Analyse der Blendwirkung der Solaranlage Essenbach

Im Auftrag von
Elektro Ecker GmbH & Co. KG
z.H.: Fr. Teresa Ambrozy
Salzdorf 5
84036 Landshut

Gutachten ZE20049-EE
Juni 2020

Zehndorfer Engineering GmbH
Stift-Viktring-Straße 21/6
9073 Klagenfurt
Österreich

GF: Dipl.-Ing. Jakob Zehndorfer
Tel: +43 (680) 244 3310
office@zehndorfer.at
www.zehndorfer.at

Firmenbuchnummer: 515736k
LG Klagenfurt
UID Nummer: ATU74524829

Bank: Kärntner Sparkasse AG
IBAN: AT34 2070 6046 0001 4676
SWIFT/BIC: KSPKAT2KXXX

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 Geländeprofil 7
1.4.2 Horizont 7
1.4.3 Bewuchs 8
1.4.4 Künstliche Abschattungen 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 Größenverhältnisse 11
2.5.2 Richtung der Blendung 12
2.5.3 Blendstärke 12
2.5.4 Blenddauer 13
2.5.5 Mögliche subjektive Effekte 13
2.5.6 Schienenfahrzeugverkehr 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 Bahnverkehr besteht.

Es kann an einigen Immissionspunkten zu kurzen Reflexionen in Richtung der Bahntrasse kommen. Diese liegen jedoch immer außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Lokführer. Sie stellen daher keine Gefahr für den Bahnverkehr dar.

Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	2.6.2020	ursprüngliche Fassung

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

1 Situationsbeschreibung

1.1 Problembeschreibung

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.

Ziel dieses Gutachtens ist die Prüfung, ob der Bahnverkehr auf der Strecke München Regensburg von den Reflexionen der PV-Module geblendet werden könnten.

1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Die geplante Freiflächen-Photovoltaik-Anlage befindet sich in der Gemeinde 84051 Essenbach, Landkreis Landshut (Gemarkung Altheim, GPS Koordinaten 48°35'56"N, 12°10'18"O) östlich der Bahnstrecke 5500 München-Regensburg.

Abbildung 1 Situation

Abbildung 2 Modulbelegungsplan

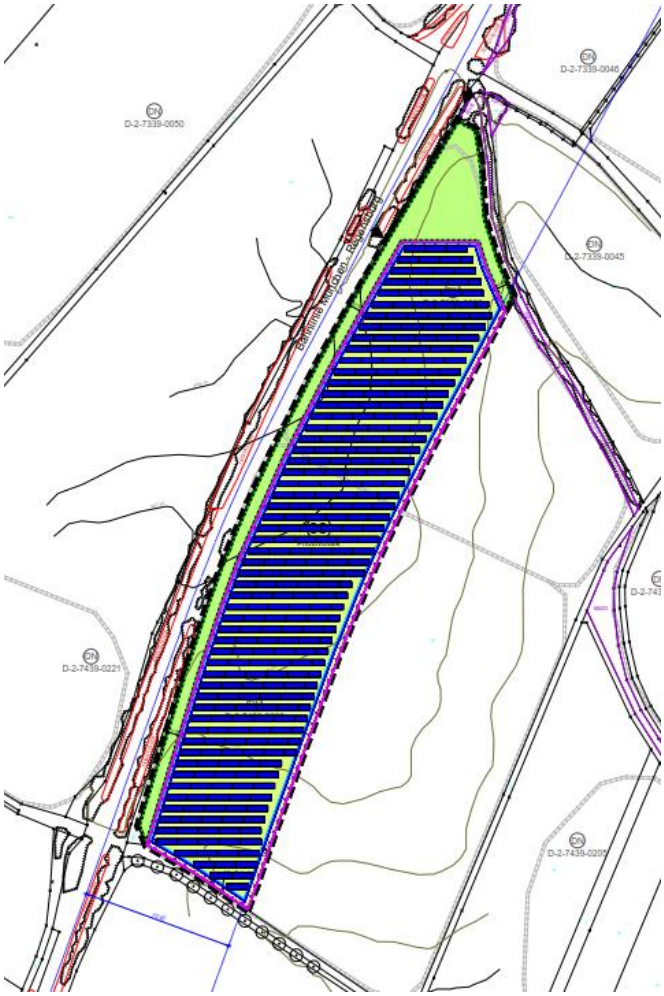
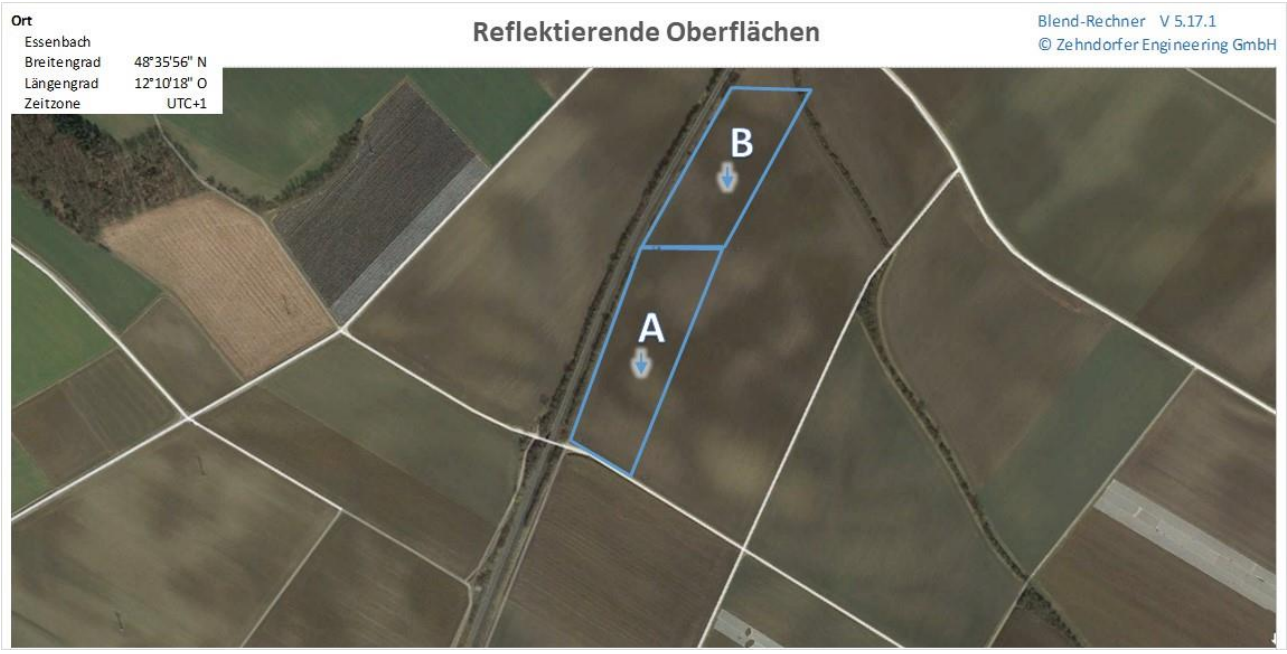
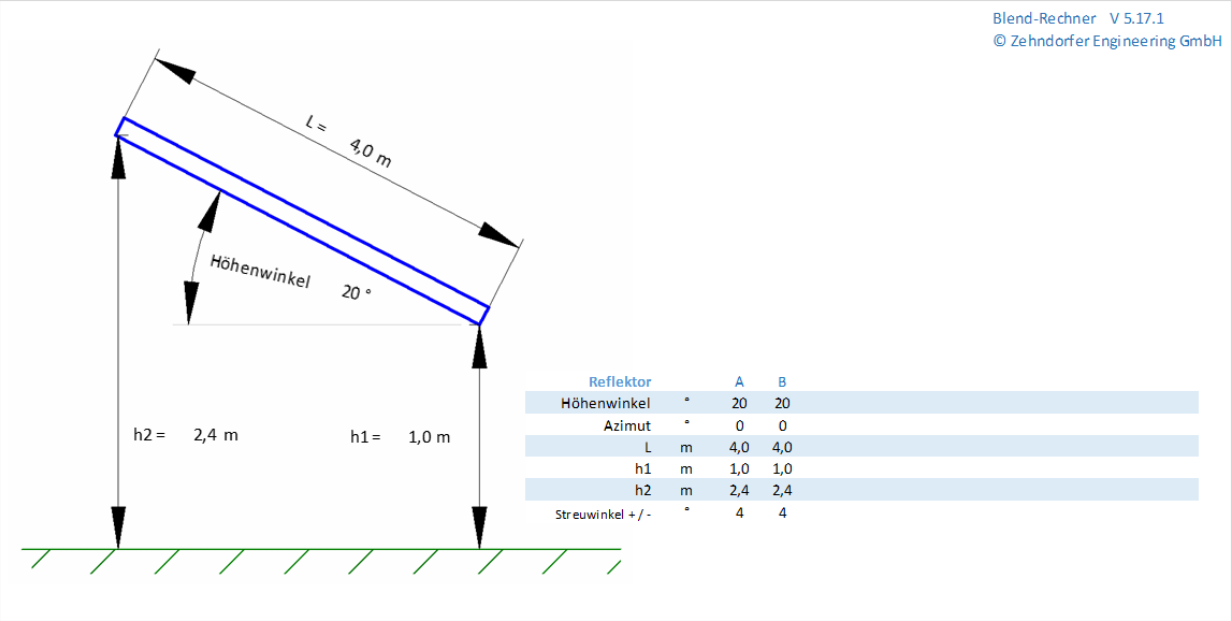


Abbildung 3 Ausrichtung der Anlage



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

Abbildung 4 Ausrichtung der PV-Module (nicht maßstabsgetreu)



Reflektor		A	B
Höhenwinkel	°	20	20
Azimut	°	0	0
L	m	4,0	4,0
h1	m	1,0	1,0
h2	m	2,4	2,4
Streuwinkel + / -	°	4	4

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum. Die Module sind in Richtung - Süden mit 20° geneigt aufgeständert. Sie sind auf vierreihigen Modultischen, querkant, mit der Oberkante bei ca. 2,4 m angeordnet.

1.3 Untersuchter Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen auf der Bahntrasse in beiden Richtungen (2,5m über den Gleisen).

Abbildung 5 Immissionpunkte

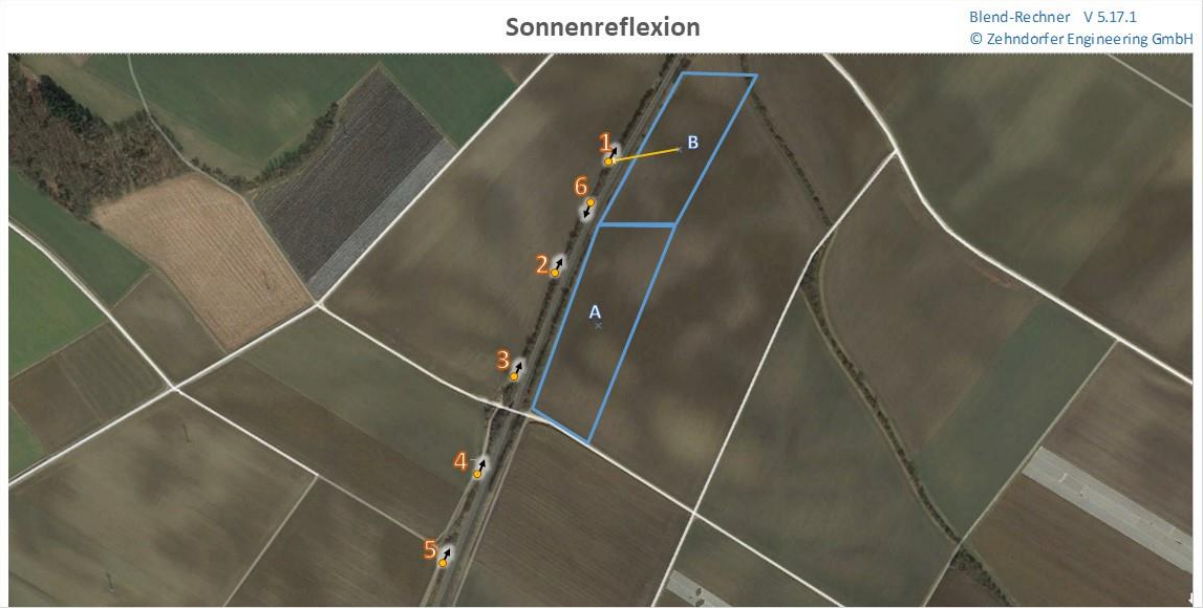


Abbildung 5 und zeigt die Lage der Immissionspunkte (IP) und des PV-Feldes. Die Immissionspunkte wurden unter dem Kriterium ausgewählt, dass eine Sichtverbindung zur Vorderseite der PV-Module gegeben sein muss.

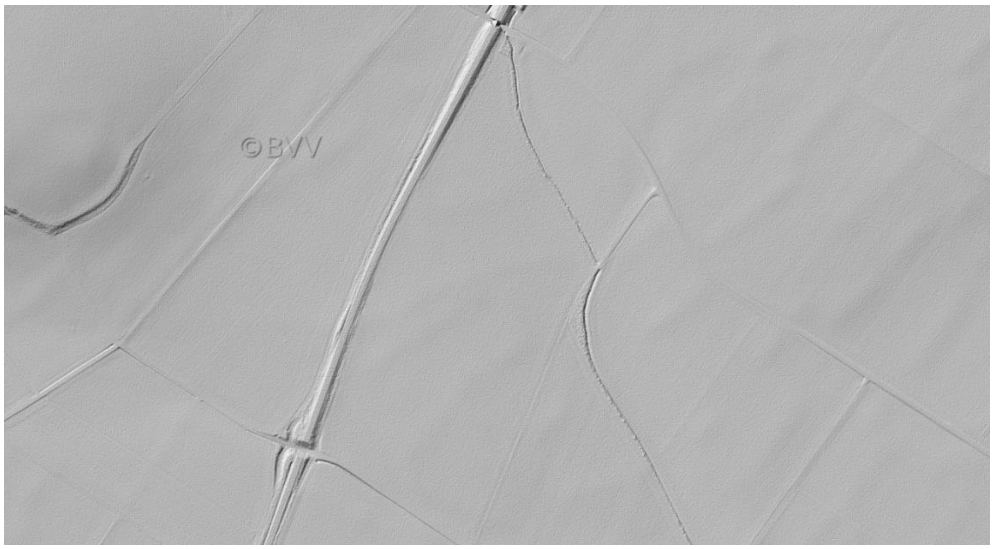
Die detaillierte Vermessung der relevanten Umgebung ist in Anhang 4 zu finden.

1.4 Abschattungen & Verdeckungen

1.4.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist relativ flach. Die Bahntrasse liegt an der fraglichen Stelle etwas höher als die Fläche auf der sich die PV-Anlage befindet. Es gibt aber sonst keine Geländekanten, die den Blick auf die PV-Anlage verhindern würden.

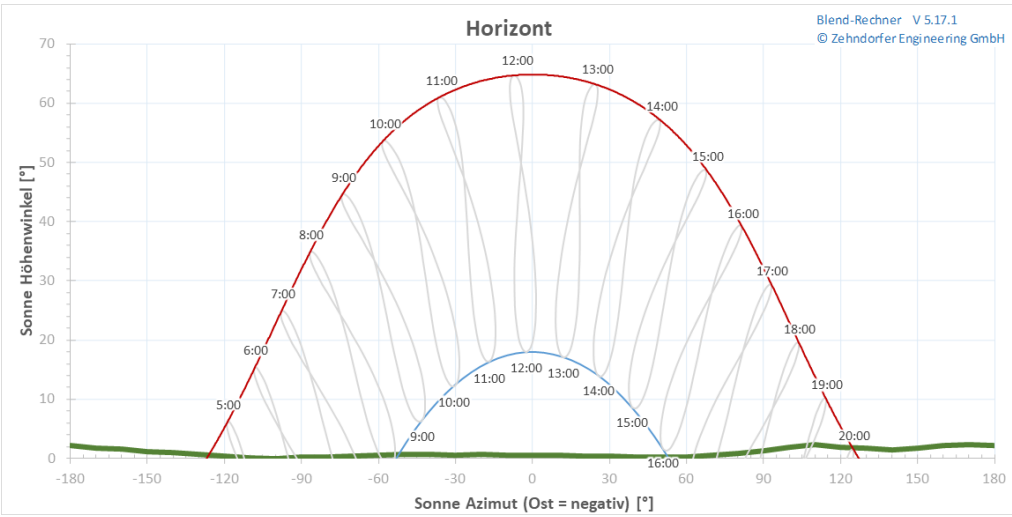
Abbildung 6 Gelände-Relief



1.4.2 Horizont

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

Abbildung 7 Horizont



1.4.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und einigen der IP steht eine Baumreihe, die jedoch keine durchgehende Abschattung garantiert. 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.

Abbildung 8 Reflexion der Solar Anlage zum IP3

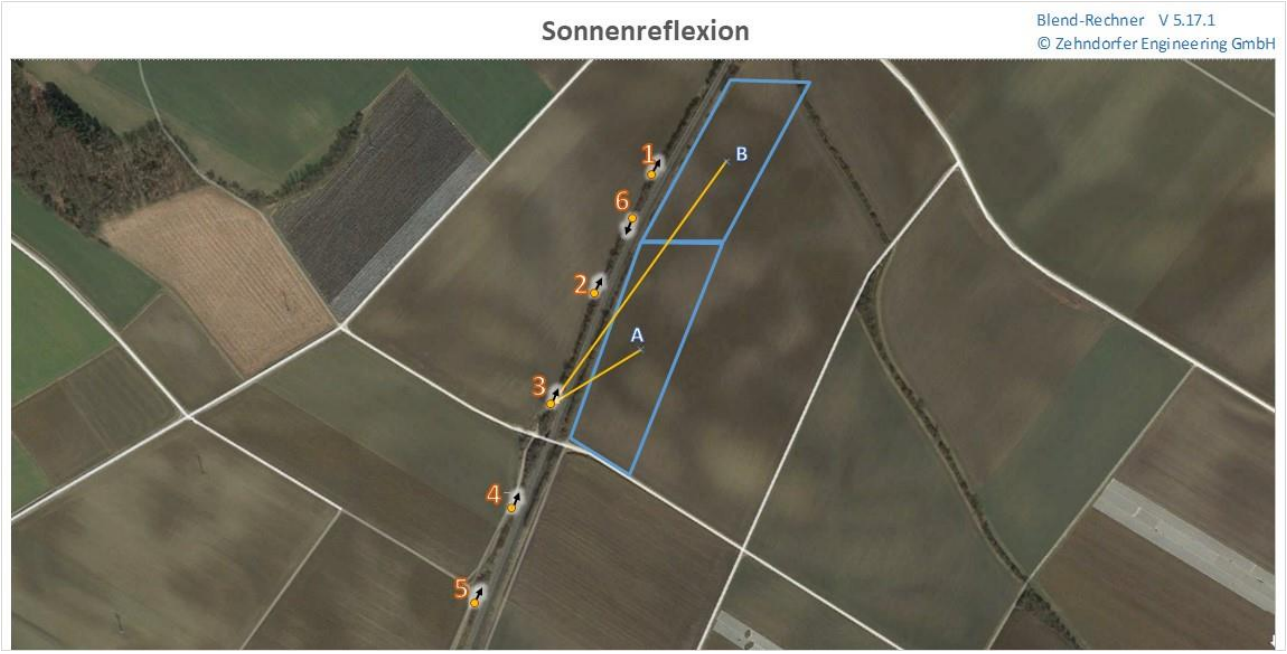
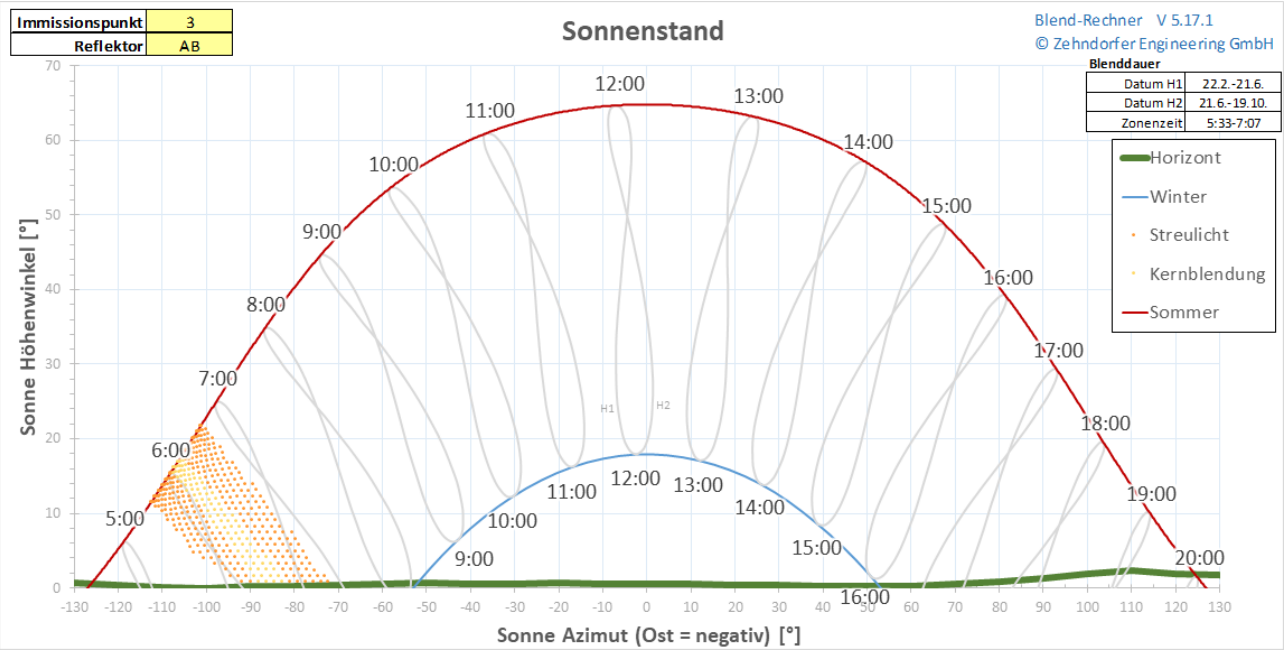


Abbildung 8 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

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 2



Am IP 3 ist also früh morgens von Februar bis Oktober mit Reflexionen zu rechnen. Die Resultate der Berechnung sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Alle weiteren Ergebnisse sind in Anhang 5 zu finden.

Reflektor		**AB**
Immissionspunkt		**3**
Distanz	m	356
Höhenwinkel	°	0
Raumwinkel	msr	108
Datum H1		22.2.-21.6.
Datum H2		21.6.-19.10.
Zeit		5:33-7:07
Kernblendung	min / Tag	0
Kernblendung	h / Jahr	0
Streulicht	min / Tag	0
Streulicht	h / Jahr	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	11
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-92
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	33
Blendung - Blickwinkel (min)	°	45

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 Millisteradiant. Der Raumwinkel ist ein Maß für die sichtbare Größe eines Objektes. Er wird berechnet indem man die sichtbare Fläche eines Objektes durch das Quadrat dessen Abstandes dividiert.
Datum H1/H2	Gibt genau jene Zeitspanne an, an welcher Blendung über den Reflektor erfolgt
Zeit	Jene maximale Zeitspanne bei der die Blendung über den Reflektor erfolgt
Kernblendung	Die Dauer der Blendung durch direkte Spiegelung der Sonne am Reflektor in Minuten pro Tag bzw. Stunden pro Jahr
Streulicht	Die Dauer der Blendung durch gestreutes Licht der Sonne an der unebenen Oberfläche des Reflektors in Minuten pro Tag bzw. Stunden pro Jahr, für den Fall, dass das Streulicht (nach Vorgabe) unberücksichtigt bleibt, steht hier derselbe Wert wie bei der Kernblendung
Dauer	Die Anzahl jener Tage im Jahr (Frühjahr und Herbst), an denen zu irgendeiner Uhrzeit eine Blendung auftreten kann. Außerhalb dieser Tage steht die Sonne zu hoch oder zu flach um am Immissionspunkt zu blenden, oder es findet eine Verschattung durch den Horizont oder künstliche Hindernisse statt.
Sonnen Höhenwinkel	Durchschnittlicher Sonnen-höhenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
Sonnen Azimut	Durchschnittlicher Sonnen-Azimut zum Zeitpunkt der Blendung
Sonne-Reflektor Winkel	Der vom Immissionspunkt aus, sichtbare Winkel zwischen Reflektor und Sonnenstand bei Blendung. Ist dieser Winkel klein (also z.B. < 10°), so spielt die Blendung, neben der, in gleicher Richtung stehenden und typischer Weise viel stärkeren Sonne, eine untergeordnete Rolle.
Blendung-Blickwinkel	Der minimale Winkel zwischen der Blickrichtung (also z.B. Fahrtrichtung) und jener Stelle des Reflektors von welcher aus Reflexionen stattfinden könnten. Ist der Winkel groß (also außerhalb des eines Kegels von 30°), so spielt die Blendung eine untergeordnete Rolle.

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 3

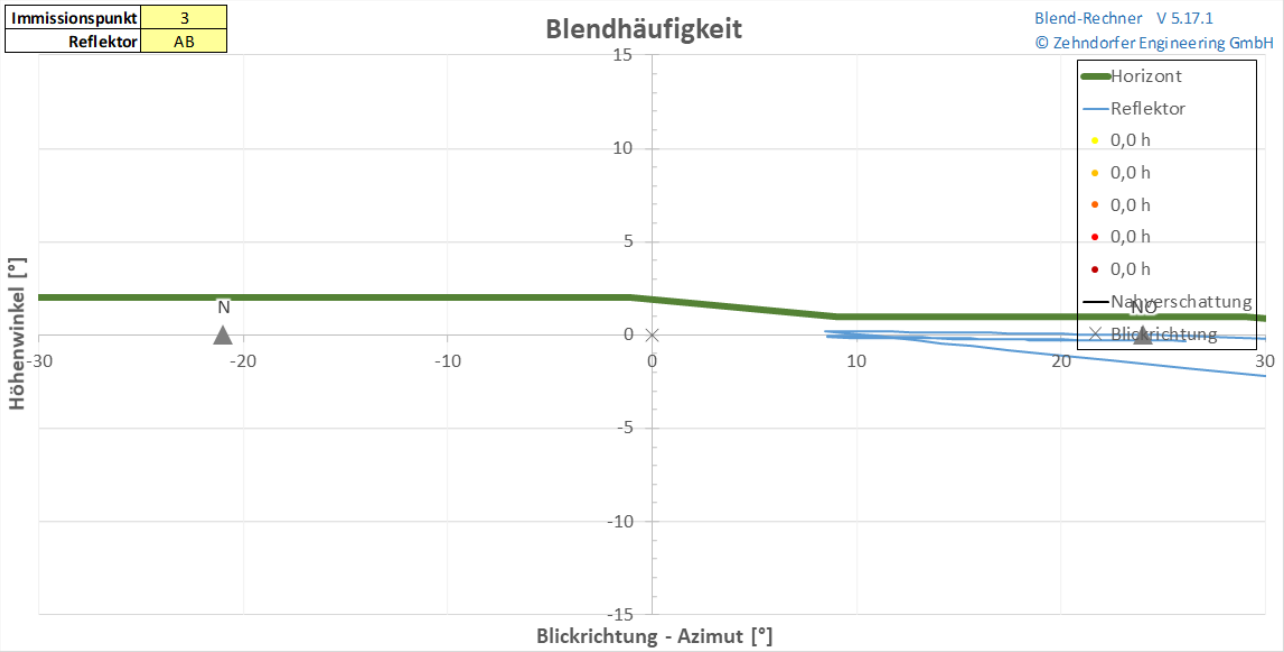


Abbildung 10 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer eventueller Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt. In diesem konkreten Fall liegen die Immissionen außerhalb des Bildbereiches.

Alle weiteren Ansichten sind in Anhang 5 zu sehen.

2.5 Blend-wirkung

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

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

2.5.1 Größenverhältnisse

Die hier dargestellten Größenverhältnisse sollen bei der subjektiven Einordnung der Reflexionsfläche helfen. Da das Auge keine Größen, sondern nur optische Winkel wahrnimmt (also das Verhältnis von Größe zur Entfernung[1]) sind hier alle Größen im Maß des Raumwinkels (milli Steradiant) 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 3 (108 msr) ist als sehr groß zu bezeichnen.

2.5.2 Richtung der Blendung

Die Richtung, von der Blendung ausgeht, kann eine entscheidende Rolle für die Blendwirkung spielen. Während Blendungen von oben (z.B. Sonne) als normal anzusehen sind und Menschen diesbezüglich nicht sehr empfindlich sind, können waagrecht einfallende Lichtstrahlen Menschen stören. Auch solche Blendungen die von weitere 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-Positionsindex[2].

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

2.5.3 Blendstärke

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

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

2.5.4 Blenddauer

Abbildung 11 Blenddauer am IP 3

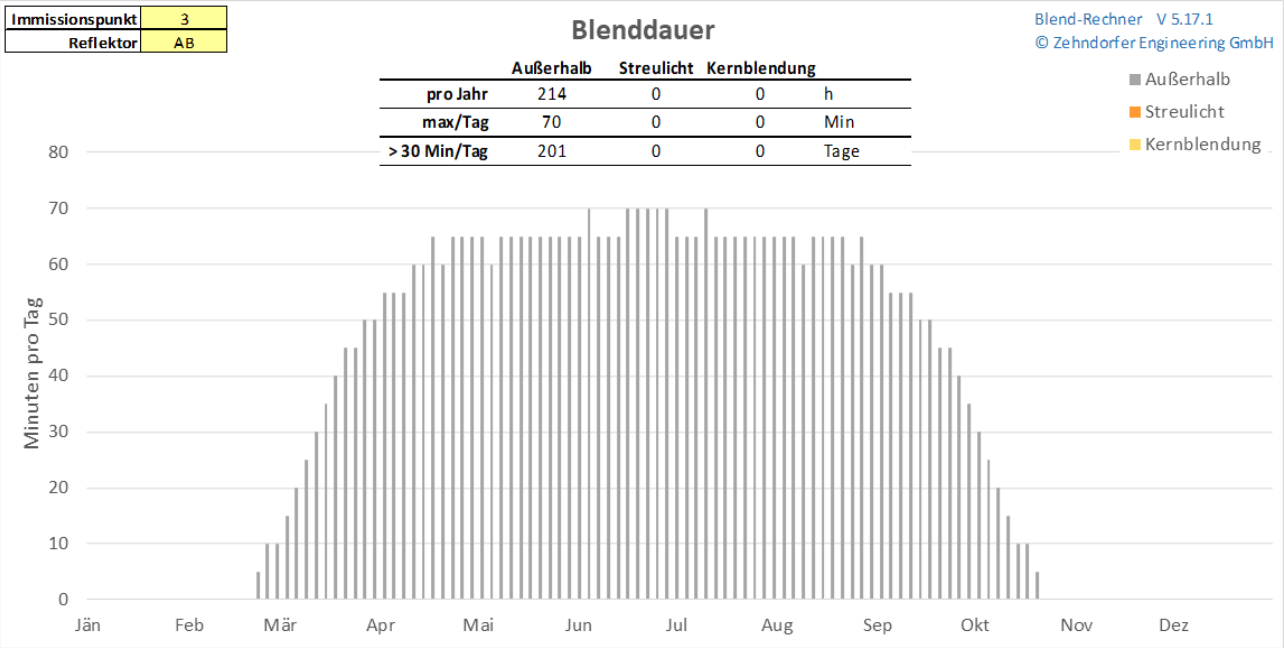


Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

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.

2.5.5 Mögliche subjektive Effekte

Es gibt Tätigkeiten, bei denen die ungestörte Sicht in Richtung der PV Anlage notwendig ist. Für den Verkehr kann der Blick in Richtung der Blendung notwendig sein, falls diese in Fahrtrichtung liegt.

2.5.6 Schienenfahrzeugverkehr

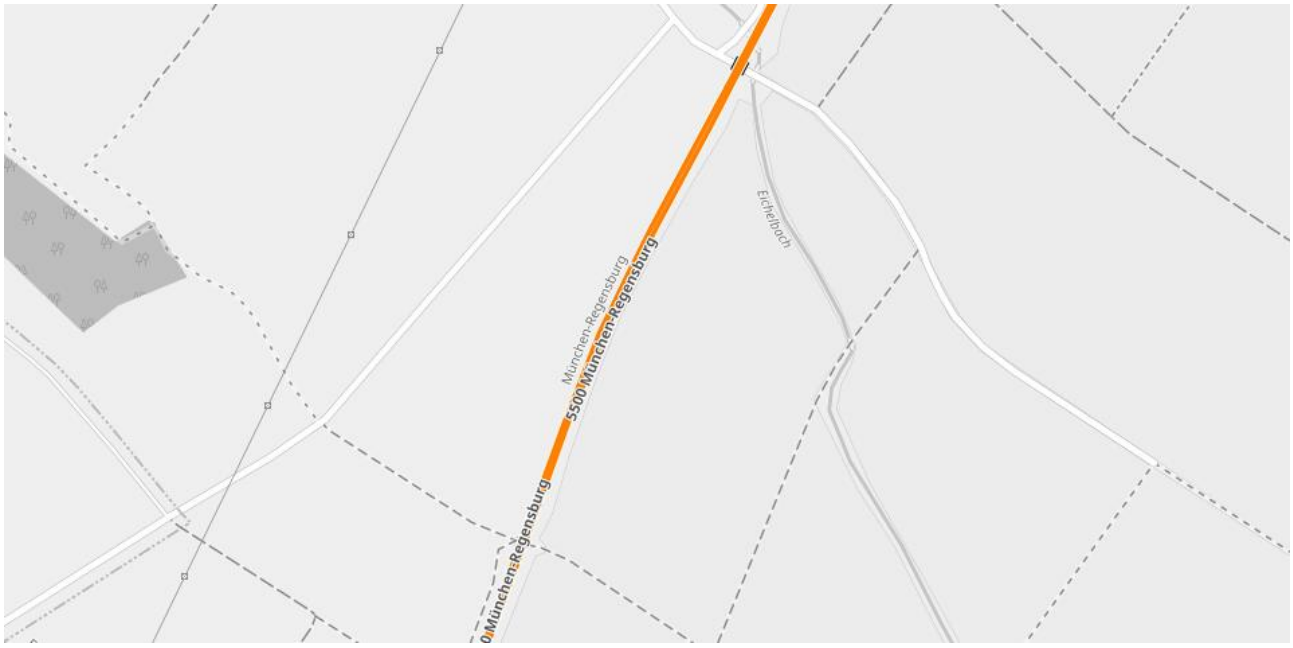
Für den Bahnverkehr sind die folgenden Punkte als kritisch zu betrachten:

- 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.

Auf dem relevanten Streckenabschnitt ist eine Geschwindigkeit von 140km/h erlaubt. Es liegen keine verkehrskritischen Punkte vor.

Abbildung 12 Bahnstrecke 5500 München-Regensburg



3 Beurteilung & Empfehlungen

IP5 (Bahntrasse)

Auf Basis des astronomischen Sonnenstandes werden zu keiner Zeit Reflexionen in Richtung dieses IP ausgestrahlt.

IP1 bis 4 und 6 (Bahtrasse)

In Richtung dieser IP können früh morgens Reflexionen auftreten. Diese stellen jedoch keine Gefährdung für den Schienenverkehr dar, da die Reflexionen immer außerhalb des inneren Gesichtsfeld des Lokführers (mindestens 40°) auftreffen.

Durch die PV-Anlage wird also keine gefährliche Blendwirkung auf den Bahnverkehr stattfinden.

Datum: 2.6.2020

Gutachter:

Zehndorfer Engineering
+43 (680) 244 3310
office@zehndorfer.at
www.zehndorfer.at
FN 516736k
UID ATU74524829
Zehndorfer Engineering GmbH
Stift-Viktring-Straße 21/6
9073 Klagenfurt
Austria

Jakob Zehndorfer
Zehndorfer Engineering GmbH

ANHANG 1 DEFINITIONEN

Blendung (allgemein)	eine Störung der visuellen *Wahrnehmung*, verursacht durch eine helle Lichtquelle im Gesichtsfeld
Psychologische Blendung	eine Form von Blendung, welche als *unangenehm oder ablenkend* 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 *technisch messbar* 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 wir die „tolerierbare Grenze“ für die Blendung nicht näher definiert.
Reflexion (Physik)	Das Zurückwerfen von Wellen an einer Grenzfläche
Gerichtete Reflexion	Führ (nahezu) glatte Oberflächen gilt das *Reflexionsgesetz*
Immissionspunkt	Punkt auf den Strahlung (durch Reflexion) einwirkt
Emissionspunkt	Punkt von dem Strahlung (durch Reflexion) ausgesendet wird
Leuchtdichte	Ein Maß für den *Helligkeitseindruck*. Gibt die Lichtstärke pro Fläche in Candela pro Quadratmeter an [cd/m²] bzw. den Lichtstrom pro sichtbarer Fläche des Reflektors und Raumwinkel (des entfernt stehenden Auges) [lm/m²sr].
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 *Höhenwinkel*, gemessen von der Horizontalen zum Objekt
Koordinatensystem	Das verwendete Koordinatensystem verläuft in x/y-Ebene parallel zur Erdoberfläche, der z-Vektor zeigt senkrecht in die Höhe. In der Berechnung finden verschiedene andere Koordinatensysteme Anwendung, was für das Endergebnis aber irrelevant ist.
Prismierung	PV Glas hat neben seiner besonderen chemischen Zusammensetzung und einer eventuellen anti-reflex Beschichtung in vielen Fällen auch noch die Eigenschaft einer „rauen“ Oberfläche – kleine Prismen, die die Reflexion verringern und die Transmission des Lichts in das Glas verstärken sollen. An diesen kleinen, unterschiedlich geneigten Flächen entsteht Streulicht.

ANHANG 2 RICHTLINIEN, VORSCHRIFTEN UND GESETZE

Bundes-Immissionsschutzgesetz (2016)

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

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

Bürgerliches Gesetzbuch 2015, § 906

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

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

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

3. Maßgebliche Immissionsorte und –Situationen

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

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

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

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

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

ANHANG 3 METHODIK DER BERECHNUNG

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

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

ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

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

Die PV Anlage befindet sich an folgenden Koordinaten

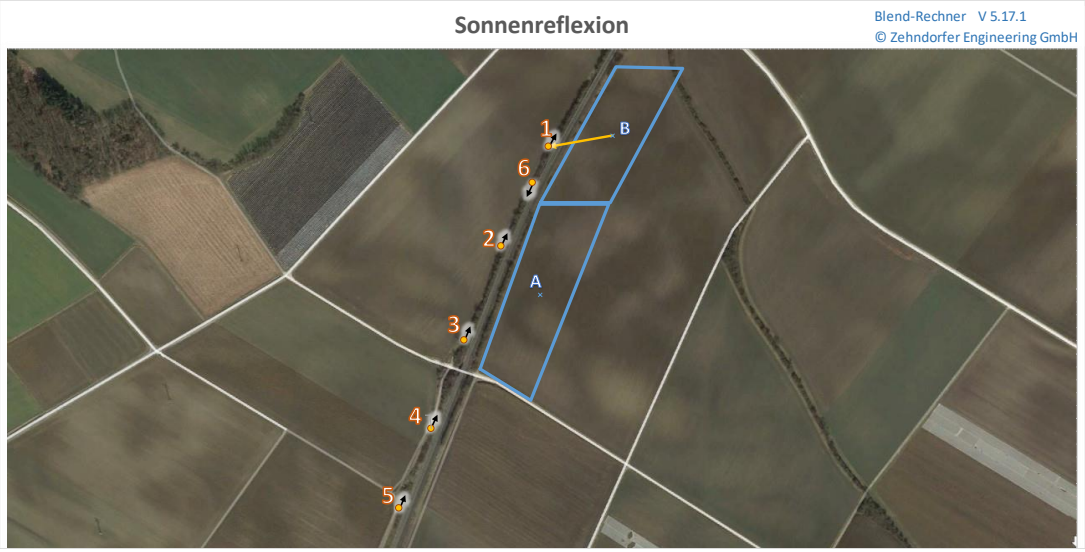
Reflektor	A				B			
Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	291.359	291.425	291.541	291.448	291.449	291.543	291.649	291.558
y	386.509	386.462	386.740	386.744	386.746	386.742	386.932	386.938
z	404	403	407	408	408	407	405	407
h	1,0	1,0	2,37	2,37	1,0	1,0	2,37	2,37

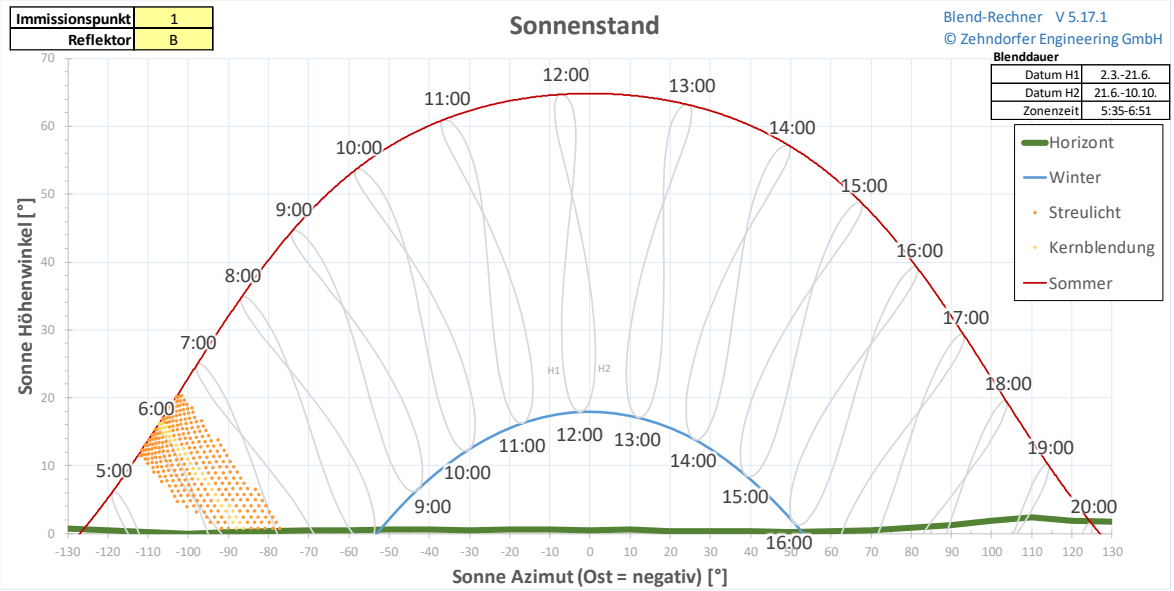
Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6
x	291.463	291.394	291.339	291.289	291.242	291.440
y	386.826	386.684	386.552	386.426	386.313	386.774
z	409	407	407	407	406	407
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az	-154	-159	-159	-159	-159	21

ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Reflektor		B	AB	AB	AB	AB	B
Immissionspunkt		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Distanz	m	87	220	356	488	610	128
Höhenwinkel	°	-2	0	0	0	0	0
Raumwinkel	msr	80	30	108	17	4	9
Datum H1		2.3.-21.6.	17.3.-21.6.	22.2.-21.6.	16.4.-21.6.	-	17.3.-21.6.
Datum H2		21.6.-10.10.	21.6.-25.9.	21.6.-19.10.	21.6.-26.8.	-	21.6.-25.9.
Zeit		5:35-6:51	5:30-6:39	5:33-7:07	5:38-6:35	-	5:33-6:39
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	10	11	13	-	10
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-95	-99	-92	-103	-	-98
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	30	27	33	30	-	27
Blendung - Blickwinkel (min)	°	40	43	45	45	-	108



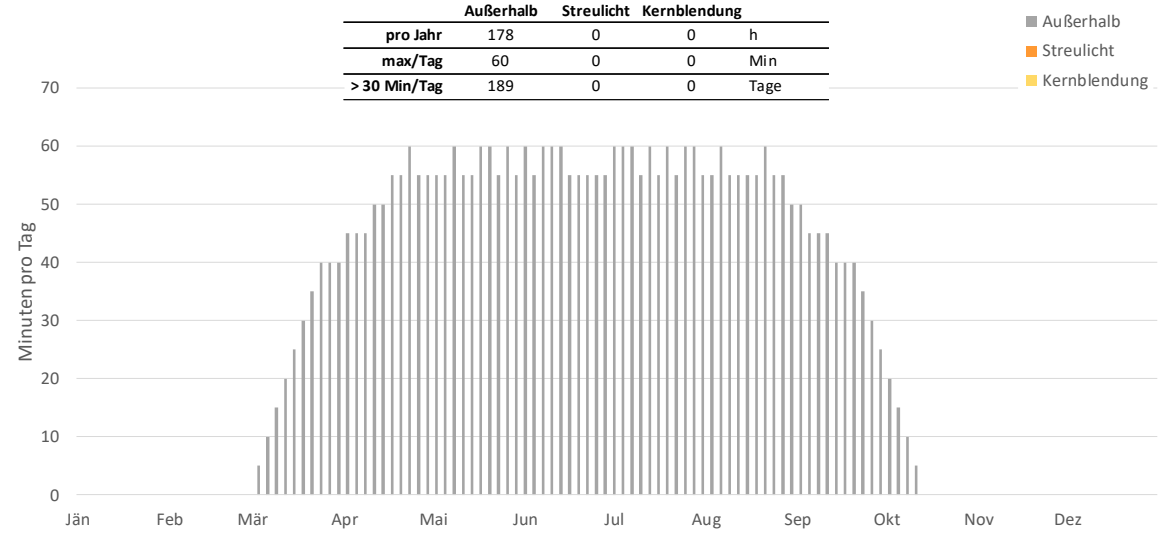


Immissionspunkt	1
Reflektor	B

Blenddauer

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

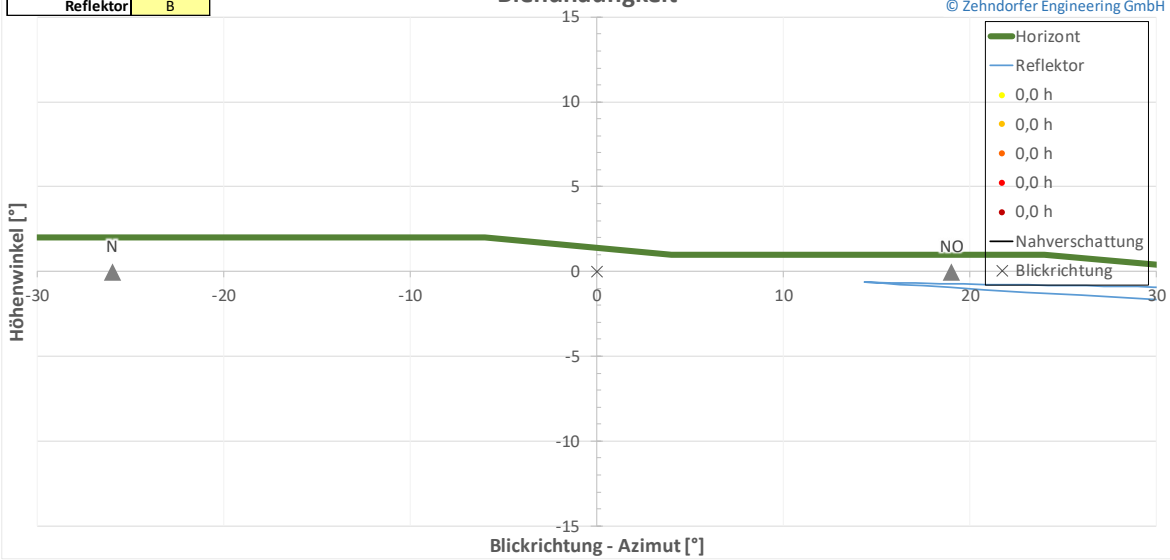
	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	178	0	0	h
max/Tag	60	0	0	Min
> 30 Min/Tag	189	0	0	Tage



Immissionspunkt	1
Reflektor	B

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	1
Reflektor	B

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Sonnenreflexion

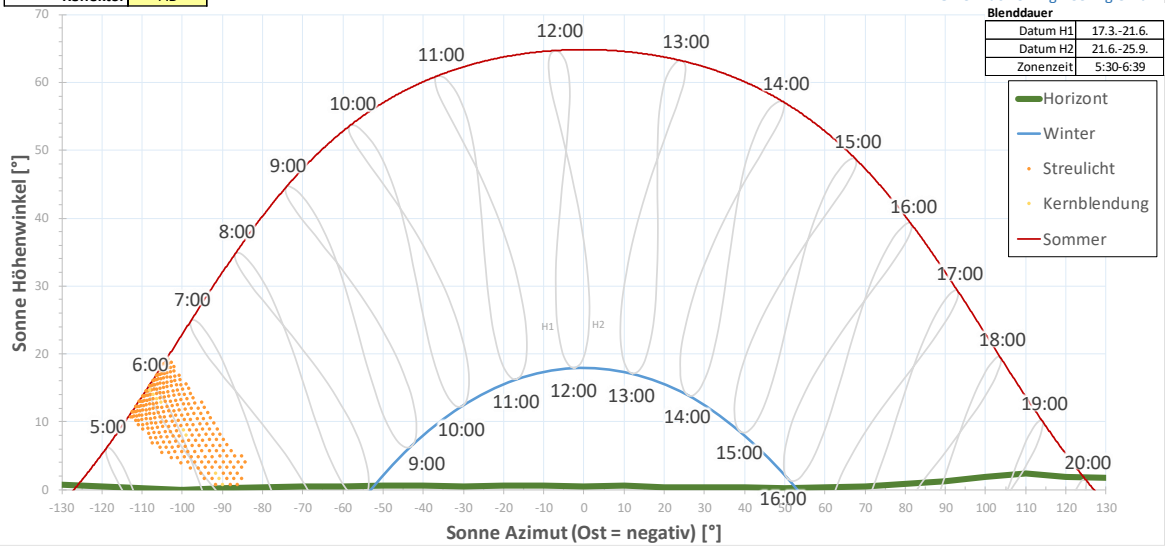
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Immissionspunkt	2
Reflektor	AB

Sonnenstand

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Blenddauer	
Datum H1	17.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-25.9.
Zonenzeit	5:30-6:39

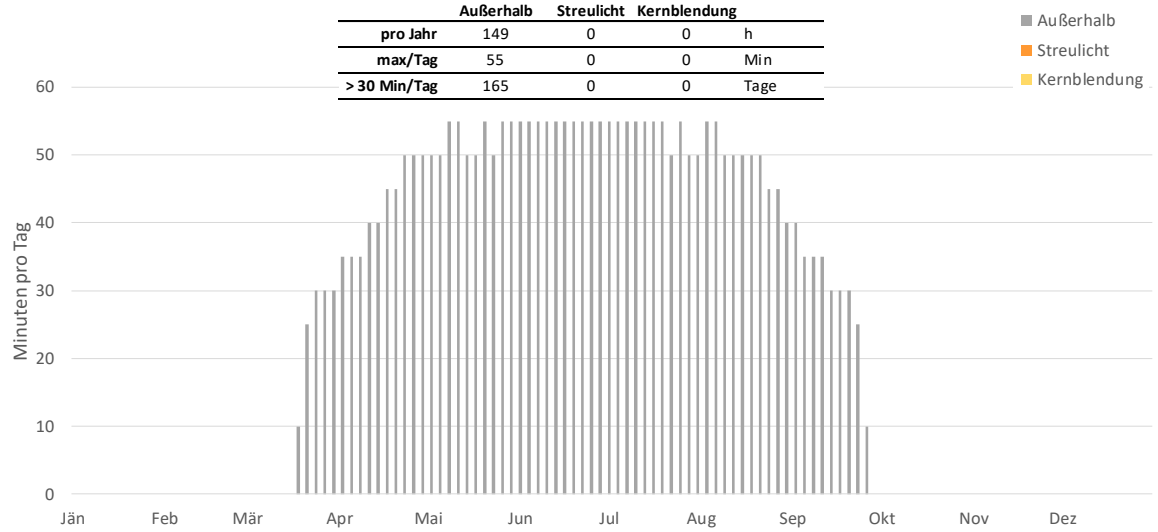


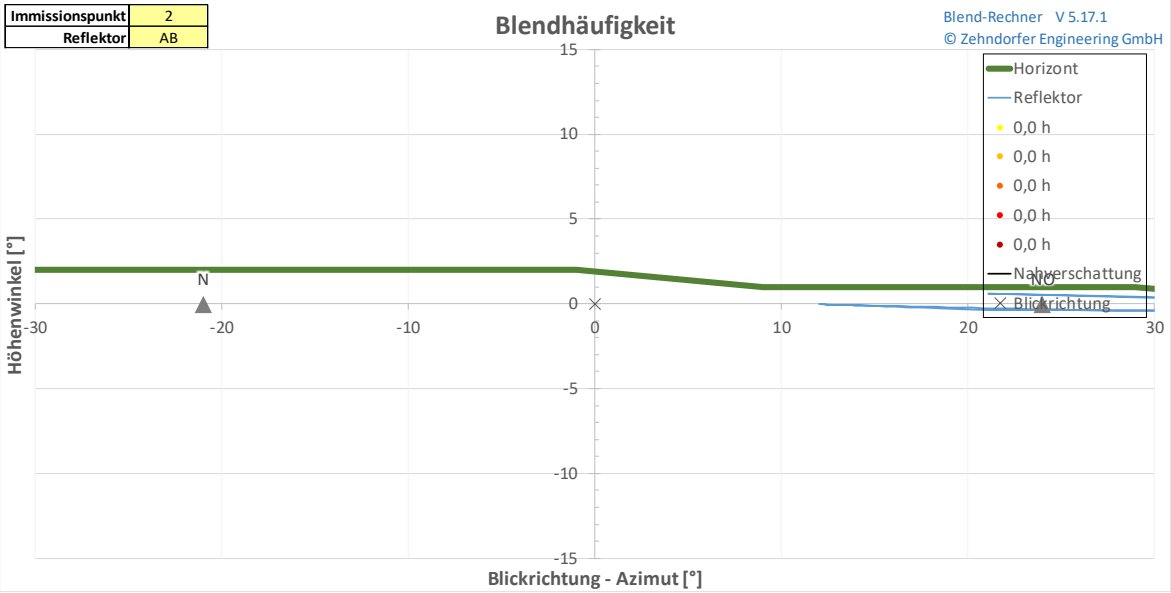
Immissionspunkt	2
Reflektor	AB

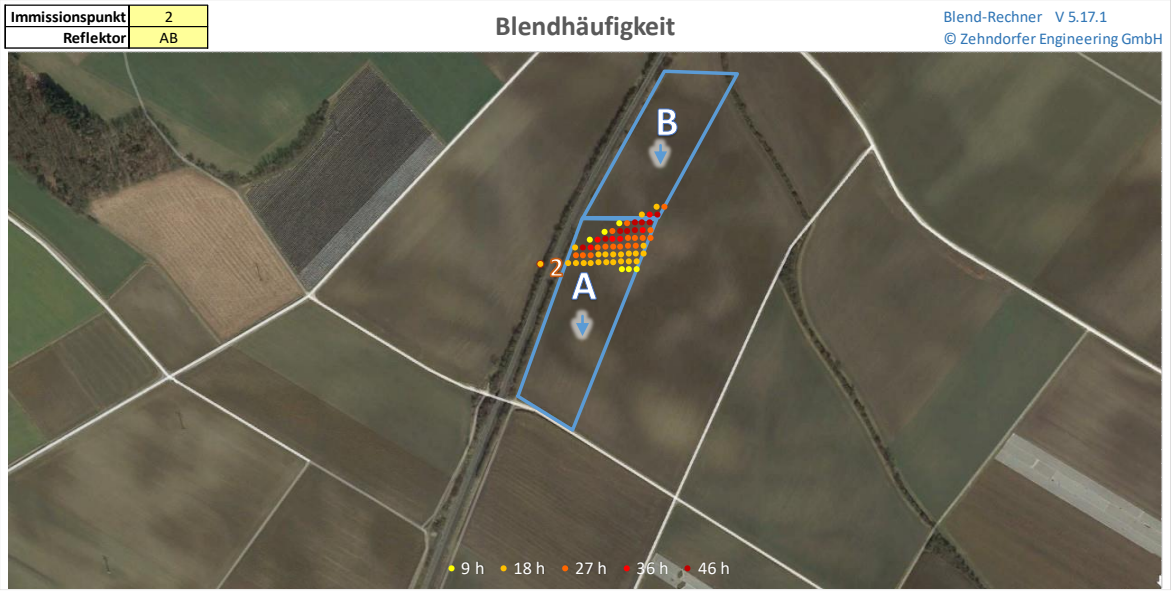
Blenddauer

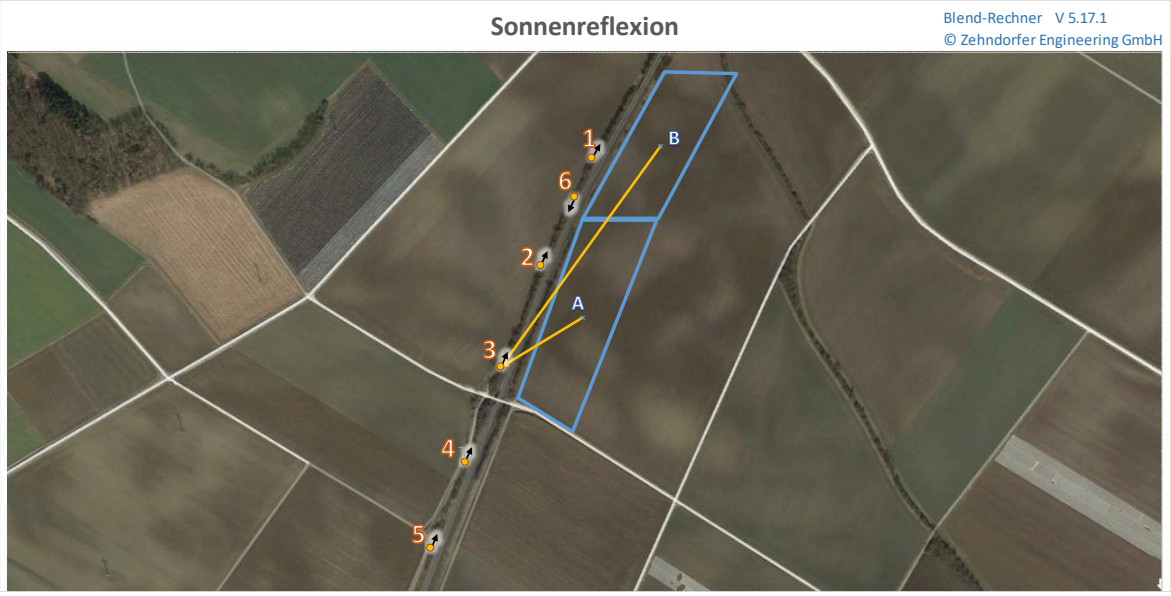
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

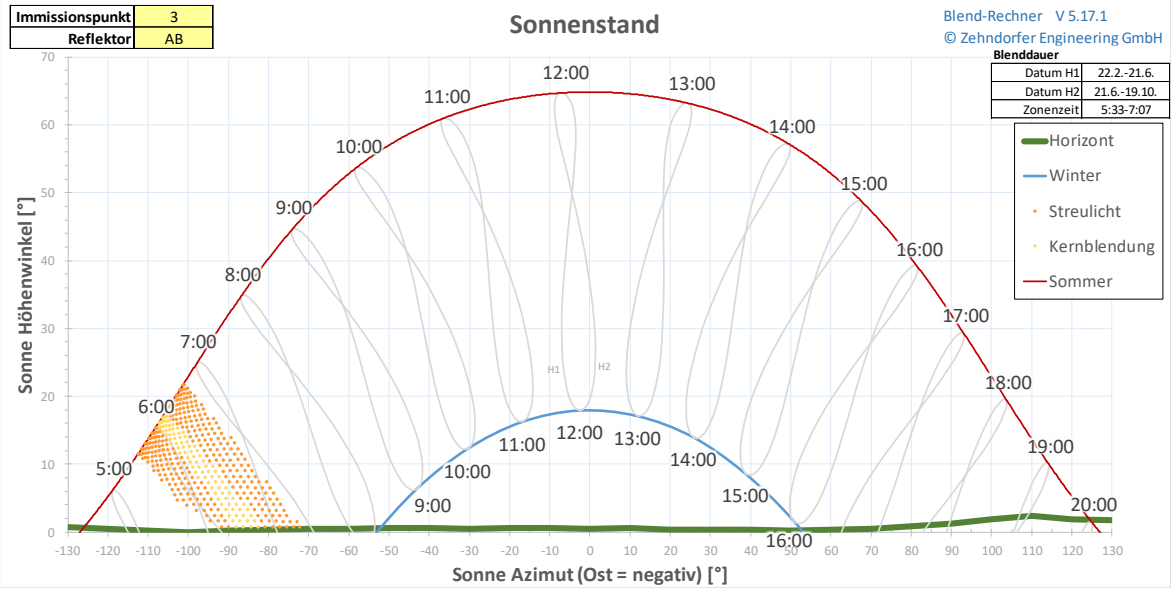
	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	149	0	0	h
max/Tag	55	0	0	Min
> 30 Min/Tag	165	0	0	Tage

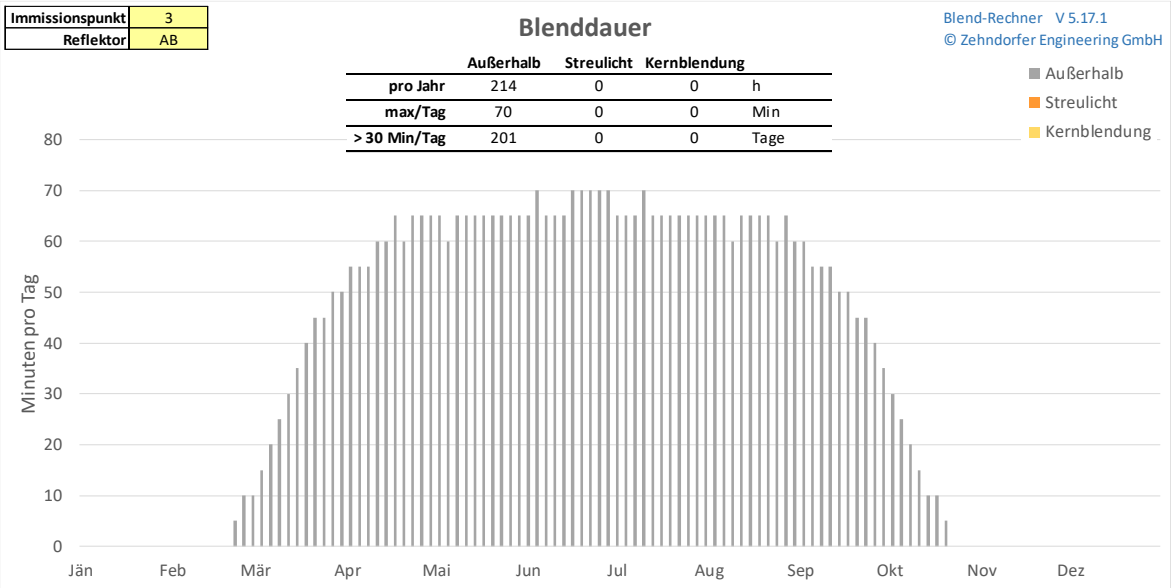


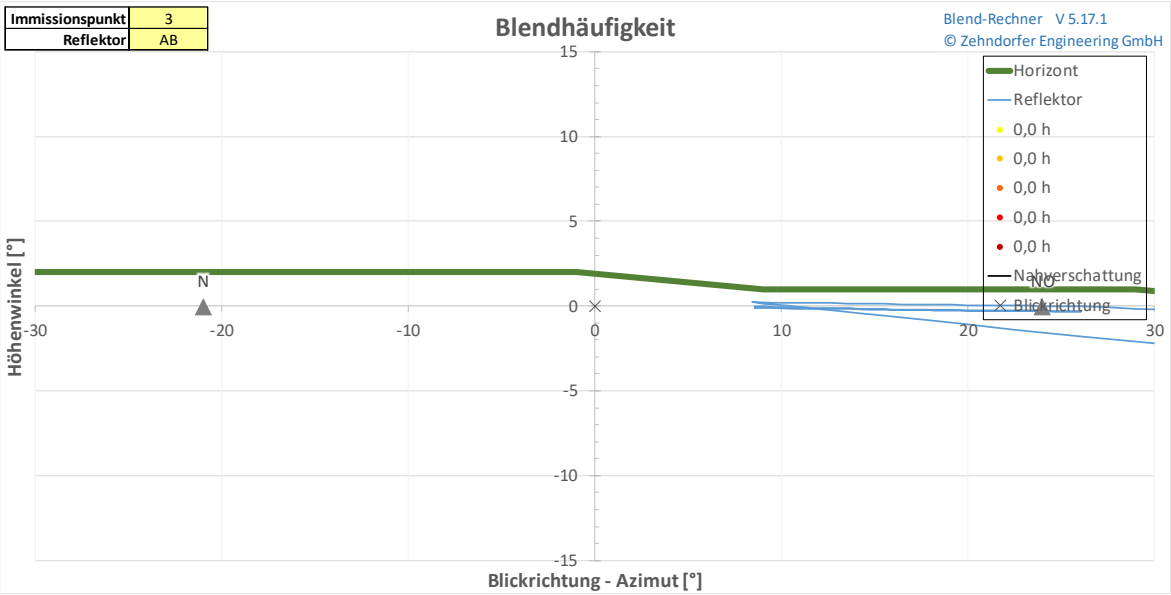

Immissionspunkt 2
Reflektor AB
Blendhäufigkeit
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH
Horizont
Reflektor
0,0 h
0,0 h
0,0 h
0,0 h
0,0 h
Nahverschattung
Blickrichtung
N
NO
Höhenwinkel [°]
Blickrichtung - Azimut [°]


Immissionspunkt 2
Reflektor AB
Blendhäufigkeit
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH
B
A
2
9 h
18 h
27 h
36 h
46 h


Sonnenreflexion
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH
1
2
3
4
5
6
A
B


Immissionspunkt 3
Reflektor AB
Sonnenstand
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH
Blenddauer
Datum H1 22.2.-21.6.
Datum H2 21.6.-19.10.
Zonenzeit 5:33-7:07
Horizont
Winter
Streulicht
Kernblendung
Sommer
Sonne Höhenwinkel [°]
Sonne Azimut (Ost = negativ) [°]


Immissionspunkt 3
Reflektor AB
Blenddauer
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH
Außerhalb Streulicht Kernblendung
pro Jahr 214 0 0 h
max/Tag 70 0 0 Min
> 30 Min/Tag 201 0 0 Tage
Außerhalb
Streulicht
Kernblendung
Minuten pro Tag
Jän Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez


Immissionspunkt 3
Reflektor AB
Blendhäufigkeit
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH
Horizont
Reflektor
0,0 h
0,0 h
0,0 h
0,0 h
0,0 h
Nahverschattung
Blickrichtung
N
NO
Höhenwinkel [°]
Blickrichtung - Azimut [°]

Immissionspunkt	3
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

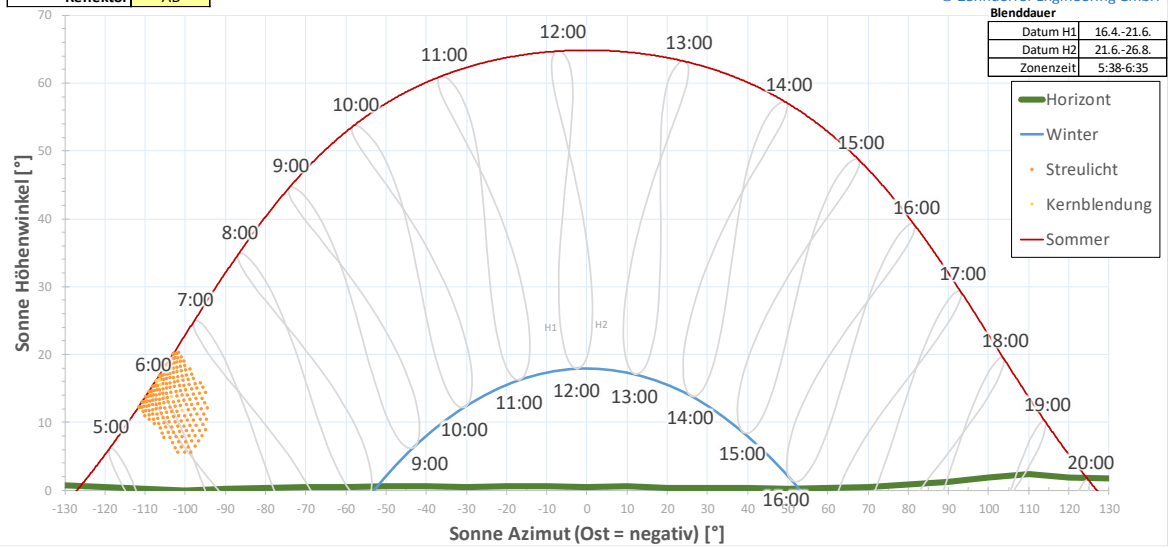
Sonnenreflexion

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Immissionspunkt	4
Reflektor	AB

Sonnenstand

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

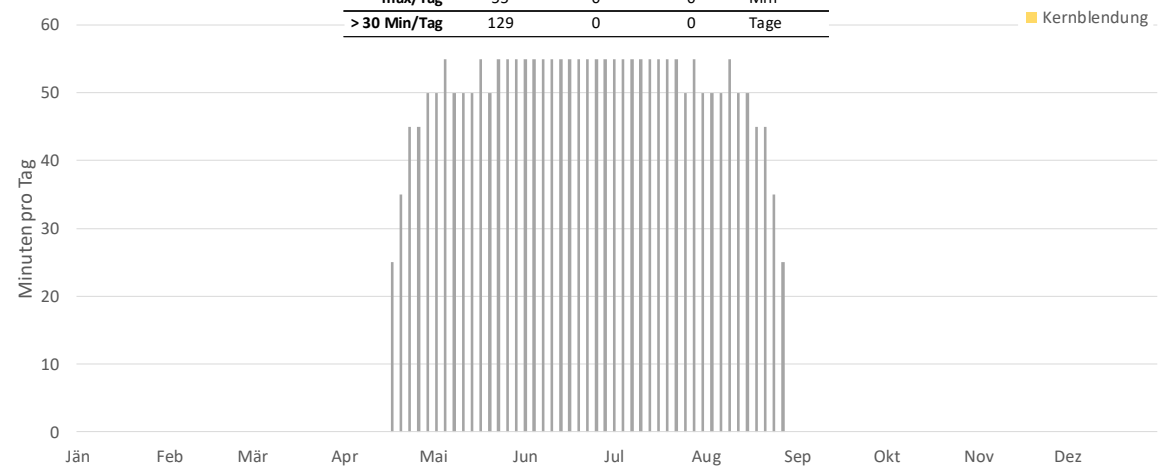


Immissionspunkt	4
Reflektor	AB

Blenddauer

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

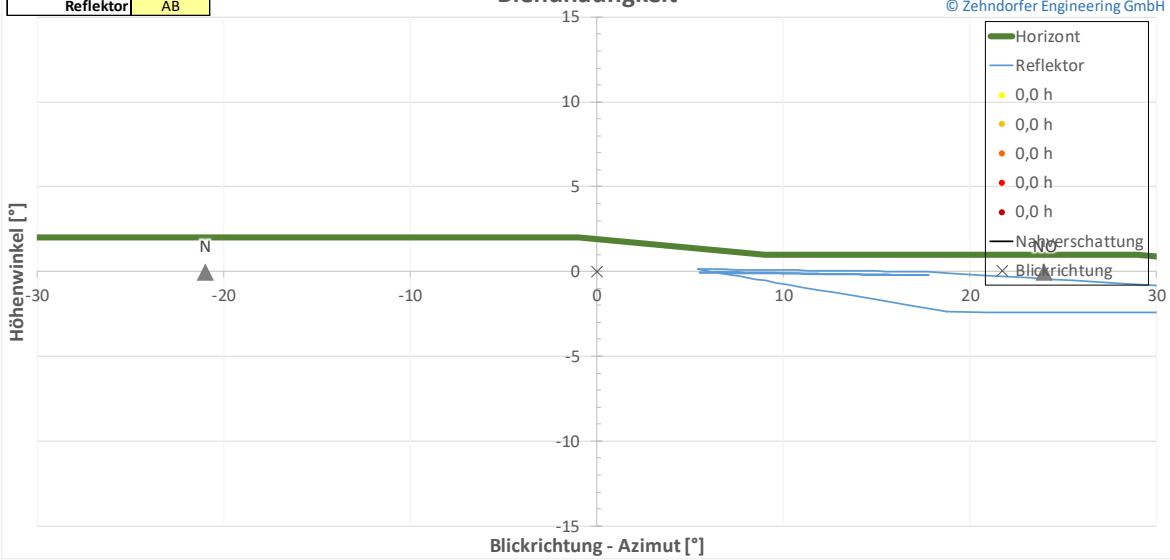
	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	114	0	0	h
max/Tag	55	0	0	Min
> 30 Min/Tag	129	0	0	Tage



Immissionspunkt	4
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	4
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Sonnenreflexion

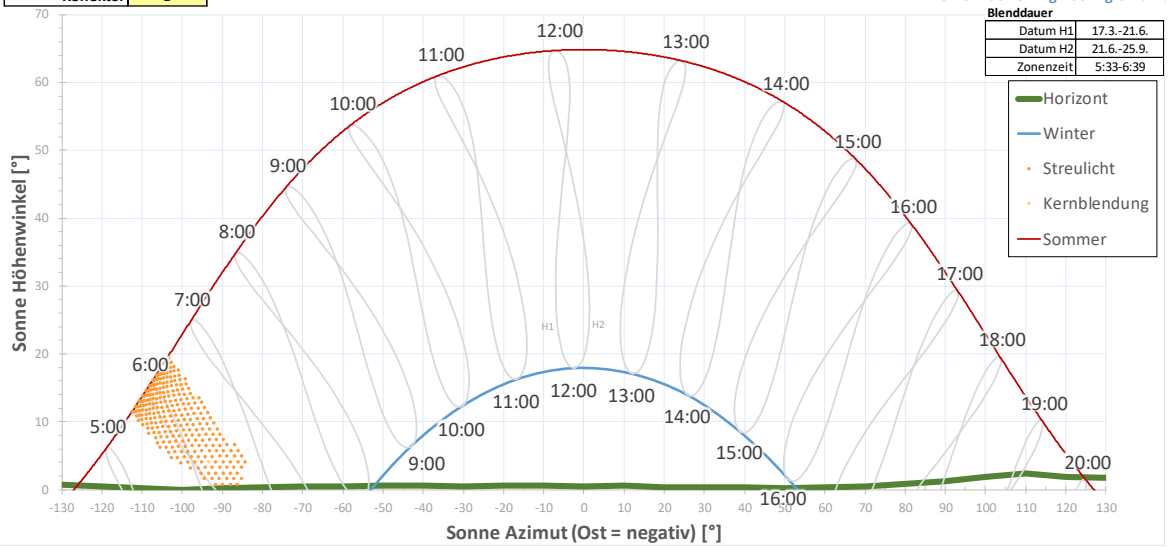
Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Immissionspunkt	6
Reflektor	B

Sonnenstand

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

Blenddauer	
Datum H1	17.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-25.9.
Zonenzeit	5:33-6:39

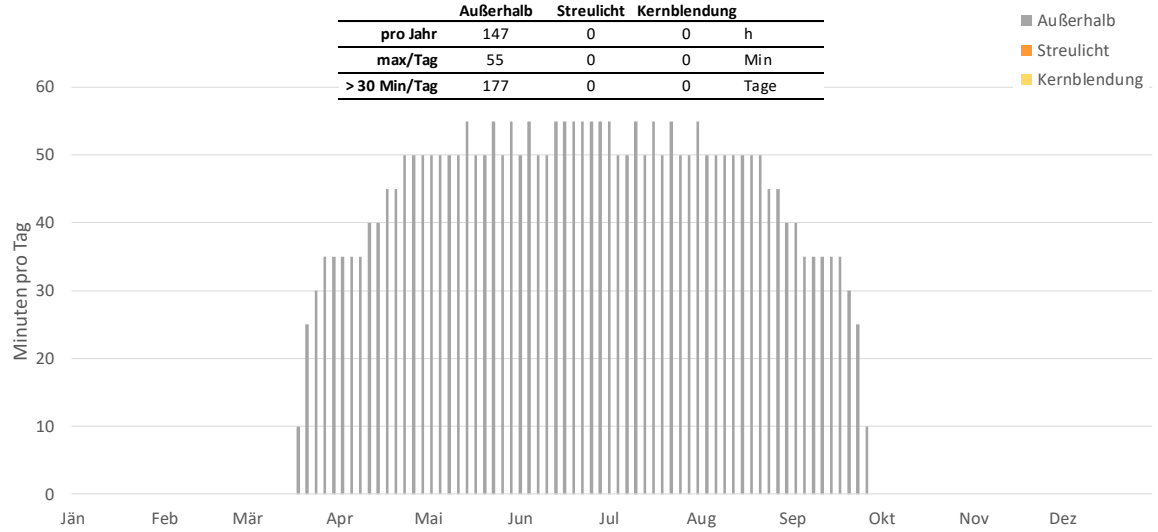


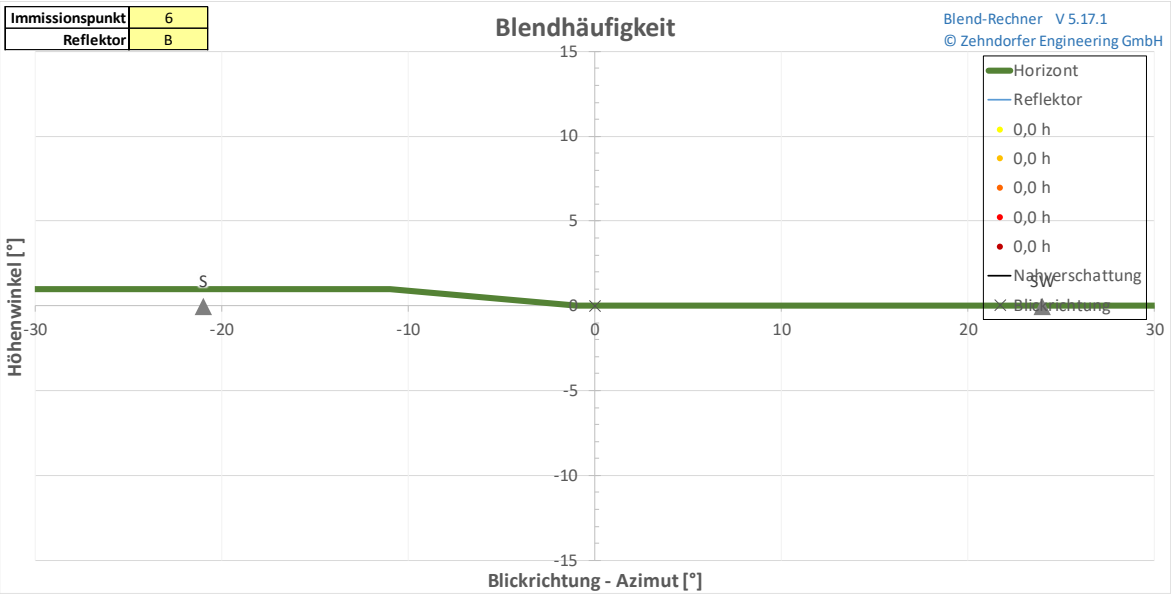
Immissionspunkt	6
Reflektor	B

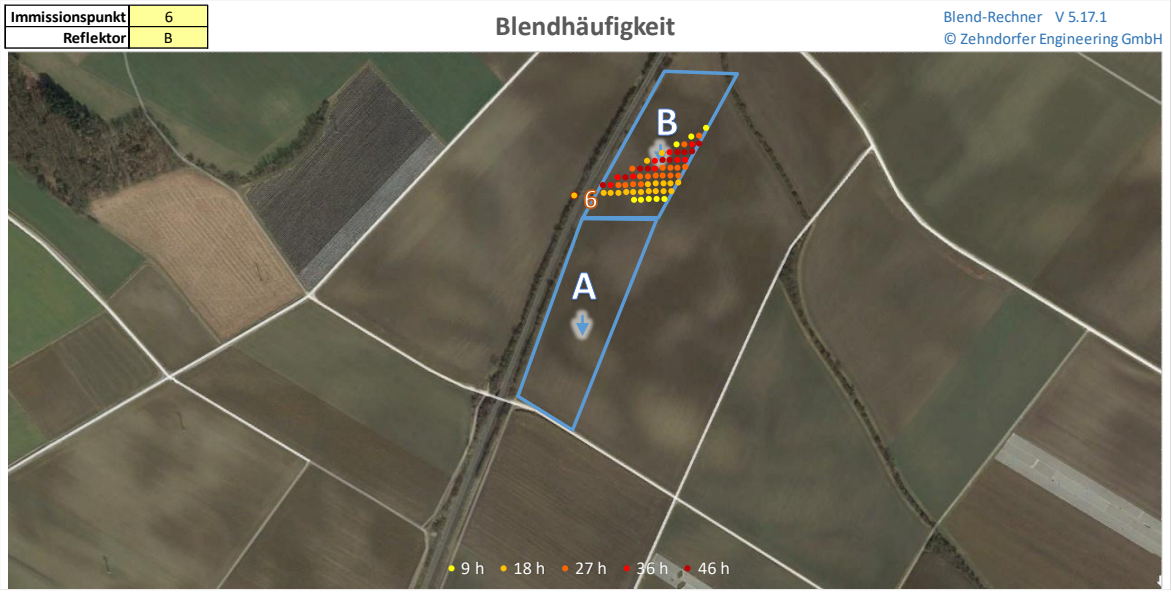
Blenddauer

Blend-Rechner V 5.17.1
© Zehndorfer Engineering GmbH

	Außerhalb	Streulicht	Kernblendung	
pro Jahr	147	0	0	h
max/Tag	55	0	0	Min
> 30 Min/Tag	177	0	0	Tage







Allgemeine Hintergründe, gesetzliche Regelungen und Fallbeispiele zum Thema Blendung finden Sie auf

www.zehndorfer.at