SolPEG
Solar Power Expert Group

Blendgutachten
PV Anlage Biebelried

Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Biebelried in Unterfranken (Bayern)

SolPEG GmbH
Solar Power Expert Group
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg

FON: +49 (0)40 79 69 59 36
FAX: +49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

Inhalt

1 Auftrag 3
1.1 Beauftragung 3
1.2 Hintergrund und Auftragsumfang 3
2 Systembeschreibung 4
2.1 Standort Übersicht 4
2.2 Umliegende Gebäude 6
3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung 7
3.1 Rechtliche Hinweise 7
3.2 Blendwirkung von PV Modulen 7
3.3 Technische Parameter der PV Anlage 8
3.4 Berechnung der Blendwirkung 9
3.5 Standorte für die Analyse 10
4 Ergebnisse 11
4.1 Allgemeine Hinweise 11
4.2 Ergebnisübersicht 12
4.3 Ergebnisse am Messpunkt P1 13
4.4 Ergebnisse am Messpunkt P2 13
4.5 Ergebnisse am Messpunkt P3 14
4.6 Ergebnisse am Messpunkt P4 15
5 Zusammenfassung der Ergebnisse 17
5.1 Zusammenfassung 17
5.2 Beurteilung der Ergebnisse 17
6 Schlussbemerkung 17

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

SolPEG Blendgutachten

Analyse der Blendwirkung der geplanten PV Anlage Biebelried

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Die SolPEG GmbH ist durch die Südwerk GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der PV Anlage „Biebelried“ für die Autobahn A3 sowie umliegende Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

Lt. Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) bzw. gemäß der daraus resultierenden sog. Licht-Leitlinie[1] sind technische Anlagen, die das Sonnenlicht reflektieren, so auszuführen, dass es bei Anwohnern und Verkehrsteilnehmern nicht zu erheblichen Störungen kommt. Die Licht-Leitlinie wurde durch die Bund/Länder - Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) verfasst und dient als Basis für Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen.
Die vorliegende Untersuchung soll klären ob bzw. in wie weit von der PV Anlage „Biebelried“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für die Autobahn A3 und Gebäude der Ortschaft Biebelried.
Die zur Anwendung kommenden Berechnungs- und Beurteilungsgrundsätze resultieren im Wesentlichen aus den Empfehlungen in Anhang 2 der Licht-Leitlinie in der aktuellen Fassung vom 08.10.2012.
Die Berechnung der Blendwirkung erfolgt auf Basis von vorliegenden Planungsunterlagen der PV Anlage, eine Analyse der Blendwirkung vor Ort ist nicht Bestandteil des Auftrags.

Einzelne Aspekte der Licht-Leitlinie werden an entsprechender Stelle widergegeben, eine weiterführende Beschreibung von theoretischen Hintergründen u.a. zu Berechnungsformeln kann im Rahmen dieses Dokumentes nicht erfolgen.

[1] Die Licht-Leitlinie ist u.a. hier abrufbar: http://www.cost-lonne.eu/wp-content/uploads/2015/11/LAI_RL_Licht_09_2012.pdf

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Fläche des geplanten Solarparks befindet sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet ca. 1,5 km westlich der Ortschaft Biebelried in Unterfranken ca. 8,3 km südöstlich von Würzburg. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Ackerflächen ca. 1,5 km westlich der Ortschaft Biebelried in Unterfranken , ca. 8,3 km südöstlich von Würzburg. Die Flächen sind überwiegend eben, leicht abfallend Richtung Süden
Koordinaten (Mitte)	49.765°N, 10.016°O 288 m ü.N.N.
Entfernung zur Autobahn A3	ca. 30 m (Geländegrenze)
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 1,1 km (kleinste Entfernung, relevante Blickrichtung)

Übersicht über den Standort und die PV Anlage (schematisch)

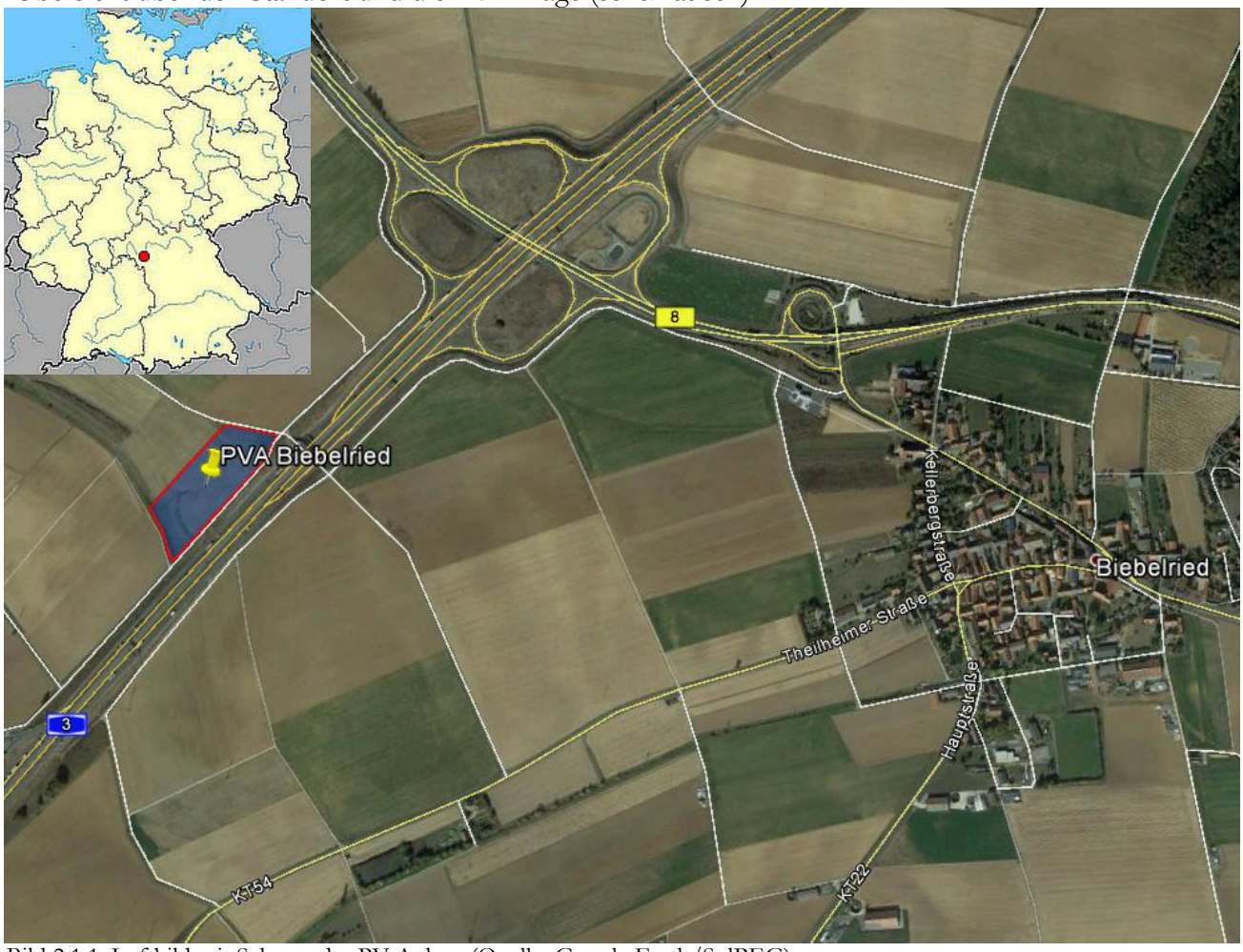


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

Detailansicht der PV Anlage

Bild 2.1.2: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Google Earth/SolPEG)

Bild 2.1.3: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Google Earth/SolPEG)

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

2.2 Umliegende Gebäude

Nicht alle wahrnehmbaren Reflexionen haben eine Blendwirkung zur Folge. In der Licht-Leitlinie (Seite 23) wird zur Bestimmung einer Blendwirkung folgendes ausgeführt:

Ob es an einem Immissionsort im Jahresverlauf überhaupt zur Blendung kommt, hängt von der Lage des Immissionsorts relativ zur Photovoltaikanlage ab. Dadurch lassen sich viele Immissionsorte ohne genauere Prüfung schon im Vorfeld ausklammern: Immissionsorte

- die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen
- die vornehmlich nördlich von einer Photovoltaikanlage gelegen sind, sind meist ebenfalls unproblematisch.
- die vorwiegend südlich von einer Photovoltaikanlage gelegen sind, brauchen nur bei Photovoltaik-Fassaden (senkrecht angeordnete Photovoltaikmodule) berücksichtigt zu werden.

Hinsichtlich einer möglichen Blendung kritisch sind Immissionsorte, die vorwiegend westlich oder östlich einer Photovoltaikanlage liegen und nicht weiter als ca. 100 m von dieser entfernt.

Die folgende Skizze zeigt die geplante PV Anlage und Gebäude der Ortschaft Biebelried in ca. 1,1 km Entfernung. Aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz könnten die Gebäude von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Aufgrund der Entfernung von über 1 km ist jedoch eine Blendwirkung sehr unwahrscheinlich. Vor diesem Hintergrund wird der Standort nur eingeschränkt analysiert.

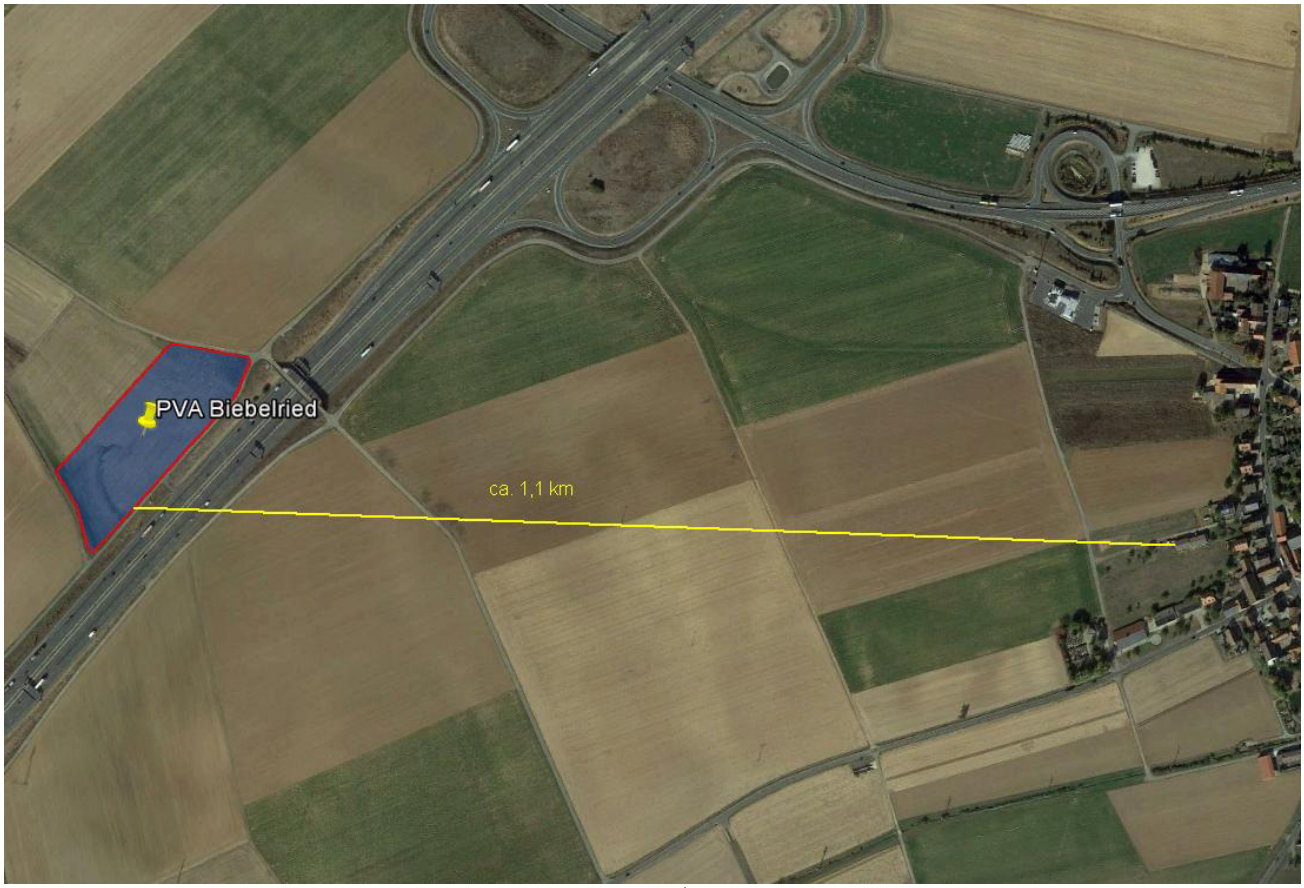


Bild 2.2.1: Gebäude östlich der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

Rechtliche Hinweise u.a. zur Licht-Leitlinie sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes.

3.2 Blendwirkung von PV Modulen

Vereinfacht ausgedrückt nutzen PV Module das Sonnenlicht zur Erzeugung von Strom. Hersteller von PV Modulen sind daher bestrebt, dass möglichst viel Licht vom PV Modul absorbiert wird, da möglichst das gesamte einfallende Licht für die Stromproduktion genutzt werden soll. Die Materialforschung hat mit speziell strukturierten Glasoberflächen (Texturen) und Antireflexionsschichten den Anteil des reflektierten Lichtes auf 1-4 % reduzieren können. Folgende Skizze zeigt den Aufbau eines PV Moduls:

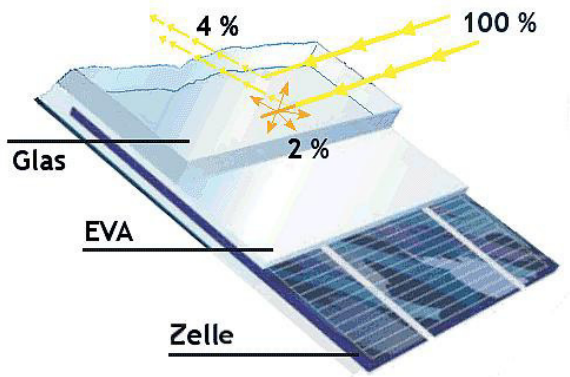


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: Internet/SolPEG)

PV Module zeigen im Hinblick auf Reflexion andere Eigenschaften als normale Glasoberflächen (z.B. PKW-Scheiben, Glasfassaden, Fenster, Gewächshäuser) oder z.B. Oberflächen von Gewässern. Direkt einfallendes Sonnenlicht wird von der Moduloberfläche diffus reflektiert:

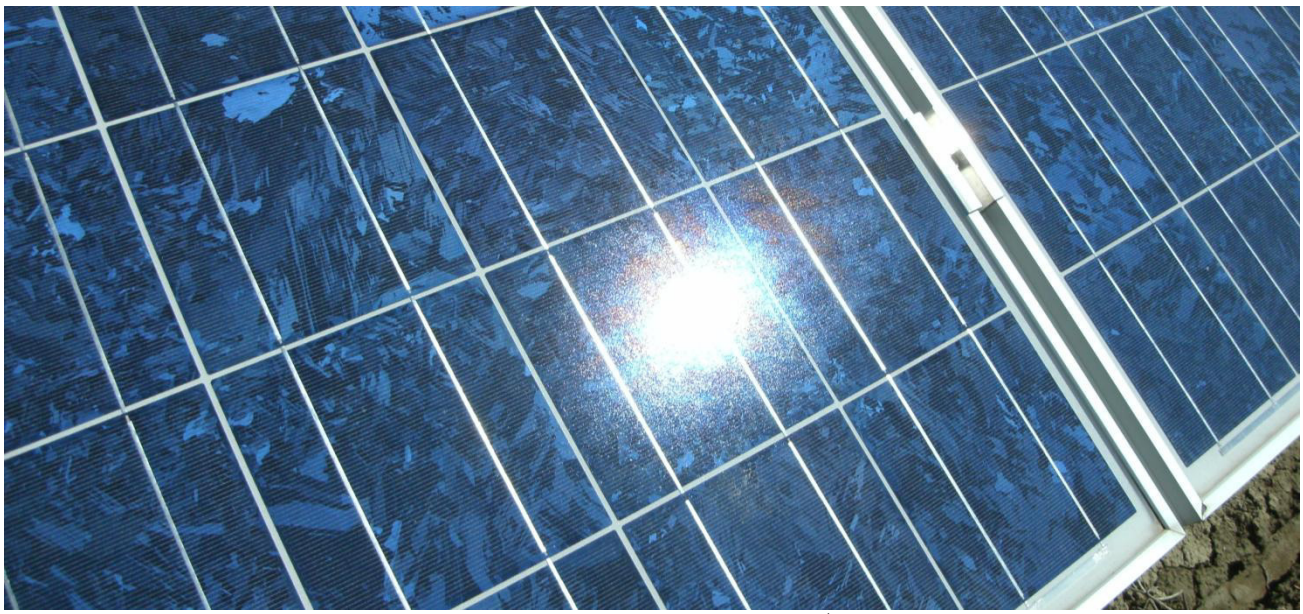


Bild 3.2.2: Diffuse Reflexion von direkten Sonnenlicht (Einstrahlung ca. 980 W/m²) auf einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

3.3 Technische Parameter der PV Anlage

Die optischen Eigenschaften und die Installation der Module, insbesondere die Ausrichtung und Neigung der Module sind wesentliche Faktoren für die Berechnung der Reflexionen. Die folgenden Skizzen verdeutlichen die Konstruktion der Modulinstallation.

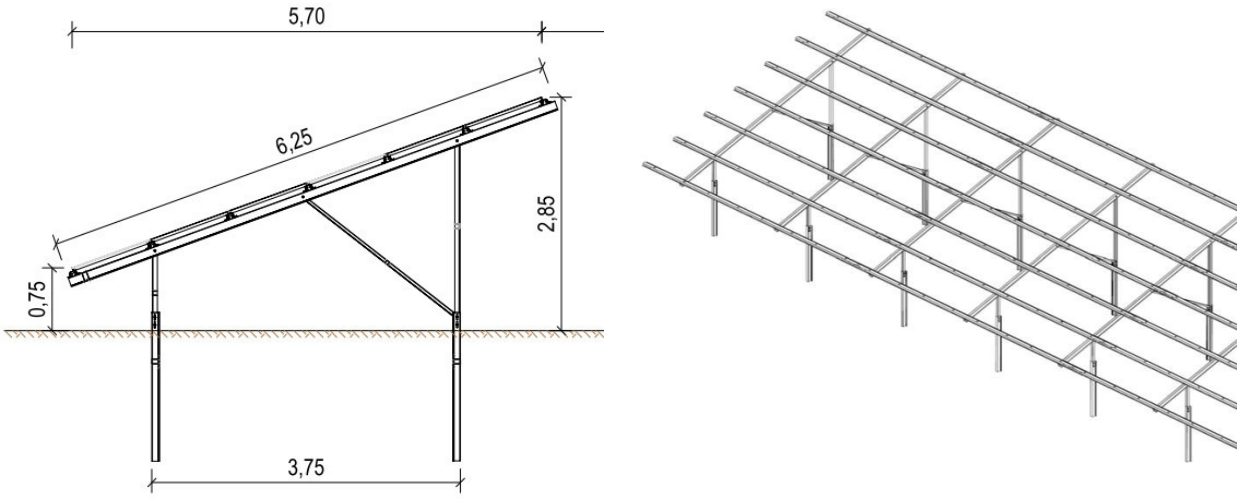


Bild 3.3.1: Skizzen der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber)

Die für die Untersuchung der Reflexion wesentlichen Parameter der PV Anlage sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 2: Berechnungsparameter

PV Modul	REC, Polykristallin
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	6 Module quer übereinander
Ausrichtung (Azimut)	180° (Süden)
Modulneigung	20°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. 0,75 m, max. 2,85 m
Mittlere Höhe der Modulfläche	2 m
Anzahl Messpunkte Straße	3 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Anzahl Messpunkte Gebäude	1 Messpunkt (siehe Skizze 3.5.1)
Höhe Messpunkte über Boden	2 m

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

3.4 Berechnung der Blendwirkung

Die Berechnung der Reflexionen von elektromagnetischen Wellen (auch sichtbares Licht) erfolgt nach anerkannten physikalischen Erkenntnissen und den entsprechend abgeleiteten Gesetzen (u.a. Reflexionsgesetz, Lambertsches Gesetz) sowie den entsprechenden Berechnungsformeln.
Darüber hinaus kommen die in Anhang 2 der Licht-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen (Seite 21ff) zur Anwendung, es werden jedoch aufgrund fehlender Angaben u.a. für Fahrzeuglenker zusätzliche Quellen herangezogen, u.a. die Richtlinien der FAA[2] zur Beurteilung der Blendwirkung für den Flugverkehr.
Eine umfassende Darstellung der verwendeten Formeln und theoretischen Hintergründe der Berechnungen ist im Rahmen dieser Stellungnahme nicht möglich.

Der grundlegende Ansatz zur Berechnung der Reflexion ist wie folgt. Wenn die Position der Sonne und die Ausrichtung des PV Moduls (Neigung: γ_P , Azimut α_P) bekannt sind, kann der Winkel der Reflexion (θ_P) mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\cos(\theta_P) = -\cos(\gamma_S) \cdot \sin(\gamma_P) \cdot \cos(\alpha_S + 180° - \alpha_P) + \sin(\gamma_S) \cdot \cos(\gamma_P)$$

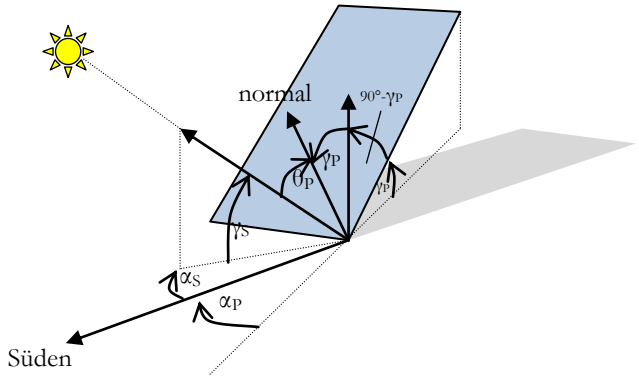


Bild 3.4.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche

Die unter 3.2 aufgeführten generellen Eigenschaften von PV Modulen (Glasoberfläche, Antireflexionsschicht) haben Einfluss auf den Reflexionsfaktor der Berechnung bzw. entsprechenden Berechnungsmodelle.

Die Simulation von Reflexionen geht zu jedem Zeitpunkt von einem klaren Himmel und direkter Sonneneinstrahlung aus, daher wird im Ergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung angegeben. Dies entspricht nur selten den realen Umgebungsbedingungen und auch Informationen über möglichen Sichtschutz durch Bäume, Gebäude oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden. Auch Wettereinflüsse wie z.B. Frühnebel/Dunst oder lokale Besonderheiten der Wetterbedingungen können nicht berechnet werden. Die Entfernung zur Blendquelle fließt in die Berechnung ein, jedoch sind sich die Experten uneinig ab welcher Entfernung eine Blendwirkung durch PV Anlagen zu vernachlässigen ist. In der Licht-Leitlinie[3] wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories[4], New Mexico überprüft.

[2] US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:
https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf
[3] Licht-Leitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.
[4] Webseite der Sandia National Laboratories: http://www.sandia.gov

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

3.5 Standorte für die Analyse

Eine Analyse der potentiellen Blendwirkung kann aus technischen Gründen nicht für beliebig viele Messpunkte durchgeführt werden. Je nach Größe und Beschaffenheit der PV Anlage werden in der Regel 4 - 5 Messpunkte gewählt und die jeweils im Jahresverlauf auftretenden Reflexionen ermittelt. Die Position der Messpunkte wird anhand von Erfahrungswertem sowie den Ausführungen der Licht-Leitlinie zu schutzwürdigen Zonen festgelegt. U.a. können Objekte im Süden von PV Anlagen aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz nicht von potentiellen Reflexionen erreicht werden und werden daher nicht untersucht.

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Biebelried wurden insgesamt 4 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkte im Verlauf der Autobahn A3 sowie 1 Messpunkt im Bereich der Ortschaft Biebelried.
Weitere Gebäude werden nicht untersucht, da aufgrund der Entfernung und/oder des Winkels zur Immissionsquelle Beeinträchtigungen durch Reflexionen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit auszuschließen sind. Privat- und Wirtschaftswege werden nicht untersucht.

Die folgende Übersicht zeigt die PV Anlage und die 4 gewählten Messpunkte P1-P4:

Bild 3.5.1: Übersicht über die PV Anlage und Messpunkte P1–P4 (Quelle: Google Earth/SolPEG)

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

4 Ergebnisse

4.1 Allgemeine Hinweise

Schutzwürdige Räume

In der Licht-Leitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also feste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belästigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt[5] allerdings eine Definition oder Empfehlung zum Umgang mit Verkehrswegen und auch zu Schienen- und Kraftfahrzeugen als "beweglichen" Räumen.
Eine Blendwirkung an beweglichen Standorten ist in Bezug zur Geschwindigkeit zu sehen, d.h. eine Reflexion kann an einem festen Standort über mehrere Minuten auftreten, ist jedoch bei der Vorbeifahrt mit 100 km/h ggf. nur für Sekundenbruchteile wahrnehmbar. Aber trotz einer physiologisch unkritischen Leutdichte kann die Blendwirkung durch frequente Reflexionen subjektiv als störend empfunden werden (psychologische Blendwirkung). Vor diesem Hintergrund kann die Empfehlung der Licht-Leitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen.

Einfallswinkel der Reflexion

Die Fachliteratur enthält ebenfalls keine einheitlichen Aussagen zur Berechnung und Beurteilung der Blendwirkung von Fahrzeugführern durch reflektiertes Sonnenlicht und auch unter den Experten gibt es bislang keine einheitliche Meinung ab welchem Winkel eine Reflexion bei Tageslicht als objektiv störend empfunden wird. Dies hängt u.a. mit den Adaptions- und Abbildungseigenschaften des Auges zusammen wonach die Dichte der Helligkeitsrezeptoren (Zapfen) außerhalb des zentralen Schärfepunktes (Fovea Centralis) abnimmt.
Überwiegend wird angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel ab 20° zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung darstellen. In einem Winkel zwischen 10° - 20° können Reflexionen eine moderate Blendwirkung erzeugen und unter 10° werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden.
Vor diesem Hintergrund ist in dieser Untersuchung der für Reflexionen relevante Blickwinkel als Fahrtrichtung +/- 20° definiert.

Entfernung zur Immissionsquelle

Lt. Licht-Leitlinie "erfahren Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden, erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen. Lediglich bei ausgedehnten Photovoltaikparks könnten auch weiter entfernte Immissionsorte noch relevant sein."

In der hier zur Anwendung kommenden Simulationssoftware werden alle Reflexionen berechnet, die aufgrund des Strahlenverlaufs physikalisch möglich sind. In den Ergebniswerten sind daher auch Reflexionen enthalten, die teilweise sehr weit von der Immissionsquelle entfernt sind. Solche Extremwerte werden entsprechend geringer gewichtet bzw. relativiert bewertet, insbesondere wenn die Immissionsquelle mehr als 100 m entfernt ist.

[5] Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

Sonstige Einflüsse

Wie bereits in Abschnitt 3.4 ausgeführt, geht die Simulation der Reflexionen zu jedem Zeitpunkt von sog. clear-sky Bedingungen aus, d.h. klarer Himmel und entsprechende Sonneneinstrahlung. Daher stellt das Ergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung dar.
Dies entspricht nur selten realen Wetterbedingungen insbesondere in den Morgen- oder Abendstunden in denen die Reflexionen auftreten können. Einflüsse wie z.B. Frühnebel, Dunst oder besondere, lokale Wetterbedingungen können nicht berechnet werden. Aber auch der Geländeverlauf und Informationen über möglichen Sichtschutz durch Hügel, Bäume oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden.

4.2 Ergebnisübersicht

Die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Biebelried wurde für 4 exemplarisch gewählte Messpunkte durchgeführt. Die Ergebnisse für die jeweiligen Messpunkte sind in Minuten pro Jahr angegeben[6] und in die Kategorien „Minimal“ und „Gering“ unterteilt. Diese entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse (Leuchtdichte und -dauer). Die Ergebnisse werden in Diagrammen (siehe Anhang) auch farbig dargestellt, diese haben folgende Bedeutung:

- „Minimal“, Minimales Potential für temporäre Nachbilder
- „Gering“, Potential für temporäre Nachbilder
- „Vorhanden“, Potential für Augenschädigung

Die folgende Tabelle zeigt die potentielle Blendwirkung für die jeweiligen Messpunkte in Minuten pro Jahr für die relevanten Kategorien "Gering" bzw. "Minimal" . Die Kategorie "Vorhanden" ist nicht aufgeführt, da für diese Kategorie keine Blendwirkung auftritt. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden. Individuelle Ausführungen erfolgen gesondert für die jeweiligen Messpunkte.

Tabelle 3: Potentielle Blendwirkung an den jeweiligen Messpunkten [Minuten pro Jahr]

Messpunkt	**PV Feld**	
	Minimal	Gering
P1 Autobahn A3 (Süd)	0	0
P2 Autobahn A3 (Mitte)	0	4948[WG]
P3 Autobahn A3 (Nord/Auffahrt)	0	0
P4 Gebäude Biebelried	876[E]	0

[W] Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen
[E] Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen
[G] Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

[6] Lt. BImSchG sollte die Blenddauer maximal 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr betragen.

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P1

Der Messpunkt P1 auf der Autobahn A3 südlich der PV Anlage kann aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz nicht von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Eine Blendwirkung durch die PV Anlage ist nicht gegeben.

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P2

Am Messpunkt P2 auf der A3 östlich der PV Anlage können bei der Fahrt Richtung Süden rein rechnerisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Die Reflexionen können rechts (westlich) zur Fahrtrichtung in einem Winkel von +34° bis +75° auftreten und liegen damit außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Blickwinkels (Fahrtrichtung +/-20°). Eine Beeinträchtigung für Fahrzeugführer kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung wird dennoch in der folgenden Skizze die potentielle Blendwirkung für den Messpunkt P2 dargestellt.

Bild 4.4.1: Simulation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der grüne Bereich symbolisiert den relevanten Blickwinkel (Fahrtrichtung +/-20°) bei Fahrt Richtung Süden. Im gelb/weiß markierten Bereich könnten theoretisch potentielle Reflexionen wahrgenommen werden. Dieser Bereich liegt allerdings mit +34° bis 75° außerhalb des relevanten Blickwinkels. Darüber hinaus befindet sich die Fläche der PV Anlage oberhalb einer Böschung, ca. 3 - 5 m oberhalb der Fahrbahn.
Die ermittelten Zahlen in Tabelle 3 können daher nicht ohne Einschränkungen verwendet werden.

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

Die folgende Skizze (Pseudo-3D) zeigt virtuell die Situation am Messpunkt P2 bei Fahrt Richtung Südwesten (Würzburg). Einzelne Bereiche sind leicht verzerrt dargestellt da einzelne Höheninformationen visuell nicht korrekt dargestellt werden können.

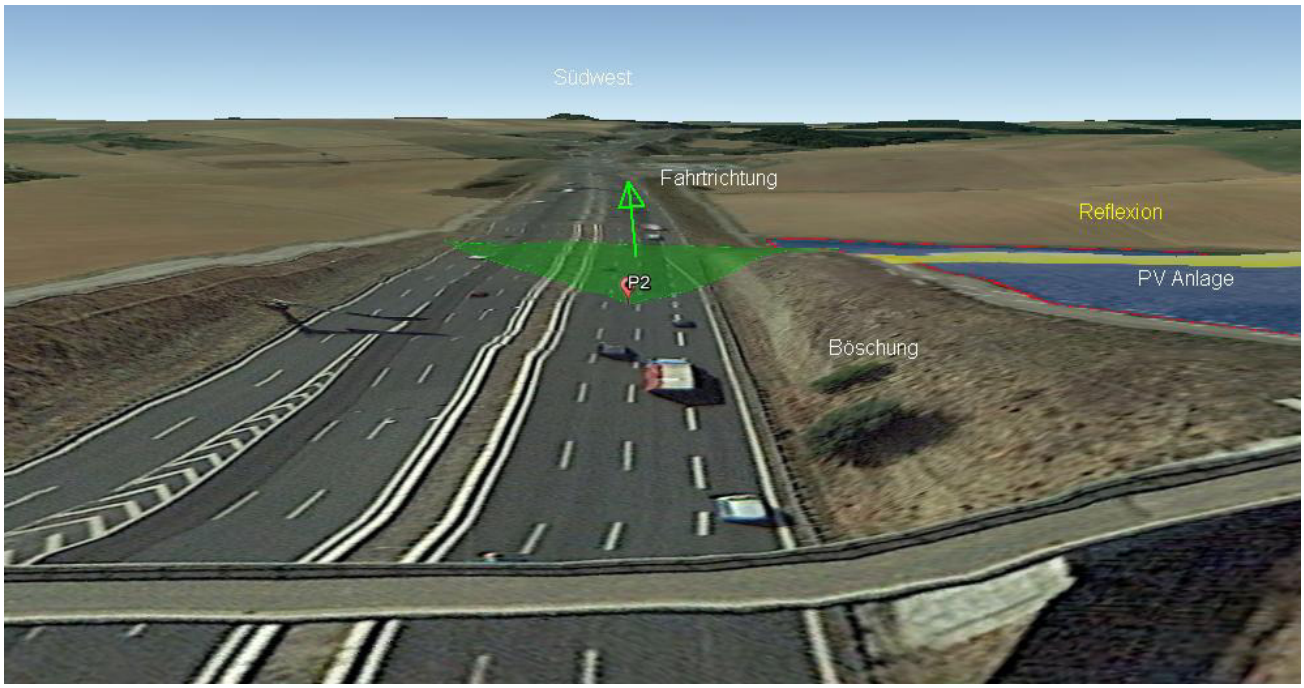


Bild 4.4.2: Simulation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der hellgrüne Bereich symbolisiert den relevanten Blickwinkel des Fahrzeugführers, eingeschränkt durch die Böschung rechts der Fahrbahn. Im gelb markierten Bereich rechts im Bild könnten rein rechnerisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten, die jedoch aufgrund der Geländestruktur für den Fahrzeugführer nicht wahrnehmbar sind. Im weiteren Verlauf der Strecke verringert sich die Höhe der Böschung, gleichzeitig vergrößert sich der Blickwinkel zur PV Anlage.

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P3

Der Messpunkt P3 auf der Autobahn A3 nördlich der PV Anlage kann aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz nicht von potentiellen Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Eine Blendwirkung durch die PV Anlage ist nicht gegeben.

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

4.6 Ergebnisse am Messpunkt P4

Am Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude der Ortschaft Biebelried können zwischen Mitte März und Mitte April bzw. zwischen Ende August und Ende September theoretisch abends zwischen 18:00 - 18:50 Uhr für ca. 2 - 7 Minuten am Tag Reflexionen durch die PV Anlage auftreten.
Aufgrund der Entfernung von über 1 km und der daraus resultierenden geringen Leuchtdichte sind diese zu vernachlässigen. Darüber hinaus zeigt die folgende Skizze, dass die PV Anlage hinter einem Hügel liegt und daher ein direkter Sichtkontakt mit der Immissionsquelle nicht vorhanden ist. Die rechnerisch ermittelten Ergebnisse in Tabelle 3 sind somit nicht anwendbar.
Eine Beeinträchtigung der Anwohner kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

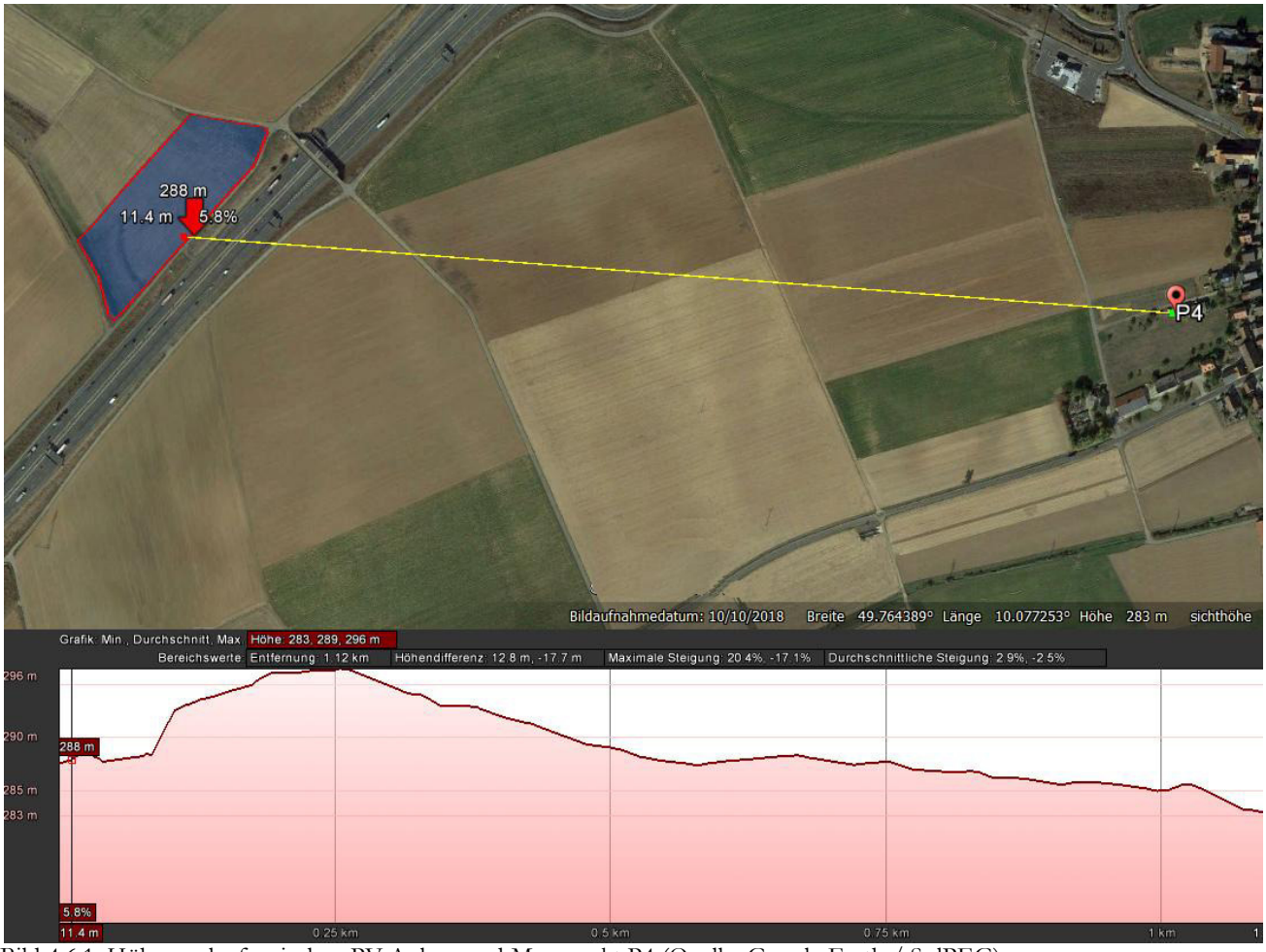


Bild 4.6.1: Höhenverlauf zwischen PV Anlage und Messpunkt P4 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P4. Die jeweiligen Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen.
Weitere Details auch zu den anderen Messpunkten finden sich im Anhang.
Rohdaten der Berechnungsergebnisse sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes.

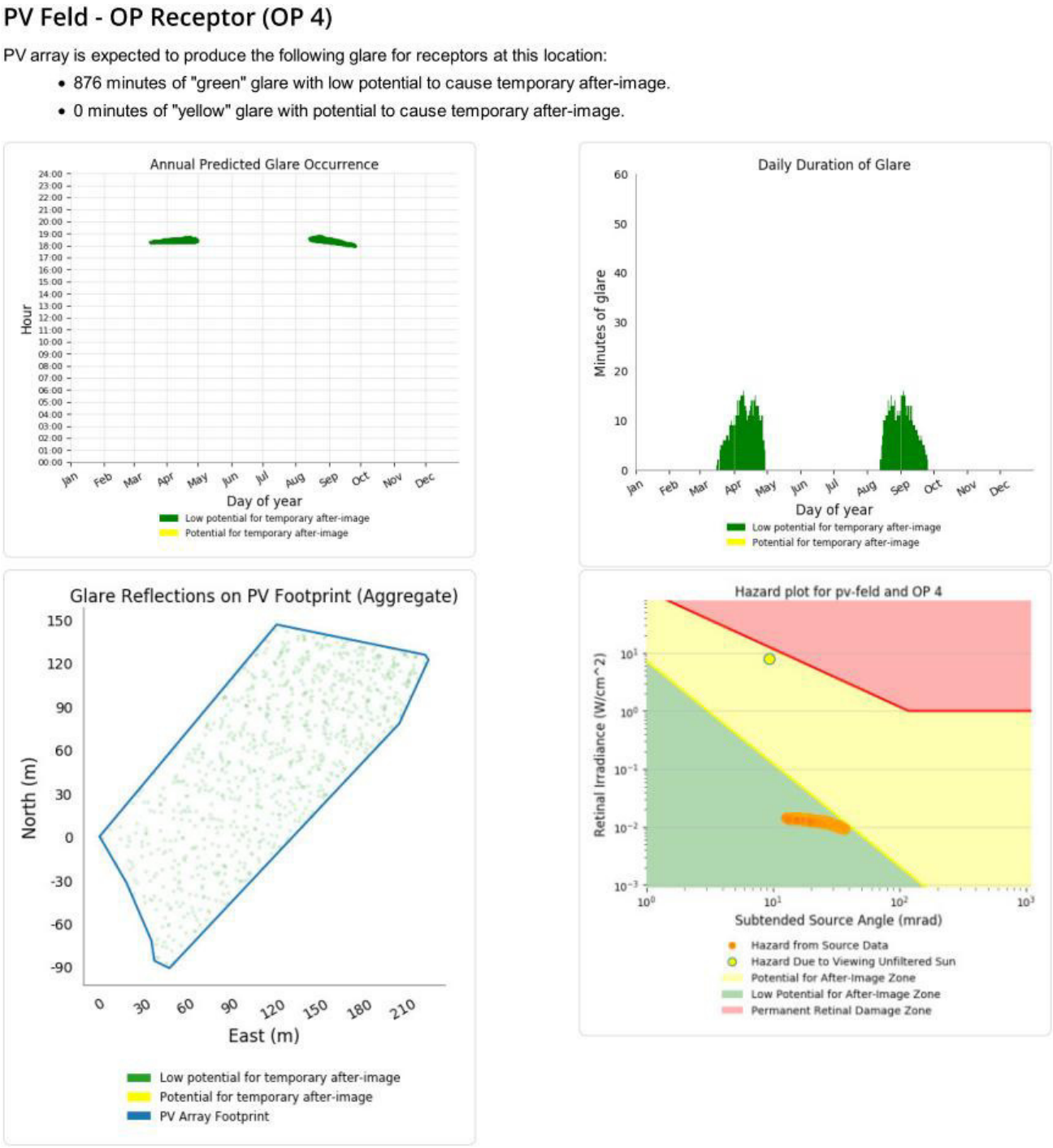


Bild 4.6.2: Ergebnisdiagramme für Messpunkt P4 (Quelle: Simulationsergebnisse)

SolPEG GmbH
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg
Germany

FON:+49 (0)40 79 69 59 36
FAX:+49 (0)40 79 69 59 38
info@solpeg.de
http://www.solpeg.de

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1 Zusammenfassung

Die Analyse von 4 exemplarisch gewählten Messpunkten im Bereich der geplanten PV Anlage Biebelried ergibt für einzelne Messpunkte eine theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen die jedoch in der Praxis keine Relevanz haben. Auf der Autobahn A3 könnten bei der Fahrt Richtung Südwesten (Würzburg) westlich der Autobahn Reflexionen auftreten. Der Einfallswinkel liegt jedoch außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Blickwinkels und die Fläche der PV Anlage liegt nicht einsehbar ca. 3-5 m oberhalb der Fahrbahn. Somit sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen und eine resultierende Blendwirkung ist nicht wahrscheinlich.
Östlich der Autobahn im Bereich der Ortschaft Biebelried könnte es rein rechnerisch zu Reflexionen durch die PV Anlage kommen. In der Realität besteht allerdings keine Möglichkeit, dass Reflexionen den Messpunkt erreichen können. Eine Beeinträchtigung für Anwohner auch im Sinne der Lichtleitlinie kann ausgeschlossen werden.
Es ist davon auszugehen, dass die theoretisch berechneten Reflexionen in der Praxis keine Blendwirkung entwickeln werden. Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

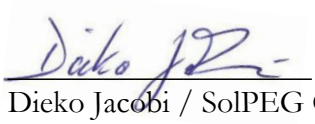
5.2 Beurteilung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage „Biebelried“ kann als „geringfügig“ klassifiziert[7] werden. Im Vergleich zur Blendwirkung durch direktes Sonnenlicht oder durch Spiegelungen von Windschutzscheiben, Wasserflächen, Gewächshäusern o.ä. ist diese „vernachlässigbar“.
Unter Berücksichtigung von weiteren Einflussfaktoren wie z.B. Geländestruktur, natürlichem Sichtschutz, lokalen Wetterbedingungen (Frühnebel, etc.) ist mit hinreichender Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass potentielle Reflexion durch die PV Anlage keine Relevanz haben. Verkehrsteilnehmer und auch Anwohner werden nicht beeinträchtigt.
Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sind keine speziellen Sichtschutzmaßnahmen erforderlich bzw. angeraten.

6 Schlussbemerkung

Die hier dargestellten Untersuchungen, Sachverhalte und Einschätzungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen und anhand von vorgelegten Informationen, eigenen Untersuchungen und weiterführenden Recherchen angefertigt. Eine Haftung für etwaige Schäden, die aus diesen Ausführungen bzw. weiterer Maßnahmen erfolgen, kann nicht übernommen werden.

Hamburg, den 11.03.2019



Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

[7] Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse

E43
E43
3
Gemeinde Biebelried
Gmkg Biebelried
geplante Anlagenfläche Stand 18.06.2018; ca. 2,00 ha mit einer Leistung von ca. 750 kWp
E43
3

SOLAR'S MOST TRUSTED

REC

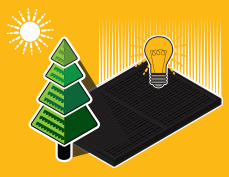
TwinPeak 2 BLK2 Serie

ERSTKLASSIGE HÖCHSTLEISTUNGSMODULE

Die Solarmodule der REC TwinPeak BLK Serie kombinieren eine innovative Zellentechnologie für ein komple schwarzes Moduldesign mit hoher Effi zienz und hohem Ertrag. So nutzen Kunden die für die Solaranlage verfügbare Fläche bestmöglich aus.

Durch die Kombination von branchenführender Qualität und der Verlässlichkeit einer starken und etablierten Marke sind die Solarmodule der REC TwinPeak BLK Serie die ideale Lösung für alle aesthetisch anspruchsvolle Anlagen auf privaten und gewerblichen Gebäuden weltweit.

MEHR LEISTUNG PRO M

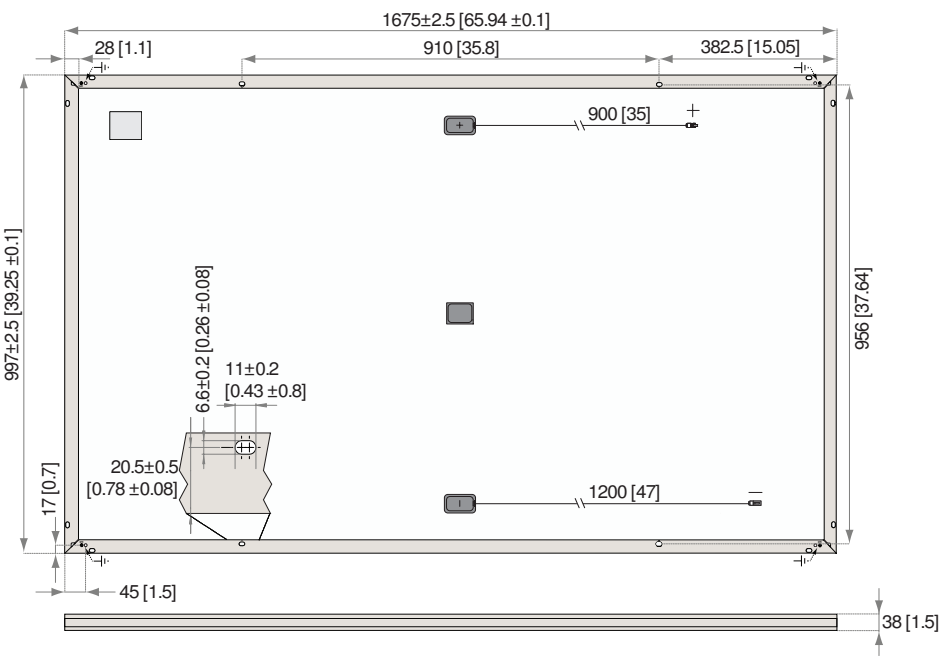


HÖHERE ERTRÄGE IM VERSCHATTUNGSFALL

PID FREI

KOMPLETT SCHWARZES MODULE FÜR EINE HERAUSRAGENDE ERSCHEINUNG

REC TWINPEAK 2 BLK2 SERIE



Abmessungen in mm [in]

17,1% EFFIZIENZ

10 JAHRE PRODUKTGARANTIE

25 JAHRE LINEARE LEISTUNGSGARANTIE

ALLGEMEINE INFORMATIONEN

Zelltyp:	multikristalline PERC Halbzellen Stränge mit Zellen in Serie
Glas:	, mm Solarglas mit antireflektiver Oberflächenbehandlung
Rückseitenfolie:	Hochbeständiges Polyester Polyolefin Konstruction (schwarz)
Rahmen:	Eloxiertes Aluminum (schwarz)
Anschlussdose:	teilig, Bypass Dioden, IP konform konform zu IEC
Kabel:	mm Solarkabel, , m +, m konform zu EN
Stecker:	Stäubli MC PV-KBT / PV KST (mm) konform zu IEC , IP beigeschlossenen Steckern
Herkun :	Hergestellt in Singapore

ELEKTRISCHE DATEN STC

Produktbezeichnung*: RECxxxTP BLK			
Nennleistung - P_{MPP} (Wp)			
Leistungstoleranz - (W)	/ +	/ +	/ +
Nennspannung im MPP - U_{MPP} (U)	,	,	,
Nennstrom im MPP - I_{MPP} (A)	,	,	,
Leerlaufspannung - U_{OC} (U)	,	,	,
Kurzschlussstrom - I_{SC} (A)	,	,	,
Modulwirkungsgrad ( )	,	,	,

Werte unter Standardmessbedingungen (STC: Lu masse AM , , Einstrahlung W/m , Umgebungstemperatur °C), ermi elt über die gesamte Verteilung der Produktion mit einer Toleranz für U_{OC} & I_{SC} von ± innerhalb einer Wa klasse. Bei geringer Einstrahlung von W/m, wird mindestens der STC Moduleffi zienz erreicht.

*xxx bezieht sich auf die angegebene Leistung (P_{MPP}) @ STC, und wird durch den Buchstaben BLK für Module mit schwarzem Rahmen ergänzt.

ELEKTRISCHE DATEN NMOT

Produktbezeichnung*: RECxxxTP BLK			
Nennleistung - P_{MPP} (Wp)			
Nennspannung im MPP - U_{MPP} (U)	,	,	,
Nennstrom im MPP - I_{MPP} (A)	,	,	,
Leerlaufspannung - U_{OC} (U)	,	,	,
Kurzschlussstrom - I_{SC} (A)	,	,	,

Nennbetriebstemperatur des Moduls (NMOT: Lu masse AM , , Einstrahlung W/m , Umgebungstemperatur °C, Windgeschw. m/s).

*xxx bezieht sich auf die angegebene Leistung (P_{MPP}) @ STC, und wird durch den Buchstaben BLK für Module mit schwarzem Rahmen ergänzt.

MAXIMUM RATINGS

Betriebstemperatur:	... + °C
Maximale Systemspannung:	V
Auslegungslast (+): Schnee	kg/m (Pa)*
Maximale Prüflast (+):	kg/m (Pa)
Auslegungslast (-): Wind	kg/m (Pa)*
Maximale Prüflast (-):	kg/m (Pa)
Max. Vorsicherungswert:	A
Max. Rückstrom:	A

*Sicherheitsbeiwert .

TEMPERATUREIGENSCHAFTEN*

Nennbetriebstemperatur des Moduls:	, °C (± °C)
Temperaturkoeffi zient P_{MPP}:	, / °C
Temperaturkoeffi zient U_{OC}:	, / °C
Temperaturkoeffi zient I_{SC}:	, / °C

*Die angegebenen Temperaturkoeffi zienten sind lineare Werte .

ZERTIFIZIERUNGEN

IEC , IEC & UL ; MCS , IEC (PID)
IEC (Ammoniakbeständigkeit), IEC Blowing Sand)
IEC (Salznebel Grad 6 , UNI / (Class A), ISO (Class E)
ISO : , ISO : , OHSAS :

take way for an easy way Recyclingpartnerscha Konform zur WEEE-Richtlinie:
WEEE-Reg.Nr. DE

GARANTIE

Jahre Produktgarantie
Jahre lineare Leistungsgarantie
(maximale Leistungsdegression von , p.a.)
Siehe Garantiebedingungen für weitere Details

MECHANISCHE DATEN

Maße:	x x mm
Fläche:	, m
Gewicht:	, kg

Technische Änderungen vorbehalten.
Rev- C.
Ref: NE-

Aus einer Norwegischen Gründung im Jahr heraus hat sich REC zu einer führenden, vertikal integrierten Solarenergiefirma entwickelt. Mit der eigenen Herstellung von Silizium, Wafern, Zellen und Modulen versorgt REC die Welt verlässlich mit sauberer Energie. Dank unserer bekannten Produktqualität erfreuen wir uns einer der niedrigsten Reklamationsraten in der Industrie. REC gehört zu Bluestar Elkem mit Hauptsitz in Norwegen und operativen Geschä ssitz in Singapur. Mit mehr als . Mitarbeitern weltweit produzieren wir jährlich Qualitätsmodule mit , GW.

REC

www.recgroup.com

GlareGauge Glare Analysis Results

Site Configuration: Biebelried

-

Created **March 8, 2019 12:52 p.m.**
Updated **March 8, 2019 12:58 p.m.**
DNI **varies** and peaks at **1,000.0 W/m^2**
Analyze every **1** minute(s)
0.5 ocular transmission coefficient
0.002 m pupil diameter
0.017 m eye focal length
9.3 mrad sun subtended angle
Timezone **UTC1**
Site Configuration ID: 25959.1215

Summary of Results Glare with potential for temporary after-image predicted

PV name	Tilt	Orientation	"Green" Glare	"Yellow" Glare	Energy Produced
	deg	deg	min	min	kWh
PV Feld	20.0	180.0	876	6,362	-

Component Data

PV Array(s)

Name: PV Feld
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 20.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Light textured glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 9.16 mrad

Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	49.765128	10.059889	279.18	2.00	281.18
2	49.766445	10.061589	295.72	2.00	297.72
3	49.766258	10.063016	296.41	2.00	298.41
4	49.766227	10.063048	296.45	2.00	298.45
5	49.765832	10.062769	293.81	2.00	295.81
6	49.764311	10.060559	278.49	2.00	280.49
7	49.764356	10.060414	278.69	2.00	280.69
8	49.764480	10.060387	278.81	2.00	280.81
9	49.764841	10.060146	279.16	2.00	281.16

Route Receptor(s)

Name: Route 1
Route type Two-way
View angle: 20.0 deg

Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	49.762843	10.059545	283.74	0.00	283.74
2	49.767362	10.066068	292.03	0.00	292.03

Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	49.763672	10.060650	284.65	2.00	286.65
OP 2	49.765430	10.062828	288.71	2.00	290.71
OP 3	49.767042	10.065014	290.59	2.00	292.59
OP 4	49.764421	10.077226	282.85	2.00	284.85

PV Array Results

PV Feld potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	0	0
OP: OP 2	0	4948
OP: OP 3	0	0
OP: OP 4	876	0
Route: Route 1	0	1414

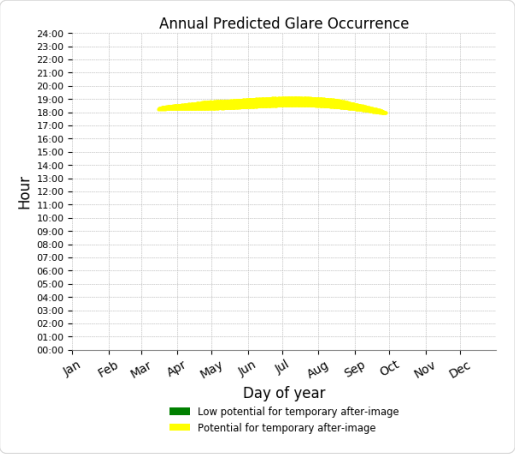
PV Feld - OP Receptor (OP 1)

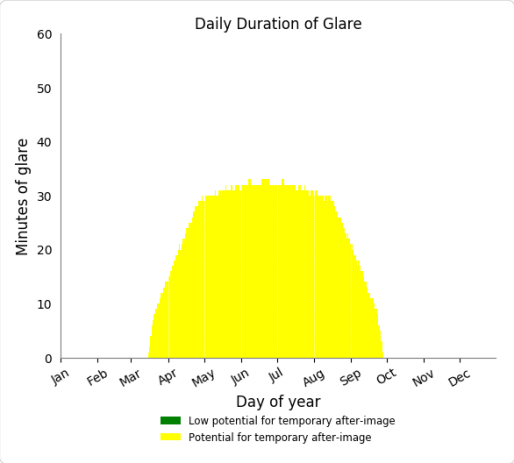
No glare found

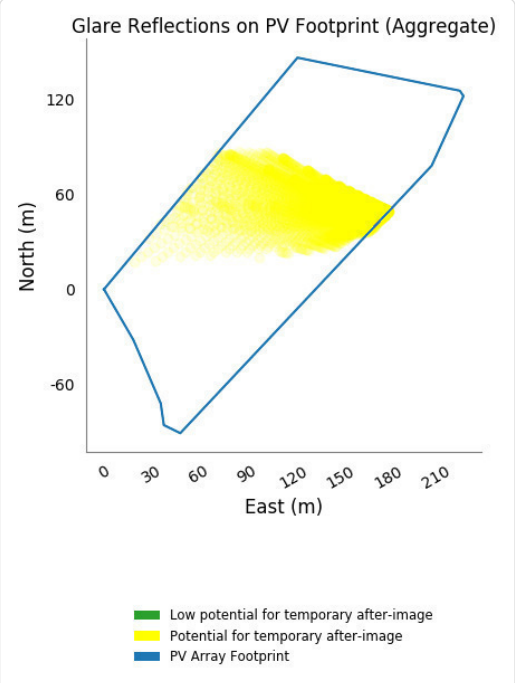
PV Feld - OP Receptor (OP 2)

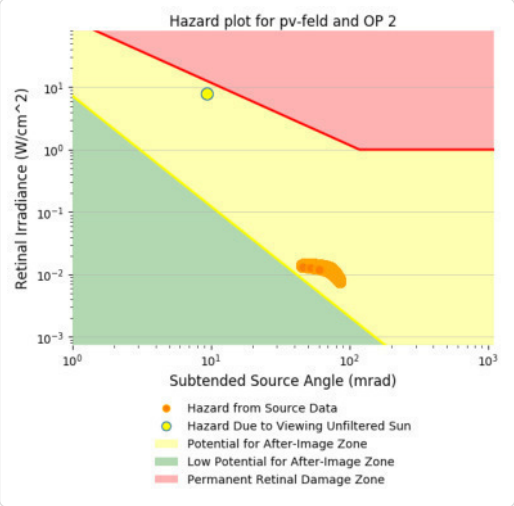
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 4,948 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.









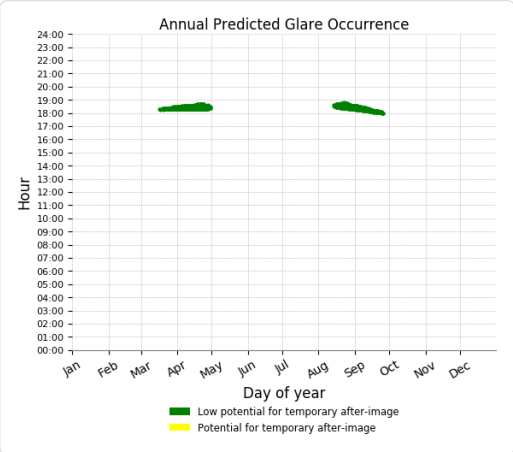
PV Feld - OP Receptor (OP 3)

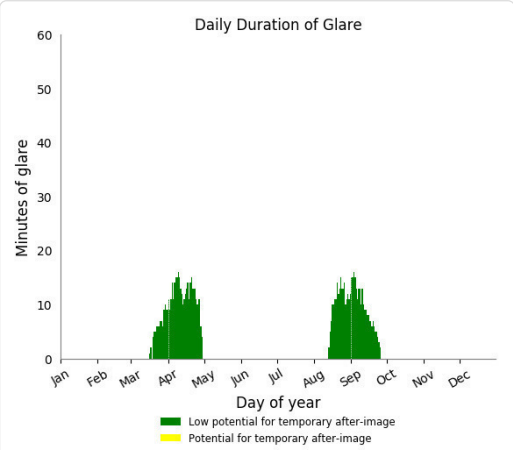
No glare found

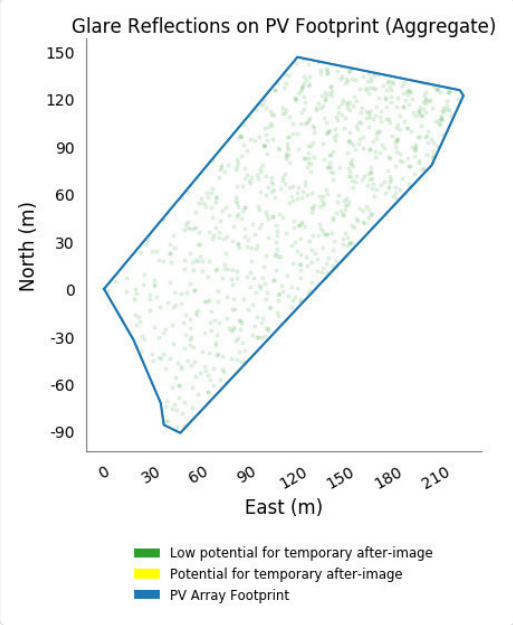
PV Feld - OP Receptor (OP 4)

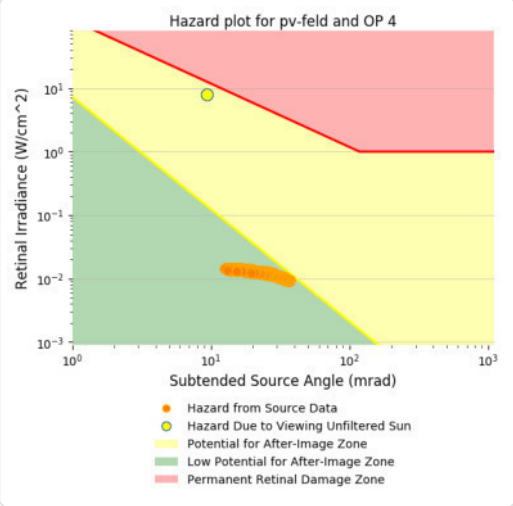
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

- 876 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 0 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.





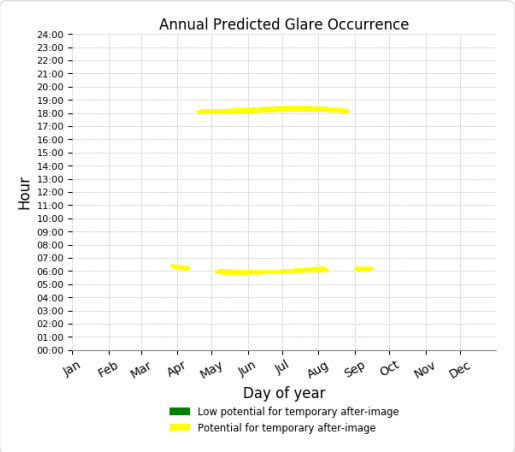


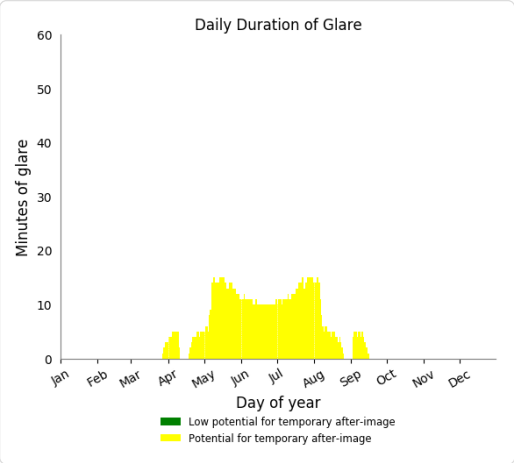


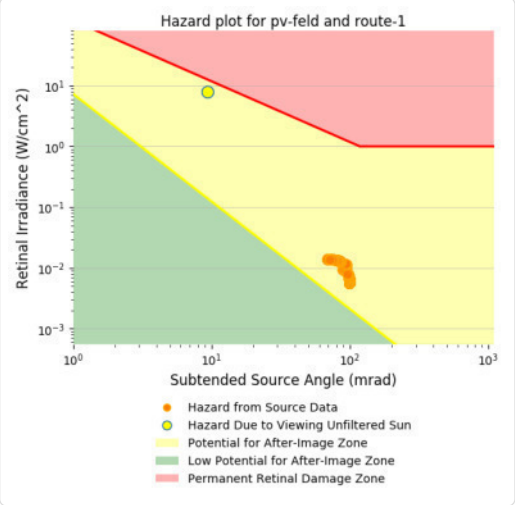
PV Feld - Route Receptor (Route 1)

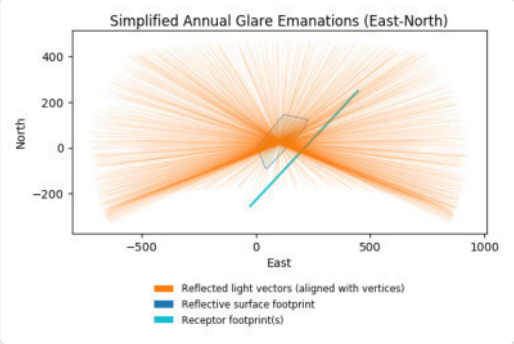
PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

- 0 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,414 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.









Glare vectors placed at PV centroid for clarity. Actual glare-spot location vary.

Assumptions

- Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.
- Glare analyses do not account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.
- Detailed system geometry is not rigorously simulated.
- The glare hazard determination relies on several approximations including observer eye characteristics, angle of view, and typical blink response time. Actual values and results may vary.
- Several calculations utilize the PV array centroid, rather than the actual glare spot location, due to algorithm limitations. This may affect results for large PV footprints. Additional analyses of array sub-sections can provide additional information on expected glare.
- The subtended source angle (glare spot size) is constrained by the PV array footprint size. Partitioning large arrays into smaller sections will reduce the maximum potential subtended angle, potentially impacting results if actual glare spots are larger than the sub-array size. Additional analyses of the combined area of adjacent sub-arrays can provide more information on potential glare hazards. (See previous point on related limitations.)
- Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous, not discrete, spectrum.
- Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.
- Glare vector plots are simplified representations of analysis data. Actual glare emanations and results may differ.
- Refer to the **User's Manual** for assumptions and limitations not listed here.