

Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Münchnerau

Im Auftrag von

Stadt Landshut

z.H. Hr. Fabian Pielmeier

Altstadt 315

84028 Landshut

Gutachten ZE19080-OS

November 2019



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>	8
1.4.4	<i>Künstliche Abschattungen</i>	8
2	Blendberechnung.....	8
2.1	BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....	8
2.2	REFLEXIONSBERECHNUNG	8
2.3	ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE	10
2.4	SICHTBEZUG.....	10
2.5	BLEND-WIRKUNG.....	11
2.5.1	<i>Größenverhältnisse</i>	11
2.5.2	<i>Blendstärke</i>	12
2.5.3	<i>Blenddauer</i>	12
2.5.4	<i>Verkehrskritische Punkte</i>	13
3	Beurteilung & Empfehlungen.....	14
	ANHANG 1 Definitionen.....	15
	ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze.....	16
	ANHANG 3 Methodik der Berechnung	18
	ANHANG 4 Vermessung der Umgebung.....	19
	ANHANG 5 Detail-Ergebnisse der Berechnungen.....	20

Zusammenfassung

Im Bauverfahren einer Freiflächen-Photovoltaikanlage ist zu prüfen, ob eine Blendwirkung auf den Autobahnverkehr oder die Nachbarn besteht.

Es wird zu Reflexionen in Richtung der Autobahn kommen. Diese liegen jedoch nicht im inneren Gesichtsfeld der Fahrer und stellen daher keine Gefahr für den Straßenverkehr dar.

Es wird zu kurzen Reflexionen in Richtung der Nachbarschaft kommen. Auf Grund der geringen Dauer stellen diese jedoch keine erhebliche Blendwirkung im Sinne der Richtlinie dar.

Haftungsausschluss

Die Simulationsmodelle werden mit aller notwendigen Sorgfalt erstellt. Auf Grund unvermeidbarer Abweichungen zwischen Simulationsmodell und tatsächlicher Situierung der reflektierenden Oberflächen kann es aber insbesondere bei der Bestimmung der Zeitpunkte von Blendungen, aber auch bei der Bestimmung von Blenddauern und Winkeln der Lichtstrahlen zu geringen, messbaren Abweichungen kommen.

1 Situationsbeschreibung

1.1 Problembeschreibung

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

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 die Straßenbenutzer auf der Autobahn A92 bei Landshut oder die Nachbarschaft von den Reflexionen der PV-Module geblendet werden könnten.

1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Die geplante Freiflächen-Photovoltaik-Anlage befindet sich in der Kreisfreien Stadt 84028 Landshut, (Gemarkung Münchnerau, GPS Koordinaten 48°31'9"N, 12° 3'41"O).

Abbildung 1 Situation



Abbildung 2 Modulbelegung & Modultischkonfiguration

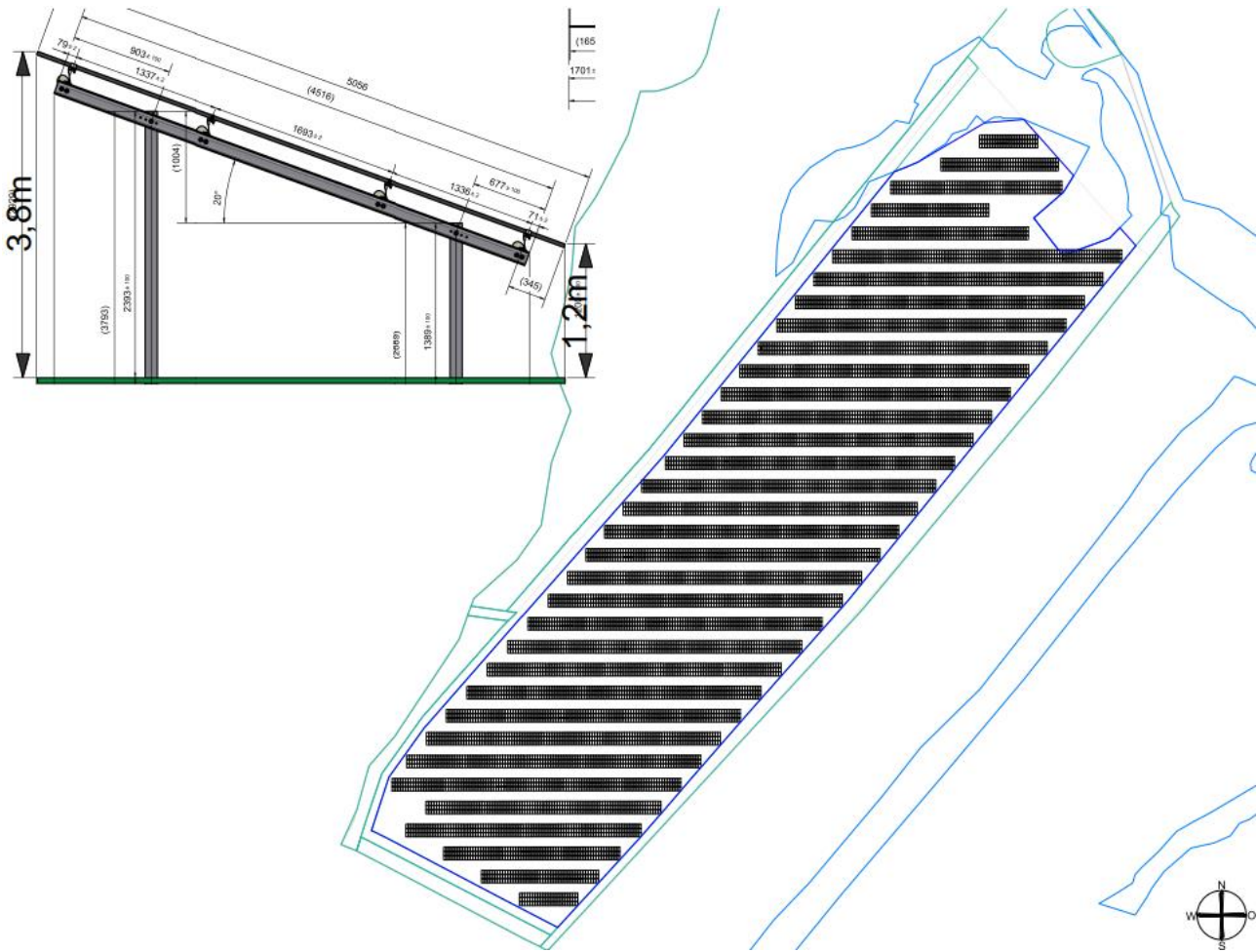


Abbildung 3 Ausrichtung der Anlage



Die PV-Anlage wurde als ein Viereck modelliert.

Abbildung 4 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgetreu)

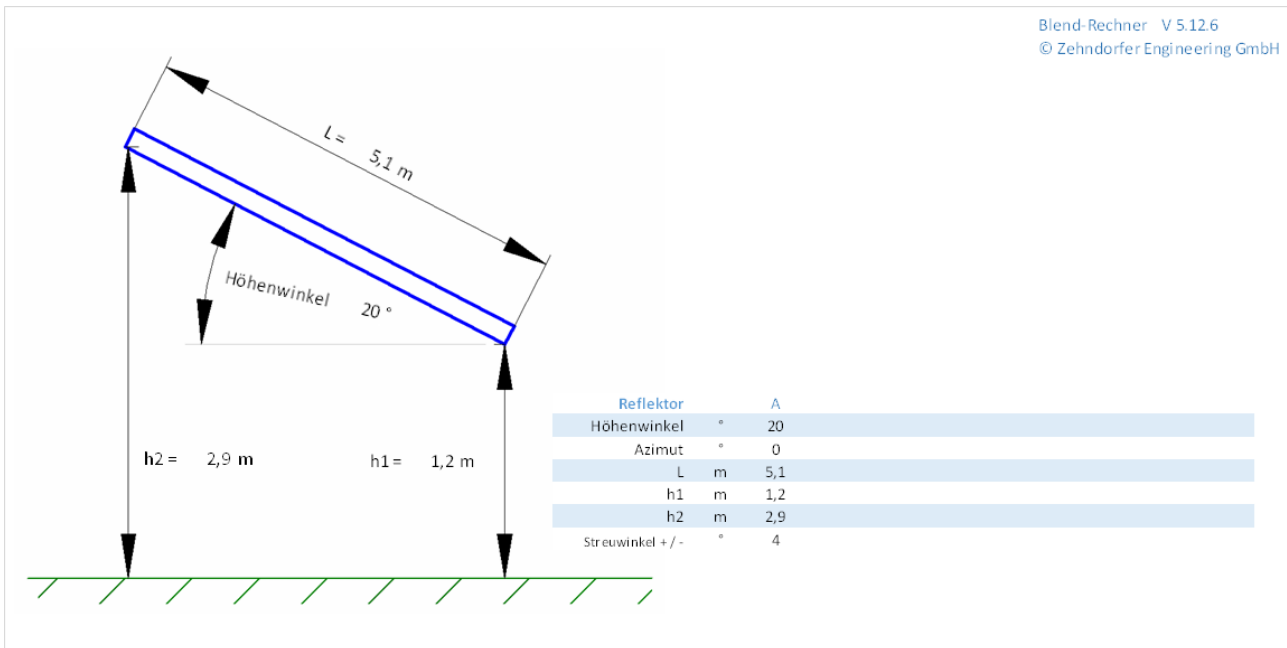


Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum. Die Modultische sind in Richtung Süden (0° Azimut) mit 20° geneigt aufgeständert.

1.3 Untersucher Raum

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

Abbildung 5 Immissionpunkte



Abbildung 5 und zeigt die Lage der Immissionspunkte (IP) und des PV-Feldes. Die Immissionspunkte wurden unter dem Kriterium ausgewählt, dass eine Sichtverbindung zur Vorderseite der PV-Module gegeben sein muss.

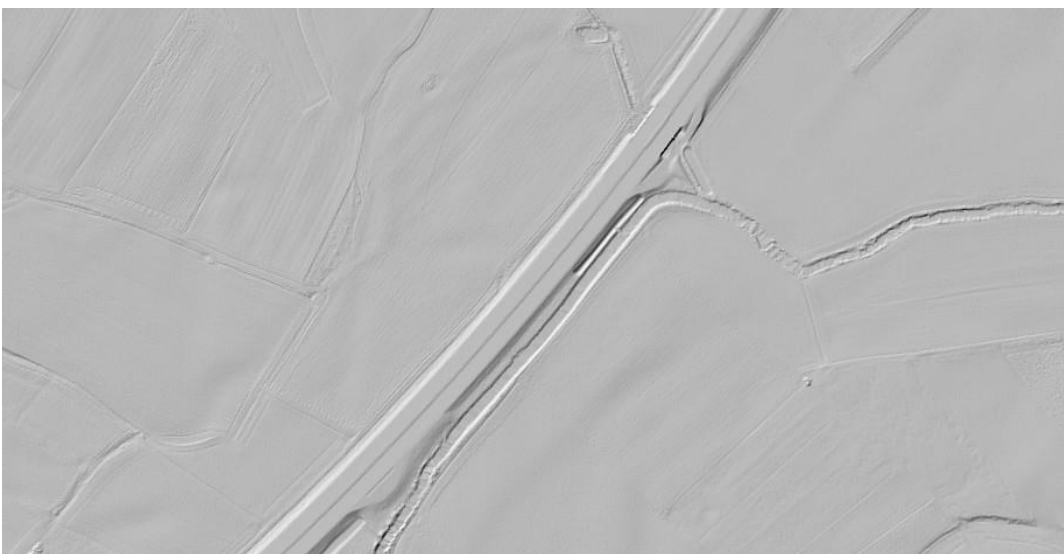
Die detaillierte Vermessung der relevanten Umgebung ist in Anhang 4 zu finden.

1.4 Abschattungen & Verdeckungen

1.4.1 Geländeprofil

Die PV Anlage liegt zum Teil etwas unter der Autobahn. Das umliegende Geländeprofil ist jedoch weitgehend flach. Es gibt keine Geländekanten die den Blick auf die PV-Anlage verhindern würden.

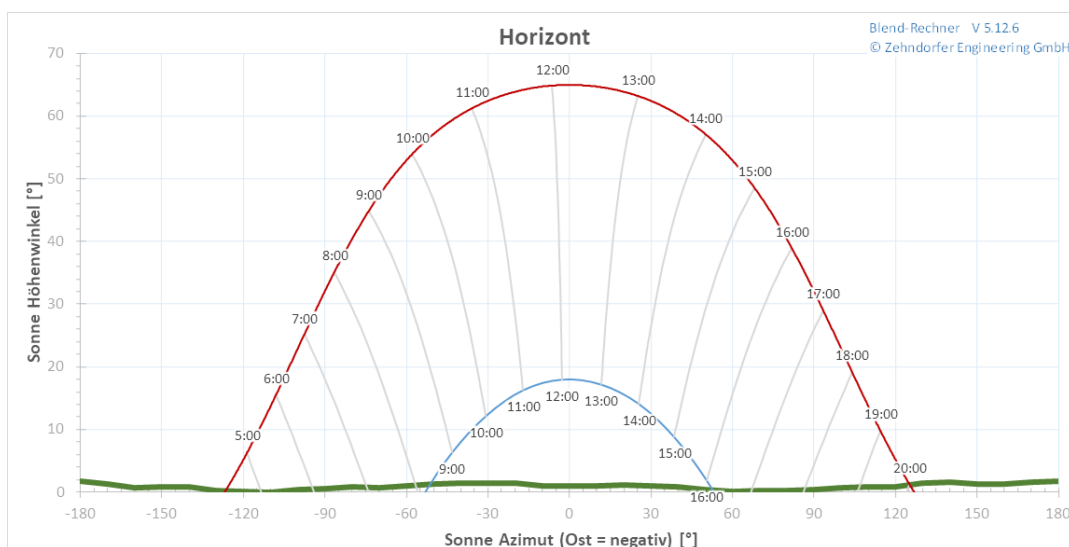
Abbildung 6 Geländere relief



1.4.2 Horizont

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

Abbildung 7 Horizont



1.4.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und den IP stehen Bäume und Buschwerk, die den Blick auf die PV-Anlage teilweise verhindern würden. Die Blendberechnung wurde jedoch ohne die Wirkung von eventuellem Bewuchs durchgeführt.

1.4.4 Künstliche Abschattungen

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

2 Blendberechnung

2.1 Bedingungen für die Berechnung

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

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

2.2 Reflexionsberechnung

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

Abbildung 8 Reflexion der Solar Anlage zum IP6

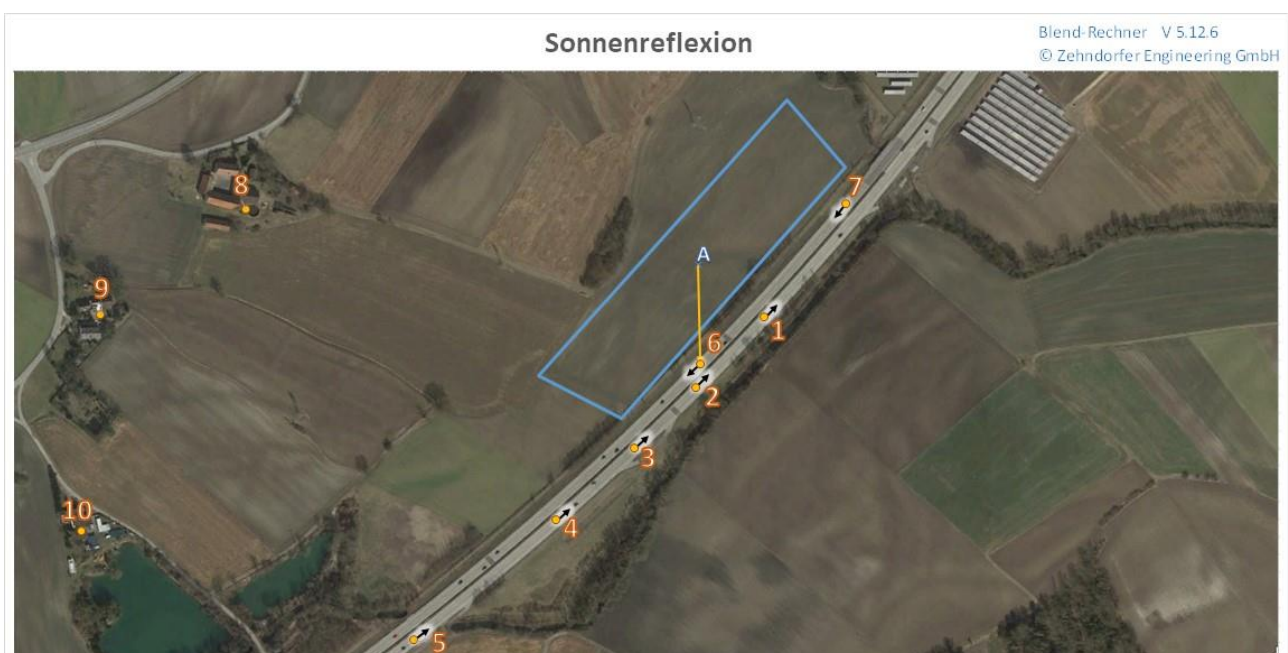
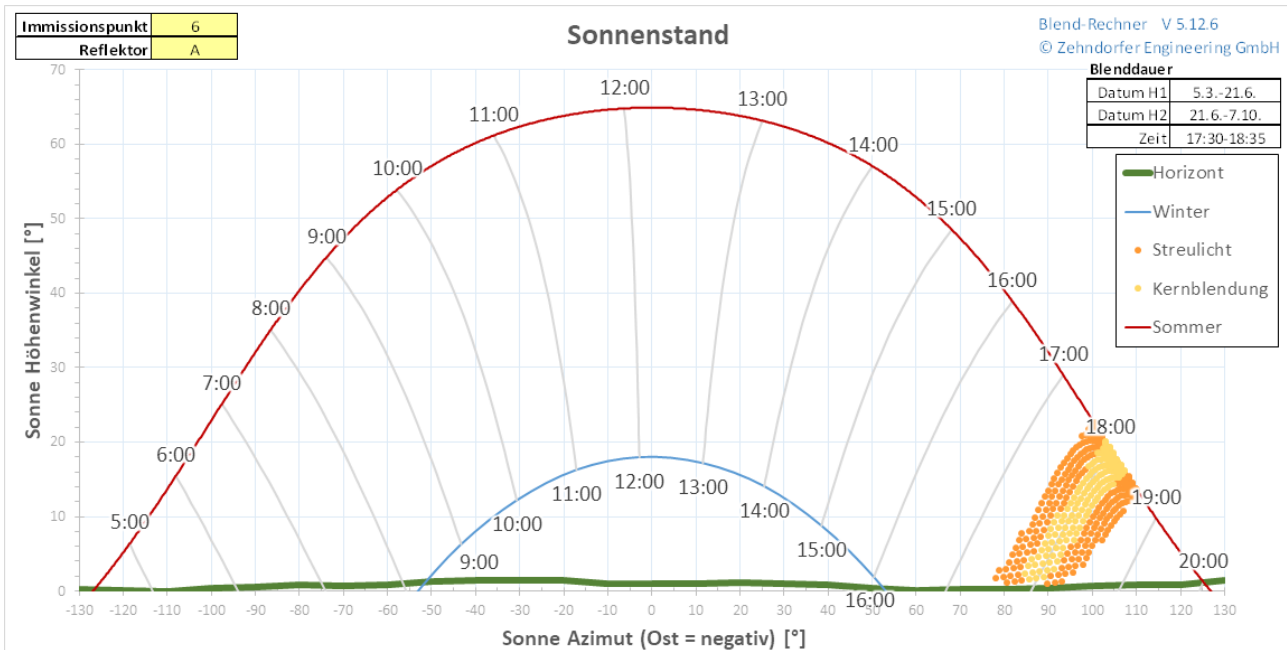


Abbildung 8 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

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

Abbildung 9 Sonnenwinkel bei Blendung am IP 6



Am IP 6 ist also abends von März bis Oktober mit Reflexionen zu rechnen. Die Resultate der Berechnung sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Alle weiteren Ergebnisse sind in Anhang 5 zu finden.

Reflektor	A
Immissionspunkt	6
Distanz	m 104
Höhenwinkel	° -2
Raumwinkel	msr 197
Datum H1	5.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-7.10.
Zeit	17:30-18:35
Kernblendung min / Tag	0
Kernblendung h / Jahr	0
Streulicht min / Tag	0
Streulicht h / Jahr	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	° 12
Sonnen Azimut (Mittel)	° 94
Sonne-Reflektor Winkel (max)	° 36
Blendung - Blickwinkel (min)	° 41

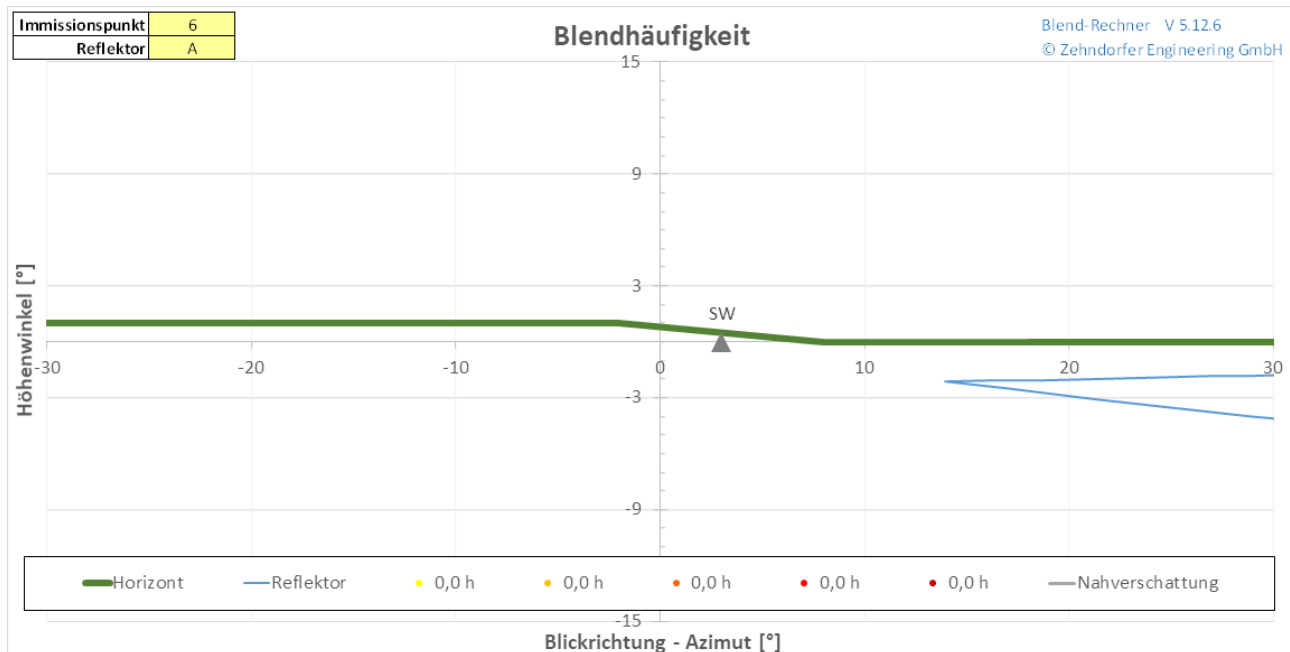
2.3 Erklärung der Ergebnisse

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 dem Blendung über den Reflektor erfolgt
Zeit	Jene maximale Zeitspanne bei der die Blendung über den Reflektor erfolgt
Kernblendung	Die Dauer der Blendung durch direkten 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.

2.4 Sichtbezug

Um den Sichtbezug zur PV Anlage, sowie zur Reflexion und zum Sonnenstand deutlich zu machen, wurde die Darstellung dieser Punkte mit Blick in Fahrtrichtung gewählt. Die Winkel der Darstellung sind realistisch, d.h. ein durchschnittlicher Beobachter wird das hier berechnete Gesichtsfeld vor Augen haben.

Abbildung 10 Blickfeld am IP 6



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.

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

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

Die maximal sichtbare Größe der Solar-Anlage vom IP 6 (197 msr) ist als sehr groß zu bezeichnen.

2.5.2 Blendstärke

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

2.5.3 Blenddauer

Abbildung 11 Blenddauer am IP 6

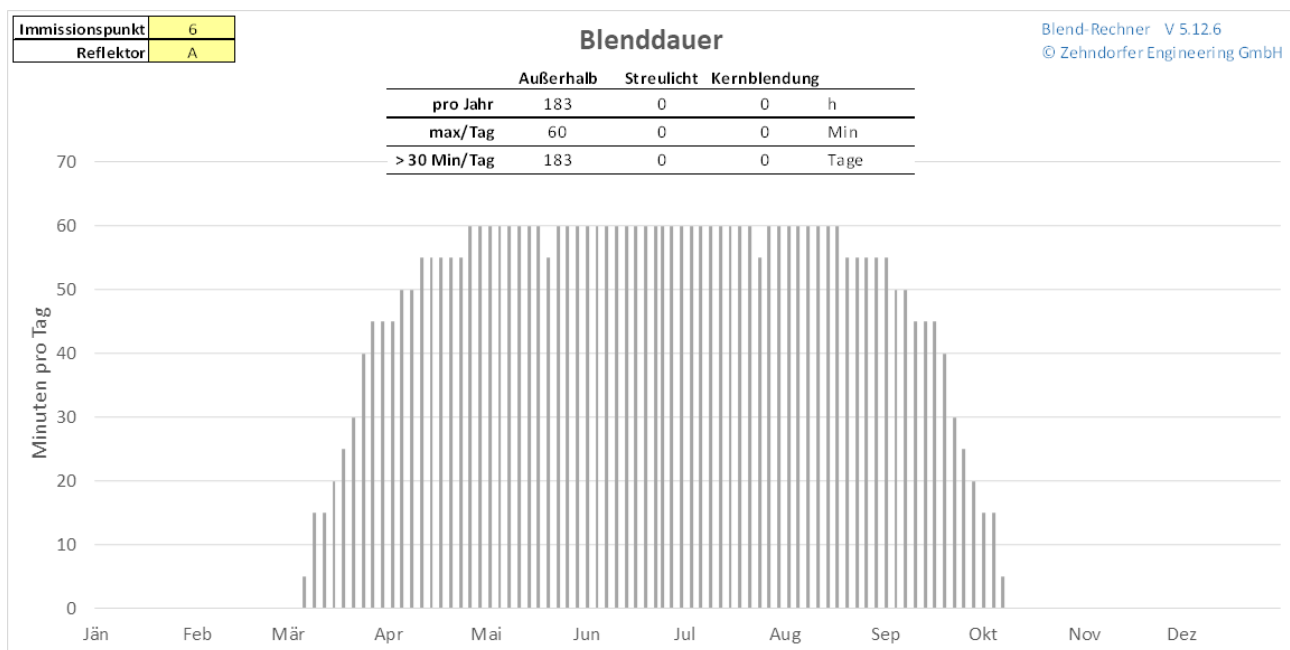


Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

Orange Linien kennzeichnen Streulicht, eventuelle gelbe Linien stellen direkte Spiegelungen dar.

Eventuell grau unterlegte Bereiche sind jene Zeiten zu denen zwar Reflexionen stattfinden, diese werden jedoch auf Grund der 10°-Regel gemäß LAI-2012 (Blickwinkel zwischen Sonne und Modul mindestens 10°) beziehungsweise des inneren Gesichtsfeldes (+/-15° von der Blickrichtung) nicht in der Summe der Blenddauer berücksichtigt.

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

2.5.4 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 Unfallatlas 2018



Auf dem relevanten Autobahnabschnitt fanden in den Jahren 2016 bis 2018 jährlich 1 bis 2 Unfälle mit Personenschäden statt.

Es liegen also keine Verkehrskritischen Punkte vor.

3 Beurteilung & Empfehlungen

IP1, 2, 6 und 7 (Autobahn)

Es wird zu Reflexionen in Richtung der IP kommen. Diese liegen jedoch immer außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrer (Minimum 41° zur Fahrtrichtung) und stellen daher keine Gefahr für den Verkehr auf der Autobahn dar.

IP3 bis 5 (Autobahn)

Auf Basis des astronomischen Sonnenstandes, kann es zu keiner Zeit zu einer Blendwirkung an diesen IP kommen.

IP8 bis 10 (Nachbarn)

Es wird zu kurzen Reflexionen in Richtung der Nachbarn kommen. Sie bestehen hauptsächlich aus Streuungen, welche gemäß Richtlinie nicht zu berücksichtigen sind. Die Dauer der Reflexionen liegt deutlich unter den Grenzwerten der Richtlinie.

Es ist keine gefährliche Blendwirkung auf den Autobahnverkehr und keine erhebliche Blendwirkung auf die Nachbarschaft zu erwarten.

Datum: 11.11.2019

Gutachter:

**Zehndorfer
Engineering**

+43 (680) 244 3810 Zehndorfer Engineering GmbH
office@zehndorfer.at Stift-Viktring-Straße 21/6
www.zehndorfer.at 9073 Klagenfurt
FN 515736k Austria
UID ATU74524829

Jakob Zehndorfer
Zehndorfer Engineering GmbH

ANHANG 1 DEFINITIONEN

Blendung (allgemein)	eine Störung der visuellen <i>Wahrnehmung</i> , verursacht durch eine helle Lichtquelle im Gesichtsfeld
Psychologische Blendung	eine Form von Blendung, welche als <i>unangenehm oder ablenkend</i> empfunden wird. Sie stört häufig nur unbewusst die Aufnahme von visueller Information, ohne die Wahrnehmung von Details wirklich zu verhindern.
Physiologische Blendung	eine Form von Blendung, welche die Wahrnehmung von visueller Information <i>technisch messbar</i> reduziert. Sie wird durch Streulicht innerhalb des Auges verursacht, welches die wahrnehmbaren Kontraste durch seine Schleierleuchtdichte reduziert.
Blendwirkung	Die Auswirkung der Blendung auf ein Individuum.
tolerierbare Grenze	In den genannten Vorschriften und Gesetzestexten wird die „tolerierbare Grenze“ für die Blendung nicht näher definiert.
Reflexion (Physik)	Das Zurückwerfen von Wellen an einer Grenzfläche
Gerichtete Reflexion	Für (nahezu) glatte Oberflächen gilt das <i>Reflexionsgesetz</i>
Immissionspunkt	Punkt auf den Strahlung (durch Reflexion) einwirkt
Emissionspunkt	Punkt von dem Strahlung (durch Reflexion) ausgesendet wird
Leuchtdichte	Ein Maß für den <i>Helligkeitseindruck</i> . Gibt die Lichtstärke pro Fläche in Candela pro Quadratmeter an [cd/m^2] bzw. den Lichtstrom pro sichtbarer Fläche des Reflektors und Raumwinkel (des entfernt stehenden Auges) [$\text{lm}/\text{m}^2\text{sr}$].
Lichtstärke	Der Lichtstrom pro Raumwinkel [lm/sr].
IP	Die Immissionspunkte auch „Points of interest“ sind jene Punkte, für die die Blend-berechnung durchgeführt wird
PV	Photovoltaikanlage
Azimut	Winkel (am Boden) zwischen Objekt und Südrichtung
Elevation	zu Deutsch <i>Höhenwinkel</i> , gemessen von der Horizontalen zum Objekt
Koordinatensystem	Das verwendete Koordinatensystem verläuft in x/y-Ebene parallel zur Erdoberfläche, der z-Vektor zeigt senkrecht in die Höhe. In der Berechnung finden verschiedene andere Koordinatensysteme Anwendung, was für das Endergebnis aber irrelevant ist.
Prismierung	PV Glas hat neben seiner besonderen chemischen Zusammensetzung und einer eventuellen anti-reflex Beschichtung in vielen Fällen auch noch die Eigenschaft einer „rauen“ Oberfläche – kleine Prismen, die die Reflexion verringern und die Transmission des Lichts in das Glas verstärken sollen. An diesen kleinen, unterschiedlich geneigten Flächen entsteht Streulicht.

ANHANG 2 RICHTLINIEN, VORSCHRIFTEN UND GESETZE

Bundes-Immissionsschutzgesetz (2016)

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

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

Bürgerliches Gesetzbuch 2015, § 906

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

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

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

3. Maßgebliche Immissionsorte und –Situationen

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

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

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

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

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

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 Immissionspunkten auftreten werden notiert und grafisch im Blendverlauf dargestellt. Die Blenddauer wird als tägliche und jährliche Akkumulation der Blendzeitpunkte errechnet. Alle Berechnungen werden unter Zuhilfenahme von vorteilhaften Koordinatensystemen mittels entsprechender Drehmatrizen durchgeführt.

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

ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Für die Koordinaten wurde das folgende Bezugssystem gewählt: UTM Zone 33, mit false northing -5.000.000

Die PV Anlage befindet sich an folgenden Koordinaten

Reflektor Eckpunkt	A			
	C1	C2	C3	C4
x	282.850	282.929	283.160	283.106
y	378.059	378.011	378.266	378.339
z	398	398	398	398
h	1,2	1,2	2,9	2,9

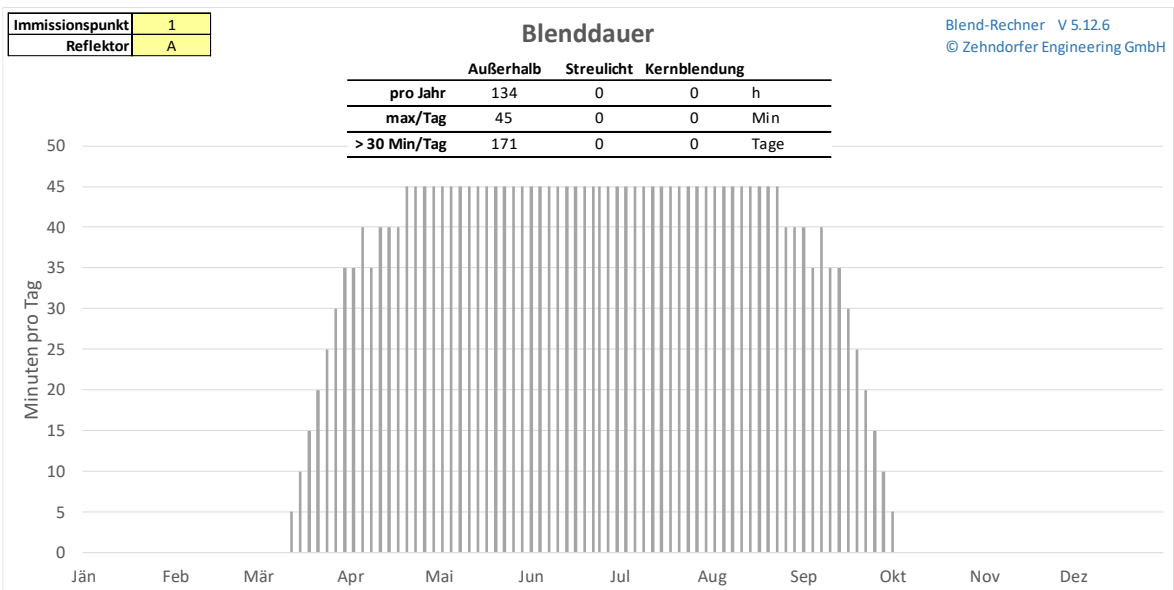
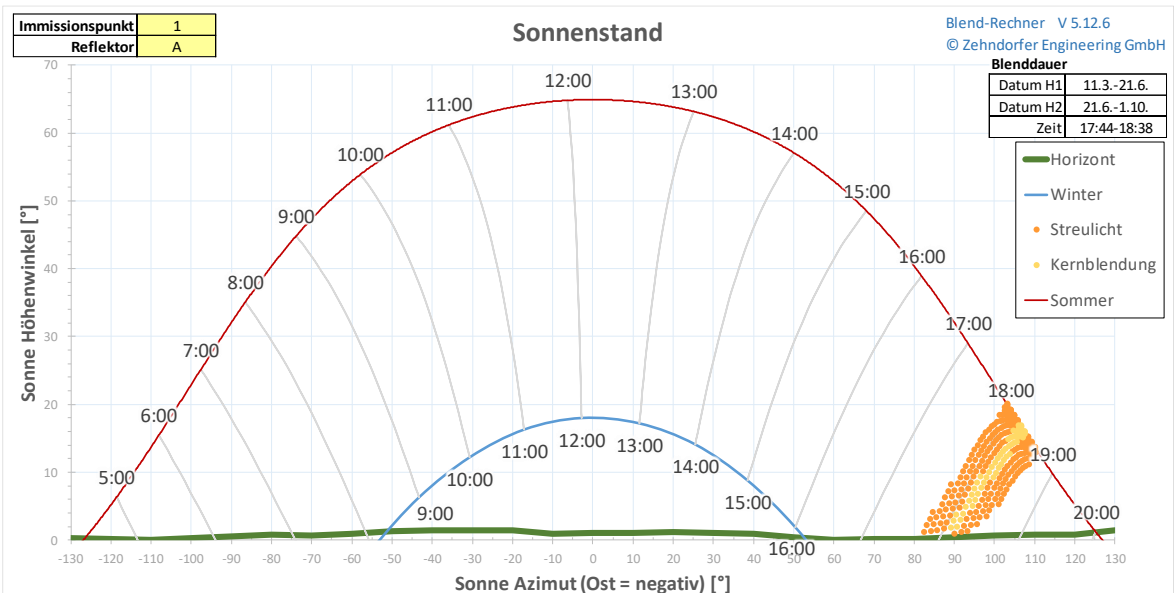
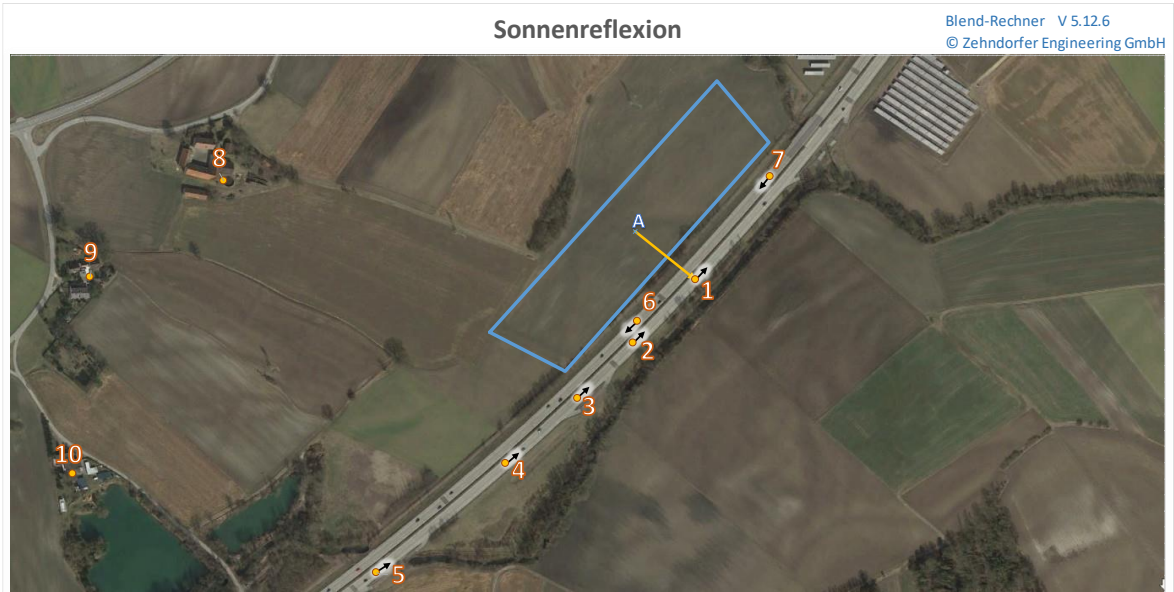
Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

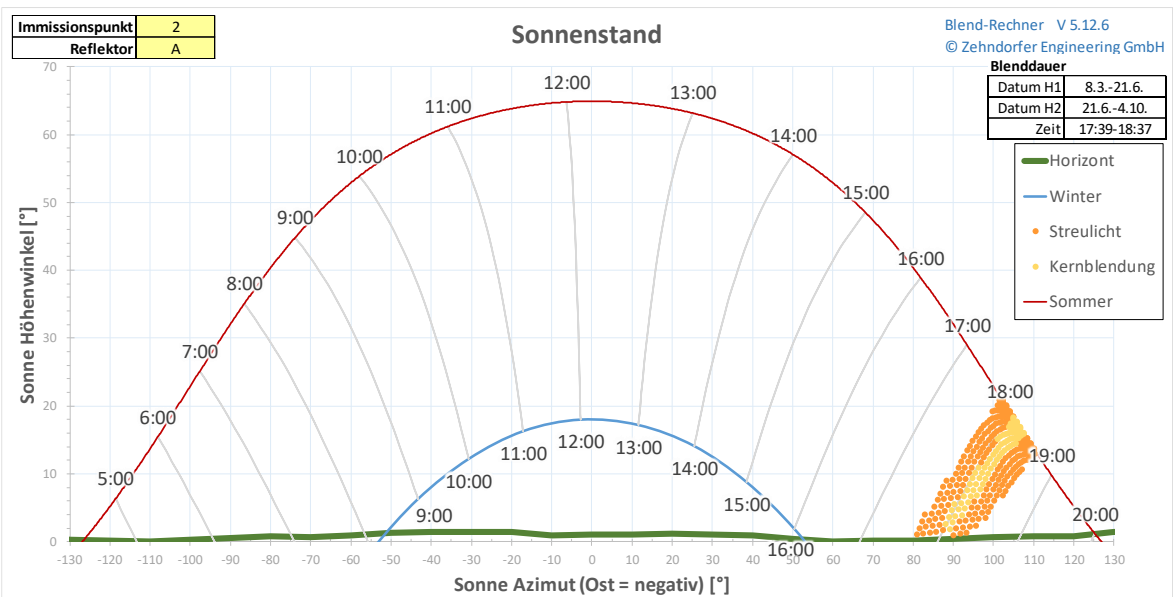
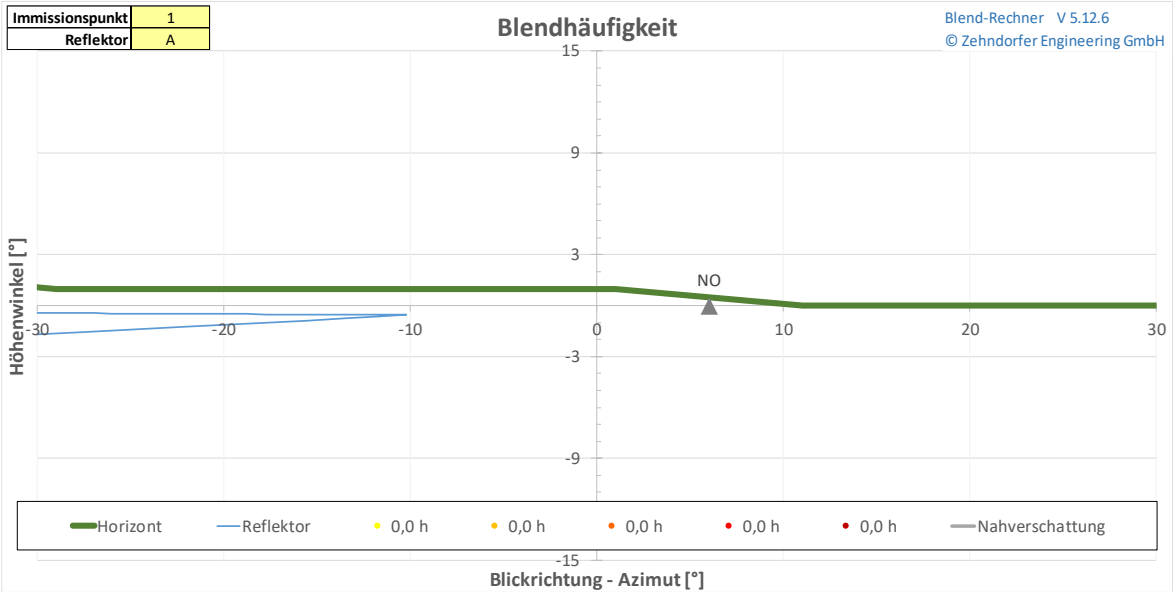
Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	IP8	IP9	IP10
x	283.074	283.004	282.942	282.862	282.718	283.009	283.159	282.570	282.423	282.395
y	378.111	378.040	377.979	377.907	377.787	378.065	378.227	378.244	378.139	377.913
z	400	400	400	400	400	400	399	398	399	399
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5,0	5,0	5,0
Blickrichtung	-141	-140	-138	-135	-130	42	37			

ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Reflektor		A	A	A	A	A	A
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6
Distanz	m	86	129	202	302	482	104
Höhenwinkel	°	-2	-1	-1	-1	0	-2
Raumwinkel	msr	78	108	69	8	0	197
Datum H1		11.3.-21.6.	8.3.-21.6.	-	-	-	5.3.-21.6.
Datum H2		21.6.-1.10.	21.6.-4.10.	-	-	-	21.6.-7.10.
Zeit		17:44-18:38	17:39-18:37	-	-	-	17:30-18:35
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	0	0	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	0	0	0	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	11	11	-	-	-	12
Sonnen Azimut (Mittel)	°	96	95	-	-	-	94
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	29	32	-	-	-	36
Blendung - Blickwinkel (min)	°	105	106	-	-	-	41

Reflektor		A	A	A
Immissionspunkt		8	9	10
Distanz	m	447	589	667
Höhenwinkel	°	0	0	0
Raumwinkel	msr	0	0	0
Datum H1		20.3.-25.4.	20.3.-19.5.	7.4.-21.6.
Datum H2		17.8.-22.9.	24.7.-22.9.	21.6.-4.9.
Zeit		5:55-6:28	5:50-6:29	5:40-6:20
Kernblendung	min / Tag	0	0	5
Kernblendung	h / Jahr	0	0	1
Streulicht	min / Tag	15	25	35
Streulicht	h / Jahr	7	23	59
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	6	8	11
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-94	-96	-103
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	15	19	23
Blendung - Blickwinkel (min)	°	9	0	0



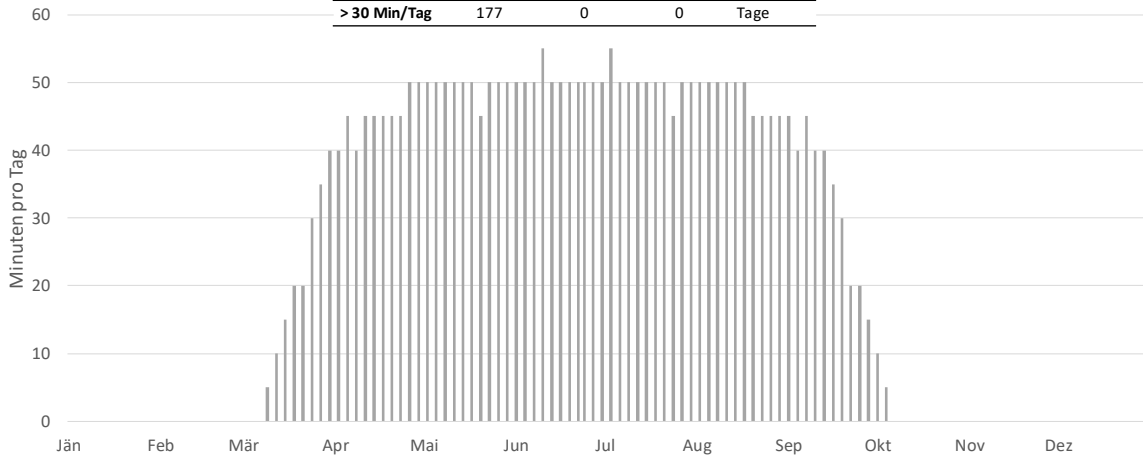


Immissionspunkt	2
Reflektor	A

Blenddauer

Blend-Rechner V 5.12.6
© Zehndorfer Engineering GmbH

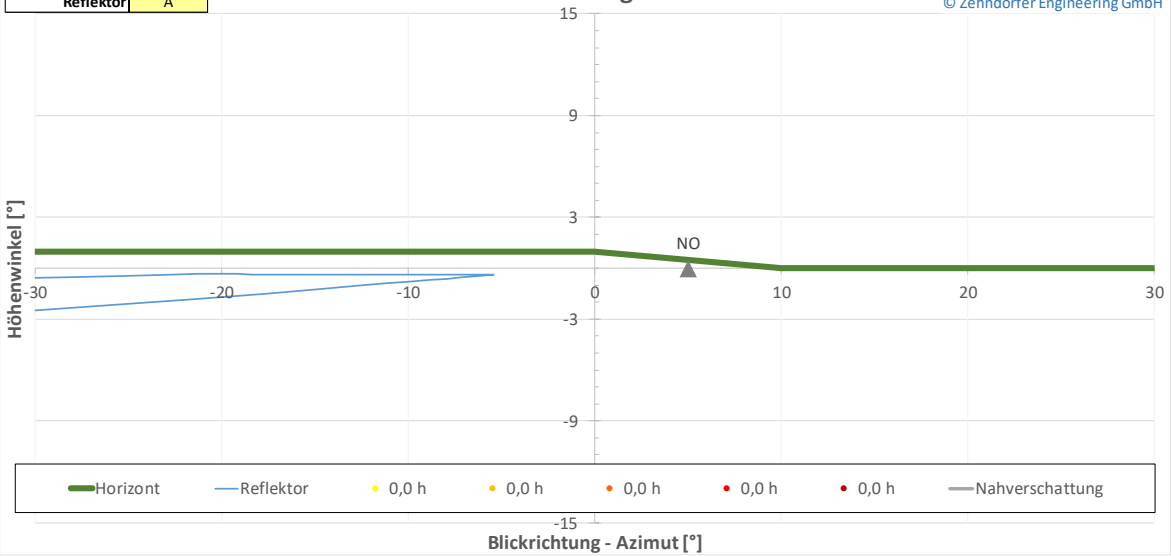
	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	150	0	0	h
max/Tag	55	0	0	Min
> 30 Min/Tag	177	0	0	Tage

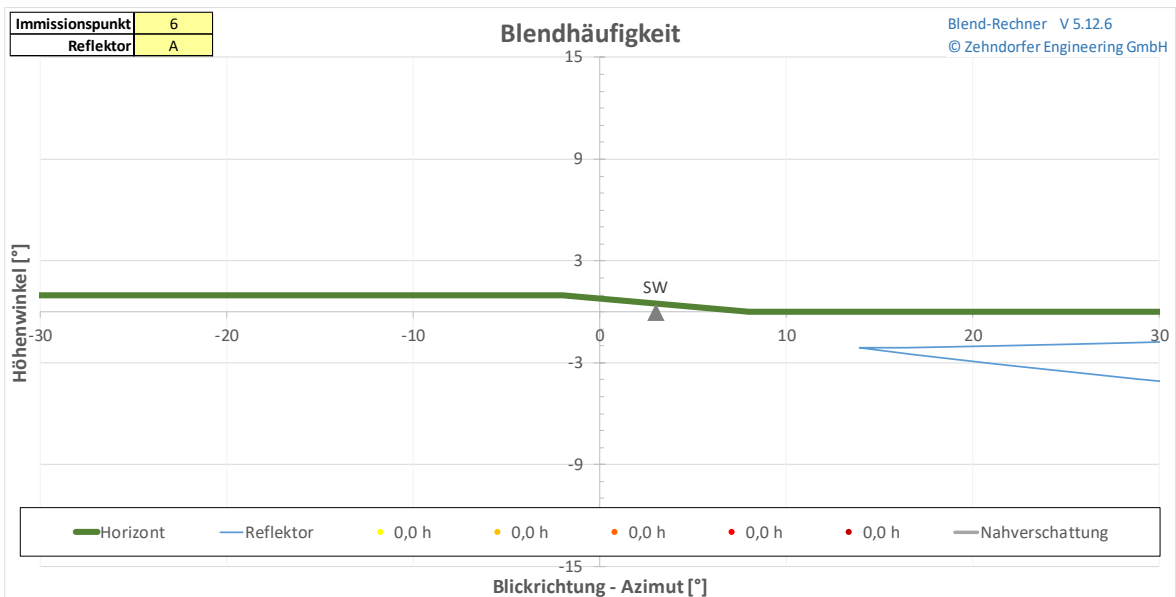
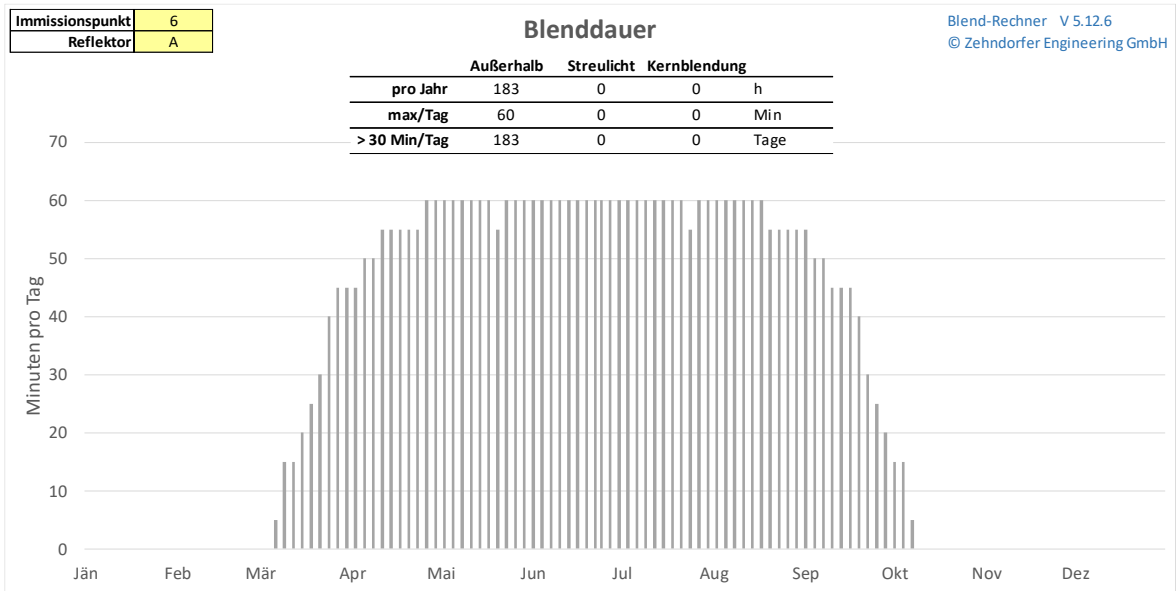
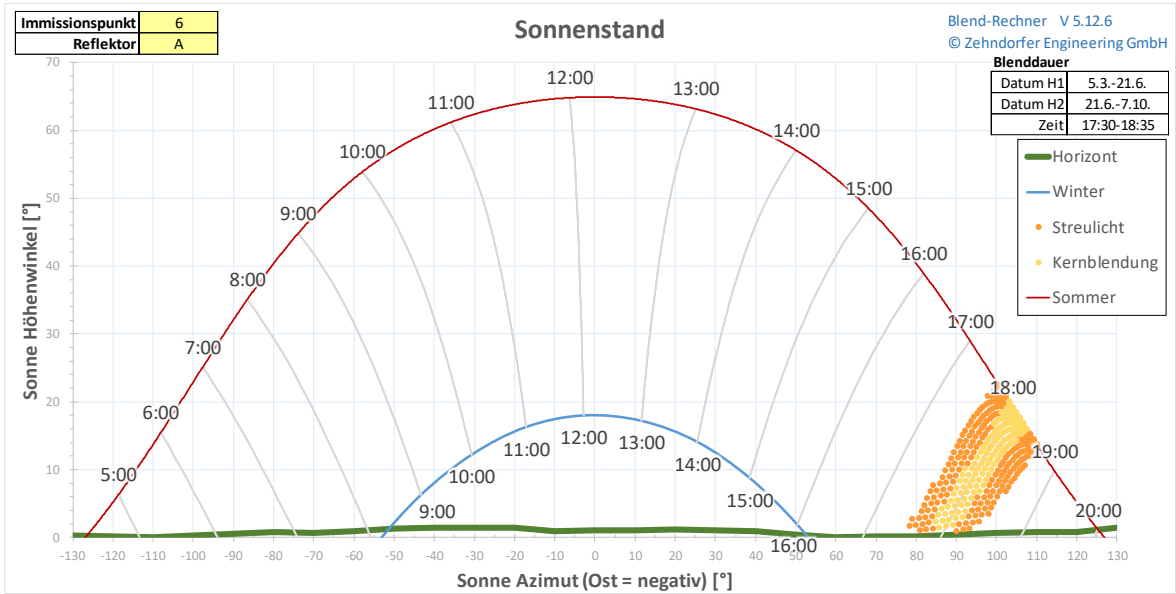


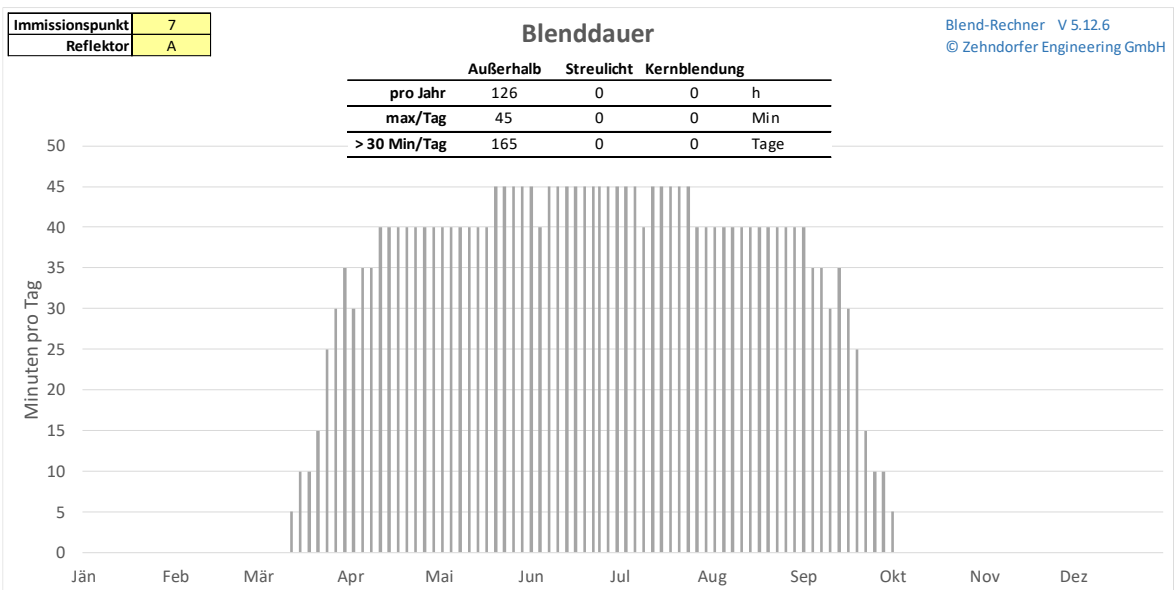
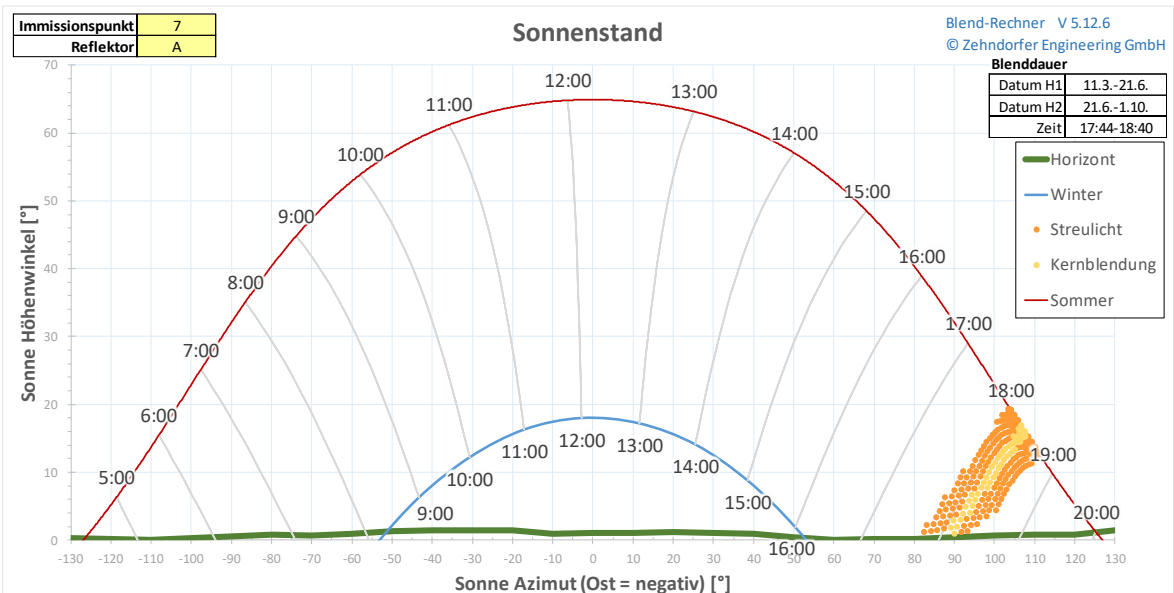
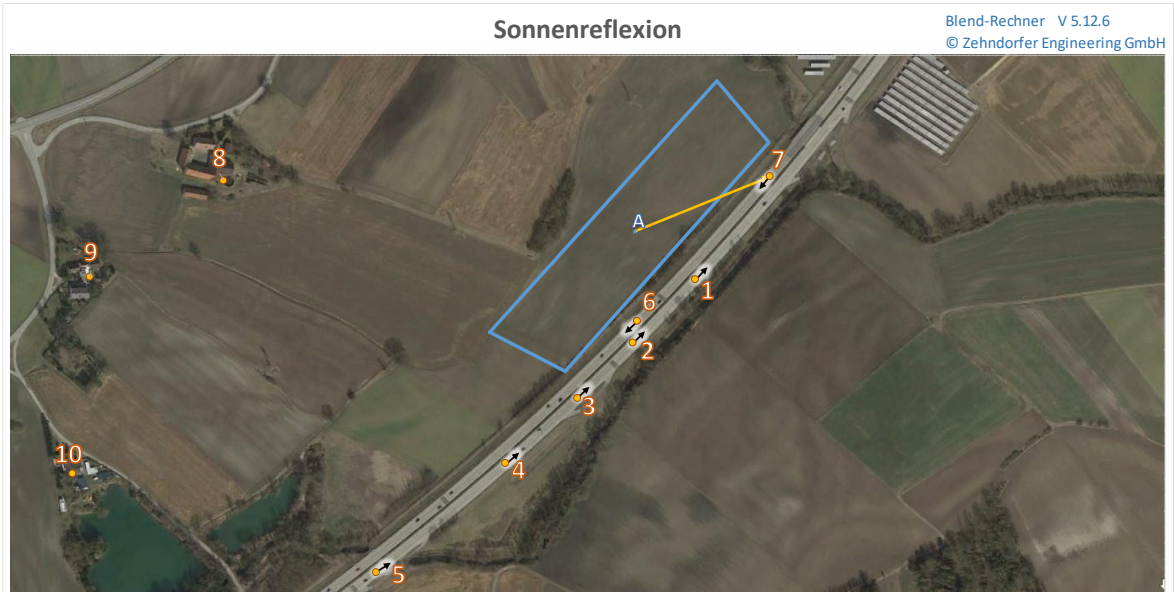
Immissionspunkt	2
Reflektor	A

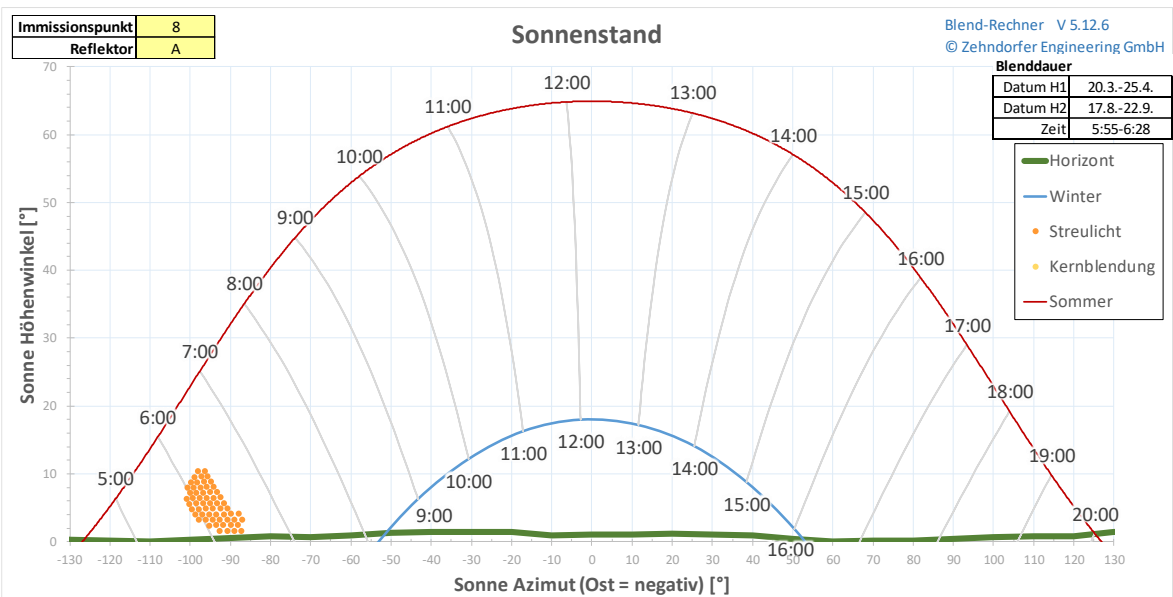
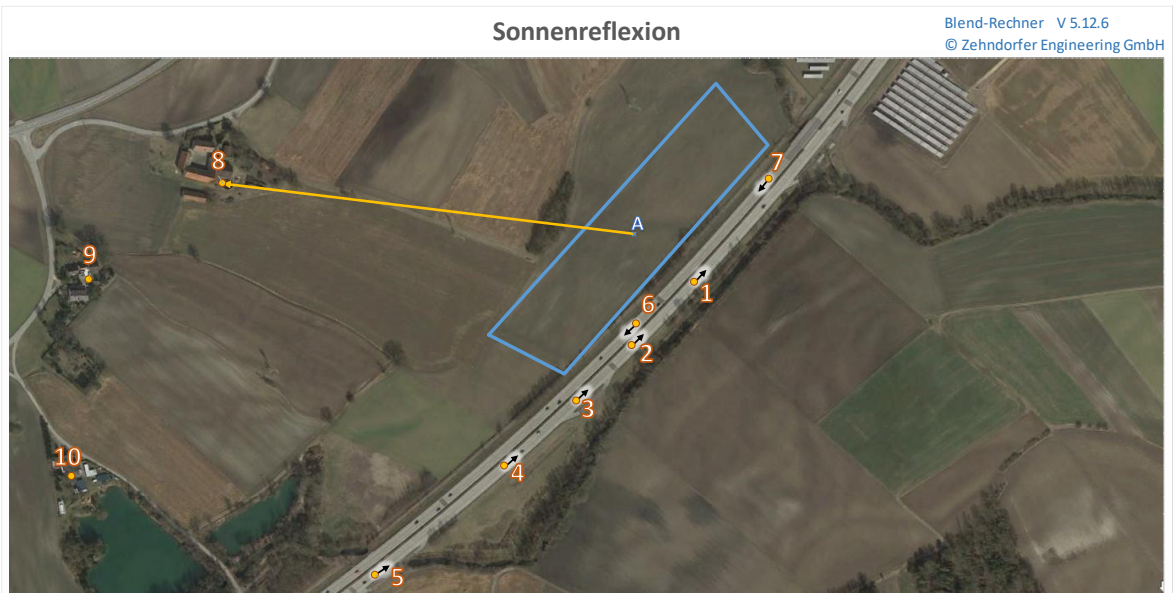
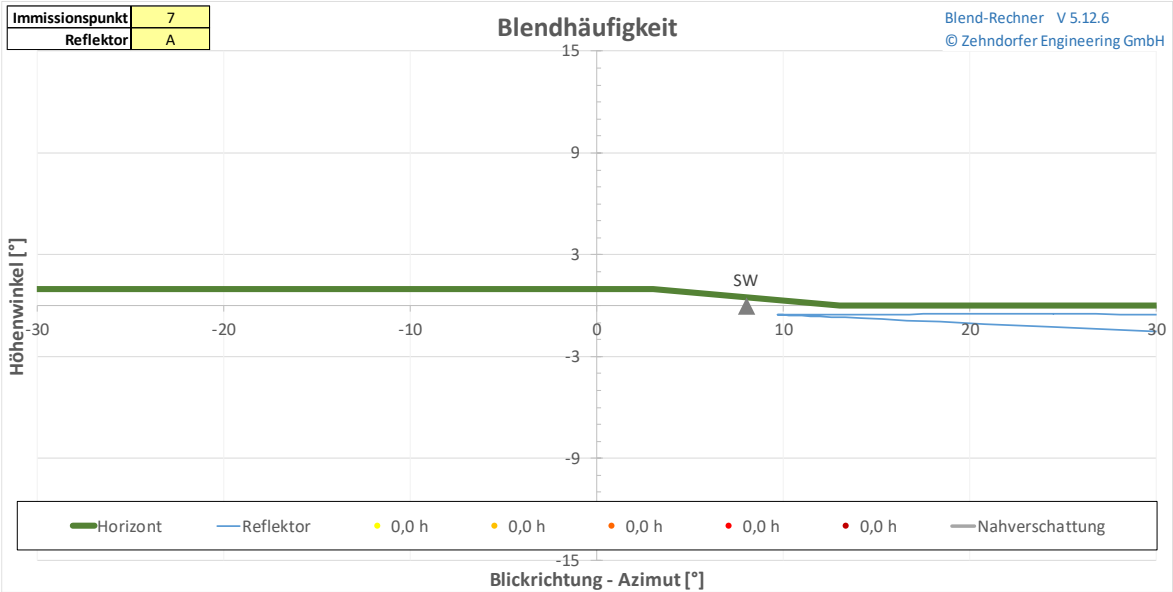
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.12.6
© Zehndorfer Engineering GmbH







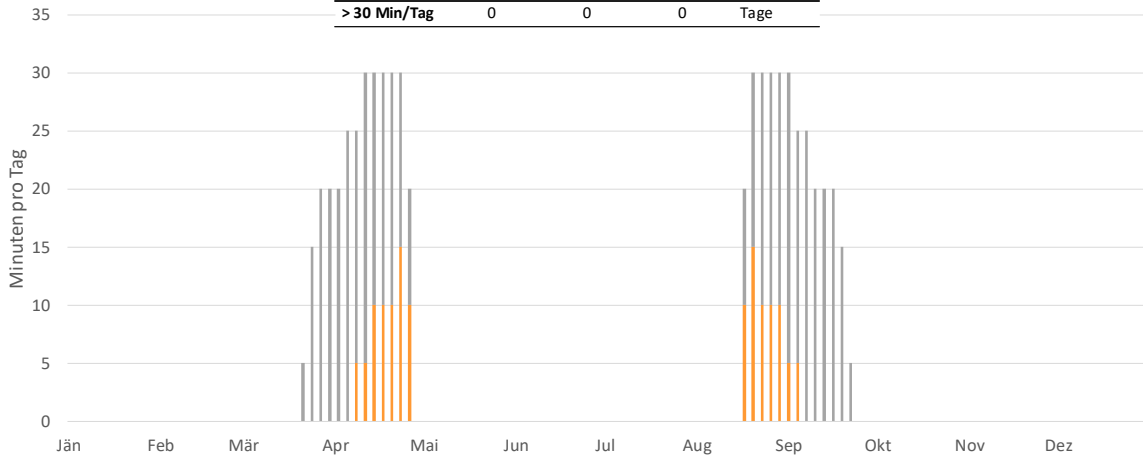


Immissionspunkt	8
Reflektor	A

Blenddauer

Blend-Rechner V 5.12.6
© Zehndorfer Engineering GmbH

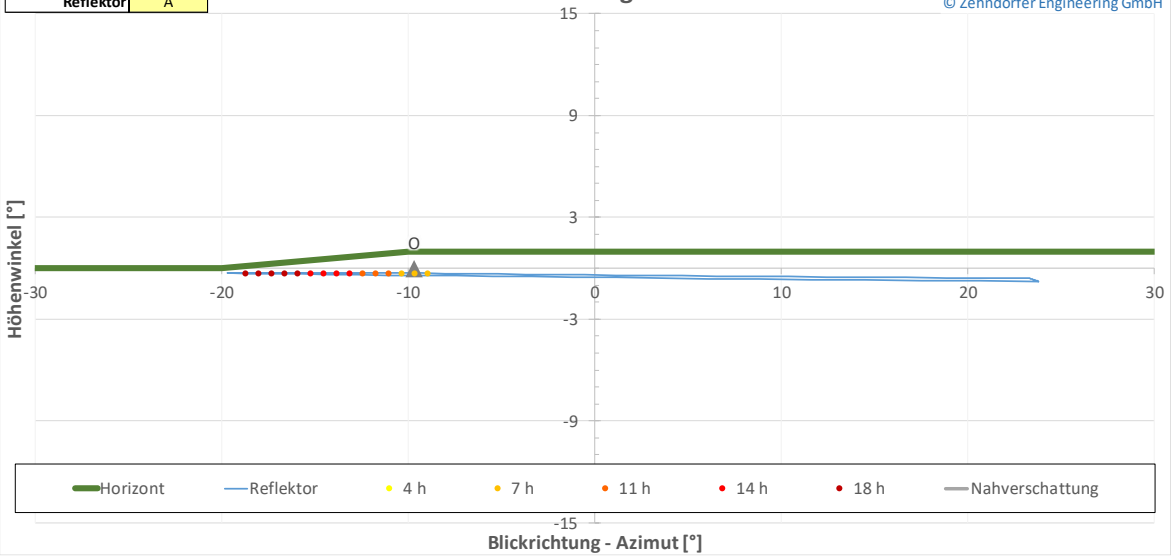
	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	24	7	0	h
max/Tag	25	15	0	Min
> 30 Min/Tag	0	0	0	Tage



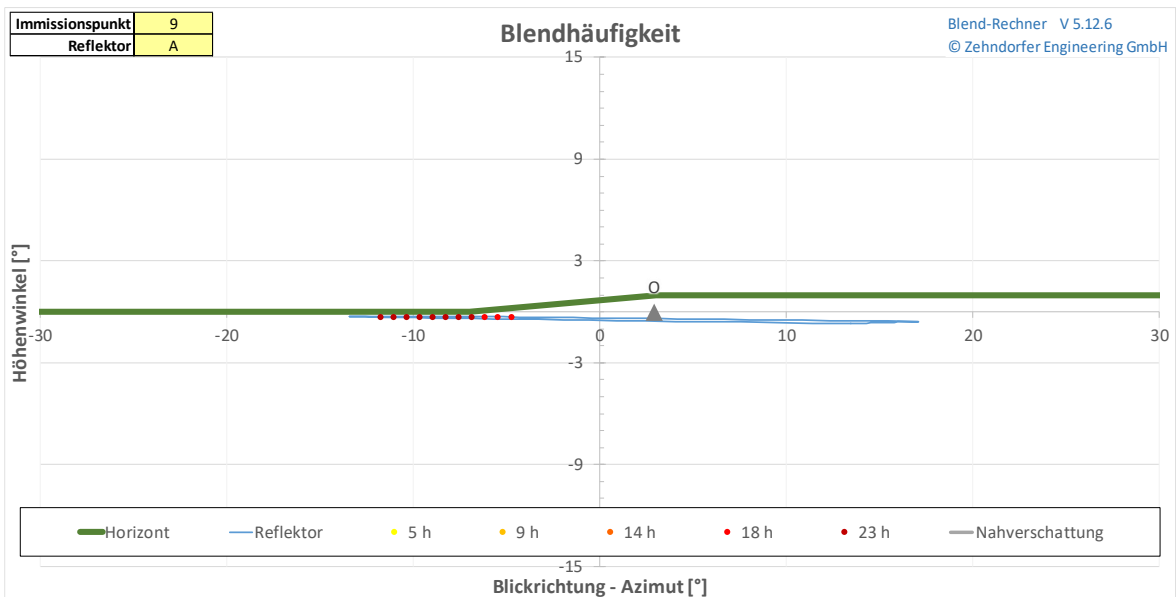
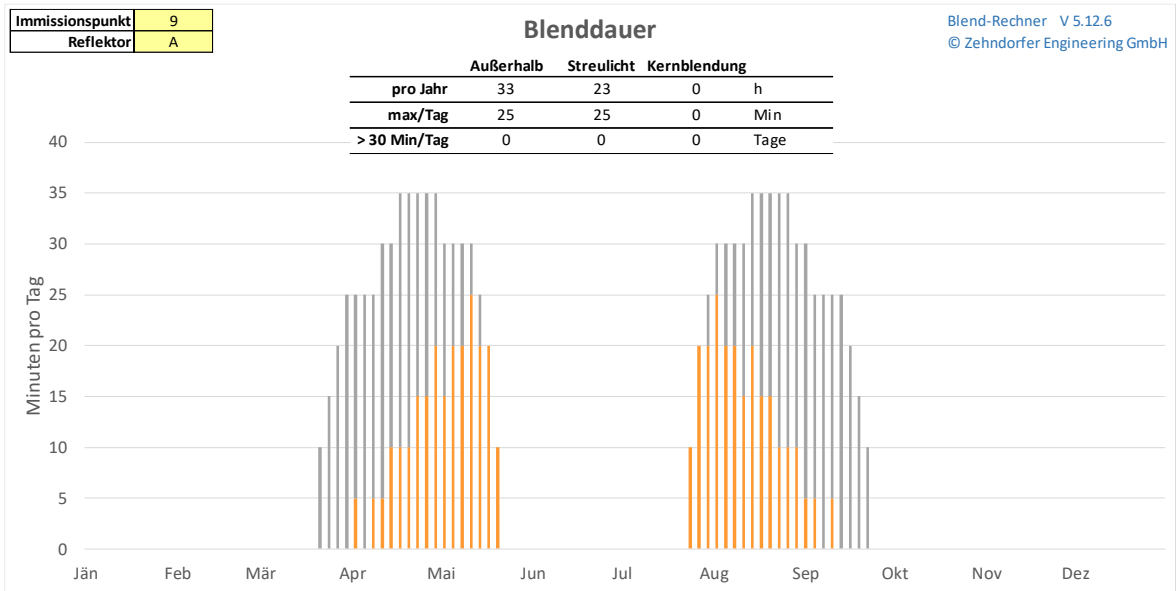
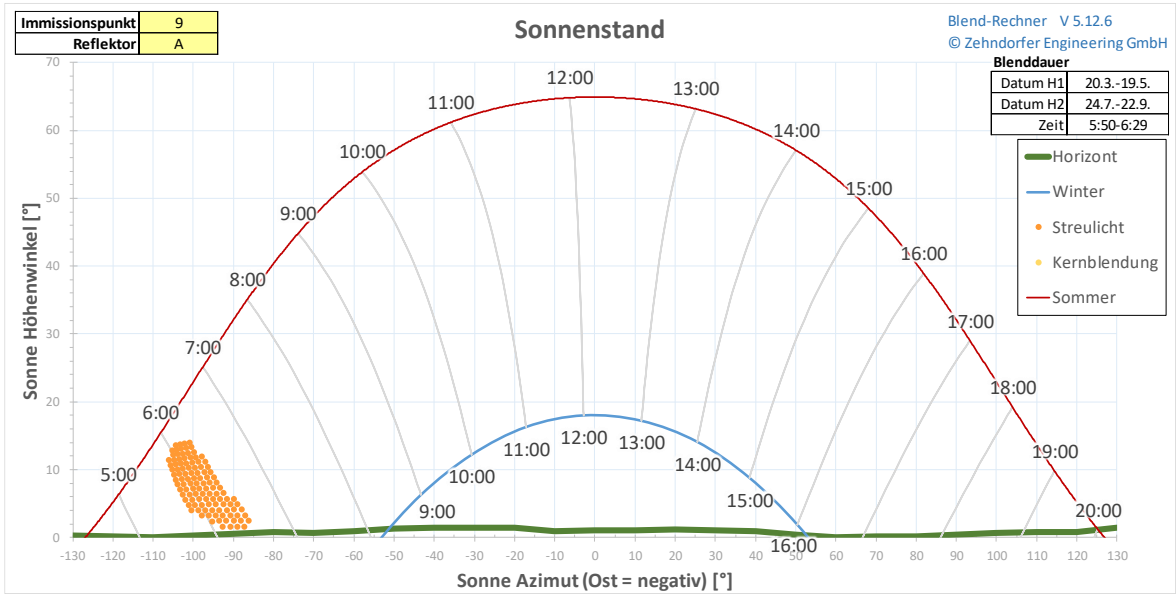
Immissionspunkt	8
Reflektor	A

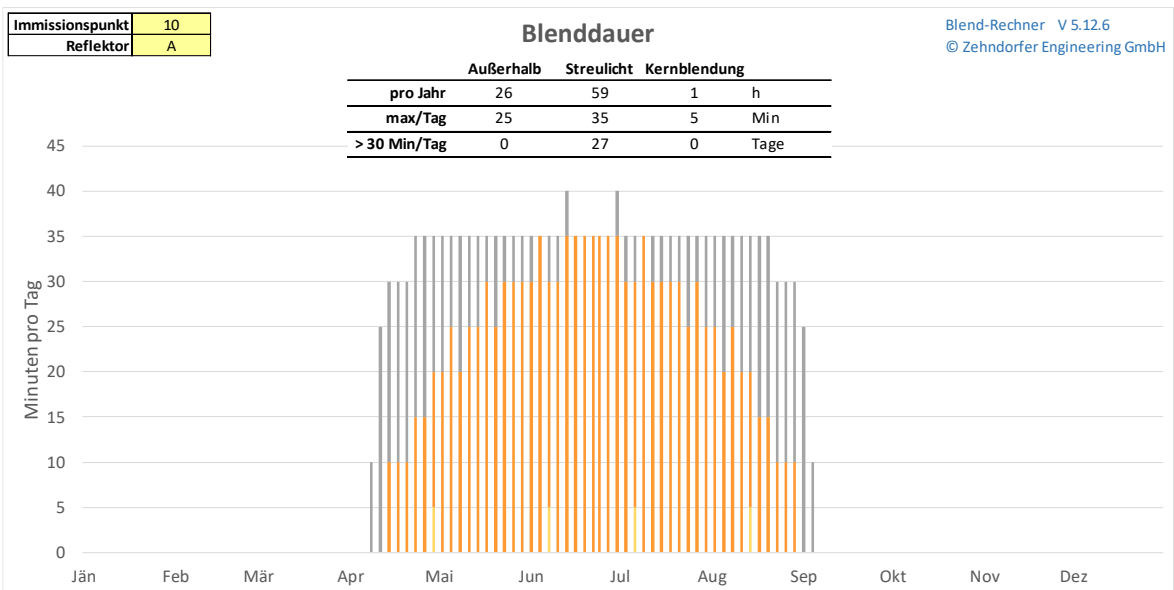
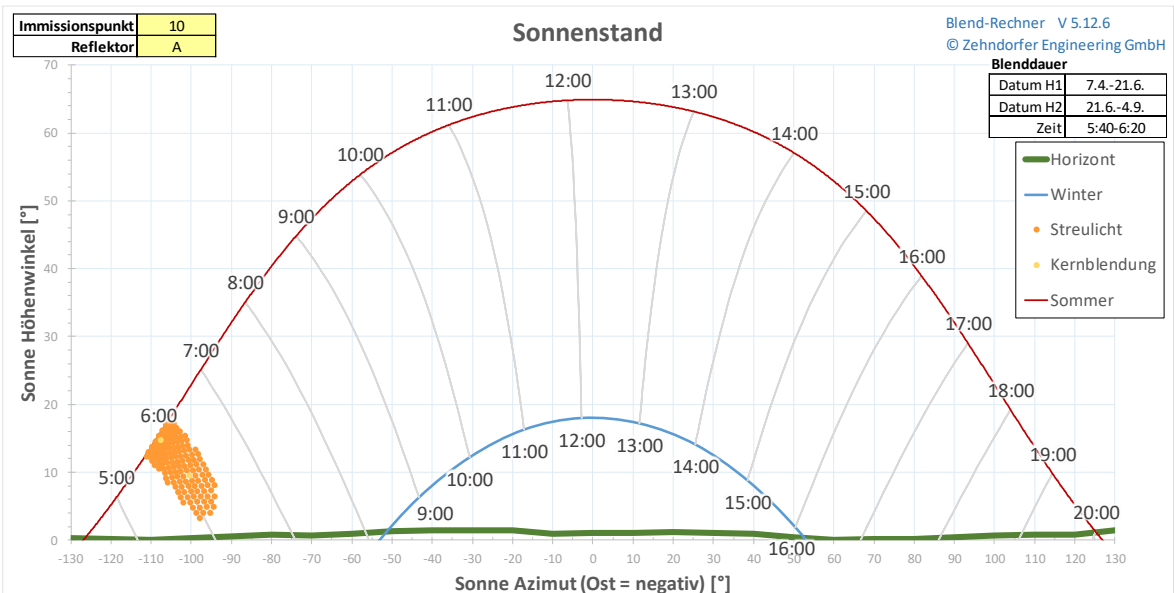
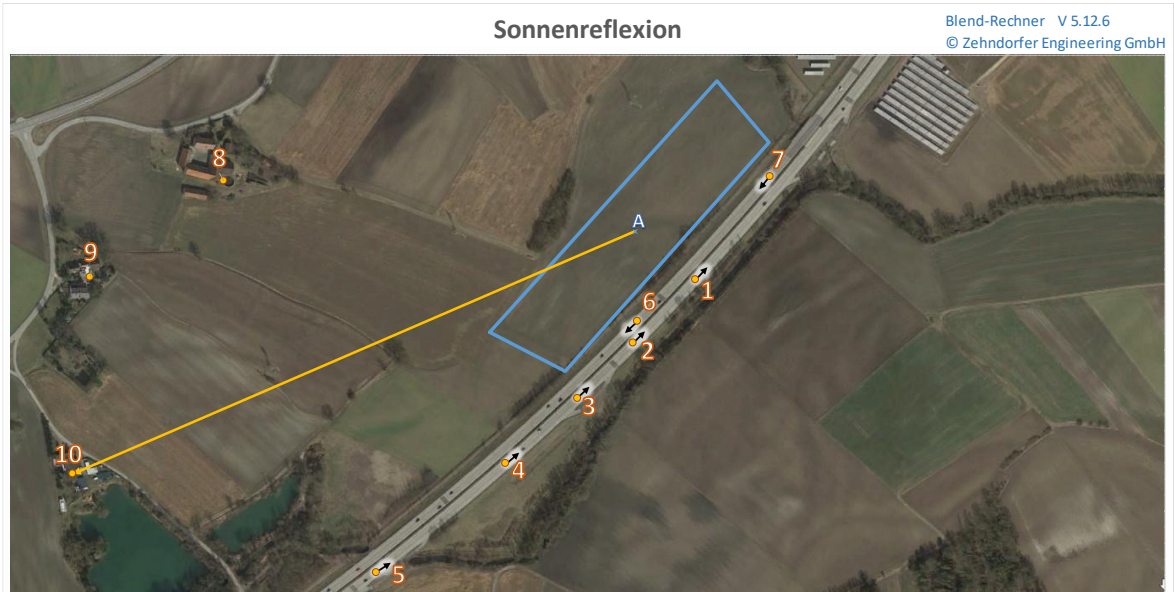
Blendhäufigkeit

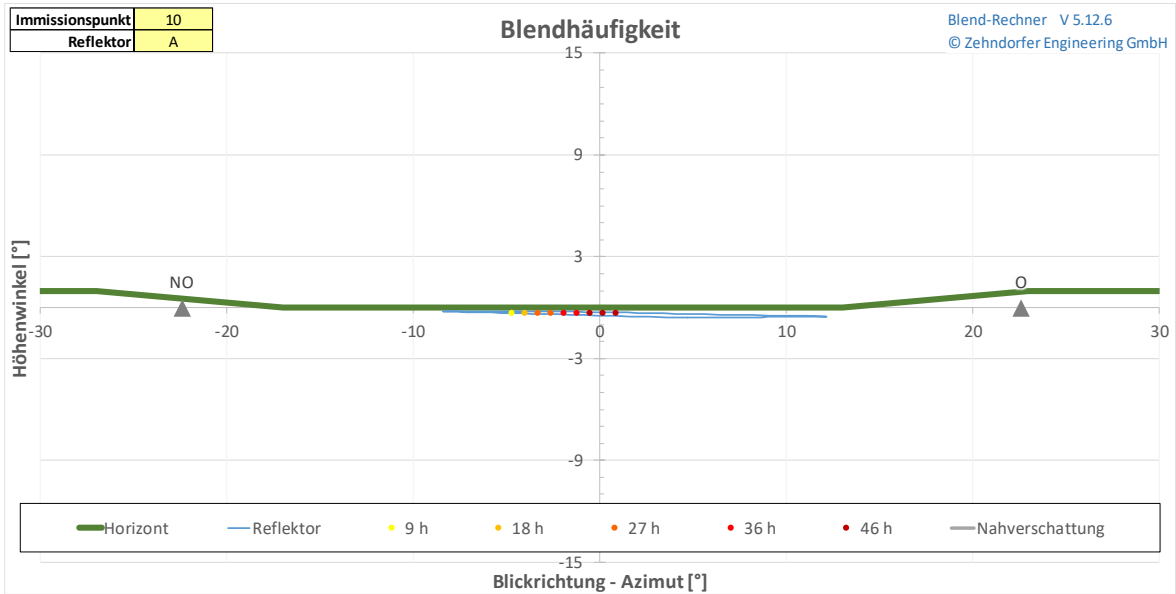
Blend-Rechner V 5.12.6
© Zehndorfer Engineering GmbH



Blend-Rechner V 5.12.6
© Zehndorfer Engineering GmbH







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

