

# Projektbericht

## Blendgutachten für den PV Park “Haiterbach Blätschenschneider“

PI Report Number: 2021142\_V1  
Berlin, 22.07.2017

### Kunde

EnBW Energie Baden-Württemberg AG  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Deutschland

### Service Provider

PI Photovoltaik-Institut Berlin AG  
Wrangelstraße 100  
10997 Berlin  
Deutschland

### Contact Person

Michael Keßler  
+49 (0)711 289-48577  
m.kessler@enbw.com

### Contact Person

Mathias Leers  
+49 (0)30 814 52 64 - 405  
leers@pi-berlin.com

### Report details

Report number	2021142_V1	Order date	2021-07-15
Proposal number	G2021Q213	Delivery date	2021-07-22



### Client Information

Client	EnBW Energie Baden-Württemberg AG	Street address	Schelmenwasenstraße 15
Responsible person	Michael Keßler	City / State	Stuttgart
Phone number	+49 (0)711 289-48577	Zip code	70567
E-Mail	m.kessler@enbw.com	Country	Deutschland

### Consultant Information

Consultant	PI Photovoltaik-Institut Berlin AG	Street address	Wrangelstraße 100
Responsible engineer	Mathias Leers	City / State	Berlin
Phone number	+49 (0)30 814 52 64 - 405	Zip code	10997
E-mail	leers@pi-berlin.com	Country	Deutschland

### Signatures

Creator	 Mathias Leers		
Checked	 Stefan Wendlandt		

**Copyright © 2021 – PI Berlin AG.** All rights reserved – worldwide. Any content of this document shall be subject to the German Copyright Act. No part of this document shall be reproduced or transmitted in any form, by any means without prior written permission. The unauthorized reproduction or distribution of content to third parties is not permitted and can be prosecuted under the German Copyright Act.

The disclosing shall not be construed to grant to the recipient any license or other rights with respect to the information.

PI Berlin AG has put forth its best efforts in preparing and arranging this document. The PI Berlin AG disclaim any liability for correctness, completeness or up-to-dateness of the provided information unless agreed in a separate written agreement.

The test results in this report relate just to the test objects.

## 1. Versionshinweise

Version	Datum	Bemerkungen
V1	2021-07-22	First release to Customer

## 2. Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Versionshinweise</b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>6</b>
5.1.	Lichtimmissionen .....	6
5.2.	Photovoltaikanlagen .....	6
5.3.	Gebäude .....	7
5.4.	Verkehrsinfrastruktur .....	7
5.5.	Vorgehensweise .....	8
5.6.	Gegenmaßnahmen .....	9
<b>6.</b>	<b>Standortbeschreibung</b> .....	<b>11</b>
6.1.	Lage des Kraftwerkes.....	11
6.2.	Kurzbeschreibung des Kraftwerks .....	11
<b>7.</b>	<b>Allgemeine Hinweise</b> .....	<b>13</b>
<b>8.</b>	<b>Berechnungen</b> .....	<b>14</b>
8.1.	Standort Haiterbach .....	14
8.2.	PV-Anlage .....	15
8.3.	Berechnungen.....	15
8.4.	Verkehrsinfrastruktur .....	16
8.5.	L355 .....	16
8.6.	Bebauung.....	20
<b>9.</b>	<b>Quellen</b> .....	<b>21</b>

### 3. Einleitung

Ziel dieses Gutachtens ist die Bewertung möglicher Blendsituationen, welche durch die geplante PV-Anlage „Solarpark Haiterbach Blätschenschneider“ in Bezug auf die angrenzende Infrastruktur beziehungsweise Wohnbebauung durchzuführen.

Dieses Gutachten beruht auf den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten technischen Daten des Solarkraftwerks. Falls Informationslücken vorlagen, wurden Annahmen getroffen und als solche gekennzeichnet. Alle zur Begutachtung berücksichtigten Aspekte werden dokumentiert und beschrieben.

Die folgenden Dokumente wurden vom Auftraggeber in digitaler Form zur Verfügung gestellt.

- 20200508 LONGi Data Sheet LR4-72HIBD 430-455M V03.pdf (Datenblatt Module)
- 20210414\_Belegungsplan\_Haiterbach\_B.dwg (Belegung)
- 20210414\_Belegungsplan\_Haiterbach\_B\_mit Karte.pdf (Belegung)
- 20210414\_Belegungsplan\_Haiterbach\_B\_ohne DGM.dwg (Belegung)
- Haiterbach Blätschenschneider.kmz (Ortsmarkierung)
- Haiterbach Blätschenschneider Begründung Vorentwurf\_CB.pdf

Ferner ist eine Schnittzeichnung der Modultischbelegung vorhanden

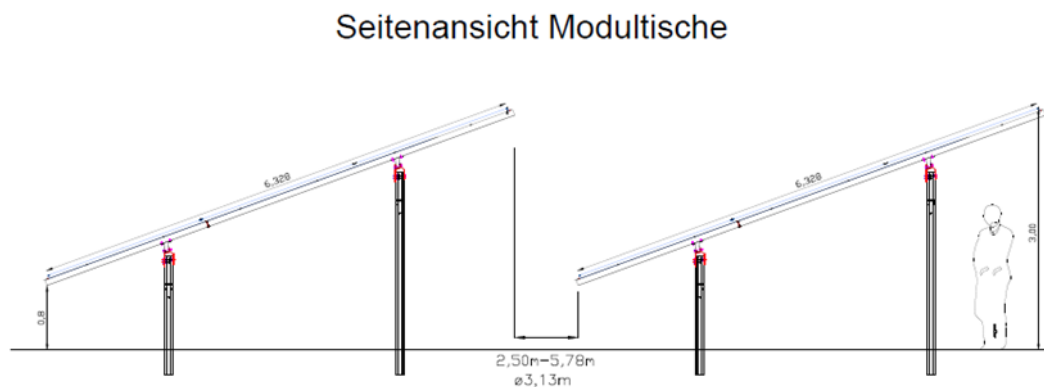


Abb. 1: Seitenansicht Modultische (Quelle: Auftraggeber)

Alle Maße und Winkel, welche die Berechnungsgrundlage für dieses Gutachten darstellen sind mit Hilfe der zur Verfügung gestellten technischen Zeichnungen und der Software Google Earth (Zugriff KW 29 2032) ermittelt worden. Die Maße wurden mit entsprechenden Sicherheitszuschlägen verwendet um eine größtmögliche Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Sollten sich nach der Fertigstellung der PV-Anlage unberücksichtigte Blendsituationen ergeben, sind diese durch zusätzliche Maßnahmen zu beheben.

Einen Anhaltspunkt für kritische Immissionsobjekte liegen vom Auftraggeber nicht vor. Somit werden mögliche von Blendereignissen betroffene Objekte im Folgenden identifiziert und eingeordnet.

#### 4. Zusammenfassung

Die geplante PV-Anlage Haiterbach Blätschenschneider grenzt an landwirtschaftliche Flächen und ist umgeben von mehreren Wirtschaftswegen.

In einiger Entfernung verläuft die Landstraße L355. Diese wird sowohl durch ihre Entfernung zur geplanten PV-Anlage als auch durch die entstehenden Winkelbeziehungen nicht durch Reflexionsereignisse negativ beeinflusst. Eine Reflexion in Richtung der Straße kommt vor, jedoch erfolgt diese nicht in einem kritischen Winkel zum Fahrzeug. Eine Absolutblendung von Fahrzeugführern ist hier nicht zu erwarten.

Westlich und Nordwestlich der PV-Anlage befinden sich Gebäude, welche bei direktem Sichtkontakt eine Reflexion in den frühen Morgenstunden erfahren können. Aufgrund der Anlagenausdehnung und der relativen Lage der beiden Objekte zueinander – die PV Anlage befindet sich unterhalb der Gebäude – kann es zu Reflexionen kommen, welche einige Minuten anhalten. Die Gesamtdauer (pro Tag und Jahr) der Blendung kann anhand genauer Höhendaten berechnet werden. Jedoch können auch Blenddauern unterhalb der empfohlenen Richtwerte zu subjektiv erheblichen Störungen führen, weshalb eine Unterbrechung der Sichtachse von vornhinein in Betracht gezogen werden sollte.

Dies kann zum Beispiel durch entsprechende Sichtschutz-Zäune, Planen oder Bepflanzungen geschehen. Vor Ort ist zu prüfen, an welchen Stellen ein Sichtschutz tatsächlich notwendig ist, da zum Teil Sichtachsen schon durch Bewaldung und Höhenunterschieden unterbrochen werden.

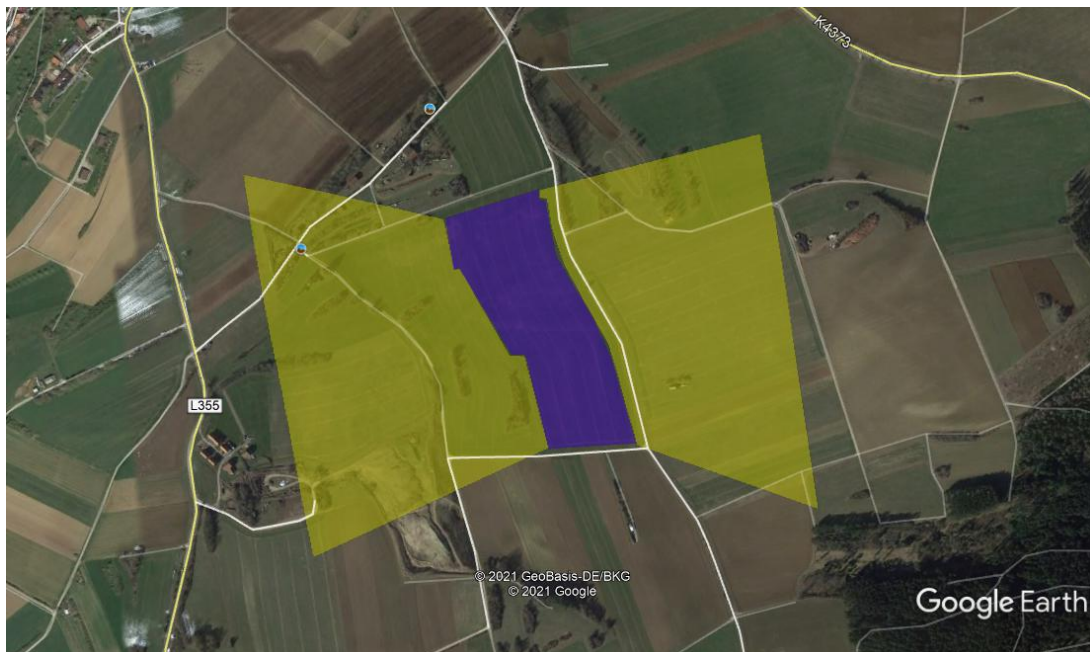


Abb. 2: Geplanter Standort der PV-Anlage Haiterbach (blau) mit Reflexionsrichtungen (gelb)

## 5. Grundlagen

### 5. 1. Lichtimmissionen

Licht, welches von einer Anlage ausgeht, wird nach § 3 Abs. 3 BImSchG als Emission gewertet. Kommt es infolge einer Lichtemission zur Einstrahlung auf Personen, bzw. schützenswerte Räume, so ist dies eine Lichtimmission gemäß § 3 Abs. 2 BImSchG welche unter das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) fällt. [2]

Ziel des Gesetzes ist die Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen welche durch die Immissionen entstehen können. Im Rahmen des Gesetzes sind durch den Gesetzgeber jedoch keine Grenzwerte für Lichtimmissionen, weder in der Dauer noch in der Intensität, festgelegt worden.

Aufgrund dessen wurde durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ein Dokument veröffentlicht, welches die Art und die Bewertung störender Lichtimmissionen konkretisiert. [1]

Für die Beurteilung einer Blendwirkung wird dieses Dokument in der Version vom 13.09.2012 herangezogen. Im Grundsatz handelt es sich stets um eine Lichtemission, wenn das Licht aus einer nicht natürlichen Quelle stammt. Dabei wird das Sonnenlicht ab dem Zeitpunkt einer Reflexion als künstliche Lichtquelle gewertet und unterliegt damit dem BImSchG. In Anhang 2 des Leitfadens werden Photovoltaikanlagen in ihrer Blendwirkung betrachtet bzw. in deren störenden Wirkung bewertet.

Inwieweit eine Lichteinwirkung als erheblich störend empfunden bzw. gewertet wird hängt dabei von der Nutzungsart des Immissionsobjektes, der Tageszeit und der Dauer der Einwirkung ab. Dabei bleiben unterschiedliche Empfindlichkeiten individueller Personen unberücksichtigt. Vielmehr orientieren sich die gegebenen Empfehlungen an der „durchschnittlichen“ Empfindlichkeit.

Die Emissionen sind dabei grundsätzlich so gering wie möglich zu halten. Lassen sich Emissionen trotz Gegenmaßnahmen nicht, oder nicht mit angemessenem Aufwand vermeiden, bzw. weiter reduzieren, so müssen diese durch die Umgebung hingenommen werden, insofern sie die Immissionsrichtwerte nicht überschreiten.

### 5. 2. Photovoltaikanlagen

Photovoltaikanlagen bestehen aus einer großen Anzahl von Photovoltaikmodulen, welche bei Bestrahlung mit Sonnenlicht Strom generieren. Die Module sind dabei großflächig, meist mit gleicher Ausrichtung installiert. Allen zur Zeit verwendeten Modulen ist gemein, dass sie auf der sonnenzugewandten Seite mit einer Glasscheibe versehen sind um das Material gegen Umwelteinflüsse abzuschirmen, gleichzeitig aber die Sonnenstrahlung durchzulassen. Das Ziel der Technologie ist es, möglichst viel Licht einzufangen und den Reflexionsanteil so gering wie möglich zu halten. Aus diesem Grund sind viele Modultypen mit Anti-Reflexionsschichten versehen oder besitzen eine texturierte Glasoberfläche. Hierbei wird die Reflexionseigenschaft der Oberfläche bei schräg einfallender Strahlung um ein Vielfaches reduziert. Abhängig vom Einfallswinkel des Sonnenlichts wird dabei ein unterschiedlicher

Anteil an Strahlung reflektiert. Während es bei einem Sonnenwinkel senkrecht zur Moduloberfläche nur zu einer sehr geringen Reflexion kommt, ist bei einem streifenden, sehr flachem Winkel mit einer Totalreflexion zu rechnen.

Dennoch wird durch die LAI bei Photovoltaikanlagen von einer Absolutblendung ausgegangen, wenn nur ein Bruchteil des Sonnenlichtes (weniger als 1%) reflektiert wird. Die durchgeführten Berechnungen lassen deshalb den Einfallswinkel außer Betracht und werden idealisiert als Totalreflexion gewertet.

Aufgrund der zum Teil sehr großen Ausdehnungen von PV-Freiflächenanlage (ca. 2,5Ha pro MW) kann es im Immissionsfall zu deutlich ausgedehnten Zeiträumen kommen, in denen eine Immission aufrechterhalten wird.

### 5. 3. Gebäude

Für Gebäude werden durch die LAI besondere schutzwürdige Räume ausgewiesen, die folgendermaßen definiert sind:

- Wohnräume, einschließlich Wohndielen
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume

Direkt angrenzende Außenflächen wie Terrassen und Balkone sind dabei in der Beurteilung mit zu berücksichtigen. Bei Außenflächen gilt eine Schutzwürdigkeit jedoch nur zwischen den Uhrzeiten 6:00 und 22:00.

Zur Beurteilung der Blendung und der infolge Auftretenden Störungen und Belästigungen sollten dabei folgende Größen mit berücksichtigt werden:

- Zeitpunkt der Blendung (Tages- und Jahreszeit)
- Dauer der Blendung
- Häufigkeit der Blendung
- Ggf. Reflexionseigenschaften der Moduloberfläche

Neben existierenden Gebäuden, müssen ebenfalls brachliegende Flächen Berücksichtigung finden, für welche nach Planungs- und Baurechtlichen Gründen schutzwürdige Räume zugelassen sind.

Als Grenzwerte werden in der Richtlinie eine maximale Blenddauer von 30 Minuten täglich oder 30 Stunden pro Kalenderjahr festgelegt. Im Einzelfall kann eine erhebliche Belästigung jedoch auch unabhängig dieser Grenzwerte auftreten und muss daraufhin durch entsprechende Gegenmaßnahmen reduziert werden.

### 5. 4. Verkehrsinfrastruktur

Für die Betrachtung von Verkehrsinfrastruktur wie Straßen, Bahnlinien, Einflugschneisen oder Ähnliches sind keine Grenzwerte, weder in der Intensität noch in der Dauer, vorgegeben. Vielmehr gilt es, eine Blendung gänzlich zu vermeiden, da bei einer

angenommenen Absolutblendung das Sehvermögen stark herabsetzt wird [1]. Dennoch ist zu beachten, dass es aufgrund einer Vielzahl von Reflexionsereignissen zu Blendungen kommen kann. Hierzu zählen unter anderem Glasfassaden von Gebäuden, großflächige Parkplätze sowie Gewässer oder regennasse Fahrbahnen. Der Effekt ist damit nicht ungewöhnlich sollte bei kurzer Einwirkung von Kraftfahrzeugführern beherrschbar sein.

Bei der Betrachtung der Verkehrsinfrastruktur ist vor allem die physiologische Blendung von Bedeutung, welche die Sehleistung mindert beziehungsweise vollständig unterbindet. Der psychologische Effekt spielt hierbei eine untergeordnete Rolle, da die Blendsituation nur vorübergehend auftritt und für einen sehr geringen Zeitraum erhalten bleibt.

Hierbei wird davon ausgegangen, dass sich eine physiologische Blendung ergibt, wenn sich die Blendquelle (Reflexionsquelle) innerhalb des Gebrauchsblickfeldes befindet. Nach allgemeiner Definition umfasst dieses ein Aufblick von  $25^\circ$ , ein Abblick von  $40^\circ$  und ein Rechts- und Linksblick von  $30^\circ$ . [5] Für die Bewegung von Fahrzeugen bedeutet dies, dass sich eine Blendquelle innerhalb eines Winkels von  $\pm 30^\circ$  bezogen auf die Fahrtrichtung befinden muss, damit diese als physiologische Blendung eingestuft wird.

Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine vollständige Beeinträchtigung des Sehvermögens bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h einer zurückgelegten Strecke von 28 m/s bedeutet. Bei zunehmender Dauer der Blendung ist jedoch mit einer Adaption der Situation bzw. einem Ausweichverhalten wie dem bewussten fokussieren eines dunkleren Bereiches im Sichtfeld oder der Verwendung eines Blendschutzes (Sonnenbrille oder Sonnenblende) zu rechnen. Bei der typischen Reflexionssituation durch Solarmodule welche sich in einer Ebene mit dem Beobachter befinden, ist eine Blendsituation durch die direkte Sonne bereits vorhanden, wodurch eine Reflexionsblendung nicht unerwartet auftritt.

Hierbei wird der Bereich des Blickfeldes betrachtet, welcher der Blickrichtung (also die Bewegungsrichtung) entspricht und nicht mehr als  $90^\circ$  von der Blickrichtung abweicht (seitliche Einstrahlung). Der tatsächlich physiologische Sichtbereich ist sehr viel geringer anzusetzen, jedoch muss der Fahrzeugführer ebenfalls in der Lage sein den Randbereich der Fahrbahn beobachten zu können, wodurch die Blickrichtung von der eigentlichen Bewegungsrichtung abweicht.

Bei einer kurzzeitigen Blendung muss zusätzlich geprüft werden, dass sich in diesem Bereich keine Verkehrszeichen oder Signalanlagen befinden, welche auch durch eine kurzzeitige Abweichung des Blickes übersehen werden können.

Eine Blendung bzw. Reflexion auf den Fahrer eines Kraftfahrzeugs führt des Weiteren auch zu einer Herabsetzung der Aufmerksamkeit, wenn die reflektierte Lichteinwirkung zu einer Reaktion führt (Abwendung des Blickes, einleiten von Gegenmaßnahmen – z. B. Sonnenblende einstellen. Hierbei ist es wichtig besonders Verkehrsbereiche mit hoher Konzentrationsanforderung eingehend zu prüfen (z. B. Einmündungen, Auffahrten, etc.).

## 5. 5. Vorgehensweise

Um die mit den Solarmodulen verbundene Reflexion zu beurteilen, wird hier eine vereinfachte Betrachtung der komplexen Gegebenheiten durchgeführt. Die Sonne wird als punkt-



förmig angenommen. Als Sonnenstrahlung wird ausschließlich die direkte Sonnenstrahlung gewertet. Reflexionen von Streulicht bleiben aufgrund ihrer im Vergleich sehr geringen Helligkeit unberücksichtigt. Die Berechnung der Reflexion richtet sich nach dem astronomischen Sonnenstand. Eine Reduzierung durch Bewölkung und Horizontverschattung bleibt unberücksichtigt.

Ausgehend vom Standort wird für den jeweiligen Sonnenstand eine geometrische Berechnung des Strahlenverlaufs durchgeführt. Die Solarmodule bieten unabhängig von ihrer Oberfläche und des Einfallswinkels einen „idealen Spiegel“. Die Einfalls- und Ausfallwinkel der Strahlen werden abhängig von der Modulausrichtung und -Neigung berechnet.

Da der Sonnenstand je nach Standort, Uhr- und Jahreszeit unterschiedlich ist, wird zunächst ein Sonnenbahn-diagramm für den Standort berechnet. Hieraus lässt sich für einzeln definierte Tage der Sonnenverlauf am Himmel beschreiben. Die eingezeichneten Bahnen gelten jeweils nur für einen bestimmten Tag des Monats. Lediglich die beiden Kurven für den 21. Dezember und den 21. Juni bilden Wendepunkte. Alle anderen möglichen Sonnenbahnen verlaufen innerhalb dieser beiden Kurven.

Ausgehend von den jeweiligen Sonnenständen wird der durch eine reflektierende Oberfläche gespiegelte Verlauf der Reflexion in einem Reflexionsdiagramm dargestellt. Hier ist zu erkennen in welche Richtung und welchem Höhenwinkel eine direkte Reflexion erfolgt. Alle relevanten Raumpunkte werden dahin gehend geprüft, ob und wann sie sich innerhalb dieser Reflexionsbahnen befinden.

Wird festgestellt, dass sich relevante Bereiche innerhalb des Reflexionsraumes befinden, werden weitere Berechnungen durchgeführt um die Auswirkung auf die vorherrschende Blickrichtung bzw. auch die Dauer der Situation zu bestimmen.



Bei vereinzelt, neuen Modultypen kommt es zu einer Reflexion auf den silbernen runden Zellverbindern. Der Reflexionswinkel kann sehr unterschiedlich zu der hier berechneten Reflexion auf der Glasoberfläche. Der Reflexionswinkel ist hierbei nicht berechenbar. Die Reflexion findet in der Regel rechtwinklig zur Moduloberfläche statt. Bei schräg aufgeständerten PV-Modulen, sollte dabei keine direkte Reflexion auf die Ebene Umgebung stattfinden. Bei bergiger Umgebung, hohen Wohngebäuden oder im Luftraum über der Anlage kann dies jedoch zu Reflexionsereignissen führen. Ob ein Entsprechendes Verhalten der Module zu erwarten ist sollte bei Produktionsinspektionen, der Lieferung oder während der Installation geprüft werden.

## 5. 6. Gegenmaßnahmen

Grundsätzlich können zwei Arten von Gegenmaßnahmen unterschieden werden. Zunächst einmal ist es möglich, durch eine veränderte Ausrichtung bzw. Neigung der Module bestimmte Bereiche blendfrei zu halten. Diese Maßnahme eignet sich jedoch nur, wenn es sich um wenige Immissionsobjekte handelt und durch die Änderung der Ausrichtung nicht andere schützenswerte Bereiche von der veränderten Ausrichtung betroffen werden.

Daneben eignen sich alle Maßnahmen, die den direkten Blickkontakt zwischen Photo-  
voltaikanlage und Betrachter unterbinden. Beispielhaft können hier Erdwälle an den An-  
lagenaußengrenzen oder Sichtschutzfolien an den Zäunen angebracht werden. Neben des  
Sichtschutzes an der PV-Anlage sind aber auch Maßnahmen denkbar, welche räumlich an  
den Immissionsobjekten installiert werden. Hier sind zum Beispiel Außenjalousien an Wohn-  
gebäuden denkbar. Dies ist zum Beispiel denkbar, wenn Sichtschutz an der PV-Anlage diese  
verschatten würde, oder die Bewohner benachbarter Grundstücke eine individuelle Lösung  
ästhetisch vorziehen.

## 6. Standortbeschreibung

### 6. 1. Lage des Kraftwerkes

Der geplante Anlagenstandort befindet sich südöstlich der Stadt Haiterbach, im Landkreis Calw (Baden-Württemberg) – 48°30'48.40" nördliche Breite; 8°39'30.82" östliche Länge.

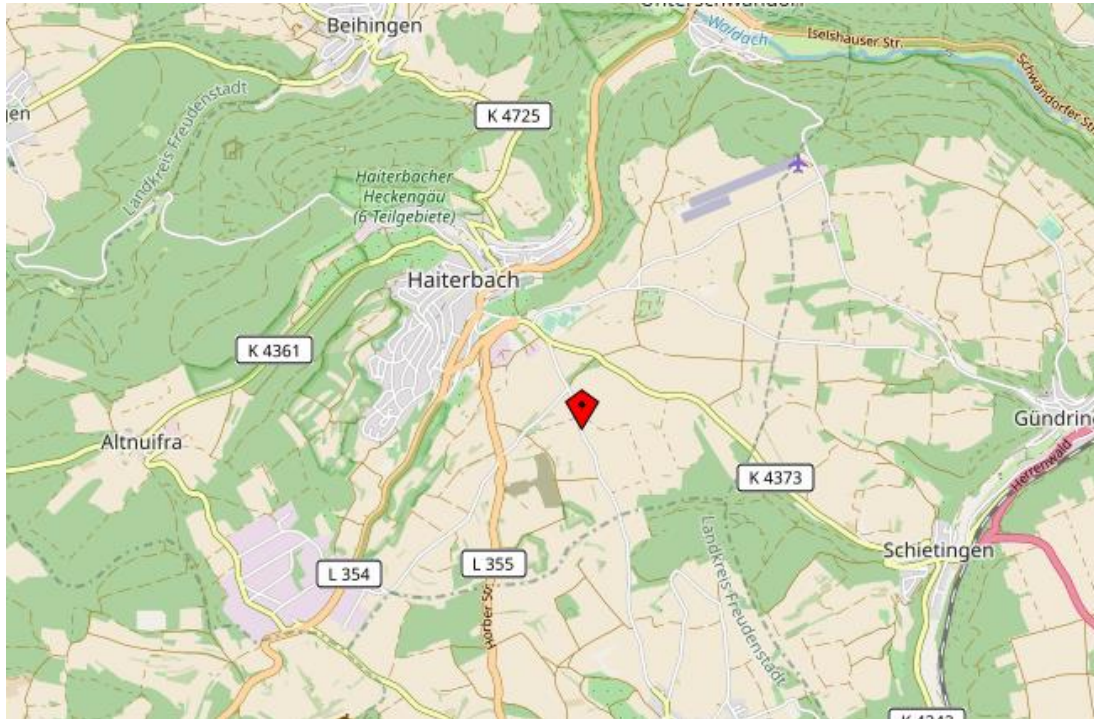


Abb. 3: Standort der geplanten PV-Anlage Haiterbach Blätschenschneider; © OpenStreetMap

### 6. 2. Kurzbeschreibung des Kraftwerkes

Die PV-Freiflächenanlage wird mit einem Neigungswinkel von 20° gegen Süd (Azimut = -4°) ausgerichtet. Die voraussichtliche Höhe der aufgeständerten Module wird 3 m an der Moduloberkante betragen.

Im Nahbereich der PV Anlage befinden sich lediglich unbefestigte Wege. Die nächst größere Straße, westlich des Anlagenstandortes ist die L355 (ca. 450 m entfernt), nordöstlich des Anlagenstandortes die K4373 (über 500 m entfernt).

Vereinzelte Wohnbebauung befindet sich in der näheren Umgebung der Anlage.

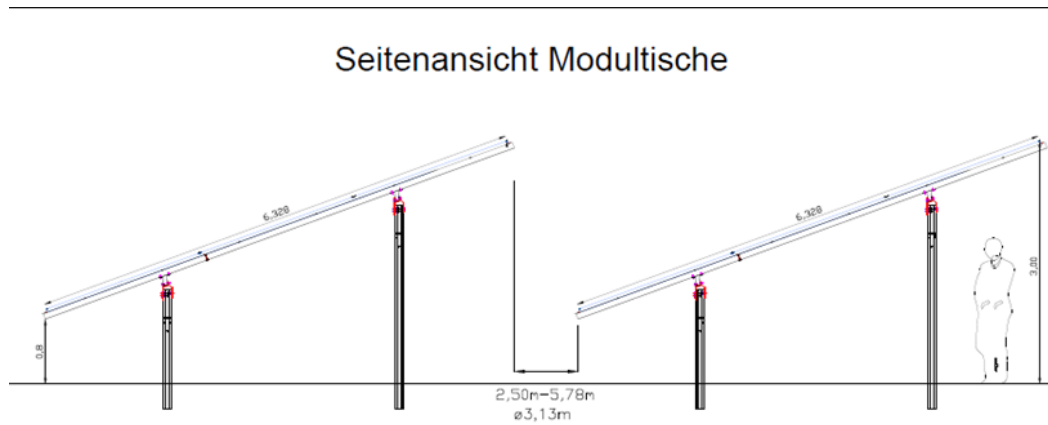


Abb. 4: Schnittzeichnung der Modultische in geplanter Konfiguration



Abb. 5: Satellitenbild des Anlagenstandortes mit Belegungsplan (Quelle: Auftraggeber)

## 7. Allgemeine Hinweise

Alle in diesem Blendgutachten genannten Uhrzeiten beziehen sich auf die Wahre Ortszeit (WOZ). Diese unterscheidet sich für den Standort Maulbeerwalde um etwa -10:32 Minuten von der Mitteleuropäischen Zeit, die Sommerzeit bleibt unberücksichtigt. Richtungsangaben erfolgen in Grad. Hierbei sind die Haupthimmelsrichtungen folgenden Werten zugeordnet:

- Nord:  $\pm 180^\circ$
- Ost:  $-90^\circ$
- Süd:  $0^\circ$
- West:  $+90^\circ$

Der horizontale Wert wird als Azimutwinkel bezeichnet. Der Höhenwinkel wird ebenfalls in Grad angegeben. Ein Winkel von  $0^\circ$  beschreibt die Horizontale, mit  $90^\circ$  ist eine senkrecht nach oben gerichtete Gerade erreicht.

Als Blendung im Zusammenhang mit dem Verkehr wird hier eine der Bewegung zugewandte Einstrahlung bezeichnet die einen Winkel von  $30^\circ$  nicht überschreitet. Die, durch eine Blendung verursachte, Beeinträchtigung ist dabei abhängig von der Blickrichtung sowie der Umgebungssituation. Ein entscheidender Faktor ist hierbei der Helligkeitsunterschied zwischen Umgebung und Blendquelle. Bei bereits vorhandener Blendwirkung durch die Sonne führt eine zusätzliche Blendung durch Reflexionen zu einer geringen zusätzlichen Beeinträchtigung, da das Auge bereits an die Sichtverhältnisse adaptiert ist. Bei großen Helligkeitsunterschieden oder einer sehr konzentrierten Blendquelle kann es jedoch zu einer vorübergehenden Sehbeeinträchtigung kommen.

Der Zweck der Photovoltaikmodule ist es, besonders viel Sonnenlicht zu verwerten. Dafür sind viele der handelsüblichen PV-Module mit Antireflexschichten ausgestattet. Diese reduzieren die Intensität des reflektierten Lichts zusätzlich. Nur für besonders flache Einstrahlungswinkel findet eine Totalreflexion an der Glasoberfläche statt.

## 8. Berechnungen

### 8. 1. Standort Haiterbach

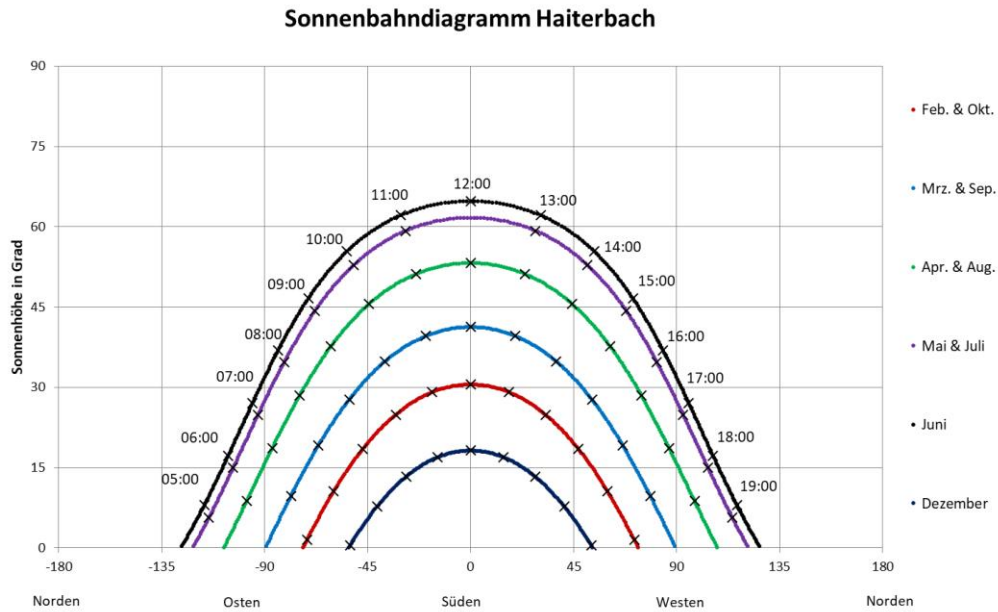


Abb.6: Sonnenbahndiagramm für den Standort Haiterbach (wahre Ortszeit - WOZ)

Die Auswirkung der Module auf den reflektierten Strahlenverlauf wird für die geplante Ausrichtung im folgenden Diagramm (Abb. 7) dargestellt. Die direkte Sonnenstrahlung wird in idealisierter Weise in die entsprechenden Azimut- und Höhenwinkel abgestrahlt. Eine Berücksichtigung von verschattenden Elementen wie Bäume, Sträucher oder ähnliches findet nicht statt.

In Abb. 7 ist der Strahlenverlauf, ausgehend von der PV-Anlage zu sehen. Von der Anlage wird das einfallende Sonnenlicht je nach Jahres- und Tageszeit in die dargestellten Richtungen reflektiert. Der reflektierte Höhenwinkel und Azimutwinkel hängt dabei von der Ausrichtung der Module ab.

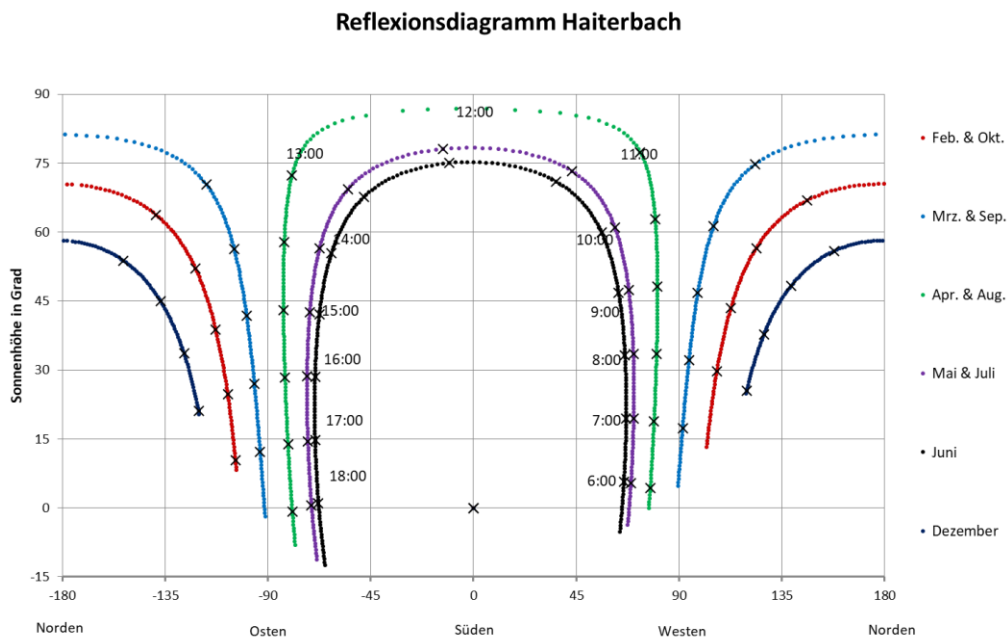


Abb. 7: Reflexionsdiagramm für eine Modulausrichtung von 20° am Standort Haiterbach.

## 8. 2. PV-Anlage

## 8. 3. Berechnungen

Für den Solarpark Haiterbach Blätschenschneider wird das Reflexionsdiagramm vom Standort Haiterbach zur Grundlage genommen (Abb. 7). Aufbauend darauf werden die Reflexionsrichtungen (gelb) dargestellt, mit denen im Jahres und Tagesverlauf auf der Ebene bis zu einem Höhenwinkel von 20° zu rechnen ist. Die Reflexion findet jedoch nur statt, wenn zwischen dem jeweiligen Immissionsort und der PV Anlage eine Sichtbeziehung stattfindet. Sowohl Sichtbehinderungen zwischen PV Anlage und Betrachter, als auch zwischen der Sonne und der PV Anlage bleiben hier unberücksichtigt. Sichtachsen können beispielsweise durch Büsche, Bäume, Gebäude oder auch dem Geländeverlauf selbst unterbrochen werden.

## 8. 4. Verkehrsinfrastruktur



Abb. 8: PV-Anlage Haiterbach Blätschenschneider (blau) mit den möglichen Reflexionsbereichen auf der Ebene (gelb)

In Abb. 8 ist zu erkennen, dass der Reflexionsbereich vor allem die beiden Wege östlich und westlich der PV Anlage, sowie die zwei im Norden der Anlage sowie den direkt südlich verlaufenden Weg betrifft.

In einzelnen Bereichen dieser Wege kann es zu Blendsituationen kommen wenn sich die Blickrichtung zum Feld hin bezieht. Da es sich hier um Wirtschaftswege handelt, wird hier jedoch nicht von einer Gefährdung ausgegangen, da die Verkehrsgeschwindigkeit hier sehr gering sein sollte, und im Fall einer Sichtbeeinträchtigung durch eine Blendsituation ein Anhalten jederzeit möglich ist.

## 8. 5. L355

Die Landstraße L355 befindet sich in einer Entfernung von 500 bis 600 m zur Anlage. In der Regel ist bei diesem Abstand nicht mehr mit einer Beeinträchtigung zu rechnen. Des Weiteren findet aufgrund der Nord – Süd Ausrichtung der Straße kein frontaler Lichteinfall auf Fahrzeuge statt.



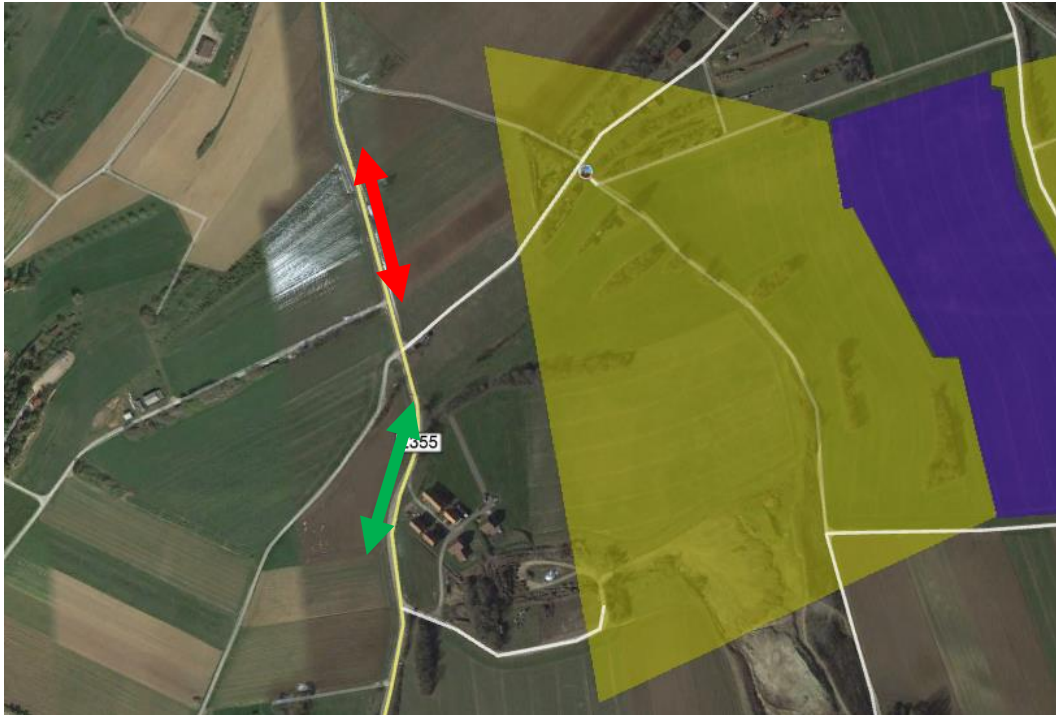


Abb. 9: Fahrtrichtungen (Punkt 1: rot; Punkt 2: grün)

### Fahrtrichtung Süd

Anlehnend an Abb. 8 ist ein Fahrzeug bei der Vorüberfahrt in Richtung Süden innerhalb der gelb markierten Winkel im Reflexionsbereich der PV-Anlage. Der relevante Bereich ist in Abb. 10 rot markiert und befindet sich in Richtung Osten. Mögliche Reflexionen aus diesem Winkel treten ausschließlich in den späten Abendstunden auf. Der Einfallswinkel befindet sich zwar in der Halbsphäre des Fahrers, jedoch nicht im Blickfeld, weshalb dies als unkritisch einzustufen ist.

### Reflexionsdiagramm

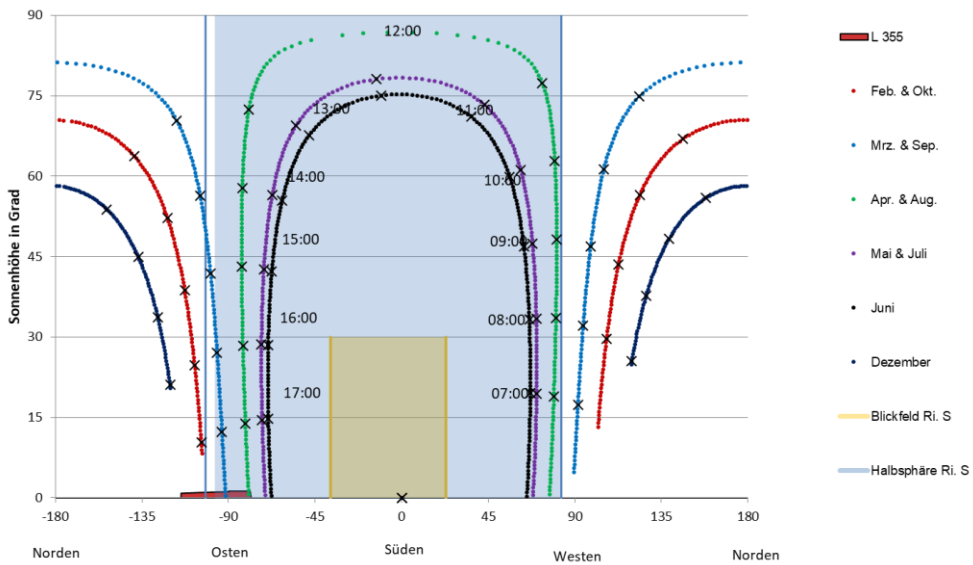


Abb. 10: Sichtwinkel Fahrtrichtung Süd (Punkt 1)

Für die etwas geänderte Fahrtrichtung an Punkt 2 ergibt sich ein ähnliches Bild. Die Anlage befindet sich hier außerhalb der Halbsphäre und ist auch nicht im Blickfeld.

### Reflexionsdiagramm

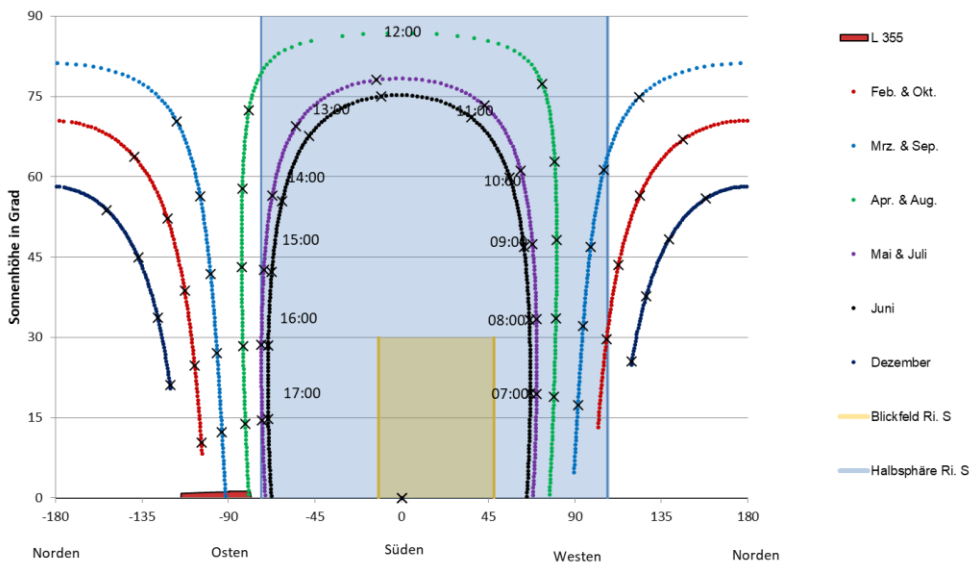


Abb. 11: Sichtwinkel Fahrtrichtung Süd (Punkt 2)

### Fahrtrichtung Nord

Anlehnend an Abb. 8 ist ein Fahrzeug bei der Vorüberfahrt in Richtung Süden innerhalb der gelb markierten Winkel im Reflexionsbereich der PV-Anlage. Der relevante Bereich ist in Abb. 12 rot markiert und befindet sich in Richtung Osten. Mögliche Reflexionen aus diesem

Winkel treten in ausschließlich in den späten Abendstunden auf. Der Einfallswinkel befindet sich zwar in der Halbsphäre des Fahrers, jedoch nicht im Blickfeld, weshalb dies als unkritisch einzustufen ist.

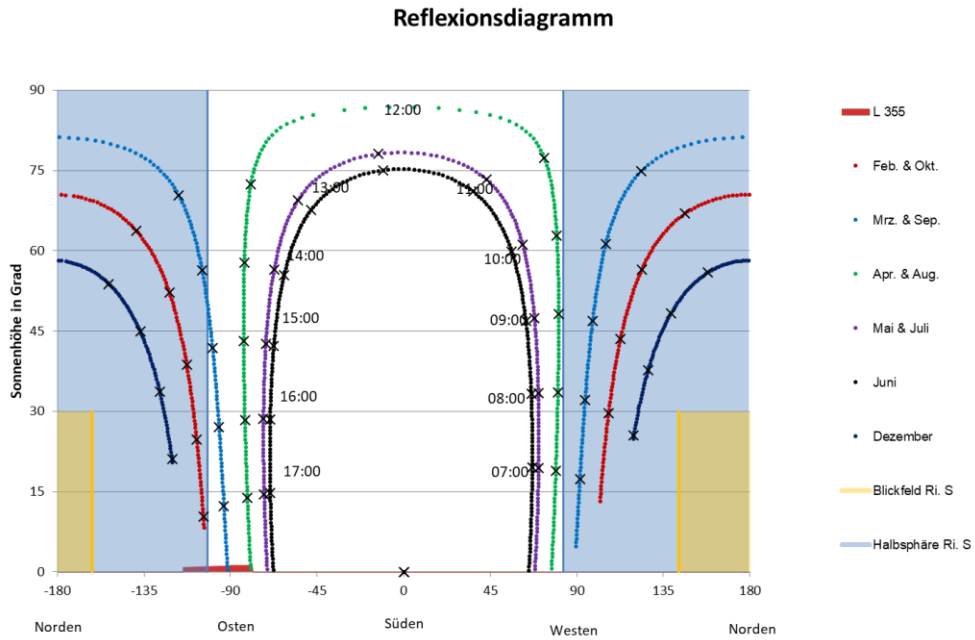


Abb. 12 Sichtwinkel Fahrtrichtung Nord (Punkt 1)

Auch in Fahrtrichtung Nord kommt es zu keiner Überlagerung des Blickfeldes und der Reflexionsrichtung.

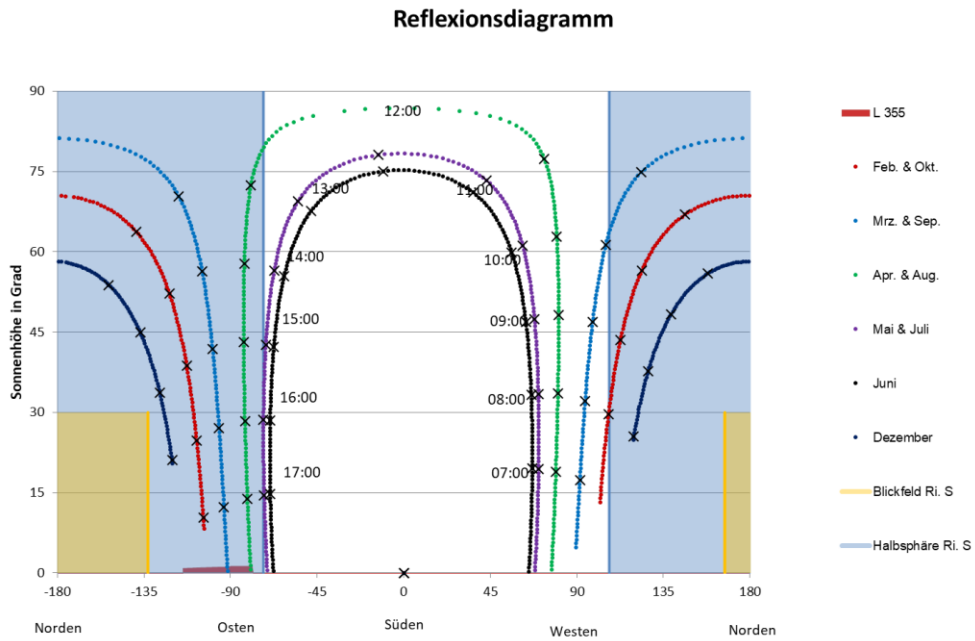


Abb. 13: Sichtwinkel Fahrtrichtung Nord (Punkt 2)

## 8. 6. Bebauung

Im Westen der PV Anlage befindet sich in einem Abstand von ca. 450 m ein Gebäudeensemble (Abb 14 rot) im Nordwesten eine Ansammlung von Gebäuden in einem Abstand von 150 bis 250 m (Abb 14 weiß). Die Gebäude befinden sich außerhalb eines 100 m Radius der PV Anlage wie in [1] beschrieben. Aufgrund des hohen Abstandes, wird nur mit einer sehr kurzen Reflexion auf Fenster- und Außennutzungsflächen gerechnet. Die zu erwartenden Auswirkungen hängen sowohl von der Nutzung der jeweiligen Gebäudeteile, als auch von der tatsächlichen Sichtachse zwischen der Anlagenoberfläche und dem Betrachter ab.

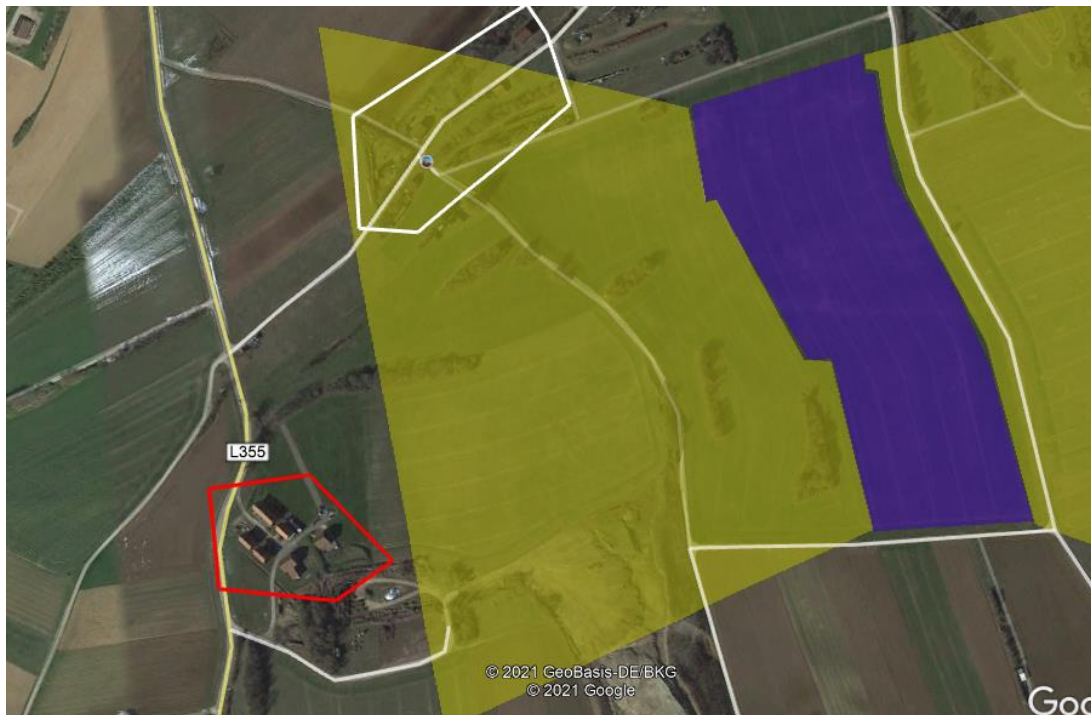


Abb 14: Bebauung westlich der PV Anlage

Handelt es sich bei den Gebäuden um Wohngebäude oder andere schutzwürdige Einrichtungen, und ist eine direkte Sichtachse zur PV Anlage vorhanden, muss zum einen anhand genauerer Informationen, die Dauer möglicher Reflexionsereignisse ermittelt werden, zum Anderen sollten mögliche Sichtunterbrechungen angedacht werden, da es auch außerhalb empfohlener maximaler Reflexionslängen zu subjektiven Störungen kommen kann, denen im Einzelfall auch gerichtlich statt gegeben werden kann. Somit ist eine im Vorhinein vermeidbare Reflexion zu empfehlen.

## 9. Quellen

- [1] Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Beschluss vom 13.09.2012; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg als Vorsitzland der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)
- [2] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG); Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013; Zuletzt geändert durch Art. 3 G v. 26.7.2016
- [3] Blendung – Theoretischer Hintergrund; Informationen des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV; Mai 2010; IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- [4] Empfehlungen der Strahlenschutzkommission: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren; verabschiedet in der 205. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 16./17. Februar 2006
- [5] Kaufmann, H: Strabismus. Stuttgart, Thieme, 2004