

Blendgutachten PV-Anlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“

*Analyse der Blendwirkungen einer Photovoltaikanlage
auf den Flugbetrieb*

Auftraggeber:

EnBW Solar GmbH
Schelmenwasenstr. 15
70567 Stuttgart

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: 17. Oktober 2025
Gutachten-Nr.: SPX-RS-P250094-01



Inhalt

1	Zweck und Gegenstand des Gutachtens	4
2	Zusammenfassung der Bewertung	5
3	Gesetzlicher und regulatorischer Rahmen	6
3.1	Raumordnung und Baurecht	6
3.2	Immissionsschutz	6
3.3	Straßenverkehrsgesetze	6
4	Bewertungsgrundlagen	7
4.1	Lichtimmissionen (Immissionsschutz)	7
4.2	Blendwirkungen im Verkehr	7
4.3	Blendwirkungen im Flugverkehr auf Sonderlandeplätzen	8
5	Beschreibung der Methodik	9
5.1	Berechnung der Reflexionsrichtungen	9
5.2	Lichttechnische Berechnungen	10
5.3	Modellierung der Reflexions- und Blickpunkte	11
5.4	Ergebnisdarstellung	11
5.4.1	Verkehr	11
6	Sondergebiet „Solarpark Flugplatz Werneuchen Ost“ und PV-Anlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“	13
7	Flugbetrieb am Sonderlandeplatz Werneuchen	15
8	Reflexionsrichtungen der geplanten PV-Anlage	17
9	Reflexions- und Blickpunkte für die Blendanalyse	18
10	Berechnungsergebnisse	19
10.1	Landeanflug auf Piste 26	19
10.1.1	Blickpunkt GA_P26	19
10.1.2	Blickpunkt Q_P26	19
10.1.3	Blickpunkt LK_P26	20
10.1.4	Blickpunkt P26_1	21
10.1.5	Blickpunkt P26_2	21
10.1.6	Blickpunkt P26_3	22



10.1.7	Bewertungsrelevante lichttechnische Berechnungsergebnisse.....	23
10.2	Landeanflug auf die Piste 08	23
10.2.1	Blickpunkt P08_1.....	23
10.2.2	Blickpunkt P08_2.....	24
10.2.3	Blickpunkt P08_3.....	24
10.2.4	Blickpunkt P08_4	25
10.2.5	Bewertungsrelevante lichttechnische Berechnungsergebnisse.....	26
11	Bewertung der Blendrisiken	27
11.1	Platzrunden.....	27
11.2	Landeanflüge.....	27
12	Verwendete Materialien.....	29
12.1	Dokumente vom Auftraggeber	29
12.2	Literatur	29
13	Abbildungsverzeichnis.....	30
14	Tabellenverzeichnis	31



1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens

Es ist zu prüfen, ob von der auf dem Gelände des Sonderflugplatzes Werneuchen im Sondergebiet „Solarpark Flugplatz Werneuchen Ost“ geplanten Freiflächen-Photovoltaikanlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“) Sonnenlicht auf Piloten reflektiert werden kann und ob dadurch gegebenenfalls die Sicherheit des Luftverkehrs beeinträchtigende Blendwirkungen auftreten können.

Das Plangebiet der Anlage befindet sich in den Gemarkungen Werneuchen und Hirschfelde der Ortschaft Werneuchen im Kreis Barnim in Brandenburg. Die geplante Anlage schließt sich östlich an eine bestehende PV-Anlage an. 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 und dem Geoportal Brandenburg.

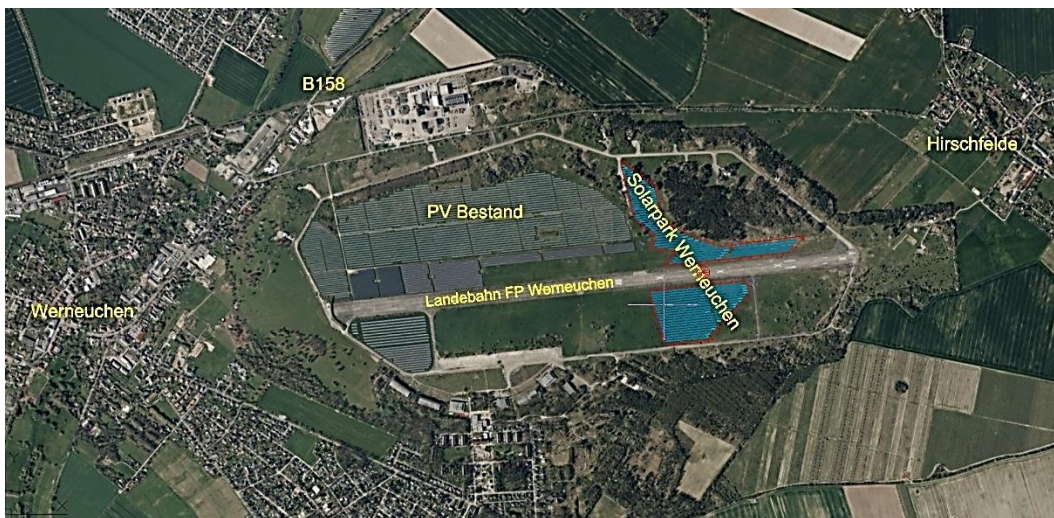


Abbildung 1: Lage der geplanten PV-Anlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“ (PV-Modultischreihen blau eingezeichnet)



2 Zusammenfassung der Bewertung

Es wird festgestellt, dass durch die Errichtung der geplanten PV-Anlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“ keine relevanten Blendwirkungen für die Piloten entstehen. Die räumliche Orientierung und die Luftraumüberwachung bleiben jederzeit möglich.

Aus blendgutachterlicher Sicht ist die Photovoltaik-Freiflächenanlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“ als genehmigungsfähig einzustufen.



3 Gesetzlicher und regulatorischer Rahmen

3.1 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 baurechtlich privilegierten Vorhaben des § 35 Abs. 1 BauGB aufgenommen, darunter Solaranlagen auf einer Fläche längs von Autobahnen oder Schienenwegen des übergeordneten Netzes 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 ohne vorhergehende Bauleitplanung direkt ein Bauantrag gestellt werden.

3.2 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 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 lichtbezogene Immissionsschutz-Verordnung. Diese Aufgabe übernehmen faktisch die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ (LAI-Hinweise) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz. Die LAI-Hinweise geben Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung der Blendwirkung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen.

3.3 Straßenverkehrsgesetze

Das Straßenverkehrsrecht ist ein Sicherheitsrecht und darauf ausgerichtet, die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu gewährleisten (§ 6 Abs. 1 StVG). Die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs werden durch Umstände beeinträchtigt, die zur Entstehung neuer oder Erhöhung bereits bestehender Gefahren oder zu einer Verschlechterung der Verkehrsverhältnisse beitragen (vgl. BVerwG, Urt. v. 17. 9. 1964 - I C 26/63). Dies ist anzunehmen, wenn das konkrete Vorhaben geeignet ist, sich in der jeweiligen örtlichen Situation unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Verkehrsteilnehmers nachteilig auf das derzeitige und zu erwartende normale Verkehrsgeschehen auszuwirken (Müller/Schulz, § 9 Rn. 65).

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.



4 Bewertungsgrundlagen

4.1 Lichtimmissionen (Immissionsschutz)

Die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), im folgenden LAI-Hinweise genannt, definieren schutzwürdige Räume und Flächen und beschreiben 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 bis zu $0,56^\circ$ und der Streuung der Reflexionen (Bündelaufweitung) können real auftretende Reflexionen etwas länger andauern, als die schematische Berechnung ergibt.

Hinsichtlich der Beurteilung sehen die LAI-Hinweise 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 LAI-Hinweise schränken den Wertungsmaßstab insofern ein, als 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 kaum berücksichtigt.

4.2 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 temporäre 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 leuchtstarken Blendquellen im zentralen (außerhalb der Fovea) oder 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 auf einer Höhe von bis zu 10° Sonnenhöhe steht, dominiert sie das Helligkeitsgeschehen. Unterhalb von 5° kann die Sonne nicht durch die Fahrzeugblende abgeschirmt werden, so dass die Blendwirkung der Reflexionen in diesem Fall vernachlässigt werden kann.

4.3 Blendwirkungen im Flugverkehr auf Sonderlandeplätzen

Auch im Flugverkehr kommen die oben beschriebenen Blendmechanismen, Absolutblendung im zentralen Sehbereich und Relativblendung, zum Tragen. Allerdings unterscheidet sich die Sehaufgabe der Piloten von der Sehaufgabe der Fahrzeugführenden im Straßenverkehr.

Sonderlandeplätze und Luftsportstätten zeichnen sich dadurch aus, dass im Sichtflug gestartet, geflogen und gelandet wird und der Luftraum häufig nicht durch Lotsen überwacht und strukturiert wird. Zu den Aufgaben der Piloten gehören damit die Luftraumüberwachung und die Planung, Durchführung und Kontrolle des Landeanflugs.

Für den sicheren Flugbetrieb werden durch die Deutsche Flugsicherung GmbH Sichtflugkarten erstellt, die landeplatzspezifische Platzrunden und ggf. Überflugverbote festlegen. Der Landeanflug von Kleinflugzeugen und anderen Luftsportgeräten beginnt typischerweise im Gegenanflug mit Landegeschwindigkeit, in dem in der mittleren Position der Gegenanflugstrecke eine Höhe von ca. 100 m bis 200 m über dem Niveau der Landebahn angestrebt wird. Daran schließt sich der Queranflug an, in dem durch den Blick auf das Landefeld der Winkel zum geplanten Aufsetzpunkt geprüft und ggf. die Höhe korrigiert wird. Anschließend folgen die Landekurve und der Endanflug.

Für die Piloten heißt das, dass sowohl die Luftraumüberwachung als auch die Sicht auf den Landebereich frei von blendwirksamen Reflexionen im zentralen Sehbereich zu halten sind, um einen sicheren Landeanflug zu ermöglichen. Relativblendungen im peripheren Sehbereich sind vernachlässigbar, da die hohe Konzentration der Piloten im Landeanflug eine Distraction durch die Blendquelle ausschließt, und die verschiedenen Sehaufgaben mit Ausnahme des Endanflugs keine langanhaltende Blendsituation mit konstanter Winkelbeziehung zwischen Blickachse und Blendquelle zulassen.



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 georeferenzierte Plangrundlage in das Programm ProgeCad Professional mit einem Koordinatensystem in winkeltreuer Lambert-Kegelprojektion übertragen und ggf. 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 oben 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 (hier: Anlagenteil: BF_1 mit 180° Ausrichtung, 18° Neigung und 0° Querneigung)
- ▶ der Zeitabstand zwischen zwei Reflexionspunkten (hier: 5 Minuten)
- ▶ 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 eingezeichneten Analemmata für ausgewählte Uhrzeiten geben eine Orientierung hinsichtlich des Zeitpunkts, an dem die Reflexionen in den betreffenden Bereich gerichtet werden.

Das untere Diagramm in Abbildung 2 zeigt die in einen Ausschnitt des Reflexionsdiagramms eingetragen Grenzen der Azimutwinkel, in die potenziell blendwirksame bodennahe Reflexionen ab einer Sonnenhöhe von > 5° gerichtet sein können. Diese Darstellung wird für die Blendanalysen im Verkehrsbereich genutzt.

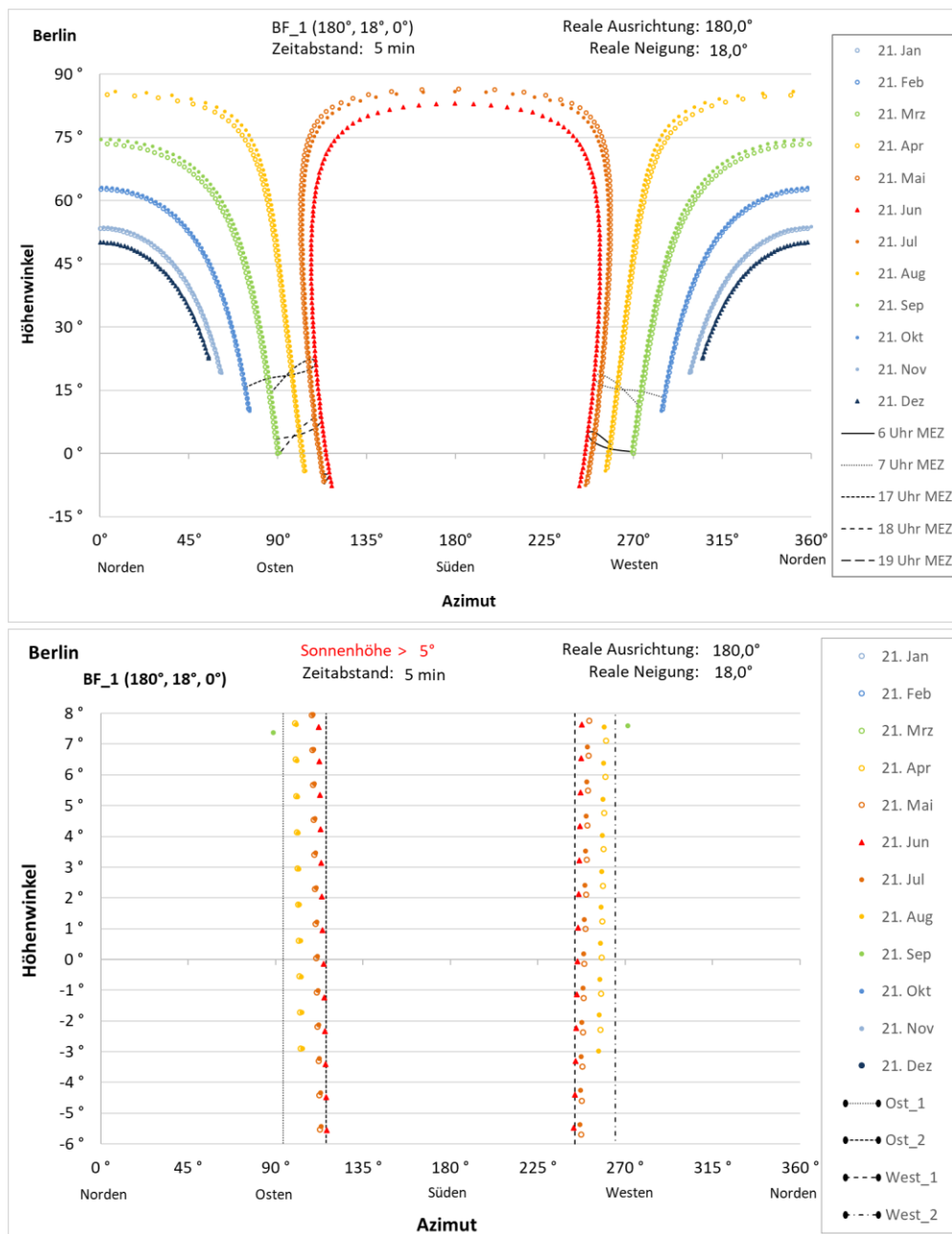


Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm (oben) und Ausschnitt mit Einzeichnung der Azimutgrenzen, in die bodennahe blendwirksame Reflexionen gerichtet werden können (unten)

5.2 Lichttechnische Berechnungen

Zur Beurteilung der Blendwirkung der Sonnenlichtreflexionen wird deren Intensität durch die am untersuchten Blickpunkt bewirkte Beleuchtungsstärke charakterisiert. Dazu wird im ersten Schritt für die entsprechenden Reflexionszeitpunkte die horizontale Beleuchtungsstärke auf der Moduloberfläche nach Formel 22 der DIN 5034 Teil 2 Abschnitt 5.3 für eine geringe atmosphärische Trübung berechnet und auf die Modulnormale angepasst. Die Beleuchtungsstärke der Reflexionen wird anschließend durch Multiplikation mit Standardwerten für den Reflexionsgrad der PV-Module berechnet, der abhängig vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ist (siehe Abbildung 3). Zusätzlich wird ein empirisch ermittelter Diffusionsfaktor von 0,4 für diffus gestreute Reflexionen berücksichtigt. Sofern Messwerte für die konkret verwendeten PV-Module vorliegen, werden diese dokumentiert und für die Berechnungen genutzt.

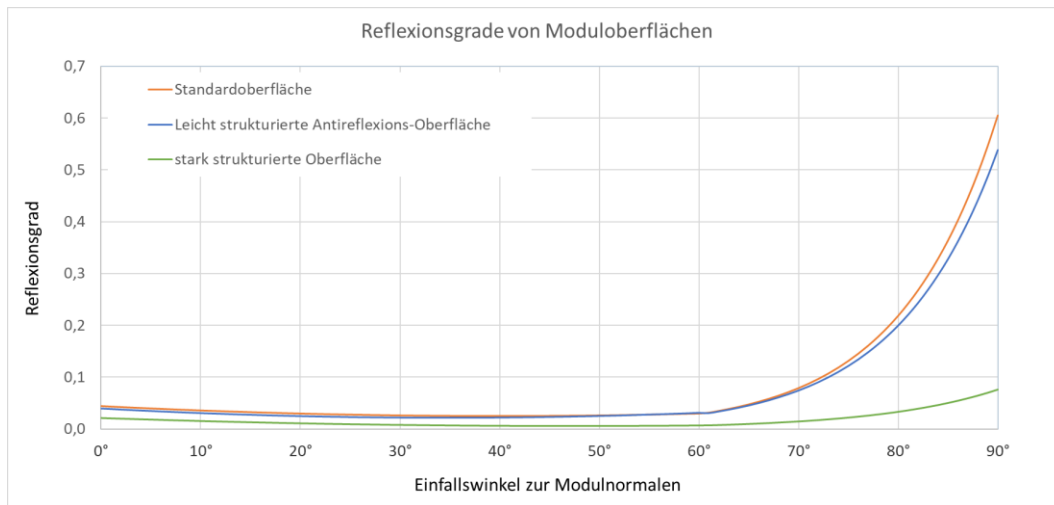


Abbildung 3: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015

5.3 Modellierung der Reflexions- und Blickpunkte

Für die blickpunktbezogene Blendanalyse werden ausgewählte Punkte auf der reflektierenden Oberfläche als Reflexionspunkte modelliert, typischerweise die vier Eckpunkte der PV-Tische, die an den untersuchten Blickpunkten sichtbar ist. Die x-y-z-Koordinaten der Reflexionspunkte werden der Plangrundlage entnommen. Dabei ergeben sich die z-Koordinaten aus der Höhe der Geländeoberkante (GOK) und der Höhe der Unter- und Oberkanten der PV-Module gemäß der Dimensionierung 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 Koordinatensystem der Plangrundlage modelliert. Die z-Koordinaten ergeben sich aus der Höhe der Geländeoberkante zuzüglich der Augenpunkthöhen am Blickpunkt. Dazu werden im Straßenverkehr auf Fernstraßen gemäß den Anforderungen des Fernstraßen-Bundesamts 1 m (PKW) und 2,7 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 4 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 von Ende April bis Mitte August gegen 19:30 Sommerzeit (18:30 MEZ) 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.

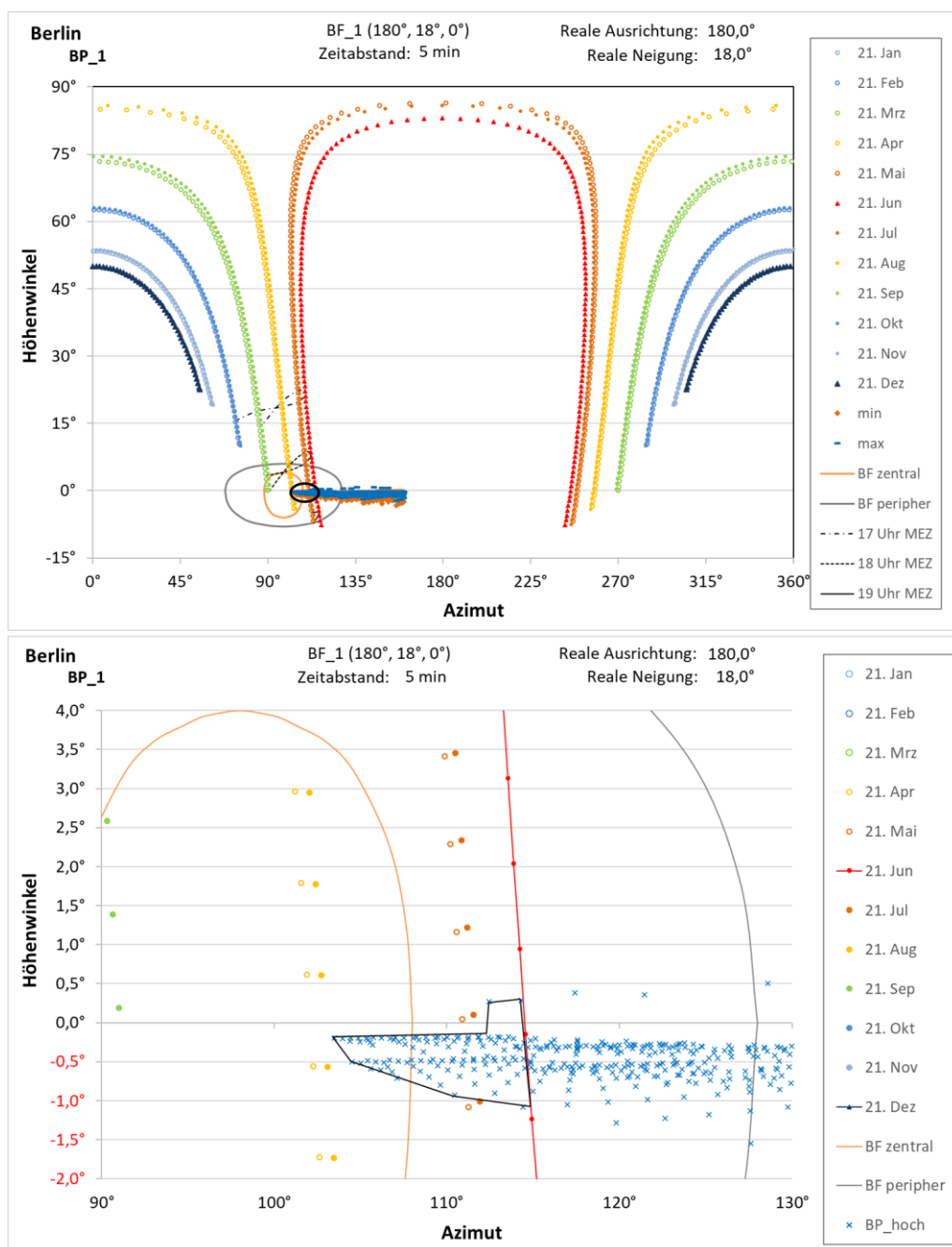


Abbildung 4: Beispielhafte Reflexionsdiagramme mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden



6 Sondergebiet „Solarpark Flugplatz Werneuchen Ost“ und PV-Anlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“

Die PV-Freiflächenanlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“ soll in dem geplanten Sondergebiet „Solarpark Flugplatz Werneuchen Ost“ auf dem Gelände des Sonderlandeplatzes Werneuchen errichtet werden. Der räumliche Geltungsbereich des Plangebiets umfasst eine Gesamtfläche von ca. 40 ha in den Gemarkungen Werneuchen (Flur 5) und Hirschfelde (Flur 4) der Ortschaft Werneuchen im Kreis Barnim in Brandenburg.

Das Plangebiet liegt ca. 1.200 m östlich der Ortslage Werneuchen und ca. 800 m südwestlich der Ortslage Hirschfelde. Es befindet sich im östlichen Bereich des Sonderlandeplatzes Werneuchen und schließt sich an eine bestehende PV-Anlage an. Der Geltungsbereich befindet sich teilweise im Bereich der Verlängerung der Landebahn und wird nördlich und südlich von Gehölzflächen begrenzt. Es handelt sich um einen Konversionsstandort, welcher nicht mehr als Sonderlandeplatz genutzt wird.

Die nächstgelegenen Wohnnutzungen befinden sich östlich in ca. 800 m Entfernung. Die geplante PV-Anlage wird durch bestehende Gehölze von den umliegenden Wohnbebauungen abgeschirmt. Die nächstgelegene schutzwürdige Nutzung, eine Reitanlage, befindet sich in 200 m Entfernung und bedarf nach den Ausführungen der Brandenburger Licht-Leitlinie auf Grund ihrer Entfernung zu den reflektierenden Flächen keiner gesonderten Betrachtung, um Blendwirkungen auszuschließen.

Die geplante PV-Anlage ist in zwei Belegungsfelder mit einheitlicher solarer Ausrichtung der PV-Tischreihen aufgeteilt, die durch die ehemalige Landebahn räumlich getrennt sind. Das vermessene Gelände der Belegungsfelder liegt auf einer Höhe von 80 bis 86 m üNN und ist im Norden und Süden gering nach Nordwesten exponiert, während im Bereich der ehemaligen Landebahn eine Exposition nach Osten mit einer durchschnittlichen Hangneigung von ca. 0,3° besteht, die im Rahmen der Betrachtung vernachlässigt werden kann. Abbildung 5 zeigt die Lage der PV-Tischreihen der Belegungsfelder.



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

Der mit amtlichem Kartenmaterial erstellte Belegungsplan der PV-Anlage sieht eine Azimutausrichtung der PV-Tische von 175° Süd vor. Die Abweichung des UTM-Koordinatensystems der amtlichen Karten zu geographisch Nord beträgt am Standort der Anlage -1°. Bezogen auf geographisch Nord beträgt die Planausrichtung (= ebenes Gelände) der PV-Module damit 174°. Die durchschnittliche Querneigung der PV-Tischreihen ist für beide Belegungsfelder mit 0,3° (Anstieg nach Osten) anzusetzen. Die Unter- und Oberkanten der mit einer Neigung von 18° und einem lichten Reihenabstand von 4,5 m geplanten PV-Tische



sind mit 0,8 m respektive 3,1 m über dem Gelände zu berücksichtigen. Tabelle 1 fasst die Angaben zur PV-Anlage zusammen.

Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage

PV-Anlage:	Solarpark Werneuchen-Flugplatz
Standort:	Gemarkungen Werneuchen und Hirschfelde Breite.: 52,632°, Länge: 13,776°
Höhe des Baugrunds:	80 m üNN bis 86 m üNN
Planausrichtung:	174°
Planneigung:	18°
Querneigung (QN):	vernachlässigbar
Reihenabstand:	4,5 m
Unterkonstruktion:	Fixed Tilt 3P
Höhe der Modulkanten:	0,8 m bis 3,1 m über Geländeoberkante
PV-Module:	Nicht bekannt



7 Flugbetrieb am Sonderlandeplatz Werneuchen

Der Sonderlandeplatz Werneuchen (ICAO-Kennung: EDBW) ist ein vom Luftsportverein „Aero Club Werneuchen e.V.“ betriebener Flugplatz für motorbetriebe Fluggeräte bis 2.000 kg MTOM. Der Landeplatz läuft im PPR-Betrieb, also ohne feste Anwesenheit eines Flugleiters. Die Betriebszeiten liegen zwischen 8:00 und 18:00. Der Flugplatz wird auch durch eine Flugschule genutzt.

Der Flugplatz verfügt über eine Start- und Landebahn (Pisten 08/26) mit einer Länge von 800 m bei 28 m Breite und einer Ausrichtung von 84,1° / 264,1° bezogen auf geografisch Nord. Der Auszug aus der Sichtflugkarte der Deutschen Flugsicherung GmbH in Abbildung 6 zeigt die Platzrunden des Landeplatzes für die verschiedenen Fluggeräte. Nach Auskunft des Flugplatzbetreibers dominieren Ultraleichtflugzeuge (nördliche Platzrunde) den Flugbetrieb.

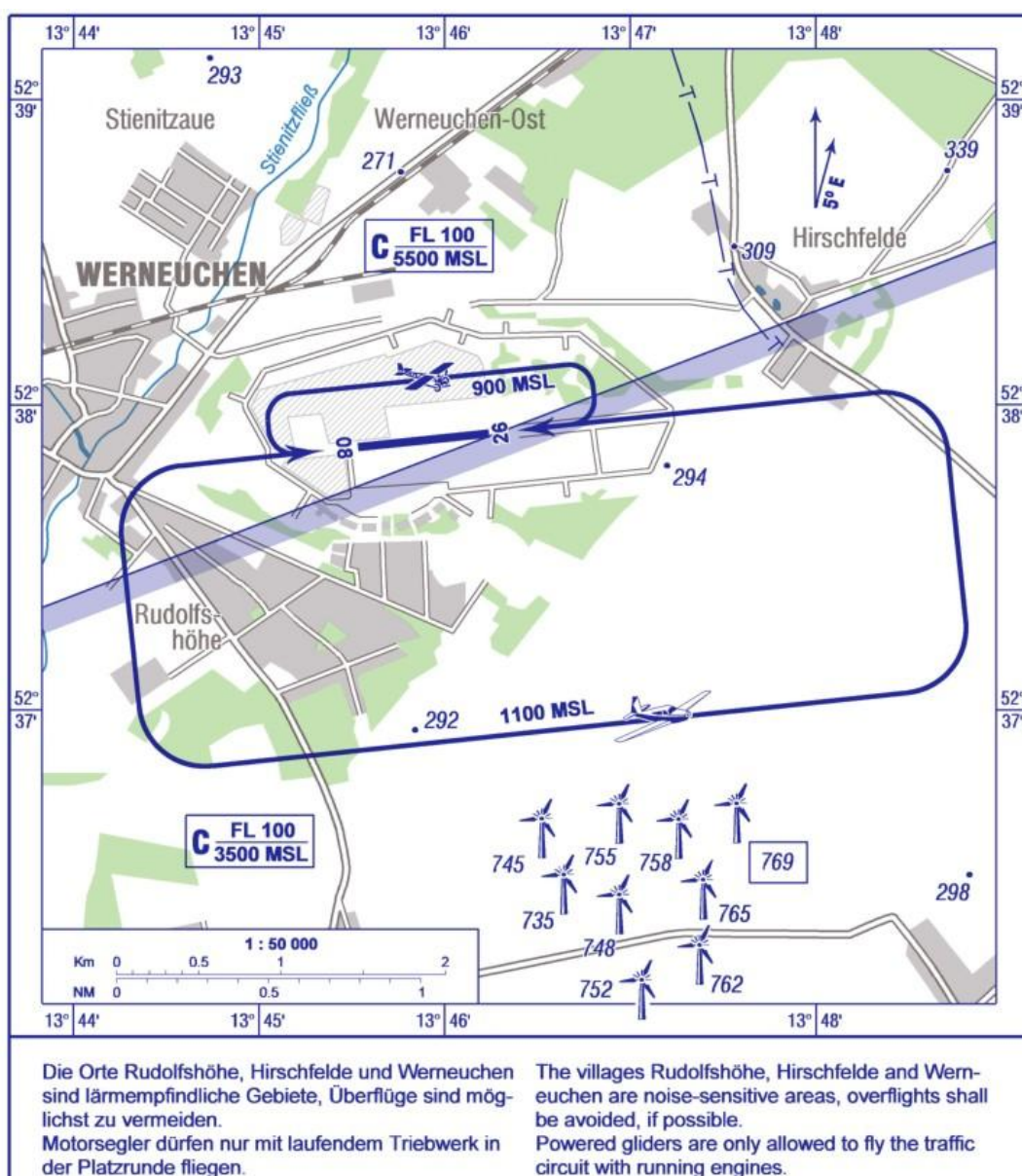


Abbildung 6: Auszug aus der Sichtflugkarte ELEV 265 Werneuchen EDBW der DFS vom 03.04.2025



Der Flugplatzbetreiber Aeroclub Werneuchen e.V. hat eine detaillierte Platzrundenkarte für den Flugplatz erstellen lassen, die auch die Platzrunden und die Anflugkorridore abbildet und einen Anflugwinkel von 3° definiert. Abbildung 7 zeigt die Platzrunden und Anflugkorridore vor dem Hintergrund eines nach geografisch Nord ausgerichteten Luftbilds.



Abbildung 7: Platzrunden (dunkelblau eingezeichnet) und Anflugkorridore (weiß) für den Sonderlandeplatz Werneuchen



8 Reflexionsrichtungen der geplanten PV-Anlage

Abbildung 8 zeigt die Reflexionsrichtungen der PV-Anlage im Tages- und Jahresverlauf in Form eines Reflexionsdiagramms. Der Endanflug auf die Pisten 08 und 26 des Flugplatzes (Flugrichtung 84,1° / 264,1° kann im Frühjahr und Herbst gegen 19:30 (Piste 26, Anflug aus östlicher Richtung) und 7 Uhr (Piste 08, Anflug aus westlicher Richtung) Sommerzeit betroffen werden. Die nördliche Platzrunde kann vor allem im Winterhalbjahr von den Sonnenlichtreflexionen der geplanten PV-Anlage betroffen werden, die südliche im Sommerhalbjahr.

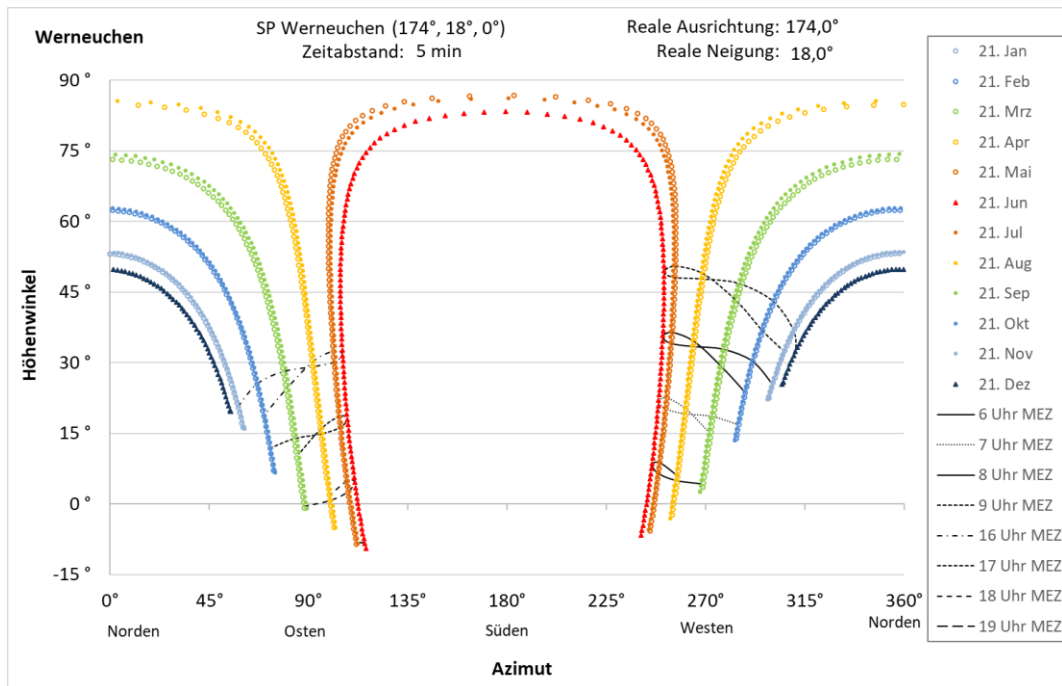


Abbildung 8: Reflexionsdiagramm der geplanten PV-Anlage



9 Reflexions- und Blickpunkte für die Blendanalyse

Es ist zu prüfen, ob die Piloten beim Landeanflug von blendwirksamen Reflexionen betroffen werden können. Als visueller Fixationspunkt für die Höhenorientierung und als angestrebter Aufsetzpunkt wird vereinfachend die Schwelle (THR) der Landepiste gesetzt. Als zu prüfende Blickpunkte werden für die nördliche Platzrunde je ein Blickpunkt im Gegenanflug, Queranflug und der Landekurve für die Piste 26 gewählt. Der Endanflug wird für beide Pisten mit drei Blickpunkten im Anflugkorridor und für die Piste 08 zusätzlich mit einem Blickpunkt auf der Landebahn geprüft. Die südliche Platzrunde kann auf Grund der großen Entfernung nicht von blendwirksamen Reflexionen betroffen werden. Abbildung 9 zeigt die ausgewählten Blickpunkte und Abbildung 10 die modellierten Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene.

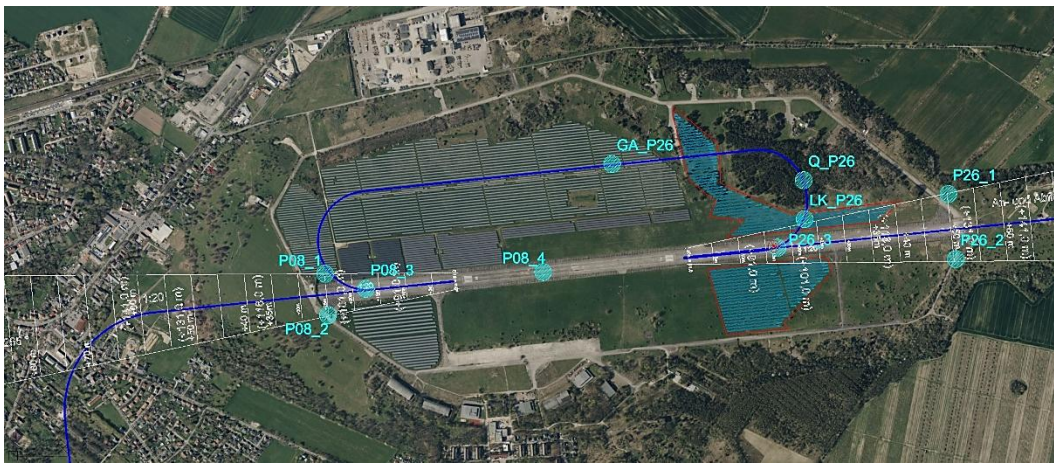


Abbildung 9: Blickpunkte (cyanfarbene Kreise) für die detaillierte Blendanalyse

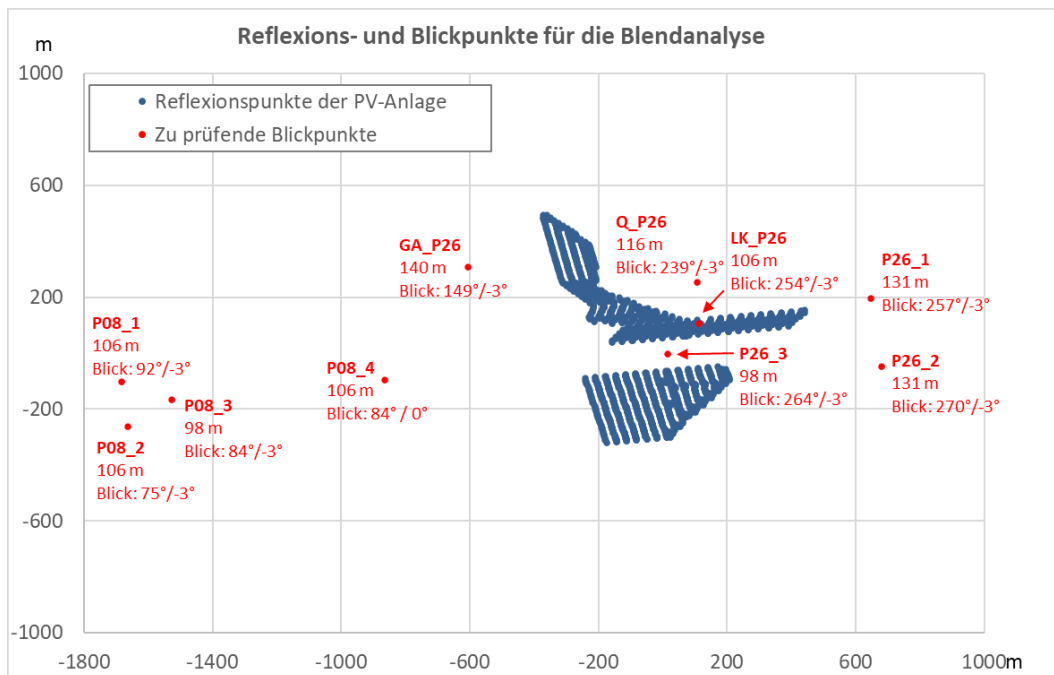


Abbildung 10: Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und Blickrichtung



10 Berechnungsergebnisse

10.1 Landeanflug auf Piste 26

10.1.1 Blickpunkt GA_P26

Das Reflexionsdiagramm für den Gegenanflug des Landeanflugs aus der nördlichen Platzrunde am Blickpunkt GA_P26 (140 m üNN) in Abbildung 11 zeigt, dass die Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage zu keinem Zeitpunkt im Jahr in die Blickfelder der Flugzeugführenden gerichtet sein können.

Während der Platzrunde auf einer Höhe von 275 m üNN ist der Blickwinkel auf die Pistenschwelle mit ca. -23° deutlich steiler, ohne dass deshalb Reflexionen in die Blickfelder der Piloten gerichtet werden können.

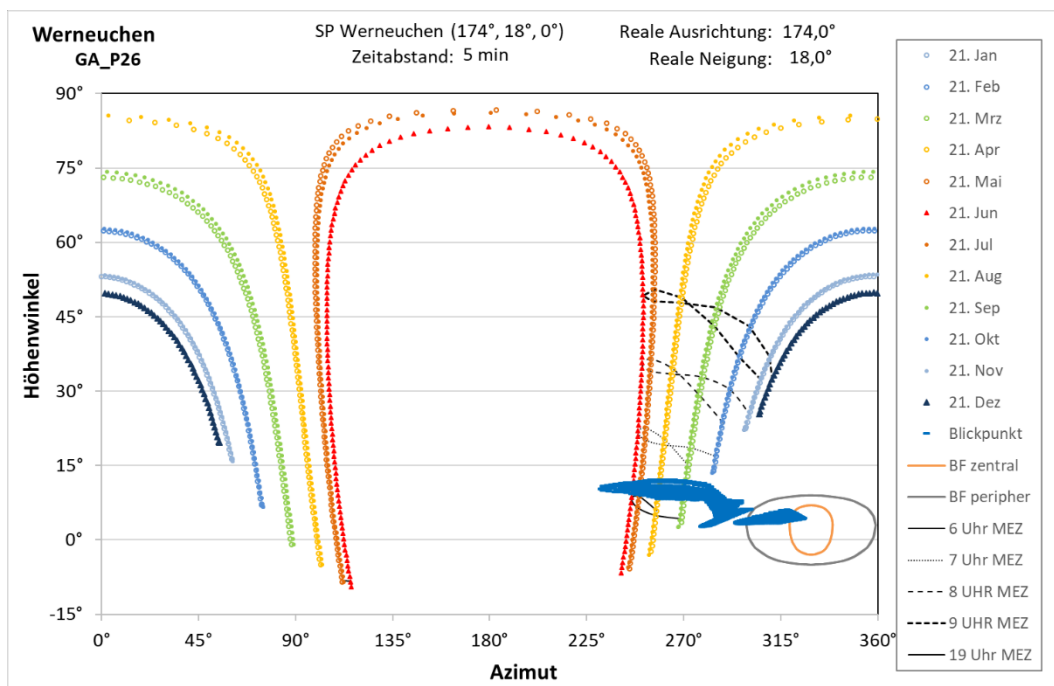


Abbildung 11: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt GA_P26

10.1.2 Blickpunkt Q_P26

Das Reflexionsdiagramm für den Queranflug des Landeanflugs am Blickpunkt Q_P26 (116 m üNN) in Abbildung 12 zeigt, dass die Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage im März und September in den Randbereich des peripheren Blickfelds der Flugzeugführenden gerichtet sein können. Das zentrale Blickfeld bleibt jederzeit frei von Reflexionen.

Während der Platzrunde auf einer Höhe von 275 m üNN ist der Blickwinkel auf die Pistenschwelle mit ca. -16° steiler, so dass in den Wintermonaten Reflexionen mit geringer Beleuchtungsstärke in den Randbereich des zentralen Blickfelds gerichtet werden können, während die untergehende Sonne auf einer Höhe von wenigen Grad über den reflektierenden PV-Tischen steht.

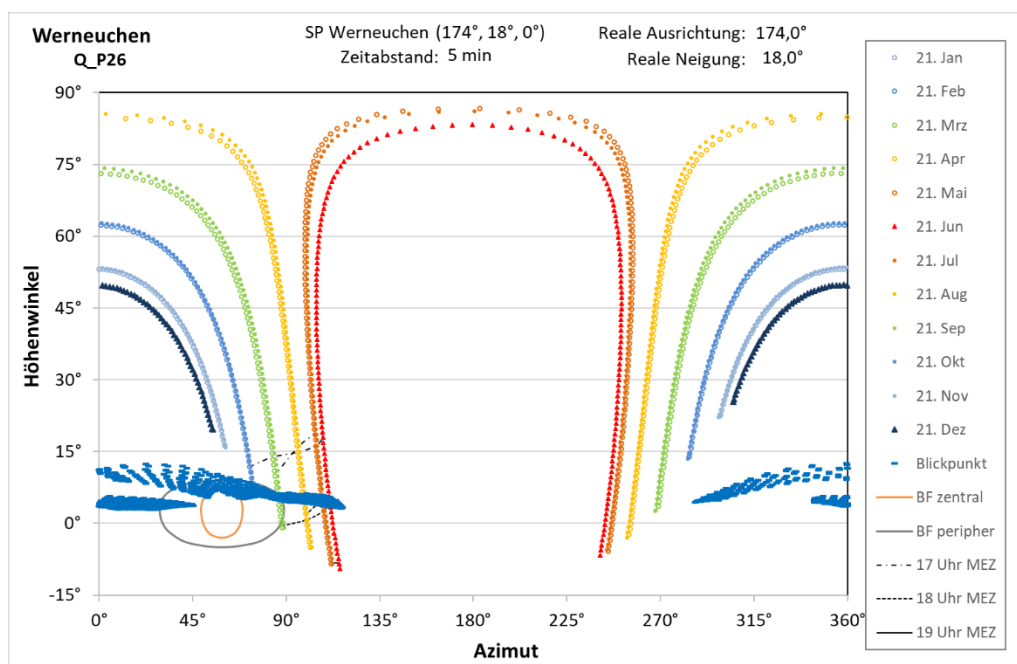


Abbildung 12: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Q_P26

10.1.3 Blickpunkt LK_P26

Das Reflexionsdiagramm für die Landekurve des Landeanflugs auf die Piste 26 am Blickpunkt LK_P26 (106 m üNNH) in Abbildung 13 zeigt, dass die Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage von Mitte Februar bis Mitte Mai und von Anfang August bis Ende Oktober zwischen 17 und 18 Uhr MEZ (18 und 19 Uhr Sommerzeit) in das periphere oder den Randbereich des zentralen Blickfelds gerichtet werden können. Die eingefügte Visualisierung der PV-Anlage und des untersuchten Blickpunkts zeigt die in das zentrale Blickfeld reflektierenden PV-Tische (grün markiert).

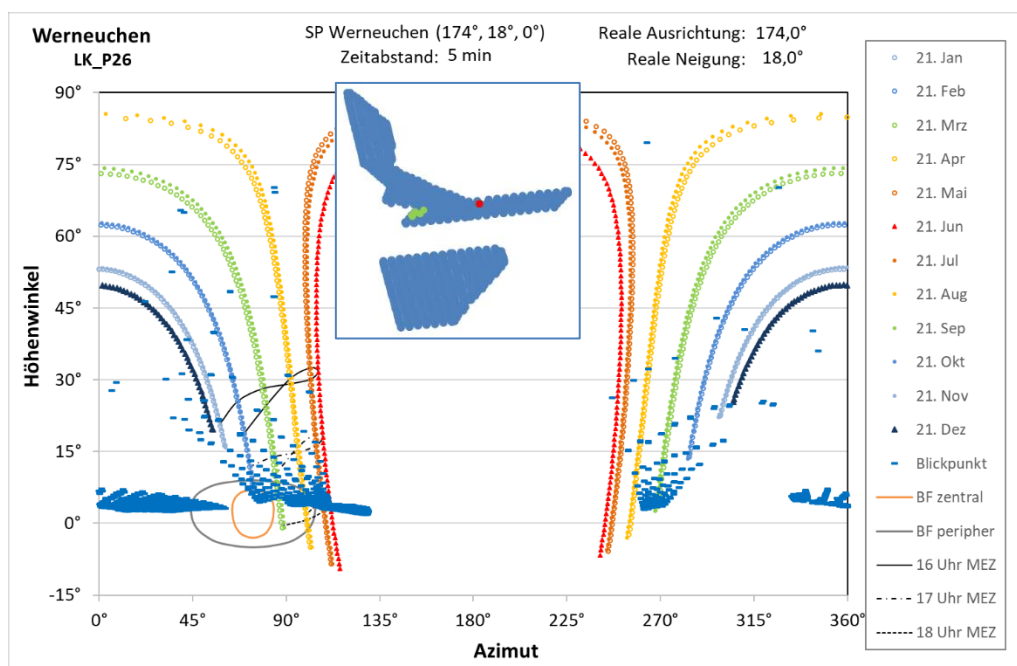


Abbildung 13: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt LK_P26 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können



Die Reflexionen, die in der Landekurve des Landeanflugs in das zentrale Blickfeld gerichtet sein können, erreichen eine maximale Beleuchtungsstärke von weniger als 300 lx, während die untergehende Sonne auf einer Höhe von weniger als 5° über den reflektierenden Flächen steht und das Helligkeitsgeschehen dominiert. Tabelle 2 fasst am Ende des Abschnitts zum Landeanflug auf Piste 26 die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse zusammen.

Während der Platzrunde auf einer Höhe von 275 m üNNH ist der Blickwinkel auf die Pistenschwelle mit ca. -18° steiler, so dass die Reflexionen in den Wintermonaten auch mitten in das zentrale Blickfeld der Piloten gerichtet werden können.

10.1.4 Blickpunkt P26_1

Das Reflexionsdiagramm für den Landeanflugkorridor am Blickpunkt P26_1 in Abbildung 14 zeigt, dass die Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage von Mitte Februar bis Mitte Mai und von Anfang August bis Ende Oktober zwischen 17 und 18 Uhr MEZ (18 und 19 Uhr Sommerzeit) in das periphere oder den Randbereich des zentralen Blickfelds gerichtet werden können. Die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse sind in Tabelle 2 dokumentiert.

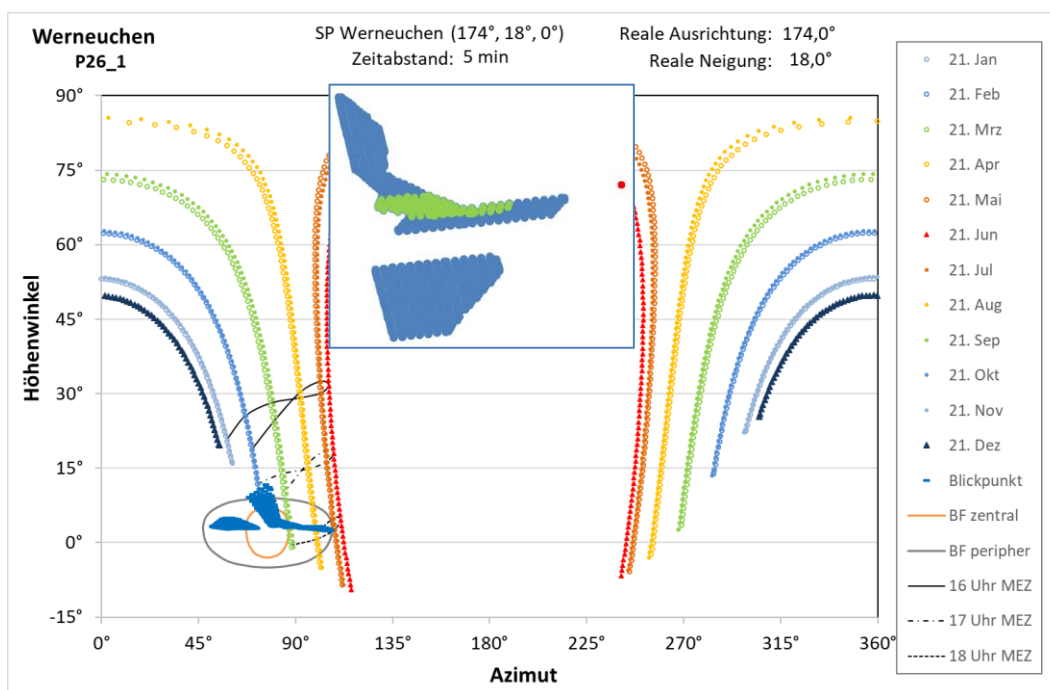


Abbildung 14: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P26_1 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

10.1.5 Blickpunkt P26_2

Das Reflexionsdiagramm für den Landanflugkorridor am Blickpunkt P26_2 in Abbildung 15 zeigt, dass die Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage am südlichen Rand des Anflugkorridors von Mitte Februar bis Mitte Mai und von Anfang August bis Ende Oktober zwischen 17:30 und 18:00 Uhr MEZ (18:30 und 19:00 Uhr Sommerzeit) in das periphere oder den Randbereich des zentralen Blickfelds gerichtet werden können. Die bewertungsrelevanten lichttechnischen Berechnungsergebnisse sind in Tabelle 2 dokumentiert.

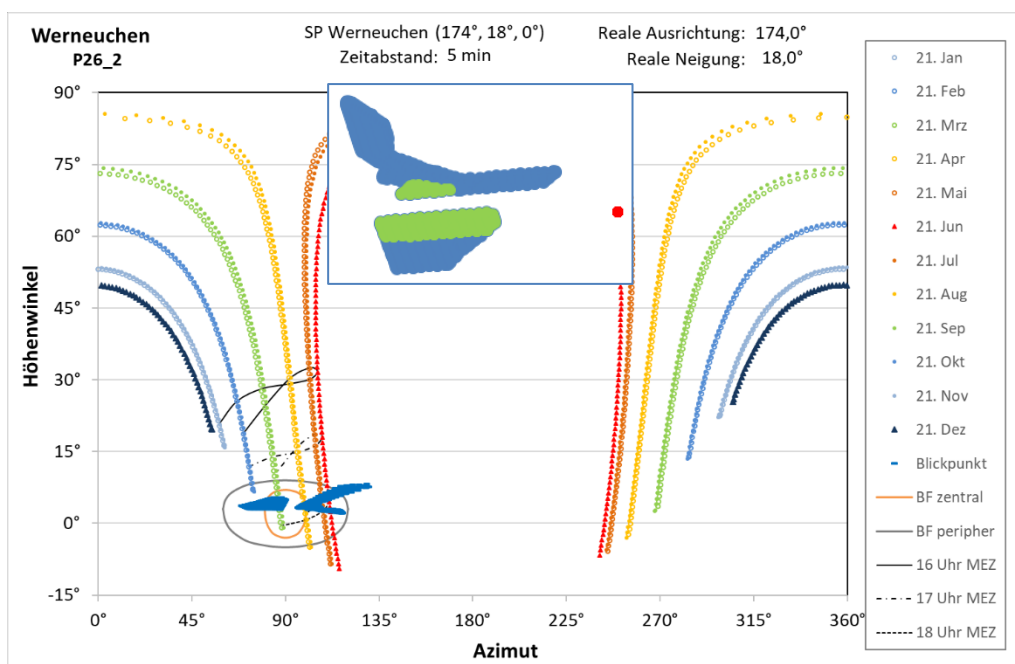


Abbildung 15: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P26_2 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

10.1.6 Blickpunkt P26_3

Die Reflexionsdiagramme für den Endanflug am Blickpunkt P26_3 in Abbildung 16 zeigt, dass die PV-Module der geplanten Anlage im Endanflug aus der Platzrunde nicht mehr im zentralen Blickfeld der Piloten liegen. Von Anfang Mai bis Mitte August können gegen 19 Uhr Sommerzeit Sonnenlichtreflexionen einiger PV-Tische in das periphere Blickfeld gerichtet sein, die auf Grund des großen Winkelabstands zur Blickachse keine relevanten Blendwirkungen hervorrufen können.

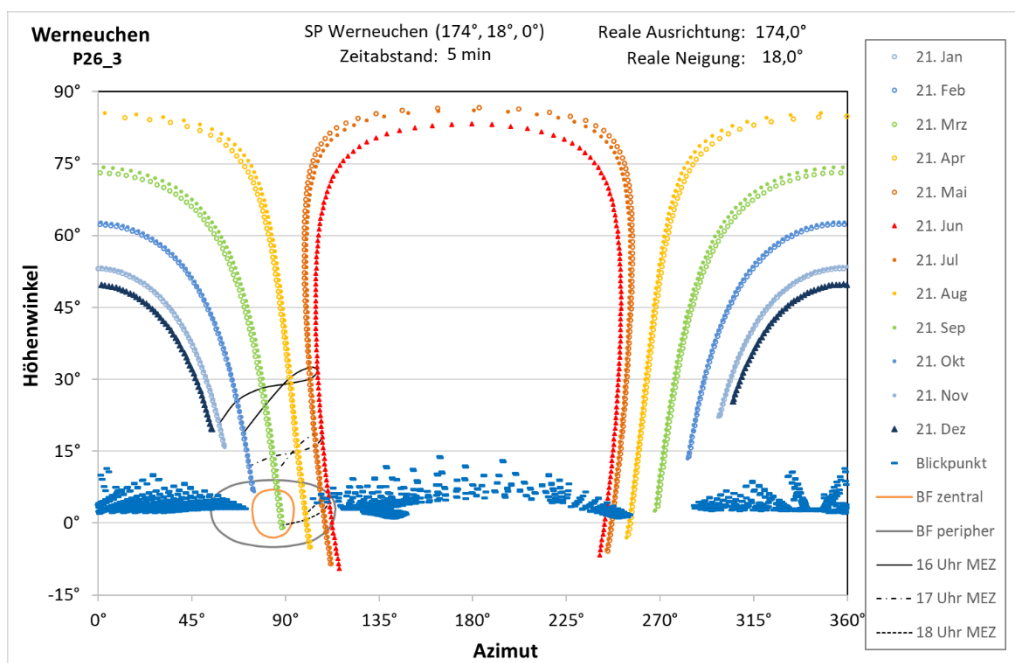


Abbildung 16: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P26_3



10.1.7 Bewertungsrelevante lichttechnische Berechnungsergebnisse

Tabelle 2 dokumentiert die lichttechnischen Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächsten und für die lichtstärksten Reflexionen in das zentrale Blickfeld der Flugzeugführenden beim untersuchten Landeanfluge auf die Piste 26.

Tabelle 2: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für den Landeanflug auf die Piste 26

Reflexion	Az-Diff. Reflexionen	Höhenwinkel	Bel.-stärke	Sonnenhöhe	Az-Diff. Sonne	Winkel zur Modulnormale
LK_P26_nah	5,9°	5,3°	6 lx	1,9°	3,6°	86°
LK_P26_hell	10°	5,9°	228 lx	4,7°	6,6°	84°
P26_1_nah	1,9°	5,8°	2 lx	1,7°	0,6°	86°
P26_1_hell	9,9°	3,8°	213 lx	4,8°	7,1°	85°
P26_2_nah	0,1°	4,9°	599 lx	7,5°	4°	83°
P26_2_hell	9,9°	3,7°	1.144 lx	12,3°	4,9°	82°

10.2 Landeanflug auf die Piste 08

10.2.1 Blickpunkt P08_1

Das Reflexionsdiagramm für den Landeanflug auf die Piste 08 am Blickpunkt P08_1 in Abbildung 17 zeigt, dass die Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage von April bis September gegen 6:30 Uhr Sommerzeit in das periphere Blickfeld der Piloten gerichtet werden können. Es besteht kein Risiko für relevante Blendwirkungen.

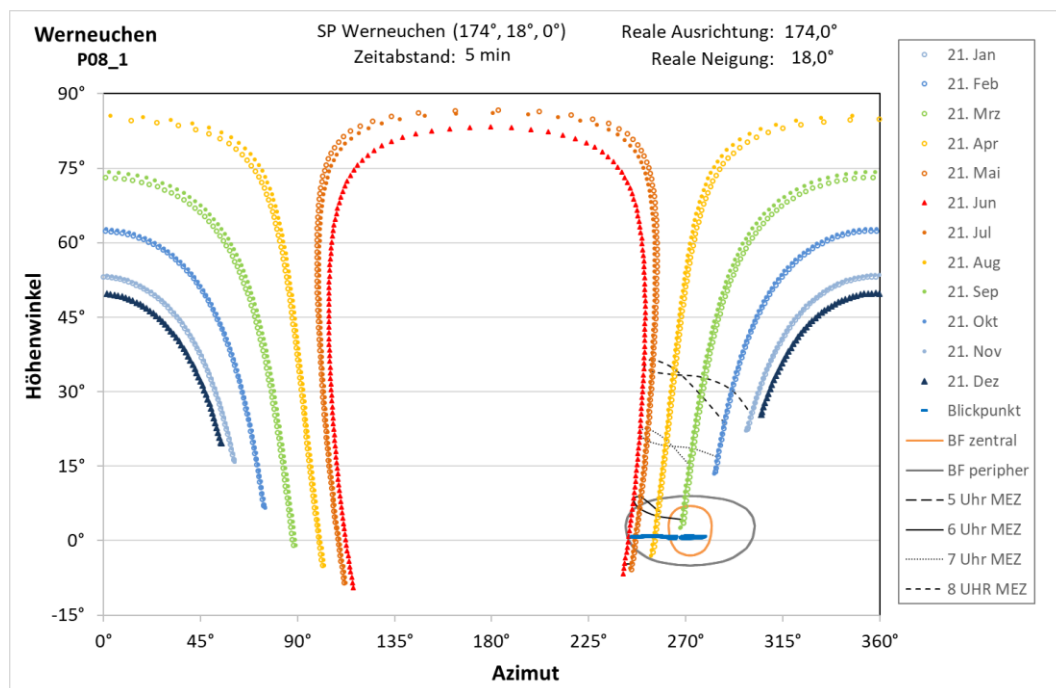


Abbildung 17: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P08_1



10.2.2 Blickpunkt P08_2

Das Reflexionsdiagramm für den südlichen Rand des Landanflugkorridor am Blickpunkt P08_2 in Abbildung 18 zeigt, dass von April bis Anfang September gegen 6:30 Uhr Sommerzeit Reflexionen der PV-Anlage in das zentrale Blickfeld der Flugzeugführenden gerichtet werden können. Auf Grund der großen Entfernung von mehr als 1.400 m zu den PV-Modulen beträgt die Winkelhöhe der Anlage im Blickfeld der Piloten weniger als 0,5°, so dass nicht mehr die gesamte Sonnenscheibe reflektiert werden kann und damit die reale Lichtbelastung geringer als die in Tabelle 3 dokumentierten Werten sein wird.

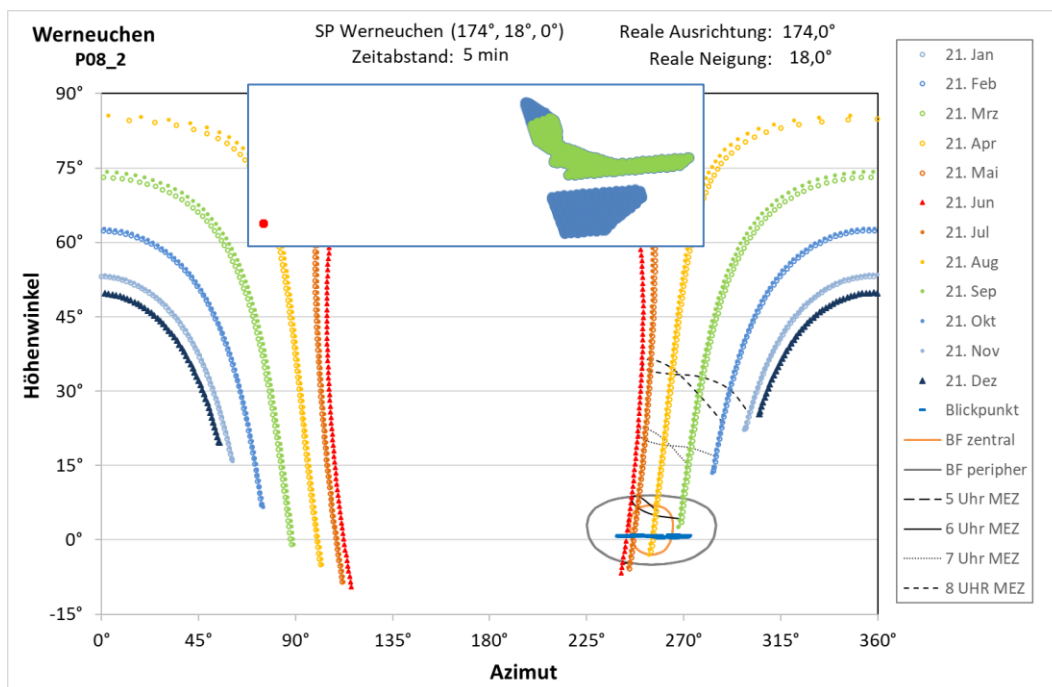


Abbildung 18: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt 08_2 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können

10.2.3 Blickpunkt P08_3

Das Reflexionsdiagramm für den Landanflug am Blickpunkt P08_3 in Abbildung 19 zeigt, dass von Mitte April bis Anfang September gegen 6:30 Uhr Sommerzeit Reflexionen des nördlichen Belegungsfelds der geplanten Anlage in das periphere oder den Rand des zentralen Blickfelds gerichtet werden können. Dabei steht die aufgehende Sonne unmittelbar über den reflektierenden Flächen. Die Berechnungsergebnisse sind in Tabelle 3 dokumentiert.

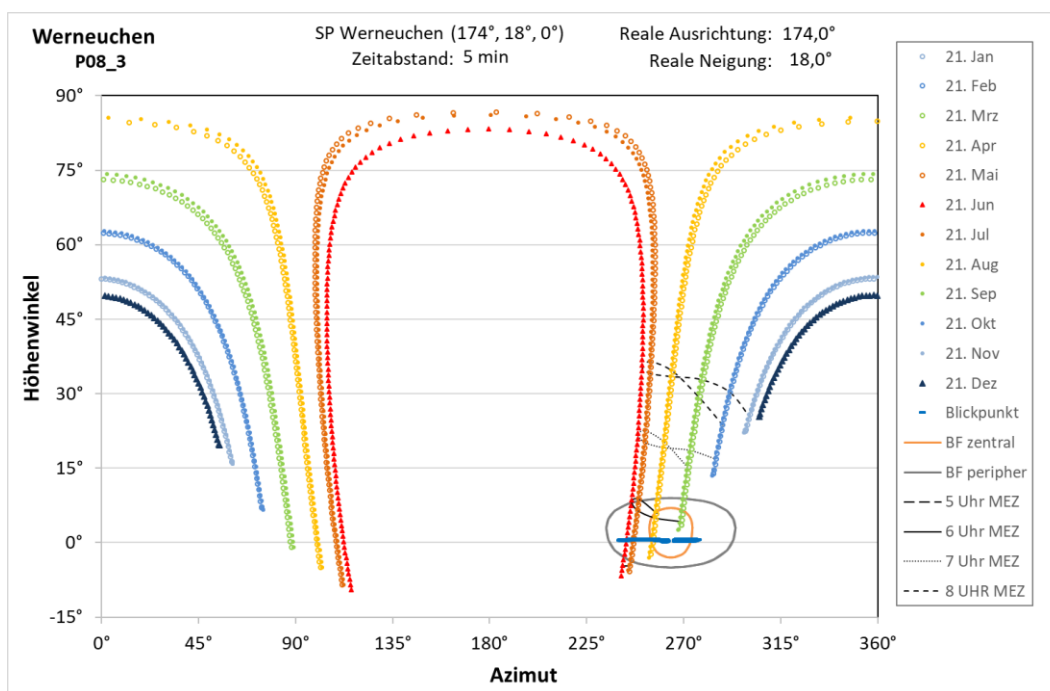


Abbildung 19: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P08_3

10.2.4 Blickpunkt P08_4

Das Reflexionsdiagramm für die Landung auf der Piste 08 nach dem Aufsetzen am Blickpunkt P08_4 in Abbildung 20 zeigt, dass weiterhin von April bis Anfang September gegen 6:30 Uhr Sommerzeit Reflexionen des nördlichen Belegungsfelds der PV-Anlage in das zentrale Blickfeld der Flugzeugführenden gerichtet werden können. Die Berechnungsergebnisse sind in Tabelle 3 dokumentiert.

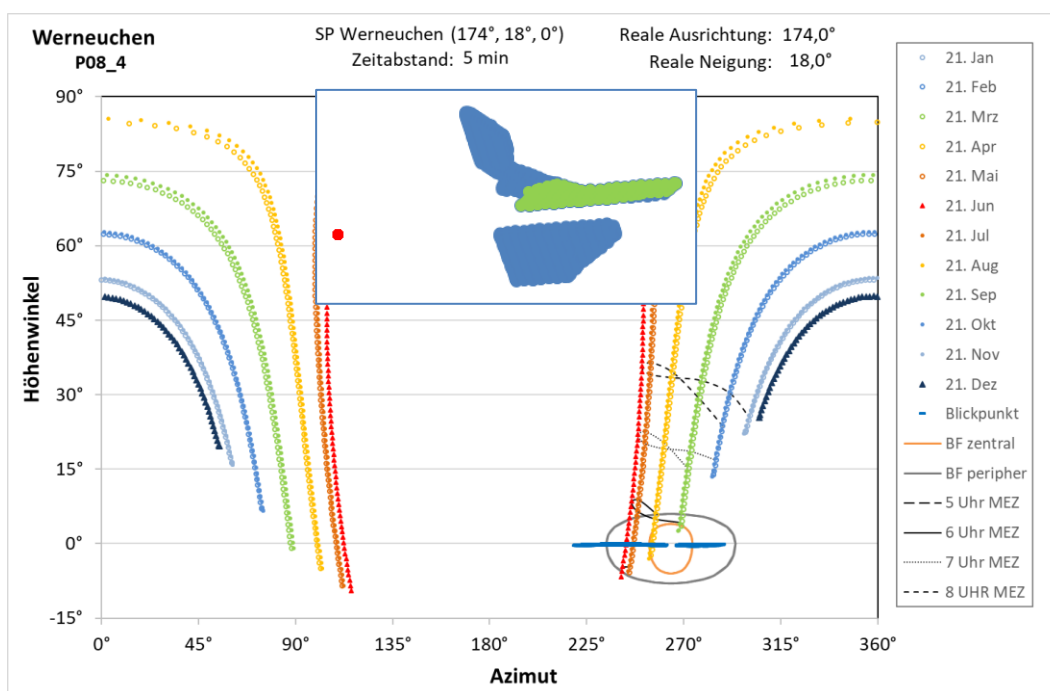


Abbildung 20: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P08_4 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können



10.2.5 Bewertungsrelevante lichttechnische Berechnungsergebnisse

Tabelle 3 dokumentiert die lichttechnischen Berechnungsergebnisse für die der Blickachse nächste und für die lichtstärksten Reflexionen in das zentrale Blickfeld der Flugzeugführenden beim untersuchten Landeanfluge auf die Piste 08.

Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für den Landeanflug auf die Piste 08

Reflexion	Az-Diff. Reflexionen	Höhenwinkel	Bel.-stärke	Sonnenhöhe	Az-Diff. Sonne	Winkel zur Modulnormale
P08_2_nah	0°	0,8°	291 lx	5,9°	2,1°	86°
P08_2_hell	10°	0,9°	1.032 lx	11,7°	6°	83°
P08_3_nah	2,1°	0,5°	1 lx	1,6°	1,4°	89°
P08_3_hell	9,8°	0,7°	337 lx	6,3°	7,5°	86°
P08_4_nah	3,1°	-0,3°	1 lx	1,6°	2,7°	89°
P08_4_hell	10°	-0,1°	246 lx	5,8°	8,2°	87°



11 Bewertung der Blendrisiken

11.1 Platzrunden

Beim Durchfliegen der nördlichen Platzrunde können in der Ostkurve beim Orientierungsblick auf die Landeschwelle 26 im Oktober und Februar gegen 17:00 Uhr Winterzeit Sonnenlichtreflexionen des nördlichen Belegungsfelds in das zentrale Blickfeld der Piloten gerichtet werden, ohne dass es beim Orientierungsblick auf die Landebahn zu einer Absolutblendung kommt. Dazu wäre eine Fixation des Blicks auf die reflektierende Fläche erforderlich, für den keine Notwendigkeit besteht. Die räumliche Orientierung bleibt ebenso wie die Luftraumüberwachung jederzeit möglich.

In der südlichen Platzkurve entsteht auf Grund der großen Entfernung zu den PV-Modulen keinerlei Blendrisiko. Die räumliche Orientierung bleibt ebenso wie die Luftraumüberwachung jederzeit möglich.

Beim Durchfliegen der Platzrunden besteht kein Risiko für die Sicherheit des Luftverkehrs.

11.2 Landeanflüge

Die Blendanalyse für den Landeanflug aus der nördlichen Platzrunde auf die Piste 26 ergibt, dass beim Orientierungsblick auf die Landeschwelle ab dem Durchfliegen der Landekurve im März und September gegen 17:30 Winterzeit (18:30 Sommerzeit) Sonnenlichtreflexionen in das zentrale Blickfeld der Piloten gerichtet sein können. Die Fixation der Landeschwelle bleibt auch im Endanflug jederzeit möglich, ohne dass auf Grund des Winkelabstands (Höhen- und Azimutwinkel) zwischen den reflektierenden Flächen und der Landeschwelle ein Risiko für eine Absolutblendung entsteht. Zudem steht die untergehende Sonne zu diesen Zeitpunkten in gleicher Richtung der reflektierenden Flächen auf einer geringen Höhe von weniger als 7° und dominiert das Helligkeitsgeschehen. Der Orientierungsblick auf die Landeschwelle wird durch die Sonnenposition erschwert, die ein sehr hohes Aufmerksamkeitsniveau der Piloten erfordert. Die räumliche Orientierung bleibt dennoch jederzeit möglich.

Beim Landeanflug auf die Piste 26 über den östlichen Landekorridor (Blickpunkte P26_1 und P26_2) können am südliche Rand des Korridors Sonnenlichtreflexionen der nordöstlichen PV-Tische des südlichen Belegungsfeld der Anlage aus Azimutrichtung der Landeschwelle in das zentrale Blickfeld der Piloten gerichtet sein, die aber auf Grund der Höhenwinkeldifferenz bei einer Fixation der Landeschwelle nicht in die fovealen Bereiche der Piloten Augen gerichtet sind, so dass kein Risiko für eine Absolutblendung entsteht. Zudem steht die untergehende Sonne zu diesen Zeitpunkten auf einer geringen Höhe von weniger als 8° und dominiert das Helligkeitsgeschehen. Auf Grund der relativ geringen Beleuchtungsstärken der Reflexionen in das zentrale Blickfeld von weniger als 1.200 lx besteht an den vollständig tageslichtadaptierten Augen der Piloten kein Risiko einer Relativblendung. Die räumliche Orientierung bleibt jederzeit möglich.

Die Blendanalyse für den Endanflug aus der nördlichen Platzrunde auf die Piste 08, bei dem die PV-Anlage nach dem Durchfliegen der Landekurve in das zentrale Blickfeld der Piloten gerät, ergibt, dass von Mitte April bis Anfang September gegen 6:30 Uhr Sommerzeit Reflexionen des nördlichen Belegungsfelds der geplanten Anlage in das periphere oder den Rand des zentralen Blickfelds gerichtet werden können. Dabei steht die aufgehende Sonne auf einer geringen Höhe von weniger als 6,5° über der Landebahn und dominiert das Helligkeitsgeschehen. Der Orientierungsblick auf die Landeschwelle wird durch die Sonnenposition erschwert, die ein sehr hohes Aufmerksamkeitsniveau der Piloten erfordert. Die räumliche Orientierung bleibt dennoch jederzeit möglich.

Beim Landeanflug auf die Piste 08 über den westlichen Landekorridor (Blickpunkte P08_1 und P08_2) können am südliche Rand des Korridors Sonnenlichtreflexionen der PV-Tische des nördlichen Belegungsfelds der



Anlage aus Azimutrichtung der Landeschwelle in das zentrale Blickfeld der Piloten gerichtet sein, die aber auf Grund der Höhenwinkeldifferenz bei einer Fixation der mehr als 900 m von den reflektierenden Flächen entfernten Landeschwelle nicht in die fovealen Bereiche der Piloten Augen gerichtet sind, so dass kein Risiko für eine Absolutblendung entsteht. Zudem steht die untergehende Sonne zu diesen Zeitpunkten auf einer geringen Höhe und dominiert das Helligkeitsgeschehen. Auf Grund der relativ geringen Beleuchtungsstärken der Reflexionen in das zentrale Blickfeld von weniger als 1.100 lx besteht an den vollständig tageslichtadaptierten Augen der Piloten kein Risiko einer Relativblendung. Die räumliche Orientierung bleibt jederzeit möglich.

Nach dem Aufsetzen auf die Piste P08 bewegt sich das Flugzeug auf die geplante PV-Anlage zu (Blickpunkt P08_4). Dabei können von April bis Anfang September gegen 6:30 Uhr Sommerzeit Reflexionen des nördlichen Belegungsfelds der PV-Anlage in das zentrale Blickfeld der Flugzeugführenden gerichtet werden, während die Sonne auf einer geringen Höhe von weniger als 6° zwischen den reflektierenden Flächen und der Piste steht und damit das Helligkeitsgeschehen dominiert. Es entstehen keine zusätzlichen Blendrisiken durch die Sonnenlichtreflexionen der PV-Anlage.

Es wird festgestellt, dass durch die Errichtung der geplanten PV-Anlage keine Risiken für die Sicherheit des Luftverkehrs entstehen.

Anmerkungen:

- ▶ Während der Sommerzeit liegen die Zeitpunkte, zu denen Reflexionen in die Blickfelder der Piloten gerichtet sein können, außerhalb der Betriebszeiten (8:00 bis 18:00) des Flugplatzes.



12 Verwendete Materialien

12.1 Dokumente vom Auftraggeber

- ▶ Modulbelegungsplan als Datei 20250702_Belegungsplan_Werneuchen.dwg
- ▶ Unterlagen zur Bauleitplanung (Planzeichnung, Begründung und Ausgrenzung, Stand Juni 2023)
- ▶ Sichtflugkarte EDBW Werneuchen 1
- ▶ Flugplatzkarte EDBW Werneuchen 2
- ▶ Platzrundenkarte als Datei Platzrundenkarte-Wern-25000.pdf

12.2 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 RAS 06, FGSV 2006
- ▶ DIN 5034-2:2021-08 Tageslicht in Innenräumen – Teil 2: Grundlagen
- ▶ 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-Hinweise); 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
- ▶ Empfehlungen der Strahlenschutzkommission: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren, Februar 2006
- ▶ Eicker, U.: Solare Technologien für Gebäude; 1. Aufl. B. G. Teubner GmbH Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, 2001
- ▶ Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) Technical Reference Manual, Clifford K. Ho, Cieran A. Sims, Julius Yellowhair, and Evan Bush, Sandia National Laboratories, (505) 844-2384, ckho@sandia.gov, SAND2014-18360 O, March 2015
- ▶ Reidenbach H.-D., Dollinger K., Ott G., Janßen M., Brose M. (2008): Blendung durch optische Strahlungsquellen. Bericht der BAUA, Forschung Projekt 2185
- ▶ Borislav Hristov 2009: Untersuchung des Blickverhaltens von Autofahrern. Dissertation an der TU Dresden
- ▶ Ralph Schulz 2012: Blickverhalten und Orientierung von Kraftfahrern auf Landstraßen. Dissertation an der TU Dresden
- ▶ Natasja van der Leden et al. 2015: Verhinderung von Sonnenreflexionen in Lärmschutzwällen – ein Laborexperiment. Tagungsband 18. Gemeinschaftstagung Licht 2008, 10. - 13. Sep 2008, Ilmenau, pp 582-589



13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der geplanten PV-Anlage „Solarpark Werneuchen-Flugplatz“ (PV-Modultischreihen blau eingezeichnet)	4
Abbildung 2: Beispielhaftes Reflexionsdiagramm (oben) und Ausschnitt mit Einzeichnung der Azimutgrenzen, in die bodennahe blendwirksame Reflexionen gerichtet werden können (unten) ...	10
Abbildung 3: Reflexionsgrade von Moduloberflächen nach Sandia 2015.....	11
Abbildung 4: Beispielhafte Reflexionsdiagramme mit Sichtbeziehung zu Fahrzeugführenden	12
Abbildung 5: Belegungsplan der PV-Anlage (Modultischreihen in blau).....	13
Abbildung 6: Auszug aus der Sichtflugkarte ELEV 265 Werneuchen EDBW der DFS vom 03.04.2025	15
Abbildung 7: Platzrunden (dunkelblau eingezeichnet) und Anflugkorridore (weiß) für den Sonderlandeplatz Werneuchen	16
Abbildung 8: Reflexionsdiagramm der geplanten PV-Anlage.....	17
Abbildung 9: Blickpunkte (cyanfarbene Kreise) für die detaillierte Blendanalyse.....	18
Abbildung 10: Reflexions- und Blickpunkte in der x-y-Ebene mit Angabe der Augenpunkthöhen und Blickrichtung	18
Abbildung 11: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt GA_P26	19
Abbildung 12: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt Q_P26	20
Abbildung 13: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt LK_P26 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können	20
Abbildung 14: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P26_1 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können	21
Abbildung 15: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P26_2 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können	22
Abbildung 16: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P26_3	22
Abbildung 17: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P08_1.....	23
Abbildung 18: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt 08_2 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können	24
Abbildung 19: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P08_3	25
Abbildung 20: Reflexionsdiagramm für den Blickpunkt P08_4 mit Visualisierung der PV-Tische (grün markiert), die in das zentrale Blickfeld reflektieren können	25



14 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angaben zur PV-Anlage	14
Tabelle 2: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für den Landeanflug auf die Piste 26	23
Tabelle 3: Bewertungsrelevante Ergebnisse der lichttechnischen Berechnungen für den Landeanflug auf die Piste 08	26