

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 5. 7. 2021

**G u t a c h t e n G33/2021**  
**zur Frage der eventuellen Blend- und Störf Wirkung von Lokführern**  
**durch eine in Lampertheim zu installierende Photovoltaikanlage**

(Dieses Gutachten besteht aus 5 Seiten  
und einem Anhang mit weiteren 2 Seiten)

**1 Auftraggeber**

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die ENERGIERIED GmbH & Co. KG, Industriestraße 40 in 68623 Lampertheim

Auftragsdatum: 24. 6. 2021

**2 Auftragsache**

Die ENERGIERIED GmbH & Co. KG plant die Errichtung einer Freiflächen-Photovoltaikanlage in Lampertheim. Es stellt sich die Frage, ob Lokführer der an der PV-Anlage vorbeiführenden Bahnstrecke Frankfurt-Mannheim durch die PV-Anlage geblendet werden können. 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  $\alpha = 0^\circ$  zugeordnet; der Winkel steigt mit dem Uhrzeigersinn (Ost:  $\alpha = 90^\circ$ ; Süd:  $\alpha = 180^\circ$  usw.).

Es werden folgende Winkel verwendet:

Sonnenhöhenwinkel (vertikaler Sonnenwinkel)	$\gamma$
Azimut (horizontaler Sonnenwinkel) bzw. Ausrichtung der Bahnstrecke	$\alpha$
Orientierung der Modultischreihen gegen Ost oder West	$\nu$
vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts	$\delta$
Neigung der PV-Module gegen Süd	$\varepsilon$
horizontaler Blickwinkel Lokführer - PV-Anlage	$\tau$
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontaler Blickrichtung Lokführer - PV-Anlage	$\psi$
vertikaler Blickwinkel Lokführer - PV-Anlage	$\lambda$
im Raum liegender Blickwinkel (gebildet durch die Blickrichtung eines Lokführers - Richtung reflektiertes Sonnenlicht)	$\theta$

#### **4 Informationen zur Photovoltaik-Anlage**

Die topografischen Daten und die Beschreibung der Anlage beruhen auf folgenden Informationen, die von der ENERGIERIED GmbH & Co. KG bzw. deren Kooperationspartner Gruppen- Gas- und Elektrizitätswerk Bergstraße AG, Dammstraße 68, in 64625 Bensheim (GGEW) zur Verfügung gestellt wurden:

- Lageplan
- Vorabzug aus dem B-Plan vom 14. 6. 2021
- Modultischquerschnitt
- Fotos

Weitere Informationen wurden von Herrn Steffen Hundemer (GGEW) übermittelt.

Die Entfernungen und horizontalen Winkel wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Lampertheim (Sonnenhöhe und -azimut) wurde mit der Website [www.stadtklima-stuttgart.de](http://www.stadtklima-stuttgart.de) bestimmt. Die Berechnung der Winkel des reflektierten Sonnenlichts erfolgte mit eigenen Excel-Programmen.

#### **5 Beschreibung der PV-Anlage Lampertheim und topografische Daten**

##### **5.1 Die PV-Anlage**

Die PV-Anlage wird auf einer bisher landwirtschaftlich genutzten Fläche in der Gemarkung Lampertheim, Flur 17, Flurstück 194/1 errichtet, s. Bild 1 im Anhang. Nördlich, östlich und südlich der Anlage befinden sich Ackerflächen, im Westen grenzt die Anlage an die Bahnstrecke Frankfurt-Mannheim. Die Anlagenfläche ist eben und liegt auf einer Höhe von 89 m über Normalnull (NN). Die Grundfläche der PV-Anlage ist unregelmäßig, die Fläche beträgt ca. 5 ha.

Der eingesetzte Modultyp ist noch nicht bekannt; da aber alle Standard-Module etwa die gleiche Reflexionscharakteristik haben, wirkt sich die Wahl des Modultyps nicht auf ein evtl. Blendrisiko aus. Die Module werden auf sogenannten Modultischreihen montiert, die in Ost-West-Richtung ausgerichtet sind. Die Länge der Modultischreihen entspricht der jeweils verfügbaren Breite der Anlagenfläche. Die Modulneigung nach Süd beträgt 15° oder 20°, bei den nachfolgenden Berechnungen werden beide Modulneigungen berücksichtigt. Die Moduloberkante liegt 2,45 m (15° Modulneigung) bzw. 3,293 m (20° Modulneigung) oberhalb der Geländeoberkante. Die Modulunterkante liegt in beiden Fällen 0,80 m über der Geländeoberkante.

##### **5.2 Die Bahnstrecke**

Der Fahrtrichtungswinkel  $\alpha$  beträgt 395,5°/179,5°, d.h. dass die Bahnstrecke fast genau in gerader Linie von Nord nach Süd bzw. umgekehrt verläuft. Die Schienenoberkante liegt im gesamten interessierenden Bereich ca. 2,5 oberhalb der PV-Anlagenfläche. Der Abstand der Gleismitte (Lokführerposition) des PV-nahen Gleises von der westlichen Grenze der Modulreihen beträgt konstant ca. 13,5 m. Die verwendeten Loktypen und damit die Augenhöhen der Lokführer sind nicht bekannt, die nachfolgenden Berechnungen erfolgten mit einer Höhe des Lokführerauges über der Schienenoberkante von maximal 3,30 m (worst case).

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

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**. Die bei Tageslicht am häufigsten auftretende Blendung wird von der Sonne verursacht. Befindet sich die Sonne im zentralen Gesichtsfeld des Lokführers/Kraftfahrers (im Folgenden „Beobachter“ genannt), tritt **Absolutblendung** auf, bei der man nicht mehr in der Lage wäre, ein Kfz oder eine Lok 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.

Häufig wird das Licht der Sonne auch durch glänzende Objekte ins Auge eines Betrachters gespiegelt: Wasseroberflächen bei Windstille, Fensterfronten von Gebäuden, verglaste Treibhäuser oder auch PV-Module. Für die spiegelnde Reflexion gilt das Gesetz Ausfallswinkel = Einfallswinkel, wobei beide Winkel und das Lot auf der spiegelnden Oberfläche in einer Ebene liegen. Gegenüber der direkten Sonnenblendung ist bei dieser indirekten Blendung die tatsächliche Blendefahrer geringer:

Ob tatsächlich 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 Beobachters 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 Bewertung von Blend- oder anderen visuellen Störeffekten, die von Bauwerken oder anderen technischen Anlagen bei Tageslicht erzeugt werden, gibt es 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. Kritisch sind **Blendwinkel  $\theta \leq 10^\circ$** , wenn also die störende Lichtquelle direkt im Gesichtsfeld des Beobachters liegt. Ein Beobachter hat nicht mehr unbedingt die Möglichkeit, diese Lichtquelle „auszublenden“, da er z.B. die vor ihm liegende Fahrbahn oder Bahntrasse und deren Umgebung beobachten muss und seinen Blick daher nicht beliebig zur Seite rich-

ten kann, um einem evtl. vorhandenen Blendreflex auszuweichen. Ob bei solch kleinen Winkeln tatsächlich Blendung vorliegt, hängt nicht nur von den geometrischen Gegebenheiten, sondern im entscheidenden Maße davon ab, wie hoch die Intensität des Störlichts im Verhältnis zur Umgebungshelligkeit und v.a. zur Intensität des direkten Sonnenlichts ist. Um eine Aussage über die Blendwirkung einer PV-Anlage machen zu können, muss deshalb in jedem einzelnen Fall unter Beachtung des Blickwinkels die Beleuchtungsstärke der Blendlichtquelle ins Verhältnis zur Beleuchtungsstärke der Sonne gesetzt werden.

## **7 Ergebnisse**

### **7.1 Fahrtrichtung Nord**

Die  $\gamma$ -Flächen wurden für den Blickpunkt N eines Lokführers berechnet, der das östliche (in Fahrtrichtung rechte) Gleis in Richtung Norden befährt. Die für beide Modulneigungen berechneten  $\gamma$ -Flächen sind in Bild 2 in blauer bzw. brauner Farbe eingetragen. Beide  $\gamma$ -Flächen liegen oberhalb der roten Sonnenstandslinien und haben keine Schnittpunkte mit diesen, Sonnenlichtreflexion zum Lokführer tritt nicht auf, dieser kann von der PV-Anlage nicht geblendet werden.

Diese Tatsache ergibt sich daraus, dass auf der nördlichen Erdhalbkugel die Sonne nicht aus nördlichen Richtungen scheint und dass das Sonnenlicht daher nicht in südliche Richtungen reflektiert werden kann, d.h. nicht ins Auge eines Lokführers gelangen kann, der in Richtung Norden fährt. Da sich bis zur Vorbeifahrt an der PV-Anlage die seitliche Entfernung und der Blickwinkel des Lokführers zur PV-Anlage nicht ändern, ist der Blickpunkt N repräsentativ für die gesamte Vorbeifahrt eines Lokführers an der PV-Anlage.

### **7.2 Fahrtrichtung Süd**

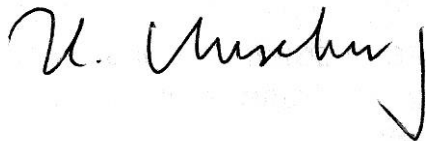
Die  $\gamma$ -Flächen wurden für den Blickpunkt S eines Lokführers berechnet, der das westliche (in Fahrtrichtung rechte) Gleis in Richtung Süden befährt. Die für beide Modulneigungen berechneten  $\gamma$ -Flächen sind ebenfalls in Bild 2, in grüner bzw. schwarzer Farbe, eingetragen. Beide  $\gamma$ -Flächen liegen weit unterhalb der Sonnenstandslinien, sogar unterhalb (außerhalb) des Polardiagramms. Sonnenlicht kann nicht zum Lokführer gelenkt werden. Auch in dieser Fahrtrichtung tritt keine Sonnenlichtreflexion zum Lokführer auf, Blendung des Lokführers ist nicht möglich.

Dieser Sachverhalt gibt die Tatsache wieder, dass ein Lokführer, der in Richtung Süd unterwegs ist, überwiegend nur die Modulrückseiten sieht und dass das Sonnenlicht immer über die Lok hinweg reflektiert wird. Der Blickpunkt S ist wieder repräsentativ für die gesamte Vorbeifahrt eines Lokführers an der PV-Anlage.

## **8 Zusammenfassung**

Es wurde untersucht, ob von der geplanten PV-Anlage Lampertheim Blendung für einen die Bahnstrecke Frankfurt-Mannheim befahrenden Lokführer auftreten kann. In beiden Fahrtrichtungen ist keine Lokführerblendung möglich, da bei der gesamten Vorbeifahrt kein von der PV-Anlage reflektiertes Sonnenlicht den Lokführer erreichen kann. Dieses Ergebnis gilt für die Modulneigungen gegen Süd von 15° und 20°.

Die Sicherheit und Leichtigkeit des Eisenbahnverkehrs auf der Bahnstrecke Frankfurt-Mannheim wird durch die geplante PV-Anlage Lampertheim nicht beeinträchtigt. Aus dieser Sicht ist gegen die Errichtung der PV-Anlage Lampertheim nichts einzuwenden.



---

Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

## Anhang



*Bild 1: Umriss der PV-Anlage Lampertheim*

*Markierung N: Untersucher Blickpunkt eines Lokführers in Fahrtrichtung Nord*

*Markierung S: Untersucher Blickpunkt eines Lokführers in Fahrtrichtung Süd*

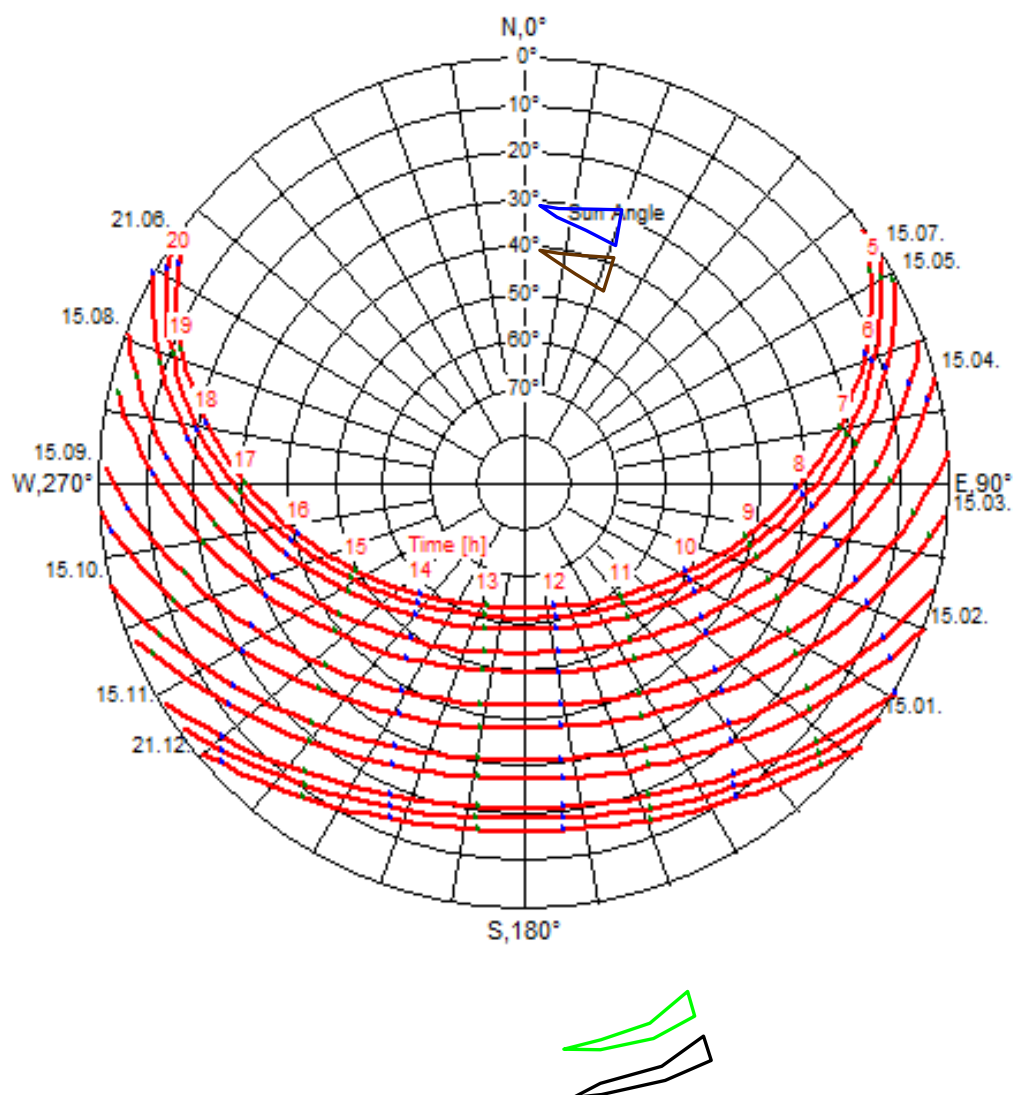


Bild 2: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Lampertheim mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Reflexion zu Lokführern der Bahnstrecke

Quelle des Sonnenstandsdiagramms: [www.stadtklima-stuttgart.de](http://www.stadtklima-stuttgart.de)

- blau:** Fahrtrichtung Nord, Modulneigung  $\varepsilon = 15^\circ$
- braun:** Fahrtrichtung Nord, Modulneigung  $\varepsilon = 20^\circ$
- grün:** Fahrtrichtung Süd, Modulneigung  $\varepsilon = 15^\circ$
- schwarz:** Fahrtrichtung Süd, Modulneigung  $\varepsilon = 20^\circ$