20° in Richtung Süd-Ost, mit Neigungswinkel 15° dar. Die Geländeneigung beeinflusst die resultierende Neigung der Module (siehe Tabelle 2 )

**Tabelle 2 Verdrehung der Modultische**

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	15	-20	4	14	15	-13
B	15	-20	3	45	15	-11
C	15	-20	2	80	15	-14

**Abbildung 15 Verdrehung der Anlage**



**Abbildung 16 Verdrehung (Details)**

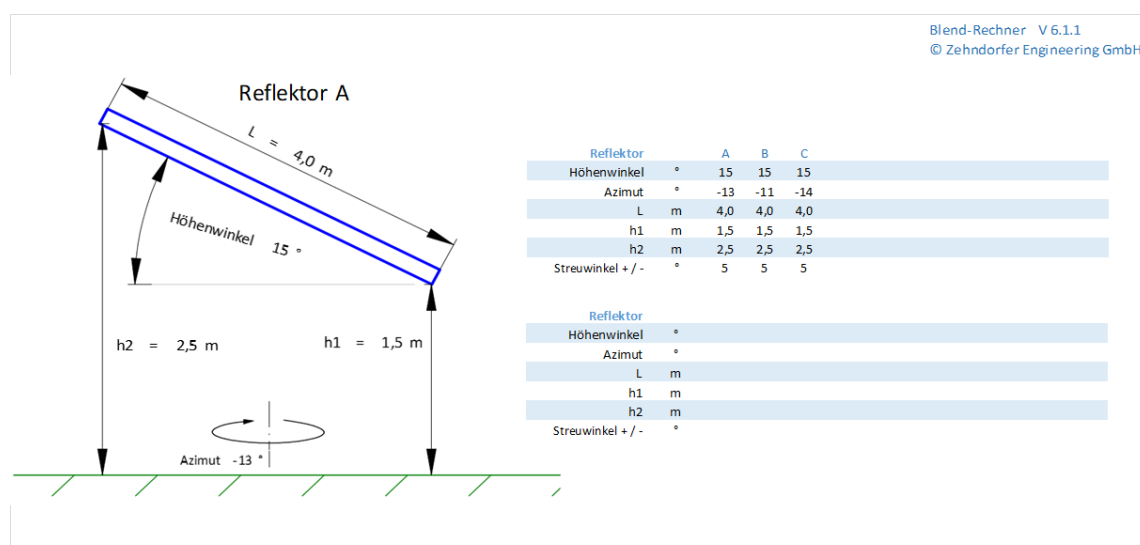


Abbildung 17 Blenddauer bei ursprünglicher Ausrichtung

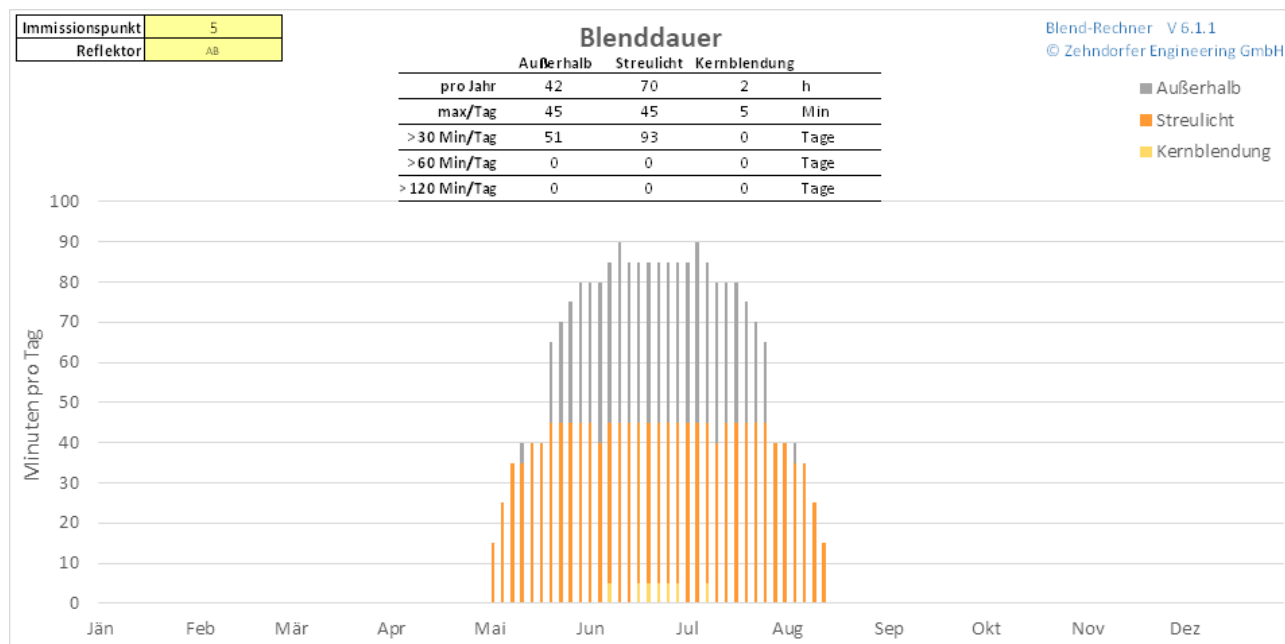
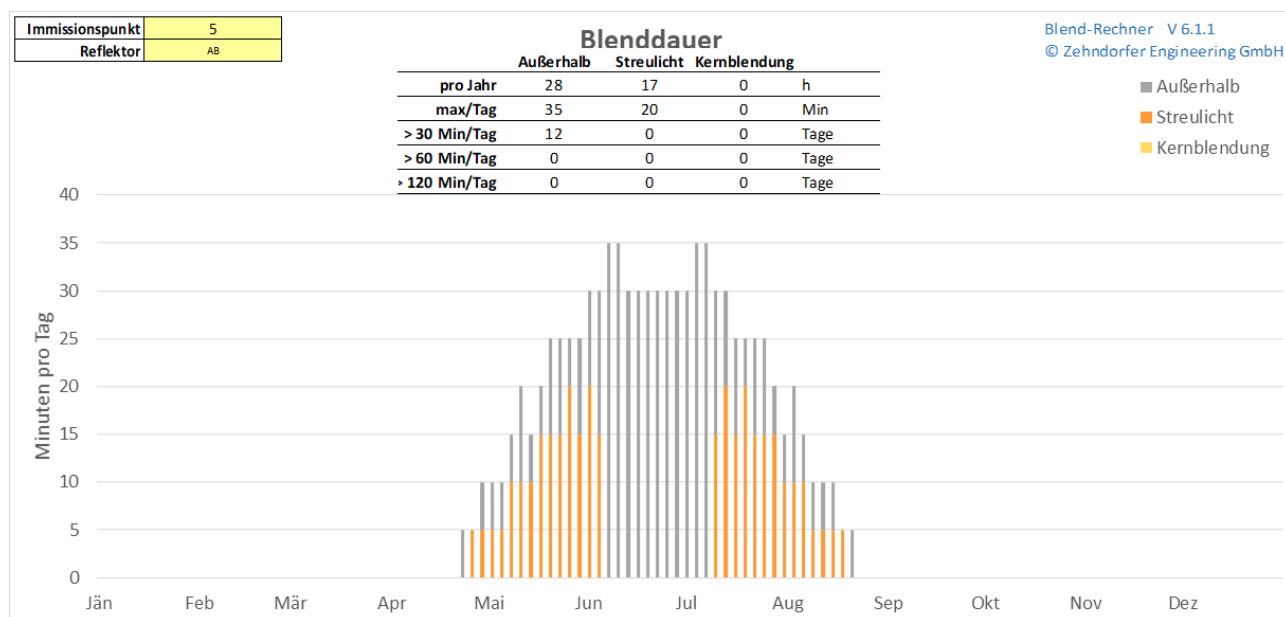


Abbildung 18 Blenddauer mit verdrehter Anlage



Durch die Verdrehung der Anlage kommt es am IP 5 nur mehr zu kurzem Streulicht<sup>3</sup>. Es werden keine direkten Spiegelungen mehr stattfinden.

Alle Resultate der Berechnungen sind in Anhang 5.2 zu sehen.

<sup>3</sup> Eine weitere Verdrehung der Anlage hätte stärkere Blendungen in der Gegenrichtung (IP2) zur Folge, was daher nicht zu empfehlen ist.

Idealer Weise sollte auch Streulicht im Gesichtsfeld verhindert werden. Die folgenden Faktoren stellen jedoch eine Minderung der Blendwirkung dar:

- Es wird nur Streulicht reflektiert; keine direkt spiegelnde Kernblendung
- Die relevanten Reflexionen beschränken sich dann auf immer nur auf einen kleinen Teil der Anlage.
- Die Reflexionen dauern nur kurz an (bis zu 20 Minuten pro Tag)
- Die Sonne steht zum Zeitpunkt der Reflexionen in einer ähnlichen Richtung (18°) und überstrahlt daher die Reflexionen.
- Der IP 5 ist nicht als verkehrskritisch einzustufen.

Aus diesen Gründen kann die Verdrehung der Anlage, wie oben beschrieben, als alternative Option empfohlen werden. Aus Sicht des Gutachters besteht damit keine erhebliche Gefahr für den Straßenverkehr.

Datum: 26.2.2021

Gutachter:

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

---

Jakob Zehndorfer  
Zehndorfer Engineering GmbH

## ANHANG 1 DEFINITIONEN

Blendung (allgemein)	eine Störung der visuellen <i>Wahrnehmung</i> , verursacht durch eine helle Lichtquelle im Gesichtsfeld
Psychologische Blendung	eine Form von Blendung, welche als <i>unangenehm oder ablenkend</i> empfunden wird. Sie stört häufig nur unbewusst die Aufnahme von visueller Information, ohne die Wahrnehmung von Details wirklich zu verhindern.
Physiologische Blendung	eine Form von Blendung, welche die Wahrnehmung von visueller Information <i>technisch messbar</i> reduziert. Sie wird durch Streulicht innerhalb des Auges verursacht, welches die wahrnehmbaren Kontraste durch seine Schleierleuchtdichte reduziert.
Blendwirkung	Die Auswirkung der Blendung auf ein Individuum.
tolerierbare Grenze	In den genannten Vorschriften und Gesetzestexten wird die „tolerierbare Grenze“ für die Blendung nicht näher definiert.
Reflexion (Physik)	Das Zurückwerfen von Wellen an einer Grenzfläche
Gerichtete Reflexion	Für (nahezu) glatte Oberflächen gilt das <i>Reflexionsgesetz</i>
Immissionspunkt	Punkt auf den 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 Fläche 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
Azimut	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  $10^\circ$  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.

## 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 33, mit false northing -5.000.000

Die PV Anlage befindet sich an folgenden Koordinaten

Reflektor	A				B				C			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	291 715	291 790	291 730	291 715	291 597	291 714	291 714	291 639	291 534	291 596	291 639	291 572
y	377 531	377 542	377 608	377 609	377 564	377 534	377 608	377 630	377 617	377 566	377 630	377 681
z	443	444	448	447	442	443	447	444	441	442	444	441
h	1,5	1,5	2,87	2,87	1,5	1,5	2,87	2,87	1,5	1,5	2,87	2,87

mit den folgenden Winkeln der reflektierenden Flächen

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	20	0	4	14	20	2
B	20	0	3	45	20	5
C	20	0	2	80	20	4

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

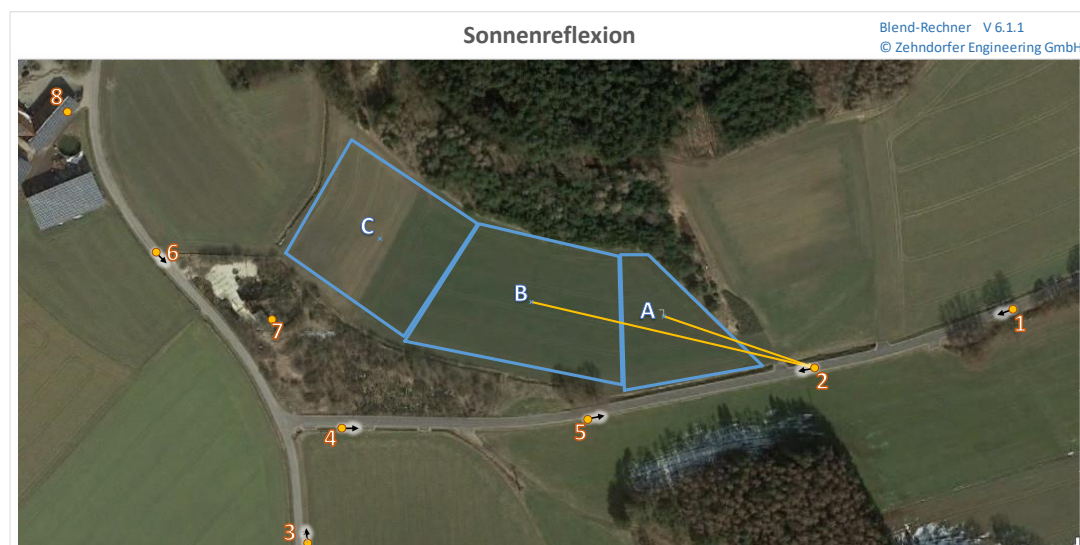
Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	IP8
x	291 927	291 818	291 540	291 561	291 694	291 464	291 525	291 419
y	377 570	377 540	377 449	377 514	377 515	377 620	377 579	377 702
z	447	444	443	442	443	441	440	441
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0
Blickrichtung - Az	68	77	176	-90	-102	-40		

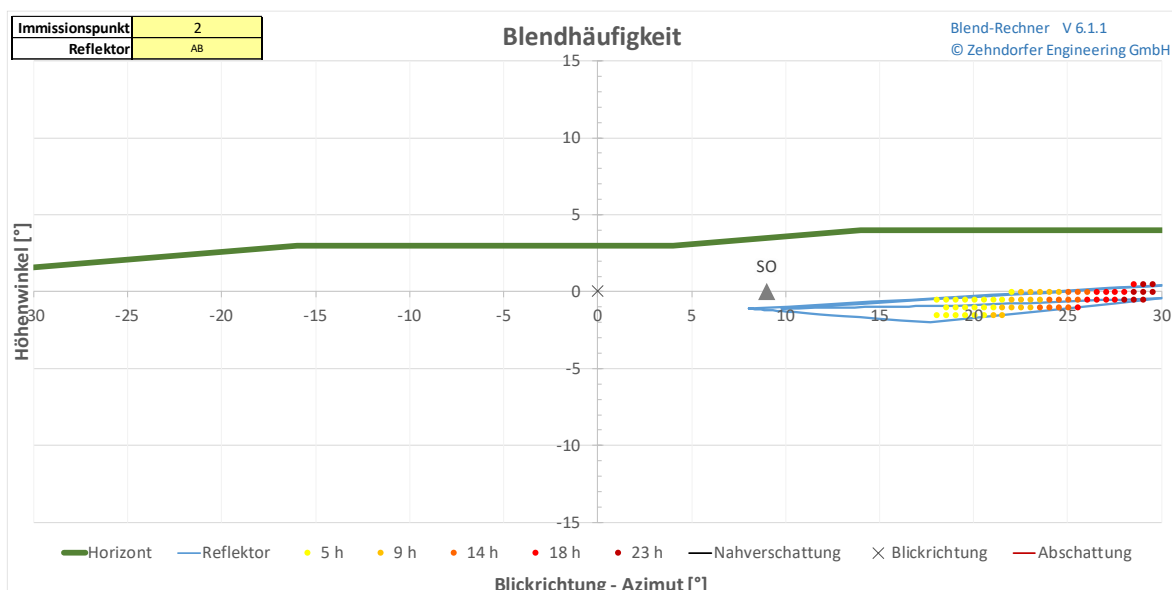
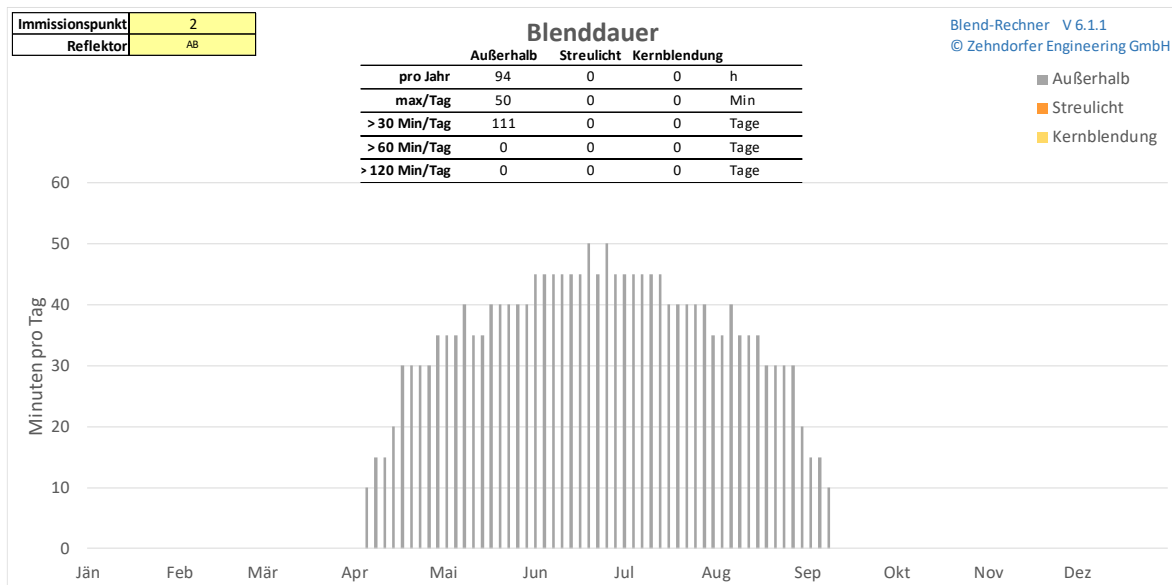
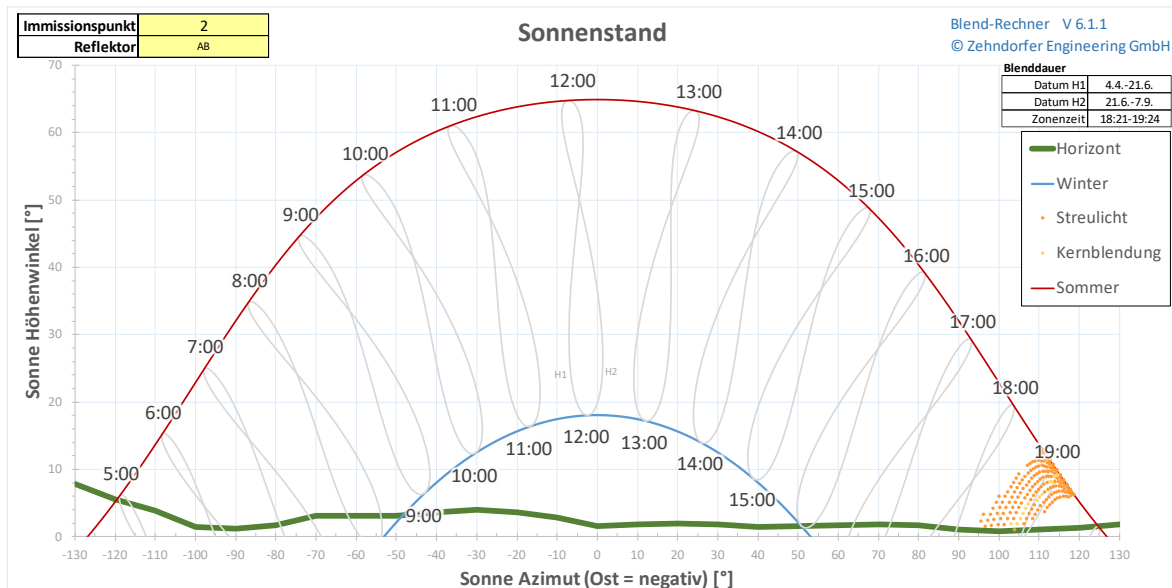
## ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

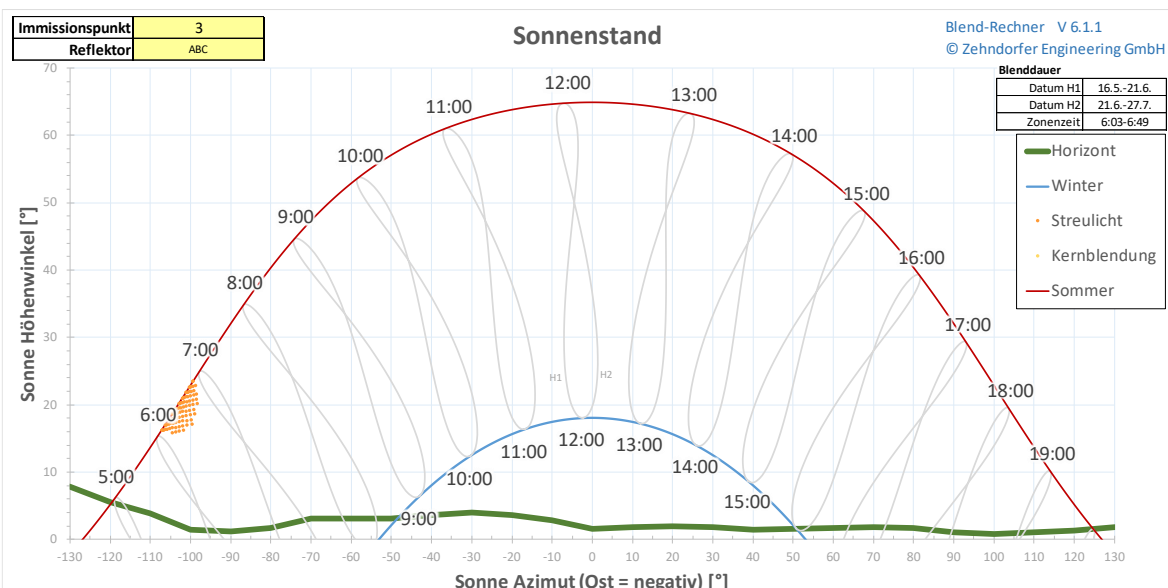
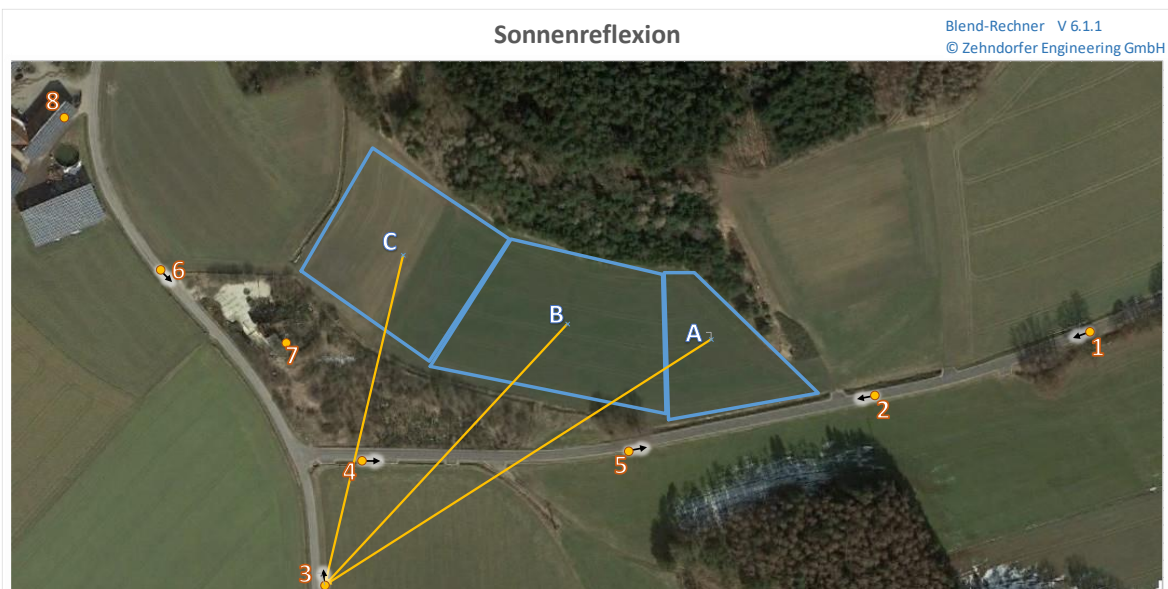
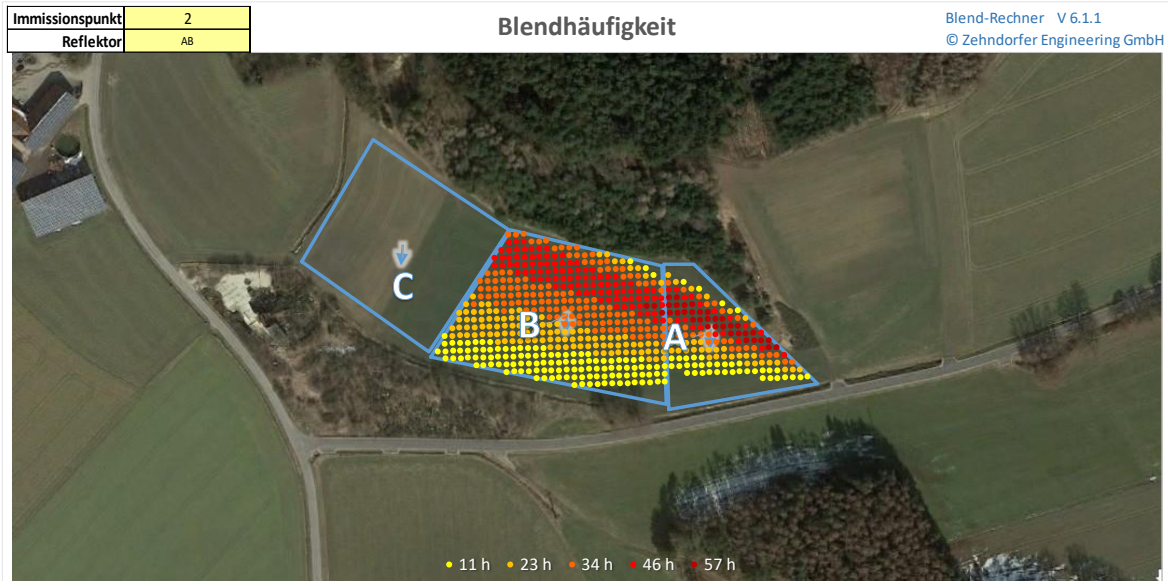
Reflektor		AB	AB	ABC	ABC	AB	BC	BC
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6	7
Distanz	m	140	29	128	61	23	71	35
Höhenwinkel	°	0	0	0	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	4	14	28	52	137	16	47
Datum H1		-	4.4.-21.6.	16.5.-21.6.	4.4.-21.6.	1.5.-21.6.	11.3.-21.6.	17.3.-21.6.
Datum H2		-	21.6.-7.9.	21.6.-27.7.	21.6.-7.9.	21.6.-11.8.	21.6.-1.10.	21.6.-25.9.
Zeit		-	18:21-19:24	6:03-6:49	5:46-6:55	6:05-18:56	5:43-6:45	5:38-6:44
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	5	5	0	10
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	3	2	0	17
Streulicht	min / Tag	0	0	0	45	45	0	45
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	44	70	0	87
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	-	7	20	13	16	11	11
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	107	-103	-98	3	-96	-97
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	18	30	28	30	26	27
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	21	68	6	4	44	0

Reflektor		BC
Immissionspunkt		8
Distanz	m	143
Höhenwinkel	°	0
Raumwinkel	msr	7
Datum H1		-
Datum H2		-
Zeit		-
Kernblendung	min / Tag	0
Kernblendung	h / Jahr	0
Streulicht	min / Tag	0
Streulicht	h / Jahr	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-

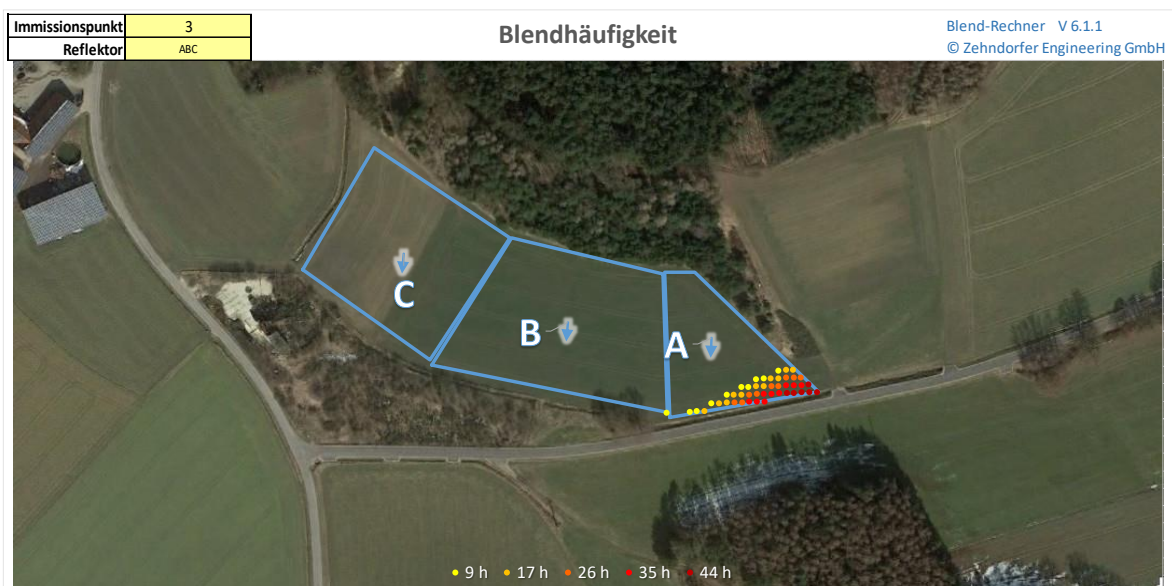
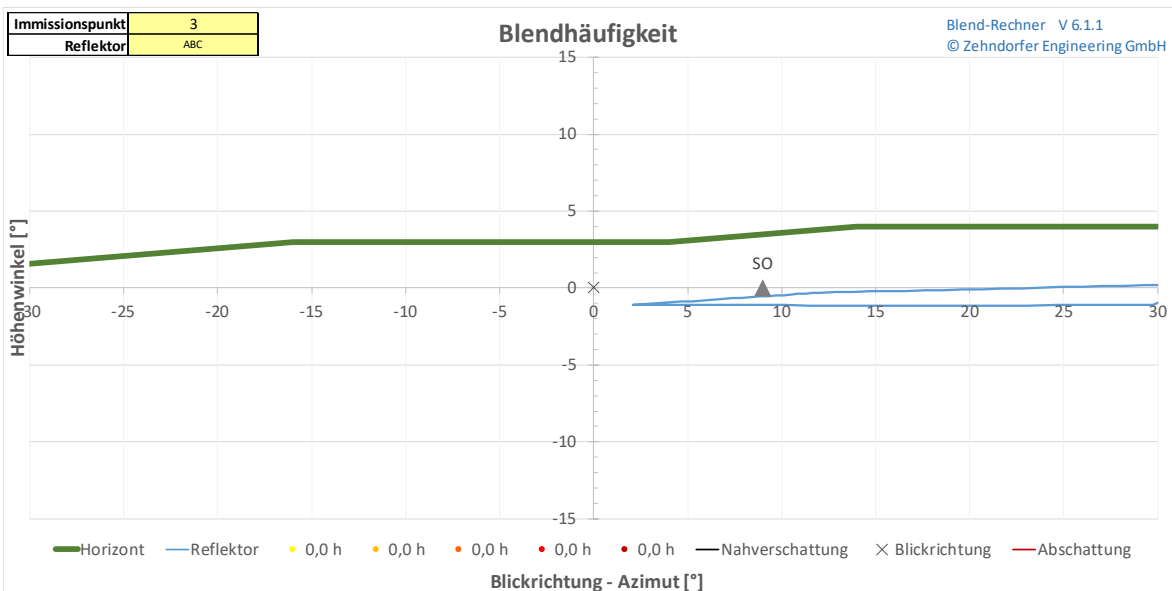
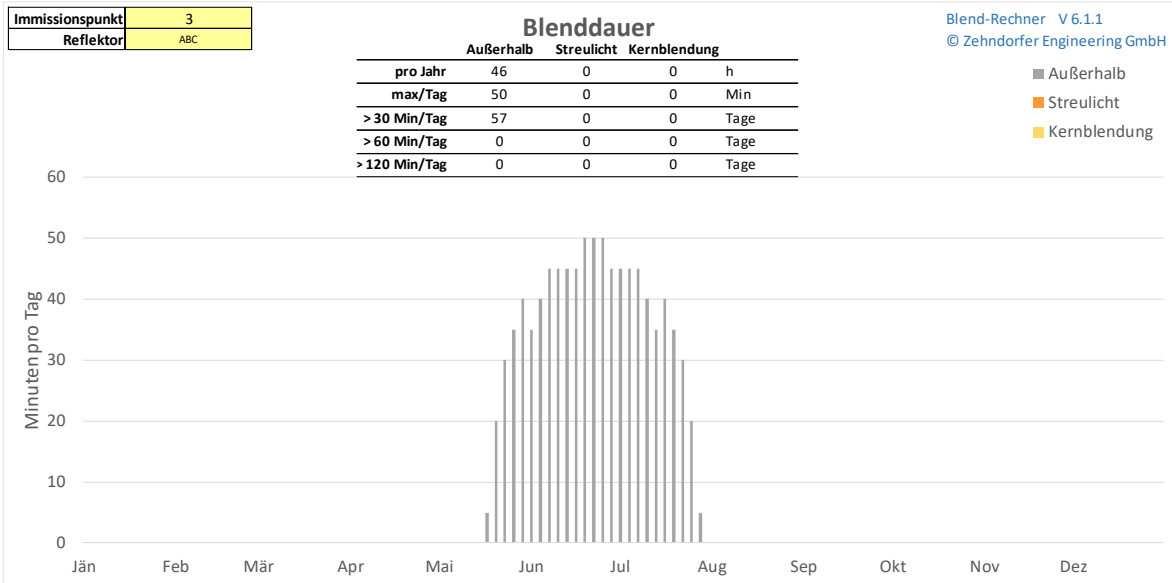
Im Folgenden werden jene Ergebnisse grafisch dargestellt, für welche Reflexionen auftreten können.



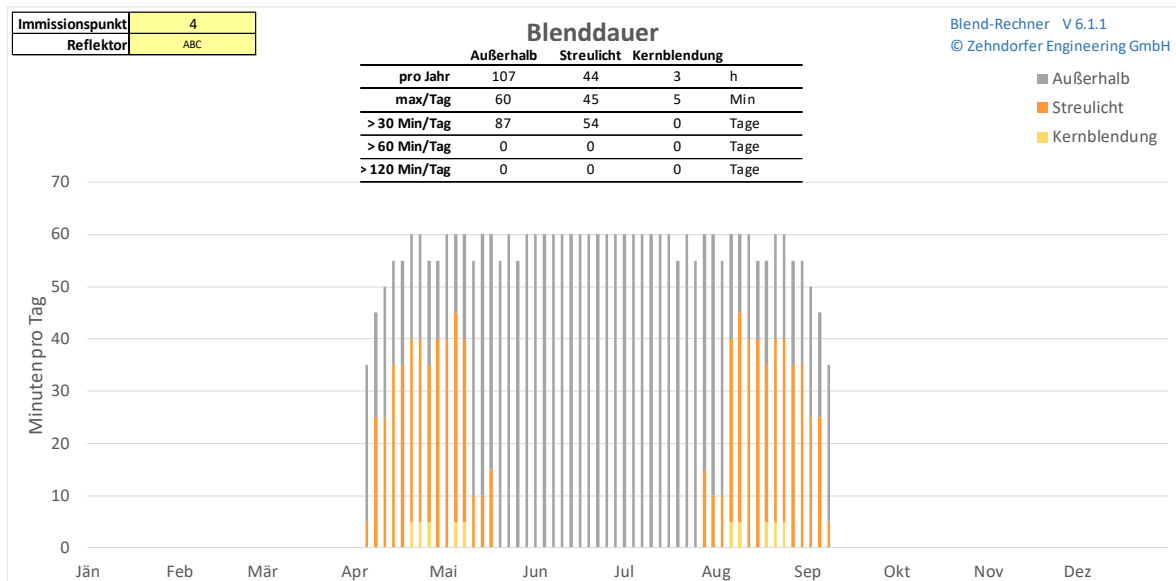
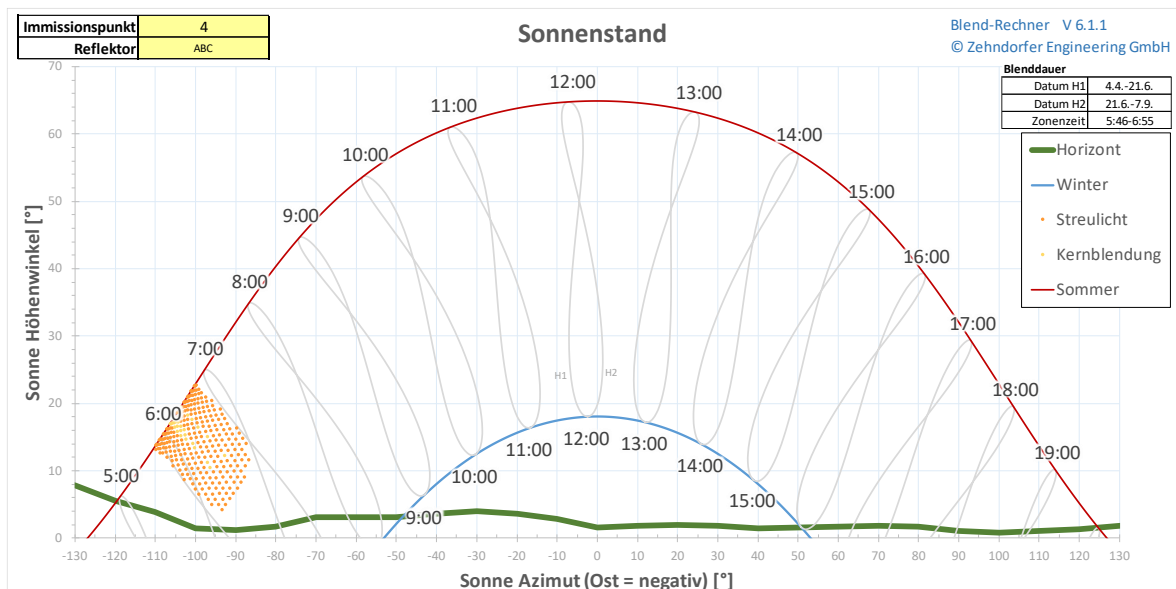
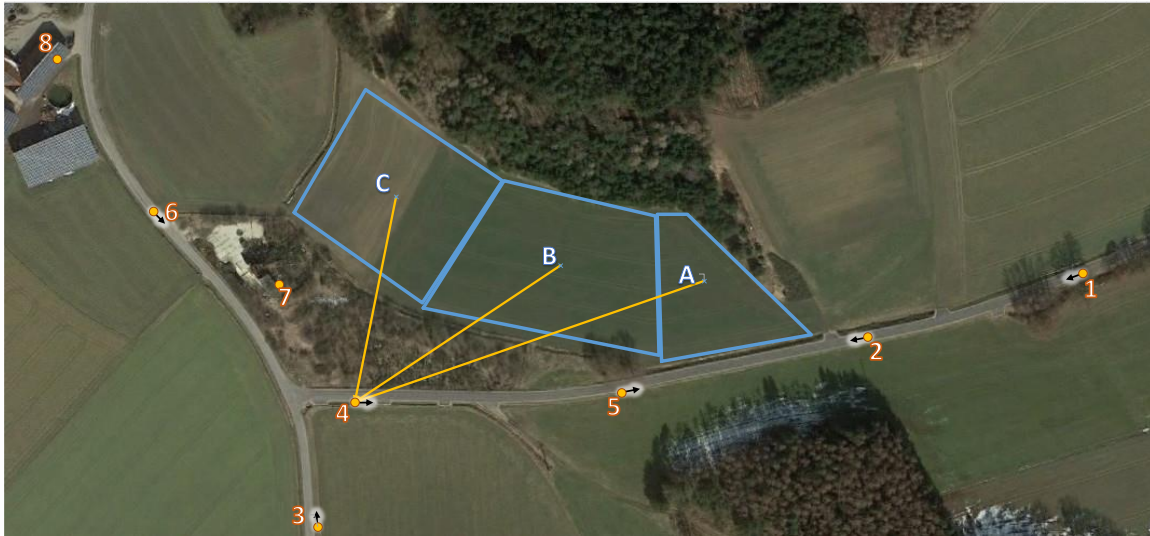


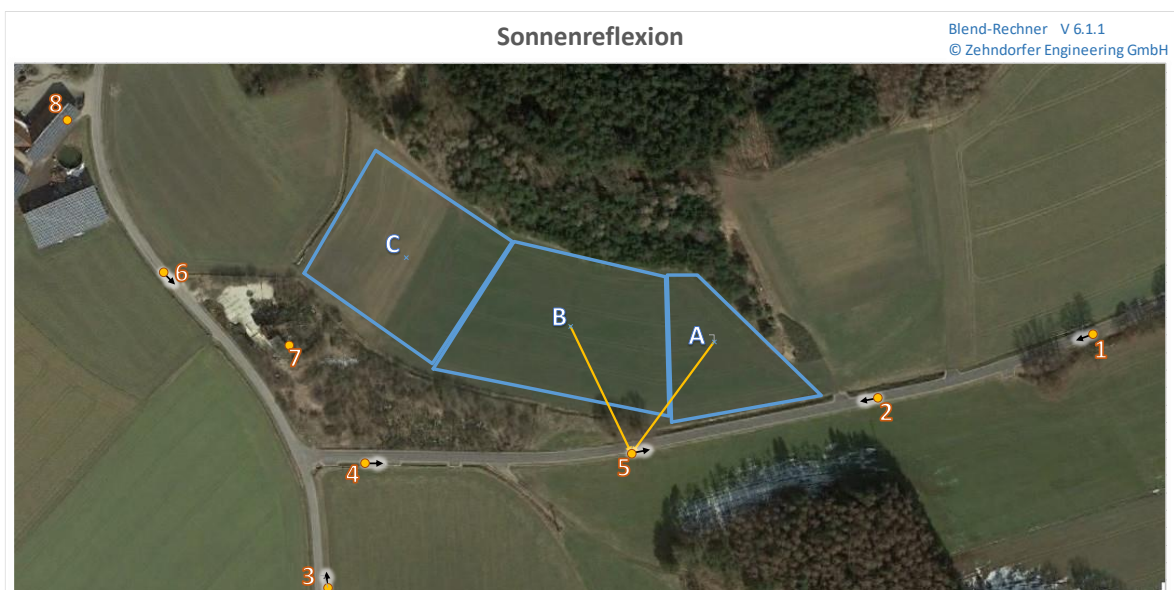
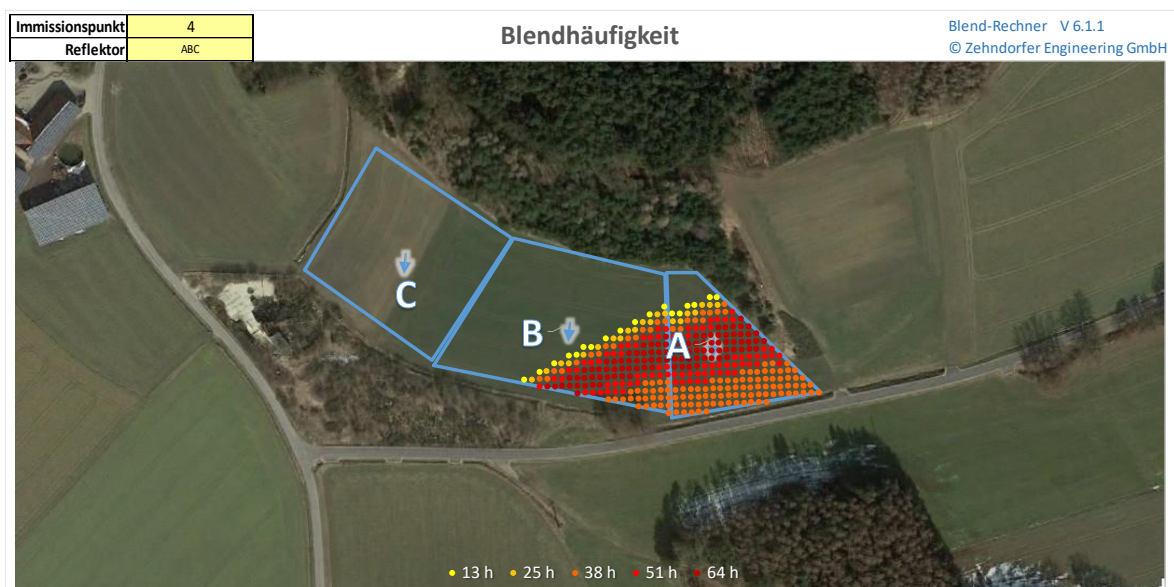
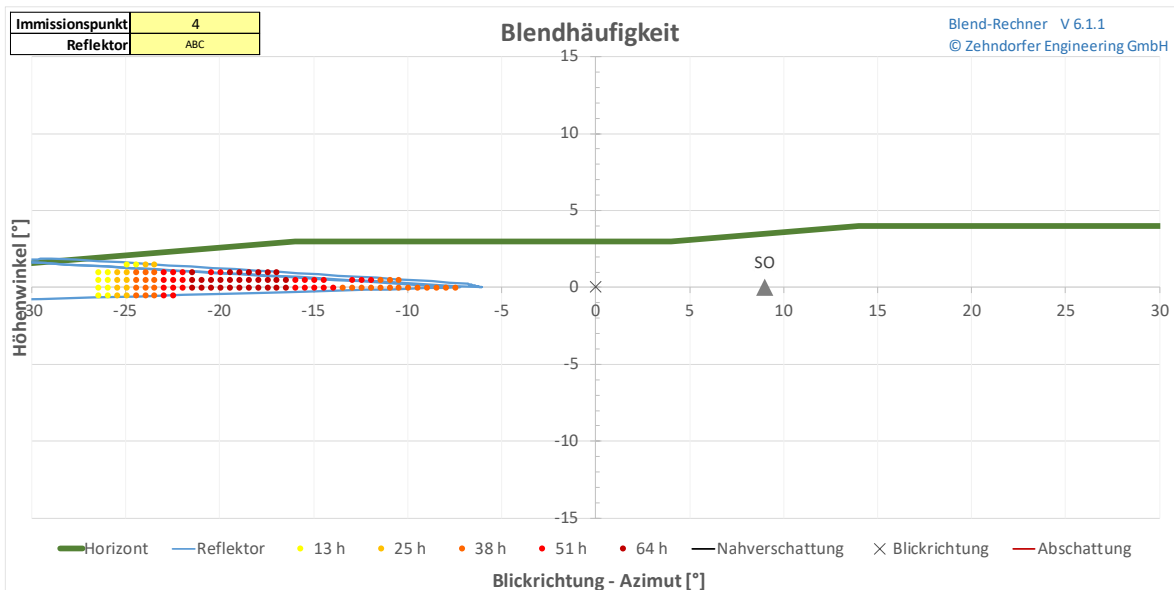


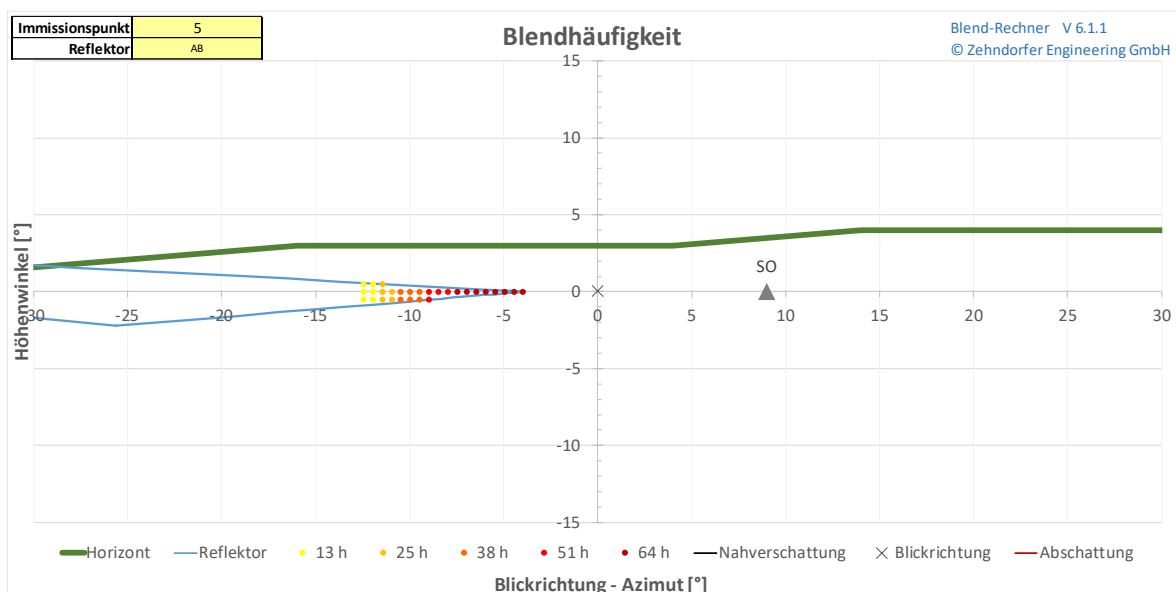
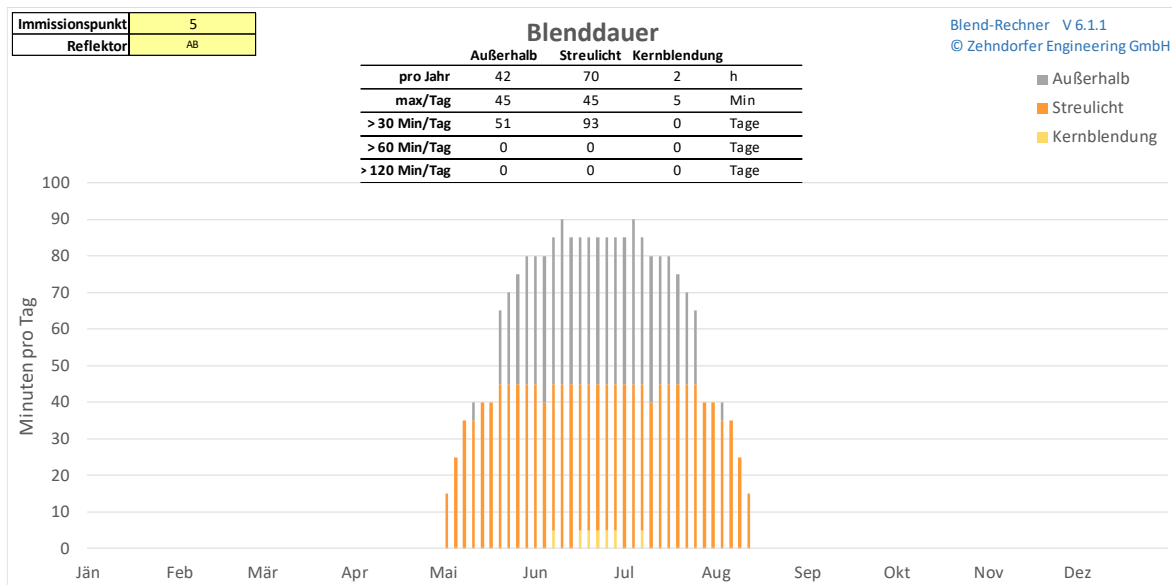
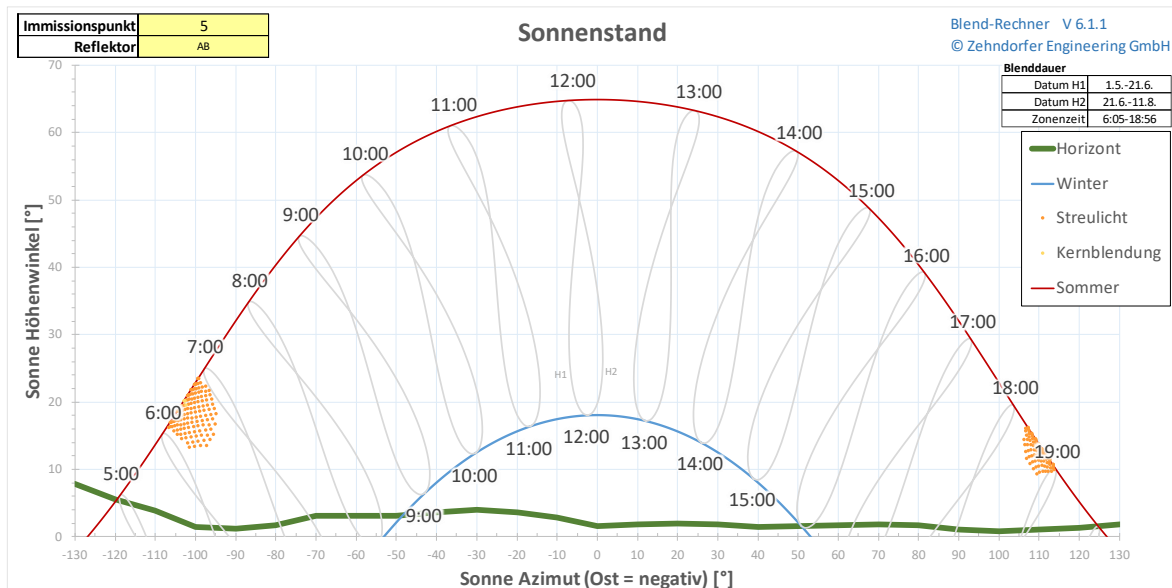




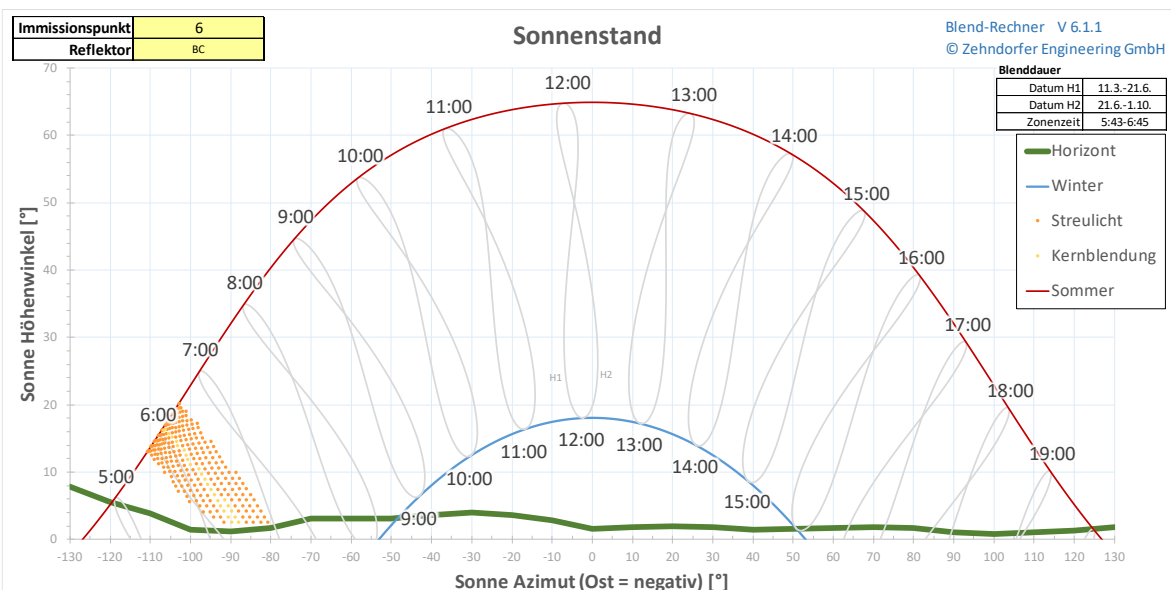
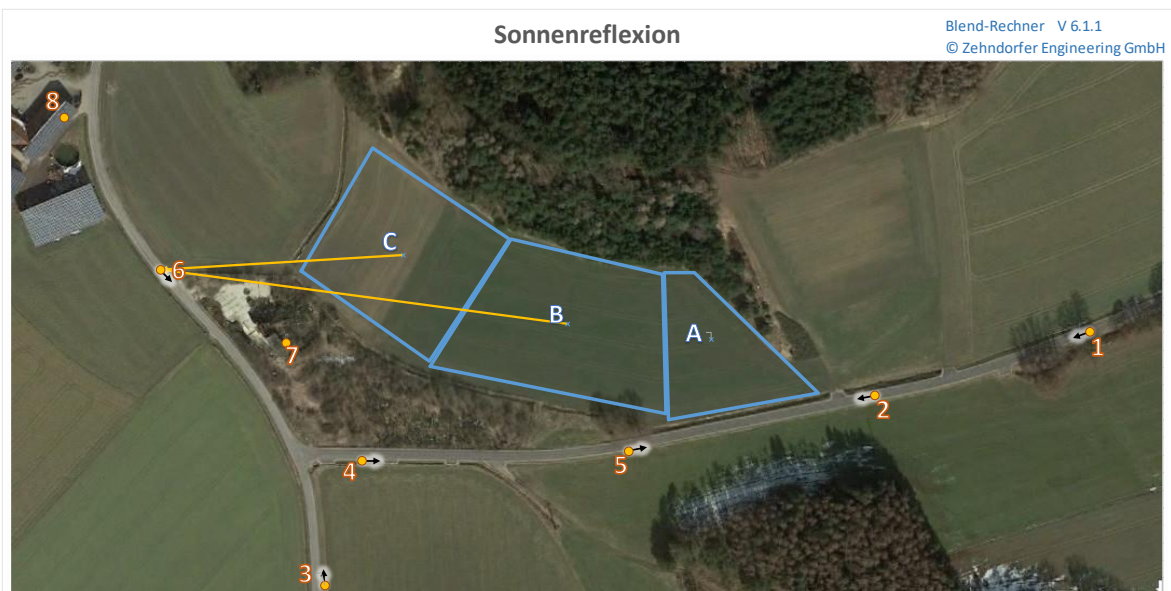
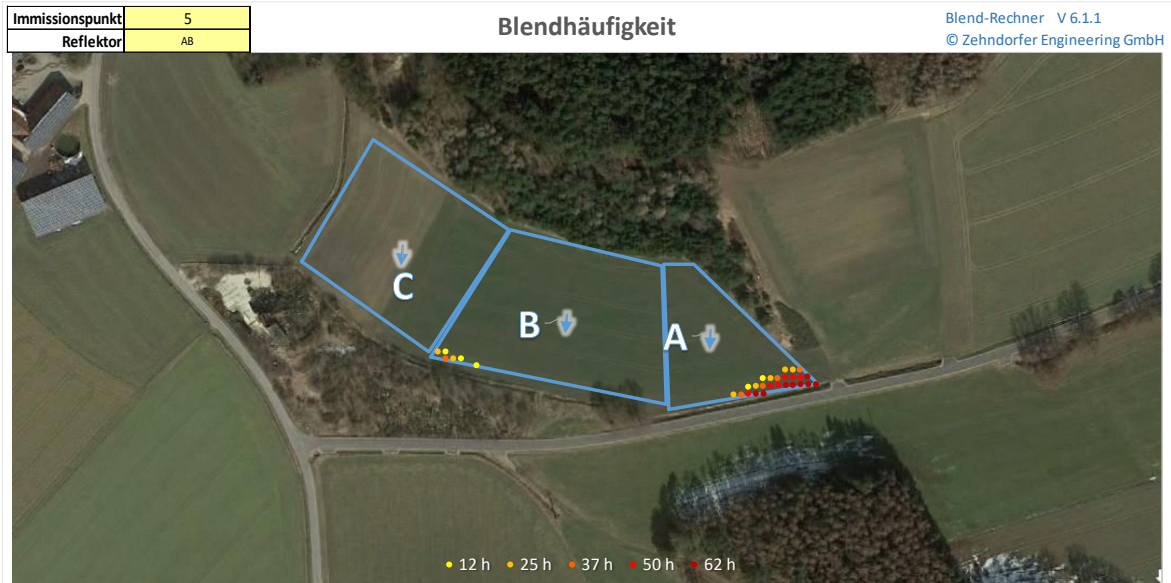
## Sonnenreflexion

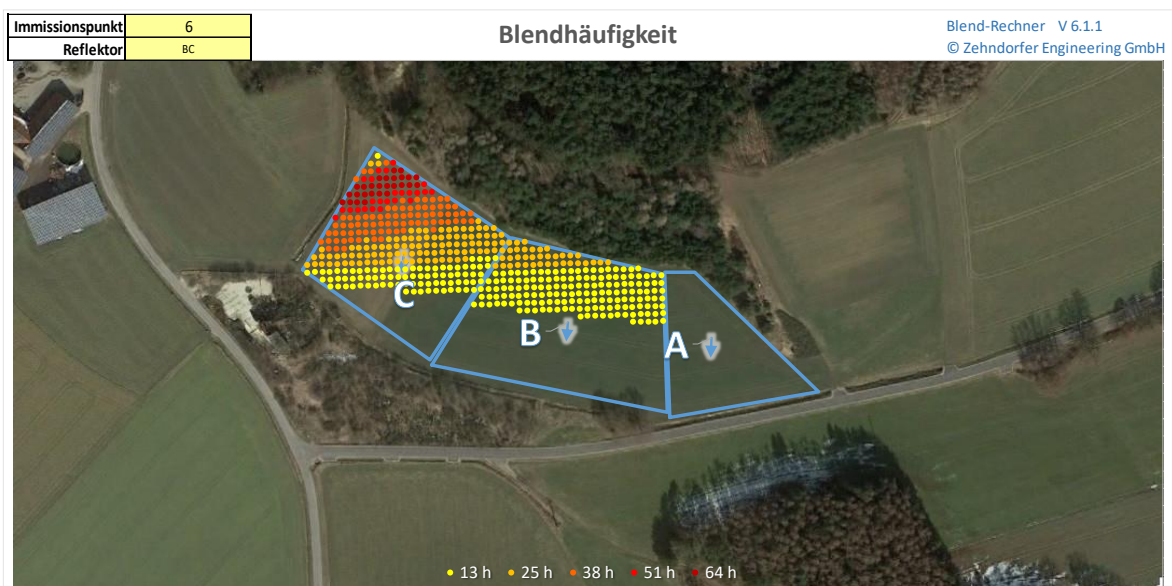
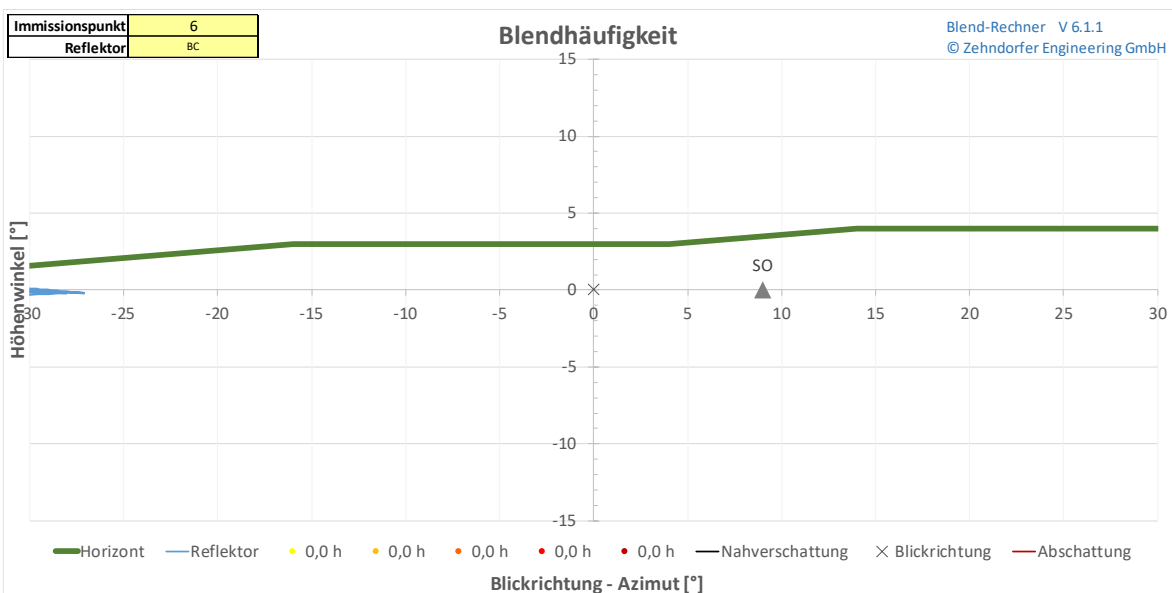
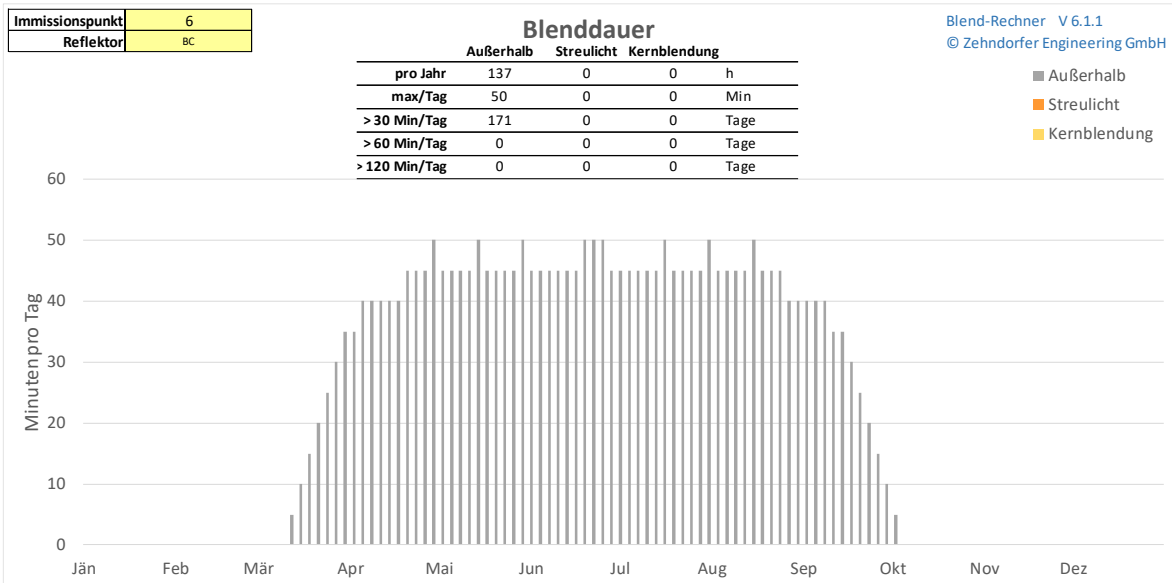
 Blend-Rechner V 6.1.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH




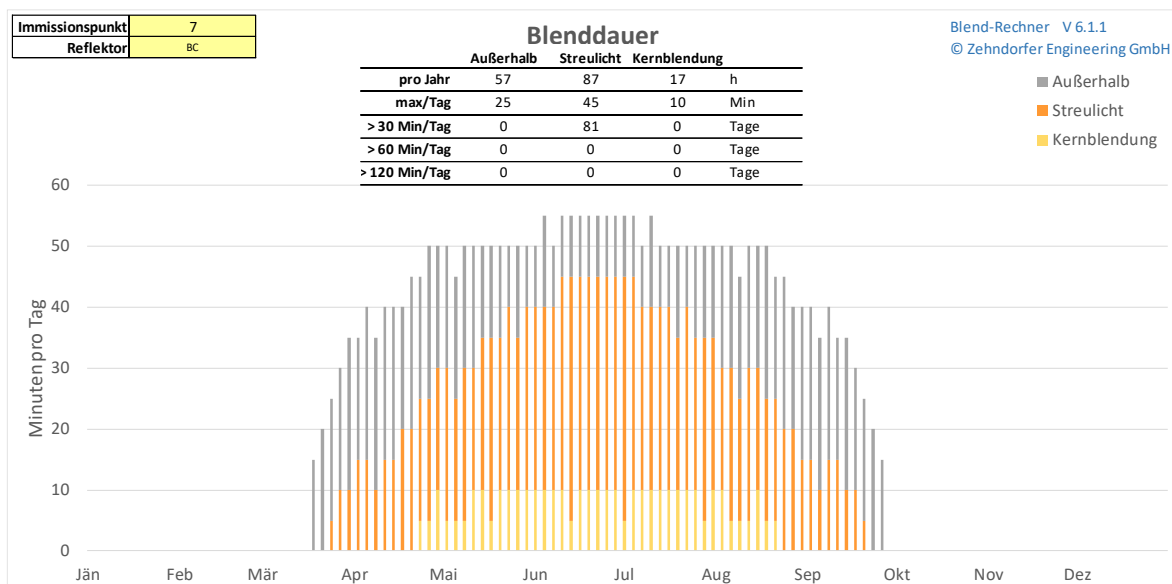
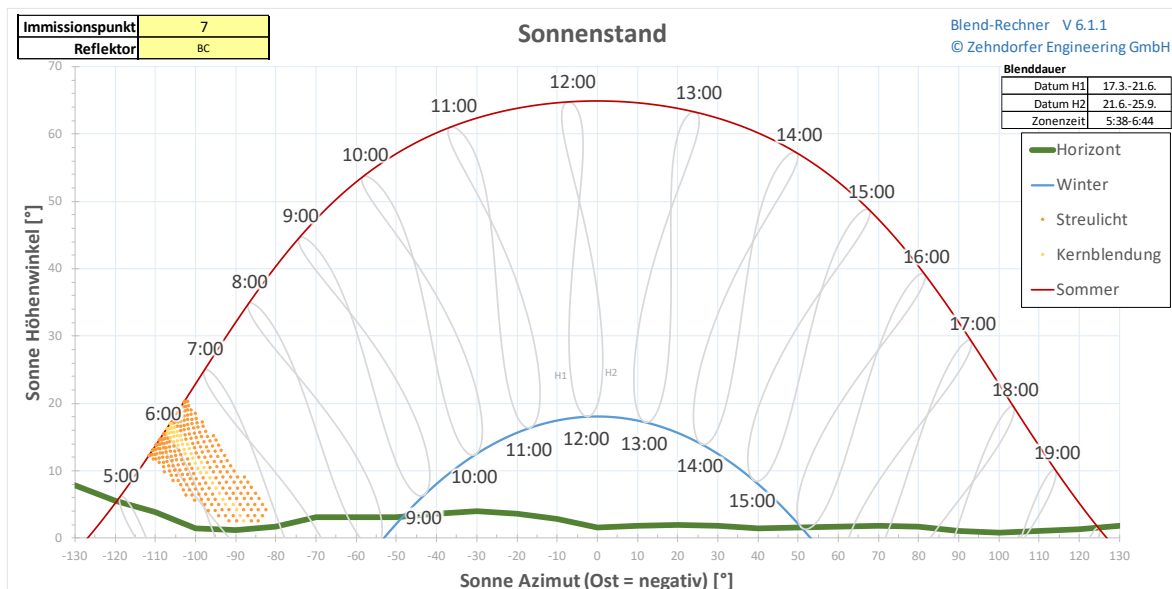
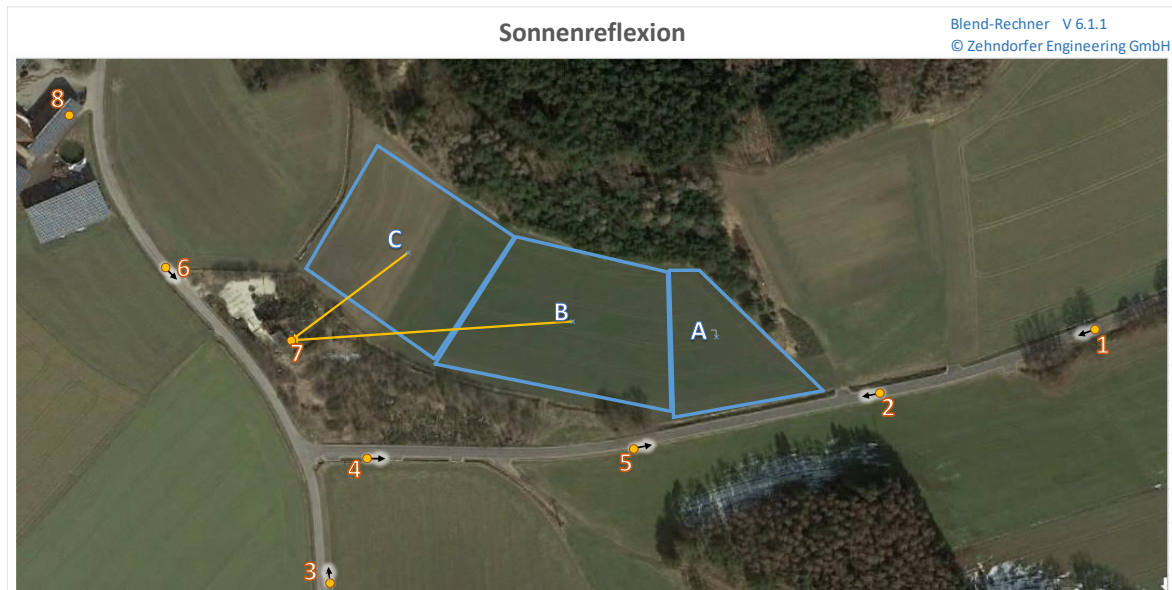


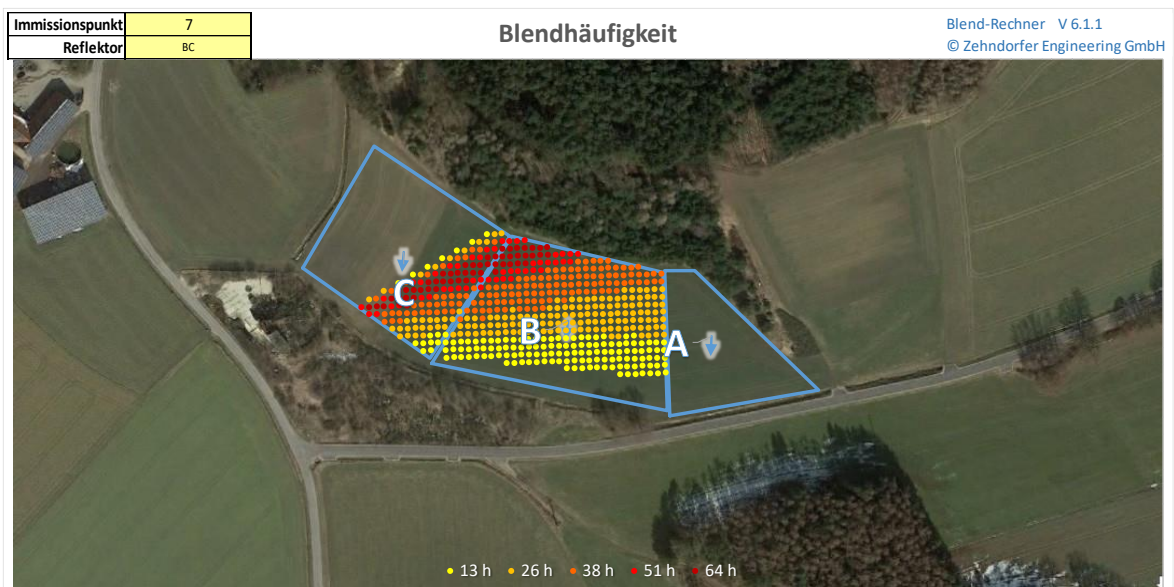
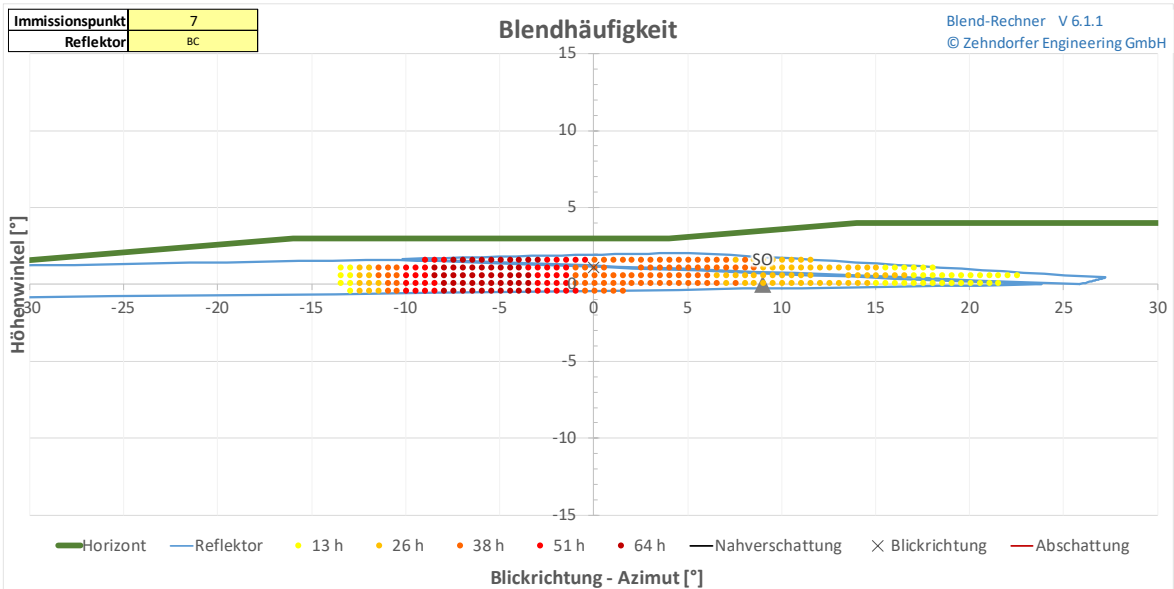










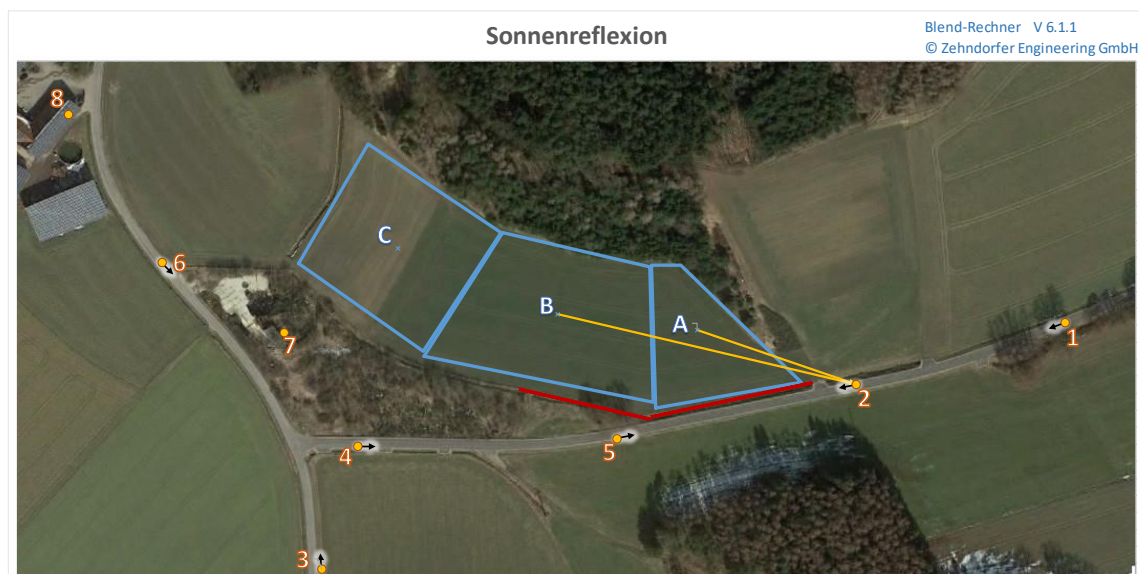


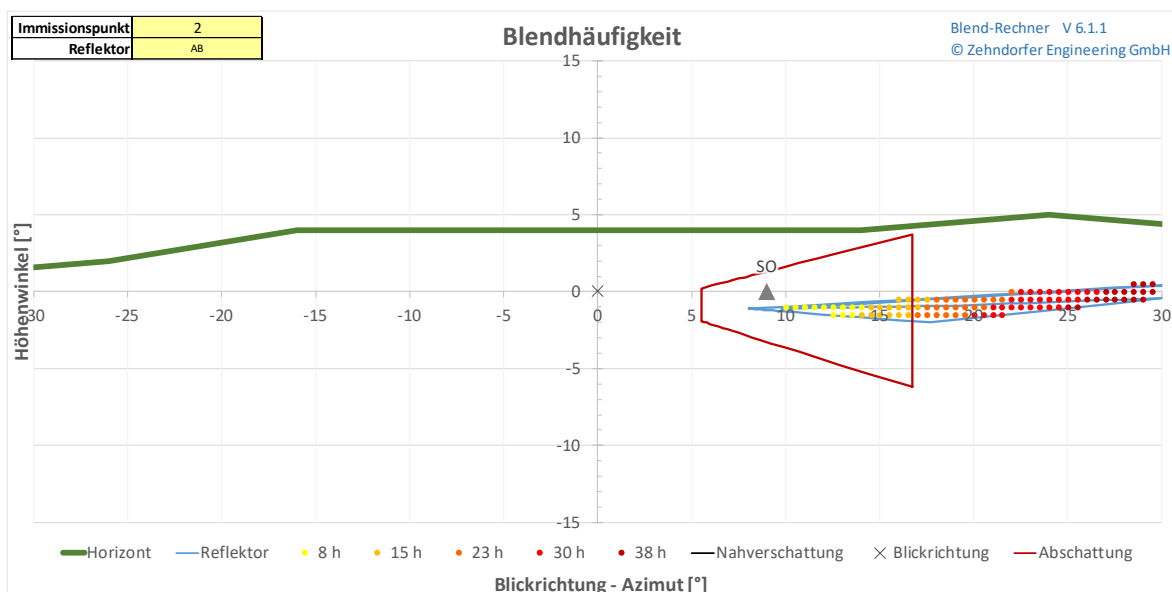
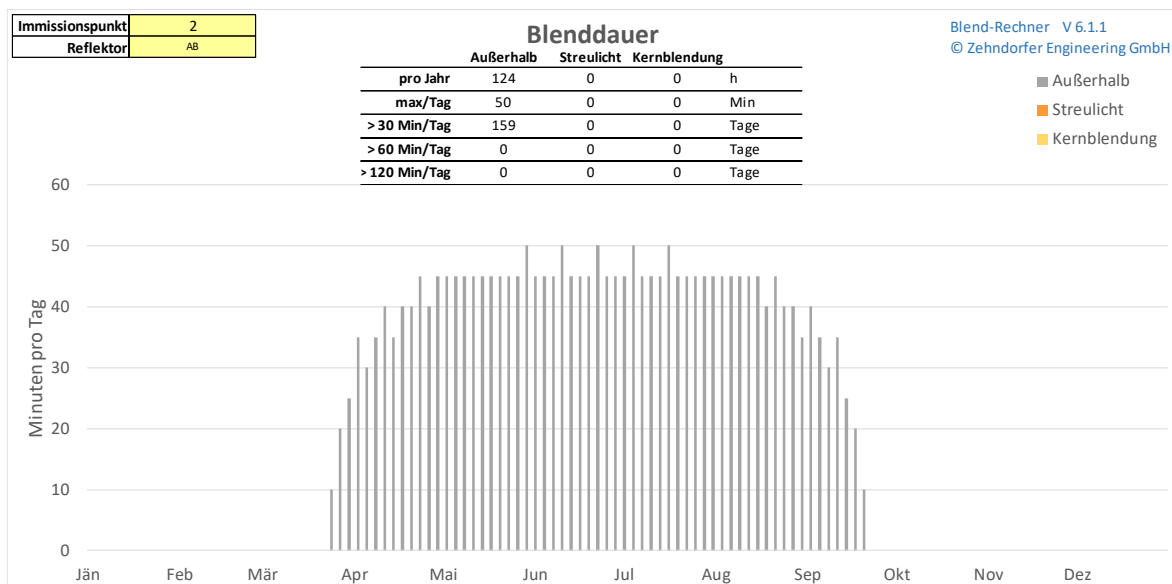
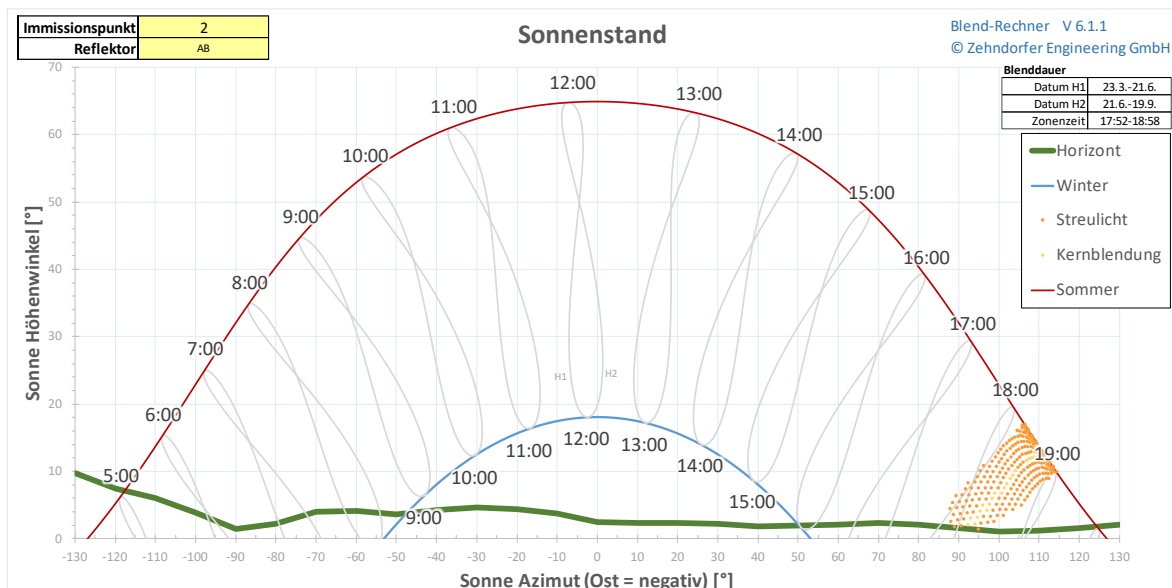
## Anhang 5.1 Ergebnisse Option 1

Reflektor	AB	AB	ABC	ABC	AB	BC	BC
Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7
Distanz m	140	29	128	60	23	71	35
Höhenwinkel °	0	0	0	0	0	0	0
Raumwinkel msr	4	14	27	53	137	16	47
Datum H1	-	23.3.-21.6.	-	1.5.-21.6.	19.5.-21.6.	11.3.-21.6.	17.3.-21.6.
Datum H2	-	21.6.-19.9.	-	21.6.-11.8.	21.6.-24.7.	21.6.-1.10.	21.6.-25.9.
Zeit	-	17:52-18:58	-	5:33-6:34	18:13-18:55	5:43-6:45	5:38-6:44
Kernblendung min / Tag	0	0	0	0	0	0	10
Kernblendung h / Jahr	0	0	0	0	0	0	16
Streulicht min / Tag	0	0	0	0	0	0	45
Streulicht h / Jahr	0	0	0	0	0	0	86
Sonnen Höhenwinkel (Mittel) °	-	9	-	14	13	11	11
Sonnen Azimut (Mittel) °	-	101	-	-106	110	-96	-98
Sonne-Reflektor Winkel (max) °	-	23	-	28	24	26	27
Blendung - Blickwinkel (min) °	-	17	-	15	141	44	0

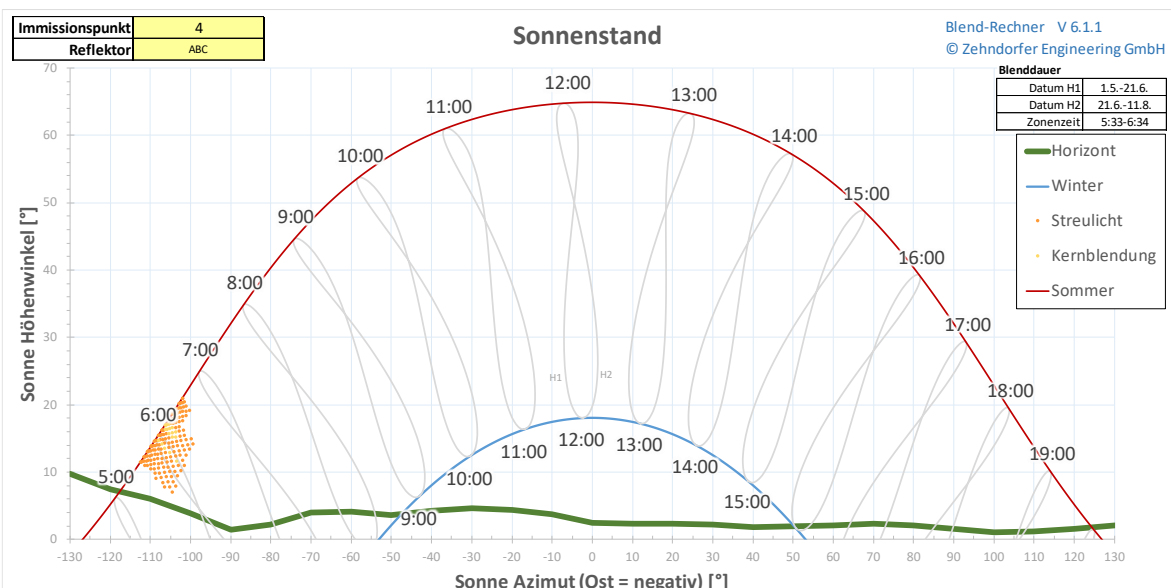
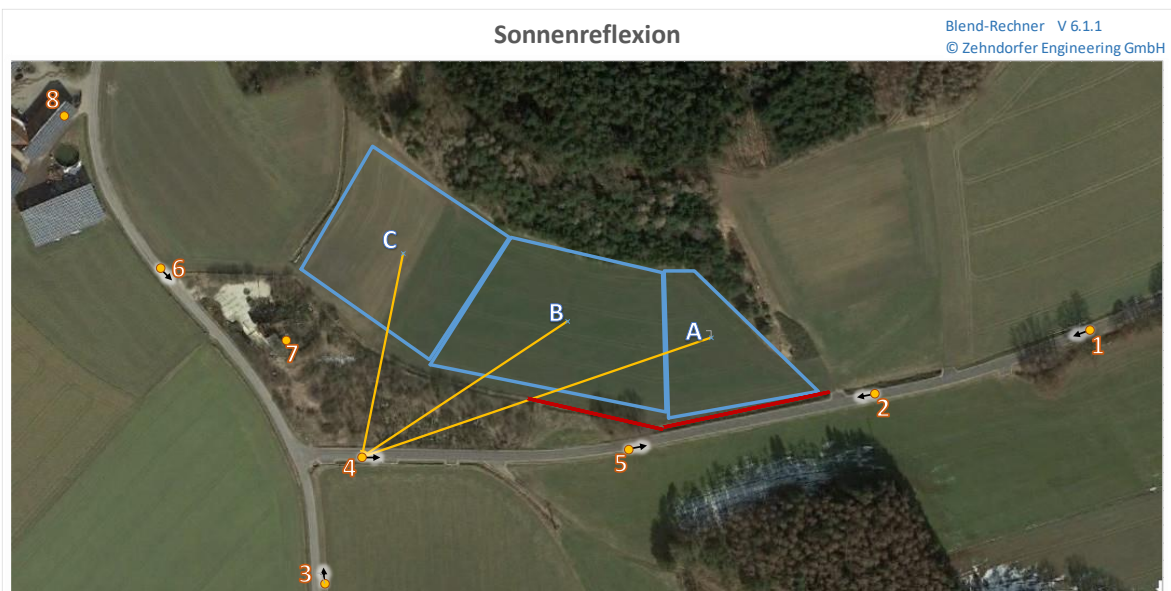
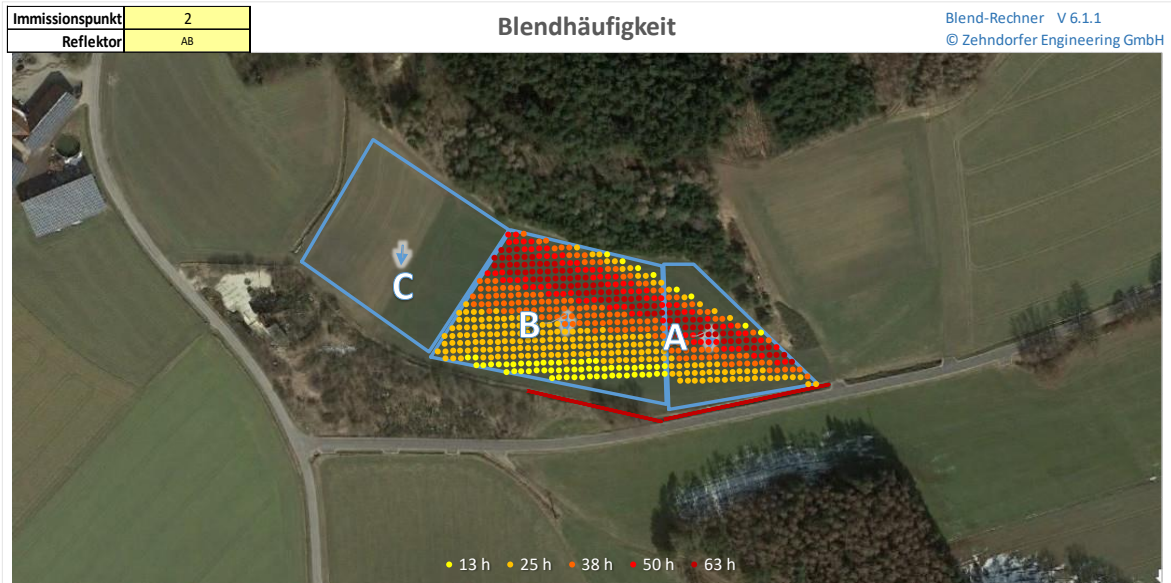
Reflektor	BC
Immissionspunkt	8
Distanz m	143
Höhenwinkel °	0
Raumwinkel msr	7
Datum H1	-
Datum H2	-
Zeit	-
Kernblendung min / Tag	0
Kernblendung h / Jahr	0
Streulicht min / Tag	0
Streulicht h / Jahr	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel) °	-
Sonnen Azimut (Mittel) °	-
Sonne-Reflektor Winkel (max) °	-
Blendung - Blickwinkel (min) °	-

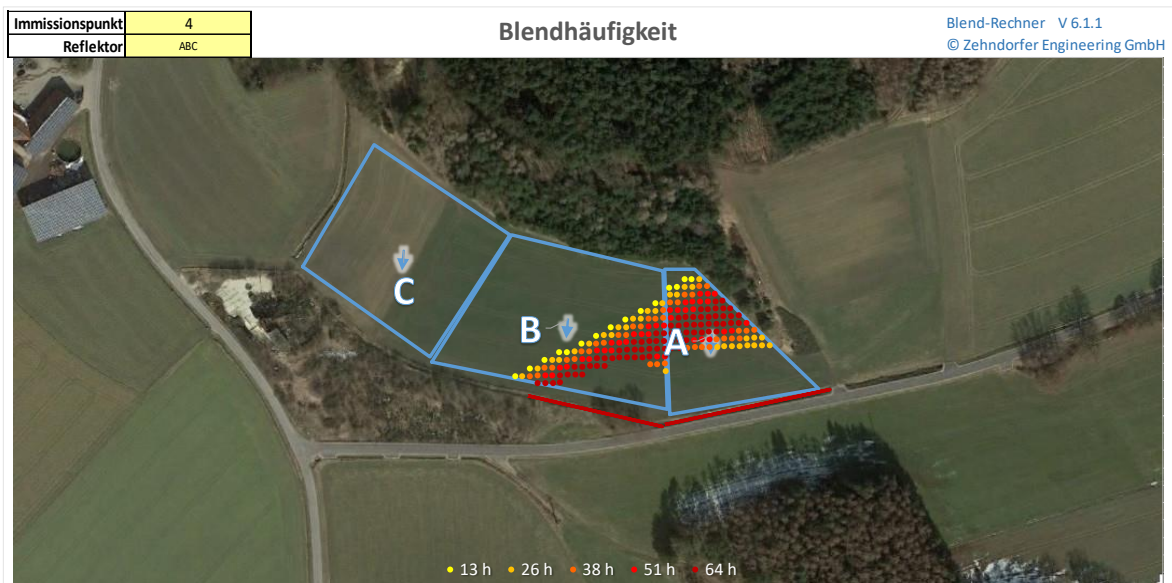
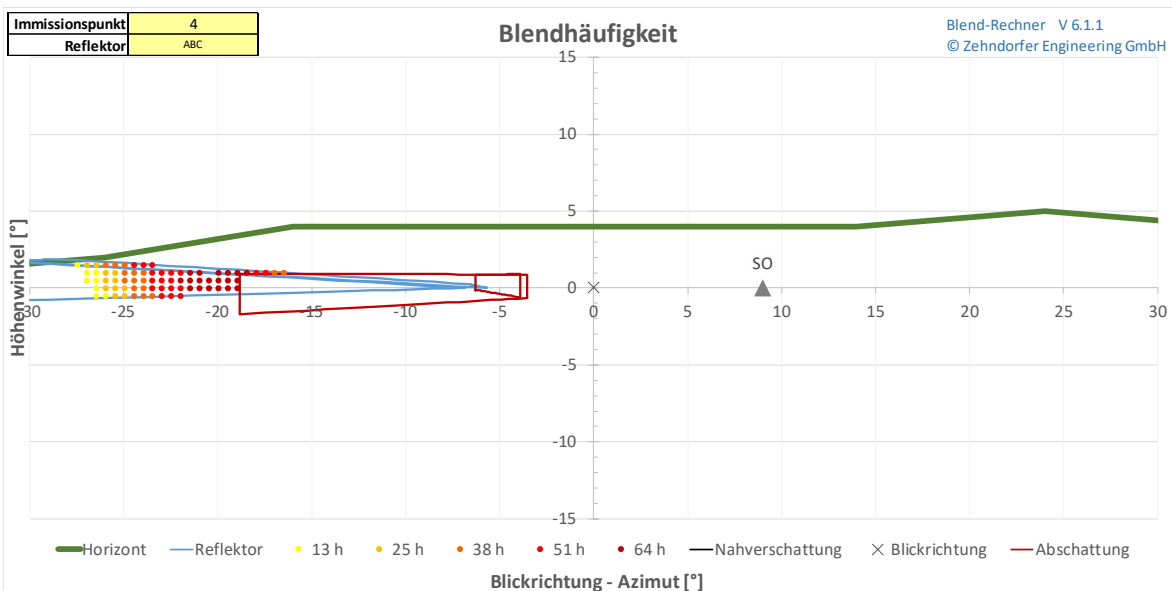
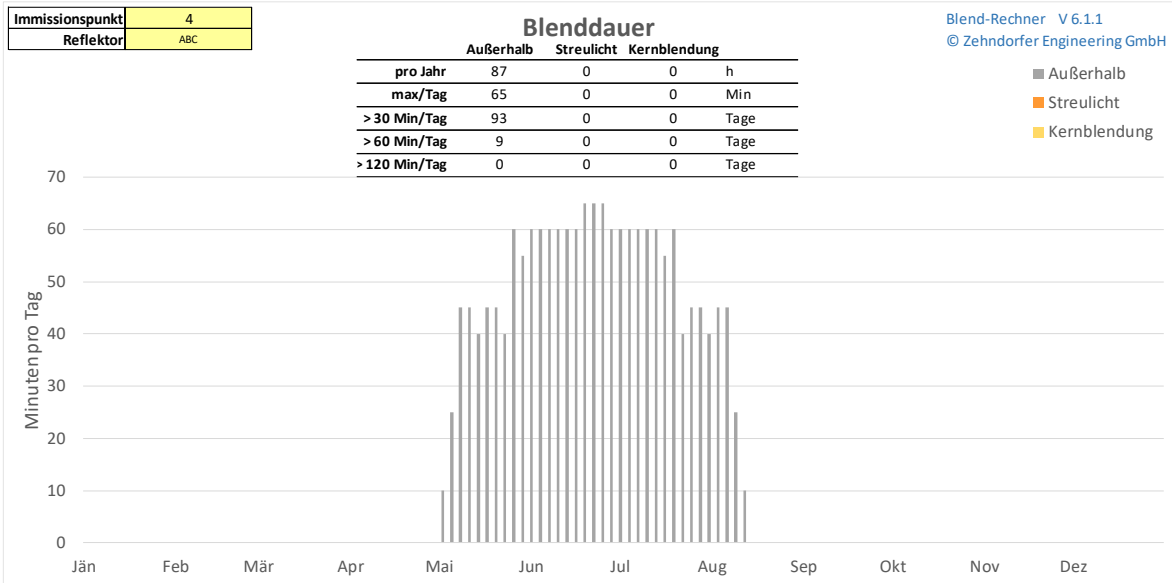
Im Folgenden werden jene Ergebnisse grafisch dargestellt, für welche Reflexionen auftreten können.





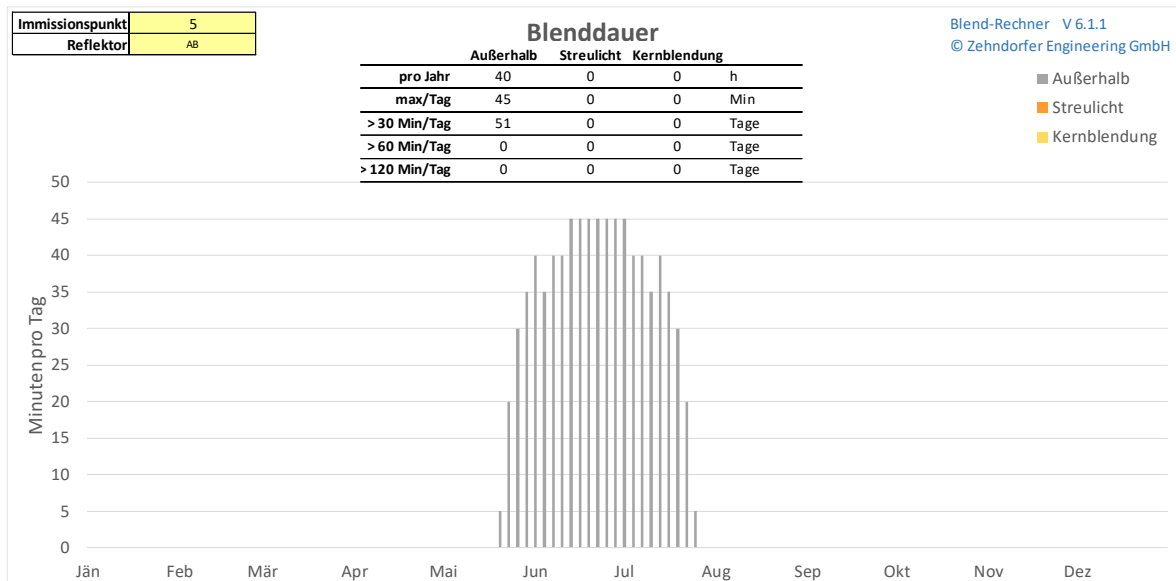
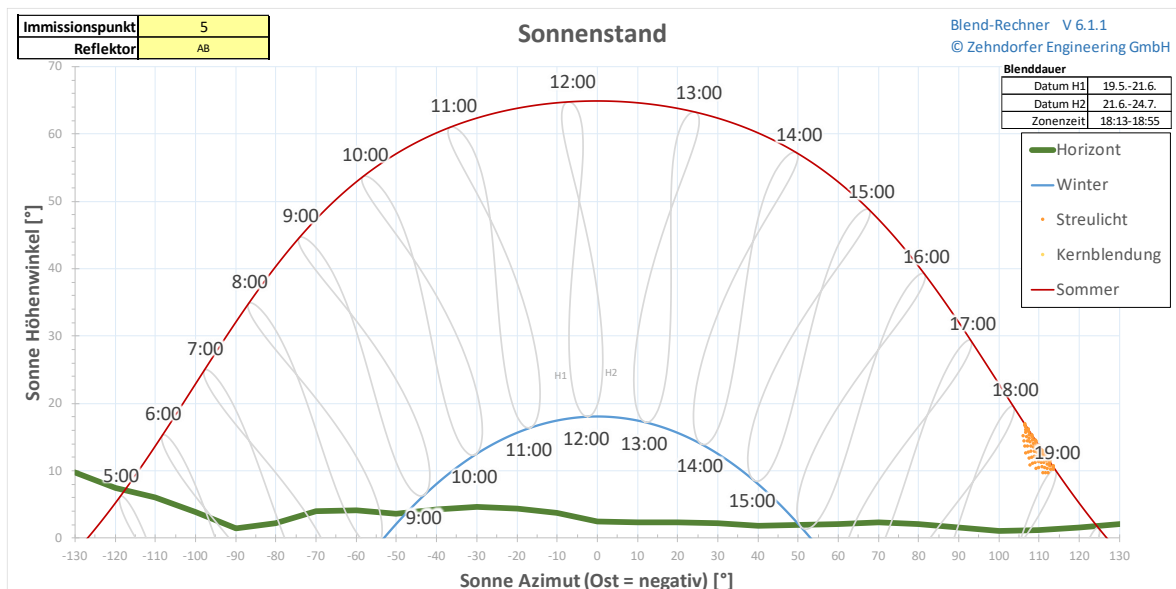
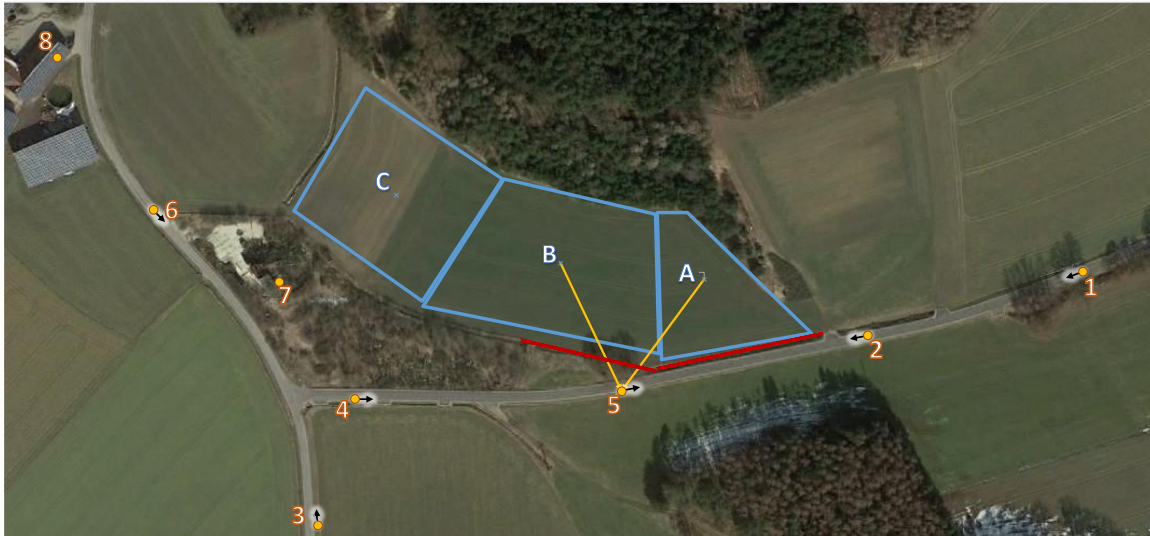


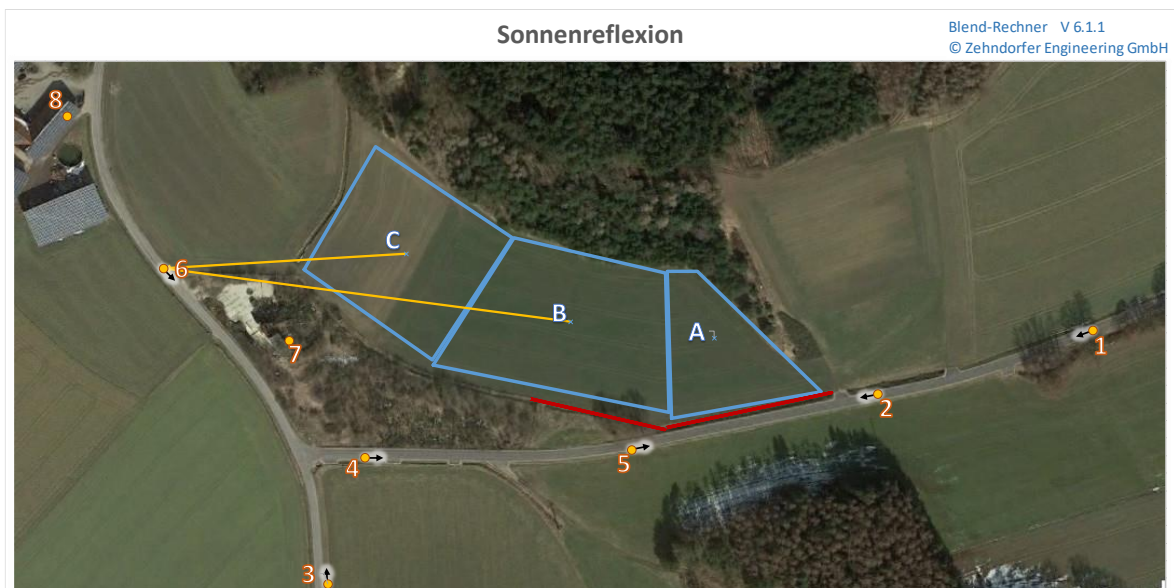
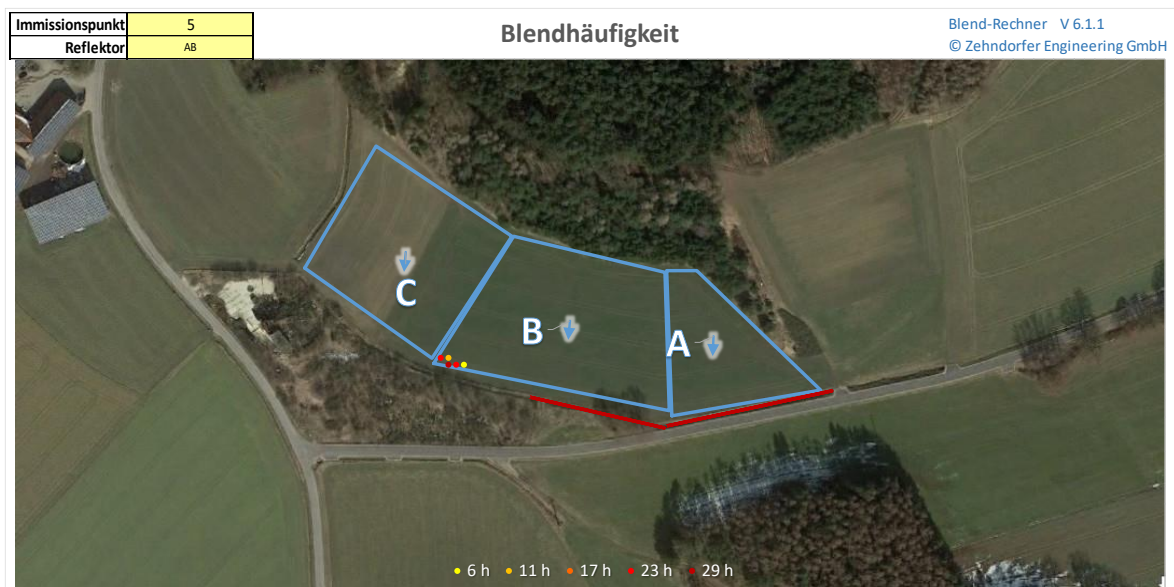
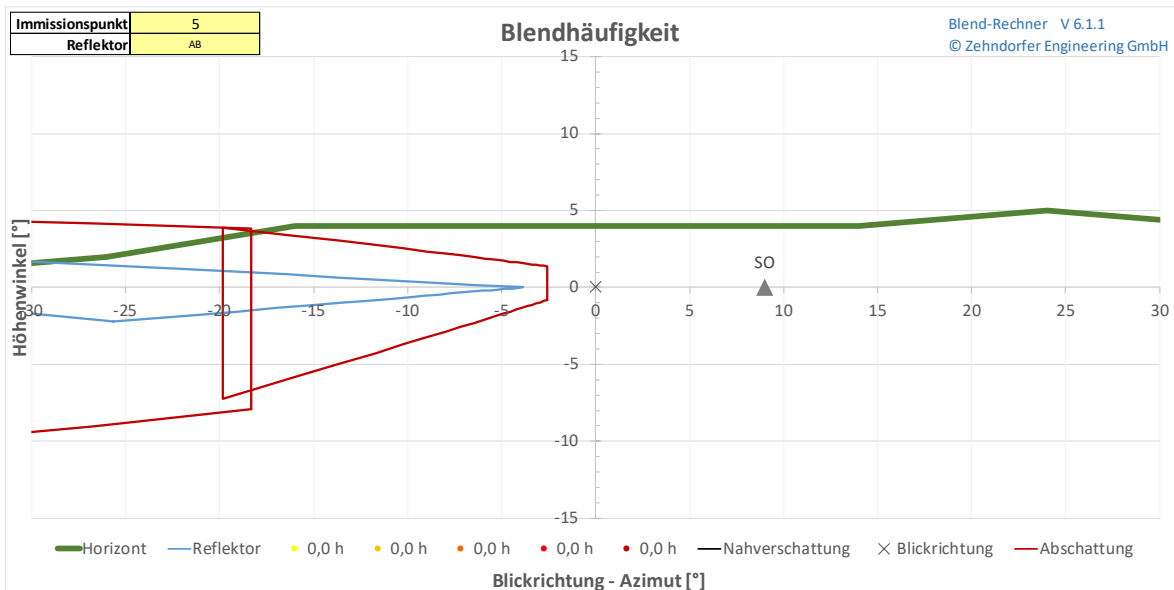


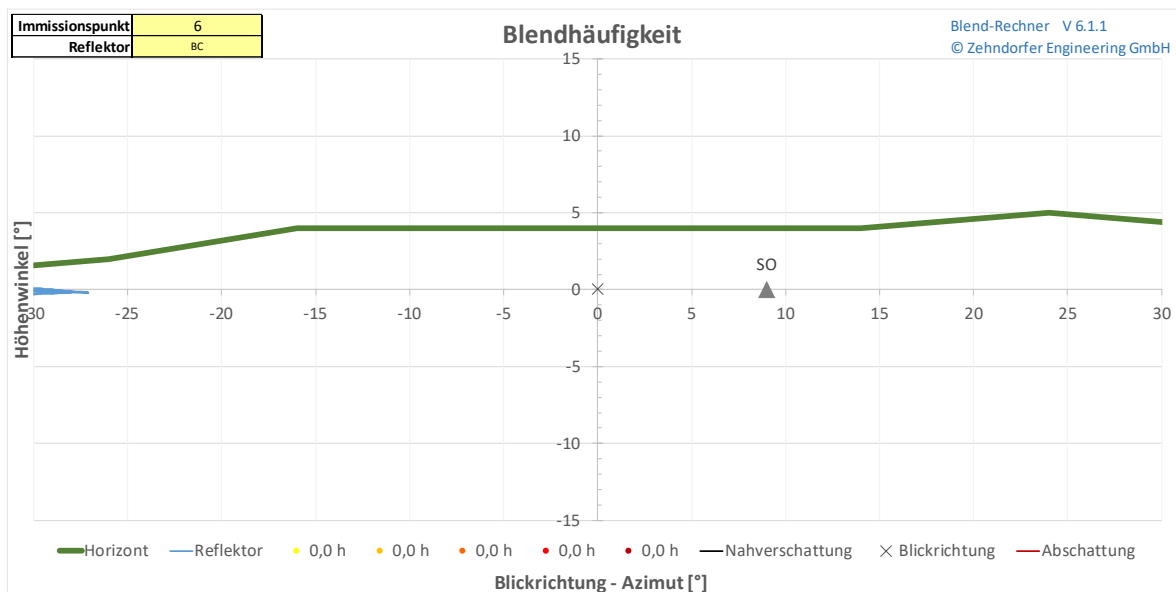
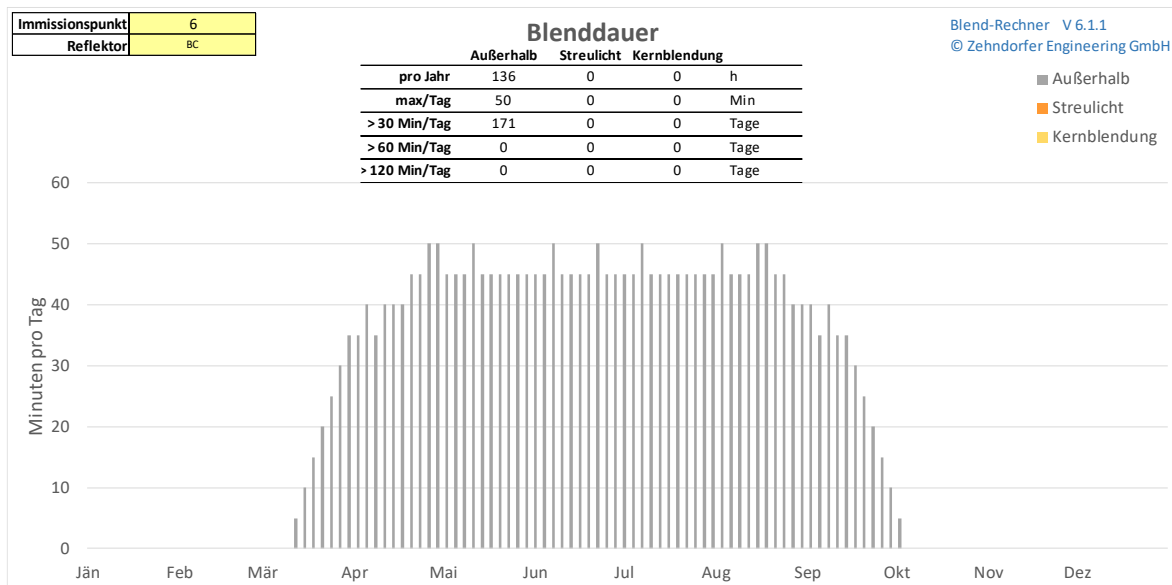
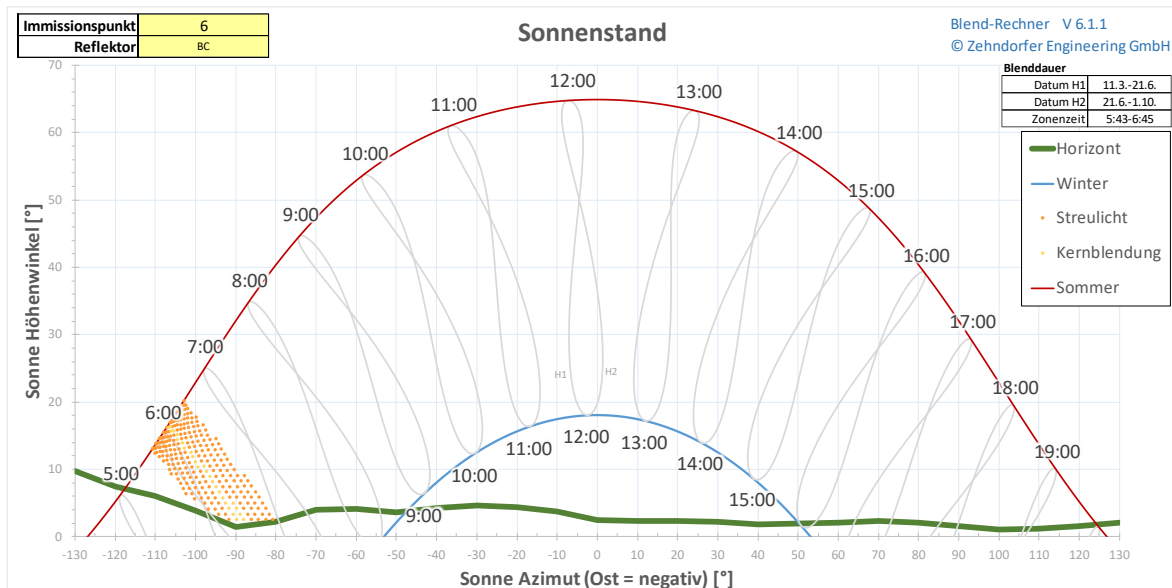




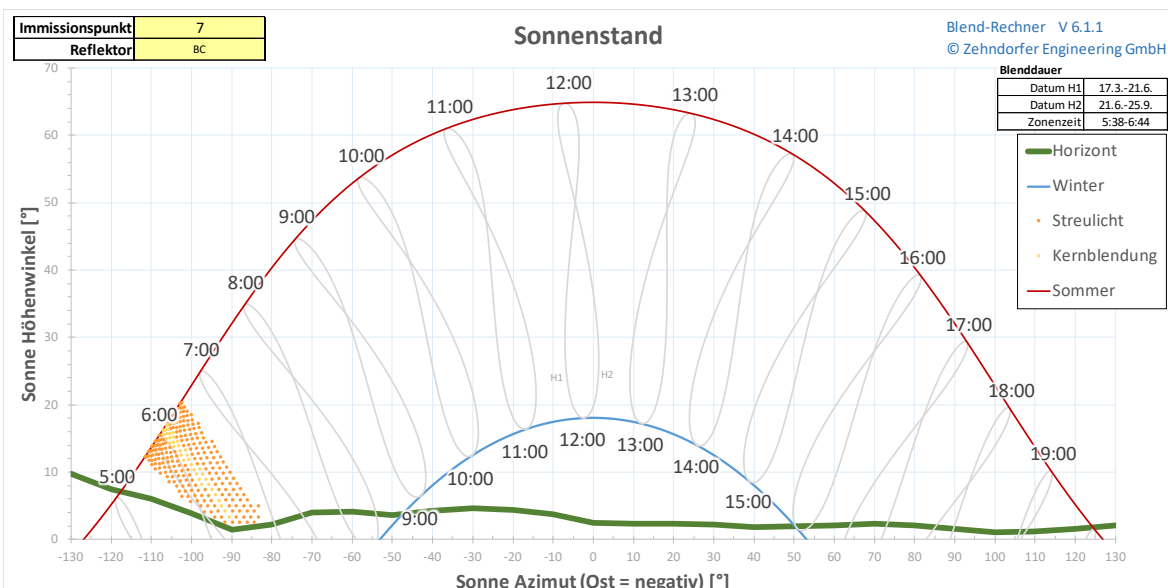
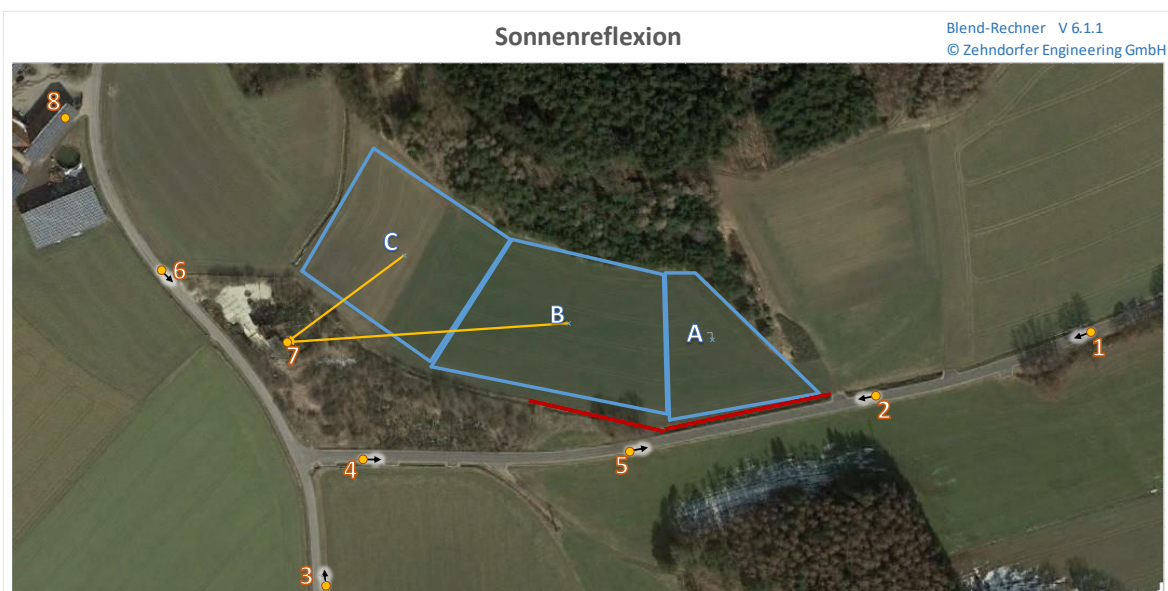
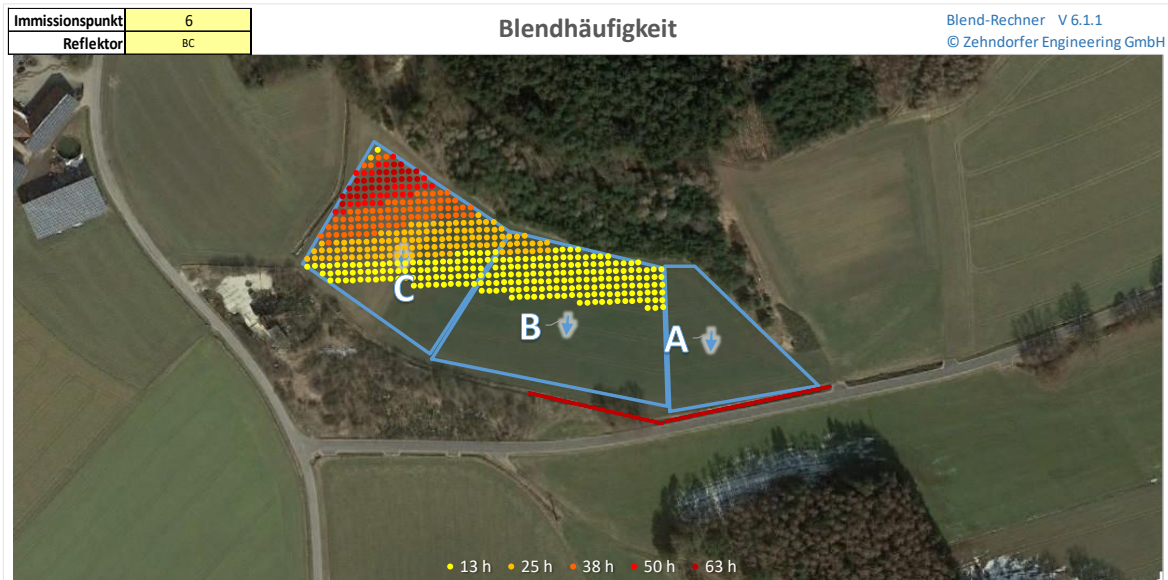
## Sonnenreflexion

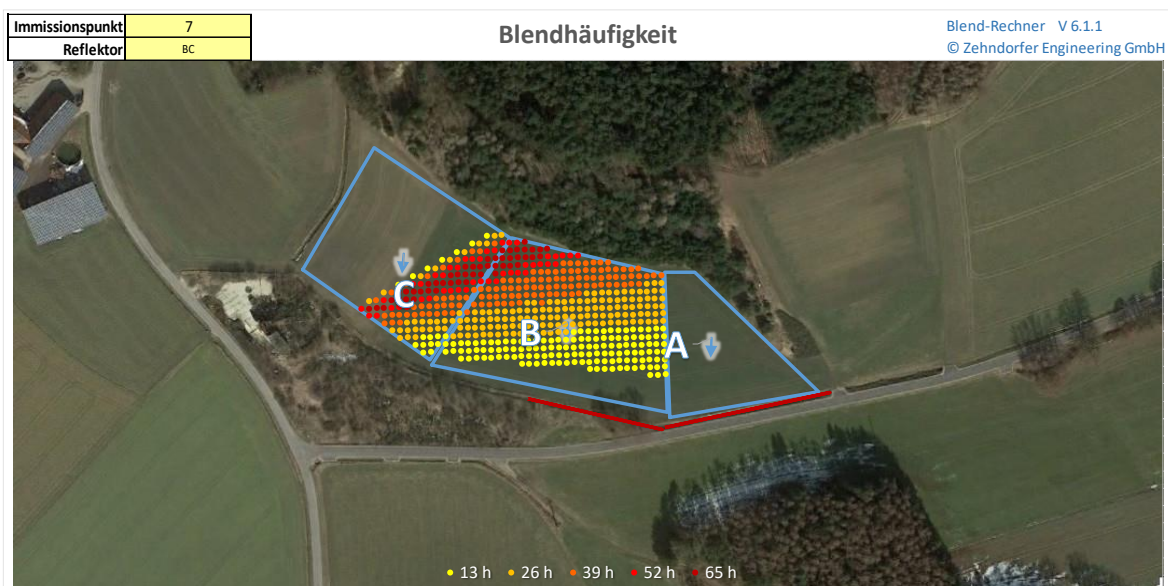
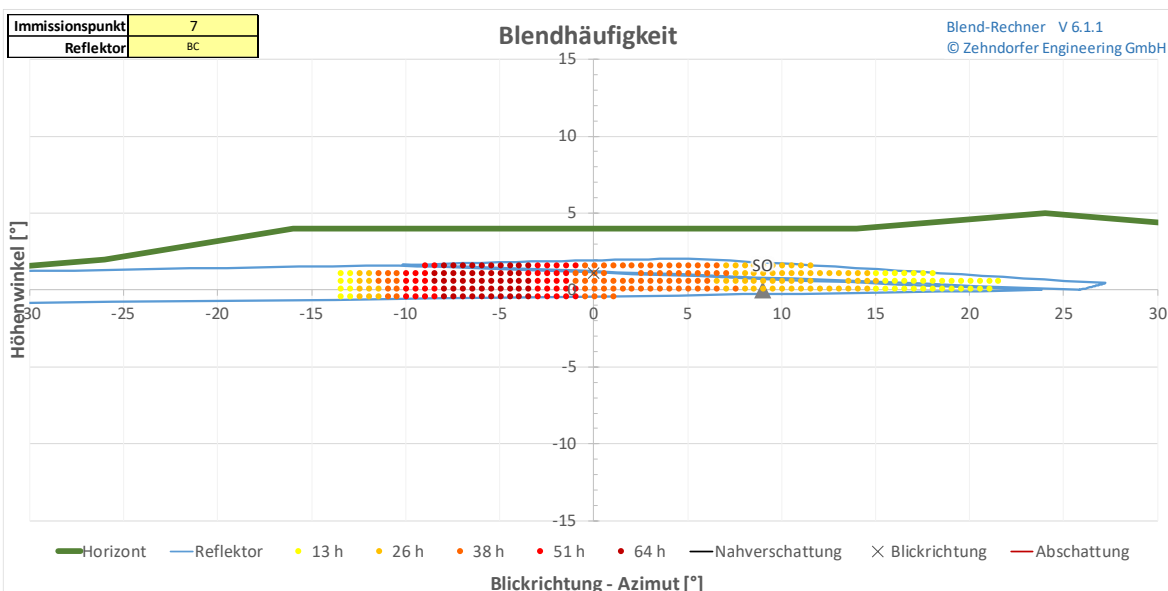
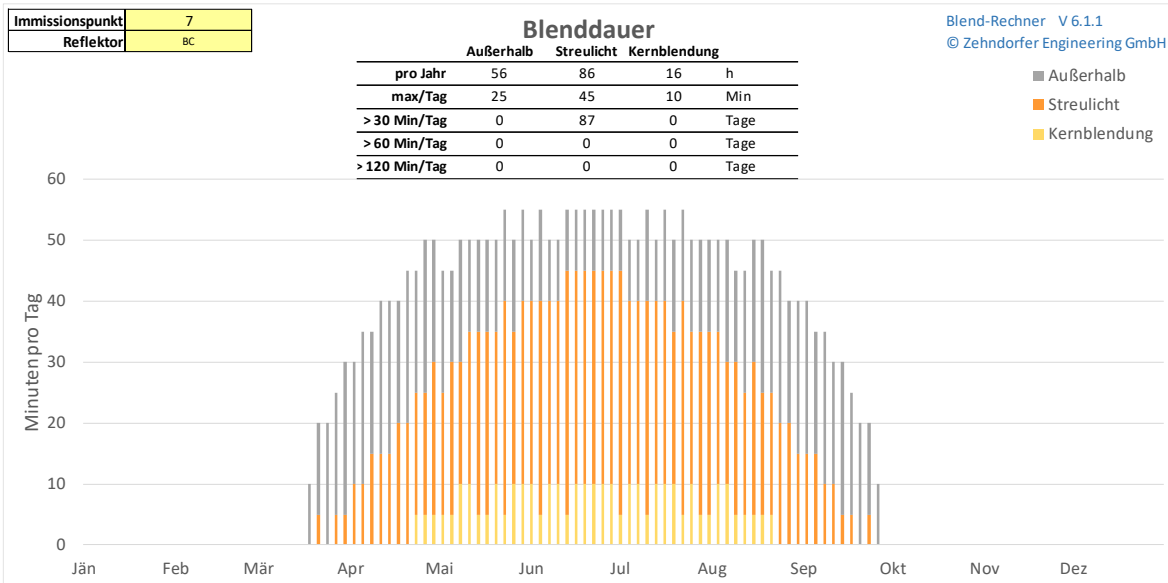
 Blend-Rechner V 6.1.1  
© Zehndorfer Engineering GmbH










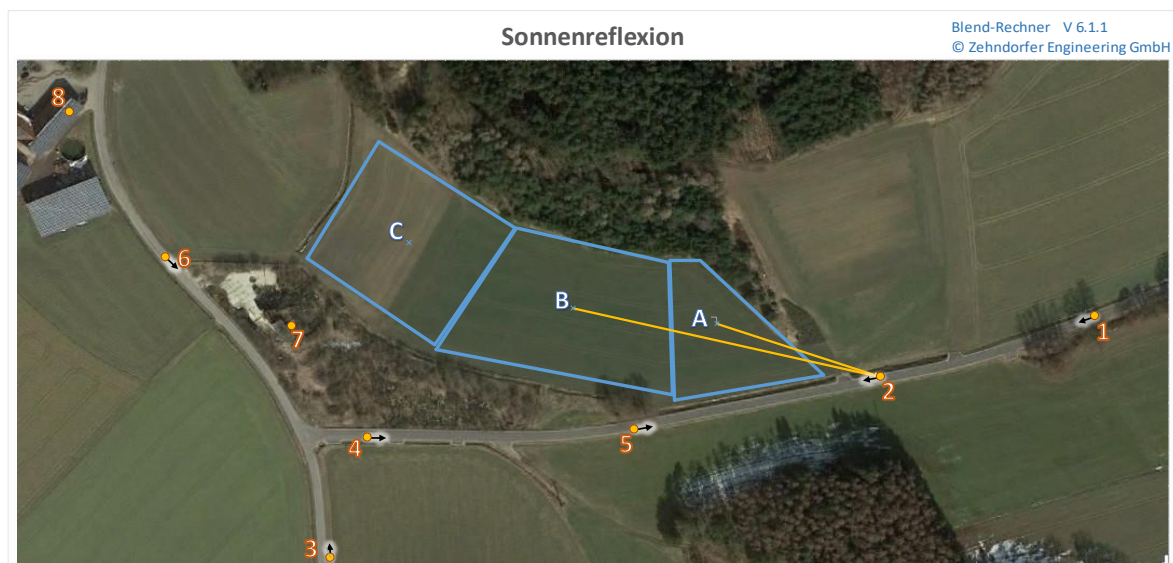


## Anhang 5.2 Ergebnisse Option 2

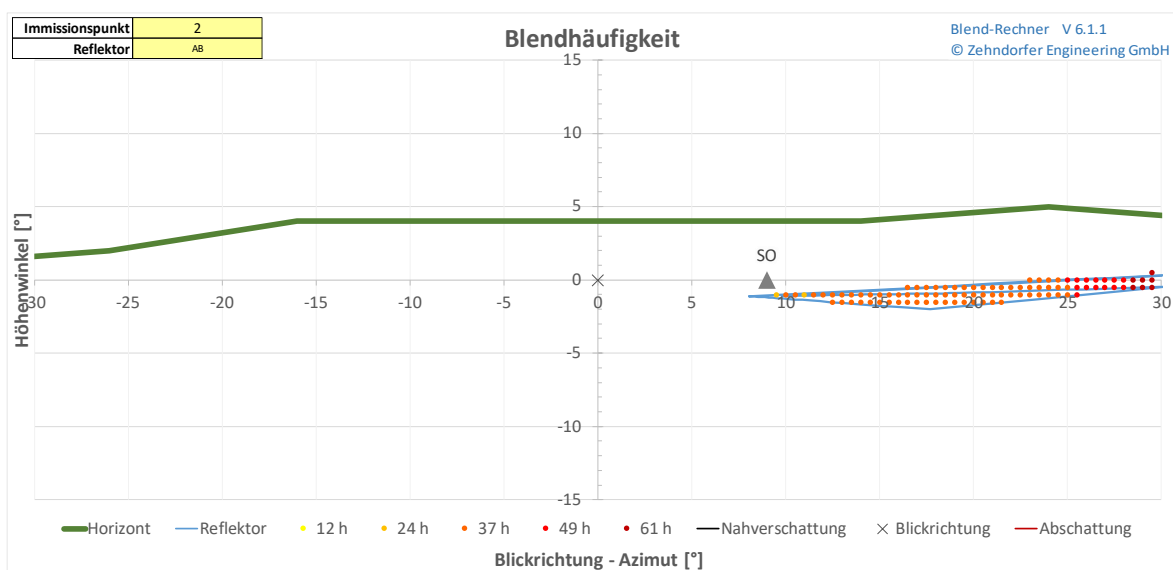
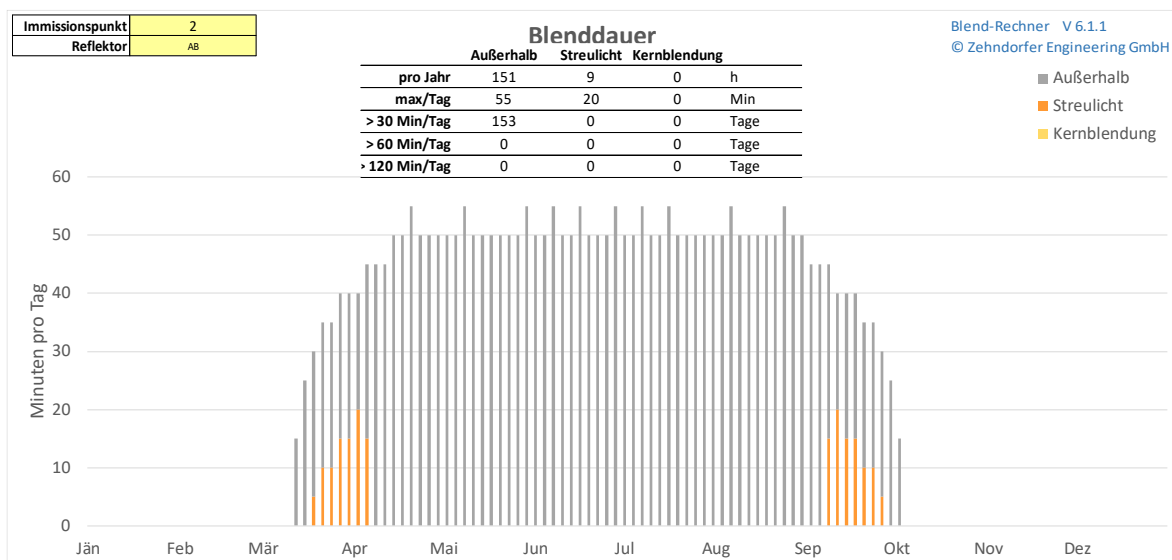
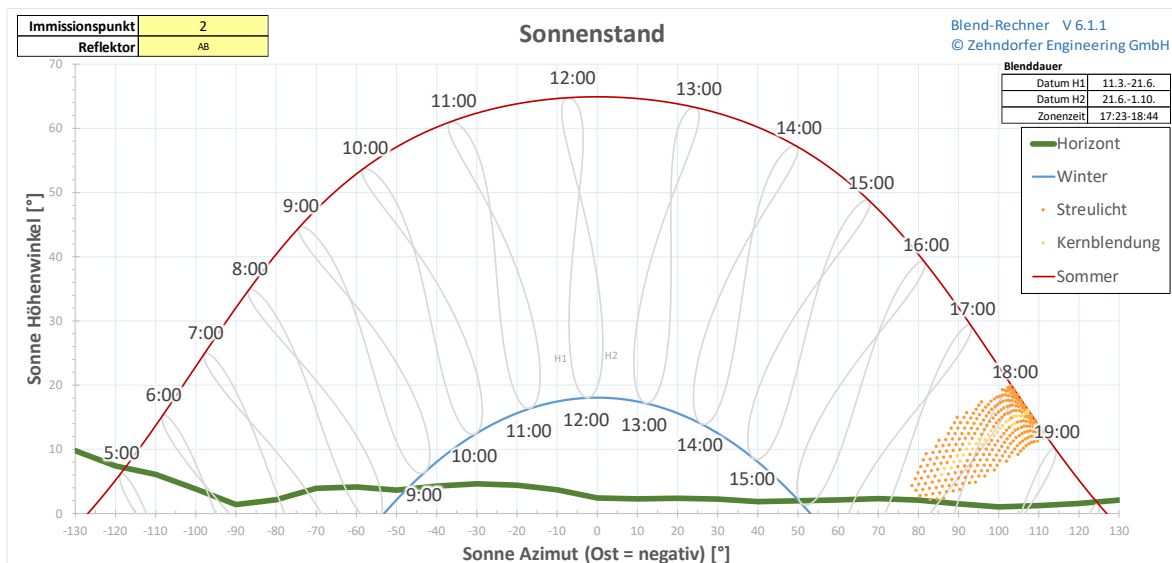
Reflektor		AB	AB	ABC	ABC	AB	BC
<b>Immissionspunkt</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Distanz	m	140	29	128	60	23	71
Höhenwinkel	°	0	0	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	3	13	26	50	134	16
Datum H1		-	11.3.-21.6.	28.4.-21.6.	13.4.-21.6.	22.4.-21.6.	22.4.-21.6.
Datum H2		-	21.6.-1.10.	21.6.-14.8.	21.6.-29.8.	21.6.-20.8.	21.6.-20.8.
Zeit		-	17:23-18:44	5:06-5:41	5:06-5:55	5:06-5:45	5:06-5:45
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	20	0	5	20	0
Streulicht	h / Jahr	0	9	0	1	17	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	-	11	9	8	8	7
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	95	-111	-108	-110	-110
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	26	18	18	18	16
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	8	65	12	4	65

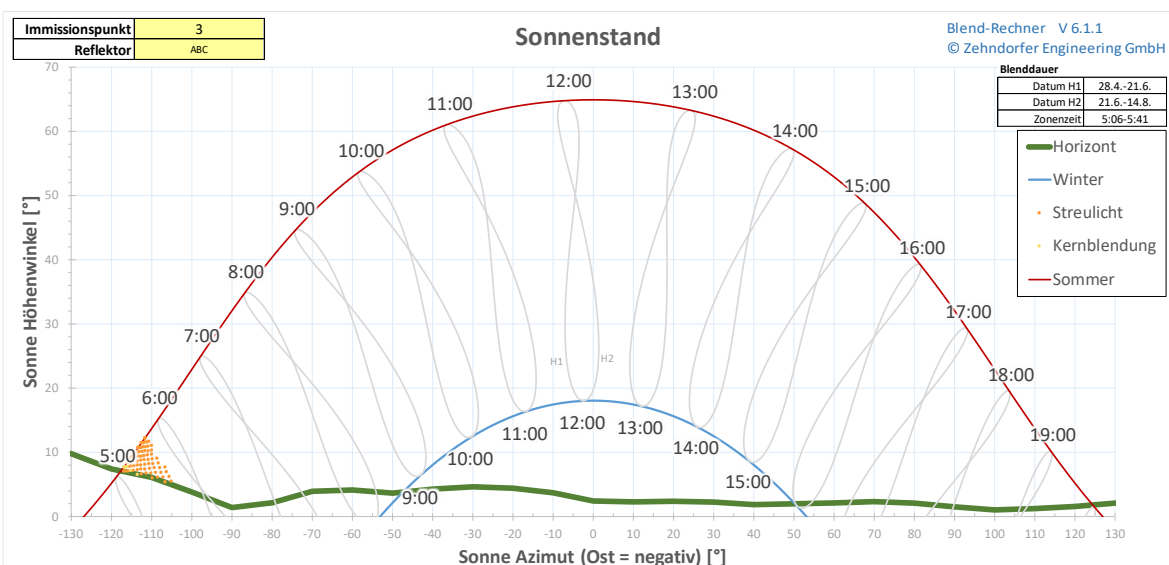
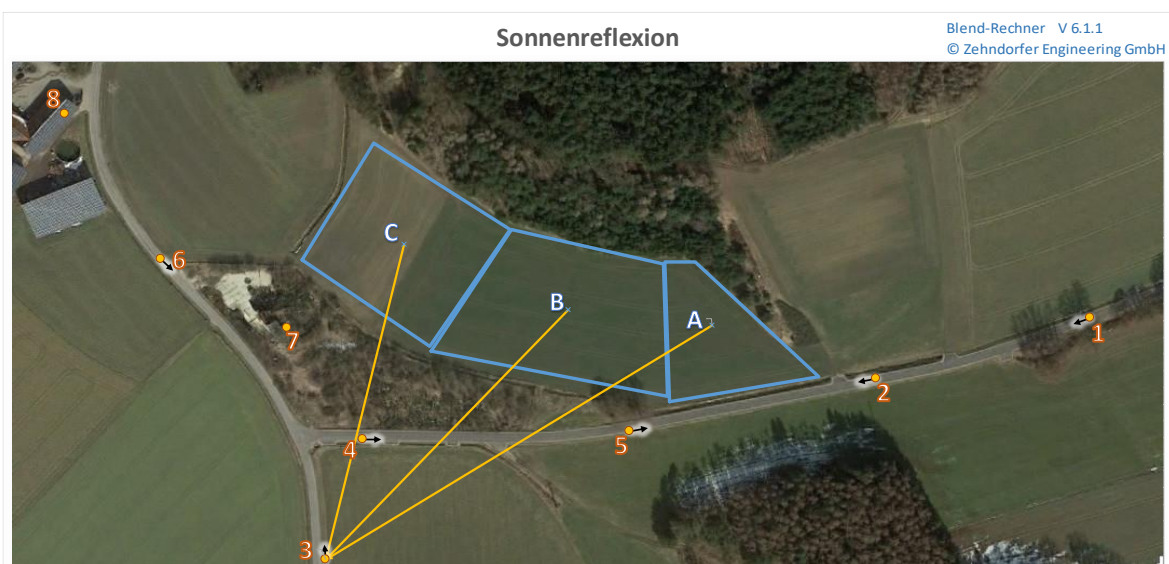
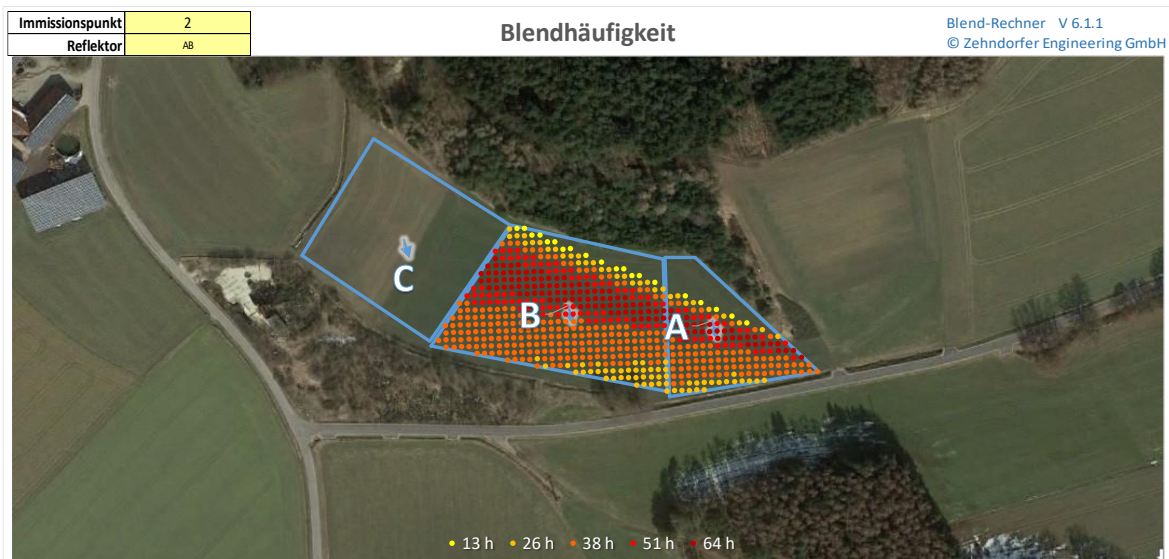
Reflektor		BC	BC
<b>Immissionspunkt</b>		<b>7</b>	<b>8</b>
Distanz	m	35	143
Höhenwinkel	°	0	0
Raumwinkel	msr	43	8
Datum H1		22.4.-21.6.	-
Datum H2		21.6.-20.8.	-
Zeit		5:06-5:45	-
Kernblendung	min / Tag	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0
Streulicht	min / Tag	20	0
Streulicht	h / Jahr	28	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	8	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-110	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	17	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	2	-

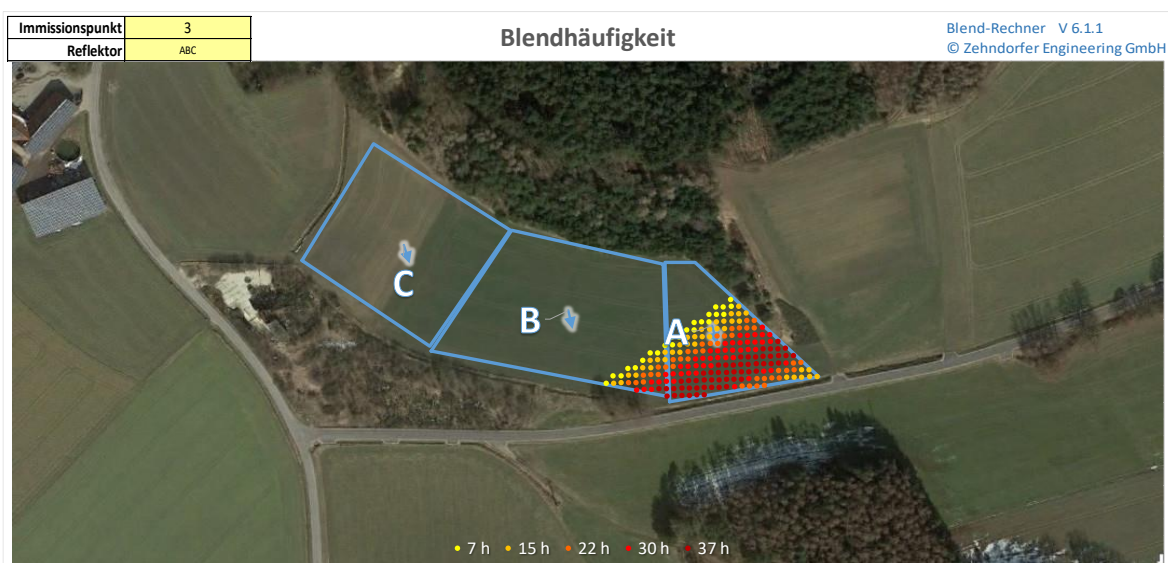
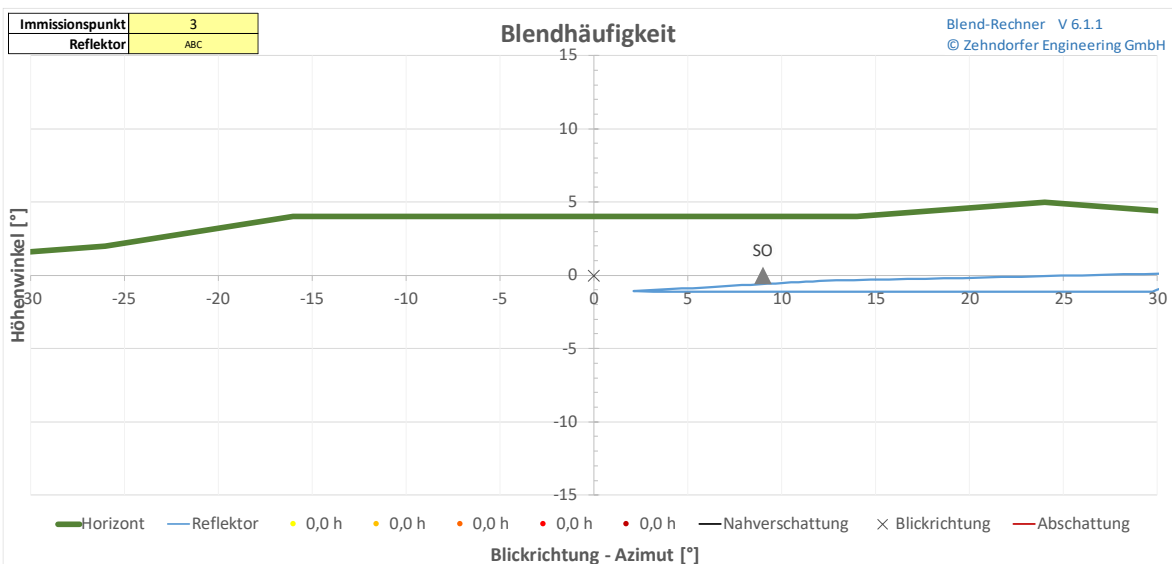
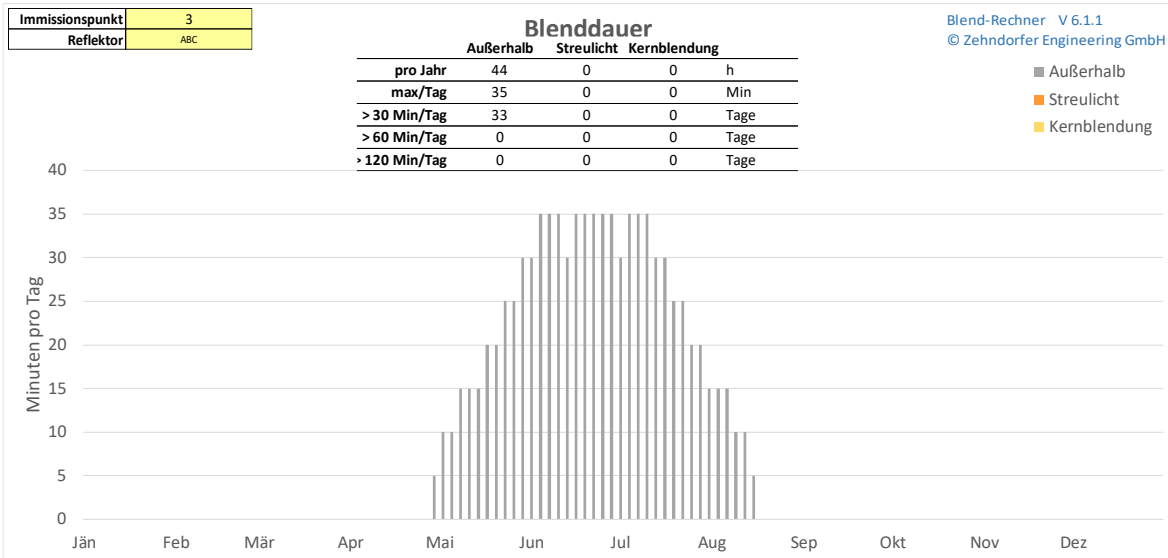
Im Folgenden werden jene Ergebnisse grafisch dargestellt, für welche Reflexionen auftreten können.



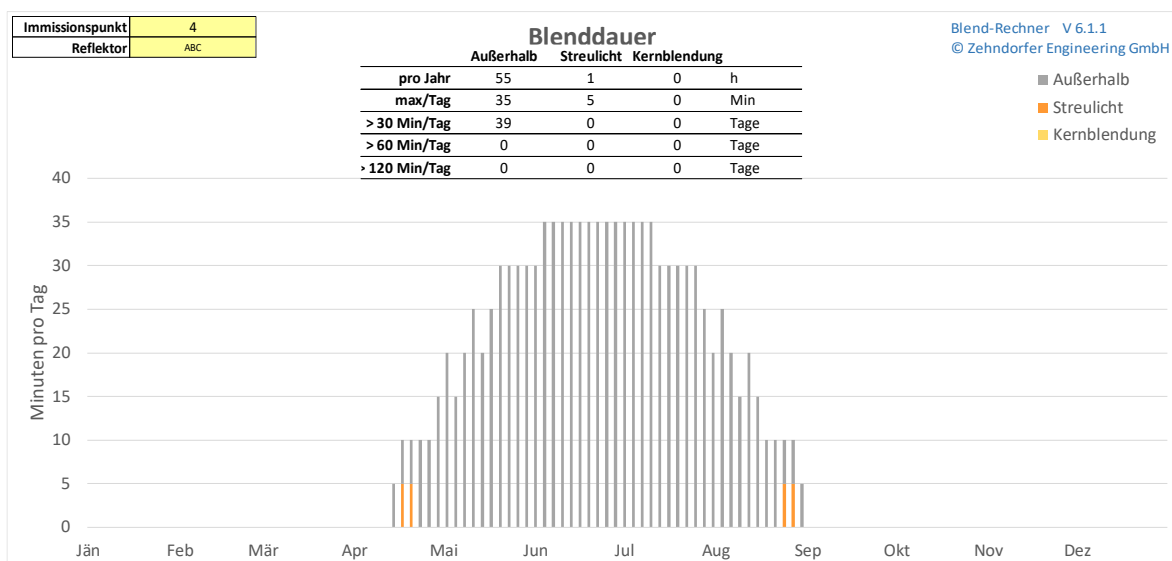
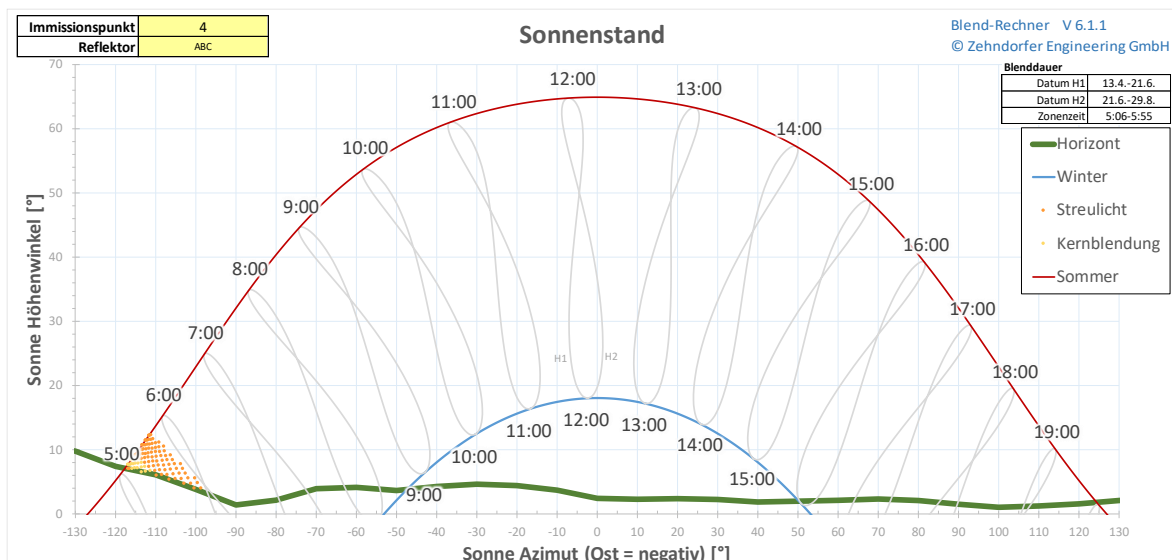
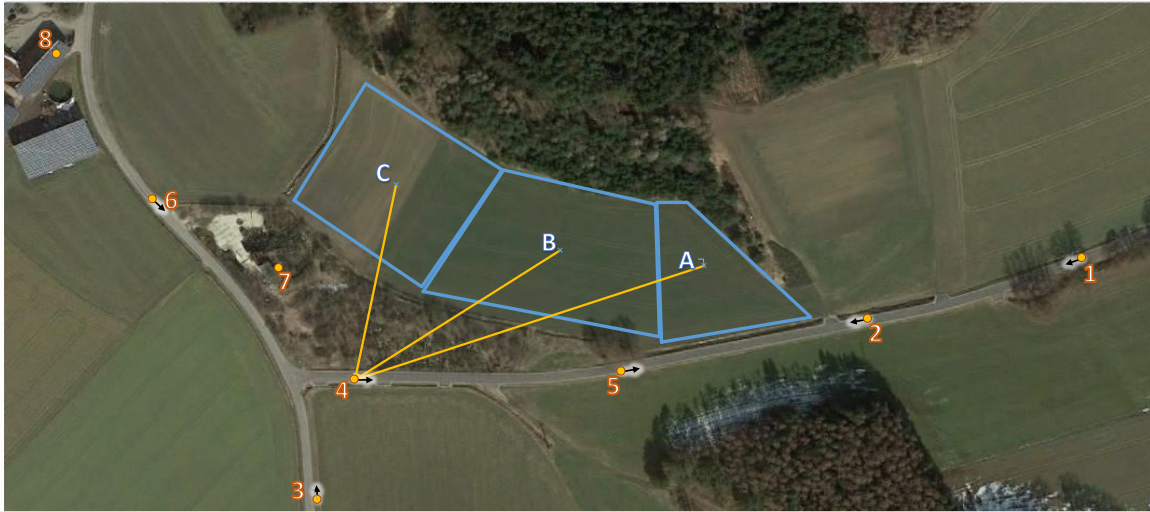




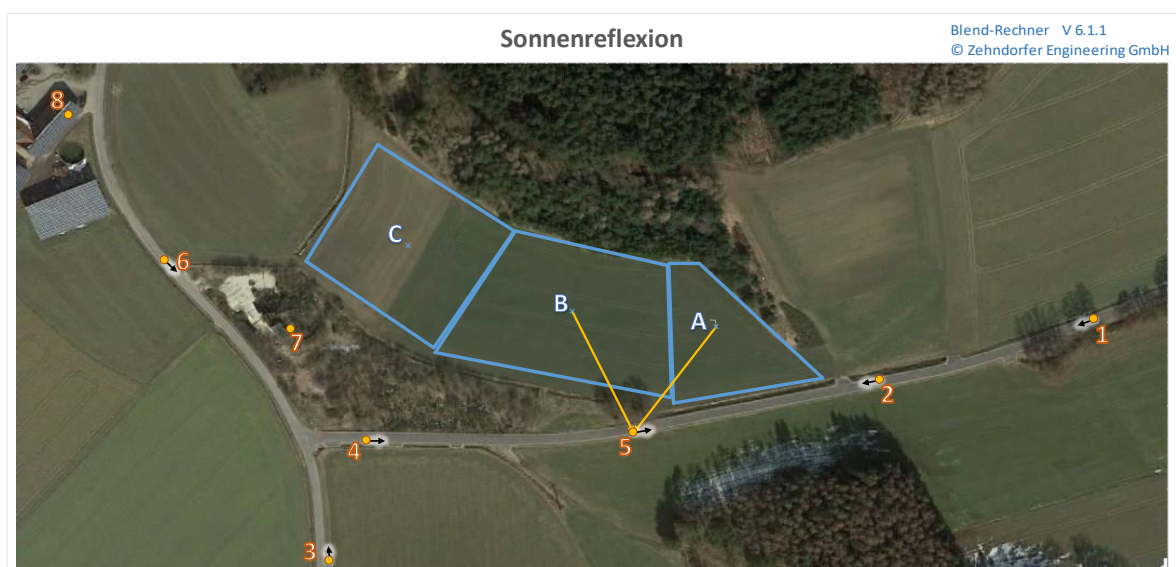
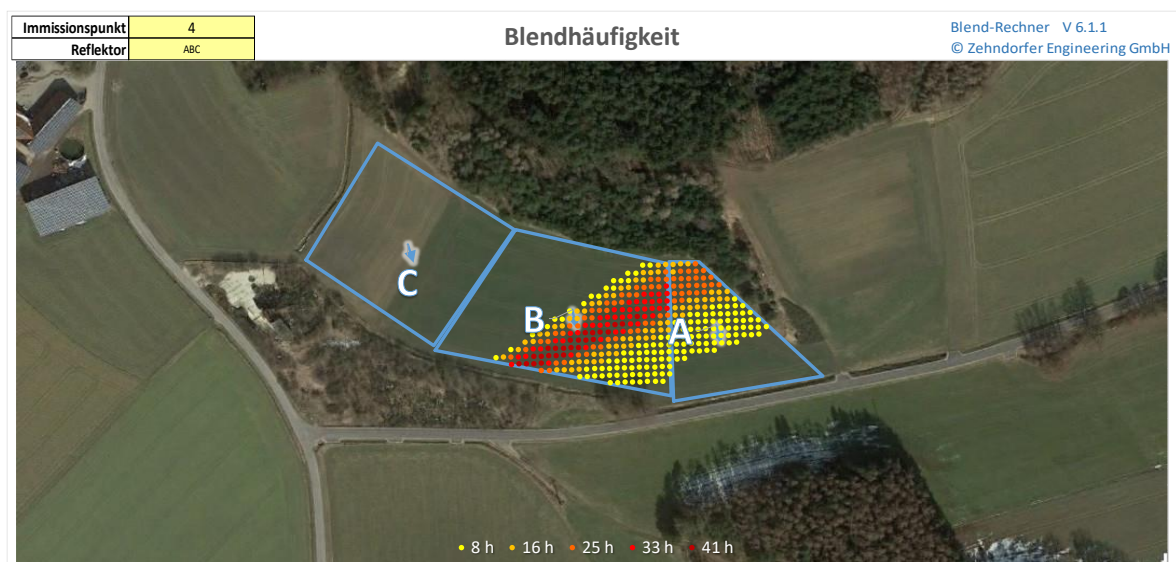
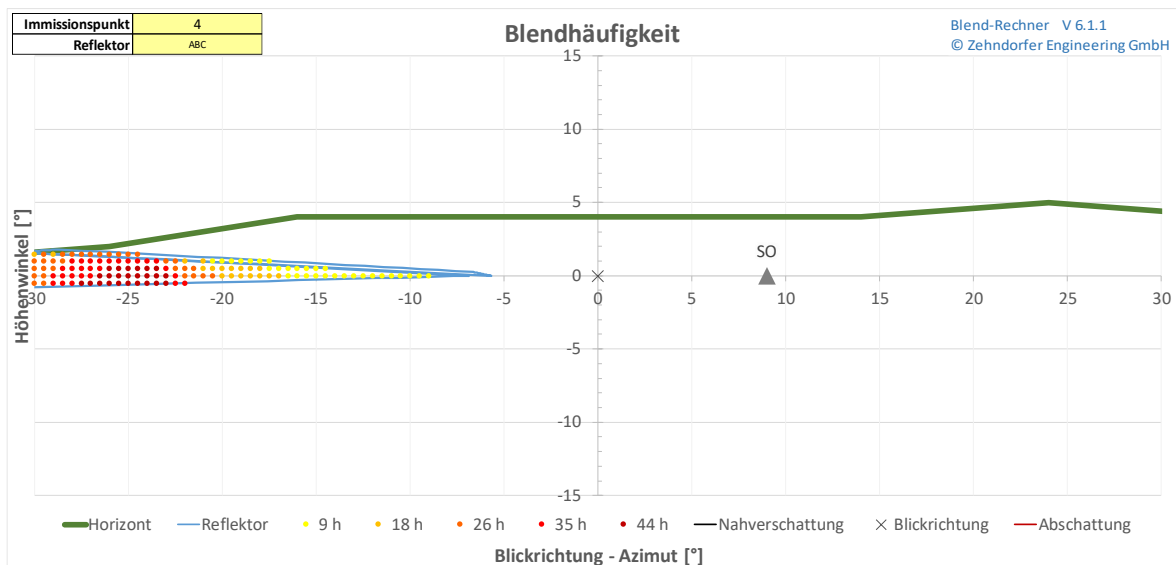


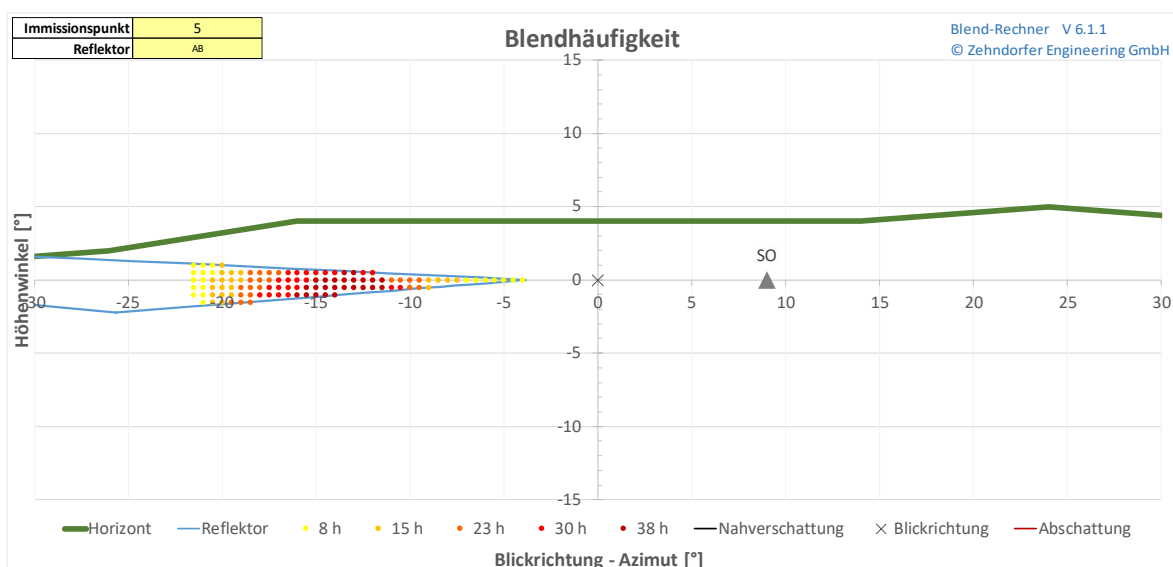
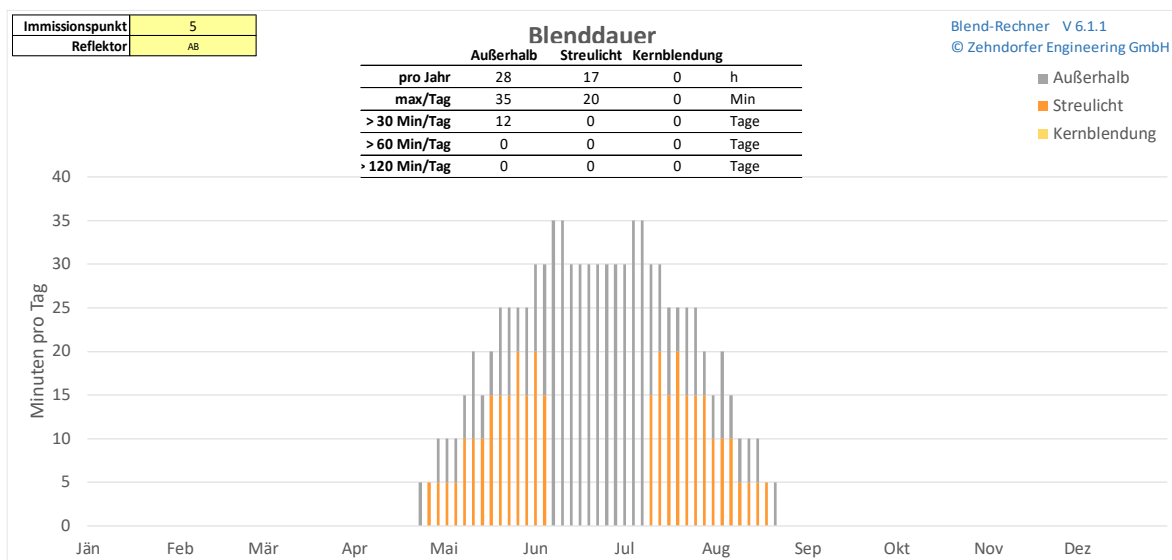
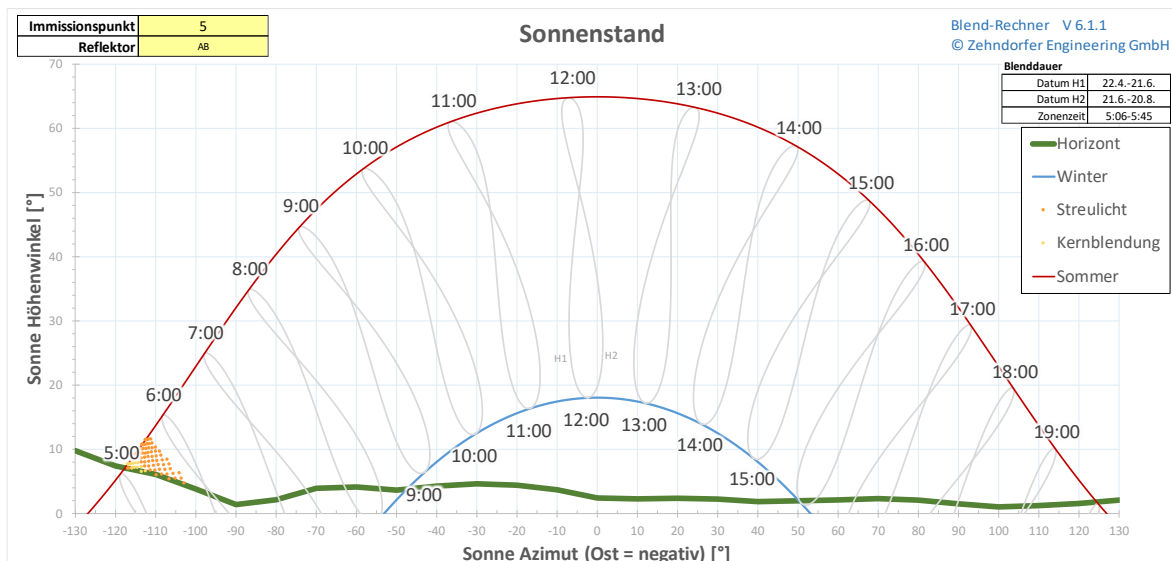


### Sonnenreflexion

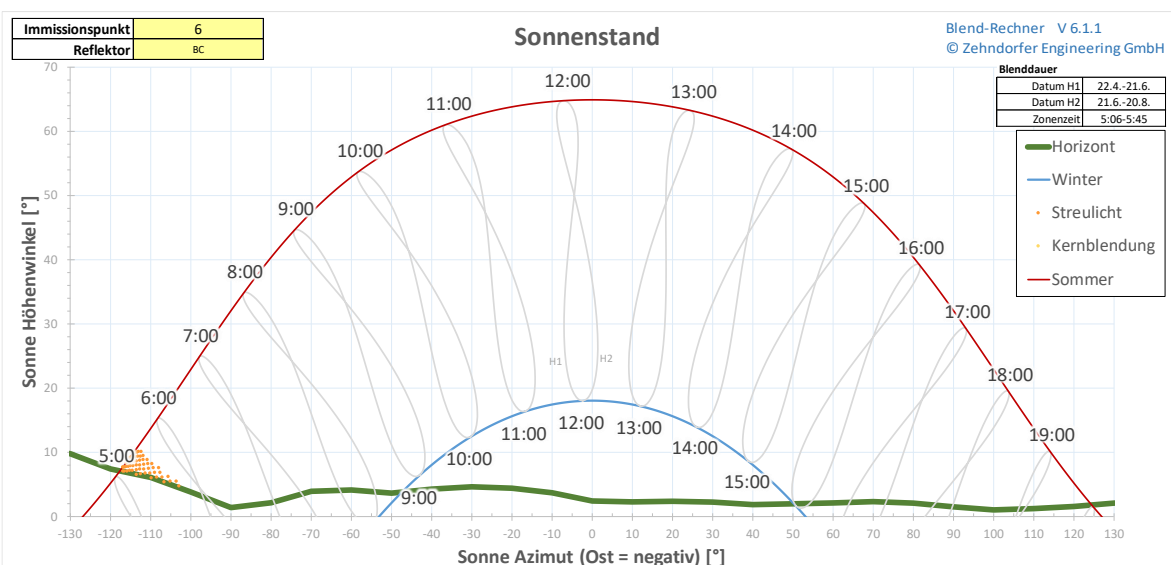
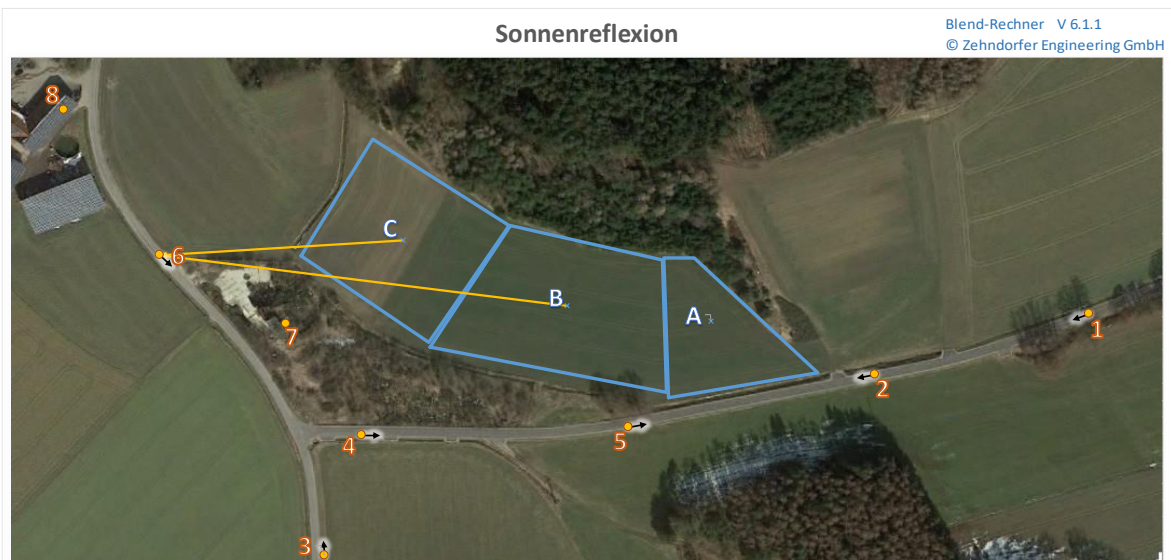
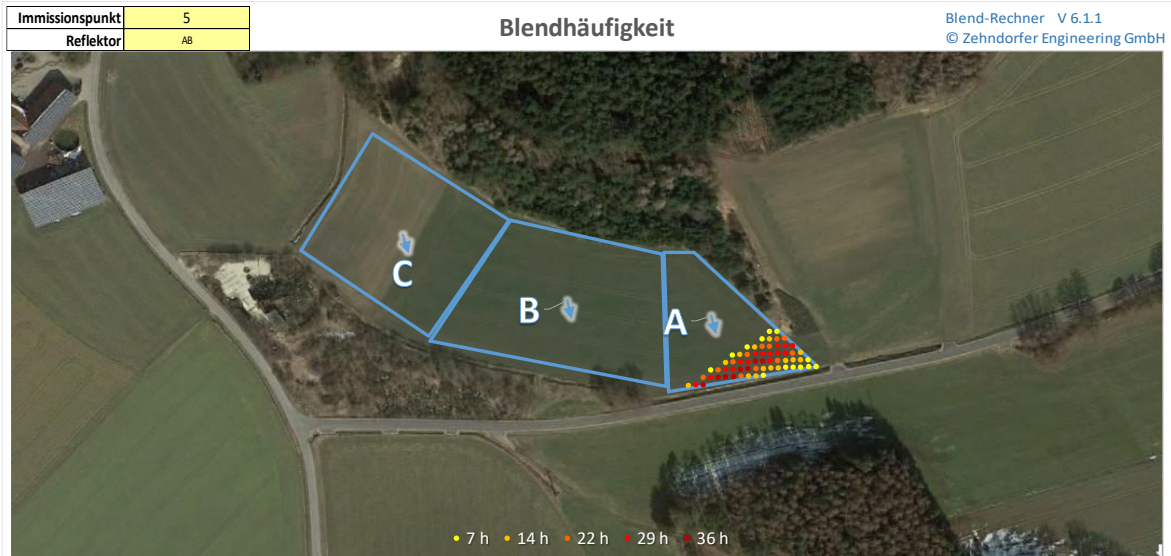
 Blend-Rechner V 6.1.1  
 © Zehndorfer Engineering GmbH


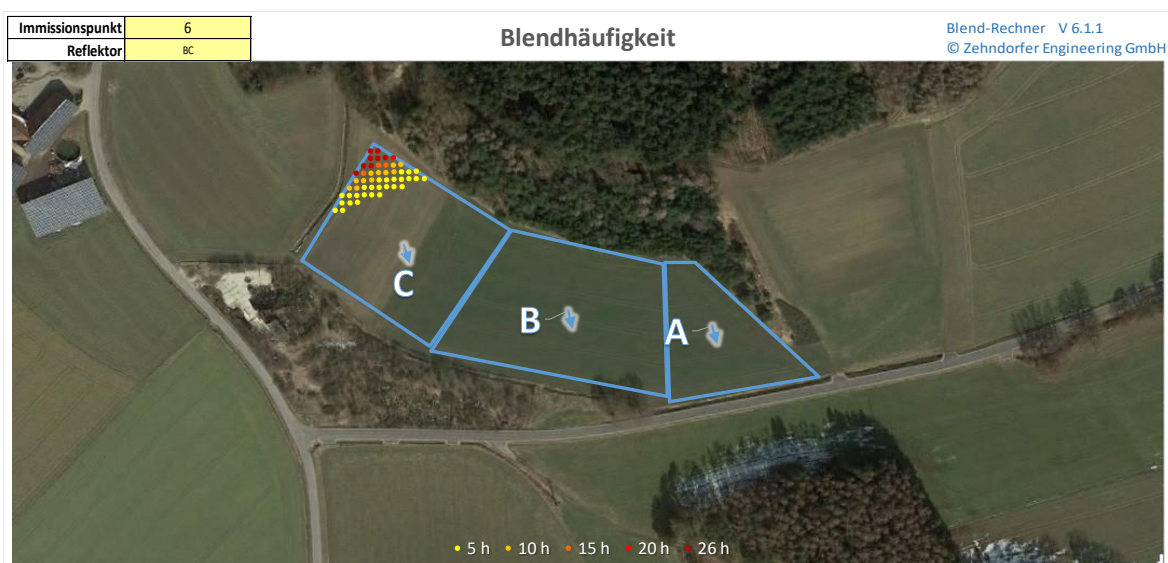
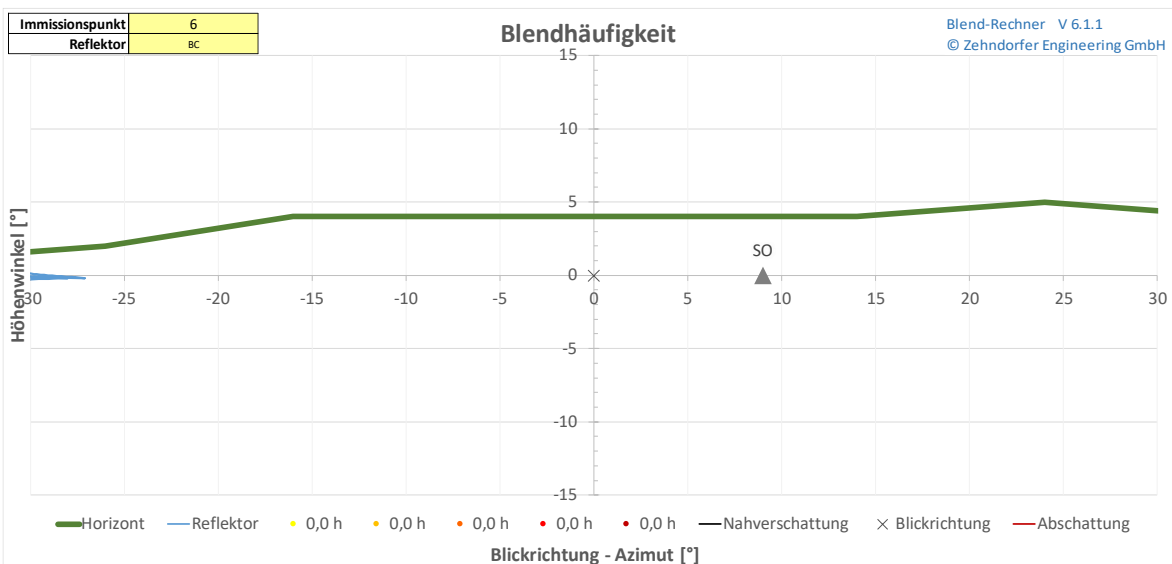
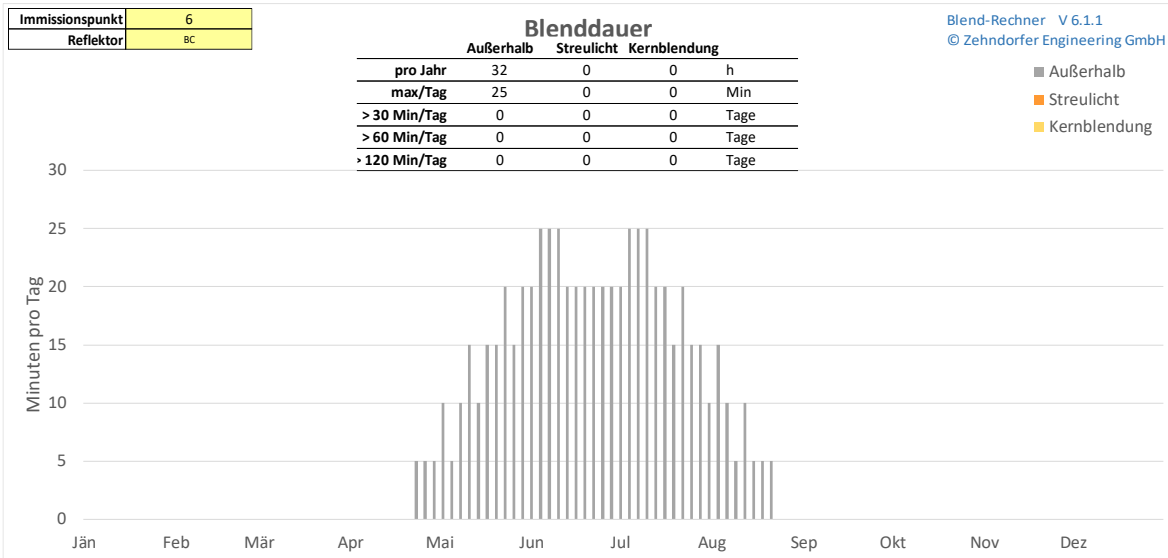


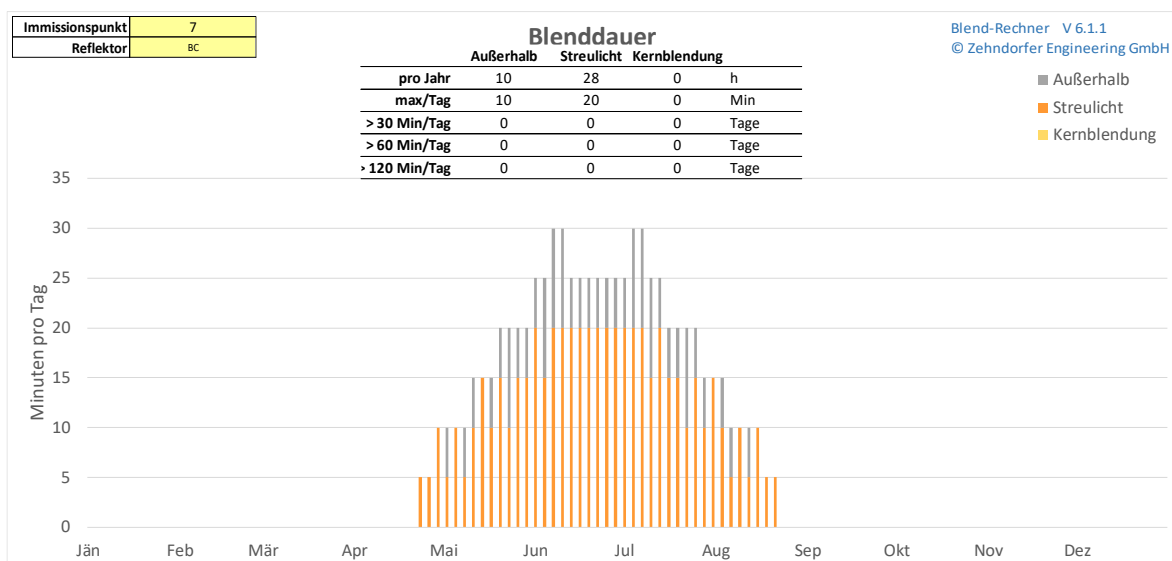
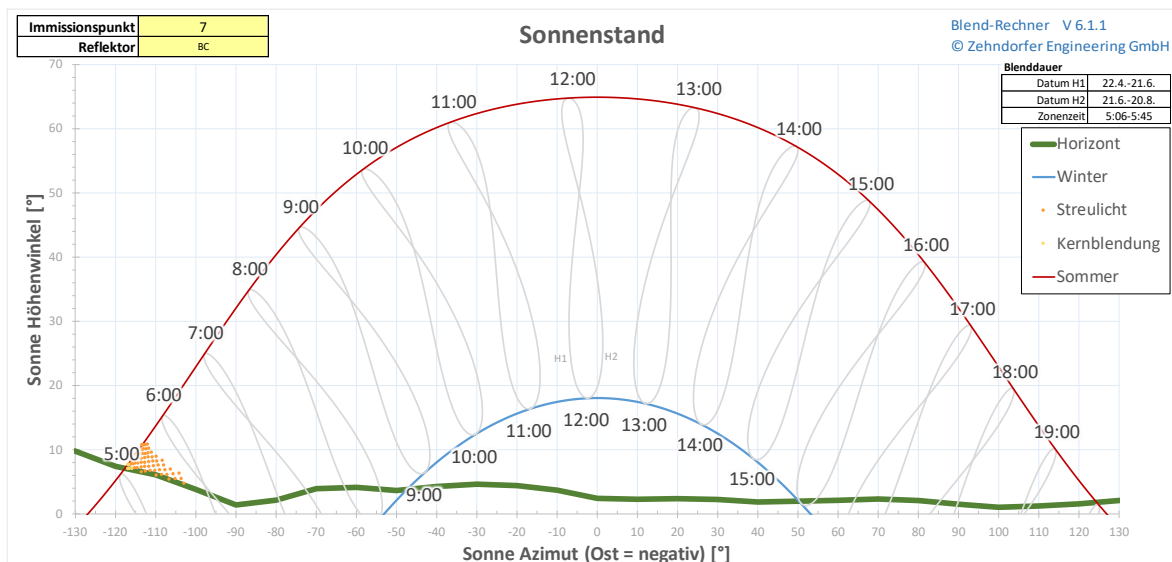
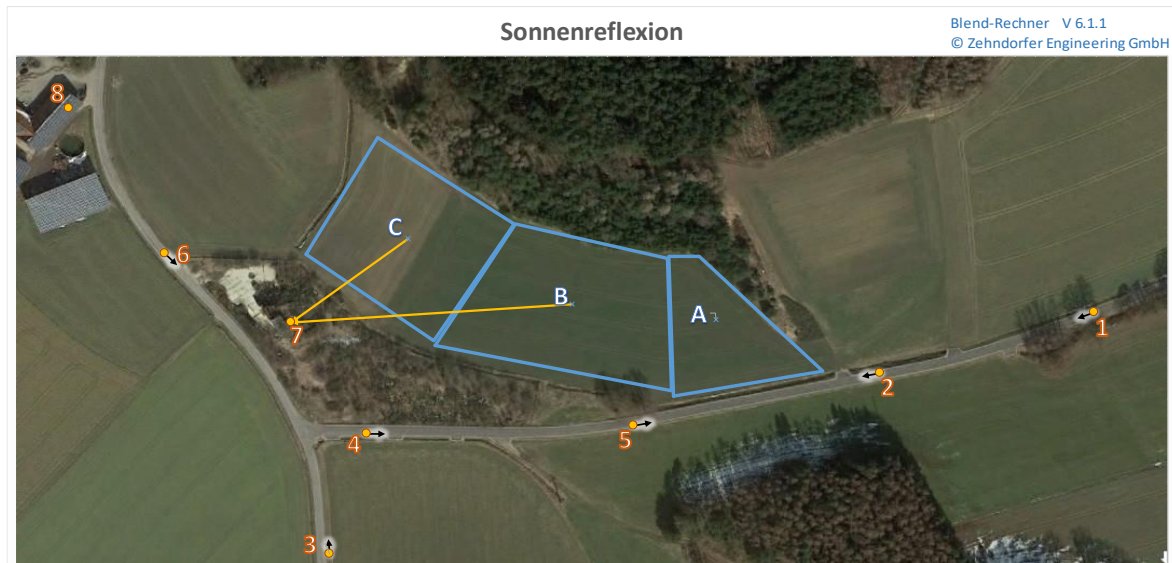


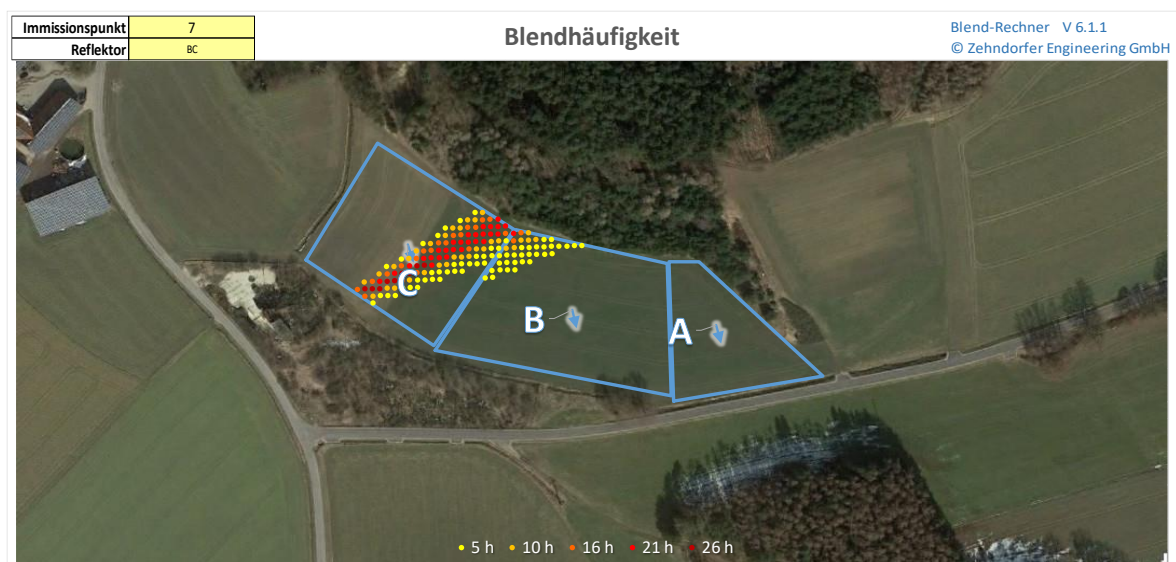
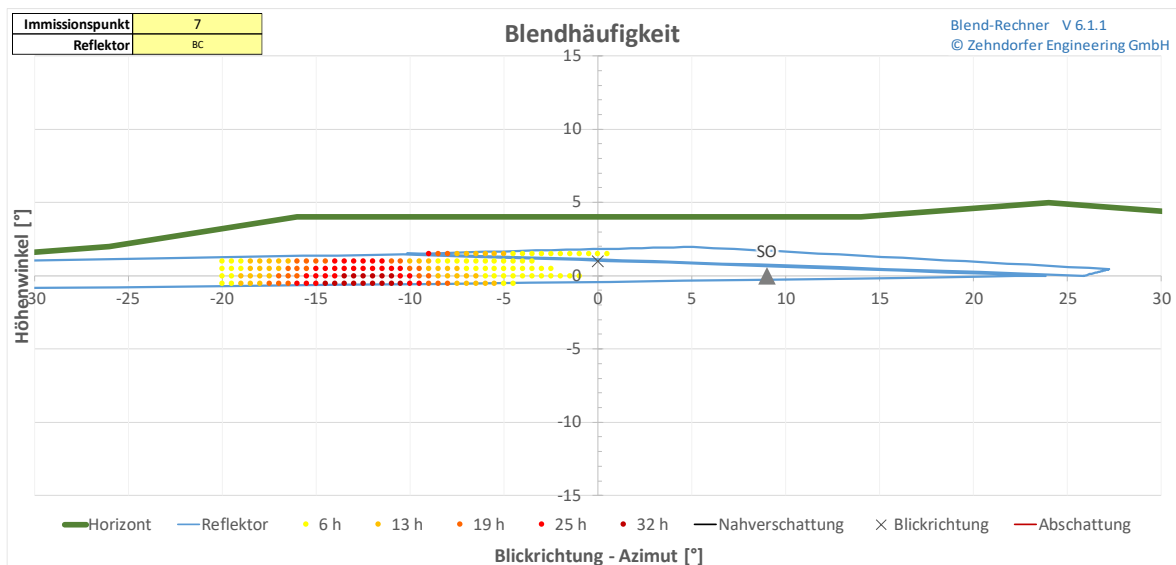












Allgemeine Hintergründe, gesetzliche Regelungen und Fallbeispiele zum Thema Blendung finden Sie auf [www.zehndorfer.at](http://www.zehndorfer.at)

