

Gutachten            Blendgutachten GA20201117IBK vom 17.11.2020  
Sachverständiger    Dipl.-Ing. (FH) Udo Kensy  
Auftraggeber        ZEAG Energie AG - Weipertstraße 41 - 74076 Heilbronn  
Objekt                PV-Freilandanlage – Neudenau

---

# Gutachten

Unser Zeichen	GA20201117IBK
Auftraggeber	ZEAG Energie AG Herr Michael Truckenmüller Weipertstraße 41 74076 Heilbronn Mobil: 0151-25 61 70 74 Email: michael.truckenmueller@zeag-energie.de
Auftrag	Auftrag am 30.10.2020 – 15:33 Uhr per Email erhalten
Objekt Standort	PV-Freilandanlage – Neudenau 75861 Neudenau
Sachverständiger	Dipl.-Ing.(FH) Udo Kensy Bunzlauer Str. 19 90473 Nürnberg Mobil: 0175 – 565 21 32 Email: info@ib-kensy.de
Ortstermin	30.10.2020
Erstelldatum	17.11.2020
Umfang	26 Seiten
Ausfertigung	1 Exemplar (PDF-Datei)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Auftragsinhalt und Auftragsumfang .....</b>	<b>3</b>
1.1	Auftragsinhalt .....	3
1.2	Auftragsumfang .....	3
<b>2.</b>	<b>Beschreibung des Systems .....</b>	<b>4</b>
2.1	Standort Übersicht .....	4
2.2	Angrenzende Bebauung .....	8
<b>3.</b>	<b>Ermittlung der potentiellen Blendwirkung .....</b>	<b>9</b>
3.1	Rechtliche Hinweise .....	9
3.2	Blendwirkung von PV-Modulen .....	9
3.3	Technische Parameter der PV-Anlage .....	11
3.4	Berechnung der Blendwirkung .....	12
3.5	Standorte für die Analyse .....	13
3.6	Hinweise zum Simulationsverfahren .....	14
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>18</b>
4.1	Ergebnisübersicht.....	18
4.2	Ergebnis am Messpunkt P1, Bahnstrecke nordöstlich .....	19
4.3	Ergebnis am Messpunkt P2, Bahnstrecke östlich .....	19
4.4	Ergebnis am Messpunkt P3, Herbolzheimer Straße / L1096 nordöstlich .....	21
4.5	Ergebnis am Messpunkt P4, Herbolzheimer Straße / L1096 südöstlich .....	23
4.6	Ergebnis am Messpunkt P5, Gebäude östlich .....	24
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse .....</b>	<b>25</b>
5.1	Zusammenfassung .....	25
5.2	Beurteilung der Ergebnisse.....	25
<b>6.</b>	<b>Schlussbemerkung .....</b>	<b>26</b>
<b>7.</b>	<b>Quellennachweis .....</b>	<b>26</b>
<b>8.</b>	<b>Unterschrift .....</b>	<b>26</b>

## **1. Auftragsinhalt und Auftragsumfang**

### **1.1 Auftragsinhalt**

IB Kensy wurde am 30.10.2020 schriftlich beauftragt ein Blendgutachten der geplanten Freilandanlage „Neudenu“ zwischen den Ortschaften Neudenu und Herbolzheim zu erstellen. Es soll die potentielle Blendwirkung der geplanten PV-Anlage auf die Verkehrsteilnehmer der Landstraße L1096 der Bahnstrecke sowie der Anwohner im Süden angrenzenden Bebauung analysiert werden.

### **1.2 Auftragsumfang**

Die Umsetzung der Energiewende und die Bestrebungen für mehr Klimaschutz resultieren in Erfordernissen und Maßnahmen, die als gesellschaftlicher Konsens und somit als öffentliche Belange gesetzlich festgeschrieben sind. Z.B. im Gesetz zur Stärkung der klimagerechten Entwicklung in den Städten und Gemeinden von 2011 und im Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG) von 2017. Andererseits soll der Ausbau der erneuerbaren Energien auch die bestehenden Regelungen für den Immissionsschutz berücksichtigen. Dies gilt auch für Lichtimmissionen durch PV-Anlagen.

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist die sogenannte Licht-Leitlinie, die 1993 durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) verfasst und 2012 um einen Abschnitt PV-Anlagen erweitert wurde. Nach überwiegender Meinung von Experten enthält die Licht-Leitlinie nicht unerhebliche Defizite bzw. Unklarheiten und ist als Instrument für die sachgerechte Beurteilung von Reflexionen durch PV-Anlagen nur bedingt anwendbar.

Die vorliegende Untersuchung soll klären ob bzw. in wie weit von der PV-Anlage Neudenu eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer der L1096, der Bahnstrecke sowie für Anwohner des im Süden angrenzenden Gebäudes. Die nahegelegenen Ortschaften Neudenu und Herbolzheim sind für Beeinträchtigungen durch Reflexionen der PV-Anlage zu weit entfernt und werden deshalb nicht betrachtet.

Die zur Anwendung kommende Berechnungs- und Beurteilungsgrundsätze resultieren im Wesentlichen aus den Empfehlungen im Anhang 2 der Licht-Leitlinie in der aktuellen Fassung vom 08.12.2012. Die Berechnung der Blendwirkung erfolgt auf Basis von vorliegenden Planungsunterlagen der PV-Anlage. Eine Analyse der potentiellen Blendwirkung vor Ort wird momentan nicht als notwendig angesehen, da die Anlagendokumentation ausreichend ist, um einen Eindruck zu vermitteln. Des Weiteren wurde am 25.10.2020 ein Ortstermin durchgeführt um die örtliche Situation per Bild zu dokumentieren.

Da aktuell kein angemessenes Regelwerk verfügbar ist, sind die gutachterlichen Ausführungen zu den rechnerisch ermittelten Simulationsergebnissen zu beachten.

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

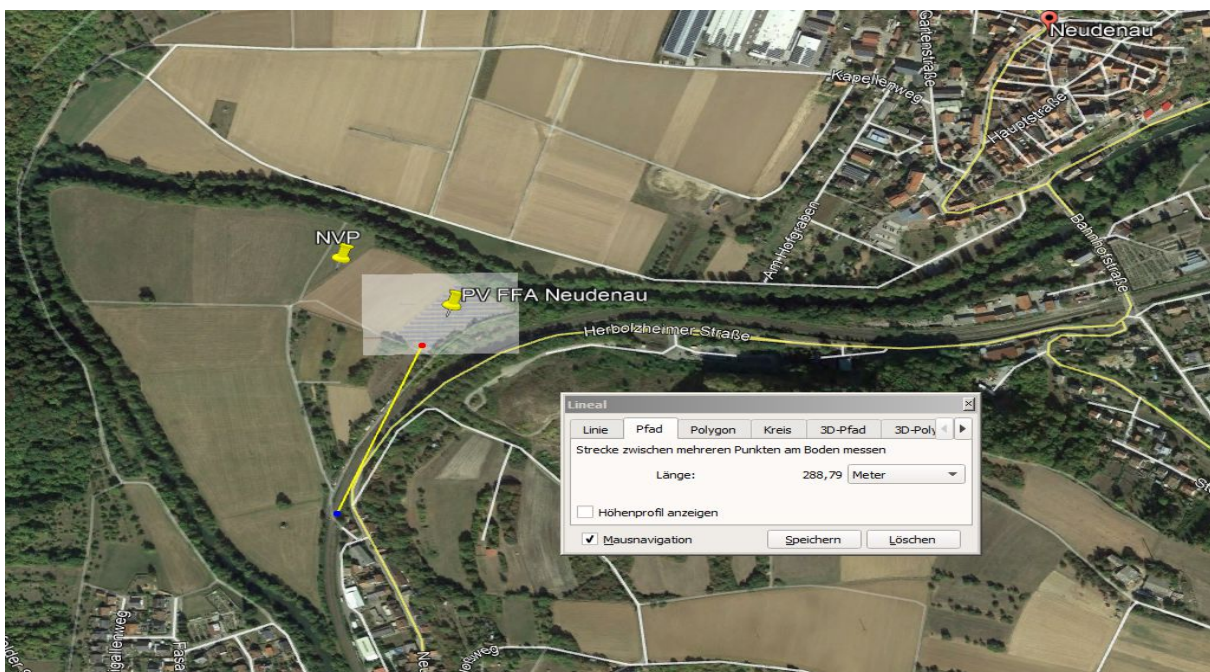
## 2. Beschreibung des Systems

### 2.1 Standort Übersicht

Die Freifläche befindet sich ca. 500m südwestlich der Ortschaft 75861 Neudenau entfernt gelegen. In direkter Nähe südlich gelegen, befindet sich die Bahnstrecke Stuttgart-Würzburg. Ebenfalls angrenzend die Landstraße L1096, welche sich parallel zur Bahnlinie befindet. Zur südwestlich gelegenen Ortschaft Herbolzheim ist die Freifläche ca. 300m entfernt gelegen und von beiden Ortschaften nicht einsehbar.



(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)



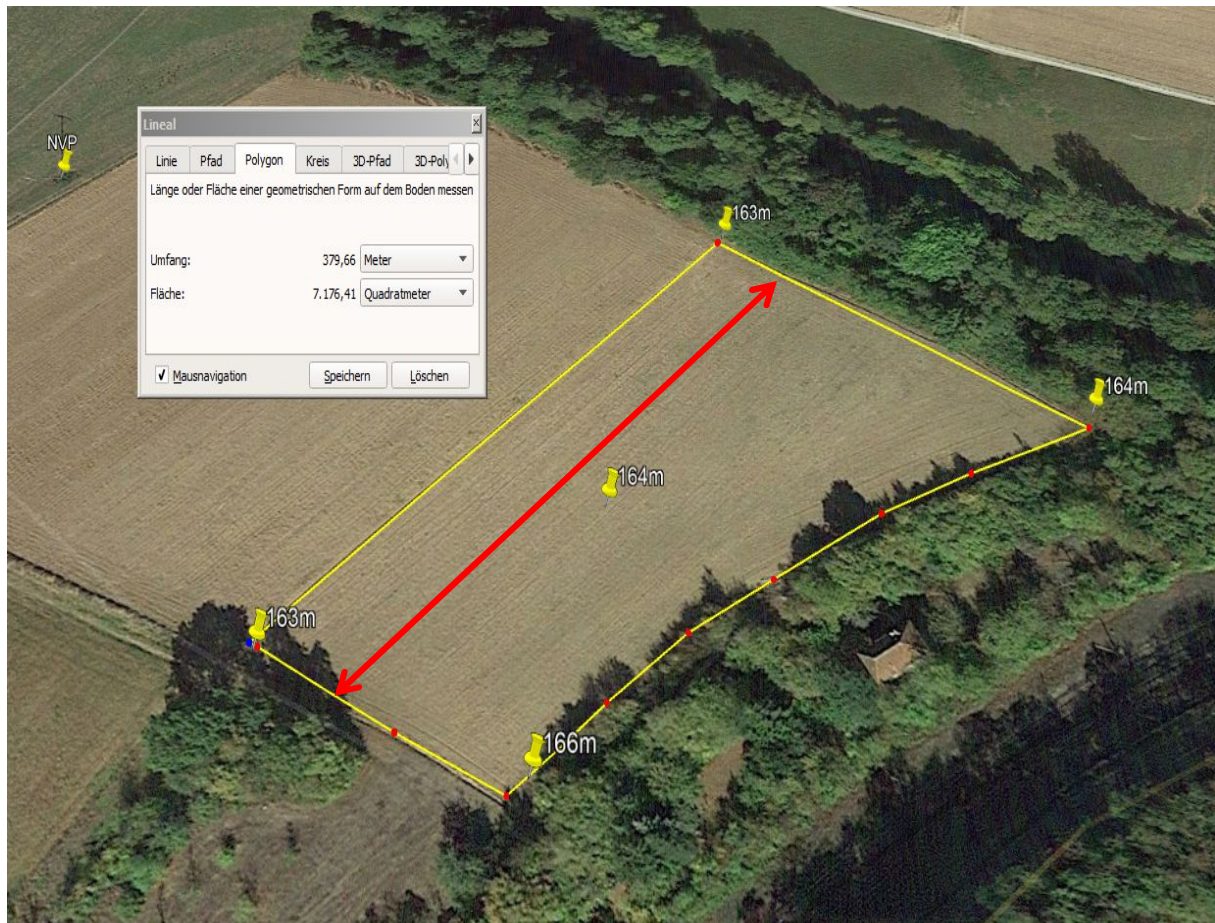
(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)



**Kennzahlen der Freifläche:**

Standortbeschreibung:	Ackerfläche, ca. 500m südwestlich der Ortschaft 75861 Neudenu entfernt gelegen
Geländeneigung:	Gefälle ca. 2 m Süd nach Nord
Länge Richtung Süd/West nach Nord/Ost:	ca. 120 m
Geländehöhe in Feldmitte ü. NN:	ca. 164 m ü. NN
Abstand zur L1096:	ca. 55 m
Abstand zu Gebäude, welches vom PV-Feld aus sichtbar ist:	ca. 25 m
Koordinaten der Fläche:	Nord 49°17'18.11" und Ost 9°15'37.68"

**Höhenpunkte des Freifläche**



roter Pfeil: 120m Länge (Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)



Standort der geplanten PV-Anlage mit Modultischen

Bild: Standort mit eingezeichneten Modultischen (vom AG übergeben)



(Quelle: AG / IB-Kensy)

Bild: Richtung Süd-Ost zum PV-Freifeld



(Quelle: IB-Kensy)



Bild: Luftbild – oben befindet sich die Ortschaft Neudenau, unten die Ortschaft Herbolzheim



(Quelle: Google-Earth)

Bild: Blick nach Osten Richtung Neudenau



(Quelle: IB-Kensy)



Bild: Blickrichtung Westen nach Herbolzheim



(Quelle: IB-Kensy)

## 2.2 Angrenzende Bebauung

Nicht alle wahrnehmbaren Reflexionen haben eine Blendwirkung zur Folge. In der Licht-Leitlinie wird zur Bestimmung einer Blendwirkung folgendes aufgeführt:

*„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.*

*Immissionsorte, die vornehmlich nördlich von einer Photovoltaikanlage gelegen sind, sind meist ebenfalls unproblematisch.*

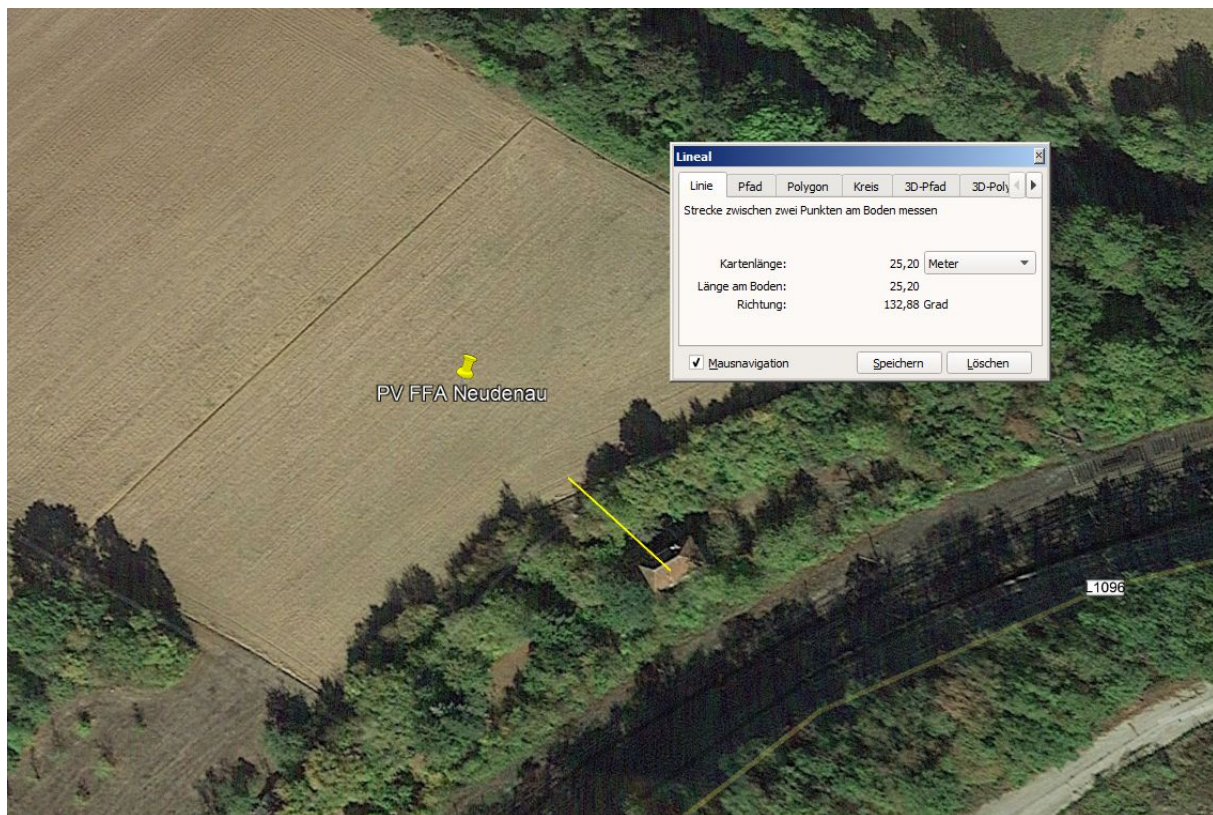
*Immissionsorte, die vorwiegend südlich von einer Photovoltaikanlage gelegen sind, brauchen nur bei Photovoltaik-Fassaden (senkrecht angeordnete Photovoltaikmodule) berücksichtigt werden.*

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

Das folgende Bild zeigt das südöstlich gelegene Gebäude und die relevante Umgebung. Im näheren und weiteren Umfeld befinden sich keine schutzwürdigen Räume (Zonen) im Sinne der LAI Lichtleitlinie. Das Gebäude südöstlich der PV-Fläche kann aufgrund des Strahlenverlaufes evtl. von potentiellen Reflexionen erreicht werden und daher wird dieser Bereich analysiert. Jedoch ist aufgrund des Bewuchses von Büschen und Bäumen vermutlich kein direkter Sichtkontakt möglich. Weitere Gebäude in den nahegelegenen Ortschaften Neudenau und Herbolzheim sind zu weit entfernt, so dass diese nicht näher betrachtet werden müssen.



Bild: PV-Anlage und Entfernung zur angrenzenden Bebauung



(Quelle: Google-Earth)

### 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

PV-Module nutzen das Sonnenlicht zur Erzeugung von Strom. Hersteller von PV-Modulen sind daher bestrebt, das möglichst viel Sonnenlicht in elektrische Energie umgewandelt wird. Somit wird angestrebt, dass möglichst wenig Sonnenlicht reflektiert wird und somit vom PV-Modul absorbiert wird. Die Hersteller haben spezielle Glasoberflächen entwickelt, welche speziell strukturiert und mit einer Antireflexionsschicht beschichtet sind, so dass der Anteil des reflektierten Lichts auf 1 – 4% reduziert werden konnte.

PV-Module zeigen im Hinblick auf Reflexionen andere Eigenschaften als normale Glasoberflächen wie z.B. Autoscheiben, Glasfassaden, Fenster, Gewächshäuser oder z.B. Oberflächen von Gewässern. Direkt einfallendes Sonnenlicht wird von der Moduloberfläche diffus reflektiert.

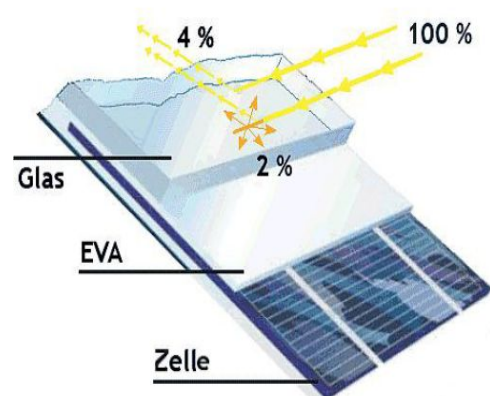




Bild: diffuse Reflexion des Sonnenlichtes an einer PV-Moduloberfläche



Das nachfolgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Das mittlere Modul entspricht den aktuell marktüblichen PV-Modulen wie auch im Bild zuvor dargestellt. Durch die strukturierte Oberfläche wird das Sonnenlicht diffus mit einer stärkeren Streuung reflektiert und die Leuchtdichte ist entsprechend vermindert. Das Modul rechts im Bild zeigt aufgrund der speziellen Oberfläche praktisch keine direkte, sondern durch die starke Bündelaufweitung der Lichtstrahlen, ausschließlich diffuse Reflexion.



Für die Berechnung wurden Module des Herstellers Jinko mit Anti-Reflexions-Eigenschaften berücksichtigt. Die Simulationsparameter werden entsprechend eingestellt. Es können aber auch Module eines anderen Herstellers mit ähnlichen Eigenschaften verwendet werden. Damit kommen die nach aktuellen stand er Technik möglichen Maßnahmen zur Vermeidung von Refelxionen und Blendwirkungen zur Anwendung.

Bild: Auszug vom Moduldatenblatt (siehe Anhang)

Mechanical Characteristics	
Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No.of cells	60 (6×10)
Dimensions	1665×1002×35mm (65.55×39.45×1.38 inch)
Weight	19.0 kg (41.9 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass



Hier als Veranschaulichung die natürliche Blendung der Sonne, die nicht vermieden werden kann. Somit ist der Verkehrsteilnehmer immer der Gefahr einer Blendung ausgesetzt zu sein. Jedoch ist die Beeinträchtigung der Blendung im bewegten Zustand bei Photovoltaikanlagen nur für einen kurzen Augenblick vorhanden, entgegen der direkten Blendung durch die Sonne, wie auf dem nachfolgenden Bild dargestellt.

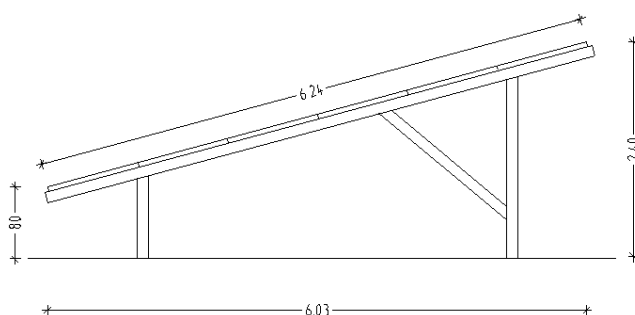


### 3.3 Technische Parameter der PV-Anlage

Die optischen Eigenschaften und die Installation der PV-Module, insbesondere die Ausrichtung und Neigung der Module sind wesentliche Faktoren für die Berechnung der Reflexionen. Es wurden für die Berechnung PV-Module mit Anti-Reflex Schicht berücksichtigt, sodass deutlich weniger Sonnenlicht reflektiert wird als bei Standard Modulen. Dennoch sind Reflexionen nicht ausgeschlossen, insbesondere wenn das Sonnenlicht abends und morgens in einem flachen Winkel auf die Moduloberfläche trifft.

Nachfolgende Skizze zeigt die berücksichtigten Modulneigung von  $15^\circ$  und Ansatz eines Verschattungswinkels von  $15^\circ$  zur nächsten Modulreihe. Es sollen hier 6 Module quer montiert werden, so dass eine horizontale Länge der Module von 6,24m resultiert. Der Reihenabstand ergibt sich aus dem Verschattungswinkel von  $15^\circ$  und dem Geländegefälle.

Bild: Modultisch, Modulneigung  $15^\circ$  (Vorgabe Abmessungen durch AG!)



(Quelle: IB-Kensy)

Die für die Untersuchung der Reflexion wesentlichen Parameter der PV-Anlage sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet:

PV-Modul / Typ / Hersteller	Jinko Solar (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultisch, nicht drehbar
Modulinstallation	6 Module quer übereinander
Ausrichtung der Module	südausgerichtet
Modulneigung	15°
Modultischunterkante	ca. 0,80 m
Modultischoberkante	ca. 2,40 m
Mittlere Höhe der Modulfläche	ca. 1,60 m
Anzahl Messpunkte auf der A81	4 Messpunkte
Anzahl Messpunkte Gebäude	1 Messpunkt
Höhe Messpunkte über Boden	2 m (mittlere Sitzhöhe PKW-/LKW-Fahrer/Zugführer inkl. Bahndamm)
Azimut Blickrichtung	in Fahrtrichtung + / - 20°

Überwiegend wird angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel von 20° und mehr zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung darstellen. In einem Winkel zwischen 10° und 20° können Reflexionen moderate Blendwirkung erzeugen und unter 10° werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden. Deshalb wird der für Reflexion relevante Blickwinkel als Fahrtrichtung + / - 20° definiert!

### 3.4 Berechnung der Blendwirkung

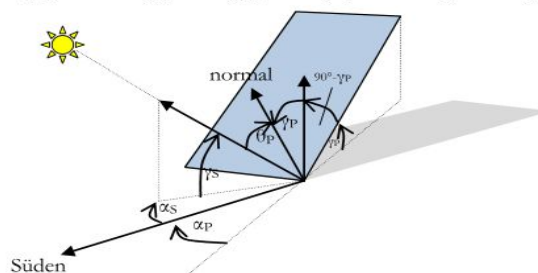
Die Berechnung der Reflexionen von elektromagnetischen Wellen (auch sichtbares Licht) erfolgt nach anerkannten physikalischen Erkenntnissen und den entsprechend abgeleiteten Gesetzen (u.a. Reflexionsgesetz, Lambertsches Gesetz) sowie den entsprechenden Berechnungsformeln.

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 (Federal Aviation Administration, zu deutsch „Bundesluftfahrtverwaltung“) 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 grundlegenden Ansatz zur Berechnung der Reflexion ist wie folgt. Wenn die Position der Sonne und die Ausrichtung des PV-Moduls (Neigung:  $\gamma$ , Azimut  $\alpha$ ) bekannt ist, kann der Winkel der Reflexion mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\cos(\theta_p) = -\cos(\gamma_s) \cdot \sin(\gamma_p) \cdot \cos(\alpha_s + 180^\circ - \alpha_p) + \sin(\gamma_s) \cdot \cos(\gamma_p)$$





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 fließen 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 wird eine Entfernung von 100 m genannt.

### 3.5 Standorte für die Analyse

Eine Analyse der potentialen 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 Erfahrungswerten 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 Neudenau wurden insgesamt 4 Messpunkte festgelegt. 2 Messpunkte entlang der Bahnlinie, 2 Meßpunkte im Verlauf der L1096 sowie 1 Messpunkt im Bereich des Gebäude südlichen Bereich der PV-Anlage. Weitere Gebäude wurden nicht untersucht, da aufgrund von Entfernung und /oder Winkel zur Immissionsquelle oder Erdwall und Bepflanzung keine Reflexionen zu erwarten sind.

Bild: PV-Anlage mit den 3 gewählten Messpunkten:



(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)

### 3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

#### Licht-Leitlinie

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist in Deutschland die sog. Licht-Leitlinie, die erstmals 1993 durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) verfasst wurde. Die Licht-Leitlinie ist weder eine Norm noch ein Gesetz sondern lt. LAI Vorbemerkung „ ... ein System zur Beurteilung der Wirkungen von Lichtimmissionen auf den Menschen“ welches ursprünglich für die Bemessung von Lichtimmissionen durch Flutlicht- oder Beleuchtungsanlagen von Sportstätten konzipiert wurde. Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Blendwirkung durch PKW-Scheinwerfer usw. werden nicht behandelt.

Im Jahr 2000 wurden Hinweise zu schädlichen Einwirkungen von Beleuchtungsanlagen auf Tiere – insbesondere Vögel und Insekten – und Vorschläge zu deren Minderung ergänzt. Ende 2012 wurde ein 4-seitiger Anhang zum Thema Reflexionen durch Photovoltaik (PV) Anlagen hinzugefügt. Lichtimmissionen gehören nach dem BImSchG zu den schädliche Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, **erhebliche Nachteile** oder **erhebliche Belästigungen** für die Allgemeinheit oder für die Nachbarschaft **herbeizuführen**. Bedauerlicherweise hat der Gesetzgeber die immissionsschutzrechtliche **Erheblichkeit** für Lichtimmissionen bisher nicht definiert und eine Definition auch nicht in Aussicht gestellt.

Für Reflexionen durch PV-Anlagen ist in der Licht-Leitlinie ein Immissionswert von maximal 30 Minuten pro Tag und maximal 30 Stunden pro Jahr angegeben. Diese Werte wurden nicht durch wissenschaftliche Untersuchungen mit entsprechenden Probanden in Bezug auf Reflexionen durch PV-Anlagen ermittelt, sondern stammen aus einer Untersuchung zur Belästigung durch periodischen Schattenwurf und Lichtreflexe (Disco-Effekt) von Windenergieanlagen (WEA).

Auch in diesem Bereich hat der Gesetzgeber bisher keine rechtsverbindlichen Richtwerte für die Belästigung durch Lichtblitze und bewegten, periodischen Schattenwurf durch Rotorblätter einer WEA erlassen oder in Aussicht gestellt. die Übertragung der Ergebnisse aus Untersuchungen zum Schattenwurf von WEA Rotoren auf unbewegliche Installationen wie PV-Anlagen ist unter Experten äußerst umstritten und vor diesem Hintergrund hat eine individuelle Bewertung von Reflexionen durch PV-Anlagen Vorrang vor den rechnerisch ermittelten Werten.

Allgemeiner Konsens ist die Notwendigkeit von weiterführenden Forschung und Konkretisierung der vorhandenen Regelungen.

*Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:*

Welches die zulässige Dauer einer Blendwirkung sein soll, ist eigentlich keine wissenschaftliche Fragestellung, sondern eine der gesellschaftlichen Vereinbarung: Wie viele Prozent stark belastigter Personen in der Exponierten Bevölkerung will man zulassen? Die Wissenschaft müsste aber eine Aussage darüber liefern können, welche Expositionsdauer zu welchem Anteil stark Belastigter führt. Wie bereits erwähnt, stehen Untersuchungen dazu noch aus. Es existieren noch keine rechtlichen oder normativen Methoden zur Bewertung von Lichtemissionen durch von Solaranlagen gespiegeltes Sonnenlicht.

*Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:*

Während die Berechnungen mögliche Reflexionsrichtungen klar aus geometrischen Verhältnissen folgen, besteht hinsichtlich der Risikobewertung reflektierten Sonnenlichts noch erheblicher Klärungsbedarf ...

Im Zusammenhang mit der Übernahme zeitlicher Grenzwerte der Schattenwurfrichtlinie besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der belastigenden Wirkung statischer Sonnenlichtreflexionen. Da in der Licht-Richtlinie klar unterschieden wird zwischen konstantem und Wechsellicht und es sich beim periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen um das generell stärker belastigende



Wechsellicht handelt, liegt die Vermutung nahe, dass zeitliche Grenzwerte für konstante Sonnenlichtreflexionen deutlich über denen der Schattenwurfrichtlinie anzusetzen wären.

### **Schutzwürdige Räume**

In der Licht-Leitlinie sind einige „schutzwürdige Räume“ – also ortsfeste Standorte – aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belästigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt 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 Leuchtdichte 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 Abbildungseigenschaften des Auges zusammen wonach die Dichte der Helligkeitsrezeptoren außerhalb des zentralen Schärfepunktes abnimmt. Überwiegend wird angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel ab 20° zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung darstellen. In einem Winkel zwischen 10° bis 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 berücksichtigt, die aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz physikalisch auftreten können. Daher sind die reinen Ergebniswerte als konservativ / extrem anzusehen und werden ggf. relativiert bewertet. Insbesondere werden mögliche Reflexionen geringer gewichtet wenn die Immissionsquelle mehr als 100 m entfernt ist.

### **Sonderfall Zugführer**

Das Simulationsprogramm ermittelt alle Lichtstrahlen/Reflexionen die einen Immissionsort erreichen können (360°). Das Verfahren ist rechnerisch korrekt aber es kann die Realität von bestimmten Umgebungen nicht ausreichend abbilden.

Der Arbeitsplatz des Zugführeres hat ein eingeschränktes Sichtfeld u.a. um während der Fahrt Störungen aus seitlichen Sichtbereich zu verhindern. Die Folgenden Bilder zeigen den Frontbereich von gängigen Loks bzw. Triebwagentypen.

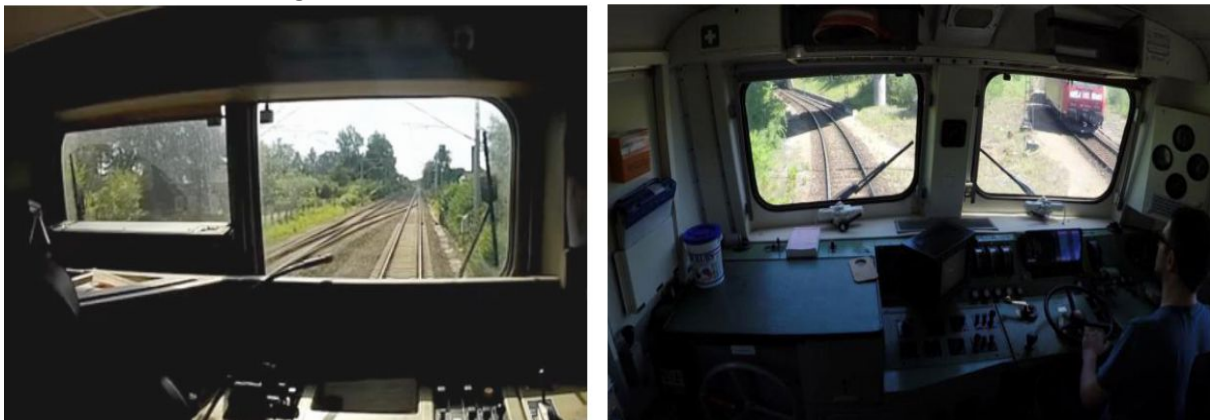
Bild: Sichtbereiche verschiedener Loks / Triebwagen



(Quelle: Google-Bildersuche)

Konstruktionsbedingt verfügen alle aktuellen Lokomotiven / Triebwagen nur über einen eingeschränkten Sichtbereich und daher können potentielle Reflexionen den Zugführer kaum erreichen. Die o.g. Aspekte unterstützen die gängig Einschätzung, dass der Sichtbereich für Zug- und Fahrzeugführer auf +/- 20° zur Fahrtrichtung als relevant festgelegt ist. Die in der Simulation berechneten Ergebnisse beziehen sich auf einen Ort im freien Raum (360° Rundumblick) und sind daher nur mit Einschränkungen verwendbar. Die folgenden Bilder zeigen beispielhaft den Führerstand gängiger Loktypen und den Sichtbereich der Zugführer.

Bild: Sichtbereich der Zugführer



(Quelle: Google-Bildersuche)

Es ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich alle aktuellen bzw. auch älteren Baureihen der zum Einsatz kommenden Loktypen mit den jeweiligen Fenstergrößen, dem Sichtwinkel von Sitzplatz zu Fensteraußenkante sowie Sitzhöhe des Zugführers zu simulieren. Beispielsweise wird die momentan noch verwendete Baureihe 143/243 (RB) u.a. aufgrund er gestiegenen Sicherheitsanforderungen (Crash-Optimierung) bis 2021 gegen neuere Baureihen oder Triebwagen ersetzt. Außer auch hier ist die Fensterfront im Randbereich überwiegend nur unwesentlich verändert und daher sind die entsprechenden Aspekte der Simulation weiterhin anwendbar.

### Sonstige Einflüsse

Aufgrund von technischen Limitierungen geht die Simulationssoftware zu jedem Zeitpunkt von sog. clear-sky Bedingungen aus, d.h. einen wolkenfreien Himmel und entsprechender Sonneneinstrahlung. Daher stellt das Simulationsergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung dar.



Dies entspricht nicht den 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 bewertet werden.

In der Licht-Leitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2019 eine mittlere Wolkenbedeckung von ca. 60% ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1982 – 2009 liegt bei 62,5 % bis 75 %.

Aber auch der Geländeverlauf und Informationen über möglichen Sichtschutz durch Hügel, Bäume oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden.

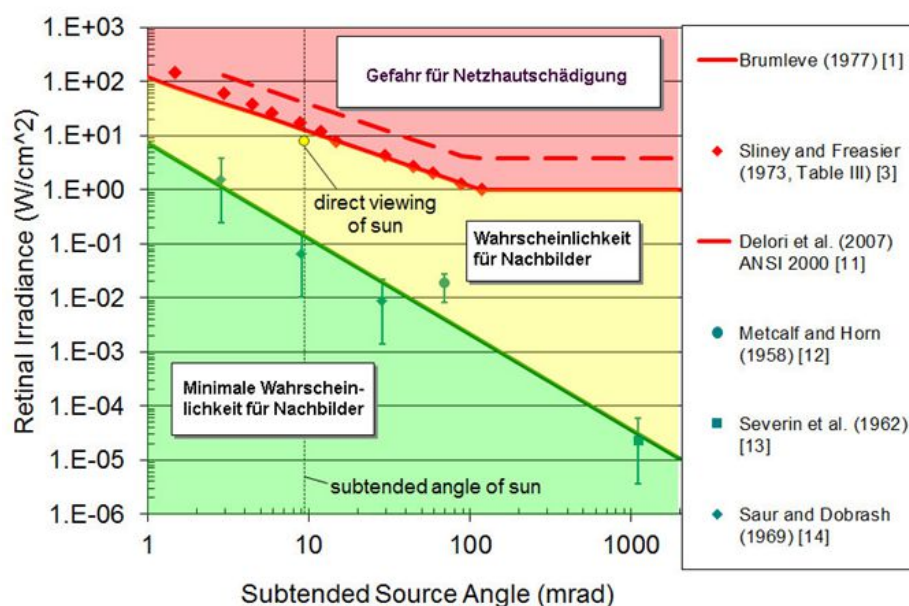
Es handelt sich dabei allerdings um Limitierungen der Software und nicht um Vorgaben für die Berechnung von Reflexionen. Eine realitätsnahe Simulation ist mit der aktuell verfügbaren Simulationssoftware nur begrenzt möglich.

### Kategorien von Reflexionen

Fachleute sind überwiegend der Meinung, dass die sog. Absolutblendung, die eine Störung der Sehfähigkeit bewirkt, ab einer Leuchtdichte von ca. 100.000 cd/m<sup>2</sup> beginnt. Störungen sind z.B. Nachbilder in Form von hellen Punkten nachdem in die Sonne geschaut wurde. Auch in der LAI Licht-Leitlinie ist dieser Wert angegeben (S. 21, der Wert ist bezogen auf die Tagesadaptation des Auges).

Aber nicht alle Reflexionen führen zwangsläufig zu einer Blendwirkung, da es sich neben den messbaren Effekten auch in einem hohen Maß um eine subjektive empfundene Erscheinung/Irritation handelt (Psychologische Blendwirkung). Das Forschungsinstitut Sandia National Laboratories (USA) hat verschiedene Untersuchungen auf diesem Gebiet analysiert und eine Skala entwickelt, die die Wahrscheinlichkeit für Störungen/Nachbilder durch Lichtimmissionen in Bezug zu ihrer Intensität kategorisiert. Diese Kategorisierung entspricht dem Bezug zwischen Leuchtdichte (W/cm<sup>2</sup>) und Ausdehnung (Raumwinkel, mrad). Die folgende Skizze zeigt die Bewertungsskala in der Übersicht und auch das hier verwendete Simulationsprogramm stellt die jeweiligen Messergebnisse in ähnlicher Weise dar.

Bild: Kategorisierung von Reflexionen



(Quelle: Sandia National Laboratories)

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisübersicht

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der PV-Anlage Neudenau wird für 5 exemplarisch gewählte Messpunkte durchgeführt. Das Ergebnis ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“ auftreten kann.

Die Kategorien entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse in Bezug auf Leuchtdichte und Leuchtdauer. Die Wertebereiche sind im Diagramm auch als farbige Flächen dargestellt.

- Minimale Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder
- Geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der Licht-Leitlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als 10° zu vernachlässigen, da in solchen Konstellationen die Sonne selbst die Ursache für eine mögliche Blendwirkung darstellt. Auch Reflexionen, die vor 6 Uhr morgens auftreten, sind zu vernachlässigen. Nach Bereinigung der Rohdaten sind die Ergebnisse üblicherweise um ca. 20 – 50% geringer und es sind nur noch Werte der Kategorie „GELB“ vorhanden. D.h. es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebniswerte nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden. In Bezug auf das PV-Feld Süd sind nach Bereinigung der Rohdaten keine Reflexionen mehr nachweisbar. Lediglich durch das PV-Feld Nord sind potentielle Reflexionen möglich. Diese werden im weiteren Verlauf von Abschnitt 4 für die jeweiligen Messpunkte beschrieben.

Tabelle: Potentielle Blendwirkung an den jeweiligen Messpunkten  
 Kategorie ■, Minuten pro Jahr

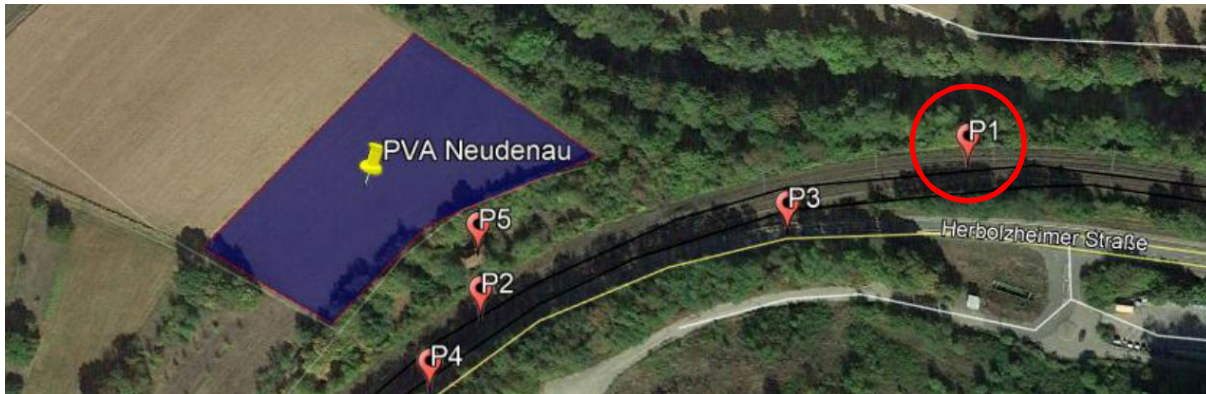
Messpunkt	PV-Feld [Minuten/Jahr]
P1 Bahnstrecke, nordöstlich	n.n.
P2 Bahnstrecke, östlich	1674 (WG)
P3 Herbolzheimer Straße / L1096, nordöstlich	1914 (WG)
P4 Herbolzheimer Straße / L1096, südöstlich	0
P5 Gebäude südöstlich	1927 (G)



- (n.n.) nicht nennenswert
- (W) aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen
- (E) aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen
- (G) aufgrund der Geländestructur oder Hindernisse/Sichtschutz zu vernachlässigen



#### 4.2 Ergebnisse am Messpunkt P1, Bahnstrecke nordöstlich

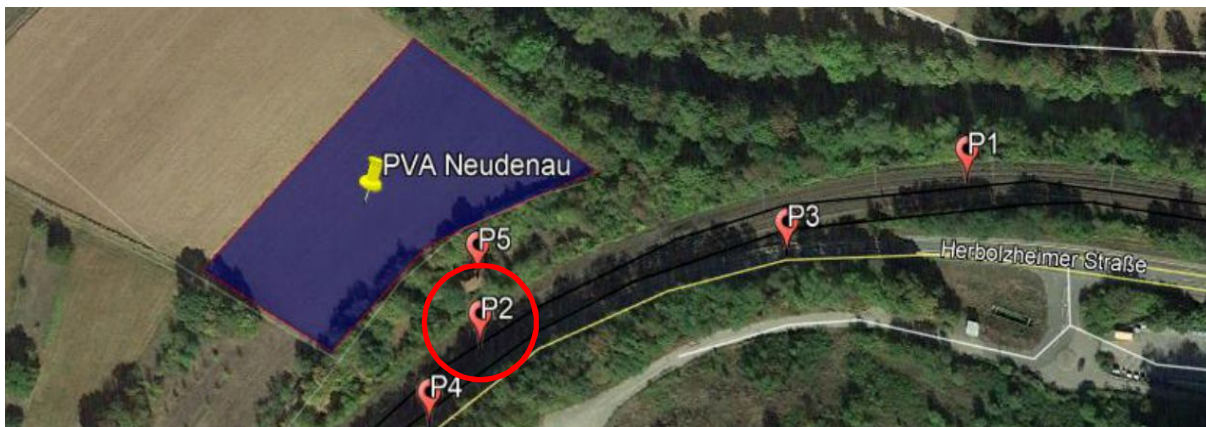


(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)

Der Messpunkt P1 auf der Bahnstrecke westlich der PV-Anlage sind nach Bereinigung der Rohdaten kein relevanten Reflexionen durch die PV-Anlage mehr nachweisbar. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass Reflexionen nur in den Abendstunden aus westlicher Richtung auftreten können und in diesen Konstellationen die tief stehende Sonne selbst die Ursache für mögliche Blendwirkungen darstellt.

- ➔ Eine Beeinträchtigung von Zugführeren kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit durch die PV-Anlage ausgeschlossen werden. Dies Sichtbarkeit von ggf. vorhandenen DB-Sigananlagen ist nicht beeinträchtigt.

#### 4.3 Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke östlich



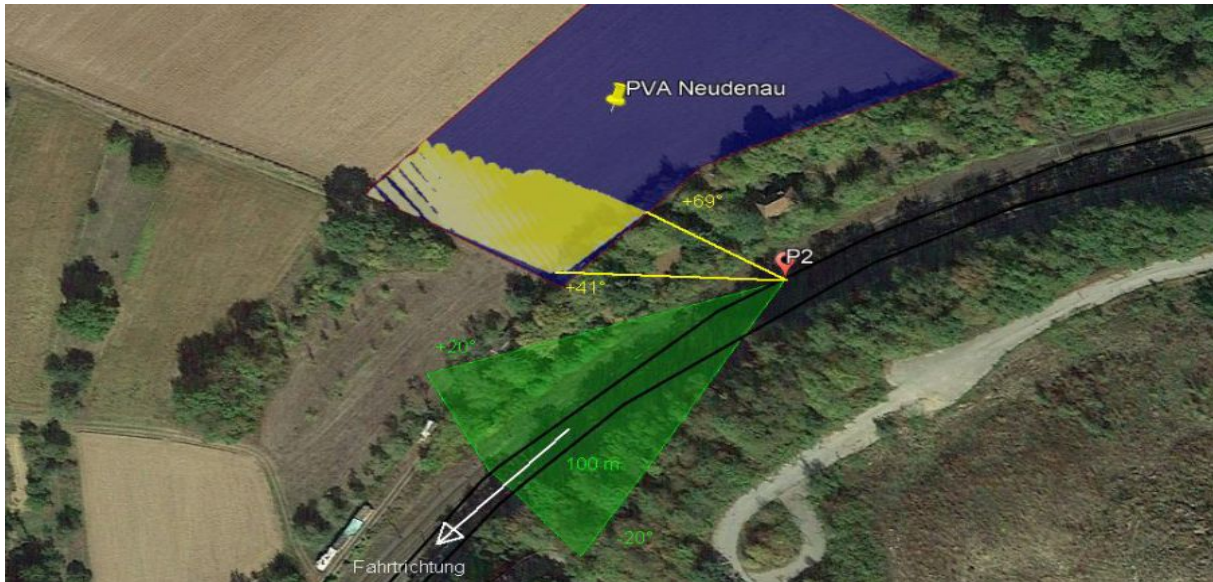
(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)

Am Messpunkt P2 auf der Bahnstrecke östlich der PV-Anlage können zwischen dem 08. Mai – 05. August in der Zeit zwischen 18:35 Uhr – 19:35 Uhr Reflexionen auftreten. In diesem Bereich beträgt der Azimut der Bahnstrecke ca.  $55^\circ/235^\circ$  und der Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen ca.  $+41^\circ$  bis  $+69^\circ$  westlich (rechts) zur Fahrtrichtung deutlich ausserhalb des für Zugführer relevanten Blickwinkels (in Fahrtrichtung  $+/-20^\circ$ , im Bereich 100m). Darüber hinaus befindet sich zwischen der Bahnstrecke und der PV-Anlage ein dichter Grünstreifen mit Büschen und Bäumen, sodass kein direkter Sichtkontakt zu Immissionsquelle in diesem Zeitraum (Laub ist an den Bäumen und Büschen noch vorhanden) besteht.

- ➔ Eine Beeinträchtigung von Zugführeren kann demnach mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden!



Zur Veranschaulichung werden dennoch in der folgenden Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P2 dargestellt:

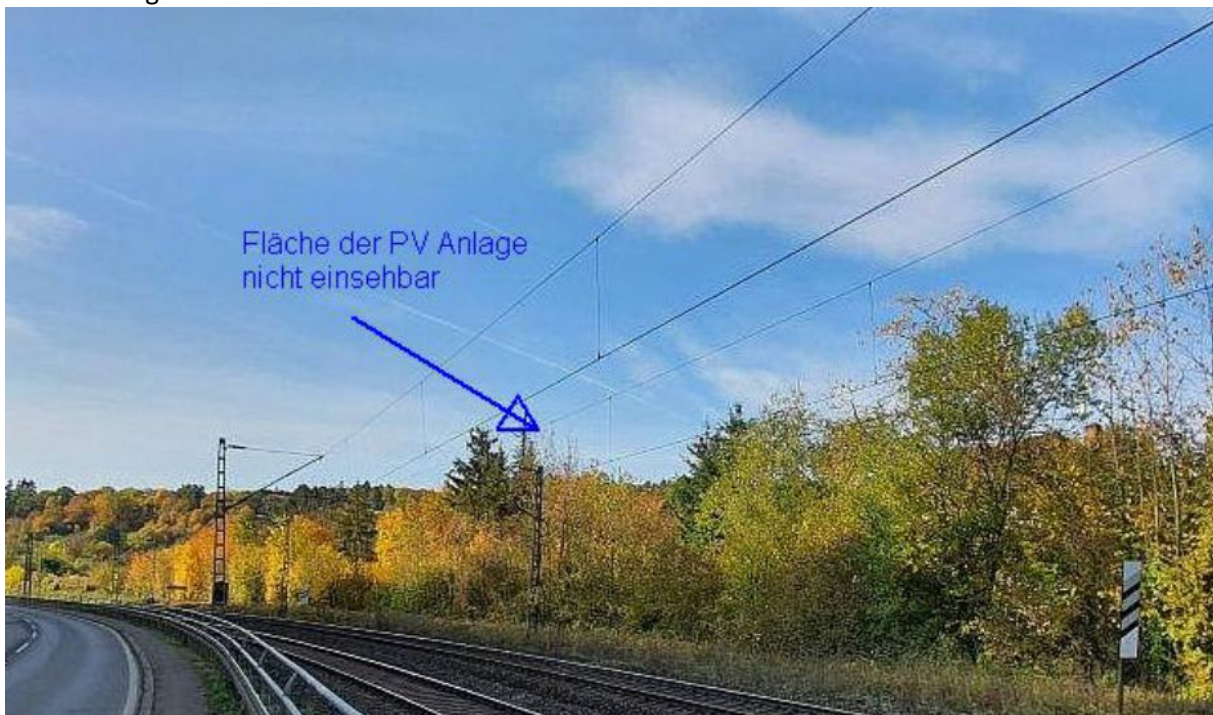


(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)

Der grün markierte Bereich zeigt den relevanten Sichtwinkel bei der Fahrt Richtung Südwesten (Fahrtrichtung +/- 20°, Bereich 100m). Potentielle Reflexionen können in den gelb/weiß markierten Flächen auftreten. Aufgrund des Einfallswinkels sind diese jedoch zu vernachlässigen.

Das folgende Foto zeigt die Situation in der Realität und verdeutlicht, dass die Fläche der PV-Anlage nicht einsehbar ist!

Blickrichtung Süd-Westen



(Quelle: IB-Kensy)

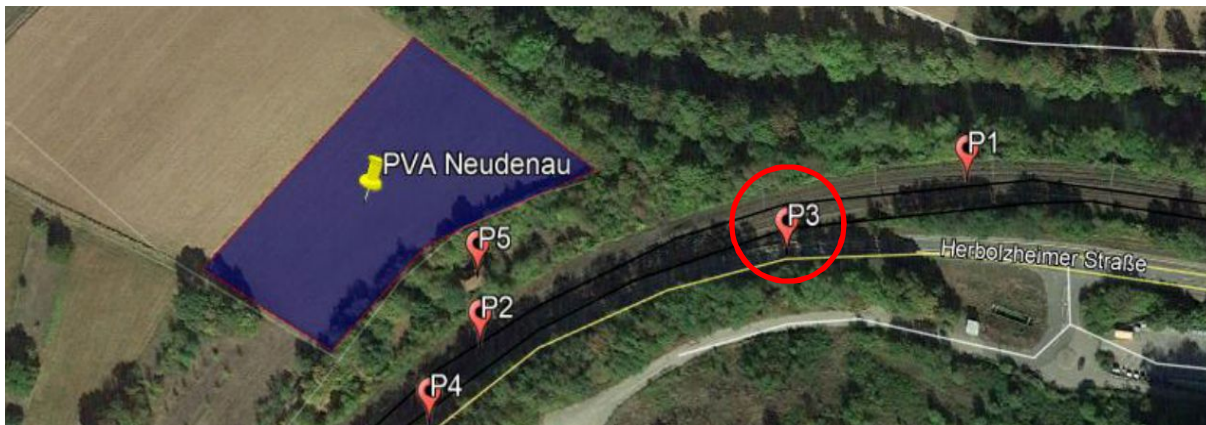


Blickrichtung Nord-Osten



(Quelle: IB-Kensy)

#### 4.4 Ergebnisse am Messpunkt P3, Herbolzheimer Straße / L1096, nordöstlich



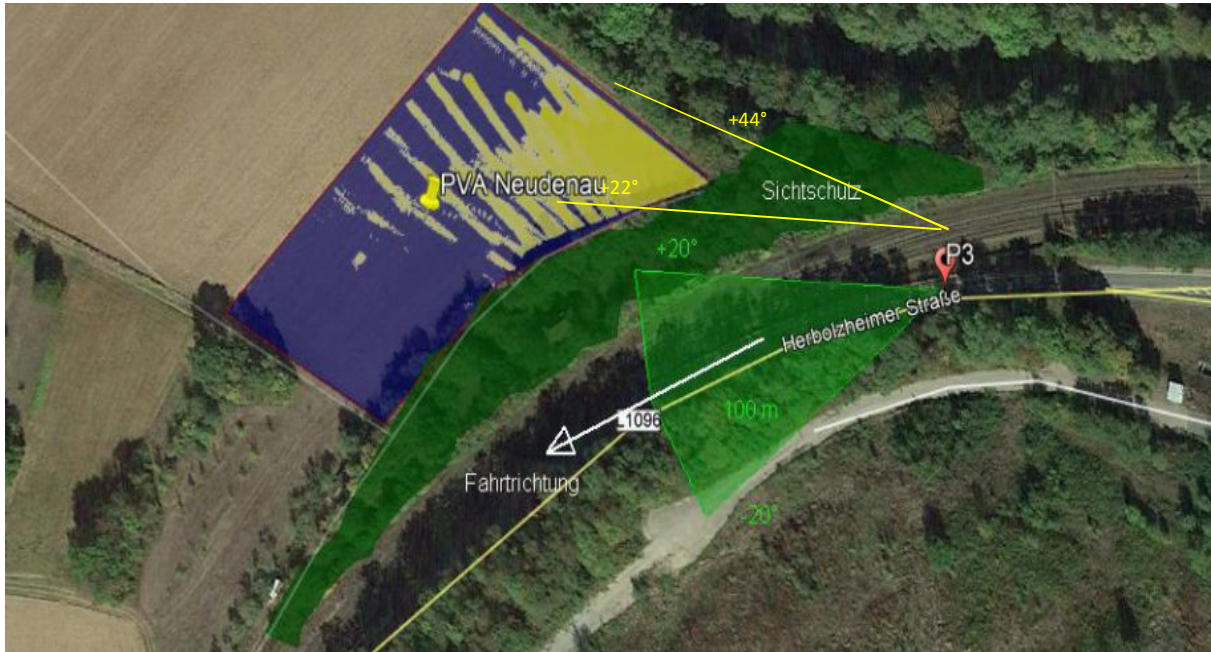
(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)

Am Messpunkt P3 auf der Herbolzheimer Straße (L1096) können rein rechnerisch bei der Fahrt Richtung Südwesten zwischen dem 06. Mai – 04 August in der Zeit zwischen 18:32 Uhr – 19:05 Uhr Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Diese liegen allerdings außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung +/- 20°, Bereich 100m) und sind daher zu vernachlässigen. Der bereits beschriebene Grünstreifen mit Büschen und Bäumen verhindert auch in diesem Bereich einen direkten Sichtkontakt zur Immissionsquelle.

➔ Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

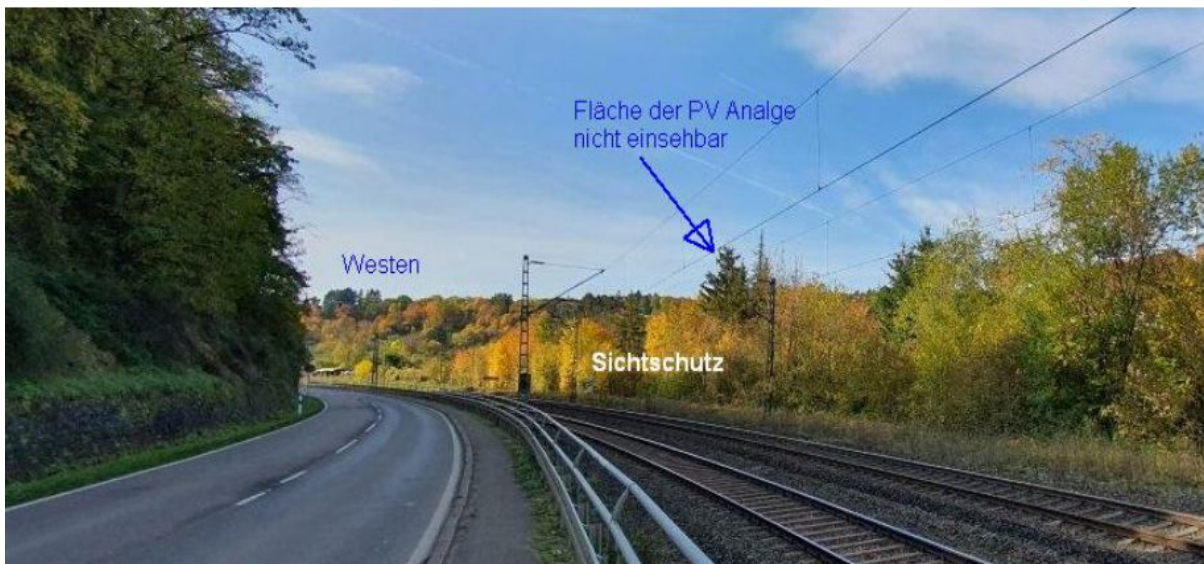


Zur Veranschaulichung werden dennoch in der folgenden Skizze die potentiellen Reflexionen am Messpunkt P3 dargestellt:



(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)

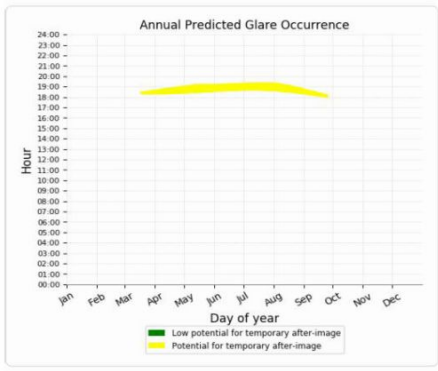
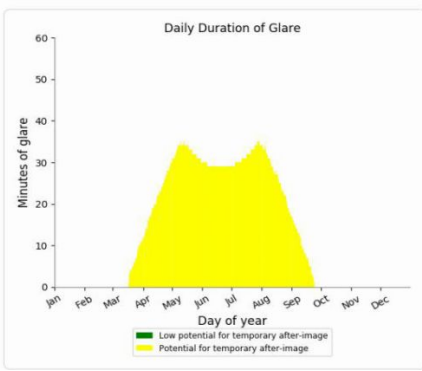
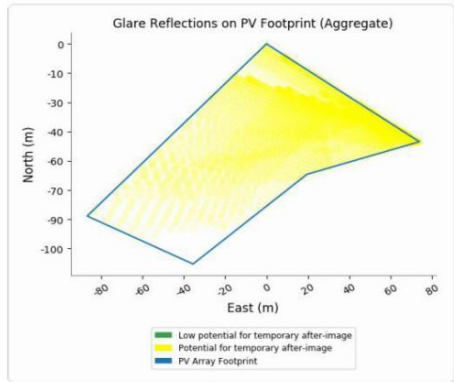
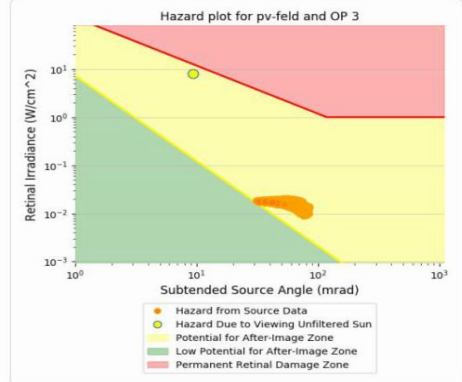
Die Skizze verdeutlicht, dass die rechnerisch ermittelten Reflexionen den Messpunkt P3 nicht erreichen können. Das folgende Fotos bestätigt die Situation in der Realität.



(Quelle: IB-Kensy)

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. Jahresverlauf am Messpunkt P3. Die jeweiligen Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt 3.6 ausgeführt sind die theoretischen Maximalwerte für einen ortsfesten Standort berechnet, die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können.



<p>Das Bild zeigt die relevanten Stunden im Jahr, wo mit Reflexionen zu rechnen ist</p>	<p>Das Bild zeigt die Dauer in Minuten auf den Monat bezogen, wo mit Reflexionen zu rechnen ist</p>
 <p>Annual Predicted Glare Occurrence</p> <p>Hour</p> <p>Day of year</p> <p>Legend: Low potential for temporary after-image (green), Potential for temporary after-image (yellow)</p>	 <p>Daily Duration of Glare</p> <p>Minutes of glare</p> <p>Day of year</p> <p>Legend: Low potential for temporary after-image (green), Potential for temporary after-image (yellow)</p>
<p>Das Bild zeigt den Bereich der PV-Anlage der für die Reflexionen verantwortlich ist</p>	<p>Das Bild zeigt, dass sich die Reflexionen im Bereich mit fast keinen Nachbildern (im Auge) befinden</p>
 <p>Glare Reflections on PV Footprint (Aggregate)</p> <p>North (m)</p> <p>East (m)</p> <p>Legend: Low potential for temporary after-image (green), Potential for temporary after-image (yellow), PV Array Footprint (blue)</p>	 <p>Hazard plot for pv-field and OP 3</p> <p>Retinal Irradiance (<math>W/cm^2</math>)</p> <p>Subtended Source Angle (mrad)</p> <p>Legend: Hazard from Source Data (orange dot), Hazard Due to Viewing Unfiltered Sun (yellow dot), Potential for After-image Zone (yellow), Low Potential for After-image Zone (green), Permanent Retinal Damage Zone (red)</p>

(Ergebnisdetails für Messpunkt P3 / OP = Observation Point)

#### 4.5 Ergebnisse am Messpunkt P4, Herbolzheimer Straße / L1096, südöstlich

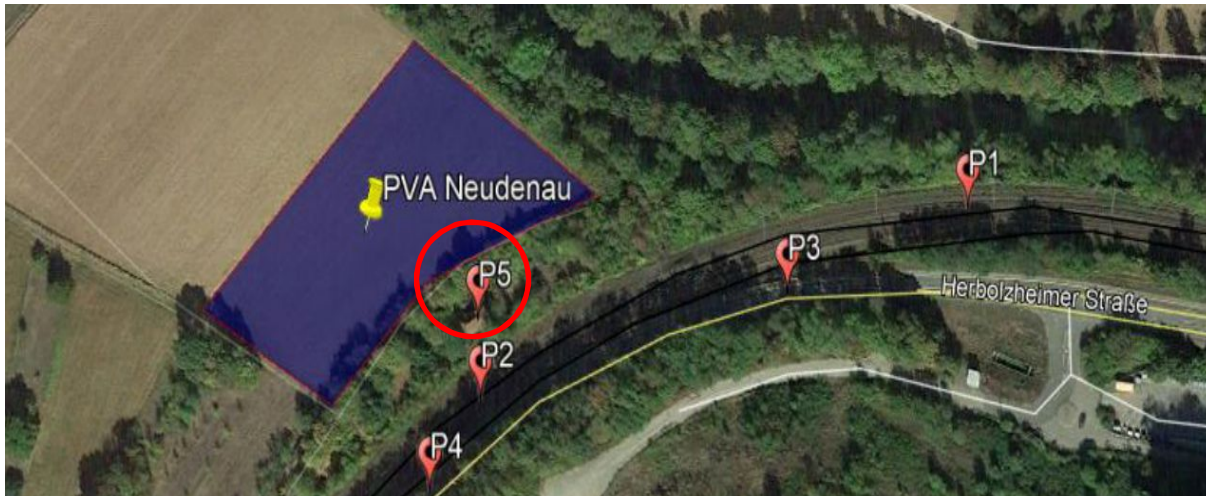


(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)

Messpunkt P4 auf der Herbolzheimer Straße (L1096) südöstlich der PV-Anlage kann aufgrund des Strahlenganges gemäß Reflexionsgesetz nicht von Reflexionen durch die PV-Anlage erreicht werden.

➔ Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern in diesem Abschnitt kann demnach mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden!

#### 4.6 Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude südöstlich

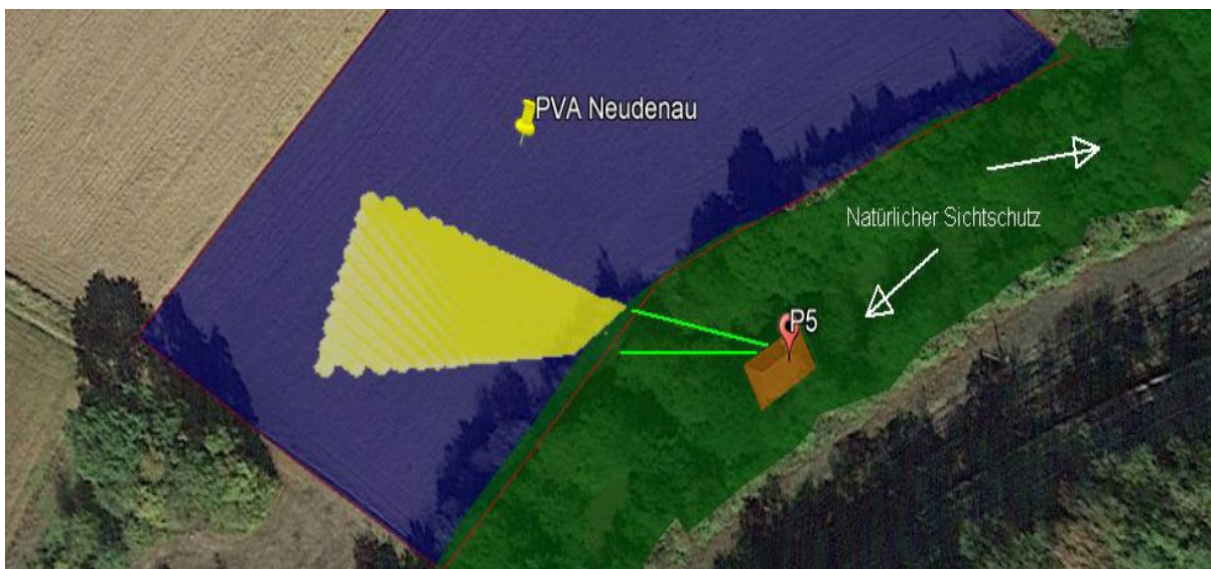


(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)

Am Messpunkt P5 im Bereich des Gebäudes östlich der PV-Anlage können theoretisch zwischen dem 06. Mai – 04. August in der Zeit zwischen 18:32 Uhr und 19:15 Uhr an insgesamt 1927 Minuten pro Jahr in einem kleinen Winkelbereich Reflexionen durch die PV-Anlage auftreten. Anhand einer Orstbegehung konnte allerdings nicht geklärt werden ob das Gebäude bewohnt ist. Es konnte allerdings unzweifelhaft festgestellt werden, dass in diesem Bereich ein ausgeprägter natürlicher Sichtschutz aus Büschen und Bäumen besteht welche einen direkten Sichtkontakt zur Immissionsquelle verhindert. Die theoretisch ermittelten Ergebnisse sind daher in der Realität nicht anwendbar.

→ Eine Beeinträchtigung für mögliche Anwohner im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze verdeutlicht die Situation am Messpunkt P5



(Quelle: Google-Earth / IB-Kensy)



#### Aktuelles Fotos im Bereich von Messpunkt P5



(Quelle: IB-Kensy)

In dem ermittelten Zeitraum (Ende April – August) ist Blattwerk vorhanden (Foto wurde am 25.10.2020 erstellt!) und bietet einen natürlichen Sichtschutz. Allgemein wird angenommen, dass ein Sichtschutz durch unbelaubte Baumstämme, Äste und Zweige in der Zeit zwischen Oktober bis Mai bereits mit ca. 20-30% anzusetzen ist. Ein Sichtschutz bzw. eine Reduzierung der Lichtdurchlässigkeit durch ausgeprägtes Blattwerk in der Zeit zwischen Anfang Juni bis Ende August wird mit mindestens 50-70% angenommen. Wald wird als nahezu lichtundurchlässig angesehen (horizontaler Blick).

## 5. Zusammenfassung der Ergebnisse

### 5.1 Zusammenfassung

Die Berechnung der Reflexionen für 5 exemplarisch gewählte Messpunkte der geplanten PV-Anlage „Neudenau“ ergibt eine theoretische aber geringfügige und zeitlich begrenzte Blendwirkung durch Reflexionen.

Zugführer auf der Bahnstrecke der Frankenbahn werden nicht durch potentielle Reflexionen durch die PV-Anlage beeinträchtigt da diese in einem Einfallswinkel auftreten, der außerhalb des relevanten Sichtwinkels (+ / - 20°) liegt. Darüber hinaus besteht aufgrund eines ausgeprägten, natürlichen Sichtschutzes durch Büsche und Bäume kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle. Die Sichtbarkeit von evtl. vorhandenen DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

Für Verkehrsteilnehmer der parallel zur Bahnstrecke verlaufenden L1096 gilt dies gleichermaßen, auch hier liegen potentielle Reflexionen außerhalb des relevanten Sichtwinkels und auch in diesem Bereich ist die PV-Anlage aufgrund des Waldstückes nicht einsehbar. Eine Beeinträchtigung für Anwohner bzw. für schutzwürdige Räume im Sinne der Lichtleitlinie ist nicht gegeben.

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 „Neudenau“ kann aufgrund der Dauer der Leuchtdichte als „geringfügig“ eingestuft werden (*die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse*). 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. die Geländestruktur (Bepflanzung, Erdwall, etc.), lokalen Wetterbedingungen (Frühnebel, Dunst, etc.) kann die Wahrscheinlichkeit für

Gutachten            Blendgutachten GA20201117IBK vom 17.11.2020  
Sachverständiger    Dipl.-Ing. (FH) Udo Kensy  
Auftraggeber        ZEAG Energie AG - Weipertstraße 41 - 74076 Heilbronn  
Objekt                PV-Freilandanlage – Neudenau

---

das Auftreten von Reflexionen der PV-Anlage als äußerst gering eingestuft werden. Eine Beeinträchtigung von Zugführern und Fahrzeugführern (PKW/LKW/Krad) durch Reflexionen der geplanten PV-Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sind keine speziellen Sichtschutzmaßnahmen erforderlich bzw. angeraten.

## 6. Schlussbemerkungen

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

## 7. Quellennachweis

- Licht-Leitlinie
- Leitfaden Lichteinwirkung auf die Nachbarschaft  
[https://www.fs-ev.org/fileadmin/user\\_upload/04\\_Arbeitsgruppen/08\\_Nichtionisierende\\_Strahlung/02\\_Dokumente/Leitfaeden/FS-2014\\_Leitfaden\\_Lichteinwirkungen\\_auf\\_die\\_Nachbarschaft\\_10.06.2014.pdf](https://www.fs-ev.org/fileadmin/user_upload/04_Arbeitsgruppen/08_Nichtionisierende_Strahlung/02_Dokumente/Leitfaeden/FS-2014_Leitfaden_Lichteinwirkungen_auf_die_Nachbarschaft_10.06.2014.pdf)
- Google-Earth, Luftbild und Höhenkoten
- Sandia National Laboratories (Bilder, Diagramme)
- Moduldatenblatt JinkoSolar
- ForgeSolar Simulationsprogramm
- Bilder von IB Kensy
- Technische Daten, Modulneigung 15°, Modulausrichtung Süd, in Rücksprache mit AG Hr. Truckenmüller
- DWD Service
- Informationen und Zuarbeit aus dem Netzwerk mit diversen Gutachtern und Ingenieurbüros
- DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.

## 8. Unterschrift

Nürnberg, 17.11.2020



.....  
*Dipl.Ing. (FH) Udo Kensy / IB Kensy*

### 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 von IB Kensy gestattet.