

Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Lehe

Im Auftrag von

MaxSolar GmbH

z.H. Hr. Markus Fenselau

Schmidhammer Str. 22

83278 Traunstein

Gutachten ZE20029-MS
April 2020



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 <i>Geländeprofil</i>	7
1.4.2 <i>Horizont</i>	7
1.4.3 <i>Bewuchs</i>	7
1.4.4 <i>Künstliche Abschattungen</i>	7
2 Blendberechnung.....	7
2.1 BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....	7
2.2 REFLEXIONSBERECHNUNG	8
2.3 ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE	9
2.4 SICHTBEZUG.....	10
2.5 BLENDWIRKUNG	11
2.5.1 <i>Größenverhältnisse</i>	11
2.5.2 <i>Richtung der Blendung</i>	12
2.5.3 <i>Blendstärke</i>	12
2.5.4 <i>Blenddauer</i>	13
2.5.5 <i>Mögliche subjektive Effekte</i>	13
2.5.6 <i>Verkehrskritische Punkte</i>	13
2.5.7 <i>Schienenfahrzeugverkehr</i>	14
3 Beurteilung & Empfehlungen.....	15
3.1 BLENDREDUZIERENDE MAßNAHMEN.....	15
3.2 FREIHEITSGRADE.....	16
3.3 ZUSAMMENFASSENDE BEURTEILUNG	17
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
ANHANG 5.1 ERGEBNISSE MIT BLENDREDUZIERENDEN MAßNAHMEN	46

Zusammenfassung

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

Es wird an einigen Immissionspunkten zu erheblichen Blendungen kommen. Daher werden blendreduzierende Maßnahmen empfohlen.

Durch die Verdrehung der Modultische wird die Blendwirkung auf die Nachbarschaft deutlich unter die Grenzwerte der Richtlinie reduziert. Für den Bahn- und den Straßenverkehr besteht auch nach Verdrehung keine erhebliche Blendwirkung.

Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	14.4.2020	ursprüngliche Fassung

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.

1 Situationsbeschreibung

1.1 Problembeschreibung

Menschen, die Fahrzeuge lenken, sind auf gute Sicht angewiesen. Blendung kann das „Fahren auf Sicht“ und das Erkennen von Signalen behindern, wodurch es zu Verkehrsbehinderungen und Unfällen kommen kann.

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

Blendung aus ungewohnten Richtungen können Menschen bei Arbeiten behindern, sowie den Erholungswert im Freien, auf Balkonen oder sogar in den Wohnräumlichkeiten derart verringern, dass von Unzumutbarkeit gesprochen werden kann. Speziell dort wo 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 Bahn- oder Straßenverkehr beziehungsweise 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 25774 Lehe, Landkreis Dithmarschen (Gemarkung Lehe, GPS Koordinaten 54°20'27"N, 9°1'57"O) nord-westlich der Bahnstecke Elmshorn–Westerland/Tønder.

Abbildung 1 Situation

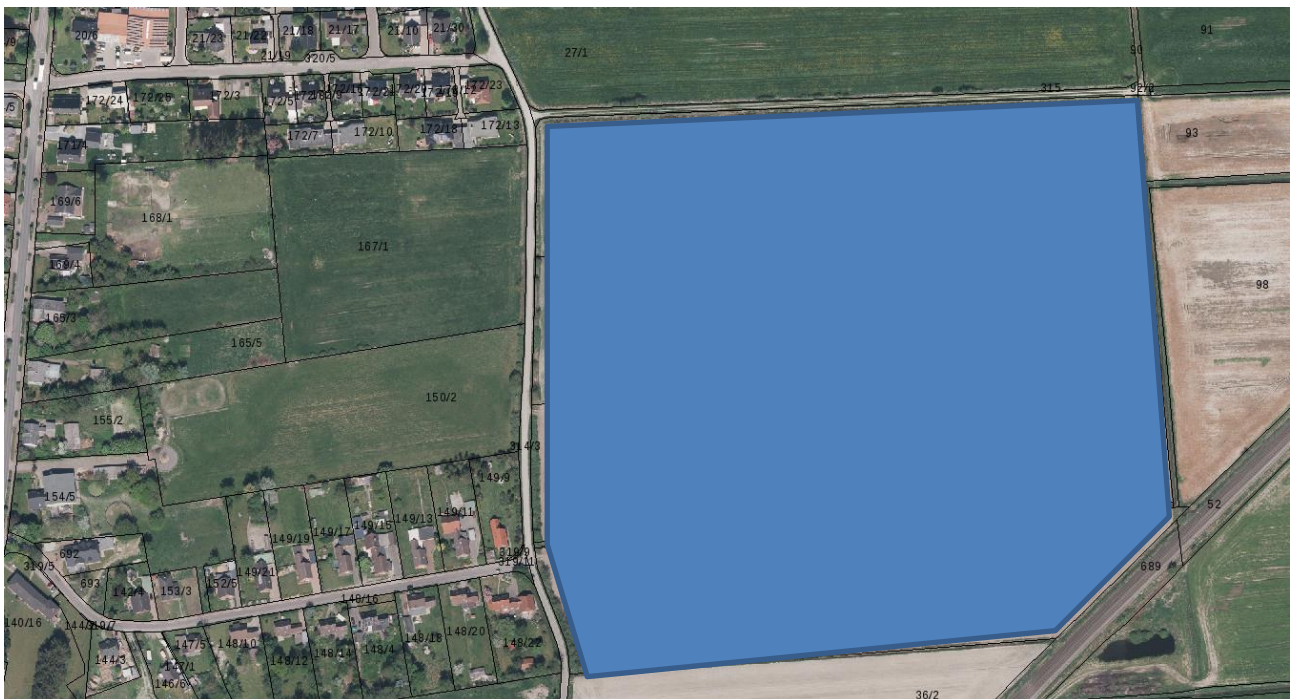


Abbildung 2 Modulbelegungsplan



Abbildung 3 Modultischkonfiguration

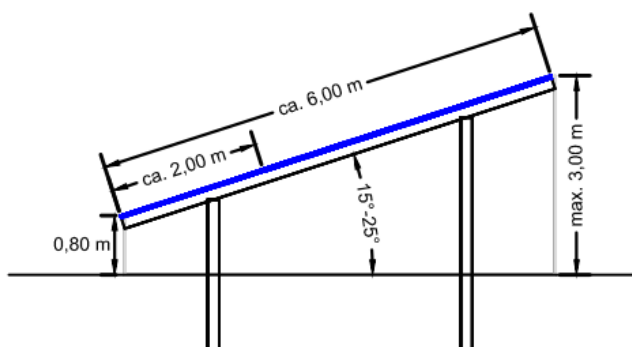


Abbildung 4 Ausrichtung der Anlage



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

Abbildung 5 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgetreu)

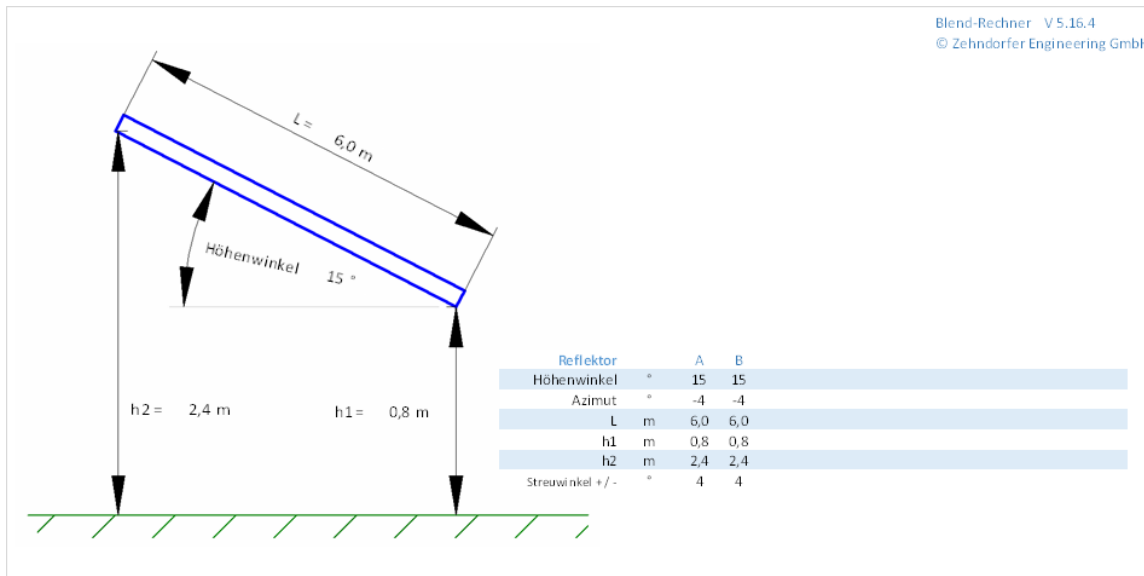


Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum. Für die Berechnung werden die Module in Richtung -Süden mit 15° geneigt modelliert. Sie sind auf Modultischen, mit der Oberkante bei ca. 2,4 m angeordnet.

1.3 Untersucher Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen auf der Bahntrasse in beiden Richtungen (2,5m über der Fahrbahn), auf der westlich verlaufenden Bahnhofstraße sowie bei den Anwohnern (5m über Grund).

Abbildung 6 Immissionpunkte



Abbildung 6 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

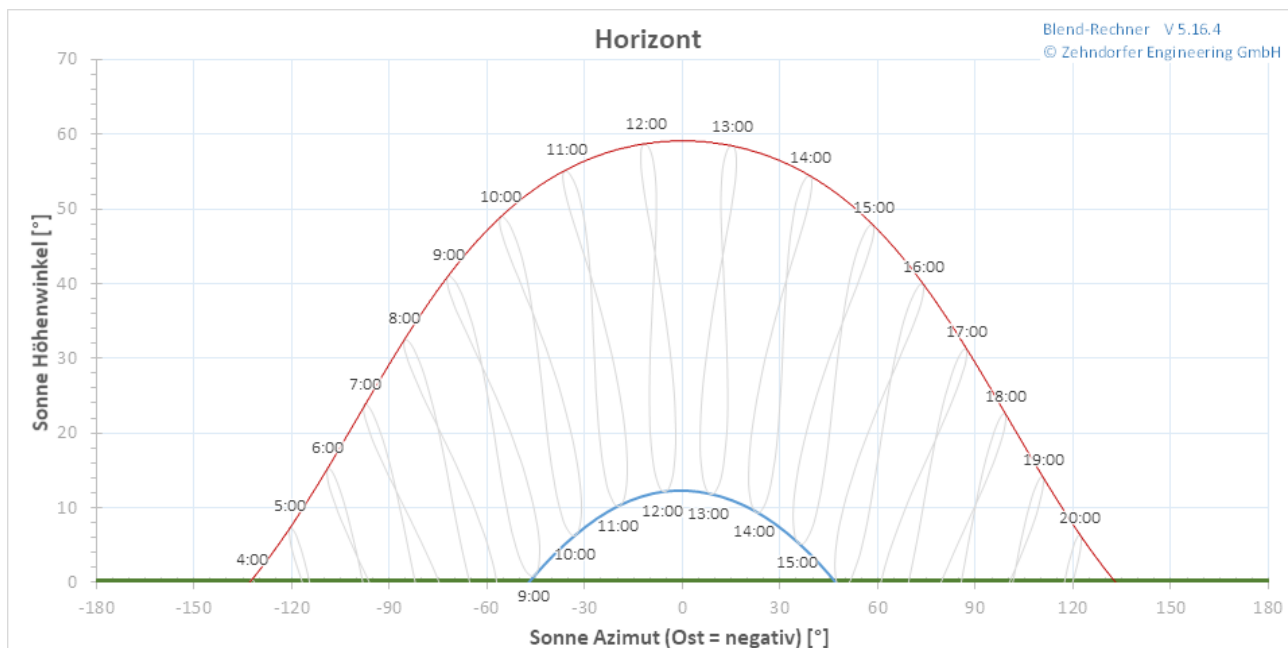
1.4.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist flach. Es gibt keine Geländekanten, die den Blick auf die PV-Anlage verhindern würden.

1.4.2 Horizont

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

Abbildung 7 Horizont



1.4.3 Bewuchs

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

1.4.4 Künstliche Abschattungen

Zwischen 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.

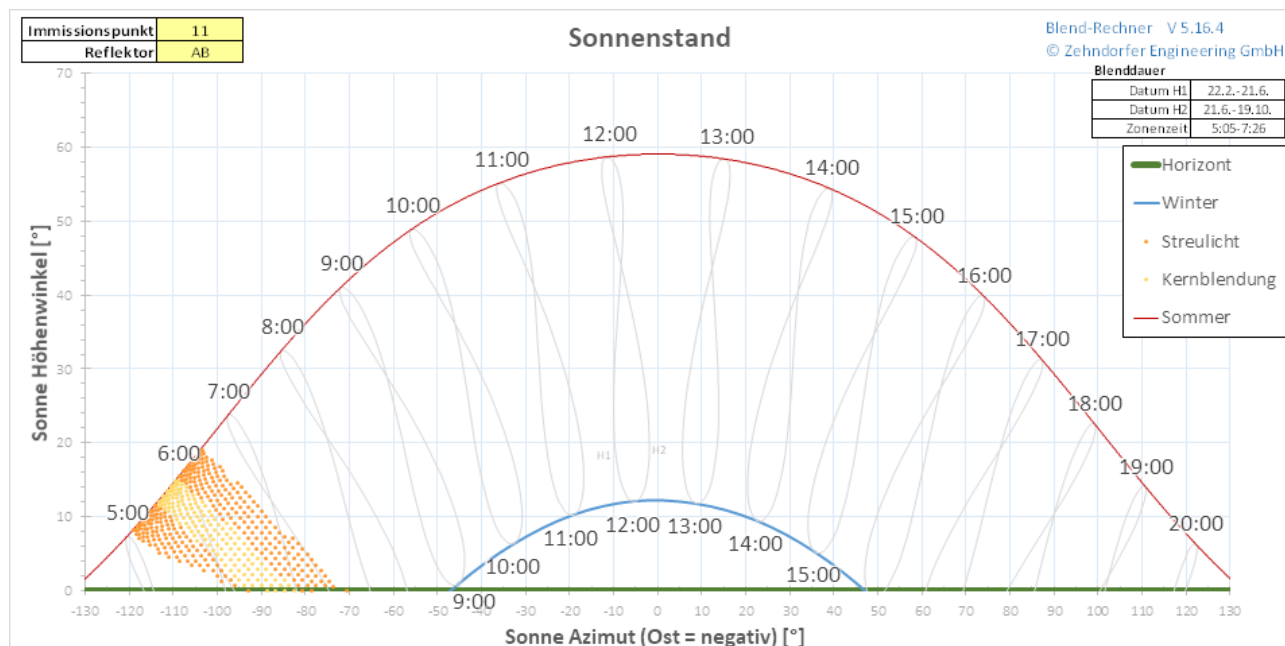
Abbildung 8 Reflexion der Solar Anlage zum IP11



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 11



Am IP 11 ist also morgens 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	11
Distanz	m 270
Höhenwinkel	° -1
Raumwinkel	msr 134
Datum H1	22.2.-21.6.
Datum H2	21.6.-19.10.
Zeit	5:05-7:26
Kernblendung min / Tag	25
Kernblendung h / Jahr	53
Streulicht min / Tag	65
Streulicht h / Jahr	155
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	° 10
Sonnen Azimut (Mittel)	° -95
Sonne-Reflektor Winkel (max)	° 32
Blendung - Blickwinkel (min)	° 11

2.3 Erklärung der Ergebnisse

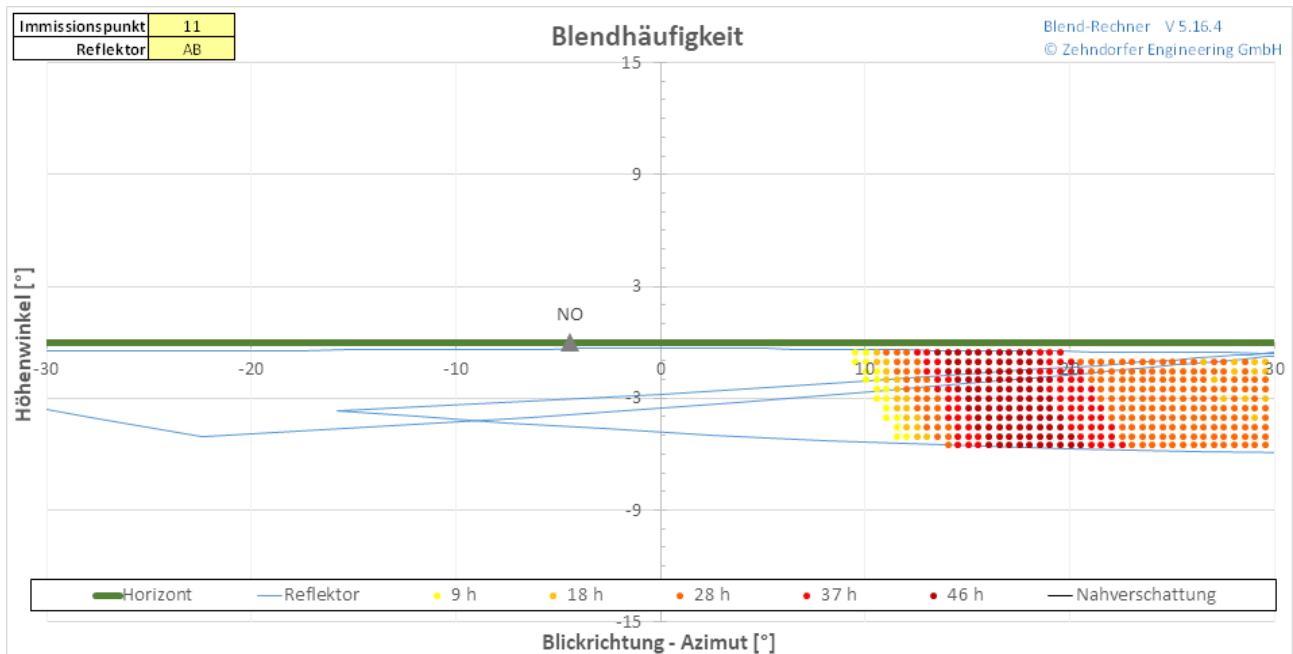
Distanz	Ist die Distanz zwischen Mittelpunkt des Reflektors und Immissionspunkt in Meter.
Höhenwinkel	Der Höhenwinkel des Reflektors über dem Immissionspunkt. 0° bedeutet, dass sich der Reflektor am Horizont befindet.

Raumwinkel	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.
Datum H1/H2	Gibt genau jene Zeitspanne an, an der Blendung über den Reflektor erfolgt
Zeit	Jene maximale Zeitspanne bei der die Blendung über den Reflektor erfolgt
Kernblendung	Die Dauer der Blendung durch direkte Spiegelung der Sonne am Reflektor in Minuten pro Tag bzw. Stunden pro Jahr
Streulicht	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
Dauer	Die Anzahl jener Tage im Jahr (Frühjahr und Herbst), an denen zu irgendeiner Uhrzeit eine Blendung auftreten kann. Außerhalb dieser Tage steht die Sonne zu hoch oder zu flach um am Immissionspunkt zu blenden, oder es findet eine Verschattung durch den Horizont oder künstliche Hindernisse statt.
Sonnen Höhenwinkel	Durchschnittlicher Sonnen-höhenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
Sonnen Azimut	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°), so spielt die Blendung eine untergeordnete Rolle.

2.4 Sichtbezug

Um den Sichtbezug zur PV Anlage, sowie zur Reflexion und zum Sonnenstand deutlich zu machen, wurde die Darstellung dieser Punkte mit Blick in Fahrtrichtung 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 11



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 Entfernung¹) sind hier alle Größen im Maß des Raumwinkels (milli Steradian) umgerechnet.

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

Sichtbeziehung	Raumwinkel
Gesichtsfeld	2.200 msr
Sonnenscheibe am Himmel	0,068 msr
Ausgestreckter Daumen	1,55 msr

Die maximal sichtbare Größe der Solar-Anlage vom IP 11 (134 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-Positionsindex².

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. 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 In diesem Zusammenhang wird auch auf eine Studie von Natasja van der Leden, Johan Alferdinck, Alexander Toet mit dem Titel „Verhinderung von Sonnenreflexionen in Lärmschutzwällen – ein Laborexperiment“ verwiesen, die zu dem Schluss kommt, dass: „die Fahrleistung bei kleinen Blendungswinkeln von 5 Grad besonders abnimmt.“

2.5.4 Blenddauer

Abbildung 11 Blenddauer am IP 11

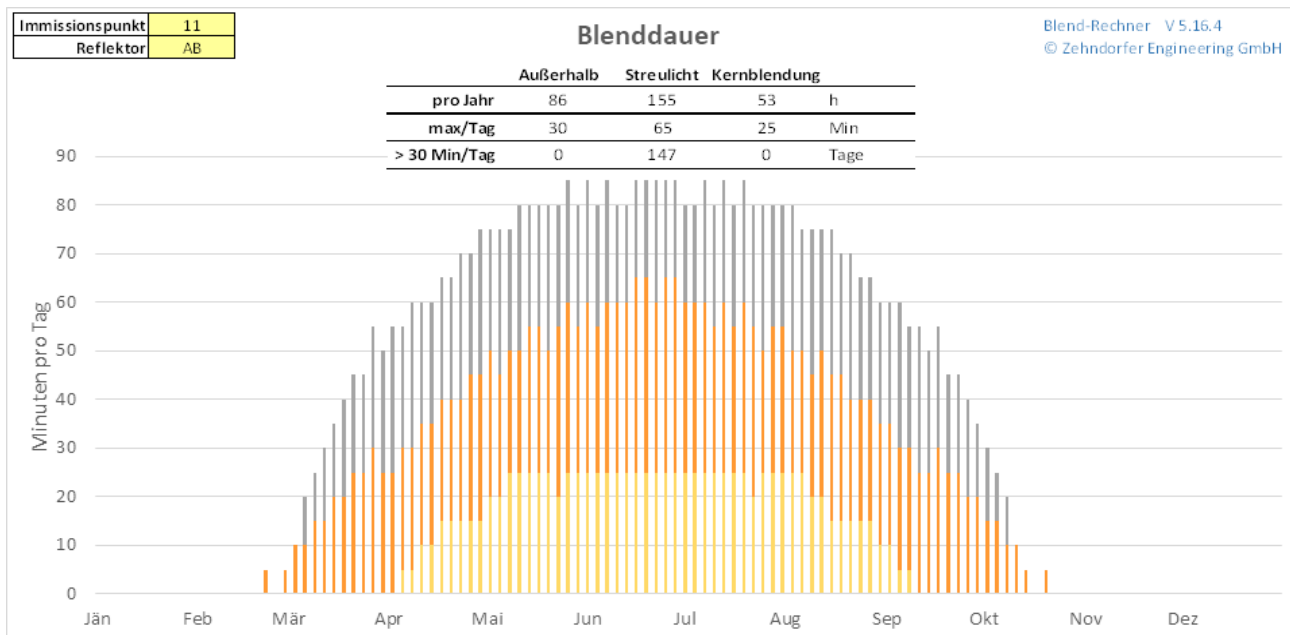


Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

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 ($\pm 15^\circ$ 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

Abbildung 12 Unfälle 2018



In der näheren Umgebung gab es in den Jahren 2016-2018 keine gemeldeten Unfälle mit Personenschäden.

2.5.7 Schienenfahrzeugverkehr

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

- Form- und Lichtsignale für den Bahnverkehr
- Eisenbahnkreuzungen

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

Abbildung 13 Bahnstrecke 1210



Auf dem südlich vorbeiführenden Goosweg (IP2) wie auch auf der nördlich gelegenen Leherfeld Straße L156 (IP6) liegt ein Bahnübergang.

3 Beurteilung & Empfehlungen

IP1 bis 6 (Bahn)

An einigen IP wird es zu Reflexionen in Richtung der Bahnstrecke kommen. Die Richtung der Reflexionen liegt aber immer außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Lokführer, weshalb die Reflexionen keine Gefahr für den Bahnverkehr darstellen.

IP7 (Straße - Tietjensweg)

Es wird zu Blendungen kommen, die zu manchen Zeiten auch im inneren Gesichtsfeld der Fahrzeuglenker liegen. **Daher werden an dieser Stelle blendreduzierende Maßnahmen empfohlen.**

IP8 bis 10 (Straße - Bahnhofstraße)

In Richtung dieser IP können kurze Reflexionen auftreten. Diese liegen jedoch immer außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker. Sie stellen daher keine erhebliche Gefahr für den Fahrzeugverkehr dar.

IP 11 bis 16 (Anwohner)

Es wird zu Reflexionen in Richtung der IP kommen, deren Dauer an manchen Punkten über den Grenzwerten der Richtlinie liegen. **Daher werden blendreduzierende Maßnahmen empfohlen.**

3.1 Blendreduzierende Maßnahmen

Als blendreduzierende Maßnahmen für den IP7 (Tietjensweg) wird ein lokaler Sichtschutz gegenüber des Tietjenswegs empfohlen, welcher eine Mindesthöhe von 2,5m aufweist.

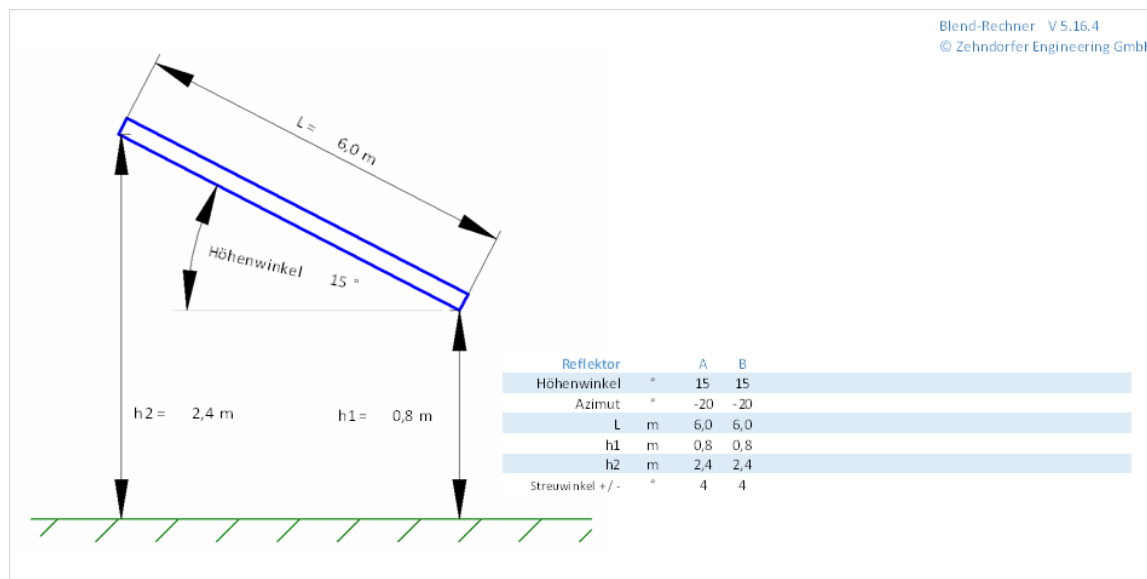
Als Blendreduzierung für die Anwohner, würden sich folgende Maßnahmen eignen:

- a) ein durchgehender Blendschutz an der westlichen Grundstücksgrenze in der Höhe der höchsten Immissionspunkte an den Fenstern und Balkonen aller Anwohner (hier wird von 5m Höhe ausgegangen).
- b) Eine Verdrehung der PV-Anlage aus der Südrichtung, sodass die Anlage einen Seitenwinkel (Azimut) von -20° (also eine Verdrehung nach etwa Süd-Süd-Ost)

Abbildung 14 Verdrehte Anlage

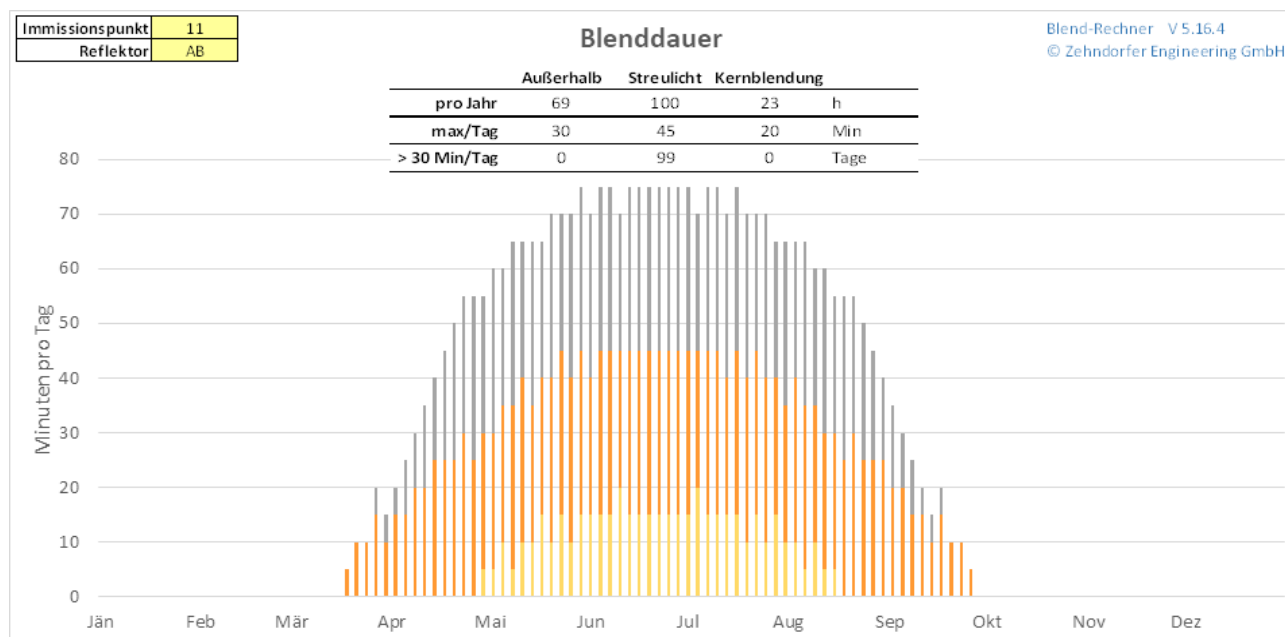


Abbildung 15 Alternative Ausrichtung



Durch die Verdrehung der Anlage wird die Dauer der spiegelnden Kernblendung unter die Grenzwerte der Richtlinie reduziert (siehe Abbildung 16).

Abbildung 16 Reduzierte Dauer der Reflexionen



Auch an den anderen Immissionspunkten wird dadurch die Blendwirkung verringert wie in Anhang 5.1 zu sehen.

3.2 Freiheitsgrade

Im Rahmen der Berechnungen für das Gutachten wurde die Blendwirkung einer Ost/West Aufständering der Anlage untersucht (was in diesem Gutachten nicht weiter dokumentiert wurde). Dabei wurde bei einigen

Versuchen keine Ausrichtung gefunden, die nicht eine erhebliche Blendwirkung auf mindestens einen der IP ausüben würde. Es ist also hinsichtlich Blendwirkung von einer Ost/West Aufständering abzuraten.

Bei einer Aufständering mit 25° Neigung käme die Oberkante der Module auf ca. 3,3m Höhe zu liegen.

Durch die zusätzliche Neigung der PV Module verlängert sich die Blenddauer an einigen IP. Durch eine seitliche Verdrehung von insgesamt -25° (also süd-süd-östlich) würde die Blenddauer wieder ausreichend reduziert. Diese Variante stellt also eine weitere mögliche Ausrichtung mit reduzierter Blendwirkung dar.

3.3 Zusammenfassende Beurteilung

Durch die Verdrehung der Modultische wird die Blendwirkung auf die Nachbarschaft unter die Grenzwerte der Richtlinie reduziert. Für den Bahn- und den Straßenverkehr besteht auch nach Verdrehung keine erhebliche Blendwirkung.

Datum: 14.4.2020

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 [cd/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 [lm/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° 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 32, mit false northing -6.000.000

Die PV Anlage befindet sich an folgenden Koordinaten

Reflektor	A				B			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	501.978	502.252	502.326	501.957	501.956	502.334	502.312	501.959
y	21.267	21.285	21.356	21.332	21.340	21.363	21.603	21.589
z	0	0	0	0	0	0	0	0
h	0,8	0,8	2,38	2,38	0,8	0,8	2,38	2,38

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

Bahn

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6
x	502.079	502.131	502.222	502.438	502.600	502.876
y	21.002	21.097	21.213	21.435	21.590	21.859
z	1	1	1	1	1	1
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung	-153	-149	-137	46	46	46

Straße

Immissionspunkt	7	8	9
Bezeichnung	IP7	IP8	IP9
x	501.921	501.954	501.933
y	21.320	21.216	21.361
z	0	0	0
h	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung	-101	-177	-180

Nachbarn

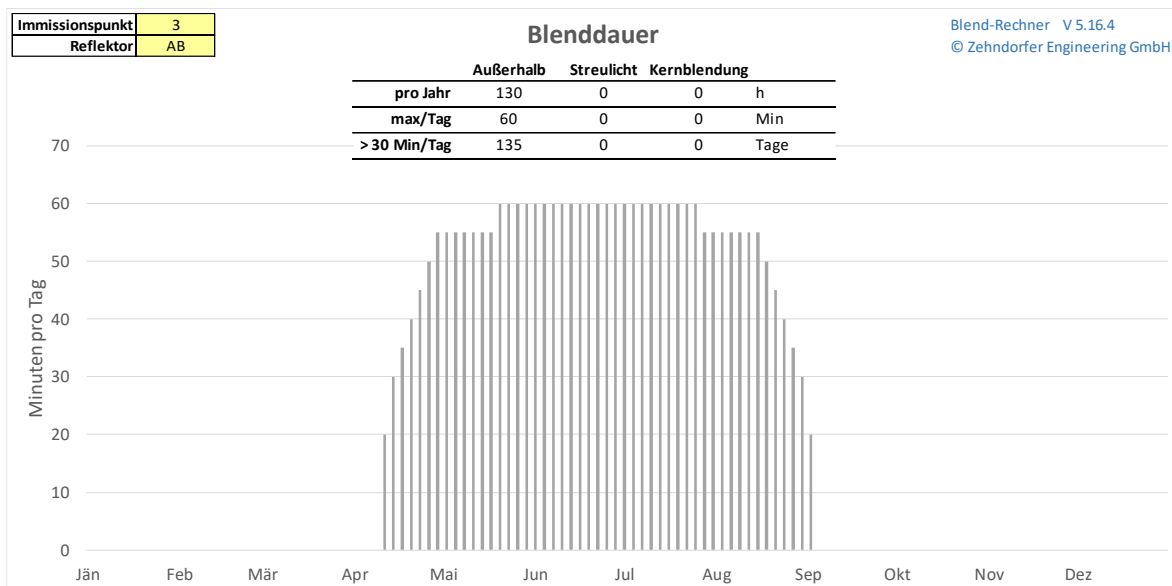
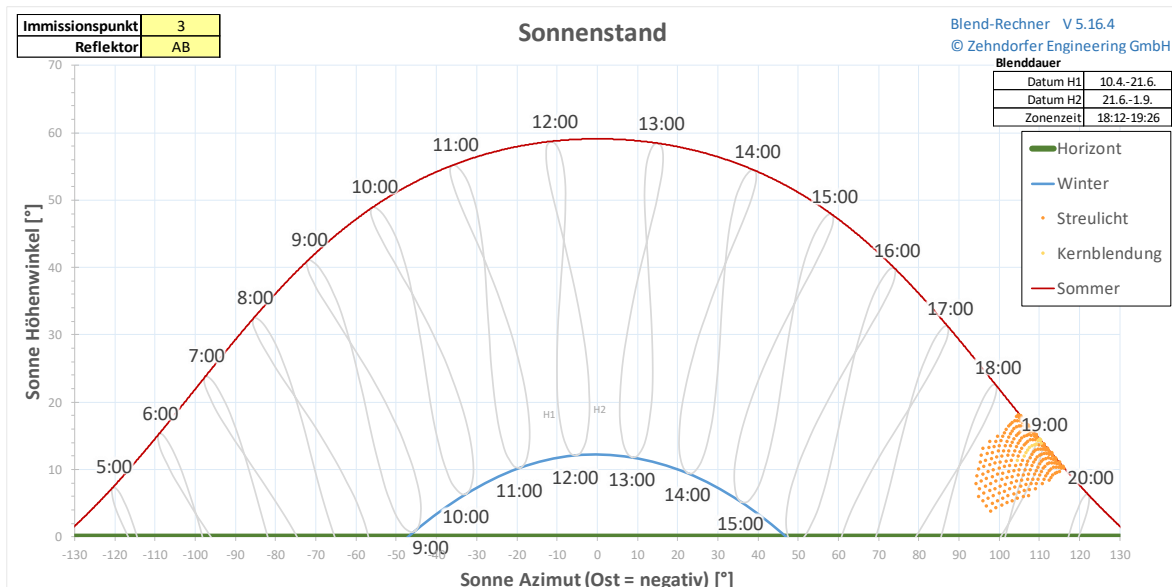
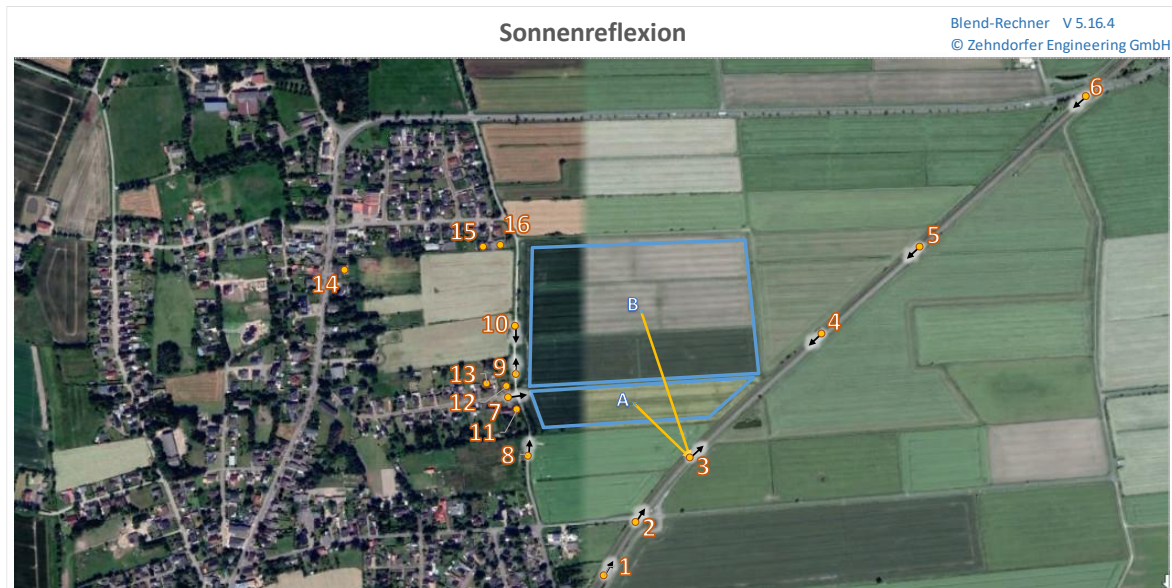
Immissionspunkt	10	11	12	13	14	15	16
Bezeichnung	IP10	IP11	IP12	IP13	IP14	IP15	IP16
x	501.933	501.935	501.918	501.886	501.651	501.879	501.908
y	21.448	21.298	21.340	21.345	21.547	21.589	21.593
z	0	0	0	0	0	0	0
h	2,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Blickrichtung	0						

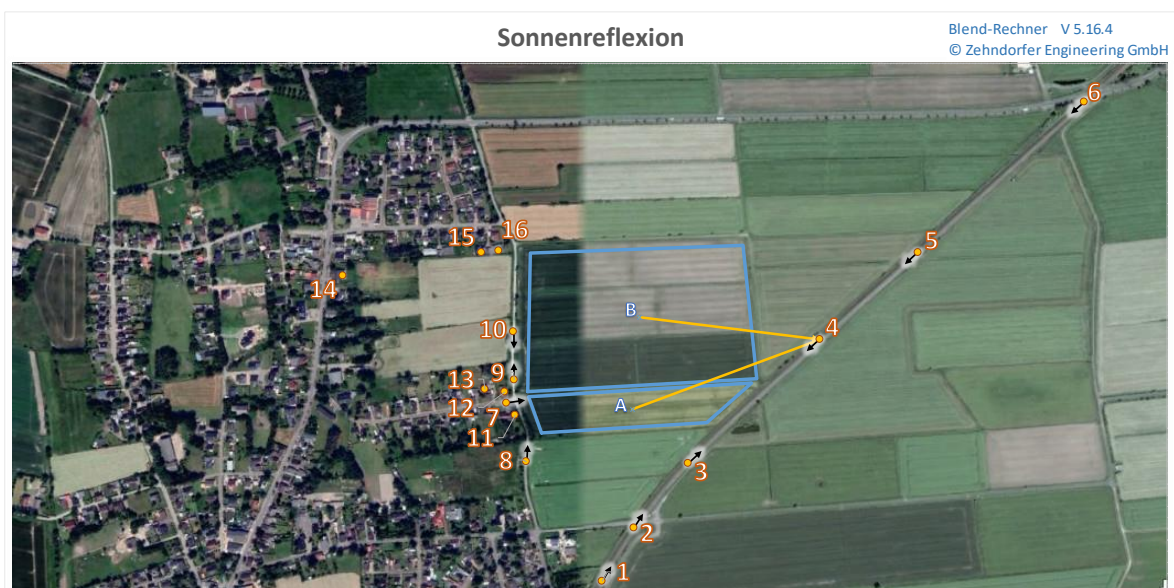
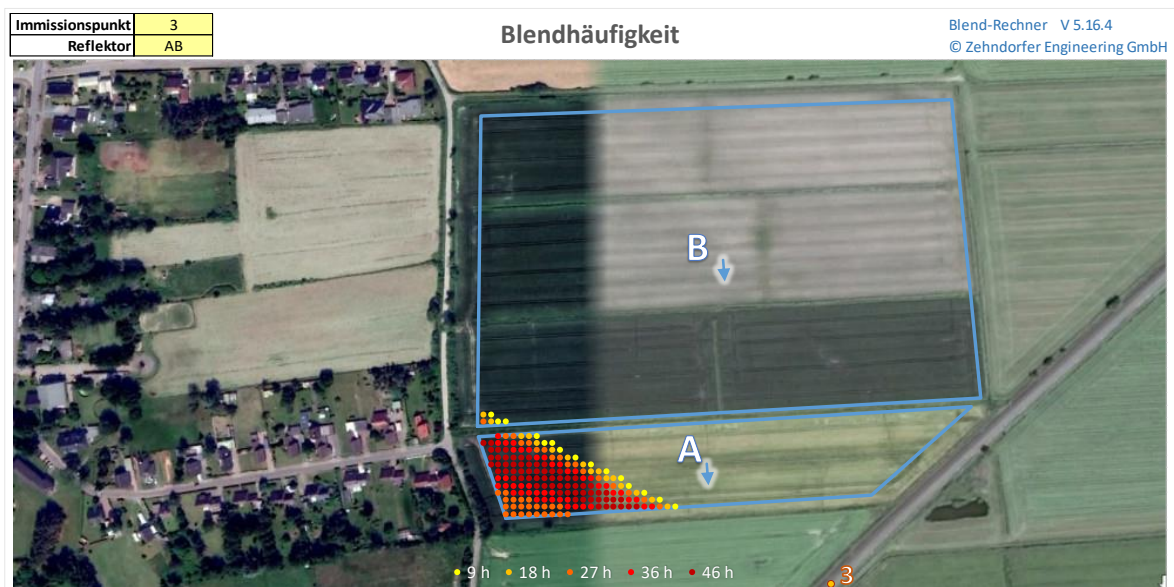
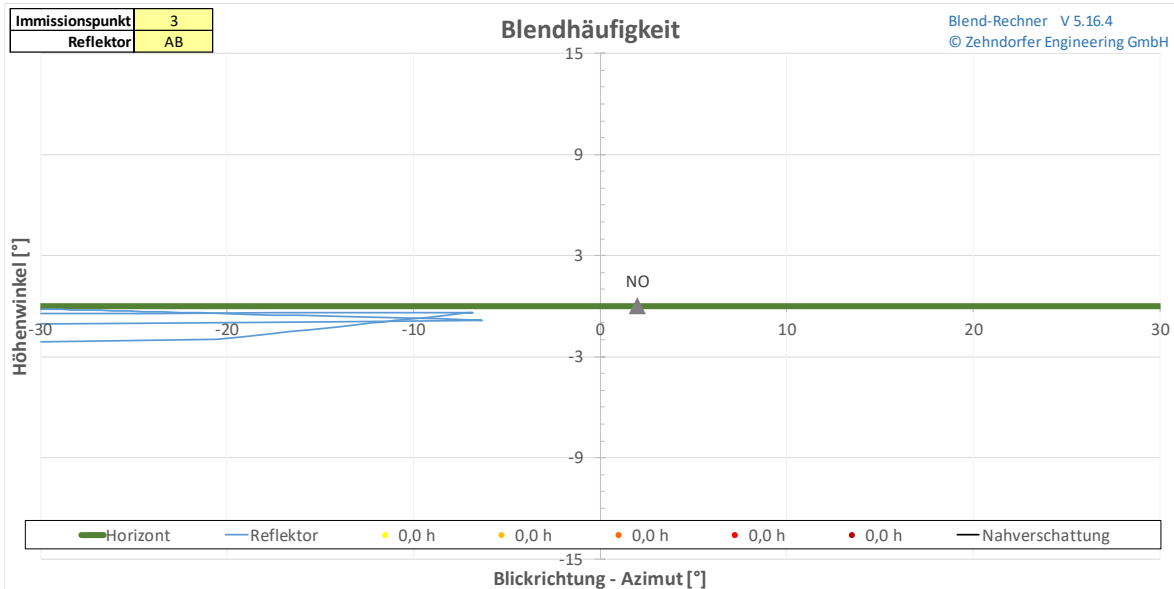
ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

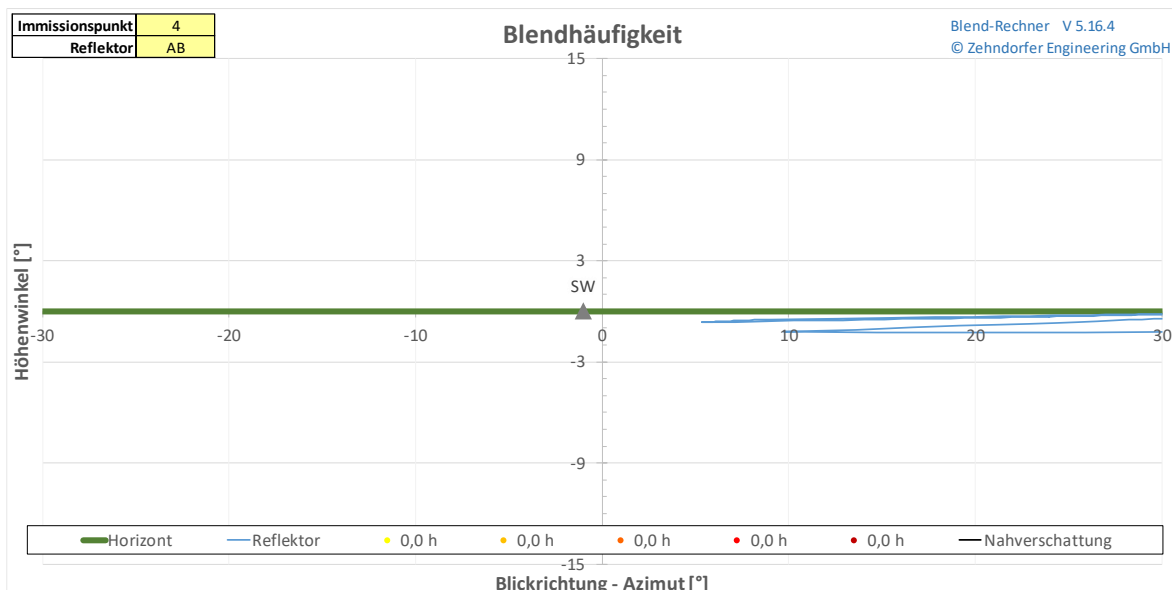
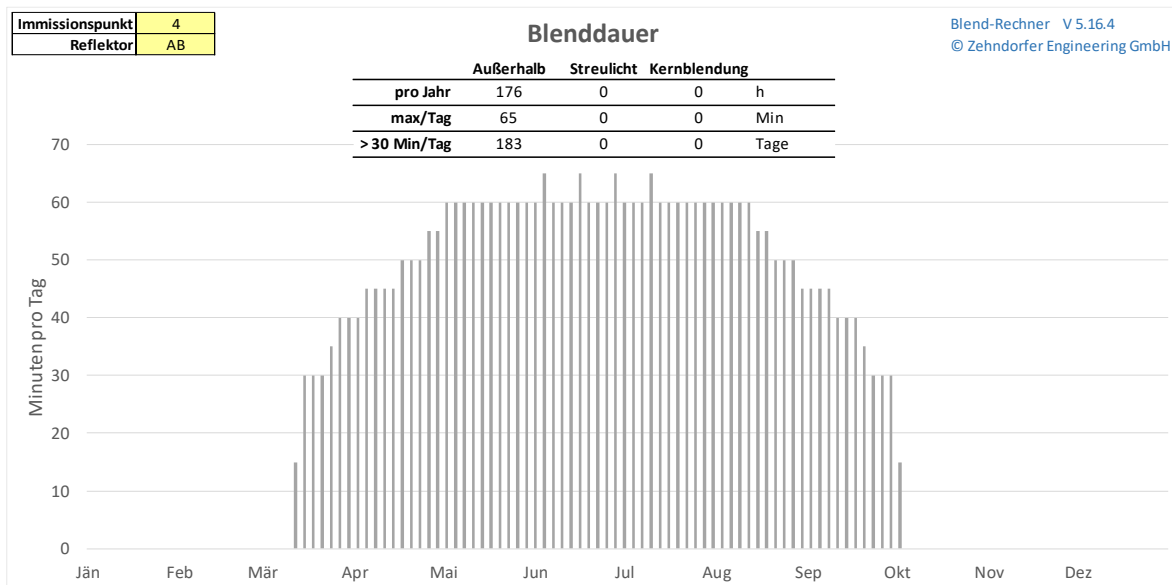
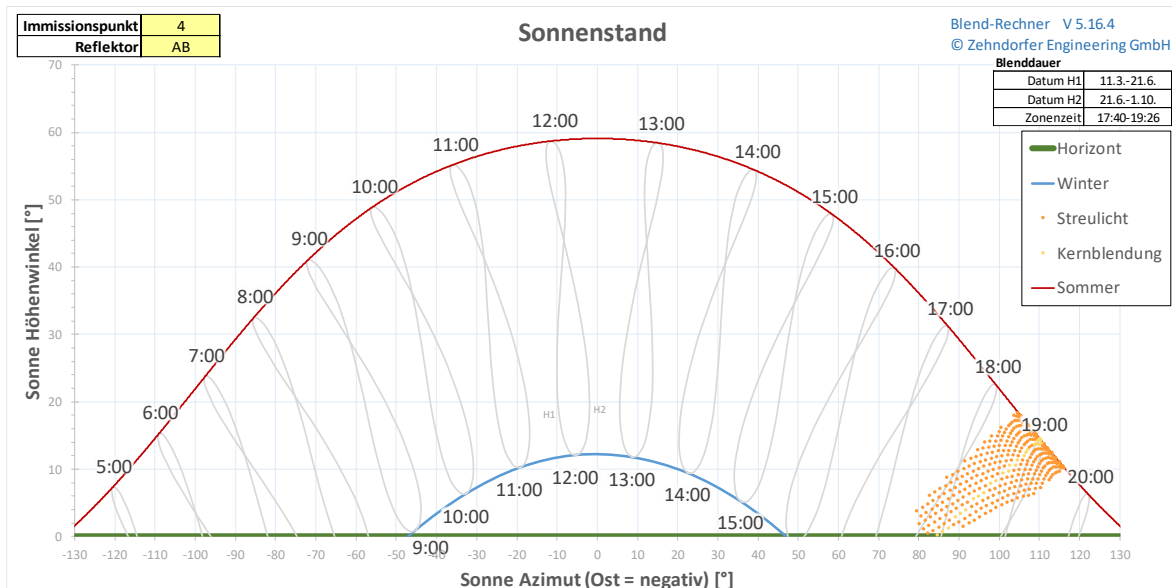
Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6
Distanz	m	476	377	273	301	475	831
Höhenwinkel	°	0	0	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	0	0	44	13	0	1
Datum H1		-	-	10.4.-21.6.	11.3.-21.6.	17.3.-13.4.	-
Datum H2		-	-	21.6.-1.9.	21.6.-1.10.	29.8.-25.9.	-
Zeit		-	-	18:12-19:26	17:40-19:26	17:47-18:37	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	0	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	-	-	11	9	5	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	-	105	98	90	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	-	25	26	15	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-	105	36	39	-

Reflektor		AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		7	8	9	10
Distanz	m	268	319	236	209
Höhenwinkel	°	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	22	12	69	58
Datum H1		23.3.-21.6.	4.4.-21.6.	5.3.-21.6.	14.3.-21.6.
Datum H2		21.6.-19.9.	21.6.-7.9.	21.6.-7.10.	21.6.-28.9.
Zeit		5:02-6:35	5:04-6:20	5:02-7:05	5:04-6:53
Kernblendung	min / Tag	10	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	9	0	0	0
Streulicht	min / Tag	40	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	66	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	8	9	9	8
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-105	-108	-99	-101
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	25	23	28	25
Blendung - Blickwinkel (min)	°	0	56	60	86

Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		11	12	13	14	15	16
Distanz	m	270	260	286	495	286	261
Höhenwinkel	°	-1	-1	-1	0	-1	-1
Raumwinkel	msr	134	110	55	0	22	40
Datum H1		22.2.-21.6.	14.3.-21.6.	8.3.-21.6.	26.3.-19.4.	17.3.-1.4.	11.3.-26.3.
Datum H2		21.6.-19.10.	21.6.-28.9.	21.6.-4.10.	23.8.-16.9.	10.9.-25.9.	16.9.-1.10.
Zeit		5:05-7:26	5:04-7:02	5:04-6:57	5:52-6:35	6:23-6:47	6:27-6:57
Kernblendung	min / Tag	25	25	15	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	53	53	21	0	0	0
Streulicht	min / Tag	65	65	50	15	10	10
Streulicht	h / Jahr	155	146	107	7	4	4
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	10	10	9	4	3	2
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-95	-101	-100	-96	-88	-85
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	32	32	27	14	13	13
Blendung - Blickwinkel (min)	°	11	1	0	11	21	21



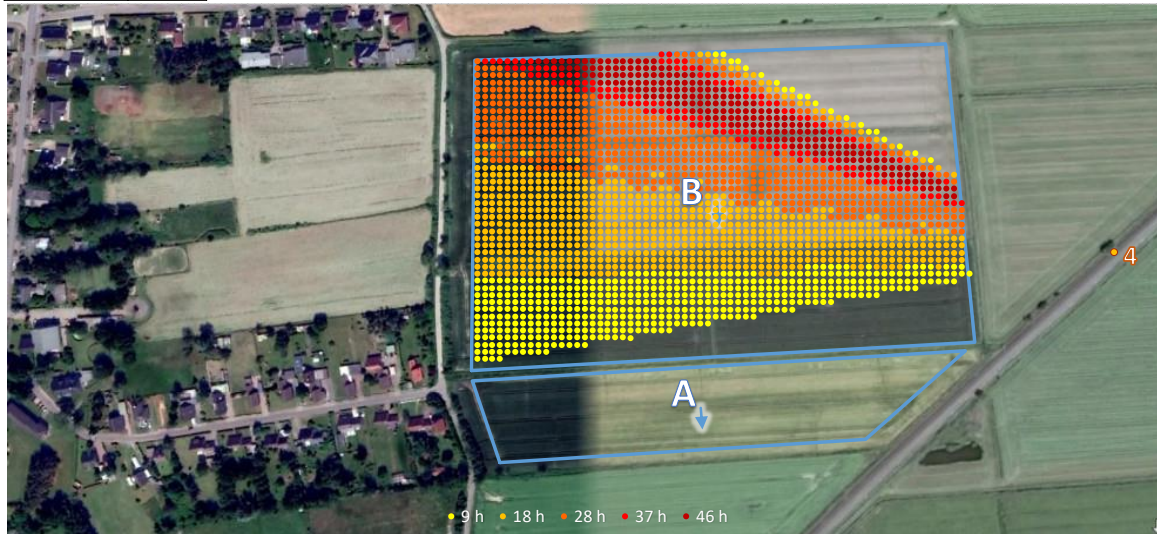




Immissionspunkt	4
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

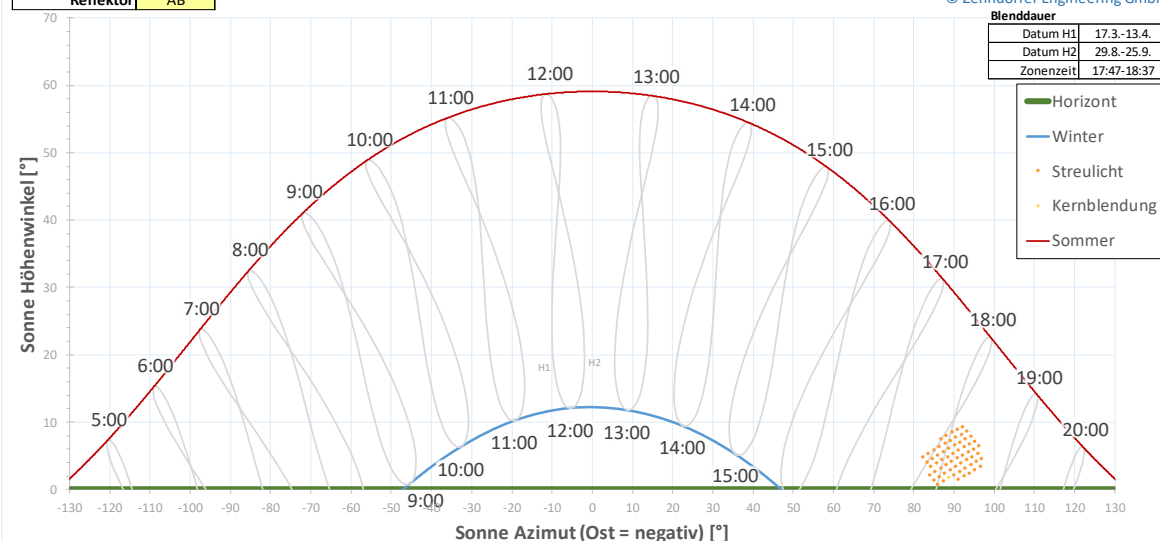
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

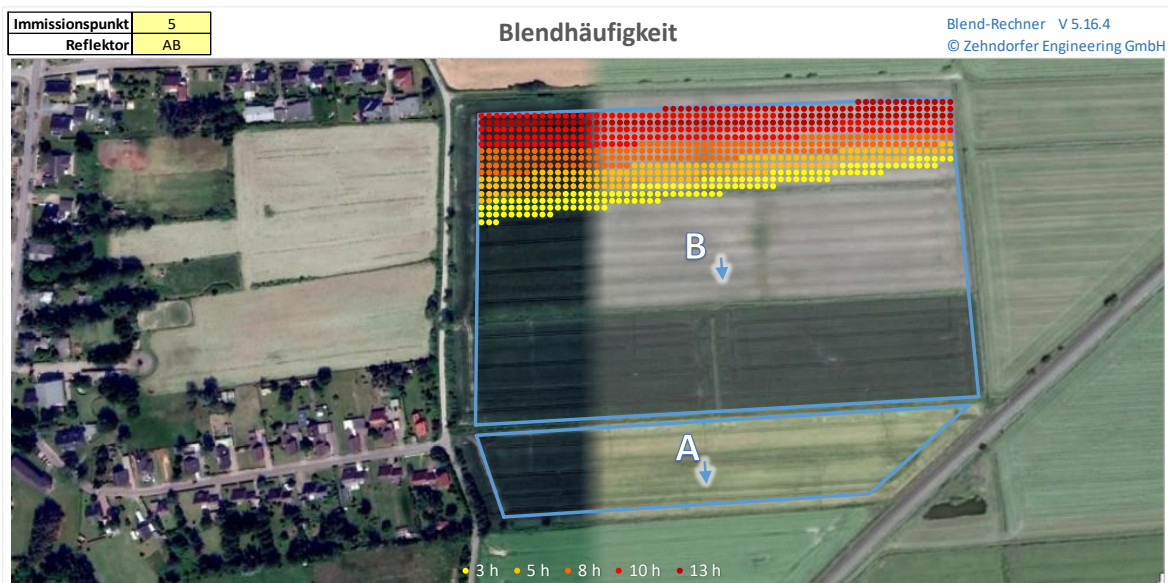
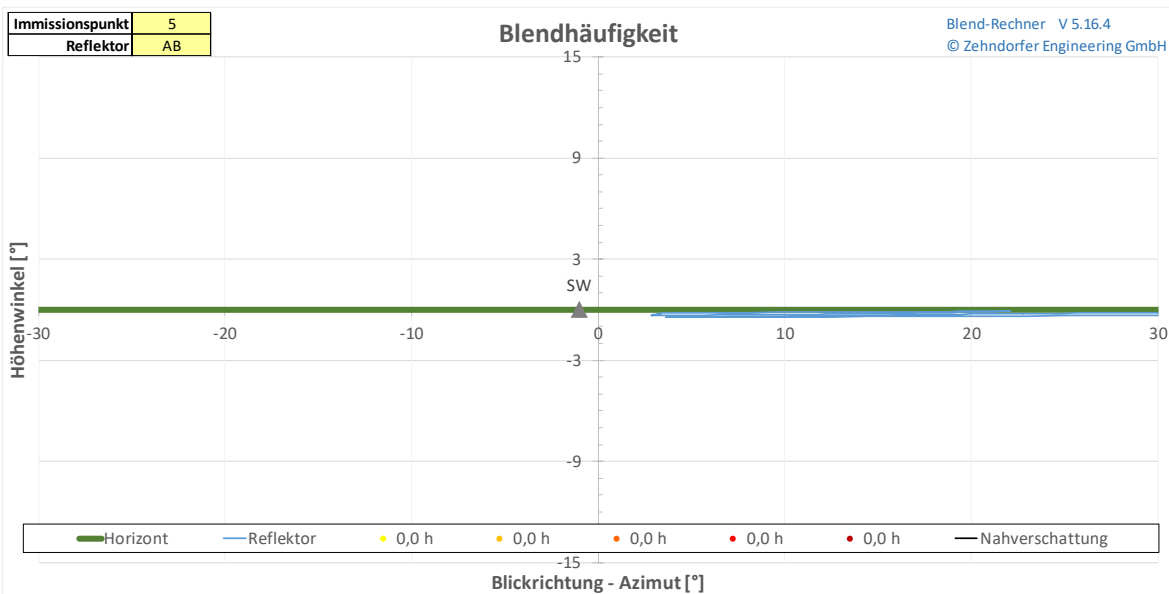
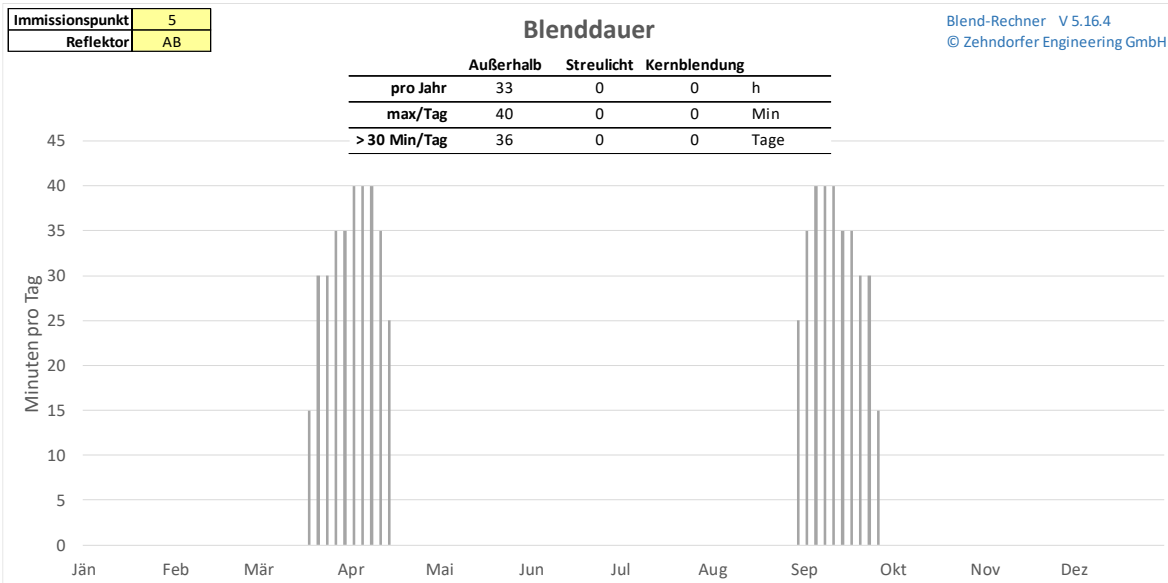


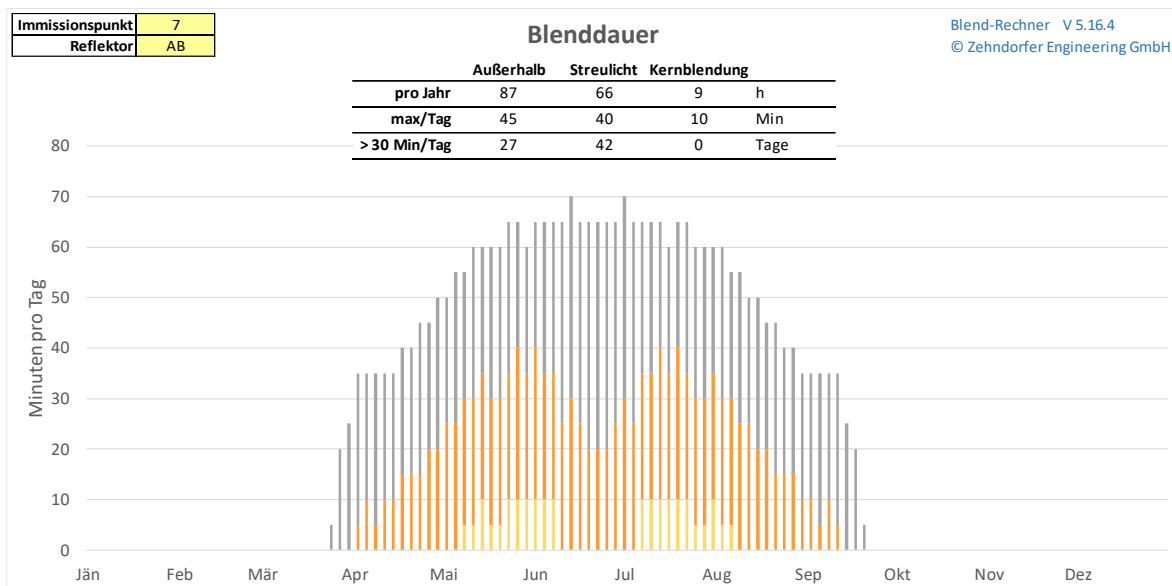
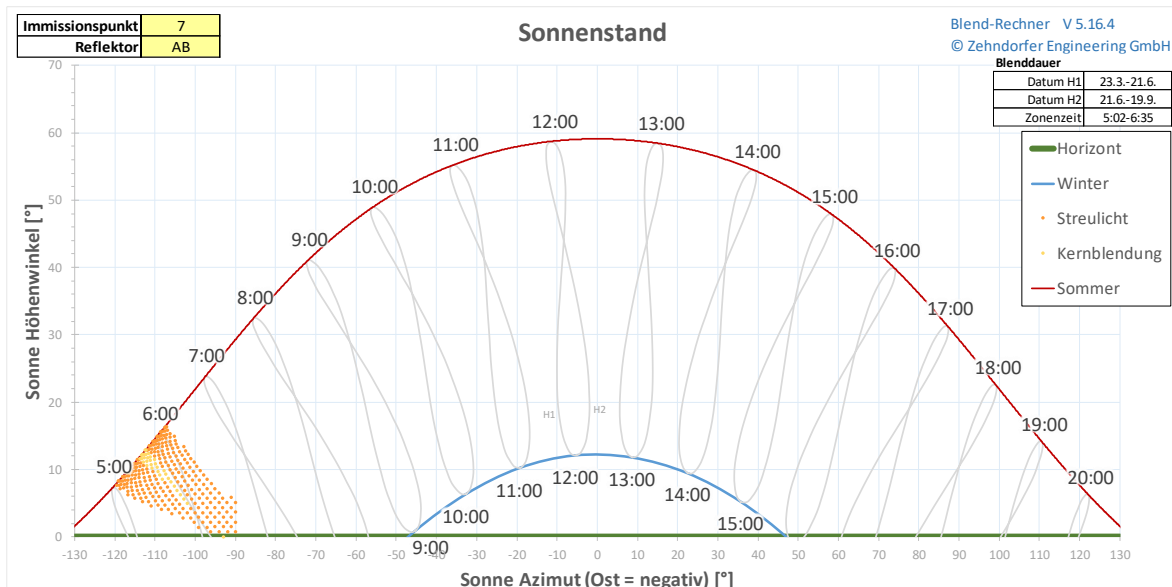
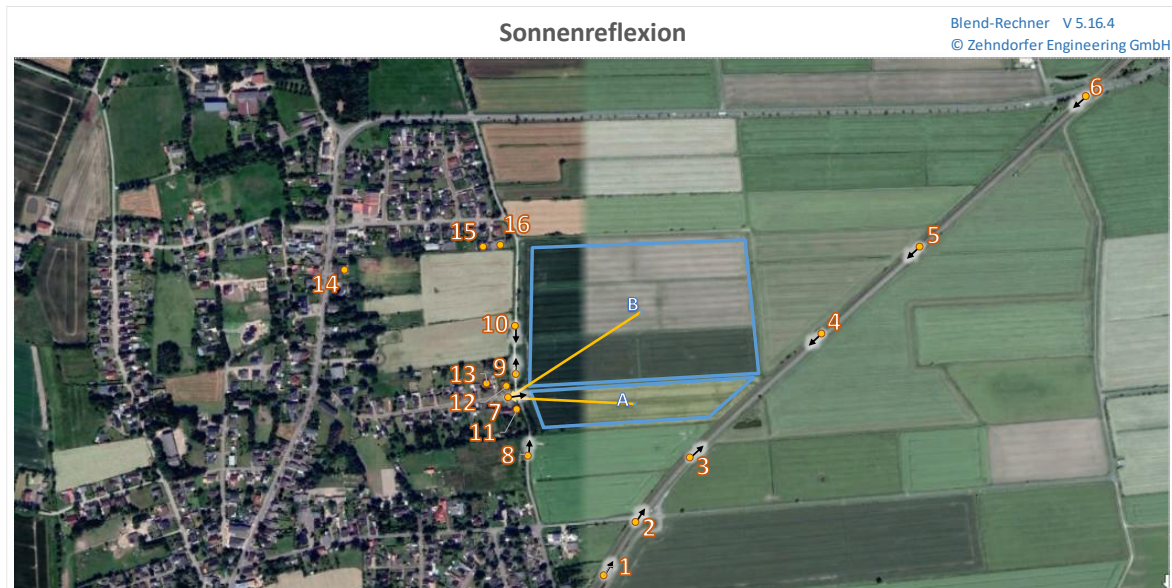
Immissionspunkt	5
Reflektor	AB

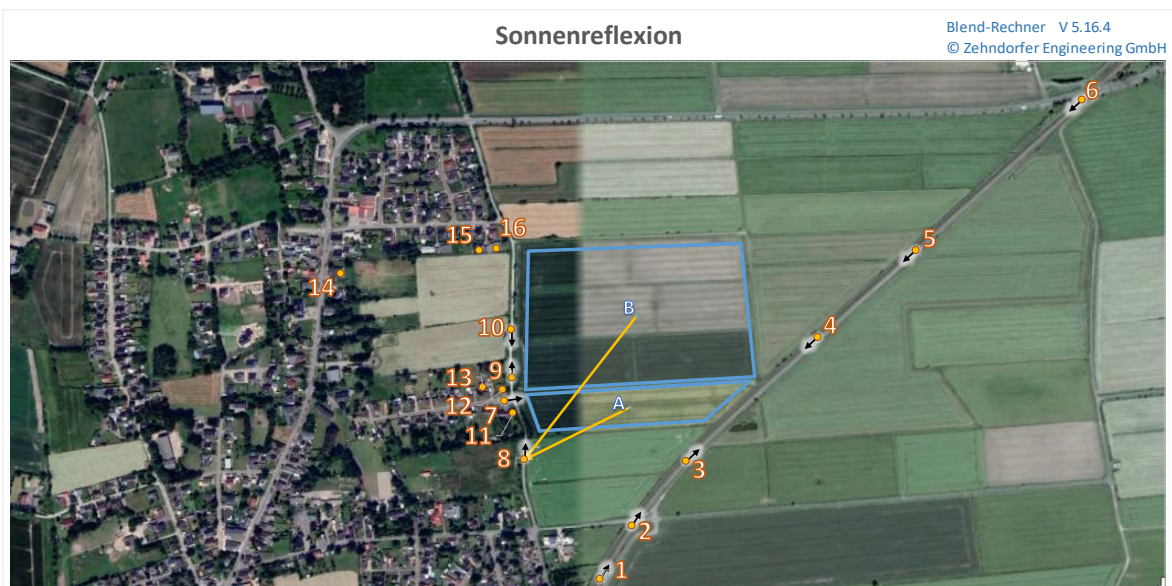
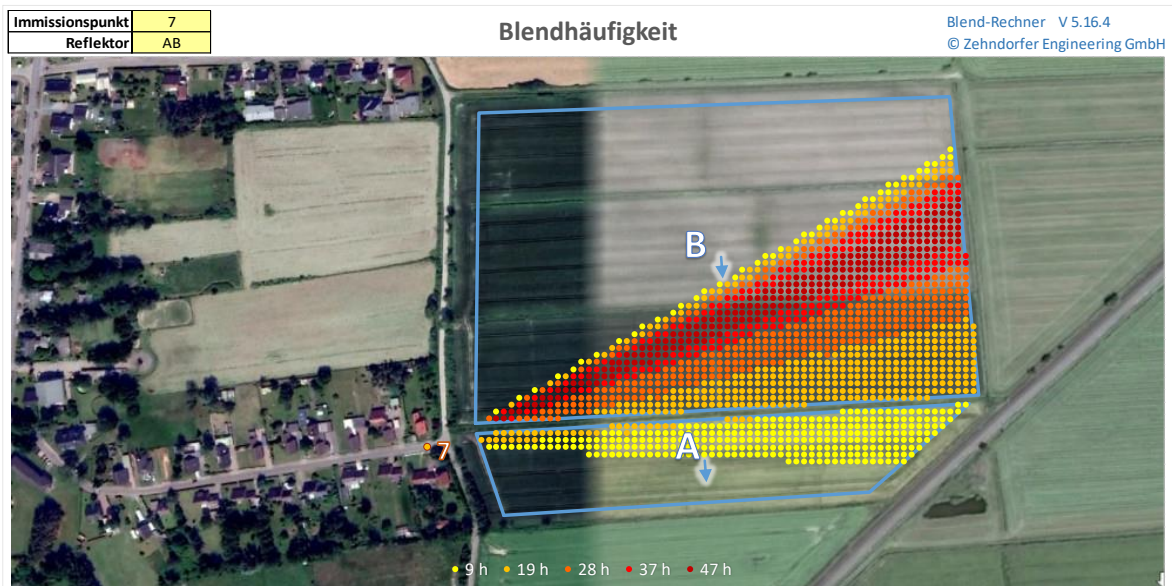
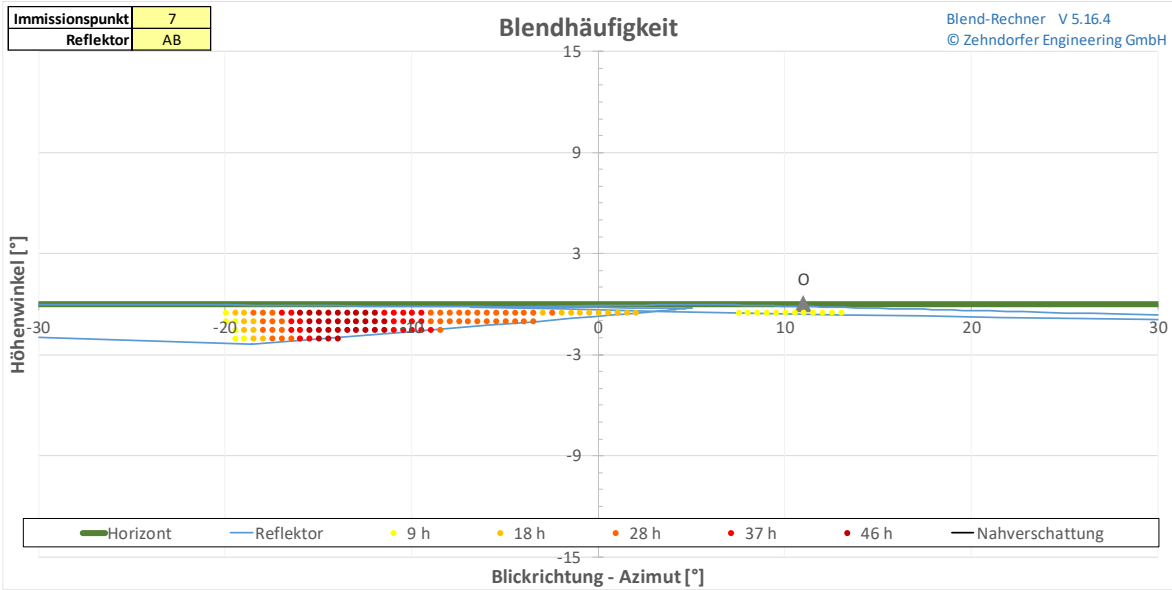
Sonnenstand

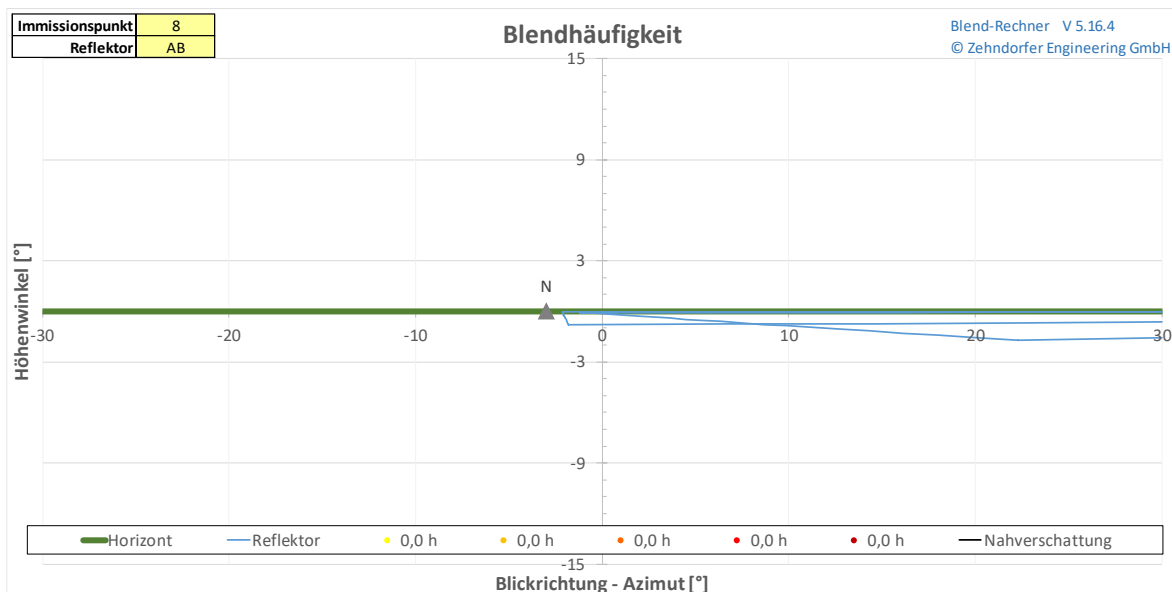
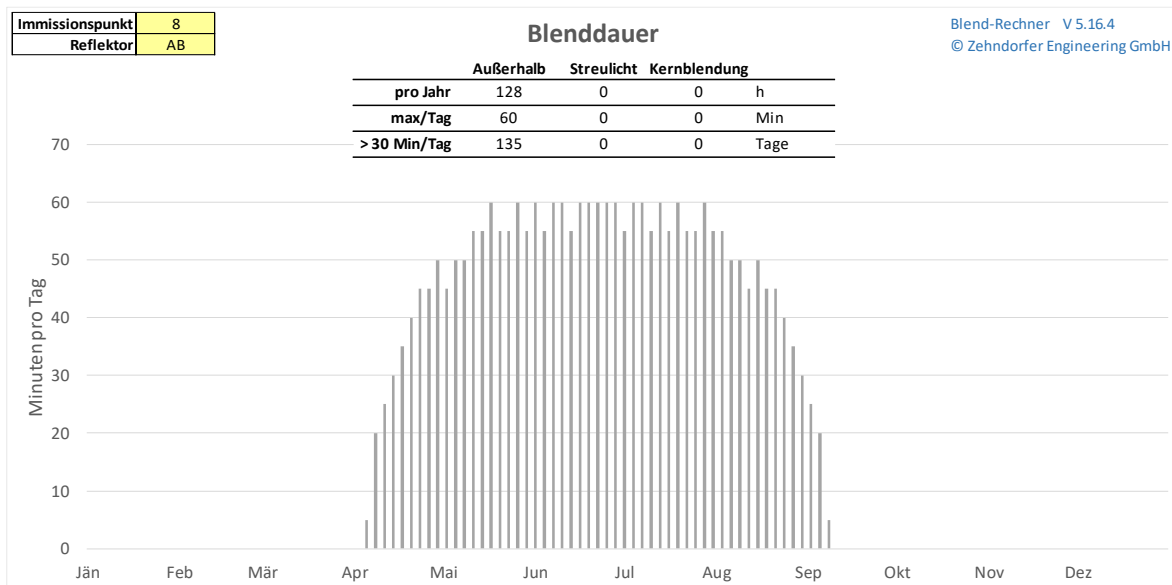
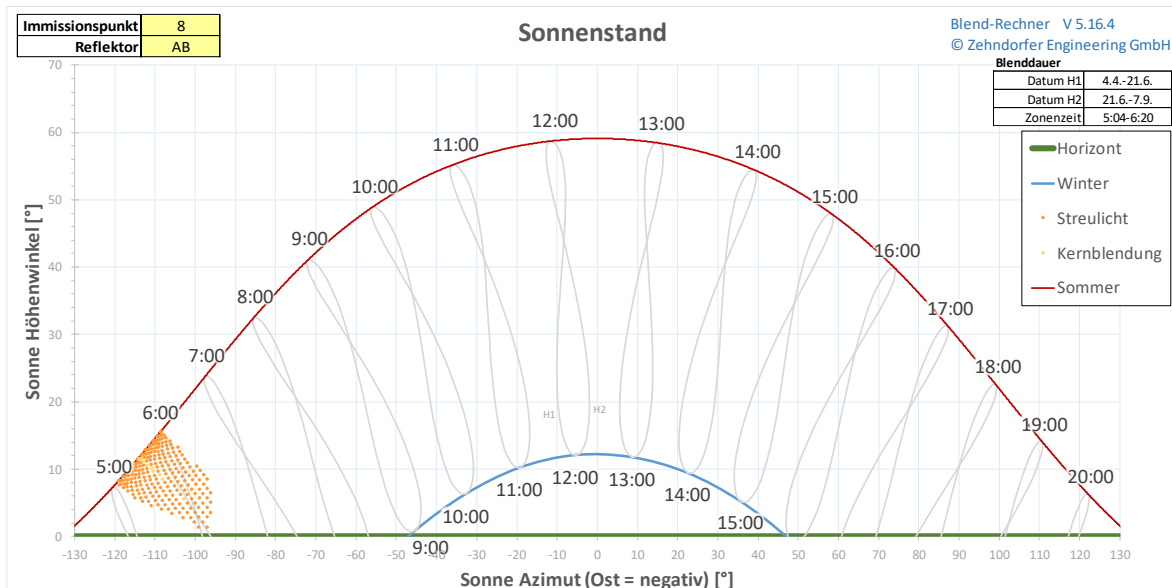
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH







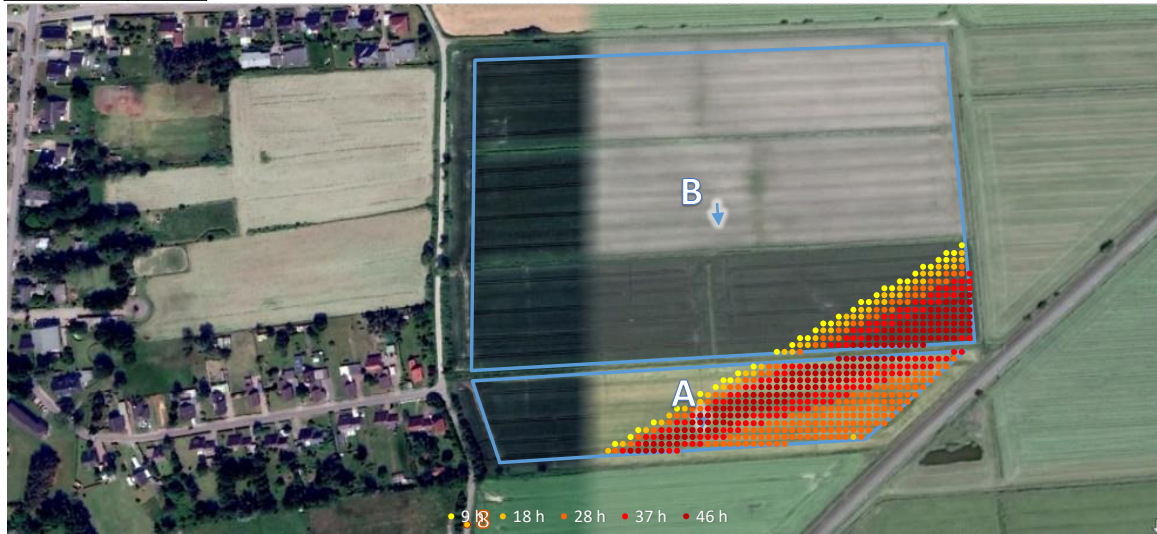




Immissionspunkt	8
Reflektor	AB

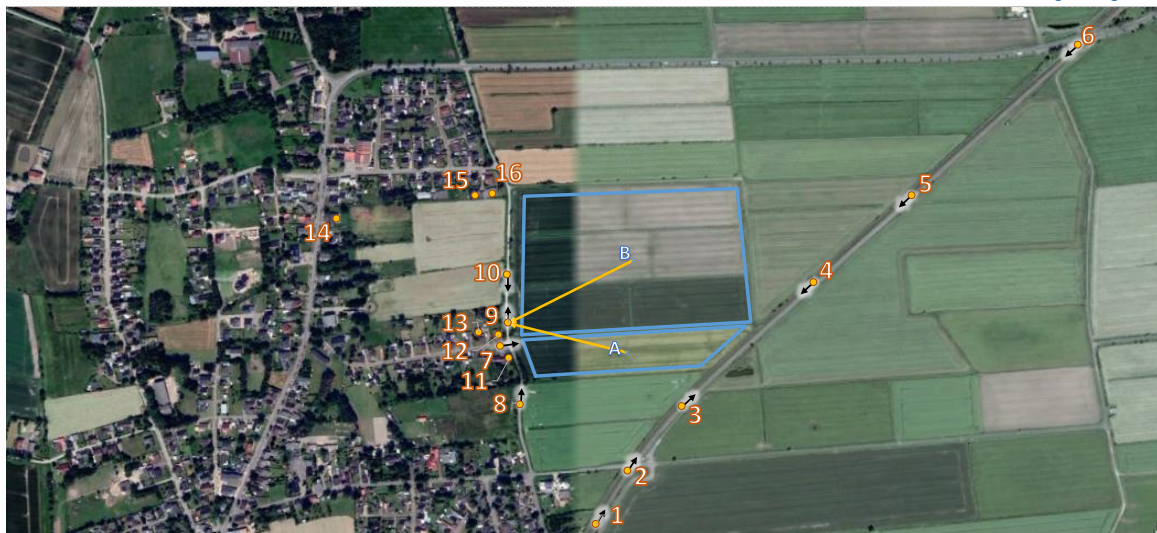
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

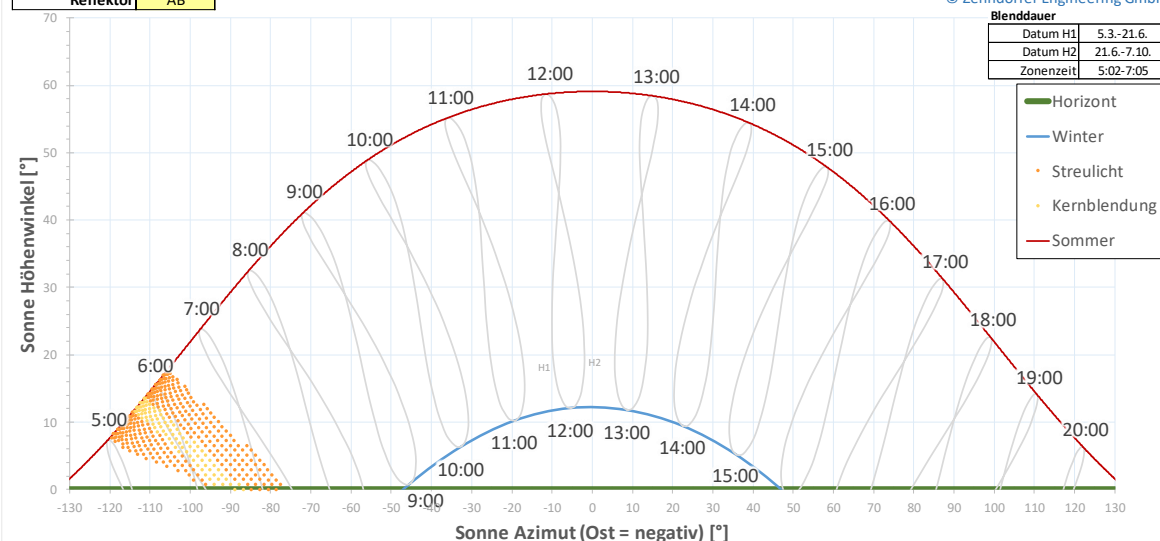
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

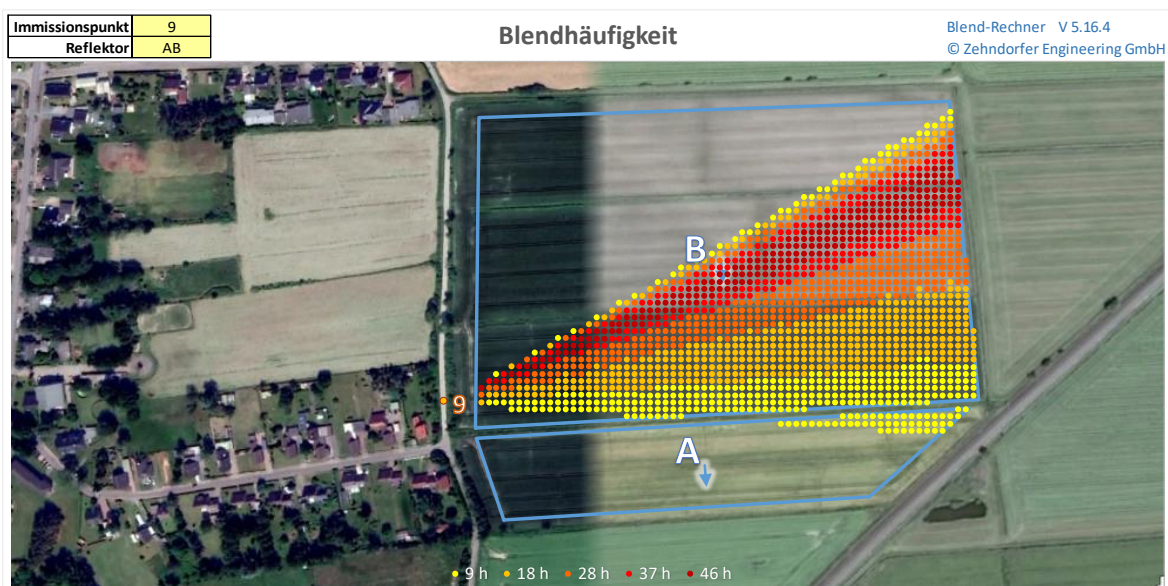
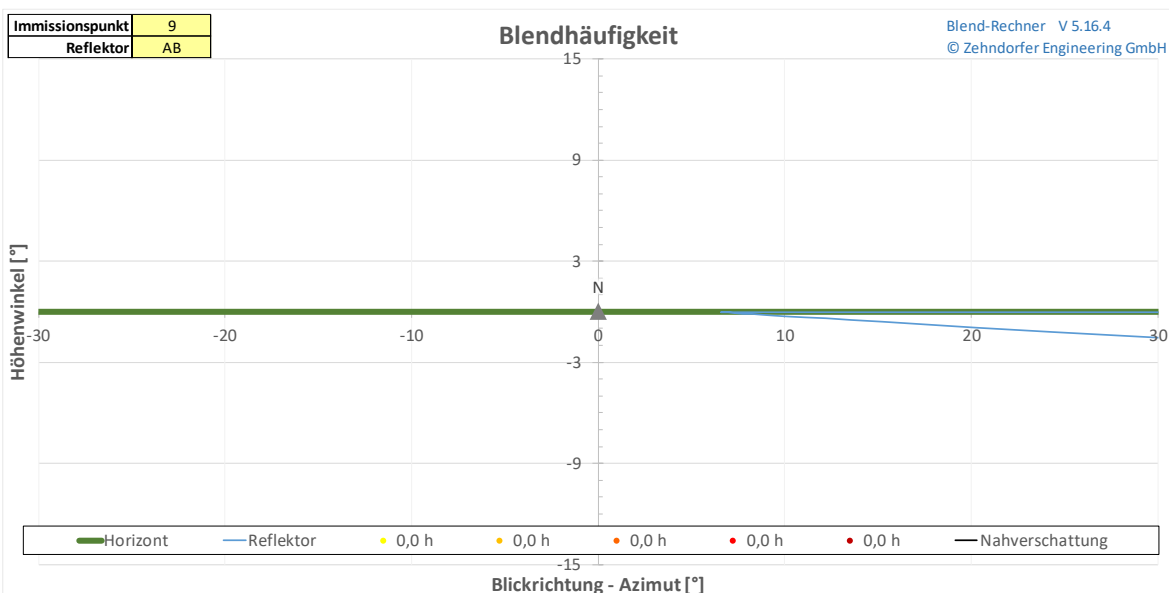
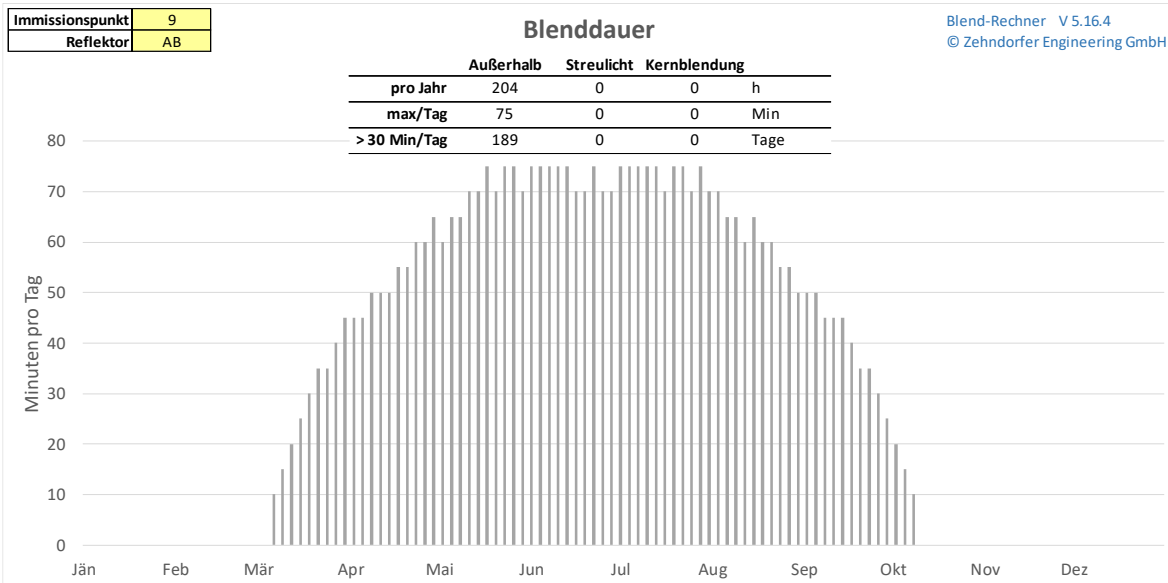


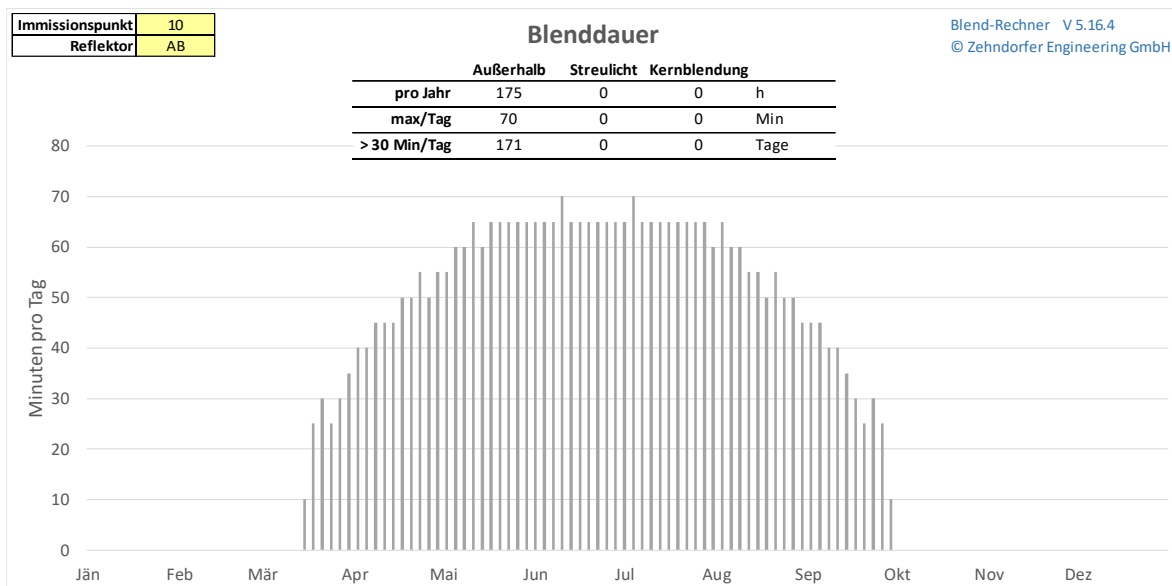
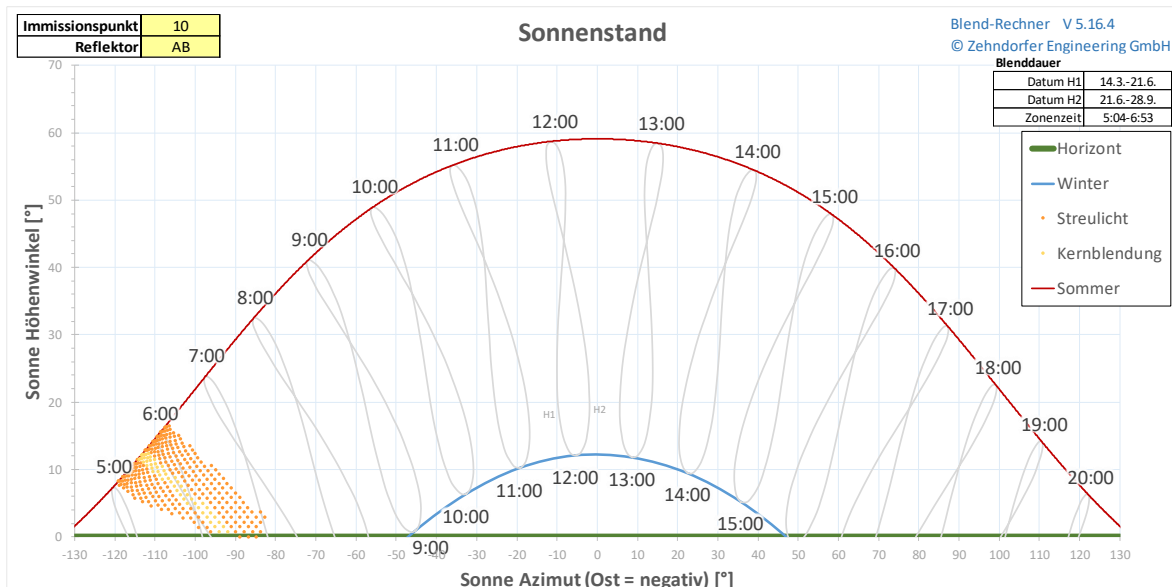
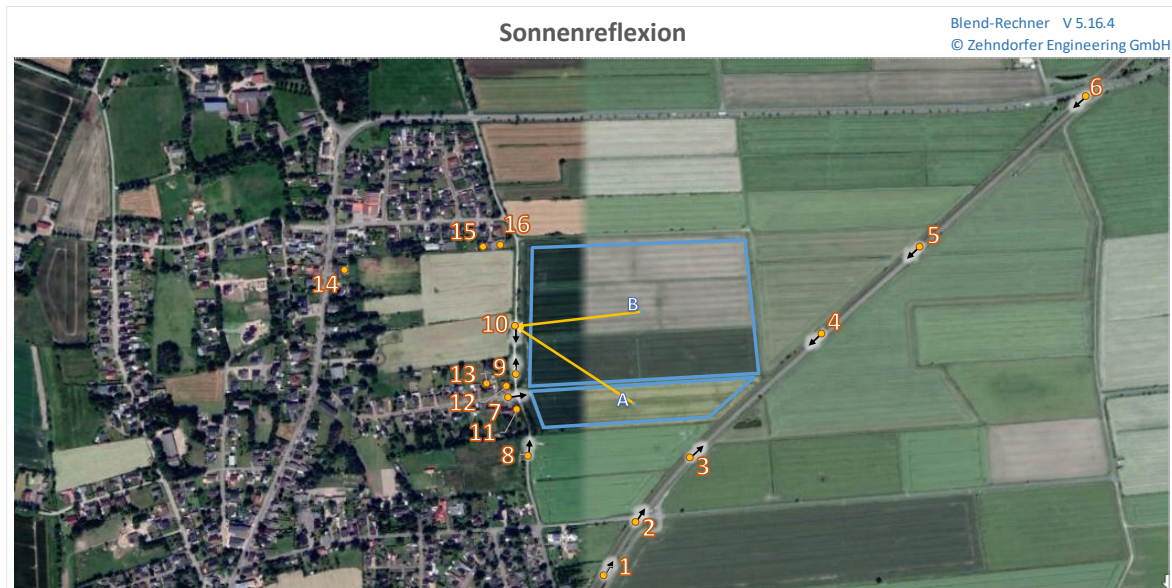
Immissionspunkt	9
Reflektor	AB

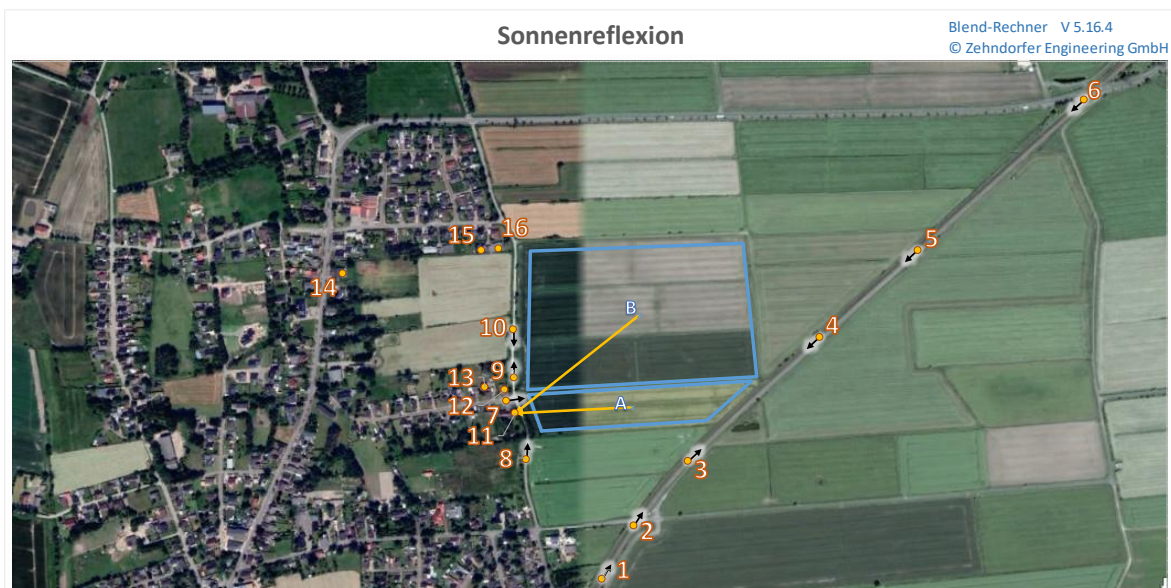
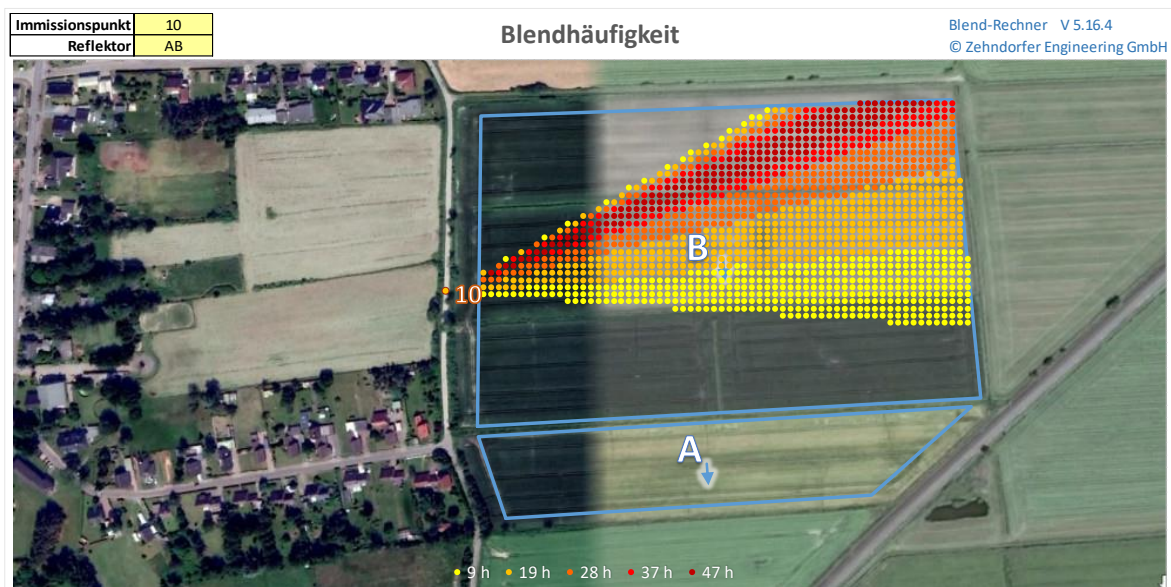
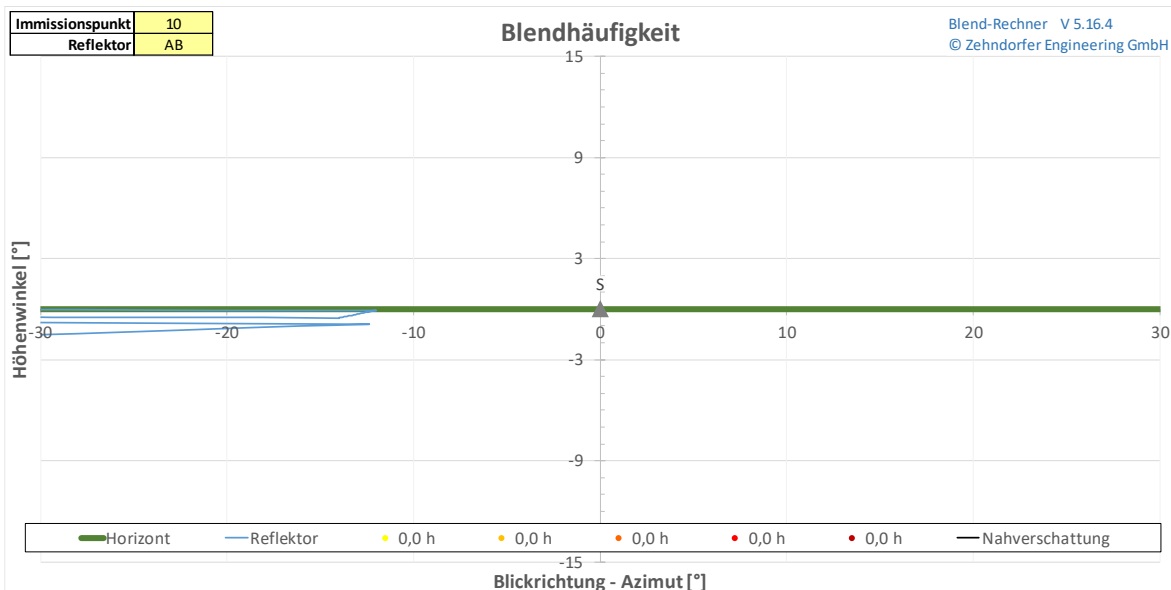
Sonnenstand

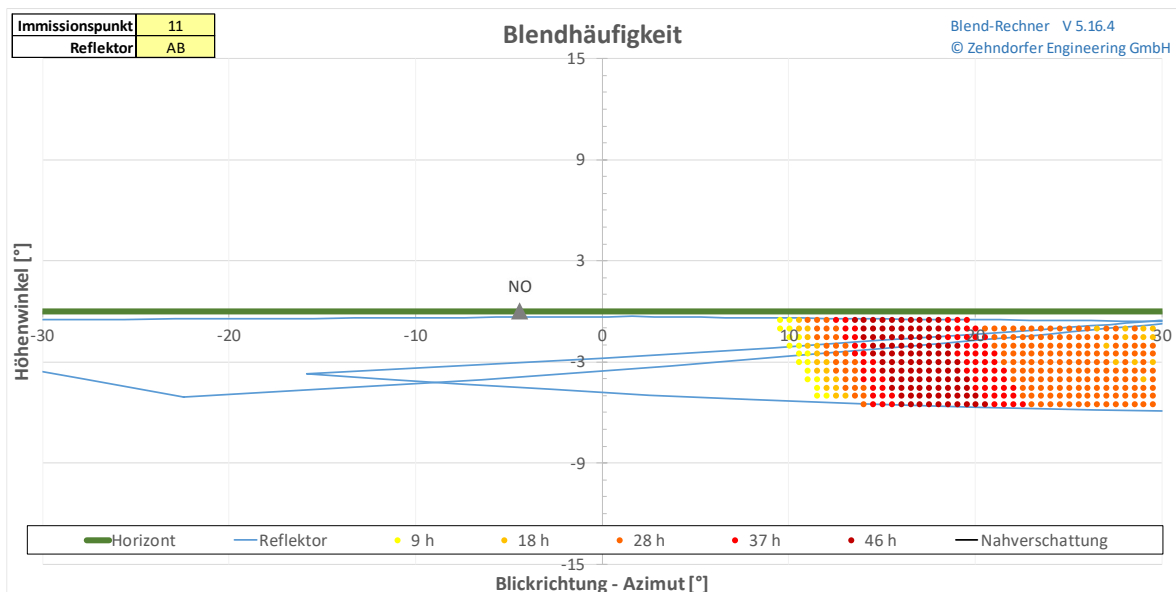
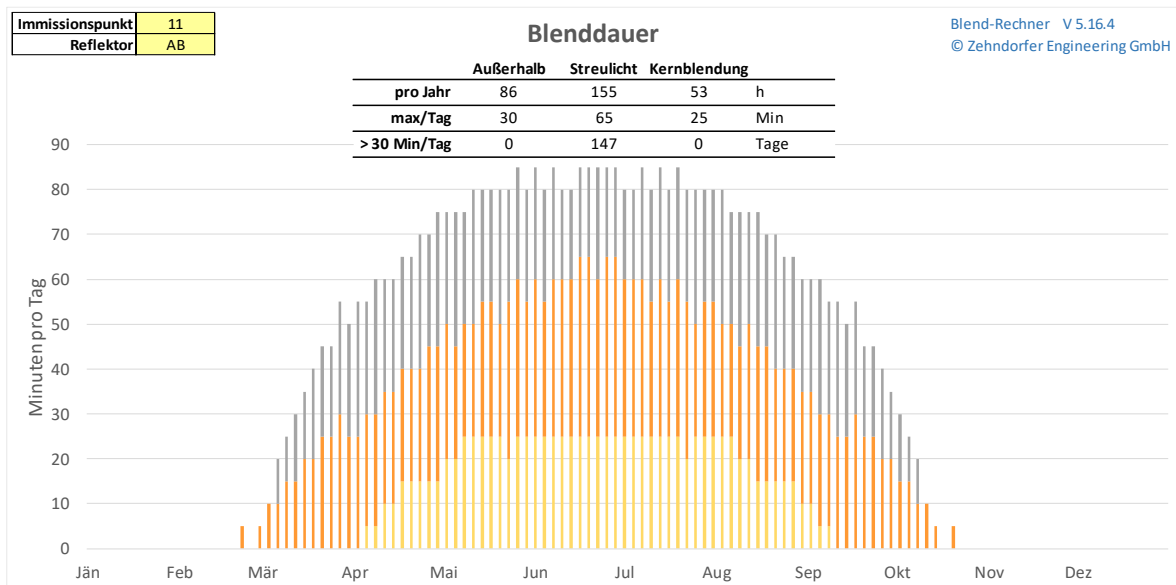
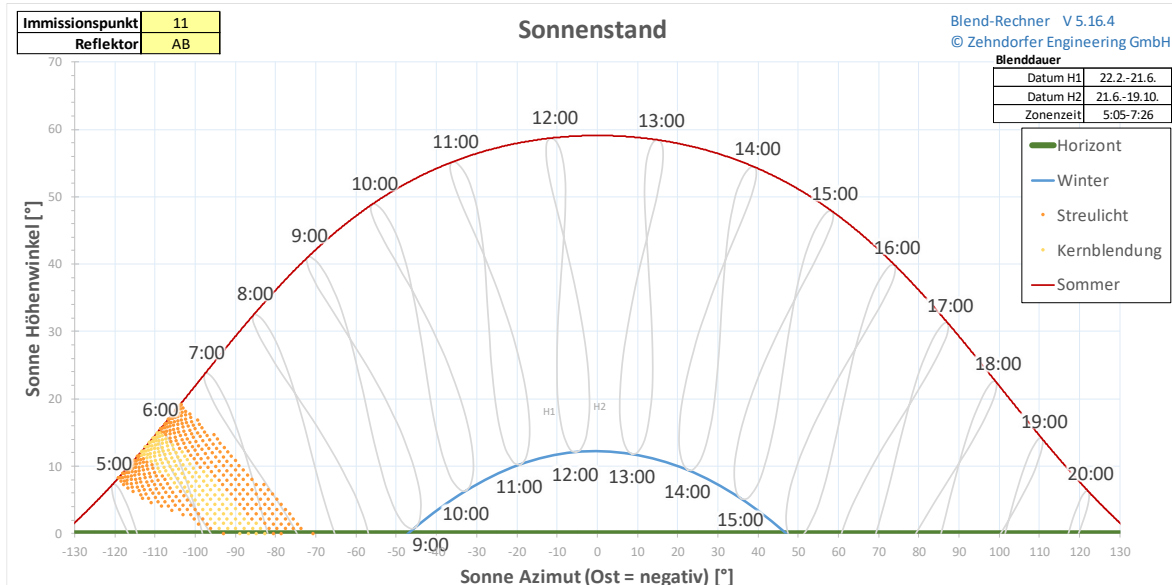
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH







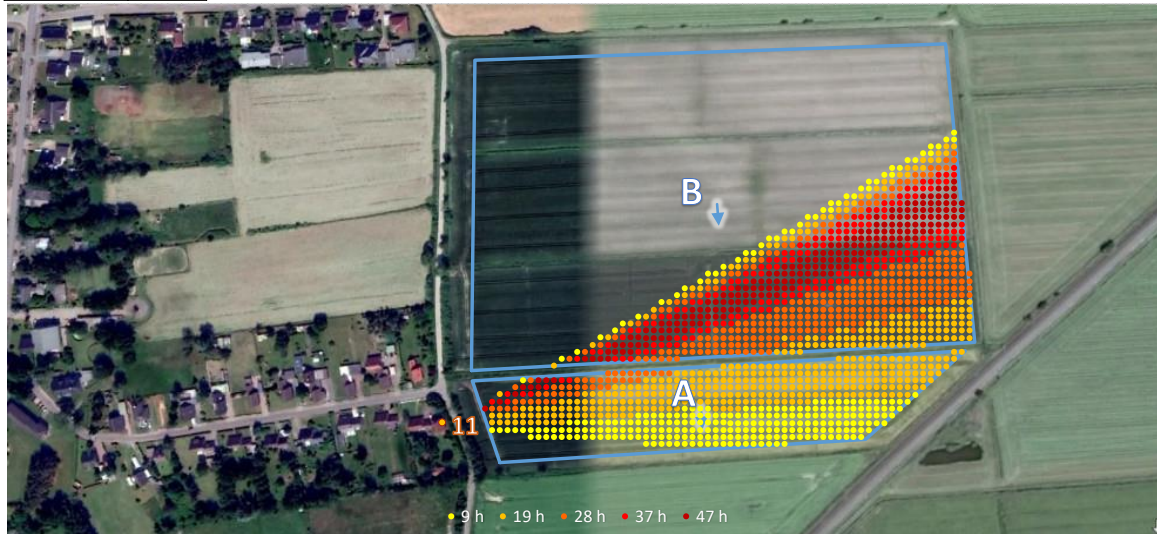




Immissionspunkt	11
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

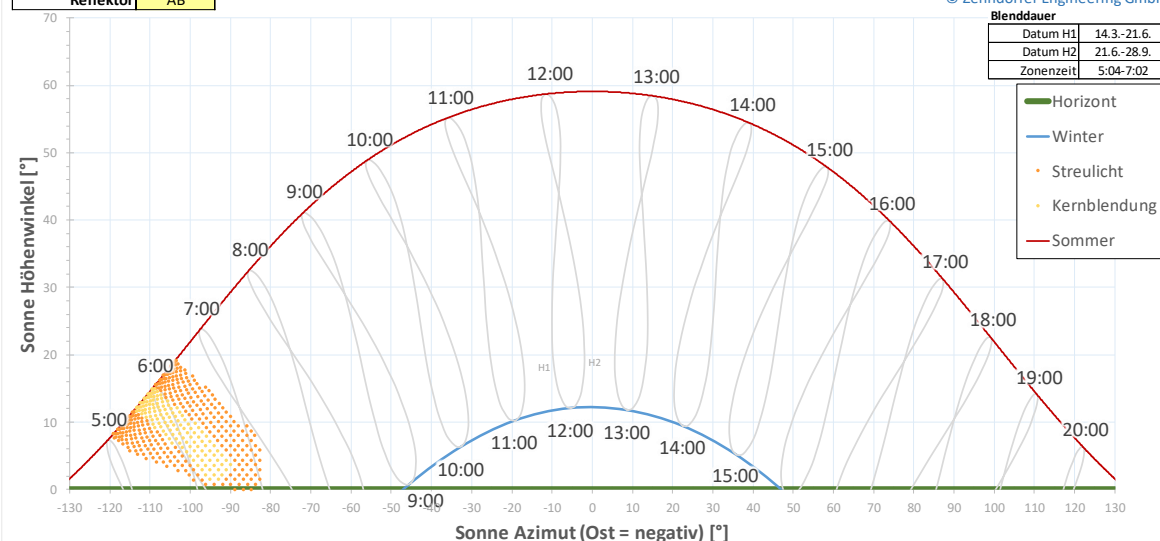
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

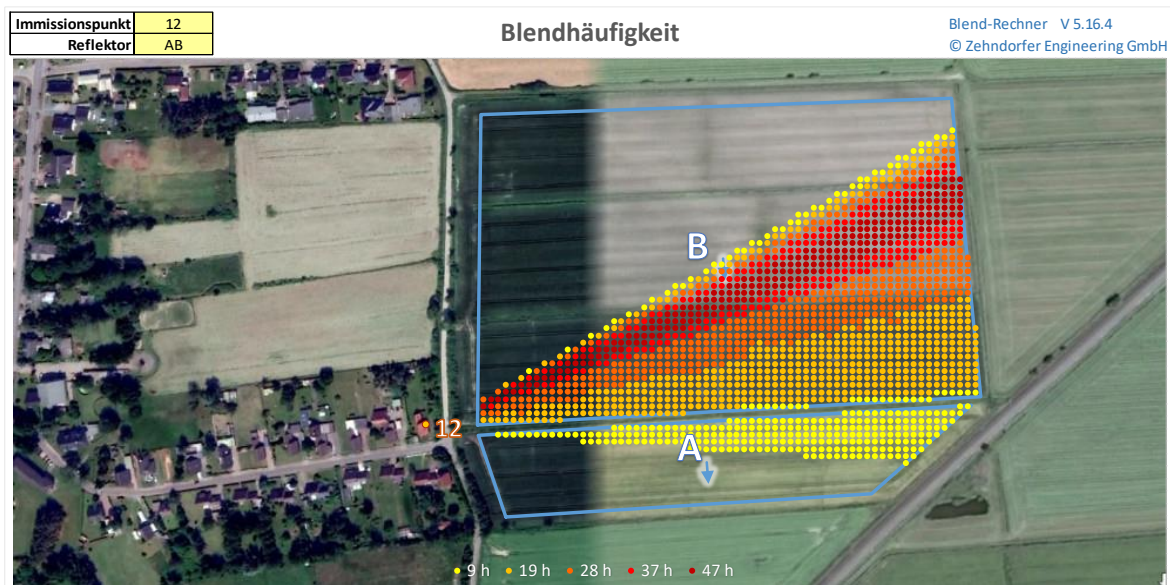
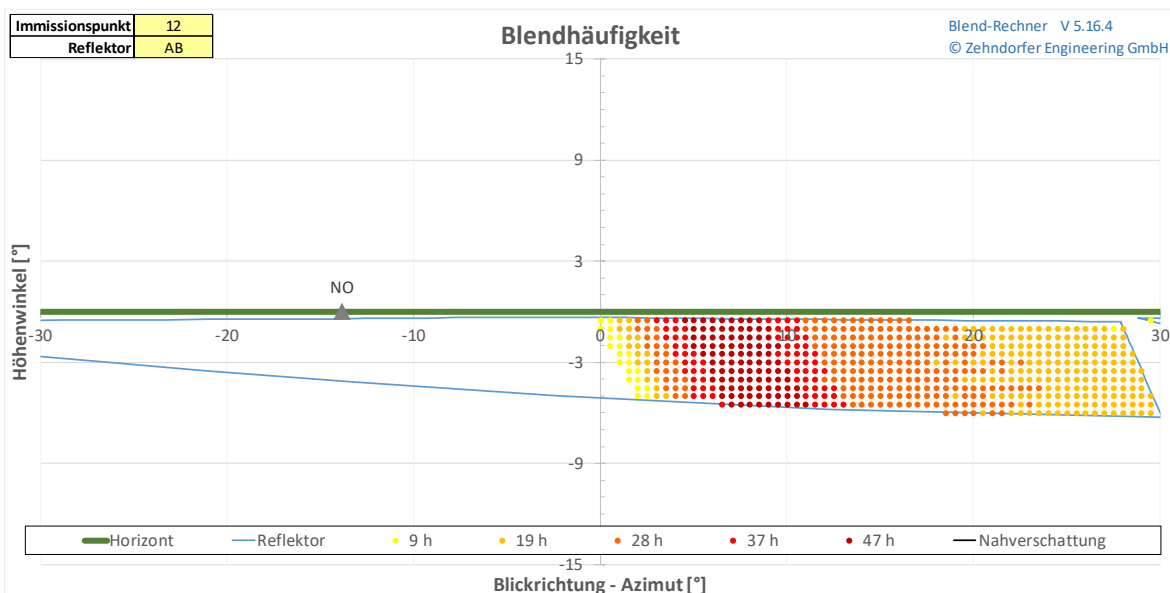
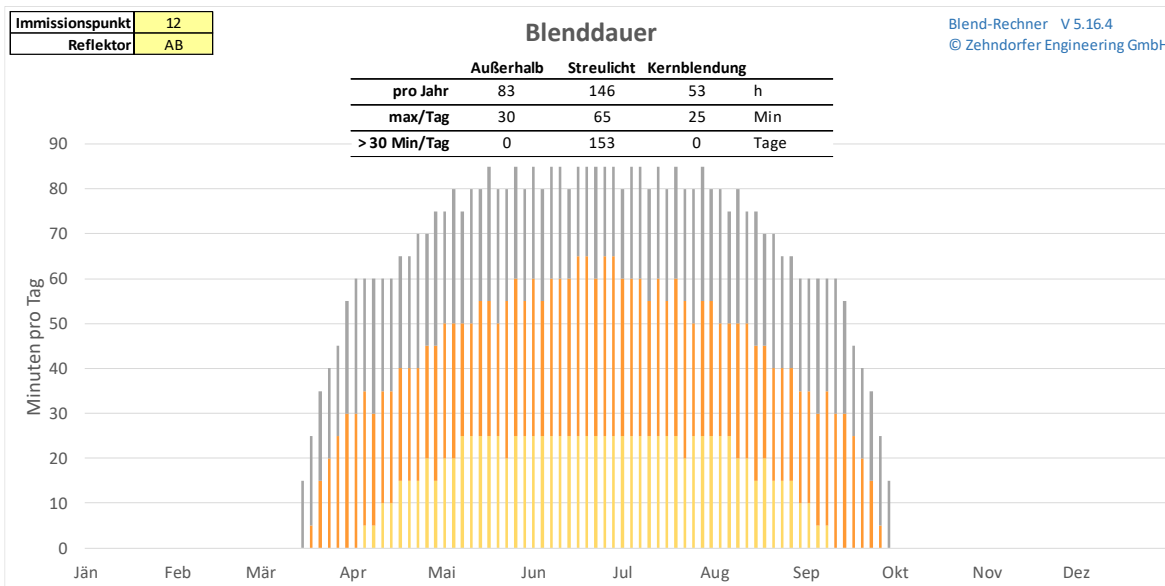


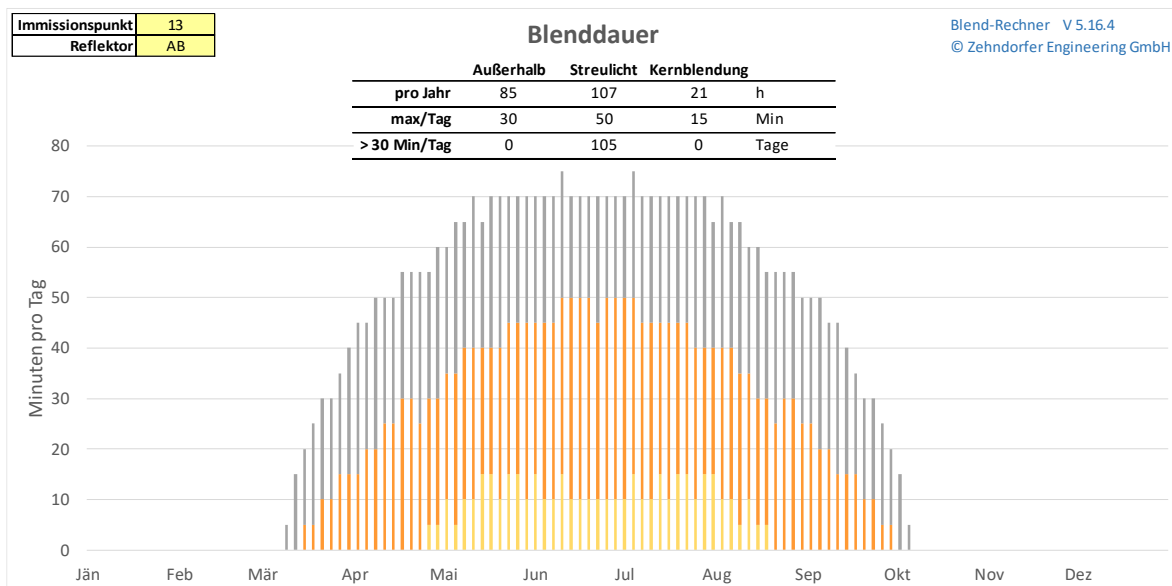
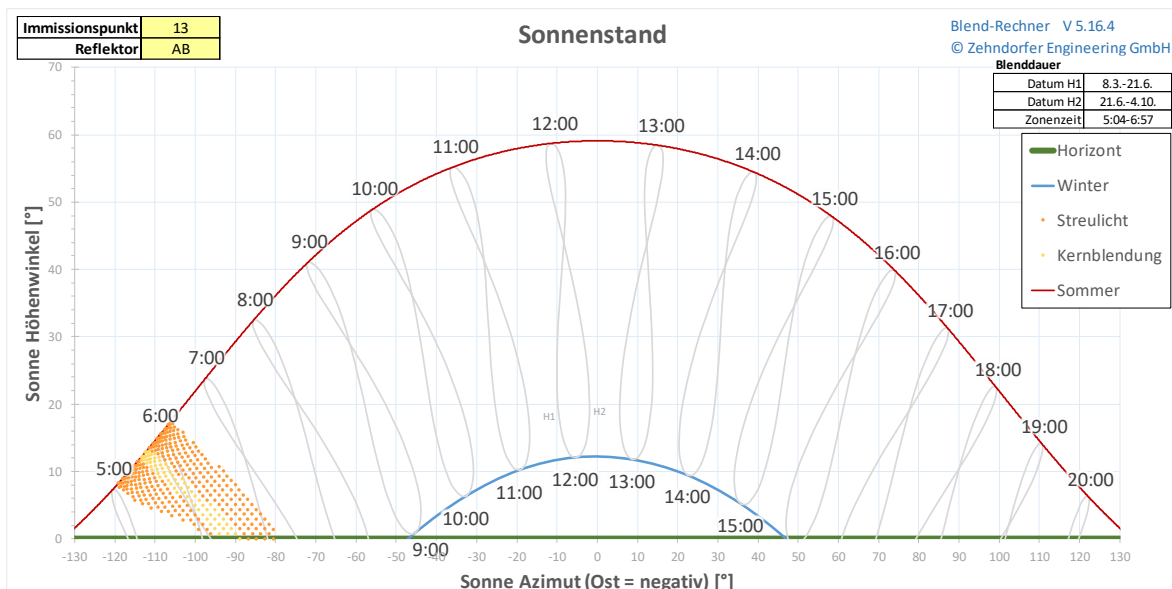
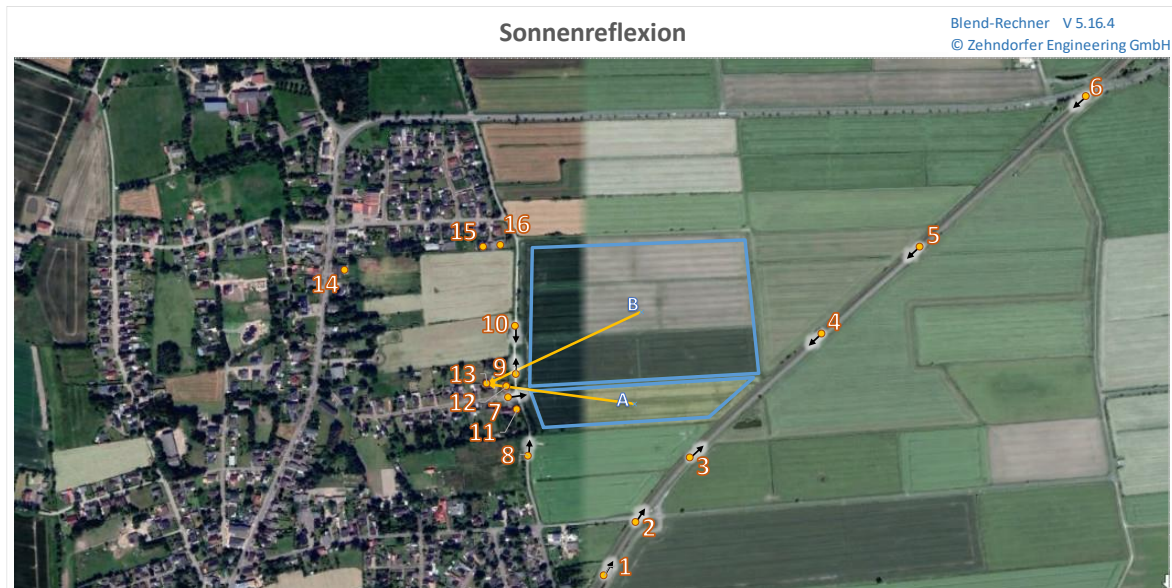
Immissionspunkt	12
Reflektor	AB

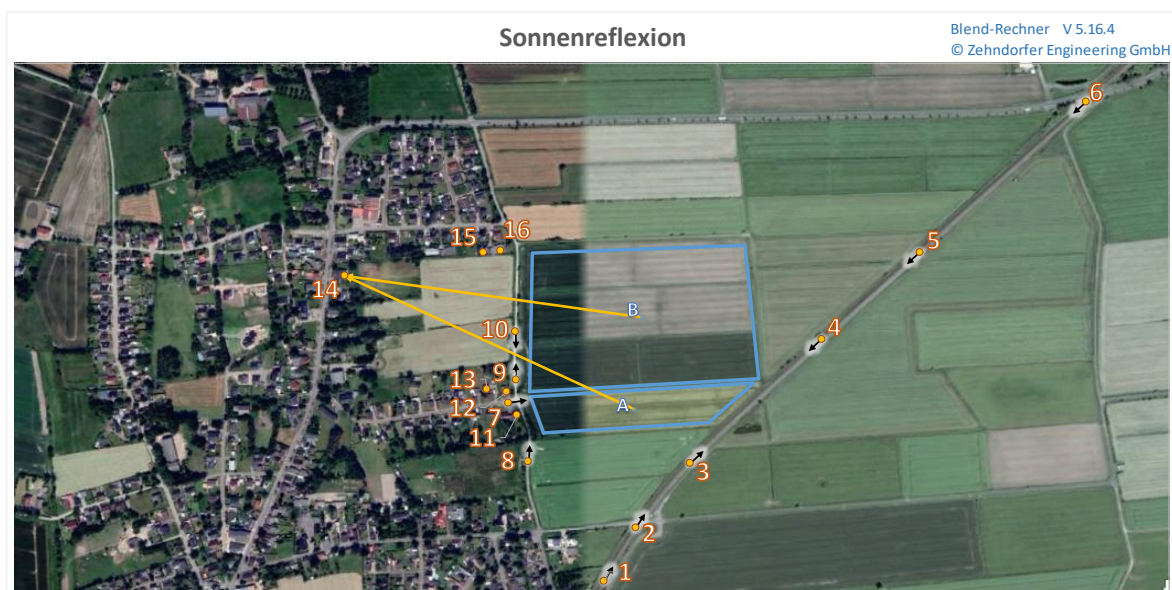
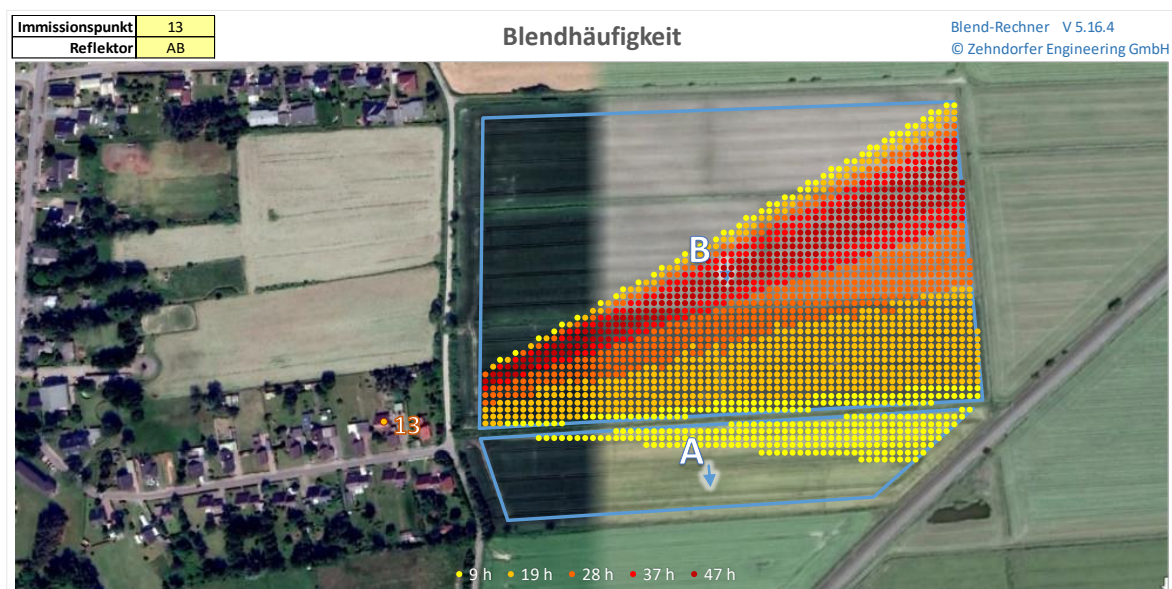
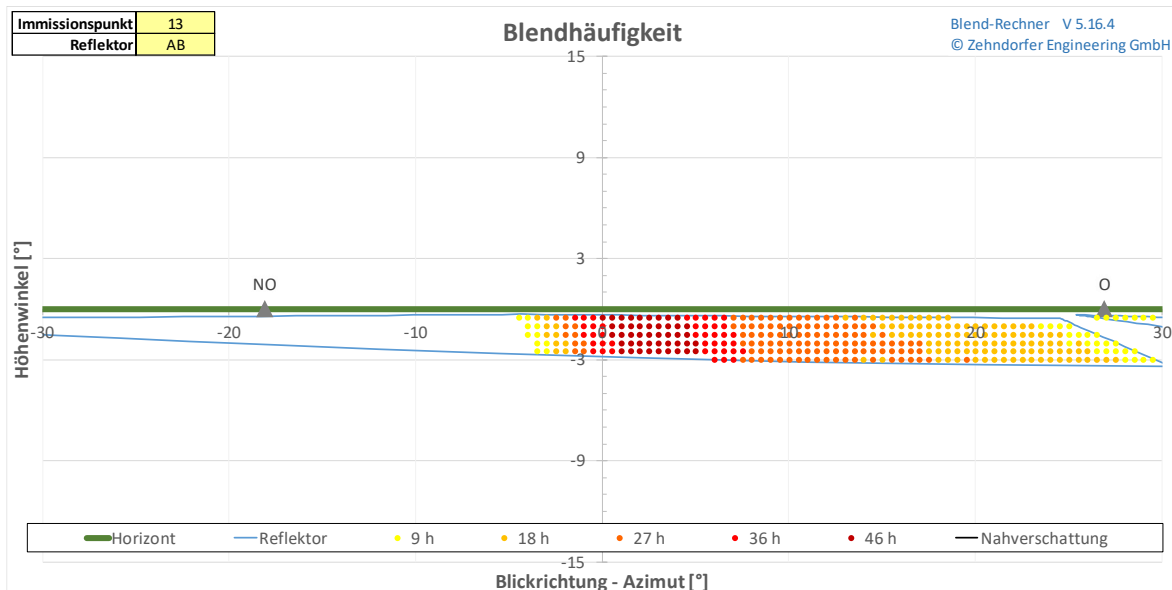
Sonnenstand

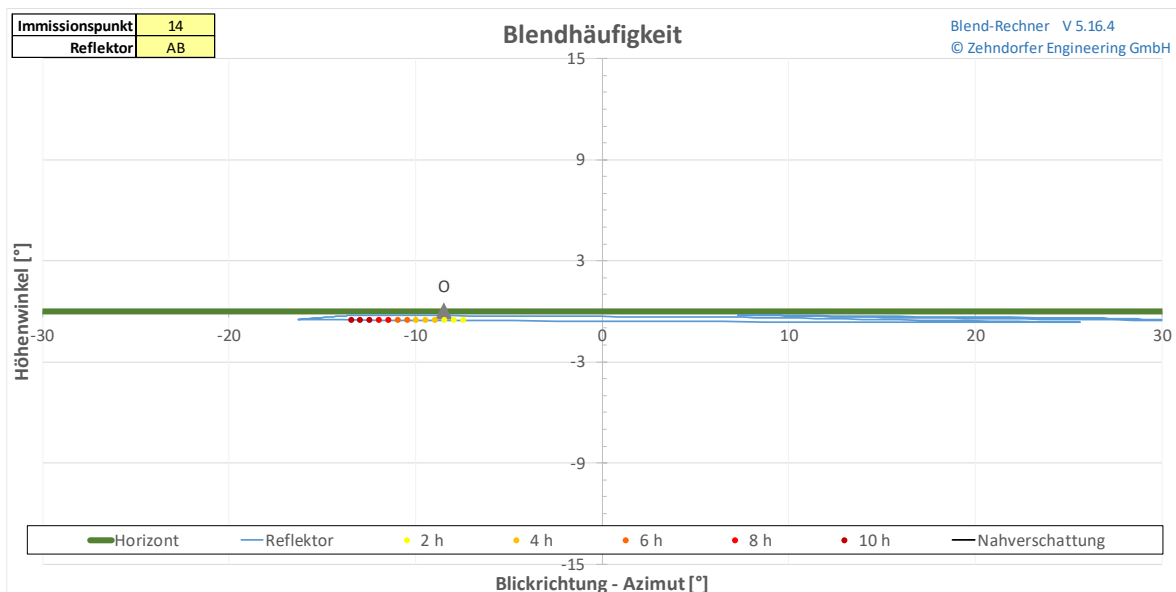
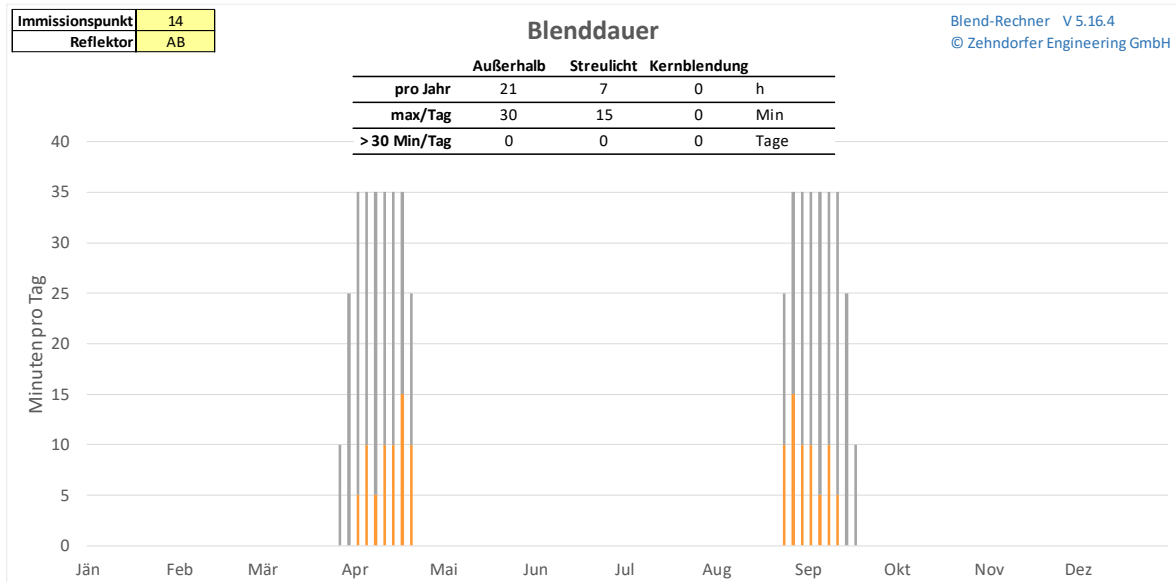
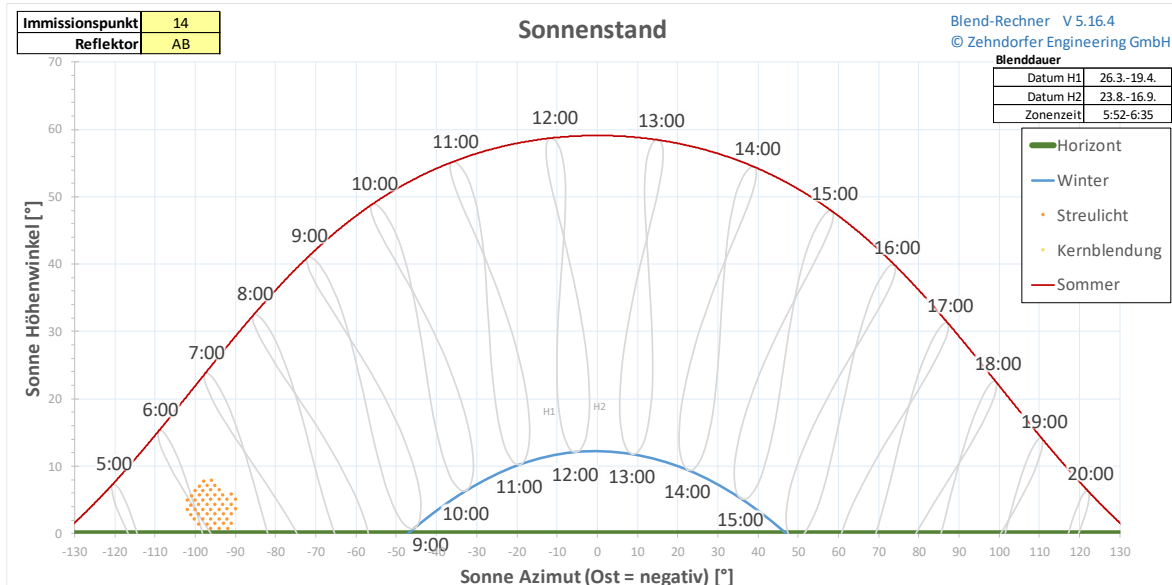
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH







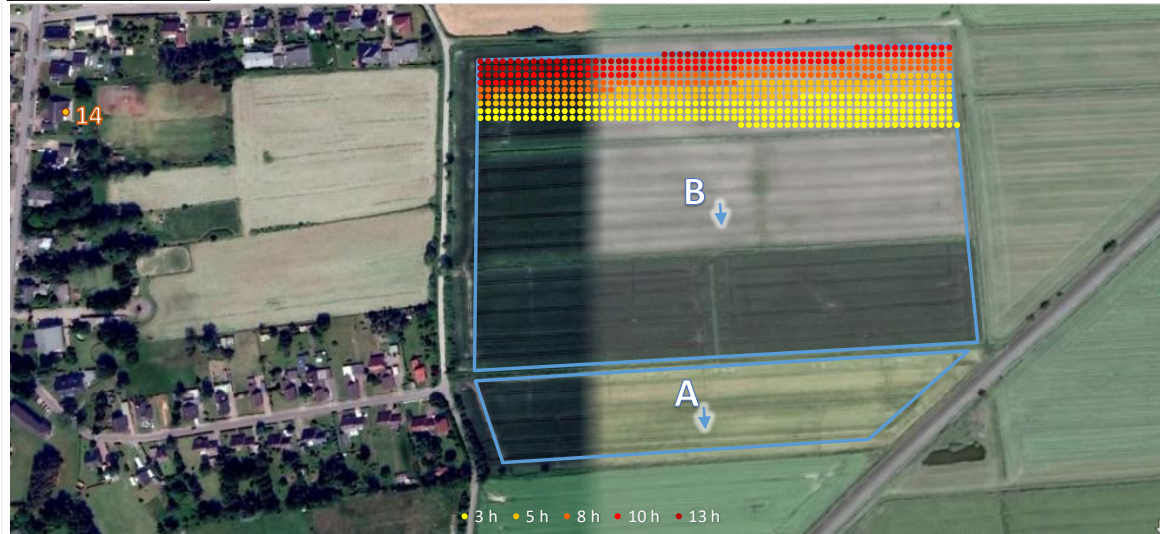




Immissionspunkt	14
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

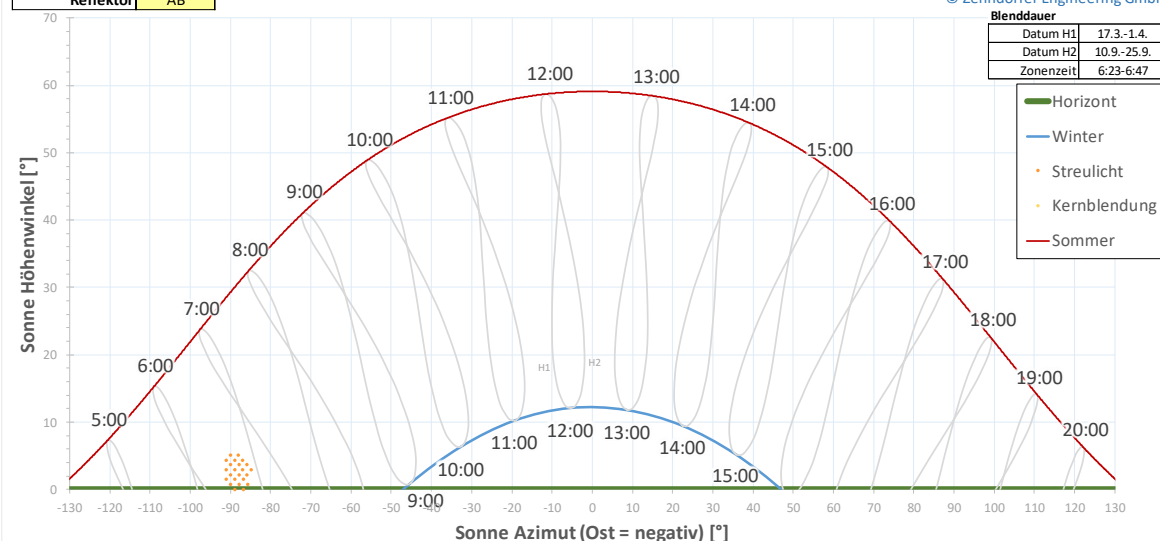
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

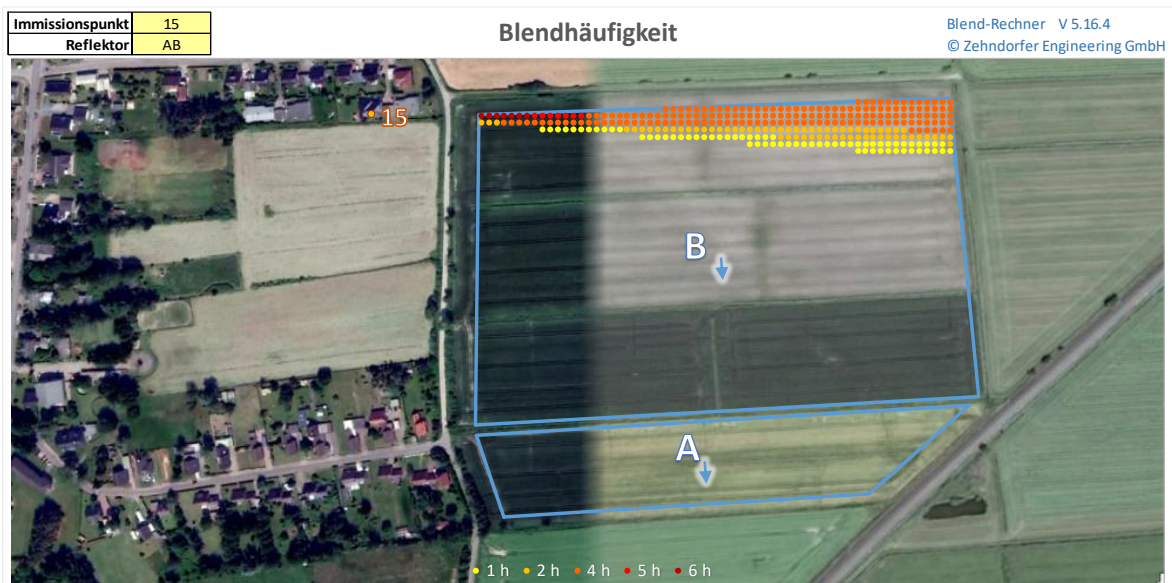
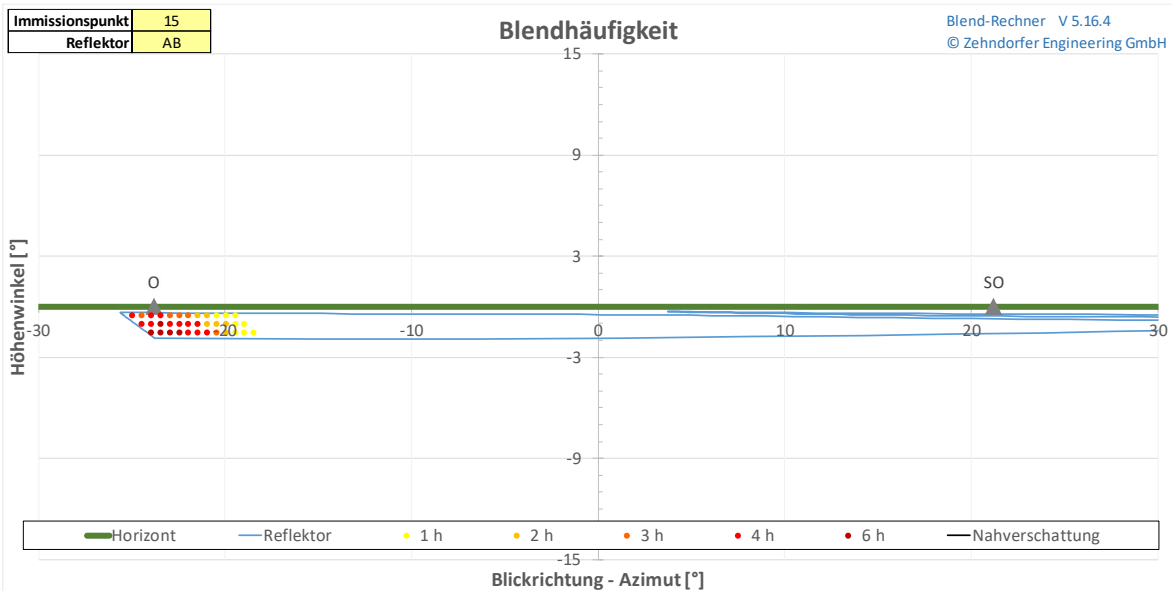
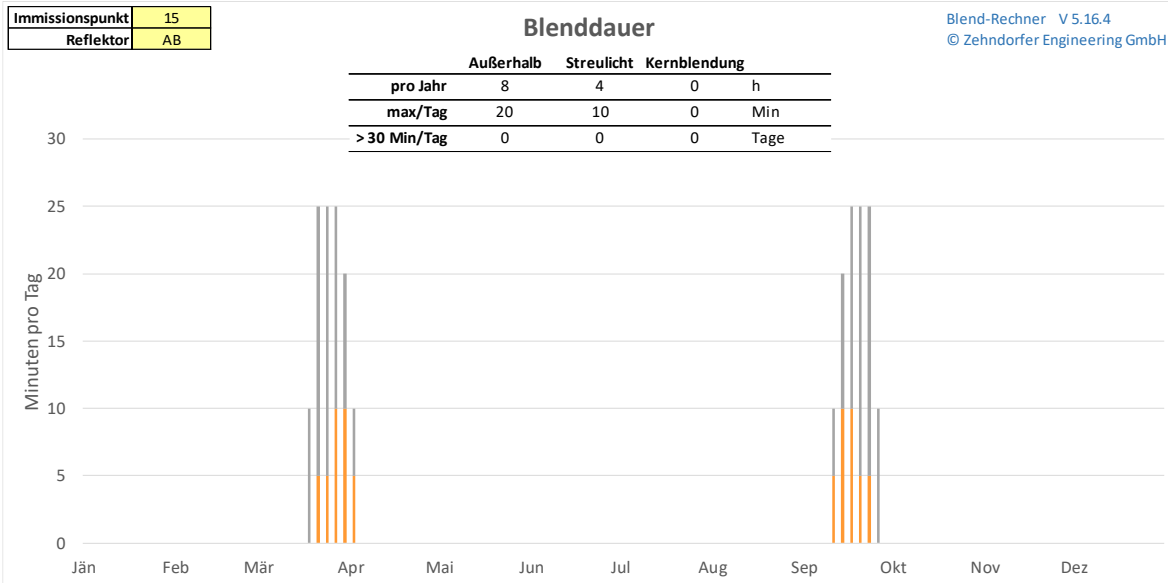


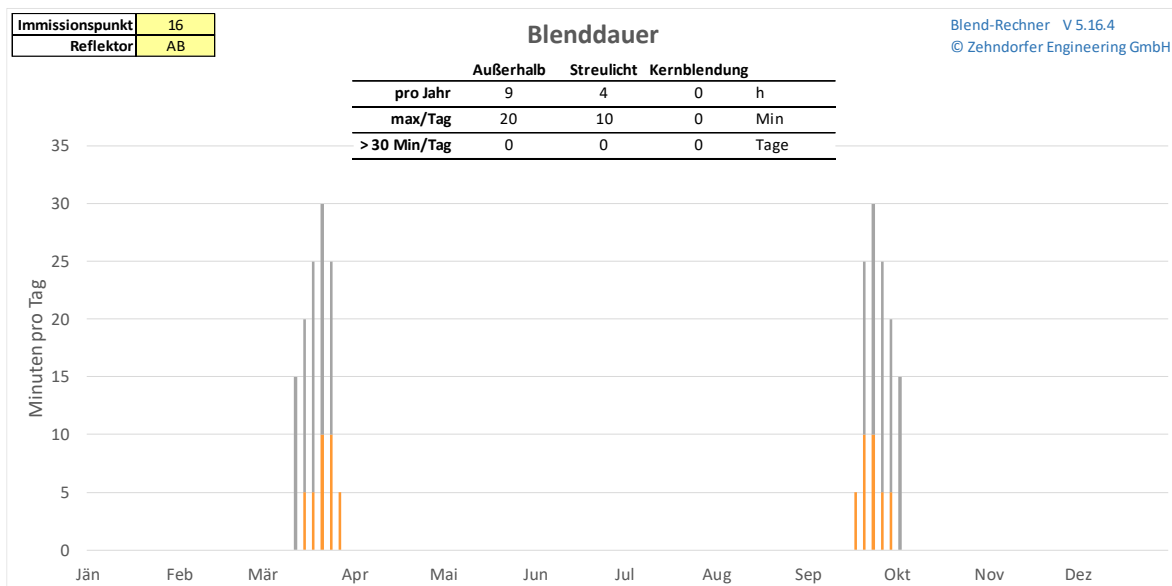
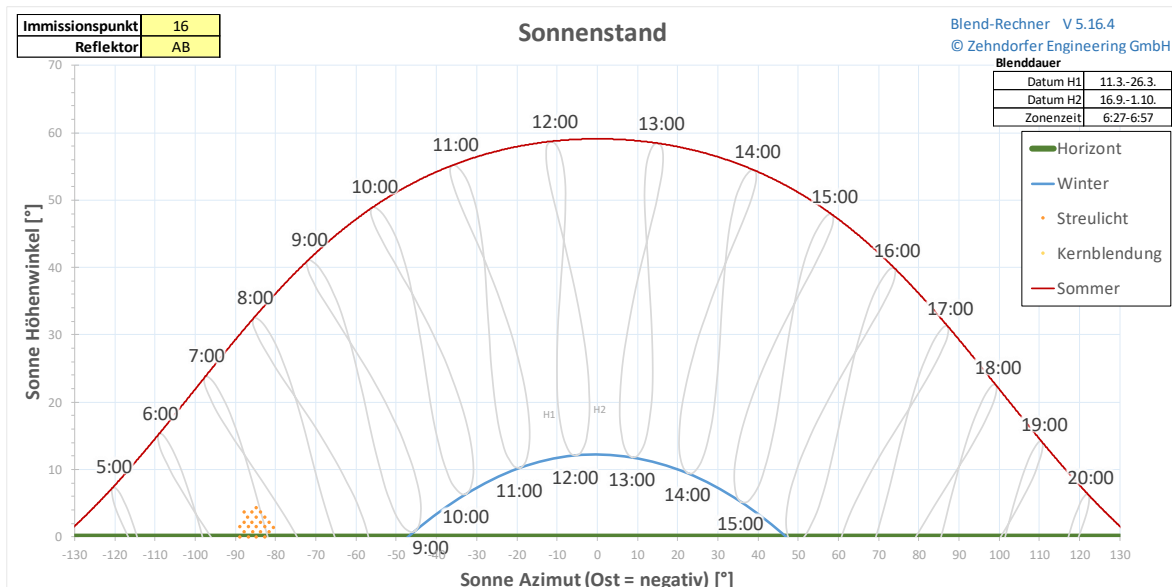
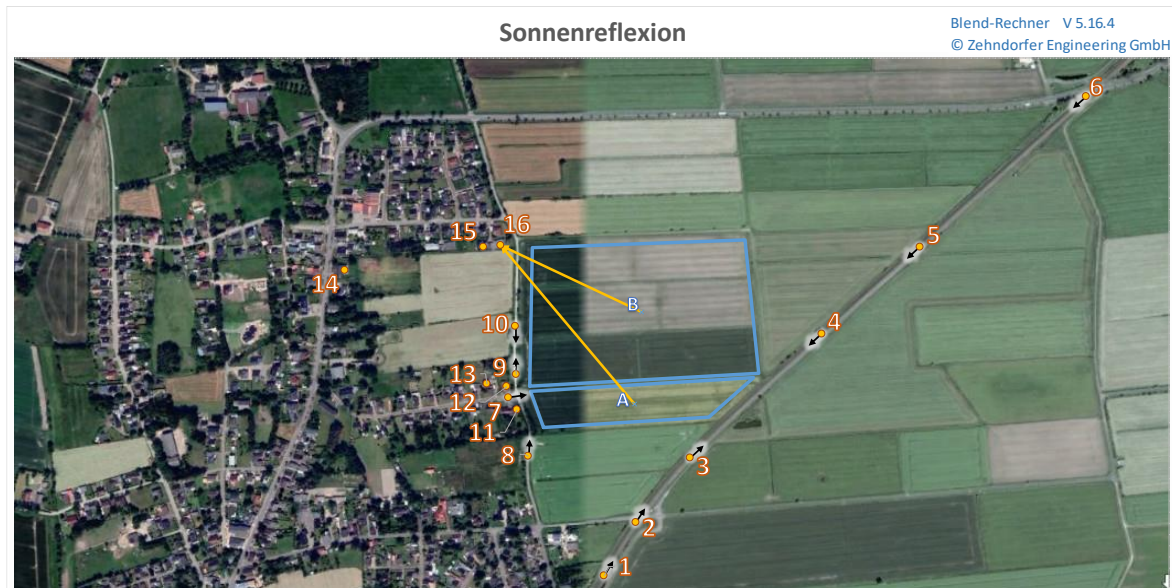
Immissionspunkt	15
Reflektor	AB

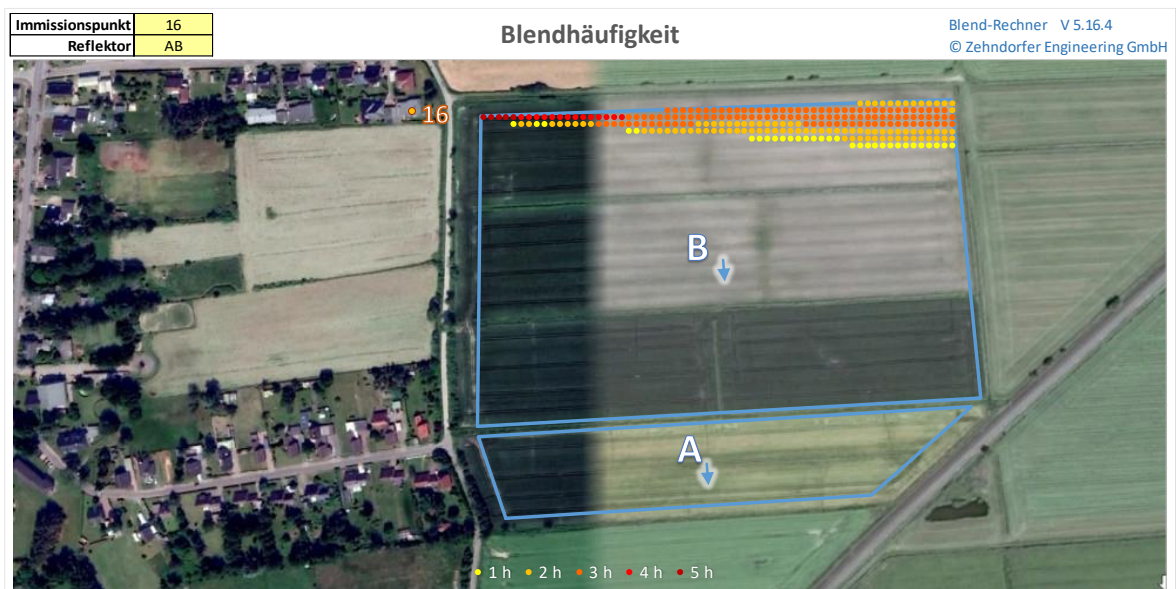
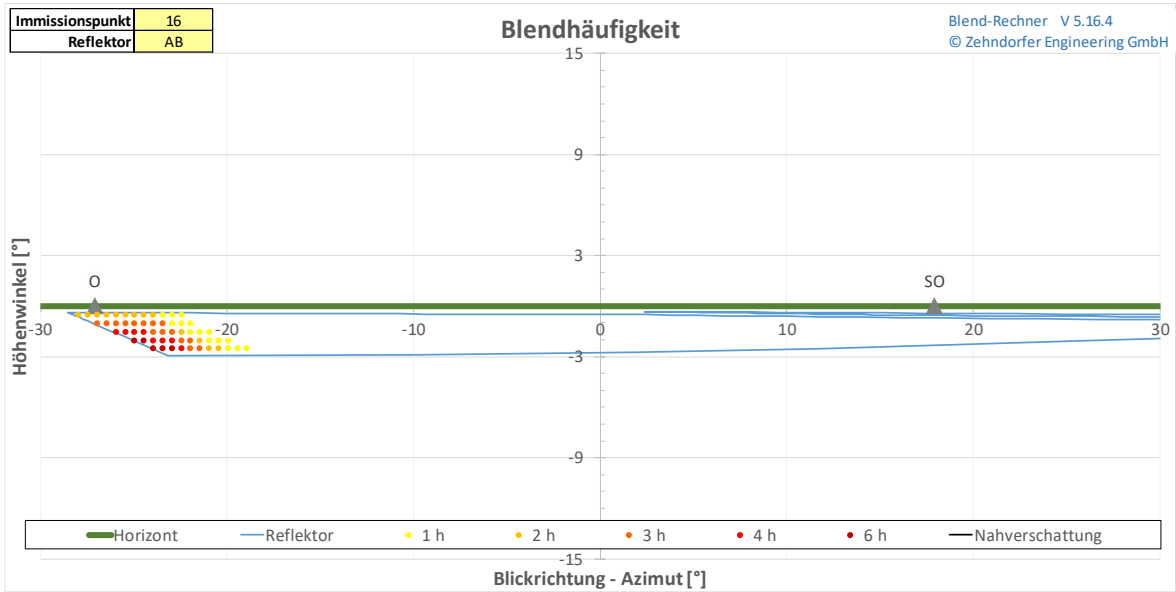
Sonnenstand

Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH







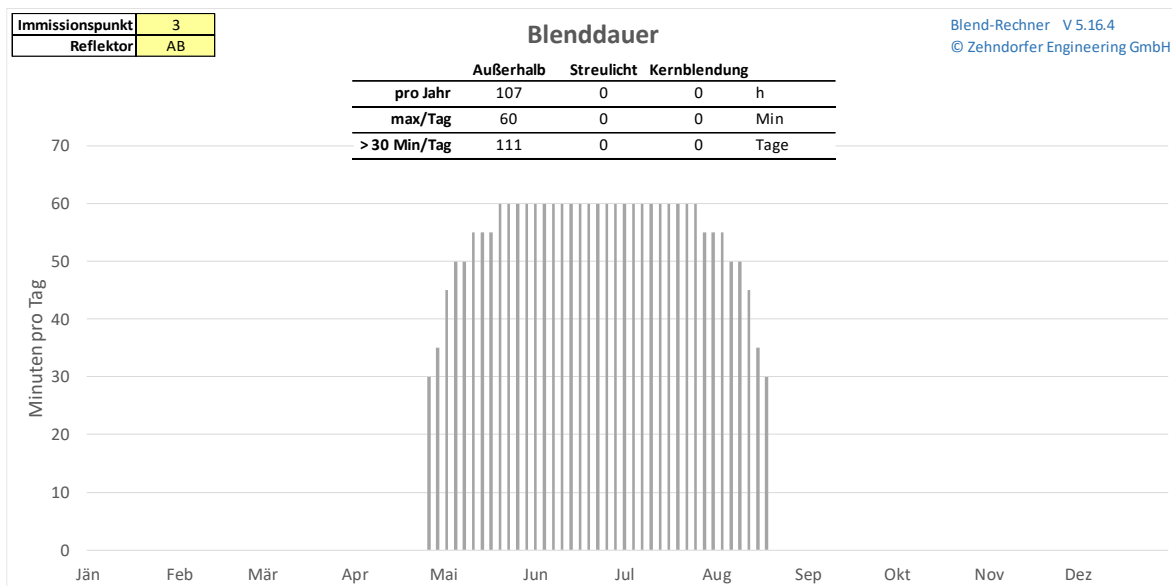
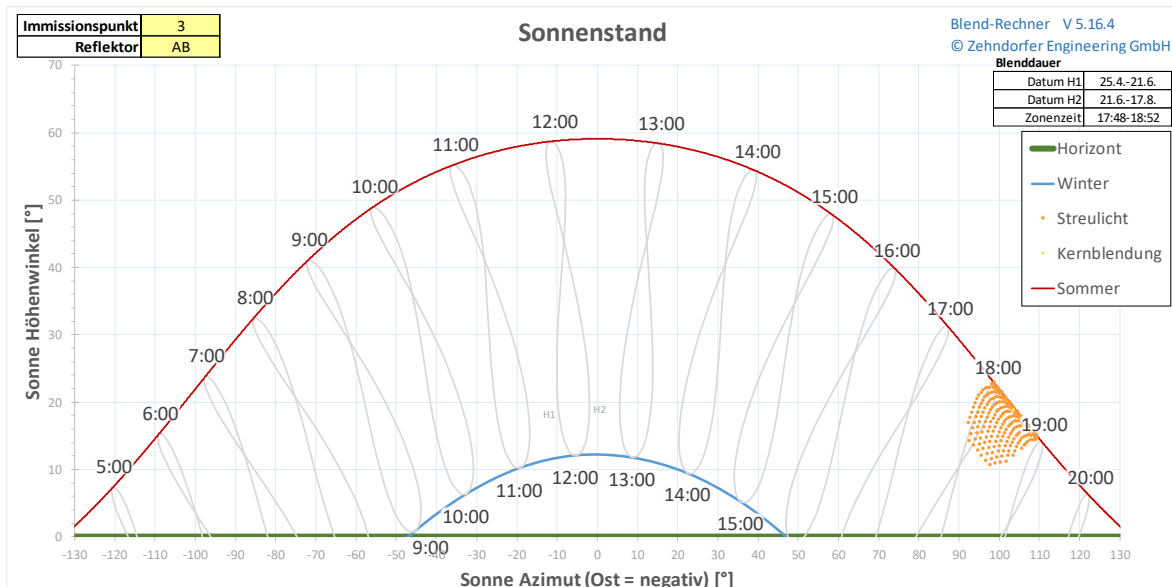
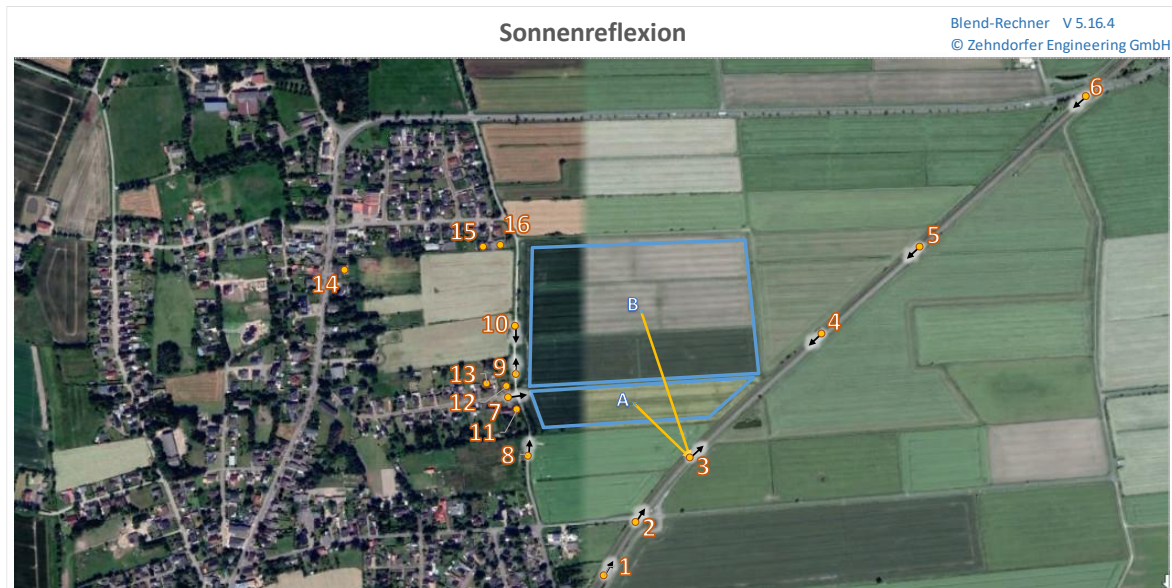


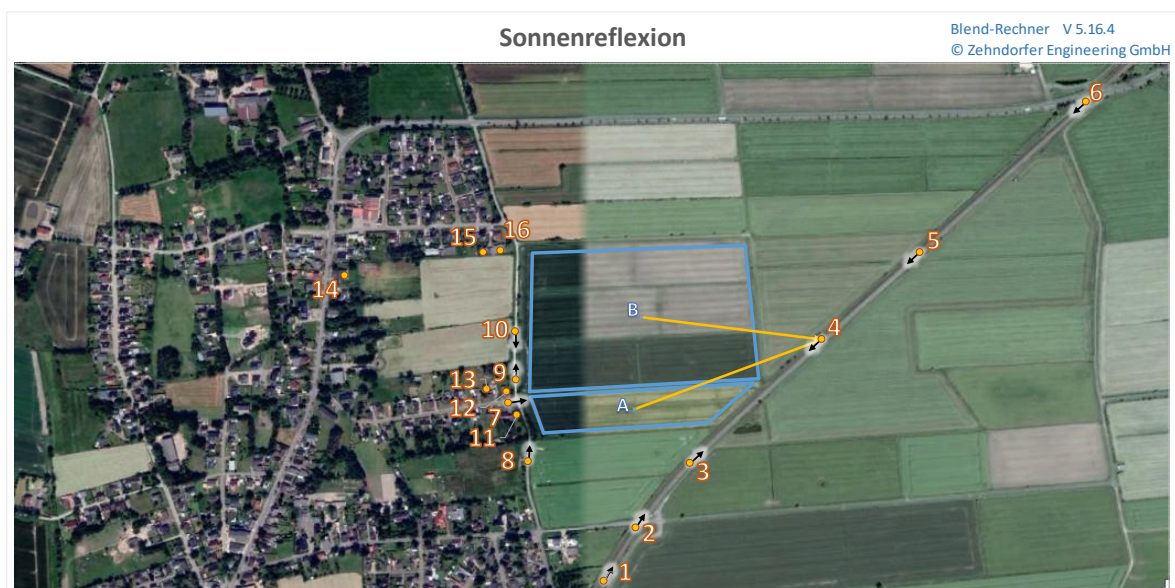
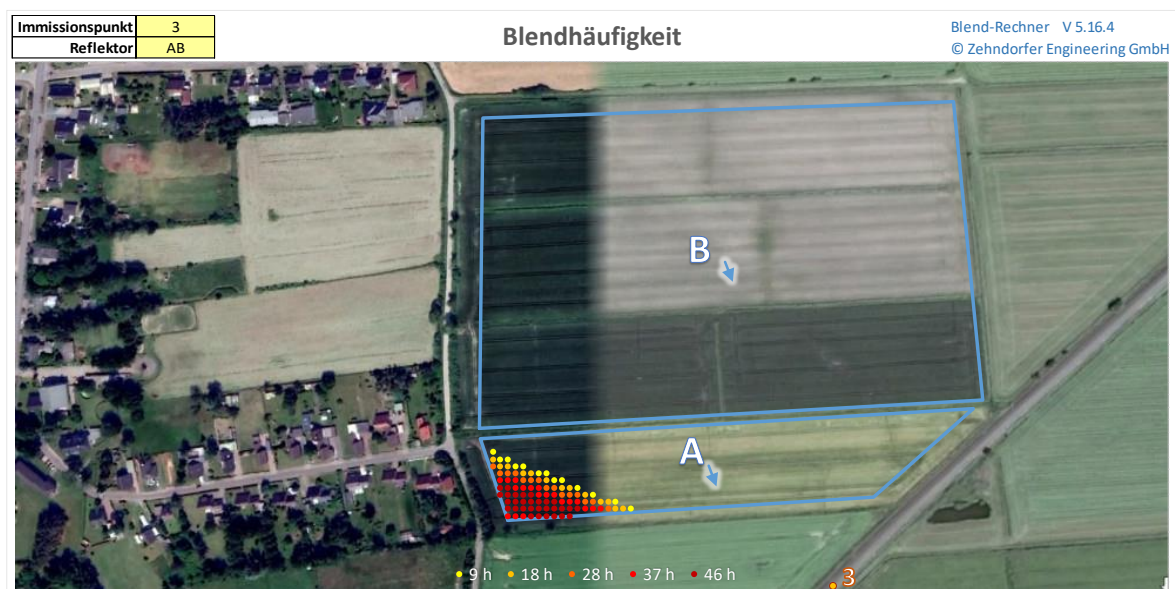
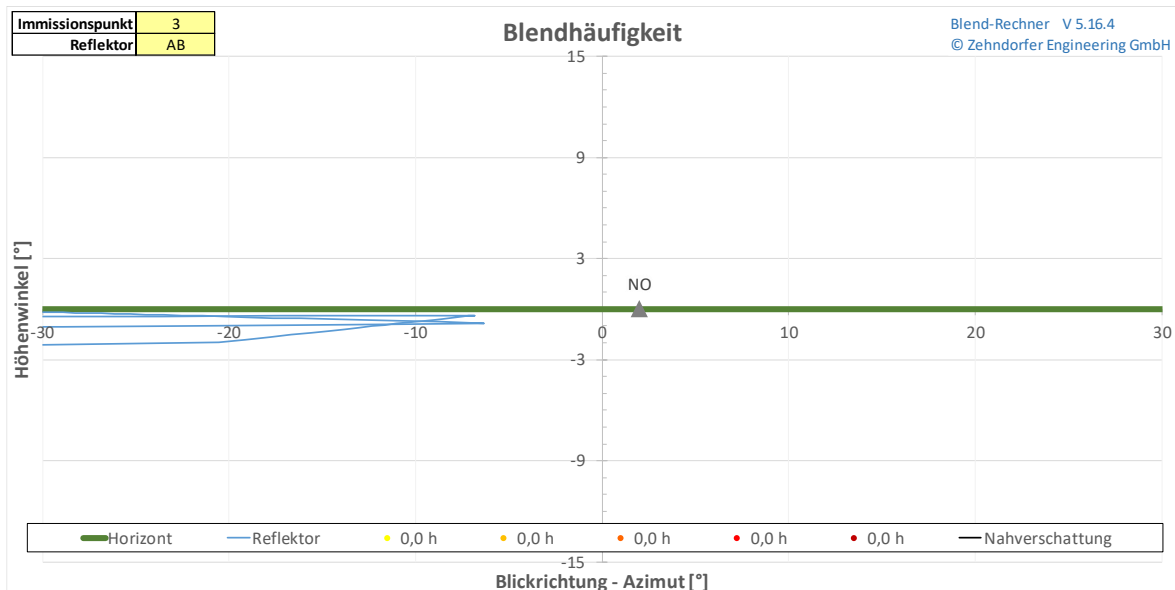
Anhang 5.1 Ergebnisse mit blendreduzierenden Maßnahmen

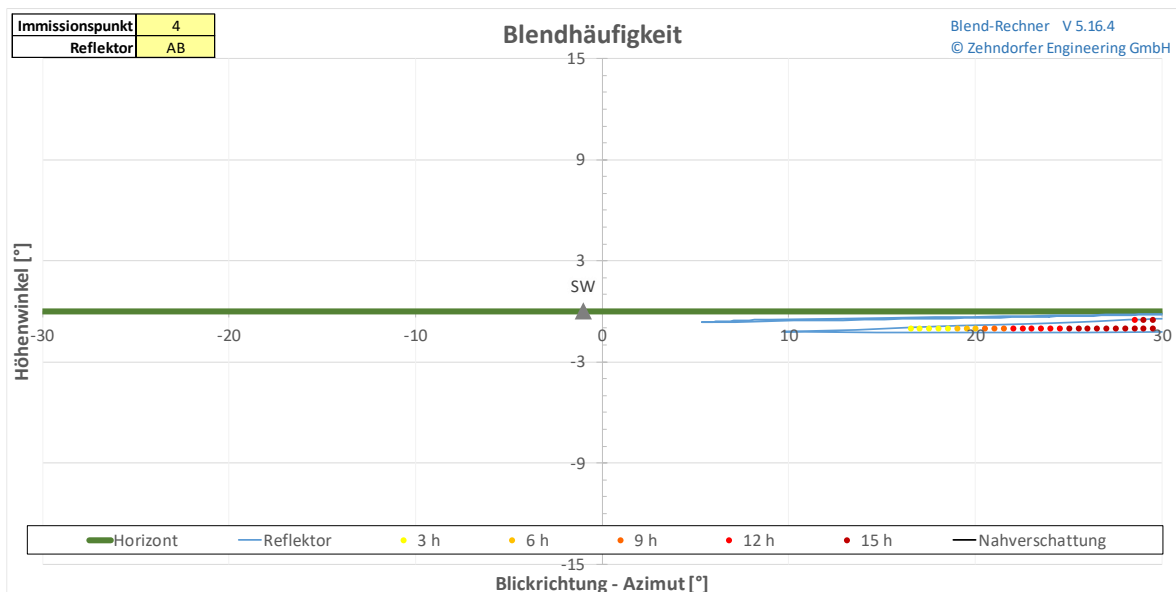
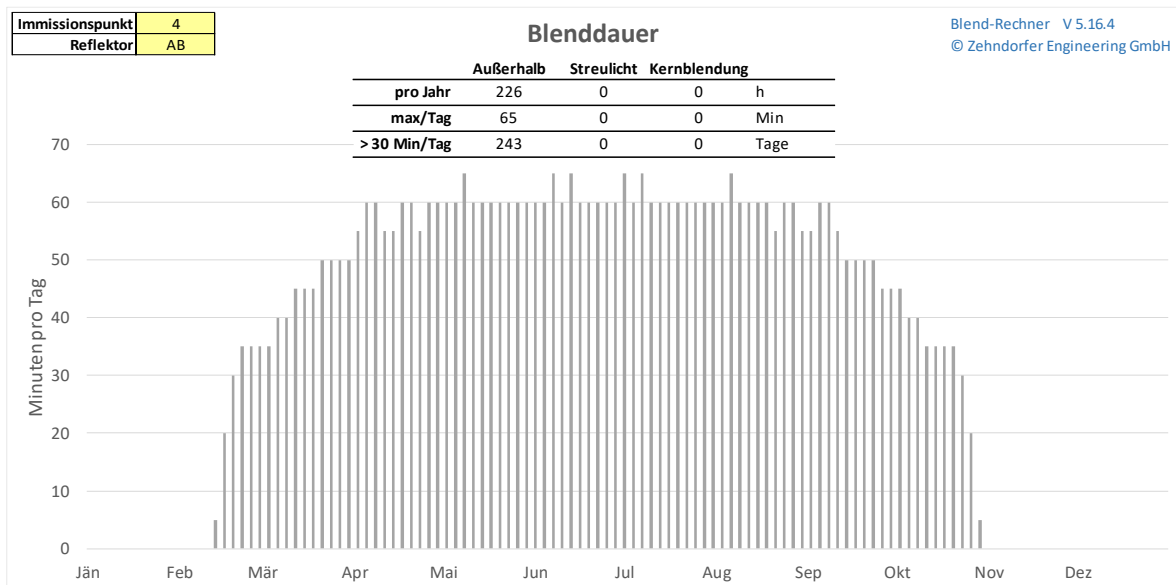
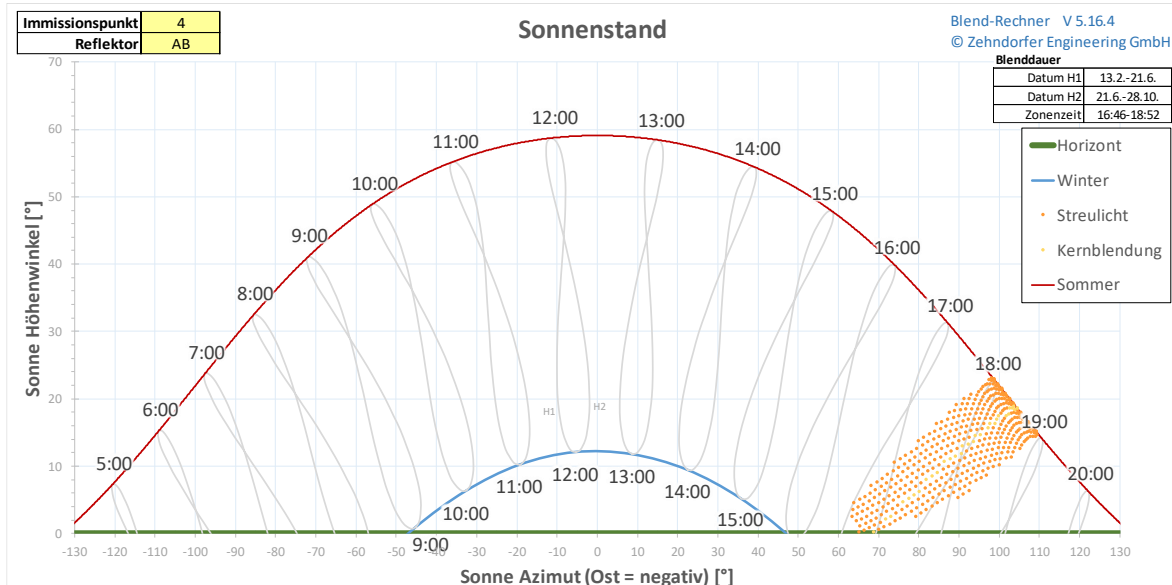
Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6
Distanz	m	476	377	273	301	475	831
Höhenwinkel	°	0	0	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	0	0	44	13	0	1
Datum H1		-	-	25.4.-21.6.	13.2.-21.6.	19.2.-28.4.	22.2.-14.3.
Datum H2		-	-	21.6.-17.8.	21.6.-28.10.	14.8.-22.10.	28.9.-19.10.
Zeit		-	-	17:48-18:52	16:46-18:52	16:55-18:18	16:58-17:37
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	0	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	-	-	17	12	9	4
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	-	101	86	81	73
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	-	30	31	24	14
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-	112	20	23	24

Reflektor		AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		7	8	9	10
Distanz	m	268	319	236	209
Höhenwinkel	°	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	22	12	69	58
Datum H1		10.4.-21.6.	16.4.-21.6.	29.3.-21.6.	10.4.-21.6.
Datum H2		21.6.-1.9.	21.6.-26.8.	21.6.-13.9.	21.6.-1.9.
Zeit		4:35-5:50	4:35-5:40	4:35-6:12	4:35-6:00
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	20	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	9	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	6	6	6	6
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-113	-115	-110	-112
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	21	18	22	20
Blendung - Blickwinkel (min)	°	5	51	54	102

Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		11	12	13	14	15	16
Distanz	m	270	260	286	495	286	261
Höhenwinkel	°	-1	-1	-1	0	-1	-1
Raumwinkel	msr	134	110	55	0	22	40
Datum H1		17.3.-21.6.	17.3.-21.6.	1.4.-21.6.	-	-	-
Datum H2		21.6.-25.9.	21.6.-25.9.	21.6.-10.9.	-	-	-
Zeit		4:35-6:33	4:35-6:33	4:35-6:08	-	-	-
Kernblendung	min / Tag	20	20	5	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	23	21	2	0	0	0
Streulicht	min / Tag	45	45	35	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	100	101	61	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	7	7	6	-	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-106	-106	-111	-	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	26	26	22	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	5	0	0	-	-	-

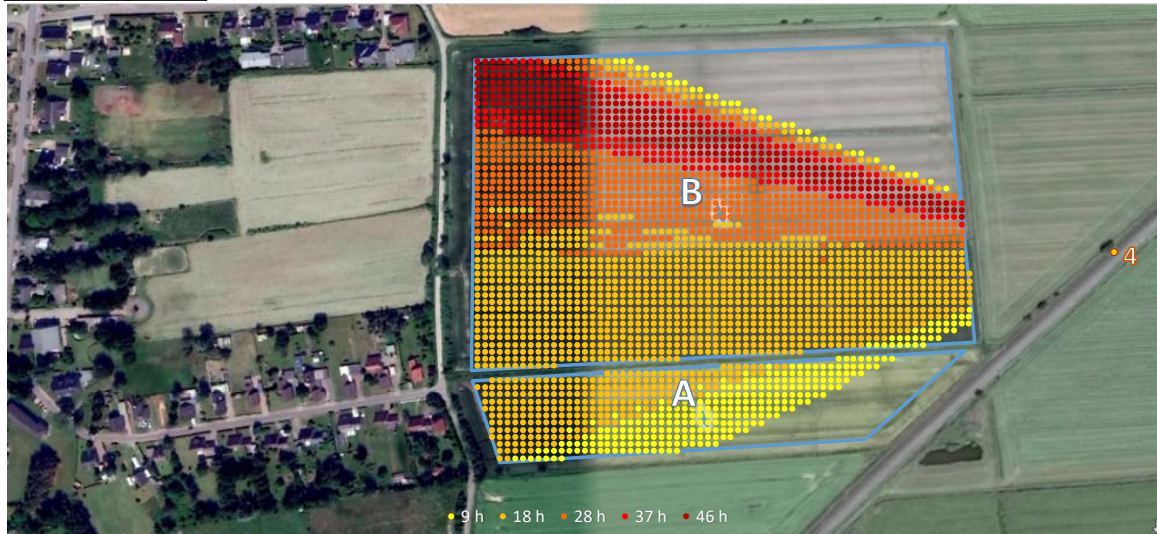






Immissionspunkt	4
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

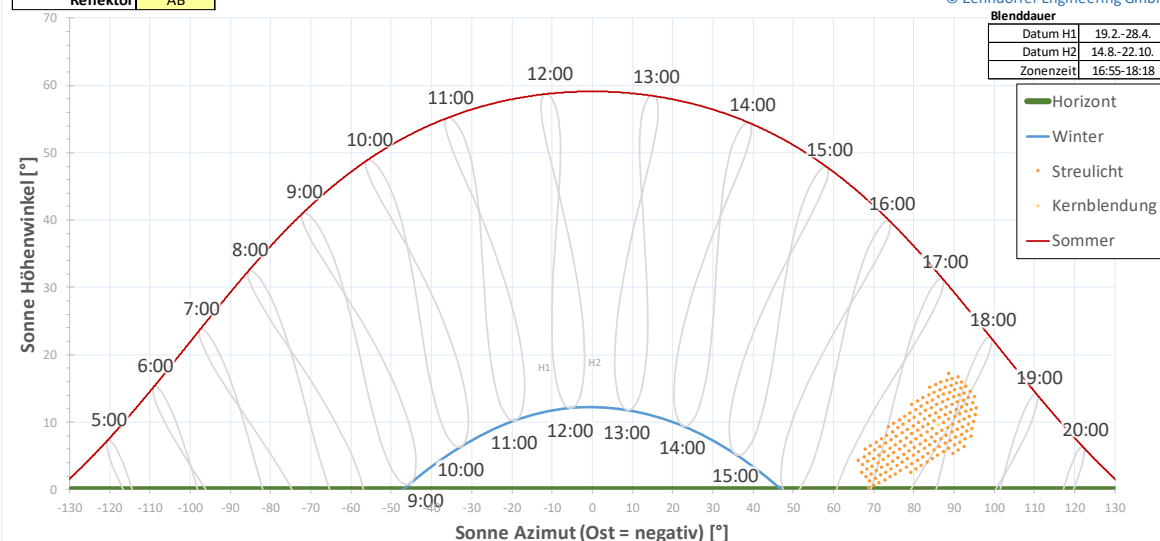
 Blend-Rechner V 5.16.4
 © Zehndorfer Engineering GmbH


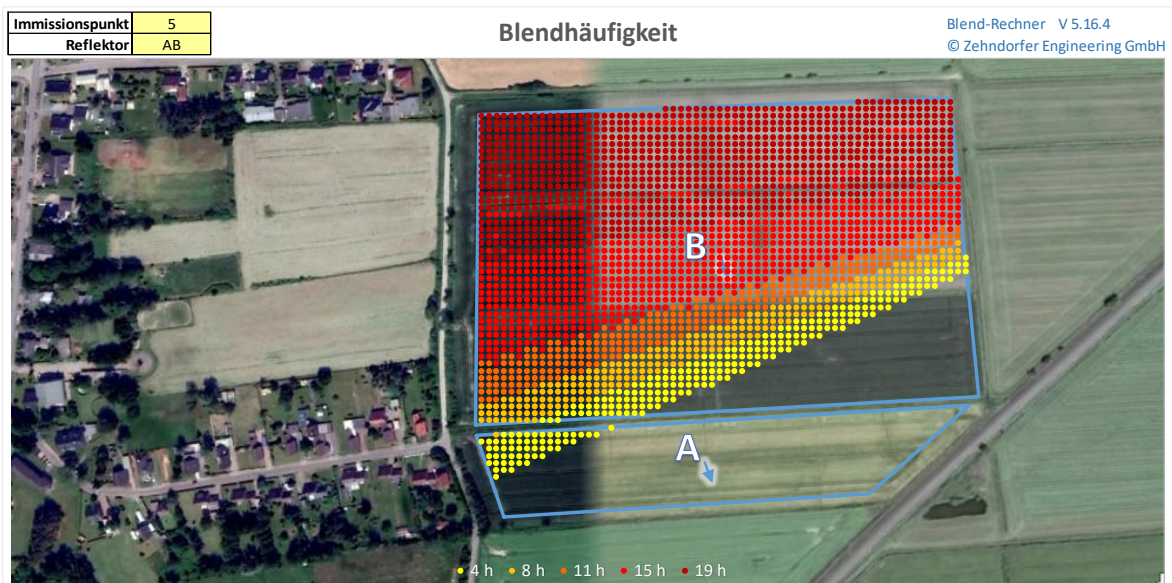
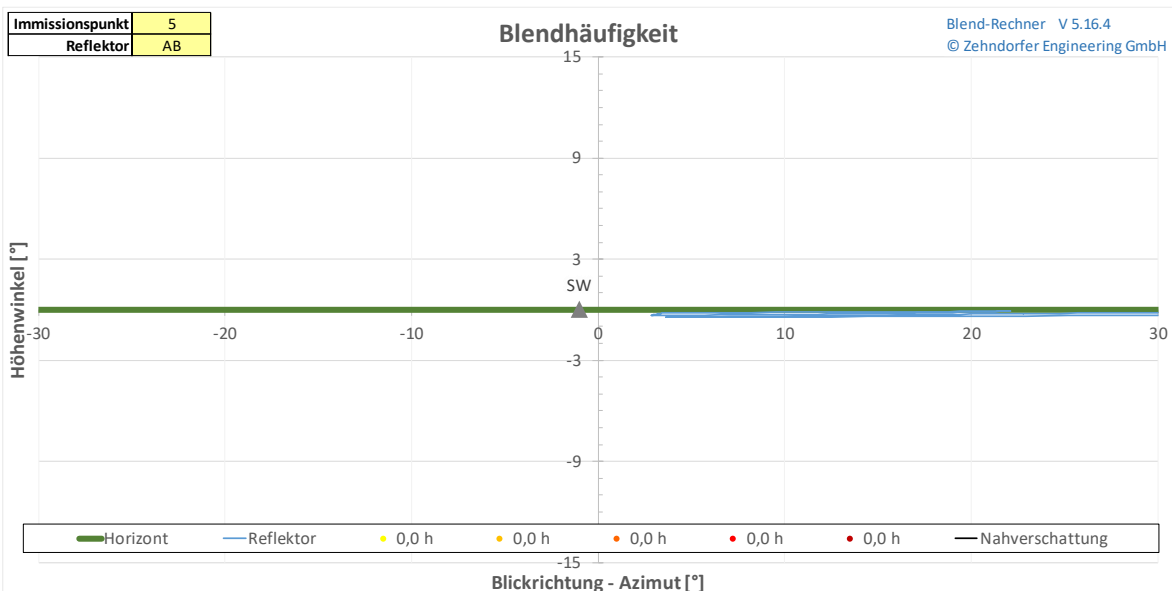
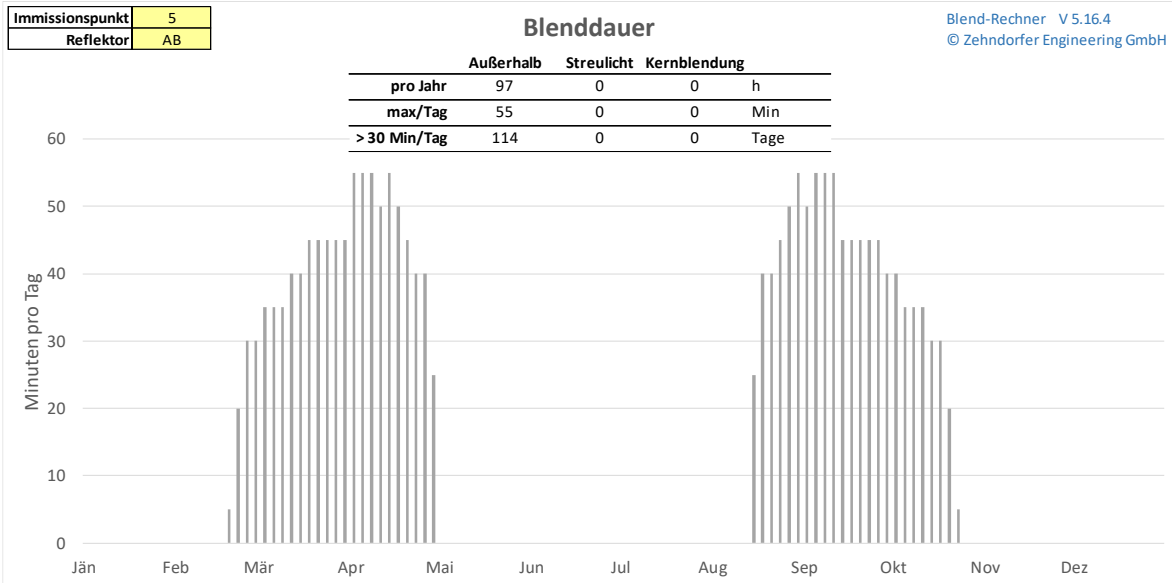
Sonnenreflexion

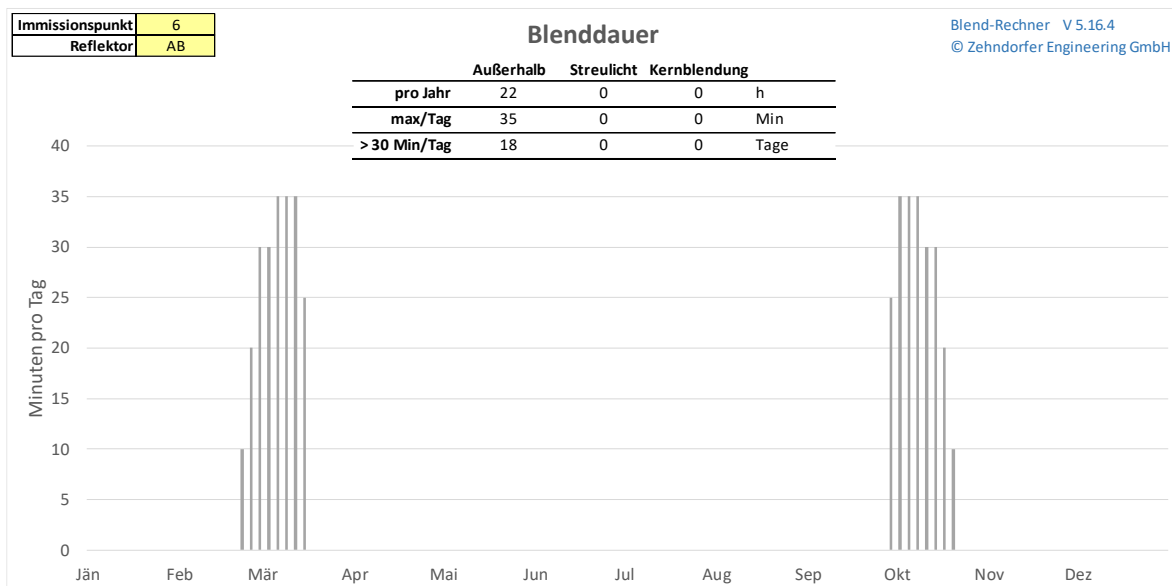
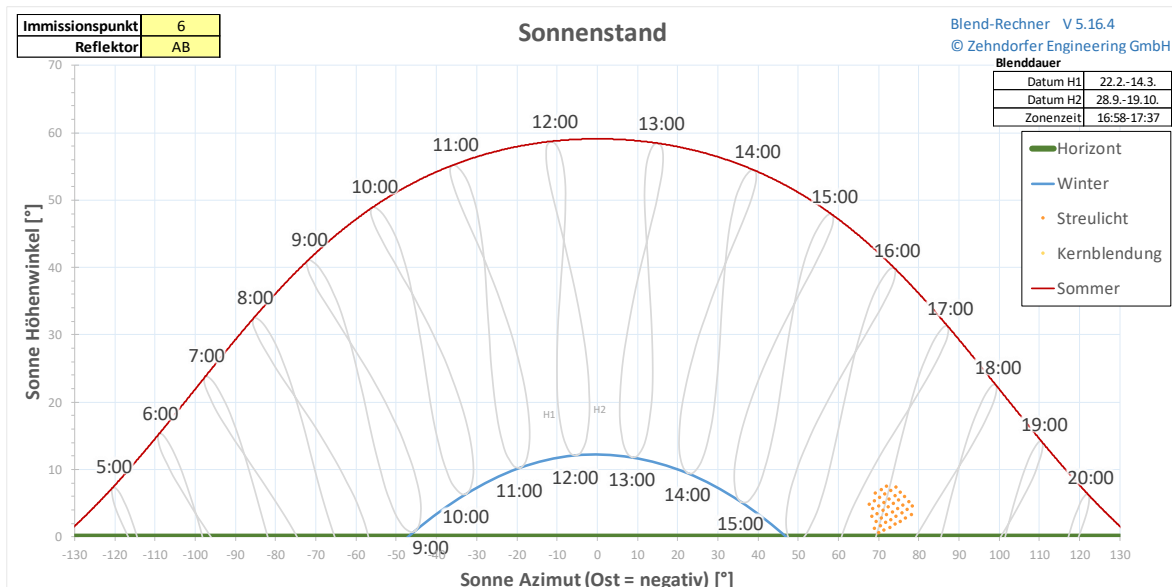
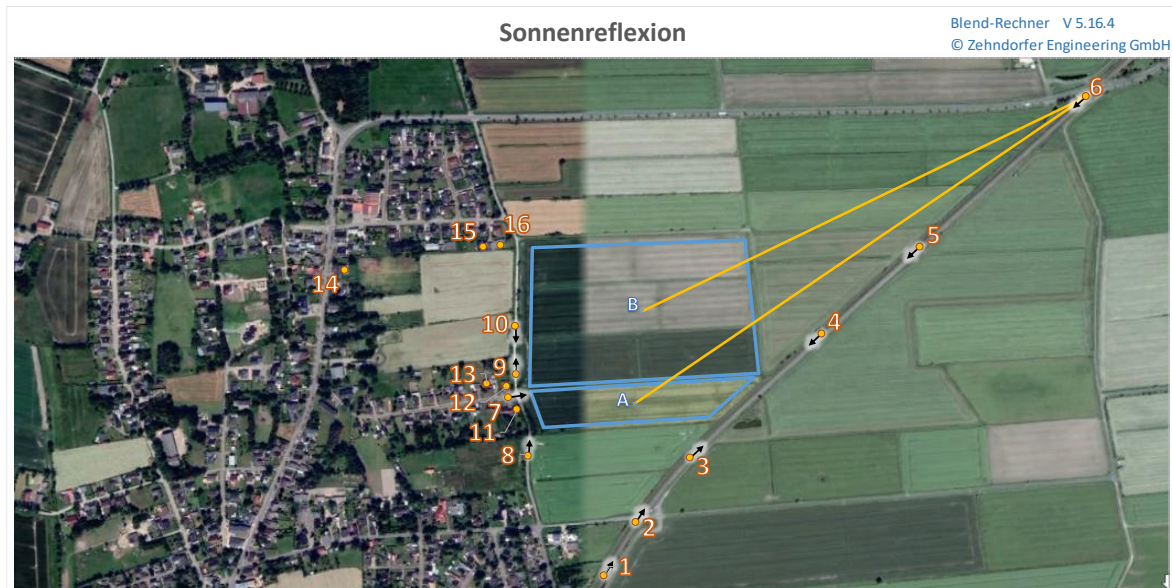
 Blend-Rechner V 5.16.4
 © Zehndorfer Engineering GmbH

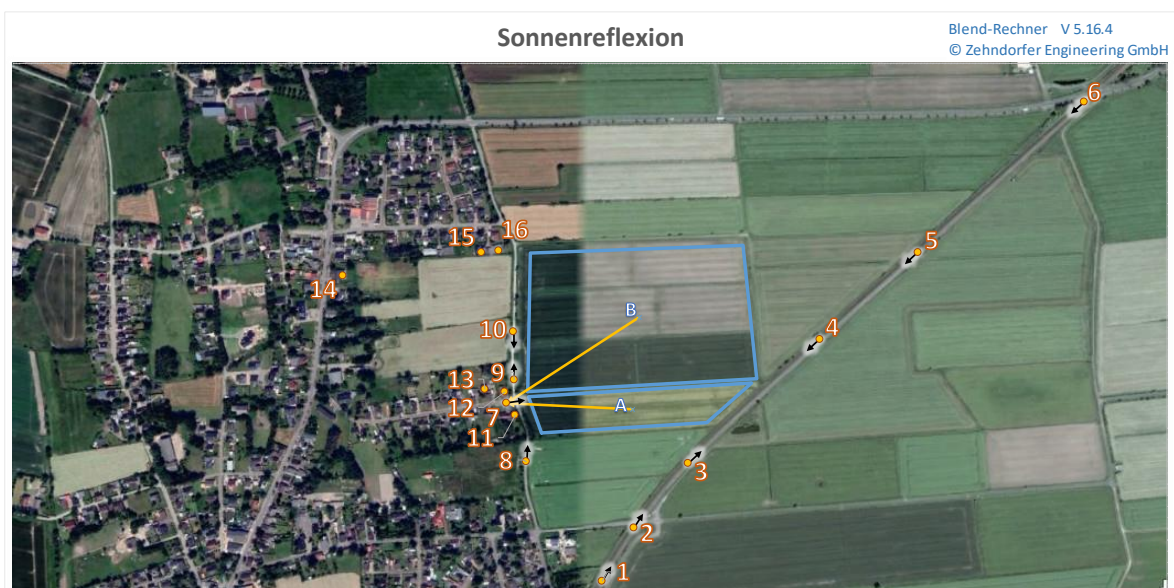
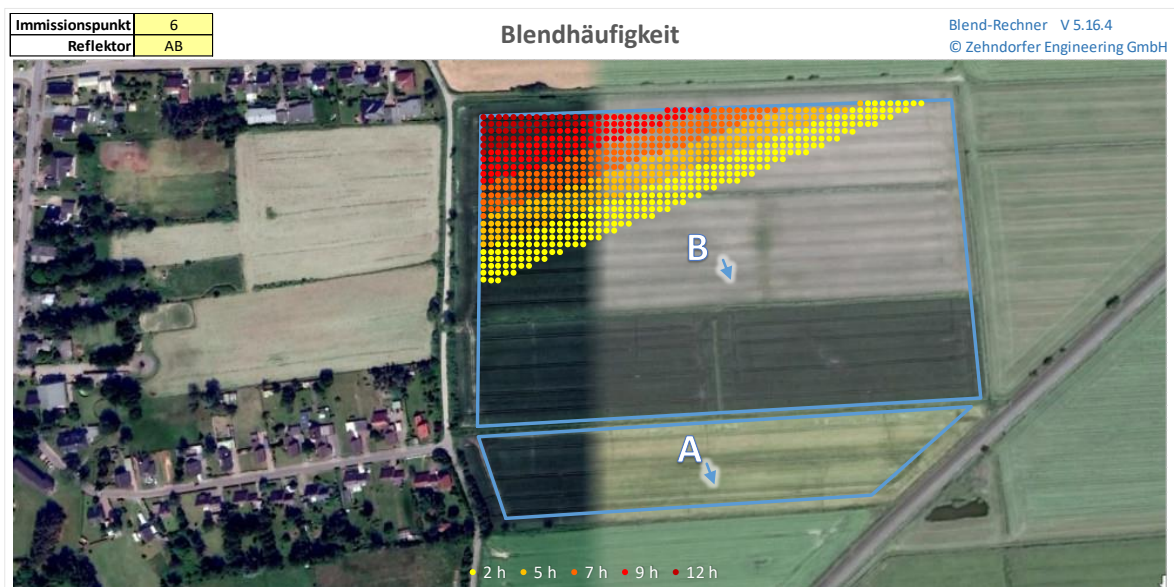
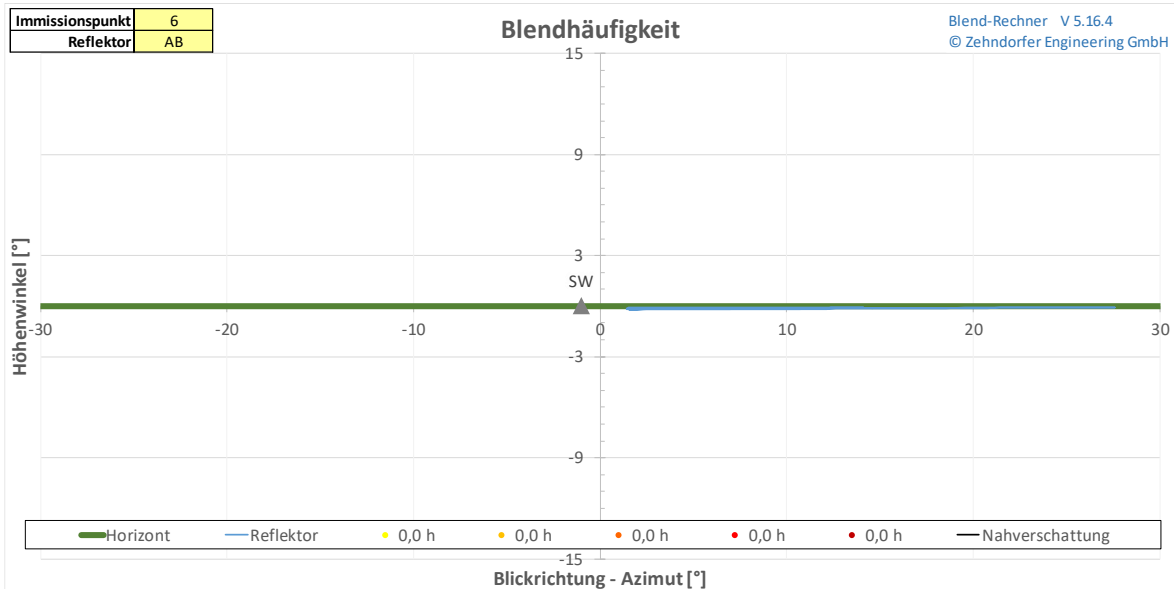

Immissionspunkt	5
Reflektor	AB

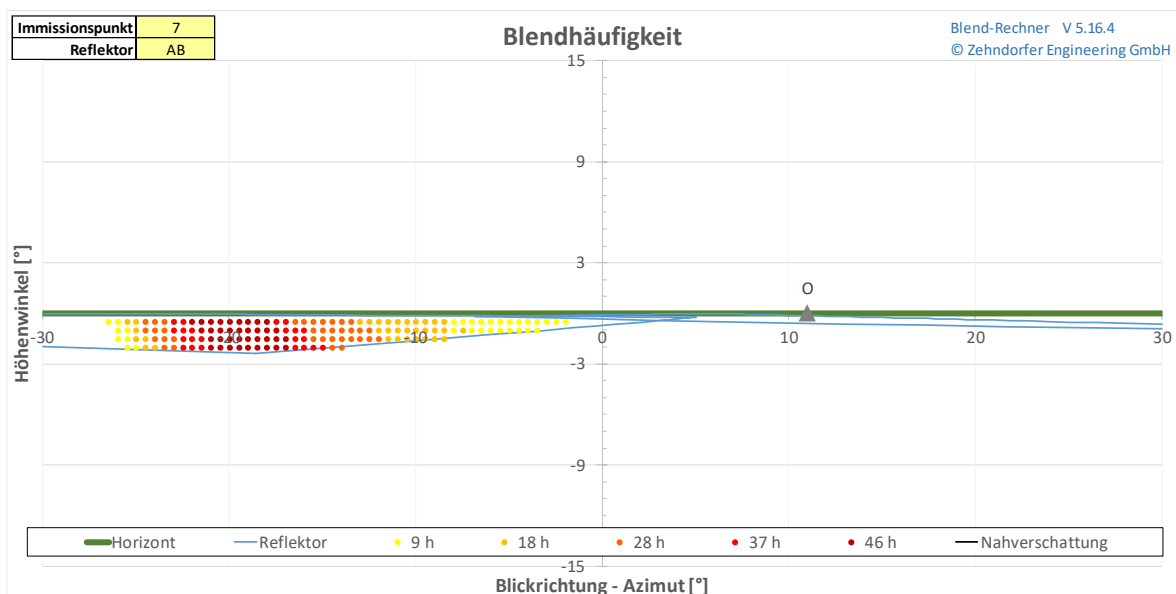
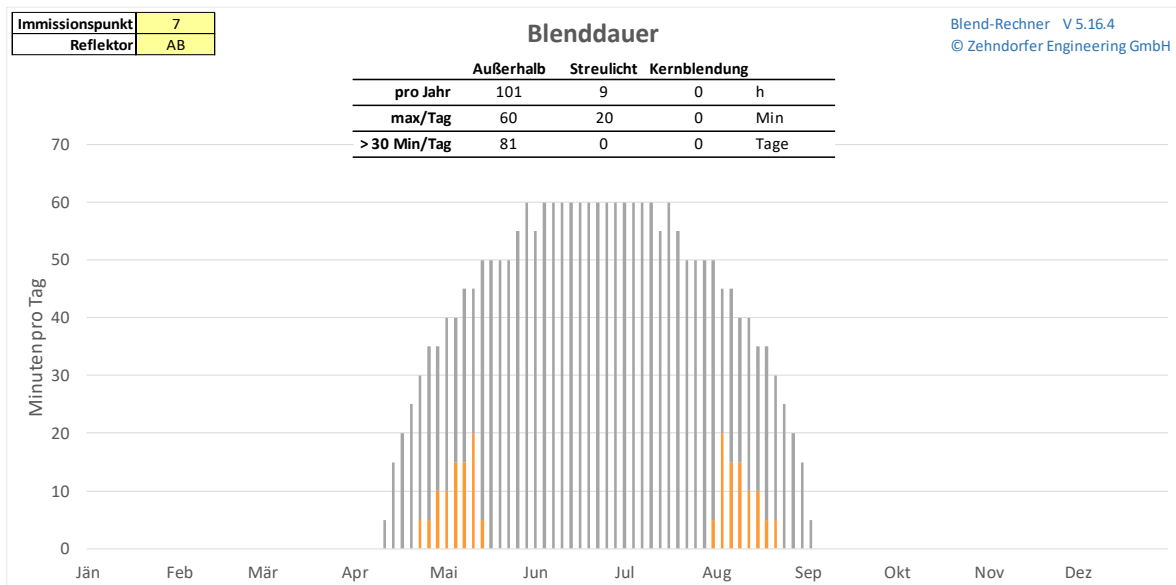
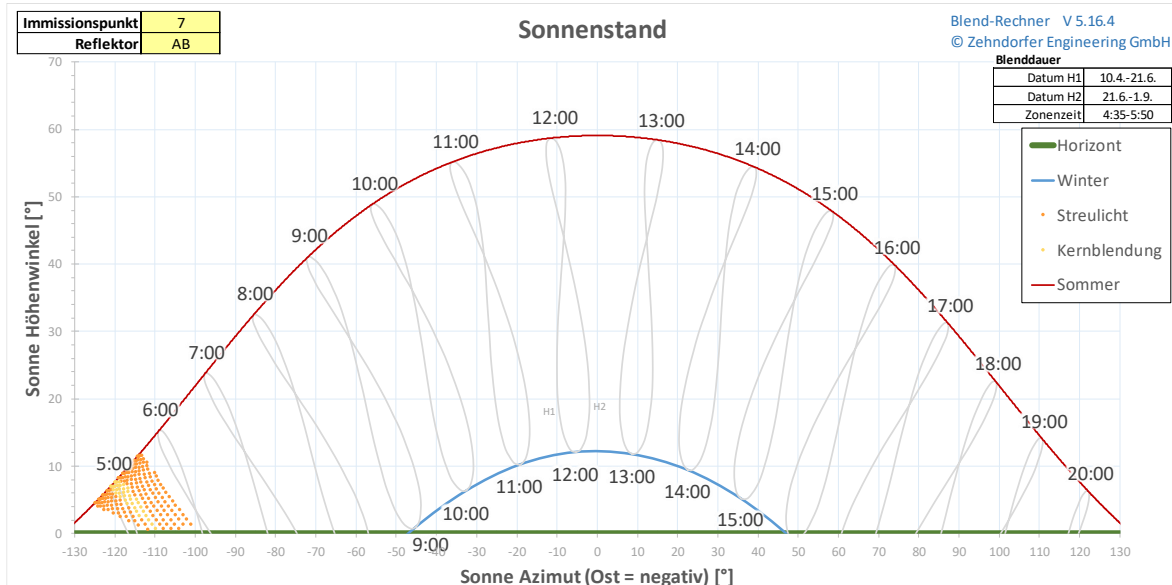
Sonnenstand

 Blend-Rechner V 5.16.4
 © Zehndorfer Engineering GmbH






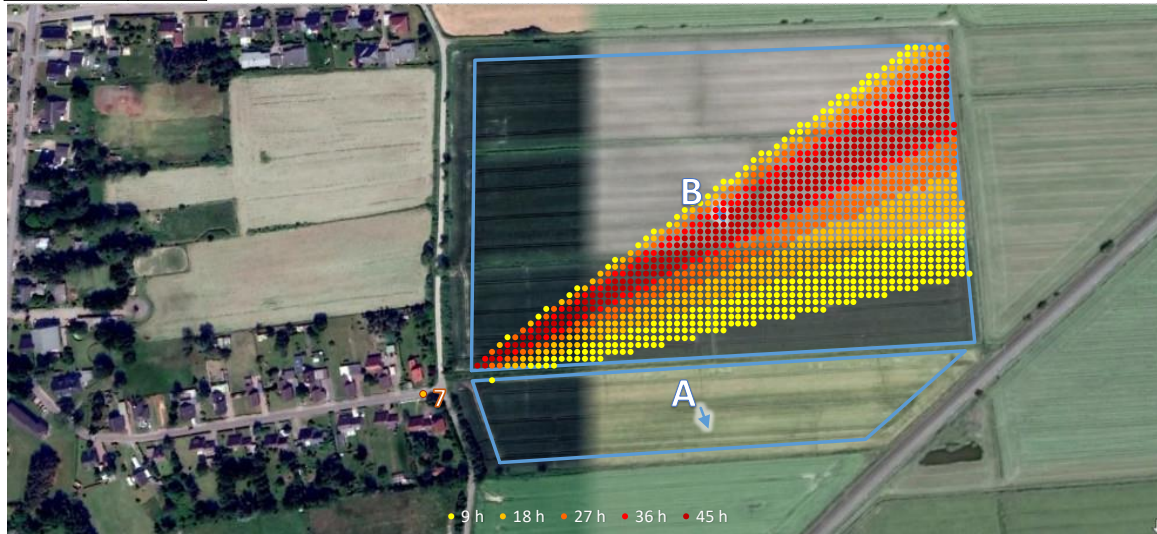




Immissionspunkt	7
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

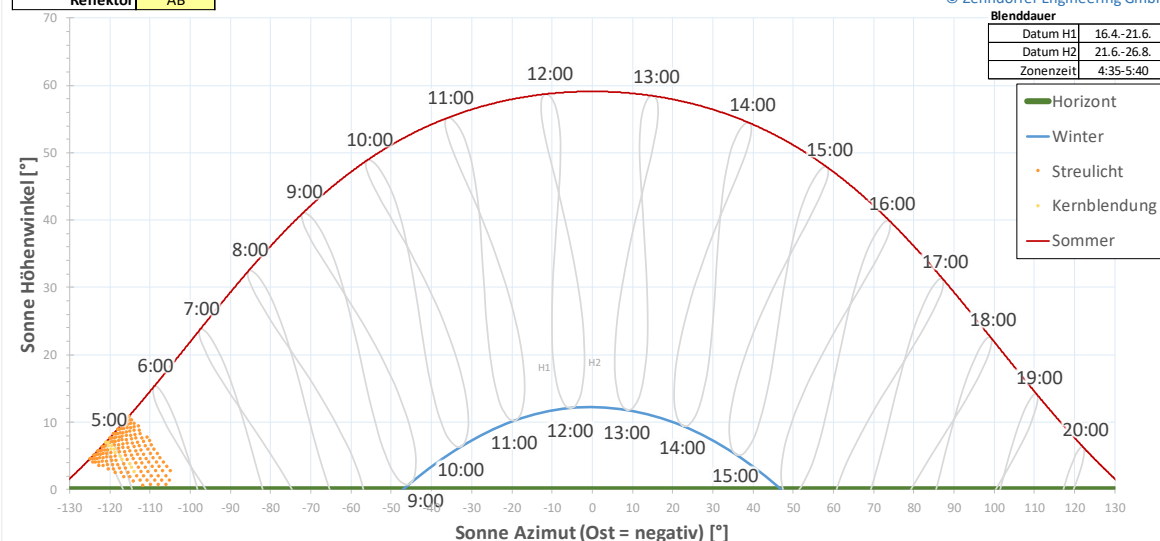
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

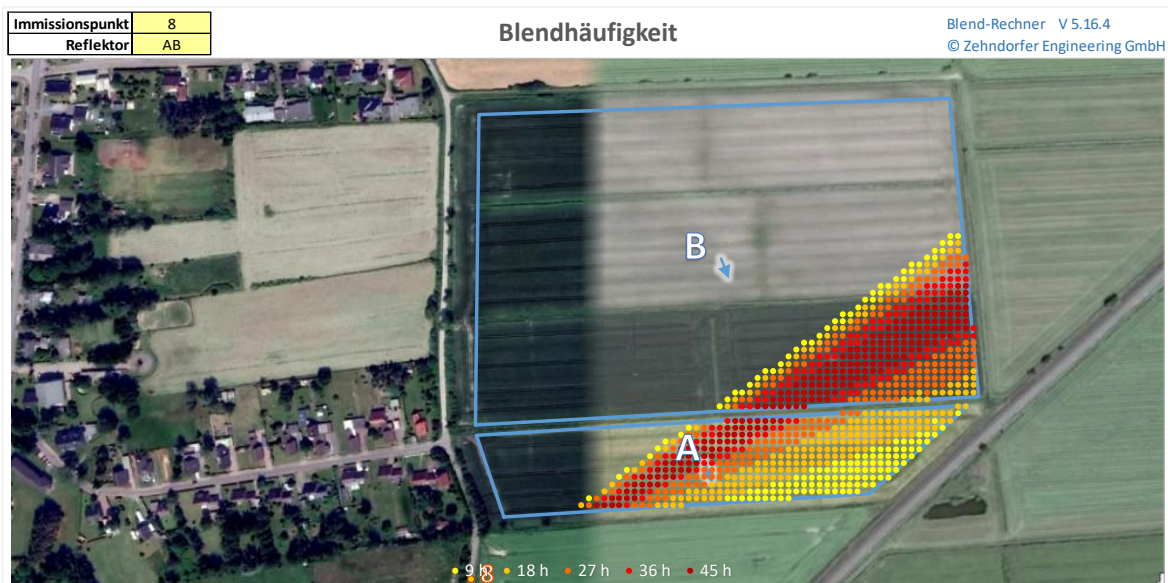
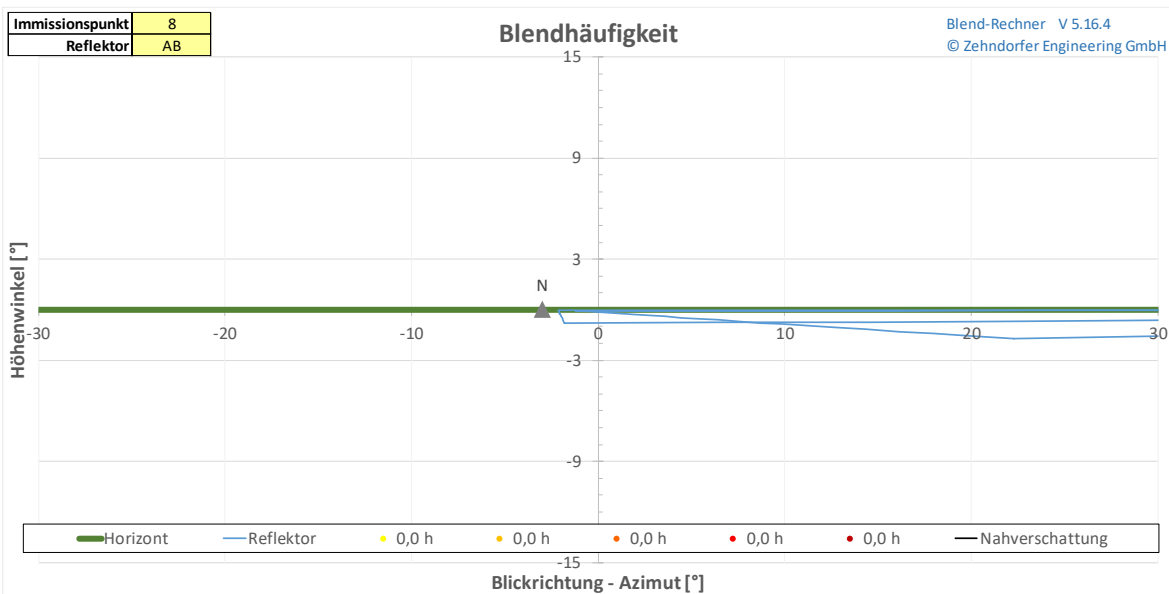
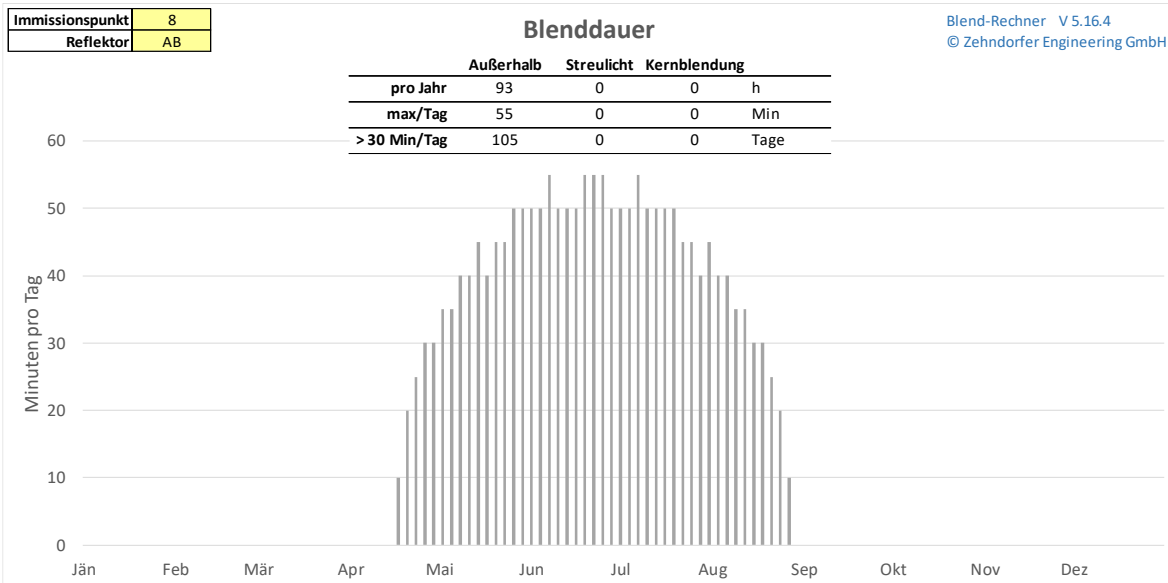


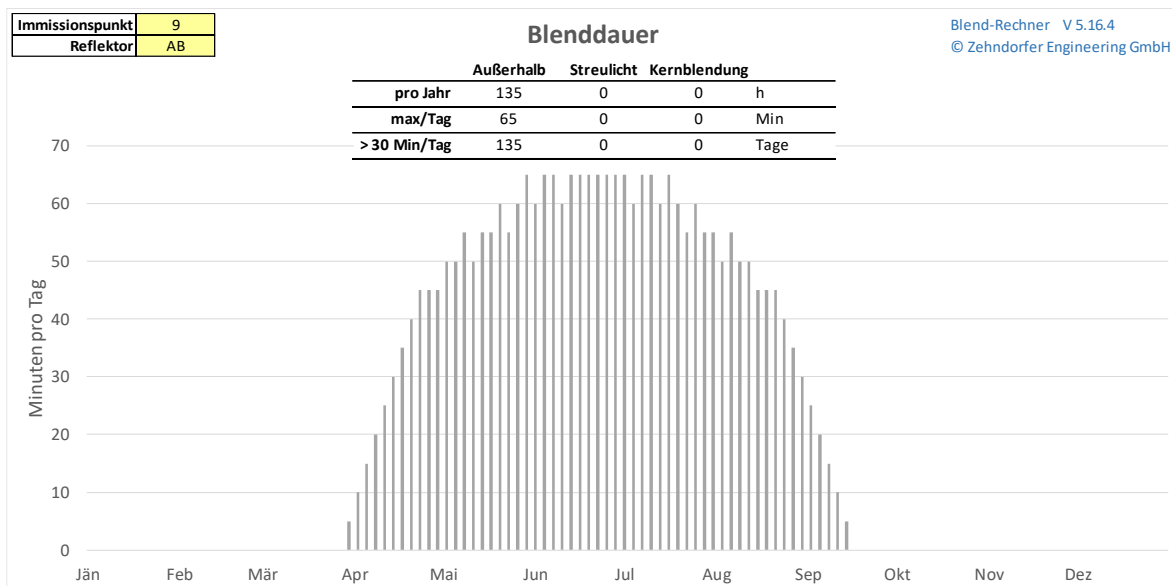
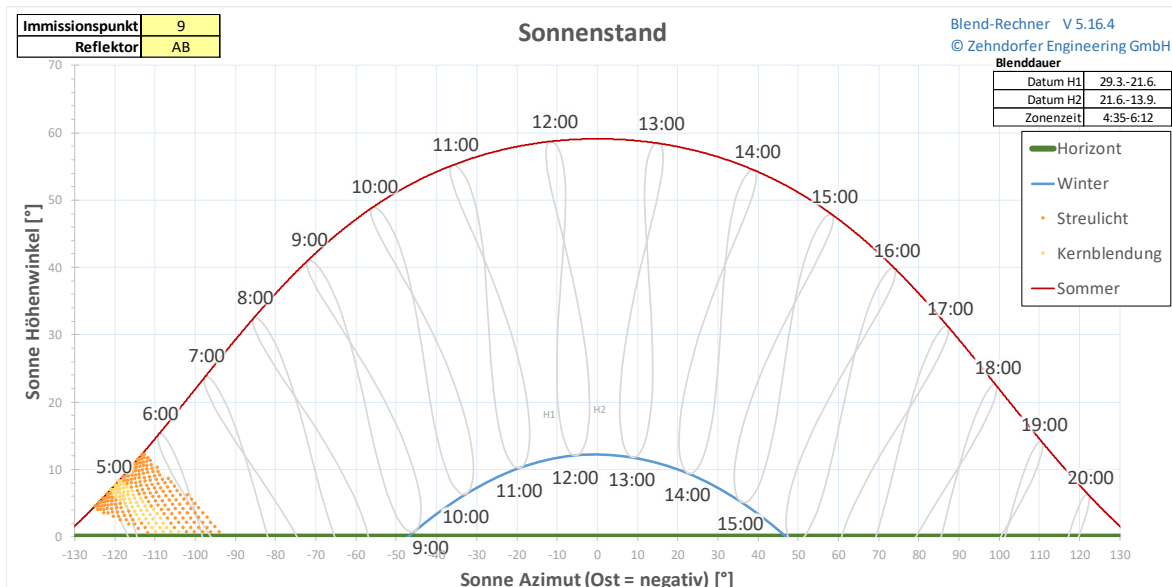
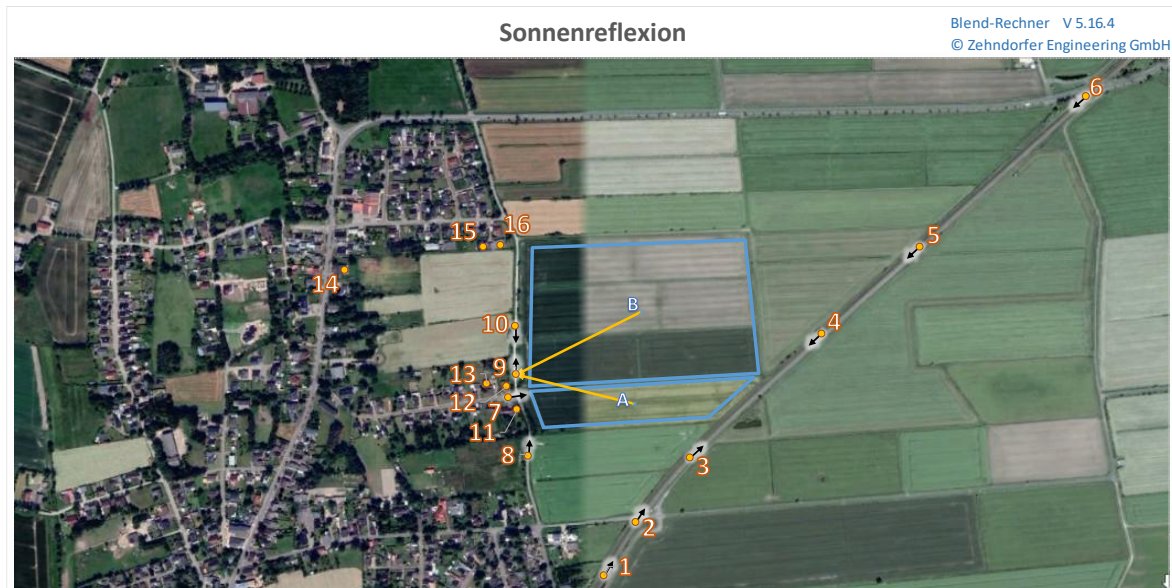
Immissionspunkt	8
Reflektor	AB

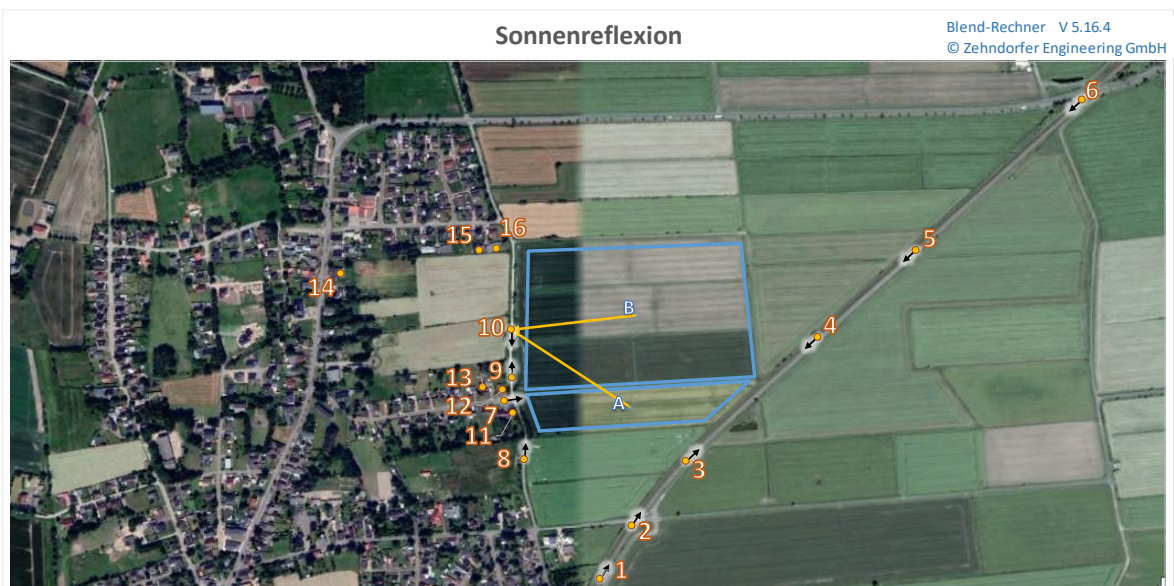
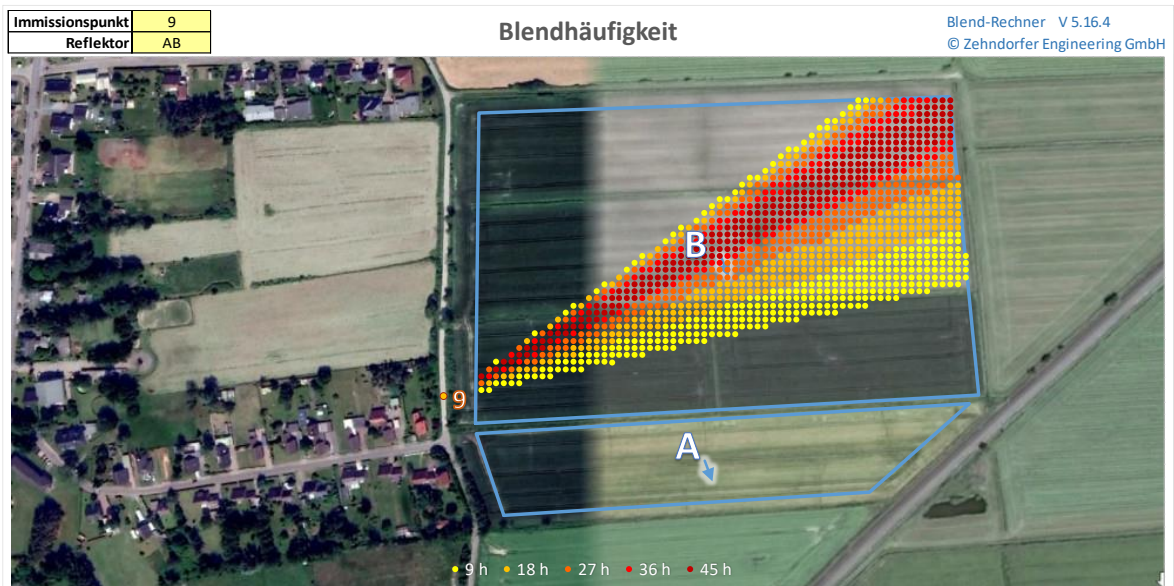
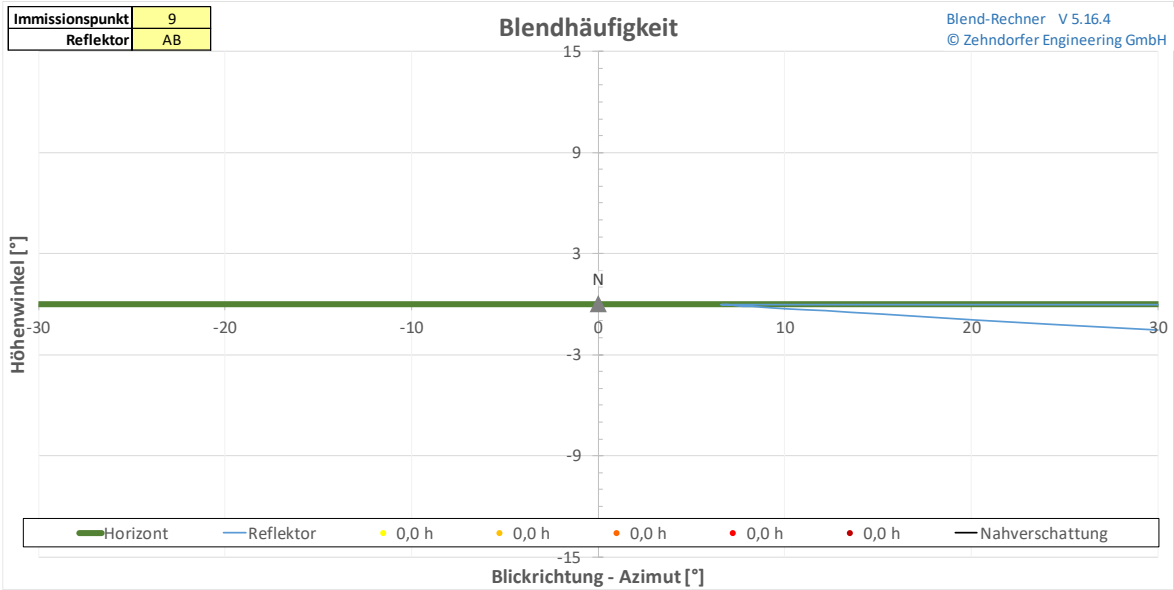
Sonnenstand

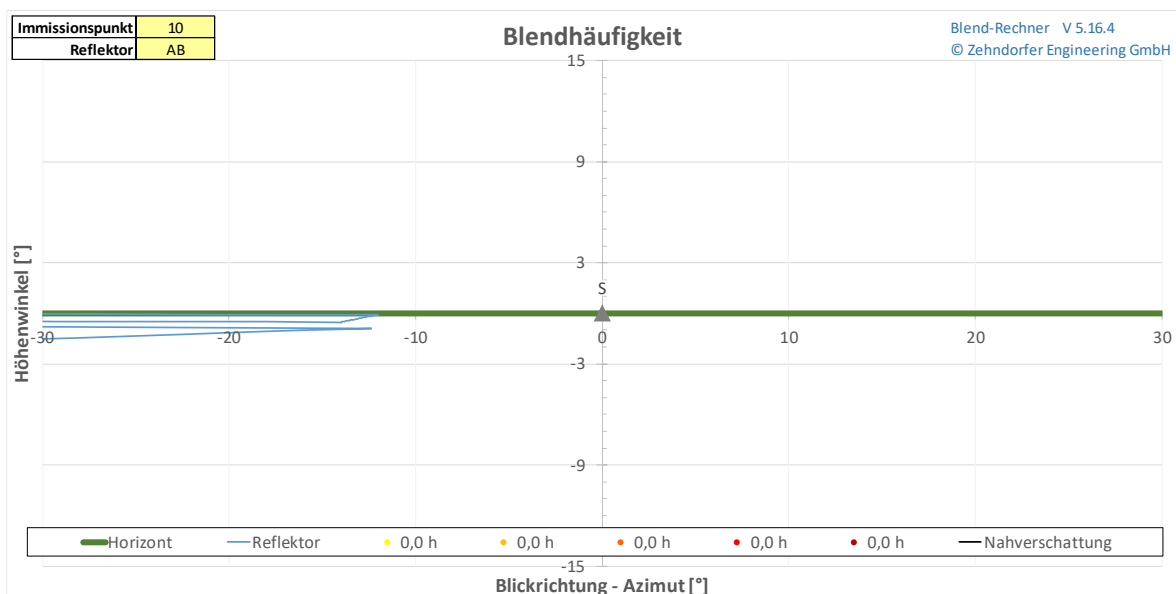
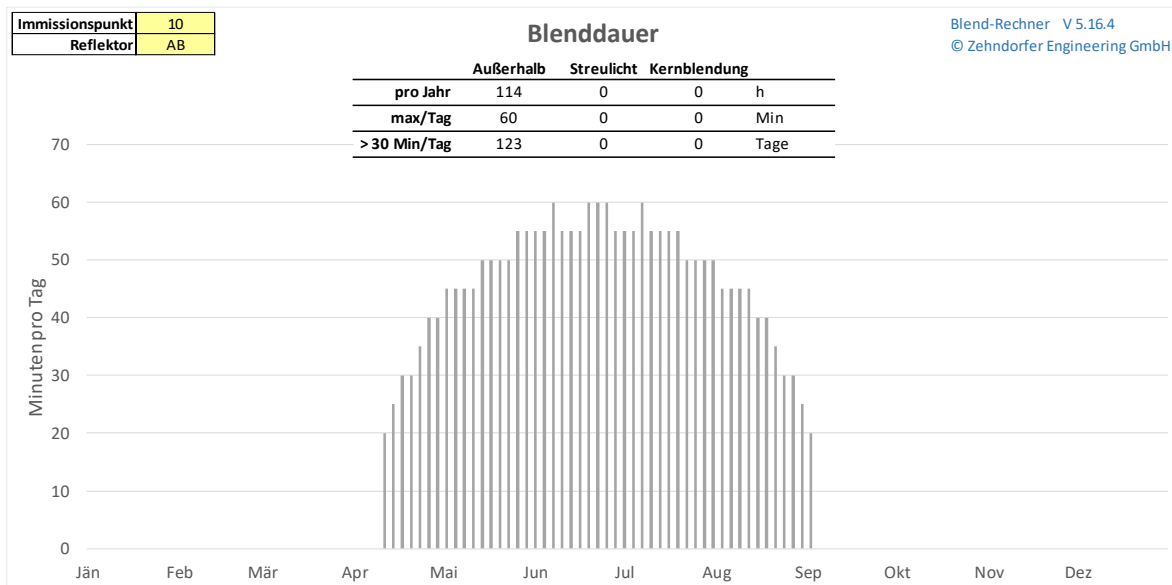
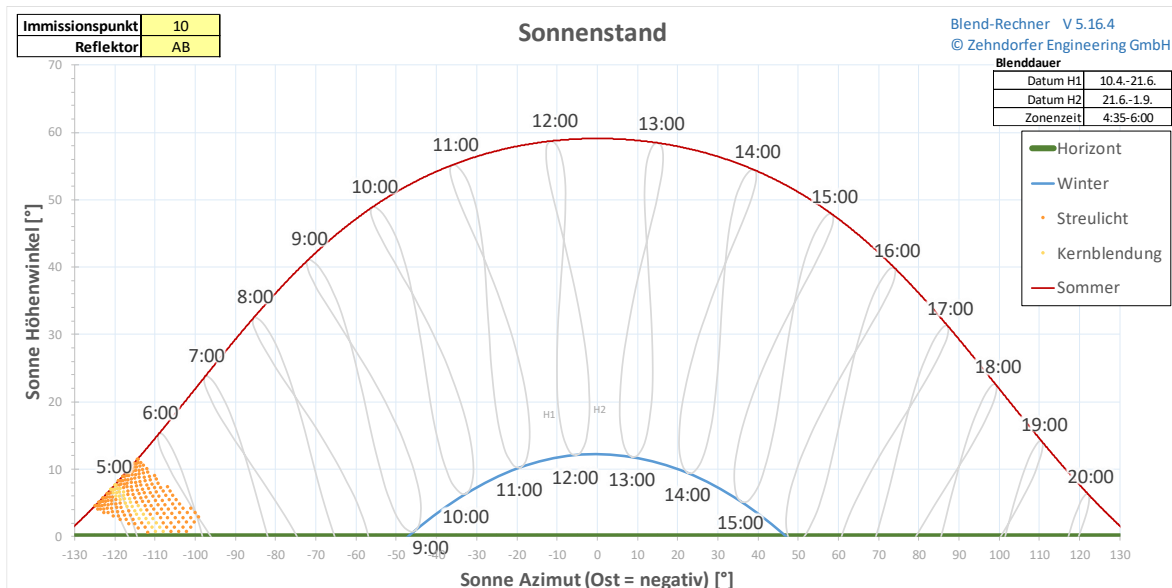
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH







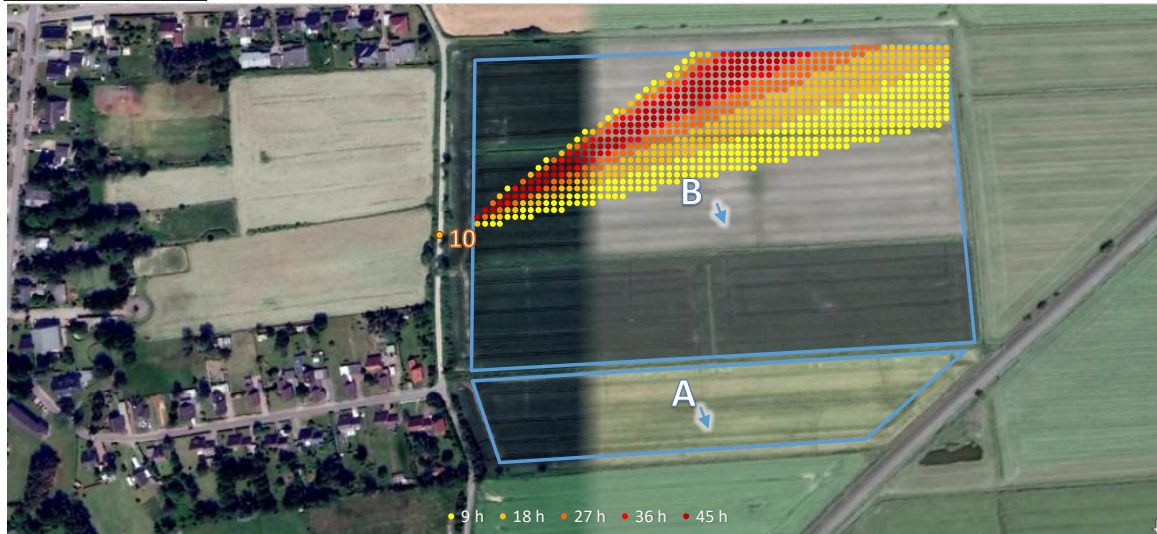




Immissionspunkt	10
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

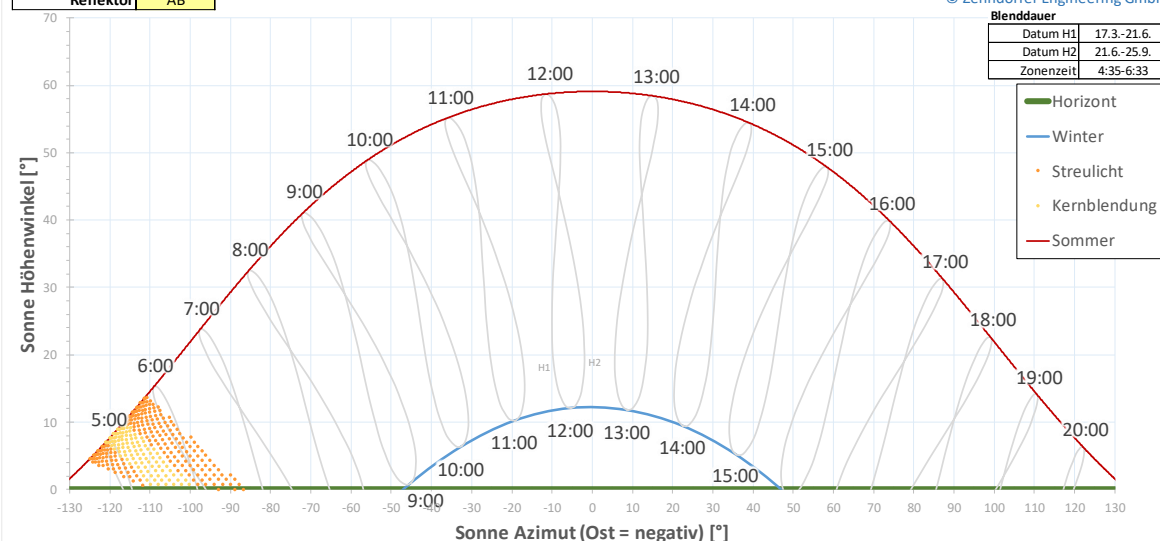
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

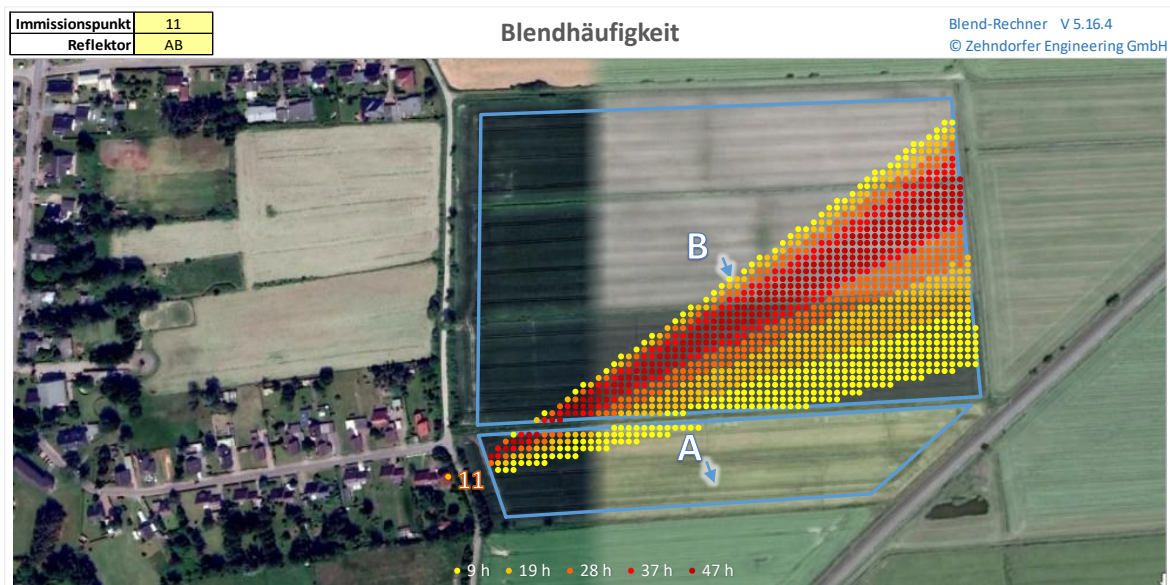
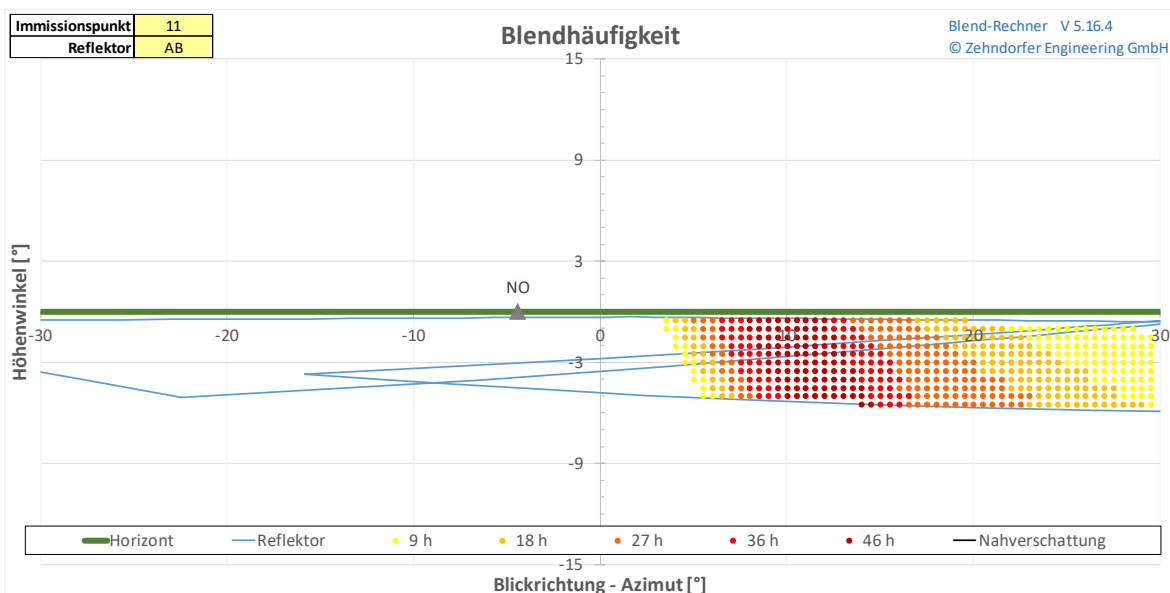
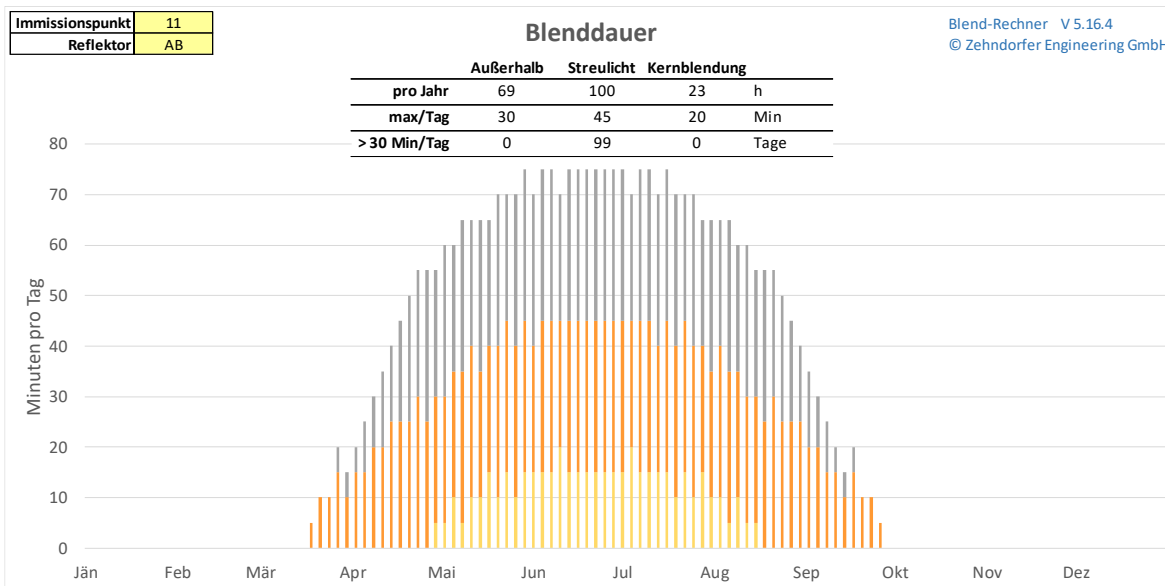


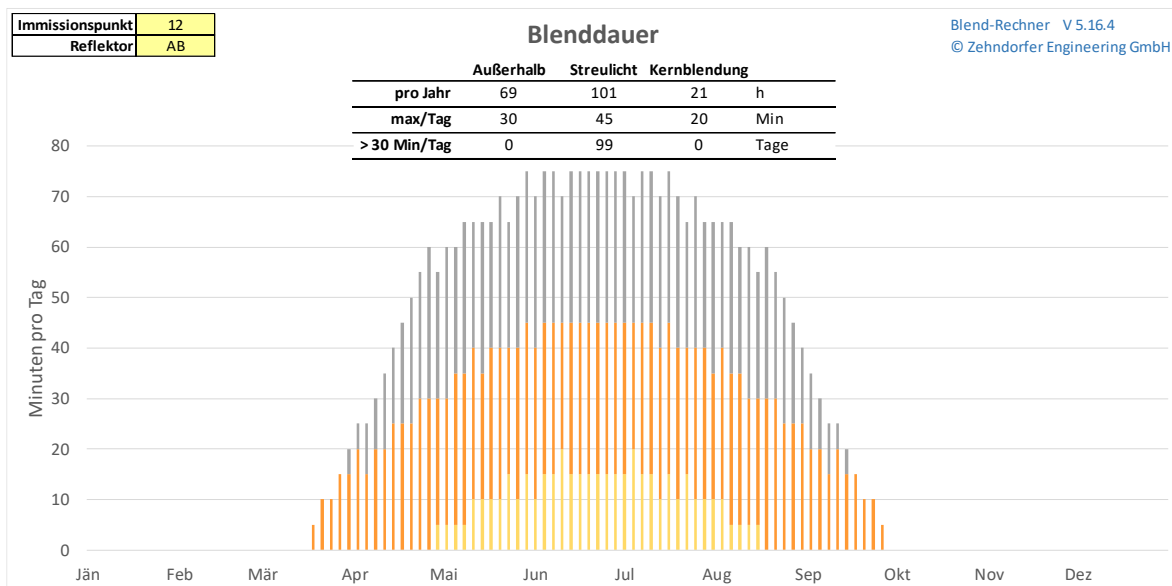
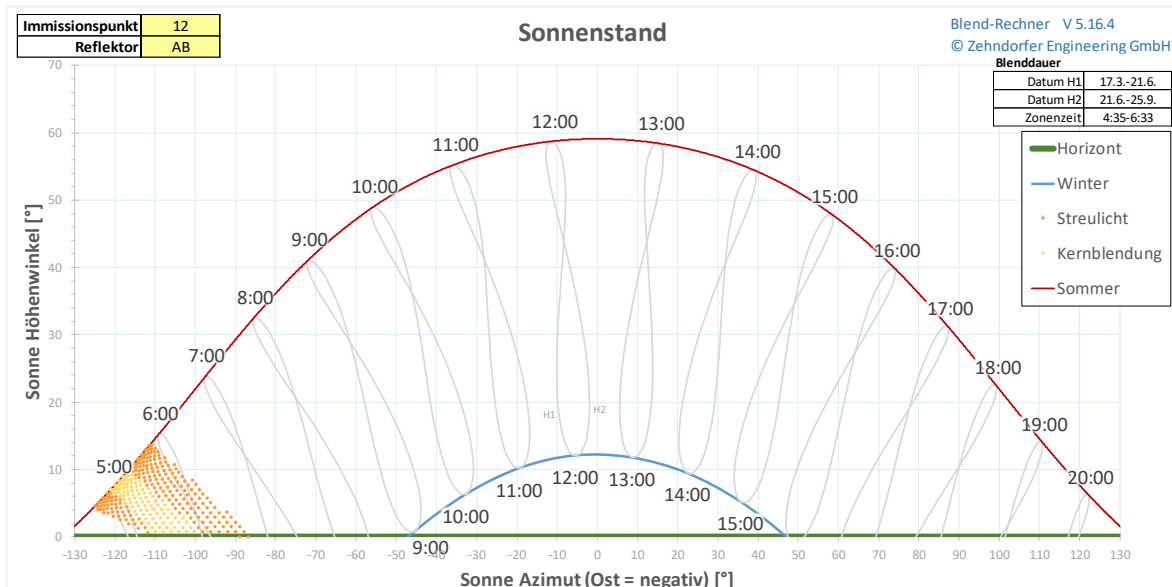
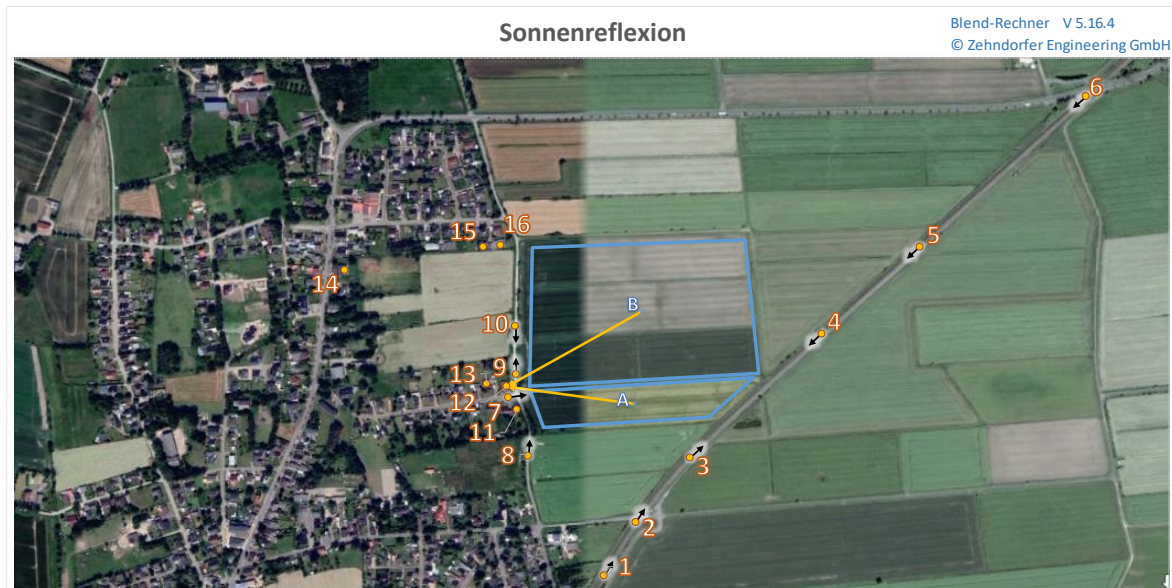
Immissionspunkt	11
Reflektor	AB

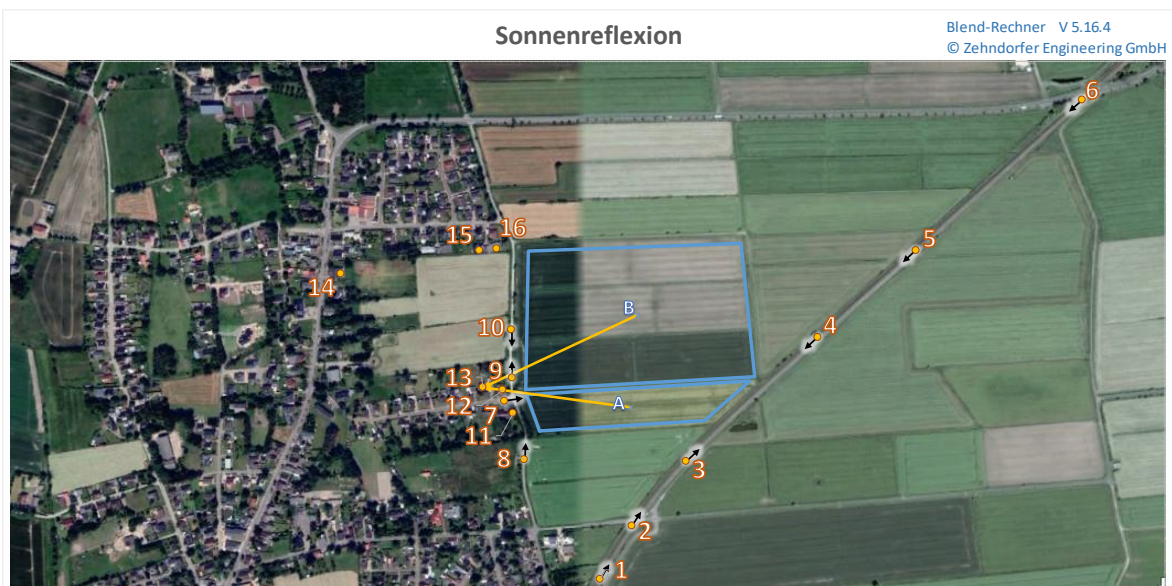
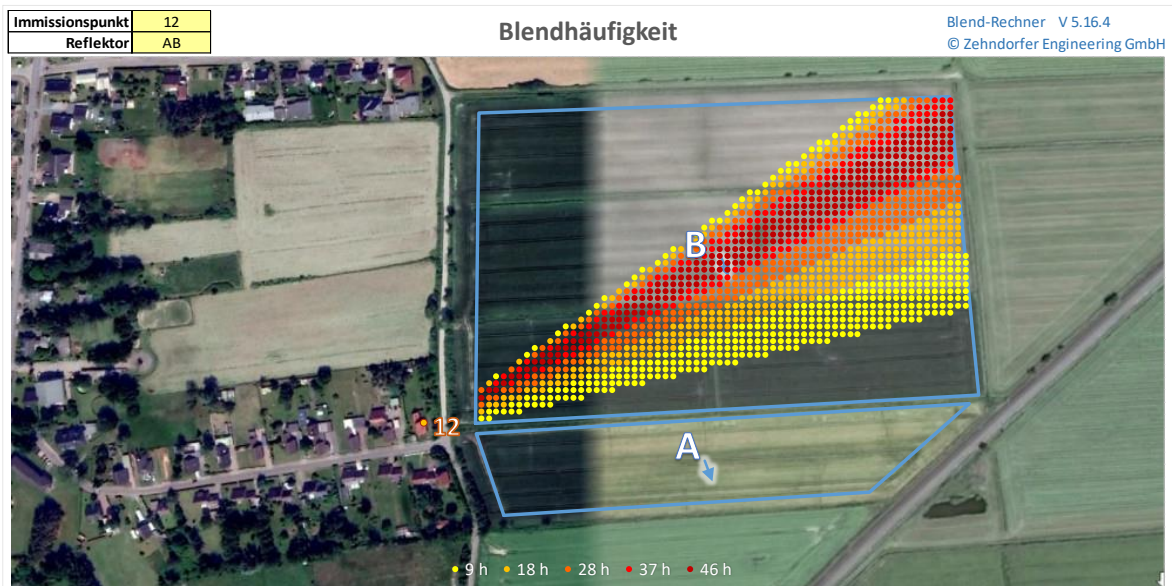
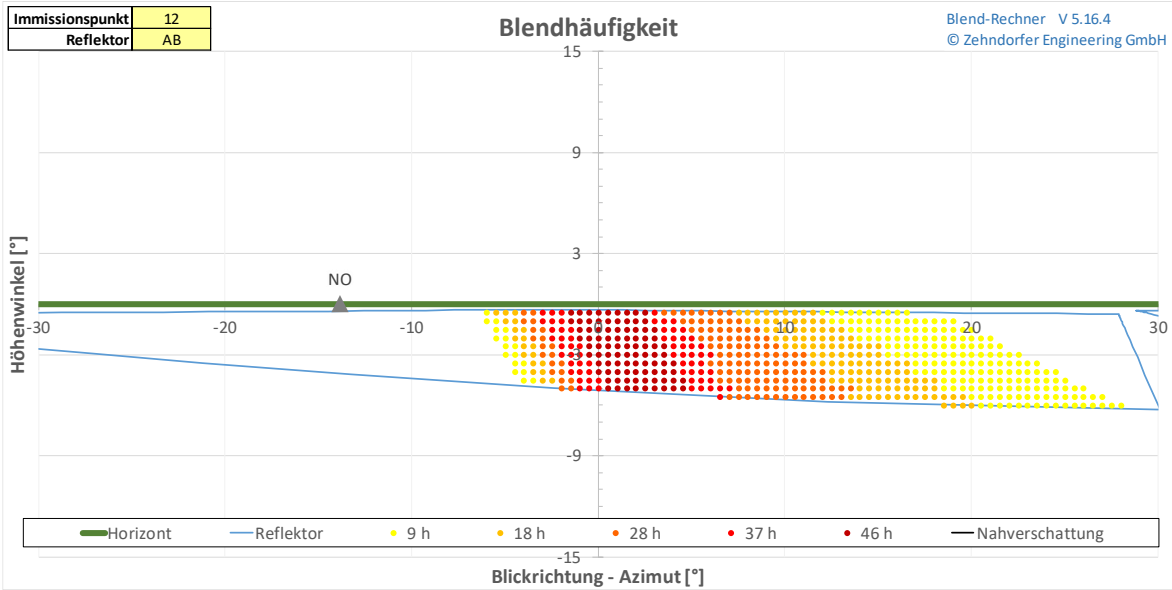
Sonnenstand

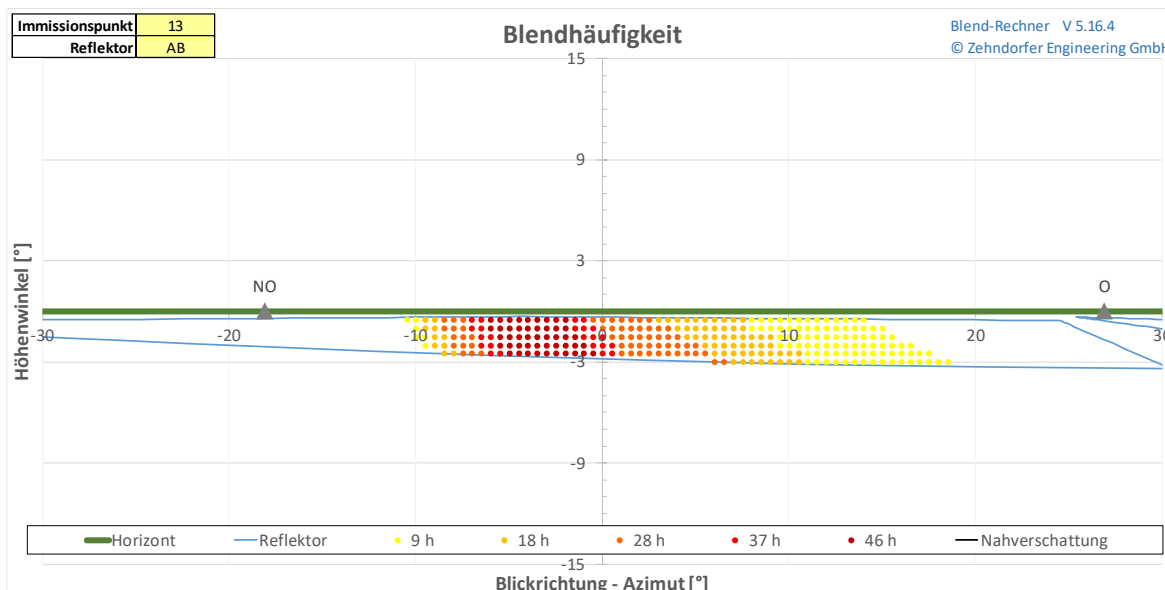
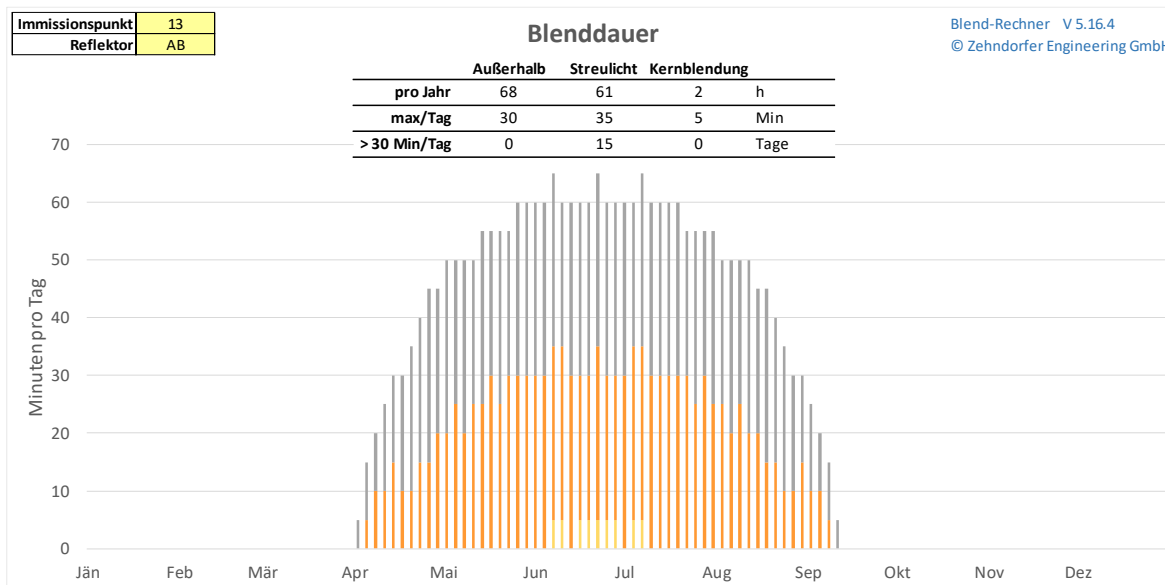
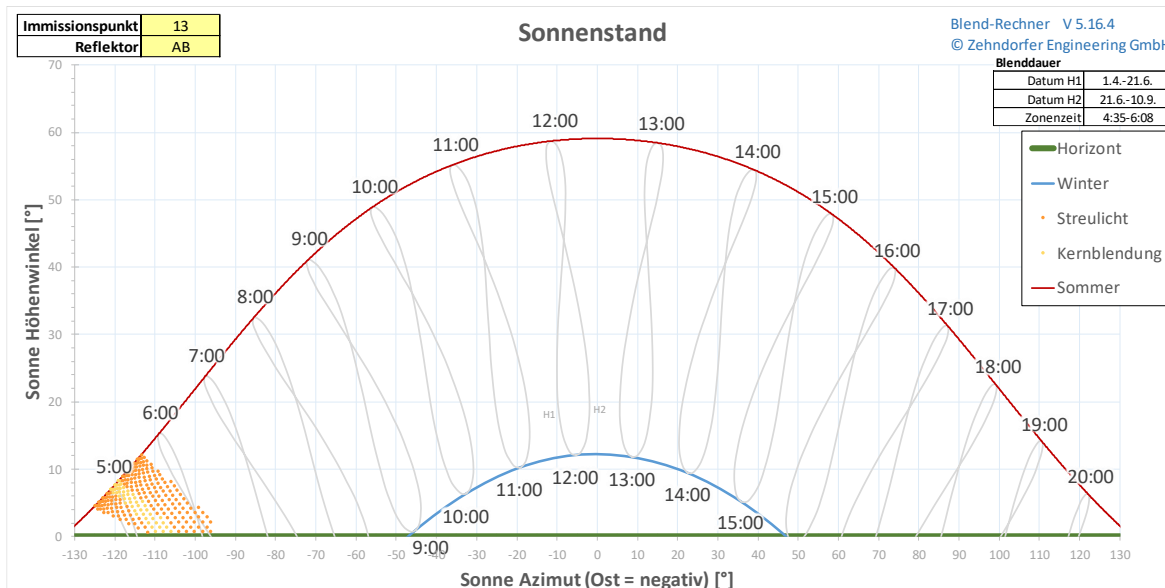
Blend-Rechner V 5.16.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

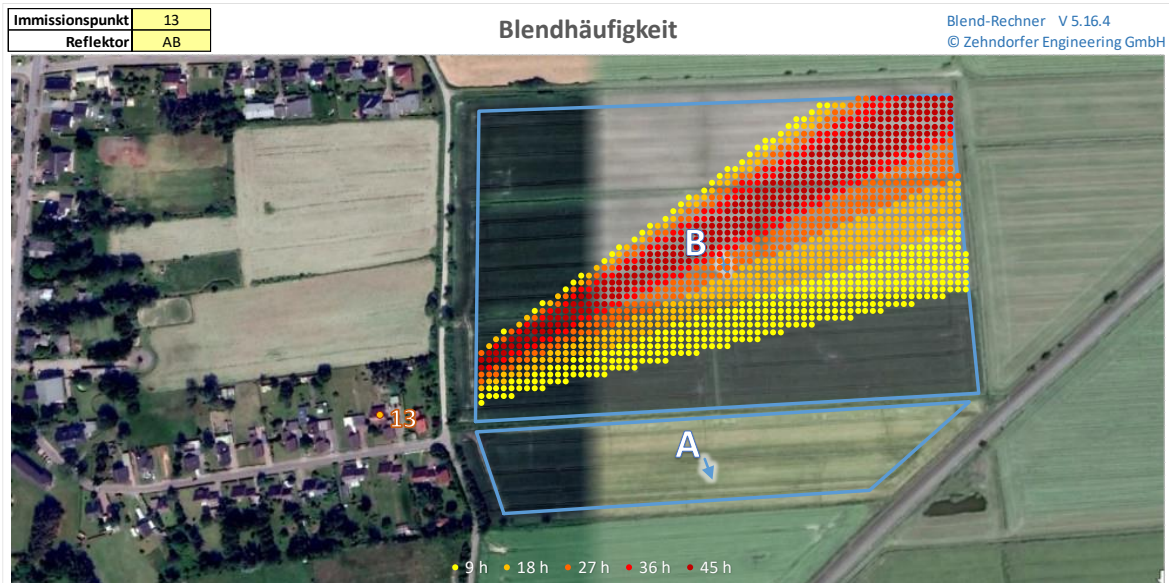












Allgemeine Hintergründe, gesetzliche Regelungen und Fallbeispiele zum Thema Blendung finden Sie auf www.zehndorfer.at

