

TÜV Rheinland Solar GmbH

Bericht

**Blendgutachten
für den
Solarpark
Nonnweiler - Schwarzenbach**

Berichts-Nr.: 21252319.002

Köln, Juli 2022

**TÜV Rheinland Solar GmbH
Solar & Commercial Products
Am Grauen Stein
51105 Köln**

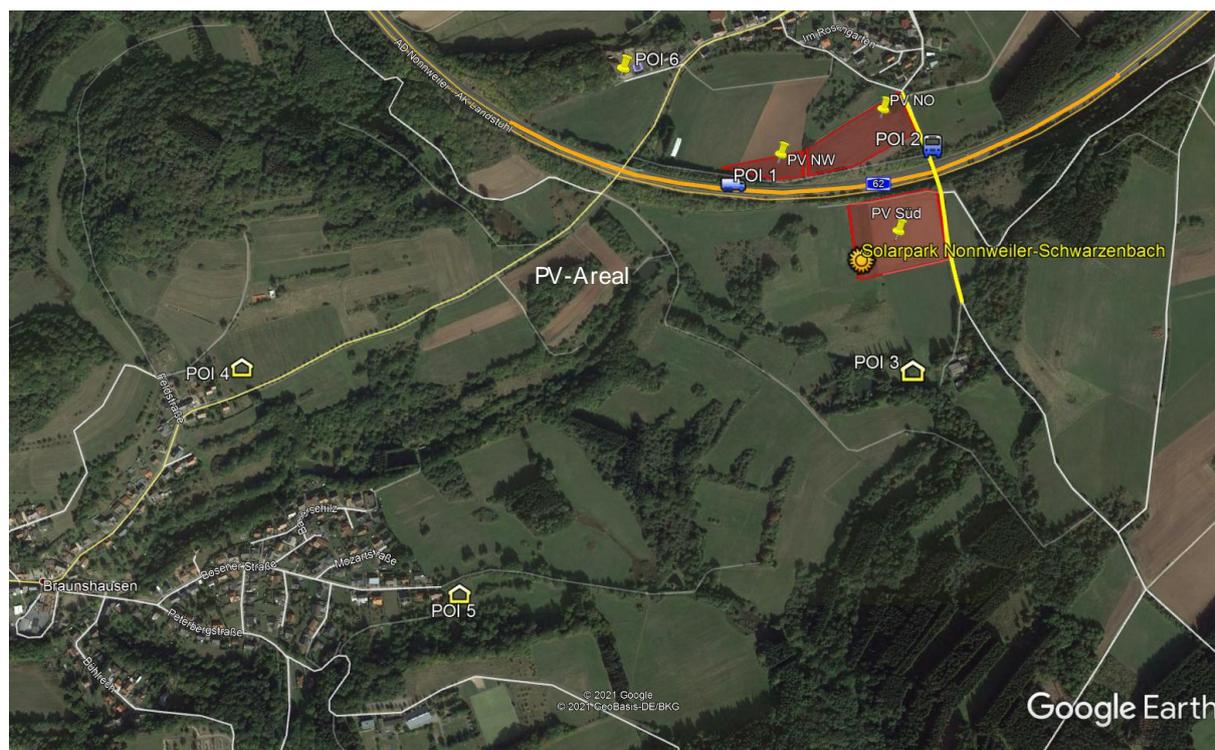
Test report no.: <i>Prüfbericht - Nr.:</i>	21252319.002 (neue Auftrags-Nummer 300100573)		
Client (Customer address): Auftraggeber (Kundenadresse):	Sunera Erneuerbare Energien GmbH Schlachthofstraße 11a 66280 Sulzbach		
Test item: <i>Gegenstand der Prüfung:</i>	Blendgutachten für eine Photovoltaik (PV) Anlage		
Order no.: <i>Auftragsnummer:</i>	300100573	Quotation no.: <i>Angebotsnummer:</i>	435/87579848
Testing location: <i>Prüfart:</i>	Solar Energy Assessment Center Cologne TÜV Rheinland Energy GmbH (heute TÜV Rheinland Solar GmbH) Am Grauen Stein, 51105 Köln, Germany Tel.: +49-221 806-2477, Fax: +49-221 806-1350		
compiled by / erstellt:		reviewed by / kontrolliert:	
11. Juli 2022	Dipl.-Ing. A. Sepanski	27. Juli 2022	Dipl.-Ing. U. Hupach
Date <i>Datum</i>	Title/Name <i>Titel/Name</i>	Date <i>Datum</i>	Title/Name <i>Titel/Name</i>
<p><i>This test report relates to the listed test samples. Without permission of the test centre this test report is not permitted to be duplicated in extracts. This test report does not entitle to carry any safety mark on this or similar products.</i></p> <p><i>Dieser Prüfbericht bezieht sich nur auf die gelisteten Prüfmuster und darf ohne Genehmigung der Prüfstelle nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Dieser Bericht berechtigt nicht zur Verwendung eines Prüfzeichens.</i></p>			

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	4
2	Grundlagen	7
2.1	Gesetzliche Regelungen.....	7
2.2	Blendwirkungen.....	8
3	Aufgabenstellung	13
4	Standort- und Anlagenbeschreibung	14
5	Ermittlung der Lichtreflexionen	16
5.1	Standortspezifisches Reflexionsdiagramm.....	16
5.2	Identifizierung der relevanten Azimut-Bereiche.....	18
5.3	Evaluierung der Reflexionen in Richtung der definierten Objekte.....	20
5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	39
Anhang 1: Literaturverzeichnis		41
Anhang 2: Anlagen-Belegungsplan		42
Anhang 3: Höhenkarte und Anlagen-Areal		43
Anhang 4: Informationen zum Sonderlandeplatz		44
Anhang 5: Sichtflugkarte / Anflugkarte		45
Anhang 6: Geländeverlauf zwischen PVA Nord und Landeplatz		46

1 Kurzfassung

Die TÜV Rheinland Energy GmbH (heute TÜV Rheinland Solar GmbH) wurde beauftragt, für eine geplante PV-Anlage bestehend aus 2 nebeneinanderliegenden Teilanlagen die auftretenden Lichtreflexionen und daraus gegebenenfalls resultierende Blendwirkungen auf die benachbarten Verkehrswege und Wohngebäude zu untersuchen und zu bewerten. In nachfolgender Abbildung sind die geplante PV-Anlage und die zu untersuchenden Immissionsobjekte dargestellt.



Für die fix aufgeständerte, nach Süden ausgerichtete PV - Anlage (-12° Südabweichung), wurden folgende, schutzwürdige Objekte untersucht:

- POI 1: BAB 62 Teilstück im Einflussbereich der Anlagenteile Nord und Süd
- POI 2: Brücke und angrenzendes Straßensegment über die BAB 62 im Osten
- POI 3: Einzelstehender Bauernhof im Süden
- POI 4: Ortsrandgrundstück im Westen (Braunshausen)
- POI 5: Ortsrandgrundstück im Südwesten (Braunshausen)
- POI 6: Randgrundstücke von Schwarzenbach im Nordwesten des nördlich gelegenen Anlagenteils
- POI 7: Sonderlandeplatz für Ultraleicht (UL) - Flugzeuge (750 m entfernt)

Für das vom Auftraggeber angegebene Anlagendesign wurden die an den PV-Moduloberflächen entstehenden direkten Reflexionen berechnet und in einem Reflexionsdiagramm für das gesamte Jahr dargestellt und analysiert.

Da das Anlagenareal und die Umgebung eine strukturierte (wellige) Oberflächenstruktur aufweisen, wurden auf dem nördlichen Anlagenteil verschiedene Positionen hinsichtlich der relevanten Azimute und Höhenwinkel bezogen auf die zu betrachtenden POI ermittelt. Im Fall einer identifizierten Überschneidung mit den Sonnenlicht-Reflexionen wurden weiterhin das dazwischenliegende Geländeprofil und ggf. abschirmend wirkende Vegetation überprüft. Dazu wurden die zur Verfügung gestellten Höhenkarten, die in Google Earth abrufbaren Höhenprofile und die ebenfalls zur Verfügung gestellten Vor-Ort-Aufnahmen genutzt.

Für die betrachteten Objekte wurden unter Beachtung nachfolgend aufgeführter Empfehlungen insgesamt keine als kritisch zu bewertenden Sonnenlicht-Reflexionen durch die beiden Anlagenteile der geplanten PV-Anlage Nonnenweiler-Schwarzenbach festgestellt.

Durch eine Lückenfüllung ansonsten vorhandener, überwiegend dicht abschirmender Vegetation am Anlagen- oder direkt am Straßenrand der BAB 62 kann das verbleibende minimale Risiko einer störenden Reflexion auf die BAB 62 in Fahrtrichtung West bestmöglich beseitigt werden. Somit wird keine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit auf der zwischen den Anlagenteilen hindurchführenden BAB 62 erwartet.

Für den untersuchten Sonderlandeplatz für Ultraleicht-Flieger ca. 750 m östlich der PV-Anlage wird eine Information für Piloten über die Position der Photovoltaikanlage und die Möglichkeit kurzzeitig eintreffender Reflexionen auf den vorgegebenen Platzrunden empfohlen. Es werden keine konstruktiven Minderungsmaßnahmen als erforderlich angesehen.

Im Einzelnen wurden folgende Ergebnisse zu den untersuchten Objekten ermittelt:

POI	Immissionsobjekte	Reflexionen	Zeitfenster	Täglich	Kritisch?
POI 1	BAB 62 Richtung Ost Richtung West	Ja (Nein)*	Mrz - Aug Mrz - Sep	05:40 - 06:00 17:40 - 18:10	Nein Nein
POI 2	Brücke und Straße über die BAB 62	Ja	Mrz - Sep	17:40 - 18:10	Nein
POI 3	Einzelstehender Bauernhof im Süden	Nein	-	-	Nein

POI	Immissionsobjekte	Reflexionen	Zeitfenster	Täglich	Kritisch?
POI 4	Ortsrandgrundstück im Westen	(Nein)	Apr - Aug	05:30 - 05:50	Nein
POI 5	Ortsrandgrundstück im Südwesten	(Nein)	Apr - Aug	05:30 - 05:50	Nein
POI 6	Westliche Wohnbebauung von Schwarzenbach	Nein	-	-	Nein
POI 7	UL - Landeplatz Start und Landungen	Nein	-	-	Nein
	Platzrunde	Ja	Sep - Mrz	15:00 - 20:00 je nach Position	(Nein)*

* Sehr kurzzeitige Reflexionen können nicht ausgeschlossen werden (Empfehlung zur Information der Piloten)

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 nicht gegeben. Es wird auf das allgemeine Rücksichtnahmegebot verwiesen. [1]

Der **Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ - Lichteinwirkung auf die Nachbarschaft** [2] 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. Diese Ausführungen betreffen den Nachbarschaftsschutz in Wohngebäuden und Wohngrundstücken, um das Gebot der Rücksichtnahme sicherzustellen. Hinsichtlich der Sicherung von Verkehrswegen bzw. aktiven Verkehrsteilnehmern wird jedoch keine Aussage getroffen.

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 [7]. 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

Zur Charakterisierung der Blendwirkung wird als Maß für den Helligkeitseindruck die Leuchtdichte cd/m^2 verwendet [7]. 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 [8]. Der Anteil des reflektierten Lichts und die resultierende Leuchtdichte steigt mit zunehmendem Einfallswinkel des Sonnenlichts stark an (vgl. Abbildung 1).

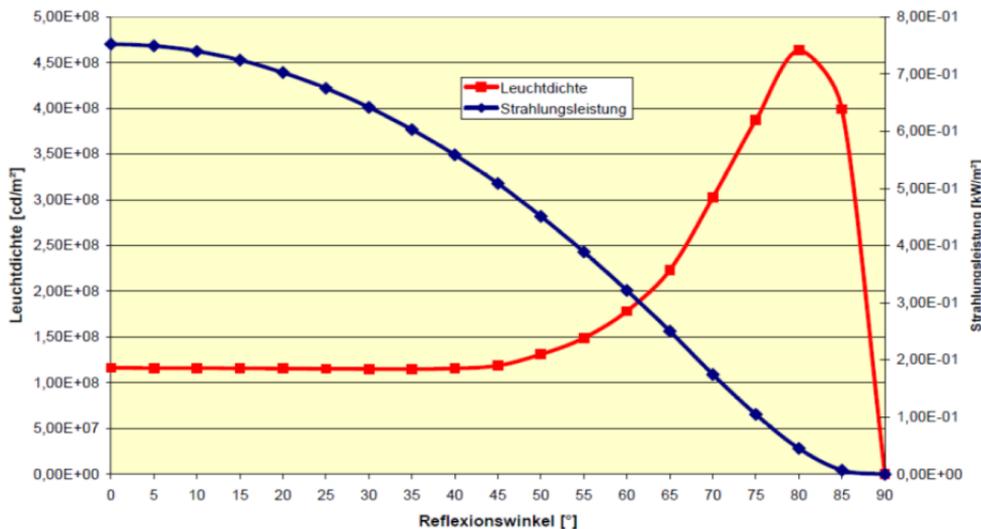


Abbildung 1: Reflektierte Leuchtdichte und aufgenommene Leistung in Abhängigkeit des Reflexionswinkels, 0° = senkrechter Lichteinfall [8]

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 Abbildung 2 veranschaulicht. Mit zunehmender Rauheit verringert sich die Intensität (diese wird dargestellt durch die Länge der Reflexionsstrahlen) aber vergrößert sich gleichzeitig auch die Streuung (Breite) der Reflexionsstrahlen („Reflexionskeule“).

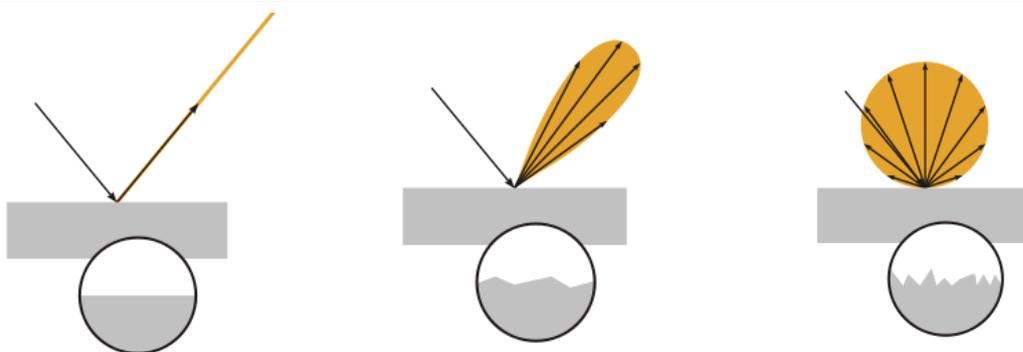


Abbildung 2: Lichtreflexion eines Lichtstrahls auf einer glatten (spiegelnden) Oberfläche, einer wenig rauen (glänzenden) und ideal diffusen Oberfläche. Quelle: Vierge Marie

Berücksichtigt man die Leuchtdichte der Sonnenstrahlung in einer Größenordnung von ca. $10^8 - 10^9$ cd/m² (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, wie nachfolgend am Beispiel eines Photovoltaik-Moduls (C) prinzipiell dargestellt ist.

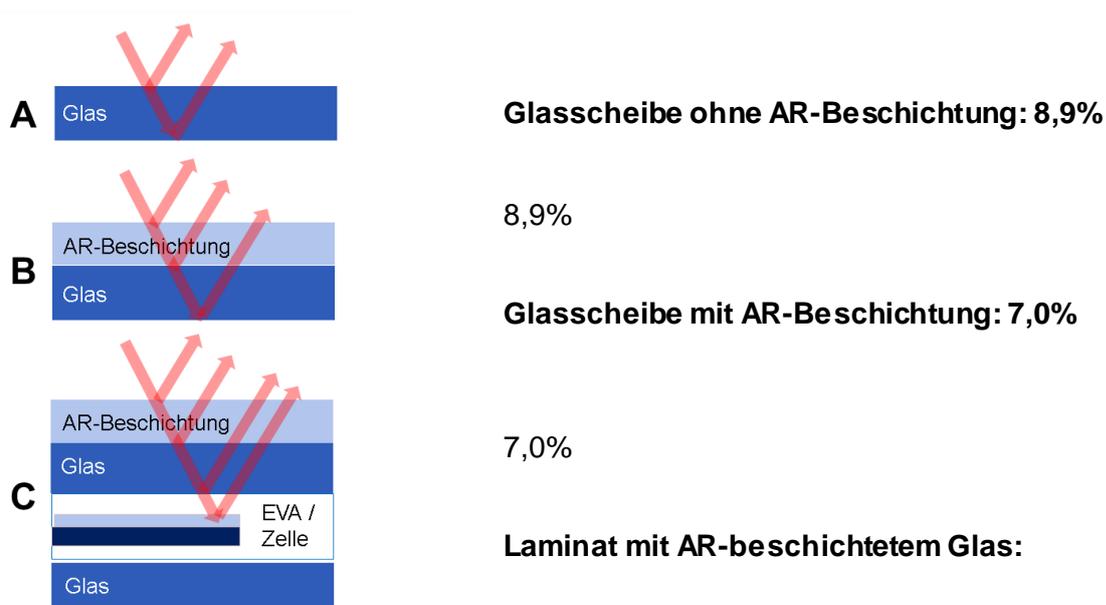


Abbildung 3: Reflexionsgrad [13]

Die Bestimmung des Transmissionsgrads und des Lichtreflexionsgrads (Light Reflectance) 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 1 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 $30^\circ - 40^\circ$, während immerhin auch 10% bei Einstrahlungswinkeln von mehr als 60° erfolgen [13].

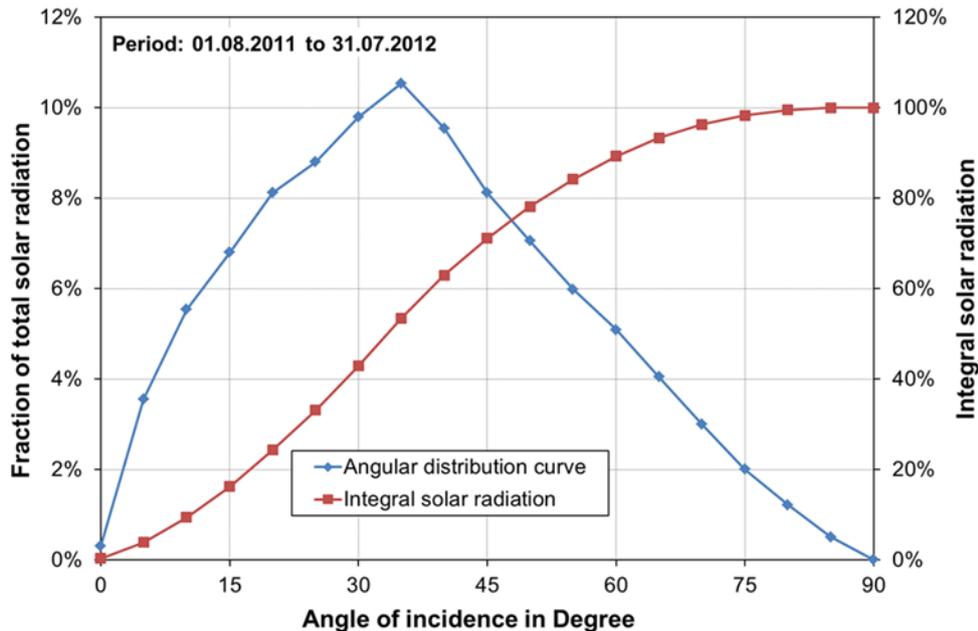


Abbildung 4: Winkelverteilung der solaren Einstrahlung in Köln [13] auf eine 35° geneigte Fläche
 Sonnenreflexions-Messungen von TÜV Rheinland an kompletten Solarmodulen (PV) mit 4 verschiedenen Glas-Oberflächen (glatt, AR-Beschichtung, strukturiert und tief strukturiert) bei Einstrahlungswinkeln von 35° und 65° (gemessen zur senkrechten Einstrahlung) ergaben Reflexionsgrade zwischen 0,21% - 3,4% bei 35° und von 0,25% – 11,7% bei 65°.

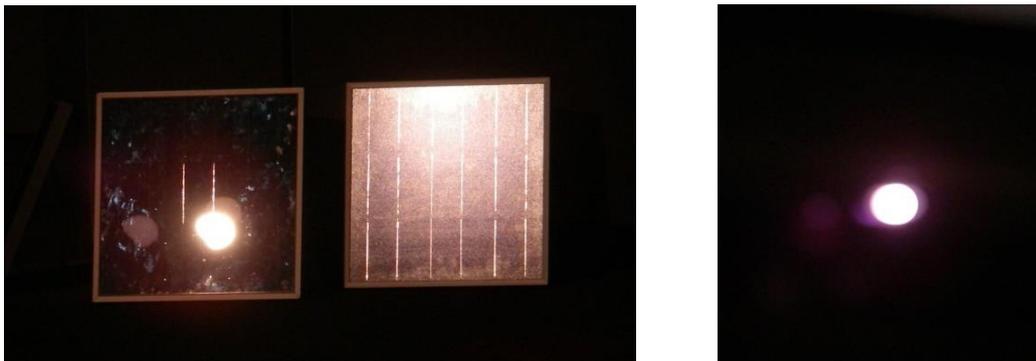


Abbildung 5: Optischer Eindruck der Reflexionen „Blendflecken“ links bei glatter und rechts bei tief strukturierter (sehr rauher) Modul-Oberfläche, aufgenommen in 10 m Entfernung, Rechtes Bild: Zum Vergleich: direkter Blick in die Sonne, Quelle: TÜV Rheinland

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.

2.2.3 Blendung von Verkehrsteilnehmern

In der Beurteilung der Blendung auf etwaige Verkehrsteilnehmer wird das Auftreten von reflektiertem Licht am Immissionsstandort (z.B. Straße) im Blickfeld eines Verkehrsteilnehmers in Fahrtrichtung als mögliche Blendung betrachtet, die es zu vermeiden gilt. 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 Blendung kann ausgeschlossen werden, wenn ggf. auftretende Reflexionen der PV-Anlage in Richtung Verkehrsweg außerhalb des horizontalen binokularen Blickfeldes des Verkehrsteilnehmers liegen. Das ist der Bereich, der mit beiden Augen gleichzeitig erreicht wird und in dem ein tiefenscharfes Sehen erfolgt (Abbildung 6).

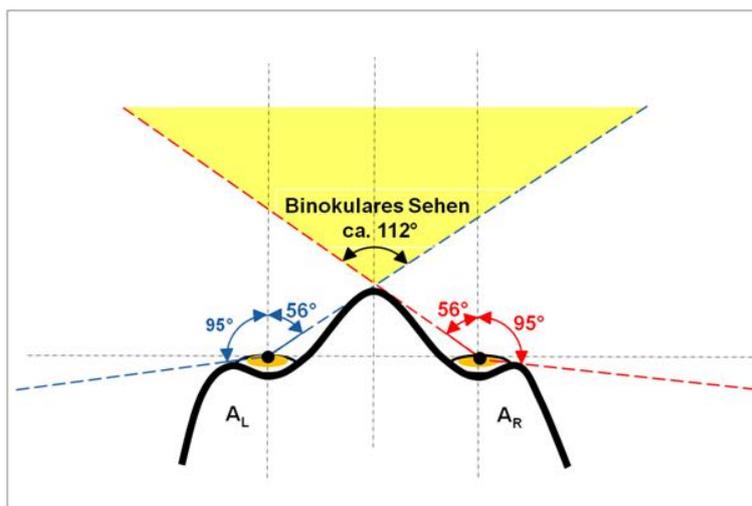


Abbildung 6: Binokulares Blickfeld des Menschen [7]

Auch wenn das Gesamtgesichtsfeld des Menschen ca. 220° beträgt und der Überlappungsbereich beider Augen in der Literatur mit 110 – 120° angegeben wird, sind in den äußeren Bereichen Lichtreize nur abgeschwächt wahrnehmbar. Das optimal nutzbare horizontale Gesichtsfeld für beide Augen zusammen beschränkt sich auf ca. $2 \times 30^\circ = 60^\circ$ [10].

Der optimale vertikale Sichtbereich beträgt ca. $2 \times 40^\circ = 80^\circ$ [10]. Er ist für die Abschätzung eines Blendrisikos aber unerheblich, da die Lichtreflexion einer PV-Anlage im Allgemeinen stets im vertikalen Gesichtsfeld liegt.

Für die Analyse in diesem Bericht wird das relevante binokulare horizontale Blickfeld mit einem maximalen Bereich von ca. $\pm 30^\circ$ der in Fahrtrichtung fokussierten Blickrichtung angenommen.

Bei streifendem Einfall der Sonne auf ein Photovoltaikmodul dominiert der direkte Blick in die Sonne die Blendwirkung. Erst ab einem Differenzwinkel von ca. 10° kommt es zu einer zusätzlichen Blendung durch das Modul [6].

3 Aufgabenstellung

Die TÜV Rheinland Energy GmbH (heute TÜV Rheinland Solar GmbH) wurde beauftragt, für eine geplante PV-Anlage im Zuge der Baugenehmigung in Nonnweiler-Schwarzenbach die auftretenden Lichtreflexionen und daraus gegebenenfalls resultierende Blendwirkung auf die benachbarten Verkehrswege und Wohngebäude zu untersuchen und zu bewerten. In nachfolgender Abbildung sind die geplante Photovoltaik-Anlage (PVA) mit ihren Teilanlagen und die zu untersuchenden Immissionsobjekte dargestellt.

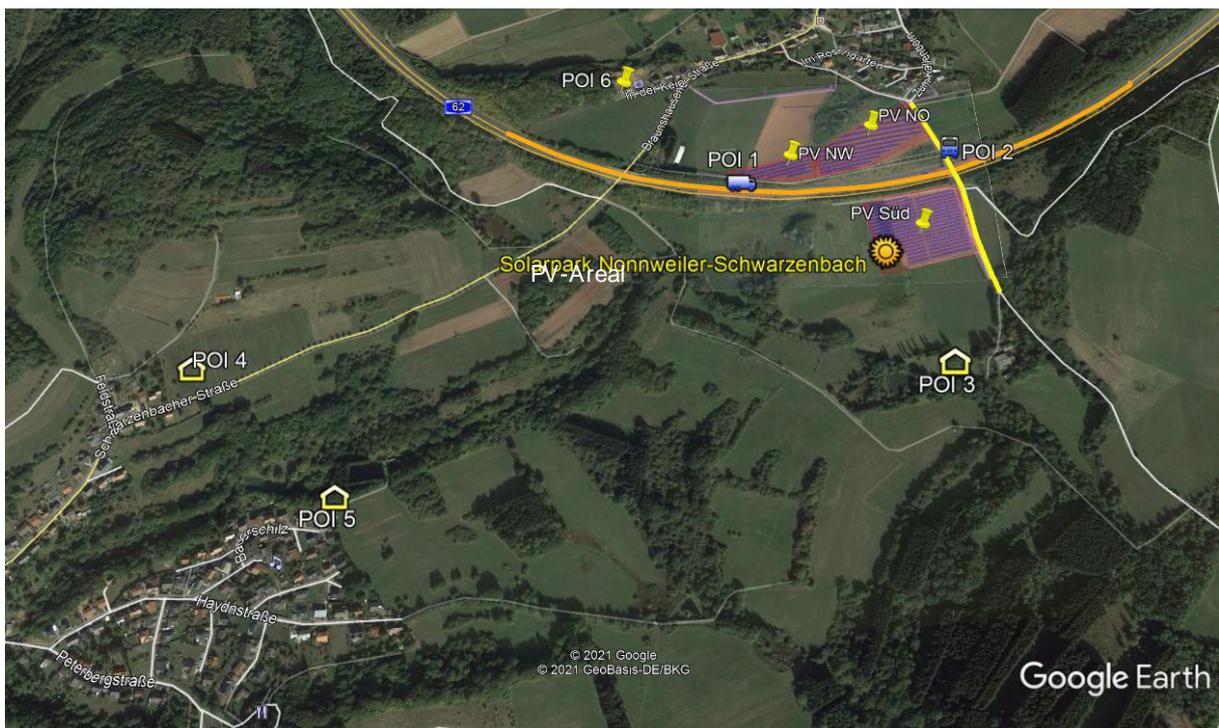


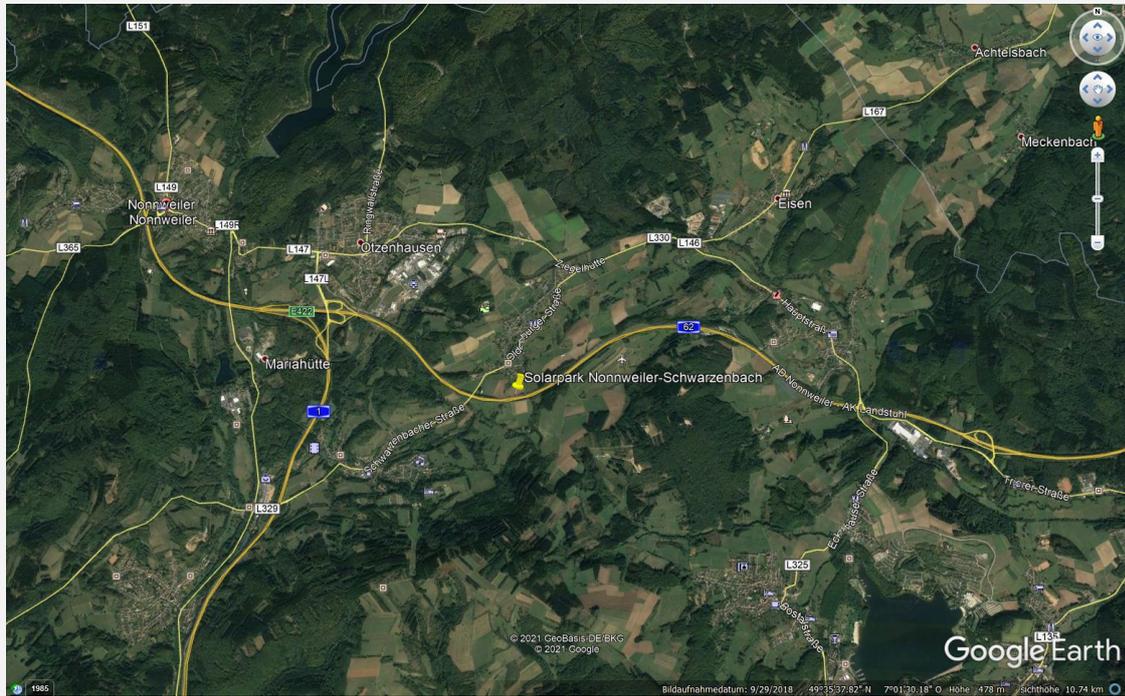
Abbildung 7: PVA und Immissionsobjekte

Für die fix aufgeständerte, nach Süden ausgerichtete PV - Anlage, bestehend aus 3 Teilanlagen mit einer Anlagenleistung von 5,88 MWp sollen folgende Objekte (POI - Points of Interest) untersucht werden:

- POI 1: BAB 62 Teilstück im Einflussbereich der Anlagenteile Nord und Süd
- POI 2: Brücke und angrenzendes Straßensegment über die BAB 62 im Osten
- POI 3: Einzeln stehender Bauernhof im Süden
- POI 4: Ortsrandgrundstück im Westen
- POI 5: Ortsrandgrundstück im Südwesten
- POI 6: Randgrundstücke von Schwarzenbach im Nordwesten des nördlich gelegenen Anlagenteils
- POI 7: Sonderlandeplatz für Ultraleicht (UL) - Flugzeuge

4 Standort- und Anlagenbeschreibung

Geographische Koordinaten: 49.589911° N / 7.017079° O	Gelände: Höhe über NN: ca. 450 - 470 m (gegliedert)
Ausrichtung: nach Süden -12° (168° SSO)	Neigung: 25°, 4 Module quer, Hanwha Q-Cells Duo ML 385 G9



Nonweiler Schwarzenbach



Anzahl Module: 10.168 stk.



Maßstab 100m



Nordpfeil



Das Geländemodell zeigt ein differenziertes Höhenprofil zwischen Straßenniveau und Anlagenteilen, die durch nachfolgende Fotos vor Ort veranschaulicht werden:



Blick auf Anlagenteil Nord in Richtung Ost



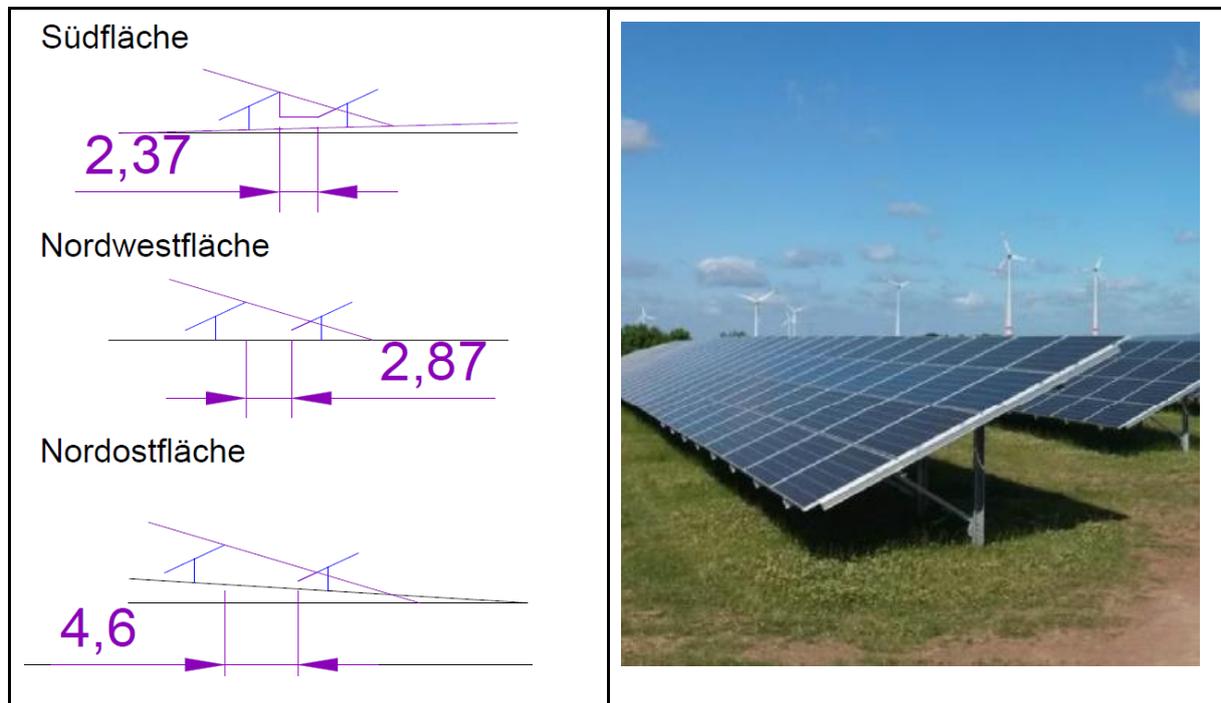
Blick von Anlagenteil Nord auf die BAB 62 in Richtung West



Blick auf Anlagenteil Süd in Richtung Nord

Alle Anlagenteile werden ca. 12° aus der Südausrichtung nach Osten gedreht aufgeständert. Je vier PV-Module werden quer übereinander auf 25° geneigten Tischen montiert.

Es sind Module vom Typ Hanwha Q-Cells Duo ML 385 G9 vorgesehen. Die Dimension des Modultyps gibt der Hersteller wie folgt an: 1840 mm × 1030 mm × 32 mm (inklusive Rahmen). Die nachfolgende Darstellung zeigt diesen Aufbau für 3 verschiedene Geländeausrichtungen.



Die Module decken bei angenommener Bodenfreiheit von ca. 0,8 m einen Höhenbereich bis ca. 2,54 m gemessen vom Bodenniveau ab. Weitere Reihen sind der Geländeneigung entsprechend geringfügig höher oder niedriger positioniert. Es werden daher mehrere Punkte analysiert, um den Bereich insgesamt beurteilen zu können.

5 Ermittlung der Lichtreflexionen

5.1 Standortspezifisches Reflexionsdiagramm

Mit der bei TÜV Rheinland eigens 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

oberflächenspezifisch. Bei glatten Glasoberflächen können die diffusen Reflexionen vernachlässigt werden.

Die durch die blauen Datenpunkte gebildeten Schleifen („Analemmata“) zeigen den Reflexionsort für eine bestimmte Uhrzeit für jeden Tag des Jahres. Die 08:00 Uhr, die 12:00 Uhr und die 16:00 Uhr Analemmata sind gelb hervorgehoben. Die untere Hüllkurve bilden die Reflexionen bei Sonnenhöchststand am 21. Juni, die mittleren roten Kurven zeigen die Punkte der Sonnenwende am 21. März bzw. 21. September und die äußere Hüllkurve die Punkte des niedrigsten Sonnenstandes am 21. Dezember.

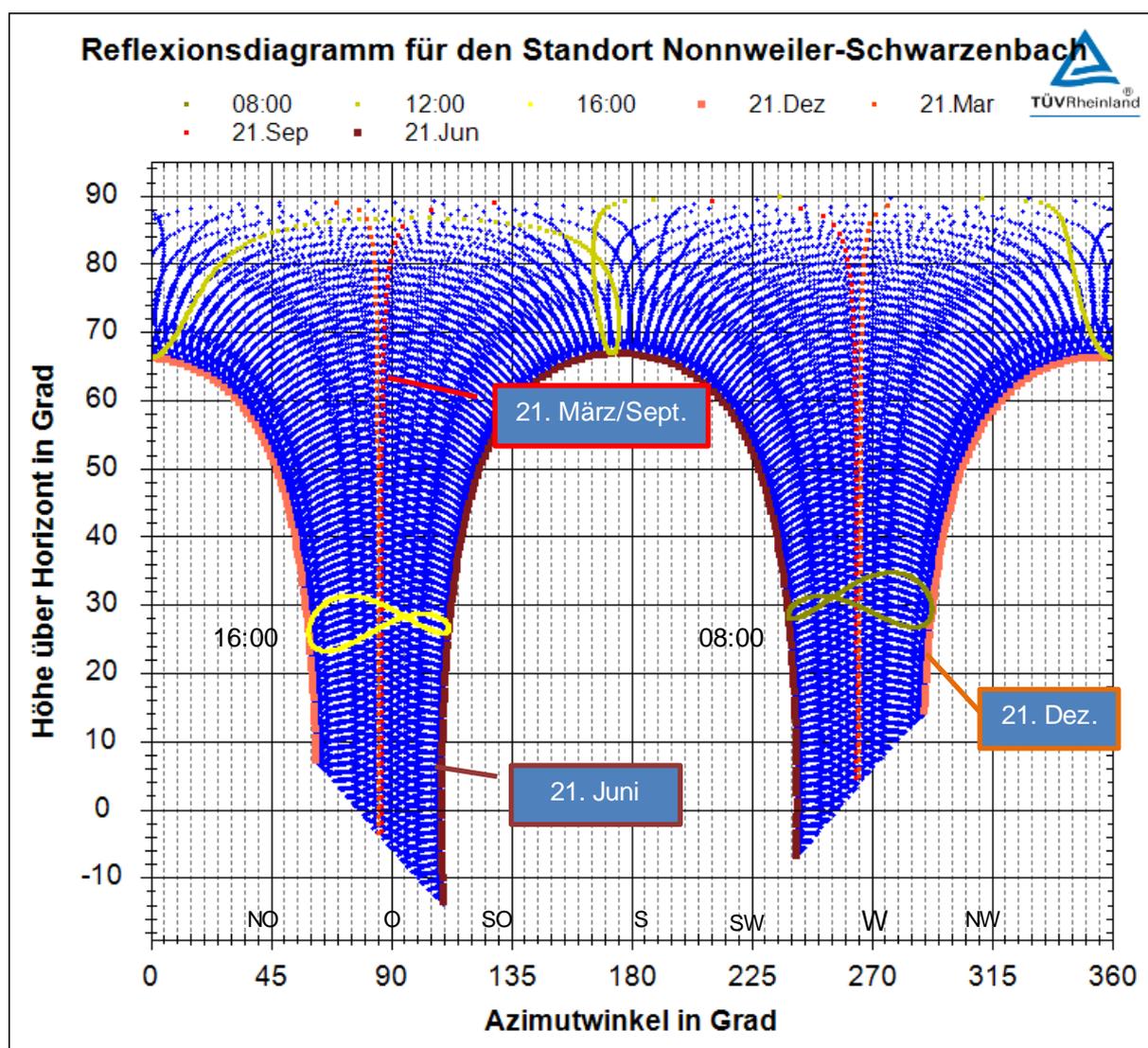


Abbildung 8: Sonnenreflexionen in Nonnweiler an einer 25° in Richtung SSO (168°) geneigten Fläche

Anmerkung: Für die Azimut-Winkel gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten der Definition. Erste Variante: 0° bedeutet Südausrichtung, negative Abweichungen sind definiert in Richtung Ost zwischen 0° und -180° und positive Abweichungen in Richtung West zwischen 0° und +180°. Diese Darstellungsweise wird üblicherweise von Software zur PV-Ertragskalkulation genutzt. Je größer der Winkelbetrag ist desto größer ist die Abweichung von der optimalen Ausrichtung.

Die zweite Variante: definiert den Azimut von 0° dagegen in Richtung Nord. Die Drehung in Uhrzeigerrichtung ergibt den Azimut-Winkel zwischen 0° und 360°. Dies wird z.B. bei Geokoordinaten und Peilung angewandt. In diesem Bericht wird im Folgenden die Geodatendarstellung benutzt.

5.2 Identifizierung der relevanten Azimut-Bereiche

Aus der Berechnung der Reflexionen ergeben sich als erste Näherung für ein moderat geneigtes Niveau ($\pm 3^\circ$) östlich und westlich der PV-Anlagen Bereiche, die theoretisch von Reflexionen getroffen werden können:

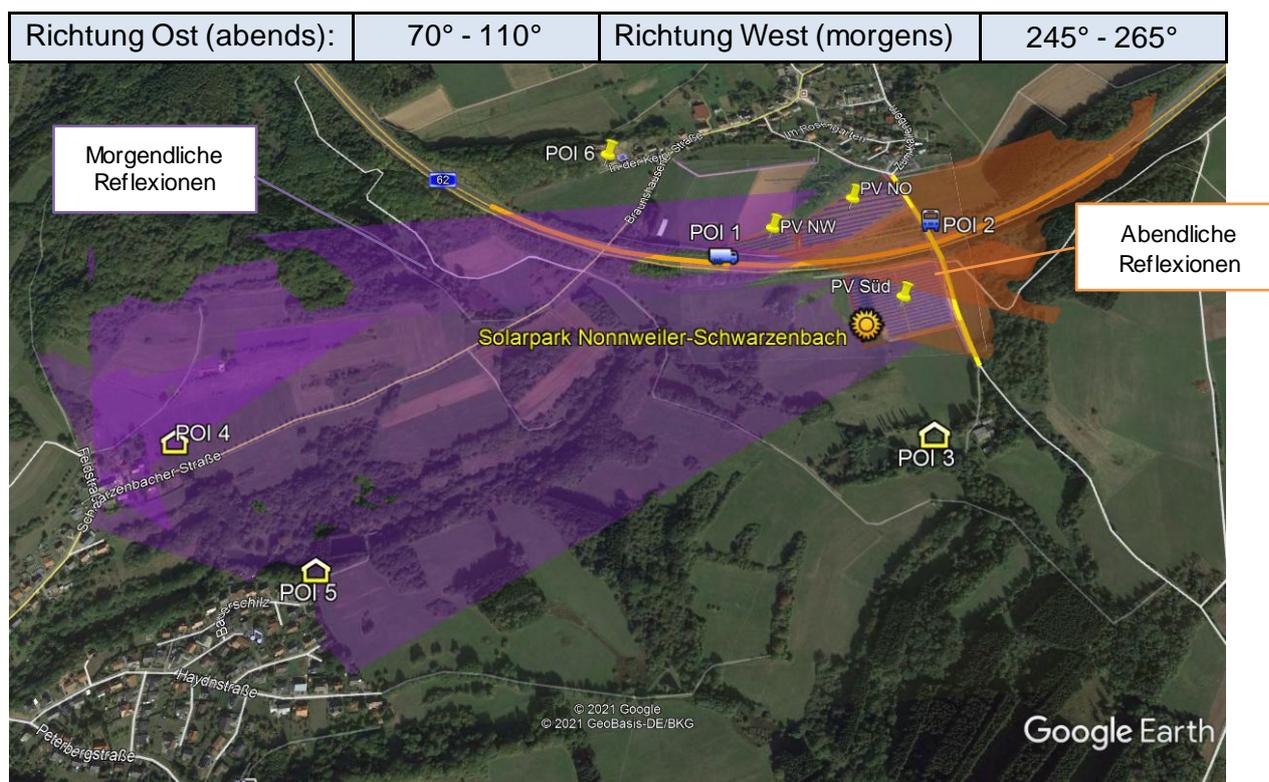


Abbildung 9: Umgebende Bereiche, die morgens oder abends von PV-Reflexionen betroffen sein können ($\pm 3^\circ$ Höhendifferenz)

Für größere positive Höhendifferenzen erweitert sich dieser Bereich nach Norden hin, sodass ggf. höhergelegene angrenzende Bereiche separat betrachtet werden.

In der nachfolgenden Übersicht ist korrespondierend zu Abbildung 9 für die Anlagenteile Nord und Süd getrennt aufgeführt, welche der definierten POI von Reflexionen der PV-Module theoretisch betroffen sein können.

Tabelle 1: Entsprechend Azimutbereich identifizierte mögliche Sonnenlicht-Reflexionen

POI	Reflexionen möglich von			
	Anlagenteil Nord		Anlagenteil Süd	
	Morgens	Abends	Morgens	Abends
POI 1: BAB 62 Teilstück im Einflussbereich	Ja	Ja	Nein	Nein
POI 2: Brücke und angrenzendes Straßensegment über die BAB 62 im Osten	Nein	Ja	Nein	Nein
POI 3: Einzel stehender Bauernhof im Süden	Nein	Nein	Nein	Nein
POI 4: Ortsrandgrundstück im Westen	Ja	Nein	Ja	Nein
POI 5: Ortsrandgrundstück im Südwesten	Nein	Nein	Ja	Nein
POI 6: Westliche Wohnbebauung von Schwarzenbach	Nein	Nein	Nein	Nein
POI 7: Landplatz für UL-Flugzeuge	Nein	Ggf.*	Nein	Ggf.*

* wird unter 5.3.4 untersucht

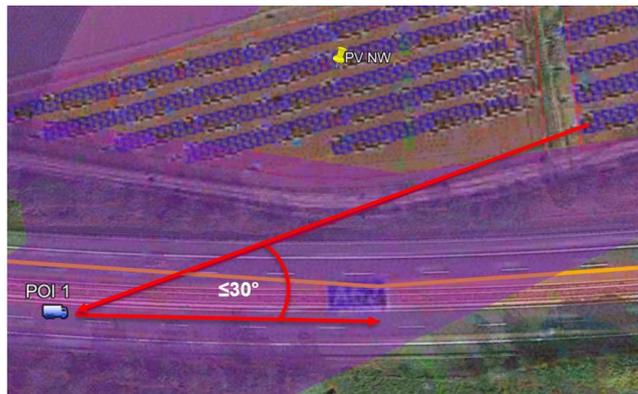
Ergebnisse:

- Für die Autobahn **POI 1** und die darüber führende Brücke **POI 2** im östlichen Einflussbereich der PV-Anlage geht vom Anlagenteil Süd kein Risiko für mögliche störende Reflexionen aus.
→ Für ausgehende und ggf. störende Reflexionen vom Anlagenteil Nord wird nachfolgend eine Detailanalyse durchgeführt. Aufgrund des welligen Geländeprofiles sowohl des Anlagengeländes als auch des Straßenverlaufs werden mehrere Analysepunkte definiert.
- Für die beiden Wohnobjekte **POI 3** und **POI 6** wird kein Risiko für mögliche störende Sonnenlicht-Reflexionen durch die PV-Anlage festgestellt.
→ Diese Objekte werden bei nachfolgenden Analysen nicht berücksichtigt.
- Die exemplarisch definierten Wohnobjekte **POI 4** und **POI 5** können morgens theoretisch von Sonnenlicht-Reflexionen der PV-Anlage getroffen werden. Wegen der großen Entfernung von ca. 1 km sind jedoch keine gravierenden Störungen zu erwarten.
→ Für beide POI wird eine Analyse des Geländeprofiles und falls erforderlich eine Bestimmung der Zeitfenster möglicher eintreffender Reflexionen vorgenommen zwecks Bewertung der Relevanz.

5.3 Evaluierung der Reflexionen in Richtung der definierten Objekte

5.3.1 POI 1 - BAB 62

Es werden entsprechend Abschnitt 2.2.3. nur die Reflexionen als kritisch hinsichtlich eines Blendungsrisikos für Fahrzeugführer angesehen, die schräg von vorn in Fahrtrichtung mit einem Winkel von $\leq 30^\circ$ auftreffen. Seitliche oder schräg von hinten auftreffende Sonnenreflexionen werden nicht kritisch gesehen.



Der Abschnitt der BAB 62 im Einflussbereich der PV- Anlage Nord kann theoretisch im westlichen Bereich von morgendlichen Reflexionen getroffen werden und im östlichen Bereich von abendlichen Reflexionen.

Fahrtrichtung Ost

Zur Evaluierung werden 4 exemplarische Positionen eines Fahrzeugs auf der A62 im kritischen Azimut-Bereich (violett hervorgehoben) angenommen:



Abbildung 10: Relevanter zu untersuchender Bereich der A62 Richtung Ost

Tabelle 2: Evaluierung kritischer Bereich der A62

POI 1	Fahrtrichtung Ost	Azimut Bereich	Differenzwinkel
POI 1-a	295°	265°	30°
POI 1-b	290°	260° - 265°	30° - 25°
POI 1-c	280°	253° - 265°	27° - 15°
POI 1-d	270°	245° - 254°	25° - 16°

Für alle 4 Positionen sind Reflexionsstrahlen vom Anlagenteil Nord ausgehend im kritischen Winkelbereich möglich, wobei POI 1-a nur kurzzeitig vom nördlichsten Modultisch des Anlagenteils Nord-Ost gestreift werden könnte.

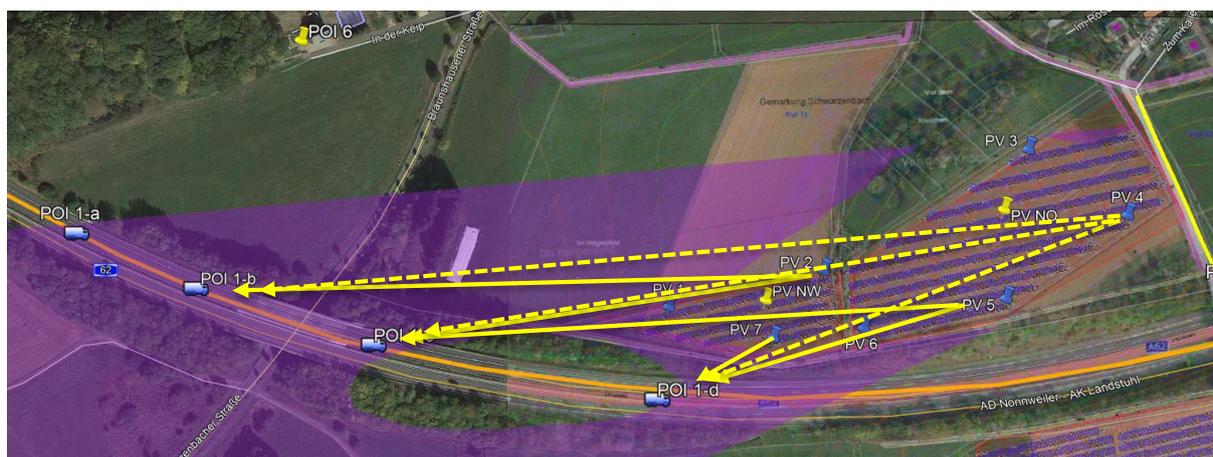
Daher wurden die Geländeprofile hinsichtlich der Sichtbarkeit oder natürlicher Sicht- hindernisse (Erhebungen) zwischen PV-Anlage und Position auf der Straße überprüft. Zur Beurteilung wurden die Google-Earth „Elevation Profiles“ und die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Höhenkarten verwendet.

Tabelle 3: Evaluierung PV-Gelände auf Sichtbarkeit von A62

Position	PV 1	PV 2	PV 3	PV 4	PV 5	PV 6	PV 7
POI 1-a	-	-	nein	-	-	-	-
POI 1-b	-	ja	nein	(ja)**	-	-	-
POI 1-c	nein*	ja	nein	(ja)**	ja	-	-
POI 1-d	-	-	nein	(ja)**	ja	ja	ja

* Vegetation, ** nur oberste Reihe

Die exemplarischen Evaluierungen ergaben, dass im Bereich zwischen POI 1-b und POI 1-d eine direkte Sichtachse zu den höhergelegenen Bereichen der PV-Anlage besteht. Nachfolgend sind die identifizierten Sichtachsen gelb skizziert.



Die neben der BAB vorhandene Vegetation schirmt den niedriger gelegenen Bereich des Anlagenteils Nord-West und Nord-Ost überwiegend ab, kann dies aufgrund einer derzeit vorhandenen Lücke aber nicht für den gesamten PV-Bereich leisten.



Abbildung 11: Blick auf die A62 von einer Position zwischen PV 5 und PV 6 (Quelle: AG)

Die Pos. POI 1-d ist von der Lücke betroffen durch mögliche Reflexionen ausgehend von den Positionen PV 5 - PV 7. Insgesamt ist der betroffene Abschnitt auf der A62 ca. 50 m lang.

Die Analyse der höheren Abschnitte an den Positionen PV 2 - PV 4 ergab:

Für **POI 1-b / 1-c** wird eingeschätzt, dass die Vegetation eine wirksame Abschirmung bietet:

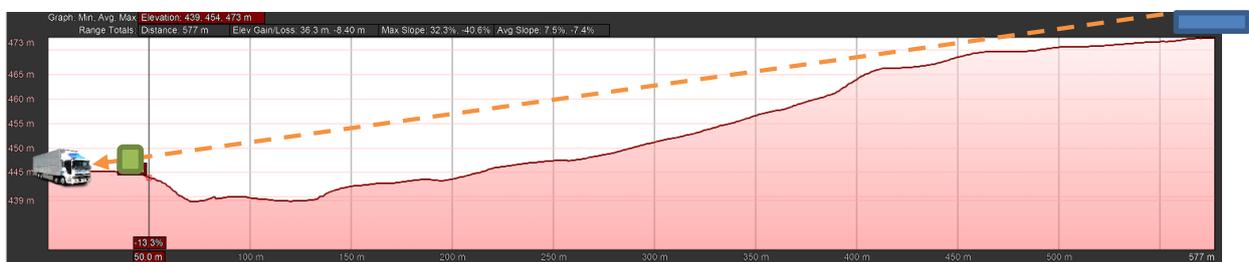


Abbildung 12: Höhenprofil zw. POI 1-b und PV 4.



Abbildung 13: Höhenprofil zw. POI 1-C und PV 4

Für POI 1-d ist wegen der bereits beschriebenen Vegetationslücke vom Punkt PV 4 ausgehend keine Abschirmung vorhanden. Daher sind von diesem höher gelegenen Punkt aus ebenfalls störende Reflexionen auf einen ca. 50 m langen Abschnitt möglich, wie das folgende Foto mit LKW demonstriert.



Abbildung 14: Blick auf die A62 von grober Position PV 4 (Quelle: AG)

Reflexionszeiten

Die Simulation ergab eine zeitliche Relevanz für mögliche Reflexionen für den Zeitraum von Ende März bis Ende August jeweils kurz nach Sonnenaufgang in einem Zeitfenster von ca. 5:40 Uhr bis max. 6:00 Uhr. Im Frühjahr und Herbst sind nur wenige Minuten als potentiell kritisch anzusehen.

Bewertung

Bedingt durch das Geländeprofil und vorhandene Vegetation kann die PV-Anlage Nord größtenteils keine potentiell blendenden Sonnenlichtreflexionen in Richtung der A 62, Fahrtrichtung Ost verursachen.

Ein ca. 50 m langer Bereich mit einer derzeit lückenhaften Vegetation auf der A62 kann jedoch kurzzeitig von störenden Reflexionen getroffen werden. Bei einer angenommenen mittleren Fahrgeschwindigkeit von 100 km/h würde für eine Zeitdauer von max. 2 s ein störender Reflex auf Fahrzeugführer in Fahrtrichtung Ost treffen können.

Diese Reflexionen auf die A 62 in Fahrtrichtung Ost sind nur in einem engen Zeitfenster unmittelbar nach Sonnenaufgang während des Sommerhalbjahres zu erwarten.

Dieses kurzzeitige Risiko für Blendungen in dem begrenzten Bereich stellt aus Sicht der Gutachterin keine zusätzliche Gefährdung für den Straßenverkehr in Fahrtrichtung Ost dar. In dem zutreffenden Zeitfenster steht die Sonne nur wenige Grad über dem Horizont im Osten, sodass gleichzeitig durch die Sonnenscheibe selbst eine Blendung erfolgen kann. Fahrzeugführer sind somit auf die direkte Lichteinwirkung von vorn bereits vorbereitet. Eine unerwartete Blendung infolge einer zusätzlich möglichen PV-Reflexion ist daher sehr unwahrscheinlich.

Minderungsmaßnahmen werden daher nicht als notwendig angesehen.

Es kann jedoch überlegt werden, durch eine einfache Abschirmung der Straße z.B. mittels Anpflanzung entsprechend des schrägen Sichtwinkels zum Bereich der lückenhaften Vegetation das ermittelte kurzzeitige Blendungsrisiko überwiegend zu beseitigen. Eine alternative Anpflanzung abschirmender Vegetation als Lückenschluss zur ansonsten überwiegend dichten Vegetation entlang der A62 erfüllt ebenso den Zweck der Abschirmung in Richtung der Straße gelenkter Sonnenreflexionen.

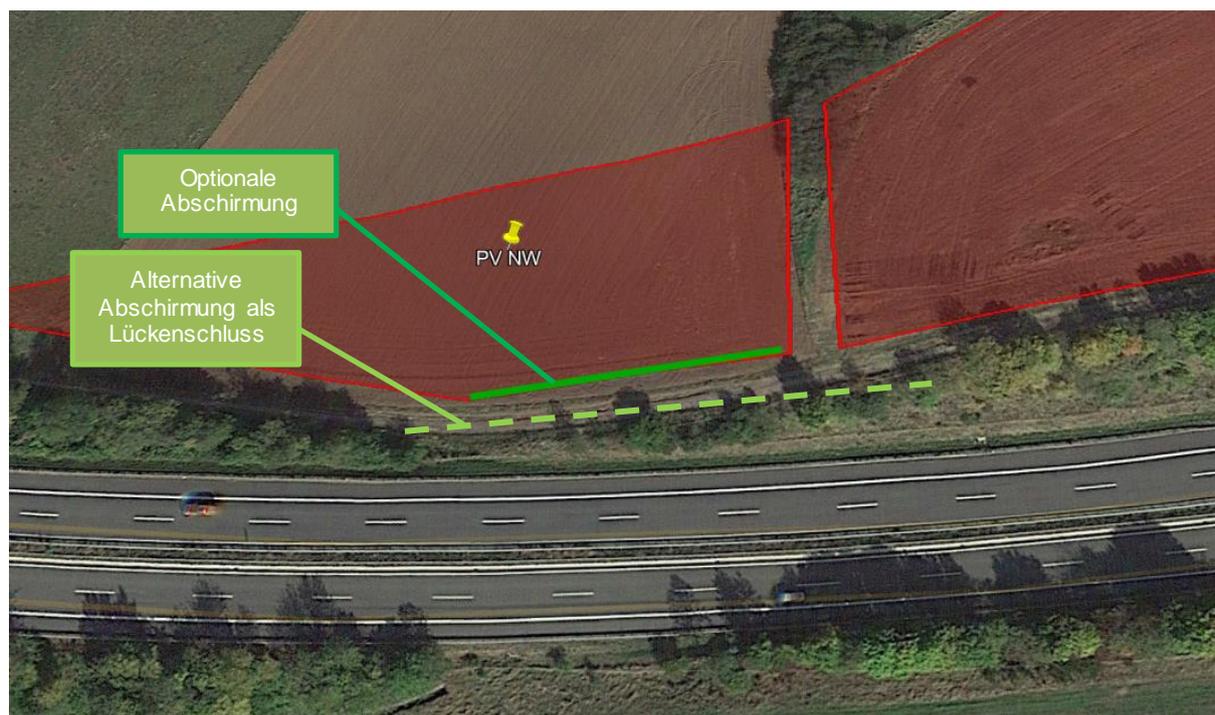


Abbildung 15: Empfehlung für abschirmende Anpflanzung

Fahrtrichtung West

Zur Evaluierung werden 4 exemplarische Positionen eines Fahrzeugs auf der A62 im kritischen Azimut-Bereich (orange hervorgehoben in Abbildung 16) angenommen:

Tabelle 4: Evaluierung kritischer Bereich der A62

POI 1	Fahrtrichtung West	Azimut Bereich	Differenzwinkel
POI 1-e	88°	103° -110°	15 - 22°
POI 1-f	83°	96° - 110°	13° - 27°
POI 1-g	78°	90° - 110°	12° - 32°
POI 1-h	69°	85° - 110°	6° - 41°

Für alle 4 Positionen sind Reflexionsstrahlen vom Anlagenteil Nord ausgehend im kritischen Winkelbereich möglich, wobei POI 1-e nur kurzzeitig vom westlichen Randbereich des Anlagenteils Nord-West gestreift werden könnte.

Die Geländeprofile wurden auf natürliche Sichthindernisse (Erhebungen) zwischen PV-Anlage und Straßenverlauf überprüft. Zur Beurteilung wurden die Google-Earth „Elevation Profiles“ und die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Höhenkarten verwendet. Die Positionen PV 3 und PV 4 sind hier nicht relevant. Eine weitere Position PV 8 wurde ergänzt.

Tabelle 5: Evaluierung PV-Gelände auf Sichtbarkeit von A62

Position	PV 1	PV 2	PV 5	PV 6	PV 7	PV 8
POI 1-e	nein	-	-	-	(ja)**	-
POI 1-f	nein	-	-	ja	nein	-
POI 1-g	nein	nein	ja	nein	nein	-
POI 1-h	nein	nein	nein	nein	nein	nein

** nur oberste Reihe

Nachfolgend sind die auf dem Geländeprofil basierenden möglichen Sichtachsen skizziert.



Abbildung 16: Sichtachsen in Fahrtrichtung West

Die identifizierten Sichtachsen westlich der Brücke über die A 62 weisen auf einen Abschnitt hin, der entsprechend des Geländeverlaufs von Sonnenreflexionen getroffen werden könnte, die vom südlichen Randbereich der PV-Anlage ausgehen.

Die Überprüfung der Satellitenaufnahmen und der Vor-Ort-Aufnahmen zeigt eine überwiegend dichte und mehrere Meter hohe Vegetation. Im gelb markierten westlichen Abschnitt ist in der Sicht von oben die Vegetation weniger dicht mit kleineren Lücken als im grün markierten östlichen Abschnitt.



Abbildung 17: In Fahrtrichtung West relevante Abschnitte gelb: z.T. lückenhafte Vegetation, grün: überwiegend dichte Abschirmung

Die aktuell aufgenommenen Fotos vor Ort zeigen die hier vorhandene Vegetation im Winter:



Abbildung 18: Gelber Bereich von der A 62 aus gesehen

Hinter dem bewachsenen Wall rechts befindet sich das Areal des Anlagenteils Nord-Ost.



Abbildung 19: Gelber Bereich von der PV-Anlage aus gesehen (links Richtung A 62)

Hinter dem links befindlichen Vegetationsstreifen verläuft die A 62. Bei den blendungsrelevanten schräg eintreffenden Reflexionsstrahlen kann von einer überwiegend abschirmenden Wirkung dieses Vegetationsstreifens ausgegangen werden, der sich in der Zeitspanne mit Belaubung außerdem deutlich dichter präsentiert.



Abbildung 20: Grüner Bereich - Blick auf die A62 nach Osten mit hoher Vegetation

Östlich der Brücke ist links neben der Straße in Richtung der PV ebenfalls eine hohe und überwiegend dichte Vegetation zu erkennen. Der Straßenverlauf wurde für die Überführung angehoben und bietet ebenfalls ein Sichthindernis, sodass kein reales Blendungsrisiko östlich der Brücke zu erwarten ist.

Reflexionszeiten

Die Simulation ergab eine zeitliche Relevanz für mögliche Reflexionen für die Monate März bis September jeweils am frühen Abend in einem Zeitfenster von ca. 17:40 Uhr bis 18:10 Uhr.

Bewertung

Der untersuchte Abschnitt auf der A 62 für die Fahrtrichtung West ist insgesamt ca. 600 lang. Für den östlich der Brücke befindliche Abschnitt wird aufgrund des Geländeverlaufs, der erhöhten Brückenkonstruktion inklusive der Auffahrten zur Brücke und vorhandener Vegetation kein Blendungsrisiko festgestellt.

Für den westlich der Brücke befindlichen ca. 200 m langen Abschnitt der A 62 wird die vorhandene Vegetation als nicht vollständig dicht eingestuft. Da die Reflexionsstrahlen mit einem Blendungsrisiko für den Straßenverkehr generell sehr schräg auftreffen, erhöht sich über den längeren Weg die abschirmende Wirkung der Vegetation. Die vorliegenden Fotos (Abbildung 18 - Abbildung 20) zeigen den Zustand im Winter und daher ohne Belaubung. Da die Reflexionen überwiegend innerhalb der Vegetationsperiode von März bis September zu erwarten sind, wird dieses verbleibende Restrisiko für Blendungen im ermittelten 30- minütigen Zeitfenster von 17:40 Uhr bis 18:10 Uhr weiter gemindert.

Es ist daher keine signifikante Gefährdung für den Straßenverkehr in Fahrtrichtung West festzustellen. Es sind keine Minderungsmaßnahmen erforderlich.

5.3.2 POI 2 - Brücke über die BAB 62

Es werden analog zu Abschnitt 5.3.1 und entsprechend Abschnitt 2.2.3. nur die Reflexionen als kritisch hinsichtlich eines Blendungsrisikos für Fahrzeugführer angesehen, die schräg von vorn in Fahrtrichtung mit einem Winkel von $\leq 30^\circ$ auftreffen. Seitliche oder schräg von hinten auftreffende Sonnenreflexionen werden nicht als kritisch gewertet.

Die Brücke und die angrenzenden Straßenbereiche führen direkt an den Ostseiten der PV-Anlagenteile Nord-Ost und Süd entlang. Nur abendliche Reflexionen können diese Bereiche erreichen. Diese Reflexionen sind entsprechend Reflexionsdiagramm (Abbildung 8) in einem Azimutbereich zwischen ca. 70° und 110° zu erwarten. Die Situation ist nachfolgend skizziert.



Anlagenteil	Fahrtrichtung	Azimut Bereich	Differenzwinkel	Kritisch?
Nord	160°	70° - 110°	α : 90° - 50°	nein
Süd	174°	70° - 110°	B: 104° - 64°	nein

Reflexionszeiten

Die Simulation ergab analog zu 5.3.1 eine zeitliche Relevanz für mögliche Reflexionen für die Monate März bis September am frühen Abend im Zeitfenster von ca. 17:40 Uhr bis 18:10 Uhr.

Bewertung

In den frühen Abendstunden können Sonnenlicht-Reflexionen des Anlagenteils Nord-Ost auf die Brücke über die A62 auftreten. Fahrzeuge auf der Brücke und den angrenzenden Straßenabschnitten der Ortsverbindungsstraße „Zum Kallenborn“ werden in diesem Fall seitlich getroffen. Der Winkel zwischen Fahrtrichtung und Reflexionsstrahlen wurde mit minimal ca. 50° bestimmt. Bei einer angenommenen Blickrichtung in Fahrtrichtung ist keine physiologische Blendung mit Sichteinschränkung zu erwarten. Für beide Fahrtrichtungen wird keine verkehrsgefährdende Wirkung festgestellt.

Diese Aussagen gelten ebenso für den gesamten Bereich der Ortsstraße direkt neben den PV Anlagenteilen Nord und Süd (im Osten vorbeiführend).

5.3.3 POI 4 und POI 5 - Exemplarische Wohnobjekte

Die definierten Wohnobjekte POI 4 und POI 5 befinden sich in ca. 1000 m Entfernung südwestlich der PV-Anlage, wobei die PV-Anlage deutlich höher liegt als die beiden Wohnobjekte und das jeweils benachbarte Gebiet.

Aus den vorliegenden Entfernungen und Höhenlagen wurde ein Höhenwinkelbereich von ca. $-2,5^\circ$... $-3,5^\circ$ ermittelt. Der Ausschnitt des Reflexionsdiagramms in Abbildung 21 zeigt, dass dieser Bereich nur bei Azimutwinkeln von ca. 242° bis 252° erreicht werden kann.

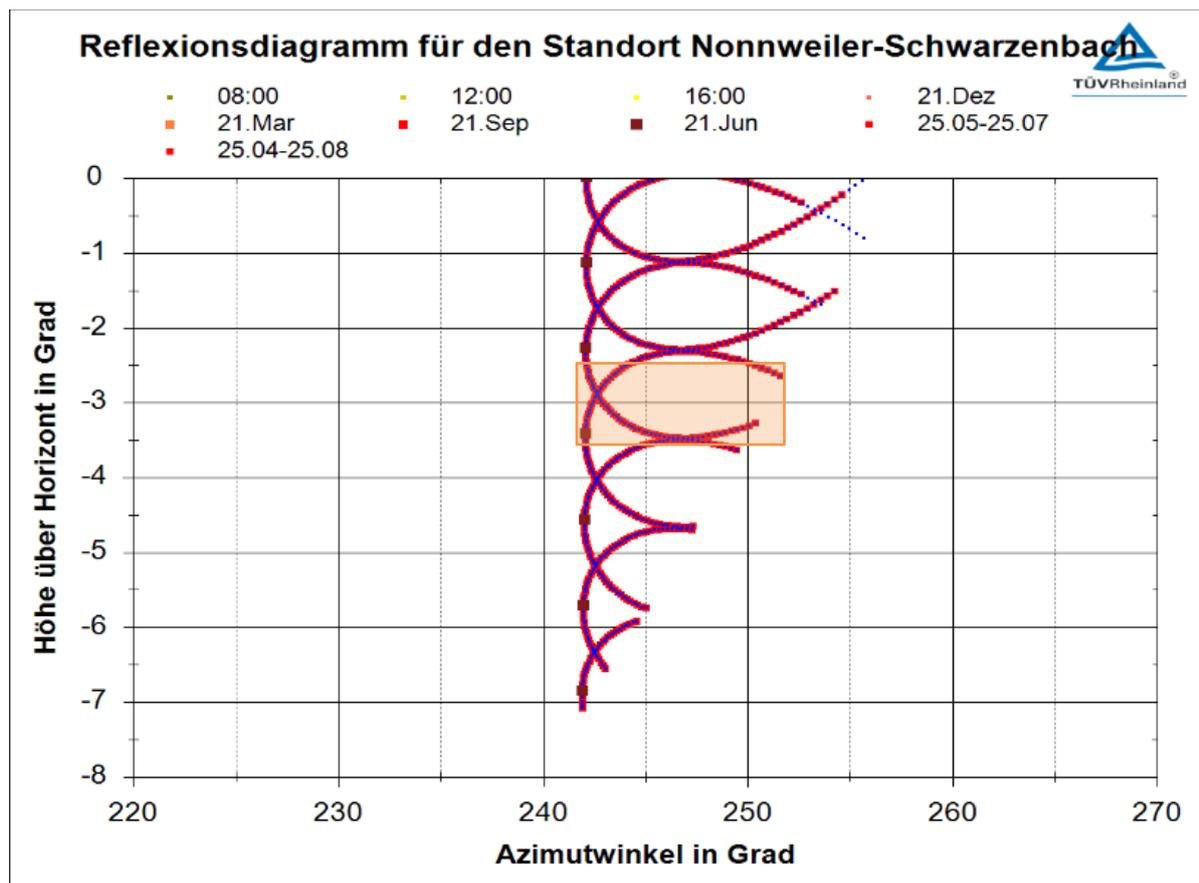


Abbildung 21: Bereich für mögliche Reflexionen zu den Wohnobjekten

Die nachfolgende Satellitenaufnahme zeigt die ermittelten theoretisch möglichen Richtungen und die daraus zu untersuchenden relevanten Bereiche für Sonnenlichtreflexionen von der PV-Anlage.

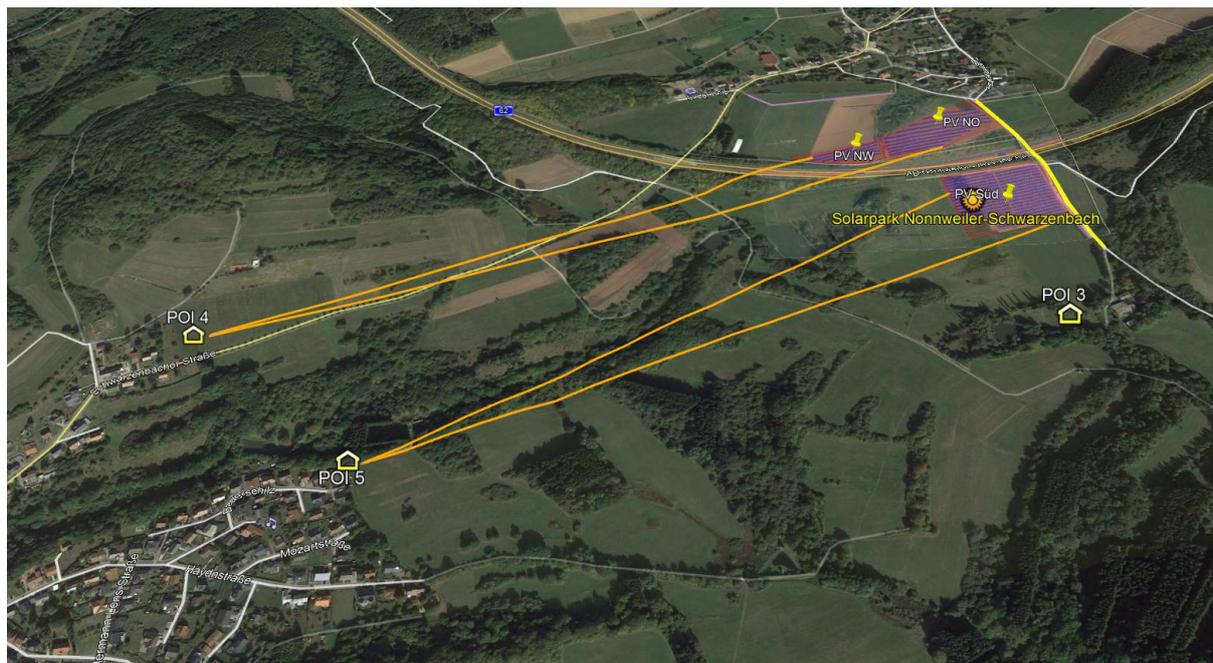


Abbildung 22: Lage der exemplarischen Wohnobjekte und mögliche Reflexionen am Morgen

Für POI 4 ist der Anlagenteil Nord relevant, der durch die bereits für POI 1 untersuchte deutliche Erhebung der A62 inklusive Wall mit hoher Wahrscheinlichkeit überwiegend abgeschirmt wird wie auch nachfolgende Vor-Ort-Aufnahme zeigt.



Abbildung 23: Blick westlich vom geplanten Areal des PV-Anlagenteils Nord in Richtung Süden

FÜR POI 5 ist der Anlagenteil Süd relevant. Hier sind in Richtung Süden und Westen an mehreren Stellen vorhandene Vegetation und leichte Erhebungen erkennbar.



Abbildung 24: Blick vom geplanten Areal des PV-Anlagenteils Süd in Richtung Westen

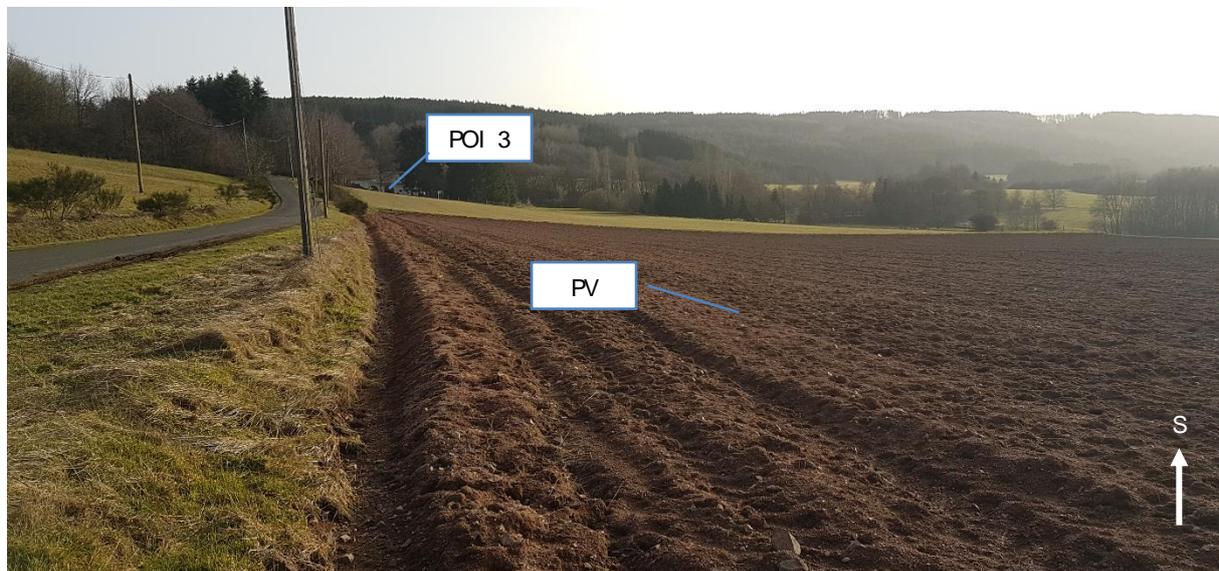


Abbildung 25: Blick vom geplanten Areal des PV-Anlagenteils Süd in Richtung Süden

Aus den Vor-Ort-Fotos am geplanten Standort des PV-Anlagenteils Süd ist erkennbar, dass lediglich POI 3 direkt im Süden zu erkennen ist. Für dieses Objekt wurde festgestellt, dass Reflexionen in diese Richtung deutlich über das Gebäude hinweggehen.

Es sind keine weiteren Gebäude der entfernter liegenden Ortschaft Braunshausen sichtbar. Geländeerhebungen und dazwischenliegende Vegetation werden mit hoher Wahrscheinlichkeit die ermittelten möglichen Reflexionen in Richtung der Ortschaft abschirmen.

Reflexionszeiten

Die Simulation ergab eine zeitliche Relevanz für theoretisch mögliche kurzzeitige Reflexionen für die Monate April bis August kurz nach Sonnenaufgang zwischen ca. 5:30 Uhr bis 5:50 Uhr.

Bewertung

Theoretisch mögliche Sonnenlicht-Reflexionen wurden für ein sehr kurzes Zeitfenster von nur wenigen Minuten am frühen Morgen zwischen 05:30 Uhr und 5:50 Uhr ermittelt. Diese werden als geringfügig und zumutbar eingeschätzt.

Anhand des Geländeverlaufs und Vor-Ort-Aufnahmen, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, ist real wahrscheinlich nicht mit eintreffenden Sonnenlicht-Reflexionen von der PV-Anlage zu rechnen. Falls einzelne Abschirmungslücken existieren, so stellen diese keine unzumutbare Belästigung dar. Es sind daher keine Minderungsmaßnahmen erforderlich.

5.3.4 Sonderlandeplatz für UL-Flugzeuge

Der Sonderlandeplatz für Ultra-Leichtflugzeuge „Schwarzenbach-Bostalsee“ befindet sich ca. 750 m in Richtung Osten vom östlichen Rand der PV-Anlage entfernt. Er wird vom ULTRALEICHT FLUGVEREIN SAAR - PFALZ e.V. betrieben und verfügt über eine ca. 410 m lange Graspiste als Start- und Landebahn in Richtung NO - SW (ca. 230°). Vor Nutzung muss grundsätzlich eine Genehmigung zum Anfliegen des Flugplatzes eingeholt werden, da nicht ständig eine Flugleitung oder ein Beauftragter für Luftaufsicht anwesend ist.



Abbildung 26: Sonderlandeplatz für Ultra-Leichtflugzeuge „Schwarzenbach-Bostalsee“

Die Anflugkarte des Landeplatzes zeigt, dass neben den üblichen Start- und Landevorgängen in beide Richtungen eine typische Platzrunde (Anhang 5: Sichtflugkarte / Anflugkarte) vorgegeben ist, die in mindestens 600 ft (ca. 180 m) Höhe über Grund und bis südlich der PV-Anlage reicht.

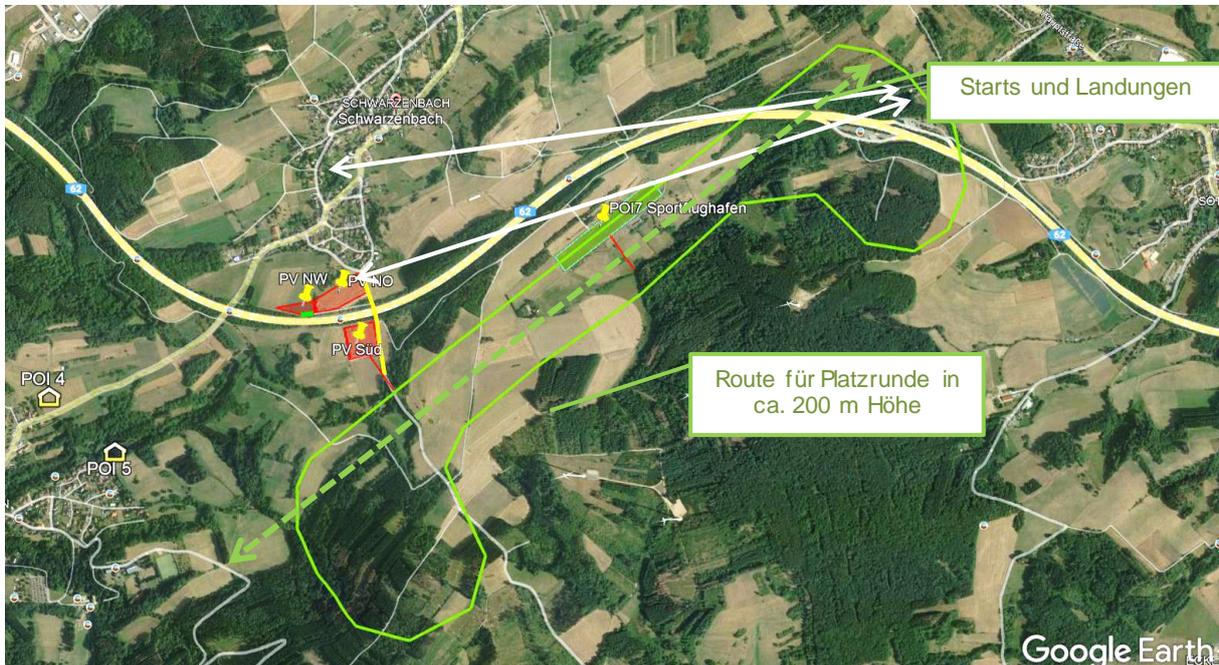


Abbildung 27: Positionen PV-Anlage und Sonderlandeplatz

Anflug- und Startbewegungen

- Anflug von West:
Winkel ab 200° sind als kritisch einzustufen (Entfernung von der Landebahn 1.260 m, Entfernung von der PV 450 m). Diese Punkte liegen jedoch außerhalb des Reflexionsbereichs der PV-Anlage.
- Start nach West:
Der Geländeverlauf zeigt eine bewaldete Bergkuppe (Anhang 6: Geländeverlauf zwischen PVA Nord und Landeplatz) zwischen der PV-Anlage und der Abflugroute. Diese verhindert eine direkte Sichtverbindung, sodass keine kritischen Reflexionen auftreten können.
- Anflug von Ost:
Der Endanflug ab ca. 1.000 m ist durch den Geländeverlauf abgeschirmt. Die weiter entfernten Bereiche werden nicht von Reflexionen erreicht.
- Start nach Ost:
Da ggf. eintreffende Reflexionen von hinten kommen, ist dies generell unkritisch.

- Platzrunde:

Bezieht man eine mögliche Platzrunde in die Betrachtungen ein, so ist ein großer Azimutbereich zwischen 60° und 200° zu berücksichtigen. Es ist weiterhin davon auszugehen, dass Platzrunden nicht exakt geflogen werden. Abweichungen in alle Richtungen müssen angenommen werden.

Entsprechend der Darstellung auf der Website des Vereins (Anhang 5: Sichtflugkarte / Anflugkarte) wurde davon ausgegangen, dass die Platzrunde in beide Richtungen durchfliegen werden kann. Es wurden zwei exemplarische Höhen von 180 m und 230 m evaluiert. Nachfolgend sind definierte Positionen mit Sicht auf die PVA in Flugrichtung (rote Pfeile) gezeigt.

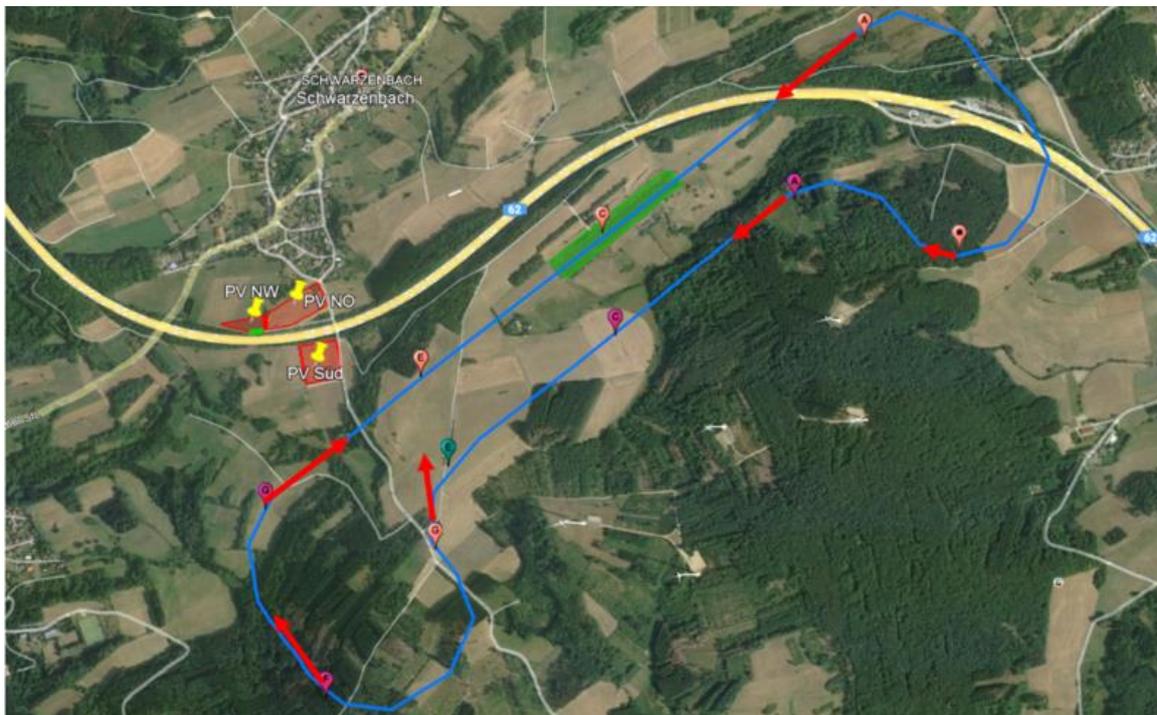


Abbildung 28: Vorgegebene Platzrunde mit Positionen und Flugrichtung

Die Berechnung ergab, dass bei einer Platzrunde nur in den Abschnitten, die parallel zur Start- und Landebahn liegen und in Richtung der PVA durchfliegen werden, sehr kurzzeitig Reflexionen auf ein Fluggerät treffen können, die in den Sichtbereich des Piloten gelangen können.

Diese Reflexionen sind nur am Nachmittag und Abend ab ca. 15:00 Uhr und nur im Winterhalbjahr von September bis März zu erwarten. Eine genauere Aussage ist aufgrund der variabel anzunehmenden Flug-Pfade nicht möglich.

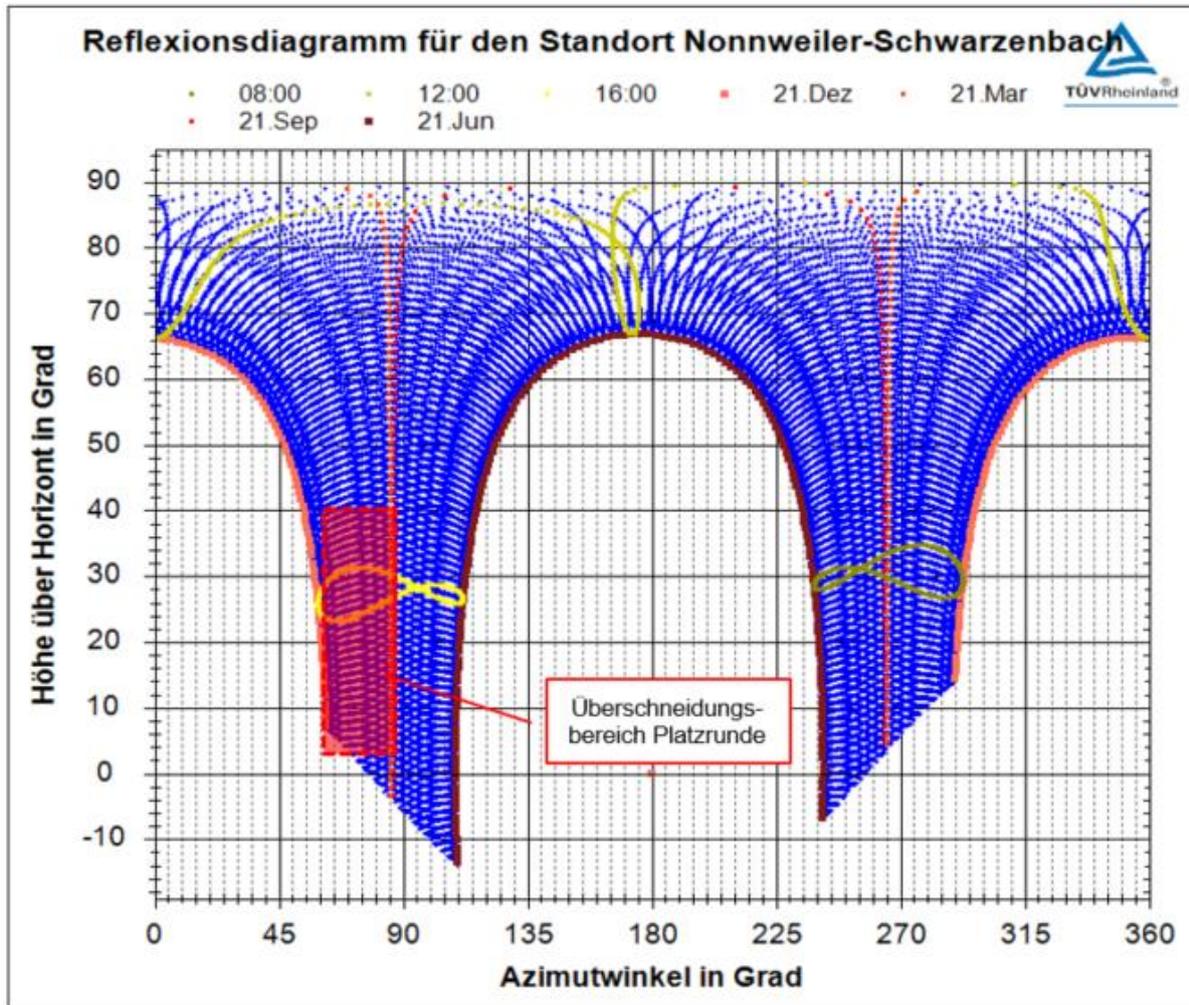


Abbildung 29: Überschneidungen Flug-Pfad einer Platzrunde mit den Reflexionen der PVA

Bewertung

Für den betrachteten Sonderlandeplatz wurden beide Start- und Landerichtungen untersucht. In Richtung Westen ist zwischen PVA und Landeplatz eine Geländeerhebung als natürliche Abschirmung vorhanden. Sowohl für Start- und Landoperationen in Richtung Westen als auch in Richtung Osten (Standardannahme Sinkflug 3°) wurden über das gesamte Jahr gesehen keine auftreffenden Reflexionen im Umkreis von ca. 1.500 m des Landeplatzes ermittelt.

Die in der Anflugkarte des Landeplatzes aufgeführte Platzrunde wurde ebenfalls untersucht. In der Flugpraxis sind mehrere Meter Abweichungen von der vorgegebenen Route in alle Richtungen anzunehmen. Daher sind die Ergebnisse nur als Orientierung zu sehen.

Im Sommerhalbjahr von Anfang April bis Mitte September wurden keine auftreffenden Reflexionen in Flugrichtung ermittelt. Im Winterhalbjahr von Ende September bis Ende März können je nach genauer Flugroute sehr kurzzeitig nachmittags oder abends Reflexionen in

Flugrichtung Westen auftreten. Aufgrund des unebenen Geländeverlaufs der PVA-Flächen bei annähernd gleichbleibender Flughöhe ist allgemein nicht von großflächigen und mitwandernden Reflexionen auszugehen.

Für die sensiblen Start- und Landevorgänge auf Sicht wurde kein Risiko einer möglichen Blendung von Piloten der Ultra-Leicht-Flugzeuge festgestellt.

Für ausgeführte Platzrunden kann von September bis März nachmittags bis abends ein geringes Risiko für störende Reflexionen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Zum Ausschluss dieses Restrisikos wird empfohlen, in die Piloteninformation einen Hinweis zu der PVA und mögliche Sonnenreflexionen bei Platzrunden nach 15:00 Uhr aufzunehmen.

Analog wurden zur Risikominderung bereits Hinweise zu den bestehenden Windrädern direkt südlich der Platzrunde an exponierter Stelle installiert aufgenommen.

Da die Nutzung des Vereins-Landeplatzes grundsätzlich vorher angemeldet werden muss, kann bei „neuen“ Piloten zusätzlich ein separater Hinweis gegeben werden.

Die hohen Anforderungen der Flugsicherheitsbehörden an eine reflexionsarme Oberfläche von PV-Modulen, die am oder neben einem Flughafen installiert werden, gelten für Verkehrsflughäfen in der EU. Für reine Freizeit-Landeplätze mit einem deutlich geringeren und überschaubaren Verkehrsaufkommen sind derartig strenge Auflagen i.A. nicht notwendig. Eine Forderung nach „reflexionsarmer Oberfläche“ der zu installierenden Module bedeutet einen signifikanten Kostenzuwachs eines PV-Projektes, das dessen Wirtschaftlichkeit infrage stellt. Die oben aufgeführten Ergebnisse zeigen, dass störende Reflexionen zeitlich begrenzt auf geflogene Platzrunden und ggf. Überflüge in geringer Höhe eingegrenzt werden können.

Reflexionen vom Boden sind übliche Gegebenheiten. Vergleichende Untersuchungen mit anderen reflektierenden Oberflächen, die üblicherweise in unserem gewohnten Umfeld vorkommen, zeigen, dass aktuelle PV-Module mit einer Antireflex-Oberfläche geringere Reflexionsintensitäten aufweisen, als z.B. Wasser- oder Glasflächen, z.B. von Gewächshäusern oder Überdachungen.

Aus Sachverständigensicht sind für das vorliegende PV-Projekt auch marktübliche PV-Module mit antireflex-beschichteter Oberfläche, über die die meisten aktuellen Module auf dem Markt serienmäßig verfügen, geeignet.

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 6: Ergebnisse der Ermittlung und Bewertung der PV-Reflexionen

POI	Immissionsobjekte	Reflexionen	Zeitfenster	Täglich	Kritisch?
POI 1	BAB 62 Richtung Ost Richtung West	Ja (Nein)	Mrz - Aug Mrz - Sep	05:40 - 06:00 17:40 - 18:10	(Nein)* Nein
POI 2	Brücke und Straße über die BAB 62	Ja	Mrz - Sep	17:40 - 18:10	Nein
POI 3	Einzeln stehender Bauernhof im Süden	Nein	-	-	Nein
POI 4	Ortsrandgrundstück im Westen	(Nein)	Apr - Aug	05:30 - 05:50	Nein
POI 5	Ortsrandgrundstück im Südwesten	(Nein)	Apr - Aug	05:30 - 05:50	Nein
POI 6	Westliche Wohnbebauung von Schwarzenbach	Nein	-	-	Nein
POI 7	UL - Landeplatz Start und Landungen	Nein	-	-	Nein
	Platzrunde	Ja	Sep - Mrz	15:00 - 20:00 je nach Position	(Nein)*

* *Sehr kurzzeitige Reflexionen können nicht ausgeschlossen werden (Empfehlung zur Minimierung)*

Für die betrachteten Objekte wurden unter Beachtung nachfolgend aufgeführter Empfehlungen insgesamt keine als kritisch zu bewertenden Sonnenlicht-Reflexionen durch die beiden Anlagenteile der geplanten PV-Anlage Nonnenweiler-Schwarzenbach festgestellt.

Durch eine Lückenfüllung ansonsten vorhandener, überwiegend dicht abschirmender Vegetation am Anlagen- oder direkt am Straßenrand der BAB 62 kann das verbleibende minimale Risiko einer störenden Reflexion bestmöglich beseitigt werden. Somit wird keine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit auf der zwischen den Anlagenteilen hindurchführenden BAB 62 erwartet.

Für den untersuchten Sonderlandeplatz für Ultraleicht-Flieger ca. 750 m östlich der PV-Anlage wird eine Information für die Piloten über die Position der Photovoltaikanlage und die Möglichkeit kurzzeitig eintreffender Reflexionen auf den vorgegebenen Platzrunden empfohlen. Es werden keine konstruktiven Minderungsmaßnahmen als erforderlich angesehen.

- 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.

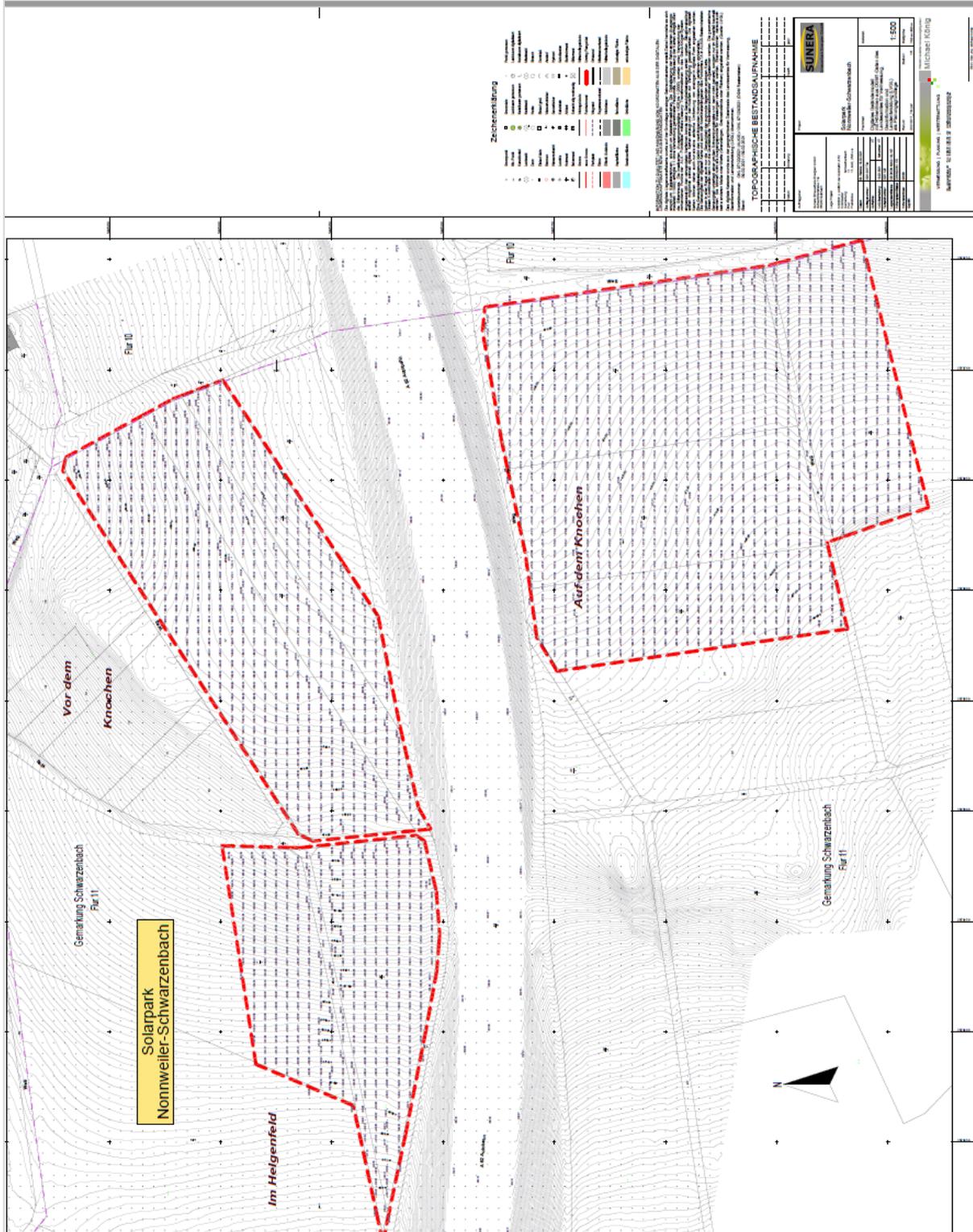
Anhang 1: Literaturverzeichnis

- [1] Baugesetzbuch, In der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414) zuletzt geändert durch Gesetz vom 22.07.2011 (BGBl. I S. 1509) m.W.v. 30.07.2011
- [2] Der Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ - Lichteinwirkung auf die Nachbarschaft , Fachverband für Strahlenschutz e. V, 10.06.2014
- [3] Bayerischer Verwaltungsgerichtshof, Aktenzeichen 15 CS 06.2933.
- [4] Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg, Aktenzeichen 3 S 1654/06.
- [5] Länderausschuss für Immissionsschutz. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), verabschiedet auf der 103. Sitzung, Mai 2002
- [6] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen, „Lichtrichtlinie“ (Beschluss des Länder-Ausschusses für Immissionsschutz vom 13.09.2012)
- [7] DIN EN 12665: Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung, 2011
- [8] Lindener , H. , Siebke, W. , Simon, G. & Wuttke, W.: Physik für Ingenieure. München (2006), Hanser
- [9] Quaschnig, V.: Simulation der Abschattungsverluste bei solarelektrischen Systemen. Berlin (1996), Verlag Dr. Köster
- [10] Mertens, K.: Photovoltaik. Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis, München (2011), Hanser
- [11] Wagner, A.: Photovoltaik Engineering. Handbuch für Planung, Entwicklung und Anwendung, Heidelberg (2009), Springer
- [12] Häberlin, H.: Photovoltaik. Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen, Fehraltdorf (2010), VDE Verlag
- [13] Herrman, W.: Reflexions- und Transmissionseigenschaften von Solargläsern, 10. Workshop „Photovoltaik Modultechnik“ 2013, TÜV Rheinland

Anhang 2: Anlagen-Belegungsplan



Anhang 3: Höhenkarte und Anlagen-Areal



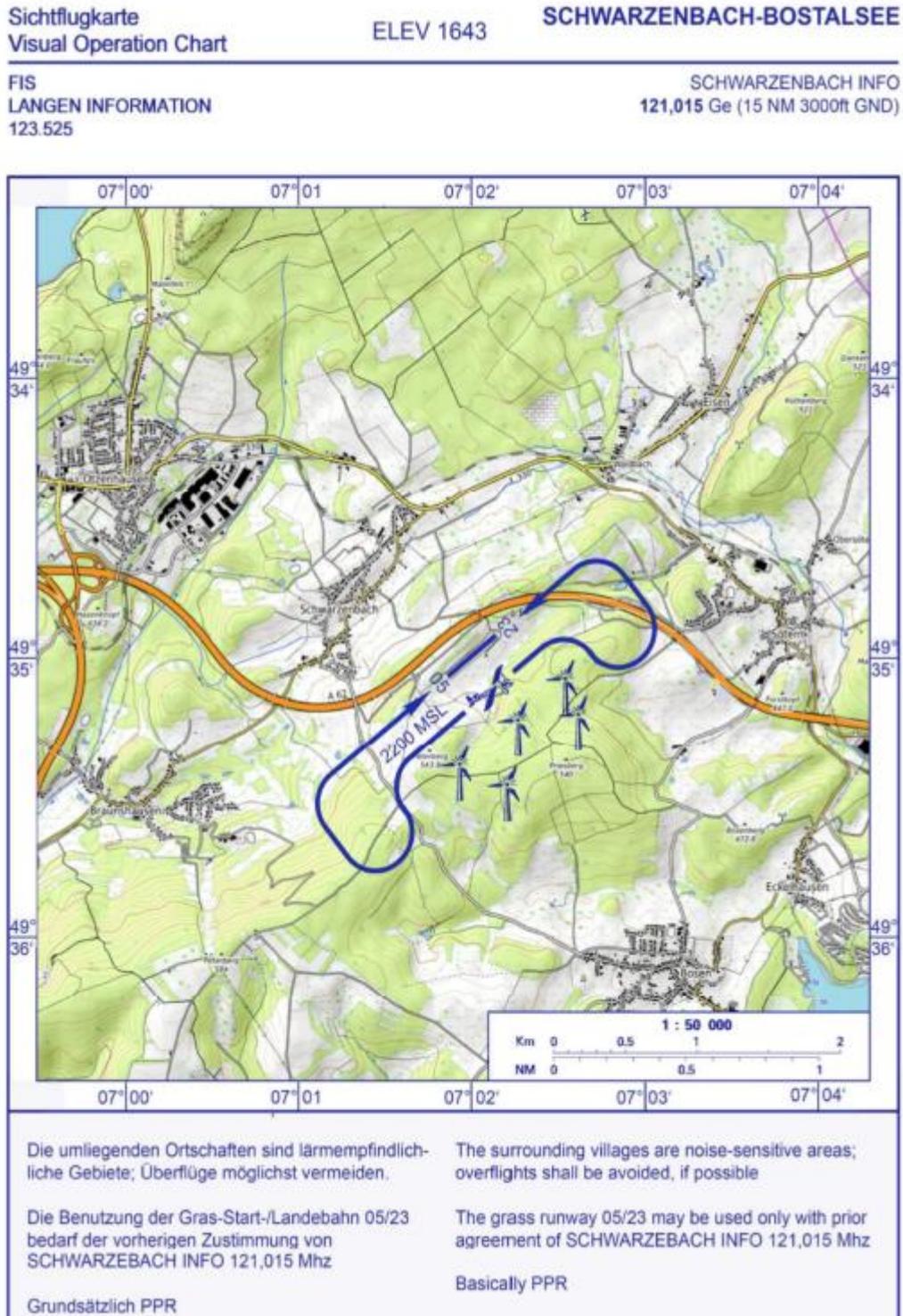
Anhang 4: Informationen zum Sonderlandeplatz

Quelle: [Schwarzenbach - leichtflieger.de](http://Schwarzenbach-leichtflieger.de)

INFO für Piloten	
Ortskennung	Schwarzenbach-Bostalsee
Nord	49.35.32 N
Ost	07.01.54 E
Lage	3 km E Autobahndreieck Nonnweiler A1/A62
Ortungshilfen	325°/50 km ZWN VOR 114.800
Höhe	1643 ft / 501 m
Frequenz	121.015
Start- und Landebahn	Gras
Länge	410 x 20 m
Belag	Gras
Richtung	05 / 23
Platzrunde	Südost mind. 600 ft GND (2200 ft MSL)
Besonderheiten Anflug	Windräder in der Platzrunde; Orte und See nicht überfliegen
PPR-Telefon-Nr. bei Rückfragen	0151 68178449 Johann Rakoschek
Betriebszeiten	grundsätzlich PPR
Betriebsarten	ULG
UL-Zulassung	6

Anhang 5: Sichtflugkarte / Anflugkarte

Quelle: [Schwarzenbach - leichtflieger.de](http://Schwarzenbach-leichtflieger.de)



Anhang 6: Geländeverlauf zwischen PVA Nord und Landeplatz

