

Anlage 1 Blendgutachten

Dr. Hans Meseberg
LSC Lichttechnik und Straßenausstattung Consult
Fährstr. 10
13503 Berlin
Tel. und Fax +49 30/82707832
Email: hmeseberg@t-online.de

Berlin, den 15. Mai 2012

Gutachten
G21/2012
zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung von Lokführern
durch eine neben einer Bahnstrecke bei Nemsdorf-Göhrendorf
installierte Photovoltaik-Anlage

(Dieses Gutachten besteht aus 13 Seiten
und einem Anhang mit 3 weiteren Seiten)

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die juwi Solar GmbH, Energie-Allee 1 in 55286 Wörrstadt.

Auftragsdatum: 2. April 2012

2 Auftragsache

Die juwi Solar GmbH plant die Errichtung einer Photovoltaik-Anlage in Nemsdorf-Göhrendorf in unmittelbarer Nähe der eingleisigen Bahnstrecke Merseburg-Querfurt. Es besteht die Besorgnis, dass Lokführer der diese Strecke befahrenden Züge 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. 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: $\alpha = 90^\circ$; Süd: $\alpha = 180^\circ$ usw.)

Es werden folgende Winkel verwendet:

Sonnenhöhenwinkel (vertikaler Sonnenwinkel)	γ
Azimut (horizontaler Sonnenwinkel) bzw. momentane Fahrtrichtung eines Zuges	α
Orientierung der Modulreihen	α_M
Orientierung der Modulreihen gegen Ost oder West $\alpha_M - \alpha$	ν
vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts	δ
im Raum liegender Blendwinkel (gebildet durch die Blickrichtung eines Lokführers - Richtung reflektiertes Sonnenlicht)	θ
Neigung der PV-Module gegen Süd	ε

horizontaler Blickwinkel Lokführer - PV-Anlage	τ
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontale Blickrichtung Lokführer - PV-Anlage)	ψ
vertikaler Blickwinkel Lokführer - PV-Anlage	λ
vertikaler Blickwinkel Lokführer - vor ihm liegender Gleiskörper	σ

4 Topografische Daten und Angaben zur Photovoltaik-Anlage

Die geografischen Daten und die Beschreibung der Anlage beruhen auf folgenden Informationen, die von der Firma juwi Solar GmbH zur Verfügung gestellt wurden:

- Lageplan der PV-Anlage
- Vermessungsplan mit Höhenlinien
- Belegungsplan
- Querschnitt Modultische
- Mündliche und Email-Informationen von Herrn Mario Lieder und Herrn Christian Schultze, Fa. juwi solar GmbH, NL Brandis
- Fotos von der Umgebung der PV-Anlage

Weitere Informationen wurden durch eine Ortsbesichtigung gewonnen.

Programme: Die Geländehöhen, horizontale Winkel und Entfernungen wurden den o.a. Unterlagen entnommen bzw. mit google earth ermittelt. Die Berechnung des monatlichen Sonnenstandes für Nemsdorf-Göhrendorf (Sonnenhöhe und -azimut) erfolgte mit der Website www.stadtklima-stuttgart.de. Die Winkel des reflektierten Sonnenlichts wurden mit eigenen excel-Programmen berechnet.

4.1 Topografische Daten

Die geplante PV-Anlage wird unmittelbar nördlich und südlich der Bahnstrecke Merseburg-Querfurt installiert und besteht nach momentanem Planungsstand aus fünf Teilflächen (s. Bild 1). Die Bahntrasse verläuft in Höhe der PV-Anlage in einem Winkel $\alpha = 103^\circ$ (Fahrtrichtung Ost) bzw. 283° (Fahrtrichtung West). Bei Bahn-km 27,0 beschreibt die Trasse eine leichte Kurve und verläuft bis Langeneichstädt in einem Winkel $100^\circ/290^\circ$. Die Geländeoberkante (GOK) der Bahntrasse über Normalnull (NN) beträgt im Osten bei Langeneichstädt ca. 192 m, steigt in Richtung Westen auf bis zu 198 m an und liegt am westlichen Ende der PV-Anlage, bei Erreichen des Ortes Nemsdorf-Göhrendorf, bei ca. 196 m. Das PV-Gelände liegt am östlichen Ende bei ca. 198 m, steigt in Richtung Westen etwa in Höhe der Brücke über die Bahntrasse (Bahn-km 27,95; s. Markierung Br in Bild 1) auf bis zu ca. 203 m im Norden und ca. 204 m im Süden an, um dann weiter in Richtung Westen wieder um ca. 5 m bis 7 m abzufallen. Die Bahntrasse liegt von Nemsdorf-Göhrendorf aus bis ca. 350 m hinter der Brücke, bei Bahn-km 27,6, in einem Einschnitt, der auf beiden Seiten von hohen Bäumen bestanden ist. Einschnitt und Bäume verhindern den Einblick von der Trasse auf die Teilflächen 1 bis 3. Weiter in Richtung Osten befinden sich dann einzelne Büsche zwischen Bahntrasse und PV-Anlage, die den Einblick auf die PV-Anlage aber nicht vollständig verhindern. Von Osten kommend, hat man wegen des Hügelrückens in Höhe der Brücke ebenfalls keinen Einblick auf die Teilanlagen 1 bis 3. Für die Blenduntersuchungen müssen daher nur die Teilanlagen 4 und 5 berücksichtigt werden. In Bild 1 sind die Teilanlagen 1 bis 3 rot schraffiert, die Teilanlagen 4 und 5 rot umrandet eingezeichnet.

4.2 Beschreibung der PV-Anlage

Die Gesamtfläche der PV-Anlage beträgt ca. 32,8 ha, die der Teilanlagen 4 und 5 ca. 21,8 ha. Die Grundfläche der Teilanlage 4 stellt ein Parallelogramm dar, die Teilfläche 5 ist trapezförmig. Die Längsachsen sind parallel zur Bahntrasse ausgerichtet ($\alpha = 103^\circ/283^\circ$). Ihre maximale Länge (in Richtung Längsachse) beträgt ca. 1000 m, ihre Breite ca. jeweils 110 m (in Richtung senkrecht zur Längsachse). Die Teilanlagen 4 und 5 sind im Westen durch den Feldweg über die Brücke bei Bahn-km 27,95 begrenzt, im Osten durch den plangleichen Bahnübergang bei Bahn-km 26,85.

Es sollen polykristalline Solarmodule eingesetzt werden, der Modultyp steht noch nicht fest. Die Module werden übereinander und nebeneinander auf Tischen montiert; die Neigung ε der Module gegen Süden beträgt 15° . Die Tische sind in Reihen angeordnet, die in Ost-West-Richtung ausgerichtet sind (Winkel $\nu = 0^\circ$). Der mittlere Abstand a zweier benachbarter Reihen von Tischen (Abstand Oberkante Module einer Reihe zu Oberkante Module der nächsten Reihe) liegt in der Regel bei ca. 8,89 m. Die Ober- bzw. Unterkante der Module befindet sich in einer Höhe von 2,96 m bzw. ca. 0,57 m über GOK. Die mittlere Höhe der Module h_M über GOK beträgt damit ca. 1,77 m.

5 Beschreibung der eventuell von PV-Anlagen ausgehenden Blend- und Störwirkungen

5.1 Blendwirkung

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 des Lokführers, tritt Absolutblendung auf, bei der man nicht mehr in der Lage wäre, einen Zug sicher zu führen, da im Gesichtsfeld des Lokführers 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 Sonnenlichts, 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 Blendefahr geringfügig 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 ist zeitlich und örtlich sehr begrenzt, während die Sonnenblendung über längere Zeit auf den Menschen einwirken kann.

Ob eine Blendung auftritt, ist sehr stark vom Winkel θ , 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 Winkelquadrats von θ ab: $B \sim 1/\theta^2$. Bei Nacht wird physiologische Blendung deshalb nur in einem Winkelbereich $\theta \leq 30^\circ$, 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 Blendeffekte eher selten auftreten. Die reziprok quadratische Abhängigkeit der Blendung vom Winkel θ gilt auch nicht mehr streng; 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 **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 Lokführer hat nicht die Möglichkeit, diese Lichtquelle „auszublenken“, da er z.B. die in seinem Blickfeld befindlichen Signallichter 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 in entscheidendem Maß davon ab, wie hoch die Intensität des Störlichts im Verhältnis zur Umgebungshelligkeit und v.a. zur Intensität des direkten Sonnenlichts ist. Hierfür ein Beispiel: An einem klaren Sonnentag kann die im Zenit stehende Sonne am Auge eines Beobachters eine Beleuchtungsstärke von 110 000 lx erzeugen. Wenn gleichzeitig eine Störlichtquelle eine zusätzliche Beleuchtungsstärke von 1000 lx beim Beobachter erzeugt, so blendet diese Störlichtquelle

weniger, als am Abend eine Störlichtquelle mit einer Blendbeleuchtungsstärke von 500 lx, wenn gleichzeitig die Sonnenbeleuchtungsstärke nur 5000 lx beträgt.

Bild 2 zeigt die Reflexion eines Solarmoduls in Abhängigkeit vom Einfallswinkel des Sonnenlichts. Wenn die Sonne mittags hoch am Himmel steht, fällt das Sonnenlicht etwa senkrecht auf die Moduloberfläche (Einfallswinkel 90° in Bild 2), es wird weniger als 10 % reflektiert; die Intensität des von der Moduloberfläche reflektierten Lichts beträgt also nur einen Bruchteil der Intensität des Sonnenlichts selbst und kann daher keine Blendung erzeugen. Wenn die Sonne morgens oder abends tief am Himmel, nahe am Horizont steht, fällt das Sonnenlicht zwar sehr streifend auf die Moduloberfläche (Einfallswinkel nahe 0°), es wird fast das gesamte Sonnenlicht reflektiert, aber die Intensität der auf- oder untergehenden Sonne ist so gering, dass diese keine Blendung erzeugt - bekanntermaßen kann man einen Sonnenauf- oder -untergang ohne weiteres mit bloßem Auge betrachten. Demzufolge kann auch das reflektierte Sonnenlicht in dieser Situation keine Blendung erzeugen. Dieser hier dargestellte Sachverhalt wird auch in einer Broschüre festgestellt, die sich ausführlich mit den Wirkungen von PV-Anlagen auf Natur und Mensch beschäftigt ¹⁾. Dort heißt es: „Bei festinstallierten Anlagen sind aufgrund der Reflexionscharakteristik des Sonnenlichtes vor allem südlich der PV-FFA ²⁾ liegende Flächen (insbesondere, wenn diese auf einem im Vergleich zur PV-FFA erhöhten Standort liegen) betroffen, die bei hohem Sonnenstand durch Reflexe beeinträchtigt werden können. Aufgrund der dann günstigen Ausrichtung der Module zur Sonne (nahezu senkrechter Einfallswinkel) ist die Reflexion jedoch reduziert. **Zudem können abends bzw. morgens bei tiefstehender Sonne in den Bereichen westlich und östlich der PV-FFA Reflexionen auftreten, die allerdings durch (die dann ebenfalls in Sichtrichtung tiefstehende) Sonne relativiert werden**“ (Hervorhebung in Fettschrift durch den Unterzeichner).

Der in Bild 2 dargestellte Reflexionsgrad stellt den Gesamtreflexionsgrad dar, bei dem nicht berücksichtigt wird, in welche Richtung das Sonnenlicht reflektiert wird. Die Oberflächen von PV-Modulen sind aber nicht ideal spiegelnd, sondern mit einer leichten Struktur versehen, die für eine höhere Lichtabsorption (und damit erhöhten Energieertrag) sorgen als dies bei einer spiegelnden Oberfläche der Fall wäre. Auf der Moduloberfläche lagert sich mit der Zeit eine dünne Staubschicht ab, die auch durch Regen nicht wieder vollständig entfernt wird. Die strukturierte Oberfläche und die leichte Verschmutzung führen zu einer diffuseren Reflexion des Sonnenlichts als bei einer ideal spiegelnden Oberfläche. Des weiteren ist zu berücksichtigen, dass nicht sämtliche Module exakt unter $\varepsilon = 15^\circ$ geneigt und unter $\nu = 0^\circ/180^\circ$ ausgerichtet sind, sondern beide Winkel sind mit einer gewissen, durch die Montage bedingten Toleranz versehen. Diese drei Einflussgrößen führen dazu, dass bei dem jeweiligen Einfallswinkel nicht der volle Anteil von Licht gemäß Bild 2 in die durch das Reflexionsgesetz vorbestimmte Richtung reflektiert wird, sondern ein geringerer Anteil. Dieser Anteil kann nicht genau quantifiziert werden, da die genauen Reflexionseigenschaften des verwendeten Moduls nicht bekannt sind und die Montagetoleranzen nicht vorhergesagt werden können. Erfahrungsgemäß ist damit zu rechnen, dass der Anteil des re-

¹⁾ Herden, Chr.; Rassmus, J. und Gharadjedaghi, B.: Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen. Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten 247, Leipzig 2009

²⁾ PV-FFA: PV-Freiflächenanlage

flektierten Lichts durch diese drei Einflussgrößen gegenüber den Daten des Bildes 2 um ca. 40 % verringert wird.

Befindet sich die PV-Anlage in größerer Entfernung als 1000 m vom Beobachter entfernt, wird das reflektierte Sonnenlicht zusätzlich durch die atmosphärische Trübung, die in bodennahen Schichten der Atmosphäre besonders wirksam ist, gestreut und damit geschwächt. Dieser Effekt hängt von der Art der Umgebung (z.B. Industriegebiet, wald- oder seenreiche Region), dem Wetter und der Entfernung zwischen dem Beobachter und der PV-Anlage ab und kann daher nur grob abgeschätzt werden.

Aus diesen Gründen muss zur Bewertung der Blendgefahr die Beleuchtungsstärke (Intensität) der Blendlichtquelle ins Verhältnis zur Beleuchtungsstärke der Sonne gesetzt werden, wenn Sonnenlicht innerhalb des kritischen Blickwinkelbereiches $\theta \leq 20^\circ$ das Auge eines Lokführers erreicht.

5.2 Störwirkung durch den Flimmereffekt

Periodisch oder unregelmäßig an- und abschwellendes Licht, das ins Auge gelangt, wird als Flimmern bezeichnet. Flimmereffekte werden z. B. von Leuchtstoff- und Energiesparlampen und von Bildschirmen erzeugt. Das menschliche Auge kann die einzelnen Hell-/Dunkelphasen in Abhängigkeit von der Helligkeit und dem Betrachtungswinkel zur Lichtquelle bis zu einer Frequenz von 50 bis 80 Hz unterscheiden; diese Frequenz wird in der Medizin fälschlicherweise „Flimmerfrequenz“ genannt, die korrekte Bezeichnung ist jedoch „Flimmerverschmelzungsfrequenz“. Im Verkehrswesen wird Flimmern durch die periodisch angeordneten Leuchten der Straßen- oder Tunnelbeleuchtung erzeugt. Aber auch der unregelmäßige Hell-/Dunkel-Wechsel, der z.B. beim Durchfahren einer lichten Baumallee entsteht, wird als Flimmern bezeichnet. Flimmern wird allgemein als unangenehme, störende Lichterscheinung empfunden. Das gilt sowohl für das Flimmern von Lampen und Bildschirmen - es ist bekannt, dass Flimmern bei manchen Epileptikern sogar Anfälle auslösen kann (photosensitive Epilepsie) - als auch das von Straßenleuchten oder Baumalleen erzeugte Flimmern. Merkbare Störungen durch den Flimmereffekt sind aber erst dann zu erwarten, wenn die Länge des Flimmerns 20 sec überschreitet.

Es sind zwar keine Unfälle aus dem Verkehrswesen bekannt, die durch Flimmereffekte hervorgerufen worden sind. Um jedoch z.B. im Straßenverkehr jedes Unfallrisiko durch Flimmereffekte auszuschließen, enthalten alle Regelwerke zur Tunnelbeleuchtung Anforderungen an die Begrenzung des Flimmereffektes. So sollen nach einer Empfehlung der „Commission Internationale d'Eclairage“ (Internationale Beleuchtungskommission) die Leuchten in Straßentunneln in solchen Abständen angebracht werden, dass bei der Durchfahrt durch Tunnel mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit Flimmerfrequenzen zwischen 2,5 Hz und 15 Hz vermieden werden. Andere Regelwerke empfehlen die Vermeidung der Flimmerfrequenz im Intervall von 4 Hz bis 11 Hz oder 13 Hz. Als maximal zulässige Einwirkdauer werden 20 sec, 25 sec oder 30 sec empfohlen. Die offensichtliche Unsicherheit bei der Bewertung des Flimmereffektes rührt daher, dass es keine systematischen Studien über den Einfluss des Flimmerns auf die Verkehrssicherheit gibt. Eine aktuelle Internet-Recherche ergibt, dass lt. dort verfügbarer Erfahrungsberichte photosensitive Epilepsie eher bei höheren Frequenzen als 10 Hz und bei Einwirkzeiten oberhalb von 30 sec auftritt.

Deshalb sind PV-Anlagen so auszulegen, dass bei der Vorbeifahrt von Zügen an der PV-Anlage bei einer Einwirkzeit größer als 20 sec keine Flimmerfrequenzen im Intervall 4 Hz bis 15 Hz auftreten können. Durch diese Festlegung ist gewährleistet, dass Störungen der Verkehrssicherheit durch einen Flimmereffekt mit Sicherheit ausgeschlossen werden können.

Der Flimmereffekt bei der Vorbeifahrt an einer PV-Anlage entsteht dadurch, dass die PV-Module in Reihen mit einem festen, regelmäßigen Abstand voneinander angebracht sind, wodurch es zu einer periodischen Unterbrechung des reflektierten Sonnenlichts kommt. Wenn das unterbrochene (intermittierende) Licht ins Auge eines Lokführers eines fahrenden Zuges fällt, wird es als Flimmern **wahrgenommen**. Bei der Berechnung des Auftretens eines Flimmereffektes ist zu berücksichtigen, dass - im Gegensatz zur Blendung - Flimmern als besonders unangenehm empfunden wird, wenn die Störlichtquelle sich nicht im zentralen Blickfeld, sondern seitlich vom Auge des Beobachters befindet. Daher sind bei der Ermittlung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Flimmereffektes horizontale Blickwinkel Lokführer - PV-Anlage ψ bis $\pm 90^\circ$ zu berücksichtigen.

5.3 Störwirkung durch Ablenkung

Die visuelle Informationsaufnahme eines Lokführers während der Fahrt ist ein sehr komplexer Prozess. Er besteht im Wesentlichen aus drei Schritten: Unter **Sehen** ist die Erzeugung einer physiologischen Erregung im Auge durch einen physikalischen Reiz zu verstehen, der in Form einer elektromagnetischen Strahlung vom leuchtenden Objekt ausgeht und ins Auge des Beobachters fällt. Sehen in diesem Sinne ist ein rein physikalisch-physiologischer Vorgang. **Wahrnehmen** bedeutet, dass die im Auge erzeugte und ins Gehirn weitergeleitete Erregung dort eine bewusst erlebte Empfindung hervorruft, beispielsweise einen Leuchtdichte- oder Farbunterschied zwischen dem Objekt und seiner Umgebung. **Erkennen** heißt, dass die Form des Sehobjektes und seine Bedeutung erkannt, genauer gesagt, durch Vergleich des wahrgenommenen Objektes mit im Gedächtnis gespeicherten "Vorlagen" wiedererkannt wird. Während dieser Prozess abläuft, muss der Lokführer zusätzlich entscheiden, ob der Informationsgehalt der erkannten Sehobjekte auf oder unmittelbar neben der Fahrbahn für sein weiteres Verhalten wichtig oder überflüssig ist; davon sind seine weiteren Fahrentscheidungen abhängig. Dieser mehrstufige Prozess spielt sich in wenigen Sekunden, manchmal sogar in Sekundenbruchteilen ab und wiederholt sich ständig. Der Prozess kann jedoch nicht immer ungestört ablaufen. Externe Einflussfaktoren, die die Aufmerksamkeit des Lokführers zusätzlich beanspruchen, können zu Störungen des visuellen Prozesses, zu „visuellem Stress“, führen. Der Lokführer wird durch **überwiegend** ebenfalls visuelle Sehobjekte von seiner Fahraufgabe abgelenkt. Dies können an sich harmlose Objekte sein wie interessante Bauwerke (Gebäude, Brücken, Industrieanlagen - z.B. Raffinerien), Gebirgsformationen, Flusslandschaften oder Seen.

Man wird umso eher auf solche Objekte aufmerksam, je auffälliger sie sind. Die Auffälligkeit eines Objektes steigt mit zunehmender

- Größe
- Helligkeit/Helligkeitskontrast zur Umgebung
- Farbigkeit/Farbkontrast zur Umgebung
- Bewegung (andere Verkehrsteilnehmer)

- Intensität der Änderung des Erscheinungsbildes des Objektes (periodisches oder unregelmäßiges Blinken/Blitzen, Farb- oder Größenänderung, Pendeln)
- Andersartigkeit, bezogen auf die Umgebung
- Neuigkeitscharakter

Erreicht die Auffälligkeit dieser Parameter ein bestimmtes Maß, kommt es zu einer meist unbewussten Blickzuwendung des Lokführers zu dem Sehobjekt = Ablenkung. Bei sehr hoher Auffälligkeit kann die Blickzuwendung und Ablenkung so lange andauern, dass für den Lokführer wichtige Informationen nicht mehr rechtzeitig wahrgenommen werden können - es kann zu verkehrsgefährdenden Situationen kommen.

6 Beschreibung der Blend- und Störwirkungen für Lokführer

Die in Abschnitt 5.1 bis 5.3 beschriebenen Blend- und Störwirkungen sind aus Erfahrungen für den Straßenverkehr abgeleitet. Sie gelten grundsätzlich auch für Lokführer aller Art von Zügen. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich die Sehaufgabe eines Lokführers wesentlich von der eines Kraftfahrers unterscheidet: Letzterer orientiert sich - trotz Navigations- und anderer Fahrerassistenzsysteme - über die Verkehrssituation fast ausschließlich mittels des Sehapparates (Auge-Nervenleitung-Gehirn). Er muss ständig die wechselnden visuellen Eindrücke aufnehmen, verarbeiten und daraus seine Fahrentscheidungen ableiten. Ein Lokführer muss die vor ihm liegende Strecke beobachten und muss die optischen Signale und andere an der Strecke vorhandene Hinweistafeln aus bestimmten, durch die entsprechenden Vorschriften festgelegten Entfernungen erkennen können. Zusätzlich hat der Lokführer eine Reihe technischer Einrichtungen zur Verfügung, die ihn bei der Fahraufgabe unterstützen. Das sind Anzeigeelemente und Monitore, auf denen der Lokführer jederzeit alle Informationen über den Fahrweg, den momentanen Betriebszustand des Zuges und Anweisungen zum Fahrbetrieb bekommt. Die visuelle Beobachtung und Überwachung der Anzeigeelemente durch den Lokführer stellt eine zusätzliche Sicherheitsebene dar. Physiologische Blendung kann dazu führen, dass die visuelle Erkennung der Strecke vor dem Zug, die Erkennbarkeit der Signale und der genannten Instrumente im Führerstand beeinträchtigt wird und dadurch diese Sicherheitsebene wegfällt. Die stärkste physiologische Blendung tritt auf, wenn man direkt in die Lichtquelle blickt; je größer der Winkel zwischen Lichtquelle und Blickrichtung ist, um geringer fällt der Blendeffekt bei konstanter Lichtintensität.

7 Blend- und Störpotential der geplanten PV-Anlage

7.1 Blendung

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

Diese Wahrscheinlichkeit kann mithilfe eines so genannten Sonnenstandsdiagramms ermittelt werden. Bild 3 zeigt das Sonnenstandsdiagramm für Nemsdorf-Göhrendorf 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. 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 θ zwischen Lokführer und PV-Anlage ermittelt werden. θ ergibt sich aus folgender Formel:

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

σ ist der Winkel, gebildet durch die Höhe des Lokführerauges h_F über der Geländeoberkante und die Entfernung zum Blickpunkt auf dem Gleiskörper. Als Augenhöhe h_F über GOK (Höhe Gleisbett, Schienen, Höhe des Lokführerauges oberhalb der Schienenoberkante) wird ein Wert von ca. 4 m eingesetzt, um auch die Sichtbedingungen der Lokführer von Güterzügen einbeziehen zu können (hinsichtlich Blendung kritischerer Fall). Es wird weiter vorausgesetzt, dass der Lokführer normalerweise ca. 100 m voraus auf den Gleiskörper schaut. Mit der Augenhöhe h_F von 4 m ergibt sich daraus ein vertikaler Winkel σ von ca. $-2,3^\circ$, unter dem der Lokführer auf den Gleiskörper blickt.

λ ist der vertikale Winkel, gebildet durch die Differenz der Höhe Lokführerauge - Höhe der Mitte PV-Modul und die Entfernung Lokführerauge - PV-Modul für einen bestimmten Punkt der PV-Anlage. Bei der Ermittlung von λ ist die Position des Lokführerauges über GOK, die maximale Höhe der Module h_M über GOK 2,96 m (s. Abschnitt 4.2), sowie die momentane Differenz zwischen GOK der Bahntrasse und der PV-Anlage zu berücksichtigen.

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

Damit Sonnenlicht in Richtung Lokführerauge reflektiert werden kann, muss der vertikale Blickwinkel des Lokführers 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 jeden Punkt der Vorbeifahrt eines Zuges an der PV-Anlage werden nun mittels google earth die Winkel τ , α , ψ bestimmt, dann wird nach obiger Formel θ berechnet. Mit den weiteren Parametern Neigung der Module $\varepsilon = 15^\circ$ nach Süd, der Orientierung $\nu = 0^\circ/180^\circ$ der Module, der Blickrichtung τ und dem vertikalen Winkel λ werden anschließend 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.

Im Folgenden werden die Winkel α und γ entweder für einen Sichtstrahl des Lokführers zu einem Punkt der PV-Anlage bestimmt - dann bilden die α -/ γ -Werte eine Kurve - oder die Winkel α / γ werden für die gesamte Fläche der PV-Anlage bestimmt, dann

bilden die α -/ γ -Werte eine Fläche. Als Bewertungspunkte wurden die in Bild 3 eingezeichneten Punkte A bis D bzw. E bis H sowie je nach Notwendigkeit dazwischen liegende Punkte verwendet. Haben die γ -Kurven oder γ -Flächen Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht ins Lokführerauge; die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden. Berücksichtigt wurden alle Blendwinkel Lokführer - PV-Anlage $\theta \leq 20^\circ$, weil nach Abschnitt 5.1 nur innerhalb dieses Winkelbereichs reflektiertes Sonnenlicht evtl. eine störende Blendung erzeugen kann.

7.1.1 Übersichtsberechnung

Um einen Überblick zu bekommen, ob überhaupt Sonnenlicht zum Lokführer reflektiert werden kann, wurden zunächst für beide Fahrtrichtungen die γ -Kurven für einen Punkt der beiden Teilanlagen 4 und 5 bestimmt: In Fahrtrichtung West jeweils für die Mitte der beiden Teilanlagen aus Entfernungen des Zuges von 3000 m bis 250 m, in Fahrtrichtung Ost für die Bewertungspunkte C bzw. F (jeweils kritischster Punkt der beiden Teilanlagen) aus Entfernungen des Zuges von 330 m bis 50 m zu diesen Bewertungspunkten.

Die für die geplante Ausrichtung der Modultische $\nu = 0^\circ/180^\circ$ ermittelten γ -Kurven sind in Bild 3 als durchgezogene Kurven eingetragen. In Fahrtrichtung West haben die γ -Kurven für beide Teilanlagen (Kurven 4 und 5) Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann damit zum Lokführer reflektiert werden, und zwar ca. vom 13. 4. bis 2. 9. (Teilanlage 4) bzw. ca. vom 12. 3. bis 12. 4. sowie vom 4. 9. bis 2. 10. (Teilanlage 5), gegen 18.00 Uhr bis 18.30 Uhr (jeweils MEZ). In Fahrtrichtung Ost hat nur die γ -Kurve für die Teilanlage 4 (Kurve 44) Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann in der Jahreszeit ca. vom 12. 3. bis 25. 3. und 18. 9. bis 3. 10. gegen 6.30 Uhr MEZ zum Lokführer reflektiert werden. Die γ -Kurve für die Teilanlage 5 (Kurve 55) liegt unterhalb des Polardiagramms, sie hat keine Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann nicht zum Lokführer reflektiert werden. Wenn γ -Kurven unterhalb des Polardiagramms liegen, kann rechnerisch nur bei negativen Sonnenständen (die Sonne steht unterhalb des Horizonts) Sonnenlicht ins Auge eines Lokführers reflektiert werden. In der Realität bedeutet diese Aussage, dass das Sonnenlicht immer weit über die Lok hinweg reflektiert wird.

Die Blickwinkel θ des Lokführers zum jeweils betrachteten Bewertungspunkt der PV-Anlage betragen überwiegend weniger als 5° ; das bedeutet, dass der Lokführer nicht die Möglichkeit hat, das reflektierte Sonnenlicht durch eine Sonnenblende oder andere Hilfsmittel „auszublenden“, da er ja die vor ihm liegende Strecke und evtl. vorhandene Signale beobachten muss. Die Intensität des reflektierten Sonnenlichts - es handelt sich um einen Zeitraum 1 bis 1,5 Stunden vor Sonnenuntergang - ist so hoch, dass tatsächlich mit einer Blendung eines Lokführers gerechnet werden muss.

Deshalb muss dafür gesorgt werden, dass das Sonnenlicht in andere, ungefährlichere Richtungen reflektiert wird oder die PV-Anlage muss so abgeschirmt werden, dass das Sonnenlicht das Lokführerauge nicht erreichen kann. Eine Änderung des Neigungswinkels ε der Module hat nur marginale Änderung der Richtung des reflektierten Sonnenlichts zur Folge und ist daher nicht zielführend. Die einfachste Maßnahme, eine merkliche Änderung der Reflexionsrichtung zu erreichen, besteht darin, die Ausrichtung der Modultische zu ändern. Es bietet sich an, die Modultische um 13° im Uhr-

zeigersinn zu drehen; dann entspricht die Ausrichtung der Modultische der Ausrichtung der Trasse bzw. der Richtung der Längsachsen der Teilanlagen 4 und 5. Die für die Ausrichtung $\nu = 13^\circ/193^\circ$ ermittelten γ -Kurven sind in Bild 3 als punktierte Kurven (Kurven 4' bis 55') eingezeichnet. In Fahrtrichtung West wird von Teilanlage 4 (Kurve 4') nach wie vor das Sonnenlicht zur PV-Anlage reflektiert, wenn auch zu anderen Jahreszeiten. Die γ -Kurve 5' für Teilanlage 5 liegt jetzt unterhalb des Polardiagramms, Sonnenlicht kann nicht mehr das Lokführerauge erreichen. In Fahrtrichtung Ost bleibt die γ -Kurve 55' für die Teilanlage 5 außerhalb des Polardiagramms; während sich bei Teilanlage 4 (Kurve 44') die Situation sogar verschärft, weil Sonnenlicht jetzt in einem größeren Jahreszeitanteil und mit höherer Intensität (die Sonne würde jetzt höher am Himmel stehen) zum Lokführer reflektiert wird. Wollte man auch bei Teilanlage 4 Sonnenlichtreflexion in Richtung Lokführer vermeiden, müssten die Modultische um mindestens 12° **gegen** den Uhrzeigersinn gedreht werden. Dies ist technisch zwar möglich, aber wegen der dann nicht mehr vorhandenen Südausrichtung der Module verringert sich der Energieertrag und wegen des dann vorhandenen Winkels von 25° zwischen Modultischausrichtung und der Längsachse der Teilanlage könnte man weniger Modultische installieren; damit würde die gesamte Anlage unwirtschaftlich werden.

Die Drehung der Modultische um 13° im Uhrzeigersinn ist also bei Teilanlage 4 kontraproduktiv, bei der Teilanlage 5 aber erfolgreich und durchaus sinnvoll, da zwar auch hier ein Ertragsverlust eintritt, der aber durch die größere Anzahl von Modultischen kompensiert werden kann (Ausrichtung Modultisch entspricht dann Ausrichtung der Längsachse!). In den folgenden Abschnitten werden die γ -Flächen für die gesamten Teilanlagen 4 und 5 berechnet um festzustellen, ob eine Abschirmung der Teilanlagen gegenüber dem Lokführer sinnvoll und möglich ist und ob die Drehung der Modultischausrichtung für die gesamte Teilanlage 5 zielführend ist.

7.1.2 Fahrtrichtung West

In Bild 4 sind die γ -Flächen für die Teilanlagen 4 und 5 für drei Entfernungen der Lok von der PV-Anlage eingetragen (γ -Flächen 1 bis 6). Von Teilanlage 4 mit der Ausrichtung der Modultische $0^\circ/180^\circ$ wird bei **jeder** Entfernung der Lok Sonnenlicht zum Lokführer reflektiert, und zwar etwa in der Jahreszeit vom 10. April bis 10. September (γ -Flächen 1 bis 3). Von Teilanlage 5 mit der Ausrichtung der Modultische $13^\circ/193^\circ$ wird bei **keiner** Entfernung der Lok Sonnenlicht zum Lokführer reflektiert (γ -Flächen 4 bis 6). Damit werden die Ergebnisse des Abschnittes 7.1.1 untermauert. Die nördlich der Bahntrasse gelegene Teilanlage 4 muss gegen einen Einblick von der Bahntrasse aus abgeschirmt werden. Dies kann geschehen, indem die Zäune an der östlichen Begrenzung dieser Teilanlage, zwischen den Eckpunkten B und C in Bild 1, und an der südlichen Begrenzung von Punkt C parallel zur Bahntrasse bis zum Beginn der hohen Bäume (s. gelbe durchgezogene Linie in Bild 1) bis zu einer Höhe von 3 m blickdicht ausgeführt werden oder indem dort eine 3 m hohe Hecke gepflanzt wird. Da die Reflexion in der Vegetationsperiode auftritt, kann die Hecke aus laubabwerfenden Gehölzen bestehen.

Die südlich der Bahntrasse gelegene Teilanlage 5 muss, wenn die Modultische um 13° gedreht werden, **nicht** zusätzlich abgeschirmt werden. Wenn man allerdings bei der Ausrichtung $0^\circ/180^\circ$ der Modultische bleiben will, muss auch diese Teilanlage gegen Einblick von der Bahntrasse aus abgeschirmt werden (s. gelbe gestrichelte Linie in Bild 1).

7.1.3 Fahrtrichtung Ost

Da die PV-Anlage erst sichtbar wird, wenn ein Zug den Geländeeinschnitt durchfahren hat, genügt die Berechnung für die Sichtbedingungen eines Lokführers, dessen Zug sich gerade am Ende dieses Einschnittes befindet. Die Flächen 7 und 8 in Bild 4 zeigen die γ -Flächen für diese Situation. Im März und April sowie September und Oktober wird Sonnenlicht von der Teilanlage 4 zum Lokführer reflektiert (γ -Fläche 7), was durch die im vorigen Abschnitt genannte Abschirmung verhindert werden kann. Von keinem Punkt der Teilanlage 5 wird Sonnenlicht zum Lokführer reflektiert (γ -Fläche 8), die zur Verhinderung der Sonnenlichtreflexion in Fahrtrichtung West notwendige Drehung der Modulausrichtung um 13° wirkt sich in Fahrtrichtung Ost nicht nachteilig aus.

7.1.4 Ergebnis Blendung

Zu den Teilflächen 1 bis 3 besteht von der Bahntrasse aus kein Einblick, Blendung eines Lokführers kann nicht auftreten. Der Einblick von der Bahntrasse zur nordwestlichen Teilanlage 4 muss durch einen 3 m hohen, blickdichten Zaun oder durch Pflanzung einer 3 m hohen Hecke verhindert werden, dann erzeugt auch diese Teilanlage keine Blendung. Sonnenlichtreflexion und damit Blendung eines Lokführers von der südwestlichen Teilanlage 5 kann verhindert werden, wenn die Modultische nicht in Ost-West-Richtung ausgerichtet, sondern um 13° im Uhrzeigersinn, parallel zur Ausrichtung der Bahntrasse bzw. der Längsachse der Teilanlage, gedreht werden. Alternativ kommt auch hier die Abschirmung durch einen blickdichten Zaun oder einer Hecke von 3 m Höhe in Betracht.

7.2 Flimmereffekt

Bei Durchführung der genannten Maßnahmen erreicht in keiner Blicksituation reflektiertes Sonnenlicht das Auge eines Lokführers. Deshalb kann kein Flimmereffekt entstehen.

7.3 Ablenkung

Eine PV-Anlage, die im Wesentlichen aus regelmäßig angeordneten, eher dunklen Solarmodulen besteht, ist ein visuell unauffälliges Bauwerk, das sich von der im Umfeld vorhandenen, ebenfalls dunklen Vegetation oder den dunklen Ackerflächen kaum abhebt. Da keine Reflexionen von Sonnenlicht in Richtung Lokführer auftreten bzw. diese durch Abschirmmaßnahmen verhindert werden, kann auch dadurch keine erhöhte Auffälligkeit erzeugt werden. Als einziges, die Auffälligkeit erhöhendes Merkmal, bleibt der Neuigkeitscharakter der Anlage. In diesem Aspekt unterscheidet sich die PV-Anlage aber nicht von jedem beliebigen anderen neu errichteten Bauwerk, das von einer Bahntrasse aus sichtbar ist. Die Lokführer befahren immer wieder die gleiche Strecke, erleben so die PV-Anlage bereits während ihrer Installation, so dass auch eine erhöhte Auffälligkeit infolge des Neuigkeitscharakters auszuschließen ist, wenn die PV-Anlage fertig gestellt ist. Eine erhöhte Aufmerksamkeit und Ablenkungsgefahr durch die PV-Anlage kann daher insgesamt ausgeschlossen werden.

8 Zusammenfassung

Die in Nemsdorf-Göhrendorf in unmittelbarer Nähe der Bahnstrecke Merseburg-Querfurt geplante Photovoltaik-Anlage erzeugt nach Änderung der Ausrichtung der Modultische und/oder nach Durchführung von Abschirmmaßnahmen keine Blendung für Lokführer. Flimmereffekte treten nicht auf. Eine Ablenkungsgefahr durch die PV-Anlage ist ebenfalls nicht zu erwarten.

Insgesamt kann eine Gefährdung des Zugverkehrs durch die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage in Nemsdorf-Göhrendorf mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Von daher ist gegen die Errichtung der Anlage nach Durchführung der vorgeschlagenen Änderungen nichts einzuwenden.



Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

Anhang

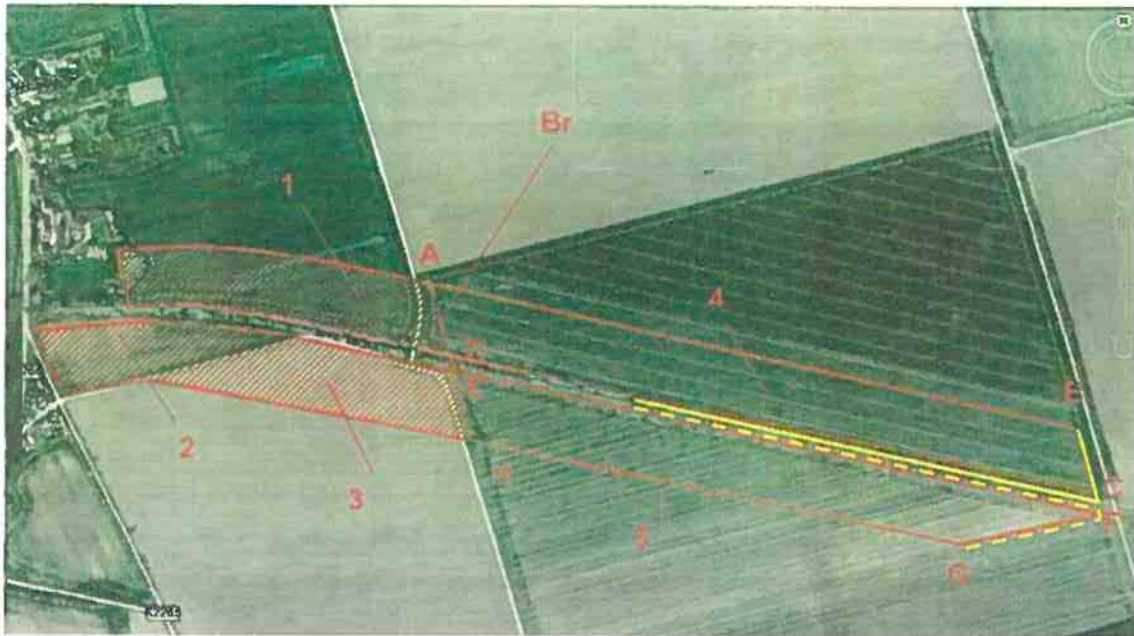


Bild 1: Schematische Darstellung der 5 Teilflächen der geplanten PV-Anlage.
A bis H: Bewertungspunkte der Teilanlagen 4 und 5;
Br. Brücke über der Bahntrasse;
Abschirmung der PV-Teilanlage notwendig möglich

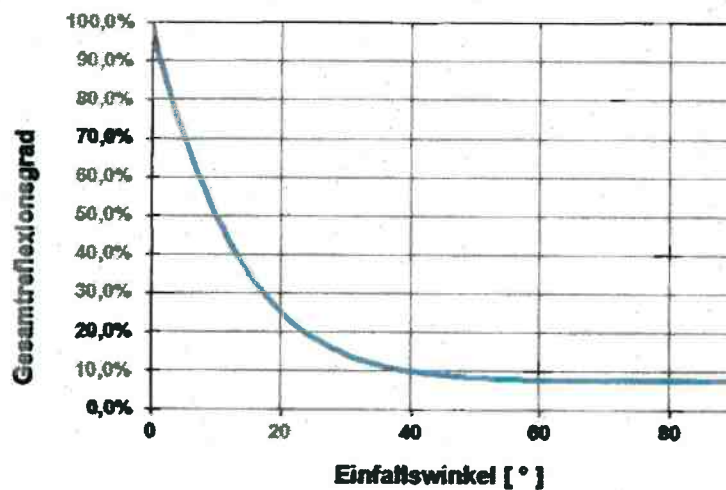
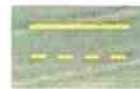


Bild 2: Gesamtreflexionsgrad der Oberfläche eines neuen Solarmoduls in Abhängigkeit vom Einfallswinkel des Sonnenlichts. Winkel nahe 0°: Das Licht fällt streifend auf die Moduloberfläche. 90°: senkrechter Lichteinfall

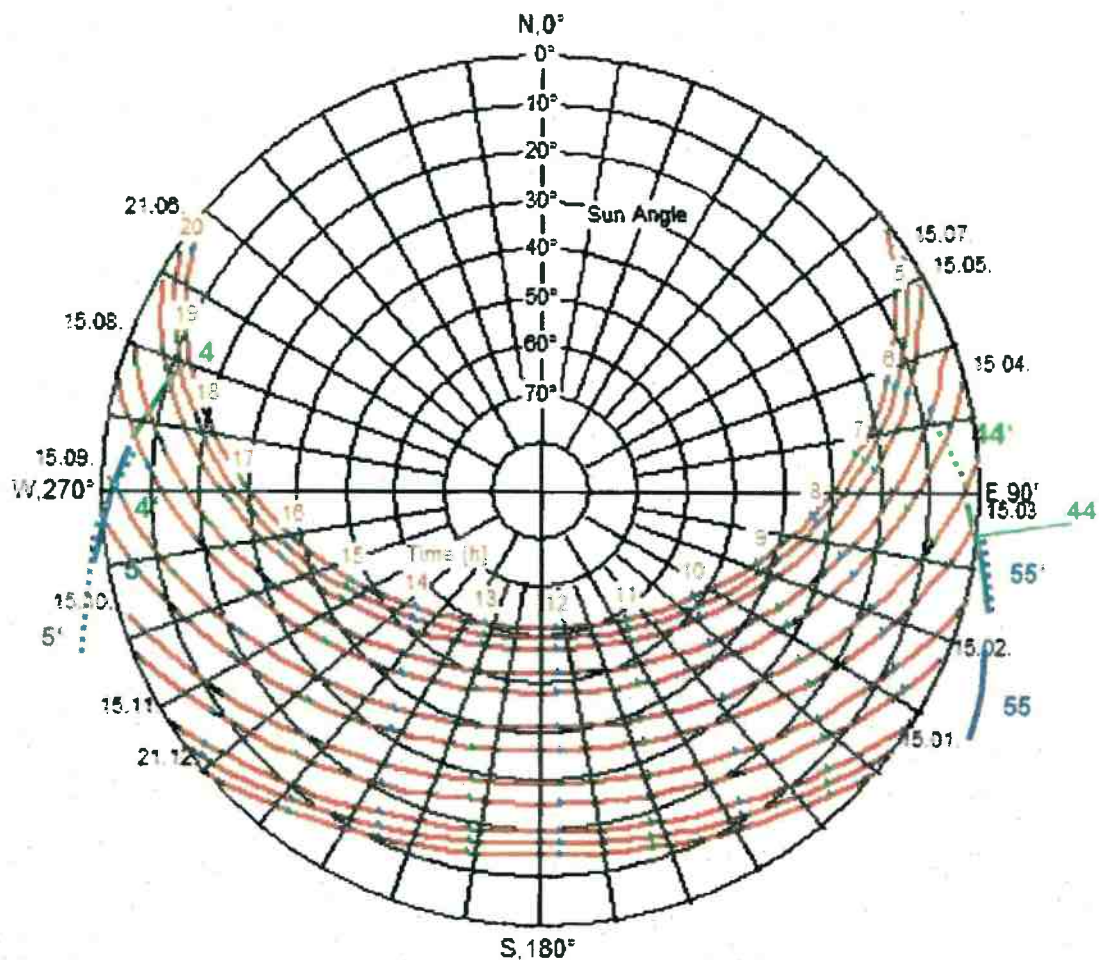


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung; rote Linien) für Nemsdorf-Göhrendorf

Fahrtrichtung West, Blick zu Mitte PV-Teilanlage 4 bzw. 5: γ -Kurven 4 bzw. 5: Ausrichtung $\nu = 0^\circ$; γ -Kurven 4' bzw. 5' (punktiert): Ausrichtung $\nu = 13^\circ$

Fahrtrichtung Ost, Blick zu PV-Teilanlage 4, Punkt C bzw. Teilanlage 5, Punkt F: γ -Kurven 44 bzw. 55: Ausrichtung $\nu = 0^\circ$; γ -Kurven 44' bzw. 55' (punktiert): Ausrichtung $\nu = 13^\circ$

Quelle des Sonnenstandsdiagramms: www.stadtklima-stuttgart.de

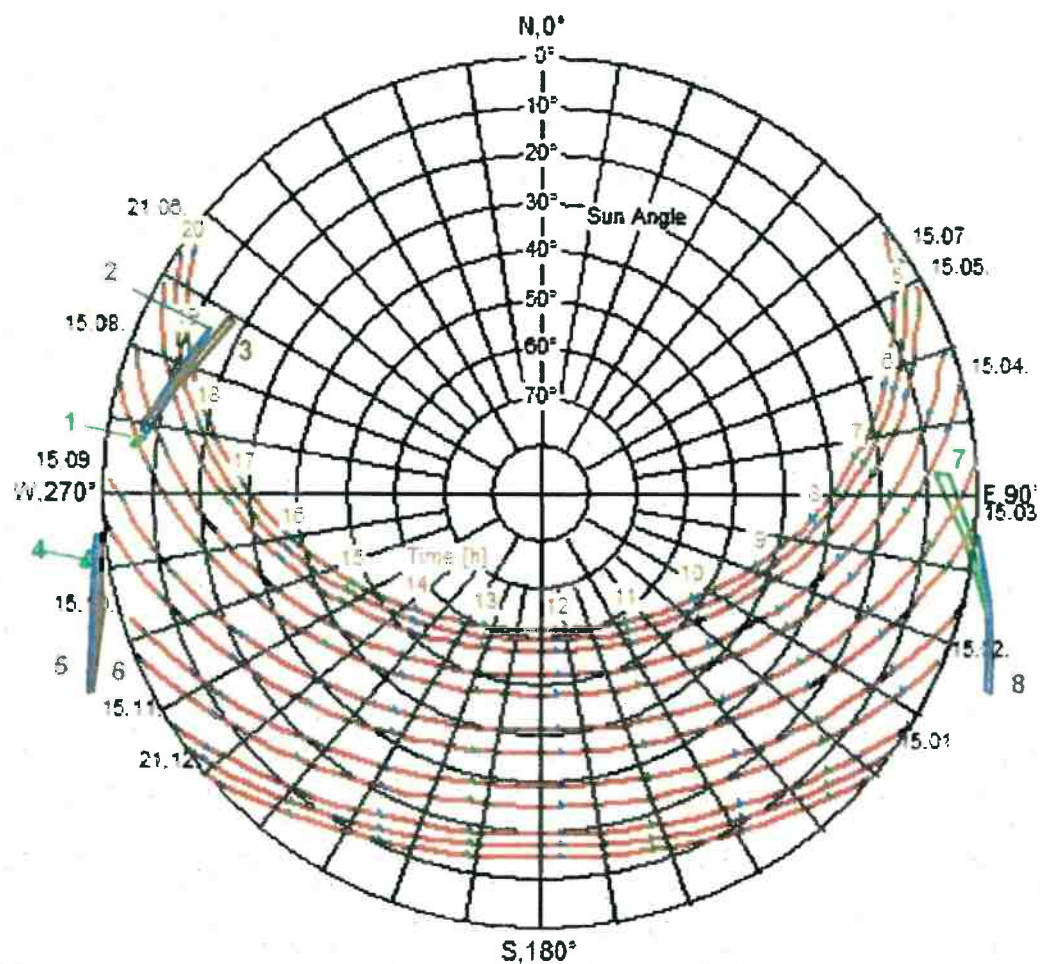


Bild 4: Monatlicher Sonnenstand für Nemsdorf-Göhrendorf

Fahrtrichtung West:

γ -Flächen 1, 2, 3: Entfernung Lokführer zum westlichen Rand Teilanlage 4 = 4000 m, 1000 m, 500; Ausrichtung $\nu = 0^\circ$

γ -Flächen 4, 5, 6: Entfernung Lokführer zum westlichen Rand Teilanlage 5 = 3500 m, 1000 m, 500; Ausrichtung $\nu = 13^\circ$

Fahrtrichtung Ost:

γ -Fläche 7: Entfernung Lokführer zum östlichen Rand Teilanlage 4 = 830 m, Ausrichtung $\nu = 0^\circ$

γ -Fläche 8: Entfernung Lokführer zum östlichen Rand Teilanlage 5 = 830 m, Ausrichtung $\nu = 13^\circ$

Z u s a t z s t e l l u n g n a h m e
zu Gutachten G21/2012 zur Frage der eventuellen Blend-
und Störwirkung von Lokführern durch eine neben einer Bahnstrecke
bei Nemsdorf-Göhrendorf installierte Photovoltaik-Anlage

1 Bisheriger Sachverhalt

Die juwi Solar GmbH plant die Errichtung einer Photovoltaik-Anlage in Nemsdorf-Göhrendorf in unmittelbarer Nähe der eingleisigen Bahnstrecke Merseburg-Querfurt. Es besteht die Besorgnis, dass Lokführer der diese Strecke befahrenden Züge 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. In o.a. Gutachten hatte der Unterzeichner festgestellt, dass von den Flächen der PV-Anlage, die westlich der Brücke über die Bahntrasse (s. „Br“ in Bild 1) liegen, keine Blendwirkung ausgeht. Die Flächen östlich dieser Brücke und nördlich der Bahntrasse müssen gegen Einblick von der Bahntrasse durch einen 3 m hohen, blickdichten Zaun oder durch eine 3 m hohe Hecke geschützt werden. Sonnenlichtreflexion und damit Blendung eines Lokführers von den östlich der Brücke und südlich der Bahntrasse gelegenen Flächen kann verhindert werden, wenn die Modultische nicht in Ost-West-Richtung ausgerichtet, sondern um 13° im Uhrzeigersinn, parallel zur Ausrichtung der Bahntrasse bzw. der Längsachse der Teilanlage, gedreht werden. Alternativ kommt auch hier die Abschirmung durch einen blickdichten Zaun oder einer Hecke von 3 m Höhe in Betracht.

2 Flächenänderung

Die Fa. Juwi teilt nunmehr mit, dass die Gesamtfläche der PV-Anlage gegenüber der ursprünglichen Planung reduziert worden ist. Die neuen Flächen sind in Bild 1 dargestellt. Es stellt sich erneut die Frage, ob eine Abschirmung einzelner Teilflächen notwendig ist.

Die Berechnungen ergeben:

- Die drei Teilflächen 1, 2 und 3 (s. Bild 1) westlich der Brücke müssen nicht abgeschirmt werden, weil von diesen Flächen kein reflektiertes Sonnenlicht das Lokführerauge erreicht.
- Die Teilfläche 4 muss am östlichen Rand durch einen 3 m hohen Zaun oder eine 3 m hohe Hecke abgeschirmt werden (s. gelbe, durchgezogene Linie in Bild 1). Der südliche Rand muss jedoch keine Abschirmung erhalten; die verbliebene Länge dieser Strecke ist durch Bäume bzw. Buschwerk gegen Einblick von der Bahntrasse geschützt. Weggefallen ist der Anteil dieser Teilfläche, der gemäß ursprünglicher Planung hätte abgeschirmt werden müssen. Eine Verhinderung

von Sonnlichtreflexion zum Lokführer durch Drehung der Ausrichtung der Modultische ist nicht möglich.

- Reflexion von Teilfläche 5 in Richtung Lokführer kann verhindert werden, wenn die Modultische nicht in Ost-West-Richtung ausgerichtet, sondern um 13° im Uhrzeigersinn, parallel zur Ausrichtung der Bahntrasse bzw. der Längsachse der Teilanlage, gedreht werden. Alternativ kommt auch hier die Abschirmung durch einen blickdichten Zaun oder einer Hecke von 3 m Höhe in Betracht (s. gelbe, unterbrochene Linie in Bild 1). Die Reduzierung auch dieser Teilfläche bewirkt eine Reduzierung der Länge der Abschirmung des nördlichen Randes, verglichen mit der ursprünglichen Planung.

3 Zusammenfassung

Die Reduzierung der Grundfläche der PV-Anlage bewirkt eine Verkürzung der Länge der notwendigen Abschirmung. Alle übrigen Aussagen des o.a. Gutachtens bleiben erhalten. Bei Durchführung der vorgeschlagenen Abschirmmaßnahmen tritt keine Blendung eines Lokführers auf, insgesamt kann eine Gefährdung des Zugverkehrs durch die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage in Nemsdorf-Göhrendorf dann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Von daher ist gegen die Errichtung der Anlage nach Durchführung der vorgeschlagenen Abschirmmaßnahmen nichts einzuwenden.

U. Mursch

Diese Zusatzstellungnahme wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

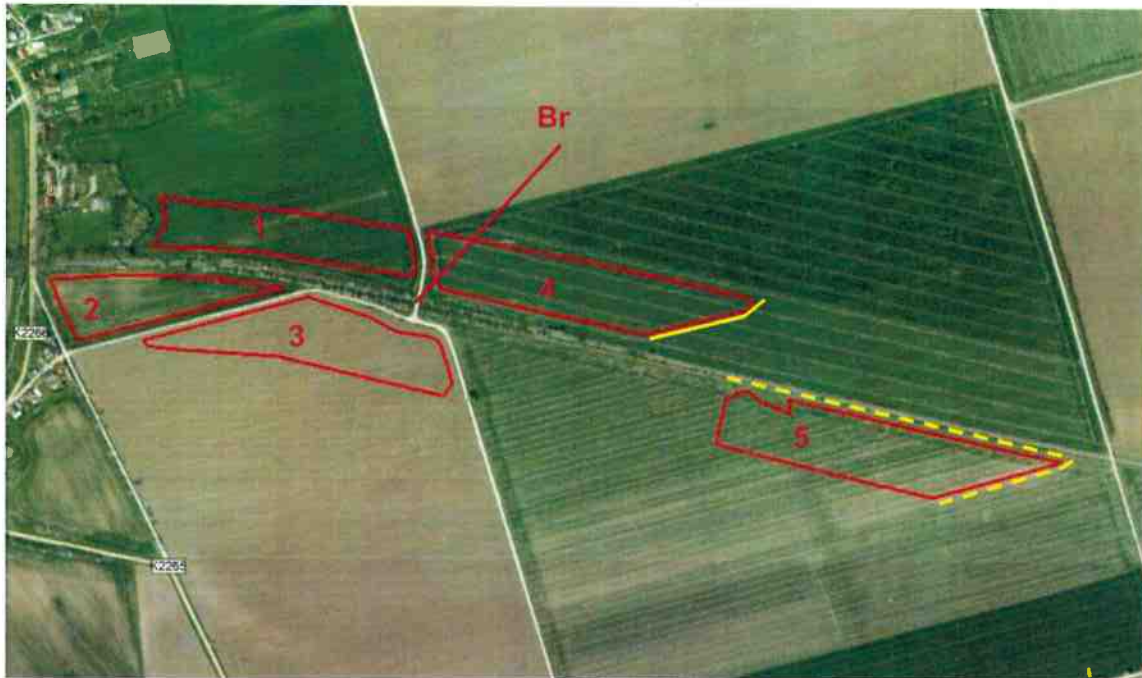


Bild 1: Schematische Darstellung der 5 Teilflächen der geplanten PV-Anlage.
 Br: Brücke über der Bahntrasse;
 Abschirmung der PV-Teilanlage notwendig
 möglich

