

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 15. 7. 2025

**G u t a c h t e n G29/2023**  
**zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung**  
**von Lokführern sowie von sich in Gebäuden aufhaltenden Personen**  
**durch die Erweiterung einer bei Schlechtenberg/Sulzberg**  
**bestehenden Photovoltaikanlage**

(Dieses Gutachten besteht aus 9 Seiten  
und einem Anhang mit weiteren 6 Seiten)

**1 Auftraggeber**

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die Photovoltaikpark Schlechtenberg GmbH & Co. KG, Ried 7 in 87477 Sulzberg

Auftragsdatum: 7. 4. 2023

**2 Auftragsache**

Die REV Energy GmbH, Brückenstraße 13 in 09111 Chemnitz, plant im Auftrag der Photovoltaikpark Schlechtenberg GmbH & Co. KG die Erweiterung der in Schlechtenberg (Sulzberg) bestehenden PV-Freiflächenanlage. Es besteht die Besorgnis, dass Lokführer einer an der PV-Anlage vorbeiführenden Bahnstrecke durch die neuen Flächen der PV-Anlage geblendet werden können. Zusätzlich ist zu klären, ob sich Personen, die sich in Gebäuden in Schlechtenberg (Immissionsorte) aufhalten, durch die PV-Anlage in unzumutbarer Weise geblendet oder belästigt 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)	$\alpha$
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 Mitte Lokführer/Fensterfläche - PV-Anlage	$\tau$
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontaler Blickrichtung Lokführer/Anwohner - PV-Anlage	$\psi$
vertikaler Blickwinkel Lokführer/Anwohner - 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 REV Energy GmbH zur Verfügung gestellt wurden:

- Lageplan
- Modulbelegungsplan
- Modultischquerschnitt
- Moduldatenblatt
- Fotos

Die Geländehöhen, Entfernungen und horizontalen Winkel wurden mit dem BayernAtlas - der Kartenviewer des Freistaates Bayern - ermittelt. Die Fensterhöhen der Gebäude der Immissionsorte wurden aus den Fotos abgeschätzt. Der monatliche Sonnenstand für Schlechtenberg (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 Schlechtenberg und topografische Daten

##### 5.1 Die PV-Anlage

Die zwei neuen Flächen der PV-Anlage werden auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen errichtet, s. Bild 1a im Anhang. Nördlich und südlich der nördlichen Teilfläche TF N befinden sich Ackerflächen, im Osten grenzt TF N an die bestehende PV-Anlage, im Westen befindet sich die Ortschaft Schlechtenberg. TF S grenzt im Norden an ein Waldstück, im Nordosten an die bestehende PV-Anlage und im Südosten bis Südwesten an die eingleisige Bahnstrecke Kempten - Pfronten-Steinach.

Die Grundflächen beider TF sind unregelmäßig. Die Geländeoberkante (GOK) von TF N beträgt an der Ostecke 844 m und steigt bis zur Nordwestecke auf 858 m und bis zur Südwestecke auf 849 m an. Die GOK von TF S steigt von 837 m an der Ostecke auf 838 m an der Nordecke an und fällt bis zur Westecke auf 828 m ab.

Es ist geplant, Solarmodule des Typs JA Solar JAM72S20 445-470MR mit einer Moduleistung von je 440-470  $W_{peak}$  einzusetzen. Die installierte Leistung liegt bei ca. 9  $MW_{peak}$ . 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 20°. Modulober- bzw. -unterkante liegen 2,25 m bzw. 0,80 m über Geländeoberkante. Die Einfriedung des PV-Geländes erfolgt mit einem Zaun von mindestens 2 m Höhe über GOK.

## 5.2 Die Bahnstrecke

Blendgefährdet sind Lokführer nur während der Vorbeifahrt an TF S, da TF N von der Bahntrasse zu weit entfernt ist bzw. sich hinter der bestehenden PV-Anlage befindet, vom Lokführer aus gesehen. Von Nordosten kommend, erreicht die Bahntrasse TF S bei Markierung 1. Der Fahrtrichtungswinkel liegt bei ca. 223°. Die Strecke verläuft dann parallel zur Südgrenze von TF S in einer weiten Rechtskurve bis Markierung 5; dort beträgt der Fahrtrichtungswinkel ca. 324°. Die Schienenoberkante (SOK) liegt etwa auf gleicher Höhe wie die jeweils gegenüberliegende GOK von TF S. Der Abstand der Gleismitte von den südlichsten Modulen beträgt mindestens 10 m.

## 5.3 Untersuchte Immissionsorte

Blendgefährdet sind die westlich von TF N gelegenen Wohnhäuser von Schlechtenberg. Das Wohngebäude Schlechtenberg Nr. 7, gekennzeichnet durch die Markierung A in Bild 1, stellt den hinsichtlich Blend- und Störwirkung „worst case“ dar: Die Ostfassade des Gebäude hat mit 46 m den kleinsten Abstand zu den Modulen von TF N. Die GOK des Gebäudes liegt bei 852,5 m, die Höhe der Fenstermitte im Obergeschoss beträgt ca. 5,5 m Die Gesamthöhe der Fenstermitte im Obergeschoss hat mit 858 m die höchste Fenstermitte aller umliegenden Wohnhäuser. Da die Blend- und Störwirkung mit zunehmender Fensterhöhe und abnehmender Entfernung zu einer PV-Anlage zunimmt, genügt es, die Lichtimmission für das Wohngebäude Schlechtenberg 7 zu berechnen; für alle anderen Gebäude von Schlechtenberg sind die Lichtimmissionen in jedem Fall kleiner. Erfüllen die Reflexionszeiten am Immissionsort bei Markierung A die Anforderungen der LAI-Hinweise (s. Abschnitt 7), werden diese Anforderungen bei den umliegenden Wohngebäuden erst recht erfüllt.

## 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, 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 Blendefahr 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 Lokführers zur PV-Anlage) abhängig. **Bei Nacht** nimmt die Blendempfindlichkeit  $B$  proportional mit dem reziproken Wert des Winkel-

quadrats 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 Lokführer hat nicht mehr unbedingt die Möglichkeit, diese Lichtquelle „auszublenzen“, da er z.B. die vor ihm liegende Bahntrasse und deren Umgebung beobachten muss und seinen Blick daher nicht beliebig zur Seite richten 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 Zeitliches Auftreten der Sonnenlichtreflexion ins Auge eines Lokführers

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Blendung für Lokführer 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 ins Auge des Lokführers gerichteten reflektierten Sonnenlichts ermittelt werden. Das Blendrisiko insgesamt ergibt sich aus der Bewertung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Intensität des ins Auge eines Lokführers reflektierten Sonnenlichts.

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

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

Die in dieser Formel genannten Winkel müssen gemäß den Sehbedingungen für bestimmte Situationen der Vorbeifahrt von Lokführern an der PV-Anlage ermittelt werden.

$\sigma$  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 unter Abschnitt 5.2 beschriebenen Strecke 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 3,30 m ergibt sich daraus ein vertikaler Winkel  $\sigma$  von im Mittel  $1,9^\circ$ , unter dem der Lokführer auf den Gleiskörper blickt.

## **8 Blend- und Störfwirkung von sich in Gebäuden aufhaltenden Personen**

Lichtimmissionen gehören nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) formal zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder für die Anwohner herbeizuführen. Weitere Ausführungen hierzu macht das BImSchG jedoch nicht. Die von PV-Freiflächenanlagen verursachte Blend- und Störfwirkung von Personen, die sich in Wohn- oder Gewerbegebäuden aufhalten, wird im Allgemeinen nach den „Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 9. 2012, Anhang 2, vorgenommen (im Folgenden „LAI-Hinweise“ genannt). Die Blend- und Störfwirkung = Lichtimmission ist durch die Zeit definiert, in der Sonnenlicht von der PV-Anlage auf die Fensterflächen der betroffenen Gebäude (Immissionsorte) auftrifft. Diese Zeit, damit ist die astronomisch maximal mögliche Zeit von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang gemeint, darf täglich 30 min und im Kalenderjahr 30 Stunden nicht überschreiten („30 Minuten-/30 Stunden-Regel“).

Die LAI-Hinweise gelten für „schutzwürdige Räume“. Dazu gehören

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

Lt. Abschnitt 7e. der LAI-Hinweise sind die Sonne als punktförmig und die Solarmodule als ideal verspiegelt zu betrachten, so dass die Berechnungen gemäß dem Reflexionsgesetz Einfallswinkel = Ausfallswinkel durchgeführt werden können. Tatsächlich wird das Sonnenlicht von den üblicherweise verwendeten Solarmodulen aber auch teilweise gestreut reflektiert. Das führt dazu, dass das Sonnenlicht z.T. spiegelnd (Kernreflex) und z.T. gestreut (Streureflex) reflektiert wird. Der Streureflex kann je nach Entfernung Beobachter - PV-Anlage und Grad der Streuwirkung bis zu 40 min vor dem Kernreflex auftreten und erst bis zu 40 min nach dem Kernreflex verschwinden. Die Intensität des Streureflexes ist aber immer deutlich geringer als

die Intensität des Kernreflexes und erzeugt daher keine nennenswerte Störf Wirkung. Alle durchzuführenden Berechnungen beziehen sich daher nur auf den Kernreflex, die zusätzliche Reflexionszeit durch den Streureflex wird nach den LAI-Hinweisen nicht berücksichtigt.

In den LAI-Hinweisen wird ausgeführt: *„Wirkungsuntersuchungen oder Beurteilungsvorschriften zu diesen Immissionen sind bisher nicht vorhanden.“* Mangels solcher Untersuchungen wurde der Inhalt der Regelungen der LAI-Hinweise daher weitgehend den „Hinweisen zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen“ (WEA-Schattenwurf-Hinweise) des LAI entlehnt. Diese Übertragung ist sehr angreifbar, da die durch den Schattenwurf von Windkraftanlagen erzeugte Störf Wirkung viel gravierender ist als die Störf Wirkung, die von PV-Anlagen erzeugt wird. Offensichtlich im Bewusstsein dieses Mangels wird in den LAI-Hinweisen weiter ausgeführt: *„Der genannte Wertungsmaßstab kann allenfalls ein erster Anhaltspunkt für die Beurteilung von Blendungen sein. Im Einzelfall muss dann aber begründet werden, warum eine Übertragbarkeit gegeben, bzw. aufgrund welcher Überlegungen eine ggf. abweichende Bewertung erfolgt ist.“*

Diese Einschränkung der Bewertungsmöglichkeit der Lichtimmissionen durch die LAI-Hinweise führt dazu, dass die LAI-Hinweise nur eine Empfehlung darstellen und deshalb nur in wenigen Bundesländern verbindlich zur Bewertung von Lichtimmissionen vorgeschrieben sind. Sie stellen aber den Stand der Technik dar und können, wenn einige Änderungen an der Bewertungsmethodik vorgenommen werden, durchaus sinnvoll angewendet werden. Folgende Aspekte der LAI-Hinweise werden im Folgenden modifiziert bzw. neu aufgenommen:

- a. Es heißt in den LAI-Hinweisen, dass Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden, erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen erfahren. Nur Immissionsorte, die vorwiegend westlich oder östlich einer Photovoltaikanlage liegen und nicht weiter als ca. 100 m von dieser entfernt sind, seien hinsichtlich einer möglichen Blendung als kritisch zu betrachten. Dieser Aussage ist nicht zuzustimmen, denn nach den Erfahrungen des Unterzeichners bei der Begutachtung anderer PV-Anlagen können PV-Anlagen auch dann eine unzumutbare Störf Wirkung entfalten, wenn ihre Entfernung von Immissionsort beträchtlich größer als 100 m ist, z.B. wenn sich die betroffenen Fenster sehr weit oberhalb des PV-Anlagengeländes befinden, das Anlagengelände ein Gefälle in Richtung Immissionsort aufweist oder die PV-Fläche sehr ausgedehnt ist. Die LAI-Hinweise enthalten auch keine Aussage, wie zu verfahren ist, wenn die PV-Anlage, wie in vorliegendem Fall, teilweise innerhalb und teilweise außerhalb der 100 m-Zone liegt. Deshalb wird vom Unterzeichner die evtl. Blendwirkung für Anwohner unabhängig von der Entfernung der betroffenen Gebäude berechnet.
- b. In den WEA-Schattenwurfhinweisen wird Schattenwurf für Sonnenstände  $\gamma \leq 3^\circ$  Erhöhung über Horizont wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände vernachlässigt. Gerade diese wichtige, sehr sinnvolle Einschränkung bzw. eine vergleichbare Regelung fehlt in den LAI-Hinweisen. Deshalb wird in diesem Gutachten folgende, den Schattenwurfhinweisen analoge Regelung verwendet: Sonnenlicht, das unter Winkeln  $\gamma \leq 7,5^\circ$  von einer PV-Anlage in Richtung Immissionsort reflektiert wird, wird wegen dessen ge-

ringer Intensität (vergleichbar der Intensität des direkten Sonnenlichts, das unter  $\gamma = 3^\circ$  reflektiert wird, d.h. unmittelbar nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang) und wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände nicht berücksichtigt.

- c. Sonnenlicht, das sehr streifend in die Fensterflächen betroffener Gebäude fällt, trifft nur auf das Mauerwerk der gegenüberliegenden Seite der Fensteröffnung und kann nicht in den dahinter liegenden Raum eindringen. Der (horizontale) Winkel zwischen Hausfassade bzw. Fensterfläche und der Einfallrichtung des Sonnenlichts, unter dem das Sonnenlicht nicht in den Raum eindringen kann, hängt von der Fensterbreite und der Dicke des Mauerwerks ab. Bei einer Mauerwerksbreite von 0,41 m (zweischalige Bauweise) und einer Fensterbreite (nur verglaste Fläche, also ohne Fensterrahmen) von z.B. 1,20 m trifft das Sonnenlicht bei Winkeln bis zu ca.  $19^\circ$ , bezogen auf die Hausfassade, auf das Mauerwerk der gegenüberliegenden Seite der Fensteröffnung. Bei Mansardenfenstern mit einer Breite von z.B. nur 0,60 m Breite beträgt der entsprechende Winkel  $35^\circ$ , bei schrägliegenden Dachgeschossfenstern ca.  $10^\circ$ . Bei den Berechnungen ist der für die jeweiligen Fenster maßgebliche Winkelbereich nicht zu berücksichtigen.

## **9 Ergebnisse**

### **9.1 Die Bahnstrecke**

Mit der sich während der Vorbeifahrt an TF S ständig ändernden Fahrtrichtung eines Lokführers ändert sich auch permanent der Blickwinkel des Lokführers zur PV-Anlage. Deshalb muss das Blendrisiko für mehrere Blickpunkte des Lokführers berechnet werden. Als zu untersuchende Blickpunkte eines Lokführers wurden in Fahrtrichtung West die Markierungen 1 bis 4 und in Fahrtrichtung Ost die Markierungen 5 bis 8 ausgewählt.

#### **9.1.1 Fahrtrichtung West**

Die berechneten  $\gamma$ -Flächen sind in Bild 2 eingetragen. Nur die braun gezeichnete  $\gamma$ -Fläche für Blickpunkt 3 hat Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann für wenige Tage im April und August zwischen 18 Uhr und 18.15 Uhr von der PV-Anlage zum Kraftfahrer reflektiert werden. Allerdings wird nicht nur bei Blickpunkt 3 Sonnenlicht zum Lokführer reflektiert. Da die Blendung aus Teilen der PV-Anlage stammen, die in gewisser Entfernung hinter dem momentanen Ort des Lokführer liegen, ergeben die genaueren Berechnungen, dass die Lokführerblendung bereits ca. 30 m vor Blickpunkt 3 einsetzt und erst bei Erreichen von Blickpunkt 4 endet. Dieser Streckenabschnitt mit einer Länge von ca. 105 m ist in Bild 1a durch die grüne Linie gekennzeichnet. Zur besseren Lokalisierung dieses Streckenabschnittes s. Bild 1b. Zu Abschirmmaßnahmen s. Abschnitt 8.2.

#### **9.1.2 Fahrtrichtung Ost**

Die berechneten  $\gamma$ -Flächen sind in Bild 3 eingetragen. Nur die braun gezeichnete  $\gamma$ -Fläche für Blickpunkt 7 hat Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann für wenige Tage im April/Mai und August zwischen 6 Uhr und 6.15 Uhr von der PV-Anlage zum Kraftfahrer reflektiert werden. Die Situation ist vergleichbar wie bei Fahrtrichtung West: Die Sonnenlichtreflexion zum Lokführer setzt ca. 30 m

vor Blickpunkt 7 ein und endet erst nach Vorbeifahrt an Blickpunkt 8. Der Abschnitt des Zaunes, der mit einer Abschirmung versehen werden muss, entspricht ziemlich genau dem Zaunabschnitt, der bereits zur Blendungsvermeidung in Fahrtrichtung West abgeschirmt werden muss.

### 9.2 Abhilfemaßnahme gegen die Blendung

Änderungen der Modultischausrichtung oder der Modulneigung verschieben nur die Blendzeiten in andere Tages- oder Jahreszeiten und sind damit unwirksam. Als sinnvolle Maßnahme kommt die Anbringung eines dunklen Kunststoffgewebes infrage, das nicht mehr als 30 % Transmission besitzt. Das Kunststoffgewebe wird auf dem Zaun entlang der grünen Linie in Bild 1a in einer Höhe von 0,8 m (Höhe Modulunterkante) bis zur Höhe von 2,50 m installiert.

Der Unterzeichner hat ein solches Kunststoffgewebe (s. Bild 4) lichttechnisch geprüft und zum Einsatz an mehreren anderen PV-Anlagen empfohlen; in einem Fall wird es seit ca. 6 Jahren problemlos an einer Autobahn eingesetzt. Sollte dieses Kunststoffnetz nicht verfügbar sein, kommt als Alternative z.B. das in Bild 5 gezeigte Kunststoffnetz infrage, das etwa die gleichen Eigenschaften hat wie das geprüfte Kunststoffnetz.

### 9.3 Lichtimmission

Die in Bild 6 für den Immissionsort A, Schlechtenberg 7, eingezeichnete  $\gamma$ -Fläche hat Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht wird von TF N zu den Fenstern dieses Hauses etwa vom 9. April bis 9. September zwischen 6.30 Uhr und 6.45 Uhr MEZ reflektiert. Die Reflexionszeiten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Anforderungen der LAI-Hinweise sind für das Wohngebäude an diesem Immissionsort und damit auch für alle anderen Gebäude von Schlechtenberg erfüllt.

Reflexionstage pro Jahr	Maximale tägliche Reflexionszeit	Mittlere tägliche Reflexionszeit	Astronomisch mögliche jährliche Reflexionszeit im Kalenderjahr
156	13,2 min	8,95 min	$156 \cdot 8,95 \text{ min}$ $= 23,3 \text{ Stunden}$

Tabelle 1: Reflexionszeiten am Immissionsort Schlechtenberg 7

## 10 Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob von den neuen Teilflächen der PV-Anlage Schlechtenberg Blendung für einen die Bahnstrecke Kempten - Pfronten-Steinach befahrenden Lokführer auftreten kann. Von der Teilfläche Süd kann in beiden Fahrtrichtungen über eine Streckenlänge von ca. 105 m Sonnenlicht zu einem Lokführer reflektiert werden, deshalb ist eine verkehrsgefährdende Lokführerblendung nicht auszuschließen. Um Vermeidung der Blendung wird empfohlen, den Zaun an der südlichen Grenze der Teilfläche Süd an diesem Streckenabschnitt in einer Höhe von 0,80 m bis 2,50 m mit einem dunklen Kunststoffgewebe zu versehen, das nicht mehr als 30° Transmission besitzt.

Weiterhin wurde untersucht, ob die Anwohner von Schlechtenberg durch die neuen Teilflächen einem unzumutbaren Blend- und Störrisiko ausgesetzt sind. Die Berechnungen ergeben, dass die Anforderungen der „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 9. 2012, Anhang 2, für alle Gebäude in Schlechtenberg, in denen sich Personen aufhalten = Immissionsorte, erfüllt werden.

Nach Berücksichtigung der vorgeschlagenen Abschirmmaßnahme ist aus Sicht des Unterzeichners gegen die Errichtung der neuen Teilflächen der PV-Anlage Schlechtenberg nichts einzuwenden.



---

Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

## Anhang

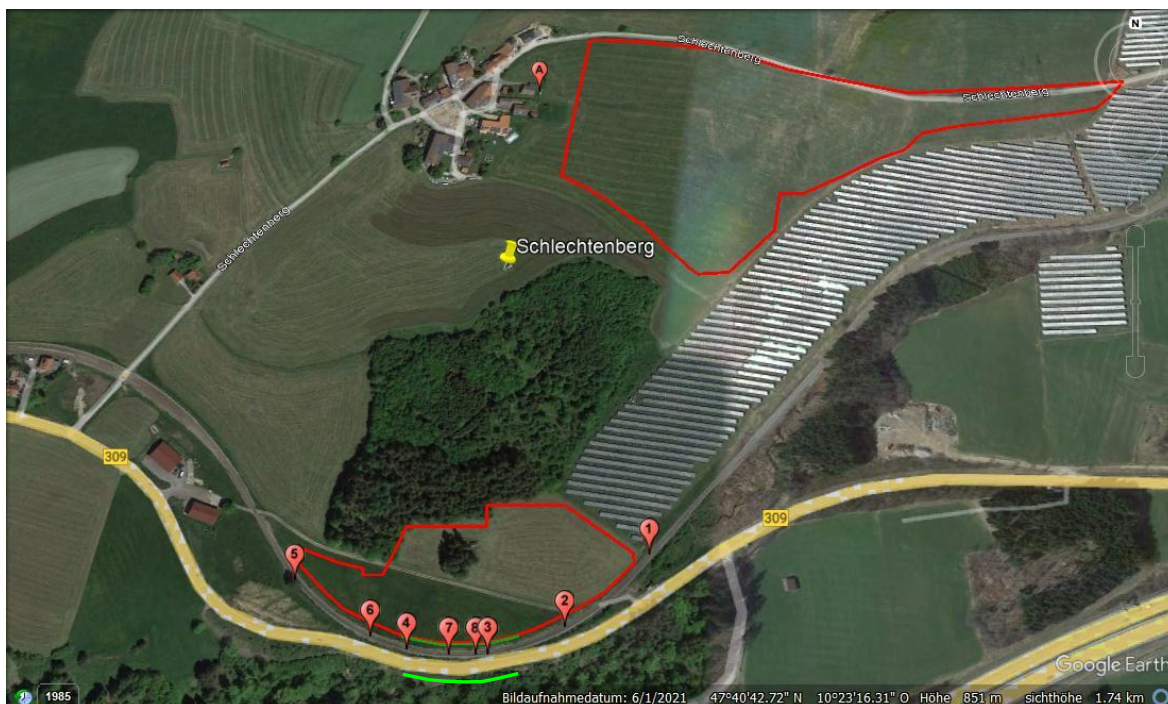


Bild 1a: Umriss der neuen PV-Flächen Schlechtenberg (rot umrandet)

1 bis 4: Untersuchte Blickpunkte eines Lokführers in Fahrtrichtung West  
5 bis 8: Untersuchte Blickpunkte eines Lokführers in Fahrtrichtung Ost  
A : Untersuchter Immissionsort Schlechtenberg  
Grüne Linie: Abzuschirmender Streckenabschnitt

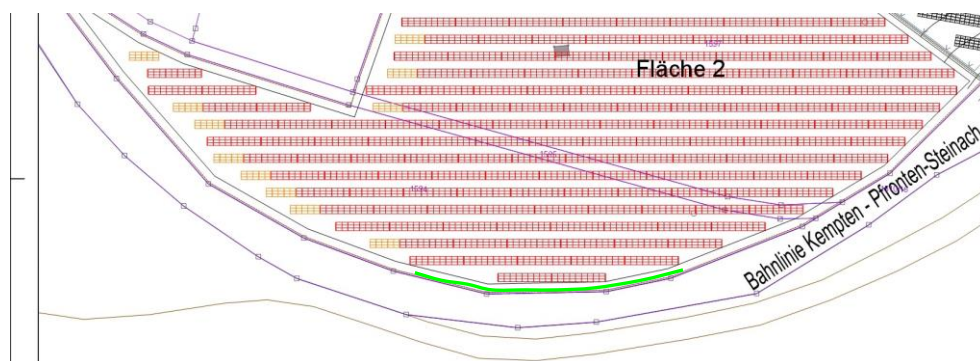


Bild 1b: Lokalisierung der Zaunabschirmung bei TF S

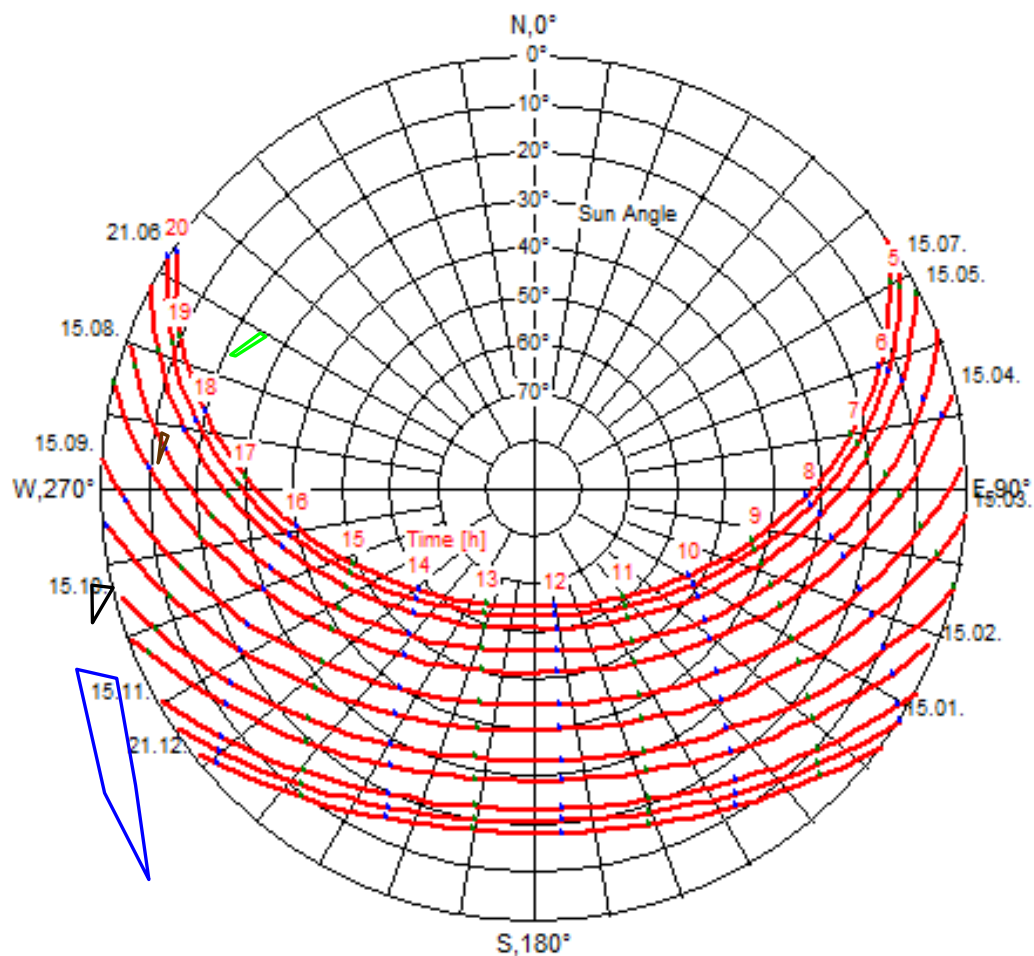


Bild 2: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Schlechtenberg mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Reflexion zu Lokführern der Bahnstrecke Kempten - Pfronten-Steinach

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

Fahrtrichtung West

- blau:** Blickpunkt 1
- schwarz:** Blickpunkt 2
- braun:** Blickpunkt 3
- grün:** Blickpunkt 4

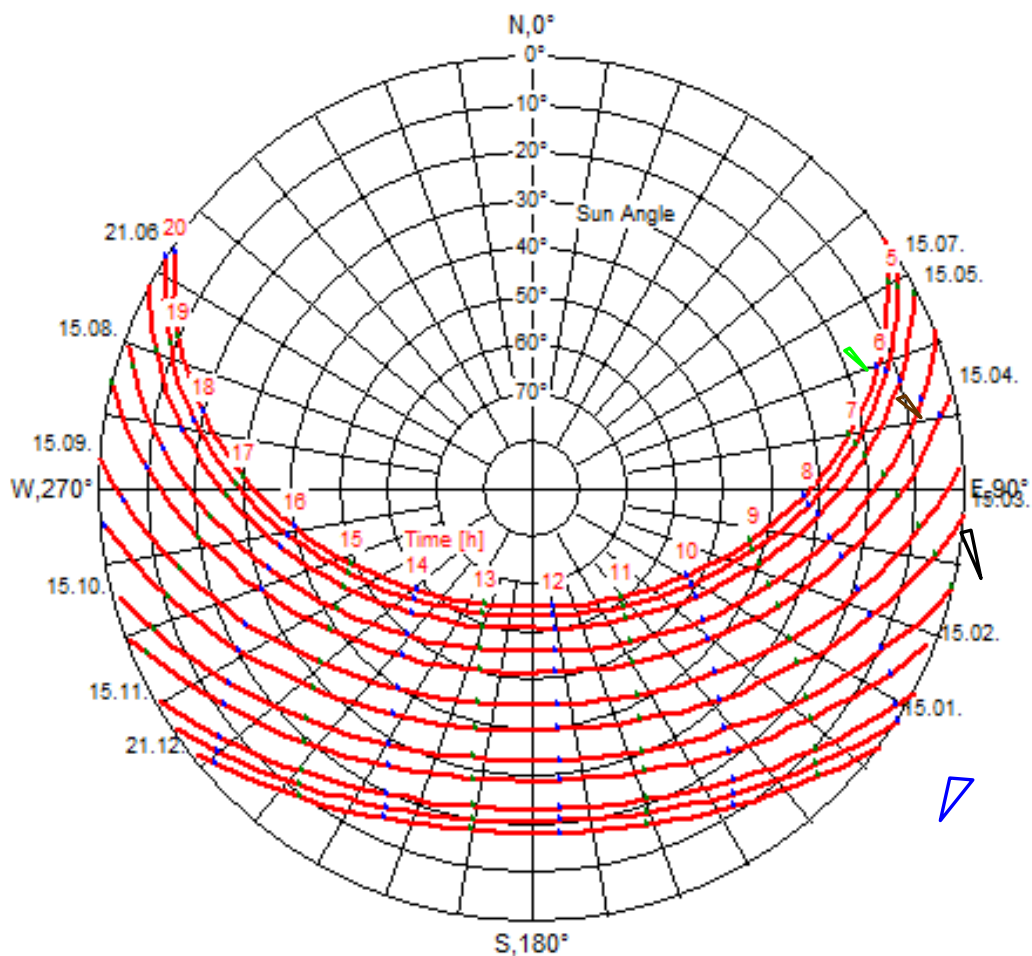


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Schlechtenberg mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Reflexion zu Lokführern der Bahnstrecke Kempten - Pfronten-Steinach

Fahrtrichtung Ost

- blau:** Blickpunkt 5
- schwarz:** Blickpunkt 6
- braun:** Blickpunkt 7
- grün:** Blickpunkt 8



*Bild 4: Untersuchtes Kunststoffgewebe der Fa. Evios Energy Systems GmbH  
Maßstab: ca. 1:2*



*Bild 5: Untersuchtes Kunststoffgewebe, Lieferant Fa. evia Verkehrstechnik GmbH/ACCURA NTV KG  
Maßstab: ca. 1:2*

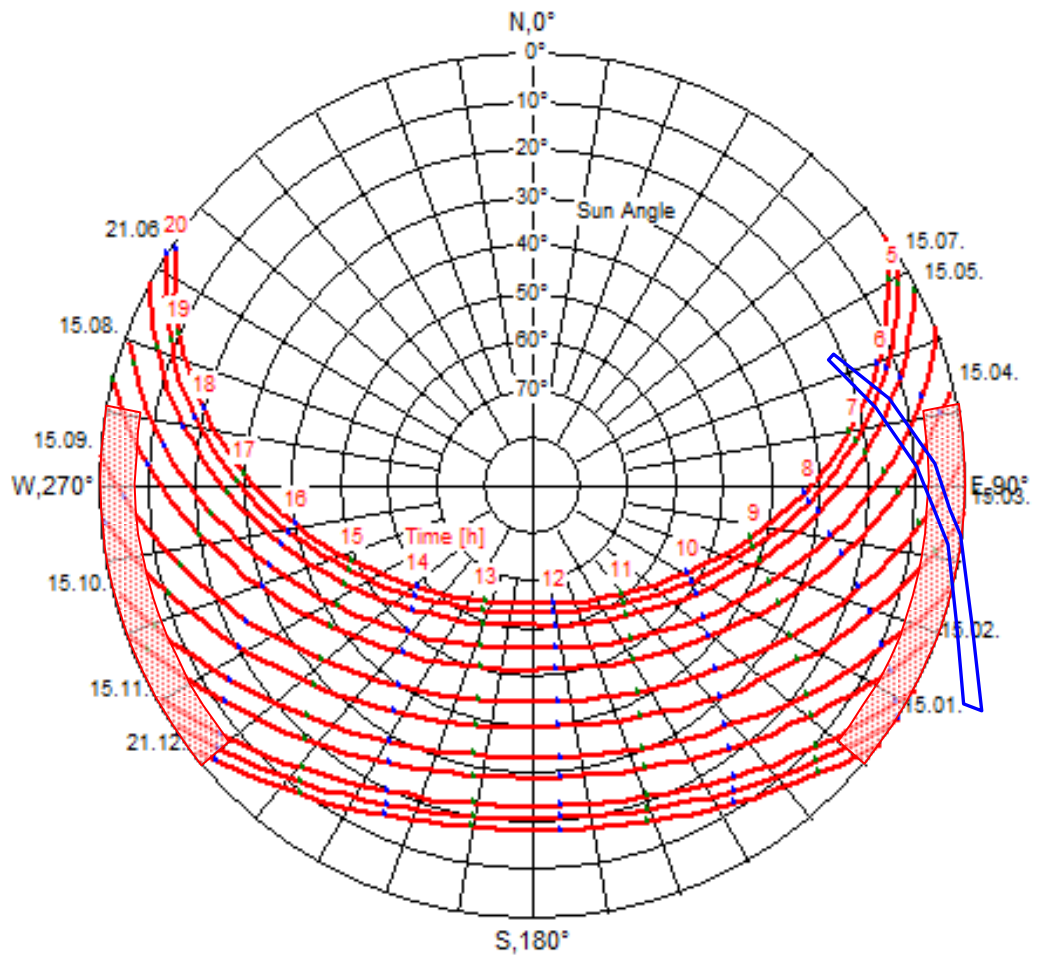


Bild 6: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Schlechtenberg mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Reflexionszeiten zu Immissionsort A, Schlechtenberg 7

Rot schraffierte Flächen: Bereich des Sonnenhöhenwinkels  $\gamma \leq 7,5^\circ$ , der bei der Bewertung der Reflexionszeiten nicht berücksichtigt wurde