

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



GA-Nummer: Te-220915-A-1

Im Auftrag von
Thomas Kellmann
Seinsheim

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

Fürth, 30.09.2022

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Albertshausen

Auftraggeber:

Thomas Kellmann

Tiefenstockheim 59
97342 Seinsheim

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	6
2.1 Aufgabenstellung, Zweck des Gutachtens	6
2.2 Tatsachenfeststellung, Beschreibung der Situation	7
2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen	9
2.4 Verwendete Hilfsmittel	10
2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen	10
3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen	11
3.1 Grundlegende Methodik	11
3.2 Ortstermin, beteiligte Personen	12
4 Schutzgut Mensch: Ergebnisse und Auswertung der an den Immissionsorten erreichten Reflexionswerte	13
4.1 Ermittlung der Eckpunkte des Reflexionsverhaltens der Photovoltaikmodule	13
4.2 Ermittlung der möglicherweise relevanten Immissionsorte	15
4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung	17
5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere	26
6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse	27

1 Extrakt

Im Auftrag des Herrn Thomas Kellmann in Seinsheim wurde die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Albertshausen zwischen den Ortschaften Albertshausen und Uengershausen und nordwestlich der Bahnstrecke hinsichtlich der auf der Bahnstrecke, in der südöstlich liegenden Wohnbebauung von Albertshausen und auf der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur 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 Konzeptes und bei Realisierung der vorgesehenen Ausrichtung und Aufneigung der Modulflächen keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Bahnstrecke, in der südöstlich liegenden Wohnbebauung von Albertshausen und auf der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur zu erwarten.

Möglicherweise auftretende Reflexionen liegen an den untersuchten Immissionsorten auf der Bahnstrecke und der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur außerhalb des relevanten Sichtfeldes und werden somit für die Sicherheit des Verkehrs auf diesen Verkehrswegen als von untergeordneter Bedeutung eingeschätzt.

In Richtung einiger Gebäude in der nördlichen, ca. 900 m entfernten Wohnbebauung von Albertshausen können in den Abendstunden der Monate Mai bis Juli Blendreflexionen auftreten, die innerhalb der angesetzten zeitlichen Richtwerte /1/ liegen und die durch die große Entfernung zusätzlich gemindert werden.

Daneben treten weitere Reflexionen unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonne auf, so daß sie durch die natürliche Direktblendung der Sonne überlagert werden und nicht als eigenständige Blendquelle wahrgenommen werden.

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Albertshausen

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 des Herrn Thomas Kellmann in Seinsheim war die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Albertshausen zwischen den Ortschaften Albertshausen und Uengershausen und nordwestlich der Bahnstrecke auf folgende Punkte hin zu prüfen:

- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den möglichen Immissionsorten auf der Bahnstrecke, in der südöstlich liegenden Wohnbebauung von Albertshausen und auf der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur 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 Albertshausen zwischen den Ortschaften Albertshausen und Uengershausen und nordwestlich der Bahnstrecke und der bereits bestehenden PV-Anlage in dem gekennzeichneten Bereich montiert werden soll.

Die Module sollen auf entsprechenden Unterkonstruktionen mit einer Ausrichtung auf 180° Süd bei einer Aufneigung auf 17° montiert werden.

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





Die maximale Höhe der Module mit den vorgesehenen Unterkonstruktionen soll maximal ca. 3,0 m mit entsprechenden Toleranzen zum Geländeausgleich betragen.

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

Das Gelände hat etwa in der Mitte eine Erhebung und fällt von dort aus nach Südwesten und nach Nordosten hin um einige Meter ab. Es ist davon auszugehen, daß bei Montage der Modulreihen in der geplanten Ausrichtung entsprechende Querneigungen zwischen ca. 0° ... $+3,0^\circ$ auftreten werden, die die resultierende Ausrichtung der Einzelmodule beeinflussen und die bei den weiteren Betrachtungen berücksichtigt werden müssen.

Östlich angrenzend an das Gelände befindet sich eine bereits realisierte PV-Anlage. Östlich dieser Bestandsanlage verläuft von Südwest nach Nordost ein Bahngleis. Das Gleis liegt im südlich der Anlage liegenden Bereich höher als das umliegende Gelände, fällt nach Nordosten hin ab und liegt im Bereich östlich und nordöstlich der Anlage tiefer als die gegenständliche Fläche.

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Albertshausen

Die Gleisböschung ist teilweise mit Bewuchs versehen, der auch bei fehlender Belaubung einen gewissen Sichtschutz darstellt. Dieser Bewuchs wird in den nachfolgenden Betrachtungen im Sinne einer Worst Case-Betrachtung im ersten Schritt nicht berücksichtigt.

Östlich der Bahnstrecke befindet sich Wohnbebauung, von der aus jedoch nach den vorliegenden Daten und Fotos keine Sichtachsen zu den Moduloberflächen der gegenständlichen Anlage vorliegen.

Südöstlich des Geländes befindet sich in größerer Entfernung ab ca. 520 m die Bebauung der Ortschaft Albertshausen mit Wohn- und Nutzgebäuden.

Die möglichen Sichtachsen von dieser Bebauung aus zu den Moduloberflächen der gegenständlichen Anlage werden durch dazwischenliegenden Bewuchs und den Geländeverlauf zum großen Teil unterbrochen, so daß nur punktuell relevante Sichtverbindungen durch Lücken im Bewuchs vorliegen.

Von Albertshausen führt eine Verbindungsstraße nach Norden zur Ortschaft Lindflur.

Westlich der Anlage befindet sich die Ortschaft Uengershausen, von der aus mögliche Sichtachsen zur untersuchten PV-Anlage durch den Geländeverlauf unterbrochen werden.

Die für die Berechnungen der Blendwirkung erforderlichen Beobachter-Azimet- 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.

2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen

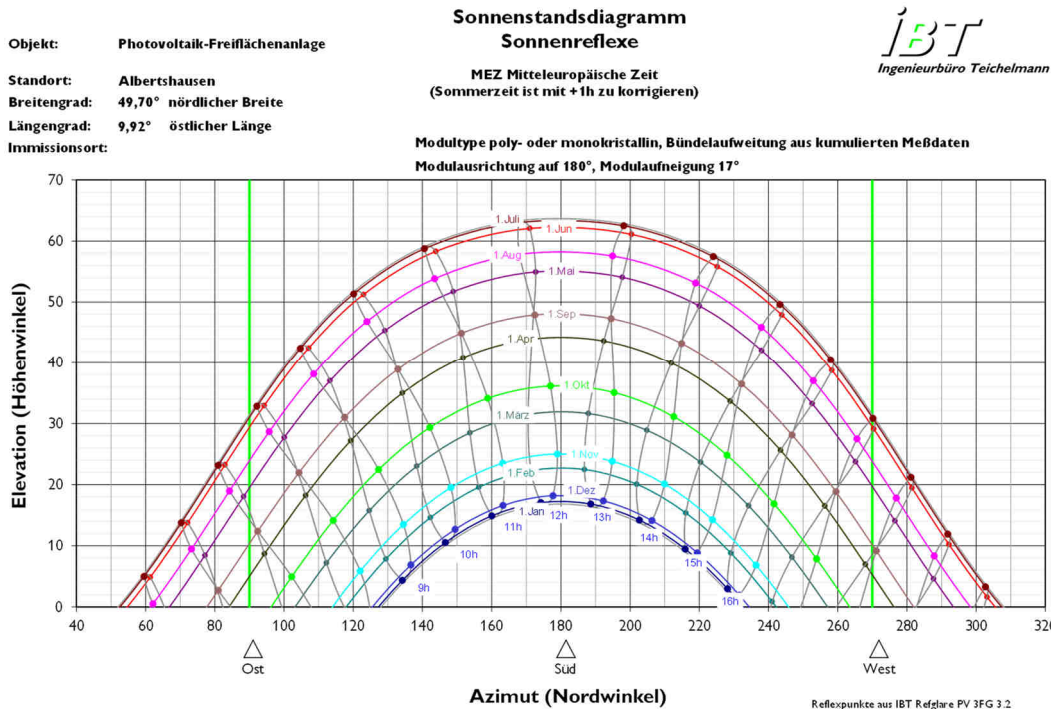
Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

- Modulbelegungspläne/Pläne:
 - o Albertshausen_Vorplanung V01.pdf
- Luftbild des Geländes, vom AG bereitgestellt
- Fotos von der Situation vor Ort, vom AG bereitgestellt

2.4 Verwendete Hilfsmittel

Für die Begutachtung wurden folgende Hilfsmittel verwendet:

- Sonnenstandsdiagramm MEZ für die Ortskoordinaten des Geländes



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

2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen

Auf folgende Quellen wurde bei der Bewertung Bezug genommen:

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

3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen

3.1 Grundlegende Methodik

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

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

Die Sonnenscheibe im Zenit hat bei klarer Sicht eine Leuchtdichte von ca. 1,6 Mrd cd/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 Albertshausen

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

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

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

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

Diese Richtwerte werden auch hier angesetzt.

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

3.2 Ortstermin, beteiligte Personen

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

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

4.1 Ermittlung der Eckpunkte des Reflexionsverhaltens der Photovoltaikmodule

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

Die vermessenen 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 Albertshausen

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.

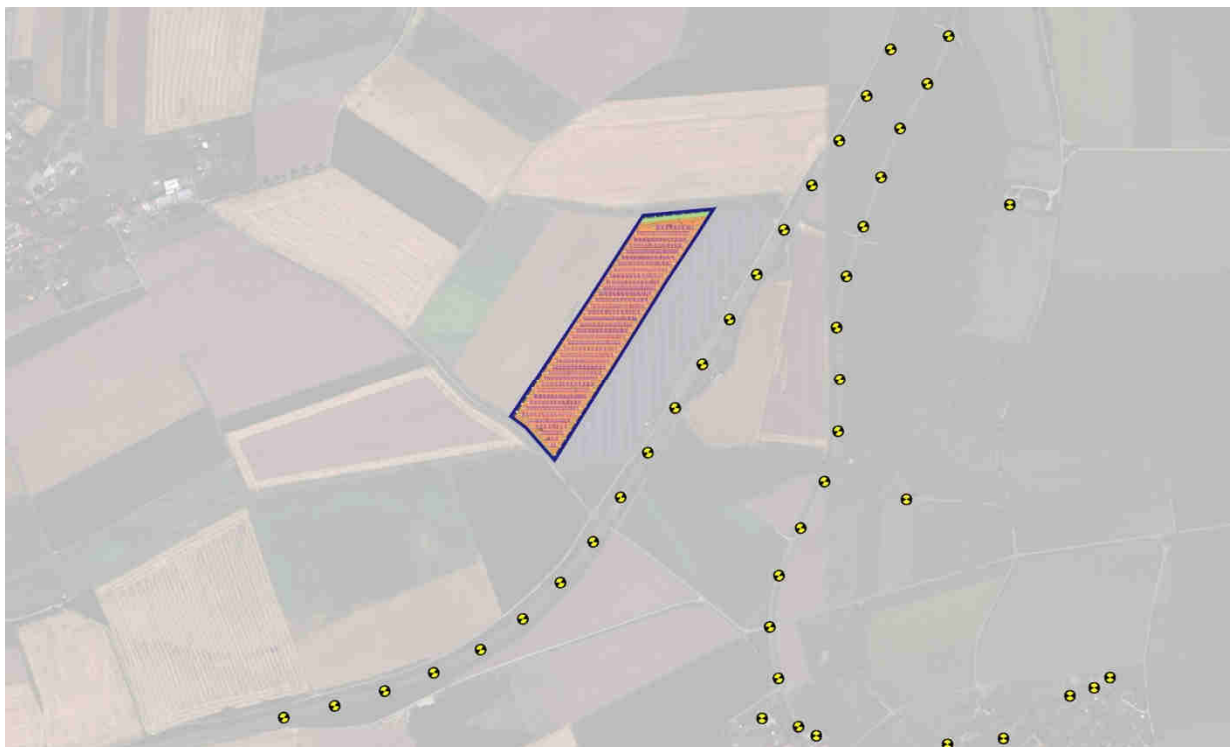
Die Messungen beziehen sich jeweils auf Oberflächen mit einer leichten Staubauflagerung, die bei der Messung simuliert wurde. Entsprechende stärkere Verschmutzungen, die in der Realität durchaus vorkommen, wirken sich mindernd auf die Leuchtdichte der Reflexion des Sonnenlichtes und stärker streuend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

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

4.2 Ermittlung der möglicherweise relevanten Immissionsorte

Auftragsgemäß waren die möglicherweise relevanten Immissionsorte auf der Bahnstrecke, in der südöstlich liegenden Wohnbebauung von Albertshausen und auf der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur zu untersuchen.

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



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

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Albertshausen

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

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

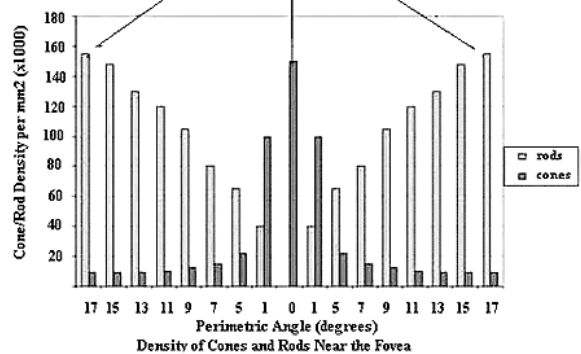
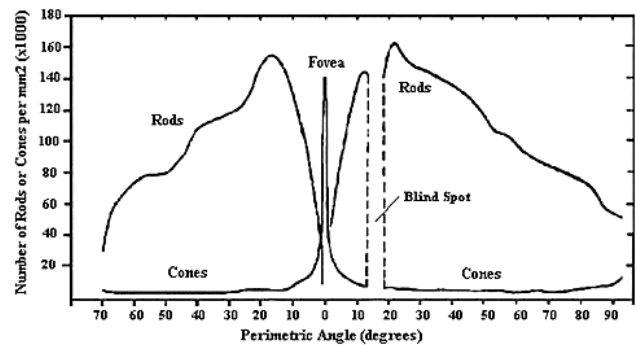
Weiter von der Hauptblickrichtung abweichende Blickwinkel sind hinsichtlich der Blendwirkung weitgehend unkritisch.

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

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

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

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



Distribution of Rods and Cones on the Human Retina

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

Figure 2

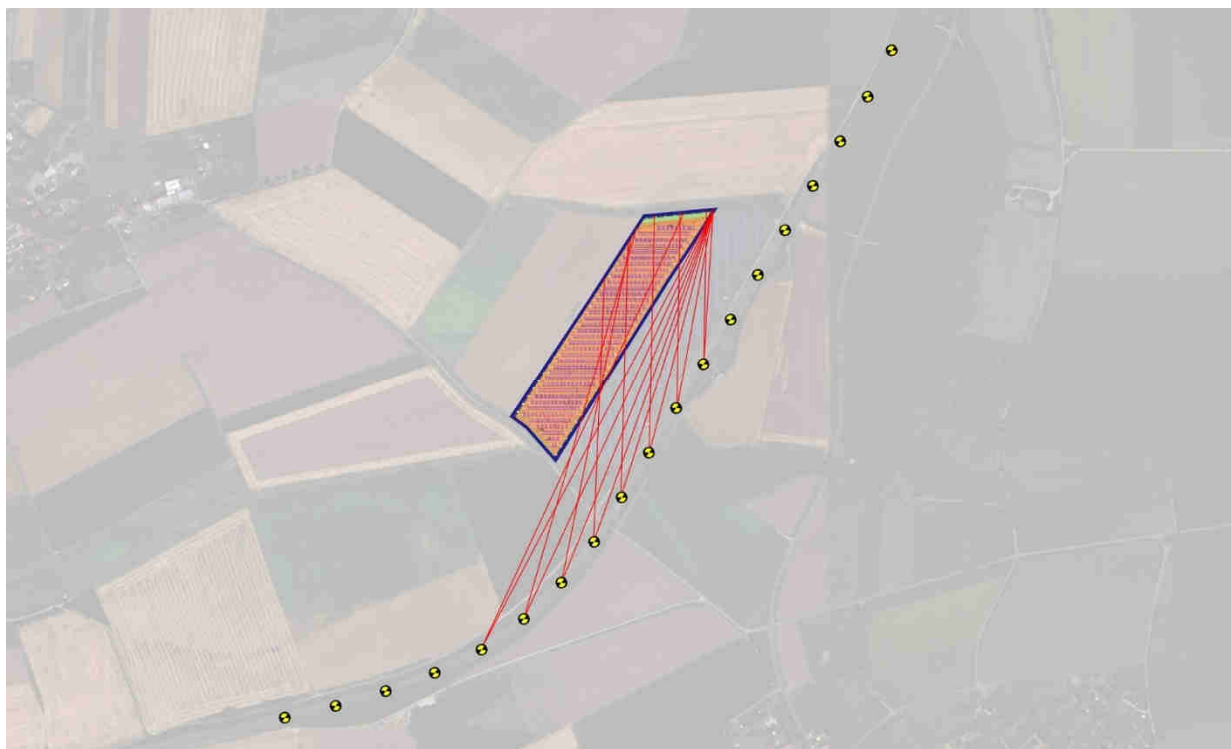
Insofern ist bei stärker von der Hauptblickrichtung abweichenden Blickwinkeln nicht von einer störenden Direktblendung durch die Sonnenlichtreflexionen an den Moduloberflächen auszugehen.

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

4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung

Bahnstecke

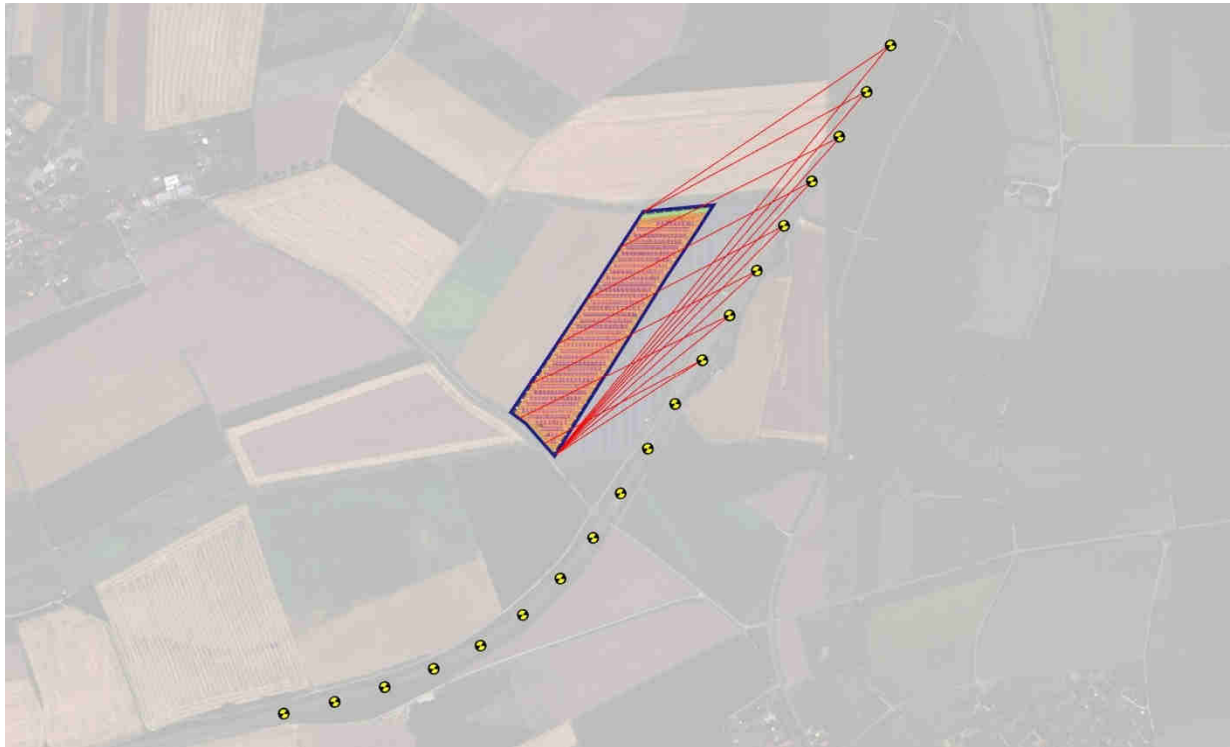
Für die möglichen Immissionsorte auf der Bahnstrecke in Fahrtrichtung Nordost können bei freien Sichtverbindungen im relevanten Sichtfeld der Fahrer bis maximal 30° Abweichung von der Hauptblickrichtung Sichtverbindungen zur geplanten Photovoltaikanlage mit Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 183° Süd und 210° Südsüdwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -1,1° und +1,5° vorliegen.



Es wurden keine Sonnenstände ermittelt, die bei der gegebenen Situation und an diesem Standort Blendreflexionen in Richtung der relevanten Blickrichtungen auslösen können. Reflexionen mit höheren Leuchtdichten, die ggf. als Blendung empfunden werden können, treten in dieser Fahrtrichtung erst bei Blickrichtungen auf, die mehr als 90° von der Hauptblickrichtung der Fahrer abweichen. Diese hohen Reflexleuchtdichten werden zwar im peripheren Sichtfeld wahrgenommen, sie sind für die Sicherheit des Verkehrs auf dieser Bahnstrecke jedoch von untergeordneter Bedeutung. Hier sind auch bei vorliegenden Sichtachsen zu den Moduloberflächen keine störenden Blendwirkungen zu erwarten.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Albertshausen

In der entgegengesetzten Fahrtrichtung nach Süden können im relevanten Sichtfeld der Fahrer Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 39° Nordost und 63° Ostnordost und Beobachter-Elevationswinkel zwischen ca. $+0,5^\circ$ und $+2,1^\circ$ vorliegen.



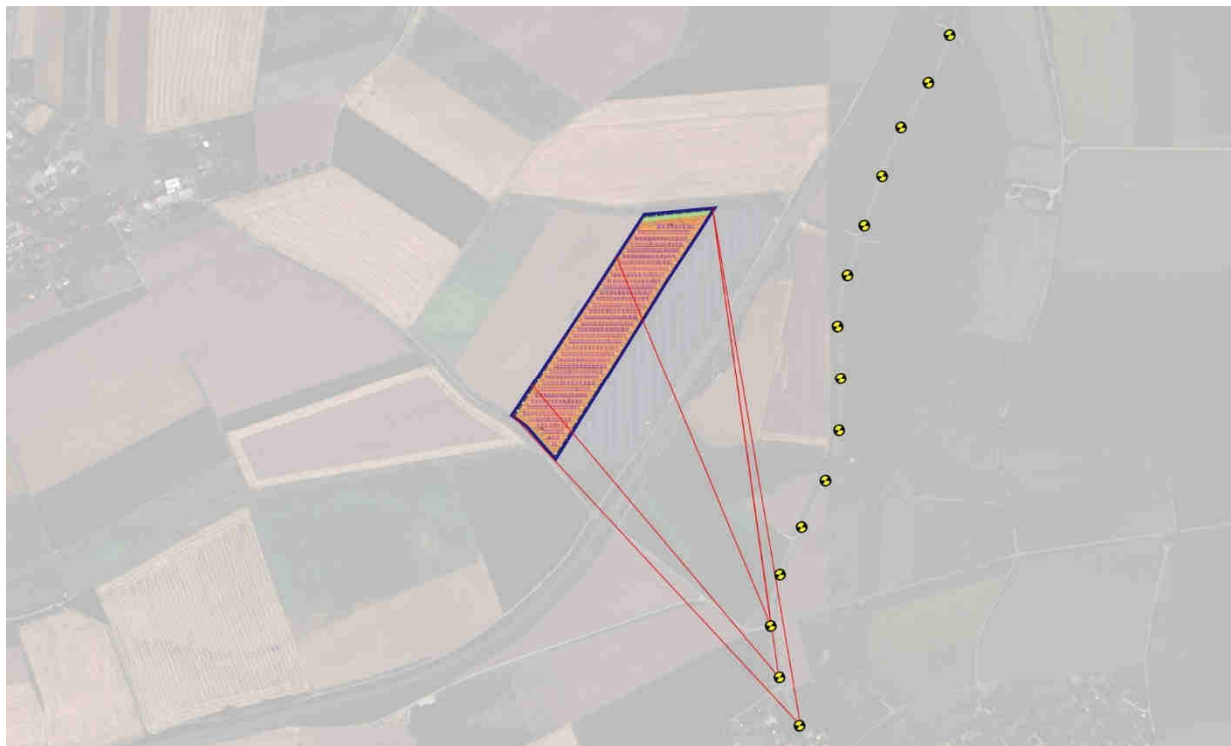
Unter diesen Blickrichtungen können die Modulkonstruktionen nur von hinten gesehen werden, so daß hier keine von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen auftreten können.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Albertshausen

Verbindungsstraße Albertshausen - Lindflur

Ähnlich wie bei der Bahnstrecke verhält es sich bei der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur.

Hier können bei freien Sichtachsen innerhalb der relevanten Sichtfelder der Fahrer in Fahrtrichtung Nord bezogen auf die Moduloberflächen Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 137° Südost und 172° Süd bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. $-0,6^\circ$ und $-0,1^\circ$ vorliegen.



Im weiteren Verlauf der Straße nach Norden liegt die betrachtete Anlage außerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer.

Die möglichen Sichtachsen werden durch den Geländeverlauf und dazwischenliegenden Bewuchs größtenteils unterbrochen, so daß relevante Sichtverbindungen nur punktuell vorliegen können.

Auch hier wurden keine Sonnenstände ermittelt, die bei der gegebenen Situation und an diesem Standort Blendreflexionen in Richtung der relevanten Blickrichtungen auslösen können. Sonnenlichtreflexionen mit höheren Leuchtdichten treten auch hier erst bei Blickrichtungen auf, die mehr als 90° von der Hauptblickrichtung der Fahrer abweichen.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Albertshausen

In Fahrtrichtung Süd sind auch bei freien Sichtverbindungen von dieser Verbindungsstraße aus nur die Rückseiten der Modulkonstruktionen zu sehen, so daß auch hier keine relevanten, von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen innerhalb der relevanten Sichtfelder der Fahrer auftreten können.



Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Albertshausen

Wohnbebauung

In der südöstlich der Anlage liegenden Wohnbebauung der Ortschaft Albertshausen bestehen von einigen Gebäuden aus Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen, die hinsichtlich einer möglichen Blendung relevant sein können.

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

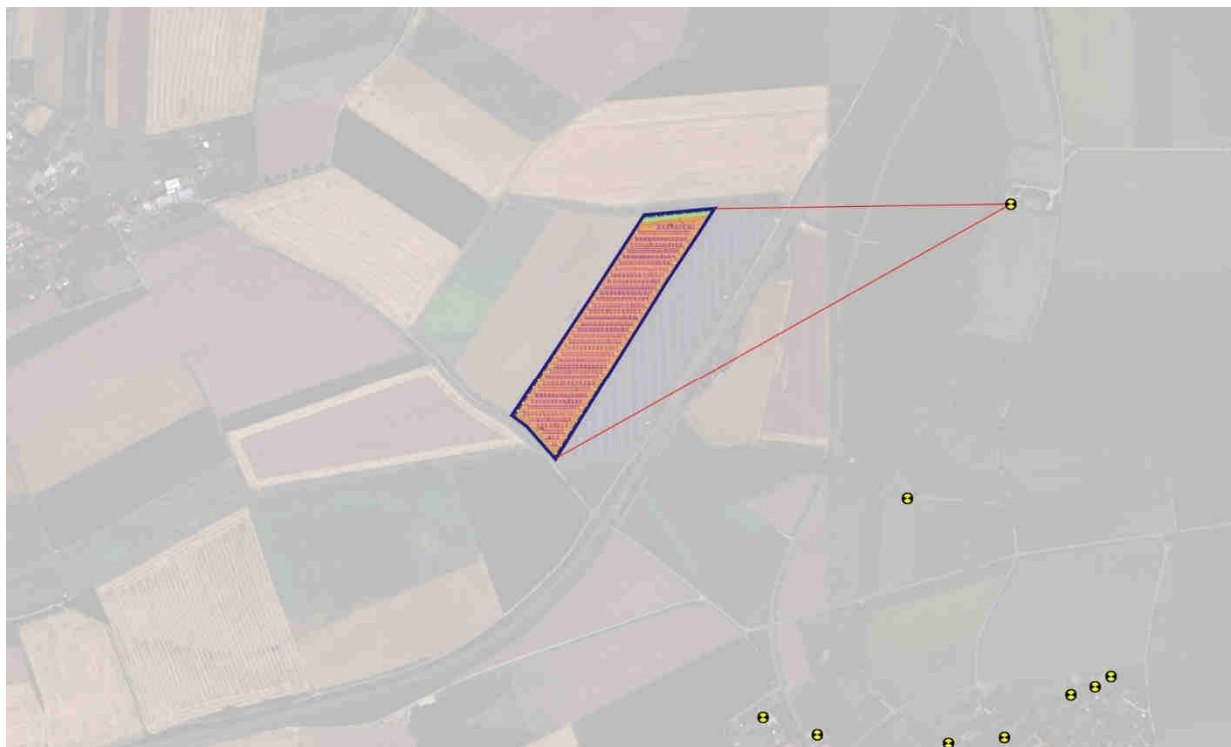
Die Auswirkungen auf die in ähnlichen Winkelbereichen zur Anlage liegenden Gebäude können aus den ermittelten Ergebnissen interpoliert werden.

Teilweise sind die Sichtverbindungen zu den Reflexionsflächen der Anlage durch Verbauung oder Bewuchs unterbrochen.

Hier 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/Jahr angesetzt.

Die übrigen Punkte können aus diesen Ergebnissen interpoliert werden.

Von der nordöstlich der Anlage liegenden Bebauung aus können die Moduloberflächen nicht gesehen werden, so daß hier keine von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkungen zu erwarten sind.



Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Albertshausen

Von der südöstlich der Anlage liegenden Bebauung aus werden mögliche Sichtachsen durch das südöstlich der Anlage liegende Waldstück und teilweise auch durch die bereits realisierte östlich der gegenständlichen Anlage realisierte PV-Anlage unterbrochen.

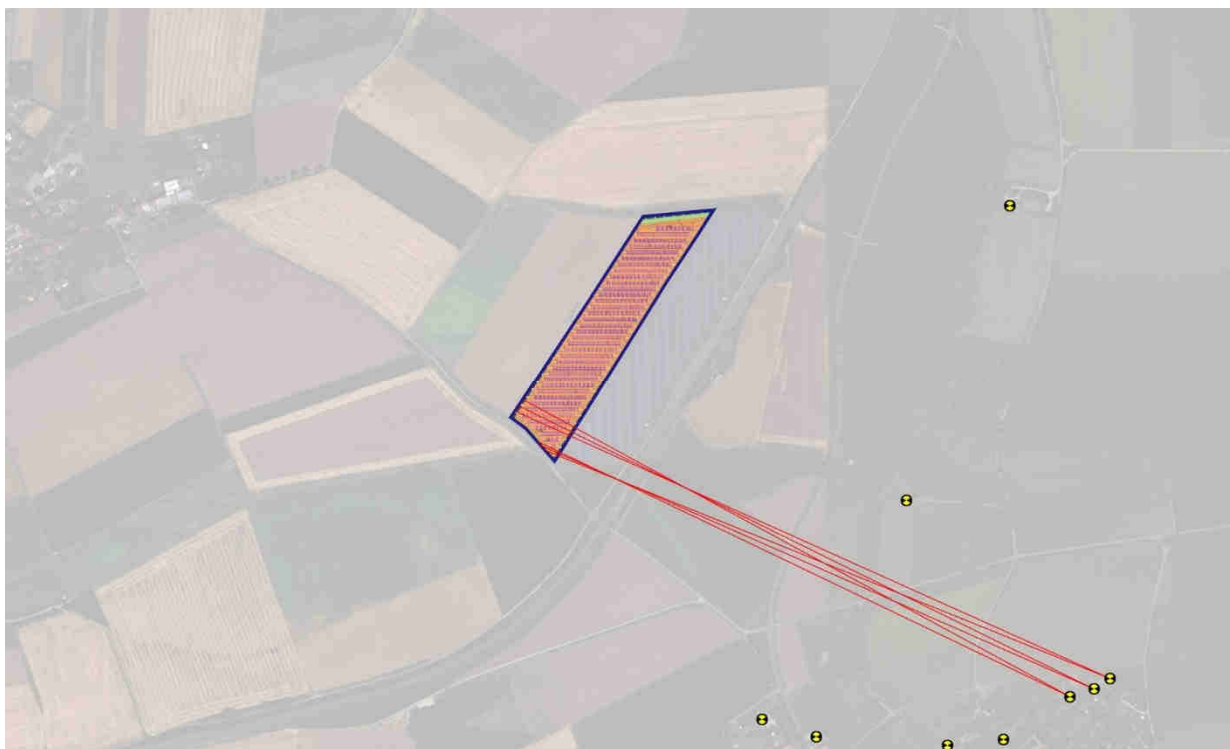
Von einigen Gebäuden der nördlichen Wohnbebauung von Albertshausen aus kann durch eine Lücke im Bewuchs der südliche Teil der gegenständlichen PV-Anlage gesehen werden.



Blick von der südwestlichen Geländekante aus zur nördlichen Wohnbebauung von Albertshausen

Diese Bebauung ist mit mehr als ca. 900 m relativ weit entfernt.

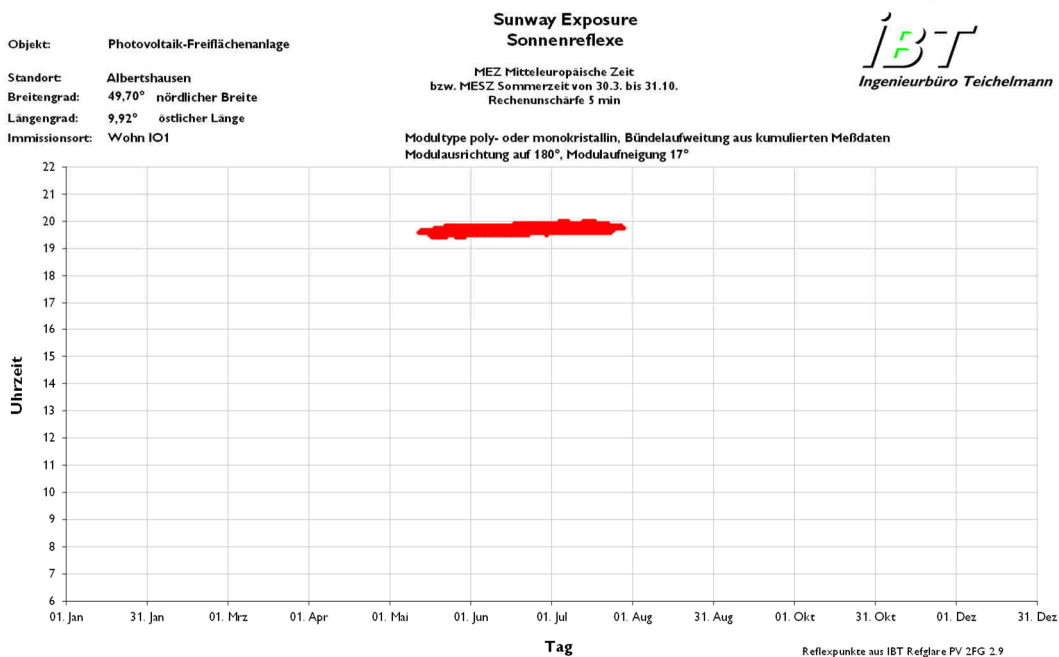
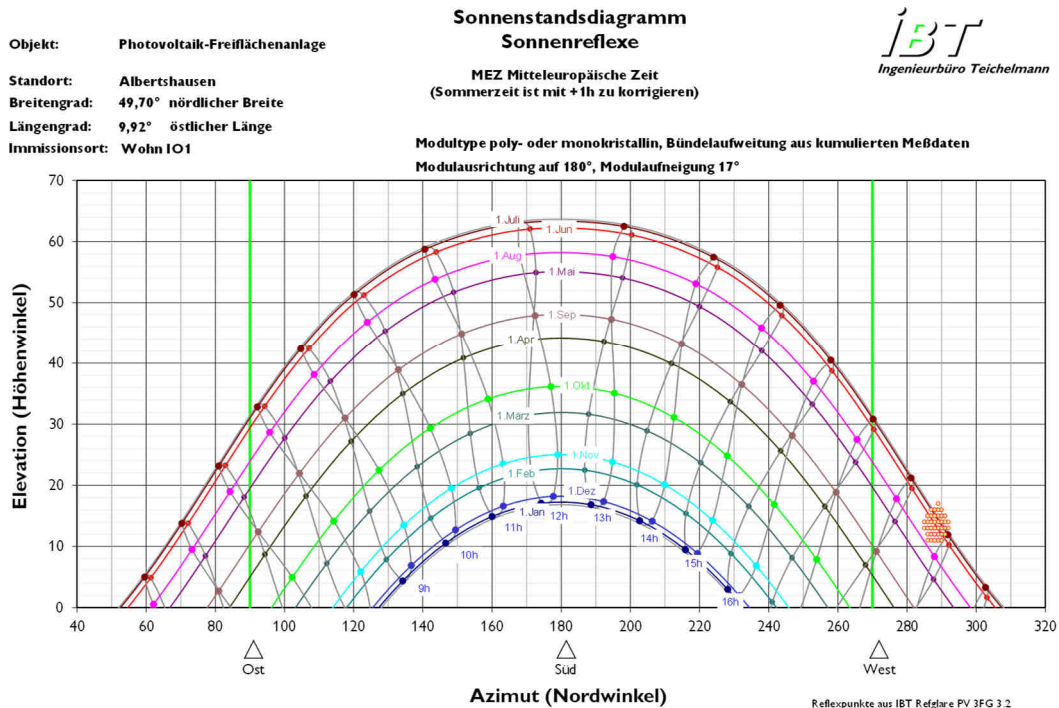
Hier können beim Blick zu den Moduloberflächen Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 112° Ostsüdost und 119° Ostsüdost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. $+0,9^\circ$ und $+1,2^\circ$ bezogen auf die Einzelflächen auftreten.



Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Albertshausen

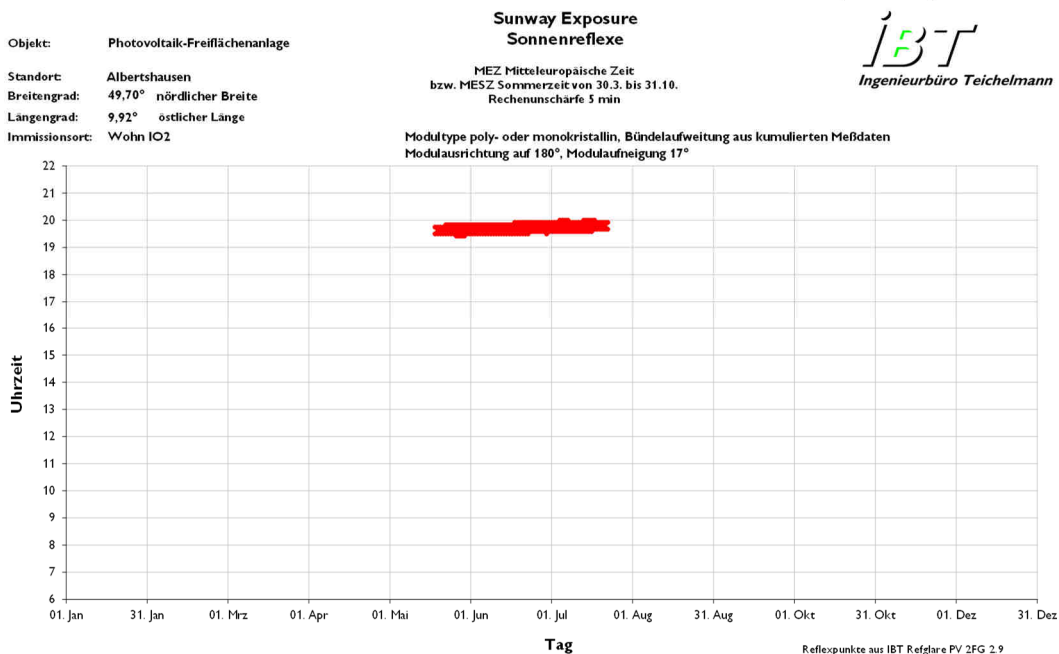
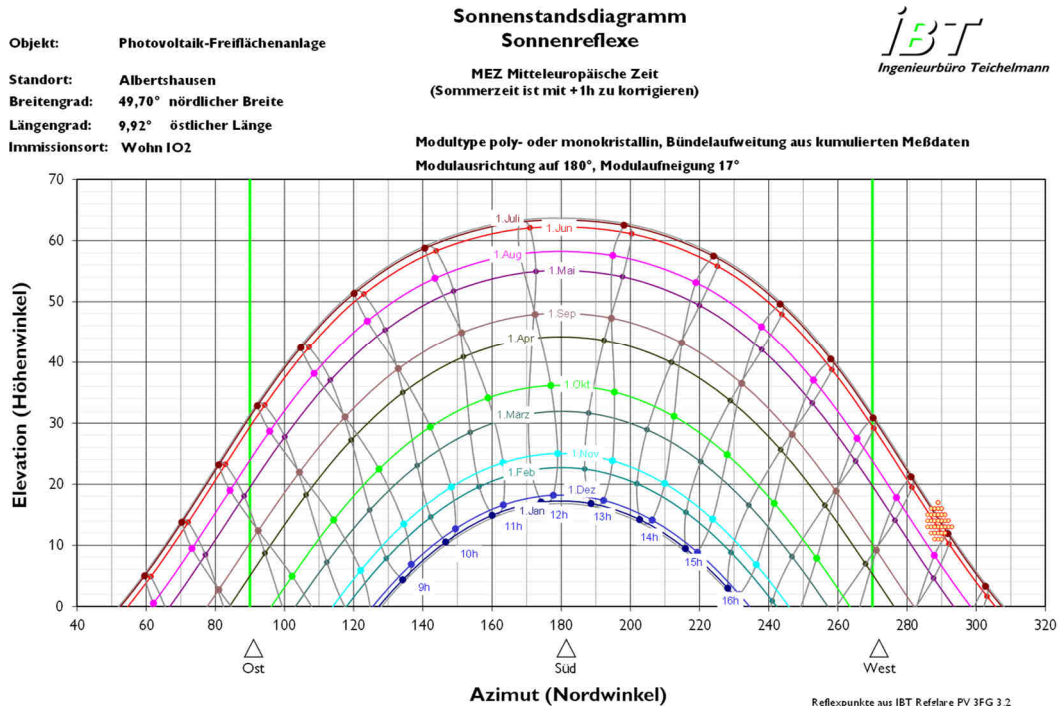
Für diese Punkte wurden Direktreflexionen des Sonnenlichtes in den Abendstunden der Tage um die Sommersonnenwende herum mit den folgenden astronomisch möglichen Einwirkzeiten ermittelt:

IO Wohn 1: astronomisch mögliche Expositionszeit ca. 25 min/Tag und ca. 28 h/Jahr



Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Albertshausen

IO Wohn 2: astronomisch mögliche Expositionszeit ca. 25 min/Tag und ca. 25 h/Jahr



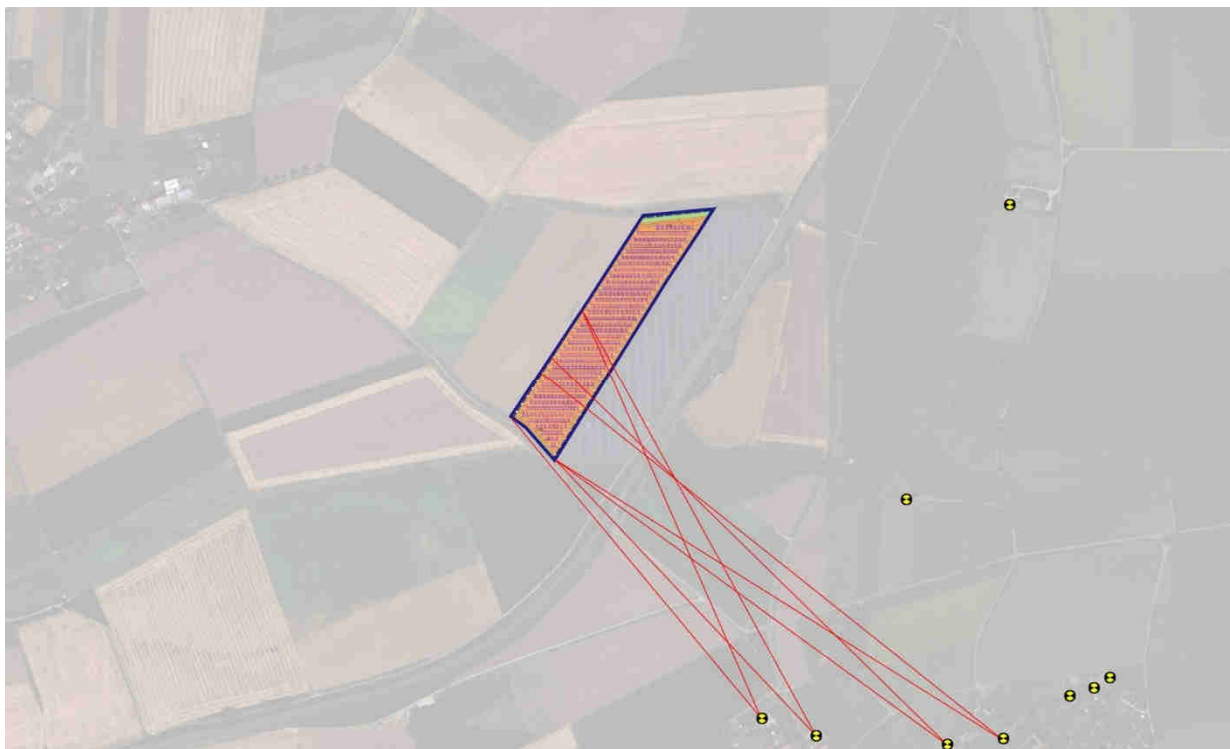
Die ermittelten Reflexionszeiten liegen bei diesen Immissionsorten jeweils im Rahmen der nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren des LAI /1/ als zumutbar angesehenen Einwirkzeiten. Insofern ist hier davon auszugehen, daß in diese Richtungen keine unzumutbaren Blendwirkungen an den Moduloberflächen der gegenständlichen Anlage auftreten werden.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Albertshausen

Durch die große Entfernung von mehr als ca. 900 m und die damit verbundenen Reduzierungen möglicher Wirkungen im Auge des Beobachters wird eine mögliche Störwirkung dieser Sonnenlichtreflexionen weiter gemindert.

Hier sind keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen an den Moduloberflächen der untersuchten Anlage zu erwarten.

Von der weiter südöstlich liegenden Bebauung von Albertshausen aus können die Moduloberflächen unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 121° Ostsüdost und 156° Südsüdost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. $-0,3^\circ$ und $+0,6^\circ$ gesehen werden.



Für diese Winkelkonstellationen 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 bei Realisierung der vorgesehenen Ausrichtung und Aufneigung der Modulflächen keine störenden oder unzumutbaren von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Bahnstrecke, in der südöstlich liegenden Wohnbebauung von Albertshausen und auf der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur 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 Albertshausen sind bei Ausführung der Anlage gemäß des vorliegenden, im Vorfeld hinsichtlich der Blendwirkung optimierten Konzeptes und unter Realisierung der vorgesehenen Ausrichtung und Aufneigung der Modulkonstruktionen keine auf der Bahnstrecke, in der südöstlich liegenden Wohnbebauung von Albertshausen und auf der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur durch von den Moduloberflächen ausgehende Blendreflexionen zu erwarten.

In Richtung der Bahnstrecke und der Verbindungsstraße zwischen Albertshausen und Lindflur wurden bei Untersuchung der geplanten Anlagengeometrie auch bei Annahme freier Sichtachsen lediglich Reflexionen in Richtung der festgelegten Beobachter ermittelt, die außerhalb des für die Fahrer relevanten Sichtfeldes liegen und somit nicht als relevante Störung des Verkehrs eingeschätzt werden.

In Richtung der ca. 900 m entfernten nördlichen Wohnbebauung von Albertshausen können bei entsprechenden Sonnenständen in den Abendstunden der Monate Mai bis Juli Blendreflexionen auftreten, die innerhalb der angesetzten zeitlichen Richtwerte liegen. Hier sind somit keine unzumutbaren Einwirkungen durch Blendwirkungen an den Moduloberflächen der betrachteten Anlage 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.

30.09.2022
Jens Teichelmann
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.