

Analyse der Blendwirkung für die geplante PV Anlage Flughafen Wien (Obj 280)

Im Auftrag von
Flughafen Wien AG
z.H. Hr. Dipl.-Ing. Stefan Kovacs
Postfach 1
1300 Wien-Flughafen

Gutachten ZE17007-VA
Juni 2017

INHALT

1 Zusammenfassung 3

2 Situationsbeschreibung..... 4

 2.1 PROBLEMBESCHREIBUNG4

 2.2 ORTSBEZEICHNUNG UND LAGE DER PV-ANLAGE4

 2.3 UNTERSUCHTER RAUM8

 2.4 ABSCHATTUNGEN & VERDECKUNGEN9

 2.4.1 Gelände-profil9

 2.4.2 Horizont.....9

 2.4.3 Bewuchs10

 2.4.4 Künstliche Abschattungen.....10

3 Blendberechnung 10

 3.1 BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG..... 10

 3.2 REFLEXIONSBERECHNUNG 10

 3.3 ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE 12

 3.4 SICHTBEZUG..... 13

 3.5 BLEND-WIRKUNG..... 13

 3.5.1 Größenverhältnisse14

 3.5.2 Blendstärke14

 3.5.3 Blenddauer.....14

 3.5.4 Richtung der Blendung.....15

 3.5.5 Gleichzeitige Sonnenblendung15

 3.5.6 Mögliche subjektive Effekte15

4 Beurteilung & Empfehlungen..... 15

5 Blendreduzierende Maßnahmen 16

 5.1 BEURTEILUNG INKLUSIVE ÄNDERUNGEN 19

Anhang 1 Definitionen 20

Anhang 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze 22

Anhang 3 Methodik der Berechnung..... 23

Anhang 4 3D Modell..... 24

Anhang 5 Vermessung der Umgebung 28

Anhang 6 Detail-Ergebnisse der Berechnungen 29

 ANHANG 6.1 ERGEBNISSE MIT BLENDREDUZIERENDEN MAßNAHMEN 39

1 Zusammenfassung

Für die geplante PV-Dachanlage am Gelände des Flughafens Wien-Schwechat ist zu untersuchen, ob Reflexionen an den PV-Modulen die Flugsicherung im Tower bzw. Piloten in den Anflugsektoren blenden könnten.

Die Blendberechnung der ursprünglichen Planung ergab zu bestimmten Zeiten eine Blendung des Towers. Es waren blendreduzierende Maßnahmen umzusetzen, um diese zu verhindern. Durch diese Maßnahmen können Reflexionen in Richtung des Towers vollständig verhindert werden, wie die Nachrechnung ergab.

Piloten im Anflugsektor der Landebahn 11 werden Reflexionen von der Anlage wahrnehmen können, wenn Sie in Richtung der Anlage blicken. Diese werden aus verschiedenen Gründen jedoch als unbedenklich eingestuft.

2 Situationsbeschreibung

2.1 Problembeschreibung

Piloten von Flugzeugen sind speziell bei der Landung auf gute Sicht angewiesen. Zwar sind Landungen prinzipiell auch bei schlechter Sicht möglich, allerdings wird dafür ein Instrumentenlandesystem benötigt mit welchem nicht jedes Flugzeug ausgestattet ist. Blendung kann unter Umständen den Sichtflug und das Erkennen von Objekten und Signalen am Boden behindern, wodurch es zu Fehleinschätzungen kommen kann.

Blendung aus ungewohnten Richtungen können Menschen bei Arbeiten behindern. Speziell dort wo ein der Sichtbezug zu einem bestimmten Objekt wesentlich für die Ausführung der Tätigkeiten ist, können Blendungen Störungen darstellen, die Fehleinschätzungen herbeiführen.

Im konkreten Fall ist zu untersuchen, ob die geplante Photovoltaikanlage auf einem zu errichtenden Gebäude Blendungen in Richtung des Air Traffic Control Towers (Tower) oder die Anflugsektoren bewirken kann. Die Aussagen bezüglich der Blendwirkung sind zu quantifizieren und allgemein verständlich darzustellen.

2.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Die geplante Photovoltaik-Dachanlage befindet sich auf einem zu errichtenden Gebäude mit der Bezeichnung Objekt 280, Auf dem Gelände des Flughafens Wien-Schwechat, Anschrift Flughafen Wien AG, Postfach 1, 1300 Wien-Flughafen (Grundstück 611/7, KG 5211 Mannswörth, GPS Koordinaten: 48° 7'20.84"N, 16°33'18.93"O).

Abbildung 1 Situation



Abbildung 2 Lageplan - Obj 280

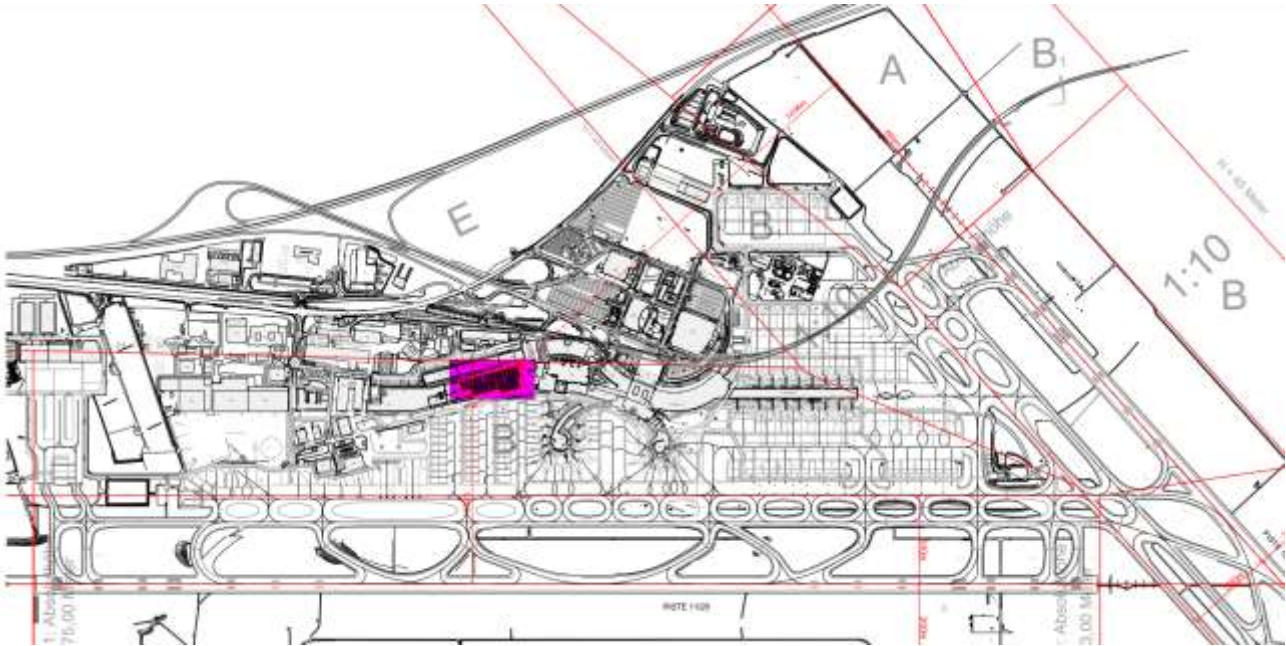
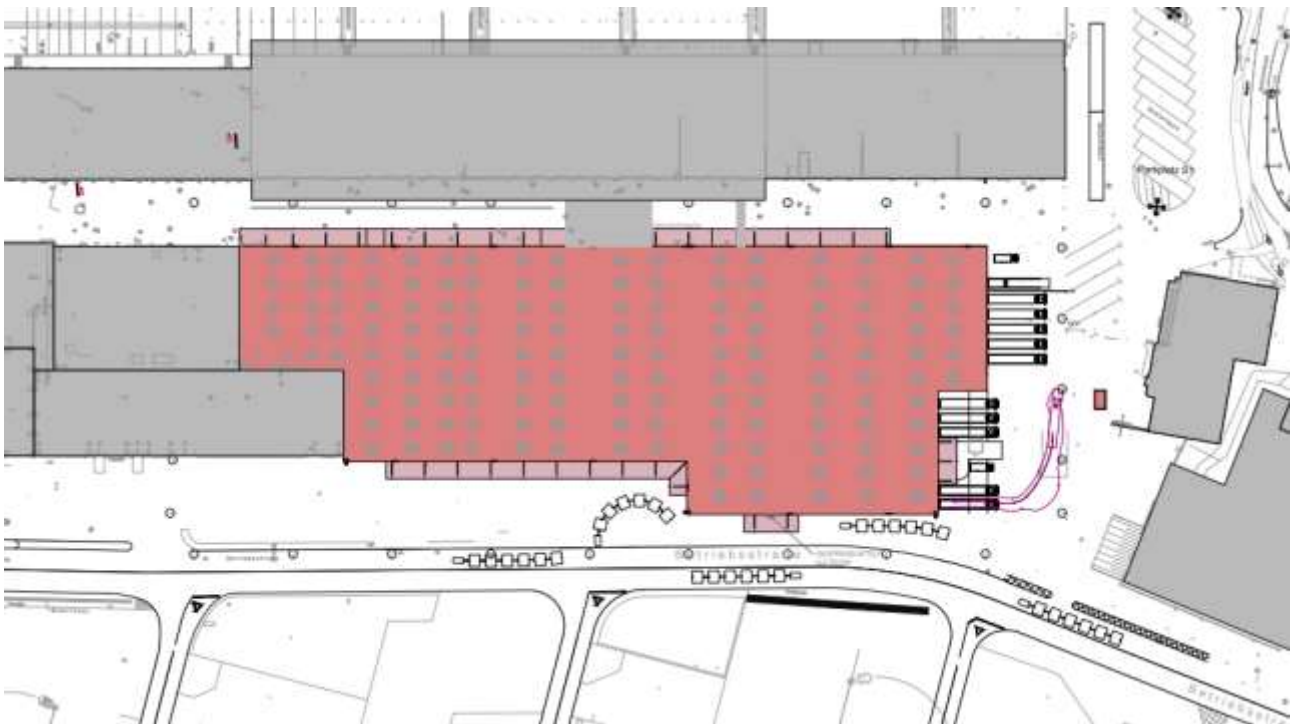
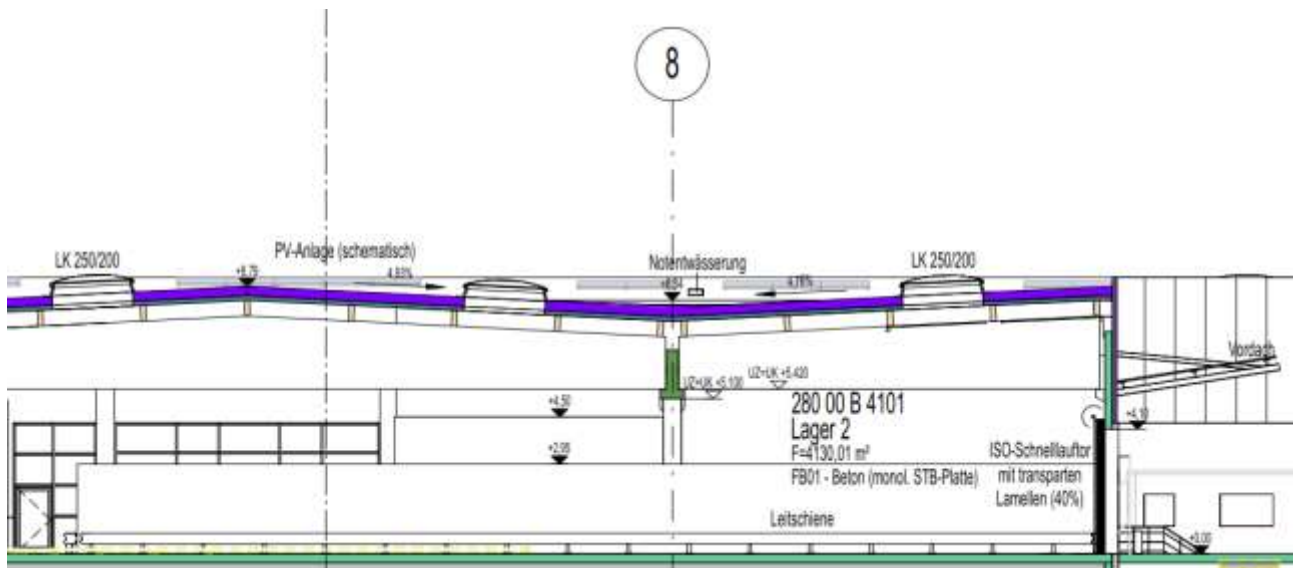


Abbildung 3 Lage Obj. 280



Die Gebäude ist im Vergleich zur Nord-Süd Richtung in etwa 12° im Uhrzeigersinn verdreht.

Abbildung 4 Schnitt Obj 280 (Auszug)



Das zu errichtende Gebäude ist mit einem Flachdach geplant. Dieses besteht aus mehreren in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Streifen (Neigung nach Ost/West +/- 4,9% = 2,8°). Die Dachfläche liegt auf einer Höhe von 8,34m bis 8,79m über dem Grund. Das Dach hat eine Attika mit einer durchgehenden Oberkante von 9,09m.

Abbildung 5 PV-Modulbelegung

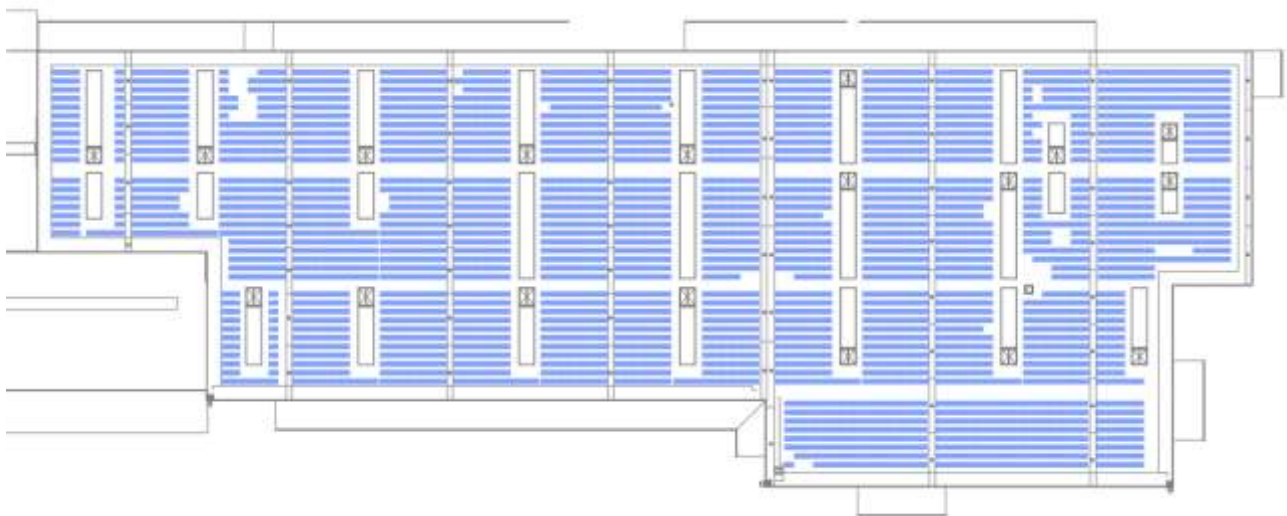


Abbildung 6 Modellierung des PV-Feldes



Um das Modul-layout nachzubilden wurde die Anlage in 2 Teilstücken modelliert (der Einfachheit halber als gedrehte Rechtecke). Die Modellierung in 2 Teilen (deckungsgleich, übereinander) ist durch die (geringe) unterschiedlichen Neigung (+/- 2,8°) der Dachflächen nach Osten bzw. Westen erforderlich. Bei der geplanten Aufständigung der PV-Module parallel zur Gebäudekante ergeben sich dadurch unterschiedliche Höhen- und Seitenwinkel der PV-Module (Elevation und Azimut) auf beiden Dachhälften. Für das Gutachten wird die kumulierte Blendwirkung beider Teilanlagen berechnet.

Abbildung 7 Normalvektor je eines Dachstreifens (West und Ost) und je eines PV Moduls

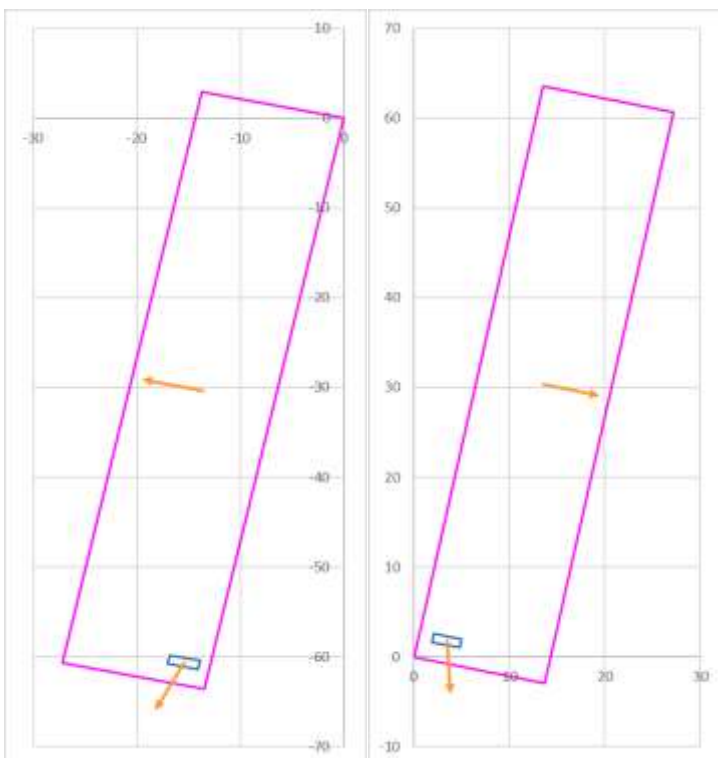


Abbildung 8 Ausrichtung der PV-Module im Raum

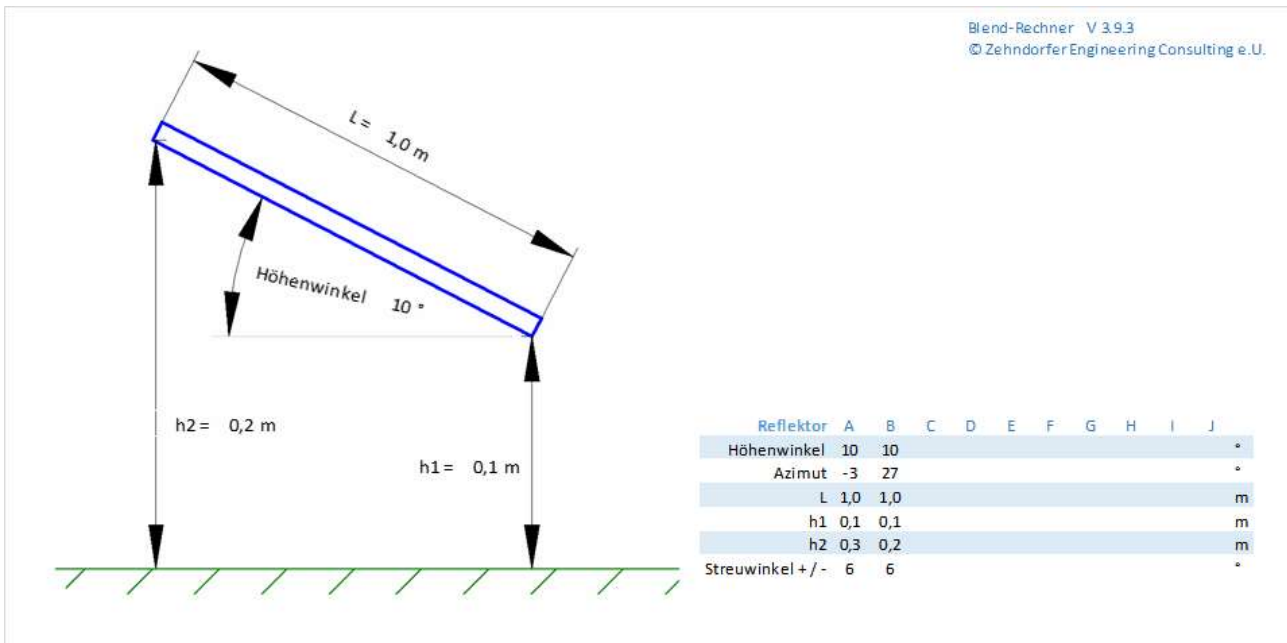


Abbildung 6 bis Abbildung 8 zeigen die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum. Die Module sind in Richtung Süd-Süd-West (12° Azimet) parallel zur Gebäudekante auf dem Flachdach mit einem ballastierten System mit 10° Neigung aufgestellt. Wie Abbildung 7 zeigt, führt die (geringe) Dachneigung zu unterschiedlichen Seitenwinkeln der PV-Module.

2.3 Untersuchter Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blend-berechnung durchgeführt wird. Die interessanten Punkte in diesem Fall liegen beim Tower und in den Anflugsektoren.

Abbildung 9 Immissionspunkte



Abbildung 9 zeigt die Lage der Immissionspunkte (IP) und des PV-Feldes. Für die Immissionspunkte wurden die Air Traffic Controller im Tower auf 100 m über Grund, die Wetterwarte im Tower auf 94 m über Grund gewählt, wie auch die Anflugsektoren gewählt. Die Punkte in den Anflugsektoren liegen auf der Verlängerung der Landebahn in einem Abstand von je $\frac{1}{4}$ Mile (ca. 400 m). Ihre Höhe wurde mit 50 Fuß (ca. 15 Meter) über der Touch-Down Zone und 3° Sinkflug angenommen. Der letzte Punkt liegt damit 184m über dem Grund und 2 Meilen von der Touch-Down Zone entfernt.

Auf Grund der Attika, die die PV-Module überragt sind die PV-Module für den rollenden Verkehr (unter 9,09 m Höhe) nicht sichtbar.

Die detaillierte Vermessung der relevanten Umgebung ist in Anhang 5 zu finden.

2.4 Abschattungen & Verdeckungen

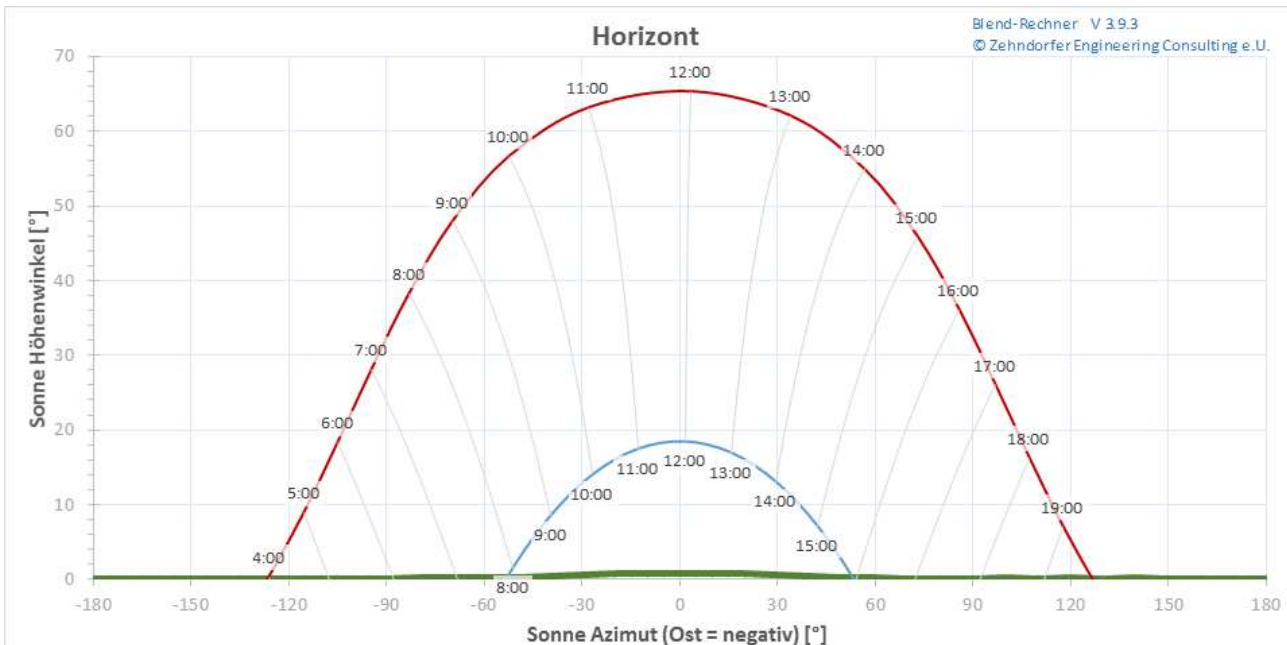
2.4.1 Gelände-profil

Das Gelände ist eben. Geländeformationen spielen in diesem Fall keine Rolle bei der Abschattung.

2.4.2 Horizont

Der Horizont ist beinahe vollkommen flach, beschränkt also die Sonnenstunden nicht.

Abbildung 10 Horizont



2.4.3 Bewuchs

Es gibt keinerlei Bewuchs zwischen den Immissionspunkten und der Solaranlage.

2.4.4 Künstliche Abschattungen

Zwischen den IP und der Solaranlage befinden sich keine Gebäude, die die Sichtverbindung unterbinden würden.

3 Blendberechnung

3.1 Bedingungen für die Berechnung

Als Eingabe für die Blendberechnung wurden die Rahmenbedingungen der Richtlinie OVE R11-3 (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°

Zur umfassenden Information und aus Gründen der Realitätsnähe, wurde zusätzlich auch die Streublendung berechnet.

3.2 Reflexionsberechnung

Die Reflexionsberechnung basiert auf der Methode Raytracing (siehe Anhang 2). Die Reflexionen werden für jeden Immissionspunkt gesondert berechnet.

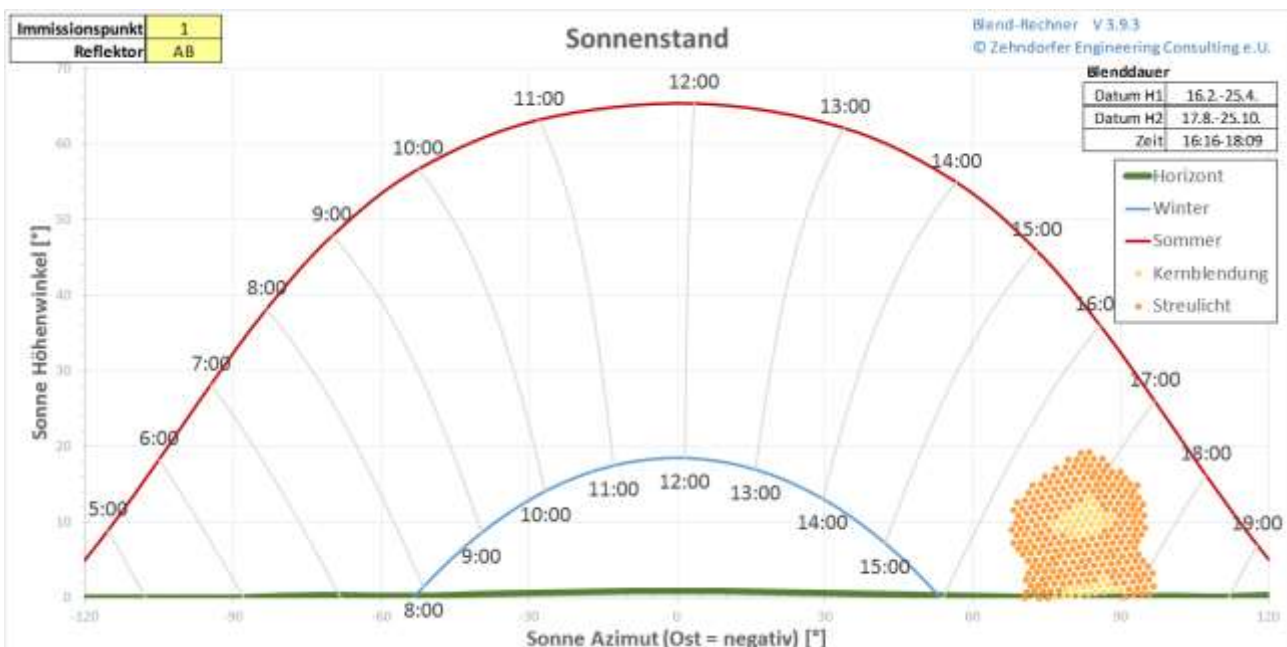
Abbildung 11 Reflexion der Solar Anlage zum IP 1



Abbildung 11 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 12 zeigt wann (zu welcher Jahres- und Uhrzeit) Reflexionen auftreten. Es ist auch jener Sonnenhöhenwinkel und der Sonnen-azimut dargestellt, bei dem Blendung am IP 1 auftritt.

Abbildung 12 Sonnenwinkel bei Blendung am IP 1



Die Resultate der Berechnungen für IP 1 sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Die Gesamtheit aller Resultate sind in Anhang 6 zu sehen.

Reflektor		AB
Immissionspunkt		1
Distanz	m	471
Höhenwinkel	°	-11
Raumwinkel	msr	13
Datum H1		16.2.-25.4.
Datum H2		17.8.-25.10.
Zeit		16:16-18:09
Kernblendung min / Tag		30
Kernblendung h / Jahr		22
Streulicht min / Tag		95
Streulicht h / Jahr		141
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)		° 10
Sonnen Azimut (Mittel)		° 82
Sonne-Reflektor Winkel (max)		° 40
Blendung - Blickwinkel (min)		° 9

3.3 Erklärung der Ergebnisse

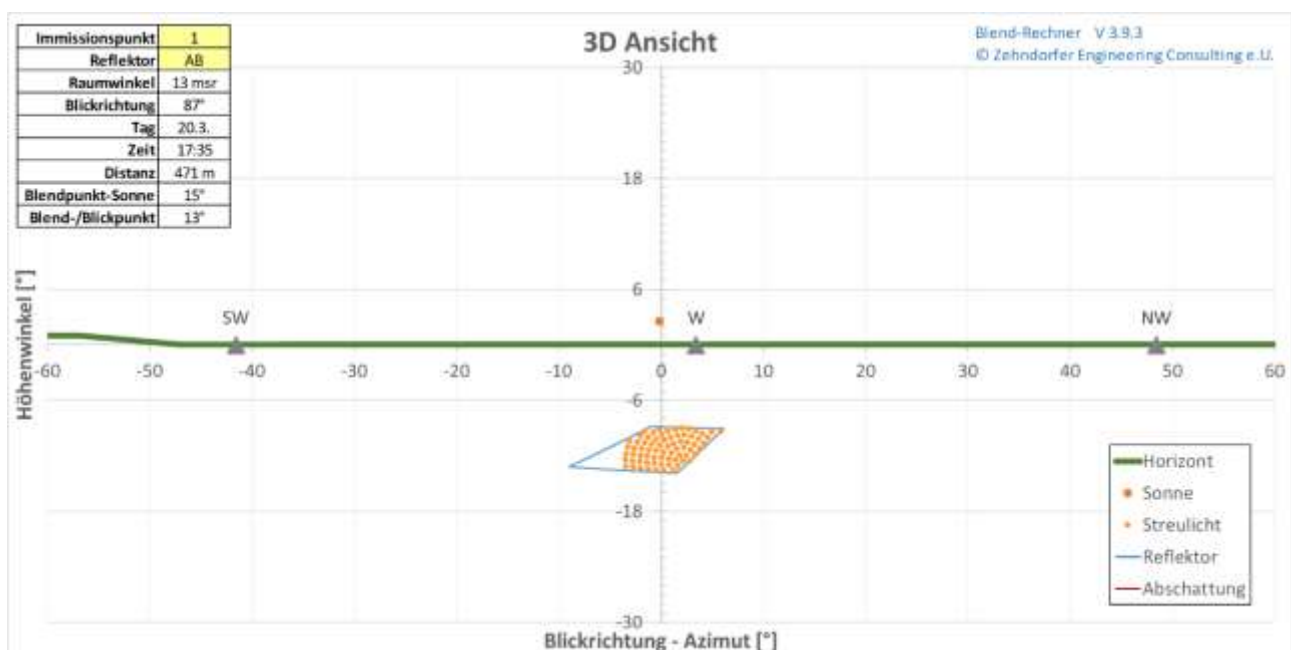
- Distanz** Ist die Distanz zwischen Mittelpunkt des Reflektors und Immissionspunkt in Meter.
- Höhenwinkel** Der Höhenwinkel des Reflektors über dem Immissionspunkt. 0° bedeutet, dass sich der Reflektor am Horizont befindet.
- Raumwinkel** Der Raumwinkel, gemessen in Milliradian. Der Raumwinkel ist 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 der selbe 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 (z.B: außerhalb eines Kegels von 30°), so spielt die Blendung eine untergeordnete Rolle.

3.4 Sichtbezug

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

Abbildung 13 Blickfeld vom IP 1 (Richtung Westen)



Alle anderen 3D Ansichten der PV-Anlage sind in Anhang 6 zu sehen.

3.5 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

3.5.1 Größenverhältnisse

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

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

Die sichtbare Größe der Solar-Anlage vom IP 1 mit 13 msr ist als mittelgroß zu bezeichnen.

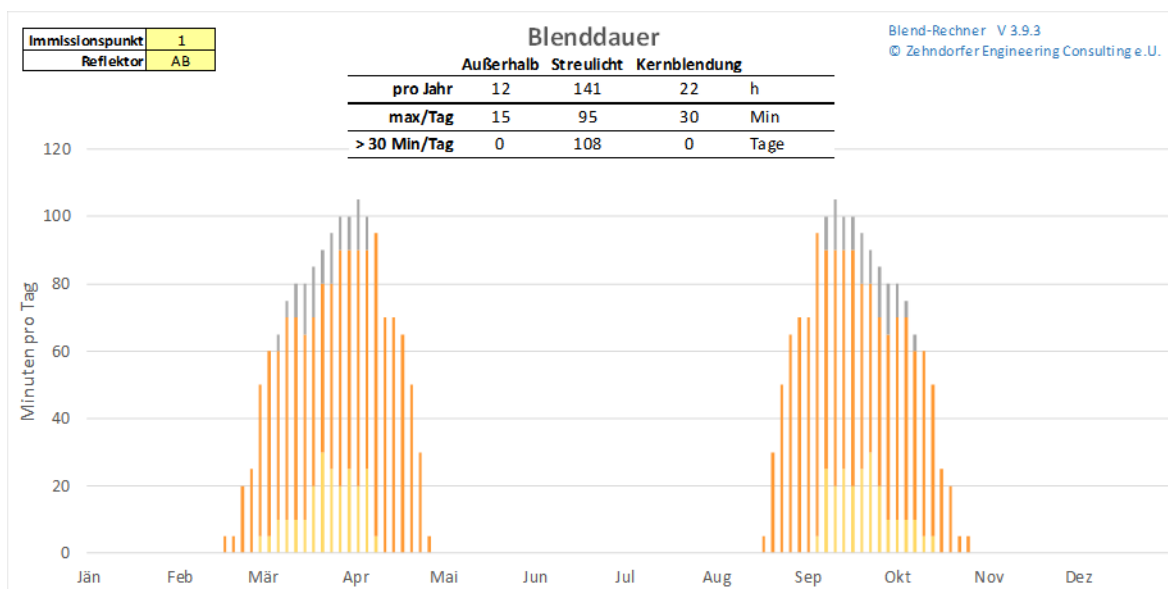
3.5.2 Blendstärke

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 Großteil des Sonnenlichts reflektiert wird.

3.5.3 Blenddauer

Im Blenddauer-diagramm wird die Blendung in Minuten pro Tag über das ganze Jahr dargestellt. Für den Fall das Streulicht nicht berücksichtigt wird, stehen an dieser Stelle die gleichen Werte wie bei der Kernblendung. Reflexionen die mit „Außerhalb“ (grau im Diagramm) gekennzeichnet sind, sind solche, bei denen die Reflexion außerhalb des Gesichtsfeldes liegt, bzw. solche, bei denen der Sonnenstand nur 10° von der Reflexion abweicht.

Abbildung 14 Blenddauer am IP 1



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

Die Dauer der spiegelnden Reflexionen auf den IP 1 (Kernblendung) liegt mit 30 Minuten pro Tag und 22 Stunden pro Jahr an der Grenze der von der Richtlinie OVE R11-3 vorgegebenen Werte von 30 Minuten pro Tag und 30 Stunden pro Jahr. Bei der Berechnung dieser Zeiten wurden weder die verlängernde Wirkung der Streuung des Lichtes an den Modulen noch die reduzierende Wirkung von Schlechtwetter (Regen, Schnee, Nebel, Hochnebel, Bewölkung) berücksichtigt.

Allerdings ist für kritische Verkehrswege die Blenddauer weniger relevant, als das Gefahrenpotential durch eine Blendung am Immissionspunkt.

Berücksichtigt man zusätzlich die Streublendung (bei einem üblichen Streuwinkel an der Moduloberfläche von +/- 6°) so finden Reflexionen auf den IP 1 mit einer Dauer von bis zu 95 Minuten pro Tag statt.

3.5.4 Richtung der Blendung

Blendungen im zentralen Gesichtsfeld (Hauptblickrichtung), also z.B. die Fahrtrichtung eines Fahrzeuges, können besondere Gefahren darstellen. Bei Blendungen, die den Betrachter außerhalb eines Kegels von 30° zur Hauptblickrichtung treffen, sind diese Gefahren deutlich vermindert. Solche Reflexionen werden im Blenddauer-Diagramm grau dargestellt.

3.5.5 Gleichzeitige Sonnenblendung

Steht die Sonne zum Blendzeitpunkt in einem Winkel von 10° oder weniger zur reflektierenden Fläche, so ist ohnehin mit einer Blendung durch die viel stärkere Sonne zu rechnen. Reflexionen zu diesem Zeitpunkt aus dieser Richtung stellen daher keine ungewöhnliche Belästigung und keine Erhöhung des Gefahrenpotentials dar.

Im konkreten Fall finden einige Reflexionen unter diesen Bedingungen statt. Diese sind im Blenddauer-Diagramm grau dargestellt.

3.5.6 Mögliche subjektive Effekte

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

Dies trifft aus Sicht des Gutachters für den Blick aus dem Tower in Richtung der Landebahn 11 und in Richtung des Rollfeldes zu. Auch für Flugzeuge im Landeanflug liegt die PV-Anlage innerhalb des 30°-Kegels.

4 Beurteilung & Empfehlungen

IP 1 und 2 (Tower und Wetterwarte)

Es werden Blendungen auftreten, die (inklusive Streublendung) bis zu 95 Minuten pro Tag auf die Immissionspunkt am Tower einwirken. Berücksichtigt man die spezielle Tätigkeit der Flugsicherung und die Notwendigkeit des Sichtkontaktes auf den Runway 11/29, so ist diese Immission als störend und möglicherweise gefährlich einzustufen.

IP 3 bis 11 (Anflug RW 11)

Es werden Blendungen auftreten. Diese bestehen auf Grund der Sichtbeziehungen nicht aus direkten Spiegelungen, sondern nur aus Streulicht. Die Reflexionen kommen aus einer ähnlichen Richtung, wie die zu diesem Zeitpunkt tief stehende Sonne, die gerade aufgeht.

Die Solaranlage ist allerdings (durch die große Entfernung von mehr als 1.625 m) zu den IPs als sehr kleine (beinahe nur projizierende) Fläche zu sehen (siehe 3D Ansicht in Anhang 6 sowie Anhang 4, Abbildung 20) - der berechnete Raumwinkel liegt bei unter 1 msr.

Zusammenfassend führen also folgende Faktoren zu einer Reduktion der Blendwirkung:

1. Die tief stehende Sonne steht zum IP in ähnlichem Winkel, wie die reflektierende Fläche
2. Raumwinkel der reflektierenden Fläche ist sehr klein
3. Große Entfernung zur reflektierenden Fläche

Die Blendwirkung der geplanten Solaranlage auf diese IPs wird daher als unkritisch eingestuft.

IP 12 (Touch-Down RW 29)

Es können auf Grund des astronomisch möglichen Sonnenstandes keine Reflexionen zum IP auftreten.

IP 16 bis 20 (Anflug RW 29)

Es werden Blendungen auftreten. Diese bestehen auf Grund der Sichtbeziehungen nicht aus direkten Spiegelungen, sondern nur aus Streulicht. Die Reflexionen kommen aus einer ähnlichen Richtung wie die zu diesem Zeitpunkt tief stehende Sonne, die gerade untergeht.

Die Solaranlage ist allerdings (durch die große Entfernung von mehr als 2.092 m) zu den IPs als sehr kleine (beinahe nur projizierende) Fläche zu sehen (siehe 3D Ansicht in Anhang 6 sowie Anhang 4, Abbildung 22) - der berechnete Raumwinkel liegt bei unter 1 msr.

1. Die tief stehende Sonne steht zum IP in ähnlichem Winkel, wie die reflektierende Fläche
2. Raumwinkel der reflektierenden Fläche ist sehr klein
3. Große Entfernung zur reflektierenden Fläche

Die Blendwirkung der geplanten Solaranlage auf diese IPs wird daher als unkritisch eingestuft.

IP 21 bis 29 (Anflug RW34)

Es können auf Grund des astronomisch möglichen Sonnenstandes keine Reflexionen zu den IPs auftreten.

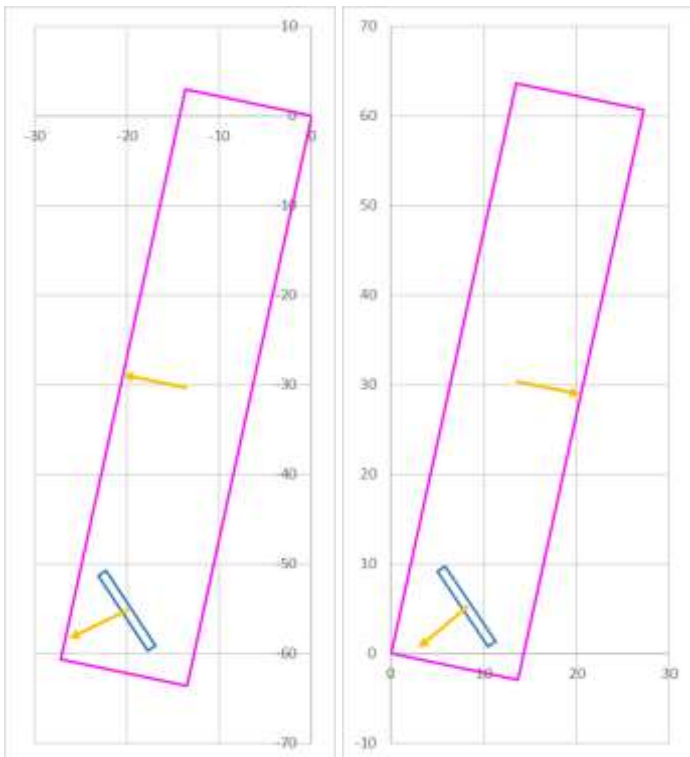
5 Blendreduzierende Maßnahmen

Um die Blendwirkung auf die IP1 und IP2 zu reduzieren werden die folgenden Abhilfemaßnahmen vorgeschlagen.

1. Erhöhung des Modulaufständigungswinkels von 10° auf 15°
2. Verdrehung des Montagesystems zur Gebäudekante um 45°

Die Modulreihen sind also so zu verdrehen, wie in Abbildung 15 dargestellt.

Abbildung 15 Ausrichtung der Modulreihen auf den Dachstreifen



Für die Höhen und Seitenwinkel unter Einbeziehung der Dachneigung ergeben sich damit Elevation 13° und ein Azimut von 49° für das östlich abfallende Dach sowie Elevation 17° und ein Azimut von 63° für den westlich abfallende Dachstreifen. Diese Winkel sind sowohl für die Blendberechnung, als auch für die Ertragsberechnung der Anlage maßgeblich.

Diese Maßnahmen wurden unter folgenden Gesichtspunkten gewählt:

1. Effektivität der Blendreduktion
2. Praktikable und wirtschaftliche Umsetzbarkeit
3. Kommerzielle Verfügbarkeit der Komponenten
4. Energie-Ertragsoptimierung

Das Veränderte Layout der PV Anlage ist in Abbildung 16 und Abbildung 17 zu sehen.

Abbildung 16 Neues PV Anlagen Layout



Abbildung 17 Neues Anlagen-Layout (Detail)

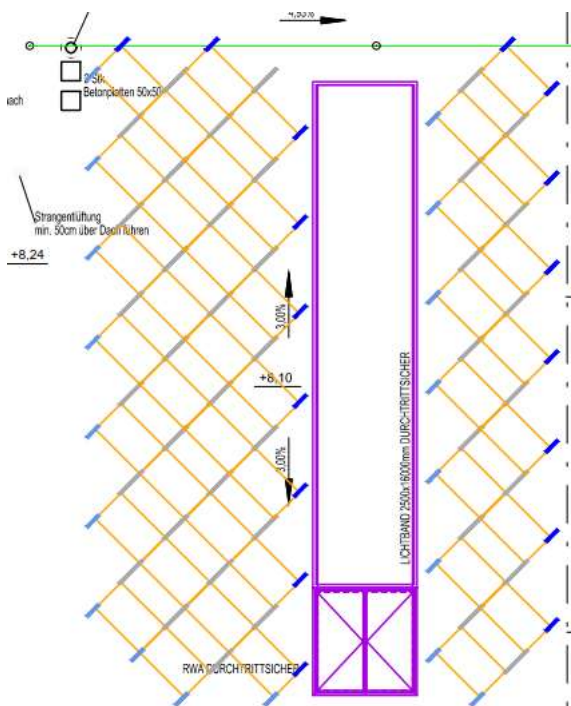
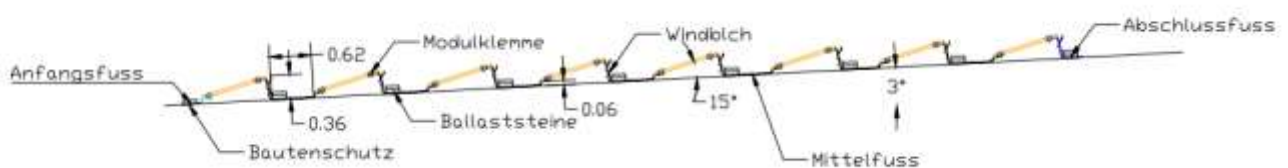


Abbildung 18 Neues Anlagen-Layout - Aufstellungswinkel



Die Blendberechnung wurde für die gewählten Veränderungen wiederholt. Für den Tower ist damit keine Blendung durch die PV-Anlage möglich.

Die weiteren Ergebnisse dieser Berechnung sind in Anhang 6.1 zu sehen.

5.1 Beurteilung inklusive Änderungen

Für die Immissionspunkte ergibt sich nun folgende Beurteilung:

IP 1 und 2 (Tower und Wetterwarte)

Es können auf Grund des astronomisch möglichen Sonnenstandes keine Reflexionen zu den IPs auftreten.

IP 3 bis 11 (Anflug RW 11)

Es werden Reflexionen auftreten. Diese kommen aus einer ähnlichen Richtung, wie die zu diesem Zeitpunkt tief stehende Sonne, die gerade aufgeht.

Die Solaranlage ist allerdings (durch die große Entfernung von mehr als 1.625 m) zu den IPs nur als sehr kleine Fläche zu sehen (siehe 3D Ansicht in Anhang 6 sowie Anhang 4, Abbildung 20) - der berechnete Raumwinkel liegt bei unter 1 msr.

Die mögliche Blendung besteht fast zur Gänze aus Streublendung, direkte Reflexion an den Modulen tritt maximal 1 Minute pro Tag auf.

Die Blendwirkung der geplanten Solaranlage auf diese IPs wird aus den oben genannten Gründen als unkritisch eingestuft.

IP 12 bis 20 (Anflug RW 29)

Es können auf Grund des astronomisch möglichen Sonnenstandes keine Reflexionen zu den IPs auftreten.

IP 21 bis 29 (Anflug RW34)

Es können auf Grund des astronomisch möglichen Sonnenstandes keine Reflexionen zu den IPs auftreten.

Datum: 30.6.2017

Gutachter:

Zehndorfer
Engineering Consulting

+43 (0) 244 3310 Zehndorfer Engineering Consulting e.U.
office@zehndorfer.at Dipl.-Ing. Jakob Zehndorfer, MBA
www.zehndorfer.at Badnerstraße 20
FN 417849i 9101 Maria Rain
UID ATU68792201 Austria

Jakob Zehndorfer
Zehndorfer Engineering Consulting

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.
Blend-wirkung	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/str].
Lichtstrom	gibt an wie viele Photonen pro Zeiteinheit von der Lichtquelle emittiert werden – gemessen in Lumen [lm]
LOV	Line of Vision – die übliche Blickrichtung des Beobachters (z.B. Fahrtrichtung eines Fahrzeuges)
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

Luftfahrtgesetz 2013, § 94 Anlagen mit optischer oder elektrischer Störwirkung

(1) Ortsfeste und mobile Anlagen mit optischer oder elektrischer Störwirkung, durch die eine Gefährdung der Sicherheit der Luftfahrt, insbesondere eine Verwechslung mit einer Luftfahrtbefeuerung oder eine Beeinträchtigung von Flugsicherungseinrichtungen sowie eine Beeinträchtigung von ortsfesten Einrichtungen der Luftraumüberwachung oder ortsfesten Anlagen für die Sicherheit der Militärluftfahrt verursacht werden könnten, dürfen nur mit einer Bewilligung der gemäß Abs. 2 zuständigen Behörde errichtet, abgeändert, erweitert und betrieben werden ...

Niederösterreichische Bauordnung 2014, § 48 Immissionsschutz

Emissionen durch Lärm, Geruch, Staub, Abgase und Erschütterungen, die von Bauwerken oder deren Benützung ausgehen, dürfen Menschen weder in ihrem Leben oder ihrer Gesundheit gefährden noch örtlich unzumutbar belästigen. ...

Ob Belästigungen örtlich unzumutbar sind, richtet sich nach der für das Baugrundstück im Flächenwidmungsplan festgelegten Widmungsart und der sich daraus ergebenden zulässigen Auswirkung des Bauwerks und dessen Benützung auf einen gesunden, normal empfindenden Menschen.

OVE R11-3 Blendung durch Photovoltaikanlagen

6.2 Immissionen in Verkehrsbereichen

Im Sinne des § 94 des Luftfahrtgesetzes darf die Sicherheit der Luftfahrt durch optische Störeinträge nicht beeinträchtigt werden. Es sind sowohl PV-Anlagen, die innerhalb von Sicherheitszonen oder Schutzbereichen liegen, als auch jene die außerhalb dieser Zonen liegen zu untersuchen. Blendungen an folgenden kritischen Punkten sind hintanzuhalten:

- Luftfahrzeuge im Start- oder Ladeanflug
- rollender Verkehr
- Punkte die zur Verwechslung mit Luftfahrtbefeuerung führen
- Bei Beeinträchtigung von Flugsicherungseinrichtungen
- Beeinträchtigung von ortsfesten Einrichtungen der Luftraumüberwachung

Besonders relevant sind Blendungen innerhalb eines Kegels von 30° zur Hauptblickrichtung.

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
- Die Immissionsrechnung ist für einzelne Immissionspunkte durchzuführen

ANHANG 3 METHODIK DER BERECHNUNG

Die Berechnung wird mittels *Backward Raytracing* durchgeführt. Dabei werden die Eckpunkte der sichtbaren PV Fläche um den Streuwinkel erweitert. Danach werden die Vektoren der Strahlen vom IP zu den 4 Eckpunkten der PV Fläche durchgeführt. Diese Vektoren werden an der PV Ebene gespiegelt und auf einen virtuellen Sonnenstand (Elevation & Azimut) zurückgerechnet. Es wird die Gültigkeit dieses Virtuellen Sonnenstandes überprüft (PV-Rückseite, Sommerlinie, Winterlinie und Horizont) und für alle gültigen Werte eine Detailsimulation (im *Forward Raytracing*) durchgeführt, was anschließend in der Grafik Blendverlauf dargestellt wird. Alle Berechnungen werden unter Zuhilfenahme von vorteilhaften Koordinatensystemen mittels entsprechender Drehmatrizen durchgeführt.

Die Blenddauer-berechnung erfolgt mittels *Forward Raytracing* Detail-simulation.

ANHANG 4 3D MODELL

Abbildung 19 Tower in Richtung der Solaranlage



Das neue Objekt 280 ist in pink dargestellt (in der Mitte des Objektes sind noch die Teile der momentan bestehenden Bebauung zu sehen).

Abbildung 20 Blick von Touch-Down Zone RW11



Abbildung 21 Blick von Landeanflug RW11 (2 Meilen bis Touch-Down)



Abbildung 22 Blick von Touch-Down Zone RW29



Abbildung 23 Blick von Landeanflug RW29 (2 Meilen bis Touch-Down)



Abbildung 24 Blick von Tuch-Down Zone RW34



Abbildung 25 Blick von Landeanflug RW34 (2 Meilen bis Touch-Down)



ANHANG 5 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Die PV Anlage befindet sich an folgenden Koordinaten (UTM 33 System, -5.000.000 false northing)

Reflektor Eckpunkt	A				B			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
x	615.645	615.848	615.859	615.659	615.645	615.848	615.859	615.659
y	331.058	331.020	331.090	331.129	331.058	331.020	331.090	331.129
z	176	176	176	176	176	176	176	176
h	8,4	8,4	8,6	8,6	8,4	8,4	8,6	8,6

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet (UTM 33 System, -5.000.000 false northing)

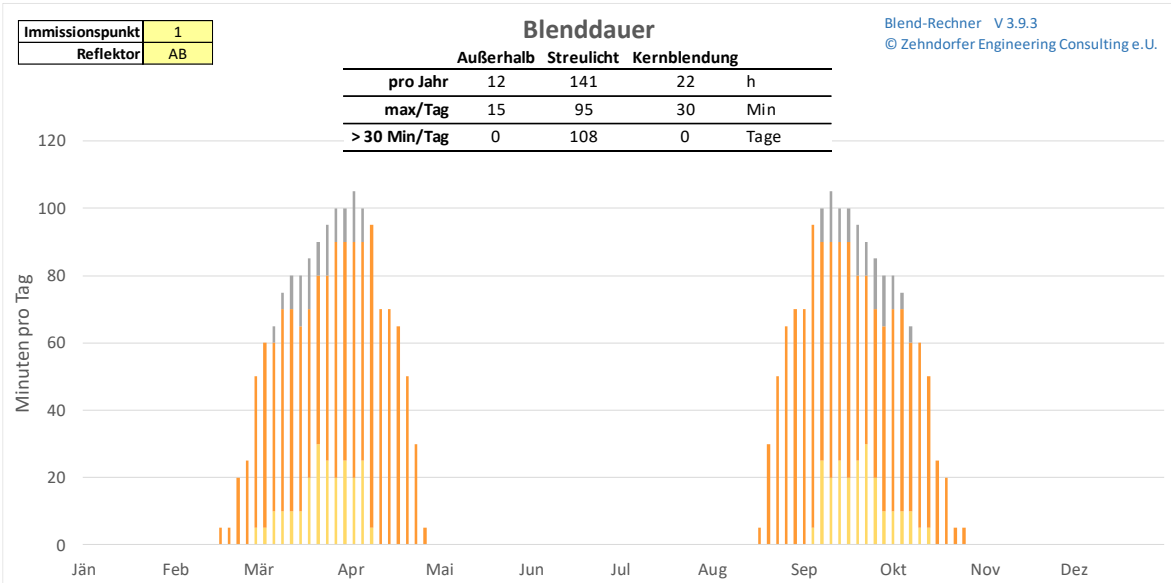
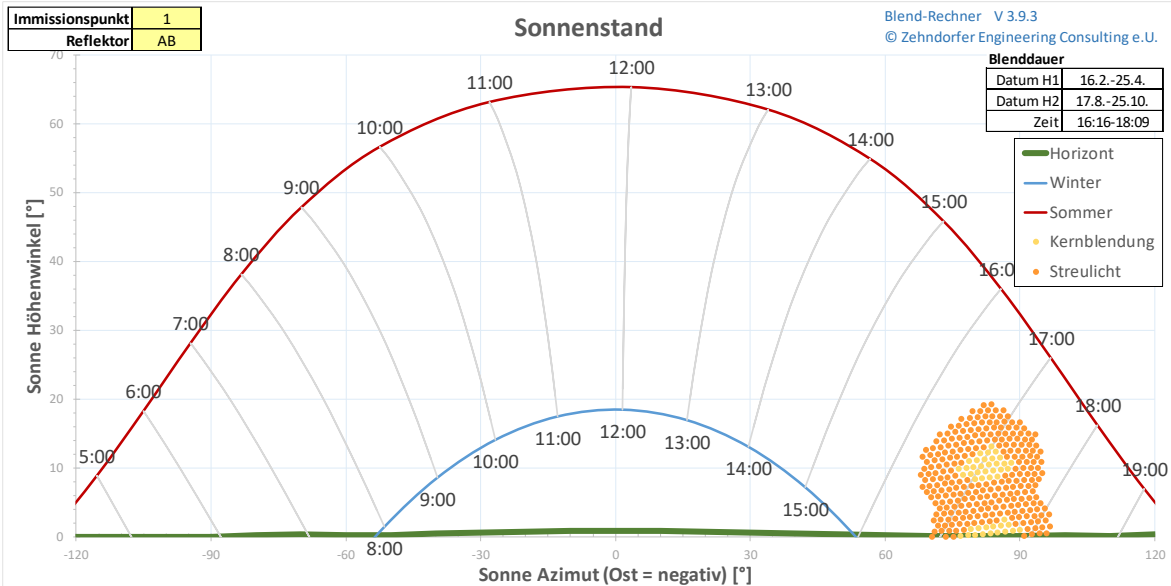
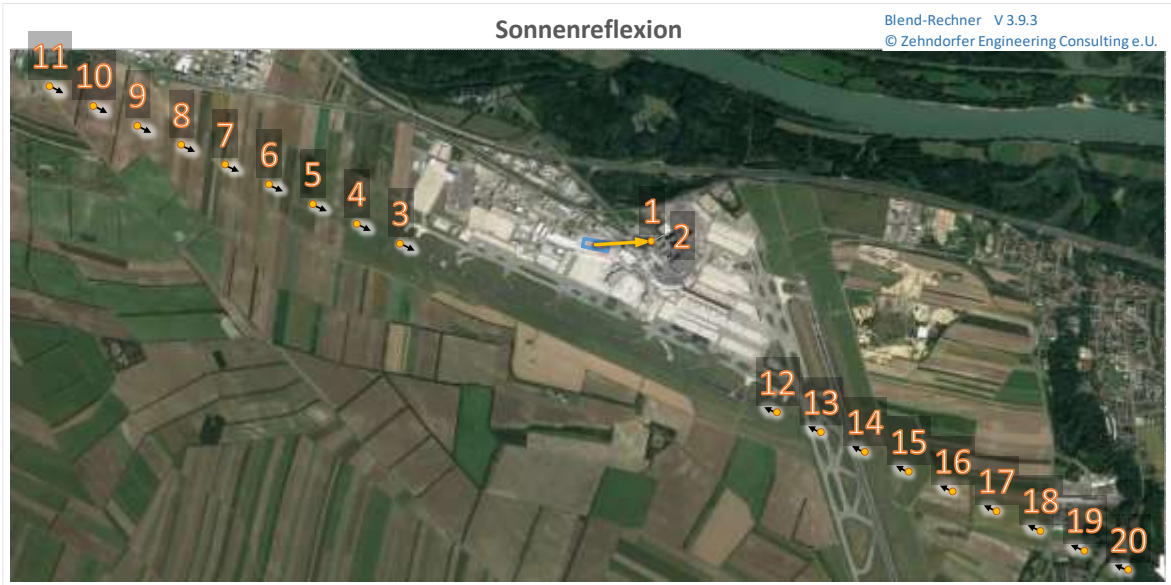
Immissionspunkt	1	2	3	7	11	12	16	20	21	25	29
Bezeichnung	IP-ATCT	IP-Meteo	IP-A11-1	IP-A11-5	IP-A11-9	IP-A29-1	IP-A29-5	IP-A29-9	IP-A34-1	IP-A34-5	IP-A34-9
x	616.223	616.223	614.128	612.668	611.207	617.266	618.728	620.190	618.497	618.968	619.440
y	331.102	331.102	331.081	331.756	332.430	329.630	328.955	328.280	327.396	325.850	324.304
z	175	175	175	175	175	183	183	183	179	179	179
h	100,0	94,0	15,2	99,6	183,9	15,2	99,6	184,0	15,2	100,0	184,7
Blickrichtung			-64	-64	-64	116	116	116	164	164	164

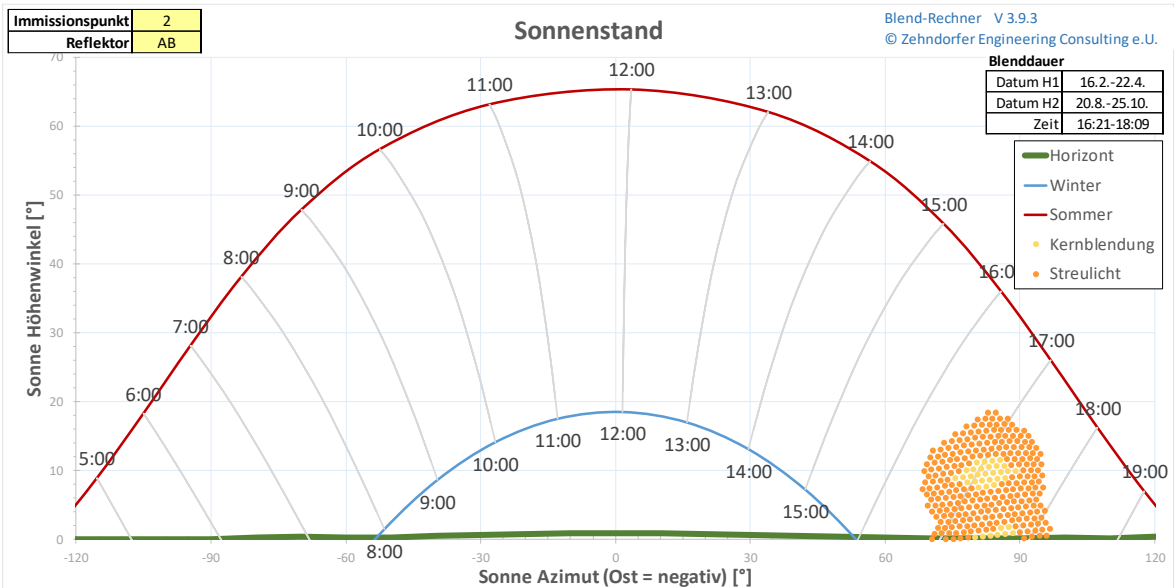
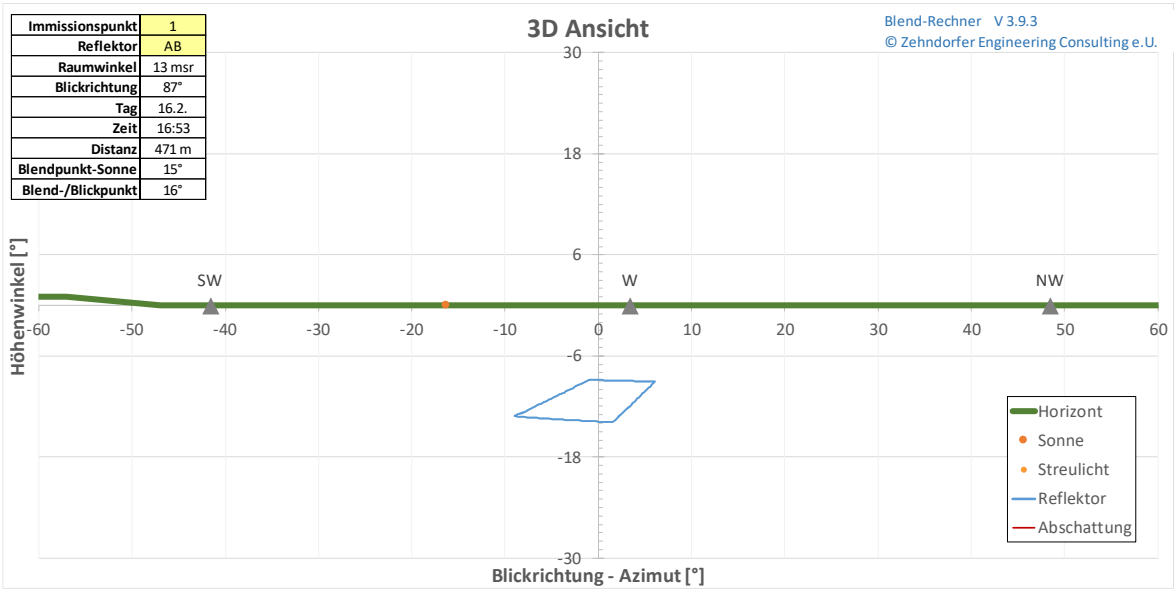
ANHANG 6 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

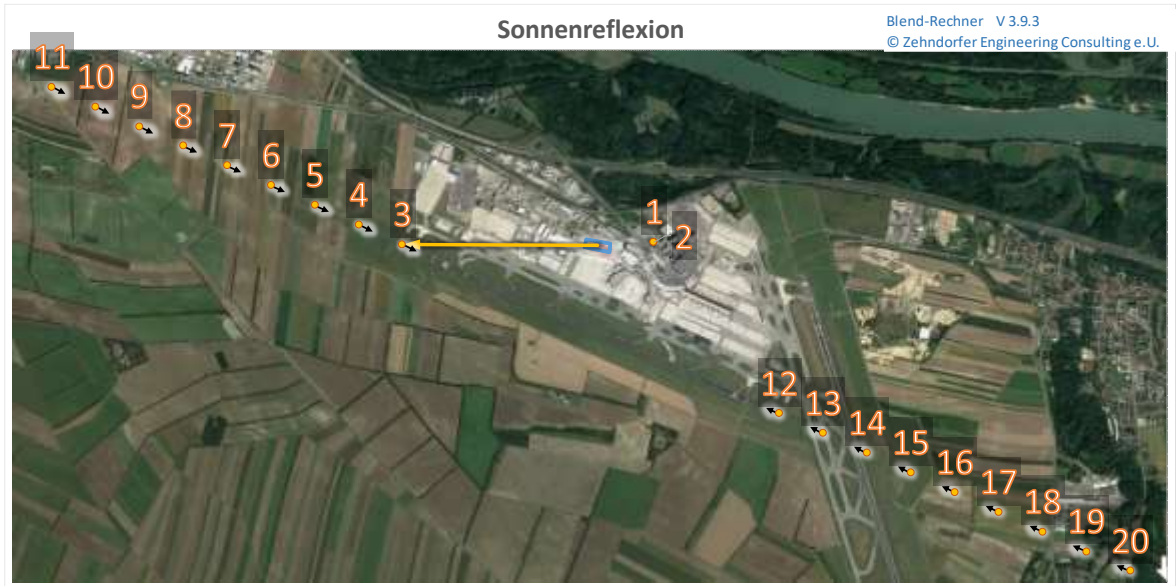
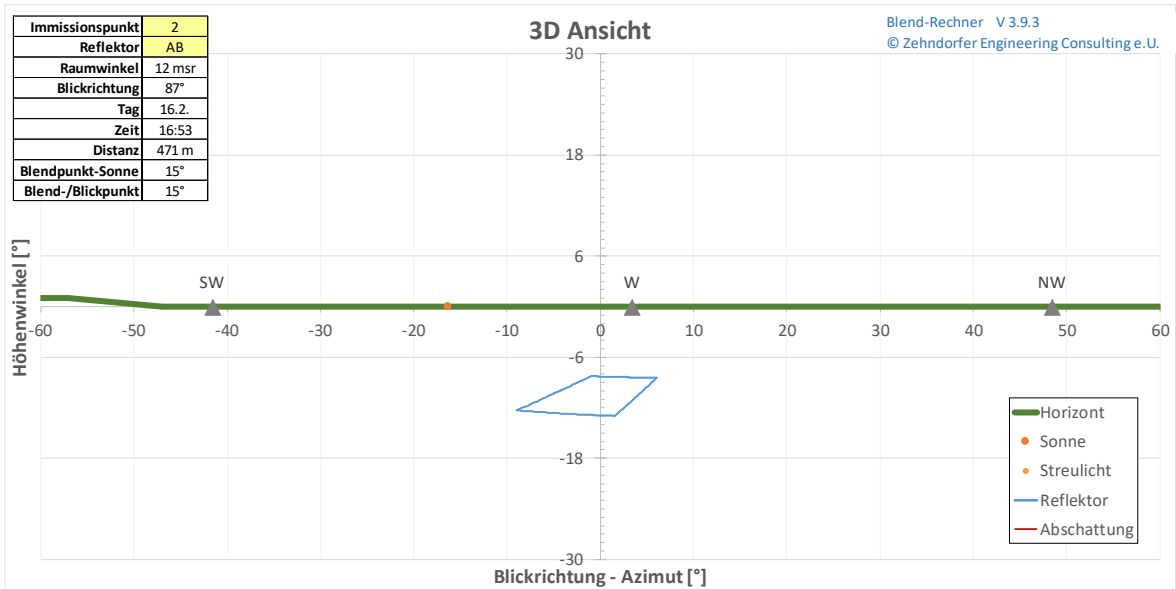
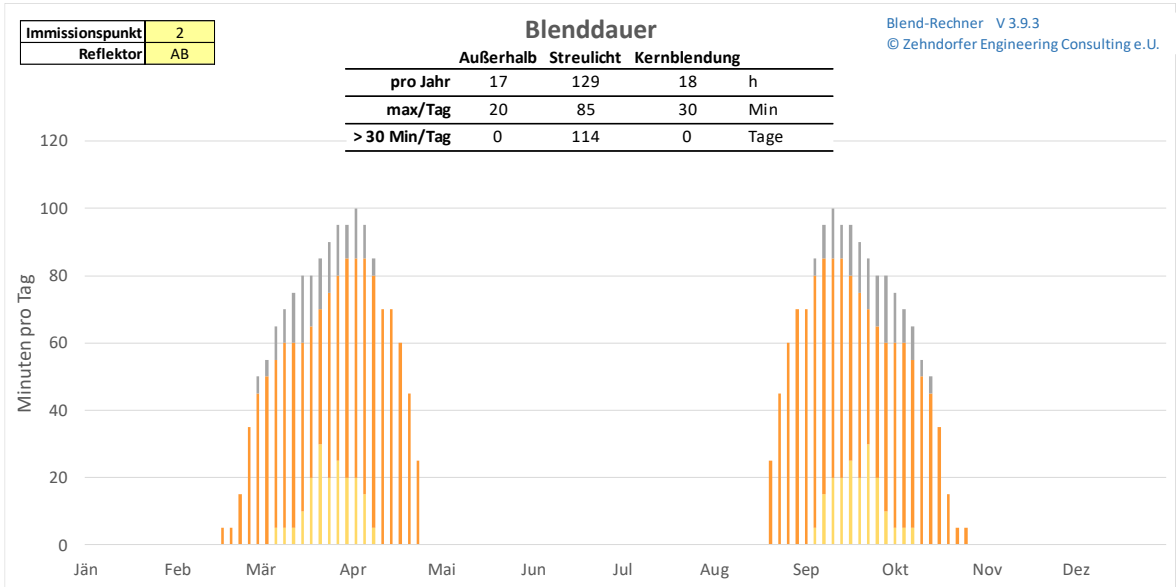
Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		1	2	3	7	11
Distanz	m	471	471	1.625	3.160	4.744
Höhenwinkel	°	-11	-10	0	-2	-2
Raumwinkel	msr	13	12	0	0	0
Datum H1		16.2.-25.4.	16.2.-22.4.	17.3.-25.4.	25.2.-26.3.	16.2.-17.3.
Datum H2		17.8.-25.10.	20.8.-25.10.	17.8.-25.9.	16.9.-16.10.	25.9.-25.10.
Zeit		16:16-18:09	16:21-18:09	5:58-6:49	6:30-7:17	6:41-7:23
Kernblendung	min / Tag	30	30	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	22	18	0	0	0
Streulicht	min / Tag	95	85	30	30	30
Streulicht	h / Jahr	141	129	27	18	16
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	10	9	10	7	7
Sonnen Azimut (Mittel)	°	82	82	-88	-76	-72
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	40	38	21	20	20
Blendung - Blickwinkel (min)	°	9	8	24	13	9

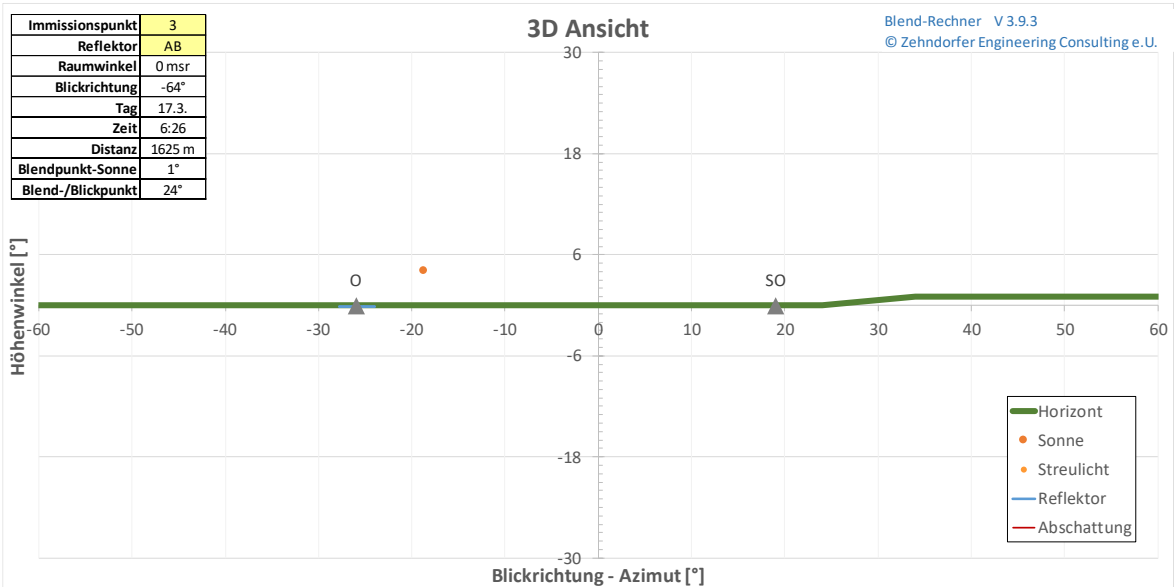
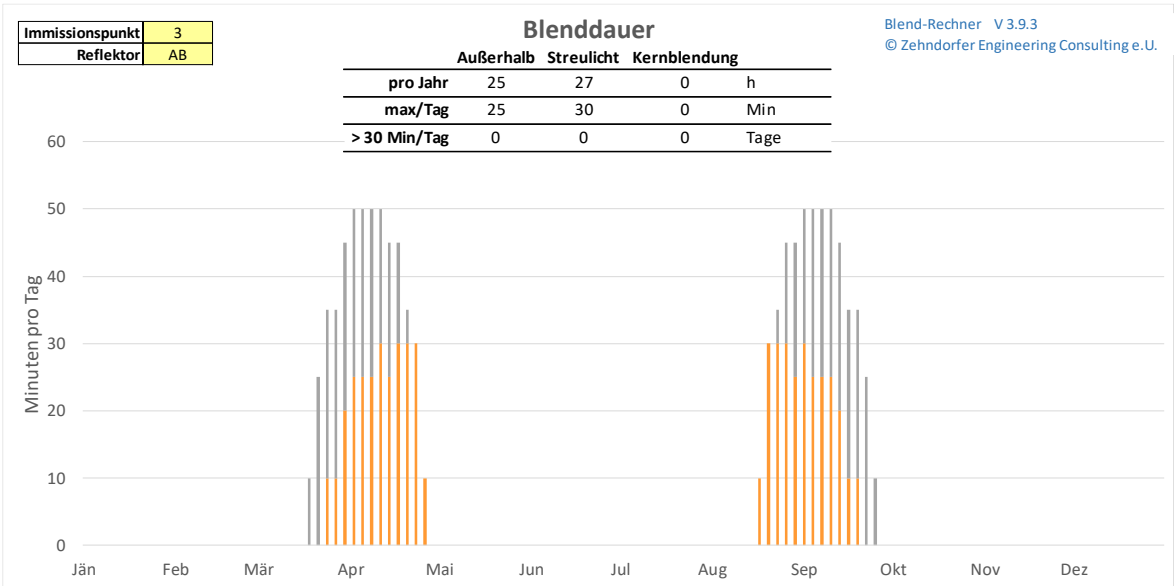
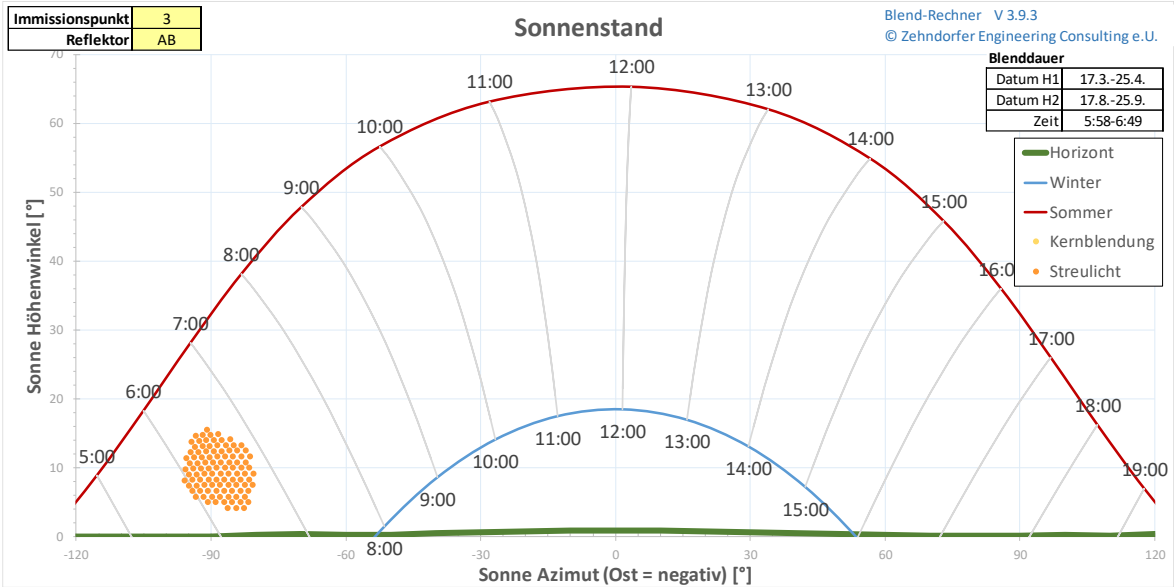
Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		12	16	20	21	25	29
Distanz	m	2.092	3.653	5.244	4.588	6.134	7.709
Höhenwinkel	°	0	-2	-2	0	-1	-1
Raumwinkel	msr	0	0	0	0	0	0
Datum H1		-	16.5.-21.6.	10.5.-21.6.	-	-	-
Datum H2		-	21.6.-27.7.	21.6.-2.8.	-	-	-
Zeit		-	19:03-19:38	18:38-19:38	-	-	-
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	10	20	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	0	4	14	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	-	3	5	-	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	121	119	-	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	12	16	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	8	6	-	-	-

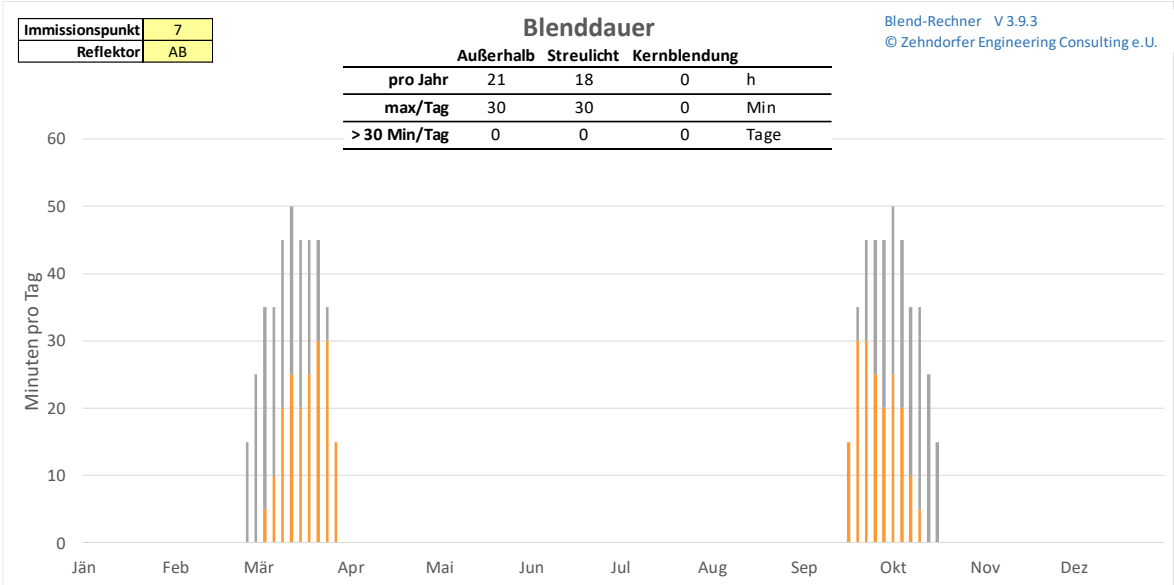
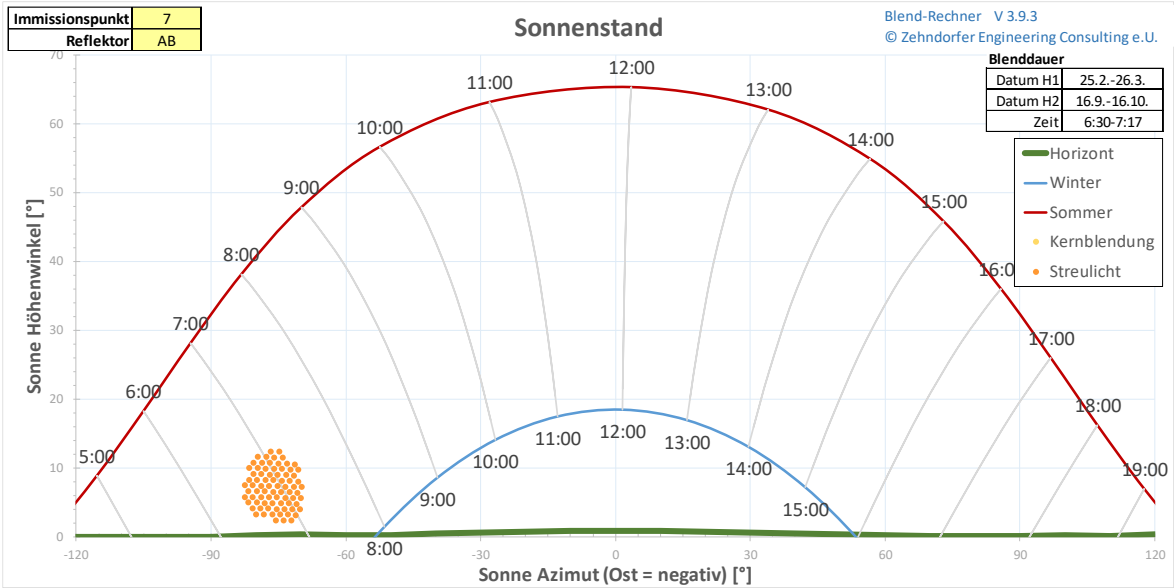
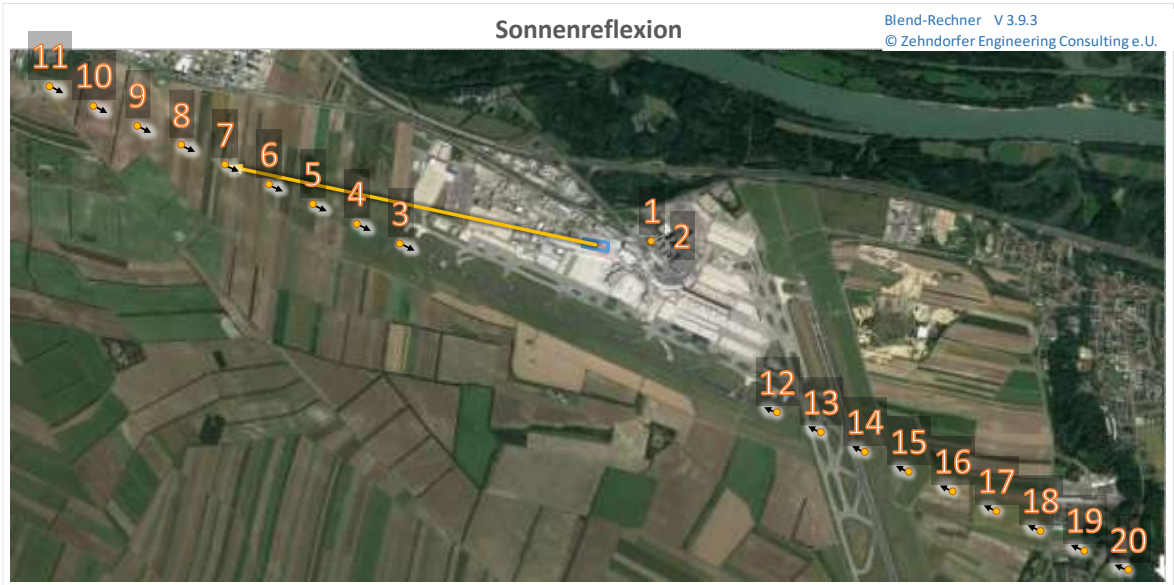
Die Berechnung wurde mit einem Zeitraster von 5 Minuten und 3 Tagen durchgeführt.

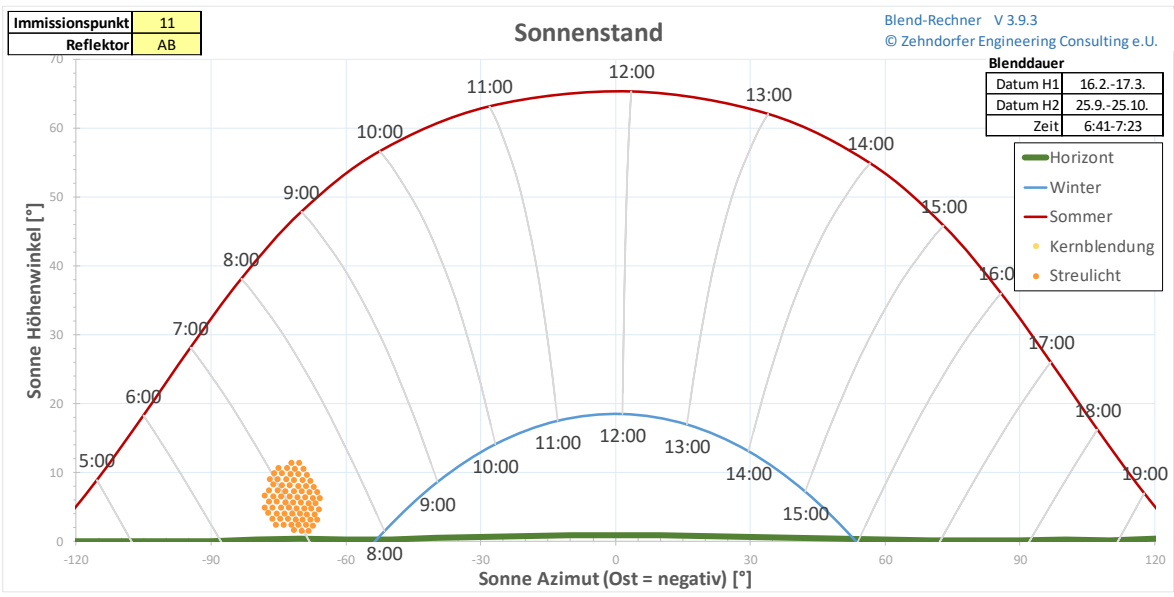
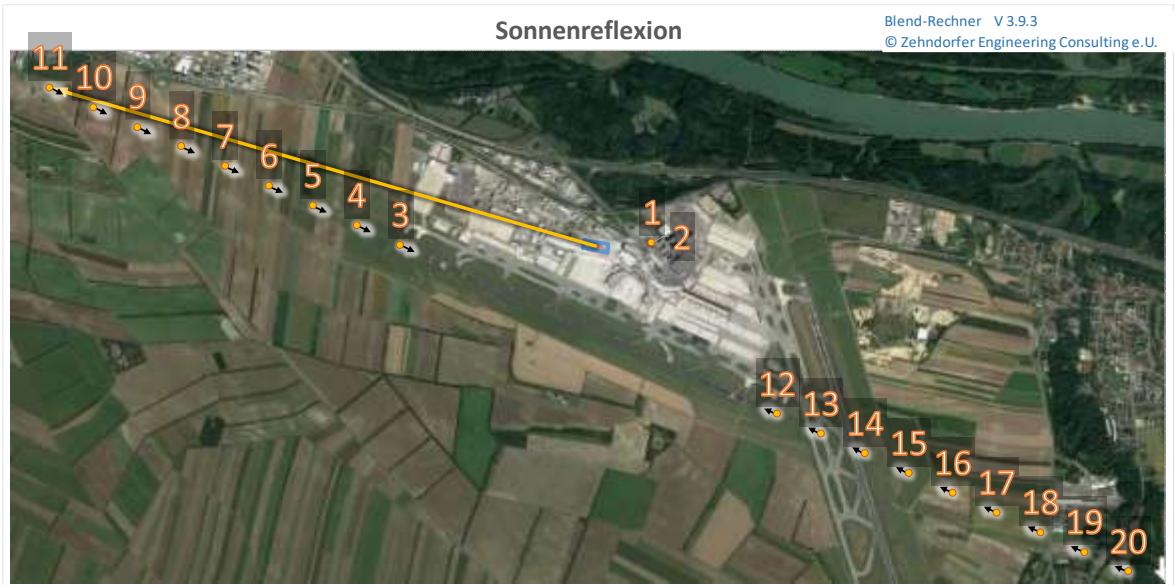
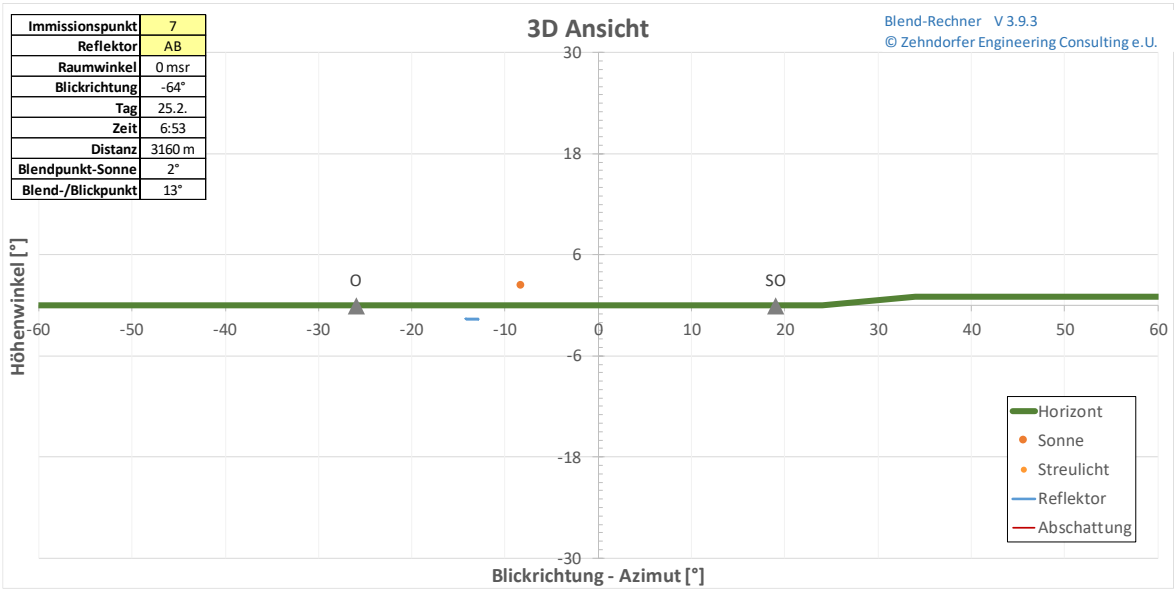


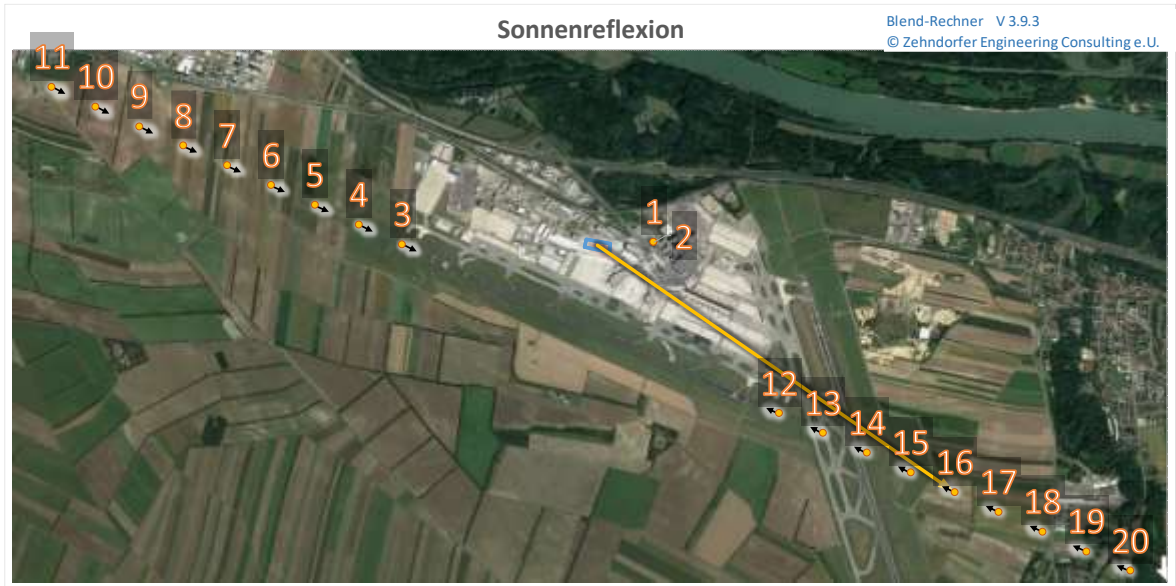
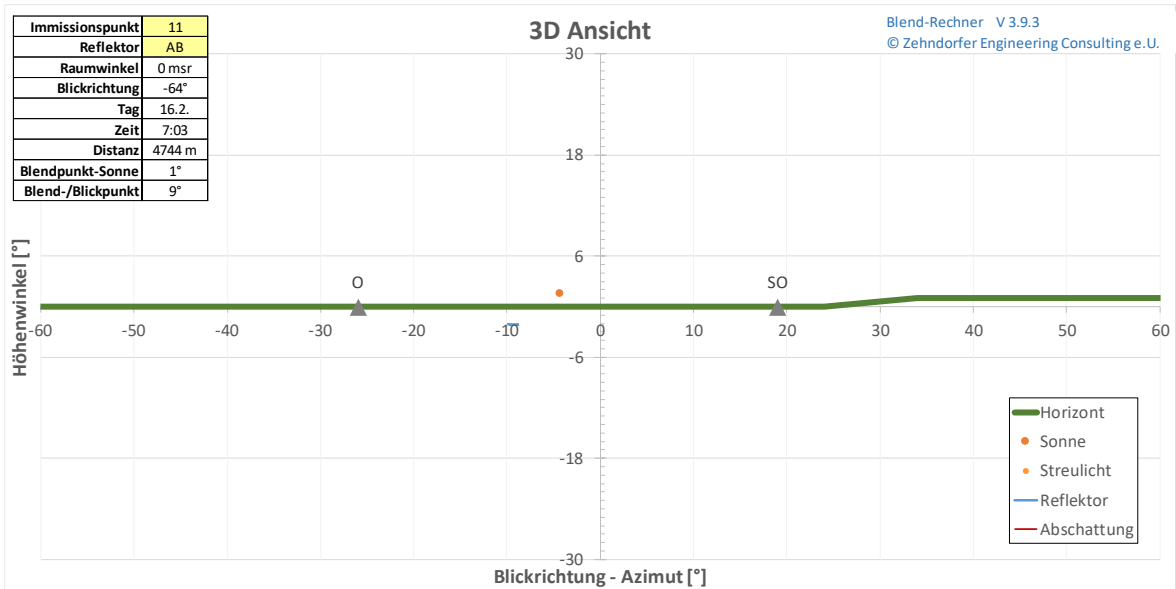
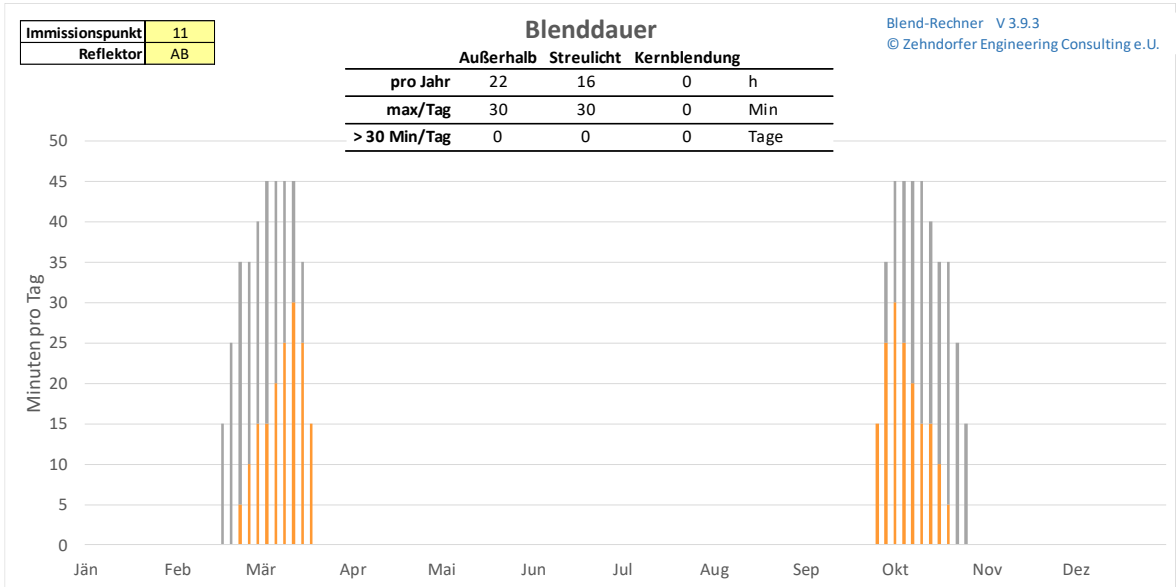


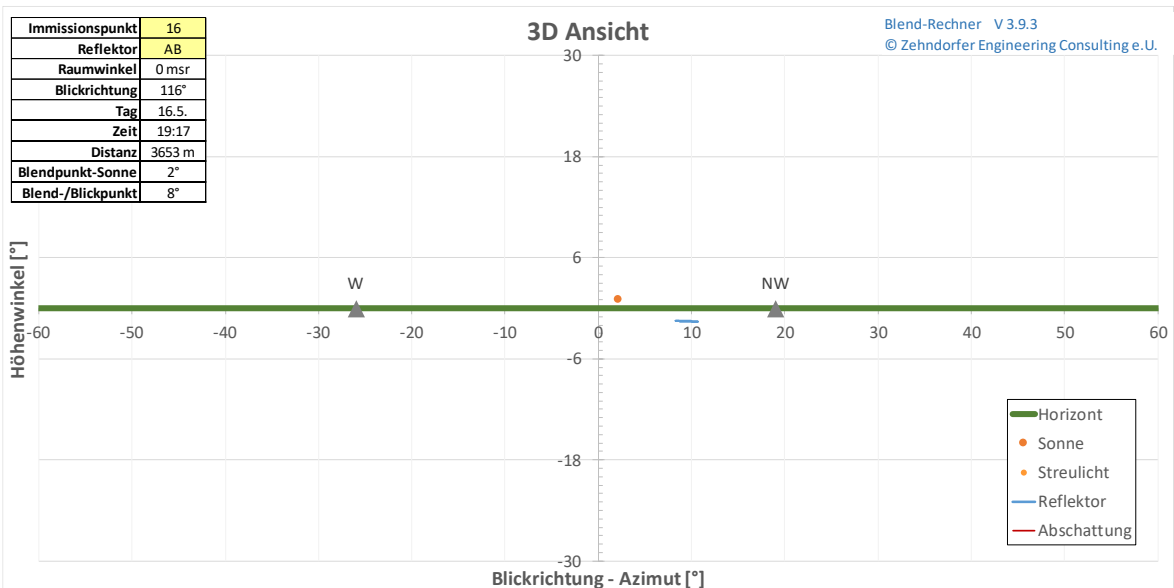
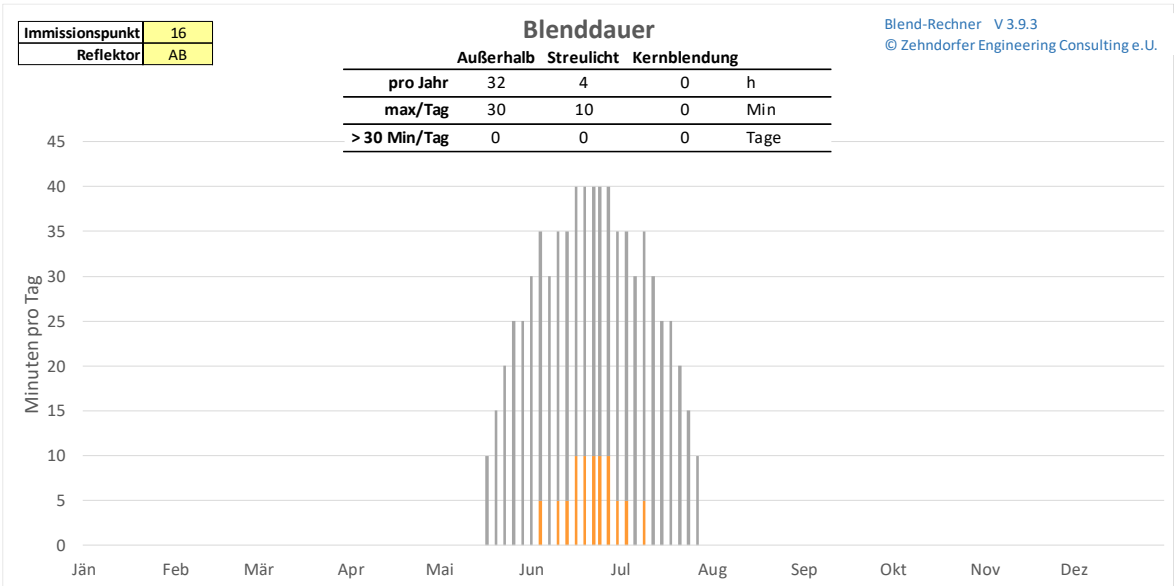
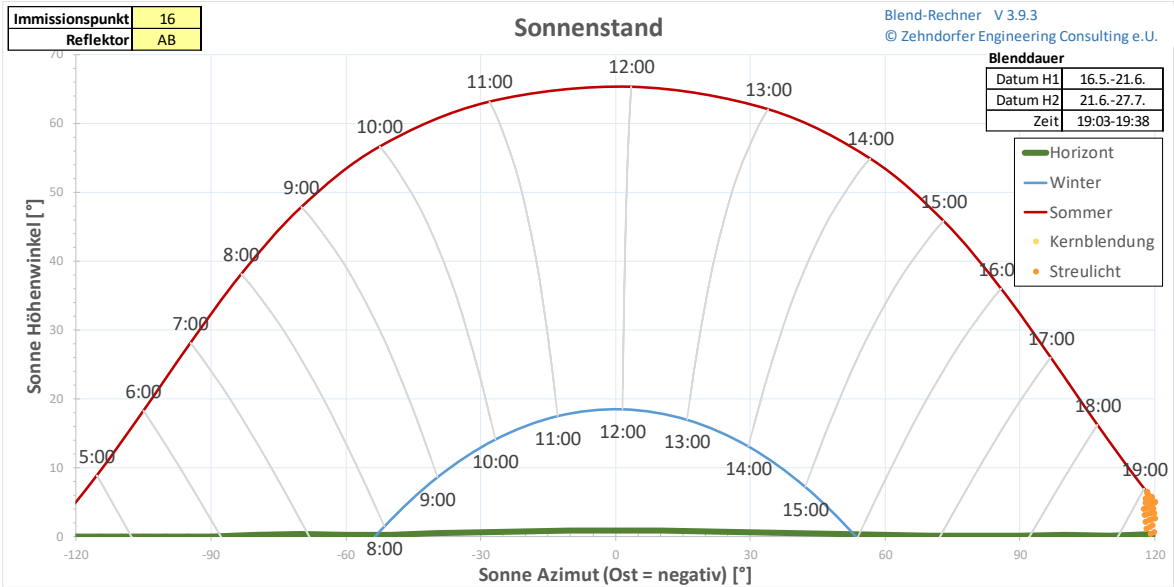


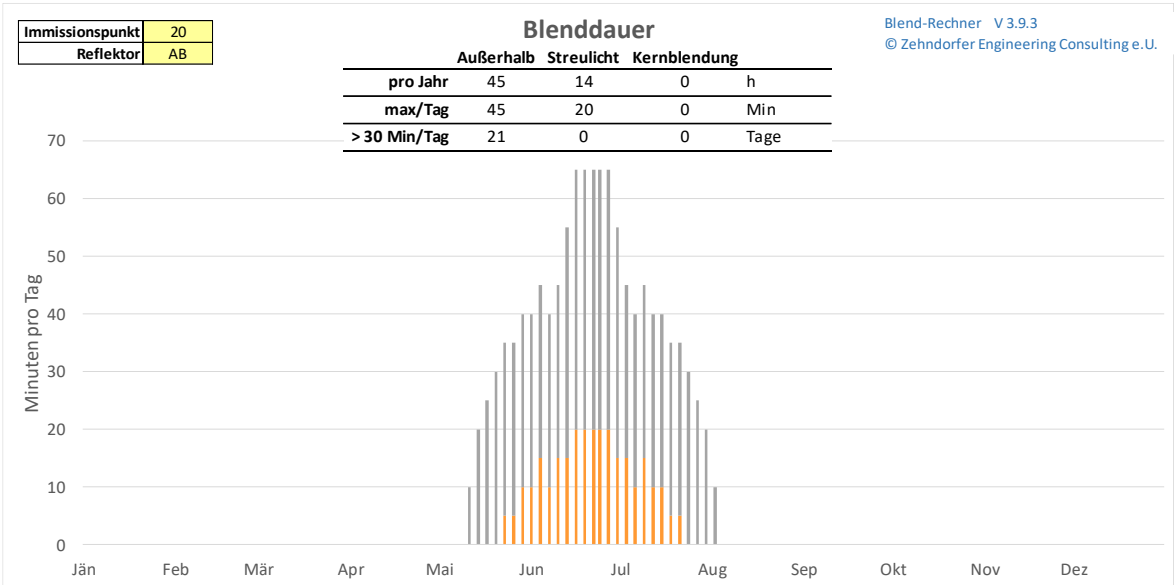
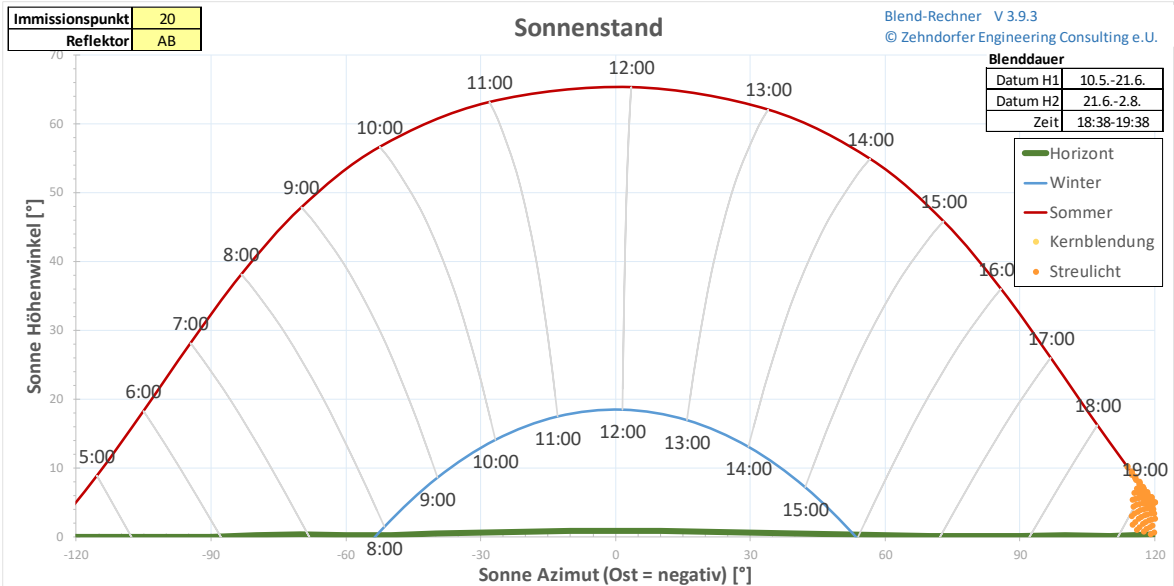
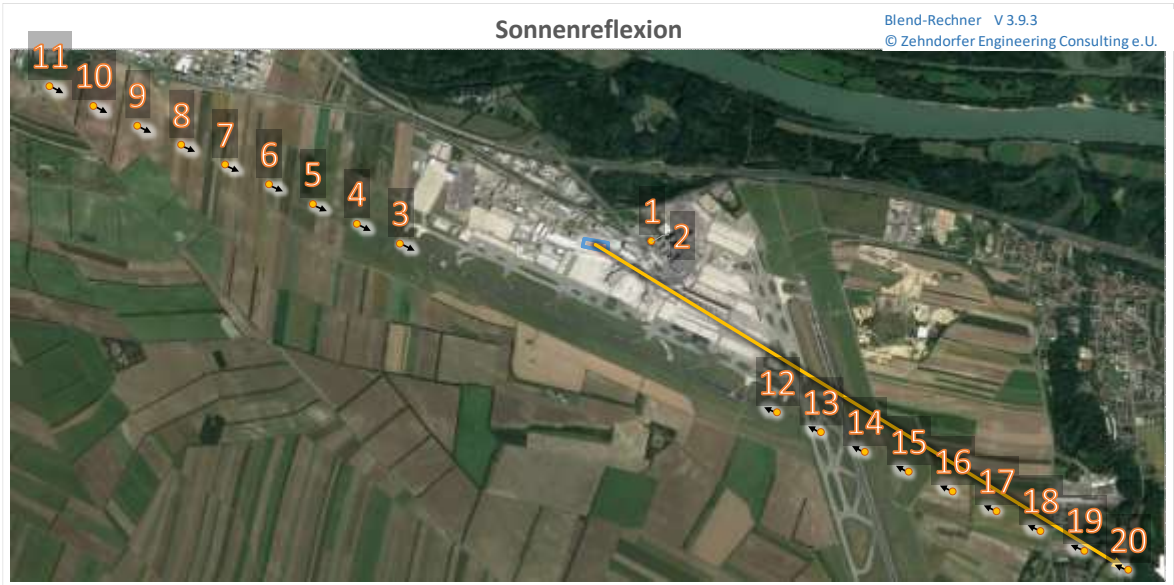


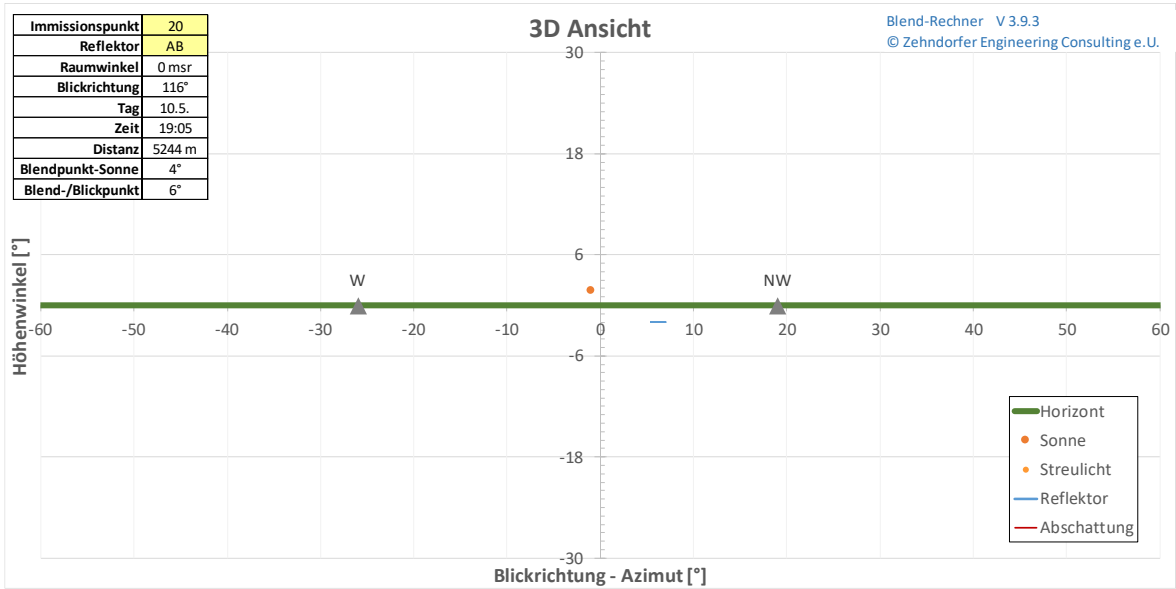












Anhang 6.1 Ergebnisse mit blendreduzierenden Maßnahmen

Die finale Berechnung wurde in minutenfeiner Auflösung (jeder Tag) durchgeführt.

Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		1	2	3	4	5	6	7
Distanz	m	471	471	1 625	1 998	2 380	2 768	3 160
Höhenwinkel	°	-11	-10	0	-1	-1	-1	-2
Raumwinkel	msr	13	11	0	0	0	0	0
Datum H1		-	-	5.4.-21.6.	25.3.-30.5.	19.3.-15.5.	14.3.-6.5.	11.3.-1.5.
Datum H2		-	-	21.6.-6.9.	13.7.-17.9.	28.7.-23.9.	6.8.-28.9.	11.8.-1.10.
Zeit		-	-	6:29-7:57	6:41-8:08	6:49-8:15	6:55-8:20	6:59-8:24
Kernblendung	min / Tag	0	0	0	1	1	1	1
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	0	0	83	84	83	81	81
Streulicht	h / Jahr	0	0	137	112	97	89	85
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	-	-	25	24	23	22	22
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	-	-86	-80	-77	-74	-72
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	-	43	43	42	42	42
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-	25	20	17	15	13

Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		8	9	10	11	12	13	14
Distanz	m	3 554	3 949	4 346	4 744	2 092	2 476	2 865
Höhenwinkel	°	-2	-2	-2	-2	0	-1	-1
Raumwinkel	msr	0	0	0	0	0	0	0
Datum H1		8.3.-27.4.	6.3.-24.4.	4.3.-22.4.	2.3.-20.4.	-	-	-
Datum H2		15.8.-4.10.	18.8.-6.10.	20.8.-8.10.	22.8.-10.10.	-	-	-
Zeit		7:02-8:27	7:05-8:29	7:07-8:31	7:09-8:33	-	-	-
Kernblendung	min / Tag	1	1	1	1	0	0	0
Kernblendung	h / Jahr	0	0	0	0	0	0	0
Streulicht	min / Tag	80	80	80	79	0	0	0
Streulicht	h / Jahr	83	81	79	79	0	0	0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	°	21	21	21	21	-	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-71	-70	-69	-68	-	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	41	41	41	41	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	12	11	10	9	-	-	-

Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		15	16	17	18	19	20	21
Distanz	m	3 258	3 653	4 049	4 446	4 845	5 244	4 588
Höhenwinkel	°	-1	-2	-2	-2	-2	-2	0
Raumwinkel	msr	0	0	0	0	0	0	0
Datum H1		-	-	-	-	-	-	-
Datum H2		-	-	-	-	-	-	-
Zeit		-	-	-	-	-	-	-
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)	°	-	-	-	-	-	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	-	-	-	-	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	-	-	-	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-	-	-	-	-	-

Reflektor		AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Immissionspunkt		22	23	24	25	26	27	28
Distanz	m	4 971	5 356	5 744	6 134	6 526	6 919	7 314
Höhenwinkel	°	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Raumwinkel	msr	0	0	0	0	0	0	0
Datum H1		-	-	-	-	-	-	-
Datum H2		-	-	-	-	-	-	-
Zeit		-	-	-	-	-	-	-
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)	°	-	-	-	-	-	-	-
Sonnen Azimut (Mittel)	°	-	-	-	-	-	-	-
Sonne-Reflektor Winkel (max)	°	-	-	-	-	-	-	-
Blendung - Blickwinkel (min)	°	-	-	-	-	-	-	-

Reflektor	AB
Immissionspunkt	29
Distanz	m 7 709
Höhenwinkel	° -1
Raumwinkel	msr 0
Datum H1	-
Datum H2	-
Zeit	-
Kernblendung	min / Tag 0
Kernblendung	h / Jahr 0
Streulicht	min / Tag 0
Streulicht	h / Jahr 0
Sonnen Höhenwinkel (Mittel)	° -
Sonnen Azimut (Mittel)	° -
Sonne-Reflektor Winkel (max)	° -
Blendung - Blickwinkel (min)	° -



