

Dr. Hans Meseberg  
LSC Lichttechnik und Straßenausstattung Consult  
Fährstr. 10  
D-13503 Berlin  
Tel.: 030/82707832  
Mobil: 0177/3733744  
Email: hmeseberg@t-online.de

Berlin, den 18. 3. 2025

**G u t a c h t e n**  
**G26/2025**  
**zur Frage der eventuellen Blend- und Störf Wirkung von Lokführern**  
**und Straßennutzern durch eine bei Garzau-Garzin**  
**zu installierende Photovoltaikanlage**

(Dieses Gutachten besteht aus 8 Seiten  
und einem Anhang mit weiteren 3 Seiten)

## **1 Sachverhalt**

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die Energiekontor AG - Solar-systeme - Mary-Somerville-Straße 5 in 28359 Bremen.

Auftragsdatum: 31. 1. 2025

## **2 Auftragsache**

Die Energiekontor AG hat in der Nähe der Ortschaft Garzau-Garzin eine Photovoltaikanlage errichtet. Der Unterzeichner hatte am 1. 3. 2017 das Blendgutachten G06/2017 mit folgendem Ergebnis vorgelegt: „*Von der westlichen Teilfläche und der Reservefläche kann kein Sonnenlicht zu einem Lokführer reflektiert werden, Blendung des Lokführers ist nicht möglich. Von der östlichen Teilfläche kann Sonnenlicht nur mit relativ geringer Intensität und nur unter eher blendunkritischen Blickwinkeln zu einem Lokführer gelenkt werden, so dass allenfalls ein moderater Blendungseffekt auftreten kann, der das Sehvermögen des Lokführers und damit die Verkehrssicherheit nicht negativ beeinflussen kann*“.

Die Energiekontor AG plant die Erweiterung der PV-Anlage. Es stellt sich die Frage, ob von der zusätzlichen PV-Fläche ein Blendrisiko für Lokführer ausgehen kann. Zusätzlich soll das Blendrisiko auf der Straße Anitz untersucht werden. Vorliegendes Gutachten dient der Untersuchung der Frage, ob und mit welcher Häufigkeit solche Situationen entstehen können und falls ja, welche Abhilfemöglichkeiten bestehen.

## **3 Definitionen**

Im Folgenden wird der Richtung Nord der horizontale Winkel  $\alpha, \nu, \tau = 0^\circ$  zugeordnet; der Winkel steigt mit dem Uhrzeigersinn (Ost:  $\alpha = 90^\circ$ ; Süd:  $\alpha = 180^\circ$  usw.).

Es werden folgende Winkel verwendet (Lokführer und Kraftfahrer werden als Beobachter bezeichnet):

Sonnenhöhenwinkel (vertikaler Sonnenwinkel)	$\gamma$
Azimut (horizontaler Sonnenwinkel) bzw. momentane Fahrtrichtung eines Beobachters	$\alpha$
Orientierung der Modultischreihen	$\nu$
vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts	$\delta$
Neigung der PV-Module gegen Süd	$\varepsilon$
vertikaler Blickwinkel Beobachters - vor ihm liegende Bahntrasse/Fahrbahn im Raum liegender Blickwinkel (gebildet durch die Blickrichtung eines Beobachters - Richtung reflektiertes Sonnenlicht)	$\sigma$
horizontaler Blickwinkel Beobachter Mitte	$\theta$
Fensterfläche - PV-Anlage	$\tau$
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontale Blickrichtung Beobachter - PV-Anlage)	$\psi$
vertikaler Blickwinkel Beobachter - PV-Anlage	$\lambda$

#### 4 Informationen zur PV-Anlage und zur Umgebung

Die Informationen zur Straße Anitz wurde durch eine Ortsbesichtigung gewonnen.

##### 4.1 Die neue PV-Fläche

Diese PV-Fläche wird nördlich der bestehenden PV-Anlage installiert, s. Bild 1 im Anhang. Die genaue Modulneigung steht noch nicht fest; gemäß momentaner Planung liegt sie zwischen  $18^\circ$  und  $22^\circ$ ; die nachfolgenden Berechnungen werden für diese Werte durchgeführt. Modulober- und -unterkante liegen auf 3,29 m bzw. 0,8 m über Geländeoberkante. Die Modultischreihen werden wie bei der Bestandsanlage um  $3,9^\circ$  in Uhrzeigersinn aus der Ost-West-Richtung gedreht. Die östliche Grenze der neuen Fläche liegt auf 72 m über Normalhöhennull und steigt bis zur Südwestecke auf 74 m und bis zur Nordwestecke auf 77 m. Der höchste Punkt der neuen Fläche mit 82 m liegt etwa auf der Mitte der Verbindungslinie der Nordost- und der Nordwestecke.

##### 4.2 Die Bahnstrecke

Die Bahnstrecke verläuft geradlinig und parallel zur Ausrichtung der Modulreihen in einem Winkel  $\alpha = \nu = 3,9^\circ$ . Von Westen kommend, befindet sich das Planum der Bahnstrecke zunächst auf gleicher Höhe wie das PV-Anlagengelände. In Richtung Osten, hinter dem Bahnübergang Garzauer Weg, geht die Bahnstrecke allmählich in eine Tieflage gegenüber dem PV-Anlagengelände (ca. 3 m) über. Die Tieflage reicht etwa bis 1000 m vor dem östlichen Ende der PV-Anlage (etwa bei Markierung C), anschließend liegen Planum und PV-Anlagengelände wieder auf etwa gleicher Höhe. Zwischen Bahnstrecke und dem westlichen Teil des PV-Anlagengelände befindet sich eine dichte Gebüsch- und Baumreihe. Das Gebüsch hat eine Höhe von mindestens 5 m und eine Breite von mindestens 10 m, die Bäume erreichen Höhen von 14 m bis 18 m. Zwischen den Markierungen C und D ist wegen des dort fehlenden Gebüsches ein freier Blick auf die PV-Anlage gegeben.

#### 4.3 Die Straße Anitz

Die gepflasterte, sehr schmale Straße verläuft parallel zur Nordgrenze der PV-Fläche. Der Fahrtrichtungswinkel beträgt zwischen den Markierungen E und F  $107,5^\circ/287,5^\circ$ . Bei dem Abschnitt von Markierung F bis Markierung G handelt es sich um einen Waldweg, der für den öffentlichen Verkehr gesperrt ist. Zwischen Straße und PV-Fläche befinden sich Laubbäume und eine Laubhecke, die in der Vegetationszeit den Blick von der Straße zur PV-Fläche verhindern.

### 5 Beschreibung der eventuell von PV-Anlagen ausgehenden Blend- und Störwirkungen für bewegliche Beobachter

Unter Blendung versteht man eine vorübergehende Funktionsstörung des Auges, die, ganz allgemein ausgedrückt, durch ein Übermaß an Licht hervorgerufen wird. Liegt eine messbare Beeinträchtigung der Sehleistung vor, spricht man von **physiologischer Blendung**, wird die Blendwirkung dagegen subjektiv als unangenehm, störend oder ablenkend empfunden, ohne dass eine messbare Beeinträchtigung der Sehleistung vorhanden ist, liegt **psychologische Blendung** vor. Sind die Leuchtdichten des Umfeldes so groß, dass das visuelle System nicht mehr in der Lage ist, auf diese zu adaptieren, handelt es sich um **Absolutblendung**, sonst um **Adaptationsblendung**. Weiterhin differenziert man zwischen **direkter Blendung**, die durch eine Lichtquelle selbst ausgelöst wird, und **indirekter Blendung**, die durch das Reflexbild einer Lichtquelle erzeugt wird.

Die bei Tageslicht am häufigsten auftretende Blendung wird von der Sonne verursacht. Befindet sich die Sonne im zentralen Gesichtsfeld eines Beobachters, tritt Absolutblendung auf, bei der man nicht mehr in der Lage wäre, eine Lok/ein Kfz sicher zu führen, da im Gesichtsfeld des Beobachters keine Kontraste mehr erkennbar sind. Dieser sehr gefährlichen Situation entzieht man sich, indem die Sonne gegenüber dem Auge durch eine Sonnenblende bzw. Jalousie oder durch eine Hand abgeschattet wird. Das Aufsetzen einer Sonnenbrille hilft hier kaum, da dadurch nicht nur die Intensität des Sonnenlichtes, sondern auch die Helligkeiten aller anderen Objekte im Gesichtsfeld herabgesetzt werden.

Häufig wird das Licht der Sonne auch durch glänzende Objekte ins Auge eines Beobachters gespiegelt: Wasseroberflächen, Fensterfronten von Gebäuden, verglaste Treibhäuser. Gegenüber der direkten Sonnenblendung ist bei dieser indirekten Blendung die tatsächliche Blendefahrer geringer:

1. Das reflektierte Sonnenlicht hat immer eine geringere Intensität als das direkte Sonnenlicht, es kommt selten zu einer Absolutblendung, sondern meist „nur“ zu Adaptationsblendung; d.h., die Helligkeitskontraste sind zwar verringert und die Wahrnehmung von Objekten wird erschwert, so dass verkehrsgefährdende Situationen entstehen können.

2. Die Blendwirkung durch reflektierende Objekte ist zeitlich und örtlich sehr begrenzt, während die Sonnenblendung über längere Zeit auf den Menschen einwirken kann.

Ob Blendung auftritt, ist sehr stark vom Winkel  $\theta$ , gebildet von der Blickrichtung eines Beobachters und der Verbindungslinie Auge des Beobachters - blendende Lichtquel-

le (z.B. Auge eines Kraftfahrers zur PV-Anlage) abhängig. **Bei Nacht** nimmt die Blendempfindlichkeit  $B$  proportional mit dem reziproken Wert des Winkelquadrats ab:  $B \sim 1/\theta^2$ . Bei Nacht wird physiologische Blendung deshalb nur in einem Winkelbereich  $\theta \pm 30^\circ$ , bezogen auf die Blickrichtung, berücksichtigt; Licht aus größeren Winkeln liefert keinen nennenswerten Betrag zur Blendung. **Bei Tageslicht** hat man andere Verhältnisse: Die Gesamthelligkeit ist um mehrere Zehnerpotenzen höher als bei Nacht. Die evtl. blendenden Objekte werden nicht wie bei Nacht gegen eine meist lichtlose Umgebung gesehen, sondern die Umgebung hat ebenfalls eine gewisse Helligkeit. Diese beiden Unterschiede führen dazu, dass tagsüber Blendungseffekte eher selten auftreten. Die reziprok quadratische Abhängigkeit der Blendung vom Winkel  $\theta$  gilt auch nicht mehr unbedingt; allerdings nimmt auch bei Tageslicht die Blendung deutlich zu, wenn der Blickwinkel  $\theta$  kleiner wird.

Für die Nacht gibt es klare Anforderungen an die Begrenzung der Blendung, die von leuchtenden Objekten ausgeht. Für die Bewertung von Blend- oder anderen visuellen Störeffekten, die von Bauwerken oder anderen technischen Anlagen bei Tageslicht erzeugt werden, gibt es überhaupt keine Regelwerke oder Vorschriften. Deshalb ist man hier auf Einzelfallbetrachtungen und -entscheidungen angewiesen.

Der Blickwinkel  $\theta$  ist bei Tageslicht weniger kritisch zu sehen als bei Nacht. Bei Tageslicht liefert störendes Licht aus **Winkeln  $\theta > 20^\circ$**  keinen merklichen Beitrag zur Blendung und kann außer Betracht bleiben. Störendes Licht aus einem **Winkelbereich  $10^\circ < \theta \leq 20^\circ$**  kann u.U. eine moderate Blendung erzeugen. I.a. kann man Blendung wie oben beschrieben durch leichtes Zur-Seite-Schauen oder „Ausblenden“ der störenden Lichtquelle vermeiden. Dieser Winkelbereich sollte aber bei einer Blendungsbewertung mit in Betracht gezogen werden. Kritischer sind **Blickwinkel  $5^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$** , und besonders kritisch Winkel  $\theta \leq 5^\circ$ , wenn also die störende Lichtquelle direkt im Gesichtsfeld des Beobachters liegt. Ein Beobachter hat nicht mehr die Möglichkeit, diese Lichtquelle „auszublenken“: Er muss den vor ihm liegenden Gleiskörper bzw. die Straße und deren Umgebung beobachten und alle Licht- und sonstigen Signale sowie die Anzeigeeinstrumente in der Lok oder im Pkw eindeutig erkennen können. Deshalb kann man in solchen Situationen seinen Blick nicht beliebig zur Seite richten, um einem evtl. vorhandenen Blendreflex auszuweichen.

Bei allen Situationen, in denen evtl. eine Blendefahr besteht, ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Sonne ebenfalls im Blickfeld des Beobachters befindet und das direkte Sonnenlicht **gleichzeitig** mit dem Blendreflex auf den Beobachter einwirkt. Um eine Aussage über die Blendwirkung einer PV-Freiflächenanlage machen zu können, muss im Zweifelsfall unter Beachtung des Blickwinkels die Beleuchtungsstärke (Lichtintensität) der Blendlichtquelle ins Verhältnis zur Beleuchtungsstärke der Sonne gesetzt werden.

## **6 Blend- und Störpotential der geplanten PV-Anlage für bewegliche Beobachter**

### **6.1 Sehbedingungen eines Beobachters**

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Blendung zu bewerten, ist es zunächst notwendig, die Wahrscheinlichkeit dafür zu ermitteln, dass von der Anlage reflektiertes Licht in die Blickrichtung eines Beobachters gelangt. Ist eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegeben, muss die Intensität des reflektierten, ins Auge des Vorbeifah-

renden gerichteten Lichts ermittelt werden. Das Blendrisiko insgesamt ergibt sich aus der Bewertung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Intensität des ins Auge eines Vorbeifahrenden reflektierten Sonnenlichts.

Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Blendrisikos kann mithilfe eines so genannten Sonnenstandsdiagramms ermittelt werden. Die **Bilder 2 bis 4** zeigen das Sonnenstandsdiagramm für Garzau-Garzin in Form eines Polardiagramms. Die roten Linien zeigen den Sonnenstand (Sonnenhöhe  $\gamma$  und Azimut  $\alpha$ ) für den 15. Tag jedes Monats in Abhängigkeit von der Uhrzeit an. Die Darstellung erfolgt für die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) ohne Berücksichtigung der Mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ). Die Uhrzeit ist durch blaue und grüne Punkte gekennzeichnet.

Zunächst muss der im Raum liegende Winkel Blickwinkel  $\theta$  zwischen Beobachter und PV-Anlage ermittelt werden.  $\theta$  ergibt sich aus folgender Formel:

$$\cos \theta = \cos \sigma \cdot \cos \lambda \cdot \cos \psi \quad (1)$$

Die in dieser Formel genannten Winkel müssen gemäß den Sehbedingungen für bestimmte Situationen der Vorbeifahrt von Beobachtern an der PV-Anlage ermittelt werden. Die Berechnungen wurden für die Sehbedingungen eines Lkw-Fahrers durchgeführt, die hinsichtlich einer Sonnenlichtreflexion ins Fahrerauge kritischer anzusehen sind als die Bedingungen für einen Pkw-Fahrer: Die maximale Augenhöhe eines Lkw-Fahrers beträgt ca. 2,40 m, die mittlere Augenhöhe eines Pkw-Fahrers ca. 1,12 m; deshalb kann eine PV-Anlage vom höher sitzenden Lkw-Fahrer u.U. zeitlich eher und auf größere Entfernungen gesehen werden, wodurch theoretisch die Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer erhöht werden kann. Es kann angenommen werden, dass der Fahrer bei einer Fahrt auf der Straße Anitz normalerweise auf einen Punkt auf der Fahrbahn blickt, der etwa 100 m vor ihm liegt. Daraus ergibt sich mit der mittleren Augenhöhe eines Lkw-Fahrers  $h_F$  von 2,40 m ein vertikaler Winkel  $\sigma$  von ca.  $-1,3^\circ$  (Blick leicht nach unten). Ein Lokführer schaut normalerweise ca. 100 m voraus auf den Gleiskörper. Mit der maximalen Augenhöhe  $h_F$  von 3,3 m ergibt sich daraus ein vertikaler Winkel  $\sigma$  von im Mittel  $1,9^\circ$ , unter dem der Lokführer auf den Gleiskörper blickt. Die Winkel  $\sigma$  von  $-2,9^\circ$  bzw.  $-1,9^\circ$  wurden bei den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt.

## 6.2 Auswertung mittels des Sonnenstandsdiagramms

$\psi$  ist der horizontale Winkel zwischen der momentanen Fahrtrichtung  $\alpha$  und der horizontalen Blickrichtung  $\tau$  Beobachteraue - bestimmter Punkt der PV-Anlage. Fährt ein Kfz an der PV-Anlage vorbei, ändert sich ständig die Blickrichtung  $\tau$  des Beobachterauges zur Anlage und damit auch der Winkel  $\psi$ .

Damit Sonnenlicht in Richtung Beobachteraue reflektiert werden kann, muss der vertikale Blickwinkel des Beobachterauges  $\lambda$  dem vertikalen Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts  $\delta$  entsprechen:  $\lambda = -\delta$  (wenn  $\lambda$  abwärts gerichtet ist, muss  $\delta$  aufwärts gerichtet sein und umgekehrt).

Für bestimmte Punkte der Annäherung eines Kfz an die bzw. Vorbeifahrt an der PV-Anlage werden nun mittels google earth die Winkel  $\tau$ ,  $\alpha$ ,  $\psi$  bestimmt, dann wird nach

obiger Formel (1) der Winkel  $\theta$  berechnet. Mit den weiteren Parametern Neigung der Module  $\varepsilon$ , der Ausrichtung der Modulreihen und dem vertikalen Winkel  $\lambda$  werden dann die trigonometrischen Berechnungen zur Ermittlung des Sonnenazimuts  $\alpha$  und der vertikalen Sonnenhöhenwinkel  $\gamma$  durchgeführt, unter denen das Sonnenlicht auf die PV-Module fallen müsste, damit das reflektierte Licht ins Auge eines Beobachters fallen kann.

Die Ergebnisse der Berechnungen für  $\alpha$  und  $\gamma$  werden in das Sonnenstandsdiagramm für Garzau-Garzin eingetragen. Da die Berechnungen für die gesamte Fläche oder eine Teilfläche der PV-Anlage von einem festen Beobachterstandort aus durchgeführt werden, stellen die ermittelten  $\alpha/\gamma$ -Werte Flächen in Form von geschlossenen Polygonzügen dar, die im Folgenden als  $\gamma$ -Flächen bezeichnet werden. Haben diese  $\gamma$ -Flächen Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht ins Auge eines Beobachters; die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden. Bei fehlenden Schnittpunkten ist keine Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer möglich.

### 6.3 Blendrisiko für einen Lokführer

In Fahrtrichtung Ost ist der Blick wegen der dichten Hecke erst ab Markierung C möglich. In Fahrtrichtung West hat ein Lokführer ab Markierung D einen freien Blick auf die neue PV-Fläche. Die für diese beiden repräsentativen Blickpunkte berechneten  $\gamma$ -Flächen sind für die Modulneigungen  $18^\circ$  und  $22^\circ$  in Bild 2 eingezeichnet. Sie haben Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann in Fahrtrichtung Ost etwa von Anfang April bis Mitte Mai und von Mitte Juli bis Mitte September zwischen ca. 6.10 Uhr und 6.25 Uhr MEZ zu einem Lokführer reflektiert werden; in Fahrtrichtung West erfolgt die Sonnenlichtreflexion etwa von Anfang März bis Mitte Mai und von Anfang Juli bis Ende September zwischen 18 Uhr und 18.30 Uhr.

Aus der Tatsache, dass in Sonnenlicht zum Lokführer reflektiert wird, folgt nach den Ausführungen von Abschnitt 5 noch nicht, dass auch Blendung auftritt, weil die Blendwirkung von verschiedenen Parametern abhängt. Deshalb müssen für beide Fahrtrichtungen unter Berücksichtigung der Blickwinkel  $\theta$  zwischen Lokführer und PV-Anlage folgende Verhältnisse berechnet werden:

Verhältnis V = Beleuchtungsstärke (Intensität) des reflektierten Sonnenlichts : Beleuchtungsstärke des direkten Sonnenlichts,

Verhältnis I = Beleuchtungsstärke (Intensität) des reflektierten Sonnenlichts : Intensität der im Zenit stehenden Sonne.

Die

die  $\gamma$ -Kurven für die Modulneigungen nur unwesentlich unterscheiden, genügt es die Verhältnisse V und I für die mittlere Modulneigung  $20^\circ$  zu berechnen. In Tabelle 1 sind V und I für den Blickpunkt C eines Lokführers eingetragen. Blickwinkel  $\theta$  bis maximal  $5^\circ$ , die lt. Abschnitt 5 als besonders blendkritisch zu bewerten sind, treten überhaupt nicht auf. Beim kleinsten überhaupt zu berücksichtigenden Blickwinkel  $9,2^\circ$  beträgt die Sonnenhöhe  $\gamma$  noch  $6,6^\circ$ , und man befindet sich ca. 30 Minuten vor Sonnenuntergang. Das Verhältnis V beträgt 7,5 %, und das Verhältnis I nur noch 0,2 %. In Tabelle 1 sind auch die Differenzwinkel  $\Delta B$  der Blickrichtung des Lokführers zur

Sonne und zur PV-Fläche eingetragen; bei Blickwinkel  $9,2^\circ$  beträgt  $\Delta B$   $12,5^\circ$ . Das direkte und das von der PV-Anlage reflektierte Sonnenlicht treten in der Mitte des Gesichtsfeldes ins Lokführerauge ein. Das bedeutet, dass die extrem höhere Intensität des direkten Sonnenlichts gegenüber der Intensität des reflektierten Sonnenlichts dominiert, so dass - wenn überhaupt - es allenfalls zu einer Blendung durch das direkte Sonnenlicht kommt, der gegenüber eine Blendwirkung durch das reflektierte Sonnenlicht vernachlässigt werden kann. Bei den Blickwinkeln  $15^\circ$  und  $20^\circ$  sind die Verhältnisse ähnlich. Die Verhältnisse I und V sind immer noch sehr klein und die Werte  $\Delta B$  größer; aber wegen der weniger kritischen Blickwinkel ist die Dominanz des direkten Sonnenlichts auch in diesen Fällen so groß, dass keine Lokführerblendung durch die PV-Anlage auftritt.

Blickwinkel $\theta$	Verhältnis V	Verhältnis I	$\Delta B$
$9,2^\circ$	7,5 %	0,2 %	$12,5^\circ$
$15^\circ$	7,0 %	1,6 %	$16,2^\circ$
$20^\circ$	17,4 %	4,8 %	$19,0^\circ$

Tabelle 1: Verhältnisse V und I für die Bahnstrecke, Fahrtrichtung Ost

In Tabelle 2 sind die Verhältnisse V und I für den Blickpunkt D, Fahrtrichtung West, Modulneigung  $20^\circ$  eingezeichnet. Die Blickwinkel  $\theta$  sind zwar kleiner (blendkritischer), aber die Verhältnisse V und I sind ebenfalls kleiner (blendunkritischer); und die Blickwinkeldifferenzen  $\Delta B$  sind ebenfalls nochmals deutlich kleiner. Die Dominanz des direkten gegenüber dem von der PV-Anlage reflektierten Sonnenlicht ist in dieser Fahrtrichtung noch stärker ausgeprägt als in Fahrtrichtung Ost, so dass auch trotz der kleineren Blickwinkel  $\theta$  keine Lokführerblendung möglich ist.

Blickwinkel $\theta$	Verhältnis V	Verhältnis I	$\Delta B$
$4,0^\circ$	1,6 %	0,01 %	$3,0^\circ$
$11,4^\circ$	5,7 %	0,6 %	$6,5^\circ$
$20^\circ$	14,9 %	5,4 %	$11,5^\circ$

Tabelle 2: Verhältnisse V und I für die Bahnstrecke, Fahrtrichtung West

Fazit: Insgesamt ist die Intensität des von der PV-Anlage reflektierten Sonnenlichts im Verhältnis zum direkten Sonnenlicht im Zusammenwirken mit den kleinen Blickwinkeldifferenzen zwischen Blickrichtung des Lokführers zur Sonne und zur PV-Fläche zu gering, um Blendung eines Lokführers zu erzeugen. Insgesamt kann ein Lokführer bei Fahrten in beiden Richtungen von der PV-Anlage nicht geblendet werden.

#### 6.4 Zeitliche Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion ins Auge eines Kraftfahrers auf der Straße Anitz

Die  $\gamma$ -Flächen sind in Bild 3 für die repräsentativen Kraftfahrerblickpunkte bei den Markierungen E und F wiedergegeben. Die grün gezeichnete  $\gamma$ -Fläche für die Fahrtrichtung Ost hat keine Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Kraftfahrerblendung ist nicht möglich. Die  $\gamma$ -Fläche für die Fahrtrichtung West hat Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann theoretisch etwa vom 8. März bis Ende

April und von Mitte August bis 8. Oktober zwischen 18 Uhr und 18.30 Uhr von der PV-Fläche zum Kraftfahrer reflektiert werden. Diese Sonnenlichtreflexion fällt im August bis Oktober in die Vegetationsphase, die zwischen Straße und PV-Fläche befindlichen Laubbäume und die Hecke verhindern die Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer.

Von März bis ca. Mitte April sind die Bäume und die Hecke jedoch noch nicht vollständig belaubt, deshalb müssen auch in dieser Situation die Verhältnisse  $V$  und  $I$  sowie die Blickwinkeldifferenzen  $\Delta B$  berechnet werden. Diese sind in Tabelle 3 für die Modulneigung  $20^\circ$  eingetragen. Das Ergebnis ist das Gleiche wie bei Fahrten auf der Bahnstrecke: Insgesamt ist die Intensität des von der PV-Anlage reflektierten Sonnenlichts im Verhältnis zum direkten Sonnenlicht im Zusammenwirken mit den kleinen Blickwinkeldifferenzen zwischen Blickrichtung des Lokführers zur Sonne und zur PV-Fläche sehr gering; deshalb dominiert die Intensität des direkten Sonnenlichts so stark, dass keine Blendung eines Kraftfahrers von der PV-Anlage ausgeht. Insgesamt kann ein Kraftfahrer bei Fahrten auf der Straße Anitz in beiden Richtungen durch die PV-Anlage nicht geblendet werden.

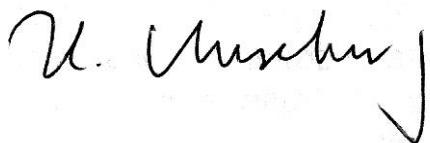
Blickwinkel $\theta$	Verhältnis $V$	Verhältnis $I$	$\Delta B$
$2,5^\circ$	2,3	0,02 %	$8,1^\circ$
$8^\circ$	11,3	1,2 %	$4,5^\circ$
$14^\circ$	14,4	5,3 %	$3,4^\circ$

Tabelle 3: Verhältnisse  $V$  und  $I$  für die Straße Anitz, Fahrtrichtung West

## 7 Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob von der neuen PV-Fläche bei Garzau-Garzin Blendwirkungen für Lokführer der an der PV-Anlage vorbeiführenden Bahnstrecke und Kraftfahrer auf der Straße Anitz ausgehen. In einigen Situationen wird zwar Sonnenlicht von der neuen PV-Fläche zu einem Lokführer oder Kraftfahrer reflektiert, die Intensität des reflektierten Sonnenlichts ist im Verhältnis zum direkten Sonnenlicht so gering, dass keine Lokführer- oder Kraftfahrerblendung auftritt. Diese Ergebnisse gelten für die Modulneigungen Süd von  $18^\circ$  bis  $22^\circ$ .

Gegen die Errichtung der neuen PV-Fläche bei Garzau-Garzin mit dem geplanten Modullayout ist aus Sicht des Unterzeichners nichts einzuwenden.



## Anhang



*Bild 1: Übersicht der neuen PV-Fläche bei Garzau-Garzin mit den untersuchten Blickpunkten C und D an der Bahnstrecke, E und F an der Straße Anitz sowie dem Immissionsort 1*

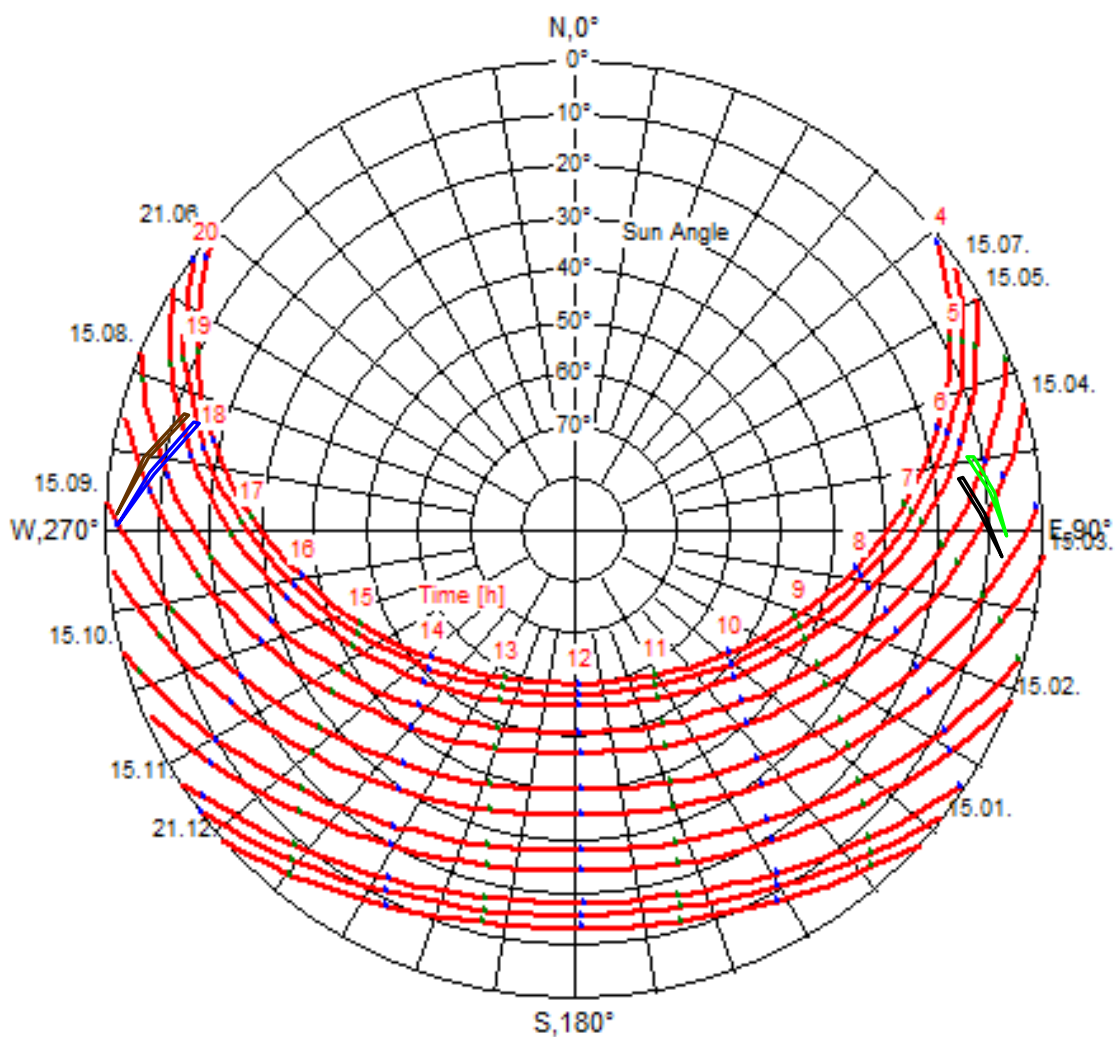


Bild 2: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Garzau-Garzin mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Vorbeifahrt eines Zuges an der neuen PV-Fläche für 2 Modulneigungen  $\varepsilon$

- : Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt C,  $\varepsilon = 18^\circ$
- : Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt C,  $\varepsilon = 22^\circ$
- : Fahrtrichtung West, Blickpunkt D,
- : Fahrtrichtung West, Blickpunkt D

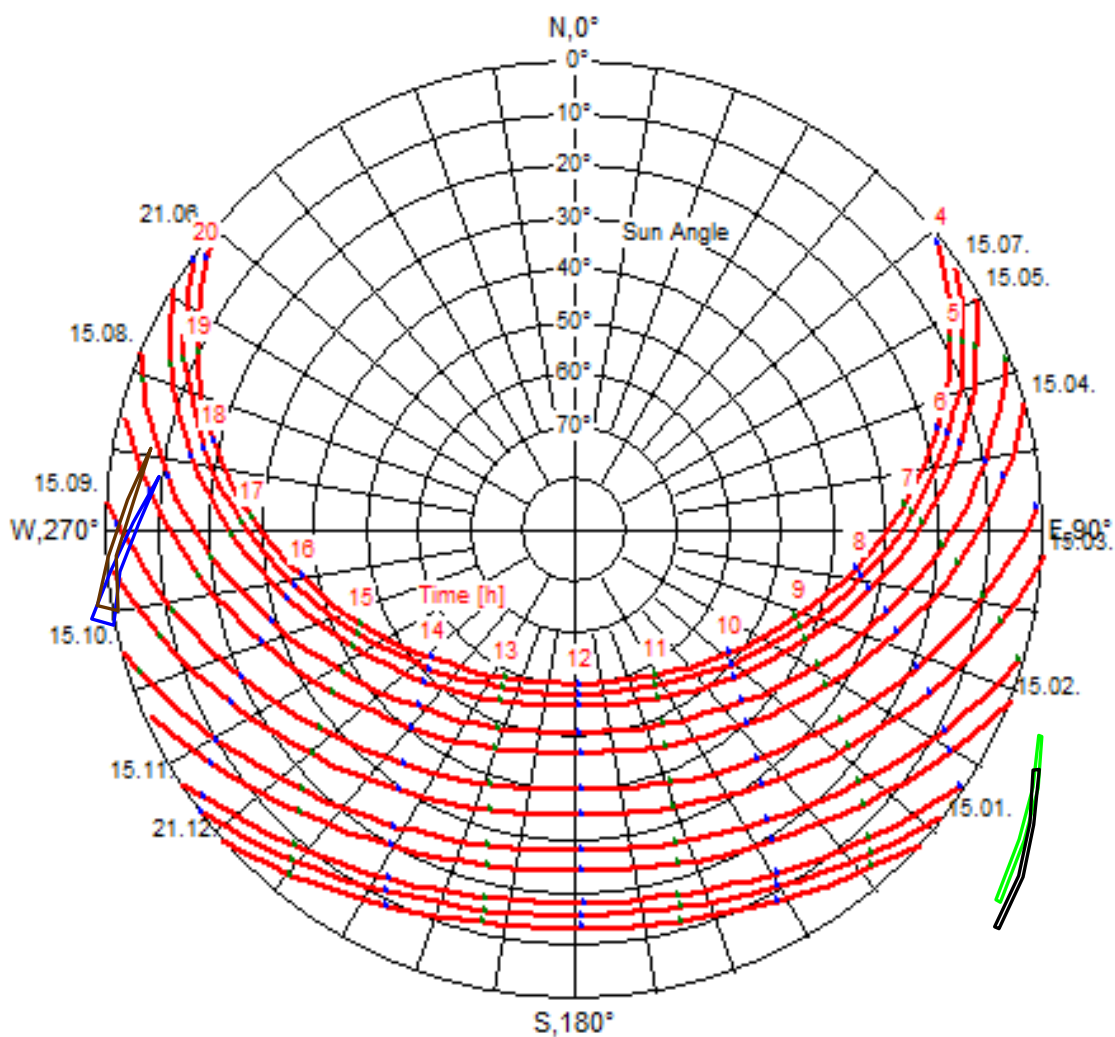


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Garzau-Garzin mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Vorbeifahrt auf der Straße Anitz an der neuen PV-Fläche für 2 Modulneigungen  $\varepsilon$

- : Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt E,  $\varepsilon = 18^\circ$
- : Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt E,  $\varepsilon = 22^\circ$
- : Fahrtrichtung West, Blickpunkt G,  $\varepsilon = 18^\circ$
- : Fahrtrichtung West, Blickpunkt G,  $\varepsilon = 22^\circ$