

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



GA-Nummer: Te-211123-O-1

Im Auftrag von  
enerlogo GmbH & Co.KG  
Rothenburg

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

Fürth, 29.11.2021

Te211123O1 Photovoltaikanlage Oberschöna Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

**Auftraggeber:**

enerlogo GmbH & Co.KG

Herrnwinden 3  
91541 Rothenburg

**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	11
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	19
4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung	21
<b>5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere</b>	<b>35</b>
<b>6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse</b>	<b>36</b>

## 1 Extrakt

Im Auftrag der enerlogo GmbH & Co.KG in Rothenburg wurde die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Oberschöna zwischen den Ortschaften Oberschöna, Frankenstein, Wingendorf und Wegefath, nördlich der Frankensteiner Straße und beiderseits der Bahnstrecke hinsichtlich der zu erwartenden Blendung durch Sonnenreflexion in Richtung der Bahnstrecke, der Frankensteiner Straße und der östlich und westlich der Fläche liegenden Wohnbebauung 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 keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der nordwestlich der Anlage verlaufenden Bahnstrecke, der südlich verlaufenden Frankensteiner Straße oder der östlich und westlich der Fläche liegenden Wohnbebauung zu erwarten.

Möglicherweise auftretende Reflexionen in Richtung der entfernten Beobachter auf der Frankensteiner Straße in Fahrtrichtung West, in der östlich liegenden Wohnbebauung und auf der Bahnstrecke in Fahrtrichtung Südwest 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.

In Richtung der Bahnstrecke in Fahrtrichtung Nordost 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.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

Die in Richtung der nordöstlich des nördlichen Modulfeldes möglichen Blendreflexionen können bei Bedarf durch den vorgesehenen Sichtschutz vermieden werden.

Bei Ausführung der Anlage mit PV-Modulen mit tiefstrukturiertem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend wurden bei der gegebenen Situation ebenfalls keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen ermittelt.

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. Die 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 enerlogo GmbH & Co.KG in Rothenburg war die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Oberschöna zwischen den Ortschaften Oberschöna, Frankenstein, Wingendorf und Wegefardth, nördlich der Frankensteiner Straße und beiderseits der Bahnstrecke auf folgende Punkte hin zu prüfen:

- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den möglichen Immissionsorten auf der vorbeiführenden Bahnstrecke, der südlich verlaufenden Frankensteiner Straße und der östlich und westlich der Anlage liegenden Wohnbebauung 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 Photovoltaik-Freiflächenanlage, die auf einer momentan noch landwirtschaftlich genutzten Fläche zwischen den Ortschaften Oberschöna, Frankenstein, Wingendorf und Wegefath, nördlich der Frankensteiner Straße und beiderseits der Bahnstrecke in dem gekennzeichneten Bereich montiert werden soll.

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

Die Module sollen gemäß dieser Optimierung auf entsprechenden Unterkonstruktionen mit den folgenden Ausrichtungen montiert werden:

- Modulfeld nördlich der Bahnstrecke:
  - Ausrichtung der Modulreihennormalen auf 185° Süd bei Einsatz von PV-Modulen mit Standard-Solarglas
    - Alternativ: Ausrichtung der Modulreihennormalen auf 180° Süd bei Einsatz von PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend
- Modulfeld südlich der Bahnstrecke:
  - Ausrichtung der Modulreihennormalen des nördlichen und des südlichen Bereichs dieses Modulfeldes auf 180° Süd bei Einsatz von PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend
  - Ausrichtung der Modulreihennormalen des mittleren Teils dieses Modulfeldes auf 205° Südsüdwest bei Einsatz von PV-Modulen mit Standard-Solarglas
    - Alternativ: Ausrichtung der Modulreihennormalen des gesamten Modulfeldes auf 180° Süd bei Einsatz von PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend

Die Aufteilung der Flächen wird in nachfolgender Grafik dargestellt.



Die Schraffur in den Flächen zeigt symbolisch den Verlauf der Modulreihen in der Draufsicht.

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

Für einen Teil der Anlage sind PV-Module mit stark atypisch reflektierendem strukturiertem Frontglas Saint Gobain Albarino P bei einer Ausrichtung der Modulreihennormalen auf 180° Süd bei einer Aufneigung auf 20° ... 25° untersucht werden.

Die maximale Höhe der Module mit den vorgesehenen Unterkonstruktionen soll laut Planung maximal ca. 3,80 m mit entsprechenden Toleranzen zum Geländeausgleich betragen.

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

Das Gelände fällt von West nach Ost deutlich ab und hat ansonsten in sich keine nennenswerten Unebenheiten. Es ist davon auszugehen, daß bei Montage der Modulreihen entsprechende Querneigungen zwischen ca. +1,0° ... +4,7° auftreten werden, die die resultierende Ausrichtung der Einzelmodule beeinflussen und die bei den weiteren Betrachtungen berücksichtigt werden müssen.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

Nordwestlich angrenzend an das Gelände verläuft von Südwesten nach Nordosten eine Bahnlinie in erhöhter Lage gegenüber dem gegenständlichen Gelände.

Die Böschung der Bahnlinie ist teilweise mit Bewuchs versehen, der einen gewissen Sichtschutz darstellt. Dieser wird im Sinne einer Worst Case-Betrachtung bei den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt, weil sich die Böschung im Einflußbereich der Bahn befindet und hier vorhandener Bewuchs in seiner Wirkung als Sichtschutz durch Pflegemaßnahmen, Windbruch oder ähnliches beeinträchtigt werden kann.

Südlich angrenzend verläuft annähernd in Ost-West-Richtung auf etwa gleicher Höhe wie das angrenzende Gelände die Frankensteiner Straße.

Westlich des Geländes befindet sich auf der anderen Seite des Bahngleises bzw. der Frankensteiner Straße Bebauung mit Wohn- und Nutzgebäuden, von der aus die geplante PV-Anlage gesehen werden kann.

Östlich bzw. nordöstlich der Fläche befindet sich weitere Wohnbebauung.

Die für die Berechnungen der Blendwirkung erforderlichen Beobachter-Azimuth- und -Elevationswinkel wurden bei einem Ortstermin per Peilwinkelmessung 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.

An der östlichen Geländekante des nördlichen Modulfeldes sind in Richtung der Wohnbebauung entsprechende Sichtschutzmaßnahmen vorgesehen, die nur bei Bedarf und bei entsprechender Relevanz dieser Bebauung als Immissionsort realisiert werden soll.

Die erforderlichen Daten zur exakten Festlegung der wirksamen Sichtschutzhöhen lagen zur Erstellung des Gutachtens nicht vor, so daß diese Festlegung im weiteren Verlauf der Planung vorgenommen werden muß.

Die wirksame Höhe dieses Sichtschutzes muß entweder durch Berechnung oder durch Anpeilen über eine Meßlatte anhand der nach Realisierung der Photovoltaikanlage vorliegenden Geländehöhen und der sichtbaren Modulflächen ermittelt werden.

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.

### **2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen**

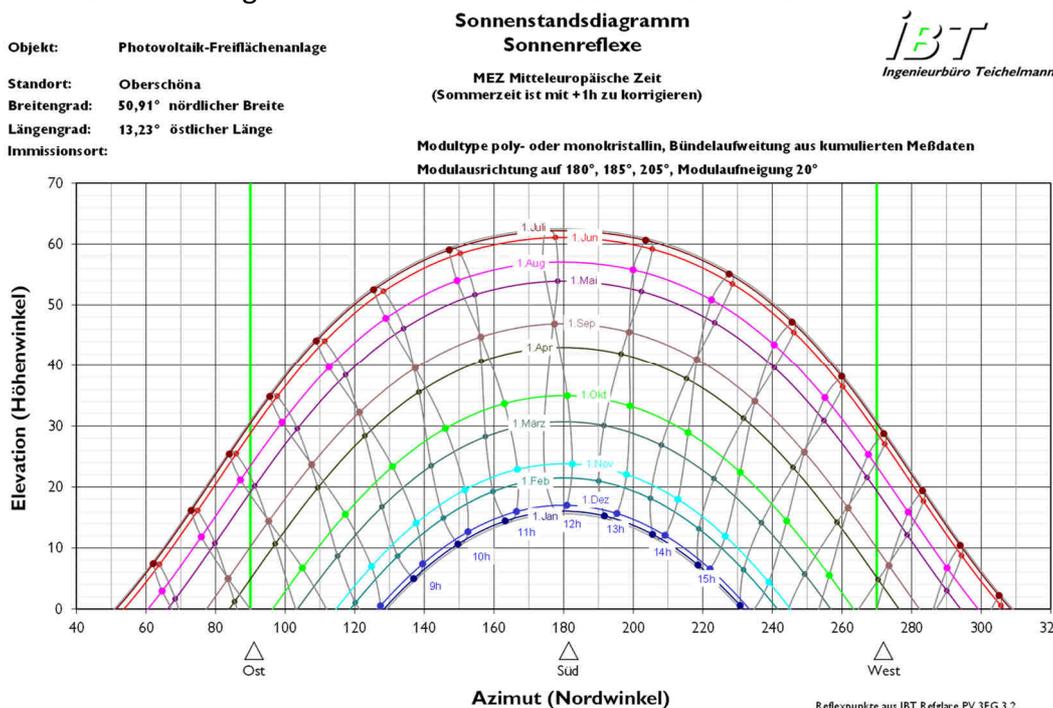
Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

- Lageplan:
  - o Oberschöna\_Solarpark\_BP\_VE.pdf
  - o PV Oberschöna\_Fläche Nord+Süd\_Lage\_25.05.2021.pdf
- Luftbild des Geländes, vom AG bereitgestellt
- Fotos von der Situation vor Ort, 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

## 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 Oberschöna

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, Angaben und Fotos 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 mono- oder polykristallinen Photovoltaikmodule mit einer Frontscheibe aus eisenarmem Standard-Solarglas 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 Oberschöna

Im Zuge der vorangegangenen Optimierung der PV-Anlage hat sich gezeigt, daß eine Südausrichtung der Modulreihen bei Verwendung von poly- oder monokristallinen PV-Modulen mit Standard-Solarglas zu Blendwirkungen auf der Bahnstrecke, der Frankensteiner Straße und in der umliegenden Wohnbebauung führen würde.

Deshalb soll hier als weitere Option eine Variante mit Verwendung von PV-Modulen mit einem tiefstrukturierten Frontglas der Type Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend bei Ausrichtung der Modulreihen nach Süden betrachtet werden.

Solche PV-Module mit dem prismatisch strukturierten Glas Saint Gobain Albarino P weichen hinsichtlich ihrer Reflexionseigenschaften stark von PV-Modulen mit Standard-Solargläsern ab. Für die nachfolgende Bewertung der vorgesehenen PV-Module mit prismatisch verformtem Glas Saint Gobain Albarino P wurden Eckdaten des Reflexionsverhaltens von Testmodulen der Type ReneSola JC230M-24/Bb bzw. Alpinsun Prisma M60, die in partiellen Messungen der Reflexionsdaten ermittelt wurden, herangezogen. Beide Module sind mit einem Frontglas des gleichen Typs Saint Gobain Albarino P ausgestattet.

Bei der vorgesehenen Modultype handelt es sich um ein polykristallines Photovoltaikmodul mit einer durch eine eingedrückte Prismenstruktur mit ca. 2 mm Kantenlänge sehr grob strukturierten Deckscheibe, hinter dem die energieerzeugenden Siliziumelemente aufgebracht sind.

Durch das verwendete spezielle Frontglas weisen die Reflexionsdaten dieses PV-Moduls einige Besonderheiten auf.

Durch die grobe und geometrische Prismenstruktur des Glases ist das Reflexionsverhalten stark atypisch.

Der Hauptreflex folgt nicht der Regel Einfallswinkel=Ausfallswinkel, sondern er wird sehr stark zur Moduloberfläche hin sowie in zwei Maxima um einige Grad nach oben bzw. unten reflektiert. Die Reflexion erfolgt nicht homogen, sondern mit sich überlappenden Minima und Maxima, die durch die Direktreflexion der eingedrückten Strukturen verursacht werden.

Das Licht wird dabei stark zerlegt und diffus reflektiert, so dass die partiellen Reflexionsgrade in den Beobachterrichtungen stark reduziert sind.

Der Reflexionsgrad steigt bei flachen Einstrahlwinkeln stark an.

Bei Einstrahlwinkeln bis ca. 40° auf die Moduloberfläche können in einem Winkelbereich zwischen 0° und ca. 6,5° zur Moduloberfläche Reflexleuchtdichten über 100.000 cd/m<sup>2</sup> erreicht werden.

Es wurden unter flachen Einstrahlwinkeln partielle Reflexionsgrade bis maximal ca. 0,044% in der jeweiligen Richtung des Hauptreflexes ermittelt.

Durch die Richtung der eingedrückten Strukturen entsteht der Hauptreflex bei dieser Type bei steileren Blickwinkeln in einem ausgeprägten geometrischen Muster.

Sonnentests zeigen bei steilen Blickwinkeln auf die Oberfläche eine mit ca. 20.000 cd/m<sup>2</sup> moderate, relativ gleichmäßige Leuchtdichte mit einer geometrischen Form, die durch die sich überlappenden Reflexionsmaxima erzeugt werden.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna



steiler Einstrahlwinkel, steiler Blickwinkel, maximale Reflexleuchtdichte ca. 20.000 cd/m<sup>2</sup>

Mit zunehmend flachem Blickwinkel sowie mit zunehmend flachem Einstrahlwinkel steigt die Intensität des Reflexes stark an.



Einstrahlwinkel ca. 20°, Blickwinkel ca. 4°, Leuchtdichte des Hauptreflexes ca. 230.000cd/m<sup>2</sup>,  
Maxima am linken bzw. rechten Rand des Reflexes

Bei sonnigem oder schwach bewölktem Himmel kann durch die Moduloberfläche eine Leuchtdichte erzeugt werden, deren Intensität nur bei sehr flachen Einblickwinkeln noch im Grenzbereich der Absolutblendung des menschlichen Auges liegen kann.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

Testmessungen an verschiedenen Modultypen haben gezeigt, dass hier das Frontglas das bestimmende Element für die Reflexionseigenschaften ist. Es ist also von einer guten Übertragbarkeit der vorliegenden und zu Grunde liegenden Messdaten auf das vorgesehene PV-Modul des Fabrikats Luxor oder auch auf andere PV-Module mit diesem Frontglas auszugehen.

Die vorgenannten Angaben beziehen sich spezifisch auf diese Glastype Saint Gobain Albarino P, für die aussagekräftige und verifizierte Reflexionsdaten aus diversen Messungen vorliegen. Inwieweit andere strukturierte Gläser eine vergleichbare Wirkung haben, das müsste konkret überprüft werden.

Die in der damaligen Untersuchung 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.

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 beiden nordwestlich der geplanten PV-Anlage verlaufenden Bahnstrecke, der südlich der Fläche verlaufenden Frankensteiner Straße und der östlich, nordöstlich und westlich 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.

Der östlich der Fläche verlaufende Feldweg wird informativ mit untersucht, da dieser keine Verkehrsfunktion hat und somit nicht als Position relevanter Immissionsorte zu bewerten ist. 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.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

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

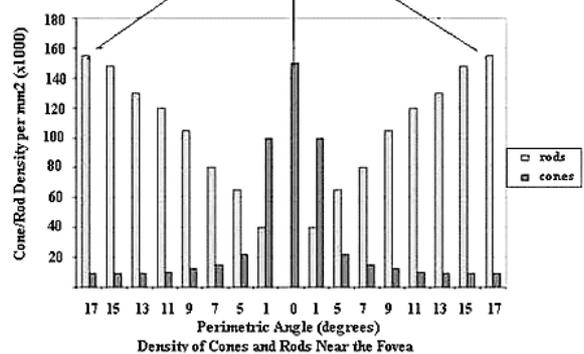
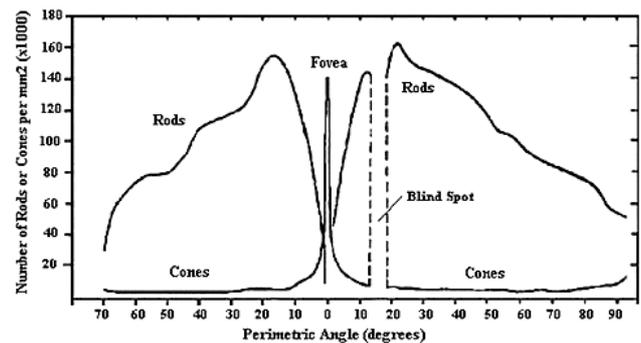
Weiter von der Hauptblickrichtung abweichende Blickwinkel sind hinsichtlich der Blendwirkung weitgehend unkritisch.

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 Bündel- aufweitung

### Bahnstrecke

Für die möglichen Immissionsorte auf der nordwestlich der geplanten PV-Anlage verlaufenden Bahnstrecke in Fahrtrichtung Nordost können im relevanten Sichtfeld der Fahrer bis maximal  $30^\circ$  Abweichung von der Hauptblickrichtung Sichtverbindungen zum südlich der Bahnstrecke liegenden Modulfeld der geplanten Photovoltaikanlage mit Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca.  $208^\circ$  Südsüdwest und  $271^\circ$  West bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca.  $+1,0^\circ$  und  $+3,6^\circ$  vorliegen.



Für die geplante Hauptvariante 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 nur am mittleren, mit Standardmodulen belegten Teil des Modulfeldes und erst bei Blickrichtungen auf, die mehr als ca.  $36^\circ$  von der Hauptblickrichtung der Fahrer abweichen. Diese hohen Reflexleuchtdichten werden zwar im peripheren Sichtfeld

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna

wahrgenommen, sie sind für die Sicherheit des Verkehrs auf dieser Bahnstrecke jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Bei den nördlichen und südlichen Teilen dieses Modulfeldes, die jeweils mit PV-Modulen mit prismatisch verformten Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend bestückt sind, wurden keine Sonnenstände ermittelt, die Blendwirkungen oberhalb der angesetzten Schwelle von  $100.000 \text{ cd/m}^2$  in Richtung der markierten Blickrichtungen auslösen können.

Dies trifft auch auf die Alternativvariante zu, bei der der mittlere Teil des Modulfeldes mit diesen PV-Modulen mit prismatischem Frontglas belegt wird.

Hier sind bei den vorgesehenen Planungsvarianten somit keine störenden Blendwirkungen zu erwarten.

Die Moduloberflächen des nördlichen Modulfeldes können von der Bahnstrecke aus in dieser Fahrtrichtung unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca.  $209^\circ$  Südsüdwest und  $232^\circ$  Südwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca.  $-0,5^\circ$  und  $+1,5^\circ$  gesehen werden.

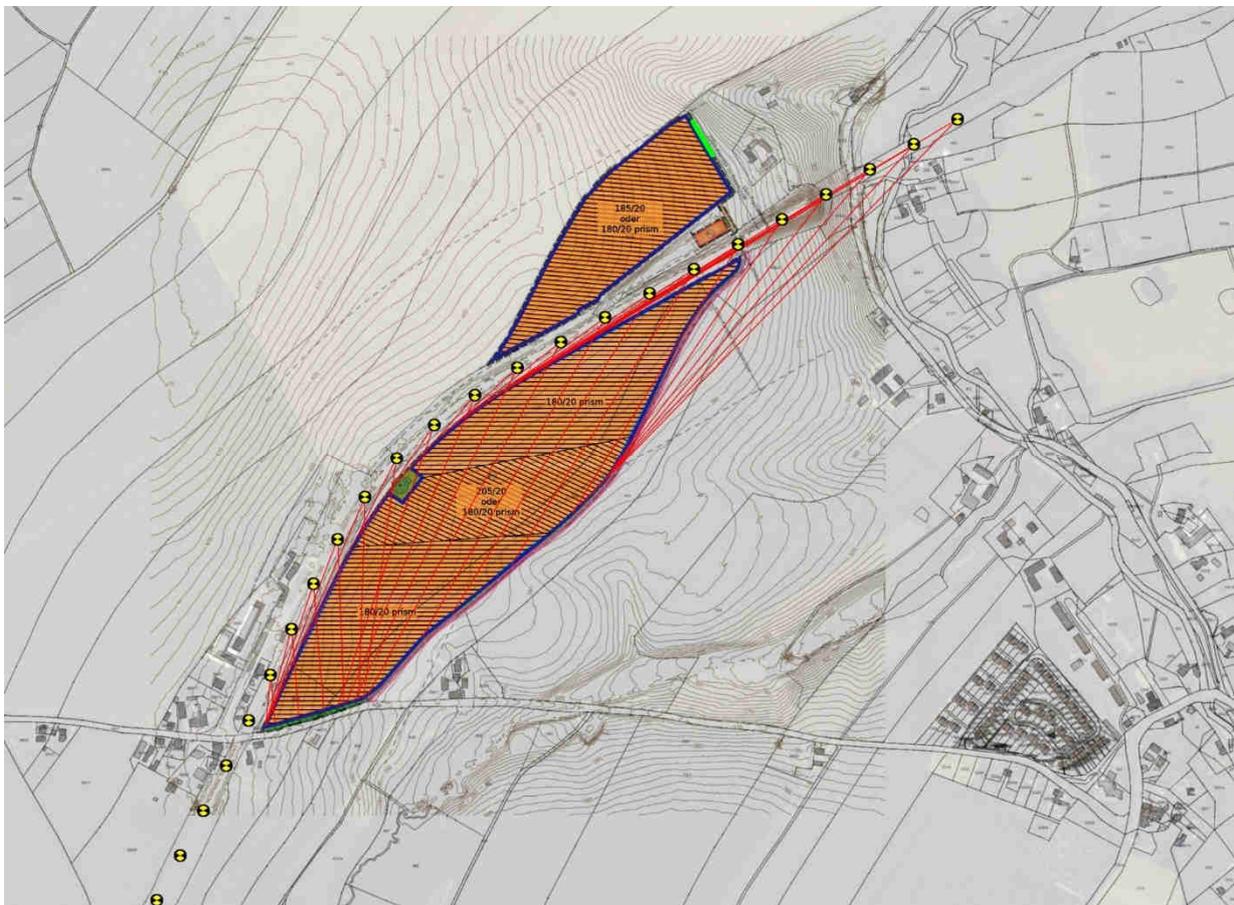


Bei der vorliegenden Geometrie wurden in Richtung der entfernten Beobachter lediglich Streiflichtreflexionen in den Tagen um die Sommersonnenwende herum ermittelt, die vom Kurvenbereich der Bahnstrecke aus an den südlichsten Moduloberflächen gesehen werden können. Unter Streiflichtreflexionen sind Sonnenlichtreflexionen zu verstehen, bei denen der

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna

Beobachter lediglich vom Rand der Reflexkeule, nicht aber von deren Maximum erreicht wird. Solche Streiflichtreflexionen werden typischerweise als flächige Aufhellung mit moderater Leuchtdichte ohne nennenswerte Blendwirkung wahrgenommen. Störende Blendwirkungen sind hier nicht zu erwarten.

In der entgegengesetzten Fahrtrichtung auf der Bahnstrecke nach Südwesten können Modulkonstruktionen des südlichen Modulfeldes innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer nur von hinten gesehen werden, so daß auch hier keine von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen zu erwarten sind.



## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna

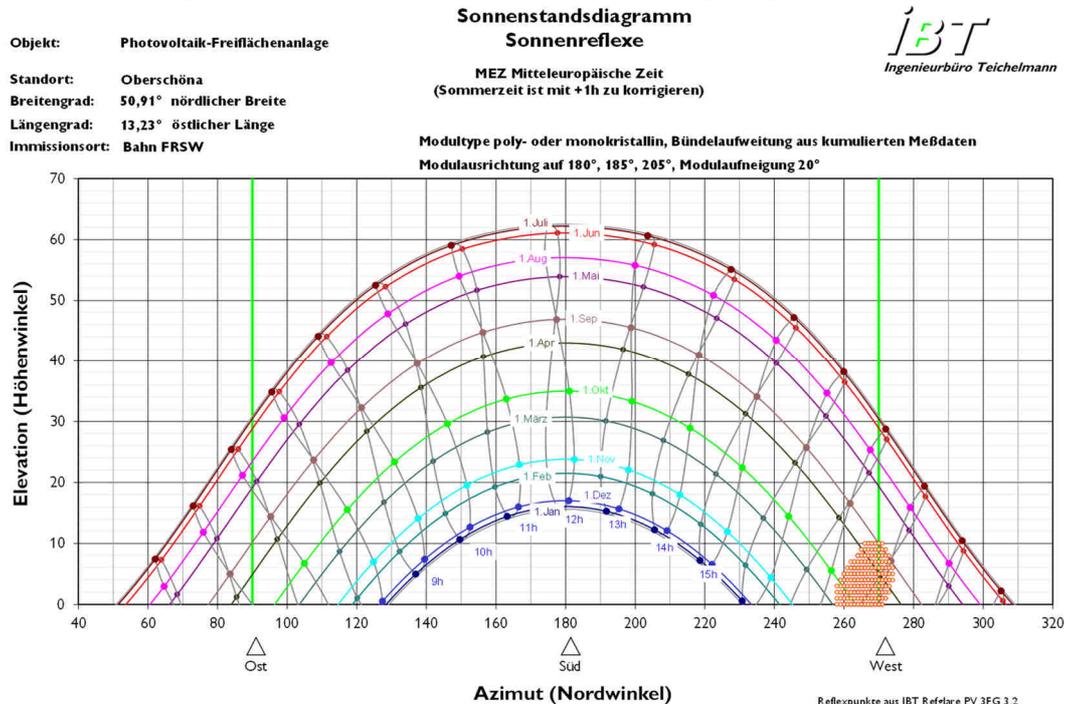
Die Module des nördlichen Modulfeldes können in dieser Fahrtrichtung innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca.  $63^\circ$  Ostnordost und  $91^\circ$  Ost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca.  $-0,5^\circ$  und  $+1,5^\circ$  gesehen werden.



Durch das nach Osten hin abfallende Gelände und die dadurch verursachte Querneigung werden hier teilweise sehr flache Einblickwinkel auf die Moduloberflächen möglich, bei denen in Richtung der vermerkten Beobachter am äußeren rechten Sichtfeldrand Reflexionen bei tief stehender Sonne auftreten können.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

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 März/April und September/Oktober können in den Abendstunden bei entsprechenden Sonnenständen also Reflexionen mit Leuchtdichten bis zu ca. 1 ... 7 Mio cd/m<sup>2</sup> in Richtung dieses Bereiches der Bahnstrecke entstehen, die unter sehr kleinen Blickwinkeldifferenzen bis maximal ca. 6,8° 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 durch den Geländeverlauf teilweise abgeschattet.

Für die betrachtete Alternativvariante mit Belegung dieses Modulfeldes mit PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend wurden ebenfalls keine störenden Blendwirkungen ermittelt.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna

In Richtung der Bahnstrecke wurden somit keine störenden oder unzumutbaren, den Verkehr auf dieser Strecke beeinträchtigenden Blendwirkungen an den Moduloberflächen der betrachteten PV-Anlage ermittelt.

### Frankensteiner Straße

Bei Fahrt auf der südlich der PV-Anlage verlaufenden Frankensteiner Straße nach Osten können beim Blick zu den Moduloberflächen innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 226° Südwest und 266° West bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. +0,5° und +2,6° bezogen auf die Einzelflächen auftreten.



Hier wurden bei Einsatz der vorgesehenen PV-Module mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend keine relevanten Blendwirkungen oberhalb der anzusetzenden Schwelle von 100.000 cd/m<sup>2</sup> ermittelt.

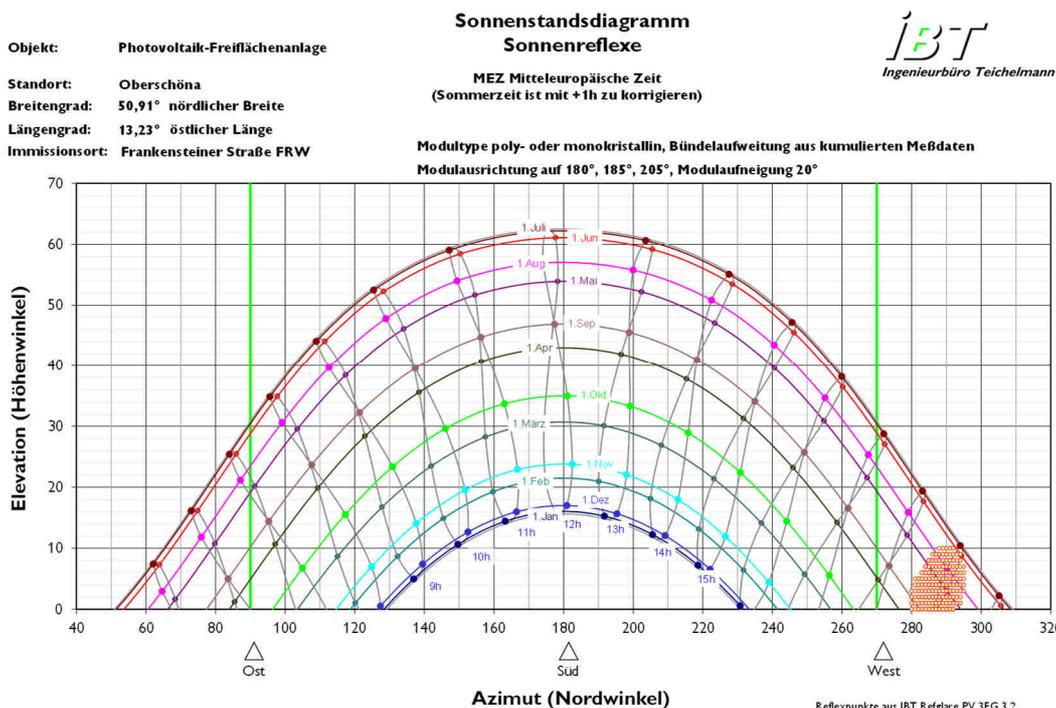
## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna

In der entgegengesetzten Fahrtrichtung auf der Frankensteiner Straße können die Moduloberflächen der gegenständlichen Anlage unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 79° Ost und 128° Südost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -1,2° und +2,6° gesehen werden.



Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

In diese Richtungen wurden bei den Reflexionsberechnungen ausschließlich Sonnenlichtreflexionen am mittleren, mit Standardmodulen belegten und auf Azimut 205° Südsüdwest ausgerichteten Anlagenteil ermittelt, die aus Sicht dieser Beobachter bei sehr tiefen Sonnenständen und unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonnenscheibe gesehen werden.



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.

An den mit PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend wurden auch in diese Richtungen keine Blendreflexionen oberhalb der angesetzten Schwelle von 100.000 cd/m<sup>2</sup> ermittelt.

Dies trifft auch auf die untersuchte Variante mit Belegung der gesamten Fläche des südlichen Modulfeldes mit PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend zu.

Somit wurden bei den untersuchten Anlagenvarianten auch in Richtung der Frankensteiner Straße keine störenden oder unzumutbaren, den Verkehr beeinträchtigenden Blendwirkungen an den Moduloberflächen der betrachteten Anlage ermittelt.

In Richtung des informativ betrachteten, östlich an die gegenständliche Fläche angrenzenden Feldweges wurden keine Sonnenstände ermittelt, die bei der gegebenen Situation und an diesem Standort Blendreflexionen in Richtung der relevanten Blickrichtungen auslösen können.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

Reflexionen mit höheren Leuchtdichten, die ggf. als Blendung empfunden werden können, treten auf dieser Straße erst bei Blickrichtungen auf, die mehr als 30° von der Hauptblickrichtung der Fahrer abweichen. Diese hohen Reflexleuchtdichten werden zwar im peripheren Sichtfeld wahrgenommen, sie sind für die Sicherheit des Verkehrs auf solchen Verkehrswegen jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Hier sind ebenfalls keine störenden Blendwirkungen zu erwarten.

#### Wohnbebauung

In der westlich und östlich bzw. nordöstlich der Anlage liegenden Wohnbebauung bestehen von einigen Gebäuden aus Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen, die hinsichtlich einer möglichen Blendung relevant sein können.

Stellvertretend wird hier eine Reihe von Punkten berechnet, bei denen nach den vorliegenden Daten vom Vorliegen der entsprechenden Sichtverbindungen über einen größeren Winkelbereich ausgegangen 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.

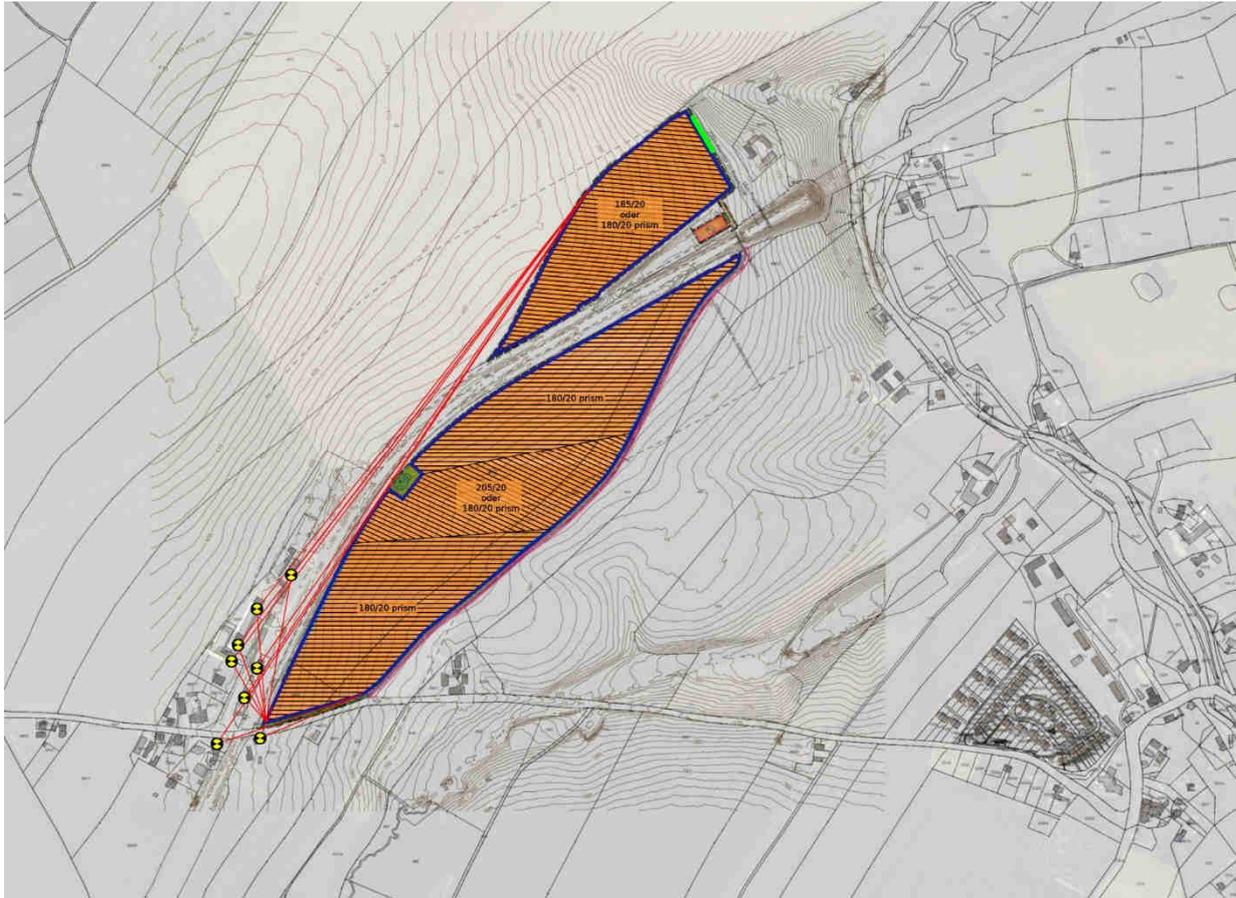
Hier werden in Anlehnung an das Bewertungsverfahren der Landesumweltämter die zeitlichen Richtwerte einer als noch zumutbar angesehenen astronomisch möglichen Einwirkdauer der Blendwirkung von maximal 30 min/Tag und maximal 30 h/Tag angesetzt.

Die übrigen Punkte können aus diesen Ergebnissen interpoliert werden.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna

### westlich liegende Wohnbebauung

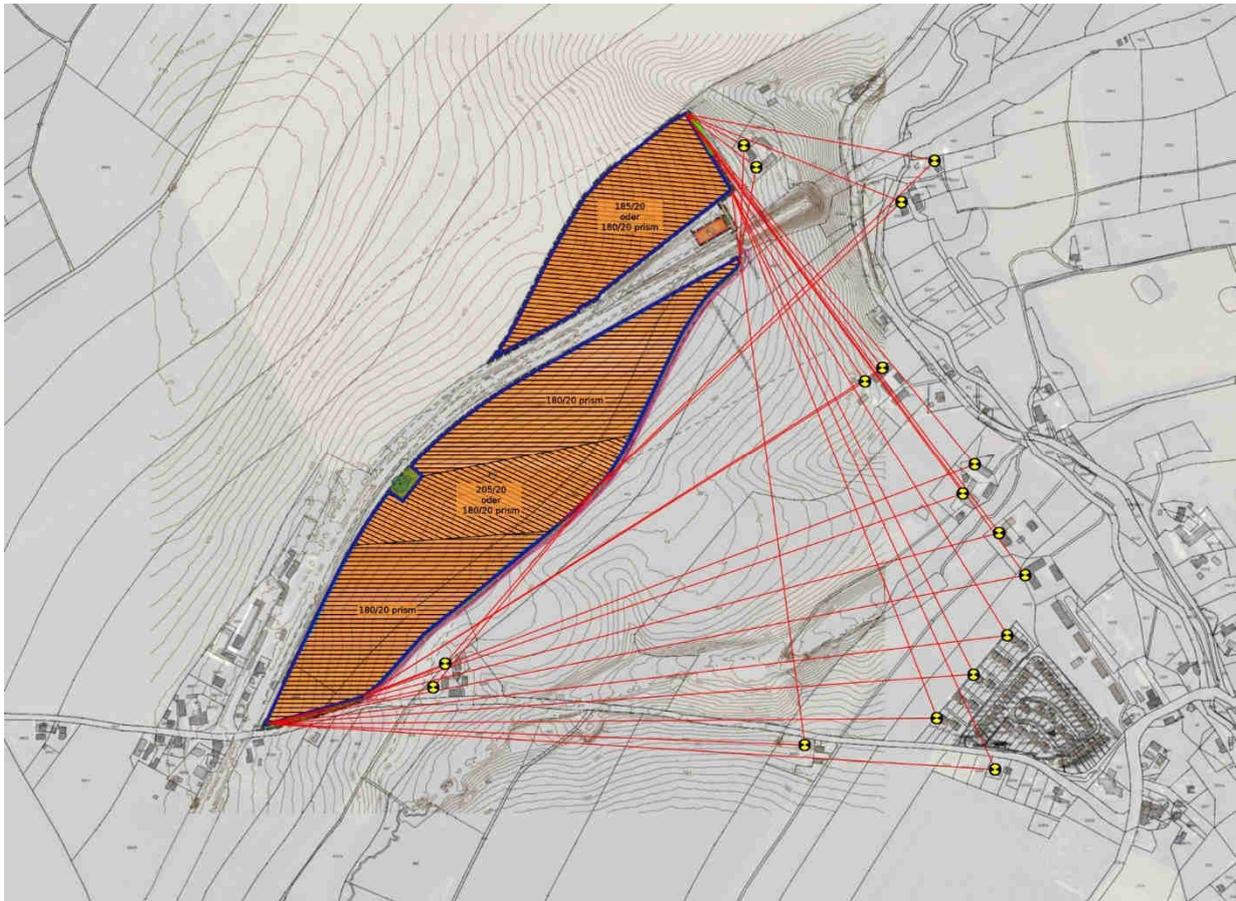
Von der westlich der Anlage liegenden Bebauung aus können beim Blick zu den Moduloberflächen Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 215° Südwest und 10° Nord bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. +0,6° und +2,3° bezogen auf die Einzelflächen auftreten.



In diese Richtungen wurden sowohl bei der betrachteten hauptvariante als auch bei der Alternativvariante mit vollständiger Belegung der Fläche mit PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend keine relevanten Blendreflexionen mit Leuchtdichten oberhalb der angesetzten Schwelle von 100.000 cd/m<sup>2</sup> ermittelt.

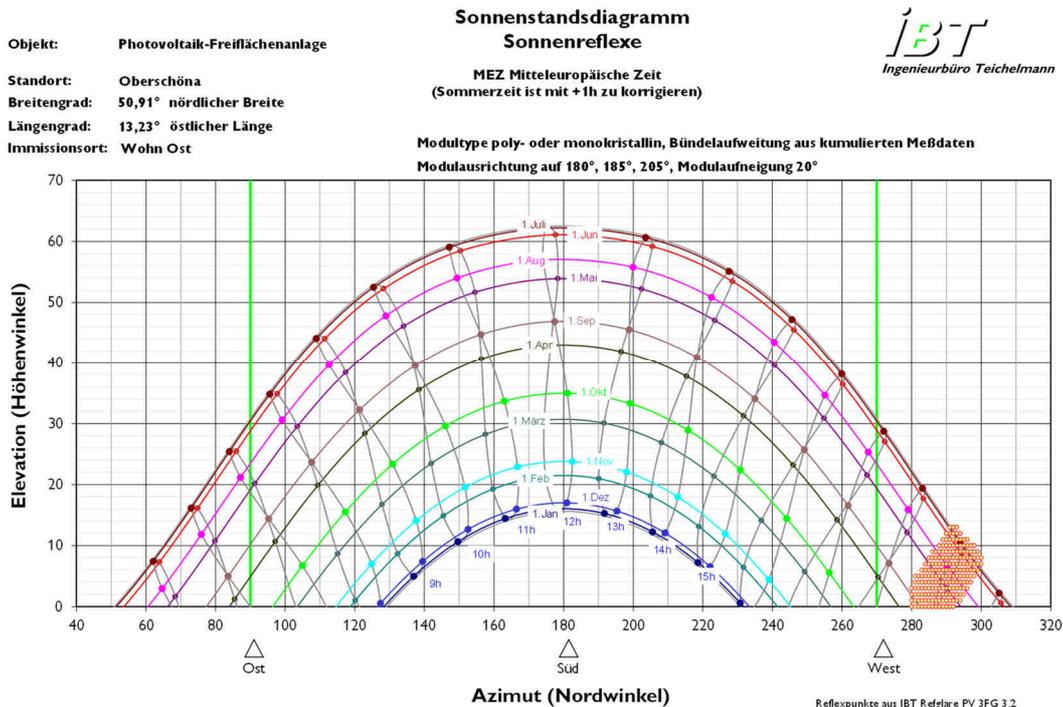
Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

Von der östlich bzw. nordöstlich der Anlage liegenden Wohnbebauung aus können bezogen auf die Moduloberflächen des südlich der Bahnstrecke liegenden Modulfeldes Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 45° Nordost und 173° Süd bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -2,5° und +0,8° vorliegen.



Analog zu den vorhergehenden Erläuterungen wurden auch in diese Richtungen ausschließlich Sonnenlichtreflexionen an den Modulen des mittleren, mit PV-Modulen mit Standard-Solarglas bestückten und auf Azimut 205° Südsüdwest ausgerichteten Anlagenteils ermittelt, die aus Sicht dieser Beobachterstandorte unter kleinen Blickwinkeldifferenzen <10° zur Sonne gesehen werden.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna



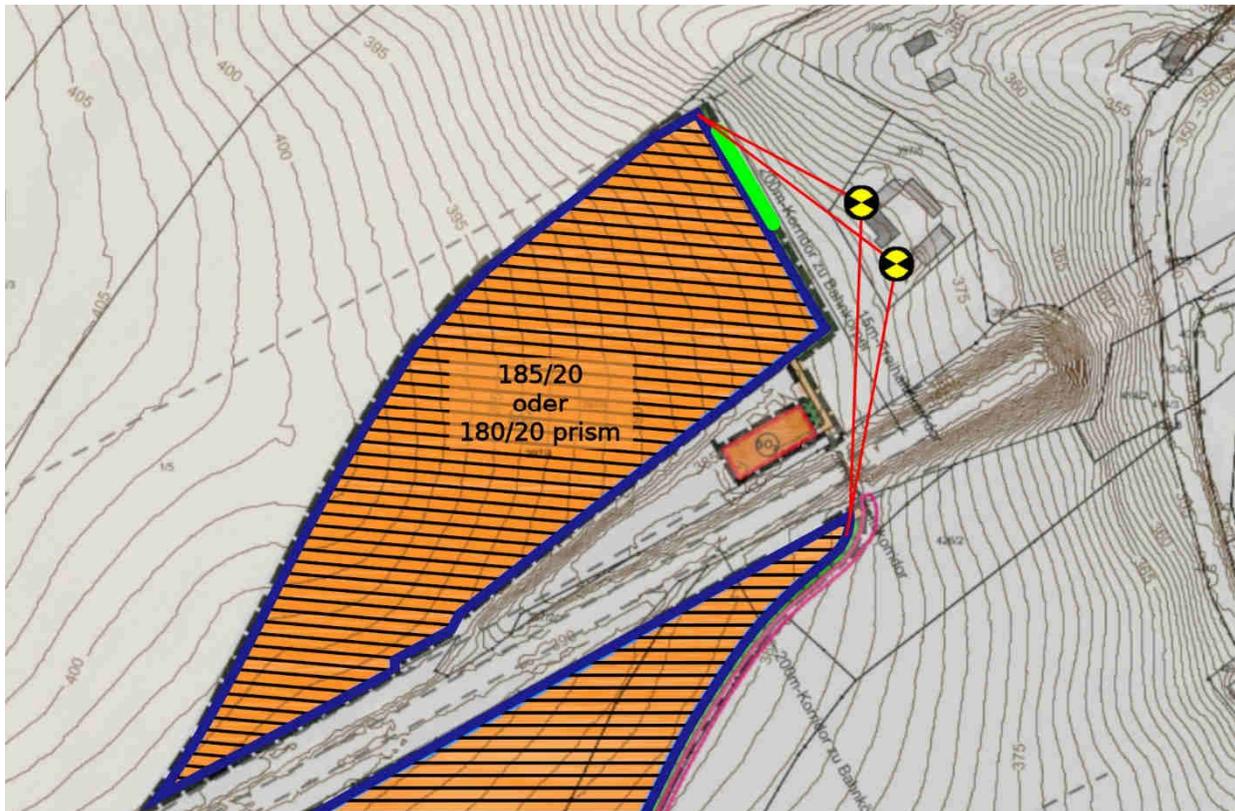
Solche Reflexionen werden wegen der Überlagerung des Reflexes durch die unvermeidbare Direktblendung der Sonne nicht als eigenständige, zusätzlich zur bereits vorhandenen und in den gleichen Zeiträumen einwirkenden Blendung eingestuft.

Durch die relativ große Entfernung und den teilweise innerhalb der Sichtachse liegenden Bewuchs wird eine mögliche Wirkung dieser Reflexionen zusätzlich gemindert.

Bei der Alternativvariante mit Belegung des kompletten Modulfeldes mit PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend wurden keine relevanten Blendreflexionen oberhalb der angesetzten Schwelle ermittelt.

## Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Oberschöna

In Richtung der nordöstlich an das nördliche Modulfeld angrenzenden Bebauung können bei freien Sichtachsen Blendwirkungen von den nördlichen Modulreihen des nördlich der Bahnstrecke liegenden Modulfeldes ausgehen.



Sofern diese Bebauung als relevanter Immissionsort anzusehen ist bzw. sofern hier relevante Sichtverbindungen vorliegen sollten, so wäre bei Bedarf ein Sichtschutz in dem oben grün markierten Bereich der Geländekante vorzusehen.

Mit dieser Maßnahme können mögliche Blendwirkungen vermieden bzw. stark gemindert werden, so daß von einer Einhaltung der Richtwerte ausgegangen werden kann.

Somit sind bei Ausführung der Photovoltaikanlage nach der vorliegenden Planung und bei Realisierung der vorgesehenen Ausrichtung Modulreihen sowie der vorgeschlagenen Sichtschutzmaßnahmen keine störenden oder unzumutbaren, von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen in Richtung der Bahnstrecke, der Frankensteiner Straße oder der östlich und westlich der Fläche liegenden Wohnbebauung zu erwarten.

Bei den als Alternative untersuchten Varianten mit tiefstrukturiertem Frontglas der Type Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend auf der gesamten Fläche wurden keinerlei Blendwirkungen oberhalb der angesetzten leuchtdichteschwelle ermittelt werden.

Licht-Immissionsgutachten  
Photovoltaikanlage Oberschöna

Wie weiter vorn beschrieben können bei Verwendung von PV-Modulen mit dem Frontglas Saint Gobain Albarino P nur unter sehr flachen Einblickwinkeln auf die Moduloberflächen < ca. 6° ... 6,5° Leuchtdichten auftreten, die bei hohen Sonnenständen die anzusetzende Blendgrenze von 100.000 cd/m<sup>2</sup> leicht überschreiten.

Bei der hier gegebenen geometrischen Situation treten die beschriebenen sehr flachen Einblickwinkel auf die Moduloberflächen nur punktuell an wenigen, weit entfernten Punkten auf. Die in diese Richtungen möglichen Reflexionen werden können lediglich durch tiefere Sonnenstände, die dann auch entsprechend niedrigere Leuchtdichten der Sonnenscheibe aufweisen, erzeugt werden. Durch diesen Effekt konnten bei allen festgelegten Immissionsorten keine Sonnenstände ermittelt werden, die an diesem Standort und bei der gegebenen Anlagengeometrie und dem vorliegenden Reflexionsverhalten der Oberflächen Blendreflexionen oberhalb der anzusetzenden Schwelle von 100.000 cd/m<sup>2</sup> erzeugen können. Die bei flachen Einblickwinkel und bei bestimmten Sonnenständen möglichen Sonnenlichtreflexionen, bei denen der Beobachter vom Hauptreflex erreicht wird, können noch als Aufhellungen wahrgenommen werden, die in der Intensität unterhalb der Blendgrenze liegen und die erfahrungsgemäß nicht als unzumutbare Störungen empfunden werden.

Bei Einsatz von PV-Modulen mit dem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend ist bei der vorgesehenen Anlagengeometrie also von einer Einhaltung der Richtwerte auszugehen.

Somit sind bei Ausführung der Photovoltaikanlage unter Einsatz der vorgesehenen PV-Module mit Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend keine störenden oder unzumutbaren von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen 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 Oberschöna sind bei Ausführung der Anlage gemäß des vorliegenden, im Vorfeld hinsichtlich der Blendwirkung optimierten Konzeptes keine Störungen auf der nordwestlich der geplanten PV-Anlage verlaufenden Bahnstrecke, der südlich verlaufenden Frankensteiner Straße oder in der östlich und westlich der Fläche liegenden Wohnbebauung durch von den Moduloberflächen ausgehende Blendreflexionen zu erwarten.

In Richtung der Bahnstrecke 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.

In Richtung der östlich liegenden Wohnbebauung und der Frankensteiner Straße in Fahrtrichtung West wurden bei Untersuchung der geplanten Anlagengeometrie lediglich Reflexionen in Richtung der entfernten 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 /1/ werden solche Sonnenlichtreflexionen nicht als Blendung eingestuft.

Die in Richtung der nordöstlich des nördlichen Modulfeldes möglichen Blendreflexionen können bei Bedarf durch den vorgesehenen Sichtschutz vermieden werden.

Bei den alternativ betrachteten Ausführungen der kompletten Anlage mit PV-Modulen mit tiefstrukturiertem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend wurden bei der gegebenen Situation ebenfalls keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen ermittelt.

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



29.11.2021  
Jens Teichmann  
Dipl.-Ing. Lichttechnik



**IBT4Light**  
IBT4Light GmbH  
Boenerstraße 34  
90765 Fürth

Jens Teichmann  
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.