

Reflexionsgutachten für eine PV–Freiflächenanlage im Markt Taschendorf bei Hombeer

Auftragnehmer:

Büro Öko – Raum – Konzept
Römerstraße 6
94368 Perkam

Auftraggeber:

Naturenergie Zeilinger UG
(haftungsbeschränkt)
Siedelbach 70
91459 Markt Erlbach

Version 1.4
Stand 15.7.2022

Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund des Reflexionsgutachtens und örtliche Gegebenheiten.....	3
2. Rechtliche Grundlagen.....	3
3. Physikalische Grundlagen.....	4
3.1 Reflexionsgesetz.....	4
3.2 Astronomische Refraktion.....	6
4. Planung des Auftraggebers sowie Sichtschutzmaßnahmen.....	6
5. Immissionsorte.....	8
6. Durchführung der Simulation.....	11
7. Ergebnisse der Simulation.....	12
7.1. Immissionsort Hombeer 1.....	12
7.2. Immissionsort Hombeer 3.....	13
7.3. Immissionsort Pretzdorf 5.....	14
7.4. Immissionsort Pretzdorf 8.....	14
7.5. Umgebende Straßen und Wege.....	15
7.5.1 Kreisstraße NEA 5.....	15
7.5.2 Staatsstraße 2256.....	18
8. Möglichkeiten der Reduzierung von Reflexionsereignissen.....	20
9. Zusammenfassung und gutachterliches Fazit.....	21
10. Anhang.....	22

1. Hintergrund des Reflexionsgutachtens und örtliche Gegebenheiten

Der Bau von Erneuerbare-Energien-Anlagen – vornehmlich PV-Anlagen und Windenergieanlagen – sind essentieller Bestandteil der Energiewende, die neben anderen Maßnahmen wie Speicher und Effizienzsteigerungen nötig sind, um die Verpflichtungen des Pariser Klimaschutzabkommens sowie den Auftrags des Bundesverfassungsgerichts vom 24. März 2021, der den Staat zum Klimaschutz auch zum Schutz künftiger Generation verpflichtet, zu erfüllen.

Zugleich besteht die Notwendigkeit, dass Belästigungen der Bevölkerung wie z.B. durch Reflexionen vermieden werden, nicht zuletzt um die Akzeptanz in der Bevölkerung sicherzustellen.

Das vorliegende Gutachten gibt Aufschluss über die Reflexionswirkung einer Freiflächen PV-Anlage, die die Firma Naturenergie Zeilinger UG (haftungsbeschränkt) im Gemeindegebiet des Markts Taschendorf entlang der Ortsverbindungsstraße zwischen den Ortschaften Hombeer und Pretzdorf plant.



Karte 1: Lage der Planungsfläche (blau dargestellt).

Die Planungsfläche wird im Westen von der St 2256 und im Süden von der NEA 5 abgegrenzt, im Norden endet die Fläche an einem Feldweg, im Osten orientiert sich die Abgrenzung entlang von Flurstücksgrenzen. Im Südwesten findet sich die Ortschaft Hombeer und im Südosten die Ortschaft Pretzdorf, wo sich jeweils Immissionsorte befinden. Auf Karte 1 ist die Lage der Planungsflächen (blau dargestellt) ersichtlich.

2. Rechtliche Grundlagen

Das vorliegende Reflexionsgutachten basiert auf der Lichtleitlinie in der Fassung der Bund / Länder Arbeitsgemeinschaft von 2012. Durch die Reflexionseigenschaften von PV-Modulen sind Blendwirkungen von über 10^5 cd/m² möglich, die zu einer Absolutblendung – also einer Reduzierung des Sehvermögens im gesamten Gesichtsfeld - führen können.

Maßgebliche Immissionsorte sind schutzwürdige Räume, die unter folgende Kategorie fallen:

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

An Gebäude angrenzende Außenflächen wie Terrassen und Balkone sind schutzwürdigen Räumen tagsüber gleichgestellt.

Ebenso sind unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund an dem stärksten betroffenen Rand der Flächen, auf denen nach dem Bau und Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zugelassen sind, schutzwürdig.¹

Die zulässigen Immissionswerte – also die Dauer der Reflexionen beträgt hierbei unter Anlehnung an die Beschattungszeiten bei Windenergieanlagen

- max 30 Minuten pro Tag und
- max 30 Stunden pro Kalenderjahr.²

Laut der LAI Empfehlung sind vor allem Gebäude in östlicher und westlicher Richtung der PV-Anlagen bei Entfernung von 100 m betroffen.³

Für potentielle Reflexionseinwirkungen auf den Straßenverkehr existiert keine gesonderte Richtlinie.

3. Physikalische Grundlagen

3.1 Reflexionsgesetz

Grundlage für mögliche Blendungen durch PV-Anlagen ist das Reflexionsgesetz, wonach der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel ist, bezogen auf das Einfallslot – also das Lot zur spiegelnden Fläche, in dem Fall das PV-Modul. Der reflektierte Sonnenstrahl trifft dann u.U. ein menschliches Auge, was zur Blendung durch die PV-Anlage führen kann.

Die Lichtstrahlen der Sonne werden hierbei idealisiert als parallel eintreffend betrachtet.

1 Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI vom 13.9.2012. S. 21 bis 23

2 Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI vom 13.9.2012. S. 24

3 Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI vom 13.9.2012. S. 23

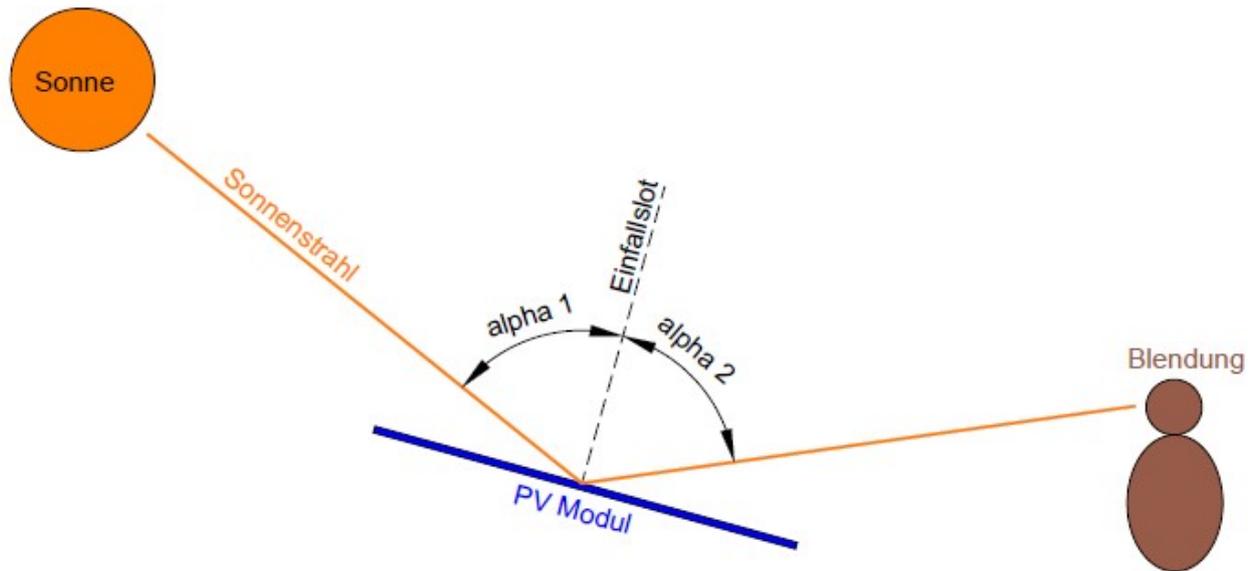


Schaubild 1: Reflexion auf spiegelnder Oberfläche

Die Parameter, die zu einer Blendung führen sind hierbei:

- die Leuchtdichte (ist die Sonne sichtbar)
- der Standort der Lichtquelle (Position der Sonne am Himmel)
- der Standort der Reflektionsquelle (Standort und Ausrichtung der Solarmodule)
- sowie der Standort des Betrachters (die jeweiligen Immissionsort)
- mögliche Verschattungen durch Gelände, Bauwerke und Vegetation

Im vorliegenden Gutachten wird angenommen, dass die Sonne ganzjährig nicht verschattet ist. Dem Gutachten liegt somit eine Worst Case Annahme zugrunde. Immer wenn die Sonne sichtbar ist, wird angenommen, dass die Leuchtdichte für eine eventuelles Reflexionsereignis hoch genug ist. Ebenso wird im Rahmen der Berechnungen angenommen, dass die Module ideal verspiegelt sind und somit die Moduloberflächen das Sonnenlicht besonders stark und gebündelt reflektieren:

Der Standort der Sonne über den Jahresgang, die geplante Lage der PV-Module als auch die Immissionsorte sind bekannt.

Ebenso bekannt ist die Geländeoberfläche, die bestehende Vegetation sowie geplante Eingrünungen bzw. Einzäunungen.

3.2 Astronomische Refraktion

Eine Besonderheit der physikalischen Grundlagen ist die astronomische Refraktion. Damit wird die Brechung von Licht bezeichnet, wenn es von einem optischen Medium in ein anders mit anderer Dichte übergeht. Die Atmosphäre übt ebenfalls einen Linseneffekt auf das Licht aus: Bei einer tief stehenden bzw. bereits unter dem Horizont stehenden Sonne wird das Sonnenlicht bei Eintreffen in die Erdatmosphäre Richtung Erde abgelenkt. Da die Atmosphäre je nach Höhenlage eine andere Dichte hat, ändert sich damit auch der Brechungsindex beständig, man spricht hier von einer kontinuierlichen Brechung. Das Licht wird in den höheren Luftschichten weniger stark gebrochen als in tieferen Luftschichten. Hierbei kommt es zu dem Effekt, dass die untergehende Sonne oval wirkt.

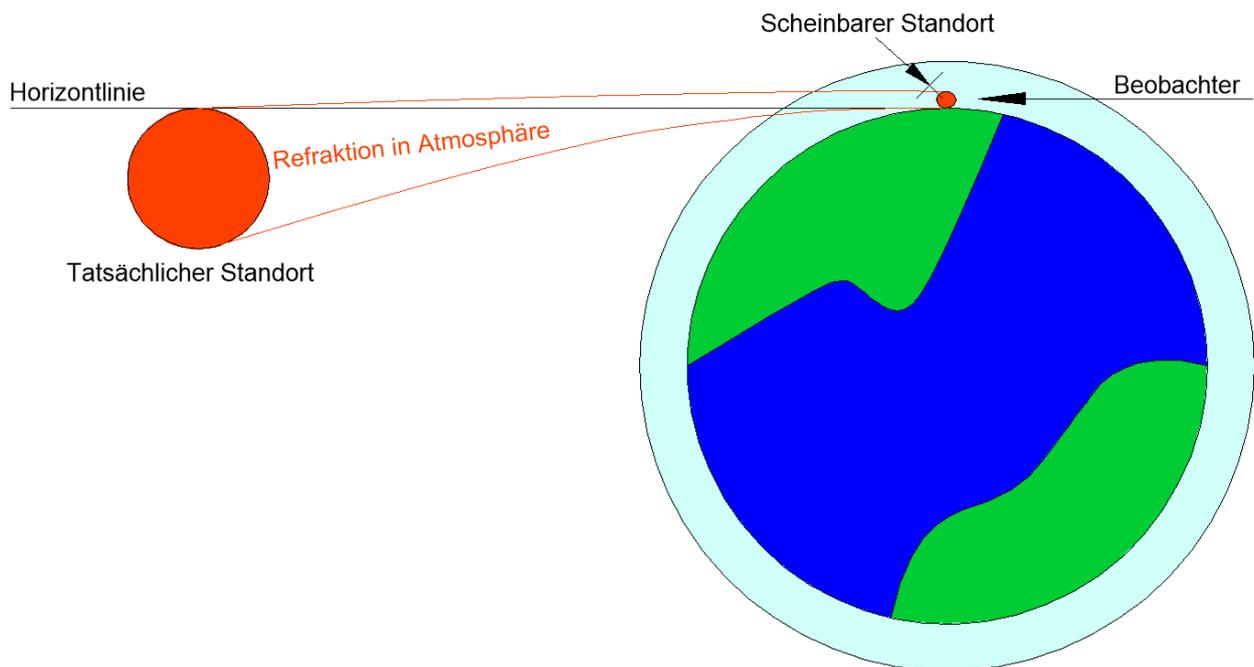


Schaubild 2: Astronomische Refraktion, schematische Darstellung

Der Effekt, bei der Sonne die knapp unterhalb des Horizonts steht beträgt dabei einen Sonnendurchmesser. Dies bedeutet, dass die Sonne noch sichtbar ist, bei einer rein geometrischen Betrachtung aber schon hinter dem Horizont verschwunden ist.

Dieser Effekt ist umso bedeutender, da die meisten Reflexionsereignisse bei tief stehender Sonne erfolgen. Eine rein geometrische Betrachtung des Sonnenstandes würde zu kontinuierlichen systematischen Fehlern im Ergebnis führen. Dieser Effekt wird im vorliegenden Gutachten durch die verwendete Software mit berücksichtigt.

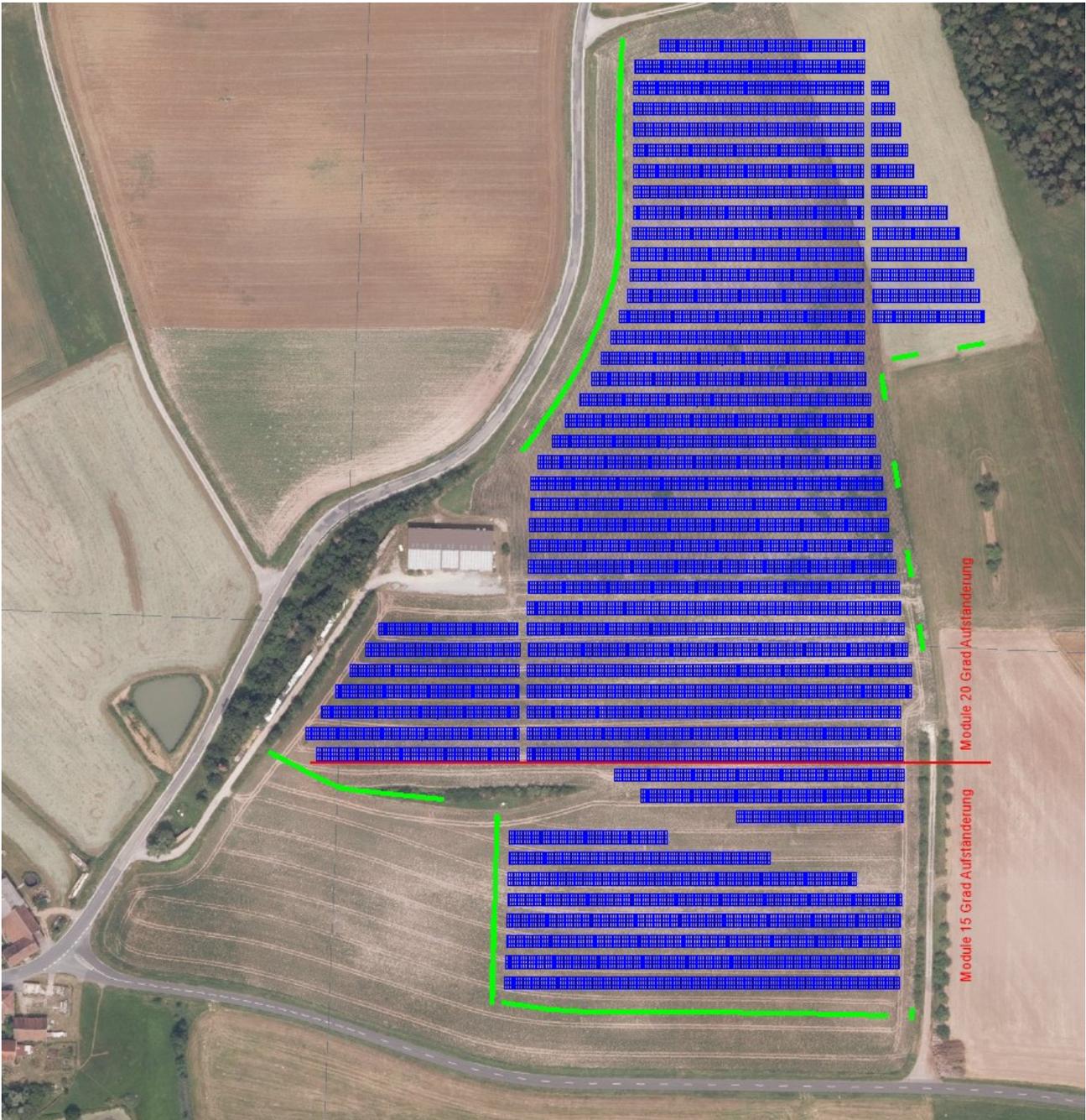
4. Planung des Auftraggebers sowie Sichtschutzmaßnahmen.

Die vorgesehene Modulanordnung sowie geplante Abschattungs- und Sichtschutzmaßnahmen des Auftraggebers werden aus dem Belegplan in Karte 2 ersichtlich.

Die hellgrünen Linien stellen hierbei Sichthindernisse mit einer blickdichten Höhe von 2,5 m dar, die den bestehenden Gehölzen hinzugefügt werden.

Die Module haben eine Abmessung von 2,09 m in der Höhe und 1,04 m in der Breite. Diese werden mit 20 Grad Anstellwinkel Richtung Süden aufgeständert. Südlich der roten Trennlinie

erfolgt die modifizierte Aufständigung der Module mit einem absoluten Anstellwinkel von 15 Grad. Zwischen den Modulen wird wegen der thermischen Ausdehnung jeweils ca. 2 cm Abstand gehalten. Die untere Modulreihe befindet sich 1 m über der Geländeoberkante. Für die oberste Modulreihe ergibt sich damit eine Höhe von 3,16 m über der Geländeoberkante. Zwischen den Reihen ist jeweils ein Abstand von 4,58 m vorgesehen.



Karte 2: Belegplan und zusätzliche berücksichtigte Umgrünung

Südlich der roten Trennlinie erfolgt die modifizierte Aufständigung der Module mit einem absoluten Anstellwinkel von 15 Grad, nördlich der Trennlinie erfolgt die Aufständigung weiter mit einem Anstellwinkel von 20 Grad.

Die Ergebnisse des Gutachtens gelten nur unter den im Gutachten und im Anhang aufgeführten Annahmen und Bedingungen. Da es sich bei der Vegetation um keine statischen Sichthindernisse

handelt, können eventuelle tatsächliche Abweichungen von der Berechnung nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

5. Immissionsorte

Über die amtliche Flurkarte konnten folgende potentielle Immissionsorte ausfindig gemacht werden:

- Hombeer 1
- Hombeer 3
- Pretzdorf 8
- Pretzdorf 5
- NEA 5
- St 2256

Den Hinweisen der LAI nach sind innerhalb eines Radius 100 m um die PV-Anlage vorrangig Immissionsorte in westlicher und östlicher Richtung von Reflexionen betroffen. Der Immissionsort Hombeer 1 ist hierbei mit ca. 165 m zur nächsten Modulreihe das nächstgelegene Wohngebäude, gefolgt von Hombeer 3 mit ca. 190 m Abstand.

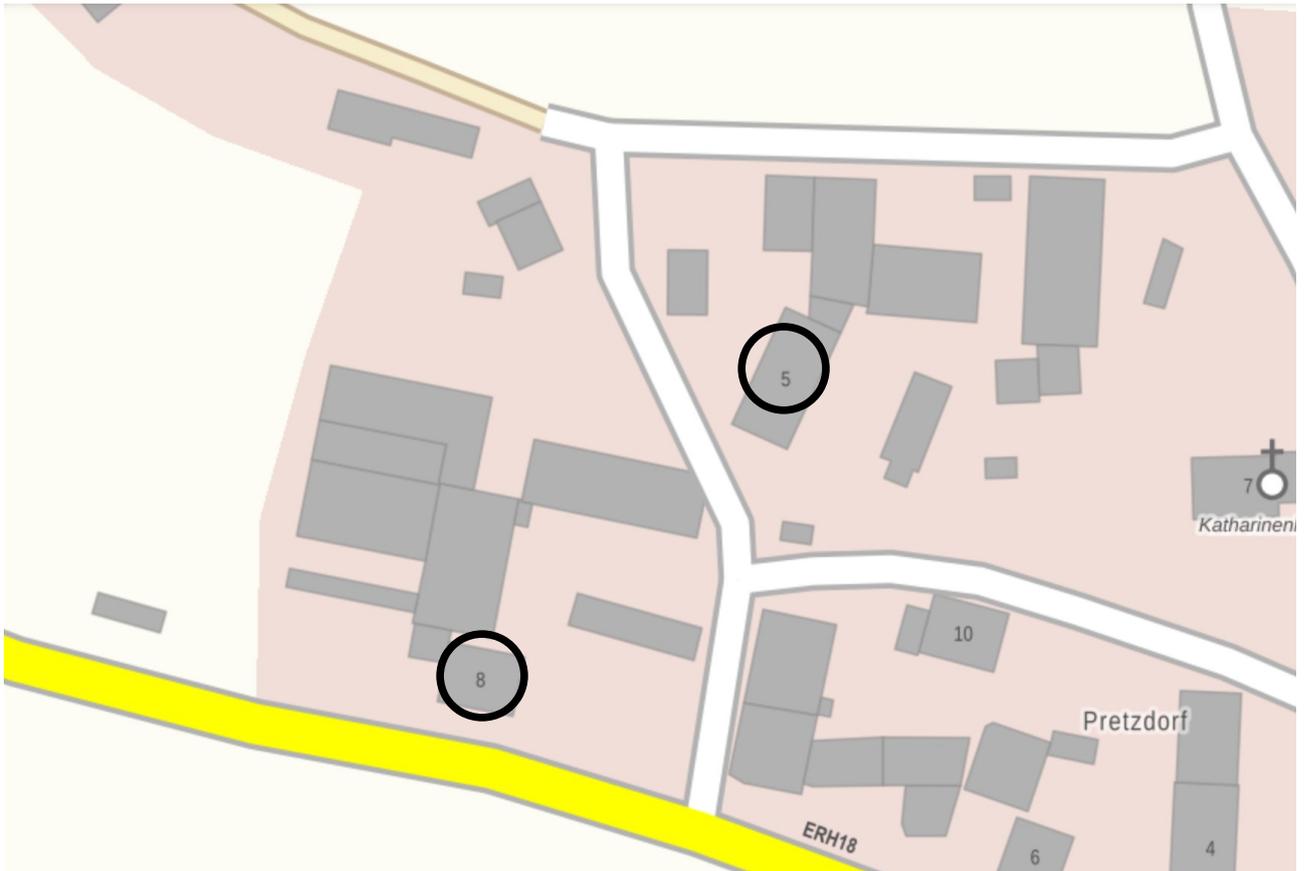
In Pretzdorf wurden die beiden nächstgelegenen Wohngebäude Pretzdorf 5 mit ca. 475 m Abstand zur nächsten Modulreihe und Pretzdorf 8 mit 435 m zur nächsten Modulreihe berücksichtigt.

Zusätzlich werden noch die potentiellen Reflexionen auf den umgebenden Straßen ermittelt. Diese stellen zwar keine maßgeblichen Immissionsorte im Sinne der LAI dar, höchst vorsorglich soll jedoch überprüft werden, dass grundsätzlich mögliche Reflexion den fließenden Verkehr nicht gefährden.

Trotz der Entfernungen von über 100 m zur PV-Anlage werden für diese Immissionspunkte informativ rechnerisch mögliche Blendungen ermittelt.



Karte 3: Untersuchte Immissionsorte in Hombeer. Quelle: Bayernatlas 21.6.2022



Karte 4: Untersuchte Immissionsorte in Pretzdorf. Quelle: Bayernatlas am 21.6.2022

6. Durchführung der Simulation

Die Planung des Auftraggebers wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber in einem 3D Vektormodell abgebildet, welches dann in die verwendete Software Immi 2020 Release 20201020 importiert wurde. Dieses Modell wurden an das verwendete SRTM Höhenmodell der NASA mit einer Bogensekunde Auflösung aufgesetzt, so dass die Lage der PV-Module im dreidimensionalen Raum simuliert wird.

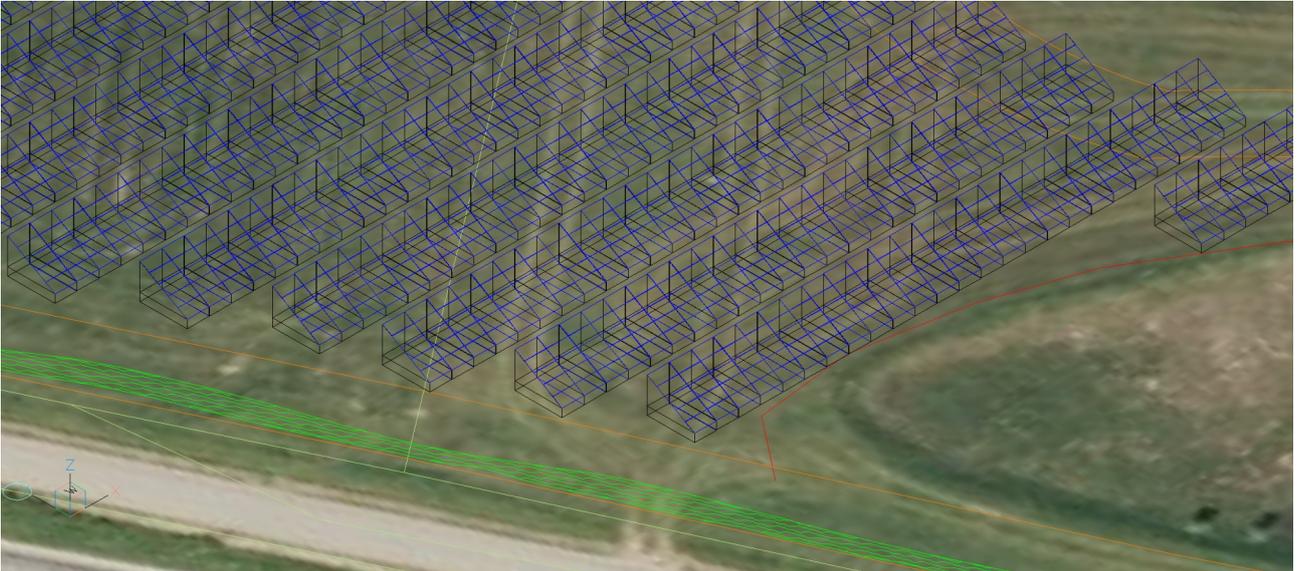


Abbildung 1: Beispiel Darstellung der Module im Raum

Ebenso werden die identifizierten Immissionspunkte und Sichthindernisse in das Modell eingepflegt.

Die Simulation erfolgt über den simulierten Jahresgang der Sonne über das gesamte Jahr hinweg bis zu einem Sonnenstand von 40 Grad über dem Horizont. Immer dann, wenn ein Sonnenstrahl über ein PV-Modul auf einen Immissionsort trifft und dies nicht durch ein Sichthindernis verhindert wird, wird dies registriert und in die Auswertung mit einbezogen.

7. Ergebnisse der Simulation

Nachfolgend werden die untersuchten Immissionsorte und die maximal möglichen Reflexionszeiten erörtert.

7.1. Immissionsort Hombeer 1

Der Immissionsort Hombeer 1 liegt westlich der PV-Anlage. Die Anzahl der Reflexionsereignisse lassen sich folgender Tabelle entnehmen:

Immissionspunkt	Gesamte Reflexionsdauer / Minuten	Anzahl Reflexionsstage	Mittlere Reflexionsdauer / Minuten	Tag der max. Reflexion	Maximale Reflexionsdauer	Erster Reflexionszeitpunkt	Letzter Reflexionszeitpunkt	Tag 1. Reflexion	Tag letzte Reflexion
Hombeer 1	5	5	1	07.06.22	1	06:48	06:56	07.06.22	05.07.22

Die Reflexionen werden hierbei von den in Karte 5 hervorgehobenen Modulen verursacht:



Karte 5: Ursachen für Reflexionen (blau dargestellt)

Die gesamte Reflexionsdauer von jährlich 5 Minuten bleibt dabei deutlich unter den maximal zulässigen 30 Stunden (1800 Minuten) pro Jahr zurück. Auch die maximale Reflexionsdauer von 1 Minuten unterschreitet die zulässigen 30 Minuten pro Tag erheblich. Zudem befindet sich der Immissionsort über 100 m von den reflektierenden Elementen entfernt, so dass auf Grund der Diffusion und der zeitlich eingegrenzten theoretisch möglichen Einwirkdauer lediglich ein minimales Blendpotential und somit keine signifikante Beeinträchtigung erwartet wird.

7.2. Immissionsort Hombeer 3

Der Immissionsort liegt westlich des PV-Parks. Die Anzahl der Reflexionsereignisse lassen sich folgender Tabelle entnehmen:

Immissionspunkt	Gesamte Reflexionsdauer / Minuten	Anzahl Reflexionstage	Mittlere Reflexionsdauer / Minuten	Tag der max. Reflexion	Maximale Reflexionsdauer	Erster Reflexionszeitpunkt	Letzter Reflexionszeitpunkt	Tag 1. Reflexion	Tag letzte Reflexion
Hombeer 3	74	58	1	31.07.22	4	06:57	07:18	07.05.22	05.08.22

Die Reflexionen werden hierbei von den in Karte 6 hervorgehobenen Modulen verursacht:



Karte 6: Ursachen für Reflexionen (blau dargestellt)

Die gesamte Reflexionsdauer von jährlich 74 Minuten bleibt deutlich unter den maximal zulässigen 30 Stunden (1800 Stunden) pro Jahr zurück. Auch die maximale Reflexionsdauer von 4 Minuten am Tag unterschreitet die 30 Minuten pro Tag erheblich. Zudem befindet sich der Immissionsort über 100 m von den reflektierenden Elementen entfernt, so dass auf Grund der Diffusion und der zeitlich eingegrenzten theoretisch möglichen Einwirkdauer lediglich ein minimales Blendpotential und somit keine signifikante Beeinträchtigung erwartet wird.

7.3. Immissionsort Pretzdorf 5

Der Immissionsort liegt östlich des PV-Parks. Die Anzahl der Reflexionsereignisse lassen sich folgender Tabelle entnehmen:

Immissionspunkt	Gesamte Reflexionsdauer / Minuten	Anzahl Reflexionstage	Mittlere Reflexionsdauer / Minuten	Tag der max. Reflexion	Maximale Reflexionsdauer	Erster Reflexionszeitpunkt	Letzter Reflexionszeitpunkt	Tag 1. Reflexion	Tag letzte Reflexion
Pretzdorf 5	0	0	0	-	0	-	-	-	-

Bedingt durch die vorgelagerten Objekte kommt es am Immissionsort zu keinen Blendereignissen. Sollten durch Änderungen in der Vegetation diese dennoch auftreten, so befindet sich der Immissionsort über 100 m von den reflektierenden Elementen entfernt, so dass auf Grund der Diffusion lediglich ein minimales Blendepotential und somit keine signifikante Beeinträchtigung erwartet wird.

7.4. Immissionsort Pretzdorf 8

Der Immissionsort liegt östlich des PV-Parks. Die Anzahl der Reflexionsereignisse lassen sich folgender Tabelle entnehmen:

Immissionspunkt	Gesamte Reflexionsdauer / Minuten	Anzahl Reflexionstage	Mittlere Reflexionsdauer / Minuten	Tag der max. Reflexion	Maximale Reflexionsdauer	Erster Reflexionszeitpunkt	Letzter Reflexionszeitpunkt	Tag 1. Reflexion	Tag letzte Reflexion
Pretzdorf 8	92	50	2	06.06.22	6	19:12	19:50	10.05.22	01.08.22

Die Reflexionen werden hierbei von den in Karte 7 hervorgehobenen Modulen verursacht:



Karte 7: Ursachen für Reflexionen (blau dargestellt)

Die gesamte Reflexionsdauer von jährlich 92 Minuten bleibt deutlich unter den maximal zulässigen 30 Stunden (1800 Minuten) pro Jahr zurück. Auch die maximale Reflexionsdauer von 6 Minuten am Tag unterschreitet die zulässigen 30 Minuten pro Tag erheblich. Zudem befindet sich der Immissionsort über 100 m von den reflektierenden Elementen entfernt, so dass auf Grund der Diffusion und der zeitlich eingegrenzten theoretisch möglichen Einwirkdauer lediglich ein minimales Blendpotential und somit keine signifikante Beeinträchtigung erwartet wird.

7.5. Umgebende Straßen und Wege

Für die entlang der PV-Anlagen führenden Straßen wurden die Reflexion ebenfalls auf jeweils 1 m und 2 m Höhe ermittelt.

Die PV-Anlage verursacht vor allem östlich und westlich (westlich zu den Morgenstunden und östlich zu Abendstunden) Reflexionsereignisse.

7.5.1 Kreisstraße NEA 5

Dieser Straßenabschnitt befindet sich am südlichen Ende der PV-Anlage. Die meisten Reflexionsereignisse finden östlich und westlich der PV-Anlage statt.

Immissionsbereich	Maximale Reflexionsdauer / min	Tag der 1. Reflexion	Tag der letzten Reflexion	Beginn der ersten Reflexion westlich / östlich	Ende der Reflexion westlich / östlich
NEA 5	9	29. April	13. August	6:47 / 19:14	7:22 / 20:03

Es ist zu beachten, dass es sich hier um eine Zusammenstellung von Extremwerten handelt. Da tatsächlich jedoch immer nur ein Teil der Bedingungen zutreffen wird, gibt es auch Stellen an denen keine Reflexion auftritt. Es werden an verschiedenen Immissionsorten - besonders in benachbarten Immissionspunkten - aber auch parallel Reflexionen stattfinden.

Dabei bleibt die maximale jährliche Reflexionszeit selbst an dem am stärksten betroffenen Immissionspunkt mit 125 Minuten deutlich unterhalb des Grenzwertes von 30 Stunden (1800 Minuten) jährlich. Anzumerken ist, dass der Grenzwert für Wohngebäude konzipiert ist und hier nur ersatzweise Anwendung findet.

Hier ist mit zu berücksichtigen, dass bei Fahrten Richtung Osten der Blickkegel des Fahrers von ca. plus / minus 20 Grad den PV-Park und die reflektierenden Module größtenteils ausspart. Zudem werden die ermittelten Zeiträume, in denen Reflexionen stattfinden durch Bewölkung und Dunst weiter eingeschränkt. Hinzu kommt bei den meisten rechnerisch möglichen Reflexionsereignissen eine Entfernung von mehr als 100 m zur PV-Anlage. Aufgrund dieser Distanz werden mögliche Blendwirkung durch Diffusion weiter abgeschwächt.

Bei Fahrten Richtung Westen liegt der PV-Park zwar im Sichtbereich des Blickkegels des Fahrers von ca. plus / minus 20 Grad, allerdings beträgt die Entfernung zu den reflektierenden Modulen mit bis zu 400 m mehrheitlich über 100 m. Zudem werden auch hier die ermittelten Zeiträume in denen rechnerisch Reflexionen stattfinden können durch Dunst und Bewölkung weiter eingeschränkt.

Für die NEA 5 wird hiermit unter den genannten Prämissen keine signifikante Beeinträchtigung erwartet.



Karte 8: Verteilung der Reflexionsereignisse entlang der NEA 5

7.5.2 Staatsstraße 2256

Dieser Straßenabschnitt befindet sich am westlichen Ende der PV Anlage.

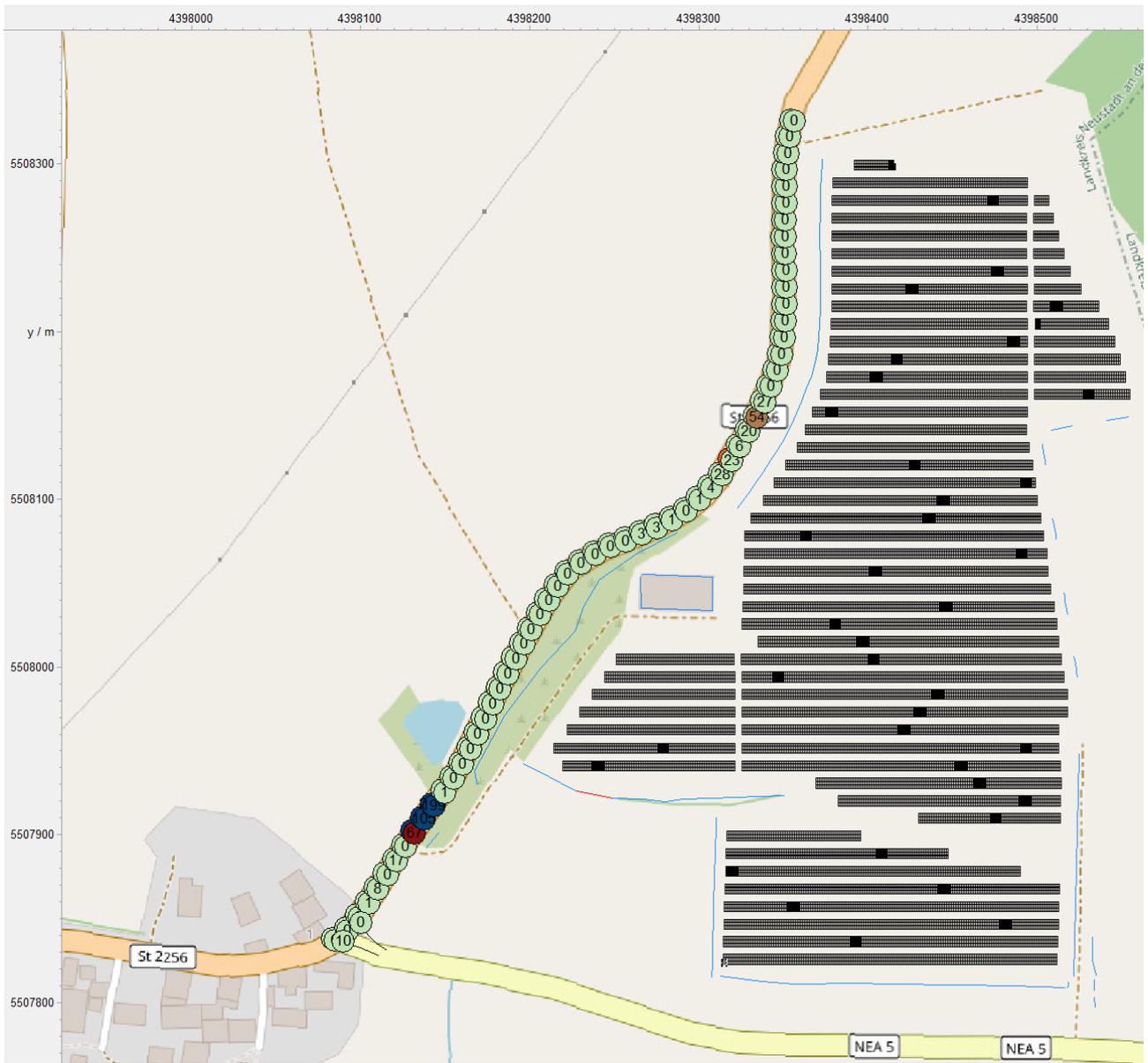
Immissionsbereich	Maximale Reflexionsdauer / min	Tag der 1. Reflexion	Tag der letzten Reflexion	Beginn der ersten Reflexion	Ende der letzten Reflexion
St 2256	7	7.5.	2.8.	6:47	7:37

Es ist zu beachten, dass es sich hier um eine Zusammenstellung von Extremwerten handelt, praktisch wird immer nur ein Teil der Bedingungen zutreffen. So gibt es auch Stellen an denen keine Reflexionen auftreten. Es werden an verschiedenen Immissionsorten - besonders in benachbarten Immissionspunkten - aber auch parallel Reflexionen stattfinden. Die maximale jährliche Reflexionszeit an dem am stärksten belasteten Immissionspunkt beträgt jährlich 223 Minuten. Auch das unterschreitet den zulässigen Grenzwerte von 30 Stunden (1800 Minuten) jährlich deutlich. Anzumerken ist, dass der Grenzwert für Wohngebäude konzipiert ist und hier nur ersatzweise Anwendung findet.

Bei Fahrtrichtung sowohl nach Süden als auch nach Norden erfolgen potentielle Reflexionen aus östlicher Richtung, so dass diese sich mit hoher Wahrscheinlichkeit meist außerhalb des Blickkegels des Fahrers von plus / minus 20 Grad befindet.

Auch hier werden die rechnerisch möglichen Reflexionen durch Dunst und Bewölkung zeitlich weiter eingeschränkt.

In der Summe wird für die St 2256 unter den genannten Prämissen daher keine signifikante Beeinträchtigung erwartet.



Karte 10: Verteilung der Reflexionsereignisse entlang der St 2256

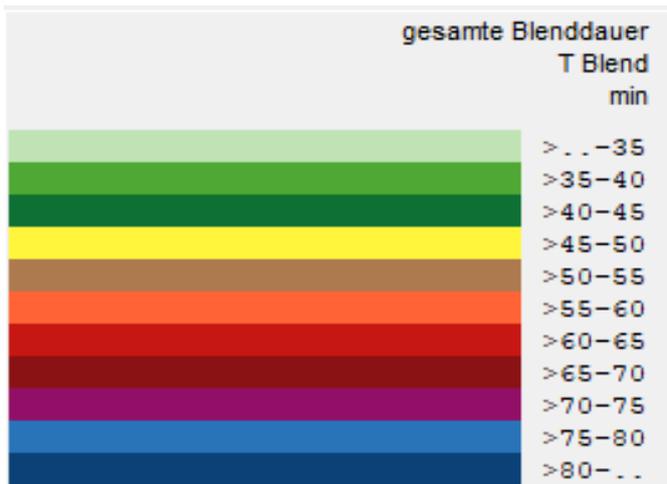


Abbildung 3: Reflexionsereignisse pro Jahr in Minuten

8. Möglichkeiten der Reduzierung von Reflexionsereignissen

Sollte jenseits der gesetzlichen Vorgaben der Wunsch nach einer weiteren Reduzierung der Reflexionsereignisse bestehen, so gibt es hierfür folgende Optionen:

- Einsatz von besonders reflexionsarmen Modulen, wie sie z.B. auch an Flughäfen zum Einsatz kommen.
- Veränderung der Anstellwinkel bzw. der Ausrichtung.
- Errichtung oder Pflanzung von Sichthindernissen.

Diese Maßnahmen sind im vorliegenden Fall jedoch nicht nötig, um den gesetzlichen Grenzwerten zu entsprechen.

9. Zusammenfassung und gutachterliches Fazit

Es ist festzustellen, dass es an den Wohnhäusern in Hombeer 1, Hombeer 3 und Pretzdorf 8 zu Reflexionsereignissen kommt, die Grenzwerte gemäß der LAI Hinweise⁴ aber an keinem Immissionspunkt überschritten werden. In Pretzdorf 5 wird angesichts der vorgelagerten Vegetation und Bebauung keine Reflexion erwartet. Dies kann sich bei einer Veränderung der Situation vor Ort ändern. Allerdings sind die Immissionswerte jeweils deutlich unterhalb der maximal 30 Stunden Jahresstunden und der 30 Tagesminuten, so dass auch für weitere Gebäude bzw. bei Änderungen der Abschattung keine Reflexionen die über die Grenzwerte hinaus gehen, erwartet werden.

Auch ist erneut darauf hinzuweisen, dass sämtliche Berechnungen zu potentiellen Blendereignissen auf der Worst Case Annahme ideal verspiegelter Module basieren. Da die aktuell marktüblichen Module direkt einfallendes Sonnenlicht jedoch nicht gebündelt, wie ein haushaltsüblicher Spiegel reflektieren, sondern aufgrund der speziell angepassten, blendarmen Moduloberfläche durch eine starke Bündelaufweitung vornehmlich diffus zurückwerfen, ist die tatsächliche Leuchtdichte entsprechend vermindert. Vor diesem Hintergrund ist daher davon auszugehen, dass die tatsächlichen Blendpotentiale der PV-Anlage deutlich hinter den rechnerisch ermittelten Werten zurück bleiben.

Auch die Entfernungen von jeweils mehr als 100 m sorgen für eine weitere Diffusion der Lichtstrahlen.

Dies korrespondiert auch mit der Empfehlung der LAI, vor allem Wohngebäude östlich und westlich von PV Anlagen innerhalb eines Radius von 100 m zu betrachten. Dieser Abstand wird bei allen Wohngebäuden teils deutlich überschritten.

Hinsichtlich der Reflexionsereignisse auf der NEA 5 und der St. 2256 ist festzustellen, dass die Reflexionen die Grenzwerte für Gebäude an den einzelnen Immissionspunkten ebenfalls nicht überschreiten. Die Reflexionen an den Straßen fallen zum größten Teil entweder in einem Winkel von mehr als 20 Grad ein, so dass die direkte Sichtkegel in der Regel nicht beeinträchtigt werden, oder die Reflexionsereignisse finden in einer Entfernung von größtenteils mehr als 100 m statt, oftmals deutlich darüber. Die damit verbundenen Diffusion schwächt die Reflexionsereignisse ab.

Ferner ist bei den ermittelten Werten zu berücksichtigen, dass entlang der Straße auch Immissionspunkte auf 2 m Höhe für LKW und Traktoren mit berücksichtigt wurden. PKW normaler Bauweise werden in einem geringeren Maße von Reflexionen betroffen sein.

Insgesamt kommt es unter den verwendeten Prämissen zu keiner signifikanten Beeinträchtigung an den untersuchten Wohngebäuden und den betrachteten Straßenabschnitten.

4 Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI vom 13.9.2012

10. Anhang

- Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der LAI vom 13.9.2012
- Lage der PV-Module
- Lage der Immissionsorte
- Lage der Wandelemente