



Blendgutachten

Der PV-Anlage Hirschfelde

PI-Berichtnummer: 201801830Sa_V2

2018-09-28

Kunde:

BBNG Solar GmbH & Co. KG
Herr Frank Bartel
Elbchaussee 159
D-22605 Hamburg (Germany)
Tel.: +49 170 235 40 31
Email: bartel@wwspower.de

Dienstleister:

PI Photovoltaik Institut Berlin AG
Wrangelstraße 100
D-10997 Berlin

Photovoltaik-Institut Berlin AG – Modultechnologie | Prüfung | Beratung | Entwicklung
Wrangelstr. 100 | 10997 Berlin
Company site: Berlin | Trade register: Amtsgericht Charlottenburg Nr. HRB 106413 B
Managing board: Dr. Paul Grunow, Prof. Dr. Stefan Krauter, Dr. Lars Podlowski, Dipl.-Ing. Sven Lehmann
Head of Supervisory board: Prof. Dr. Rolf Hanitsch

Phone: +49 30 814 5264-0 | Fax: +49 30 814 5264-101 | www.pi-berlin.com
VAT No.: DE252416715 | Swift-BIC: DRES DE FF 100 | IBAN: DE49 1008 0000 0943 3600 00
Bank account: Commerzbank AG | BLZ 100 80 000 | Account: 094 33 60 000

Berichtnummer: 201801830Sa_V1

Kunde:	BBNG Solar GmbH & Co. KG Elbchaussee 159 D-22605 Hamburg (Germany)
Laboradresse:	PI Photovoltaik-Institut Berlin AG Wrangelstraße 100 Gebäude 43 – Labor D-10997 Berlin
Angebots-Nr.:	20183050_V2
Auftrags-Nr.:	201801830
Auftragsdatum:	18/09/2018
Lieferdatum:	28/09/2018
Projektingenieur:	Benny Frohmann

PI Photovoltaik-Institut Berlin AG
 Wrangelstr. 100
 D-10997 Berlin
 Tel.: +49 (0) 30 814 52 64-0 · Fax: -101
 www.pi-berlin.com

i.A.



 Bearbeiter: Benny Frohmann, M.Sc.

 Geprüft durch: Mathias Leers, M.Sc.

Dieser Bericht ist nur mit Unterschrift gültig.

Die Vervielfältigung, Veröffentlichung sowie Weitergabe des Berichts an Dritte ist nur in vollständiger, ungekürzter Form zulässig und bedarf einer schriftlichen Zustimmung der PI Berlin AG.

Inhalt

Haftungsausschluss	4
1 Einleitung	4
2 Zusammenfassung	5
3 Grundlagen	6
3.1 Lichtimmission	6
3.2 Photovoltaikanlagen	6
3.3 Gebäude	7
3.4 Verkehrsinfrastruktur	7
3.5 Vorgehensweise	9
3.6 Gegenmaßnahmen.....	9
4 Standortbeschreibung	10
4.1 Lage des Kraftwerkes.....	10
4.2 Kurzbeschreibung des Kraftwerkes.....	10
5 Allgemeine Hinweise	11
6 Berechnungen	12
6.1 Standort Hirschfelde	12
6.2 PV-Anlage.....	14
6.3 Berechnungen	15
7 Quellen	19

Haftungsausschluss

Copyright © 2018 – PI Berlin AG. Die Inhalte dieses Dokuments unterliegen dem Urheber- und Leistungsschutzrecht. Jede vom Urheber- und Leistungsschutzrecht nicht zugelassene Verwertung bedarf unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung. Insbesondere ist jedwede Weitergabe an Dritte sowie jede Vervielfältigung, Bearbeitung oder Verarbeitung in elektronischen Medien untersagt. Wir weisen darauf hin, dass die unerlaubte Vervielfältigung oder Weitergabe einzelner Inhalte an Dritte nach dem Urheberrechtsgesetz strafbar sein kann. Die Weitergabe an Projektbeteiligte und die für das Projekt zuständige Behörden ist nur in ungekürzter Form zulässig. Mit der Übermittlung der Informationen ist keinerlei Lizenz zur Nutzung verbunden. Die enthaltenen Inhalte werden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Sofern nicht anderweitig vereinbart, übernimmt die PI Berlin AG keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte.

1 Einleitung

Ziel dieses Gutachtens ist die Bewertung möglicher Blendsituationen, welche durch die geplante PV-Anlage am Rangierbahnhof Hirschfelde auf die von Süd-West nach Nord-Ost verlaufende Bahntrasse Zittau-Cottbus entstehen können.

Dieses Gutachten beruht auf den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten technischen Daten des Solarkraftwerks. Falls Informationslücken vorlagen, wurden Annahmen getroffen und als solche gekennzeichnet. Alle zur Begutachtung berücksichtigten Aspekte werden dokumentiert und beschrieben.

Durch den Anlagenbetreiber übermittelte Dokumente.

- 2018_09_09_Modulbelegung.dwg
- Fotos zwecks Höhenprofil

Alle Maße und Winkel welche die Berechnungsgrundlage für dieses Gutachten darstellen sind mit Hilfe der zur Verfügung gestellten technischen Zeichnungen (CAD) und der Software Google Earth (Zugriff KW39 2018) ermittelt worden. Die Maße wurden mit entsprechenden Sicherheitszuschlägen verwendet um eine größtmögliche Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Sollten sich nach der Fertigstellung der PV-Anlage unberücksichtigte Blendsituationen ergeben, sind diese durch zusätzliche Maßnahmen zu beheben.

Die Untersuchung der Blendwirkung bezieht sich auf die direkt an die geplante PV-Anlage angrenzende Bahntrasse Zittau-Cottbus. **Wohngebäude sowie weitere Straßen bleiben hier unberücksichtigt.**

2 Zusammenfassung

Für die vorliegende Planung der PV-Anlage Hirschfelde wurde die Blendwirkung auf die Bahntrasse Zittau - Cottbus untersucht.

Die Bahntrasse verläuft südlich der geplanten PV – Anlage von Südwesten nach Nordosten. Die resultierende Reflexion kann bei einer Modulneigung von 15° und einem Azimutwinkel von 0° (Südausrichtung) zu einer physiologischen Blendung der Triebfahrzeugführer führen und eine Totalblendung ermöglichen.

Eine Reflexion auf die Bahntrasse findet in den späten Abendstunden im Februar und März sowie September und Oktober statt. Aufgrund des ungünstigen Einfallswinkels auf die Fahrzeugführer muss bei jedem Reflexionsereignis mit einer Totalblendung des Triebfahrzeugführers gerechnet werden. Die Reflexionen treten bei der Vorüberfahrt Richtung Südwesten an der Anlage auf.

Bei der Vorüberfahrt in Ostrichtung kann es aufgrund von Reflexionsereignissen auf Signalanlagen und Beschilderungen zu einer Verwechslung, mindestens aber zu einer erschwerten Erkennbarkeit, kommen.

Diese Effekte sind durch einen wirksamen Sichtschutz zu unterbinden. Der Sichtschutz muss den direkten Sichtkontakt zwischen der Moduloberfläche der PV-Anlage und dem Triebwagenführer verhindern. **Eine Blendung des Triebwagenführers findet bei einem wirksam installierten Sichtschutz zwischen Bahntrasse und PV-Anlage nicht statt.**

3 Grundlagen

3.1 Lichtimmission

Licht, welches von einer Anlage ausgeht, wird nach § 3 Abs. 3 BImSchG als Emission gewertet. Kommt es infolge einer Lichtemission zur Einstrahlung auf Personen, bzw. schützenswerte Räume, so ist dies eine Lichtimmission gemäß § 3 Abs. 2 BImSchG welche unter das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) fällt. [2]

Ziel des Gesetzes ist die Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen welche durch die Immissionen entstehen können. Im Rahmen des Gesetzes sind durch den Gesetzgeber jedoch keine Grenzwerte für Lichtimmissionen, weder in der Dauer noch in der Intensität, festgelegt worden.

Aufgrund dessen wurde durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ein Dokument veröffentlicht, welches die Art und die Bewertung störender Lichtimmissionen konkretisiert. [1]

Für die Beurteilung einer Blendwirkung wird dieses Dokument in der Version vom 13.09.2012 herangezogen. Im Grundsatz handelt es sich stets um eine Lichtemission, wenn das Licht aus einer nicht natürlichen Quelle stammt. Dabei wird das Sonnenlicht ab dem Zeitpunkt einer Reflexion als künstliche Lichtquelle gewertet und unterliegt damit dem BImSchG. In Anhang 2 des Leitfadens werden Photovoltaikanlagen in ihrer Blendwirkung betrachtet bzw. in deren störenden Wirkung bewertet.

Inwieweit eine Lichteinwirkung als erheblich störend empfunden bzw. gewertet wird hängt dabei von der Nutzungsart des Immissionsobjektes, der Tageszeit und der Dauer der Einwirkung ab. Dabei bleiben unterschiedliche Empfindlichkeiten individueller Personen unberücksichtigt. Vielmehr orientieren sich die gegebenen Empfehlungen an der „durchschnittlichen“ Empfindlichkeit.

Die Emissionen sind dabei grundsätzlich so gering wie möglich zu halten. Lassen sich Emissionen trotz Gegenmaßnahmen nicht, oder nicht mit angemessenem Aufwand vermeiden, bzw. weiter reduzieren, so müssen diese durch die Umgebung hingenommen werden, insofern sie die Immissionsrichtwerte nicht überschreiten.

3.2 Photovoltaikanlagen

Photovoltaikanlagen bestehen aus einer großen Anzahl von Photovoltaikmodulen, welche bei Bestrahlung mit Sonnenlicht Strom generieren. Die Module sind dabei großflächig, meist mit gleicher Ausrichtung installiert. Allen zur Zeit verwendeten Modulen ist gemein, dass sie auf der sonnenzugewandten Seite mit einer Glasscheibe versehen sind um das Material gegen Umwelteinflüsse abzuschirmen, gleichzeitig aber die Sonnenstrahlung durchzulassen. Das Ziel der Technologie ist es, möglichst viel Licht einzufangen und den Reflexionsanteil so gering wie möglich zu halten. Aus diesem Grund sind viele Modultypen mit Anti-Reflexionsschichten versehen oder besitzen eine texturierte Glasoberfläche. Hierbei wird die Reflexionseigenschaft der Oberfläche bei schräg einfallender Strahlung um ein Vielfaches reduziert. Abhängig vom Einfallswinkel des Sonnenlichts wird dabei ein unterschiedlicher Anteil an Strahlung reflektiert. Während es bei einem Sonnenwinkel senkrecht zur Moduloberfläche nur zu einer sehr geringen Reflexion kommt, ist bei einem streifenden, sehr flachem Winkel mit einer Totalreflexion zu rechnen.

Dennoch wird durch die LAI bei Photovoltaikanlagen von einer Absolutblendung ausgegangen, wenn nur ein Bruchteil des Sonnenlichtes (weniger als 1%) reflektiert wird. Die durchgeführten Berechnungen lassen deshalb den Einfallswinkel außer Betracht und werden idealisiert als Totalreflexion gewertet.

Aufgrund der zum Teil sehr großen Ausdehnungen von PV-Freiflächenanlage (ca. 2,5Ha pro MW) kann es im Immissionsfall zu deutlich ausgedehnten Zeiträumen kommen, in denen eine Immission aufrechterhalten wird.

3.3 Gebäude

Für Gebäude werden durch die LAI besondere schutzwürdige Räume ausgewiesen, die folgendermaßen definiert sind:

- Wohnräume, einschließlich Wohndielen
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume

Direkt angrenzende Außenflächen wie Terrassen und Balkone sind dabei in der Beurteilung mit zu berücksichtigen. Bei Außenflächen gilt eine Schutzwürdigkeit jedoch nur zwischen den Uhrzeiten 6:00 und 22:00.

Zur Beurteilung der Blendung und der infolge Auftretenden Störungen und Belästigungen sollten dabei folgende Größen mit berücksichtigt werden:

- Zeitpunkt der Blendung (Tages- und Jahreszeit)
- Dauer der Blendung
- Häufigkeit der Blendung
- Ggf. Reflexionseigenschaften der Moduloberfläche

Neben existierenden Gebäuden, müssen ebenfalls brachliegende Flächen Berücksichtigung finden, für welche nach Planungs- und Baurechtlichen Gründen schutzwürdige Räume zugelassen sind.

Als Grenzwerte werden in der Richtlinie eine maximale Blenddauer von 30 Minuten täglich oder 30 Stunden pro Kalenderjahr festgelegt. Im Einzelfall kann eine erhebliche Belästigung jedoch auch unabhängig dieser Grenzwerte auftreten und muss daraufhin durch entsprechende Gegenmaßnahmen reduziert werden.

3.4 Verkehrsinfrastruktur

Für die Betrachtung von Verkehrsinfrastruktur wie Straßen, Bahnlinien, Einflugschneisen oder Ähnliches sind keine Grenzwerte, weder in der Intensität noch in der Dauer, vorgegeben. Vielmehr gilt es, eine Blendung gänzlich zu vermeiden, da bei einer angenommenen Absolutblendung das Sehvermögen stark herabsetzt wird [1]. Dennoch ist zu beachten, dass es aufgrund einer Vielzahl von Reflexionsereignissen zu Blendungen kommen kann. Hierzu zählen unter anderem Glasfassaden von Gebäuden, großflächige Parkplätze sowie Gewässer oder regennasse Fahrbahnen. Der Effekt ist damit nicht ungewöhnlich sollte bei kurzer Einwirkung von Kraftfahrzeugführern beherrschbar sein.

Bei der Betrachtung der Verkehrsinfrastruktur ist vor allem die physiologische Blendung von Bedeutung, welche die Sehleistung mindert beziehungsweise vollständig unterbindet. Der psychologische Effekt spielt hierbei eine untergeordnete Rolle, da die Blendsituation nur vorübergehend auftritt und für einen sehr geringen Zeitraum erhalten bleibt.

Hierbei wird davon ausgegangen, dass sich eine physiologische Blendung ergibt, wenn sich die Blendquelle (Reflexionsquelle) innerhalb des Gebrauchsblickfeldes befindet. Nach allgemeiner Definition umfasst dieses ein Aufblick von 30°, ein Abblick von 40° und ein Rechts- und Linksblick von 30°.[5] Für die Bewegung von Fahrzeugen bedeutet dies, dass sich eine Blendquelle innerhalb eines Winkels von $\pm 30^\circ$ bezogen auf die Fahrtrichtung befinden muss, damit diese als physiologische Blendung eingestuft wird.



Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine vollständige Beeinträchtigung des Sehvermögens bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h einer zurückgelegten Strecke von 28 m/s bedeutet. Bei zunehmender Dauer der Blendung ist jedoch mit einer Adaption der Situation bzw. einem Ausweichverhalten wie dem bewussten fokussieren eines dunkleren Bereiches im Sichtfeld oder der Verwendung eines Blendschutzes (Sonnenbrille oder Sonnenblende) zu rechnen. Bei der typischen Reflexionssituation durch Solarmodule welche sich in einer Ebene mit dem Beobachter befinden, ist eine Blendsituation durch die direkte Sonne bereits vorhanden, wodurch eine Reflexionsblendung nicht unerwartet auftritt.

Hierbei wird der Bereich des Blickfeldes betrachtet, welcher der Blickrichtung (also die Bewegungsrichtung) entspricht und nicht mehr als 90° von der Blickrichtung abweicht (seitliche Einstrahlung). Der tatsächlich physiologische Sichtbereich ist sehr viel geringer anzusetzen, jedoch muss der Fahrzeugführer ebenfalls in der Lage sein den Randbereich der Fahrbahn beobachten zu können, wodurch die Blickrichtung von der eigentlichen Bewegungsrichtung abweicht.

Bei einer kurzzeitigen Blendung muss zusätzlich geprüft werden, dass sich in diesem Bereich keine Verkehrszeichen oder Signalanlagen befinden, welche auch durch eine kurzzeitige Abweichung des Blickes übersehen werden können.

Eine Blendung bzw. Reflexion auf den Fahrer eines Kraftfahrzeugs führt des Weiteren auch zu einer Herabsetzung der Aufmerksamkeit, wenn die reflektierte Lichteinwirkung zu einer Reaktion führt (Abwendung des Blickes, einleiten von Gegenmaßnahmen – z. B. Sonnenblende einstellen. Hierbei ist es wichtig besonders Verkehrsbereiche mit hoher Konzentrationsanforderung eingehend zu prüfen (z. B. Einmündungen, Auffahrten, etc.)

3.5 Vorgehensweise

Um die mit den Solarmodulen verbundene Reflexion zu beurteilen, wird hier eine vereinfachte Betrachtung der komplexen Gegebenheiten durchgeführt. Die Sonne wird als punktförmig angenommen. Als Sonnenstrahlung wird ausschließlich die direkte Sonnenstrahlung gewertet. Reflexionen von Streulicht bleiben aufgrund ihrer im Vergleich sehr geringen Helligkeit unberücksichtigt. Die Berechnung der Reflexion richtet sich nach dem astronomischen Sonnenstand. Eine Reduzierung durch Bewölkung und Horizontverschattung bleibt unberücksichtigt.

Ausgehend vom Standort wird für den jeweiligen Sonnenstand eine geometrische Berechnung des Strahlenverlaufs durchgeführt. Die Solarmodule bieten unabhängig von ihrer Oberfläche und des Einfallswinkels einen „idealen Spiegel“. Die Einfalls- und Ausfallswinkel der Strahlen werden abhängig von der Modulausrichtung und -Neigung berechnet.

Da der Sonnenstand je nach Standort, Uhr- und Jahreszeit unterschiedlich ist, wird zunächst ein Sonnenbahn-diagramm für den Standort berechnet. Hieraus lässt sich für einzeln definierte Tage der Sonnenverlauf am Himmel beschreiben. Die eingezeichneten Bahnen gelten jeweils nur für einen bestimmten Tag des Monats. Lediglich die beiden Kurven für den 21. Dezember und den 21. Juni bilden Wendepunkte. Alle anderen möglichen Sonnenbahnen verlaufen innerhalb dieser beiden Kurven.

Ausgehend von den jeweiligen Sonnenständen wird der durch eine reflektierende Oberfläche gespiegelte Verlauf der Reflexion in einem Reflexionsdiagramm dargestellt. Hier ist zu erkennen in welche Richtung und welchem Höhenwinkel eine direkte Reflexion erfolgt. Alle relevanten Raumpunkte werden dahin gehend geprüft, ob und wann sie sich innerhalb dieser Reflexionsbahnen befinden.

Wird festgestellt, dass sich relevante Bereiche innerhalb des Reflexionsraumes befinden, werden weitere Berechnungen durchgeführt um die Auswirkung auf die vorherrschende Blickrichtung bzw. auch die Dauer der Situation zu bestimmen.

3.6 Gegenmaßnahmen

Grundsätzlich können zwei Arten von Gegenmaßnahmen unterschieden werden. Zunächst einmal ist es möglich, durch eine veränderte Ausrichtung bzw. Neigung der Module bestimmte Bereiche blendfrei zu halten. Diese Maßnahme eignet sich jedoch nur, wenn es sich um wenige Immissionsobjekte handelt und durch die Änderung der Ausrichtung nicht andere schützenswerte Bereiche von der veränderten Ausrichtung betroffen werden.

Daneben eignen sich alle Maßnahmen, die den direkten Blickkontakt zwischen Photovoltaikanlage und Betrachter unterbinden. Beispielhaft können hier Erdwälle an den Anlagenaußengrenzen oder Sichtschutzfolien an den Zäunen angebracht werden. Neben des Sichtschutzes an der PV-Anlage sind aber auch Maßnahmen denkbar, welche räumlich an den Immissionsobjekten installiert werden. Hier sind zum Beispiel Außenjalousien an Wohngebäuden denkbar. Dies ist zum Beispiel denkbar, wenn Sichtschutz an der PV-Anlage diese verschatten würde, oder die Bewohner benachbarter Grundstücke eine individuelle Lösung ästhetisch vorziehen.

4 Standortbeschreibung

4.1 Lage des Kraftwerkes

Der geplante Anlagenstandort befindet sich in der Gemeinde Hirschfelde (Kreis Görlitz) in Sachsen – 50°56'31" nördliche Breite; 14°53'16" östliche Länge. Die geografische Höhe beträgt ca. 223 m.

4.2 Kurzbeschreibung des Kraftwerkes

Die PV-Freiflächenanlage wird mit einem Neigungswinkel von 15° gegen Süd (Azimut = 0°) ausgerichtet. Die geplante PV-Anlage erstreckt sich von Süd-Westen nach Nord-Osten parallel zur Bahntrasse Zittau-Cottbus. Anhand der zur Verfügung gestellten Fotos und dem Google Earth Pro Höhenprofil, ist keine relevante Höhendifferenz zwischen Bodenniveau PV-Anlage und Bahntrasse erkennbar.

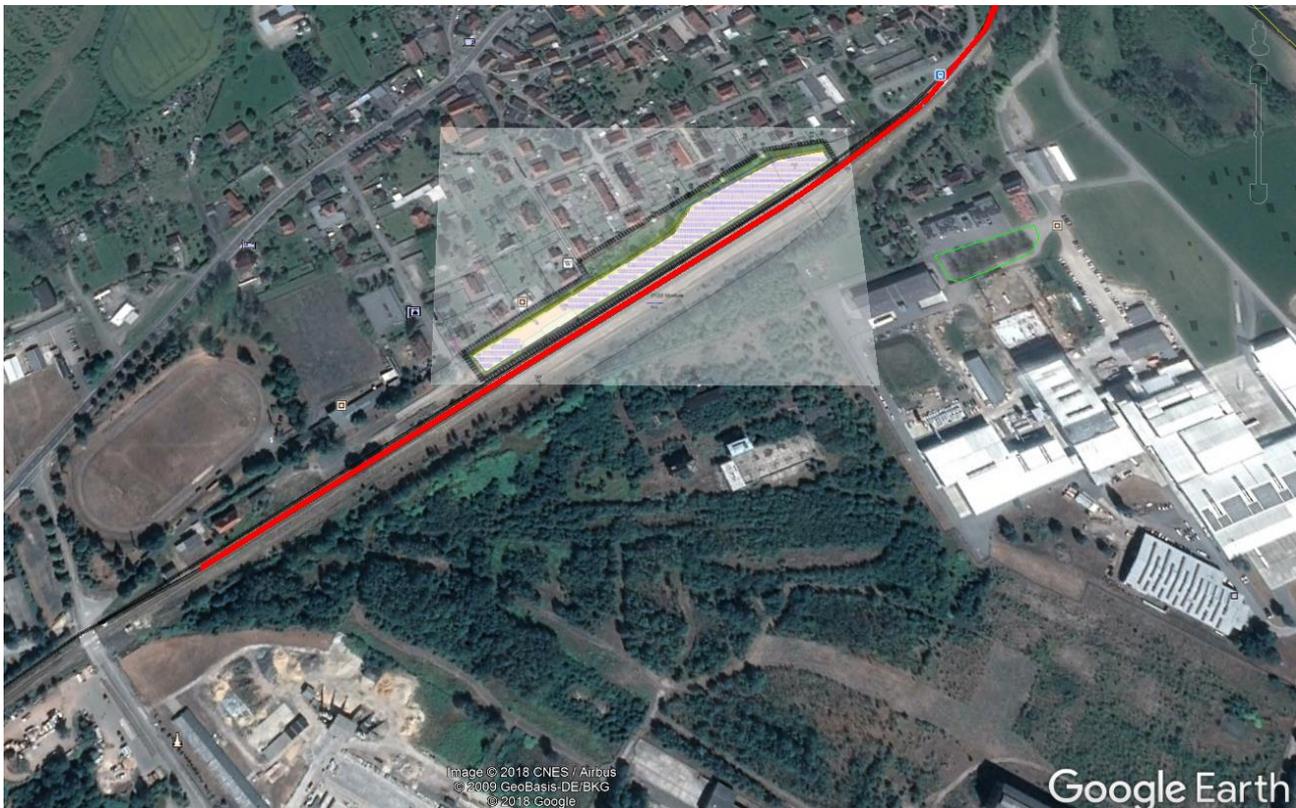


Abb. 1 Geplanter Standort der PV-Anlage

5 Allgemeine Hinweise

Alle in diesem Blendgutachten genannten Uhrzeiten beziehen sich auf die Wahre Ortszeit (WOZ). Diese unterscheidet sich für den Standort Hirschfeld um etwa -1:53 Minuten von der Mitteleuropäischen Zeit, die Sommerzeit bleibt unberücksichtigt. Richtungsangaben erfolgen in Grad. Hierbei sind die Haupthimmelsrichtungen folgenden Werten zugeordnet:

- Nord: $\pm 180^\circ$
- Ost: -90°
- Süd: 0°
- West: $+90^\circ$

Der horizontale Wert wird als Azimutwinkel bezeichnet. Der Höhenwinkel wird ebenfalls in Grad angegeben. Ein Winkel von 0° beschreibt die Horizontale, mit 90° ist eine senkrecht nach oben gerichtete Gerade erreicht.

Als Blendung im Zusammenhang mit dem Verkehr wird hier eine der Bewegung zugewandte Einstrahlung bezeichnet, die einen Winkel von 30° nicht überschreitet. Die, durch eine Blendung verursachte, Beeinträchtigung ist dabei abhängig von der Blickrichtung sowie der Umgebungssituation. Ein entscheidender Faktor ist hierbei der Helligkeitsunterschied zwischen Umgebung und Blendquelle. Bei bereits vorhandener Blendwirkung durch die Sonne führt eine zusätzliche Blendung durch Reflexionen zu einer geringen zusätzlichen Beeinträchtigung, da das Auge bereits an die Sichtverhältnisse adaptiert ist. Bei großen Helligkeitsunterschieden oder einer sehr konzentrierten Blendquelle kann es jedoch zu einer vorübergehenden Sehbeeinträchtigung kommen.

Der Zweck der Photovoltaikmodule ist es, besonders viel Sonnenlicht zu verwerten. Dafür sind viele der handelsüblichen PV-Module mit Antireflexschichten ausgestattet. Diese reduzieren die Intensität des reflektierten Lichts zusätzlich. Nur für besonders flache Einstrahlungswinkel findet eine Totalreflexion an der Glasoberfläche statt.

6 Berechnungen

6.1 Standort Hirschfelde

Der Sonnenverlauf für den Standort der PV-Anlage Hirschfelde ist im folgenden Diagramm für ein Jahr exemplarisch für einzelne Tage eingetragen.

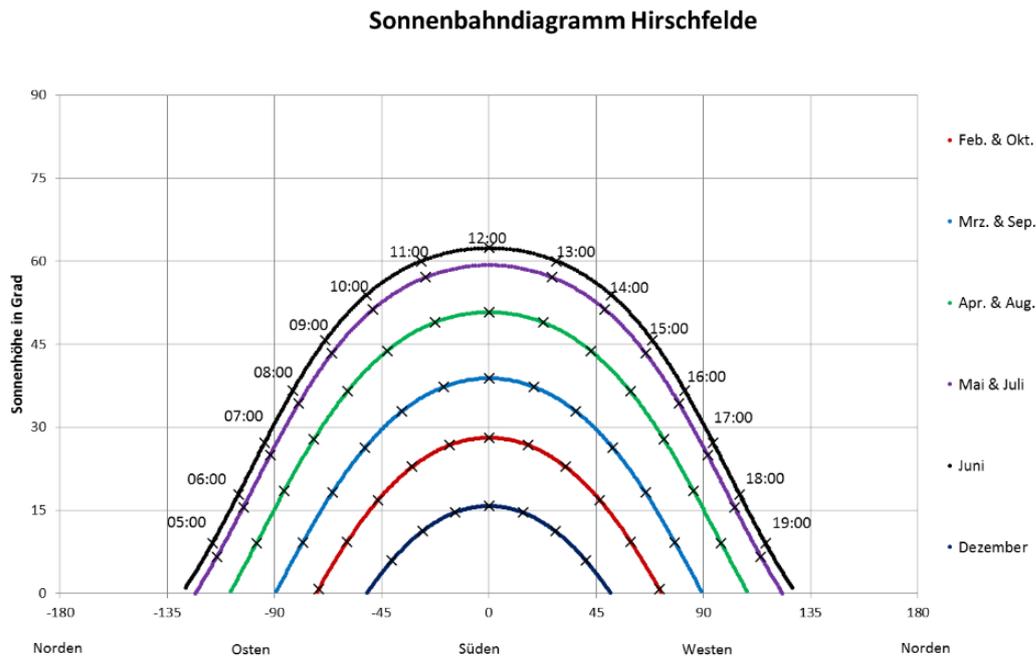


Abb. 2: Sonnenbahndiagramm für den Standort Hirschfelde (wahre Ortszeit - WOZ)

Die Auswirkung der Module auf den reflektierten Strahlenverlauf wird für die geplante Ausrichtung im folgenden Diagramm dargestellt. Die direkte Sonnenstrahlung wird in idealisierter Weise in die entsprechenden Azimut- und Höhenwinkel abgestrahlt. Eine Berücksichtigung von verschattenden Elementen wie Bäume, Sträucher oder ähnliches findet nicht statt.

In Abb. 3 ist der Strahlenverlauf, ausgehend von der PV-Anlage zu sehen. Von der Anlage aus wird das einfallende Sonnenlicht je nach Jahres- und Tageszeit in die dargestellten Richtungen reflektiert. Der reflektierte Höhenwinkel und Azimutwinkel hängt dabei von der Ausrichtung der Module ab.

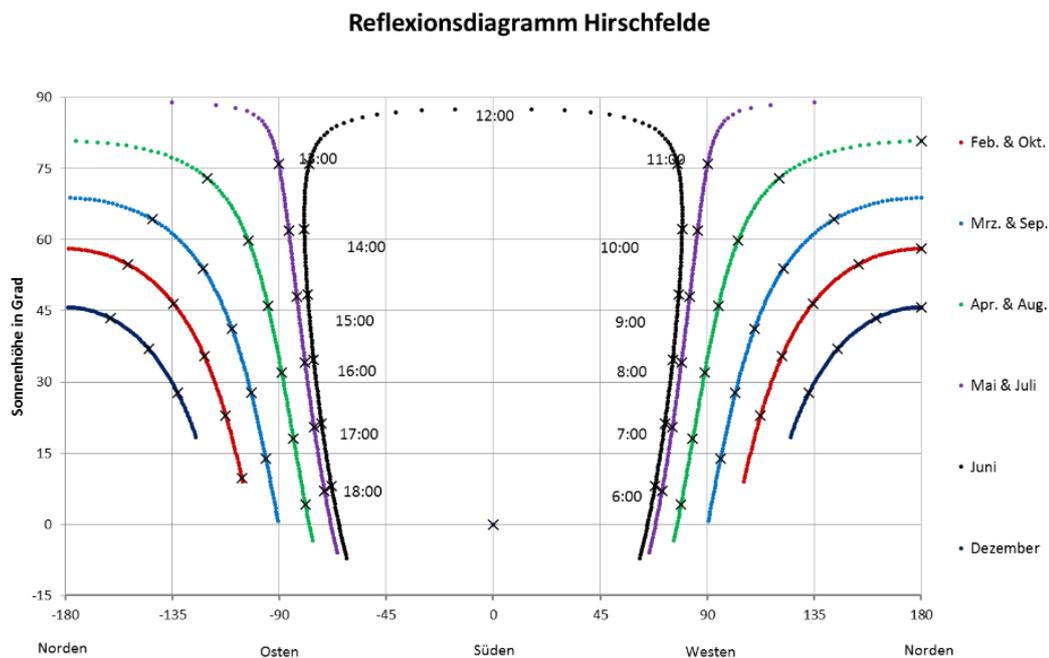


Abb. 3: Reflexionsdiagramm für die geplante Modulausrichtung in Hirschfelde (wahre Ortszeit - WOZ)

6.2 PV-Anlage

Die PV-Anlage Hirschfelde besteht aus einer länglichen Fläche, welche im Süd-Westen durch ein Gebäude auf ca. 50m unterbrochen wird. Die Blendwirkung wird inklusive des Gebäudes vom südlichsten bis nördlichsten Teil der Solaranlage betrachtet. Der Abstand der Anlagen zur Bahntrasse beträgt 15 m. Bei der Betrachtung der Blendwirkung ist der im Bild rot nachgezeichnete Bereich der Bahntrasse zu berücksichtigen.

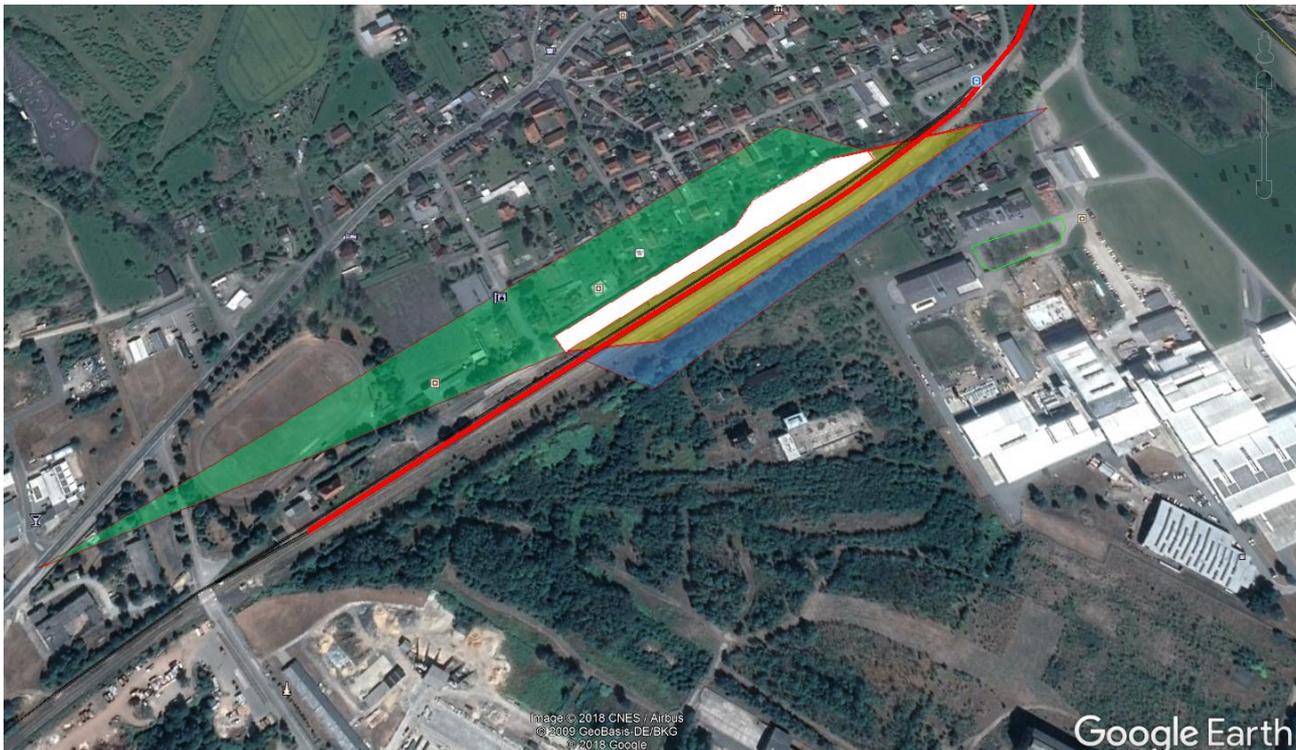


Abb. 4: PV-Anlage Hirschfelde mit Reflexionsbereich (gelb) auf die Bahntrasse (rot); Quelle: Google Earth

Der Bereich der Reflexion in einem Winkel von $\pm 30^\circ$ in Fahrtrichtung ist in Abb. 4 gelb markiert. Eine Reflexion findet auf die Bahntrasse in den späten Abendstunden im Februar und März sowie September und Oktober statt. Aufgrund des ungünstigen Einfallswinkels auf die Fahrzeugführer muss bei jedem Reflexionsereignis mit einer Totalblendung des Fahrzeugführers gerechnet werden. Die Reflexionen treten bei der Vorüberfahrt an der Anlage Richtung Südwesten auf. Der Südliche blau markierte Bereich stellt aus Sicht des Triebfahrzeugführers in bei einem Blick von 90° zur Fahrtrichtung eine Blendung dar. In dem grün markierten Teil im Norden wird von der Solaranlage aus von Februar bis Oktober in einem maximalen Höhenwinkel von 15° reflektiert. Eine Betrachtung möglicher Reflexionsereignisse auf die Wohnbebauung und der Verkehrsinfrastruktur auf der Nordseite der PV-Anlage findet in diesem Dokument nicht statt.

Eine Unterbindung möglicher Blendeffekte kann nur durch einen Sichtschutz zwischen PV-Anlage und Bahntrasse gewährleistet werden.

Für die Berechnung der Blendwirkung werden folgende Grundannahmen getroffen:

- Die Bahntrasse befindet sich auf dem gleichen Höhenniveau der PV-Anlage.
- Reflexionen auf die Bahntrasse werden bis zu einer Höhe von 3m über Modul Unterkante berücksichtigt. Dies entspricht einer maximalen Sichthöhe des Triebfahrzeugführers von 3,8 m.

6.3 Berechnungen

Für die PV-Anlage Hirschfelde wird das Reflexionsdiagramm vom Standort Hirschfelde zur Grundlage genommen. Aufbauend darauf werden die Richtungen und Höhenwinkel markiert in welchen die Bahntrasse Zittau-Cottbus im direkten Sichtkontakt zur PV-Anlage ist. Eventuelle Sichtbehinderungen durch Büsche, Bäume, Gebäude oder andere Objekte bleiben dabei unberücksichtigt.

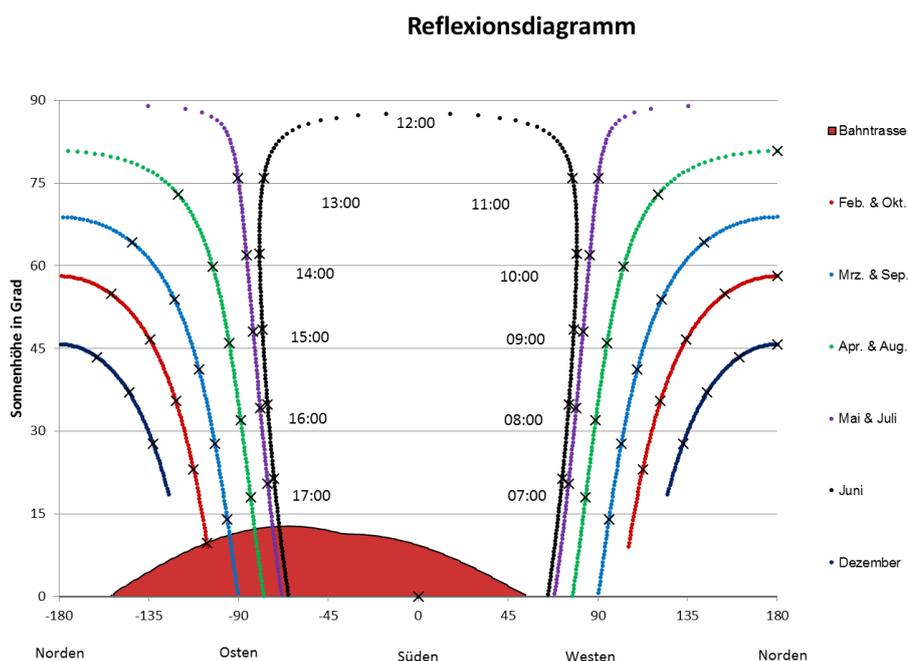


Abb. 5: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Sichtbarkeit der Bahntrasse

Die Reflexionsrichtungen der direkten Sonnenstrahlen überschneiden sich in dem Diagramm aus Abb. 5 mit der Sichtbarkeit der Bahntrasse in den Abendstunden ab 17:00 Uhr (WOZ). Die Abstrahlungswinkel auf die Bahntrasse sind zwischen 0° und 13° .

Im Folgenden werden die Auswirkungen in den Fahrtbewegungen getrennt betrachtet. Dabei werden die Richtungen gesondert vorgehoben, welche eine Blendwirkung auf den jeweiligen Triebfahrzeugführer hervorrufen können. Die Grundannahme hierbei ist, dass der Triebfahrzeugführer in Fahrtbewegungsrichtung sieht. Als Reflexion wird dabei zunächst jeder Strahlenverlauf angesehen, welcher von vorne bis zu 90° seitlich auf die Blickrichtung des Fahrers trifft (halbsphärische Einstrahlung). Des Weiteren wird von einer physiologischen Blendung ausgegangen, wenn sich die Reflexion (die Emission) innerhalb des Gebrauchsblickfeldes befindet. Hierbei wird von einem maximalen horizontalen Winkel von -30° bis $+30^\circ$, sowie einem vertikalen Winkel von -45° bis $+30^\circ$ ausgegangen.

Fahrtrichtung Südwest

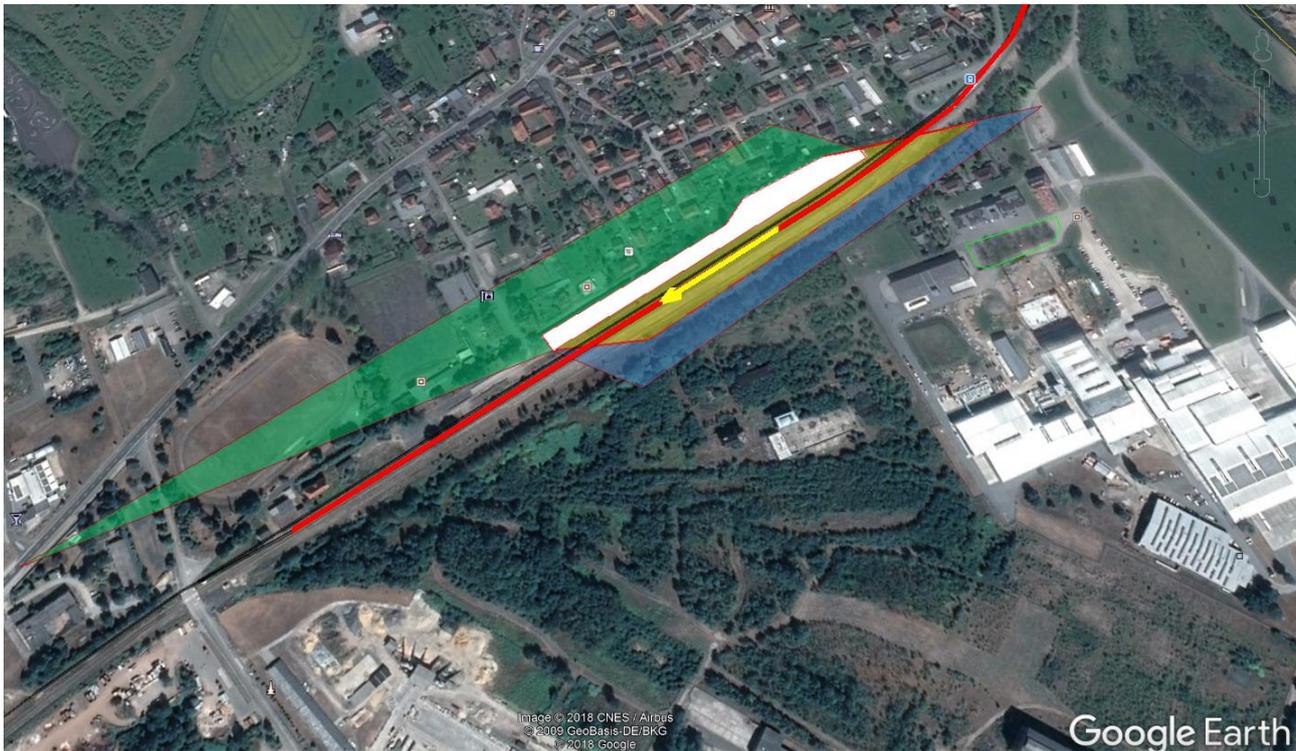


Abb. 6: PVA Hirschfelde, Fahrtrichtung West (Google Earth)

Reflexionsdiagramm

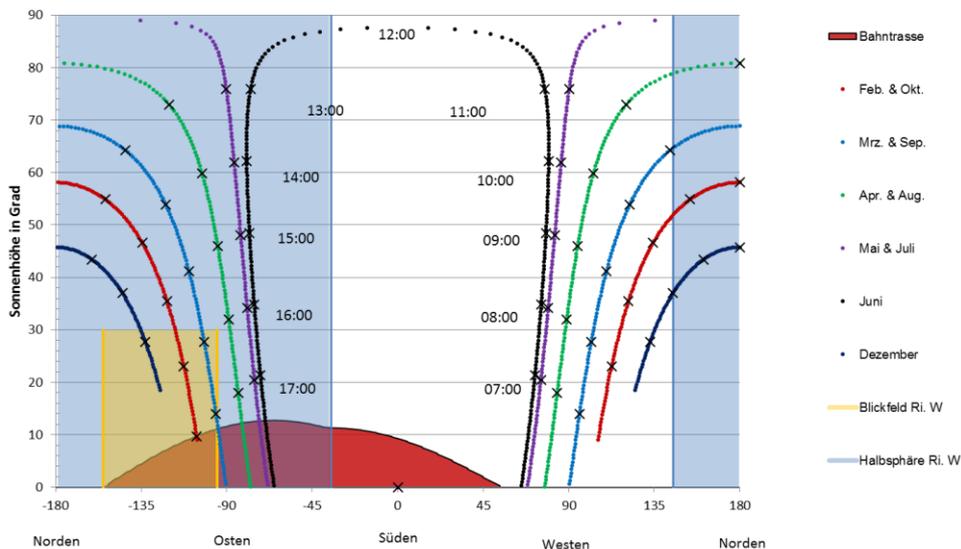


Abb. 7: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Sichtbarkeit der Bahntrasse –Fahrtrichtung West

In Fahrtrichtung West kommt es zu Reflexionen auf die Triebfahrzeugführer in den Monaten Februar bis Oktober. Der Strahlungseinfall auf die Halbsphäre ist in Abb. 7 blau unterlegt. Innerhalb dieses Bereiches kommt es zu einer Überschneidung der Reflexionslinien mit der Bahnstrecke (roter Bereich). Der Bereich der Überschneidung befindet sich mittig des Gebrauchsblickbereiches (gelb unterlegt). Dies bedeutet, dass die Reflexion frontal auf den Fahrzeugführer trifft. Dies führt zu einer physiologischen Blendung in den Monaten

Februar und März sowie September und Oktober, die zu einer Totalblendung führen kann.

Fahrtrichtung Nordost

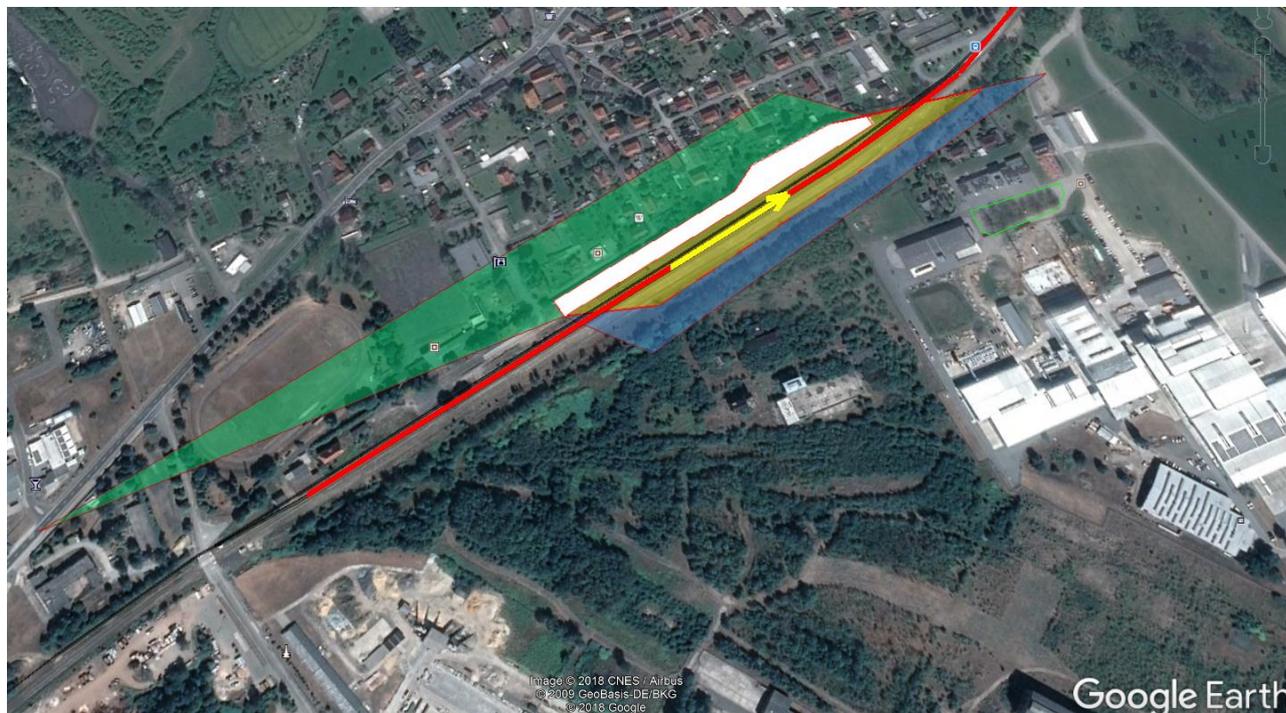


Abb. 8: PVA Hirschfelde, Fahrtrichtung Ost (Google Earth)

In Fahrtrichtung Ost kommt es zu keinen Reflexionen auf die Triebfahrzeugführer. Der Strahlungseinfall auf die Halbsphäre ist in Abb. 9 blau unterlegt. Innerhalb des Gebrauchsblickfeldes (gelb unterlegt) kommt es nicht zu einer Überschneidung der Reflexionslinien mit der Bahntrasse (roter Bereich). Dies bedeutet, dass zu keinem Zeitpunkt eine Reflexion frontal auf den Triebfahrzeugführer trifft. Hier kommt es zu keiner physiologischen Blendung.

Während es in Fahrtrichtung Ost zu keiner Blendung des Triebwagenführers kommt, kann das von der PV-Anlage reflektierte Sonnenlicht jedoch auf eventuell vorhandene Beschilderungen und Signalanlagen fallen, und das Erkennen dieser erschweren. Ein Blend-/Sichtschutz zwischen PV-Anlage und Bahntrasse kann diesen Effekt unterbinden.

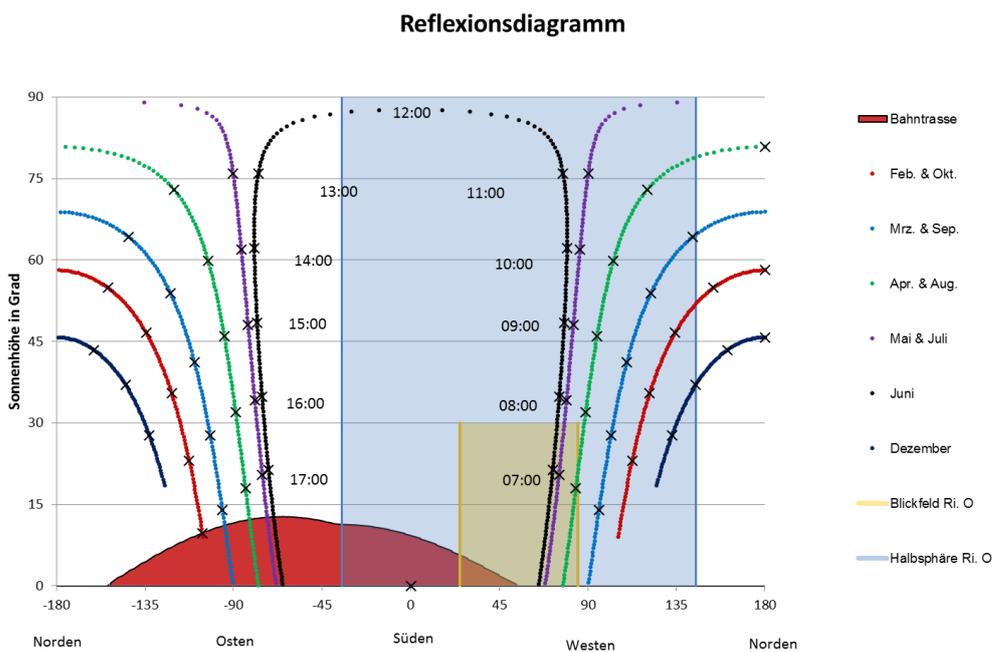


Abb. 9 Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Sichtbarkeit der Bahntrasse–Fahrtrichtung Ost

7 Quellen

- [1] Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Beschluss vom 13.09.2012; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg als Vorsitzland der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)
- [2] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG); Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013; Zuletzt geändert durch Art. 3 G v. 26.7.2016
- [3] Blendung – Theoretischer Hintergrund; Informationen des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV; Mai 2010; IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- [4] Empfehlungen der Strahlenschutzkommission: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren; verabschiedet in der 205. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 16./17. Februar 2006
- [5] Kaufmann, H: Strabismus. Stuttgart, Thieme, 2004