

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

Berlin, den 11. 11. November 2024

## **G u t a c h t e n** **G79/2024**

### **zur Frage der eventuellen Blend- und Störf Wirkung von Lokführern und Straßennutzern durch eine bei Beimerstetten zu installierende Photovoltaik-Freiflächenanlage**

(Dieses Gutachten besteht aus 8 Seiten  
und einem Anhang mit 4 weiteren Seiten)

#### **1 Auftraggeber**

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

Auftragsdatum: 8. 10. 2024

#### **2 Auftragsache**

Die solargrün GmbH plant die Errichtung einer Photovoltaik-Freiflächenanlage in Beimerstetten, die sowohl in unmittelbarer Nähe der Bahnstrecke Ulm - Stuttgart als auch der Landesstraße 1239 liegt. Es besteht die Besorgnis, dass Lokführer bzw. Straßennutzer bei der Vorbeifahrt an der PV-Anlage durch Sonnenlicht, das von der Oberfläche der PV-Module reflektiert wird, geblendet oder in sonst unzumutbarer Weise gestört werden könnten. Dieses Gutachten dient der Klärung 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  $\alpha = 0^\circ$  zugeordnet; der Winkel steigt mit dem Uhrzeigersinn (Ost:  $\alpha$  oder  $\tau = 90^\circ$ ; Süd:  $\alpha/\tau = 180^\circ$  usw.).

Es werden folgende Winkel verwendet:

Sonnenhöhenwinkel (vertikaler Sonnenwinkel)	$\gamma$
Azimut (horizontaler Sonnenwinkel) bzw. momentane Fahrtrichtung eines Zuges/eines Kfz	$\alpha$
Orientierung der Modultischreihen	$\alpha_M$
Orientierung der Modultischreihen gegen Ost oder West $\alpha_M - \alpha$	$\nu$
vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts im Raum liegender Blickwinkel (gebildet durch die Blickrichtung eines Beobachters - Richtung reflektiertes Sonnenlicht)	$\theta$
Neigung der PV-Module gegen Süd	$\varepsilon$

horizontaler Blickwinkel Beobachter - PV-Anlage	$\tau$
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontale Blickrichtung Beobachter - PV-Anlage)	$\psi$
vertikaler Blickwinkel Beobachter - PV-Anlage	$\lambda$
vertikaler Blickwinkel Beobachter - vor ihm liegende Bahntrasse/Fahrbahn	$\sigma$

#### 4 Topografische Daten und Angaben zur Photovoltaik-Anlage

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

- Übersichtskarte
- Lageplan der PV-Anlage
- Belegungsplan der PV-Anlage
- Modultischquerschnitt

Verwendete Programme: Die Geländehöhen, Entfernungen und horizontalen Winkel wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Beimerstetten (Sonnenhöhe und -azimut) wurde mit der Website [www.stadtklima-stuttgart.de](http://www.stadtklima-stuttgart.de) berechnet. Die Berechnung der Winkel des reflektierten Sonnenlichts erfolgte mit eigenen Excel-Programmen. Weitere Informationen wurden mit dem Programm street view gewonnen.

##### 4.1 Beschreibung der PV-Anlage, topografische Daten

Die PV-Anlage wird auf einem bisher landwirtschaftlich genutzten Gelände errichtet s. Bild 1 im Anhang. Die Geländeoberkante (GOK) der Nordgrenze der Anlage liegt 592 m bis 593 m über Normalhöhennull (NHN); die GOK fällt bis zur Mitte der Anlage auf 584 m und steigt dann bis zur Südgrenze der Anlage auf ca. 595 m.

Die Module sollen auf Modultischen montiert werden, die von Ost nach West verlaufen; die Modulneigung  $\varepsilon$  nach Süd beträgt 20°. Die Höhe der Moduloberkante beträgt 3,30 m bis 4 m, die Höhe der Modulunterkante liegt bei 0,80 m.

##### 4.2 Die L 1239

Die L 1239 führt nordwestlich an der PV-Anlage in einem Mindestabstand von 20 m an der Anlage vorbei. Bei Markierung A beträgt der Fahrtrichtungswinkel  $\alpha$  196° und dreht in einer weiten Rechtskurve bis Markierung D auf 255°. Die Straßenoberkante fällt von 594 m bei Markierung A auf 587 m bei Markierung C und steigt von dort bis Markierung D wieder auf 597 m an. Von der Straße ist ein freier Blick auf die PV-Anlage gegeben.

##### 4.3 Die Bahnstrecke

Die dreigleisige Bahnstrecke Ulm-Stuttgart verläuft etwa geradlinig von Nord nach Süd, der Fahrtrichtungswinkel  $\alpha$  beträgt 2,3°/182,3°. Der Mindestabstand des westlichsten Gleises von der PV-Anlage beträgt 40 m. Die Schienenoberkante liegt zwischen den Markierungen E und F (s. Bild 1) konstant auf 593 m. Von der Bahnstrecke ist ein freier Blick auf die PV-Anlage gegeben.

## 5 Beschreibung der eventuell von PV-Anlagen ausgehenden Blend- und Störfwirkungen für Kraftfahrer und Lokführer (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, 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 verkehrgefährdende 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  $\theta$ , gebildet von der Blickrichtung eines Beobachters und der Verbindungslinie Auge des Beobachters - blendende Lichtquelle (z.B. Auge des Lokführers/Kraftfahrers zur PV-Anlage) abhängig. Dieser Blickwinkel wird auch als Blendwinkel bezeichnet. **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 für Verkehrsteilnehmer, die von leuchtenden Objekten ausgeht. Für die Bewertung von Blend- oder anderen visuellen Störeffekten, die von Bauwerken oder anderen technischen Anlagen bei Tageslicht für Verkehrsteilnehmer erzeugt werden, gibt es überhaupt keine Regelwerke oder Vorschriften. Deshalb ist man hier auf Einzelfallbetrachtungen 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 **Blendwinkel  $5^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$** , und besonders kritisch Winkel  $\theta \leq 5^\circ$ , wenn also die störende Lichtquelle direkt im Gesichtsfeld des Beobachters liegt. Ein Kraftfahrer/Lokführer hat nicht mehr die Möglichkeit, diese Lichtquelle „auszublenen“: Er muss den vor ihm liegende Gleiskörper bzw. die Straße und dessen Umgebung beobachten und alle Licht- und sonstigen Signale sowie die Anzeigeeinstrumente im Pkw oder in der Lok 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 der Blendlichtquelle ins Verhältnis zur Beleuchtungsstärke der Sonne gesetzt werden.

## **6 Berechnung des Blend- und Störpotentials der geplanten PV-Anlage für Beobachter**

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 das Sichtfeld eines Beobachters gelangt. Ist eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegeben, muss die Intensität des ins Auge des Beobachters reflektierten Lichts ermittelt werden. Das Blendrisiko insgesamt ergibt sich aus der Bewertung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Intensität des ins Auge eines Beobachters 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 Beimerstetten 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  $\theta$  zwischen Lokführer und PV-Anlage ermittelt werden.  $\theta$  ergibt sich aus folgender Formel:

$$\cos \theta = \cos \sigma \cdot \cos \lambda \cdot \cos \psi$$

$\sigma$  ist der Winkel, gebildet durch die Höhe des Beobachterauges  $h_F$  über der Straße/dem Gleisbett und die Entfernung zum Blickpunkt auf der Straße/dem Gleiskörper. Die maximale Augenhöhe eines Lkw-Fahrers beträgt ca. 2,40 m, die des 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 einer Straße normalerweise auf einen Punkt auf der Fahrbahn blickt, der etwa 50 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.  $-2,9^\circ$  (Blick leicht nach unten).

Die Augenhöhe  $h_F$  eines Lokführers beträgt bis zu 3,30 m. Es kann angenommen werden, dass der Lokführer normalerweise auf einen Punkt des vor ihm liegenden Gleiskörpers blickt, der etwa 100 m vor ihm liegt. Daraus ergibt sich ein vertikaler Winkel  $\sigma$  von ca.  $-2,3^\circ$  (Blick leicht nach unten), unter dem Lokführer auf den Gleiskörper blickt.

Die Winkel  $\sigma$  von  $-2,9^\circ$  bzw. von  $-2,3^\circ$  wurde bei den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt.

$\lambda$  ist der vertikale Winkel, gebildet durch die Differenz der Höhe Beobachteraugen-Höhe der Mitte PV-Modul und die Entfernung Beobachter - PV-Modul für einen bestimmten Punkt der PV-Anlage.

$\psi$  ist der horizontale Winkel zwischen der momentanen Fahrtrichtung  $\alpha$  und der horizontalen Blickrichtung  $\tau$  Beobachter - bestimmter Punkt der PV-Anlage. Nähert sich ein Kfz ein Zug oder der PV-Anlage, ändern sich ständig sowohl die Blickrichtung  $\tau$  des Beobachters zur Anlage als auch die Fahrtrichtung  $\alpha$  auf der Straße/Bahnstrecke. Mit der Änderung von  $\tau$  und  $\alpha$  ändert sich auch der Winkel  $\psi$  mit zunehmender Annäherung an die PV-Anlage.

Damit Sonnenlicht in Richtung Beobachter reflektiert werden kann, muss der vertikale Blickwinkel des Beobachters  $\lambda$  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 jeden Punkt der Vorbeifahrt eines Kfz/Zuges an die PV-Anlage werden nun mittels google earth die Winkel  $\tau$ ,  $\alpha$ ,  $\psi$  bestimmt, dann wird nach obiger Formel  $\theta$  berechnet. Mit den weiteren Parametern Neigung der Module  $\varepsilon = 20^\circ$  nach Süd, der Orientierung  $\nu$  der Modultischreihen, der Fahrtrichtung  $\tau$  und dem vertikalen Winkel  $\lambda$  werden dann

die trigonometrischen Berechnungen zur Ermittlung des Sonnenazimuts  $\alpha$  und des vertikalen Sonnenhöhenwinkels  $\gamma$  durchgeführt, unter denen das Sonnenlicht auf die PV-Module fallen müsste, damit das reflektierte Licht ins Auge eines Beobachters fallen kann.

Da die Winkel  $\alpha/\gamma$  für die gesamte Fläche oder eine Teilfläche der PV-Anlage bestimmt werden, bilden die  $\alpha/\gamma$ -Werte eine Fläche in Form eines Polygonzuges. Diese sogenannten  $\gamma$ -Flächen werden in das Sonnenstandsdiagramm der Bilder 2 bis 4 eingetragen; haben sie Schnittmengen mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht ins Beobachteraue. Die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden. Bei fehlenden Schnittmengen ist keine Sonnenlichtreflexion von der PV-Anlage zu einem Beobachter möglich. Berücksichtigt werden alle Blickwinkel Beobachter - PV-Anlage  $\theta \leq 20^\circ$ , weil nach Abschnitt 5 nur in diesem Winkelbereich reflektiertes Sonnenlicht störende Blendung erzeugen kann.

## 7 Berechnungsergebnisse L 1239

Als Blickpunkte eines Kraftfahrers wurden in Fahrtrichtung Süd/Südwest die Markierungen A und B und in Fahrtrichtung Ost/Nordost die Markierungen C und D gewählt. Diese Markierungen sind repräsentativ für die Vorbeifahrt an der PV-Anlage in beiden Richtungen. Die berechneten  $\gamma$ -Flächen sind in Bild 2 eingezeichnet.

Fahrtrichtung Süd/Südwest: Die blau bzw. braun gezeichneten  $\gamma$ -Flächen für die Kraftfahrerblickpunkte bei den Markierungen A und C liegen unterhalb der Sonnenstandslinien, sogar unterhalb/außerhalb des Polardiagramms und haben keine Schnittpunkt mit den Sonnenstandslinien. Gemäß den Erläuterungen in Abschnitt 6 kann in dieser Fahrtrichtung kein von der PV-Anlage reflektiertes Sonnenlicht den Kraftfahrer erreichen, Kraftfahrerblendung ist ausgeschlossen.

Fahrtrichtung Ost/Nordost: Die schwarz gezeichnete  $\gamma$ -Flächen für den Kraftfahrerblickpunkt bei Markierung D hat Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht wird etwa vom 8. März bis 8. Oktober zwischen 6.10 und 6.45 Uhr MEZ zum Kraftfahrer auf der L 1239 reflektiert. Die Blendung erfolgt von Markierung D bis Markierung C und stammt aus der südlichen Hälfte der PV-Anlage (in Bild 1 durch die rote Schraffur gekennzeichnet); das ist daraus zu schließen, dass erst bei Markierung C kein Sonnenlicht mehr zum Kraftfahrer reflektiert wird, denn die für diese Markierung berechnete  $\gamma$ -Fläche hat keine Schnittpunkte mehr mit den Sonnenstandslinien.

Ein bei Markierung D befindlicher Kraftfahrer hat den südlichen Teil der PV-Anlage genau in seinem Blickfeld, der Blickwinkel  $\theta$  liegt im Intervall  $0^\circ$  bis  $15^\circ$ . Die Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer ist mit einer verkehrsgefährdenden, inakzeptablen Blendung verbunden.

Abhilfemaßnahmen: Die Änderung der Modulneigung verschiebt nur die Blendung in andere Tages- und Jahreszeiten und ist daher wirkungslos. Die Anbringung eines Sichtschutzes auf dem Zaun an der westlichen Grenze der PV-Anlage ist wegen der Topographie nicht möglich: diese Abschirmung müsste 4-5 m hoch sein.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Modultischreihen der südlichen Hälfte der PV-Anlage aus der Ost-West-Richtung ( $\nu = 90^\circ$ ) in oder gegen den Uhrzeiger zu dre-

hen. Bei den entsprechenden Berechnungen erfolgen diese Drehungen des Winkels  $\nu$  schrittweise bis zu dem Winkel, bei dem keine Blendung mehr bei der Fahrt auf der L 1239 auftritt. Diese Situation wird erreicht, wenn die Modultischreihen gegen den Uhrzeiger bis auf  $\nu = 62^\circ$  und im Uhrzeiger bis auf  $\nu = 140^\circ$  gedreht werden. In Bild 3 sind die  $\gamma$ -Flächen für die Südhälfte der PV-Anlage für diese beiden Winkel eingezeichnet. Die  $\gamma$ -Flächen für beide Fahrtrichtungen und für beide Winkel  $\nu$  liegen oberhalb oder unterhalb der Sonnenstandslinien, damit wird nun auch von der Südhälfte der PV-Anlage kein Sonnenlicht zum Kraftfahrer auf der L 1239 gelenkt.

Fazit: Werden die Modultischreihen der Südhälfte der PV-Anlage um  $28^\circ$  gegen oder  $50^\circ$  im Uhrzeiger gedreht ( $\nu = 62^\circ$  bzw.  $140^\circ$ ), tritt insgesamt auf der L 1239 bei der Vorbeifahrt an der PV-Anlage keine Kraftfahrerblendung auf.

## 8 Berechnungsergebnisse Bahnstrecke

Als Blickpunkte eines Lokführers wurden die Markierungen E und F in Bild 1 zur Blendberechnung ausgewählt. Da sich die Blickbedingungen des Lokführers während der Vorbeifahrt an der PV-Anlage nicht ändern, sind diese Blickpunkte repräsentativ für die Vorbeifahrt an der Anlage. In Bild 4 sind die berechneten  $\gamma$ -Flächen für diese Blickpunkte für beide Fahrtrichtungen in grüner bzw. blauer Farbe eingetragen, und zwar zunächst für die Modultischausrichtung Ost-West ( $\nu = 90^\circ$ ). Sie liegen oberhalb bzw. unterhalb der Sonnenstandslinien, Lokführerblendung ist nicht möglich.

Zusätzlich sind in Bild auch die  $\gamma$ -Flächen für die Südhälfte der PV-Anlage für die Modultischausrichtungen  $\nu = 62^\circ$  und  $\nu = 140^\circ$  eingetragen. Sie liegen ebenfalls oberhalb bzw. unterhalb der Sonnenstandslinien, auch bei Drehung der Modultische der Südhälfte der PV-Anlage werden Lokführer nicht geblendet.

Fazit: Lokführer auf der Strecke Ulm-Stuttgart werden durch die PV-Anlage weder bei Ost-West-Ausrichtung noch bei Drehung der Modultische auf  $\nu = 62^\circ$  bzw.  $140^\circ$  geblendet.

## 9 Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob die geplante PV-Anlage Beimerstetten ein Blendrisiko für Kraftfahrer auf der L 1239 und für Lokführer auf der Bahnstrecke Ulm-Stuttgart erzeugt.

Vom nördlichen Teil der PV-Anlage geht beim geplanten Modullayout, Ausrichtung der Modultischreihen in Ost-West-Richtung (Winkel  $\nu = 90^\circ$ ), keine Kraftfahrer- und keine Lokführerblendung aus. Bei der Südhälfte der PV-Anlage (s. Bild 1) entsteht jedoch bei der Modultischausrichtung  $\nu = 90^\circ$  Kraftfahrerblendung. Abhilfemaßnahme: Um diese Kraftfahrerblendung zu vermeiden, müssen die Modultischreihen entweder um  $28^\circ$  gegen den Uhrzeiger oder  $50^\circ$  im Uhrzeiger ( $\nu = 62^\circ$  bzw.  $140^\circ$ ) gedreht werden.

Bei Berücksichtigung der empfohlenen Abhilfemaßnahme ist aus Sicht des Unterzeichners gegen die Errichtung der PV-Freiflächenanlage in Beimerstetten mit dem in diesem Gutachten betrachteten Modullayout nichts einzuwenden.




---

Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

## Anhang



*Bild 1: Schematische Darstellung der PV-Anlage Beimerstetten mit den untersuchten Blickpunkten eines Kraftfahrers (Markierungen A bis D) und eines Lokführers (Markierungen E und F)*

 : Südhälfte der PV-Anlage

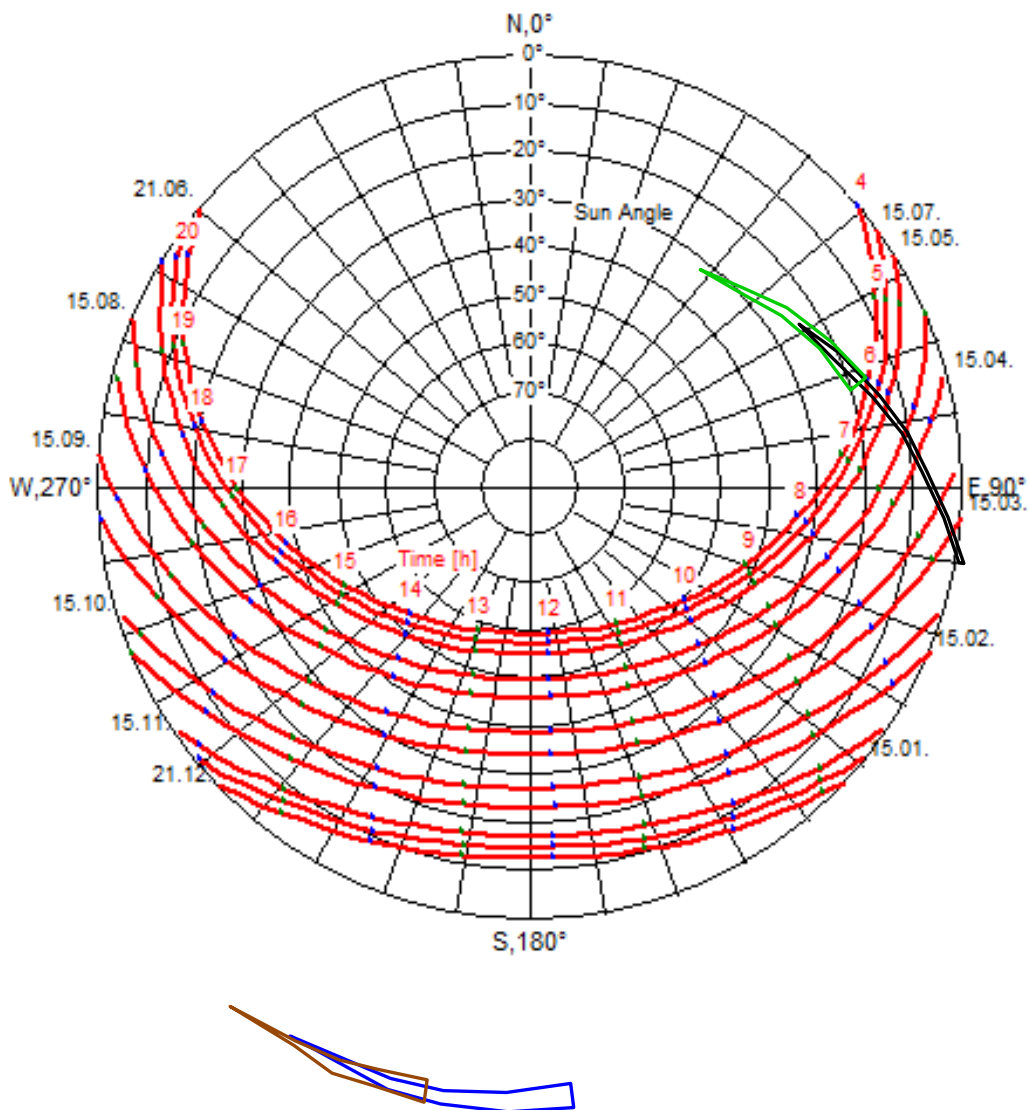


Bild 2: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung; rote Linien) für Beimerstetten mit  $\gamma$ -Flächen für die Vorbeifahrt auf der L 1239 an der ganzen PV-Anlage. Modultischausrichtung Ost-West ( $\nu = 90^\circ$ )

- : Markierung A, Fahrtrichtung Süd
- : Markierung B, Fahrtrichtung Südwest
- : Markierung C, Fahrtrichtung Nordost
- : Markierung D, Fahrtrichtung Ost

Quelle des Sonnenstandsdiagramms: [www.stadtklima-stuttgart.de](http://www.stadtklima-stuttgart.de);  
Copyright: © Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe 2007

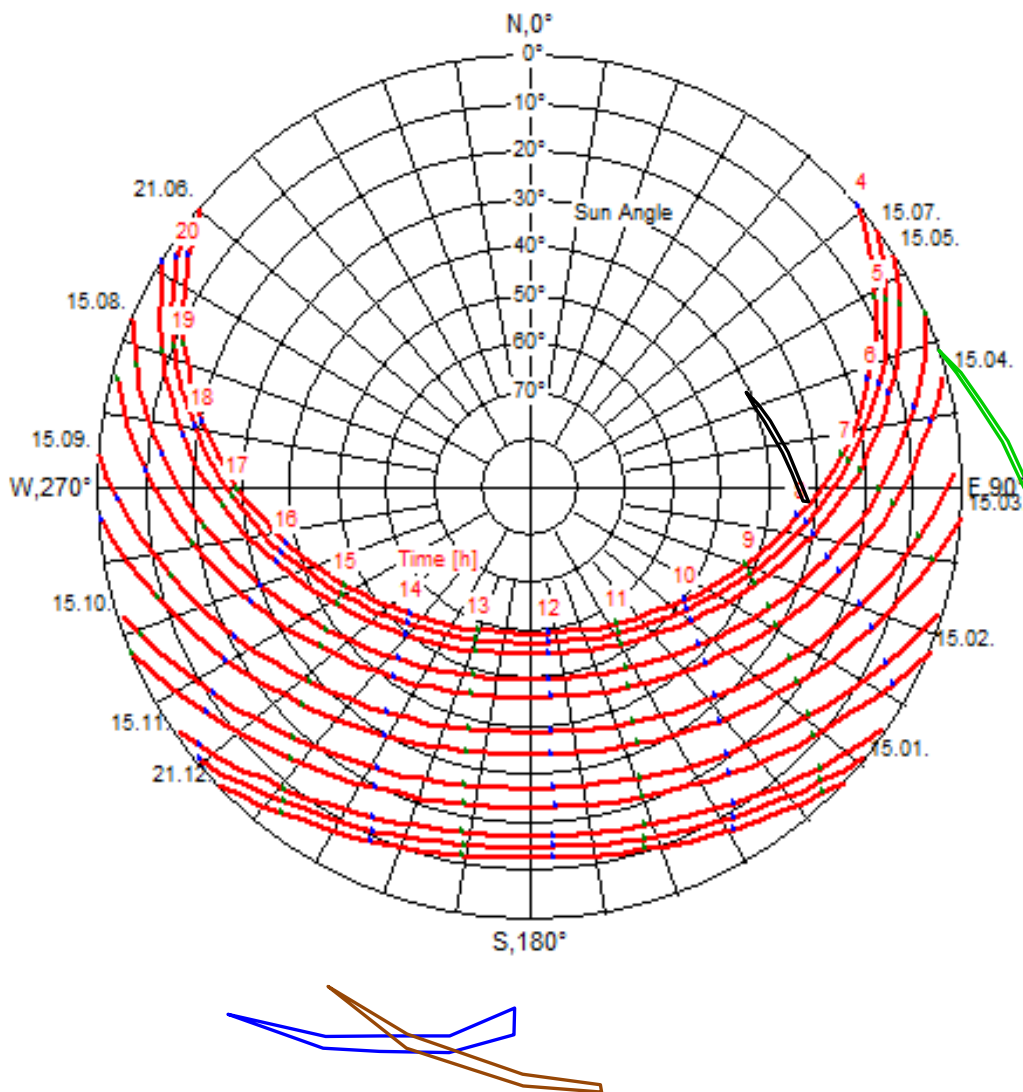


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung; rote Linien) für Beimerstetten mit  $\gamma$ -Flächen für die Vorbeifahrt auf der L 1239 an der südlichen Hälfte der PV-Anlage. Modultischausrichtung Ost-West ( $\nu = 90^\circ$ )

- : Markierung A, Fahrtrichtung Süd, Modultischausrichtung  $\nu = 140^\circ$
- : Markierung B, Fahrtrichtung Südwest, Modultischausrichtung  $\nu = 62^\circ$
- : Markierung D, Fahrtrichtung Ost, Modultischausrichtung  $\nu = 140^\circ$
- : Markierung D, Fahrtrichtung Ost, Modultischausrichtung  $\nu = 62^\circ$

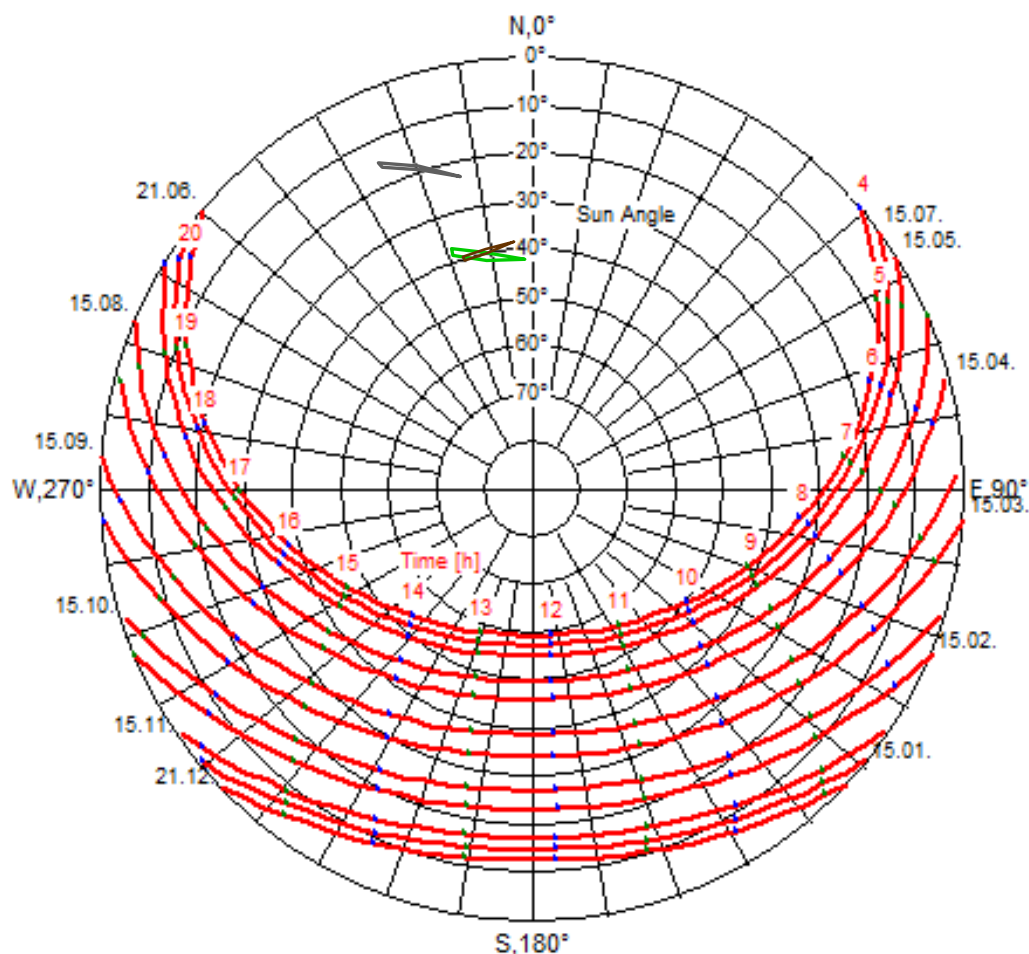


Bild 4: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung; rote Linien) für Beimerstetten mit  $\gamma$ -Flächen für die Vorbeifahrt auf der Bahnstrecke Ulm-Stuttgart

Modultschausrichtung Ost-West ( $\nu = 90^\circ$ ), ganze PV-Anlage

- : Markierung E, Fahrtrichtung Süd
- : Markierung F, Fahrtrichtung Nord

Modultschausrichtung  $\nu = 140^\circ$ , nur Südhälfte der PV-Anlage

- : Markierung E, Fahrtrichtung Süd
- : Markierung F, Fahrtrichtung Nord

Modultschausrichtung  $\nu = 62^\circ$ , nur Südhälfte der PV-Anlage

- : Fahrtrichtung Süd
- : Fahrtrichtung Nord