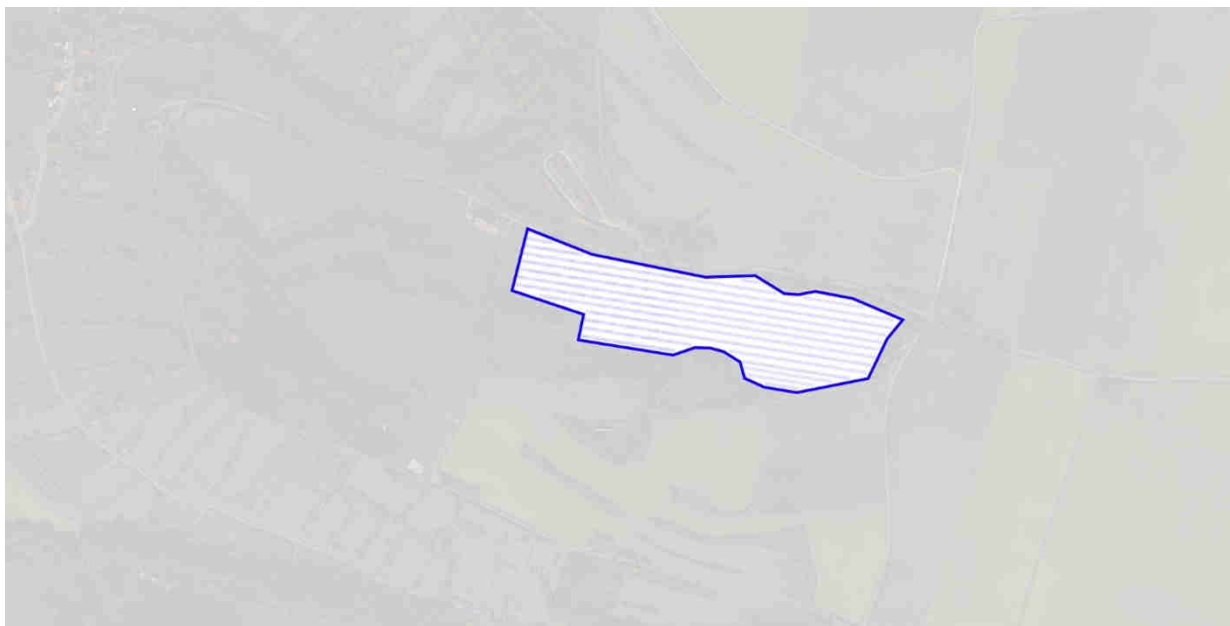


**Gutachten
über die zu erwartende Blendung
durch Sonnenreflexionen
der geplanten
Photovoltaikanlage Vorbachzimmern in Richtung der
möglichen Flugrouten des Flugplatzes Niederstetten**



GA-Nummer: Te-210609-V-1

Im Auftrag von
ingenia projects GmbH & Co. KG
Crailsheim

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

Fürth, 23.06.2021

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

Auftraggeber:

ingenia projects GmbH & Co. KG
Wasserschloss Erkenbrechtshausen

Seckendorffallee 19-21
74564 Crailsheim

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	9
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	14
4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung	18
5 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse	21

1 Extrakt

Im Auftrag der ingenia projects GmbH & Co. KG in Crailsheim wurde die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Vorbachzimmern zwischen den Ortschaften Vorbachzimmern und Wermutshausen nordnordwestlich des Flugplatzes Niederstetten hinsichtlich der zu erwartenden Blendung in Richtung der möglichen Beobachterpositionen im umliegenden Luftraum, der Kreisstraße K2864 oder der umliegenden Wohnbebauung 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 Fliegen auf den betreffenden Flugrouten relevanten Sichtfelder betreffen. Dafür wurde bzgl. des Luftverkehrs ein theoretischer Ansatz gewählt, nach dem sich Luftfahrzeuge ab 20 m Höhe über dem Boden an jeglicher Position befinden können und Piloten jegliche Blickrichtung einnehmen können.

Durch die Realisierung der untersuchten Photovoltaik-Freiflächenanlage sind bei Ausführung der Anlage gemäß des uns vorliegenden Konzeptes und bei Einsatz von PV-Modulen mit dem vorgesehenen Frontglas Saint Gobain Albarino P keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen im umliegenden Luftraum, in Richtung der Kreisstraße K2864 oder der Wohnbebauung von Vorbachzimmern oder Wermutshausen zu erwarten.

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 ingenia projects GmbH & Co. KG in Crailsheim war die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Vorbachzimmern zwischen den Ortschaften Vorbachzimmern und Wermutshausen nordnordwestlich des Flugplatzes Niederstetten auf folgende Punkte hin zu prüfen:

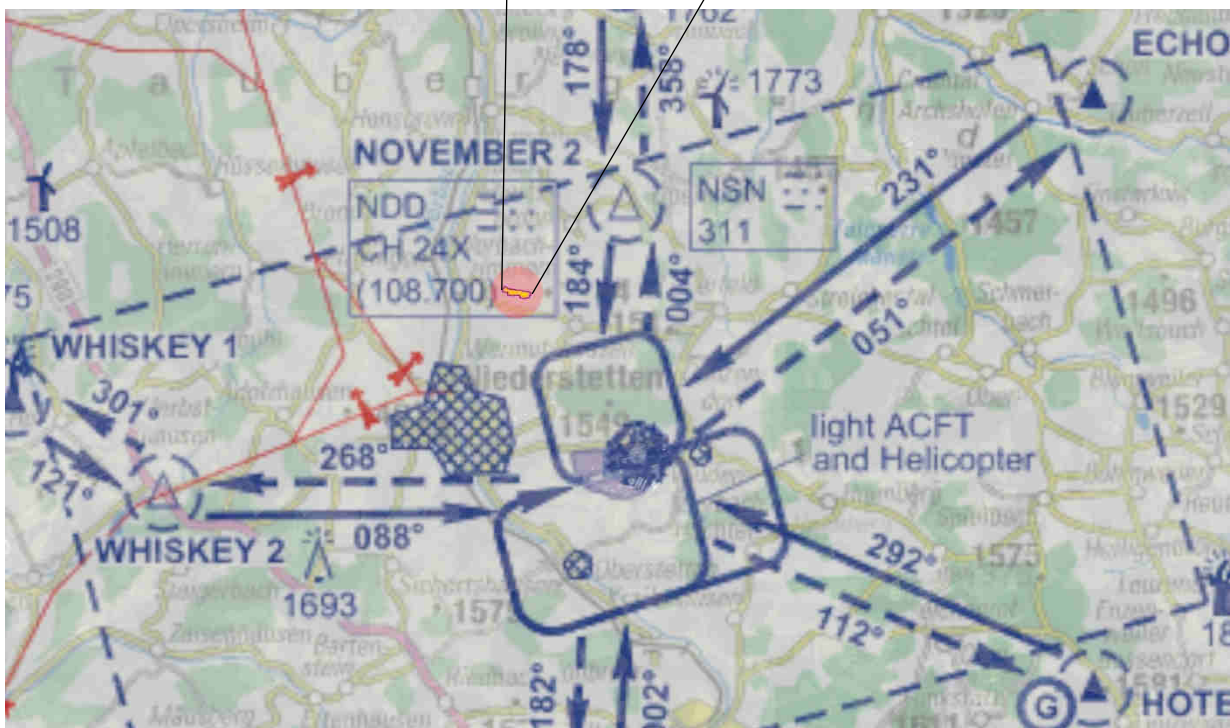
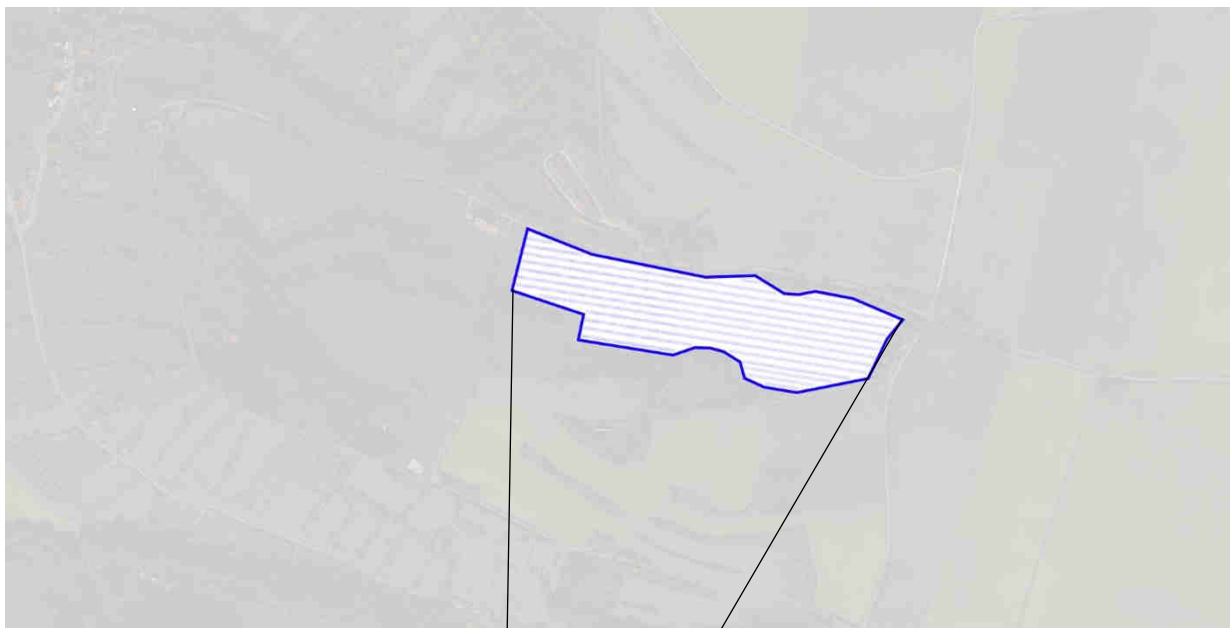
- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den möglichen Immissionsorten in den für den Anflug auf den Flugplatz Niederstetten relevanten Bereichen des Luftraums bei statischer Ausführung der Anlage
- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung 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 Vorbachzimmern und Wermutshausen nordnordwestlich des Flugplatzes Niederstetten in dem gekennzeichneten Bereich montiert werden soll.



Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

Die Module sollen laut der aktuellen Planung auf entsprechenden Unterkonstruktionen mit einer Ausrichtung auf 171° Süd bei einer Aufneigung auf 20° ... 30° montiert werden. Es sollen polykristalline Photovoltaikmodule mit einem tiefstrukturierten Frontglas Saint Gobain Albarino P Verwendung finden, deren genaue Type zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Gutachtens noch nicht feststand.

Die maximale Höhe der Module mit den vorgesehenen Unterkonstruktionen soll laut Planung maximal ca. 3,50 m mit entsprechenden Toleranzen zum Geländeausgleich betragen.

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

Das Gelände fällt von Süd nach Nord bzw. Nordwest deutlich um ca. 10 ... 15 m ab und hat in sich diverse Unebenheiten. Es ist davon auszugehen, daß bei Montage der Modulreihen entsprechende Querneigungen zwischen ca. -5,0° ... +3° auftreten werden, die die resultierende Ausrichtung der Einzelmodule beeinflussen und die bei den weiteren Betrachtungen berücksichtigt werden müssen.

Südsüdöstlich der gegenständlichen Fläche liegt in einer Entfernung von ca. 3.500 m die Start- und Landebahn des Militärflugplatzes Niederstetten, dessen typische Anflugrouten und Platzrunden in der obigen Darstellung blau dargestellt wurden. Auf diesen festgelegten Routen und auch den dazwischenliegenden Bereichen liegen die Flughöhen zwischen 1.800 und 2.500 Fuß MSL (MSL = mean sea level = mittlerer Meeresspiegel), was bei der vorliegenden Geländehöhe von ca. 435 m eine Flughöhe zwischen ca. 110 ... 280 m über dem Gelände bedeutet.

Nordwestlich der gegenständlichen Fläche befindet sich in ca. 600 m Entfernung die Bebauung von Vorbachzimmern. Hier bestehen von einigen Gebäuden aus Sichtverbindungen zu den Modulkonstruktionen der geplanten PV-Anlage, bei denen jedoch nur die Rückseiten der Modulkonstruktionen gesehen werden können. Östlich der Fläche befindet sich in ca. 700 m Entfernung die Ortschaft Wermutshausen, von der aus die gegenständliche Anlage durch den Geländeverlauf nicht gesehen werden kann.

Die umliegenden Flächen sind landwirtschaftliche Nutzflächen, die durch Feldwege erschlossen sind.

Nördlich der Fläche verläuft etwa in Ost-West-Richtung eine Straße an der Anlage entlang.

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

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

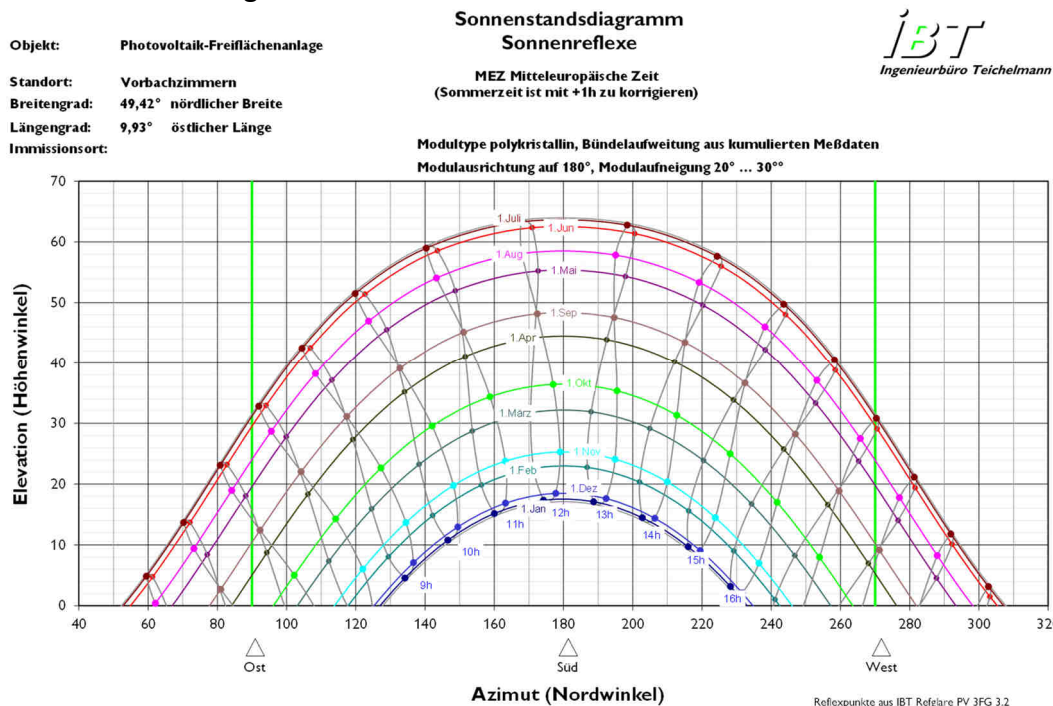
Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

- Pläne:
 - o Solarpark Vorbachzimmern.pdf
 - o Solarpark Vorbachzimmern Übersicht Vorplanung.pdf
 - o CAD-Plan_Vorbachzimmern-Horn_FreeArea__20210622.dwg
 - o Flugroutendarstellung ET_AD_2_ETHN_en-2.pdf
- Luftbild des Geländes, vom AG bereitgestellt

2.4 Verwendete Hilfsmittel

Für die Begutachtung wurden folgende Hilfsmittel verwendet:

- Sonnenstandsdiagramm MEZ für die Ortskoordinaten des Geländes



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

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.

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.

3.2 Ortstermin, beteiligte Personen

Ein Ortstermin wurde am 7.8.2020 durch H. Teichelmann, IBT 4 Light 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

In der vorliegenden aktuellen Planung der gegenständlichen PV-Anlage sind PV-Module mit dem tiefstrukturierten Frontglas Saint Gobain Albarino P für den Einsatz vorgesehen.

Diese 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 verschiedener Testmodule mit diesem Frontglas - konkret der Typen ReneSola JC230M-24/Bb bzw. Alpinsun Prisma M60 - die in mehreren partiellen Messungen der Reflexionsdaten im Rahmen anderer, vergleichbarer Projekte ermittelt wurden, herangezogen.

Bei der vorgesehenen Modultype handelt es sich um ein polykristallines Photovoltaikmodul mit einer durch eine eingedrückte Prismenstruktur mit ca. 2...3 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 und bei gleichzeitig hohen Leuchtdichten der Sonnenscheibe, die nur bei höheren Sonnenständen vorliegen können, 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.

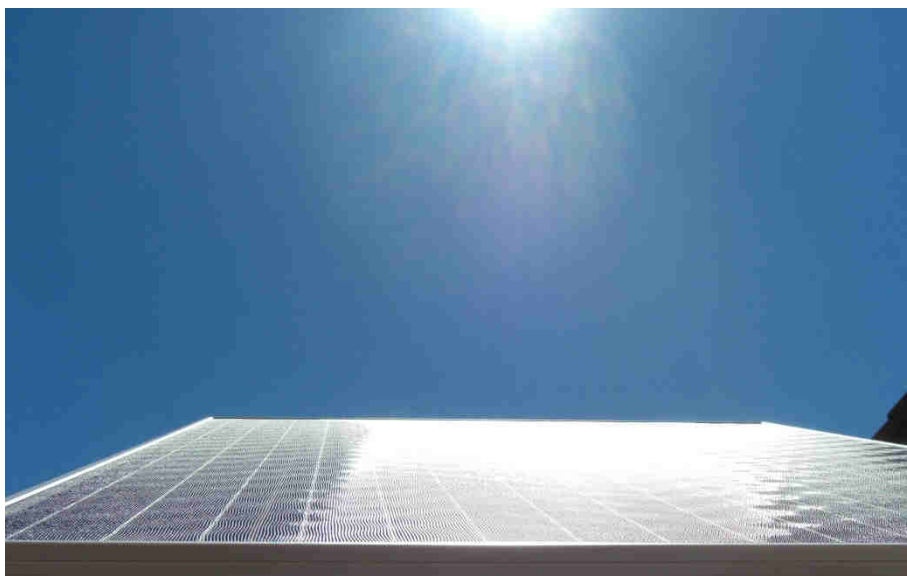
Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

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.



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 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 bei hohen Sonnenständen eine Leuchtdichte erzeugt werden, deren Intensität nur bei sehr flachen Einblickswinkeln noch im Grenzbereich der Absolutblendung des menschlichen Auges liegen kann.

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 andere PV-Module mit dem gleichen Frontglas auszugehen.

Die in den damaligen Untersuchungen 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 in den Bereichen des Luftraumes zu untersuchen, in denen sich beim An- oder Abflug auf den Flugplatz Luftfahrzeuge aufhalten können.

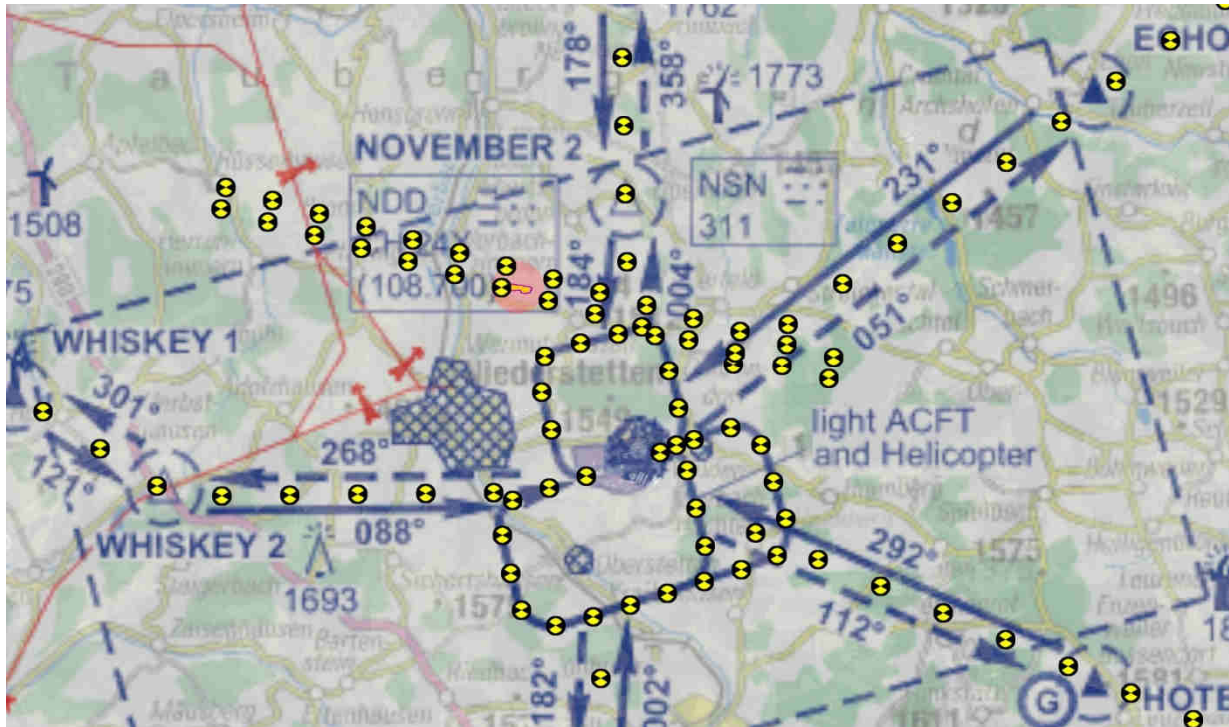
Als kritisch bzgl. einer möglichen Blendwirkung werden insbesondere Flugbewegungen bewertet, in denen sich das Luftfahrzeug innerhalb des Blendkorridors auf die Anlage zubewegt und die PV-Anlage für längere Zeit innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Piloten liegt. Dies ist im Grunde nur bei Anflugbewegungen auf den Flugplatz der Fall, wenn der Winkel des Sinkfluges mit einer geringen Toleranz mit dem Ausfallswinkel der Reflexion übereinstimmt. Dieser Ausfallswinkel ist vom Sonnenstand abhängig und ändert sich sowohl innerhalb einer täglichen Blendperiode als auch jeden Tag stetig, so daß dafür kein fixer Wert angegeben werden kann.

In den anderen Fällen - also bei Querbewegungen durch den Reflexionskorridor oder bei Sinkflugbewegungen mit einem vom Reflexionsabstrahlwinkel abweichenden Winkel - verändert sich die Winkelkonstellation bei sich bewegenden Beobachtern sehr schnell, so daß mögliche Reflexionen nur kurzzeitig als schnell über die Fläche der PV-Anlage wandernder Reflex wahrgenommen wird. Die mögliche Blend- und Störwirkung solcher Reflexionen wird typischerweise als gering eingeschätzt.

Zur Bewertung dieser Auswirkungen wurden die nachfolgend markierten Punkte angesetzt.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

Möglicherweise relevante Immissionsorte können auf Grund der geometrischen Situation und der vorliegenden Sichtachsen in den rot markierten Winkelbereichen liegen:



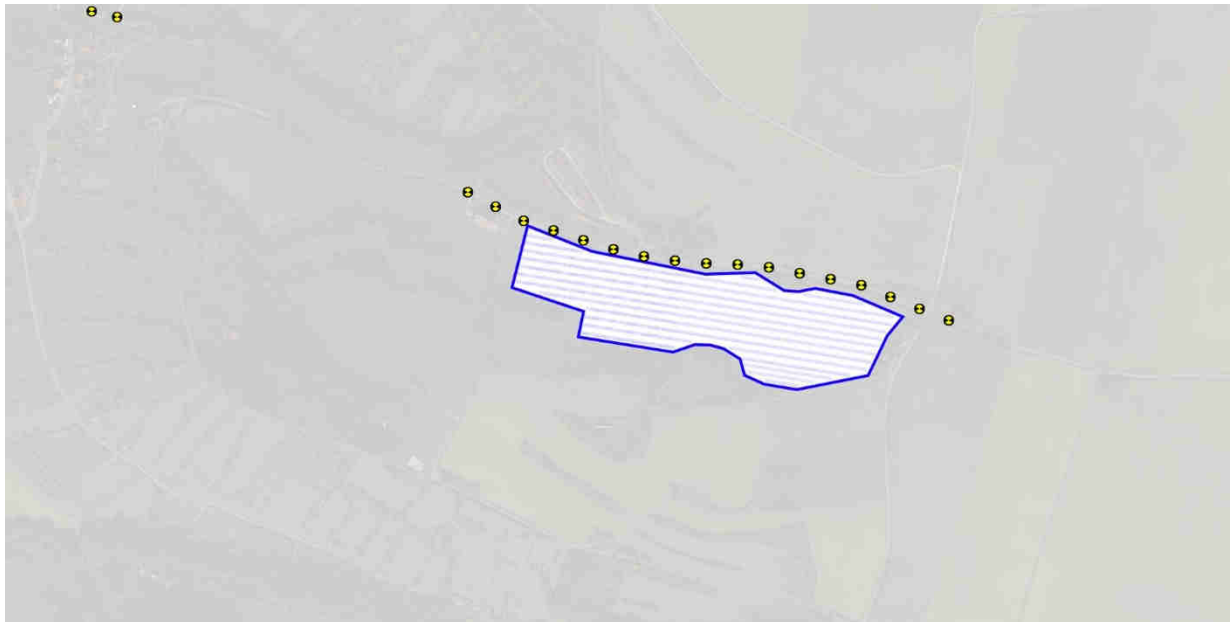
Die direkt über der Anlage liegende Doppelreihe an Meßpunkten stellt Flugbewegungen, die beim Ortstermin durch überfliegende Helikopter zwar festgestellt wurden – die jedoch in der Karte nicht eingezeichnet sind.

Auf Grund der Erfahrung in vorhergehenden Gutachten im Bereich des Flugplatzes Niederstetten, daß nach jeweils erfolgten Bewertungen auf Basis der bekanntgegebenen Daten von Seiten des Flugplatzes Niederstetten mehrmals neue Anforderungen bzgl. in den vorhergehenden Gutachten nicht bekannter und daher nicht mit betrachteter Flugrouten gestellt wurden, wird nachfolgend eine Bewertung der möglichen Beobachterpositionen im gesamten Luftraum um die gegenständliche Anlage herum durchgeführt.

Grundsätzlich können sich Luftfahrzeuge in diesem theoretischen Ansatz im 360° Umfeld bis zu Höhen von 20 m über Boden aufhalten und in jede Richtung blicken. Damit sollen etwaige Nachforderungen durch den Flugplatz Niederstetten bereits im Vorfeld beantwortet werden.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

Daneben soll eine Betrachtung der möglichen Immissionsorte auf der nördlich an der geplanten Anlage vorbeiführenden Kreisstraße K2864 erfolgen.



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

Ebenso sind die Moduloberflächen von der nordwestlich der Anlage liegenden Bebauung von Vorbachzimmern aus nicht zu sehen.

Von der weiter südlich liegenden Bebauung von Vorbachzimmern aus werden mögliche Sichtverbindungen zur hier betrachteten Anlage durch eine Erhebung im Gelände unterbrochen.

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

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

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.

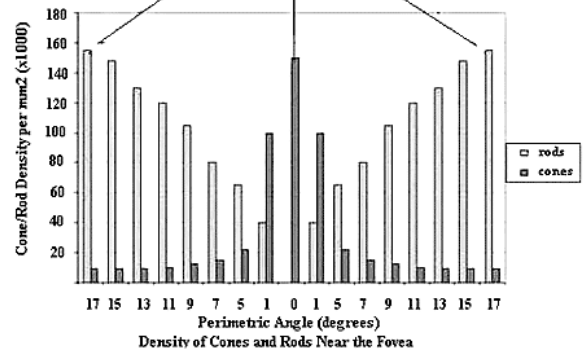
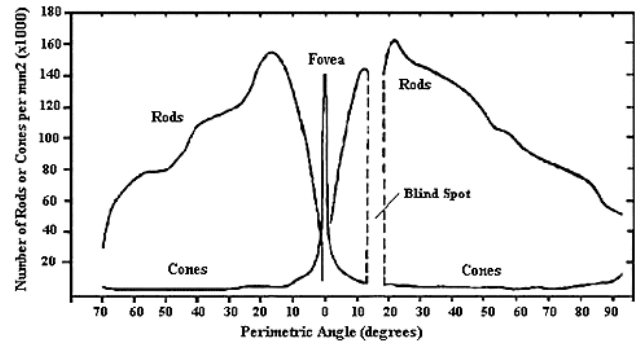
Bei der für einen Fahrer in dieser Situation typischen Blickrichtung wird der Reflex in einem Bereich zwischen 10° ... 20° abweichend von der Fovea Centralis, dem Ort der scharfen Abbildung sowie der höchsten Konzentration an Zapfen im Auge, abgebildet.

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.

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 Bündel- aufweitung

Luftverkehr

Für die möglichen Immissionsorte im umliegenden Luftraum wurde ein 360°-Radius um die Anlage herum angesetzt, in dem sich Luftfahrzeuge ab Höhen von 20 m über Boden in jedem Beobachter-Elevationswinkel zur Anlage aufhalten können.

Durch das mit ca. 3° ... 5° nach Norden hin abfallende Gelände der betrachteten Anlage und die nach 171° Süd ausgerichteten PV-Module sind für Luftfahrzeuge bei diesem sehr theoretischen Ansatz Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. +4,0° und 90° möglich.

Es wurden bei Berücksichtigung des spezifischen, atypischen Reflexionsverhaltens der vorgesehenen PV-Module mit Frontglas Saint Gobain Albarino P keine Sonnenstände ermittelt, die bei der gegebenen Situation und an diesem Standort Blendreflexionen in Richtung der möglichen Aufenthaltsorte für Luftfahrzeuge im um die Anlage herum liegenden Luftraum auslösen können.

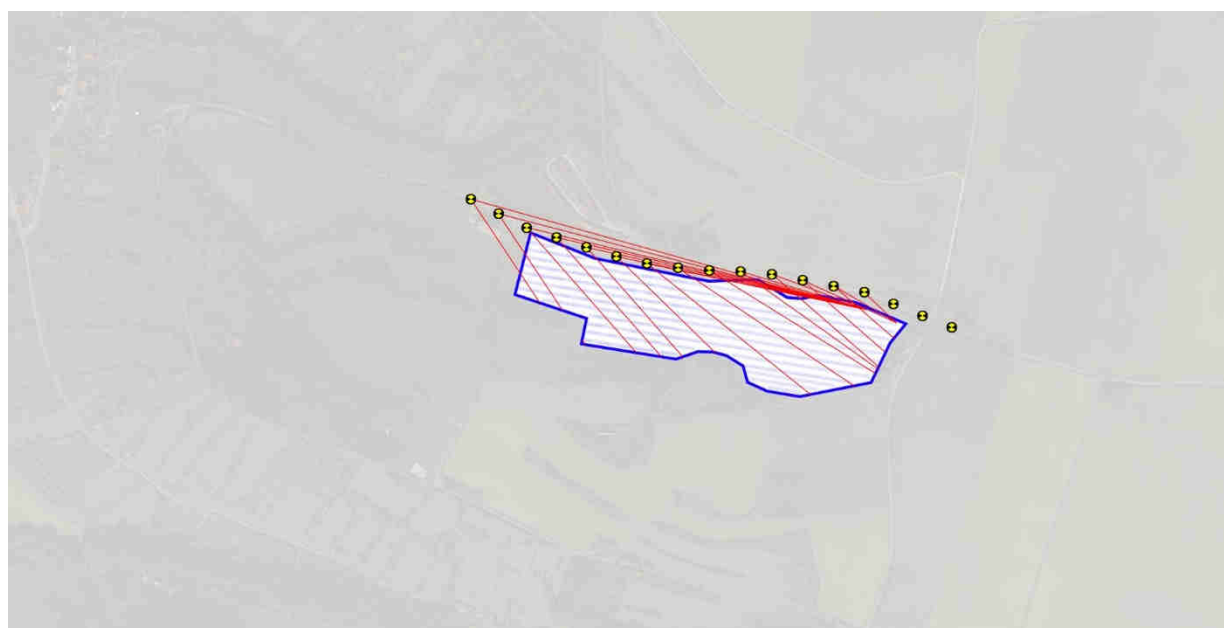
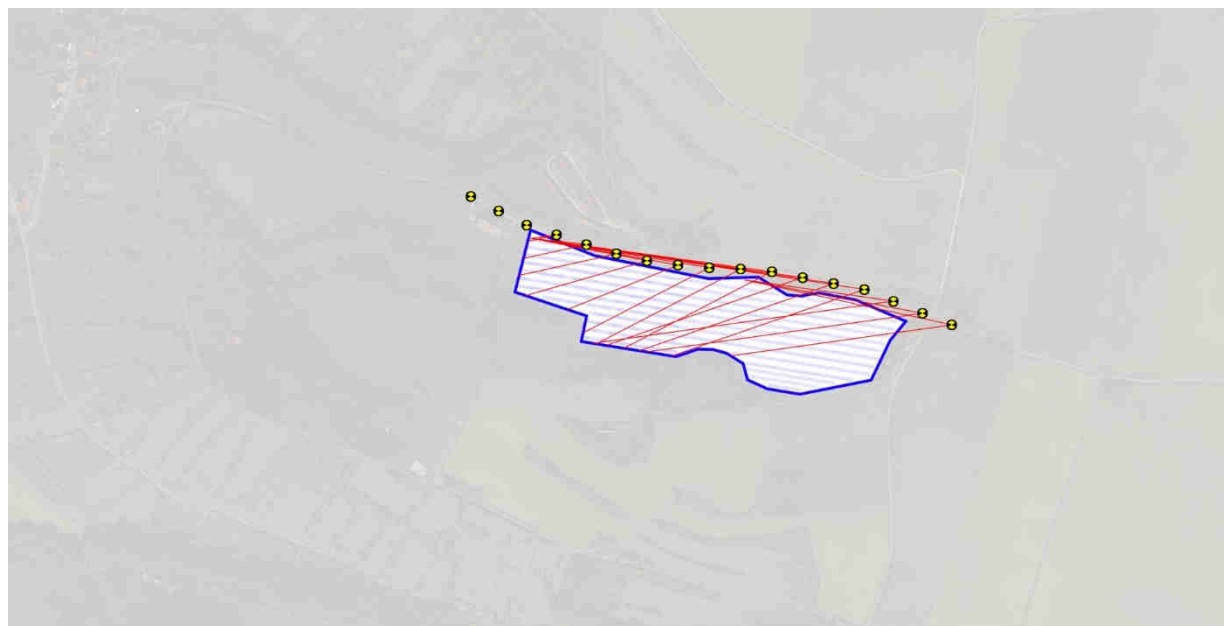
Die Kombination aus flachem Einblickwinkel, flachem Beobachter-Elevationswinkel und gleichzeitig hohem, für eine mögliche Reflexion zuständigem Sonnenstand kann in der konkret vorliegenden Situation durch den Geländeverlauf und die geplante Ausrichtung der Modulkonstruktionen nicht vorliegen, so daß bei den Reflexionsberechnungen in keine Richtung des umliegenden Luftraums Reflexleuchtdichten oberhalb der Blendschwelle ermittelt wurden.

Bei Einsatz von PV-Modulen mit dem Frontglas Saint Gobain Albarino P ist bei der vorgesehenen Anlagen- und Geländegeometrie also davon auszugehen, daß keinerlei Blendwirkungen in Richtung des umliegenden Luftraums erzeugt werden.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

Kreisstraße K2864

Durch die annähernd parallel zur Kreisstraße K2864 ausgerichteten Modulkonstruktionen, die mit ihrer Rückseite zur Straße hin weisen, und die Höhenwinkel und Querneigungen, die sich durch den Geländeverlauf für mögliche Blickwinkel zu den Modulkonstruktionen ergeben, sind für Fahrer auf der Kreisstraße K2864 in beiden Fahrtrichtungen keine oder nur sehr flache Einblickwinkel auf die Moduloberflächen der betrachteten PV-Anlage möglich.



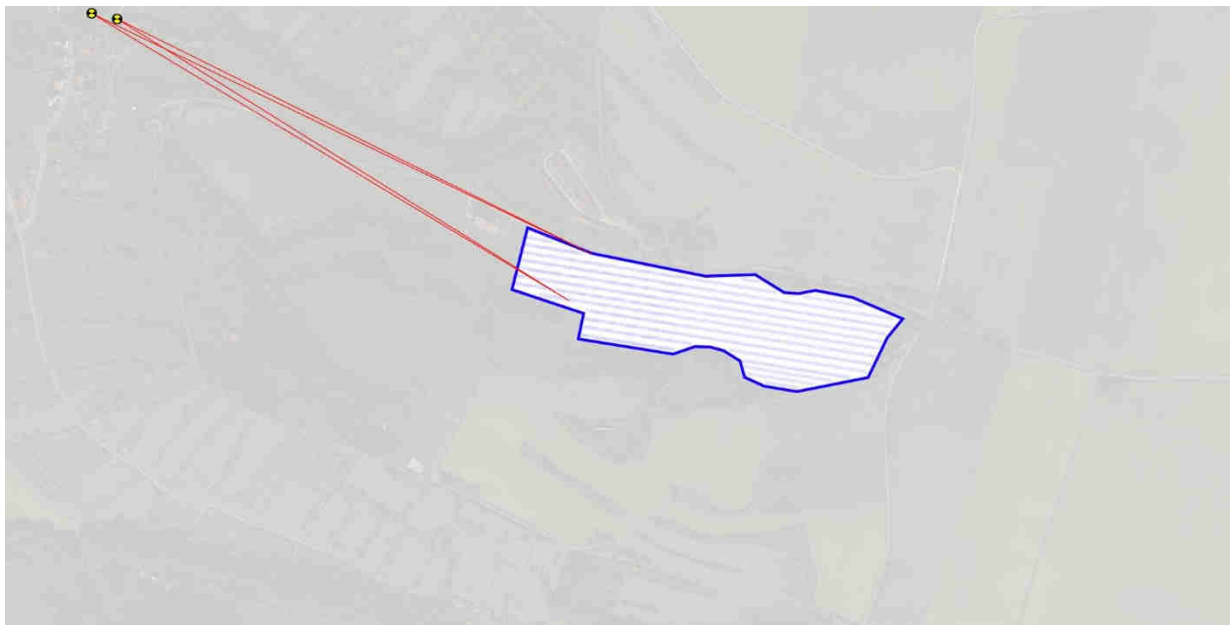
Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

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

Wohnbebauung

Von der nordwestlich der Anlage liegenden Wohnbebauung von Vorbachzimmern aus können lediglich die Rückseiten der Modulkonstruktionen des westlichen Teils der gegenständlichen PV-Anlage gesehen werden.

Zu den weiter östlich liegenden Anlagenteilen werden mögliche Sichtverbindungen durch den Geländeverlauf unterbrochen.



Ebenso werden Sichtachsen von den weiter südlich liegenden Gebäuden von Vorbachzimmern aus zur gegenständlichen Anlage durch den Geländeverlauf unterbrochen.

Hier sind daher ebenfalls keine störenden, von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen zu erwarten.

Somit sind bei Ausführung der Photovoltaikanlage nach der vorliegenden Planung und unter Einsatz der vorgesehenen PV-Module mit Frontglas Saint Gobain Albarino P keine störenden oder unzumutbaren von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen in Richtung des umliegenden Luftraums, der Kreisstraße K2864 oder der Bebauung von Vorbachzimmern zu erwarten.

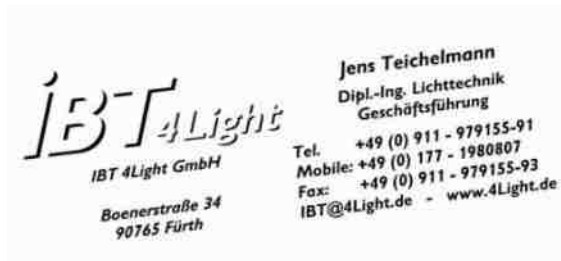
Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Vorbachzimmern

5 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse

Durch die Realisierung der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage Vorbachzimmern zwischen den Ortschaften Vorbachzimmern und Wermutshausen nordnordwestlich des Flugplatzes Niederstetten sind bei Ausführung der Anlage gemäß des vorliegenden Konzeptes und bei Verwendung von PV-Modulen mit dem vorgesehenen Frontglas Saint Gobain Albarino P keine Störungen in Richtung des gesamten umliegenden Luftraums, der Kreisstraße K2864 oder der Wohnbebauung von Vorbachzimmern zu erwarten.

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

23.06.2021
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.