

DGS Gesellschaft für Solarenergie Berlin mbH

Erich-Steinfurth-Str. 8

10243 Berlin

Phone +49 (030) 29 38 12 80

Email dgs@dgs-berlin.de

Web www.dgs-berlin.de

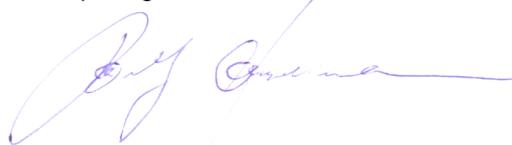
Fachgutachten zur Bewertung der Blendwirkung durch Reflexion an PV-Modulen (Blendgutachten) für den Solarpark Eschenbach

Anlage: Solarpark Eschenbach
49°44'46.06"N, 11°51'49.44"O
92676, Eschenbach in der Oberpfalz

in Auftrag gegeben von: Buß Solar
Nordring 82
46325 Borken

Projektnummer: A-GmbH25/0015

Gutachter: Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ralf Haselhuhn', with a blue arrow pointing downwards from the signature towards the name 'Markus Stich, M. Sc.' below.

Bearbeiter: Markus Stich, M. Sc.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'MS', with a blue arrow pointing downwards from the signature towards the name 'Markus Stich, M. Sc.' above.

Berlin, 29.04.2025

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.....	3
2	Beschreibung der Umgebung	3
3	Beschreibung der PV-Anlage.....	4
4	Grundlagen der Optik.....	6
	4.1 Geometrische Reflexionssituation.....	6
	4.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen	7
	4.3 Blendung.....	9
5	Methodik der Untersuchung	10
	5.1 Bewertungsbasis	10
	5.2 Simulationstool und Modellierung	11
	5.3 Simulationsausgabe und -bewertung	12
6	Simulation.....	13
	6.1 PV-Anlage.....	13
	6.2 Immissionsorte.....	15
7	Ergebnisse	18
	7.1 Zufahrt Witzlhof	20
	7.2 Beobachtungspunkt 5.....	21
	7.3 Beobachtungspunkt 6.....	22
8	Zusammenfassung.....	23
9	Literaturverzeichnis	24
10	Abbildungsverzeichnis.....	25
11	Gewährleistung	26
12	Vorbehaltsklausel für die Veröffentlichung des Gutachtens	26

1 Einleitung

Im folgenden Gutachten wird die durch Reflexion direkter Sonneneinstrahlung verursachte Lichtemission der geplanten PV-Anlage (PVA) Eschenbach und die damit einhergehende potenzielle Beeinträchtigung der Umgebung untersucht und nach den *Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz* (kurz: LAI) bewertet. Es werden Zeitraum und Immissionswinkel potenzieller Blendung ermittelt und bei Bedarf Blendschutzmaßnahmen erarbeitet, um eine solche zu verhindern.

2 Beschreibung der Umgebung

Gelegen ist der geplante Solarpark östlich der Stadt Eschenbach in der Oberpfalz im Landkreis Neustadt an der Waldnaab in Bayern. Die Flächen des Solarparks werden derzeit als Ackerland genutzt. Südwestlich des Solarparks liegt die St2168, westlich der Ortsteil Thomasreuth. Nördlich schließt ein Forstgebiet an den Solarpark an und im Osten mehrere Höfe. Eine Übersicht der Umgebung ist in Abbildung 1 gegeben.



Abbildung 1: Modulflächen der geplanten PVA in Blau und Umgebung (Quelle: Google Earth)

3 Beschreibung der PV-Anlage

Die PVA ist mit einer DC-Leistung von 30 MWp geplant. Alle Modulflächen werden mit einachsigen nachgeführten Tischkonstruktionen ausgeführt, der Belegungsplan ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Rotationsachse entspricht dabei für die drei südlicheren Modulfelder 27/207° und für die drei nördlicheren Felder 13/193° und liegt auf einer Höhe von 2,73 m. Die Tischbreite ergibt sich mit zwei vertikal angeordneten Modulen zu 4,96 m, der Reihenabstand liegt bei 11 m. Eine Darstellung der Unterkonstruktion ist in Abbildung 3 gegeben.

Bei dieser Art von nachgeführten Systemen folgt der Neigungswinkel dem Sonnenstand, von hohen Neigungswinkeln bei tiefstehender Sonne, zu flachen Winkeln bei hochstehender Sonne. Bei tiefstehender Sonne führt ein hoher Neigungswinkel jedoch - je nach Reihenabstand und Tischbreite - zur Eigenverschattung der Modulreihen. Dies wird durch ein aktives „Backtracking“ verhindert, durch welches bei auftretender Eigenverschattung der Modulreihen der Neigungswinkel reduziert wird. Der Verlauf des Neigungswinkels ergibt sich für dieses System dann wie exemplarisch dargestellt in Abbildung 13 und Abbildung 14, wobei der Neigungswinkel bei Ostausrichtung negativ dargestellt ist. Je nach Hersteller ist auch eine Anpassung dieses Nachführverhaltens möglich, beispielsweise die Begrenzung der Absenkung des Neigungswinkels bei sehr tiefem Sonnenstand.



Abbildung 2: Modulbelegungsplan (Quelle: Auftraggeber)

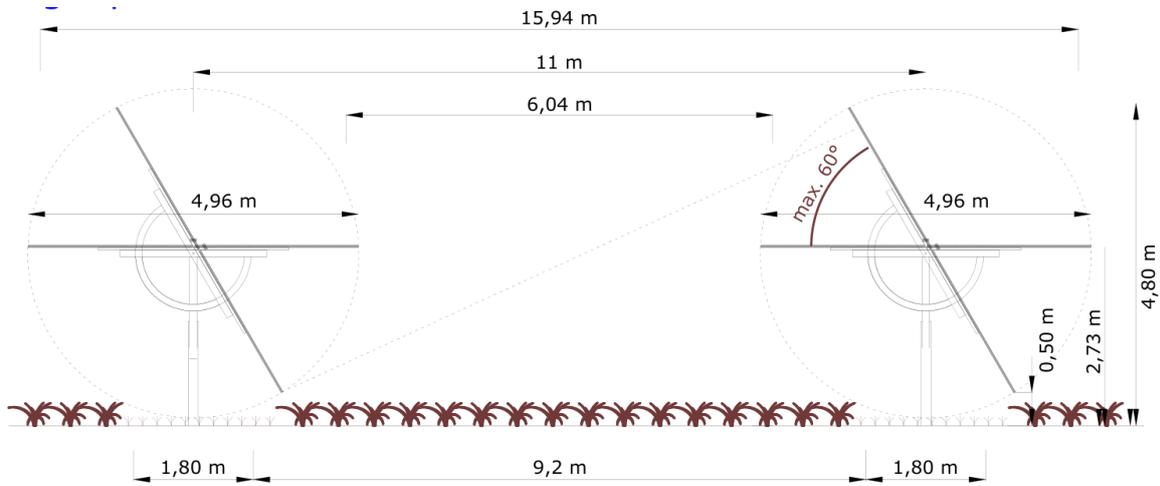


Abbildung 3: Zeichnung der Unterkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

4 Grundlagen der Optik

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

4.1 Geometrische Reflexionssituation

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

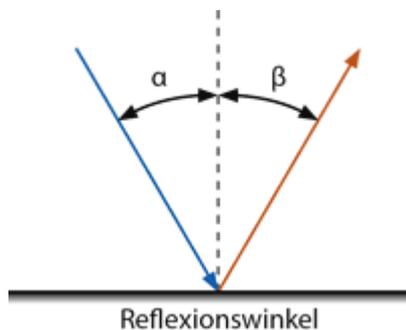


Abbildung 4: Reflexion eines Lichtstrahls

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

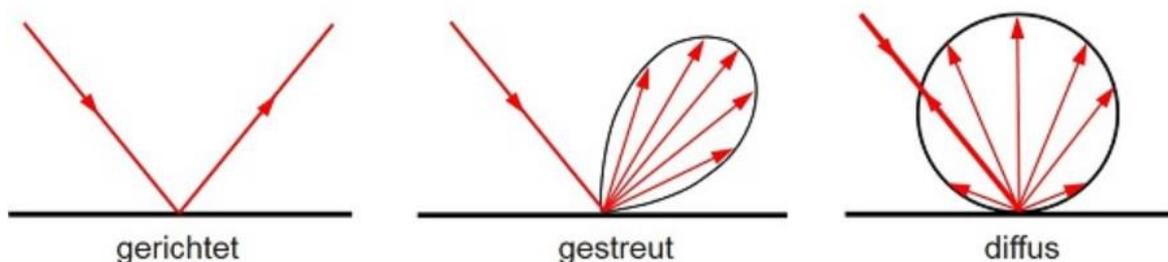


Abbildung 5: (a) gerichtete Reflexion, (b) reale Reflexion, (c) ideale diffuse Reflexion [1]

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

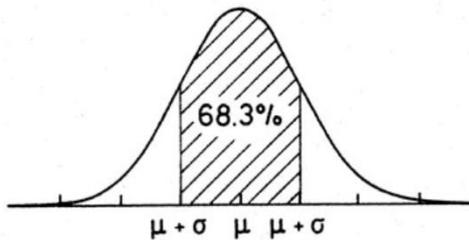


Abbildung 6: Standardabweichung um Maximum einer Normalverteilung

4.2 Reflexionseigenschaften verschiedener Modultypen

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

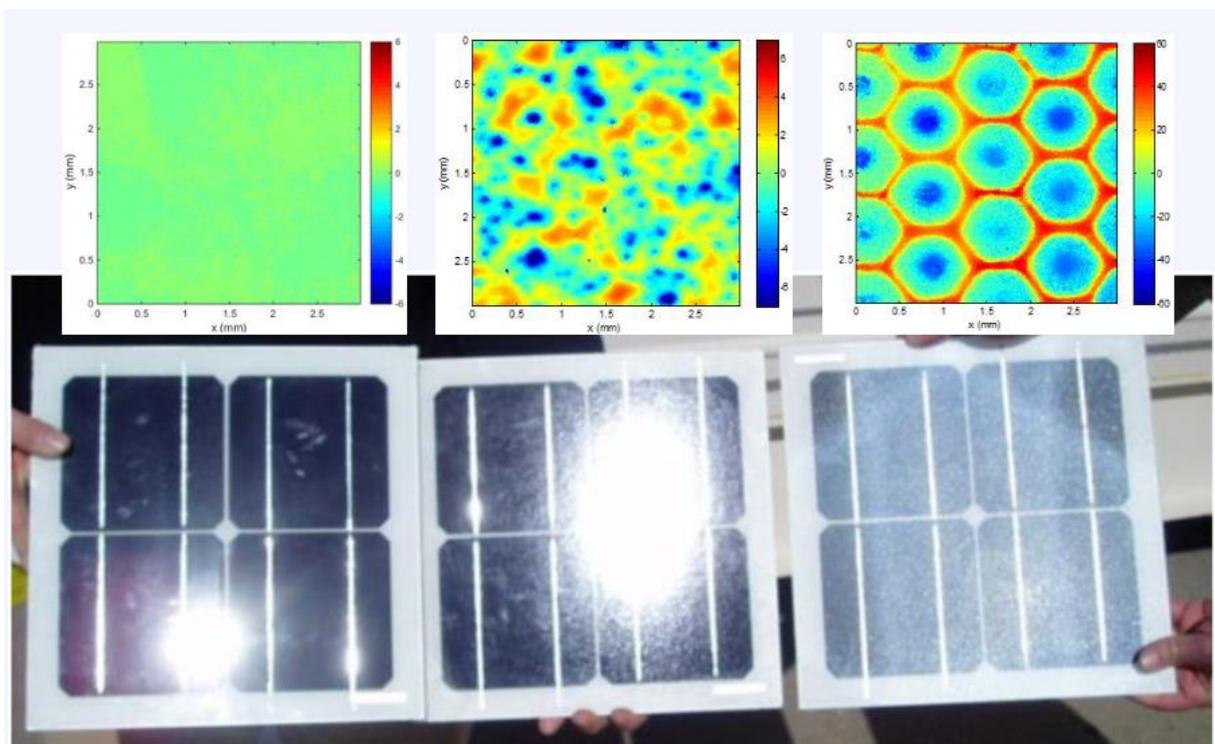


Abbildung 7: Messung der Oberflächenstruktur und Aufnahmen der Reflexion an Solarmodulen mit verschiedener Frontglas-Strukturierung, links: glattes Floatglas, mitte: leicht strukturiert mit Anti-Reflexionsschicht, rechts: tief strukturiert [2]

In der Messdatenanalyse wurde für Floatglas eine Strahlweite von 20 mrad (1,15°), für leicht- bis mittelstark texturiertes Glas eine Aufweitung von 92-184 mrad (5,27-10,56°) und für tiefstrukturiertes Glas 1000 mrad (57°) gemessen [2]. Während leicht bis mittelstark strukturiertes Glas bereits als Standardprodukt vertrieben wird, handelt es sich bei tiefstrukturiertem Glas noch nicht um Massenware, da die Herstellung mit erheblichen Mehrkosten einhergeht. Alternativ ist jedoch auch das Aufbringen geeigneter Folien oder das Verwenden von satiniertem Glas eine Möglichkeit, um beinahe vollständig blendfreie Module herzustellen, siehe Abbildung 8.



Abbildung 8: links: Module mit satinierter Folie [3], rechts: nachträglich sandgestrahltes Modul [4]

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

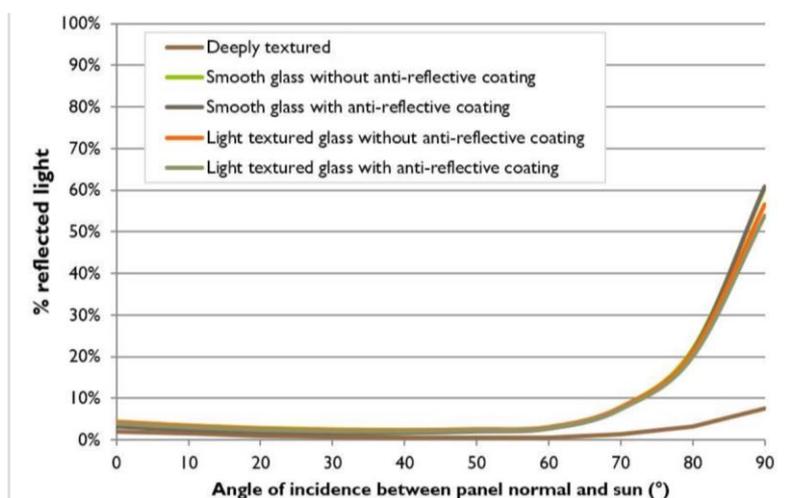


Abbildung 9 Reflexionsgrad über Einfallswinkel für verschiedene Modultypen [2]

4.3 Blendung

Blendung wird hier definiert als eine Störung der Wahrnehmung durch eine Lichtquelle. Hierfür ist zum einen die gewichtete Helligkeit des Sichtfeldes relevant, welche zu einer entsprechenden Adaption des Auges führt, zum anderen die Helligkeit des Objekts, auf welches das Auge fokussiert ist und welches wahrgenommen werden soll.

Es wird zwischen einer Blendung, welche eine Beeinträchtigung der Sicht zur Folge hat und einer Blendung, welche „nur“ als unangenehm empfunden wird, unterschieden. Während eine Beeinträchtigung der Sicht in Verkehrssituationen gänzlich vermieden werden sollte, ist für ortsfeste Beobachter eine kurzzeitige Beeinträchtigung durch Blendung ein geringeres Problem als eine lang andauernde „nur“ unangenehm empfundene Blendung. Wann eine Reflexion als unangenehm empfunden wird, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. In der Literatur werden verschiedene Berechnungsmethoden vorgeschlagen, es hat sich jedoch bisher kein Standard etablieren können [5].

Eine Beeinträchtigung der Sicht liegt vor, wenn die Helligkeit der Blendquelle (gewichtet mit deren Entfernung zum zentralen Sichtfeld) eine Anhebung der adaptiven Helligkeit zur Folge hat, welche dazu führt, dass das Ziel nicht mehr richtig wahrgenommen werden kann. Dies wird in Abbildung 10 verdeutlicht: Erhöht sich die adaptive Helligkeit, erhöht sich auch die minimale Helligkeit, die ein Objekt haben muss, um gut erkennbar zu sein. Das Anpassungsvermögen an die Umgebungshelligkeit endet bei einer Helligkeit zwischen $10^4 - 10^5 \text{ cd/m}^2$, was dann als Absolutblendung bezeichnet wird. Ob es durch eine Blendquelle zu einer Absolutblendung kommt, hängt somit immer auch von der Blickrichtung zu dieser ab und ist in der Regel nur bei einer Blickrichtung direkt in die Blendquelle oder in deren direkte Nähe möglich.

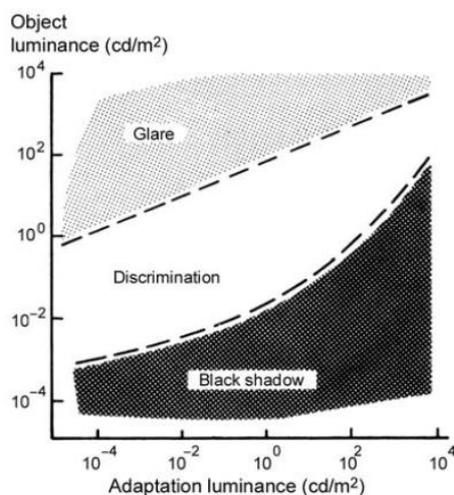


Abbildung 10: Wahrnehmungsbereiche von Objekthelligkeiten in Abhängigkeit der Helligkeitsadaption des Auges [5]

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 [6]

Ist einer dieser Räume von Blendung betroffen, wird überprüft, ob es zu einer erheblichen Belästigung im Sinne der LAI-Hinweise kommt. Derzeit gibt es dafür in Deutschland keine gesetzlichen Regelungen, bzw. Grenzwerte. Allerdings leiten die LAI-Hinweise Bewertungsgrößen aus einem Hinweispapier für Windenergieanlagen [7] 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.“ [6]*

Liegt die Blenddauer unterhalb dieser Grenzwerte wird die Blendung als allgemein hinnehmbar bewertet. Auch der Österreichische Verband für Elektrotechnik veröffentlichte im November 2016 eine Richtlinie mit identischen Richtwerten für die Ermittlung von durch Blendung verursachte Belästigung [8]. Zusätzlich zu den schutzwürdigen Räumen muss überprüft werden, ob die auftretende Blendung die Sicherheit von folgenden Bereichen gefährdet:

- Straßenverkehr
- Schienenverkehr
- Schifffahrtsverkehr
- Flugverkehr

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

5.2 Simulationstool und Modellierung

Als Simulationstool zur Bestimmung der auftretenden Blendung wird das Programm *ForgeSolar* der Firma Sims Industries, LLC verwendet. Dieses basiert auf dem wissenschaftlichen Modell „Solar Glare Hazard Analysis Tool“, welches durch die Sandia National Laboratories, New Mexico entwickelt wurde. Dieses wurde 2013 in den USA von staatlicher Seite anerkannt und bis 2021 war eine Analyse mit diesem Tool verpflichtend für PV-Flächen in Flughafenumgebung [9].

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

- Die Blendwirkung wird unabhängig vom Bedeckungsgrad des Himmels berechnet. Somit ergeben sich die astronomisch maximalen Blendzeiträume. Das entspricht einer „worst case“ Betrachtung der Blendsituation. Das Vernachlässigen der Wetterverhältnisse empfiehlt auch das Ministerium für Umwelt [6] und die TU Ilmenau [10].
- Zur Bewertung des Straßenverkehrs wird nur die Blendung im Bereich des Blickwinkels von $\pm 30^\circ$ berücksichtigt, ausgehend von der jeweiligen Fahrtrichtung. Zur Bewertung des Bahnverkehrs wird die Blendung im Bereich des Blickwinkels von $\pm 20^\circ$ berücksichtigt. Zudem werden Blendungen nicht betrachtet, welche aus der gleichen Richtung wie die direkte Sonnenstrahlung kommen. Somit muss die Differenz der Richtungsvektoren von Reflexionsstrahl und Sonneneinstrahlung weniger als 10° betragen. Dies wird begründet dadurch, dass die Sonne, die eine höhere Lichtintensität aufweist als die Reflexion, als Hauptblendquelle wahrgenommen wird und die Reflexion in diesen Fällen keine zusätzliche Blendungsquelle darstellt [8].
- Der Immissionsort im Straßenverkehr wird in der Regel auf eine Höhe von 3 m festgelegt, was in etwa der Sichthöhe von Lastkraftwagen entspricht. Grund hierfür ist, dass in der Regel höhere Beobachtungspositionen auch einer stärkeren Blendung ausgesetzt sind. In Situationen, in denen das nicht zutrifft, weil eine Blendung von oben stattfindet, wird die Sichthöhe stattdessen auf 1,5 m über dem Boden festgelegt, um in diesem Fall einen PKW abzubilden. Der Immissionsort von Bahntrassen wird typischerweise auf 3 m über dem Boden festgelegt.

Für weitere Informationen wird an dieser Stelle auf die Webseite von ForgeSolar verwiesen [11].

5.3 Simulationsausgabe und -bewertung

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

- Die Einstrahlungsstärke der Sonne in Abhängigkeit der Uhrzeit [W/m²]
- Der berechnete Reflexionsgrad des PV-Fläche [-]
- Alle Strahlungsvektoren
- Der Raumwinkel des blendenden Bereichs der PV-Fläche aus Sicht des Beobachters [rad]
- Die Bestrahlungsstärke der Reflexion auf der Netzhaut [W/cm²]
- Die Einstufung des Blendpotenzials auf Basis der Bestrahlungsstärke und der Größe der Blendquelle [grün/gelb/rot]
- Leuchtdichte der Blendung [cd/m²]

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

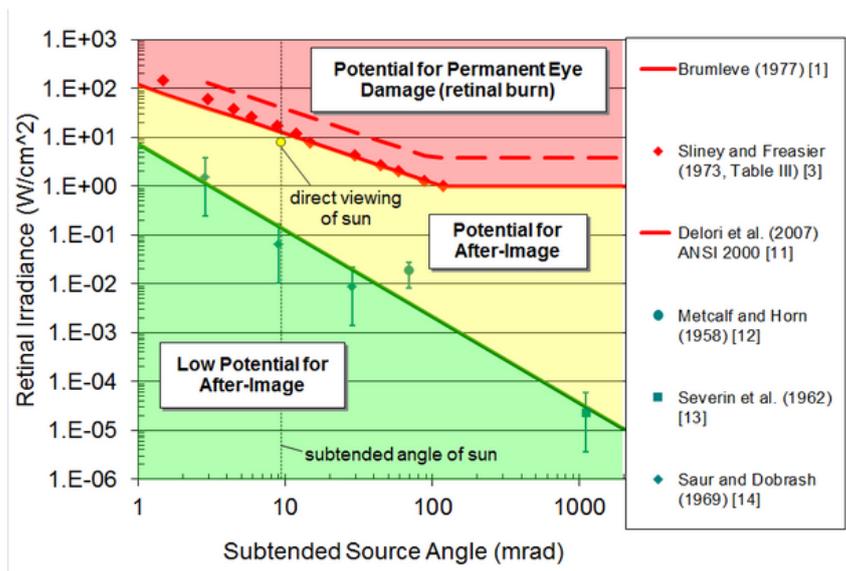


Abbildung 11: Einstufung des Blendpotenzials hinsichtlich der Sichtbeeinträchtigung [11]

6 Simulation

Dieses Kapitel stellt die Simulationsparameter dar. Es werden die Eingabedaten und Simulationsparameter für die PV-Flächen und die zu untersuchenden Immissionsorte aufgeführt. In Abbildung 12 ist eine Übersicht über die angelegte Simulation dargestellt.



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

6.1 PV-Anlage

Für die Simulation werden die Eingabedaten der PV-Anlage mit den Koordinaten und der Höhe über Normalhöhennull ermittelt. Die Nachstellung im Simulationsprogramm basiert auf den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Planungsunterlagen, sowie Satellitendaten. Die PV-Flächen werden als einachsigenachgeführte Tische mit Rotationsachse 207° bzw. 193° simuliert. Die minimale Modulneigung bei tiefstehender Sonne wird auf 10° begrenzt, der maximale Neigungswinkel auf 60°. Die mittlere Modulhöhe ergibt sich zu 2,7 m. Als maximale Bestrahlungsstärke auf die horizontale Fläche werden 1000 W/m² angesetzt. Die genauen Koordinaten der Eckpunkte der PV-Flächen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Koordinaten der PV-Flächen

PV-Flächen	Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Geländehöhe ü. NN [m]	Höhe über Gelände [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
PV-Feld-1	1	49,74779957	11,85516004	436	2,7	438,8
	2	49,74801101	11,85532634	434,6	2,7	437,3
	3	49,74876837	11,85643677	429,9	2,7	432,6
	4	49,74860719	11,85694907	430,2	2,7	433
	5	49,74835763	11,85738091	430,3	2,7	433
	6	49,74791564	11,85858254	429,6	2,7	432,3
	7	49,74754995	11,85958032	428,6	2,7	431,4
	8	49,74726052	11,86032598	427,6	2,7	430,3
	9	49,74703694	11,86013822	428,7	2,7	431,4
	10	49,74626742	11,85934965	431,8	2,7	434,6
	11	49,7453367	11,85863618	434,2	2,7	437
	12	49,745744	11,85688202	437,7	2,7	440,4
	13	49,74626222	11,85615246	439,6	2,7	442,3
	14	49,74720679	11,85663257	436	2,7	438,7
	15	49,74733158	11,85655747	435,7	2,7	438,4
PV-Feld-2	1	49,74519804	11,85929601	434,1	2,7	436,8
	2	49,74567814	11,85951327	432,3	2,7	435
	3	49,74656206	11,86020259	430,4	2,7	433,1
	4	49,74718253	11,86088387	427,1	2,7	429,9
	5	49,74677697	11,86207746	429,3	2,7	432
	6	49,74597798	11,8637297	430,2	2,7	433
	7	49,74529163	11,86544363	427,4	2,7	430,2
	8	49,74506112	11,86524515	428,2	2,7	431
	9	49,74463301	11,86445389	432,5	2,7	435,3
	10	49,74423783	11,86372165	435	2,7	437,7
	11	49,74385478	11,86324154	434,3	2,7	437
	12	49,74388598	11,86241273	435,7	2,7	438,5
	13	49,74425517	11,86095629	437,2	2,7	439,9
	14	49,74479767	11,85949181	435,1	2,7	437,9
PV-Feld-3	1	49,74353933	11,86376189	433,1	2,7	435,9
	2	49,74397091	11,86409984	432,5	2,7	435,3
	3	49,74442676	11,86489378	431,4	2,7	434,1
	4	49,7448826	11,86568503	427,7	2,7	430,4
	5	49,74466248	11,86646287	426,5	2,7	429,3
	6	49,74389118	11,86583523	428,6	2,7	431,4
	7	49,74311468	11,86522101	430,8	2,7	433,5
PV-Feld-4	1	49,74709563	11,86219585	426,7	2,7	429,5
	2	49,74753758	11,86235141	425,2	2,7	427,9
	3	49,74797086	11,86252039	422,9	2,7	425,6
	4	49,74805925	11,86209392	422,6	2,7	425,3
	5	49,74814244	11,86194372	422,7	2,7	425,4
	6	49,74839547	11,86201882	421,6	2,7	424,3
	7	49,74877502	11,86246407	420,1	2,7	422,9
	8	49,74875422	11,86254856	420,4	2,7	423,1
	9	49,74849686	11,86253917	420,8	2,7	423,5
	10	49,74833481	11,86350208	421,6	2,7	424,3
	11	49,74817883	11,86445427	420,9	2,7	423,6
	12	49,74808178	11,86498803	420,5	2,7	423,2
	13	49,74729494	11,86471176	423,5	2,7	426,3

	14	49,74650463	11,86444085	427,5	2,7	430,2
	15	49,74650982	11,86433893	427,5	2,7	430,2
	16	49,74680446	11,86326873	428,1	2,7	430,8
PV-Feld-5	1	49,74598294	11,86516773	428,4	2,7	431,2
	2	49,74669354	11,86540109	425	2,7	427,7
	3	49,74745786	11,86564248	422	2,7	424,7
	4	49,74791713	11,86580878	421	2,7	423,8
	5	49,74785301	11,86610114	421,1	2,7	423,8
	6	49,74817883	11,86654371	418,7	2,7	421,5
	7	49,74813204	11,86804038	417,5	2,7	420,2
	8	49,74854798	11,86819863	416,6	2,7	419,3
	9	49,74843906	11,86918424	416,1	2,7	418,9
	10	49,74796593	11,86903404	417,1	2,7	419,8
	11	49,74726054	11,86847882	419,1	2,7	421,8
	12	49,74658635	11,86776267	421,6	2,7	424,3
	13	49,74612359	11,86747567	422,9	2,7	425,7
	14	49,74592948	11,86725573	423,3	2,7	426
	15	49,74594507	11,86632232	426	2,7	428,7
	16	49,74571456	11,86625258	426,9	2,7	429,6
	17	49,74574402	11,86570541	427	2,7	429,7
PV-Feld-6	1	49,74589828	11,86934785	421,5	2,7	424,3
	2	49,74668687	11,86962412	419,5	2,7	422,2
	3	49,74680993	11,86889992	420,1	2,7	422,8
	4	49,74705603	11,86896966	419,2	2,7	422
	5	49,74750913	11,86930109	418	2,7	420,8
	6	49,74773097	11,86954786	417,5	2,7	420,2
	7	49,74864605	11,8701594	416,1	2,7	418,9
	8	49,74880203	11,87072267	416,1	2,7	418,9
	9	49,7487847	11,87096406	415,9	2,7	418,7
	10	49,74847794	11,87223543	416,1	2,7	418,8
	11	49,74784016	11,8719994	416,6	2,7	419,3
	12	49,7472093	11,87176068	417	2,7	419,7
	13	49,74674308	11,87177409	416,9	2,7	419,6
	14	49,74579034	11,87141199	420,7	2,7	423,4
	15	49,74584407	11,87037934	421,6	2,7	424,3

Für die optischen Eigenschaften der Moduloberfläche wurde für die Simulation mit Straßen ein glattes Glas mit einer Rauigkeit (auf Englisch: slope error) von 6,55 mrad gewählt. Dies ist hinsichtlich der resultierenden Leuchtdichte als worst-case Szenario anzusehen, da die meisten handelsüblichen Module leicht texturiert sind und eine Antireflexionsbeschichtung aufweisen. Für die optischen Eigenschaften der Moduloberfläche wurde für die Simulation mit Beobachtungspunkten ein glattes Glas mit einer Rauigkeit (auf Englisch: slope error) von 0 mrad gewählt, um den Ansatz der LAI [7] (ideale Verspiegelung) nachzubilden.

6.2 Immissionsorte

Als relevante Immissionsorte werden die umliegenden Straßen und die schutzwürdigen Immissionsorte untersucht. Grundlage für die gewählten Immissionsorte sind Satellitenbilder aus dem Jahr 2015. Die Untersuchungshöhe für den Straßenverkehr wird auf 3 m über der Strecke festgelegt. Für die Straßen wird ein relevanter Sichtwinkel von +/- 30° zur Fahrtrichtung untersucht. Die exakten Koordinaten, die

Höhe ü. NN, die für die Simulation angenommene Untersuchungshöhe und die daraus resultierende Gesamthöhe sind aus Tabelle 2 und Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 2: Koordinaten der zu untersuchenden Verkehrsstrecken

Verkehrsstrecken	Punkt	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Geländehöhe ü. NN [m]	Höhe über Gelände [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
St2168	1	49,74844118	11,84775759	440,5	3	443,5
	2	49,7482644	11,84945543	438,9	3	441,9
	3	49,74809803	11,85078983	437,4	3	440,4
	4	49,74783546	11,85198475	436,2	3	439,2
	5	49,74749577	11,85312737	434,1	3	437,1
	6	49,74704515	11,85420026	435,3	3	438,3
	7	49,74646281	11,85527851	439,5	3	442,5
	8	49,74568981	11,85632993	440,6	3	443,6
	9	49,74499653	11,85716142	442,6	3	445,6
	10	49,74418191	11,85801972	442,8	3	445,8
	11	49,74332915	11,85882439	444,7	3	447,7
	12	49,7425873	11,85963978	445,6	3	448,6
	13	49,7419633	11,86047126	445,7	3	448,7
	14	49,74137397	11,86143149	445,1	3	448,1
	15	49,74094756	11,86227371	445,6	3	448,6
	16	49,74055929	11,86313201	447,2	3	450,2
	17	49,74019181	11,86415125	448,5	3	451,5
	18	49,73985207	11,86525096	448,3	3	451,3
	19	49,73958512	11,86639894	447,4	3	450,4
St2168 Abfahrt	1	49,74463419	11,85763378	444,1	3	447,1
	2	49,74484131	11,85741384	443,4	3	446,4
	3	49,74496437	11,85730521	442,4	3	445,4
	4	49,74507183	11,85731594	440,6	3	443,6
	5	49,74518536	11,85739909	439,3	3	442,3
	6	49,74523215	11,85752783	439,3	3	442,3
	7	49,74522782	11,8577062	439,1	3	442,1
	8	49,74518016	11,85790468	438,6	3	441,6
	9	49,7450935	11,85808975	438,7	3	441,7
	10	49,74497564	11,85821179	438,2	3	441,2
	11	49,74485171	11,85826276	437,2	3	440,2
	12	49,74471739	11,85825739	437,1	3	440,1
	13	49,74461339	11,85820643	436,5	3	439,5
	14	49,7445224	11,85812462	435,8	3	438,8
	15	49,74446173	11,85800526	436,4	3	439,4
St2168 Zufahrt	1	49,744258	11,85764183	437,4	3	440,4
	2	49,74440966	11,85800392	437,3	3	440,3
	3	49,74452492	11,85818631	435,9	3	438,9
	4	49,74467311	11,85830701	437	3	440
	5	49,74484383	11,85832176	437,2	3	440,2
	6	49,74500502	11,85826007	438,1	3	441,1
	7	49,74515928	11,85808037	438,8	3	441,8
	8	49,7452494	11,85782287	438,8	3	441,8
	9	49,74527714	11,85755465	438,8	3	441,8
	10	49,74528234	11,85723011	440	3	443
	11	49,74534993	11,85700212	440,5	3	443,5
	12	49,74545392	11,85674999	441,1	3	444,1
	13	49,74562724	11,85652737	440,4	3	443,4
	14	49,74603628	11,85599361	440,3	3	443,3
	15	49,74636731	11,85550276	439,8	3	442,8
Zufahrt Trag	1	49,74001924	11,86501823	447,9	3	450,9
	2	49,74074033	11,86548493	443,5	3	446,5
	3	49,74161394	11,86603747	437,4	3	440,4
	4	49,74254647	11,86652563	433,6	3	436,6
	5	49,74335071	11,86704061	432,6	3	435,6
	6	49,74403015	11,8674805	431,1	3	434,1
	7	49,74465065	11,86775408	428,2	3	431,2
Zufahrt Witzlhof	1	49,74702295	11,85369578	434,5	3	437,5

2	49,7474597	11,85418663	434,3	3	437,3
3	49,74795958	11,85473112	435,7	3	438,7
4	49,74850377	11,8555626	431,7	3	434,7
5	49,74914155	11,85655502	428,1	3	431,1
6	49,74982784	11,85759572	422,2	3	425,2
7	49,75068742	11,85890463	418,9	3	421,9

Tabelle 3: Koordinaten der zu untersuchenden Beobachtungspunkte

Beobachtungspunkte	Breitengrad [°]	Längengrad [°]	Geländehöhe ü. NN [m]	Höhe über Gelände [m]	Höhe ü. NN gesamt [m]
1	49,74619333	11,85355431	439,6	4,7	444,3
2	49,74690913	11,85312784	436,2	4,7	440,9
3	49,75238009	11,84829747	424,5	4,7	429,2
4	49,7517841	11,86297121	416,7	4,7	421,4
5	49,74486491	11,86712198	428,7	4,7	433,4
6	49,74393577	11,86710001	432	4,7	436,7
7	49,74145601	11,85898825	454,2	4,7	458,9

7 Ergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Simulation bezüglich der potenziell auftretenden solaren Blendungen durch Reflexionen dargestellt. Die Simulationsergebnisse werden aufgrund der technischen Limitierung der Simulationssoftware einer weiteren Korrektur unterzogen. So ist gemäß LAI-Hinweisen keine Blendung gegeben, wenn die Richtung des Vektors der Lichtreflexion und die des Vektors der Sonnenstrahlung weniger als 10° 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. Auch Sichtunterbrechungen werden durch die Simulation nicht ermittelt und müssen nachträglich herausgefiltert werden. Die genaue Vorgehensweise hierbei wird in den folgenden Abschnitten erläutert. In Tabelle 4 sind die Werte nach genannten Korrekturen aufgeführt. Werte, welche den LAI-Grenzwert von 30 Stunden/Jahr bzw. 30 Minuten/Tag überschreiten und einen schutzbedürftigen Ort betreffen oder eine kritische Blendung im Verkehr betreffen, sind in Rot dargestellt. Die so simulierte Blenddauer stellt das Höchstmaß potenzieller Blendung dar, welche ohne Bewölkung auftritt.

Tabelle 4: Simulationsergebnisse nach Filterung der Ergebnisse

Immissionsort	Potenzielle Blenddauer in Stunden über ein Jahr	Längste potenzielle tägliche Blenddauer in Minuten
St2168	0	0
St2168 Auffahrt von Netzabergstr.	0	0
St2168 Abfahrt auf Netzabergstr.	0	0
Trag Zufahrt	0	0
Witzlhof Zufahrt	3,9	9
Beobachtungspunkt 1	0	0
Beobachtungspunkt 2	0	0
Beobachtungspunkt 3	0	0
Beobachtungspunkt 4	8	14
Beobachtungspunkt 5	34,7	63
Beobachtungspunkt 6	0,9	29
Beobachtungspunkt 7	0	0

Grundlage für die durchgeführte Simulation ist ein fehlerfreier Betrieb des Nachführmechanismus. Sollte dieser ausfallen oder ausgesetzt werden, so empfiehlt das Gutachten die Modulflächen mit wenigstens 10° Neigungswinkel in Richtung Osten auszurichten, da hier für alle Azimutwinkel eine horizontnahe Reflexion in Richtung Westen und damit auch eine Gefährdung des Verkehrs auf der St2168 ausgeschlossen werden kann.

Die sich ergebenden Modulneigungswinkel, wie sie in der durchgeführten Simulation ermittelt wurden, sind am Beispiel des 21. Juni und des 21. Dezember für PV-Fläche 1 in Abbildung 13 und Abbildung 14 dargestellt.

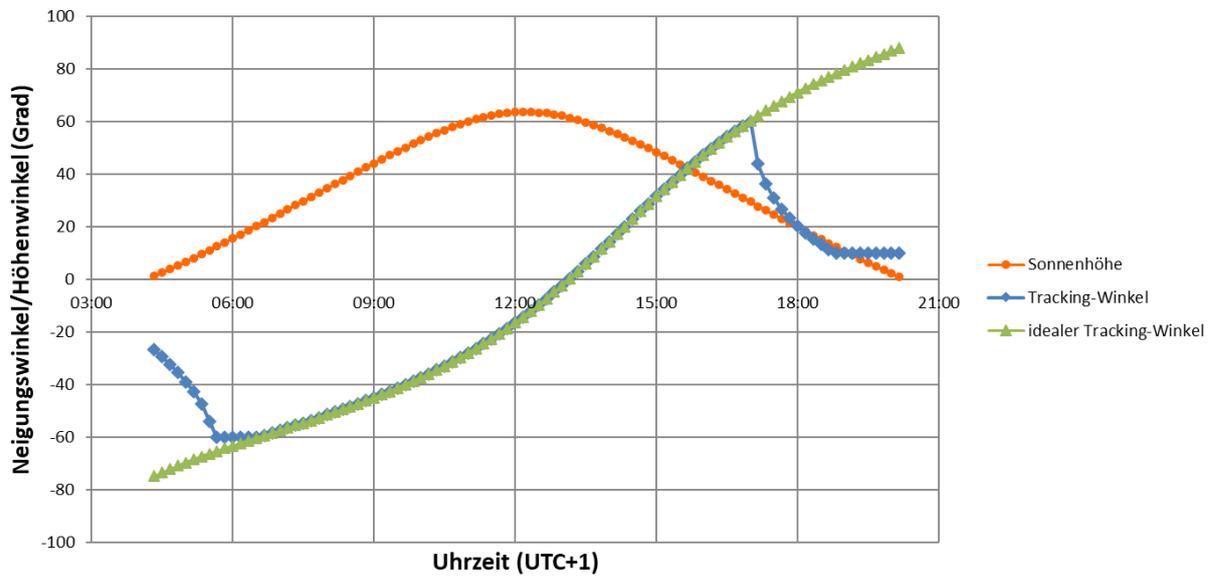


Abbildung 13: Winkel des Backtracking-Systems (PV-Feld 1) am 21. Juni

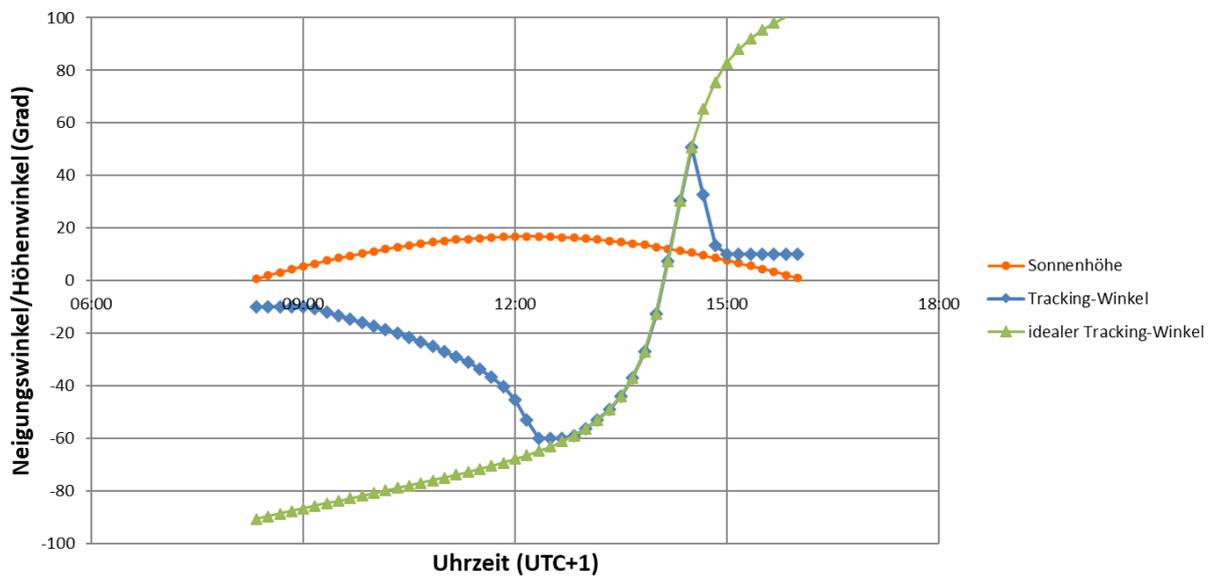


Abbildung 14: Winkel des Backtracking-Systems (PV-Feld 1) am 21. Dezember

7.1 Zufahrt Witzlhof

Die Ergebnisse der Simulation für die Zufahrt zum Witzlhof sind in Abbildung 15 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 03.12. bis zum 07.01. zwischen 14:26 - 14:47 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 200 - 202° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 9 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 3,9 Stunden.

Die Reflexionen treten mit Differenzwinkeln von wenigstens 22° zur Fahrtrichtung auf. Es ist entsprechend von keiner relevanten Blendwirkung bei Blick auf den vorliegenden Streckenabschnitt auszugehen. Es handelt sich weiter nur um die Zufahrt zum Hof mit einer sehr geringen Verkehrsdichte. Es ist entsprechend von keiner Gefährdung der Verkehrssicherheit auszugehen. Der betroffene Streckenabschnitt und die möglichen Immissionswinkel sind in Abbildung 16 dargestellt. Es sind keine Blendschutzmaßnahmen erforderlich.

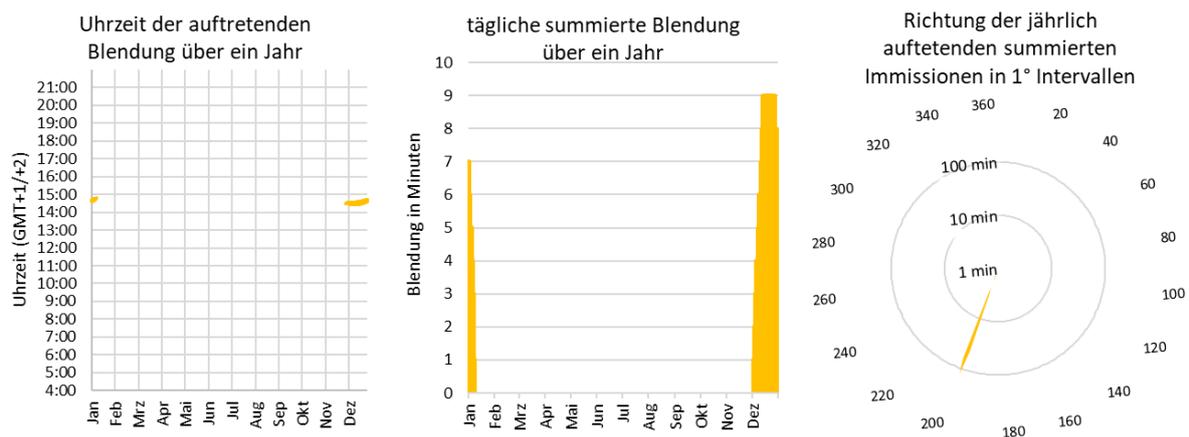


Abbildung 15: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung auf der Zufahrt Witzlhof

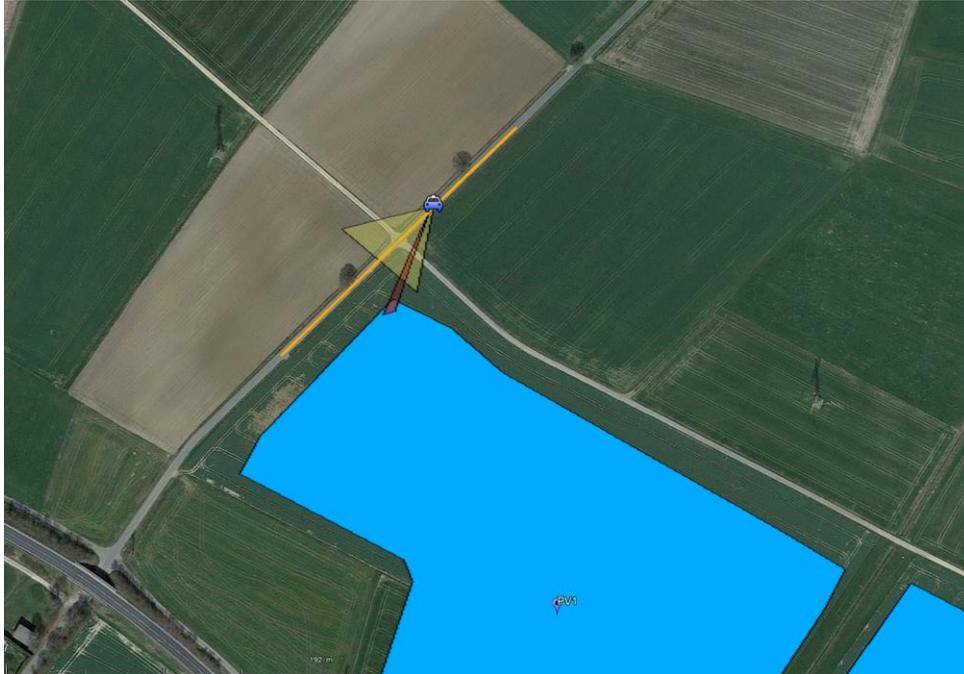


Abbildung 16: Betroffener Streckenabschnitt auf der Zufahrt Witzlhof mit Reflexionen im relevanten Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer in Orange, relevantes Sichtfeld in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot (Quelle: Google Earth)

7.2 Beobachtungspunkt 5

Die Ergebnisse der Simulation für den Beobachtungspunkt 5 sind in Abbildung 17 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach vom 23.01. bis zum 12.03. und vom 30.09 bis zum 20.11. zwischen 11:53 - 17:52 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 215 - 250° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 63 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 34,7 Stunden. Die vorgeschlagen Grenzwerte der LAI-Hinweise werden damit überschritten, eine erhebliche Beeinträchtigung kann damit auf Basis der LAI-Hinweise nicht ausgeschlossen werden.

Es handelt sich bei Beobachtungspunkt 5 um Fenster und Balkon im 1.OG eines Wohnhauses. Die Reflexionen treten in der Übergangszeit auf, zu welcher der Balkon vermutlich nicht für längere Dauer genutzt wird. Eine erhebliche Beeinträchtigung durch die Reflexionen wird daher als unwahrscheinlich eingestuft. Es wird jedoch empfohlen Rücksprache mit den Anwohnern zu halten und falls nötig eine Änderung des Tracking-Algorithmus vorzunehmen.

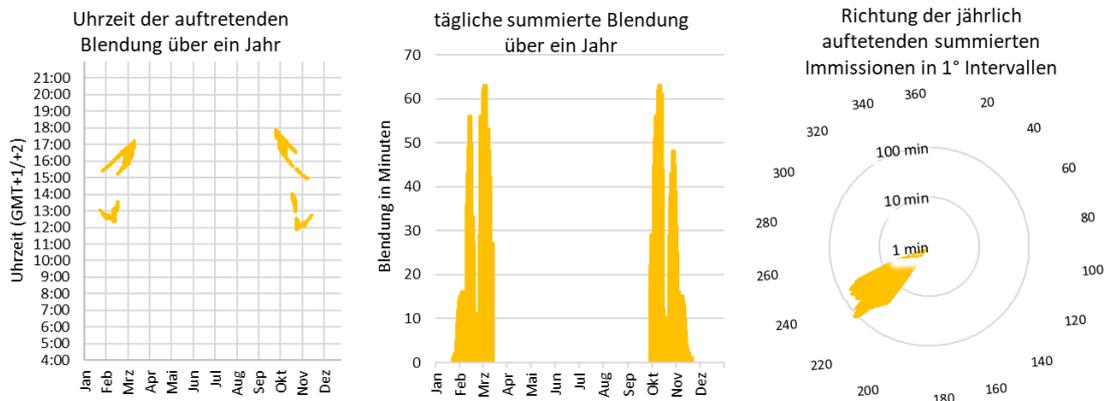


Abbildung 17: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung auf Beobachtungspunkt 5

7.3 Beobachtungspunkt 6

Die Ergebnisse der Simulation für den Beobachtungspunkt 6 sind in Abbildung 18 dargestellt. Potenzielle Blendung tritt demnach am 23.02. und vom 07.10 bis zum 17.10. zwischen 16:28 - 17:30 Uhr mit Immissionswinkeln zwischen 236 - 245° auf. Es werden tägliche potenzielle Blenddauern bis 29 Minuten erreicht und über das gesamte Jahr eine potenzielle Dauer von 0,9 Stunden. Die Zeiten liegen unterhalb der Grenzwerte wie sie durch die LAI-Hinweise vorgeschlagen werden. Es ist damit auf Basis der LAI-Hinweise von keiner erheblichen Beeinträchtigung der Anwohner auszugehen.

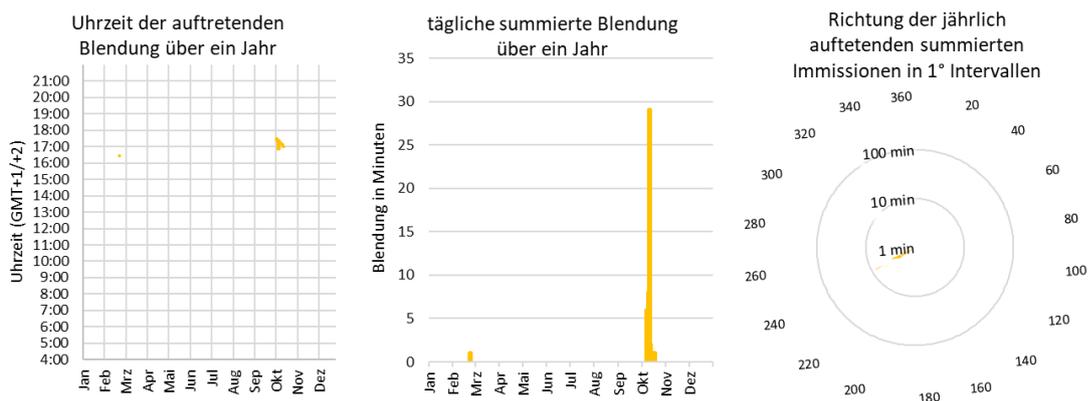


Abbildung 18: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung auf Beobachtungspunkt 6

8 Zusammenfassung

Es wurde die potenzielle Blendung durch Reflexion der Sonne an PV-Modulen der geplanten einachsigen nachgeführten PV-Anlage Eschenbach für den Verkehr der anliegenden St2168, deren Auf- und Abfahrt von/auf die Netzabergstraße, den Zufahrten Witzlhof und Trag, sowie der anliegenden schutzwürdigen Immissionsorte. Die Simulation wurde auf Basis eines ordnungsgemäßen Betriebs des Nachführmechanismus durchgeführt. Zur Vermeidung von Blendwirkung auf die umliegenden Straßen wird empfohlen den minimalen Neigungswinkel der PV-Module durch das Nachführungssystem bei tiefstehender Sonne auf 10° zu begrenzen.

Das Gutachten kommt zu dem Schluss, dass es auf Basis der so durchgeführten Simulation zu keinen Reflexionen im relevanten Sichtfeld der Verkehrsbeteiligten auf der St2168, deren Auf- und Abfahrt von/auf die Netzabergstraße, sowie auf der Zufahrt Trag kommen kann. Es ist entsprechend von keiner Blendwirkung und damit keiner Gefährdung der Verkehrssicherheit durch Reflexionen an den Modulflächen auszugehen. Bei Ausfall oder Aussetzen des Nachführmechanismus wird zur Vermeidung potenzieller Blendung des Verkehrs der St2160 eine feste Ausrichtung nach Osten empfohlen.

Auf der Zufahrtstraße zum Witzlhof kann es vereinzelt zu Reflexionen im relevanten Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer kommen. Die Reflexionen treten mit großem Differenzwinkeln zur Fahrtrichtung auf. Es ist entsprechend von keiner relevanten Blendwirkung bei Blick auf den vorliegenden Streckenabschnitt auszugehen. Es handelt sich weiter nur um die Zufahrt zum Hof mit einer sehr geringen Verkehrsdichte. Es ist hier entsprechend von keiner Gefährdung der Verkehrssicherheit auszugehen.

Für die umliegenden schutzwürdigen Immissionsorte werden nur für den nördlich gelegenen Witzlhof und die östlich anliegende Ortschaft Trag Reflexionen ermittelt. Für ein Wohnhaus der Ortschaft Trag wird eine Überschreitung der vorgeschlagenen Grenzwerte gemäß LAI-Hinweisen ermittelt, alle anderen Immissionsorte liegen unterhalb der Grenzwerte. Es wird empfohlen Rücksprache mit den betroffenen Anwohnern zu halten und falls erforderlich eine Änderung des Tracking-Algorithmus für das südöstliche PV-Feld 3 vorzunehmen.

9 Literaturverzeichnis

- [1] J. Trempler, *Optische Eigenschaften*, Carl Hanser Verlag, 2015.
- [2] J. Yellowhair und C. K. Ho, *Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts*, Proceedings of the ASME 2015 9th International Conference on Energy Sustainability, 2015.
- [3] C. Bucher, <https://www.bulletin.ch/de/news-detail/reflexionen-an-photovoltaikanlagen.html>, 2021.
- [4] P. Warthmann, <https://www.gebaeudetechnik.ch/gebaeudehuelle/photovoltaikanlage/sandstrahl-atelier-loest-blendproblem>, 2021.
- [5] P. R. Boyce, *Human Factors in Lighting*, CRC Press, 2014.
- [6] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg als Vorsitzland der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)*, 2012.
- [7] Länderausschuss für Immissionsschutz, *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immission von Windnergieranlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)*, 2002.
- [8] OVE (Österreichischer Verband für Elektrotechnik), *Blendung durch Photovoltaikanlagen*, Wien, 2016.
- [9] Federal Aviation Administration, *Interim Policy, FAA Review of Solar Energy System Projects on Federally Obligated Airports*, Federal Register, 2013.
- [10] C. Schierz, *Über die Blendbewertung von reflektierendem Sonnenlicht bei Solaranlagen*, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012.
- [11] ForgeSolar, <https://www.forgesolar.com/help/#assumptions>.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modulflächen der geplanten PVA in Blau und Umgebung (Quelle: Google Earth).....	3
Abbildung 2: Modulbelegungsplan (Quelle: Auftraggeber)	4
Abbildung 3: Zeichnung der Unterkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)	5
Abbildung 4: Reflexion eines Lichtstrahls.....	6
Abbildung 5: (a) gerichtete Reflexion, (b) reale Reflexion, (c) ideale diffuse Reflexion [1].....	6
Abbildung 6: Standardabweichung um Maximum einer Normalverteilung	7
Abbildung 7: Messung der Oberflächenstruktur und Aufnahmen der Reflexion an Solarmodulen mit verschiedener Frontglas-Strukturierung, links: glattes Floatglas, mitte: leicht strukturiert mit Anti-Reflexionsschicht, rechts: tief strukturiert [2]	7
Abbildung 8: links: Module mit satiniertes Folie [3], rechts: nachträglich sandgestrahltes Modul [4]	8
Abbildung 9 Reflexionsgrad über Einfallswinkel für verschiedene Modultypen [2]	8
Abbildung 10: Wahrnehmungsbereiche von Objekthelligkeiten in Abhängigkeit der Helligkeitsadaption des Auges [5]	9
Abbildung 11: Einstufung des Blendpotenzials hinsichtlich der Sichtbeeinträchtigung [11]	12
Abbildung 12: PV-Anlage und Immissionsorte in der Simulationssoftware ForgeSolar	13
Abbildung 13: Winkel des Backtracking-Systems (PV-Feld 1) am 21. Juni.....	19
Abbildung 14: Winkel des Backtracking-Systems (PV-Feld 1) am 21. Dezember.....	19
Abbildung 15: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung auf der Zufahrt Witzlhof	20
Abbildung 16: Betroffener Streckenabschnitt auf der Zufahrt Witzlhof mit Reflexionen im relevanten Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer in Orange, relevantes Sichtfeld in Gelb, potenzielle Immissionswinkel in Rot (Quelle: Google Earth)	21
Abbildung 17: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung auf Beobachtungspunkt 5	22
Abbildung 18: Zeitraum und Richtung der potenziellen Blendung auf Beobachtungspunkt 6	22

11 Gewährleistung

Unsere Fachgutachten werden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Die Messungen, Bewertungen, Berechnungen und Simulationen werden entsprechend dem Stand der Wissenschaft und Technik und den anerkannten Regeln der Technik mit größtmöglicher Sorgfalt vorgenommen.

Die Fachgutachten erfolgen auf Basis der vom Auftraggeber übermittelten Informationen und Planungsunterlagen. Diese werden einer fachkritischen Wertung unterzogen. Die Informationen zu den technischen Parametern der einzelnen Komponenten werden soweit möglich mit Herstellerangaben abgeglichen. Dabei wird die Eignung der Komponenten anhand der entsprechenden Zertifikate oder anderer Nachweise geprüft. Der Gutachter unterstellt dabei, dass die für die Komponenten geltenden anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden. Für Fehlangaben des Auftraggebers sowie modellbedingte Abweichungen hat der Gutachter nicht einzustehen. Die in den Fachgutachten verwendeten Messungen sind mit Messunsicherheiten behaftet. Die Bewertungen anhand von Berechnungen sind mit Unsicherheiten in der Modellierung verbunden. Somit können Abweichungen zwischen den gemessenen und berechneten Werten zu den tatsächlichen Werten nicht ausgeschlossen werden. Der Gutachter ist bestrebt, die Abweichungen gering zu halten.

Für einfache und grobe Fahrlässigkeit gilt eine Haftungsbegrenzung auf folgende Beträge:

1. Die Haftung für einfache Fahrlässigkeit ist auf einen Betrag von 100.000 € beschränkt.
2. Die Haftung für alle sonstigen Fälle der Fahrlässigkeit ist auf einen Betrag von 200.000 € begrenzt.
3. Die Haftung für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit wird durch die vereinbarten Haftungsbegrenzungen nicht berührt. Das gleiche gilt für die Haftung wegen Vorsatz.

12 Vorbehaltsklausel für die Veröffentlichung des Gutachtens

Der Auftraggeber ist nicht berechtigt, das Gutachten ohne die ausdrückliche schriftliche Zustimmung des Auftragnehmers an Dritte weiterzugeben oder zu veröffentlichen, mit Ausnahme der Weitergabe an dafür vorgesehene Behörden. Eine Veröffentlichung im Internet oder die Weitergabe an andere Dritte muss schriftlich angefragt werden. Es ist wichtig, dass alle Parteien die vertraglichen Vereinbarungen respektieren, um rechtliche Konflikte zu vermeiden.