

Blendgutachten PV-Anlage „Solarpark Hornbach“

*Analyse der Blendwirkungen einer Photovoltaikanlage
auf den Verkehr und schutzwürdige Nutzungen*

Auftraggeber:

Pfalzwerke Aktiengesellschaft
Wredestraße 35
67059 Ludwigshafen

erstellt von:

Ralf Schmersahl
Solarpraxis Engineering GmbH
Manteuffelstr. 74
12103 Berlin Germany
Tel. +49 151 14849857
E-Mail: ralf.schmersahl@solarpraxis.com
Internet: www.solarpraxis.com



Datum: 10. Juni 2025
Gutachten-Nr.: SPX-RS-P250040-01



Inhalt

1	Zweck und Gegenstand des Gutachtens	4
2	Zusammenfassung der Bewertung	5
3	Gesetzlicher und regulatorischer Rahmen	6
3.1.1	Raumordnung und Baurecht	6
3.1.2	Immissionsschutz	6
3.1.3	Straßenverkehrsgesetze	6
3.1.4	Richtlinien der FGSV	7
4	Bewertungsgrundlagen	8
4.1	Bewertung von Blendungen im Immissionsschutz	8
4.2	Bewertung von Blendwirkungen im Verkehr	8
5	Beschreibung der Methodik	10
5.1	Berechnung der Reflexionsrichtungen	10
5.2	Lichttechnische Berechnungen	11
5.3	Modellierung der Reflexions- und Blickpunkte	12
5.4	Ergebnisdarstellung	12
5.4.1	Verkehr	12
5.4.2	Schützenswerte Räume	13
6	Beschreibung der PV-Anlage und der Umgebung	15
7	Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen	17
8	Ermittlung der zu prüfenden Immissionsorte	19
9	Reflexions- und Blickpunkte für die Blendanalyse	22
10	Berechnungsergebnisse	23
10.1	Blickpunkt K62_1	23
10.2	Blickpunkt K62_2	24
10.3	Blickpunkt K62_3	25
10.4	Blickpunkt K62_4	27
10.5	Blickpunkt K62_5	27
10.6	Blickpunkt K62_6	28
10.7	Blickpunkt BAM_1	29



11	Bewertung der Blendrisiken	30
11.1	Verkehr auf der Kreisstraße K 62	30
11.2	Schützenswerte Räume in Bickenaschbachermühle	30
12	Blendschutz zur Wahrung der Verkehrssicherheit	31
13	Verwendete Materialien	32
13.1	Dokumente vom Auftraggeber	32
13.2	Literatur	32
14	Abbildungsverzeichnis	33
15	Tabellenverzeichnis	35



1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens

Es ist zu prüfen, ob von der in der Gemarkung Hornbach der Gemeinde Hornbach im Kreis Südwestpfalz in Rheinland-Pfalz geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage „Solarpark Hornbach“ Sonnenlicht auf die umliegenden Verkehrswege oder schützenswerte Nutzungen reflektiert werden kann und ob dadurch gegebenenfalls unzumutbare oder die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs beeinträchtigende Blendwirkungen auftreten können. Die Lage der geplanten PV-Anlage ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Analyse erfolgt auf Basis der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten und Fotos sowie ergänzender Informationen aus Google Earth Pro.

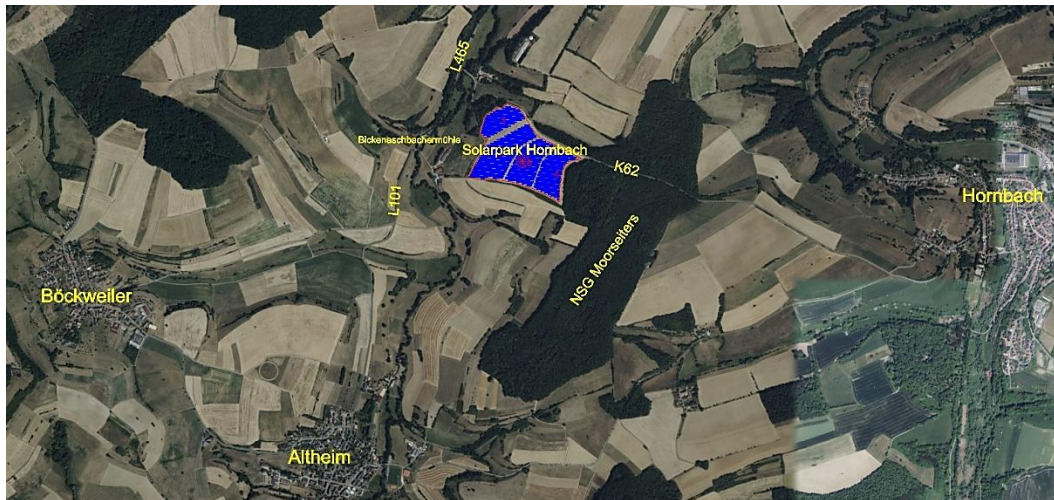


Abbildung 1: Lage der geplanten PV-Anlage „Solarpark Hornbach“ (PV-Modultischreihen blau eingezeichnet)



2 Zusammenfassung der Bewertung

Es wird festgestellt, dass die Fahrzeugführenden auf der K 62 aus östlicher Richtung auf dem ca. 450 m langen Streckenabschnitt nach dem Verlassen des Waldstücks von blendwirksamen Reflexionen in das zentrale Blickfeld betroffen werden können, die ohne Blendschutzmaßnahmen eine Einschränkung der Sehfähigkeit bewirken und die Erfüllung der Sehaufgabe behindern können. Zur Wahrung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs sind Blendschutzmaßnahmen erforderlich.

Es wird festgestellt, dass die Gestaltung der nördlichen Einfriedung der Belegungsfelder 2, 3 und 4 als Sichtschutzhecke oder Sichtschutzzaun mit einer Höhe von 3 m über GOK eine hinreichende Einschränkung der Sichtverbindung bietet, um das Risiko für die Sicherheit des Straßenverkehrs zu beseitigen. Bei Umsetzung der Blendschutzmaßnahme bleiben die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs auf der K 62 jederzeit gewahrt.

Es wird festgestellt, dass die Anlieger in Bickenaschbachermühle durch die Errichtung der Anlage nicht von deren Lichtimmissionen unzumutbar belästigt werden können.

Aus blendgutachterlicher Sicht ist die Photovoltaik-Freiflächenanlage „Solarpark Hornbach“ bei Umsetzung der empfohlenen Blendschutzmaßnahme als genehmigungsfähig einzustufen.



3 Gesetzlicher und regulatorischer Rahmen

3.1.1 Raumordnung und Baurecht

Das Baugesetzbuch (BauGB) definiert die Nutzung erneuerbarer Energien als öffentlichen Belang, der bei der Aufstellung der Bauleitpläne zu berücksichtigen ist. Mit dem Gesetz zur sofortigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für die erneuerbaren Energien vom 4. Januar 2023 werden bestimmte Solaranlagen in die Liste der privilegierten Vorhaben des § 35 Abs. 1 BauGB aufgenommen, darunter Solaranlagen auf einer Fläche längs von Autobahnen oder Schienenwegen des übergeordneten Netzes im Sinne des § 2 b des Allgemeinen Eisenbahngesetzes mit mindestens zwei Hauptgleisen und in einer Entfernung zu diesen von bis zu 200 Metern, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn.

Die Privilegierung dieser Solaranlagen führt zu einer Beschleunigung des Genehmigungsverfahrens. Es kann direkt ein Bauantrag gestellt werden, dessen Bewilligung nicht mehr von der Zustimmung eines Gemeinderats abhängt. Bei Genehmigungsfähigkeit der Anlage besteht ein Anspruch auf Erteilung der Baugenehmigung.

3.1.2 Immissionsschutz

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) soll den Menschen, die natürliche Umwelt sowie Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen, darunter auch Lichtimmissionen, schützen und deren Entstehung vorbeugen. Nach den Vorschriften des BImSchG sind sowohl genehmigungspflichtige als auch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen, sonstige Gefahren sowie erhebliche Nachteile und Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft vermieden werden.

Derzeit gibt es keine die Errichtung und den Betrieb von Photovoltaikanlagen regelnde Immissionsschutz-Verordnung. Diese Aufgabe übernehmen die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ (LAI-Richtlinie) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz, einem Arbeitsgremium der Umweltministerkonferenz. Die LAI-Richtlinie gibt im Anhang 2 (Stand 3.11.2015) Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung der Blendwirkung von großflächigen Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren und soll auch auf nicht genehmigungspflichtige kleinere Anlagen angewendet werden.

3.1.3 Straßenverkehrsgesetze

Das Straßenverkehrsrecht ist ein Sicherheitsrecht und darauf ausgerichtet, die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu gewährleisten (§ 6 Abs. 1 StVG). Es dient dem Zweck, die spezifischen Gefahren, Behinderungen und Belästigungen auszuschalten oder wenigstens zu mindern, die mit der Straßenbenutzung verbunden sind und liefert damit die Bewertungsgrundlage für Blendrisiken im Straßenverkehr.

Für die Errichtung von PV-Anlagen ist das Bundesfernstraßengesetz zu beachten. Unter § 9 Absatz 2c regelt das Gesetz, dass die obersten Landesstraßenbaubehörden respektive das Fernstraßen-Bundesamt am Genehmigungsverfahren einer PV-Anlage zu beteiligen sind, wenn diese „längs einer Bundesautobahn in Entfernung bis zu 100 Meter oder längs einer Bundesstraße außerhalb der zur Erschließung der anliegenden Grundstücke bestimmten Teile der Ortsdurchfahrten bis zu 40 Meter, jeweils gemessen vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn, errichtet oder erheblich geändert werden.“ Wenn eine Anlage in dem genannten Bereich keiner Genehmigung bedarf, hat der Vorhabenträger das Vorhaben vor Baubeginn bei der für die betroffene Fernstraße zuständigen Behörde anzuzeigen.



Zur Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit oder der Unbedenklichkeit einer angezeigten PV-Anlage fordert die zuständige Behörde im Regelfall ein Blendgutachten ein.

3.1.4 Richtlinien der FGSV

Die Richtlinien für die Anlage von Land- und Stadtstraße der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) sind technische Regelwerke, die unter anderem die Anforderungen an freizuhaltende Sichtfelder im Verkehrswesen regeln.



4 *Bewertungsgrundlagen*

4.1 *Bewertung von Blendungen im Immissionsschutz*

Die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), im folgenden LAI-Richtlinie genannt, definiert schutzwürdige Räume und Flächen und beschreibt eine Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume unter der Annahme einer punktförmigen Sonne und ideal gerichteter Reflexion. Aufgrund der Größe der Sonnenscheibe mit einem Durchmesser von $0,56^\circ$ und der Streuung der Reflexionen (Bündelauflösung) können real auftretende Reflexionen etwas länger andauern, als die schematische Berechnung ergibt.

Hinsichtlich der Beurteilung sieht die LAI-Richtlinie einen Anhaltspunkt für eine erhebliche Belästigung im Sinne des BImSchG, wenn die berechneten Immissionszeiten bei mindestens 30 min/d oder 30 h/a liegen. Dabei sind nur Reflexionen zu berücksichtigen, für die sich die Blickrichtung zur Sonne und die auf das reflektierende Modul um $\geq 10^\circ$ unterscheiden. Die Richtlinie schränkt den Wertungsmaßstab insofern ein, dass damit nur ein erster Anhaltspunkt für die Beurteilung gegeben wird, dessen Übertragbarkeit im Einzelfall begründet werden muss. Begründete abweichende Bewertungen sind ausdrücklich zulässig.

In der Rechtsprechung wird die Zumutbarkeit von Lichtimmissionen nach der durch die Gebietsart und die tatsächlichen Verhältnisse zu bestimmenden Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit der betroffenen Nachbarschaft beurteilt, wobei wertende Elemente wie Herkömmlichkeit, soziale Adäquanz und allgemeine Akzeptanz einzubeziehen sind. Zeitdauern von bis zu einer Stunde werden keinesfalls grundsätzlich als unzumutbar angesehen (LG Frankfurt / Main 2/12 O 322/06; OLG Stuttgart 3 U 46/13). Die Zuweisung eines überragenden öffentlichen Interesses an der Errichtung und dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023) ist in der veröffentlichten Rechtsprechung bislang nicht berücksichtigt.

4.2 *Bewertung von Blendwirkungen im Verkehr*

Bei typischen Freiflächen-Photovoltaikanlagen werden die PV-Tische mit einer festen Azimutausrichtung und einem starren Neigungswinkel errichtet. In Abhängigkeit von der Topografie des Baufelds und der Umgebung können morgens oder abends bodennahe Sonnenlichtreflexionen der Anlage mit geringen Höhenwinkeln auf die Augen von Verkehrsteilnehmern oder Anliegern gerichtet sein. Gleichzeitig steht die Sonne auf einer geringen Höhe in der Nähe der reflektierenden Fläche.

Die Reflexionen der PV-Anlage dürfen die Erfüllung der Sehaufgabe der Verkehrsteilnehmer nicht beeinträchtigen. Dafür ist unter Tageslichtbedingungen der Bereich des fovealen Sehens (Stellen, die mit beiden Augen fixiert werden müssen) als besonders kritisch anzusehen, denn bei einer Fixation der Augen auf eine Blendquelle mit einer Leuchtdichte von mehr als ca. 10^5 cd/m^2 , die ein Sonnenlicht reflektierendes PV-Modul typischerweise überschreitet, tritt eine Absolutblendung auf, bei der die Anpassungsfähigkeit des Auges an die Helligkeit überschritten wird. Es setzen Schutzmechanismen (Lidschluss, Blickabwendung) ein und ein Risiko für Nachbilder und temporärer Blindheit entsteht. Das Risiko für eine Absolutblendung steigt mit der Leuchtdichte der Blendquelle, deren Größe im Sichtfeld und der Dauer des Blicks in die Blendquelle.

Ein Risiko für eine Absolutblendung besteht vornehmlich im zentralen Blickfeld, das durch unbewusste Augenbewegungen (Sakkaden) und Fixationen des Blicks auf die für die Fahraufgabe wesentlichen Objekte aufgespannt wird. Es umfasst für typische Fahraufgaben maximal den Bereich mit einem horizontalen Differenzwinkel zur Blickachse (= Hauptblickrichtung) von $\leq 10^\circ$. Der Höhenwinkelbereich ist mit -4° bis $+6^\circ$



zur Horizontalen als Worst-Case-Annahme zu berücksichtigen. An Knotenpunkten und für spezielle Fahrsituationen kann eine abweichende Festlegung des zentralen Blickfelds notwendig sein.

Auch eine Blendquelle außerhalb des notwendigen Fixationsbereichs der Augen kann zu relevanten Blendungen führen, die die Erfüllung der Sehaufgabe erschweren. Helligkeitsreize im peripheren Blickfeld, in dem Umgebungsinformationen aufgenommen werden, die der Orientierung (z.B. Spurhalten) und der Wahrnehmung von Veränderungen in der Umgebung (Bewegung, Leuchtdichteunterschiede) dienen, wirken als Distraktoren. Es entsteht ein Ablenkungsreiz, der eine Blickzuwendung auslöst. Bei länger anhaltender Blendsituation, oder sehr leuchtstarken Blendquellen im peripheren Blickfeld, kann eine Relativblendung hervorgerufen werden, bei der die gerichteten Lichtstrahlen der Reflexionen durch Streueffekte des Augenapparats eine Schleierleuchtdichte auf der Netzhaut bewirken, die eine Einschränkung der Sehleistung vor allem durch eine Kontrastminderung und die Ablenkung von der Sehaufgabe mit sich bringt. Im Extremfall wird eine Adaptionstörung ausgelöst, die die allgemeine Sehfähigkeit zeitweilig stark herabsetzt.

Im peripheren Blickfeld sind ein horizontaler Differenzwinkel von bis zu 30° zur Blickachse der Fahrzeugführenden und ein Höhenwinkelbereich von -6° bis $+8^\circ$ als Risikobereich für Relativblendungen zu berücksichtigen. Dabei erhöht sich das Risiko einer Blendung mit abnehmender Winkeldifferenz der Reflexionen zur Blickachse, der Dauer der Blendsituation und der Beleuchtungsstärke der Reflexionen, die den Einfluss der Helligkeit der Blendquelle und deren Winkelgröße im Blickfeld zusammenfasst.

Wenn die Sonne zum Zeitpunkt der Reflexionen in das zentrale oder periphere Blickfeld mit einem Abstandswinkel von weniger als 6° zu den reflektierenden Flächen steht und nicht mit einer Sonnenblende (bis 6° Sonnenhöhe) abgeschirmt werden kann, überwiegt deren Blendwirkung, so dass die Reflexionen vernachlässigt werden können.



5 Beschreibung der Methodik

5.1 Berechnung der Reflexionsrichtungen

Für horizontale Richtungsangaben wird die geodätische Azimutangabe verwendet: Norden = 0°, Osten = 90°, Süden = 180° und Westen = 270°.

Für die Reflexionsberechnungen wird der im Regelfall in einem UTM-Koordinatensystem erstellte Belegungsplan der geplanten Solaranlage auf eine nach geographisch Nord ausgerichtete Karte mit einem Koordinatensystem in winkeltreuer Lambert-Kegelprojektion übertragen und zum Ausgleich der Meridiankonvergenz gedreht. Auf dieser Plangrundlage werden die Azimutausrichtung und die Neigung der Module unter Berücksichtigung etwaiger Querneigungen bestimmt.

Anschließend werden die Reflexionsrichtungen nach dem Reflexionsgesetz für ideal gerichtete Reflexion (Einfallswinkel = Ausfallswinkel) unter Annahme einer punktförmigen Sonne für 12 Tage im Jahr (jeweils für den 21. jeden Monats) mit den Sonneneinfallswinkeln am Standort der Anlage berechnet. Die Berechnungsergebnisse werden als Azimut (x-Wert) und Höhenwinkel (y-Wert) anschaulich in einem frei einstellbaren Minutenintervall der Tagesganglinien als Reflexionsdiagramm dargestellt.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch ein Reflexionsdiagramm für PV-Module an einem gegebenen Standort, die eine Azimutausrichtung (senkrecht zur reflektierenden Ebene) von 180° und einen Neigungswinkel von 18° aufweisen. Oberhalb des Diagrammbereichs werden angegeben:

- ▶ der Standort der PV-Anlage
- ▶ der untersuchte Bereich der PV-Anlage mit seiner auf geografisch Nord bezogenen Planausrichtung, Planneigung und der baufeldbedingten Querneigung angegeben (hier: Anlagenteil: BF_1, Planausrichtung: 180°, Planneigung: 18°, Querneigung: 0°),
- ▶ der Zeitabstand zwischen zwei Reflexionspunkten,
- ▶ die reale Ausrichtung und Neigung unter Berücksichtigung der Querneigung der PV-Tische

Die roten Dreiecke im Diagramm markieren die Reflexionsrichtungen am 21. Juni und die dunkelblauen die am 21. Dezember. Sie markieren damit auch die Grenzwinkel aller möglichen Reflexionsrichtungen. Zwischen den Markierungspunkten liegt im Beispieldiagramm ein Zeitraum von 5 min. Die graue Umrandung der Markierungspunkte zeigt, dass der Abstandswinkel zwischen der reflektierenden Fläche und der Sonne bei weniger als 6° liegt. Die eingezeichneten Analemmata für ausgewählte Uhrzeiten geben eine Orientierung hinsichtlich des Zeitpunkts, an dem die Reflexionen in den betreffenden Bereich gerichtet werden.

Die Detailbetrachtung in dem unteren Diagramm zeigt die Eingrenzung des maximalen Blendbereichs der Reflexionen. Da die Immissionsorte an den potenziellen Immissionsorte nur von bodennahen Reflexionen erreicht werden können, lassen sich für den östlichen und westlichen Azimutbereich die Grenzwinkel bestimmen, zwischen denen potenziell blendwirksame Reflexionen mit einem Abstandswinkel von > 6° zur Sonne auftreten können.

Für die Blendanalyse im Rahmen des Immissionsschutzes ist nach den „Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ (kurz: LAI-Richtlinie) ein Abstandswinkel zur Sonne von > 10° anzusetzen, ab dem den Reflexionen eine eigenständige Blendwirkung zuzurechnen ist, und diese somit als Lichtimmissionen zu werten sind.

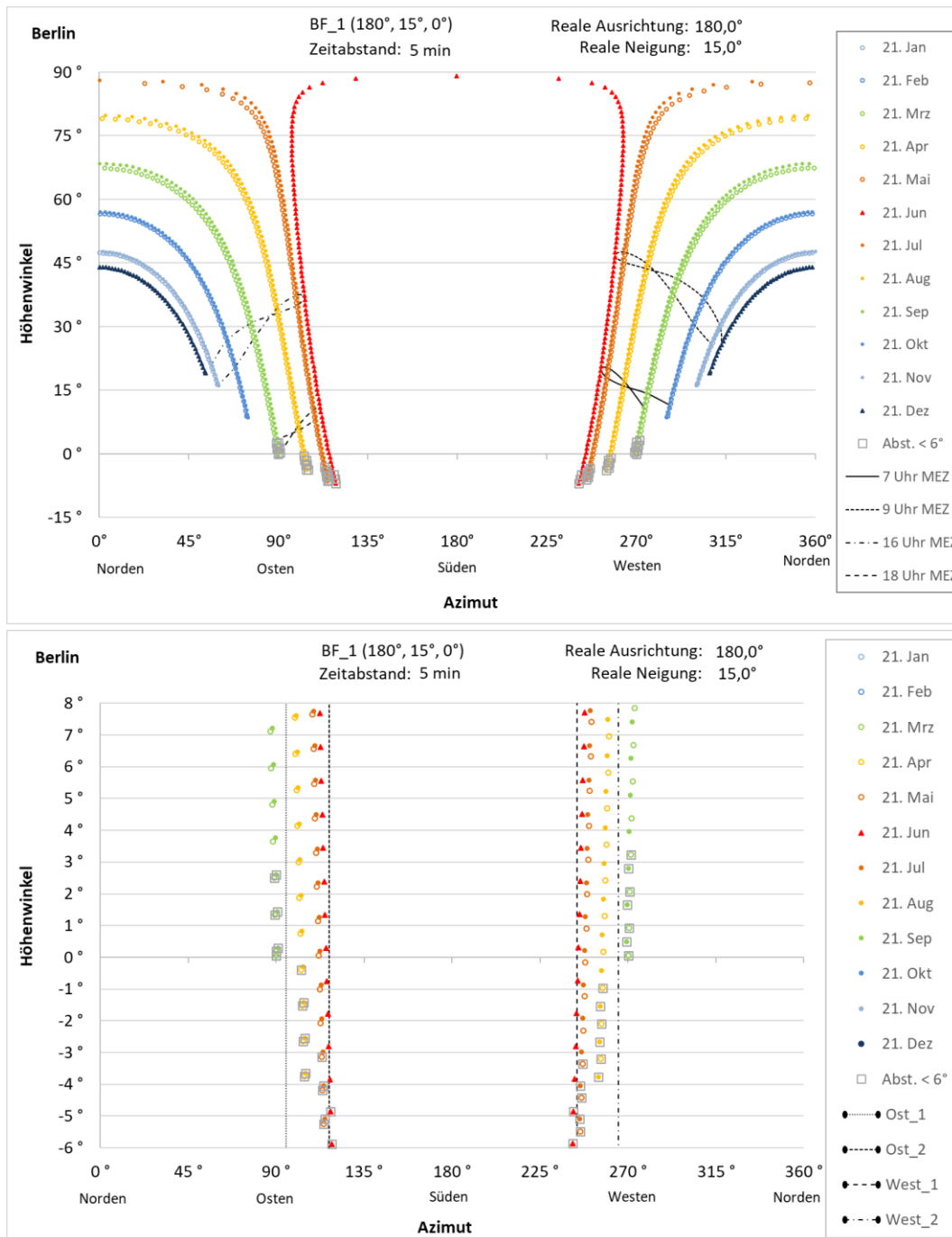


Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm (oben) und Detailsicht mit Bestimmung der Azimutbereiche, in die bodennahe blendwirksame Reflexionen gerichtet werden können (unten)

5.2 Lichttechnische Berechnungen

Zur Beurteilung der Blendwirkung auf Verkehrswege werden neben den Winkelgrößen die Beleuchtungsstärken der Sonnenlichtreflexionen und des Umgebungslichts (direktes, gestreutes oder diffus reflektiertes Sonnenlicht) herangezogen.

Zur Ermittlung der Beleuchtungsstärken durch das Umgebungslicht wird der Sonnenhöhenwinkel zum untersuchten Reflexionszeitpunkt bestimmt und anschließend die horizontale Beleuchtungsstärke bei klarem Himmel aus direktem Sonnenlicht und Himmelslicht abgeschätzt. Die horizontale



Beleuchtungsstärke beträgt nach DIN 5034 an sonnigen Tag in Mitteleuropa bei einer Sonnenhöhe von 60° (mittags, Sommer) 90.000 lx und bei einer Sonnenhöhe von 16° (mittags, Winter) 20.000 lx.

Für die Berechnung der Beleuchtungsstärke der Reflexionsstrahlen am Blickpunkt wird die nach Formel 22 der DIN 5034 Teil 2 Abschnitt 5.3 berechnete Beleuchtungsstärke der Sonne verwendet. Als Reflexionsgrad wird, soweit keine entsprechenden Modulkennwerte vorliegen, ein konservativer Standardwert angesetzt, der abhängig vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ist. Zusätzlich wird ein empirisch ermittelter Diffusionsfaktor von 0,4 für ungerichtete und gestreute Reflexionen berücksichtigt.

5.3 Modellierung der Reflexions- und Blickpunkte

Für die blickpunktbezogene Blendanalyse werden ausgewählte Punkte auf der reflektierenden Oberfläche als Reflexionspunkte modelliert, typischerweise mindestens die vier Eckpunkte eines PV-Tisches, der an den untersuchten Blickpunkten sichtbar ist. Die x-y-z-Koordinaten der Reflexionspunkte werden dem nach geographisch Nord gedrehten Belegungsplan der Anlage entnommen. Dabei ergeben sich die z-Koordinaten aus der Höhe der Geländeoberkante (GOK) am Tischpunkt und der Höhe der Unter- und Oberkanten der PV-Module gemäß der Plandimensionierung der Tische. Falls der Belegungsplan keine Höheninformationen beinhaltet, werden ersatzweise die Höhendaten des landesspezifischen Geoportals oder aus einer Pfadvermessung mit Google Earth Pro genutzt.

Für die Verkehrsteilnehmer werden repräsentative Blickpunkte im potenziellen Blendbereich der PV-Anlage ermittelt und im gleichen Koordinatensystem der Plangrundlage modelliert. Die z-Koordinaten ergeben sich dabei aus der Höhe der Geländeoberkante zuzüglich der Augenpunkthöhe am Blickpunkt. Dazu werden im Straßenverkehr gemäß den Richtlinien der FGSV 1 m (PKW) und 2,5 m (LKW) angesetzt, im Schienenverkehr auf Hauptstrecken 2 m bis 4 m.

5.4 Ergebnisdarstellung

5.4.1 Verkehr

Zum Abgleich, ob ein Blickpunkt (= Immissionsort, Augenpunkte der Fahrzeugführenden) im Jahres- und Tagesverlauf von Reflexionen eines Reflexionspunkts (PV-Punkt) erreicht werden kann, wird ein Reflexionsdiagramm für die untersuchten PV-Tische erstellt und um die Sichtbeziehung zwischen den Reflexionspunkten und dem Blickpunkt ergänzt. Dazu wird die Lage des Blickpunkts mit Azimut und Höhenwinkel für jeden modellierten Reflexionspunkt berechnet und in das Reflexionsdiagramm aufgenommen. Die minimale und maximale Höhe eines Blickpunkts mit gleichen x-y-Koordinaten werden dabei mit „min“ und „max“ markiert. Zusätzlich werden das zentrale Blickfeld (oranges Oval) und das periphere Blickfeld (graues Oval) der Fahrzeugführenden entgegen der Blickrichtung eingezeichnet.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch ein Reflexionsdiagramm mit Sichtbeziehungen zu einem Blickpunkt im Straßenverkehr und die dazugehörige Detailbetrachtung, in der die blendrelevanten Sichtbeziehungen zwischen den Reflexionspunkten und dem untersuchten Blickpunkt schwarz umrandet sind. Wenn ein Blickpunkt zwischen den Tagesganglinien für den 21. Juni und den 21. Dezember liegt, dann können Reflexionen auf den Blickpunkt gerichtet sein.

In diesem Beispiel können über einen Zeitraum von ca. drei Wochen um den 21. April und 21. August herum kurz vor Sonnenuntergang Reflexionen einiger PV-Tische in das zentrale oder periphere Blickfeld (BF) der Richtung Westen fahrenden Verkehrsteilnehmer gerichtet werden. Die Detailbetrachtung zeigt dabei typischerweise nur das Reflexionsgeschehen für die stärker betroffenen hoch sitzenden Fahrzeugführenden (BP_hoch). Für die Reflexionspunkte, aus deren Sicht die Blickpunkte im Reflexionsbereich liegen, werden



die Position der Sonne zum Reflexionszeitpunkt und die lichttechnischen Kenngrößen berechnet. Anhand der Ergebnisse wird anschließend geprüft, ob die Reflexionen eine relevante Blendung mit Auswirkungen auf die Sehaufgabe und die Verkehrssicherheit verursachen können.

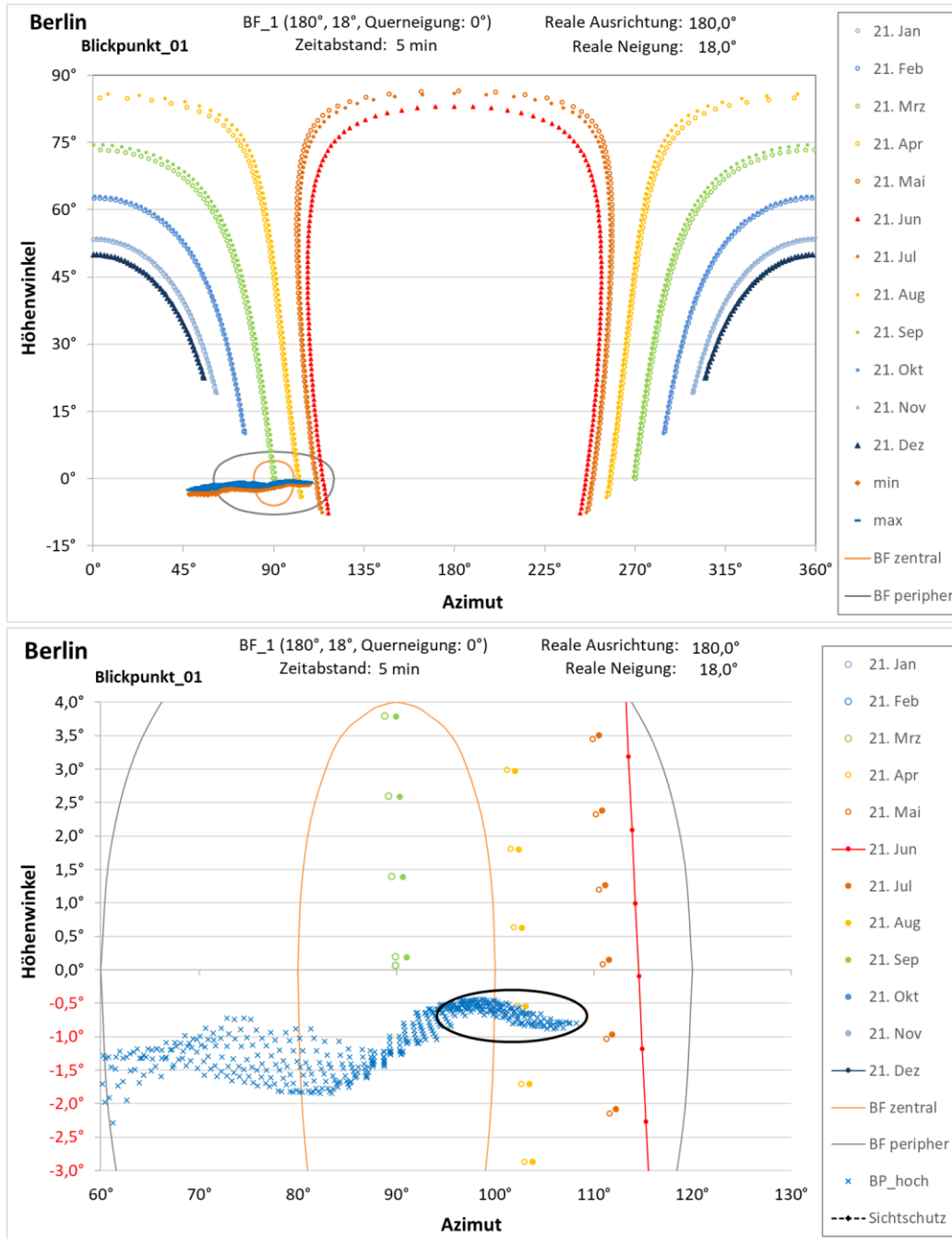


Abbildung 3: Beispielhafte Reflexionsdiagramme mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden, ohne Sichtschutz

5.4.2 Schützenswerte Räume

Abbildung 4 zeigt exemplarisch ein Reflexionsdiagramm mit Blickbeziehungen zu einem schützenswerten Raum (oberes Diagramm) und eine Detailansicht mit dreiminütiger Auflösung der Tagesganglinien (unteres Diagramm), bei der der potenzielle Immissionszeitraum innerhalb eines Jahres durch eine schwarze Linie umgrenzt wird. Die graue Umrandung der Reflexionspunkte kennzeichnet die Zeitpunkte, zu denen der Abstandswinkel der Reflexionsstrahlen zur Sonne < 10° ist, und die damit nicht als Lichtimmissionen im Sinne



der Licht-Richtlinie zu werten sind. Im gezeigten Beispiel beträgt die maximale tägliche Immissionsdauer 3 Minuten (etwas weniger als 2 Reflexionszeitpunkte mit dreiminütigem Abstand auf der Tagesganglinie vom 21. April bzw. August in der Detailansicht). Die maximale jährliche Immissionsdauer, umgrenzt durch die schwarze Linie in der Detailansicht, beträgt weniger als 5 Stunden.

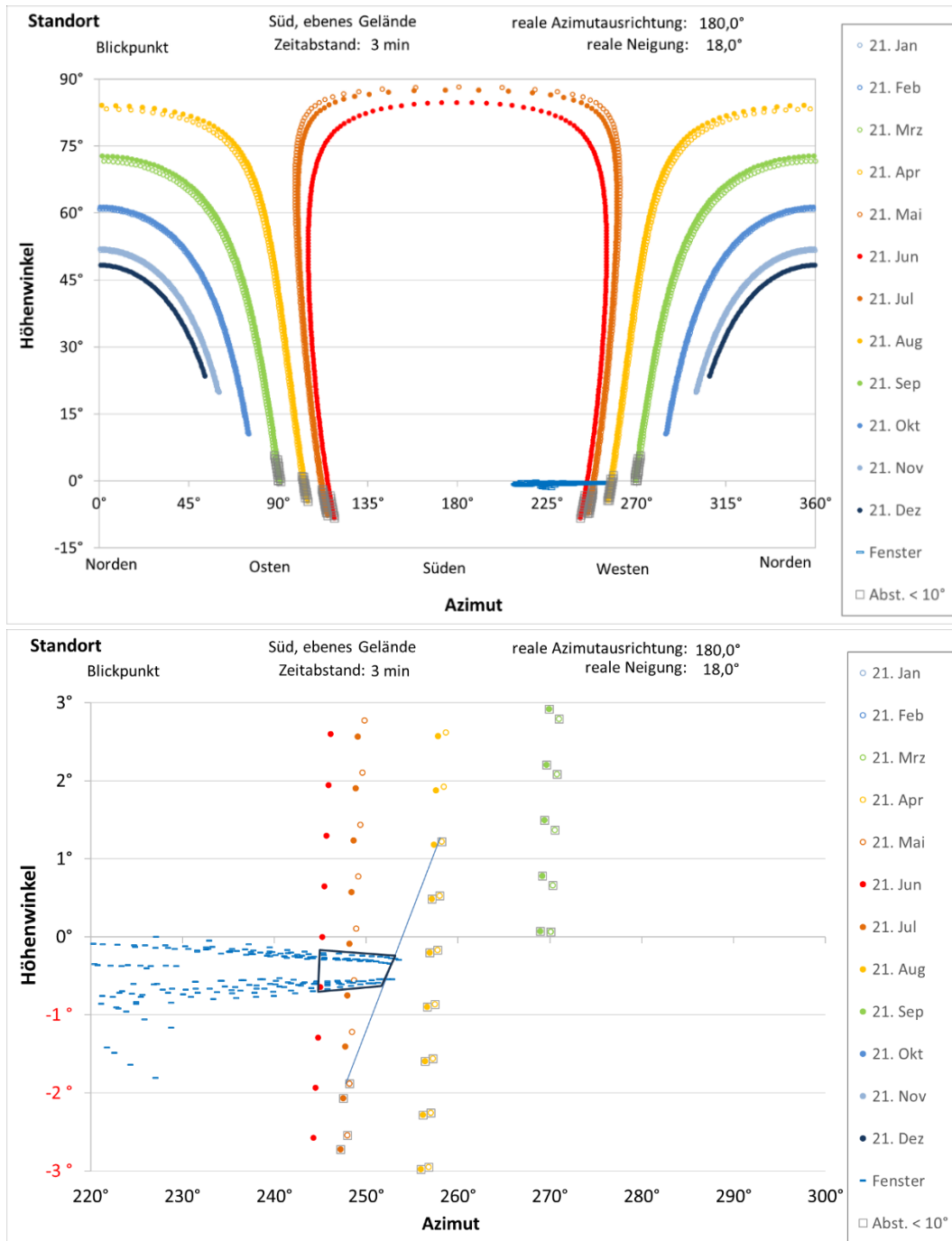


Abbildung 4: Beispielhafte Darstellung eines Reflexionsdiagramms für schützenswerte Nutzungen (oben) mit einer Detailansicht in 3-minütiger Auflösung der Tagesganglinien und schwarzer Umrandung des maximalen Immissionszeitraums (unten)



6 Beschreibung der PV-Anlage und der Umgebung

Die PV-Freiflächenanlage „Solarpark Hornbach“ mit einer Gesamtleistung von annähernd 25 MWp soll auf dem Flurstück 5645/1 der Flur 0 in der Gemarkung Hornbach der Gemeinde Hornbach im Kreis Südwestpfalz in Rheinland-Pfalz errichtet werden. Die Errichtung der PV-Anlage erfolgt nach den Festsetzungen des vorhabenbezogenen Bebauungsplans „Solarpark Hornbach“ der Stadt Hornbach.

Das Vorhabensgebiet liegt westlich der Stadt Hornbach, in ca. 300 m Entfernung östlich von Bickenaschbachermühle im Außenbereich. Die umzäunte Fläche des geplanten Solarparks umfasst knapp 19 ha. Das Gelände liegt auf einer Höhe von 267 m üNN bis 317 m üNN und ist mit einer durchschnittlichen Hangneigung von ca. 4° nach Westsüdwest exponiert. Es wird im Osten durch ein Waldgebiet begrenzt, im Süden durch einen schmalen Waldstreifen und landwirtschaftliche Flächen und im Norden durch die Kreisstraße K 62. Im Westen schließen sich eine Weide und ein weiteres Waldstück an.

Der Solarpark ist in vier Belegungsfelder (BF_1 bis BF_4) mit einheitlichen solaren Ausrichtungen der PV-Tischreihen aufgeteilt. Abbildung 5 zeigt die Lage der PV-Tischreihen der Belegungsfelder und des Einfriedungszauns.

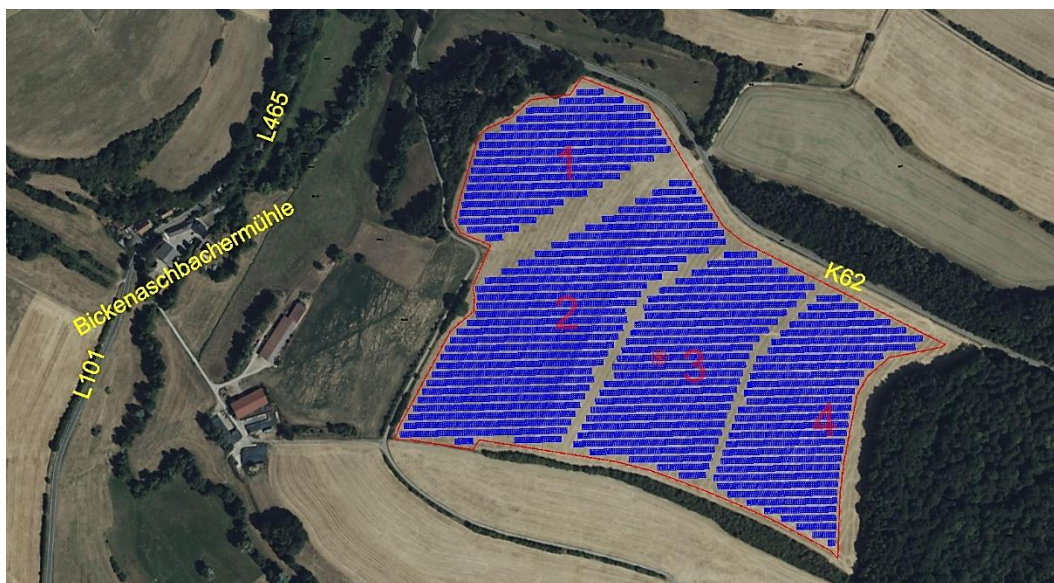


Abbildung 5: Belegungsplan der PV-Anlage (Modultischreihen in blau, Einfriedungszaun in rot)

Der in einem UTM-Koordinatensystem erstellte Belegungsplan der PV-Anlage sieht eine Azimutausrichtung der PV-Tische von 180° Süd vor. Die Meridiankonvergenz des UTM-Koordinatensystems zu geographisch Nord beträgt am Standort der Anlage -1,3°. Bezogen auf geographisch Nord beträgt die Planausrichtung (= ebenes Gelände) der PV-Tische 178,7° bei einer Planneigung von 20°. Auf Grund der Hangneigung des Geländes weichen die reale Ausrichtung und die reale Neigung der reflektierenden Flächen von der Planorientierung ab. Die durchschnittliche Querneigung (QN) der PV-Tischreihen ist mit 4° (Anstieg nach Osten) anzusetzen. Für die Querneigungen ist ein maximaler Bereich von 0° bis 8° zu berücksichtigen. Die Unter- und Oberkanten der mit einer Neigung von 20° und einem lichten Reihenabstand von 3,5 m geplanten PV-Tische liegen 0,8 m respektive 3,3 m über dem Gelände. Tabelle 1 fasst die für die Blendanalyse genutzten Systemangaben der PV-Anlage zusammen.



Tabelle 1: Systemangaben der PV-Anlage

PV-Anlage:	Solarpark Hornbach
Standort:	Gemarkung Hornbach, Breite.: 49,189°, Länge: 7,328°
Höhe des Baugrunds:	267 m üNHN bis 317 m üNHN
Planausrichtung:	178,7°
Planneigung:	20°
Querneigungen (QN):	Max: 0° bis 8°, Median: 4°
Höhe der Modulkanten:	0,8 m bis 3,3 m über Geländeoberkante



7 Ermittlung der blendrelevanten Reflexionsrichtungen

Auf Grund der Topografie der Umgebung können nur bodennahe Sonnenlichtreflexionen mit geringen Höhenwinkeln von ca. $\pm 3^\circ$ in die Blickfelder von Verkehrsteilnehmern oder auf die Augenpunkthöhen schützenswerter Nutzungen gerichtet sein. Abbildung 6 zeigt das Reflexionsdiagramm (oben) und dessen Ausschnittsvergrößerung mit Einzeichnung der Blendgrenzen (unten) für PV-Tische mit mittlerer Querneigung. Die Querneigung von 4° führt für die reflektierende Ebene zu einer realen Ausrichtung von $189,6^\circ$ bei einer realen Neigung von $20,3^\circ$. Die Diagramme veranschaulichen, dass blendrelevante Reflexionen mit einem Abstandswinkel zur Sonne von $> 6^\circ$ abends in einen östlichen Azimutbereich von 98° bis 117° und morgens in einen westlichen Azimutbereich von 249° bis 278° gerichtet sein können.

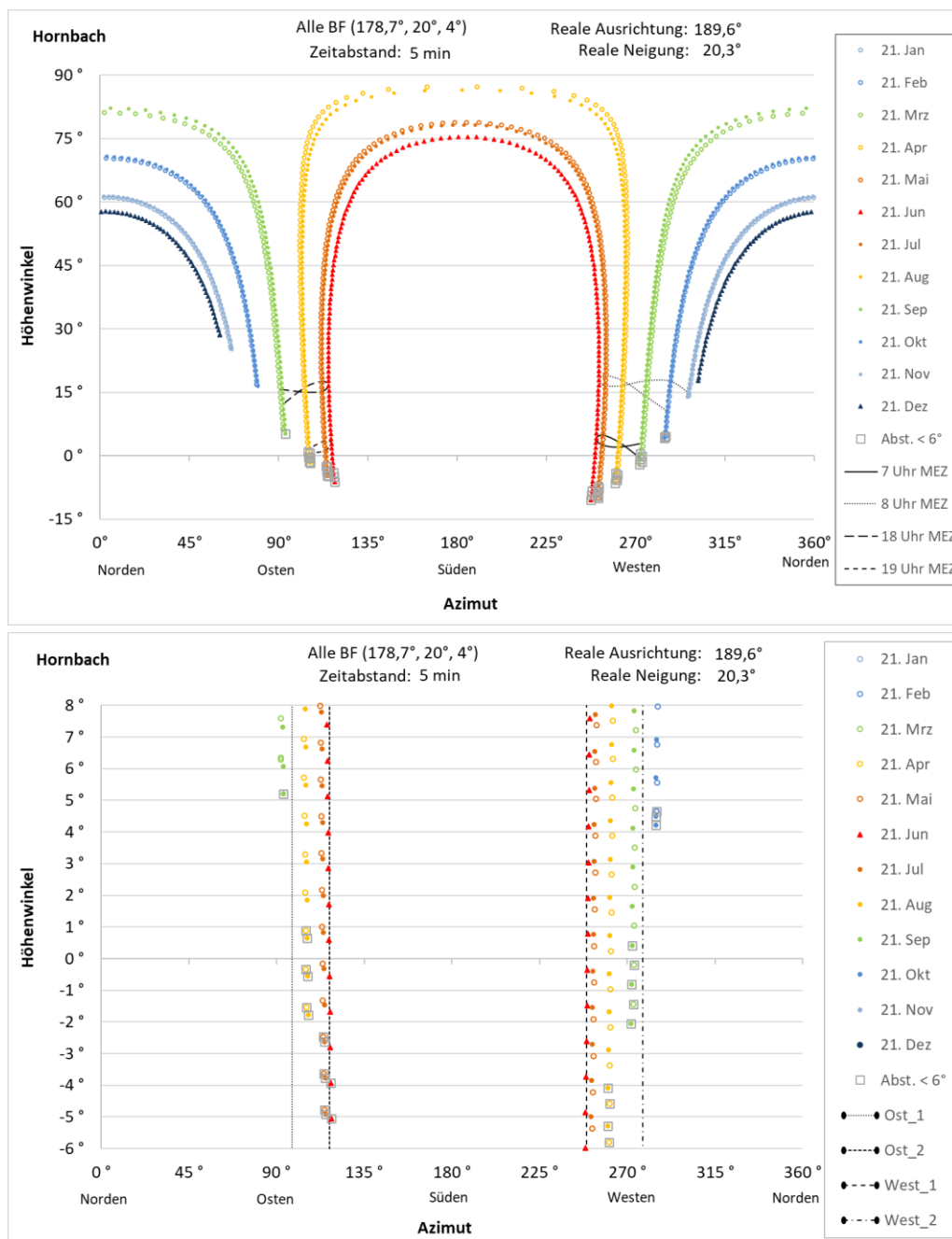


Abbildung 6: Reflexionsrichtungen der PV-Tische mit der mittleren Querneigung von 4° mit Einzeichnung der blendrelevanten Azimutrichtungen



Die Berücksichtigung des gesamten Querneigungsbereich führt zu einer Ausweitung der potenziellen blendrelevanten Reflexionsrichtungen, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind.

Tabelle 2: Azimutgrenzen der blendrelevanten Reflexionen

Orientierung	Reale Ausrichtung	Reale Neigung	QN	Ost_1	Ost_2	West_1	West_2
187,7°, 20°, 4°	189,6°	20,3°	4	98°	117°	249°	278°
187,7°, 20°, 0°	178,7°	20°	0°	95°	114°	246°	268°
187,7°, 20°, 8°	199,8°	21,3°	8°	110°	120°	252°	286°
Gesamt				95°	120°	246°	286°



8 Ermittlung der zu prüfenden Immissionsorte

Abbildung 7 visualisiert die Blendrichtungen, in die Sonnenlichtreflexionen mit geringen Höhenwinkeln auf die Verkehrsteilnehmer oder die schützenswerten Nutzungen im Umfeld der PV-Anlage gerichtet sein können. Die gelben Winkel mit 300 m Schenkellänge zeigen die Blendrichtungen exemplarisch für ausgewählte Eckpunkte der PV-Anlage.

Die in die östliche Hemisphäre gerichteten Reflexionen des Belegungsfelds BF_1 und der nördlichen Tischreihen der anderen Belegungsfelder können in das Blickfeld der Fahrzeugführenden auf der K 62 aus östlicher Richtung gerichtet sein. Die Gegenrichtung bleibt frei von Reflexionen in das Blickfeld.

Im westlichen potenziellen Blendbereich der geplanten PV-Anlage liegen die schützenswerten Räume der nicht geschlossenen Ortschaft Bickenaschbacher Mühle. Der Verkehr auf den Landesstraßen wird auf Grund der Topografie nur auf kurzen Abschnitten von den Reflexionen erreicht, die ggf. seitlich außerhalb des Blickfelds auftreten und damit keine Blendwirkung verursachen können.

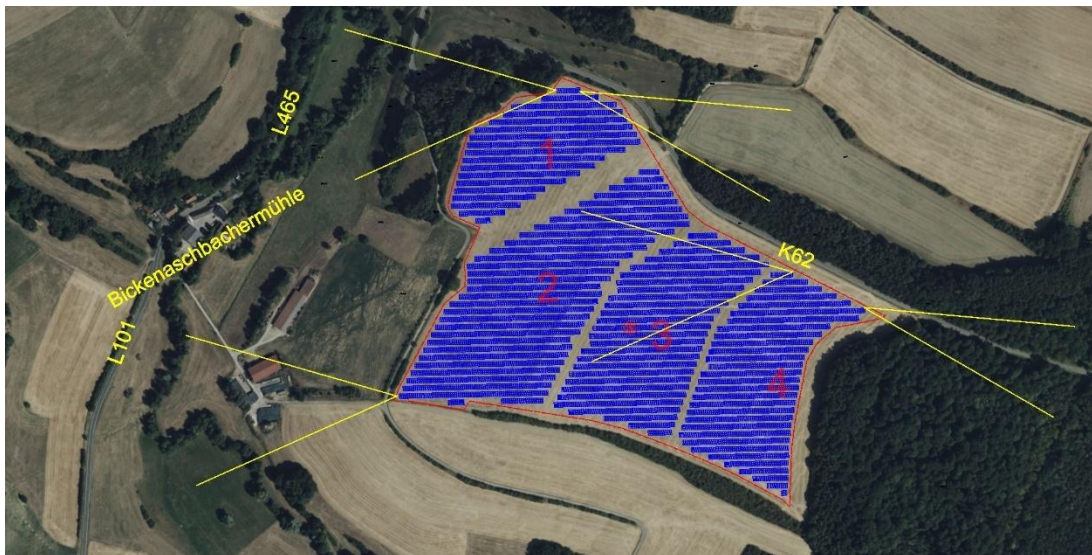


Abbildung 7: Potenzielle Blendrichtungen (gelbe Winkel) des geplanten Solarparks, angezeichnet an ausgewählte Eckpunkte der PV-Tischreihen

Die Kreisstraße K 62 verläuft aus ost-südöstlicher Richtung durch ein Waldgebiet mit einer Azimutrichtung von 296° auf den nordöstlichen Rand der geplanten PV-Anlage zu (Abbildung 8, oben) und anschließend mit der gleichen Fahrtrichtung am nördlichen Rand der Belegungsfelder BF_4 und BF3 entlang. Der Mindestabstand der PV-Module zum Fahrbahnrand beträgt 24 m. Kurz vor dem Erreichen des Belegungsfelds BF_2 (Abbildung 8, mittig) führt eine Rechtskurve zu einer Azimutfahrtrichtung von 330° . Auf Höhe des Belegungsfelds BF_1 (Abbildung 8, unten) führt eine Linkskurve dann zu einer Richtung von 291° , mit der der nordwestliche Rand der PV-Anlage passiert wird. Die Höhe der Fahrbahndecke sinkt im beschriebenen Streckenverlauf mit einer Neigung von ca. 4° von 318 m üNN auf 269 m üNN. Es ist zu prüfen, ob die Fahrzeugführenden in Richtung L 465 von blendwirksamen Reflexionen betroffen sein können.



Abbildung 8: Blick für Fahrzeugführende auf der K 62 aus östlicher Richtung aus 2,9 m Höhe in Fahrtrichtung kurz vor dem Erreichen des nordöstlichen Rands des Vorhabensgebiets (oben), kurz vor der Rechtskurve (mittig) und kurz vor der anschließenden Linkskurve (unten); Quelle: Google Earth Pro

Die nicht geschlossene Ortschaft Bickenaschbachermühle liegt ca. 300 m westlich der geplanten PV-Anlage beidseits der L 465. Zwischen den Fenstern zu den schützenswerten Räumen der Wohngebäuden und dem Vorhabensgebiet stehen sichtbehindernde Bäume, die den Blick auf die höher gelegenen Belegungsfelder BF_3 und BF_4 aber größtenteils nicht beeinträchtigen. Ca. 150 m westlich des südlichen Bereichs des Belegungsfelds BF_1 befindet sich im Tal eine Hofstelle mit Stallanlagen ohne schützenswerte Räume. Abbildung 9 zeigt den Blick auf Bickenaschbachermühle. Es ist für das exponierteste Fensters im Obergeschoss des in der Abbildung rot umrandeten Gebäudes Bickenaschbachermühle 1 zu prüfen, ob es zu unzumutbaren Lichtimmissionen für die Bewohner kommen kann. Für den Fenstermittelpunkt wird eine Höhe von 8 m über der GOK von 243 m üNNH angesetzt.

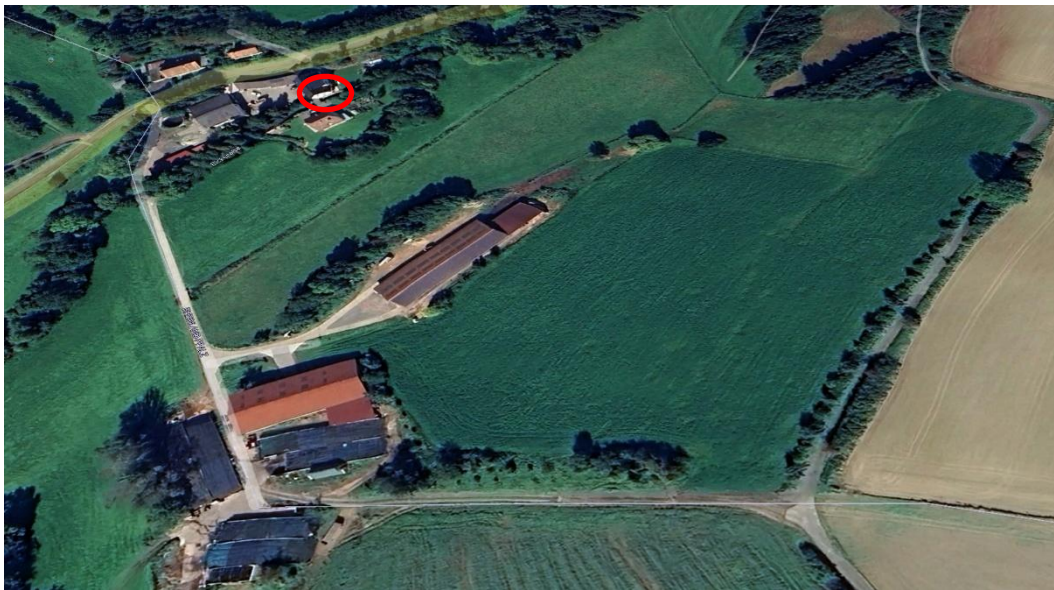


Abbildung 9: Blick aus südöstlicher Richtung auf Bickenaschbachermühle mit roter Umrandung des für die Blendanalyse ausgewählten Gebäudes Quelle: Google Earth Pro



9 Reflexions- und Blickpunkte für die Blendanalyse

Es ist zu prüfen, ob

- ▶ die Fahrzeugführenden auf der K 62 aus östlicher Richtung (Blickpunkte K62_1 bis K62_6 von blendwirksamen Reflexionen werden können
- ▶ der Anlieger Bickenaschbachermühle 1 (Blickpunkt BAM_1) von unzumutbaren Lichtimmissionen durch die Reflexionen der PV-Anlage betroffen werden kann

Abbildung 10 zeigt die PV-Tischreihen der Belegungsfelder und die ausgewählten Blickpunkte. Abbildung 11 zeigt die modellierten Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene.



Abbildung 10: Blickpunkte (cyanfarbene Kreise) für die detaillierte Blendanalyse

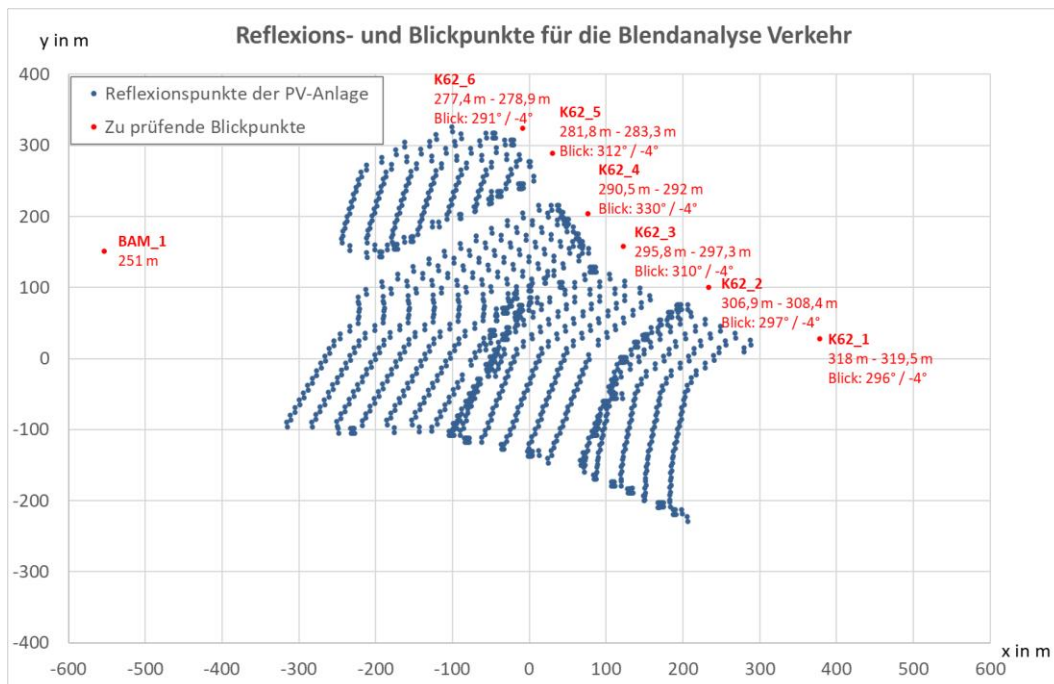


Abbildung 11: Modellierter Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und ggf. Blickrichtung (Azimut / Höhenwinkel) am Blickpunkt



10 Berechnungsergebnisse

10.1 Blickpunkt K62_1

Am Blickpunkt K62_1 kommen die links der Fahrbahn gelegenen PV-Module der Belegungsfelder BF_2, BF_3 und BF_4 in das Blickfeld der Fahrzeugführenden. Das Belegungsfeld 1 ist durch die vorgelagerten PV-Tischreihen der Belegungsfelder 2 und 3 verdeckt. Das Reflexionsdiagramm unter Annahme einer mittleren Querneigung der PV-Tische von 4° in Abbildung 12 zeigt, dass von Ende März bis Mitte September abends kurz vor 19 Uhr MEZ (20:00 Uhr MESZ) Sonnenlichtreflexionen in das zentrale (Ende Mai bis Mitte August) oder periphere (März/April und August/September) Blickfeld der Fahrzeugführenden gerichtet sein können. Die Visualisierung der PV-Tische in Abbildung 12 zeigt, welche PV-Tische in Richtung des zentralen Blickfelds reflektieren können.

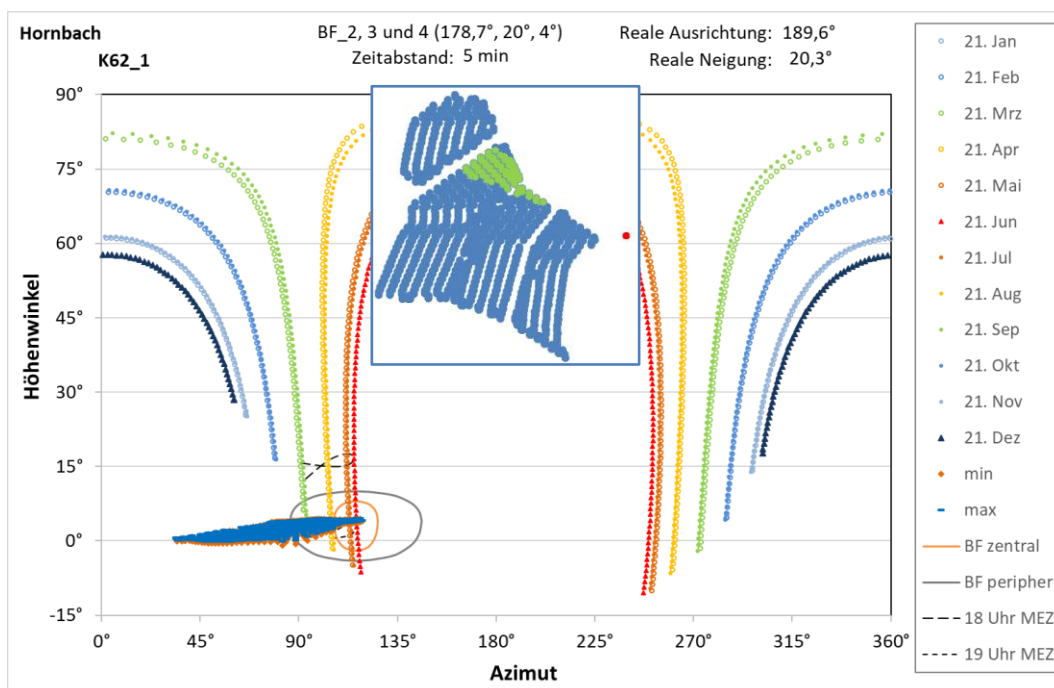


Abbildung 12: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_1 mit Visualisierung der PV-Tische (grün hervorgehoben), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

Tabelle 2 zeigt die Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächste und lichtstärkste Reflexion in das zentrale und das periphere Blickfeld der stärker betroffenen hoch sitzenden Fahrer. Die Reflexionen in das zentrale Blickfeld mit einer Beleuchtungsstärke von mehr als 1.300 lx können eine Blendwirkung hervorrufen, die die Erfüllung der Sehaufgabe beeinträchtigt. Die in das periphere Blickfeld möglichen Reflexionen können auf Grund Ihrer geringen Beleuchtungsstärke keine Blendwirkung mit Herabsetzung der Sehfähigkeit bewirken.

Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen am Blickpunkt K62_1

Reflexion	Az-Diff. Blickachse	Höhenwinkel	Bel.-stärke	Sonnenhöhe	Az-Diff. Sonne
K62_1_znahhell	0,2°	4,4°	1.330 lx	14,1°	6,6°
K62_1_pnahhell	10,1°	4,2°	569 lx	7,3°	14,3°

Um blendwirksame Reflexionen in das zentrale Blickfeld auszuschließen, kann die Sichtverbindung durch einen Sichtschutzzaun oder eine Sichtschutzhecke eingeschränkt oder unterbunden werden. Der Ausschnitt



aus dem Reflexionsdiagramm mit Berücksichtigung einer 2,8 m hohen Sichtschutzeinrichtung an der Position des Einfriedungszauns in Abbildung 13 veranschaulicht, dass nur noch die Oberkanten der weit entfernten PV-Module des Belegungsfelds 2 für die Fahrzeugführenden sichtbar sind. Auf Grund des geringen sichtbaren Höhenwinkelbereichs von weniger als 0,2° kann nur noch ein geringer Teil der Sonnenscheibe reflektiert werden, so dass auch im Monat um die Sommersonnenwende die Lichtbelastung unter die Blendwirksamkeitsgrenze reduziert werden kann.

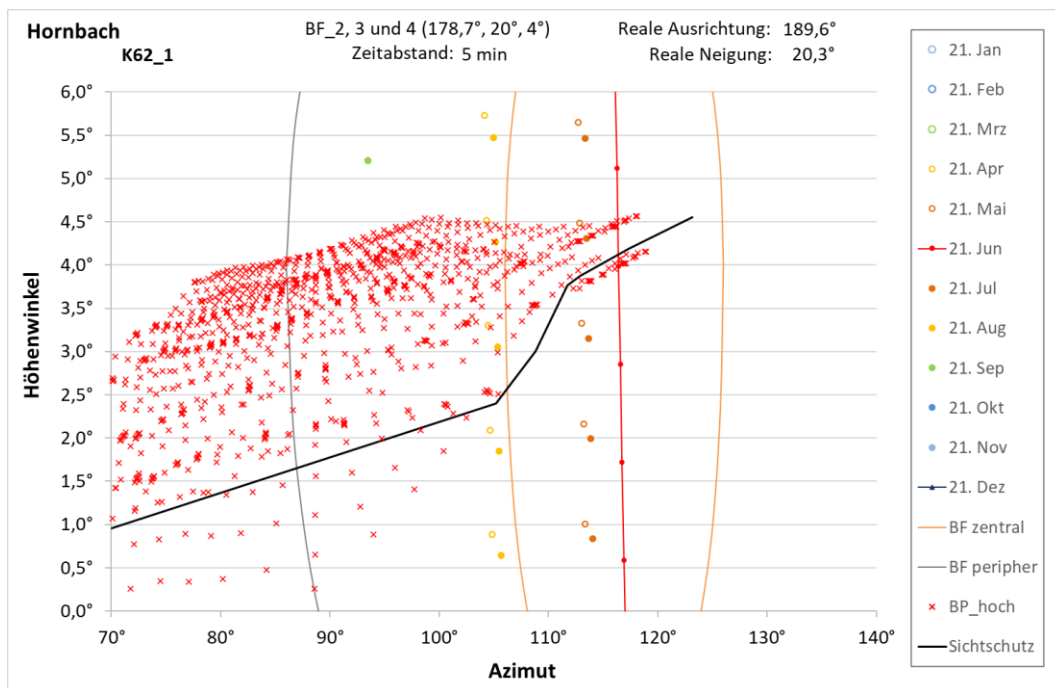


Abbildung 13: Ausschnitt aus dem Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_1 mit Einzeichnung einer Sichtschutzeinrichtung (als Einfriedung mit 2,8 m Höhe), oberhalb derer die Reflexionen am Blickpunkt nicht sichtbar sind

10.2 Blickpunkt K62_2

Das Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_2 in Abbildung 14 zeigt ein nahezu unverändertes Reflexionsgeschehen. Im Vergleich zum vorherigen Blickpunkt ist der Sichtschutz mit 3,0 m Höhe etwas höher auszuführen, um eine hinreichende Unterbrechung der Sichtverbindung zu gewährleisten. Tabelle 4 zeigt die Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächsten und die lichtstärksten Reflexionen in das zentrale und periphere Blickfeld hoch sitzender Fahrzeugführender ohne Berücksichtigung eines Sichtschutzes.

Tabelle 4: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen am Blickpunkt K62_2

Reflexion	Az-Diff. Blickachse	Höhenwinkel	Bel.-stärke	Sonnenhöhe	Az-Diff. Sonne
K62_2_znahhell	1,1°	4,8°	1.353 lx	14,0°	8,1°
K62_2_pnahhell	10,1	4,2°	646 lx	7,8°	14,6°

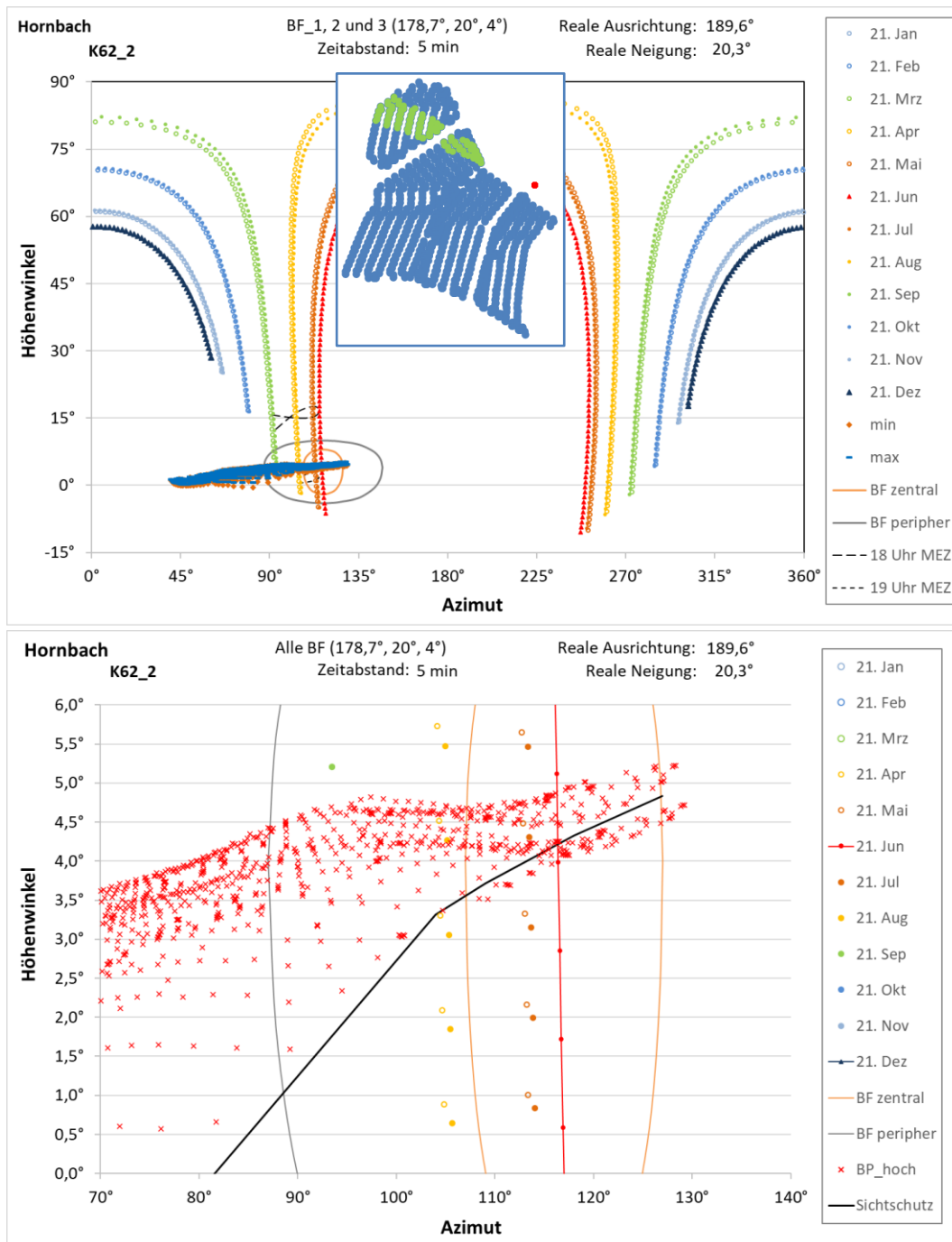


Abbildung 14: Reflexionsdiagramme am Blickpunkt K62_2, unten mit Einzeichnung der Sichtschutzlinie für eine Einfriedung mit 3,0 m Höhe

10.3 Blickpunkt K62_3

Am Blickpunkt K62_3, eingangs der Rechtskurve nach der Passage des Belegungsfelds 3, wandert die Hauptblickrichtung der Fahrzeugführenden in nordwestliche Richtung. Das Reflexionsdiagramm für die Belegungsfelder 1 und 2 zeigt, dass zu keinem Zeitpunkt im Jahr Reflexionen in das zentrale Blickfeld der Fahrzeugführenden gerichtet werden können. Von Mitte März bis Ende August können gegen 20 Uhr MESZ (19 Uhr MEZ) Sonnenlichtreflexionen in das periphere Blickfeld gerichtet werden, die durch einen 3 m hohen Sichtschutz vollständig ausgesperrt werden können (vgl. Abbildung 15 unten). Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt die Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächsten und lichtstärksten



Reflexionen in das periphere Blickfeld hoch sitzender Fahrzeugführender ohne Berücksichtigung eines Sichtschutzes.

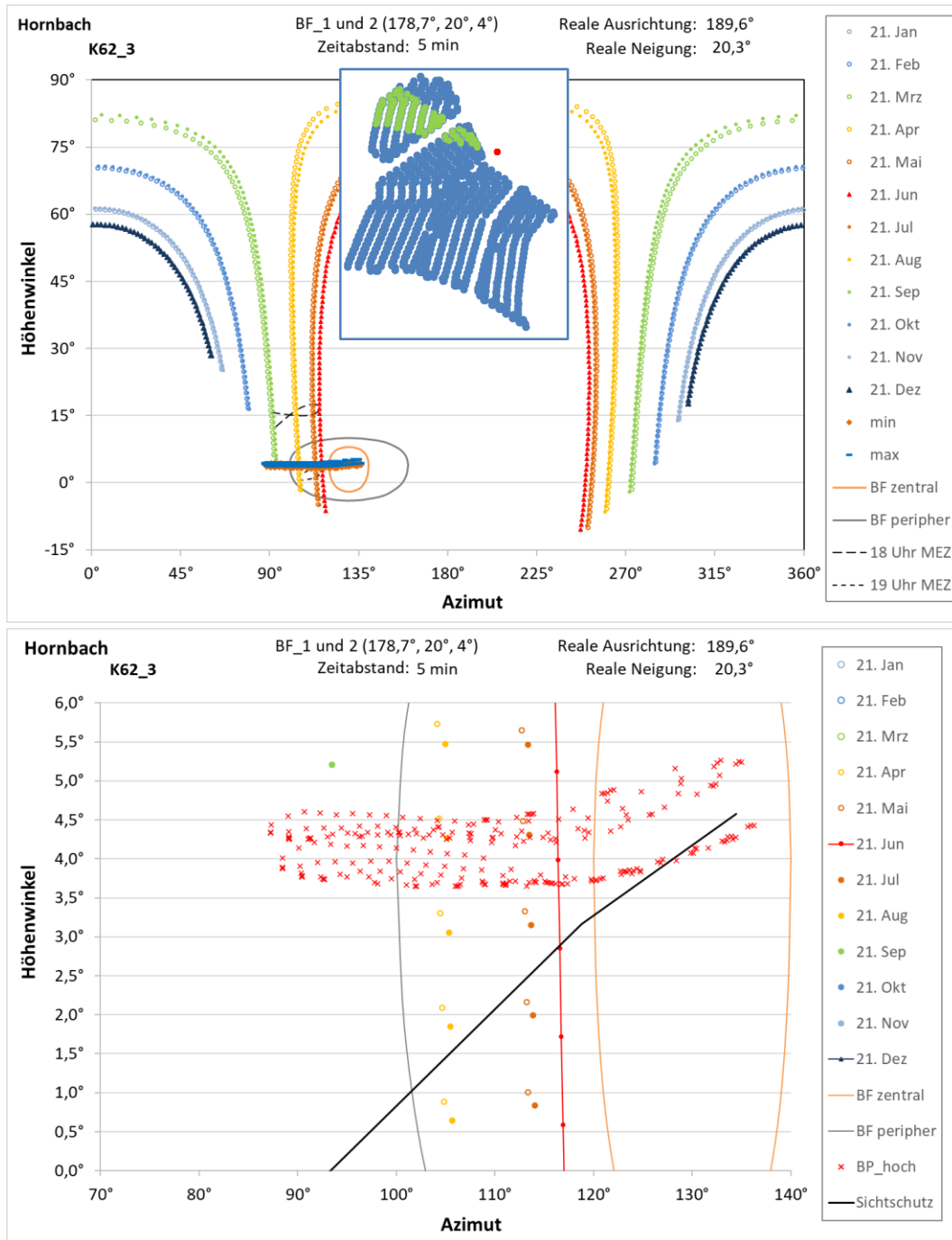


Abbildung 15: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_3

Tabelle 5: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen am Blickpunkt K62_3

Reflexion	Az-Diff. Blickachse	Höhenwinkel	Bel.-stärke	Sonnenhöhe	Az-Diff. Sonne
K62_3_pnahhell	13,9°	3,4°	1.247 lx	13,5°	20,1°



10.4 Blickpunkt K62_4

Das Reflexionsdiagramm für die Belegungsfelder 1 und 2 in Abbildung 16 zeigt, dass am Blickpunkt K62_4, ausgangs der Rechtskurve auf Höhe des Belegungsfelds 2, zu keinem Zeitpunkt im Jahr Reflexionen in das zentrale oder periphere Blickfeld der Fahrzeugführenden gerichtet werden können.

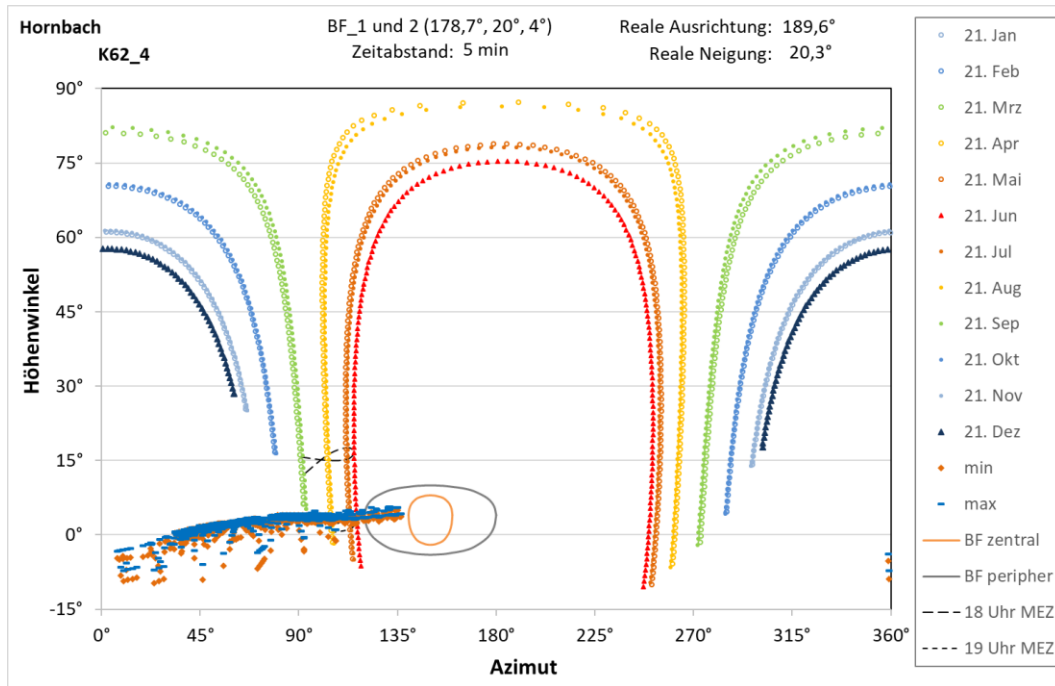


Abbildung 16: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_4

10.5 Blickpunkt K62_5

Das Reflexionsdiagramm für das Belegungsfeld 1 in Abbildung 17 zeigt, dass am Blickpunkt K62_5, eingangs der Linkskurve auf Höhe des Belegungsfelds 1, von Mitte April bis Mitte Mai und von Ende Juli bis Ende August gegen 20 Uhr MESZ (19.00 (MEZ) Reflexionen in den äußeren Bereich des peripheren Blickfelds der Fahrzeugführenden gerichtet werden können. Tabelle 6 zeigt die Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächsten und lichtstärksten Reflexionen in das periphere Blickfeld hoch sitzender Fahrzeugführender ohne Berücksichtigung eines Sichtschutzes.

Tabelle 6: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen am Blickpunkt K62_3

Reflexion	Az-Diff. Blickachse	Höhenwinkel	Bel.-stärke	Sonnenhöhe	Az-Diff. Sonne
K62_5_ pnahhell	21,4°	2,2°	674 lx	8,8°	25,5°

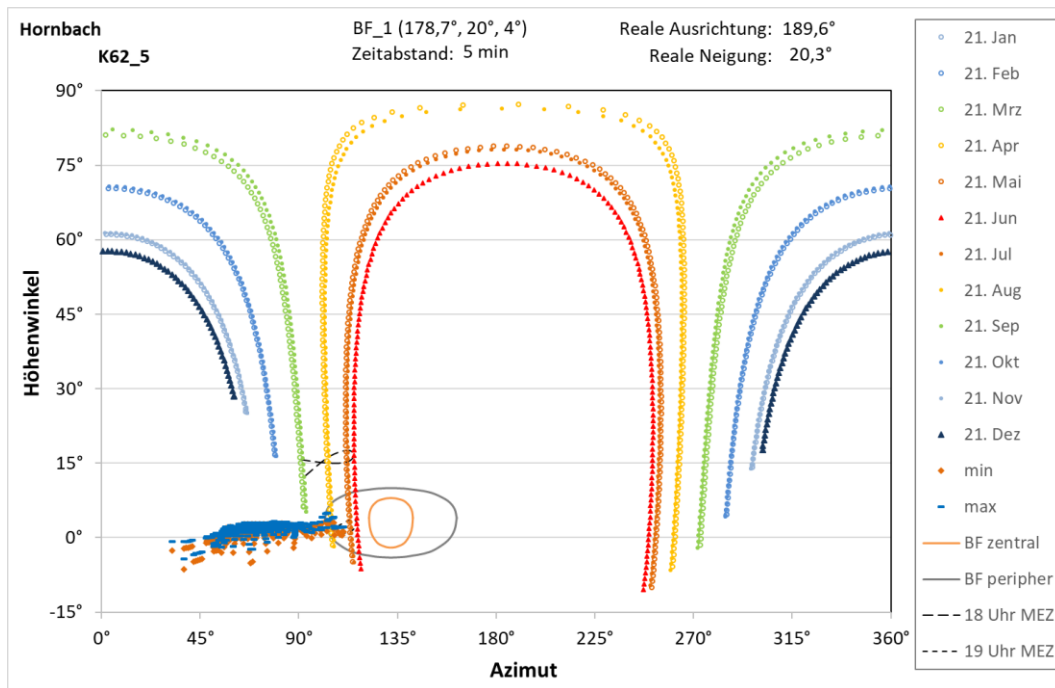


Abbildung 17: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_5

10.6 Blickpunkt K62_6

Das Reflexionsdiagramm für das Belegungsfeld 1 am Blickpunkt K62_6 in Abbildung 18 zeigt, dass hinter der Linkskurve zu keinem Zeitpunkt im Jahr Reflexionen in das zentrale oder periphere Blickfeld der Fahrzeugführenden gerichtet sein können.

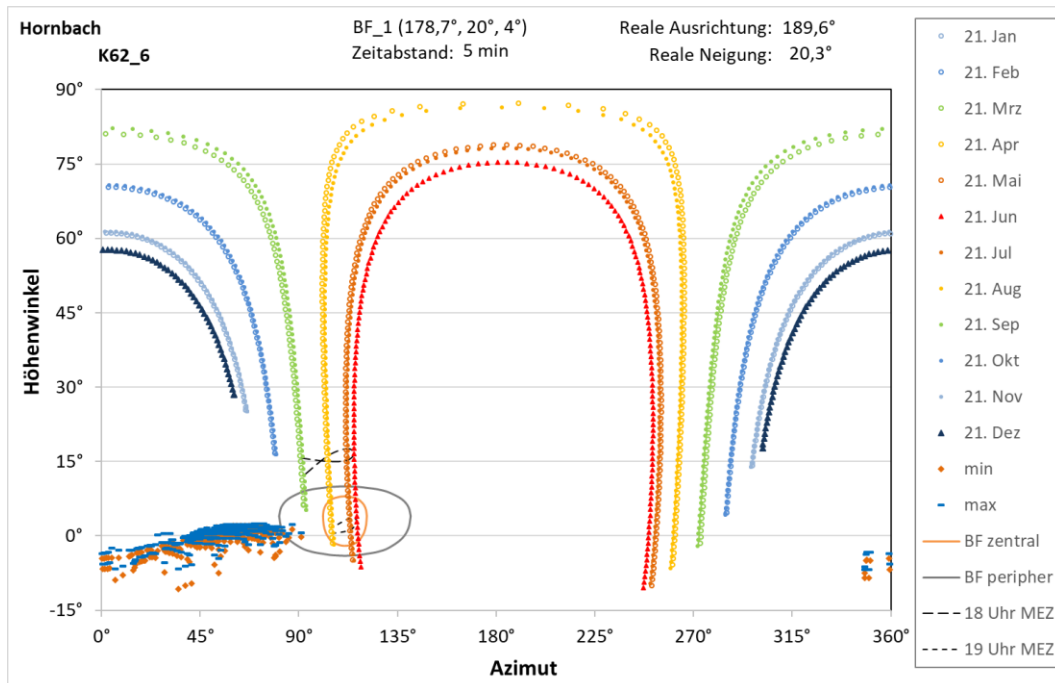


Abbildung 18: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_6



10.7 Blickpunkt BAM_1

Der Blickpunkt BAM_1 repräsentiert den exponiertesten schützenswerten Raum in Bickenaschbachermühle, für den der maximale astronomisch mögliche tägliche und jährliche Immissionszeitraum nach den Vorgaben der maßgeblichen LAI-Richtlinie ermittelt wird.

Das Reflexionsdiagramm in Abbildung 19 zeigt, dass von Mitte Mai bis Ende Juli kurz nach 7 Uhr MESZ Sonnenlichtreflexionen auf das untersuchte Fenster gerichtet sein können, die einen Abstandswinkel von mehr als 10° zur Position der über der reflektierenden Fläche stehenden Sonne aufweisen und damit als Lichtimmissionen im Sinne der LAI-Richtlinie zu werten sind. Die Detaildarstellung in Abbildung 19 unten veranschaulicht die maximalen Immissionszeiträume von weniger als 5 min/d und 7 h/a.

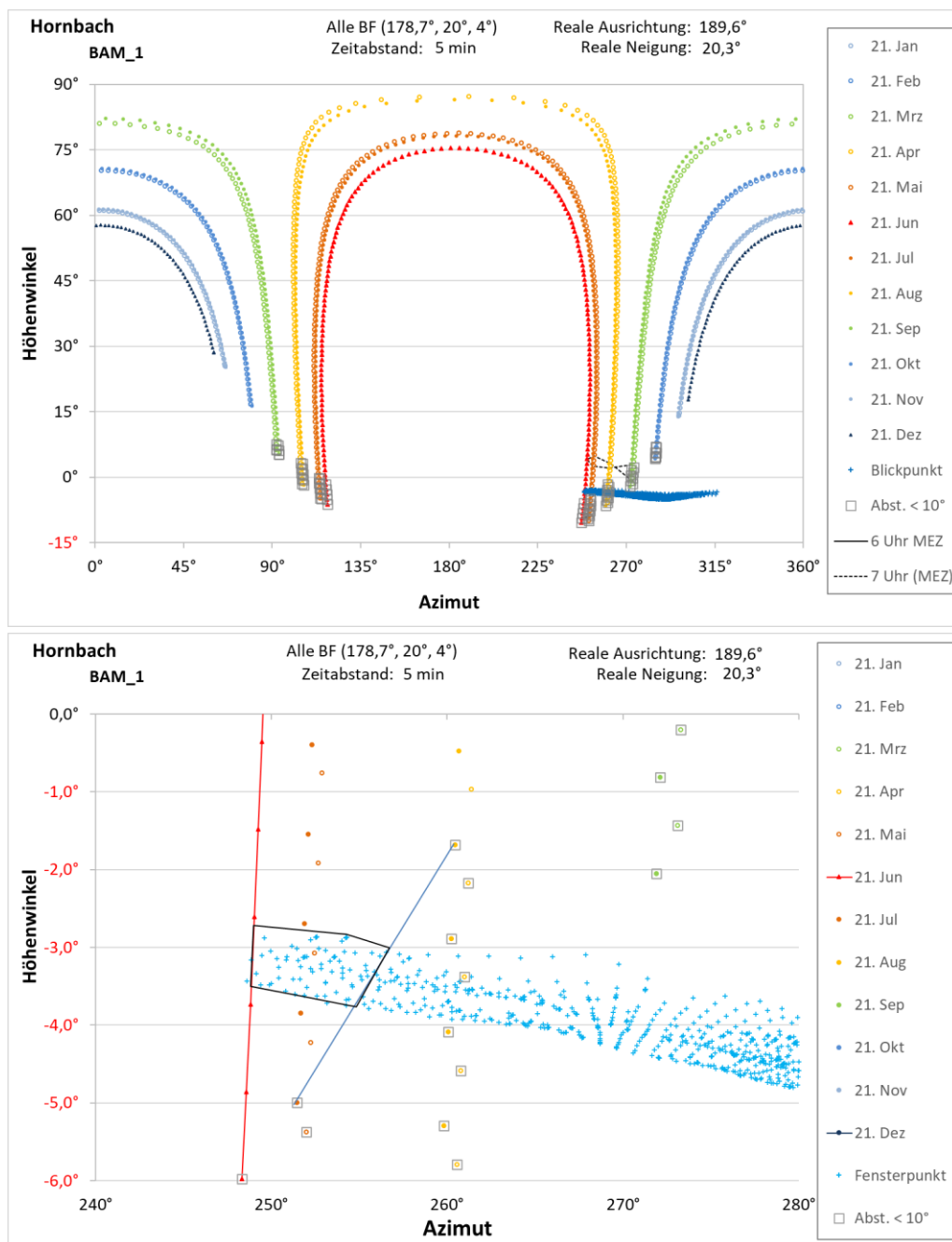


Abbildung 19: Reflexionsdiagramme am Blickpunkt BAM_1, unten mit Umrandung des maximalen Immissionszeitraums



11 Bewertung der Blendrisiken

11.1 Verkehr auf der Kreisstraße K 62

Die Blendanalyse ergibt, dass die Fahrzeugführenden auf der K 62 aus östlicher Richtung auf dem Streckenabschnitt nach dem Verlassen des Waldstücks von Reflexionen in das zentrale oder periphere Blickfeld betroffen sein können.

Die Straße verläuft in diesem Abschnitt mit einem Gefälle von ca. 4° gradlinig auf eine 450 m entfernte Rechtskurve zu. Dabei können im Zeitraum von Ende März bis Ende April und von Mitte August bis Mitte September kurz vor 20:00 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit (MESZ) Reflexionen der straßennahen Tische der Belegungsfelder BF_3 und BF_4 in das periphere Blickfeld der Fahrzeugführenden gerichtet sein, die einen leichten Zuwendungsreiz auslösen, aber auf Grund Ihrer relativ geringen Beleuchtungsstärke von weniger als 1.000 lx keine Beeinträchtigung der Sehfähigkeit der vollständig tageslichtadaptierten Augen hervorrufen. Das vorausliegende Verkehrsgeschehen und Verkehrszeichen am rechten Straßenrand bleiben uneingeschränkt erkennbar. Es gibt keine Einmündung oder querenden Wege, die einen Blick in Richtung der reflektierenden Flächen erfordern. Die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs bleiben jederzeit gewahrt.

Von Ende April bis Mitte August können kurz vor 20 Uhr MESZ Sonnenlichtreflexionen einiger straßennaher Tische des Belegungsfelds BF_3 und die in Fahrtrichtung liegenden straßennahe Tische des Belegungsfelds BF_2 Reflexionen in das zentrale Blickfeld der Fahrzeugführenden richten, die eine Beleuchtungsstärke von mehr als 1.300 lx bewirken. Dabei liegen die reflektierenden Flächen aus Sicht der Fahrzeugführenden unmittelbar oberhalb oder links der Fahrbahn, also in Hauptblickrichtung. Eine Fixation des Blickes auf die reflektierende Fläche würde zu einer Absolutblendung führen, die sofortige Schutzreaktionen hervorruft. Die Erfüllung der Sehaufgabe der Fahrzeugführenden wird dadurch beeinträchtigt. Es sind Blendschutzmaßnahmen erforderlich, bspw. durch eine Einschränkung der Sichtverbindung, die im folgenden Kapitel beschrieben wird. Die bei der empfohlenen Höhe der Sichtschutzeinrichtung von 3.0 m verbleibende reflektierende Fläche kann keine Blendwirkung mehr hervorrufen. Auch die geringere Wuchshöhe im ersten Jahr der Pflanzung der Sichtschutzhecke hat bereits den Effekt, dass der Überblick über den Fahrbahnverlauf jederzeit frei von blendwirksamen Reflexionen bleibt. Bei einem normalen Verkehrsgeschehen auf der K 62 ist auch in der Anwachsphase der Hecke kein Unfallrisiko erkennbar.

Im weiteren Streckenverlauf der K 62 wandern die Reflexionen mit dem Eintritt in und dem Durchfahren der Rechtskurve aus dem zentralen Blickfeld. Die an einigen kurzen Streckenabschnitten weiterhin in das periphere Blickfeld der Fahrzeugführenden möglichen Sonnenlichtreflexionen bewirken keine Einschränkung der Sehfähigkeit der Fahrzeugführenden. Weitere Blendschutzmaßnahmen sind nicht erforderlich.

11.2 Schützenswerte Räume in Bickenaschbachermühle

Die nach den Vorgaben der maßgeblichen LAI-Richtlinie berechnete maximale Immissionsdauer durch die Sonnenlichtreflexionen der geplanten Anlage beträgt für den exponiertesten Raum im Gebäude Bickenaschbachermühle 1 weniger als 5 min/d und weniger als 7 h/a, während gleichzeitig die Sonne auf einer Höhe von weniger als 20° über der reflektierenden Fläche steht und ebenfalls auf das Fenster scheint.

Die ermittelte Immissionsdauer liegt weit unter den Vorgaben der LAI-Richtlinie von 30 min/d und 30 h/a, die einen Hinweis auf eine mögliche erhebliche Belästigung geben. Eine unzumutbare Belästigung der Anwohner in Bickenaschbachermühle ist damit ausgeschlossen.



12 Blendschutz zur Wahrung der Verkehrssicherheit

Um das Blendrisiko auf der Kreisstraße K62 auszuschließen, wird empfohlen, die Sichtverbindung zwischen den Augen der Fahrzeugführenden und den in das Blickfeld reflektierende PV-Module weitgehend zu unterbinden. Da die Reflexionen nur während der belaubten Periode in das Blickfeld sein können, kann hinreichende Einschränkung der Sichtverbindung dadurch erreicht werden, dass eine 400 m lange Einfriedungshecke entlang der nördlichen Grenze der Belegungsfelder 2 bis 4 mit einer Wuchshöhe von mindestens 3 m angelegt und unterhalten wird. Dazu kann ein entsprechendes Pflegegebot im Bebauungsplan oder bei der Baugenehmigung verankert werden.

Alternativ kann der Einfriedungszaun im betroffenen Bereich auf 3,0 m erhöht werden und als Sichtschutzzaun gestaltet werden. Für die Gestaltung als Sichtschutzzaun sollte im Höhenbereich von 0,6 m bis zur Oberkante des Zauns ein Lichttransmissionsgrad von $\leq 0,2$ erzielt werden. Der Sichtschutz kann mit übergehängten Matten, textilen Einflechtungen oder einem Schattiernetz mit einem Schattiergrad von $\geq 0,8$ (80 %) ausgeführt werden.

Abbildung 20 zeigt den Bereich der Einfriedung als grüne Linie, der als Sichtschutzhecke oder -zaun zu gestalten ist



Abbildung 20. Darstellung des Abschnitts (grüne Linie), in dem ein Blendschutz durch eine 3,0 m hohe Sichtschutzhecke oder die Gestaltung der Einfriedung als Sichtschutzzaun erforderlich ist



13 Verwendete Materialien

13.1 Dokumente vom Auftraggeber

- ▶ Modulbelegungsplan als Datei 240229_Master_Hornbach.dwg
- ▶ Vorentwurf des B-Plans als Datei 2023-12_BP_Solarpark.dwg
- ▶ Unterlagen zur vereinfachten raumordnerischen Prüfung (Solarpark Hornbach) als Datei 20230403-hornbach-antragsunterlagen.pdf
- ▶ Fotodateien

13.2 Literatur

- ▶ Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20.07.2022 (BGBl. I S. 1353)
- ▶ Baugesetzbuch In der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 28.7.2023 I Nr. 221
- ▶ Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist
- ▶ Straßenverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I S. 310, 919), das zuletzt durch Artikel 16 des Gesetzes vom 2. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56) geändert worden ist
- ▶ Bundesfernstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. Juni 2007 (BGBl. I S. 1206), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist
- ▶ RAL R1 – Richtlinie für die Anlage von Landstraßen, FGSV 2012
- ▶ RAL R1 – Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RASt 06, FGSV 2006
- ▶ Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung; Deutsche Fassung EN 12665:2018, Ausgabe 2018-08
- ▶ Wittlich, M.: Blendung – Theoretischer Hintergrund, Informationen des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA); Sankt Augustin 2010
- ▶ Hinweise der LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen (LAI-Richtlinie); Stand 3.11.2015
- ▶ Leitlinie des Brandenburger Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen (Licht-Leitlinie) vom 16. April 2014
- ▶ Eicker, U.: Solare Technologien für Gebäude; 1. Aufl. B. G. Teubner GmbH Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, 2001
- ▶ Reidenbach H.-D., Dollinger K., Ott G., Janßen M., Brose M. (2008): Blendung durch optische Strahlungsquellen. Bericht der BAUA, Forschung Projekt 2185
- ▶ Empfehlungen der Strahlenschutzkommission: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren, Februar 2006
- ▶ DIN 5034-2:2021-08 Tageslicht in Innenräumen – Teil 2: Grundlagen



14 *Abbildungsverzeichnis*

Abbildung 1: Lage der geplanten PV-Anlage „Solarpark Hornbach“ (PV-Modultischreihen blau eingezeichnet)	4
Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm (oben) und Detailansicht mit Bestimmung der Azimutbereiche, in die bodennahe blendwirksame Reflexionen gerichtet werden können (unten) ..	11
Abbildung 3: Beispielhafte Reflexionsdiagramme mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden, ohne Sichtschutz	13
Abbildung 4: Beispielhafte Darstellung eines Reflexionsdiagramms für schützenswerte Nutzungen (oben) mit einer Detailansicht in 3-minütiger Auflösung der Tagesganglinien und schwarzer Umrandung des maximalen Immissionszeitraums (unten)	14
Abbildung 5: Belegungsplan der PV-Anlage (Modultischreihen in blau, Einfriedungszaun in rot).....	15
Abbildung 6: Reflexionsrichtungen der PV-Tische mit der mittleren Querneigung von 4° mit Einzeichnung der blendrelevanten Azimutrichtungen	17
Abbildung 7: Potenzielle Blendrichtungen (gelbe Winkel) des geplanten Solarparks, angezeichnet an ausgewählte Eckpunkte der PV-Tischreihen	19
Abbildung 8: Blick für Fahrzeugführende auf der K 62 aus östlicher Richtung aus 2,9 m Höhe in Fahrtrichtung kurz vor dem Erreichen des nordöstlichen Rands des Vorhabensgebiets (oben), kurz vor der Rechtskurve (mittig) und kurz vor der anschließenden Linkskurve (unten); Quelle: Google Earth Pro	20
Abbildung 9: Blick aus südöstlicher Richtung auf Bickenaschbachermühle mit roter Umrandung des für die Blendanalyse ausgewählten Gebäudes Quelle: Google Earth Pro	21
Abbildung 10: Blickpunkte (cyanfarbene Kreise) für die detaillierte Blendanalyse.....	22
Abbildung 11: Modellierte Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und ggf. Blickrichtung (Azimut / Höhenwinkel) am Blickpunkt.....	22
Abbildung 12: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_1 mit Visualisierung der PV-Tische (grün hervorgehoben), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können	23
Abbildung 13: Ausschnitt aus dem Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_1 mit Einzeichnung einer Sichtschutzlinie (als Einfriedung mit 2,8 m Höhe), oberhalb derer die Reflexionen am Blickpunkt nicht sichtbar sind	24
Abbildung 14: Reflexionsdiagramme am Blickpunkt K62_2, unten mit Einzeichnung der Sichtschutzlinie für eine Einfriedung mit 3,0 m Höhe	25
Abbildung 15: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_3	26
Abbildung 16: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_4	27
Abbildung 17: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_5	28
Abbildung 18: Reflexionsdiagramm am Blickpunkt K62_6	28



Abbildung 19: Reflexionsdiagramme am Blickpunkt BAM_1, unten mit Umrandung des maximalen Immissionszeitraums.....29

Abbildung 20. Darstellung des Abschnitts (grüne Linie), in dem ein Blendschutz durch eine 3,0 m hohe Sichtschutzhecke oder die Gestaltung der Einfriedung als Sichtschutzzaun erforderlich ist.....31



15 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Systemangaben der PV-Anlage	16
Tabelle 2: Azimutgrenzen der blendrelevanten Reflexionen	18
Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen am Blickpunkt K62_1	23
Tabelle 4: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen am Blickpunkt K62_2	24
Tabelle 5: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen am Blickpunkt K62_3	26
Tabelle 6: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen am Blickpunkt K62_3	27