

Bericht

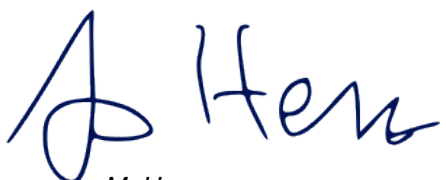
Blendgutachten
für die Photovoltaikanlage (PVA)
Scharfstorf, Mecklenburg-Vorpommern,
Deutschland

Bericht-Nr. DE26X2RZ 001

Köln, Februar 2026



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22040-01-00

Bericht-Nr.: Report no.:	DE26X2RZ 001	Auftragsnr.: Order No.:	300103216
Kunden-Referenz-Nr.: Client reference no.:	Angebots-Nr. 0150198	Auftragsdatum: Order date:	2025-11-20
Auftraggeber: Client:	DVP Solar Germany GmbH Kurfürst-Wilhelm-Straße 36093 Künzell, Deutschland		
Prüfgegenstand: Test item:	Photovoltaik FFA Freiflächenanlage Scharfstorf AGRI-PV-Anlage, Tracker-Anlage, Nord-Süd Achse		
Auftrags-Inhalt: Order content:	Blendgutachten Glare Assessment		
Prüfgrundlage: Test specification:	Blendanalysesoftware „ForgeSolar“, TÜV Rheinland Software „Berechnung von PV-Reflexionen“		
Wareneingangsdatum: Date of sample receipt:	-		
Prüfmuster-Nr.: Test sample no.:	N/A		
Prüfzeitraum: Testing period:	2026-02-02 - 2026-02-11		
Ort der Prüfung: Place of testing:	Desktop Review		
Prüflaboratorium: Testing laboratory:	N/A		
Prüfergebnis*: Test result*:	Siehe Kapitel 7		
geprüft von: tested by:	 Datum: Date 2026-02-11:		
Stellung / Position:	C. Portillo Rivas Sachverständige*r / Expert		
genehmigt von: authorized by:	 Datum: Date 2026-02-11:		
Stellung / Position:	M. Herz Sachverständige*r / Expert		
Sonstiges: Other:			

* Legende: P(ass) = entspricht o.g. Prüfgrundlage(n)

F(ail) = entspricht nicht o.g. Prüfgrundlage(n)

N/A = nicht anwendbar

N/T = nicht getestet

* Legend: P(ass) = passed a.m. test specification(s)

F(ail) = failed a.m. test specification(s)

N/A = not applicable

N/T = not tested



Dieser Prüfbericht bezieht sich nur auf das o.g. Prüfobjekt und darf ohne Genehmigung der Prüfstelle nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Dieser Bericht berechtigt nicht zur Verwendung eines Prüfzeichens.
This test report only relates to the a. m. test sample. Without permission of the test center this test report is not permitted to be duplicated in extracts. This test report does not entitle to carry any test mark.

Version Version	Datum Date	Inhalt/Änderungen Content/Changes
001	2026-02-11	Blendgutachten (BG)
A	Alle eingesetzten Prüfmittel waren zum angegebenen Prüfzeitraum gemäß eines festgelegten Kalibrierungsprogramms unseres Prüfhauses kalibriert. Sie entsprechen den in den Prüfprogrammen hinterlegten Anforderungen. Die Rückverfolgbarkeit der eingesetzten Prüfmittel ist durch die Einhaltung der Regelungen unseres Managementsystems gegeben. Detaillierte Informationen bezüglich Prüfkonditionen, Prüfequipment und Messunsicherheiten sind im Prüflabor vorhanden und können auf Wunsch bereitgestellt werden. <i>The equipment used during the specified testing period was calibrated according to our test laboratory calibration program. The equipment fulfils the requirements included in the relevant standards. The traceability of the test equipment used is ensured by compliance with the regulations of our management system. Detailed information regarding test conditions, equipment and measurement uncertainty is available in the test laboratory and could be provided on request.</i>	
B	Wie vertraglich vereinbart, wurde dieses Dokument nur digital unterzeichnet. Der TÜV Rheinland hat nicht überprüft, welche rechtlichen oder sonstigen diesbezüglichen Anforderungen für dieses Dokument gelten. Diese Überprüfung liegt in der Verantwortung des Benutzers dieses Dokuments. Auf Verlangen des Kunden kann der TÜV Rheinland die Gültigkeit der digitalen Signatur durch ein gesondertes Dokument bestätigen. Diese Anfrage ist an unseren Vertrieb zu richten. Eine Umweltgebühr für einen solchen zusätzlichen Service wird erhoben. <i>As contractually agreed, this document has been signed digitally only. TÜV Rheinland has not verified and unable to verify which legal or other pertaining requirements are applicable for this document. Such verification is within the responsibility of the user of this document. Upon request by its client, TÜV Rheinland can confirm the validity of the digital signature by a separate document. Such request shall be addressed to our Sales department. An environmental fee for such additional service will be charged.</i>	
C	Prüfklausel mit der Note * wurden an qualifizierte Unterauftragnehmer vergeben und sind unter der jeweiligen Prüfklausel des Berichts beschrieben. Abweichungen von Prüfspezifikation(en) oder Kundenanforderungen sind in der jeweiligen Prüfklausel im Bericht aufgeführt. <i>Test clauses with remark of * are subcontracted to qualified subcontractors and described under the respective test clause in the report. Deviations of testing specification(s) or customer requirements are listed in specific test clause in the report.</i>	
D	Die Entscheidungsregel für Konformitätserklärungen in diesem Prüfbericht basiert auf der "Null-Grenzwert-Regel" und der "Einfachen Akzeptanz" gemäß ILAC GC8:2019 und IEC Guide 115:2023, es sei denn, in der auf Seite 1 dieses Berichts genannten angewandten Norm ist etwas anderes festgelegt oder vom Kunden gewünscht. Dies bedeutet, dass die Messunsicherheit nicht berücksichtigt wird und daher auch nicht im Prüfbericht angegeben wird. <i>The decision rule for statements of conformity in this test report is based on the "Zero Guard Band Rule" and "Simple Acceptance" in accordance to ILAC GC8:2019 and IEC Guide 115:2023, unless otherwise specified in the applied standard mentioned on Page 1 of this report or requested by the customer. This means that measurement uncertainty is not taken in account and hence also not declared in the test report.</i>	
E	Wenn auf dem Bericht kein Akkreditierungshinweis aufgebracht ist, wurde der Bericht nicht im akkreditierten Bereich erstellt und ist folglich auch nicht vom EA MLA abgedeckt. Unabhängig davon wurde der Bericht auf Basis der allgemeinen Regeln der ISO/IEC 17000er Reihe erstellt. Mit "#" gekennzeichnete Prüfungen sind nicht Bestandteil der Akkreditierung D-PL-22040-01-00. <i>If there is no accreditation notice on the report, the report has not been produced in the accredited area and is consequently not covered by the EA MLA. Regardless of this, the report has been prepared based on the general rules of the ISO/IEC 17000 series. Tests marked with "#" are not covered by the accreditation D-PL-22040-01-00.</i>	

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	5
2	Grundlagen	7
2.1	Gesetzliche Regelungen	7
2.2	Blendwirkungen	9
2.2.1	Biologische Wirkungen	9
2.2.2	Oberflächenabhängige Reflexionen	10
2.3	Blendung von Verkehrsteilnehmern	11
2.3.1	Straßenverkehr	11
2.4	Wohnumfeld	13
3	Aufgabenstellung	14
4	Standort- und Anlagenbeschreibung	15
5	Ermittlung der Lichtreflexionen	20
5.1	Vorgehen	20
5.2	Standortspezifisches Reflexionsdiagramm	20
5.3	Grundlagen der Simulation	24
5.4	Simulationsergebnisse	26
5.4.1	Übersicht	26
5.4.2	Jahres- und tageszeitliche Verteilung der Reflexionen	28
6	Allgemeine Hinweise	29
7	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse	30
	Anhang 1: Literaturverzeichnis	33
	Anhang 2: Belegungspläne	34
	Anhang 3: Simulationsmodell	35

1 Kurzfassung

Die TÜV Rheinland Solar GmbH wurde beauftragt, für die geplante Photovoltaikanlage (PVA) in Scharfstorf, Deutschland die auftretenden Lichtreflexionen und daraus gegebenenfalls resultierende Blendwirkungen auf die Umgebung zu untersuchen.



Abbildung 1: Überblick des Geländes der geplanten PV-Flächen und der angrenzenden Straßen

Zugrunde gelegtes Anlagendesign		Untersuchte Immissionsobjekte (POI – Points of Interest)	
PVA 1	Nachgeführte Anlage mit Nord-Süd Achse	POI 1	Bundesstraße 208, nord-westlich der Anlage
		POI 2	Durchgangsstraße, Am Schlossberg, süd-westlich der Anlage
		POI 3	Wohnbebauung Scharfstorf, Am Schlossberg, süd-westlich der Anlage
		POI 4	Straße Schulenbrook, nord-östlich der Anlage

Die an den PV-Moduloberflächen entstehenden direkten Sonnenlicht-Reflexionen wurden mit der von TÜV Rheinland eigens entwickelten Software berechnet, in einem Jahres-Reflexionsdiagramm dargestellt und für die definierten Immissionsobjekte (POI - Points of Interest) im Sinne eines Worst-Case-Szenarios analysiert. Die Simulationsrechnungen zur zeitlichen und örtlichen Verteilung der Reflexionen erfolgten mit dem Glare Analysis Tool der Firma Forge Solar, welches weltweit bei blendungskritischen PV-Projekten Anwendung findet.

Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch zusammengefasst.

POI	Bezeichnung	Reflexionsd. im Jahr	Zeitraum / Monate	Tägliches Zeitfenster (UTC+1)	Max. Zeitdauer	Blend- risiko
POI 1	Bundesstraße 208, nord-westlich der Anlage	-	-	-	-	Nein
POI 2	Durchgangsstraße, Am Schlossberg, süd-westlich der Anlage	-	-	-	-	Nein
POI 3	Wohnbebauung Scharfstorf, Am Schlossberg, süd- westlich der Anlage	-	-	-	-	Nein
POI 4	Straße Schulenbrook, nord- östlich der Anlage	-	-	-	-	Nein

POI 1 Bundesstraße 208: Für beide Fahrtrichtungen wurden keine störenden Reflexionen berechnet.

POI 2: Am Schlossberg: Für beide Fahrtrichtungen wurden die berechneten Reflexionen als nicht signifikant eingestuft, da sie maßgeblich von der Sonnenblendung überlagert werden.

POI 3: Wohnbebauung Am Schlossberg: Alle berechneten Reflexionen werden durch den Horizont komplett abgeschirmt. Es ist daher davon auszugehen, dass keine Reflexionen in Richtung der Wohnbebauung auftreten.

POI 4: Schulenbrook: Für die Fahrtrichtung West-Ost im LKW werden die Reflexionen als nicht signifikant eingestuft, da sie maßgeblich von der Sonnenblendung überlagert werden.

Zusammenfassend wird anhand der zur Verfügung gestellten Unterlagen und Fotos, der Satellitenfotos (2025 Google), sowie der durchgeführten Reflexions-Berechnungen eingeschätzt, dass beim Bau der Photovoltaik FFA in Scharfstorf, Deutschland im geplanten Design kein Störeffekt für die vorbeiführende Bundesstraße, die Durchfahrtstraßen im Norden und Süden der Anlage sowie der Wohnbebauung im Süden der Anlage aufgrund möglicher Blendungen zu erwarten ist.

2 Grundlagen

PV-Anlagen werden auf Gebäudedächern und Freiflächen errichtet. Durch Reflexion des Sonnenlichtes an den Solar-Moduloberflächen (meist Glasoberflächen) kann eine Blendwirkung entstehen, die ggf. auf Gebäude in der Nachbarschaft, vorbeiführende Verkehrswege oder Anflugschneisen in der Nähe befindlicher Flughäfen einwirkt. Für eine Bewertung der Blend- und Störwirkung existieren derzeit keine eindeutigen und allgemeingültigen Grenzwerte aus Richtlinien oder Vorschriften. Da das Ausmaß der störenden Wirkung neben den messbaren technischen Größen auch immer von der konkreten Umgebungssituation abhängt und subjektive Empfindungen ebenso eine Rolle spielen, muss jeder Einzelfall gesondert untersucht und beurteilt werden. Im Folgenden werden die Beurteilungsrundlagen, auf die sich die Ergebnisse des Gutachtens stützen, dargelegt.

2.1 Gesetzliche Regelungen

Der Gesetzgeber hat bisher keine rechtsverbindlichen Vorschriften zur Bestimmung der immissionsschutzrechtlichen Erheblichkeitsgrenzen für Lichtimmissionen erlassen und verweist für statische, technische und bauliche Einrichtungen auf das Baurecht.

Nach § 35 BauGB ist „im Außenbereich ein Vorhaben nur zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen“, u. a. das Hervorrufen schädlicher Umwelteinwirkungen, zu denen auch Lichtimmissionen zählen. Eine Grundlage zur Beurteilung der Zulässigkeit von Reflexionen hinsichtlich Blendwirkungen ist hiermit jedoch nicht gegeben. Es wird auf das allgemeine Rücksichtnahmegebot verwiesen [1].

Durch die Verabschiedung einer "Richtlinie zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen" (Licht-Richtlinie) im Mai 1993 hat der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) erstmals den zuständigen Immissionsschutzbehörden ein System zur Beurteilung der Wirkungen von Lichtimmissionen auf den Menschen zur Konkretisierung des Begriffs "schädliche Umwelteinwirkung" im Sinne des BImSchG zur Verfügung gestellt. Die Überarbeitung der „Lichtrichtlinie“ mit ergänzenden Erläuterungen zur Ermittlung und Bewertung der Raumaufhellung und Blendung [2] baut in ihren wesentlichen Inhalten auf der Veröffentlichung des Arbeitskreises "Lichtimmissionen" der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) e.V., Berlin, "Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen 12.3" vom Juni 2011, auf [3]. Im Anhang 2 dieser „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ werden Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung der Blendwirkung von Photovoltaikanlagen gegeben.

Wenn diese Immissionen über einen längeren Zeitraum an der schützenswerten Nachbarschaft (Gebietsarten nach BauNVO [4]) auftreten, werden Abhilfemaßnahmen für erforderlich gehalten. Wirkungsuntersuchungen oder Beurteilungsvorschriften zu diesen Immissionen sind bisher nicht vorhanden. Die Absolutblendung in ihrer Auswirkung auf die Nachbarschaft wird vorläufig entsprechend [2] wie der periodische Schattenwurf von Windenergieanlagen betrachtet. Schwellenwerte für eine zulässige Einwirkdauer werden entsprechend [5] festgesetzt. Der Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ – Licht-

einwirkung auf die Nachbarschaft [6] wurde vom Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. (Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association – IRPA) für die Bundesrepublik Deutschland und die Schweiz erarbeitet. Er gibt die physikalischen Grundlagen, den derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand über biologische Wirkungen, zulässige Expositionswerte und durchzuführende Schutzmaßnahmen an. In der Fassung von 2014 wird erstmals den Blendwirkungen von Photovoltaikanlagen ein separates Kapitel gewidmet. Es werden, in Analogie zu [2], Erheblichkeits-Schwellenwerte für die tägliche Dauer der auftretenden Reflexionen von 30 Minuten und für die kumulierte Jahresdauer der auftretenden Reflexionen von 30 Stunden aufgeführt. Diese Ausführungen betreffen die schützenswerte Nachbarschaft, um das Gebot der Rücksichtnahme sicherzustellen.

Hinsichtlich der Sicherung von Verkehrswegen bzw. aktiven Verkehrsteilnehmern wird hier jedoch keine Aussage getroffen.

Für das Fernstraßennetz (BAB) der Bundesrepublik Deutschland übernimmt seit 2021 die Autobahn GmbH des Bundes zentralisiert Planung, Bau, Betrieb, Erhalt, Finanzierung und Vermögensverwaltung. Hoheitliche Aufgaben, die weder dem BMDV (Bundesministeriums für Digitales und Verkehr) obliegen, noch der Autobahn GmbH des Bundes durch Beleihung zugewiesen werden, obliegen nun überwiegend dem FBA (Fernstraßen-Bundesamt). Das Fernstraßen-Bundesamt fungiert seit 2021 als Anhörungs- und Planfeststellungsbehörde in Planfeststellungsverfahren für Autobahn-Projekte und ist somit für die Genehmigung von PV-Anlagen im Nahbereich der Autobahn und bundeseigenen Fernverkehrsstraßen zuständig. Es muss sichergestellt werden, dass der Bau und der Betrieb von PVA nicht die Sicherheit und Flüssigkeit des Straßenverkehrs beeinträchtigt (siehe Abschnitt 2.3.1).

Im November 2025 veröffentlichte das FBA das „Eckpunktepapier Photovoltaik: Blendwirkungen und Blendgutachten“, in dem in Zusammenarbeit mit der Autobahn GmbH des Bundes, der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) und verschiedenen Landesbehörden und Photovoltaik-Experten Rahmenbedingungen für lichttechnische Berechnungen und die Beurteilung von Blendwirkungen von PV-Anlagen auf den Straßenverkehr der Bundesfernstraßen erarbeitet wurde [7].

Für den Bahnverkehr gibt es verschiedene Zuständigkeiten. Das EBA (Eisenbahn Bundesamt) ist die zuständige Aufsichts- und Genehmigungsbehörde für alle bundeseigenen Eisenbahnen und nichtbundeseigenen Eisenbahnunternehmen, die einer Sicherheitsgenehmigung bedürfen. Die übrigen Eisenbahnen unterliegen grundsätzlich der Aufsicht der Bundesländer, wobei einige Länder die Landeseisenbahnaufsicht ebenfalls an das EBA übertragen haben. Welche Aufgaben in welchem Umfang das EBA für das jeweilige Bundesland wahrnimmt, ist Bestandteil individueller vertraglicher Regelungen. Es muss analog zum Straßenverkehr sichergestellt werden, dass der Bau und der Betrieb von PVA nicht die Sicherheit und den ordnungsgemäßen Betriebsablauf des Schienenverkehrs beeinträchtigt (siehe Abschnitt 2.3.1). Es gibt jedoch keine allgemeingültigen Richtlinien oder Empfehlungen zur Bewertung von auftretenden Reflexionen in diesem Sinn.

Für die Sicherheit von Verkehrsflughäfen in der Europäischen Union ist die EASA (European Union Aviation Safety Agency) zuständig und fordert analog, dass Photovoltaikanlagen an oder nahe dieser Flughäfen keine Beeinträchtigung der Sicherheit des Flugverkehrs in der Luft und am Boden verursachen dürfen. Es gibt allgemeine Hinweise zu Gefahrensituationen, die durch Blendung an PVA verursacht werden können und die zu vermeiden sind. Die zuständige Sicherheitsbehörde des jeweiligen Flughafens fordert in der Regel einen Nachweis, dass die Anforderungen der EASA eingehalten werden können.

2.2 Blendwirkungen

2.2.1 Biologische Wirkungen

Blendung ist laut DIN EN 12665 als „unangenehmer Sehzustand durch ungünstige Leuchtdichteverteilung oder zu hohe Kontraste“ definiert. Zu große Leuchtdichteunterschiede oder ungünstige Leuchtdichteverteilungen im Gesichtsfeld können zu einer Belästigung („psychologische Blendung“) oder auch zu einer tatsächlich messbaren Herabsetzung der Sehleistung („physiologische Blendung“) führen [2]. Zu große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld führen auf der Netzhaut zu lokalen Störungen des Adaptionszustandes, durch die im betroffenen Gebiet Veränderungen der Sehschärfe, des Farbsehens oder auch der Tiefenschärfe entstehen.

Blendung ruft im Wesentlichen drei Effekte hervor:

- es entsteht eine physikalische Schleierleuchtdichte
- es kommt physiologisch zur Einschränkung der Sehfunktionen
- es kommt psychologisch zur Ablenkung der Aufmerksamkeit und Störimpfinden

Zur Charakterisierung der Blendwirkung wird als Maß für den Helligkeitseindruck die Leuchtdichte cd/m^2 verwendet [2]. Bereits bei etwa 10^5 cd/m^2 kann eine physiologische Absolutblendung auftreten, d. h. ein totaler (temporärer) Verlust des Sehvermögens.

Die Sonne erreicht Leuchtdichten von bis zu $1,5 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$. Selbst bei niedrigen Sonnenständen über dem Horizont treten noch Leuchtdichten um $3 \cdot 10^8 \text{ cd/m}^2$ auf.

Ein PV-Modul kann daher auch noch bei niedrigem Sonnenstand eine physiologische Blendung hervorrufen, obwohl nur ein Teil des einfallenden Sonnenlichts reflektiert wird [2].

Der Anteil des reflektierten Lichts und die resultierende Leuchtdichte steigen mit zunehmendem Einfallswinkel des Sonnenlichts stark an.

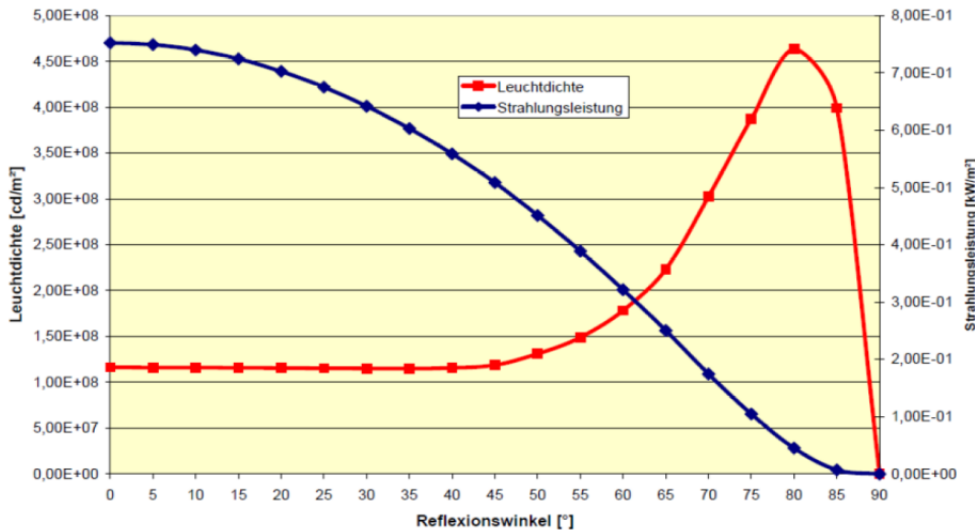


Abbildung 2: Reflektierte Leuchtdichte (rot) und aufgenommene Leistung (blau) in Abhängigkeit des Reflexionswinkels, 0° = senkrechter Lichteinfall [8]

2.2.2 Oberflächenabhängige Reflexionen

Durch spezielle Beschichtungen (Antireflexschicht) oder Strukturierungen der Glasoberfläche werden die Reflexionen der PV-Module verringert. Dies dient in erster Linie einem höheren Energieertrag, da Reflexionen Leistungsverluste bedeuten und bei geringerer Reflexion insgesamt mehr Licht durch die Glasabdeckung in das Modul hineingeleitet wird. Neben der deutlichen Abschwächung der gerichteten Reflexion wird allerdings eine zusätzliche diffuse Reflexion bewirkt. Dieses unterschiedliche Reflexionsverhalten wird in [9] veranschaulicht. Mit zunehmender Rauheit verringert sich die Intensität, aber vergrößert sich gleichzeitig auch die Aufspreizung der Reflexionsstrahlen („Reflexionskeule“).

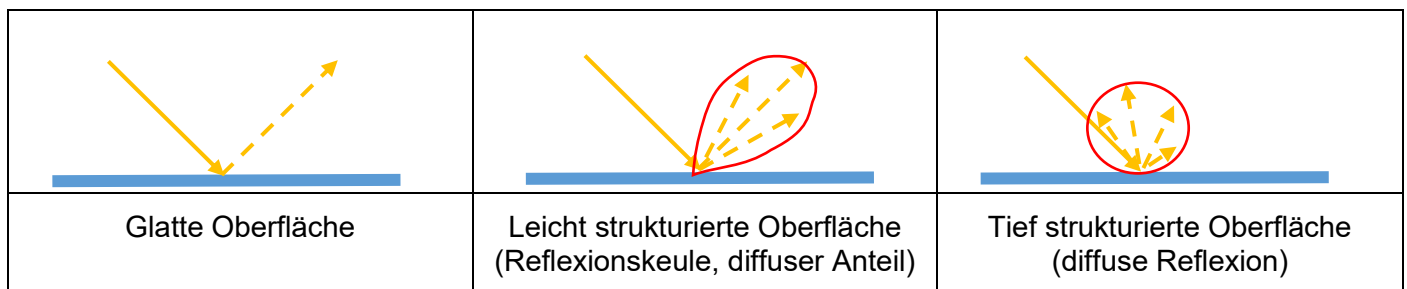


Abbildung 3: Gerichtete, gestreute und diffuse Reflexion von Licht an Oberflächen

Berücksichtigt man die Leuchtdichte der Sonnenstrahlung in einer Größenordnung von ca. $10^8 - 10^9 \text{ cd/m}^2$ (s. 2.2.1) und die Möglichkeit einer physiologischen Blendung ab Leuchtdichten in der Größenordnung von 10^5 cd/m^2 , so wird deutlich, dass zu deren Vermeidung eine Abschwächung der Leuchtdichte auf 0,01% - 0,1% erforderlich wäre.

Üblicherweise wird bei Solargläsern mit und ohne Antireflexionsbeschichtung oder Strukturierung vom Glashersteller lediglich der Transmissionsgrad angegeben, der aussagt, welcher Anteil des Sonnenlichts durch das Glas geleitet wird. Der Transmissionsgrad liegt bei hochwertigem Solarglas bei ca. 92%. Diese Angabe vom Glashersteller ist für die Bestimmung der Reflexionseigenschaften eines kompletten Moduls

allerdings nur bedingt geeignet, da aufgrund der zusätzlichen Grenzflächen mit unterschiedlichen Materialien weitere Reflexionen auftreten.

Die Bestimmung des Transmissionsgrads und des Lichtreflexionsgrads (Light Reflectance) von Gläsern erfolgt in der Regel nach ISO 9050. Die Light Reflectance nach ISO 9050 wird berechnet durch simulierte Bestrahlung mit Norm-Tageslicht und simulierte Betrachtung mit Norm-Augenempfindlichkeit. Dabei wird der Reflexionsgrad bei einem Winkel nahe 90° (senkrechter Lichteinfall) gemessen. Die Werte für andere Einstrahlungswinkel werden nach der Norm nicht erfasst, bestimmen aber zu einem großen Teil das Reflexionsverhalten, wie z.B. Messungen am Standort Köln an einer 30° nach Süd geneigten Fläche über ein Jahr ergaben. Nur ca. 9 % der gesamten Sonneneinstrahlung lagen im Einstrahlungswinkelbereich von bis zu 10° (Abweichung von der Senkrechten). Das Maximum der solaren Einstrahlung lag bei 35° Einstrahlungswinkel mit anteilig ca. 30% von 30° – 40°, während immerhin auch 10% bei Einstrahlungswinkeln von mehr als 60° erfolgen [8].

Sonnenreflexions-Messungen von TÜV Rheinland an kompletten (Mini) PV-Modulen mit 4 verschiedenen Glas-Oberflächen (glatt, AR-Beschichtung, strukturiert und tief strukturiert) bei Einstrahlungswinkeln von 35° und 65° (gemessen zur senkrechten Einstrahlung) ergaben Reflexionsgrade zwischen 0,21% - 3,4% bei 35° und von 0,25% – 11,7% bei 65°.

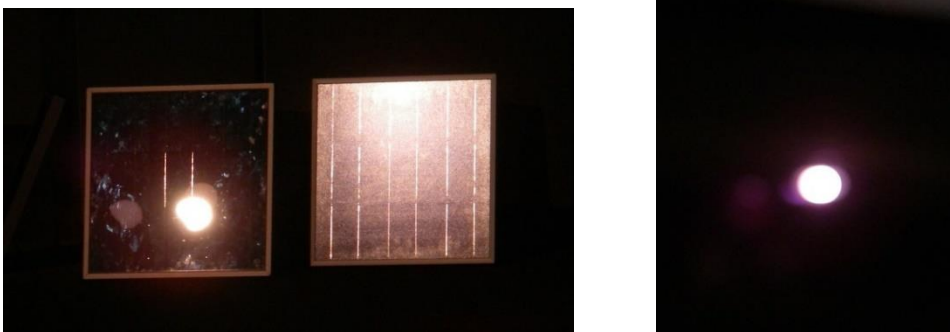


Abbildung 4: Optischer Eindruck der Reflexionen, links bei glatter und rechts bei tief strukturierter (sehr rauher) Modul-Oberfläche, aufgenommen in 10 m Entfernung, Rechtes Bild: Zum Vergleich: direkter Blick in die Sonne, Quelle: Sepanski, TÜV Rheinland

Diese Analysen und Messungen zeigen, dass auch bei Einsatz von Antireflex-Oberflächen, wie AR-Beschichtungen oder strukturierten Gläsern bei voller Sonneneinstrahlung eine Blendung des menschlichen Auges auftreten kann.

2.3 Blendung von Verkehrsteilnehmern

In der Beurteilung der Blendung auf etwaige Verkehrsteilnehmer wird das Auftreten von reflektiertem Licht am Immissionsstandort (z.B. Straße, Schienenverkehr, etc.) im Blickfeld eines Verkehrsteilnehmers in Fahrtrichtung als mögliche Blendung betrachtet, die es zu vermeiden gilt.

2.3.1 Straßenverkehr

Für die Bewertung einer möglichen Blendung durch Reflexionen an den PV-Modulen im Straßenverkehr wird das Blickfeld des Verkehrsteilnehmers auf dem zu betrachtenden Verkehrswege-Abschnitt untersucht. Eine

physiologische Blendung im Sinne einer Gefährdung des Verkehrsgeschehens kann ausgeschlossen werden, wenn auftretende Reflexionen der PV-Anlage in Richtung des zu untersuchenden Verkehrswegs außerhalb des zentralen Bereichs des binokularen Blickfeldes des Verkehrsteilnehmers liegen. Das ist der Bereich, der mit beiden Augen gleichzeitig erfasst wird und in dem ein tiefenscharfes Sehen erfolgt. Sofern Reflexionen im relevanten Sichtfeld auftreten können, ist eine erhebliche Beeinträchtigung grundsätzlich nicht auszuschließen.

Im Rahmen einer Begutachtung kann jedoch eine im relevanten Sichtfeld $\pm 30^\circ$ zur Blickrichtung auftretende Reflexion auch als nicht erheblich beeinträchtigend bewertet werden, wenn einer der nachfolgenden Punkte zutrifft [7]:

- Die reflektierende Fläche weist eine geringe Leuchtdichte von $\leq 30.000 \text{ cd/m}^2$ auf.
- Die reflektierende Quelle erscheint für die fahrzeugführende Person außerhalb des zentralen Sehfelds ($\pm 10^\circ$ zur Blickrichtung) nur sehr klein (vertikale Größe $\leq 0,3^\circ$), z. B. aufgrund der Entfernung oder eines flachen Sichtwinkels
- Die Sonne überlagert die Blendwirkung der PV-Anlage, z.B. bei sehr tiefen Sonnenständen (Sonnenhöhe $\leq 5^\circ$, Winkeldifferenz zwischen Blick in die Sonne und Blick in Reflexionsquelle $\leq 10^\circ$).
- Für eine lokal erforderliche Erweiterung des relevanten Sehbereichs ergibt sich bei Berücksichtigung des Winkelabstands zur Hauptblickrichtung und der berechneten Intensität für eine Reflexion kein anzunehmendes signifikantes Blendungsrisiko.
- Weitere Aspekte sind möglich, die plausibel und fundiert darzulegen sind.

Außerhalb des relevanten Sehfelds auftreffende Lichtstrahlen werden zwar ebenfalls wahrgenommen und können durchaus ablenkend wirken, eine Herabsetzung der Sehfähigkeit des Auges ist durch sie aber nicht zu erwarten.

Das optimal nutzbare Gesichtsfeld variiert etwas von Person zu Person und ist horizontal etwas kleiner als vertikal. Das optimal nutzbare horizontale Gesichtsfeld für beide Augen zusammen beschränkt sich auf ca. $2 \times 30^\circ = 60^\circ$. Der optimale vertikale Sichtbereich beträgt ca. $2 \times 40^\circ = 80^\circ$ [10].

Die Lichtreflexionen einer PV-Anlage, sowohl einer Freifeldanlage als auch einer Aufdachanlage (dachparallel), sind im Allgemeinen stets im vertikalen Gesichtsfeld zu erwarten, sodass das vertikale Gesichtsfeld für die Abschätzung eines Blendrisikos nicht bestimmend ist. Ob eine auftreffende Reflexion ein potenzielles Blendungsrisiko darstellt, wird somit allein dadurch bestimmt, ob sie einen Verkehrsteilnehmer (auch) im horizontalen binokularen Gesichtsfeld erreichen kann.

Für die Analyse in diesem Bericht wird als Kriterium das relevante binokulare horizontale Blickfeld mit einem maximalen horizontalen Bereich von ca. $\pm 30^\circ$ der in Fahrtrichtung fokussierten Blickrichtung angenommen. Für Verkehrswege-Abschnitte, bei der eine abweichende Blickrichtung des Fahrzeuglenkers, z.B. auf

Beschleunigungsstreifen, bei Kreuzungsbereichen oder bei Kreisverkehren u.a. nötig ist, wird eine erweiterte Blickfeldbetrachtung vorgenommen.

2.4 Wohnumfeld

Der Aspekt der physiologischen Blendung steht bei der Immissionssituation im Wohnbereich nicht im Vordergrund. Die bereits bei weit schwächerem Licht auftretende psychologische Blendung, die zu Störempfindungen und zu erheblichen Belästigungen führen kann, spielt hierbei die entscheidende Rolle.

Eine Belästigung entsteht durch die ständige und ungewollte Ablenkung der Blickrichtung zur Lichtquelle hin, die bei großem Unterschied der Leuchtdichte der Lichtquelle zur Umgebungsleuchtdichte eine ständige Adaption des Auges auslöst. Diese Art der Blendung tritt bereits bei Leuchtdichten von 10^2 cd/m² bis 10^4 cd/m² auf.

Eine Blendung kann von allen glatten Flächen ausgehen und ist Bestandteil des gewohnten Umfelds. Dazu gehören Glasfenster, Fassaden, glänzende Dachziegel ebenso wie geparkte Autos oder auch Gewässerflächen. Auch die Sonne selbst verursacht vor allem bei niedrigen Sonnenstand Blendungen. Der Sachverhalt ist identisch, die subjektive Bewertung erfolgt dagegen häufig differenziert, da eine PV-Anlage als ein zusätzliches, beeinflussbares Element wahrgenommen wird.

Die Beurteilung, inwiefern die Sonnen-Reflexionen an einer PV-Anlage eine erhebliche, d.h. unzumutbare, Beeinträchtigung darstellen kann, umfasst neben der Entfernung zur Reflexionsquelle, den beschriebenen Zeitangaben aus der Analogie zur „Schattenwurfrichtlinie“ auch die örtlichen Gegebenheiten, wie übliche Aufenthaltszeiten von Personen im Immissionsbereich, Art der Nutzung des Bereichs, übliche Blickrichtung, Ausweichmöglichkeiten oder eigene Schutzmöglichkeiten, z.B. Sichtblenden (Vorhänge).

Es können außerdem die baulichen Änderungsmöglichkeiten beim Verursacher geprüft und die Verhältnismäßigkeit der verschiedenen Möglichkeiten abgewogen werden.

3 Aufgabenstellung

TÜV Rheinland Solar GmbH wurde beauftragt, für die geplante Photovoltaik Freiflächenanlage (PV-FFA) Scharfstorf Deutschland (Koord. 53.841954°N, 11.408215°O) die auftretenden Lichtreflexionen und daraus gegebenenfalls resultierende Blendwirkungen auf die Umgebung zu untersuchen und zu bewerten. Nachfolgend sind die geplante PV-Anlage und die zu untersuchenden relevanten Immissionsobjekte (POI = „Point of Interest“) in unmittelbarer Umgebung dargestellt.



Abbildung 5: Übersicht Position der Photovoltaikanlage und Umgebung mit den zu untersuchenden Immissionsobjekten

Die Planung sieht eine getrackte PVA mit Nord-Süd Achse vor.

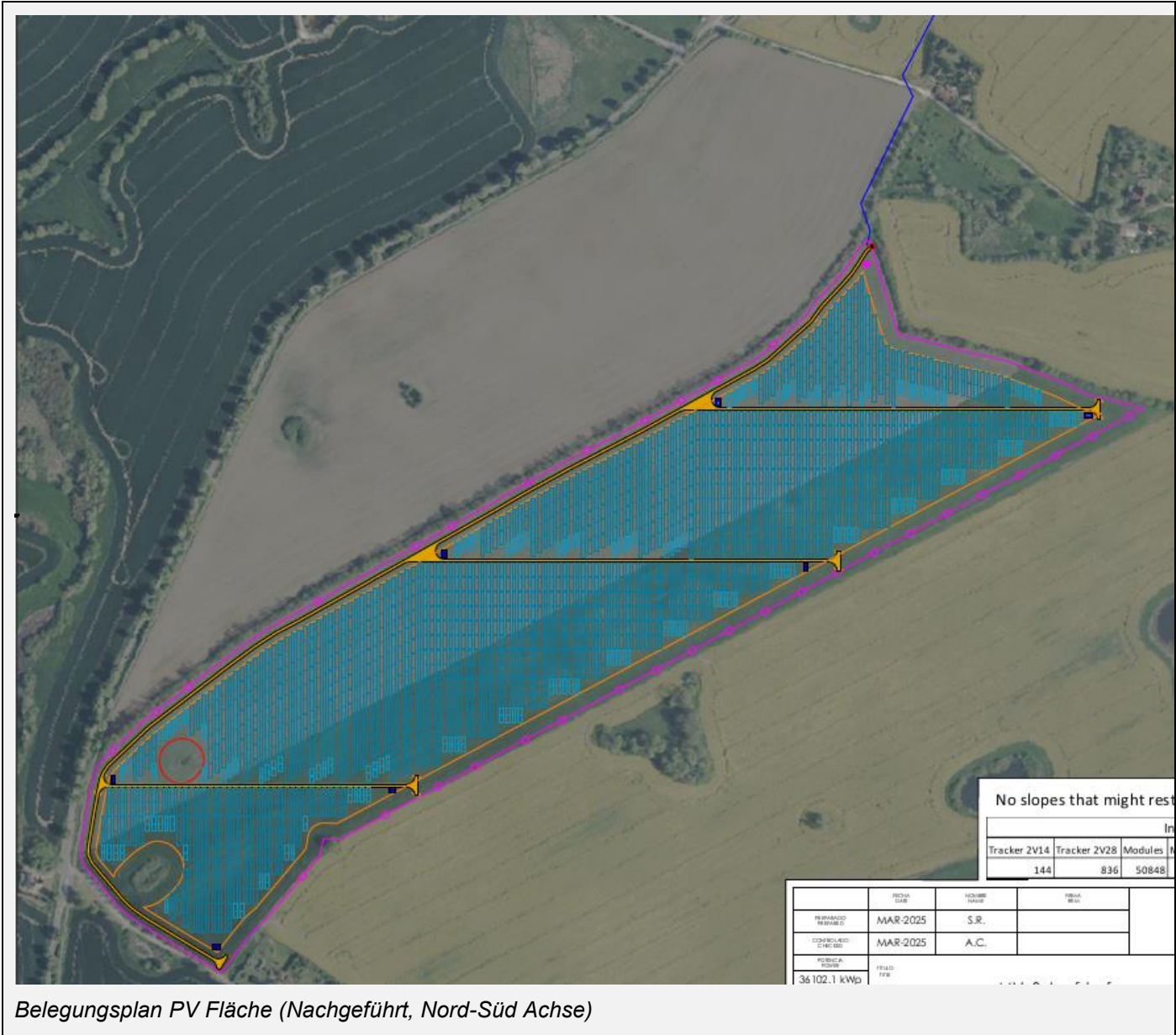
Für die nord-westlich unmittelbar vorbeiführende Bundesstraße 208 (POI 1), die süd-westlich vorbeiführende Straße Am Schlossberg (POI 2), die Wohnbebauung Scharfstorf süd-westlich der Anlage sowie der nord-östlich vorbeiführenden Straße Schulenbrook sind die auftreffenden Sonnenlichtreflexionen an den PV-Modulen zu ermitteln und zu bewerten.

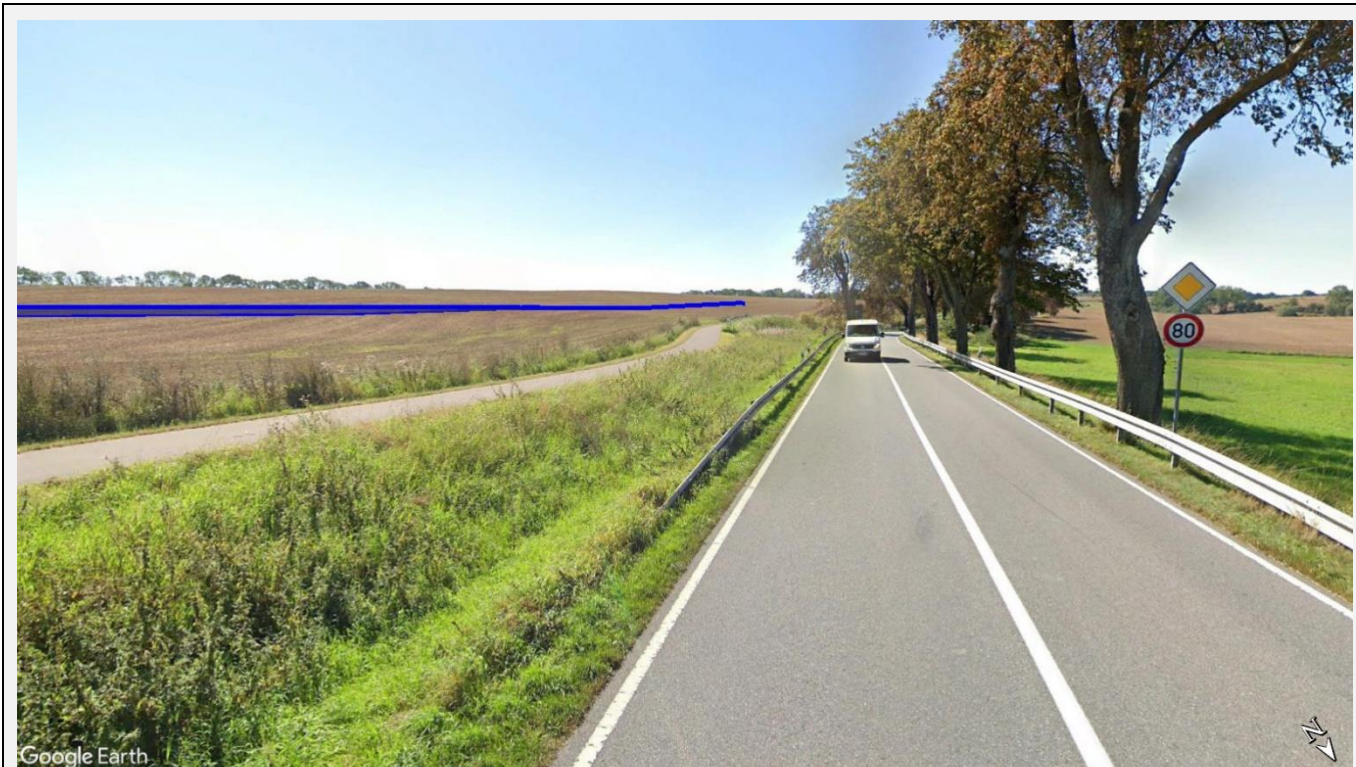
Das Blendgutachten beinhaltet Aussagen zu nachfolgenden Punkten:

- Beschreibung des Standorts und der Umgebung
- Berechnung der standortspezifischen Lichtreflexionen (Reflexionsdiagramm)
- Analyse der Reflexionen hinsichtlich einer möglichen Blendwirkung

4 Standort- und Anlagenbeschreibung

Geographische Koordinaten: 53.841954°N, 11.408215°O	Gelände: Höhe über NN: ca. 48 – 64 m
Art der Anlage: Freiflächenanlage PVA 1, nachgeführt, Nord-Süd Achse Tischhöhe: 2,10 m Max. Trackerrotation: +/- 55° Backtracking mit Ground Coverage Ratio von 58% Geprüfte Ruhestellung: 5° und 0°	Gesamtleistung: ca. 36,10 MWp (ca. 50.848 Stück) Module: Tongwei Co., Ltd. TWMNF-66HD-710
 Überblick zur geplanten PV-Fläche (Quelle: Google Earth)	





Blick von der Bundesstraße 208 Fahrtrichtung N-S (80er Zone) auf das Gelände der PV-FFA (Quelle: Google Street View)



Blick von der Bundesstraße 208 Fahrtrichtung N-S an der Kreuzung zu POI 4 (Schulenbrook) auf das Gelände der PV-FFA (Quelle: Google Street View)



Blick von der Bundesstraße 208 Fahrtrichtung S-N an der Kreuzung zu POI 2 (Am Schlossberg) auf das Gelände der PV-FFA
(Quelle: Google Street View)



Blick von der Bundesstraße 208 Fahrtrichtung S-N Richtung Osten auf das Feld, welches das Gelände der PV-FFA abschirmt
(Quelle: Google Street View)



Übersicht der betrachteten Observation Points (OPs) 1-13 innerhalb von POI3. Es wurde der EG / Außenbereich betrachtet
(Quelle: Google Street View)

Das PV-Gelände ist leicht abfallend von Süd nach Nord. An der nord-westlichen sowie nördlichen Kante der geplanten PV-FFA ist dichter Bewuchs vorhanden, der abschirmend wirkt. Zusätzlich ist aufgrund des Höhenprofils des Feldes nord-östlich der geplanten PV-FFA auf weiten Strecken der B208 kein Sichtkontakt zur Anlage möglich.

5 Ermittlung der Lichtreflexionen

5.1 Vorgehen

Für den Standort der PVA wird der Sonnenstand für ein gesamtes Jahr berechnet. Entsprechend der spezifischen Modulausrichtung der zu untersuchenden PV-Anlage können die Sonnenlicht-Reflexionen an den Modulen der PV-Anlage ebenfalls für das gesamte Jahr berechnet werden. Im XY-Reflexionsdiagramm wird veranschaulicht, in welche Richtungen (Azimut) und Höhenwinkel (Elevation) die Anlage insgesamt im Jahresverlauf reflektiert.

Die Betrachtung der zutreffenden Azimut Bereiche für bodengebundene Objekte erfolgt typischerweise mit einer Elevation zwischen $\pm 5^\circ$. Damit erfolgt eine grobe Eingrenzung der Bereiche der Umgebung der PVA, die geometrisch von den Sonnenlicht-Reflexionen der Module getroffen werden können.

Liegen zu untersuchende Verkehrsrouten in dem ermittelten betroffenen Bereich, so ist für die Prüfung einer möglichen Beeinträchtigung des Verkehrs die Richtung der auftreffenden Reflexionen relativ zur Bewegungsrichtung relevant. Nur Reflexionen, die von vorn auftreffen (Differenzwinkel $<30^\circ$) werden als kritisch hinsichtlich einer möglichen physiologischen Blendung angesehen. Für die Blickrichtung eines Fahrzeugführers wird dabei angenommen, dass er in Bewegungsrichtung fokussiert ist.

Reflexionsstrahlen, die in einem größeren Winkel seitlich oder von hinten eintreffen, werden zwar ebenfalls wahrgenommen, es ist aber keine Beeinträchtigung der Sehleistung und eine damit unmittelbar verbundene Verkehrsgefährdung anzunehmen (vgl. Abschnitt 2.3.1).

5.2 Standortspezifisches Reflexionsdiagramm

Mit der bei TÜV Rheinland entwickelten Software zur Berechnung von Sonnenreflexionen können die auftretenden Reflexionen für einen bestimmten geographischen Standort bei einer definierten Ausrichtung und Neigung der reflektierenden Fläche über das gesamte Jahr dargestellt werden. Die Berechnung berücksichtigt nur die direkten Reflexionen. Die durch diffuse Streuung entstehenden zusätzlichen Reflexionen sind sowohl winkel- und spektral abhängig als auch oberflächenspezifisch und werden bei der Festlegung der Bereiche näherungsweise berücksichtigt.

Die durch die blauen Datenpunkte gebildeten Schleifen („Analemmata“) zeigen den Reflexionsort für eine bestimmte Uhrzeit für jeden Tag des Jahres. Die 08:00 Uhr, 12:00 Uhr und 16:00 Uhr Analemmata sind zur Orientierung hervorgehoben.

Die untere Hüllkurve bilden die Reflexionen bei Sonnenhöchststand am 21. Juni, die mittleren Kurven zeigen die Punkte der Sonnenwende am 21. März bzw. 21. September und die obere Hüllkurve die Punkte des niedrigsten Sonnenstandes am 21. Dezember.

In diesem Bericht wird die Geodatendarstellung mit einem Azimut von 0° in Richtung Nord verwendet. Die Drehung in Uhrzeigerrichtung ergibt den Azimut-Winkel zwischen 0° und 360° .

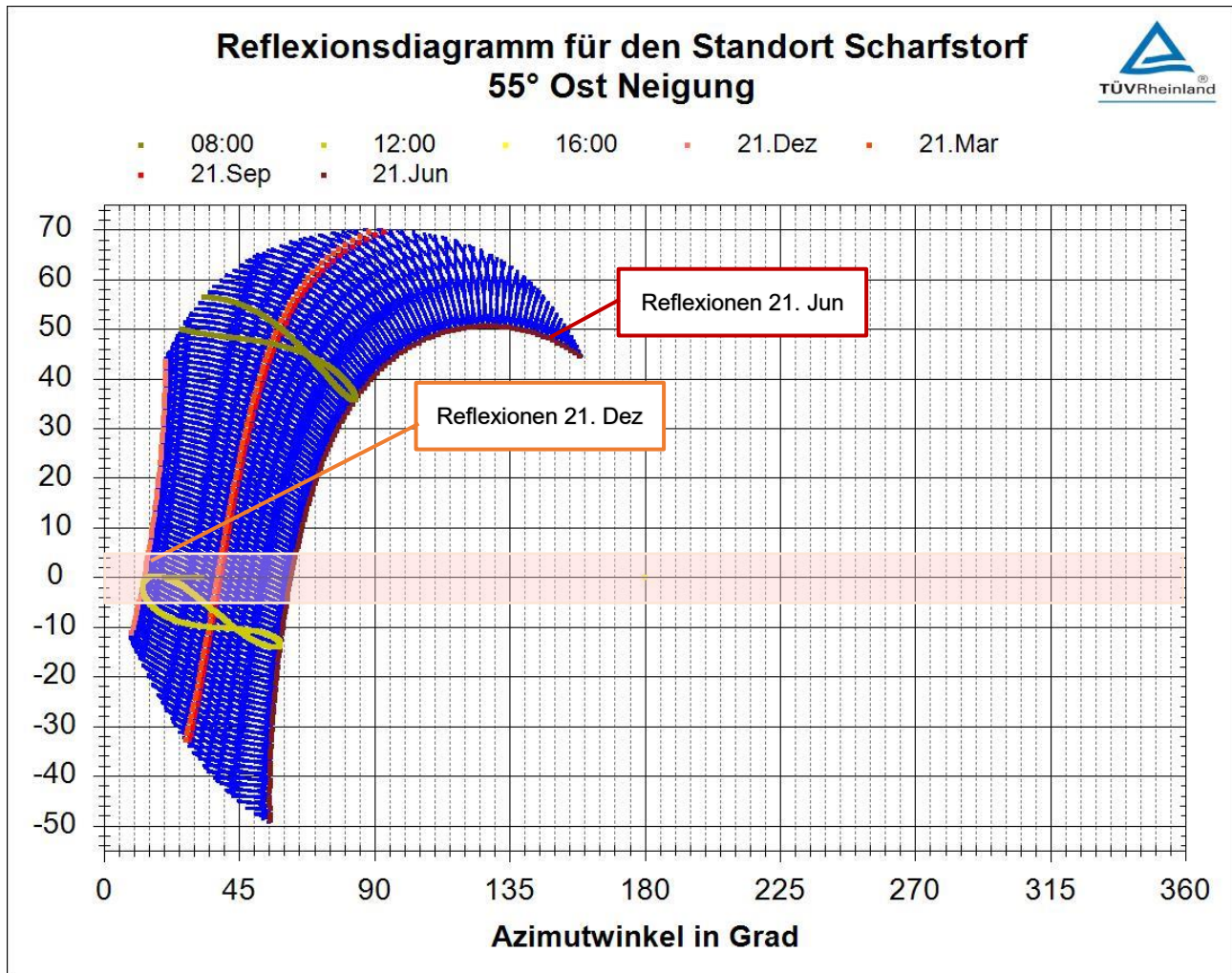


Abbildung 6: Reflexionsdiagramm für Trackerausrichtung 55° (O)

Bei der maximalen Oststellung der Tracker werden die Sonnenstrahlen morgens Richtung Nord-Osten reflektiert. Der Reflexionsbereich für bodennahe Objekte (-5°...+5° Elevation) ist farbig hervorgehoben.

Theoretischer Azimutbereich:

Morgens: 12° bis 64° (ganzjährig zwischen 10:35 Uhr und 12:20 Uhr)

Abends: -

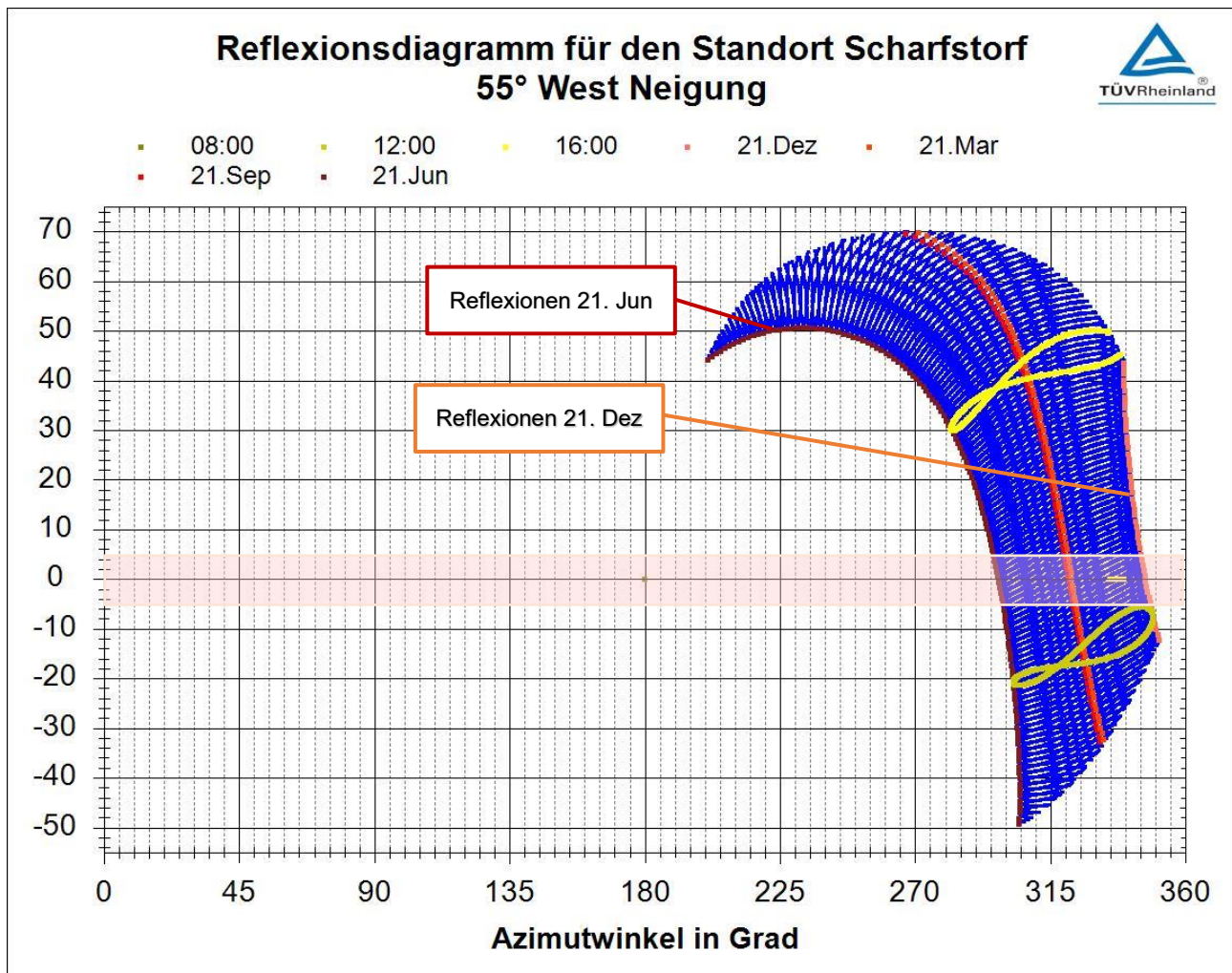


Abbildung 7: Reflexionsdiagramm für Trackerausrichtung 55° (W)

Bei der maximalen Weststellung der Tracker werden die Sonnenstrahlen nachmittags Richtung Nord-Westen reflektiert. Der Reflexionsbereich für bodennahe Objekte (-5°...+5° Elevation) ist farbig hervorgehoben.

Theoretischer Azimutbereich:

Morgens: -

Nachmittags: 296° bis 347° (ganzjährig zwischen 12:10 Uhr und 13:55 Uhr)

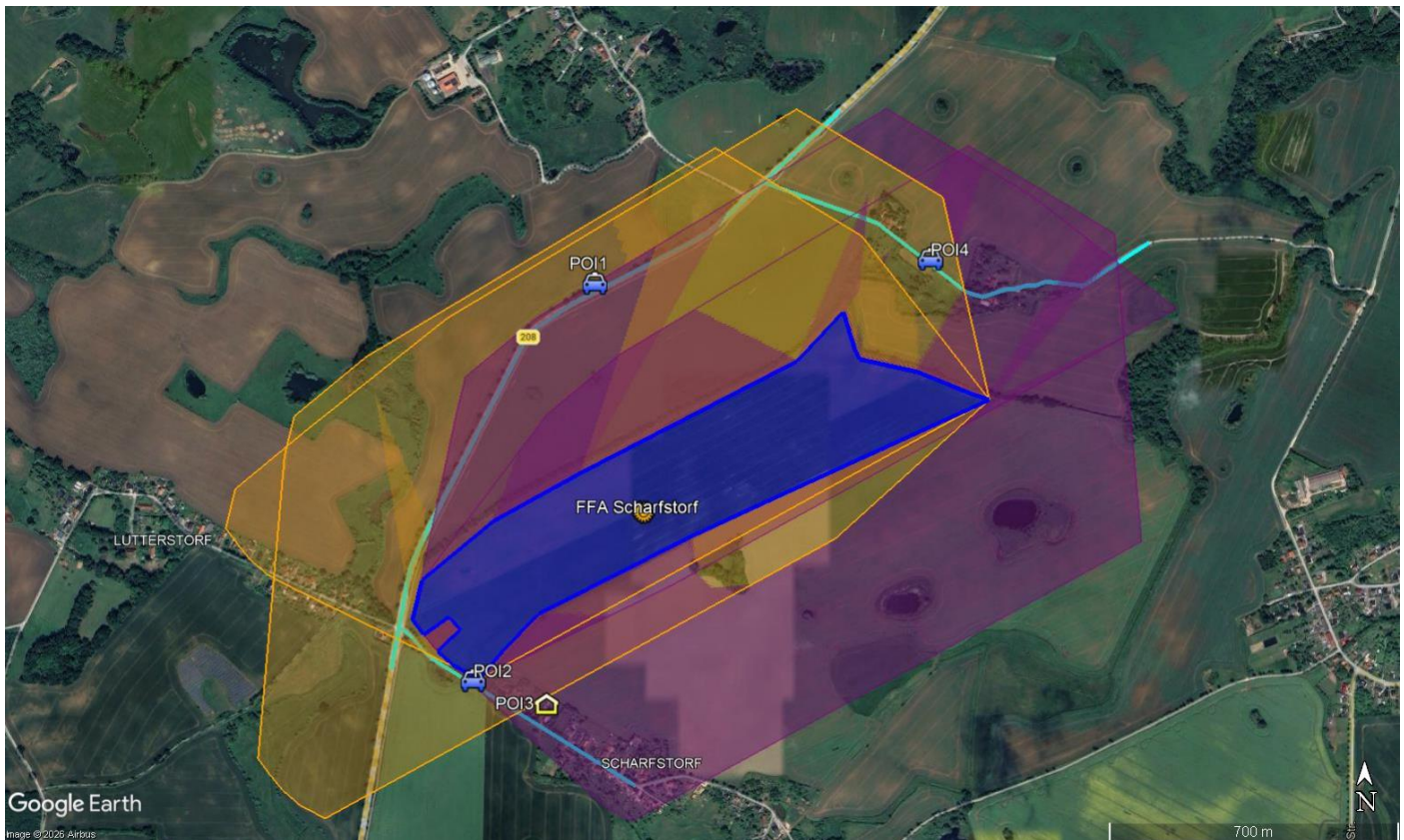


Abbildung 8: Reflexionsbereiche der getrackten Module der PVA morgens (Orange markiert) und abends (Violett markiert).

Ergebnis

POI 1, POI 2, POI 3 und POI 4: können geometrisch sowohl morgens als auch nachmittags von Sonnenlichtreflexionen getroffen werden.

In diesen Aussagen sind eventuell vorhandene Sichthindernisse z.B. durch das Geländeprofil oder dichte Vegetation nicht berücksichtigt.

Nachfolgend werden nur die im **kritischen Winkel von vorn auf einen Fahrzeugführer möglichen Sonnenlichtreflexionen** ermittelt und Ihre jahreszeitliche und tägliche Verteilung bestimmt.

5.3 Grundlagen der Simulation

Die Simulation erfolgt mit dem professionellen, umfangreichen Glare Analysis Toolset „Forge Solar“ welches von SIMS Industries (USA) bereitgestellt wird [9] und weltweit bei blendkritischen Photovoltaik-Projekten insbesondere nahe Flughäfen Anwendung findet. Es basiert auf dem Solar Glare Hazard Analysis Tool, welches von den renommierten Sandia National Laboratories (USA) entwickelt wurde [11].

Die Berechnung von eintreffenden Sonnenlichtreflexionen wird punktweise durchgeführt. Die Position und die äußeren Begrenzungen der PVA sowie die Höhe und die Ausrichtung der PV-Module werden definiert.

Zur Einbeziehung von diffusen Reflexionen wird der zutreffende Glasoberflächentyp definiert. Die anhand von detaillierten Reflexionsmessungen ermittelten typischen durchschnittlichen Werte erlauben eine gute Näherung. Eine genaue Berechnung der diffusen Reflexionen ist aufgrund der komplexen geometrischen, Material- und Oberflächen- sowie anlagenseitigen Einflussfaktoren nicht möglich.

Auf der Immissionsseite werden für das jeweils zu untersuchende Objekt ebenfalls die relevanten Positionen und die Objektart definiert. Für Verkehrswege werden die kritischen Differenzwinkel entsprechend Abschnitt 2.3.1 definiert ($\pm 30^\circ$ horizontal zur Bewegungsrichtung).

Die einzelnen Komponenten, ihre Spezifikationen und die verwendeten Parameter für die Simulation können dem Anhang 4 entnommen werden.

Tabelle 1: Simulationsmodell

PV-Anlage		
PVA 1	Glastyp	Glatte Oberfläche mit AR-Beschichtung
	Höhe der PVA	Tracker Achse: 2,10 m über Boden
	Achsen-Ausrichtung	180°
	Max. Tracker Winkel	55°
	Ruhestellung (geprüft)	5° und 0°
	Ground Coverage Ratio	58%
POI		
POI 1	Bundesstraße 208, nord-westlich der Anlage	LKW Sichthöhe 2,7 m, PKW Sichthöhe 1,0 m
POI 2	Durchgangsstraße, Am Schlossberg, süd-westlich der Anlage	LKW Sichthöhe 2,7 m, PKW Sichthöhe 1,0 m
POI 3	Wohnbebauung Scharfstorf, Am Schlossberg, süd-westlich der Anlage	EG / Außenbereiche: 1,6 m (OP 1-13)
POI 4	Straße Schulenbrook, nord-östlich der Anlage	LKW Sichthöhe 2,7 m, PKW Sichthöhe 1,0 m
Hindernisse (Abschirmung)		
Bewuchs im Norden	Dichtes Gehölz	Höhe 5 m
Bewuchs Nord-West	Dichtes Gehölz	Höhe 5 m
Geländeprofil Feld	Feld im Nord-Westen der Anlage	Höhe 0 m

Darstellung der Ergebnisse

Die Simulationsergebnisse stellen die ermittelten spezifischen Reflexionen zeitlich und örtlich dar. Das Simulationstool unterscheidet 3 Klassen von Reflexionsintensitäten: „Green Glare“ bezeichnet Reflexionen von geringer Intensität und/oder Ausdehnung, für die nur eine geringe Wahrscheinlichkeit einer Blendung bei durchschnittlich empfindlichen Personen zu erwarten ist, wogegen „Yellow Glare“ intensivere und/ oder flächenmäßig größere Blendungen bedeuten, für die ein signifikantes Risiko für physiologische Blendungen z.B. aufgrund temporärer Nachbilder gegeben ist. „Red Glare“ signalisiert ein Risiko für dauerhafte Schädigungen des menschlichen Auges [12]. Diese sehr hohe Reflexionsintensität tritt bei ebenen Flächen wie PV-Modulen (in den üblichen Anwendungen mit kristallinen Modulen) jedoch nicht auf.

Im „Glare Hazard Plot“ werden diese 3 Klassen von Reflexionsintensitäten als Funktion der Größe des wahrgenommenen Blendflecks und der Leuchtdichte des Lichts im menschlichen Auge dargestellt [12].

Für den Luft-, Straßen oder Schienenverkehr sind insbesondere die ermittelten Reflexionen mit „Yellow Glare“ von Bedeutung, da eine Beeinträchtigung der Sehfähigkeit von Verkehrsteilnehmern vermieden werden muss. Bei der Betrachtung von nachbarschaftlichen Objekten sind dagegen auch „Green Glare“ Zeiten relevant, da hier der Belästigungsaspekt aufgrund der Einwirkungsdauer und des Wiederholungsaspekts im Vordergrund steht.

Sollten im Simulationsergebnis als kritisch zu betrachtende Reflexionen ermittelt werden, kann ggf. mittels einer Variation der angenommenen Ausrichtung und Neigung der PV-Module zusätzlich eine Optimierungssimulation vorgenommen werden.

5.4 Simulationsergebnisse

5.4.1 Übersicht

Tracker mit 0° Ruhestellung

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Am Schlossberg O-W LKW	124	2.1	4	0.1
Am Schlossberg O-W PKW	0	0.0	0	0.0
Am Schlossberg W-O LKW	1,922	32.0	2,479	41.3
Am Schlossberg W-O PKW	1,415	23.6	2,229	37.1
B208 N-S LKW	0	0.0	0	0.0
B208 N-S LKW	0	0.0	0	0.0
B208 N-S PKW	0	0.0	0	0.0
B208 S-N PKW	0	0.0	0	0.0
Schulenbrook O-W PKW	0	0.0	0	0.0
Schulenbrook W-O LKW	33	0.6	7	0.1
Schulenbrook W-O LKW	0	0.0	0	0.0
Schulenbrook W-O PKW	0	0.0	0	0.0
OP 1	373	6.2	53	0.9
OP 2	116	1.9	0	0.0
OP 3	28	0.5	0	0.0
OP 4	0	0.0	0	0.0
OP 5	0	0.0	0	0.0
OP 6	0	0.0	0	0.0
OP 7	0	0.0	0	0.0
OP 8	0	0.0	0	0.0
OP 9	0	0.0	0	0.0
OP 10	0	0.0	0	0.0
OP 11	0	0.0	0	0.0
OP 12	0	0.0	0	0.0

Tracker mit 5° Ruhestellung

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Am Schlossberg O-W LKW	0	0.0	0	0.0
Am Schlossberg O-W PKW	0	0.0	0	0.0
Am Schlossberg W-O LKW	1,487	24.8	1,452	24.2
Am Schlossberg W-O PKW	657	10.9	247	4.1
B208 N-S LKW	0	0.0	0	0.0
B208 N-S LKW	0	0.0	0	0.0
B208 N-S PKW	0	0.0	0	0.0
B208 S-N PKW	0	0.0	0	0.0
Schulenbrook O-W PKW	0	0.0	0	0.0
Schulenbrook W-O LKW	0	0.0	0	0.0
Schulenbrook W-O LKW	0	0.0	0	0.0
Schulenbrook W-O PKW	0	0.0	0	0.0
OP 1	0	0.0	0	0.0
OP 2	0	0.0	0	0.0
OP 3	0	0.0	0	0.0
OP 4	0	0.0	0	0.0
OP 5	0	0.0	0	0.0
OP 6	0	0.0	0	0.0
OP 7	0	0.0	0	0.0
OP 8	0	0.0	0	0.0
OP 9	0	0.0	0	0.0
OP 10	0	0.0	0	0.0
OP 11	0	0.0	0	0.0
OP 12	0	0.0	0	0.0

Ergebnisse

POI 1 Bundesstraße 208: Für beide Fahrtrichtungen wurden keine störenden Reflexionen berechnet.

POI 2: Am Schlossberg: Für die Fahrtrichtung West-Ost wurden für einen Fahrzeugführer im PKW und LKW und für die Fahrtrichtung Ost-West für einen Fahrzeugführer im LKW störende Reflexionen berechnet.

POI 3: Wohnbebauung Am Schlossberg: Für die Ruhestellung in 0° wurden für manche Bebauungen Reflexionen berechnet.

POI 4: Schulenbrook: Für die Fahrtrichtung West-Ost wurden für einen Fahrzeugführer im LKW Reflexionen berechnet.

Alle Reflexionen werden nachfolgend auf die Abschirmung durch den Horizont geprüft.

5.4.2 Jahres- und tageszeitliche Verteilung der Reflexionen

Das Horizontprofil für die FFA Scharfstorf wurde durch das Horizont Profil, welches von PVGIS durch das Joint Research Center der Europäischen Kommission zur Verfügung gestellt wird, abgeschätzt [13].

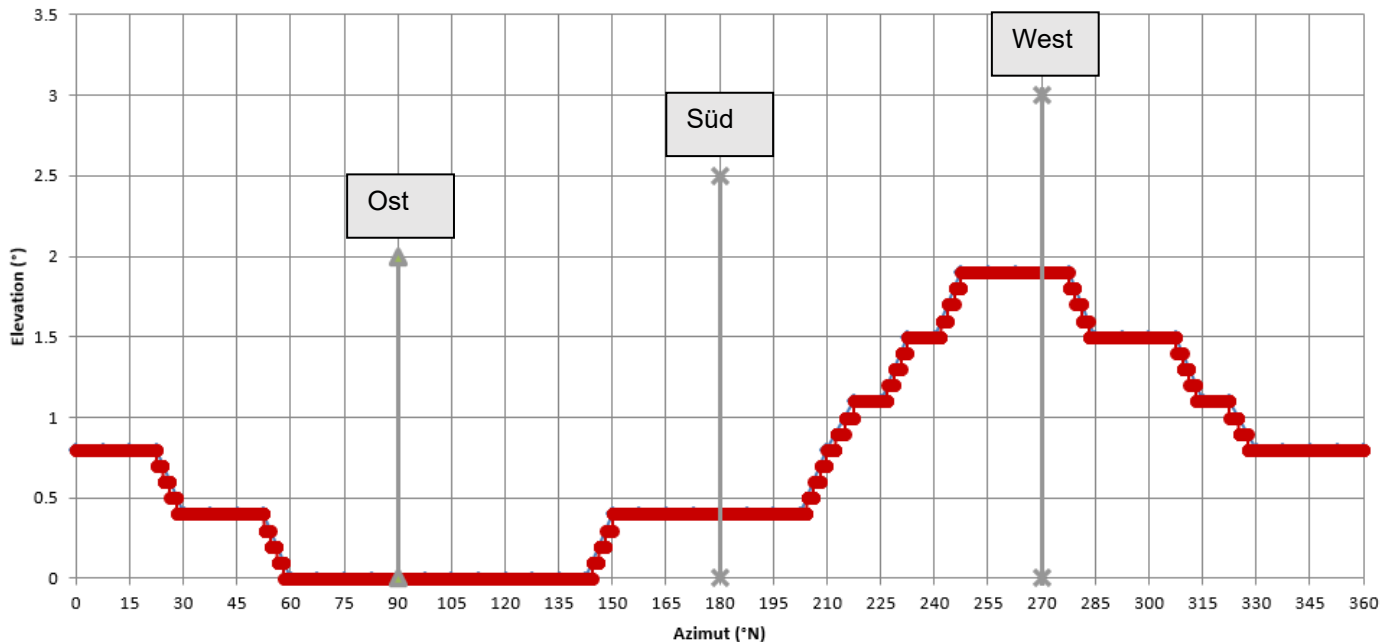


Abbildung 9: Horizontprofil für die FFA Scharfstorf (53.841954°N, 11.408215°O).

Für jede Reflexion in Richtung der POI wird geprüft, ob sich die Sonne unter dem Horizontprofil befindet und keine Reflexionen hervorrufen kann.

Ergebnis

POI 2: Am Schlossberg: Für die Fahrtrichtung O-W für einen Fahrzeugführer im LKW werden die Reflexionen durch den Horizont komplett abgeschirmt. Für die Fahrtrichtung W-O für einen Fahrzeugführer im PKW werden die Reflexionen bei niedrigen Sonnenständen unter 5° hervorgerufen. Für die gleiche Fahrtrichtung für einen Fahrzeugführer im LKW werden die Reflexionen bei Sonnenständen unter 6,5° hervorgerufen. Bei Sonnenständen unter 5° dominiert die Sonnenblendung die Blendwirkung der PV-Anlage [7]. Daher werden die Reflexionen für einen PKW daher als nicht signifikant eingestuft. Für einen LKW treten die Reflexionen kurz nach dem Einbiegen in Am Schlossberg nach der Kreuzung der Bundesstraße und Am Schlossberg auf, wo eine stark geminderte Geschwindigkeit angenommen werden kann. Daher werden die Reflexionen ebenfalls als nicht signifikant eingestuft aufgrund der geringen Sonnenstände und der reduzierten Geschwindigkeit in der Durchfahrtstraße nach der Kreuzung.

POI 3: Wohnbebauung Am Schlossberg: Alle berechneten Reflexionen werden durch den Horizont komplett abgeschirmt. Es ist daher davon auszugehen, dass keine Reflexionen in Richtung der Wohnbebauung auftreten.

POI 4: Schulenbrook: Für die Fahrtrichtung West-Ost im LKW werden die Reflexionen bei niedrigen Sonnenständen unter 5° hervorgerufen und daher als nicht signifikant eingestuft.

Bewertung

Unter Berücksichtigung des örtlichen Horizontprofils werden keine signifikanten Blendungen erwartet.

6 Allgemeine Hinweise

Bei allen Zeitangaben handelt es sich um die Normalzeit (Winterzeit, UTC+1). Die im Ergebnis genannten Anfangs- und Endzeiten beinhalten verschiedene Ungenauigkeiten, z.B. aufgrund der geometrischen Zuordnung und der realen Modulausrichtung im Gelände. Für die Sichthöhe wird eine maximal anzunehmende Höhe (Worst Case Szenario) angesetzt. Bei einer real niedrigeren Sichthöhe reduzieren sich die eintreffenden Reflexionen zeitlich und richtungsmäßig geringfügig. Autofahrer bewegen sich nicht exakt auf der angenommenen Fahrspur und deren Kopfhöhe variiert abhängig vom Fahrzeugtyp und Körpergröße, auch Piloten fliegen nicht exakt auf einem vorgegebenen Anflugpfad zum Flughafen, sondern nutzen einen erlaubten Korridor. Personen bewegen sich auf einem betrachteten Grundstück, während die Berechnung nur einzelne Positionen berücksichtigen kann.

Bei Blendungsanalysen können ggf. vorhandene kleinteilige physikalische Hindernisse zwischen Reflektoren und Rezeptoren nicht berücksichtigt werden. Größere Hindernisse wie Gebäude oder höhere Brüstungen werden nach Bedarf in das Simulationsmodell eingebunden.

Wird ggf. abschirmender Grünbestand in der näheren Umgebung mit in die Analyse einbezogen, kann die lokale jahreszeitliche Änderung nicht simuliert werden. Bei der Bewertung der Ergebnisse wird der relevante Zeitraum hinsichtlich üblicher Vegetationszeiten am Standort berücksichtigt.

Die Systemgeometrie kann nur vereinfachend simuliert werden. So werden die Freiräume zwischen aufgeständerten Modulen und eine ggf. gegenseitige Abschirmung der Module nicht berücksichtigt. Die auf den Rezeptordiagrammen angezeigten Blendpositionen sind daher ungefähre Angaben. Bei Planung von ggf. erforderlichen Schutzmaßnahmen wird daher ein Sicherheitszuschlag in alle Richtungen empfohlen.

Die Bestimmung des Blendungsrisikos beim Menschen basiert auf verschiedenen durchschnittlichen Annahmen, z.B. der Augeneigenschaften des Betrachters, des Blickwinkels und der typischen Blinzelreaktionszeit. Die subjektive Blendungswirkung und das Störeffinden kann abweichen.

Die AR-Beschichtung der PV Module bewirkt neben den direkten Reflexionen des Sonnenlichts auch einen Anteil an diffus gestreuten Reflexionen, d.h. benachbarte Bereiche des direkt betroffenen Bereichs können von diffusen Reflexionen erreicht werden, die jedoch weniger intensiv sind. Je größer die Winkelabweichung von der direkten Reflexion ist, desto geringer ist die Intensität der auftreffenden Reflexion. Bei typischen AR-Beschichtungen sind signifikante diffuse Reflexionen in einem Winkelbereich bis zu 10° um die direkte Reflexion zu erwarten. Die diffusen Reflexionen werden in der Softwareberechnung näherungsweise erfasst. Sie sind vom konkret eingesetzten Modultyp, bzw. den mikro- und makrostrukturellen Eigenschaften des Frontglases, der jeweiligen Einstrahlungsrichtung und des Betrachtungswinkels, aber auch vom aktuellen Verschmutzungsgrad der Oberfläche abhängig.

Die tatsächlichen Werte für die zu erwartenden Richtungen und Zeiten von Sonnenlichtreflexionen zu den betrachteten Immissionsobjekten können daher variieren.

7 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Die TÜV Rheinland Solar GmbH wurde beauftragt, für die geplante Photovoltaikanlage (PVA) in Scharfstorf, Deutschland die auftretenden Lichtreflexionen und daraus gegebenenfalls resultierende Blendwirkungen auf die Umgebung zu untersuchen.



Abbildung 10: Übersicht PVA und Immissionsobjekte (POI 1-4)

Zugrunde gelegtes Anlagendesign		Untersuchte Immissionsobjekte (POI – Points of Interest)	
PVA 1	Nachgeführte Anlage mit Nord-Süd Achse	POI 1	Bundesstraße 208, nord-westlich der Anlage
		POI 2	Durchgangsstraße, Am Schlossberg, süd-westlich der Anlage
		POI 3	Wohnbebauung Scharfstorf, Am Schlossberg, süd-westlich der Anlage
		POI 4	Straße Schulenbrook, nord-östlich der Anlage

Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch zusammengefasst.

POI	Bezeichnung	Reflexionsd. im Jahr	Zeitraum / Monate	Tägliches Zeitfenster (UTC+1)	Max. Zeitdauer	Blend- risiko
POI 1	Bundesstraße 208, nord-westlich der Anlage	-	-	-	-	Nein
POI 2	Durchgangsstraße, Am Schlossberg, süd-westlich der Anlage	-	-	-	-	Nein
POI 3	Wohnbebauung Scharfstorf, Am Schlossberg, süd- westlich der Anlage	-	-	-	-	Nein
POI 4	Straße Schulenbrook, nord- östlich der Anlage	-	-	-	-	Nein

POI 1 Bundesstraße 208: Für beide Fahrtrichtungen wurden keine störenden Reflexionen berechnet.

POI 2: Am Schlossberg: Für beide Fahrtrichtungen wurden die berechneten Reflexionen als nicht signifikant eingestuft, da sie maßgeblich von der Sonnenblendung überlagert werden.

POI 3: Wohnbebauung Am Schlossberg: Alle berechneten Reflexionen werden durch den Horizont komplett abgeschirmt. Es ist daher davon auszugehen, dass keine Reflexionen in Richtung der Wohnbebauung auftreten.

POI 4: Schulenbrook: Für die Fahrtrichtung West-Ost im LKW werden die Reflexionen als nicht signifikant eingestuft, da sie maßgeblich von der Sonnenblendung überlagert werden.

Zusammenfassend wird anhand der zur Verfügung gestellten Unterlagen und Fotos, der Satellitenfotos (2025 Google), sowie der durchgeführten Reflexions-Berechnungen eingeschätzt, dass beim Bau der Photovoltaik FFA in Scharfstorf, Deutschland im geplanten Design kein Störeffekt für die vorbeiführende Bundesstraße, die Durchfahrtstraßen im Norden und Süden der Anlage sowie der Wohnbebauung im Süden der Anlage aufgrund möglicher Blendungen zu erwarten ist.

- Ende des Berichts -

Nachtrag:

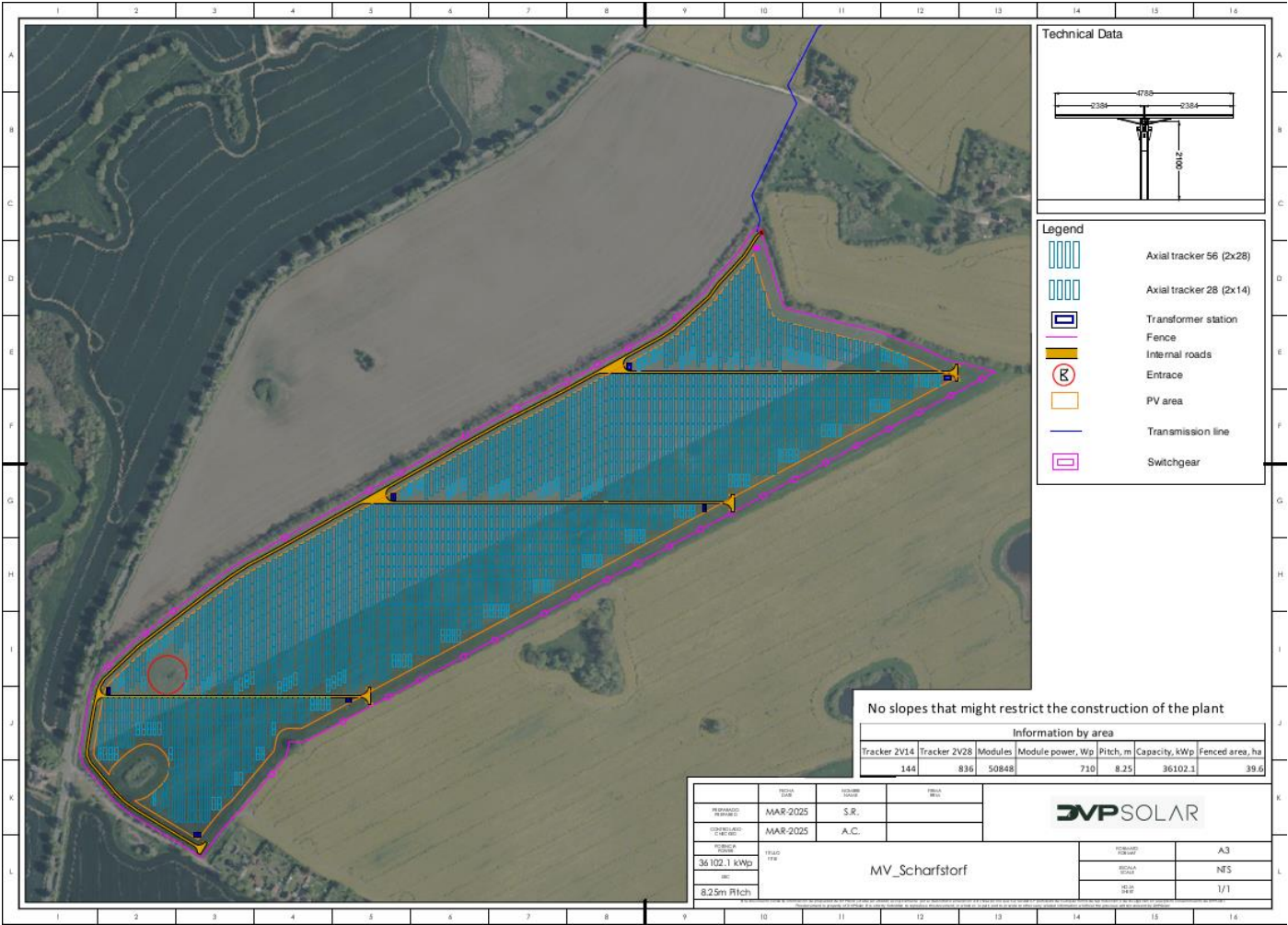
Die vorstehenden Berechnungen und Analysen wurden mit der gebotenen Sorgfalt nach bestem Wissen und Erfahrungen auf der Grundlage von zur Verfügung gestellten Unterlagen und Fotos sowie Satellitenbildern und Internetrecherchen vorgenommen. Eine Vor-Ort-Begehung hat nicht stattgefunden.

Ungenauigkeiten der geometrischen Parameter, Abweichungen der realen baulichen Installation von der Planung, spezifische diffuse Reflexionen an den eingesetzten PV-Modulen und Veränderungen der abschirmenden Wirkung der Vegetation können das Ergebnis beeinflussen. Ungenauigkeiten und Abweichungen sind daher nicht auszuschließen.

Anhang 1: Literaturverzeichnis

- [1] Baugesetzbuch BAuGB, §35 Bauen im Außenbereich, [Online]. Available: https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/_35.html.
- [2] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (BAI), „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, Anhang 2 – Stand 3.11.2015 Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung der Blendwirkung von großflächigen Freiflächenphotovoltaikanlagen,“ 2012.
- [3] Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen, 3. überarbeitete Auflage (2011), ISBN 978-3-927787-35-3.
- [4] Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 133), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993 durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993 durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993 , (BGBl. I S. 466).
- [5] Länderausschuss für Immissionsschutz, Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), 2012.
- [6] Fachverband für Strahlenschutz, „Leitfaden Nichtionisierende Strahlung- Lichteinwirkung auf die Nachbarschaft,“ 10.06.2014.
- [7] F. (FBA), „Eckpunktepapier Photovoltaik: Blendwirkungen und Blendgutachten,“ 06 11 2025. [Online]. Available: https://www.fba.bund.de/DE/Themen/Anbaurecht_Paragraph9_FStrG/Dokumente/20251106_Eckpunktepapier_Photovoltaik.pdf?__blob=publicationFile&v=1. [Zugriff am 17 11 2025].
- [8] W. Hermann, *Reflexions- und Transmissionseigenschaften von Solargläsern*, Köln: TÜV Rheinland, 10. WS für Modultechnik, 2013.
- [9] G. A. -. F. h. SIMS industries.
- [1] Dr. J. Schumacher, Controlling 21, Ergonomie - Gesichtssinn, [Online]. Available: <http://www.multimedia-beratung.de/ergonomie/theorie/grundlagen/gesichtssinn.htm#t>. [Zugriff am 14.09.2021].
- [1] SANDIA, Solar Glare and Flux Analysis Tools,, [Online]. Available: <https://www.sandia.gov/glare-tools/>.
- 1]
- [1] Ho, C. K., "Observations and Assessments of Glare from Heliostats and Trough Collectors: Helicopter Flyover
- 2] and Drive-By Sightings", in proceedings of SolarPACES 2011, Granada, Spain, Sept. 20-23. (Download).
- [1] Joint Research Centre, „Horizon Profile,“ European Commission, 2026. [Online]. Available: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/pvgis-tools/horizon-profile_en. [Zugriff am 02 02 2026].
- [1] Grüsser, O.-J. & Grüsser-Cornehls, U. (1985). Physiologie des Sehens. In R. F. Schmidt (Hrsg.), „Grundriß der
- 4] Sinnesphysiologie (S. 174-241). New York: Springer“.
- [1] DIN EN 12665, Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung und
- 5] Anforderungen an die Beleuchtung, 2018.
- [1] European Aviation Safety Agency, Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design
- 6] (CS-ADR-DSN) Decision 2017/021/R.
- [1] Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO), § 49 Begriffsbestimmung und Einteilung.
- 7]
- [1] <https://novavision.de/raeumlich-sehen>, „NovaVision,“ Wie funktioniert das räumliche Sehen?, [Online]. Available:
- 8] <https://novavision.de/raeumlich-sehen/>.
- [1] „Federal Aviation Administration Policy: Review of Solar Energy System Projects on Federally-Obligated
- 9] Airports,“ 11 5 2021. [Online]. Available: <https://www.federalregister.gov/documents/2021/05/11/2021-09862/federal-aviation-administration-policy-review-of-solar-energy-system-projects-on-federally-obligated>. [Zugriff am 4 10 2022].
- [2] Trempler, J.: Optische Eigenschaften. In: Grellmann, W., Seidler, S. (Hrsg.): Kunststoffprüfung. Carl Hanser
- 0] Verlag, München (2015) 3. Auflage, S. 323–357 (ISBN 978-3-446-44350-1; siehe AMK-Büchersammlung unter A 18).

Anhang 2: Belegungspläne



Anhang 3: Simulationsmodell

Component Data

PV Arrays

Name: PV array 1

Axis tracking: Single-axis rotation

Backtracking: Shade

Tracking axis orientation: 180.0°

Max tracking angle: 55.0°

Resting angle: 5.0°

Ground Coverage Ratio: 0.58

Rated power: -

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.845671	11.414529	49.10	2.10	51.20
2	53.844734	11.414969	51.29	2.10	53.39
3	53.844633	11.415194	51.47	2.10	53.57
4	53.844380	11.417061	53.80	2.10	55.90
5	53.843886	11.419089	51.95	2.10	54.05
6	53.843753	11.420087	51.09	2.10	53.19
7	53.841911	11.413188	49.03	2.10	51.13
8	53.839202	11.403789	59.98	2.10	62.08
9	53.839259	11.403339	61.02	2.10	63.12
10	53.838936	11.403017	61.61	2.10	63.71
11	53.837725	11.401222	61.52	2.10	63.62
12	53.838232	11.399752	61.69	2.10	63.79
13	53.838751	11.400557	62.16	2.10	64.26
14	53.839023	11.400096	62.35	2.10	64.45
15	53.838593	11.399184	61.14	2.10	63.24
16	53.838916	11.398771	62.57	2.10	64.67
17	53.839042	11.398784	62.66	2.10	64.76
18	53.839414	11.398882	61.78	2.10	63.88
19	53.839846	11.399087	61.44	2.10	63.54
20	53.840232	11.399548	62.57	2.10	64.67
21	53.841114	11.401581	63.18	2.10	65.28
22	53.842912	11.407268	52.21	2.10	54.31
23	53.844374	11.412171	54.52	2.10	56.62
24	53.844557	11.412782	53.03	2.10	55.13

Route Receptors

Name: Am Schlossberg O-W LKW
Path type: One-way (toward increasing index)
Azimuthal view angle: 30.0°
Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.834228	11.412711	40.15	2.70	42.85
2	53.834905	11.411821	40.03	2.70	42.73
3	53.835304	11.410555	42.96	2.70	45.66
4	53.835633	11.408634	51.67	2.70	54.37
5	53.835348	11.407111	53.52	2.70	56.22
6	53.835886	11.405759	54.90	2.70	57.60
7	53.836602	11.403763	57.52	2.70	60.22
8	53.837400	11.401510	62.34	2.70	65.04
9	53.837836	11.400341	61.26	2.70	63.96
10	53.838216	11.399311	61.80	2.70	64.50
11	53.838697	11.398646	63.57	2.70	66.27
12	53.838875	11.398195	64.95	2.70	67.65

Name: Am Schlossberg O-W PKW
Path type: One-way (toward increasing index)
Azimuthal view angle: 30.0°
Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.834215	11.412700	40.15	1.00	41.15
2	53.834918	11.411831	40.08	1.00	41.08
3	53.835304	11.410565	42.88	1.00	43.88
4	53.835627	11.408634	51.67	1.00	52.67
5	53.835348	11.407111	53.52	1.00	54.52
6	53.835880	11.405759	54.77	1.00	55.77
7	53.836589	11.403763	57.44	1.00	58.44
8	53.837406	11.401510	62.39	1.00	63.39
9	53.837817	11.400351	61.34	1.00	62.34
10	53.838204	11.399300	61.90	1.00	62.90
11	53.838691	11.398667	63.49	1.00	64.49
12	53.838881	11.398184	65.09	1.00	66.09

Name: Am Schlossberg W-O LKW
Path type: One-way (toward increasing index)
Azimuthal view angle: 30.0°
Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.838868	11.398173	65.17	2.70	67.87
2	53.838691	11.398678	63.42	2.70	66.12
3	53.838204	11.399289	61.92	2.70	64.62
4	53.837817	11.400362	61.30	2.70	64.00
5	53.837406	11.401521	62.47	2.70	65.17
6	53.836583	11.403774	57.35	2.70	60.05
7	53.835867	11.405780	54.71	2.70	57.41
8	53.835355	11.407121	53.54	2.70	56.24
9	53.835627	11.408645	51.62	2.70	54.32
10	53.835304	11.410565	42.88	2.70	45.58
11	53.834918	11.411831	40.08	2.70	42.78
12	53.834209	11.412700	40.16	2.70	42.86

Name: Am Schlossberg W-O PKW

Path type: One-way (toward increasing index)

Azimuthal view angle: 30.0°

Downward view angle: 40.0°



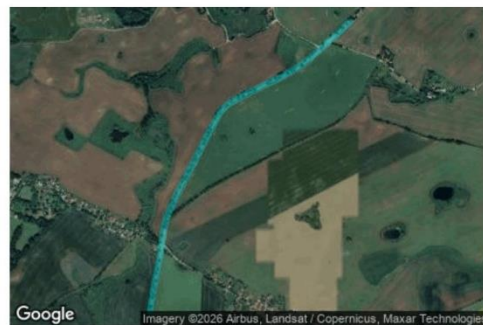
Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.838868	11.398216	64.64	1.00	65.64
2	53.838697	11.398688	63.31	1.00	64.31
3	53.838197	11.399321	61.86	1.00	62.86
4	53.837817	11.400373	61.26	1.00	62.26
5	53.837400	11.401532	62.50	1.00	63.50
6	53.836577	11.403785	57.34	1.00	58.34
7	53.835861	11.405791	54.63	1.00	55.63
8	53.835355	11.407121	53.54	1.00	54.54
9	53.835621	11.408656	51.54	1.00	52.54
10	53.835298	11.410576	42.84	1.00	43.84
11	53.834911	11.411831	40.01	1.00	41.01
12	53.834215	11.412700	40.15	1.00	41.15

Name: B208 N-S LKW

Path type: One-way (toward increasing index)

Azimuthal view angle: 30.0°

Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.835707	11.397228	65.02	2.70	67.72
2	53.836961	11.397571	65.94	2.70	68.64
3	53.838379	11.398065	64.92	2.70	67.62
4	53.839506	11.398301	64.48	2.70	67.18
5	53.840139	11.398537	62.31	2.70	65.01
6	53.841278	11.399395	65.77	2.70	68.47
7	53.842709	11.400683	59.87	2.70	62.57
8	53.844038	11.401820	56.70	2.70	59.40
9	53.845203	11.402914	53.65	2.70	56.35
10	53.845557	11.403537	52.83	2.70	55.53
11	53.846039	11.405017	50.05	2.70	52.75
12	53.846380	11.406154	48.97	2.70	51.67
13	53.846849	11.407871	49.36	2.70	52.06
14	53.847368	11.409330	49.07	2.70	51.77
15	53.847596	11.409867	48.89	2.70	51.59
16	53.848287	11.411202	50.84	2.70	53.54
17	53.848920	11.412361	53.07	2.70	55.77
18	53.849414	11.413262	51.36	2.70	54.06

Name: B208 N-S LKW

Path type: One-way (toward increasing index)

Azimuthal view angle: 30.0°

Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.849405	11.413278	51.38	2.70	54.08
2	53.848912	11.412398	53.11	2.70	55.81
3	53.848291	11.411218	50.92	2.70	53.62
4	53.847570	11.409909	49.32	2.70	52.02
5	53.847310	11.409362	49.48	2.70	52.18
6	53.846842	11.407881	49.39	2.70	52.09
7	53.846348	11.406218	49.53	2.70	52.23
8	53.846000	11.405049	51.23	2.70	53.93
9	53.845551	11.403622	52.85	2.70	55.55
10	53.845190	11.402935	53.50	2.70	56.20
11	53.843994	11.401819	56.66	2.70	59.36
12	53.842677	11.400714	59.99	2.70	62.69
13	53.841253	11.399467	65.90	2.70	68.60
14	53.840113	11.398588	62.39	2.70	65.09
15	53.839486	11.398384	64.62	2.70	67.32
16	53.838347	11.398094	64.77	2.70	67.47
17	53.836925	11.397600	65.86	2.70	68.56
18	53.835704	11.397289	64.85	2.70	67.55

Name: B208 N-S PKW

Path type: One-way (toward increasing index)

Azimuthal view angle: 30.0°

Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.849407	11.413279	51.38	1.00	52.38
2	53.848913	11.412399	53.11	1.00	54.11
3	53.848293	11.411246	51.04	1.00	52.04
4	53.847562	11.409921	49.42	1.00	50.42
5	53.847312	11.409379	49.60	1.00	50.60
6	53.846840	11.407898	49.34	1.00	50.34
7	53.846340	11.406241	49.72	1.00	50.72
8	53.845992	11.405055	51.54	1.00	52.54
9	53.845543	11.403628	52.87	1.00	53.87
10	53.845185	11.402963	53.41	1.00	54.41
11	53.843992	11.401847	56.60	1.00	57.60
12	53.842669	11.400742	59.99	1.00	60.99
13	53.841245	11.399487	65.91	1.00	66.91
14	53.840105	11.398596	62.39	1.00	63.39
15	53.839472	11.398392	64.75	1.00	65.75
16	53.838339	11.398103	64.73	1.00	65.73
17	53.836915	11.397620	65.76	1.00	66.76
18	53.835699	11.397298	64.80	1.00	65.80

Name: B208 S-N PKW
Path type: One-way (toward increasing index)
Azimuthal view angle: 30.0°
Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.835703	11.397244	64.99	1.00	65.99
2	53.836944	11.397566	65.89	1.00	66.89
3	53.838349	11.398081	64.79	1.00	65.79
4	53.839514	11.398339	64.50	1.00	65.50
5	53.840122	11.398575	62.39	1.00	63.39
6	53.841274	11.399433	65.84	1.00	66.84
7	53.842692	11.400721	59.94	1.00	60.94
8	53.844021	11.401815	56.69	1.00	57.69
9	53.845192	11.402936	53.50	1.00	54.50
10	53.845559	11.403601	52.83	1.00	53.83
11	53.846014	11.405039	50.91	1.00	51.91
12	53.846344	11.406197	49.54	1.00	50.54
13	53.846837	11.407871	49.42	1.00	50.42
14	53.847318	11.409330	49.31	1.00	50.31
15	53.847571	11.409888	49.23	1.00	50.23
16	53.848268	11.411218	51.05	1.00	52.05
17	53.848913	11.412399	53.11	1.00	54.11
18	53.849407	11.413257	51.36	1.00	52.36

Name: Schulenbrook O-W PKW

Path type: One-way (toward increasing index)

Azimuthal view angle: 30.0°

Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.847146	11.425604	32.77	1.00	33.77
2	53.846215	11.423223	40.31	1.00	41.31
3	53.846323	11.422053	41.49	1.00	42.49
4	53.846171	11.420894	43.56	1.00	44.56
5	53.846177	11.420476	44.14	1.00	45.14
6	53.846007	11.419671	47.28	1.00	48.28
7	53.846038	11.419167	47.34	1.00	48.34
8	53.846158	11.418813	45.81	1.00	46.81
9	53.847659	11.415659	45.37	1.00	46.37
10	53.848057	11.413513	49.74	1.00	50.74
11	53.848513	11.411550	50.66	1.00	51.66

Name: Schulenbrook W-O LKW

Path type: One-way (toward increasing index)

Azimuthal view angle: 30.0°

Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.848500	11.411560	50.67	2.70	53.37
2	53.848051	11.413524	49.78	2.70	52.48
3	53.847652	11.415669	45.37	2.70	48.07
4	53.846158	11.418824	45.82	2.70	48.52
5	53.846032	11.419167	47.27	2.70	49.97
6	53.846007	11.419671	47.28	2.70	49.98
7	53.846177	11.420455	44.23	2.70	46.93
8	53.846158	11.420905	43.46	2.70	46.16
9	53.846310	11.422064	41.48	2.70	44.18
10	53.846215	11.423223	40.31	2.70	43.01
11	53.847140	11.425615	32.74	2.70	35.44

Name: Schulenbrook W-O LKW

Path type: One-way (toward increasing index)

Azimuthal view angle: 30.0°

Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.847152	11.425594	32.78	2.70	35.48
2	53.846215	11.423223	40.31	2.70	43.01
3	53.846323	11.422064	41.49	2.70	44.19
4	53.846165	11.420873	43.46	2.70	46.16
5	53.846190	11.420465	44.19	2.70	46.89
6	53.846019	11.419661	47.35	2.70	50.05
7	53.846038	11.419167	47.34	2.70	50.04
8	53.846158	11.418802	45.80	2.70	48.50
9	53.847659	11.415648	45.36	2.70	48.06
10	53.848064	11.413492	49.83	2.70	52.53
11	53.848519	11.411539	50.64	2.70	53.34

Name: Schulenbrook W-O PKW

Path type: One-way (toward increasing index)

Azimuthal view angle: 30.0°

Downward view angle: 40.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	53.848500	11.411560	50.67	1.00	51.67
2	53.848051	11.413534	49.74	1.00	50.74
3	53.847646	11.415680	45.39	1.00	46.39
4	53.846158	11.418834	45.84	1.00	46.84
5	53.846026	11.419189	47.29	1.00	48.29
6	53.846000	11.419682	47.20	1.00	48.20
7	53.846171	11.420465	44.11	1.00	45.11
8	53.846152	11.420905	43.37	1.00	44.37
9	53.846317	11.422075	41.48	1.00	42.48
10	53.846215	11.423233	40.29	1.00	41.29
11	53.847133	11.425626	32.73	1.00	33.73

Discrete Observation Point Receptors

Name	ID	Latitude (°)	Longitude (°)	Elevation (m)	Height (m)
OP 1	1	53.837426	11.401988	62.34	1.60
OP 2	2	53.837217	11.402492	62.17	1.60
OP 3	3	53.837077	11.402900	61.84	1.60
OP 4	4	53.836986	11.403205	61.51	1.60
OP 5	5	53.836869	11.403613	60.52	1.60
OP 6	6	53.836603	11.404520	57.39	1.60
OP 7	7	53.836410	11.404815	56.98	1.60
OP 8	8	53.836315	11.405110	57.64	1.60
OP 9	9	53.836245	11.405888	55.98	1.60
OP 10	10	53.835998	11.406019	55.97	1.60
OP 11	11	53.835893	11.406507	54.47	1.60
OP 12	12	53.835463	11.408878	50.93	1.60
OP 13	13	53.835383	11.409328	48.45	1.60

Obstruction Components

Name: Bewuchs Nord
Top height: 5.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.845627	11.417992	45.32
2	53.845548	11.418282	45.51
3	53.845479	11.418641	46.18
4	53.845425	11.418850	46.62
5	53.845535	11.419172	47.33
6	53.845592	11.419558	47.44
7	53.845630	11.420079	47.83
8	53.845713	11.420524	46.74
9	53.845985	11.420476	45.86
10	53.846004	11.419923	47.00

Name: Bewuchs Nord
Top height: 5.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.845839	11.420567	46.44
2	53.845782	11.420894	45.78
3	53.845751	11.421216	44.46
4	53.845706	11.421516	42.80
5	53.845896	11.421683	42.24
6	53.845960	11.422616	39.99
7	53.846054	11.422895	40.05
8	53.846149	11.423131	40.40

Name: Bewuchs Nord
Top height: 5.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.843635	11.422751	41.36
2	53.843692	11.422161	44.18
3	53.843743	11.421507	47.64
4	53.843755	11.421034	49.04
5	53.843787	11.420552	50.72
6	53.843857	11.419994	51.61
7	53.843926	11.419575	52.26
8	53.843996	11.419125	52.96

Name: Bewuchs Nord
Top height: 5.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.844021	11.419146	52.85
2	53.844129	11.418631	53.09
3	53.844249	11.418266	53.50
4	53.844306	11.417955	54.23
5	53.844331	11.417859	54.37

Name: Bewuchs Nord
Top height: 5.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.846377	11.415095	43.51
2	53.846327	11.415771	44.71
3	53.846257	11.416442	43.90
4	53.846137	11.416554	44.59
5	53.845675	11.416490	47.14
6	53.845599	11.416694	46.94
7	53.845586	11.417134	46.14
8	53.845592	11.417563	45.73
9	53.845615	11.417804	45.60
10	53.845630	11.417992	45.32

Name: Bewuchs Nordwest
Top height: 5.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.843939	11.410091	56.29
2	53.843787	11.409533	55.53
3	53.843553	11.408675	53.93
4	53.843332	11.408009	53.12
5	53.843167	11.407409	52.60
6	53.842920	11.406647	54.11
7	53.842692	11.405842	55.20
8	53.842528	11.405327	55.48
9	53.842351	11.404759	55.95
10	53.842199	11.404201	58.70

Name: Bewuchs Nordwest
Top height: 5.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.842205	11.404233	58.55
2	53.842009	11.403568	61.17
3	53.841825	11.402956	62.77
4	53.841654	11.402452	63.92
5	53.841534	11.402087	63.80
6	53.841325	11.401561	64.23
7	53.841116	11.401068	65.26
8	53.840901	11.400553	66.00
9	53.840584	11.399791	64.96
10	53.840173	11.398986	62.45

Name: Bewuchs Nordwest
Top height: 5.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.847193	11.415466	45.89
2	53.846838	11.415176	45.21
3	53.846427	11.414801	44.77
4	53.846041	11.414479	46.66
5	53.845636	11.414178	48.89
6	53.845231	11.413545	51.33
7	53.844756	11.412591	53.49
8	53.844427	11.411743	56.06
9	53.844193	11.410960	56.88
10	53.843927	11.410112	56.33

Name: Feld
Top height: 0.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.847752	11.413082	53.32
2	53.847157	11.412460	54.67
3	53.846625	11.412030	54.95
4	53.845790	11.410550	58.74
5	53.845308	11.409348	58.53
6	53.844941	11.407760	59.79
7	53.844587	11.406623	57.73
8	53.844410	11.405958	55.79
9	53.844194	11.404842	54.57

Name: Feld
Top height: 0.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.840451	11.399053	63.64
2	53.840787	11.399407	65.47
3	53.841382	11.399901	66.74
4	53.841964	11.400480	65.25
5	53.842458	11.400877	60.60
6	53.842914	11.401285	58.85
7	53.843420	11.401650	57.17
8	53.843654	11.401854	56.52
9	53.844153	11.402251	55.01
10	53.844520	11.402605	54.30

Name: Feld
Top height: 0.0 m



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)
1	53.847950	11.412219	53.65
2	53.847431	11.411640	54.09
3	53.846976	11.410910	55.13
4	53.846533	11.410073	57.52
5	53.846229	11.409215	59.03
6	53.845925	11.408163	59.67
7	53.845722	11.407412	59.83
8	53.845444	11.406340	59.73
9	53.844988	11.404816	56.09
10	53.844469	11.403014	52.43