



## Eckpunktepapier Photovoltaik: Blendwirkungen und Blendgutachten

**Herausgeber:** Fernstraßen-Bundesamt (FBA)

**In Zusammenarbeit mit:**

Die Autobahn GmbH des Bundes  
Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt)  
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr  
Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg  
Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg  
Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr  
Landesbetrieb für Straßenbau - Saarland  
Straßenbauverwaltung Schleswig-Holstein

**Beteiligte Expertinnen und Experten:**

Dr. Stefan Bofinger  
Prof. Dr. Sven Heinrich  
Ralf Haselhuhn  
Sebastian Lange  
Wolfgang Rosenthal  
Mathias Röper  
Ralf Schmersahl  
Markus Stich  
Janina Willmann

### Hinweis zu fehlenden wissenschaftlichen Grundlagen:

*Während der Erarbeitung des Papiers hat sich gezeigt, dass wissenschaftliche Grundlagen fehlen. Aus diesem Grund wurden zunächst konservative Annahmen getroffen. Das Eckpunktepapier soll in regelmäßigen Abständen fortgeschrieben werden, um den zukünftigen Wissenstand entsprechend zu berücksichtigen.*

*Es wird davon ausgegangen, dass zukünftig auch bezüglich der Moduloberflächen viele Innovationen auf dem Markt verfügbar sein werden, welche bei einer Fortschreibung entsprechend berücksichtigt werden sollten.*

### Gender-Hinweis:

*Auf den nachfolgenden Seiten wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Alle hier verwendeten Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.*



## 1. Veranlassung und Gültigkeit des Eckpunktepapiers

### Veranlassung

Anlass der Erarbeitung von Rahmenbedingungen für die Beurteilung von Blendwirkungen von Photovoltaikanlagen (im Folgenden: PV-Anlagen) auf den Straßenverkehr der Bundesfernstraßen sind fehlende wissenschaftliche Grundlagen und die hieraus resultierenden rechtlichen Konkretisierungen. Bei der Errichtung von PV-Anlagen auf Bestandteilen der Bundesfernstraßen sowie in den Schutzzonen des § 9 Bundesfernstraßengesetz (FStrG) sind die Auswirkungen der Anlagen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu betrachten. Mangels einheitlicher Vorgaben herrscht eine große Heterogenität hinsichtlich der der Straßenverwaltung vorgelegten Nachweise. Diese unterscheiden sich einerseits bereits in der Ausgangshypothese sowie den Berechnungsverfahren. Andererseits weichen die Schlussfolgerungen daraus teils erheblich voneinander ab. Um eine sachgerechte straßenrechtliche Beurteilung vornehmen und das Risiko für die am Verkehr Teilnehmenden somit auf ein Mindestmaß reduzieren zu können, sind innerhalb einer Experten-Arbeitsgruppe die nachfolgenden Eckpunkte zur Beurteilung von relevanten Blendwirkungen erarbeitet worden. Auf diese Weise kann eine einheitliche, transparente und verfahrensbeschleunigende Risikobewertung erfolgen. Das Eckpunktepapier soll im Rahmen der Fortschreibung und Evaluierung auf aktuelle Entwicklungen angepasst werden.

### Ziele des Eckpunktepapiers

Das Eckpunktepapier verfolgt nachstehende Ziele:

- Standardisierung der Randbedingungen für lichttechnische Berechnungen und Beurteilungen von Reflexionsauswirkungen von PV-Anlagen auf Verkehrsteilnehmende
- Vorgabe inhaltlicher Schwerpunkte für Blendgutachten im Anwendungsbereich
- Sicherstellung vergleichbarer Berechnungsergebnisse, Beurteilungen und Schlussfolgerungen durch Gutachter
- Ausschluss oder Minderung von Risiken durch Blendungen, die vom Vorhaben ausgehen
- Schutz des Vorhabenträgers vor rechtlichen Risiken sowie Sicherstellung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs auf der Bundesfernstraße (vgl. § 1 FStrG)

*Die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs werden durch Umstände beeinträchtigt, die zur Entstehung neuer oder Erhöhung bereits bestehender Gefahren oder zu einer Verschlechterung der Verkehrsverhältnisse beitragen (vgl. BVerwG, Urt. v. 17. 9. 1964 - I C 26/63). Dies ist anzunehmen, wenn das konkrete Vorhaben geeignet ist, sich in der jeweiligen örtlichen Situation unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Verkehrsteilnehmers nachteilig auf das derzeitige und zu erwartende normale Verkehrsgeschehen auszuwirken (Müller/Schulz, § 9 Rn. 65). Hierbei ist die erkennbare Möglichkeit des Eintritts der Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs ausreichend, einer konkreten Gefahr bedarf es nicht, es sollen aber neue Gefahrenquellen vermieden werden (OVG NRW, Urt. v. 8.5.2008 - 7 A 460/07).*



### Adressaten des Eckpunktepapiers

Das Papier richtet sich an:

- Antragstellende/Vorhabenträger/Projektentwickler
- Gutachter
- Straßenbaulastträger
- Weitere beteiligte Institutionen

### Anwendungsbereich des Eckpunktepapiers

Blendgutachten und gutachterliche Stellungnahmen im Rahmen von Genehmigungsverfahren für PV-Anlagen an Bundesfernstraßen, insbesondere:

- in der Zuständigkeit des Fernstraßen-Bundesamts (FBA) oder der jeweils zuständigen Straßenbaubehörden der Länder hinsichtlich anbaurechtlicher Beurteilungen
- in der Zuständigkeit der Autobahn GmbH des Bundes hinsichtlich Eigentumsrechte und nachbarschaftsrechtlicher Belange

### Blendgutachten

- Nachweis der Blendfreiheit oder Identifikation von Blendungen im relevanten Sichtfeld durch lichttechnische Berechnungen für die maßgeblichen Beobachtungspunkte auf der Bundesfernstraße
- Ableitung erforderlicher Blendschutzmaßnahmen zur Vermeidung verkehrsrelevanter Beeinträchtigungen

### Gutachterliche Stellungnahme

- Bestätigung der Blendfreiheit durch Nachweis, dass keine relevanten Reflexionen auftreten, die eine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit darstellen

## 2. Notwendigkeit eines Blendgutachtens

### Wann muss eine PV-Anlage hinsichtlich Blendwirkung geprüft werden?

Eine Prüfung der Blendwirkung ist erforderlich für alle PV-Anlagen, die von Verkehrsteilnehmenden auf Bundesfernstraßen eingesehen werden können oder potenziell einsehbar sind. Die Notwendigkeit einer detaillierten Untersuchung, beispielsweise in Form eines Blendgutachtens, hängt von den spezifischen Gegebenheiten der Anlage ab.

### Wann sind Blendgutachten zwingend notwendig?

Ein Blendgutachten ist erforderlich und kann von der Behörde oder von Trägern öffentlicher Belange im Genehmigungsverfahren gefordert werden, wenn:



- Die PV-Module so ausgerichtet sind, dass Reflexionen in Richtung der Fahrbahn möglich sind.
- Die Anlage sich in Sichtweite einer Bundesfernstraße befindet.
- Die Topografie oder die Höhe der Module dazu führen können, dass Reflexionen Verkehrsteilnehmende beeinträchtigen.

### Wann ist kein Blendgutachten erforderlich?

Ein ausführliches Blendgutachten ist nicht erforderlich, wenn eine fachliche Stellungnahme ausreichend belegt, dass keine relevanten Blendwirkungen auftreten können. Eine solche Stellungnahme kann als Alternative zum Gutachten eingereicht werden, wenn:

- Dauerhafte räumliche Hindernisse zwischen der PV-Anlage und dem Verkehrsweg existieren (z. B. Lärmschutzwände, Böschungen oder andere bauliche Strukturen), die alle Sichtachsen auf alle Anlagenteile wirkungsvoll durchbrechen.
- Die PV-Anlage oder deren Modulvorderseiten aufgrund der Topografie nicht sichtbar sind.
- Die Modulvorderseiten aufgrund ihrer Ausrichtung nicht sichtbar sind und somit keine relevanten Reflexionen auftreten können.

#### Hinweis:

*Eine Berücksichtigung von neuartigen Moduloberflächen ist grundsätzlich vorstellbar, wenn eine ausreichende Nachweisführung erbracht wird. Hierbei ist erforderlich, dass das Reflexionsverhalten der Moduloberfläche hinreichend nachgewiesen ist und dass für alle relevanten Einfallswinkel keine relevante Blendung hervorgerufen werden kann. Es bedarf der Erbringung eines Nachweises, der das Zusammenwirken von mehreren Modulen bzw. die Gesamtheit der Anlage darstellt. Ggf. sind eine messtechnische Überwachung oder In-situ-Messungen notwendig.*

- Wenn aufgrund der räumlichen Gegebenheiten keine Sichtmöglichkeit zwischen Straße und der jeweiligen PV-Anlage vorliegt, dann bedarf es eines vereinfachten Nachweises. Der vereinfachte Nachweis kann über Fotos, Lagepläne und verbale Beschreibungen erfolgen.

#### Wichtige Hinweise:

- Straßenbegleitgrün gilt nicht als dauerhaftes Hindernis, da es der regelmäßigen Pflege unterliegt und seine Abschirmwirkung nicht zuverlässig gewährleistet werden kann.
- Ein Nachweis darüber, dass ein Blendgutachten nicht notwendig ist, muss als separate Anlage den Antragsunterlagen beigelegt werden.
- Der Nachweis muss von einer fach- und sachkundigen Person, z. B. einem Blendgutachter oder Projektentwickler, erstellt und bestätigt werden.



### 3. Definition von Blendung und Ausgangshypothese

#### Definition Blendbegriffe im Rahmen des Eckpunkteapiers

Blendung bezeichnet Lichteinwirkungen am Auge, die die Sehfähigkeit beeinträchtigen können, unabhängig von deren Auswirkungen auf die Erfüllung der Sehaufgabe. Die Auswirkungen der Blendung auf die Erfüllung der Sehaufgabe wird als Blendwirkung beschrieben.

Es sind im Wesentlichen zwei Blendmechanismen für die Einschränkung der Sehfähigkeit durch die Sonnenlichtreflexionen von Solaranlagen verantwortlich.

Beim direkten Blick in eine reflektierende Fläche mit einer Leuchtdichte von mehr als 30.000 bis 100.000 cd/m<sup>2</sup> führt eine **Absolutblendung** innerhalb kurzer Zeit (< 1 s) zu Schutzreaktionen, Nachbildern und ggf. temporärer Blindheit, die eine Erfüllung der Sehaufgabe verhindern. Das Risiko einer Absolutblendung entsteht, wenn eine Verkehrssituation oder ein Verkehrsobjekt in unmittelbarer Nähe zur reflektierenden Fläche scharf gesehen werden muss und die Augen deshalb darauf fixieren. Die Fixationspunkte befinden sich im Allgemeinen innerhalb des zentralen Sehbereichs von horizontal  $\pm 10^\circ$  um die Hauptblickrichtung.

Eine nicht direkt fixierte reflektierende Fläche kann im gesamten relevanten Sehbereich von horizontal  $\pm 30^\circ$  um die Hauptblickrichtung bei einer länger anhaltenden Blendsituation (> 1 s) zu einer **Relativblendung** führen, die eine anhaltende Ablenkung von der Fahraufgabe bewirkt und durch Lichtstreuung im Augenapparat zu einer verminderten Kontrastwahrnehmung führt. Das Risiko einer Beeinträchtigung der Erfüllung der Sehaufgabe wird mit steigenden Winkelabstand zur Blickachse geringer und erhöht sich mit der Größe und Helligkeit der reflektierenden Fläche und dem Zeitraum, in dem der gleiche Winkelabstand im Streckenverlauf bestehen bleibt.

#### Ausgangshypothese

Blendwirkungen, die zu einer Beeinträchtigung der Erfüllung der Sehaufgabe führen, sind dann nicht auszuschließen, wenn unter Berücksichtigung aller Sonnenpositionen eines Jahres Reflexionen an PV-Flächen im relevanten Sichtfeld von  $\pm 30^\circ$  um die Hauptblickrichtung auftreten.

- Die Leuchtdichte der Reflexionen an PV-Flächen liegt bei Standardmodulen mit maximal leichtstrukturierter Oberfläche und Anti-Reflexionsbeschichtung (ARC) in der Regel weit über 100.000 cd/m<sup>2</sup> (Absolutblendung).
- Entsprechend sind Reflexionen im ersten Schritt grundsätzlich als relevant zu betrachten.

Zusätzlich gilt:

- Bei geraden Streckenabschnitten kann angenommen werden, dass die Hauptblickrichtung dem Straßenverlauf folgt.



- Diese Annahme ist je nach Verkehrssituation zu erweitern, insbesondere in Bereichen mit erhöhtem Blickbedarf, wie z. B.:
  - Beschleunigungstreifen und Straßenzusammenführungen: Seitliche Blicke auf den sich einfädelnden Fahrstreifen sind Teil der Sehaufgabe.
  - Zu- und Abfahrten
  - Weitere komplexe Verkehrssituationen, die eine erweiterte Sichtfeldbetrachtung erfordern (u. a. im Bereich von Verkehrsbeeinflussungsanlagen).

### Ausschluss relevanter Blendwirkungen

Sofern Reflexionen im relevanten Sichtfeld auftreten können, ist eine erhebliche Beeinträchtigung grundsätzlich nicht ausgeschlossen. Im Rahmen einer Begutachtung kann jedoch nachgewiesen werden, dass keine relevanten Blendwirkungen vorliegen. Der Nachweis erfolgt mittels entsprechender Berechnungen. Die Diskussion der Ergebnisse ist anschließend detailliert und unter Angabe entsprechender Quellen darzulegen.

Eine Reflexion kann als nicht erheblich beeinträchtigend eingestuft werden, wenn einer der nachfolgenden Punkte erfüllt ist:

- Die reflektierende Fläche weist eine geringe Leuchtdichte von  $\leq 30.000 \text{ cd/m}^2$  auf.
- Die reflektierende Quelle für die fahrzeugführende Person erscheint nur sehr klein (z. B. aufgrund der Entfernung).
  - Wenn die vertikale Größe der Blendquelle im Sichtfeld und außerhalb des zentralen Sehbereichs ( $\pm 10^\circ$ ) des Betrachtenden  $\leq 0,30^\circ$  beträgt, ist anzunehmen, dass keine erheblichen Blendwirkungen möglich sind.
- Die Sonne überlagert die Blendwirkung der PV-Anlage.
  - Dabei ist zu beachten, dass Sonnenblendungen in der Regel durch eine Blende im Fahrzeug reduziert werden können.
  - Erst bei sehr tiefen Sonnenständen (Höhe  $\leq 5^\circ$ ) kann argumentiert werden, dass die Sonnenblendung die Blendwirkung der PV-Anlage dominiert.
- Die Reflexionen treten innerhalb des relevanten Sehbereichs ( $\pm 30^\circ$  ggf. Erweiterung wg. der verkehrlichen Situation – siehe oben) auf, aber auf Grund ihres Winkelabstands zur Hauptblickrichtung und ihrer Intensität führen sie zu keiner relevanten Blendwirkung.
- Weitere Aspekte sind möglich, jedoch plausibel und fundiert darzulegen.

## 4. Anforderung an die Berechnungen von Gutachten

Für eine belastbare Bewertung der Blendwirkungen sind die folgenden Anforderungen an die **Berechnungen und Simulationen** zu erfüllen:

### Allgemeine Anforderungen



- Ganzjährige Betrachtung und Berechnung mit einer zeitlichen Auflösung von mindestens 5 Minuten
- Bestimmung des Einfallswinkels der Reflexionen in das Sichtfeld der fahrzeugführenden Person
- Bestimmung der Reflexionsintensität (z. B. Beleuchtungsstärke nahe des Auges der fahrzeugführenden Person, Leuchtdichte) für Reflexionen im relevanten Sichtfeld
- Die Berechnung kann sowohl mit Standardwerten als auch mit nachgewiesenen modulspezifischen Reflexionseigenschaften (z.B. bei strukturierten Oberflächen) erfolgen – wichtig ist, dass modultypische Reflexionen berücksichtigt werden (Bündelungsaufweitung usw.)

### Reflexionsberechnungen

- Ermittlung der Reflexionsrichtungen und -zeiten unter Einbeziehung der Modulneigung und -ausrichtung.
- Der Einfluss von Querneigungen aufgrund von Gefällen auf der PV-Fläche ist zu berücksichtigen und darzustellen (reale Modulausrichtungen).
- Wahl der Betrachtungspunkte mit realistischen Augenpunkthöhen:
  - PKW: 1,0 m bezogen auf die Straßenoberkante
  - LKW: min. 2,7 m bezogen auf die Straßenoberkante

#### Hinweis:

*Ausreichend präzise Höhendaten sollten hierbei verwendet werden.*

### Ergebnisse und Bewertung

- Identifikation von Winkelbereichen (Sichtfeld) mit Reflexionen
- Ermittlung der Dauer und Zeiträume der Reflexionen für die Betrachtungspunkte
- Falls Reflexionen im relevanten Sichtfeld auftreten, ist eine detaillierte Bewertung der Blendwirkung erforderlich

## 5. Inhalte eines Mustergutachtens

### Einleitung

- Veranlassung der Beauftragung: Meist die geplante Errichtung einer PV-Anlage
- Hauptziel: Analyse der potenziellen Blendwirkungen auf den Verkehr
- Nennung der Auftraggeber und ggf. beteiligter Sachverständiger
- Methodik und Software für die Berechnungen
- Rechtliche und technische Grundlagen (Richtlinien, Vorschriften, Gesetze)

### Projektbeschreibung

- Standortbeschreibung mit Bundesland, Region, Landkreis
- Lage zur Bundesfernstraße (inkl. Abstand zur befestigten Fahrbahn)



- Beschreibung der PV-Anlage (Modultyp, Modulausrichtung, ggf. Nachführsysteme\*)
- Topografie der Fläche (Höhen, Neigungen, Geländesprünge)
- Darstellung der umliegenden Fernstraßen
- Darstellung von Raumwiderständen (z. B. Bauwerke, Topografie, Lärmschutzwände)

#### Reflexionsrichtungen und Immissionspunkte

- Berechnung der Reflexionsrichtungen unter Berücksichtigung aller Sonnenpositionen eines Jahres
- Festlegung der Betrachtungspunkte mit realistischen Augenpunkthöhen
- Definition des relevanten Sichtfelds
- Anpassung der Sichtfeldbetrachtung je nach Verkehrssituation

#### Berechnungsverfahren

- siehe hierzu die Ausführungen zu Ziff. 4 „Anforderung an die Berechnungen von Gutachten“

#### Ergebnisse und Diskussion der Blendwirkungen

- Winkelbereich (Sichtfeld) mit Reflexionen
- Dauer und Zeiträume der Reflexionen
- Falls Reflexionen im relevanten Sichtfeld auftreten, ist eine detaillierte Bewertung/Diskussion erforderlich, ausgehend von der Ausgangshypothese
- Betroffene Bereiche der Bundesfernstraße sind eindeutig darzustellen

#### Empfehlungen zur Blendungsminderung

Falls relevante Blendwirkungen festgestellt werden:

- Bauliche Maßnahmen (z. B. Sichtachsenunterbrechungen, Modulausrichtungsänderung)
- Optimierung der Modulausrichtung oder Parkposition bei Nachführsystemen (z. B. Anpassung der Nachführstrategie, Backtracking)\*
- Einsatz von Blendschutzmaßnahmen, sofern technisch und wirtschaftlich umsetzbar
  - Dies umfasst auch blendarme PV-Module (Leuchtdichte der Reflexionen im relevanten Sichtfeld bei allen Sonnenständen unter Berücksichtigung der Modulausrichtung  $\leq 30.000 \text{ cd/m}^2$ )
- Keine Maßnahmen auf den Bundesfernstraßen und ihren Bestandteilen zulässig

#### Zusammenfassung und Fazit

- Auftreten relevanter Blendungen (Ja/Nein)
- Betroffene Bereiche der Bundesfernstraße sind eindeutig darzustellen
- Notwendige Schutzmaßnahmen

#### Anlagen

- Kartenmaterial
- Berechnungsdokumentation
- Technische Daten der PV-Module (wenn mit modulspezifischen Werten gerechnet wird)



\* Hinweise zu Anlagen mit Tracker-Systemen:

Bzgl. Tracker-Systeme sind folgende Situationen zu betrachten:

- Ordnungsgemäße Nachführung inkl. Backtracking
- Prüfen der Parkposition, Fehlerposition und Sonderpositionen (Grünpflege, Agri-Bewirtschaftung)