

Ingenieurbüro Eva Jenennchen

JERA

Jenennchen - Energie : Regenerative / Alternative

Blendanalyse

PV-Kraftwerk Friedland-Datze2

Freilandanlage

Auftraggeber:

SUNfarming GmbH
Herr Adrian Huwald
Zum Wasserwerk 12
D-15537 Erkner

Ilmenau, 12.08.12
Version Nr.: 1.0

Gutachtennummer: BAL-K004-12026-V10

Auftragnehmer:

Ingenieurbüro JERA
Ehrenbergstraße 11
98693 Ilmenau

E. Jenennchen
Dipl.-Ing. Eva Jenennchen
(Bearbeiter und Teamleitung)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhaltsverzeichnis	1
1. Beauftragung.....	2
2. Grundlagen	3
2.1. Anwendung auf die PV-Anlage	4
3. Rahmenbedingungen am Standort.....	5
4. Blendanalyse.....	6
5. Gewährleistung	11
6. Tabellenverzeichnis.....	11
7. Abbildungsverzeichnis	11

1. Beauftragung



Abbildung 1: Satellitenbild mit eingebetteten Modulbelegungsplan des Anlagenstandortes mit GoogleEarth

Auftragsdatum:	02.08.2012
Auftraggeber:	SUNfarming GmbH
Anlagengröße:	4.653,36 kWp
Anlagentyp:	Freilandanlage
Standort:	Friedland-Datze2 (53°40' nördliche Breite; 13°33' östliche Länge; 14m ü. NN.)

Tabelle 1: Beauftragung

Im Nachgang zum Gutachten wurde eine Analyse zum Blendverhalten der geplanten PV-Anlage beauftragt.

2. Grundlagen

Die physikalischen Grundlagen einer Blendung liegen in der Optik. Die Ursache ist die Reflektion von Strahlung an einer glatten Oberfläche. Die Oberfläche eines PV-Moduls besteht aus gehärtetem Glas, dies ist eine glatte Oberfläche welche eine Reflektion von einfallender Strahlung verursacht.

Das Reflexionsgesetz besagt, dass der Ausfallswinkel (auch Reflexionswinkel) genau so groß wie der Einfallswinkel ist, $\alpha = \beta$, und beide mit dem Lot in einer Ebene, der Einfallsebene, liegen.

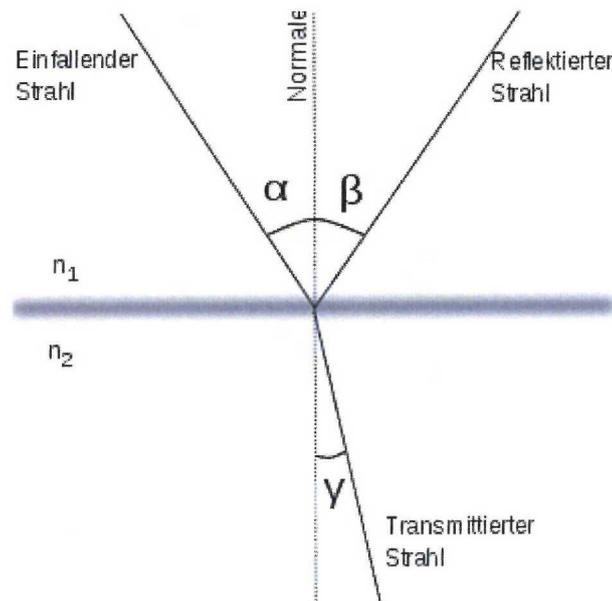


Abbildung 2: Prinzip Reflexionsgesetz [Quelle: Tim Hellwig, Wikipedia]

Mathematische Berechnungsmethode

Zur Berechnung der Reflektion im Dreidimensionalen Raum kommen die mathematischen Grundlagen der Vektorberechnung zum Einsatz.

Das Koordinatensystem wird als kartesisches Koordinatensystem mit x-, y- und z-Achse angenommen. Der Sonneneinfallstrahl wird als Vektor \mathbf{S} dargestellt, die Modulebene als M . Auf der Modulebene M wird ein Hilfsvektor \mathbf{h} eingeführt, welcher durch den Koordinatenursprung verläuft, senkrecht zu \mathbf{S} steht und Element von M ist. \mathbf{h} und der Normalenvektor von M spannen eine Ebene auf. Diese Ebene ist die Spiegelungsebene SE zum Sonneneinfallvektor \mathbf{S} und steht in Abhängigkeit der Sonnenneigung, des Sonnenazimuts und der Modulneigung.

Es wird ein beliebiger Punkt (A) auf \mathbf{S} gewählt und dieser an SE gespiegelt – es folgt A' . Der Koordinatenursprung und A' beschreiben den Spiegelungsvektor \mathbf{S}' . Mit diesem Vektor lassen sich der Ausfallswinkel der Spiegelung als Azimut und Neigung ablesen.

2.1. Anwendung auf die PV-Anlage

In dem vorliegenden Fall zur Berechnung der Reflektion bzw. Blendung wird davon ausgegangen, dass eine totale Reflektion vorliegt. Das heißt, dass die einfallende Strahlung komplett reflektiert wird und nur ein direkter ausfallender Strahlungsanteil aber kein diffuser Anteil resultiert. Dies ist eine Modellannahme, bei der die höchstmögliche Reflektion berücksichtigt wird.

Bei gleicher Ausrichtung Sonne und reflektierende Photovoltaikmodule wird eine Blendung durch die Photovoltaikmodule erst angenommen, wenn der Differenzwinkel zur Sonne mehr als 10° beträgt.

Laut allgemein gültiger Definition ist eine Blendung relevant, wenn der Immissionsort täglich länger als eine halbe Stunde von der Blendung betroffen ist.

Nach Gesetz existieren keine Maximalwerte für das Blendverhalten von Photovoltaikanlagen. Die „30 min Regel“ der Schattenwurfrichtlinie für Windenergieanlagen findet im Allgemeinen in Ermangelung eigener Richtlinien Anwendung. Wobei eine „Stroboskop“-artige Beleuchtung (wie im Fall des Schattenwurfes von WEA) als störender empfunden wird als eine gleichbleibende Beleuchtungsintensität. Somit ist die „30 min Regel“ eher konservativ angesetzt.

3. Rahmenbedingungen am Standort

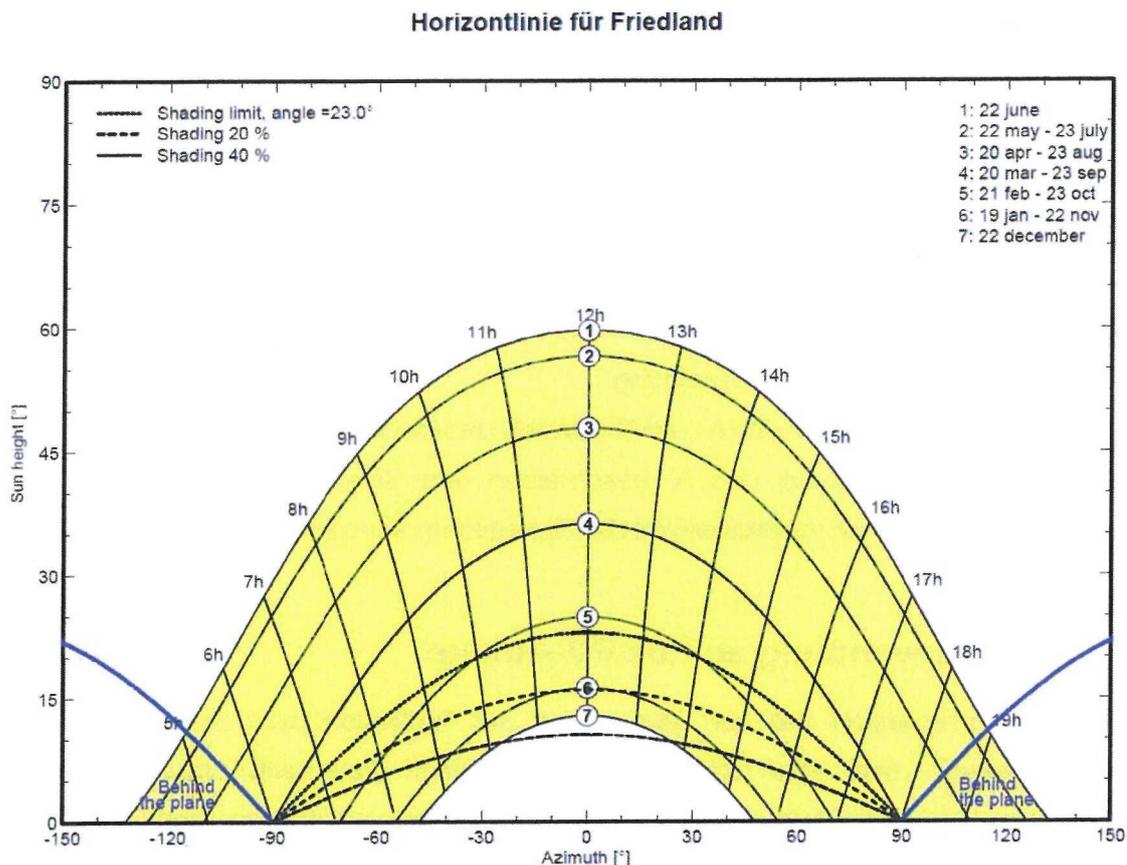


Abbildung 3: Sonnenlaufbahn mit Horizontlinie am Anlagenstandort

Abbildung 3 zeigt die Sonnenlaufbahn am Anlagenstandort. Aus diesem Diagramm lässt sich der jeweilige Einfallswinkel der Sonne auf die Horizontale Ebene auslesen. Am Anlagenstandort ist demnach ein Sonnenhöchststand von 60° möglich.



Abbildung 4: Gartenanlage südlich des östlichen Bauabschnitts



Abbildung 5: Wohnanlage süd-östlich des östlichen Bauabschnitts

Die in Abbildung 6 rot markierten Gebäude sind die maßgeblich von Blendung betroffenen Wohngebäude.



Abbildung 6: Markierung des Wohnhauses im Ausschnitt der Modulbelegung

4. Blendanalyse

Mittels der oben genannten Grundlagen wurden unterschiedliche Berechnungen im kartesischen dreidimensionalen Vektorraum durchgeführt. Die Sonnenlaufbahn am Anlagenstandort galten hier als Eingangsvariablen, die Ergebnisse wurden mit den relativierten Koordinaten der umliegenden Wohngebäude zur Modulfläche verglichen und so eine mögliche Blendung recherchiert.

Weiterhin wurden die Ergebnisse mit Hilfe der Software Blender visualisiert.

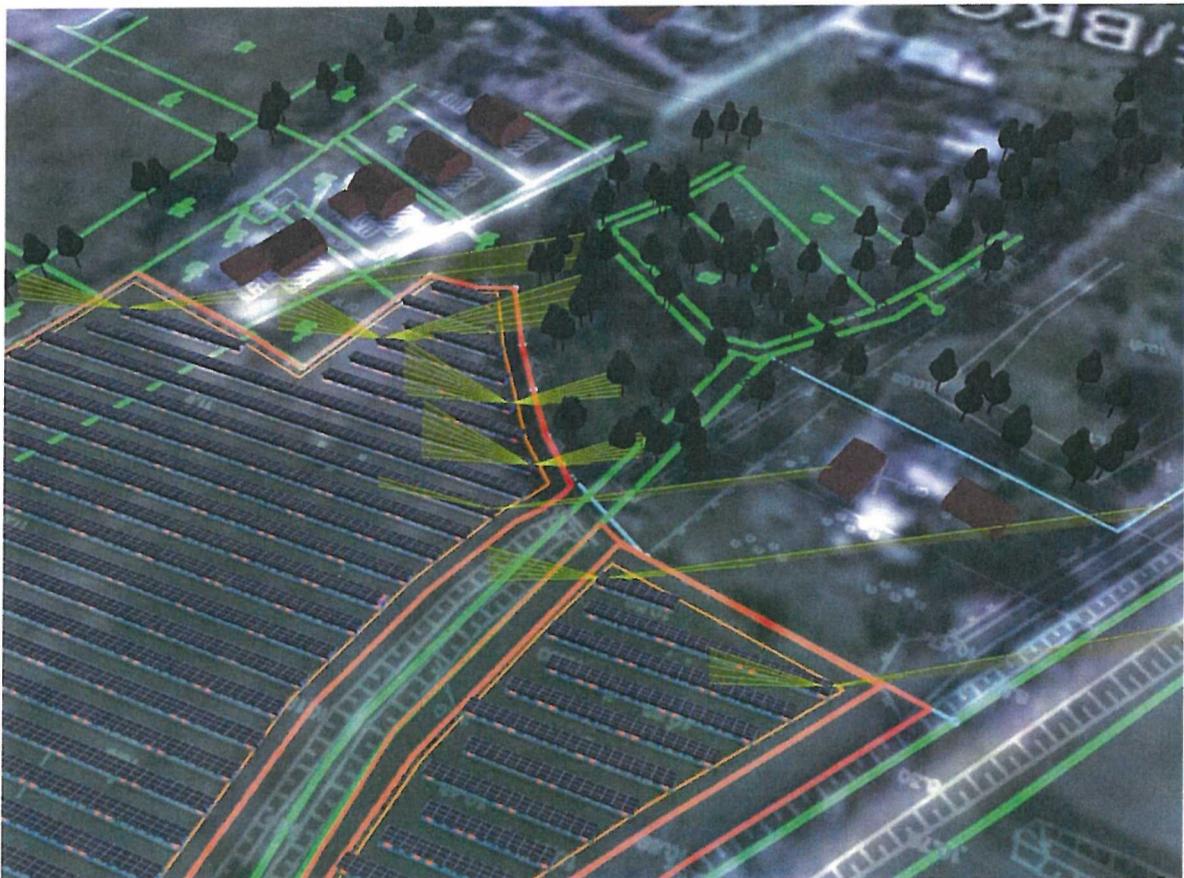


Abbildung 7: Visualisierung des Blendverhaltens in der Übersicht am Tag des Sonnenhöchststandes aus Nord Morgens

Abbildung 7 zeigt die Visualisierung der Blendung am Tag des Sonnenhöchststandes morgens. Diese Abbildung dient als Übersicht um mögliche von Blendung betroffene Gebäude zu lokalisieren. Die Aufnahme ist aus nördlicher Richtung.

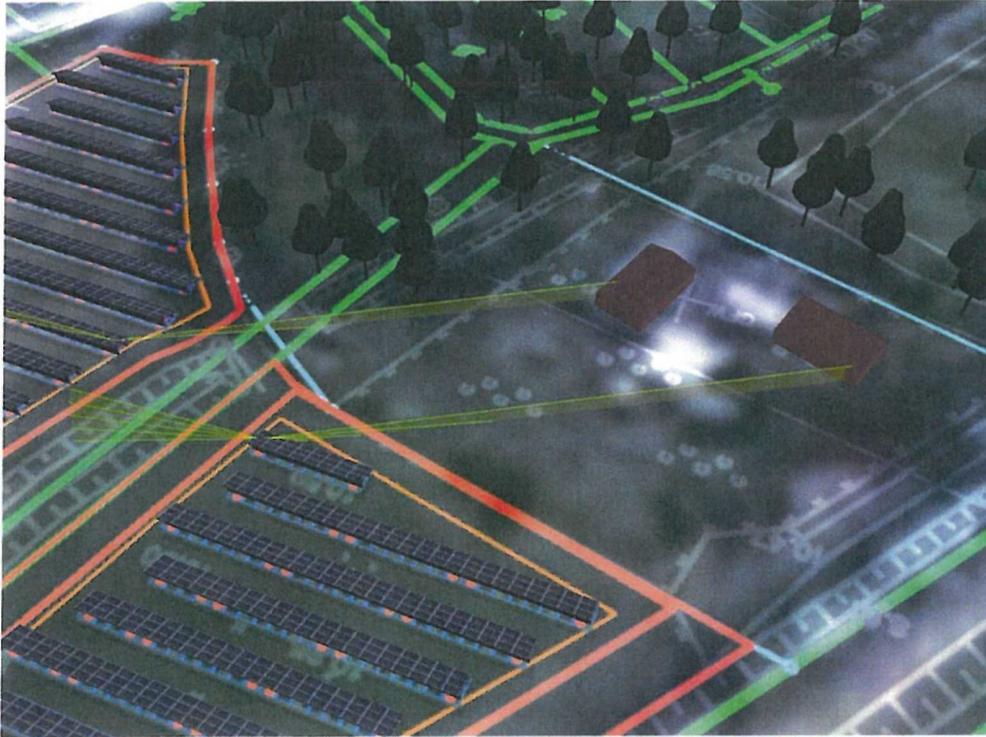


Abbildung 8: von Blendung betroffene Gartenhäuser

Die von Blendung in den Morgenstunden betroffenen Gebäude sind Gartenhäuser. Die Blendung erfolgt maximal 15 min pro Tag.

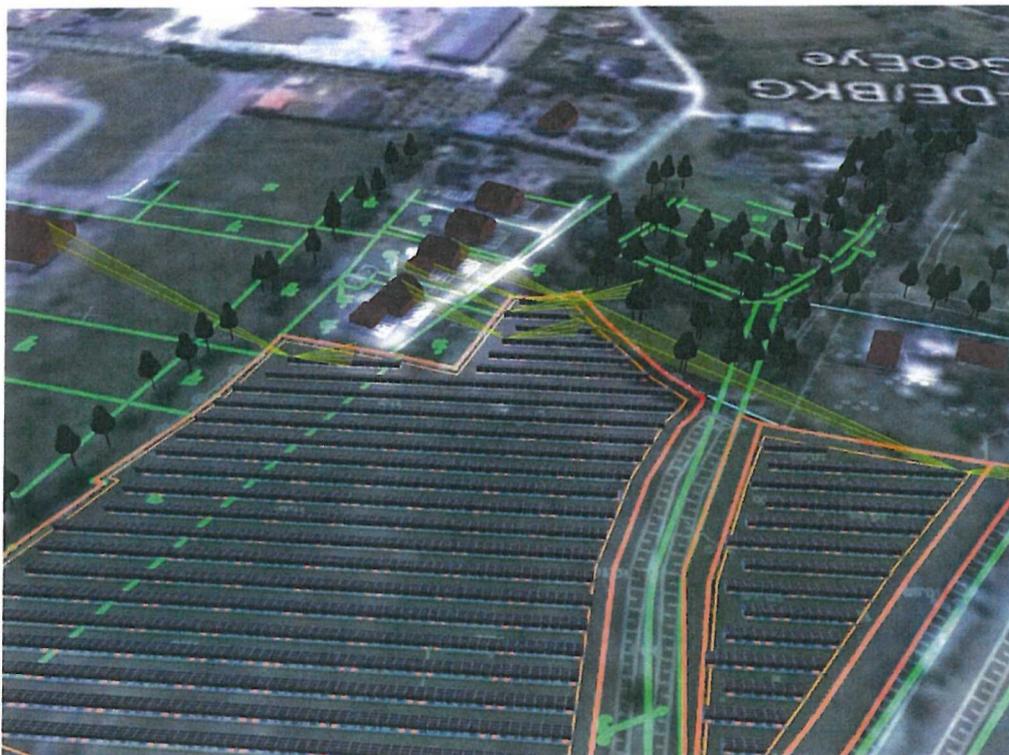


Abbildung 9: Visualisierung des Blendverhaltens in der Übersicht am Tag des Sonnenhöchststandes aus Nord Abends

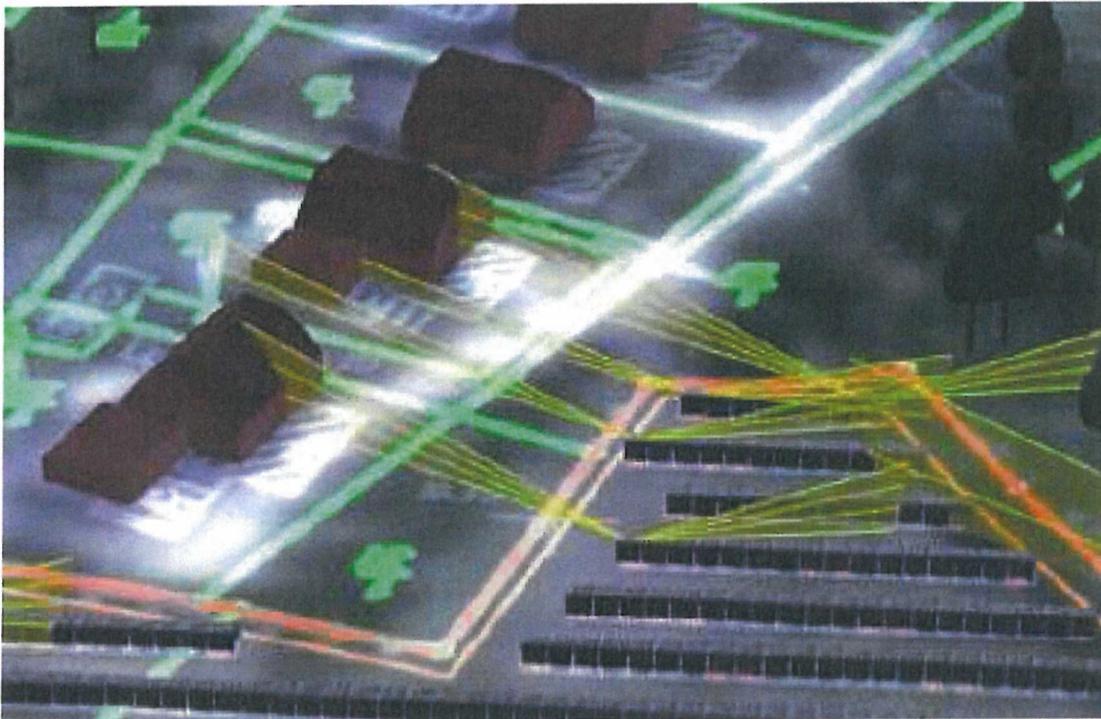


Abbildung 10: detailliertes Blendverhalten am Tag des Sonnenhöchststandes auf Wohnhaus Abends

Das erste Wohngebäude wird an der Traufseite von Blendung erfasst. Die Fenster befinden sich nur im Parterre. Eine Blendung kann nur max. 15 min pro Tag erfolgen.

Das zweite Gebäude wird an der Giebelseite von Blendung betroffen. Am Tag des Sonnenhöchststandes erfolgt auf Grund der Modulneigung von 25° der zeitliche Verlauf des Blendstrahls senkrecht zum Erdboden. Demnach „läuft“ ein erhelltes Band parallel der Erdoberfläche mit untergehender Sonne die Gebäudefront nach unten. Dieses Band ist so groß wie ein Modultisch, also 3 m. Die gesamte „Durchlaufzeit“ dieses Bandes über die gesamte Gebäudefront beträgt weniger als 45 min von Eintritt des Strahls am Dach bis Austritt am Fußboden. Die Höhe des Gebäudes bis zum Dachansatz ist mit 5 m angenommen, bei einer geschätzten Fensterhöhe von 1,20 m ist das Verhältnis von Gebäudehöhe zu Fensterhöhe 4,17. Demnach die „Gesamtdurchlaufzeit“ des Blendstrahls über Gebäude von 45 min durch dieses Verhältnis von 4,17 bleiben ca. 11 min Blendzeit pro Fenster.

Die Uhrzeit der Blendung ist je nach Stockwerk insgesamt von 18.00 Uhr bis 18.45 Uhr.

Somit wird ein Immissionsort des Wohngebäudes ca. 11 min pro Tag geblendet.

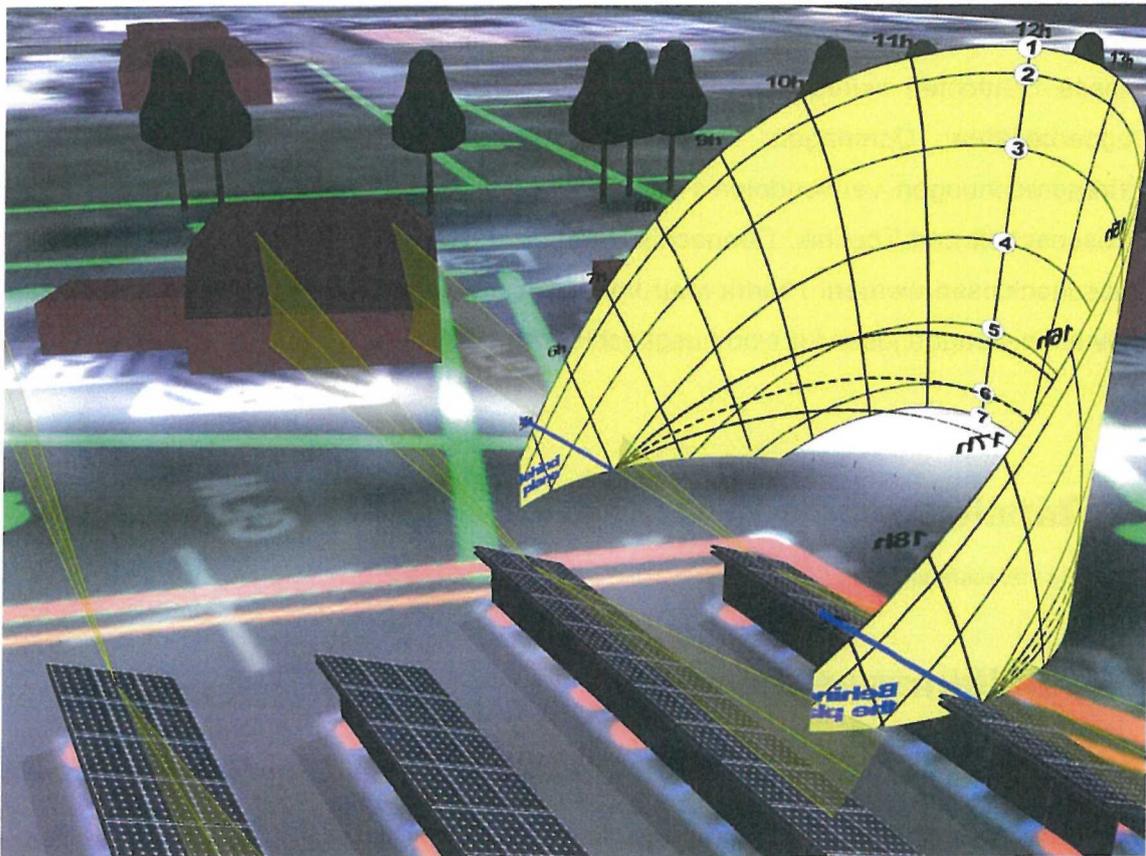


Abbildung 11: Übersicht der Reflektion im Frühjahr/ Herbst (20.März/23.September)

Die Abbildung 11 zeigt das Reflektionsverhalten an den jeweils kritischen Punkten der Anlage auf das Gebäude 1 im Frühjahr/Herbst. Gebäude 2 kann nicht von Reflexion betroffen werden. An Gebäude 1 kann es max. 10 min. zu Blendung kommen.

In den Wintermonaten kommt es nicht zu Blendungen an den Gebäuden.

5. Gewährleistung

Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Verwendung der zugearbeiteten Unterlagen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die für die Ertragsrechnungen verwendeten Hilfsmittel befinden sich auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik. Dennoch können Irrtümer oder Abweichungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Hierfür wird von uns ausdrücklich keine Haftung übernommen. Gewährleistungen jeder Art sind ausgeschlossen.

6. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beauftragung	2
-------------------------------	---

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Satellitenbild mit eingebetteten Modulbelegungsplan des Anlagenstandortes mit GoogleEarth	2
Abbildung 2: Prinzip Reflektionsgesetz [Quelle: Tim Hellwig, Wikipedia]	3
Abbildung 3: Sonnenlaufbahn mit Horizontlinie am Anlagenstandort	5
Abbildung 4: Gartenanlage südlich des östlichen Bauabschnitts	6
Abbildung 5: Wohnanlage süd-östlich des östlichen Bauabschnitts	6
Abbildung 6: Markierung des Wohnhauses im Ausschnitt der Modulbelegung	6
Abbildung 7: Visualisierung des Blendverhaltens in der Übersicht am Tag des Sonnenhöchststandes aus Nord Morgens.....	7
Abbildung 8: von Blendung betroffene Gartenhäuser	8
Abbildung 9: Visualisierung des Blendverhaltens in der Übersicht am Tag des Sonnenhöchststandes aus Nord Abends	8
Abbildung 10: detailliertes Blendverhalten am Tag des Sonnenhöchststandes auf Wohnhaus Abends	9
Abbildung 11: Übersicht der Reflektion im Frühjahr/ Herbst (20.März/23.September)	10