



## Blendgutachten

### Der PV-Anlage Hirschfelde

PI-Berichtnummer: 2011900160Sa\_V2

2019-02-15

#### Kunde:

BBNG Solar GmbH & Co. KG  
Elbchaussee 159  
D-22605 Hamburg (Germany)  
Tel.: +49 170 235 40 31

#### Dienstleister:

PI Photovoltaik Institut Berlin AG  
Wrangelstraße 100  
D-10997 Berlin

Photovoltaik-Institut Berlin AG – **Modultechnologie** | Prüfung | Beratung | Entwicklung

Wrangelstr. 100 | 10997 Berlin

Company site: Berlin | Trade register: Amtsgericht Charlottenburg Nr. HRB 106413 B

Managing board: Dr. Paul Grunow. Prof. Dr. Stefan Krauter. Dr. Lars Podlowski. Dipl.-Ing. Sven Lehmann

Head of Supervisory board: Prof. Dr. Rolf Hanitsch

Phone: +49 30 814 5264-0 | Fax: +49 30 814 5264-101 | [www.pi-berlin.com](http://www.pi-berlin.com)



Berichtsnummer: 201900160Sa\_V2

Kunde:	BBNG Solar GmbH & Co. KG Elbchaussee 159 D-22605 Hamburg (Germany)
Dienstleister:	PI Photovoltaik-Institut Berlin AG Wrangelstraße 100 Gebäude 43 – Labor D-10997 Berlin
Angebots-Nr.:	20190590_V1
Auftrags-Nr.:	201900160
Auftragsdatum:	07/02/2019
Lieferdatum:	14/02/2019
Projektingenieur:	Benny Frohmann

PI Photovoltaik-Institut Berlin AG  
 Wrangelstr. 100  
 D-10997 Berlin  
 Tel.: +49 (0) 30 814 52 64-0 · Fax: -101  
 www.pi-berlin.com

i.A. 

Bearbeiter: Benny Frohmann, M.Sc.

Geprüft durch: Mathias Leers, M.Sc.

**Dieser Bericht ist nur mit Unterschrift gültig.**

**Die Vervielfältigung, Veröffentlichung sowie Weitergabe des Berichts an Dritte ist nur in vollständiger, ungekürzter Form zulässig und bedarf einer schriftlichen Zustimmung der PI Berlin AG.**

### **Inhaltsverzeichnis**

Haftungsausschluss.....	4
1 Einleitung.....	4
2 Zusammenfassung .....	5
3 Grundlagen.....	7
3.1 Photovoltaikanlagen.....	7
3.2 Gebäude.....	8
3.3 Verkehrsinfrastruktur.....	9
3.4 Vorgehensweise .....	10
3.5 Gegenmaßnahmen.....	11
4 Standortbeschreibung.....	11
4.1 Lage des Kraftwerkes.....	11
4.2 Kurzbeschreibung des Kraftwerkes.....	11
5 Allgemeine Hinweise.....	12
6 Berechnungen.....	13
6.1 Standort Hirschfelde .....	13
6.2 PV-Anlage.....	15
6.3 Berechnungen.....	15
6.3.1 Gebäude 1 .....	16
6.3.2 Gebäude 2 .....	20
6.3.3 Gebäude 3 .....	24
6.3.4 Gebäude 4 .....	27
6.3.5 Gebäude 5 .....	30
6.3.6 Gebäude 6 .....	35
7 Quellen.....	39



## Haftungsausschluss

**Copyright © 2019 – PI Berlin AG.** Die Inhalte dieses Dokuments unterliegen dem Urheber- und Leistungsschutzrecht. Jede vom Urheber- und Leistungsschutzrecht nicht zugelassene Verwertung bedarf unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung. Insbesondere ist jedwede Weitergabe an Dritte sowie jede Vervielfältigung, Bearbeitung oder Verarbeitung in elektronischen Medien untersagt. Wir weisen darauf hin, dass die unerlaubte Vervielfältigung oder Weitergabe einzelner Inhalte an Dritte nach dem Urheberrechtsgesetz strafbar sein kann. Die Weitergabe an Projektbeteiligte und die für das Projekt zuständige Behörden ist nur in ungekürzter Form zulässig. Mit der Übermittlung der Informationen ist keinerlei Lizenz zur Nutzung verbunden. Die enthaltenen Inhalte werden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Sofern nicht anderweitig vereinbart, übernimmt die PI Berlin AG keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte.

## 1 Einleitung

Das Vorliegende Dokument ergänzt das Dokument 201801830Sa\_V1 Blendgutachten Hirschfelde vom 27.09.2018, welches ausschließlich die Süd-Östlich verlaufende Bahntrasse berücksichtigt.

Ziel dieses Gutachtens ist die Bewertung möglicher Blendsituationen, welche durch die geplante PV-Anlage am Rangierbahnhof Hirschfelde auf die angrenzende Wohnbebauung entstehen können.

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.

Durch den Anlagenbetreiber übermittelte Dokumente.

- 2018\_09\_09\_Modulbelegung.dwg
- Fotos zwecks Höhenprofil

Alle Maße und Winkel welche die Berechnungsgrundlage für dieses Gutachten darstellen sind mit Hilfe der zur Verfügung gestellten technischen Zeichnungen (CAD) und der Software Google Earth (Zugriff KW07 2019) 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.

Die Untersuchung der Blendwirkung bezieht sich auf die direkt an die geplante PV-Anlage angrenzenden Wohngebäude.

## 2 Zusammenfassung

Für die vorliegende Planung der PV-Anlage Hirschfelde wurde die Blendwirkung auf 6 Gebäude untersucht. Die Berechnungen wurden vom tiefsten Punkt der PV-Anlage zu den Höchst gelegenen Fenstern der Gebäude durchgeführt. Da die Raumnutzungsart der Dachgeschosse nicht bekannt ist, wurde bei Blendwirkung auch die darunter liegende Etage betrachtet. Als Richtlinie wird empfohlen die Blenddauer von 30 Minuten pro Tag und 30 Stunden pro Jahr nicht zu überschreiten. Eine Reflexion und Blendung tritt nur bei direktem Sonnenlicht ohne Bewölkung auf. Laut Deutschem Wetterdienst beträgt die durchschnittliche Sonnenscheindauer im langjährigen Mittel für Sachsen ca. 40%. Daher reduziert sich die tatsächliche jährliche Blenddauer um 60%. Ein eventueller Bewuchs kann, je nach Dichte und Höhe den Reflexionsanteil reduzieren. Zuletzt findet nicht an jeder Stelle des Kraftwerks eine Reflexion statt. Das Verhältnis von bebauter und nichtbebauter Fläche reduziert die tatsächliche Reflexion ebenfalls um einen gewissen Anteil. Die Reduktion der Zeit kann dabei jedoch lediglich geschätzt werden und ist mit einer entsprechenden Unsicherheit beaufschlagt.

Südlich von der PV-Anlage befindet sich ein Sportplatz, dessen Zufahrtsstraße parallel zur Bahntrasse verläuft. Bei der Fahrtrichtung vom Sportplatz zur Bahnhofsstraße Ecke Friedensgasse, besteht in den frühen Morgenstunden das Risiko der Blendung. Hier wird ein Sichtschutz am Anlagenzaun und Tor empfohlen, welcher die Blendung für Verkehrsteilnehmer ausschließt. Ein derartiger Sichtschutz wird ebenfalls für die Vermeidung der Blendung zur Bahntrasse empfohlen. (siehe Blendgutachten 201801830Sa\_V1)

### **Gebäude 1:**

Im Dachgeschoss kommt es maximal zu einem ca. 117 Minuten anhaltenden, theoretischen Reflexionsereignis pro Tag. Über das Jahr ergeben sich 405 Stunden. Im 1. Obergeschoss beträgt sie maximale Länge eines Reflexionsereignis 69 Minuten/Tag und 207 Stunden/Jahr. Bei der Berücksichtigung einer durchschnittlichen, jährlichen Bewölkung (ca. 60%) der nicht flächigen Belegung des Feldes (ca. 20%) können sich diese Werte noch einmal deutlich reduzieren.

Der vorhandene Bewuchs hat, sofern er beibehalten wird, den größten Einfluss auf das Untergeschoss. Aber auch im 1. Obergeschoss und im Dachgeschoss findet eine Reduktion des direkten Sichtkontaktes zur Anlage statt. Unter diesen Bedingungen ist die Dauer der Blendwirkung zwar im Durchschnitt reduziert, tritt jedoch in jedem Fall auf. An sonnigen Tagen muss im Extremfall somit mit einem maximal andauernden Reflexionsereignis gerechnet werden. Die Vorgeschlagenen Richtwerte von 30 Min. täglicher Reflektion werden dabei überschritten.

Die Dringlichkeit eines Blendschutzes ist jeweils abhängig von der Raumnutzungsart. Ein Blendschutz an der PV Anlage ist nicht zu empfehlen, da die Notwendige Höhe technisch hier nicht realisierbar ist.

### **Gebäude 2:**

Im Dachgeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer mit 41 Stunden theoretisch überschritten. Unter Berücksichtigung der Bewölkungszeit von 60%, reduziert sich die Blenddauer auf 16,5 Stunden im Jahr. Die Dringlichkeit eines Blendschutzes im Dachgeschoss ist außerdem abhängig von der Raumnutzungsart. Im 1. OG wird die empfohlene maximale Blenddauer pro Tag und Jahr mit 15 Minuten und 29 Stunden nicht überschritten.

#### **Gebäude 3:**

Im Dachgeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer pro Tag um 45 Minuten und im Jahr um 159 Stunden überschritten. Die Dringlichkeit eines Blendschutzes im Dachgeschoss ist abhängig von der Raumnutzungsart.

Im EG wird die maximal empfohlene Blenddauer mit 85 Stunden pro Jahr theoretisch überschritten. Unter Berücksichtigung der Bewölkungszeit von 60%, reduziert sich die Blenddauer auf 34 Stunden im Jahr. Zusätzlich reduziert sich die jährliche Blendungsdauer durch den teilweise starken Bewuchs zwischen PV-Anlage und Gebäude 3, welcher laut Foto auch im Winter relative Blickdicht ist.

#### **Gebäude 4:**

Im 1. Obergeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer mit 33 Minuten und 122 Stunden überschritten. Da die Blendung hauptsächlich in den Sommermonaten auftritt, wird die tägliche und jährliche Blenddauer hier auch durch den Bewuchs von Laubgewächsen reduziert. Außerdem reduziert sich die jährliche Blenddauer unter Berücksichtigung der Bewölkung auf 49 Stunden.

#### **Gebäude 5:**

Im Dachgeschoss wird die empfohlene tägliche maximale Blenddauer mit 171 Minuten überschritten. Auch die Jahressumme liegt mit 357 Stunden oberhalb des empfohlenen Wertes von 30 Stunden. Die Dringlichkeit eines Blendschutzes (Kapitel 3.5) im Dachgeschoss ist abhängig von der Raumnutzungsart. Im 1. OG wird die empfohlene maximale Blenddauer pro Tag und Jahr mit 66 Minuten und 233 Stunden überschritten. Das Gebäude wird aus Richtung Osten bis Süden geblendet. Hier ist ein Blendschutz erforderlich.

#### **Gebäude 6:**

Im Dachgeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer mit 7 Minuten und 19 Stunden nicht überschritten. Im 1. OG wird die empfohlene maximale Blenddauer pro Tag und Jahr mit 4 Minuten und 13 Stunden auch nicht überschritten. Die Blendung tritt von Früh- bis Spätsommer auf. Unter Berücksichtigung der Bäume zwischen Anlage und Gebäude, wird von keiner effektiven Blendung ausgegangen.

### 3 Grundlagen

#### Lichtimmission

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.

#### 3.1 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 abzusichern, 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.

### 3.2 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.



### 3.3 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  $30^\circ$ , 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.)

### 3.4 Vorgehensweise

Um die mit den Solarmodulen verbundene Reflexion zu beurteilen, wird hier eine vereinfachte Betrachtung der komplexen Gegebenheiten durchgeführt. Die Sonne wird als punktförmig 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 Ausfallswinkel der Strahlen werden abhängig von der Modulausrichtung und -Neigung berechnet.

Da der Sonnenstand je nach Standort, Uhr- und Jahreszeit unterschiedlich ist, wird zunächst ein Sonnenbahndiagramm 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.

### 3.5 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 Photovoltaikanlage und Betrachter unterbinden. Beispielhaft können hier Erdwälle an den Anlagenaußengrenzen 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 Wohngebäuden 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.

## 4 Standortbeschreibung

### 4.1 Lage des Kraftwerkes

Der geplante Anlagenstandort befindet sich in der Gemeinde Hirschfelde (Kreis Görlitz) in Sachsen – 50°56'31" nördliche Breite; 14°53'16" östliche Länge. Die geografische Höhe beträgt ca. 223 m.

### 4.2 Kurzbeschreibung des Kraftwerkes

Die PV-Freiflächenanlage wird mit einem Neigungswinkel von 15° gegen Süd (Azimut = 0°) ausgerichtet. Die geplante PV-Anlage erstreckt sich von Süd-Westen nach Nord-Osten parallel zur Bahntrasse Zittau-Cottbus. Im Nord-Westen der geplanten PV-Anlage befindet sich ein Wohngebiet. Anhand der zur Verfügung gestellten Fotos und der Aussage von Herrn Bartel ist eine Höhendifferenz zwischen Bodenniveau PV-Anlage und Wohngebiet von bis fünf Metern auszumachen.



Abb. 1 Geplanter Standort der PV-Anlage

## 5 Allgemeine Hinweise

Alle in diesem Blendgutachten genannten Uhrzeiten beziehen sich auf die Wahre Ortszeit (WOZ). Diese unterscheidet sich für den Standort Hirschfelde um etwa -1:53 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

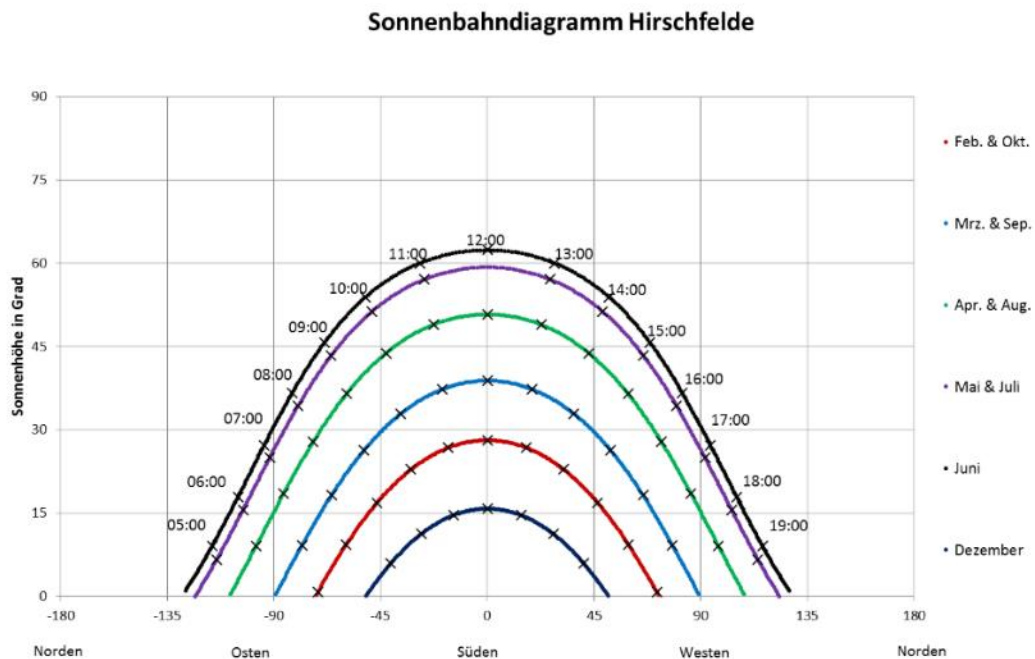
Blendwirkung durch die Sonne führt eine zusätzliche Blendung durch Reflexionen zu einer geringen zusätzlichen Beeinträchtigung, da das Auge bereits an die Sichtverhältnisse adaptiert ist. Bei großen Helligkeitsunterschieden oder einer sehr konzentrierten Blendquelle kann es jedoch zu einer vorübergehenden 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.

## 6 Berechnungen

### 6.1 Standort Hirschfelde

Der Sonnenverlauf für den Standort der PV-Anlage Hirschfelde ist im folgenden Diagramm für ein Jahr exemplarisch für einzelne Tage eingetragen.



Die Auswirkung der Module auf den reflektierten Strahlenverlauf wird für die geplante Ausrichtung im folgenden Diagramm 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. 3 ist der Strahlenverlauf, ausgehend von der PV-Anlage zu sehen. Von der Anlage aus 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.

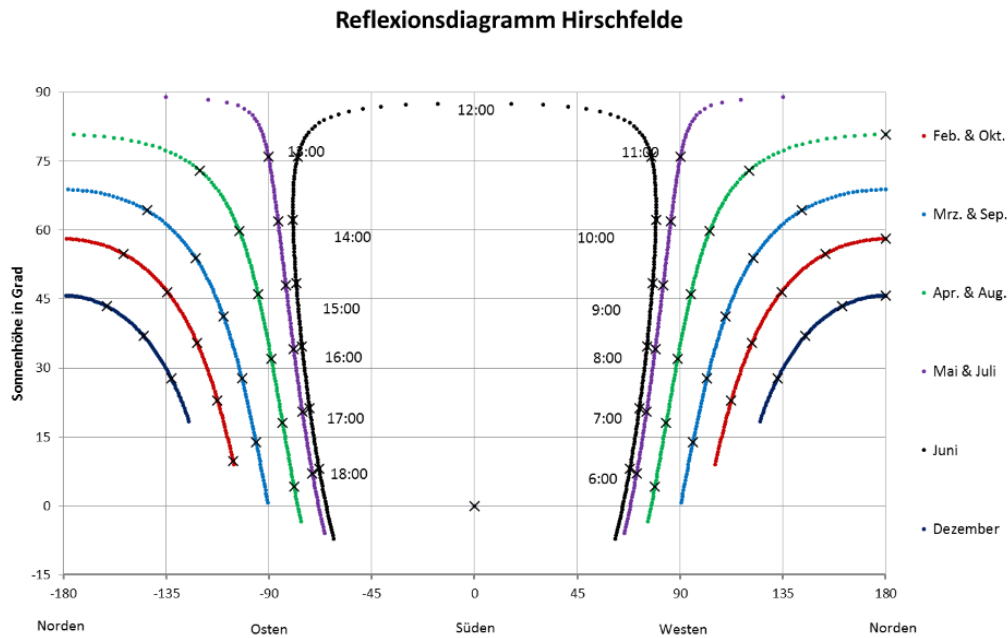


Abb. 3: Reflexionsdiagramm für die geplante Modulausrichtung in Hirschfelde (wahre Ortszeit - WOZ)

## 6.2 PV-Anlage

Die PV-Anlage Hirschfelde besteht aus einer länglichen Fläche, welche im Süd-Westen durch ein Gebäude auf ca. 50m unterbrochen ist. Die Blendwirkung auf die ausgewählten Gebäude wird anhand des zur Verfügung gestellten Entwurfs von den Positionen der geplanten PV-Anlage berechnet. Der durch das Gebäude unterbrochene Anlagenteil wird nicht berücksichtigt. Der kürzeste Abstand der Anlage zu einem Gebäude beträgt 12 m. Im Folgenden sind die ausgewählten und berechneten Gebäude rot markiert.



Abb. 4: PV-Anlage Hirschfelde mit markierten (rot) Immissionsobjekten; Quelle: Google Earth

## 6.3 Berechnungen

Für die PV-Anlage Hirschfelde wird das Reflexionsdiagramm vom Standort Hirschfelde zur Grundlage genommen. Aufbauend darauf werden die Richtungen und Höhenwinkel markiert in welchen sich die Gebäude befinden. Die Berechnungen beziehen sich mittig auf der zur Anlage hin gerichteten Gebäudeseite. Auf Grundlage der Fotodokumentation wurde mindestens das höchst gelegene Fenster eines Gebäudes betrachtet, da dies den ungünstigsten Fall mit der häufigsten Blendung darstellt. In den meisten Fällen liegt das höchst gelegene Fenster im Dach. Da die Nutzung des Daches nicht bekannt ist, wurde im Falle einer Blendung, außerdem ein Fenster der nächst tiefer gelegenen Etage berechnet. Es wird von einer Standard Fensterhöhe von 1,2 m ausgegangen. Eventuelle Sichtbehinderungen durch Büsche, Bäume, Gebäude oder andere Objekte bleiben dabei unberücksichtigt. Im Folgenden werden alle Gebäude einzeln auf Blendung durch die PV-Anlage betrachtet.

### 6.3.1 Gebäude 1

#### Erläuterung

Das Gebäude 1 befindet sich Nord-Westlich vom südlichen Anlagenteil. Das Gebäude besteht aus einem Erdgeschoss, einem 1. Obergeschoss und Dachgeschoss mit Fenster. Aufgrund der alten Bauweise wird eine Geschosshöhe von 3 m und damit die Höhe der Fensterunterkante zum Bodenniveau von 7 m angenommen. Die Fensterhöhe wird mit 1,2 m geschätzt. Die Höhendifferenz zwischen Bodenniveau PV-Anlage und Gebäude wird nach Abbildung 1 mit 1 m angenommen. Als Höhenreferenz auf der PV-Anlage, wird der Niedrigste reflektierende Punkt genommen. Diese befindet sich an der Modulunterkante bei einem üblichen Abstand zwischen Modulunterkante und Bodenniveau PV-Anlage von 1 m. Daraus ergeben sich folgende Höhenunterschiede, welche als Grundlage für die Berechnungen gelten. Höhenunterschied von 7 m zur Fensterunterkante Dach, 8,2 m Fensteroberkante Dach, 4 m Fensterunterkante 1. OG und 5,2 m Fensteroberkante 1. OG.

Für die Berechnung werden des Weiteren die Azimut Winkel zwischen Emissionsobjekt (PV-Anlage) und Immissionsobjekt (Fenster) benötigt. Wie in Abbildung 2 dargestellt, wird von den äußeren Anlagenpunkten zum Immissionsobjekt die Länge und der Azimutwinkel abgetragen. Die grüne Fläche in Abbildung 2 spannt eine Gerade entlang dem Süd-Östlichen Rand der PV-Anlage und die schwarzen Linien markieren Berechnungspunkte, welche den Rest der Anlage umspannen.

Die Azimut und Höhenwinkel werden in das Reflexionsdiagramm übertragen und spannen eine Fläche auf. An den Stellen wo sich die Fläche mit den Reflexionslinien schneidet, tritt eine Blendung am Immissionsobjekt auf. (siehe Abbildung 3)

Aus dem Reflexionsdiagramm können die Zeiten der Blendung entnommen werden. In Tabelle 1 ist die Dauer der Blendung auf das Dachfenster Gebäude 1 zusammengefasst. Die Spalten 3 und 4 geben Beginn und Ende der Blendung in Wahrer Ortszeit (WOZ) dezimal wieder. In der 5. Spalte steht die Blenddauer in Minuten pro Tag für die jeweiligen Monate.

#### Blenddauer Dachfenster Gebäude 1

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im Februar und Oktober auf und beträgt maximal 124 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 454 Stunden (siehe Tabelle 1).

#### Blenddauer 1. OG Gebäude 1

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im März und September auf und beträgt maximal 69 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 251 Stunden.



### Blenddauer Zusammenfassung

Die Blendung auf die Gebäude Südseite geht von beiden Anlagenteilen aus. Im Dachgeschoss kommt es zu einem ca. 117 Minuten anhaltenden, theoretischen Reflexionsereignis pro Tag. Über das Jahr ergeben sich 405 Stunden. Im 1. Obergeschoss beträgt sie maximale Länge eines Reflexionsereignis 69 Minuten/Tag und 207 Stunden/Jahr. Bei der Berücksichtigung einer durchschnittlichen, jährlichen Bewölkung (ca. 60%) der nicht flächigen Belegung des Feldes (ca. 20%) können sich diese Werte noch einmal deutlich reduzieren.

Der vorhandene Bewuchs hat, sofern er beibehalten wird, den größten Einfluss auf das Untergeschoss. Aber auch im 1. Obergeschoss und im Dachgeschoss findet eine Reduktion des direkten Sichtkontaktes zur Anlage statt. Unter diesen Bedingungen ist die Dauer der Blendwirkung zwar im Durchschnitt reduziert, tritt jedoch in jedem Fall auf. An sonnigen Tagen muss im Extremfall somit mit einem maximal andauernden Reflexionsereignis gerechnet werden. Die Vorgeschlagenen Richtwerte (Kapitel 3.2) von 30 Min. täglicher Reflektion werden dabei überschritten.

Die Dringlichkeit eines Blendschutzes ist jeweils abhängig von der Raumnutzungsart. Ein Blendschutz (Kapitel 3.5) an der PV Anlage ist nicht zu empfehlen, da die Notwendige Höhe technisch hier nicht realisierbar ist.



Abbildung 1: Foto Gebäude 1 aus Perspektive der PV-Anlage

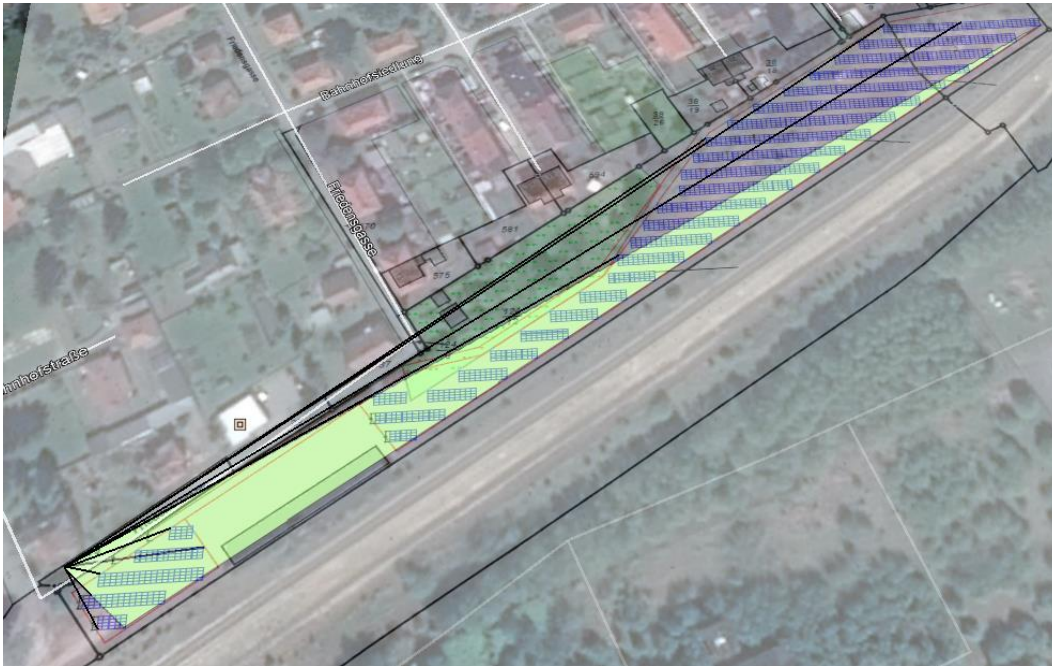


Abbildung 2: Anlagendraufsicht mit Berechnungspunkten Richtung Gebäude 1 (Quelle: Google Earth Pro)

### Reflexionsdiagramm Gebäude 1 Dachfenster Südanlage

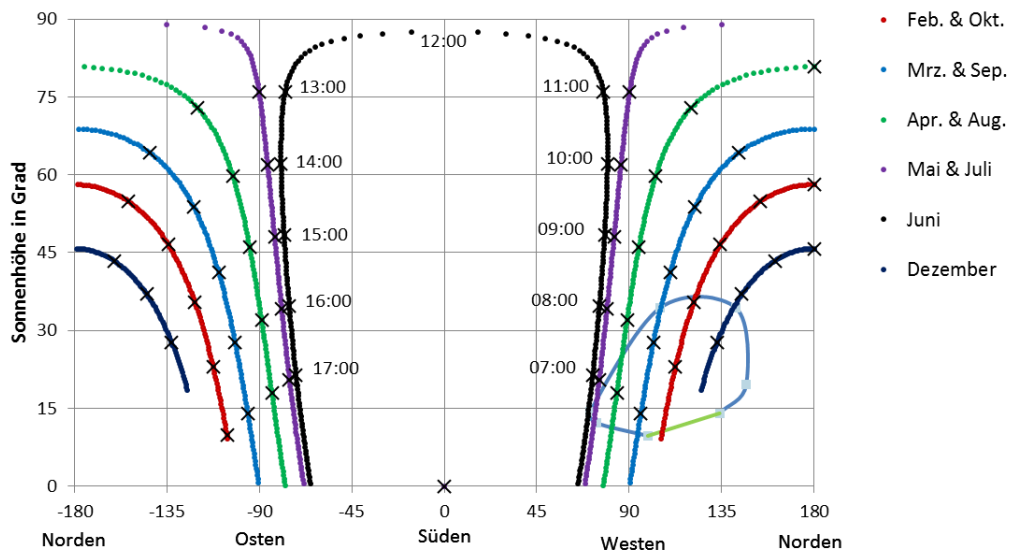


Abbildung 3: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Dachfenster Gebäude 1 Südanlage

Tabelle 1: Blenddauer Gebäude 1 Dachfenster Südanlage

Dach Gebäude 1 Südanlage Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Dez	31	8,15	9,7	93	2883
Feb. & Okt.	59	7,05	9	117	6903
Mrz. & Sep.	61	6,75	8,5	105	6405
Apr. & Aug.	61	6,5	7,5	60	3660
Mai & Juli	62	6,4	7,4	60	3720
<b>Gesamt</b>	<b>243</b>				<b>23571</b>

### Reflexionsdiagramm Gebäude 1 Dachfenster Nordanlage

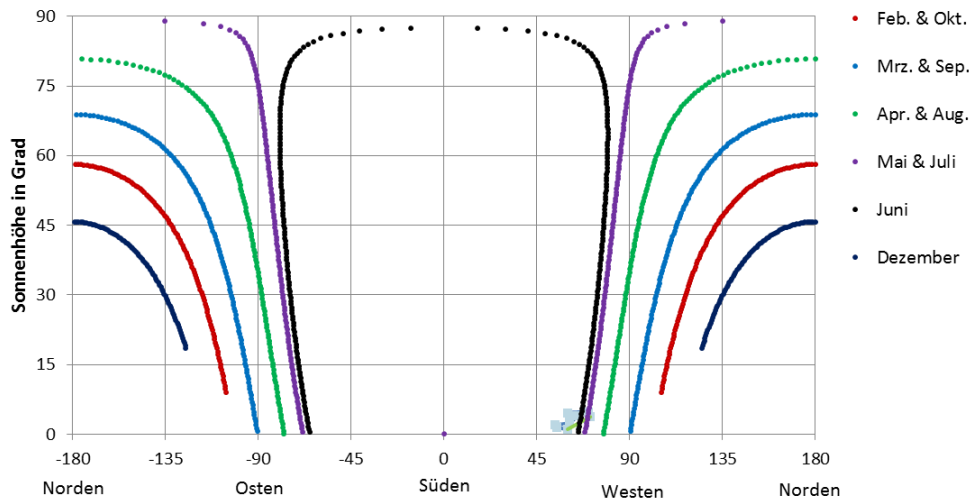


Abbildung 4: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Dachfenster Gebäude 1 Nordanlage

Tabelle 2: Blenddauer Gebäude 1 Dachfenster Nordanlage

Dach Gebäude 1 Nordanlage Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Mai & Juli	62	5,7	5,8	6	372
Juni	30	5,55	5,73	11	324
Gesamt	92				696

### Reflexionsdiagramm 1. OG Gebäude 1 Südanlage

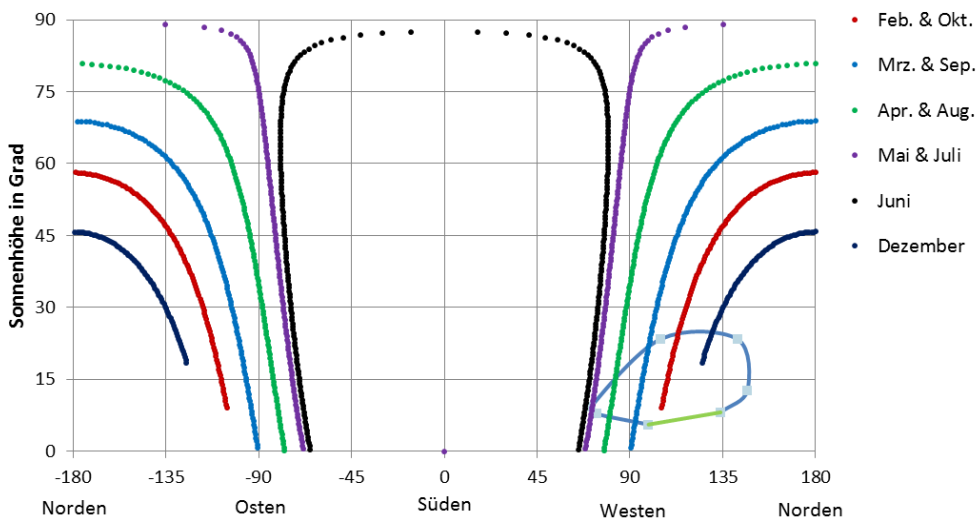


Abbildung 5: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Fenster 1. OG Gebäude 1 Südanlage

Tabelle 3: Blenddauer 1. OG Gebäude 1 Südanlage

1. OG Gebäude 1 Südanlage	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Dez	31	8,15	8,7	33	1023
Feb. & Okt.	59	6,95	8,1	69	4071
Mrz. & Sep.	61	6,45	7,6	69	4209
Apr. & Aug.	61	6,2	6,8	36	2196
Mai & Juli	62	6,1	6,2	6	372
Gesamt	243				11871

### Reflexionsdiagramm 1. OG Gebäude 1 Nordanlage

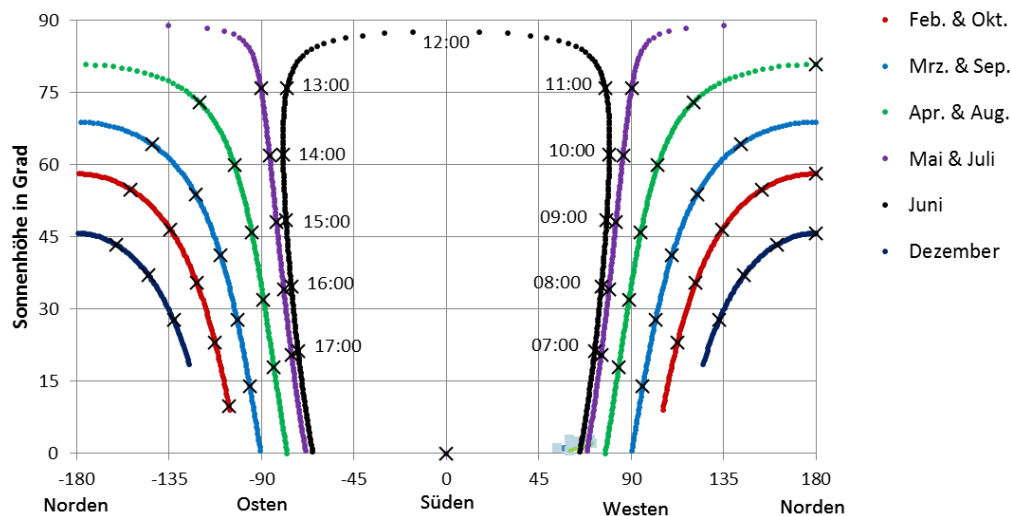


Abbildung 6: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Fenster 1. OG Gebäude 1 Nordanlage

Tabelle 4: Blenddauer 1. OG Gebäude 1 Nordanlage

1. OG Gebäude 1 Nordanlage	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Mai & Juli	62	5,6	5,68	5	298
Juni	30	5,45	5,57	7	216
Gesamt	92				514

## 6.3.2 Gebäude 2

### Erläuterung

Das Gebäude 2 befindet sich Nord-Westlich zwischen dem südlichen und nördlichen Anlagenteil. Das Gebäude besteht aus einem Erdgeschoss, einem 1. Obergeschoss und Dachgeschoss mit Fenster. Aufgrund der Bauweise wird eine Geschosshöhe von 2,5 m und damit die Höhe der Fensterunterkante zum Bodenniveau von 6 m angenommen. Die Fensterhöhe wird mit 1,2 m geschätzt. Die Höhendifferenz zwischen Bodenniveau PV-Anlage und Gebäude wird nach Abbildung 7 mit 2 m angenommen. Als Höhenreferenz auf der PV-Anlage, wird der Niedrigste reflektierende Punkt genommen. Diese befindet sich an der Modulunterkante bei einem üblichen Abstand zwischen Modulunterkante und Bodenniveau PV-Anlage von

1 m. Daraus ergeben sich folgende Höhenunterschiede, welche als Grundlage für die Berechnungen gelten. Höhenunterschied von 7 m zur Fensterunterkante Dach, 8,2 m Fensteroberkante Dach, 4,5 m Fensterunterkante 1. OG und 5,7 m Fensteroberkante 1. OG.

Für die Berechnung werden des Weiteren die Azimut Winkel zwischen Emissionsobjekt (PV-Anlage) und Immissionsobjekt (Fenster) benötigt. Wie in Abbildung 8 dargestellt, wird von den äußeren Anlagenpunkten zum Immissionsobjekt die Länge und der Azimutwinkel abgetragen. Die grüne Fläche in Abbildung 8 spannt eine Gerade entlang dem Süd-Östlichen Rand der PV-Anlage und die schwarzen Linien markieren Berechnungspunkte, welche den Rest der Anlage umspannen.

Die Azimut und Höhenwinkel werden in das Reflexionsdiagramm übertragen und spannen eine Fläche auf. An den Stellen wo sich die Fläche mit den Reflexionslinien schneidet, tritt eine Blendung am Immissionsobjekt auf. (siehe Abbildung 9)

Aus dem Reflexionsdiagramm können die Zeiten der Blendung entnommen werden. In Tabelle 5 ist die Dauer der Blendung auf das Dachfenster Gebäude 2 zusammengefasst. Die Spalten 3 und 4 geben Beginn und Ende der Blendung in Wahrer Ortszeit (WOZ) dezimal wieder. In der 5. Spalte steht die Blenddauer in Minuten pro Tag für die jeweiligen Monate.

### **Blenddauer Dachfenster Gebäude 2**

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im Mai und Juli auf und beträgt maximal 21 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 41 Stunden. (siehe Tabelle 5)

### **Blenddauer 1. OG Gebäude 2**

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im Mai und Juli auf und beträgt maximal 15 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 29 Stunden.

### **Blenddauer Zusammenfassung**

Die Blendung auf die Gebäude Südseite geht ausschließlich von dem nördlichen Anlagenteil aus. Im Dachgeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer mit 41 Stunden theoretisch überschritten. Unter Berücksichtigung der Bewölkungszeit von 60%, reduziert sich die Blenddauer auf 16,5 Stunden im Jahr. Die Dringlichkeit eines Blendschutzes im Dachgeschoss ist außerdem abhängig von der Raumnutzungsart. Im 1. OG wird die empfohlene maximale Blenddauer pro Tag und Jahr mit 15 Minuten und 29 Stunden nicht überschritten.



Abbildung 7: Foto Gebäude 2 aus Perspektive PV-Anlage

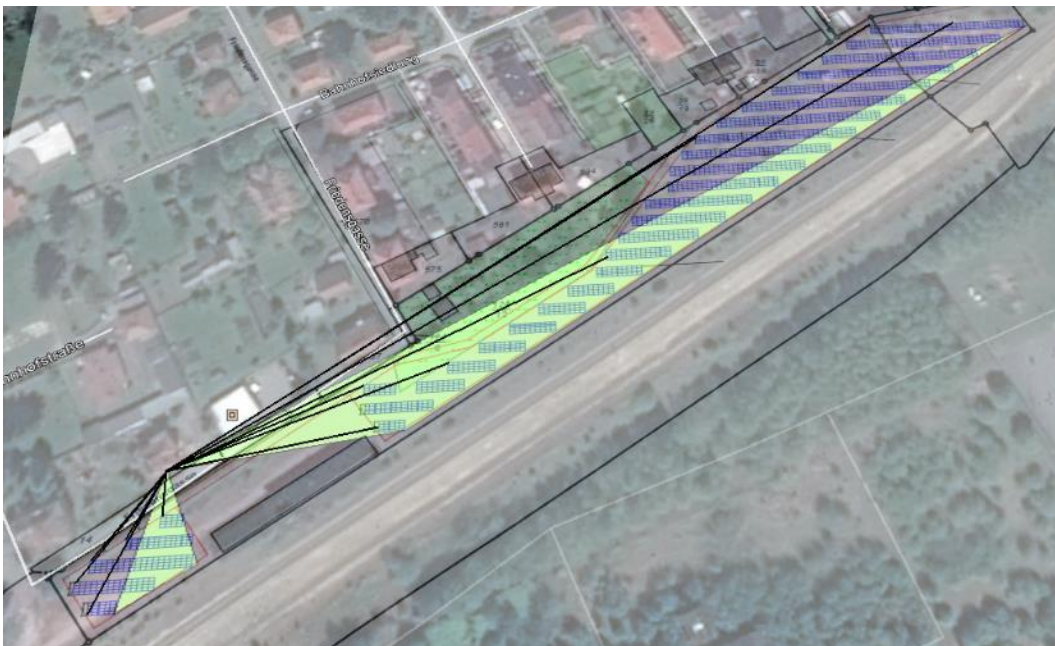


Abbildung 8: Anlagendraufsicht mit Berechnungspunkten Richtung Gebäude 2 (Quelle: Google Earth Pro)

### Reflexionsdiagramm Gebäude 2 Dachfenster

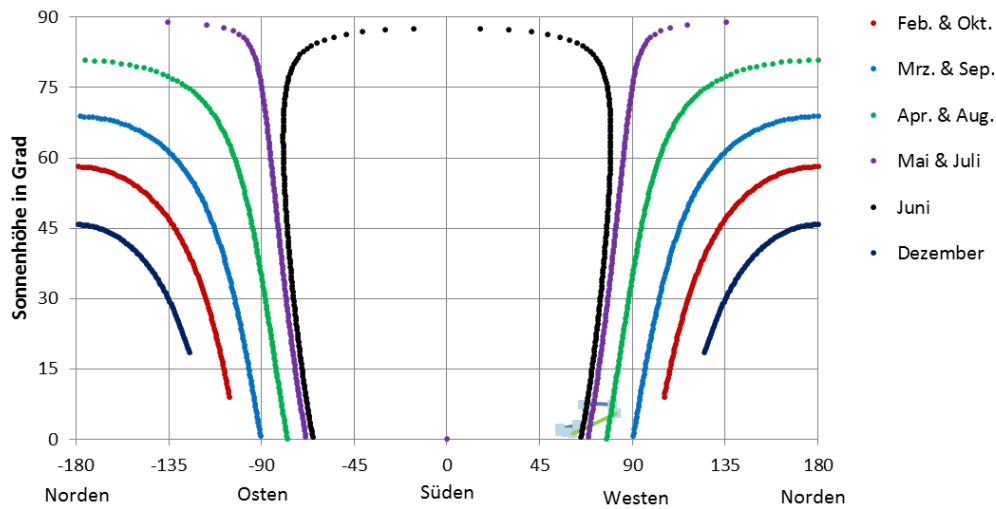


Abbildung 9: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Dachfenster Gebäude 2

Tabelle 5: Blenddauer Dachfenster Gebäude 2

Dach Gebäude 2 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Apr. & Aug.	61	6,05	6,22	10	622
Mai & Juli	62	5,7	6,05	21	1302
Jun 01	30	5,5	5,65	9	270
Jun 02	30	5,85	6	9	270
Gesamt	183				2464,2

### Reflexionsdiagramm Gebäude 2 Fenster 1.OG

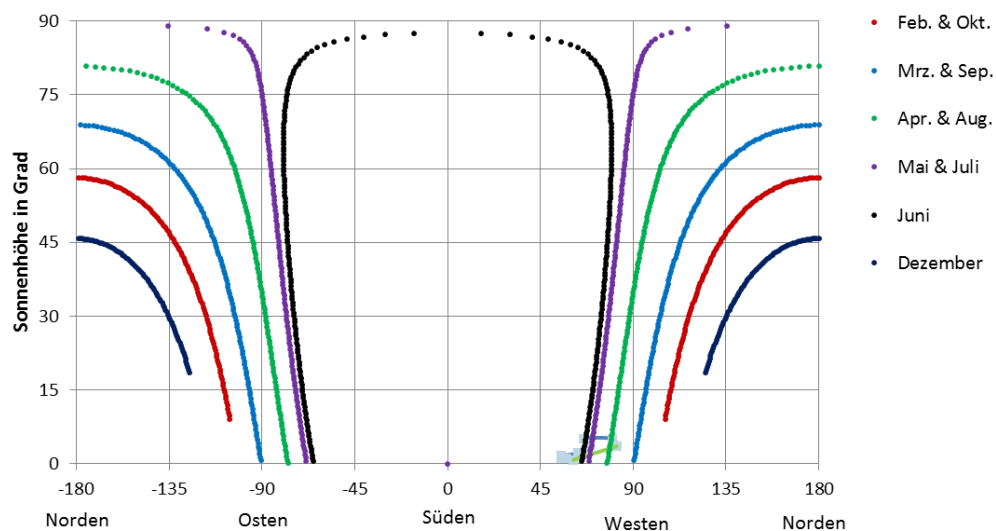


Abbildung 10: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf 1. OG Gebäude 2

Tabelle 6: Blenddauer 1. OG Gebäude 2

1. OG Gebäude 2 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Apr. & Aug.	61	5,9	6,05	9	549
Mai & Juli	62	5,6	5,85	15	930
Jun 01	30	5,45	5,55	6	180
Jun 02	30	5,7	5,75	3	90
Gesamt	183				1749

### 6.3.3 Gebäude 3

#### Erläuterung

Das Gebäude 3 befindet sich Nord-Westlich vom südlichen Teil der Nordanlage. Das Gebäude besteht aus einem Erd- und Dachgeschoss. Aufgrund des Fotos ist nicht ersichtlich ob die Dachschräge mit einem Fenster ausgestattet ist. An den Giebeln sind Fenster. Aufgrund der Bauweise wird eine Geschosshöhe von 2,5 m und damit die Höhe der Fensterunterkante zum Bodenniveau von 3,5 m angenommen. Die Fensterhöhe wird mit 1,2 m geschätzt. Die Höhendifferenz zwischen Bodenniveau PV-Anlage und Gebäude wird nach Abbildung 11 mit 4,5 m angenommen. Als Höhenreferenz auf der PV-Anlage, wird der Niedrigste reflektierende Punkt genommen. Diese befindet sich an der Modulunterkante bei einem üblichen Abstand zwischen Modulunterkante und Bodenniveau PV-Anlage von 1 m. Daraus ergeben sich folgende Höhenunterschiede, welche als Grundlage für die Berechnungen gelten. Höhenunterschied von 7 m zur Fensterunterkante Dach, 8,2 m Fensteroberkante Dach, 4,5 m Fensterunterkante EG und 5,7 m Fensteroberkante EG.

Für die Berechnung werden des Weiteren die Azimut Winkel zwischen Emissionsobjekt (PV-Anlage) und Immissionsobjekt (Fenster) benötigt. Wie in Abbildung 12 dargestellt, wird von den äußeren Anlagenpunkten zum Immissionsobjekt die Länge und der Azimutwinkel abgetragen. Die grüne Fläche in Abbildung 12 spannt eine Gerade entlang dem Süd-Östlichen Rand der PV-Anlage und die schwarzen Linien markieren Berechnungspunkte, welche den Rest der Anlage umspannen.

Die Azimut und Höhenwinkel werden in das Reflexionsdiagramm übertragen und spannen eine Fläche auf. An den Stellen wo sich die Fläche mit den Reflexionslinien schneidet, tritt eine Blendung am Immissionsobjekt auf (siehe Abbildung 13)

Aus dem Reflexionsdiagramm können die Zeiten der Blendung entnommen werden. In Tabelle 7 ist die Dauer der Blendung auf das Dachfenster Gebäude 3 zusammengefasst. Die Spalten 3 und 4 geben Beginn und Ende der Blendung in Wahrer Ortszeit (WOZ) dezimal wieder. In der 5. Spalte steht die Blenddauer in Minuten pro Tag für die jeweiligen Monate.



### **Blenddauer Dachfenster Gebäude 3**

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im Februar und Oktober auf und beträgt maximal 45 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 159 Stunden. (siehe Tabelle 7)

### **Blenddauer EG Gebäude 3**

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im März und September auf und beträgt maximal 27 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 85 Stunden.

### **Blenddauer Zusammenfassung**

Die Blendung auf die Gebäude Südseite geht ausschließlich von dem nördlichen Anlagenteil aus. Im Dachgeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer pro Tag und Jahr mit 45 Minuten und 159 Stunden überschritten. Die Dringlichkeit eines Blendschutzes im Dachgeschoss ist abhängig von der Raumnutzungsart. Im EG wird die maximal empfohlene Blenddauer mit 85 Stunden pro Jahr theoretisch überschritten. Unter Berücksichtigung der Bewölkungszeit von 60%, reduziert sich die Blenddauer auf 34 Stunden im Jahr. Zusätzlich reduziert sich die jährliche Blendungsdauer durch den teilweise starken Bewuchs zwischen PV-Anlage und Gebäude 3, welcher laut Foto auch im Winter relative Blickdicht ist.



Abbildung 11: Foto Gebäude 3 aus Perspektive PV-Anlage



Abbildung 12: Anlagendraufsicht mit Berechnungspunkten Richtung Gebäude 3 (Quelle: Google Earth Pro)

### Reflexionsdiagramm Gebäude 3 Dachfenster

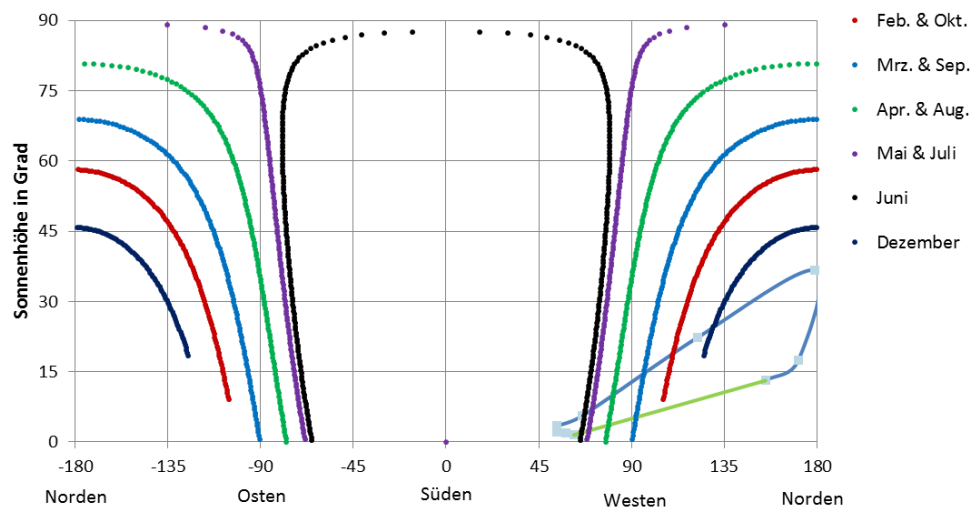


Abbildung 13: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Dachgeschoss Gebäude 3

Tabelle 7: Blenddauer Dachgeschoss Gebäude 3

Dach Gebäude 3 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Dez	31	8,15	8,7	33	1023
Feb. & Okt.	59	6,95	7,7	45	2655
Mrz. & Sep.	61	6,4	7,05	39	2379
Apr. & Aug.	61	5,95	6,4	27	1647
Mai & Juli	62	5,65	6	21	1302
Juni	30	5,5	5,8	18	540
Gesamt	273				9546

### Reflexionsdiagramm Gebäude 3 Fenster EG

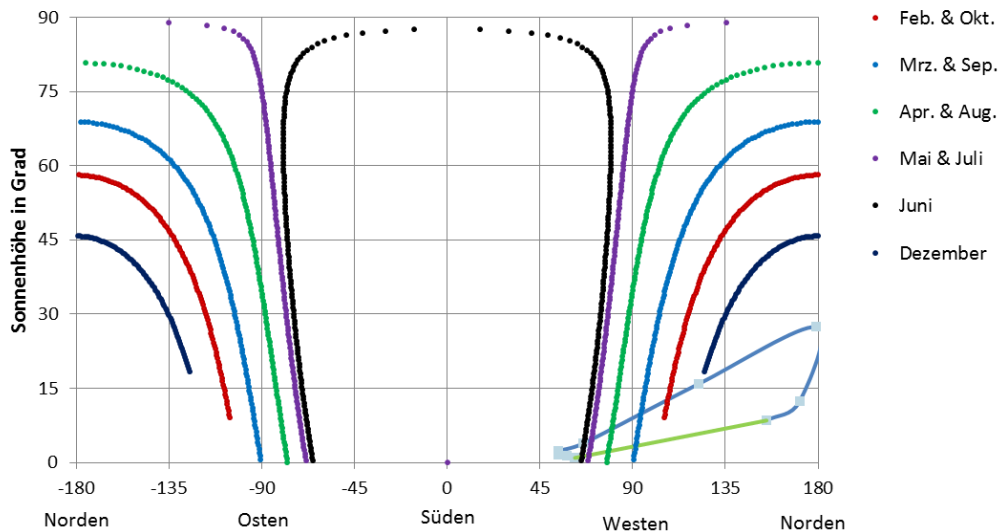


Abbildung 14: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Erdgeschoss Gebäude 3

Tabelle 8: Blenddauer Erdgeschoss Gebäude 3

EG Gebäude 3 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Feb. & Okt.	59	6,95	7,2	15	885
Mrz. & Sep.	61	6,25	6,7	27	1647
Apr. & Aug.	61	5,85	6,2	21	1281
Mai & Juli	62	5,6	5,85	15	930
Juni	30	5,45	5,65	12	360
Gesamt	273				5103

### 6.3.4 Gebäude 4

#### Erläuterung

Das Gebäude 4 befindet sich Nord-Westlich von der Mitte Nordanlage. Das Gebäude besteht aus einem Erdgeschoss, 1. Obergeschoss und Dachgeschoss. Aufgrund der Fotos sind keine Fenster im Dachgeschoss ersichtlich und es wird davon ausgegangen das dies nicht wohnlich genutzt wird. Aufgrund der Bauweise wird eine Geschosshöhe von 2,5 m und damit die Höhe der Fensterunterkante 1. OG zum Bodenniveau von 3,5 m angenommen. Die Fensterhöhe wird mit 1,2 m geschätzt. Die Höhendifferenz zwischen Bodenniveau PV-Anlage und Gebäude wird nach Abbildung 15 mit 4,5 m angenommenen. Als Höhenreferenz auf der PV-Anlage, wird der Niedrigste reflektierende Punkt genommen. Diese befindet sich an der Modulunterkante bei einem üblichen Abstand zwischen Modulunterkante und Bodenniveau PV-Anlage von 1 m. Daraus ergeben sich folgende Höhenunterschiede, welche als Grundlage für die Berechnungen gelten. Höhenunterschied von



7 m zur Fensterunterkante 1. OG und 8,2 m Fensteroberkante 1. OG.

Für die Berechnung werden des Weiteren die Azimut Winkel zwischen Emissionsobjekt (PV-Anlage) und Immissionsobjekt (Fenster) benötigt. Wie in Abbildung 16 dargestellt, wird von den äußeren Anlagenpunkten zum Immissionsobjekt die Länge und der Azimutwinkel abgetragen. Die grüne Fläche in Abbildung 16 spannt eine Gerade entlang dem Süd-Östlichen Rand der PV-Anlage und die schwarzen Linien markieren Berechnungspunkte, welche den Rest der Anlage umspannen.

Die Azimut und Höhenwinkel werden in das Reflexionsdiagramm übertragen und spannen eine Fläche auf. An den Stellen wo sich die Fläche mit den Reflexionslinien schneidet, tritt eine Blendung am Immissionsobjekt auf. (siehe Abbildung 17)

Aus dem Reflexionsdiagramm können die Zeiten der Blendung entnommen werden. In Tabelle 9 ist die Dauer der Blendung auf die Fenster im 1. OG Gebäude 4 zusammengefasst. Die Spalten 3 und 4 geben Beginn und Ende der Blendung in Wahrer Ortszeit (WOZ) dezimal wieder. In der 5. Spalte steht die Blenddauer in Minuten pro Tag für die jeweiligen Monate.

#### **Blenddauer 1. OG Gebäude 4**

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im März, April, August und September auf und beträgt maximal 33 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 122 Stunden. (siehe Tabelle 9)

#### **Blenddauer Zusammenfassung**

Die Blendung auf die Gebäude Südseite geht ausschließlich von dem nördlichen Anlagenteil aus. Im 1. Obergeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer mit 33 Minuten und 122 Stunden überschritten. Da die Blendung hauptsächlich in den Sommermonaten auftritt, wird die tägliche und jährliche Blenddauer hier auch durch den Bewuchs von Laubgewächsen reduziert. Außerdem reduziert sich die jährliche Blenddauer unter Berücksichtigung der Bewölkung auf 49 Stunden.



Abbildung 15: Foto Gebäude 4 aus Perspektive PV-Anlage

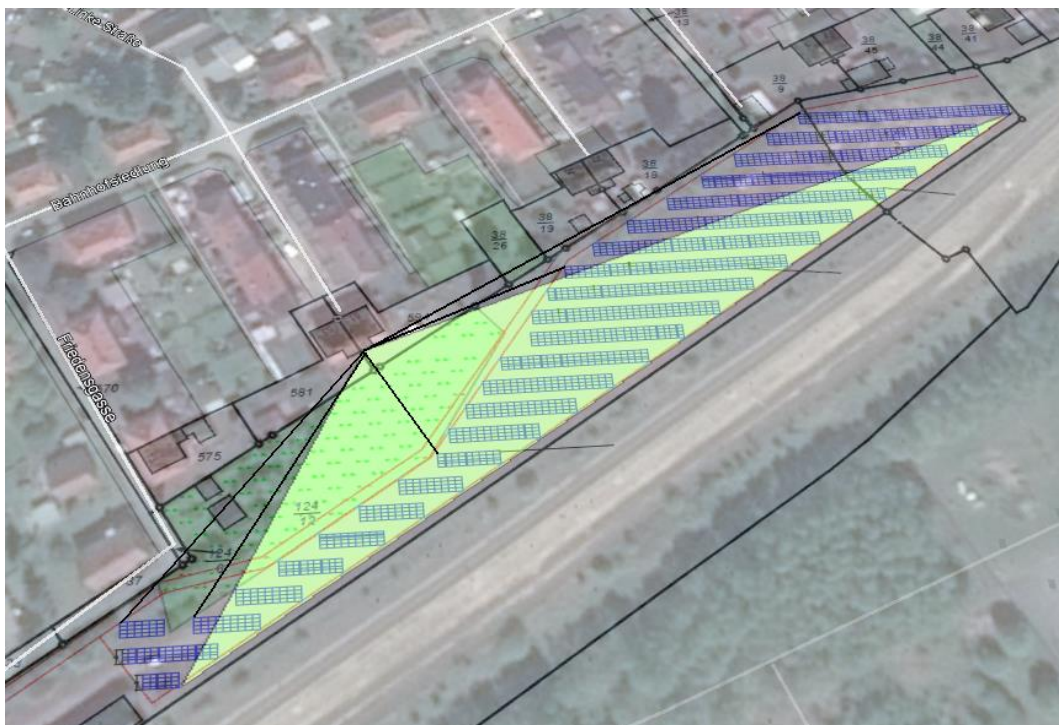


Abbildung 16: Anlagendraufsicht mit Berechnungspunkten Richtung Gebäude 4 (Quelle: Google Earth Pro)

### Reflexionsdiagramm Gebäude 4 Fenster 1.OG

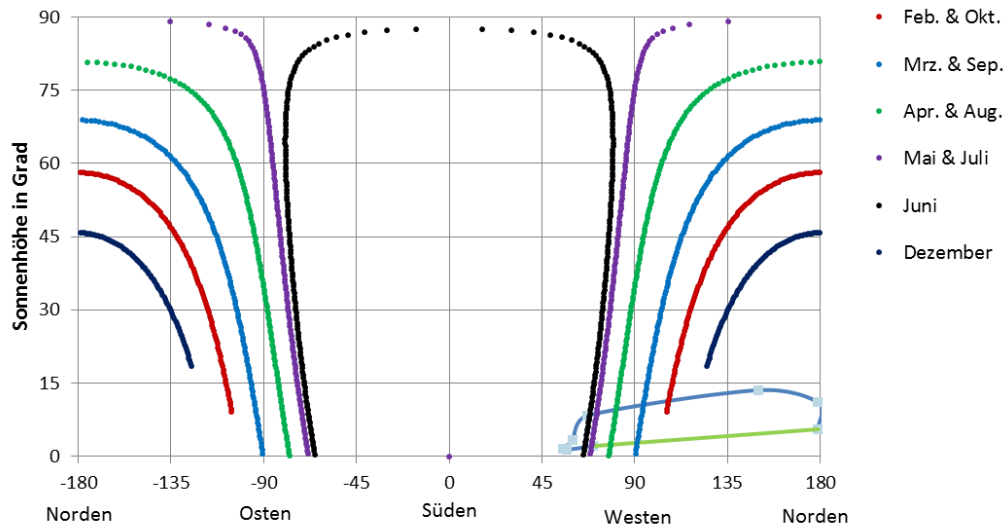


Abbildung 17: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf 1. Obergeschoss Gebäude 4

Tabelle 9: Blenddauer 1. Obergeschoss Gebäude 4

EG Gebäude 4 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Feb. & Okt.	59	6,95	7,1	9	531
Mrz. & Sep.	61	6,2	6,75	33	2013
Apr. & Aug.	61	5,85	6,4	33	2013
Mai & Juli	62	5,6	6,1	30	1860
Juni	30	5,5	6	30	900
Gesamt	273				7317

### 6.3.5 Gebäude 5

#### Erläuterung

Das Gebäude 5 befindet sich Nord-Westlich vom oberen Drittel der Nordanlage. Das Gebäude besteht aus einem Erdgeschoss, 1. Obergeschoss und Dachgeschoss. Aufgrund der Bauweise wird eine Geschosshöhe von 2,5 m und damit die Höhe der Fensterunterkante Dachgeschoss zum Bodenniveau von 6 m angenommen. Die Fensterhöhe wird mit 1,2 m geschätzt. Die Höhendifferenz zwischen Bodenniveau PV-Anlage und Gebäude wird nach Abbildung 18 mit 5 m angenommen. Als Höhenreferenz auf der PV-Anlage, wird der Niedrigste reflektierende Punkt genommen. Diese befindet sich an der Modulunterkante bei einem üblichen Abstand zwischen Modulunterkante und Bodenniveau PV-Anlage von 1 m. Daraus ergeben sich folgende Höhenunterschiede, welche als Grundlage für die Berechnungen gelten. Höhenunterschied von 10 m zur Fensterunterkante Dach, 11,2 m Fensteroberkante Dach, 7,5 m Fensterunterkante 1. OG und 8,7 m Fensteroberkante 1. OG.

Für die Berechnung werden des Weiteren die Azimut Winkel zwischen Emissionsobjekt (PV-Anlage) und

Immissionsobjekt (Fenster) benötigt. Wie in Abbildung 19 dargestellt, wird von den äußeren Anlagenpunkten zum Immissionsobjekt die Länge und der Azimutwinkel abgetragen. Die grüne Fläche in Abbildung 19 spannt eine Gerade entlang dem Süd-Östlichen Rand der PV-Anlage und die schwarzen Linien markieren Berechnungspunkte, welche den Rest der Anlage umspannen.

Die Azimut und Höhenwinkel werden in das Reflexionsdiagramm übertragen und spannen eine Fläche auf. An den Stellen wo sich die Fläche mit den Reflexionslinien schneidet, tritt eine Blendung am Immissionsobjekt auf. (siehe Abbildung 20)

Aus dem Reflexionsdiagramm können die Zeiten der Blendung entnommen werden. In Tabelle 10 ist die Dauer der Blendung auf die Fenster im Dachgeschoss Gebäude 5 zusammengefasst. Die Spalten 3 und 4 geben Beginn und Ende der Blendung in Wahrer Ortszeit (WOZ) dezimal wieder. In der 5. Spalte steht die Blenddauer in Minuten pro Tag für die jeweiligen Monate.

### **Blenddauer Dachgeschoss Gebäude 5**

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im Dezember auf und beträgt maximal 171 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 357 Stunden. (siehe Tabelle 10)

### **Blenddauer 1. OG Gebäude 5**

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im Februar, Oktober und Dezember auf und beträgt maximal 66 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 233 Stunden. (siehe Tabelle 11)

### **Blenddauer Zusammenfassung**

Die Blendung auf die Gebäude Südseite geht ausschließlich von dem nördlichen Anlagenteil aus. Eine Reflexion und Blendung tritt nur bei direktem Sonnenlicht ohne Bewölkung auf. Da es in unseren Breitengraden ca. 50% der Zeit bewölkt ist, kann die Blenddauer halbiert werden. Außerdem stehen zwischen PV-Anlage und Gebäude teilweise Laubgewächse und immergrüne Nadelbäume, welche die Blenddauer zusätzlich reduzieren. Im Dachgeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer (Kapitel 3.2) von 30 Minuten pro Tag und 30 Stunden pro Jahr mit 171 Minuten und 357 Stunden überschritten. Die Dringlichkeit eines Blendschutzes (Kapitel 3.5) im Dachgeschoss ist abhängig von der Raumnutzungsart. Im 1. OG wird die empfohlene maximale Blenddauer pro Tag und Jahr mit 66 Minuten und 233 Stunden überschritten. Das Gebäude wird aus Richtung Osten bis Süden geblendet. Hier wird nach (Kapitel 3.5) ein Blendschutz empfohlen.



Abbildung 18: Foto Gebäude 5 aus Perspektive PV-Anlage

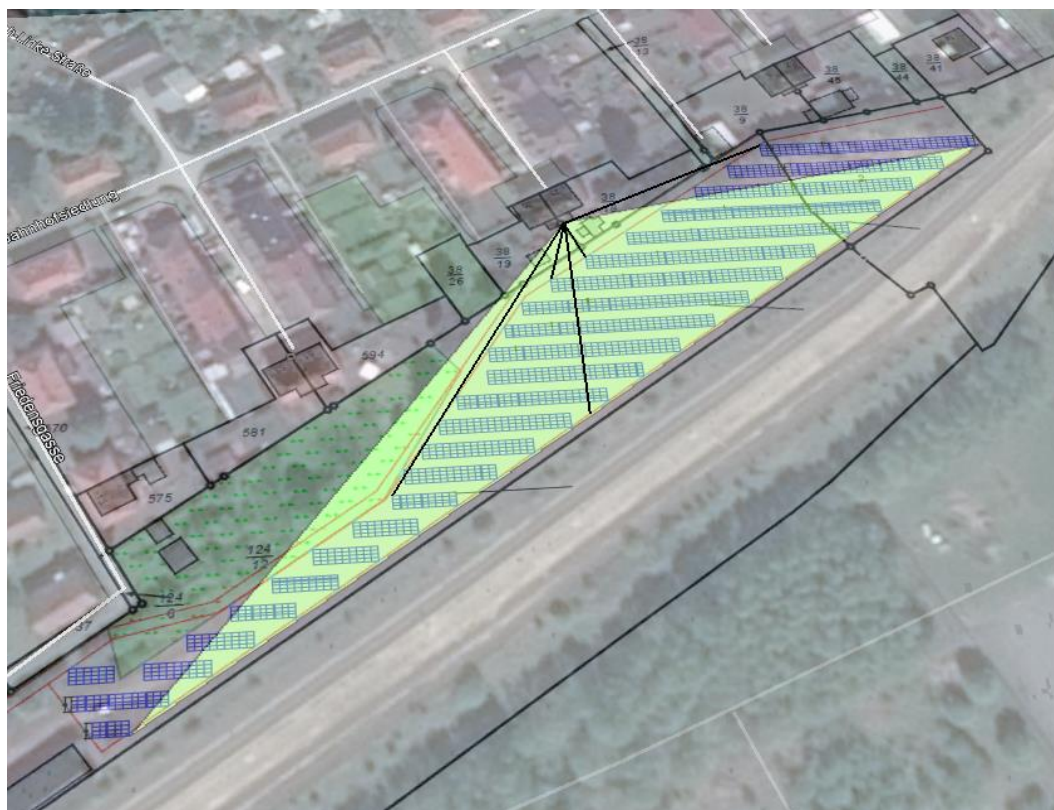


Abbildung 19: Anlagendraufsicht mit Berechnungspunkten Richtung Gebäude 5 (Quelle: Google Earth Pro)



### Reflexionsdiagramm Gebäude 5 Fenster Dach

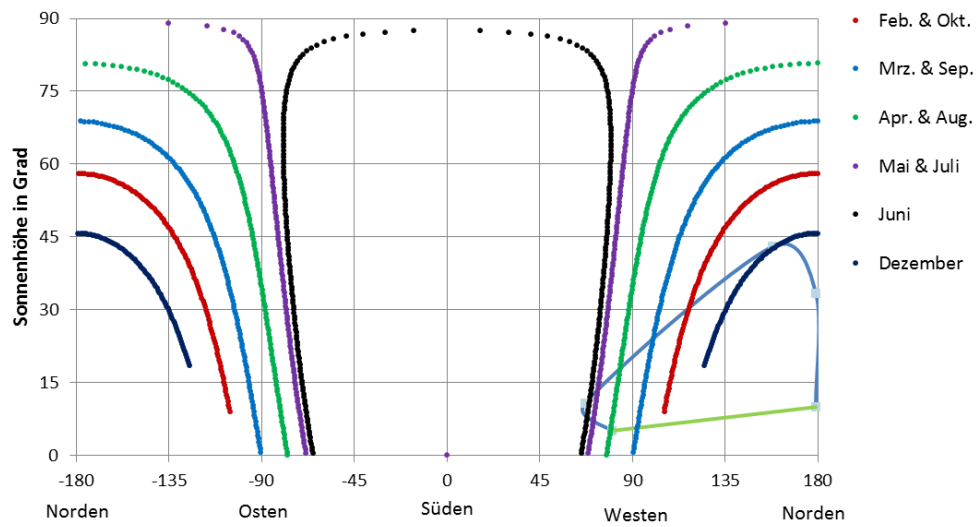


Abbildung 20: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Dachfenster Gebäude 5

Tabelle 10: Blenddauer Dachgeschoss Gebäude 5

Dach Gebäude 5 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Dez	31	8,15	11	171	5301
Feb. & Okt.	59	6,95	8,55	96	5664
Mrz. & Sep.	61	6,4	7,7	78	4758
Apr. & Aug.	61	6,05	6,95	54	3294
Mai & Juli	62	6	6,5	30	1860
Juni	30	5,95	6,25	18	540
Gesamt	273				21417

### Reflexionsdiagramm Gebäude 5 Fenster 1.OG

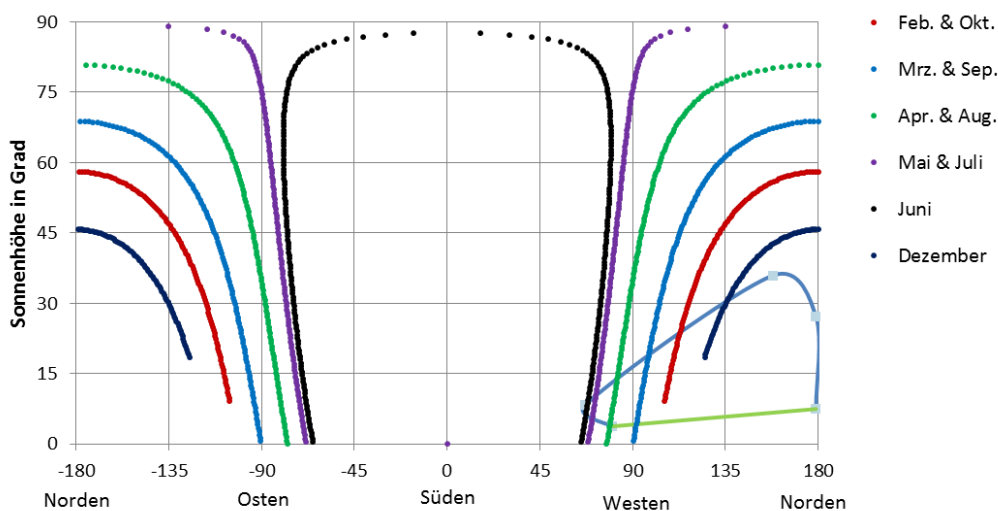


Abbildung 21: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf 1. OG Gebäude 5

Tabelle 11: Blenddauer 1. OG Gebäude 5

1. OG Gebäude 5 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Dez	31	8,15	9,25	66	2046
Feb. & Okt.	59	6,95	8,05	66	3894
Mrz. & Sep.	61	6,3	7,35	63	3843
Apr. & Aug.	61	6	6,7	42	2562
Mai & Juli	62	5,85	6,2	21	1302
Juni	30	5,85	6,05	12	360
Gesamt	273				14007

### 6.3.6 Gebäude 6

#### Erläuterung

Das Gebäude 6 befindet sich Östlich vom oberen Viertel der Nordanlage. Das Gebäude besteht aus einem Erdgeschoss, 1. Obergeschoss und Dachgeschoss. Aufgrund der Bauweise wird eine Geschosshöhe von 2,5 m und damit die Höhe der Fensterunterkante Dachgeschoss zum Bodenniveau von 6 m angenommen. Die Fensterhöhe wird mit 1,2 m geschätzt. Die Höhendifferenz zwischen Bodenniveau PV-Anlage und Gebäude wird nach Abbildung 22 mit 4 m angenommen. Als Höhenreferenz auf der PV-Anlage, wird der Niedrigste reflektierende Punkt genommen. Diese befindet sich an der Modulunterkante bei einem üblichen Abstand zwischen Modulunterkante und Bodenniveau PV-Anlage von 1 m. Daraus ergeben sich folgende Höhenunterschiede, welche als Grundlage für die Berechnungen gelten. Höhenunterschied von 9 m zur Fensterunterkante Dach, 10,2 m Fensteroberkante Dach, 6,5 m Fensterunterkante 1. OG und 7,7 m Fensteroberkante 1. OG.

Für die Berechnung werden des Weiteren die Azimut Winkel zwischen Emissionsobjekt (PV-Anlage) und Immissionsobjekt (Fenster) benötigt. Wie in Abbildung 23 dargestellt, wird von den äußeren Anlagenpunkten zum Immissionsobjekt die Länge und der Azimutwinkel abgetragen. Die grüne Fläche in Abbildung 23 spannt eine Gerade entlang dem Süd-Östlichen Rand der PV-Anlage und die schwarzen Linien markieren Berechnungspunkte, welche den Rest der Anlage umspannen.

Die Azimut und Höhenwinkel werden in das Reflexionsdiagramm übertragen und spannen eine Fläche auf. An den Stellen wo sich die Fläche mit den Reflexionslinien schneidet, tritt eine Blendung am Immissionsobjekt auf. (siehe Abbildung 24)

Aus dem Reflexionsdiagramm können die Zeiten der Blendung entnommen werden. In Tabelle 12 ist die Dauer der Blendung auf die Fenster im Dachgeschoss Gebäude 6 zusammengefasst. Die Spalten 3 und 4 geben Beginn und Ende der Blendung in Wahrer Ortszeit (WOZ) dezimal wieder. In der 5. Spalte steht die Blenddauer in Minuten pro Tag für die jeweiligen Monate.

#### Blenddauer Dachgeschoss Gebäude 6

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im April und August auf und beträgt maximal 7 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 19 Stunden. (siehe Tabelle 12)

#### Blenddauer 1. OG Gebäude 6

Die Längste Blendung am Dachfenster tritt im April, Mai, Juli und August auf und beträgt maximal 4 Minuten pro Tag. Die maximale jährliche Blenddauer beträgt 13 Stunden. (siehe Tabelle 13)

### Blenddauer Zusammenfassung

Die Blendung auf die Gebäude Westseite geht ausschließlich von dem nördlichen Anlagenteil aus. Eine Reflexion und Blendung tritt nur bei direktem Sonnenlicht ohne Bewölkung auf. Da es in unseren Breitengraden ca. 50% der Zeit bewölkt ist, kann die Blenddauer halbiert werden. Außerdem stehen zwischen PV-Anlage und Gebäude teilweise Laubgewächse und immergrüne Nadelbäume, welche die Blenddauer zusätzlich reduzieren. Im Dachgeschoss wird die empfohlene maximale Blenddauer (Kapitel 3.2) von 30 Minuten pro Tag und 30 Stunden pro Jahr mit 7 Minuten und 19 Stunden nicht überschritten. Im 1. OG wird die empfohlene maximale Blenddauer pro Tag und Jahr mit 4 Minuten und 13 Stunden auch nicht überschritten. Die Blendung tritt von Früh- bis Spätsommer auf. Unterberücksichtigung der Bäume zwischen Anlage und Gebäude, wird von keiner effektiven Blendung ausgegangen.



Abbildung 22: Foto Gebäude 6 aus Perspektive PV-Anlage



Abbildung 23: Anlagendraufsicht mit Berechnungspunkten Richtung Gebäude 6 (Quelle: Google Earth Pro)

### Reflexionsdiagramm Gebäude 6 Fenster Dach

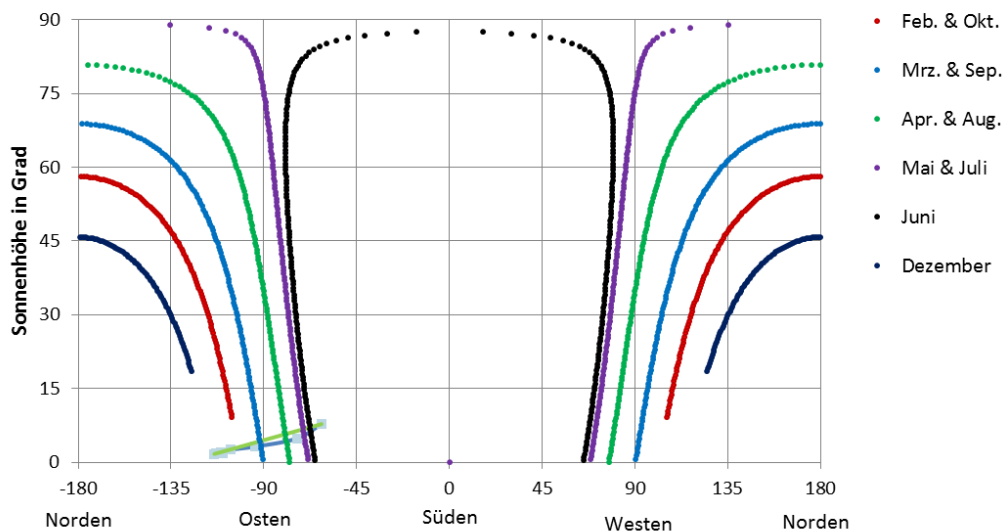


Abbildung 24: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf Dachfenster Gebäude 6

Tabelle 12: Blenddauer Dachgeschoss Gebäude 6

Dach Gebäude 6 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Mrz. & Sep.	61	6,24	6,31	4	256
Apr. & Aug.	61	6	6,11	7	403
Mai & Juli	62	5,85	5,95	6	372
Juni	30	5,85	5,92	4	126
Gesamt	214				1156,8

## Reflexionsdiagramm Gebäude 6 Fenster 1.OG

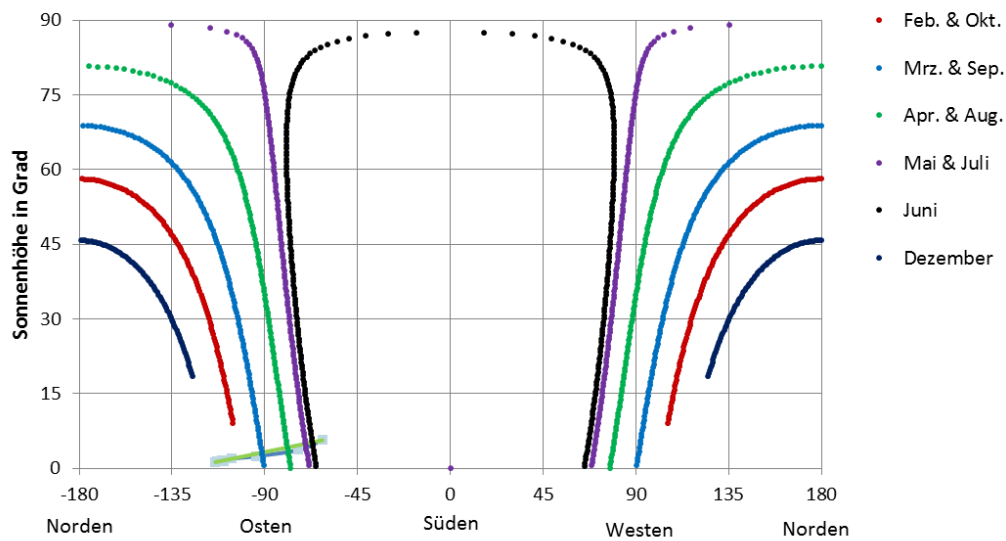


Abbildung 25: Reflexionsdiagramm PVA Hirschfelde mit Blendwirkung auf 1. OG Gebäude 6

Tabelle 13: Blenddauer 1. OG Gebäude 6

1. OG Gebäude 6 Monat	Gesamt- tage [d]	Blenddauer (dezimal) [WOZ]		Blend- dauer [min/d]	Blenddauer gesamt [min]
		von	bis		
Mrz. & Sep.	61	6,2	6,25	3	183
Apr. & Aug.	61	5,93	6	4	256
Mai & Juli	62	5,78	5,85	4	260
Juni	30	5,75	5,79	2	72
Gesamt	214				771,6

## 7 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