

Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Hofkirchen

Im Auftrag von

OneSolar International GmbH

z.H. Hr. Michael Bettermann

Am Moos 9

84174 Eching

OneSolar Projekte 33264 & 33396

Gutachten ZE23182

Oktober 2023



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.....	8
2.1	BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....	8
2.2	REFLEXIONSBERECHNUNG	8
2.3	ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE	10
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>Subjektive Faktoren</i>	14
2.5.6	<i>Verkehrskritische Punkte</i>	14
2.5.7	<i>Ursprung der Reflexionen</i>	15
3	Beurteilung & Empfehlungen.....	16
	ANHANG 1 Definitionen.....	17
	ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze.....	18
	ANHANG 3 Methodik der Berechnung	20
	ANHANG 4 Vermessung der Umgebung.....	21
	ANHANG 5 Detail-Ergebnisse der Berechnungen.....	22

Zusammenfassung

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

Durch die PV-Anlage wird keine gefährliche Blendwirkung in Richtung des Straßenverkehrs stattfinden. Die Nachbarschaft wird keinen erheblichen Blendungen ausgesetzt.

Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	17.10.2023	ursprüngliche Fassung

Haftungsausschluss

Die Simulationsmodelle werden mit aller notwendigen Sorgfalt erstellt. Auf Grund unvermeidbarer Abweichungen zwischen Modell und tatsächlicher Situierung der reflektierenden Oberflächen, kann es aber, insbesondere bei der Bestimmung der Zeitpunkte von Blendungen, aber auch bei der Bestimmung von Blendendauern und Winkeln der Lichtstrahlen zu geringen, messbaren Abweichungen kommen. Die simulierten, lichttechnischen Werte basieren auf durchschnittlichen Reflexionsfaktoren. Das Gutachten gilt ausschließlich für die untersuchten, reflektierenden Flächen und Immissionspunkte mit der entsprechend notierten Lage. Die Wirksamkeit von eventuellen Sichtschutzmaßnahmen hängt stark von den relativen Höhen von Sichtschutz, Reflektoren und Immissionspunkten ab, deren Genauigkeit in diesem Fall beim Bau zu prüfen ist.

Copyright

Dieses Gutachten ist das geistige Eigentum der Zehndorfer Engineering GmbH. Seine Verwendung ist nur dem Auftraggeber und den von diesem Beauftragten für die Zwecke gemäß Kapitel 1 gestattet. Jede andere Verwendung wird untersagt.

1 Situationsbeschreibung

1.1 Problembeschreibung

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

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

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

1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Die geplante Freiflächen-Photovoltaik-Anlage besteht aus mehreren Teilflächen und befindet sich in der Gemeinde 84082 Laberweinting, Landkreis Straubing-Bogen (Gemarkung Hofkirchen, Flurstücke 390,391, 2943 und 2949).

Abbildung 1 Situation



Abbildung 2 Modellierung der reflektierenden Flächen



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

Abbildung 3 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgetreu)

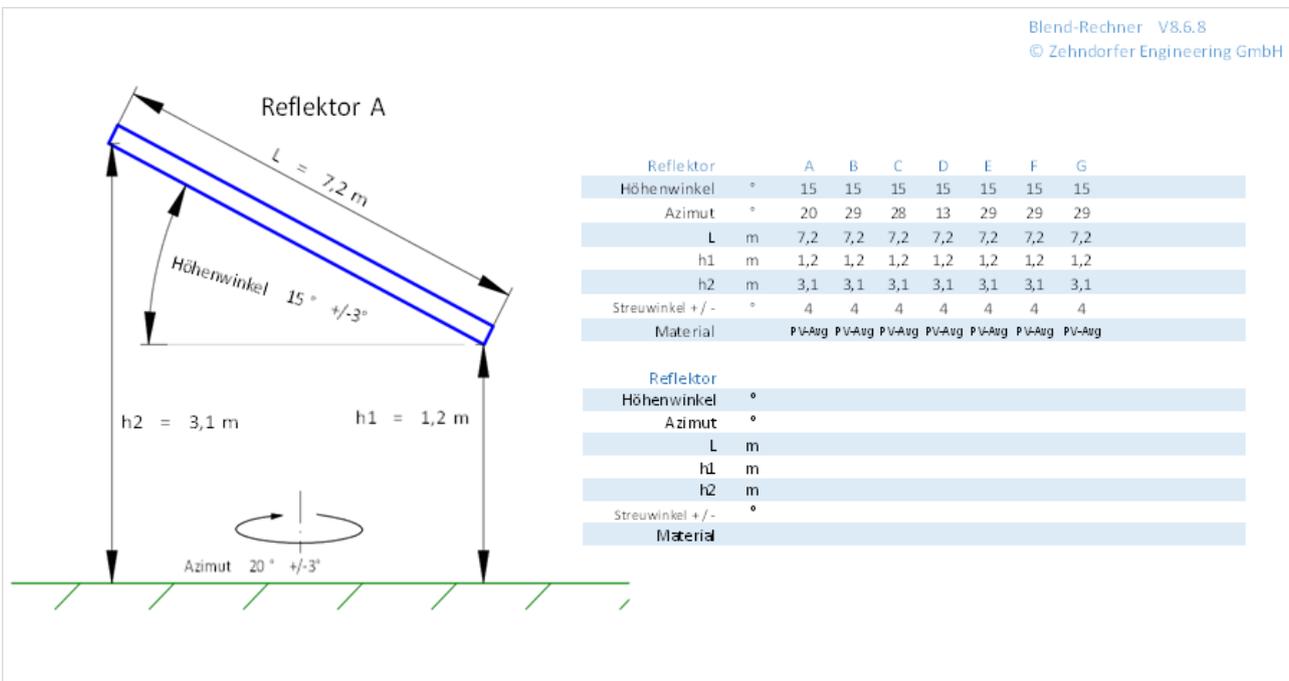


Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum¹. Die Module sind in Richtung - Süden mit 15° geneigt aufgeständert. Sie sind auf mehrreihigen Modultischen, mit der Oberkante bei ca. 3,1 m angeordnet. Für die Streuung an den PV-Modulen wurde ein üblicher Streuwinkel von +/- 4° angenommen.

Für Abweichungen des Geländes bzw. der Aufständigung von den angegebenen Winkeln wurde zusätzlich ein Unsicherheitswinkel von +/- 3° angenommen (welcher die Blenddauer der Streuungen rechnerisch verlängert).

Die tatsächliche Neigung der PV-Module resultiert aus den Winkeln der Modultische und des Untergrunds. Sie wurde mit entsprechenden Drehmatrizen berechnet und ist in Anhang 4 zu sehen.

1.3 Untersucher Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen auf der SR55 in beiden Richtungen, auf der Straße zum südöstlich gelegenen Poschenhof, sowie an den Häusern der Nachbarschaft (2,5m über der Fahrbahn, siehe Anhang 4).

Abbildung 4 Immissionpunkte



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

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

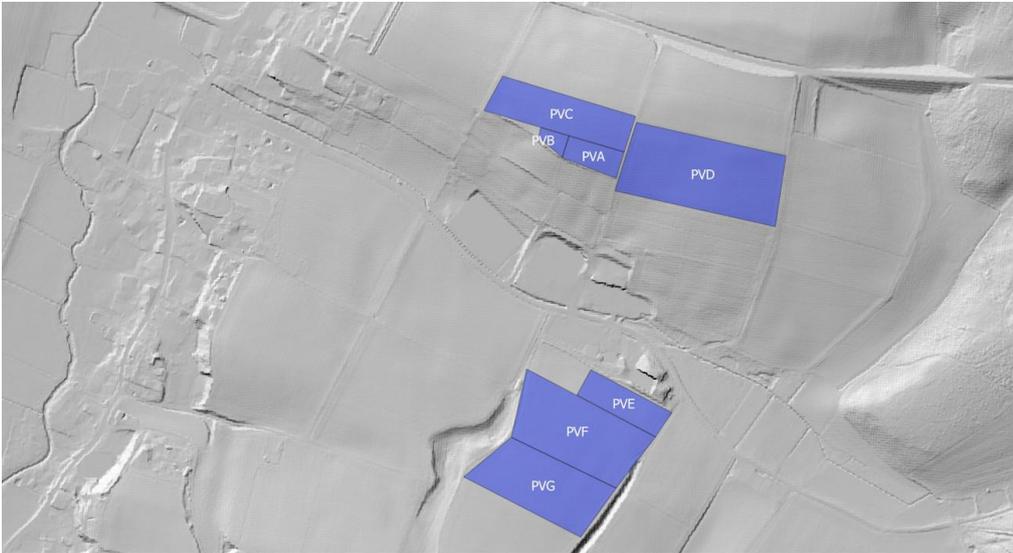
¹ Der Seitenwinkel (Azimut) wird dabei mit Süd = 0, Ost negativ und West positiv angegeben. Der Höhenwinkel (Elevation) wird als Differenz der Reflexionsebene und der Horizontalen angegeben.

1.4 Abschattungen & Verdeckungen

1.4.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist hügelig.

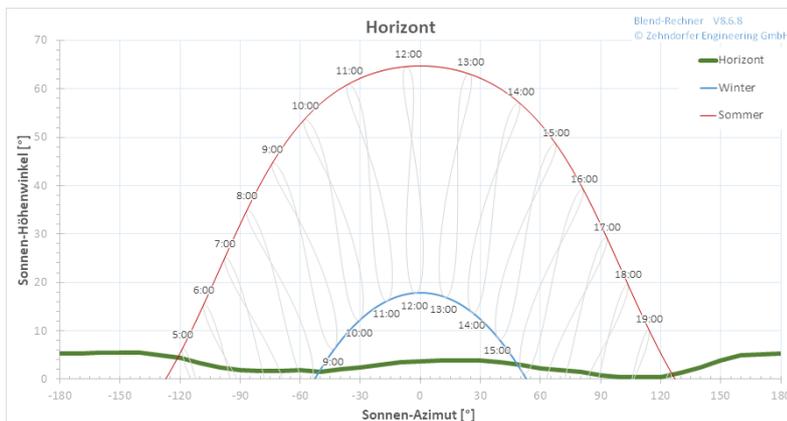
Abbildung 5 Gelände-schummerung



1.4.2 Horizont

Der Horizont wird von den Hügeln der Umgebung bestimmt. Die Sonnenstunden werden dadurch kaum reduziert.

Abbildung 6 Horizont



1.4.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und den IP gibt es vereinzelt Bewuchs, der jedoch den Blick auf die PV-Anlage nicht ausreichend abschattet. Die Blendberechnung wurde ohne die Wirkung von eventuellem Bewuchs durchgeführt.

1.4.4 Künstliche Abschattungen

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

2 Blendberechnung

2.1 Bedingungen für die Berechnung

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

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

2.2 Reflexionsberechnung

Die Reflexionsberechnung basiert auf der Methode Raytracing (siehe Anhang 3). Die Reflexionen werden für jeden Immissionspunkt einzeln berechnet. Beispielhaft werden hier die Ergebnisse der Berechnungen für den IP9 betrachtet.

Abbildung 7 Reflexion der Solar Anlage

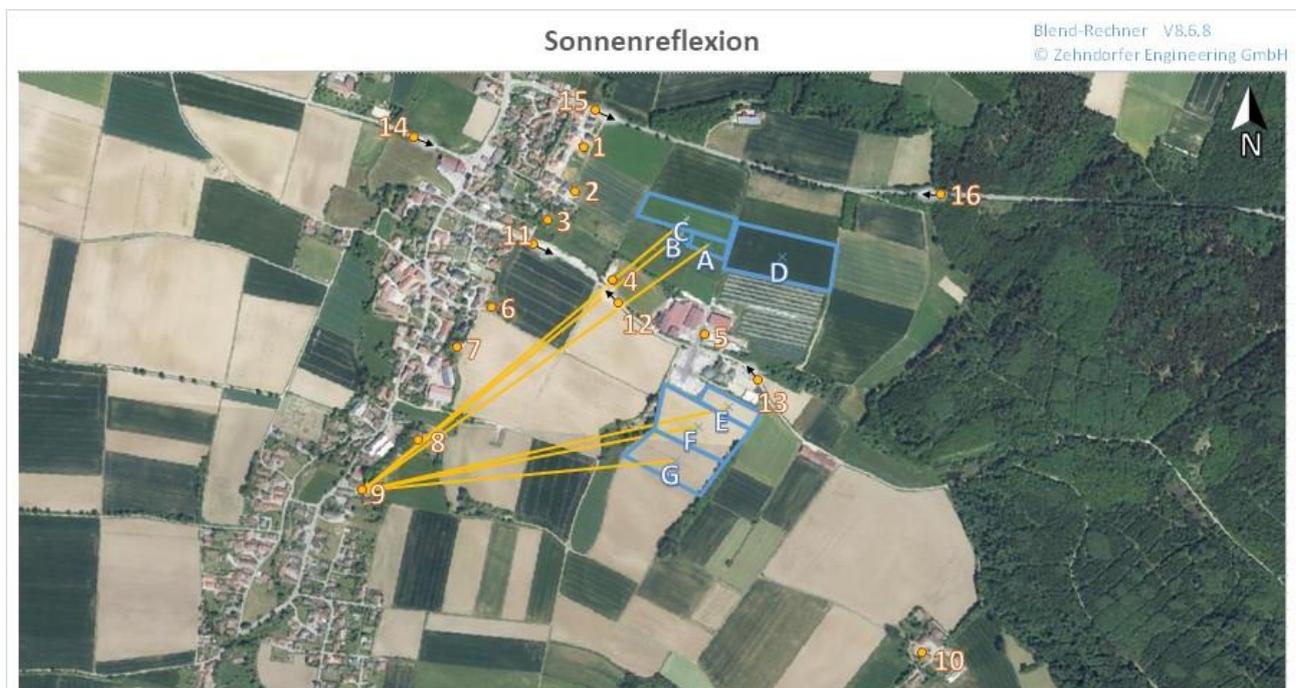
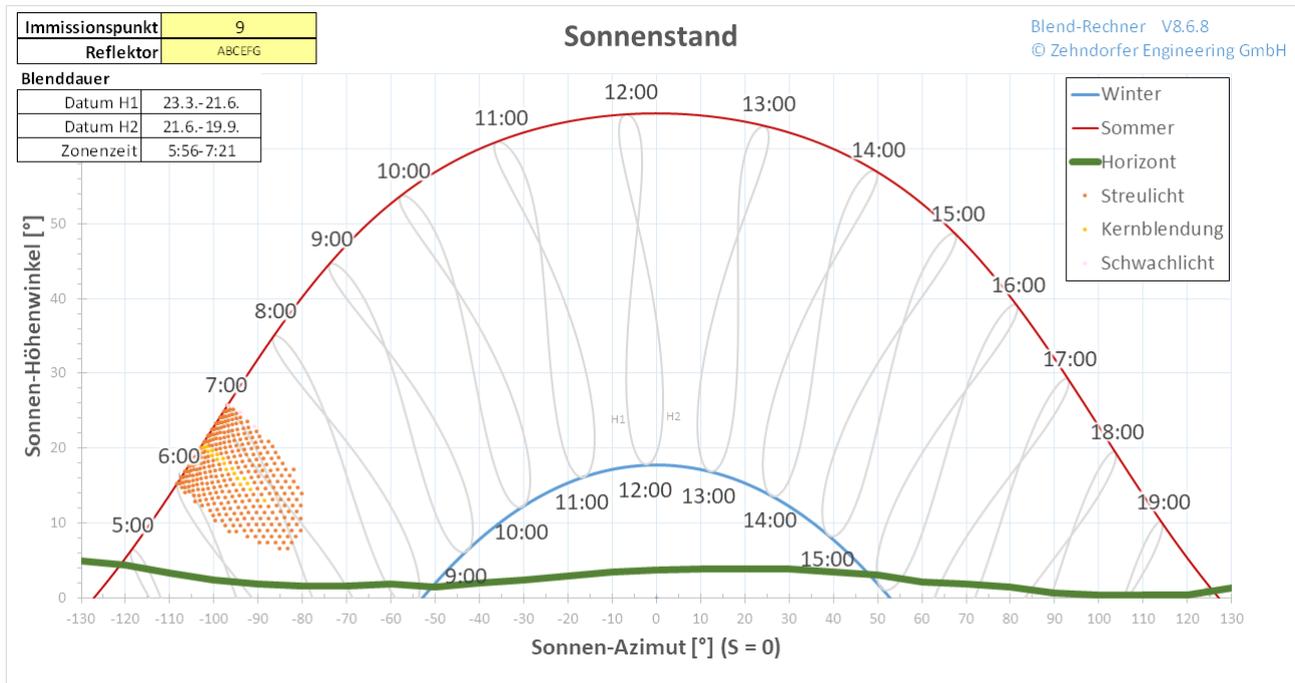


Abbildung 7 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 8 zeigt zu welchem Zeitpunkt (Jahres- und Uhrzeit) Reflexionen auftreten. An den Achsen sind jene Sonnenhöhenwinkel und Sonnenseitenwinkel ablesbar, bei welchen Reflexionen am Immissionspunkt auftreten.

Abbildung 8 Sonnenwinkel bei Blendung



Es ist also morgens von März bis September mit Reflexionen zu rechnen. Die Resultate der Berechnung sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Alle weiteren Ergebnisse sind in Anhang 5 zu finden.

Reflektor		ABCEFG
Immissionspunkt		9
Distanz	m	608
Höhenwinkel	°	0
Raumwinkel	m ^{sr}	5
Datum H1		23.3.-21.6.
Datum H2		21.6.-19.9.
Zeit		5:56-7:21
Kernblendung	min / Tag	10
Kernblendung	h / Jahr	10
Streulicht	min / Tag	65
Streulicht	h / Jahr	127
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	33
Blendung - Blickwinkel (min)	°	7
Leuchtdichte (max)	[k cd/m ²]	8 297
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm ²]	19
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	7 117

2.3 Erklärung der Ergebnisse

Distanz	Die Distanz zwischen Mittelpunkt des Reflektors und Immissionspunkt in Meter
Höhenwinkel	Der Höhenwinkel des Reflektors über dem Immissionspunkt. 0° bedeutet, dass sich der Reflektor auf gleicher Höhe wie der Immissionspunkt befindet.
Raumwinkel	Der Raumwinkel (gemessen in Milliradian) ist ein Maß für die sichtbare Größe eines Objektes. Er wird berechnet, indem man die sichtbare Fläche eines Objektes durch das Quadrat dessen Abstandes dividiert.
Datum H1/H2	Gibt genau jene Zeitspanne an, an welcher Blendung über den Reflektor erfolgt
Zeit	Die maximale Zeitspanne, bei welcher 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.
Sonne-Reflektor-Winkel	Der (zum Blendzeitpunkt), vom Immissionspunkt aus, sichtbare Winkel zwischen Reflektor und Sonnenstand. Ist dieser Winkel klein (also z.B. < 10°), so spielt die Blendung, neben der, in gleicher Richtung stehenden und typischer Weise viel stärkeren Sonne, eine untergeordnete Rolle.
Blendung-Blickwinkel	Der minimale Winkel zwischen der Blickrichtung (also z.B. Fahrtrichtung) und jener Stelle des Reflektors, von welcher aus Reflexionen stattfinden können. Ist der Winkel groß (also außerhalb des eines Kegels von 30°), so spielt die Blendung für den Verkehr eine untergeordnete Rolle.
Leuchtdichte	Das Maximum der errechneten Leuchtdichte der Reflexion in 1.000 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 Immissionspunkt in lux.

2.4 Sichtbezug

Um den Sichtbezug zu den reflektierenden Flächen und deren Reflexionen deutlich zu machen, wurde die Darstellung dieser Punkte mit Blick in Fahrtrichtung (bzw. von Nachbargebäuden in Richtung der reflektierenden Flächen) gewählt. Die Winkel der Darstellung sind realistisch, d.h. ein durchschnittlicher Beobachter wird das hier berechnete Gesichtsfeld vor Augen haben.

Abbildung 9 Blickfeld

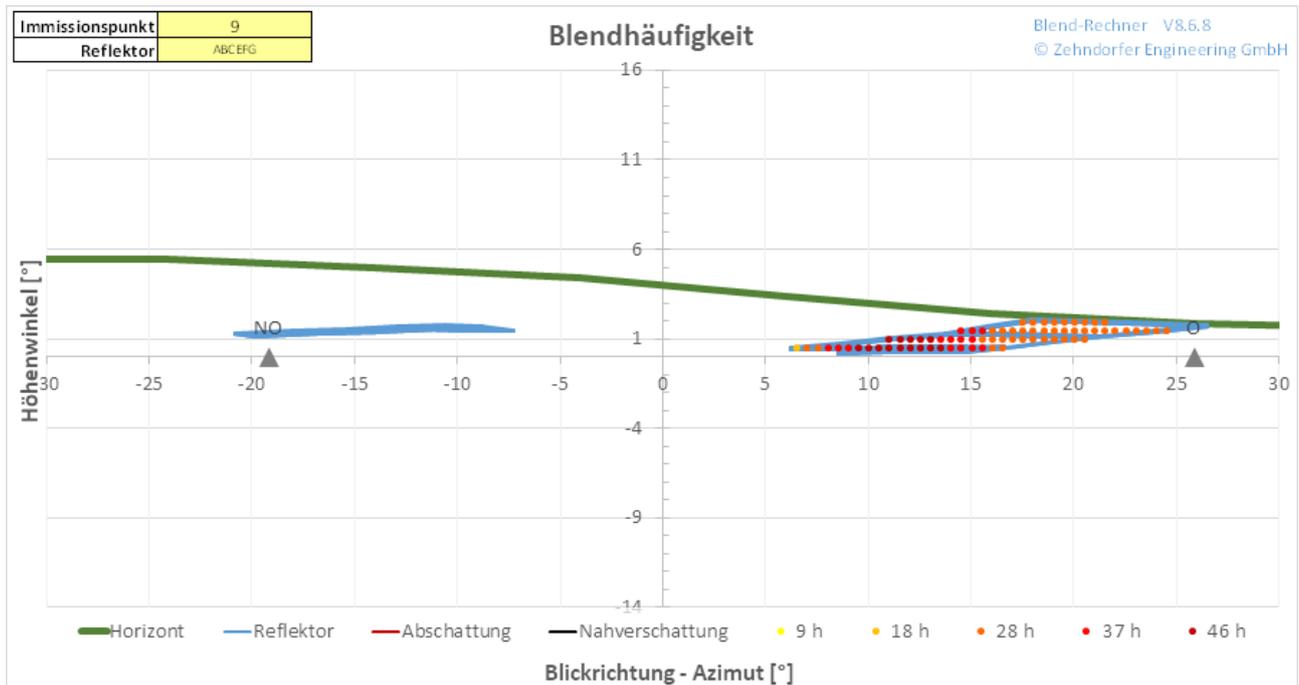


Abbildung 9 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. Alle weiteren Ansichten sind in Anhang 5 zu sehen.

2.5 Blendwirkung

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

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

2.5.1 Größenverhältnisse

Die hier dargestellten Größenverhältnisse sollen bei der subjektiven Einordnung der Reflexionsfläche helfen. Da das Auge keine Größen, sondern nur optische Winkel wahrnimmt (also das Verhältnis von Größe zur Entfernung²) sind hier alle Größen im Maß des Raumwinkels (Milliradian) umgerechnet.

² 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 Immissionspunkt gesehen (5 msr), ist als klein 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-Positionsindex³.

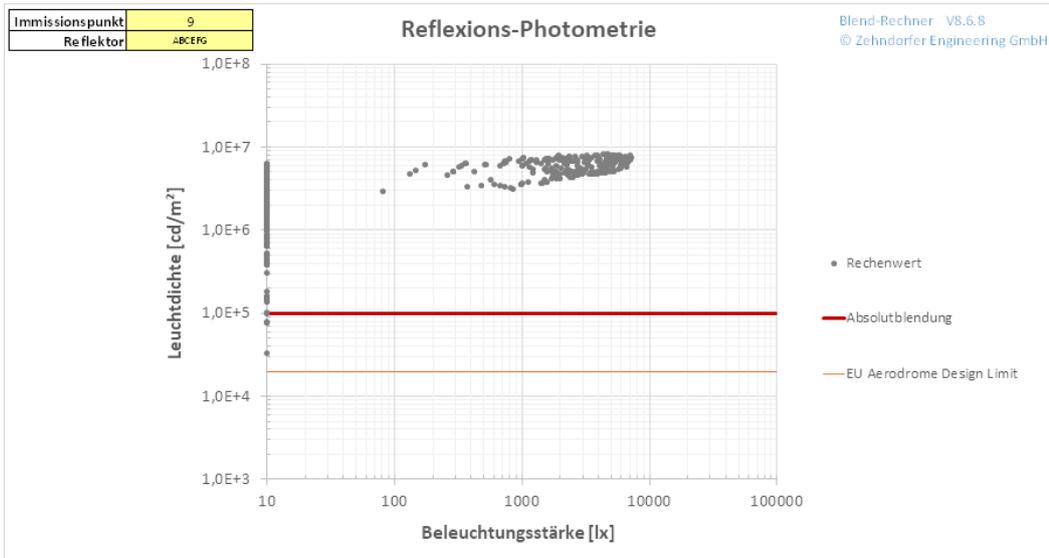
Daher werden in diesem Gutachten nur solche Blendungen als relevant für den Verkehr betrachtet, die innerhalb eines Winkels von +/- 15° zur Sehachse (= Fahrtrichtung) liegen.

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 Stärke der Reflexionen ist demnach kein Kriterium in der Richtlinie. Gemäß der Richtlinie ist nur bei einer Dauer von über 30 Minuten pro Tag, bzw. 30 Stunden pro Jahr die Grenze der Zumutbarkeit überschritten.

³ In diesem Zusammenhang wird auch auf eine Studie von Natasja van der Leden, Johan Alferdinck, Alexander Toet mit dem Titel „Verhinderung von Sonnenreflexionen in Lärmschutzwällen – ein Laborexperiment“ verwiesen, die zu dem Schluss kommt, dass: „die Fahrleistung bei kleinen Blendungswinkeln von 5 Grad besonders abnimmt.“

Abbildung 10 Stärke der Reflexionen



Die Berechnung der Leuchtdichte in Abbildung 10 zeigt, dass bei einigen Sonnenständen Absolutblendung erreicht wird.

2.5.4 Blenddauer

Abbildung 11 Blenddauer

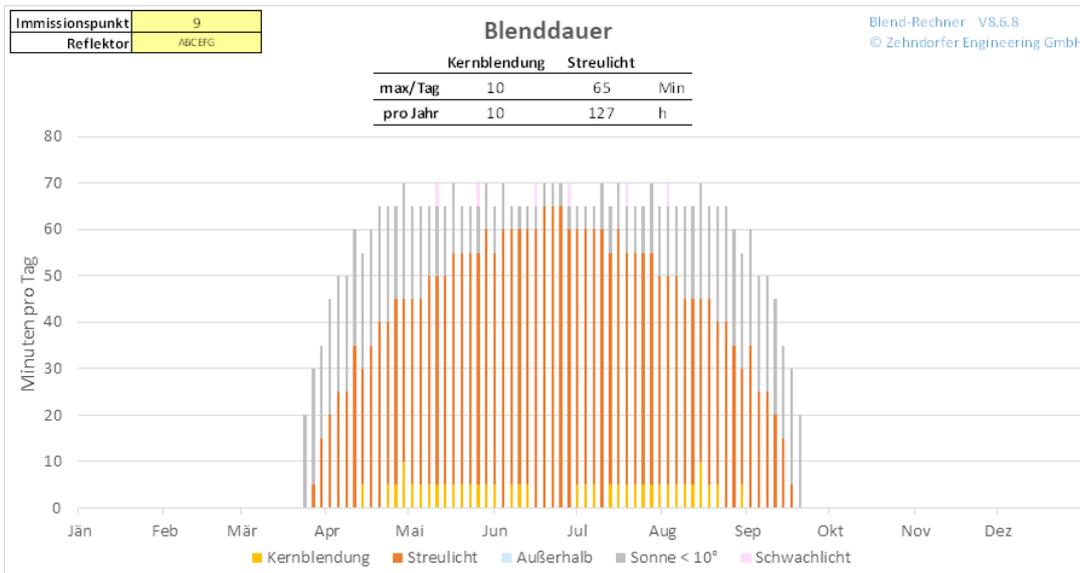


Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

Die Farbkennzeichnung der unterschiedlichen Reflexionen haben die folgende Bedeutung:

- gelb: Direkt spiegelnde Kernblendung
- orange: Streulicht
- blau: Reflexionen außerhalb des Gesichtsfeldes (beim Verkehr +/-15° von der Fahrtrichtung)
- grau: Reflexionen bei denen die Sonne in einem geringen Winkel (<10°) zur Reflexion steht und diese daher überstrahlt.
- pink: Reflexionen mit geringer Leuchtdichte (unter 100.000 cd/m²)

Bei der Berechnung der Zeiten für Kernblendung (Reflexion ohne Streuung) wurden weder die verlängernde Wirkung der Streuung des Lichtes an den Modulen, noch die reduzierende Wirkung von Schlechtwetter (Regen, Schnee, Nebel, Hochnebel, Bewölkung) berücksichtigt.

2.5.5 Subjektive Faktoren

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

Dies ist bei den Nachbarn nicht der Fall.

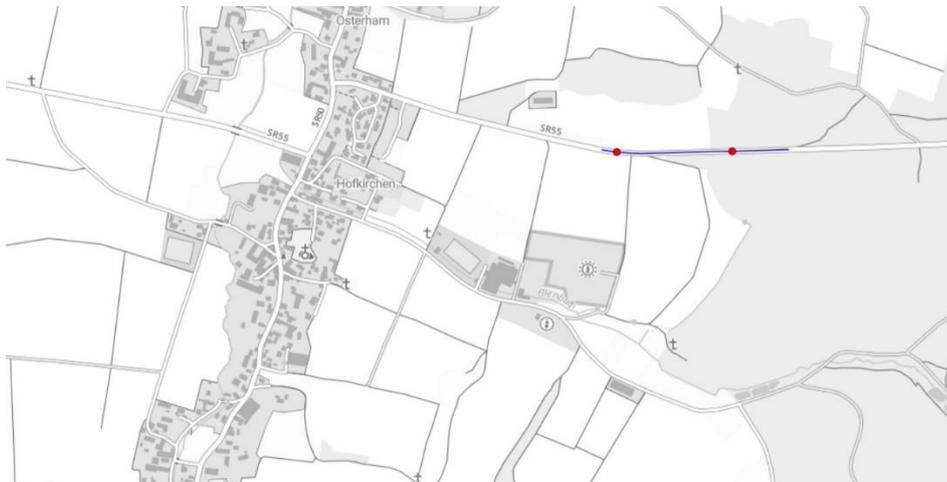
Bei Fahrzeuglenkern kann der Blick in Richtung der Reflexionen notwendig sein, falls diese in Fahrtrichtung liegen.

2.5.6 Verkehrskritische Punkte

Für den Verkehr sind folgende Punkte als kritisch zu betrachten:

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

Abbildung 12 Unfälle 2022

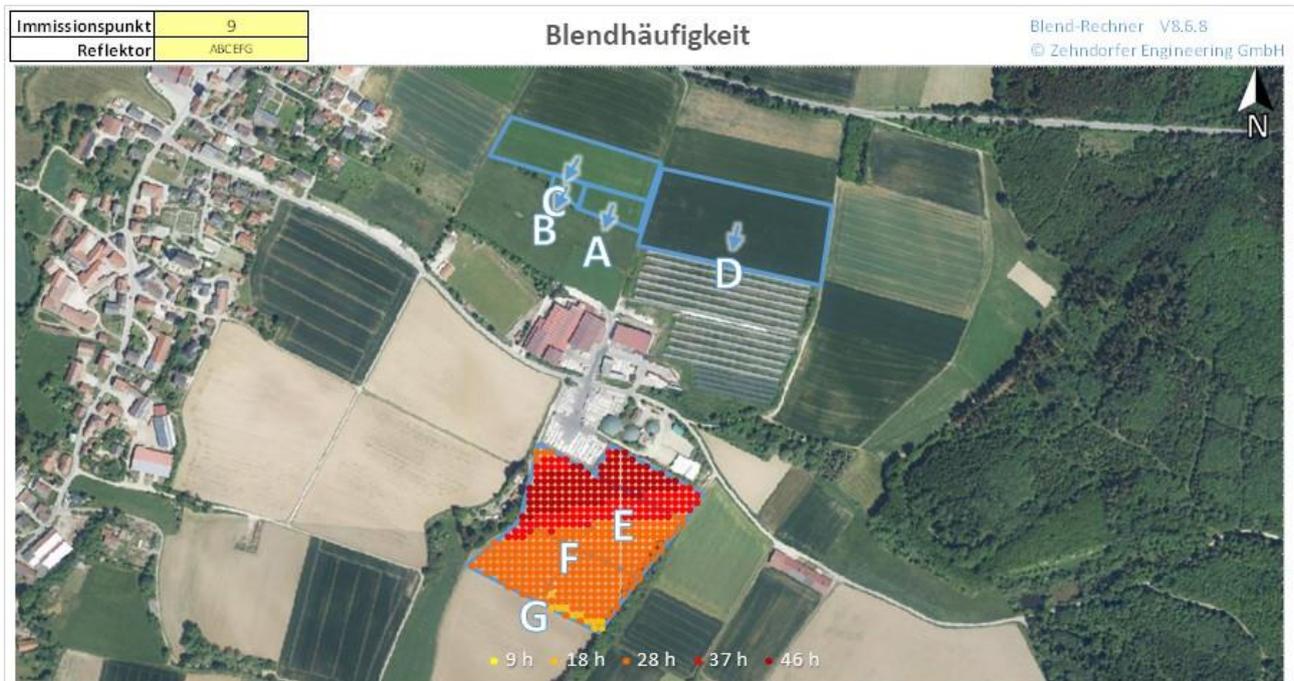


Auf dem relevanten Straßenabschnitt wurden in den letzten Jahren einige Unfälle gemeldet. Es liegt keine Stelle von Unfallhäufungen vor.

2.5.7 Ursprung der Reflexionen

Um die Wirksamkeit möglicher blendreduzierender Maßnahmen abschätzen zu können, ist es hilfreich den Ursprung der Reflexionen zu kennen⁴. Abbildung 13 zeigt (in den Farben gelb, orange, rot) die ungefähre Dauer der Reflexionen⁵ von bestimmten reflektierenden Flächen, während eines ganzen Jahres.

Abbildung 13 Reflektierende Flächen



⁴ Auf Grund unterschiedlicher Blickwinkel reflektieren nicht alle Flächen gleich.

⁵ In dieser Darstellung wurde Streulicht berücksichtigt. Die dargestellten Dauern sind daher nur als Indikation zu verstehen und nicht für den Vergleich mit den Grenzwerten der Richtlinie geeignet.

3 Beurteilung & Empfehlungen

IP1 bis 10 (Nachbarschaft)

Es werden Reflexionen in Richtung der Nachbarn auftreten. Die Dauer der direkt spiegelnden Kernblendung liegt jedoch an allen untersuchten Punkten deutlich unter den Grenzwerten der Richtlinie.

IP11 bis 16 (Straßen)

Es werden Reflexionen in Richtung der Straßen am IP11 und IP14 auftreten. Am IP11 liegen diese außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker. Am IP 14 haben die Reflexionen die folgenden Eigenschaften:

- Sie bestehen ausschließlich aus Streulicht
- Sie treten nur sehr kurz auf (maximal 15 Minuten pro Tag)
- Sie treten nur früh morgens auf. Die Sonne steht zu diesem Zeitpunkt in einer ähnlichen Richtung (max. 16° Abweichung von den Reflexionen) und überstrahlt daher die Reflexionen zum größten Teil.

Mit diesen Eigenschaften besteht auch am IP14 keine Gefahr durch Blendung für den Straßenverkehr.

Durch die PV-Anlage wird also keine gefährliche Blendwirkung in Richtung des Straßenverkehrs stattfinden. Die Nachbarschaft wird keinen erheblichen Blendungen ausgesetzt.

Datum: 17.10.2023

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 welchen Strahlung einwirkt
Emissionsfläche	Fläche, von welcher Strahlung ausgesendet wird
Leuchtdichte	Ein Maß für den <i>Helligkeitseindruck</i> . Gibt die Lichtstärke pro Fläche, in Candela pro Quadratmeter an [cd/m^2] bzw. den Lichtstrom pro sichtbarer Flächeneinheit des Reflektors und Raumwinkel (des entfernt stehenden Auges) [$\text{lm}/\text{m}^2\text{sr}$] an.
Lichtstärke	Der Lichtstrom pro Raumwinkel [lm/sr]
IP	Die Immissionspunkte sind jene Punkte, für welche die Blendberechnung durchgeführt wird
PV	Photovoltaik
Azimut	Seitenwinkel (horizontal) zwischen Objekt und Südrichtung
Elevation	auch <i>Höhenwinkel</i> , gemessen von der Horizontalen zur Objektoberfläche
Koordinatensystem	Das verwendete Koordinatensystem verläuft in x/y-Ebene parallel zur Erdoberfläche, der z-Vektor zeigt senkrecht in die Höhe. In der Berechnung finden verschiedene andere Koordinatensysteme Anwendung, was für das Endergebnis jedoch irrelevant ist.
Prismierung	PV-Glas hat, neben seiner besonderen chemischen Zusammensetzung und einer eventuellen anti-reflex Beschichtung, in vielen Fällen auch noch die Eigenschaft einer „rauen“ Oberfläche – kleine Prismen, die die Reflexion verringern und die Transmission des Lichts in das Glas verstärken sollen. An diesen kleinen, unterschiedlich geneigten Flächen entsteht Streulicht.

ANHANG 2 RICHTLINIEN, VORSCHRIFTEN UND GESETZE

Bundes-Immissionsschutzgesetz (2016)

§ 5 (1) Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt 1. schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können; ...

§ 22 (1) Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass 1. schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, ...

Bürgerliches Gesetzbuch 2015, § 906

(1) Der Eigentümer eines Grundstücks kann die Zuführung von Gasen, Dämpfen, Gerüchen, Rauch, Ruß, Wärme, Geräusch, Erschütterungen und ähnliche von einem anderen Grundstück ausgehende Einwirkungen insoweit nicht verbieten, als die Einwirkung die Benutzung seines Grundstücks nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt. Eine unwesentliche Beeinträchtigung liegt in der Regel vor, wenn die in Gesetzen oder Rechtsverordnungen festgelegten Grenz- oder Richtwerte von den nach diesen Vorschriften ermittelten und bewerteten Einwirkungen nicht überschritten werden. Gleiches gilt für Werte in allgemeinen Verwaltungsvorschriften, die nach § 48 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes erlassen worden sind und den Stand der Technik wiedergeben.

(2) Das Gleiche gilt insoweit, als eine wesentliche Beeinträchtigung durch eine ortsübliche Benutzung des anderen Grundstücks herbeigeführt wird und nicht durch Maßnahmen verhindert werden kann, die Benutzern dieser Art wirtschaftlich zumutbar sind. Hat der Eigentümer hiernach eine Einwirkung zu dulden, so kann er von dem Benutzer des anderen Grundstücks einen angemessenen Ausgleich in Geld verlangen, wenn die Einwirkung eine ortsübliche Benutzung seines Grundstücks oder dessen Ertrag über das zumutbare Maß hinaus beeinträchtigt.

Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI-2012), 13.09.2012

3. Maßgebliche Immissionsorte und –Situationen

Maßgebliche Immissionsorte sind a) schutzwürdige Räume, die als Wohnräume, Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien, Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen, Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume genutzt werden. An Gebäuden anschließende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 6:00 – 22:00 Uhr gleichgestellt. b) unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund an dem am stärksten betroffenen Rand der Flächen, auf denen nach Bau- oder Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zugelassen sind.

Zur Ermittlung der Immissionen (Blendzeiträume) wird von idealisierten Annahmen ausgegangen

- Die Sonne ist punktförmig
- Das Modul ist ideal verspiegelt, d.h. es kann das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel“ angewendet werden.
- Die Sonne scheint von Aufgang bis Untergang d.h. die Berechnung liefert die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume.

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

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

Bundesfernstraßengesetz (2007)

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

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

ANHANG 3 METHODIK DER BERECHNUNG

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

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

In den Berechnungen und grafischen Darstellungen wurden die folgenden Datenquellen eingesetzt:

Copyright			
Daten	Quelle	©	Link
Orthofoto	Bayernatlas	CC BY 4.0	geodaten.bayern.de
Geländemodell	Bayernatlas	CC BY 4.0	geodaten.bayern.de
Oberflächenmodell	N/A		
Verwaltungsgrenzen	Bayernatlas	CC BY 4.0	geodaten.bayern.de

ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Die reflektierenden Flächen befinden sich an folgenden Koordinaten

EPSG	Koordinatensystem	False Northing	False Easting
25833	UTM 33N	5 000 000	0

Reflektor	A				B				C			
	Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3
x	302 298	302 381	302 393	302 309	302 262	302 298	302 309	302 265	302 178	302 393	302 411	302 207
y	404 669	404 637	404 678	404 703	404 701	404 670	404 703	404 716	404 742	404 678	404 733	404 795
z	414	414	418	416	413	414	416	414	407	418	422	411
h	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Reflektor	D				E				F			
	Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3
x	302 379	302 624	302 641	302 412	302 321	302 441	302 466	302 342	302 220	302 381	302 441	302 244
y	404 618	404 563	404 672	404 724	404 303	404 238	404 276	404 342	404 238	404 159	404 238	404 343
z	411	412	421	422	396	397	394	392	404	406	397	395
h	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Reflektor	G			
	Eckpunkt	C1	C2	C3
x	302 148	302 327	302 381	302 220
y	404 177	404 084	404 159	404 238
z	411	413	406	404
h	1,2	1,2	1,2	1,2

mit den folgenden Winkeln der reflektierenden Flächen

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	15	17	5	25	15	20
B	15	17	5	63	15	29
C	15	17	5	57	15	28
D	15	13	5	13	15	13
E	15	27	5	-158	15	29
F	15	27	5	-159	15	29
G	15	27	4	-159	15	29

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	IP8	IP9	IP10	IP-S1	IP-S2
x	302 058	302 041	301 976	302 126	302 340	301 847	301 767	301 677	301 546	302 842	301 942	302 138
y	404 900	404 796	404 726	404 587	404 457	404 524	404 429	404 209	404 093	403 709	404 671	404 531
z	401	400	388	387	390	396	398	394	386	413	384	387
h	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,5	2,5
Blickrichtung - Az											-65	137

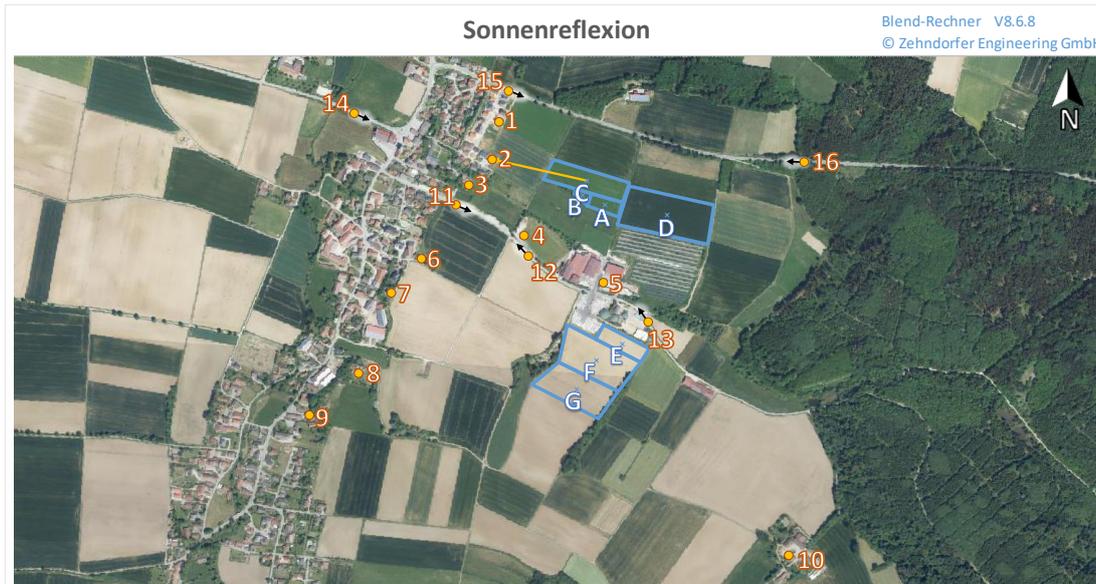
Immissionspunkt	13	14	15	16
Bezeichnung	IP-S3	IP-S4	IP-S5	IP-S6
x	302 461	301 667	302 085	302 884
y	404 351	404 923	404 985	404 789
z	392	383	392	422
h	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az	144	-66	-67	92

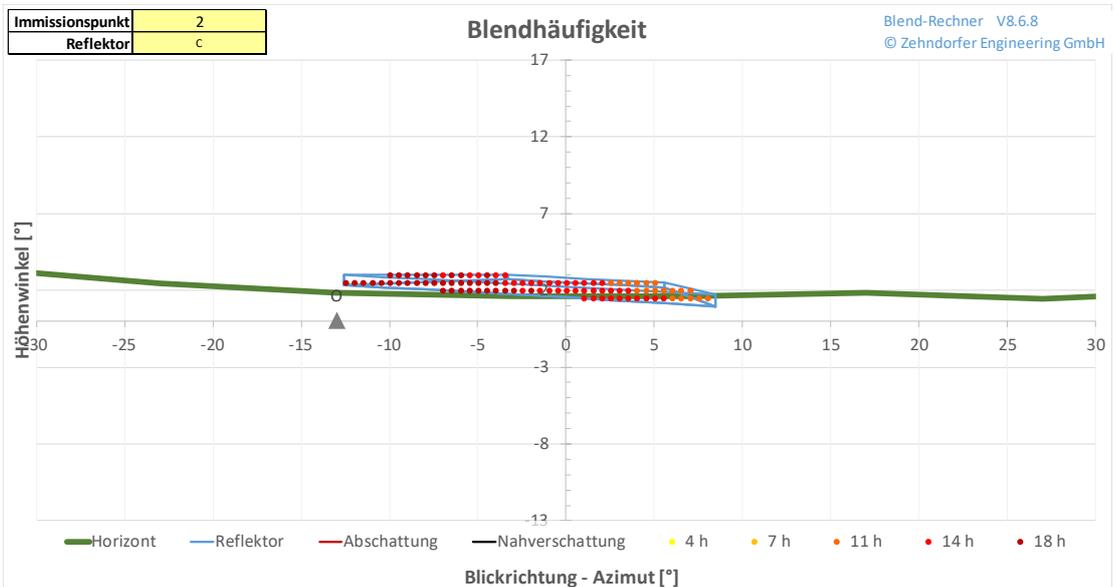
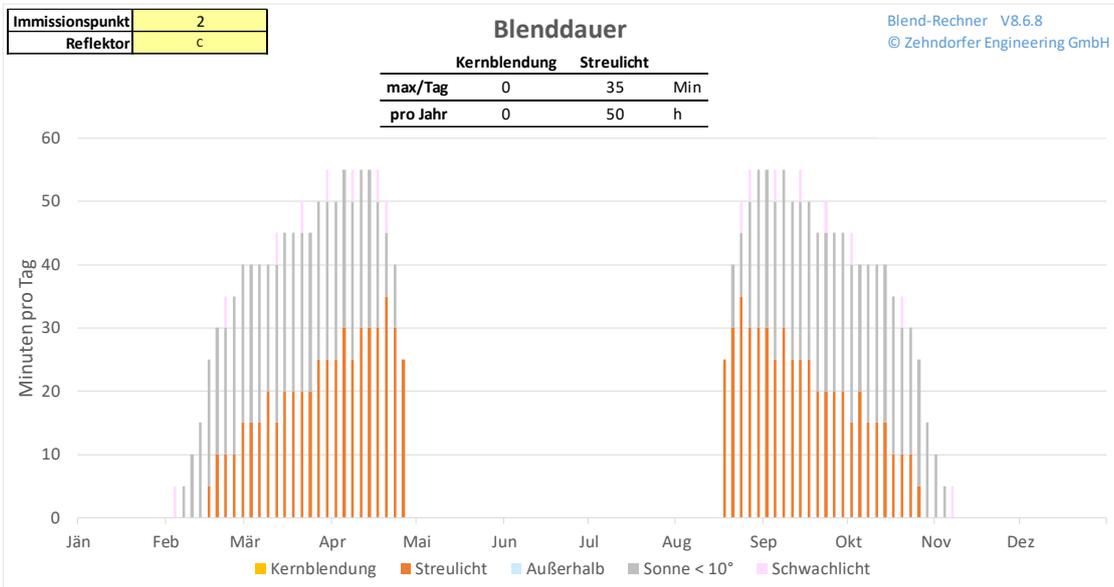
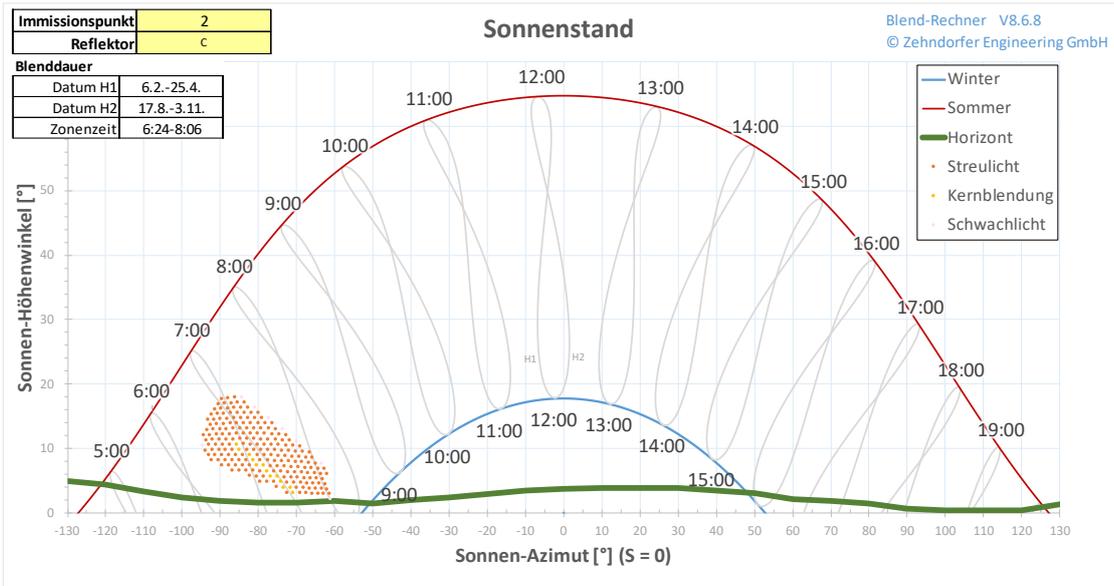
ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Reflektor		C	C	C	ABCD	ABCD	ABCDEFG	ABCEFG	ABCEFG	ABCEFG	EEG
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz	m	183	148	203	164	115	396	457	472	608	637
Höhenwinkel	°	2	2	4	4	4	0	0	0	0	-1
Raumwinkel	msr	1	4	0	17	13	5	2	5	5	1
Datum H1		-	6.2.-25.4.	8.3.-21.6.	11.3.-21.6.	1.5.-21.6.	28.1.-21.6.	31.1.-21.6.	27.2.-21.6.	23.3.-21.6.	16.5.-21.6.
Datum H2		-	17.8.-3.11.	21.6.-4.10.	21.6.-1.10.	21.6.-11.8.	21.6.-12.11.	21.6.-9.11.	21.6.-13.10.	21.6.-19.9.	21.6.-27.7.
Zeit		-	6:24-8:06	5:41-7:26	5:20-7:00	5:20-6:25	5:24-8:21	5:35-8:11	6:05-7:44	5:56-7:21	19:16-19:59
Kernblendung	min / Tag	-	0	5	0	0	10	0	5	10	0
Kernblendung	h / Jahr	-	0	2	0	0	5	0	6	10	0
Streulicht	min / Tag	-	35	45	50	35	70	50	65	65	15
Streulicht	h / Jahr	-	50	96	92	42	148	110	154	127	9
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	-	22	25	22	22	30	28	34	33	14
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	1	0	0	59	6	13	9	7	5
Leuchtdichte (max)	[k cd/m ²]	-	7 256	9 718	10 139	8 237	8 758	8 267	7 717	8 297	1 828
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm ²]	-	57	58	79	64	38	16	21	19	2
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	-	3 673	1 518	7 459	893	3 281	1 530	6 192	7 117	121

Reflektor		ABC	C	ABCD	BC	CD	CD
Immissionspunkt		11	12	13	14	15	16
Distanz	m	248	211	64	543	227	270
Höhenwinkel	°	4	6	3	3	2	-1
Raumwinkel	msr	2	3	8	0	15	9
Datum H1		11.3.-21.6.	-	-	12.2.-23.3.	-	-
Datum H2		21.6.-1.10.	-	-	19.9.-28.10.	-	-
Zeit		5:37-7:10	-	-	6:40-7:56	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	-	-	0	-	-
Kernblendung	h / Jahr	0	-	-	0	-	-
Streulicht	min / Tag	0	-	-	15	-	-
Streulicht	h / Jahr	0	-	-	11	-	-
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	25	-	-	16	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	21	-	-	5	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m ²]	10 055	-	-	4 336	-	-
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm ²]	53	-	-	3	-	-
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	2 032	-	-	349	-	-

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

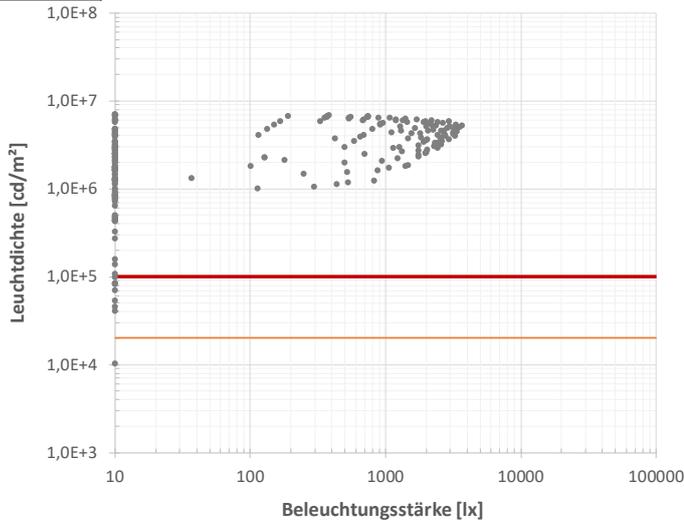




Immissionspunkt	2
Reflektor	c

Reflexions-Photometrie

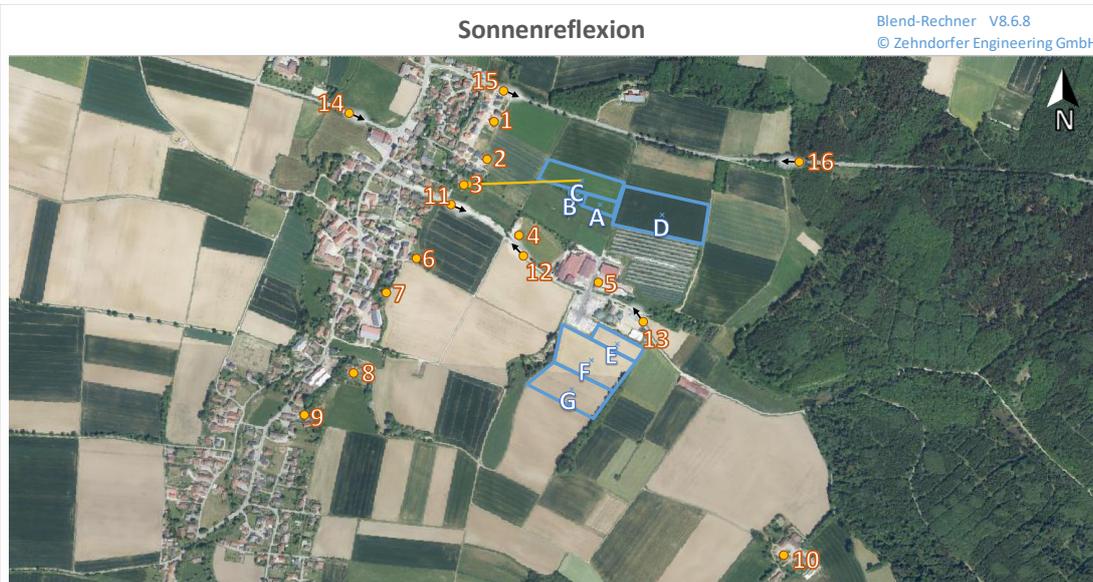
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

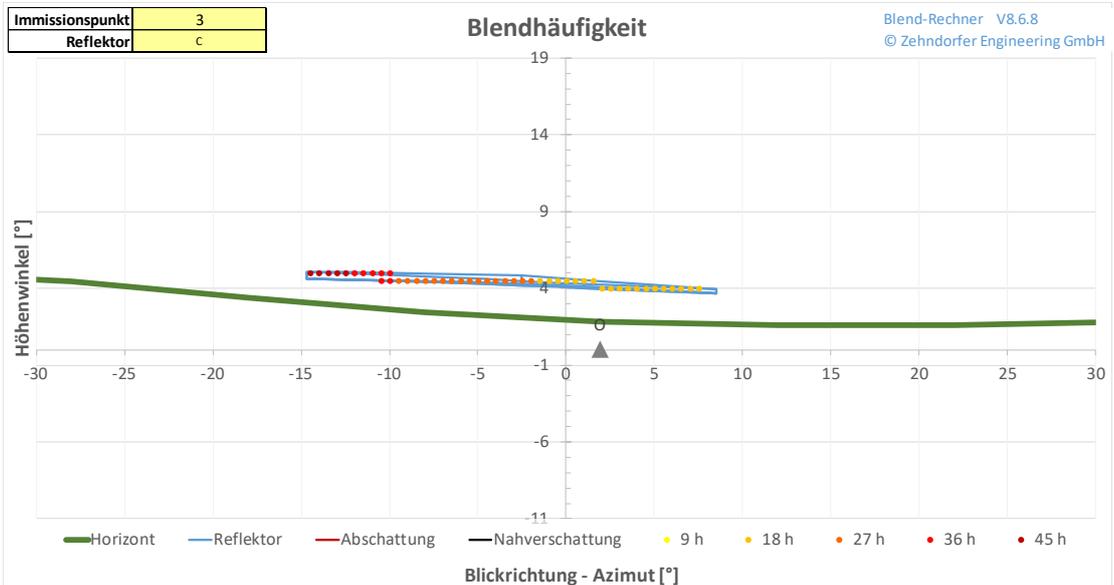
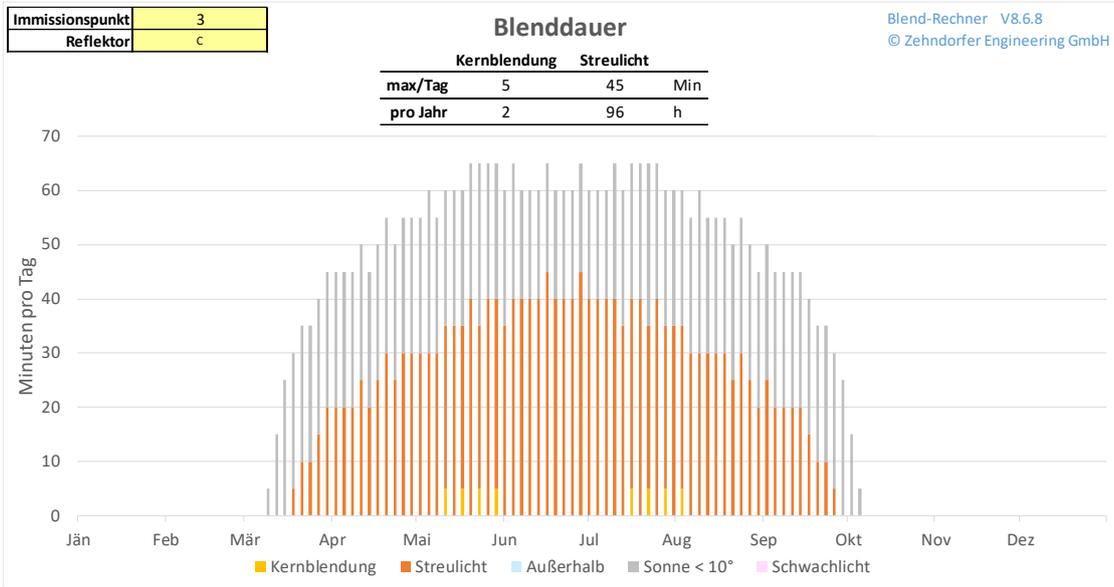
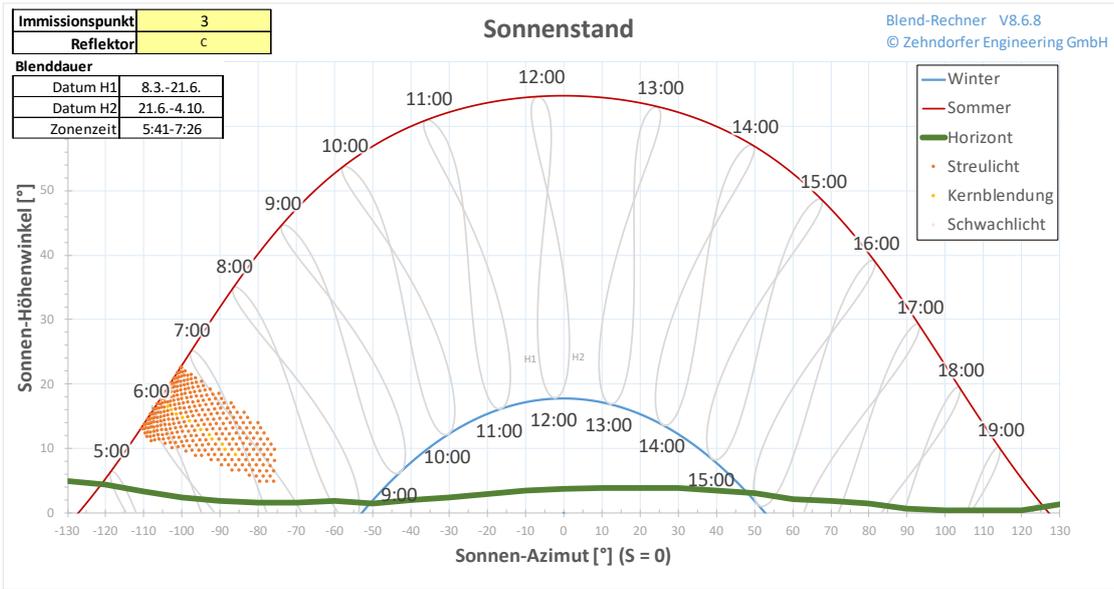


Immissionspunkt	2
Reflektor	c

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

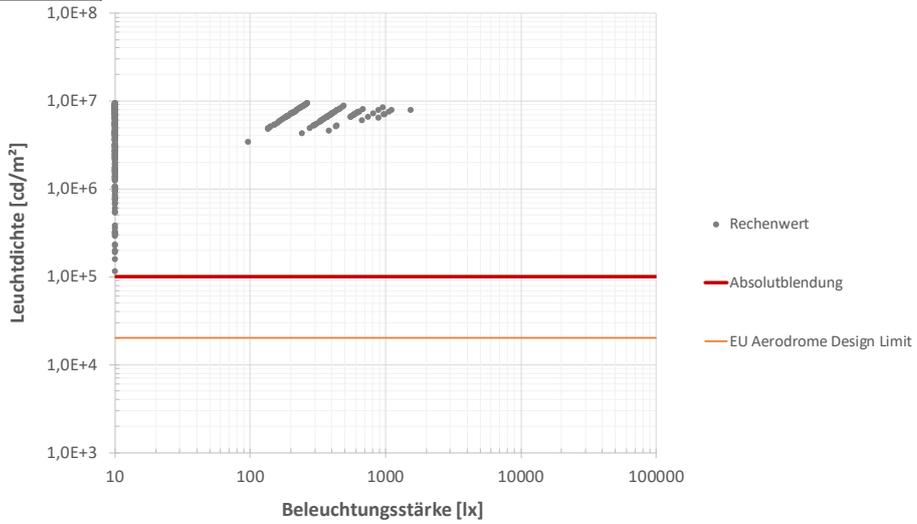




Immissionspunkt	3
Reflektor	c

Reflexions-Photometrie

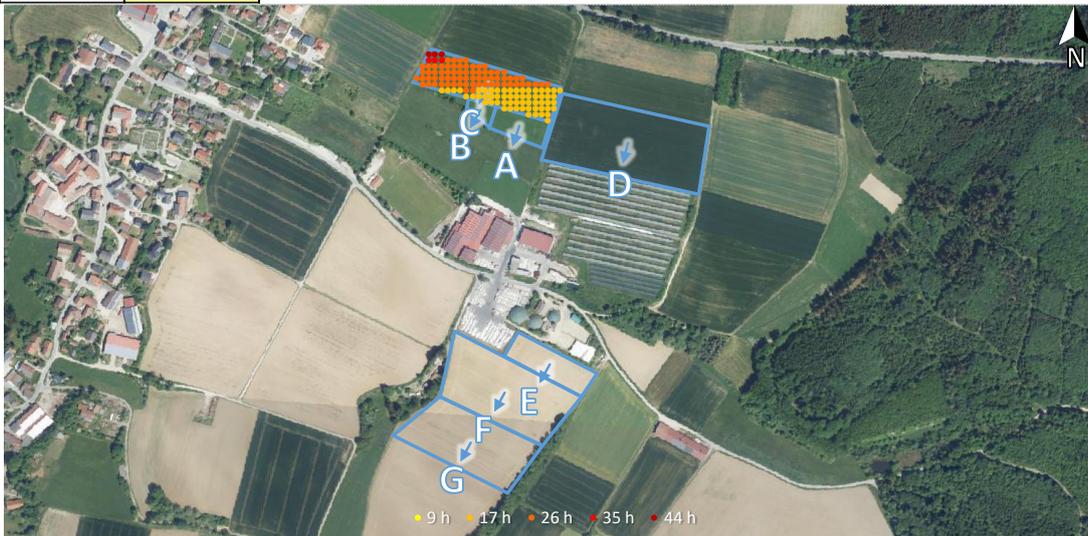
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	3
Reflektor	c

Blendhäufigkeit

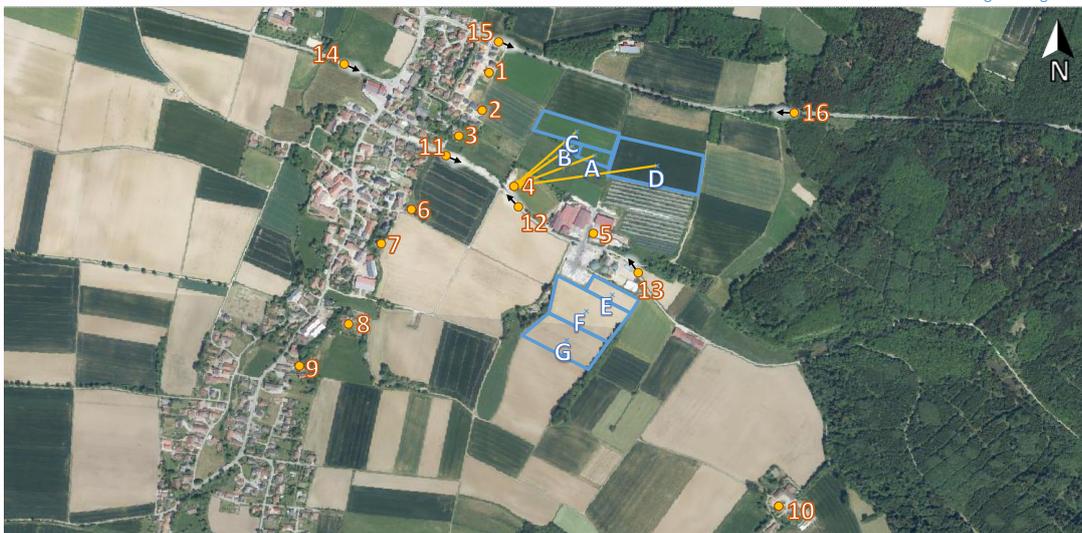
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

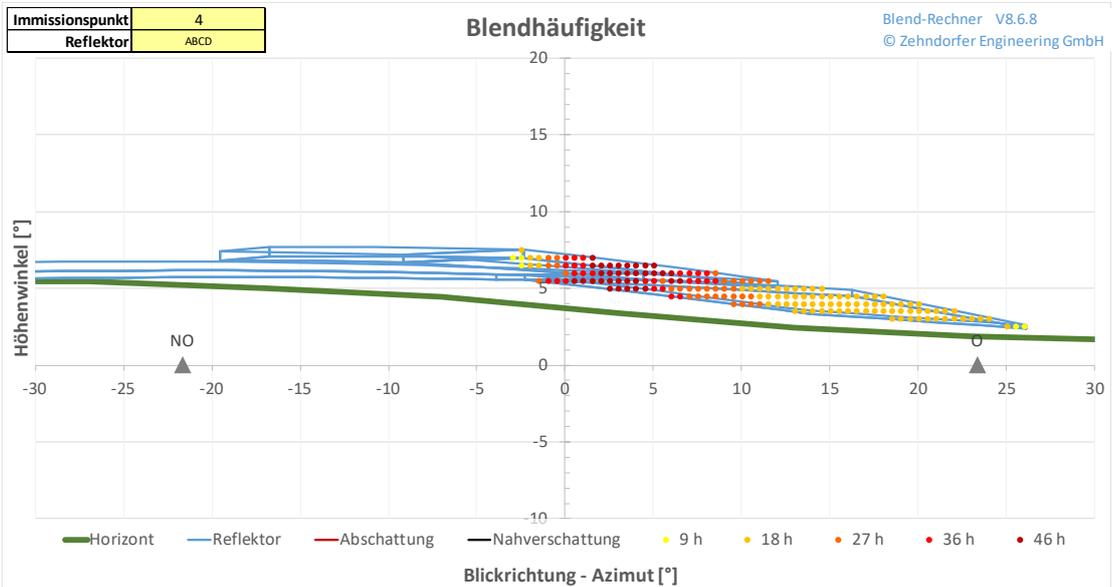
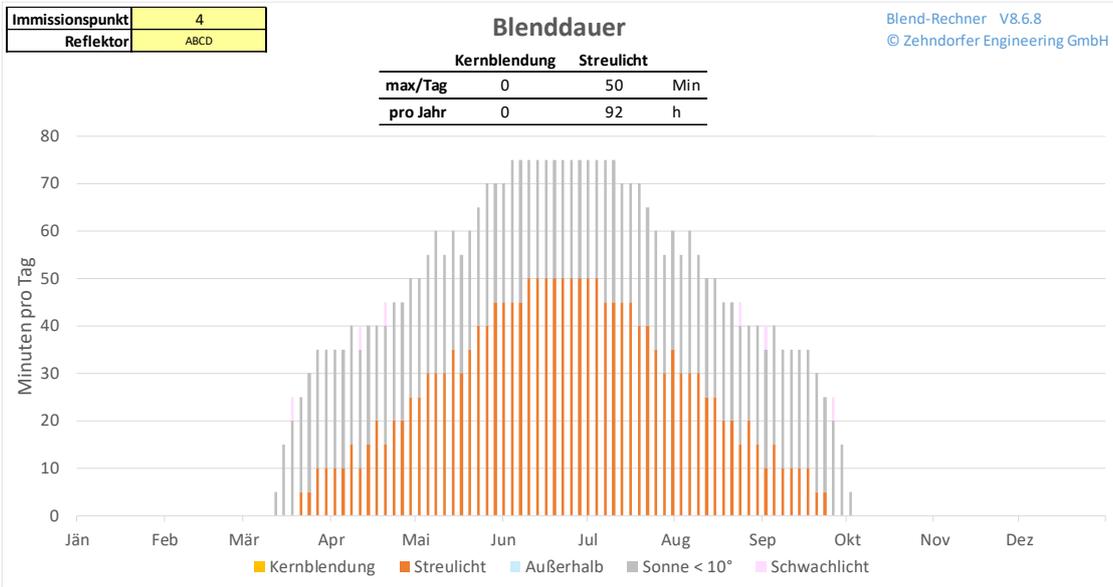
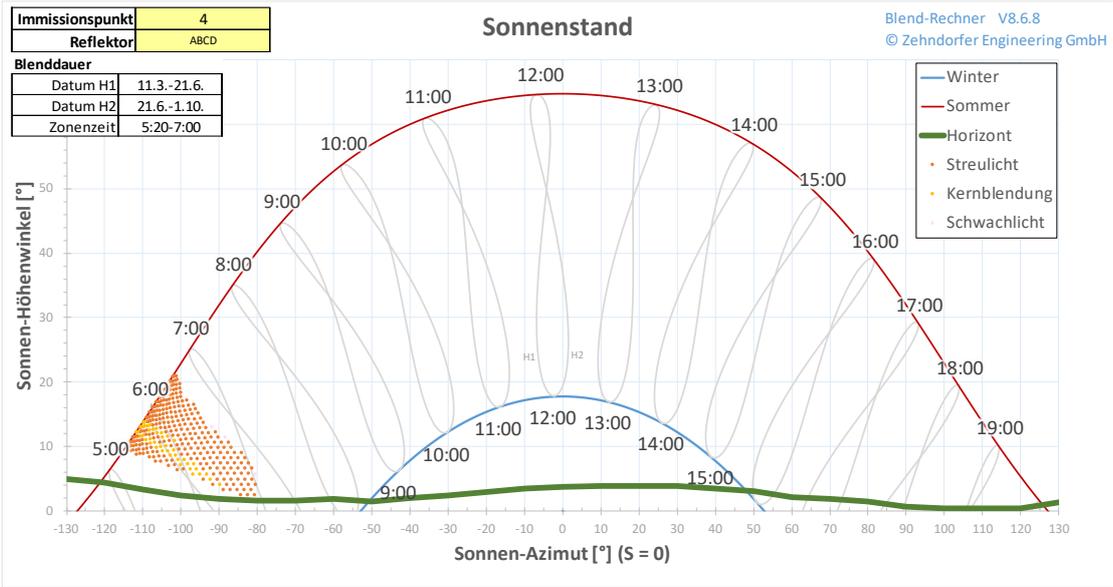


Immissionspunkt	3
Reflektor	c

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

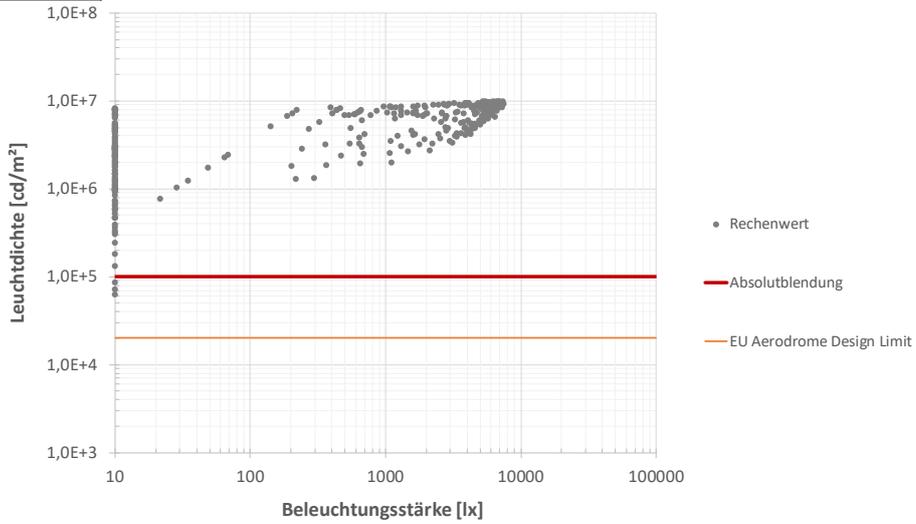




Immissionspunkt	4
Reflektor	ABCD

Reflexions-Photometrie

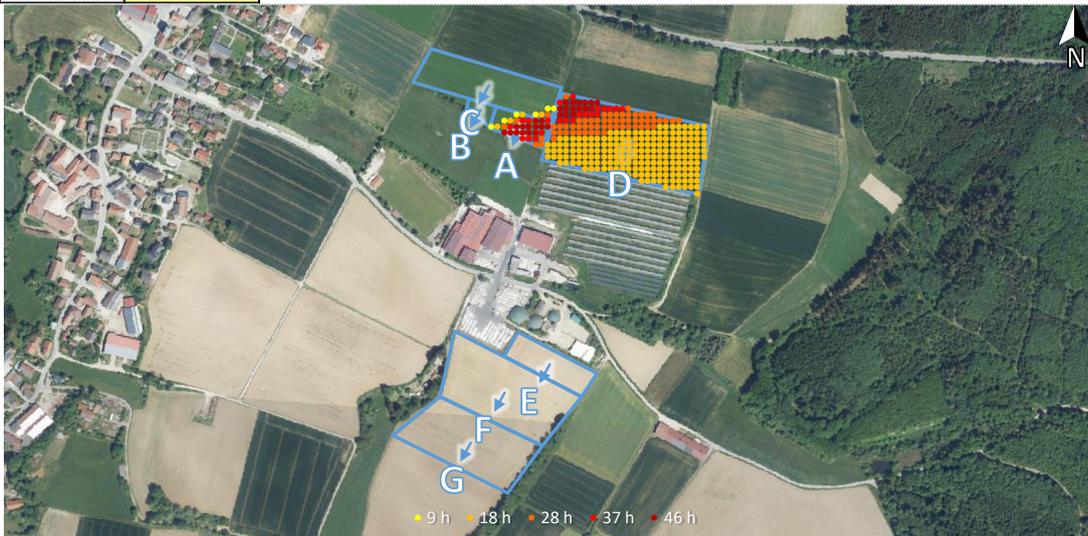
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	4
Reflektor	ABCD

Blendhäufigkeit

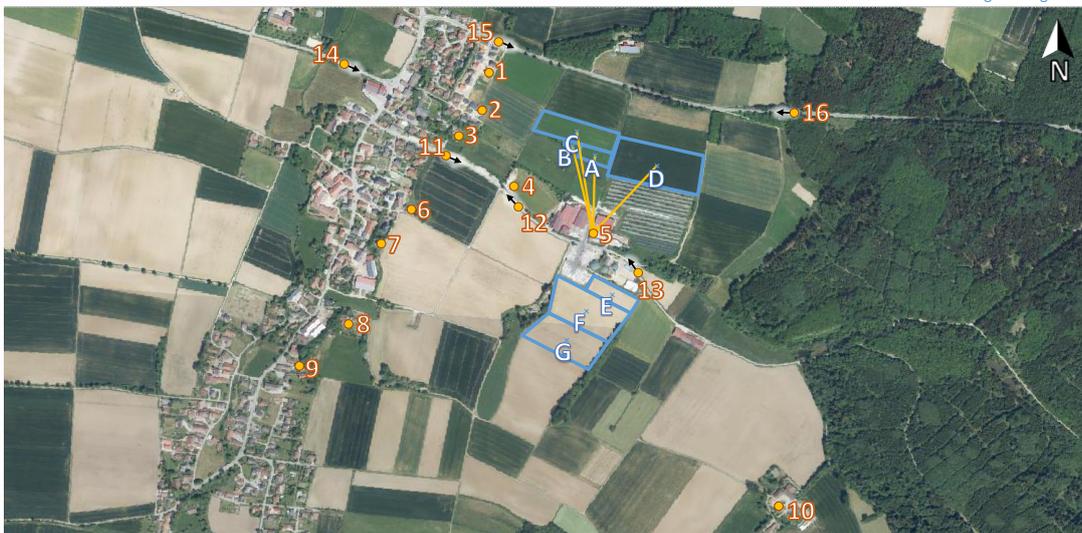
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

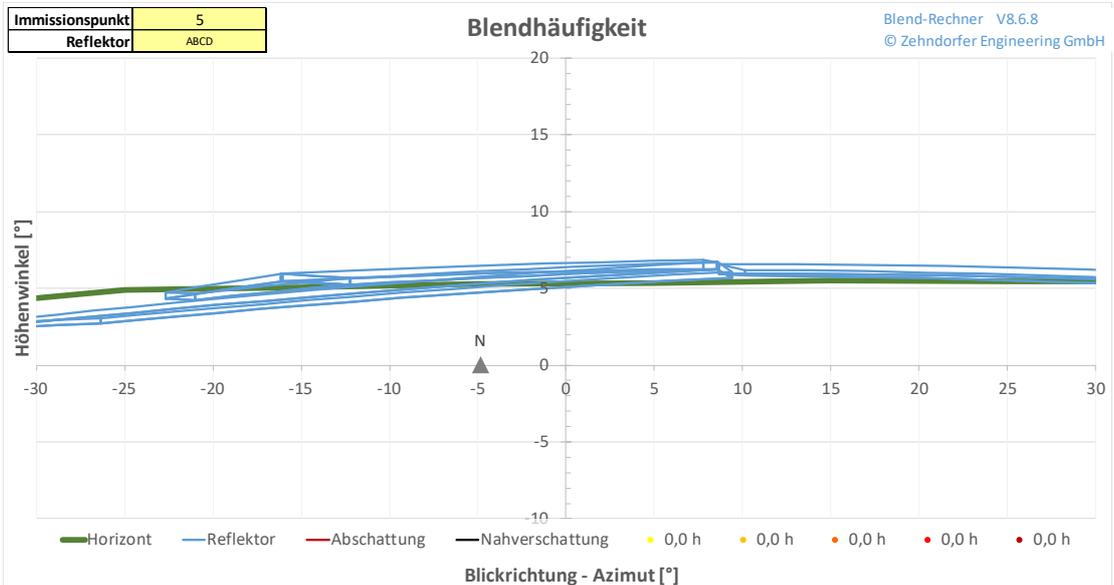
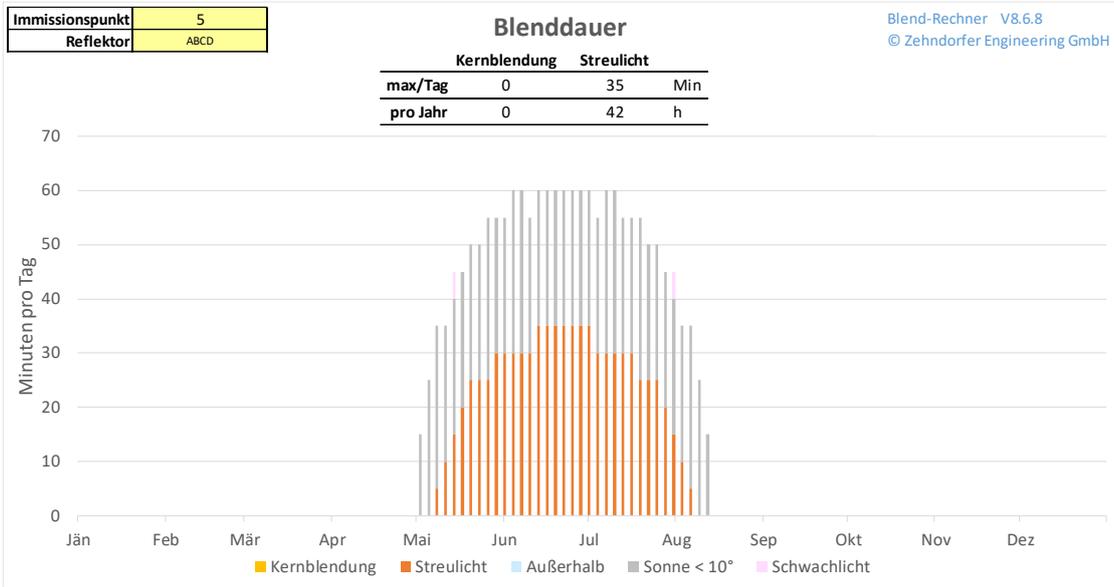
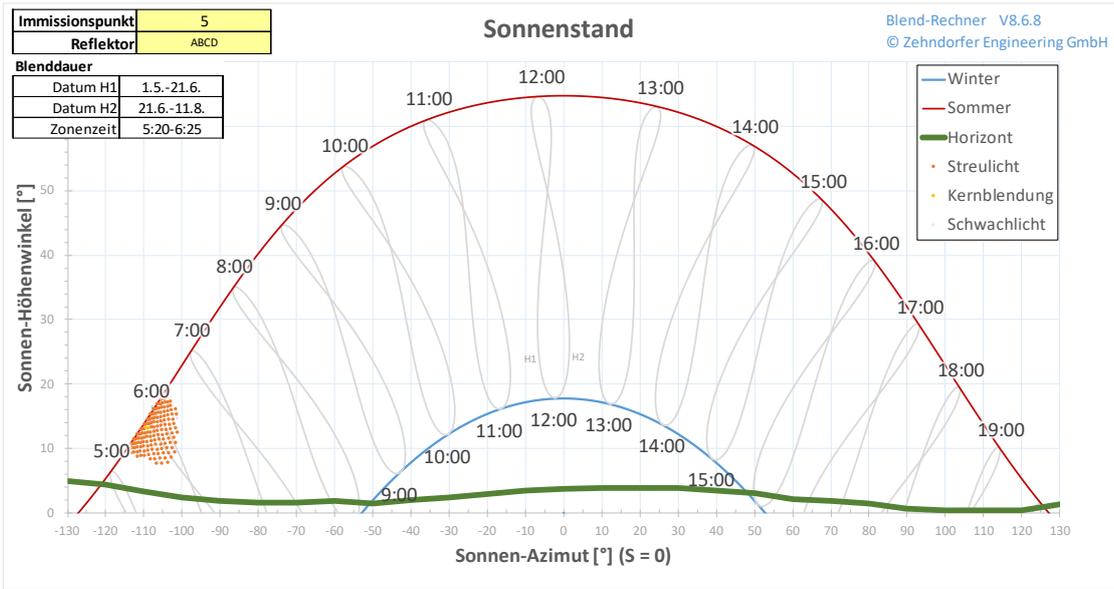


Immissionspunkt	4
Reflektor	ABCD

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

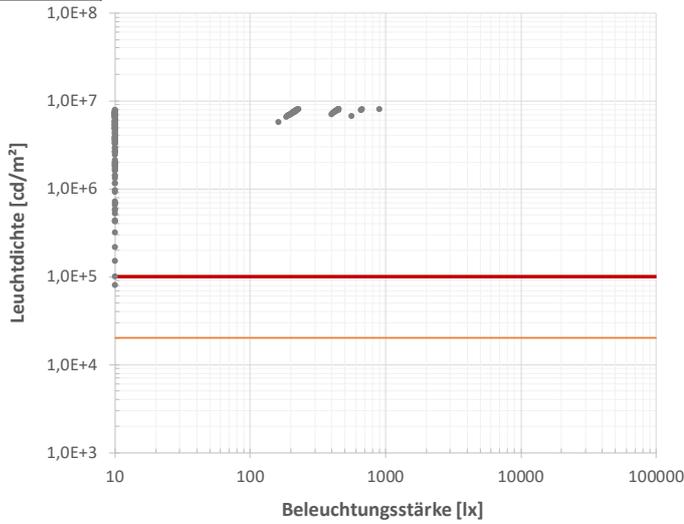




Immissionspunkt	5
Reflektor	ABCD

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

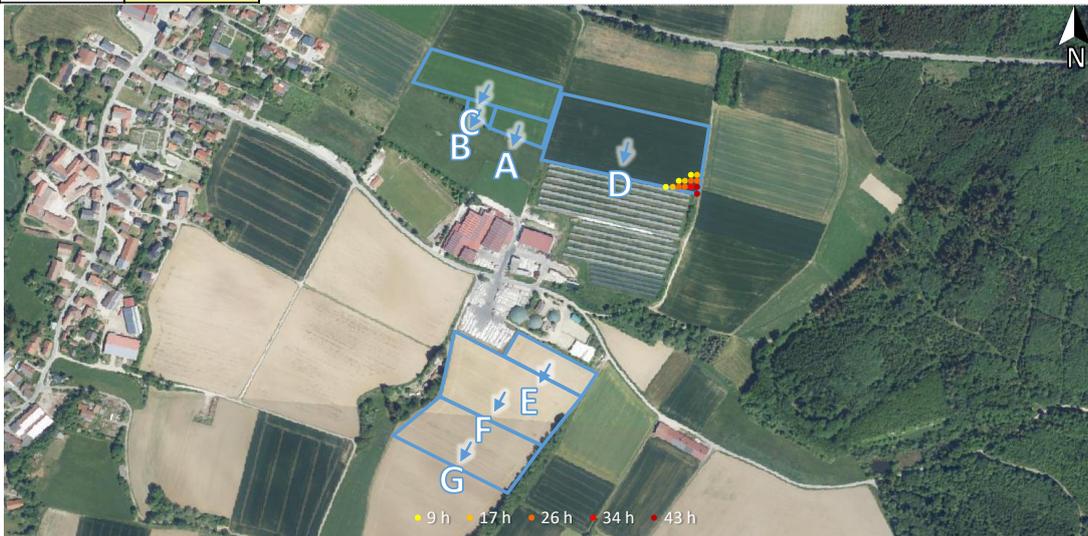


- Rechenwert
- Absolutblendung
- EU Aerodrome Design Limit

Immissionspunkt	5
Reflektor	ABCD

Blendhäufigkeit

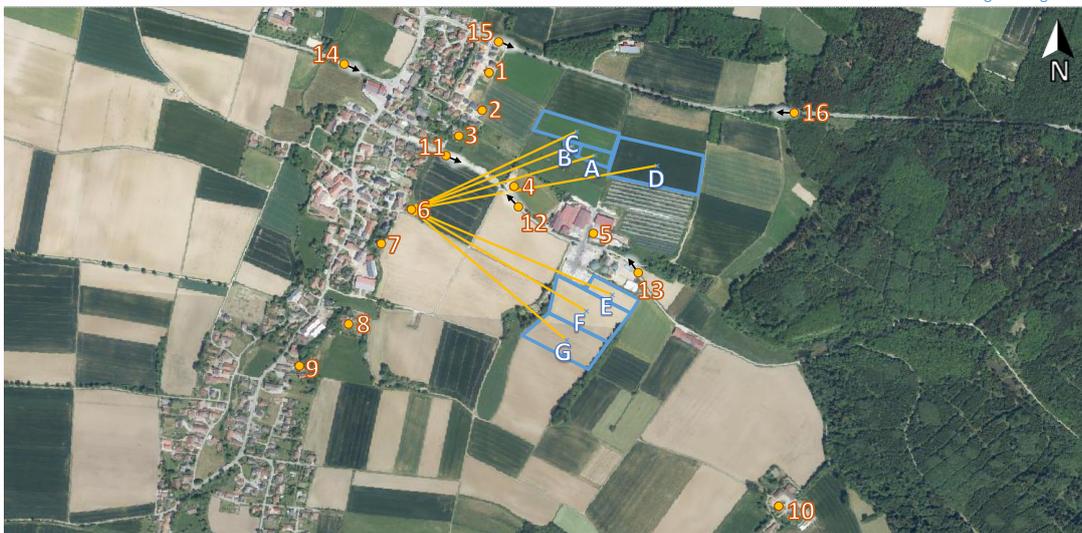
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

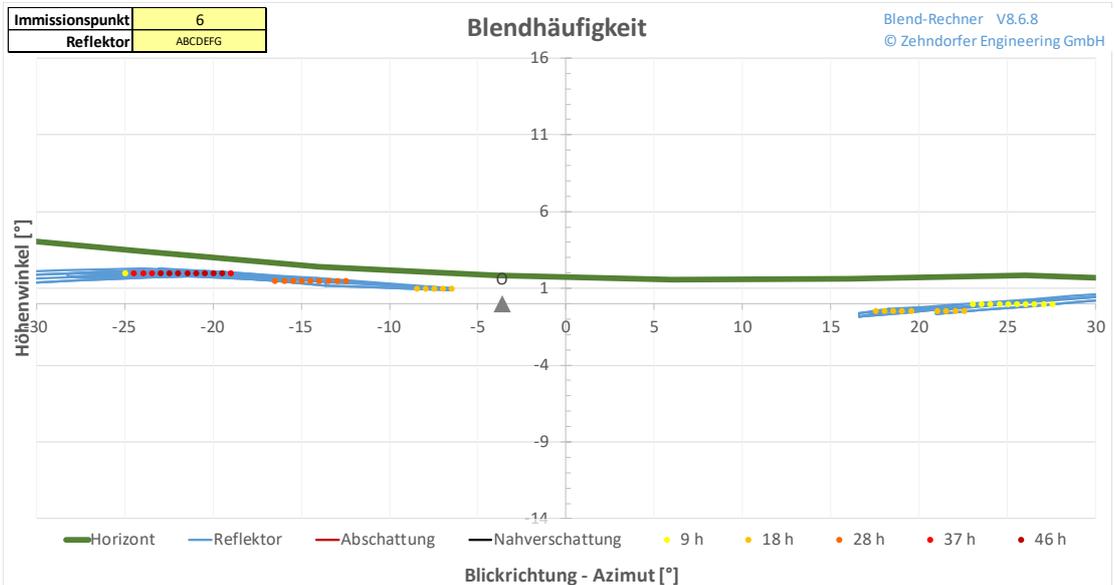
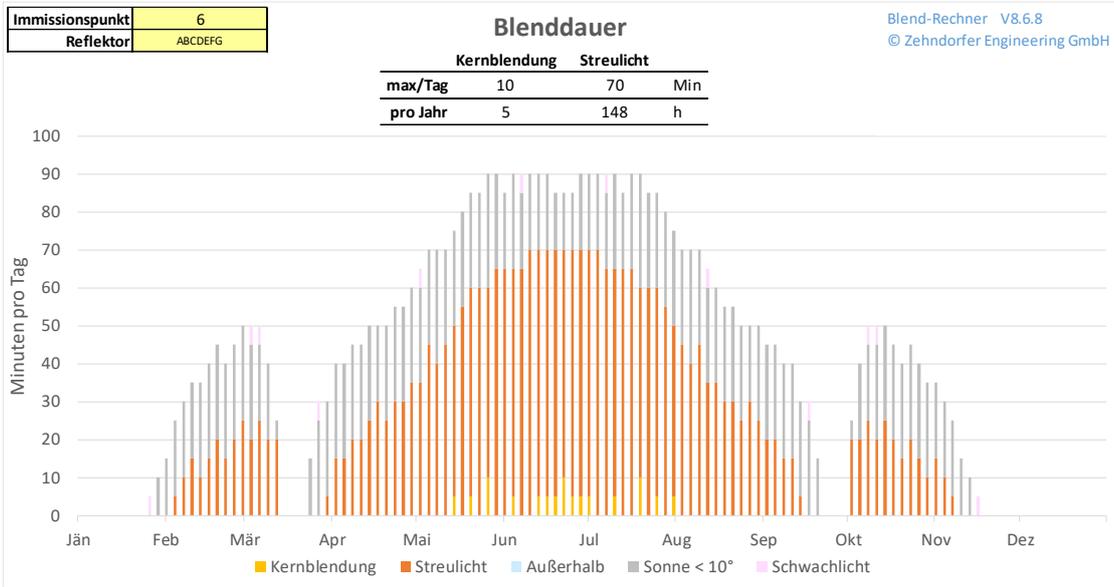
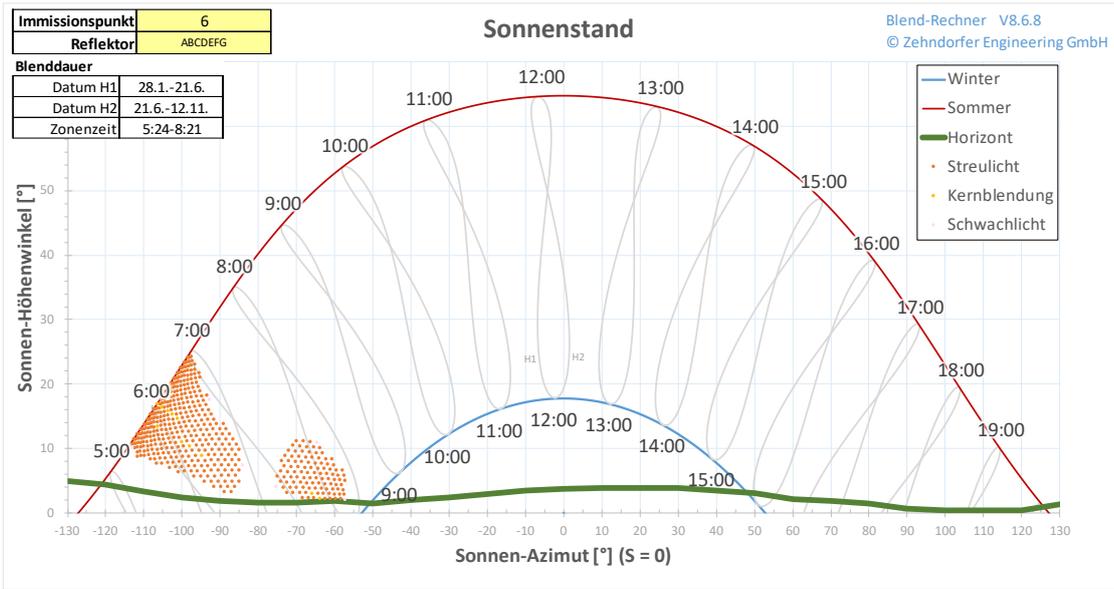


Immissionspunkt	5
Reflektor	ABCD

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

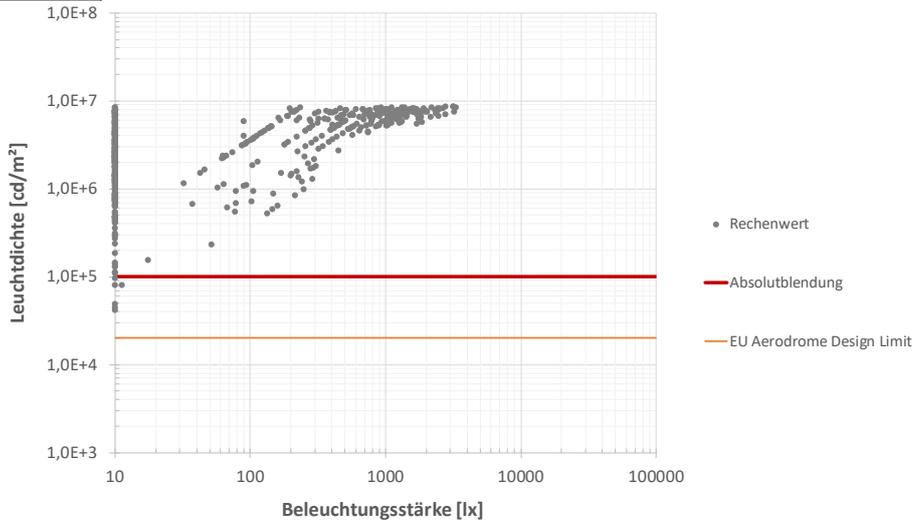




Immissionspunkt	6
Reflektor	ABCDEFG

Reflexions-Photometrie

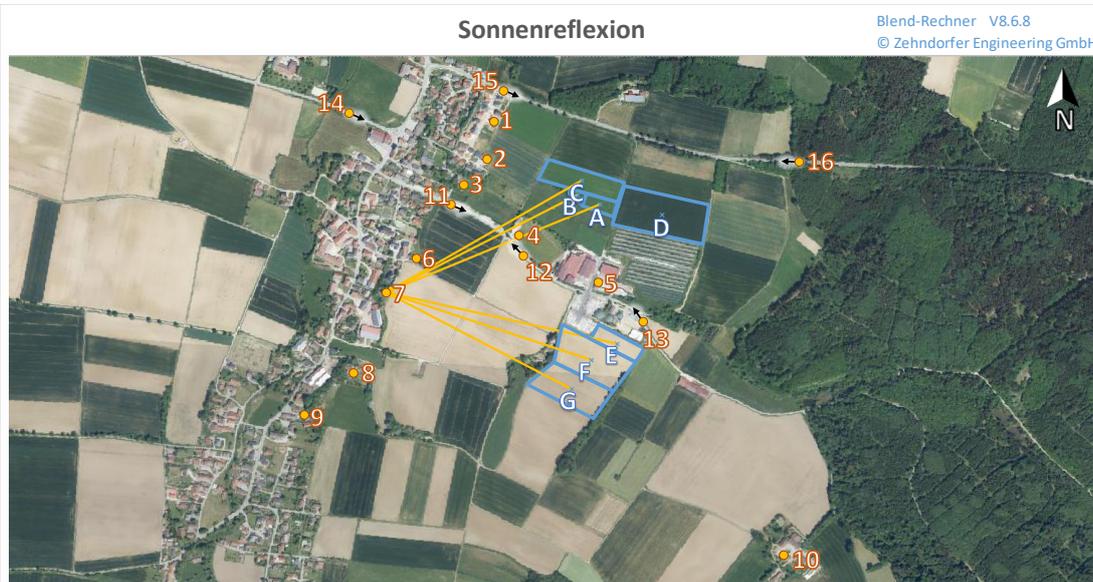
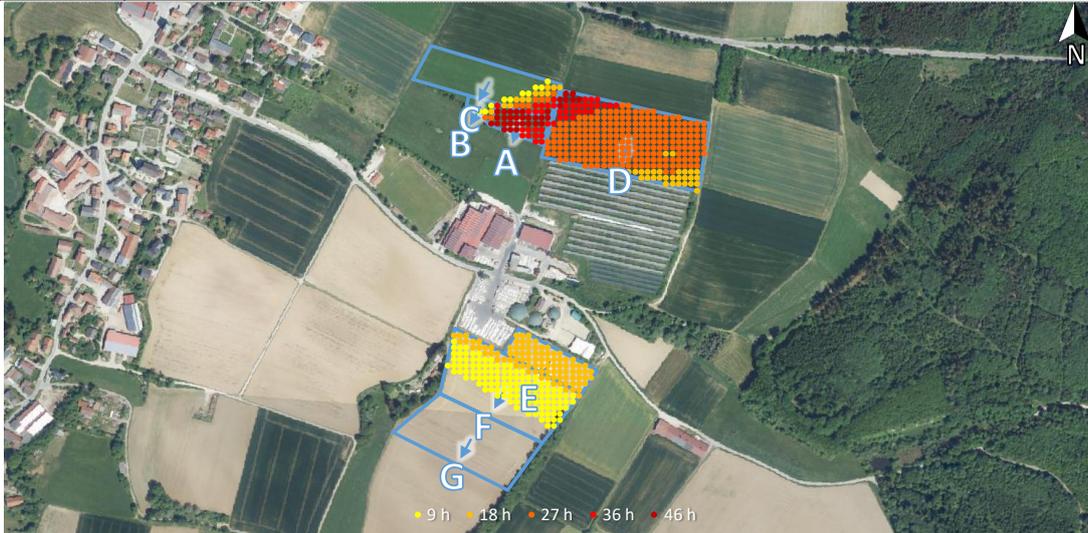
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

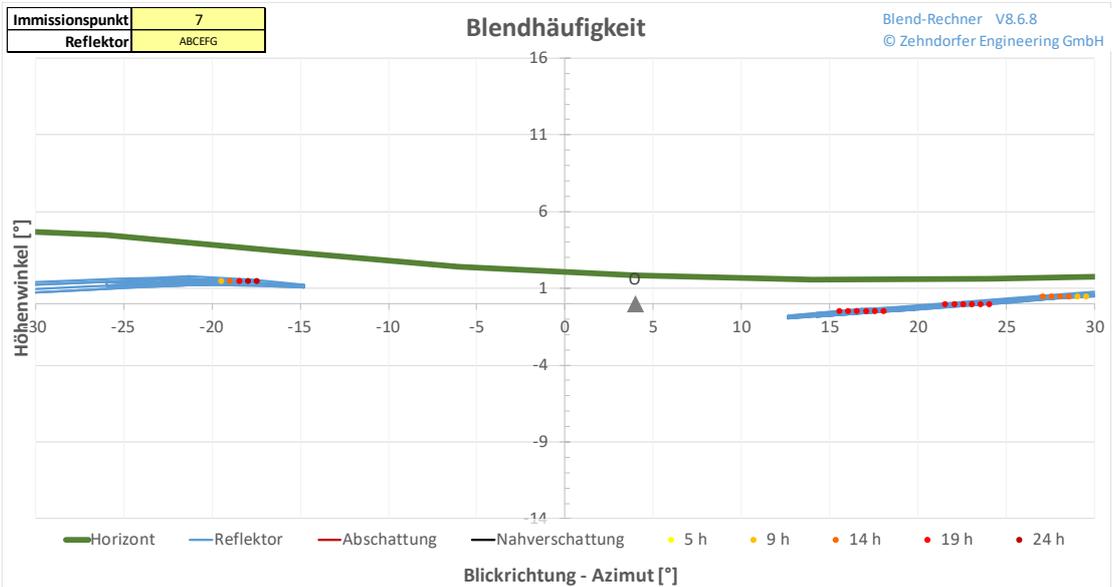
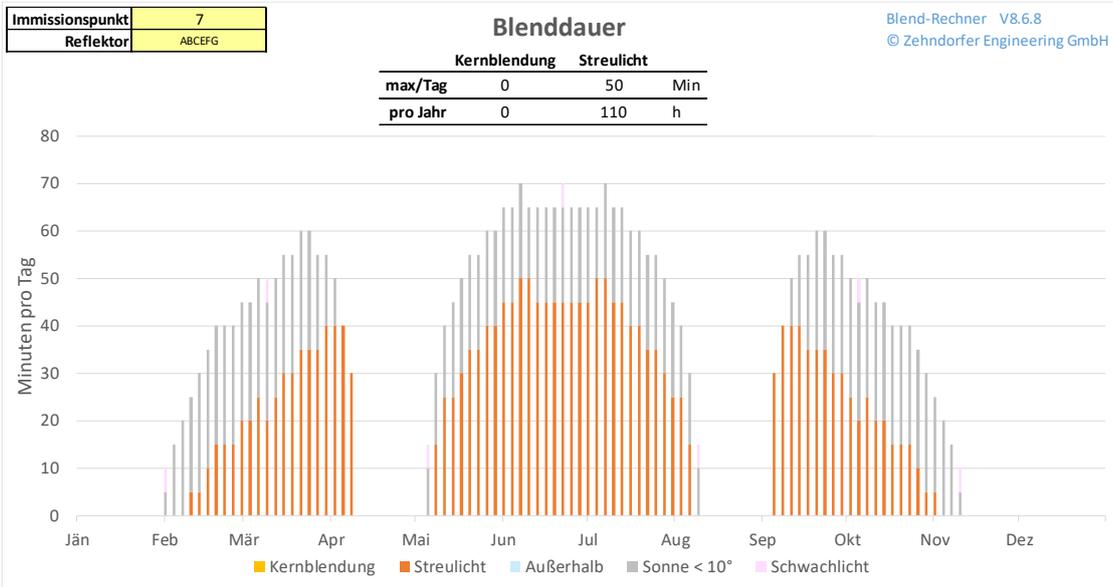
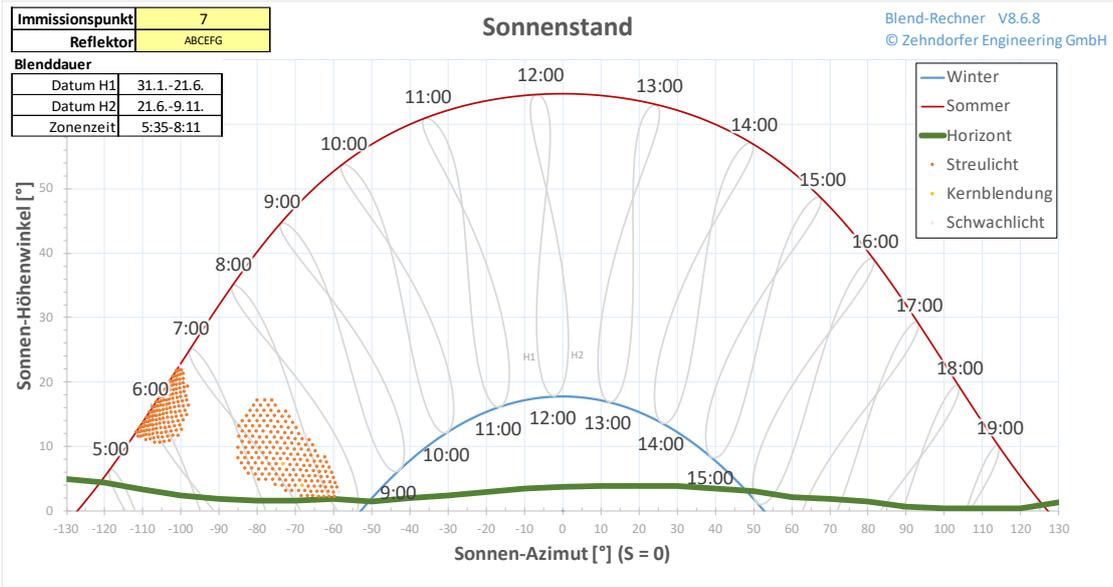


Immissionspunkt	6
Reflektor	ABCDEFG

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

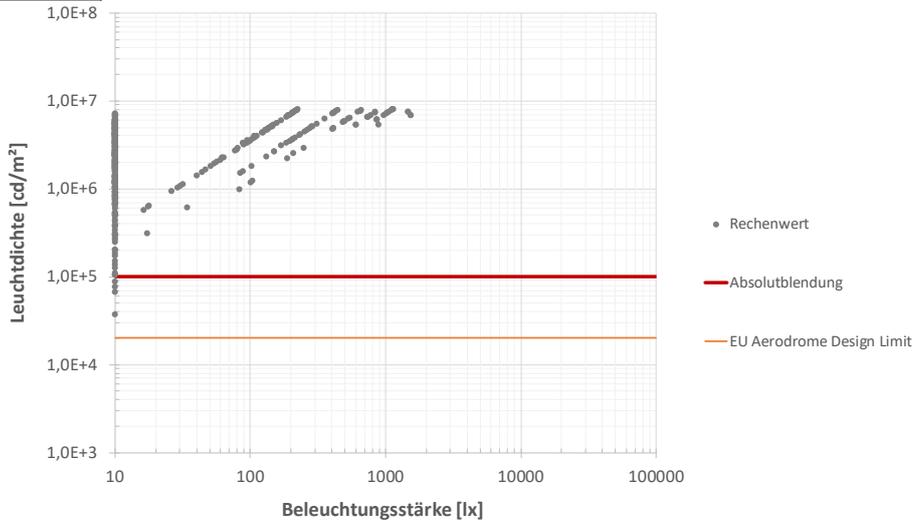




Immissionspunkt	7
Reflektor	ABCEFG

Reflexions-Photometrie

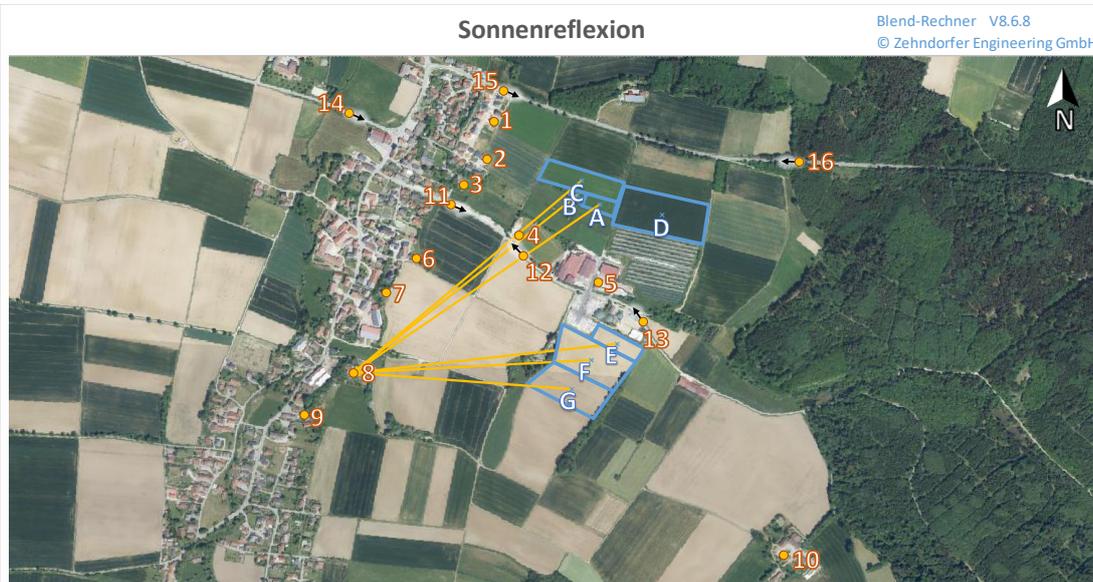
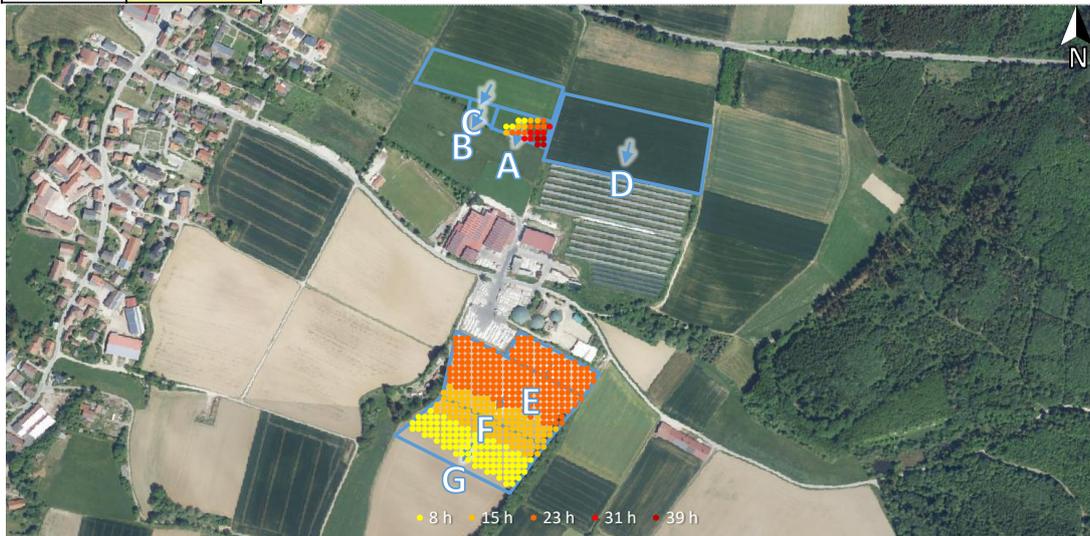
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	7
Reflektor	ABCEFG

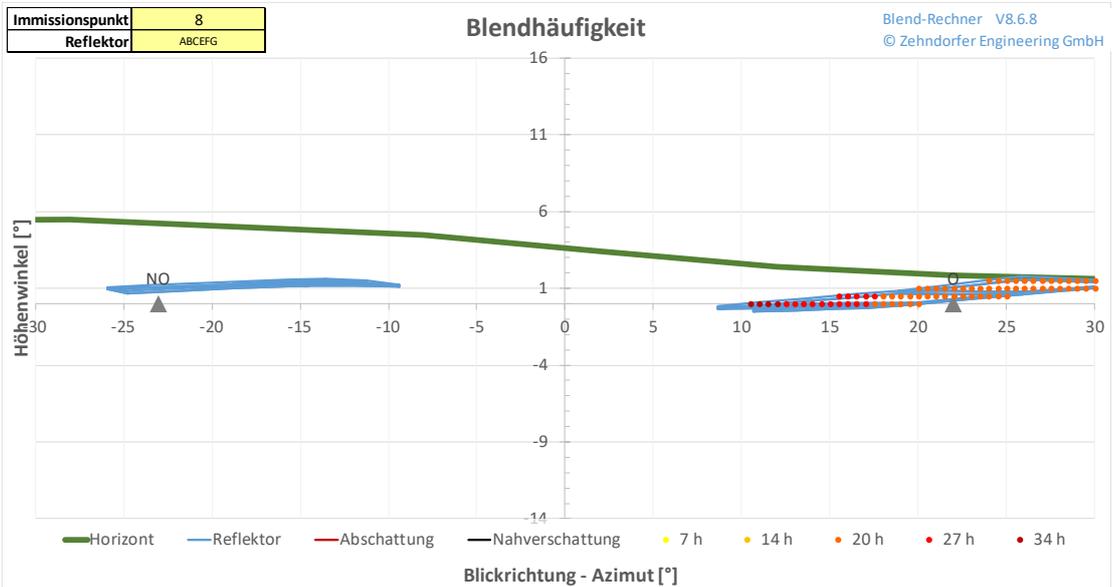
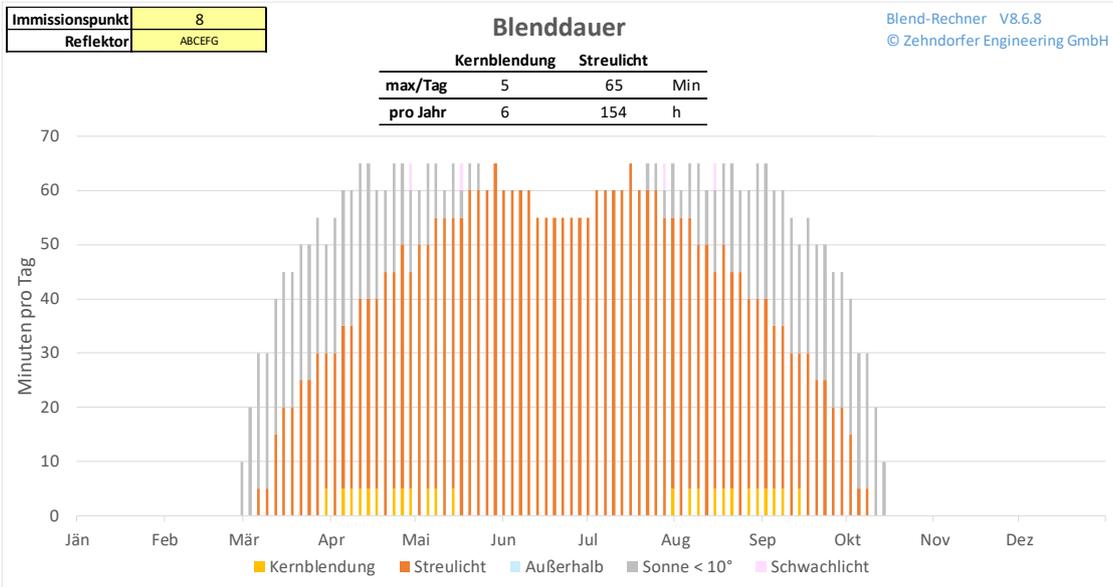
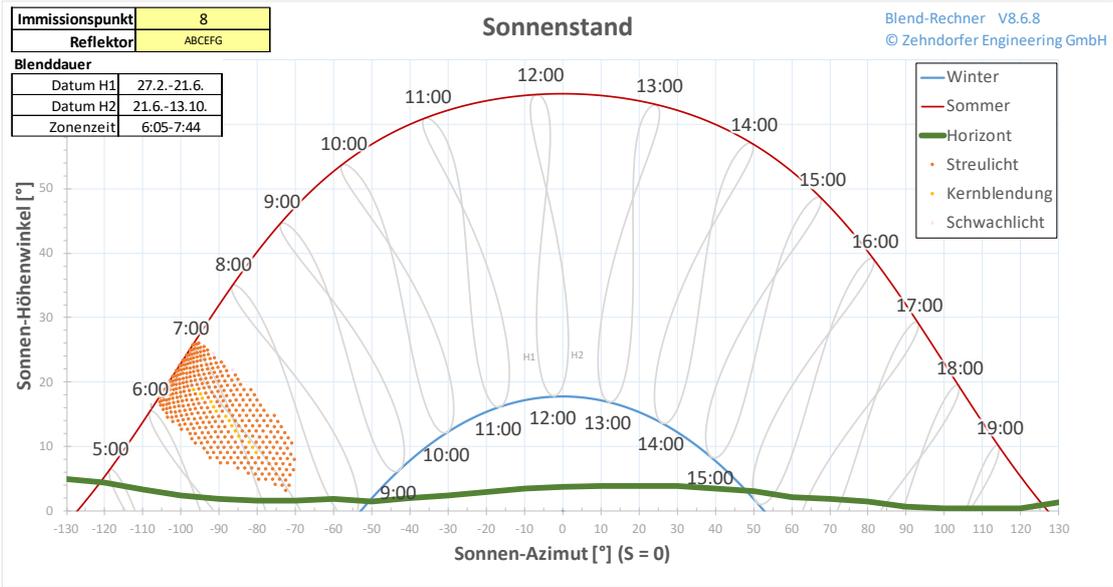
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

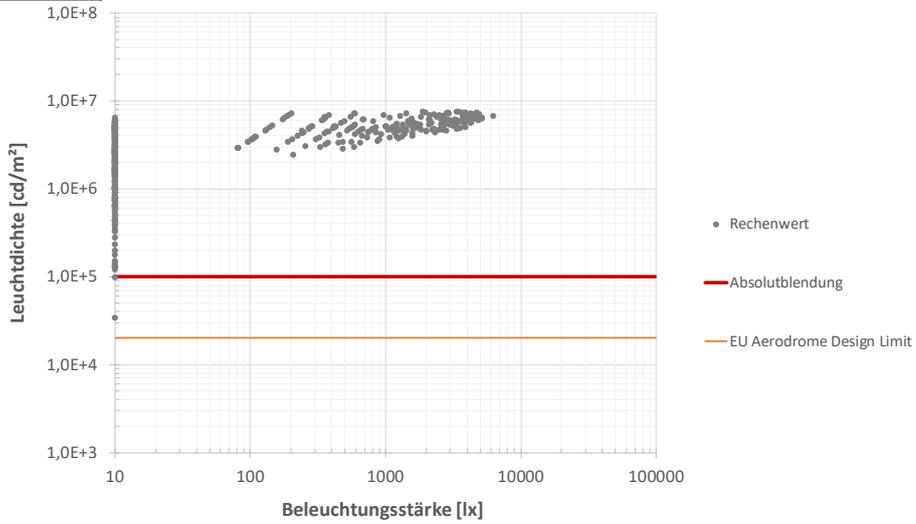
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	8
Reflektor	ABCEFG

Reflexions-Photometrie

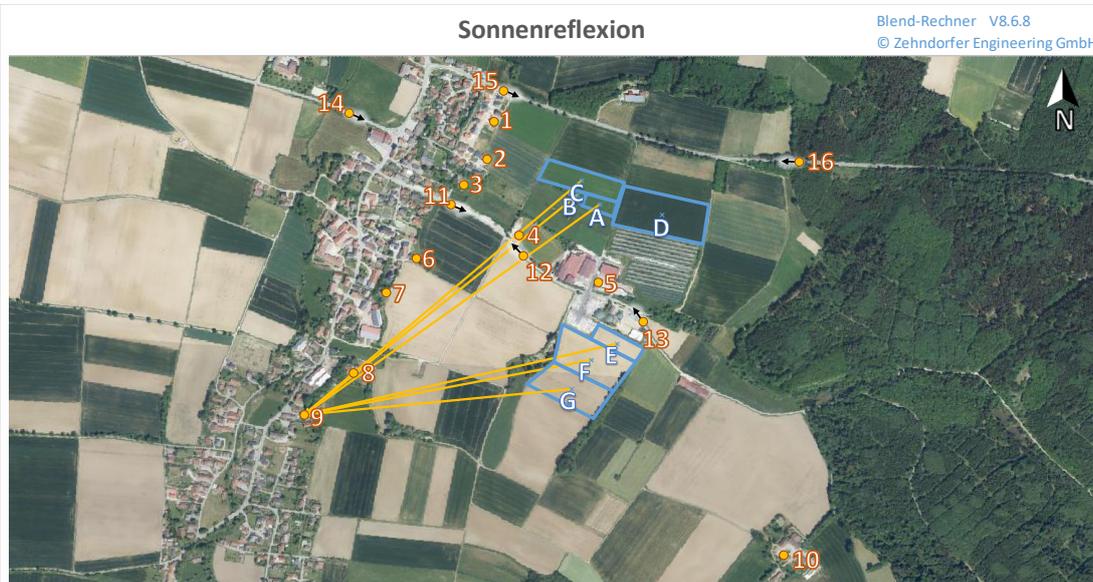
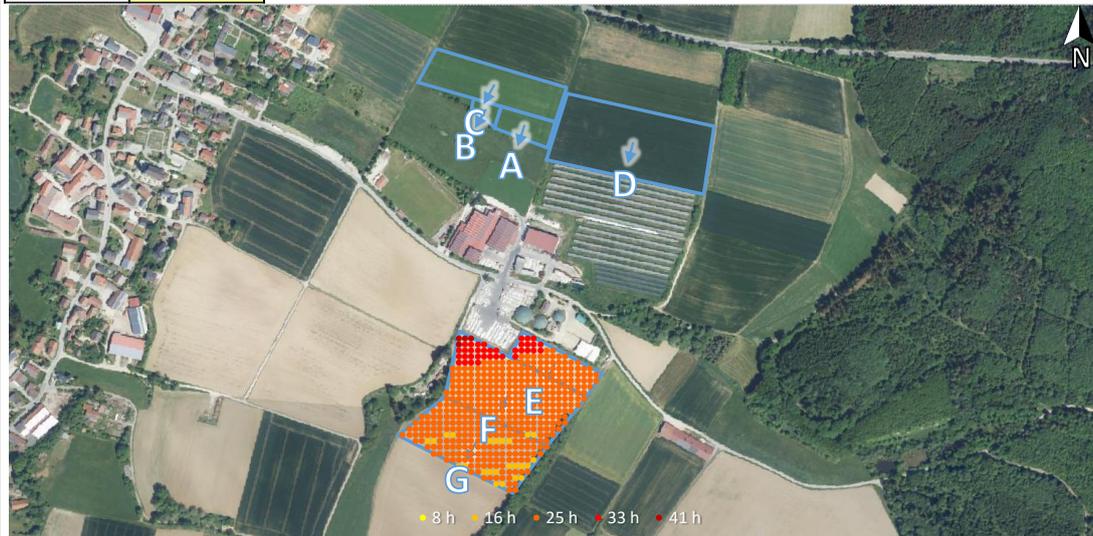
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

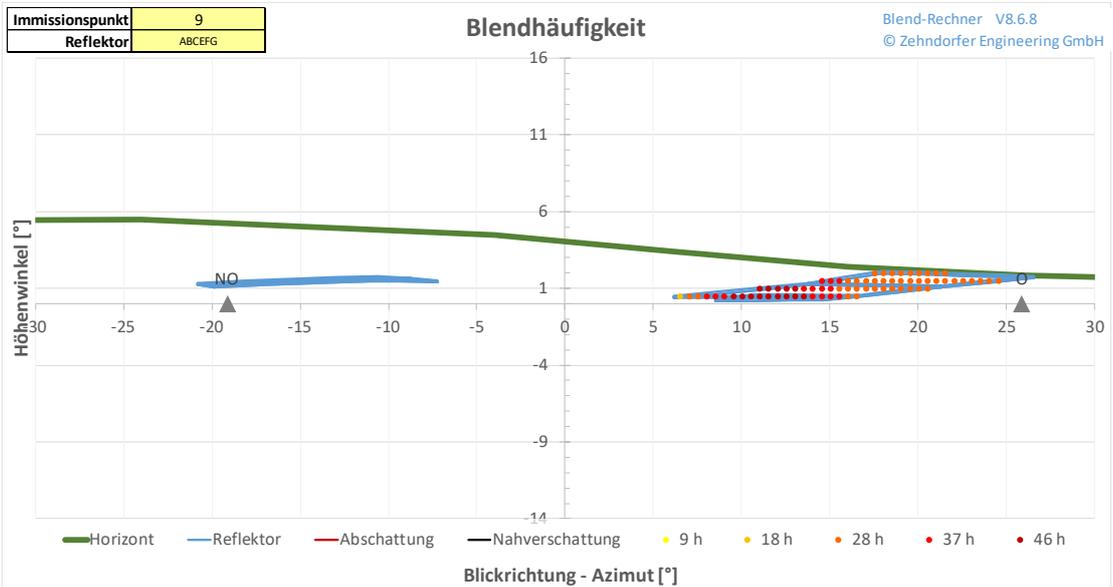
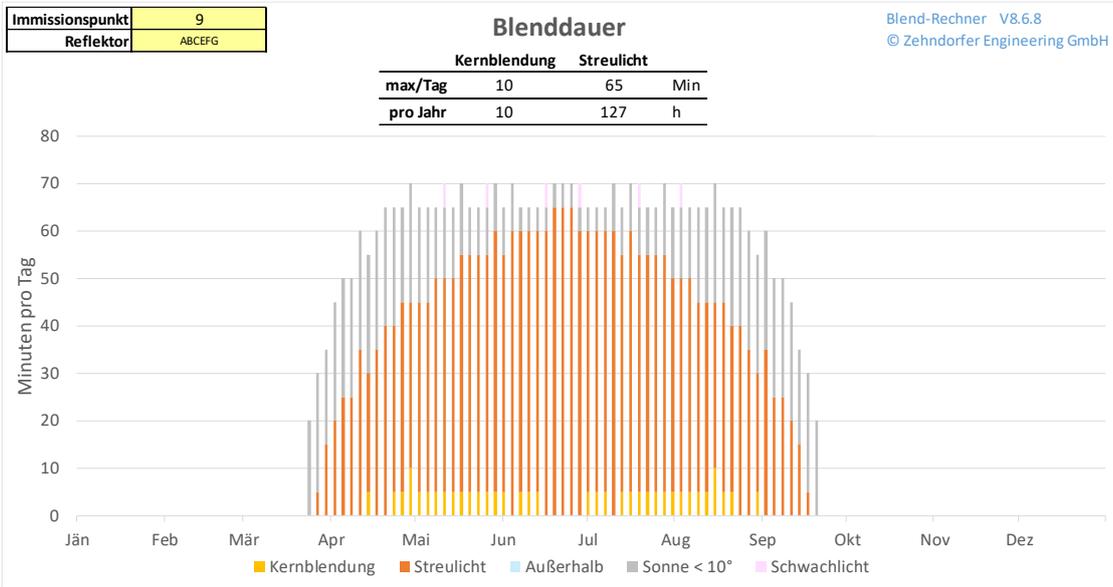
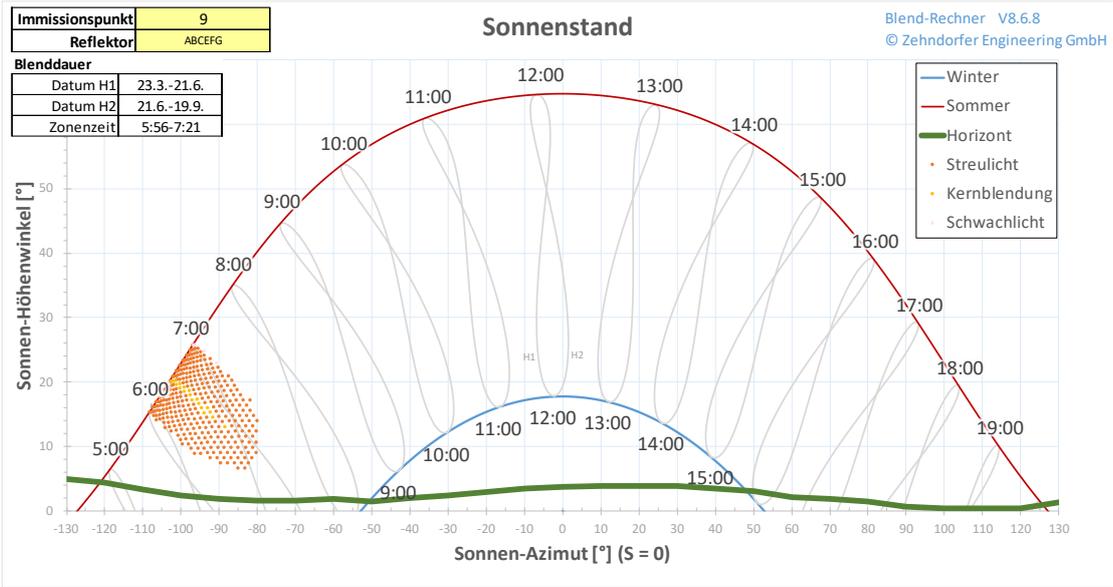


Immissionspunkt	8
Reflektor	ABCEFG

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

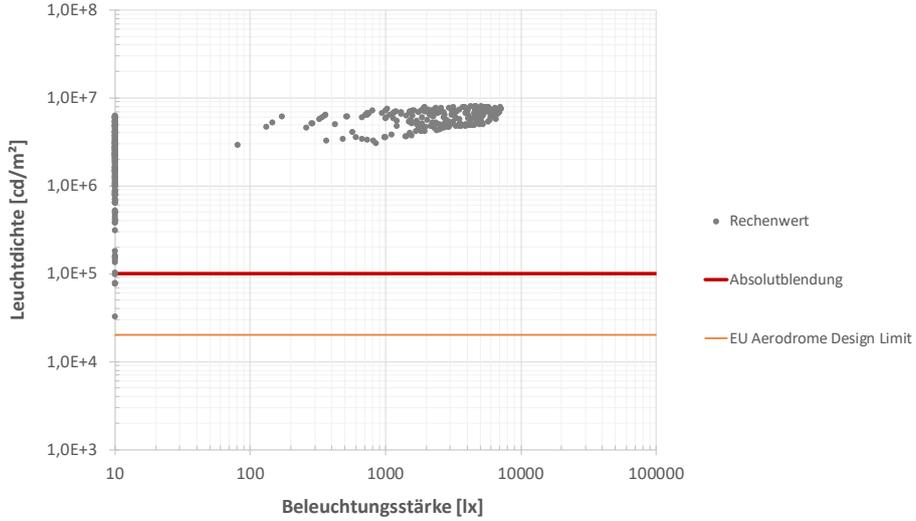




Immissionspunkt	9
Reflektor	ABCEFG

Reflexions-Photometrie

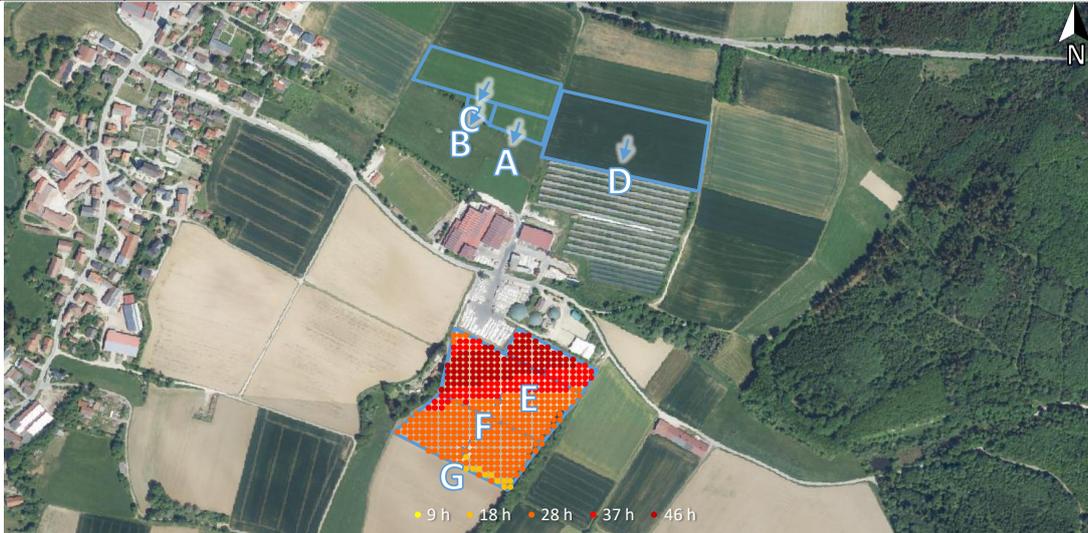
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	9
Reflektor	ABCEFG

Blendhäufigkeit

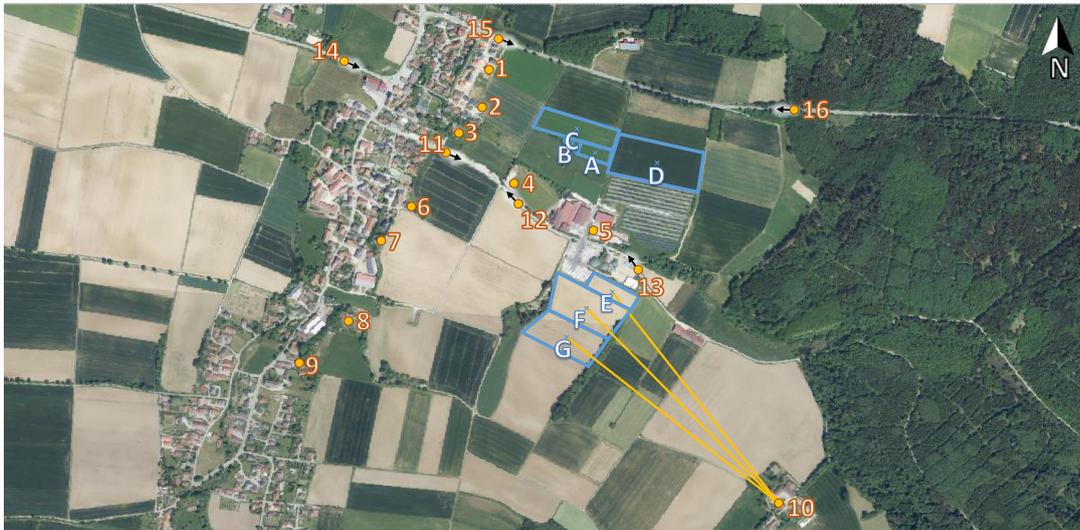
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

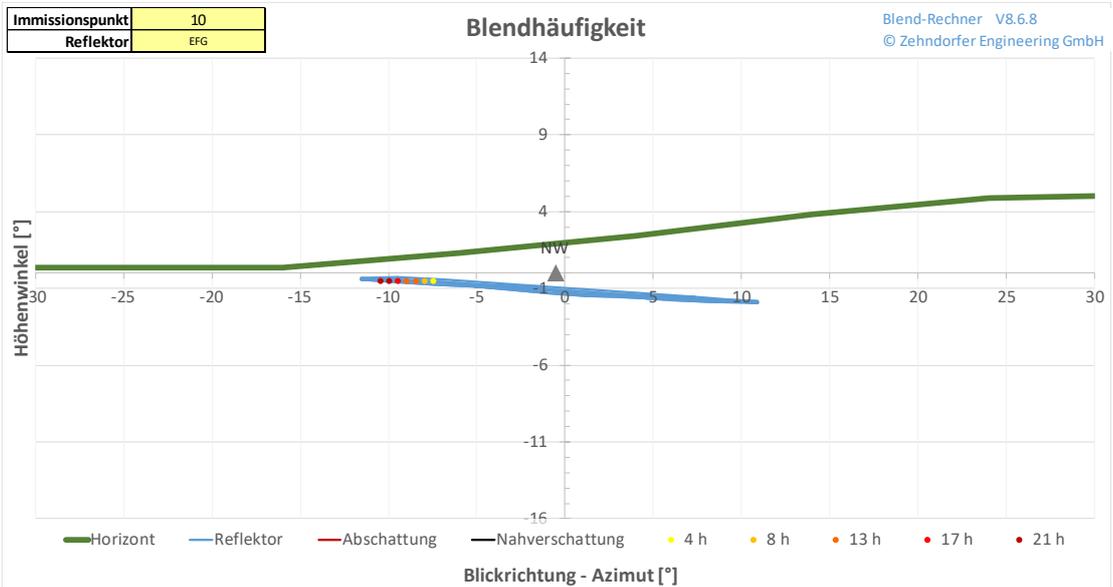
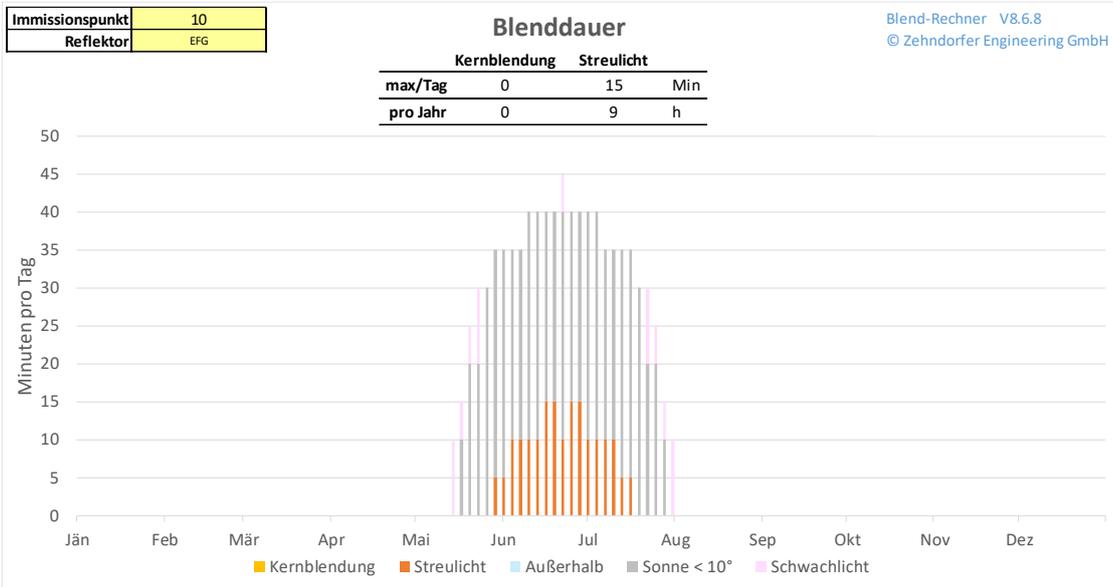
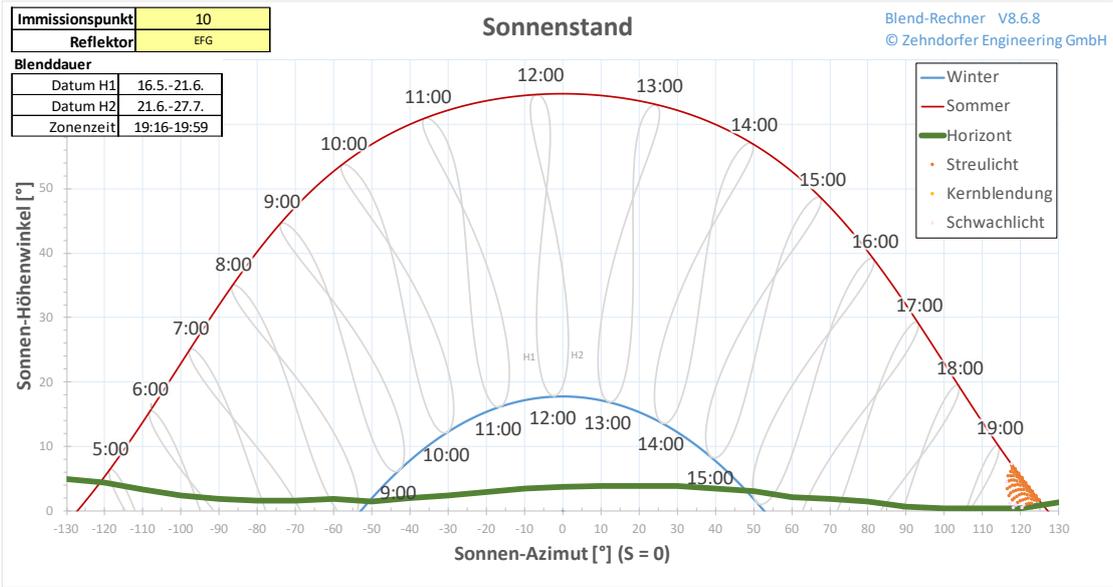


Immissionspunkt	9
Reflektor	ABCEFG

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

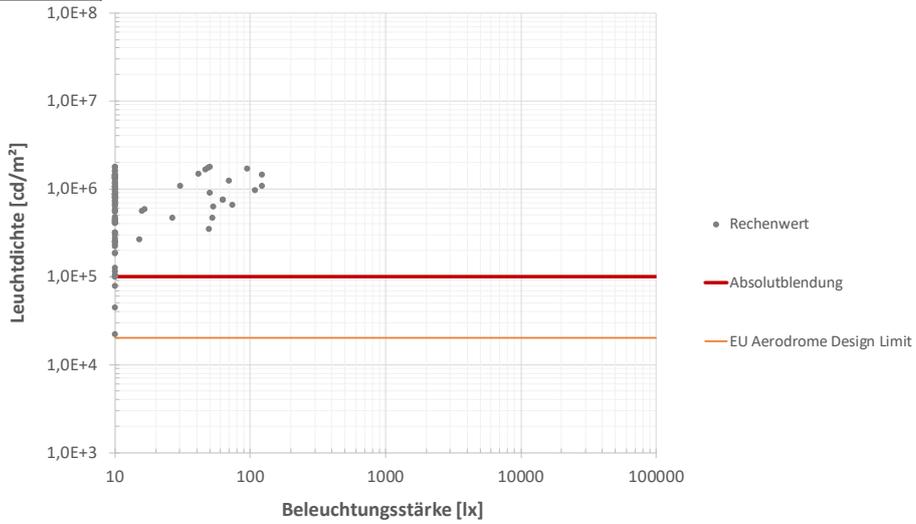




Immissionspunkt	10
Reflektor	EFG

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	10
Reflektor	EFG

Blendhäufigkeit

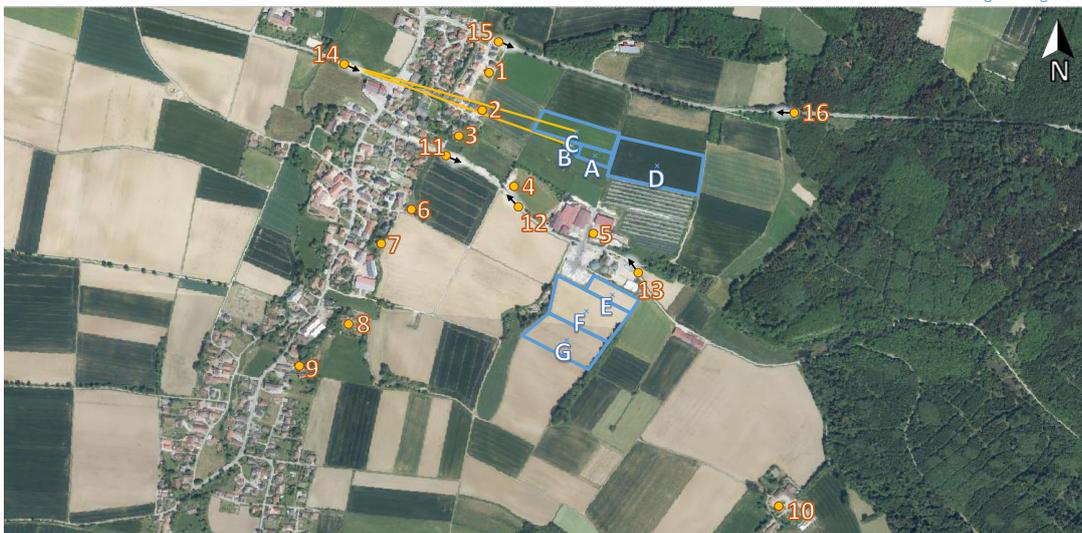
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

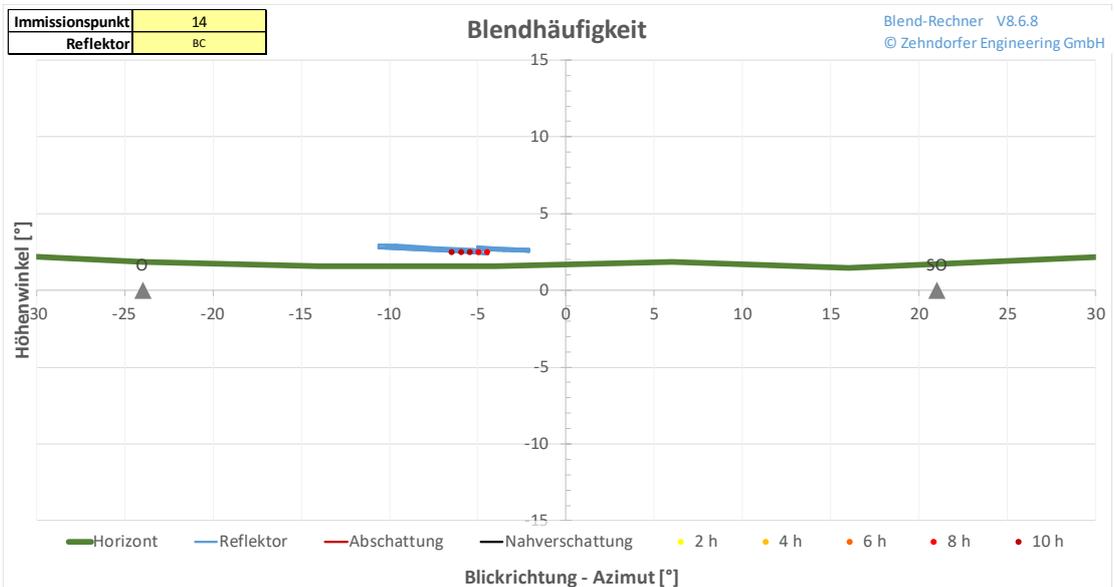
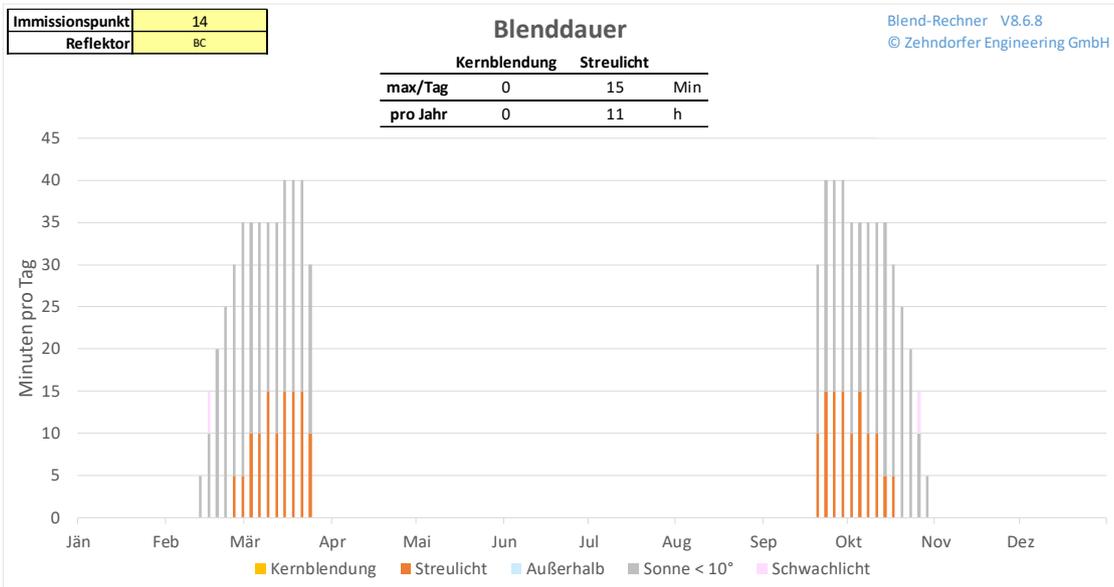
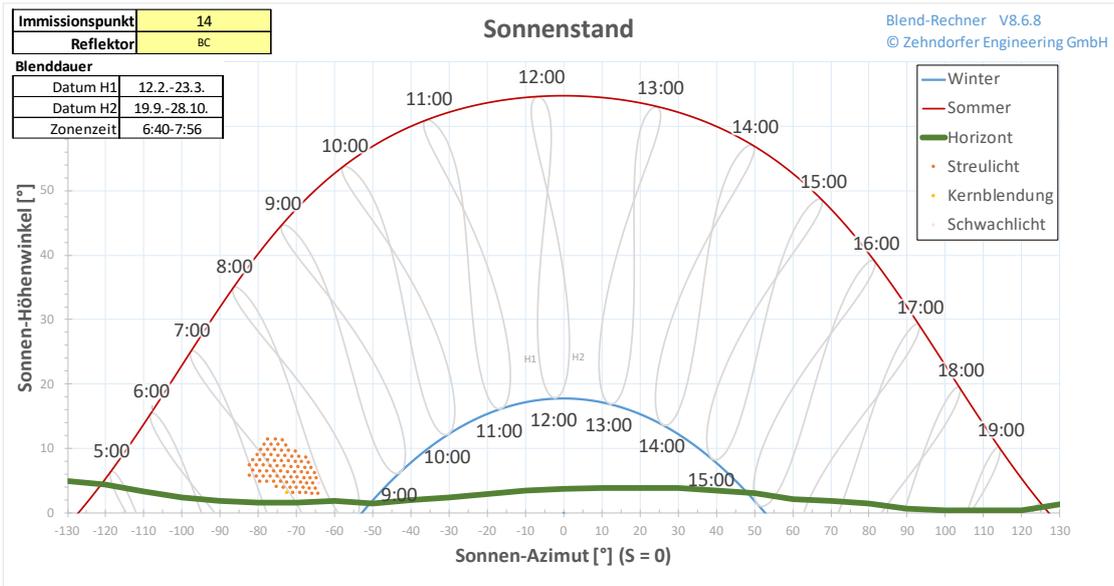


Immissionspunkt	10
Reflektor	EFG

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH

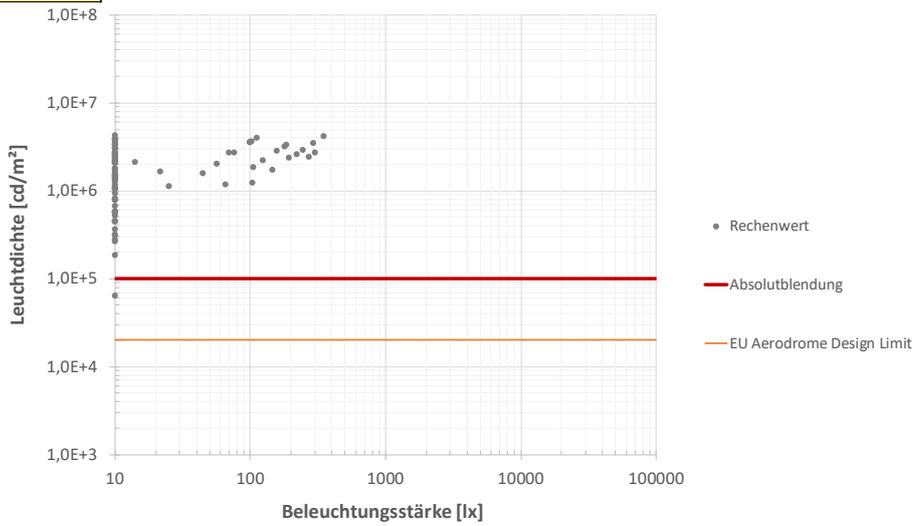




Immissionspunkt	14
Reflektor	BC

Reflexions-Photometrie

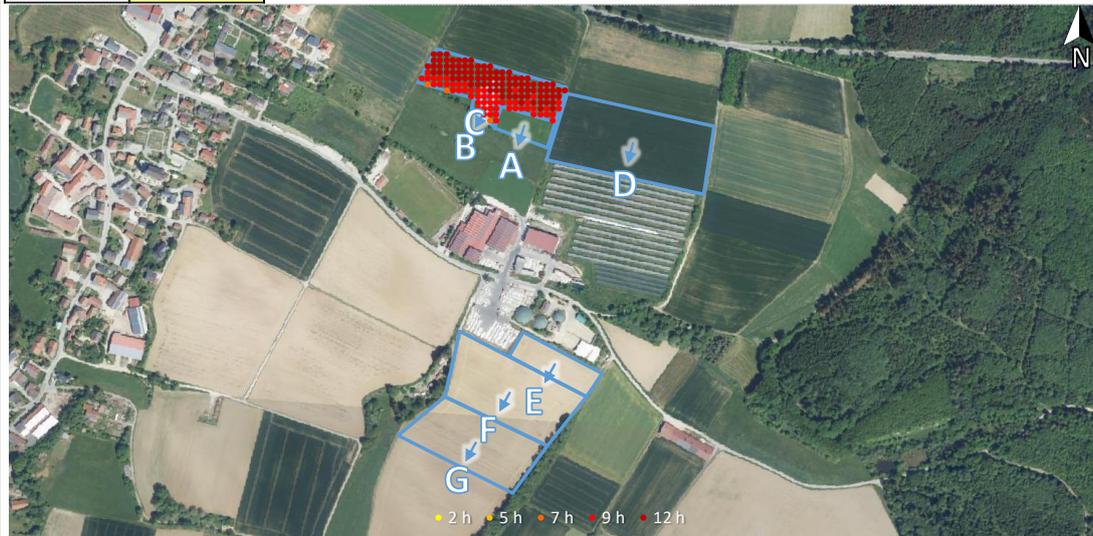
Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	14
Reflektor	BC

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V8.6.8
© Zehndorfer Engineering GmbH



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

