



MAPRONEA
GMBH

BLENDANALYSE

SOLARPARK ZESCHDORF

VORHABENTRÄGER:
NEMO PROJEKTENTWICKLUNG GMBH
ERSTELLER: F. Faß

INHALT

| | |
|---|----|
| 0.1.0 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS | 2 |
| 0.2.0 BEAUFTRAGUNG | 3 |
| 1.0.0 METHODIK | 3 |
| 1.1.0 EINGESETZTE HILFSMITTEL | 3 |
| 1.2.0 GRUNDSÄTZLICHE BLENDUNG..... | 4 |
| 1.3.0 PHYSIKALISCHE BLENDUNG | 5 |
| 1.3.1 VERKEHR | 11 |
| 1.4.0 PSYCHOLOGISCHE BLENDUNG..... | 12 |
| 1.4.1 ASTRONOMISCHE BLENDZEITEN | 13 |
| 1.4.2 ZULÄSSIGES BLENDMAß | 14 |
| 2.0.0 ANALYSE..... | 16 |
| 2.1.0 PROJEKTÜBERSICHT..... | 16 |
| 2.2.0 BEOBACHTUNGSPUNKTE/- STRECKEN | 17 |
| 2.2.1 VERKEHRSLINIE A: BAHNSTRECKE | 17 |
| 2.2.2 VERKEHRSLINIE B: BUNDESSTRASSE 167 | 19 |
| 2.2.3 VERKEHRSLINIE C: ERNST-THÄLMANN-STRASSE..... | 21 |
| 2.2.4 VERKEHRSLINIE D: SCHÖNFLIEBER STRASSE | 23 |
| 2.2.5 OBSERVATIONSAREAL: GASCADE (BETRIEBSGELÄNDE) 24 | |
| 3.0.0 ZUSAMMENFASSUNG..... | 27 |
| 4.0.0 GEWÄHRLEISTUNG | 28 |
| 5.0.0 LITERATURVERZEICHNIS | 28 |

0.1.0 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|------------|--|
| LAI | Norm im Bereich Lichtimmissionen: „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgruppe für Immissionsschutz“ |
| F-PVA | Photovoltaik-Freiflächenanlage |
| r_B | Streuungsradius am Punkt des Betrachters |
| d_{\min} | minimale Distanz zwischen |
| L_B | Leuchtdichte beim Betrachter |
| L_M | ausgehende Leuchtdichte vom Modul |
| L_U | Umgebungsleuchtdichte |
| A_S | Streuungsfläche |
| K_S | spezifisches Blendmaß (standortspezifisch) |

0.2.0 BEAUFTRAGUNG

Die NEMO Projektentwicklung GmbH ist ein regional in Brandenburg agierender Projektentwickler. Ein wichtiger Teil dieses Engagements bezieht sich auf den Ausbau der Erneuerbaren Energien. Innerhalb dieses Bereiches wird die Projektierung von Solarenergie fokussiert, bei welchem vor allem das Bauleitverfahren von Photovoltaik-Freiflächenanlagen eine Hauptaufgabe ist.

Im Zuge der Bauleitverfahren für den Bebauungsplan „Solarpark Zeschdorf“ (im Folgenden „Projekt Zeschdorf“ genannt) wurde die Mapronea GmbH mit einer Blendanalyse beauftragt.

1.0.0 METHODIK

1.1.0 EINGESETZTE HILFSMITTEL

Die Berechnung der potentiellen Strahlungsstärken als auch Dauer und Zeiten von Strahlungen/Reflexionen, welche im weiteren Teil von Methodik beschrieben werden, sind ohne Simulationssoftware nicht valide berechenbar.

Für diese Analyse wurde das Programm „ForgeSolar“ mit der Version 2023C.1 verwendet.

Lagepläne wurden mit Hilfe von QGis Vers.: 3.28.4 erstellt.

Die schriftliche Umsetzung erfolgte mit Microsoft Office 2019.

1.2.0 GRUNDSÄTZLICHE BLENDUNG

Die Abhandlung „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgruppe für Immissionsschutz“ (im weiteren Verlauf als „LAI“ bezeichnet) wird in dieser Analyse als maßgebliche Richtlinie verwendet.

Entsprechend der LAI gehört Licht zu den Emissionen und Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (§3 Abs.2 BImSchG). Abhängig von Art, Ausmaß und/oder Dauer können potentielle Gefahren/erhebliche Nachteile/Belästigungen für die Allgemeinheit oder für die Nachbarschaft entstehen.

Immissionen sind Einwirkungen, welche zu Belästigungen oder Gefahren führen und zu vermeiden sind. Die LAI wurde in diesem Sinne erstellt, um Bemessungswerte fest zu legen, welche als Grenz- oder Schwellenwerte zu verstehen sind, ab wann von potentiell gefährdender oder belästigender Immissionswirkung zu sprechen ist. Wird eine dieser Immissionswirkungen erkannt, so wird von Blendung gesprochen.

Blendwirkung wird in psychologische und in physiologische Blendung unterschieden. Physiologische Blendung beschreibt hierbei die Minderung des Sehvermögens durch Streulicht im Glaskörper des Auges. Mit psychologischer Blendwirkung ist die subjektive Belästigung durch eine ständige und ungewollte Ablenkung gemeint. Diese entsteht nicht direkt durch eine starke Lichteinwirkung oder Aufhellung, sondern eher dadurch, dass sich die Lichtquelle deutlich von der Umgebungsleuchtdichte unterscheidet und damit den Blickfokus auf sich zieht.

Es kann also gesagt werden, dass innerhalb dieser Analyse hauptsächlich zwei Arten von Immissionswirkungen untersucht werden. Einerseits die physiologische Blendwirkung, welche sich durch direkte Auswirkung von Lichtstärke definiert, und andererseits die psychologische Blendwirkung, welche durch eine Art „ungewollte Aufmerksamkeit“ erzeugt wird. Für beide Blendwirkungen sind innerhalb der LAI-Grenzwerte festgelegt, welche auch in dieser Analyse angesetzt werden.

1.3.0 PHYSIKALISCHE BLENDUNG

Eine Photovoltaik-Freiflächenanlage (F-PVA), wie die Vorliegende, stellt selber keine Lichtquelle dar. Das heißt die installierten Komponenten können selber keine Lichtwellen erzeugen, welche zu den genannten Blendwirkungen führen. Die Lichtemissionen einer F-PVA resultieren aus der Reflexionswirkung der Module.

Photovoltaikmodule sind in Schichten aufgebaut. Die oberste Schicht besteht aus gehärtetem Glas, aus welchem sich das Potential für eine Reflexion ergibt (Abb. 1).

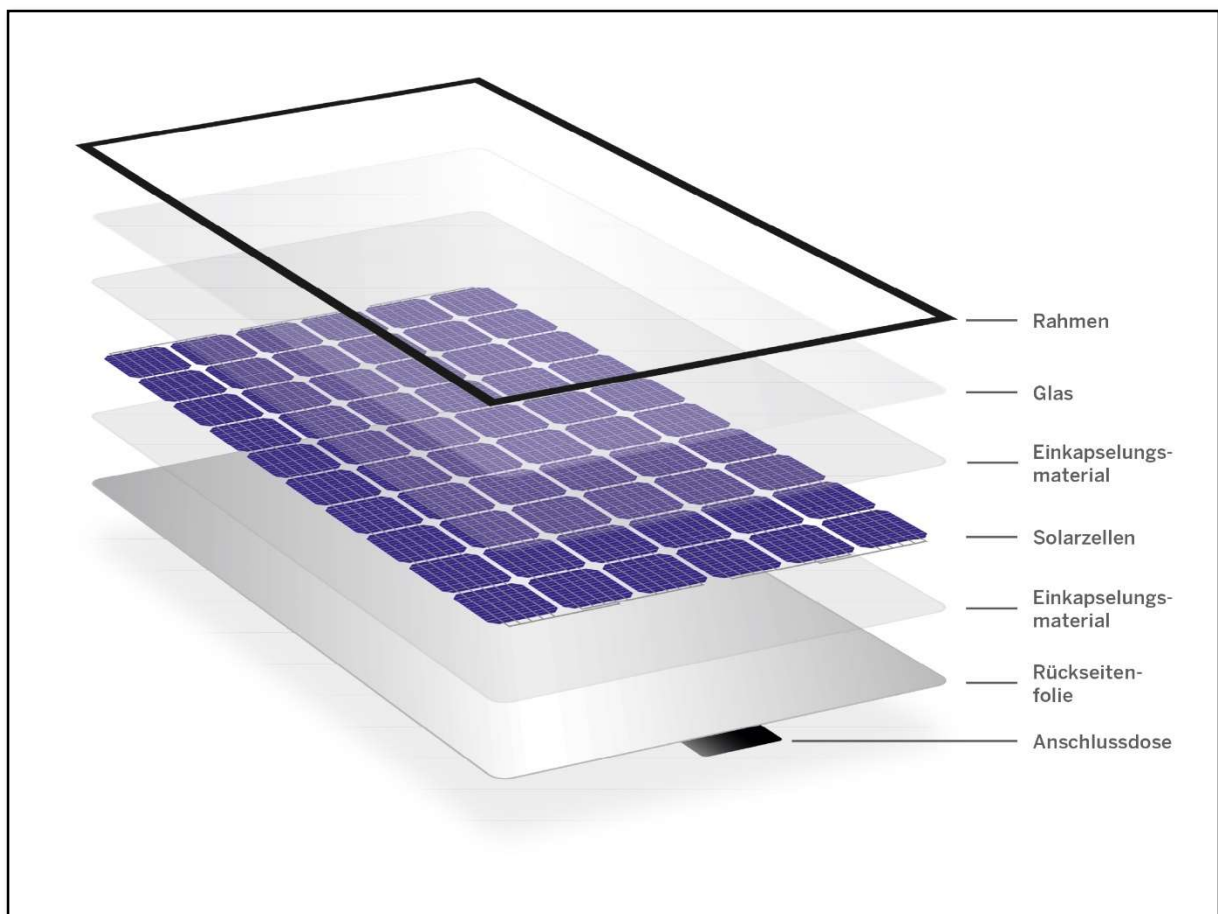


Abb. 1: zeigt den Aufbau eines Photovoltaik Modules

Quelle: <https://www.ibc-blog.de/2018/09/was-ist-eigentlich-lhs-hc-mbb/>

Für die Berechnung der Intensität der Lichtemissionen sind die Reflexionseigenschaften der Module elementar. Photovoltaikmodule werden mit einer Glasplatte gefertigt, welche eine strukturierte Oberfläche aufweist. Durch die so entstehende Streuung des einfallenden Lichtes wird mehr Licht im Modul absorbiert, was den Stromertrag in Zeiten erhöht, bei denen die Sonnenstrahlung seitlich auf die Module trifft. Der passive Nebeneffekt ist, dass einerseits weniger Licht

reflektiert wird und andererseits, dass das reflektierte Licht keine perfekt gespiegelte Reflexion ist. Die Charakteristik der Reflexion weist einen stark erhöhten Diffusanteil auf. (Abb. 2)

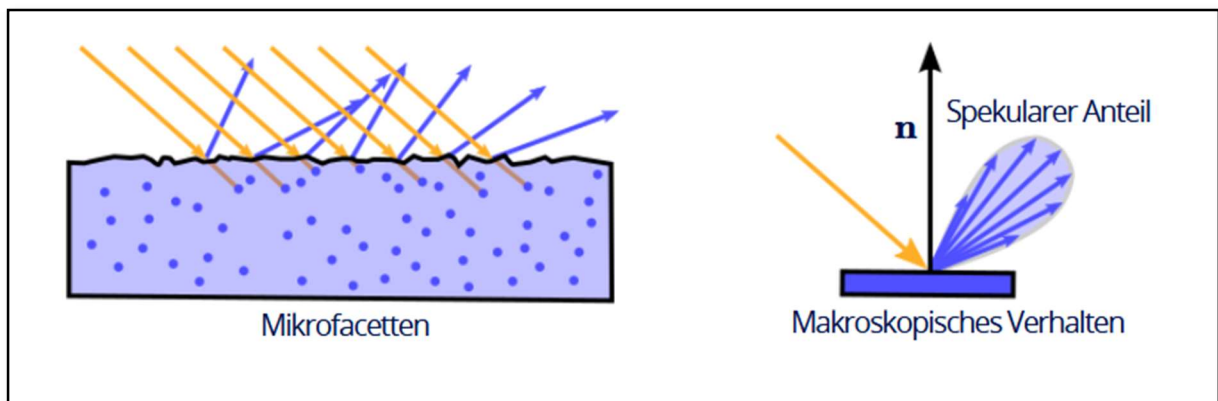


Abb. 2: links = schematische Zeichnung der strukturierten Oberfläche von PV-Modulen; rechts = zeigt schematisch das Streuverhalten von Reflexionen an Solarmodulen

Quelle: Thorsten Thormählen, 12. Dezember 2022; Vortrag: Grafikprogrammierung Licht und Materialien; Philipps-Universität Marburg / Fachbereich Mathematik und Informatik

Den Modulen wird auf diese Weise also bereits bei der Produktion die grundsätzliche Eigenschaft mitgegeben, möglichst viel Licht zu absorbieren. Dieser Effekt wird bei der Berechnung der Reflexionen in Abhängigkeit zu dem Einfallswinkel berücksichtigt.

In dem folgenden Diagramm wird ersichtlich, dass vor allem seitliche Einstrahlung auf das Modul für die Berechnung der Modulreflexionen von Bedeutung sind und orthogonal auf das Modul treffende Strahlung fast vollständig absorbiert wird. (Abb. 3)

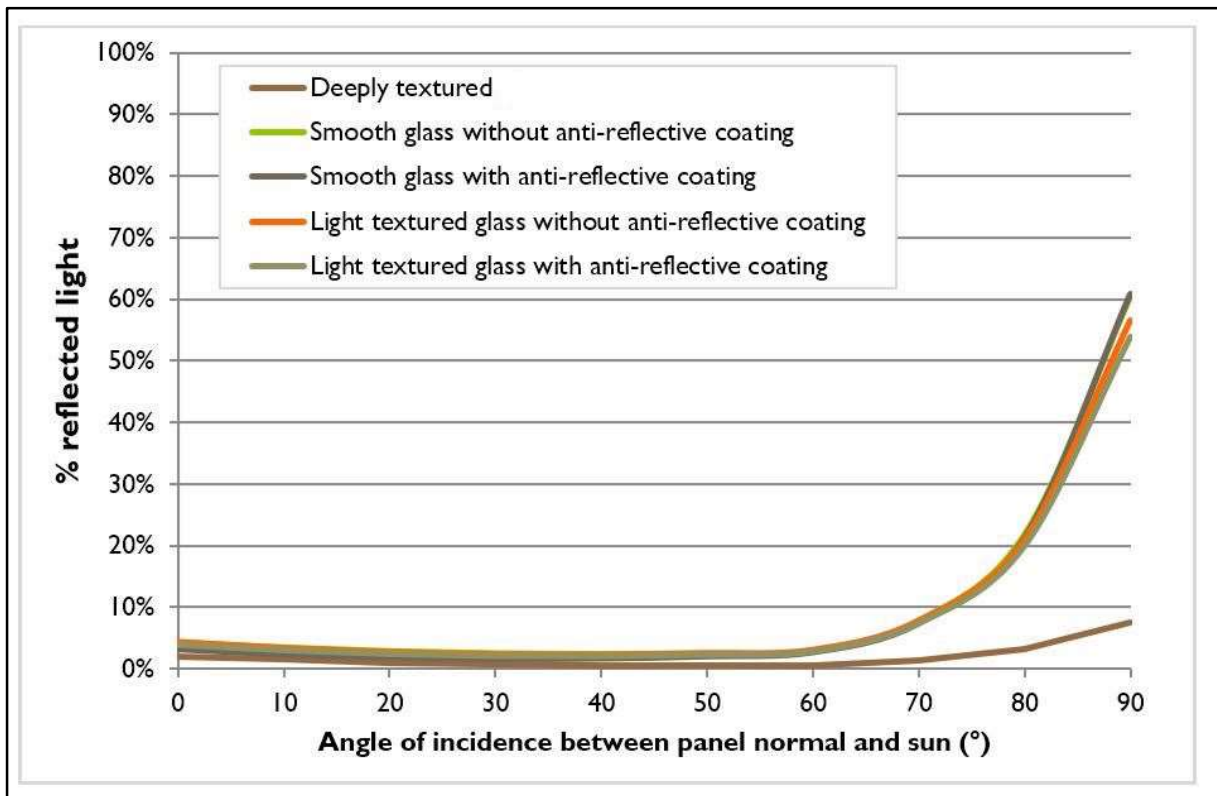


Abb. 3: zeigt die Reflexionseigenschaften von Solarmodulen in Abhängigkeit zum Auftreffwinkel und Oberflächeneigenschaften

Quelle: Yellowhair, J. and C.K. Ho. "Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts". *ASME 2015 9th International Conference on Energy Sustainability collocated with the ASME 2015 Power Conference, the ASME 2015 13th International Conference on Fuel Cell Science, Engineering and Technology, and the ASME 2015 Nuclear Forum*. 2015. American Society of Mechanical Engineers

Nach der Ermittlung, wie groß der Anteil der reflektierten Sonnenstrahlung ist, wird betrachtet, wie stark die Reflexion beim möglichen Betrachter ist.

Aktuell eingesetzte Module weisen Charakteristiken auf, die zwischen leicht und stark strukturiertem Glas einzuordnen sind (Abb. 4). Glattes Glas erzeugt ideale direkte Reflexionen (Abb. 5 (a)), stark strukturiertes Glas erzeugt stark diffuse Reflexionen (Abb. 5 (b)), welche auch als Lambertscher Strahler bezeichnet werden (vollständige Streuung) und leicht strukturiertes Glas eine gemischte Reflexion, welche auch als gerichtete Diffusspiegelung bezeichnet wird (Abb. 5 (c)).

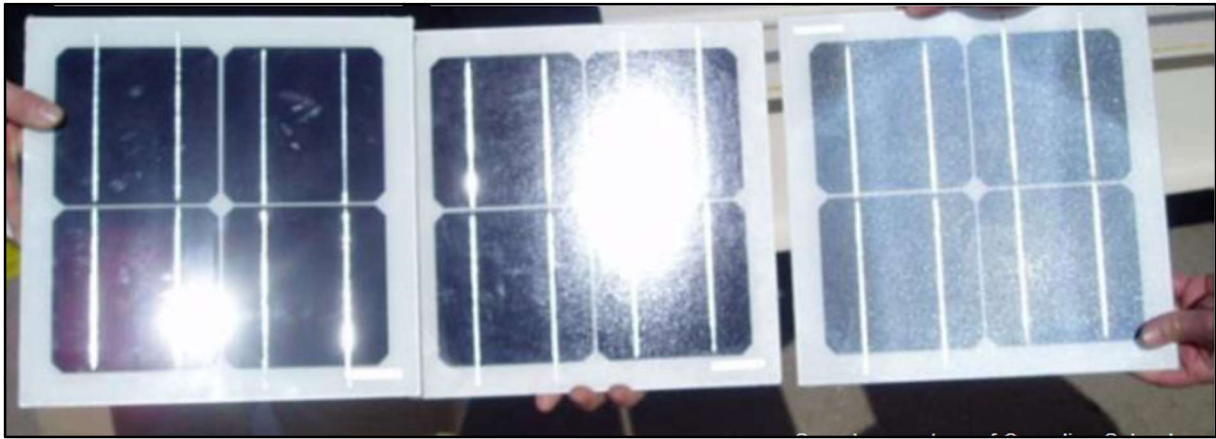


Abb. 4: Links = glattes Glas; Mitte = leicht strukturiertes Glas; Rechts = stark strukturiertes Glas

Quelle: Yellowhair, J. and C.K. Ho. "Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts". *ASME 2015 9th International Conference on Energy Sustainability collocated with the ASME 2015 Power Conference, the ASME 2015 13th International Conference on Fuel Cell Science, Engineering and Technology, and the ASME 2015 Nuclear Forum*. 2015. American Society of Mechanical Engineers

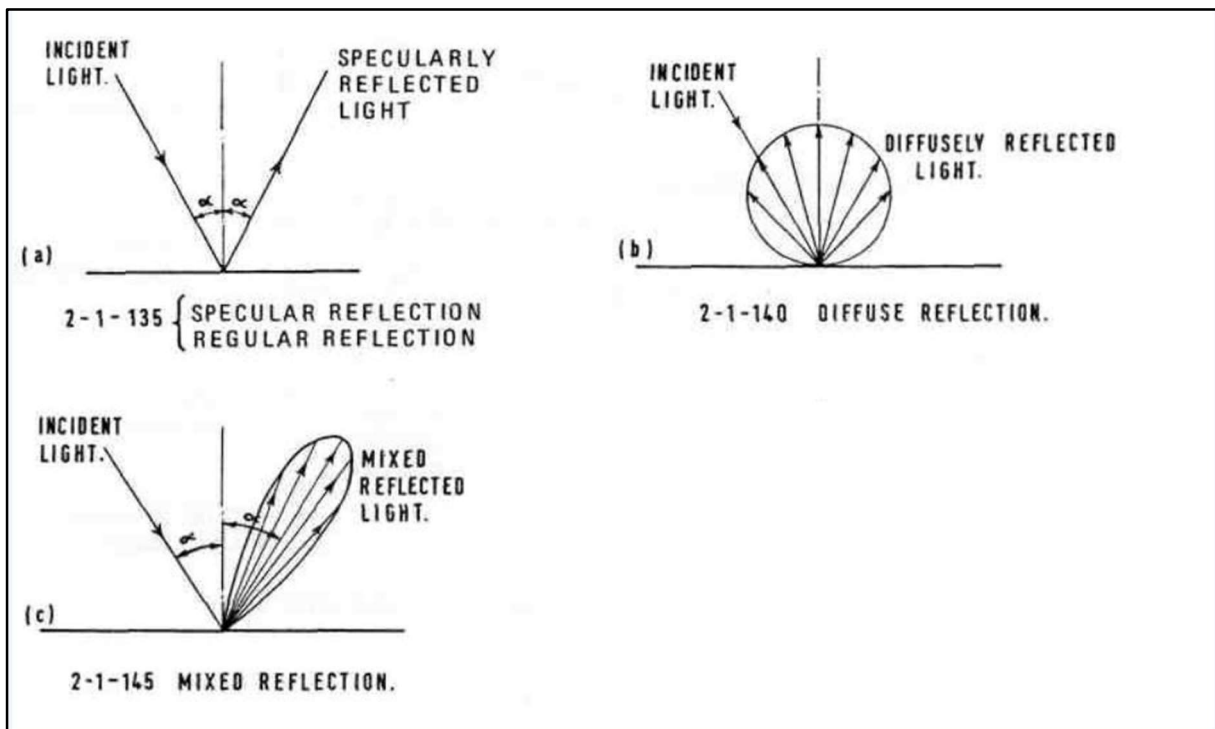


Abb. 5: zeigt die Arten der Reflexionen; (a) = ideale direkte Spiegelung; (b) = ideale diffuse Spiegelung; (c) = gemischte Spiegelung (gerichtete Diffusspiegelung)

Quelle: https://www.iala-aism.org/wiki/dictionary/index.php?title=Mixed_Reflection

Für die worst-case Betrachtung wird davon ausgegangen, dass Module mit nur leicht strukturiertem Glas verwendet werden, die keine Antirefleksionsbeschichtung haben.

Grundsätzlich wird bei jeder Berechnung der potentiellen Reflexionen beim Modul von folgenden worst-case Szenarien ausgegangen:

- Klares Wetter zu jeder Zeit (Abschwächungen durch Ereignisse in der Atmosphäre werden nicht betrachtet)
- Es wird immer die geringste Entfernung zwischen Betrachter und Modul angenommen
- Es werden Moduleigenschaften angenommen, welche die Reflexionswirkung maximieren

Als Ausschlussfaktor ist hierbei die Unterscheidungsfähigkeit zu nennen. So muss (entsprechend der LAI) der Winkel zwischen Reflexionsquelle und Sonne aus Sicht des Betrachters mindestens 10 Grad betragen. Es wird davon ausgegangen, dass die Reflexionen bei einem Differenzwinkel unter diesen 10 Grad zu vernachlässigen sind, da die Blendwirkung der Sonne deutlich höher ist.

Für die Berechnung der physikalischen Blendung ist es wichtig, die Stärke der Reflexion zu quantifizieren, die beim möglichen Betrachter ankommt. Im Vergleich zu der spekularen Reflexion muss also auch betrachtet werden, in wie weit die direkte Reflexion durch die Streuwirkung abgeschwächt wird.

Für leicht strukturiertes Glas wird ein Streuwinkel von 126 mrad (7,21927 Grad) angegeben (Datenbank: ForgeSolar; Messreihendurchschnitt aktueller Modultypen). Die maximale Streuung wird hierbei als maximale Abweichung von der idealen Spiegelung (Abb. 6) definiert.

Geometrisch wird die Streuung als sich ausbreitender Kegel betrachtet, die ihren Ursprung bei dem Modul mit der geringsten Entfernung hat.

Der maximale Radius des Kegels wird trigonometrisch mit der geringsten Entfernung des Betrachters zum spiegelnden Modul errechnet:

$$r_B = d_{min} * \tan(7,219^\circ)$$

r_B = Streuradius beim Betrachter [m]

d_{min} = minimalste Distanz zwischen Modul und Betrachter [m]

Für die tatsächliche Quantifizierung der Lichtstärke wird annäherungsweise das Strahlverbreitungsprinzip eines Lambertischen Strahlers direkt vor dem Betrachter angewendet:

$$L_B = L_M * \frac{1}{A_s}$$

L_B = Leuchtdichte beim Betrachter [cd/qm]

L_M = ausgehende Leuchtdichte vom Modul [cd/qm]

A_s = Streuungsfläche [qm]

Wobei A die Fläche der aufgespannten Halbkugel mit dem Streuradius beim Betrachter ist:

$$A_s = 2 * \pi * r_B^2$$

A_s = Streuungsfläche [qm]

r_B = Streuradius beim Betrachter [m]

In der Realität wird die Strahlverbreitung eher ellipsenähnlich ablaufen, wobei die Ellipse entlang der idealen Spiegelung (Abb. 5 (a)) ihre längste Ausdehnung hat (Abb. 5 (c)). Die Streuung auf eine geometrische Kugel erhöht die Strahldichte künstlich und kann somit ebenfalls als worst-case Szenario betrachtet werden.

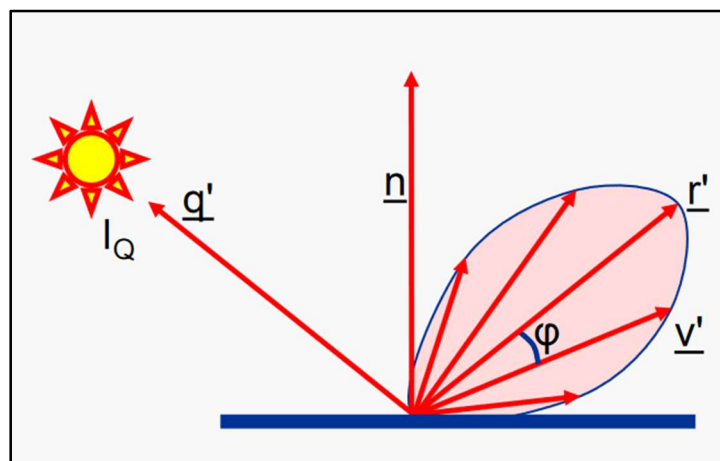


Abb. 6: zeigt das näherungsweise angewendete Berechnungsverfahren; φ = Streuwinkel

Quelle: Prof. Dr. Aris Christidis, Vortrag: Schattierung und Beleuchtung; WS 2018 / 19; Technische Hochschule Mittelhessen

1.3.1 VERKEHR

Da laut LAI Verkehrswege nicht als schutzwürdige Räume definiert sind, wird bei den Verkehrswegen vor allem die physikalische Blendung überprüft um ablenkende Wirkungen auf das Verkehrsgeschehen ausschließen zu können.

Die resultierenden Werte werden mit der Absolutblendung abgeglichen, welche durch die LAI mit 10^5 [cd/qm] definiert sind. Diese Absolutblendung stellt, mit Verweis auf die Eingangs genannte ablenkende Wirkung auf den Verkehr, den Grenzwert für einfallende Strahlung auf Verkehrsteilnehmer dar.

Die beschriebene Berechnung dieser Strahlung findet Anwendung auf alle Verkehrswege in der näheren Umgebung. Da die LAI nicht weiter auf die Blendwirkung auf Verkehrswege eingeht, wird hier die ÖVE R11-3 herangezogen, bei welcher ein maximaler seitlicher Blickwinkel von 30 Grad definiert wird (Abb. 7).

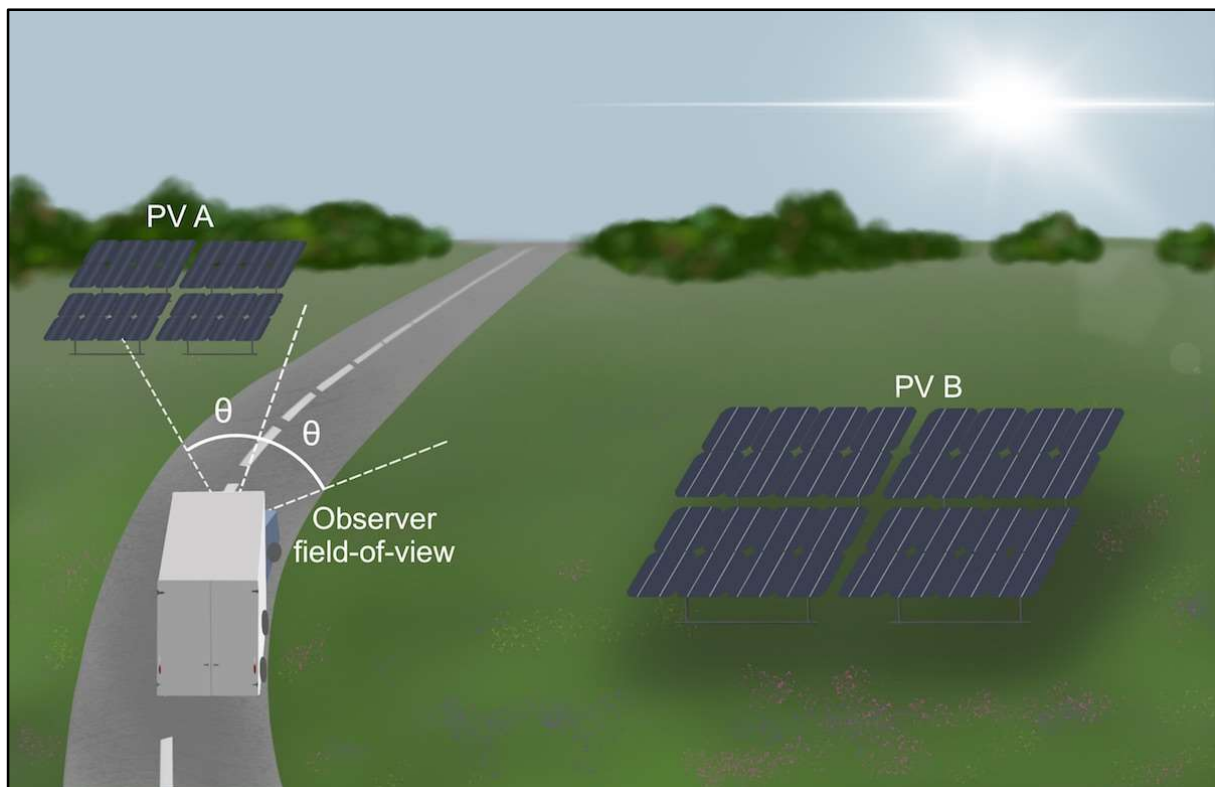


Abb. 7: zeigt eine schematische Zeichnung eines Verkehrsteilnehmers und seine Sichtachsen zu beiden Seiten des Verkehrsweges

Quelle: Rogers, J. A., et al. (2015). "Evaluation of Glare as a Hazard for General Aviation Pilots on Final Approach", Federal Aviation Administration

Eine Gefährdung des Verkehrsgeschehens kann nur dann ausgeschlossen werden, wenn eine Absolutblendung nach angegebener Berechnung auf jegliche Verkehrsteilnehmer ausgeschlossen werden kann.

1.4.0 PSYCHOLOGISCHE BLENDUNG

Laut LAI ist die psychologische Blendung vor allem im Hinblick auf schutzwürdige Räume zu betrachten, welche wie folgt definiert werden:

- Wohnräume
- Schlafräume (einschließlich Übernachtungsräume, in Beherbergungsstätten)
- Ruhe- und Schlafräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Bildungseinrichtungen
- Büroräume, Praxisräume und ähnliche Arbeitsräume

Somit wird im Bereich der psychologischen Blendung vor allem geprüft, ob nahegelegene schutzwürdige Räume beeinträchtigt werden. Diese schutzwürdigen Räume werden im Folgenden auch als Observationspunkte beschrieben.

Für die Einordnung der psychologischen Blendung werden durch die LAI zwei Bewertungen definiert:

- Astronomische Blendzeiten
- Zulässiges Blendmaß

1.4.1 ASTRONOMISCHE BLENDZEITEN

Es wird geprüft, wie hoch die astronomischen Blendzeiten sind und wann diese auftreten. Hierbei wird nicht die Stärke der Reflexion betrachtet, sondern wie viele Minuten am Tag und im Jahr eine pot. Blendung möglich ist.

Die in der LAI genannten Vorgaben werden auch in dieser Analyse als maßgebliche Grenzwerte angesetzt:

Maximal 30 min. pro Tag

Maximal 30 Stunden pro Jahr

Um eine potentielle Belästigung durch Blendung aus zu schließen, werden die Observationspunkte in der Nähe der F-PVA auf diese astronomischen Blendzeiten hin überprüft.

In der LAI wird beschrieben, dass ab einer Distanz von 100m oder weniger eine direkte Nähe zu einer F-PVA besteht und dementsprechend die Astronomischen Blendzeiten bilanziert werden sollen (Abb. 8).

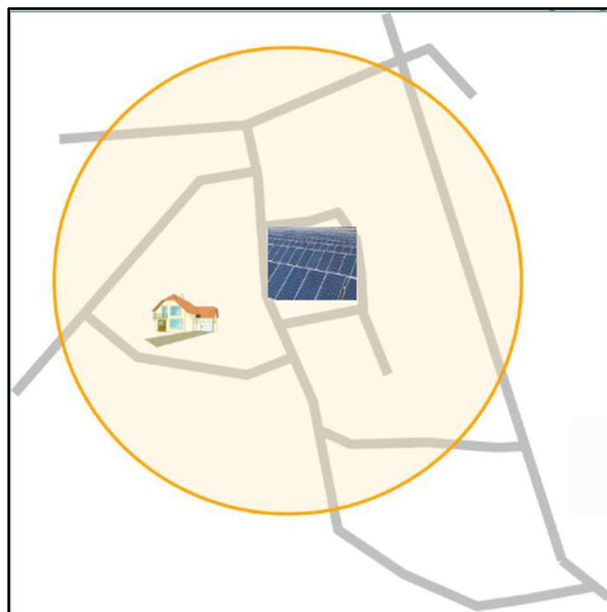


Abb. 8: Auszug aus der LAI; zeigt skizzenhaft ein PV-Feld mit einem 100m Radius

Quelle: „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgruppe für Immissionsschutz“

Abhängig von den Umgebungsbedingungen können aber auch Standorte mit einem Abstand von mehr als 100 Metern auf die genannten Grenzwerte hin überprüft werden. Dies erfolgt dann auf Wunsch des Auftraggebers.

1.4.2 ZULÄSSIGES BLENDMAß

Das zulässige Blendmaß ist eine Möglichkeit, die Lichteinwirkung auf schutzwürdige Räume zu bewerten. Hierbei wird hauptsächlich betrachtet, an welchen Tageszeiten eine Lichtquelle das Potential hat, Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, was störend wirken kann.

Wichtig hierbei ist die Bemerkbarkeit, also die Differenz der Helligkeit zur Umgebung, ausschlaggebend für die Blendwirkung. Eine Reflexion wirkt auf den Betrachter erst dann störend, wenn diese deutlich heller ist als ihre Umgebung.

Für die Berechnung wird auch hier von einem worst-case Szenario ausgegangen, indem die höchste Leuchtdichte innerhalb des Jahres angesetzt wird. Entsprechend Kap. 1.3.0 (Physikalische Blendung) werden auch hier die beim Betrachter effektiv eingehenden Leuchtdichten ermittelt.

$$K_S = 0,1 * (L_B/L_u)^{0,5}$$

L_B = Leuchtdichte beim Betrachter [cd/qm]

L_u = Umgebungsleuchtdichte [cd/qm]

K_S = spezifisches Blendmaß

In der LAI werden Umgebungsleuchtdichten von 10^2 bis 10^3 cd/qm genannt. In der Bewertung wird auch hier vom worst-case Szenario ausgegangen, was in diesem Fall der niedrigere Wert ist, da Reflexionen bei niedrigen Umgebungsleuchtdichten eine höhere Störwirkung haben.

In der LAI werden in Abhängigkeit von dem Einwirkungsort und den Tageszeiten Grenzwerte festgelegt, welche für die Prüfung auf Blendwirkung maßgeblich sind (Tab. 1).

| | Immissionsort (Einwirkungsort) (Gebietsart nach § BauNVO) [2] | Immissionsrichtwert k für Blendung | | |
|---|---|------------------------------------|---------------|--------------|
| | | 6 h bis 20 h | 20 h bis 22 h | 22 h bis 6 h |
| 1 | Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten (§ 3) ¹⁾ | 32 | 32 | 32 |
| 2 | reine Wohngebiete allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10) | 96 | 64 | 32 |
| 3 | Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 6) | 160 | 160 | 32 |
| 4 | Kerngebiete (§ 7) ²⁾ Ge- werbegebiete (§ 8) In- dustriegebiete (§ 9) | - | - | 160 |

¹⁾ Wird die Beleuchtungsanlage regelmäßig weniger als eine Stunde pro Tag eingeschaltet, gelten auch für die in Zeile 1 genannten Gebiete die Werte der Zeile 2.

²⁾ Kerngebiete können in Einzelfällen bei geringer Umgebungsbeleuchtung ($L_{u, \text{mess}} < 0,1 \text{ cd/m}^2$) auch Zeile 3 zugeordnet werden.

Tab. 1: Immissionsrichtwerte zur Festlegung der maximal zulässigen Blendung durch technische Lichtquellen

Quelle: „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgruppe für Immissionsschutz“

2.0.0 ANALYSE

2.1.0 PROJEKTÜBERSICHT

Bei dem Projekt Zeschdorf handelt es sich um eine Freiflächen-Photovoltaik-Anlage im Gemeindegebiet Zeschdorf.

Strukturell ist die Anlage durch den Verlauf einer Bahnstrecke in zwei Anlagenteile aufgeteilt. Die Bahnstrecke nimmt innerhalb der Entwicklung eine hohe Bedeutung ein, da sie den sog. Einspeisevergütung nach EEG 2023 sicherstellt. Innerhalb dieser Blendanalyse wird die Bahnstrecke vor allem in Bezug auf mögliche Beeinträchtigungen des Bahnbetriebes geprüft.

| Projekt | Zeschdorf |
|--------------------|--|
| Anlagenart | Freiflächen Photovoltaik |
| Koordinaten | 52°26'32.1"N 14°28'09.9"E |
| Observationspunkte | Betriebsgelände Gascade |
| Verkehrslinien | 1x Bahnstrecke / 1x Bundesstraße / 2x Gemeindestraße |
| Azimutausrichtung | 0° Süd |
| Elevation | 15° / 20° / 25° |

Tab. 2: Standortspezifikationen



Abb. 9: zeigt den Lageplan der geplanten Anlage; orangene Fläche zeigt die Anlagenbereich; rote Markierungen zeigen Verkehrslinien; a = Bahnstrecke; b = Bundesstraße 167; c = Ernst-Thälmann-Straße; d = Schönfließer Straße

2.2.0 BEOBACHTUNGSPUNKTE/- STRECKEN

Es gibt in direkter Umgebung um die geplante Anlage mehrere Verkehrswege und ein Industriegelände, welche als potentielle Immissionsstandorte/-bereiche festgestellt wurden.

Eine besondere Betrachtung bekommen die Bahnstrecke (Abb. 9, Markierung „a“) und die Bundesstraße (Abb. 9, Markierung „b“). Ebenso werden die beiden Gemeindestraßen betrachtet, welche von der Bundesstraße abgehen.

2.2.1 VERKEHRSLINIE A: BAHNSTRECKE

Bei der Bahnstrecke handelt es sich um eine eingleisige Verbindung zwischen Frankfurt (Oder) und Seelow (Mark) (Abb. 10), welche von nord/nord-west nach süd/süd-ost durch das Anlagengebiet verläuft und die beiden Anlagenflächen teilt.

In Bezug auf die möglichen Blendwirkungen ist hierbei der annähernd nord-südliche Verlauf essentiell. Die Fahrtrichtung beträgt ca. 17 Grad west. Der nord-südliche Verlauf hat den Effekt, dass Zugführer aus ihrem Führerstand keinen Blickwinkel einnehmen können, bei welchem ein entsprechender Reflexionswinkel die Sonneneinstrahlung in deren Blickrichtung ablenken könnte.

Es konnten keine astronomischen Blendzeiten ermittelt werden und damit auch keine Absolutblendungen.

| Betrachter | Bahnstrecke |
|--|-------------|
| Potentiell beeinträchtigende Reflexion | nein |
| Maximale Leuchtdichte beim Modul | - cd/qm |
| Minimale Entfernung | - meter |
| Maximale Leuchtdichte beim Betrachter | - cd/qm |

Tab. 3: Zeigt die standortspezifischen Ergebnisse

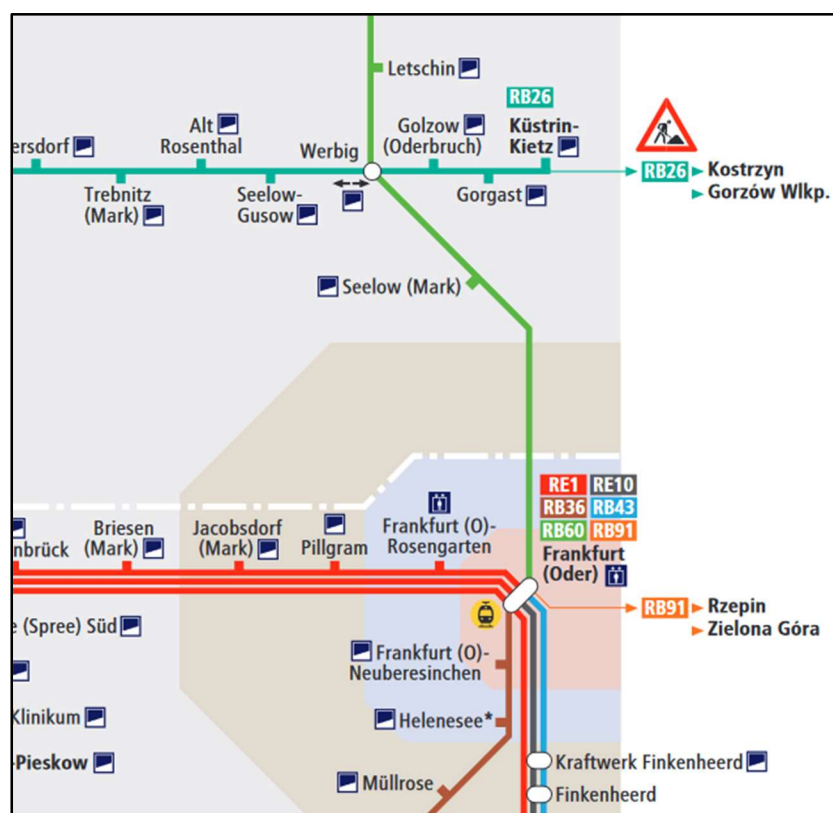


Abb. 10: zeigt einen Ausschnitt aus dem Liniennetz des Verkehrs-Bundes-Berlin; grüne Fahrstrecke zeigt die betreffende Bahnlinie (RB60)

Quelle: <https://www.vbb.de/fahrinformation/liniennetze/>

2.2.2 VERKEHRSLINIE B: BUNDESSTRAÙE 167

Die BundesstraÙe B 167 ist der direkte Verbindungsweg zwischen der Stadt Lebus und Seelow, wo sie an der BundesstraÙe 1 anschlieÙt.

Die hauptsächlichen Blendzeiten können sowohl im April von frühestens 6:04 Uhr bis spätestens 6:48 Uhr vorkommen, als auch Ende August/Anfang September zu den gleichen Uhrzeiten (Abb. 11). Da die Blendzeiten nur morgens eintreten würde die Emissionsrichtung also immer nach Westen ausgerichtet sein. Damit wäre der Verkehr in Richtung der Stadt Lebus der potentiellen Einwirkort.

Die geringste Entfernung zu diesem Verkehr mit einem maximal nach osten gerichteten Blickwinkel von 30 Grad (Kap. 1.3.1) wäre 69,8 meter (Abb. 13)

Die maximal möglichen Leuchtdichten wurden am 16. April mit 1.881.133 cd/qm mit einer Modulelevation von 25 Grad ermittelt (Abb. 12).

Die maximale Leuchtdichte beim Verkehrsteilnehmer beträgt 3.839,74 cd/qm.

Damit sind die maximalen Leuchtdichten der potentiellen Blendungen beim Verkehrsteilnehmer deutlich unter den 100.000 cd/qm und eine Absolutblendung kann ausgeschlossen werden.

| Betrachter | BundesstraÙe 167 |
|--|------------------|
| Potentiell beeinträchtigende Reflexion | Ja |
| Maximale Leuchtdichte beim Modul | 1.881.133 cd/qm |
| Minimale Entfernung | 69,8 meter |
| Maximale Leuchtdichte beim Betrachter | 3.839,74 cd/qm |

Tab. 4: Zeigt die standortspezifischen Ergebnisse

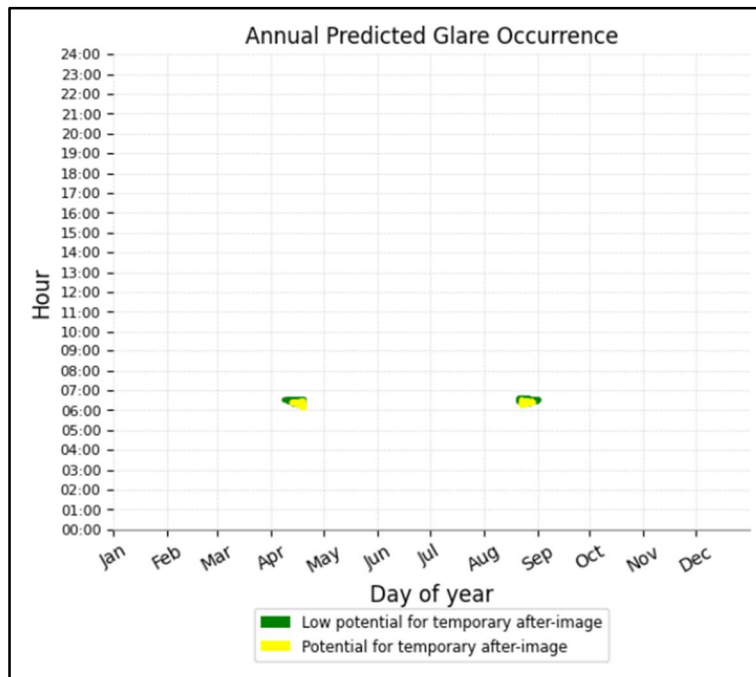


Abb. 11: zeigt die potentiellen Blendzeiten im Jahresverlauf

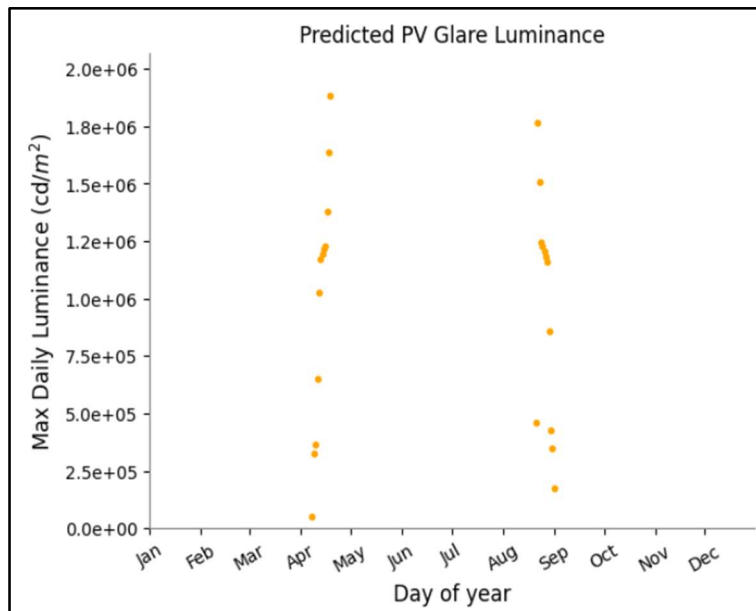


Abb. 12: zeigt die maximalen potentiellen Leuchtdichten

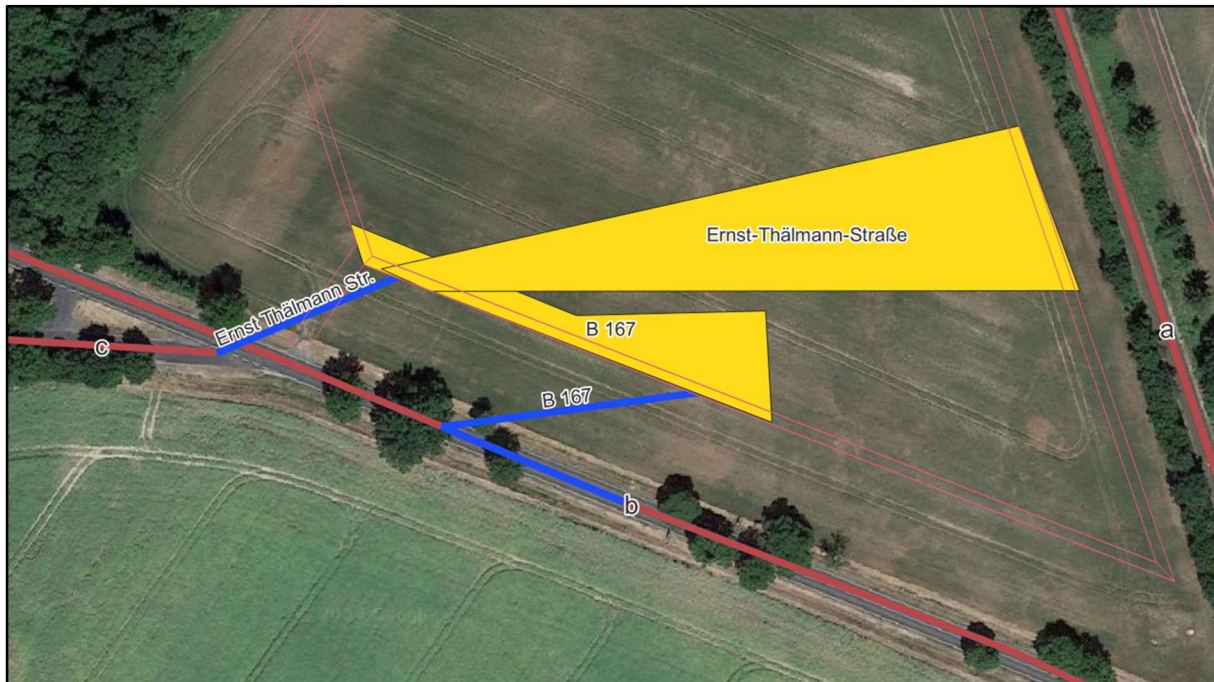


Abb. 13: zeigt den Lageplan der geplanten Anlage; gelbe Flächen zeigen die Anlagenbereiche mit Blendungspotential; rote Markierungen zeigen Verkehrslinien; b = Bundesstraße 167; c = Ernst-Thälmann-Straße; blaue Linien = Sichtlinien der Verkehrsteilnehmer mit der geringsten Entfernung zu den Anlagenbereichen

2.2.3 VERKEHRSLINIE C: ERNST-THÄLMANN-STRAßE

Die Ernst-Thälmann-Straße bildet die Anbindung der Ortschaft Niederjesar an die Bundesstraße 167.

Potentielle Blendwirkungen für diese Straße betreffen die Fahrtrichtung von der Ortschaft Niederjesar in Richtung der Bundesstraße 167 und sind auf den Anschlussbereich an die Bundesstraße begrenzt.

In diesem Anschlussbereich konnten potentielle Blendzeiten von mitte April bis mitte August ermittelt werden. Die früheste Blendung könnte am 14. Juni um 4:56 Uhr vorkommen, die späteste Blendung könnte am 17. August um 6:21 Uhr vorkommen (Abb. 14).

Die geringste Entfernung von dem Anschlussbereich (Kreuzung Ernst-Thälmann-Straße/B 167) beträgt 52,6 meter (Abb. 13).

Die maximale potentielle Leuchtdichte beim Modul beträgt 1.624.674 cd/qm und können am 21. Juli vorkommen (Abb. 15). Die maximale Leuchtdichte beim Verkehrsteilnehmer beträgt 5.839,66 cd/qm.

Damit sind die maximalen Leuchtdichten der potentiellen Blendungen beim Verkehrsteilnehmer deutlich unter den 100.000 cd/qm und eine Absolutblendung kann ausgeschlossen werden.

| Betrachter | Ernst-Thälmann-Straße |
|--|-----------------------|
| Potentiell beeinträchtigende Reflexion | Ja |
| Maximale Leuchtdichte beim Modul | 1.624.674 cd/qm |
| Minimale Entfernung | 52,6 meter |
| Maximale Leuchtdichte beim Betrachter | 5.839,66 cd/qm |

Tab. 5: Zeigt die standortspezifischen Ergebnisse

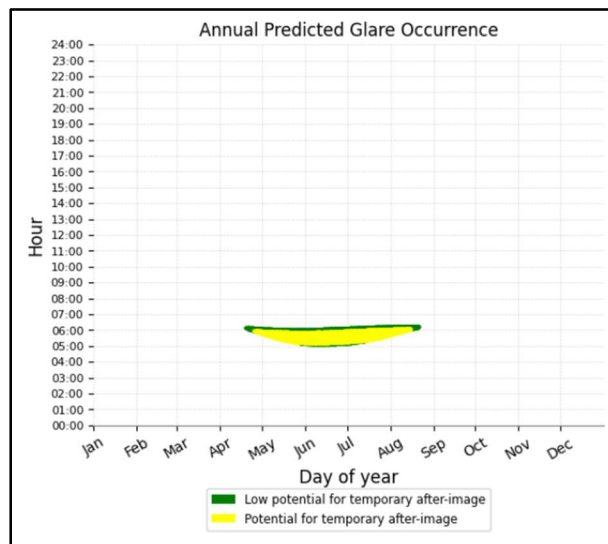


Abb. 14: zeigt die potentiellen Blendzeiten im Jahresverlauf

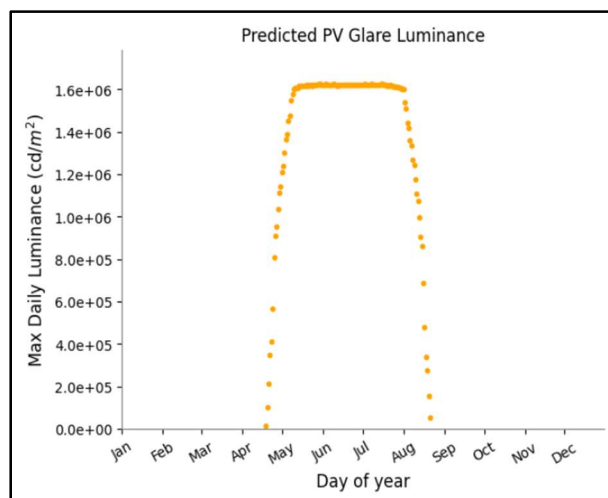


Abb. 15: zeigt die maximalen potentiellen Leuchtdichten

2.2.4 VERKEHRSLINIE D: SCHÖNFLIEßER STRAÙE

Die Schönfließer Straße dient als Hauptanbindung der Ortschaft Mallnow an die Bundesstraße 167 und führt von nord-osten auf der östlichen Seite direkt an dem Anlagenbereich vorbei.

Bei der Betrachtung der Blendwirkungen tritt ein vergleichbarer Effekt wie bei der Analyse der Bahnstrecke (Kap. 2.2.1). Auch hier konnten keine Zeiten im Jahresverlauf ermittelt werden, bei denen der astronomische Einstrahlungswinkel der Sonne durch die Module in die Blickrichtungen (beide Fahrtrichtungen) der Verkehrsteilnehmer ablenken könnte.

Es konnten keine astronomischen Blendzeiten ermittelt werden und damit auch keine Absolutblendungen.

| Betrachter | Schönfließer Straße |
|--|---------------------|
| Potentiell beeinträchtigende Reflexion | Nein |
| Maximale Leuchtdichte beim Modul | - cd/qm |
| Minimale Entfernung | - meter |
| Maximale Leuchtdichte beim Betrachter | - cd/qm |

Tab. 6: Zeigt die standortspezifischen Ergebnisse

2.2.5 OBSERVATIONSAREAL: GASCADE (BETRIEBSGELÄNDE)

Östlich der geplanten Anlage liegt ein Werksareal der GASCADE Gastransport GmbH. Dieses Betriebsgelände wird ebenfalls auf mögliche Blendeinwirkungen geprüft (Abb. 16).

Grundlegend wurde hier nach schutzwürdigen Räumen entsprechend der LAI gesucht. Nach aktueller Bildgebung durch die Google Streetview (copyright: Google LLC) Anwendung konnten keine Schutzwürdigen Räume identifiziert werden (Bild 17 / Bild 18).

Des weiteren verhindern der Erdhügel und die starke Vegetation eine Blendeinwirkung auf das Gelände (Bild 19).

| Betrachter | Betriebsgelände |
|--|---------------------------------|
| Potentiell beeinträchtigende Reflexion | Nein |
| Maximale Leuchtdichte beim Modul | - cd/qm |
| Minimale Entfernung | - meter |
| Maximale Leuchtdichte beim Betrachter | - cd/qm |
| Blendmaß | - |
| Maximale Reflexionszeiten | - Minuten/Tag - Stunden/Jahr |

Tab. 7: Zeigt die standortspezifischen Ergebnisse



Abb. 16: zeigt den Lageplan der geplanten Anlage; orangene Flächen zeigen die Anlagenbereiche; zentral: das Werksareal der GASCADE Gastransport GmbH; Punkt 1: südliche Zufahrt; Punkt 2: Hauptzufahrt



Abb. 17: Google Streetview Sicht der Hauptzufahrt (Punkt 2); es konnte ein Betriebsgebäude ohne Fenster identifiziert werden; Stand: Juni 2022

Quelle: Google Streetview; copyright: Google LLC



Abb. 18: Google Streetview Sicht der südlichen Zufahrt (Punkt 1); es konnte kein Betriebsgebäude mit schutzwürdigen Räumen identifiziert werden; Stand: Juni 2022

Quelle: Google Streetview; copyright: Google LLC



Abb. 19: Google Streetview Sicht aus Straßensicht; auf rechter Seite ist ein deutliche Vegetation zu erkennen; Stand: Juni 2022

Quelle: Google Streetview; copyright: Google LL

3.0.0 ZUSAMMENFASSUNG

| Betrachter | Absolutblendung | Blendmaß | Blendzeiten | Ergebnis |
|----------------|--|--------------------|--|---------------------------|
| Bahn | Keine Astronomischen Blendzeiten | - | - | Keine Blendung |
| Gemeindestraße | 3.839,74 cd/qm < 10 ⁵ cd/qm =keine Blendung | - | - | Keine Blendung |
| OB 1 | 5.839,66 cd/qm < 10 ⁵ cd/qm =keine Blendung | - | - | Keine Blendung |
| OB 2 | Keine Astronomischen Blendzeiten | - | - | Keine Blendung |
| OB 3 | - | Kein Einwirkort | Keine Astronomischen Blendzeiten | Keine Blendung |

Tab. 9: Zeigt die Ergebnisse der Blendanalyse

Fazit:

Es konnten keine Blendwirkungen entsprechend der geltenden Normen ermittelt werden.

Es müssten keine bauliche Maßnahmen zur Reduzierung von Blendungen angewendet werden.

4.0.0 GEWÄHRLEISTUNG

Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Verwendung der zugearbeiteten Unterlagen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die verwendeten Hilfsmittel befinden sich auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik. Dennoch können Irrtümer oder Abweichungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Hierfür wird von uns ausdrücklich keine Haftung übernommen. Gewährleistungen jeder Art sind ausgeschlossen

5.0.0 LITERATURVERZEICHNIS

- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (Leitfaden). 2012. [Online]. Verfügbar unter: https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lichthinweise-2015-11-03mit-formelkorrektur_aus_03_2018_1520588339.pdf
- Volker Quaschnig, Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation, 9. Aufl. Carl Hanser Verlag München, 2015
- J. Yellowhair und C. K. Ho, „Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts“, San Diego, California, USA, Juni 2015, S. V002T11A003. doi: 10.1115/ES2015-49481
- Prof. Dr. Aris Christidis, Vortrag: Schattierung und Beleuchtung; WS 2018 / 19; Technische Hochschule Mittelhessen
- Thorsten Thormählen, 12. Dezember 2022; Vortrag: Grafikprogrammierung Licht und Materialien; Philipps-Universität Marburg / Fachbereich Mathematik und Informatik
- Clifford K. Ho, Cheryl M. Ghanbari, Richard B. Diver; Methodology to assess potential glint and glare Hazards from concentrating Solar Power Plants: Analytical Models and Experimental Validation; August 2011
- Karin Kolbe; Untersuchung von Oberflächenreflexen zur Gewinnung der beleuchtenden Lichtfarbe; Februar 2007