



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

DGS Gesellschaft für Solarenergie Berlin mbH
Erich-Steinfurth-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) des Solarparks Hoyersburger Straße, Salzwedel (Bebauungsplan Nr. 18)

Anlage: Solarpark Hoyersburger Straße,
Hansestadt Salzwedel,
Altmarkkreis Salzwedel,
29410

in Auftrag gegeben von: GPM Wohnbau GmbH
Herr Felix Wieler
Ungererstraße 44
80802 München
Deutschland

Projektnummer: A-GmbH22/0074

Gutachter: Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn

Bearbeiter: M. Sc. Christoph Johann

Berlin, 21.11.2022

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	8
	4.1 Geometrische Reflexionssituation	8
	4.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen	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	Simulation	14
	6.1 Simulationsparameter.....	14
	6.1.1 PV - Anlage	14
	6.1.2 Straßenverkehr	15
	6.1.3 Büro und Arbeitsräume des Toyota-Autohaus Salzwedel	15
	6.2 Ergebnisse.....	16
7	Auswertung	17
8	Blendschutzmaßnahmen	20
	8.1 Änderung der Ausrichtung auf 140°	20
	8.2 Weitere Ausrichtungsvarianten.....	23
9	Schlussbemerkung	24
10	Literaturverzeichnis.....	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Gebiet der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage (blau umrandet) am nördlichen Rand der Kernstadt von Salzwedel (Bauordnungsamt Salzwedel, 2022)	5
Abbildung 2: Geplante Unterkonstruktion, Option 1 (Quelle: Auftraggeber)	6
Abbildung 3: Geplante Unterkonstruktion, Option 2 (Quelle: Auftraggeber)	7
Abbildung 4: Belegungsplan des geplanten Photovoltaik-Parks (Quelle: Auftraggeber, Google Earth)	7
Abbildung 5: Reflexion eines Lichtstrahls.....	8
Abbildung 6: (a) Ideale spekulare Reflexion, (b) Reale spekulare Reflexion, (c) Ideale diffuse Reflexion (Linz, Kunst Universität).....	8
Abbildung 7: links: Mikrostrukturierte (matt/matt) Oberfläche rechts: Streuung der gerichteten Strahlung/Sonnenstrahlung (Solarglass (matt/matt) SILK).....	9
Abbildung 8: Reflexion von gerichteter Reflexion an der Glasfläche des Moduls (Darstellung anhand eines Strahls)	10
Abbildung 9: Anlage der geplanten PV-Freiflächenanlage und der zu schützenden Räume in der Simulationssoftware „ForgeSolar“	14
Abbildung 10: Blick auf das Autohaus mit schutzbedürftigen Räumen/Nutzungen	15
Abbildung 11: Jährlich auftretende Blendung in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer der Blendung (rechts) auf OP 3	17
Abbildung 12: PV-Fläche und durch die Sonne verursachten Reflexionen auf OP 3	18
Abbildung 13: Jährlich auftretende Blendung in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer der Blendung (rechts) auf OP 4	18
Abbildung 14: PV-Fläche und durch die Sonne verursachten Reflexionen auf OP 4	19
Abbildung 15 Jährlich auftretende Blendung in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer der Blendung (rechts) auf OP 3 bei Änderung des Azimut auf 140°	21
Abbildung 16: PV-Fläche und durch die Sonne verursachten Reflexionen auf OP 3 bei Änderung des Azimuts auf 140°	21
Abbildung 17: Jährlich auftretende Blendung nach 6:00 Uhr in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer der Blendung (rechts) auf OP 3 bei Änderung des Azimut auf 140°	22
Abbildung 18: Jährlich auftretende potenzielle Blendung nach 7:30 Uhr in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer (rechts) auf OP 3 bei einem Azimut von 165°	23

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 den *Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen* der LAI – *Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz* bewertet, in folgenden Bezugnahmen in der Kurzform: *LAI-Hinweise*. 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. Es handelt sich um eine Erweiterung des Blendgutachten *A-GmbH220020*.

2 Beschreibung der Umgebung

Das Gebiet der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage befindet sich am nördlichen Rand der Kernstadt Salzwedel und umfasst eine Fläche von rund 2,27 ha, siehe Abbildung 1. Im Westen direkt an die geplante Freiflächenanlage angrenzend befindet sich das Toyota Autohaus Salzwedel, dessen Büro-, Aufenthalts-, Verkaufs- und Ausstellungsräume als schutzbedürftig einzustufen sind (Bauordnungsamt Salzwedel, 2022).

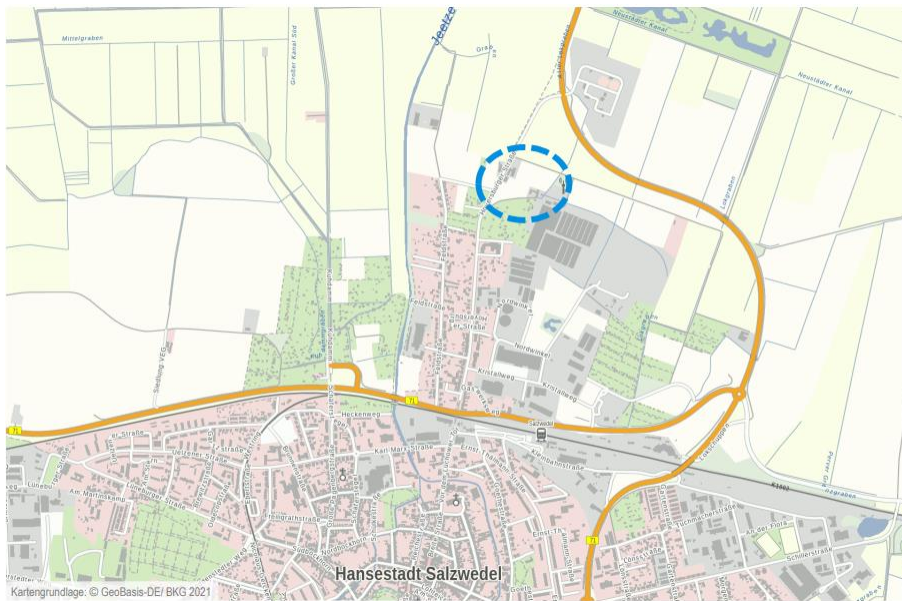


Abbildung 1: Das Gebiet der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage (blau umrandet) am nördlichen Rand der Kernstadt von Salzwedel (Bauordnungsamt Salzwedel, 2022)

3 Beschreibung der PV – Anlage

Als Unterkonstruktion wird nach Angaben des Auftraggebers voraussichtlich ein 1-Pfeiler-System mit vier horizontal ausgerichteten Modulen verwendet werden und einer Modulneigung von 18°. Die untere Modulkante liegt auf einer Höhe von 0,8 m die obere Modulkante auf einer Höhe 2,04 m, die Tischbreite beträgt 4,01 m, siehe Abbildung 2. Der Abstand der Modultische wird voraussichtlich 2,5 m betragen.

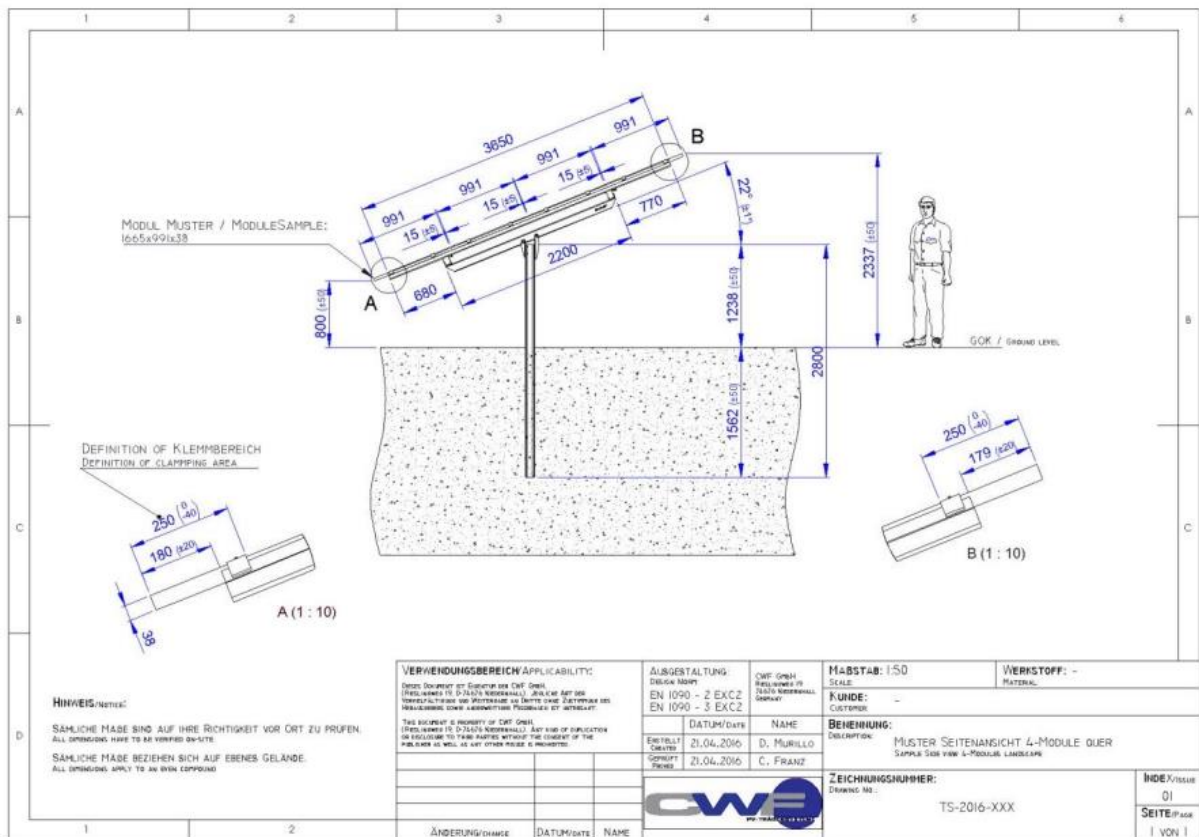


Abbildung 2: Geplante Unterkonstruktion, Option 1 (Quelle: Auftraggeber)

Als zweite Option wird vom Auftraggeber ein 2-Pfeiler-System mit 3-vertikal ausgerichteten Modulen genannt. Die untere Modulkante liegt hier bei 0,8 m, die obere Modulkante bei 2,34 m, die Tischbreite bei 4,99 m und der Neigungswinkel bei 18°, siehe Abbildung 3.

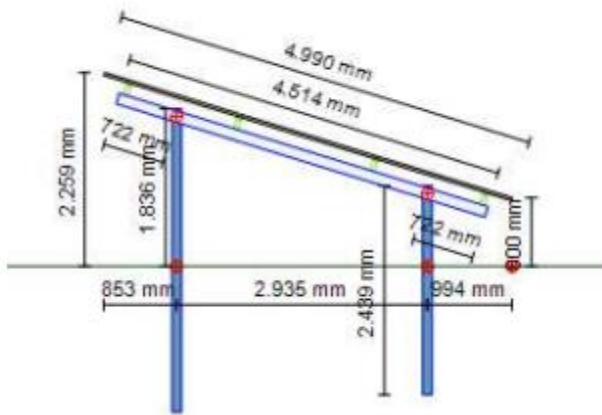


Abbildung 3: Geplante Unterkonstruktion, Option 2 (Quelle: Auftraggeber)

Mit Option 1 errechnet sich eine mittlere Modulhöhe von 1,42 m, mit Option 2 eine mittlere Höhe von 2,54 m. Die für die Simulation angenommene Modulhöhe wird damit vereinfachend für beide Systeme einheitlich auf 1,5 m über dem Boden festgelegt. Die Ausrichtung ist in beiden Fällen mit einem Azimut von 199,8° in Richtung Süd-West geplant. Abbildung 4 verdeutlicht den Belegungsplan der Module.



Abbildung 4: Belegungsplan des geplanten Photovoltaik-Parks (Quelle: Auftraggeber, Google Earth)

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 ($\alpha = \beta$).

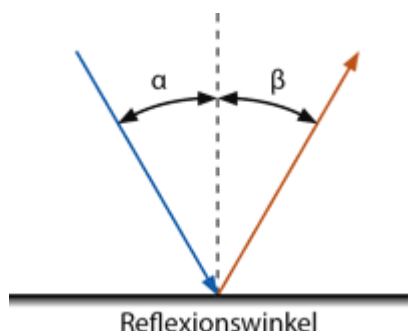


Abbildung 5: Reflexion eines Lichtstrahls

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. Dies gilt für direkte und diffuse Einstrahlung. Im Fall einer rauen Oberfläche ändert sich die relevante Einfallsebene mit dem konkreten Einfallsort, sodass es zu einer diffusen Reflexion kommt.

Je dunkler die bestrahlte Oberfläche ist, desto höher ist die Absorption und umso geringer ist die Intensität der reflektierten Strahlung. Ein schwarzes (monokristallin) bzw. bläuliches (polykristallin) Solarmodul reflektiert daher verhältnismäßig wenig Licht.

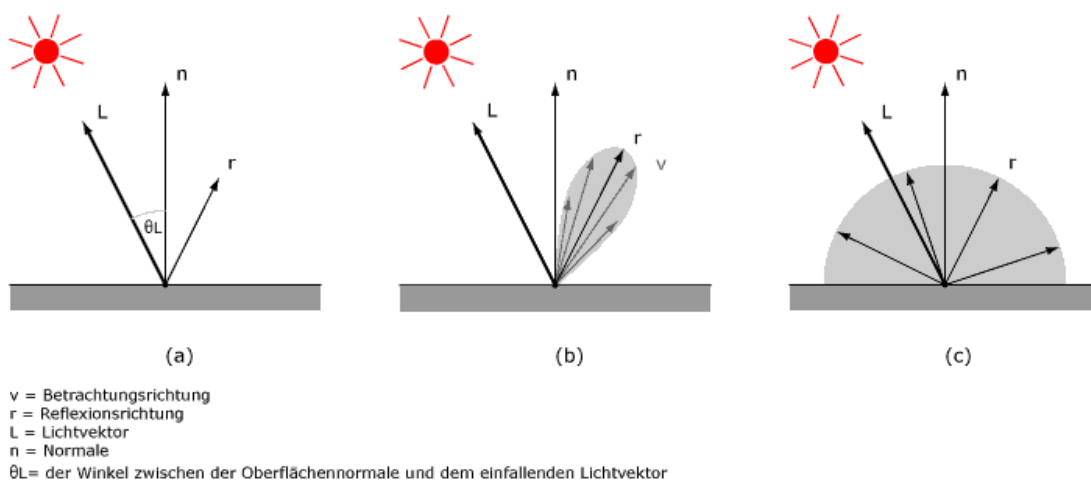


Abbildung 6: (a) Ideale spekulare Reflexion, (b) Reale spekulare Reflexion, (c) Ideale diffuse Reflexion (Linz, Kunst Universität).

Neben der idealen Reflexion, ergeben sich durch strukturierte Glasoberflächen weitere Strahlrichtungen, siehe Abbildung 6. Dabei bildet sich nach dem Lambertschen Gesetz ein weiterer Schwerpunkt in Richtung der Normalen, d.h. senkrecht zur Glasoberfläche aus. Bei Betrachtung aufgeständerter PV - Anlagen ist diese Strahlenrichtung in Bezug auf bodennahe Untersuchungsorte nicht relevant, da sie in den Himmel gerichtet ist. Bei realer Reflexion kommt zudem zu sogenannter Bündelaufweitung, einer Streuung um den idealen Reflexionswinkel, siehe (b). Mit steigendem Differenzwinkel zwischen idealem Reflexionswinkel und Streuungswinkel nimmt die Intensität der reflektierten Strahlung stark ab. Die Untersuchung der Blendwirkung beschränkt sich daher auf die Richtung der ideal reflektierten Strahlung.

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

4.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen

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.

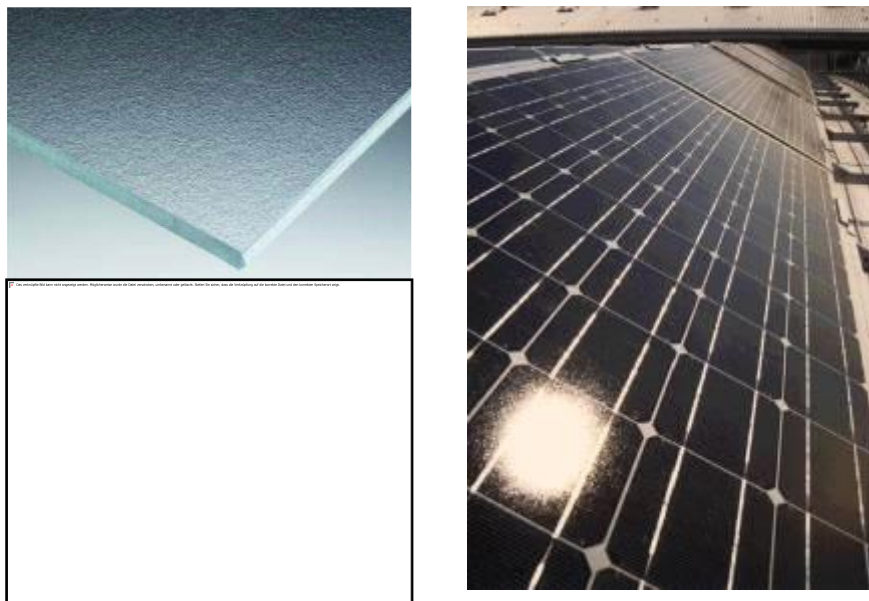


Abbildung 7: links: Mikrostrukturierte (matt/matt) Oberfläche rechts: Streuung der gerichteten Strahlung/Sonnenstrahlung (Solarglass (matt/matt) SILK)

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 90 - 96%, sodass die Reflexions-

und Streungsverluste max. 10% betragen. Allerdings kommt es bei Einfallswinkeln von mehr als 50° zu höherer Reflexion, bis hin zur vollständigen Reflexion bei mehr als 88° .

4.3 Reflexion von gerichteter Strahlung an den Glasflächen der Module

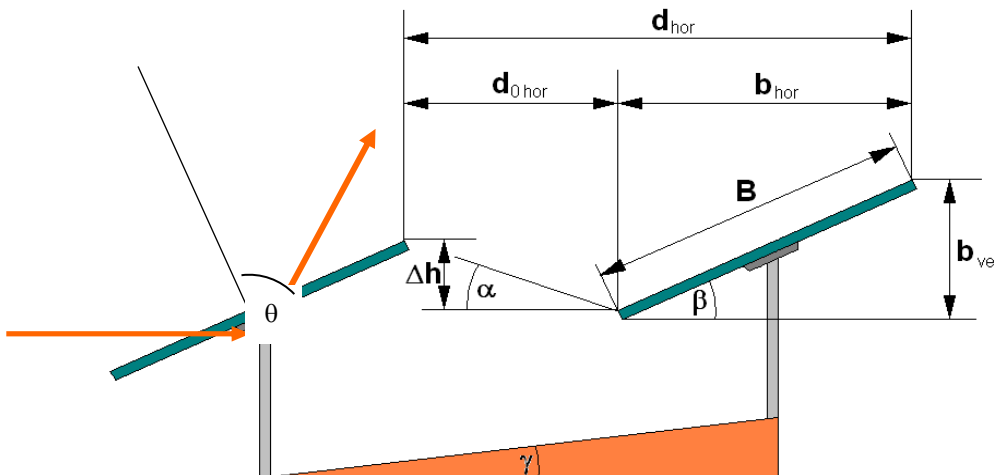


Abbildung 8: Reflexion von gerichteter Reflexion an der Glasfläche des Moduls (Darstellung anhand eines Strahls)

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-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)

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 leiten die LAI - Hinweise Bewertungsgrößen aus einem Hinweispapier für Windenergieanlagen (Immisionsschutz, 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 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).

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

Für die Bestimmung der auftretenden Blendung schutzwürdiger Bereiche wird das Simulationstool *ForgeSolar* der Firma Sims Industries, LLC verwendet.

Das Tool 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 vom PV-Modul zur untersuchenden 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. In einem Artikel von Christoph Schierz heißt es:

“Die Leuchtdichte der Sonne ist abhängig von der Sonnenhöhe, für mittlere Sonnenhöhen werden 1 Mio cd/m² [!] angenommen. Für einen längeren direkten Blick in eine Lichtquelle sind aber nur Leuchtdichten zwischen 4000 cd/m² und 10'000 cd/m² 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/m² und 100 Mio cd/m² rechnen, was deutlich über den Grenzen zu Absolutblendung von 10'000 cd/m² bis 1,6 Mio cd/m² liegt /7/[(Reichenbach H.-D.)].“ (Schierz, 2012)

- Die **Blendwirkung wird unabhängig vom Bedeckungsgrad** berechnet. Somit ergeben sich die astronomisch maximalen Blendzeiträume, was einer „worst case“ Betrachtung entspricht.

Dieses Vernachlässigen der Wetterverhältnisse empfehlen auch das Ministerium für Umwelt (Ministerium für Umwelt, 2012) und die TU Ilmenau (Schierz, 2012).

5.3 Simulationsausgabe und -bewertung

Die Simulation berechnet in minütlicher Auflösung Zeiträume, in denen an den definierten Immissionsorten solare Lichtreflexionen auftreten können. Zusätzlich zur geometrischen Berechnung der Strahlen, wird die Intensität an den Immissionspunkten ermittelt. Da keine weiteren Eigenschaften bekannt sind, wird ein „normales“ Abdeckglas (smooth glas without anti-reflective coating) herangezogen. Aus der ermittelten Intensität ergibt sich eine Einteilung in „green glare“ und „yellow glare“. Ersterer hat ein schwaches Potential Nachbilder zu erzeugen und zweiterer 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 bezüglich des Straßen- und Schienenverkehrs wird ausschließlich die Blendung im Bereich des Blickwinkels von $\pm 30^\circ$, ausgehend von der jeweiligen Fahrtrichtung berücksichtigt. Zudem werden Blendungen nicht betrachtet, welche aus der gleichen Richtung wie die direkte Sonnenstrahlung kommen (Differenz der Richtungsvektoren von Reflexionsstrahl und Sonneneinstrahlung kleiner 10°). 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.

Der Immissionsort im Straßen- und Schienenverkehr wird auf eine Höhe von 3m festgelegt, um auch Lastkraftwagen und Schienenfahrzeuge mit erhöhter Sitzposition abzudecken. Die für die Ergebnisdarstellung verwendete Zonenzeit ist UTC+ 1/+2, je nach Einteilung in Winter oder Sommerzeit.

6 Simulation

Dieses Kapitel stellt die Simulationsparameter und Ergebnisse dar.

6.1 Simulationsparameter

Nachfolgend werden die Eingabedaten und Simulationsparameter für den Solarpark, den angrenzenden Straßenverkehr und die angrenzenden, schutzbedürftigen Räume/Orte beschrieben und dargestellt.

6.1.1 PV - Anlage

Die Verortung der geplanten PV - Flächen des Solarparks Salzwedel Hoyersburger Straße ist nachfolgend beschrieben. Die gesetzten Eckpunkte, die Modulneigung, die Ausrichtung (Azimut), die Koordinaten, die Höhe über NN, die mittlere Modulhöhe und die sich daraus ergebende Summe als Gesamthöhe sind Tabelle 1 zu entnehmen. Für die Simulation wurden die Eingabedaten der PV - Anlage mit den Koordinaten und der Höhe über Normalhöhennull ermittelt. Die Nachstellung des Solarparks im Simulationsprogramm basiert auf dem von dem Auftraggeber zur Verfügung gestellten Modulbelegungsplan und ist in Abbildung 9 zu sehen.

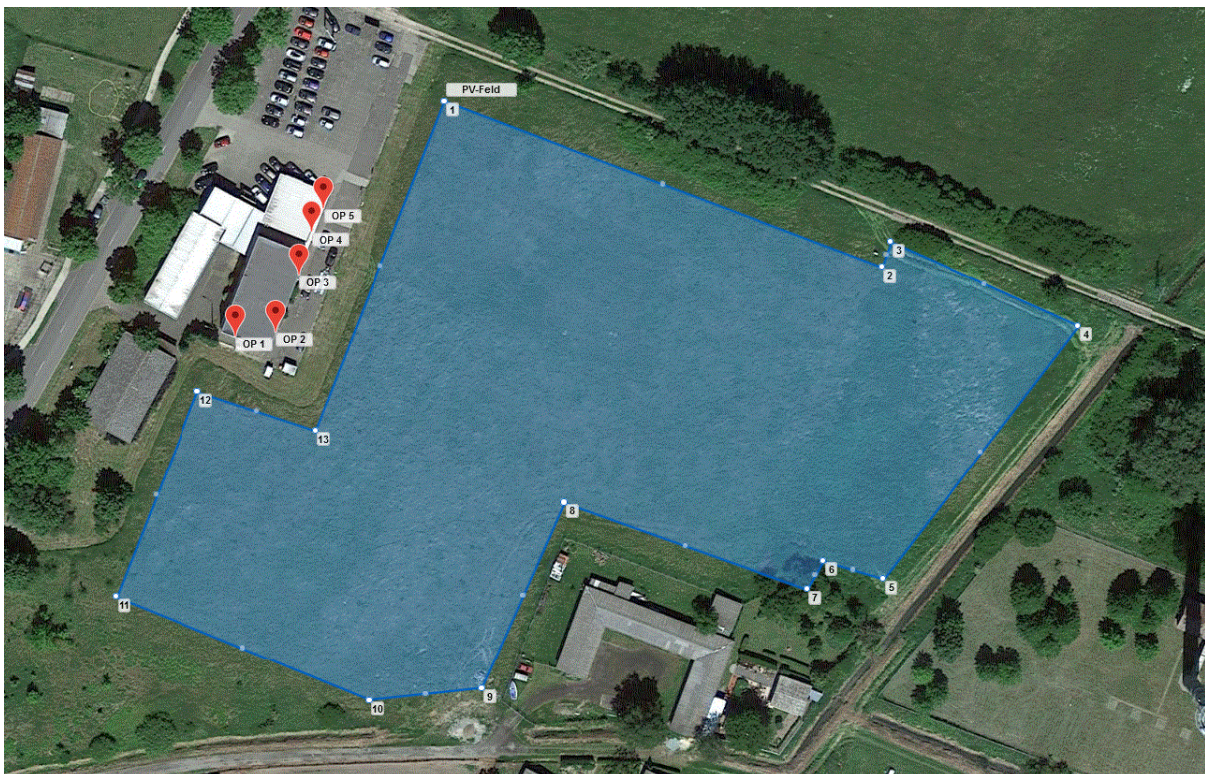


Abbildung 9: Anlage der geplanten PV-Freiflächenanlage und der zu schützenden Räume in der Simulationssoftware „ForgeSolar“

Tabelle 1 Koordinaten, Höhe ü. NN, die Untersuchungshöhe und die Gesamthöhe über NN des PV-Feldes

Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Höhe ü. NN [m]	Mittlere Modulhöhe [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
1	52.869094	11.160989	19.39	1.5	20.89
2	52.868735	11.162555	18.90	1.5	20.40
3	52.868790	11.162587	19.00	1.5	20.50
4	52.868608	11.163258	18.72	1.5	20.22
5	52.868061	11.162560	19.18	1.5	20.68
6	52.86810ß	11.162346	19.36	1.5	20.86
7	52.868038	11.162287	20.09	1.5	21.59
8	52.868226	11.161418	19.29	1.5	20.79
9	52.867825	11.161123	19.07	1.5	20.57
10	52.867799	11.160720	18.94	1.5	20.44
11	52.868022	11.159814	18.94	1.5	20.44
12	52.868466	11.160104	19.70	1.5	21.20
13	52.868382	11.160527	19.55	1.5	21.05

6.1.2 Straßenverkehr

Eine Blendung des Straßenverkehrs der angrenzenden Hoyersburger Straße kann bei einem Blickwinkel in Fahrtrichtung von +/-30° ausgeschlossen werden und wird deswegen nicht weiter untersucht.

6.1.3 Büro und Arbeitsräume des Toyota-Autohaus Salzwedel

Die Bestimmung der Immissionsorte erfolgt anhand der vom Auftragsgeber zur Verfügung gestellten *Stellungnahme des Landrats Altmarkkreis Salzwedel auf den vorhabenbezogenen Bebauungsplan Nr. 18 "Photovoltaik Hoyersburger Straße"*. In dieser wird auf die Notwendigkeit zur Ermittlung der voraussichtlichen Blendwirkung auf Räume des Autohauses im Westen der geplanten PV-Anlage hingewiesen. Der Auftraggeber hat zur besseren Einschätzung Aufnahmen des Autohauses zur Verfügung gestellt, siehe Abbildung 10.

Altmarkkreis Salzwedel

Az:\ X6124095 \ 22



Abbildung 10: Blick auf das Autohaus mit schutzbedürftigen Räumen/Nutzungen

Der Büro- Aufenthaltsraum wird durch die OPs (Observation Points) 1 - 3, der Verkaufs- Ausstellungsraum durch die OPs 4 & 5 abgebildet, siehe Abbildung 9. Die exakten Koordinaten, Höhe ü. NN, die für die Simulation angenommene Untersuchungshöhe und die daraus resultierende Gesamthöhe sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Koordinaten, Höhe ü. NN, die Untersuchungshöhe und die Gesamthöhe über NN der einzelnen Immissionsorte, dargestellt durch OP 1 - OP 5

Untersuchungspunkt	Bezeichnung	Breiten-grad [°]	Längen-grad [°]	Höhe ü. NN [m]	Untersuchungshöhe [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
OP 1	Büro- Aufenthaltsraum	52.86858	11.16024	20.6	5	25.6
OP 2	Büro- Aufenthaltsraum	52.86859	11.16039	20.5	5	25.5
OP 3	Büro- Aufenthaltsraum	52.86872	11.16047	20.8	5	25.8
OP 4	Verkaufs- Ausstellungsraum	52.86881	11.16051	20.4	2	22.4
OP 5	Verkaufs- Ausstellungsraum	52.86886	11.16056	20	2	22.0

6.2 Ergebnisse

Tabelle 3 stellt die Simulationsergebnisse der potenziellen Blendung auf die einzelnen Immissionsorte (OPs) dar. Grenzwertüberschreitungen (über 1800 Minuten) sind rot markiert.

Tabelle 3: Simulationsergebnisse (potenzielle Blendung) auf OP 1 - 5 für ein Kalenderjahr

Untersuchungspunkt	Bezeichnung	Blendung (Min)
OP 1	Büro/Aufenthaltsraum	13727
OP 2	Büro/Aufenthaltsraum	20679
OP 3	Büro/Aufenthaltsraum	22149
OP 4	Verkaufs/Ausstellungsraum	7889
OP 5	Verkaufs/Ausstellungsraum	6478

Es werden im Weiteren exemplarisch OP 3 für den Büro/Aufenthaltsraum im 1. Obergeschoss betrachtet und OP 4 für den Verkaufs/Ausstellungsraum im Erdgeschoss, da hier jeweils die höchsten Grenzwertüberschreitungen auftreten.

7 Auswertung

Dieses Kapitel wertet die Simulationsergebnisse hinsichtlich auftretender Blendung und unter Berücksichtigung der Grenzwerte aus. Nachfolgend ist die Auswertung der Blendwirkung auf die einzelnen relevanten OPs dargestellt.

OP 3 (Büro/Aufenthaltsraum)

Abbildung 11 verdeutlicht auf Basis der Simulationsergebnisse die grafische Auswertung für OP 3. In der linken Grafik ist die Uhrzeit der auftretenden Blendung dargestellt, je nach Datum in Winterzeit (GMT+1) oder Sommerzeit (GMT+2). Potenzielle Blendungen treten über das gesamte Jahr zwischen 07:00 Uhr und 09:30 Uhr auf. Auf der rechten Seite ist die tägliche Dauer der Blendung dargestellt, sie erreicht bis zu 80 Minuten pro Tag.

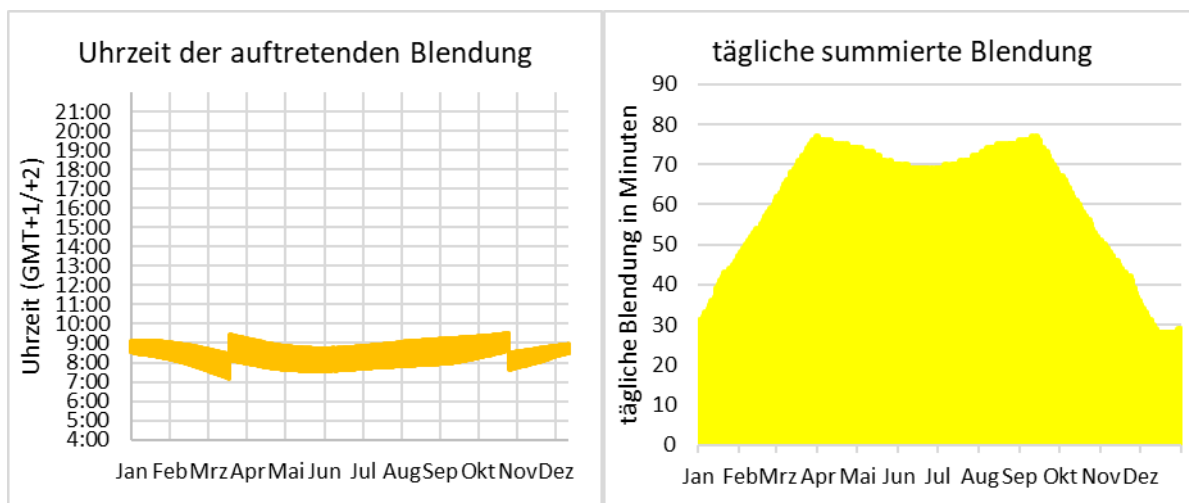


Abbildung 11: Jährlich auftretende Blendung in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer der Blendung (rechts) auf OP 3

Abbildung 12 verdeutlicht in einer grafischen Darstellung die Fläche und den Umriss der PV-Anlage. Gelb dargestellt sind die von der PV-Anlage ausgehenden potenziellen Blendungen auf OP 3. Je intensiver das gelb dargestellt ist, desto häufiger treten potenzielle Blendungen auf.

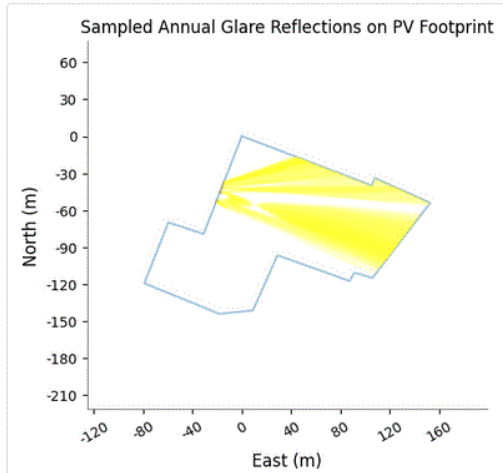


Abbildung 12: PV-Fläche und durch die Sonne verursachten Reflexionen auf OP 3

OP 4 (Verkaufs/Ausstellungsraum)

Abbildung 13 verdeutlicht auf Basis der Simulationsergebnisse die grafische Auswertung für OP 4. In der linken Grafik ist die Uhrzeit der auftretenden Blendung dargestellt, je nach Datum in Winterzeit (GMT+1) oder Sommerzeit (GMT+2). Potenzielle Blendungen treten über die Monate Februar bis November zwischen 07:00 Uhr und 09:00 Uhr auf. Auf der rechten Seite ist die tägliche Dauer der Blendung dargestellt, sie erreicht bis zu 30 Minuten pro Tag.

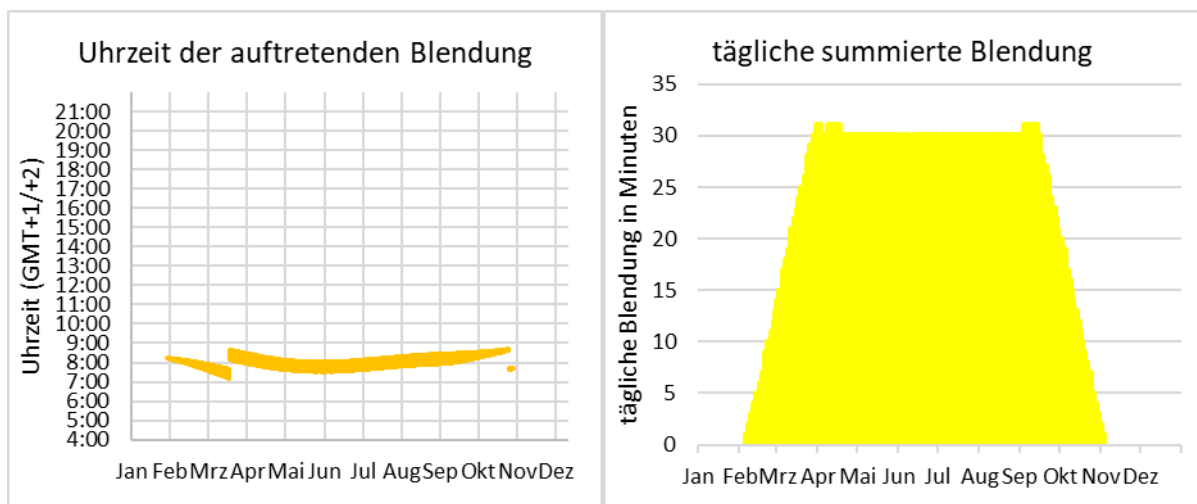


Abbildung 13: Jährlich auftretende Blendung in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer der Blendung (rechts) auf OP 4

Abbildung 14 verdeutlicht in einer grafischen Darstellung die Fläche und den Umriss der PV-Anlage. Gelb dargestellt sind die von der PV-Anlage ausgehenden potenziellen Blendungen auf OP 4. Je intensiver das gelb dargestellt ist, desto häufiger treten potenzielle Blendungen auf.

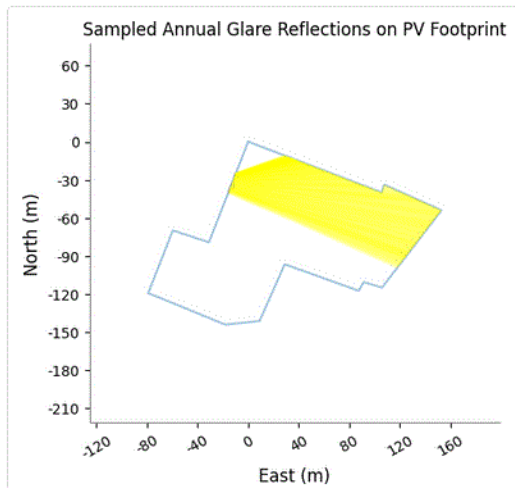


Abbildung 14: PV-Fläche und durch die Sonne verursachten Reflexionen auf OP 4

8 Blendschutzmaßnahmen

Die Umsetzung einer Sichtunterbrechung in Form eines Blendschutzzaunes ist eher nicht praktikabel, notwendig für eine ausreichende Reduktion der Blendung für OP3 wäre eine Zaunhöhe von über 4 m. Dieser würde zu erheblichen Sichteinschränkungen aus den Räumen des Autohauses führen.

Da die Blendung auf einen begrenzten Zeitraum von 7:00 bis 9:30 fällt und eine direkte Sichtunterbrechung mittels Blendschutzzaun eher nicht im Interesse des Autohauses liegen dürfte, liegt nach Ansicht des Gutachtens eine Verständigung mit den Verantwortlichen des Autohauses auf die Verwendung von Jalousien für die betreffenden Räume in Richtung des geplanten PV-Feldes nahe.

8.1 Änderung der Ausrichtung auf 140°

Als letzte Möglichkeit ist die Änderung der Ausrichtung der PV-Module möglich. Mit der Drehung der Ausrichtung des Azimuts von 199,8° zu 140° würde die Blendung deutlich reduziert werden und auf einen Zeitraum von 05:00 Uhr bis 06:30 Uhr verschoben. Es wurden hierzu zusätzliche Simulationen durchgeführt, siehe die Ergebnisse in Tabelle 4 und exemplarisch für den Büro- Aufenthaltsraum OP3 Abbildung 15.

Tabelle 4: Simulationsergebnisse (potenzielle Blendung) auf OP 1 - 5 für ein Kalenderjahr bei Änderung des Azimuts auf 140°

Untersuchungspunkt	Bezeichnung	Blendung (Min)
OP 1	Büro/Aufenthaltsraum	671
OP 2	Büro/Aufenthaltsraum	2359
OP 3	Büro/Aufenthaltsraum	2723
OP 4	Verkaufs/Ausstellungsraum	0
OP 5	Verkaufs/Ausstellungsraum	0

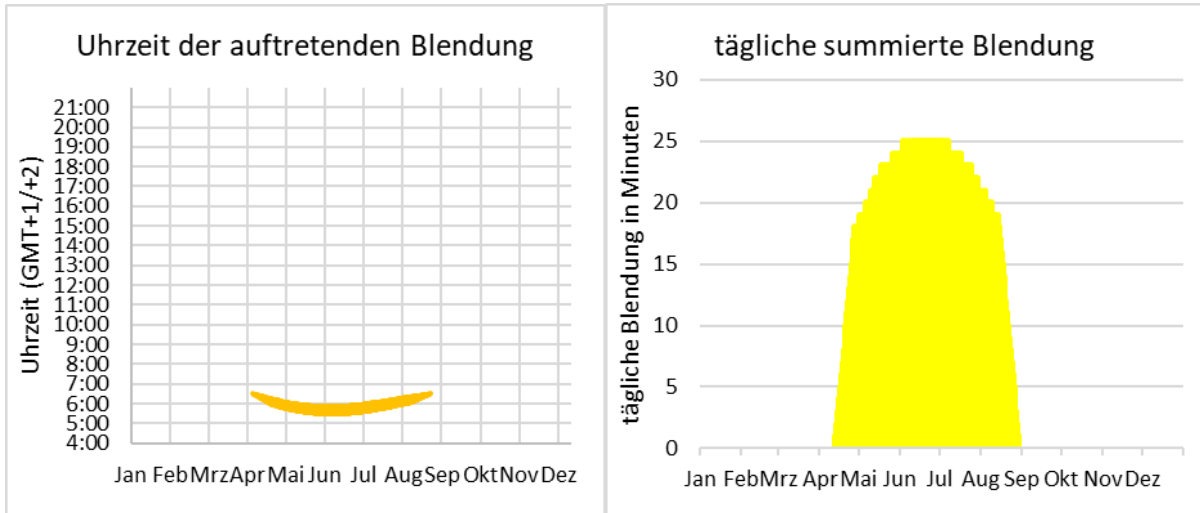


Abbildung 15 Jährlich auftretende Blendung in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer der Blendung (rechts) auf OP 3 bei Änderung des Azimut auf 140°

Abbildung 16 zeigt den Strahlengang der noch auftretenden Reflexionen zu OP3.

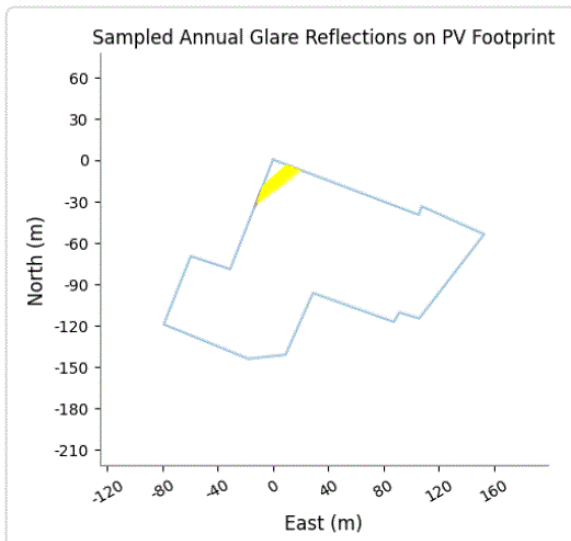


Abbildung 16: PV-Fläche und durch die Sonne verursachten Reflexionen auf OP 3 bei Änderung des Azimuts auf 140°

Geht man von einem Arbeitsbeginn von frühestens 6:00 Uhr aus, so reduziert sich die auftretende Blendung weiter und es tritt keine jährliche Grenzwertüberschreitung mehr auf, siehe Tabelle 5.

Tabelle 5: Simulationsergebnisse (potenzielle Blendung) auf OP 1 - 5 für ein Kalenderjahr bei Änderung des Azimuts auf 140° und Filterung der Blendungen vor 6:00 Uhr

Untersuchungspunkt	Bezeichnung	Blendung (Min)
OP 1	Büro/Aufenthaltsraum	6
OP 2	Büro/Aufenthaltsraum	571
OP 3	Büro/Aufenthaltsraum	795
OP 4	Verkaufs/Ausstellungsraum	0
OP 5	Verkaufs/Ausstellungsraum	0

Abbildung 17 zeigt, dass auch der Grenzwert für die tägliche Blendung von 30 Minuten mit der Veränderung der Ausrichtung auf 140° und einer Betrachtung ab 6:00 Uhr unterschritten würde.

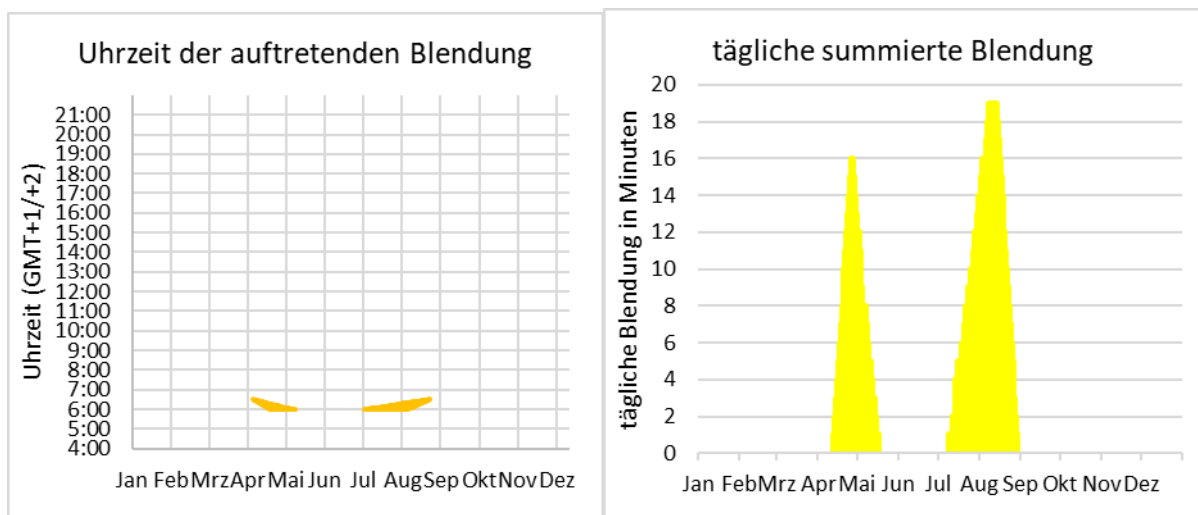


Abbildung 17: Jährlich auftretende Blendung nach 6:00 Uhr in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer der Blendung (rechts) auf OP 3 bei Änderung des Azimut auf 140°

8.2 Weitere Ausrichtungsvarianten

Nach Rückmeldung des Autohauses liegt der Arbeitsbeginn nach Angaben des Auftraggebers bei 7:30 Uhr. Es werden daher mehrere Varianten mit stärkerer Südausrichtung simuliert und untersucht. Ergebnis dieser Untersuchungen ist, dass bis zu einer Azimut-Ausrichtung von 165° eine Grenzwertüberschreitung durch Blendung im Zeitraum ab 7:30 ausgeschlossen werden kann, siehe hierzu Abbildung 18. In Tabelle 6 sind die ermittelten jährlichen potenziellen Blenddauern für OP1-5 dargestellt.

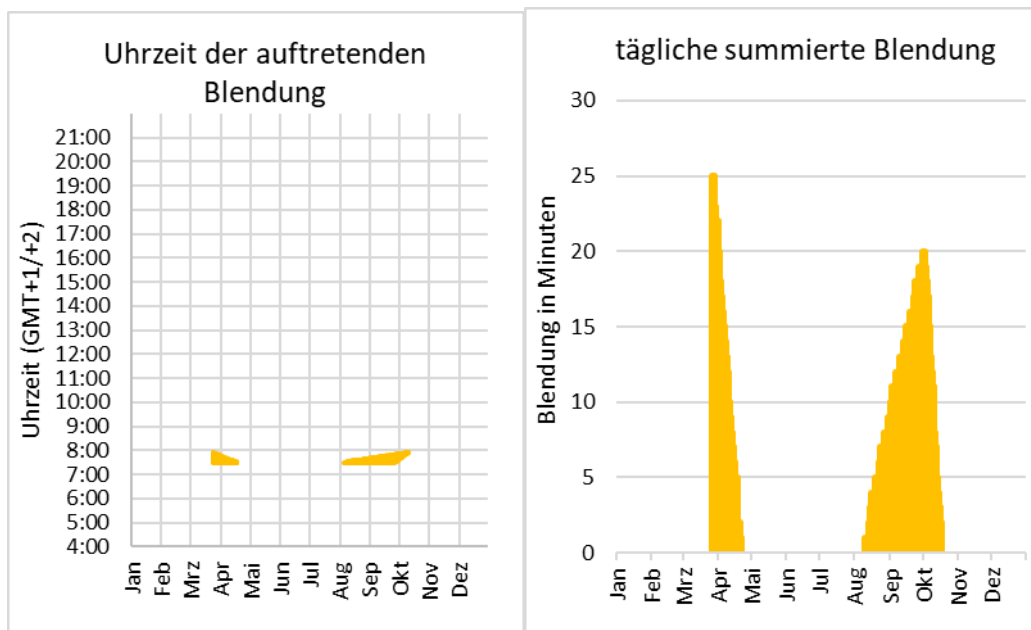


Abbildung 18: Jährlich auftretende potenzielle Blendung nach 7:30 Uhr in Abhängigkeit der Uhrzeit (links) und tägliche Dauer (rechts) auf OP 3 bei einem Azimut von 165°

Tabelle 6: Simulationsergebnisse (potenzielle Blendung) auf OP 1 - 5 für ein Kalenderjahr bei Änderung des Azimuts auf 165° und Filterung der Blendungen vor 7:30 Uhr

Untersuchungspunkt	Bezeichnung	Blendung (Min)
OP 1	Büro/Aufenthaltsraum	8
OP 2	Büro/Aufenthaltsraum	762
OP 3	Büro/Aufenthaltsraum	1058
OP 4	Verkaufs/Ausstellungsraum	0
OP 5	Verkaufs/Ausstellungsraum	0

9 Schlussbemerkung

Abschließend kommt das Fachgutachten zu dem Schluss, dass eine Gefährdung durch Blendung durch direkte Reflexion der Sonnenstrahlen an den Modulflächen für den angrenzenden Straßenverkehr auszuschließen ist.

Weiterhin kommt das Fachgutachten zu dem Schluss, dass eine Überschreitung der Grenzwerte für Lichtimmissionen nach LAI-Hinweisen durch den geplanten Solarpark auf die schutzbedürftigen Räume des westlich angrenzenden Toyota-Autohauses Salzwedel bei einer geplanten Azimut-Ausrichtung von $199,8^\circ$ nicht ausgeschlossen werden kann.

Eine mögliche Blendschutzmaßnahme, um eine Überschreitung der Grenzwerte zu vermeiden, ist eine Drehung der Modulausrichtung nach Osten. In zusätzlichen Simulationen wurde ermittelt, dass ab einer Ausrichtung von 165° (und kleiner) eine übermäßige Beeinträchtigung innerhalb der angegebenen Arbeitszeiten ausgeschlossen werden kann.

10 Literaturverzeichnis

- Bauordnungsamt Salzwedel. (2022). *Stellungnahme zu "Vorhabenbezogener Bebauungsplan Nr. 18 "Photovoltaik Hoyersburger Straße", Salzwedel.*
- 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*.
- Diver, C. K. (2011). *Methodology to Assess Potential Glint and Glare Hazards From Concentrating Solar Power Plants: Analytical Models and Experimental Validation*. Albuquerque: Journal of Solar Energy Engineering.
- Immissionsschutz, L. f. (2002). *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immission von Windenergieanlagen (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.