

# Analyse der Blendwirkung der Solarpark Ostergaden II und Eugenbach II

## Im Auftrag von

OneSolar International GmbH

z.H. Michael Bettermann

Am Moos 9

84174 Eching

**Gutachten ZE22071-OS  
Juni 2022**



**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.....	10
2.5 BLEND-WIRKUNG.....	11
2.5.1 Größenverhältnisse .....	12
2.5.2 Blendstärke .....	<i>Fehler! Textmarke nicht definiert.</i>
2.5.3 Blenddauer.....	13
2.5.4 Mögliche subjektive Effekte .....	<i>Fehler! Textmarke nicht definiert.</i>
2.5.5 Verkehrskritische Punkte.....	14
3 Beurteilung & Empfehlungen.....	15
ANHANG 1 Definitionen.....	18
ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze.....	19
ANHANG 3 Methodik der Berechnung .....	21
ANHANG 4 Vermessung der Umgebung.....	22
ANHANG 5 Detail-Ergebnisse der Berechnungen.....	23

## Zusammenfassung

Im Bauverfahren mehrerer Solarparks ist zu prüfen, ob eine Blendwirkung auf den Straßenverkehr oder die Nachbarschaft besteht.

Durch die PV-Anlage werden Blendungen auf der südlich verlaufenden Straße auftreten, weshalb blendreduzierende Maßnahmen empfohlen werden.

Nach Umsetzung der Maßnahmen wird keine gefährliche Blendwirkung auf die Autobahn oder den sonstigen Straßenverkehr stattfinden. Die Nachbarschaft wird keiner erheblichen Blendwirkung ausgesetzt.

## Versionsverlauf

<b>Version</b>	<b>Datum</b>	<b>Beschreibung</b>
1.0	10.6.2022	ursprüngliche Fassung

### *Haftungsausschluss*

*Die Simulationsmodelle werden mit aller notwendigen Sorgfalt erstellt. Auf Grund unvermeidbarer Abweichungen zwischen Modell und tatsächlicher Situierung der reflektierenden Oberflächen, kann es aber, insbesondere bei der Bestimmung der Zeitpunkte von Blendungen, aber auch bei der Bestimmung von Blenddauern und Winkeln der Lichtstrahlen zu geringen, messbaren Abweichungen kommen. Die simulierten, lichttechnischen Werte basieren auf durchschnittlichen Reflexionsfaktoren. Das Gutachten gilt ausschließlich für die untersuchten, reflektierenden Flächen und Immissionspunkte mit der entsprechend notierten Lage.*

### *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.

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

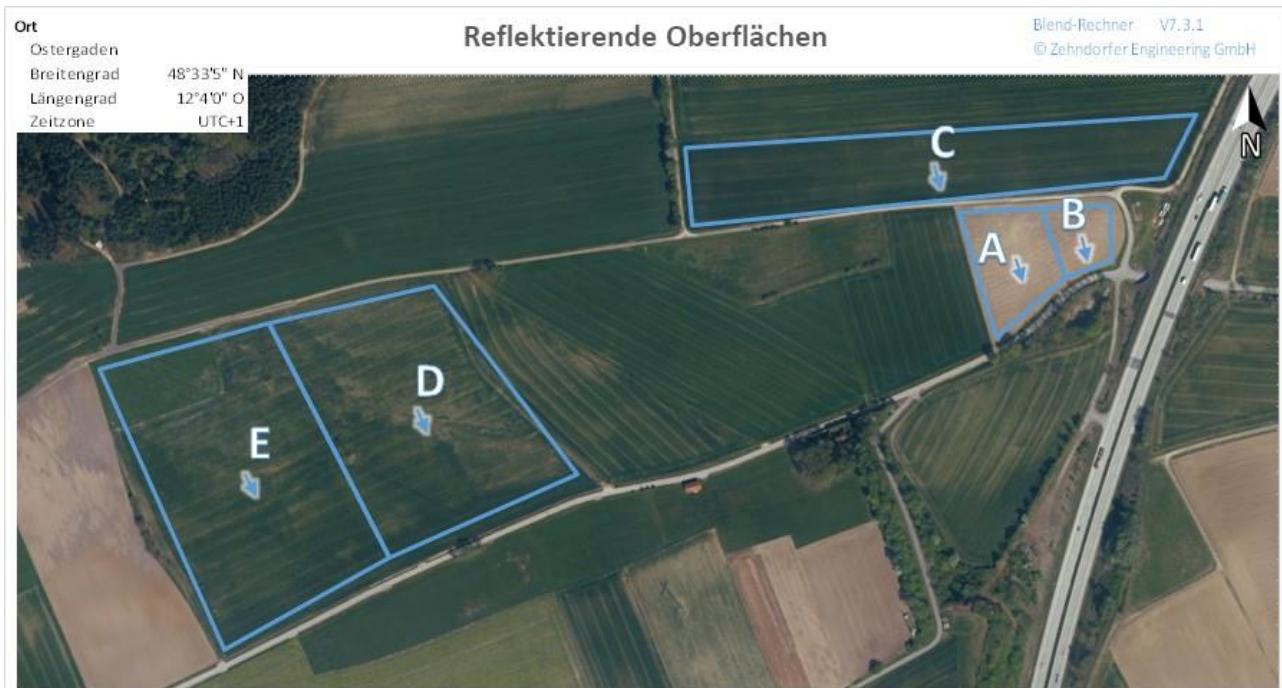
Ziel dieses Gutachtens ist die Prüfung, ob der Straßenverkehr auf der Autobahn A92, oder die Nachbarschaft von den Reflexionen der PV-Module geblendet werden könnten.

### 1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Die geplanten Solarparks besteht aus mehreren Teilflächen und befindet sich in der Gemeinde 84032 Altdorf, Landkreis Landshut (Flurstück 717, 722, 722/2 und 1229, Gemarkung Eugenbach) westlich der Autobahn A92.

**Abbildung 1 Situation**



**Abbildung 2 Ausrichtung der Anlage**

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

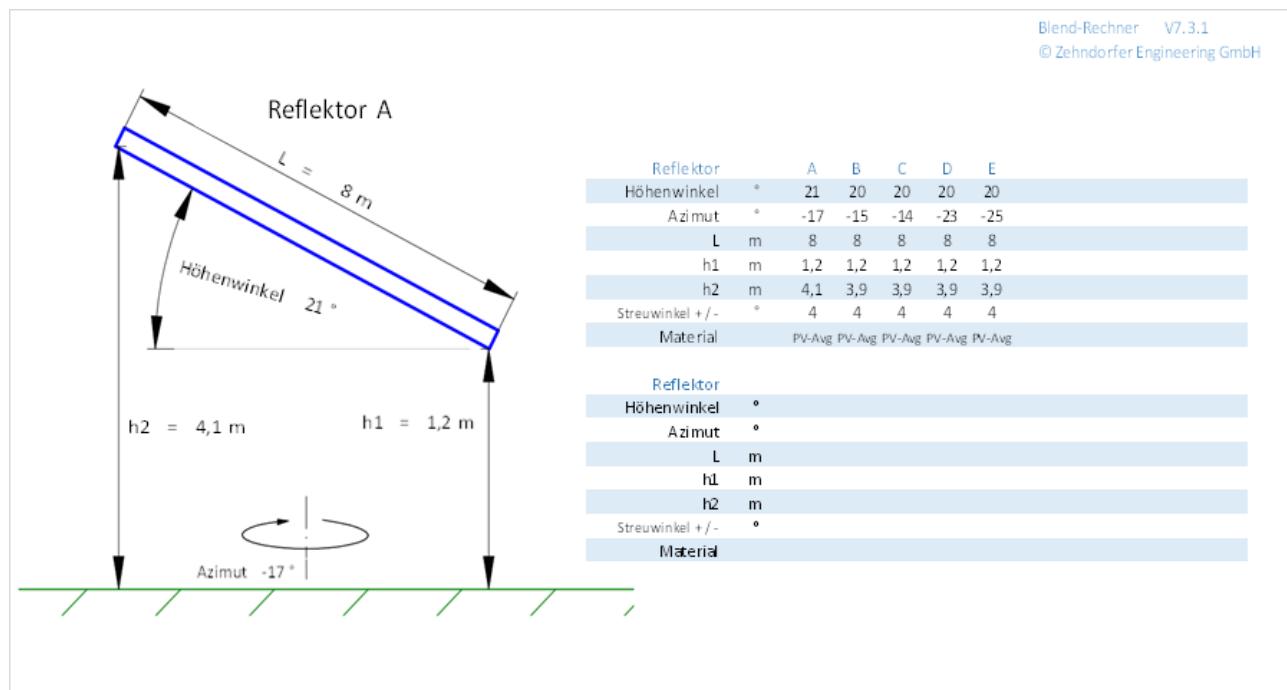
**Abbildung 3 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgerecht)**

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 vierreihigen Modultischen, hochkant, mit der Oberkante bei ca. 4 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 der Autobahn A92 in beiden Richtungen (2,5m über der Fahrbahn), sowie auf der südlich verlaufenden Straße nach Ostergaden und den Häusern der Nachbarschaft.

**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.

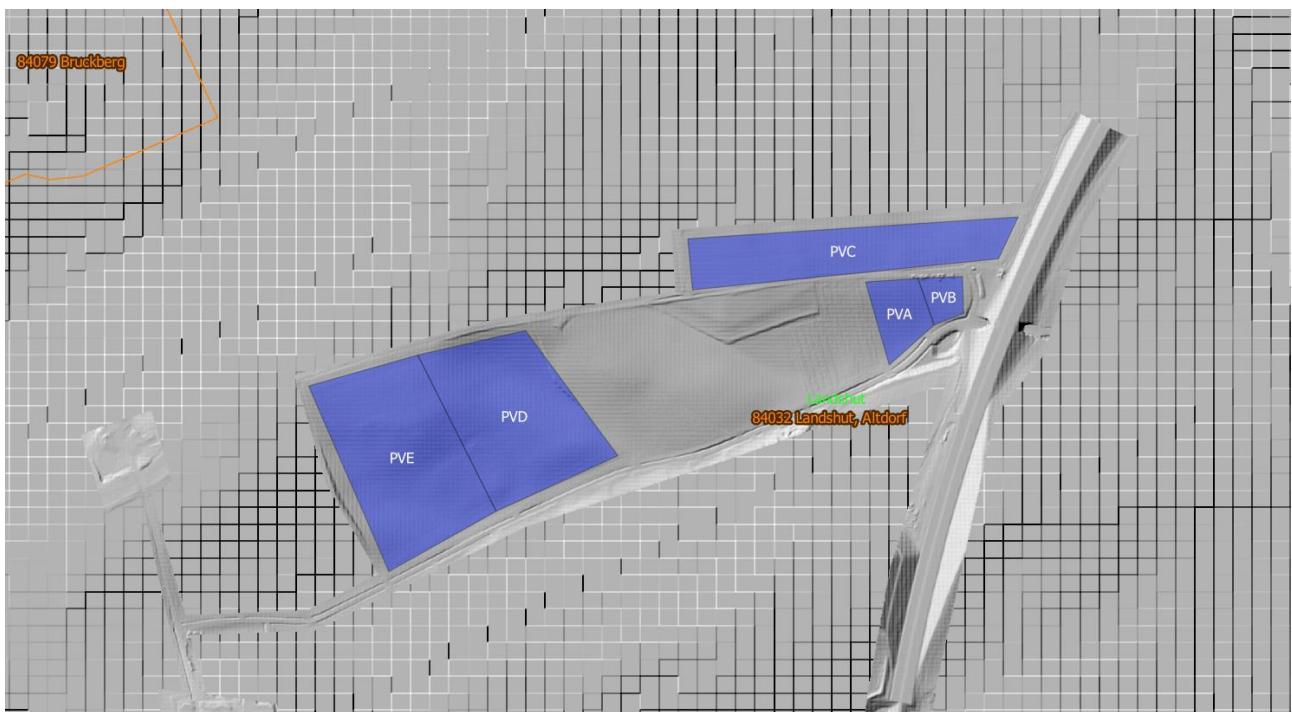
<sup>1</sup> Der Seitenwinkel (Azimut) wird dabei mit Süd = 0, Ost negativ und West positiv angegeben. Der Höhenwinkel (Elevation) wird als Differenz der Reflexionsebene und der Horizontalen angegeben.

## 1.4 Abschattungen & Verdeckungen

### 1.4.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist etwas hügelig. Die Autobahn liegt an der fraglichen Stelle um einige Meter höher, als die Fläche auf der sich die PV-Anlage befindet. Es gibt aber sonst keine Geländekanten, die den Blick auf die PV-Anlagen verhindern würden.

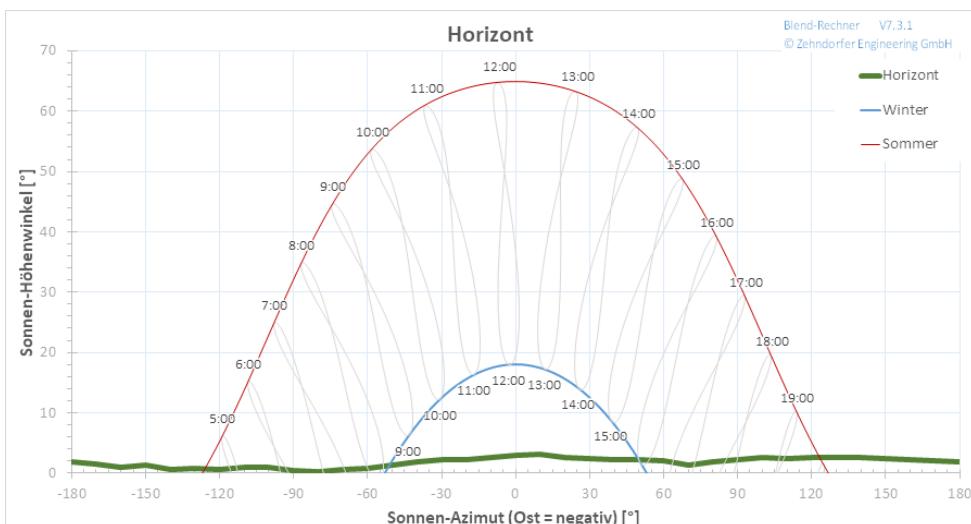
**Abbildung 5 Gelände-schummerung**



### 1.4.2 Horizont

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

**Abbildung 6 Horizont**



### 1.4.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und den IP gibt es keine nennenswerte Vegetation, welche die Sichtverbindung unterbrechen würde. Die Blendberechnung wurde ohne die Wirkung von eventuellem Bewuchs durchgeführt.

### 1.4.4 Künstliche Abschattungen

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

## 2 Blendberechnung

### 2.1 Bedingungen für die Berechnung

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

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

### 2.2 Reflexionsberechnung

Die Reflexionsberechnung basiert auf der Methode Raytracing (siehe Anhang 3). Die Reflexionen werden für jeden Immissionspunkt einzeln berechnet.

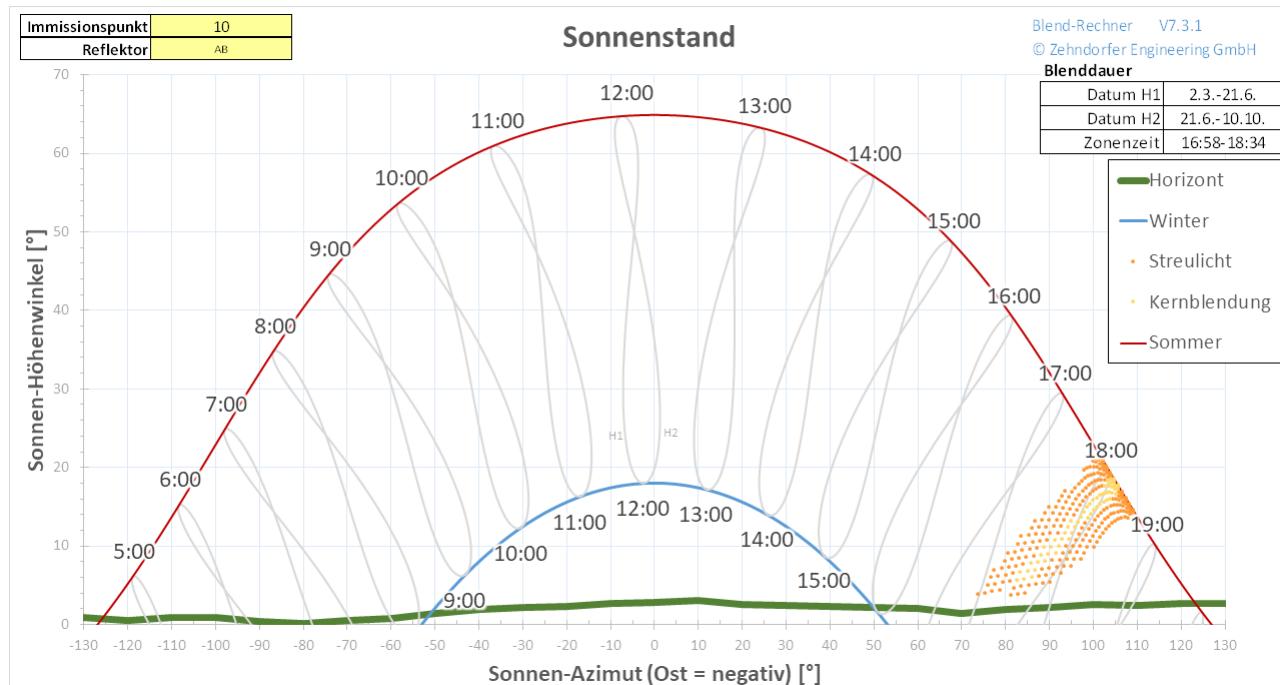
**Abbildung 7 Reflexion der Solar Anlage zum IP10**



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 der Sonnenseitenwinkel ablesbar, bei welchen Blendung am Immissionspunkt auftreten.

**Abbildung 8 Sonnenwinkel bei Blendung am IP 10**



Am IP 10 ist also abends von März bis Oktober mit Reflexionen zu rechnen. Die Resultate der Berechnung sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Alle weiteren Ergebnisse sind in Anhang 5 zu finden.

Reflektor	AB
Immissionspunkt	10
Distanz	m 20
Höhenwinkel	° 5
Raumwinkel	msr 75
Datum H1	2.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-10.10.
Zeit	16:58-18:34
Kernblendung	min / Tag 10
Kernblendung	h / Jahr 8
Streulicht	min / Tag 20
Streulicht	h / Jahr 36
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel)	° 11
Sonnen-Azimut (Mittel)	° 55
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	° 24
Blendung - Blickwinkel (min)	° 2
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²] 9 318
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²] 73
Beleuchtungsstärke (max)	[lx] 26 996

## 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. $0^\circ$ bedeutet, dass sich der Reflektor auf gleicher Höhe wie der Immissionspunkt befindet.
<b>Raumwinkel</b>	Der Raumwinkel (gemessen in Millisteradian) 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>Dauer</b>	Die Anzahl jener Tage im Jahr (Frühjahr und Herbst), an denen zu irgendeiner Uhrzeit 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 Sonnenhöhenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
<b>Sonnen-Azimut</b>	Durchschnittlicher Sonnenseitenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
<b>Sonne-Reflektor-Winkel</b>	Der (zum Blendzeitpunkt), vom Immissionspunkt aus, sichtbare Winkel zwischen Reflektor und Sonnenstand. Ist dieser Winkel klein (also z.B. $< 10^\circ$ ), so spielt die Blendung, neben der, in gleicher Richtung stehenden und typischer Weise viel stärkeren Sonne, eine untergeordnete Rolle.
<b>Blendung-Blickwinkel</b>	Der minimale Winkel zwischen der Blickrichtung (also z.B. Fahrtrichtung) und jener Stelle des Reflektors, von welcher aus Reflexionen stattfinden können. Ist der Winkel groß (also außerhalb des eines Kegels von $30^\circ$ ), so spielt die Blendung für den Verkehr eine untergeordnete Rolle.
<b>Leuchtdichte</b>	Das Maximum der errechneten Leuchtdichte der Reflexion in $1.000 \text{ cd/m}^2$
<b>Retinale Einstrahlung</b>	Die maximale Leistungsdichte der reflektierten Strahlen auf der Netzhaut in $\text{W/cm}^2$
<b>Beleuchtungsstärke</b>	Die maximale, zusätzliche Beleuchtungsstärke der reflektierenden Strahlen, am Immissionspunkt in lux.

## 2.4 Sichtbezug

Um den Sichtbezug zu den reflektierenden Flächen, 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 9** Blickfeld am IP 10

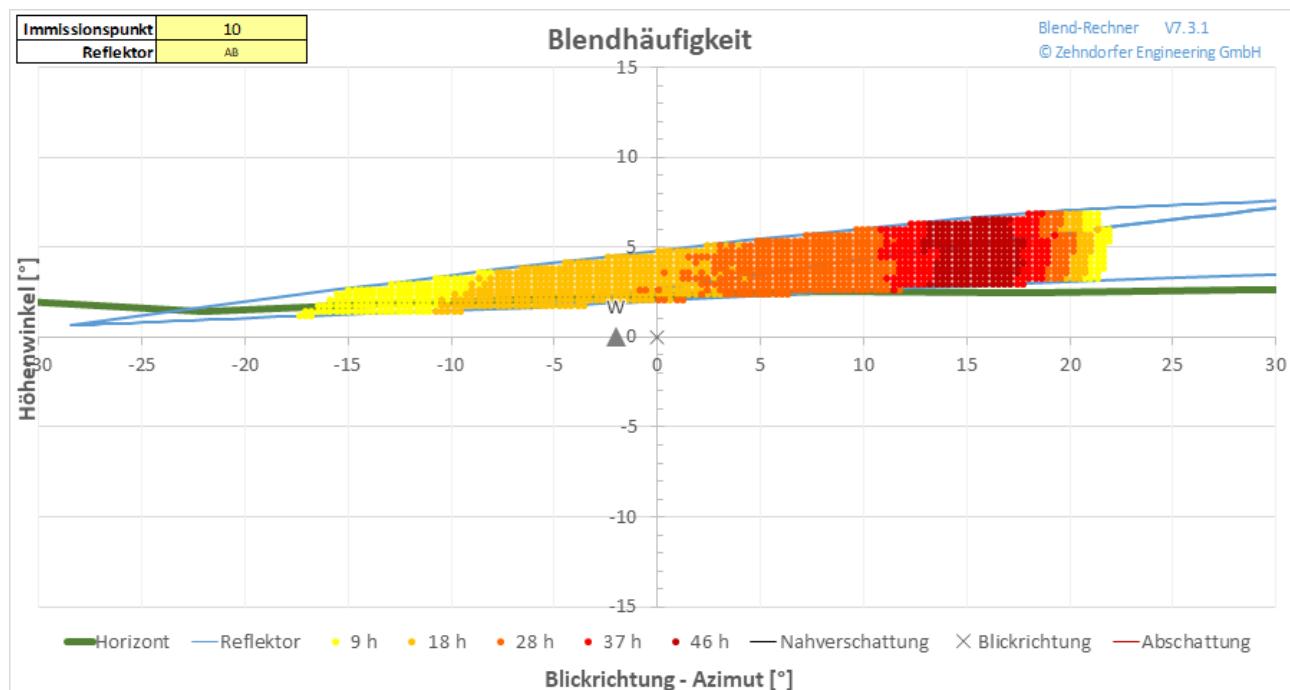


Abbildung 9 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. Alle weiteren Ansichten sind in Anhang 5 zu sehen.

## 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 (Millisteradian) 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 10 (75 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>.

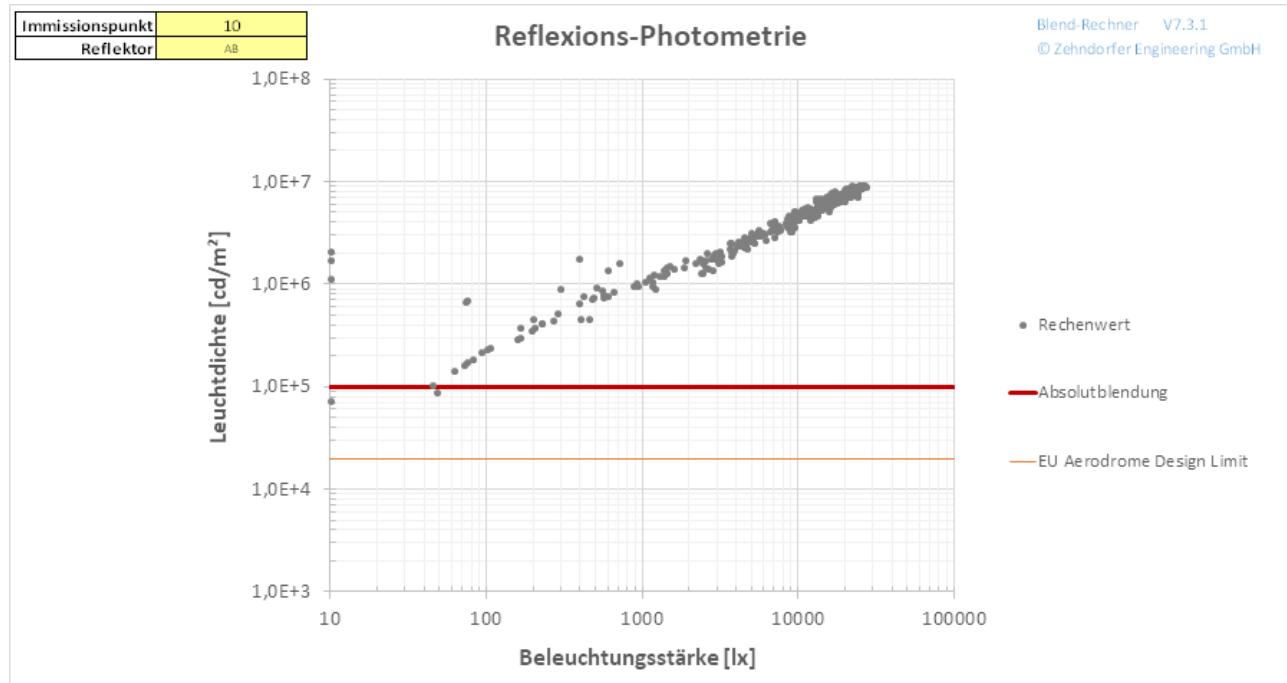
Daher werden in diesem Gutachten nur solche Blendungen als relevant für den Verkehr betrachtet, die innerhalb eines Winkels von +/- 15° zur Sehachse (= Fahrtrichtung) liegen.

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

<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

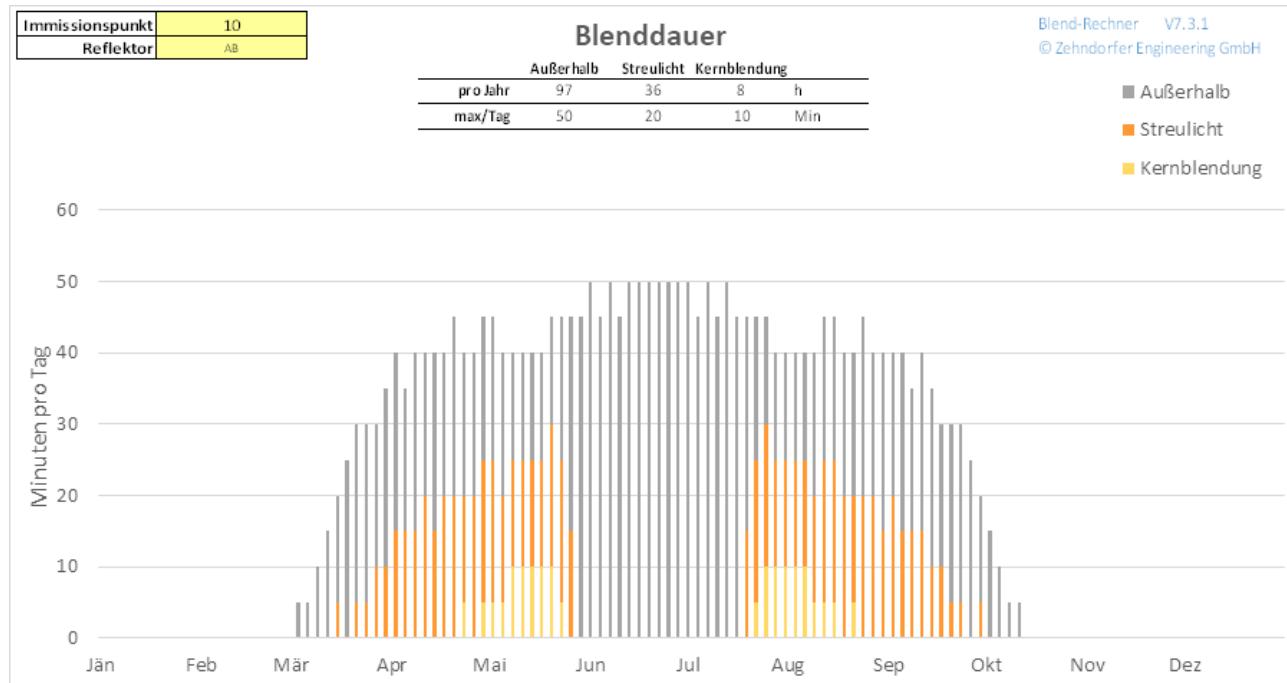
**Abbildung 11 Blenddauer am IP 10**

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 Subjektive Faktoren

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

Dies ist bei den Nachbarn nicht der Fall.

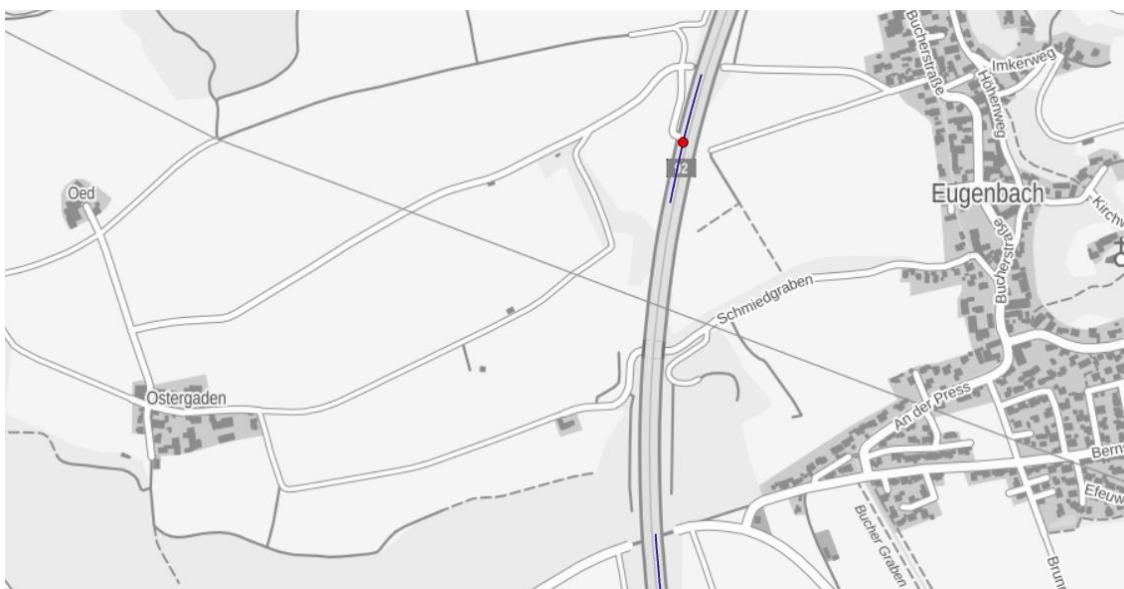
Bei Fahrzeuglenkern kann der Blick in Richtung der Reflexionen notwendig sein, falls diese in Fahrtrichtung liegen.

### 2.5.6 Verkehrskritische Punkte

Für den Verkehr sind folgende Punkte als kritisch zu betrachten:

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

**Abbildung 12 Unfälle 2020**



Auf dem relevanten Straßenabschnitt wurden in den letzten Jahren einzelne Unfälle gemeldet. Es liegt keine Stelle von Unfallhäufungen vor. Es liegen keine verkehrskritischen Punkte vor.

### 3 Beurteilung & Empfehlungen

#### IP1 bis 9 (Autobahn)

Es wird zu Reflexionen in Richtung einzelner Punkte auf der Autobahn kommen. Die Reflexionen liegen jedoch immer außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker und stellen daher keine Gefahr für den Fahrzeugverkehr dar.

#### IP10 bis 16 (Straße nach Ostergaden)

Es werden Reflexionen in Richtung einiger IP auftreten. Diese liegen an manchen Orten auch im inneren Gesichtsfeld der Fahrzeuglenker, **weshalb blendreduzierende Maßnahmen zu empfehlen sind.**

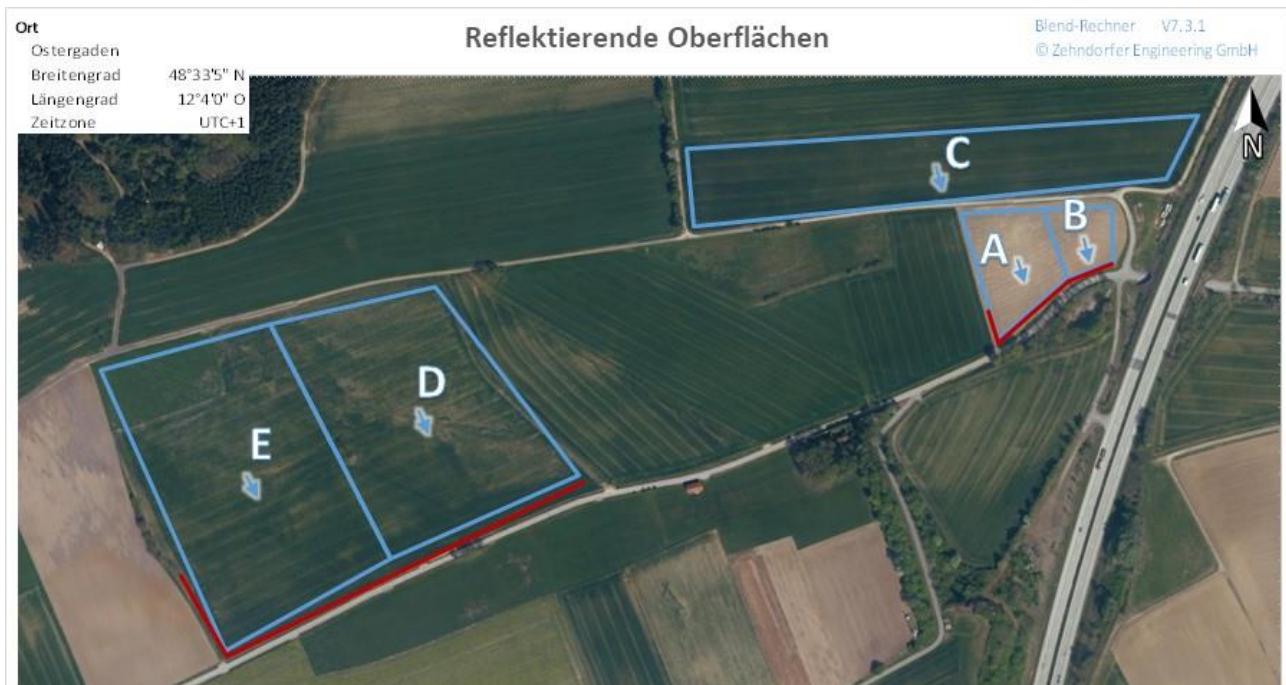
#### IP17 bis 19 (Nachbarn)

Es wird zu Reflexionen in Richtung der Nachbarschaft kommen, deren Dauer jedoch deutlich unter dem Schwellwert der Richtlinie liegt.

### 3.1 Blendreduzierende Maßnahmen

Als blendreduzierende Maßnahme wird ein Sichtschutz (oder blickdichte Hecke) zwischen der Anlage und der Straße im Süden empfohlen. Abbildung 13 und Tabelle 1 zeigen die Lage und die Koordinaten des vorgeschlagenen Sichtschutzes mit 3,5m (im Osten) bzw. 4m Höhe (im Westen).

**Abbildung 13 Sichtschutz (rot)**



**Tabelle 1 Eckpunkte des Sichtschutzes**

Abschattung Eckpunkt	I				II				III			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	283 958	283 919	283 919	283 958	283 919	283 855	283 855	283 919	283 855	283 846	283 846	283 855
y	381 849	381 834	381 834	381 849	381 834	381 777	381 777	381 834	381 777	381 806	381 806	381 777
z	426	426	426	426	426	426	426	426	426	428	428	426
h	0,0	0,0	3,5	3,5	0,0	0,0	3,5	3,5	0,0	0,0	3,5	3,5

Abschattung Eckpunkt	IV				V			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	283 124	283 164	283 164	283 124	283 164	283 484	283 484	283 164
y	381 563	381 489	381 489	381 563	381 489	381 649	381 649	381 489
z	463	453	453	463	453	439	439	453
h	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	4,0	4,0

Durch den Sichtschutz sind dann keine Blendungen in Richtung des IP10 mehr möglich. Die Resultate der Berechnungsergebnisse mit Blendschutz sind in Anhang 5.1 zu sehen.

**3.1.1 Evaluierung mit blendreduzierende Maßnahmen****IP1 bis 9 (Autobahn)**

Es wird zu Reflexionen in Richtung einzelner Punkte auf der Autobahn kommen. Die Reflexionen liegen jedoch immer außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker und stellen daher keine Gefahr für den Fahrzeugverkehr dar.

**IP10 bis 16 (Straße nach Ostergaden)**

Es werden noch restliche Reflexionen in Richtung des IP 13 auftreten, sie vom Sichtschutz nicht vollständig abgehalten werden. Sie haben die folgenden Eigenschaften:

- Sie liegen am Rand des inneren Gesichtsfeldes ( $> 7^\circ$  zur Fahrtrichtung)
- Die relevanten Reflexionen dauern nur sehr kurz an (10 Minuten)
- Die Sonne steht zum Zeitpunkt der Reflexionen niedrig und in einer ähnlichen Richtung (max.  $23^\circ$  Abweichung) und überstrahlt die Reflexionen daher teilweise.

Mit diesen Eigenschaften ist keine erhebliche Gefährdung des Straßenverkehrs auf der Straße nach Ostergaden auszugehen.

**IP17 bis 19 (Nachbarn)**

Es wird zu Reflexionen in Richtung der Nachbarschaft kommen, deren Dauer jedoch deutlich unter dem Schwellwert der Richtlinie liegt.

**Durch die PV-Anlage werden also Blendungen auf der südlich verlaufenden Straße auftreten, weshalb blendreduzierende Maßnahmen empfohlen werden.**

**Nach Umsetzung der Maßnahmen wird keine gefährliche Blendwirkung auf den Straßenverkehr stattfinden. Die Nachbarschaft wird keiner erheblichen Blendwirkung ausgesetzt.**

Datum: 10.6.2022

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 ATU 4524829



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. Gleches 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 „Einfallsinkel gleich Ausfallwinkel“ angewendet werden.
- Die Sonne scheint von Aufgang bis Untergang d.h. die Berechnung liefert die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume.

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

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

### **Bundesfernstraßengesetz (2007)**

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

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

## ANHANG 3 METHODIK DER BERECHNUNG

Die Berechnung wird mittels *Raytracing* durchgeführt. Dabei wird der errechnete Sonnenstand für ein ganzes Jahr in der Auflösung von 1 bis 5 Minuten, in einen Einfallswinkel auf der Reflexionsfläche umgerechnet und mathematisch gespiegelt. Streublendungen werden als Strahlaufweitung an der Reflexionsoberfläche modelliert. Alle Zeitpunkte, bei denen Reflexionen in Richtung der Immissionspunkte 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.

## ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Die PV Anlage befindet sich an folgenden Koordinaten

EPSG	Koordinatensystem	False Northing
25833	UTM 33N	5 000 000

Reflektor	A				B				C			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	283 855	283 917	283 895	283 822	283 917	283 958	283 957	283 895	283 583	284 007	284 034	283 576
y	381 780	381 836	381 900	381 895	381 836	381 852	381 903	381 900	381 884	381 927	381 985	381 955
z	426	426	436	442	426	426	430	436	450	427	426	457
h	1,2	1,2	3,9	3,9	1,2	1,2	3,9	3,9	1,2	1,2	3,9	3,9

Reflektor	D				E			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	283 311	283 480	283 352	283 203	283 163	283 311	283 203	283 051
y	381 578	381 655	381 828	381 794	381 494	381 578	381 794	381 751
z	445	440	464	474	454	445	474	483
h	1,2	1,2	3,9	3,9	1,2	1,2	3,9	3,9

mit den folgenden Winkeln der reflektierenden Flächen

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	20	-4	8	-40	21	-17
B	20	-4	7	-37	20	-15
C	20	-4	5	-53	20	-14
D	20	-15	7	-41	20	-23
E	20	-15	7	-48	20	-25

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	IP8	IP9	IP10	IP11	IP12
x	283 986	283 945	283 914	283 889	283 865	283 851	284 040	284 089	284 138	283 975	283 882	283 769
y	381 741	381 616	381 495	381 379	381 223	381 107	381 917	382 020	382 112	381 840	381 783	381 727
z	433	434	433	431	427	423	430	428	428	423	426	429
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az	-161	-164	-167	-169	-174	-176	23	25	29	92	-132	-114

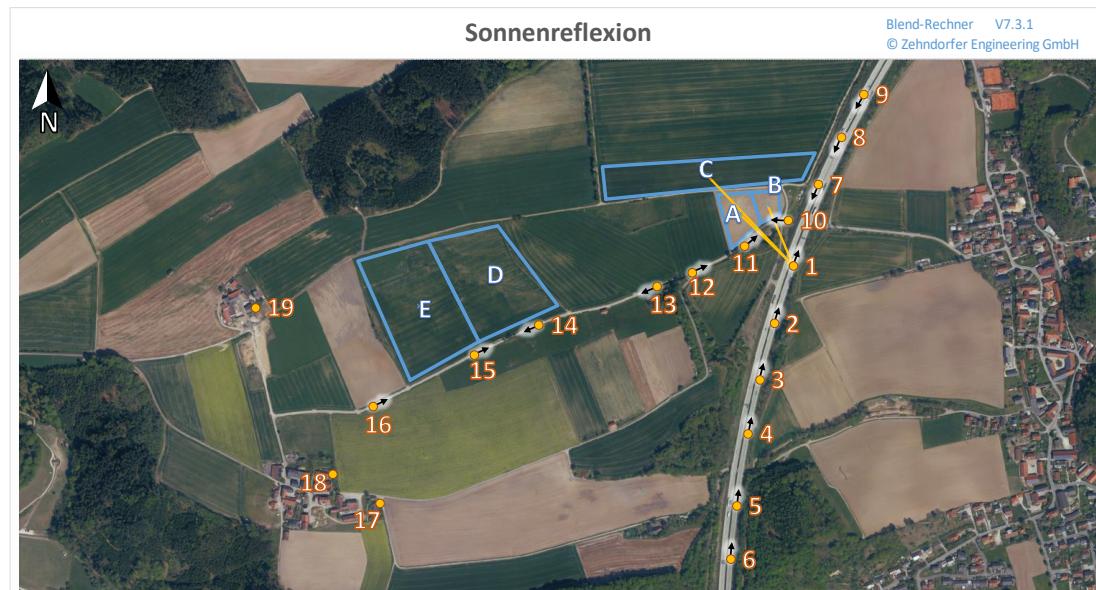
Immissionspunkt	13	14	15	16	17	18	19
Bezeichnung	IP13	IP14	IP15	IP16	IP17	IP18	IP19
x	283 693	283 439	283 300	283 083	283 097	282 997	282 830
y	381 697	381 613	381 549	381 437	381 228	381 291	381 652
z	431	440	445	458	483	482	486
h	2,5	2,5	2,5	2,5	5,0	5,0	5,0
Blickrichtung - Az	66	64	-116	-117			

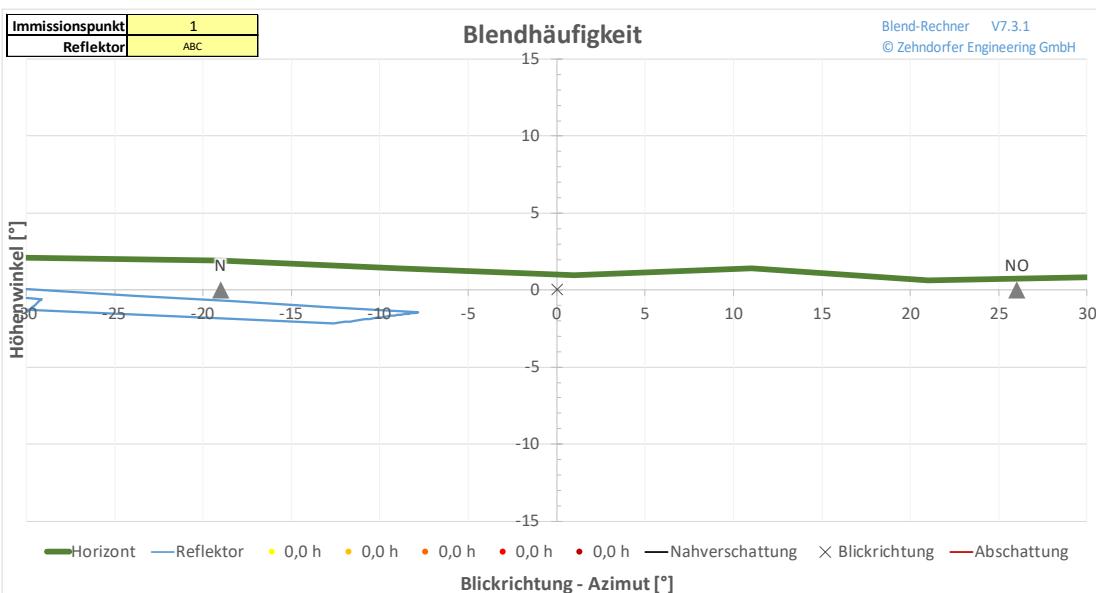
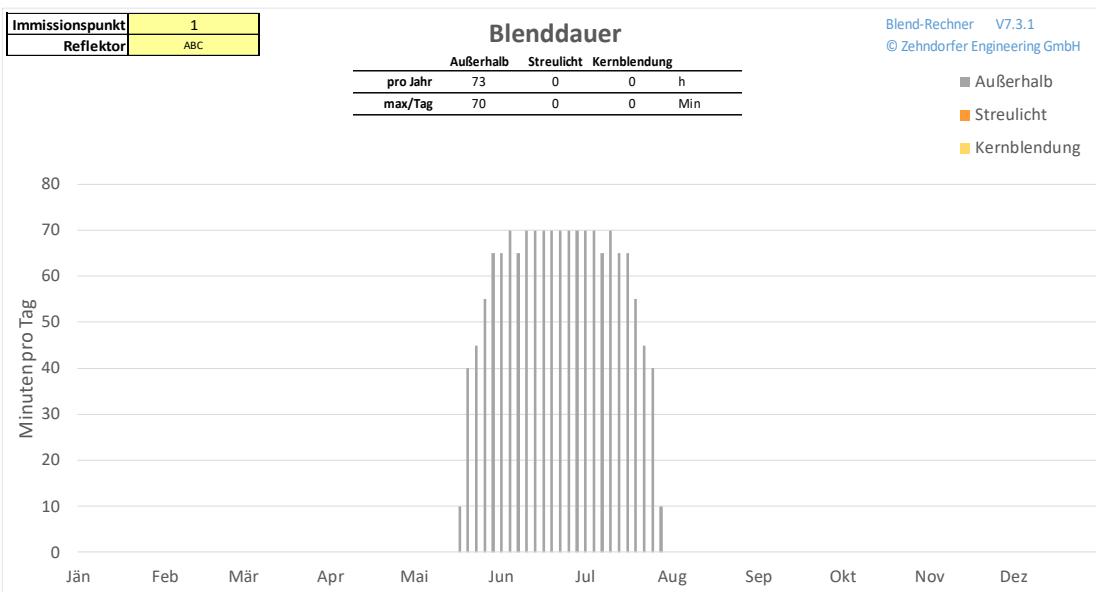
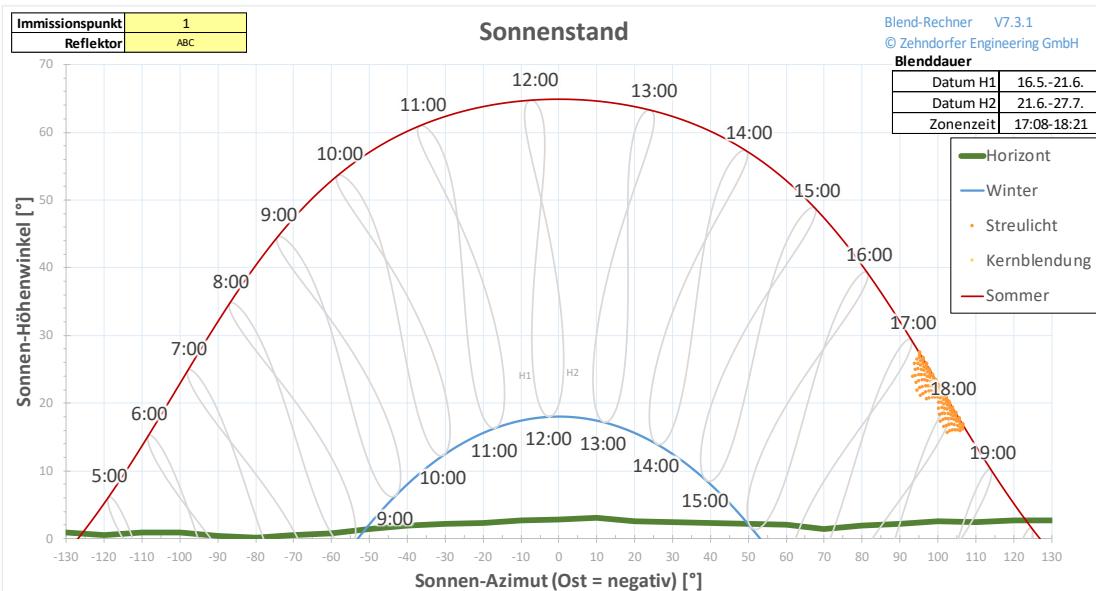
## ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

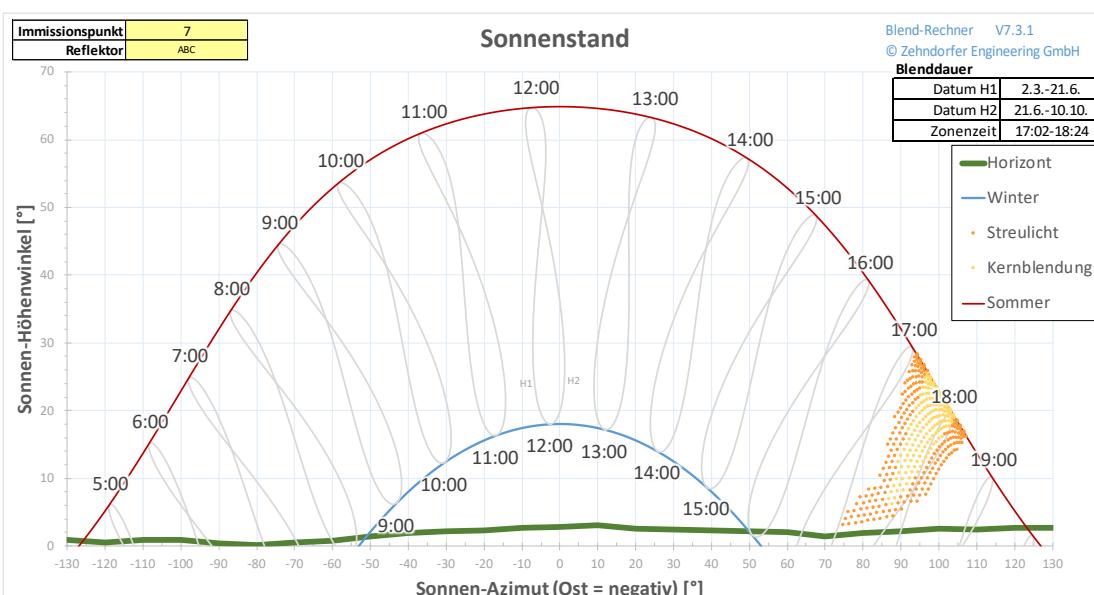
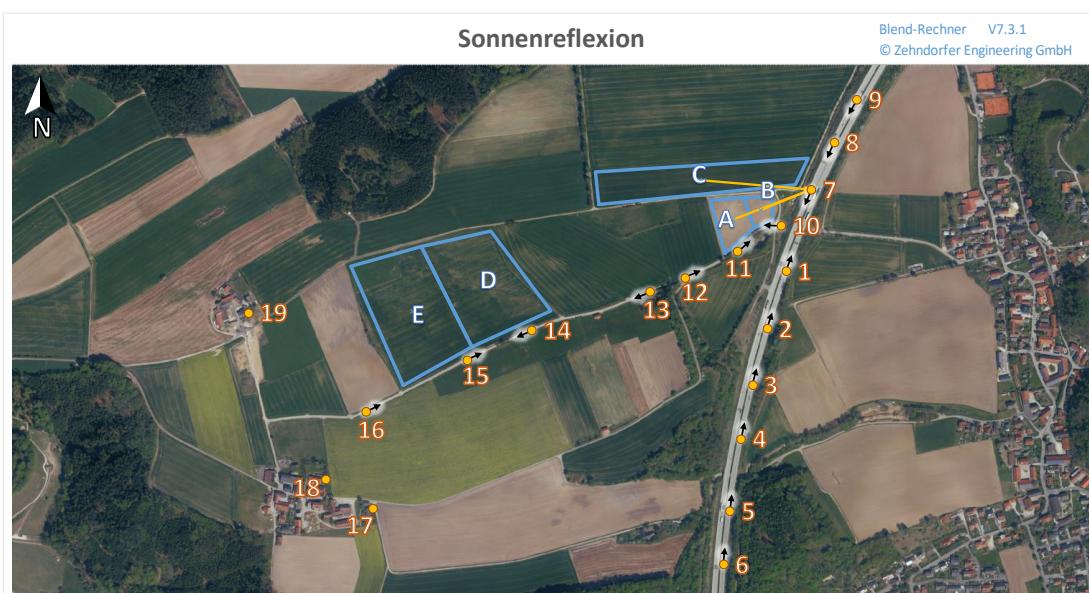
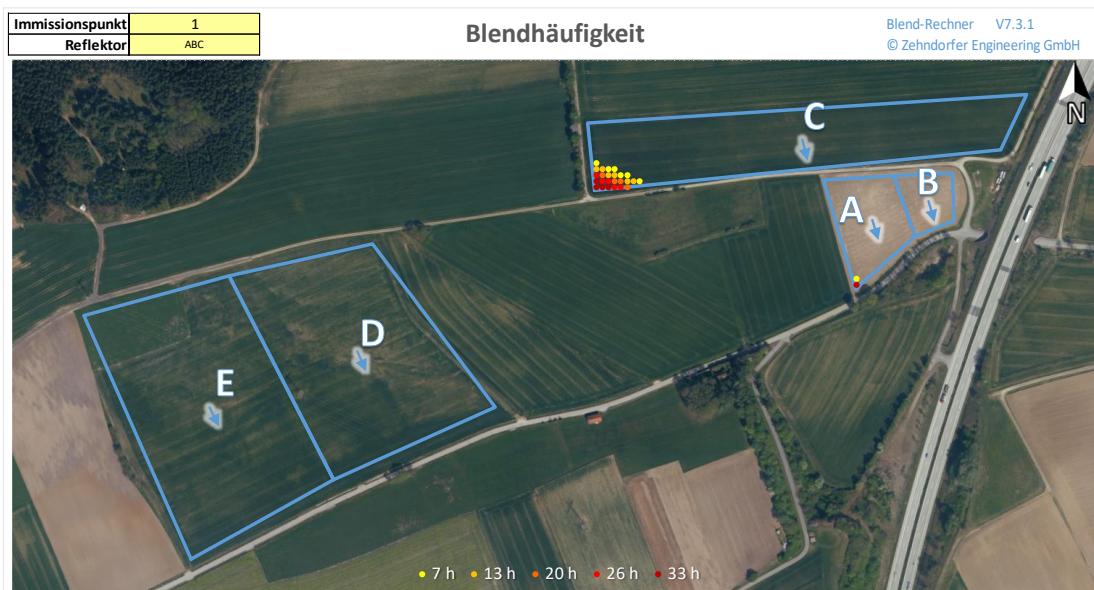
Reflektor	ABC	ABC	ABC	ABC	ABCDE	ABCDE	ABC	ABC	ABC	AB
Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz m	114	187	291	403	558	662	35	65	164	20
Höhenwinkel °	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5
Raumwinkel msr	97	41	19	11	22	16	159	16	6	75
Datum H1	16.5.-21.6.	-	-	-	-	-	2.3.-21.6.	-	-	2.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-27.7.	-	-	-	-	-	21.6.-10.10.	-	-	21.6.-10.10.
Zeit	17:08-18:21	-	-	-	-	-	17:02-18:24	-	-	16:58-18:34
Kernblendung min / Tag	0	-	-	-	-	-	0	-	-	10
Kernblendung h / Jahr	0	-	-	-	-	-	0	-	-	8
Streulicht min / Tag	0	-	-	-	-	-	0	-	-	20
Streulicht h / Jahr	0	-	-	-	-	-	0	-	-	36
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel) °	14	-	-	-	-	-	14	-	-	11
Sonnen-Azimut (Mittel)	53	-	-	-	-	-	54	-	-	55
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	37	-	-	-	-	-	41	-	-	24
Blendung - Blickwinkel (min) °	89	-	-	-	-	-	53	-	-	2
Leuchtdichte (max) [k cd/m²]	5 912	-	-	-	-	-	7 298	-	-	9 318
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²]	46	-	-	-	-	-	57	-	-	73
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	2 582	-	-	-	-	-	32 213	-	-	26 996

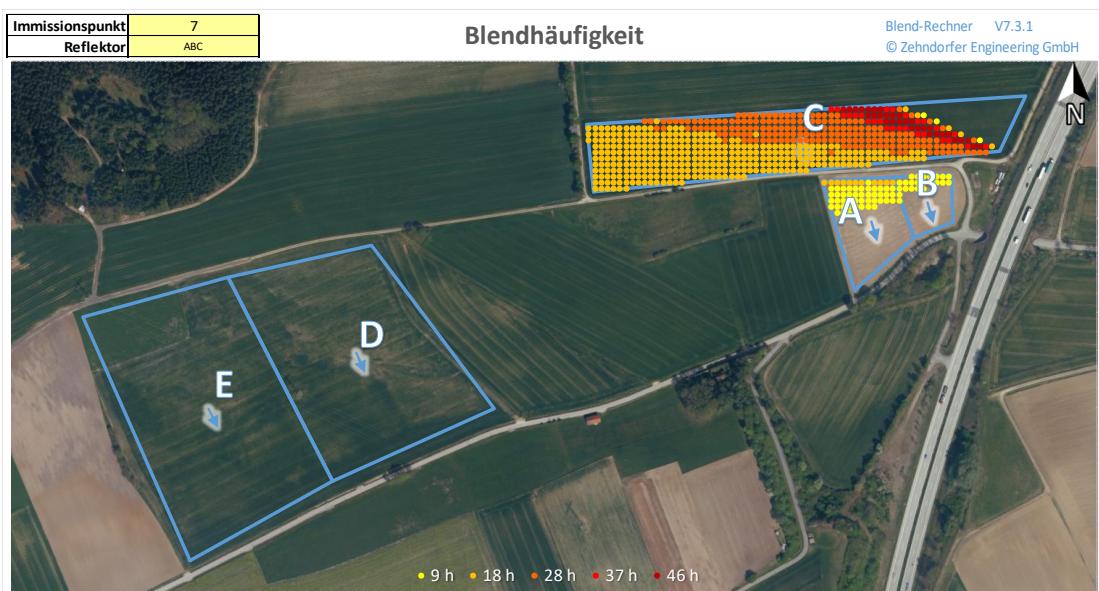
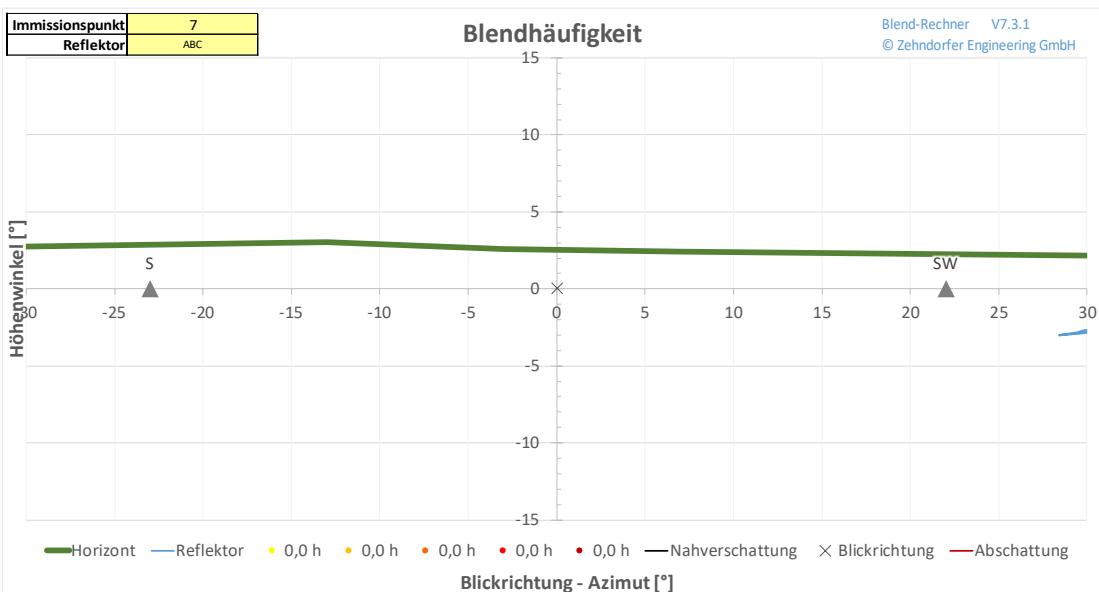
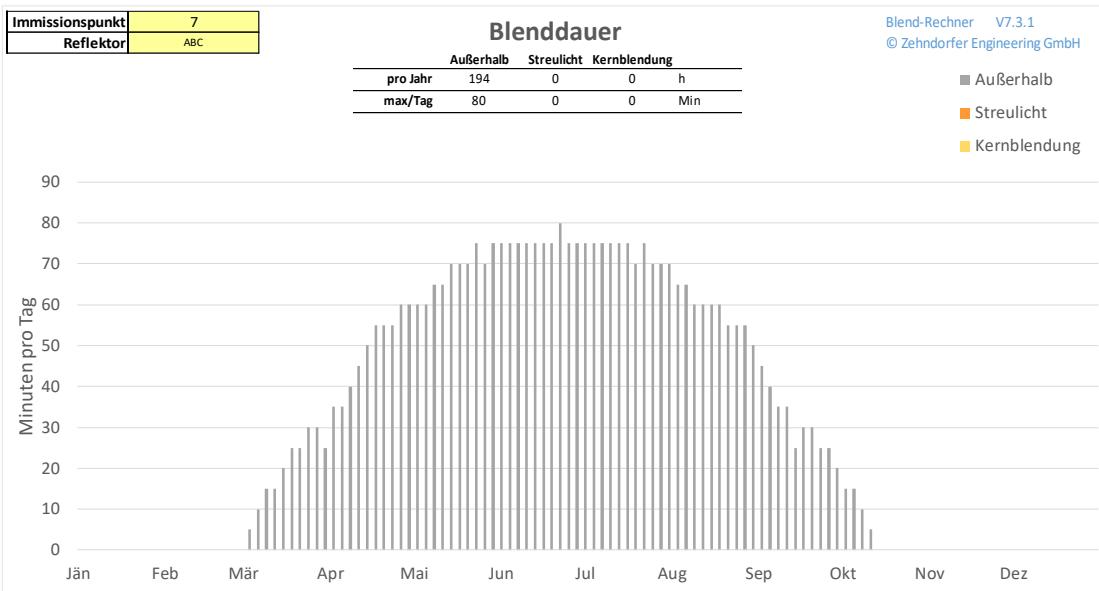
Reflektor	AB	ABC	DE	DE	DE	DE	ABCDE	ABCDE	ABCDE
Immissionspunkt	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Distanz m	15	102	182	21	20	98	277	264	243
Höhenwinkel °	2	0	4	5	4	0	-3	-2	-3
Raumwinkel msr	287	26	11	210	302	25	47	36	10
Datum H1	11.3.-21.6.	3.6.-21.6.	18.2.-21.6.	18.2.-21.6.	24.2.-21.6.	10.5.-21.6.	-	22.5.-21.6.	4.4.-28.5.
Datum H2	21.6.-1.10.	21.6.-9.7.	21.6.-22.10.	21.6.-22.10.	21.6.-16.10.	21.6.-2.8.	-	21.6.-21.7.	15.7.-7.9.
Zeit	16:56-18:11	5:10-5:34	16:37-18:14	16:37-18:14	4:44-18:12	4:44-5:29	-	5:10-5:48	5:03-5:59
Kernblendung min / Tag	0	0	0	0	0	5	-	0	0
Kernblendung h / Jahr	0	0	0	0	0	2	-	0	0
Streulicht min / Tag	0	15	10	10	20	25	-	30	20
Streulicht h / Jahr	0	9	3	3	14	23	-	24	22
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel) °	14	5	12	13	14	5	-	7	5
Sonnen-Azimut (Mittel) °	52	-58	53	53	-8	-61	-	-58	-57
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	36	16	23	30	32	18	-	20	17
Blendung - Blickwinkel (min) °	119	8	5	7	5	3	-	9	0
Leuchtdichte (max) [k cd/m²]	5 997	1 472	8 339	8 649	8 721	3 354	-	3 424	3 168
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²]	47	8	61	67	68	23	-	0	0
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	19 735	117	6 356	31 636	31 923	2 735	-	393	305

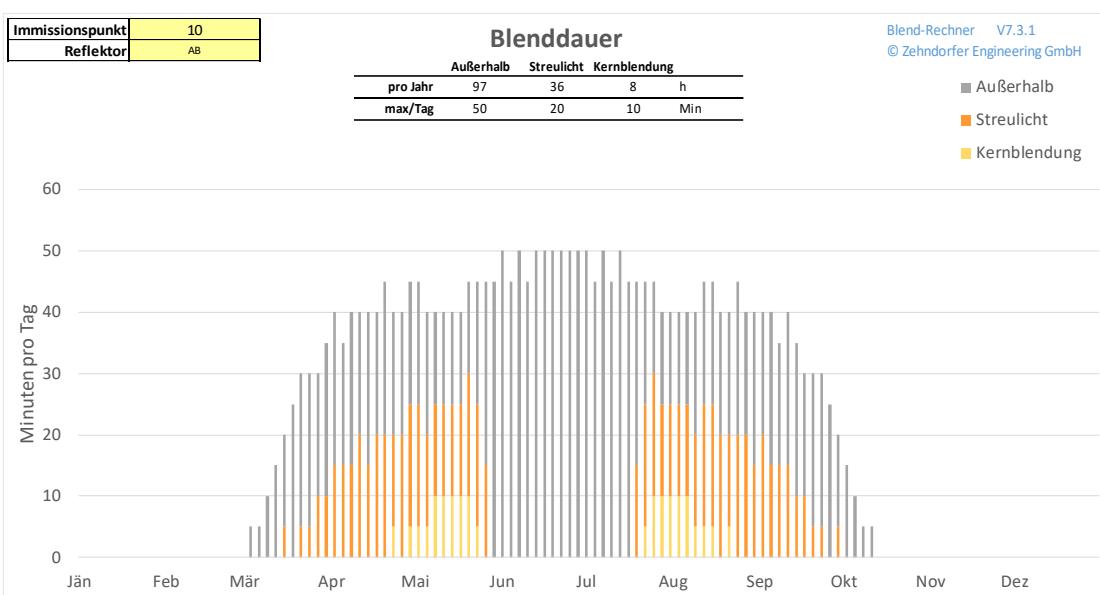
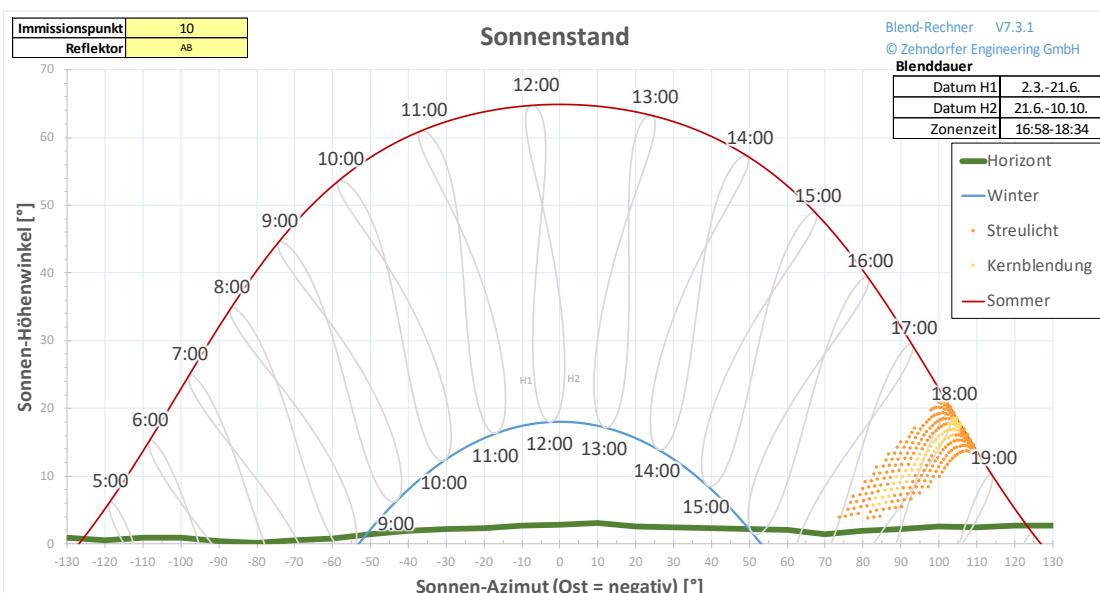
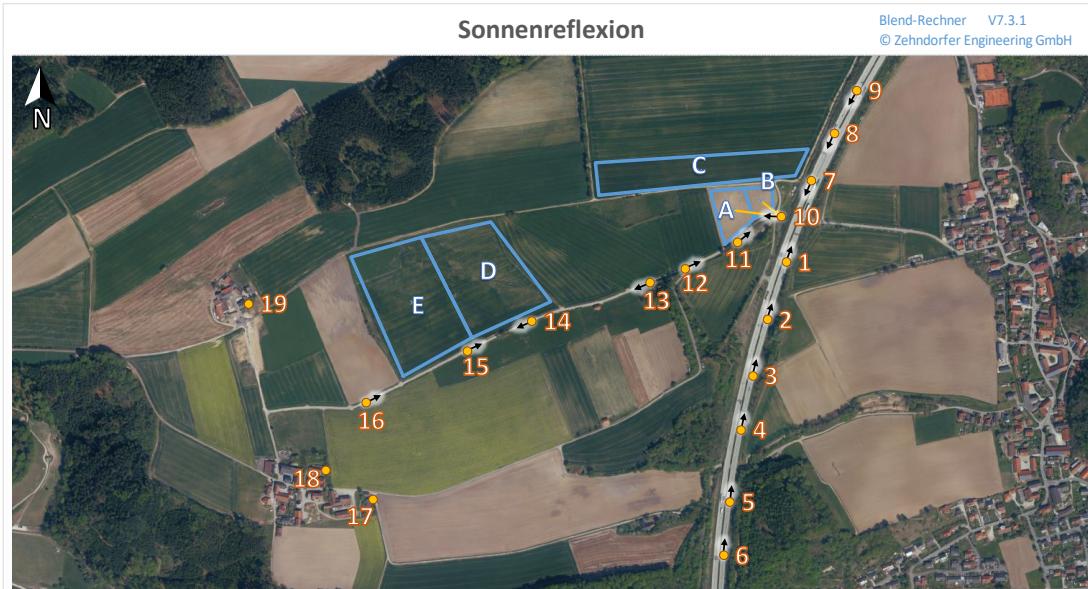
Im Folgenden werden jene Ergebnisse grafisch dargestellt, für welche Reflexionen auftreten können.

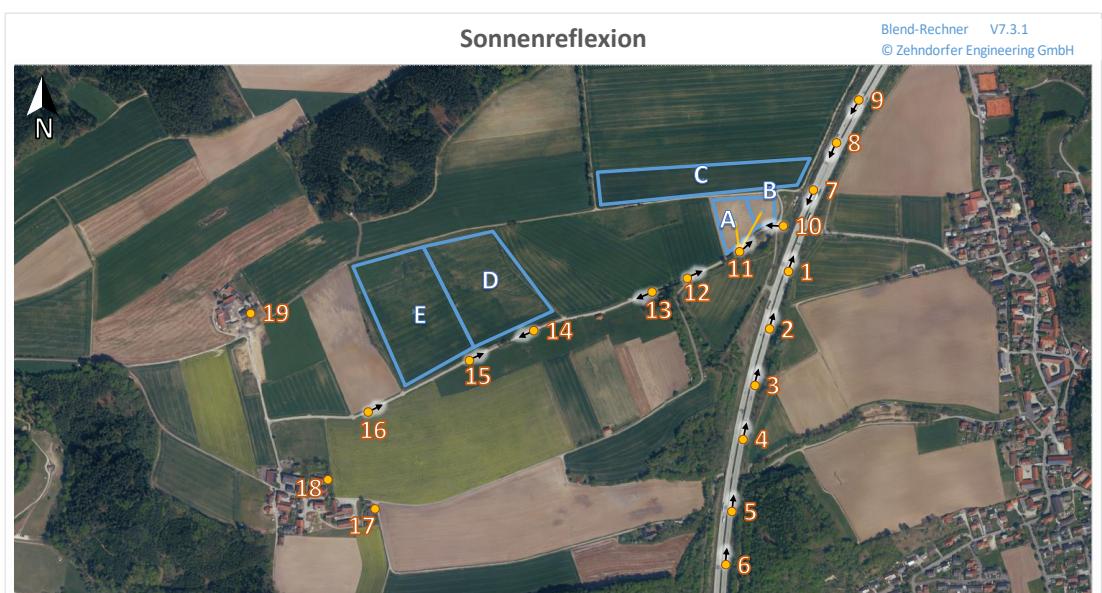
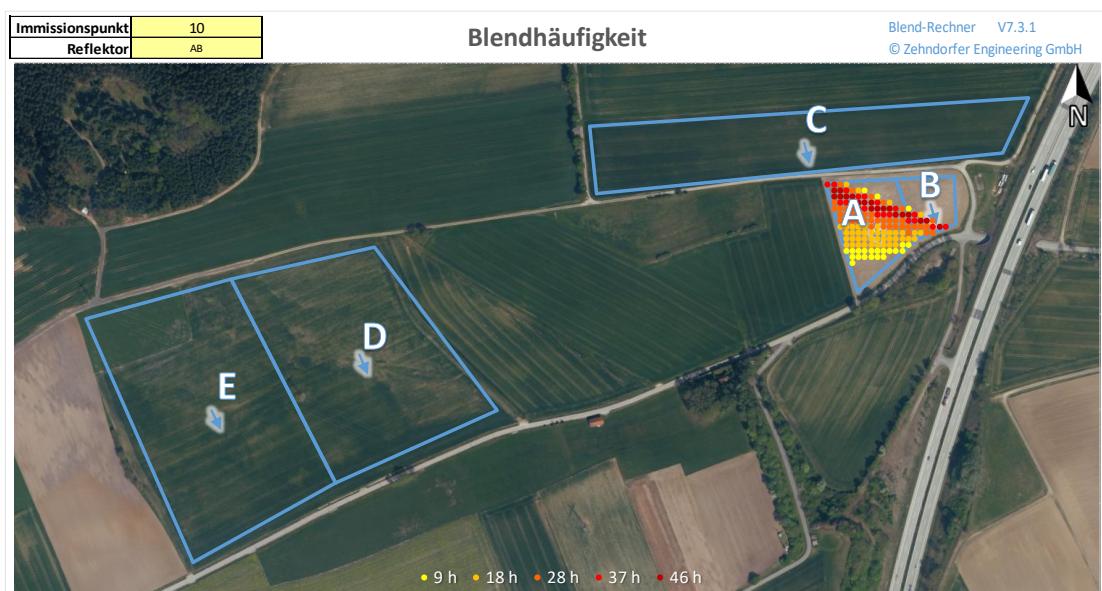
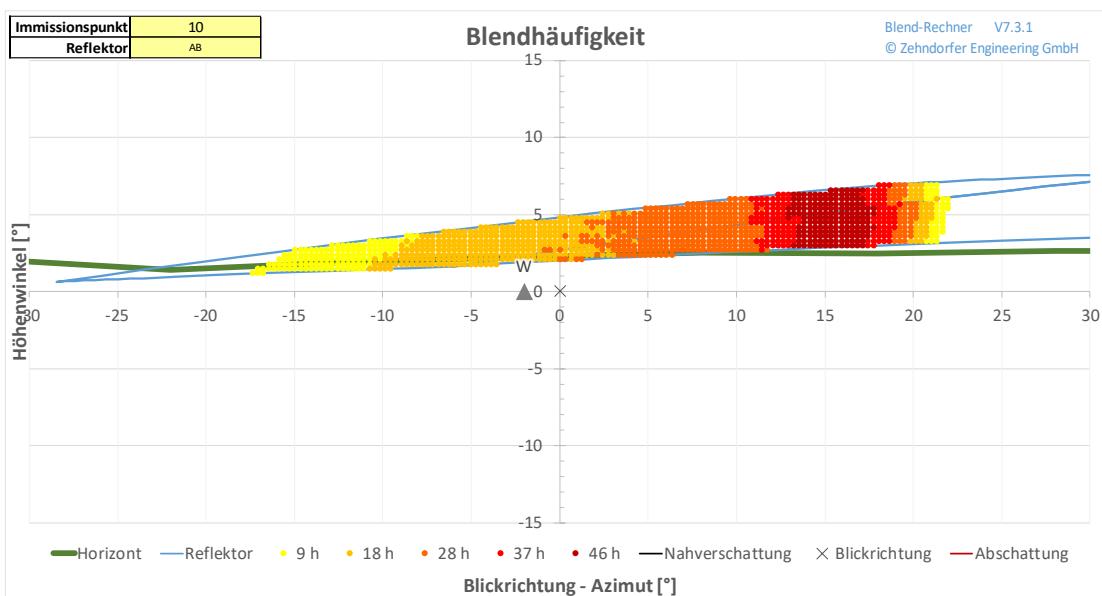


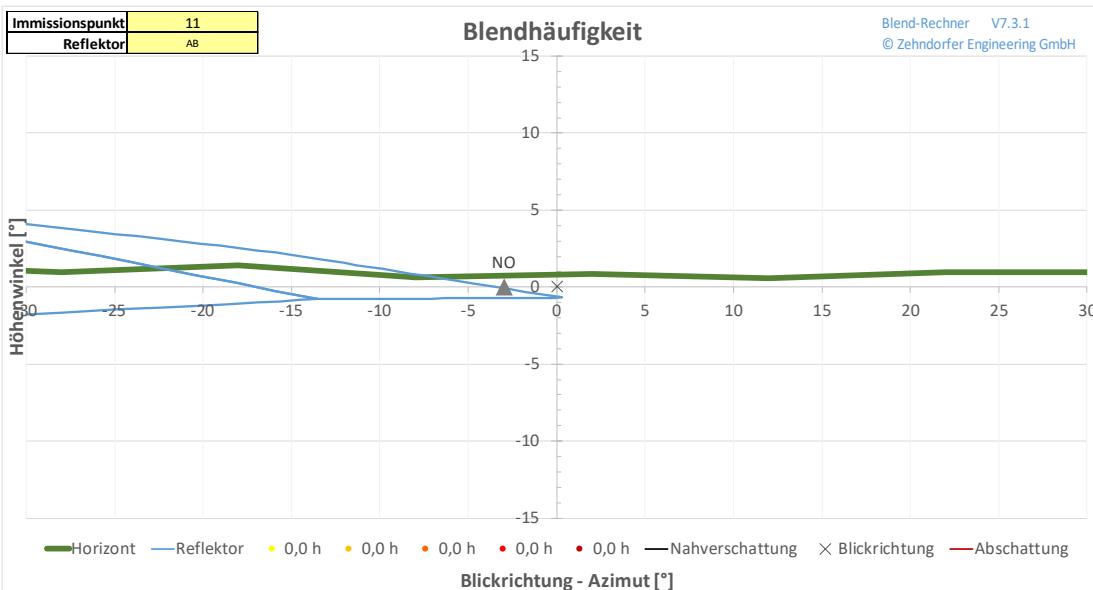
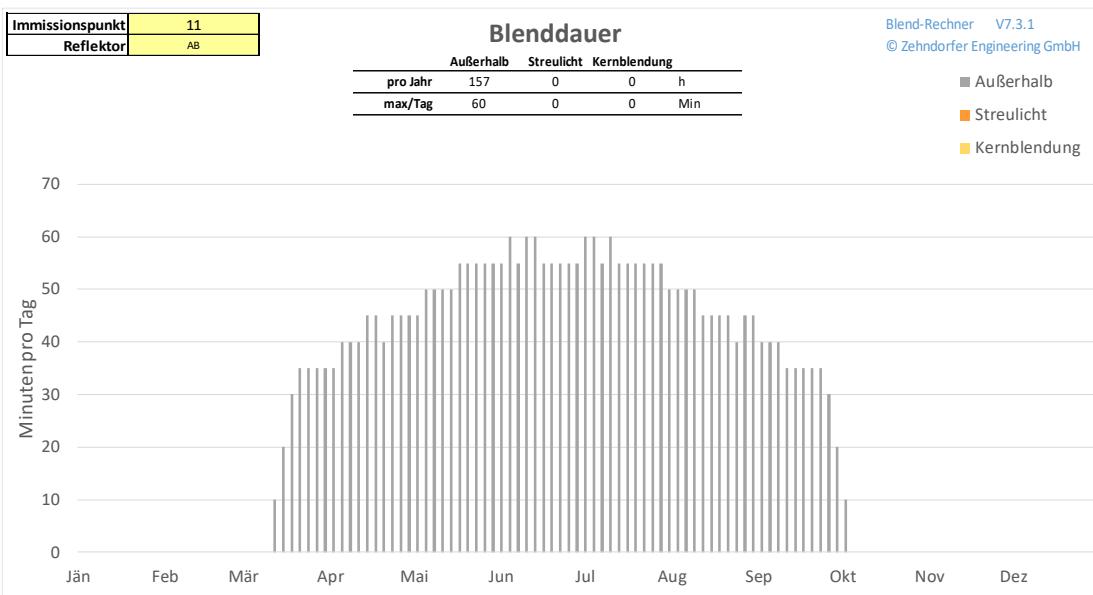
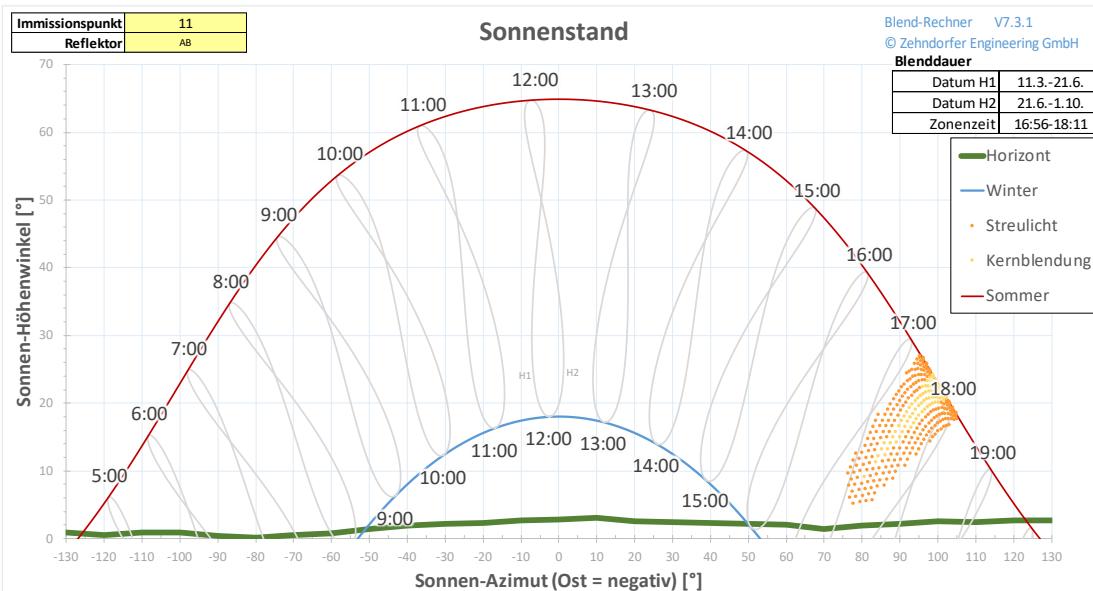


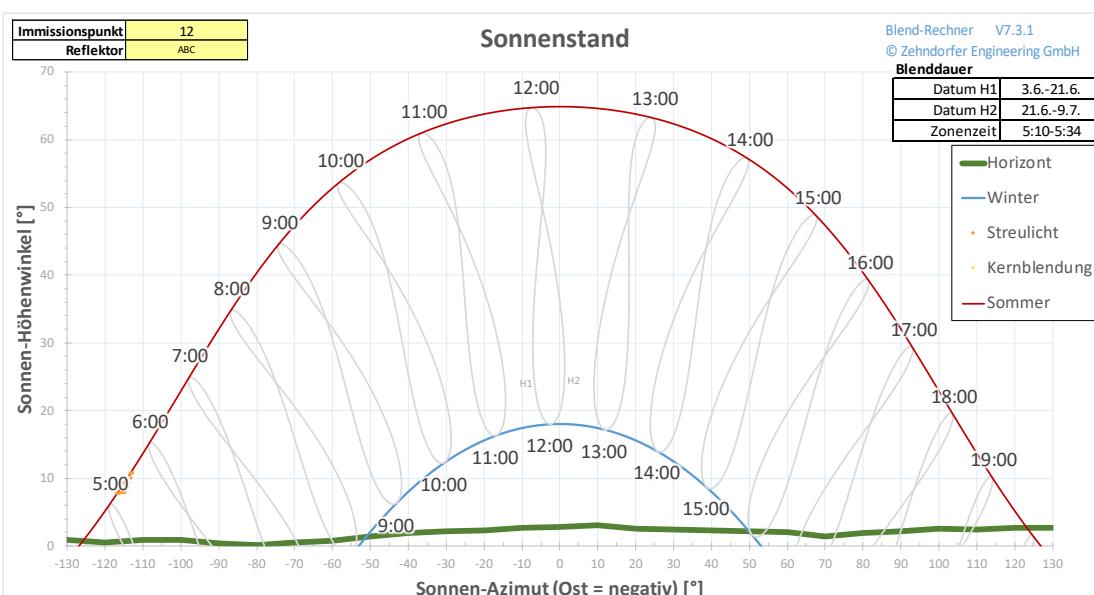
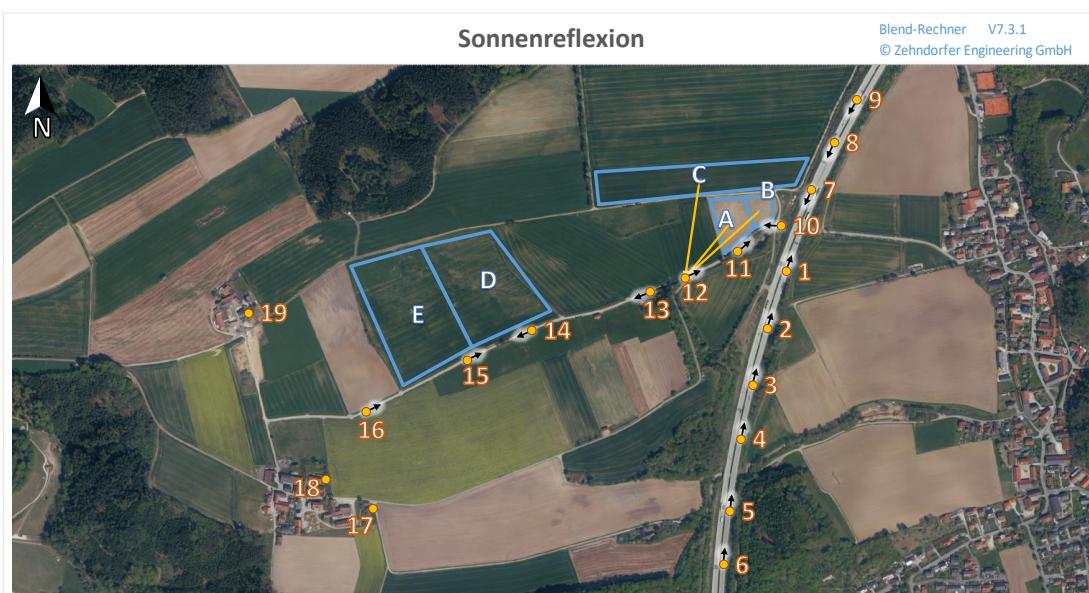
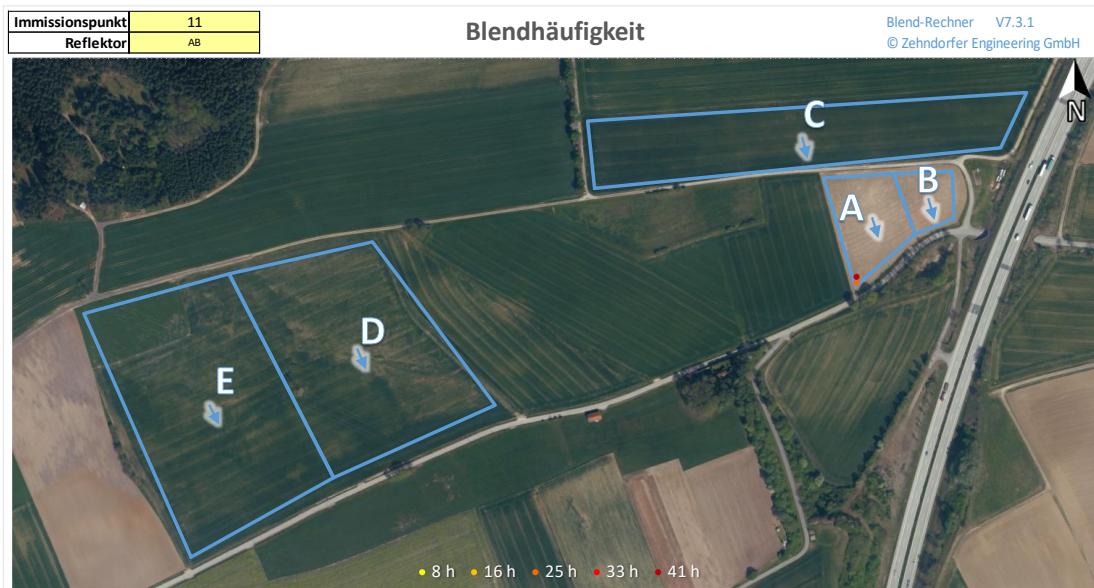


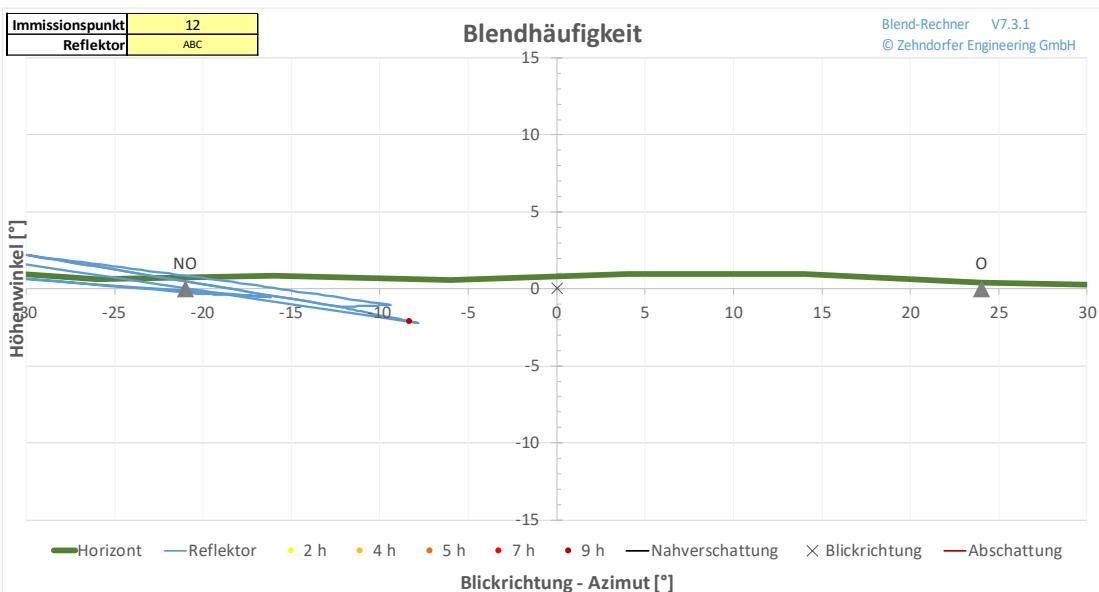
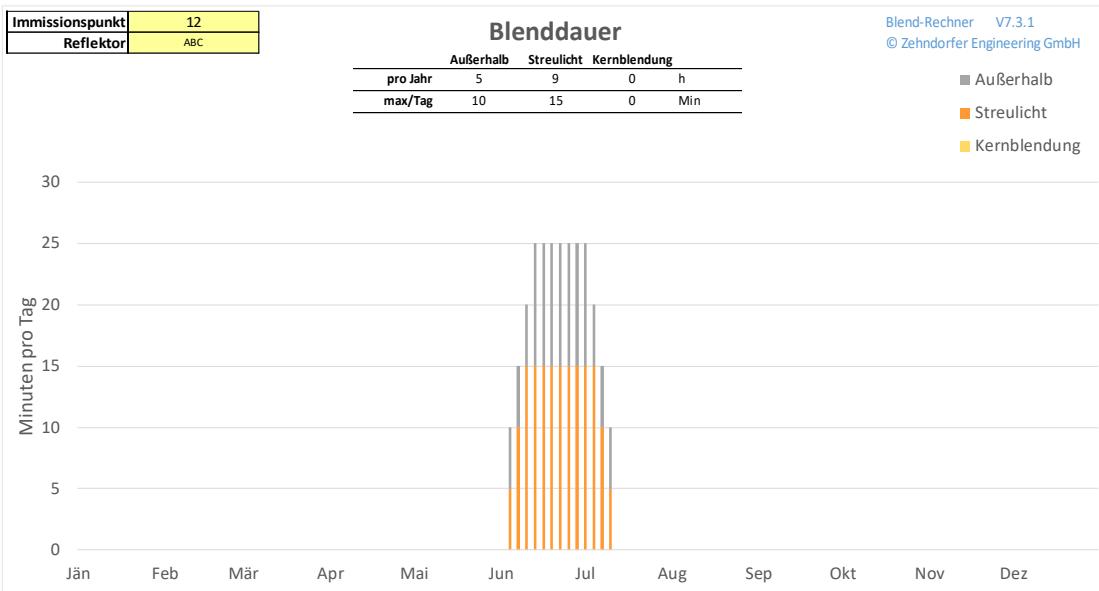


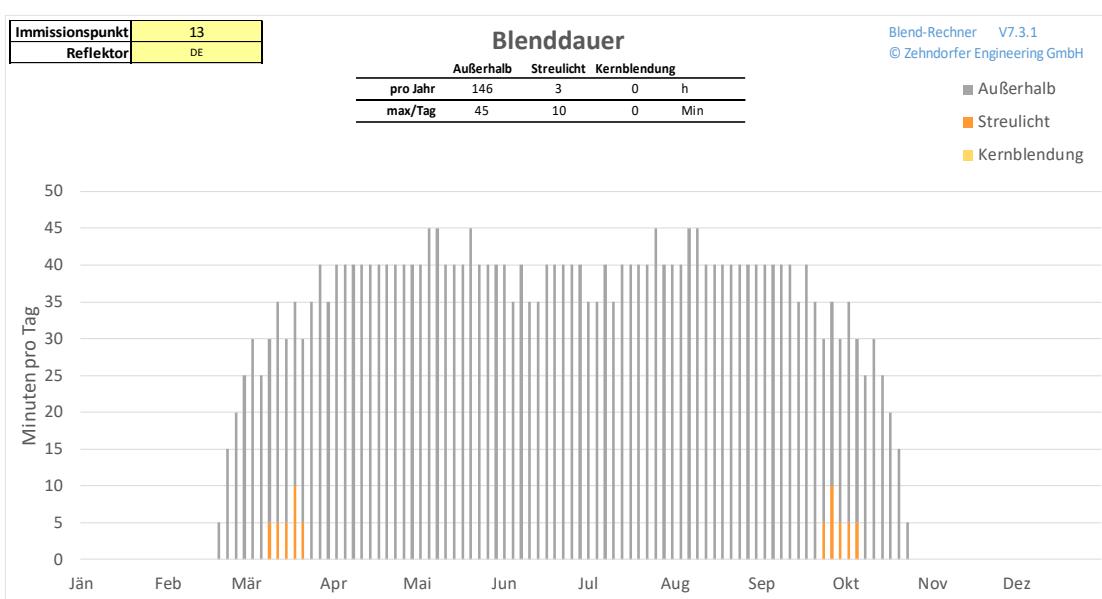
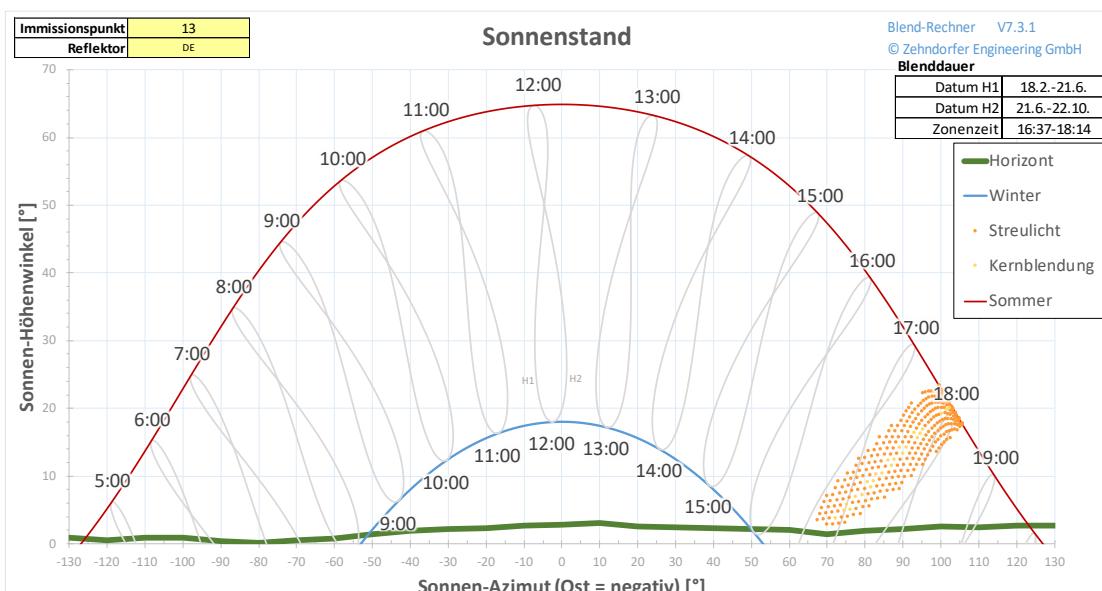
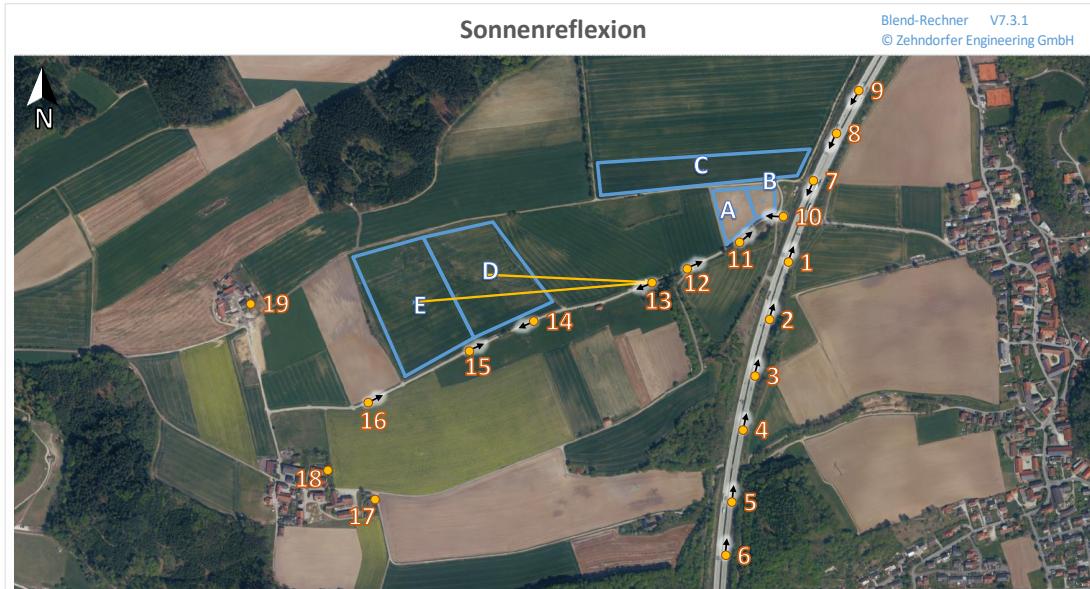


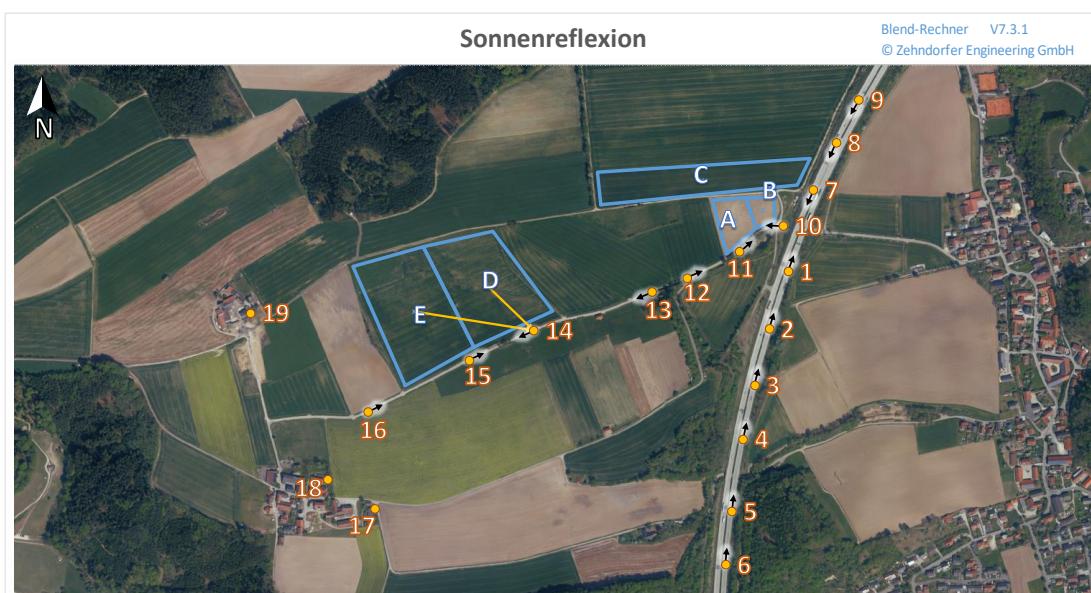
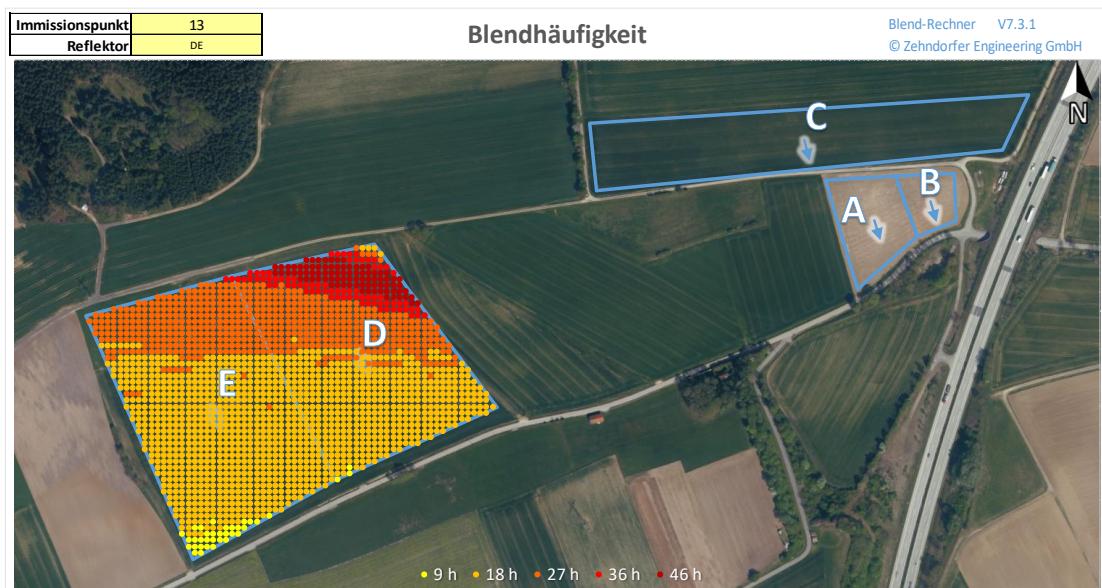
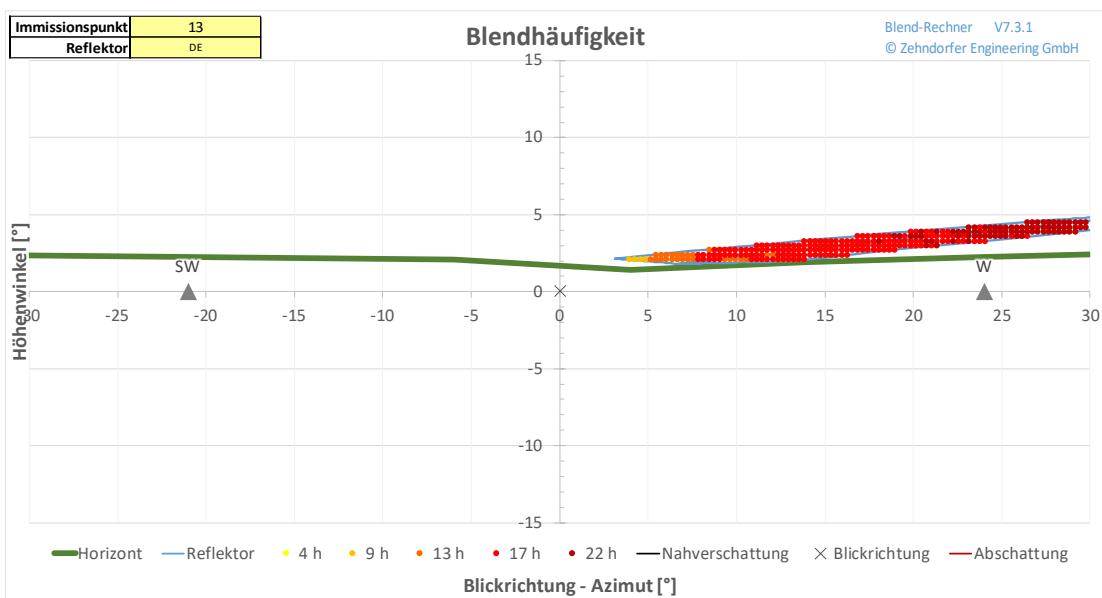


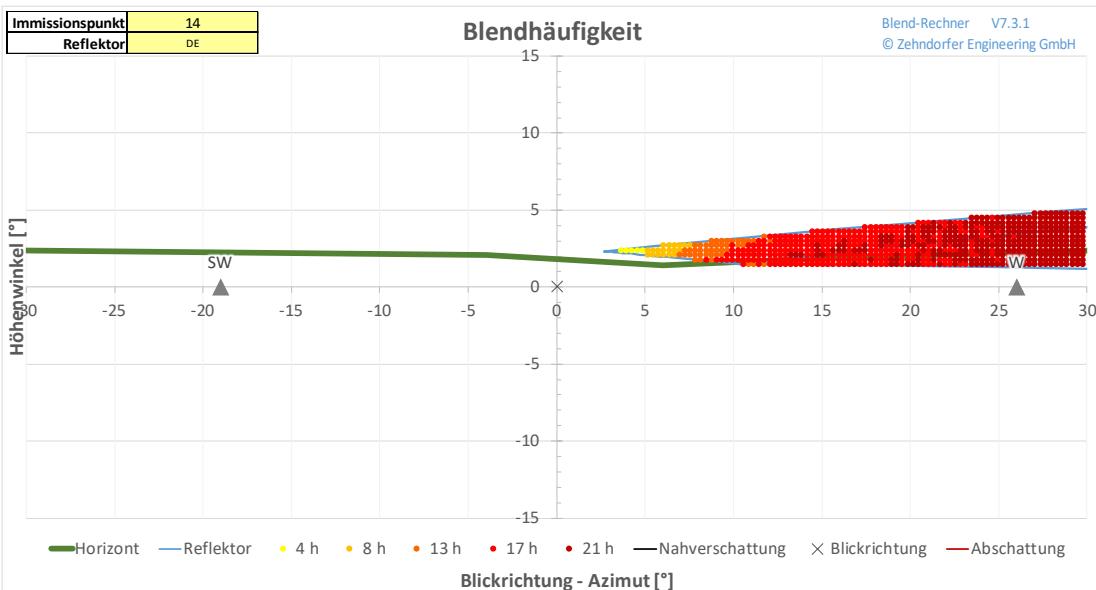
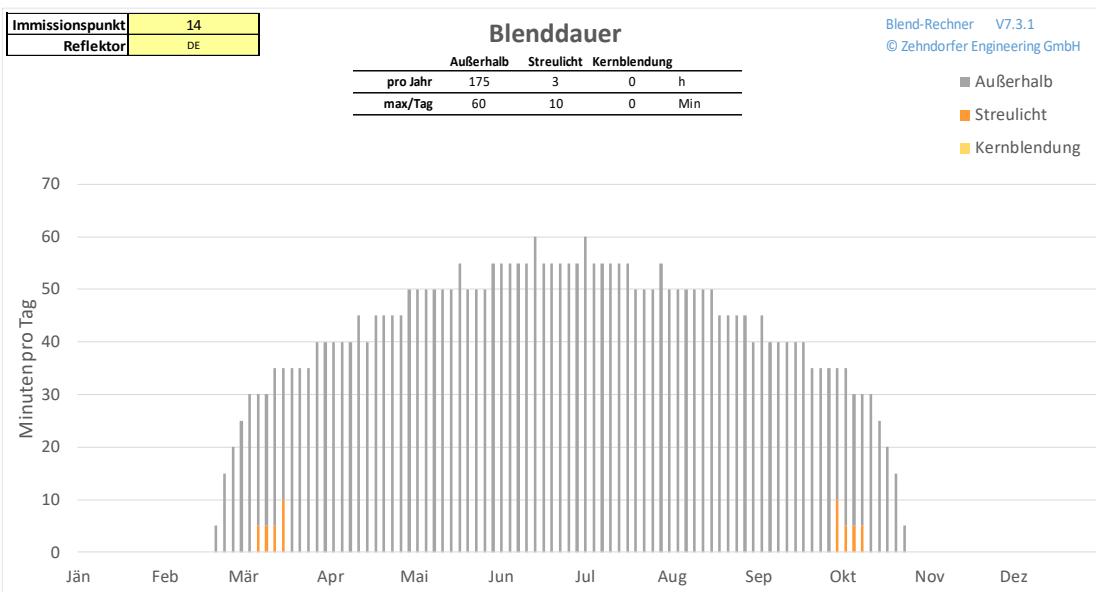
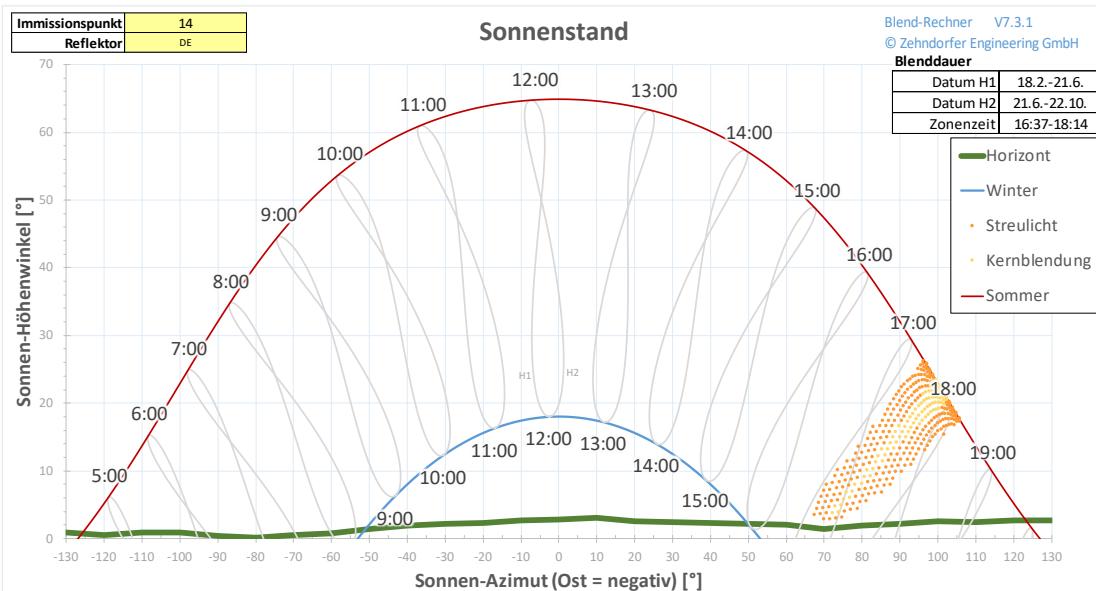


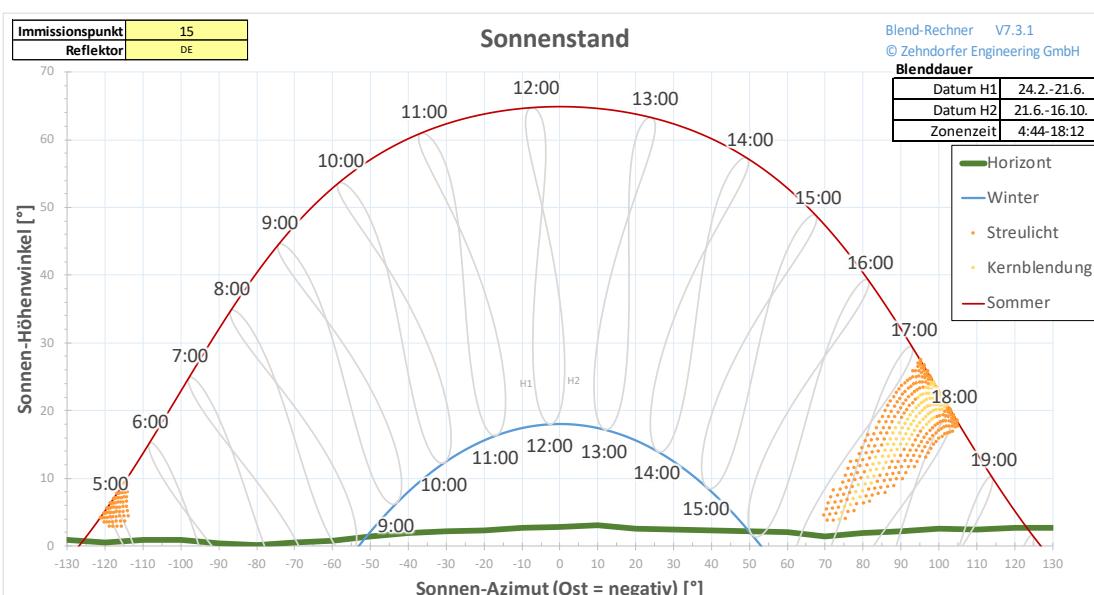
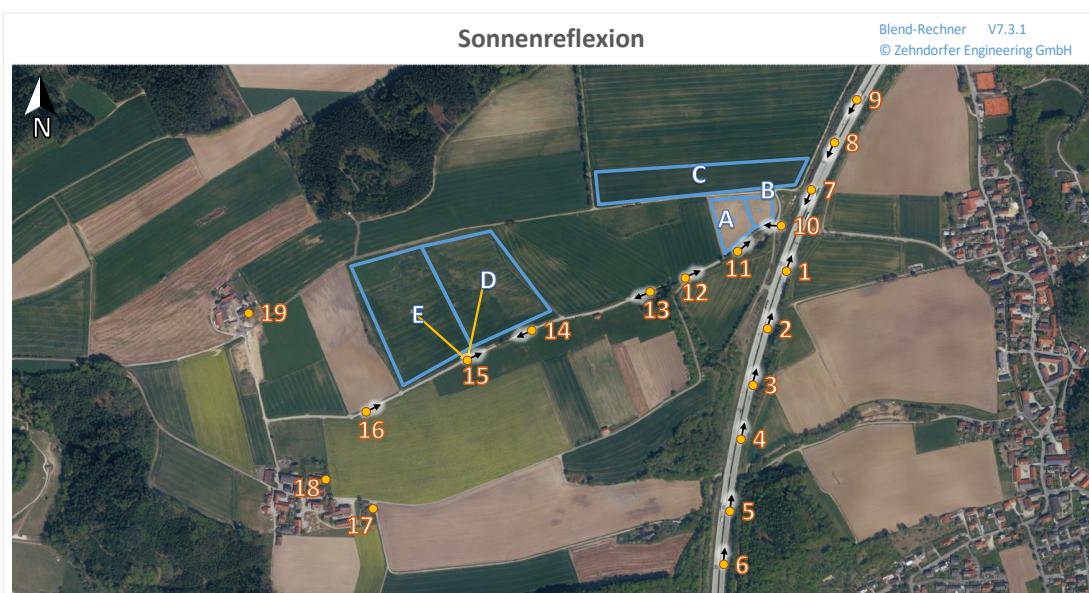
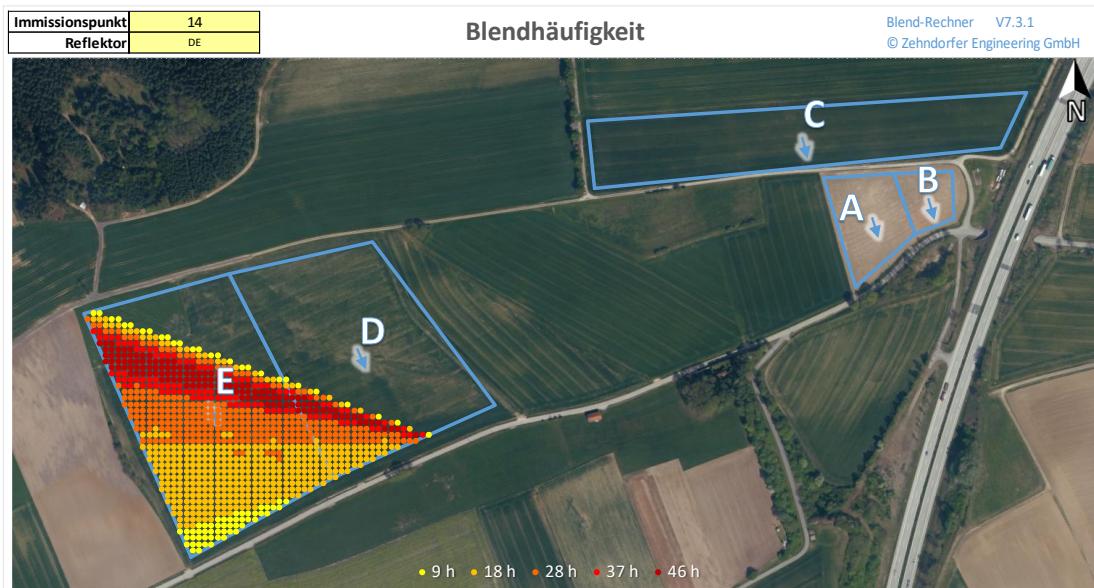


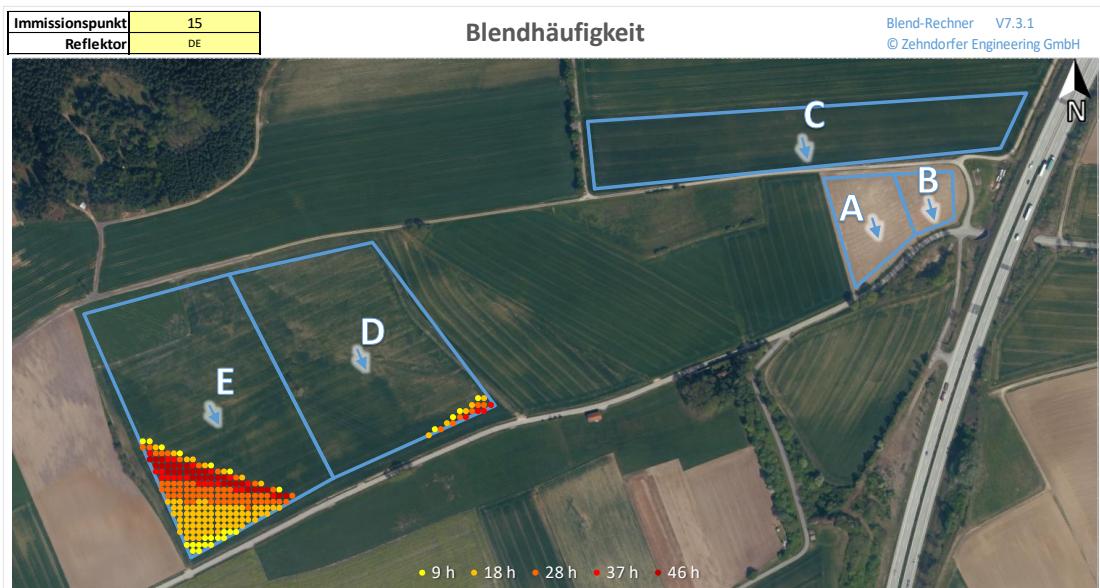
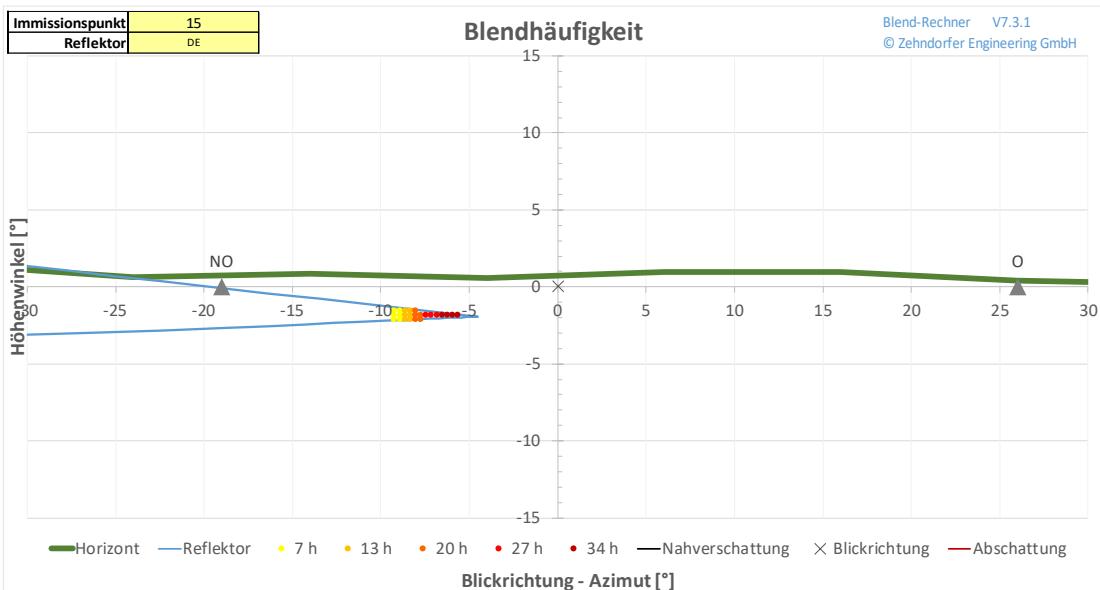
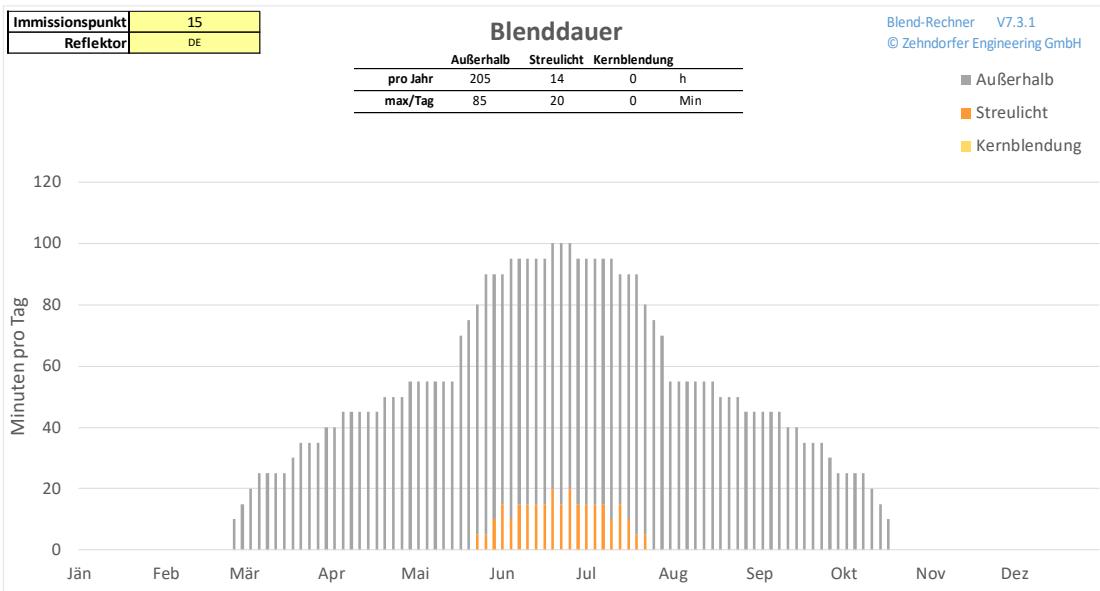


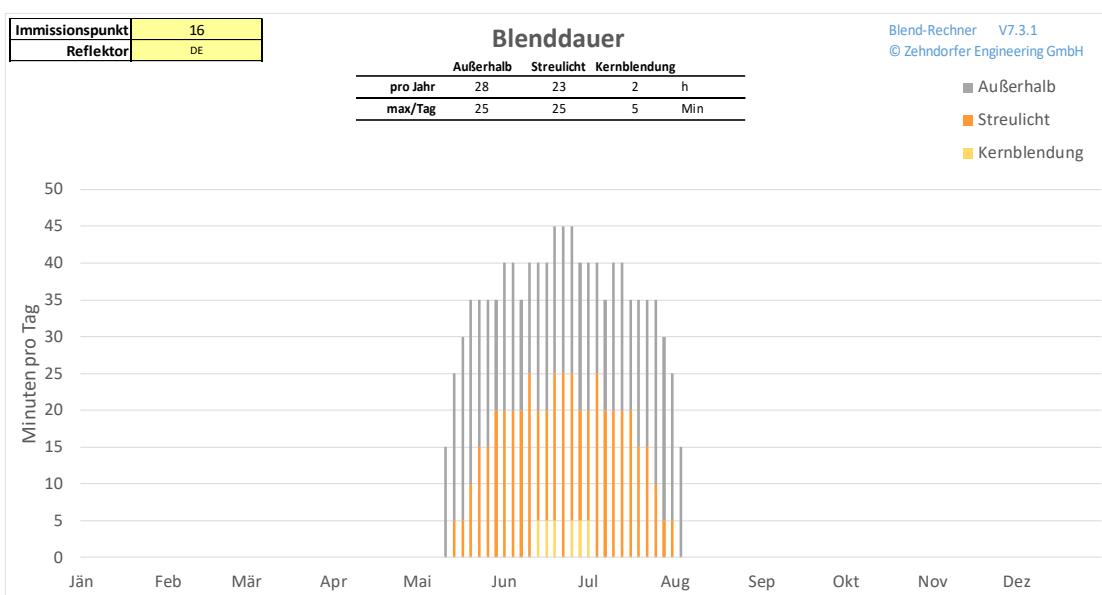
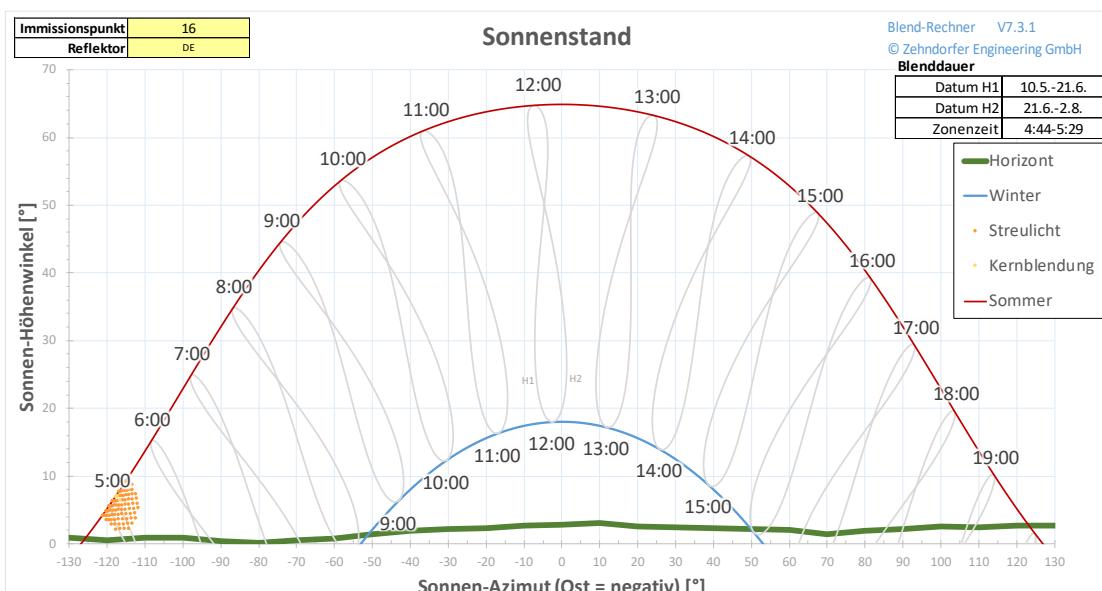
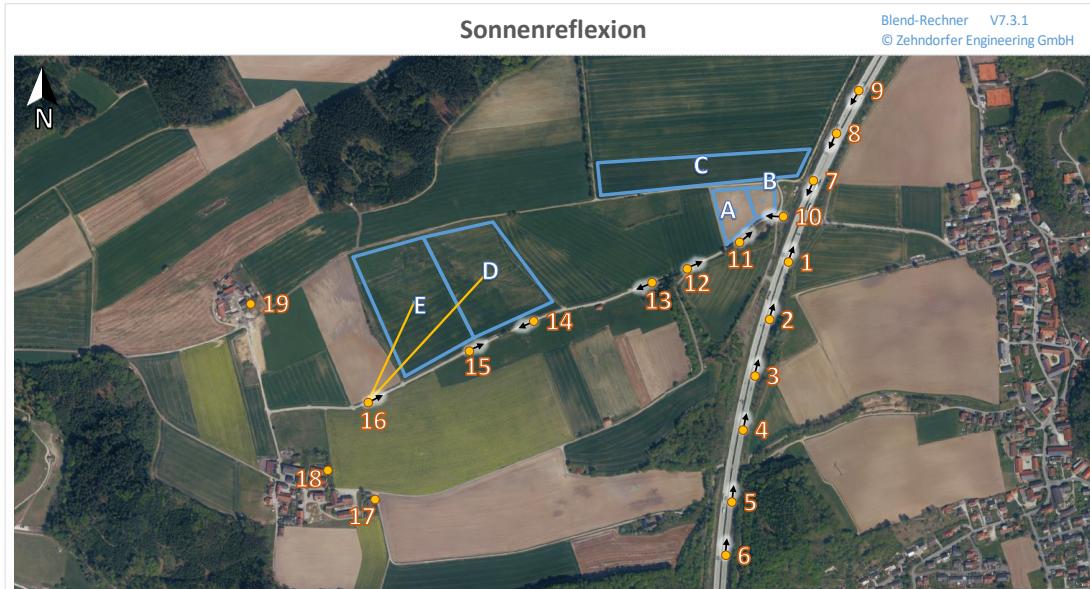


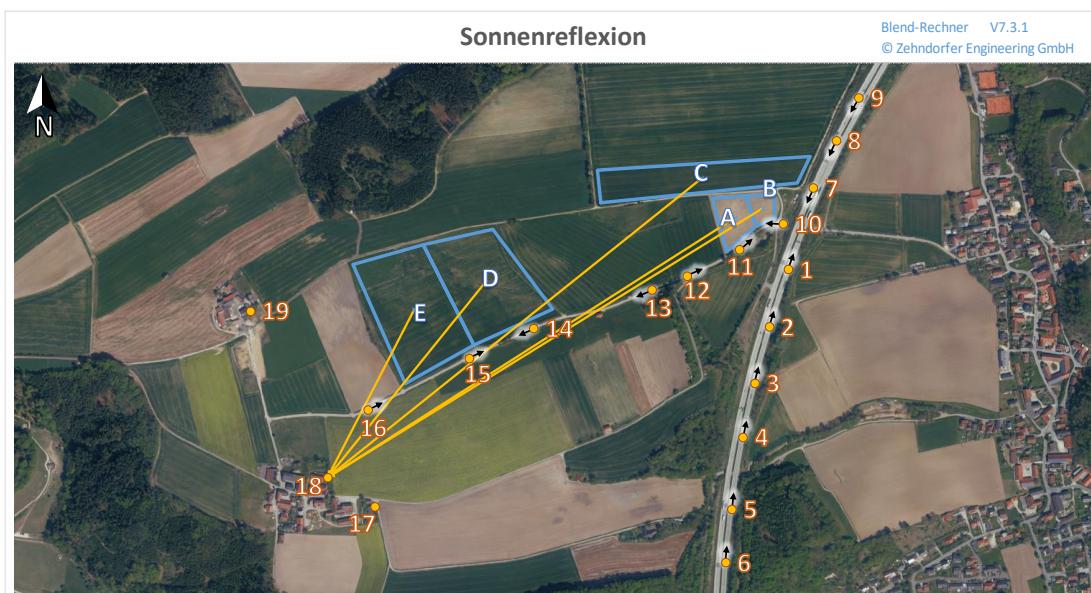
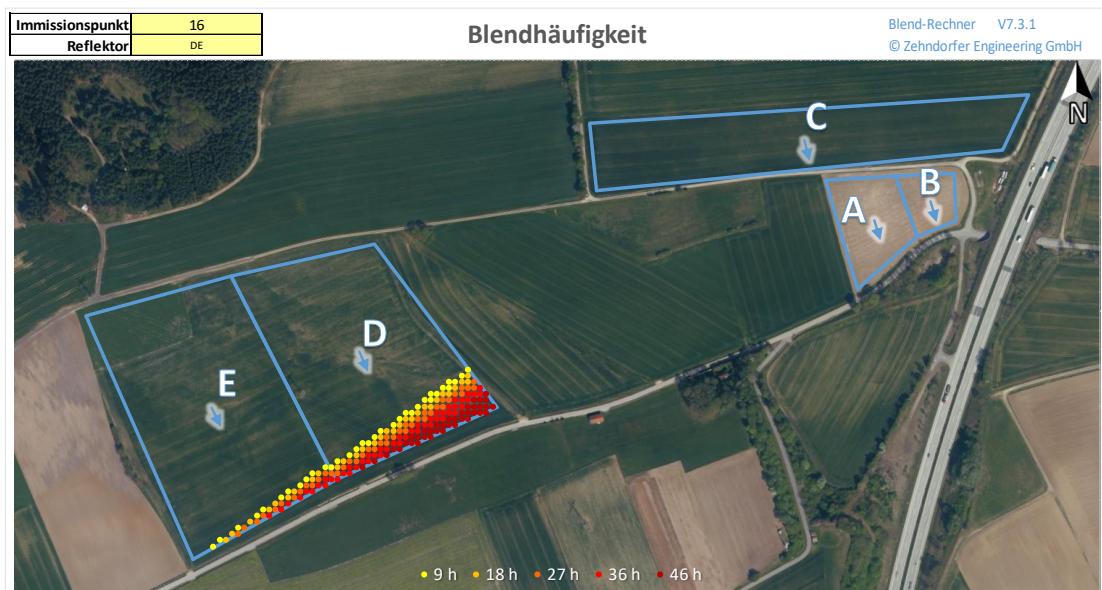
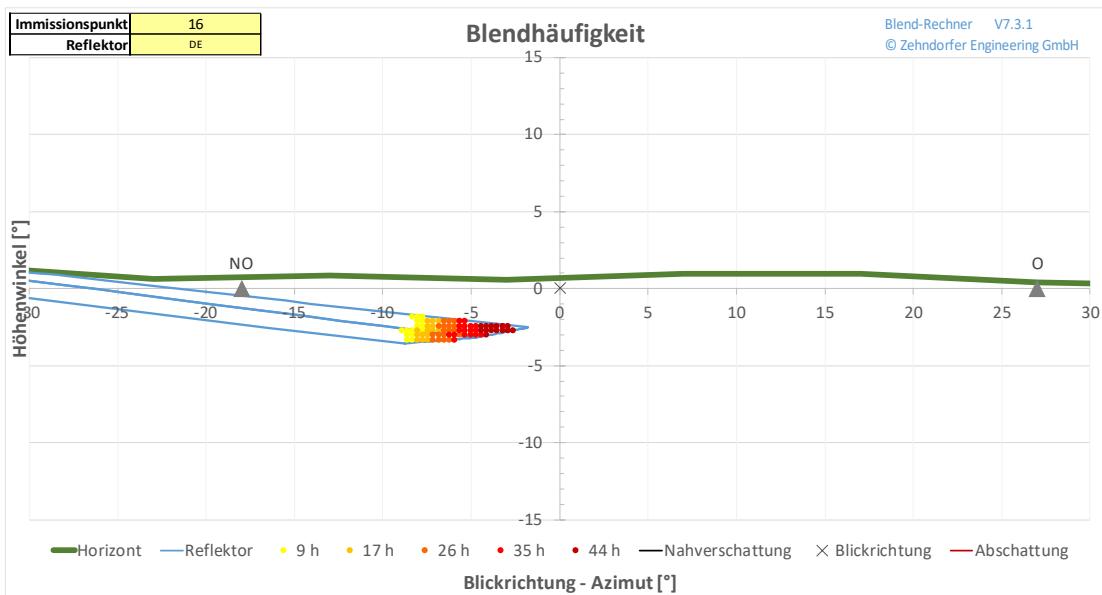


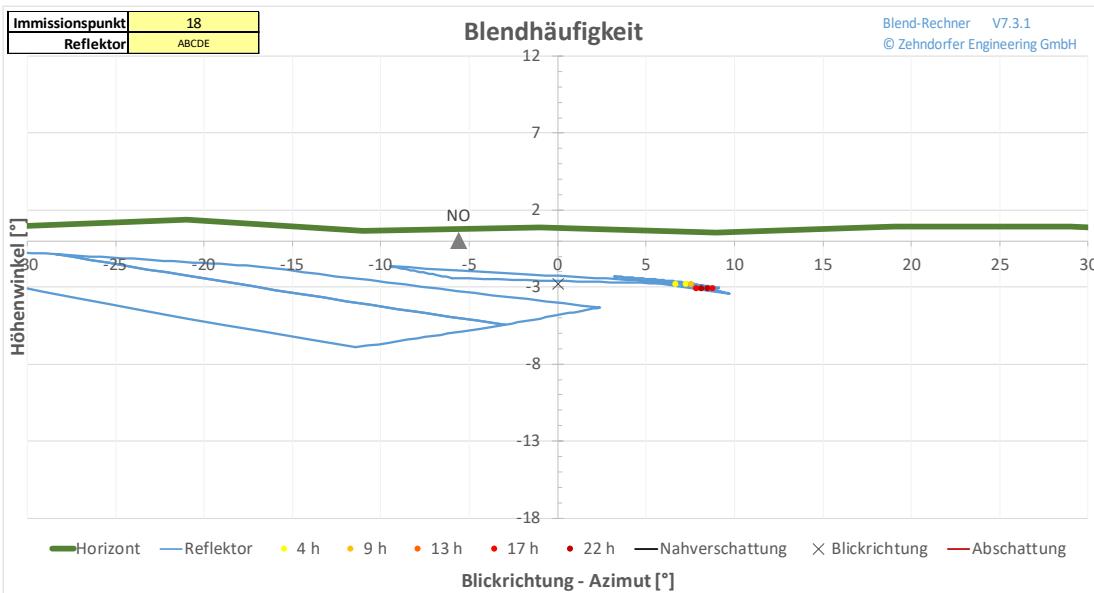
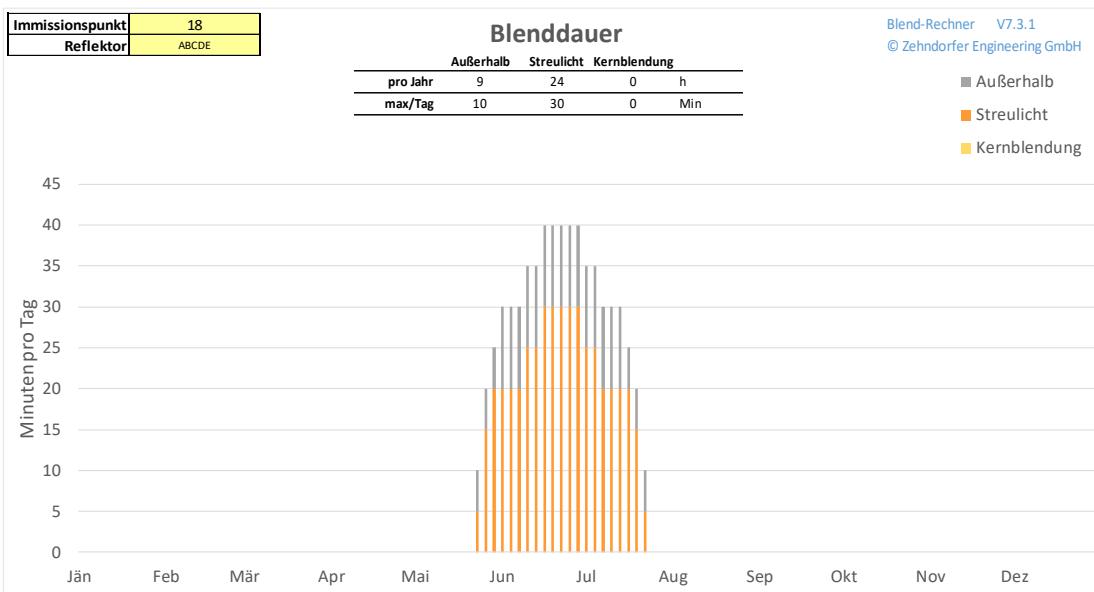
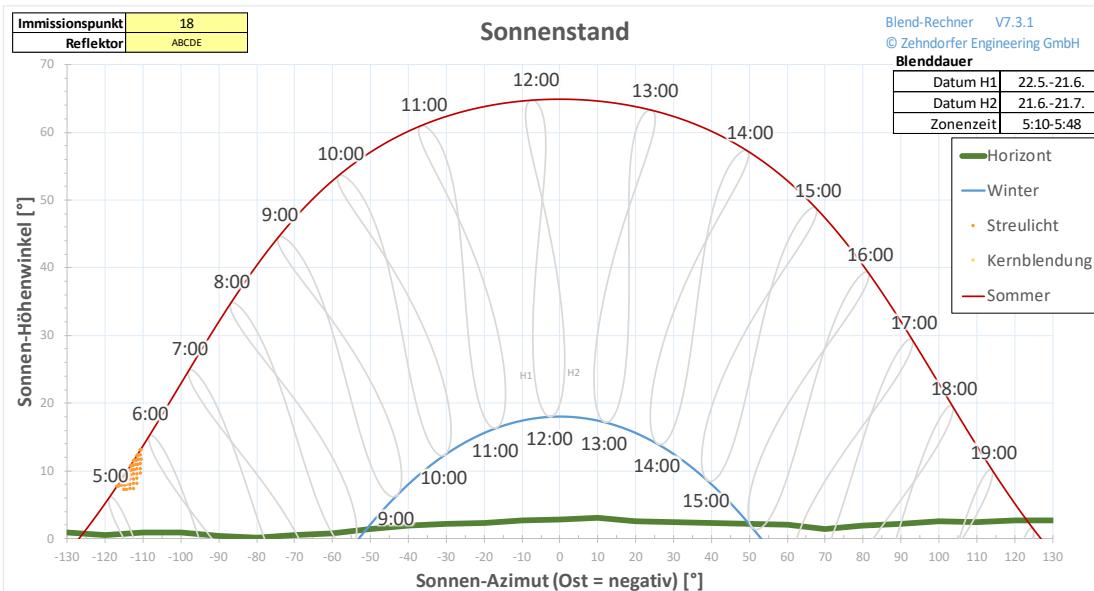


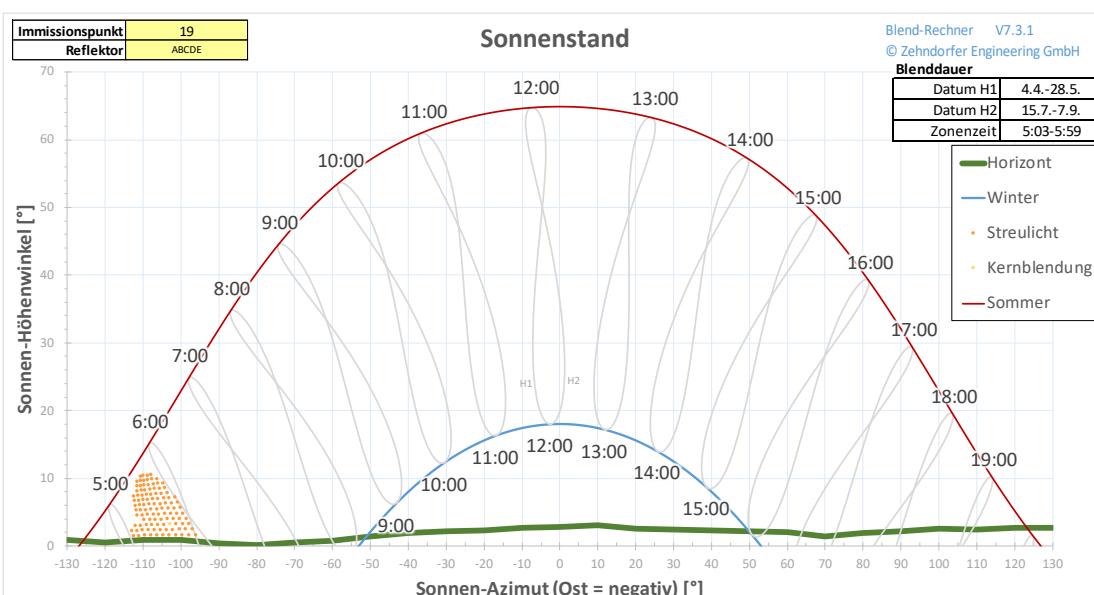
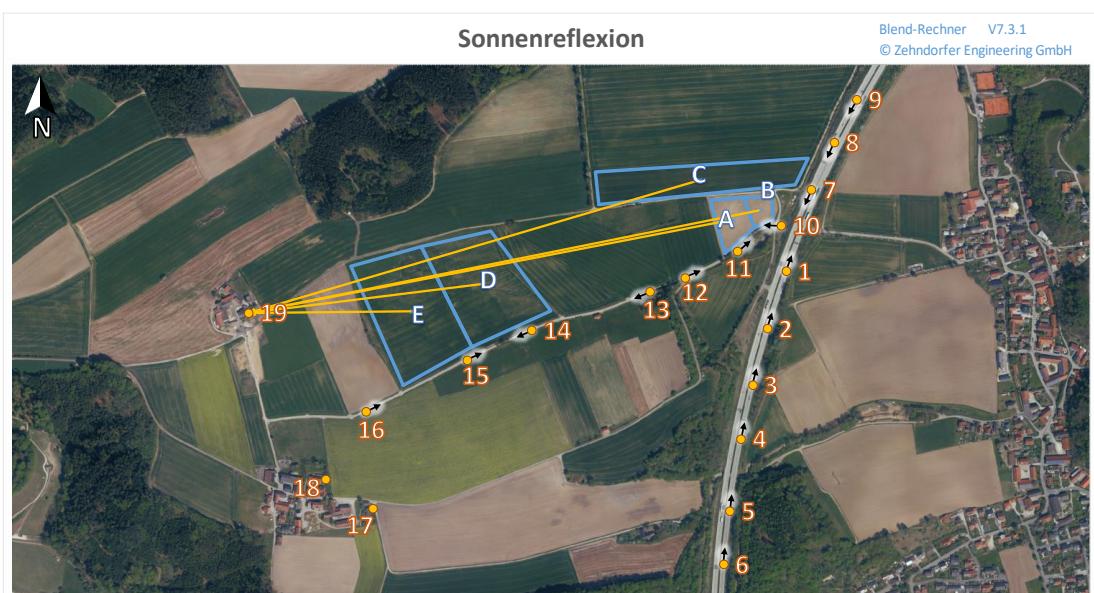
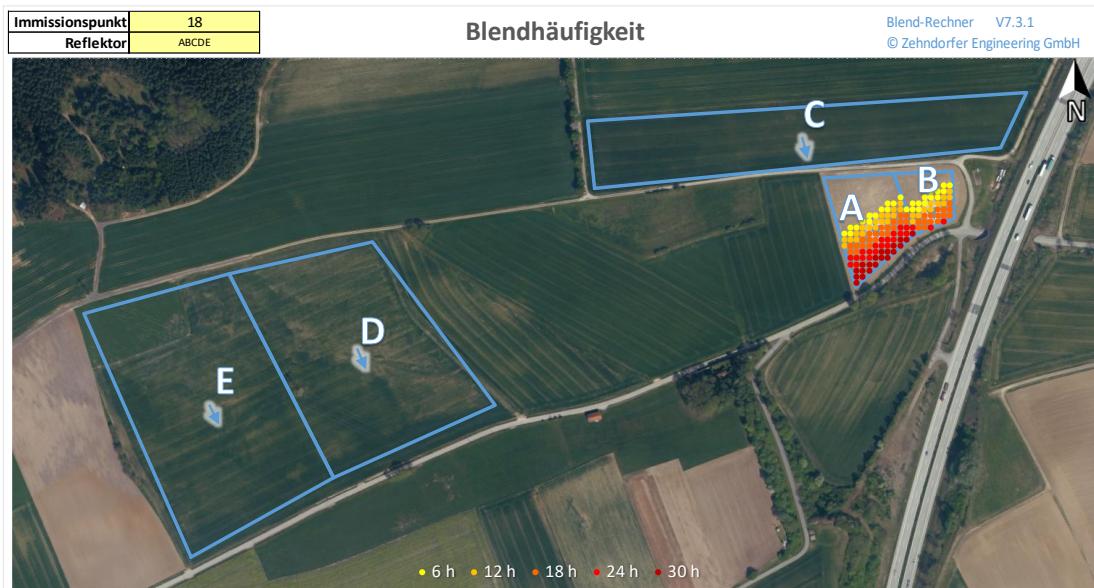


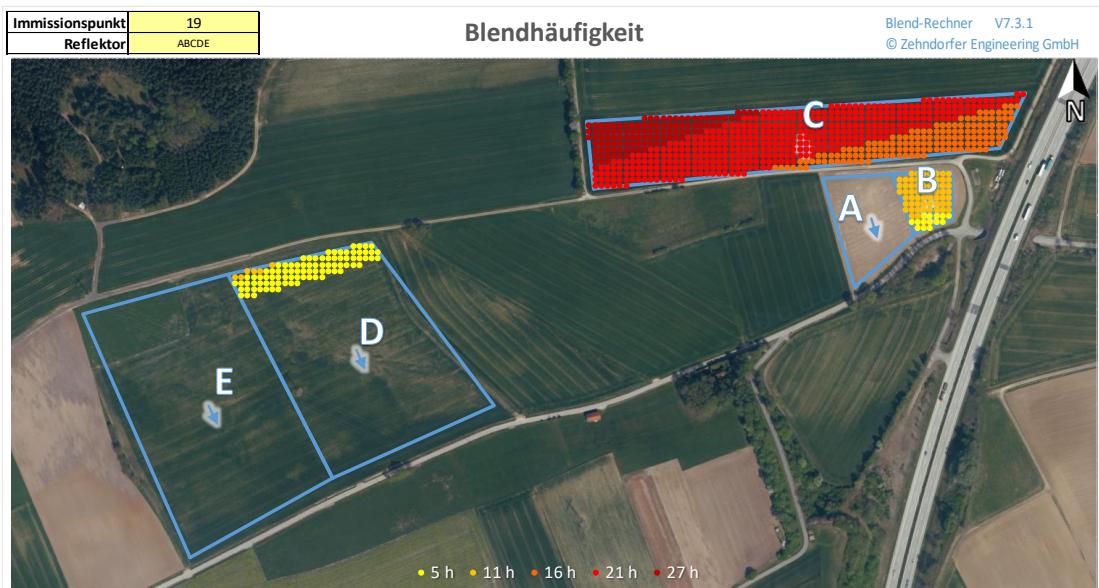
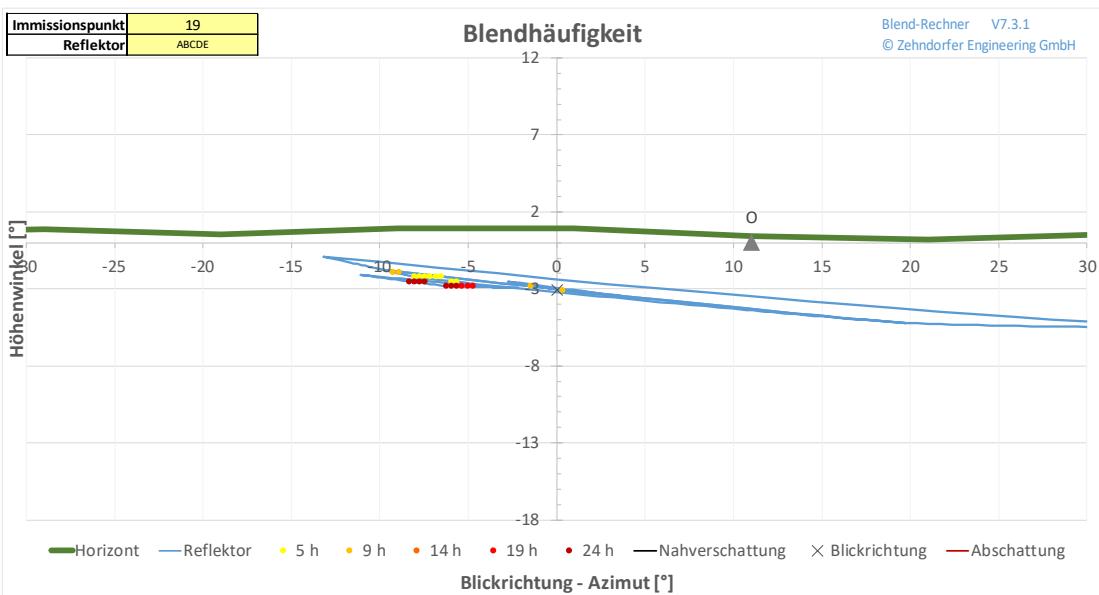
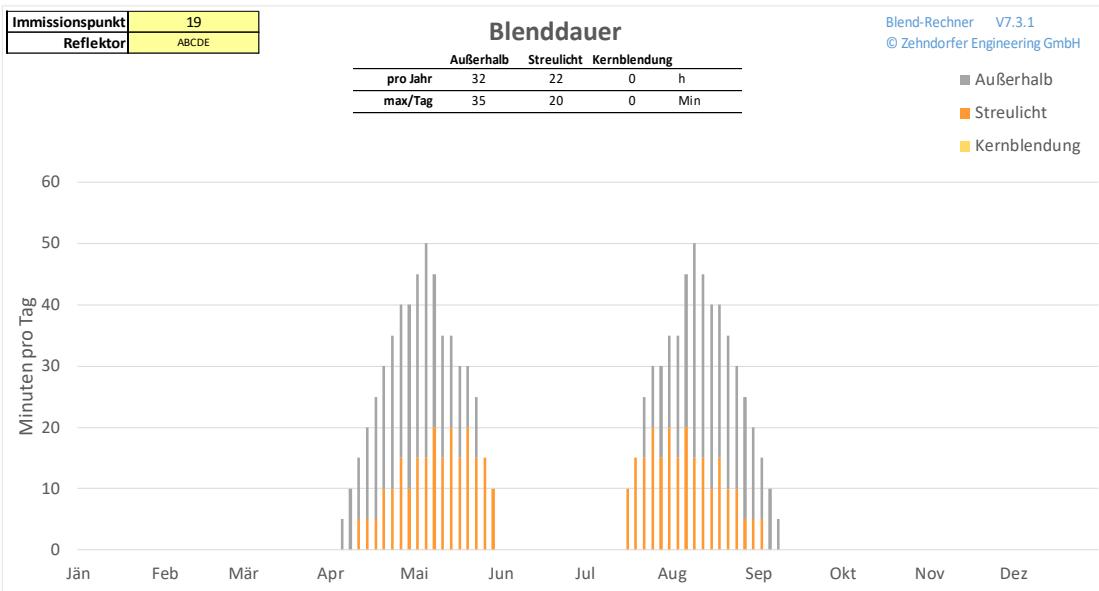








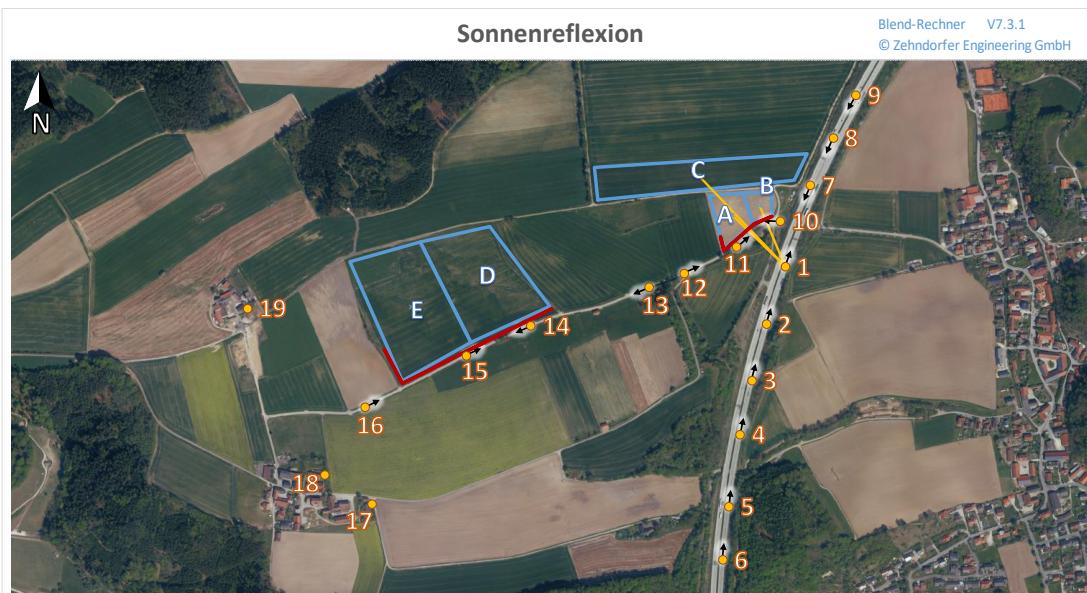


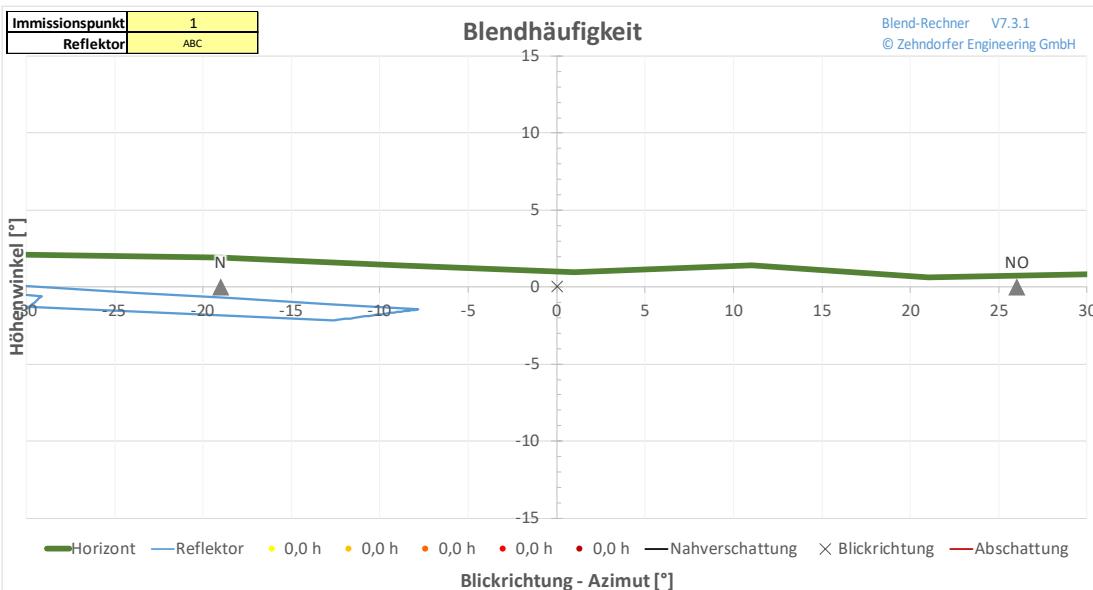
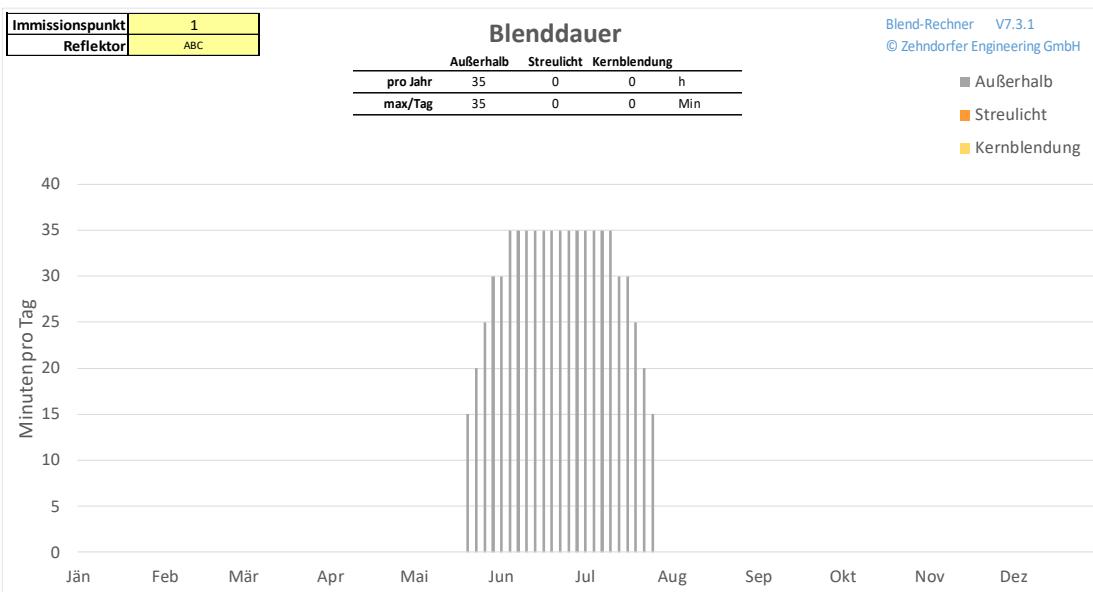
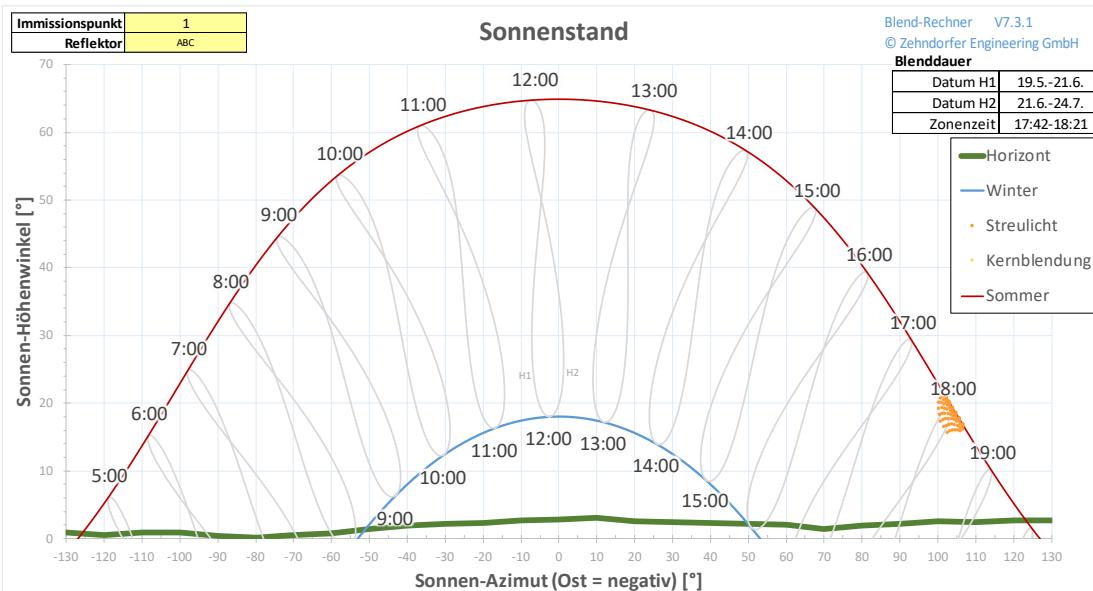


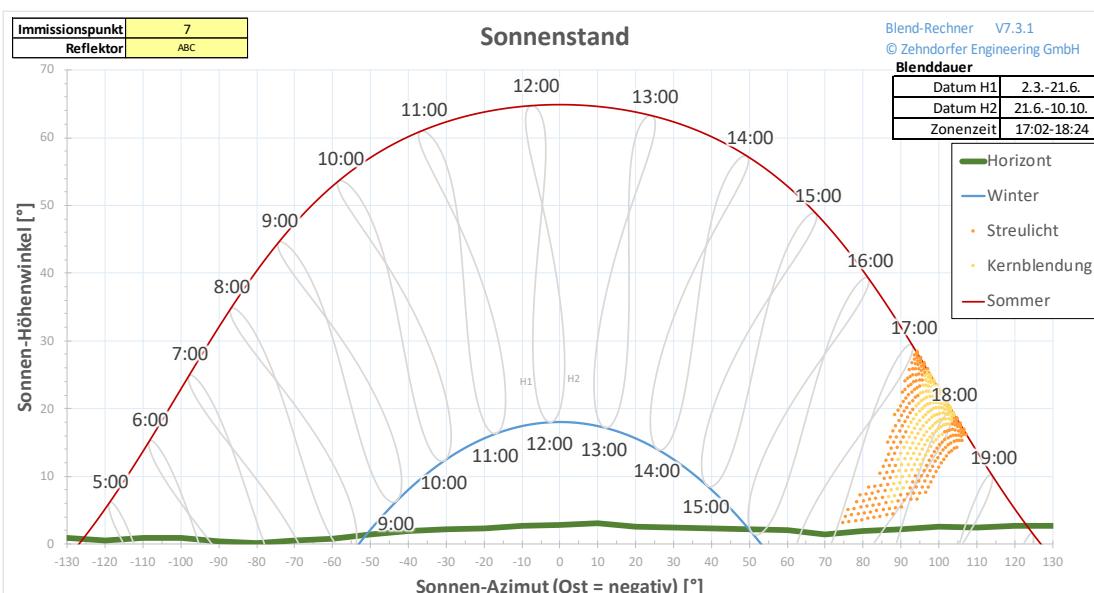
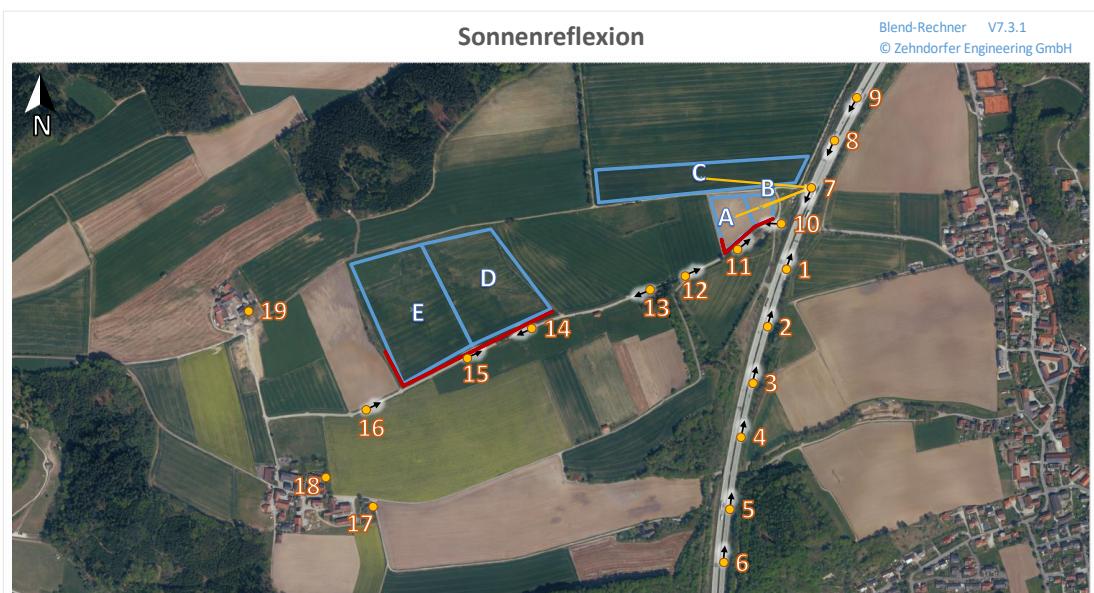
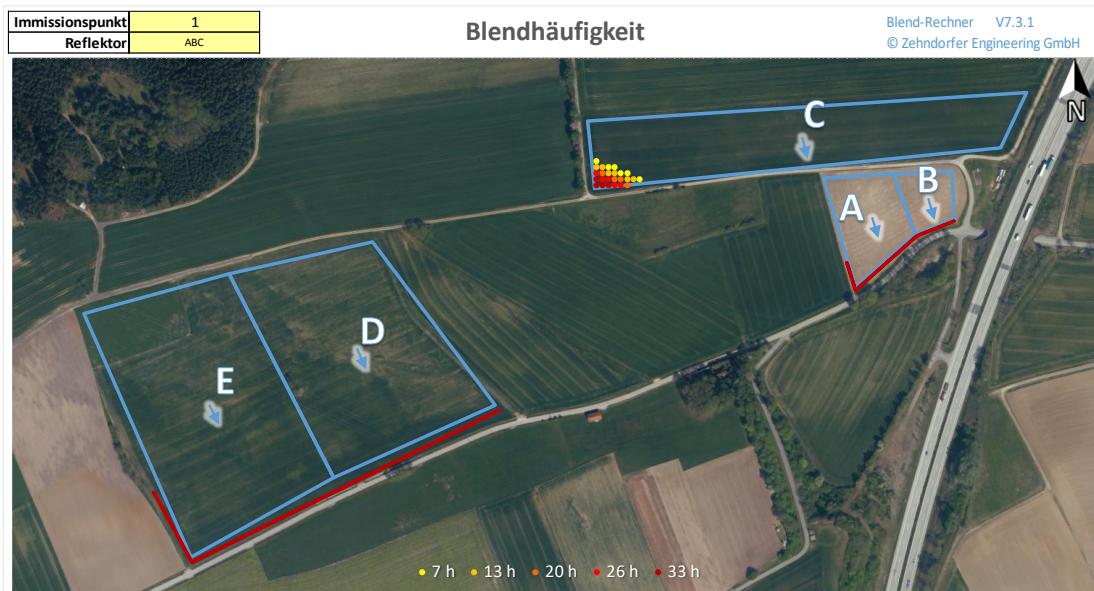
## Anhang 5.1 Ergebnisse blendreduzierende Maßnahmen

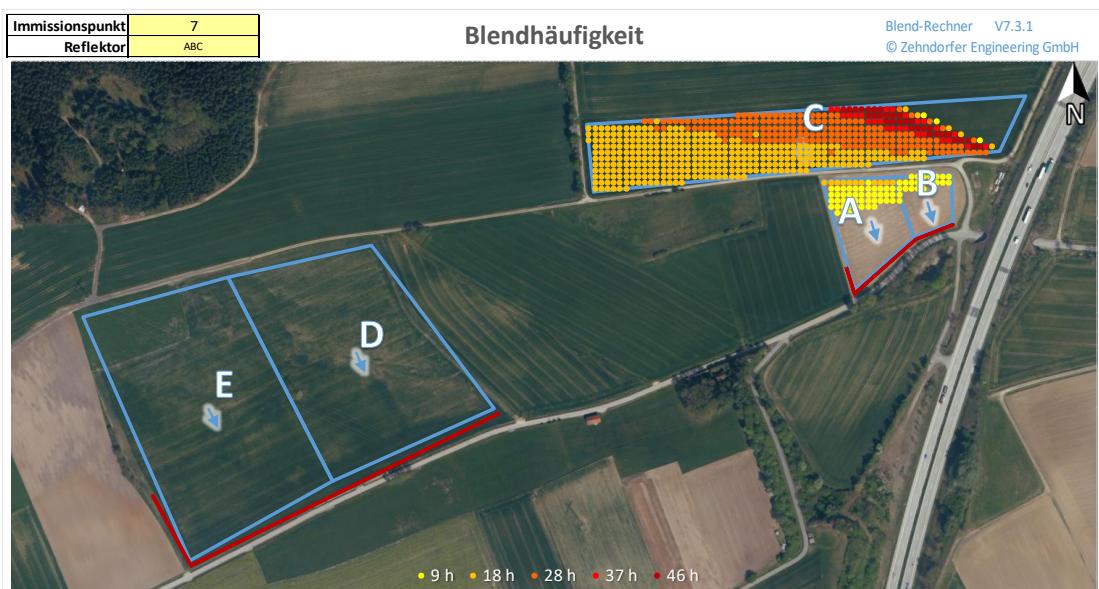
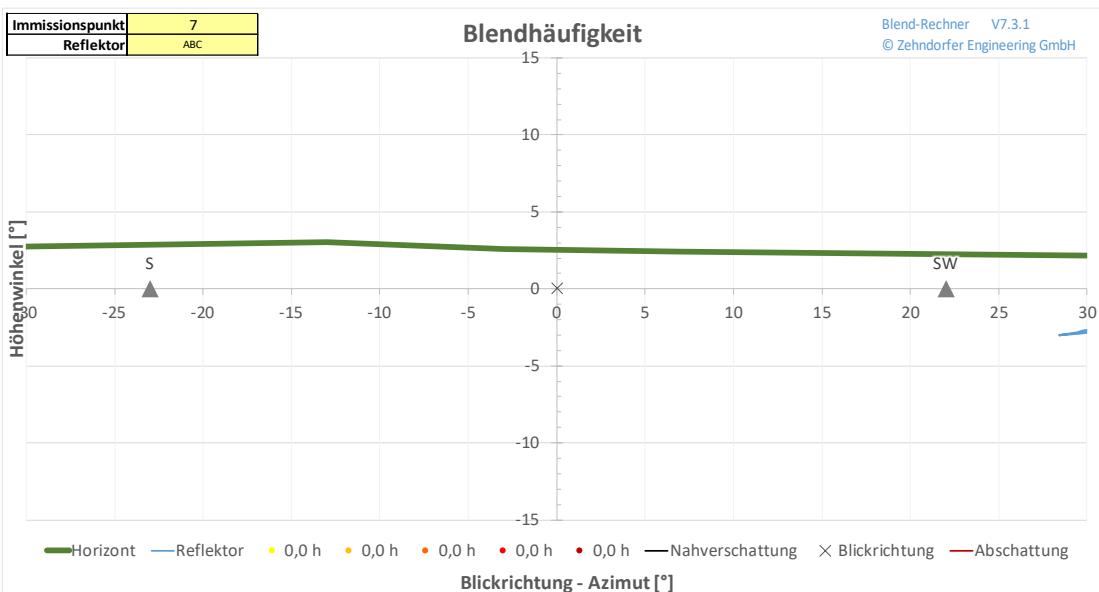
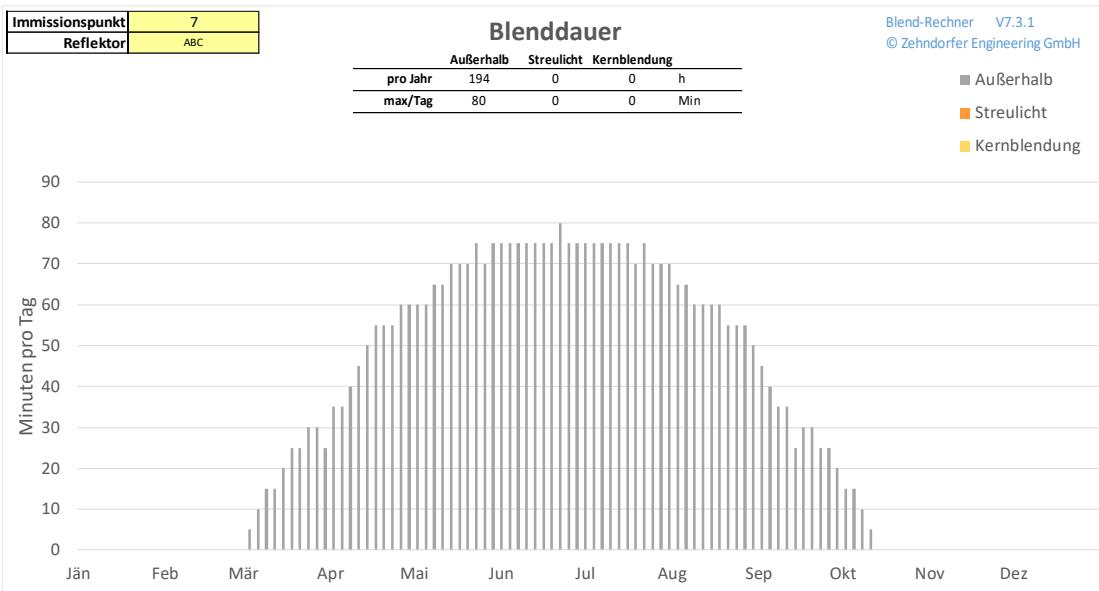
Reflektor	ABC	ABC	ABC	ABC	ABCDE	ABCDE	ABC	ABC	ABC	AB
Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz m	114	187	291	403	558	662	35	65	164	20
Höhenwinkel °	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5
Raumwinkel msr	85	33	19	11	20	16	159	16	6	32
Datum H1	19.5.-21.6.	-	-	-	-	-	2.3.-21.6	-	-	-
Datum H2	21.6.-24.7.	-	-	-	-	-	21.6.-10.10.	-	-	-
Zeit	17:42-18:21	-	-	-	-	-	17:02-18:24	-	-	-
Kernblendung min / Tag	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-
Kernblendung h / Jahr	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-
Streulicht min / Tag	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-
Streulicht h / Jahr	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel)	°	11	-	-	-	-	14	-	-	-
Sonnen-Azimut (Mittel)	°	53	-	-	-	-	54	-	-	-
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	24	-	-	-	-	41	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	89	-	-	-	-	53	-	-	-
Leuchtdichte (max) [k cd/m²]	5 912	-	-	-	-	-	7 298	-	-	-
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²]	46	-	-	-	-	-	57	-	-	-
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	2 582	-	-	-	-	32 213	-	-	-

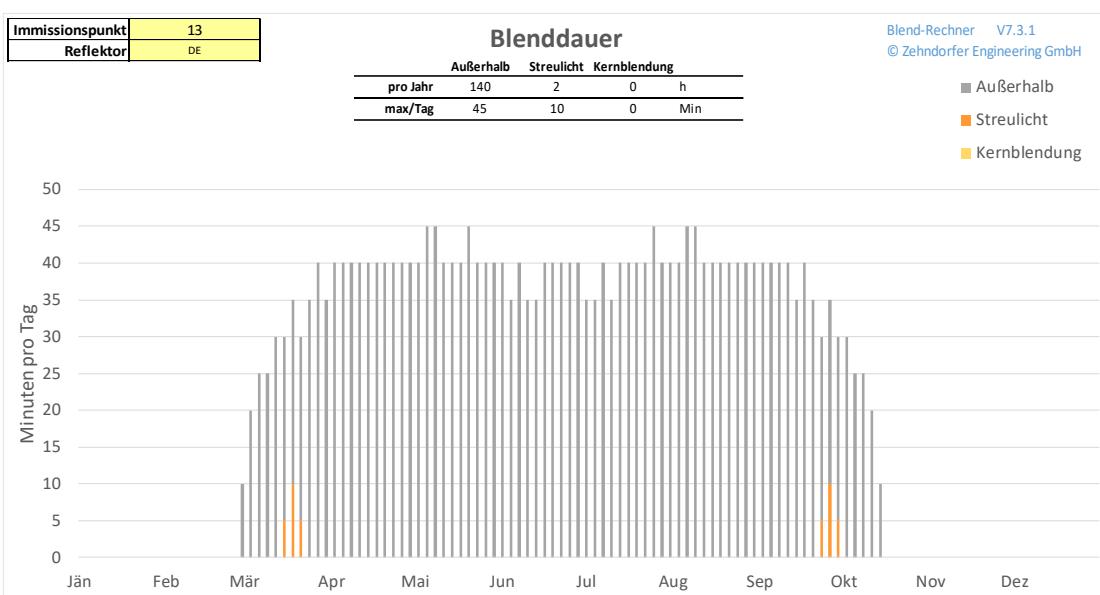
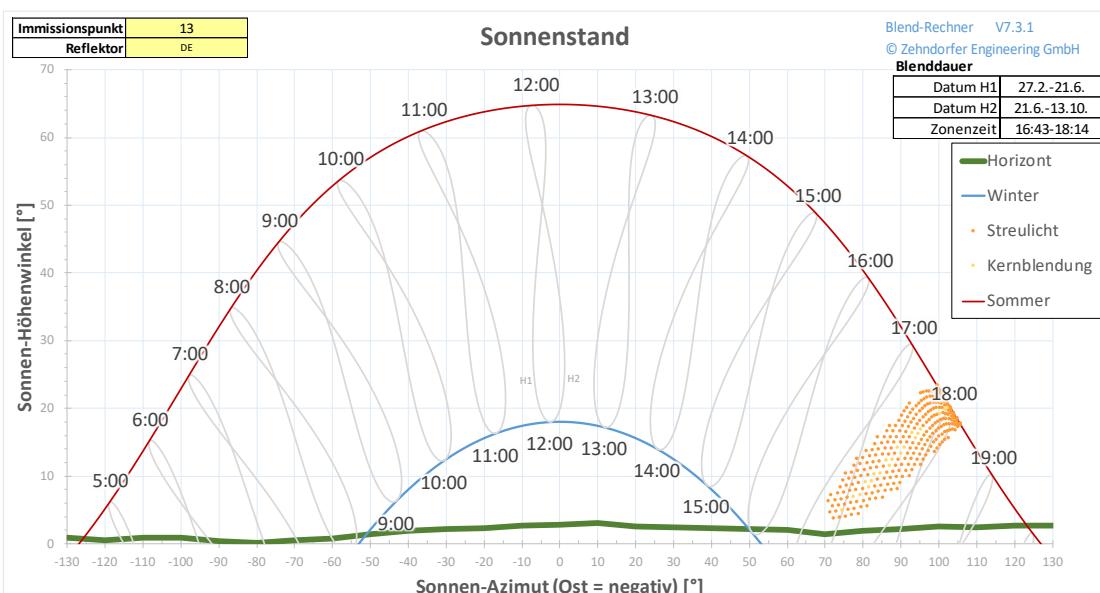
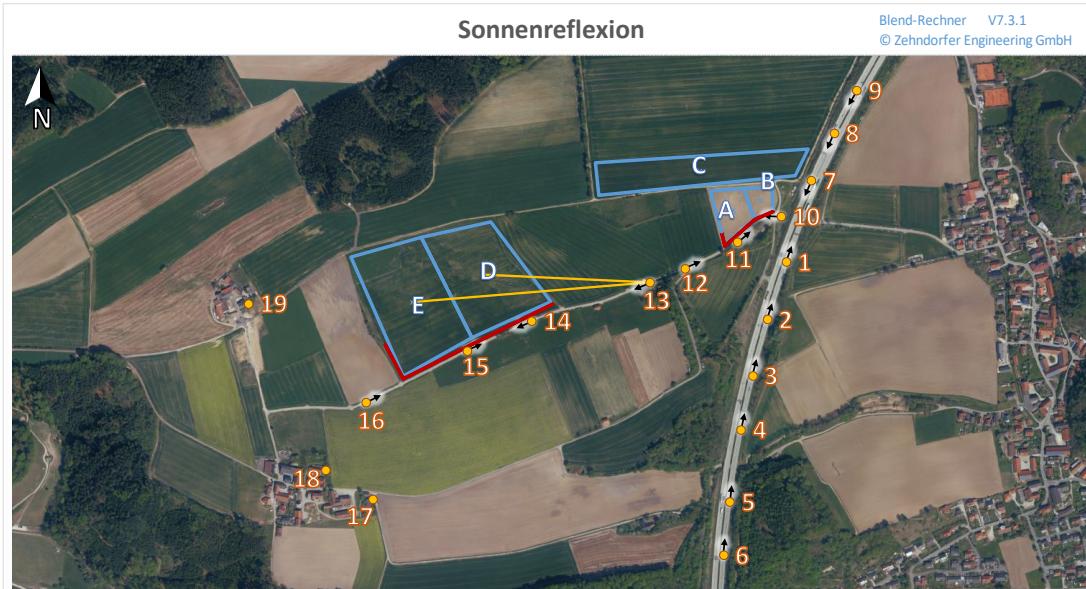
Reflektor	AB	ABC	DE	DE	DE	DE	ABCDE	ABCDE	ABCDE
Immissionspunkt	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Distanz m	15	102	182	21	20	98	277	264	243
Höhenwinkel °	2	0	4	5	4	0	-3	-2	-3
Raumwinkel msr	40	24	9	0	0	6	43	33	10
Datum H1	-	-	27.2.-21.6.	-	-	-	-	22.5.-21.6.	4.4.-28.5.
Datum H2	-	-	21.6.-13.10.	-	-	-	-	21.6.-21.7.	15.7.-7.9.
Zeit	-	-	16:43-18:14	-	-	-	-	5:10-5:48	5:03-5:59
Kernblendung min / Tag	-	-	0	-	-	-	-	0	0
Kernblendung h / Jahr	-	-	0	-	-	-	-	0	0
Streulicht min / Tag	-	-	10	-	-	-	-	30	20
Streulicht h / Jahr	-	-	2	-	-	-	-	24	22
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel)	°	-	-	12	-	-	-	7	5
Sonnen-Azimut (Mittel)	°	-	-	53	-	-	-	-58	-57
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	-	-	23	-	-	-	20	17
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-	7	-	-	-	9	0
Leuchtdichte (max) [k cd/m²]	-	-	8 339	-	-	-	-	3 424	3 168
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²]	-	-	61	-	-	-	-	0	0
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	-	6 356	-	-	-	-	393	305

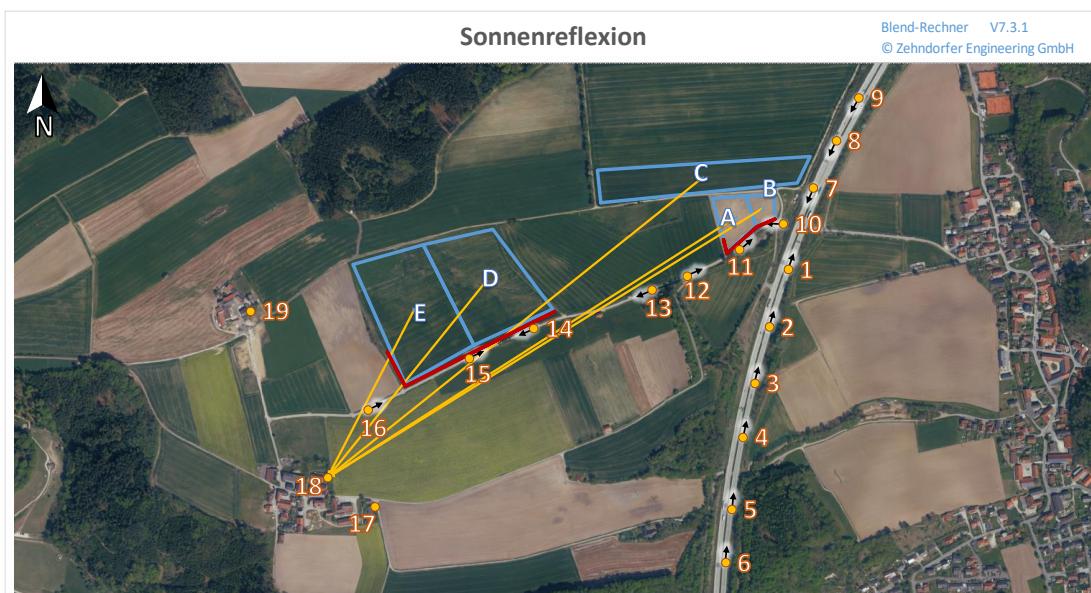
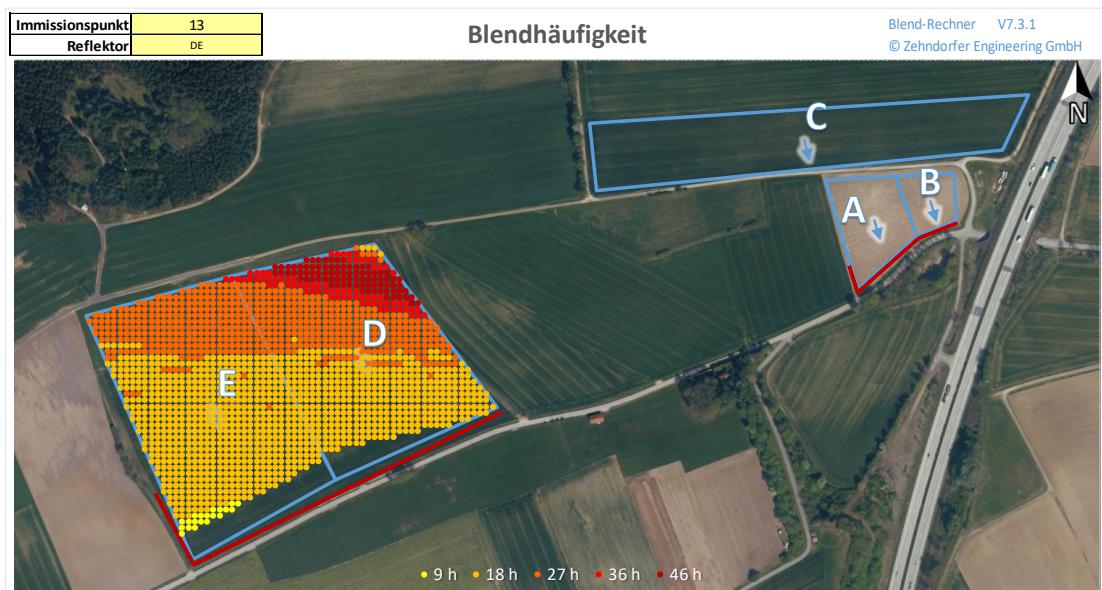
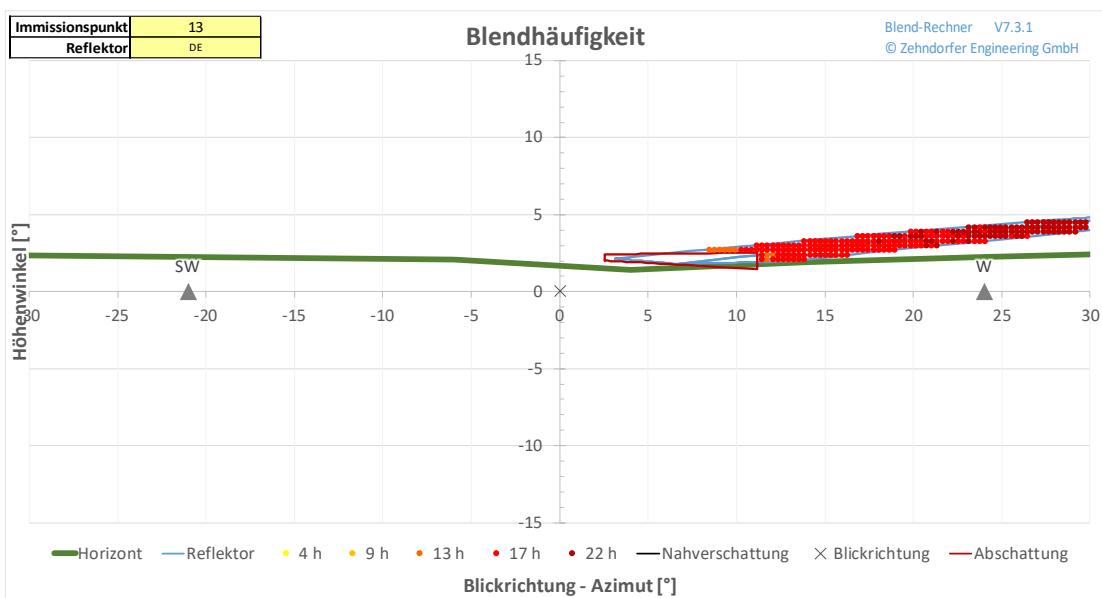


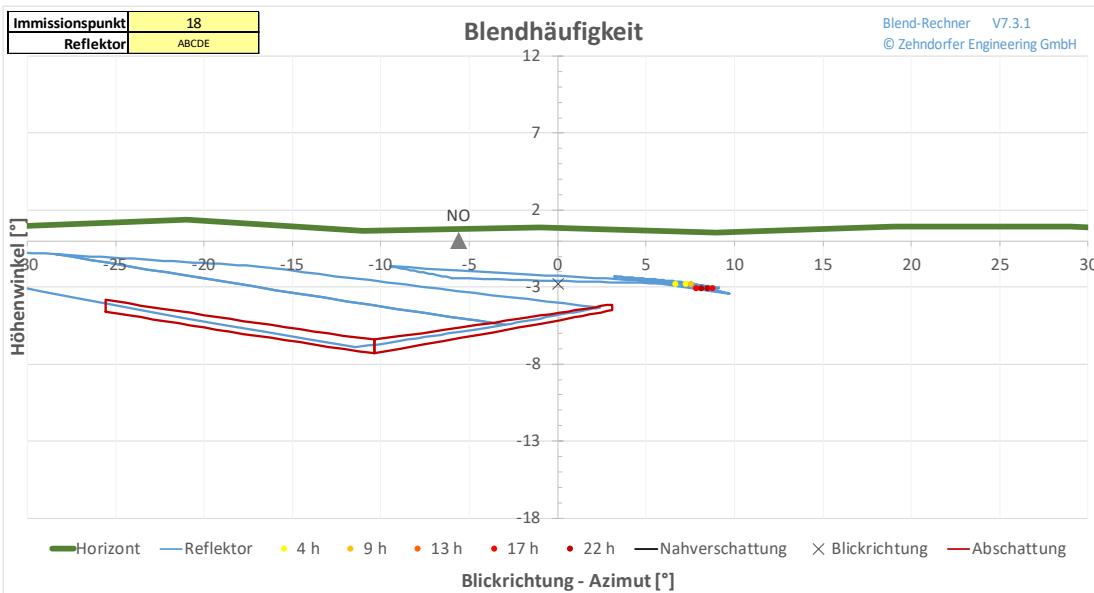
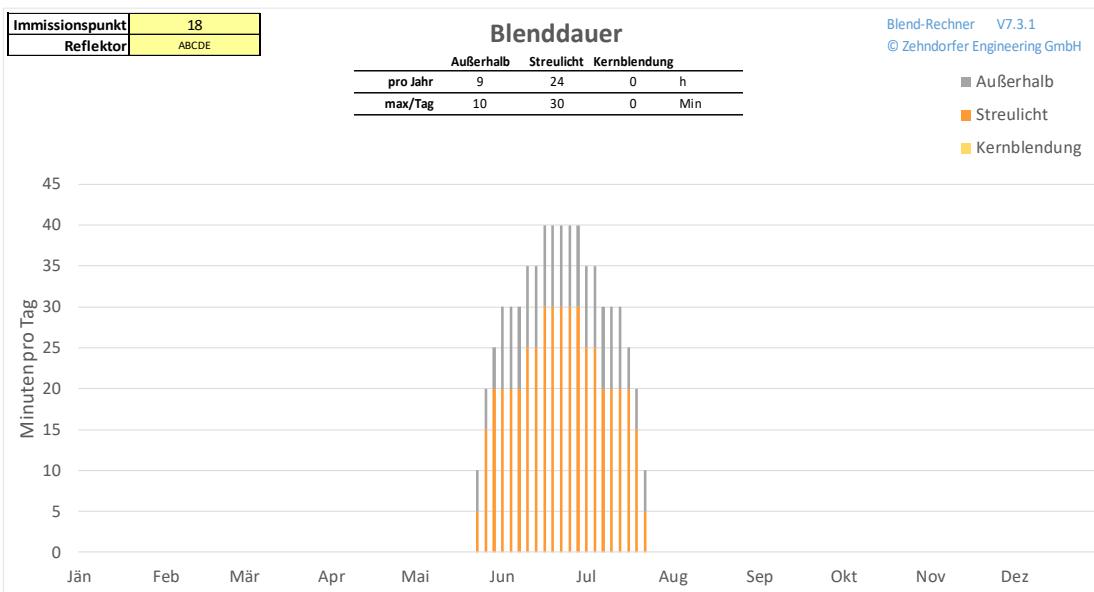
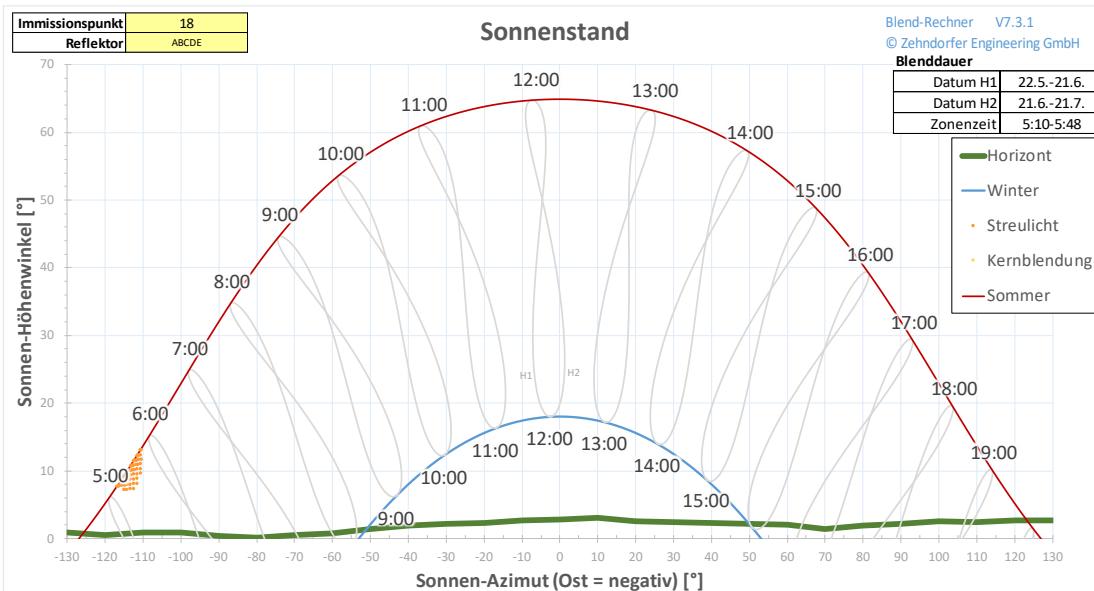


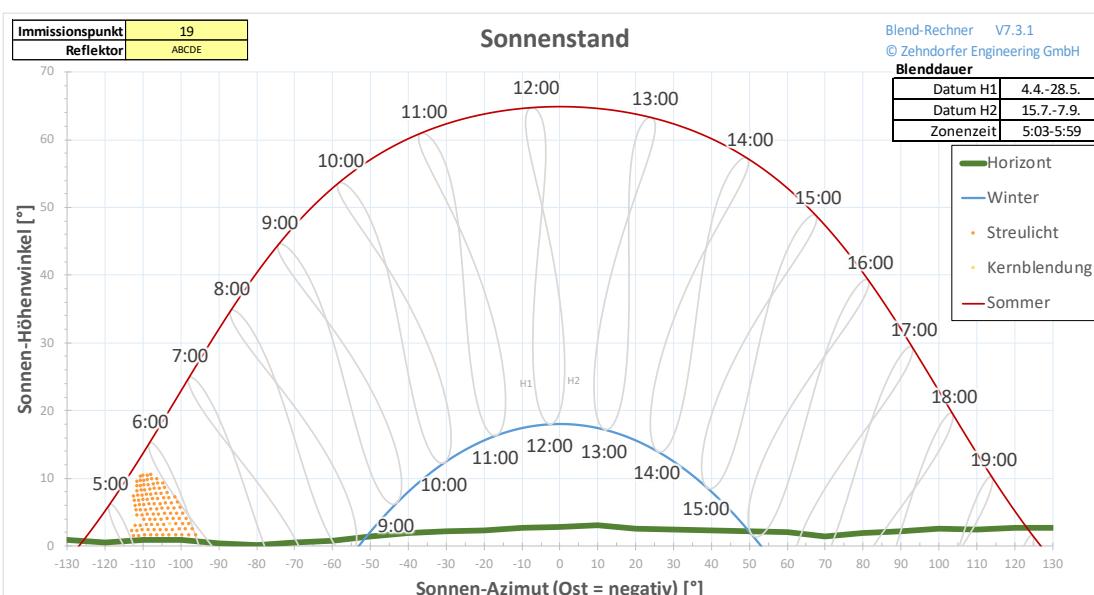
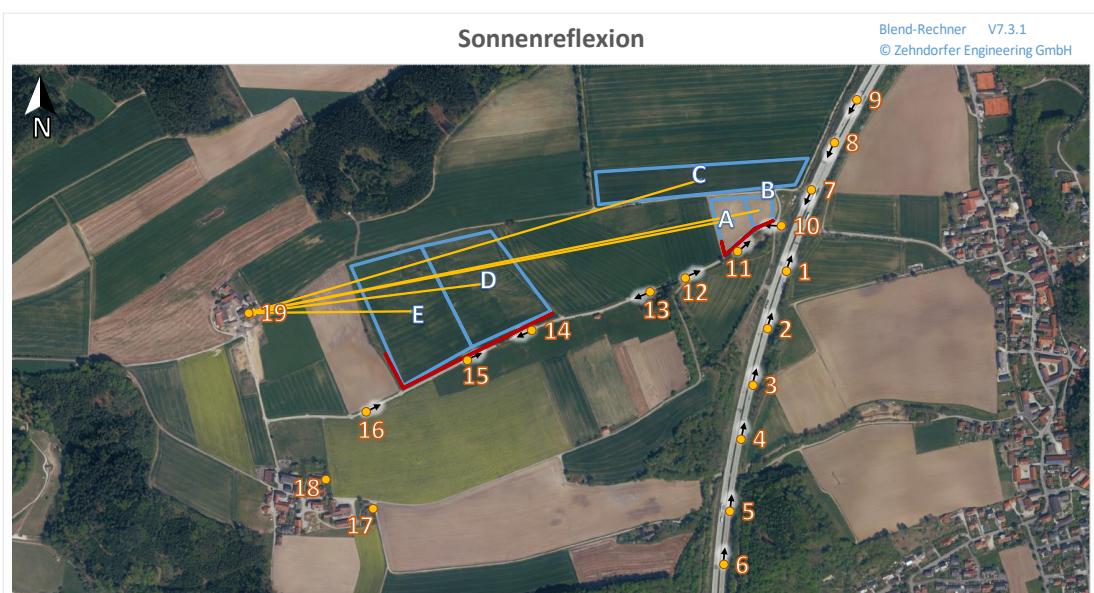
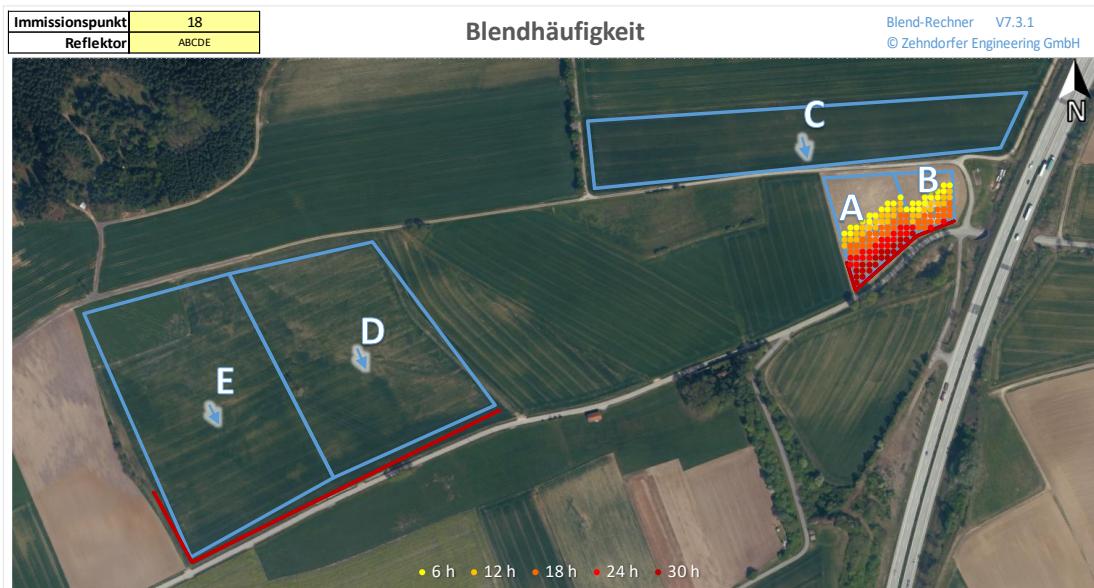


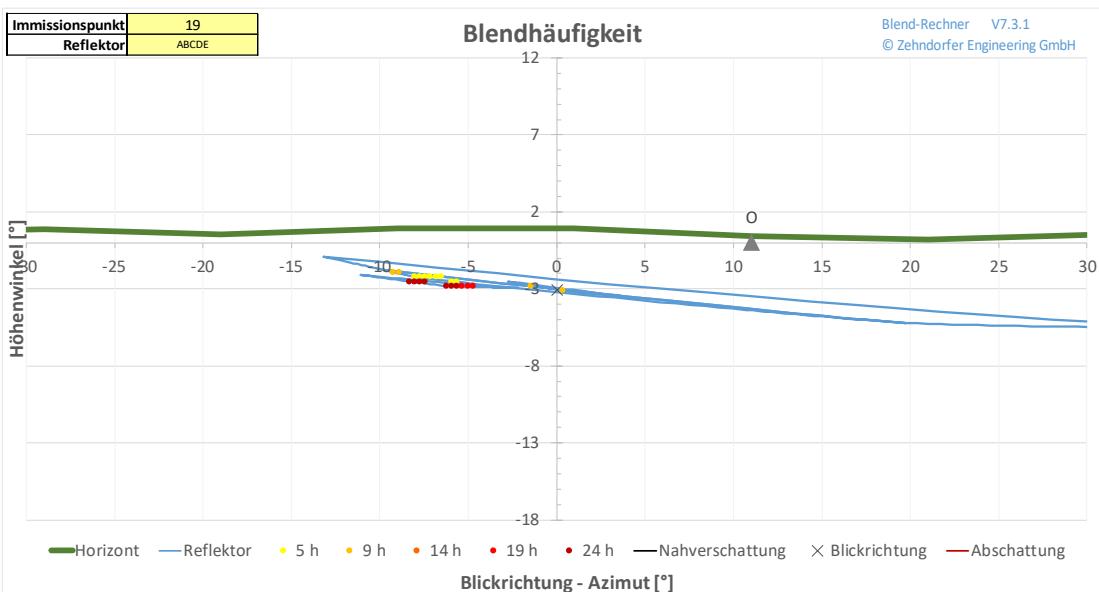
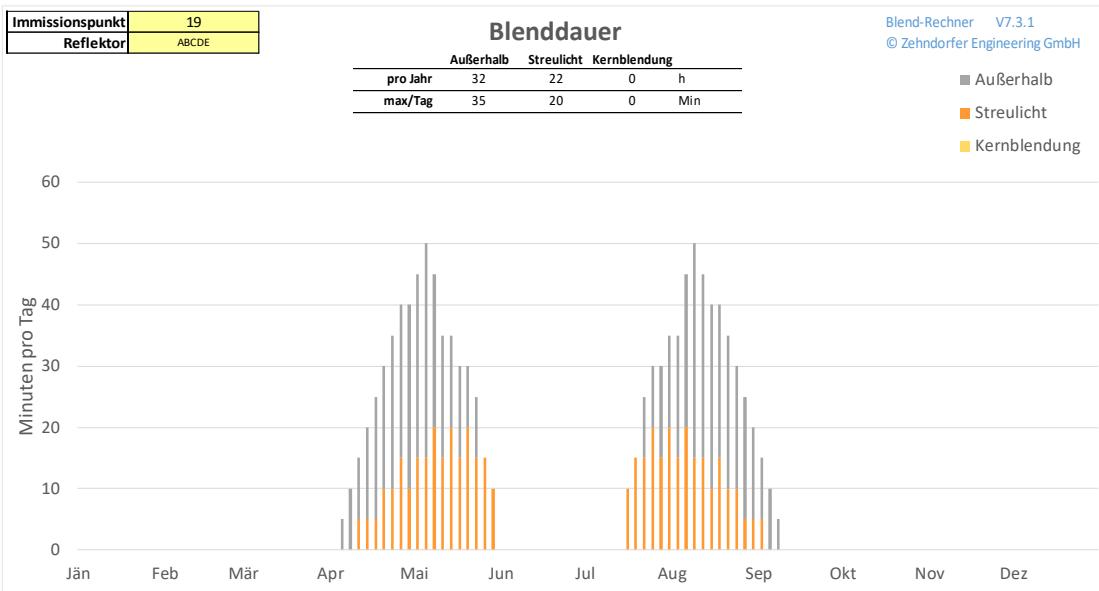












Allgemeine Hintergründe, gesetzliche Regelungen und Fallbeispiele zum Thema Blendung finden Sie auf  
[www.zehndorfer.at](http://www.zehndorfer.at)

