

Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Bad Waldsee

Im Auftrag von

Hierbühl GBR

z.H. Jörg Waggerhauser

Ringers 1

88339 Bad Waldsee

Gutachten ZE22072-JW
Juni 2022



INHALT

1 Situationsbeschreibung..... 4

 1.1 PROBLEMBESCHREIBUNG4

 1.2 ORTSBEZEICHNUNG UND LAGE DER PV-ANLAGE4

 1.3 UNTERSUCHTER RAUM 6

 1.4 ABSCHATTUNGEN & VERDECKUNGEN7

 1.4.1 *Geländeprofil*.....7

 1.4.2 *Horizont*.....8

 1.4.3 *Bewuchs* 8

 1.4.4 *Künstliche Abschattungen*..... 8

2 Blendberechnung 8

 2.1 BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....8

 2.2 REFLEXIONSBERECHNUNG9

 2.3 ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE 10

 2.4 SICHTBEZUG..... 11

 2.5 BLENDWIRKUNG 12

 2.5.1 *Größenverhältnisse*12

 2.5.2 *Richtung der Blendung*.....12

 2.5.3 *Blendstärke*13

 2.5.4 *Blenddauer*14

 2.5.5 *Subjektive Faktoren*.....14

 2.5.6 *Verkehrskritische Punkte*.....14

 2.5.7 *kritische Verkehrswege - Schienenfahrzeugverkehr*.....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 eines Solarparks ist zu prüfen, ob eine Blendwirkung auf den Bahn- oder Straßenverkehr, bzw. die bestehende und die geplante Wohnbebauung besteht.

Durch die PV-Anlage wird keine gefährliche Blendwirkung auf den Bahn- oder Straßenverkehr stattfinden.

Es wird keine erhebliche Blendwirkung in Richtung der untersuchten Punkte in der Nachbarschaft auftreten.

Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	21.6.2022	ursprüngliche Fassung

Haftungsausschluss

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

Copyright

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

1 Situationsbeschreibung

1.1 Problembeschreibung

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

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

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

Ziel dieses Gutachtens ist die Prüfung, ob der Bahn- oder Straßenverkehr bzw. 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 88339 Bad Waldsee, Landkreis Ravensburg (GPS-Koordinaten 47°55'56" N, 9°43'60" O)

Abbildung 1 Situation

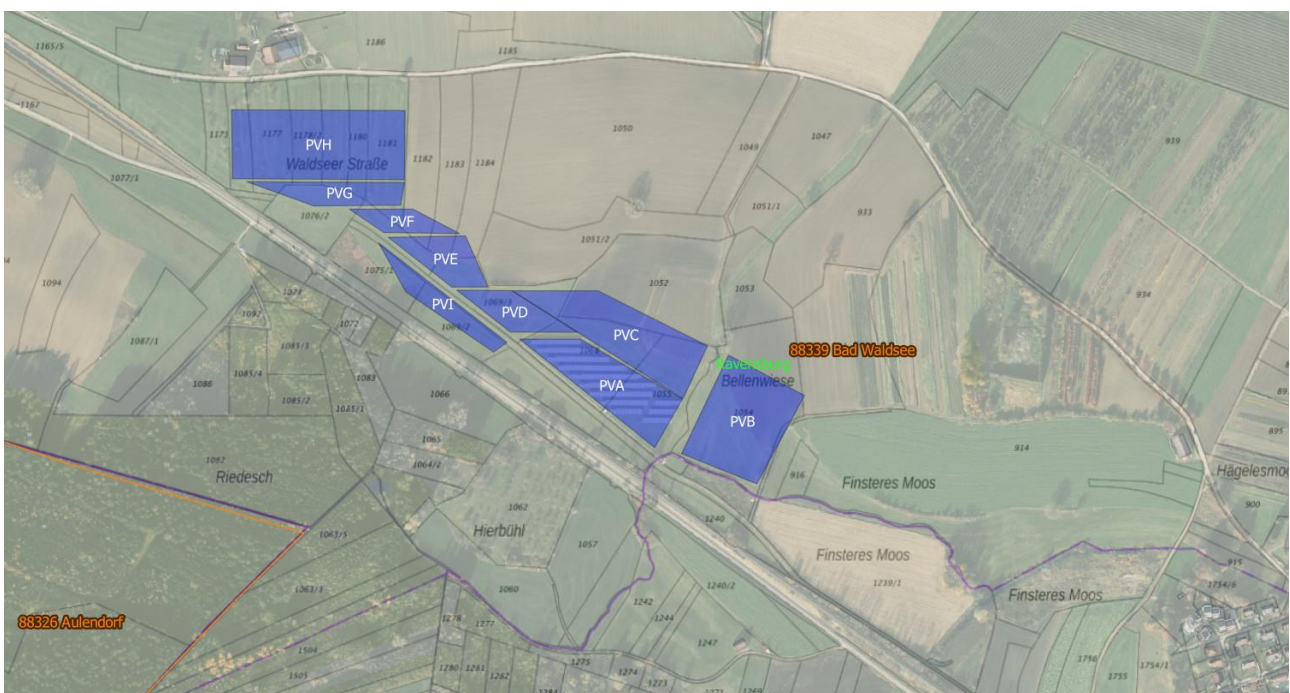


Abbildung 2 Modulbelegungsplan



Abbildung 3 Montagesystem

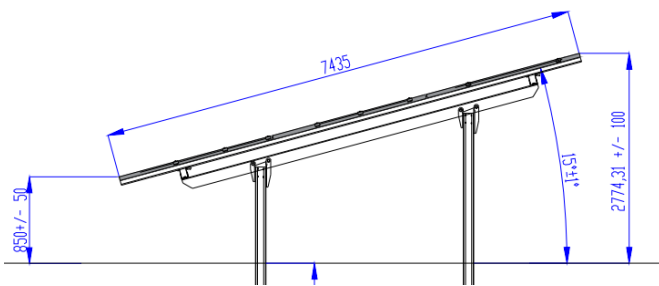
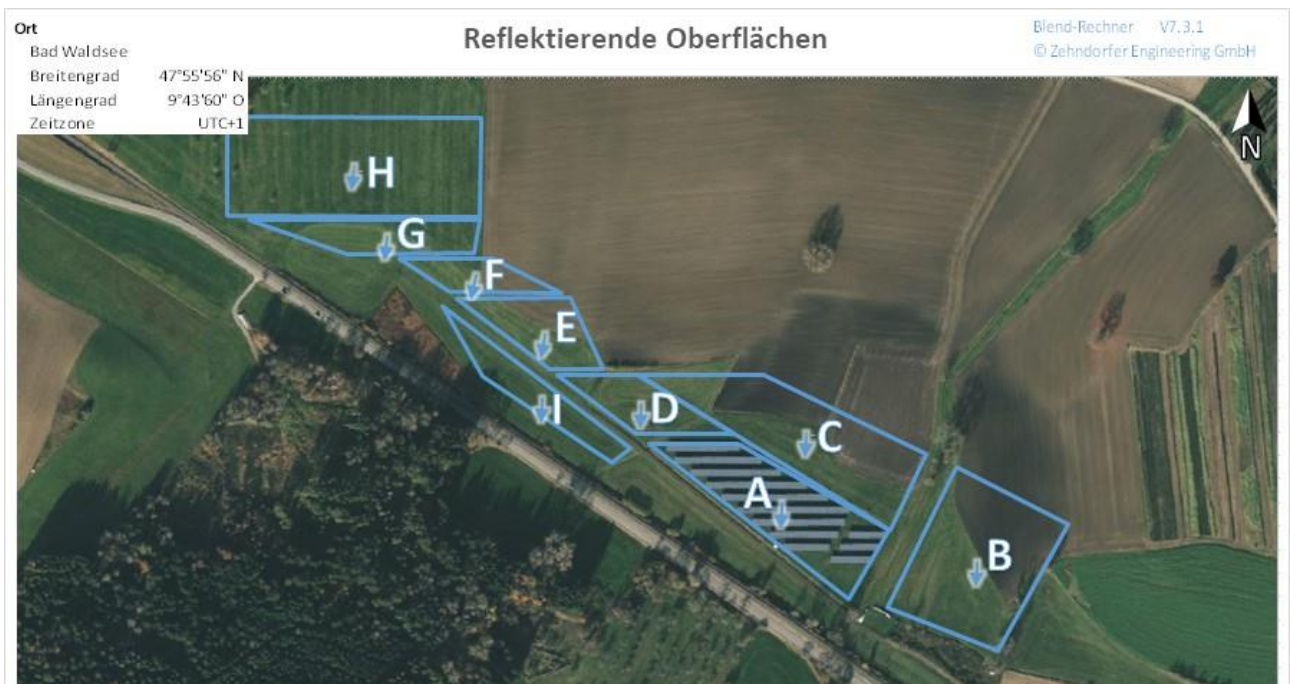


Abbildung 4 Modellierung der reflektierenden Flächen



Die reflektierenden Flächen werden für die Berechnung in mehreren Vierecken modelliert. Dabei wurde die bestehende PV-Anlage berücksichtigt und in das Modell integriert.

Abbildung 5 Ausrichtung der reflektierenden Flächen (nicht maßstabsgetreu)

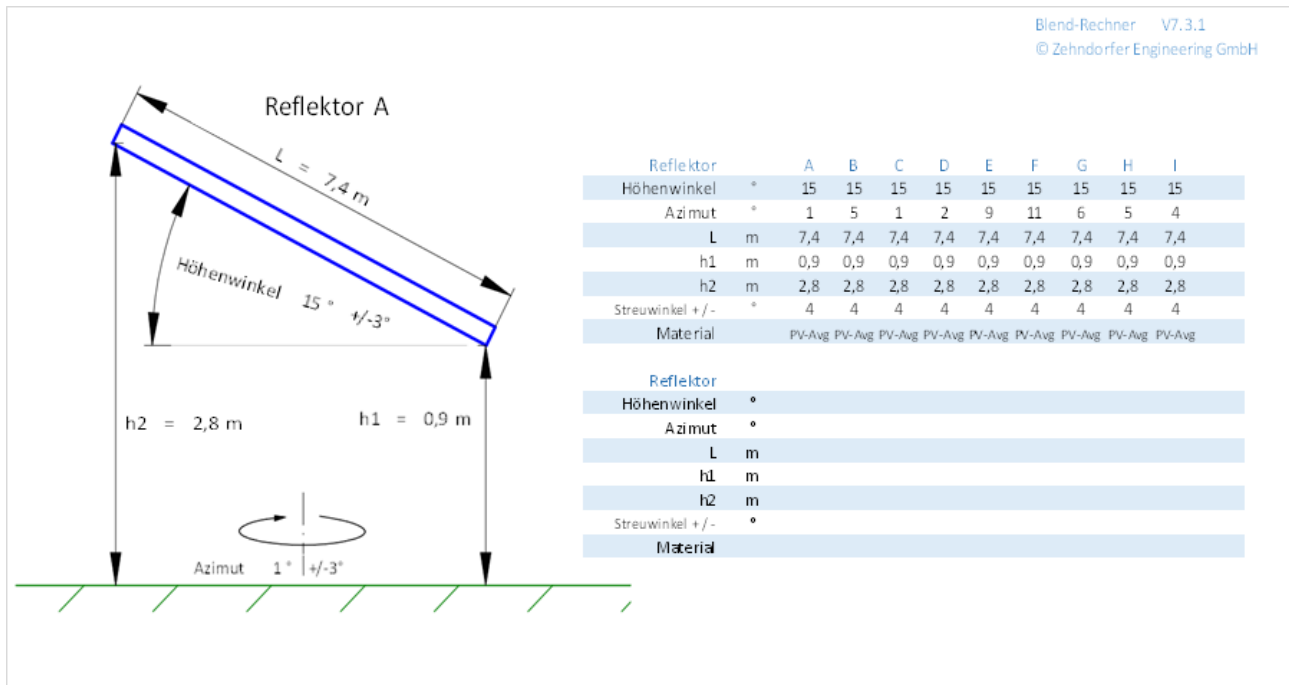


Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum¹. Die Module sind in Richtung - Süden mit 15° geneigt aufgeständert. Sie sind auf dreireihigen Modultischen, hochkant, mit der Oberkante bei ca. 3 m angeordnet. Für die Streuung an den PV-Modulen wurde ein üblicher Streuwinkel von +/- 4° angenommen.

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

1.3 Untersucher Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen

- auf der Landesstraße L275 Aulendorfer Straße (2,5m über der Fahrbahn)
- auf der Bahntrasse 4550 Württembergische Allgäubahn
- bei der bestehenden Wohnbebauung im Osten und Norden
- im potenziellen Baugebiet östlich der Anlage (h= 11m)

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.

Abbildung 6 Immissionpunkte

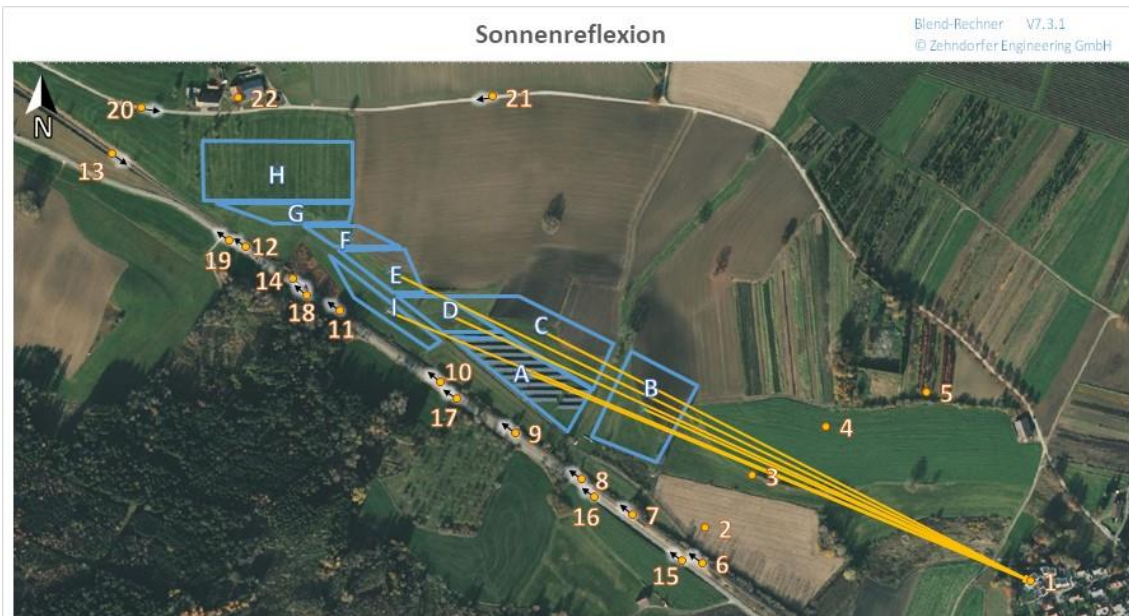


Abbildung 6 zeigt die Lage der Immissionspunkte (IP) und des PV-Feldes. Die Immissionspunkte wurden unter dem Kriterium ausgewählt, dass eine Sichtverbindung zur Vorderseite der PV-Module gegeben sein muss.

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

1.4 Abschattungen & Verdeckungen

1.4.1 Geländeprofil

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

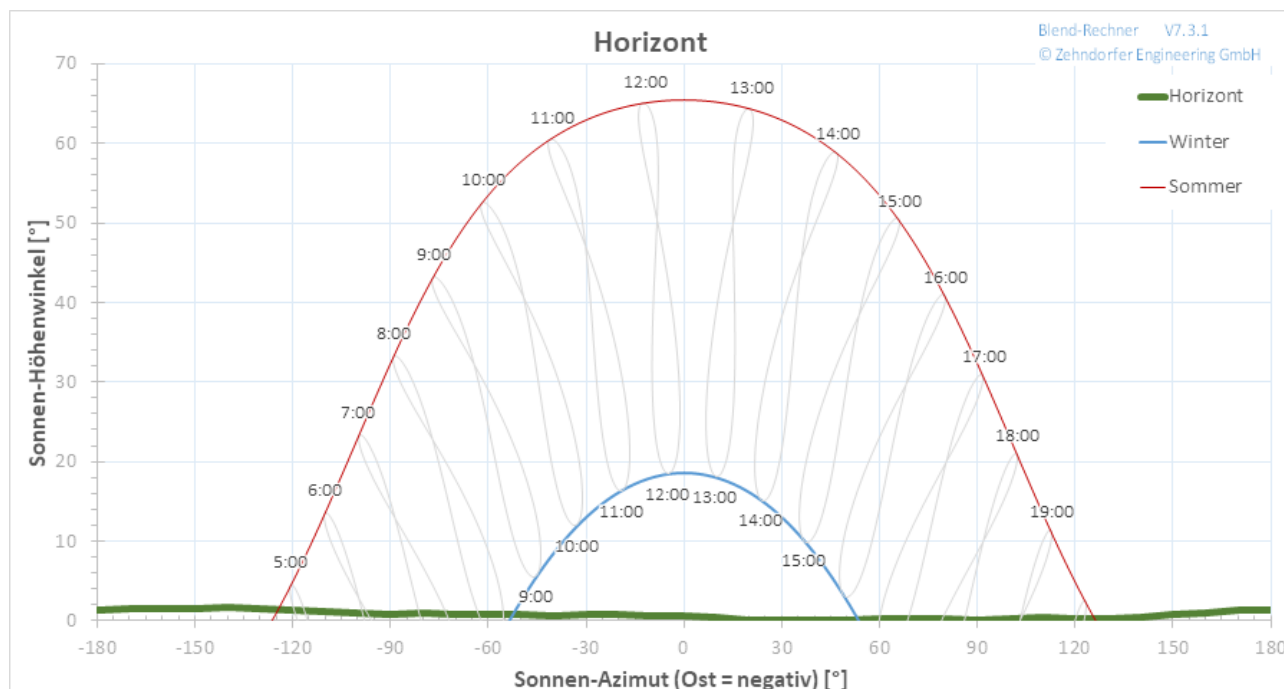
Abbildung 7 Gelände-schummerung



1.4.2 Horizont

Der Horizont ist beinahe flach, die Sonnenstunden werden dadurch nicht reduziert.

Abbildung 8 Horizont



1.4.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und den IP stehen vereinzelt Bäume, welche jedoch den Blick auf die PV-Anlage nicht wesentlich vermindern. 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 IP3 betrachtet.

Abbildung 9 Reflexion der Solar Anlage

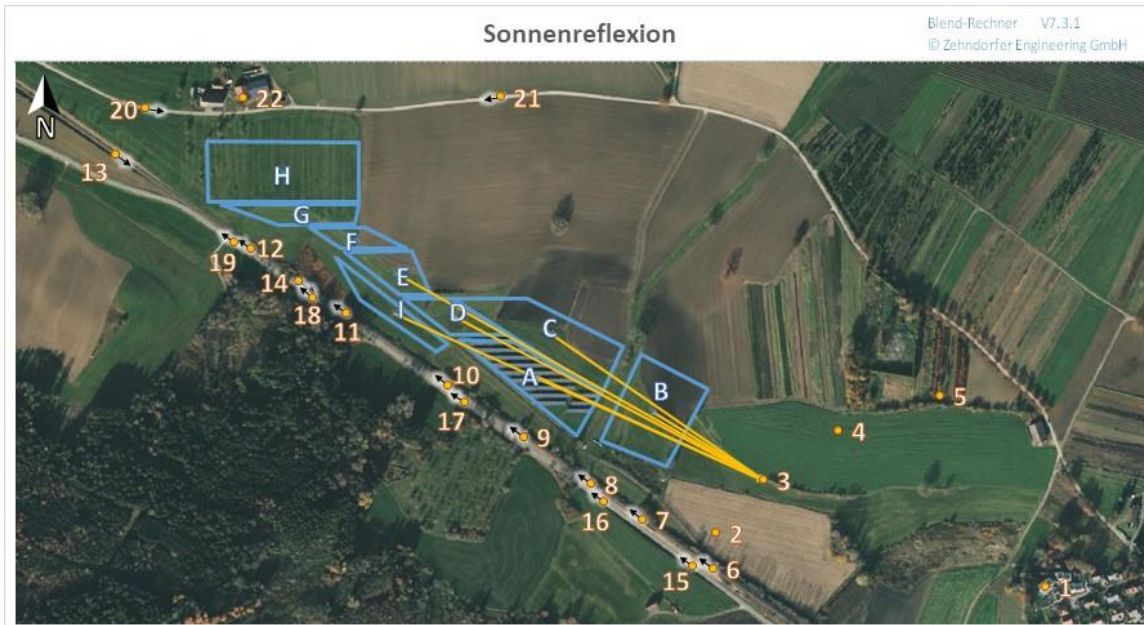
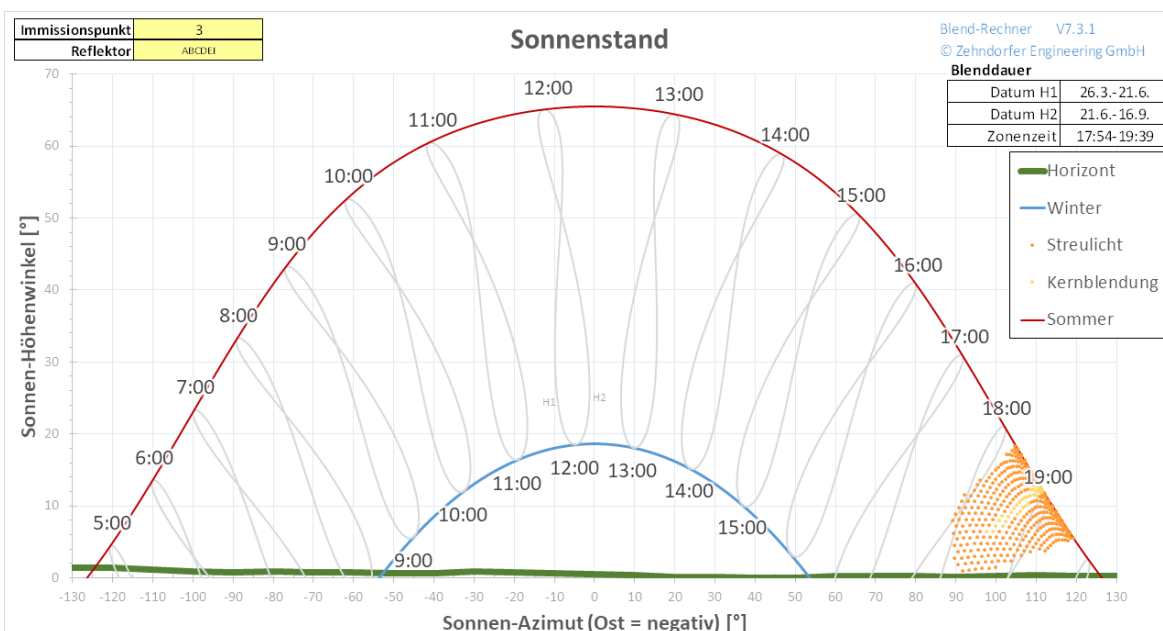


Abbildung 9 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 10 zeigt zu welchem Zeitpunkt (Jahres- und Uhrzeit) Reflexionen auftreten. An den Achsen sind jene Sonnenhöhenwinkel und der Sonnenseitenwinkel ablesbar, bei welchen Blendung am Immissionspunkt auftreten.

Abbildung 10 Sonnenwinkel bei Blendung



Es ist also abends von April 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		ABCDEI
Immissionspunkt		3
Distanz	m	130
Höhenwinkel	°	-1
Raumwinkel	msr	23
Datum H1		26.3.-21.6.
Datum H2		21.6.-16.9.
Zeit		17:54-19:39
Kernblendung	min / Tag	10
Kernblendung	h / Jahr	19
Streulicht	min / Tag	45
Streulicht	h / Jahr	97
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel)	°	9
Sonnen-Azimut (Mittel)	°	60
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	30
Blendung - Blickwinkel (min)	°	0
Leuchtdichte (max)	[k cd/m ²]	6 175
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm ²]	44
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	15 561

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.
Dauer	Die Anzahl jener Tage im Jahr (Frühjahr und Herbst), an denen zu irgendeiner Uhrzeit Blendung auftreten kann. Außerhalb dieser Tage steht die Sonne zu hoch, oder zu flach, um am Immissionspunkt zu blenden, oder es findet eine Verschattung durch den Horizont oder künstliche Hindernisse statt.
Sonnen-Höhenwinkel	Durchschnittlicher Sonnenhöhenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung

- Sonnen-Azimut** Durchschnittlicher Sonnenseitenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
- 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/m²
- Retinale Einstrahlung** Die maximale Leistungsdichte der reflektierten Strahlen auf der Netzhaut in W/cm²
- Beleuchtungsstärke** Die maximale, zusätzliche Beleuchtungsstärke der reflektierenden Strahlen, am Immissionspunkt in lux.

2.4 Sichtbezug

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

Abbildung 11 Blickfeld

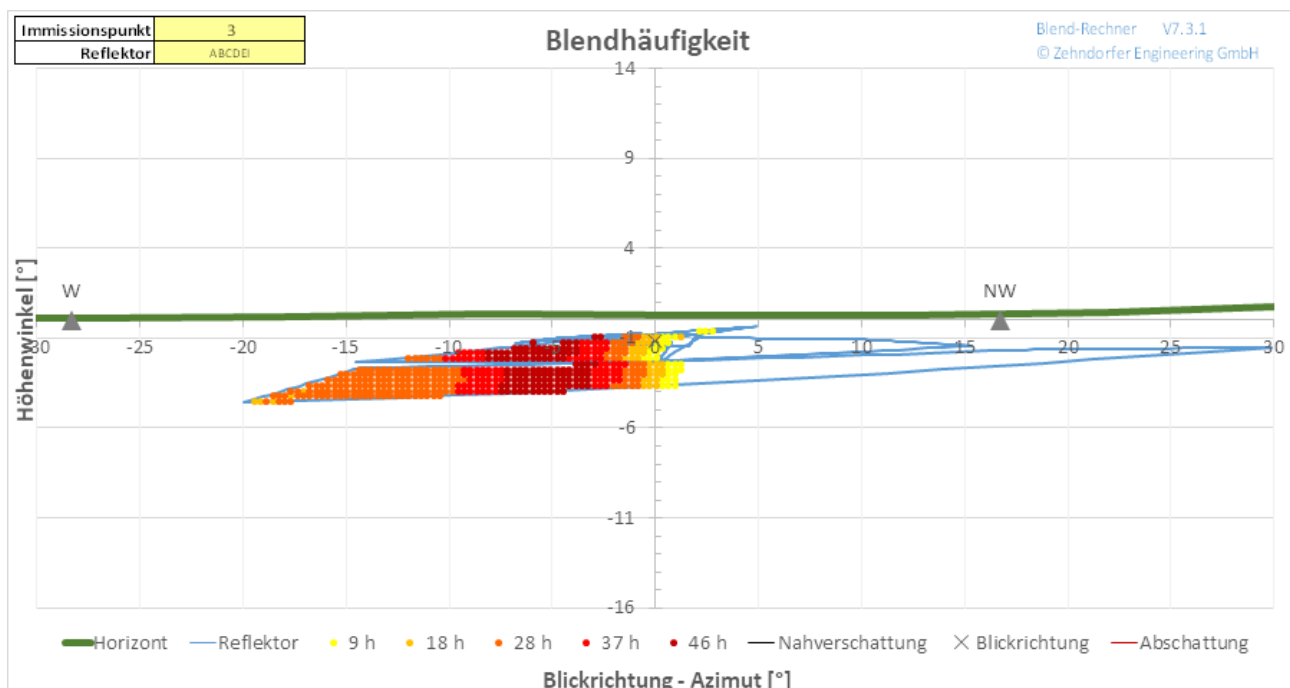


Abbildung 11 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. Alle weiteren Ansichten sind in Anhang 5 zu sehen.

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.

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 (23 msr), ist als groß zu bezeichnen.

2.5.2 Richtung der Blendung

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

² Der Mond oder die Sonne sind also z.B. mit dem ausgestreckten Daumen vollständig verdeckbar.

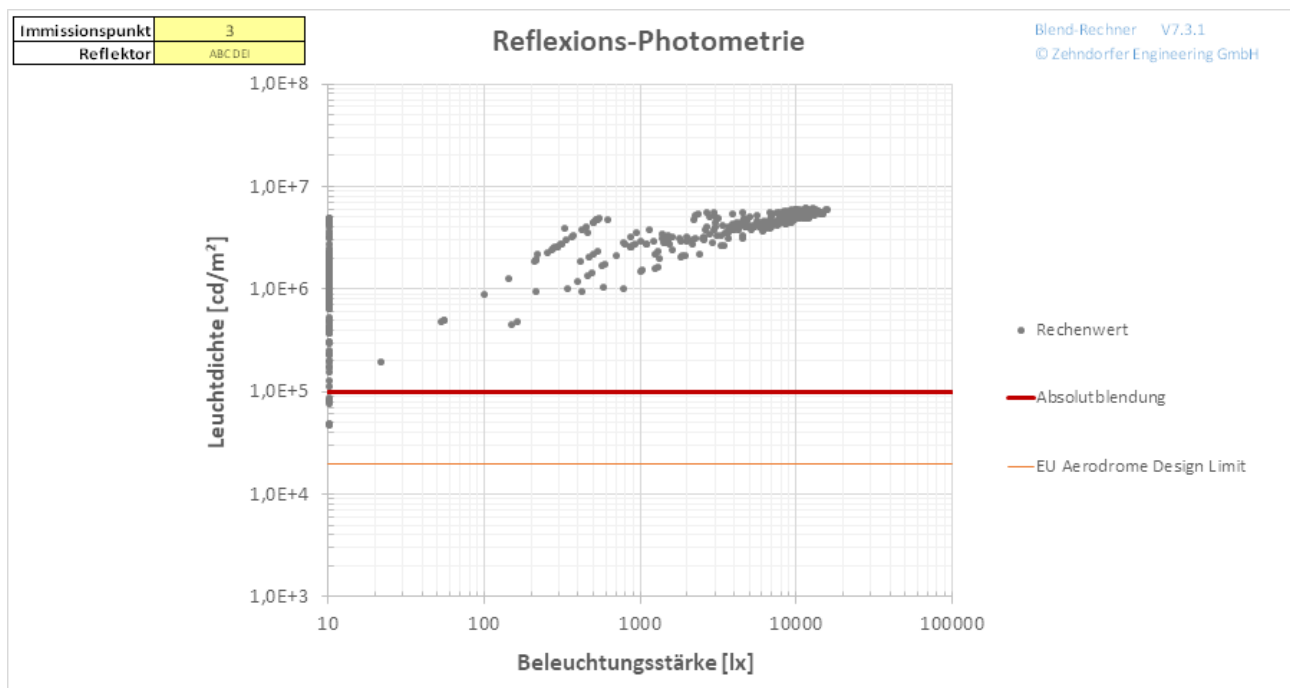
Die Richtlinie für die "Beleuchtung von Arbeitsstätten" DIN EN 12464, zum Beispiel, reduziert seitlich auftretende Blendungen mit dem Guth-Positionsindex³.

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.

Abbildung 12 Stärke der Reflexionen



Die Berechnung der Leuchtdichte in Abbildung 12 zeigt, dass bei einigen Sonnenständen Absolutblendung erreicht wird.

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.“

2.5.4 Blenddauer

Abbildung 13 Blenddauer

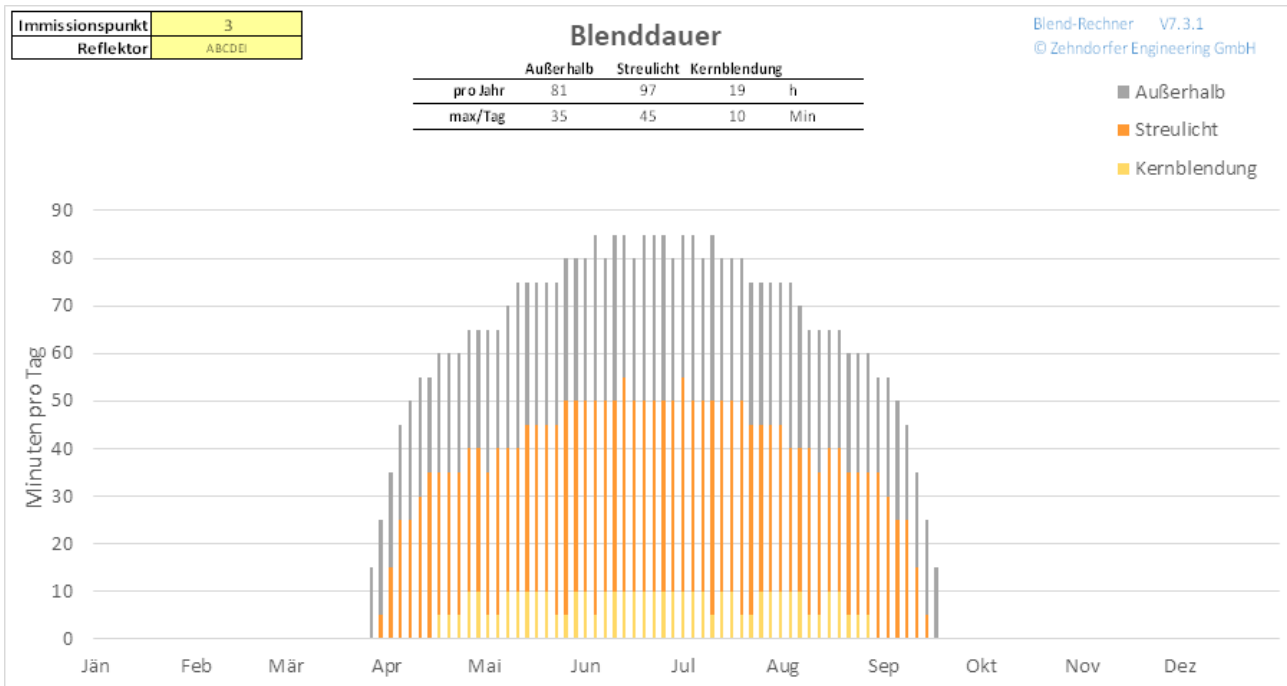


Abbildung 13 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

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

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

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

2.5.5 Subjektive Faktoren

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

Dies ist bei den Nachbarn nicht der Fall. Allerdings liegen die reflektierenden Flächen so nahe und großflächig vor den Fenstern einiger Nachbarn, dass beim Blick aus dem Fenster dieser unweigerlich auf die Reflexionen trifft.

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 14 Unfälle 2018



Auf dem relevanten Straßenabschnitt wurden im Jahr zwei Unfälle gemeldet. Es liegt keine Stelle von Unfalhäufungen vor. Am IP 3 liegt eine Kreuzung. Dieser Punkt ist also als kritisch zu betrachten.

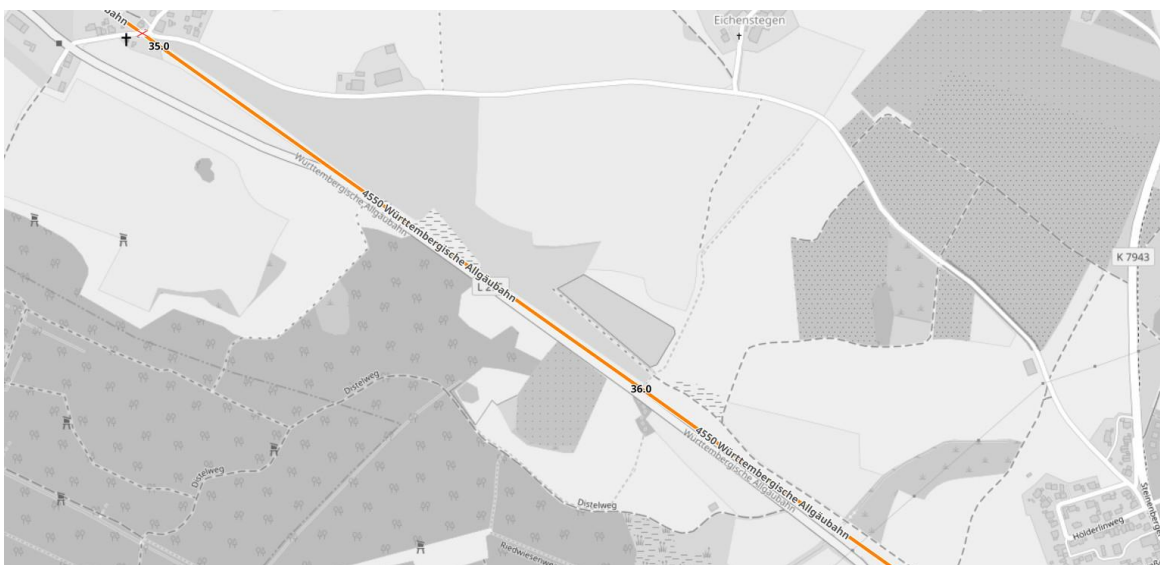
2.5.7 kritische Verkehrswege - Schienenfahrzeugverkehr

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

- Form- und Lichtsignale für den Bahnverkehr
- Eisenbahnkreuzungen

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

Abbildung 15 Bahnstrecke 4550 Württembergische Allgäubahn



3 Beurteilung & Empfehlungen

IP1 bis 5 und 22 (Wohnbebauung)

Es wird zu Reflexionen in Richtung einiger der Immissionspunkte kommen. Die Dauer der direkt spiegelnden Kernblendung liegt jedoch an allen Punkten deutlich unter den Grenzwerten der Richtlinie, sodass keine erhebliche Blendwirkung im Sinne der Richtlinie vorliegt.

IP6 bis 14 (Bahn)

In Richtung dieser IP können kurzfristig Reflexionen auftreten. Diese stellen jedoch keine Gefährdung für den Bahnverkehr dar, da die Reflexionen nie im inneren Gesichtsfeld des Triebfahrzeugführers auftreten.

IP15 bis 21 (Straßen)

Es wird zu Reflexionen in Richtung des Straßenverkehrs kommen, welche jedoch immer vollständig außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Fahrzeuglenker liegen und daher keine Gefahr für den Straßenverkehr darstellen.

Durch die PV-Anlage wird also keine gefährliche Blendwirkung auf den Bahn- oder Straßenverkehr stattfinden. Es wird keine erhebliche Blendwirkung in Richtung der untersuchten Punkte in der Nachbarschaft auftreten.

Datum: 21.6.2022

Gutachter:

Zehndorfer
Engineering

+43 (680) 244 3310 Zehndorfer Engineering GmbH
office@zehndorfer.at Stift-Viktring-Straße 21/6
www.zehndorfer.at 9073 Klagenfurt
FN 515736k Austria
UID-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.

ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Die reflektierenden Flächen befinden sich an folgenden Koordinaten

EPSG	Koordinatensystem	False Northing
25832	UTM 32N	5 000 000

Reflektor	A				B				C			
	Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3
x	554 938	554 971	554 847	554 774	554 970	555 062	555 120	555 027	554 764	554 972	555 002	554 869
y	308 851	308 910	308 983	308 983	308 844	308 807	308 914	308 963	309 041	308 910	308 974	309 041
z	583	583	583	583	583	583	588	585	585	583	585	584
h	0,9	0,9	2,8	2,8	0,9	0,9	2,8	2,8	0,9	0,9	2,8	2,8

Reflektor	D				E				F			
	Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3
x	554 762	554 844	554 764	554 697	554 691	554 735	554 708	554 614	554 609	554 701	554 644	554 567
y	308 991	308 991	309 041	309 042	309 046	309 046	309 108	309 106	309 112	309 111	309 140	309 140
z	583	583	585	584	584	585	588	583	583	588	587	583
h	0,9	0,9	2,8	2,8	0,9	0,9	2,8	2,8	0,9	0,9	2,8	2,8

Reflektor	G				H				I			
	Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3
x	554 524	554 629	554 634	554 443	554 425	554 634	554 635	554 424	554 635	554 742	554 758	554 602
y	309 144	309 145	309 172	309 173	309 177	309 176	309 260	309 261	309 040	308 967	308 979	309 099
z	583	587	589	584	584	589	593	589	582	583	583	583
h	0,9	0,9	2,8	2,8	0,9	0,9	2,8	2,8	0,9	0,9	2,8	2,8

mit den folgenden Winkeln der reflektierenden Flächen

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	15	0	1	31	15	1
B	15	0	2	53	15	5
C	15	0	1	17	15	1
D	15	0	2	16	15	2
E	15	0	4	34	15	9
F	15	0	5	34	15	11
G	15	0	6	18	15	6
H	15	0	3	23	15	5
I	15	0	2	39	15	4

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	IP8	IP9	IP10	IP11	IP12
x	555 590	555 132	555 199	555 303	555 444	555 128	555 030	554 959	554 865	554 760	554 619	554 487
y	308 638	308 713	308 787	308 856	308 905	308 663	308 732	308 782	308 847	308 919	309 020	309 110
z	603	583	584	597	605	589	588	587	586	585	584	584
h	8,0	11,0	11,0	11,0	11,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az						126	126	126	126	126	126	126

Immissionspunkt	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Bezeichnung	IP13	IP14	IP15	IP16	IP17	IP18	IP19	IP20	IP21	IP22
x	554 298	554 552	555 100	554 976	554 783	554 573	554 463	554 340	554 833	554 474
y	309 241	309 064	308 666	308 757	308 895	309 042	309 119	309 305	309 321	309 321
z	586	584	584	585	584	583	583	588	600	591
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5,0
Blickrichtung - Az	-54	-54	128	127	126	126	126	-83	84	

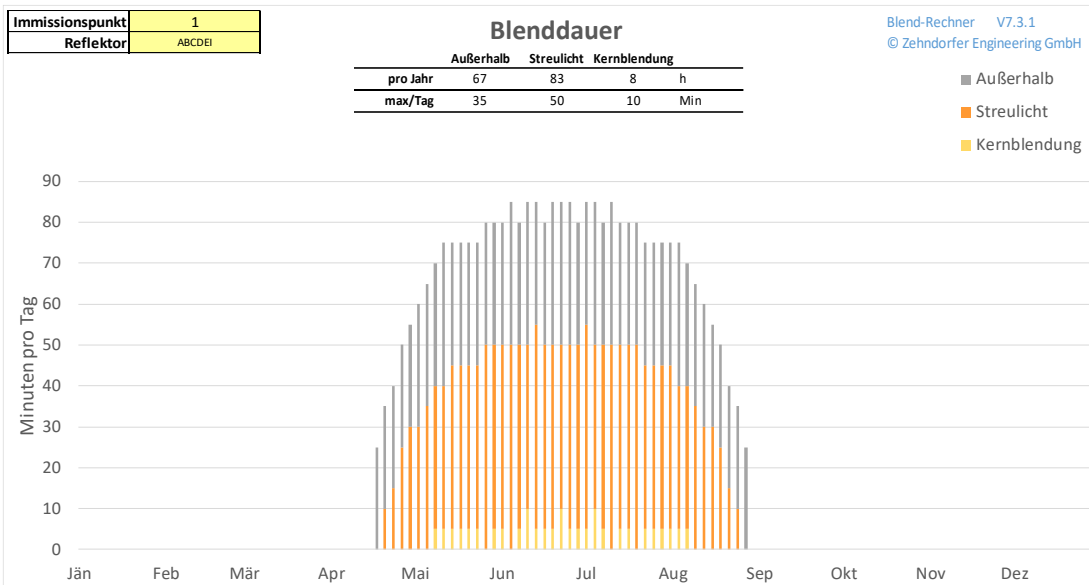
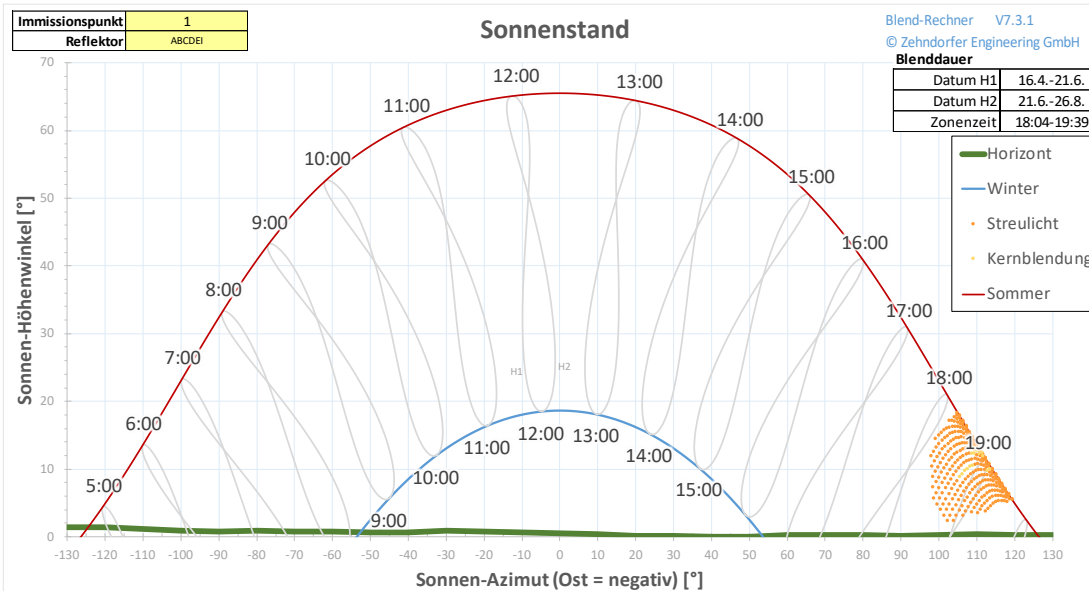
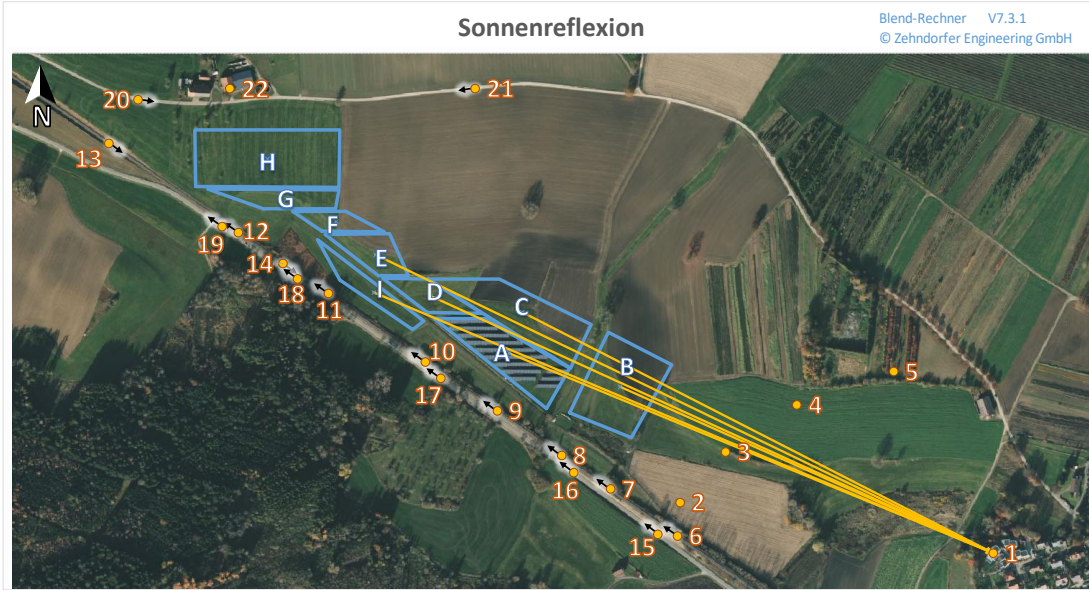
ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

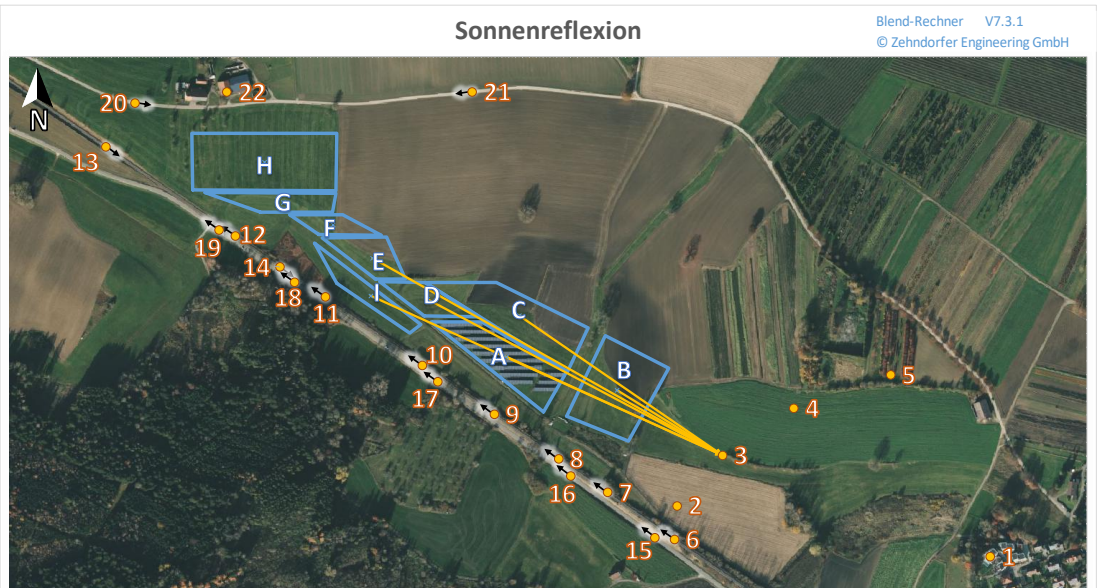
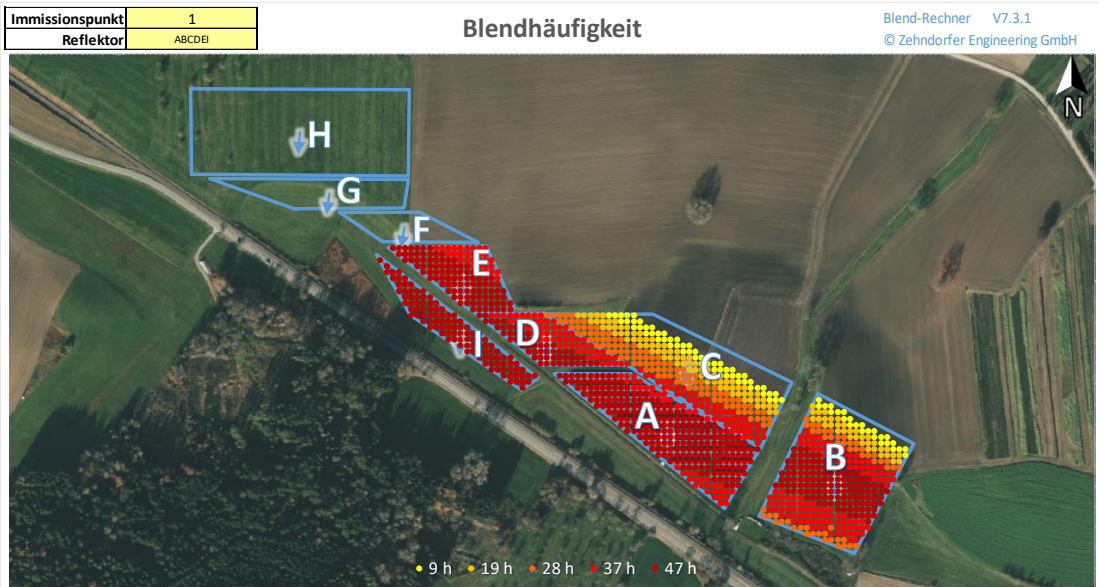
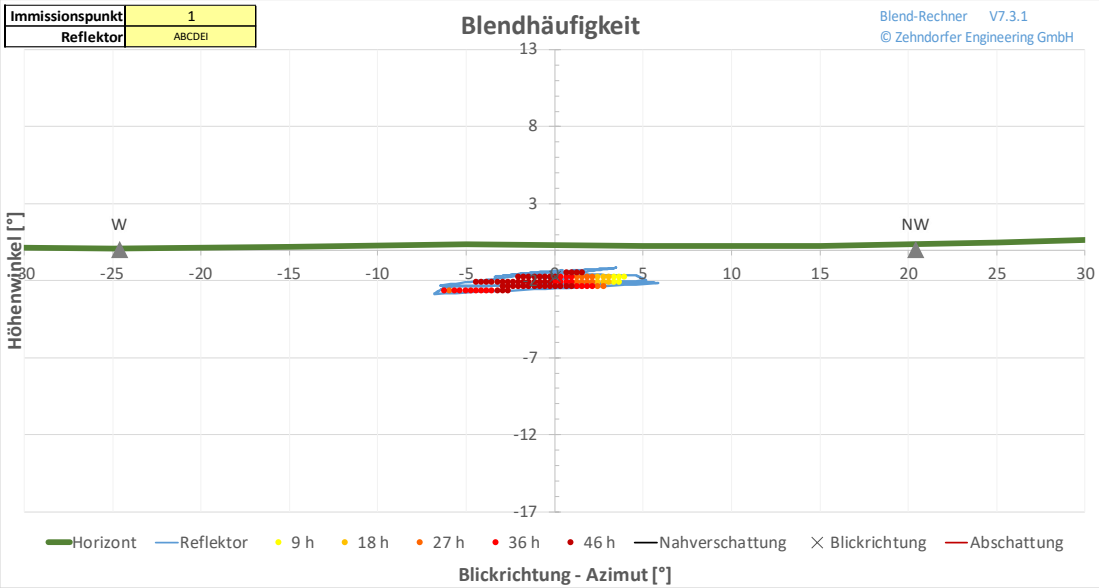
Reflektor		ABCDEI	ABCDEI	ABCDEI	ABCDEI	ABCDEI	ABCDEI	ABCI	ACEI	ACEI	ACEFGHI
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz	m	545	118	130	193	325	158	82	62	49	51
Höhenwinkel	°	-1	-1	-1	-2	-2	0	-1	0	0	0
Raumwinkel	msr	3	34	23	14	8	17	65	44	119	91
Datum H1		16.4.-21.6.	-	26.3.-21.6.	24.2.-21.6.	27.2.-19.5.	-	-	-	17.3.-21.6.	8.3.-21.6.
Datum H2		21.6.-26.8.	-	21.6.-16.9.	21.6.-16.10.	24.7.-13.10.	-	-	-	21.6.-25.9.	21.6.-4.10.
Zeit		18:04-19:39	-	17:54-19:39	17:11-19:33	17:16-19:17	-	-	-	5:31-7:05	5:18-7:15
Kernblendung	min / Tag	10	-	10	15	5	-	-	-	0	0
Kernblendung	h / Jahr	8	-	19	13	1	-	-	-	0	0
Streulicht	min / Tag	50	-	45	65	50	-	-	-	0	0
Streulicht	h / Jahr	83	-	97	147	85	-	-	-	0	0
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel)	°	9	-	9	10	8	-	-	-	10	9
Sonnen-Azimet (Mittel)	°	60	-	60	58	55	-	-	-	-57	-58
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	28	-	30	31	26	-	-	-	34	29
Blendung - Blickwinkel (min)	°	0	-	0	0	0	-	-	-	114	117
Leuchtdichte (max)	[k cd/m ²]	6 147	-	6 175	5 976	4 655	-	-	-	6 122	6 441
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm ²]	3	-	44	39	8	-	-	-	48	50
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	5 013	-	15 561	10 161	3 443	-	-	-	10 931	17 199

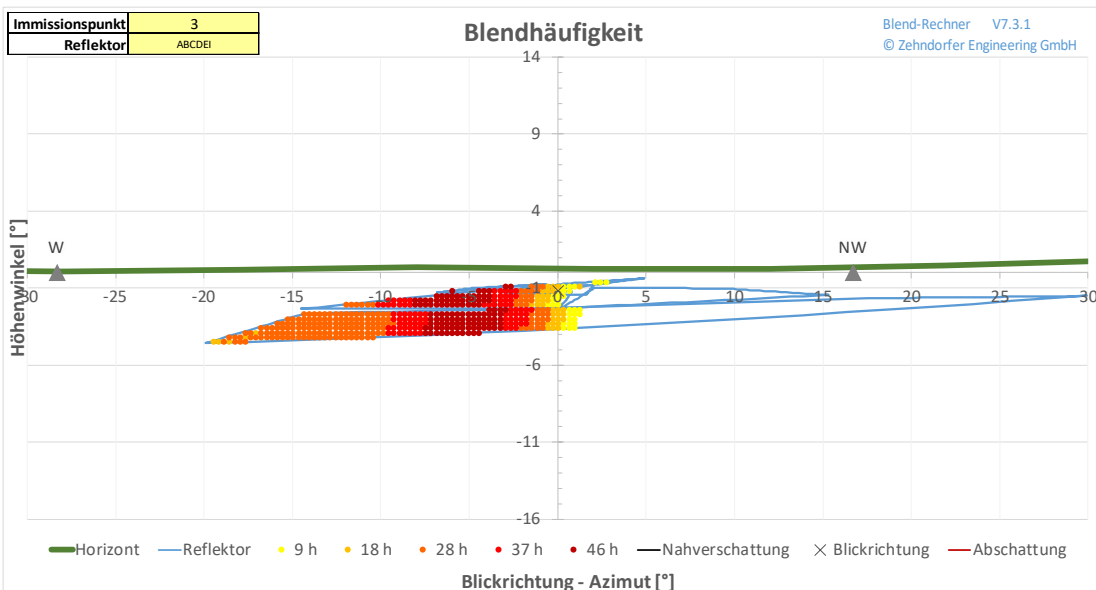
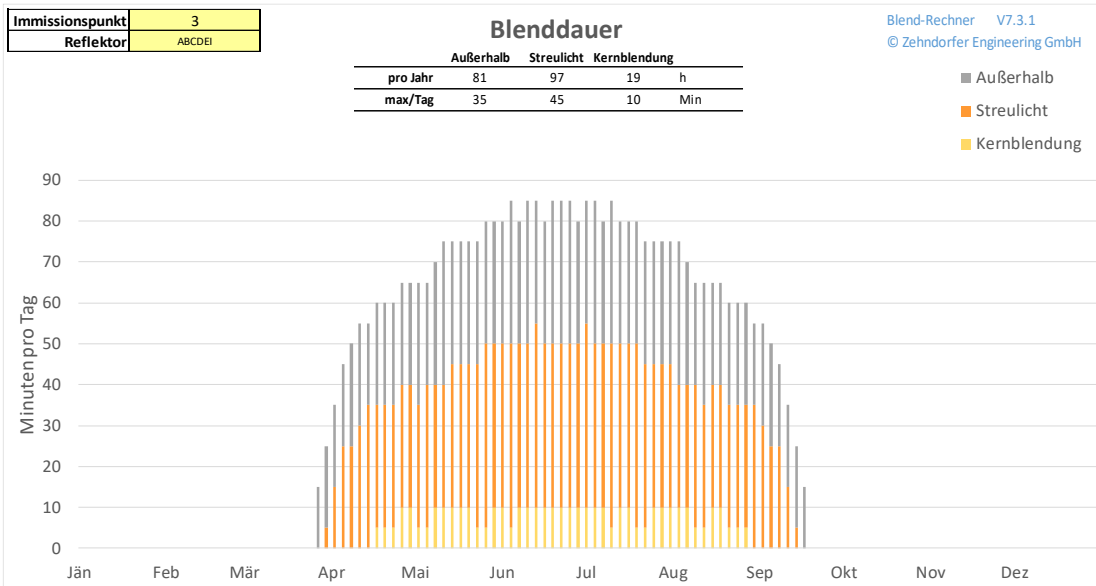
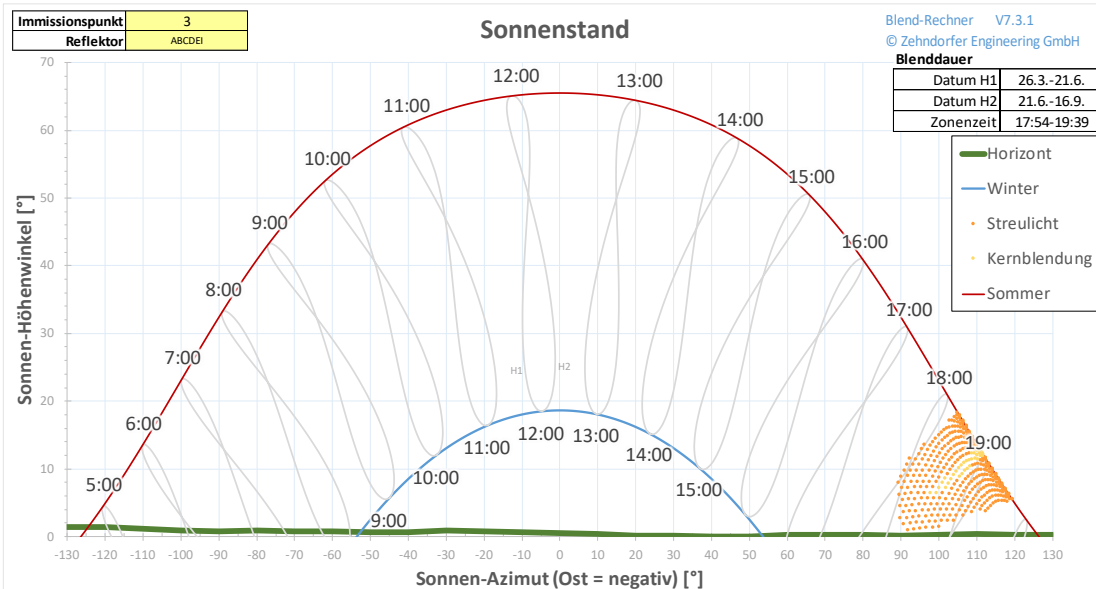
Reflektor		EFGHI	GHI	FGHI	CDEI	ABCDEI	ABCDEI	ACDEFGHI	EFGHI	GH	H
Immissionspunkt		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Distanz	m	26	45	127	61	146	79	63	54	45	95
Höhenwinkel	°	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Raumwinkel	msr	211	123	5	35	16	64	84	111	98	7
Datum H1		27.2.-21.6.	17.3.-21.6.	20.3.-4.5.	2.3.-21.6.	-	-	14.3.-21.6.	5.3.-21.6.	1.4.-21.6.	-
Datum H2		21.6.-13.10.	21.6.-25.9.	8.8.-22.9.	21.6.-10.10.	-	-	21.6.-28.9.	21.6.-7.10.	21.6.-10.9.	-
Zeit		5:27-7:28	5:23-7:07	5:53-7:04	5:28-7:27	-	-	5:18-7:08	5:23-7:21	5:23-6:47	-
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)	°	11	9	6	10	-	-	9	10	10	-
Sonnen-Azimet (Mittel)	°	-58	-58	-52	-57	-	-	-58	-58	-58	-
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	35	27	18	29	-	-	27	28	28	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	118	117	32	24	-	-	116	116	117	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m ²]	7 460	7 272	4 522	7 460	-	-	6 471	7 599	7 272	-
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm ²]	58	57	18	58	-	-	50	59	57	-
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	32 995	14 759	1 633	15 963	-	-	11 312	23 297	24 893	-

Reflektor		GH	GH
Immissionspunkt		21	22
Distanz	m	208	61
Höhenwinkel	°	-2	-2
Raumwinkel	msr	5	31
Datum H1		-	-
Datum H2		-	-
Zeit		-	-
Kernblendung	min / Tag	-	-
Kernblendung	h / Jahr	-	-
Streulicht	min / Tag	-	-
Streulicht	h / Jahr	-	-
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel)	°	-	-
Sonnen-Azimet (Mittel)	°	-	-
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	°	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-
Leuchtdichte (max)	[k cd/m ²]	-	-
Retinale Einstrahlung (max)	[mW/cm ²]	-	-
Beleuchtungsstärke (max)	[lx]	-	-

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



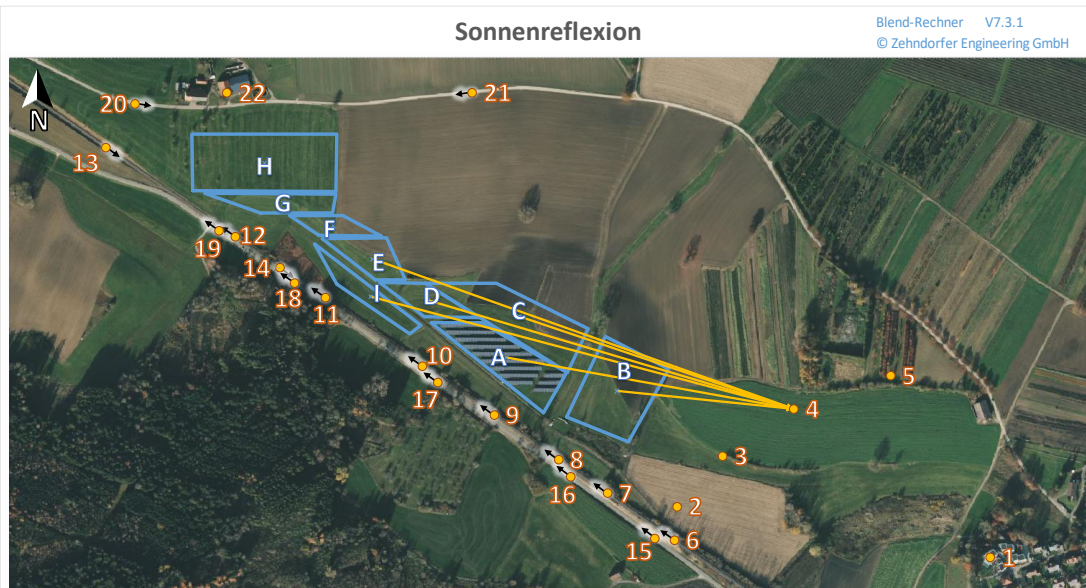
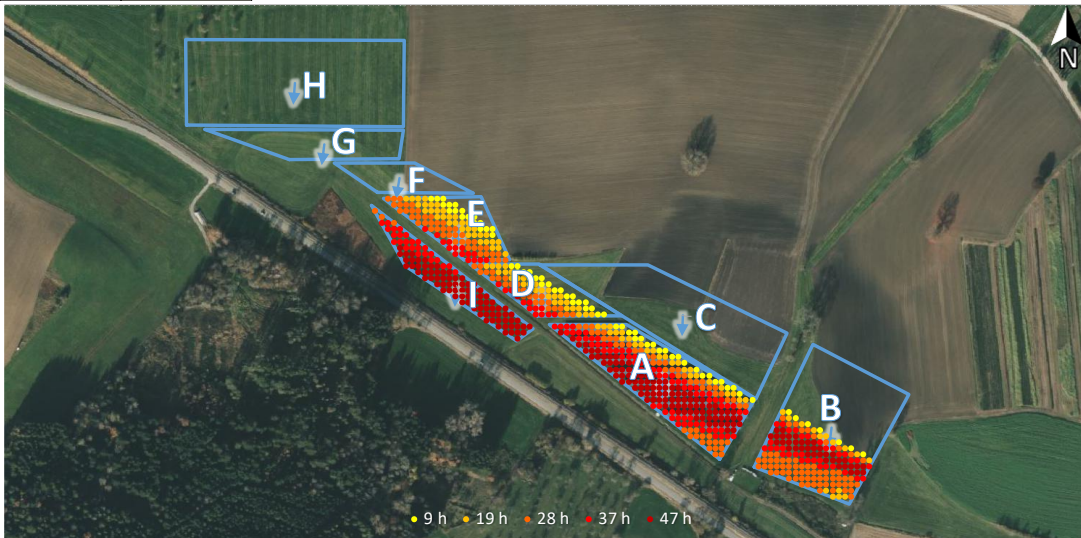




Immissionspunkt	3
Reflektor	ABCDEI

Blendhäufigkeit

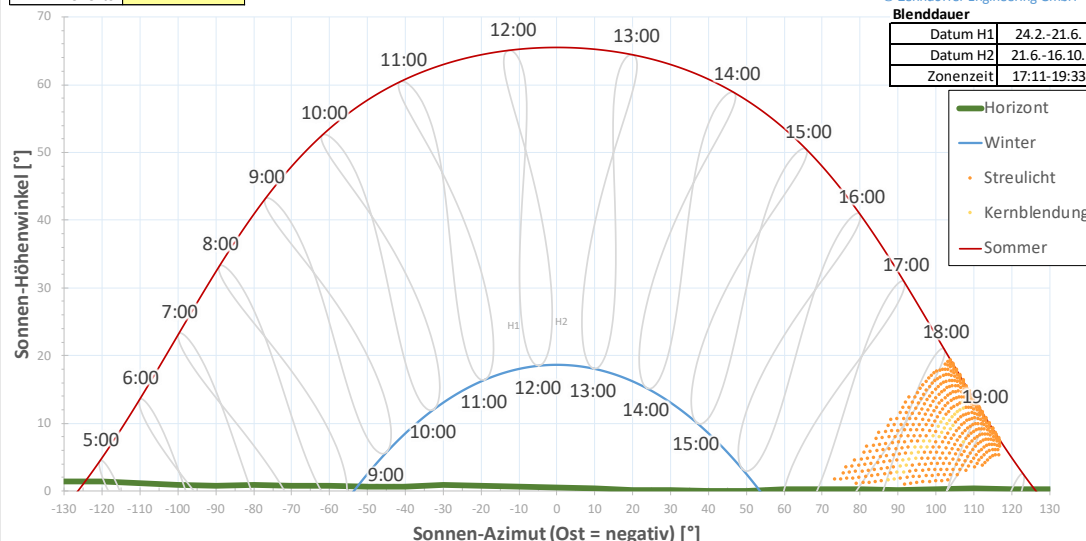
Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	4
Reflektor	ABCDEI

Sonnenstand

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



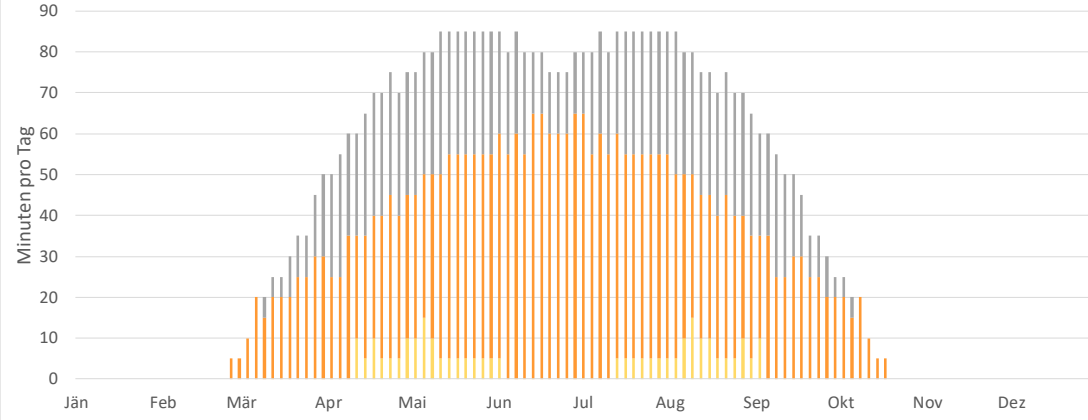
Immissionspunkt	4
Reflektor	ABCDEI

Blenddauer

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	82	147	13	h
max/Tag	35	65	15	Min

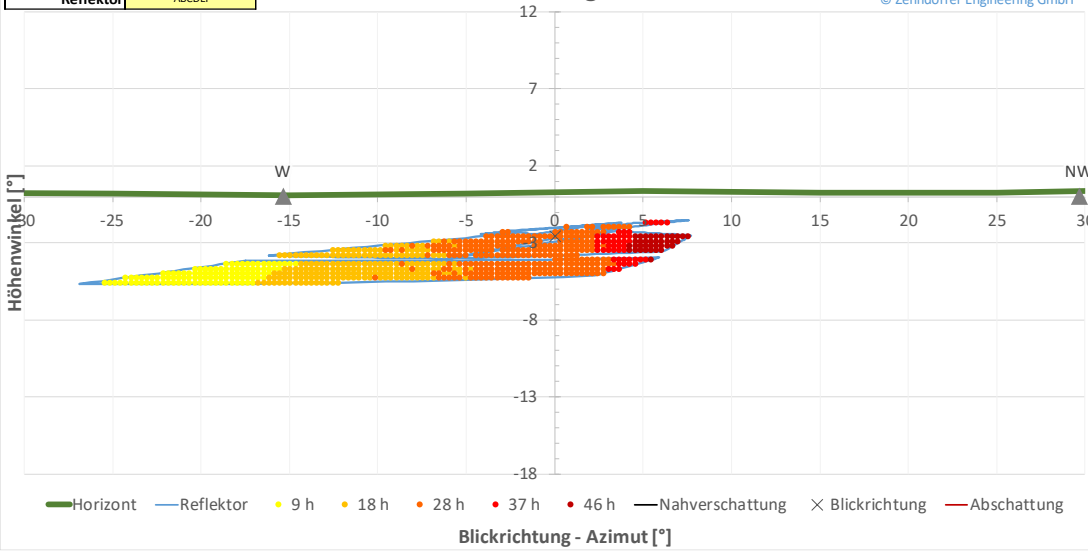
- Außerhalb
- Streulicht
- Kernblendung



Immissionspunkt	4
Reflektor	ABCDEI

Blendhäufigkeit

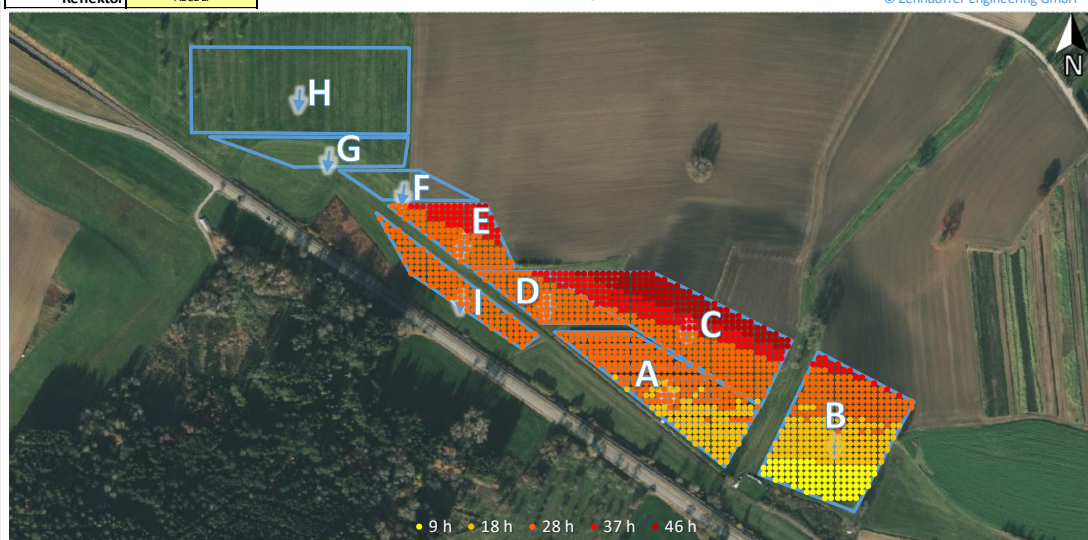
Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

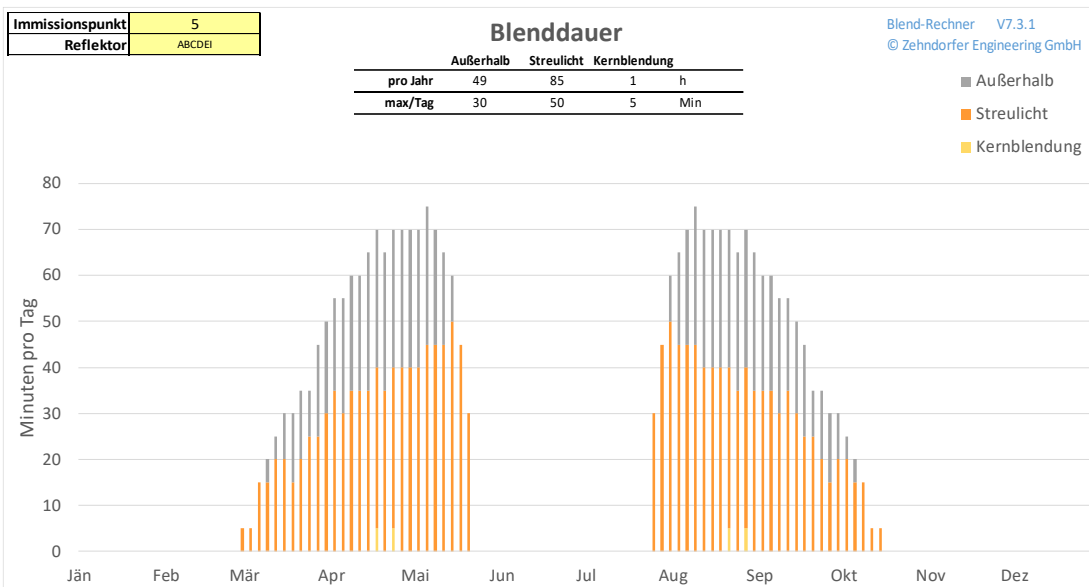
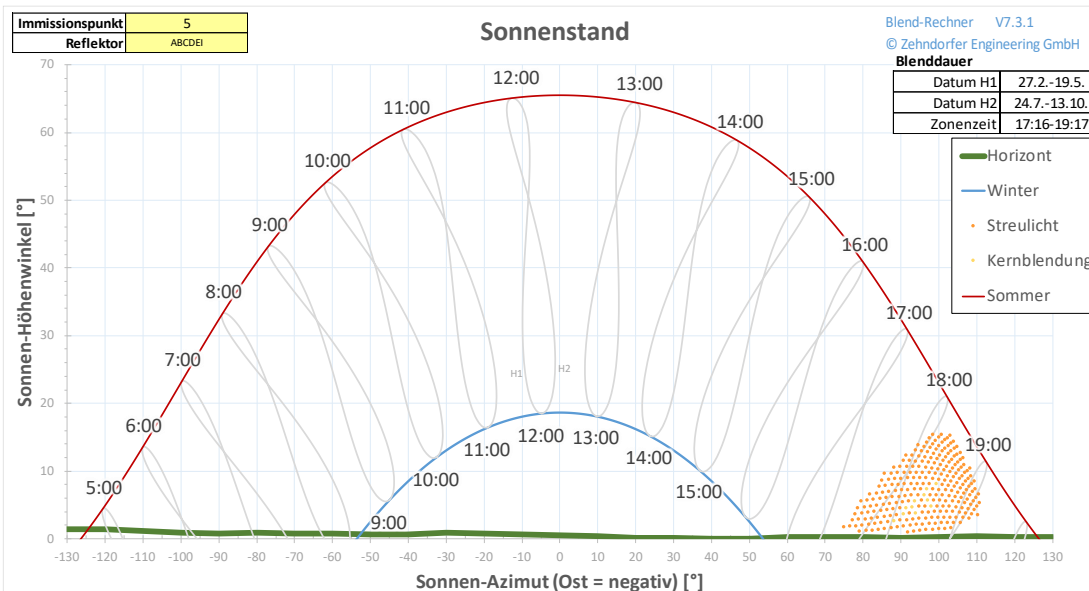
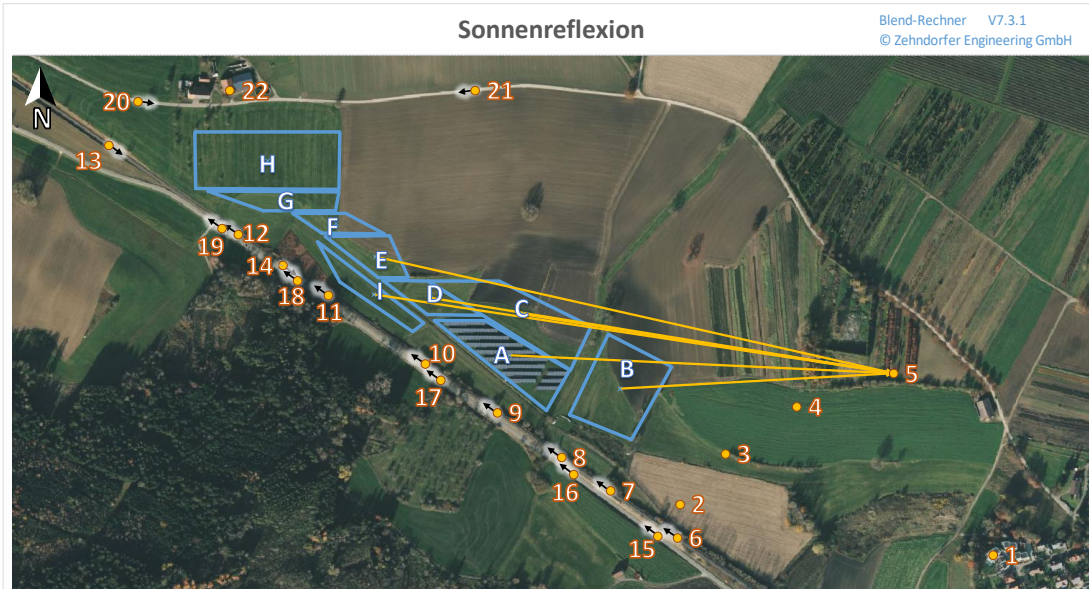


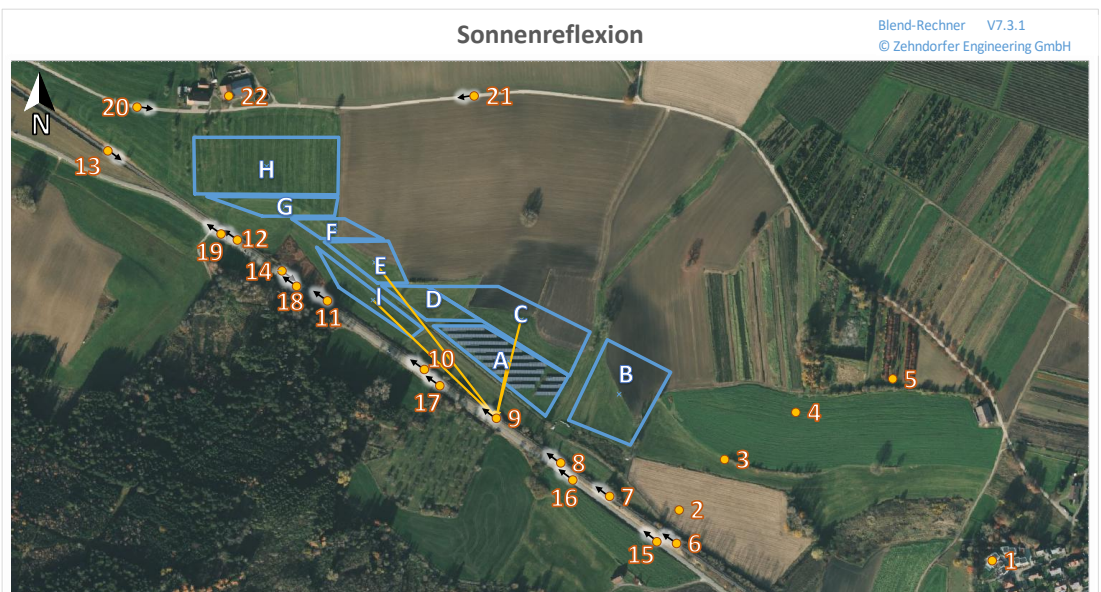
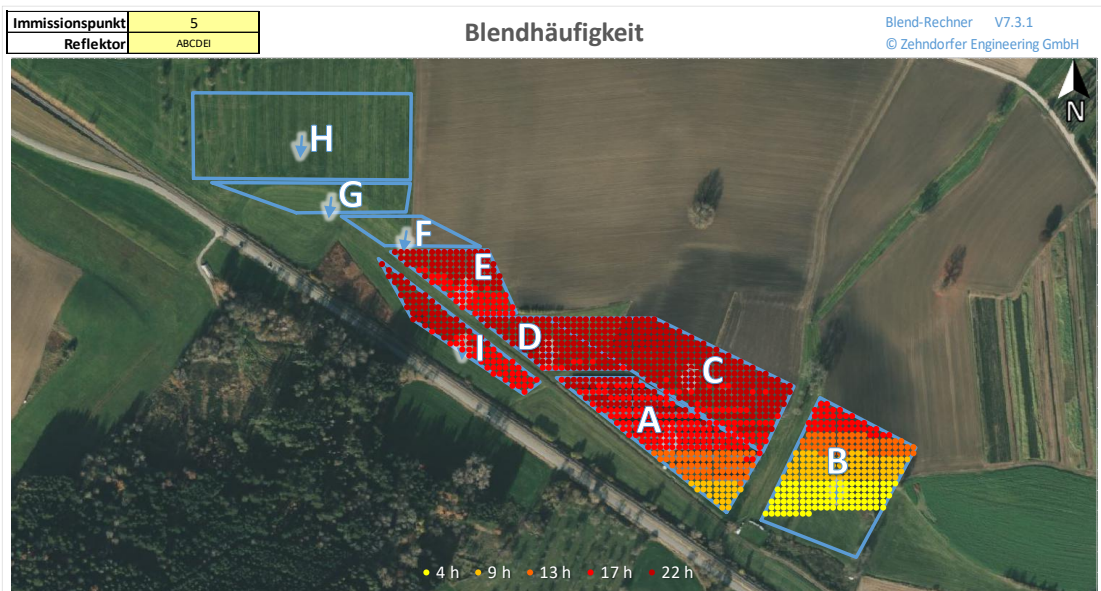
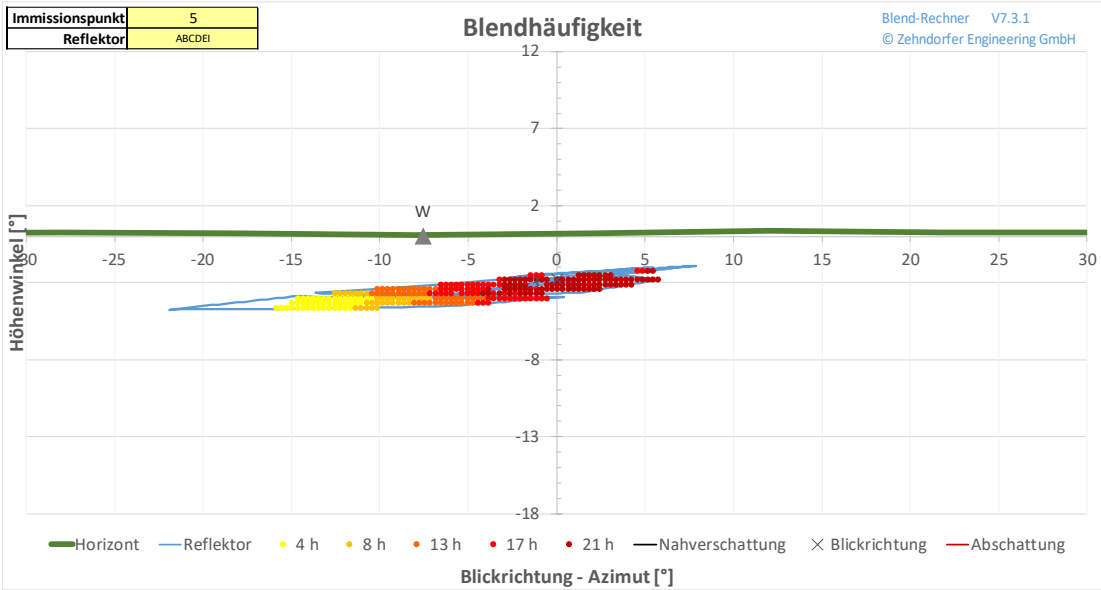
Immissionspunkt	4
Reflektor	ABCDEI

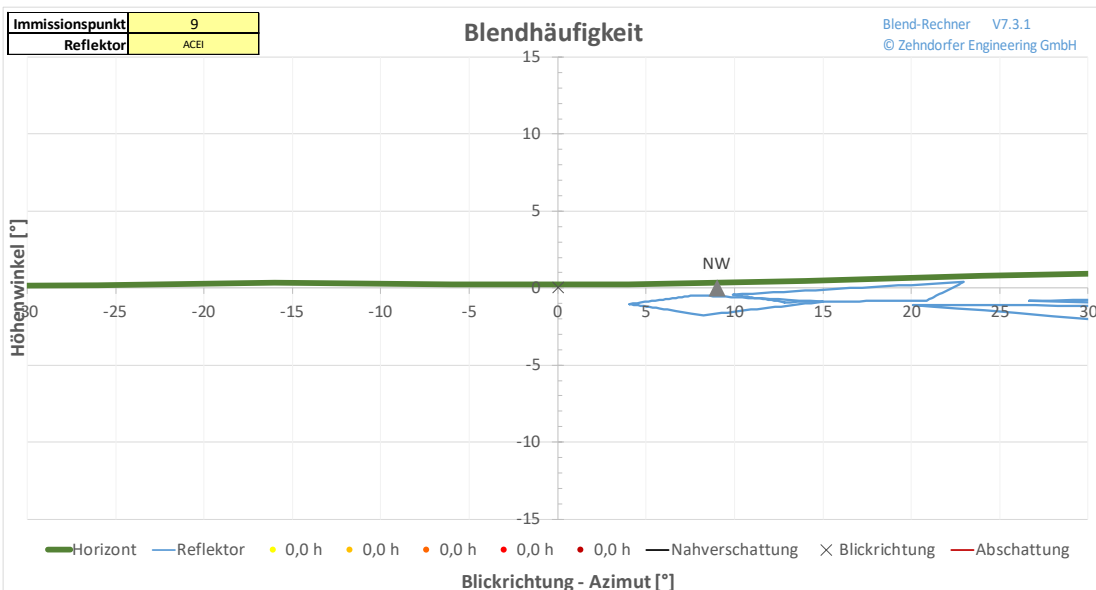
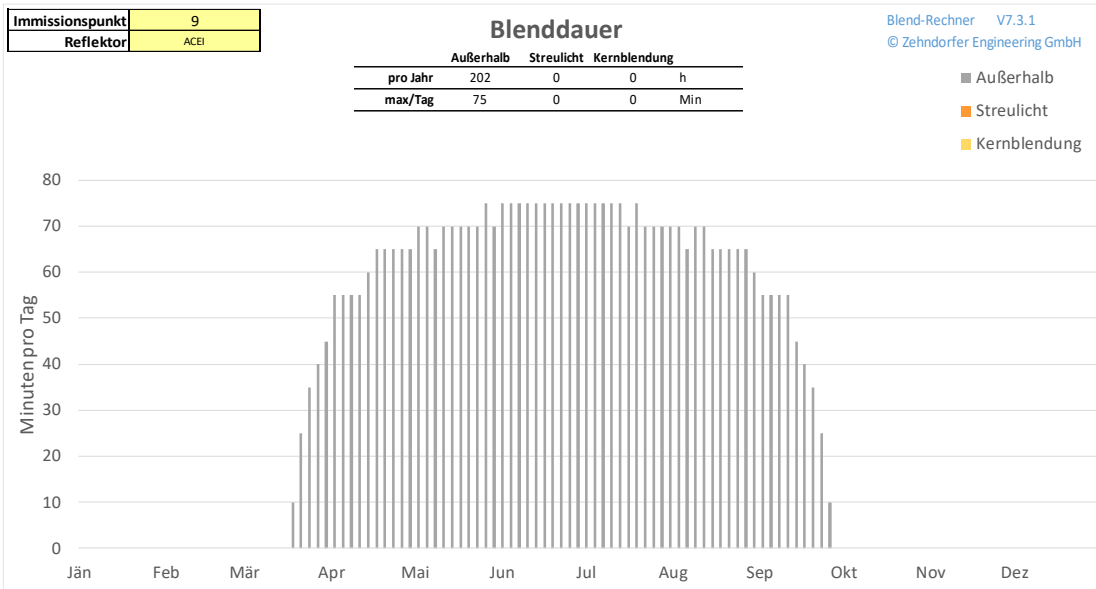
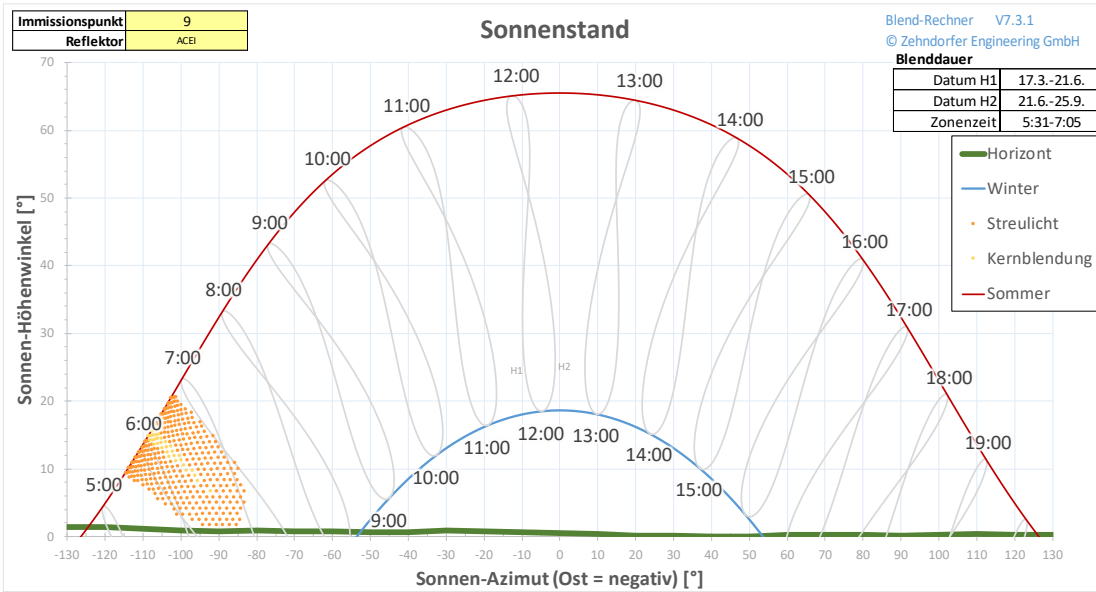
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH









Immissionspunkt	9
Reflektor	ACEI

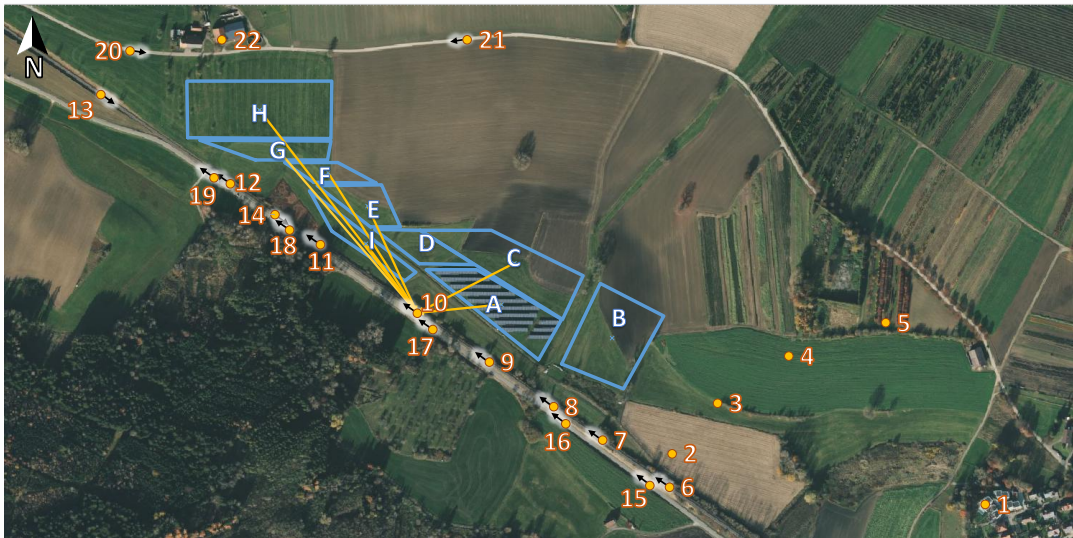
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



Sonnenreflexion

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



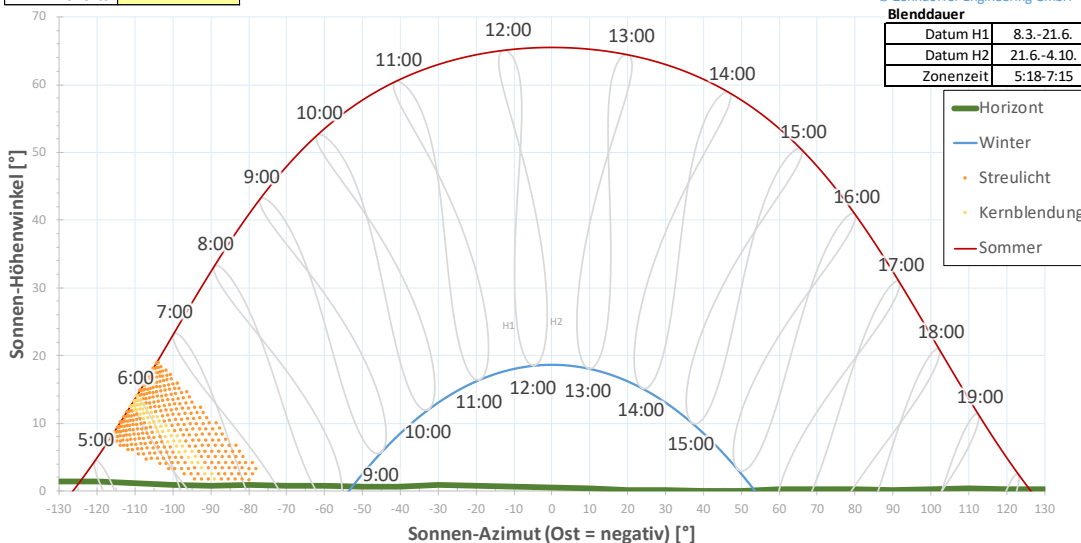
Immissionspunkt	10
Reflektor	ACEFGHI

Sonnenstand

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Blenddauer

Datum H1	8.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-4.10.
Zonenzzeit	5:18-7:15



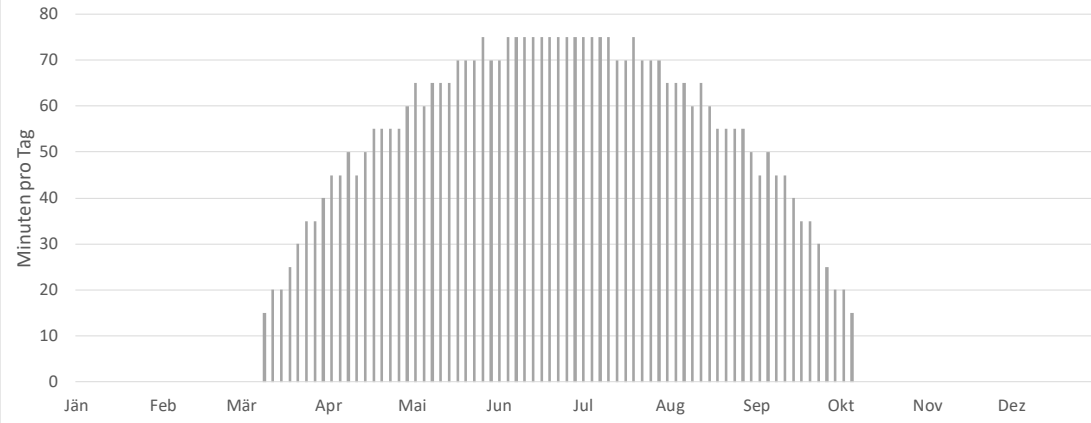
Immissionspunkt	10
Reflektor	ACEFGHI

Blenddauer

	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	197	0	0	h
max/Tag	75	0	0	Min

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

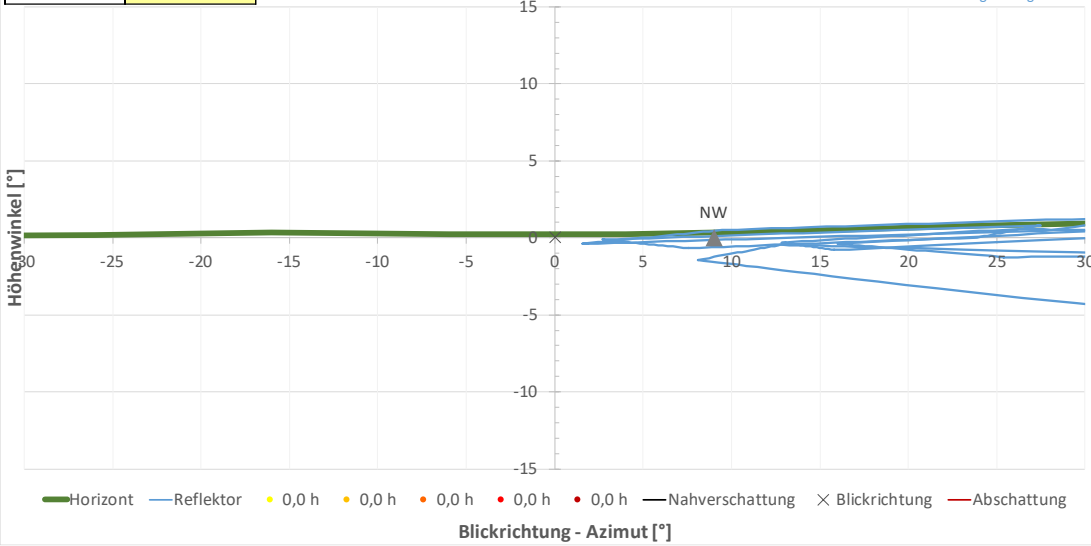
- Außerhalb
- Streulicht
- Kernblendung



Immissionspunkt	10
Reflektor	ACEFGHI

Blendhäufigkeit

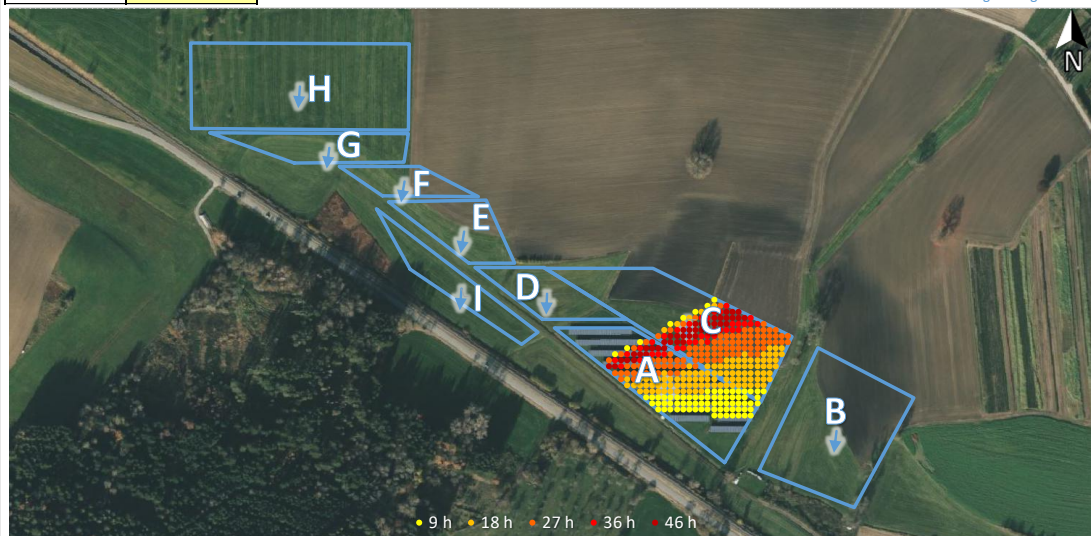
Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

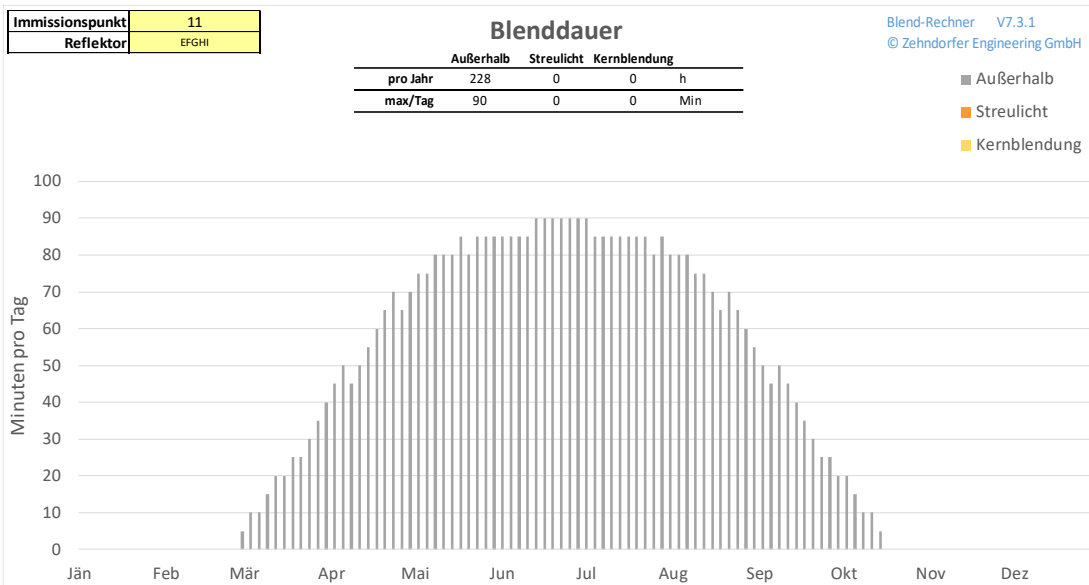
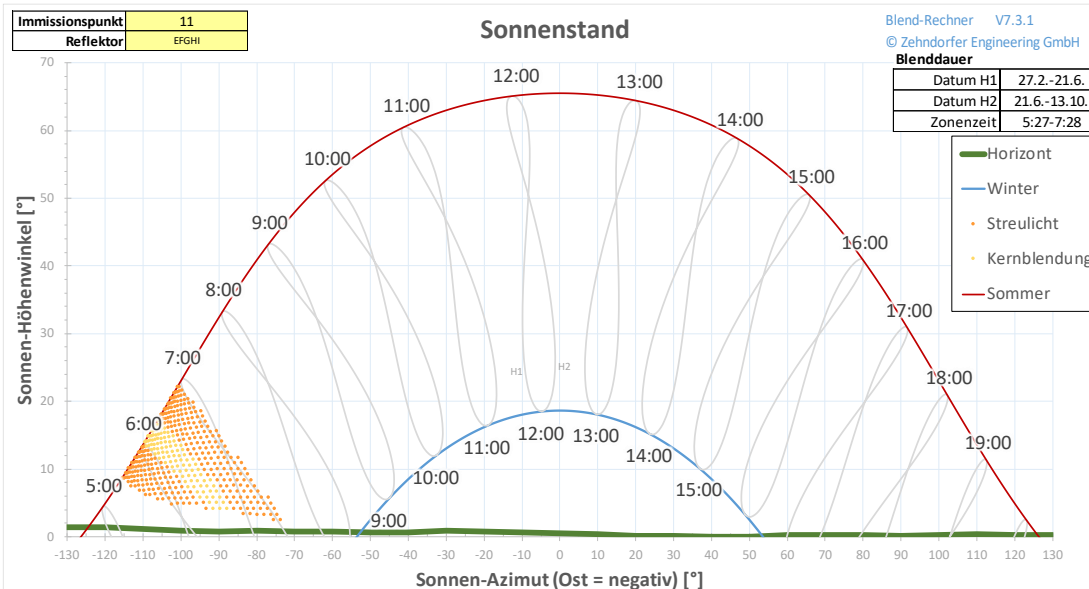
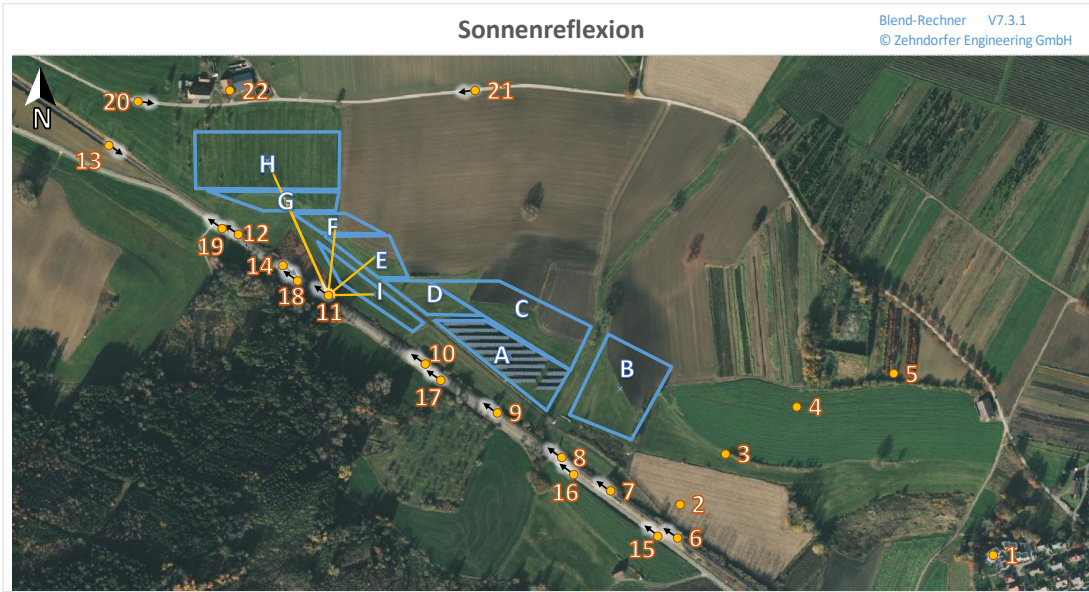


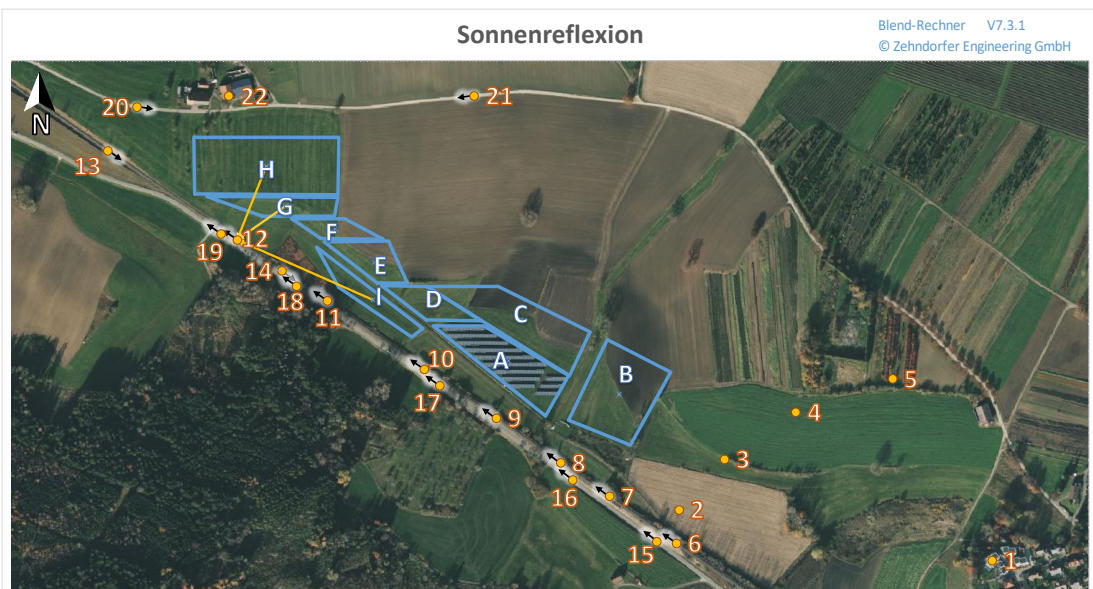
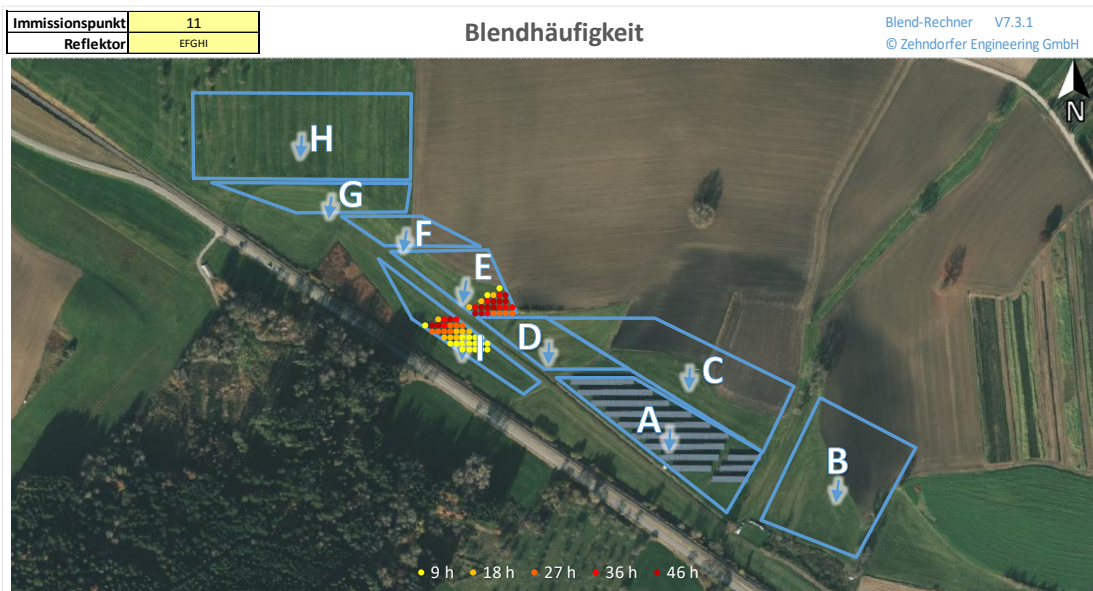
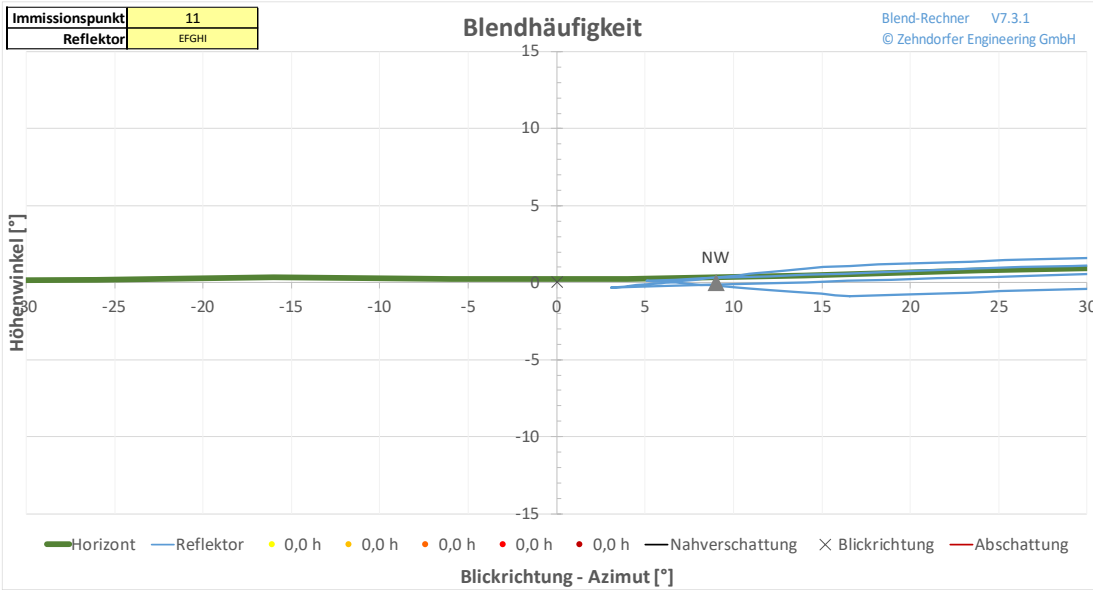
Immissionspunkt	10
Reflektor	ACEFGHI

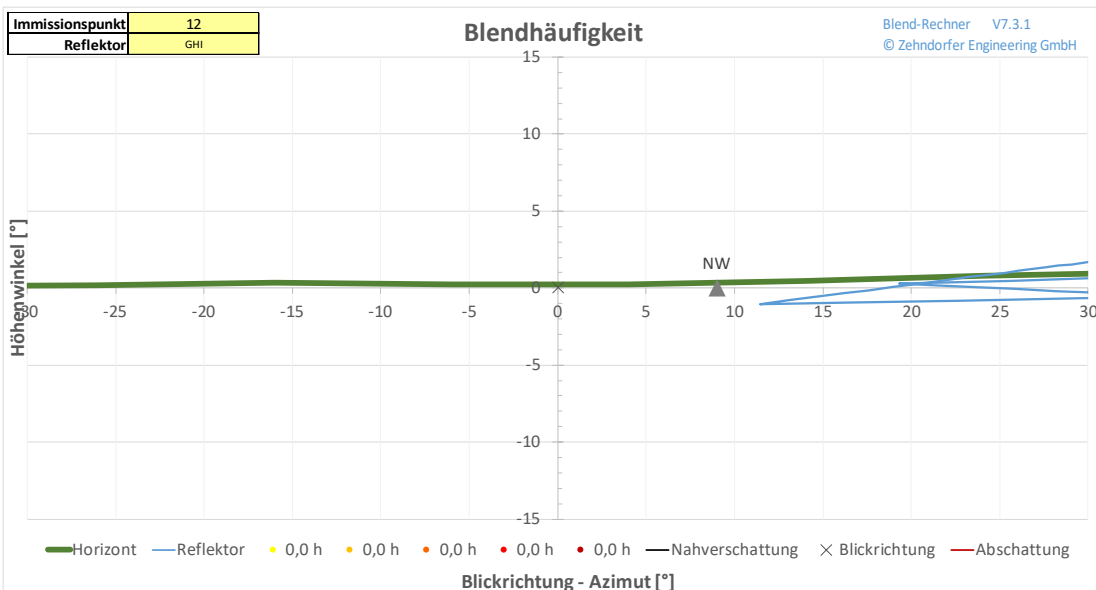
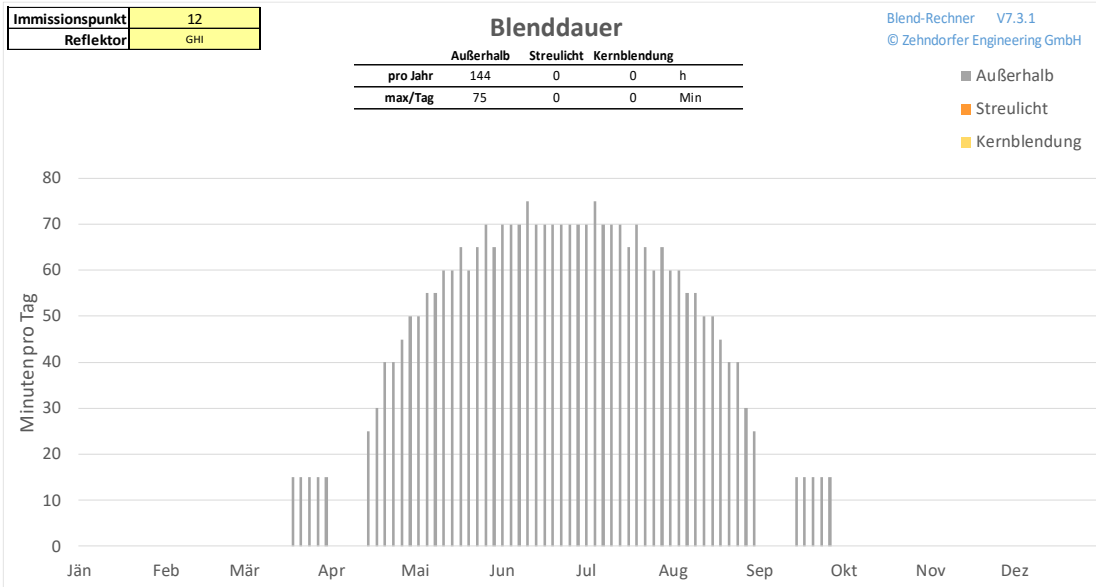
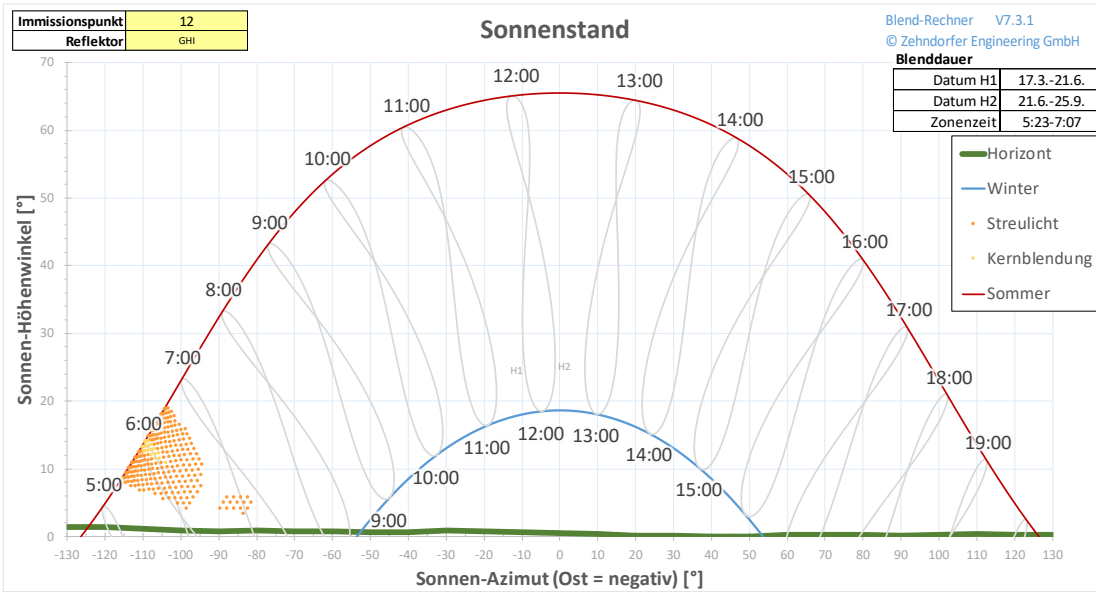
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH





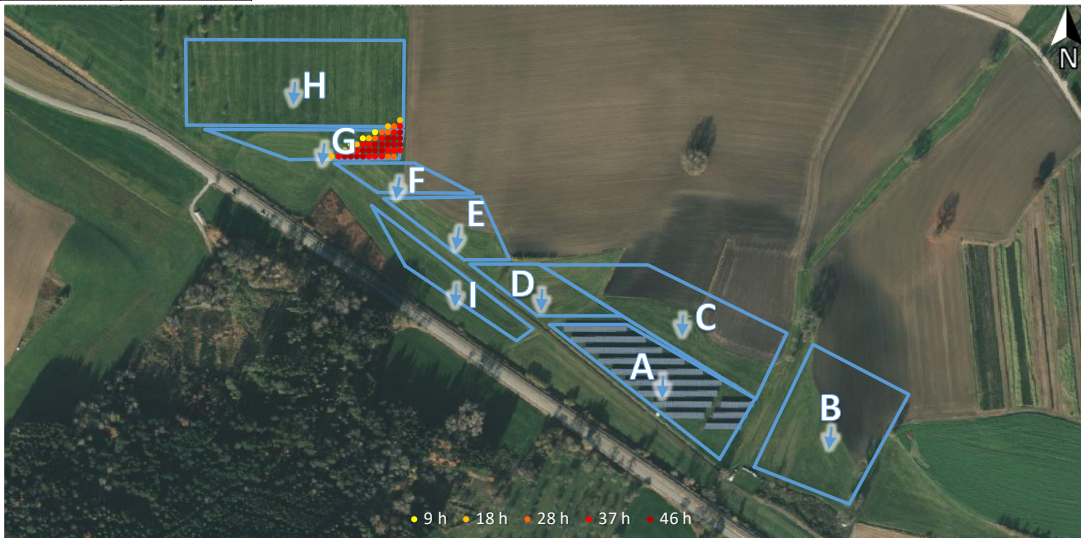




Immissionspunkt	12
Reflektor	GHI

Blendhäufigkeit

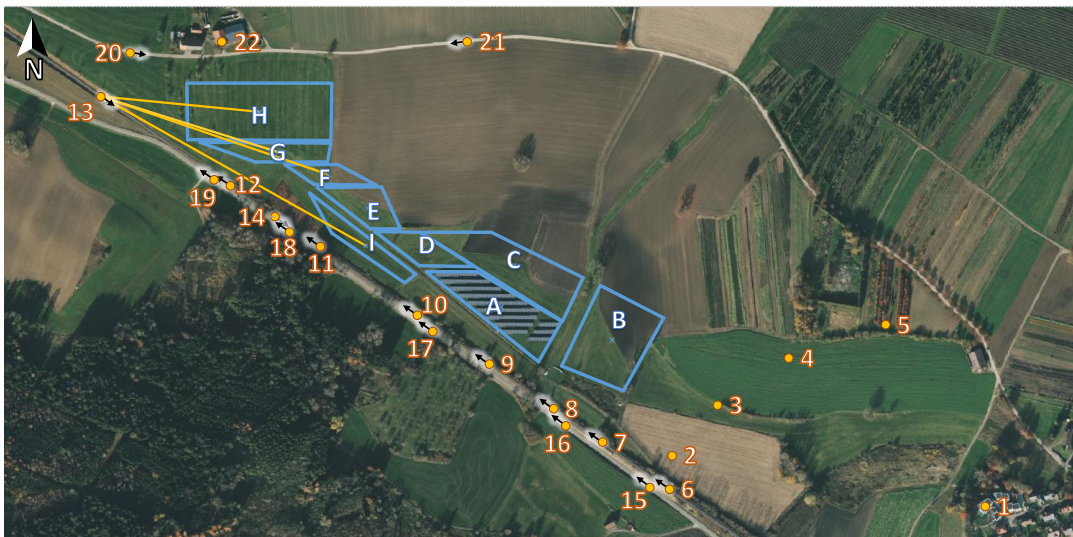
Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	13
Reflektor	FGHI

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



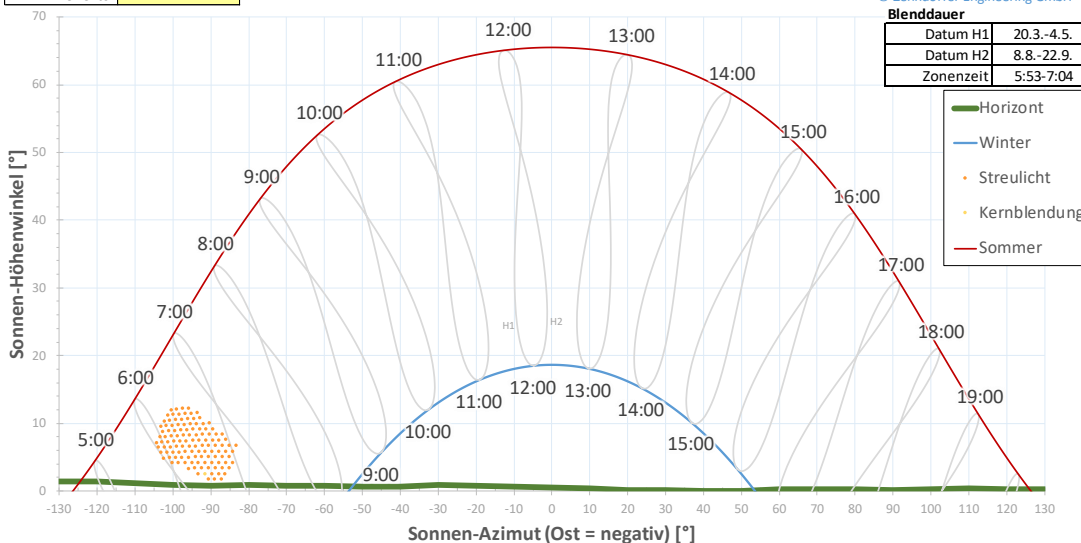
Immissionspunkt	13
Reflektor	FGHI

Sonnenstand

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Blenddauer

Datum H1	20.3.-4.5.
Datum H2	8.8.-22.9.
Zonenzeit	5:53-7:04



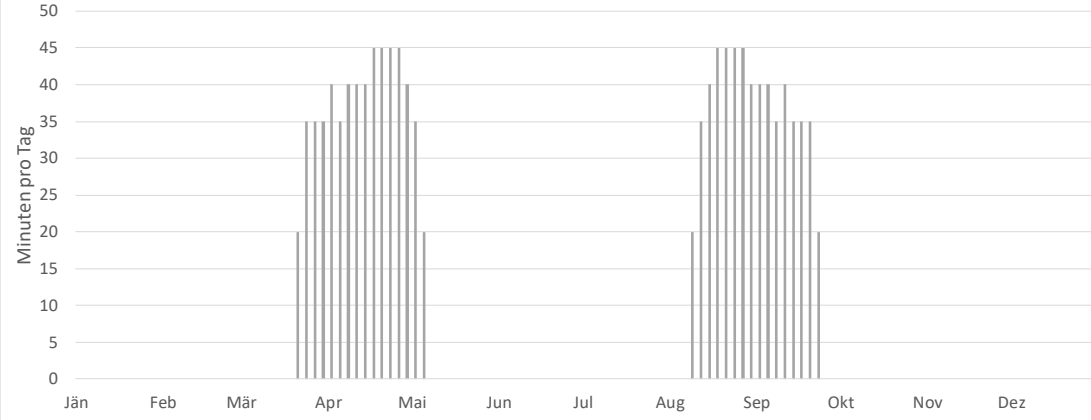
Immissionspunkt	13
Reflektor	FGHI

Blenddauer

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	60	0	0	h
max/Tag	45	0	0	Min

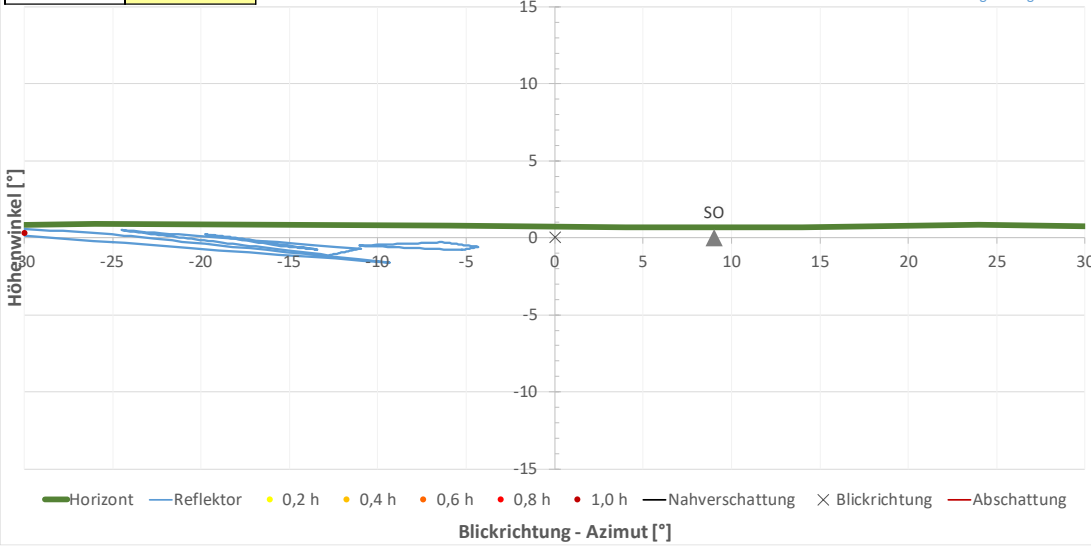
- Außerhalb
- Streulicht
- Kernblendung



Immissionspunkt	13
Reflektor	FGHI

Blendhäufigkeit

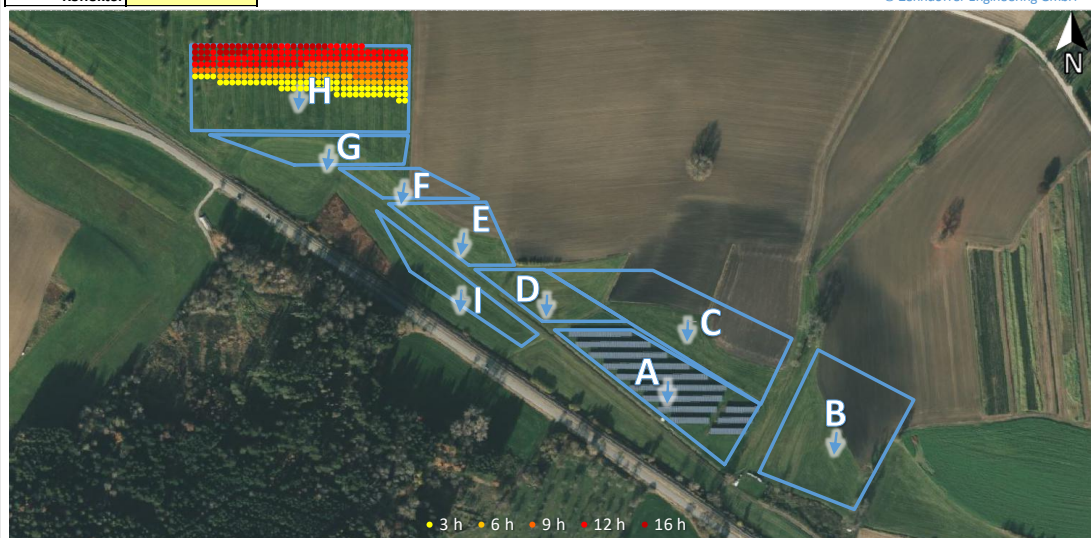
Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

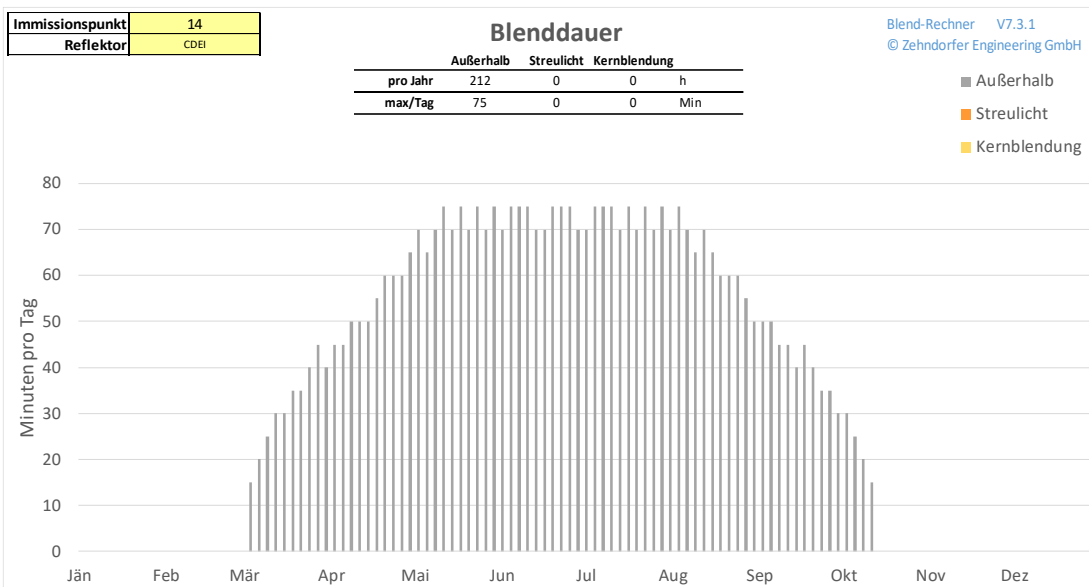
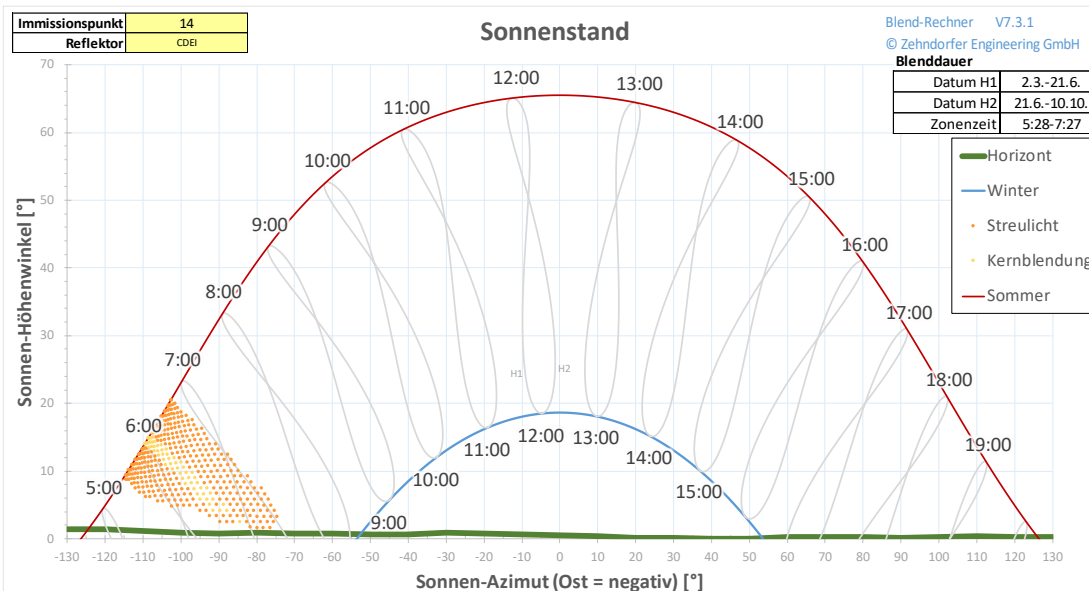
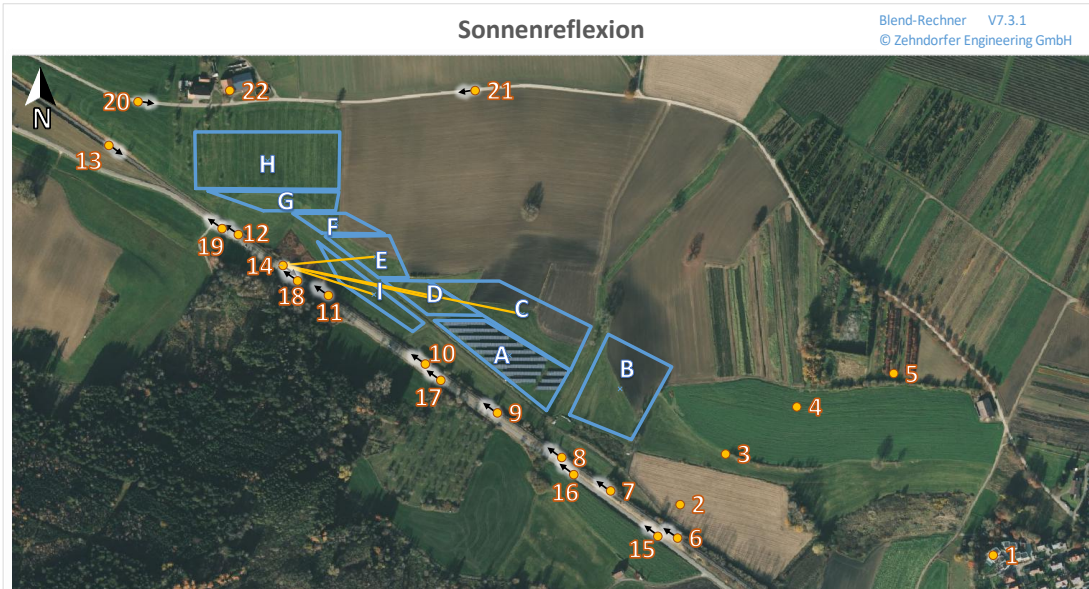


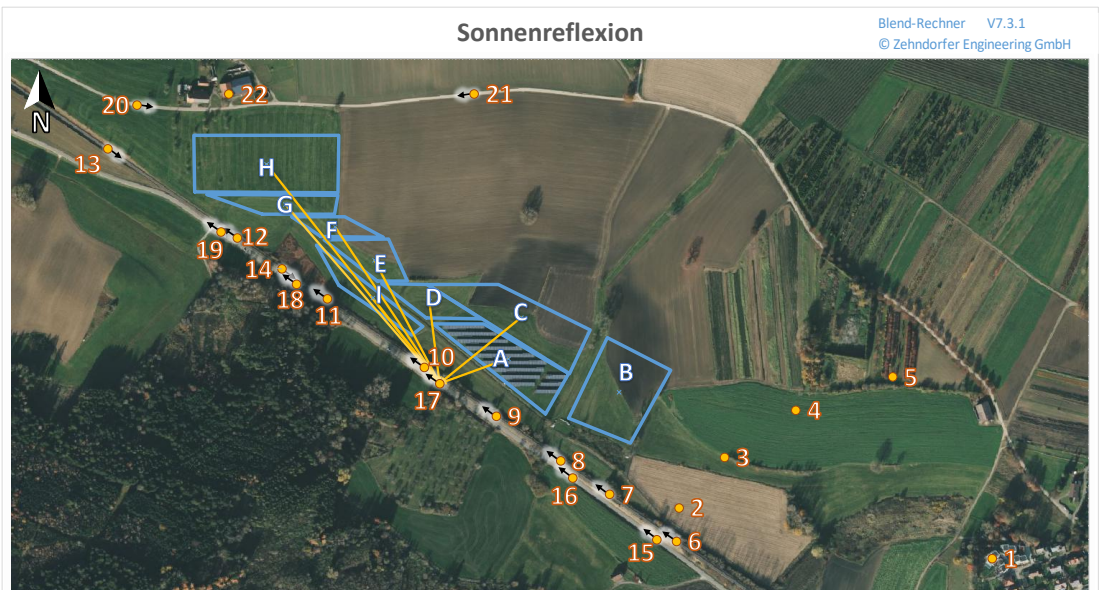
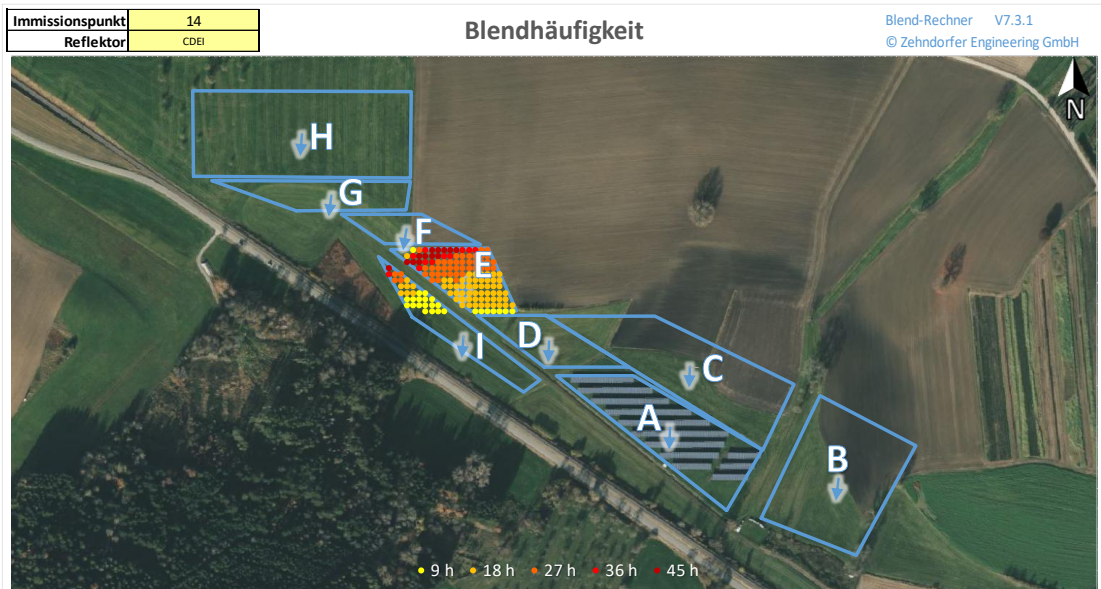
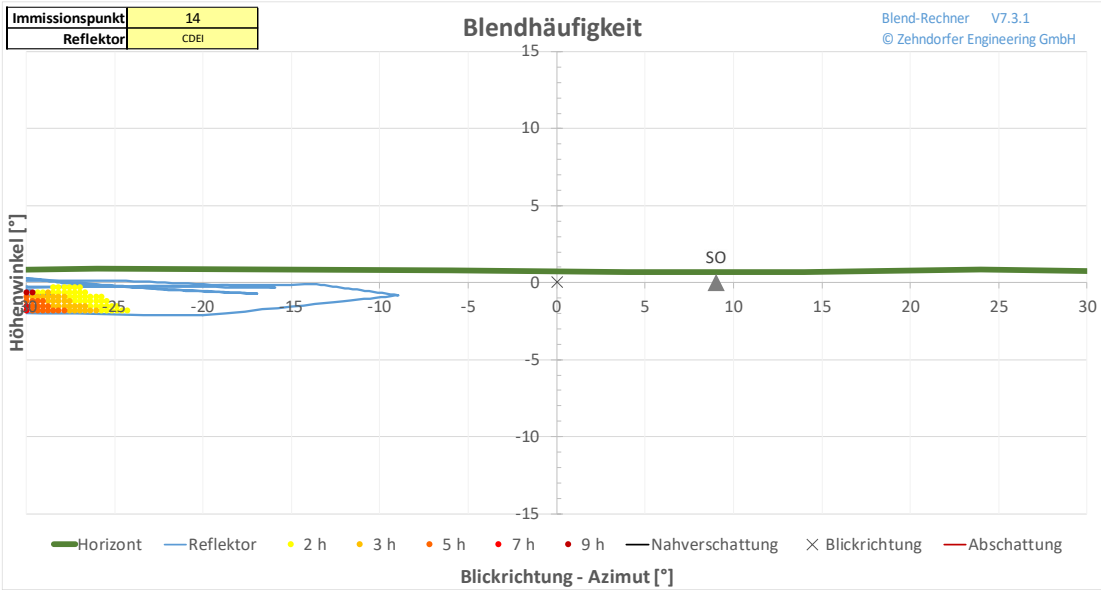
Immissionspunkt	13
Reflektor	FGHI

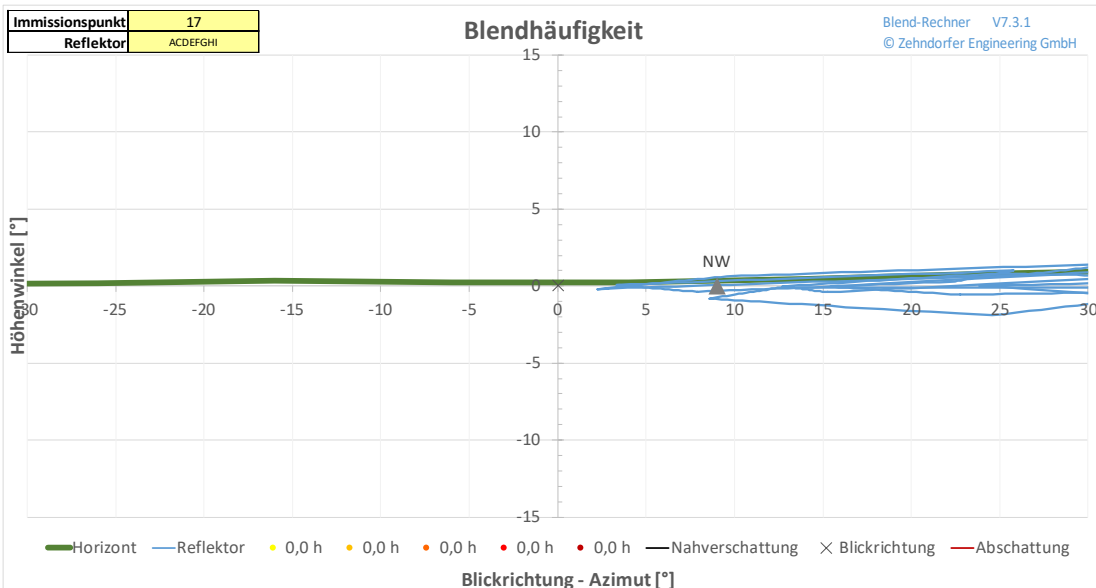
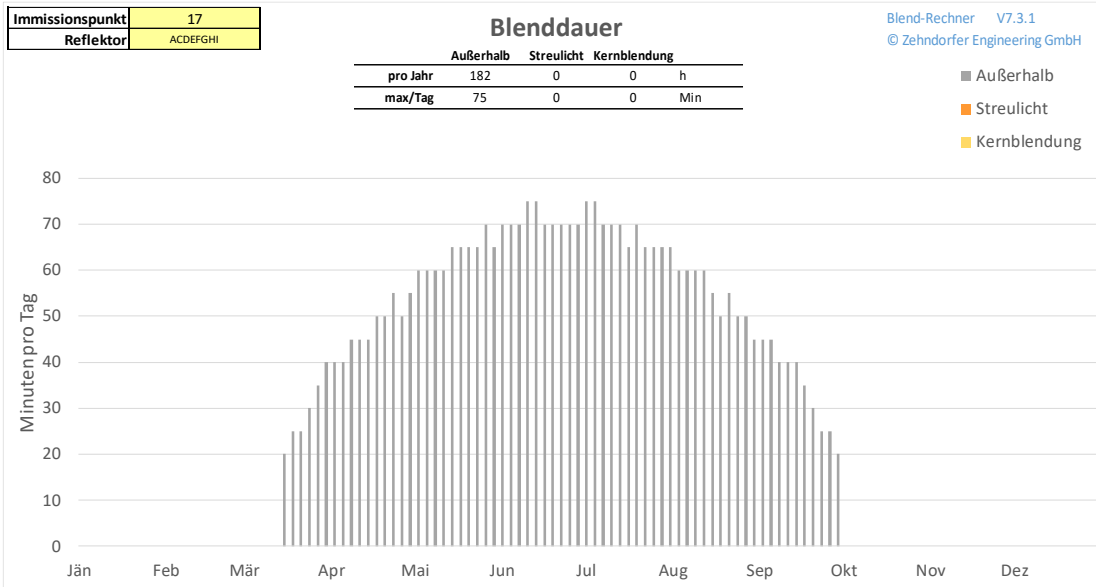
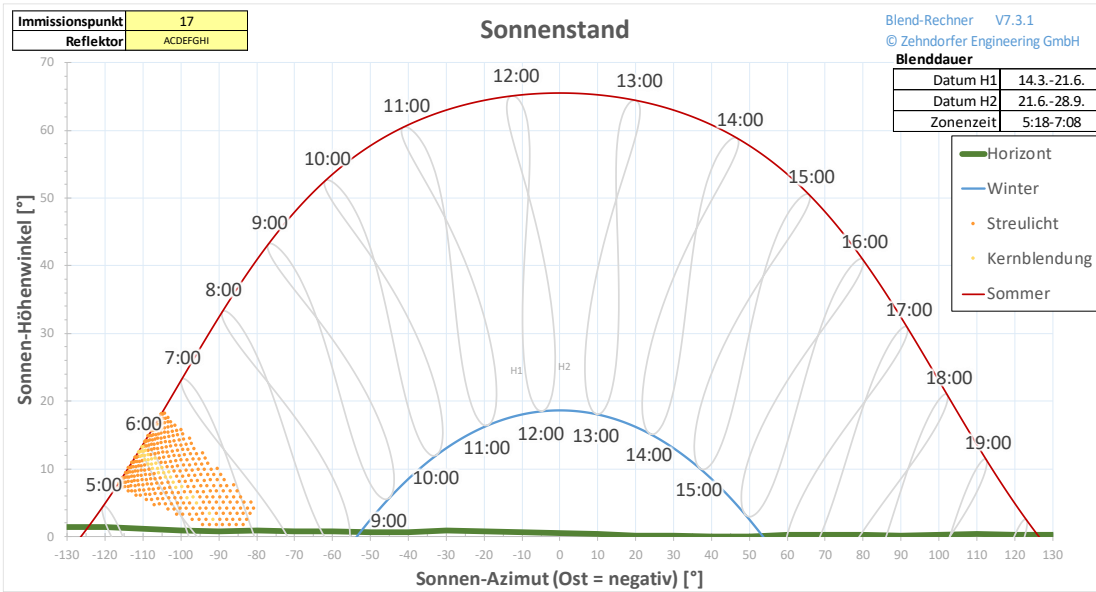
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH





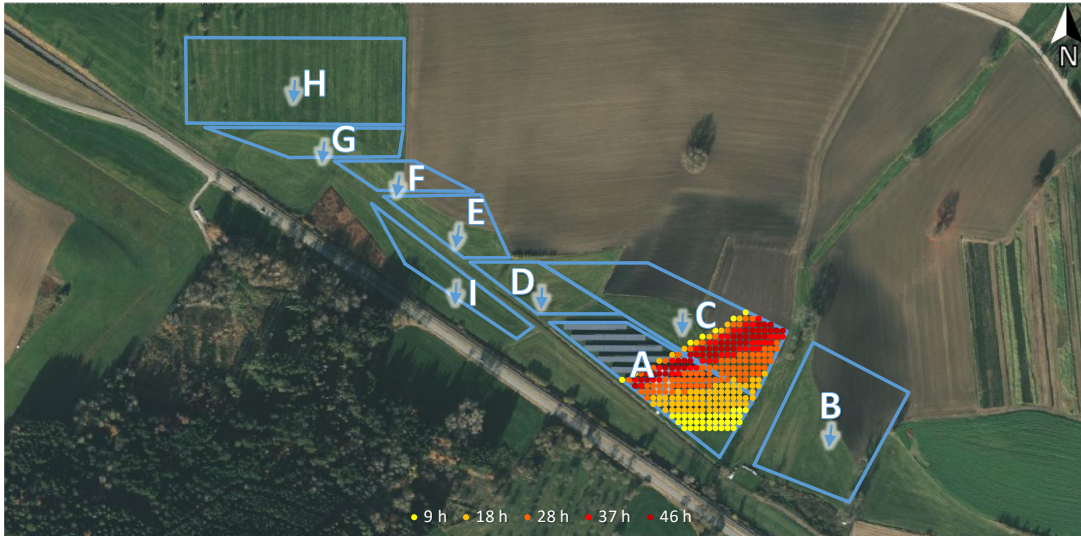




Immissionspunkt	17
Reflektor	ACDEFGHI

Blendhäufigkeit

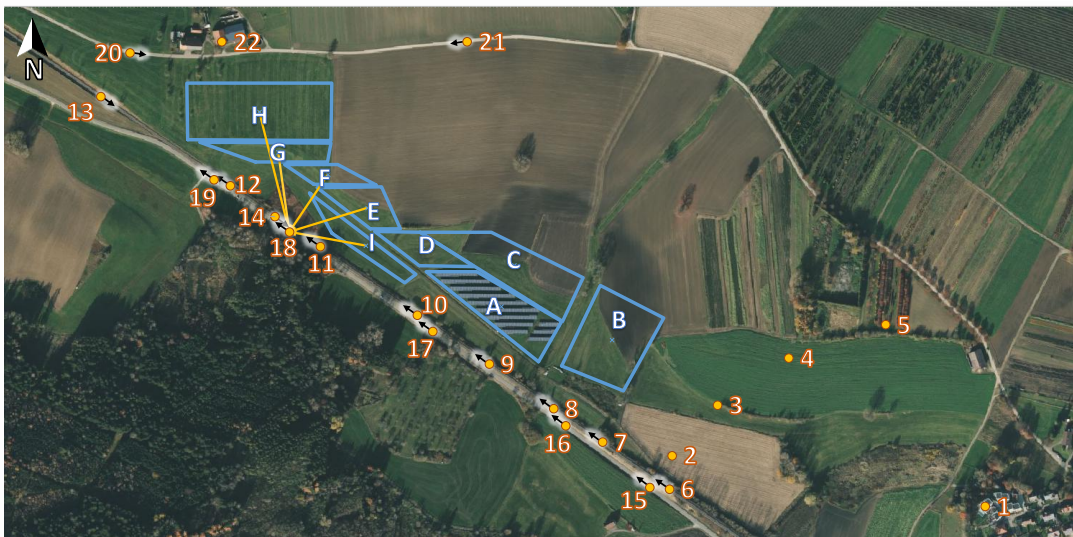
Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	18
Reflektor	FGHI

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



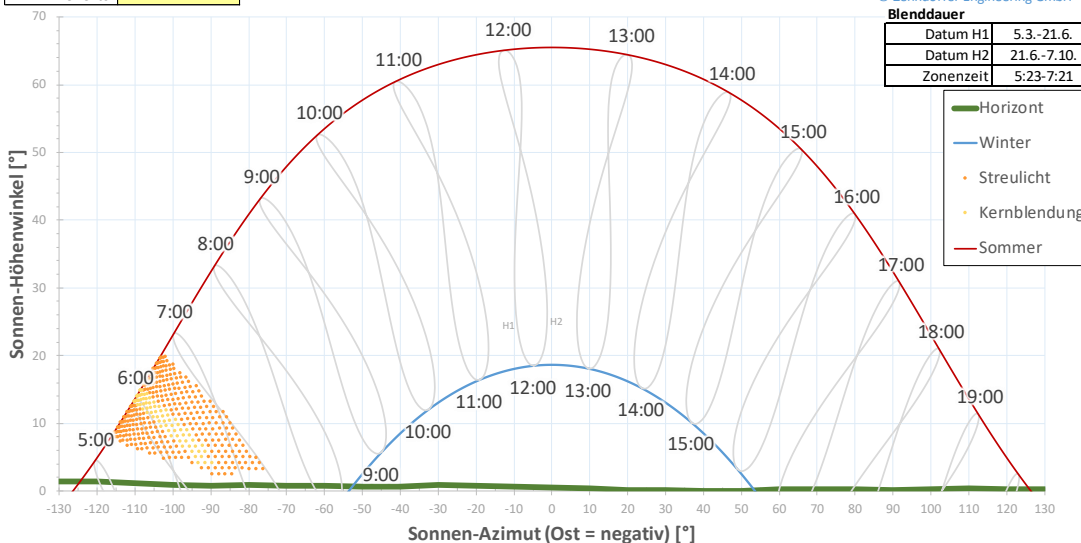
Immissionspunkt	18
Reflektor	FGHI

Sonnenstand

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Blenddauer

Datum H1	5.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-7.10.
Zonenzeit	5:23-7:21



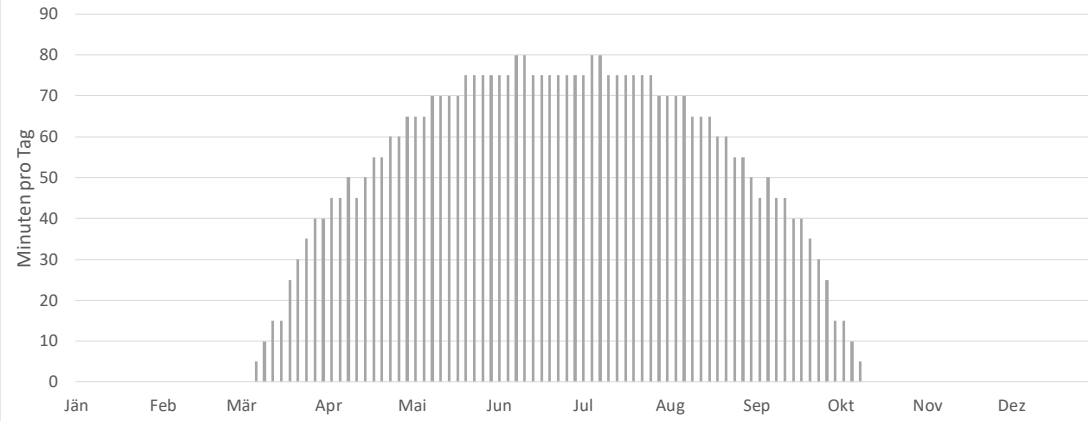
Immissionspunkt	18
Reflektor	EFGHI

Blenddauer

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	203	0	0	h
max/Tag	80	0	0	Min

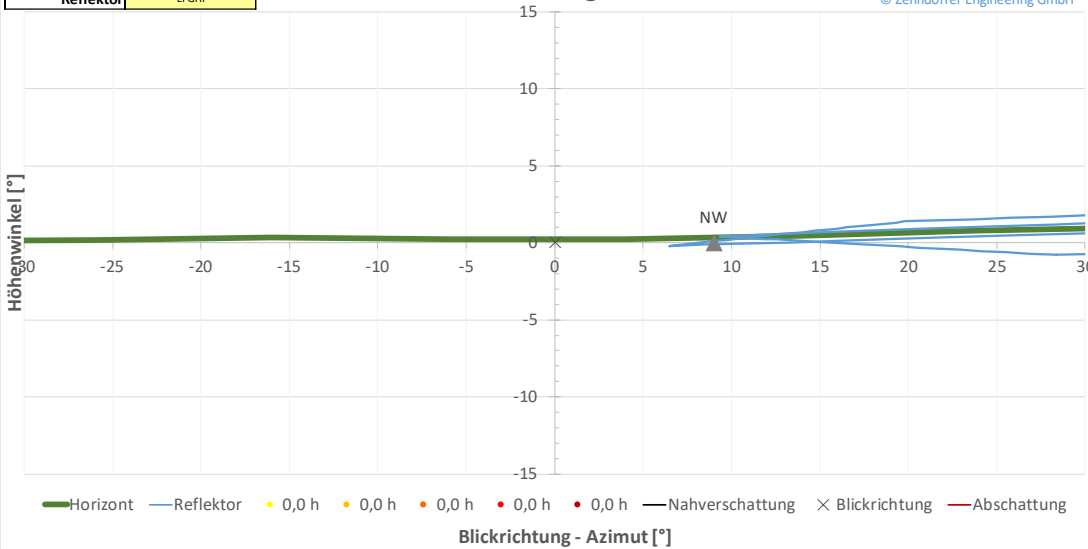
- Außerhalb
- Streulicht
- Kernblendung



Immissionspunkt	18
Reflektor	EFGHI

Blendhäufigkeit

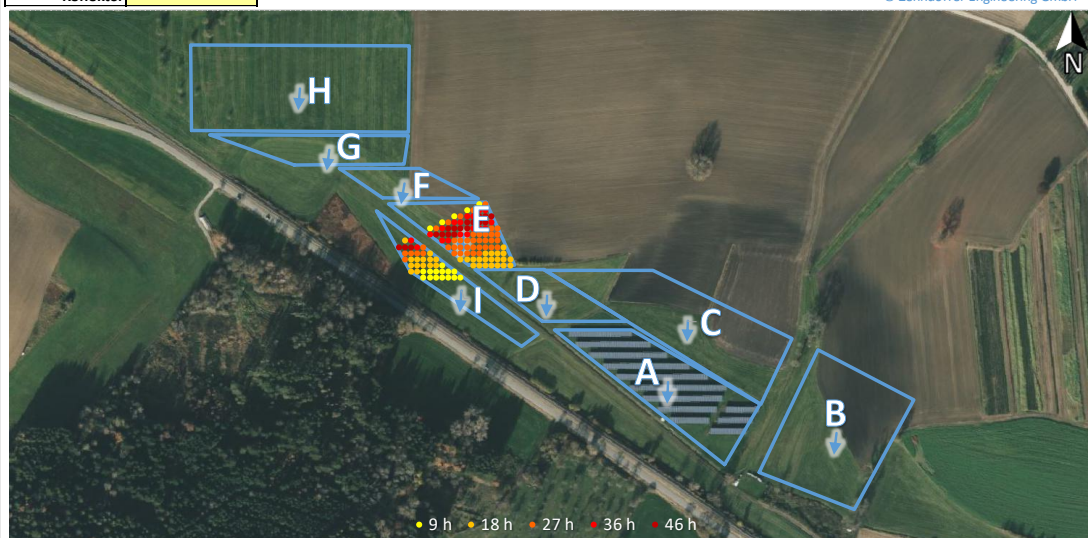
Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

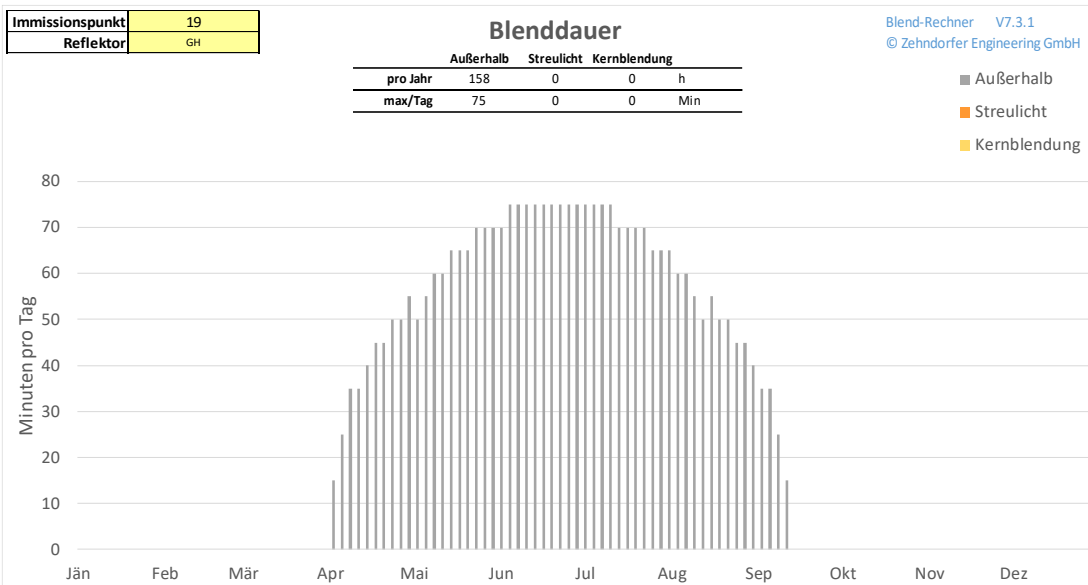
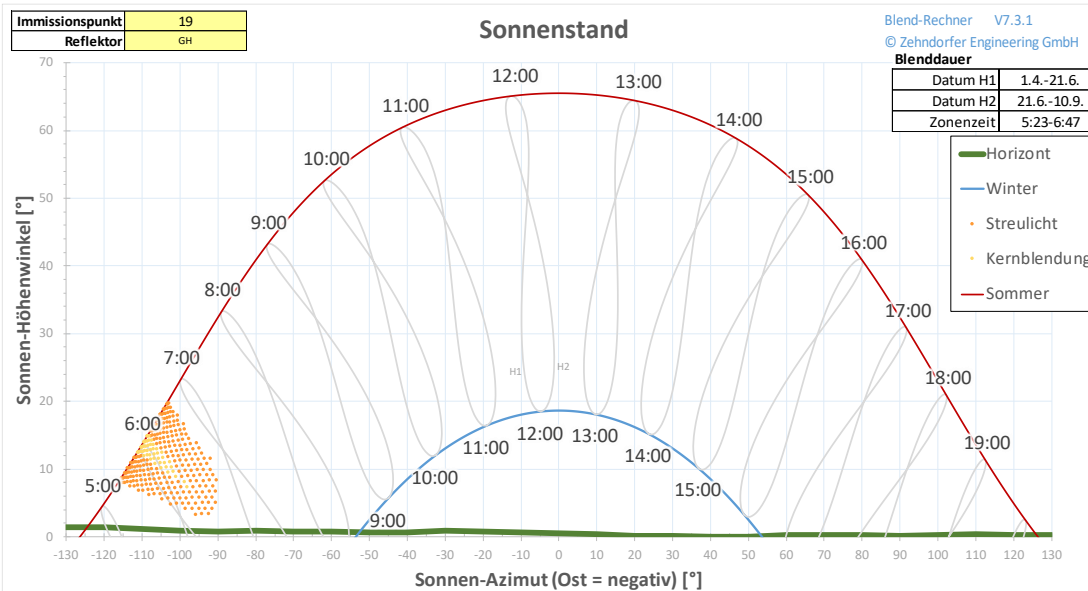
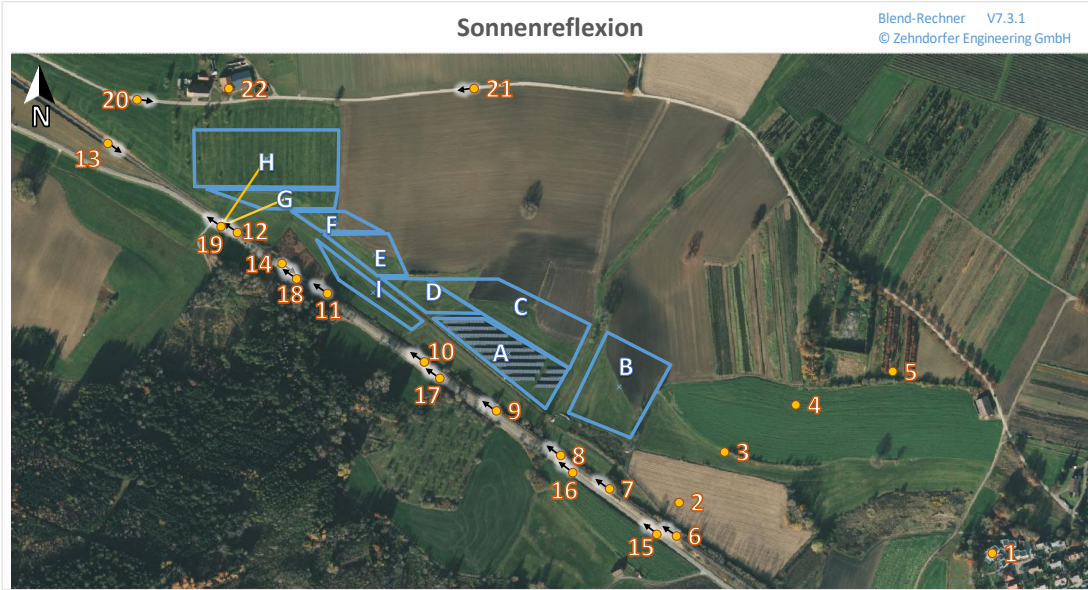


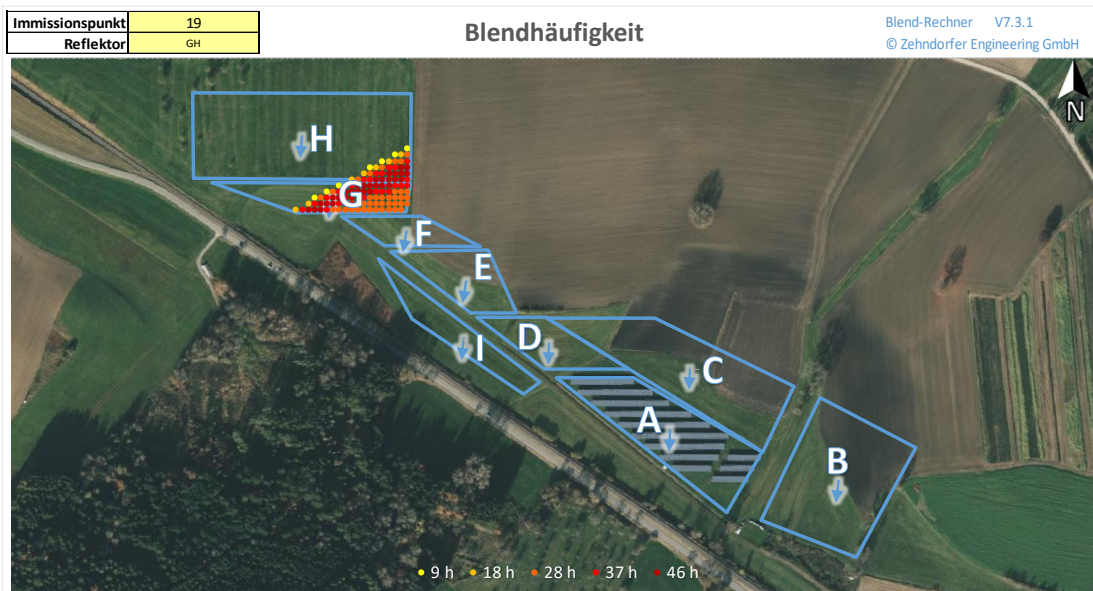
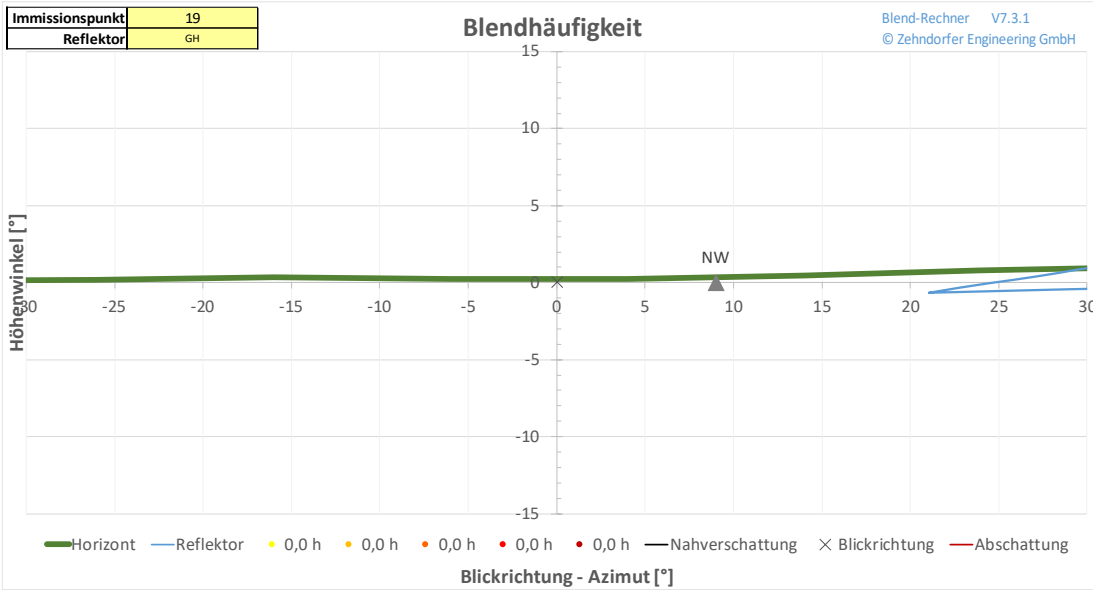
Immissionspunkt	18
Reflektor	EFGHI

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.1
© Zehndorfer Engineering GmbH







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

