



**Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.**  
International Solar Energy Society, German Section

DGS Landesverband Berlin Brandenburg e.V.

Erich-Steinfurth-Str. 8

10243 Berlin

**Phone** +49 (030) 29 38 12 80

**Email** dgs@dgs-berlin.de

**Web** www.dgs-berlin.de

## **Fachgutachten zur Bewertung der Blendwirkung durch Reflexion an PV-Modulen (Blendgutachten) für den Solarpark OFW in Eilenburg**

Anlage: Solarpark OFW in Eilenburg  
51.474399° 12.662561°  
04838 Eilenburg

in Auftrag gegeben von: baro Solarpark OFW GmbH & Co. KG  
Torgauer Landstraße 42a  
04838 Eilenburg

Projektnummer: A-LV23/0211

Gutachter: Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn

Bearbeiter: M. Sc. Christoph Johann

Berlin, 09.02.2024

Vereinsregister:  
Amtsgericht  
Berlin-Charlottenburg  
VR 7591 B

Bankverbindung:  
Bank für Sozialwirtschaft  
BLZ 100 205 00  
Konto 30 32 403

U-ID-Nr.: DE151155798  
BIC: BFSWDE33BER  
IBAN: DE74 1002 0500 0003 0324 03



## **Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung.....	3
2	Beschreibung der Umgebung .....	4
3	Beschreibung der PV – Anlage .....	5
4	Grundlagen der Optik .....	7
	4.1 Geometrische Reflexionssituation .....	7
	4.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen .....	8
	4.3 Blendung.....	10
5	Methodik der Untersuchung .....	11
	5.1 Bewertungsbasis .....	11
	5.2 Simulationstool und Modellierung .....	12
	5.3 Simulationsausgabe und -bewertung .....	13
6	Simulation.....	14
	6.1 PV - Anlage.....	15
	6.2 Immissionsorte.....	17
7	Ergebnisse .....	19
8	Schlussbemerkung.....	22
9	Literaturverzeichnis .....	23
10	Abbildungsverzeichnis.....	24



## 1 Einleitung

Im folgenden Gutachten wird die durch Reflexion direkter Sonneneinstrahlung verursachte Lichtemission des geplanten Solarpark OFW in Eilenburg und die damit einhergehende potenzielle Beeinträchtigung der Umgebung untersucht und nach den *Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen* (kurz: LAI) der *Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz* bewertet.

Es werden hierzu zunächst relevante Bereiche ausgemacht, die einer näheren Betrachtung bedürfen. Wird für einen oder mehrere Bereiche potenzielle Blendung vermutet, kann dies anhand einer Simulation ausgeschlossen oder nachgewiesen werden. Abschließend werden die Ergebnisse bewertet und eingeordnet und bei Bedarf Blendschutzmaßnahmen empfohlen.

## 2 Beschreibung der Umgebung

Gelegen ist der geplante Solarpark in der Großen Kreisstadt Eilenburg. Eilenburg ist eine Stadt an der Mulde im Nordwesten von Sachsen. Die Stadt gehört zum Landkreis Nordsachsen. Der Solarpark wird an einen bereits bestehenden Solarpark angrenzen und füllt somit die Fläche zwischen Solarpark und der Dübener Landstraße. Weiterhin verläuft die südlich die Ernst – Mey - Straße. Eine Übersicht der Umgebung ist in Abbildung 1 gegeben.



Abbildung 1: geplante Fläche des Solarparks (gelbe Stecknadel) und Umgebung (Quelle: Google Earth)

### 3 Beschreibung der PV – Anlage

Der Modulbelegungsplan der PV-Anlage ist in Abbildung 2 zu sehen. Nach der technischen Zeichnung des Tischlayouts für die Unterkonstruktion des Auftraggebers sind die Module nach Ost (90°) und West (270°) ausgerichtet bei einem Neigungswinkel von 10°. Bei den Modultischen handelt es sich um ein 2-Pfeiler-System. Die Modulunterkante ist auf einer Höhe von 0,8 m geplant und die Moduloberkante ca. bei 1,9 m über der Geländeoberkante, siehe Abbildung 3. Die geplante PV – Fläche beträgt ca. 3,5 ha.

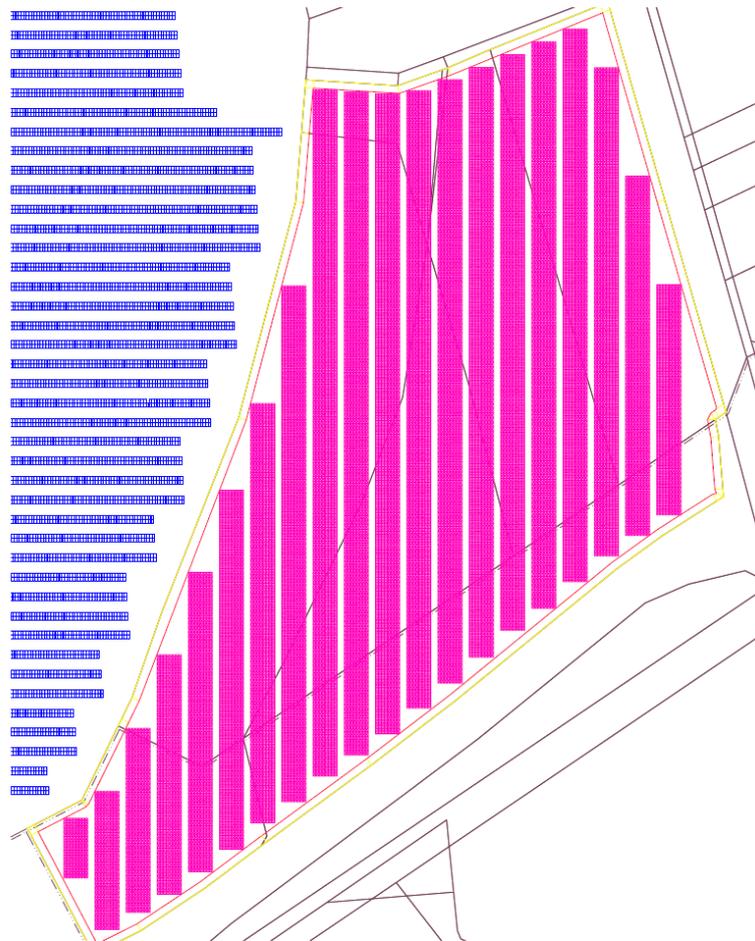


Abbildung 2: Modulbelegungsfläche (Quelle: Auftraggeber)

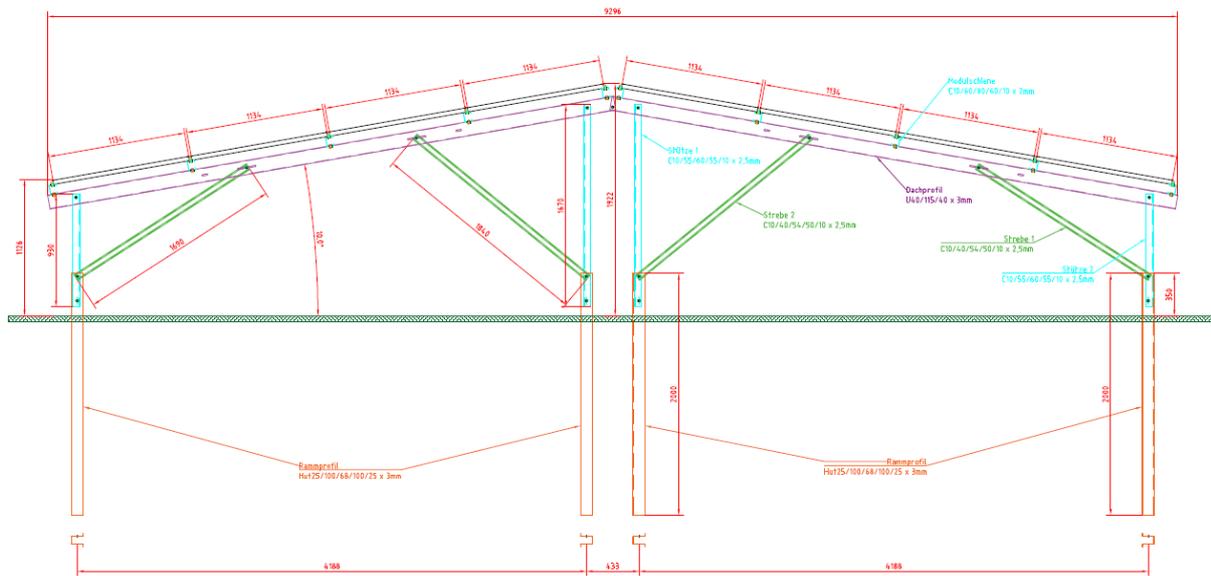


Abbildung 3: Geplante Unterkonstruktion mit 10° Modulneigungswinkel

## 4 Grundlagen der Optik

In diesem Abschnitt werden die Grundlagen zur Berechnung der Reflexion erläutert.

### 4.1 Geometrische Reflexionssituation

Nach dem Reflexionsgesetz ist der Winkel des einfallenden Lichtstrahls bezogen auf die Flächennormale (Senkrechte, Lot zur Fläche) gleich dem Winkel des reflektierten Strahls zur Normalen ( $\alpha = \beta$ ).

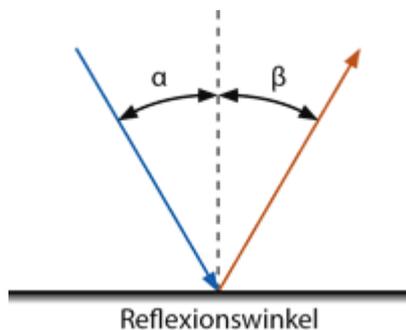


Abbildung 4: Reflexion eines Lichtstrahls

Das Reflexionsgesetz gilt grundsätzlich bei der Reflexion von Lichtstrahlen unabhängig davon, ob es sich bei der reflektierenden Fläche um eine ebene oder raue Oberfläche handelt. Im Fall einer rauen Oberfläche ändert sich jedoch der Einfallswinkel mit dem konkreten Einfallsort, sodass es zu einer Aufweitung des reflektierten Strahls kommt. Generell gilt, je rauer die Oberfläche, desto diffuser die Reflexion. In Abbildung 5 ist in a) die ideal gerichtete Reflexion an einer völlig glatten Oberfläche, eine reale auftretende Streuung an einer unebenen Oberfläche und eine ideal gestreute Reflexion nach dem Lambertschen Gesetz zu sehen.

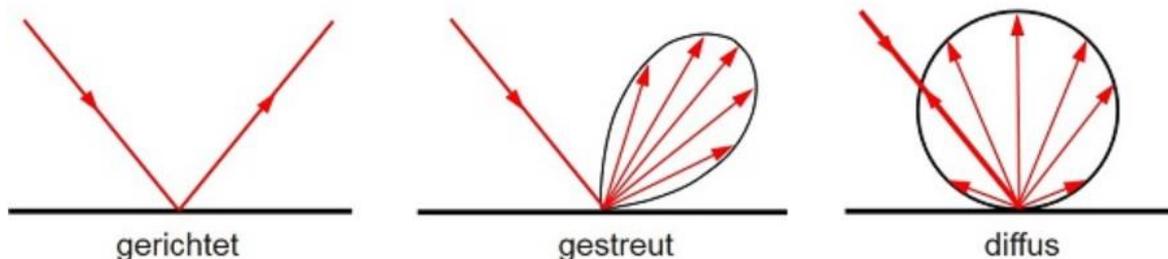


Abbildung 5: (a) gerichtete Reflexion, (b) reale Reflexion, (c) Ideale diffuse Reflexion (Trempler 2015)

Bei realer Reflexion kommt zudem zu sogenannter Bündelaufweitung, einer Streuung um den idealen Reflexionswinkel. Mit steigendem Differenzwinkel zwischen idealem Reflexionswinkel und Streuwinkel nimmt die Intensität der reflektierten Strahlung stark ab, hier wird, wenn von einer Bündelaufweitung gesprochen wird, das Bogenmaß (oder der Winkel) der Standardabweichung um die Intensität der realen Reflexion verwendet, in Abbildung 6.

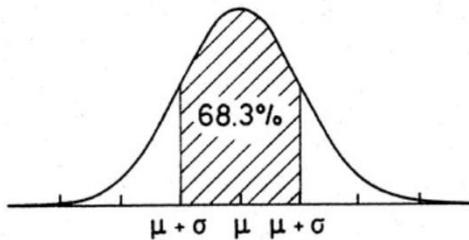


Abbildung 6: Standardabweichung um Maximum einer Normalverteilung

## 4.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen

Entscheidend für die Reflexionseigenschaften eines PV-Moduls ist die Oberflächenstruktur des Glases. In Abbildung 7 sind Messungen der Oberflächenstruktur und Bilder der auftretenden Reflexion für drei unterschiedlich stark texturierten Frontgläser zu sehen.

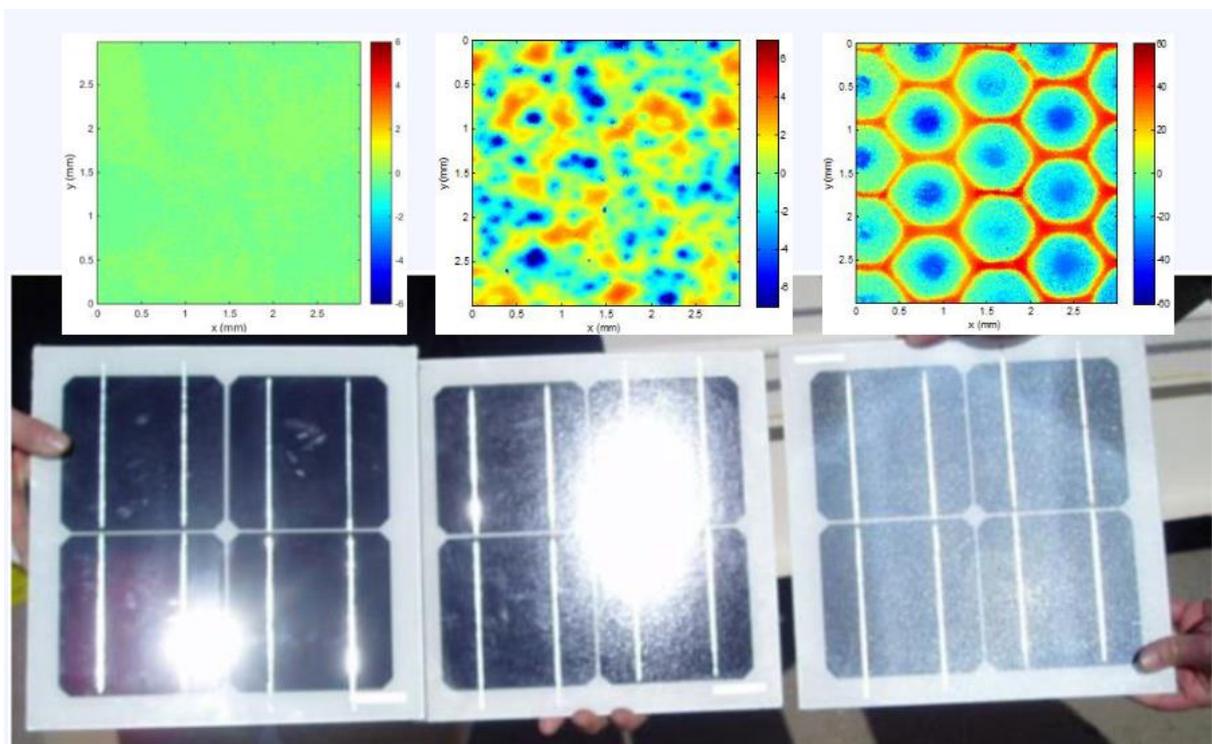


Abbildung 7: Messung der Oberflächenstruktur und Aufnahmen der Reflexion an Solarmodulen mit verschiedener Frontglas-Strukturierung, links: glattes Floatglas, mitte: leicht strukturiert mit Anti-Reflexionsschicht, rechts: tief strukturiert (Yellowhair und Ho 2015)

In der Messdatenanalyse wurde für Floatglas ein Strahlweite von 20mrad ( $1,16^\circ$ ), für leicht- bis mittelstark texturiertes Glas eine Aufweitung von 92-184 mrad ( $5,34-10,6^\circ$ ) und für tiefstrukturiertes Glas 1000 mrad ( $58^\circ$ ) gemessen (Yellowhair und Ho 2015). Während leicht bis mittelstark strukturiertes Glas bereits als Standardprodukt vertrieben wird, handelt es sich bei tief-strukturiertem Glas noch nicht um Massenware, da die Herstellung mit erheblichen Mehrkosten einhergeht. Alternativ ist jedoch auch das Aufbringen geeigneter Folien oder das Verwenden von satiniertem Glas eine Möglichkeit beinahe vollständig blendfreie Module herstellen, siehe Abbildung 8.



Abbildung 8: links: Module mit satinierter Folie (Bucher 2021), rechts: nachträglich sandgestrahltes Modul (Warthmann 2021)

Solarmodule sind so konzipiert, dass sie einen möglichst hohen Anteil des Sonnenlichtes zu nutzen, das Frontglas also eine möglichst hohe Transmissionsgrad und möglichst niedrigen Reflexionsgrad aufweist. Die Transmission von Solargläser liegt typischerweise bei rund 96% bei senkrechter Einstrahlung, sodass die Reflexionsverluste etwa 4% betragen. Mit Verwendung von Anti-Reflexions-Beschichtungen sind auch Reflexionsgrade von nur 2% möglich. Mit höheren Einfallswinkeln steigt der Reflexionsgrad jedoch bei beinahe allen Modularten stark an, zu sehen in Abbildung 9, Ausnahme sind hier nur tief texturierte Module.

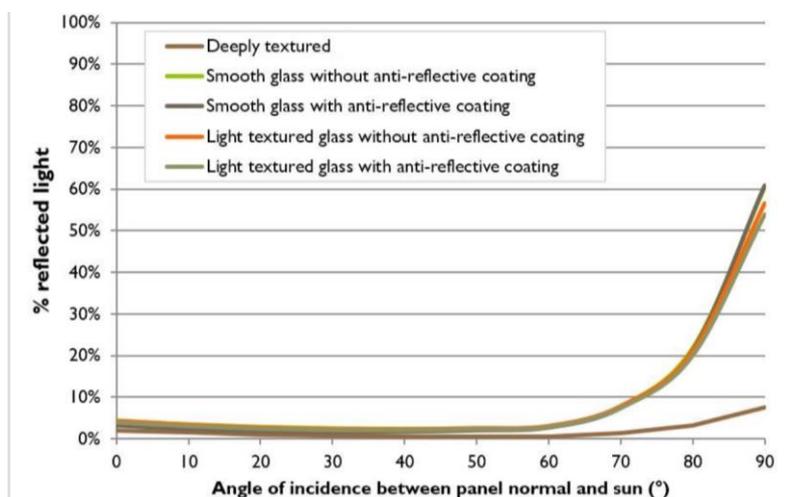


Abbildung 9 Reflexionsgrad über Einfallswinkel für verschiedene Modultypen (Yellowhair und Ho 2015)

### 4.3 Blendung

Blendung wird hier definiert als eine Störung der Wahrnehmung durch eine Lichtquelle. Hierfür ist zum einen die gewichtete Helligkeit des Sichtfeldes relevant, welche zu einer entsprechenden Adaption des Auges führt. Zum anderen die Helligkeit des Objekts, auf welche das Auge fokussiert ist. Wenn die Helligkeit der Blendquelle (gewichtet mit deren Entfernung zum zentralen Sichtfeld), eine Anhebung der adaptiven Helligkeit zur Folge hat, welche dann dazu führt, dass das Ziel nicht mehr richtig wahrgenommen werden kann, liegt eine Beeinträchtigung der Sicht vor. Dies wird in Abbildung 10 verdeutlicht: Erhöht sich die Adaptive Helligkeit, erhöht sich auch die minimale Helligkeit, die ein Objekt haben muss, um gut erkennbar zu sein.

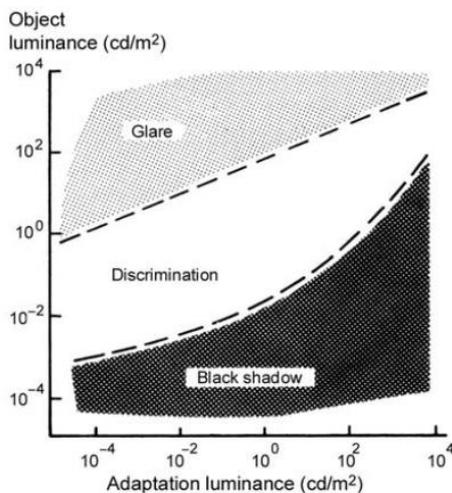


Abbildung 10: Wahrnehmungsbereiche von Objekthelligkeiten in Abhängigkeit der Helligkeitsadaption des Auges (Boyce 2014)

Es wird zwischen Blendung unterschieden, welche eine Beeinträchtigung der Sicht zur Folge hat und einer Blendung welche „nur“ als unangenehm empfunden wird. Während eine Beeinträchtigung der Sicht in Verkehrssituationen gänzlich vermieden werden sollte, ist für ortsfeste Beobachter eine kurzzeitige Beeinträchtigung durch Blendung ein geringeres Problem als eine lang andauernde „nur“ unangenehm empfundene Blendung. Wann eine Reflexion als unangenehm empfunden, wird hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. In der Literatur werden verschiedene Berechnungsmethoden vorgeschlagen, es hat sich jedoch bisher kein Standard etablieren können (Boyce 2014).

## 5 Methodik der Untersuchung

### 5.1 Bewertungsbasis

Um die betroffenen örtlich aufgelösten Bereiche bestimmen zu können und eine quantitative Aussage über die Reflexionsimmissionen zu treffen, wird ein Simulationstool verwendet. Dieses soll minutengenau darstellen, ob und zu welchem Zeitpunkt schutzwürdige Räume einer potenziellen Blendung ausgesetzt sind. Schutzwürdige Räume sind laut LAI-Hinweisen:

- 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 (Ministerium für Umwelt 2012)

Ist einer dieser Räume von Blendung betroffen, wird überprüft, ob es zu einer erheblichen Belästigung im Sinne der LAI-Hinweise kommt. Derzeit gibt es dafür in Deutschland keine gesetzlichen Regelungen, bzw. Grenzwerte. Allerdings leiten die LAI - Hinweise Bewertungsgrößen aus einem Hinweispapier für Windenergieanlagen (Immissionsschutz 2002) ab. Die LAI-Hinweise definieren diese Bewertungsgrößen wie folgt:

*„[Gegenwärtig wird davon ausgegangen, dass...] eine erhebliche Belästigung im Sinne des BImSchG durch die maximal mögliche astronomische Blenddauer unter Berücksichtigung aller umliegenden Photovoltaikanlagen vorliegt, wenn diese **mindestens 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr** beträgt.“* (Ministerium für Umwelt 2012)

Liegt die Blenddauer unterhalb dieser Grenzwerte wird die Blendung als allgemein hinnehmbar bewertet. Auch der Österreichische Verband für Elektrotechnik veröffentlichte im November 2016 eine Richtlinie mit identischen Richtwerten für die Ermittlung von durch Blendung verursachte Belästigung (OVE, Österreichischer Verband für Elektrotechnik 2016). Zusätzlich zu den schutzwürdigen Räumen muss überprüft werden, ob die auftretende Blendung die Sicherheit von folgenden Bereichen gefährdet:

- Straßenverkehr
- Schienenverkehr
- Schifffahrtsverkehr
- Flugverkehr

Tritt in einem dieser Arbeitsbereiche Blendung auf, kann selbst eine kurzzeitige Blendung schwerwiegend Folgen haben. Es sollte deshalb beim Auftreten von Blendung im Verkehrsbereich mit der Behörde und den Beteiligten eine Risikoanalyse zur Gefährdungsbeurteilung vorgenommen werden, um ggf. Blendschutzmaßnahmen vorzunehmen.

## 5.2 Simulationstool und Modellierung

Als Simulationstool zur Bestimmung der auftretenden Blendung wird das Programm *ForgeSolar* der Firma Sims Industries, LLC verwendet. Dieses basiert auf dem wissenschaftlichen Modell „Solar Glare Hazard Analysis Tool“, welches durch die Sandia National Laboratories, New Mexico entwickelt wurde. Dieses wurde 2013 in den USA von staatlicher Seite anerkannt und bis 2021 war eine Analyse mit diesem Tool verpflichtend für PV-Flächen in Flughafenumgebung (Federal Aviation Administration 2013).

Das Tool berechnet aus den lokalen Sonnenständen die Einfallswinkel auf die Module, bzw. Modulreihen. Hierzu werden auf einer Karte die Modulflächen markiert und Neigungswinkel und Azimut der Ausrichtung eingestellt. Mit den Höhendaten des Geländes wird hieraus eine einheitliche Fläche approximiert. Es lassen sich verschiedene Modultypen mit unterschiedlichen Reflexionseigenschaften auswählen, welche im Wesentlichen darüber entscheiden, wie stark das reflektierte Licht gestreut wird. Die Simulation wertet nur als relevant markierte Beobachtungspunkte und Strecken aus. Die Auflösung der Simulation ist minütlich und erfolgt für ein Kalenderjahr. Bei der Simulation werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Blendwirkung wird unabhängig vom Bedeckungsgrad des Himmels berechnet. Somit ergeben sich die astronomisch maximalen Blendzeiträume. Das entspricht einer „worst case“ Betrachtung der Blendsituation. Das Vernachlässigen der Wetterverhältnisse empfiehlt auch das Ministerium für Umwelt (Ministerium für Umwelt 2012) und die TU Ilmenau (Schierz 2012).
- Zur Bewertung des Straßenverkehrs wird nur die Blendung im Bereich des Blickwinkels von  $\pm 30^\circ$  berücksichtigt, ausgehend von der jeweiligen Fahrtrichtung. Zur Bewertung des Bahnverkehrs wird die Blendung im Bereich des Blickwinkels von  $\pm 20^\circ$  berücksichtigt. Zudem werden Blendungen nicht betrachtet, welche aus der gleichen Richtung wie die direkte Sonnenstrahlung kommen. Somit muss die Differenz der Richtungsvektoren von Reflexionsstrahl und Sonneneinstrahlung weniger als  $10^\circ$  betragen. Dies wird begründet dadurch, dass die Sonne, die eine höhere Lichtintensität aufweist als die Reflexion, als Hauptblendquelle wahrgenommen wird und die Reflexion in diesen Fällen keine zusätzliche Blendungsquelle darstellt (OVE, Österreichischer Verband für Elektrotechnik 2016).
- Der Immissionsort im Straßenverkehr wird in der Regel auf eine Höhe von 3 m festgelegt, was in etwa der Sichthöhe von Lastkraftwagen entspricht. Grund hierfür ist, dass in der Regel höhere Beobachtungspositionen auch einer stärkeren Blendung ausgesetzt sind. In Situationen, in denen das nicht zutrifft, weil eine Blendung von oben stattfindet, wird die Sichthöhe stattdessen auf 1,5 m über dem Boden festgelegt, um in diesem Fall einen PKW abzubilden. Der Immissionsort von Bahntrassen wird typischerweise auf 3 m über dem Boden festgelegt.

Für weitere Informationen wird an dieser Stelle auf die Webseite von *ForgeSolar* verwiesen (*ForgeSolar* 2022).

### 5.3 Simulationsausgabe und -bewertung

Die Simulation wertet jede PV-Fläche und jeden Beobachtungspunkt bzw. Strecke einzeln aus. Es werden dabei folgende Werte für jede Minute, jeweils für die betreffende Position berechnet:

- Die Einstrahlungsstärke der Sonne in Abhängigkeit der Uhrzeit [W/m<sup>2</sup>]
- Der berechnete Reflexionsgrad des PV-Fläche [-]
- Alle Strahlungsvektoren
- Der Raumwinkel des blendenden Bereichs der PV-Fläche aus Sicht des Beobachters [rad]
- Die Bestrahlungsstärke der Reflexion auf der Netzhaut [W/cm<sup>2</sup>]
- Die Einstufung des Blendpotenzials auf Basis der Bestrahlungsstärke und der Größe der Blendquelle [grün/gelb/rot]
- Leuchtdichte der Blendung [cd/m<sup>2</sup>]

Das Blendpotenzial wird gemäß Abbildung 11 in drei Bereiche unterteilt. Im grünen Bereich ist davon auszugehen, dass keine Beeinträchtigung der Sicht stattfindet, im gelben Bereich kann es dagegen zu Sichteinschränkungen kommen und im roten Bereich sogar zu dauerhaften Verbrennungen der Netzhaut. Je größer die Blendquelle (angegeben als Sichtwinkel in Milli-rad), desto größer ist auch deren Blendpotenzial.

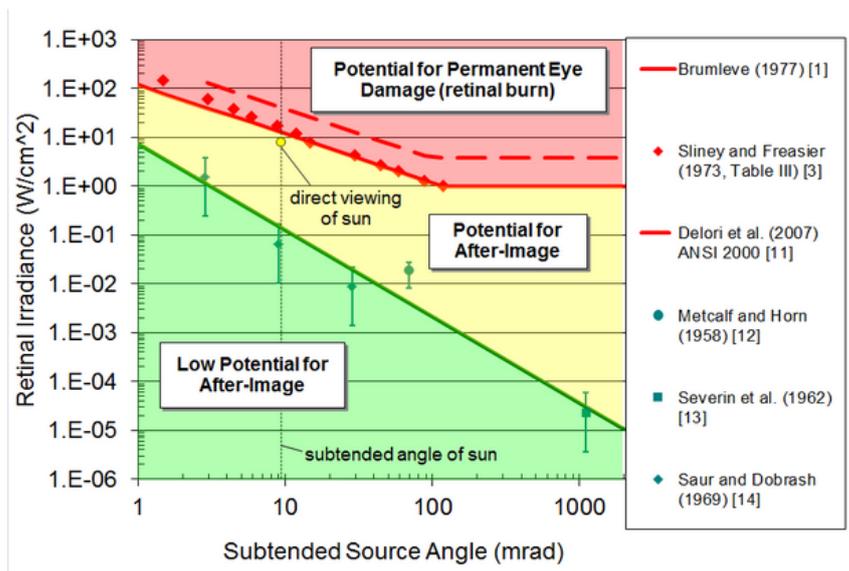


Abbildung 11: Einstufung des Blendpotenzials hinsichtlich der Sichtbeeinträchtigung (ForgeSolar 2022)

## 6 Simulation

Dieses Kapitel stellt die Simulationsparameter dar. Es werden die Eingabedaten und Simulationsparameter für die PV-Fläche und die zu untersuchenden Immissionsorte aufgeführt. In Abbildung 12 ist die Verortung der PV-Fläche in der Simulationssoftware dargestellt.



Abbildung 12: Verortung der PV-Anlage und der Immissionsorte in der Simulationssoftware ForgeSolar

## 6.1 PV - Anlage

Für die Simulation werden die Eingabedaten der PV - Anlage mit den Koordinaten und der Höhe über Normalhöhennull ermittelt. Die Nachstellung im Simulationsprogramm basiert auf den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Planungsunterlagen, sowie Sattelitendaten und ist in Abbildung 12 zu sehen. Die PV-Flächen sind Ost/West ausgerichtet und werden für einen Neigungswinkel von 10° untersucht. Die genauen Koordinaten der Eckpunkte der PV-Flächen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die mittlere Modulhöhe liegt bei 1,35 m.

Tabelle 1: Koordinaten, Höhe ü. NN, Untersuchungshöhe und Gesamthöhe über NN der PV-Fläche

	Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Höhe ü. NN [m]	Mittlere Modulhöhe [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
SP OFW Eilenburg	1	51,4730639	12,6617067	103,6	1,3	104,9
SP OFW Eilenburg	2	51,4734481	12,6614706	103,6	1,3	104,9
SP OFW Eilenburg	3	51,4740483	12,661998	103,8	1,3	105,1
SP OFW Eilenburg	4	51,4748536	12,6623843	104,5	1,3	105,8
SP OFW Eilenburg	5	51,4756488	12,662792	103,5	1,3	104,8
SP OFW Eilenburg	6	51,4757624	12,6633552	104	1,3	105,3
SP OFW Eilenburg	7	51,475866	12,6638112	104,1	1,3	105,4
SP OFW Eilenburg	8	51,4759462	12,6641814	104,4	1,3	105,7
SP OFW Eilenburg	9	51,4756087	12,6643262	103,5	1,3	104,8
SP OFW Eilenburg	10	51,4752479	12,6644818	103,8	1,3	105,1



SP Eilenburg	OFW	11	51,4749004	12,6645998	103,8	1,3	105,1
SP Eilenburg	OFW	12	51,4745629	12,6647714	103,7	1,3	105
SP Eilenburg	OFW	13	51,4743791	12,6646104	103,7	1,3	105
SP Eilenburg	OFW	14	51,4742254	12,6642617	103,7	1,3	105
SP Eilenburg	OFW	15	51,4740817	12,6639023	103,7	1,3	105
SP Eilenburg	OFW	16	51,4738996	12,6635295	104	1,3	105,3
SP Eilenburg	OFW	17	51,4737376	12,6631781	104,1	1,3	105,4
SP Eilenburg	OFW	18	51,4735588	12,6628026	104,7	1,3	106
SP Eilenburg	OFW	19	51,4734068	12,66247	104,4	1,3	105,7

## 6.2 Immissionsorte

In Abbildung 13 die untersuchten Immissionsorte (türkis) dargestellt. Als relevante Immissionsorte wird der östlich und südlich des Solarparks verlaufende Straßenverkehr der Dübener Landstraße und der Ernst - Mey - Straße untersucht. Die Straßen werden für eine Sichthöhe von 3 m und einen relevanten Sichtbereich von  $\pm 30^\circ$  in Fahrtrichtung für PKW/LKW untersucht. Die exakten Koordinaten, Höhe ü. NN, die für die Simulation angenommene Untersuchungshöhe und die daraus resultierende Gesamthöhe sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

In einer nachträgliche Untersuchung wurden ebenso die südlich und östlich liegenden Wohnbebauungen untersucht.

Tabelle 2: Koordinaten der zu untersuchenden Immissionsorte

	Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Höhe ü. NN [m]	Sitzhöhe [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
Duebener Landstr.	1	51,476513	12,664168	104,5	3	107,5
Duebener Landstr.	2	51,4760819	12,6643552	104,5	3	107,5
Duebener Landstr.	3	51,475624	12,6645424	103,9	3	106,9
Duebener Landstr.	4	51,4751695	12,6647297	103,8	3	106,8
Duebener Landstr.	5	51,4747551	12,6649169	103,9	3	106,9
Duebener Landstr.	6	51,4743206	12,6651122	103,8	3	106,8
Duebener Landstr.	7	51,4738928	12,6652753	103,9	3	106,9
Duebener Landstr.	8	51,4734717	12,6654437	104	3	107
Duebener Landstr.	9	51,4730105	12,6656336	104,4	3	107,4
Ernst-Mey-Str.	1	51,4721759	12,6594942	102,2	3	105,2
Ernst-Mey-Str.	2	51,4724566	12,6601702	102,6	3	105,6
Ernst-Mey-Str.	3	51,4725601	12,6605618	102,9	3	105,9
Ernst-Mey-Str.	4	51,4726604	12,6611089	102,9	3	105,9
Ernst-Mey-Str.	5	51,472794	12,6616239	103	3	106
Ernst-Mey-Str.	6	51,4730079	12,6621228	103,3	3	106,3
Ernst-Mey-Str.	7	51,4733612	12,6629311	103,8	3	106,8
Ernst-Mey-Str.	8	51,4736262	12,6634729	103,7	3	106,7
Ernst-Mey-Str.	9	51,4738835	12,6639771	103,5	3	106,5
Ernst-Mey-Str.	10	51,4740472	12,6643205	103,4	3	106,4
Ernst-Mey-Str.	11	51,4741675	12,6646155	103,6	3	106,6
Ernst-Mey-Str.	12	51,4742443	12,6650178	103,6	3	106,6



Abbildung 13: Verortung der Immissionsorte für den Straßenverkehr der Dübener Landstraße und der Ernst – Mey - Straße in der Simulationssoftware

## 7 Ergebnisse

Tabelle 3 stellt die Simulationsergebnisse für die Untersuchung des Straßenverkehrs der Dübener Landstraße und der Ernst – Mey – Straße dar. Es werden potenzielle Reflexionen innerhalb des berücksichtigten Blickwinkels in Richtung des Straßenverkehrs der Ernst – Mey – Straße simulativ festgestellt und im Nachfolgenden bewertet. Für den Straßenverkehr der Dübener Landstraße wurden keine relevanten Reflexionen, verursacht durch den Solarpark, festgestellt.

Tabelle 3: Simulationsergebnisse: gesamte potenzielle Blenddauer in Minuten über ein Jahr

Immissionsort	Potenzielle Blenddauer gemäß Simulation [in Minuten]	Ermittelte Emissionswinkel (ausgehend vom Solarpark) [°]
Straßenverkehr der Dübener Landstraße	0	-
Straßenverkehr der Ernst – Mey – Straße	3209	59 – 101°

Gemäß der Simulation wurde für den angrenzenden Straßenverkehr der Ernst – Mey - Straße potenzielle Blendung ermittelt. Betroffen sind Straßenverkehrsteilnehmer, welche von der Dübener Landstraße auf die Ernst - May – Straße abbiegen und somit in Fahrtrichtung Südwesten unterwegs sind. Die Analyse der Blickwinkelberücksichtigung der Straßenverkehrsteilnehmer ergibt, dass potenziell Blendung am südlichen Teil des Solarparks in Richtung Ernst – Mey- Straße auftreten kann, die auf den Verkehr treffen könnte. Als kritisch wird seitens des Gutachtens der Bereich der Straßenabzweigung eingestuft. Auf den restlichen Streckenabschnitten wird das Gefährdungspotenzial als niedrig eingestuft und Blendschutzmaßnahmen in Abwägung der Kosten somit als nicht notwendig erachtet, da es sich um eine gerade, gut einsehbare Straße handelt. Weitere Einflussfaktoren, wie z.B. lokale Wetterbedingungen, die Baumreihen oder auch die Geländestruktur senken die Wahrscheinlichkeit für Reflexionen in Richtung des Straßenverkehrs und sind in den Simulationsergebnissen nicht berücksichtigt. Die maximale Blenddauer beträgt weniger als 25 Minuten pro Tag unter der Voraussetzung, dass klarer und bewölkungsfreier Himmel auftritt, siehe Abbildung 15. Die Uhrzeit der auftretenden Blendung liegt zwischen 15:46 (UTC+1) und 18:46 (UTC+2) in den Monaten März bis Oktober. Abbildung 14 verdeutlicht die relevanten Reflexionen (gelb), die auf die Abzweigung von der Dübener Landstraße zur die Ernst - Mey - Straße in Fahrtrichtung Südwesten auftreten können. Weiterhin sind drei Positionen der Straßenverkehrsteilnehmer mit Blickwinkelberücksichtigung (rot, weiß markiert) dargestellt sowie der notwendige Blendschutz für eine Umsetzung durch natürlichen Bewuchs zwischen den zwei Bäumen, die am Anfang der Ernst – Mey - Straße liegen (grün). Durch den Blendschutz wird der kritische Bereich der Abzweigung geschützt.

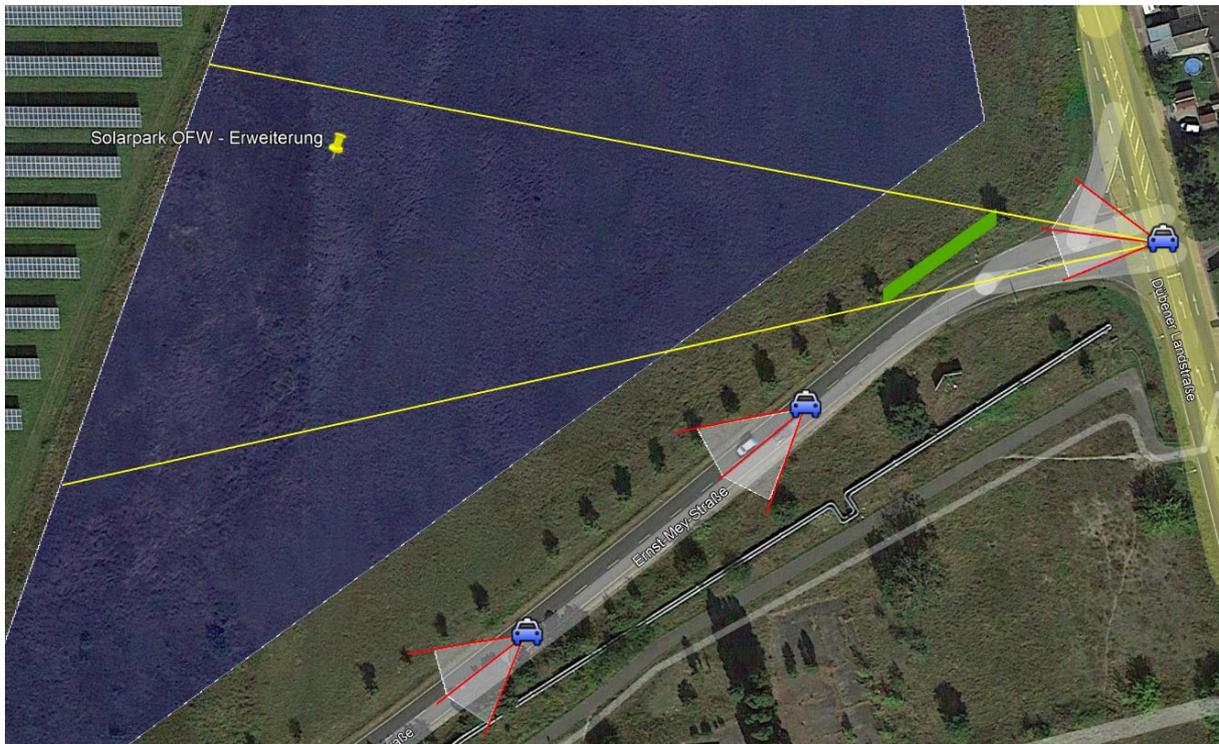


Abbildung 14: Darstellung der relevanten Reflexionen (gelb) auf die Abzweigung von der Dübener Landstraße auf die Ernst - Mey - Straße in Fahrtrichtung Südwesten und Darstellung von 3 Positionen der Straßenverkehrsteilnehmer mit Blickwinkelberücksichtigung (rot, weiß markiert) sowie der notwendige Blendschutz für eine Umsetzung durch eine natürliche Barriere, wie z.B. Bewuchs, Alt- oder Totholz, usw., zwischen den zwei Bäumen. Die Höhe der Maßnahme sollte zwischen 1,50 m und 1,90 m liegen.

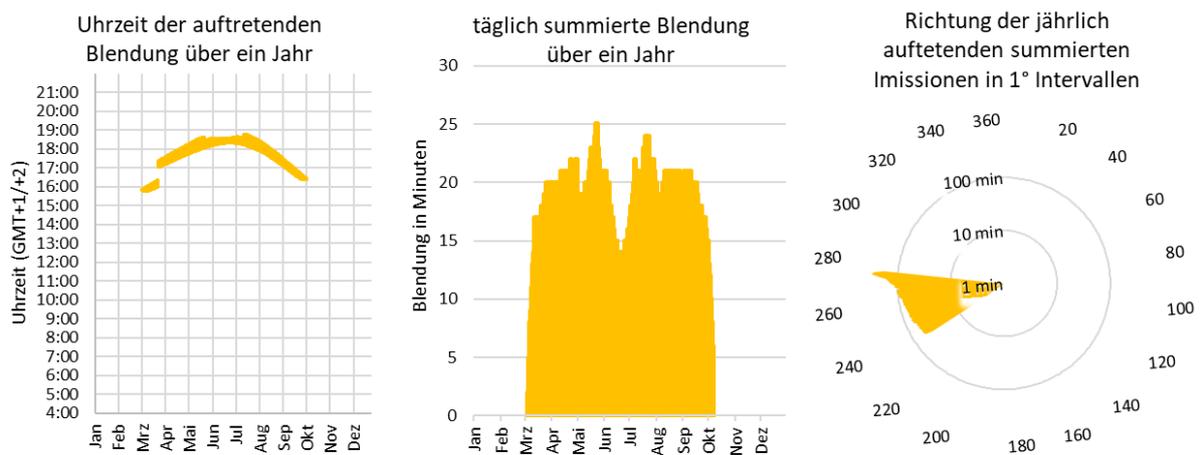


Abbildung 15: Uhrzeit der auftretenden Blendung, täglich summierte Blendung und Richtung der jährlich auftretenden summierten Immissionen



Die Umsetzung der Sichtunterbrechung kann beispielsweise in Form eines blickdichten Zauns, einer blickdichten Folie an der geplanten Einfriedung oder gepflanzten blickdichten Bewuchses realisiert werden. Nach Absprache würde der Auftraggeber eine natürliche, nicht technisch realisierte Blendbarriere mit Nistplätzen usw. umsetzen. Die Maßnahmen zur Sichtunterbrechung zwischen den PV-Modulen des Solarparks und dem Straßenverkehr können in der weiteren Phase vom Auftraggeber frei gewählt werden, insofern die Sichtunterbrechung erfolgt. Die hier vorgeschlagenen Orte für den Blendschutz sind mögliche Varianten, andere sind ebenfalls zielführend, wenn diese die Sichtunterbrechung realisieren. Die Höhe des Sichtschutzes sollte zwischen 1,50 m und 1,90 m liegen.

Für die Wohnbebauungen im Süden des Solarparks und im Osten wurden Reflexionen in Richtung der Gebäude festgestellt, allerdings liegen diese unterhalb der Grenzwerte gemäß der LAI-Hinweise, weshalb hier eine erhebliche Beeinträchtigung der Anwohner ausgeschlossen wird.



## **8 Schlussbemerkung**

Untersucht wurde die potenzielle Blendung durch direkte Reflexion der Sonnenstrahlen an den Modulflächen des geplanten Solarparks OFW in Eilenburg. Auf Basis der durchgeführten Simulation, wurden für den östlich verlaufenden Straßenverkehr der Dübener Landstraße keine relevanten Reflexionen ermittelt. Für die südlich verlaufende Ernst – May – Straße können Reflexionen in Richtung des Straßenverkehrs in Fahrtrichtung Südwesten im Bereich der Abzweigung von der Dübener Landstraße nicht vollständig ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund werden Blendschutzmaßnahmen empfohlen, die in Kapitel 7 näher beschrieben werden.

Für die Wohnbebauungen im Süden des Solarparks und im Osten wurden Reflexionen in Richtung der Gebäude festgestellt, allerdings liegen diese unterhalb der Grenzwerte gemäß der LAI-Hinweise, weshalb hier eine erhebliche Beeinträchtigung der Anwohner ausgeschlossen wird.

## 9 Literaturverzeichnis

Boyce, Peter R. *Human Factors in Lightning*. Boca Raton: CRC Press, 2014.

Bucher, Christof. „bulletin.ch.“ *Reflexionen an Photovoltaikanlagen*. 24. September 2021.  
<https://www.bulletin.ch/de/news-detail/reflexionen-an-photovoltaikanlagen.html>.

Federal Aviation Administration. „Interim Policy, FAA Review of Solar Energy System Projects on Federally Obligated Airports.“ *Vol. 78, No. 205*. Federal Register, 23. October 2013.

ForgeSolar. *ForgeSolar*. 29. 07 2022. <https://www.forgesolar.com/help/#ref-yel-2015>.

Immissionsschutz, Länderausschuss für. „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immission von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), verabschiedet auf der 103. Sitzung.“ 2002.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg als Vorsitzland der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI).“ 2012.

OVE, Österreichischer Verband für Elektrotechnik. „Blendung durch Photovoltaikanlagen.“ Wien, 1. 11 2016.

Schierz, Christoph. *Über die Blendbewertung von reflektierenden Sonnenlicht bei Solaranlagen*. Ilmenau: TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012.

Trempler, J. *Optische Eigenschaften*. München: Carl Hanser Verlag, 2015.

Warthmann, Peter. „gebaeudetechnik.ch.“ *Sandstrahl-Atelier löst Blendproblem*. 15. Oktober 2021.  
<https://www.gebaeudetechnik.ch/gebaeudehuelle/photovoltaikanlage/sandstrahl-atelier-loest-blendproblem/>.

Yellowhair, Julius Yellowhair, und Clifford K. Ho. „Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and GlintGlare Impacts.“ *Proceedings of the ASME 2015 9th International Conference on Energy Sustainability*. Albuquerque, New Mexico: Laboratories, Sandia National, 2015. 49481.

Zehndorfer Engineering GmbH . „Lichttechnisches Gutachten Reflexionen KIOTO HC Modul.“ Klagenfurt, 2022.

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: geplante Fläche des Solarparks (gelbe Stecknadel) und Umgebung (Quelle: Google Earth).....	4
Abbildung 2: Modulbelegungsfläche (Quelle: Auftraggeber).....	5
Abbildung 3: Geplante Unterkonstruktion mit 10° Modulneigungswinkel.....	6
Abbildung 4: Reflexion eines Lichtstrahls.....	7
Abbildung 5: (a) gerichtete Reflexion, (b) reale Reflexion, (c) Ideale diffuse Reflexion (Trempler 2015) .....	7
Abbildung 6: Standardabweichung um Maximum einer Normalverteilung .....	8
Abbildung 7: Messung der Oberflächenstruktur und Aufnahmen der Reflexion an Solarmodulen mit verschiedener Frontglas-Strukturierung, links: glattes Floatglas, mitte: leicht strukturiert mit Anti-Reflexionsschicht, rechts: tief strukturiert (Yellowhair und Ho 2015) .....	8
Abbildung 8: links: Module mit satiniertes Folie (Bucher 2021), rechts: nachträglich sandgestrahltes Modul (Warthmann 2021) .....	9
Abbildung 9 Reflexionsgrad über Einfallswinkel für verschiedene Modultypen (Yellowhair und Ho 2015) .....	9
Abbildung 10: Wahrnehmungsbereiche von Objekthelligkeiten in Abhängigkeit der Helligkeitsadaption des Auges (Boyce 2014).....	10
Abbildung 11: Einstufung des Blendpotenzials hinsichtlich der Sichtbeeinträchtigung (ForgeSolar 2022) .....	13
Abbildung 12: Verortung der PV-Anlage und der Immissionsorte in der Simulationssoftware ForgeSolar.....	14
Abbildung 13: Verortung der Immissionsorte für den Straßenverkehr der Dübener Straße und der Ernst – Mey - Straße in der Simulationssoftware.....	18
Abbildung 14: Darstellung der relevanten Reflexionen (gelb) auf die Abzweigung von der Dübener Landstraße auf die Ernst - Mey - Straße in Fahrtrichtung Südwesten und Darstellung von 3 Positionen der Straßenverkehrsteilnehmer mit Blickwinkelberücksichtigung (rot, weiß markiert) sowie der notwendige Blendschutz für eine Umsetzung durch eine natürliche Barriere, wie z.B. Bewuchs, Alt- oder Totholz, usw., zwischen den zwei Bäumen (orange). Die Höhe der Maßnahme sollte zwischen 1,50 m und 1,90 m liegen .....	20
Abbildung 15: Uhrzeit der auftretenden Blendung, täglich summierte Blendung und Richtung der jährlich auftretenden summierten Immissionen.....	20