



Gesellschaft für Solarenergie Berlin mbH  
Unternehmen des DGS Landesverbandes Berlin Brandenburg e.V.

DGS Gesellschaft für Solarenergie Berlin mbH  
Erich-Steinurth-Str. 8  
10243 Berlin

**Phone** +49 (030) 29 38 12 60

**Fax** +49 (030) 29 38 12 61

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

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

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

### **V006**

Anlage: PV Freiflächenanlage Solarpark Gütтин  
Fläche B-Plan  
Ostsee-Flug-Rügen  
18573 Dreschwitz

in Auftrag gegeben von: Solarpraxis Engineering GmbH  
Felix Eichhorn  
Alboinstraße 36-42  
12103 Berlin

Projektnummer: A18.160/023

Gutachter: M. Sc. Lorenz Groß

Bearbeiter für V006: M. Sc. Christoph Johann

Berlin, 06.03.2024

Handelsregister:  
Amtsgericht  
Charlottenburg  
HRB 90823 B

Bankverbindung:  
Bank für Sozialwirtschaft  
BLZ 100 205 00  
Konto 130 96 00

U-ID-Nr.: DE 813844044  
Steuer-Nr.: 37/259/32257  
BIC: BFSWDE33BER  
IBAN: DE 84 1002 0500 00013 09600

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	4
2.	Beschreibung der Umgebung .....	5
3.	Beschreibung der PV-Anlage .....	6
4.	Grundlagen der Strahlengeometrie .....	7
4.1	Geometrische Reflexionssituation .....	7
4.2	Reflexionseigenschaften des vorgesehenen Modultyps .....	9
4.3	Reflexion von gerichteter Strahlung an den Glasflächen der Module .....	10
5.	Methodik der Untersuchung.....	11
5.1	Bewertungsbasis.....	11
5.2	Simulationstool und Modellierung.....	12
5.3	Simulationsausgabe und -bewertung .....	13
6.	Analyse und Quantifizierung der Einflüsse durch Reflexion.....	14
6.1	Bewertung der Umgebung.....	14
6.2	Simulationsparameter .....	14
6.3	Ergebnisse und Auswertung.....	15
6.3.1	Ergebnisse .....	15
6.3.2	Auswertung .....	16
7.	Fazit .....	17
9.	Literaturverzeichnis.....	19

Abbildung 1: PV-Feld (blau hinterlegt und beschriftet) und direkte Umgebung mit dem Wohngebäude in der näheren Umgebung (Quelle: Google Earth) .....	5
Abbildung 2: PV-Flächen außerhalb des Flughafengebiets (Quelle: Auftraggeber) .....	6
Abbildung 3: Technische Zeichnung der Modulaufständerung (links: Südaufständerung, rechts: Ost/West-Aufständerung) (Quelle: Auftraggeber) .....	6
Abbildung 4: Reflexion eines Lichtstrahls.....	7
Abbildung 5: (a) Ideale spekulare Reflexion, (b) Reale spekulare Reflexion, (c) Ideale diffuse Reflexion Quelle: (Linz, Kunst Universität) .....	7
Abbildung 6: Mikrostrukturierte (matt/matt) Oberfläche (Solarglass (matt/matt) SILK).....	9
Abbildung 7: Streuung der gerichteten Strahlung/Sonnenstrahlung .....	9
Abbildung 8: Reflexion von gerichteter Reflexion an der Glasfläche des Moduls (Darstellung anhand eines Strahls).....	10
Abbildung 9: In Simulation definierte PV-Felder (blau), Immissionspunkte und Flugrouten (rot) .....	15

## 1. Einleitung

Im folgenden Gutachten wird die durch Reflexion direkter Sonneneinstrahlung verursachte Lichtemission einer PV-Freiflächenanlage und die damit einhergehende Beeinträchtigung der Umgebung untersucht und nach LAI-Richtlinie bewertet. Hierbei werden 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. Das ursprüngliche Gutachten vom 04.04.2022 enthält keine Aussage in Bezug auf den Flugverkehr in der Platzrunde. Aus diesem Grund wurde das Gutachten am 07.07.2023 um die Untersuchung der Platzrunde erweitert. Eine weitere Anpassung erfolgte am 01.03.2024, in der Änderungen im Belegungsplan, der Unterkonstruktion und damit verbundenen Änderung der Höhe der Moduloberkante erfolgten. Weiterhin bezieht sich dieses Gutachten lediglich auf die Teilflächen außerhalb des Flughafengebiets.

## 2 Beschreibung der Umgebung

Die PV-Freiflächenanlage ist in der Gemeinde Dreschwitz in Mecklenburg-Vorpommern geplant. Die PV-Fläche liegt südlich des Flugplatzes der Ostsee-Flug-Rügen GmbH nahe des Ortsteils Gütтин. Die ungefähren Mittelpunkte der Koordinaten der Freiflächenanlage sind:

- PV-Feld Süd: 54°22'58"N und 13°19'45"E
- PV-Feld Nord: 54°23'03"N und 13°19'08"E

Abbildung 1 verdeutlicht das PV-Feld und die direkte Umgebung. Das PV-Feld ist dabei blau hinterlegt und entsprechend bezeichnet. Die PVA befindet sich südlich und nördlich der Landebahn und ist darüber hinaus von landwirtschaftlichen Flächen umgeben.

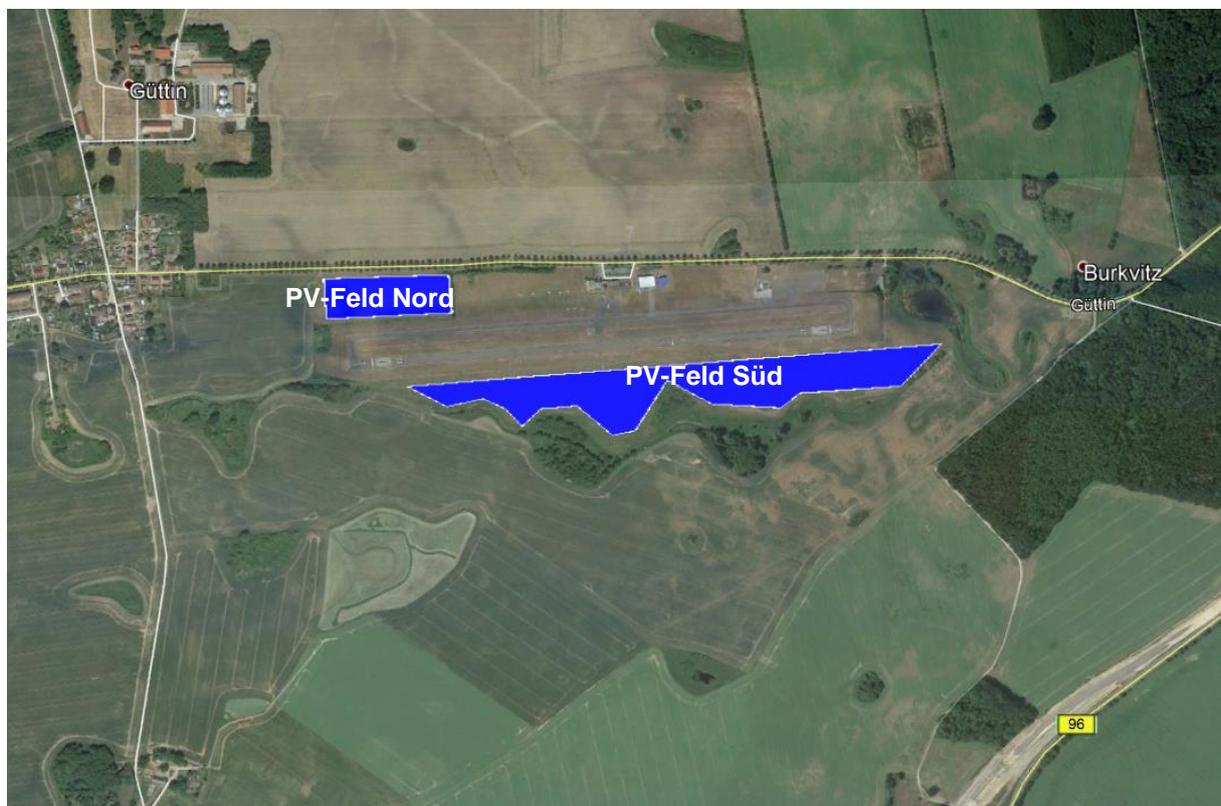


Abbildung 1: PV-Feld (blau hinterlegt und beschriftet) und direkte Umgebung mit dem Wohngebäude in der näheren Umgebung (Quelle: Google Earth)

### 3 Beschreibung der PV-Anlage

Es ist eine Aufständering der Module in einem Winkel von 20° geplant. Die Ausrichtung der Anlage wird für den südlichen Teil bei einem Azimut von 180° liegen und für den nördlichen Teil bei 90°/270° (Abbildung 2). Die Höhe der Moduloberkante liegt für beide Teilflächen bei 2,98. Es wird als mittlere Modulhöhe 1,8 m angenommen. Abbildung 3 zeigt die Modulaufständering im Detail.

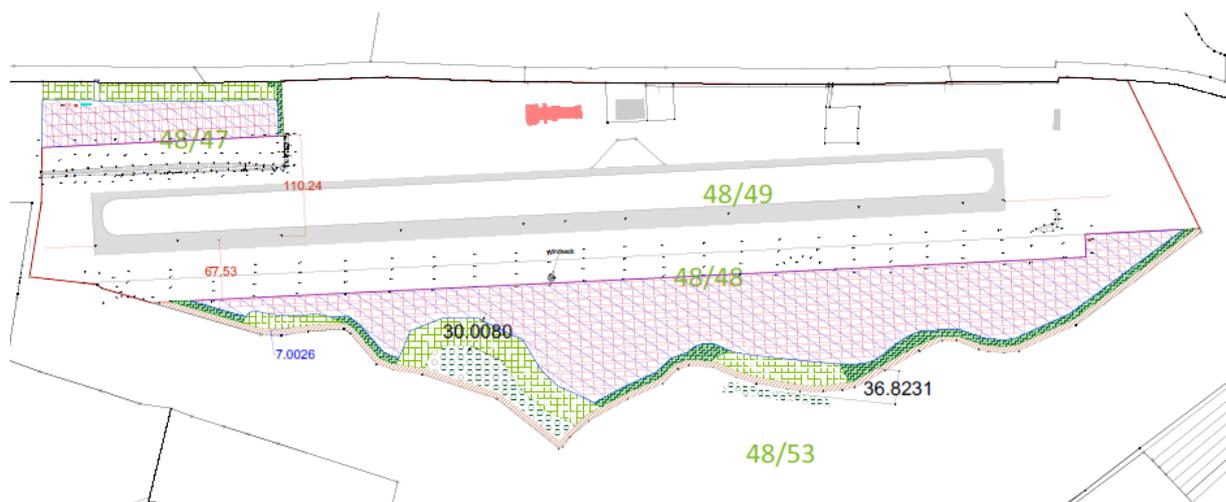


Abbildung 2: PV-Flächen außerhalb des Flughafengebiets (Quelle: Auftraggeber)

#### Tischgeometrie

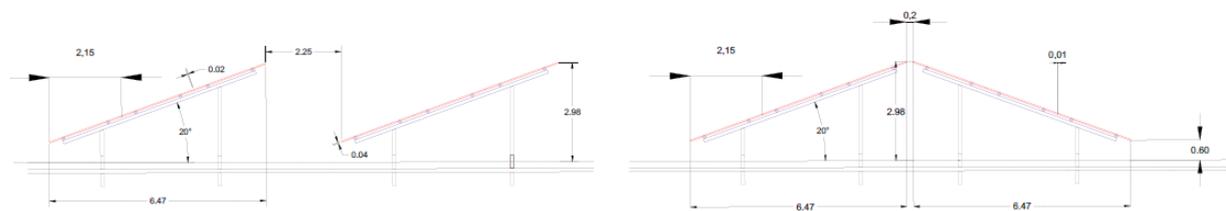


Abbildung 3: Technische Zeichnung der Modulaufständering (links: Südaufständering, rechts: Ost/West-Aufständering) (Quelle: Auftraggeber)

## 4 Grundlagen der Strahlengeometrie

In diesem Abschnitt werden die Grundlagen zur Berechnung der Lichtemission 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 ( $\alpha = \beta$ ).

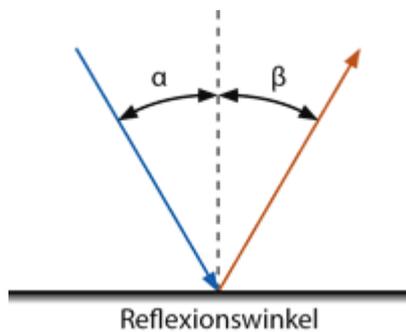


Abbildung 4: Reflexion eines Lichtstrahls

Das Reflexionsgesetz gilt grundsätzlich bei der Reflexion von Lichtstrahlen, auch wenn die reflektierende Oberfläche nicht eben ist oder diffuses Licht einfällt. Dann gilt für jeden einzelnen Lichtstrahl am jeweiligen Auftreffpunkt auf der Oberfläche individuell das Reflexionsgesetz.

Trifft das Licht auf eine schwarze und undurchsichtige Oberfläche, so wird es (zum größten Teil) absorbiert. Es wird nur ein sehr geringer Teil des Lichts reflektiert. So erscheint ein Modul, das mit schwarzen (monokristallinen) bzw. blauen (polykristallinen) Zellen bestückt ist, als dunkle Fläche.

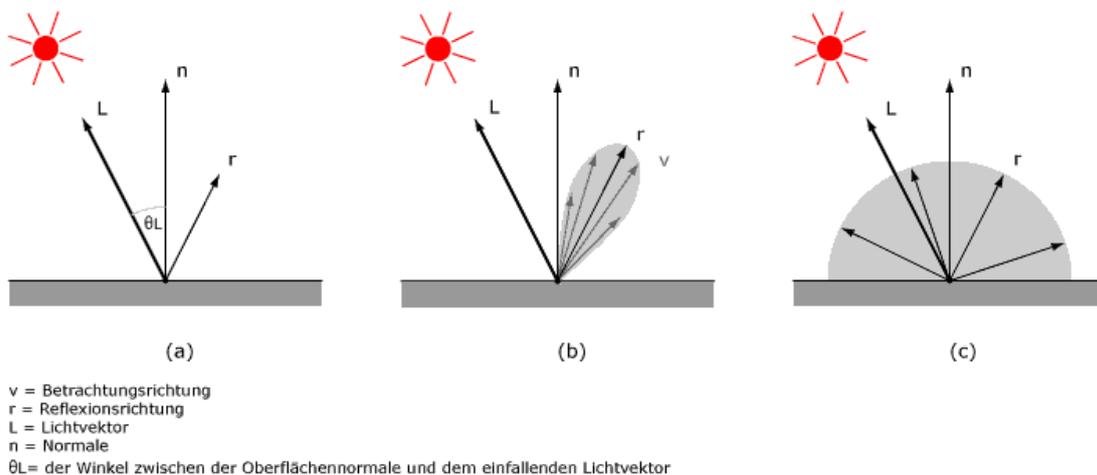


Abbildung 5: (a) Ideale spekulare Reflexion, (b) Reale spekulare Reflexion, (c) Ideale diffuse Reflexion Quelle: (Linz, Kunst Universität)

Die Streuung der reflektierten Strahlung ist relativ hoch, so dass eine Blendwirkung durch gerichtete (Sonnen-)Strahlung mit zunehmendem Abstand im Allgemeinen nicht als Blendung, sondern als Aufhellung („heller Fleck“) der bestrahlten Oberfläche wahrgenommen wird. Der Kernbereich eines „Strahlbündels“ (von der Sonne kommende parallele Lichtstrahlen) ist als helle Fläche auf dem im übrigen Bereich dunklen Modul wahrzunehmen, die zu keiner Blendung führt. Verschmutzung durch Staub etc. kann zu einer zusätzlichen Streuung des reflektierten Lichtes führen.

Neben der idealen Reflexion (a) entsprechend des Brechungsgesetzes ergeben sich durch strukturierte Glasoberflächen weitere Strahlrichtungen. Dabei bildet sich nach dem Lambertzchen Gesetz ein weiterer Schwerpunkt in Richtung der Normalen, d.h. senkrecht zur Glasoberfläche aus. Im Falle von aufgeständerten PV-Anlagen ist diese Strahlrichtung nicht relevant, da in den Himmel gerichtet. (b) beschreibt die nichtideale Reflexion in Form einer Bündelaufweitung. Mit steigendem Differenzwinkel zwischen Reflexionswinkel und Richtung des Betrachters nimmt die Intensität der reflektierten Strahlung stark ab. Für die Untersuchung der Blendwirkung ist daher nur die Richtung der ideal reflektierten Strahlung relevant.

**Im Rahmen der vorliegenden Analyse wird die Moduloberfläche entsprechend den Vorgaben der Licht-Leitlinie (Ministerium für Umwelt, 2012) als ideal reflektierend betrachtet.**

## 4.2 Reflexionseigenschaften des vorgesehenen Modultyps

Zum Aufbau des Deckmaterials der PV-Module liegen keine gesonderten Informationen vor. Typischerweise kommen bei kristallinen Modulen leicht strukturierte (matt/matt) Einscheibensicherheitsgläser als Frontabdeckung zum Einsatz.

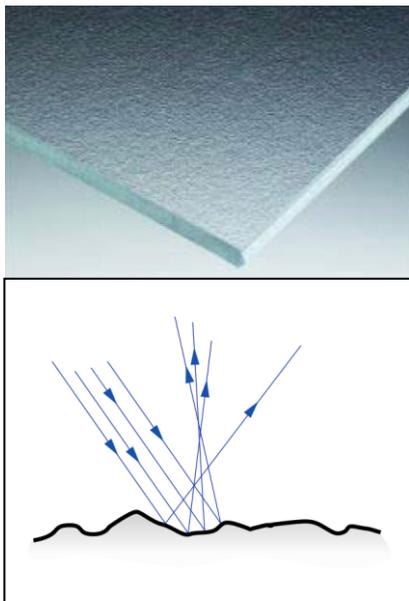


Abbildung 6: Mikrostrukturierte (matt/matt) Oberfläche (Solarglass (matt/matt) SILK)



Abbildung 7: Streuung der gerichteten Strahlung/Sonnenstrahlung

Ziel der Module ist es, einen möglichst hohen Anteil des Sonnenlichtes zu nutzen, so dass Gläser mit möglichst hoher Transmission und niedriger Reflexion verwendet werden. Die Transmission der Solargläser liegt typischerweise bei 90 - 96%, so dass die Reflexions- und Streuverluste max. 10% betragen. Allerdings kommt es bei Einfallswinkeln von mehr als 50° zu höheren Reflexionen bis hin zur vollständigen Reflexion bei mehr als 88°.

### 4.3 Reflexion von gerichteter Strahlung an den Glasflächen der Module

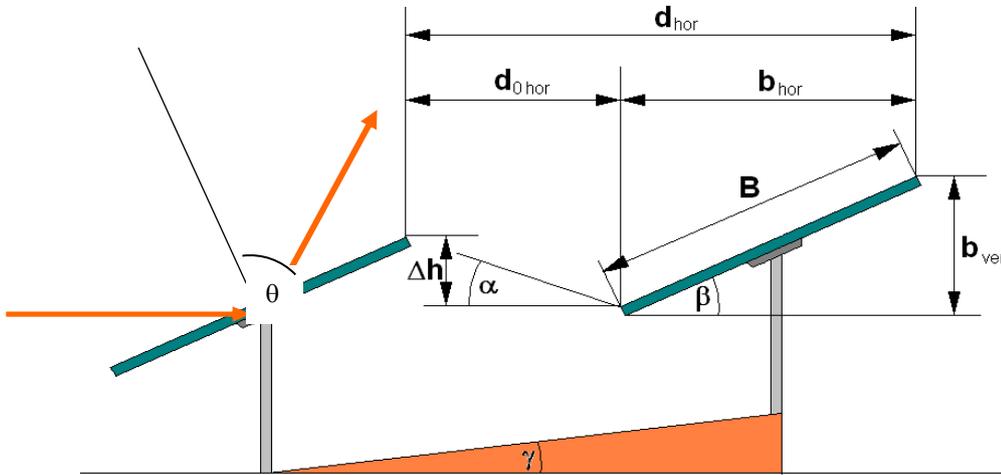


Abbildung 8: Reflexion von gerichteter Reflexion an der Glasfläche des Moduls (Darstellung anhand eines Strahls)

Zur Untersuchung der Reflexionssituation an den Modulen sind demnach die geometrischen Daten von Bedeutung, die sich aus der Sonnenbahn und der Modulausrichtung ergeben. Die Lage der Modulfläche ist definiert durch die Geländeneigung und die Orientierung und Neigung der Module. Diese geometrischen Daten werden in einem Berechnungsprogramm eingegeben und für den Standort die Sonnenstände von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang in Ein-Minutenschritten über den Modulen ermittelt. Anhand des Azimut- und Höhenwinkels der Sonne über der Modulfläche wird der Azimut- und Höhenwinkel der reflektierten gerichteten Strahlung berechnet.

Folgende Winkeldefinitionen werden verwendet:  
**Azimut: 0° (Norden) – 90° (Osten) – 180° (Süden) – 270° (Westen)**  
**Höhe: -90° – 0° (Horizontlinie) – 90°**

Beispiele:

- Eine Reflexion in Richtung 260° bedeutet eine Reflexion in Richtung Südwesten
- Eine Reflexion aus Richtung 70° bedeutet eine Reflexion aus Richtung Nordosten
- Ein Reflexionshöhenwinkel von -2° bedeutet dabei eine Reflexion unterhalb der Horizontalen (z.B. bei an einer höher gelegenen PV-Anlage in Richtung eines tiefen liegenden Objekts)

## 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-Richtlinie (Ministerium für Umwelt, 2012):

- 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

Sollte mindestens einer dieser Räume von Blendung betroffen sein, wird überprüft ob die Beeinträchtigung/Belästigung in einem übermäßigen Maße stattfindet. Derzeit gibt es dafür in Deutschland keine gesetzlichen Regelungen, bzw. Grenzwerte. Allerdings leitet die LAI-Richtlinie (Ministerium für Umwelt, 2012) Bewertungsgrößen aus einem Hinweispapier für Windenergieanlagen (Immissionsschutz, 2002) ab. Die LAI-Richtlinie definiert 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 ist die Belästigung allgemein hinnehmbar.**

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). Darüber hinaus empfiehlt diese Richtlinie im Straßen- und Schienenverkehr eine Berücksichtigung des Blickwinkels der Fahrzeugführenden von  $\pm 30^\circ$  ausgehend von der Fahrtrichtung.

Zusätzlich zu den schutzwürdigen Räumen muss überprüft werden, ob die auftretende Blendung die Sicherheit von folgenden Bereichen gefährdet:

- Straßenverkehr
- Schienenverkehr
- Schifffahrtsverkehr
- Verkehrssicherheit (Luft)

Tritt in einem dieser Arbeitsbereiche Blendung auf, kann selbst eine kurzzeitige Blendung schwerwiegend Folgen haben (OVE, Österreichischer Verband für Elektrotechnik). 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

Das verwendete Simulationstool berechnet aus den lokalen Sonnenständen die Einfallswinkel auf die Module, bzw. Modulreihen. Aus den in Kapitel 4 dargestellten Grundlagen ergibt sich zu jedem Einfallswinkel ein Ausfallswinkel und somit zu jedem einfallenden Sonnenstrahl ein ausfallender Reflexionsstrahl. Berücksichtigt wird nur die ideale Reflexion. Durch die relative Lage im Raum von PV-Modul zur untersuchende Fläche/Position kann geprüft werden, ob der reflektierte Sonnenstrahl eine Beeinträchtigung von schutzwürdigen Räumen oder eine Gefährdung der Verkehrssicherheit zur Folge hat. Die **Auflösung der Simulation ist minütlich** und erfolgt für ein Kalenderjahr.

Bei der Modellierung der Problemstellung werden folgend Vereinfachungen getroffen und begründet.

Die **räumliche Ausdehnung der Sonne wird nicht berücksichtigt**. Ferner wird sie als punktförmiger Himmelskörper betrachtet. Aufgrund der großen Entfernung der Sonne sind die Änderungen der Einfallswinkel, aufgrund der räumlichen Ausdehnung der Sonne und der im Verhältnis kleinen untersuchten Fläche, sehr klein. Ein Berücksichtigen würde im Ergebnis keine nennenswerten Veränderungen zur Folge haben.

Die **Modulflächen sind ideal verspiegelt**. Das bedeutet zum einen, dass der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel ist und auch die Intensität keine Verluste durch die Spiegelung erfährt. Vielmehr wird angenommen, dass die auf das Modul auftreffende Strahlungsintensität immer hoch genug für eine Blendung am Immissionsort ist. Somit wird der Modultyp unabhängig von der maximal möglichen Lichtimmission angenommen. Zu diesem Schluss kommt auch die TU Ilmenau. Aus einem Papier von Christoph Schierz heißt es:

*“Die Leuchtdichte der Sonne ist abhängig von der Sonnenhöhe, für mittlere Sonnenhöhen werden 1 Mio cd/m<sup>2</sup> [!] angenommen. Für einen längeren direkten Blick in eine Lichtquelle sind aber nur Leuchtdichten zwischen 4000 cd/m<sup>2</sup> und 10'000 cd/m<sup>2</sup> gerade noch erträglich. Das heißt, der Reflexionsgrad eines PV-Elements müsste zwischen 0,0004% und 0,001% liegen. Die üblichen Reflexionsgrade für direkte Reflexion liegen aber derzeit zwischen 3% bis 10%, und sie nehmen mit größerem Einfallswinkel zu, ab 60° sogar deutlich /8/,/9/ [ (Sjerps-Koomen E.A., 1996), (Yamada T.)]. Entspiegelungsmaßnahmen mögen den Wert auf 1 % reduzieren. Es ist also mit Leuchtdichten zwischen 10 Mio cd/m<sup>2</sup> und 100 Mio cd/m<sup>2</sup> rechnen, was deutlich über den Grenzen zu Absolutblendung von 10'000 cd/m<sup>2</sup> bis 1,6 Mio cd/m<sup>2</sup> liegt /7/ [ (Reichenbach H.-D.)].“ (Schierz, 2012)*

Die **Blendwirkung wird unabhängig vom Bedeckungsgrad** berechnet, wodurch sich astronomisch maximale Blendzeiträume ergeben. Das entspricht einer „worst case“ Betrachtung. Die

Vernachlässigung der Wetterverhältnisse wird vom Ministerium für Umwelt (Ministerium für Umwelt, 2012) und der TU Ilmenau (Schierz, 2012) empfohlen.

### **5.3 Simulationsausgabe und -bewertung**

Die Simulation berechnet in minütlicher Auflösung Zeiträume, in denen am Immissionsort solare Lichtreflexionen auftreten können. Zusätzlich zur geometrischen Berechnung der Strahlen wird die Intensität am Immissionspunkt ermittelt. Da keine weiteren Eigenschaften bekannt sind, wird ein „normales“ Abdeckglas (smooth glass without anti-reflective coating) herangezogen. Daraus ergibt sich eine Einteilung in „green glare“ und „yellow glare“. Ersteres hat ein schwaches Potential Nachbilder zu erzeugen und zweiteres ein hohes Potential. Es ist davon auszugehen, dass, unter den Annahmen aus Kapitel 5.2, beide Kategorien vom Menschen wahrgenommen werden, Yellow Glare allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit Nachbilder erzeugt und damit mindestens kurzzeitig das Sehvermögen herabsetzt. Wie sehr eine Person durch Green Glare beeinflusst wird, hängt u.a. von sehr individuellen physiologischen Eigenschaften der betroffenen Person ab und muss individuell in Abhängigkeit mehrerer Faktoren (Raumwinkel, Entfernung) beurteilt werden.

Zur Bewertung der Ergebnisse im Straßen- und Schienenverkehr wird ausschließlich ein Blickwinkel von  $\pm 30^\circ$ , ausgehend von der jeweiligen Fahrtrichtung, berücksichtigt. Ebenfalls ist keine Blendung gegeben, wenn die Richtung des Vektors der Lichtreflexion sowie des Vektors der Sonnenstrahlung weniger als  $10^\circ$  auseinander liegen. Das bedeutet, dass die Sonne aus nahezu der gleichen Richtung scheint wie die Reflexion der Sonne an den PV-Modulen. Somit wird die Sonne, die eine höhere Lichtintensität aufweist als die Reflexion, als Hauptblendquelle wahrgenommen. Die Reflexion wird sozusagen von der Sonne überstrahlt und erscheint nicht als zusätzliche Blendung. Somit kann sich ein korrigierter Wert ergeben. Der Immissionsort im Straßen- und Schienenverkehr wird auf eine Höhe von 3 m festgelegt, um auch Lastkraftwagen und Schienenfahrzeuge mit erhöhter Sitzposition abzudecken.

## **6 Analyse und Quantifizierung der Einflüsse durch Reflexion**

Im Folgenden wird anhand der geometrischen Zusammenhänge und den vorliegenden Unterlagen der Emission- und Immissionsorte und -flächen hergeleitet, welche Bereiche hochaufgelöst simuliert werden müssen. Anschließend werden die Simulationsergebnisse dargestellt und bewertet.

### **6.1 Bewertung der Umgebung**

In unmittelbarer Nähe der geplanten PV-Anlage liegt der Flugplatz Ostsee/Gütтин. Um eine negative Auswirkung durch Lichtreflexionen ausgehend von der PV-Anlage auf den Flugverkehr auszuschließen, wird sowohl die Anflugroute aus Westen als auch aus Osten untersucht. Auch der Tower, das Rollfeld und die Platzrunde werden in die Simulation mit einbezogen. Die Platzrunde verläuft in ca. 900 Fuß (274 m) Höhe über NN.

Der Ortsteil Gütтин liegt etwa 300 m westlich des PV-Feldes, auch hier ist das Auftreten von Lichtreflexionen nicht auszuschließen.

Zur nahegelegenen Bundesstraße 96 besteht in keinem Fall eine Sichtverbindung. Eine Blendung der Verkehrsteilnehmenden kann ausgeschlossen werden.

### **6.2 Simulationsparameter**

Für die Simulation wurde das PV-Feld sowie Immissionspunkte (Observation Point, OP) zur Untersuchung der festgelegten Bereiche definiert (siehe Abbildung 9). Die Eingabedaten der PVA mit Koordinaten und der Höhe über Normalhöhennull sind Tabelle 4, die der Immissionspunkte Tabelle 5 und die Flugrouten Tabelle 6 im Anhang zu entnehmen. Der Tower (OP 1) und das Rollfeld (OP 2) werden dabei jeweils durch einen Immissionspunkt abgebildet. Es wurde für die Wohnbebauungen in Gütтин ein Immissionspunkt (OP 3) festgelegt, der das Erdgeschoss bzw. die Gartenflächen (Höhe 2m) darstellt.



Abbildung 9: In Simulation definierte PV-Felder (blau), Immissionspunkte und Flugrouten (rot)

Die Simulation berechnet sich anhand der angegebenen Eingabedaten.

### 6.3 Ergebnisse und Auswertung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Simulation als aufsummierte Blendintervalle für ein Kalenderjahr (Green Glare sowie Yellow Glare) dargestellt. Die Werte beziehen sich dabei auf die jeweiligen PV-Felder.

Um die Ergebnisse der Simulation bewerten zu können, müssen zunächst allerdings noch weitere Bedingungen wie der Sonnenstand berücksichtigt werden. Diese sind in Kapitel 5.3 näher beschrieben und fließen in den Tabellenwert *Simulationsausgabe bereinigt* ein.

#### 6.3.1 Ergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse für die vom PV – Feld Ost/West (Tabelle 1 und Tabelle 2) und PV-Feld Süd (Tabelle 3) ausgehenden Lichtreflexionen dargestellt.

Tabelle 1: Potenzielle Blendung (in Minuten) ausgehend vom PV-Feld Nord Ausrichtung Ost

Immissionspunkt	Green Glare (min/a)	Yellow Glare (min/a)	Simulationsausgabe bereinigt (min/a)
FP: Anflug Ost	0	0	0
FP: Anflug West	0	0	0
OP: OP 1	0	0	0
OP: OP 2	0	0	0
OP: OP 3	0	0	0

Tabelle 2: Potenzielle Blendung (in Minuten) ausgehend vom PV-Feld Nord Ausrichtung West

Immissionspunkt	Green Glare (min/a)	Yellow Glare (min/a)	Simulationsausgabe bereinigt (min/a)
FP: Anflug Ost	0	0	0
FP: Anflug West	0	0	0
OP: OP 1	0	0	0
OP: OP 2	0	0	0
OP: OP 3	0	0	0

Tabelle 3: Potenzielle Blendung (in Minuten) ausgehend vom PV-Feld Süd Ausrichtung Süd

Immissionspunkt	Green Glare (min/a)	Yellow Glare (min/a)	Simulationsausgabe bereinigt (min/a)
FP: Anflug Ost	48	48	0
FP: Anflug West	119	772	0
OP: OP 1	0	0	0
OP: OP 2	0	90	0
OP: OP 3	1	0	0

### 6.3.2 Auswertung

Wie aus den Ergebnissen hervor geht, liegen für den Flugverkehr keine zusätzlichen Lichtimmissionen vor. Eine Gefährdung des Flugverkehrs kann ausgeschlossen werden. Auch der Tower und das Vorfeld sind nicht von Lichtimmissionen betroffen. In der nachträglichen Erweiterung des Blendgutachtens wurde festgestellt, dass eine Gefährdung des Flugverkehrs für die Platzrunde in 274 m Höhe ebenfalls auszuschließen ist. Für den Ortsteil Gütting kann eine Blendwirkung ebenfalls ausgeschlossen werden. Nachträgliche Abweichungen im Azimutwinkel von 2-3°, eine Veränderung der Reihenabstände und die Veränderung der Höhe der Modultische haben jeweils keine Auswirkungen auf die untersuchten Ergebnisse.

## 7 Fazit

Ein negativer Einfluss durch Lichtreflexionen ausgehend von der geplanten PV-Anlage auf den Flugverkehr des Flugplatzes der Ostsee-Flug-Rügen GmbH wird ausgeschlossen. Auch der Straßenverkehr der Bundesstraße 96 sowie die Anwohner des Ortsteils Gütтин werden nicht durch Lichtreflexionen beeinträchtigt.

In der Erweiterung des Gutachtens (V004) am 07.07.2023 um die Untersuchung der Platzrunde beim Flugverkehr wurde keine Blendung festgestellt, weshalb ebenfalls eine Gefährdung für den Flugverkehr auszuschließen ist. Eine weitere Anpassung (V006) erfolgte am 01.03.2024, in der Änderungen im Belegungsplan, der Unterkonstruktion und damit verbundenen Änderung der Höhe der Moduloberkante erfolgten. Weiterhin bezieht sich dieses Gutachten lediglich auf die Teilflächen außerhalb des Flughafengebietes.

Nachträgliche Abweichungen im Azimutwinkel von 2-3°, eine Veränderung der Reihenabstände und die Veränderung der Höhe der Modultische haben jeweils keine Auswirkungen auf die untersuchten Ergebnisse.

## 8 Anhang

Tabelle 4: Eingabedaten des PV-Feldes für die Simulation

	Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Höhe ü. NN [m]	Mittlere Modulhöhe [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
PV-Feld Süd	1	54.382714	13.319363	13,86	1,8	15,66
	2	54.383442	13.335376	20,61	1,8	22,41
	3	54.382428	13.333329	13,84	1,8	15,64
	4	54.382339	13.331991	13,55	1,8	15,35
	5	54.381861	13.330215	13,32	1,8	15,12
	6	54.382292	13.328089	14,68	1,8	16,48
	7	54.381392	13.325255	14,79	1,8	16,59
	8	54.382478	13.320465	13,89	1,8	15,69

Tabelle 5: Eingabedaten der Immissionspunkte für die Simulation

Untersuchungs- punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Höhe ü. NN [m]	Untersuchungs- höhe [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
OP 1	54.384532	13.325437	19,29	10	29,29
OP 2	54.383514	13.325348	19,08	3	22,08
OP 3	54.384245	13.311606	19,89	2	21,89

Tabelle 6: Eingabedaten der Flugrouten für die Simulation

	Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Höhe ü. NN [m]	Höhe über Grund [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
Anflug Ost	Threshold	54.383782	13.332174	21,24	15,24	36,48
	2-mile point	54.385799	13.381759	22,76	238,79	261,55
Anflug West	Threshold	54.383208	13.318420	15,97	15,24	31,21
	2-mile point	54.381191	13.268835	1,27	255,01	256,28

## 9 Literaturverzeichnis

- Boyuan Yan, M. V.-H. (April 2016). Maintaining ocular safety with light exposure, focusing on devices for optogenetic stimulation. *Vision Research*. Elsevier.
- DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. (2020). *Luftfahrthandbuch Deutschland*.
- Immissionsschutz, L. f. (2002). *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immission von Windnergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), verabschiedet auf der 103. Sitzung*.
- Linz, Kunst Universität. (kein Datum). Linz, Kunst Universität.
- Ministerium für Umwelt, K. u.-W.-A. (2012). *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)*.
- OVE, Österreichischer Verband für Elektrotechnik. (1. 11 2016). *Blendung durch Photovoltaikanlagen*. Wien.
- Reichenbach H.-D., D. K. (kein Datum). *Blendung durch optische Strahlungsquellen. Bericht der BAUA, Forschung Projekt 2185*. 2008: BAUA.
- Schierz, C. (2012). *Über die Blendbewertung von reflektierenden Sonnenlicht bei Solaranlagen*. Ilmenau: TU Ilmenau, FG Lichttechnik.
- Sjerps-Koomen E.A., A. T. (1996). *A simple model for PV module reflection losses under field conditions*. Solar Energy V57 N6 P421-32.
- Solarglass (matt/matt) SILK. (kein Datum). GMB Solarglas.
- Yamada T., N. H. (kein Datum). *Reflection loss analysis by optical modeling of PV module*. Solar Energy Materials and Solar Cells V67 P405-13.
- Yellowhair, J. a. (2015). *Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts*. American Society of Mechanical Engineers: International Conference on Energy Sustainability collocated with the ASME 2015 Power Conference.