

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



GA-Nummer: Te-220711-E-1

Im Auftrag von
Anton Hofmann
Ebermannsdorf

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

Fürth, 13.07.2022

Te220711E1 Erweiterung Photovoltaikanlage Ebermannsdorf Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

IBT 4Light GmbH
Boenerstr. 34
90765 Fürth

Amtsgericht Fürth
HRB 14663
Geschäftsführer: Jens Teichelmann
Ust-ID DE296384486

Tel. 0911-979155-91
Fax: 0911-979155-93

IBT@4Light.de

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

Auftraggeber:

Anton Hofmann

Hauptstraße 9
92263 Ebermannsdorf

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	16
4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung	18
5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere	22
6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse	23

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

1 Extrakt

Im Auftrag von H. Anton Hofmann in Ebermannsdorf wurde die geplante Erweiterung der bereits bestehenden Photovoltaik-Freiflächenanlage Hofmann Ebermannsdorf südlich der Bundesautobahn A6 und der bereits bestehenden PV-Anlage und westlich bzw. nordwestlich der Ortschaft Ebermannsdorf hinsichtlich der auf der Autobahn A6, der Kreisstraße AS23 und in der umliegenden Wohnbebauung von Ebermannsdorf 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 vorgeschlagenen Sichtschutzmaßnahme keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Bundesautobahn A6, der Kreisstraße AS23 oder in der Wohnbebauung von Ebermannsdorf zu erwarten.

Von den Fahrbahnen der Bundesautobahn A6 und der Kreisstraße AS23 aus sind die Moduloberflächen im relevanten Sichtfeld der Fahrer nicht zu sehen, so daß hier keine Störungen des Verkehrs durch Blendwirkungen zu erwarten sind.

In Richtung der nordwestlichen Wohnbebauung von Ebermannsdorf können in den Abendstunden Blendreflexionen auftreten, die durch den vorgesehenen Sichtschutz in entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung unter die angesetzten Richtwerte gebracht werden können.

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.

Te220711E1 Erweiterung Photovoltaikanlage Ebermannsdorf Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

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 von H. Anton Hofmann in Ebermannsdorf war die geplante Erweiterung der Photovoltaik-Freiflächenanlage Hofmann Ebermannsdorf südlich der Bundesautobahn A6 und der bereits bestehenden PV-Anlage und westlich bzw. nordwestlich der Ortschaft Ebermannsdorf auf folgende Punkte hin zu prüfen:

- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den möglichen Immissionsorten auf der Bundesautobahn A6, der Kreisstraße AS23 und in der Wohnbebauung von Ebermannsdorf 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 südlich der Bundesautobahn A6 und der bereits bestehenden PV-Anlage und westlich bzw. nordwestlich der Ortschaft Ebermannsdorf in dem gekennzeichneten Bereich montiert werden soll.

Die Module sollen auf entsprechenden Unterkonstruktionen mit einer Ausrichtung auf ca. 165,5° Südsüdost bei einer Aufneigung auf 20° montiert werden. Es sollen polykristalline 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 laut Planung maximal ca. 2,20 m mit entsprechenden Toleranzen zum Geländeausgleich betragen.

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

Das Gelände ist nahezu eben mit einem leichten Gefälle nach Westen bzw. Nordwesten hin und ohne nennenswerte Unebenheiten. Es ist davon auszugehen, daß bei Montage der

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

Modulreihen keine nennenswerten Querneigungen auftreten werden, die Einfluß auf die resultierende Ausrichtung der Einzelflächen haben.

Nördlich angrenzend an das Gelände befindet sich der bereits realisierte erste Teil dieser PV-Anlage. Nördlich der Bestandsanlage verläuft von Westsüdwest nach Ostnordost die Autobahn A6. Die Fahrbahn der Autobahn liegt etwa 8 m tiefer als das betrachtete Gelände, so daß hier keine relevanten Sichtverbindungen zu den PV-Modulen vorliegen.

Nordöstlich des Geländes überquert die Kreisstraße AS23 über ein Brückenbauwerk die Autobahn.

Westlich der Fläche befindet sich ein Waldstück.

Weiterhin befindet sich östlich der Fläche entlang der Kreisstraße AS23 Bewaldung, durch die der Blick zur PV-Anlage von dieser Straße aus nicht möglich ist.

Nordöstlich der Fläche liegt ein Tennisplatz mit einem Vereinsheim.

Östlich und südöstlich der Fläche befindet sich die Wohnbebauung der Ortschaft Ebermannsdorf. Das Gelände fällt in diese Richtung etwas ab, so daß die Wohnbebauung tiefer als die geplante PV-Anlage liegt. Der Blick zu den Oberflächen der PV-Module ist nur von einigen Gebäuden aus möglich.

Südlich und südöstlich liegen landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Die für die Berechnungen der Blendwirkung erforderlichen Beobachter-Azimut- und -Elevationswinkel wurden bei einem Ortstermin per Peilwinkelmessung ermittelt und gehen in die weiteren Betrachtungen ein.

Die nachfolgende Bewertung bezieht sich auf die gesamte zu Grunde gelegte Fläche und auf die genannten Rahmenbedingungen (Ausrichtung und Aufneigung der Module, Bauhöhe der Modulkonstruktionen, Querneigung, Art der Module usw.). Kleine Änderungen innerhalb dieser Parameter wie z.B. leicht veränderte Modulanordnungen, andere Reihenabstände, niedrigere oder geringfügig höhere Bauhöhen, Modulanordnungen quer oder hochkant usw. wirken sich auf die ermittelten Ergebnisse nicht aus.

Die nachfolgenden Aussagen gelten also für alle Anlagengeometrien innerhalb der oben genannten Fläche mit den oben genannten Ausrichtungen und Aufneigungen der Modulreihen, den benannten Modultypen und innerhalb der genannten Bauhöhe der Modulkonstruktionen in gleichem Maße.

An der östlichen Geländekante in Richtung der Wohnbebauung von Ebermannsdorf sind entsprechende Anpflanzungen als Sichtschutzmaßnahme vorgesehen.

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

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

Sichtschutzmaßnahme ergab eine Höhe von ca. 2,50 ... 2,80 m, die jedoch bei Realisierung der Anlage noch mal geprüft und verifiziert werden muß.

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

Ein solcher Sichtschutz kann durch eine entsprechend hohe und dichte, im betreffenden Zeitraum belaubte Bepflanzung oder durch bauliche Maßnahmen am Zaun wie Wellblech- oder Kunststoffplatten, textiler Sicht- oder Sonnenschutz usw. realisiert werden.

In den Bereichen, in denen mögliche Sichtachsen bereits durch andere Gegebenheiten wie z.B. Verbauung oder Bewuchs unterbrochen werden, ist ggf. kein zusätzlicher Sichtschutz erforderlich.

Mit dieser Maßnahme können die festgestellten Blendwirkungen bei entsprechender Ausführung und Höhe des Sichtschutzes vermieden bzw. stark gemindert werden, so daß von einer Einhaltung der Richtwerte ausgegangen werden kann.

2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen

Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

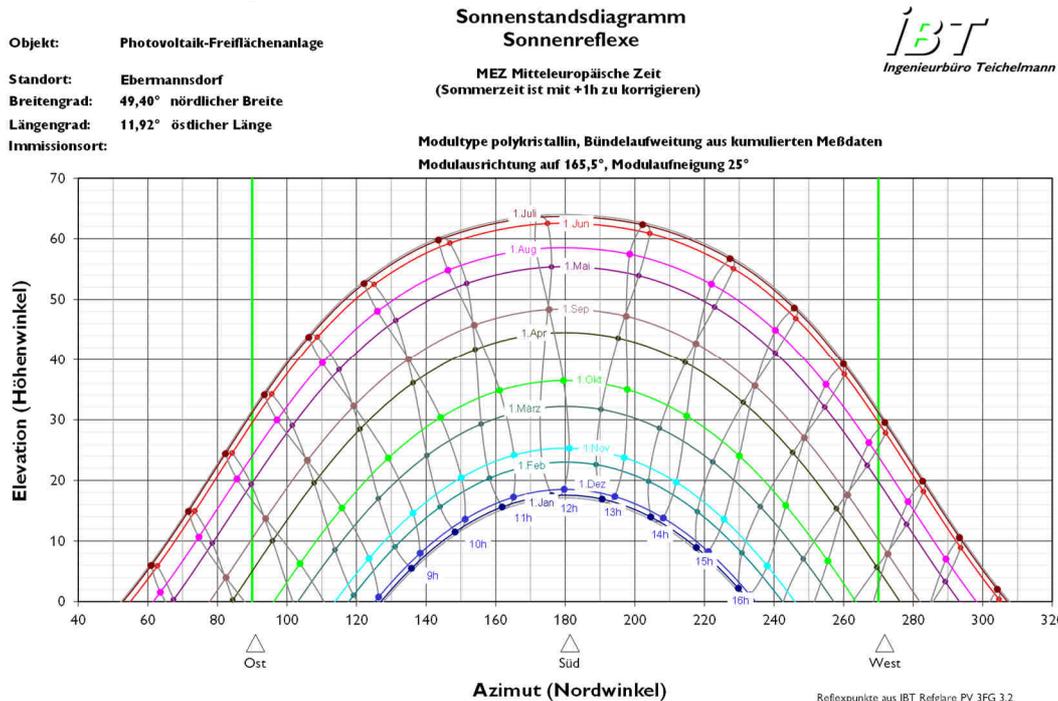
- Modulbelegungspläne:
 - o 535 - PV Hofmann_Erweit_Ebermannsdorf_20.04.22-02_BP.pdf
- Luftbild des Geländes, vom AG bereitgestellt
- Fotos von der Ortsbegehung am 11.5.17

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

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/

Te220711E1 Erweiterung Photovoltaikanlage Ebermannsdorf Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

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.

Te220711E1 Erweiterung Photovoltaikanlage Ebermannsdorf Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

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 11.5.2017 durch H. Teichelmann, IBT 4Light GmbH, durchgeführt. Zeitweise anwesend war H. Hofmann.

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

4.1 Ermittlung der Eckpunkte des Reflexionsverhaltens der Photovoltaikmodule

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

Die vermessenen Photovoltaikmodule mit einer simulierten Verschmutzung unterscheiden sich in ihrem Reflexionsverhalten deutlich.

Die Moduloberflächen weisen bei steilen Einstrahlwinkeln ein stark gerichtetes Reflexionsverhalten mit einer mittleren Bündelaufweitung von ca. 4° ... 6° Halbwinkel auf. Der partielle Reflexionsgrad in Hauptreflexionsrichtung beträgt bei den vermessenen Modulen zwischen ca. 0,3 ... 0,5% bei steilem Einstrahlwinkel.

Außerhalb der genannten Bündelaufweitung sinkt der partielle Reflexionsgrad stark ab, so dass im übrigen Halbraum keine störenden Reflexleuchtdichten erzeugt werden. Ein kleiner Teil des auftreffenden Lichtes wird mit einer Lambertcharakteristik streuend reflektiert.

Bei flacheren Einstrahlwinkeln ab ca. 40° zur Modulebene verändert sich das Reflexionsverhalten der Oberflächen. Insbesondere in diesem Einstrahlbereich unterscheiden sich die vermessenen Module in ihren Reflexionsdaten.

Der Reflexionsgrad der Oberflächen steigt bei beiden Modultypen stark an. Die Streuung nimmt – hauptsächlich durch die Verschmutzung und die Struktur der Oberflächen – ebenfalls stark zu. Dies hat zur Folge, dass die Abbildung der Sonnenscheibe unschärfer wird und aus einem größeren Winkelkorridor wahrgenommen werden kann. Durch die stärkere Streuung bei diesen flachen Einstrahlwinkeln ist die Leuchtdichte der Abbildung gleichzeitig stark reduziert. In der Regel steigt die Bündelaufweitung, in der noch nennenswerte Reflexleuchtdichten erreicht werden, ab einem Einstrahlwinkel von ca. 40° zur Modulebene deutlich an und hat im Bereich zwischen ca. 10° und 25° ein unterschiedlich stark ausgeprägtes Minimum, teilweise einhergehend mit einer Reduzierung des partiellen Reflexionsgrades in diese Reflexionsrichtungen.

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

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

Te220711E1 Erweiterung Photovoltaikanlage Ebermannsdorf Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

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 Bundesautobahn A6 und der AS23 sowie der östlich bzw. südöstlich der geplanten Anlage liegenden Wohnbebauung zu untersuchen.

Von der Autobahn A6 und von der Kreisstraße AS23 aus ist die PV-Anlage im relevanten Sichtfeld der Fahrer nicht zu sehen.

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.

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

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

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

Licht-Immissionsgutachten

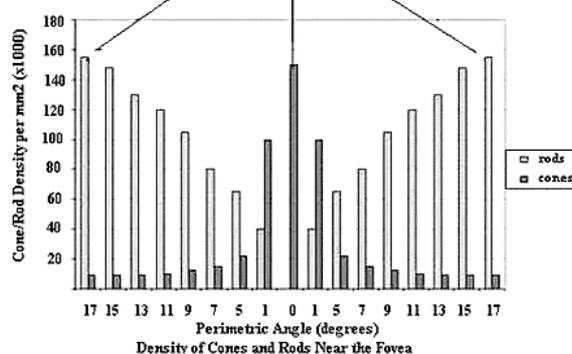
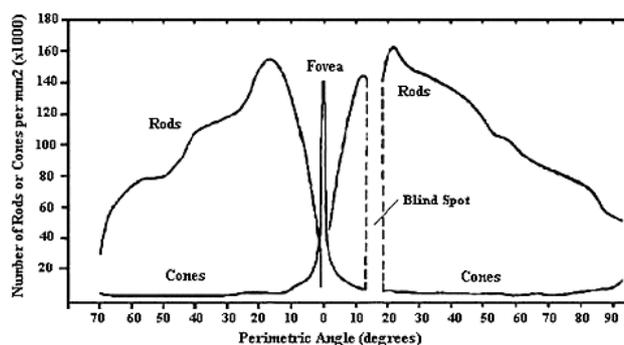
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

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.

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung

Wohnbebauung Ebermannsdorf

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

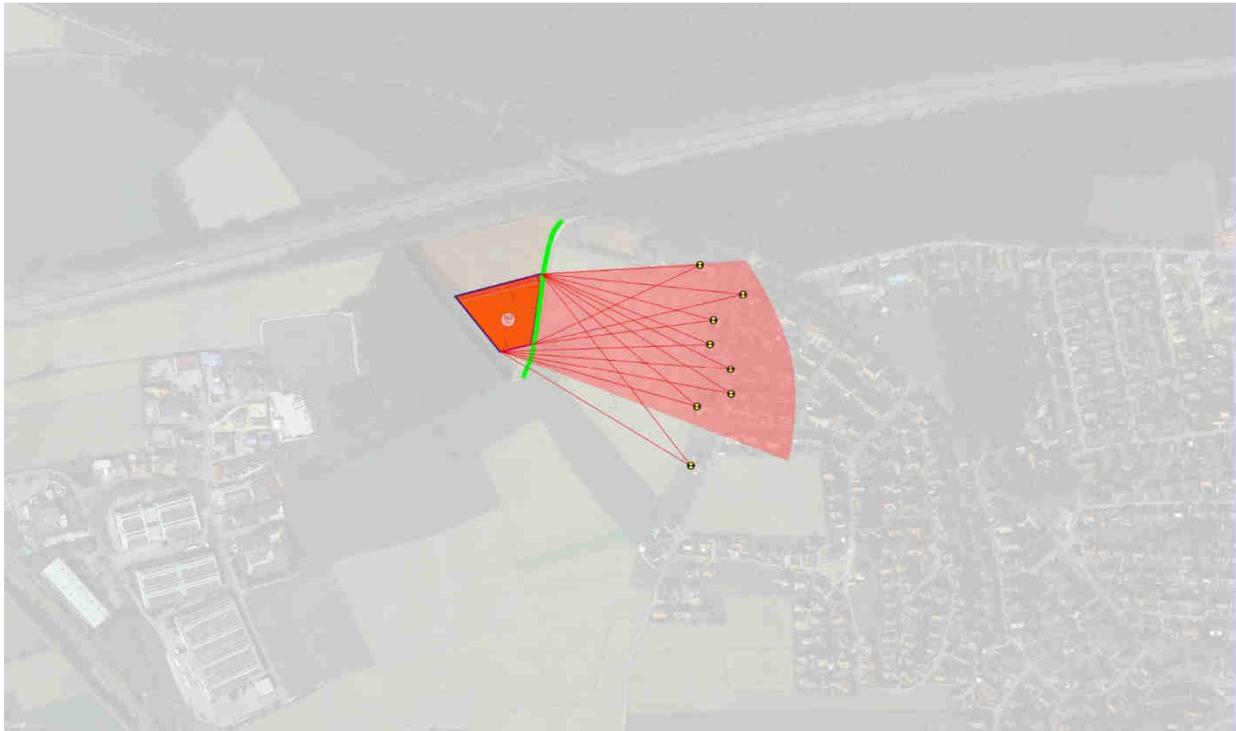


Blick vom Gelände aus in Richtung der Bebauung der Ortschaft Ebermannsdorf

Durch das in diesem Bereich abfallende Gelände ist der Blick zu den PV-Modulen aus den meisten Gebäuden nur aus den oberen Fenstern unter flachen Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. $-0,1^\circ$ und $+1,5^\circ$ möglich.

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

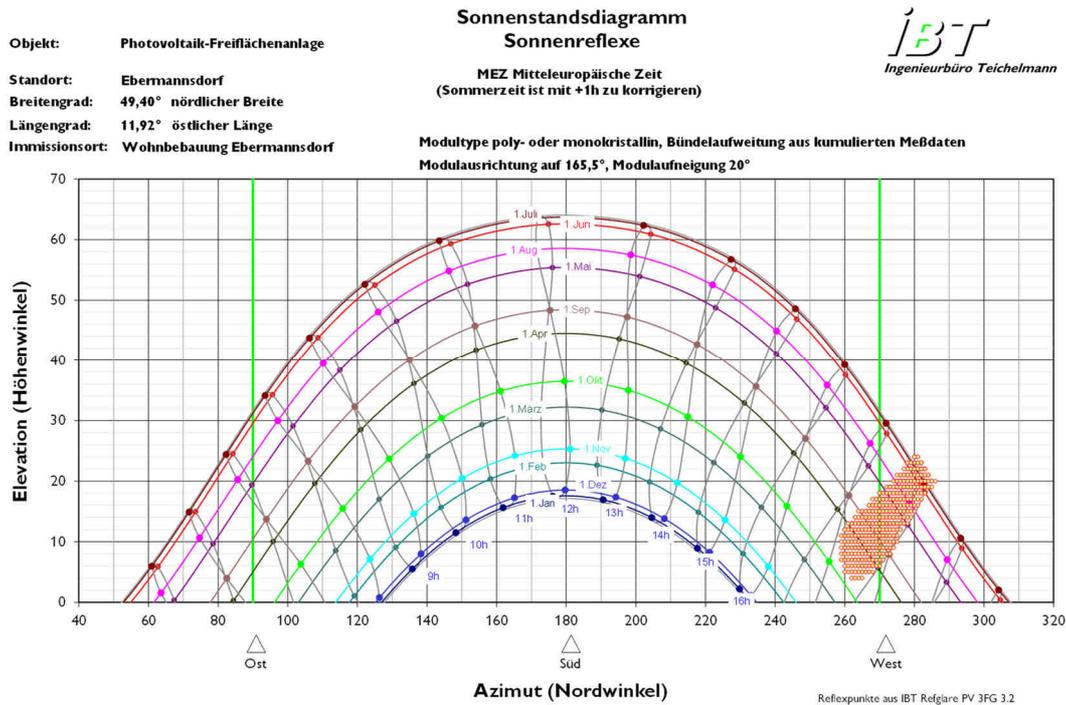
Bei freien Sichtachsen könnten in dem nachfolgend rot markierten Bereich der Bebauung bei entsprechenden Sonnenständen und Witterungsbedingungen Blendreflexionen oberhalb der anzusetzenden Richtwerte auftreten.



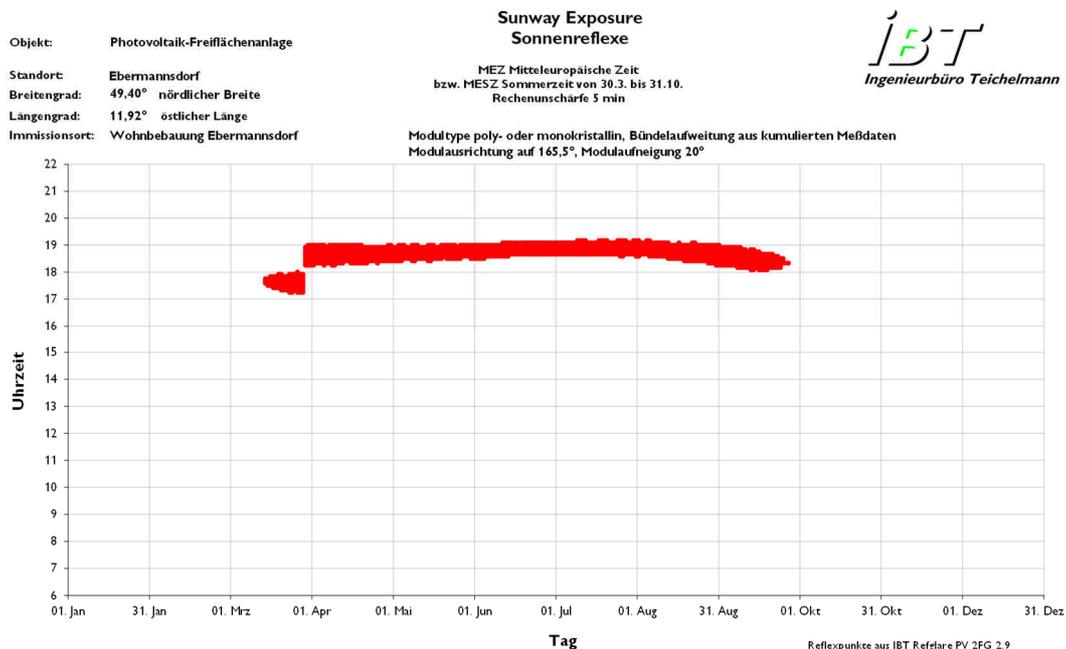
Die Sonnenstände des Auftretens dieser Reflexionen werden im Sonnenbahndiagramm für diesen Standort dargestellt, so dass eine zeitliche Zuordnung möglich ist.

Die Stundenlinien im Sonnenbahndiagramm entsprechen der MEZ (mitteleuropäische Zeit = Winterzeit). Die in diesem Zeitraum gültige Sommerzeit (MESZ) muß mit +1h korrigiert werden.

Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf



Die Tages- und Jahreszeiten der möglichen Reflexionen können im Expositionszeitdiagramm abgelesen werden:



Te220711E1 Erweiterung Photovoltaikanlage Ebermannsdorf Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

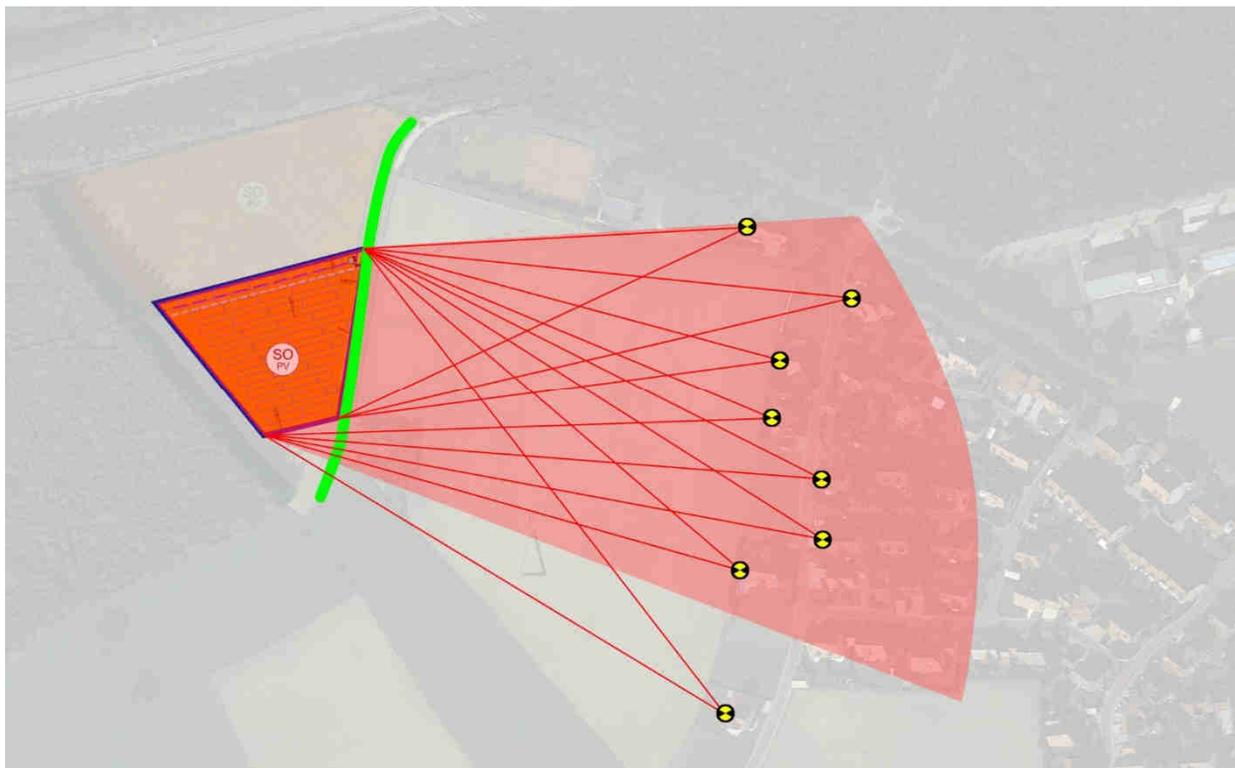
Licht-Immissionsgutachten Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

Die Sonnenlichtreflexionen in diese Richtungen können also von Mitte März bis Ende September in den Abendstunden mit täglichen Einwirkzeiten von bis zu ca. 45 min auftreten. Die übrigen Punkte können aus diesen Ergebnissen interpoliert werden.

Hier werden nach dem Bewertungsverfahren des LAI /1/ die zeitlichen Richtwerte einer als noch zumutbar angesehenen astronomisch möglichen Einwirkdauer der Blendwirkung von maximal 30 min/Tag und maximal 30 h/Tag angesetzt. Diese Richtwerte würden ohne weitere Maßnahmen also überschritten werden.

Die für diese Blendwirkungen relevanten Sichtachsen zu den Moduloberflächen werden durch den vorgesehenen Sichtschutz an der östlichen Geländekante (nachfolgend grün markiert) unterbrochen, so daß bei entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung der Sichtschutzmaßnahme hier keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen zu erwarten sind.

Dabei ist vor allem bei Realisierung des Sichtschutzes durch eine Anpflanzung darauf zu achten, daß dieser im ermittelten Zeitraum ab Mitte März wirksam – also belaubt ist.



Die überschlägige Ermittlung der wirksamen Höhe und Position dieses Sichtschutzes erfolgte auf Basis der beim Ortstermin aufgenommenen Daten und Höhenwinkel.

Eine überschlägige Berechnung ergab hier eine wirksame Höhe von ca. 2,50 ... 2,80 m. Dies ist bei Realisierung der gegenständlichen Anlage noch zu prüfen und zu verifizieren.

Te220711E1 Erweiterung Photovoltaikanlage Ebermannsdorf Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

Ein solcher Sichtschutz kann durch eine entsprechend hohe und dichte, im betreffenden Zeitraum von Mitte März bis Ende September belaubte Bepflanzung oder durch bauliche Maßnahmen am Zaun wie Wellblech- oder Kunststoffplatten, textiler Sicht- oder Sonnenschutz usw. realisiert werden.

Bei einer Ausführung des Sichtschutzes als Anpflanzung sind ggf. Zwischenmaßnahmen bis zur Erreichung des wirksamen Vegetationszustandes zu treffen.

In Richtung der weiter südlich liegenden Wohnbebauung wurden keine Direktreflexionen des Sonnenlichtes ermittelt.

Somit sind bei Ausführung der Photovoltaikanlage nach der vorliegenden Planung und bei Realisierung der vorgesehenen Sichtschutzmaßnahme in entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung keine störenden oder unzumutbaren von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen zu erwarten.

5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere

Von künstlichem Licht verursachte nächtliche Lichtimmissionen wie Blendung, Raumaufhellung und Lichtverschmutzung (Lichtglocke) sind insbesondere für nachtaktive Insekten, Vögel oder Fledermäuse eine zu vermeidende Beeinträchtigung, die durchaus drastische Auswirkungen haben können.

Es sind keine konkreten Erkenntnisse dahingehend bekannt, dass es durch Sonnenreflexionen von Photovoltaikanlagen bei Tag zu nennenswerten Belastungen für die lokale wilde Tierwelt kommt.

Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass Tiere, die in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt sind und den Blendwirkungen nicht ausweichen können (z.B. Pferdekoppel, betroffene Stallgebäude usw.), teilweise sehr sensibel auf solche Blendwirkungen reagieren. Betroffene Landwirte berichten z.B. von Auswirkungen wie einer höheren Nervosität der Tiere, Schwierigkeiten beim Melken, reduzierten Reproduktions- und Wachstumsraten usw.

Diesbezüglich möglicherweise relevante Punkte liegen in der hier untersuchten Situation nicht vor.

Licht-Immissionsgutachten
Erweiterung Photovoltaikanlage Hofmann Ebermannsdorf

6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse

Durch die Realisierung der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage Ebermannsdorf südlich der Autobahn A6 und der bereits bestehenden PV-Anlage sind bei Ausführung der Anlage gemäß des vorliegenden, im Vorfeld hinsichtlich der Blendwirkung optimierten Konzeptes und unter Realisierung der vorgesehenen Sichtschutzmaßnahme in entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung keine Störungen auf der Bundesautobahn A6, der Kreisstraße AS23 oder der umliegenden Wohnbebauung von Ebermannsdorf durch von den Moduloberflächen ausgehende Blendreflexionen zu erwarten.

Von der Autobahn A6 und der Kreisstraße AS23 aus ist die geplante PV-Anlage in den relevanten Sichtfeldern der Fahrer nicht zu sehen, so daß hier keine Störungen des Verkehrs durch Blendwirkungen zu erwarten sind.

In Richtung der nordwestlichen Wohnbebauung von Ebermannsdorf können bei entsprechenden Sonnenständen in den Abendstunden von März bis September Blendreflexionen auftreten, die bei guten Sichtverhältnissen innerhalb des kritischen Blickwinkelkorridors und entsprechenden Witterungsbedingungen teilweise über den angesetzten Richtwerten liegen können.

Diese können durch die vorgesehenen Sichtschutzmaßnahme in entsprechend wirksamer Höhe und Ausführung auf ein Ausmaß innerhalb der Richtwerte gebracht werden.

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



13.07.2022

Jens Teichelmann

Dipl.-Ing. Lichttechnik



IBT 4Light GmbH

Boenerstraße 34
90765 Fürth

Jens Teichelmann
Dipl.-Ing. Lichttechnik
Geschäftsführung

Tel. +49 (0) 911 - 979155-91
Mobile: +49 (0) 177 - 1980807
Fax: +49 (0) 911 - 979155-93
IBT@4Light.de - www.4Light.de

Urheberschutz:

Alle Rechte vorbehalten. Das Gutachten ist nur für den Auftraggeber und die direkt am Projekt beteiligten Personen und Behörden und nur für den angegebenen Zweck bestimmt.

Eine Vervielfältigung, Veröffentlichung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit schriftlicher Genehmigung gestattet.