

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



GA-Nummer: Te-250731-S-1

Im Auftrag von
Kronos Solar Projects GmbH
Leipzig

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

Fürth, 24.10.2025

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Bad Sulza

Auftraggeber:

Kronos Solar Projects GmbH

Großer Brockhaus 1
04103 Leipzig

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	9
2.4 Verwendete Hilfsmittel	9
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	18
5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere	25
6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse	26

1 Extrakt

Im Auftrag der Kronos Solar Projects GmbH in Leipzig wurde die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Bad Sulza nördlich der Landesstraße L2158, östlich der Ortschaften Bad Sulza bzw. Bergsulza und westlich der Ortschaft Lachstedt hinsichtlich der auf der Landesstraße L2158, der von Süden nach Lachstedt führenden Dorfstraße und in der westlich/südwestlich bzw. östlich liegenden Wohnbebauung von Bergsulza bzw. Lachstedt zu erwartenden Blendung durch Sonnenreflexion untersucht.

Da es sich um eine noch nicht realisierte Anlage handelt wurde über eine Worst-Case-Betrachtung anhand der vorliegenden Angaben eine rechnerische Bewertung der geplanten Anlage durchgeführt.

Hierzu wurden in Ermangelung produktspezifischer Reflexionsdaten der vorgesehenen Photovoltaikmodule vom Hersteller Eckdaten für das Reflexionsverhalten der Moduloberflächen aus anderen, vergleichbaren Situationen herangezogen.

Die Betrachtung der zu erwartenden Blendung erfolgte durch eine Bewertung der bei dieser Anlagengeometrie möglichen Effekte durch Direktreflexion des Sonnenlichtes sowie durch eine Bewertung des bei der Reflexion auf der Oberfläche des Photovoltaikmoduls gestreuten Sonnenlichtanteils mittels einer Reflexionsberechnung im dreidimensionalen Raum und unter Berücksichtigung des Reflexionsverhaltens der Oberfläche.

Es wurde jeweils untersucht, inwieweit mögliche Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen an den Oberflächen der Photovoltaikmodule als relevant wahrgenommen werden und ob diese die für das Führen von Fahrzeugen auf den betreffenden Verkehrswegen relevanten Sichtfelder betreffen.

Durch die Realisierung der untersuchten Photovoltaik-Freiflächenanlage sind bei Ausführung der Anlage gemäß des uns vorliegenden, im Vorfeld bzgl. der Blendung optimierten Konzeptes und bei Realisierung der vorgesehenen Ausrichtung der Modulreihen Sichtschutzmaßnahme keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Landesstraße L2158, der von Süden nach Lachstedt führenden Dorfstraße und in der westlich bzw. südwestlich bzw. östlich liegenden Wohnbebauung von Bergsulza bzw. Lachstedt zu erwarten.

Möglicherweise auftretende Reflexionen in Richtung der nordöstlichen Bebauung von Bergsulza werden unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonne gesehen, so daß diese durch die natürliche Direktblendung der Sonne überlagert werden und nicht als eigenständige Blendquelle wahrgenommen werden. Solche Reflexionen sind nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren /1/ nicht als Blendung zu qualifizieren.

Eventuell auftretende kleinflächige Highlights durch Reflexionen an Biege- oder Schnittkanten z.B. des Rahmens oder der Leiterbahnen werden in größerer Entfernung gemittelt wahrgenommen und sind als unkritisch anzusehen.

Größere gerundete reflektierende Oberflächen in der Konstruktion sollten jedoch nach Möglichkeit vermieden werden.

2 Allgemeines

Licht gehört zu den Emissionen bzw. Immissionen im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes. Sofern Immissionen „nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“, so gelten sie im Sinne dieses Gesetzes als schädliche Umwelteinwirkungen. Dies betrifft neben anderen Immissionsarten auch die Lichtimmissionen.

Laut Bundesimmissionsschutzgesetz sind sowohl bei genehmigungsbedürftigen als auch bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen mit Ausnahme der Anlagen des öffentlichen Straßenverkehrs geeignete Maßnahmen nach Stand der Technik zu treffen, um Lichtimmissionen zu vermeiden bzw. auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Dies betrifft insbesondere Sportstättenbeleuchtungen, Beleuchtungen in Bau, Industrie und Gewerbe, Anstrahlungen sowie Reklamebeleuchtungen.

Technische oder bauliche Anlagen, die das Sonnenlicht reflektieren, sind nach Baurecht zu behandeln und so auszuführen, dass durch die Sonnenlichtreflexionen keine Störungen bei Anwohnern, auf Verkehrsstraßen oder in sicherheitsrelevanten Einrichtungen erzeugt werden.

2.1 Aufgabenstellung, Zweck des Gutachtens

Im Auftrag der Kronos Solar Projects GmbH in Leipzig war die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Bad Sulza nördlich der Landesstraße L2158, östlich der Ortschaften Bad Sulza bzw. Bergsulza und westlich der Ortschaft Lachstedt auf folgende Punkte hin zu prüfen:

- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den möglichen Immissionsorten auf der Landesstraße L2158, der von Süden nach Lachstedt führenden Dorfstraße und in der westlich/südwestlich bzw. östlich liegenden Wohnbebauung von Bergsulza bzw. Lachstedt bei statischer Ausführung der Anlage
- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch Streuwirkung der Sonnenreflexion auf der Glasoberfläche oder des Rahmens der Module an den festgelegten möglichen Immissionsorten

Die Bewertung weiterer Auswirkungen neben den genannten war nicht Bestandteil dieser Untersuchung.

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

2.2 Tatsachenfeststellung, Beschreibung der Situation

Bei der zu betrachtenden geplanten Anlage handelt es sich um eine aus 3 Teilmodulfeldern bestehende Photovoltaik-Freiflächenanlage, die auf einer momentan noch landwirtschaftlich genutzten Fläche nördlich der Landesstraße L2158, östlich der Ortschaften Bad Sulza bzw. Bergsulza und westlich der Ortschaft Lachstedt in dem gekennzeichneten Bereich auf einer Anhöhe montiert werden soll.

Die Ausrichtung der Modulreihen wurde im Vorfeld über ein iteratives Rechenverfahren hinsichtlich der Blendwirkung durch Sonnenlichtreflexionen zur südwestlich liegenden Wohnbebauung und der Landesstraße L2158 hin optimiert.

Die Modulreihennormalen der einzelnen Modulfelder sollen auf entsprechenden Unterkonstruktionen mit den nachfolgenden Ausrichtungen montiert werden:

- Nördliches und nordwestliches Modulfeld: Ausrichtung der Modulreihennormalen auf 192° Südsüdwest bei einer Aufneigung auf 15°
- Südliches Modulfeld: Ausrichtung der Modulreihennormalen auf 165° Südsüdost bei einer Aufneigung auf 15°





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

Für die maximale Höhe der Module mit den vorgesehenen Unterkonstruktionen wird nachfolgend von einer Bauhöhe von ca. 2,70 m mit entsprechenden Toleranzen zum Geländeausgleich ausgegangen.

Höhere oder niedrigere Bauhöhen sind grundsätzlich ebenfalls möglich.

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

Das Gelände hat eine Erhebung zwischen dem nördlichen und dem südlichen Modulfeld und fällt von dort aus nach Nordwesten, Westen, Süden und Osten hin deutlich ab. Die südwestliche Ecke der Modulflächen liegt dadurch ca. 27 m und die nordwestliche Ecke ca. 32 m tiefer als der höchste Punkt der Fläche. Durch dieses Geländegefälle liegen bei Montage der Modulreihen in der geplanten Ausrichtung deutliche Querneigungen vor.

Es ist davon auszugehen, daß bei Montage der Modulreihen in der vorgesehenen Ausrichtung je nach punktuelltem Geländegefälle entsprechende Querneigungen zwischen ca. $-6,0^\circ$... $+1,5^\circ$ auftreten werden, die die resultierende Ausrichtung der Einzelmodule beeinflussen und die bei den weiteren Betrachtungen berücksichtigt werden müssen.

Südwestlich der Fläche befindet sich in Entfernungen ab ca. 350 m und deutlich tiefer als die gegenständliche Fläche liegend die Bebauung der Ortschaft Bergsulza mit Wohn- und Nutzgebäuden und mit relevanten Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen.

Nordwestlich von Bergsulza befindet sich ebenfalls deutlich tiefer als die betrachtete Fläche weitere Bebauung von Bad Sulza, Dorfsulza und Oberneusulza. Von hier aus liegen keine Sichtverbindungen zu den Modulkonstruktionen vor.

Östlich angrenzend an die geplante Anlage soll zeitgleich die weitere geplante PV-Anlage Schmiedehausen errichtet werden. Durch die zeitgleiche Realisierung der beiden PV-Anlagen wird davon ausgegangen, daß durch die beiden geplanten PV-Anlagen gegenseitige Unterbrechungen der Sichtachsen erfolgen, die in den weiteren Betrachtungen entsprechend berücksichtigt werden.

Östlich dieser Fläche liegt in Entfernungen ab ca. 600 m zur hier betrachteten Fläche die Ortschaft Lachstedt. Diese liegt deutlich tiefer als die gegenständliche Fläche. Durch diese tiefere Lage der Ortschaft, den Anstieg des Geländes nach Westen und durch die aus dieser Richtung davor liegenden Modulkonstruktionen der geplanten PV-Anlage Schmiedehausen verdeckt. Über diese Modulkonstruktionen hinweg können von hohen Beobachtern aus Richtung Lachstedt lediglich die Oberseiten der Modulkonstruktionen auf der Bergkuppe der hier betrachteten Anlage gesehen werden, die in diesem Fall mehr als ca. 900 m entfernt sind. Durch die große Entfernung sowie durch die kleinflächige Wahrnehmung der nur teilweise sichtbaren Moduloberflächen sind hier keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen zu erwarten.

Südöstlich der Fläche liegt in ca. 1.300 m Entfernung die Ortschaft Schmiedehausen,

Südlich der gegenständlichen Fläche verläuft die Landesstraße L2158 von Bergsulza in südöstlicher Richtung nach Schmiedehausen.

Von Schmiedehausen aus verläuft die Dorfstraße nach Norden in Richtung Lachstedt.

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

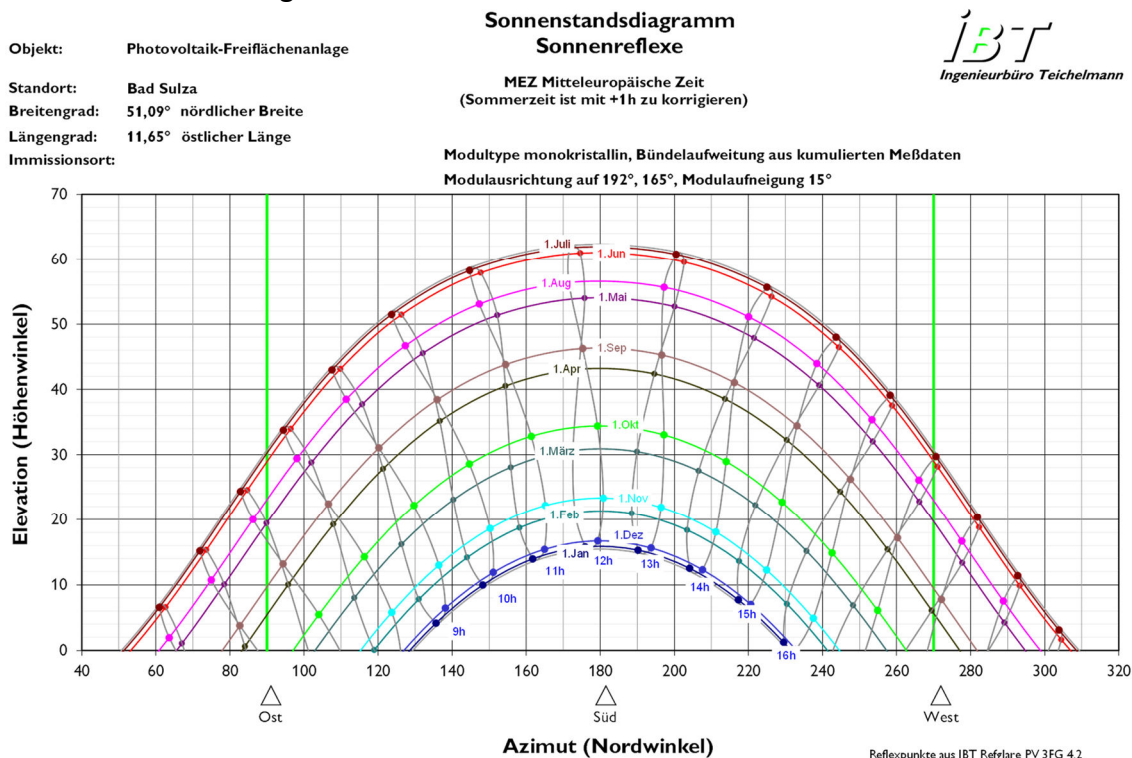
Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

- Modulbelegungspläne/Pläne:
 - o 250930_Bad Sulza_Layout_V4.pdf
- Luftbild des Geländes, vom AG bereitgestellt
- Fotos von der Situation vor Ort aus Google Streetview

2.4 Verwendete Hilfsmittel

Für die Begutachtung wurden folgende Hilfsmittel verwendet:

- Sonnenstandsdiagramm MEZ für die Ortskoordinaten des Geländes



- Excel
- Reflexionsmatrixsoftware Reflare PV 3FG 3.4

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

2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen

Auf folgende Quellen wurde bei der Bewertung Bezug genommen:

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

3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen

3.1 Grundlegende Methodik

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

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

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

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.

Sofern bei einer betrachteten Anlage bei sicherheitsrelevanten Immissionsorten wie Straßen oder Bahnstrecke unzumutbare Blendwirkungen ermittelt werden, so liegt hier bereits eine übergeordnete Eingriffsschwelle vor. In diesem Fall wird die möglicherweise ebenfalls betroffene Wohnbebauung nur durch eine Berechnung der kumulierten Einwirkung betrachtet. Eine zusätzliche Betrachtung der an den Einzelpunkten erreichten Expositionszeiten erfolgt in diesen Fällen nicht.

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 und Angaben sowie auf Basis von Fotos der Situation vor Ort aus Google Streetview 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.



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

Außerhalb der genannten Reflexionsbündel konnten in den Messungen keine nennenswerten Leuchtdichteerhöhungen mehr festgestellt werden.

Die ermittelten partiellen Reflexionsgrade sowie die Bündelaufweitungen stellen die Basis für die weiteren Untersuchungen der erreichten Blendwerte dar.

Vor allem bei größeren Entfernungen zwischen Immissionsort und Blendquelle ist die Bündelaufweitung eine wichtige Größe der Beurteilung.

Diese lagen im konkreten Fall für die verwendete Modultype von Seiten des Herstellers nicht vor. Für die Untersuchung wurde eine kumulierte Rechendatei aus den Reflexionsdaten diverser kristalliner Modultypen mit Standard-Solarglas mit einem Sicherheitspuffer von 2° verwendet. Die zu Grunde liegenden Reflexionsdaten dieser Modultypen wurden in partiellen Vermessungen der Reflexionsdaten im Rahmen vorangegangener ähnlicher Untersuchungen ermittelt.

Diese Modultypen weisen mittlere, typische Reflexionsdaten mit den typischen Minima und Maxima auf, so daß von einer guten Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere, vergleichbare Modultypen ausgegangen werden kann.

Die in den damaligen Untersuchungen nicht aufgenommenen Winkel konnten interpoliert werden.

Bei der hier betrachteten konkreten Situation ergaben sich durch sehr flache Einstrahlwinkel jedoch Blickwinkel, in die das reflektierte Sonnenlicht stark gestreut wird, so dass sich durch Differenzen im Reflexionsverhalten in erster Linie die Einwirkzeit und die Helligkeit der Blenderscheinung ändert, die geometrische Situation aber nur geringfügig beeinflusst wird.

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Bad Sulza

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 Landesstraße L2158, der von Süden nach Lachstedt führenden Dorfstraße und in der westlich/südwestlich bzw. östlich liegenden Wohnbebauung von Bergsulza bzw. Lachstedt 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.

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 werden hinsichtlich der Blendwirkung in der Regel als unkritisch eingeschätzt.

In Kreuzungs- oder Abbiegebereichen wird wegen dem dann schweifenden Blick der Fahrer ein entsprechend weiteres relevantes Sichtfeld angesetzt.

Für diesen Ansatz eines relevanten Sichtfeldes bei der Bewertung von Lichtreflexionen für Fahrer, Lokomotivführer, Piloten oder ähnliches gibt es in Deutschland langjährige Erfahrungen. Dieser Ansatz erfolgt dabei in Anlehnung an verschiedene Richtlinien wie z.B. die Vorgaben des Fernstraßen-Bundesamtes, die in Österreich zur Bewertung von Blendung durch Sonnenlicht verwendete OVE-Richtlinie R 11-3 oder der ECE-Regelung für das vordere Sichtfeld bei KFZ und wird in ähnlicher Form mit einem kleineren Winkelbereich z.B. auch bei den autobahneigenen Blendschutzzäunen angewendet.

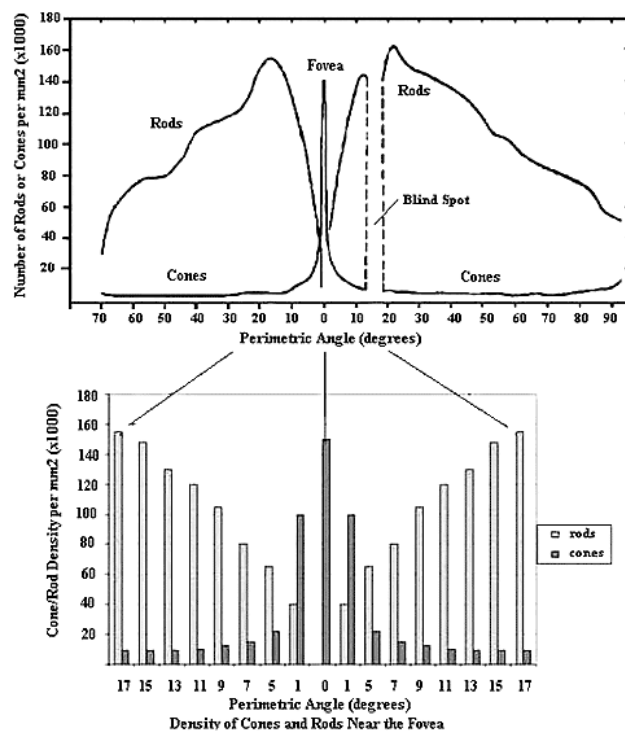
Durch den langjährigen Ansatz dieser Prämisse und die Tatsache, daß mittlerweile viele tausend PV-Anlagen unter Ansatz eines solchen relevanten Sichtfeldes auf den privilegierten Flächen entlang von Autobahnen, Verkehrsstraßen, Bahnstrecken, Flughäfen oder ähnlichem realisiert worden sind, entspricht dieser Ansatz dem Stand der Technik.

Es sind keine Fälle bekannt, bei denen durch Sonnenlichtreflexionen außerhalb dieses relevanten Sichtfeldes verkehrsgefährdende Situationen, Unfälle oder ähnliches verursacht worden sind.

Der Reflex wird bei stark von der Hauptblickrichtung abweichenden Blickwinkeln in der Regel nur am Rand des Sichtfeldes peripher oder bei kurzzeitigen Veränderungen der Blickrichtung z.B. beim Überholen oder beim Spurwechsel nur kurzzeitig und erwartbar wahrgenommen und behindert die für eine sichere Fahrt auf dieser Fahrspur erforderliche Blickrichtung in der Regel 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



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

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.

Daher sind bei stärker von der Hauptblickrichtung abweichenden Blickwinkeln keine störenden Direktblendung durch die Sonnenlichtreflexionen an den Moduloberflächen zu erwarten.

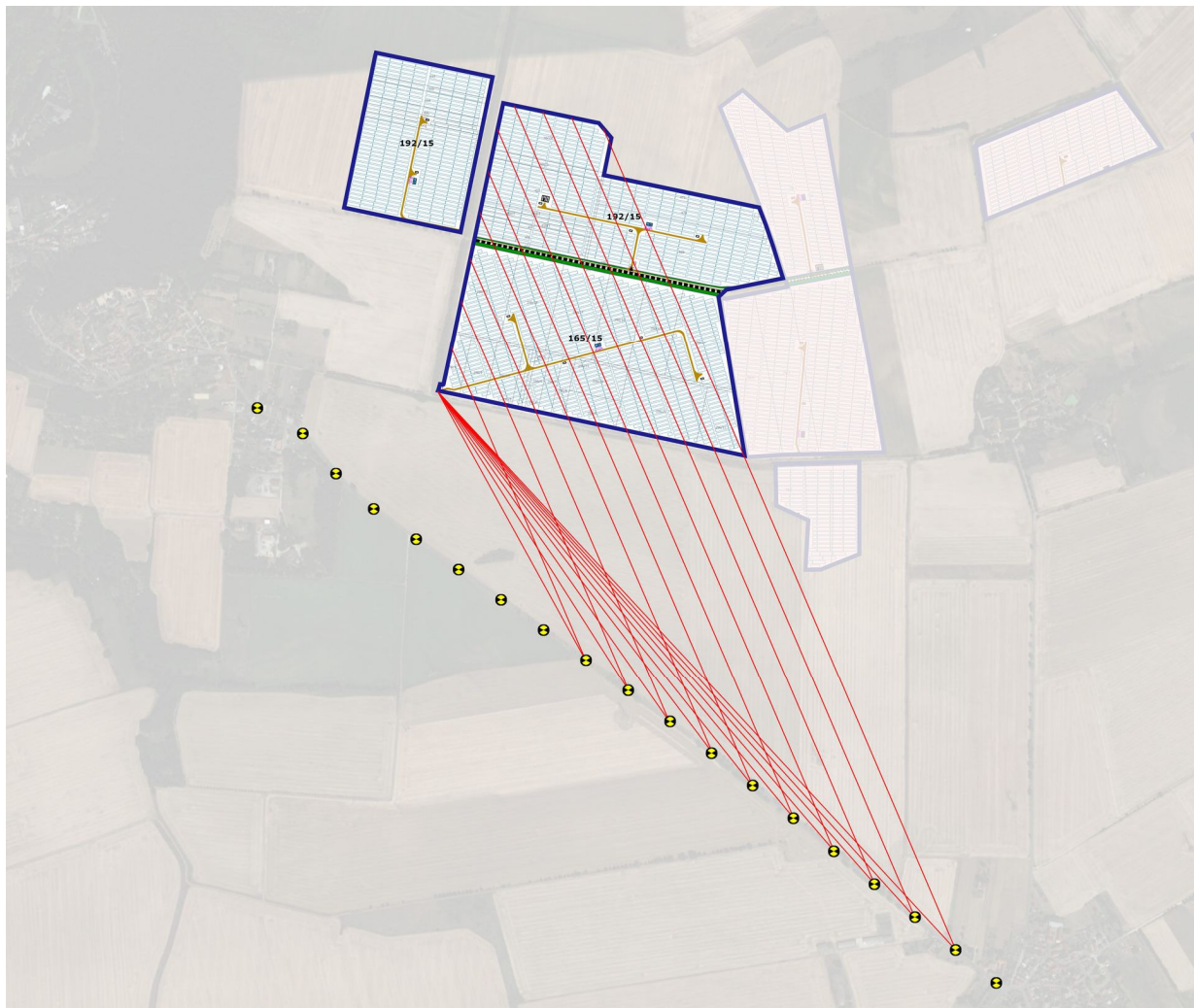
Insofern ist davon auszugehen, daß eine Differenzierung möglicher Direktreflexionen des Sonnenlichtes in kritische Blendreflexionen innerhalb des angesetzten relevanten Sichtfeldes der Fahrer und weitestgehend unkritische Sonnenlichtreflexionen außerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer die Relevanz dieser Reflexionen auf mögliche Beeinträchtigungen des Verkehrs in der Realität gut abgebildet und daß mögliche Gefährdungen der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs auf den betreffenden Verkehrswegen durch diesen Ansatz gut eingeschätzt werden können.

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

Landesstraße L2158

Für die möglichen Immissionsorte auf der Landesstraße L2158 in Fahrtrichtung Nordwest 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. 137° Südost und 157° Südsüdost bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -2,4° und -1,2° vorliegen.

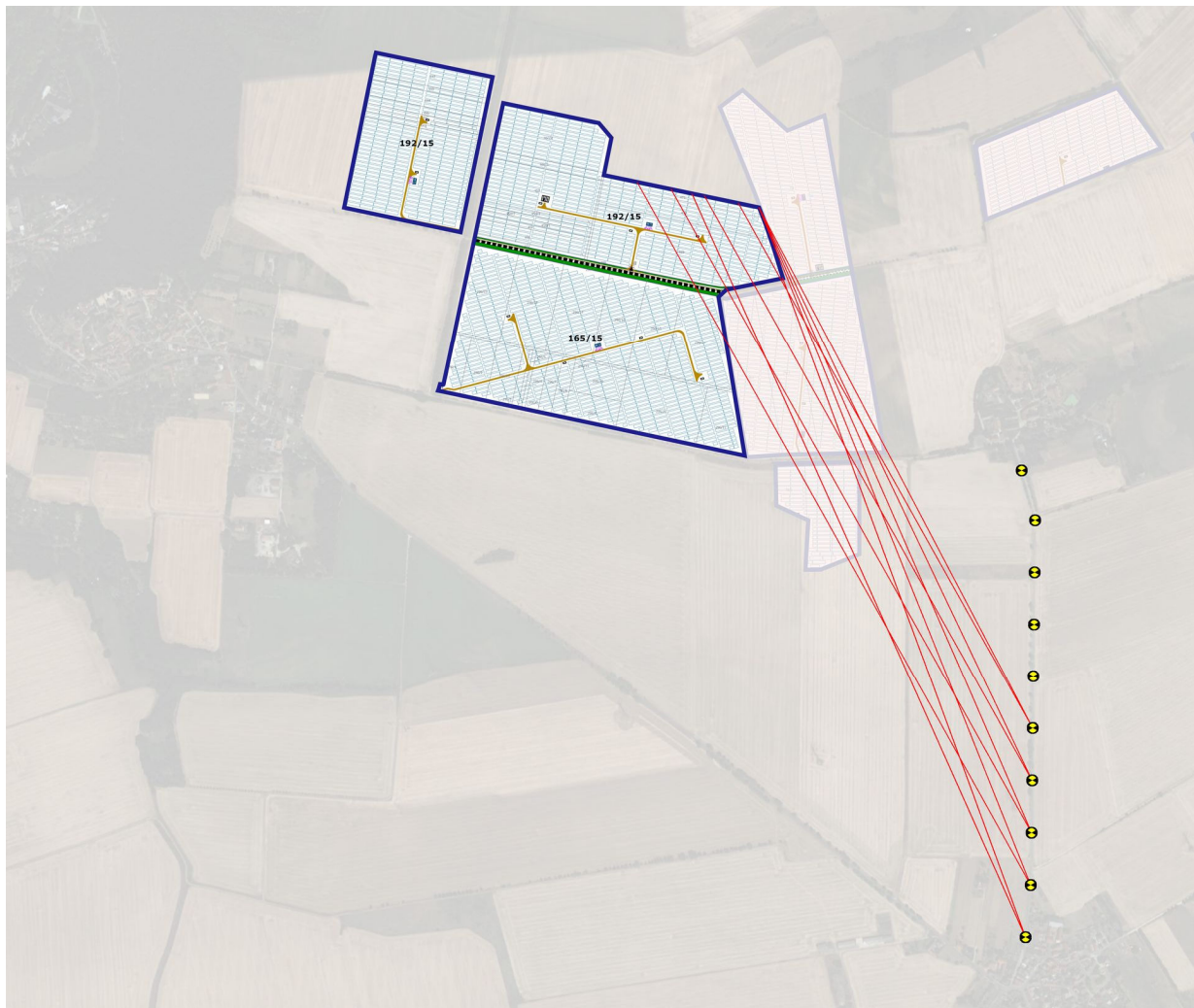


Für diese Winkelkonstellation wurden keine Sonnenstände ermittelt, die bei der gegebenen Situation und an diesem Standort Direktreflexionen in Richtung der markierten Beobachter auslösen können. Hier sind also auch bei freien Sichtverbindungen keine störenden Blendwirkungen zu erwarten.

In der entgegengesetzten Fahrtrichtung auf der Landesstraße L2158 nach Südosten liegt die gegenständliche PV-Anlage außerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer, so daß störende Blendwirkungen innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer hier bereits aus diesem Grund ausgeschlossen werden können.

Aus südlicher Richtung nach Lachstedt führende Dorfstraße

Für Fahrer auf der von Süden nach Lachstedt führenden Dorfstraße können die Moduloberflächen bei freien Sichtverbindungen innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer in Fahrtrichtung Nord unter Beobachter-Azimutwinkeln zwischen ca. 151° Südsüdost und 161° Südsüdost und Beobachter-Elevationswinkel zwischen ca. $-0,8^\circ$ und $-0,5^\circ$ vorliegen.



Die Anlage liegt dabei ausschließlich in dem oben markierten, mehr als ca. 1.300 m entfernt liegenden Bereich dieser Straße innerhalb des relevanten Sichtfeldes der Fahrer, so daß hier

bereits auch bei vorliegenden Sichtverbindungen wegen der großen Entfernung und der dadurch eintretenden Minderungseffekte einer möglichen Sonnenlichtreflexion keine störenden Blendwirkungen zu erwarten sind.

Somit wurden in Richtung der umliegenden Verkehrswege keine störenden oder unzumutbaren, den Verkehr beeinträchtigenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen an den gegenständlichen Moduloberflächen ermittelt.

Wohnbebauung von Bergsulza

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

Stellvertretend werden hier einige Punkte berechnet, bei denen nach den bekannten Daten vom Vorliegen der entsprechenden Sichtverbindungen über einen großen Winkelbereich ausgegangen werden kann.

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

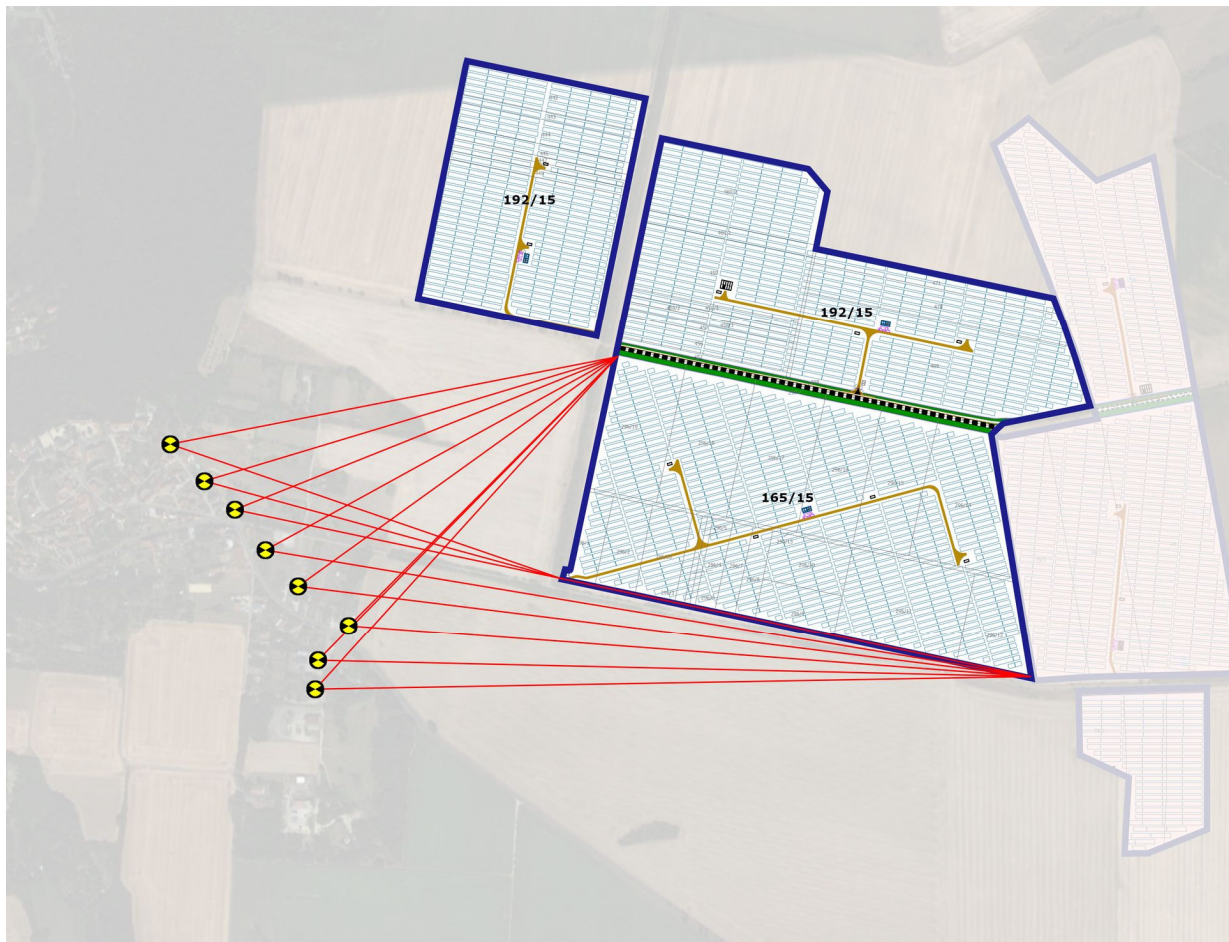
Teilweise sind die Sichtverbindungen zu den Reflexionsflächen der Anlage durch Verbauung oder Bewuchs unterbrochen. Hier wurde jeweils der Worst Case berechnet, in dem der Bewuchs, dessen abschattende Wirkung im Jahresverlauf sowie auch über die Laufzeit der Photovoltaikanlage betrachtet keine konstante Größe ist, nicht berücksichtigt wird.

Hier werden in Anlehnung an das Bewertungsverfahren der Landesumweltämter die zeitlichen Richtwerte einer als noch zumutbar angesehenen astronomisch möglichen Einwirkdauer der Blendwirkung von maximal 30 min/Tag und maximal 30 h/Jahr angesetzt.

Die übrigen Punkte können aus diesen Ergebnissen interpoliert werden.

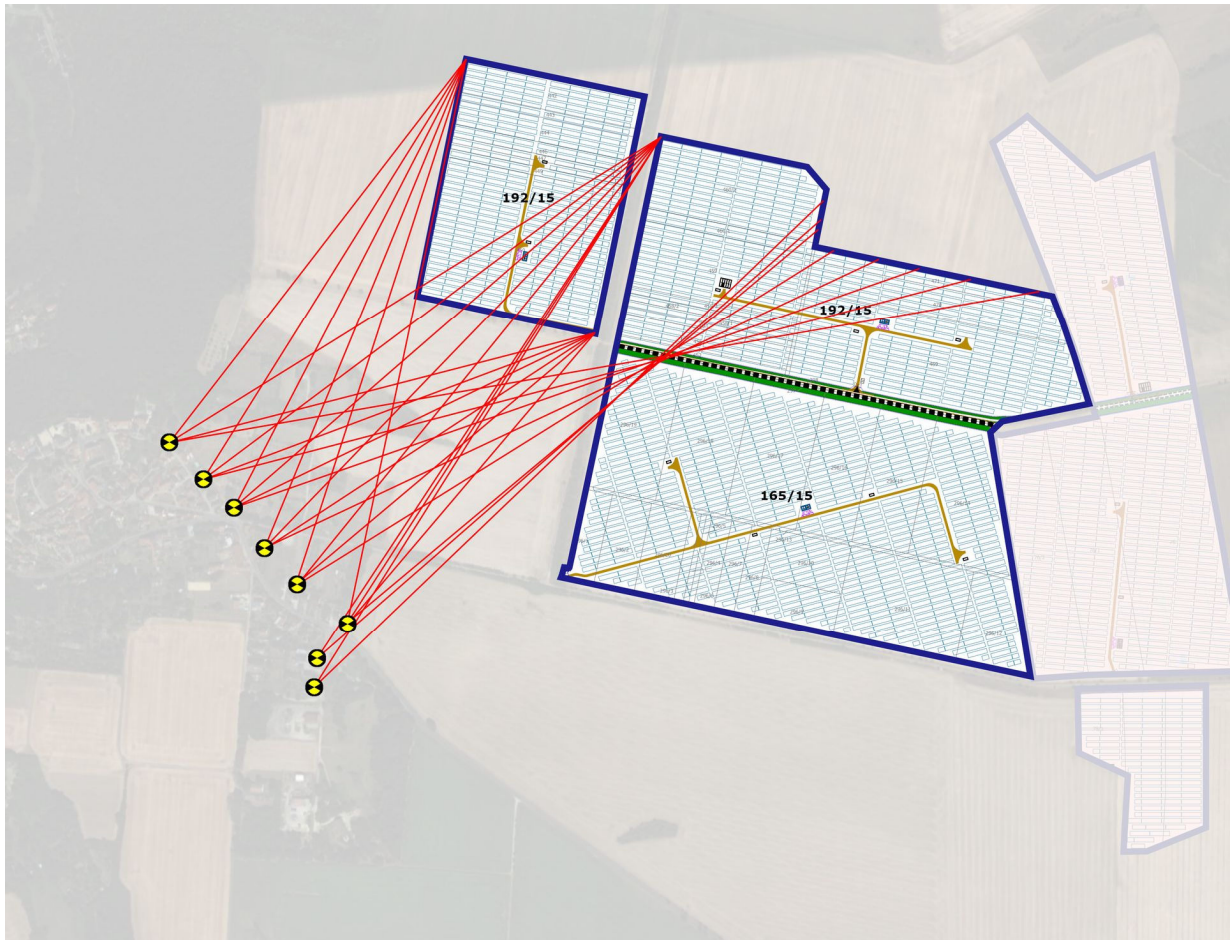
Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Bad Sulza

Von dieser Bebauung aus können beim Blick zu den Moduloberflächen des südlichen, auf 165° Südsüdost ausgerichteten Modulfeldes Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 222° Südwest und 289° Westnordwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen ca. -4,9° und -2,6° bezogen auf die Einzelflächen auftreten.



Von den nördlichen dieser Punkte aus können auch bei freien Sichtachsen nur die Rückseiten der Modulkonstruktionen gesehen werden.

Die Moduloberflächen der beiden nördlichen, auf 192° Südsüdwest ausgerichteten Modulfelder können aus Sicht dieser Bebauung unter Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 192° Südsüdwest und 260° West und Beobachter-Elevationswinkel zwischen ca. -4,1° und -2,9° gesehen werden.

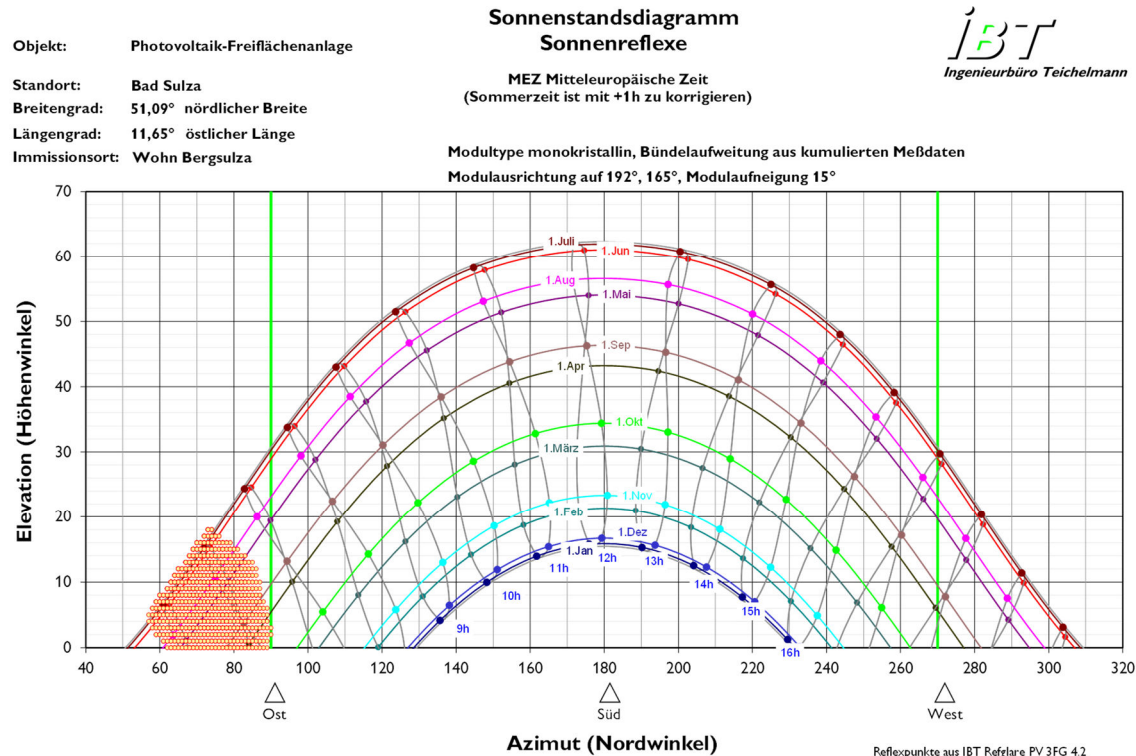


Die Blickwinkel werden durch die Position der Anlage und teilweise durch dazwischenliegende Verbauung, Bewuchs oder den Geländeverlauf begrenzt oder unterbrochen, so daß die oben markierten Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen in der Realität nur teilweise vorliegen. Im Sinne einer Worst Case-Betrachtung werden die oben markierten Sichtachsen für den Fall, daß diese punktuell vorliegen, vollständig berechnet.

Durch die geplante Ausrichtung der Module und den Geländeverlauf treten in dieser Situation in Richtung der vermerkten Beobachter nur Reflexionen bei tief stehender Sonne auf, die aus Sicht dieser Beobachter unter kleinen Blickwinkeldifferenzen zur Sonne gesehen werden.

Licht-Immissionsgutachten Photovoltaikanlage Bad Sulza

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



Die Punktwolke im Sonnenbahndiagramm zeigt zwei sich überlappende Punktwolken, die durch die verschiedenen ausgerichteten Anlagenteile entstehen. Das bedeutet, daß im ermittelten Zeitraum an den verschiedenen Anlagenteilen zu verschiedenen Zeiten und punktuell auch gleichzeitig entsprechende Reflexionen auftreten können.

Die Stundenlinien im Sonnenbahndiagramm entsprechen der MEZ (mitteleuropäische Zeit = Winterzeit). Die in diesem Zeitraum gültige Sommerzeit (MESZ) muß mit +1h korrigiert werden. In den gekennzeichneten Zeiträumen der Monate Ende März bis September können in den frühen Morgenstunden bei entsprechenden Sonnenständen also Reflexionen mit Leuchtdichten bis zu ca. 1 ... 5 Mio cd/m² in Richtung dieses Bereiches der Wohnbebauung von Bergsulza entstehen, die unter sehr kleinen Blickwinkeldifferenzen bis maximal ca. 10,0° zur Sonnenscheibe gesehen werden.

In dieser Situation werden Reflex und Sonne gleichzeitig auf der Netzhaut eines Beobachters abgebildet. Dabei wird der Reflex von der um den Faktor ca. 45 ... 50 wesentlich höheren Leuchtdichte der Sonne überlagert, so dass die Reflexion in der Regel nicht mehr als zusätzliche Blendung wahrgenommen wird.

Nach dem von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz angesetzten Bewertungsverfahren /1/ sind solche Reflexionen nicht als Blendung zu qualifizieren.

Die Reflexleuchtdichte ist in dieser Situation durch die nachlassende Leuchtdichte der Sonnenscheibe ebenfalls stark gemindert.

Licht-Immissionsgutachten
Photovoltaikanlage Bad Sulza

Darüber hinaus werden die kritischsten Sonnenstände durch den Geländeverlauf und durch die Eigenverschattung der Modulkonstruktionen teilweise abgeschattet.

Das ausschließliche Auftreten dieser Reflexionen in den frühen Morgenstunden mindert eine mögliche Wahrnehmung dieser Reflexionen zusätzlich.

Hier sind keine störenden oder unzumutbaren Blendreflexionen zu erwarten.

Von der östlich liegenden Bebauung von Lachstedt aus sind die Moduloberflächen der hier betrachteten Anlage nicht zu sehen, weil die für mögliche Blendwirkungen relevanten Sichtverbindungen durch den Geländeverlauf und die östlich dieser Anlage liegenden geplanten PV-Anlage Schmiedehausen unterbrochen.



Hier sind ebenfalls keine störenden oder unzumutbaren Blendwirkungen zu erwarten.

Somit sind bei Ausführung der Photovoltaikanlage Bad Sulza nach der vorliegenden Planung und bei Realisierung der vorgesehenen Ausrichtung der Modulreihen keine störenden oder unzumutbaren von der geplanten Photovoltaikanlage ausgehenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Landesstraße L2158, der von Süden nach Lachstedt führenden

Te250731S1 Photovoltaikanlage Bad Sulza Gutachten über Lichtimmission durch Sonnenreflexion.docx

Dorfstraße und in der westlich/südwestlich bzw. östlich liegenden Wohnbebauung von Bergsulza bzw. Lachstedt 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 Bad Sulza sind bei Ausführung der Anlage gemäß des vorliegenden, im Vorfeld hinsichtlich der Blendwirkung optimierten Konzeptes und unter Realisierung der vorgesehenen Ausrichtung der Modulreihen keine Störungen auf der Landesstraße L2158, der von Süden nach Lachstedt führenden Dorfstraße und in der westlich/südwestlich bzw. östlich liegenden Wohnbebauung von Bergsulza bzw. Lachstedt durch von den Moduloberflächen ausgehende Blendreflexionen zu erwarten.

In Richtung der Wohnbebauung von Bergsulza wurden bei Untersuchung der geplanten Anlagengeometrie lediglich Reflexionen in Richtung der entfernten Beobachter ermittelt, die bei tief stehender Sonne unter kleinen Blickwinkeldifferenzen $<10^\circ$ zur Sonnenscheibe gesehen werden. In dieser Situation wird der Reflex durch die unvermeidbare Direktblendung der Sonne überlagert und deshalb in der Regel nicht als eigenes Blendereignis wahrgenommen. Nach dem zu Grunde liegenden Bewertungsverfahren werden solche Sonnenlichtreflexionen nicht als Blendung eingestuft.

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



24.10.2025
Jens Teichmann
Dipl.-Ing. Lichttechnik

IBT4Light
IBT 4Light GmbH
Boenerstraße 34
90765 Fürth

Jens Teichmann
Dipl.-Ing. Lichttechnik
Geschäftsführung
Tel. +49 (0) 911 - 979155-91
Mobile: +49 (0) 177 - 1980807
Fax: +49 (0) 911 - 979155-93
IBT@4Light.de - www.4Light.de

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.

Das Gutachten darf in diesem Sinne Bestandteil der gemäß § 3 BauGB im Internet zu veröffentlichenden Planunterlagen sein.

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