

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 9. 4. 2021

**G u t a c h t e n G20/2021**  
**zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung**  
**von sich in Gebäuden aufhaltenden Personen und Lokführern**  
**durch eine in Mühlenbeck zu installierende Photovoltaikanlage**

(Dieses Gutachten besteht aus 10 Seiten  
und einem Anhang mit weiteren 4 Seiten)

### **1 Auftraggeber**

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte das Berufsförderungswerk Berlin-Brandenburg e.V., Standort Mühlenbeck, Kastanienallee 25 in 16567 Mühlenbeck, im Folgenden BFW genannt.

Auftragsdatum: 6. 4. 2021

### **2 Auftragsache**

Das BFW plant die Errichtung einer Freiflächen-Photovoltaikanlage am Standort Mühlenbeck. Es stellt sich die Frage, ob sich Personen, die sich in Gebäuden in der Nähe der PV-Anlage (Immissionsorte) aufhalten, durch die PV-Anlage in unzumutbarer Weise geblendet oder belästigt werden könnten. Zusätzlich ist zu klären, ob Lokführer einer künftig wieder zu befahrenden Bahnstrecke 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)	$\alpha$
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 Fensterfläche/Lokführer - PV-Anlage	$\tau$
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontaler Blickrichtung Anwohner/Lokführer - PV-Anlage	$\psi$
vertikaler Blickwinkel Anwohner/Kraftfahrer - PV-Anlage	$\lambda$

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

Die topografischen Daten und die Beschreibung der Anlage beruhen auf folgenden Informationen, die von der IngenieurNetzwerk Energie eG in 49186 Bad Iburg und dem BFW zur Verfügung gestellt wurden:

- Modulbelegungsplan
- Modultischquerschnitt
- Geländehöhenplan

Weitere mündliche und Emailinformationen erfolgen durch Herrn Stefan Remme, IngenieurNetzwerk und durch Herrn Klaus Müller, BFW.

Zusätzliche Informationen wurden bei einer Ortsbesichtigung gewonnen.

Die Geländehöhen der PV-Anlage wurden dem Höhenplan entnommen. Die Fensterhöhen der benachbarten Gebäude wurden bei einer Ortsbesichtigung gemessen. Die Entfernungen und horizontalen Winkel wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Mühlenbeck (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 Mühlenbeck und topografische Daten**

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

Die PV-Anlage wird auf einer Rasenfläche auf dem Gelände des BFW errichtet. Östlich und südlich der Anlage befinden sich Gebäude des BFW, westlich ein Parkplatz und nördlich der PV-Anlage die Kleingartenanlage Hasenheide, s. Bild 1 im Anhang. Die zweiteilige Grundfläche der PV-Anlage (s. Bild 2) ist rechteckig; die Längsachse ist nicht in Ost-West-Richtung ausgerichtet, sondern um 24,5° im Uhrzeigersinn gedreht. Die westliche Teilfläche liegt auf einer Höhe von 53,6 m über Normalnull (NN). Die beiden Teilflächen sind durch eine nach Westen abfallende Böschung von ca. 1 m Höhe voneinander getrennt, so dass die westliche Teilfläche auf einer Höhe von ca. 52,6 m liegt. Die Gesamtfläche der PV-Anlage beträgt ca. 5400 m<sup>2</sup>. Alle nachfolgenden Berechnungen erfolgen für die Gesamtfläche der PV-Anlage ohne Berücksichtigung der freibleibenden Fläche zwischen den beiden Teilanlagen.

Es ist geplant, Solarmodule des Typs Trina Solar Honey M TSM-360 mit einer Modulleistung von je 360 Wp einzusetzen. Die installierte Leistung liegt bei 345,6 kW<sub>peak</sub>. Die Neigung  $\epsilon$  der Module gegen Süd beträgt 25°. Die Module werden auf sogenannten Modultischreihen montiert, deren Länge der verfügbaren Breite der Fläche entspricht. Die Ausrichtung der Modultischreihen erfolgt nicht wie üblich in Ost-West-Richtung, sondern die Modultischreihen sind im Uhrzeigersinn um 24,5° gedreht, um das PV-Anlagengelände mit einer größtmöglichen Anzahl von Modulen bestücken zu können. Die Höhe der Modulober- bzw. -unterkante über Geländeoberkante (GOK) beträgt 2,219 m bzw. 0,80 m.

## **5.2 Die untersuchten Immissionsorte**

### **5.2.1 BFW**

In Bild 1 sind die zu untersuchenden Immissionsorte mit den Markierungen A bis F versehen.

Markierungen A und B: Bei diesem Gebäude handelt es sich um eine Sporthalle mit Fenstern, die durchgehend vom Hallenboden bis zum Dachgeschoss reichen. Markierung A liegt am nördlichen, Markierung B am südlichen Fenster der Sporthalle. Die Räume einer Sporthalle sind in der Licht-Leitlinie des Landes Brandenburg (s. Abschnitt 6) nicht unter den schutzwürdigen Räumen aufgeführt. Dort Sporttreibende können aber der gleichen Blend- und Störwirkung unterliegen wie Personen in schutzwürdigen Räumen; zudem stellt Blendung bei der Sportausübung sogar ein Unfallrisiko dar, so dass diese Sporthalle in diesem Gutachten schutzwürdigen Räumen im Sinne der Licht-Leitlinie als gleichgestellt betrachtet wird. Der Fußboden der Sporthalle liegt auf gleicher Höhe wie die östliche PV-Teilfläche.

Markierung C bis E: In diesen Gebäuden befinden sich Büro- und Schulungsräume der BFW. Das eingeschossige Gebäude bei Markierung C und das zweigeschossige Gebäude bei Markierung D liegt auf gleichem Niveau wie die wie die östliche PV-Teilfläche, das Gebäude Markierung E ist ebenfalls zweigeschossig, liegt aber 3 m bis 3,50 m unterhalb des Höhenniveaus der westlichen PV-Teilfläche, so dass das Obergeschoss auf der Höhe der westlichen PV-Teilfläche liegt.

### **5.2.2 Wohngebäude**

An der Hermann-Grüneberg-Str. liegen mehrere Wohnhäuser, deren Ostfassaden in Richtung der PV-Anlage zeigen. Das blendkritischste, zweistöckige, Wohnhaus ist das in Bild 1 mit Markierung F gekennzeichnete Haus mit der Hausnr. 11b, das in die Untersuchungen einbezogen wurde.

### **5.2.3 Kleingartenanlage Hasenheide**

Nordöstlich bis nördlich der PV-Anlage befindet sich die Kleingartenanlage Hasenheide. Nach bundes- und landesgesetzlichen Regelungen dürfen Gebäude in Kleingartenanlagen nicht zum dauerhaften Wohnen genutzt werden. Es ist deshalb fraglich, ob solche Räume formal unter die Regelung der Licht-Leitlinie fallen. Andererseits ist der ständige Aufenthalt in Gebäuden von Kleingärten tagesüber selbstverständlich unbeschränkt gestattet, so dass die Nutzer der Kleingartenanlage tatsächlich den gleichen, evtl. unzumutbaren, Blend- und Störwirkungen unterliegen können wie die Nutzer „echter“ Wohnräume. Deshalb werden die Gebäude der KGA Hasenheide unabhängig von ihrer formalen Einstufung in diesem Gutachten de facto als Wohnräume in Sinne der Licht-Leitlinie betrachtet und mit untersucht. Als blendkritischstes, für die KGA repräsentatives Gebäude wurde das zweistöckige Gebäude mit der Markierung G für die Berechnungen ausgewählt.

## **5.3 Bahnstrecke Basdorf - Mühlenbeck**

Diese Bahnstrecke ist seit Jahrzehnten außer Betrieb. Nach Kenntnis des Unterzeichners sind die Bahnbetriebsrechte jedoch nicht erloschen und die Wiederinbetriebnahme der Strecke ist für die nächsten Jahre geplant. Deshalb muss auch untersucht werden, ob Lokführer auf dieser Strecke geblendet werden können. Die Stre-

cke verläuft im Fahrtrichtungswinkel  $25^\circ/205^\circ$ , also in Fahrtrichtung Nordost-Südwest bzw. umgekehrt, und liegt westlich der PV-Anlage. Der Gleiskörper liegt ca. 2 m unterhalb des umgebenden Geländeneiveaus. Da die künftig verwendeten Loktypen und damit die Augenhöhen der Lokführer nicht bekannt sind, ist nicht sicher, ob ein Lokführer die PV-Anlage überhaupt sehen kann. Die nachfolgenden Berechnungen erfolgten mit einer Höhe des Lokführerauges über der Schienenoberkante von maximal 3,30 m (worst case).

## 6 Blend- und Störwirkung 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 Störwirkung von Personen, die sich in Wohn- oder Gewerbegebäuden aufhalten, wird in Brandenburg nach der „Leitlinie des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen (Licht-Leitlinie)“ vom 16. 4. 2014 vorgenommen. Die Blend- und Störwirkung für Anwohner = 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.

Die Licht-Leitlinie gilt 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.

In der Licht-Leitlinie wird ausgeführt: *„Wirkungsuntersuchungen oder Beurteilungsvorschriften zu diesen Immissionen sind bisher nicht vorhanden.“* Mangels solcher Untersuchungen wurde der Inhalt der Regelungen der Lichtleitlinie 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 Störwirkung viel gravierender ist als die Störwirkung, die von PV-Anlagen erzeugt wird. Offensichtlich im Bewusstsein dieses Mangels wird in der Lichtleitlinie weiter ausgeführt: *„Der entsprechende Wertungsmaßstab kann allenfalls ein erster Anhaltspunkt für die Beurteilung von Blendungen sein. Im Einzelfall muss begründet werden, warum eine Übertragbarkeit gegeben, bzw. aufgrund welcher Überlegungen eine ggf. abweichende Bewertung erfolgt ist.“*

Diese Einschränkung der Bewertungsmöglichkeit der Lichtimmissionen durch die Licht-Leitlinie führt dazu, dass diese Licht-Leitlinie nur als Empfehlung zu betrachten ist. Sie stellt aber den Stand der Technik dar und kann, wenn Änderungen an der Bewertungsmethodik vorgenommen werden, durchaus sinnvoll angewendet werden.

So heißt es in der Lichtleitlinie, 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 Störwirkung entfalten, wenn ihre Entfernung von Immissionsort beträchtlich größer als 100 m ist. Deshalb wird die evtl. Blendwirkung für Anwohner unabhängig von der Entfernung der betroffenen Gebäude berechnet. In Mühlenbeck beträgt nur für den Immissionsort F (s. Abschnitt 7.2.2) die Entfernung mehr als 100 m.

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 der Lichtleitlinie. 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 geringer 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.

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Störwirkung für Anwohner zu bewerten, ist es zunächst notwendig, die zeitliche Wahrscheinlichkeit dafür zu ermitteln, dass von der PV-Anlage reflektiertes Licht in die Fensterflächen bzw. die dahinterliegenden Räume der blendgefährdeten Gebäude gelangt. Diese Wahrscheinlichkeit kann mithilfe eines sogenannten Sonnenstandsdiagramms ermittelt werden. Die Bilder 3 bis 5 zeigen das Sonnenstandsdiagramm für Mühlenbeck in Form eines Polar diagrams. 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.

Zuerst werden mittels der geometrischen und topografischen Daten die Sonnenhöhe  $\gamma$  und das Sonnenazimut  $\alpha$ , bei denen sich die Sonne befinden müsste, damit reflektiertes Sonnenlicht in die Fensterflächen der betroffenen Gebäude gelangen könnte, berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in das Sonnenstandsdiagramm für Mühlenbeck eingetragen. Werden die Berechnungen für die gesamte Fläche der PV-Anlage durchgeführt, stellen die ermittelten  $\alpha/\gamma$ -Werte Flächen in Form von geschlossenen Polygonzügen dar, die im Folgenden als  $\gamma$ -Flächen bezeichnet werden. Werden die Berechnungen nur für einen Punkt der PV-Anlage durchgeführt, stellen die Ergebnisse auch nur einen  $\alpha/\gamma$ -Punkt dar. Haben diese  $\gamma$ -Flächen oder -punkte Schnittmengen mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht in die Fensterflächen; die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polar diagramm abgelesen werden. Bei fehlenden Schnittmengen ist keine Sonnenlichtreflexion in diese Fensterflächen möglich. Bei vorhandenen Schnittmengen der  $\gamma$ -Flächen mit den Sonnenstandslinien müssen aus den Schnittflächen die Zeiten berechnet werden, zu denen Sonnenlicht von der PV-Anlage in die Fensterflächen der betroffenen Gebäude reflektiert wird.

Wie bereits ausgeführt, wird Sonnenlicht, das unter Winkeln  $\gamma \leq 7,5^\circ$  von der PV-Anlage in Richtung Fensterflächen reflektiert wird, wegen dessen extrem geringer Intensität nicht berücksichtigt. Der Winkelbereich  $0^\circ \leq \gamma \leq 7,5^\circ$  ist in den Polardiagrammen von Bild 3 und 4 rot schraffiert dargestellt.

## 7 Beschreibung der eventuell von PV-Anlagen ausgehenden Blend- und Störfwirkungen für Kraftfahrer und 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 Kraftfahrers/Lokführers (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 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 Solarthermieanlage 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.

## 8 Ergebnisse

### 8.1 Immissionsorte

#### 8.1.1 Immissionsorte A und B

Die Berechnungen erfolgten für eine Person mit der Augenhöhe von 1,80 m über dem Hallenboden. Die berechneten  $\gamma$ -Flächen sind in Bild 3 eingezeichnet. Beide  $\gamma$ -Flächen haben Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann von der PV-Anlage in der Jahreszeit von Mitte April bis Ende August zwischen 18 Uhr und 19 Uhr MEZ in die Fensterflächen reflektiert werden. Die Reflexionszeiten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Immissionsort	Sonnenlichtreflexion, Tage im Kalenderjahr	maximale tägliche Reflexionszeit in Minuten	Reflexionszeit im Kalenderjahr in Stunden
A	129	41,7	60,6
B	125	42,9	57,4
C, alle Sonnenhöhenwinkel $\gamma$	129	11,7	18,6
C, Sonnenhöhenwinkel $\gamma > 7,5^\circ$	90	11,0	13,1
E	129	5,7	6,1
F, theoretisch mögliche Reflexionszeiten	213	9,8	16,4
F, tatsächliche Reflexionszeiten außerhalb der Vegetationsperiode	38	6,7	2,0

*Tabelle 1: Reflexionszeiten zu den verschiedenen Immissionsorten*

Sowohl die nach Licht-Leitlinie maximal zulässige tägliche als auch die jährliche Reflexionszeit wird an beiden Fenstern deutlich überschritten. Die Berechnungen erfolgten, wie in Abschnitt 6 erläutert, für Sonnenhöhenwinkeln  $\gamma \leq 7,5^\circ$ ; bei Berücksichtigung aller Sonnenhöhenwinkel würde sich die jährliche Reflexionszeit sogar verdoppeln. Da bereits das direkte Sonnenlicht starke Blendung erzeugt, das ja zur gleichen Zeit und etwa aus der gleichen Richtung in diese Fenster scheint, wurden die Fenster vor einiger Zeit mit einer weißen, undurchsichtigen Kunststoffolie überzogen, wodurch nur noch diffuses, blendfreies Licht in die Fensterflächen einfallen

kann. Diese Kunststoffolie weist teilweise Risse auf; wenn die Folie an allen Fenster erneuert wird, sind die in der Halle Sporttreibenden vollständig gegen Blend- und Störfwirkungen geschützt, die Vorgaben der Licht-Leitlinie sind dann erfüllt.

### **8.1.2 Immissionsorte C bis E**

Die  $\gamma$ -Flächen für diese Gebäude des BFW sind in Bild 4 eingezeichnet. Die in Grün wiedergegebene  $\gamma$ -Fläche für Immissionsort C hat Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht wird in der Jahreszeit von Mitte April bis Ende August zwischen 18.40 Uhr und 19 Uhr MEZ in die Fensterflächen reflektiert. In Tabelle 1 sind auch für die Immissionsorte C bis E die Reflexionszeiten eingetragen. Sowohl die nach Licht-Leitlinie maximal zulässige tägliche als auch die jährliche Reflexionszeit wird bei Immissionsort C unabhängig von der Art der Berücksichtigung der Sonnenhöhenwinkel unterschritten; Abschirmmaßnahmen sind nicht notwendig.

Die blau gezeichnete  $\gamma$ -Fläche für Immissionsort D liegt oberhalb der Sonnenstandslinien und hat keine Schnittpunkte mit diesen, von der PV-Anlage kann kein Sonnenlicht in die Fenster von Immissionsort D reflektiert werden. Dieses Ergebnis ergibt sich aus der Tatsache, dass auf der nördlichen Erdhalbkugel die Sonne nicht aus nördlichen Richtungen scheint und das Sonnenlicht daher nicht in südliche Richtungen reflektiert werden kann, d.h. nicht ins Auge einer Person gelangen kann, die in Richtung Norden blickt.

Die violett gezeichnete  $\gamma$ -Fläche für Immissionsort E hat in einem kleinen Bereich Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht wird in der Jahreszeit von Anfang Mai bis Mitte August gegen 7.30 Uhr MEZ in die Fensterfläche von Immissionsort E reflektiert. Aus den in Tabelle 1 für Immissionsort E eingetragenen Reflexionszeiten ergibt sich, dass diese Zeiten weit unter den nach Licht-Leitlinie zulässigen Reflexionszeiten liegen.

### **8.1.3 Immissionsort F**

Die schwarz gezeichnete  $\gamma$ -Fläche für Immissionsort F ist ebenfalls in Bild 4 eingezeichnet; sie hat Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht wird theoretisch in der Jahreszeit vom 8. März bis 7. Oktober zwischen 7.30 Uhr und 7.50 Uhr MEZ in die Fensterflächen reflektiert. Zwischen dem Wohnhaus Hermann-Grüneberg-Str. 11b und der PV-Anlage befindet sich aber dichtes Laubholz-Gebüsch, das während der Vegetationsperiode den Einblick von diesem Wohnhaus zur PV-Anlage vollständig verhindert. Aus den in Tabelle 1 wiedergegebenen Reflexionszeiten für diesen Immissionsort ergibt sich, dass sowohl die nach Licht-Leitlinie maximal zulässige tägliche als auch die jährliche Reflexionszeit bei Immissionsort F unabhängig von der Abschirmwirkung des Buschwerks unterschritten wird; auch an diesem Immissionsort sind keine Abschirmmaßnahmen notwendig. Dieser Immissionsort ist repräsentativ für weitere Wohngebäude in der Umgebung.

### **8.1.4 Immissionsort G**

Die in Bild 4 braun gezeichnete  $\gamma$ -Fläche für diesen Immissionsort (KGA Hasenheide) liegt unterhalb der Sonnenstandslinien, sogar außerhalb des Polardiagramms, Sonnenlicht kann von der PV-Anlage nicht zu diesem Gebäude reflektiert werden. Die astronomische Erklärung für diesen Sachverhalt ergibt sich daraus, dass in dieser

Situation die Sonne im Süden steht und das von der PV-Anlage reflektierte Sonnenlicht über das Gebäude hinweg reflektiert wird; von den Fenstern dieses Gebäudes aus sieht man allenfalls die Modulrückseiten. Dieser Immissionsort ist wieder repräsentativ für weitere Gebäude der KGA.

## **8.2 Bahnstrecke Basdorf - Mühlenbeck**

Wie in Abschnitt 5.3 ausgeführt, verläuft die Strecke in Fahrtrichtung Nordost-Südwest bzw. bzw. umgekehrt. Die PV-Anlage wird von der Bahntrasse bei der Annäherung eines Zuges in nördlicher bzw. südlicher Richtung gesehen. Bei den für eine evtl. Blendung relevanten Blickwinkeln  $\theta$  bis  $20^\circ$  (s. Abschnitt 7) befindet sich der Lokführer in beiden Fahrtrichtungen noch jeweils ca. 350 m von der PV-Anlage entfernt und hat wegen der dazwischen liegenden Gebäude und Vegetation keinen Einblick zur PV-Anlage. Dieser Einblick wird erst möglich (wenn wegen der Tieflage der Bahntrasse überhaupt möglich), wenn der Lokführer die Blickpunkte 1 bzw. 2 in Bild 2 erreicht hat. Dann betragen die Blickwinkel ca.  $25^\circ$  in Fahrtrichtung Nord bzw. ca.  $50^\circ$  bei Fahrtrichtung Süd; Lokführerblendung ist allein wegen der Blickwinkel  $\theta > 25^\circ$  nicht mehr möglich. In Bild 5 sind zusätzlich die für die Blickpunkte 1 und 2 berechneten  $\alpha/\gamma$ -Punkte eingezeichnet. Sie liegen ober- bzw. unterhalb der Sonnenstandslinien, weil der Lokführer auch bei dieser Annäherung noch so weit südlich bzw. nördlich zur PV-Anlage schaut, dass aus den in den Abschnitten 8.1.2 und 8.1.4 genannten Gründen kein von der PV-Anlage reflektiertes Sonnenlicht das Lokführerauge erreichen kann. Bei weiterer Annäherung an die PV-Anlage wird der Blickwinkel immer größer und erreicht bei der Vorbeifahrt  $90^\circ$ ; eine Blendefahrt ist bis zur Vorbeifahrt eines Zuges an der Anlage erst recht ausgeschlossen.

## 9 Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob von der auf dem Gelände des Berufsförderungswerks Berlin-Brandenburg e.V. geplanten PV-Anlage Lichtimmissionen an verschiedenen Immissionsorten in der Nähe der PV-Anlage entstehen können. Die Berechnungen zeigen, dass an einigen Immissionsorten keine Lichtimmissionen möglich sind und die an einigen anderen Immissionsorten auftretenden Lichtimmissionen unterhalb der von der Licht-Leitlinie des Landes Brandenburg geforderten maximalen täglichen Reflexionszeit von 30 Minuten bzw. unter der jährlichen, astronomisch möglichen Reflexionszeit von 30 Stunden liegen. Nur an der Sporthalle des BFW können Lichtimmissionen entstehen, die deutlich oberhalb der Anforderungen der Licht-Leitlinie liegen. Nach Erneuerung der an den Fenstern der Sporthalle bereits vorhandenen weißen, undurchsichtigen Kunststofffolien kann nur noch diffuses, blendfreies Licht in die Fensterflächen einfallen, dann sind die in der Halle Sporttreibenden vollständig gegen Blend- und Störwirkungen geschützt, die Vorgaben der Licht-Leitlinie sind dann auch an diesem Immissionsort erfüllt.

Sonnenlicht kann von der PV-Anlage unter blendkritischen Winkeln nicht zu einem Lokführer gelenkt werden, der den wieder in Betrieb zu nehmenden Abschnitt der Bahnstrecke Basdorf-Mühlenbeck befahren wird, Lokführerblendung ist ausgeschlossen.

Nach Erneuerung der genannten Kunststoffolie an der Sporthalle des BSW ist aus Sicht des Unterzeichners gegen die Errichtung der PV-Anlage auf dem Gelände des Berufsförderungswerkes nichts einzuwenden.



---

Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

## Anhang

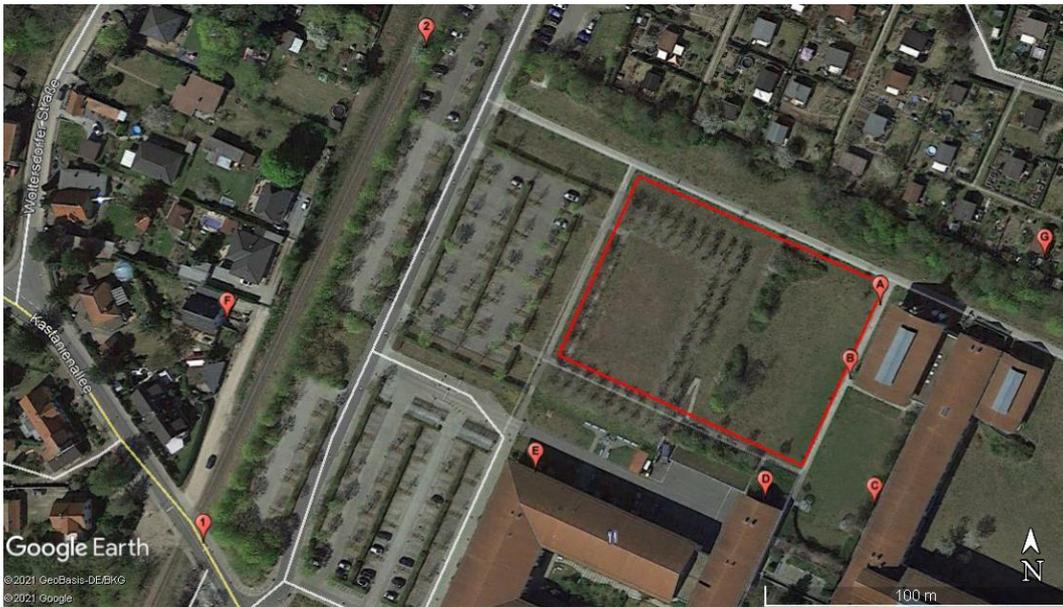
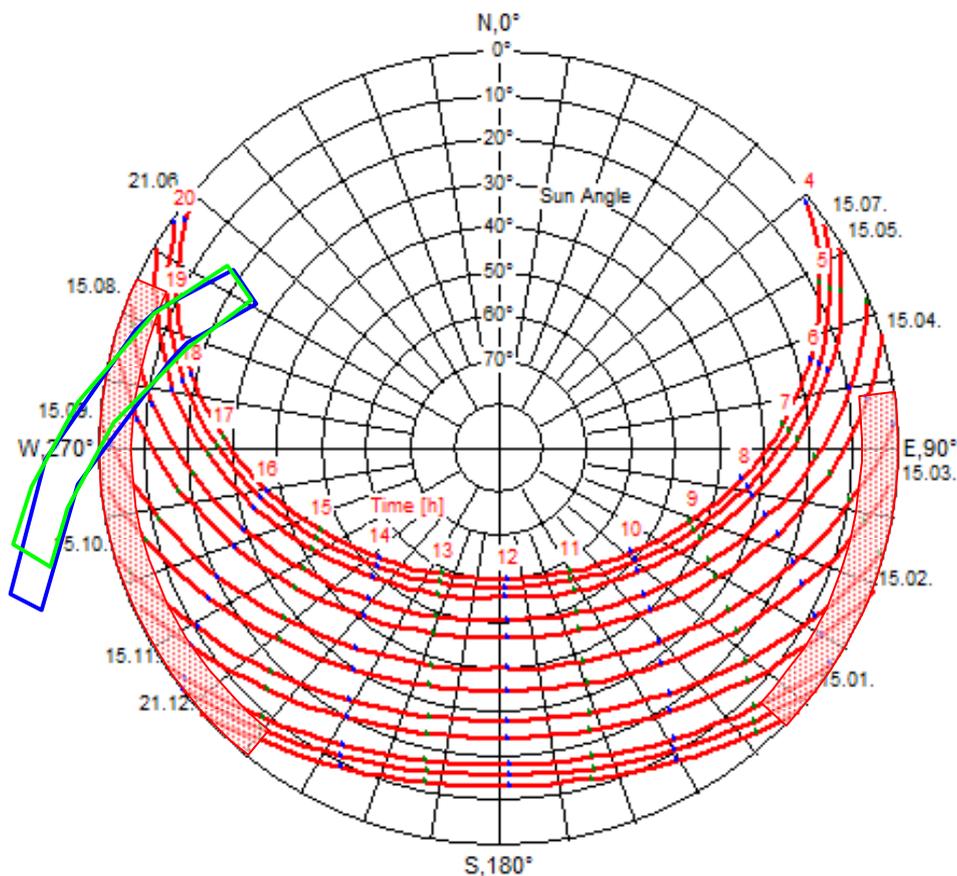


Bild 1: Umriss der PV-Anlage Mühlenbeck mit den Immissionsorten A bis F und den Blickpunkten 1 und 2 eines Lokführers



Bild 2: Die PV-Anlage Mühlenbeck



*Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Mühlenbeck mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Reflexionszeiten zu Wohngebäuden. Orientierung der Modultischreihen  $\nu = -24,5^\circ$*

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

**blau:** Immissionsort A  
**grün:** Immissionsort B

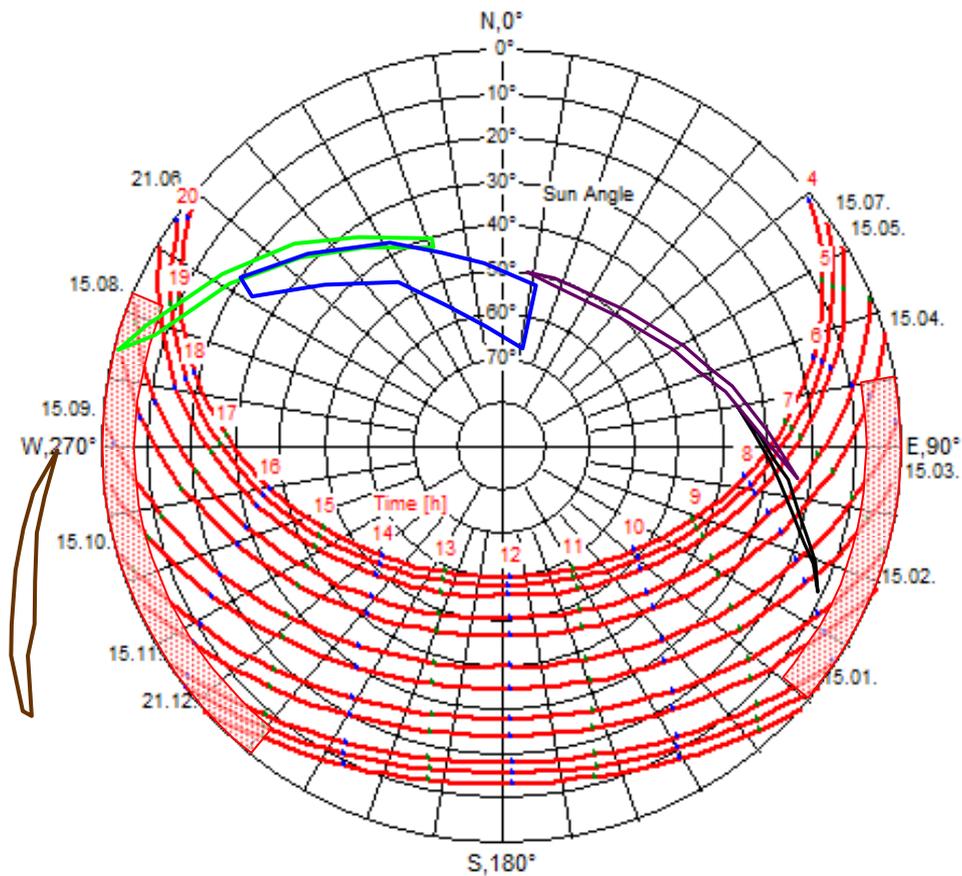


Bild 4: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Mühlenbeck mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Reflexionszeiten zu Wohngebäuden. Orientierung der Modultischreihen  $\nu = -24,5^\circ$

- grün:** Immissionsort C, EG 2,50 m
- blau:** Immissionsort D, OG 5,50 m
- violett:** Immissionsort E, OG 2,50 m
- braun:** Immissionsort G, EG 2,50 m
- schwarz:** Immissionsort F 5,50 m

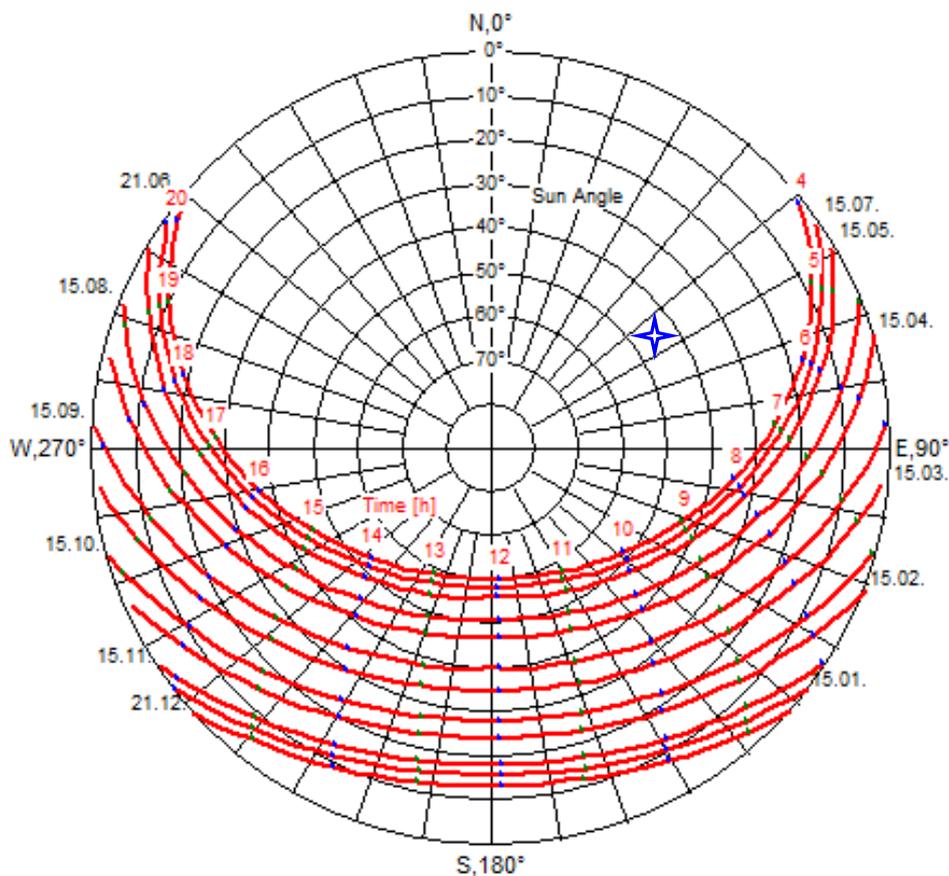


Bild 5: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Mühlenbeck mit  $\alpha/\gamma$ -Punkten zur Bewertung der Reflexion zu Lokführern der Strecke Basdorf-Mühlenbeck. Orientierung der Modultischreihen  $\nu = -24,5^\circ$

★ : Fahrtrichtung Nord

★ Fahrtrichtung Süd