

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 20. 11. 2023

G u t a c h t e n
G65/2023
zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung von Lokführern
und Straßennutzern durch eine bei Grabowhöfe-Louisenfeld
zu installierende Photovoltaikanlage

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

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die solargrün GmbH, Marie-Curie-Ring 15 in 55291 Saulheim.

Auftragsdatum: 8. 11. 2023

2 Auftragsache

Die solargrün GmbH plant die Errichtung einer Freiflächen-Photovoltaikanlage in der Nähe von Grabowhöfe-Louisenfeld. Es stellt sich die Frage, ob Lokführer, die eine an der PV-Anlage vorbeiführende Bahnstrecke befahren oder Nutzer einer die PV-Anlage querenden Straße durch die PV-Anlage in unzumutbarer Weise geblendet oder belästigt werden könnten. Dieses 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 α oder $\varepsilon = 0^\circ$ zugeordnet; der Winkel steigt mit dem Uhrzeigersinn (Ost: $\alpha/\varepsilon = 90^\circ$; Süd: $\alpha/\varepsilon = 180^\circ$ usw.).

Es werden folgende Winkel verwendet:

Sonnenhöhenwinkel (vertikaler Sonnenwinkel)	γ
Azimet (horizontaler Sonnenwinkel) bzw. momentane Fahrtrichtung eines Zuges/eines Kfz	α
Orientierung der Modultischreihen	ν
vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts	δ
Neigung der PV-Module gegen Süd	ε
vertikaler Blickwinkel Lokführer/Kraftfahrer - vor ihm liegende Fahrbahn	σ
im Raum liegender Blickwinkel (gebildet durch die Blickrichtung	

eines Lokführers/Kraftfahrers - Richtung reflektiertes Sonnenlicht)	θ
horizontaler Blickwinkel Lokführer/Kraftfahrer - PV-Anlage	τ
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontale Blickrichtung Lokführer/Kraftfahrer - PV-Anlage	ψ
vertikaler Blickwinkel Lokführer/Kraftfahrer - PV-Anlage	λ

4 Informationen zur Photovoltaik-Anlage

Die topografischen Daten und die Beschreibung der Anlage beruhen auf folgenden Informationen, die von der solargrün GmbH zur Verfügung gestellt wurden:

- Lageplan
- Modulbelegungsplan
- Modultischquerschnitt
- Höhenplan
- Profilschnitte Bahntrasse- PV-Fläche
- Mündliche und Emailinformationen durch Frau Amina Pinjic, solargrün GmbH
- Weitere Informationen wurden durch street view gewonnen.

Die Geländehöhen der PV-Anlage, der Bahntrasse und der Straße „Zum Burgwall“ wurden dem Höhenplan entnommen. Die Entfernungen und horizontalen Winkel wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Louisenfeld (Sonnenhöhe und -azimut) wurde mit der Website www.stadtklima-stuttgart.de bestimmt. Die Berechnung der Winkel des reflektierten Sonnenlichts erfolgte mit eigenen Excel-Programmen.

5 Beschreibung der PV-Anlage Louisenfeld und topografische Daten

5.1 Die PV-Anlage

Die dreiteilige Anlage wird auf einem bisher landwirtschaftlich genutztem Gelände errichtet, s. Bild 1 im Anhang. Die Geländeoberkante (GOK) der westlichen Teilfläche 1 (TF1) fällt von 86 m über Normalhöhennull (NHN) an der Nordecke auf 79 m an der Südostecke; die GOK der mittleren Teilfläche 2 (TF2) steigt von 82 m an der Westecke auf 88 m an der Ostecke; die GOK der östlichen Teilfläche 3 (TF3) fällt von 87 m an der Westecke auf 82 m an der Ostecke.

Es werden Module des Herstellers Astronergy Typs CHSM786N(DG)/F-BH mit einer Modulleistung von 625 W_{peak} eingesetzt. Die PV-Leistung beträgt 8,535 MW_{peak}. Die umzäunte Fläche beträgt 7,06 ha. Die Module werden auf sogenannten Modultischreihen montiert, die in Ost-West-Richtung ausgerichtet sind. Die Modulneigung ε gegen Süd beträgt 20°. Modulober- und -unterkante befinden sich 3,342 m bzw. 0,80 m über GOK.

5.2 Die Bahntrasse

Die zweigleisige Bahnstrecke Waren-Güstrow führt südwestlich fast geradlinig an der PV-Anlage vorbei. Bei Markierung A (s. Bild 1) beträgt der Fahrtrichtungswinkel α 122° und dreht bei der Weiterfahrt in Fahrtrichtung Südost in einer kaum merklichen Rechtskurve auf 127° (Markierung F). Die Schienenoberkante (SOK) fällt in diesem Streckenabschnitt von 82 m auf 80 m. Der kleinste Abstand südöstlichste Modulreihe-Mitte des nördlichen Gleises beträgt ca. 15 m.

Die Bahntrasse verläuft entlang der PV-Anlage überwiegend in einem Einschnitt. TF1: Die SOK liegt ca. 5 m tiefer als die GOK; TF2: Zwischen den Markierungen A und B liegt die SOK etwa 3 m tiefer als die GOK und bei Markierung C ca. 5 m tiefer. TF3: Zwischen den Markierungen D und E liegt die SOK ca. 6 m und bei Markierung F bis zur Ostecke von TF3 ca. 3 m tiefer als die GOK.

5.3 Straße Zum Burgwall

Diese Straße verläuft von Norden kommend zunächst in südlicher Richtung; bei Markierung 1 beträgt der Fahrtrichtungswinkel 183° und dreht in einer Rechtskurve bis zu Markierung 2 auf 217°. Die Fahrbahnoberkante beträgt bei Markierung 1 ca. 88 m und bleibt auf diesem Niveau bis zur Markierung 2. Von der Straße ist ein freier Blick zur PV-Anlage gegeben.

6 Beschreibung der eventuell von PV-Anlagen ausgehenden Blend- und Störwirkungen für Lokführer und Kraftfahrer

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, z.B. ein Kfz sicher zu führen, da im Gesichtsfeld des Autofahrers 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 Betrachters gespiegelt: Wasseroberflächen, Fensterfronten von Gebäuden, verglaste Treibhäuser. Gegenüber der direkten Sonnenblendung ist bei dieser indirekten Blendung die tatsächliche Blendgefahr 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, aber selten so stark, dass verkehrsgefährdende Situationen entstehen.

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 θ , gebildet von der Blickrichtung eines Beobachters und der Verbindungslinie Auge des Beobachters - blendende Lichtquelle (Auge des Lokführers oder 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 θ gilt auch nicht mehr unbedingt; allerdings nimmt auch bei Tageslicht die Blendung deutlich zu, wenn der Blickwinkel θ 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 θ 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 Lokführer oder Kraftfahrer hat nicht mehr die Möglichkeit, diese Lichtquelle „auszublenden“: Er muss den Gleiskörper/die vor ihm liegende Straße und dessen 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 Blendgefahr 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.

7 Blend- und Störpotential der geplanten PV-Anlage für Lokführer/Kraftfahrer

7.1 Sehbedingungen eines Lokführers

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 Lokführers gelangt. Ist eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegeben, muss die Intensität des reflektierten, ins Auge des Vorbeifahrenden 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.

Zunächst muss der im Raum liegende Winkel θ zwischen Lokführer und PV-Anlage ermittelt werden. θ 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 Lokführern an der PV-Anlage ermittelt werden.

σ ist der Winkel, gebildet durch die Höhe des Lokführerauges h_F über Schienenoberkante und die Entfernung zum Blickpunkt auf dem Schotterbett. Da nicht im Einzelnen bekannt ist, welche Loks auf der Bahnstrecke Berlin-Frankfurt/Oder eingesetzt werden, wird für h_F bei den nachfolgenden Berechnungen der Wert 3,30 m verwendet. Es wird weiter vorausgesetzt, dass der Lokführer normalerweise ca. 100 m voraus auf den Gleiskörper schaut. Mit der mittleren Augenhöhe h_F von 3 m ergibt sich daraus ein vertikaler Winkel σ von im Mittel $1,9^\circ$, unter dem der Lokführer auf den Gleiskörper blickt.

ψ ist der horizontale Winkel zwischen der momentanen Fahrtrichtung α und der horizontalen Blickrichtung τ Lokführerauge - bestimmter Punkt der PV-Anlage. Fährt ein Kfz an der PV-Anlage vorbei, ändert sich ständig die Blickrichtung τ des Lokführerauges zur Anlage und damit auch der Winkel ψ .

Damit Sonnenlicht in Richtung Lokführerauge reflektiert werden kann, muss der vertikale Blickwinkel des Lokführerauges λ dem vertikalen Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts δ entsprechen: $\lambda = -\delta$ (wenn λ abwärts gerichtet ist, muss δ 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 τ , α , ψ bestimmt, dann wird nach obiger Formel (1) der Winkel θ berechnet. Mit den weiteren Parametern Neigung der Module $\varepsilon = 20^\circ$ und dem vertikalen Winkel λ werden dann die trigonometrischen Berechnungen zur Ermittlung des Sonnenazimuts α und der vertikalen Sonnenhöhenwinkel γ durchgeführt, unter denen das Sonnenlicht auf die PV-Module fallen müsste, damit das reflektierte Licht ins Auge eines Lokführers fallen kann.

7.2 Sehbedingungen eines Kraftfahrers

Die Sehbedingungen eines Kraftfahrers entsprechend weitgehend denen eines Lokführers. Anstelle der Augenhöhe eines Lokführers von 3,30 m des Kraftfahrers tritt die maximale Augenhöhe von 2,40 m für einen Lkw-Fahrer.

7.3 Auswertung der Berechnungsergebnisse mittels des Sonnenstandsdiagramms

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Störwirkung für Lokführer oder Kraftfahrer zu bewerten, ist es zunächst notwendig, die zeitliche Wahrscheinlichkeit dafür zu ermitteln, dass von der PV-Anlage reflektiertes Licht ins Auge eines Lokführers gelangt. Diese Wahrscheinlichkeit kann mithilfe eines sogenannten Sonnenstandsdiagramms ermittelt werden. Die Bilder 2 und 3 zeigen das Sonnenstandsdiagramm für Louisenfeld in Form eines Polardiagramms. Die roten Linien zeigen den Sonnenstand (Sonnenhöhe γ und Azimut α) 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.

Zuerst werden mittels der geometrischen und topografischen Daten die Sonnenhöhe γ und das Sonnenazimut α , bei denen sich die Sonne befinden müsste, damit reflektiertes Sonnenlicht ins Lokführer-/Kraftfahrerauge gelangen könnte, berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in das Sonnenstandsdiagramm für Louisenfeld eingetragen. Die Berechnungen werden für eine Teilfläche der PV-Anlage durchgeführt, deshalb stellen die ermittelten α/γ -Werte Flächen in Form von geschlossenen Polygonzügen dar, die im Folgenden als γ -Flächen bezeichnet werden. Haben diese γ -Flächen Schnittmengen mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht ins Lokführer- oder Kraftfahrerauge; die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden. Bei fehlenden Schnittmengen ist keine Sonnenlichtreflexion ins Lokführer-/Kraftfahrerauge und damit auch keine Blend- oder Störwirkung möglich.

Berücksichtigt wurden alle Blickwinkel Lokführer/Kraftfahrer - PV-Anlage $\theta \leq 20^\circ$, weil nach Abschnitt 6 nur in diesem Winkelbereich reflektiertes Sonnenlicht störende Blendung erzeugen kann.

7.4 Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion ins Auge eines Lokführers

Wie in Abschnitt 5.2 erläutert, liegt die SOK im ganzen zu untersuchenden Bereich tiefer als die GOK. Da die Augenhöhe eines Lokführers bis zu 3,30 m über SOK liegen kann, ist die PV-Anlage für einen Lokführer nur in den Streckenabschnitten sichtbar, bei denen die SOK höchstens 3 m tiefer liegt als die GOK. Diese Streckenabschnitte sind in Bild 1 mit gelben Linien gekennzeichnet.
hierh

7.4.1 Fahrtrichtung Südost

Als Blickpunkt eines Lokführers in dieser Fahrtrichtung wurde zunächst die Markierung A gewählt. Die berechnete γ -Fläche ist in Bild 2 in blauer Farbe eingetragen. Sie liegt unterhalb der Sonnenstandslinien, sogar unterhalb/außerhalb des Polardia-

gramms, und hat keine Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien. Gemäß den Erläuterungen in Abschnitt 7.3 kann von TF2 kein Sonnenlicht zum Lokführer reflektiert werden, Lokführerblendung ist nicht möglich.

Dieser Sachverhalt gibt die Tatsache wieder, dass ein Lokführer, der in Fahrtrichtung Süd bis Südost zur PV-Anlage blickt, nur die Modulrückseiten sieht und dass das Sonnenlicht von den Modulflächen immer über den Lokführer hinweg reflektiert wird.

Es wurde auch die γ -Fläche für den Blickpunkt eines Lokführers berechnet, der von Markierung D zu TF3 blickt. Diese γ -Fläche fällt praktisch mit der für Markierung A berechneten γ -Fläche zusammen, so dass auf die Wiedergabe in Bild 2 verzichtet werden kann; der Grund ist darin zu suchen, dass sich während der Vorbeifahrt an der PV-Anlage die Fahrtrichtung und der Blickwinkel des Lokführers zur PV-Anlage nur unwesentlich ändern. Die für Markierung A berechnete γ -Fläche ist repräsentativ für die gesamte Vorbeifahrt in Fahrtrichtung Südost.

Fazit: In Fahrtrichtung Südost kann ein Lokführer von beiden Teilflächen nicht geblendet werden.

7.4.2 Fahrtrichtung Nordwest

Als Blickpunkt eines Lokführers in dieser Fahrtrichtung wurde zunächst die Markierung F gewählt; die berechnete γ -Fläche ist in Bild 2 in grüner Farbe eingezeichnet. Sie liegt oberhalb der Sonnenstandslinien und hat keine Schnittpunkte mit diesen. Nach den Erläuterungen in Abschnitt 7.3 kann von TF3 kein Sonnenlicht zum Lokführer reflektiert werden, Lokführerblendung findet nicht statt.

Diese Tatsache ergibt sich daraus, dass auf der nördlichen Erdhalbkugel die Sonne nicht aus nördlichen bis nordwestlichen Richtungen scheint und das Sonnenlicht daher nicht in südliche bis südöstliche Richtungen reflektiert werden kann, d.h. nicht ins Auge eines Lokführers gelangen kann, der in Richtung Nord bis Nordwest blickt.

Wegen der fast konstanten Fahrtrichtung und des gleichbleibenden Blickwinkels des Lokführers zur PV-Anlage ist die für Markierung F ermittelte γ -Fläche wieder repräsentativ für die Vorbeifahrt an der gesamten PV-Anlage in Fahrtrichtung Nordwest.

Fazit: Auch in Fahrtrichtung Nordwest ist eine Lokführerblendung nicht möglich.

7.5 Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion ins Auge eines Kraftfahrers bei Fahrten auf der Straße Zum Burgwall

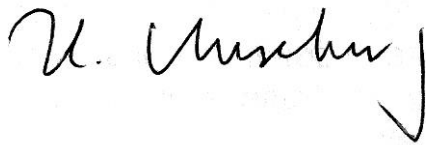
In Bild 3 sind die γ -Flächen für einen Kraftfahrer eingezeichnet, der von Blickpunkten bei den Markierungen A und B zu TF2 und TF3 blickt. Die schwarz gezeichneten γ -Flächen für die Fahrtrichtung Süd und die grün gezeichneten γ -Flächen für die Fahrtrichtung Nord liegen unterhalb bzw. oberhalb der Sonnenstandslinien, gemäß den Erläuterungen im vorangehenden Abschnitt kann von beiden Teilflächen in beiden Fahrtrichtungen kein Sonnenlicht zu einem Kraftfahrer reflektiert werden.

Fazit: Ein Kraftfahrer, der auf der Straße Zum Burgwall an der PV-Anlage vorbeifährt, kann durch die PV-Anlage nicht geblendet werden.

8 Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob von der geplanten PV-Anlage Grabowhöfe-Lousienfeld Blendwirkungen für Lokführer auf der Strecke Waren-Güstrow und Kraftfahrer auf der die PV-Anlage querenden Straße „Zum Burgwall“ auftreten. Die Berechnungen ergeben, dass weder für Lokführer noch für Kraftfahrer ein Blendrisiko besteht.

Gegen die Errichtung der PV-Freiflächenanlage bei Louisenfeld mit dem geplanten Modullayout ist aus Sicht des Unterzeichners nichts einzuwenden.



Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

Anhang

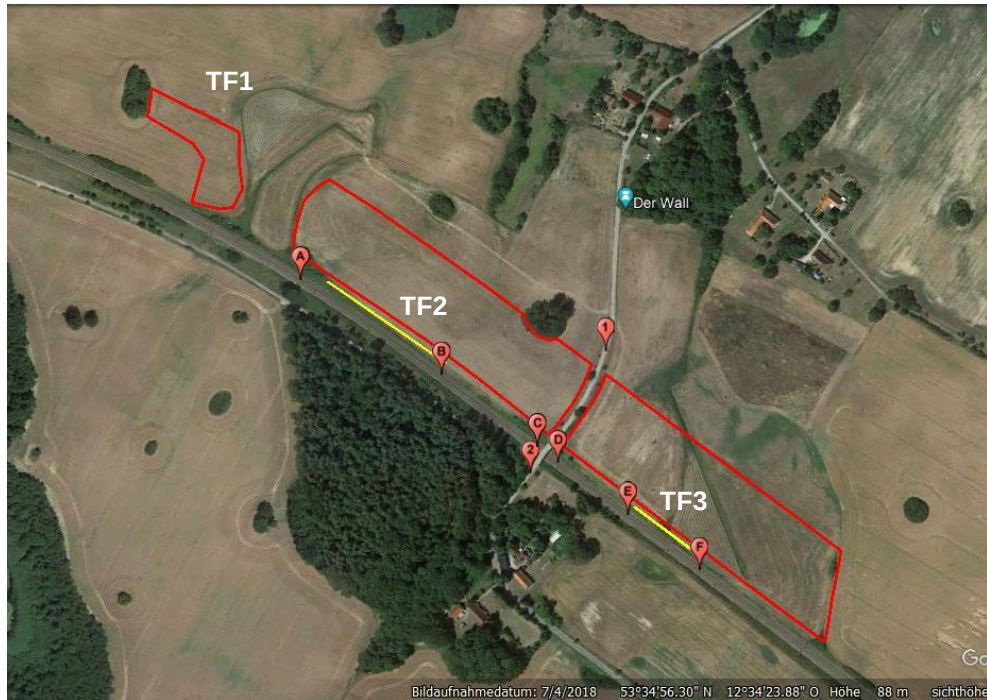


Bild 1: Übersicht der geplanten PV-Anlage Louisenfeld (rot umrandet) mit den untersuchten Blickpunkten A bis F auf der Bahntrasse Waren-Güstrow und den Blickpunkten 1 und 2 auf der Straße Zum Burgwall

Gelbe Linien: Streckenabschnitte der Bahntrasse, von denen aus die PV-Anlage sichtbar ist

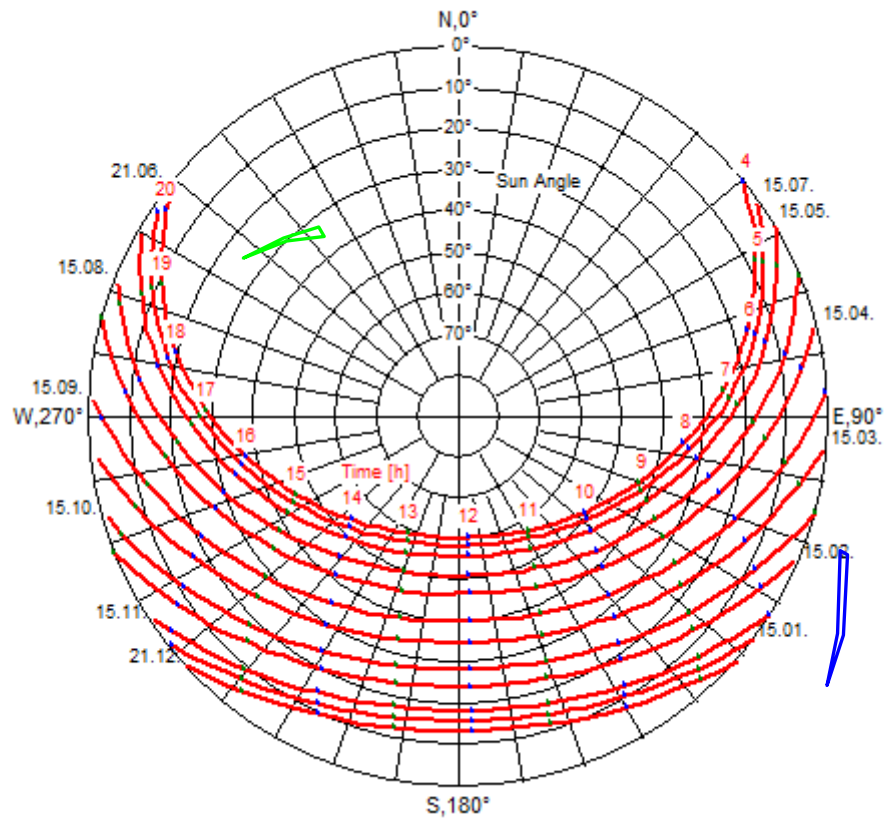


Bild 2: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Louisenfeld mit γ -Flächen zur Bewertung der Vorbeifahrt eines Zuges auf der Strecke Waren-Güstrow an der geplanten PV-Anlage Louisenfeld

- : Blickpunkt eines Lokführers bei Markierung A, Fahrtrichtung Südost
- : Blickpunkt eines Lokführers bei Markierung F, Fahrtrichtung Nordwest

Quelle des Sonnenstandsdiagramms: www.stadtklima-stuttgart.de;
Copyright: © Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe 2007

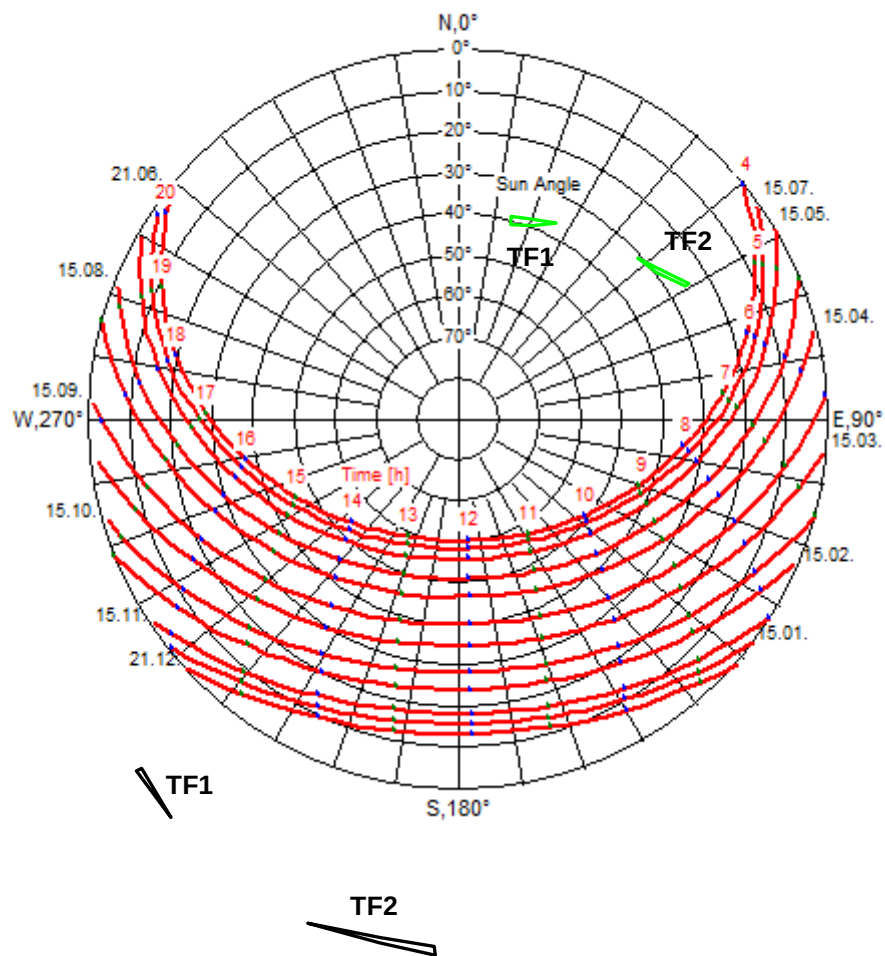


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Louisenfeld mit γ -Flächen zur Bewertung der Vorbeifahrt auf der Straße „Zum Burgwall“ an der geplanten PV-Anlage Louisenfeld

- : Blickpunkt eines Kraftfahrers bei Markierung 1, Fahrtrichtung Süd
- : Blickpunkt eines Kraftfahrers bei Markierung 2, Fahrtrichtung Nord