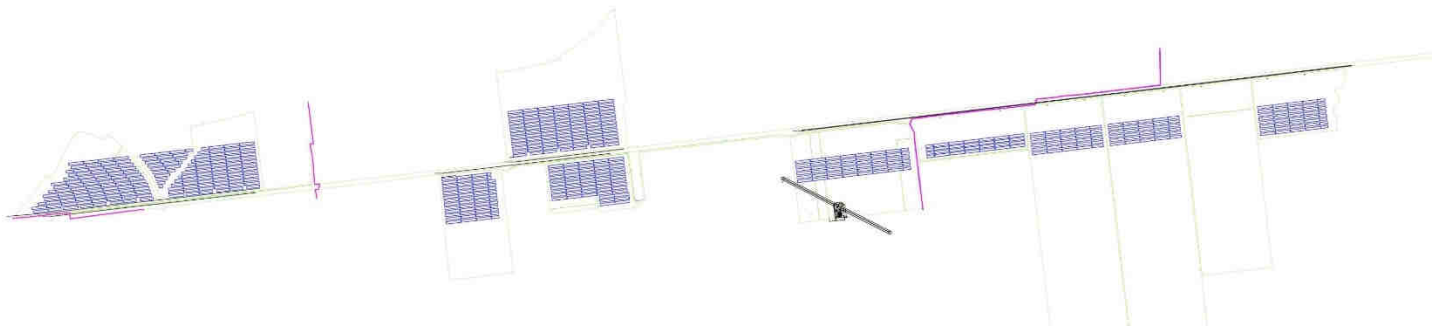


**Gutachten
über die zu erwartende Blendung
durch Sonnenreflexionen
der geplanten
Photovoltaikanlage
entlang der Bahnstrecke
Rain-Atting-Straubing**



GA-Nummer: Te-210611-R-1

Im Auftrag von
GSW Gold SolarWind Service GmbH
Kirchroth

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

Fürth, 19.07.2021

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

Auftraggeber:

GSW Gold SolarWind Service GmbH

Otto-Hiendl-Straße 15
94356 Kirchroth

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	10
2.4 Verwendete Hilfsmittel	10
2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen	11
3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen	12
3.1 Grundlegende Methodik	12
3.2 Ortstermin, beteiligte Personen	13
4 Schutzgut Mensch: Ergebnisse und Auswertung der an den Immissionsorten erreichten Reflexionswerte	14
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	19
5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere	30
6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse	31

1 Extrakt

Im Auftrag der GSW Gold SolarWind Service GmbH in Kirchroth wurde die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage entlang der Bahnstrecke Rain-Atting-Straubing westlich von Straubing und östlich von Radldorf bzw. Pilling hinsichtlich der auf der Bahnstrecke, den vorbeiführenden Straßen und in der umliegenden Wohnbebauung 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 Sichtschutzmaßnahmen keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Bahnstrecke, den vorbeiführenden Straßen oder in der umliegenden Wohnbebauung zu erwarten.

Möglicherweise in Richtung der Bahnstrecke auftretende Reflexionen werden durch den vorgesehenen Sichtschutz in entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung vermieden.

Mögliche Reflexionen liegen an den untersuchten Immissionsorten auf der in Nord-Süd-Richtung über die Bahnverlaufenden Straße außerhalb des relevanten Sichtfeldes und sind somit für die Sicherheit des Verkehrs auf dieser Straße von untergeordneter Bedeutung.

Möglicherweise auftretende Reflexionen in Richtung der entfernten Beobachter in der südöstlich und westlich liegenden Wohnbebauung und teilweise auch in Richtung der Bahnstrecke 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 GSW Gold SolarWind Service GmbH in Kirchroth war die geplante, aus 9 Modulfeldern bestehende Photovoltaik-Freiflächenanlage entlang der Bahnstrecke Rain-Atting-Straubing westlich von Straubing und östlich von Radldorf bzw. Pilling auf folgende Punkte hin zu prüfen:

- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den möglichen Immissionsorten auf der Bahnstrecke, den vorbeiführenden Straßen und in der umliegenden 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.

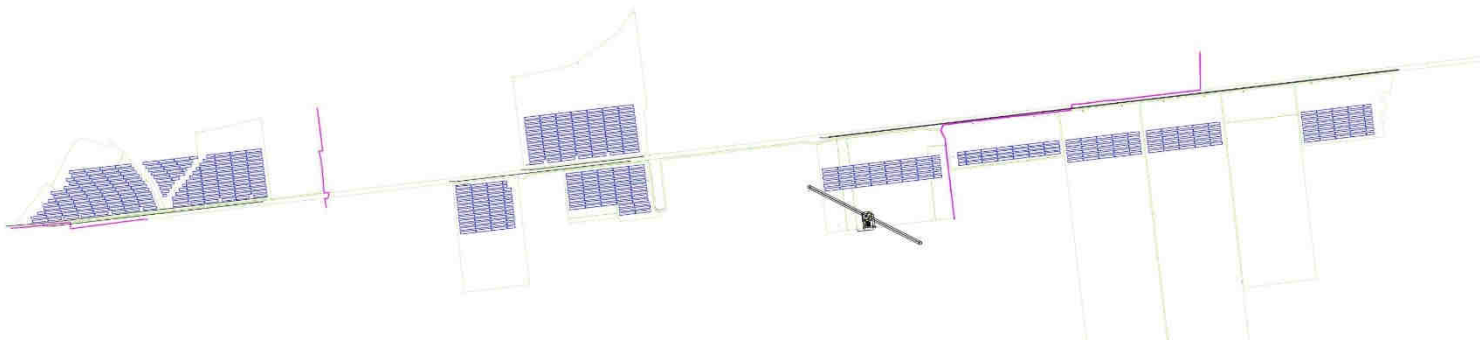
Das Gutachten wurde zur Klärung der zu erwartenden Störungen durch eine dauerhaft installierte Photovoltaikanlage im Rahmen der Erteilung der Baugenehmigung in Auftrag gegeben. Andere Nutzungen dieses Gutachtens sind nicht zugelassen.

2.2 Tatsachenfeststellung, Beschreibung der Situation

Bei der zu betrachtenden geplanten Anlage handelt es sich um eine aus insgesamt 9 Modulfeldern bestehende Photovoltaik-Freiflächenanlage, die auf momentan noch landwirtschaftlich genutzten Flächen nördlich und südlich der Bahnstrecke Rain-Atting-Straubing westlich von Straubing und östlich von Radldorf bzw. Pilling in den gekennzeichneten Bereichen montiert werden soll.

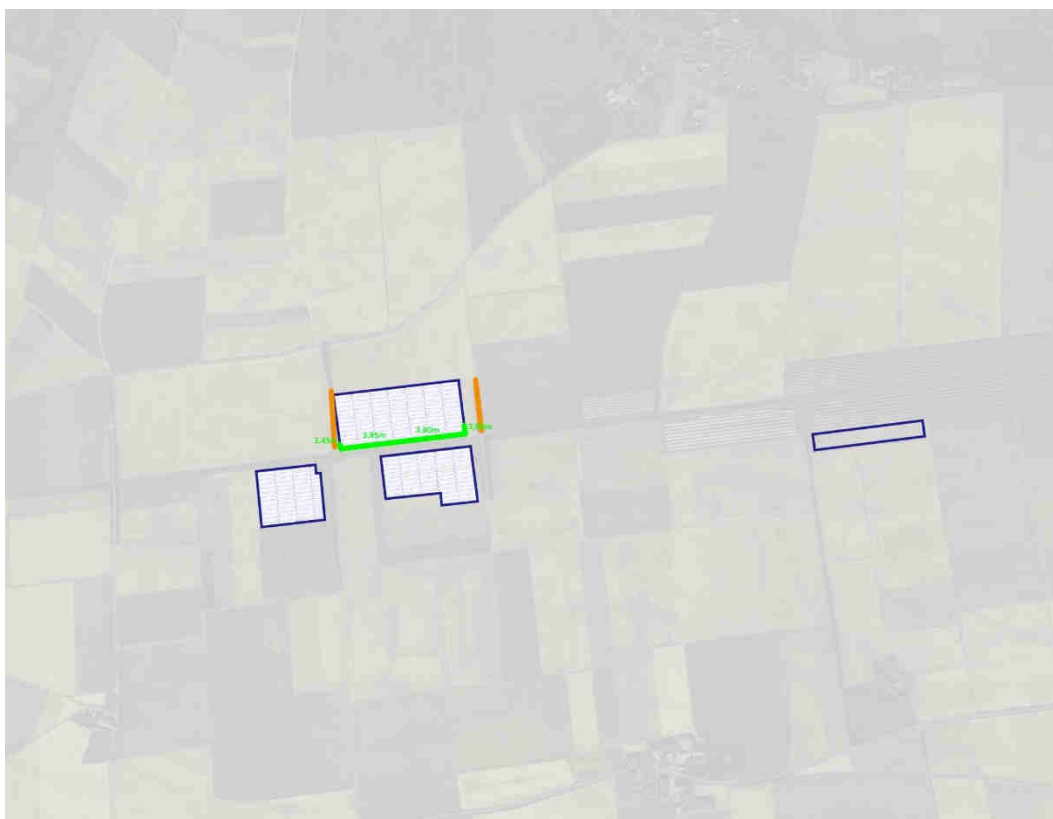
Die Module sollen parallel zur Bahnstrecke auf entsprechenden Unterkonstruktionen mit einer Ausrichtung auf 173° Süd bei einer Aufneigung auf 13° montiert werden.

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



Gesamtansicht der zu betrachtenden Modulfelder

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing



Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

Wegen der räumlichen Ausdehnung der Anlage wird diese nachfolgend in mehreren Teilen betrachtet.

Insbesondere bei den geplanten östlichen Modulfeldern, die jeweils als Erweiterung südlich an bereits bestehende PV-Anlagen angebaut werden sollen, sind keine weiteren spezifischen Betrachtungen erforderlich. Hier sind hinsichtlich einer möglichen Blendwirkung die gleichen Ergebnisse zu erwarten wie bei den direkt an der Bahnlinie liegenden Bestandsanlagen.

Wegen der bei dem vorliegenden Konzept parallel zur Bahn ausgerichteten Modulreihen ist von der Bahnstrecke aus kein Blick auf die Moduloberflächen der südlich der Bahnstrecke liegenden Moduloberflächen möglich. Hier sind bereits aus diesem Grund keine von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen zu erwarten.

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

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

Das Gelände ist sehr eben und hat in sich keine nennenswerten Unebenheiten. Es ist davon auszugehen, daß bei Montage der Modulreihen leichte Querneigungen zwischen ca. $-1,5^\circ$... $+0,5^\circ$ 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 leicht erhöhte Bahnstrecke.

Von Nord nach Süd verläuft zwischen den Modulfeldern hindurch eine nicht näher benannte Straße, die die Bahnstrecke über ein Brückenbauwerk überquert.

Nördlich der gegenständlichen Flächen verläuft annähernd in Ost-West-Richtung die Ochsenstraße.

Umliegend befindet sich in größerer Entfernung teilweise Wohnbebauung.

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 Rain-Atting-Straubing

An den westlichen, südlichen und östlichen Geländekanten der beiden nördlich der Bahnstrecke liegenden Modulfelder sind an den grün markierten Bereichen der Geländekante entsprechende Sichtschutzmaßnahmen in den angegebenen Höhen vorgesehen.



Die wirksamen Höhen dieses Sichtschutzes wurden durch Berechnung anhand der vorliegenden Geländehöhen und der sichtbaren Modulflächen ermittelt.

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.

Die in den obigen Grafiken orange markierten Bereiche der Geländekante zeigen bereits vorhandene sichtachsenunterbrechende Elemente wie die Böschung des Brückenbauwerks,

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

vorhandender dichter und hoher Bewuchs oder eine Böschungskante. Hier ist jeweils kein Blick zu den Moduloberflächen möglich.

Sofern sich an dieser Situation z.B. eventuell zukünftig entstehende Lücken im Bewuchs durch Windbruch oder Pflegemaßnahmen etwas ändert, so sind hier ggf. ergänzende Sichtschutzmaßnahmen vorzusehen.

2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen

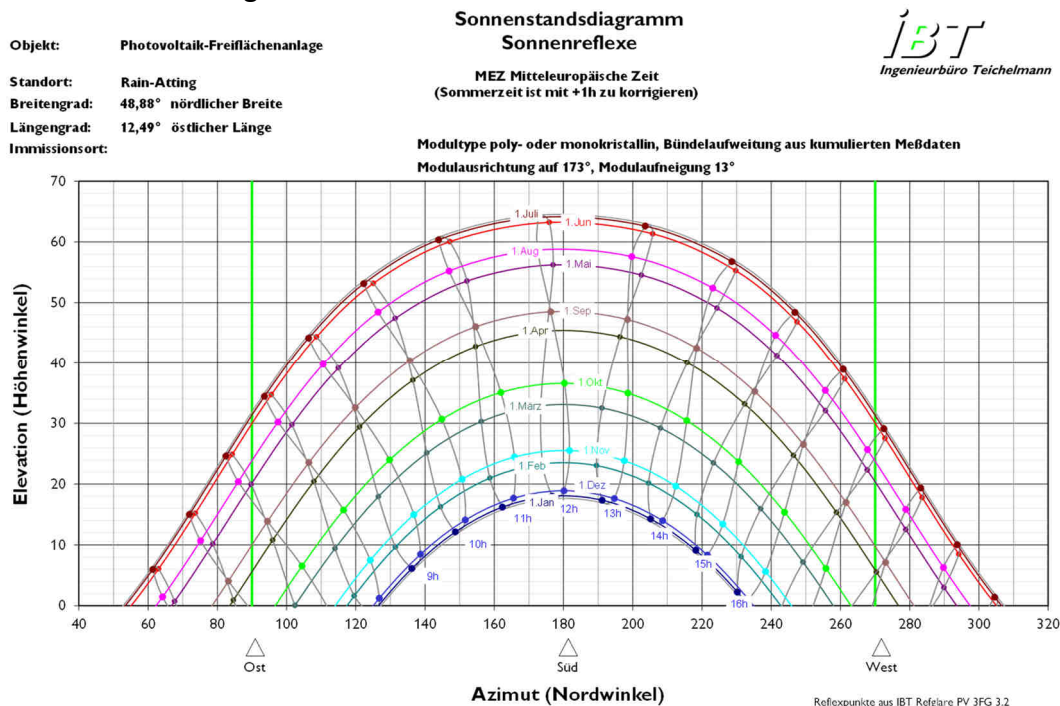
Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

- Modulbelegungspläne/Pläne:
- 210331_RainAttingSR_Tischentwurf_utm32_R2018 Blendgutachten.dwg
- Luftbild des Geländes, vom AG bereitgestellt
- Fotos von der Ortsbegehung am 21.4.12

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

Te210611R1 Photovoltaikanlage Rain Atting Straubing Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

- 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 Immissionschutz (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/m², am Horizont noch ca. 6 Mio cd/m².

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/m².

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/m² 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 Rain-Atting-Straubing

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 8.7.2021 durch H. Meindl, GSW Gold SolarWind Service 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 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. 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
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing**

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 Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

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 Reflexionsindikator mit einem geringen Reflexionsgrad von ca. 2 ... 5% aufwies.

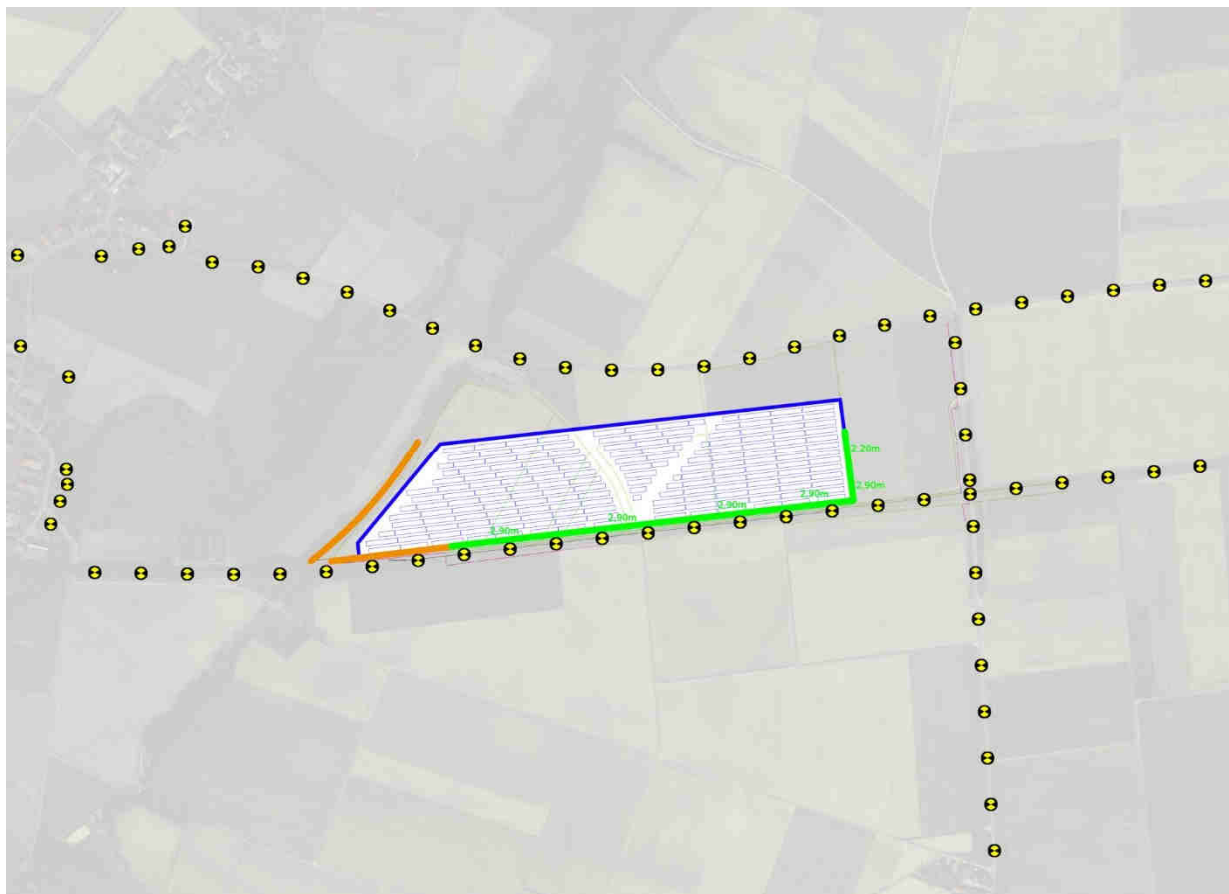
4.2 Ermittlung der möglicherweise relevanten Immissionsorte

Auftragsgemäß waren die möglicherweise relevanten Immissionsorte auf der Bahnstrecke, den umliegenden Straßen und der umliegenden Wohnbebauung zu untersuchen.

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



Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing



Die weiter östlich südlich der Bahnstrecke liegenden Modulfelder werden nicht spezifisch betrachtet, weil die Moduloberflächen dieser Anlagen von der Bahnstrecke und den umliegenden Straßen aus nicht zu sehen sind.

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 Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

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.

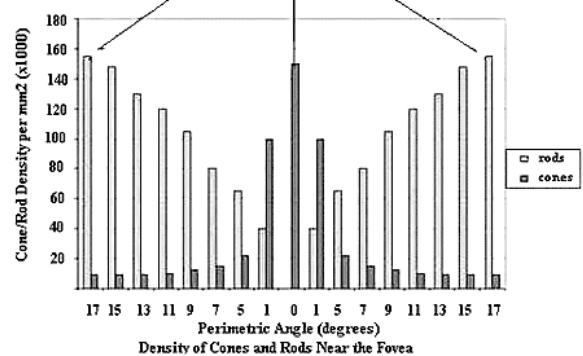
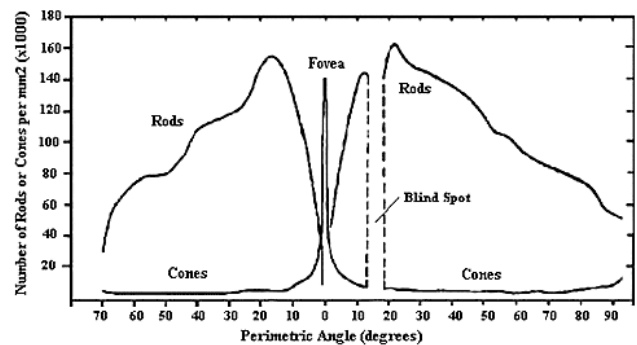
Bei der für einen Fahrer in dieser Situation typischen Blickrichtung wird der Reflex in einem Bereich zwischen 10° ... 20° abweichend von der Fovea Centralis, dem Ort der scharfen Abbildung sowie der höchsten Konzentration an Zapfen im Auge, abgebildet.

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

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung

Bahnstrecke

Für die möglichen Immissionsorte auf der Bahnstrecke in Fahrtrichtung Ost können im relevanten Sichtfeld der Fahrer bis maximal 30° Abweichung von der Hauptblickrichtung Sichtverbindungen zur geplanten Photovoltaikanlage mit Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 234° Südwest und 267° West bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. +1,0° und +2,6° vorliegen.



Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing



Die für eine mögliche Blendwirkung relevanten Blickwinkel werden bei entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung des Sichtschutzes an den grün markierten Bereichen sowie durch bereits vorhandene Sichtschutzelemente in den orange markierten Bereichen der Geländekante wirksam unterbrochen, so daß hier keine störenden Blendwirkungen an den Moduloberflächen zu erwarten sind.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

Bei den südlich der Bahnstrecke liegenden Modulfeldern können von der Bahnstrecke aus nur die Rückseiten der Modulkonstruktionen gesehen werden, so daß hier keine von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen auftreten können.



Dies trifft auf die weiter östlich und südlich der Bahnstrecke liegenden Modulfelder in gleichem Maße zu.

In der entgegengesetzten Fahrtrichtung nach Westen tritt die gleiche Situation spiegelverkehrt auf. Auch hier werden die möglichen Sichtachsen zu den Moduloberflächen der nördlich der Bahnstrecke liegenden Modulfelder durch den vorgesehenen Sichtschutz in entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung unterbrochen, so daß hier keine störenden, von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen zu erwarten sind.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing



Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

Die Moduloberflächen der südlich der Bahnstrecke liegenden Modulkonstruktionen können von der Bahnstrecke aus nicht gesehen werden, so daß auch hier keine Sonnenlichtreflexionen an den Moduloberflächen auftreten können.



Dies trifft auch auf die weiter östlich liegenden, nicht spezifisch dargestellten Modulfelder südlich der Bahnstrecke zu.

Somit sind in Richtung der Bahnstrecke keine störenden oder unzumutbaren, den Verkehr auf dieser Bahnstrecke beeinträchtigenden und von den Moduloberflächen der gegenständlichen Anlage ausgehenden Blendwirkungen zu erwarten.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

Straßen

Von der nördlich der Anlage annähernd parallel zur Bahnstrecke verlaufenden Ochsenstraße aus können die Moduloberflächen der nach 173° Süd ausgerichteten Modulkonstruktionen nicht gesehen werden. Hier können daher von den Moduloberflächen ausgehende Blendwirkungen bereits aus diesem Grund ausgeschlossen werden.

Von der nicht näher benannten, annähernd in Nord-Süd-Richtung verlaufenden und die Bahnstrecke überquerenden Straße aus können die Moduloberflächen des östlich dieser Straße liegenden Modulfeldes innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 204° Südsüdwest und 223° Südwest und Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. +0,5° und +2,4° gesehen werden.



Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

Zu den Modulen des westlich dieser Straße liegenden Modulfeldes können innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 147° Südsüdost und 161° Südsüdost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. $+0,5^\circ$ und $2,4^\circ$ vorliegen.



Es wurden für beide Winkelbereiche 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. 68° 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 von untergeordneter Bedeutung.

Hier sind ebenfalls keine störenden Blendwirkungen zu erwarten.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

Wohnbebauung

In der umliegenden 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 betrachtet, bei denen nach den vorliegenden Daten vom Vorliegen der entsprechenden Sichtverbindungen über einen großen Winkelbereich ausgegangen werden kann.

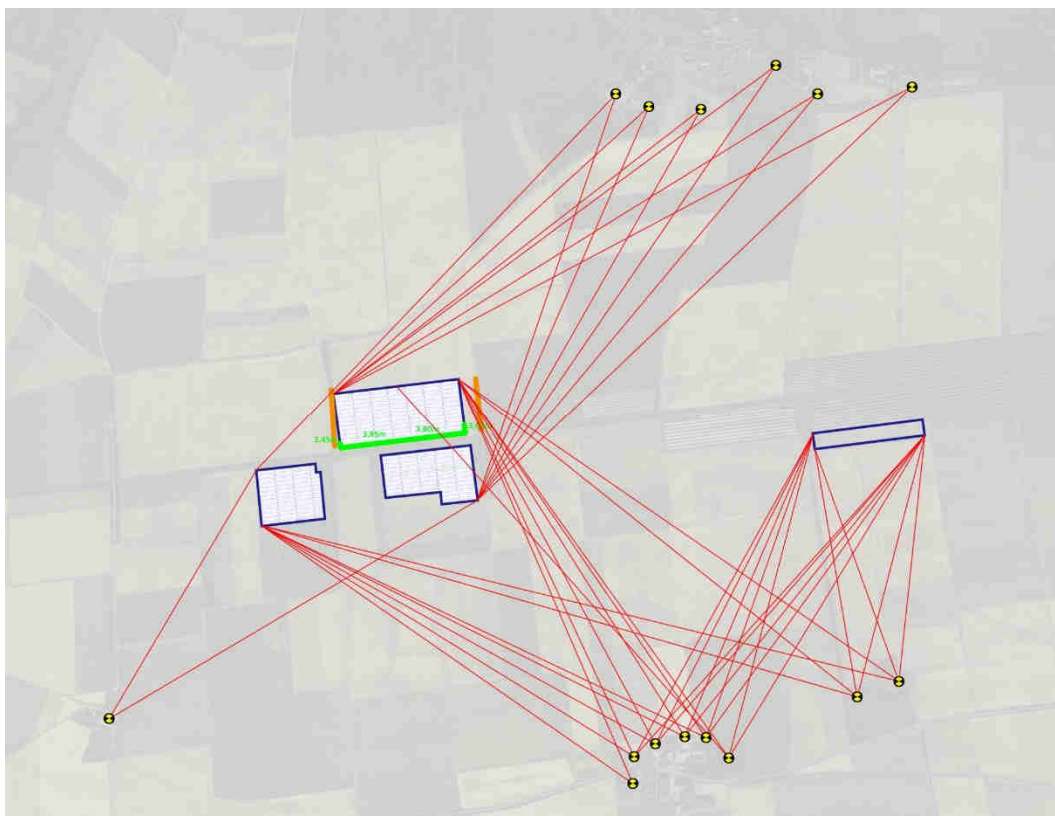
Die Auswirkungen auf die in ähnlichen Winkelbereichen zur Anlage liegenden Gebäude können aus den ermittelten Ergebnissen interpoliert werden.

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.

Von der südlich der Modulfelder liegenden Wohnbebauung aus können beim Blick zu den Moduloberflächen Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 103° Ostsüdost und 239° Westsüdwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. $-0,9^\circ$ und $-0,25^\circ$ bezogen auf die Einzelflächen auftreten.

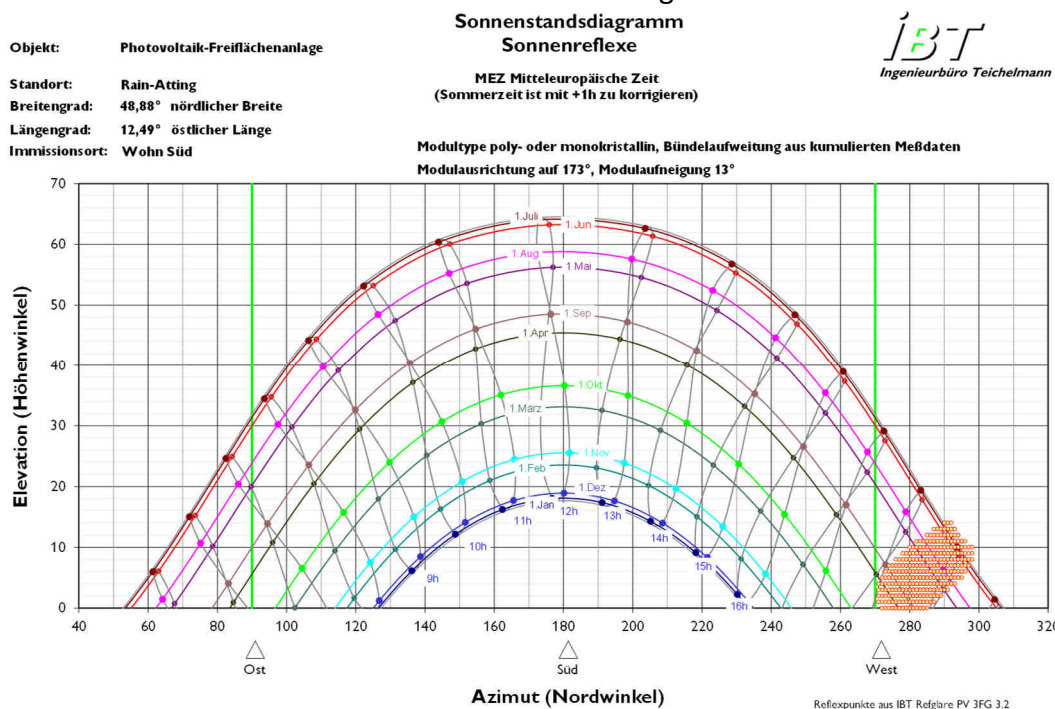


Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

Die Blickwinkel werden durch die Position der Anlage begrenzt.

Bei der nördlich der Flächen liegenden Bebauung können mögliche Blendwirkungen ausgeschlossen werden, weil die Moduloberflächen von hier aus nicht zu sehen sind.

Bei den weiter südlich liegenden Punkten können lediglich bei freien Sichtachsen und entsprechenden Sonnenständen in Richtung der südöstlichsten der markierten Punkte Sonnenlichtreflexionen an den Moduloberflächen der südwestlichen Ecke der oben gezeigten Modulfelder auftreten, 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.

Insbesondere die große Entfernung dieser Bebauung von mehr als 1.900 m zu den betreffenden Modulen ist eine mögliche Störwirkung in dieser Situation nicht zu erwarten.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

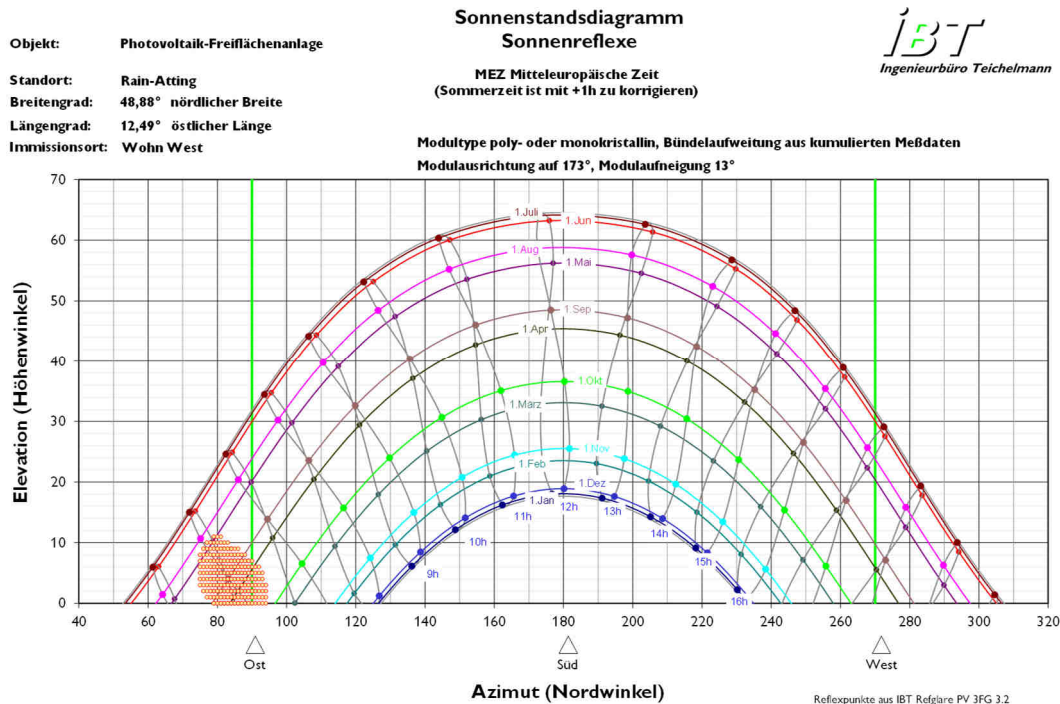
Von der westlich der Anlage liegenden Bebauung können die Modulkonstruktionen bei freien Sichtachsen unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 259° West und 332° Nordnordwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -0,7° und -0,4° gesehen werden.



Dies wird nur für den Fall berechnet, daß punktuell z.B. durch Lücken im Bewuchs Sichtachsen vorliegen könnten. Beim Ortstermin wurden hier keine Sichtverbindungen festgestellt.

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

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



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

Somit sind bei Ausführung der Photovoltaikanlage nach der vorliegenden Planung und bei Realisierung der vorgesehenen Sichtschutzmaßnahmen keine störenden oder unzumutbaren, von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen in Richtung der Bahnstrecke, der vorbeiführenden Straßen und der umliegenden Wohnbebauung 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 entlang der Bahnlinie Rain-Atting-Straubing 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 Bahnstrecke, der vorbeiführenden Straßen oder der umliegenden Wohnbebauung durch von den Moduloberflächen ausgehende Blendreflexionen zu erwarten.

Die in Richtung der Bahn möglichen Direktreflexionen an den Modulen der nördlich der Bahnstrecke liegenden Modulfelder werden durch den vorgesehenen Sichtschutz in entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung verhindert, so daß hier keine Störungen zu erwarten sind.

In Richtung der in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Straße 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 westlich und südlich liegenden Wohnbebauung und in Richtung eines Teils der Bahnstrecke wurden bei Untersuchung der geplanten Anlagengeometrie lediglich teilweise 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 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.

19.07.2021
Jens Teichmann
Dipl.-Ing. Lichttechnik



Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Rain-Atting-Straubing

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.