

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 10. 7. 2018

## **G u t a c h t e n**

**G11/2018**

### **zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung von Anwohnern und von Nutzern von Stadtstraßen in Geseke sowie von Lokführern der Bahnstrecke Paderborn-Lippstadt durch eine in Geseke zu installierende Photovoltaikanlage**

(Dieses Gutachten besteht aus 14 Seiten  
und einem Anhang mit weiteren 5 Seiten)

#### **1 Auftraggeber**

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die PGB Geseker Windpark GmbH & Co. KG, Rennenkamp 4 in 59590 Geseke.

Auftragsdatum: 12. 6. 2018

#### **2 Auftragsache**

Die PGB Geseker Windpark GmbH & Co. KG plant die Errichtung einer aus zwei Teilflächen bestehenden Freiflächen-Photovoltaikanlage in Geseke. Es stellt sich die Frage, ob Anwohner von Geseke durch die PV-Anlage in unzumutbarer Weise gestört oder belästigt werden könnten. Weiterhin besteht die Besorgnis, dass Nutzer von Stadtstraßen, insbesondere der Meteorstraße, sowie Lokführer, die die Bahnstrecke Paderborn-Lippstadt befahren, durch Sonnenlicht, das von der Oberfläche der PV-Module reflektiert wird, geblendet oder in sonst unzumutbarer Weise gestört werden. 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)	$\gamma$
Azimet (horizontaler Sonnenwinkel) bzw. momentane Fahrtrichtung eines Kraftfahrers/Lokführers	$\alpha$
Orientierung der Modultischreihen gegen Ost oder West	$\nu$

vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts im Raum liegender Blendwinkel (gebildet durch die Blickrichtung eines Kraftfahrers/Lokführers - Richtung reflektiertes Sonnenlicht)	$\delta$
Neigung der PV-Module gegen Süd	$\theta$
horizontaler Blickwinkel Kraftfahrer/Lokführer - PV-Anlage	$\varepsilon$
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontale Blickrichtung Lokführer/Kraftfahrer - PV-Anlage)	$\tau$
vertikaler Blickwinkel Kraftfahrer/Lokführer - PV-Anlage	$\psi$
vertikaler Blickwinkel Kraftfahrer/Lokführer - vor ihm liegende Fahrbahn	$\lambda$
	$\sigma$

#### 4 Informationen zur Photovoltaik-Anlage

Die topografischen Daten und die Beschreibung der Anlage beruhen auf folgenden Informationen, die von der PGB Geseker Windpark GmbH & Co. KG zur Verfügung gestellt wurden:

- Auszüge Bebauungspläne Geseke S 9 und 11
- Modulbelegungspläne
- Modultischquerschnitt
- Informationen zum verwendeten Modultyp
- Fotos
- Mündliche und Emailinformationen durch Herrn Helmut Schütte, PGB Geseker Windpark GmbH & Co. KG

Die Entfernungen und horizontalen Winkel wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Geseke (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 Geseke und topografische Daten

##### 5.1 Die PV-Anlage

Die PV-Anlage wird auf bisher unbebautem Gelände im Stadtgebiet von Geseke errichtet und besteht aus zwei räumlich getrennten Teilflächen, s. Bild 1 im Anhang. Die westliche Teilanlage befindet sich zwischen Bahnstrecke im Norden und der Meteorstr. im Süden und liegt auf einer Höhe von ca. 101 m über Normalnull NN. Die westliche Teilanlage liegt östlich der Straße Schanzendruff und nördlich der Bahnstrecke auf einer Höhe von 104 m bis 106 m über NN.

Die Teilflächen der PV-Anlage haben unregelmäßige Grundflächen; die Gesamtfläche beider Teilflächen beträgt ca. 1,78 ha, die installierte Leistung ca. 1,5 MW<sub>peak</sub>. Die Neigung  $\varepsilon$  der Module gegen Süd beträgt 20°. Es ist geplant, polykristalline Solarmodule des Typs QCells Q.plus G4.1 280 zu verwenden. Die Module haben eine Leistung von jeweils 280 W<sub>peak</sub>.

Die Module werden auf sogenannten Modultischreihen montiert, deren Länge der verfügbaren Breite der Teilflächen entspricht. Die Modultischreihen sind in Ost-West-Richtung ( $\nu = 90^\circ/270^\circ$ ) ausgerichtet. Die Modulunterkante befindet sich in einer Höhe von 0,80 m über Geländeoberkante (GOK), die Höhe der Moduloberkante über GOK beträgt 2,90 m. Die Modultischreihen haben einen Abstand (Abstand Moduloberkante einer Reihe zur Moduloberkante der nächsten Reihe) von 9,10 m, die Breite des freien Ganges der Reihen beträgt 4,23 m.

## 5.2 Die betroffenen Häuser

Insgesamt könnten 10 Häuser von der Störwirkung durch PV-Anlage betroffen sein. Die für die Berechnungen benötigten Daten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Nummerierung entspricht den Nummern in den Bildern 1 und 2.

Westliche Teilanlage						
Nr. Bild oder 2	lt. 1	Adresse	Anzahl Geschosse	Geländehöhe über NN	Höhe der Fenstermitte des Obergeschosses (OG) über Grund	Bemerkungen
1		Meteorstr. 20	1	102 m	5 m	
2		Stockheimer Bruch 25	2	103 m	5,5 m	PV-Anlage z.T. verdeckt durch davor befindliches Haus St. Bruch 30
3		Stockheimer Bruch 26	2	103 m	5,5 m	
4		Stockheimer Bruch 27	1	100 m	3 m	
5		Stockheimer Bruch 30	1	100 m	3,5 m	
Östliche Teilanlage						
6		Schanzendrift 3	2	105 m	5,5 m	2)
7		Schanzendrift 8	2	104 m	6 m	
8		Schanzendrift 20	2	103 m	6 m	
9		Völmeder Str. 66	2	101 m	5,5 m	2)
10		Salzkottener Str. 61	1	104 m	3 m	

Tabelle 1: Untersuchte Wohnhäuser mit Höhendaten

Erläuterungen zu Tabelle 1:

1) Die Blend- und Störwirkung ist umso größer, je höher die Fenster sich über Grund befinden. Deshalb werden die nachfolgenden Rechnungen für das 1. OG, falls vorhanden, durchgeführt, sonst für das Erdgeschoss.

2) Da der Abstand der Wohngebäude zu der jeweiligen PV-Teilfläche z.T. nur wenige Meter beträgt und die Störwirkung einer PV-Anlage entscheidend vom vertikalen Winkel Fenstermitte-PV-Module abhängt, müssen die Geländehöhen und Höhen der Fensterflächen über Grund möglichst genau bekannt sein. Die Häuser 6 und 8 sind jedoch im Sommer wegen davor befindlicher Vegetation nicht sichtbar, die Fensterhöhen sind nicht exakt bekannt. Da jedoch nicht von vornherein auszuschließen ist, dass auch in Jahreszeitanteilen, in denen die Bäume/Sträucher nicht belaubt sind, von der PV-Anlage Sonnenlicht zu einem Wohnhaus reflektiert werden kann, wurde bei diesen beiden Häusern die übliche Höhe von 5,5 m für die Fenstermitte in einem OG angenommen. Bei den nachfolgenden Berechnungen wurde die teilweise Verdeckung durch Vegetation nicht berücksichtigt.

## 5.3 Straßen

Teilanlage West: Die Meteorstraße führt südlich der Teilanlage in einem mittleren Fahrtrichtungswinkel  $\alpha$  von  $95^\circ/275^\circ$  (fast Ost-West-Richtung) in ca. 40 m Entfernung an der PV-Anlage vorbei. Die Straße liegt auf etwa gleichem Höhenniveau wie die PV-Anlage. Die Straße Stockheimer Bruch führt westlich der Teilanlage in einem Winkel von  $8^\circ/188^\circ$  (fast in Nord-Süd-Richtung) in ca. 90 m Entfernung an der Anlage vorbei. Die Straße liegt etwa 2 m tiefer als das PV-Anlagengelände.

Teilanlage Ost: Die Straße Schanzendruff führt westlich der Teilanlage Ost in einem Winkel von  $0^\circ/180^\circ$  (genau in Nord-Süd-Richtung) in weniger als 10 m Entfernung an der Anlage vorbei. Die Straße liegt auf etwa gleichem Höhenniveau wie die PV-Anlage. Südlich der Teilanlage zweigt unmittelbar südlich der Bahnüberführung von der Salzkottener Straße eine kleine Straße (gehört zur Salzkottener Straße) in einem Winkel von ca.  $58^\circ/238^\circ$  (Richtung Nord-Ost), parallel zur Bahntrasse, ab. Der Abstand zur PV-Anlage beträgt ca. 30 m, die Straße liegt auf gleichem Geländeniveau wie die PV-Anlage.

#### **5.4 Die Bahnstrecke**

Teilanlage West: Die Bahnstrecke führt nördlich der Teilanlage in einem Winkel  $\alpha$  von ca.  $114^\circ/294^\circ$  an der Anlage vorbei. Der Abstand zur Anlage beträgt ca. 20 m. Zwischen Bahntrasse und PV-Anlage befindet sich überwiegend eine Hecke, deren westliche Hälfte ca. 10 m und deren östliche Hälfte bis zu 20 m breit ist. Diese Hecke verhindert in der Vegetationsperiode den Einblick von der Bahnstrecke zur PV-Anlage. Im Sommer ist die direkte Sicht zur PV-Anlage nur über eine Länge von ca. 65 m zwischen den beiden Hecken möglich. Die nachfolgenden Berechnungen werden aber zunächst ohne Berücksichtigung der Hecke durchgeführt.

Teilanlage Ost: Die Bahnstrecke führt südlich der Teilanlage in einem Abstand von ca. 15 m an der Anlage vorbei. Von Westen kommend, beträgt die Fahrtrichtung  $\alpha$  zunächst  $62^\circ$  und dreht dann leicht nach Norden auf  $58^\circ$ . Der Bahndamm liegt ca. 1,5 m höher als die Umgebung.

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

Lichtimmissionen gehören nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmSchG) 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 BlmSchG jedoch nicht. Die von PV-Freiflächenanlagen verursachte Blend- und Störfwirkung von Personen, die sich in Wohn- oder Gewerbegebäuden aufhalten, wird 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 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 LAI-Hinweise gelten für „schutzwürde 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 Störwirkung. Alle durchzuführenden Berechnungen beziehen sich daher lt. Abschnitt 7e. der LAI-Hinweise nur auf den Kernreflex, die zusätzliche Reflexionszeit durch den Streureflex wird nach den LAI-Hinweisen nicht berücksichtigt.

Sonnenlicht, das unter Sonnenhöhenwinkeln  $\gamma \leq 7,5^\circ$  von einer PV-Anlage in Richtung Immissionsort reflektiert wird, wird wegen dessen geringer Intensität und wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände nicht berücksichtigt.

## **7 Beschreibung der eventuell von PV-Anlagen ausgehenden Blend- und Störwirkungen für Kraftfahrer/Lokführer**

### **7.1 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 eines Beobachters, tritt Absolutblendung auf, bei der man nicht mehr in der Lage wäre, z.B. ein Kfz sicher zu führen, da im Gesichtsfeld des Autofahrers keine Kontraste mehr erkennbar sind. Dieser sehr gefährlichen Situation entzieht man sich, indem die Sonne gegenüber dem Auge durch eine Sonnenblende bzw. Jalousie oder durch eine Hand abgeschattet wird. Das Aufsetzen einer Sonnenbrille hilft hier kaum, da dadurch nicht nur die Intensität des Sonnenlichtes, sondern auch die Helligkeiten aller anderen Objekte im Gesichtsfeld herabgesetzt werden.

Häufig wird das Licht der Sonne auch durch glänzende Objekte ins Auge eines Betrachters gespiegelt: Wasseroberflächen, Fensterfronten von Gebäuden, verglaste Treibhäuser. Gegenüber der direkten Sonnenblendung ist bei dieser indirekten Blendung die tatsächliche Blendgefahr geringer:

1. Das reflektierte Sonnenlicht hat immer eine geringere Intensität als das direkte Sonnenlicht, es kommt selten zu einer Absolutblendung, sondern meist „nur“ zu Adaptationsblendung; d.h., die Helligkeitskontraste sind zwar verringert und die Wahrnehmung von Objekten wird erschwert, aber selten so stark, dass verkehrsfördernde Situationen entstehen.
2. Die Blendwirkung durch reflektierende Objekte ist zeitlich und örtlich sehr begrenzt, während die Sonnenblendung über längere Zeit auf den Menschen einwirken kann.

Ob Blendung auftritt, ist sehr stark vom Winkel  $\theta$ , gebildet von der Blickrichtung eines Beobachters und der Verbindungslinie Auge des Beobachters - blendende Lichtquelle (z.B. Auge des Kraftfahrers/Lokführers 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 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  $\theta$  ist bei Tageslicht weniger kritisch zu sehen als bei Nacht. Bei Tageslicht liefert störendes Licht aus **Winkeln  $\theta > 20^\circ$**  keinen merklichen Beitrag zur Blendung und kann außer Betracht bleiben. Störendes Licht aus einem **Winkelbereich  $10^\circ < \theta \leq 20^\circ$**  kann u.U. eine moderate Blendung erzeugen. I.a. kann man Blendung wie oben beschrieben durch leichtes Zur-Seite-Schauen oder „Ausblenden“ der störenden Lichtquelle vermeiden. Dieser Winkelbereich sollte aber bei einer Blendungsbewertung mit in Betracht gezogen werden. Kritischer sind **Blendwinkel  $5^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$** , und besonders kritisch Winkel  $\theta \leq 5^\circ$ , wenn also die störende Lichtquelle direkt im Gesichtsfeld des Beobachters liegt. Ein Kraftfahrer hat nicht mehr die Möglichkeit, diese Lichtquelle „auszublenken“: Er muss den vor ihm liegende Gleiskörper bzw. die Straße und dessen Umgebung beobachten und alle Licht- und sonstigen Signale sowie die Anzeigeeinstrumente im Pkw eindeutig erkennen können. Deshalb kann man in solchen Situationen seinen Blick nicht beliebig zur Seite richten, um einem evtl. vorhandenen Blendreflex auszuweichen. Gleichartige Bedingungen gelten für einen Lokführer.

Bei allen Situationen, in denen evtl. eine Blendgefahr besteht, ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Sonne ebenfalls im Blickfeld des Beobachters befindet und das direkte Sonnenlicht **gleichzeitig** mit dem Blendreflex auf den Beobachter einwirkt.

Um eine Aussage über die Blendwirkung einer PV-Freiflächenanlage machen zu können, muss im Zweifelsfall unter Beachtung des Blickwinkels die Beleuchtungsstärke der Blendlichtquelle ins Verhältnis zur Beleuchtungsstärke der Sonne gesetzt werden.

## 7.2 Störwirkung durch den Flimmereffekt und durch Ablenkung

Periodisch oder unregelmäßig an- und abschwelliges Licht, das ins Auge gelangt, wird als Flimmern bezeichnet. Im Verkehrswesen wird Flimmern z.B. durch die periodisch angeordneten Leuchten der Straßen- oder Tunnelbeleuchtung erzeugt. Es ist bekannt, dass **periodisches** Flimmern bei manchen Epileptikern sogar Anfälle auslösen kann (photosensitive Epilepsie). Ein Flimmereffekt entsteht bei der Vorbeifahrt an einer PV-Anlage dadurch, dass die PV-Modultische in Reihen mit einem festen, regelmäßigen Abstand voneinander angebracht sind, wodurch es, wenn die Modultischausrichtung und die Fahrtrichtung etwa senkrecht zueinander stehen, zu einer periodischen Unterbrechung des reflektierten Sonnenlichts kommen kann. Ein Flimmereffekt kann sich aber nur negativ auswirken, wenn die Einwirkzeit auf einen Beobachter ca. 20 sec überschreitet. Wenn aber der Abstand Beobachter-PV-Anlage genügend groß ist, verschmelzen die von verschiedenen Modulreihen herrührenden Licht“blitze“ miteinander, dann ist ein Flimmereffekt nicht mehr möglich. Bei der PV-Anlage Geseke verlaufen jedoch die Straßen/Bahntrasse und die Modultischreihen entweder parallel zueinander oder bei senkrechter Anordnung sind die Abstände so groß, so dass in beiden Fällen ein Flimmereffekt von vornherein ausgeschlossen werden kann. Eine Ausnahme bildet die Straße Schanzendrift, die unmittelbar neben der Anlage West verläuft und bei der Fahrtrichtung und Modultischreihen senkrecht zueinander stehen. Hier kann es zu einem Flimmereffekt kommen; die Länge der PV-Anlage in Nord-Süd-Richtung beträgt ca. 90 m, bei Tempo 50 beträgt die Vorbeifahrtzeit = Einwirkzeit ca. 6,5 sec. Damit kann auch auf dieser Straße kein kritischer Flimmereffekt entstehen.

Verkehrsfremde Sehobjekte neben der Autobahn/Bahntrasse können die Aufmerksamkeit eines Kraftfahrers/Lokführers so stark beanspruchen, dass er die vor ihm liegende Fahrbahn/Bahntrasse - zumindest für Sekunden - nicht mehr mit genügender Sorgfalt beobachtet, es kann zu verkehrsgefährdenden Situationen kommen. Die Auffälligkeit hängt ab z.B. von der Größe, der Helligkeit/dem Helligkeitskontrast, der Bewegung oder dem Neuigkeitscharakter des Sehobjektes ab. Die PV-Anlage Geseke besteht im Wesentlichen aus regelmäßig angeordneten, eher dunklen, also unauffälligen Solarmodulen und hat eine maximale Bauhöhe von nur 2,90 m über Geländeoberkante. Sie stellt ein insgesamt visuell unauffälliges Bauwerk dar; als einziges die Auffälligkeit erhöhendes Merkmal bleibt theoretisch der Neuigkeitscharakter der Anlage. In diesem Aspekt unterscheidet sich die PV-Anlage aber nicht von jedem beliebigen anderen neu errichteten Bauwerk, das von einer Straße oder Bahnstrecke aus sichtbar ist. Mittlerweile wurde eine Vielzahl von PV-Anlagen in Sichtweite zu Straßen und Bahnstrecken errichtet, so dass es Kraftfahrer und Lokführer gewohnt sind, an solchen Anlagen vorbeizufahren. Eine erhöhte Aufmerksamkeit und Ablenkungsgefahr durch die PV-Anlage Geseke kann daher von vornherein ausgeschlossen werden.

### **7.3 Einfluss von Blend- und Störfwirkungen auf das Fahrerverhalten und das Unfallgeschehen**

Die in den Abschnitten 7.1 und 7.2 beschriebenen Blend- und Störfwirkungen können, wenn sie ein bestimmtes Maß überschreiten, zu unsicherem Fahrerverhalten führen bis hin zum Risiko, einen Unfall zu verursachen.

Allerdings wird der Einfluss z.B. der direkten Sonnenblendung auf das Unfallgeschehen oft überschätzt. Rönsch-Hasselhorn <sup>1)</sup> hat die Straßenverkehrsunfälle untersucht, die zwischen 1991 und 2001 in Deutschland von Blendung durch Sonnenlicht hervorgerufen worden sind. Diese Unfallzahl beträgt im jährlichen Durchschnitt ca. 1500; dies ist jedoch verschwindend gering, verglichen mit der Gesamtzahl von ca. 385 000 Unfällen mit Personenschaden im gleichen Zeitraum. Die tatsächliche Zahl der Unfälle durch Sonnenblendung dürfte noch geringer sein, da nach den Erfahrungen der Polizei blendende Sonne - die ja unabänderlich ist - oft als Schutzbehauptung für die Unfallursache herangezogen wird, um einen krassen Verstoß gegen die StVO (z.B. Nichtbeachten der Vorfahrt, zu lange Blickabwendung von der Straße) zu verschleiern. Die Zahl der tatsächlich durch blendende Sonne hervorgerufenen Unfälle ist vermutlich deshalb so gering, weil jeder Kraftfahrer dieses Phänomen kennt und sich darauf einzustellen weiß. Er schützt sich dagegen durch die in 7.1 beschriebenen Maßnahmen oder fährt, wenn es denn gar nicht anders geht, eben langsamer.

Ähnlich verhält es sich mit der indirekten Blendung durch glänzende Fassaden, Glasoberflächen usw.. Auch dagegen schützt sich der Verkehrsteilnehmer automatisch, indem er die Blendlichtquelle nach Möglichkeit aus seinem Gesichtsfeld „ausblendet“. Wegen der gegenüber dem Sonnenlicht immer geringeren Intensität des reflektierten Lichts (s. Abschnitt 7.1) und der zeitlich und örtlich sehr begrenzten Blendwirkung ist das Unfallrisiko nochmals geringer als bei direktem Sonnenlicht.

Dem Unterzeichner sind aus seiner langjährigen Berufspraxis auf dem Gebiet Lichttechnik und Straßenausstattung überhaupt keine Unfälle bekannt, die durch von PV-Anlagen oder anderen glänzenden Objekten im Gesichtsfeld von Straßennutzern oder Lokführern erzeugte Blendung ausgelöst worden sind.

## **8 Zeitliche Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion in Richtung Wohngebäude**

### **8.1 Berechnungsmethode**

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Störf Wirkung 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 6 zeigen das Sonnenstandsdiagramm für Geseke in Form eines Polardiagramms. Die roten Linien zeigen den Sonnenstand (Sonnenhöhe  $\gamma$  und Azimut  $\alpha$ ) für den 15. Tag jedes Monats in Abhängigkeit von der Uhrzeit an. Die Darstellung erfolgt für die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) ohne Berücksichtigung der Mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ). Die Uhrzeit ist durch blaue und grüne Punkte gekennzeichnet. Zuerst werden mittels der geometrischen und topografischen Daten das Sonnenazimut

---

1) Rönsch-Hasselhorn, Barbro: Untersuchung „Sichtbeeinträchtigung für Autofahrer durch Sonnenblendung“ der Forschungsstelle Mensch-Verkehr der Eugen-Otto-Butz-Stiftung am Institut ASER, Wuppertal, erschienen in der Zeitschrift für Verkehrssicherheit 1/2003



$\alpha$  und die Sonnenhöhe  $\gamma$ , bei denen sich die Sonne befinden müsste, damit reflektiertes Sonnenlicht in die Fensterflächen der Wohnhäuser gelangen könnte, berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in das Sonnenstandsdiagramm für Geseke eingetragen. Da die Berechnungen für die gesamte Fläche oder eine Teilfläche der PV-Anlage durchgeführt werden, stellen die ermittelten  $\alpha/\gamma$ -Werte Flächen in Form von geschlossenen Polygonzügen dar, die im Folgenden als  $\gamma$ -Flächen bezeichnet werden. Haben diese  $\gamma$ -Flächen Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht in die Fensterflächen; die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden. Bei fehlenden Schnittpunkten ist keine Sonnenlichtreflexion in diese Fensterflächen möglich.

Wie in Abschnitt 5.2 erläutert, erfolgen die Berechnungen bei den Gebäuden 2, 3, 6 bis 9 jeweils für die Fenstermitte der Obergeschosse, weil dies hinsichtlich der evtl. Blendwirkung der kritischere Fall gegenüber der Bewertung für das Erdgeschoss ist. Die evtl. Verdeckung durch Vegetation wurde nicht berücksichtigt.

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 der Bilder 3 und 4 rot schraffiert dargestellt.

## 8.2 Ergebnisse

Die berechneten  $\gamma$ -Flächen sind in den Bildern 3 und 4 eingezeichnet. Da die  $\gamma$ -Flächen teilweise fast übereinander liegen, wurde die zur PV-Anlage West gehörige  $\gamma$ -Fläche für Haus 5 (Stockheimer Bruch 30) nicht in Bild 3, sondern in Bild 4 eingezeichnet.

Die  $\gamma$ -Flächen für die Wohnhäuser 2, 3, 6 und 10 liegen vollständig oberhalb der roten Sonnenstandslinien und haben keine Schnittpunkte mit diesen. Wie weiter oben erläutert, kann bei fehlenden Schnittpunkten mit den Sonnenstandslinien in keinem Fall reflektiertes Sonnenlicht in Richtung der untersuchten Fensterflächen gelenkt werden. Dieser Sachverhalt gibt die Tatsache wieder, 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 eines Beobachters gelangen kann, der aus einem in nördliche Richtungen zeigenden Fenster blickt.

Die  $\gamma$ -Flächen für die Wohnhäuser 8 und 9 liegen vollständig unterhalb der roten Sonnenstandslinien bzw. teilweise sogar unterhalb (außerhalb) des Sonnenstandsdiagramms und haben keine Schnittpunkte mit diesen, auch in diesem Fall kann kein reflektiertes Sonnenlicht in Richtung der untersuchten Fensterflächen gelenkt werden. Dieser Sachverhalt gibt die Tatsache wieder, dass ein Beobachter, der aus einem in südliche Richtungen zeigenden Fenster blickt, nur die Modulrückseiten sieht und das Sonnenlicht immer über die Wohnhäuser hinweg reflektiert wird.

Die  $\gamma$ -Flächen für die Wohnhäuser 1, 4 und 5 haben über längere Abschnitte und Wohnhaus 7 über einen sehr kurzen Abschnitt Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, für diese Häuser müssen nun aus den Schnittpunkten der  $\gamma$ -Flächen mit den Sonnenstandslinien die Zeiten berechnet werden, zu denen Sonnenlicht von der PV-

Anlage in die Fensterflächen der vier betroffenen Häuser reflektiert wird. In Tabelle 2 sind die Jahreszeitanteile und die Tage zusammengestellt, an denen das Sonnenlicht zu den Wohnhäusern reflektiert werden kann. Daraus wurden die in Tabelle 3 wiedergegebenen täglichen und jährlichen Reflexionszeiten berechnet.

Haus	Jahreszeit	Tage	Uhrzeit MEZ (Mittelwert)
1	30. 4. - 31. 8.	108	18.20 - 18.30
4	14. 4. - 31. 8.	140	6.20 - 6.40
5	10. 4. - 4. 9.	148	6.30 - 6.40
7	8. 7. - 22. 7.	15	6.40 - 6.45

*Tabelle 2: Jahres- und Tageszeiten, in denen Sonnenlicht in Richtung zu vier Wohnhäusern reflektiert werden kann*

Haus	Maximale tägliche Reflexionszeit	Mittlere tägliche Reflexionszeit	Astronomisch mögliche jährliche Reflexionszeit
1	7,5 min	5,0 min	108 5,0/60 = 9,0 Stunden
4	8,1 min	5,6 min	140 5,6/60 = 13,1 Stunden
5	12,4 min	8,9 min	148 8,9/60 = 22,0 Stunden
7	0,7 min	0,7 min	15 0,7/60 = 0,2 Stunden

*Tabelle 4: Tägliche und jährliche Reflexionszeiten, in denen Sonnenlicht in Richtung zu vier Häusern reflektiert wird*

### 8.3 Bewertung

Lt. LAI-Hinweisen kann eine erhebliche Belästigung im Sinne des BImSchG (Bundes-Immissionsschutzgesetz) vorliegen, wenn die maximal mögliche astronomische Blenddauer in den Fensterflächen z.B. eines Wohngebäudes mindestens 30 Minuten täglich oder 30 Stunden pro Kalenderjahr beträgt. Die Formulierung „im Sinne des BImSchG“ bedeutet, dass eine Überschreitung dieser Zeiten unzulässig ist. Für die Häuser 1, 4, 5 und 7 wird diese Forderung eingehalten. Zu den übrigen untersuchten Häusern wird gemäß Abschnitt 8.2 kein Sonnenlicht von der PV-Anlage reflektiert. Damit werden die Anforderungen der LAI-Hinweise von der geplanten PV-Anlage Geseke eingehalten. Die teilweise Verdeckung von Wohnhäusern durch die Vegetation spielt letztendlich bei der Bewertung keine Rolle.

### 8.4 Zeitliches Auftreten der Sonnenlichtreflexion ins Auge eines Kraftfahrers/Lokführers

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Blendung für Verkehrsteilnehmer zu bewerten, ist es zunächst notwendig, die Wahrscheinlichkeit dafür zu ermitteln, dass von der Anlage reflektiertes Licht in die Blickrichtung eines Kraftfahrers/Lokführers gelangt. Ist eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegeben, muss die Intensität des reflektierten, ins Auge des Vorbeifahrenden gerichteten Lichts ermittelt werden. Das Blendrisiko insgesamt ergibt sich aus der Bewertung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Intensität des ins Auge eines Vorbeifahrenden reflektierten Sonnenlichts.

Zunächst muss der im Raum liegende Winkel  $\theta$  zwischen Kraftfahrer/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 Kraftfahrern/Lokführern an der PV-Anlage ermittelt werden.

#### 8.4.1 Sehbedingungen eines Kraftfahrers

Die Berechnungen wurden für die Sehbedingungen eines Lkw-Fahrers durchgeführt, die hinsichtlich einer Sonnenlichtreflexion ins Fahrerauge kritischer anzusehen sind als die Bedingungen für einen Pkw-Fahrer: Die mittlere Augenhöhe eines Lkw-Fahrers beträgt ca. 2,50 m, die des Pkw-Fahrers ca. 1,12 m; deshalb kann eine PV-Anlage vom höher sitzenden Lkw-Fahrer u.U. zeitlich eher und auf größere Entfernungen gesehen werden, wodurch theoretisch die Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer erhöht werden kann. Es kann angenommen werden, dass der Fahrer bei einer Fahrt auf einer Innerortsstraße normalerweise auf einen Punkt auf der Fahrbahn blickt, der etwa 50 m vor ihm liegt. Daraus ergibt sich mit der mittleren Augenhöhe eines Lkw-Fahrers  $h_F$  von 2,50 m ein vertikaler Winkel  $\sigma$  von ca.  $-2,9^\circ$  (Blick leicht nach unten). Dieser Winkel  $\sigma$  wurde bei den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt. Die Höhe des Lkw-Fahrers  $h_F$  über PV-Anlagengelände beträgt 2,50 m - 2 m = 0,50 m für den Stockheimer Bruch (die Straße liegt ca. 2 m tiefer als das PV-Anlagengelände), für alle anderen Straßen 2,50. Ober- und Unterkante der PV-Module betragen 2,90 m bzw. 0,80 m über GOK (s. Abschnitt 5.1). Der Kraftfahrer schaut 2,40 m bzw. 0,30 m nach oben zur Moduloberkante und 0,30 m ebenfalls nach oben zur Modulunterkante beim Stockheimer Bruch, aber 1,70 m nach unten bei den übrigen Straßen. Diese Werte wurden bei den Berechnungen verwendet.

#### 8.4.2 Sehbedingungen eines Lokführers

$\sigma$  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 5.4 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.

Die Schienenoberkante liegt ca. 0,60 m oberhalb des Planums. Die Bahnstrecke liegt nach Abschnitt 5.4 ca. 1,5 m höher als das PV-Anlagengelände. Die Höhe des Lokführerauges  $h_F$  über PV-Anlagengelände beträgt 3,30 m + 0,60 m + 1,50 m = 6,40 m. Ober- und Unterkante der PV-Module betragen 2,90 m bzw. 0,80 m über GOK. Der Lokführer schaut 3,50 m nach unten zur Moduloberkante und 5,60 m ebenfalls nach unten zur Modulunterkante. Diese Werte wurden bei den Berechnungen verwendet.

### 8.4.3 Auswertung mittels des Sonnenstandsdiagramms

$\psi$  ist der horizontale Winkel zwischen der momentanen Fahrtrichtung  $\alpha$  und der horizontalen Blickrichtung  $\tau$  Kraftfahrer-/Lokführerauge - bestimmter Punkt der PV-Anlage. Fährt ein Zug/Kfz an der PV-Anlage vorbei, ändert sich ständig die Blickrichtung  $\tau$  des Kraftfahrer-/Lokführerauges zur Anlage und damit auch der Winkel  $\psi$ .

Damit Sonnenlicht in Richtung Kraftfahrer-/Lokführerauge reflektiert werden kann, muss der vertikale Blickwinkel des Kraftfahrer-/Lokführerauges  $\lambda$  dem vertikalen Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts  $\delta$  entsprechen:  $\lambda = -\delta$  (wenn  $\lambda$  abwärts gerichtet ist, muss  $\delta$  aufwärts gerichtet sein und umgekehrt).

Für bestimmte Punkte der Annäherung eines Kfz/Zuges an die bzw. Vorbeifahrt an der PV-Anlage werden nun mittels google earth die Winkel  $\tau$ ,  $\alpha$ ,  $\psi$  bestimmt, dann wird nach obiger Formel  $\theta$  berechnet. Mit den weiteren Parametern Neigung der Module  $\varepsilon = 20^\circ$  nach Süd und dem vertikalen Winkel  $\lambda$  werden dann die trigonometrischen Berechnungen zur Ermittlung des Sonnenazimuts  $\alpha$  und des vertikalen Sonnenhöhenwinkels  $\gamma$  durchgeführt, unter denen das Sonnenlicht auf die PV-Module fallen müsste, damit das reflektierte Licht ins Auge eines Kraftfahrers oder Lokführers fallen kann.

Die Berechnungen erfolgen nur für den „Kernreflex“, der sich aus dem Reflexionsgesetz „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“ herleitet (s. Abschnitt 6), das aber nur für spiegelnde Reflexion gilt. Wegen der deutlich geringeren Intensität des Streureflexes muss dieser nicht in die Berechnungen einbezogen werden.

Berücksichtigt wurden alle Blickwinkel Lokführer/Kraftfahrer - PV-Anlage  $\theta \leq 20^\circ$ , weil nach Abschnitt 7.1 nur in diesem Winkelbereich reflektiertes Sonnenlicht störende Blendung erzeugen kann. Die mittels dieser Winkel berechneten  $\gamma$ -Flächen werden wieder in das Sonnenstandsdiagramm für Geseke eingetragen (Bilder 5 und 6).

### 8.4.4 Sonnenlichtreflexion für Kraftfahrer

#### Teilanlage West

In Bild 5 sind die  $\gamma$ -Flächen für die Meteorstraße für beide Fahrtrichtungen dargestellt (Flächen blau 1 und grün 1). Als Berechnungspunkt wurde bei Fahrtrichtung Ost die Kreuzung Meteorstr./Stockheimer Bruch und bei Fahrtrichtung West das Ende des Grundstücks Meteorstr. 20 gewählt. Die  $\gamma$ -Flächen für diese Punkte sind repräsentativ für die ganze Vorbeifahrt an der Teilanlage in beiden Fahrtrichtungen. Beide  $\gamma$ -Flächen haben Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann von der PV-Anlage in der ersten Aprilhälfte und der zweiten Augusthälfte gegen 6.30 Uhr MEZ bei der Fahrtrichtung Ost für wenige Minuten zum Kraftfahrer gelenkt werden. Für die Fahrtrichtung West sind dies die erste Mai- und die erste Augusthälfte gegen 18.40 MEZ. Die Tatsache, dass zu den genannten Zeiten Sonnenlicht zum Kraftfahrer reflektiert werden kann, ist aber nicht gleichbedeutend damit, dass der Kraftfahrer auch geblendet wird: Die Blickwinkel  $\theta$  liegen mit ca.  $15^\circ$  bis  $20^\circ$  am Rande des überhaupt zu berücksichtigenden Blickwinkelintervalls und sind damit schon relativ blendunkritisch. Die Intensität des reflektierten zur Intensität des direkten Sonnenlichts liegt im Bereich von 45 % bis 60 %, bezogen auf die Lichtintensität der im Zenit stehenden Sonne sogar nur ca. 2 % bis 11 %. Der Kraftfahrer nimmt aber nicht nur das reflektierte Sonnenlicht wahr, sondern auch das direkte Sonnenlicht, das ja

**gleichzeitig** auf ihn einwirkt. Die Winkel zwischen dem reflektierten und dem direkten Sonnenlicht betragen  $7^\circ$  bis  $15^\circ$ . Der Kraftfahrer hat demnach sowohl das reflektierte als auch das direkte Sonnenlicht in seinem Blickfeld, aber genauer gesagt, am Rande des kritischen Blickwinkelintervalls. Die Länge der Strecke, in der die Sonnenlichtreflexion auftritt, beträgt ca. 70 m. Diese Strecke wird von einem mit Tempo 50 fahrenden Kraftfahrer in 5 sec durchfahren. Das bedeutet, dass wegen der Sonnenlichtreflexion am Rande des kritischen Blickwinkelintervalls in Verbindung mit deren relativ geringen Lichtintensität, des gleichzeitigen Vorhandenseins des direkten Sonnenlichts im Blickfeld des Kraftfahrers und der Kürze der Einwirkzeit des reflektierten Sonnenlichts insgesamt keine Blendung eines auf der Meteorstraße an der Teilanlage vorbeifahrenden Kraftfahrers auftritt.

Bei der Fahrt auf der Straße Stockheimer Bruch ist der Blickwinkel  $\theta$  im ganzen interessierenden Abschnitt (im Norden die Überführung über die Bahnstrecke, im Süden ab Stockheimer Bruch 20) größer als  $20^\circ$ , zudem sieht ein Kraftfahrer in diesem Abschnitt in Fahrtrichtung Süd nur die Modulrückseiten und in Fahrtrichtung Nord kann das Sonnenlicht nicht nach Süden reflektiert werden, weil die Sonne nicht im Norden steht. Blendung eines auf dem Stockheimer Bruch an der Teilanlage vorbeifahrenden Kraftfahrers ist nicht möglich.

#### Teilanlage Ost

In Bild 5 sind die  $\gamma$ -Flächen für die Straße Schanzendrift für beide Fahrtrichtungen in brauner bzw. schwarzer Farbe dargestellt. Die weiteren  $\gamma$ -Flächen blau 2 und grün 2 gelten für den Teil der Salzkottener Straße, der unmittelbar südlich der Bahnstrecke und parallel zu dieser zu einigen Gewerbebetrieben führt. Alle  $\gamma$ -Flächen liegen oberhalb bzw. unterhalb der Sonnenstandslinien. Reflexion und damit Blendung eines auf der Straße Schanzendrift bzw. auf diesem Teil der Salzkottener Straße an der Teilanlage vorbeifahrenden Kraftfahrers ist nicht möglich. Dieses Ergebnis gilt damit auch für die „eigentliche“ Salzkottener Straße (B 1), die noch weiter südlich liegt.

### **8.4.5 Sonnenlichtreflexion für Lokführer**

#### Teilanlage West

In Bild 6 sind die  $\gamma$ -Flächen für beide Fahrtrichtungen in schwarzer und brauner Farbe eingezeichnet. Die  $\gamma$ -Fläche in Fahrtrichtung Südost wurde für den Blickpunkt eines Lokführers 100 m vor der Überführung der Straße Stockheimer Bruch berechnet. Die  $\gamma$ -Fläche für diesen Blickpunkt ist repräsentativ für die ganze Vorbeifahrt an der Teilanlage. Diese  $\gamma$ -Fläche liegt unterhalb der Sonnenstandslinien, Sonnenlichtreflexion zum Lokführer und Blendung in Fahrtrichtung Südost sind nicht möglich.

Die  $\gamma$ -Fläche in Fahrtrichtung Nordwest wurde für den Blickpunkt in 150 m Entfernung von der Nordost-Ecke der Teilanlage berechnet. Sie hat Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, das Sonnenlicht kann theoretisch in der Jahreszeit ca. vom 12. März bis 18. April und 10. August bis 3. Oktober zum Lokführer reflektiert werden. Zwischen Bahntrasse und PV-Anlage befindet sich aber eine bis zu 20 m breite Hecke, die den Blick vom Lokführer zur PV-Anlage nicht nur in der Vegetationszeit, sondern auch im Winterhalbjahr verhindert, weil das reflektierte Sonnenlicht die Hecke schräg durchstrahlen müsste; dieser Weg durch die Hecke ist mit ca. 50 m so lang, dass auch bei fehlender Belaubung das reflektierte Sonnenlicht absorbiert wird. Auch in Fahrtrichtung Nordwest ist keine Blendung eines Lokführers möglich.

### Teilanlage Ost

In Bild 6 sind die  $\gamma$ -Flächen für beide Fahrtrichtungen in grüner und blauer Farbe eingezeichnet. Sie liegen außerhalb der Sonnenstandslinien, damit ist Sonnenlichtreflexion zum Lokführer und dessen Blendung in beiden Fahrtrichtungen nicht möglich.

### **8.5 Endgültiges Fazit**

Von der westlichen Teilanlage können weder Lokführer noch Kraftfahrer geblendet werden. Die Blenddauer für Anwohner liegt unter der nach den LAI-Hinweisen erlaubten Zeit von 30 min täglich bzw. von 30 Stunden im Kalenderjahr. Die westliche Teilanlage erzeugt keine Blendwirkung und keine inakzeptable Lichtimmission für Anwohner.

### **9 Zusammenfassung**

Für die in Geseke geplante zweiteilige Photovoltaik-Freiflächenanlage wurde untersucht, ob die Blendzeiten = Lichtimmission der PV-Anlage für die Anwohner von zehn Wohnhäusern in der Nähe der PV-Anlage die Anforderungen der „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 9. 2012 (LAI-Hinweise) erfüllen. Weiterhin wurde berechnet, ob diese PV-Anlage ein Blend- oder sonstiges Störrisiko für Kraftfahrer darstellt, die der PV-Anlage benachbarte Stadtstraßen in Geseke befahren, sowie für Lokführer, die die Bahnstrecke Paderborn-Lippstadt im Bereich Geseke befahren.

Die Immissionszeiten in die Fensterflächen der betroffenen Häuser erfüllen die Vorgaben der LAI-Hinweise, da entweder kein Sonnenlicht zu den Wohnhäusern reflektiert wird oder die Immissionszeit unter der erlaubten Zeit von 30 min täglich bzw. 30 Stunden jährlich liegt.

Unter blendkritischen Bedingungen kann kein Sonnenlicht zu einem Kraftfahrer oder Lokführer reflektiert werden, Blendung eines Kraftfahrers/Lokführers ist nicht möglich.

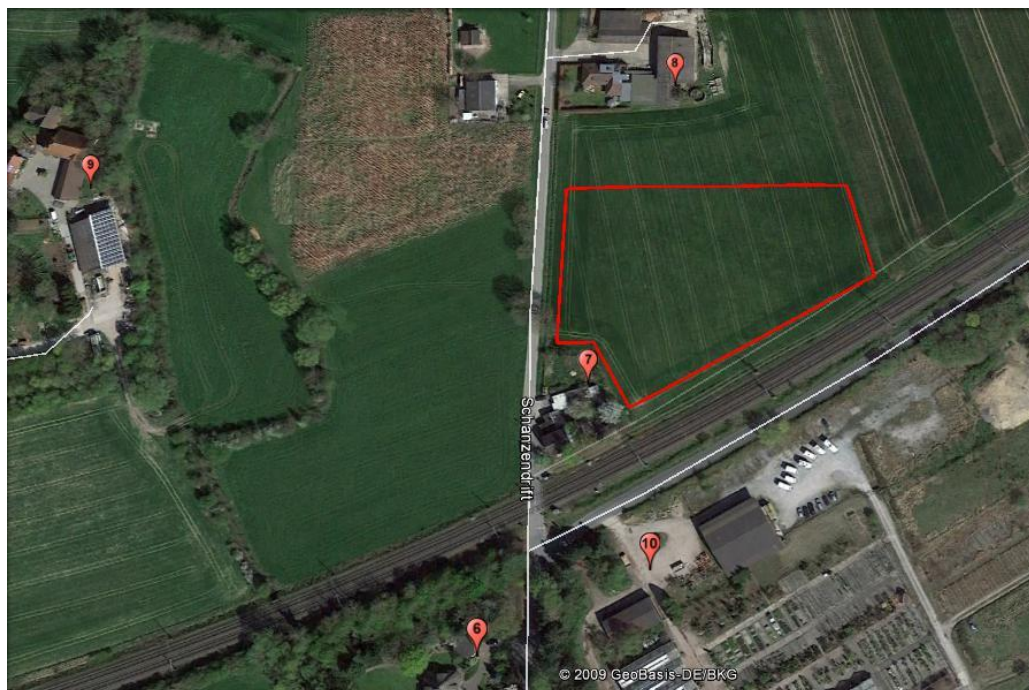
Eine erhöhte Auffälligkeit geht von der geplanten PV-Anlage nicht aus, ein Flimmereffekt kann nicht entstehen. Die Vorgaben der LAI-Hinweise werden erfüllt. Eine Beeinträchtigung oder gar Gefährdung der Verkehrssicherheit auf Geseker Stadtstraßen oder auf der Bahnstrecke Paderborn/Lippstadt infolge einer evtl. Blendung von Kraftfahrern bzw. von Lokführern kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Von daher ist gegen die Errichtung der PV-Freiflächenanlage in Geseke nichts einzuwenden.



## Anhang



*Bild 1: Die westliche Teilfläche der geplanten PV-Anlage Geseke (rot umrandet) mit den untersuchten Häusern Nr. 1 bis 5*



*Bild 2: Die östliche Teilfläche der geplanten PV-Anlage Geseke (rot umrandet) mit den untersuchten Häusern Nr. 6 bis 10*

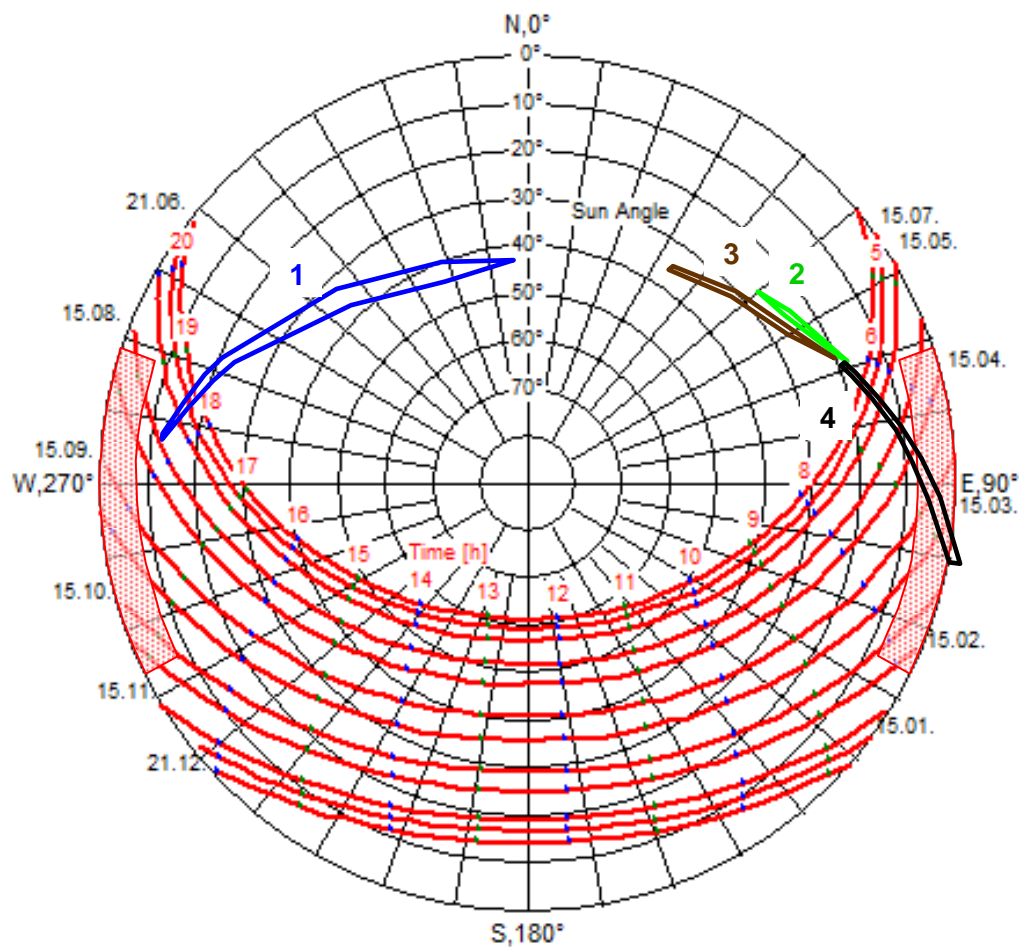


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Geseke mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Reflexionszeiten zu Häusern

PV-Anlage West

- 1: Meteorstr. 20
- 2: Stockheimer Bruch 25
- 3: Stockheimer Bruch 26
- 4: Stockheimer Bruch 27

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



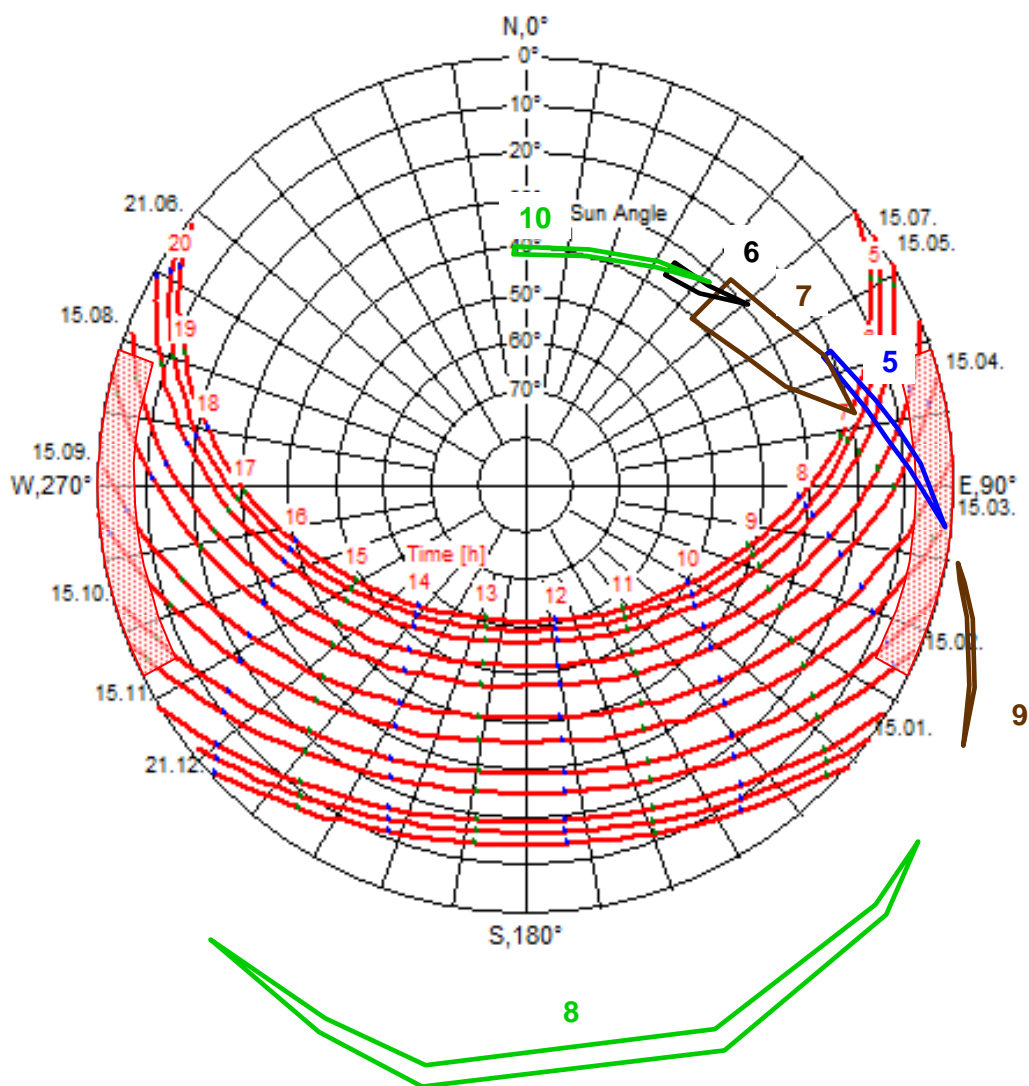


Bild 4: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Geseke mit  $\gamma$ -Flächen zur Bewertung der Reflexionszeiten zu Häusern

noch PV-Anlage West

**5:** Stockheimer Bruch 30

PV-Anlage Ost

**6:** Schanzendrift 3

**7:** Schanzendrift 8

**8:** Schanzendrift 20

**9:** Völmeder Str. 66

**10:** Salzkottener Str. 61

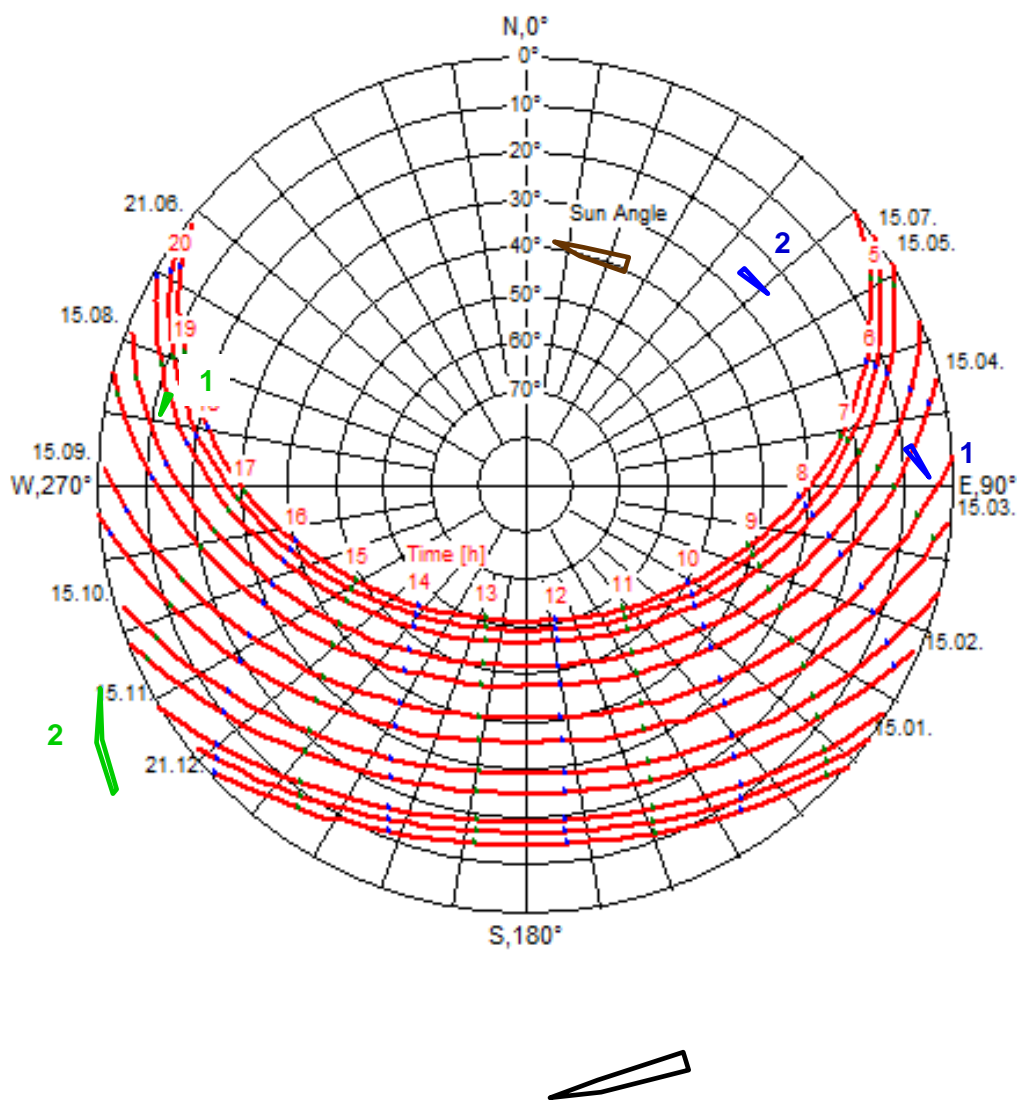


Bild 5: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Geseke mit  $\gamma$ -Flächen für die Vorbeifahrt eines Kfz auf der Meteorstraße an der westlichen PV-Anlage bzw. auf der Straße Schanzendruff und der Salzkottener Straße an der östlichen PV-Anlage

- blau 1**  $\gamma$ -Fläche: Meteorstraße, Fahrtrichtung Ost
- grün 1**  $\gamma$ -Fläche: Meteorstraße, Fahrtrichtung West
- braune**  $\gamma$ -Fläche: Schanzendruff, Fahrtrichtung Nord
- schwarze**  $\gamma$ -Fläche: Schanzendruff, Fahrtrichtung Süd
- blau 2**  $\gamma$ -Fläche: Salzkottener Straße, Fahrtrichtung Ost
- grün 2**  $\gamma$ -Fläche: Salzkottener Straße, Fahrtrichtung West

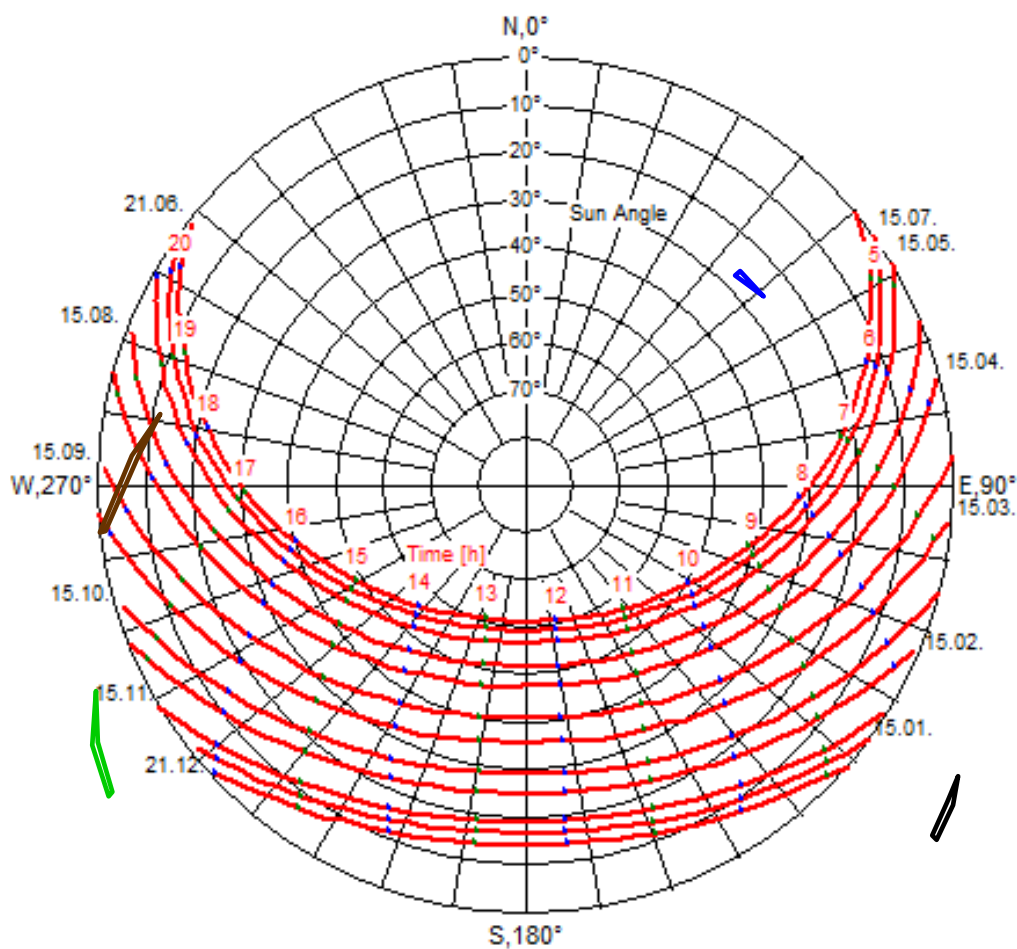


Bild 6: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Geseke mit  $\gamma$ -Flächen für die Vorbeifahrt eines Zuges an der PV-Anlage

- grüne**  $\gamma$ -Fläche: östliche PV-Anlage, Fahrtrichtung Südwest
- blaue**  $\gamma$ -Fläche: östliche PV-Anlage, Fahrtrichtung Nordost
- schwarze**  $\gamma$ -Fläche: westliche PV-Anlage, Fahrtrichtung Südost
- braune**  $\gamma$ -Fläche: westliche PV-Anlage, Fahrtrichtung Nordwest