

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung
Photovoltaikanlage Rettersheim

Gutachten über die zu erwartende Blendung durch Sonnenreflexionen der geplanten Erweiterung der Photovoltaikanlage Rettersheim



GA-Nummer: Te-210302-R-1

Im Auftrag von
Main-Spessart-Solar GmbH
Bessenbach

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

Fürth, 09.03.2021

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung
Photovoltaikanlage Rettersheim

Auftraggeber:

Main-Spessart-Solar GmbH

Im Halenfeld 2
63856 Bessenbach

Auftragnehmer:

Dipl.-Ing. Jens Teichelmann

IBT 4Light GmbH

Ingenieur- und Sachverständigenbüro
für Licht- und Beleuchtungstechnik

Boenerstraße 34
90765 Fürth

Inhaltsverzeichnis

1 Extrakt	4
2 Allgemeines	5
2.1 Aufgabenstellung, Zweck des Gutachtens	5
2.2 Tatsachenfeststellung, Beschreibung der Situation	6
2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen	8
2.4 Verwendete Hilfsmittel	8
2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen	9
3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen	10
3.1 Grundlegende Methodik	10
3.2 Ortstermin, beteiligte Personen	11
4 Schutzgut Mensch: Ergebnisse und Auswertung der an den Immissionsorten erreichten Reflexionswerte	12
4.1 Ermittlung der Eckpunkte des Reflexionsverhaltens der Photovoltaikmodule	12
4.2 Ermittlung der möglicherweise relevanten Immissionsorte	17
4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung	19
5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere	23
6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse	24

1 Extrakt

Im Auftrag der Main-Spessart-Solar GmbH in Bessenbach wurde die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Rettersfeld westlich der Bundesautobahn A3 und nördlich der Ortschaft Rettersheim hinsichtlich der auf der Autobahn A3 und in der südlich liegenden Wohnbebauung von Rettersheim 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 vorgesehenen Anordnung und Ausrichtung der PV-Module keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Autobahn A3 oder in der südlich liegenden Wohnbebauung von Rettersheim zu erwarten.

Möglicherweise an den nördlichen Modulen der Anlage auftretende Reflexionen in Richtung der Beobachter auf der Bundesautobahn A3 in Fahrtrichtung Nordwest 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.

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 Main-Spessart-Solar GmbH in Bessenbach war die geplante Erweiterung der bereits bestehenden Photovoltaik-Freiflächenanlage Rettersfeld westlich der Bundesautobahn A3 und nördlich der Ortschaft Rettersheim auf folgende Punkte hin zu prüfen:

- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den möglichen Immissionsorten auf der Bundesautobahn A3 und in der Wohnbebauung von Rettersheim 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 geplante Erweiterung einer bereits bestehenden Photovoltaik-Freiflächenanlage, die auf einer momentan noch landwirtschaftlich genutzten Fläche westlich der Bundesautobahn A3 und nördlich der Ortschaft Rettersheim 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 und der Wohnbebauung hin optimiert.

Die Module des Erweiterungsteils sollen in dem westlich der Bestandsanlage liegenden Teil auf entsprechenden Unterkonstruktionen mit einer Ausrichtung auf 180° Süd bei einer Aufneigung auf 20° montiert werden. In der Verlängerung der Bestandsanlage nach Nordwesten soll die gleiche Ausrichtung wie bei der Bestandsanlage auf Azimut 195° Südsüdwest bei 20° Aufneigung realisiert werden.

Die Ausrichtung der jeweiligen Flächen wird nachfolgend gezeigt. Die Schraffur zeigt symbolisch den Verlauf der Modulreihen.



Der bereits bestehende Teil der Anlage ist orange, der neu geplante Teil weiß dargestellt. In dem grün bzw. gelb markierten Bereich im Norden der Anlage sollen zwei ca. 3,35 m hohe Modulreihen mit verschlossener Rückseite errichtet werden, die auf Azimut 165° Südsüdost bei

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

25° Neigung ausgerichtet werden sollen. Diese Modulreihen sollen in dem grün markierten Bereich mit PV-Modulen mit Standard-Solarglas, in dem gelb markierten Bereich mit PV-Modulen mit tiefstrukturiertem Frontglas Saint Gobain Albarino P oder gleich wirkend belegt werden.

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

In dem gelb markierten Bereich beschränkt sich die Festlegung der Type auf die zuvor beschriebene oder vergleichbare Glasart.

Die maximale Höhe der Module mit den vorgesehenen Unterkonstruktionen soll laut Planung maximal ca. 3,35 m mit entsprechenden Toleranzen zum Geländeausgleich betragen.

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

Das Gelände hat in sich leichte Unebenheiten. Es ist davon auszugehen, daß bei Montage der Modulreihen entsprechende Querneigungen zwischen ca. $-1,5^\circ$... $+1,5^\circ$ auftreten werden, die die resultierende Ausrichtung der Einzelmodule beeinflussen und die bei den weiteren Betrachtungen berücksichtigt werden müssen.

Östlich angrenzend an das Gelände verläuft von Südost nach Nordwest die Autobahn A3 in tieferer Lage gegenüber dem betrachteten Gelände. Die Fahrbahn der Autobahn steigt von Südost nach Nordwest leicht an.

Im Bereich der gegenständlichen Anlage werden mögliche Sichtachsen durch eine Lärmschutzwand weitestgehend unterbrochen.

Lediglich im nördlichen Bereich reicht die geplante Erweiterung der Anlage nach Nordwesten über die Lärmschutzwand hinaus, so daß hier teilweise Sichtachsen freiwerden.

Südlich des Geländes befindet sich die Bebauung der Ortschaft Rettersheim mit Wohn- und Nutzgebäuden, von denen aus teilweise Sichtverbindungen zu den Modulen der geplanten Anlage vorliegen.

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

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

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.

2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen

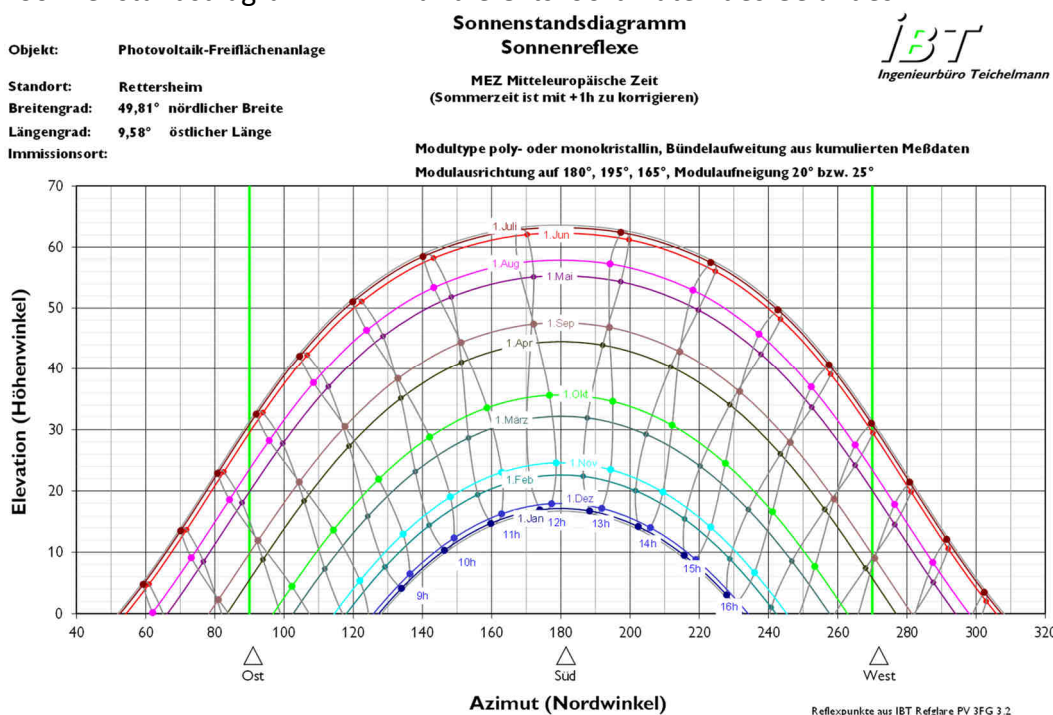
Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

- Pläne:
 - o 20201214_Sinnvolle Lärmschutzmaßnahmen nach Begehung 10.12.2020.dwg
 - o T20-47_01FNP_01fB_04Zeich_Erweiterung Triefenstein.pdf
 - o T20-47_02BP_01R_01fB_04Zeich_Erweiterung Rettersheim.pdf
 - o T20-47_02BP_02T_01fB_04Zeich_Erweiterung Triefenstein.pdf
- Luftbild des Geländes, vom AG bereitgestellt
- Fotos von der Situation vor Ort

2.4 Verwendete Hilfsmittel

Für die Begutachtung wurden folgende Hilfsmittel verwendet:

- Sonnenstandsdiagramm MEZ für die Ortskoordinaten des Geländes



- Excel

Te210302R1 Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

- Reflexionsmatrixsoftware Refglare PV 3FG 3.3
- Sonnenbahnsoftware Sunway PV 1.11 MEZ
- Expositionsermittlungssoftware Sunway Exposure 1.1 MESZ
- Eckdaten aus Messungen der Reflexionsindikatrix 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^2 , am Horizont noch ca. 6 Mio cd/m^2 .

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^2 .

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^2 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 Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

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 am 15.12.2020 durch H. Jaklin, Main-Spessart-Solar GmbH und H. Teichelmann, IBT 4Light GmbH, durchgeführt.

Die nachfolgenden Betrachtungen wurden auf Basis der bei diesem Ortstermin erhobenen Daten sowie 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 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. 40° 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.

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung
Photovoltaikanlage Rettersheim

Bündelaufweitung beim Sonnentest eines polykristallinen Moduls,
Einstrahlwinkel ca. 20°, Reflexleuchtdichte ca. 8 Mio cd/m²

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 Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

Im Zuge der vorangegangenen Optimierung der PV-Anlage hat sich gezeigt, daß die geplante Ausrichtung der Modulreihen bei Verwendung von poly- oder monokristallinen PV-Modulen mit Standard-Solarglas teilweise zu Blendwirkungen auf der Autobahn oder den umliegenden Straßen führen würde.

Deshalb soll hier ein Teil der Anlage unter Verwendung von PV-Modulen mit einem tiefstrukturierten Frontglas der Type Saint Gobain Albarino P bei der jeweils geplanten Ausrichtung 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/m² 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.

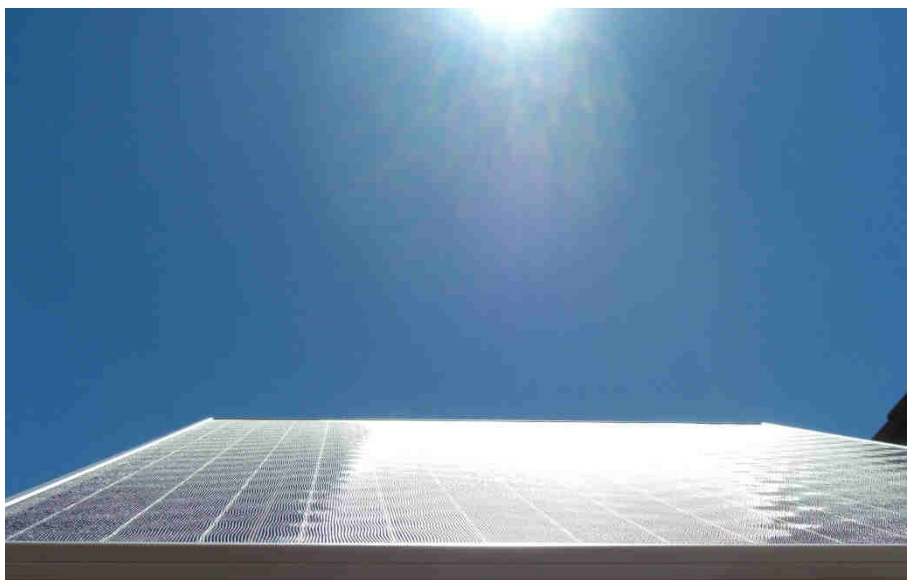
Sonnentests zeigen bei steilen Blickwinkeln auf die Oberfläche eine mit ca. 20.000 cd/m² moderate, relativ gleichmäßige Leuchtdichte mit einer geometrischen Form, die durch die sich überlappenden Reflexionsmaxima erzeugt werden.

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim



steiler Einstrahlwinkel, steiler Blickwinkel, maximale Reflexleuchtdichte ca. 20.000 cd/m²

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/m²,
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 Erweiterung
Photovoltaikanlage Rettersheim

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.

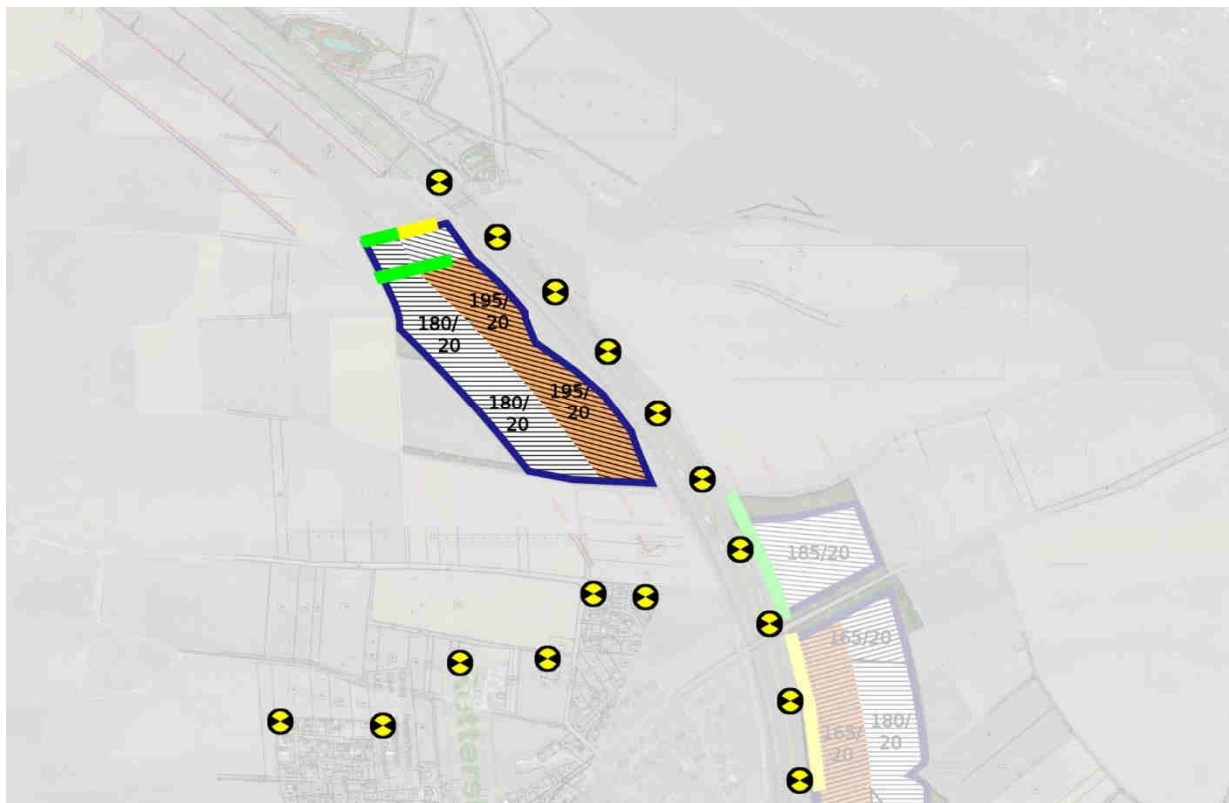
Die in der damaligen Untersuchung nicht aufgenommenen Winkel konnten interpoliert werden.

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 Reflexionsindikatix 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 A3 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:



Von der Autobahn aus ist die gegenständliche Anlage größtenteils wegen einer Lärmschutzwand nicht zu sehen. Lediglich im nördlichen Teil der Anlage werden Sichtverbindungen für Fahrer zu den Moduloberflächen frei.

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

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.

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

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.

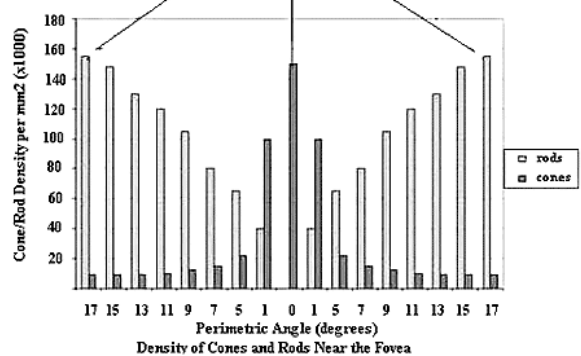
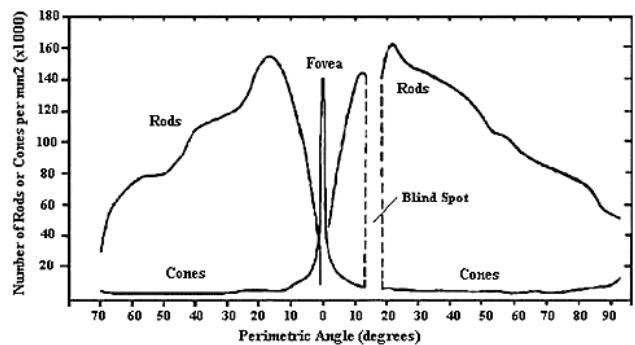
Bei der für einen Fahrer in dieser Situation typischen Blickrichtung wird der Reflex in einem Bereich zwischen 10° ... 20° abweichend von der Fovea Centralis, dem Ort der scharfen Abbildung sowie der höchsten Konzentration an Zapfen im Auge, abgebildet.

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.

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.



Distribution of Rods and Cones on the Human Retina

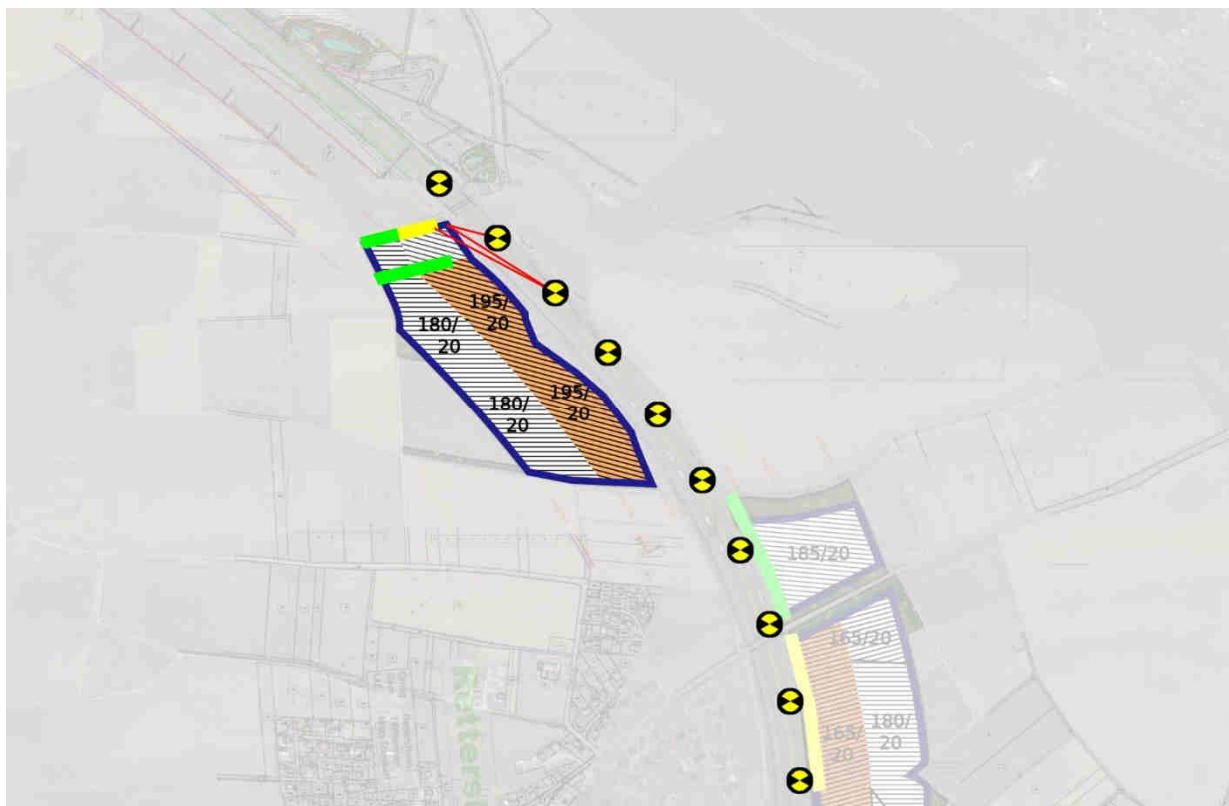
(From Osterberg, G. "Topography of the Layer of Rods and Cones in the Human Retina", Acta Ophthalmologica, Supplement, Vol. 6, 1-103, 1935)

Figure 2

4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung

Autobahn A3

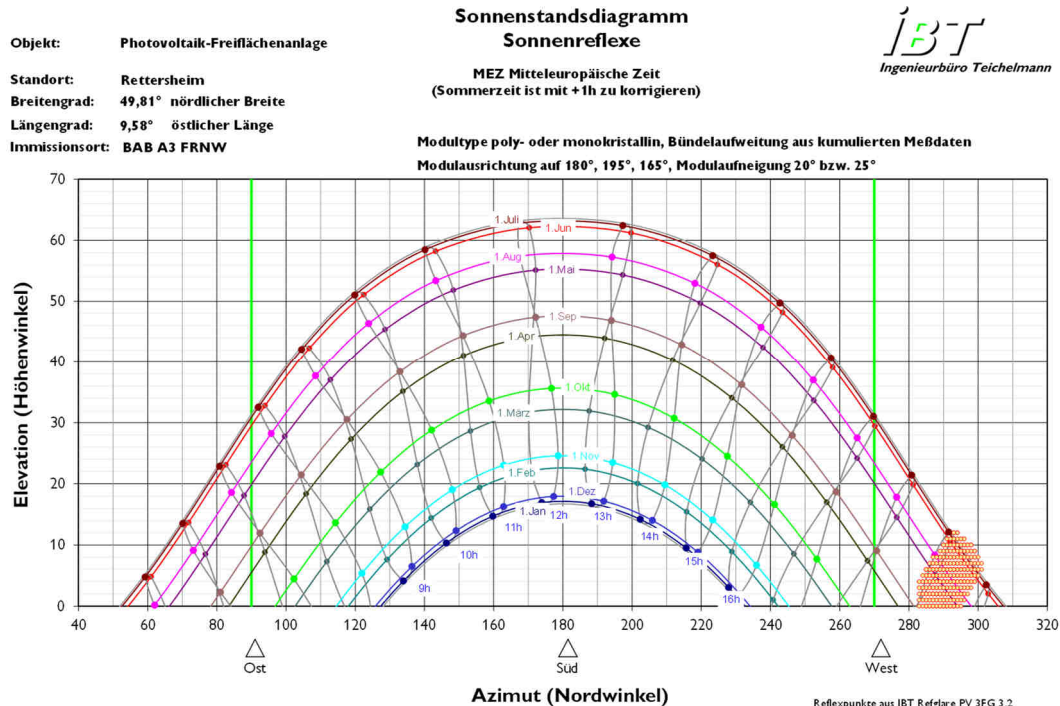
Für die möglichen Immissionsorte auf der Autobahn A3 in Fahrtrichtung Nordwest können im relevanten Sichtfeld der Fahrer bis maximal 30° Abweichung von der Hauptblickrichtung Sichtverbindungen zum nördlichen Teil geplanten Photovoltaikanlage mit Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 101° Ost und 122° Ostsüdost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. +0,5° und +1,1° vorliegen.



Durch die Ausrichtung der aus dieser Richtung sichtbaren Module der Flächenanlage auf 195° Südsüdwest bei 20° Aufneigung treten in dieser Situation in Richtung der vermerkten Beobachter nur Reflexionen bei tief stehender Sonne auf.

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

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 August können in den Abendstunden bei entsprechenden Sonnenständen also Reflexionen mit Leuchtdichten bis zu ca. 1 ... 7 Mio cd/m² in Richtung dieses Bereiches der Autobahn A3 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 teilweise abgeschattet.

Von den beiden auf 165° Südsüdost ausgerichteten Modulreihen ist bei Fahrt auf der Autobahn nach Nordwesten nur der mit PV-Modulen mit prismatisch verformtem Frontglas Saint Gobain Albarino P belegte, in obiger Grafik gelb markierte Teil innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer zu sehen. Durch das atypische Reflexionsverhalten dieser Frontgläser wurden auch hier keine als Blendung einzustufenden Sonnenlichtreflexionen ermittelt.

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

In der entgegengesetzten Fahrtrichtung auf der Bundesautobahn A3 nach Südosten können nur die Rückseiten der Modulkonstruktionen gesehen werden, so daß hier keine von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen auftreten können.

Wohnbebauung Rettersheim

In der südlich der Anlage liegenden Wohnbebauung der Ortschaft Rettersheim können von einigen Gebäuden aus Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen bestehen, die hinsichtlich einer möglichen Blendung betrachtet werden.

Stellvertretend werden hier sechs Punkte berechnet, bei denen das Vorliegen der entsprechenden Sichtverbindungen über einen größeren Winkelbereich angenommen werden kann.

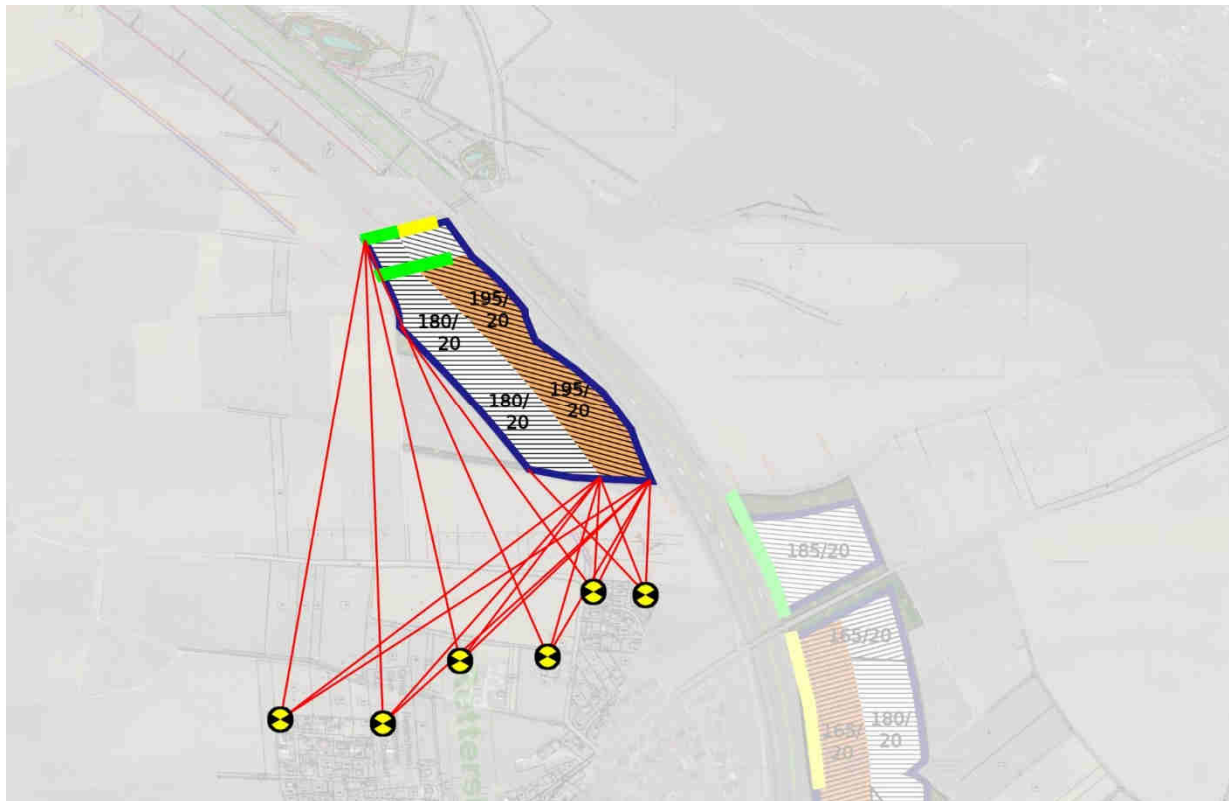
Die Auswirkungen auf die in ähnlichen Winkelbereichen zur Anlage liegenden Gebäude können aus den ermittelten Ergebnissen interpoliert werden.

Teilweise sind die Sichtverbindungen zu den Reflexionsflächen der Anlage durch Verbauung, den Geländeverlauf 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 Erweiterung Photovoltaikanlage Rettersheim

Hier können beim Blick zu den Moduloberflächen Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 135° Südost und 238° Westsüdwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. +0,6° und +2,5° bezogen auf die Einzelflächen auftreten.



Die Blickwinkel werden durch die Position der Anlage begrenzt.

Es wurden keine Sonnenstände ermittelt, die bei der gegebenen Situation und an diesem Standort Blendreflexionen in Richtung der relevanten Blickrichtungen auslösen können.

Somit sind bei Ausführung der Photovoltaikanlage nach der vorliegenden Planung und unter Realisierung der vorgesehenen Anordnung und Ausrichtung der Modulreihen keine störenden oder unzumutbaren, von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen in Richtung der vorbeiführenden Bundesautobahn A3 oder der Wohnbebauung von Rettersheim 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 Rettersheim sind bei Ausführung der Anlage gemäß des vorliegenden, im Vorfeld hinsichtlich der Blendwirkung optimierten Konzeptes und unter Realisierung der vorgesehenen Anordnung und Ausrichtung der Modulreihen keine Störungen auf der Bundesautobahn A3 oder der südlich liegenden Wohnbebauung durch von den Moduloberflächen ausgehende Blendreflexionen zu erwarten.

In Richtung der Autobahn werden mögliche Sichtverbindungen der Fahrer zur Anlage größtenteils durch die vorhandene Lärmschutzwand unterbrochen.

Lediglich im nördlichen Teil der Anlage, in dem die Lärmschutzwand endet, wurden bei Untersuchung der geplanten Anlagengeometrie Reflexionen in Richtung der Beobachter auf der Autobahn in Fahrtrichtung Nordwest 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.

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



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

09.03.2021
Jens Teichmann
Dipl.-Ing. Lichttechnik

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.