

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

# **Gutachten über die zu erwartende Blendung durch Sonnenreflexionen der geplanten Photovoltaikanlage Quedlinburg**



GA-Nummer: Te-210628-Q-1

Im Auftrag von  
Anumar Solar GmbH  
Ingolstadt

Verfasser  
Jens Teichelmann, Dipl.-Ing. Lichttechnik  
IBT 4Light GmbH  
Fürth

Fürth, 13.07.2021

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

**Auftraggeber:**

Anumar Solar GmbH

Hauwöhler Straße 21  
85051 Ingolstadt

**Auftragnehmer:**

Dipl.-Ing. Jens Teichelmann

IBT 4Light GmbH

Ingenieur- und Sachverständigenbüro  
für Licht- und Beleuchtungstechnik

Boenerstraße 34  
90765 Fürth

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Extrakt</b>	<b>4</b>
<b>2 Allgemeines</b>	<b>6</b>
2.1 Aufgabenstellung, Zweck des Gutachtens	6
2.2 Tatsachenfeststellung, Beschreibung der Situation	7
2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen	10
2.4 Verwendete Hilfsmittel	10
2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen	11
<b>3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen</b>	<b>12</b>
3.1 Grundlegende Methodik	12
3.2 Ortstermin, beteiligte Personen	13
<b>4 Schutzgut Mensch: Ergebnisse und Auswertung der an den Immissionsorten erreichten Reflexionswerte</b>	<b>14</b>
4.1 Ermittlung der Eckpunkte des Reflexionsverhaltens der Photovoltaikmodule	14
4.2 Ermittlung der möglicherweise relevanten Immissionsorte	16
4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung	18
<b>5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere</b>	<b>33</b>
<b>6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse</b>	<b>34</b>

## 1 Extrakt

Im Auftrag der Anumar Solar GmbH in Ingolstadt wurde die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Quedlinburg nördlich und südlich der Bundesautobahn A36, westlich der Anschlußstelle Quedlinburg der Bundesautobahn A36 zur Bundesstraße B79 / Kreisstraße 1360 und nördlich der Ortschaft Quedlinburg hinsichtlich der auf der Bundesautobahn A36, der Bundesstraße B79 (Kreisstraße K1360), den Fahrspuren der Zu- und Abfahrten der BAB-Anschlußstelle Quedlinburg und in der südlich der Anlage liegenden Wohnbebauung von Quedlinburg zu erwartenden Blendung durch Sonnenreflexion untersucht.

Da es sich um eine noch nicht realisierte Anlage handelt wurde über eine Worst-Case-Betrachtung anhand der vorliegenden Angaben eine rechnerische Bewertung der geplanten Anlage durchgeführt.

Hierzu wurden in Ermangelung produktspezifischer Reflexionsdaten der vorgesehenen Photovoltaikmodule vom Hersteller Eckdaten für das Reflexionsverhalten der Moduloberflächen aus anderen, vergleichbaren Situationen herangezogen.

Die Betrachtung der zu erwartenden Blendung erfolgte durch eine Bewertung der bei dieser Anlagengeometrie möglichen Effekte durch Direktreflexion des Sonnenlichtes sowie durch eine Bewertung des bei der Reflexion auf der Oberfläche des Photovoltaikmoduls gestreuten Sonnenlichtanteils mittels einer Reflexionsberechnung im dreidimensionalen Raum und unter Berücksichtigung des Reflexionsverhaltens der Oberfläche.

Es wurde jeweils untersucht, inwieweit mögliche Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen an den Oberflächen der Photovoltaikmodule als relevant wahrgenommen werden und ob diese die für das Führen von Fahrzeugen auf den betreffenden Verkehrswegen relevanten Sichtfelder betreffen.

Durch die Realisierung der untersuchten Photovoltaik-Freiflächenanlage sind bei Ausführung der Anlage gemäß des uns vorliegenden, im Vorfeld bzgl. der Blendung optimierten Konzeptes und bei Realisierung der vorgeschlagenen Sichtschutzmaßnahme keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Bundesautobahn A36, der Bundesstraße B79 (Kreisstraße K1360), den Fahrspuren der Zu- und Abfahrten der BAB-Anschlußstelle Quedlinburg und in der südlich der Anlage liegenden Wohnbebauung von Quedlinburg zu erwarten.

Möglicherweise auftretende Reflexionen in Richtung der Beobachter auf der Bundesautobahn A36 in beiden Fahrtrichtungen, auf den östlich der Anlage liegenden Fahrspuren der BAB-Anschlußstelle Quedlinburg und in der südlich der Anlage liegenden Bebauung werden unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonne gesehen, so daß diese durch die natürliche Direktblendung der Sonne überlagert werden und nicht als eigenständige Blendquelle wahrgenommen werden. Solche Reflexionen sind nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren /1/ nicht als Blendung zu qualifizieren.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

Möglicherweise auftretende Reflexionen liegen an den untersuchten Immissionsorten auf der Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360 außerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer und sind somit für die Sicherheit des Verkehrs auf dieser Straße von untergeordneter Bedeutung.

Eventuell auftretende kleinflächige Highlights durch Reflexionen an Biege- oder Schnittkanten z.B. des Rahmens oder der Leiterbahnen werden in größerer Entfernung gemittelt wahrgenommen und sind als unkritisch anzusehen.

Größere gerundete reflektierende Oberflächen in der Konstruktion sollten jedoch nach Möglichkeit vermieden werden.

## 2 Allgemeines

Licht gehört zu den Emissionen bzw. Immissionen im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes. Sofern Immissionen „nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“, so gelten sie im Sinne dieses Gesetzes als schädliche Umwelteinwirkungen. Dies betrifft neben anderen Immissionsarten auch die Lichtimmissionen.

Laut Bundesimmissionsschutzgesetz sind sowohl bei genehmigungsbedürftigen als auch bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen mit Ausnahme der Anlagen des öffentlichen Straßenverkehrs geeignete Maßnahmen nach Stand der Technik zu treffen, um Lichtimmissionen zu vermeiden bzw. auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Dies betrifft insbesondere Sportstättenbeleuchtungen, Beleuchtungen in Bau, Industrie und Gewerbe, Anstrahlungen sowie Reklamebeleuchtungen.

Technische oder bauliche Anlagen, die das Sonnenlicht reflektieren, sind nach Baurecht zu behandeln und so auszuführen, dass durch die Sonnenlichtreflexionen keine Störungen bei Anwohnern, auf Verkehrsstraßen oder in sicherheitsrelevanten Einrichtungen erzeugt werden.

### 2.1 Aufgabenstellung, Zweck des Gutachtens

Im Auftrag der Anumar Solar GmbH in Ingolstadt war die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Quedlinburg nördlich und südlich der Bundesautobahn A36, westlich der BAB-Anschlußstelle Quedlinburg zur Bundesstraße B79 / Kreisstraße 1360 und nördlich der Ortschaft Quedlinburg auf folgende Punkte hin zu prüfen:

- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den möglichen Immissionsorten auf der Bundesautobahn A36, der Bundesstraße B79 (Kreisstraße K1360), den Fahrspuren der Zu- und Abfahrten der BAB-Anschlußstelle Quedlinburg zur B79 und in der südlich der Anlage liegenden Wohnbebauung von Quedlinburg bei statischer Ausführung der Anlage
- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch Streuwirkung der Sonnenreflexion auf der Glasoberfläche oder des Rahmens der Module an den festgelegten möglichen Immissionsorten

Die Bewertung weiterer Auswirkungen neben den genannten war nicht Bestandteil dieser Untersuchung.

Das Gutachten wurde zur Klärung der zu erwartenden Störungen durch eine dauerhaft installierte Photovoltaikanlage im Rahmen der Erteilung der Baugenehmigung in Auftrag gegeben. Andere Nutzungen dieses Gutachtens sind nicht zugelassen.

## 2.2 Tatsachenfeststellung, Beschreibung der Situation

Bei der zu betrachtenden geplanten Anlage handelt es sich um eine aus 3 Modulfeldern bestehende Photovoltaik-Freiflächenanlage, die auf einer momentan noch landwirtschaftlich genutzten Fläche nördlich und südlich der Bundesautobahn A36, westlich der BAB-Anschlußstelle Quedlinburg zur Bundesstraße B79 / Kreisstraße 1360 und nördlich der Ortschaft Quedlinburg in dem gekennzeichneten Bereich montiert werden soll.

Die Ausrichtung der Modulreihen wurde im Vorfeld über ein iteratives Rechenverfahren hinsichtlich der Blendwirkung durch Sonnenlichtreflexionen zur Autobahn A3 hin optimiert.

Die Module sollen auf entsprechenden Unterkonstruktionen mit den folgenden Ausrichtungen und Aufneigungen montiert werden:

- Modulfeld 1: Ausrichtung der Modulreihennormalen auf 173° Süd bei 10° Aufneigung
- Modulfeld 2: Ausrichtung der Modulreihennormalen auf 173° Süd bei 12° Aufneigung oder flacher
- Modulfeld 3: Ausrichtung der Modulreihennormalen auf 203° Südsüdwest bei 10° Aufneigung



Die maximale Höhe der Module mit den vorgesehenen Unterkonstruktionen soll laut Planung ca. 2,50 m mit entsprechenden Toleranzen zum Geländeausgleich betragen.

Es sollen poly- oder monokristalline Photovoltaikmodule Verwendung finden, deren genaue Type zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Gutachtens noch nicht feststand.

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

Das Gelände des Modulfeldes 1 fällt von Nord nach Süd um einige Meter ab. Das Modulfeld 2 hat ein Geländegefälle von West nach Ost. Das Gelände von Modulfeld 3 hat ein leichtes Gefälle von Nordwest nach Südost. Die Flächen haben ansonsten in sich keine nennenswerten Unebenheiten. Es ist davon auszugehen, daß bei Montage der Modulreihen entsprechende Querneigungen zwischen ca.  $-0,5^\circ$  ...  $+3,0^\circ$  auftreten werden, die die resultierende Ausrichtung der Einzelmodule beeinflussen und die bei den weiteren Betrachtungen berücksichtigt werden müssen.

Zwischen den Modulfeldern hindurch verläuft annähernd in Ost-West-Richtung die Bundesautobahn A36. Östlich der zu betrachtenden geplanten PV-Anlage verläuft annähernd in Nord-Süd-Richtung die Bundesstraße B79 / Kreisstraße 1360, die die Bundesautobahn A36 über ein Brückenbauwerk östlich der betrachteten Anlage mit entsprechenden Zu- und Abfahrten der BAB-Anschlußstelle Quedlinburg überquert.

Die Flächen innerhalb der Zu- und Abfahrten sind teilweise mit Bewuchs versehen, der auch bei fehlender Belaubung einen gewissen Sichtschutz darstellt, der jedoch nachfolgend im Sinne einer Worst Case-Betrachtung im ersten Schritt nicht mitbetrachtet wird. Hier wird also bei der ersten Betrachtung von freien Sichtachsen ausgegangen.

Südlich der Anlage befindet sich eine Tankstelle und Stallanlagen. Weiter südlich befindet sich die Bebauung der Ortschaft Quedlinburg.

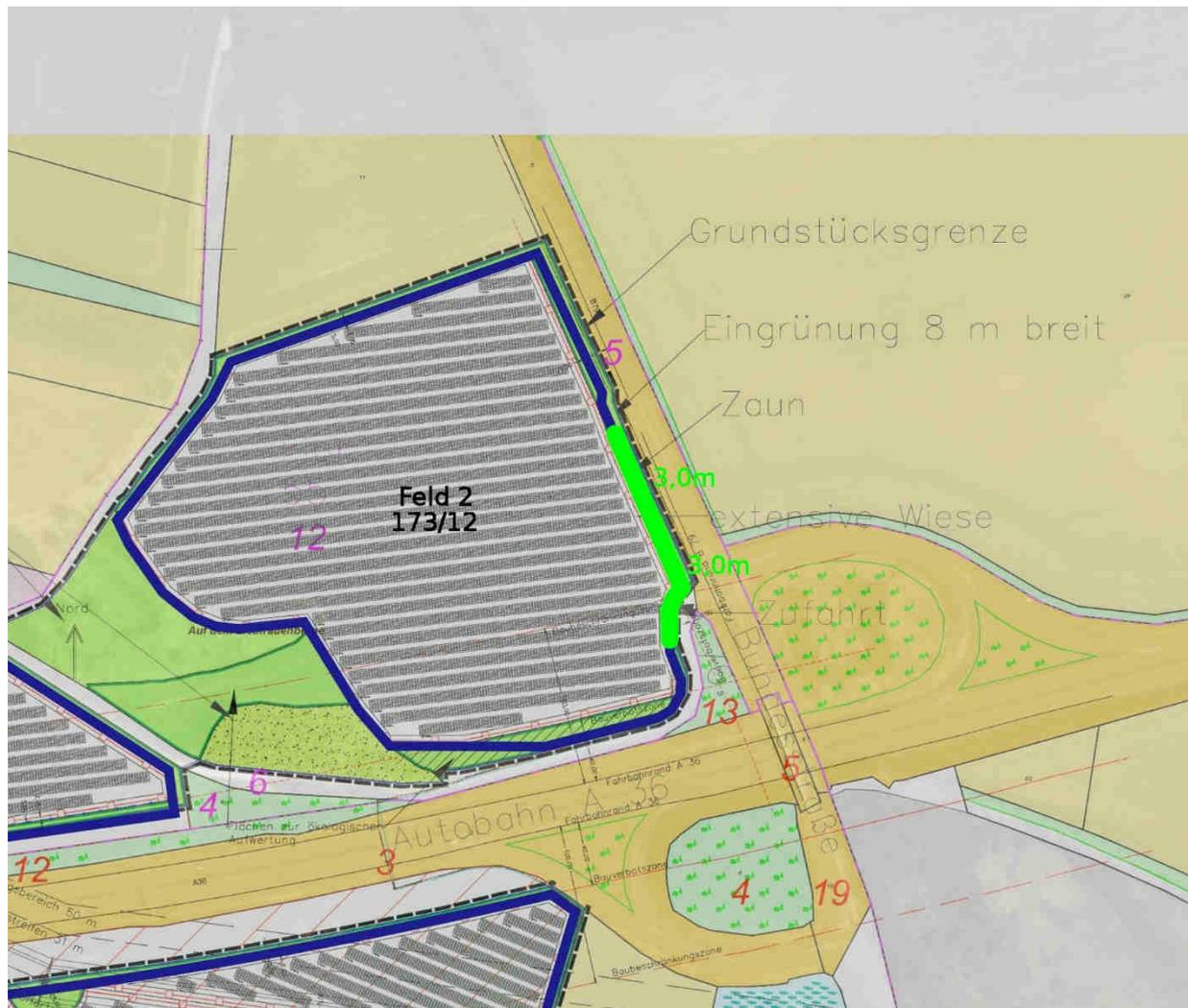
Die für die Berechnungen der Blendwirkung erforderlichen Beobachter-Azimut- und -Elevationswinkel wurden durch Berechnung ermittelt und gehen in die weiteren Betrachtungen ein.

Die nachfolgende Bewertung bezieht sich auf die gesamte zu Grunde gelegte Fläche und auf die genannten Rahmenbedingungen (Ausrichtung und Aufneigung der Module, Bauhöhe der Modulkonstruktionen, Querneigung, Art der Module usw.). Kleine Änderungen innerhalb dieser Parameter wie z.B. leicht veränderte Modulanordnungen, andere Reihenabstände, niedrigere oder geringfügig höhere Bauhöhen, Modulanordnungen quer oder hochkant usw. wirken sich auf die ermittelten Ergebnisse nicht aus.

Die nachfolgenden Aussagen gelten also für alle Anlagengeometrien innerhalb der oben genannten Fläche mit den oben genannten Ausrichtungen und Aufneigungen der Modulreihen, den benannten Modultypen und innerhalb der genannten Bauhöhe der Modulkonstruktionen in gleichem Maße.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

An der östlichen Geländekante des Modulfeldes 3 in Richtung der östlich liegenden Zufahrt von der Bundesautobahn A36 auf die Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360 sind entsprechende Sichtschutzmaßnahmen in einer wirksamen Höhe von 3,0 m vorgesehen.



Ein solcher Sichtschutz kann durch eine entsprechend hohe und dichte, im betreffenden Zeitraum belaubte Bepflanzung oder durch bauliche Maßnahmen am Zaun wie Wellblech- oder Kunststoffplatten, textiler Sicht- oder Sonnenschutz usw. realisiert werden.

Mit dieser Maßnahme können mögliche Blendwirkungen bei entsprechender Ausführung und Höhe des Sichtschutzes vermieden bzw. stark gemindert werden, so daß von einer Einhaltung der Richtwerte ausgegangen werden kann.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

## 2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen

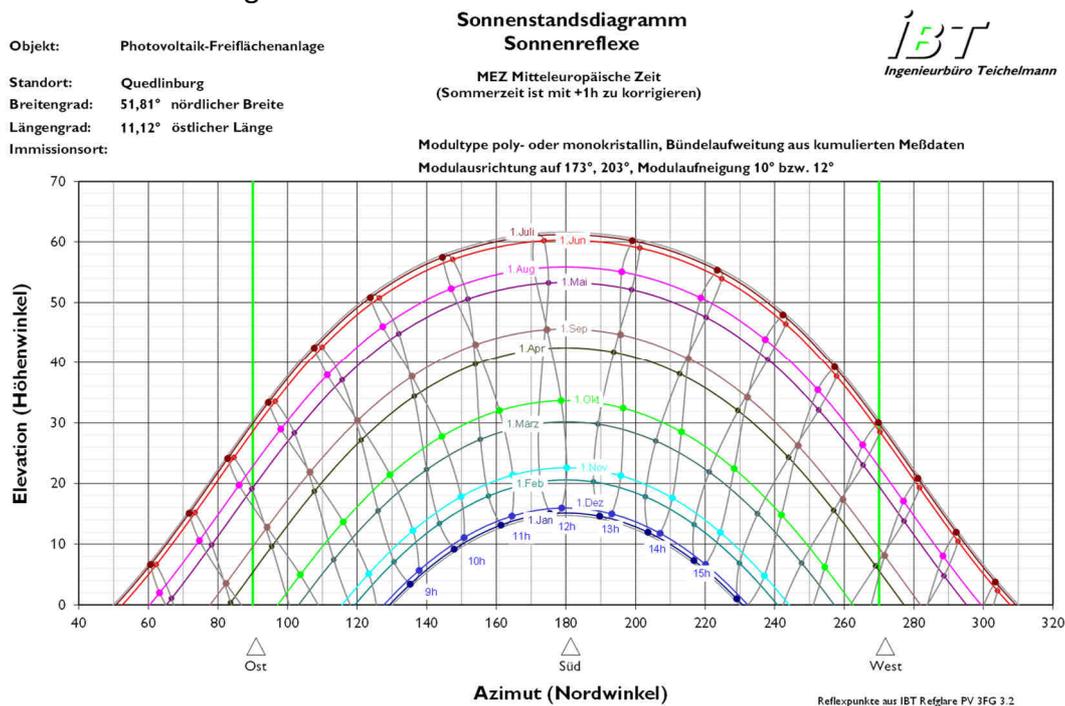
Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

- Modulbelegungspläne/Pläne:
  - o 20210705\_Modullayout\_Quedlinburg.pdf
  - o 20210503\_Modullayout\_Quedlinburg.pdf
  - o Planskizze Quedlinburg 0.2\_\_.pdf
  - o Quedlinburg Höhenlinien.jpg
  - o Übersichtsplan\_Solarpark\_Quedlinburg.pdf
- Luftbild des Geländes, vom AG bereitgestellt

## 2.4 Verwendete Hilfsmittel

Für die Begutachtung wurden folgende Hilfsmittel verwendet:

- Sonnenstandsdiagramm MEZ für die Ortskoordinaten des Geländes



- Excel
- Reflexionsmatrixsoftware Refglare PV 3FG 3.3
- Sonnenbahnsoftware Sunway PV 1.11 MEZ
- Expositionsermittlungssoftware Sunway Exposure 1.1 MESZ
- Eckdaten aus Messungen der Reflexionsindikator und des Reflexionsgrades zur Ermittlung der Bündelaufweitung/Streuung an der Moduloberfläche an diversen poly- und monokristallinen Testmodulen verschiedener Typen und Hersteller mit Standard-Solarglas

Te210628Q1 Photovoltaikanlage Quedlinburg Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

## 2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen

Auf folgende Quellen wurde bei der Bewertung Bezug genommen:

- Messwerte des Reflexionsverhaltens von Probemodulen aus anderen, ähnlichen Untersuchungen
- Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Beschluß der LAI vom 13.9.2012 /1/

### 3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen

#### 3.1 Grundlegende Methodik

Das Gutachten bezieht sich auf eine Worst-Case-Betrachtung der relevanten Eckpunkte der noch nicht realisierten Photovoltaikanlage. Die Bewertung beruht ausschließlich auf der im Plan vorgesehenen Ausführung hinsichtlich Montage und Ausrichtung der Module. Es wurde jeweils das direkt in Hauptreflexionsrichtung reflektierte Sonnenlicht und die dadurch verursachte Abbildung der Sonnenscheibe sowie das anhand von verschiedenen Messwerten aus früheren Untersuchungen abgeschätzte Streulicht betrachtet.

Die Begutachtung der Lichtimmission beruht ausschließlich auf rechnerischen Ergebnissen auf Basis der vorliegenden Daten. Veränderungen in der Ausführung oder Anordnung der Anlage müssen ggf. nochmals geprüft werden.

Die Sonnenscheibe im Zenit hat bei klarer Sicht eine Leuchtdichte von ca. 1,6 Mrd cd/m<sup>2</sup>, am Horizont noch ca. 6 Mio cd/m<sup>2</sup>.

Die Absolutblendung des menschlichen Auges, die eine nachwirkende Störung der Sehfähigkeit (z.B. helle Punkte im Sichtfeld, nachdem man in die Sonne geschaut hat) bewirkt, beginnt bei ca. 100.000 cd/m<sup>2</sup>.

Je nach Adaptationszustand des Auges können bereits bei punktuellen Leuchtdichteerhöhungen um das ca. 3...5-fache der Umgebungshelligkeit Blendwirkungen erzeugt werden. Wenn durch diese die Sehfähigkeit kurzzeitig gestört wird nennt man dies physiologische Blendung. Bei Blendungen, die die Sehfähigkeit zwar nicht beeinträchtigen, aber störend wirken, spricht man von psychologischer Blendung.

Je nach Reflexionsverhalten der Umgebung kann die Adaptationsleuchtdichte des Auges an einem hellen Sommertag außen ca. 5.000...8.000 cd/m<sup>2</sup> betragen. Bei Aufenthalt in einem Raum ist diese wesentlich niedriger, so dass eine Blendquelle hier deutlich stärker blendet als im Außenbereich.

Auch bei Oberflächen, die nur einen geringen Anteil dieser hohen Leuchtdichte in eine bestimmte Richtung reflektieren, können durch die Reflexion in diese Richtung noch sehr hohe Leuchtdichten entstehen, die eine physiologische Blendung, u.U. auch eine Absolutblendung bewirken.

Die Bewertung des direkt reflektierten Sonnenlichtes erfolgt über entsprechende Winkelberechnungen im dreidimensionalen Raum zwischen der geplanten Anordnung und Ausrichtung der vorgesehenen Photovoltaikmodule, deren winkelabhängig differenzierten Reflexionseigenschaften, den von der Jahres- und Tageszeit abhängigen möglichen Sonnenständen sowie der geografischen Lage der festgelegten zu betrachtenden möglichen Immissionsorte.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

In der Reflexionsmatrixsoftware wird für jeden an diesem Standort möglichen Sonnenstand die mögliche Blendwirkung für den betreffenden Beobachter ermittelt und im Sonnenbahn-diagramm dargestellt. Diese Darstellungsform hat sich als sehr praktikabel erwiesen, weil hier sowohl die Winkelverhältnisse der Sonne mit den entsprechenden Azimut- und Elevationswinkeln als auch die relevanten Tages- und Jahreszeiten des Auftretens der Reflexionen darstellbar sind.

Für die korrekte Berechnung des bei der Reflexion von der Oberfläche der Module gestreuten Lichtes werden Angaben zum Reflexionsverhalten des Materials - insbesondere der Reflexionsgrad und die Reflexionsindikatrix - benötigt.

Diese lagen im konkreten Fall nicht vor. Die Bewertung des Streulichtanteils erfolgte somit anhand von Reflexionswerten anderer Module aus vorangegangenen Untersuchungen.

Für Wohnbebauung erfolgt die Bewertung der Blendung nach Richtwerten, die von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz und den Landesumweltämtern als zumutbare Grenze festgelegt wurden. Nach diesen werden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen als zumutbar angesehen, wenn die astronomisch mögliche Einwirkzeit als wetterunabhängige Größe 30 min pro Tag und 30 h pro Jahr nicht überschreitet.

Diese Richtwerte werden auch hier angesetzt.

Die zu Grunde liegende, von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz verabschiedete Leitlinie /1/, die diese Richtwerte beinhaltet, wurde zwar von den Ministerien der meisten Bundesländer nicht veröffentlicht, kann aber in Ermangelung anderer Richtlinien zu diesem Thema informativ herangezogen werden.

### **3.2 Ortstermin, beteiligte Personen**

Ein Ortstermin wurde nicht durchgeführt. Die nachfolgenden Betrachtungen wurden auf Basis von vom Auftraggeber bereitgestellten Daten und Angaben durchgeführt, die für diese Bewertung hinreichend genau und aussagekräftig vorlagen.

## 4 Schutzgut Mensch: Ergebnisse und Auswertung der an den Immissionsorten erreichten Reflexionswerte

### 4.1 Ermittlung der Eckpunkte des Reflexionsverhaltens der Photovoltaikmodule

Als Basis für die Bewertung wurden Eckdaten des Reflexionsverhaltens verschiedener vergleichbarer Testmodule herangezogen.

Die vermessenen Photovoltaikmodule mit einer simulierten Verschmutzung unterscheiden sich in ihrem Reflexionsverhalten deutlich.

Die Moduloberflächen weisen bei steilen Einstrahlwinkeln ein stark gerichtetes Reflexionsverhalten mit einer mittleren Bündelaufweitung von ca. 4° ... 6° Halbwinkel auf. Der partielle Reflexionsgrad in Hauptreflexionsrichtung beträgt bei den vermessenen Modulen zwischen ca. 0,3 ... 0,5% bei steilem Einstrahlwinkel.

Außerhalb der genannten Bündelaufweitung sinkt der partielle Reflexionsgrad stark ab, so dass im übrigen Halbraum keine störenden Reflexleuchtdichten erzeugt werden. Ein kleiner Teil des auftreffenden Lichtes wird mit einer Lambertcharakteristik streuend reflektiert.

Bei flacheren Einstrahlwinkeln ab ca. <math>40^\circ</math> zur Modulebene verändert sich das Reflexionsverhalten der Oberflächen. Insbesondere in diesem Einstrahlbereich unterscheiden sich die vermessenen Module in ihren Reflexionsdaten.

Der Reflexionsgrad der Oberflächen steigt bei beiden Modultypen stark an. Die Streuung nimmt – hauptsächlich durch die Verschmutzung und die Struktur der Oberflächen – ebenfalls stark zu. Dies hat zur Folge, dass die Abbildung der Sonnenscheibe unschärfer wird und aus einem größeren Winkelkorridor wahrgenommen werden kann. Durch die stärkere Streuung bei diesen flachen Einstrahlwinkeln ist die Leuchtdichte der Abbildung gleichzeitig stark reduziert. In der Regel steigt die Bündelaufweitung, in der noch nennenswerte Reflexleuchtdichten erreicht werden, ab einem Einstrahlwinkel von ca. 40° zur Modulebene deutlich an und hat im Bereich zwischen ca. 10° und 25° ein unterschiedlich stark ausgeprägtes Minimum, teilweise einhergehend mit einer Reduzierung des partiellen Reflexionsgrades in diese Reflexionsrichtungen.



Bündelaufweitung beim Sonnentest eines polykristallinen Moduls,  
Einstrahlwinkel ca. 20°, Reflexleuchtdichte ca. 8 Mio cd/m<sup>2</sup>

Außerhalb der genannten Reflexionsbündel konnten in den Messungen keine nennenswerten Leuchtdichteerhöhungen mehr festgestellt werden.

Die ermittelten partiellen Reflexionsgrade sowie die Bündelaufweitungen stellen die Basis für die weiteren Untersuchungen der erreichten Blendwerte dar.

Vor allem bei größeren Entfernungen zwischen Immissionsort und Blendquelle ist die Bündelaufweitung eine wichtige Größe der Beurteilung.

Diese lagen im konkreten Fall für die verwendete Modultype von Seiten des Herstellers nicht vor. Für die Untersuchung wurde eine kumulierte Rechendatei aus den Reflexionsdaten diverser kristalliner Modultypen mit Standard-Solarglas mit einem Sicherheitspuffer von 2° verwendet. Die zu Grunde liegenden Reflexionsdaten dieser Modultypen wurden in partiellen Vermessungen der Reflexionsdaten im Rahmen vorangegangener ähnlicher Untersuchungen ermittelt.

Diese Modultypen weisen mittlere, typische Reflexionsdaten mit den typischen Minima und Maxima auf, so daß von einer guten Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere, vergleichbare Modultypen ausgegangen werden kann.

Die in den damaligen Untersuchungen nicht aufgenommenen Winkel konnten interpoliert werden.

Bei der hier betrachteten konkreten Situation ergaben sich durch sehr flache Einstrahlwinkel jedoch Blickwinkel, in die das reflektierte Sonnenlicht stark gestreut wird, so dass sich durch Differenzen im Reflexionsverhalten in erster Linie die Einwirkzeit und die Helligkeit der Blenderscheinung ändert, die geometrische Situation aber nur geringfügig beeinflusst wird.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

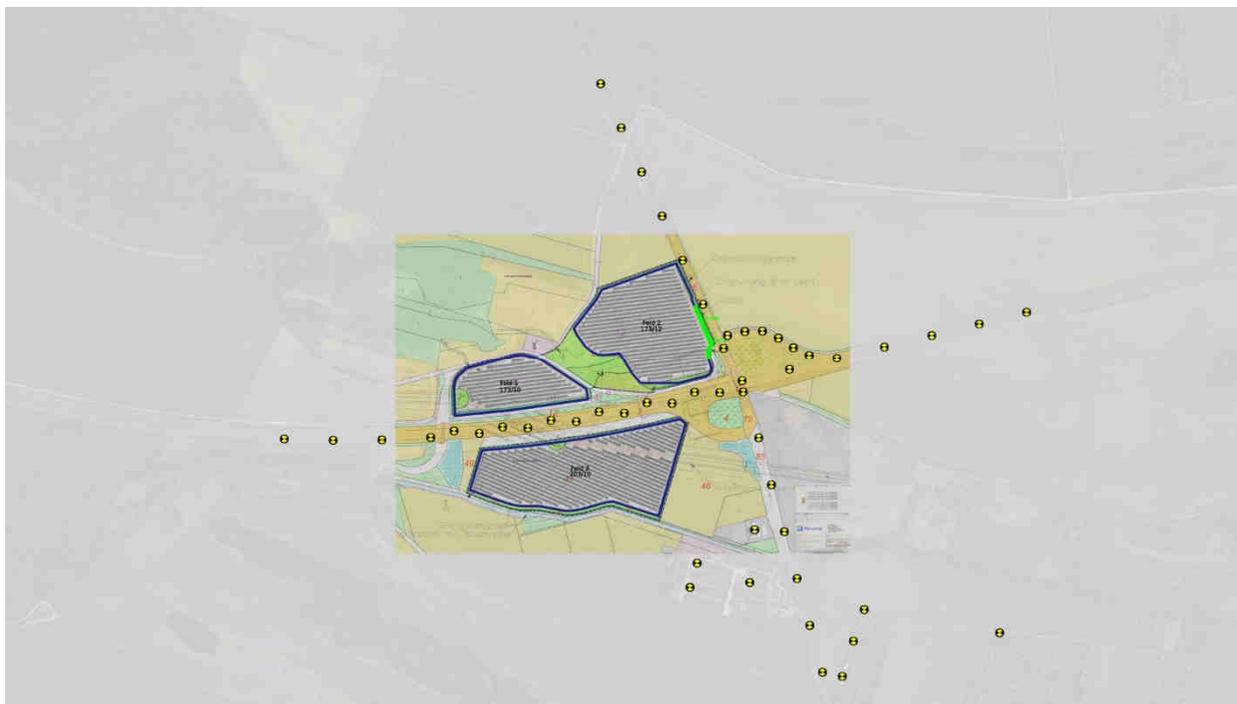
Die Messungen beziehen sich jeweils auf Oberflächen mit einer leichten Staubauflagerung, die bei der Messung simuliert wurde. Entsprechende stärkere Verschmutzungen, die in der Realität durchaus vorkommen, wirken sich mindernd auf die Leuchtdichte der Reflexion des Sonnenlichtes und stärker streuend aus.

Die Rahmen bestanden bei den Testmodulen meist aus gebürstetem Aluminium, das in den Messungen eine in Hauptreflexionsrichtung leicht gerichtete und ansonsten sehr gleichmäßige, fast lambertartige Reflexionsindikatrix mit einem geringen Reflexionsgrad von ca. 2 ... 5% aufwies.

## 4.2 Ermittlung der möglicherweise relevanten Immissionsorte

Auftragsgemäß waren die möglicherweise relevanten Immissionsorte auf der Bundesautobahn A36, der Bundesstraße B79 / Kreisstraße K 1360, den Zu- und Abfahrten des Kreuzungsbereiches der beiden Bundesstraßen und der südlich der geplanten Anlage liegenden Wohnbebauung zu untersuchen.

Möglicherweise relevante Immissionsorte können auf Grund der geometrischen Situation und der vorliegenden Sichtachsen auf und zwischen den markierten Punkten liegen:



Für weiter entfernt liegende Beobachter liegen keine Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen vor.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

Teilweise können die Modulkonstruktionen im relevanten Sichtfeld der Beobachter nur von hinten gesehen werden, so daß hier keine von den Moduloberflächen ausgehende Blendwirkung erfolgen kann.

Bei der Bewertung von Blendwirkungen in Richtung von KFZ-Führern wird jeweils das relevante Sichtfeld bis maximal 30° Abweichung von der Hauptblickrichtung herangezogen.

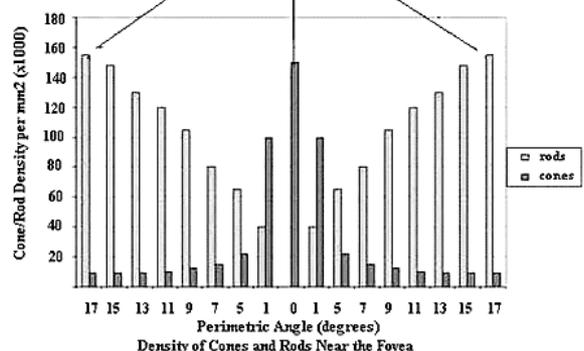
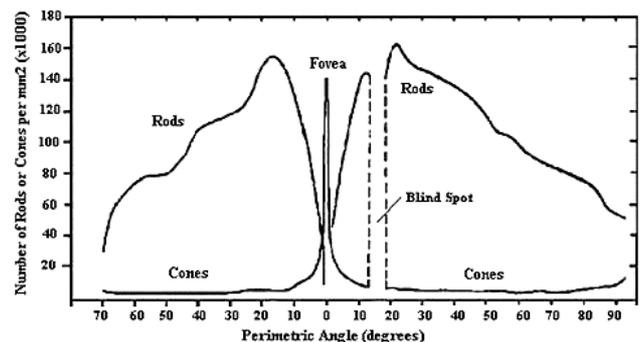
Weiter von der Hauptblickrichtung abweichende Blickwinkel sind hinsichtlich der Blendwirkung weitgehend unkritisch.

Der Reflex wird bei stark abweichenden Blickwinkeln in der Regel nur am Rand des Sichtfeldes peripher wahrgenommen und behindert die für eine sichere Fahrt auf dieser Fahrspur erforderliche Blickrichtung nicht.

Bei der für einen Fahrer in dieser Situation typischen Blickrichtung wird der Reflex in einem Bereich zwischen 10° ... 20° abweichend von der Fovea Centralis, dem Ort der scharfen Abbildung sowie der höchsten Konzentration an Zapfen im Auge, abgebildet.

Hier ist die Konzentration der für eine Blendwirkung verantwortlichen Zapfen („Cones“ – die für das Tagsehen verantwortlichen Rezeptoren im Auge) sehr gering, so dass eine Blendung in diesem peripheren Sehbereich stark vermindert wahrgenommen wird.

Man geht hier auf Grund der Konzentration der Rezeptoren von einer um ca. 90% ... 95% reduzierten Blendwirkung aus.



Distribution of Rods and Cones on the Human Retina

(From Osterberg, G. "Topography of the Layer of Rods and Cones in the Human Retina", Acta Ophthalmologica, Supplement, Vol. 6, 1-103, 1935)

Figure 2

Insofern ist bei stärker von der Hauptblickrichtung abweichenden Blickwinkeln nicht von einer störenden Direktblendung durch die Sonnenlichtreflexionen an den Moduloberflächen auszugehen.

Weitere mögliche und relevante Immissionsorte, die der Spezifikation der Aufgabenstellung entsprechen, wurden auf in diesen Bereichen nicht festgestellt.

### 4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung

#### Bundesautobahn A36

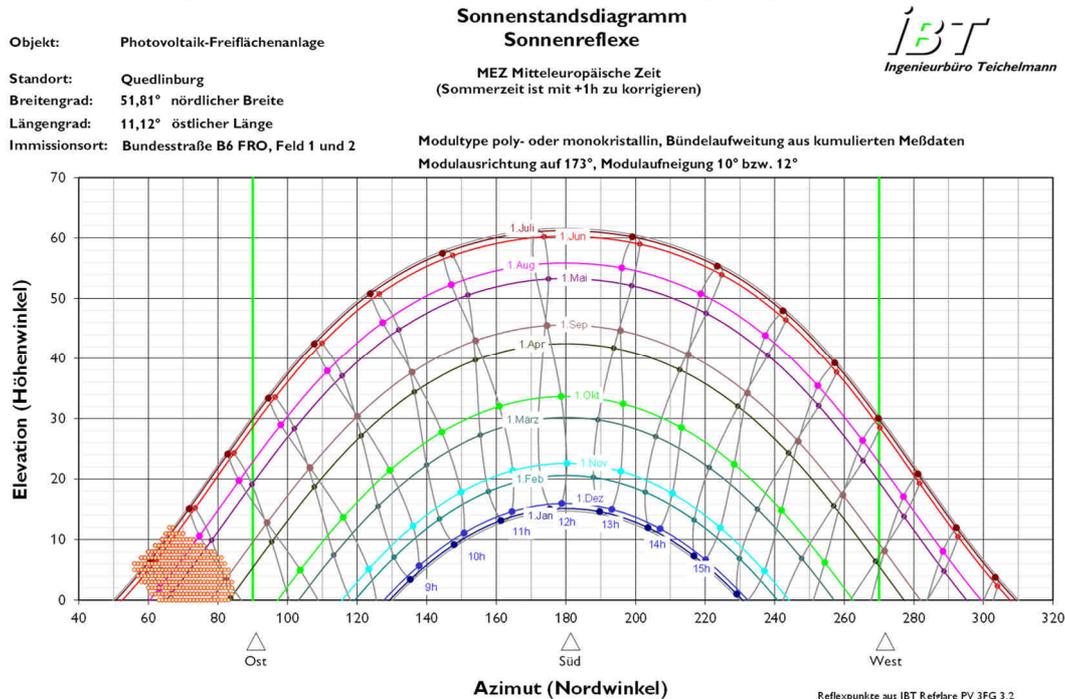
Für die möglichen Immissionsorte auf der Bundesautobahn A36 in Fahrtrichtung Ost können im relevanten Sichtfeld der Fahrer bis maximal 30° Abweichung von der Hauptblickrichtung Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen der beiden nördlich der Bundesautobahn A36 liegenden Modulfelder mit Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 229° Südwest und 263° West bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -1,6° und -0,5° vorliegen.



Durch die Ausrichtung der Module auf 173° Süd bei 10° bzw. 12° Aufneigung treten in dieser Situation in Richtung der jeweils entfernten vermerkten Beobachter an den jeweils südlichsten sichtbaren Moduloberflächen Reflexionen bei tief stehender Sonne auf.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

Die Sonnenstände des Auftretens dieser Reflexionen werden im Sonnenbahndiagramm für diesen Standort dargestellt, so dass eine zeitliche Zuordnung möglich ist.



Die Stundenlinien im Sonnenbahndiagramm entsprechen der MEZ (mitteleuropäische Zeit = Winterzeit). Die in diesem Zeitraum gültige Sommerzeit (MESZ) muß mit +1h korrigiert werden. In den gekennzeichneten Zeiträumen der Monate April bis Anfang September können in den frühen Morgenstunden bei entsprechenden Sonnenständen also Reflexionen mit Leuchtdichten bis zu ca. 1 ... 6 Mio cd/m<sup>2</sup> in Richtung dieses Bereiches der Bundesautobahn A36 entstehen, die unter sehr kleinen Blickwinkeldifferenzen bis maximal ca. 10,0° zur Sonnenscheibe gesehen werden.

In dieser Situation werden Reflex und Sonne gleichzeitig auf der Netzhaut eines Beobachters abgebildet. Dabei wird der Reflex von der um den Faktor ca. 45 ... 50 wesentlich höheren Leuchtdichte der Sonne überlagert, so dass die Reflexion in der Regel nicht mehr als zusätzliche Blendung wahrgenommen wird.

Nach dem von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz angesetzten Bewertungsverfahren /1/ sind solche Reflexionen nicht als Blendung zu qualifizieren.

Die Reflexleuchtdichte ist in dieser Situation durch die nachlassende Leuchtdichte der Sonnenscheibe ebenfalls stark gemindert.

Darüber hinaus werden die kritischsten Sonnenstände durch die Eigenverschattung der Modulkonstruktionen und den Geländeverlauf teilweise abgeschattet.

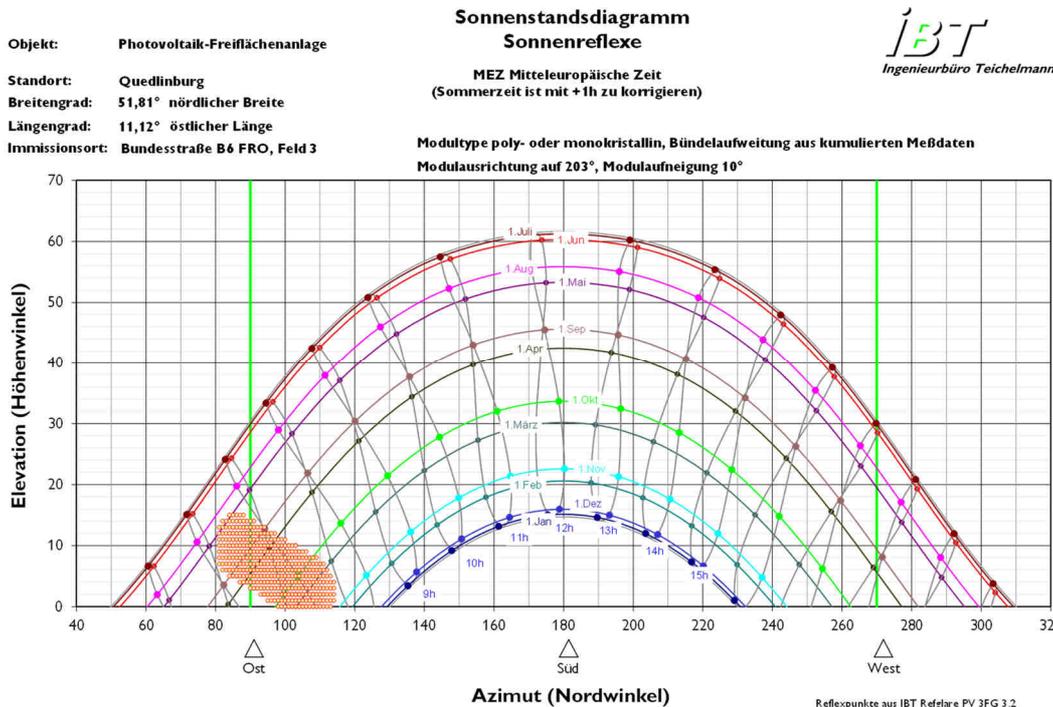
## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

Die Moduloberflächen der südlich der Bundesautobahn A36 liegenden Modulfeldes 3 können für Fahrer in dieser Fahrtrichtung unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca.  $264^\circ$  West und  $298^\circ$  Westnordwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca.  $+0,1^\circ$  und  $+0,5^\circ$  gesehen werden.



Auch in diese Richtungen wurden bei den Reflexionsberechnungen ausschließlich Sonnenlichtreflexionen ermittelt, die aus Sicht der entfernten Beobachter bei sehr tiefen Sonnenständen und unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonnenscheibe gesehen werden.

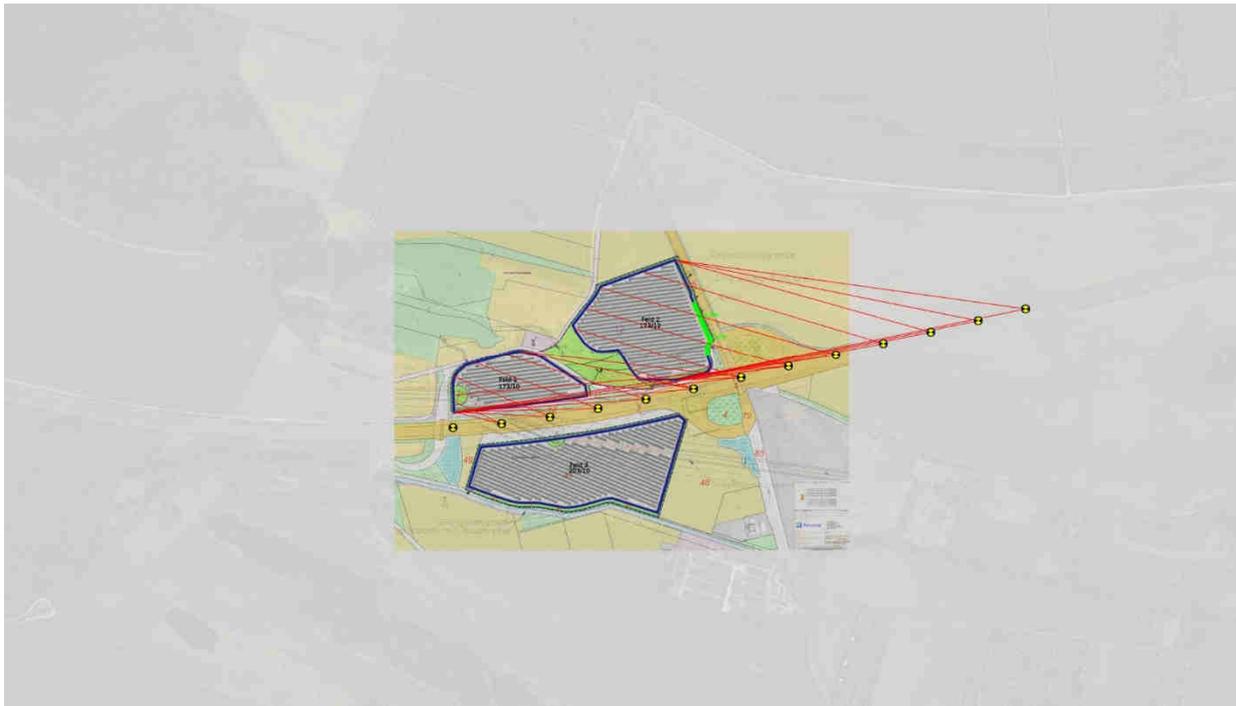
## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg



Solche Reflexionen werden nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren /1/ wegen der Überlagerung der Reflexion durch die unvermeidbare und wesentlich intensivere Direktblendung der Sonne nicht als eigenständiges Blendereignis wahrgenommen und daher nicht als störende Blendung eingestuft.

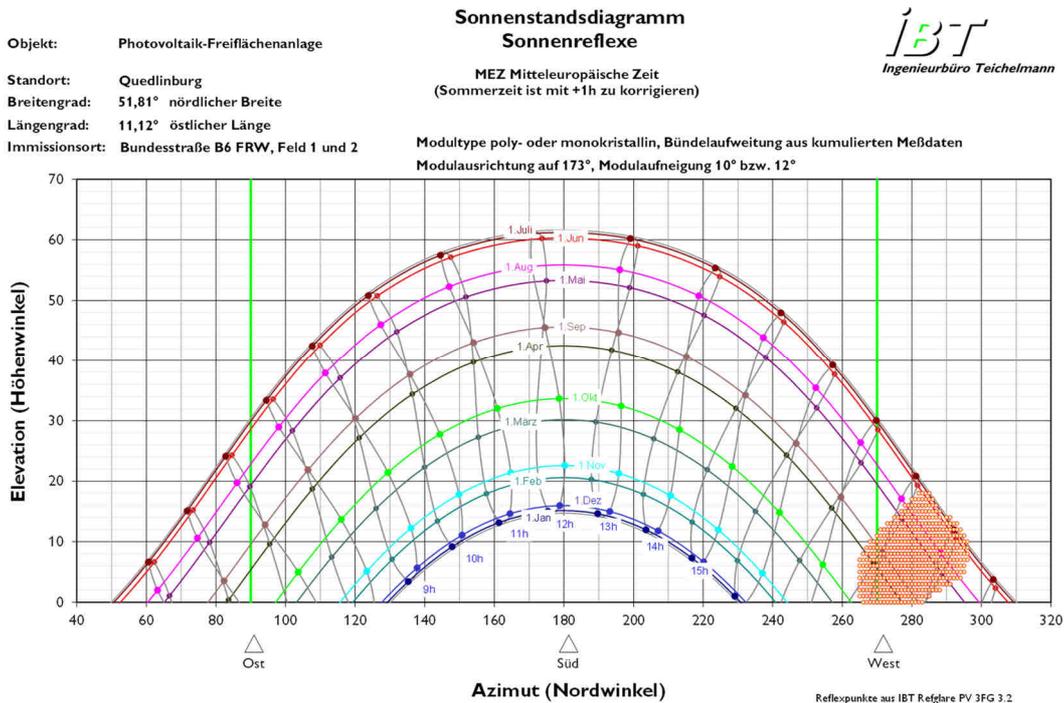
## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

In der entgegengesetzten Fahrtrichtung auf der Bundesautobahn A36 nach Westen können im relevanten Sichtfeld der Fahrer Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca.  $78^\circ$  Ostnordost und  $112^\circ$  Ostsüdost und Beobachter-Elevationswinkel zwischen ca.  $-3,4^\circ$  und  $-0,2^\circ$  zu den Moduloberflächen der Modulfelder 1 und 2 vorliegen.



Analog zu den vorhergehenden Erläuterungen wurden auch in diese Richtungen ausschließlich Sonnenlichtreflexionen ermittelt, die aus Sicht dieser Beobachterstandorte unter kleinen Blickwinkeldifferenzen  $<10^\circ$  zur Sonne gesehen werden.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg



Solche Reflexionen werden wegen der Überlagerung des Reflexes durch die unvermeidbare Direktblendung der Sonne nicht als eigenständige, zusätzlich zur bereits vorhandenen, einwirkenden Blendung eingestuft.

Die Modulkonstruktionen des südlich der BAB A36 liegenden Modulfeldes 3 können unter den in dieser Fahrtrichtung möglichen Blickrichtungen nur von hinten gesehen werden, so daß hier keine von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen auftreten können.



## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360

Für Fahrer auf der Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360 können die Moduloberflächen der gegenständlichen Anlage innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 133° Südost und 162° Südsüdost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. +0,1° und +1,5° sichtbar sein.



Es wurden keine Sonnenstände ermittelt, die bei der gegebenen Situation und an diesem Standort Blendreflexionen in Richtung der relevanten Blickrichtungen auslösen können. Reflexionen mit höheren Leuchtdichten, die ggf. als Blendung empfunden werden können, treten in dieser Fahrtrichtung erst bei Blickrichtungen auf, die mehr als ca. 42° von der Hauptblickrichtung der Fahrer abweichen. Diese hohen Reflexleuchtdichten werden zwar im peripheren Sichtfeld wahrgenommen, sie sind für die Sicherheit des Verkehrs auf dieser Straße jedoch typischerweise von untergeordneter Bedeutung. Hier sind keine störenden Blendwirkungen zu erwarten.

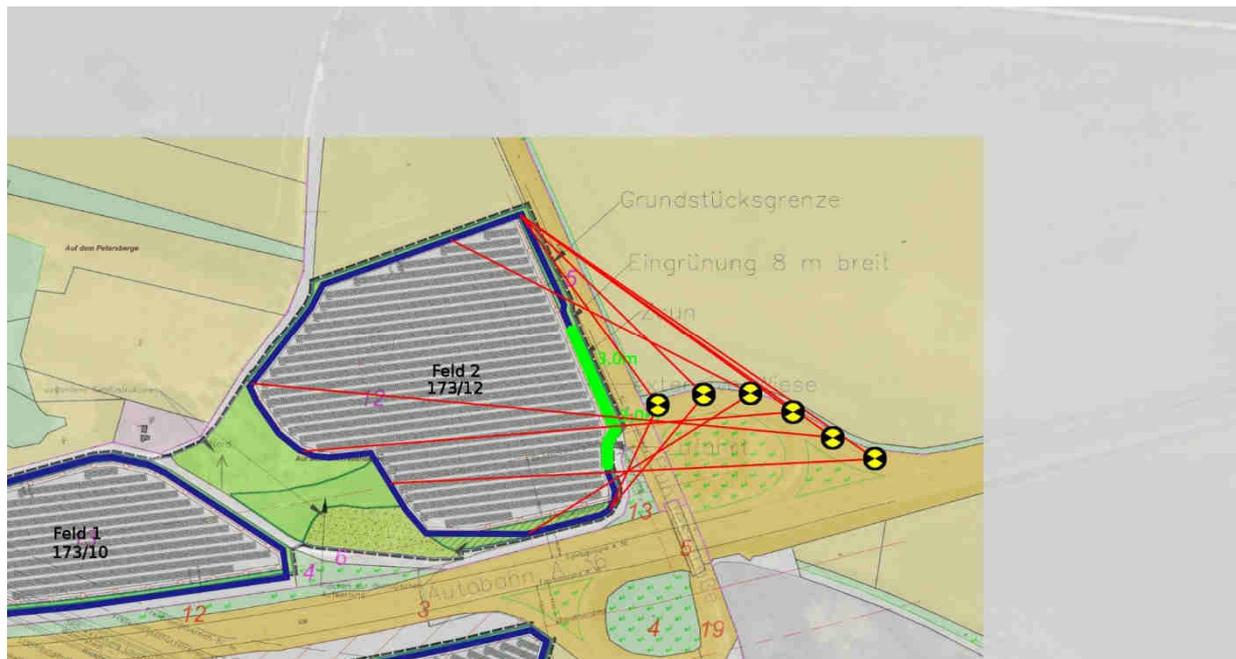
## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

In der entgegengesetzten Fahrtrichtung auf der Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360 nach Süden können die Modulkonstruktionen der gegenständlichen Anlage innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer nur von hinten gesehen werden, so daß hier ebenfalls keine von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen zu erwarten sind.



## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

Bei Abfahrt von der Bundesautobahn A36 auf die Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360 auf der nördlichen Ausfahrt der Anschlußstelle Quedlinburg können innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer zu den Modulen des Modulfeldes 2 Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 23° Nordnordost und 145° Südost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -1,8° und -0,5° vorliegen.

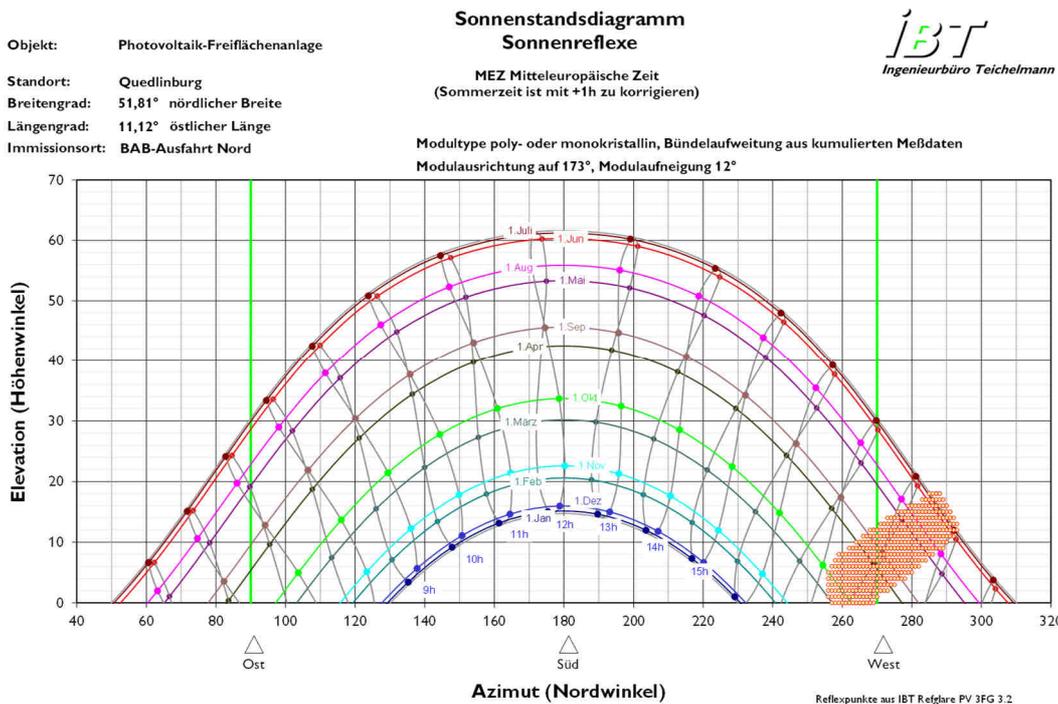


Dabei werden die für eine mögliche Direktreflexion relevanten Einblickwinkel auf die Module für Fahrer im östlichen, tiefer liegenden Teil der Auffahrt durch den vorgesehenen Sichtschutz in entsprechend wirksamer Ausführung und in 3,0 m Höhe unterbrochen, so daß hier bereits aus diesem Grund keine störenden Blendwirkungen zu erwarten sind.

Im höher liegenden Teil der Auffahrt kurz vor dem Abbiegen auf die Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360 kann ein Teil der Moduloberkanten des westlichen und nordwestlichen, höher liegenden Teils dieses Modulfeldes über den Sichtschutz hinweg gesehen werden.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

Auch für diese Winkelverhältnisse wurden ausschließlich Direktreflexionen bei sehr tief stehender Sonne ermittelt, die aus Sicht der Beobachter unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonne gesehen werden und die wegen der Überlagerung durch die Direktblendung der Sonne nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren /1/ nicht als störende Blendung einzustufen sind.



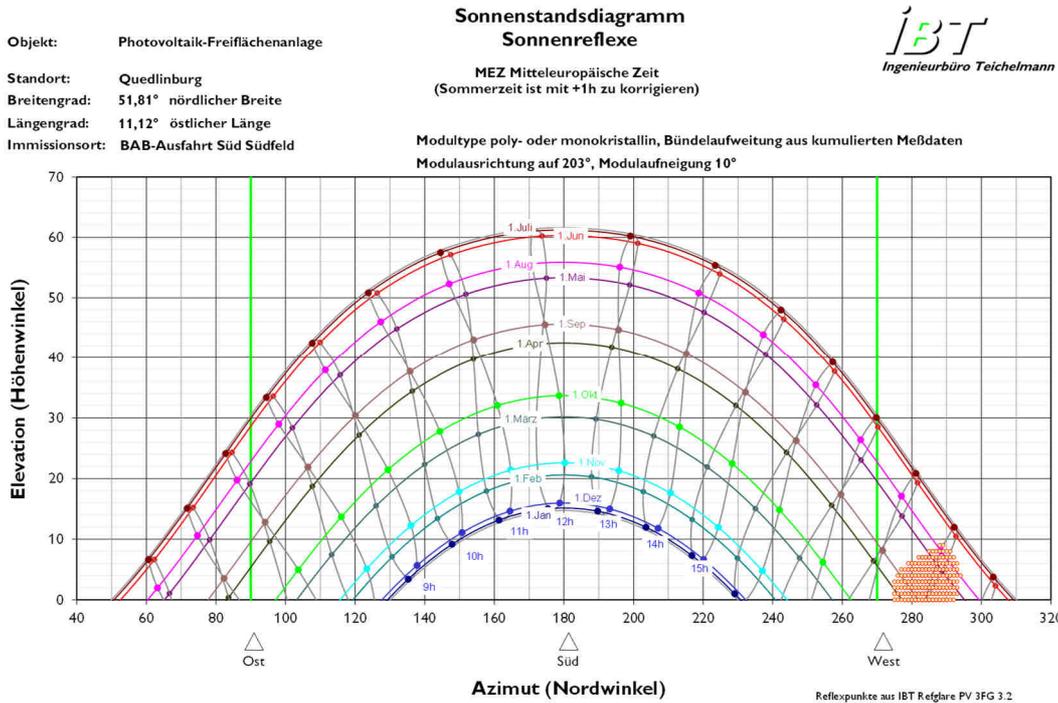
## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

Bei der südlichen Zufahrt von der Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360 auf die Bundesautobahn A36 können innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer zu den Modulen des südlich liegenden Modulfeldes 3 Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca.  $46^\circ$  Nordost und  $111^\circ$  Ostsüdost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca.  $+1,1^\circ$  und  $+4,9^\circ$  vorliegen.



## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

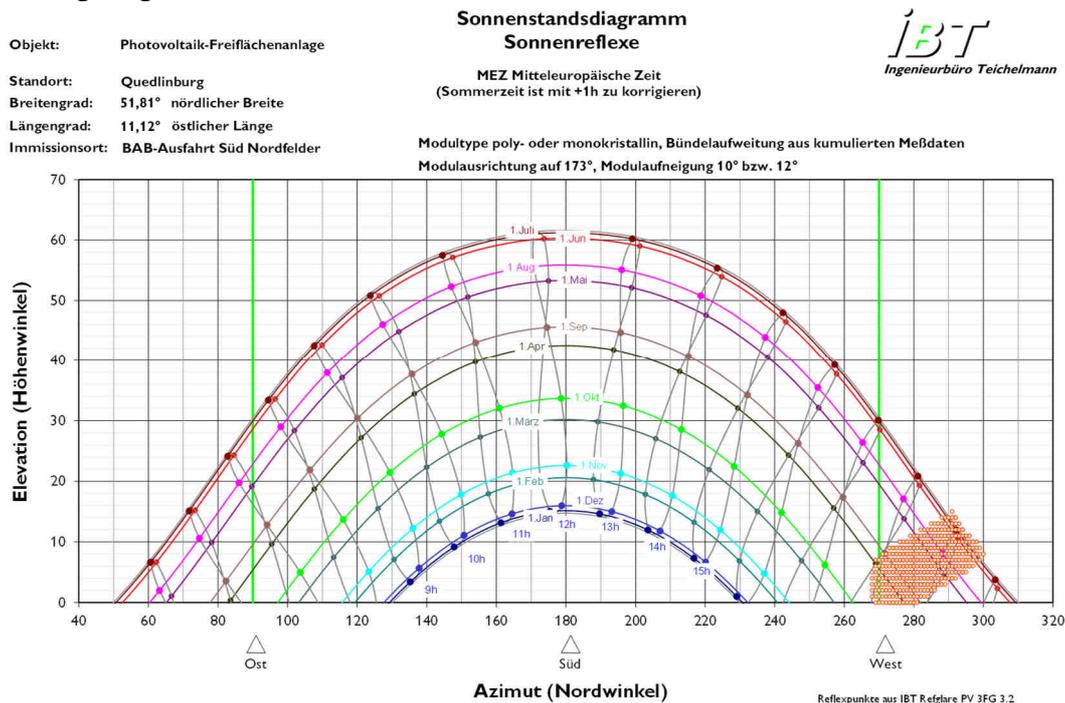
Auch für diese Winkelkonstellation wurden ausschließlich Sonnenlichtreflexionen ermittelt, die aus Sicht der betreffenden Beobachter unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonne gesehen und die durch die Überlagerung des Reflexes durch die unvermeidbare Direktblendung der Sonne nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren /1/ nicht als störende Blendung zu qualifizieren sind.



Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

Die Moduloberflächen der nördlichen Modulfelder 1 und 2 können für Fahrer auf dieser Auffahrt unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 94° Ost und 198° Südsüdwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -2,8° und +0,7° gesehen werden.

Auch für diese Einblickwinkel auf die PV-Anlage wurden bei der gegebenen Situation ebenfalls ausschließlich Sonnenlichtreflexionen in die relevanten Blickrichtungen ermittelt, die analog zu den vorhergehenden Erläuterungen nach dem angewendeten Bewertungsverfahren /1/ nicht als Blendung eingestuft werden.



Somit wurden bei der betrachteten Anlagengeometrie für die Bundesautobahn A36, die Bundesstraße B79 /Kreisstraße K1360 und die beiden Ausfahrten keine Sonnenlichtreflexionen ermittelt, die nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren /1/ als störende Blendung einzustufen wären.

Die in den jeweiligen Fahrtrichtungen sichtbaren Sonnenlichtreflexionen werden aus der jeweiligen Beobachterposition unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonne gesehen, durch die in dieser Situation unvermeidbare Direktblendung der Sonne überlagert und daher nach dem angewendeten Bewertungsverfahren /1/ nicht als störende Blendung eingeordnet.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Quedlinburg

### Südlich liegende Bebauung

In der südlich der Anlage liegenden Bebauung der Tankstelle bzw. der Ortschaft Quedlinburg können von einigen Gebäuden aus Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen bestehen, die hinsichtlich einer möglichen Blendung relevant sein können.

Stellvertretend wird hier eine Reihe von Punkten berechnet, bei denen unter der Annahme freier Sichtachsen das Vorliegen der entsprechenden Sichtverbindungen über einen großen Winkelbereich angenommen werden kann.

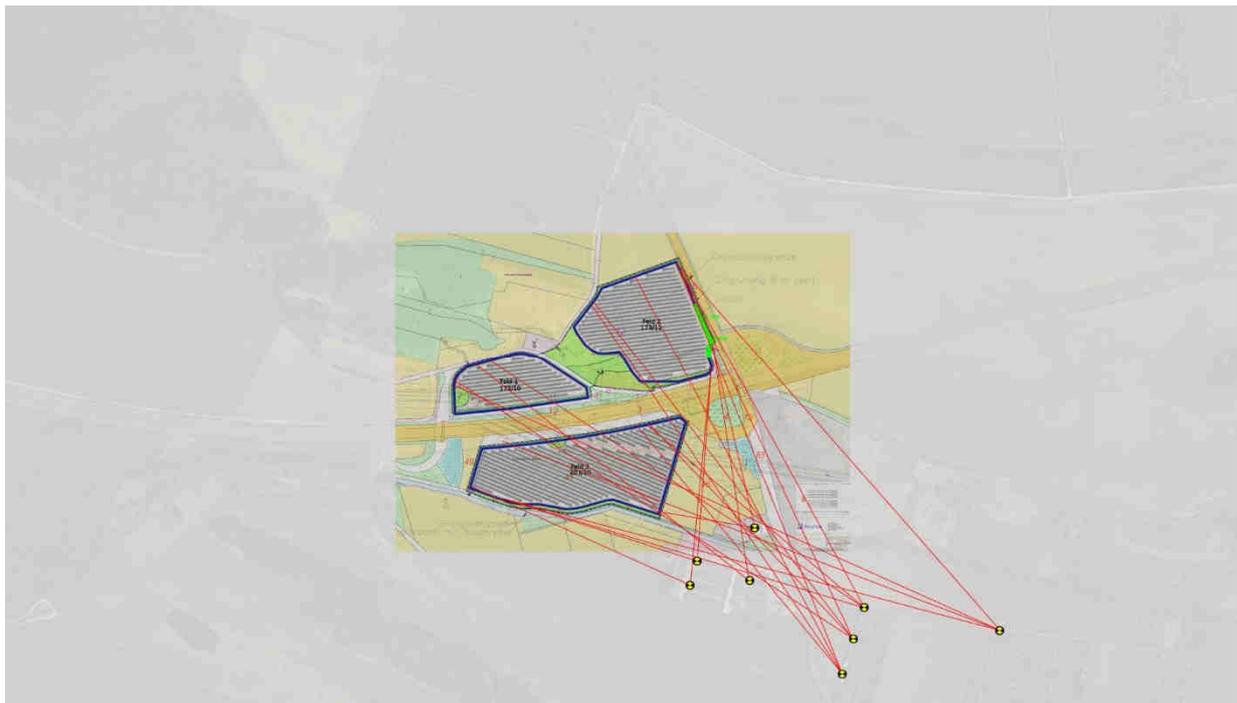
Die Auswirkungen auf die in ähnlichen Winkelbereichen zur Anlage liegenden Gebäude können aus den ermittelten Ergebnissen interpoliert werden.

Teilweise sind die Sichtverbindungen zu den Reflexionsflächen der Anlage durch Verbauung oder Bewuchs unterbrochen. Hier wurde jeweils der Worst Case berechnet, in dem der Bewuchs, dessen abschattende Wirkung im Jahresverlauf sowie auch über die Laufzeit der Photovoltaikanlage betrachtet keine konstante Größe ist, nicht berücksichtigt wird.

Hier werden in Anlehnung an das Bewertungsverfahren der Landesumweltämter die zeitlichen Richtwerte einer als noch zumutbar angesehenen astronomisch möglichen Einwirkdauer der Blendwirkung von maximal 30 min/Tag und maximal 30 h/Tag angesetzt.

Die übrigen Punkte können aus diesen Ergebnissen interpoliert werden.

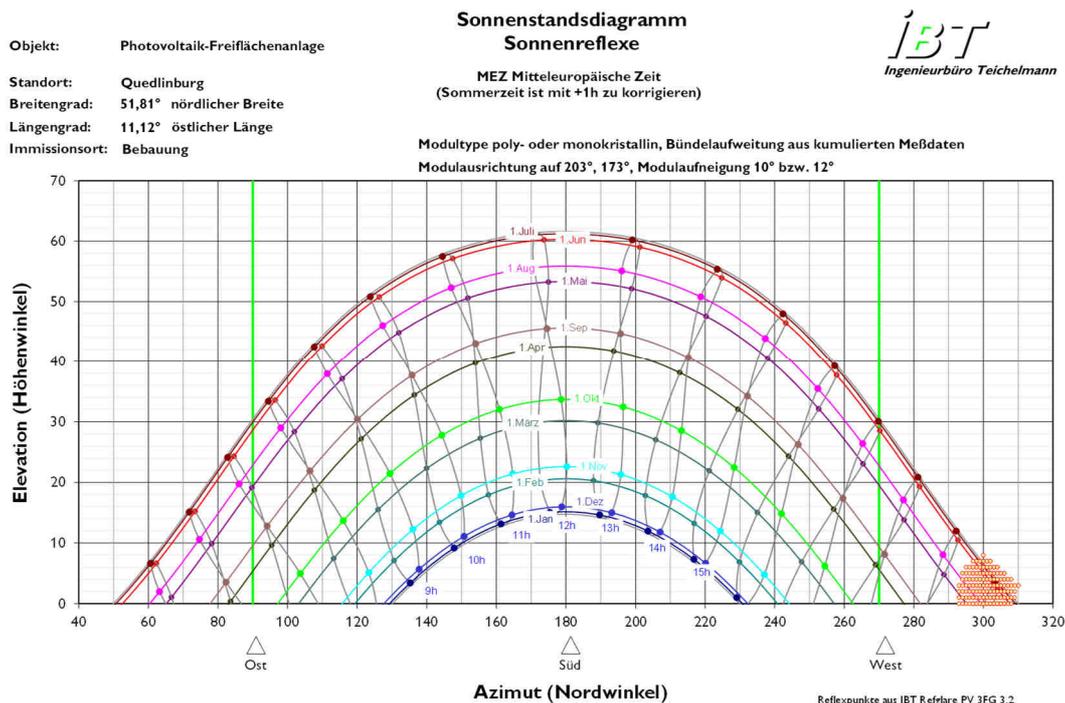
Hier können beim Blick zu den Moduloberflächen Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 100° Ost und 185° Süd bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -0,3° und +0,4° bezogen auf die Einzelflächen auftreten.



Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Quedlinburg

Die möglichen Blickwinkel werden durch die Position der Anlage begrenzt.

Auch in diese Richtungen wurden ausschließlich Reflexionen an den Modulen des südlichen Modulfeldes 3 ermittelt, die aus Sicht der Beobachter unter kleinen Blickwinkeldifferenzen  $<10^\circ$  zur Sonne gesehen werden und die wegen der Überlagerung durch die Direktblendung der tief und nahe hinter dem Reflex stehenden Sonne nicht als eigenständige Blendwirkung eingeordnet werden.



Von der nördlich der Anlage liegenden Bebauung aus können die Moduloberflächen nicht gesehen werden, so daß auch hier keine Sonnenlichtreflexionen an den Moduloberflächen wahrnehmbar sind.

Somit sind bei Ausführung der Photovoltaikanlage nach der vorliegenden Planung und bei Realisierung der vorgeschlagenen Sichtschutzmaßnahmen keine störenden oder unzumutbaren von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen in Richtung der Bundesautobahn A36, der Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360, der Fahrspuren des Kreuzungsbereiches sowie der südlich der Anlage liegenden Bebauung zu erwarten.

## **5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere**

Von künstlichem Licht verursachte nächtliche Lichtimmissionen wie Blendung, Raumaufhellung und Lichtverschmutzung (Lichtglocke) sind insbesondere für nachtaktive Insekten, Vögel oder Fledermäuse eine zu vermeidende Beeinträchtigung, die durchaus drastische Auswirkungen haben können.

Es sind keine konkreten Erkenntnisse dahingehend bekannt, dass es durch Sonnenreflexionen von Photovoltaikanlagen bei Tag zu nennenswerten Belastungen für die lokale wilde Tierwelt kommt.

Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass Tiere, die in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt sind und den Blendwirkungen nicht ausweichen können (z.B. Pferdekoppel, betroffene Stallgebäude usw.), teilweise sehr sensibel auf solche Blendwirkungen reagieren. Betroffene Landwirte berichten z.B. von Auswirkungen wie einer höheren Nervosität der Tiere, Schwierigkeiten beim Melken, reduzierten Reproduktions- und Wachstumsraten usw.

Diesbezüglich möglicherweise relevante Punkte liegen in der hier untersuchten Situation nicht vor.

## 6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse

Durch die Realisierung der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage Quedlinburg sind bei Ausführung der Anlage gemäß des vorliegenden, im Vorfeld hinsichtlich der Blendwirkung optimierten Konzeptes und unter Realisierung der vorgesehenen Sichtschutzmaßnahme keine Störungen auf der Bundesautobahn A36, der Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360, der Fahrspuren des Kreuzungsbereiches sowie der südlich der Anlage liegenden Bebauung durch von den Moduloberflächen ausgehende Blendreflexionen zu erwarten.

In Richtung der Bundesautobahn A36 in beiden Fahrtrichtungen, der Ausfahrten und der südlich der Anlage liegenden Bebauung wurden bei Untersuchung der geplanten Anlagengeometrie lediglich Reflexionen in Richtung der festgelegten Beobachter ermittelt, die bei tief stehender Sonne unter kleinen Blickwinkeldifferenzen  $<10^\circ$  zur Sonnenscheibe gesehen werden. In dieser Situation wird der Reflex durch die unvermeidbare Direktblendung der Sonne überlagert und deshalb in der Regel nicht als eigenes Blendereignis wahrgenommen. Nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren werden solche Sonnenlichtreflexionen nicht als Blendung eingestuft.

In Richtung der Bundesstraße B79 / Kreisstraße K1360 wurden bei Untersuchung der geplanten Anlagengeometrie lediglich Reflexionen in Richtung der festgelegten Beobachter ermittelt, die außerhalb des für die Fahrer relevanten Sichtfeldes liegen und somit keine Störung des Verkehrs darstellen.

Darüber hinaus wurden keine Sonnenstände ermittelt, die an diesem geografischen Standort und bei der untersuchten Anlage Blendreflexionen in die relevanten Richtungen erzeugen können.



13.07.2021  
Jens Teichelmann  
Dipl.-Ing. Lichttechnik



**IBT4Light**  
IBT 4Light GmbH  
Boenerstraße 34  
90765 Fürth

Jens Teichelmann  
Dipl.-Ing. Lichttechnik  
Geschäftsführung  
Tel. +49 (0) 911 - 979155-91  
Mobile: +49 (0) 177 - 1980807  
Fax: +49 (0) 911 - 979155-93  
IBT@4Light.de - www.4Light.de

### Urheberschutz:

Alle Rechte vorbehalten. Das Gutachten ist nur für den Auftraggeber und die direkt am Projekt beteiligten Personen und Behörden und nur für den angegebenen Zweck bestimmt. Eine Vervielfältigung, Veröffentlichung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit schriftlicher Genehmigung gestattet.