

Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Recklinghausen

Im Auftrag von

Stadtentwicklungsgesellschaft

Recklinghausen mbH

z.H.: Fr. Leonie Zalkau

Rathausplatz 3 / 4

45657 Recklinghausen

Gutachten ZE20078-RH

November 2020



INHALT

1	Situationsbeschreibung.....	4
1.1	PROBLEMBESCHREIBUNG	4
1.2	ORTSBEZEICHNUNG UND LAGE.....	4
1.2.1	Optionen	5
1.3	UNTERSUCHTER RAUM	7
1.4	ABSCHATTUNGEN & VERDECKUNGEN	7
1.4.1	Geländeprofil.....	7
1.4.2	Horizont.....	8
1.4.3	Bewuchs	8
1.4.4	Künstliche Abschattungen.....	9
2	Blendberechnung.....	9
2.1	BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....	9
2.2	REFLEXIONSBERECHNUNG	9
2.3	ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE	12
2.4	SICHTBEZUG.....	13
2.5	BLEND-WIRKUNG.....	13
2.5.1	Größenverhältnisse	14
2.5.2	Richtung der Blendung.....	14
2.5.3	Blendstärke	14
2.5.4	Blenddauer	15
2.5.5	Mögliche subjektive Effekte	16
2.5.6	Verkehrskritische Punkte.....	16
3	Beurteilung & Empfehlungen.....	17
4	Option 2 - steilere Aufständigung	18
4.1	BEWERTUNG OPTION 2	18
5	Option 3 – Vermeidung von Streublendung	19
5.1	BEWERTUNG OPTION 3	20
	ANHANG 1 Definitionen.....	21
	ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze.....	22
	ANHANG 3 Methodik der Berechnung	24
	ANHANG 4 Vermessung der Umgebung.....	25
	ANHANG 5 Lärmschutzwand	26
	ANHANG 6 Detail-Ergebnisse der Berechnungen.....	27
	ANHANG 6.1 ERGEBNISSE OPTION 2	47
	ANHANG 6.2 ERGEBNISSE OPTION3	67

Zusammenfassung

Im Bauverfahren einer Solarthermieranlage auf einem Lärmschutzwall ist zu prüfen, ob eine Blendwirkung auf den Straßenverkehr oder die Nachbarschaft besteht.

Für die Neigung der Solarkollektoren wurden zwei Szenarien betrachtet. Während Option 1 speziell für Photovoltaiksysteme vorteilhaft ist, ist Option 2 auf Grund des steileren Winkels der Aufständigung, etwas besser geeignet für Solarthermie-kollektoren.

Für beide Varianten gilt zusammenfassend:

Es kann an einigen Immissionspunkten zu kurzen Reflexionen in Richtung der Autobahn kommen. Diese stellen jedoch keine erhebliche Gefahr für den Straßenverkehr dar.

Es wird zu Reflexionen in Richtung der Nachbarschaft kommen, deren Dauer jedoch überall deutlich unter den Grenzwerten der Richtlinie liegt.

Um auch kurze Streublendungen in Richtung der Autobahn zu vermeiden wurde eine dritte Variante (Option 3) mit sehr flachen Neigungswinkeln untersucht. Diese vermeidet streuende Blendungen innerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker vollständig.

Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	21.8.2020	Erst-Entwurf
1.1	30.9.2020	kleine Korrekturen und Erweiterungen
2.0	10.11.2020	inklusive Option 3

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 Blendedauern 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.

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

Ziel dieses Gutachtens ist die Prüfung, ob der Straßenverkehr auf der Autobahn A2 oder die Anwohner der geplanten Solaranlage von den Reflexionen der Solarkollektoren geblendet werden könnten.

1.2 Ortsbezeichnung und Lage

Die geplante Solarthermieanlage befindet sich auf einem Lärmschutzwall. Dieser ist in Planung und liegt in der Stadt 45657 Recklinghausen, Landkreis Recklinghausen (Gemarkung Recklinghausen, GPS Koordinaten 51°35'13"N, 7°13'9"O) nördlich der Autobahn A2.

Abbildung 1 Situation



Abbildung 2 Lage Lärmschutzwall

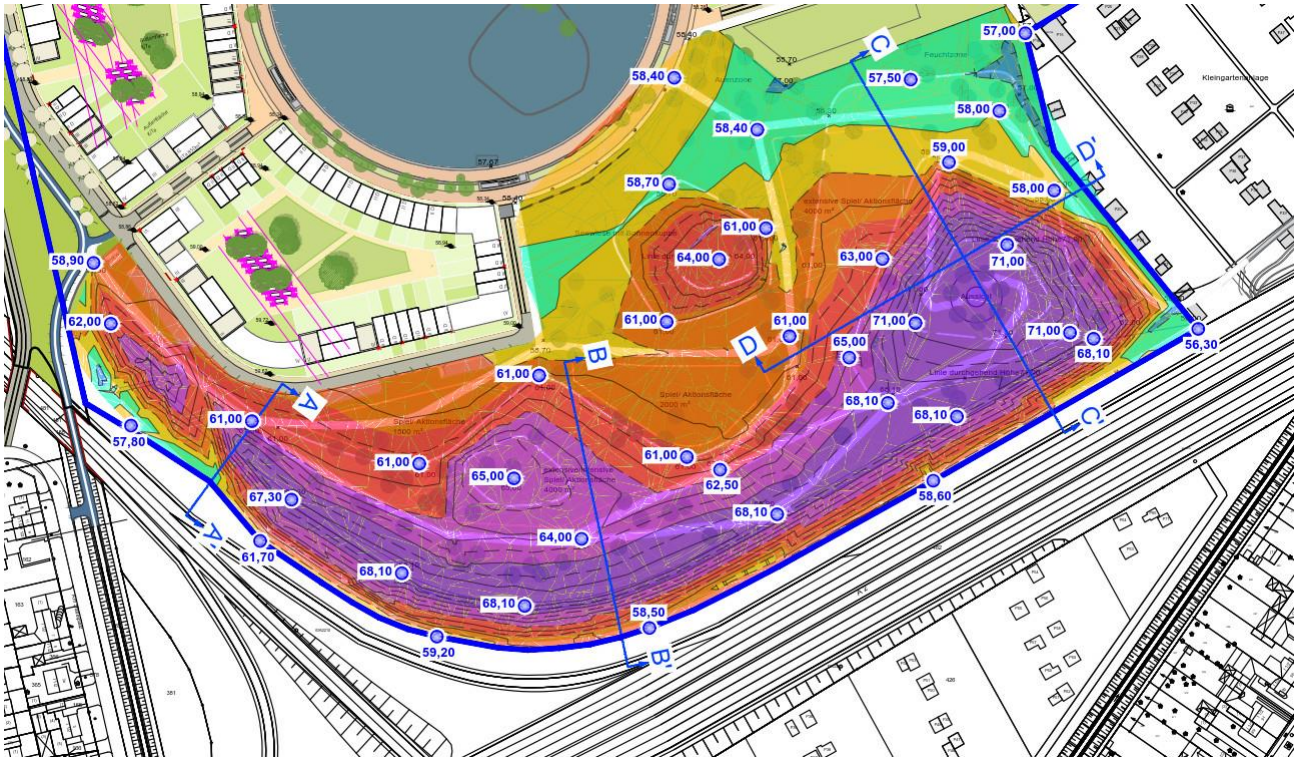
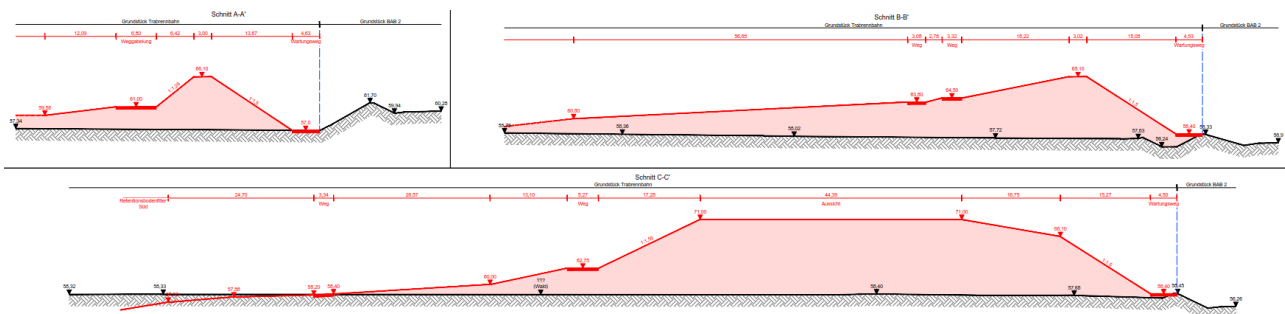


Abbildung 3 Schnitte Lärmschutzwall



Der Lärmschutzwall hat eine Neigung von 1:1,5 (= 67%, = 34°)

1.2.1 Optionen

In diesem Gutachten werden zwei Optionen untersucht:

- Option 1 (flacherer Neigungswinkel)
- Option 2 (steilerer Neigungswinkel)
- Option 3 (besonders flacher Neigungswinkel)

Während Option 1 speziell bei Photovoltaiksystemen den Vorteil eines höheren Jahresenergieertrages bietet, ist Option 2 auf Grund des steileren Winkels der Aufständerung etwas besser geeignet für Solarthermiekollektoren, da diese dann insbesondere in den Wintermontagen mehr Energie zum Heizen liefern.

Es folgen die Berechnungen für Option 1; die Ergebnisse für Option 2 und Option 3 sind in Kapitel 4 und 5 zu finden.

Abbildung 4 Ausrichtung der Anlage



Die Solar-Anlage wurde für die Berechnung in vier Rechtecken modelliert.

Abbildung 5 Ausrichtung der Solarkollektoren (nicht maßstabsgetreu)

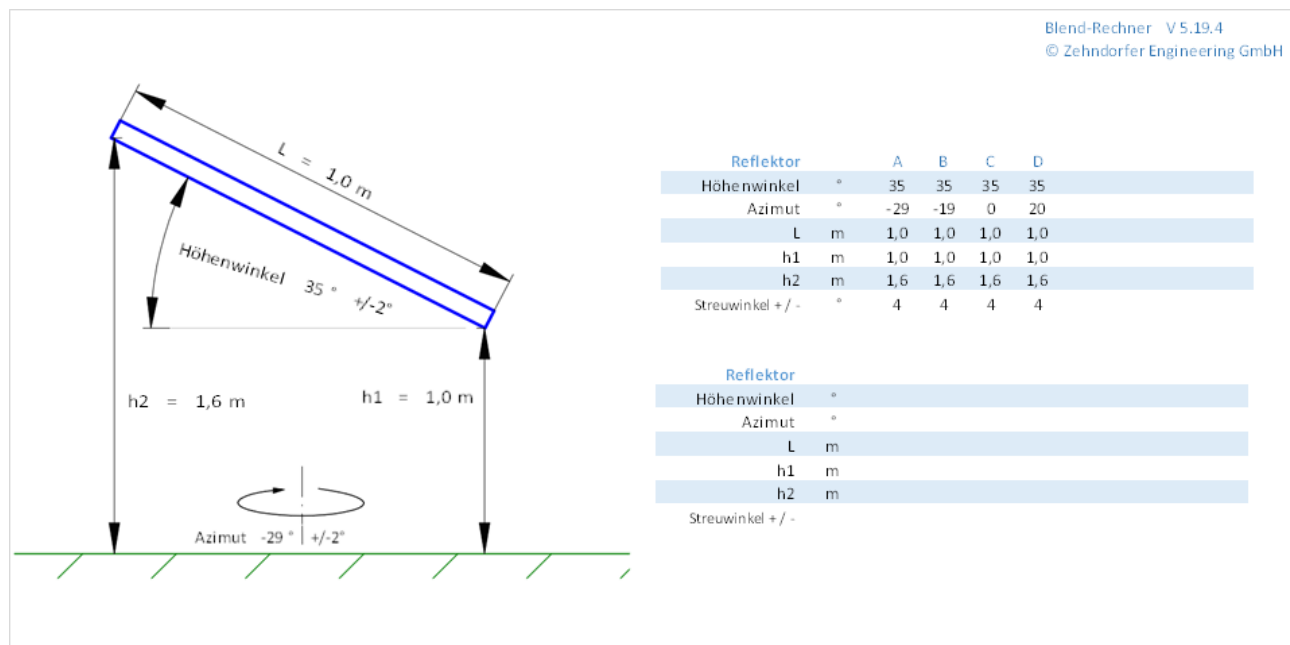


Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen die Ausrichtung des Solar-Feldes im Raum. Die Kollektoren sind mit 35° geneigt aufgestellt. Die Länge der Solarkollektoren hat in dieser Auslegung keine Relevanz, soweit sich diese innerhalb des gleichen Umrisses bewegen. Für die Streuung an den Solargläsern wurde ein üblicher Streuwinkel von +/- 4° angenommen.

Für Abweichungen des Geländes bzw. der Aufständerung von den angegebenen Winkeln wurde zusätzlich ein Unsicherheitswinkel von +/- 2° angenommen (welcher die Blenddauer der Streuungen rechnerisch verlängert).

Die tatsächliche Neigung der Solarkollektoren resultiert aus den Winkeln der Modultische, sowie des Untergrunds. Sie wurden mit entsprechenden Drehmatrizen berechnet und sind in Anhang 4 zu sehen.

1.3 Untersucher Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen auf der Autobahn A2 in beiden Richtungen, auf der Auf- und Abfahrt (2,5m über der Fahrbahn), sowie bei den Anwohnern (2m bzw. 5m über Grund).

Abbildung 6 Immissionpunkte



Abbildung 6 und zeigt die Lage der Immissionspunkte (IP) und des Solarfeldes. Die Immissionspunkte wurden unter dem Kriterium ausgewählt, dass eine Sichtverbindung zur Vorderseite der Solarkollektoren gegeben sein muss.

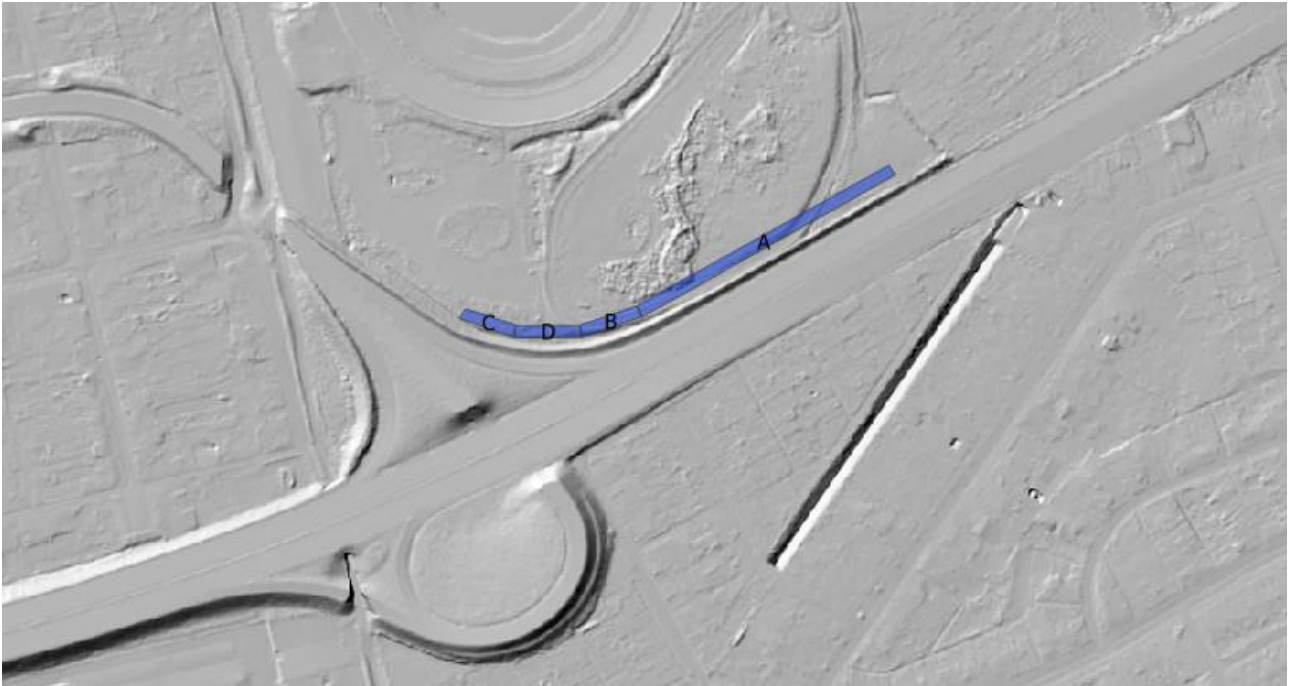
Die detaillierte Vermessung der relevanten Umgebung ist in Anhang 4 zu finden.

1.4 Abschattungen & Verdeckungen

1.4.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist relativ flach. Das Solarfeld liegt etwas über dem Niveau der Fahrbahn. Es gibt keine Geländekanten, die den Blick auf die reflektierenden Flächen verhindern würden.

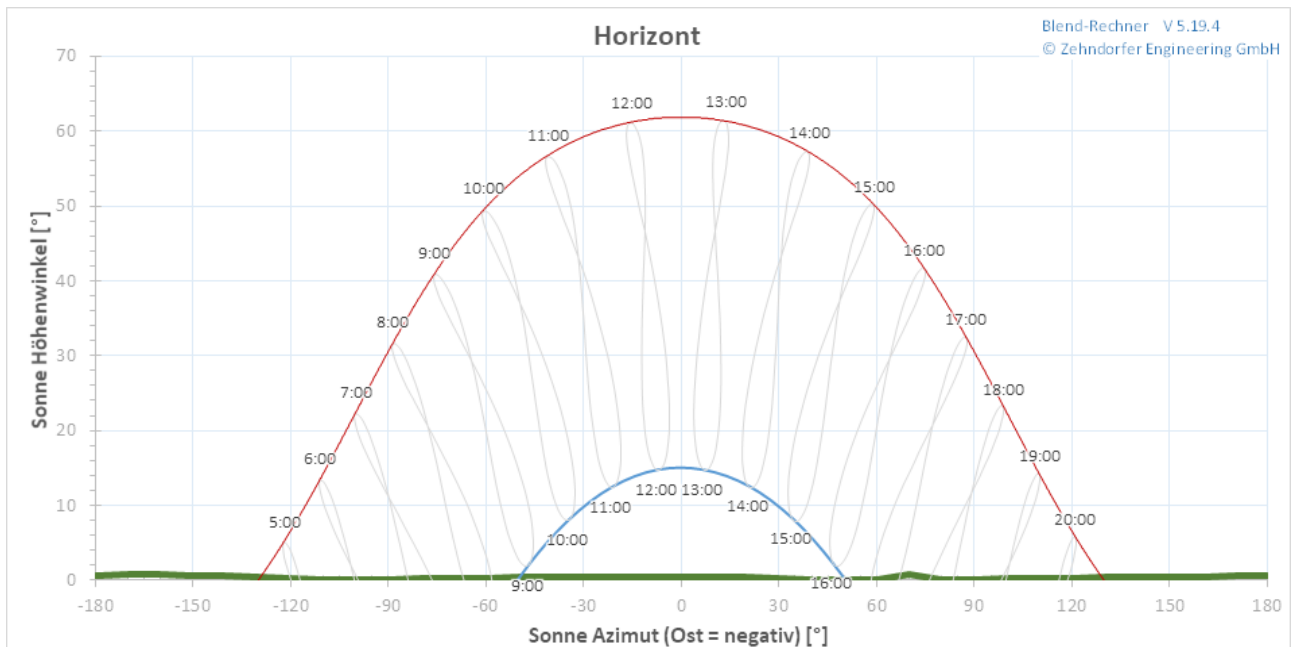
Abbildung 7 Gelände-schummerung



1.4.2 Horizont

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

Abbildung 8 Horizont



1.4.3 Bewuchs

Zwischen den Reflexionsflächen und den IP ist keine Bepflanzung geplant, welche eine abschattende Wirkung haben könnte.

1.4.4 Künstliche Abschattungen

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

Abbildung 9 Lärmschutzwand (rot)



Südlich der Autobahn verläuft eine Lärmschutzwand (siehe Abbildung 9 und Anhang 5), deren unterer Teil 4 m blickdicht ausgeführt ist (oberer Teil aus Glas). Diese hat eine teilweise abschattende Wirkung auf die Anwohner im Süden. Der blickdichte Teil der Lärmschutzwand wurde in der Berechnung an den relevanten Stellen als Abschattung modelliert.

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.

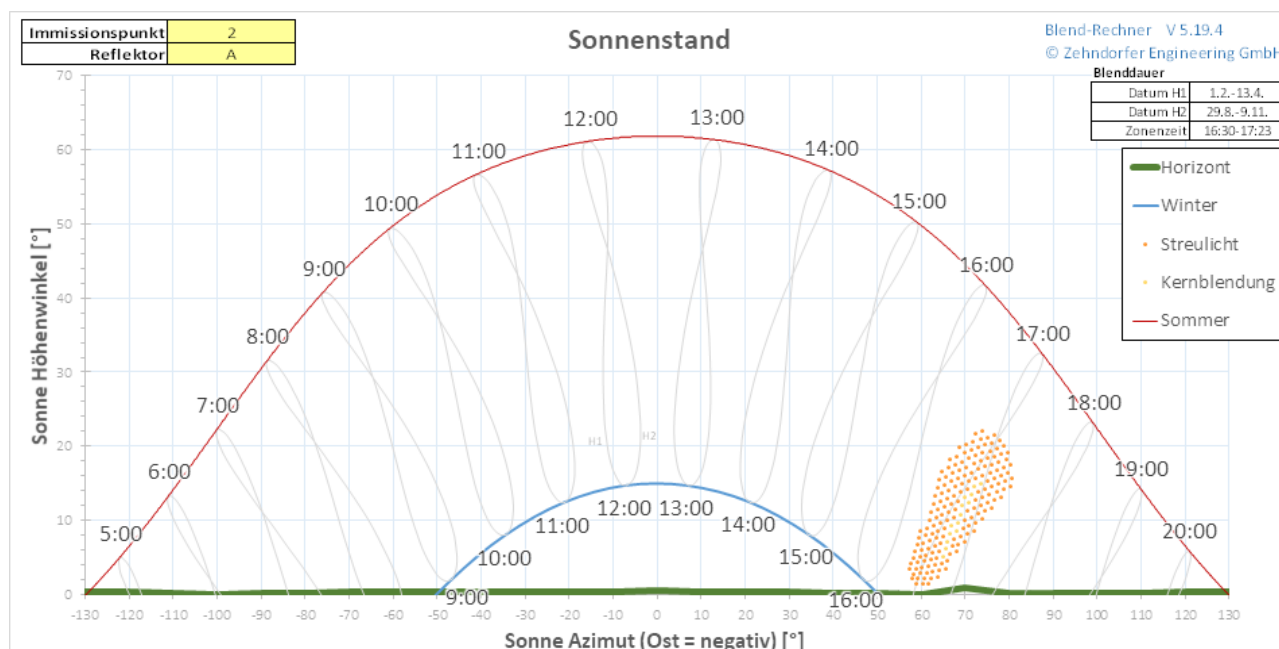
Abbildung 10 Reflexion der Solar Anlage zum IP2



Abbildung 10 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 11 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 11 Sonnenwinkel bei Blendung am IP 2



Am IP 2 ist also abends von Februar bis November mit Reflexionen zu rechnen. Die Resultate der Berechnung sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Alle weiteren Ergebnisse sind in Anhang 6 zu finden.

Reflektor	A
Immissionspunkt	2
Distanz	m 182
Höhenwinkel	° 2
Raumwinkel	msr 6
Datum H1	1.2.-13.4.
Datum H2	29.8.-9.11.
Zeit	16:30-17:23
Kernblendung min / Tag	0
Kernblendung h / Jahr	0
Streulicht min / Tag	20
Streulicht h / Jahr	14
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	° 12
Sonnen Azimut (Mittel)	° 69
Sonne-Reflektor Winkel (max)	° 24
Blendung - Blickwinkel (min)	° 5
Leuchtdichte (max) [k cd/m ²]	11 072
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm ²]	80
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	9 288

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 welcher 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°), 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.
Leuchtdichte	Das Maximum der errechneten Leuchtdichte der Reflexion in 1000 cd/m ²
Retinale Einstrahlung	Die maximale Leistungsdichte der reflektierten Strahlen auf der Netzhaut in W/cm ²
Beleuchtungsstärke	Die maximale zusätzliche Beleuchtungsstärke der reflektierenden Strahlen am IP in lux.

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 12 Blickfeld am IP 2

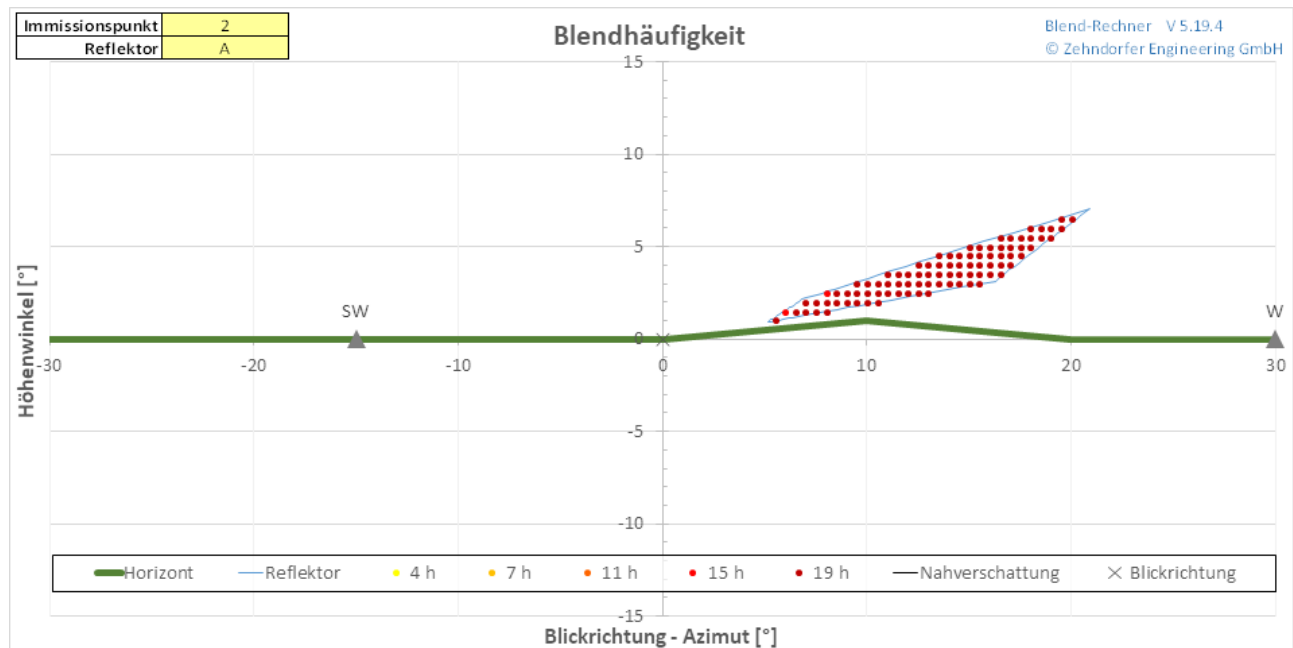


Abbildung 12 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. Alle weiteren Ansichten sind in Anhang 6 zu sehen.

2.5 Blend-wirkung

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

- Größe der projizierenden Reflexions-Fläche
- Reflexionsfaktor der verwendeten Materialien
- Entfernung zwischen IP und Reflektor
- Winkel zwischen Sonne und Reflexionsfläche
- Häufigkeit und Dauer der Reflexion
- Jahreszeit und Uhrzeit der Reflexion
- Tätigkeit des Menschen bei der die Reflexion wahrgenommen wird
- Möglichkeiten sich vor Blendung zu schützen

2.5.1 Größenverhältnisse

Die hier dargestellten Größenverhältnisse sollen bei der subjektiven Einordnung der Reflexionsfläche helfen. Da das Auge keine Größen, sondern nur optische Winkel wahrnimmt (also das Verhältnis von Größe zur Entfernung¹) sind hier alle Größen im Maß des Raumwinkels (milli Steradian) umgerechnet.

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 2 (6 msr) ist als mittelgroß zu bezeichnen.

2.5.2 Richtung der Blendung

Die Richtung, von der Blendung ausgeht, kann eine entscheidende Rolle für die Blendwirkung spielen. Während Blendungen von oben (z.B. Sonne) als normal anzusehen sind und Menschen diesbezüglich nicht sehr empfindlich sind, können waagrecht einfallende Lichtstrahlen Menschen stören. Auch solche Blendungen die von weiter links oder rechts der Sehachse kommen werden weniger störend empfunden als jene, die im Zentrum des Gesichtsfeldes auftreten.

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.

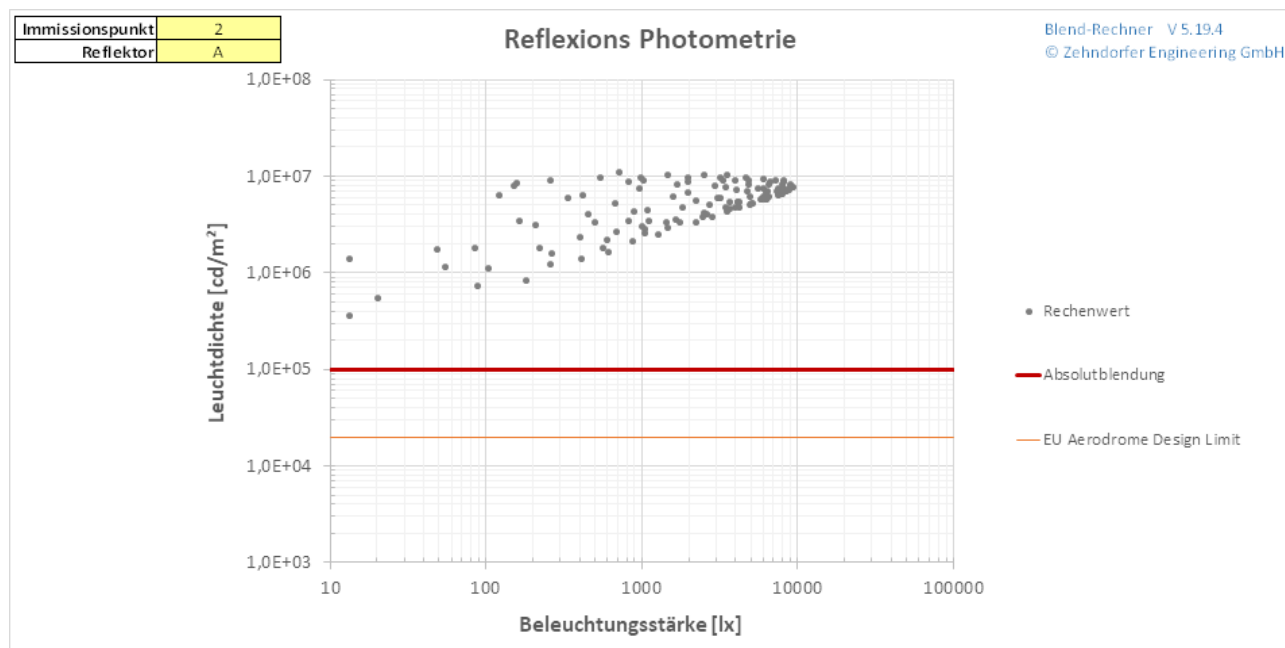
2.5.3 Blendstärke

Die Solar-Module haben bei rechtwinkelig auf die Oberfläche eintreffendem Licht relativ kleine Reflexionsfaktoren, weshalb dabei nur ein Teil des Sonnenlichts reflektiert wird. 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^2). In der Richtlinie LAI-2012 wird davon ausgegangen, dass Leuchtdichten in dieser Größenordnung bei Sonnenreflexionen immer erreicht werden. Die die Stärke der Reflexionen ist demnach kein Kriterium in der Richtlinie. Gemäß der Richtlinie ist nur bei einer Dauer von über 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr die Grenzen der Zumutbarkeit überschritten.

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

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.“

Abbildung 13 Stärke der Reflexionen



Die Berechnung der Leuchtdichte in Abbildung 13 zeigt, dass bei einigen Sonnenständen Absolutblendung erreicht wird.

2.5.4 Blenddauer

Abbildung 14 Blenddauer am IP 2

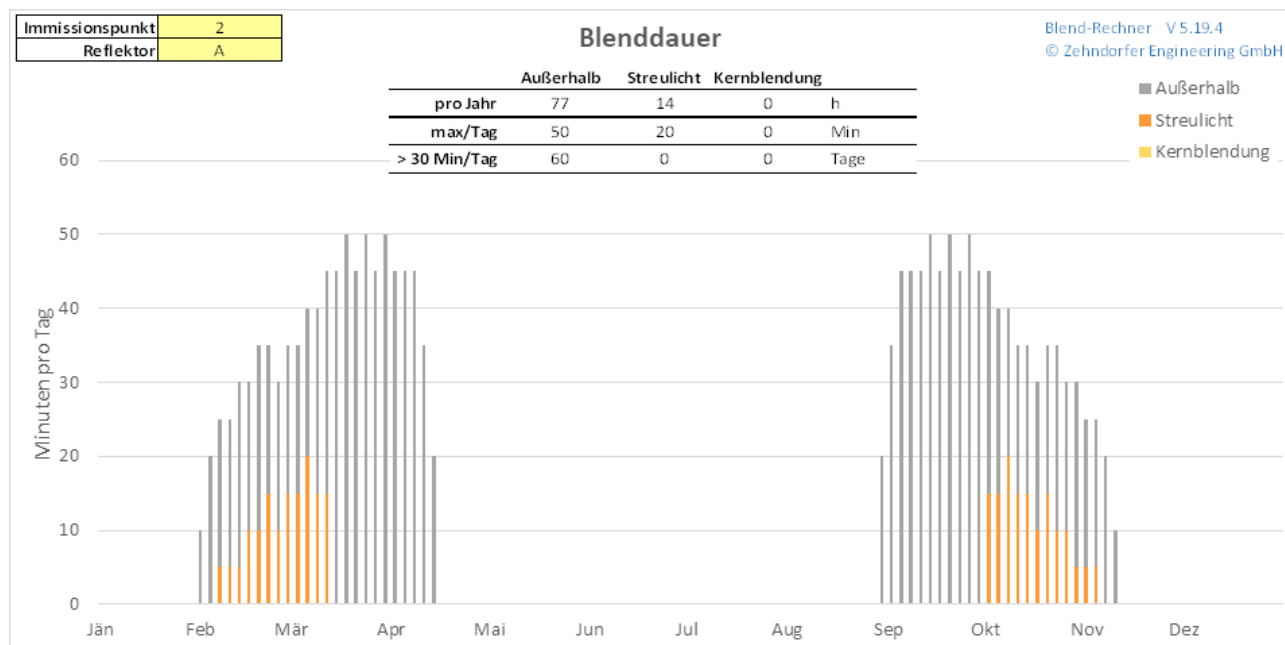


Abbildung 14 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

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 15 Unfälle 2019



Am relevanten Streckenabschnitt fanden 2019 einige Unfälle statt, es ist von einer leichten Unfallhäufung auszugehen.

3 Beurteilung & Empfehlungen

IP1 bis 3 (Autobahn)

Es wird zu kurzen Reflexionen in Richtung der Fahrzeuge kommen. Diese stellen jedoch aus den folgenden Gründen keine erhebliche Gefahr für den Fahrzeugverkehr dar:

- Die Reflexionen treten nur kurz auf
- Die Reflexionen liegen zum größten Teil außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker (+/-15°)
- Die verbleibenden Reflexionen bestehen ausschließlich aus Streuungen
- Die Sonne steht zu diesem Zeitpunkt in einer ähnlichen Richtung

IP4 bis 11 (Autobahn sowie Auf/Abfahrt)

In Richtung dieser IP können kurzfristig Reflexionen auftreten. Sie stellen jedoch keine Gefährdung für den Straßenverkehr dar, da die Reflexionen nie im inneren Gesichtsfeld eines Fahrers auftreten, der seinen Blick auf der Straße hält.

IP 12 bis 16 (Nachbarschaft)#

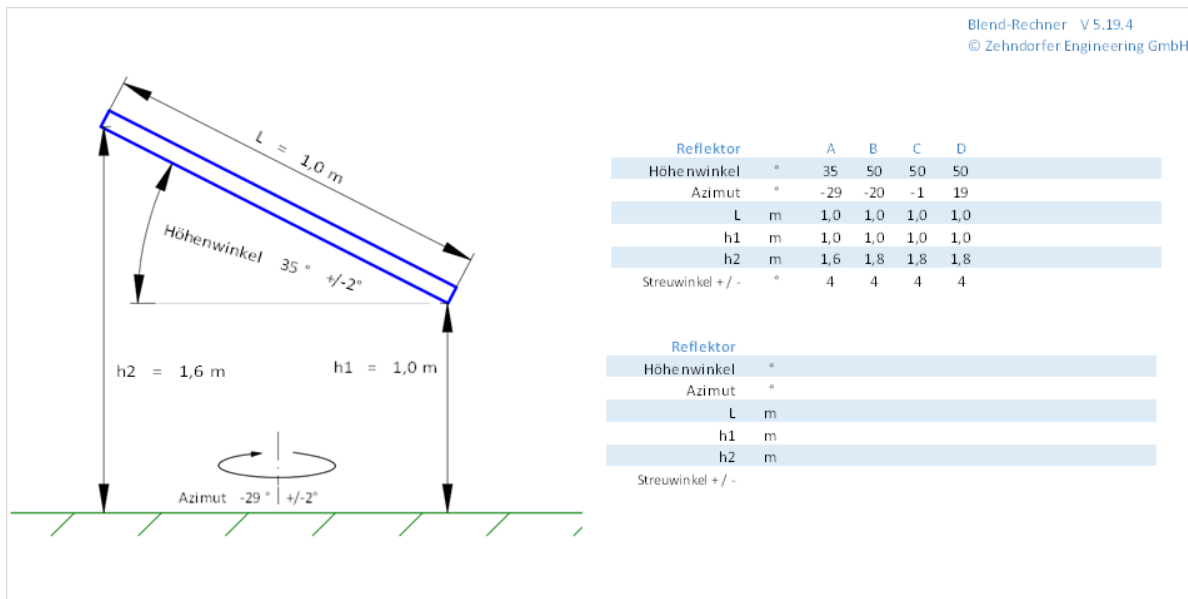
Es werden Reflexionen in Richtung der IP auftreten, deren Dauer jedoch immer deutlich unter den Grenzwerten der Richtlinie liegt.

Die Anlage kann mit den beschriebenen Winkeln ohne weitere blendreduzierende Maßnahmen installiert werden. Es wird dadurch keine gefährliche Blendwirkung auf den Straßenverkehr und keine erhebliche Blendwirkung auf die Anwohner stattfinden.

4 Option 2 - steilere Aufständering

Aus energiewirtschaftlicher Sicht kann es also interessant sein, die Solarkollektoren steiler aufzuständern. Daher wurde ein Szenario durchgerechnet, bei welchem Teileflächen mit 50° geneigt werden (eine Neigung von 50° von Teilfläche A würde jedoch zu einer erheblichen Blendwirkung auf den Verkehr, sowie die Nachbarschaft führen, weshalb diese bei 35° belassen wurde).

Abbildung 16 Steilere Höhenwinkel der Kollektoren



4.1 Bewertung Option 2

IP1 bis 3 (Autobahn)

Es wird zu kurzen Reflexionen in Richtung der Fahrzeuge kommen. Diese stellen jedoch aus den folgenden Gründen keine erhebliche Gefahr für den Fahrzeugverkehr dar:

- Die Reflexionen treten nur kurz auf
- Die Reflexionen liegen zum größten Teil außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker ($\pm 15^\circ$)
- Die verbleibenden Reflexionen bestehen ausschließlich aus Streuungen
- Die Sonne steht zu diesem Zeitpunkt in einer ähnlichen Richtung.

IP4 bis 11 (Autobahn sowie Auf/Abfahrt)

In Richtung dieser IP können kurzfristig Reflexionen auftreten. Sie stellen jedoch keine Gefährdung für den Straßenverkehr dar, da die Reflexionen nie im inneren Gesichtsfeld eines Fahrers auftreten, der seinen Blick auf der Straße hält.

IP 12 bis 16 (Nachbarschaft)#

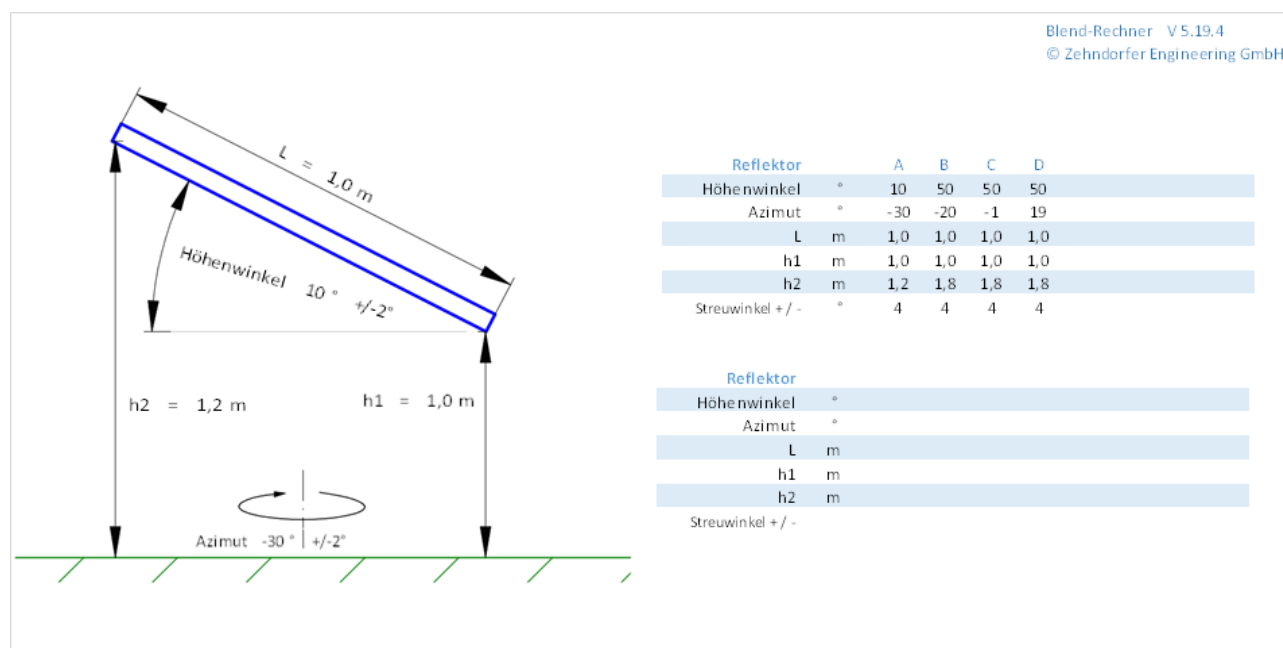
Es werden Reflexionen in Richtung der IP auftreten, deren Dauer jedoch immer deutlich unter den Grenzwerten der Richtlinie liegt.

Die Anlage kann mit den beschriebenen Winkeln ohne weitere blendreduzierende Maßnahmen installiert werden. Es wird dadurch keine gefährliche Blendwirkung auf den Straßenverkehr und keine erhebliche Blendwirkung auf die Anwohner stattfinden.

5 Option 3 – Vermeidung von Streublendung

Um jegliche Streublendung im inneren Gesichtsfeld der Fahrzeuglenker zu vermeiden wurden weitere Versuche unternommen die mit veränderten Seiten- bzw. Höhenwinkel der PV-Module zu erreichen. Dies ist möglich, wenn Teilfläche A mit einem Höhenwinkel von lediglich 10° installiert wird.

Abbildung 17 Ausritzung zur vollständigen Vermeidung von Streublendung



Die Ergebnisse der Berechnungen für Option 3 sind in Anhang 6.2 zu finden.

5.1 Bewertung Option 3

IP1 bis 11 (Autobahn sowie Auf/Abfahrt)

Es wird an einigen IP zu kurzen Reflexionen in Richtung der Fahrzeuge kommen. Die Reflexionen liegen an einigen IP vollständig außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker und stellen daher keine Gefahr für den Verkehr auf der Autobahn dar.

Am IP 10 stehen die Reflexionen immer weniger als 10° zur Position der Sonne entfernt, wodurch die Sonne (welche um 2 bis 3 Größenordnungen heller blendet) die Reflexionen derart maskiert, dass diese kaum wahrgenommen werden, was entsprechend Richtlinie nicht als erhebliche Blendwirkung zu bewerten ist.

IP 12 bis 16 (Nachbarschaft)#

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

Die Anlage kann mit den beschriebenen Winkeln ohne weitere blendreduzierende Maßnahmen installiert werden. Es wird dadurch keine gefährliche Blendwirkung auf den Straßenverkehr und keine erhebliche Blendwirkung auf die Anwohner stattfinden.

Datum: 10.11.2020

Gutachter:

Zehndorfer
Engineering

+43 (680) 244 3310 Zehndorfer Engineering GmbH
office@zehndorfer.at Stift-Viktring-Straße 21/6
www.zehndorfer.at 9073 Klagenfurt
FN 516736k 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) $[lm/m^2sr]$.
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.

Bundesfernstraßengesetz (2007)

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

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

ANHANG 3 METHODIK DER BERECHNUNG

Die Berechnung wird mittels *Raytracing* durchgeführt. Dabei wird der errechnete Sonnenstand für ein ganzes Jahr in der Auflösung von 1 bis 5 Minuten, in einen Einfallswinkel auf der Reflexionsfläche umgerechnet und mathematisch gespiegelt. Streublendungen werden als Strahlaufweitung an der Reflexionsoberfläche modelliert. Alle Zeitpunkte bei denen Reflexionen zu den Immissionsunkten auftreten werden notiert und grafisch im Blendverlauf dargestellt. Die Blenddauer wird als tägliche und jährliche Akkumulation der Blendzeitpunkte errechnet. Alle Berechnungen werden unter Zuhilfenahme von vorteilhaften Koordinatensystemen mittels entsprechender Drehmatrizen durchgeführt.

Für eine eventuelle Berechnung der Photometrischen Daten (Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke) wird die vom Sonnenstand abhängige Einstrahlung mit dem winkelabhängigen Reflexionsfaktor multipliziert. Auch die Strahlaufweitung an der reflektierenden Oberfläche wird berücksichtigt. Die Beleuchtungsstärke wird mit der zu jedem Zeitpunkt reflektierende Oberfläche berechnet.

ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

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

Die PV Anlage befindet sich an folgenden Koordinaten

Reflektor	A				B			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	376 656	376 831	376 828	376 652	376 614	376 655	376 651	376 613
y	716 616	716 715	716 721	716 623	716 602	716 616	716 623	716 610
z	62	62	67	67	62	62	67	67
h	1,0	1,0	1,57	1,57	1,0	1,0	1,57	1,57

Reflektor	C				D			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	376 566	376 613	376 612	376 567	376 528	376 565	376 567	376 533
y	716 601	716 602	716 610	716 610	716 615	716 602	716 610	716 623
z	62	62	67	67	62	62	67	67
h	1,0	1,0	1,57	1,57	1,0	1,0	1,57	1,57

mit den folgenden Winkeln der reflektierenden Flächen

	Modultisch		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	35	-30	35	-29	35	-29
B	35	-20	33	-19	35	-19
C	35	-2	34	0	35	0
D	35	19	31	20	35	20

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP13	IP14	IP15	IP17	IP18
x	377 046	376 911	376 801	376 706	376 619	376 554	376 603	376 588	376 539	376 575	376 677
y	716 811	716 734	716 675	716 622	716 583	716 585	716 421	716 506	716 551	716 525	716 580
z	55	56	56	57	57	58	65	65	64	58	58
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az	60	60	60	60	83	108	-152	132	132	-120	-120

Immissionspunkt	12	13	14	15	16
Bezeichnung	IP19	IP20	IP21	IP22	IP23
x	376 641	376 701	376 804	376 928	376 989
y	716 521	716 562	716 625	716 641	716 710
z	56	56	57	55	55
h	2,0	2,0	2,0	2,0	5,0
Blickrichtung - Az					

Die Lärmschutzwand wurde mit den folgenden Koordinaten modelliert

Abschattung	I			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4
x	376 590	377 023	377 023	376 590
y	716 514	716 760	716 760	716 514
z	58	56	56	58
h	0,0	0,0	4,0	4,0

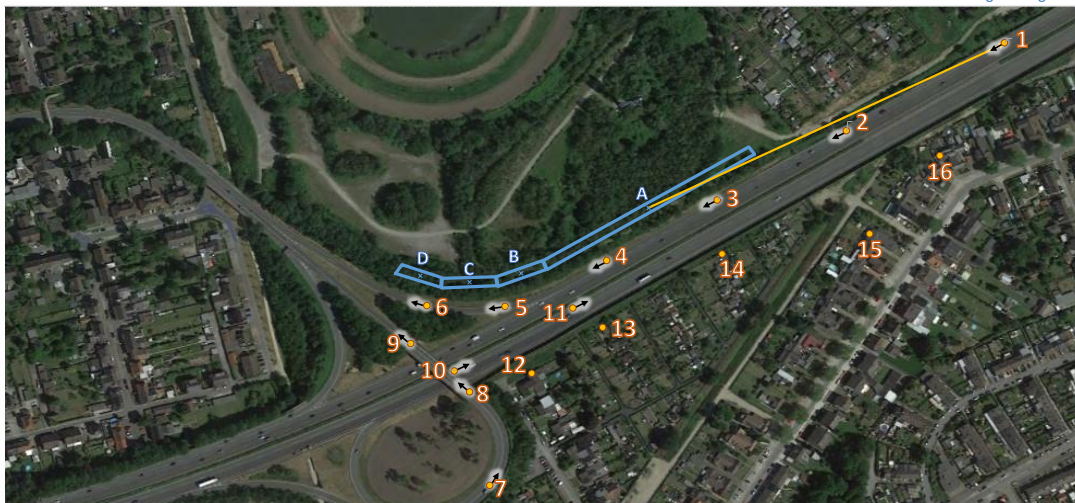
ANHANG 6 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Reflektor		A	A	A	AB	CD	D	D
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6	7
Distanz	m	336	182	59	59	150	206	284
Höhenwinkel	°	1	2	7	6	2	1	0
Raumwinkel	msr	1	6	272	303	97	162	5
Datum H1		26.1.-8.3.	1.2.-13.4.	7.2.-21.6.	25.2.-21.6.	28.4.-21.6.	-	-
Datum H2		4.10.-15.11.	29.8.-9.11.	21.6.-3.11.	21.6.-16.10.	21.6.-14.8.	-	-
Zeit		16:32-17:09	16:30-17:23	16:20-17:35	4:48-18:02	17:48-18:48	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	15	20	20	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	10	14	14	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	6	12	20	20	18	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	63	69	77	-15	101	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	15	24	42	44	32	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	4	5	8	18	27	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	4 837	11 072	12 695	12 871	10 255	0	0
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	3	80	92	86	74	0	0
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	635	9 288	24 888	25 033	10 571	0	0

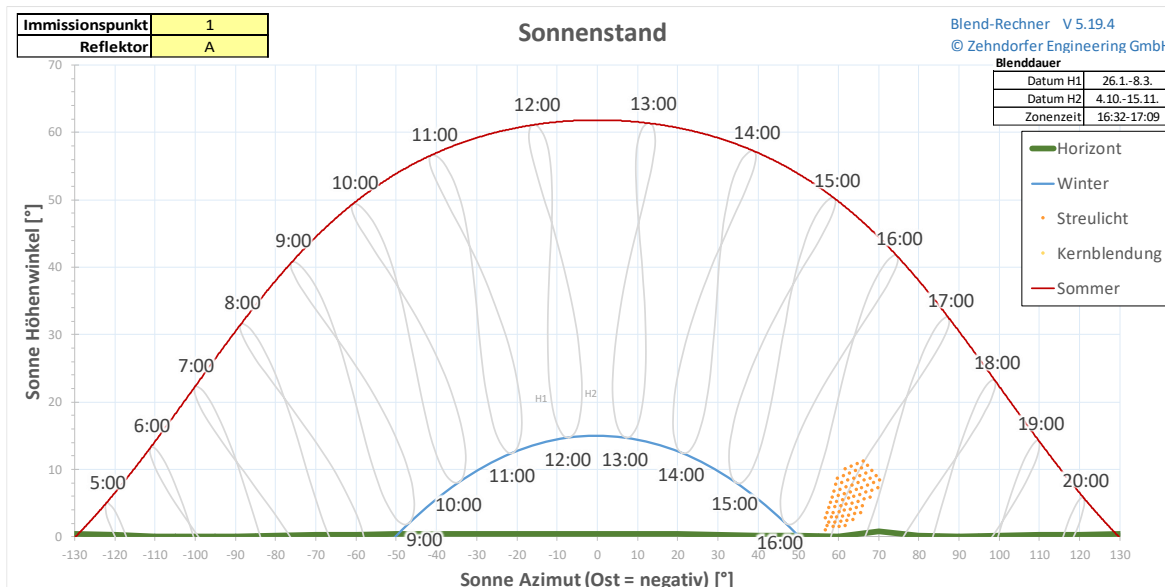
Reflektor		ABCD	BCD	BCD	D	ABC	AB	ABCD
Immissionspunkt		8	9	10	11	12	13	14
Distanz	m	224	235	220	110	179	115	76
Höhenwinkel	°	-1	0	1	3	2	4	5
Raumwinkel	msr	63	105	69	0	0	0	0
Datum H1		6.6.-21.6.	4.5.-21.6.	-	-	-	-	-
Datum H2		21.6.-6.7.	21.6.-8.8.	-	-	-	-	-
Zeit		4:58-5:25	5:18-6:20	-	-	-	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	7	10	-	-	-	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-120	-112	-	-	-	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	17	29	-	-	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	97	104	-	-	-	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	1 175	6 326	0	0	0	0	0
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	9	29	0	0	0	0	0
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	0	6 722	0	0	0	0	0

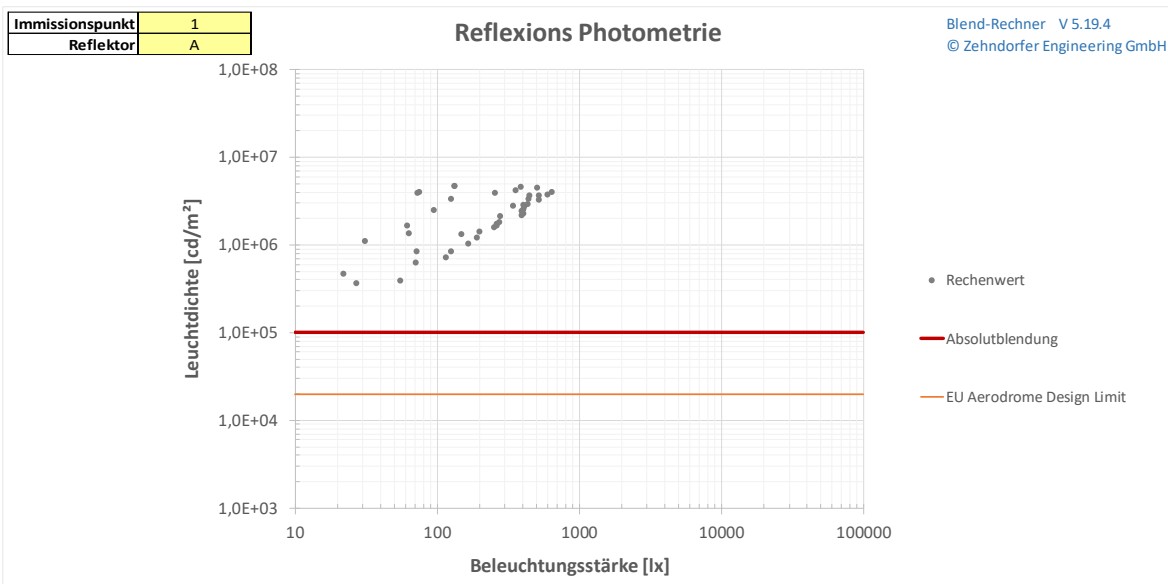
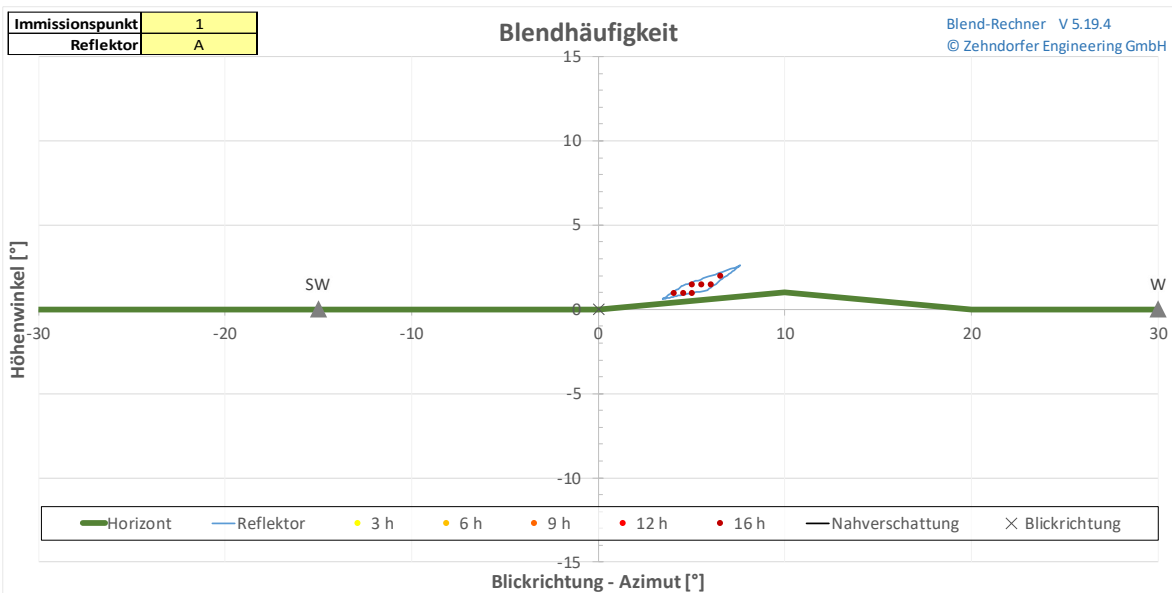
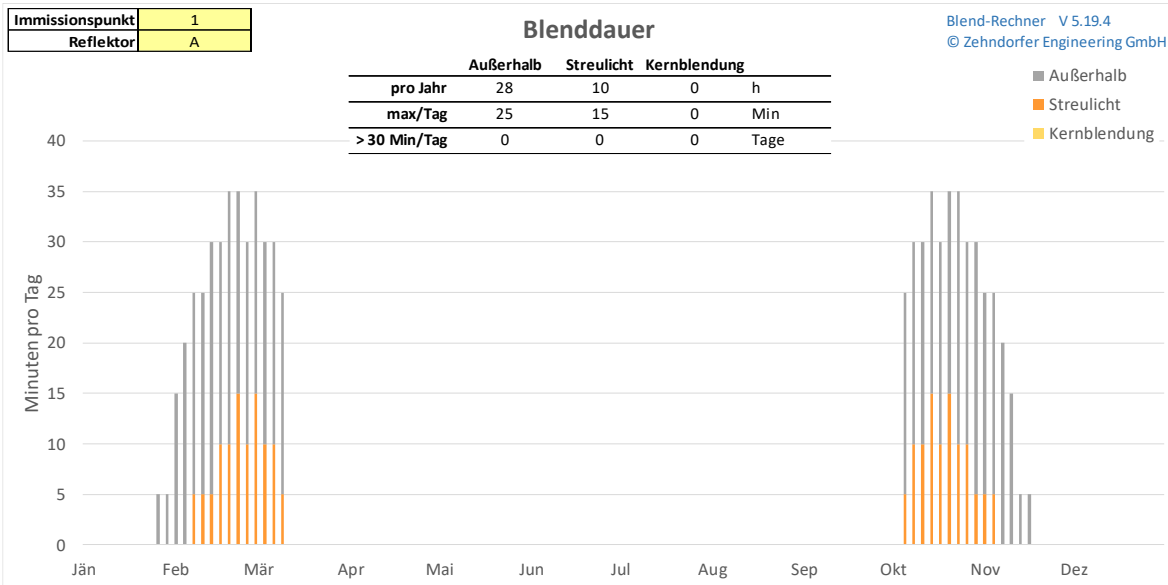
Reflektor		ABC	A
Immissionspunkt		15	16
Distanz	m	189	251
Höhenwinkel	°	3	1
Raumwinkel	msr	18	8
Datum H1		14.3.-21.6.	25.2.-25.5.
Datum H2		21.6.-28.9.	18.7.-16.10.
Zeit		16:03-17:45	16:07-17:10
Kernblendung	min / Tag	10	5
Kernblendung	h / Jahr	11	8
Streulicht	min / Tag	80	55
Streulicht	h / Jahr	170	132
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	23	21
Sonnen Azimut (Mittel)	°	77	72
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	50	44
Blendung - Blickwinkel (min)	°	1	0
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	8 460	8 136
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	44	59
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	4 790	6 161

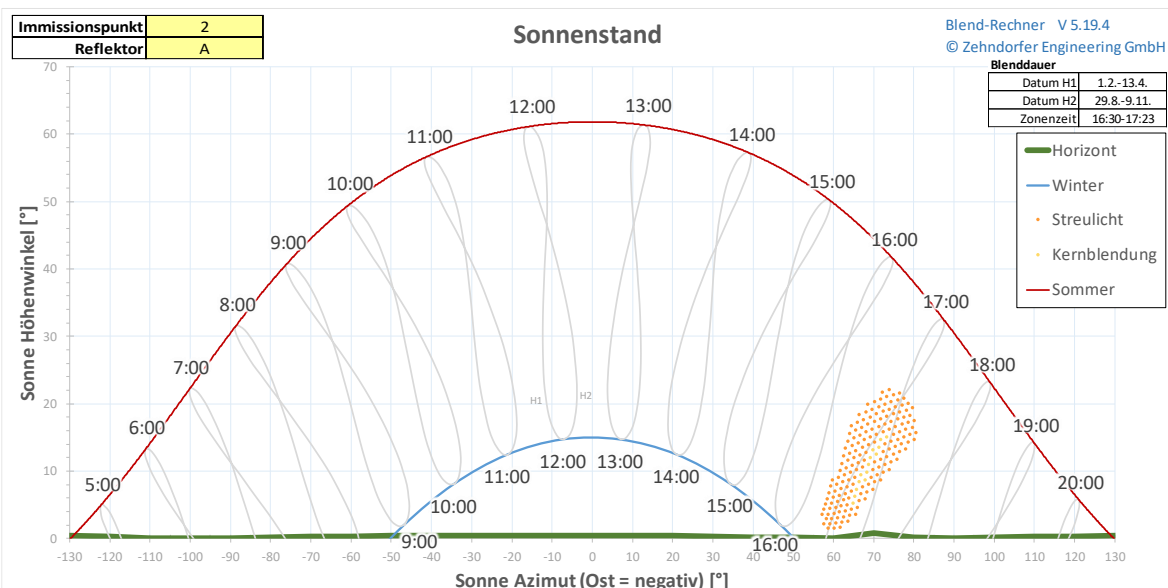
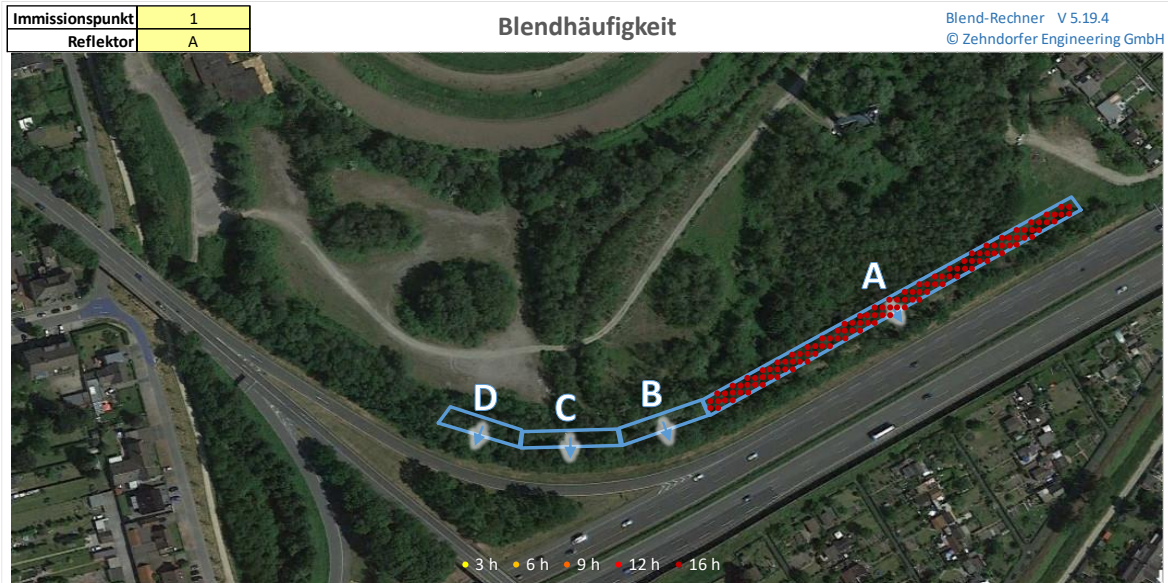
Sonnenreflexion

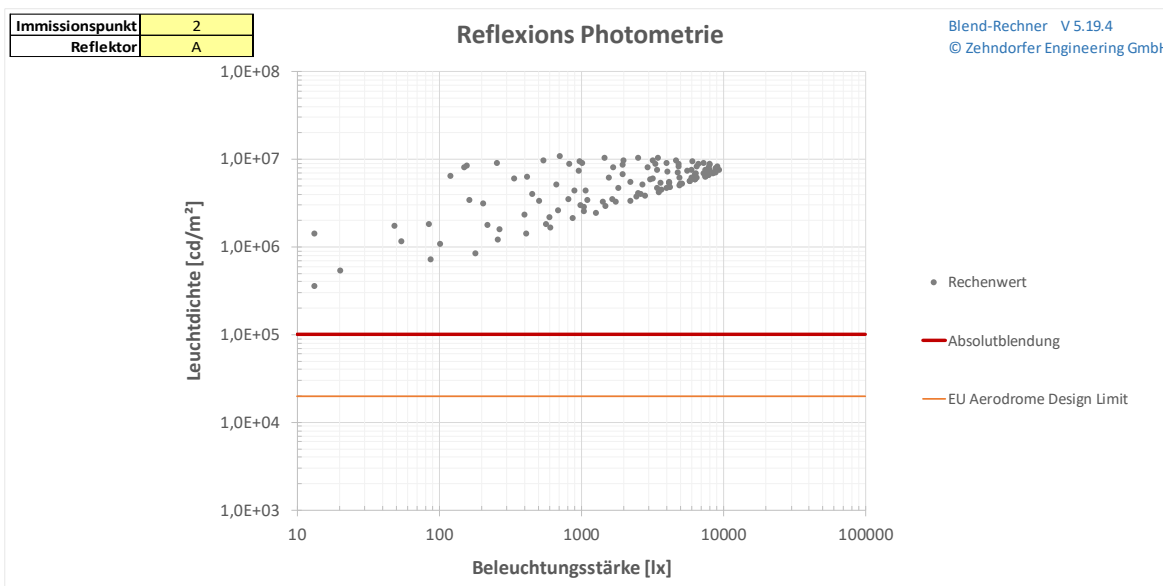
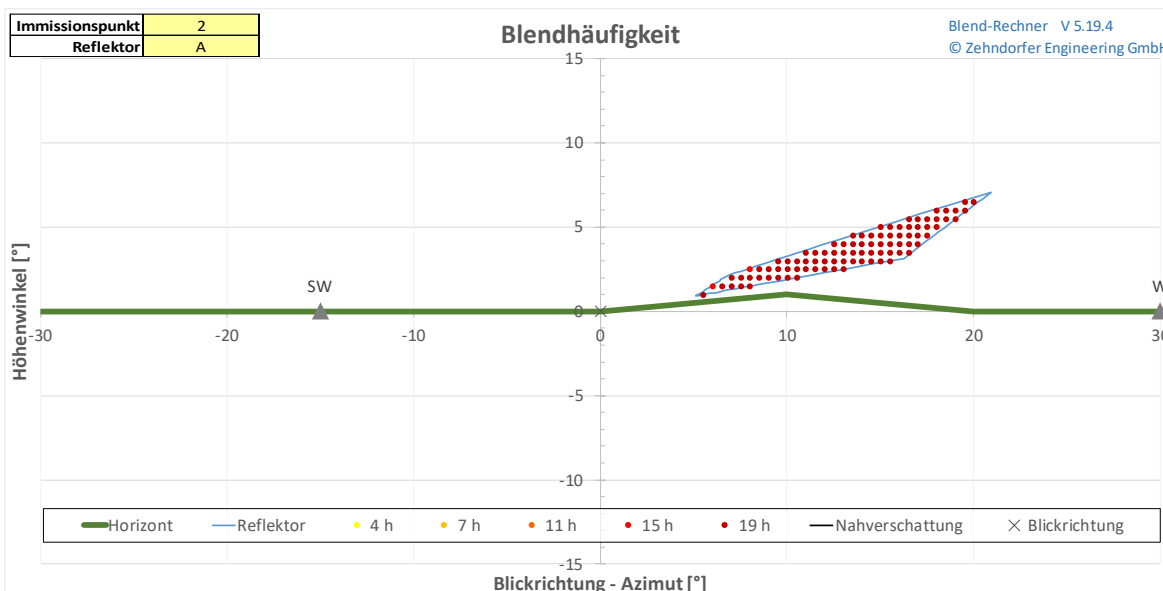
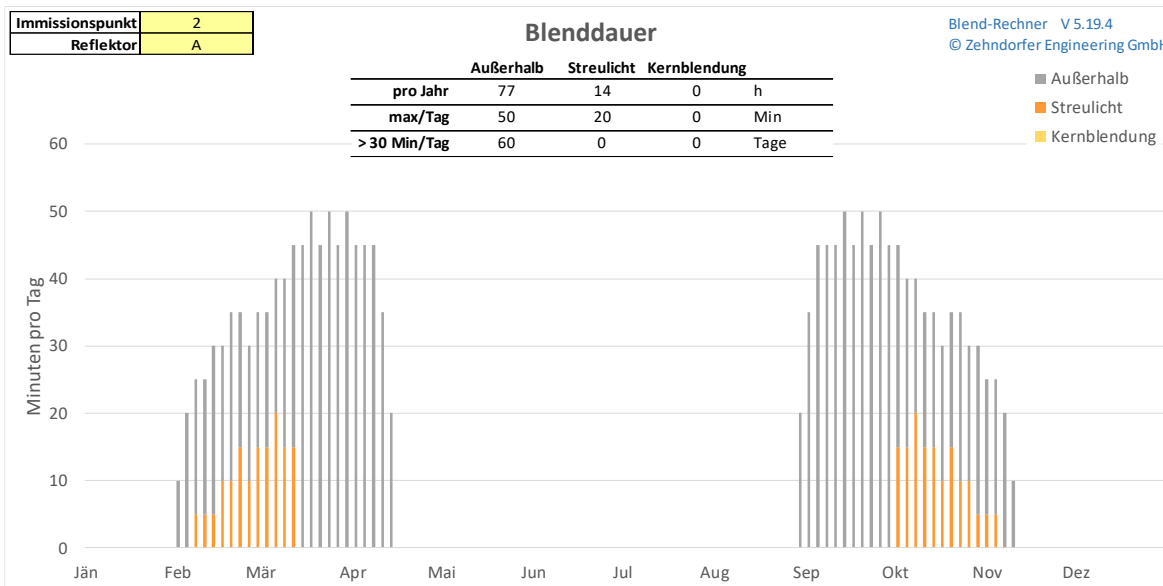
 Blend-Rechner V 5.19.4
 © Zehndorfer Engineering GmbH


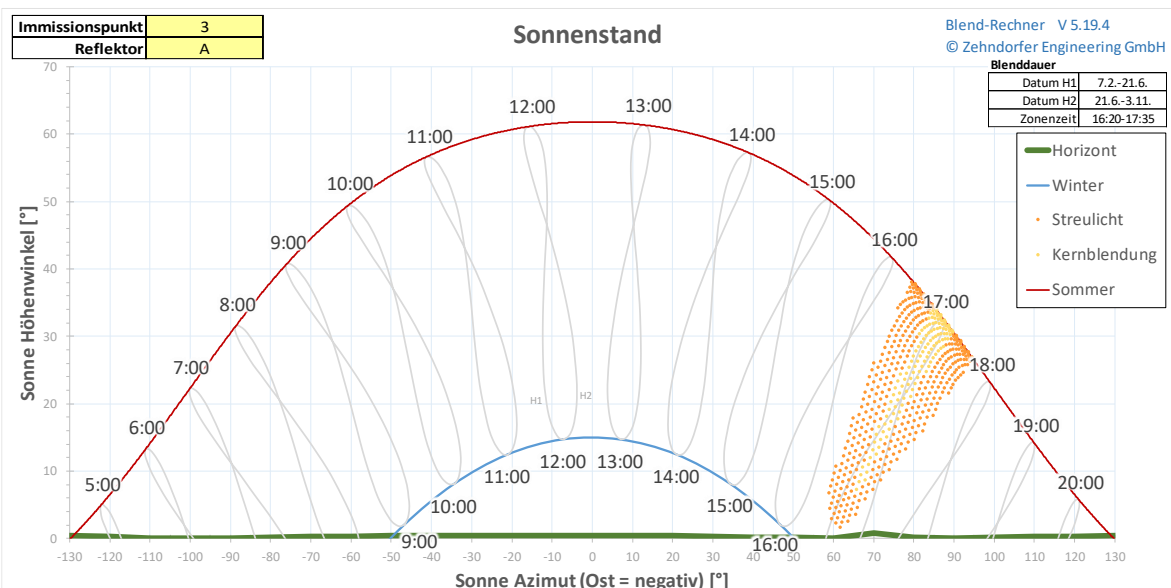
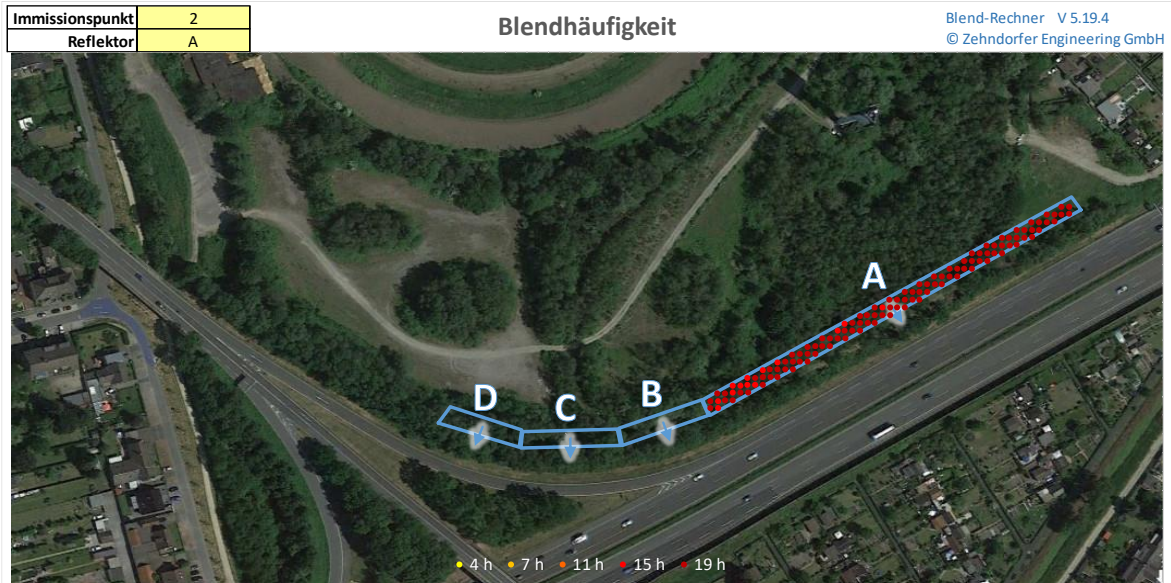
Sonnenstand

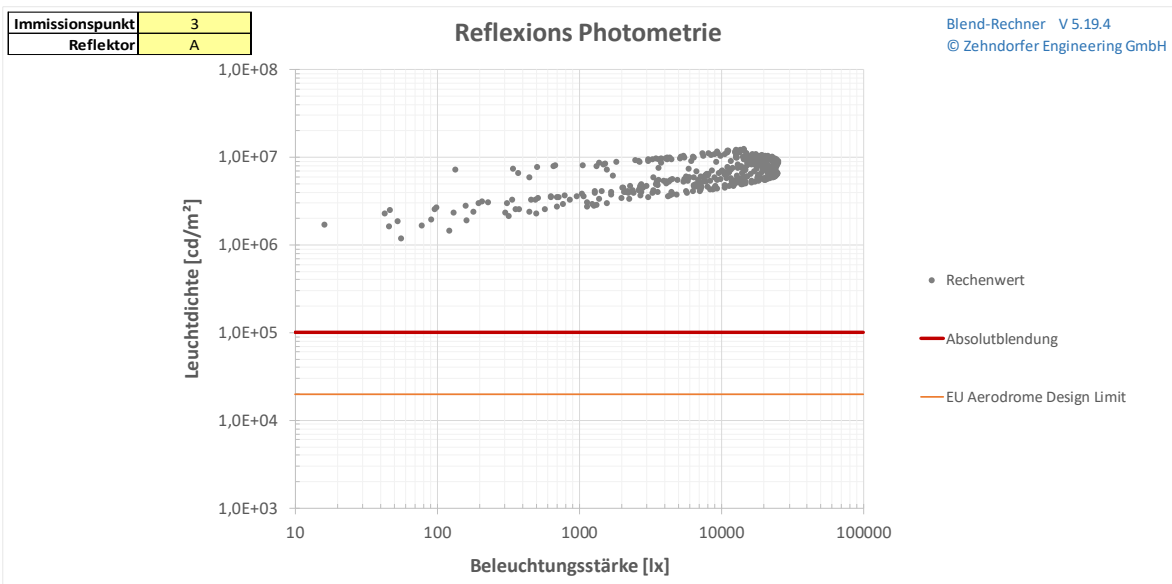
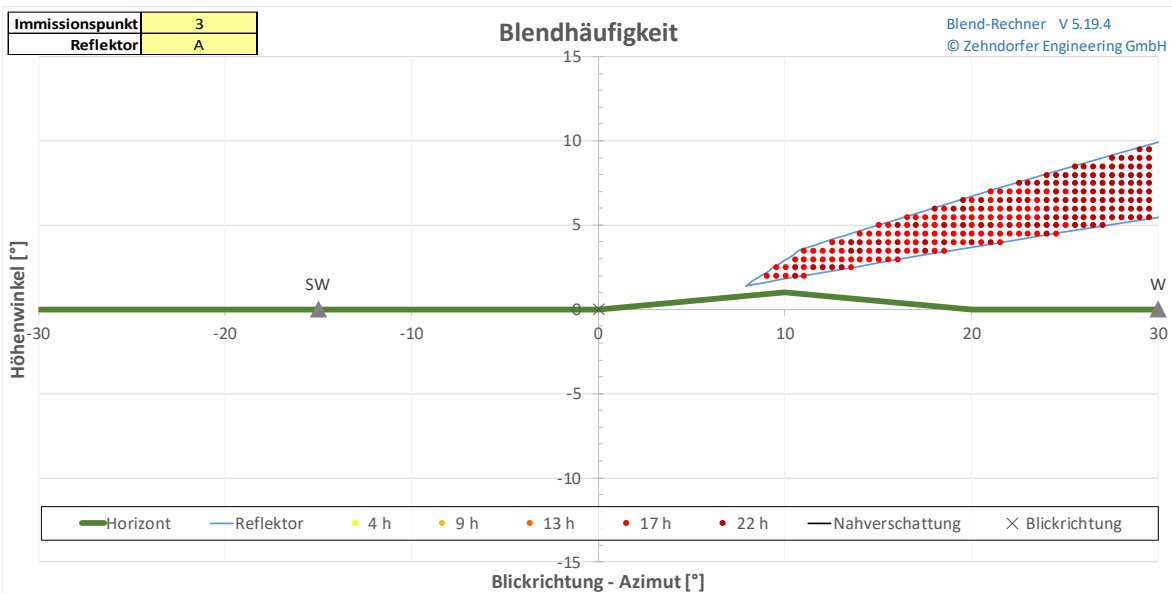
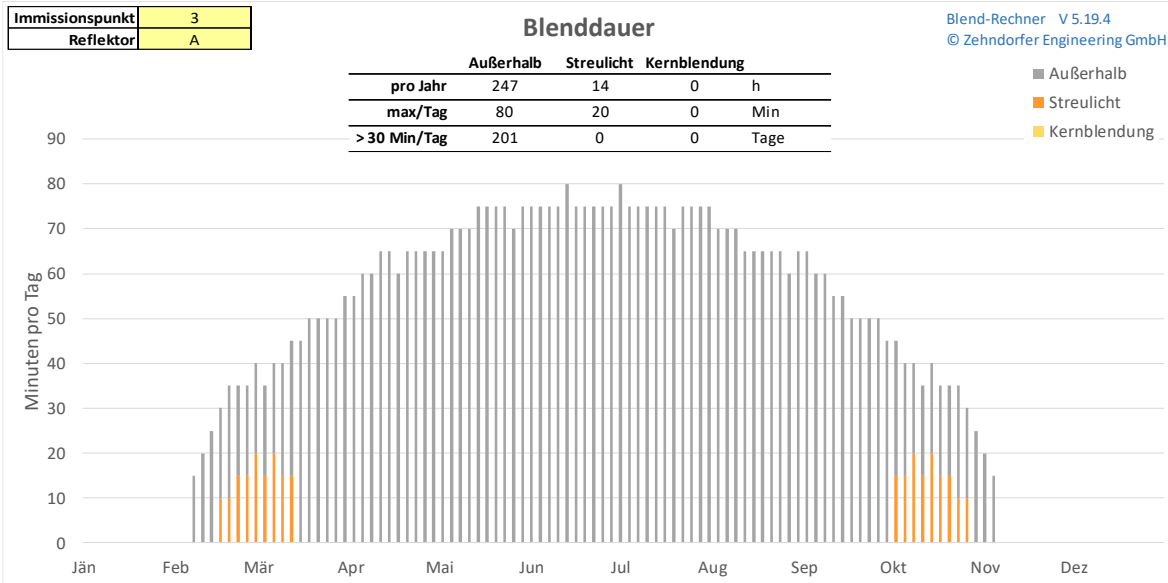
 Blend-Rechner V 5.19.4
 © Zehndorfer Engineering GmbH


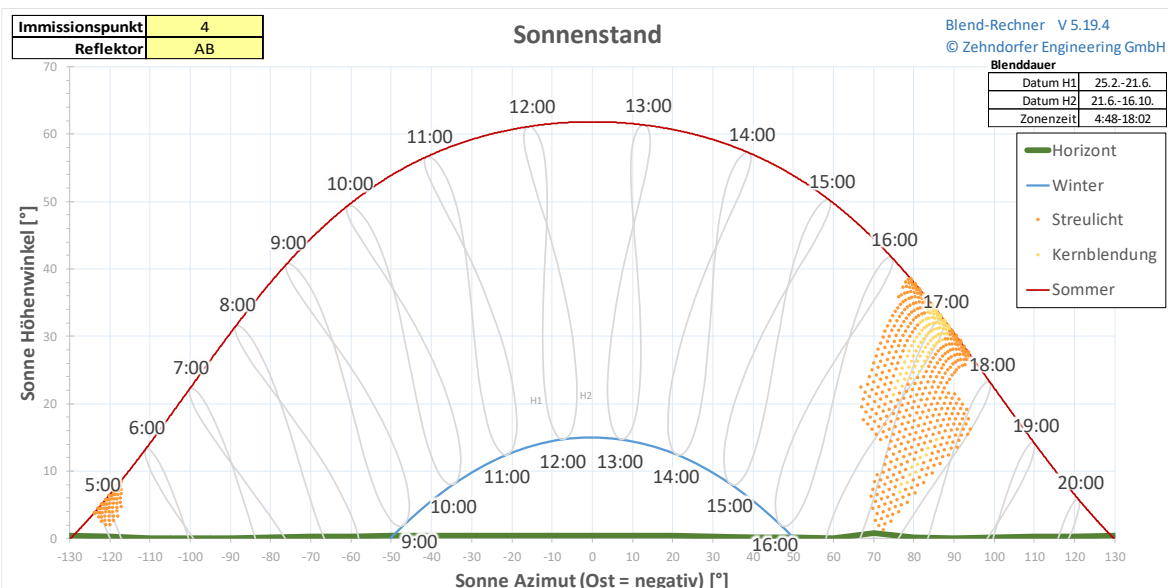
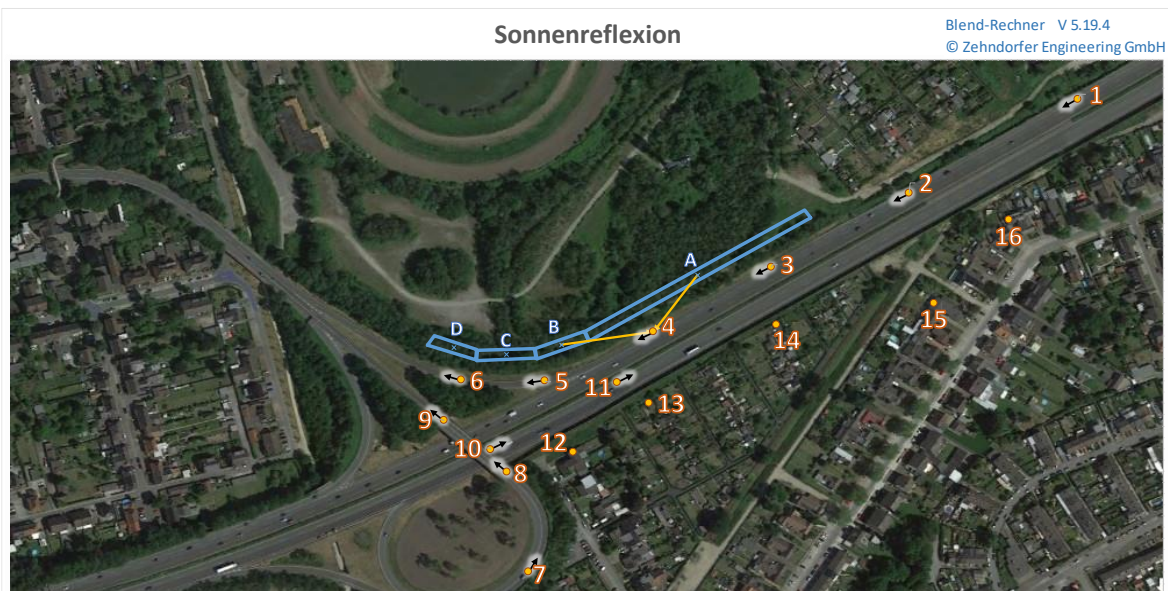


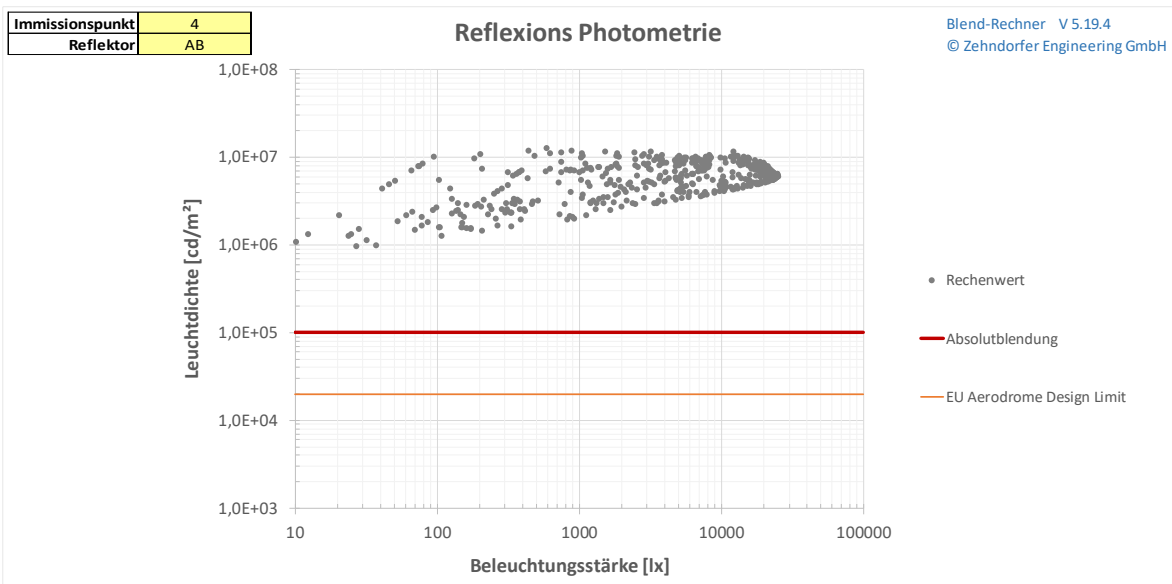
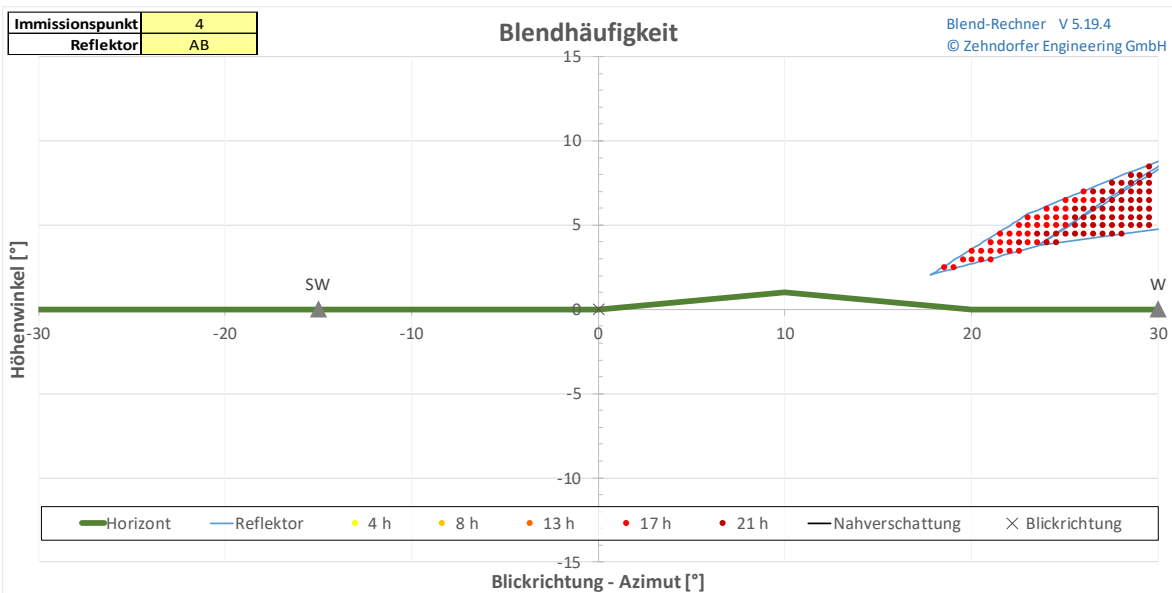
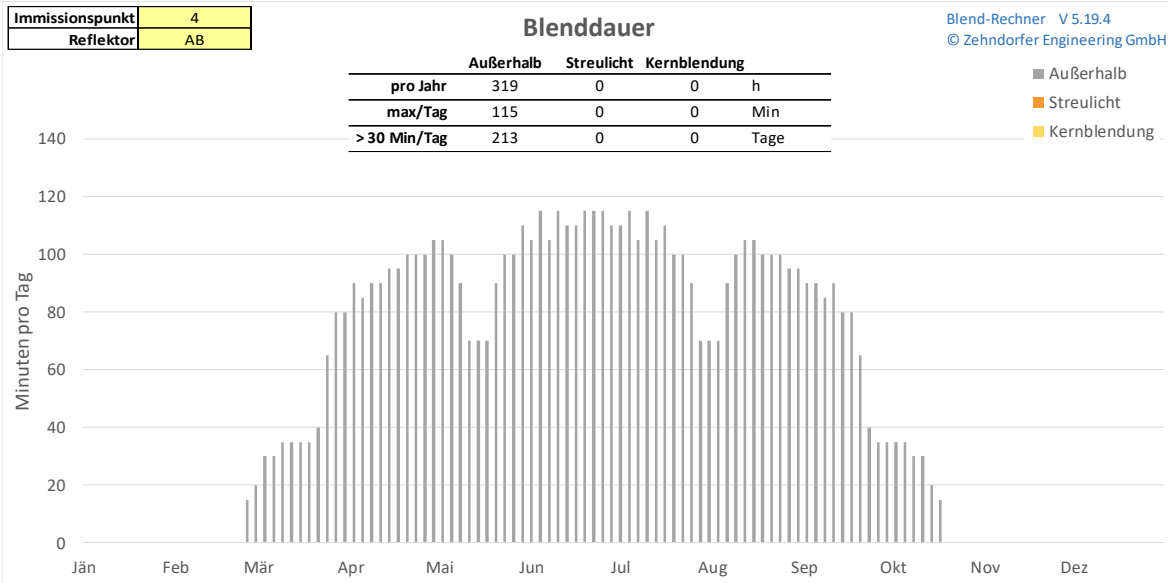


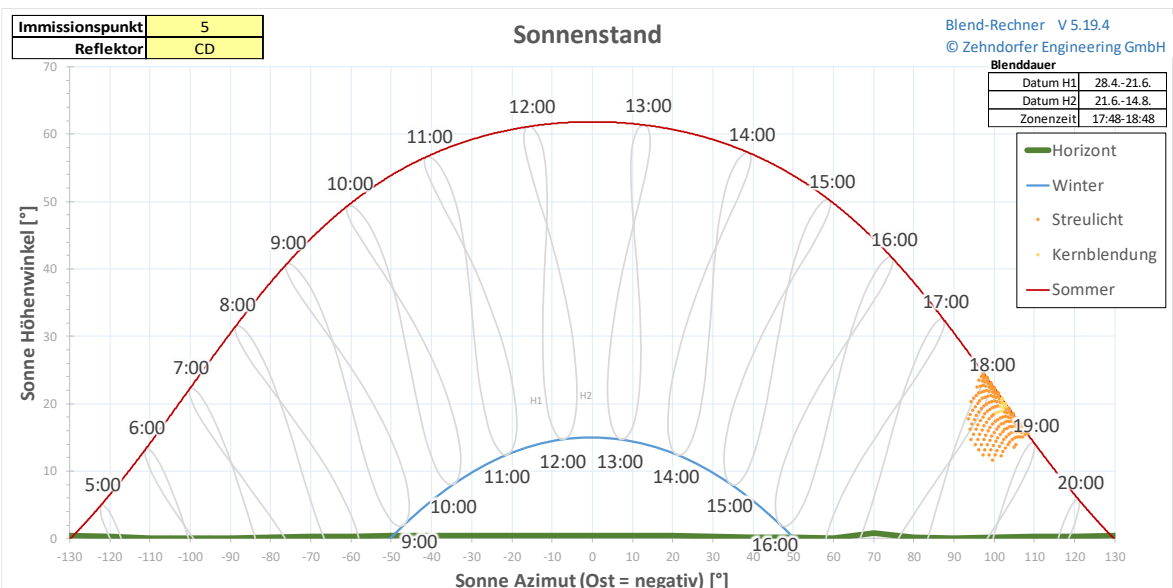
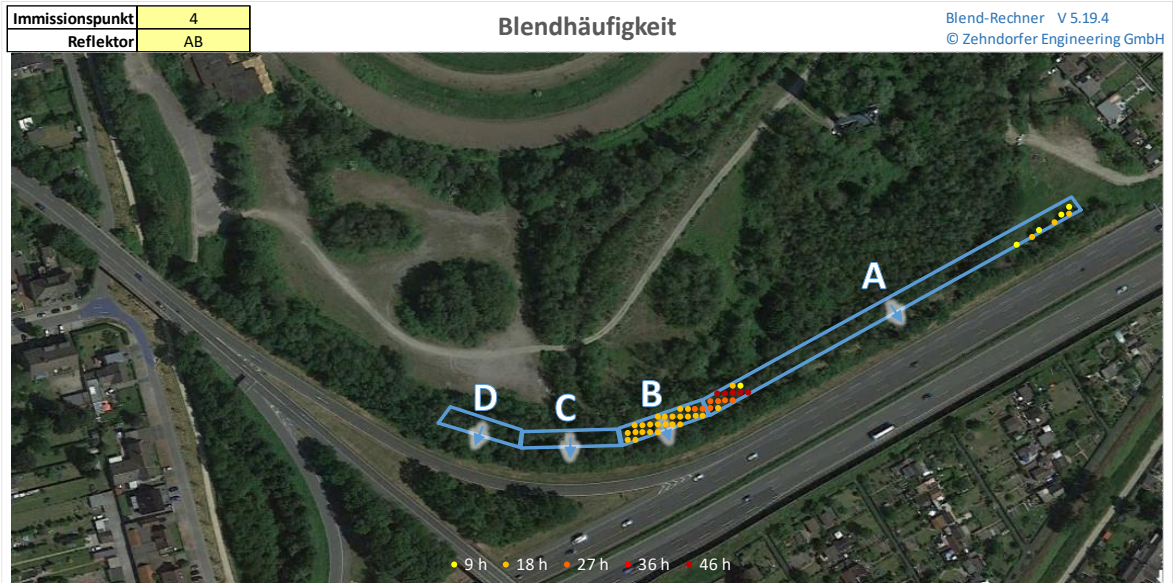


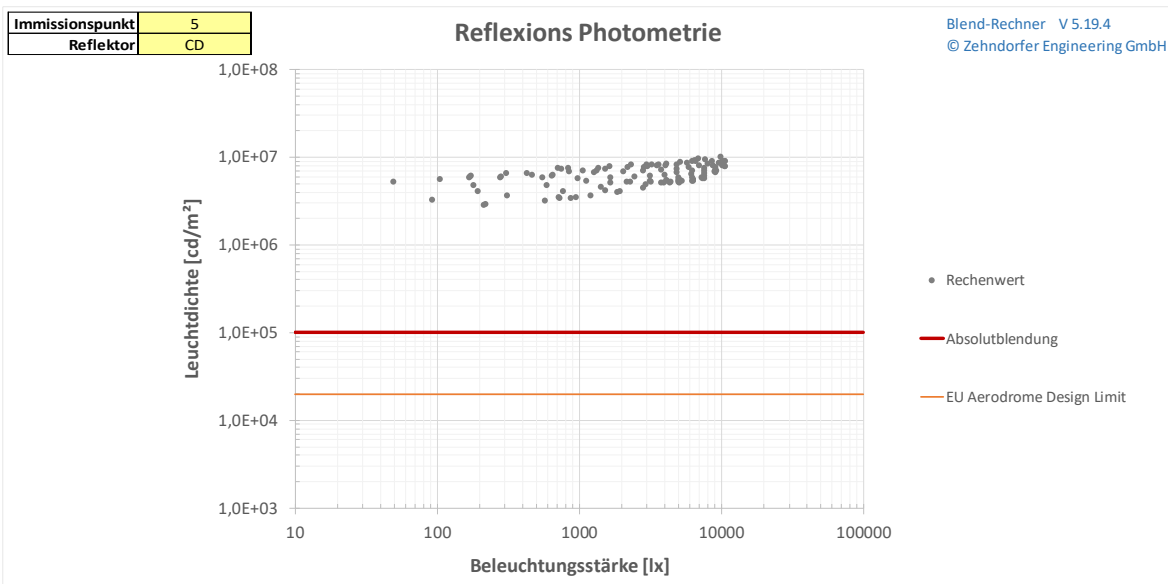
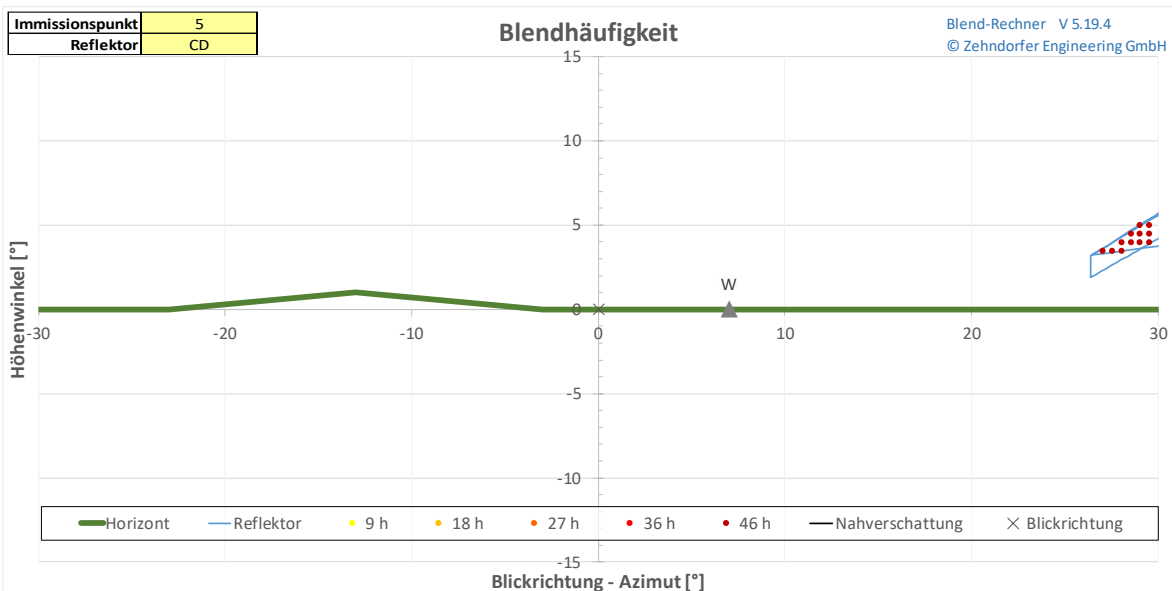
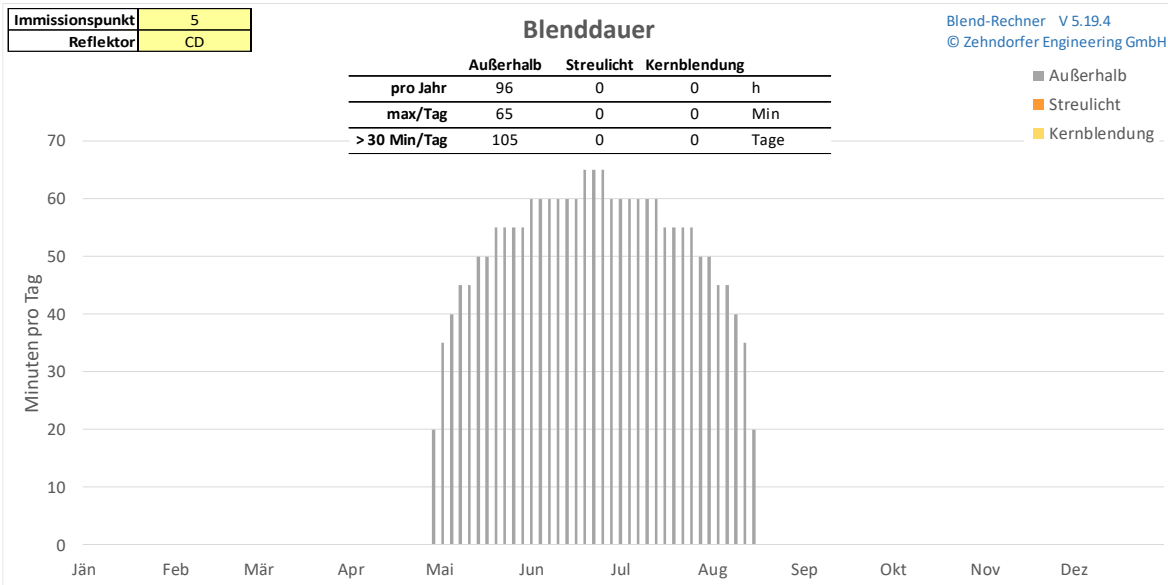


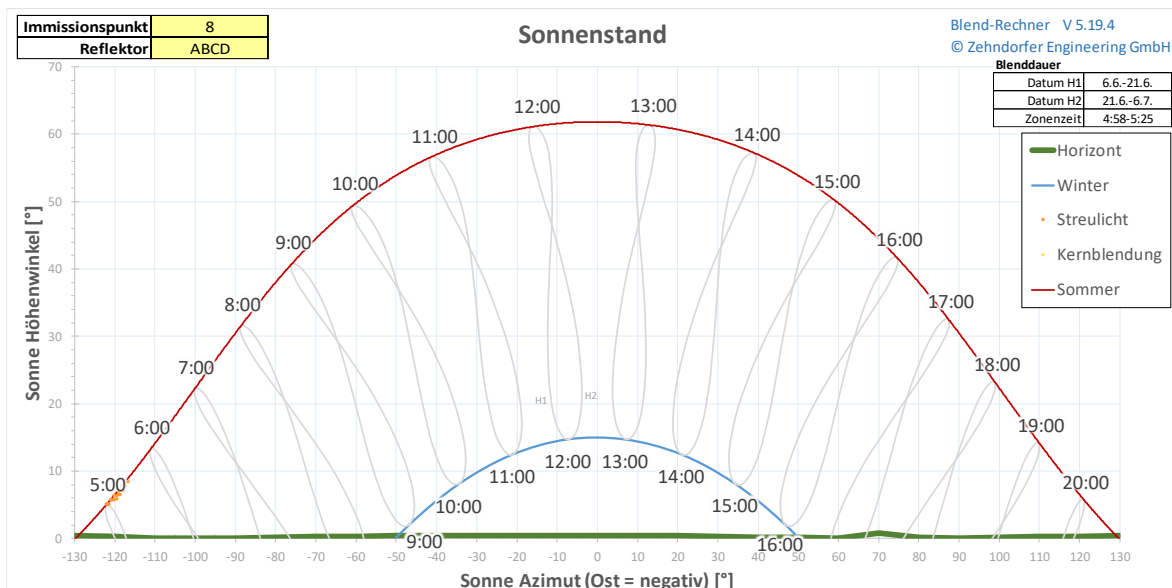
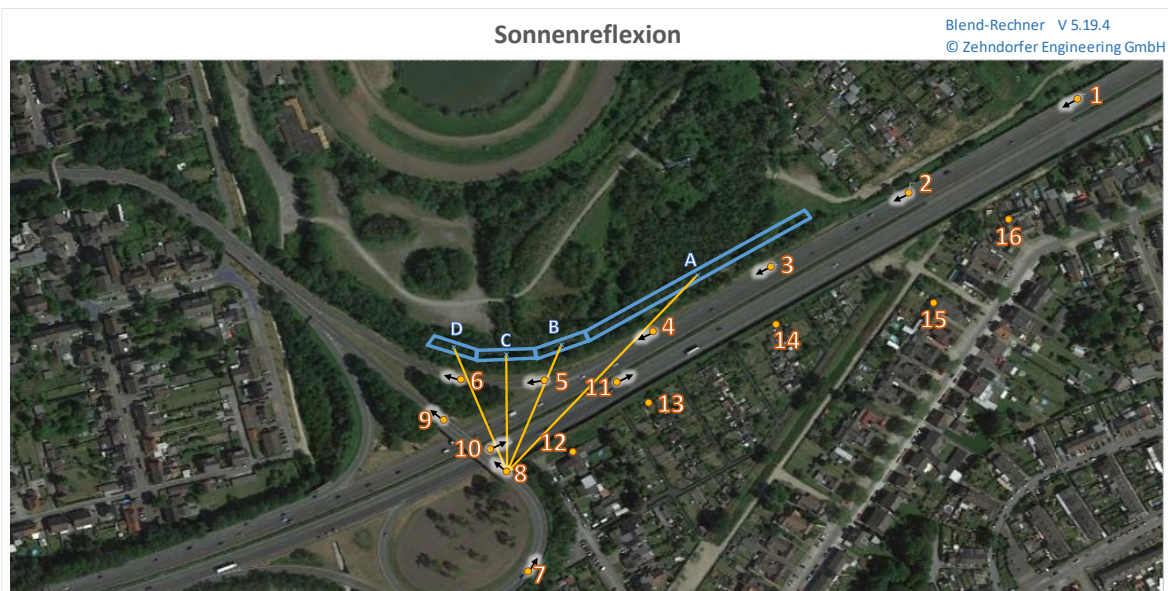
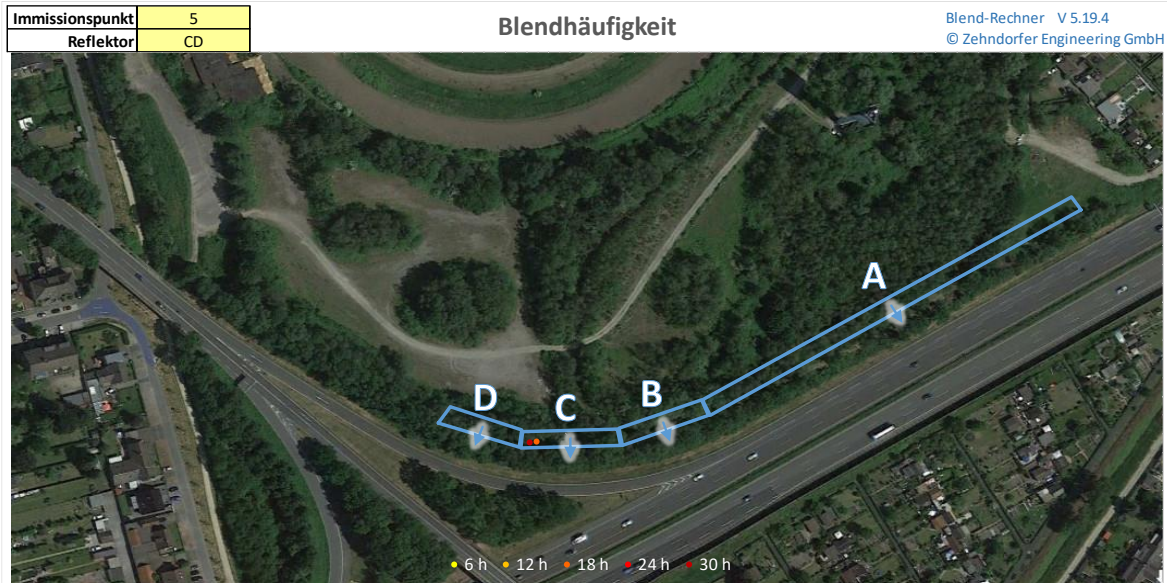


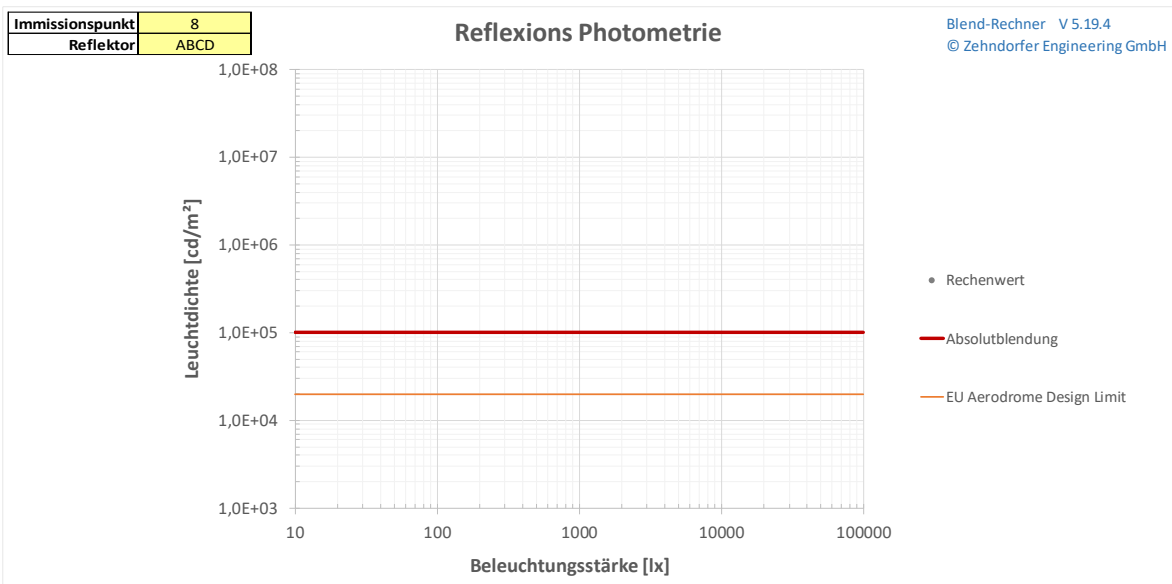
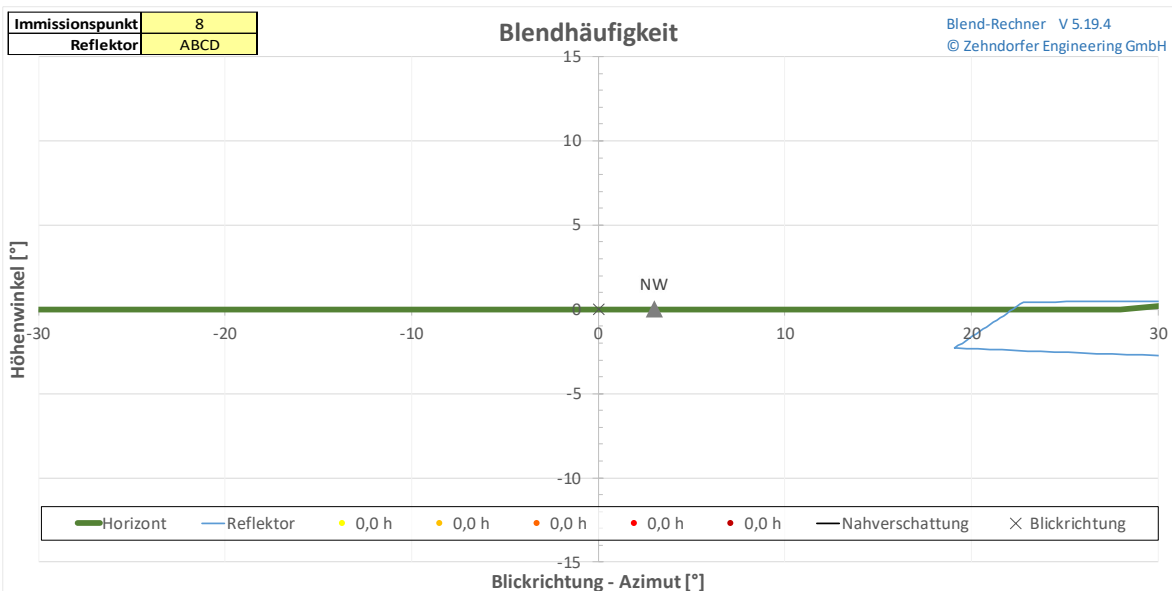
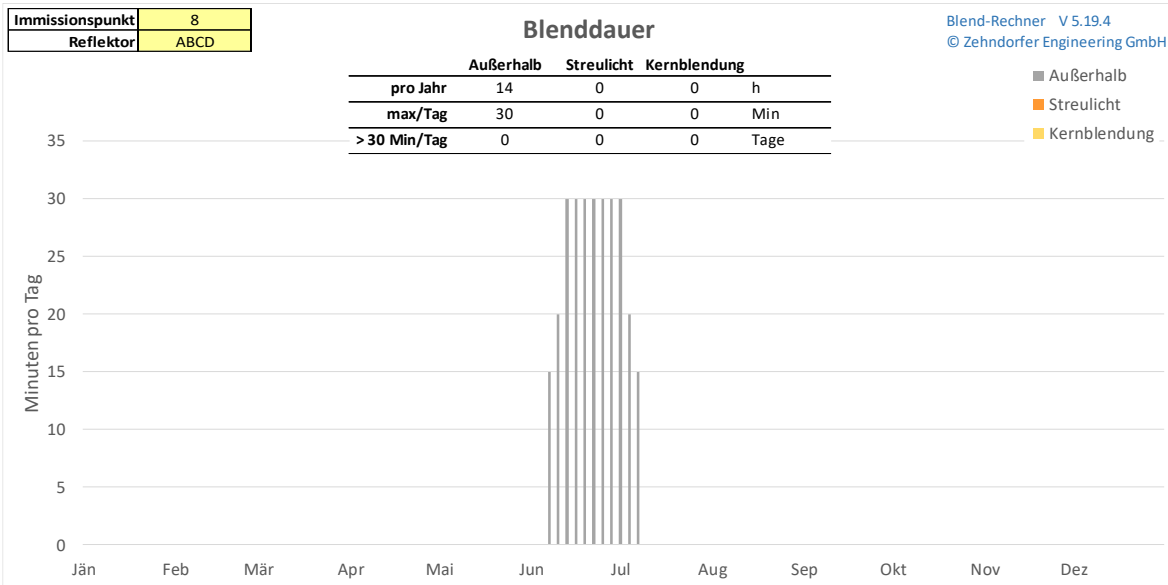








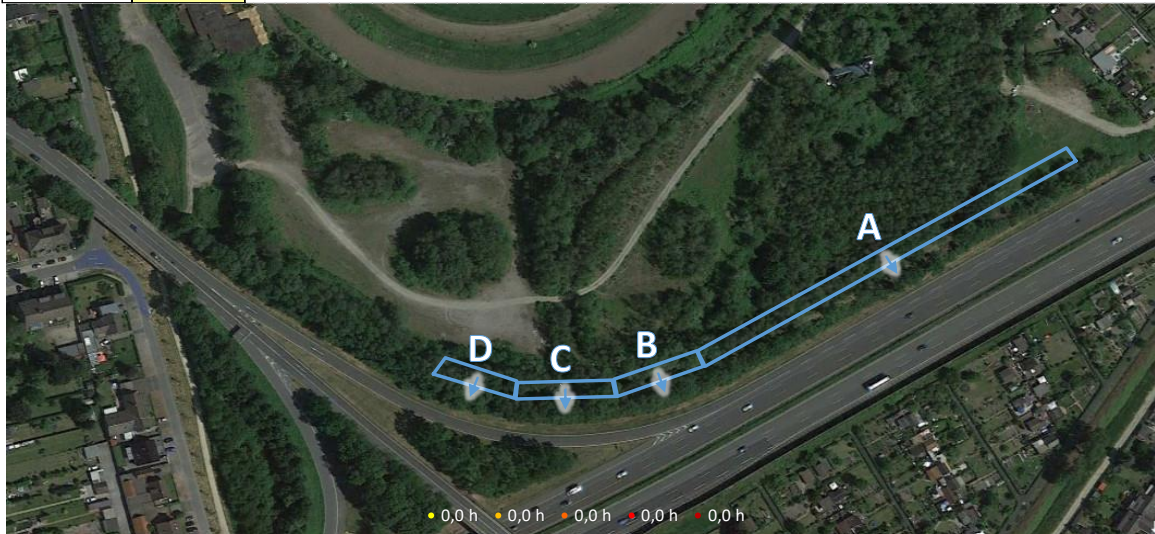




Immissionspunkt	8
Reflektor	ABCD

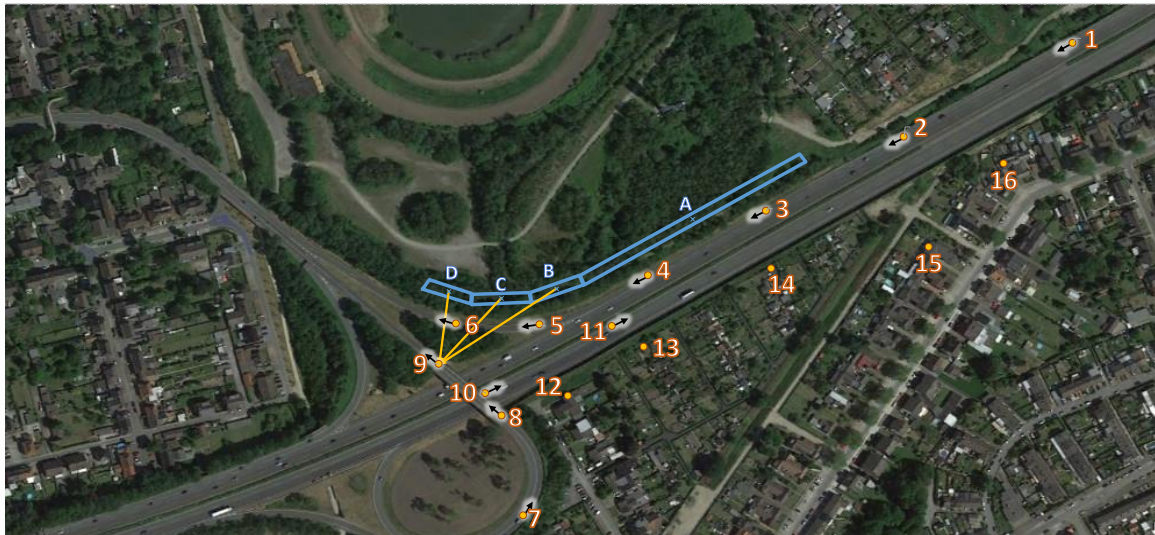
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

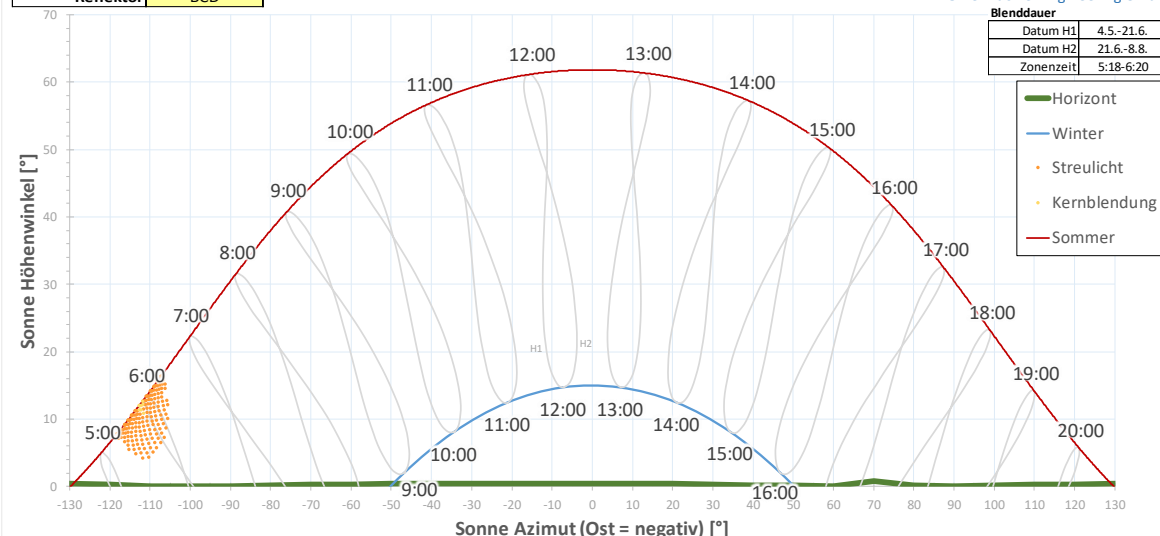
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

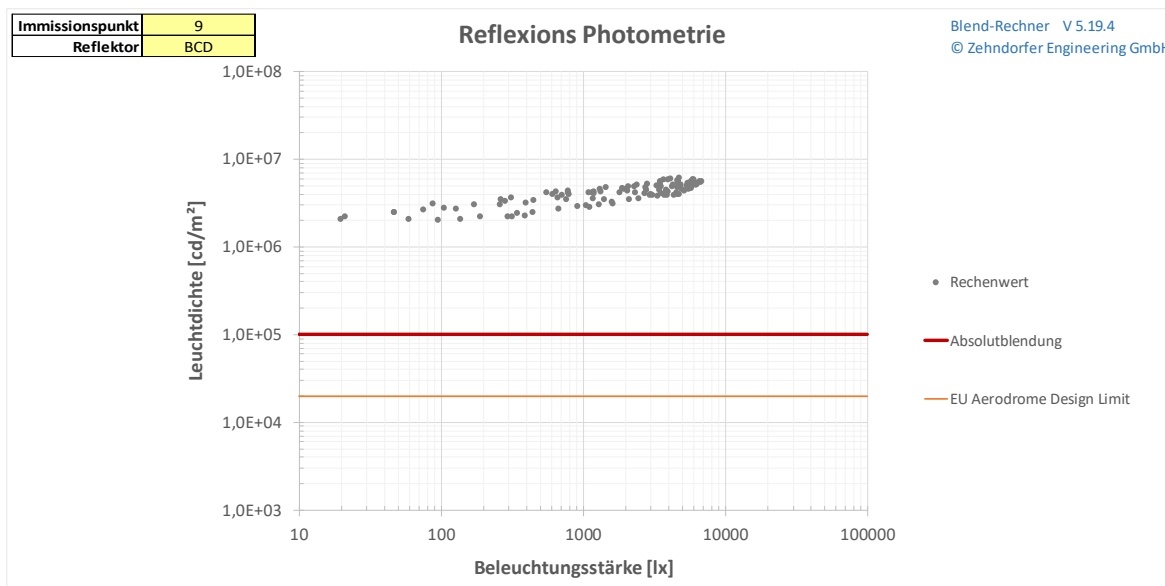
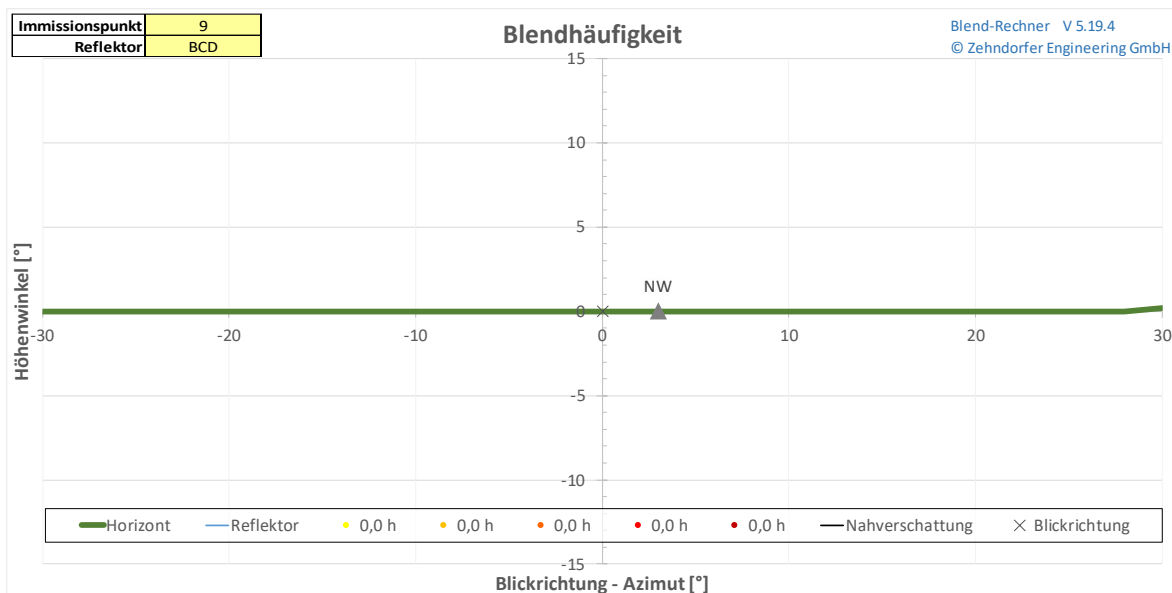
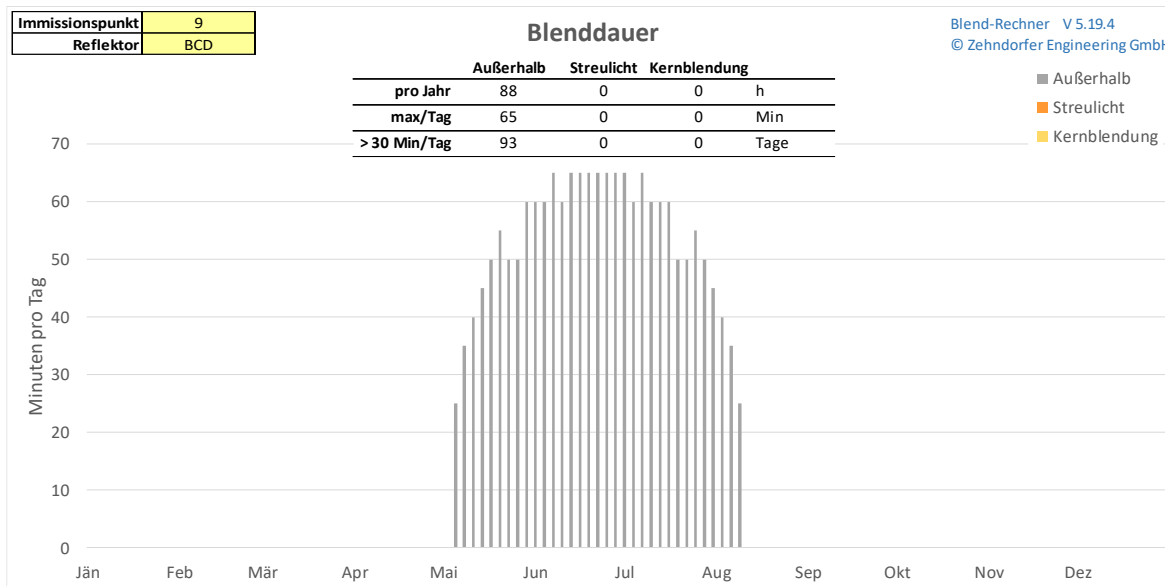


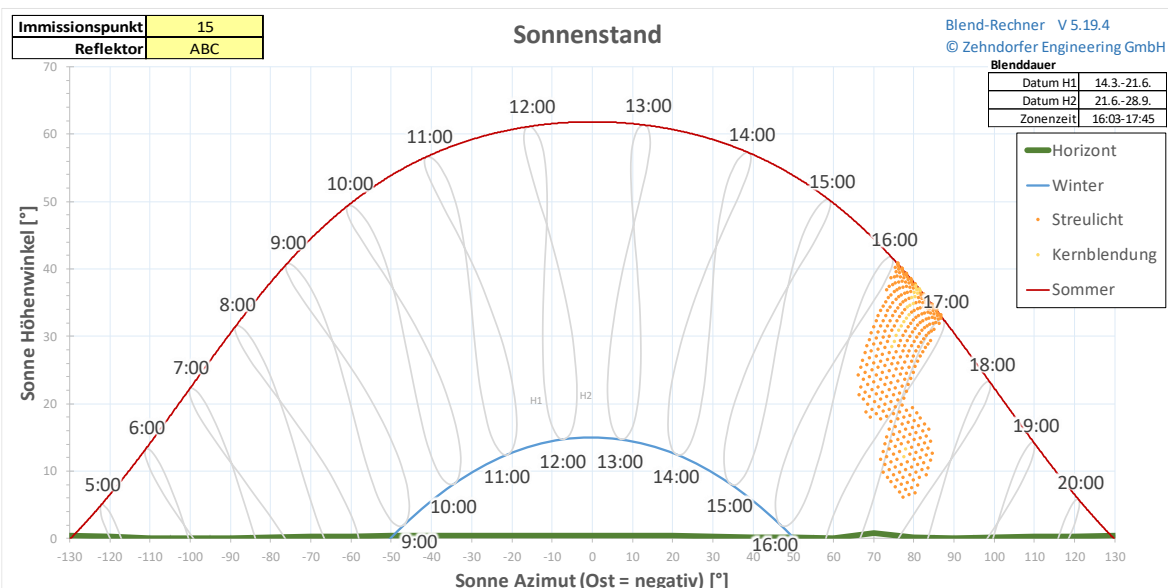
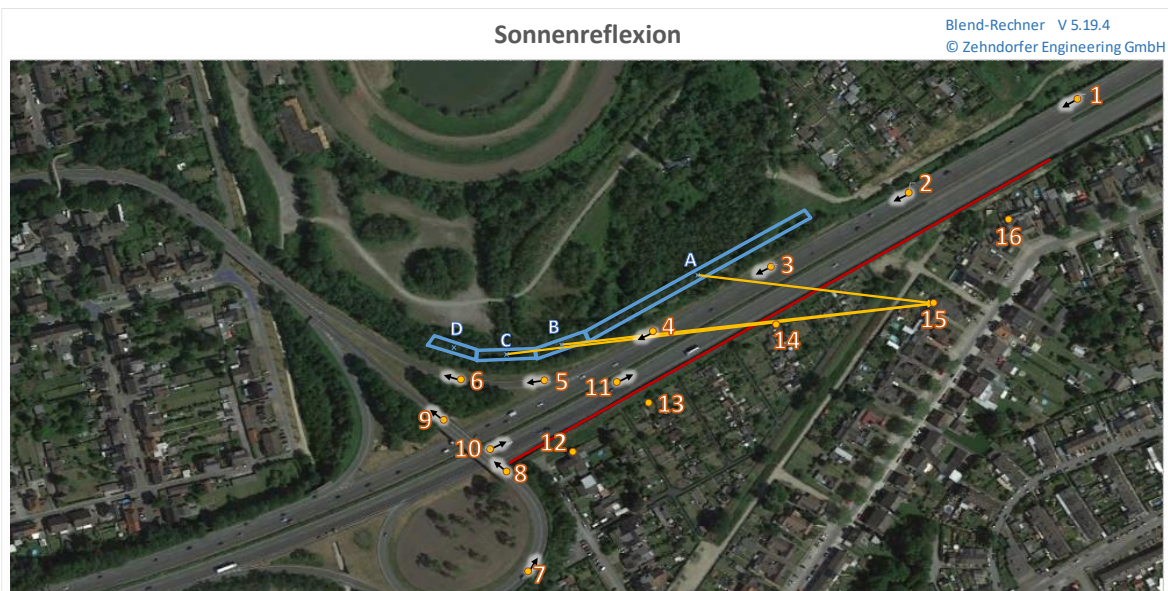
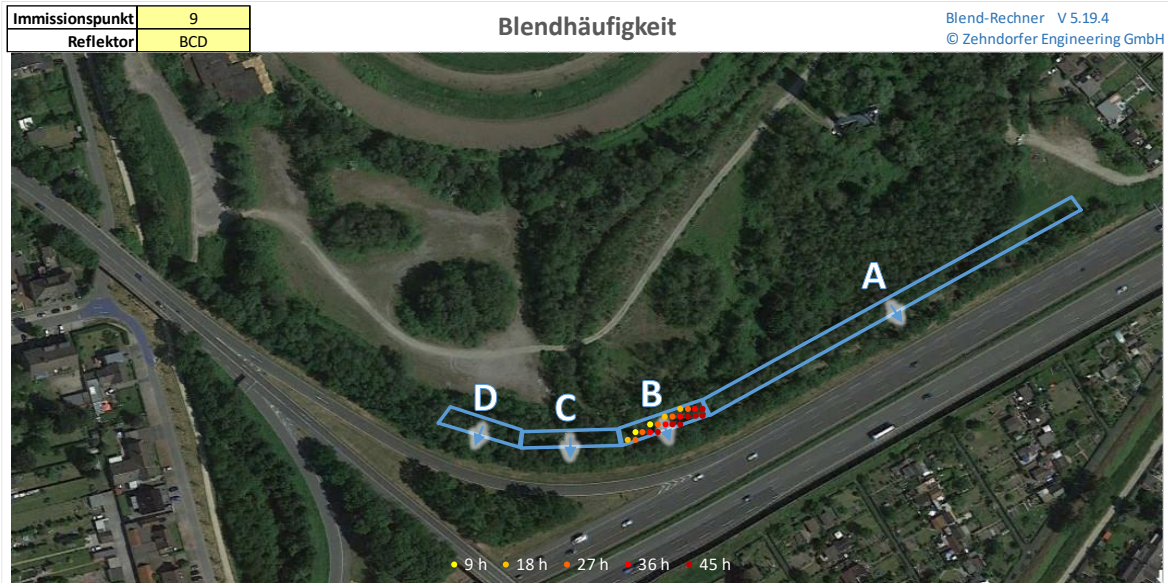
Immissionspunkt	9
Reflektor	BCD

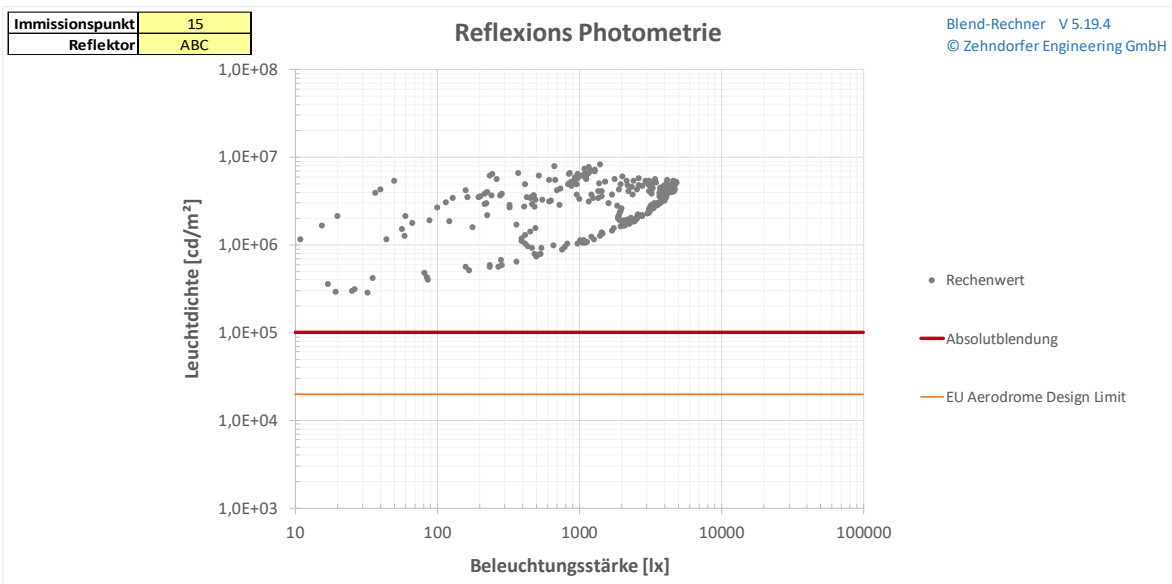
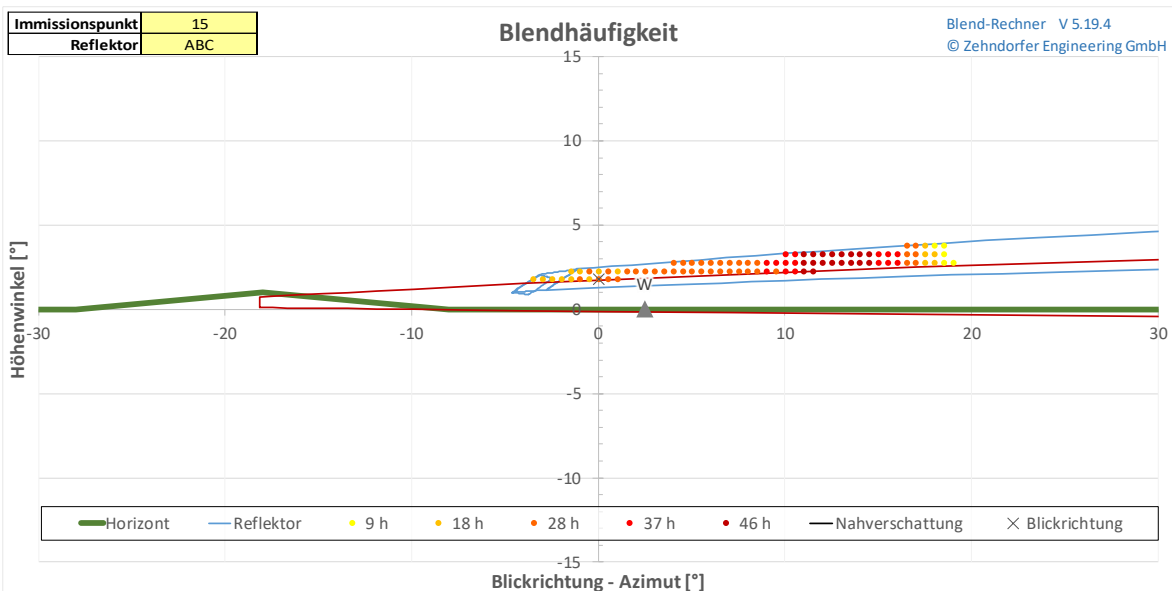
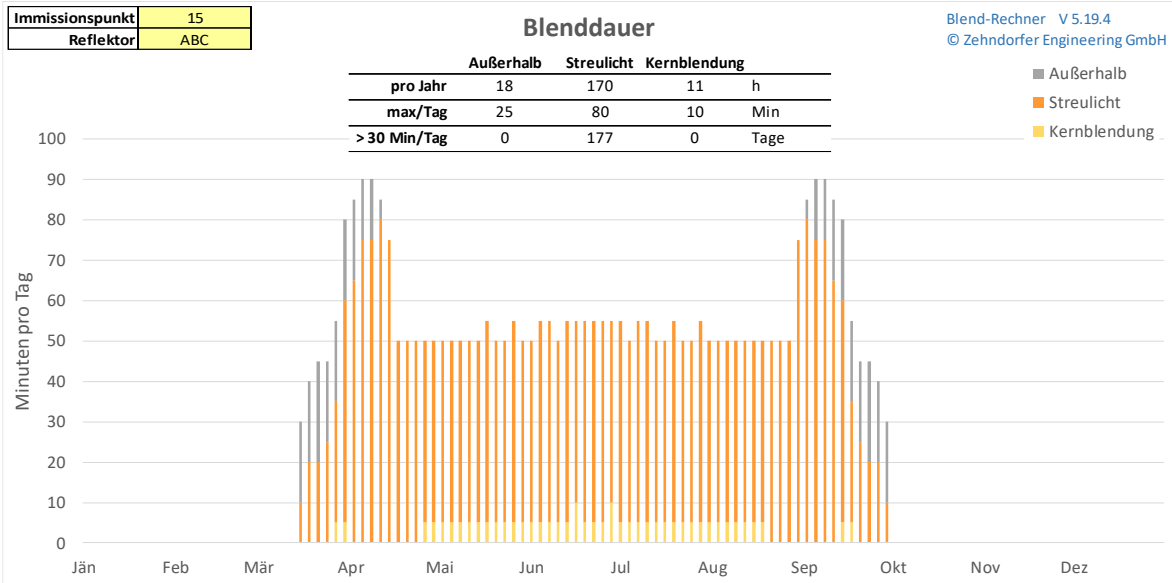
Sonnenstand

Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH





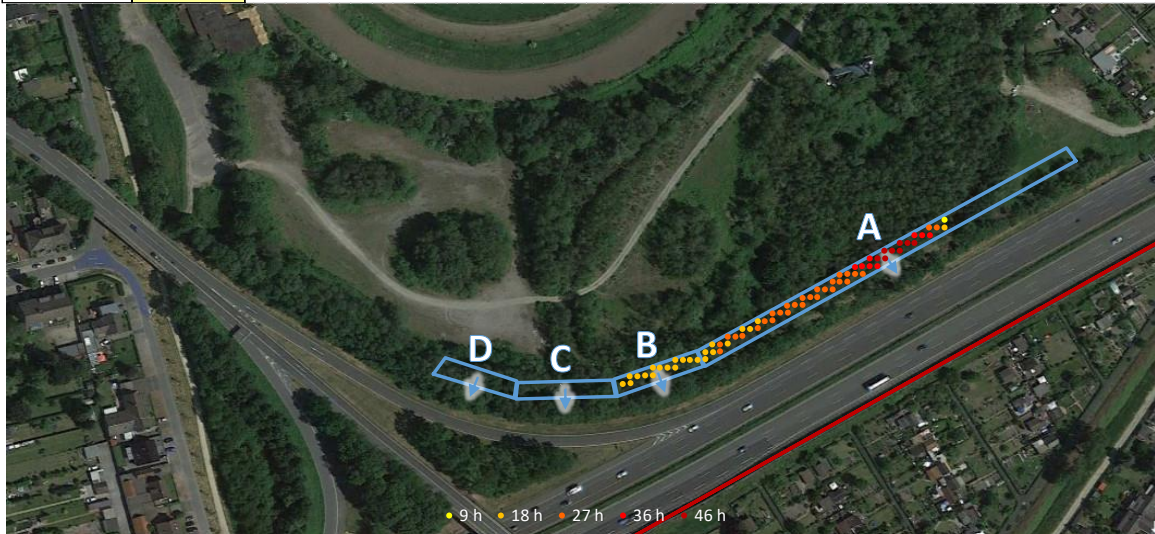




Immissionspunkt	15
Reflektor	ABC

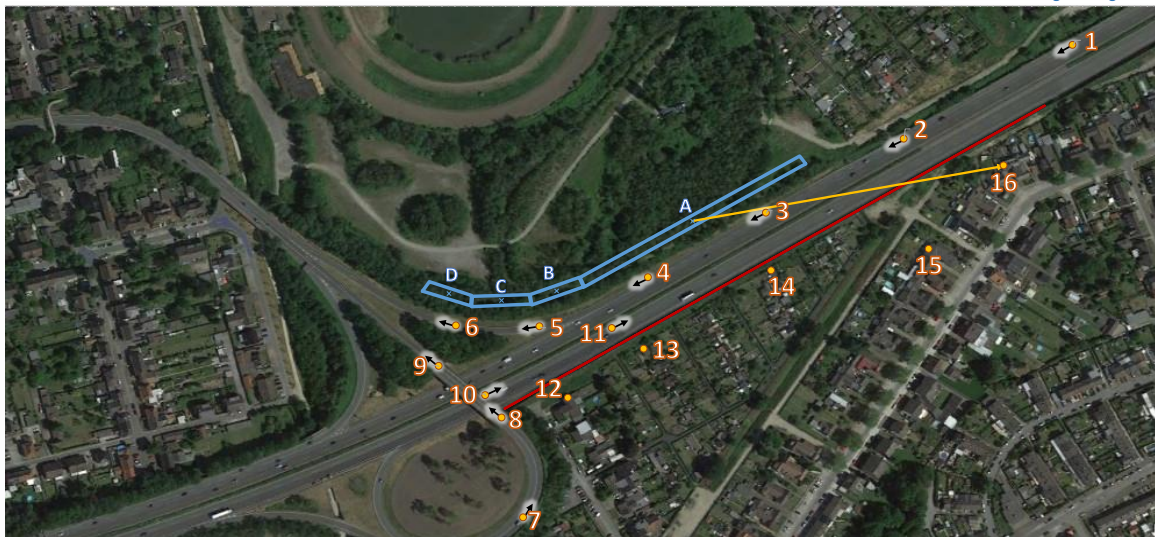
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

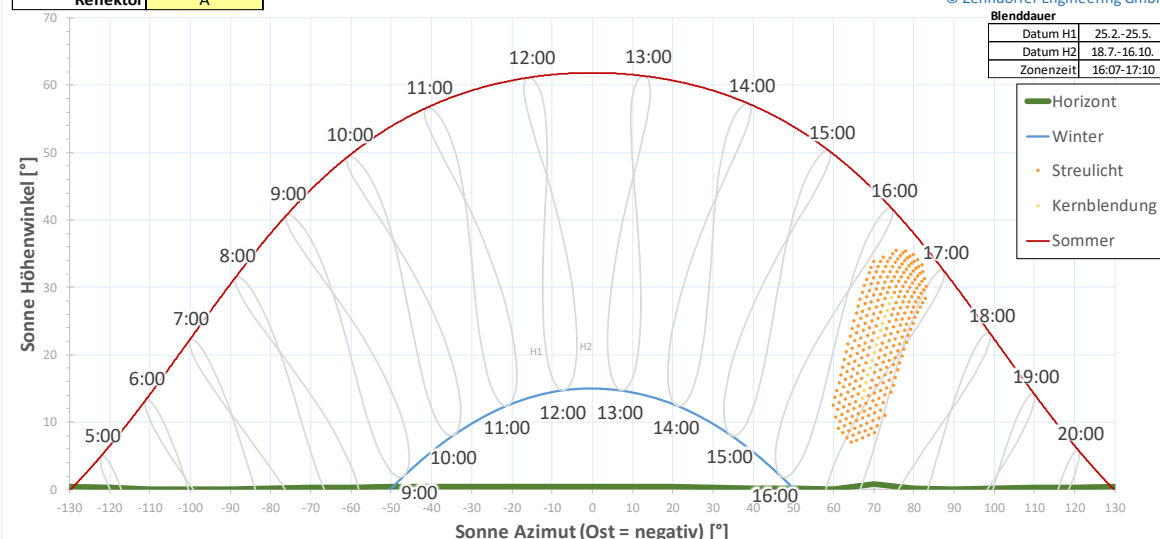
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

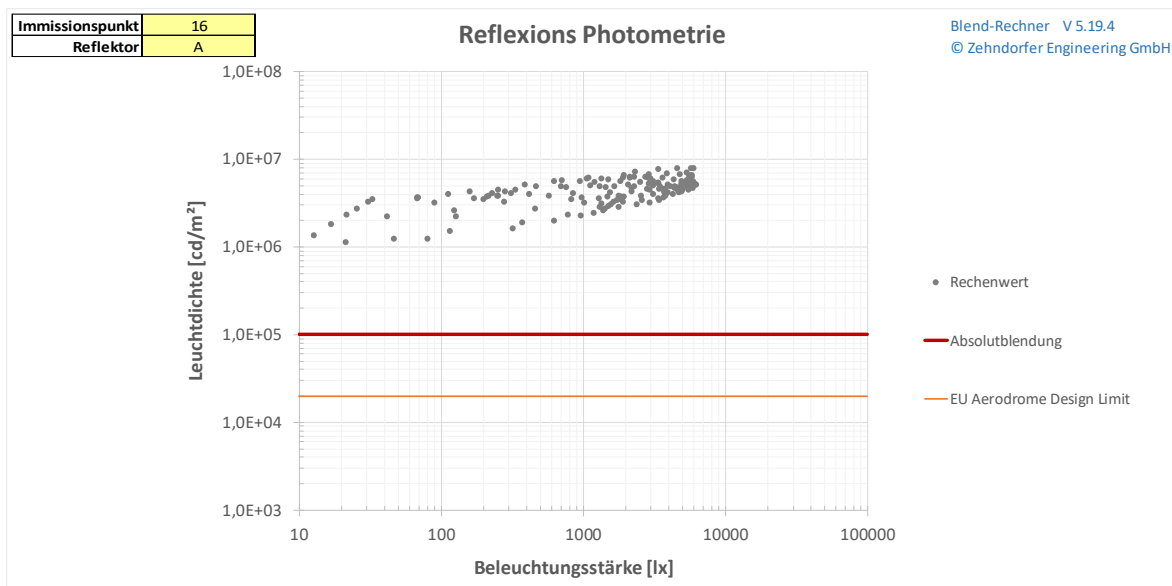
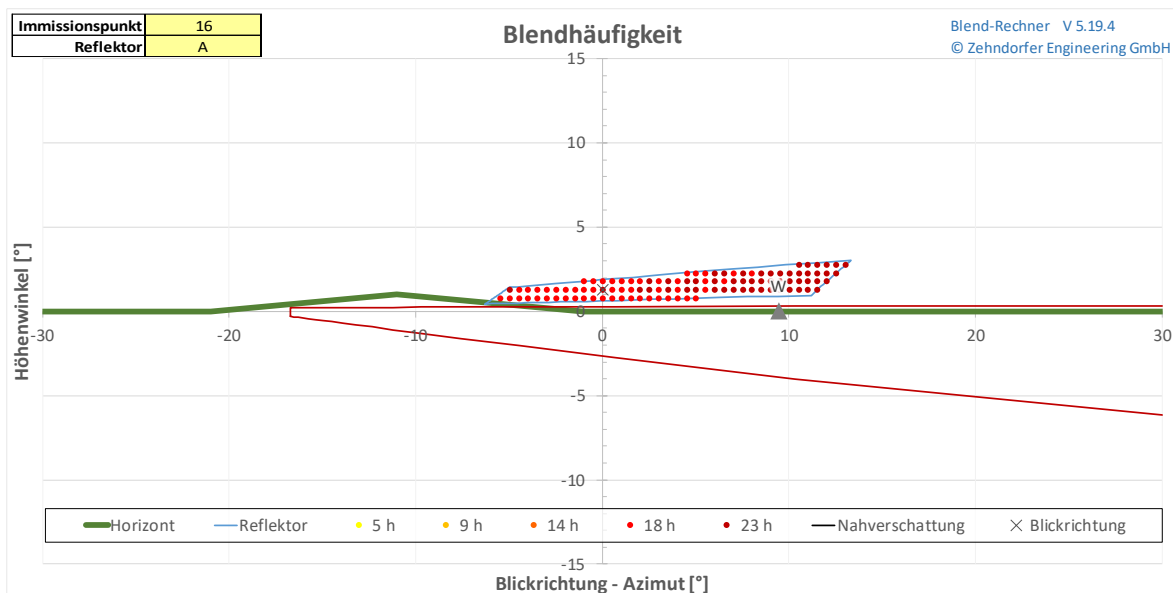
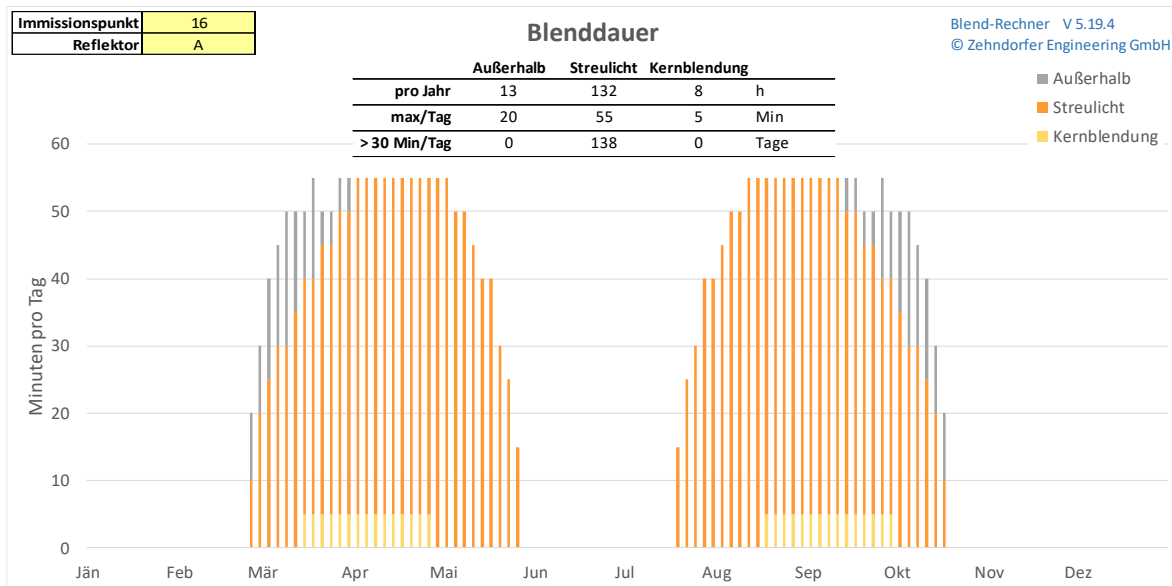


Immissionspunkt	16
Reflektor	A

Sonnenstand

Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

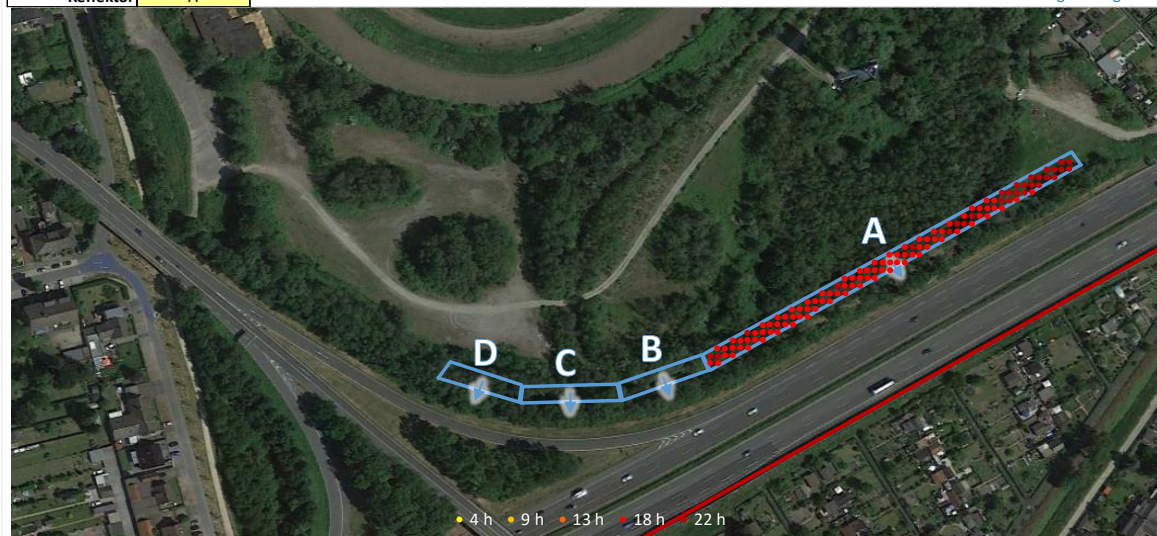




Immissionspunkt	16
Reflektor	A

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



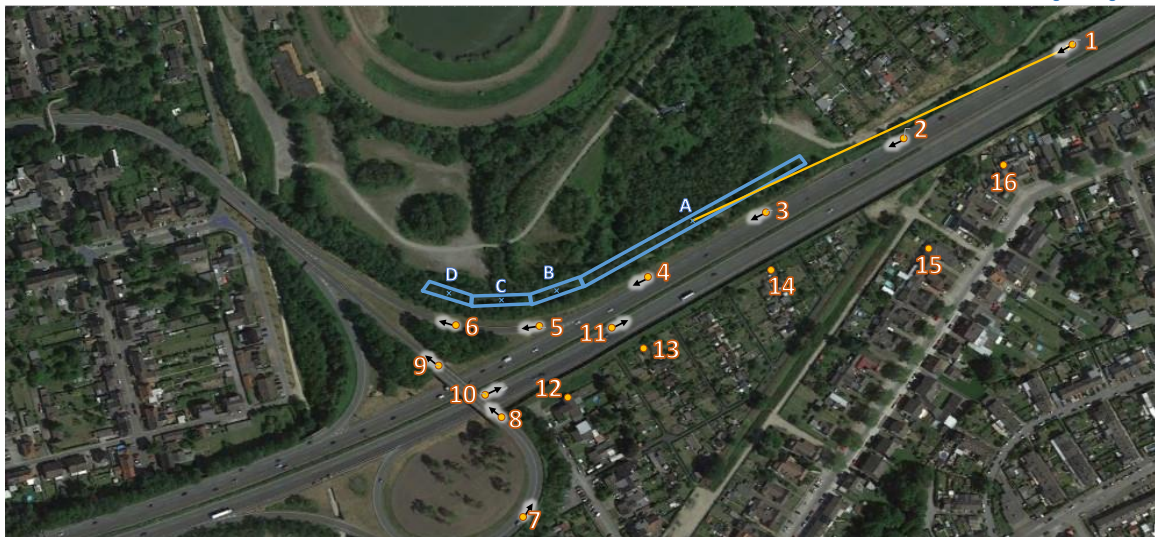
Anhang 6.1 Ergebnisse Option 2

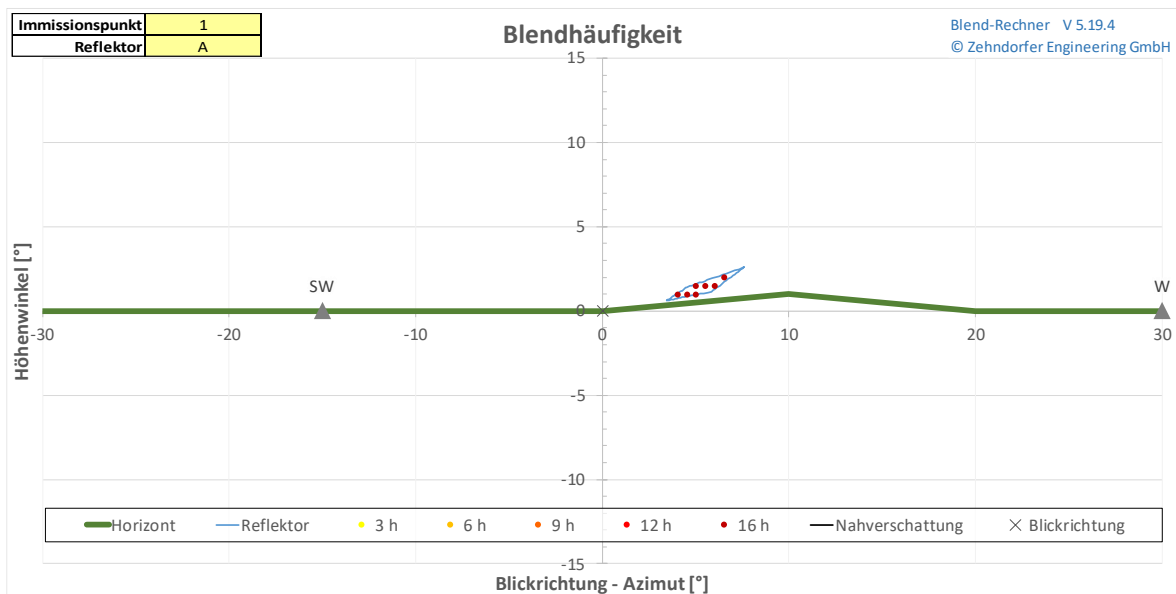
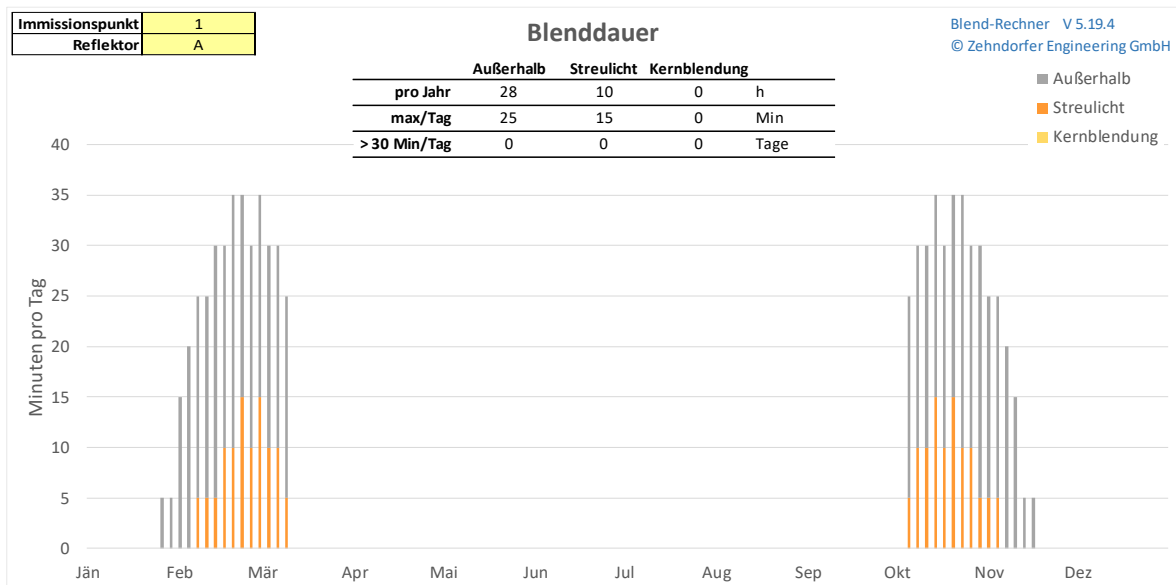
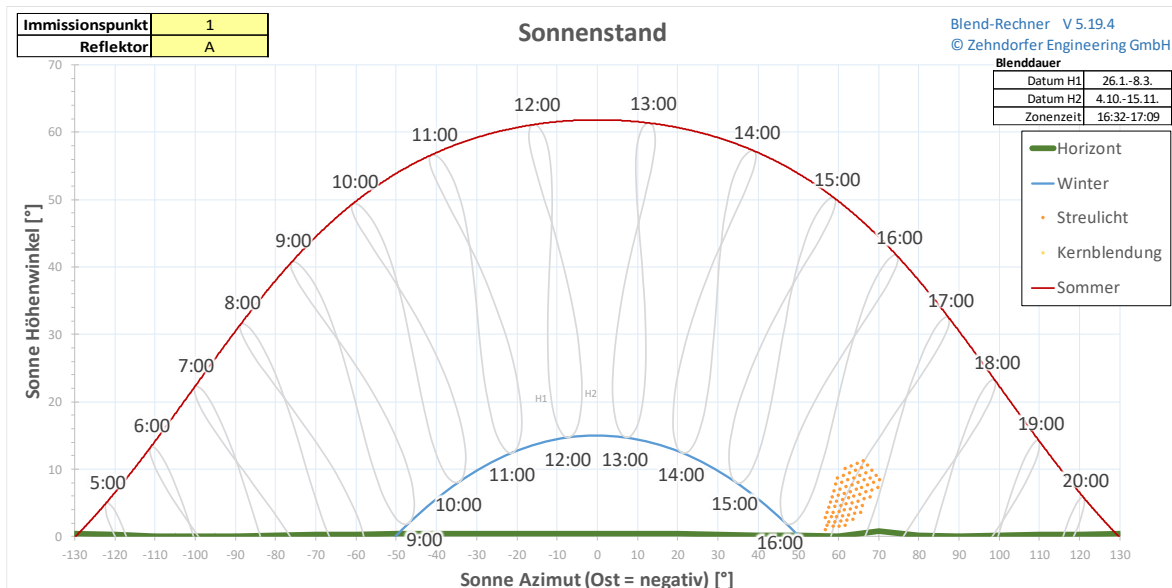
Reflektor		A	A	A	AB	CD	D	D
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6	7
Distanz	m	336	182	59	59	150	206	284
Höhenwinkel	°	1	2	7	6	2	1	0
Raumwinkel	msr	1	6	272	303	101	169	5
Datum H1		26.1.-8.3.	1.2.-13.4.	7.2.-21.6.	22.2.-21.6.	16.4.-21.6.	-	-
Datum H2		4.10.-15.11.	29.8.-9.11.	21.6.-3.11.	21.6.-19.10.	21.6.-26.8.	-	-
Zeit		16:32-17:09	16:30-17:23	16:20-17:35	4:48-17:32	16:28-17:57	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	15	20	20	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	10	14	14	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	6	12	20	20	26	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	63	69	77	-15	89	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	15	24	42	44	56	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	4	5	8	18	27	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	4 837	11 072	12 695	11 833	5 962	0	0
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	3	80	92	86	43	0	0
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	635	9 288	24 888	25 033	10 957	0	0

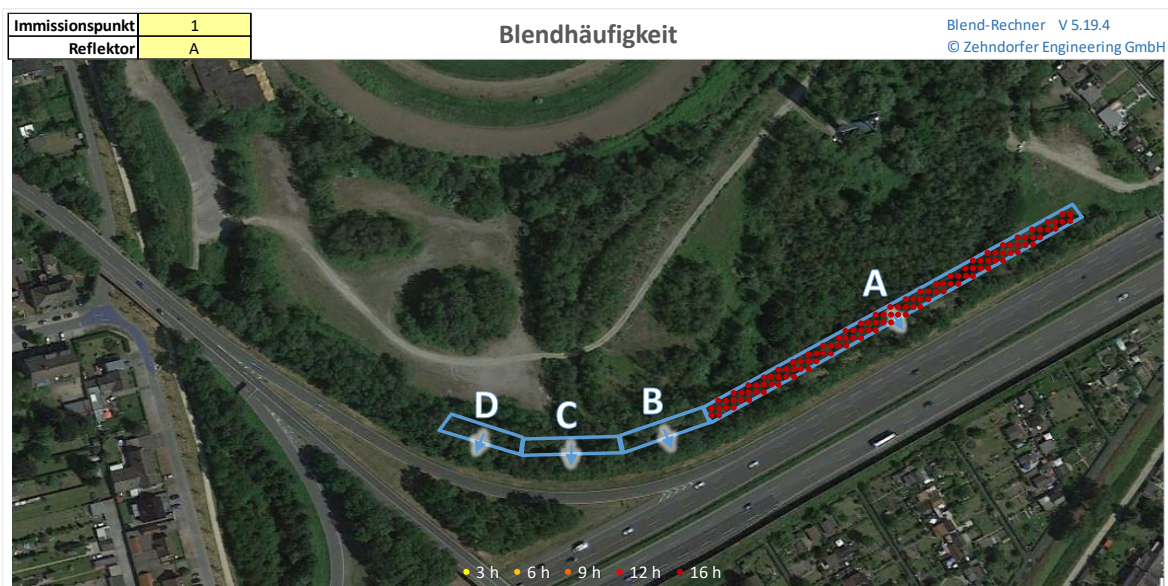
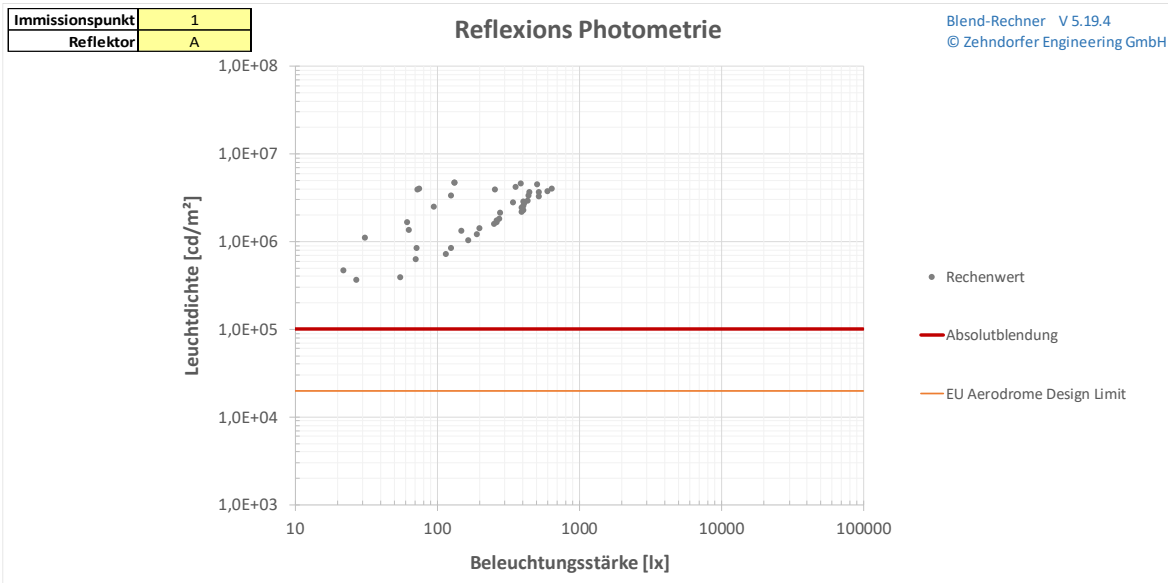
Reflektor		ABCD	BCD	BCD	D	ABC	AB	ABCD
Immissionspunkt		8	9	10	11	12	13	14
Distanz	m	224	235	220	110	179	115	76
Höhenwinkel	°	-1	0	1	3	2	4	5
Raumwinkel	msr	63	107	72	0	0	0	0
Datum H1		6.6.-21.6.	22.4.-21.6.	-	-	-	-	-
Datum H2		21.6.-6.7.	21.6.-20.8.	-	-	-	-	-
Zeit		4:58-5:25	5:40-9:34	-	-	-	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	7	25	-	-	-	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-120	-90	-	-	-	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	17	86	-	-	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	97	86	-	-	-	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	1 175	6 440	0	0	0	0	0
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	9	30	0	0	0	0	0
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	0	7 221	0	0	0	0	0

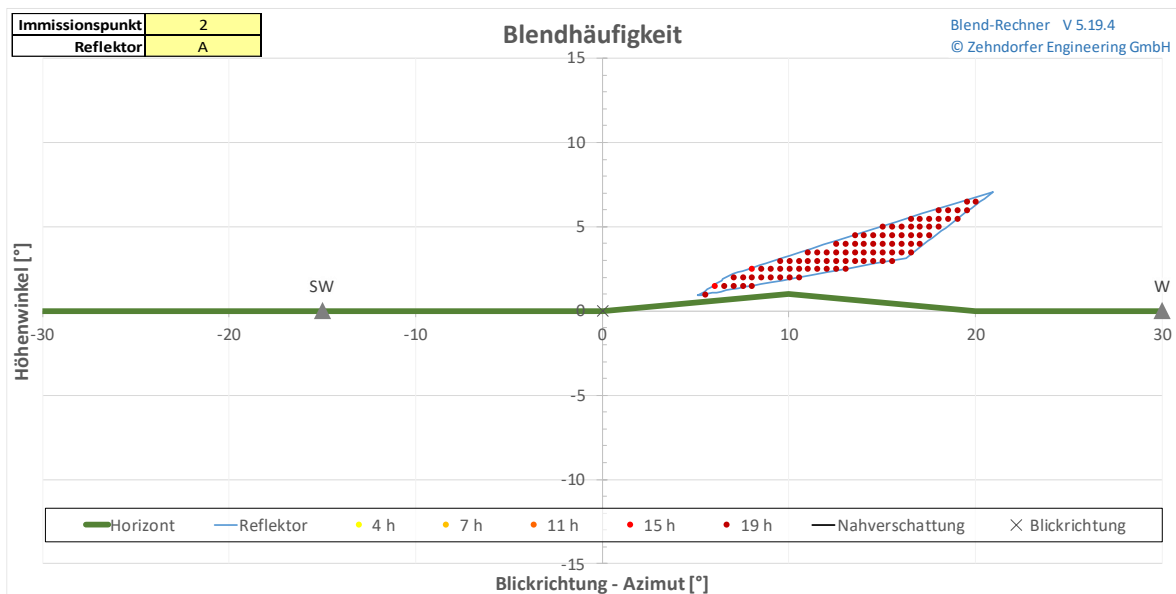
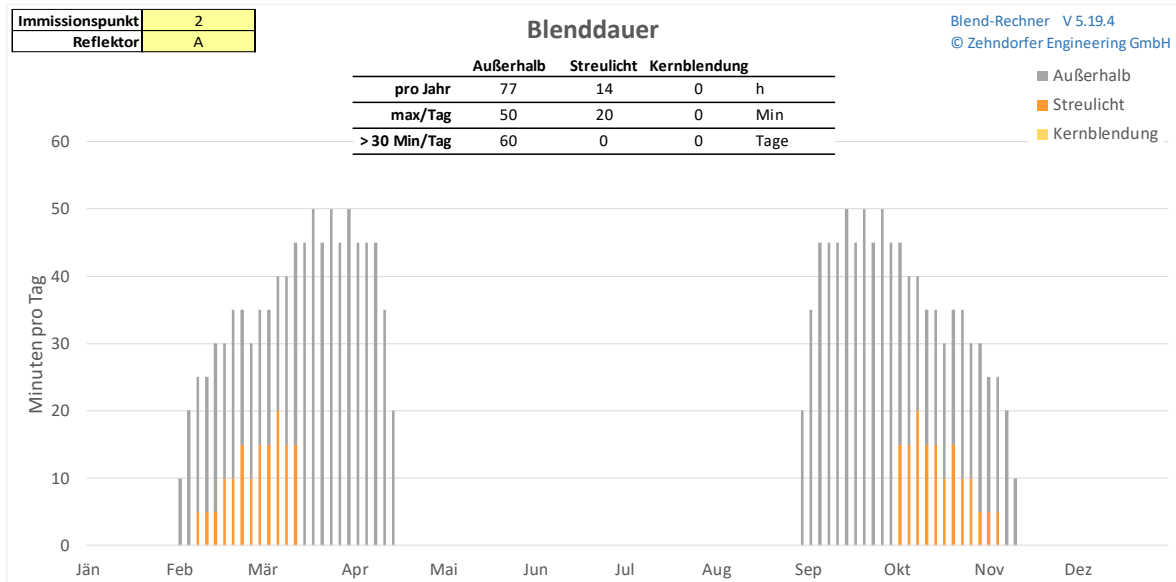
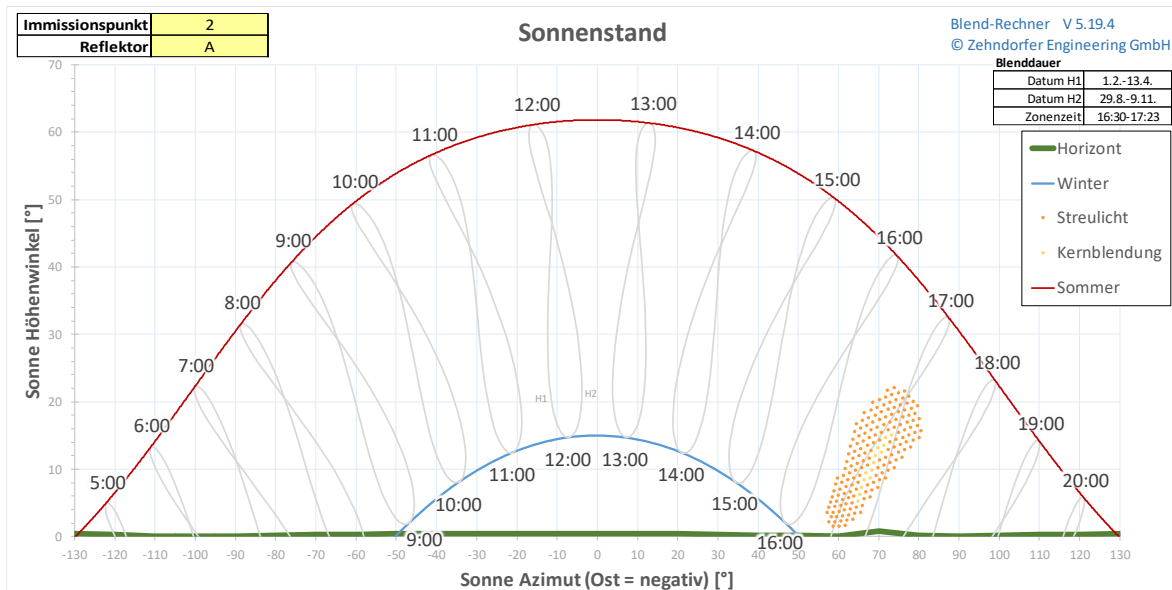
Reflektor		ABC	A
Immissionspunkt		15	16
Distanz	m	189	251
Höhenwinkel	°	3	1
Raumwinkel	msr	18	8
Datum H1		5.3.-21.6.	25.2.-25.5.
Datum H2		21.6.-7.10.	18.7.-16.10.
Zeit		16:03-17:16	16:07-17:10
Kernblendung	min / Tag	10	5
Kernblendung	h / Jahr	10	8
Streulicht	min / Tag	55	55
Streulicht	h / Jahr	176	132
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	25	21
Sonnen Azimut (Mittel)	°	75	72
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	50	44
Blendung - Blickwinkel (min)	°	1	0
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	6 478	8 136
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	44	59
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	4 790	6 161

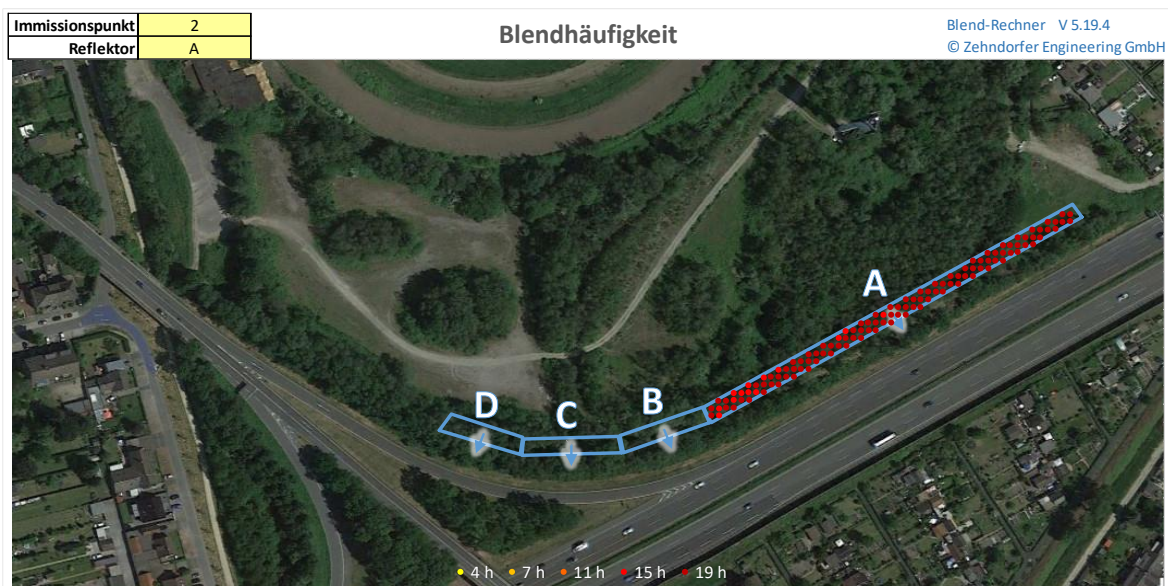
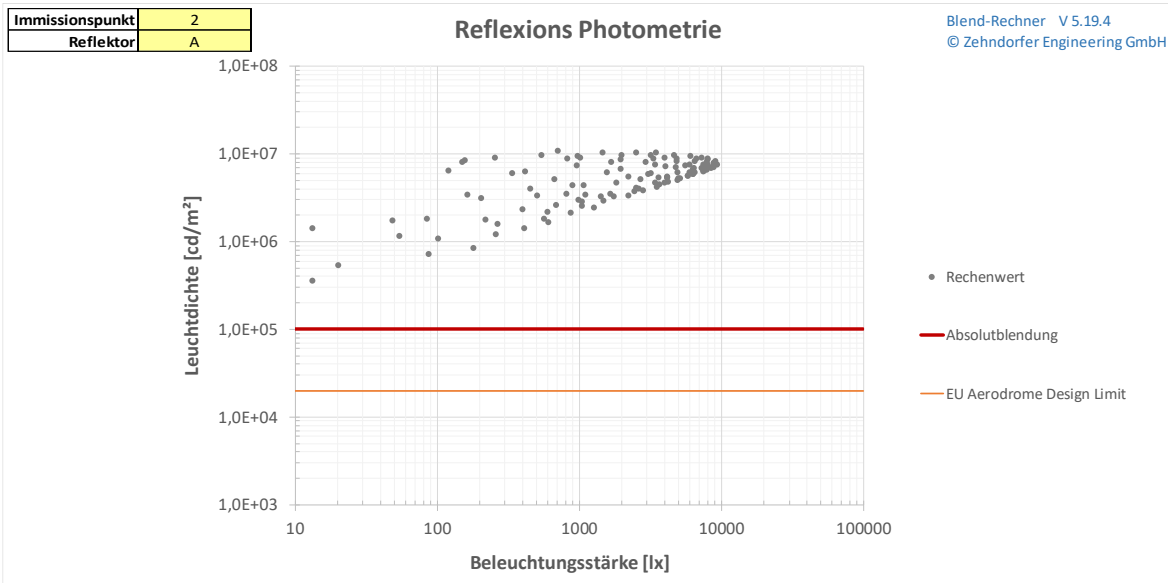
Sonnenreflexion

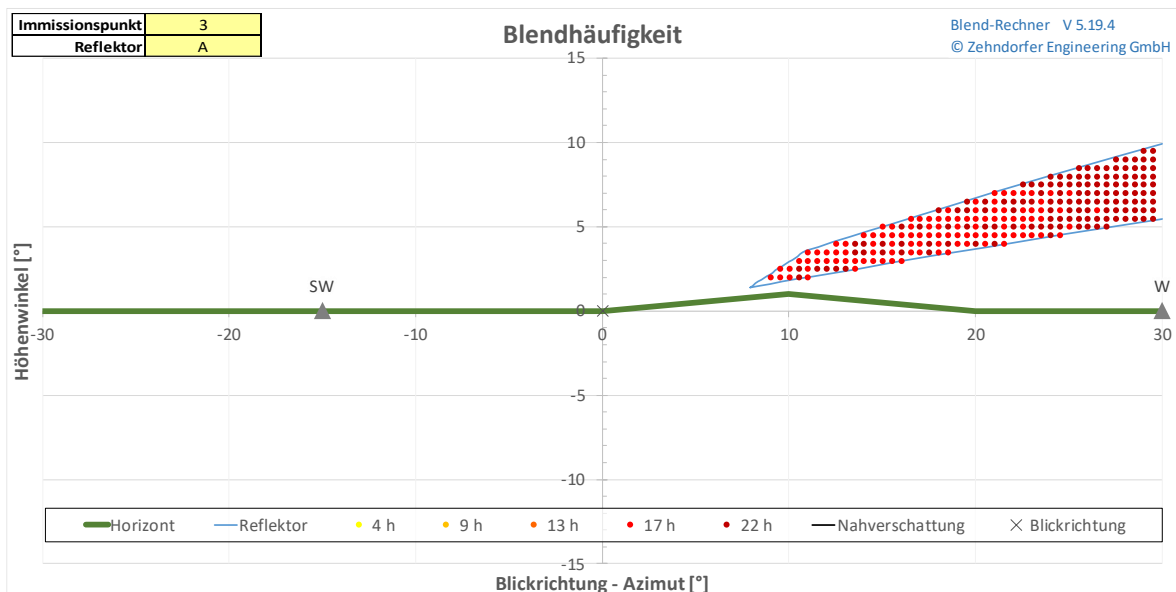
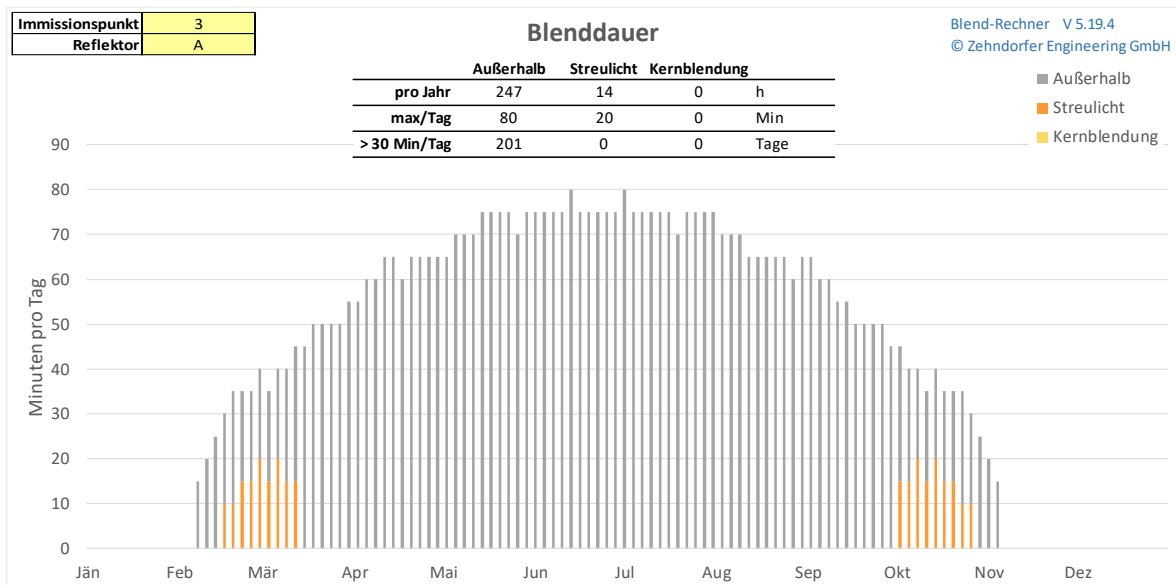
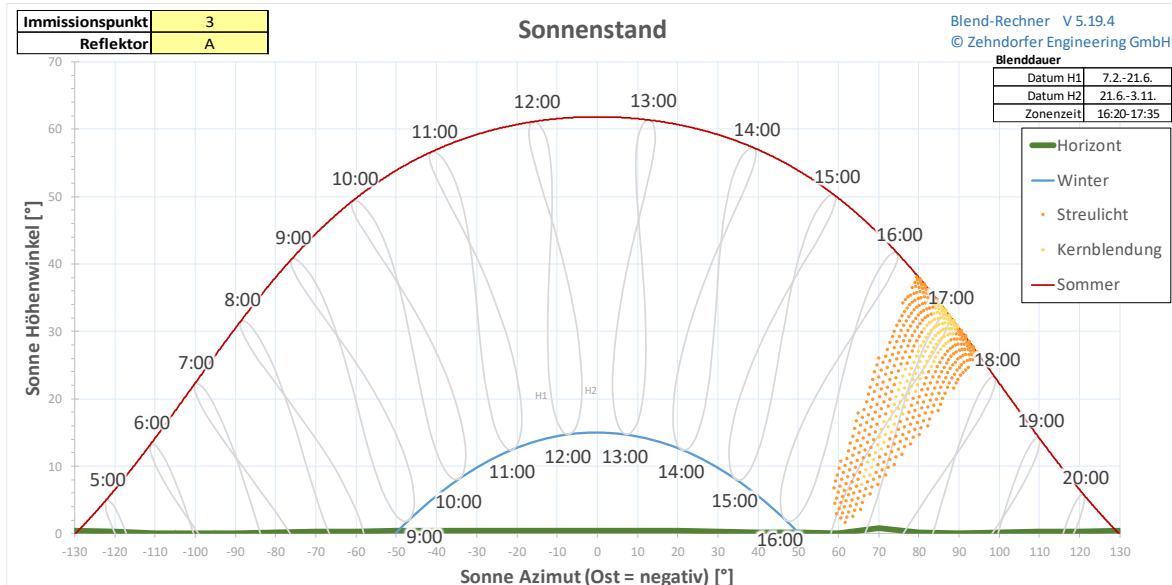
 Blend-Rechner V 5.19.4
 © Zehndorfer Engineering GmbH








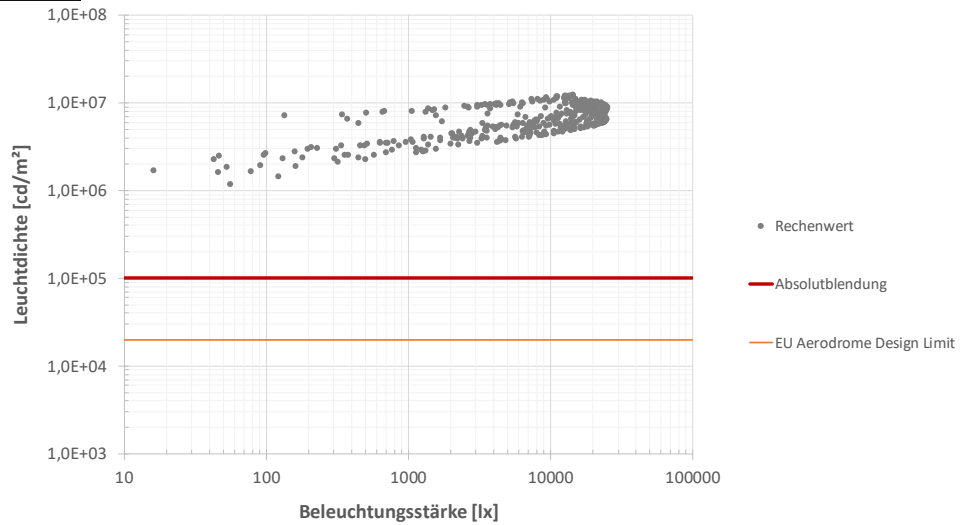




Immissionspunkt	3
Reflektor	A

Reflexions Photometrie

Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	3
Reflektor	A

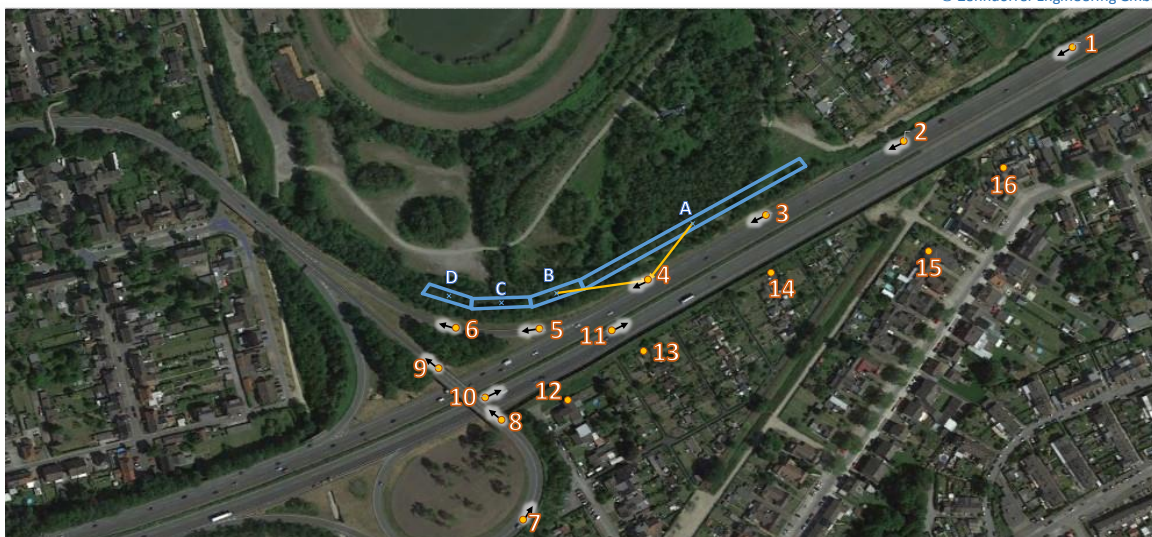
Blendhäufigkeit

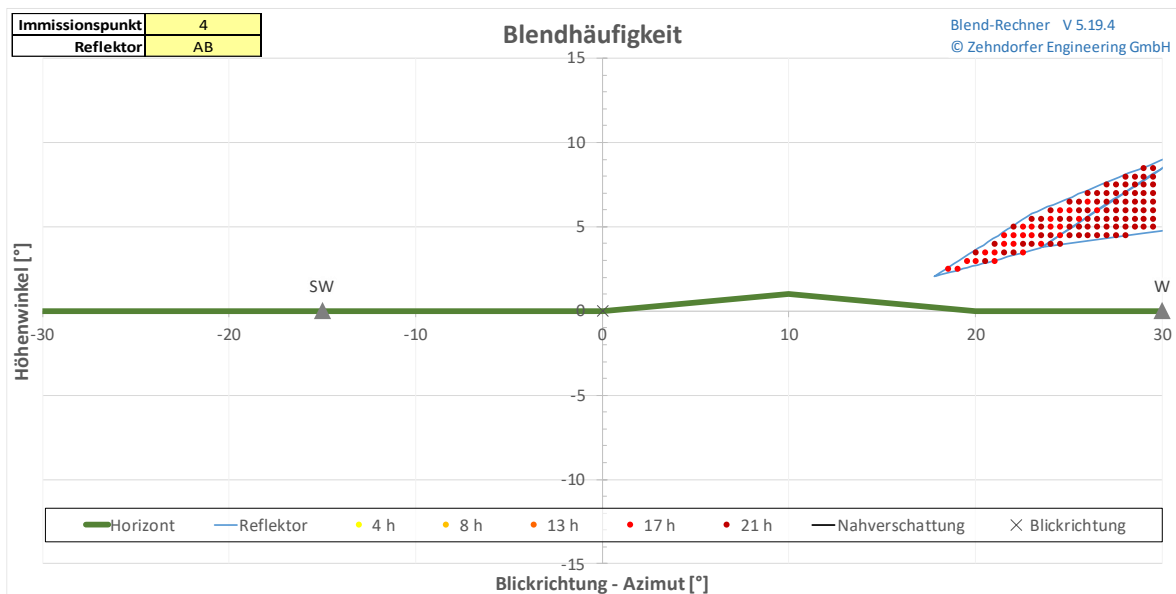
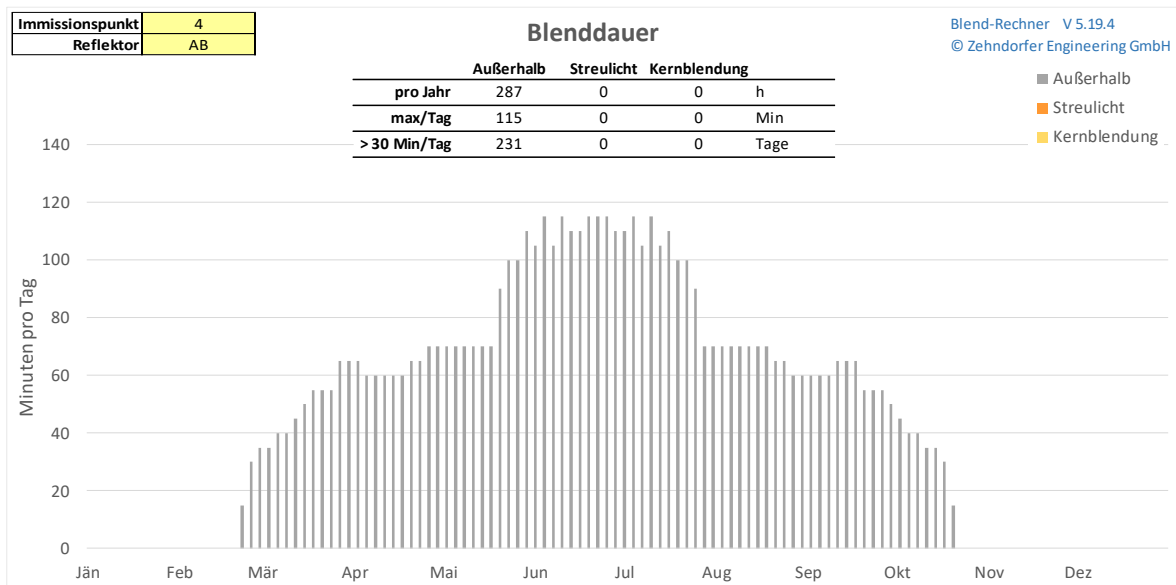
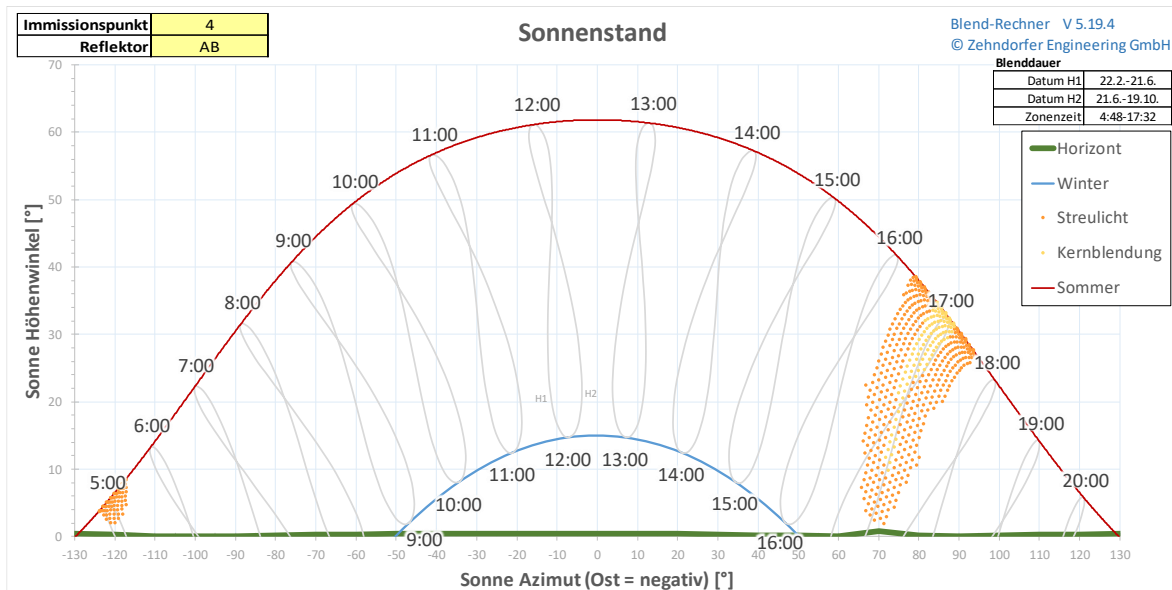
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

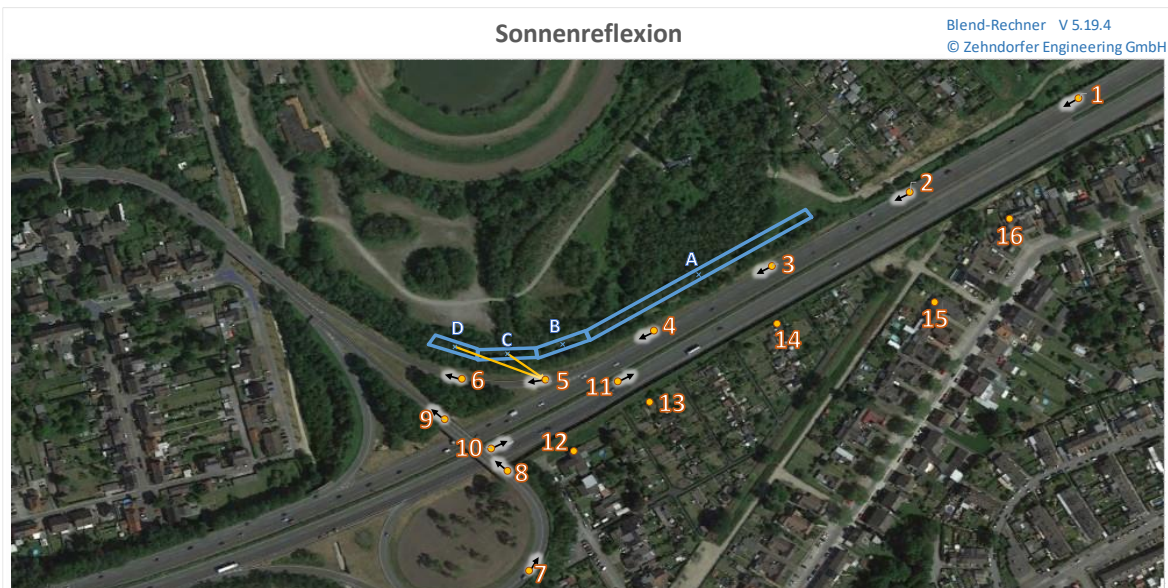
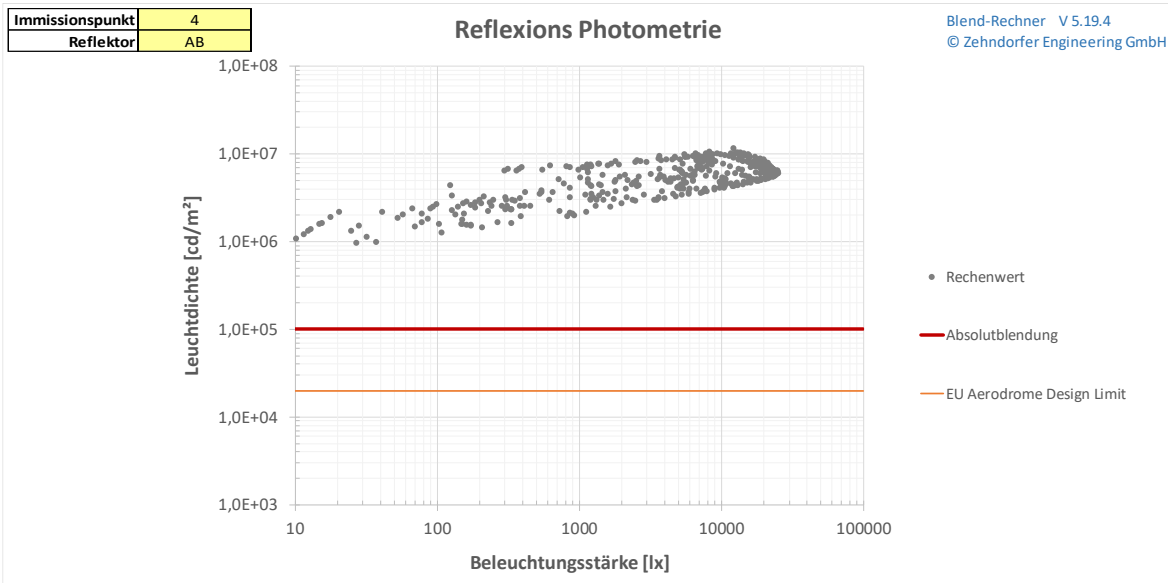


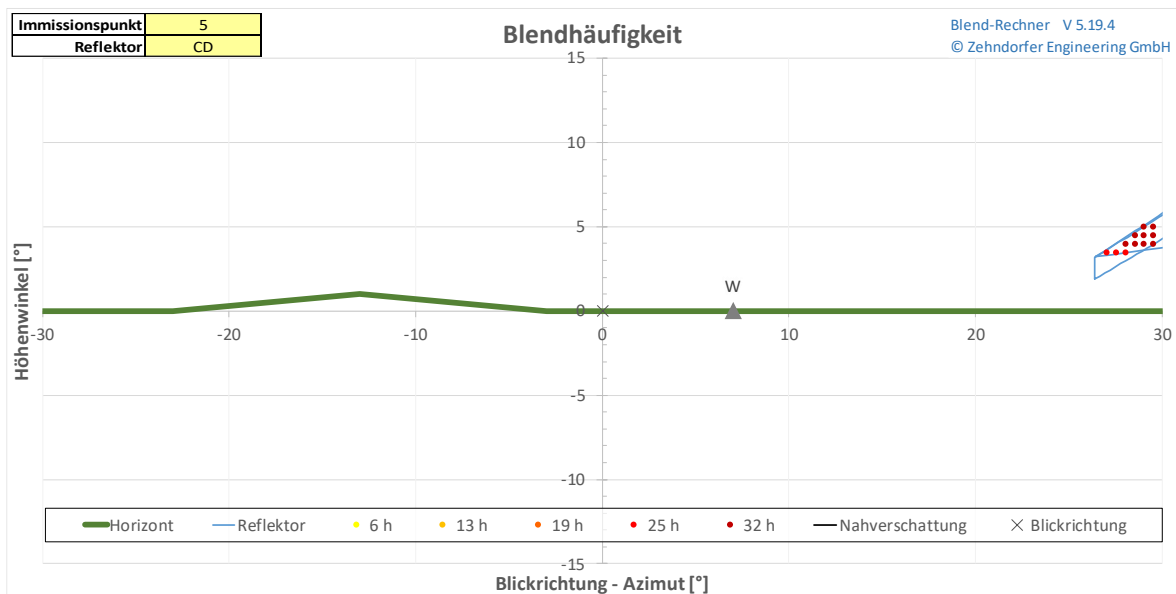
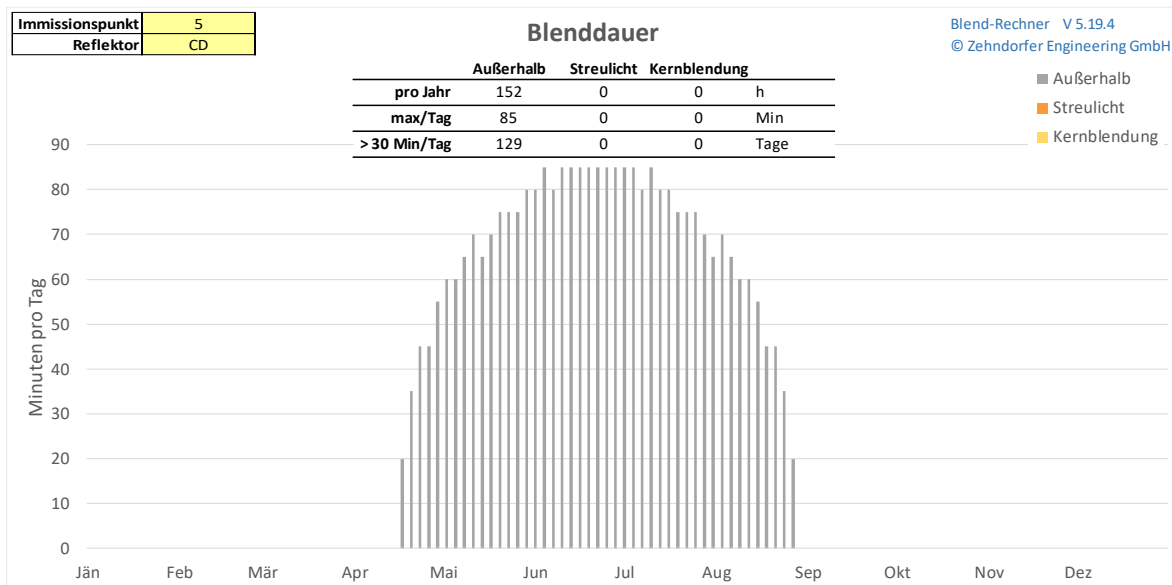
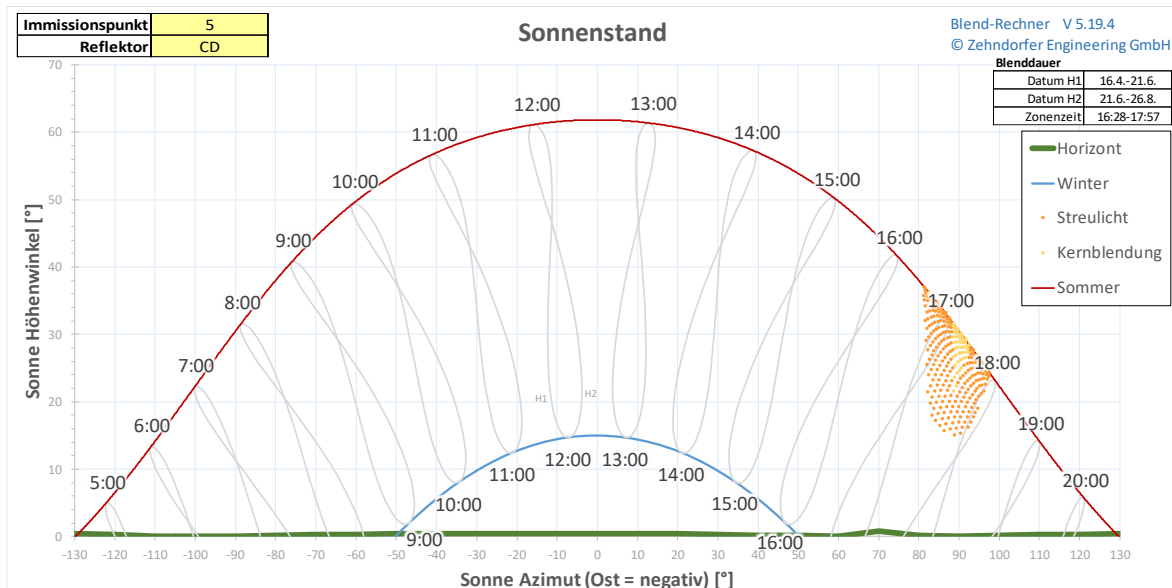
Sonnenreflexion

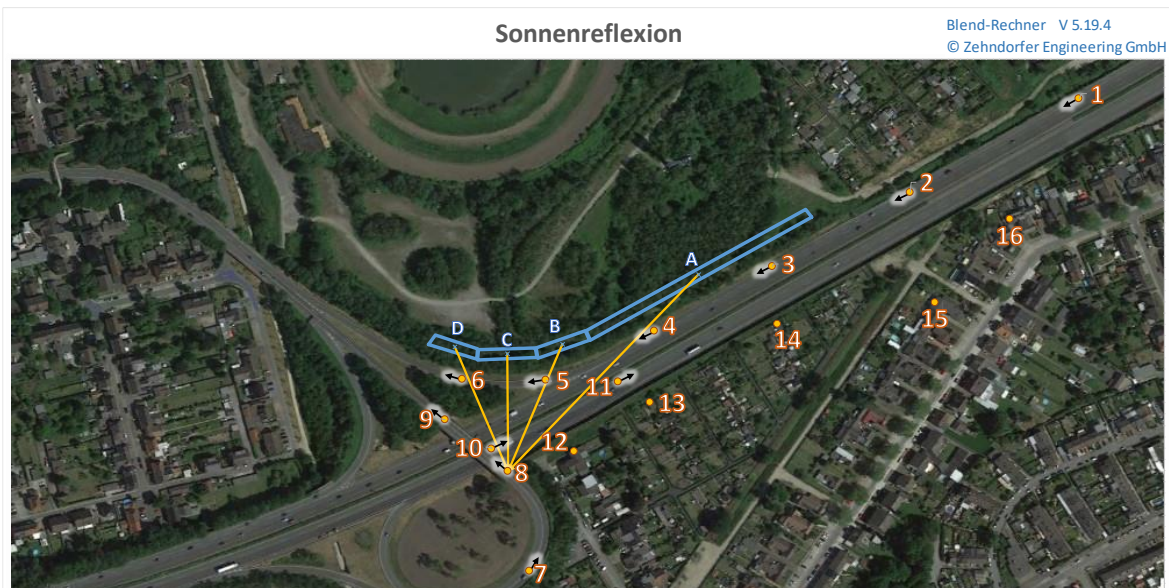
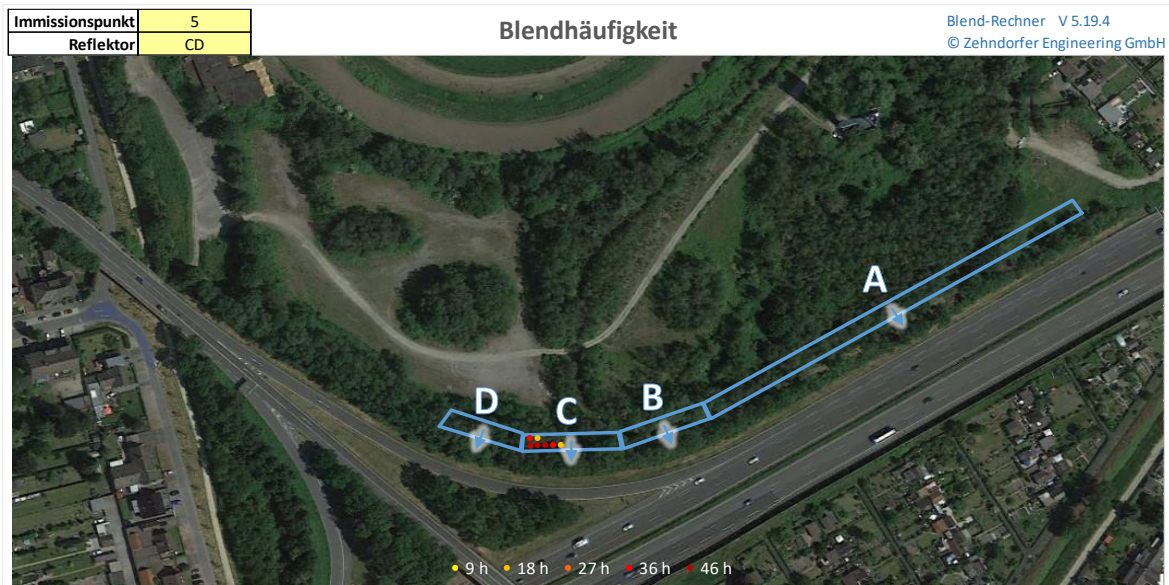
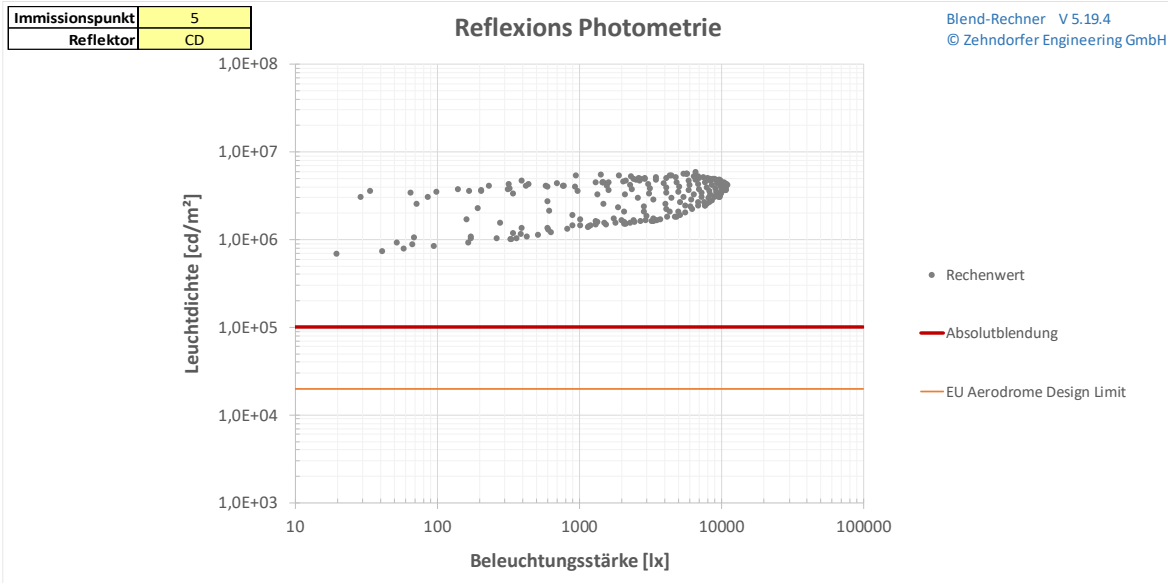
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

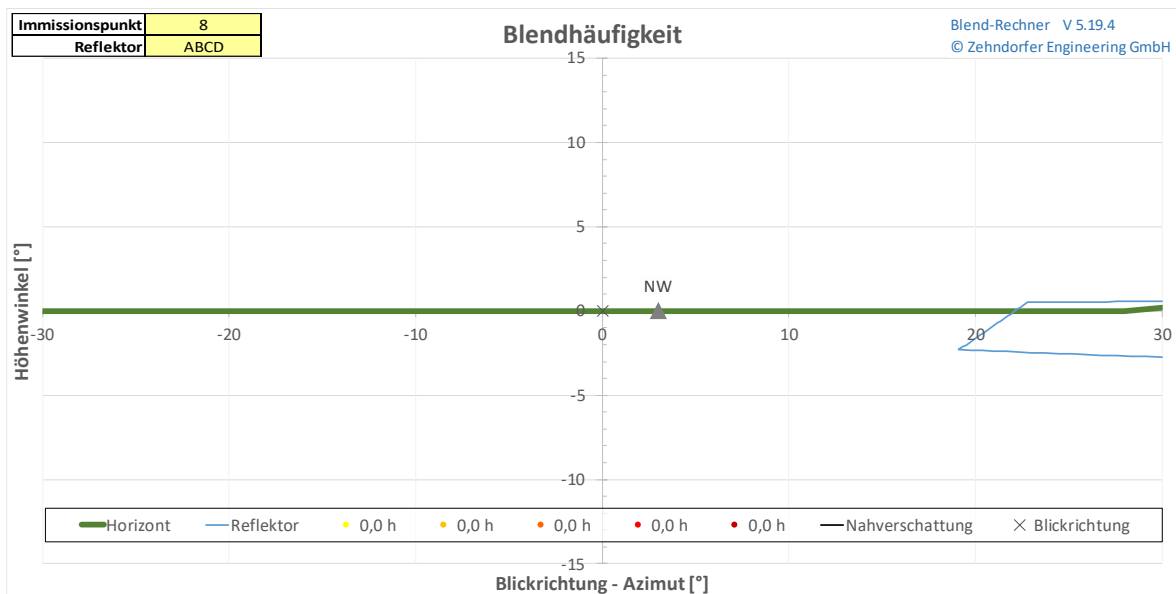
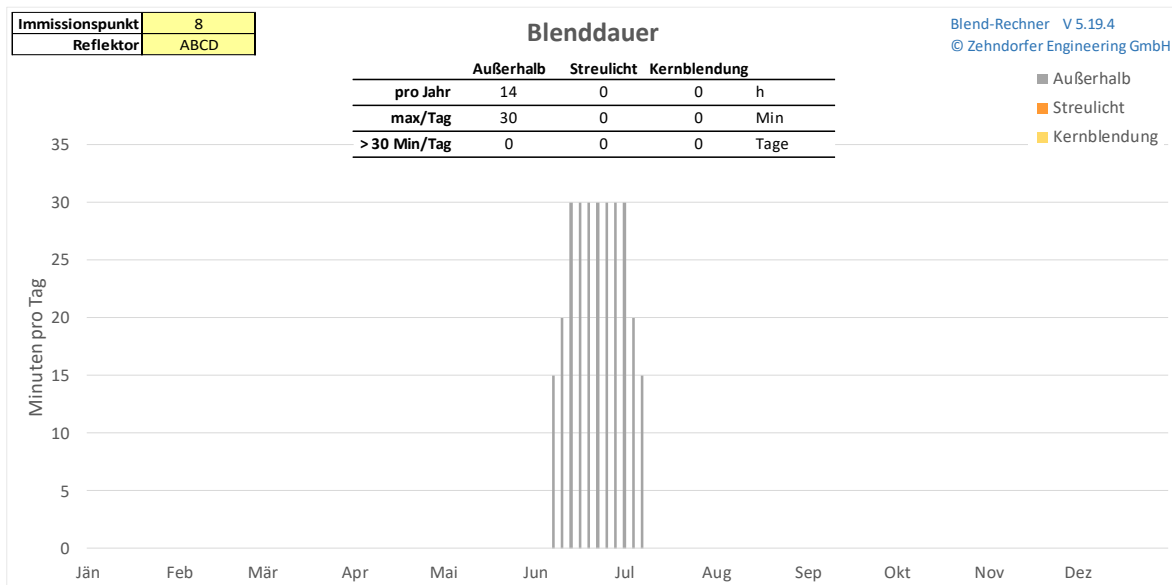
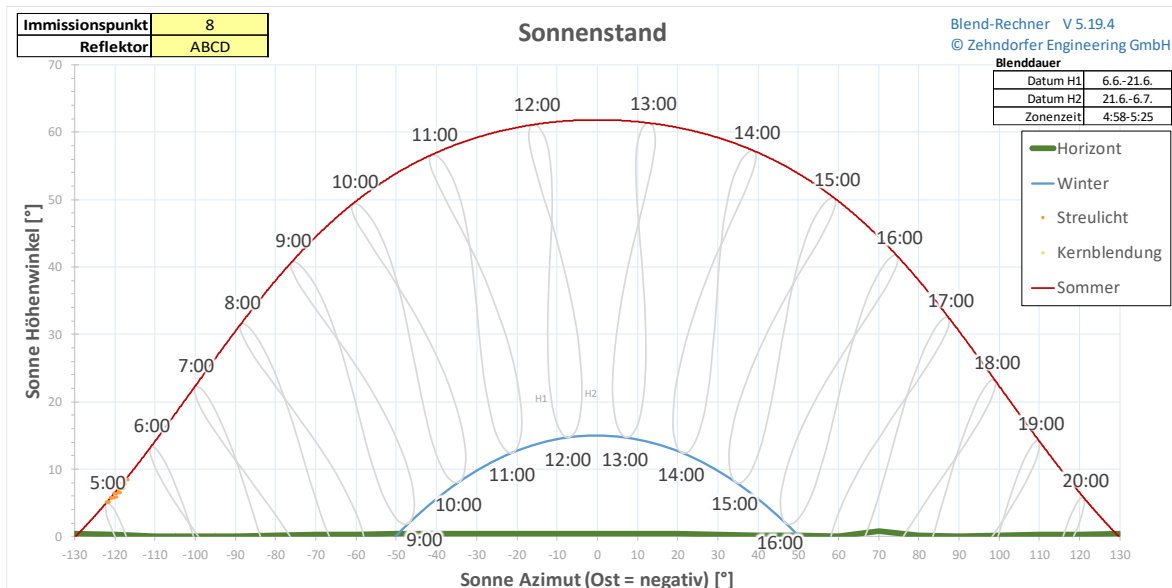


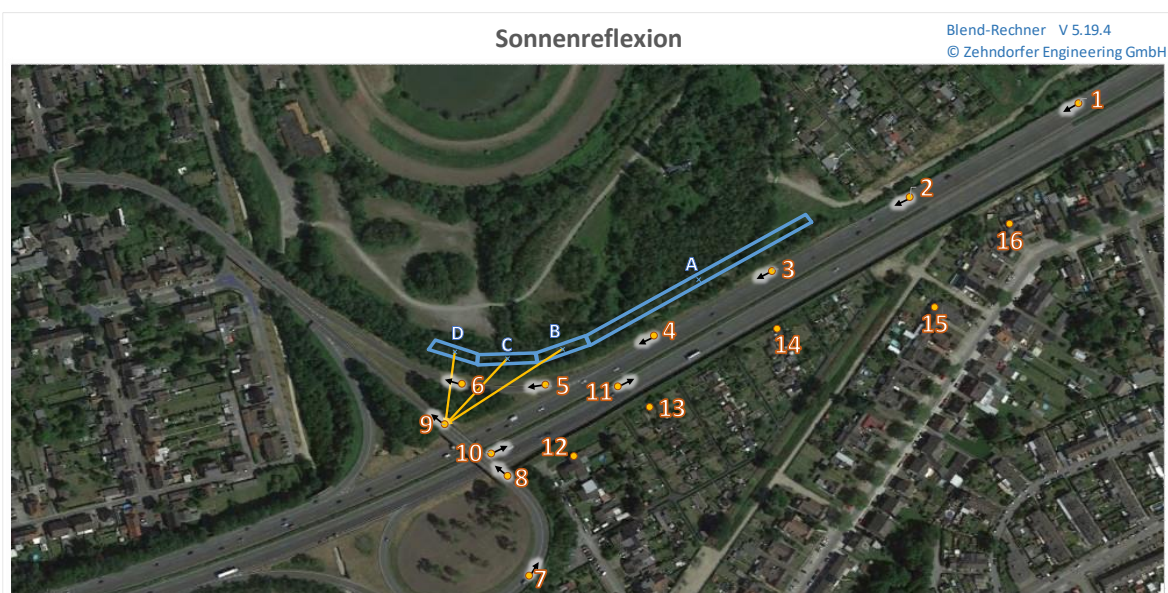
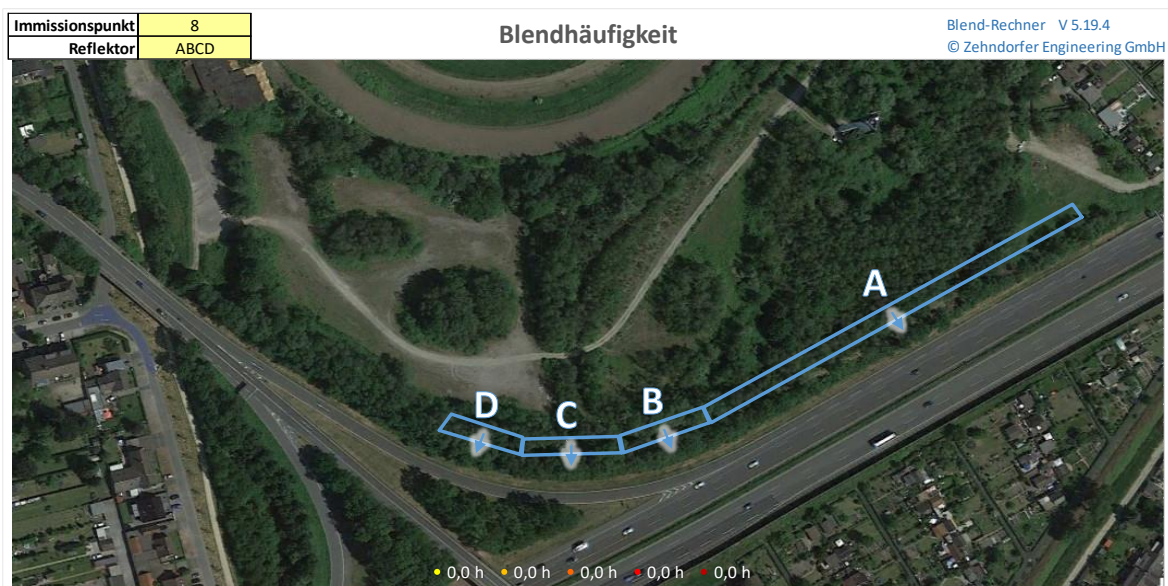
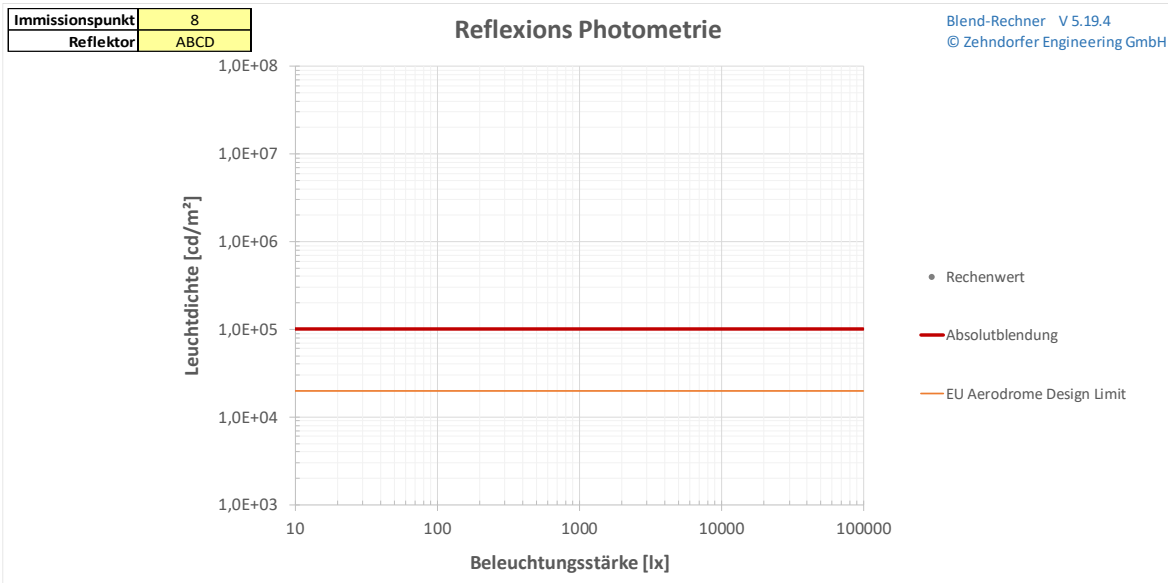


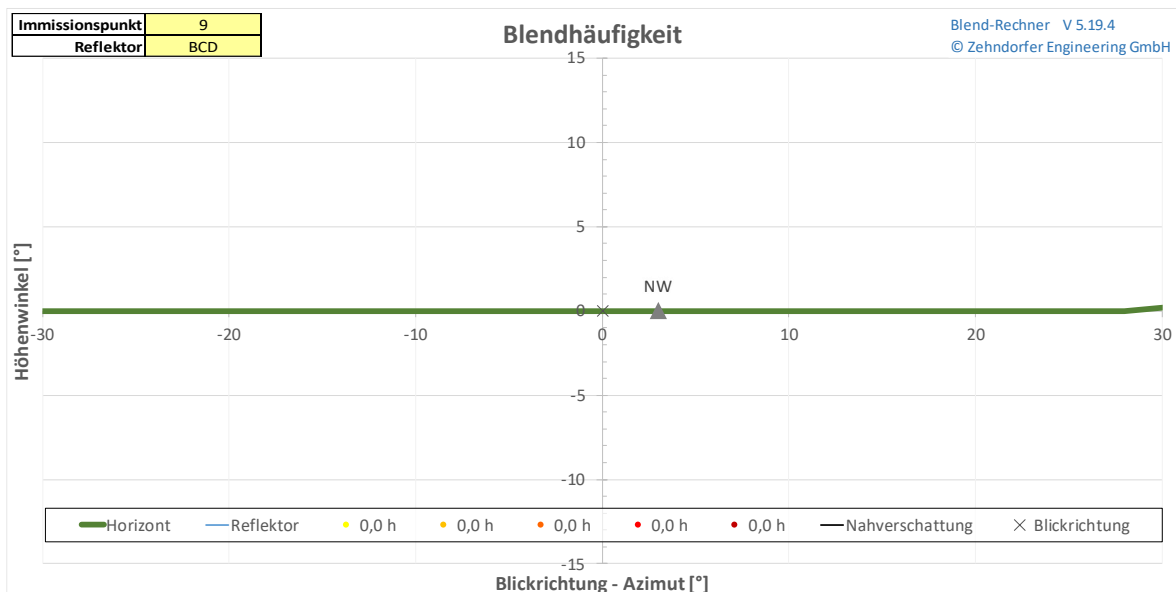
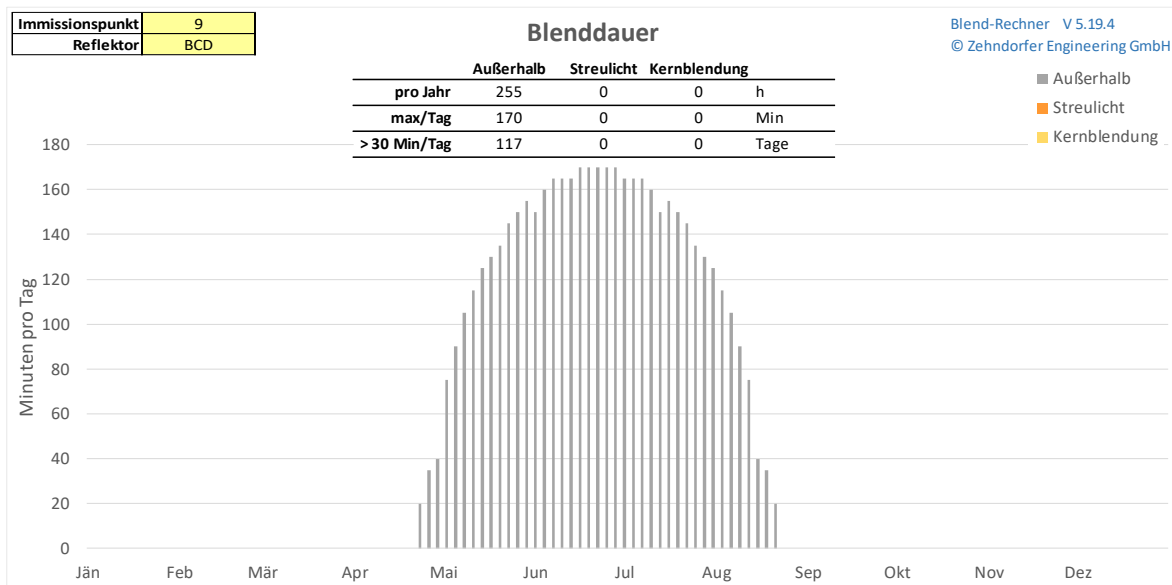
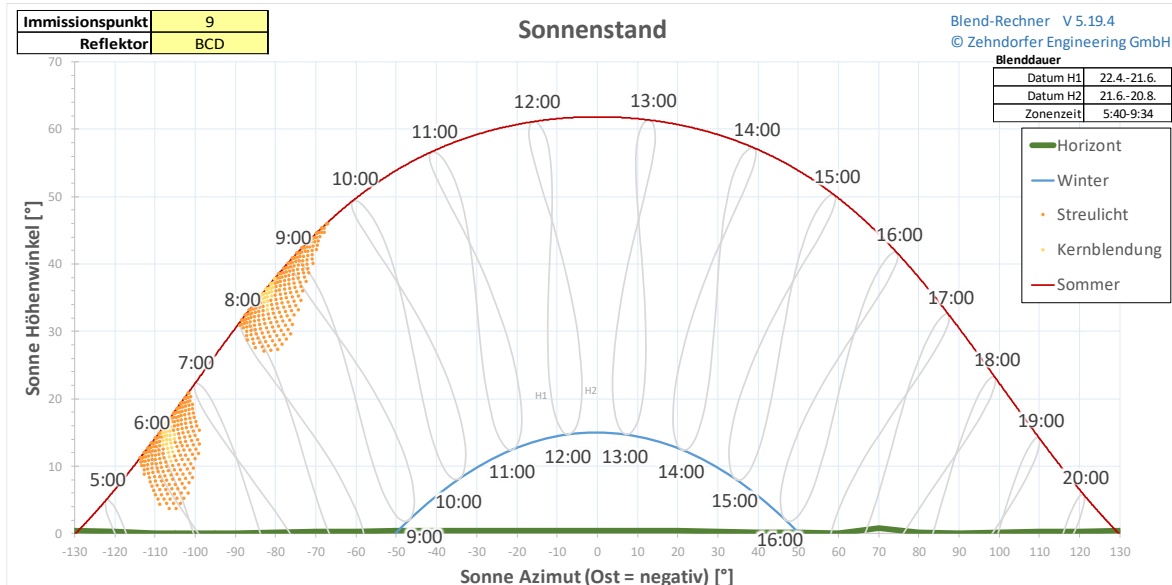


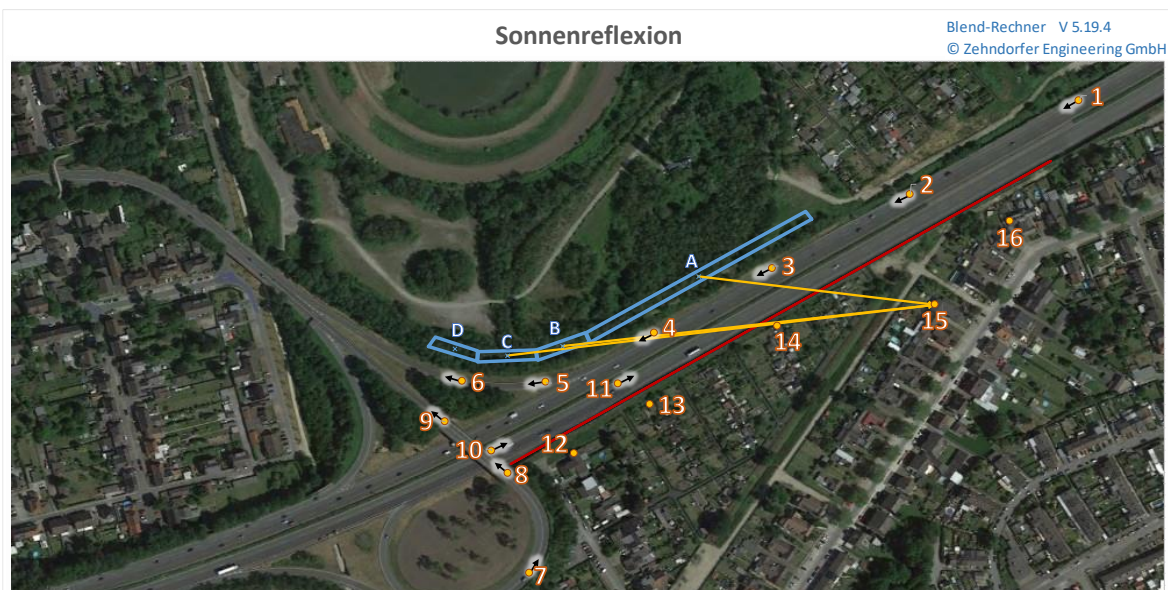
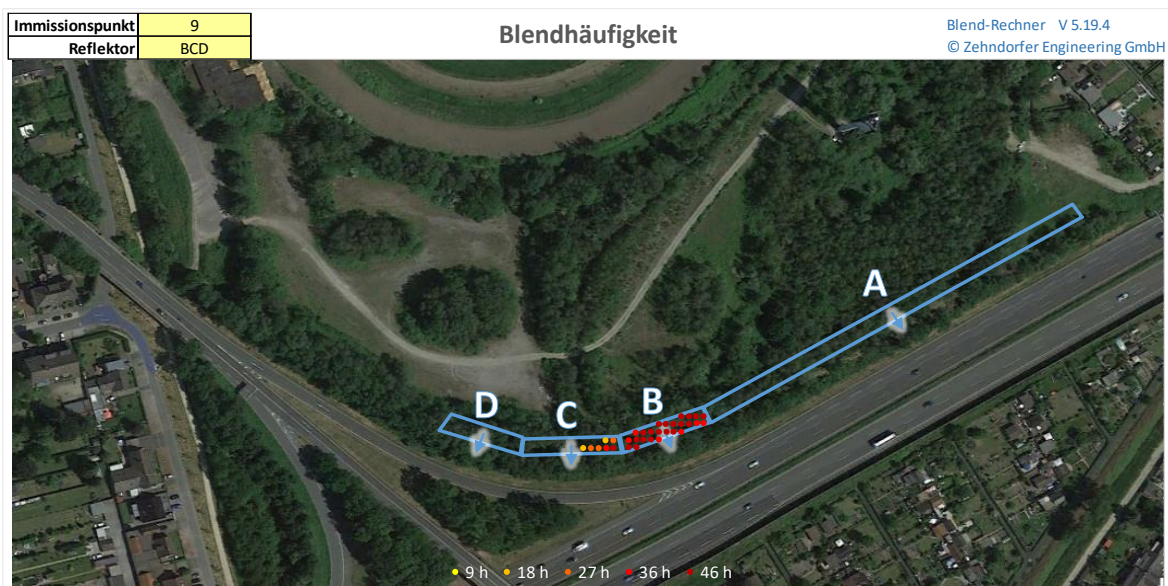
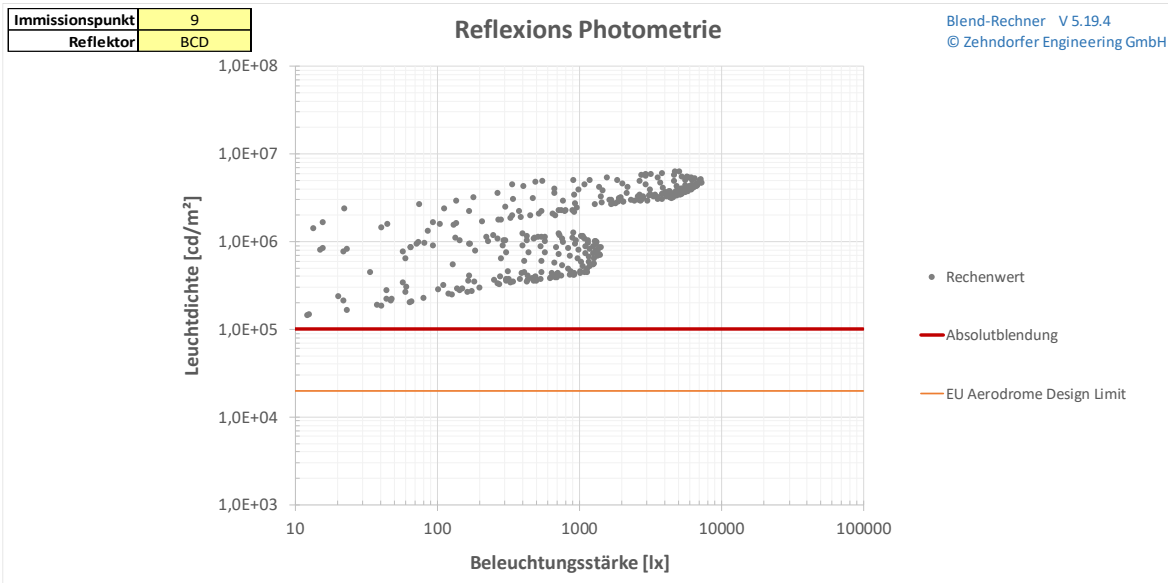


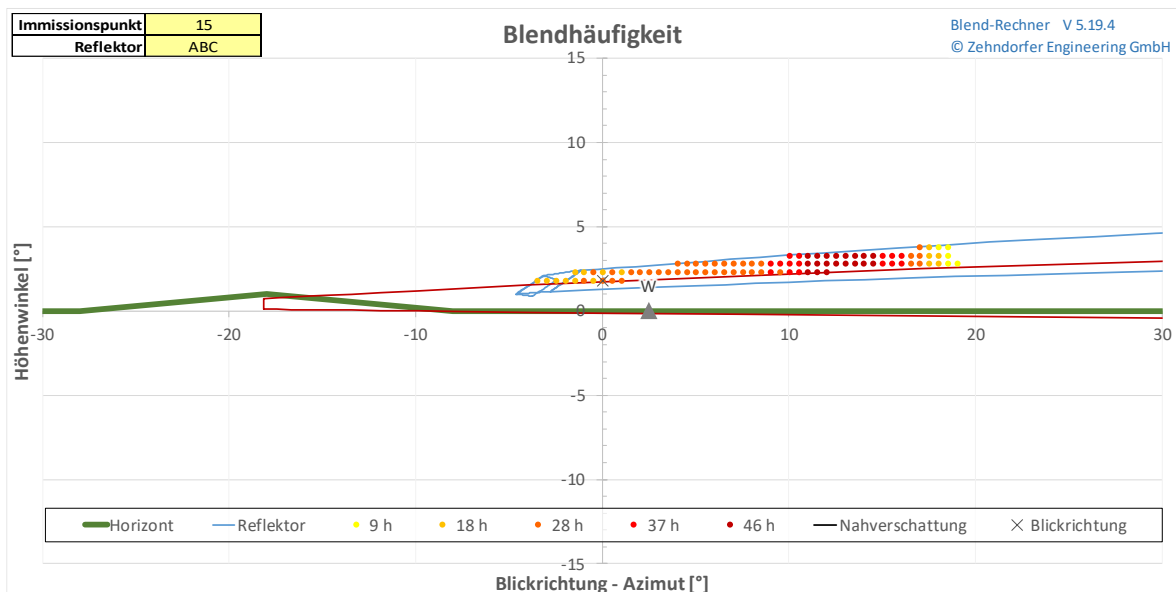
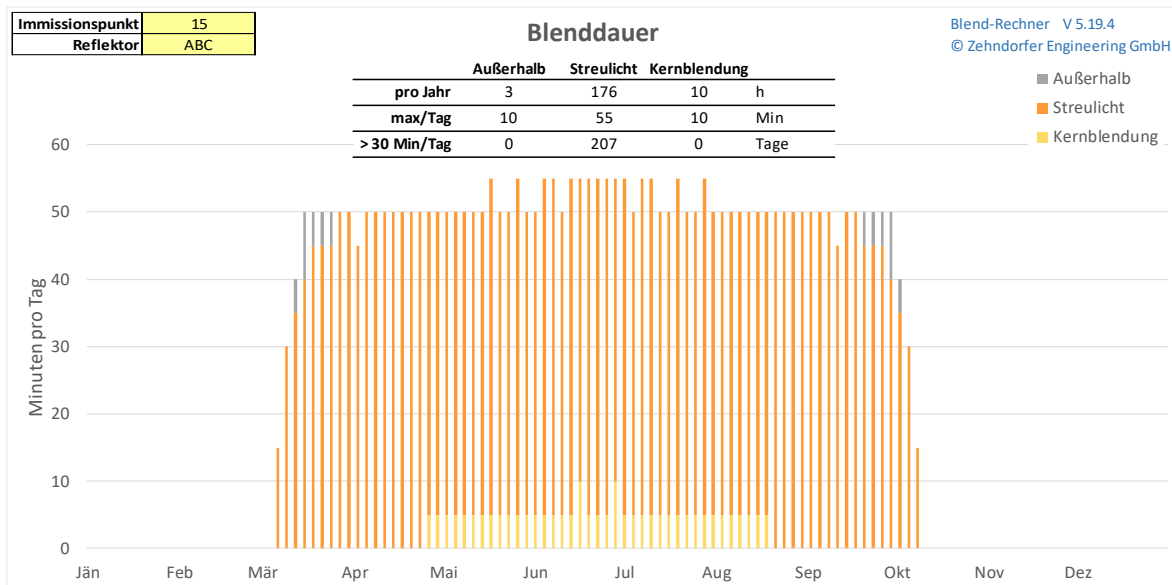
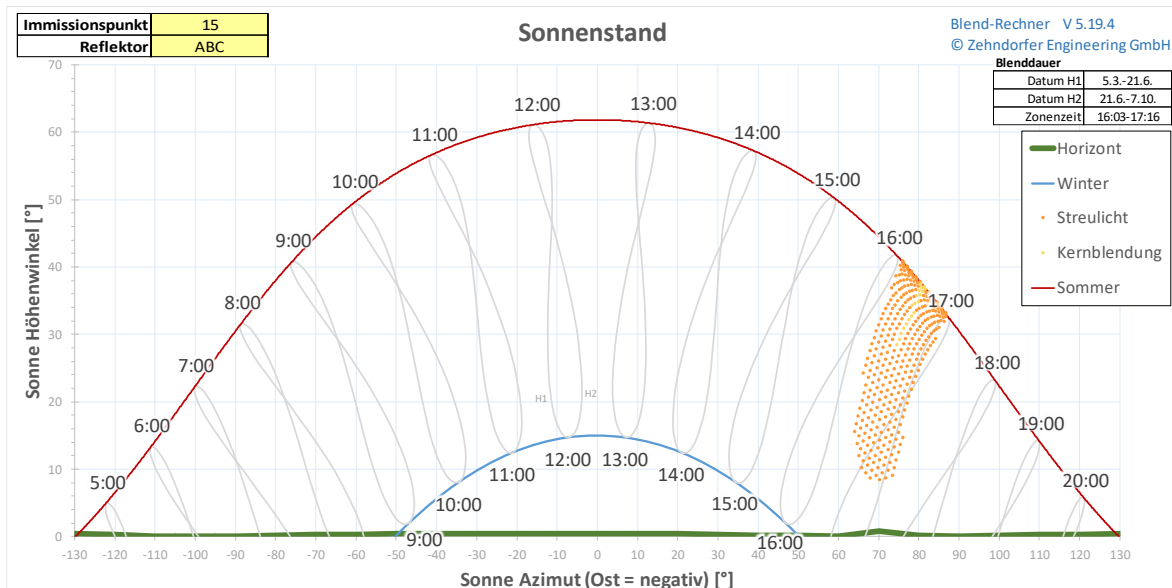








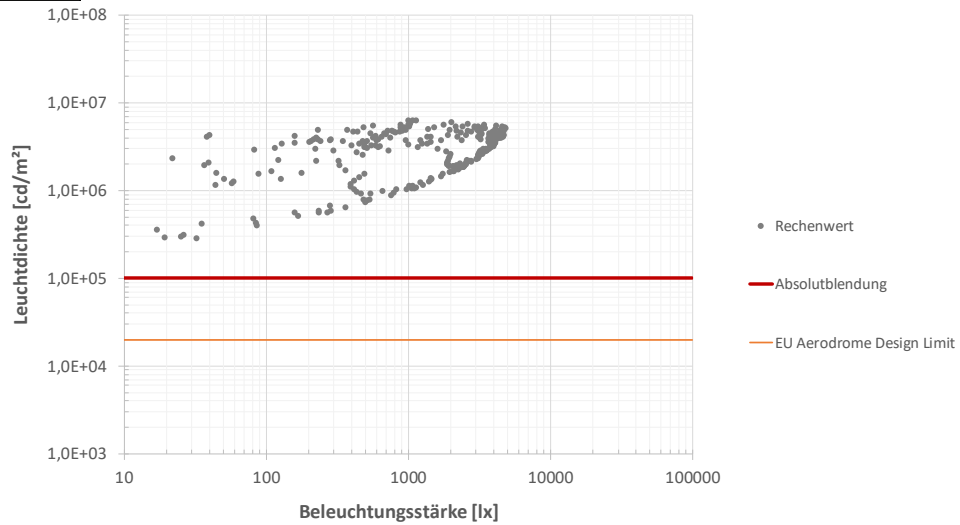




Immissionspunkt	15
Reflektor	ABC

Reflexions Photometrie

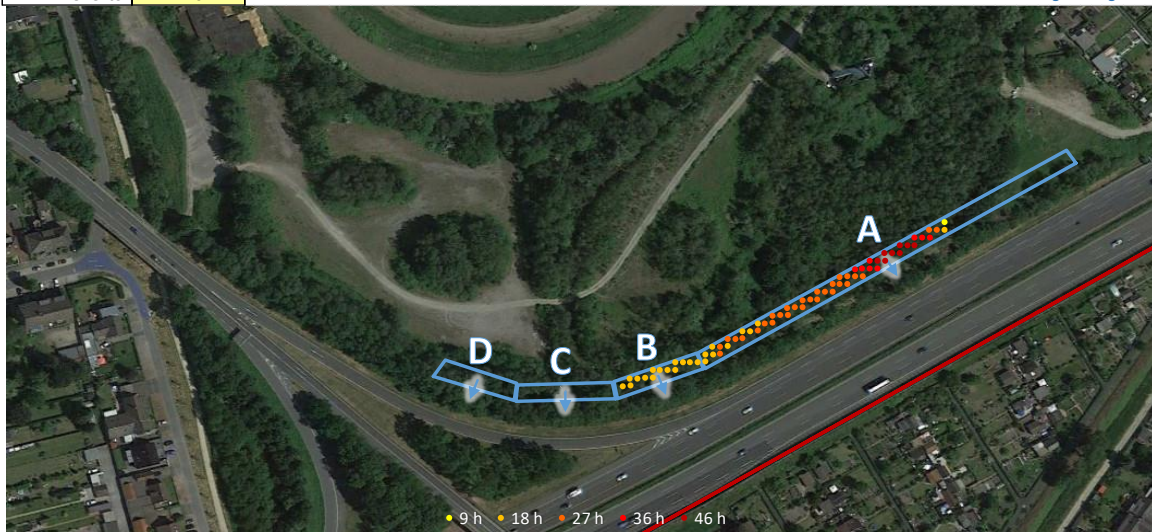
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	15
Reflektor	ABC

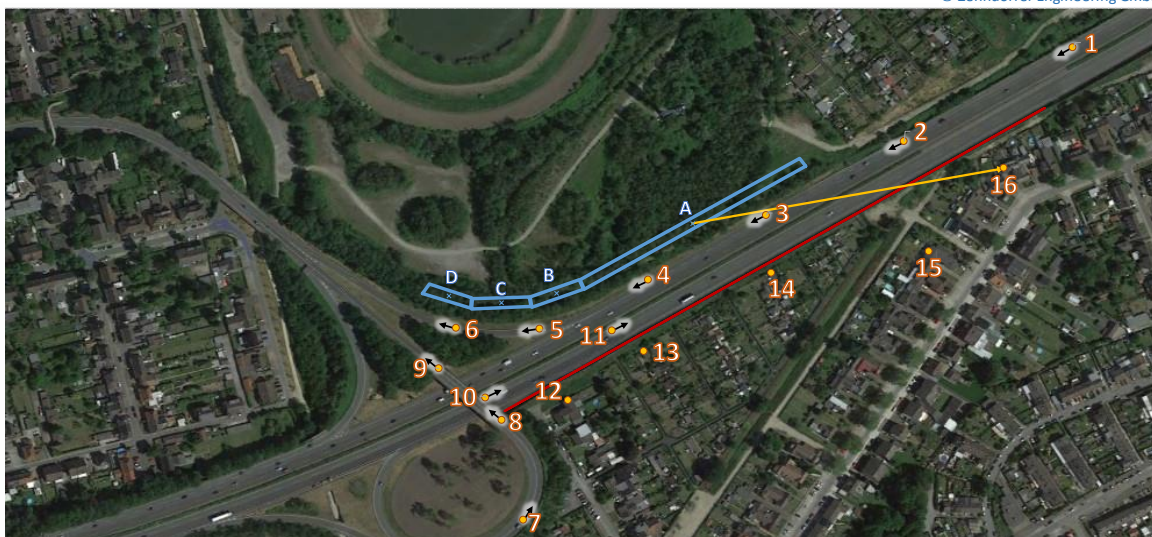
Blendhäufigkeit

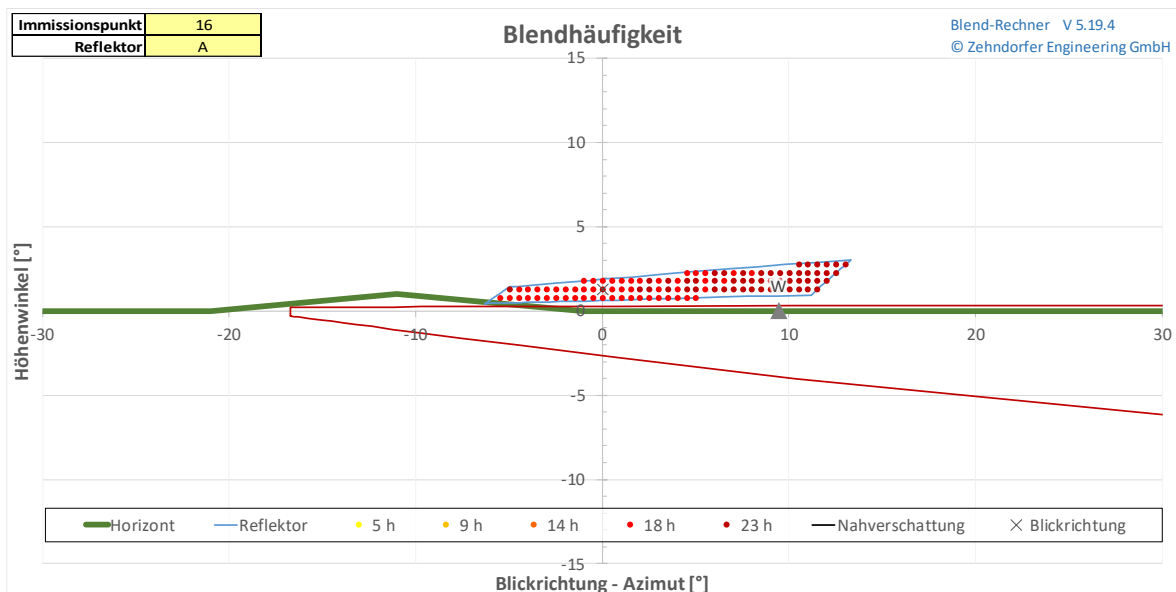
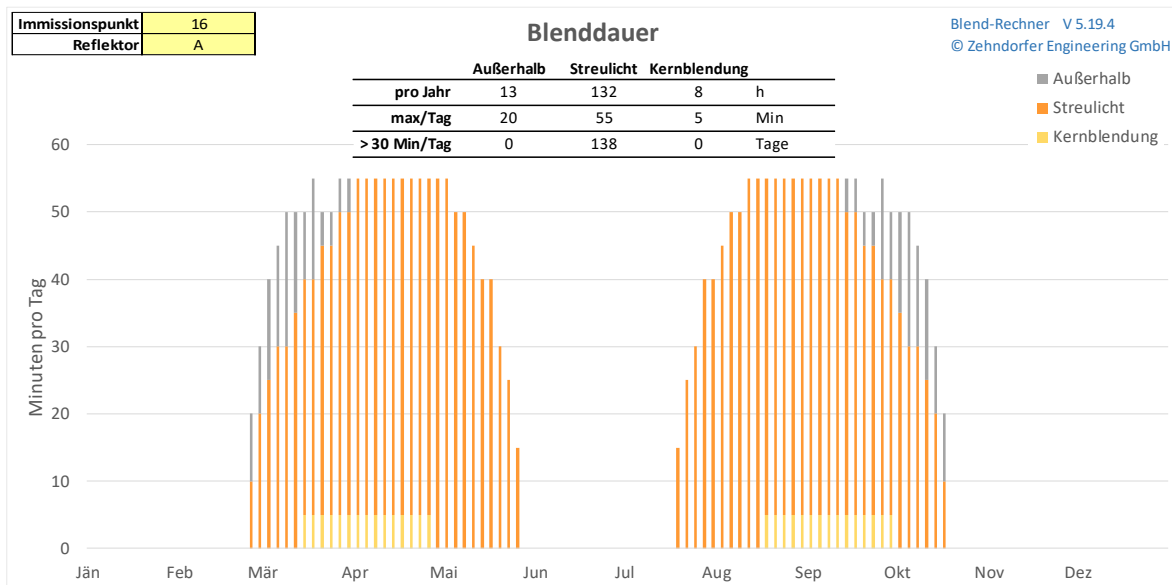
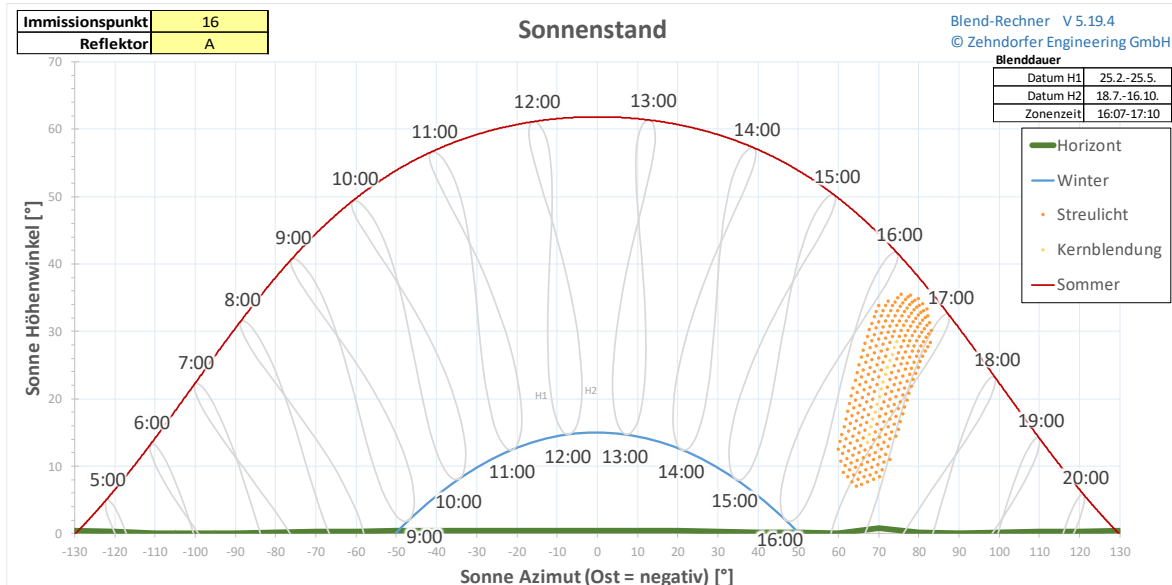
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

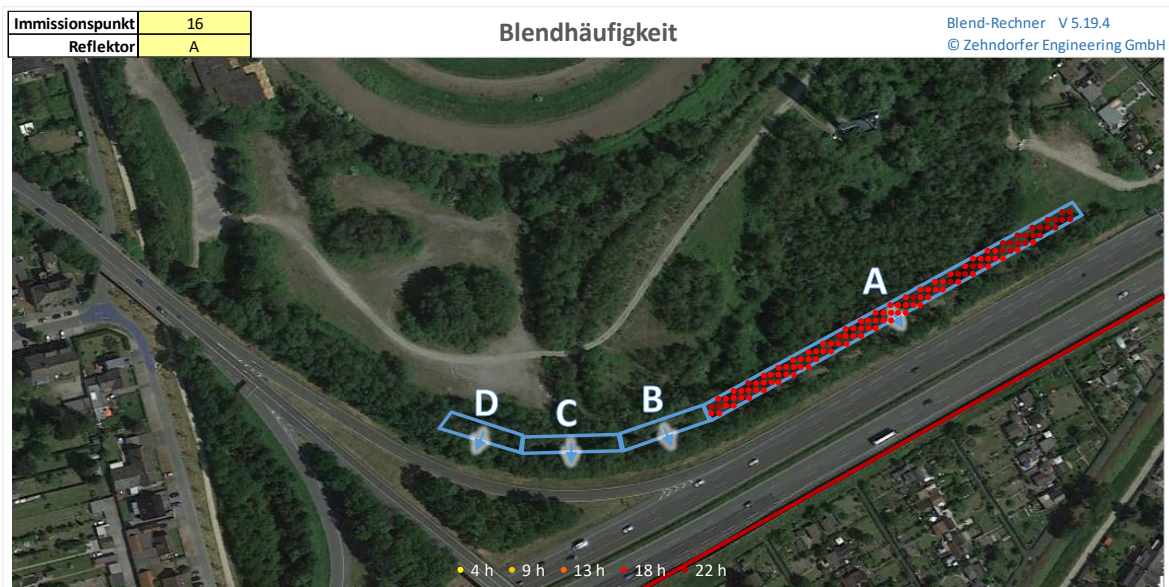
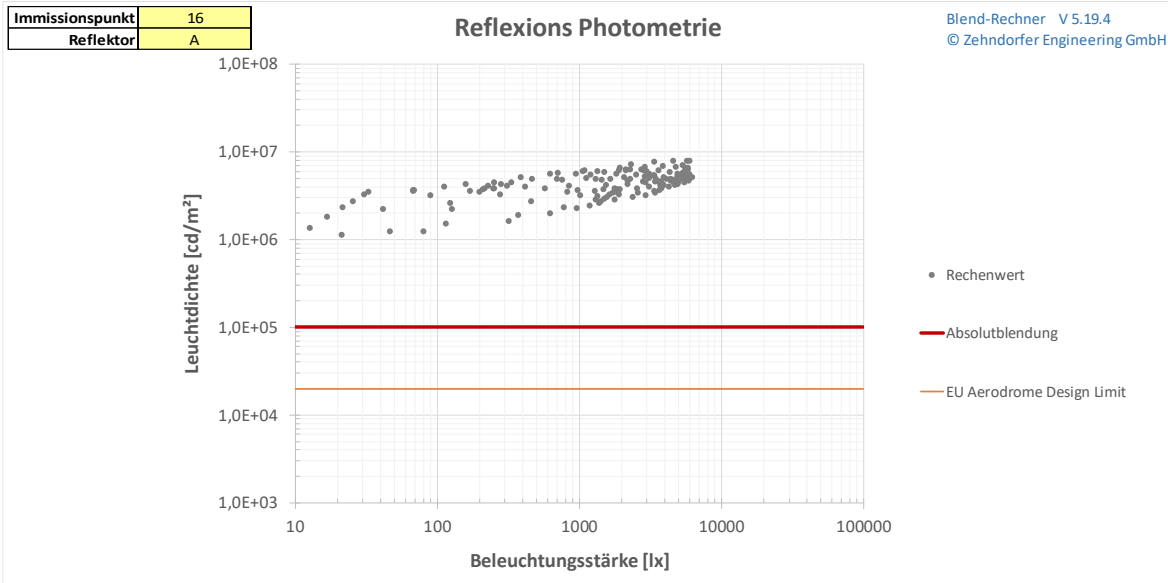


Sonnenreflexion

Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH





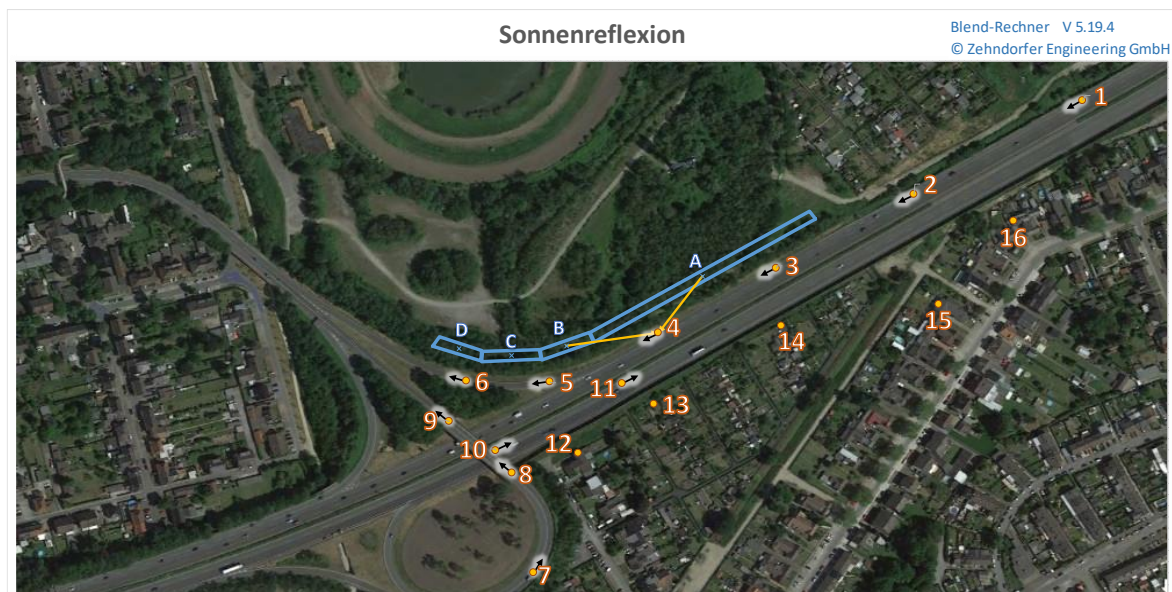


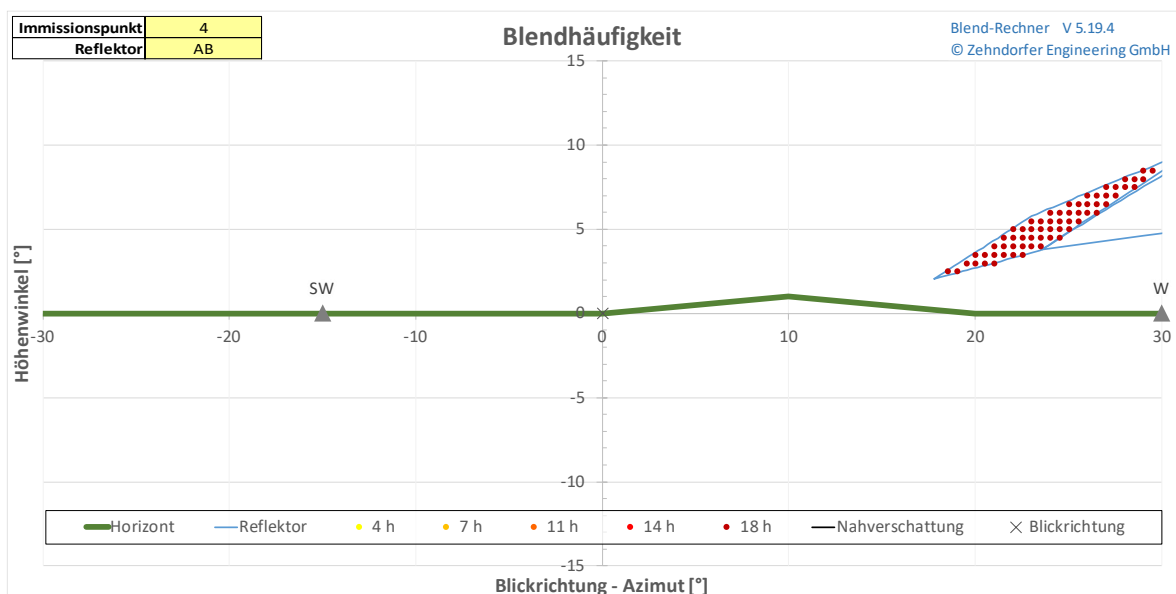
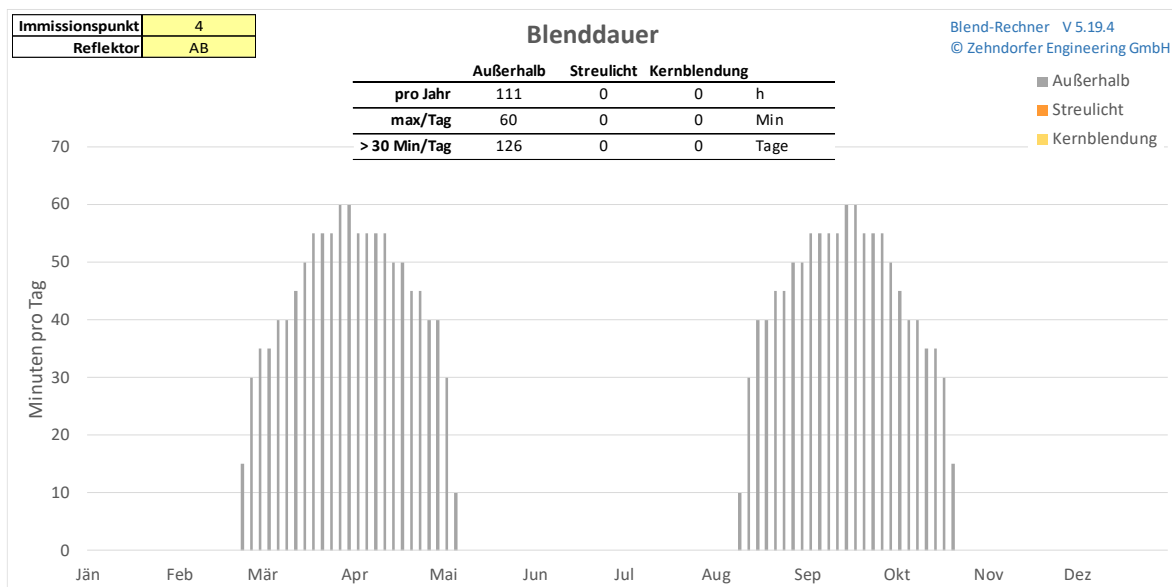
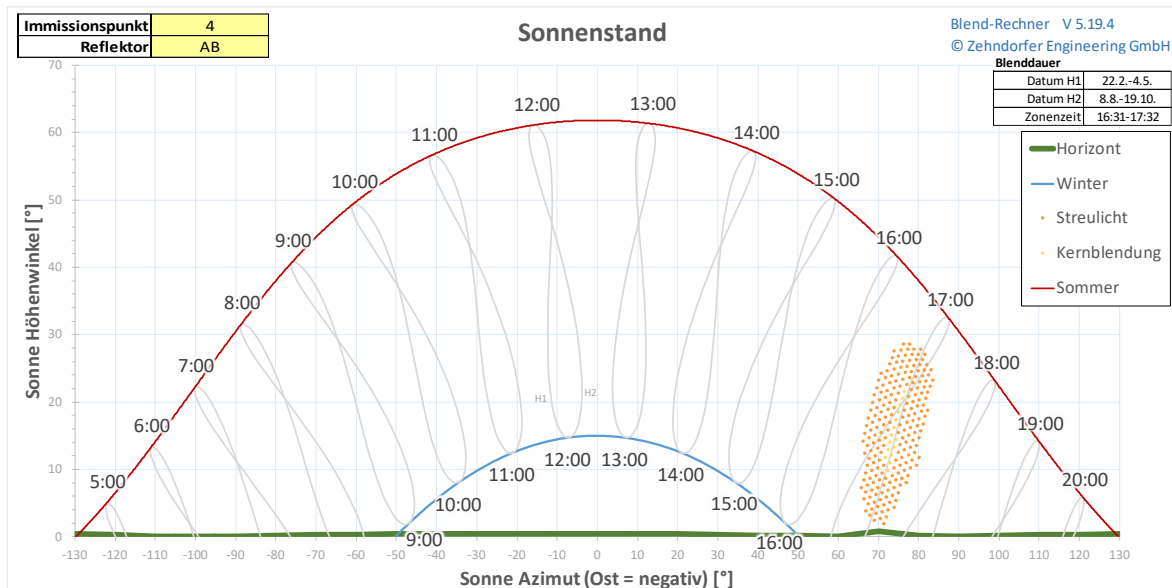
Anhang 6.2 Ergebnisse Option3

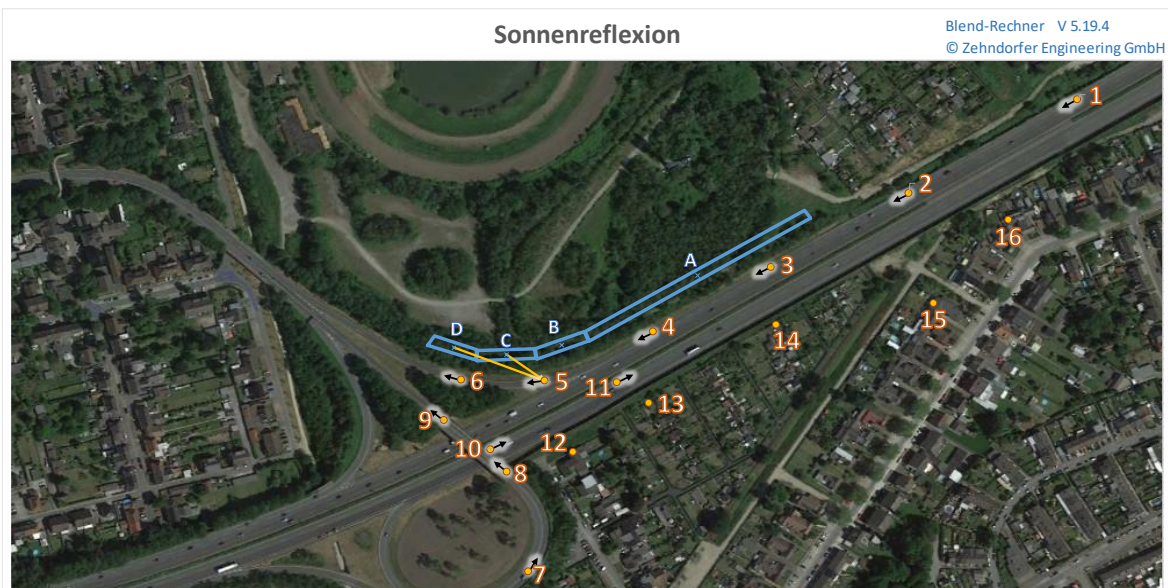
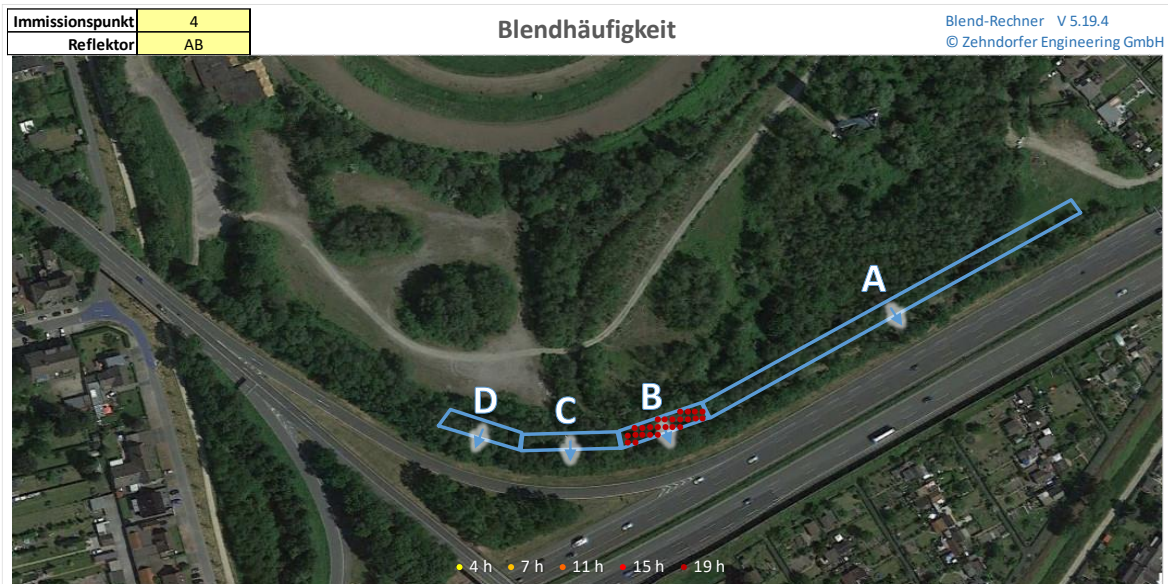
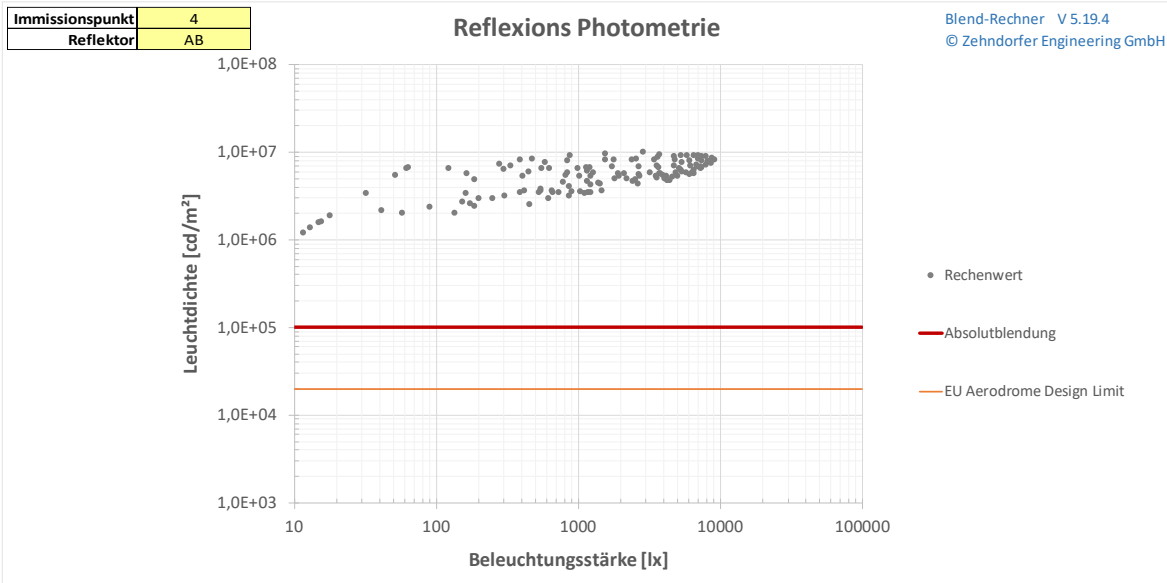
Reflektor		A	A	A	AB	CD	D	D
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6	7
Distanz	m	336	182	59	59	150	206	284
Höhenwinkel	°	1	2	6	6	2	1	0
Raumwinkel	msr	0	5	251	281	101	169	5
Datum H1		-	-	-	22.2.-4.5.	16.4.-21.6.	-	-
Datum H2		-	-	-	8.8.-19.10.	21.6.-26.8.	-	-
Zeit		-	-	-	16:31-17:32	16:28-17:57	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	-	-	-	15	26	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	-	-	75	89	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	-	-	30	56	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-	-	18	27	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	0	0	0	10 307	5 962	0	0
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	0	0	0	60	43	0	0
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	0	0	0	8 974	10 957	0	0

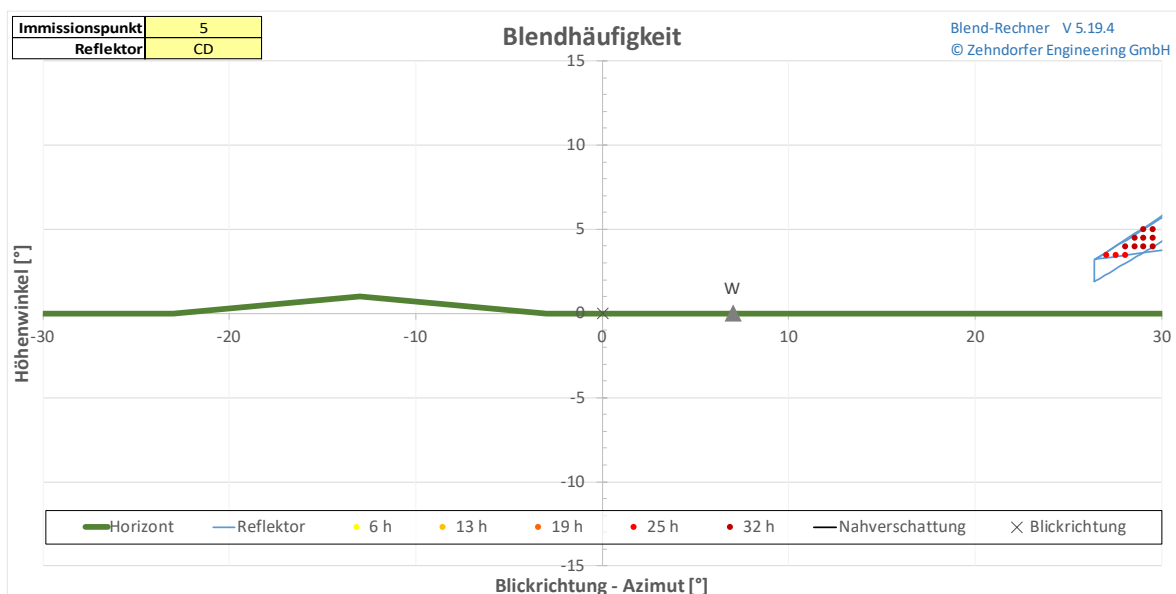
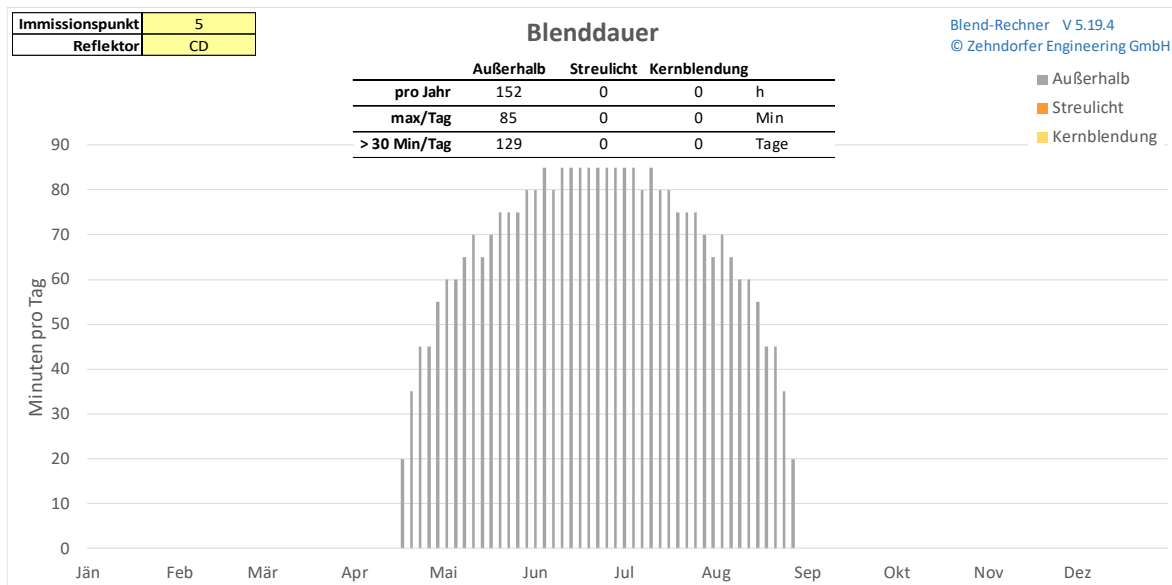
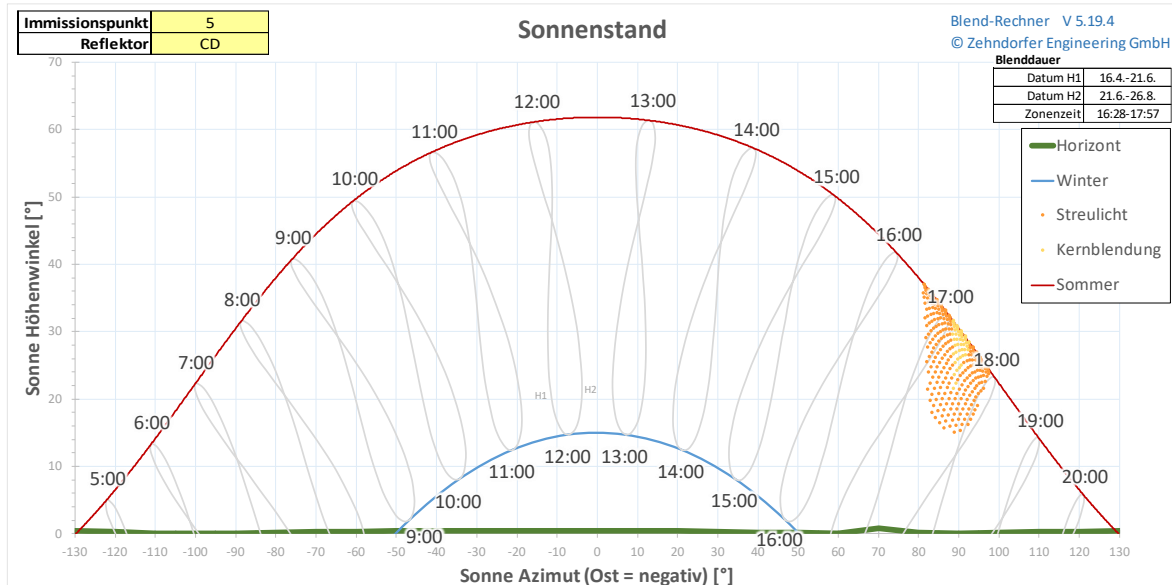
Reflektor		ABCD	BCD	ABC	A	ABCD	ABC	AB
Immissionspunkt		8	9	10	11	12	13	14
Distanz	m	224	235	220	110	179	115	76
Höhenwinkel	°	-1	0	1	3	2	4	5
Raumwinkel	msr	63	107	57	102	0	0	0
Datum H1		18.6.-21.6.	22.4.-21.6.	19.5.-21.6.	-	-	-	-
Datum H2		21.6.-24.6.	21.6.-20.8.	21.6.-24.7.	-	-	-	-
Zeit		4:48-4:48	5:40-9:34	4:48-5:02	-	-	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	4	25	3	-	-	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-124	-90	-122	-	-	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	6	86	10	-	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	97	86	6	-	-	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	230	6 440	1 300	0	0	0	0
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	2	30	9	0	0	0	0
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	0	7 221	95	0	0	0	0

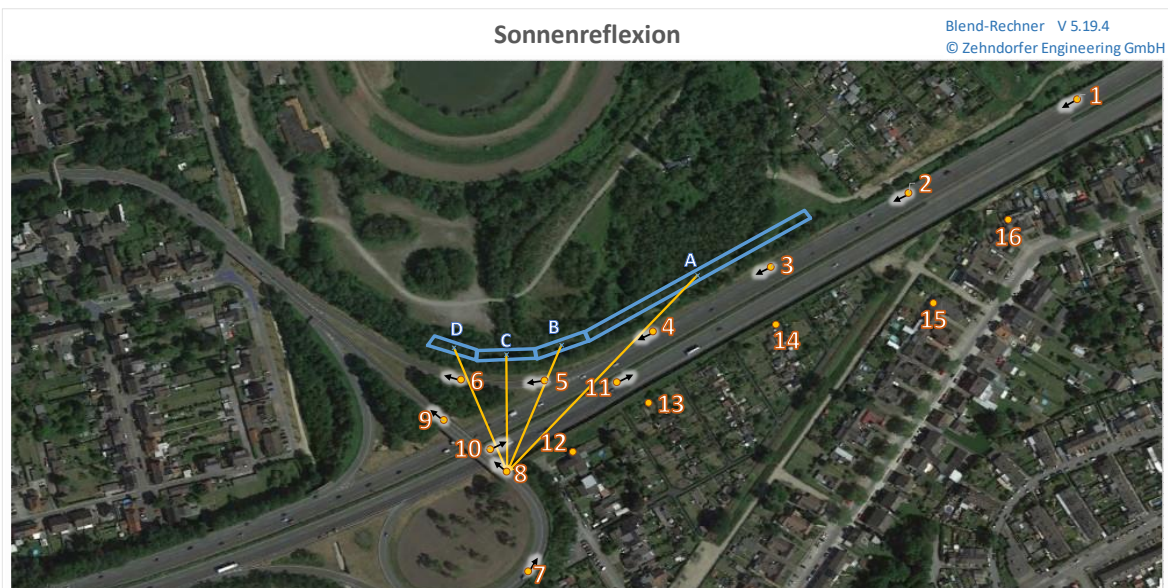
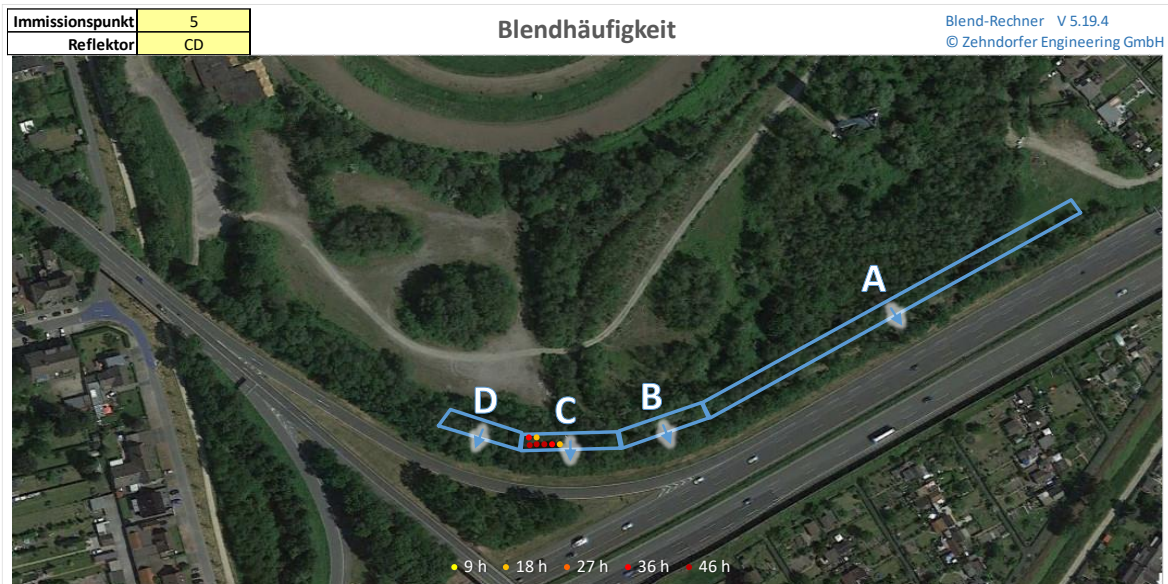
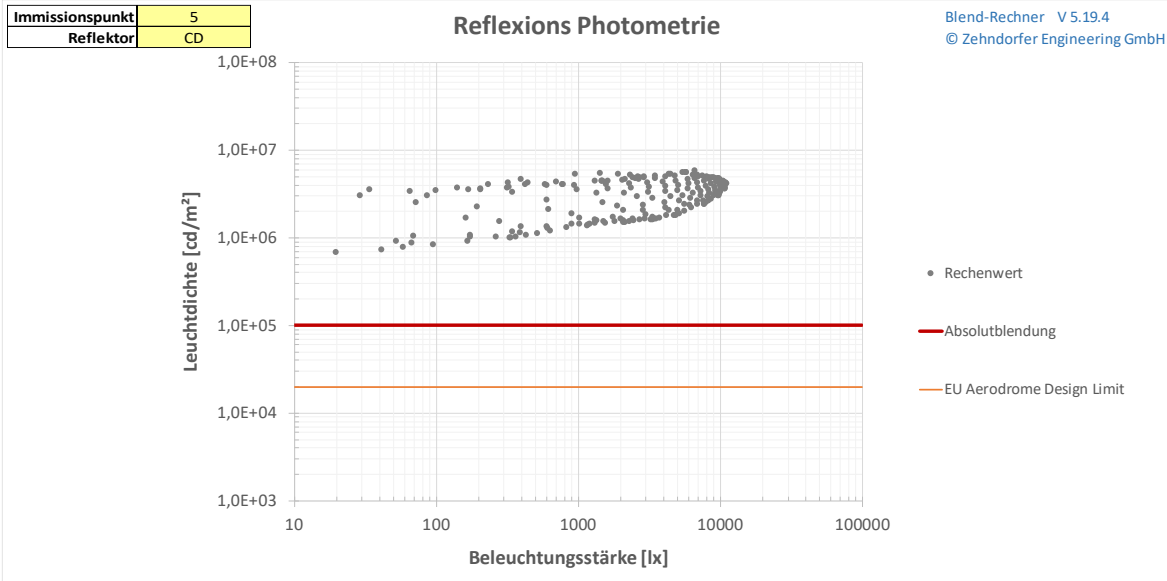
Reflektor		AB	A
Immissionspunkt		15	16
Distanz	m	189	251
Höhenwinkel	°	3	1
Raumwinkel	msr	20	8
Datum H1		5.3.-7.4.	28.2.-20.3.
Datum H2		4.9.-7.10.	22.9.-13.10.
Zeit		16:27-17:16	17:04-17:19
Kernblendung	min / Tag	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0
Streulicht	min / Tag	50	10
Streulicht	h / Jahr	44	6
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	15	8
Sonnen Azimut (Mittel)	°	70	72
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	32	16
Blendung - Blickwinkel (min)	°	4	1
Leuchtdichte (max)	[k cd/m²]	6 478	2 333
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm²]	2	17
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	1 123	0

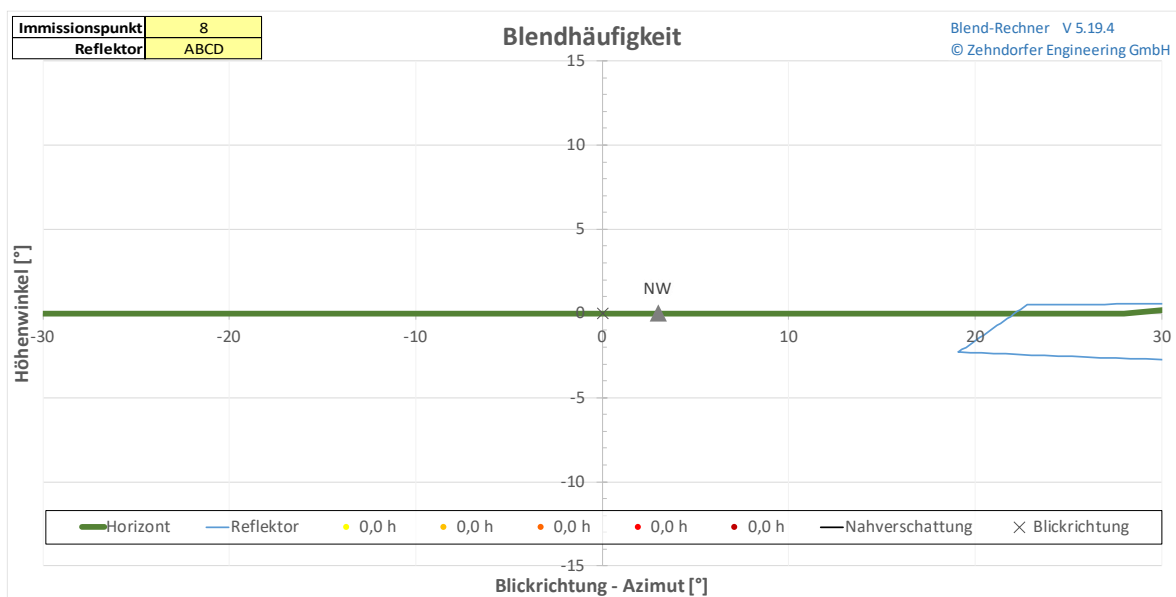
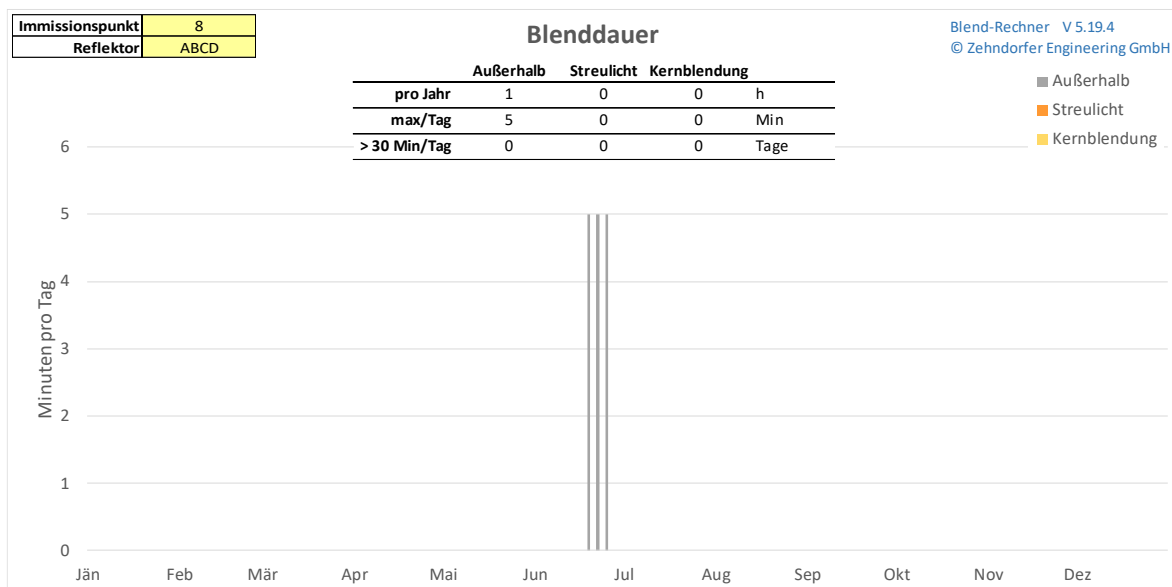
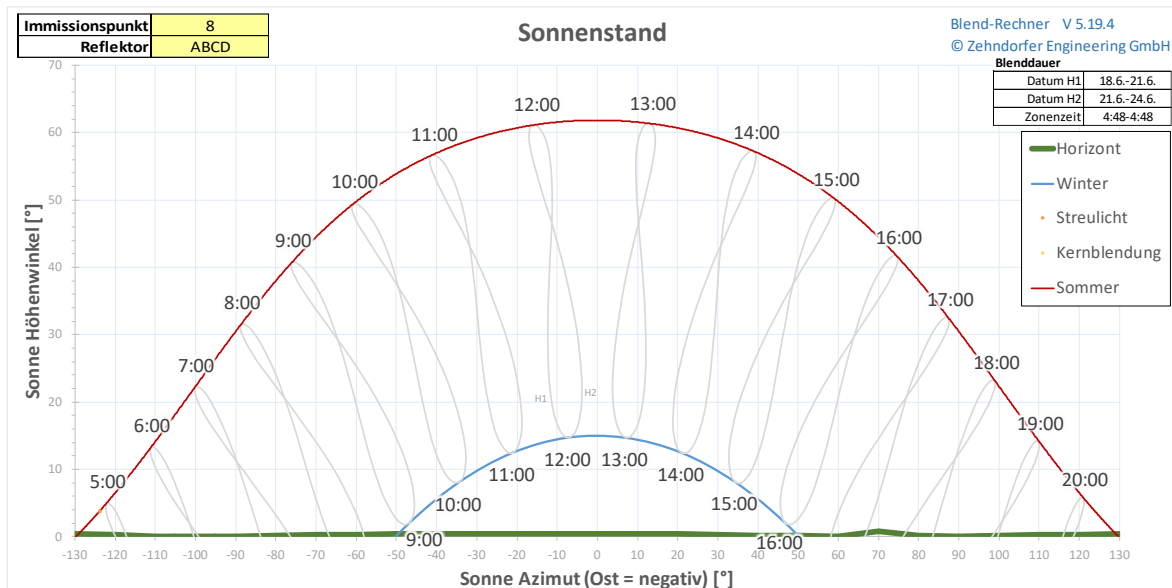








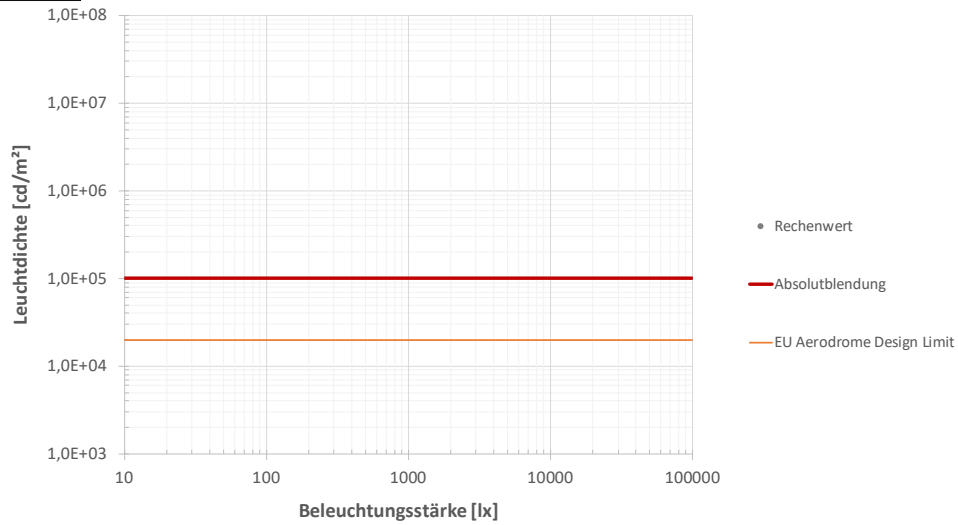




Immissionspunkt	8
Reflektor	ABCD

Reflexions Photometrie

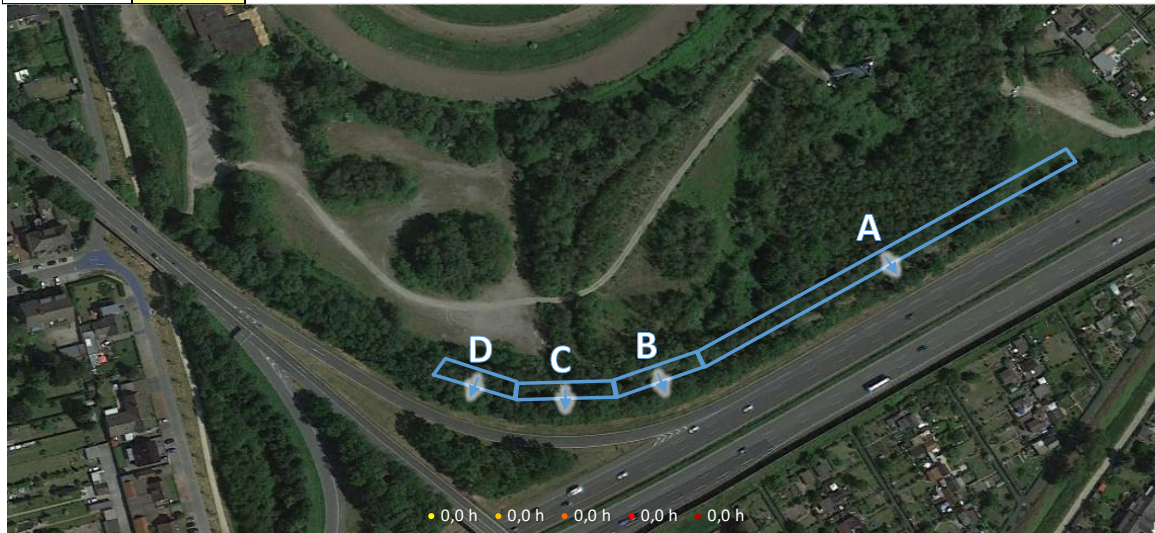
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	8
Reflektor	ABCD

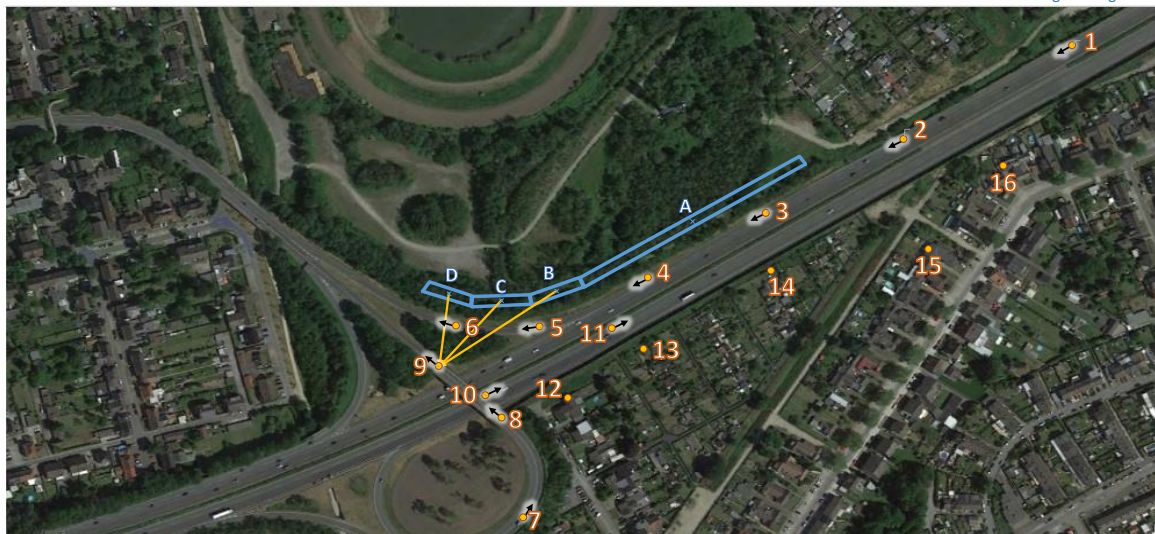
Blendhäufigkeit

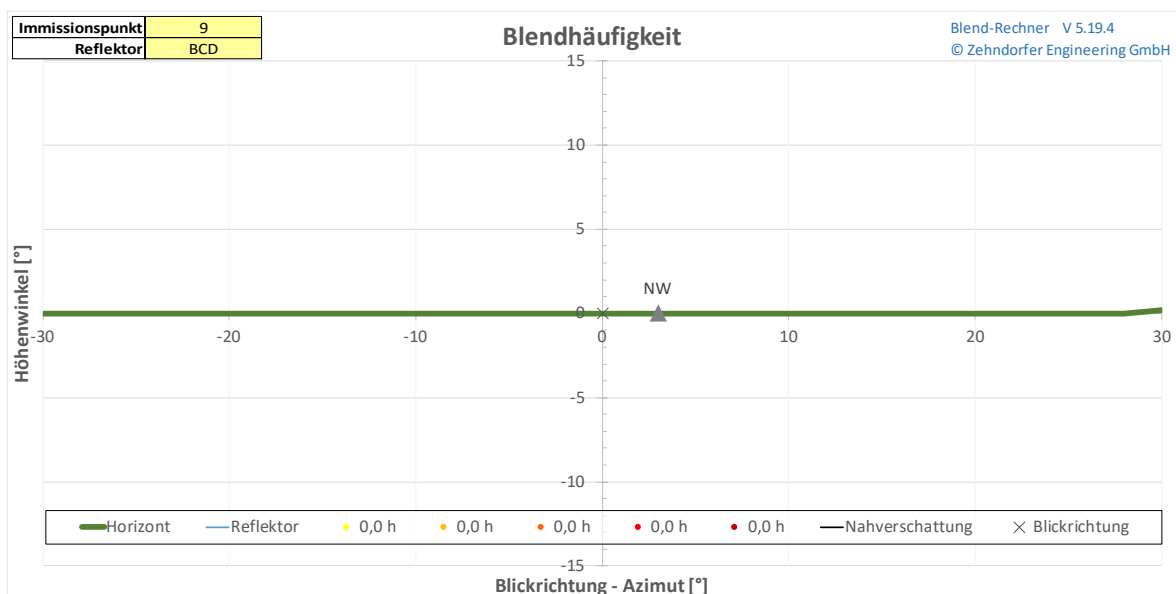
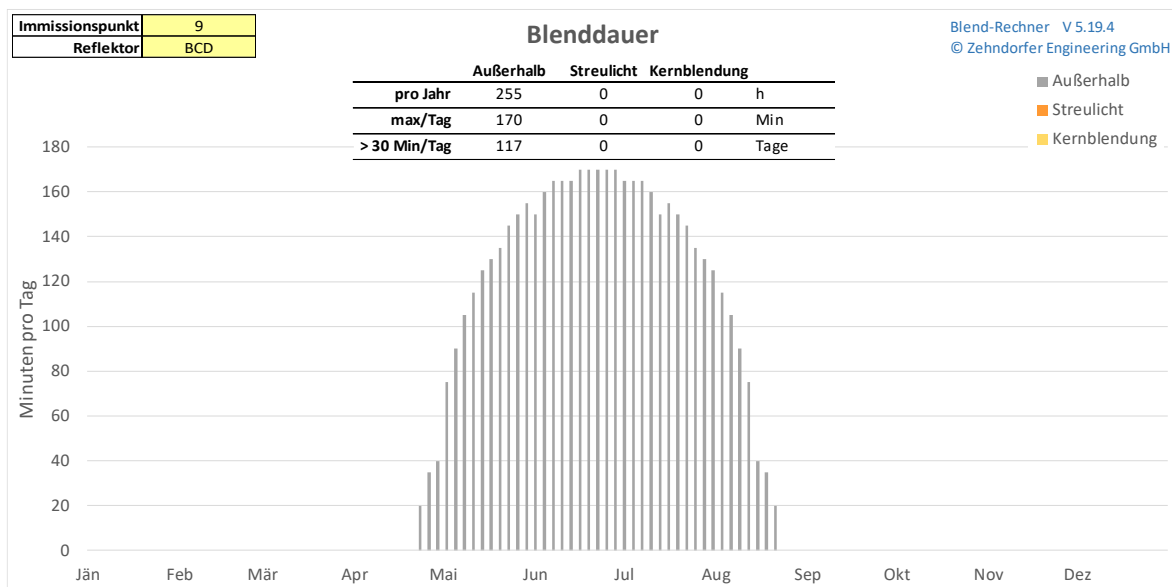
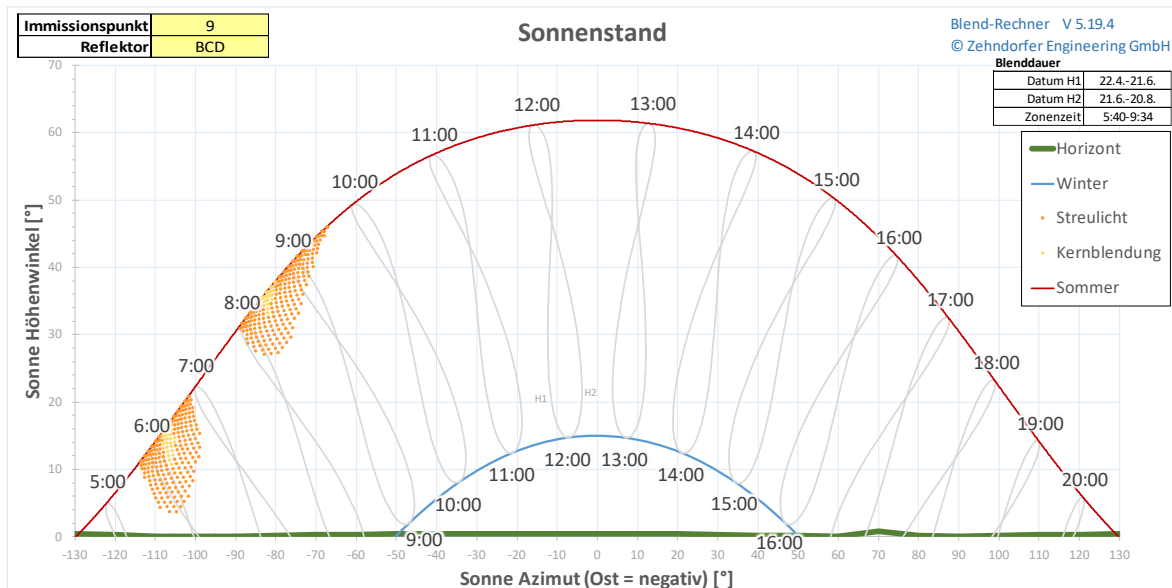
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

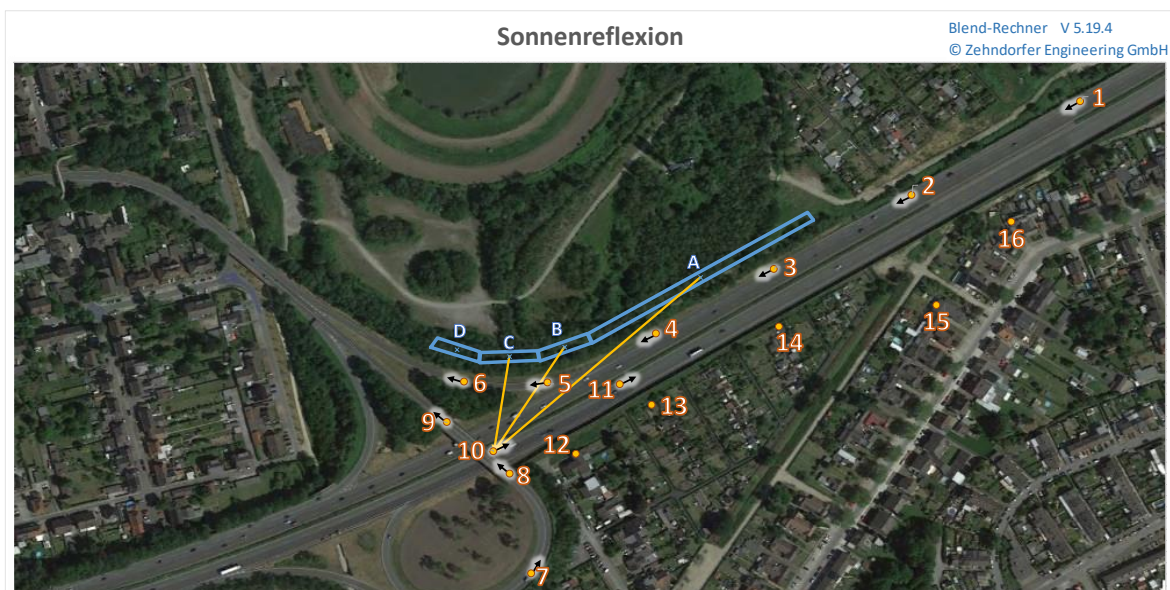
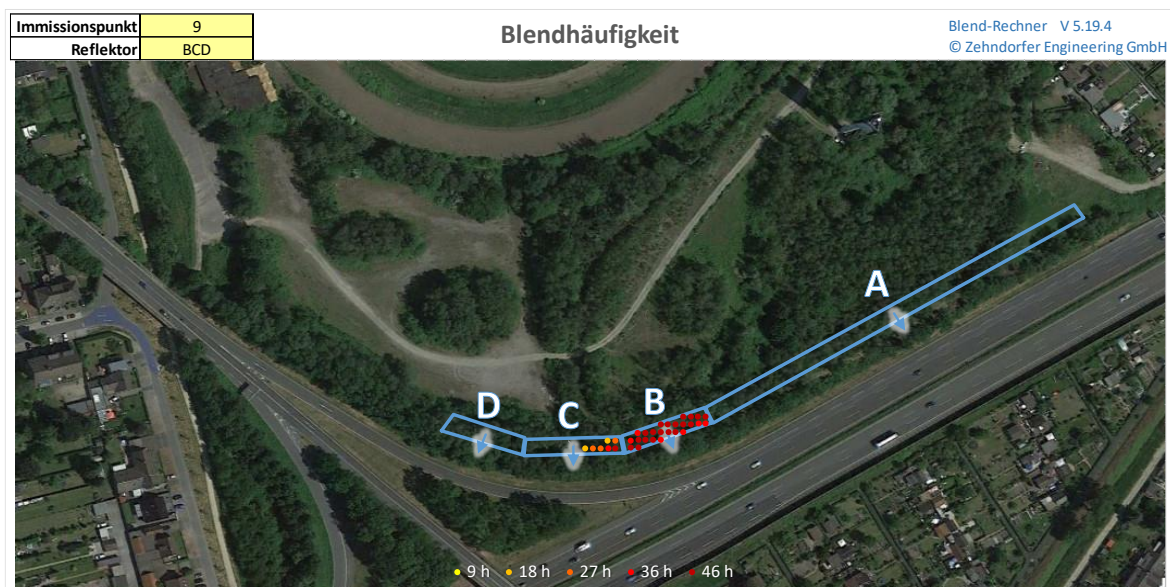
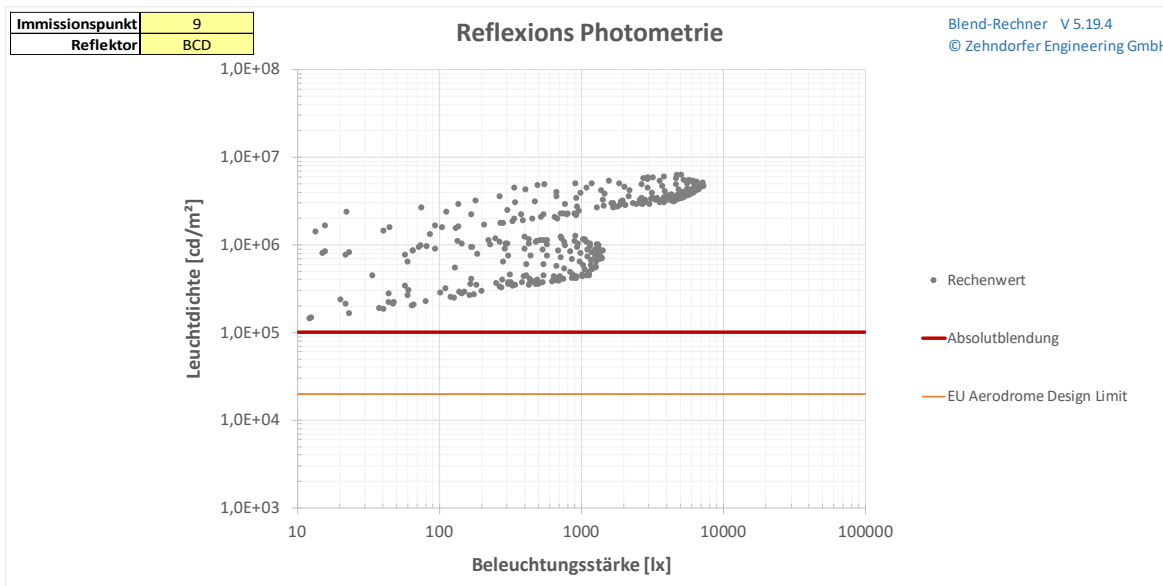


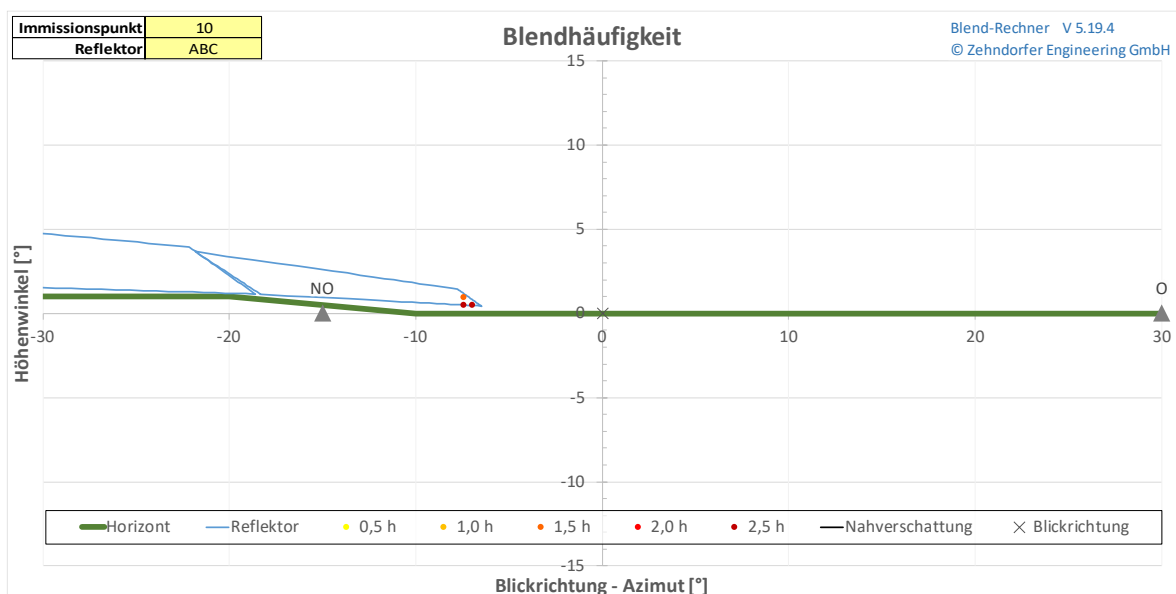
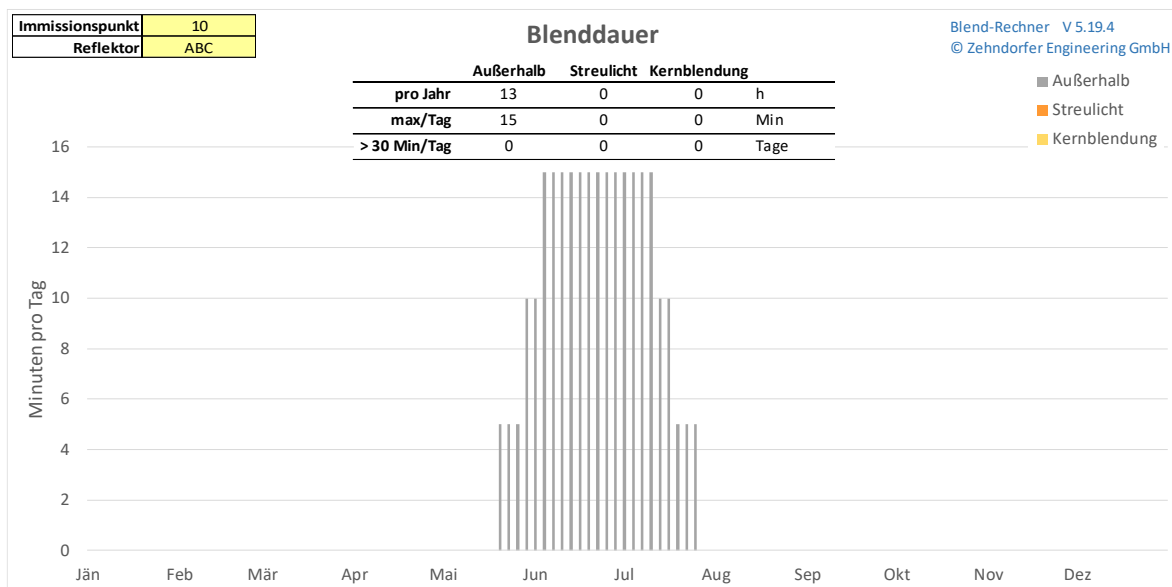
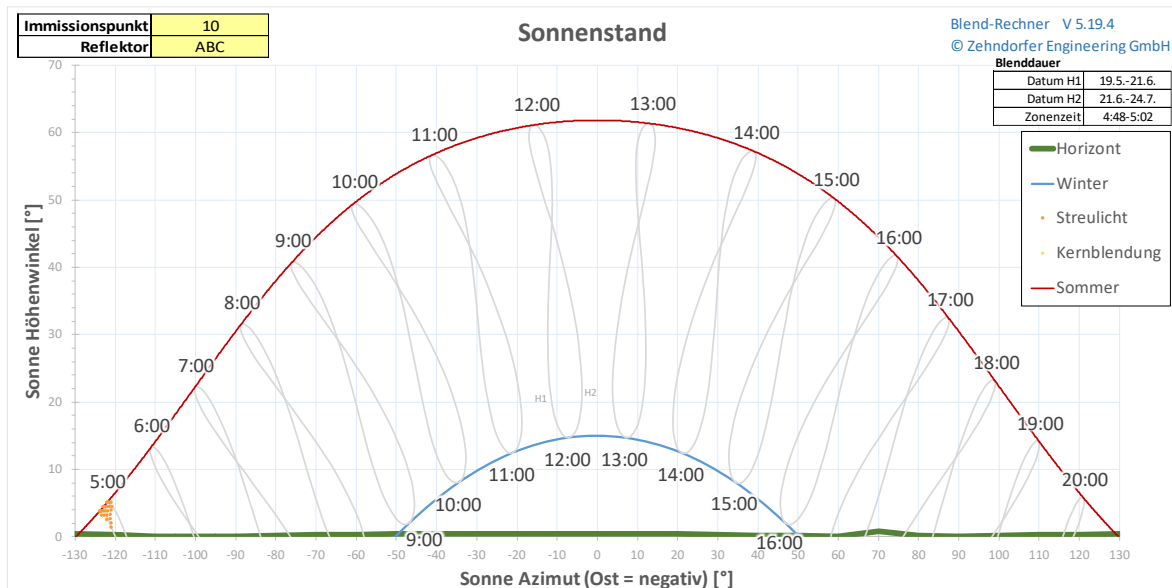
Sonnenreflexion

Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH





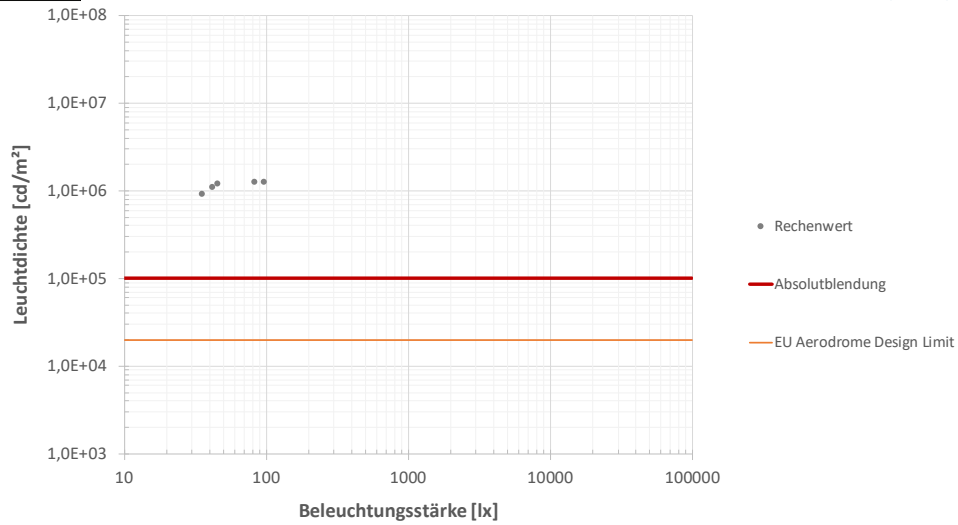




Immissionspunkt	10
Reflektor	ABC

Reflexions Photometrie

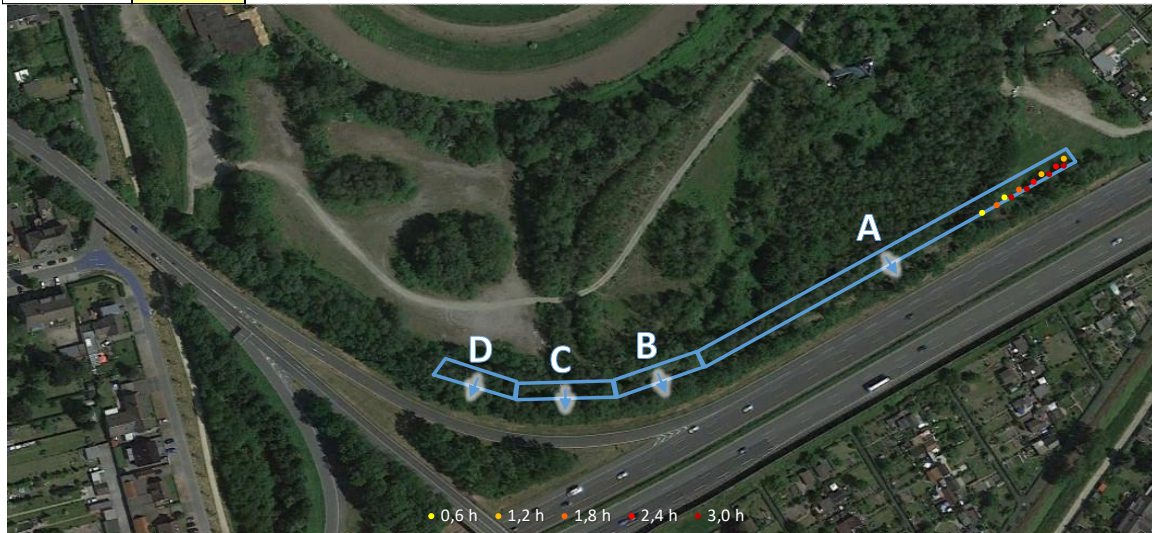
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	10
Reflektor	ABC

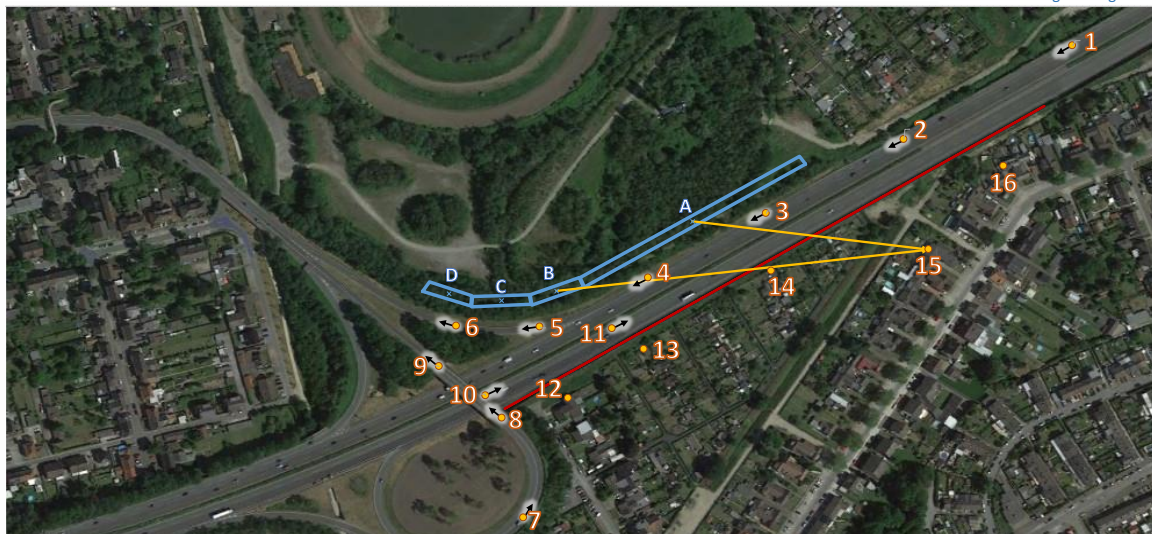
Blendhäufigkeit

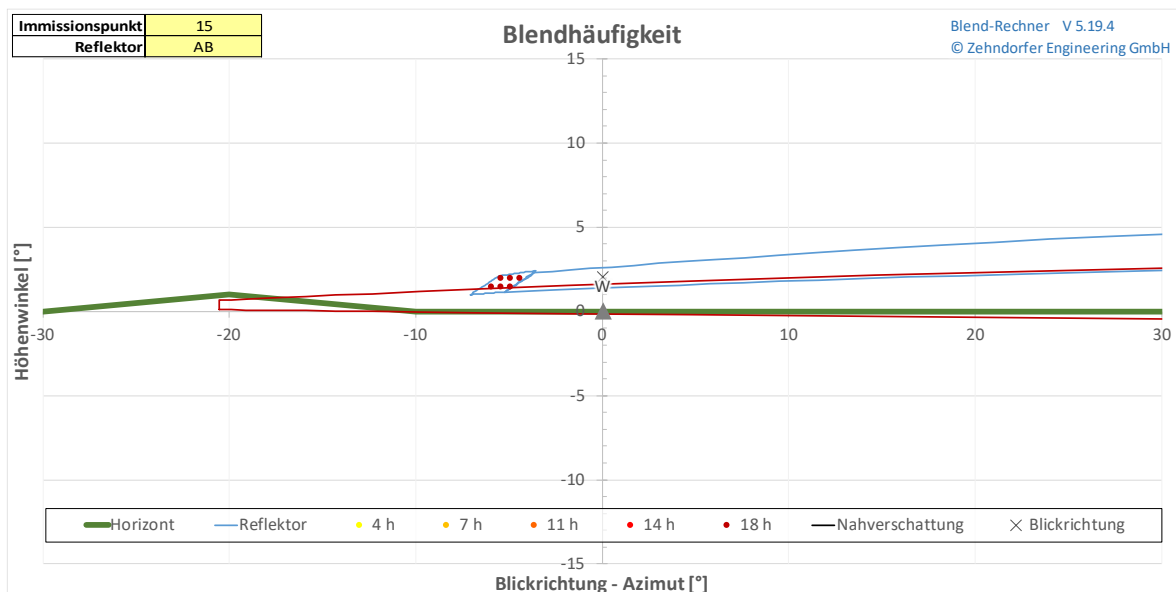
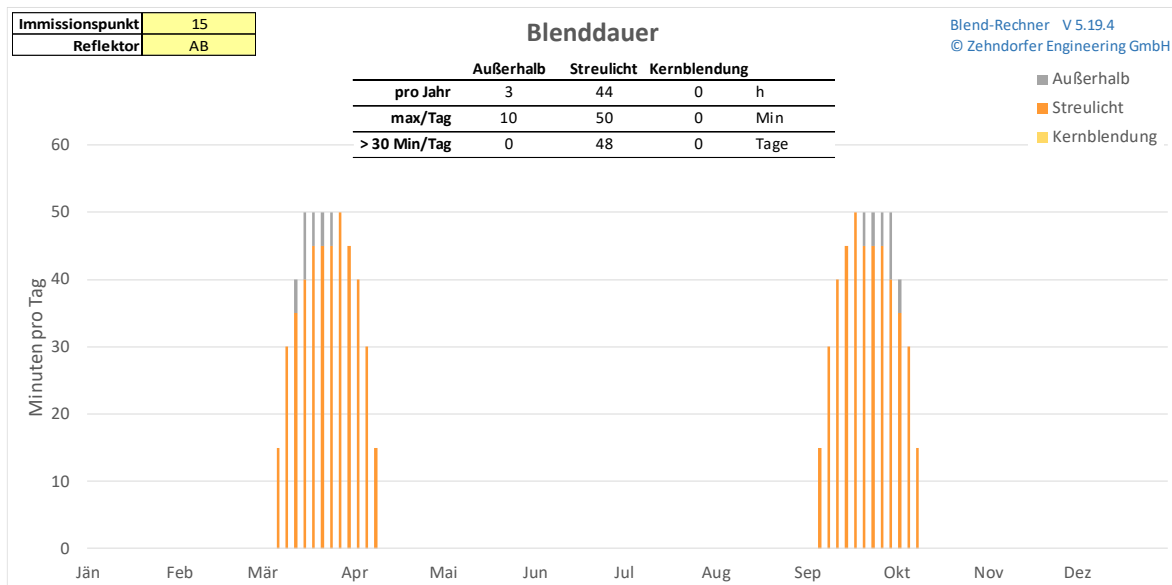
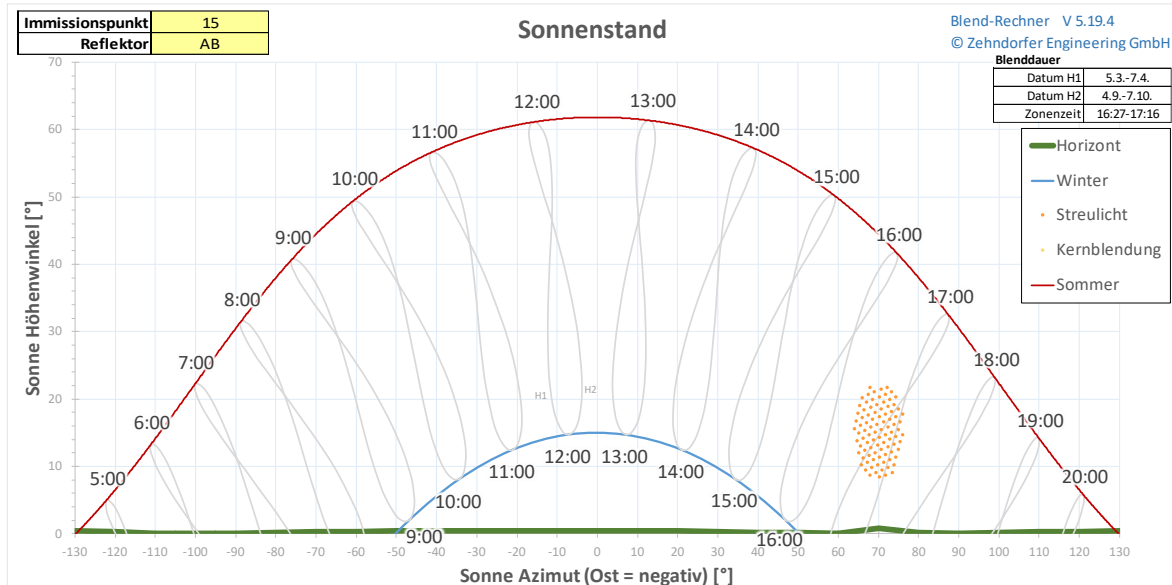
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH

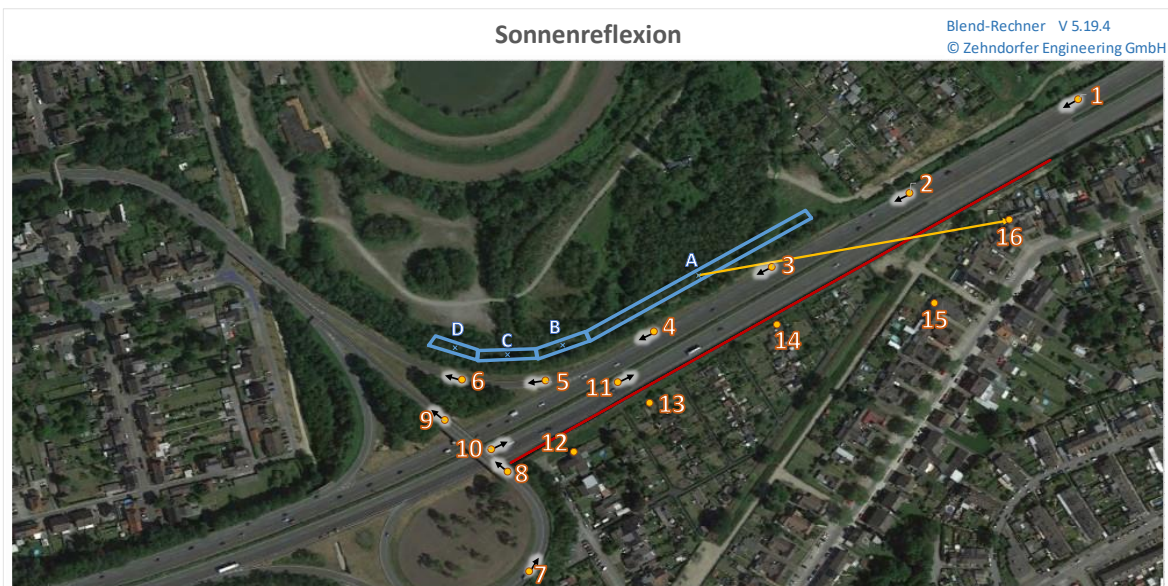
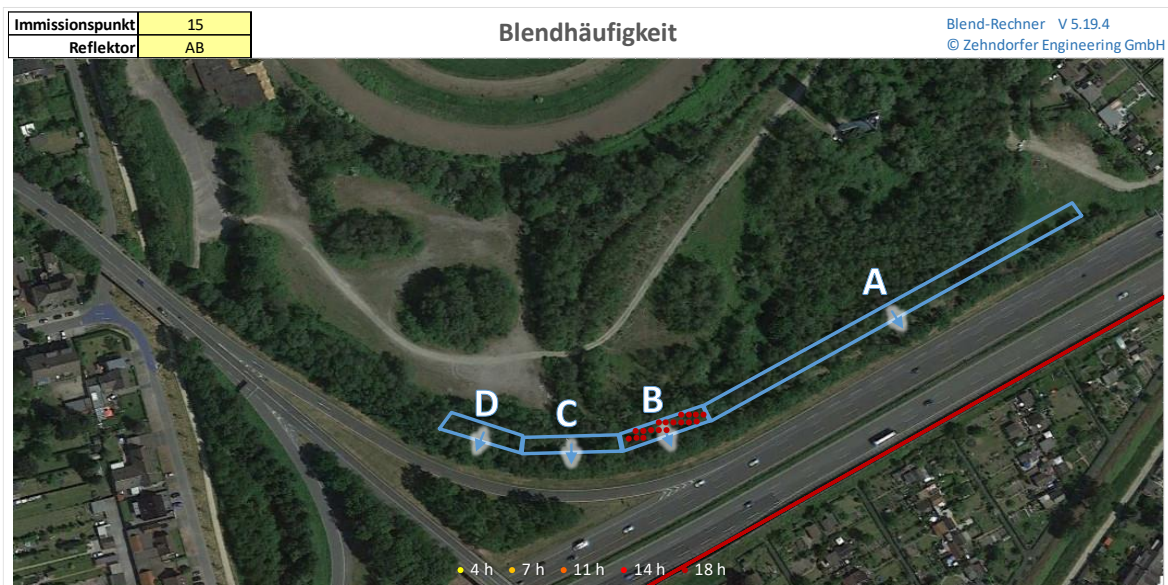
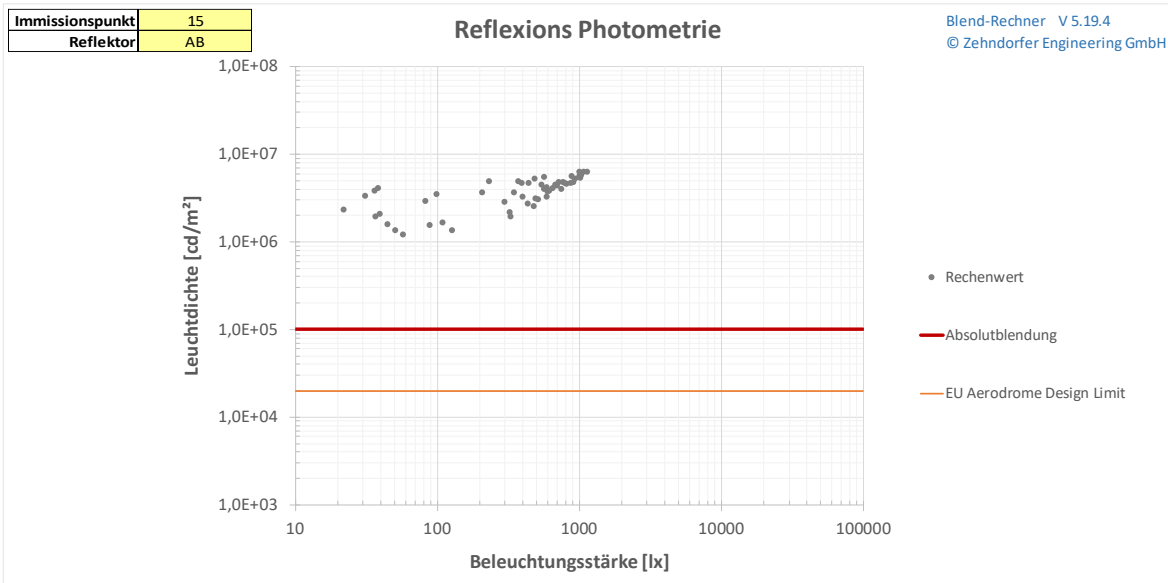


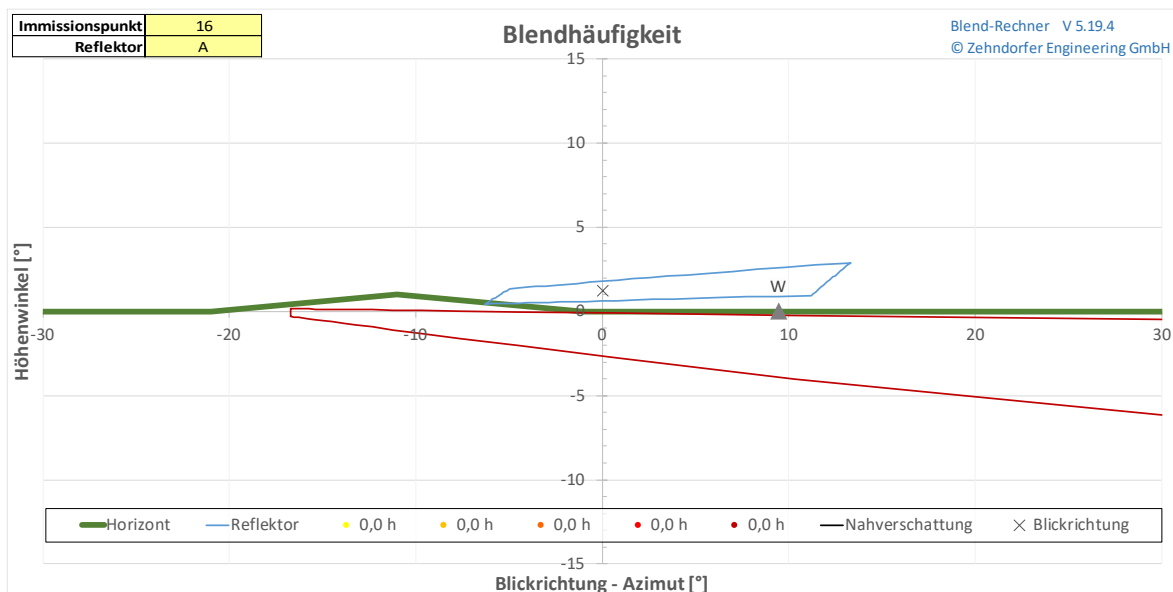
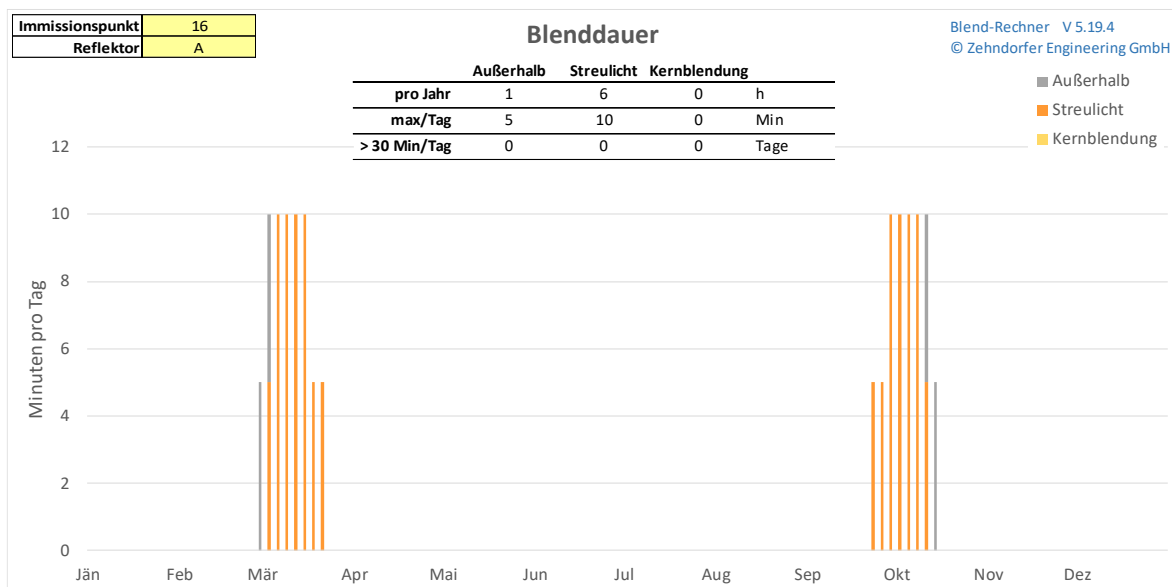
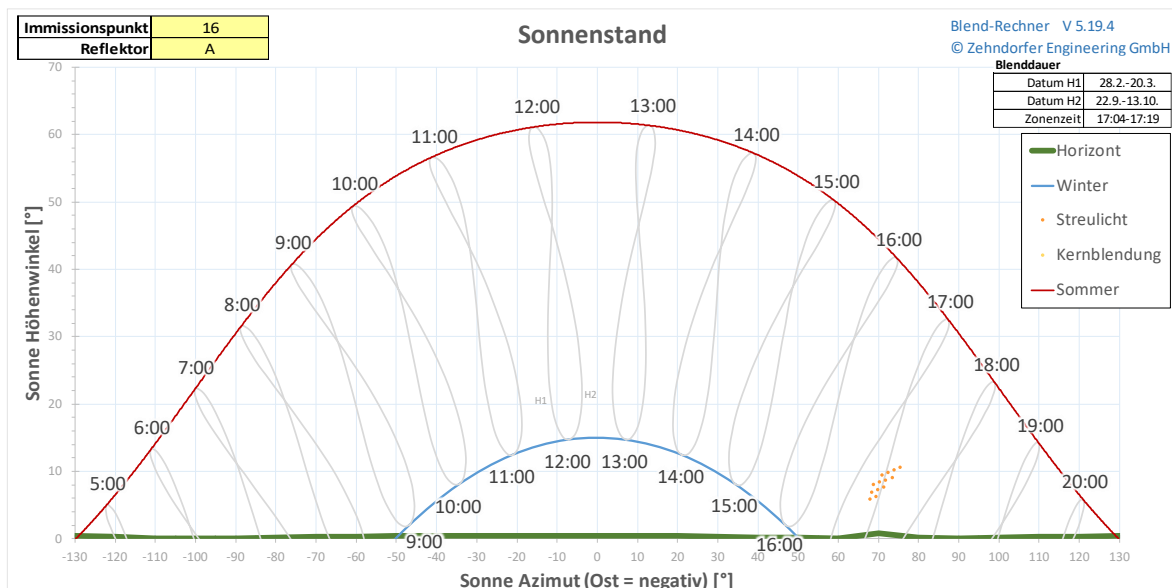
Sonnenreflexion

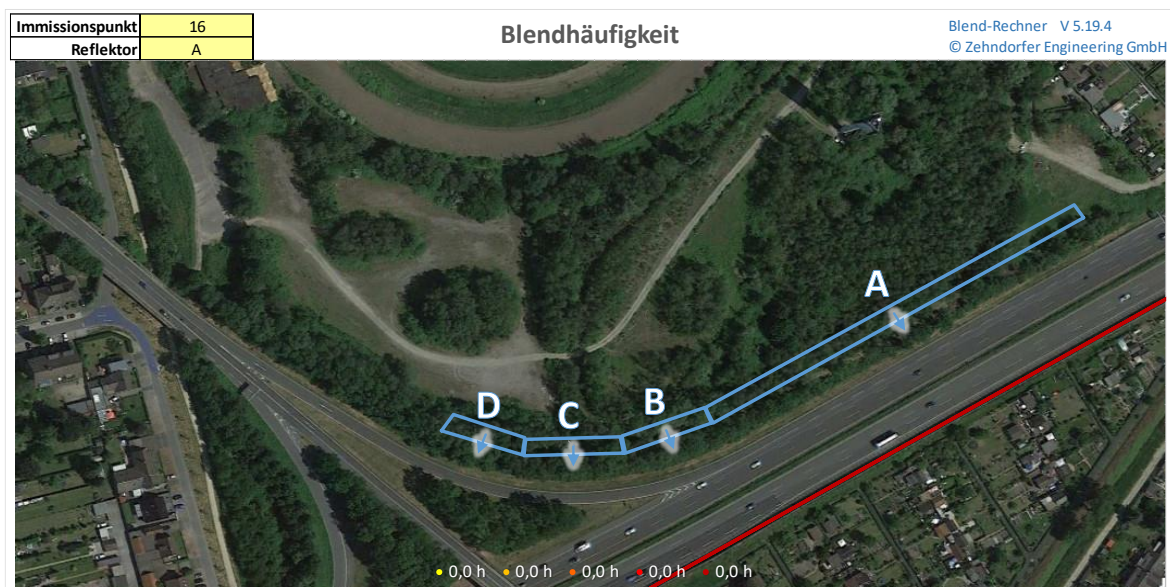
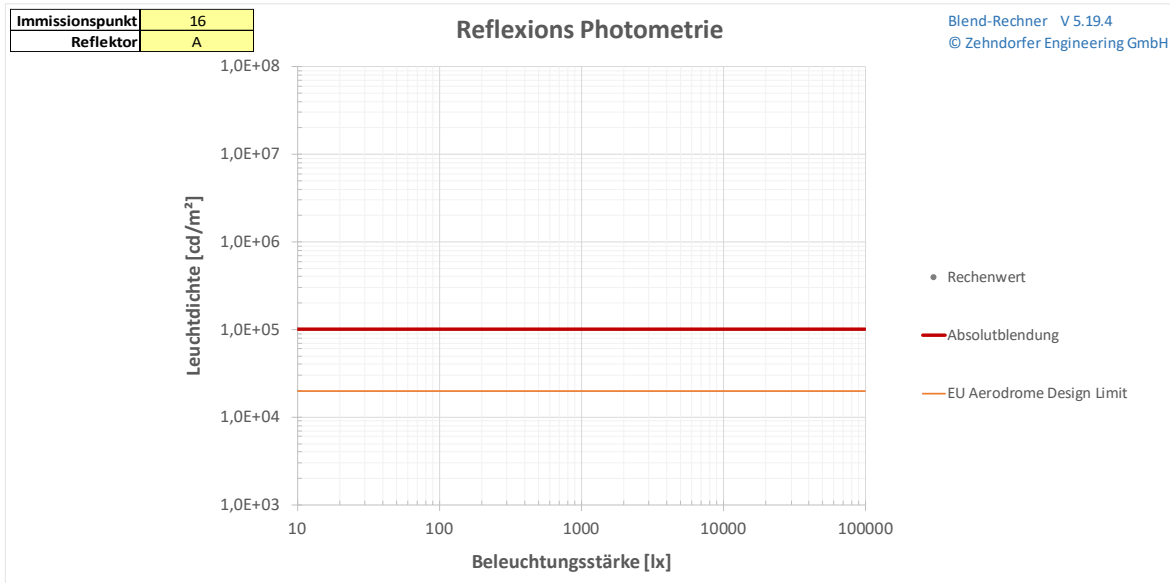
Blend-Rechner V 5.19.4
© Zehndorfer Engineering GmbH











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

