

Solarpraxis Engineering GmbH · Alboinstraße 36-42 · 12103 Berlin, Germany

## ► **Heusweiler**

# *Analyse der Reflexionswirkung einer Photovoltaikanlage*

**Auftraggeber:**

Sunera GmbH  
Herr Tobias Räsch  
Schlachthofstraße 11  
66280 Sulzbach

**erstellt von:**

Wolfgang Rosenthal  
und Tankred Schönfisch (Datenaufnahme und Zuarbeit bei Detailprüfungen)  
Solarpraxis Engineering GmbH  
Alboinstraße 36-42  
12103 Berlin Germany  
Tel. 030/ 726 296-396  
Fax. 030/ 726 296-360  
E-Mail: Wolfgang.Rosenthal@solarpraxis.com  
Internet: www.solarpraxis.com



Datum: 11.06.2021

Projektnummer: P20467/v.3



## Inhalt

1	Zweck und Gegenstand des Gutachtens .....	5
2	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	6
3	Einleitung .....	7
3.1	Gesetzliche Grundlagen .....	7
3.1.1	Nutzung erneuerbarer Energien als ein explizites Ziel von Baurecht und Raumordnung .....	7
3.1.2	Immissionsschutz .....	8
3.2	Blendung .....	9
3.2.1	Blendung im Wohnbereich .....	9
3.2.2	Blendung im Verkehr .....	10
3.3	Entstehung von Reflexionen bei Photovoltaikanlagen .....	13
3.4	Verwendete Azimut-Winkelangaben .....	14
4	Situation vor Ort .....	15
4.1	Die Photovoltaikanlage .....	15
4.2	Nachbarhäuser an der Mehlenbachstraße .....	17
4.2.1	Mehlenbachstraße 3 .....	18
4.2.2	Mehlenbachstraße 7a .....	19
4.2.3	Mehlenbachstraße 11 .....	20
4.2.4	Mehlenbachstraße 17 .....	21
4.3	Die Autobahn A 8 .....	21
5	Berechnungen .....	22
5.1	Generelle Methodik der Berechnung .....	22
5.1.1	Geometrische Aspekte .....	22
5.1.2	Lichttechnische Aspekte .....	24
5.2	Berücksichtigung der unterschiedlichen Ausrichtungen .....	24
5.2.1	Cluster Ostausrichtung .....	25
5.2.2	Cluster 0° - 1° .....	26



5.2.3	Cluster 1° - 2,9° .....	27
5.2.4	Cluster 3° - 5° .....	28
5.2.5	Cluster 5° - 7° .....	29
5.2.6	Cluster 7° - 7,6° .....	30
5.2.7	Cluster „stark westlich“ .....	31
5.3	Autobahn A 8 aus westlicher Richtung .....	32
5.3.1	Reflexionen der südlichen Teilfelder E und F .....	33
5.3.2	Reflexionen der nördlichen Teilfelder A bis D und G im Überblick.....	35
5.3.3	Betroffenheit des besonders kritischen Bereichs .....	36
5.3.4	Einzeldarstellung Punkt 9.....	36
5.3.5	Einzeldarstellung Punkt 10.....	36
5.3.6	Einzeldarstellung Punkt 11 .....	36
5.3.7	Einzeldarstellung Punkt 12.....	36
5.4	Autobahn A 8 aus östlicher Richtung .....	36
5.4.1	Reflexionen der südlichen Teilfelder E und F .....	37
5.4.2	Reflexionen der nördlichen Teilfelder A bis D und G im Überblick.....	37
5.4.3	Punkt 5.....	38
5.4.4	Punkt 6.....	39
5.4.5	Punkt 7.....	39
5.4.6	Punkt 8.....	39
5.4.7	Punkt 9.....	40
5.4.8	Punkt 10.....	40
5.4.9	Punkt 11.....	41
5.4.10	Punkt 12.....	41
5.5	Häuser.....	41
5.5.1	Mehlenbachstr. 3 .....	41
5.5.2	Mehlenbachstr. 7a .....	42
5.5.3	Mehlenbachstr. 11 .....	44
5.5.4	Mehlenbachstr. 17.....	48
6	Bewertung der Ergebnisse .....	50

6.1	Verkehr auf der Autobahn A 8 .....	50
6.1.1	Generelle Vorbemerkungen für beide Verkehrsrichtungen.....	50
6.1.2	Verkehr aus westlicher Richtung.....	50
6.1.3	Verkehr aus östlicher Richtung.....	51
6.2	Wohnhäuser an der Mehlenbachstraße.....	53
7	Verwendete Materialien.....	54
7.1	Dokumente vom Auftraggeber.....	54
7.2	Literatur.....	54
8	Abbildungsverzeichnis.....	55
9	Tabellenverzeichnis .....	59





## 1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens

Es soll überprüft werden, ob von den Modulen der geplanten Photovoltaikanlage Heusweiler auch nach Einplanung einer Sichtschutzverblendung von 2 m Höhe am südlichen Zaun der nördlichen Teilanlage in der Gemarkung Kirschhof noch Sonnenlicht auf die Autobahn A 8, ihre Zubringer von und zu der Landesstraße L 268 oder Häuser an der Mehlenbachstraße reflektiert werden kann und ob dadurch gegebenenfalls störende Blendwirkungen auftreten können. Die Lage der Anlage, der Autobahn mit Zu- und Abfahrten und der Häuser ist in Abbildung 1 zu erkennen.

Anschließend sind ggf. Maßnahmen zur Verhinderung eventuell auftretender Blendung zu erarbeiten.

Die Analyse erfolgt auf Basis der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten, Fotos und Pläne, ergänzt durch Angaben aus Google Earth Pro.



Abbildung 1: Lage der Modulreihen (blau), der Autobahn A 8, der Landesstraße L 268 sowie der Häuser an der Mehlenbachstraße im Südosten



## 2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es wird festgestellt, dass durch die geplante Anlage weder Wohnhäuser an der Mehlenbachstraße von unzumutbaren Lichtimmissionen betroffen sein können noch Verkehrsteilnehmer auf der Autobahn A 8 Blendrisiken ausgesetzt werden, vorausgesetzt, dass an der südlichen Grenze der nördlichen Teilanlage in der Gemarkung Kirschhof von der Nordwestecke der nördlich gelegenen Anlagenfelder bis zur Südwestecke des östlichsten Teilfeldes bis zu einer Höhe von 2 m ein Blendschutz in die bestehende Zaunanlage integriert wird. Seine Lage ist explizit dargestellt in Abbildung 37 auf Seite 33.



## 3 Einleitung

Der vorliegende Bericht enthält vertrauliche Informationen. Der Bericht dient nur zur Vorlage bei den finanzierenden Banken, beim Anlagenerrichter bzw. dessen Rechtsnachfolger, beim Auftraggeber sowie zur Klärung genehmigungsrechtlicher Fragen bei den entsprechenden Behörden. Darunter fällt auch die Weitergabe des Berichts als Bestandteil des Bebauungsplanes (B-Plan) durch die Gemeinde an berechnigte Interessenten nach dem Informationsfreiheitsgesetz. Eine Weitergabe an sonstige Dritte oder eine Veröffentlichung des Berichtes unabhängig vom B-Plan als Ganzes oder in Teilen ist nur in Absprache mit der Solarpraxis Engineering GmbH zulässig.

### 3.1 Gesetzliche Grundlagen

#### 3.1.1 Nutzung erneuerbarer Energien als ein explizites Ziel von Baurecht und Raumordnung

Schon vor der Havarie in Fukushima enthielten die Grundsätze der Raumordnung in §2 Abs. 1 Raumordnungsgesetz (ROG) unter Nr. 1 die Sicherung der nachhaltigen Daseinsvorsorge und der Entwicklungspotenziale sowie den Ressourcenschutz, und unter Nr. 3 die Versorgung mit Infrastrukturen der Daseinsvorsorge. Unter Nr. 6 wird explizit genannt: "Den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes ist Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen. Dabei sind die räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien, für eine sparsame Energienutzung sowie für den Erhalt und die Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe und für die Einlagerung dieser Stoffe zu schaffen."

In §1 Abs. 6 Nr. 7 Buchstabe f BauGB<sup>1</sup> ist die Nutzung erneuerbarer Energien ebenfalls explizit aufgeführt als ein öffentlicher Belang, der besonders zu berücksichtigen ist.

Nach den dramatischen Ereignissen in Japan im März 2011 und dem von weiten Teilen der Bevölkerung mitgetragenen Entschluss der Regierung, aus der nuklearen Stromerzeugung baldmöglichst auszusteigen und umgehend die Weichen für eine nachhaltigere Energie- und damit auch Stromversorgung zu stellen, basierend auf unbefristet verfügbaren erneuerbaren Energiequellen, wurde das Gesetz zur Stärkung der klimagerechten Entwicklung in den Städten und Gemeinden (BGBl. I S. 1509) erlassen, das Städten und Gemeinden eine stärkere Rolle in der klimagerechten Bodennutzung zuschreibt. Zu diesem Zweck wurden durch dieses Gesetz Festsetzungsmöglichkeiten zum Einsatz und zur Nutzung erneuerbarer Energien ins Baugesetz eingefügt und die Nutzung insbesondere auch von Photovoltaikanlagen an oder auf Gebäuden erleichtert.

U.a. wurden

---

<sup>1</sup> Baugesetzbuch



- ▶ in §5 Abs. 2 Nr. 2 BauGB die Ausstattung des Gemeindegebietes mit Anlagen zur dezentralen Stromerzeugung in die möglichen Inhalte eines Flächennutzungsplans explizit aufgenommen,
- ▶ in §9 Abs. 1 Nrn. 12 und 23 Festsetzungsmöglichkeiten im Bebauungsplan aufgenommen für Flächen und Gebiete, die der dezentralen Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien dienen sollen,
- ▶ in §35 Abs. 1 als Nr. 8 eine Privilegierung von gebäudeintegrierten Solaranlagen im Außenbereich aufgenommen.

In der Gesetzesbegründung wird als Ziel genannt, den Handlungsspielraum der Gemeinden zu erweitern. Als beabsichtigte Gesetzesfolge wird unter dem Punkt 5. Nachhaltigkeit ausgeführt: "Das Gesetz weitet den Planungsspielraum der Gemeinden zur Stärkung der klimagerechten Stadtentwicklung aus. Es fördert die Nutzung erneuerbarer Energien, spart Rohstoffe und Ressourcen und unterstützt die schnellere Erreichung der Klimaschutzziele Deutschlands. Erneuerbare Energien reduzieren den Verbrauch fossiler Brennstoffe und tragen damit zur Verbesserung der Luftqualität bei. Die Nutzung erneuerbarer Energien und die damit verbundene Schonung von Rohstoffen, die damit künftigen Generationen erhalten bleiben, tragen dazu bei, dass diese Generation ihre Aufgaben selbst löst und sie nicht kommenden Generationen aufbürdet."

War also schon vor dieser Gesetzesänderung die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energie als politische Zielsetzung in einer Abwägung gem. §1 Abs. 7 BauGB zu berücksichtigen, so ist nunmehr die politische Verantwortung der Städte und Gemeinden zur Forcierung dieser Politik hervorgehoben.

### 3.1.2 Immissionsschutz

Bei der Bauleitplanung sind im Rahmen der gem. §1 Abs. 7 BauGB zwingend vorgeschriebenen Abwägung von öffentlichen und privaten Belangen auch Lichtreflexionen als Immissionen zu betrachten und zu bewerten.

§3 Abs. 1 BImSchG<sup>2</sup> definiert: Schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne dieses Gesetzes sind Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

§3 Abs. 2 BImSchG erklärt weiterhin: Immissionen im Sinne dieses Gesetzes sind auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.

Anlagen im Sinne des §3 Abs. 5 Nr. 1 BImSchG, zu denen auch Photovoltaikanlagen gehören, sind nach §5 Abs. 1 Nr. 1 und 2 (im Falle genehmigungsbedürftiger Anlagen) bzw. nach §22 Abs. 1 Nr. 1 (im Falle nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen) so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind.

---

<sup>2</sup> Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)



In diesem Sinn ist von Photovoltaikanlagen reflektiertes Sonnenlicht eine Immission, die belästigend wirken kann. Es gibt aber keine gesetzlichen Vorschriften zur Bestimmung der immissionsschutzrechtlichen Erheblichkeitsgrenzen.

## 3.2 Blendung

Blendung ist in der DIN EN 12665 als "unangenehmer Sehzustand durch ungünstige Leuchtdichte-Verteilung oder zu hohe Kontraste" definiert. Die Leuchtdichte ist als Lichtstärke pro Fläche definiert ( $\text{cd/m}^2$ ) und stellt ein fotometrisches Maß für die von Menschen empfundene Helligkeit dar. Zu große Leuchtdichteunterschiede oder ungünstige Leuchtdichte-Verteilungen im Gesichtsfeld können zu einem unangenehmen Gefühl (psychologische Blendung) oder einer tatsächlich messbaren Herabsetzung der Sehleistung (physiologische Blendung) führen. Ab einer Leuchtdichte von  $10^4$  bis  $1,6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$  wird die Adaptationsfähigkeit des menschlichen Auges überschritten. Dieser Zustand wird als Absolutblendung bezeichnet.<sup>3</sup> Normalerweise treten Abwehrreaktionen wie Blinzeln und Blickabwendung auf, ohne die eine thermische Schädigung der Netzhaut eintreten kann.

Abbildung 2 zeigt zwei Beispiele für Blendsituationen. Auf der Sichtachse zur Blendquelle werden Gegenstände unerkennbar.<sup>4</sup>



Abbildung 2: Gegenstände auf der Sichtachse zur Blendquelle sind nicht mehr wahrnehmbar

### 3.2.1 Blendung im Wohnbereich

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) hat bereits vor über 10 Jahren damit begonnen, in Ermangelung von zeitlichen Grenzwerten für Sonnenlichtreflexionen von Photovoltaikanlagen, Grenzwerte aus einem anderen Regelungsbereich, der sogenannten Schattenwurf-Richtlinie für Windenergieanlagen (WEA), zu übernehmen und die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für

---

<sup>3</sup> Wittlich 2010

<sup>4</sup> Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Wahrnehmung des menschlichen Auges nicht direkt mit einer Fotografie vergleichbar ist. Die hier gezeigten Aufnahmen dienen ausschließlich der Verdeutlichung des Sachverhaltes.



Immissionsschutz (LAI) empfahl seit 2012<sup>5</sup> bundesweit, diese zeitlichen Grenzwerte als ersten Anhaltspunkt für die Zumutbarkeit im Wohn- und Arbeitsbereich zu nutzen. Danach liegt ein Hinweis auf Unzumutbarkeit vor, wenn ein Wohn- oder Arbeitsbereich länger als 30 Minuten am Tag oder kumuliert mehr als 30 Stunden im Jahr von Lichtimmissionen einer PVA getroffen werden kann. Zur Berechnung wird dabei ein vereinfachtes Verfahren vorgegeben, bei dem nur solche Sonnenlicht-Reflexionen als Immissionen zählen, die einen Abstandswinkel von mehr als 10° zur Sonne haben, und bei dem die Sonne punktförmig angenommen wird. Aufgrund der realen Größe der Sonnenscheibe mit einem Durchmesser von 0,56° können real auftretende Reflexionen etwas länger andauern, als die schematische Berechnung ergibt.

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 45 Minuten werden keinesfalls grundsätzlich als unzumutbar angesehen (LG Frankfurt / Main 2/12 O 322/06; OLG Stuttgart 3 U 46/13).<sup>6</sup>

### 3.2.2 Blendung im Verkehr

Im Rahmen der Verkehrssicherheit kommt es vor allem auf die physiologische Blendung an, die die Sehleistung herabzusetzen vermag. Dagegen spielt die psychologische Blendung in diesem Zusammenhang kaum eine Rolle. Ein nur kurz auftretendes subjektives Unbehagen aufgrund von kurzzeitiger Blendung im Vorbeifahren führt noch nicht zu einer Beeinträchtigung der Fahrleistung.

Für die physiologische Blendung bewegter Beobachter, die in der Regel nicht direkt in die Blendquelle hineinsehen, spielt deren Leuchtdichte nur im Zusammenhang mit ihrer Größe im Blickfeld eine Rolle. Wesentlich ist die Beleuchtungsstärke (Einheit: lx), die im Auge durch Brechung und Streuung an den Augenmedien eine Schleierleuchtdichte hervorruft und dadurch die Kontrasterkennung vermindert. Entscheidend für die Gefährdungsbeurteilung ist letztlich die Beleuchtungsstärke am Auge von Verkehrsteilnehmern, die sich aus dem Produkt von Leuchtdichte und Blendquellengröße im Blickfeld und dem Winkel zwischen Blickrichtung und Blendquelle ergibt, in Relation zur Beleuchtungsstärke am Auge durch direktes, gestreutes und diffus von der Umgebung reflektiertes Sonnenlicht. Darüber hinaus ist die jeweils mögliche Einwirkzeit zu berücksichtigen.

Für die Bewertung der möglichen Blendung durch Reflexionen auf Verkehrsteilnehmer sind demgemäß das Blickfeld und die räumliche Lage der Blendquelle darin wesentlich. Beim Menschen unterscheidet man folgende Arten von Blickfeldern:

- das **monokulare Blickfeld**, das sich aus der Exkursionsfähigkeit (maximale Beweglichkeit) des jeweils rechten und linken Auges ergibt

---

<sup>5</sup> LAI 2012

<sup>6</sup> Fischbach u. a. 2014



- ▶ das **binokulare Blickfeld**, der Bereich, in dem beide Augen gemeinsam mit maximaler Sehschärfe (foveolar) fixieren können
- ▶ das **Fusionsblickfeld**, in dem binokulares Einfachsehen möglich ist
- ▶ das **Umblickfeld**, das die Summe der Wahrnehmungen ergibt, die bei unveränderter Standposition mit allen Blickbewegungen und maximalen Kopf- und Körperdrehungen erzielt werden können
- ▶ das **Gebrauchsblickfeld** als Bereich innerhalb des binokularen Blickfeldes, innerhalb dessen Objekte ohne zusätzliche, unterstützende Kopfbewegungen fixiert werden können; in der Literatur wird dieser Bereich mit  $+25^{\circ}/-40^{\circ}$  vertikal und  $30^{\circ}$  Rechts- und Linksblick definiert.

Außerhalb des Gebrauchsblickfeldes werden im menschlichen binokularen Blickfeld Objekte nicht unmittelbar wahrgenommen, vielmehr wird das Umgebungsbild im Kurzzeitgedächtnis eingefroren und nur bei starken Veränderungen bewusst erneuert. Bei sog. „Sehaufgaben“ („visual tasks“), z.B. Autofahren, Arbeit am Computer etc., verengt sich dieses bewusst wahrgenommene Blickfeld weiter. Hier werden Änderungen im Umgebungsblickfeld bis zu einer Blickrichtungsänderung von  $10^{\circ}$  nicht aktiv wahrgenommen und vom Gehirn verarbeitet. Dies entspricht einem bewusst wahrgenommenen Blickfeld von  $20^{\circ}$  auf der horizontalen Ebene.<sup>7 8</sup>

Das maximale Gebrauchsblickfeld (im Allgemeinen hier einfach als „Blickfeld“ benannt) und das eingeschränkte für Sehaufgaben („zentrales Blickfeld“) werden in Tabelle 1 und in Abbildung 3 einander betragsmäßig und grafisch gegenübergestellt.

Tabelle 1: Menschliches Gebrauchsblickfeld (vertikal positiv ist oben, negativ unten)

Gebrauchsblickfeld	Benennung im Text	horizontal	vertikal
für Sehaufgaben	zentrales Blickfeld	$\pm 9^{\circ} - \pm 10^{\circ}$	$+25^{\circ}, -35^{\circ}$
maximal	Blickfeld	$\pm 30^{\circ}$	$+30^{\circ}, -45^{\circ}$

<sup>7</sup> Reidenbach u. a. 2008

<sup>8</sup> Kaufmann 1986

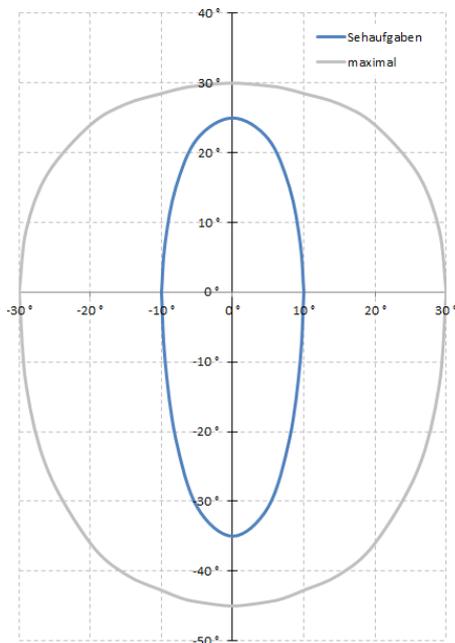


Abbildung 3: Blickfelder von Tabelle 1; der Achsenschnittpunkt 0°/0° stellt dabei einen Punkt auf der Blickachse dar, auf den die Augen fokussieren, und nicht notwendigerweise einen Punkt auf dem Horizont

Für die Beurteilung des Bereichs, in dem auftretende Reflexion als Blendung empfunden wird, wird typischerweise das maximale Gebrauchsblickfeld mit je 30° rechts und links der Blickrichtung als Blickfeld herangezogen. Diese Eingrenzung basiert auf umfangreichen Untersuchungen zu nächtlicher Blendung. Nächtliches, sog. skotopisches Sehen oder Stäbchensehen wird ermöglicht durch die große Lichtempfindlichkeit der Fotorezeptoren im Auge, die als Stäbchen bezeichnet werden. Sie sind ausschließlich außerhalb der Foveola (oder Sehgrube) angeordnet, die im zentralen Bereich der Netzhaut rundum die Sehachse liegt. Die beim photopischen Sehen (Tages- oder Zapfensehen) aktivierten farbmpfindlichen Zapfen haben ihre größte Dichte in der Foveola. Ihre hohe Dichte ermöglicht auch die höchste Sehschärfe nahe der Sehachse bei ausreichender Helligkeit. Zu Blendung unter Tageslichtbedingungen gibt es so gut wie keine Untersuchungen. Die Unterschiedlichkeit der Sehvorgänge, eigene Beobachtungen, Informationen von Betroffenen und Diskussionen mit anderen Sachverständigen in diesem Bereich legen es nahe, unter Tageslichtbedingungen nicht den gesamten Bereich des maximalen Blickfeldes gleich stark zu bewerten.

Bei der Gefährdungsbeurteilung bzgl. Blendung von Fahrzeugführern bei Tageslicht wird deshalb der Bereich im zentralen Blickfeld von  $\pm 5^\circ$  neben der Blickachse als höchst kritisch und derjenige von  $\pm 10^\circ$  als kritisch angesehen (zentrales Blickfeld). Wahrnehmbare Reflexionen außerhalb von  $\pm 30^\circ$  werden hier als physiologisch unerheblich bewertet. Zwischen  $\pm 10^\circ$  und  $\pm 30^\circ$  werden abgestufte Anforderungen an das Verhältnis der Beleuchtungsstärken durch Reflexionen und direkt einfallendes Sonnenlicht gestellt, da sich die Schleierleuchtdichte, die im Auge durch Streuung eindringenden Lichts erzeugt wird und die Sehleistung beeinträchtigen kann, reziprok zum Quadrat des



Abstandswinkels zwischen Strahlungsquelle und Blickrichtung verhält.<sup>9</sup> Bei Einmündungen oder Kreuzungen muss ein größerer Blickbereich frei von Blendrisiken sein.

### 3.3 Entstehung von Reflexionen bei Photovoltaikanlagen

Eine Photovoltaikanlage besteht aus den Haupt-Komponenten Montagegestell, Wechselrichter und Photovoltaik-Modul (PV-Modul).

Komponenten, an denen ggf. relevante direkte Reflexionen entstehen können, sind in erster Linie die Deckgläser der PV-Module. Daneben bewirken Reflexionen an inneren Grenzflächen von Einbettmaterialien oder Rückseitenfolien sowie die Texturierung der Oberflächen, dass auch Anteile diffuser Reflexion auftreten können. Dies kann zu Bündelaufweitung und Versatz der ideal gerichteten Reflexionsstrahlen führen.<sup>10</sup>

Potenziell blendende Lichtreflexionen an den Gläsern der PV-Module können nur zu Zeiten direkter Sonneneinstrahlung auftreten. Bei diffusem Licht mit ungerichteter Strahlung kann keine gerichtete Reflexion auftreten.

Deckgläser, die für PV-Module verwendet werden, bestehen im Allgemeinen aus unstrukturiertem eisenarmen Weißglas. Es wird ein spezielles Glas verwendet, um die Transmission zu erhöhen, also den Lichteinfall des gesamten Strahlungsspektrums auf die solar aktive Fläche der PV-Module zu maximieren. So werden ein hoher energetischer Wirkungsgrad, ein hoher Ertrag und eine geringe Reflexion gesichert. Dies hat nach heutigem Stand der Technik zur Folge, dass weniger als 9 % des gesamten eingestrahlt sichtbaren Lichtes reflektiert werden.

Die Reflexionseigenschaften von Glas variieren mit dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen, wie Abbildung 4 verdeutlicht.

---

<sup>9</sup> Empfehlungen der Strahlenschutzkommission 2006

<sup>10</sup> Fischbach u.a. 2014

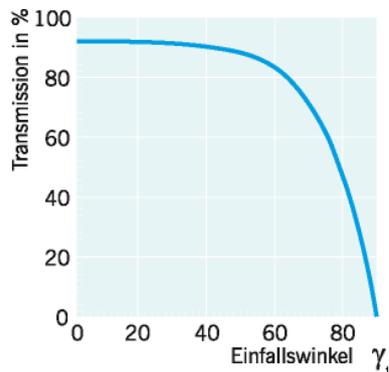


Abbildung 4: Auswirkung des Einfallswinkels auf den Transmissionsgrad für Modulgläser

Die Transmission ist bei senkrechtem Einfall auf die Modulebene ( $0^\circ$ ) am größten. Mit zunehmendem Einfallswinkel sinkt die Transmission und die Reflexion am Glas steigt an. Als Beispiel beträgt der Transmissionsgrad bei einem Einfallswinkel von  $65^\circ$  etwa 80 %. In diesem Falle werden für das Beispiel in Abbildung 4 ca. 20 % der auftretenden Strahlung reflektiert.

Da die Leuchtdichte der Sonne bei klarer Sicht bereits kurz über dem Horizont  $6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$  beträgt und um die Mittagszeit  $1,5 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$  erreicht, muss aber auch bei den niedrigen Reflexionsgraden von Solarmodulen mit dem Eintritt von Absolutblendung ( $>10^4 \text{ cd/m}^2$ ) bei Beobachtern gerechnet werden.

### 3.4 Verwendete Azimut-Winkelangaben

Allgemein werden in der Solartechnik Azimutwinkel von Süden ( $=0^\circ$ ) aus angegeben, so dass üblicherweise eine Ostausrichtung mit  $-90^\circ$  und eine Westausrichtung mit  $+90^\circ$  angegeben wird.

Da die Berechnungsmethode zur Bestimmung der Reflexionen jedoch aus der Geodäsie entnommen worden ist und dort allgemein vom Norden ( $=0^\circ$ ) aus im Uhrzeigersinn gerechnet wird, werden in den Reflexionsdiagrammen und bei der Beschreibung von Blickrichtungen die sich daraus ergebenden Azimutangaben verwendet:

Norden =  $0^\circ$ , Osten =  $90^\circ$ , Süden =  $180^\circ$  und Westen =  $270^\circ$

Zur leichteren Lesbarkeit für Leser, die in der Regel mit der in der Solartechnik üblichen Bezeichnung zu tun haben, wird dagegen die Ausrichtung der Anlagen regelmäßig in der Solardiktion aufgeführt.



## 4 Situation vor Ort

### 4.1 Die Photovoltaikanlage

Die Gesamtanlage (Abbildung 5) teilt sich zunächst in zwei Teile. Der nördlich der Autobahn A 8 befindliche liegt im Bereich der Gemarkung Kirschhof und der südlich der Autobahn gelegene gehört zur Gemarkung Numborn. Im nördlichen Teil ist eine Tischneigung von  $20^\circ$  vorgesehen und im südlichen von  $25^\circ$ . Die Modulunterkanten beginnen einheitlich bei 0,8 m über dem jeweiligen Gelände und ihre Oberkanten erreichen bei waagrechttem Untergrund 2,219 m bei  $20^\circ$  Neigung im nördlichen Bereich der Gemarkung Kirschhof und 2,535 m bei  $25^\circ$  Neigung im südlichen Bereich der Gemarkung Numborn.

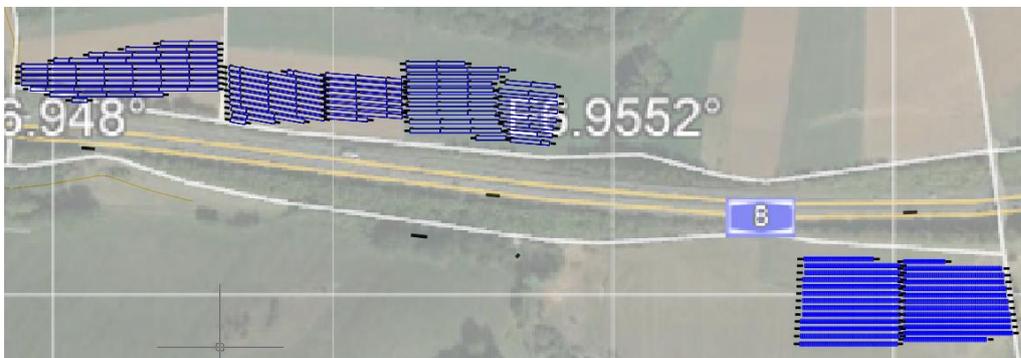


Abbildung 5: Gesamtanlage (Modulreihen blau) nördlich und südlich der Autobahn A 8

Der nördliche Teil ist geländebedingt wiederum in fünf Teilfelder unterteilt, der südliche in zwei. Die nördlichen Teilfelder (Abbildung 6) werden mit den Buchstaben A bis D und G bezeichnet, da die Buchstaben E und F in einer früheren Planungsphase schon für die beiden Südfelder belegt waren.

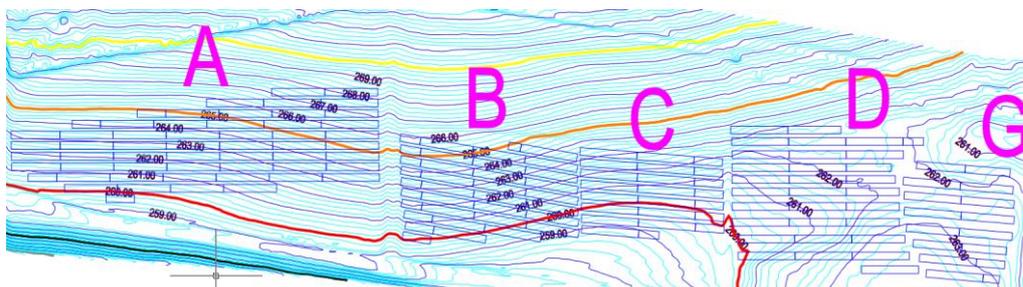


Abbildung 6: Teilfelder nördlich der Autobahn (Modultische blau), Benennung A-D und G (magenta) und Höhenlinien (farbig und breiter im Abstand von 5 m, blau im Abstand 1 m und türkis im Abstand von 0,25 m, Höhenangaben ü. NN schwarz)

Die Höhenlinien zeigen stark variierende Hanglagen in West-Ost-Richtung, die die reale Ausrichtung und Neigung der jeweils reflektierenden Flächen beeinflussen. Aus der leicht variierenden Ausrichtung in der Ebene in Verbindung mit den unterschiedlichen Hanglagen ergibt sich für



die reale Orientierung der reflektierenden Ebenen eine Bandbreite von Ausrichtungen zwischen  $-4,6^\circ$  und  $+10,8^\circ$  und von Neigungen zwischen  $20^\circ$  und  $20,3^\circ$ . Abbildung 7 zeigt die Verteilung der resultierenden Ausrichtungen der insgesamt 162 Modultische innerhalb dieser Spanne.

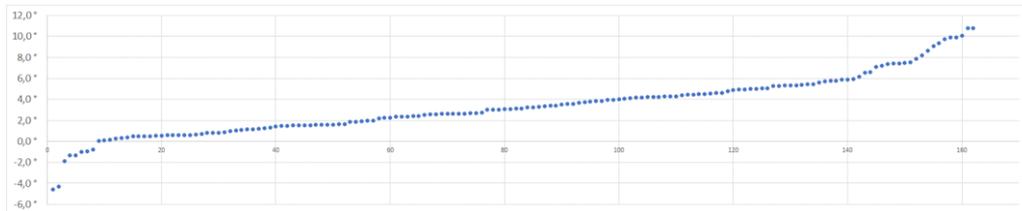


Abbildung 7: Verteilungskurve der Tischausrichtungen aller 162 Tische der nördlichen Teilfelder A bis D und G

Bei den südlichen Teilfeldern E und F (Abbildung 8) liegt ausschließlich ein Anstieg in West-Ost-Richtung vor, der nur graduell variiert. Die sich ergebenden Ausrichtungen liegen in Feld E zwischen  $+7,3^\circ$  und  $+14,1^\circ$  und in Feld F zwischen  $+2,2^\circ$  und  $+10,8^\circ$ , die Neigungen variieren in Feld E zwischen  $25,2^\circ$  und  $25,7^\circ$ , in Feld F zwischen  $25,0^\circ$  und  $25,4^\circ$ .

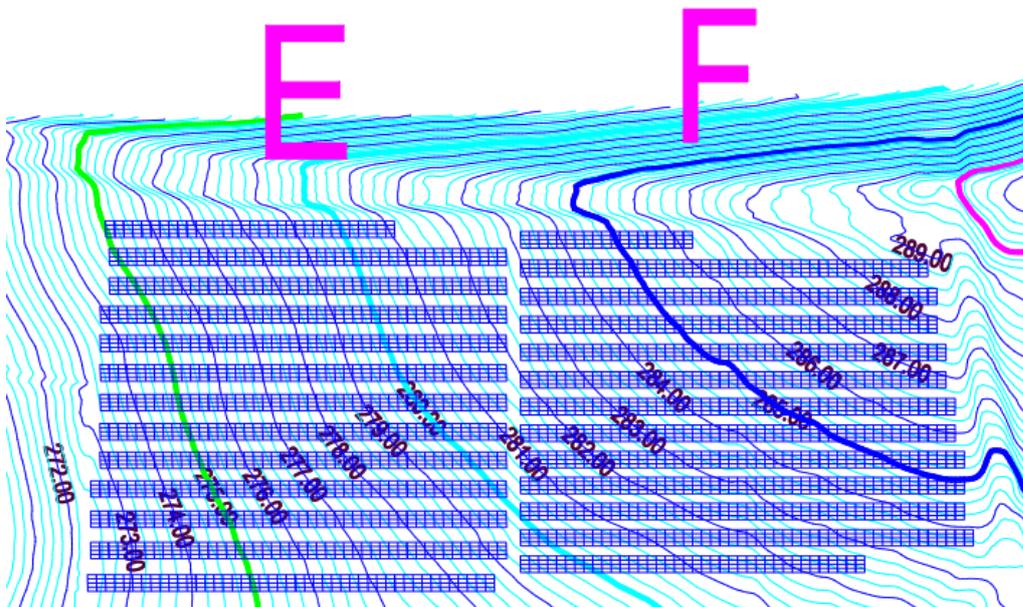


Abbildung 8: Teilfelder südlich der Autobahn (Modultische blau), Benennung E und F (magenta) und Höhenlinien (farbig und breiter im Abstand von 5 m, blau im Abstand 1 m und türkis im Abstand von 0,25 m), Höhenangaben ü. NN schwarz)

Als Verteilungskurve der Ausrichtungen aller 51 Tische von Feld E ergibt sich Abbildung 9 und für alle 49 Tische von Anlagenfeld F ergibt sich Abbildung 10.

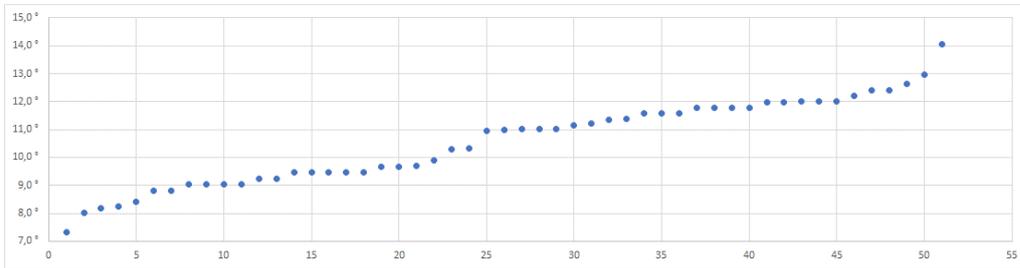


Abbildung 9: Verteilungskurve der Tischausrichtungen aller 51 Tische des südlichen Teilfeldes E

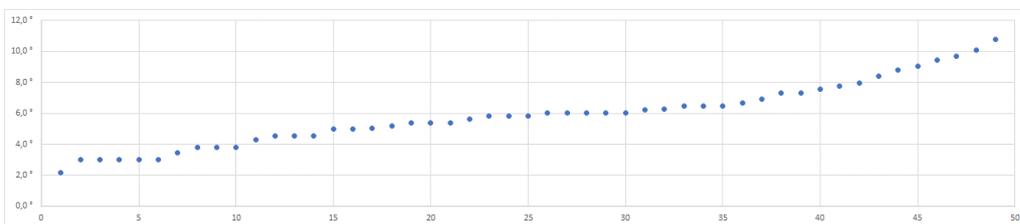


Abbildung 10: Verteilungskurve der Tischausrichtungen aller 49 Tische des südlichen Teilfeldes F

## 4.2 Nachbarhäuser an der Mehlenbachstraße

Im Bereich der Wohnbebauung senkt sich die Mehlenbachstraße von 293,3 m ü. NN im Nordosten zunächst auf 290,3 m ü. NN ab und steigt dann nach Südwesten hin wieder auf 296 m ü. NN an. Aus den bereitgestellten Fotos, deren Aufnahmeorte in Abbildung 11 dokumentiert sind, lassen sich einzelne Häuser zur exemplarischen Betrachtung identifizieren, die wegen Nähe zur Anlage oder hochgelegenen Fenstern oder größerer Ausdehnung, im Fall von Balkonen, tendenziell am stärksten betroffene Immissionsorte darstellen.



Abbildung 11: Aufnahmeorte der verfügbaren Fotos, aus dem Bereich der geplanten Teilfelder E und vor allem F

#### 4.2.1 Mehlenbachstraße 3

In Foto Nr. 2 (Abbildung 12) lässt sich im Süden ein höher gelegenes Haus mit Ober- und Dachgeschoss erkennen. Es handelt sich dabei um die Nummer 3. In der Vergrößerung in Abbildung 13 sind 2 Giebelfenster im Dachgeschoss und ein Balkon im Obergeschoss zu sehen.



Abbildung 12: Foto Nr. 2 mit Blick auf die Häuser Mehlenbachstr. 7a (links) bis 1 (Mitte/rechts) und 142 (ganz rechts, nur Dach sichtbar)



Abbildung 13: Vergrößerung von Abbildung 12, Hausnummern 3a, 3 und 1

Das Gelände zwischen Haus und Schuppen liegt auf 293,3 m ü. NN, der Balkonboden wird mit 5 m darüber angesetzt und die Fensterunterkante der Giebelfenster mit 8 m über Grund.

#### 4.2.2 Mehlenbachstraße 7a

Im Haus Mehlenbachstraße 7a befinden sich im Dachbereich Fenster, die – wenn auch unscharf – in Abbildung 14 zu erkennen sind. Das Haus liegt auf einer Höhe von 289,25 m ü. NN und die Fensterhöhe über Grund wird mit 7 m für die Unterkante und 8 m für die Oberkante angesetzt.



Abbildung 14: Vergrößerung aus Foto Nr. 7 – Dachfenster im Haus Mehlenbachstr. 7a

#### 4.2.3 Mehlenbachstraße 11

In Foto Nr. 1 (Ausschnitt in Abbildung 15) lässt sich links von der Baumgruppe in der Mitte ein höheres Haus mit einer Giebelwand erkennen. Es handelt sich dabei um die Nummer 11.



Abbildung 15: Detail aus Foto Nr. 1

In einer Vergrößerung eines Fotos von der gegenüberliegenden Seite der Autobahn in Abbildung 16 ist ein Giebelfenster im Dachgeschoss dieses Hauses zu sehen.

Das Haus steht auf einer Geländehöhe von 290 m ü. NN. Die Höhen von Unter- und Oberkanten werden mit 4 m und 6 m über dem Gelände angesetzt.



Abbildung 16: Ausschnitt eines Fotos von der gegenüberliegenden Seite der Autobahn aus; Haus Nr. 11 links unterhalb des Turmes

#### 4.2.4 Mehlenbachstraße 17

Ebenfalls in Abbildung 16 ist noch weiter links der Giebel vom Haus Mehlenbachstraße 17 zu erkennen, das auf einer Geländehöhe von 291 m ü. NN errichtet ist. Hier wird ein breiter Balkon zwischen 4 m und 6 m Höhe über dem Gelände angesetzt.

### 4.3 Die Autobahn A 8

1 km westlich der ersten Modultische von Teilfeld A unterquert die Bundesstraße B 268 die Autobahn in nord-südlicher Richtung. Die Fahrbahn der Autobahn liegt hier bei 237 m ü. NN. Nach Osten hin senkt sie sich ab auf 232 m ü. NN unter die Überführung einer nord-südlich verlaufenden Eisenbahnbrücke. Mit einer Blickrichtung von 75° Azimut verläuft sie auf dieser Höhe bis zur nächsten Brücke, über die die Winterscheidtstraße verläuft.

Ab hier steigt die Autobahn kontinuierlich an, während sie in einer leichten S-Kurve den Azimut der Blickrichtung auf maximal 97,7° steigert, südlich der Teilfelder A bis C. Östlich der Anlage erreicht die Fahrbahnhöhe bei der Brücke, über die die Mehlenbachstraße verläuft, 292 m ü. NN.



## 5 Berechnungen

### 5.1 Generelle Methodik der Berechnung

#### 5.1.1 Geometrische Aspekte

Zunächst wird eine Aufstellung mit sämtlichen Sonneneinfallswinkeln im Jahresverlauf am Standort Heusweiler (geografische Länge 6,95°, Breite 49,35°) in 6-minütiger Auflösung für 12 Tage im Jahr erstellt (jeweils der 21. jeden Monats)<sup>11</sup> und die sich daraus ergebenden Reflexionsrichtungen werden bestimmt. Jedem Einfallswinkel des Sonnenlichts entspricht nach dem Reflexionsgesetz bei ideal gerichteter Reflexion („Einfallswinkel = Ausfallswinkel“) genau ein Ausfallswinkel reflektierter Strahlung bei gegebener reflektierender Ebene. Die danach physikalisch möglichen Reflexionsrichtungen lassen sich wiederum anschaulich in einem Diagramm darstellen, das über dem Horizont, aus Sicht eines beliebigen Reflexions- oder potenziellen Blendpunktes heraus, alle möglichen Reflexionsrichtungen durch die Koordinaten Azimut- und Höhenwinkel beschreibt (siehe Abbildung 17). Mögliche Abweichungen der realen Reflexionen von den ideal gerichteten (durch Bündelaufweitung oder Versatz) werden im Rahmen der Einzelberechnungen und -bewertungen bei Bedarf durch Sicherheitszuschläge abgeschätzt.

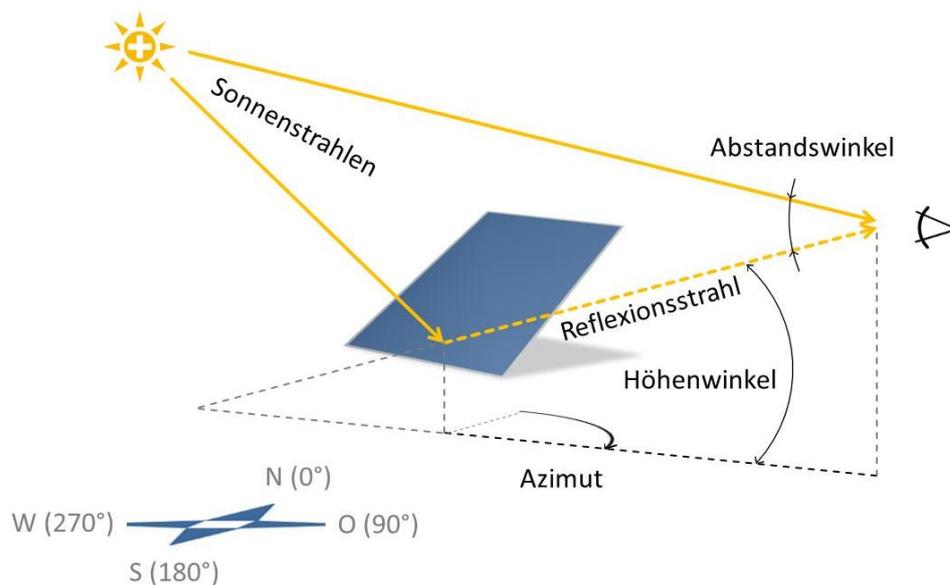


Abbildung 17: Darstellung des Reflexionsstrahls anhand von Azimut und Höhenwinkel wie im Reflexionsdiagramm verwendet und Beschreibung des Abstandswinkels zwischen Blickrichtungen zur Sonne und zum Blendpunkt

<sup>11</sup> Berechnung nach Eicker 2001



Ebenfalls in Abbildung 17 ist der Abstandswinkel zwischen den Blickrichtungen zur Sonne und zum Blendpunkt beschrieben.

Für einen beliebigen Punkt von Modulen mit einer Ausrichtung von  $+0,6^\circ$  und mit  $20^\circ$  Neigung ergibt sich so beispielhaft das in Abbildung 18 dokumentierte Reflexionsdiagramm.

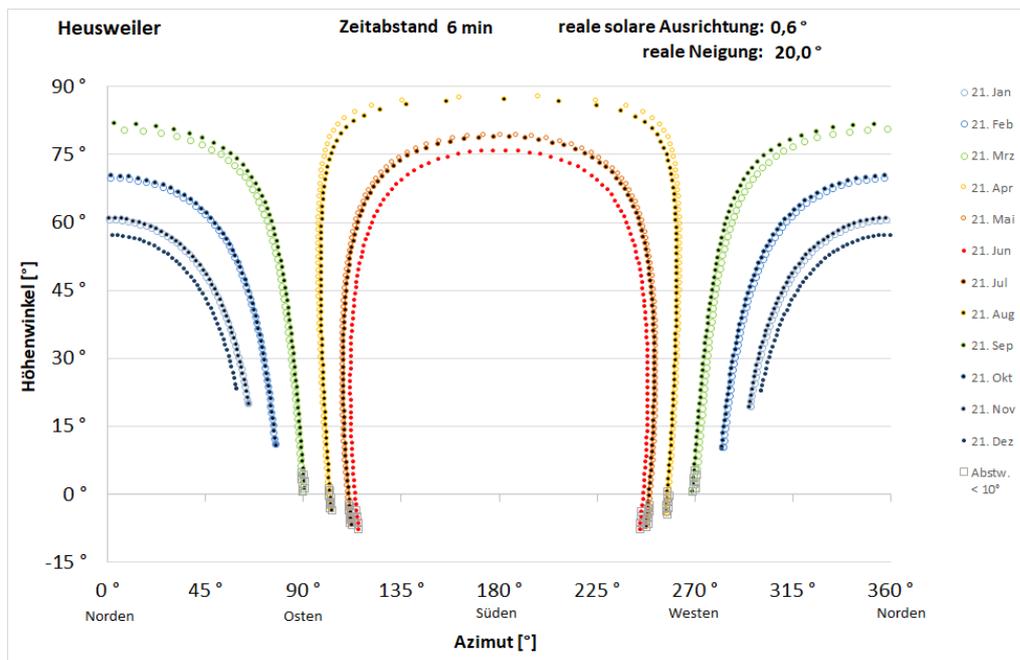


Abbildung 18: Reflexionsdiagramm aus Sicht eines beliebigen potenziellen Blendpunktes von mit  $+0,6^\circ$  ausgerichteten Modulen mit einer Modulneigung von  $20^\circ$  am Standort der Anlage; waagrecht aufgetragen sind die Azimutwinkel von Norden ( $0^\circ$ ) über Osten ( $90^\circ$ ), Süden ( $180^\circ$ ) nach Westen ( $270^\circ$ ), senkrecht die Höhenwinkel; Reflexionen aus einem Abstand zur Sonne von unter  $10^\circ$  sind grau umrahmt

Liegt ein Blickpunkt innerhalb des betroffenen Bereichs (d.h. zwischen den Kurven für den 21. Juni und den 21. Dezember oder darüber) im Reflexionsdiagramm, so kann anhand des Diagramms die Dauer und Jahreszeit potenzieller Reflexionen abgeschätzt werden (der Abstand zwischen zwei Markierungspunkten eines Tages entspricht 6 Minuten). Sofern es auf konkrete Uhr- und Jahreszeiten oder die jeweilige Dauer potenzieller Reflexion ankommt, erlauben die Datentabellen eine noch genauere Ermittlung.

Wenn die genauere tägliche Einwirkdauer oder jährliche Aufsummierung der Einwirkdauer benötigt wird, kann für einen definierten Zeitraum und Azimutbereich unter Annahme einer punktförmigen Sonne in einer minütlichen Auflösung ein sogenannter „Blendkalender“ erstellt werden. Im Verlauf der folgenden Untersuchungen wird im Abschnitt 5.5.3 diese Methodik benötigt, um Zeitpunkte möglicher Reflexionen im Sinne der LAI-Richtlinie miteinander abzugleichen.

Die Höhenwinkel zwischen Anlagenpunkt und Immissionsort können mehr oder weniger variieren, da Fenster oder Fahreraugen unterschiedliche Höhen haben.



Abbildung 19 verdeutlicht dies skizzenhaft am Beispiel von Fenstern: Maximale Höhenwinkel ergeben sich zu oberen Fensterkanten und minimale Höhenwinkel zu Fensterunterkanten. Für Fahrzeugführer auf der Autobahn wird eine Spanne von 1 m bis 3 m über der Fahrbahn angesetzt.

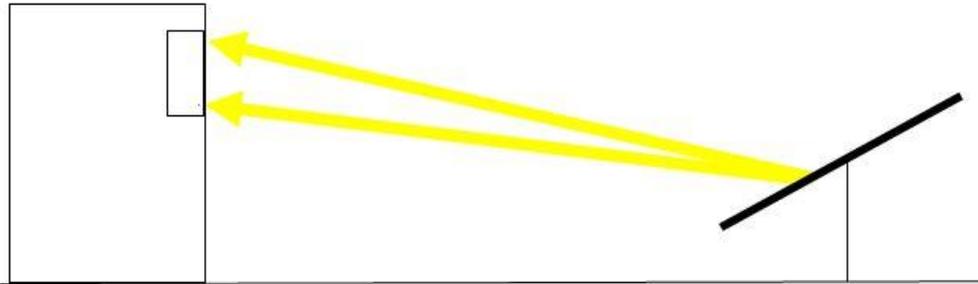


Abbildung 19: Beispiel für Bandbreite möglicher Höhenwinkel

In den Reflexionsdiagrammen werden deshalb mit „min“ und „max“ die sich ergebenden Höhenwinkel bezeichnet, um die mögliche Spanne als worst-case zu berücksichtigen.

### 5.1.2 Lichttechnische Aspekte

Das Verhältnis der Beleuchtungsstärken am menschlichen Auge – einerseits verursacht durch Sonnenlichtreflexionen der zu prüfenden Anlage, andererseits verursacht durch direktes, gestreutes oder diffus reflektiertes Licht – ist wesentlich für die Beurteilung, ob Anlagenreflexionen eine potenzielle Gefährdung darstellen (s. Abschnitt 3.2.2).

Zur Abschätzung der Beleuchtungsstärken ist zunächst der Sonnenhöhenwinkel zu Zeitpunkten möglicher Betroffenheit durch Anlagenreflexionen zu bestimmen, um aus ihm auf diese Parameter schließen zu können. Dazu werden die Berechnungsformeln der DIN 5034 Teil 2 Abschnitt 4.2 für die Bedingungen von klarem Himmel verwendet, um sicherheitshalber den für Blendung ungünstigsten Fall zu betrachten.

## 5.2 Berücksichtigung der unterschiedlichen Ausrichtungen

Vorliegend besteht insbesondere für die Modultische der nördlichen Anlagenfelder das Problem, dass sich die Bandbreite der real resultierenden Ausrichtungen unregelmäßig über die Felder und Höhenlagen verteilt, da die Ausrichtung in der Planebene stark moduliert wird durch die jeweilige Hanglage der einzelnen Tische in West-Ost-Richtung. Eine nach Teilfeldern getrennte Untersuchung der Reflexionen der nördlichen Felder führt damit nicht zum Ziel, ihre Auswirkungen auf Verkehrsteilnehmer einschätzen zu können.

Stattdessen werden die 162 Tische der nördlichen Felder zu sieben Cluster ähnlicher Ausrichtung gebündelt und die Tische von jedem Cluster werden mit ihrer konkreten Position im Raum mit der jeweiligen clusterspezifischen mittleren Ausrichtung simuliert. Abbildung 20 dokumentiert die Clusterzuordnung.

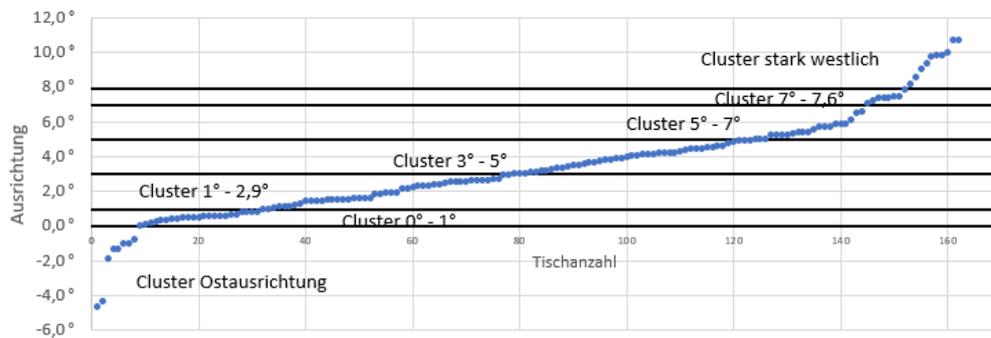


Abbildung 20: Aufteilung der 162 Tische der nördlichen Anlagenteile nach Clustern ähnlicher Ausrichtung

Im Folgenden werden die Cluster näher beschrieben. Zur Veranschaulichung werden die Eckpunkte aller Tische der Nordanlage hellblau als Hintergrund (Abbildung 21) dargestellt und die jeweiligen Tischeckpunkte eines Clusters hervorgehoben.

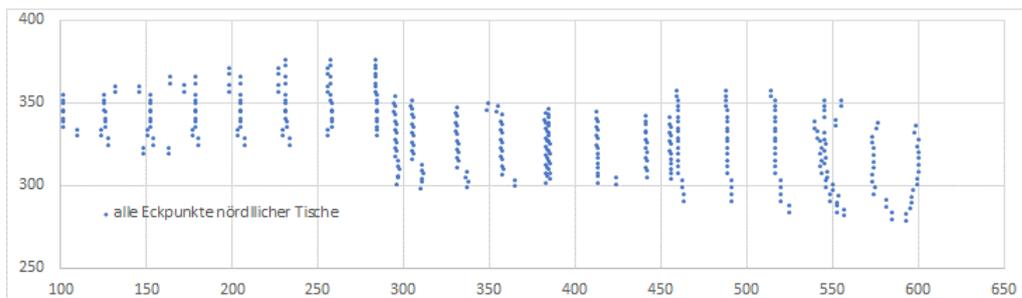


Abbildung 21: Sämtliche Eckpunkte nördlicher Tische im Lageplan, Achsenwerte sind Meterangaben

### 5.2.1 Cluster Ostausrichtung

Die Tischverteilung ist in der eben beschriebenen Form dargestellt in Abbildung 22.

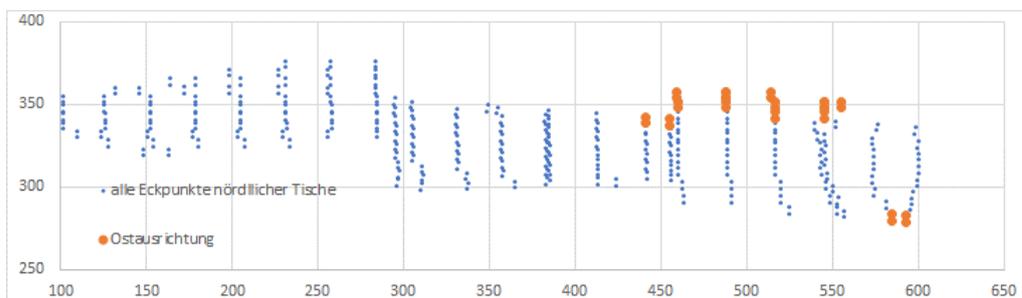


Abbildung 22: Tischecken des Clusters Ostausrichtung sind orange hervorgehoben

Bis auf einen Halbtisch im Süden liegen die Tische dieses Clusters sämtlich im Norden mit relativ großem Abstand zur Fahrbahn. Die Bandbreite der Ausrichtungen der acht Tische, die zu diesem Cluster gehören, ist mit  $-0,8^\circ$  bis  $-4,6^\circ$  relativ groß (s. a. Abbildung 20). Als Durchschnitt aller Tische



wird hier die Ausrichtung des der Fahrbahn nächstgelegenen Tisches verwendet mit  $-1,3^\circ$  und einer Neigung von  $20,1^\circ$ . Damit ergibt sich für dieses Cluster das Reflexionsdiagramm in Abbildung 23.

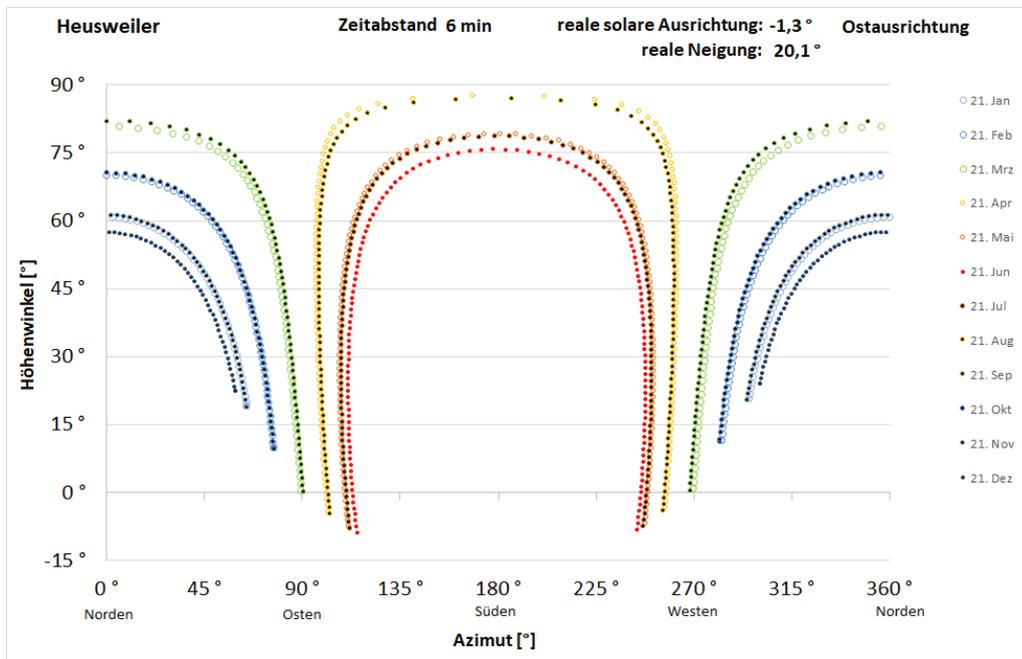


Abbildung 23: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ostausrichtung

### 5.2.2 Cluster $0^\circ - 1^\circ$

Die örtliche Verteilung der 24 Tische dieses Clusters ist dargestellt in Abbildung 24.

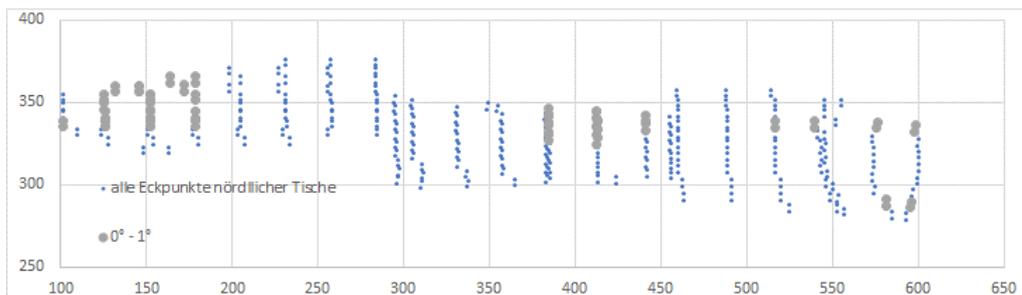


Abbildung 24: Tischecken des Clusters  $0^\circ - 1^\circ$  sind grau hervorgehoben

Das Cluster wird berechnet mit einer durchschnittlichen Ausrichtung von  $+0,6^\circ$  und einer Neigung von  $20^\circ$ . Das entsprechende Reflexionsdiagramm ist dargestellt in Abbildung 25.

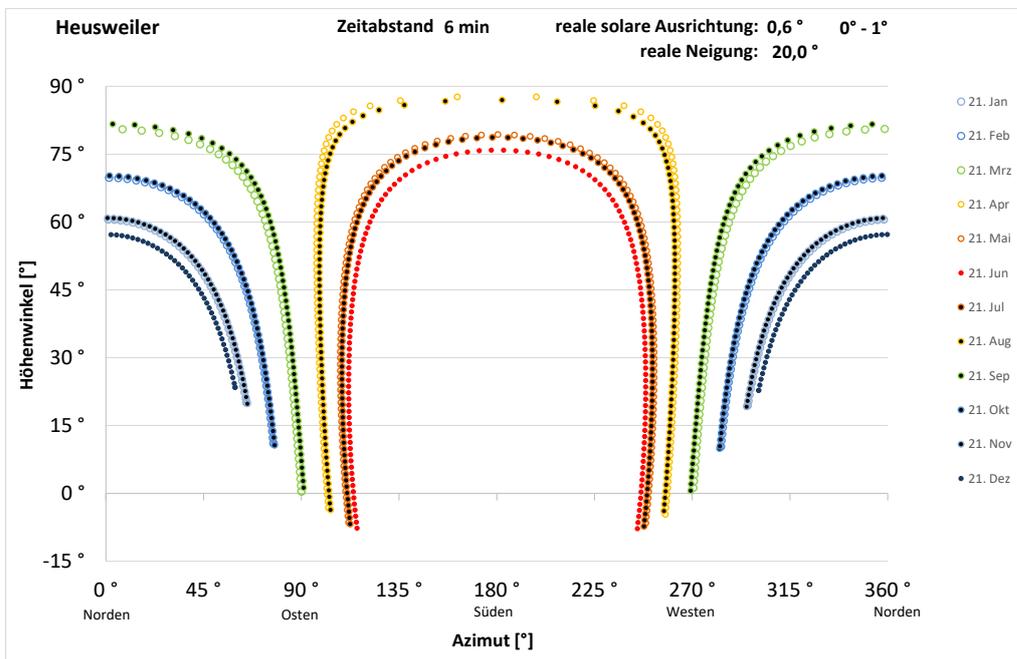


Abbildung 25: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 0° und 1°

### 5.2.3 Cluster 1° - 2,9°

Die örtliche Verteilung der 44 Tische dieses Clusters ist dargestellt in Abbildung 26.

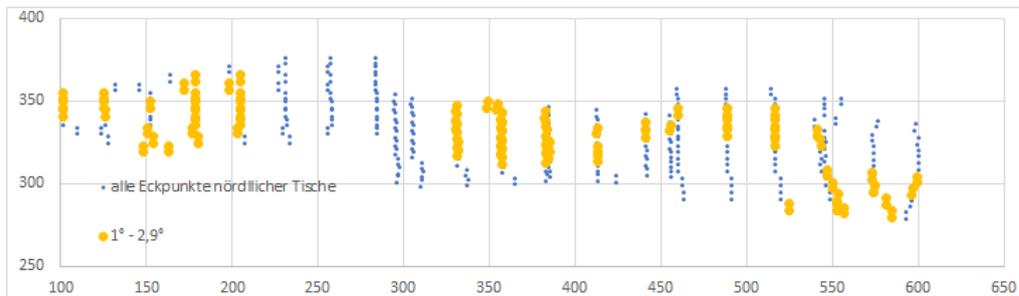


Abbildung 26: Tischecken des Clusters 1° - 2,9° sind gelb hervorgehoben

Das Cluster wird berechnet mit einer durchschnittlichen Ausrichtung von +1,9° und einer Neigung von 20°. Das entsprechende Reflexionsdiagramm ist dargestellt in Abbildung 27.

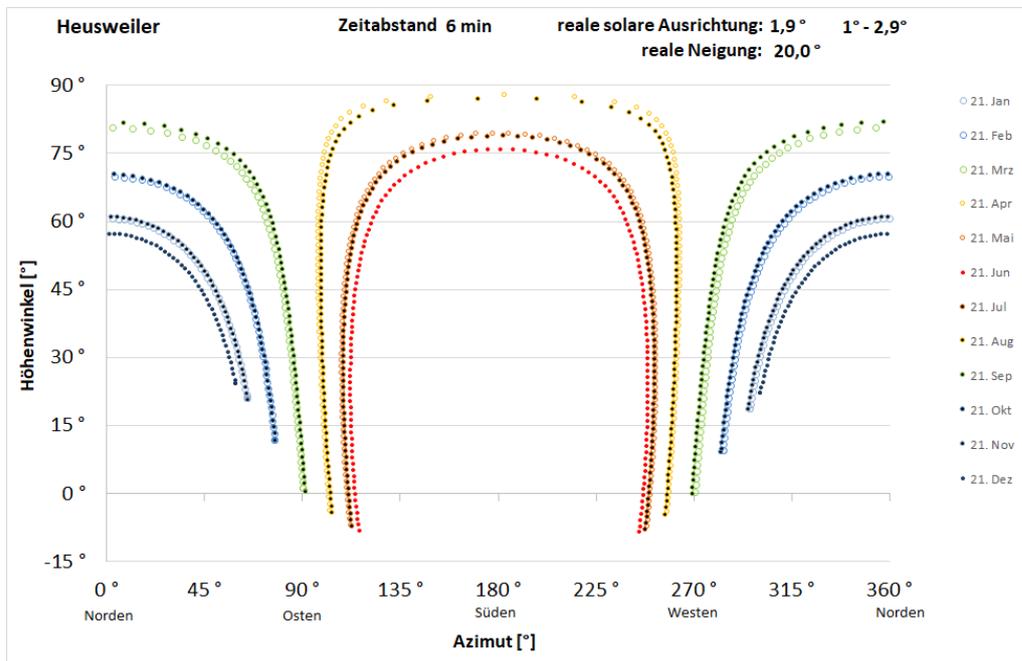


Abbildung 27: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 1° und 2,9°

### 5.2.4 Cluster 3° - 5°

Die örtliche Verteilung der 50 Tische dieses Clusters ist dargestellt in Abbildung 28.

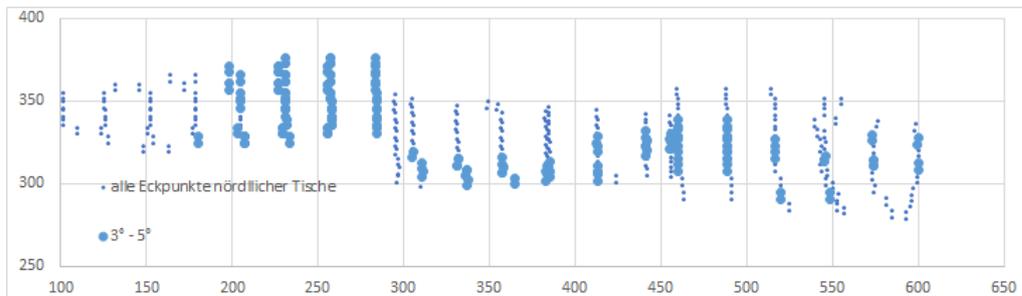


Abbildung 28: Tischecken des Clusters 3° - 5° sind blau hervorgehoben

Das Cluster wird berechnet mit einer durchschnittlichen Ausrichtung von +4,1° und einer Neigung von 20°. Das entsprechende Reflexionsdiagramm ist dargestellt in Abbildung 29.

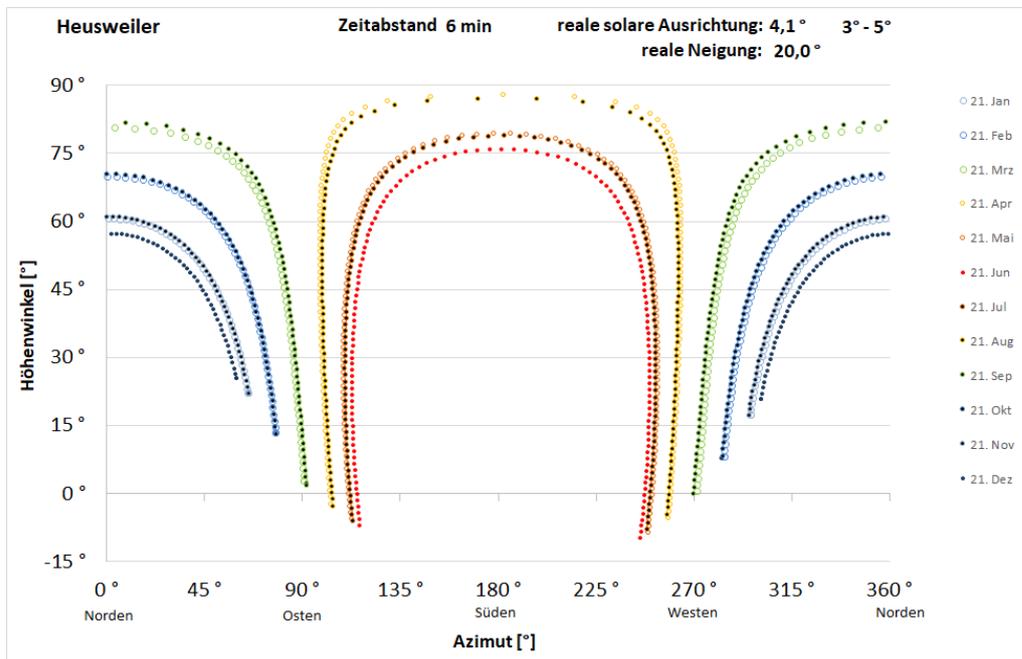


Abbildung 29: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 3° - 5°

### 5.2.5 Cluster 5° - 7°

Die örtliche Verteilung der 18 Tische dieses Clusters ist dargestellt in Abbildung 30.

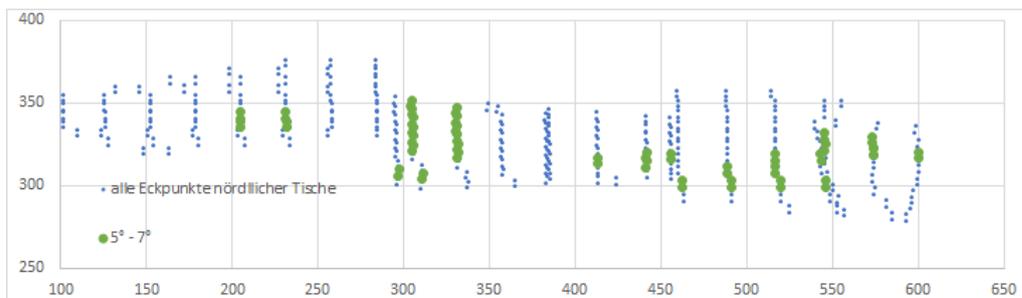


Abbildung 30: Tischecken des Clusters 5° - 7° sind grün hervorgehoben

Das Cluster wird berechnet mit einer durchschnittlichen Ausrichtung von +5,9° und einer Neigung von 20,1°. Das entsprechende Reflexionsdiagramm ist dargestellt in Abbildung 31.

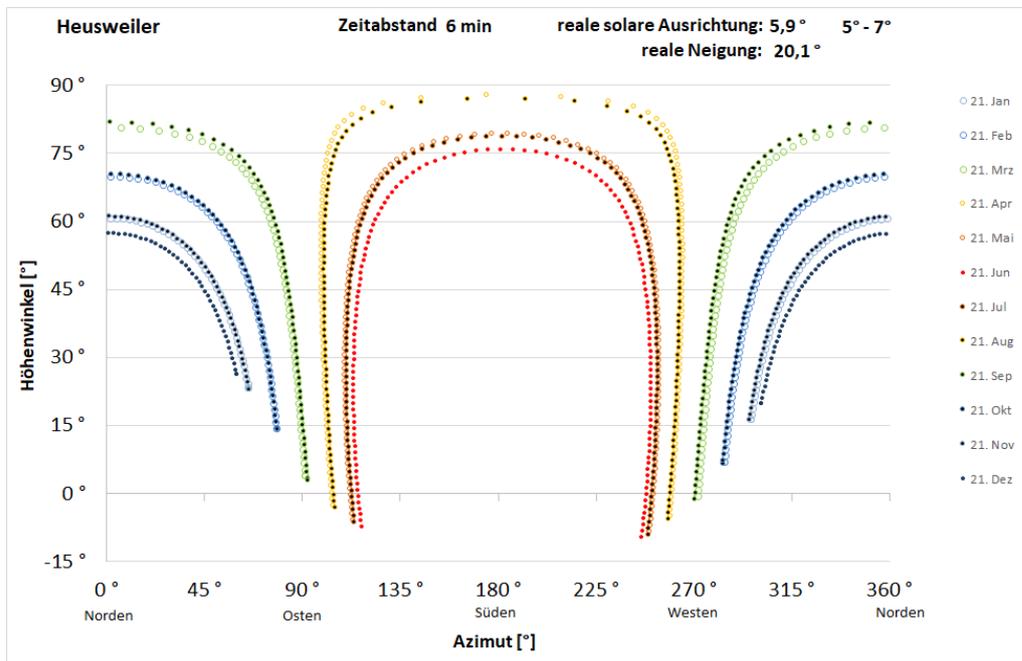


Abbildung 31: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 5° und 7°

### 5.2.6 Cluster 7° - 7,6°

Die örtliche Verteilung der 7 Tische dieses Clusters ist dargestellt in Abbildung 32.

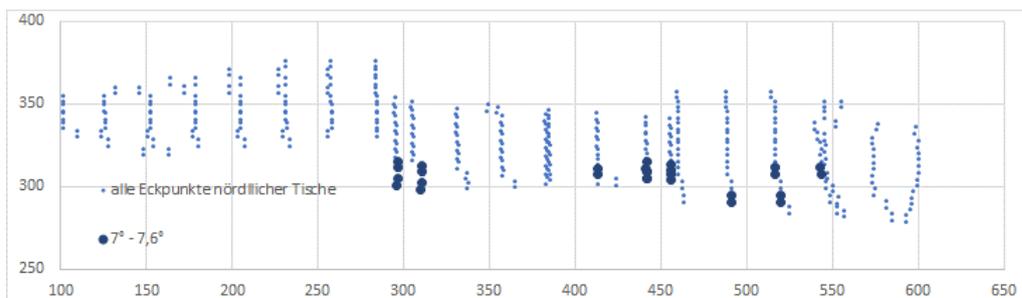


Abbildung 32: Tischecken des Clusters 7° - 7,6° sind dunkelblau hervorgehoben

Das Cluster wird berechnet mit einer durchschnittlichen Ausrichtung von +7,4° und einer Neigung von 20,2°. Das entsprechende Reflexionsdiagramm ist dargestellt in Abbildung 33.

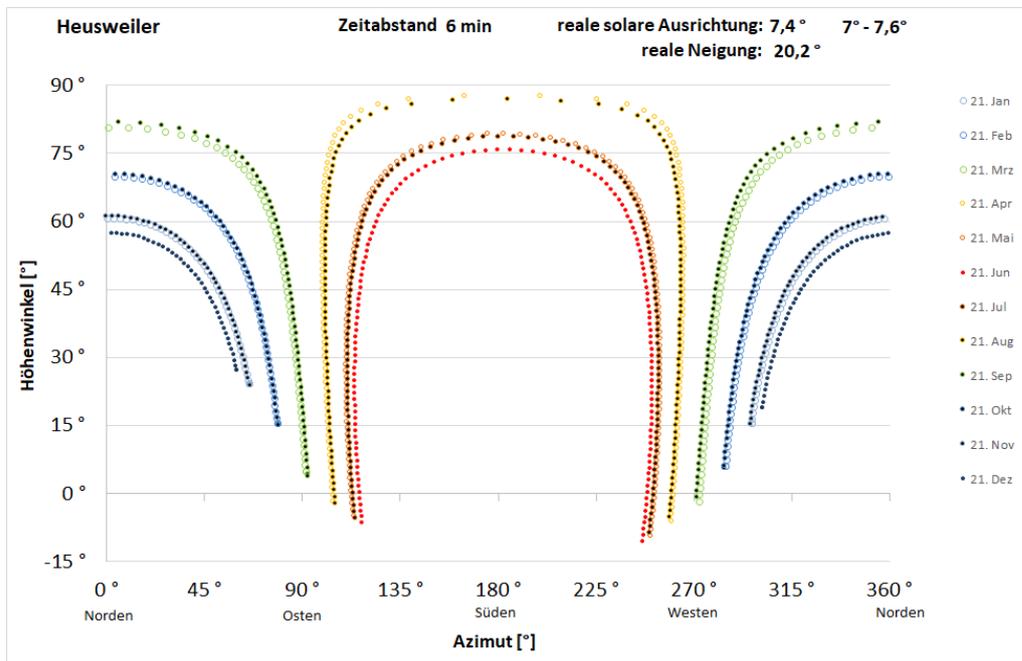


Abbildung 33: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 7° und 7,6°

### 5.2.7 Cluster „stark westlich“

Die örtliche Verteilung der 11 Tische dieses Clusters ist dargestellt in Abbildung 34.

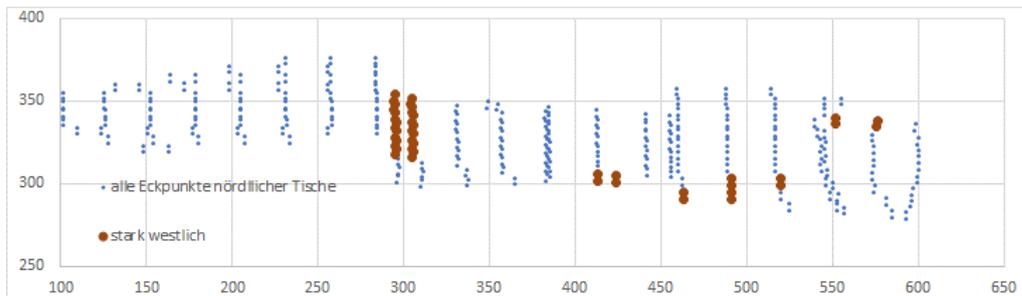


Abbildung 34: Tischecken des Clusters „stark westlich“ sind braun hervorgehoben

Bei den meisten Tischen dieses Clusters handelt es sich nur um Halbtische. Das Cluster wird berechnet mit der Ausrichtung des der Fahrbahn nächstgelegenen Volltisches von +9,8° und einer Neigung von 20,3°. Das entsprechende Reflexionsdiagramm ist dargestellt in Abbildung 35.

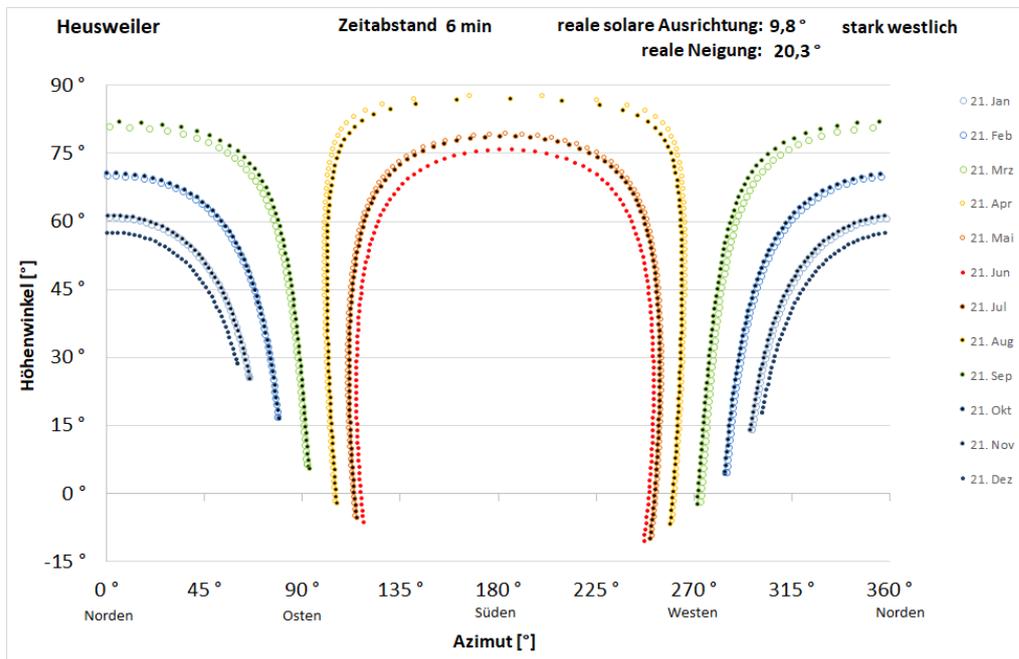


Abbildung 35: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen über 7,6°

### 5.3 Autobahn A 8 aus westlicher Richtung

Der Bahndamm, der annähernd parallel zur Bundesstraße B 268 östlich von ihr verläuft, hat eine Geländehöhe von 240 m ü. NN und schirmt damit Zu- und Abfahrten und die Autobahn westlich von ihm ab. Erst wenn sich Fahrzeugführer der Straßenbrücke der Winterscheidtstraße nähern, können Teile der geplanten Anlage unter der Brücke in ihr Blickfeld geraten. Deshalb beginnt die Untersuchung in diesem Bereich.

Konkret werden 19 Punkte exemplarisch untersucht, deren Lage in Abbildung 36 dokumentiert ist.

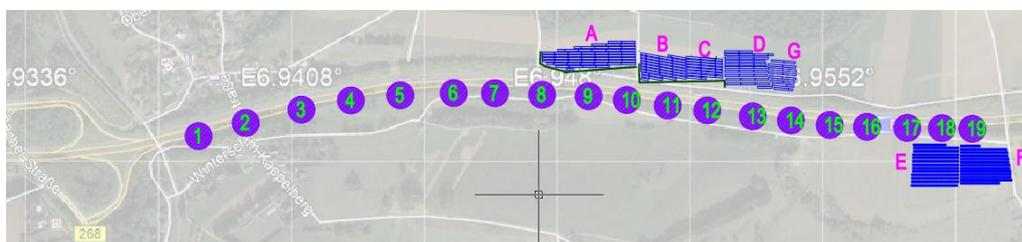


Abbildung 36: Exemplarisch untersuchte Punkte auf der Autobahn aus westlicher Richtung – lila Kreise, in Fahrtrichtung grün durchnummeriert

Voruntersuchungen hatten ergeben, dass ein Blendschutz für die nördliche Teilanlage in der Gemarkung Kirschhof unerlässlich sein wird, um insbesondere den aus Westen kommenden Verkehr vor verkehrsfährenden Reflexionen im unmittelbaren Umfeld der Blickachse zu schützen. Die



folgenden Berechnungen dienen der Prüfung, ob ein Blendschutz am westlichen und südlichen Zaun in Höhe von 2 m ausreichen kann, um Blendrisiken für den Verkehr auszuschließen.

Die genaue Lage des Blendschutzzauns, der hier bereits berücksichtigt wird, ist in Abbildung 37 dokumentiert.

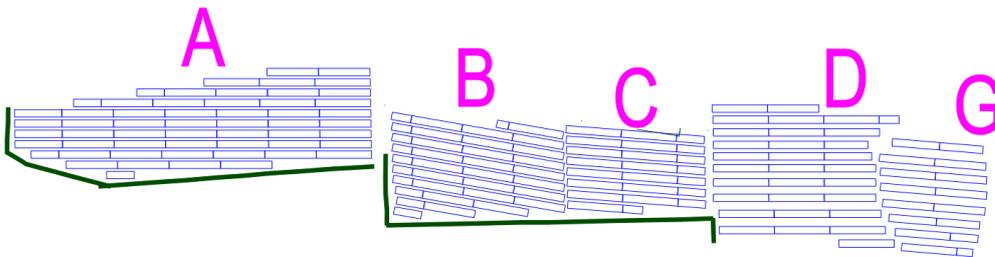


Abbildung 37: Einkalkulierter Blendschutz von der nordwestlichen Ecke von Teilfeld A bis zur südwestlichen Ecke von Teilfeld D als grüne Linie gekennzeichnet, unterbrochen nur für den Wirtschaftsweg zwischen den Feldern A und B

### 5.3.1 Reflexionen der südlichen Teilfelder E und F

Für keinen aller untersuchten Punkte ergeben sich mögliche Reflexionen dieser Teilfelder. Exemplarisch wird hier nur der Punkt 15 dargestellt, einmal unter der Annahme, dass alle Module beider Teilfelder einheitlich die minimale Ausrichtung von  $2,2^\circ$  hätten (Abbildung 38) und einmal unter der Gegenannahme, alle Tische hätten hangbedingt die maximal überhaupt auftretende Ausrichtung von  $14,1^\circ$  (Abbildung 39).

Die Bereiche, aus denen zu Fahreraugen gerichtete Reflexionen ins zentrale oder auch nur maximale Blickfeld reichen könnten, sind in den Reflexionsdiagrammen blau bzw. grau umgrenzt. So zeigen die Diagramme, dass zwar einige Tische im zentralen Blickfeld gesehen werden können, mangels Überschneidung mit dem Bereich der Tagesganglinien in den Diagrammen können diese Tische aber keine Reflexionen zu den Verkehrsteilnehmern richten.

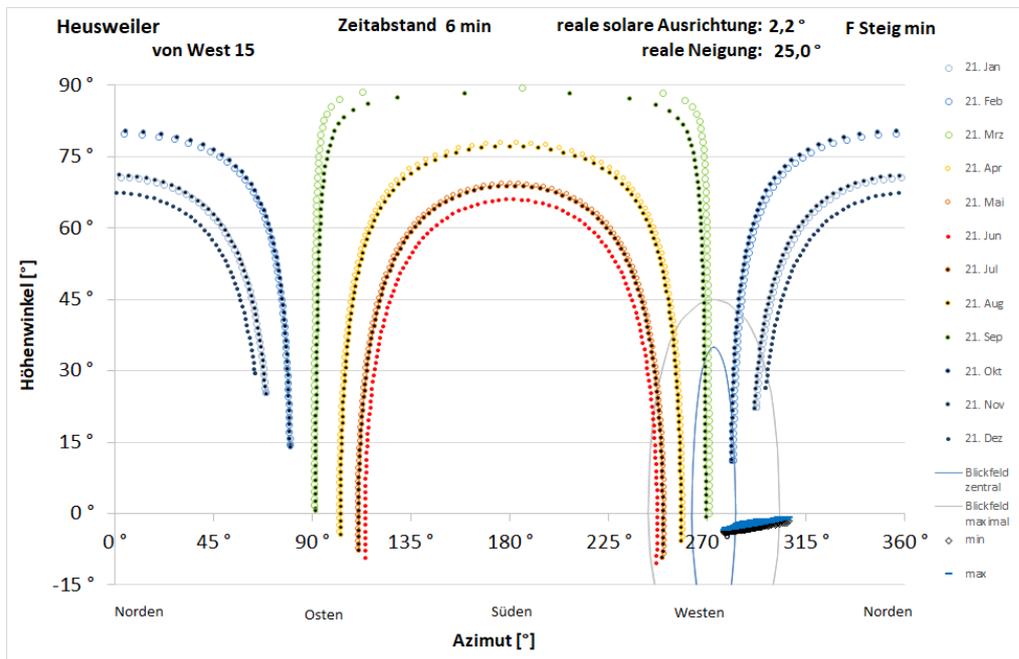


Abbildung 38: Reflexionsdiagramm für Punkt 15 von Westen und alle Tische der Teilfelder E und F unter der Annahme minimal auftretender Ausrichtung

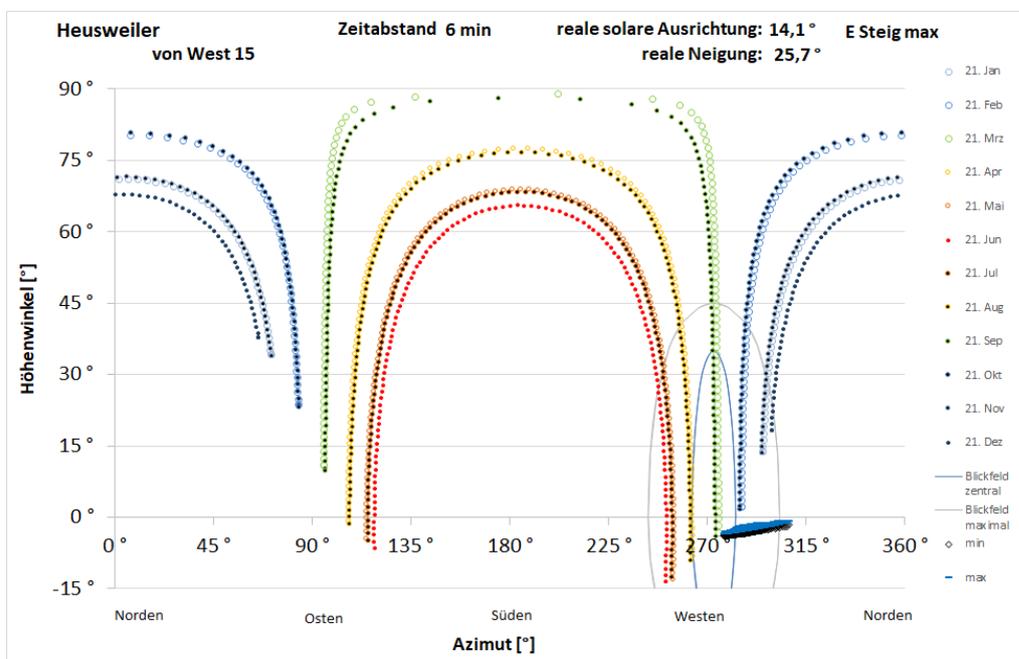


Abbildung 39: Reflexionsdiagramm für Punkt 15 von Westen und alle Tische der Teilfelder E und F unter der Annahme maximal auftretender Ausrichtung



### 5.3.2 Reflexionen der nördlichen Teilfelder A bis D und G im Überblick

An jedem Punkt werden mögliche Reflexionen untersucht hinsichtlich

- ▶ der Sonnenhöhe im Zeitpunkt der Reflexion,
- ▶ ihres Mindestabstands zur Blickachse,
- ▶ des Höhenwinkels im Blickfeld von Fahrzeugführern als Maß für die potenziell sichtbare reflektierende Flächengröße sowie
- ▶ der Beleuchtungsstärke, die sie an Fahrzeugführeraugen bewirken können.

Um aus der großen Menge der Einzeluntersuchungen (7 Cluster jeweils mit 12 Untersuchungspunkten bis zum letzten Tisch im Blickfeld) die genauer zu untersuchenden Konstellationen herauszufiltern, wird eine Überblicksmatrix erstellt und in Abbildung 40 dokumentiert, in der ähnliche Reflexionsbedingungen zusammengefasst und farblich markiert sind.

	vW 1	vW 2	vW 3	vW 4	vW 5	vW 6	vW 7	vW 8	vW 9	vW 10	vW 11	vW 12	vW 13	vW 14	vW 15	vW 16	vW 17	vW 18	vW 19	
Ostausrichtung	dark green																			
0° - 1°	dark green																			
1° - 2,9°	dark green																			
3° - 5°	dark green																			
5° - 7°	dark green																			
7° - 7,6°	dark green																			
stark westlich	dark green																			

Abbildung 40: Ergebnismatrix für Cluster der nördlichen Felder und Untersuchungspunkte auf der Autobahn aus westlicher Richtung (abgekürzt mit vW 1 bis 19)

Die Farben bedeuten dabei:

 keine Reflexionen im maximalen Blickfeld bis 30° Abstand zur Blickachse möglich

 Reflexionen nur möglich von Sonnenständen unter 6°, bei denen die Sonne dicht bei der reflektierenden Fläche im Blickfeld steht und von Sonnenblenden nicht abgeschirmt werden kann, so dass ihre Blendwirkung absolut dominiert

 Mindestabstand zur Blickachse über 5°, also außerhalb des besonders kritischen Bereichs, und Höhenwinkel im Blickfeld  $\leq 0,25^\circ$  und bewirkte Beleuchtungsstärke  $\leq 500$  lx oder Mindestabstand zur Blickachse über 10°, also außerhalb des zentralen Blickfeldes, und Höhenwinkel im Blickfeld  $\leq 0,56^\circ$  (Sonnendurchmesser) und bewirkte Beleuchtungsstärke  $\leq 1.000$  lx

 Betroffenheit des besonders kritischen Bereichs bis 5° Abstand zur Blickachse; bedarf damit der Einzeldarstellung im Folgenden

 keine Zuordnung zu den bisherigen Kategorien möglich; bedarf deshalb der Einzeldarstellung im Folgenden



### 5.3.3 Betroffenheit des besonders kritischen Bereichs

Zwischen Punkt 4 und Punkt 7 überstreift die Blickachse von Fahrzeugführern unabgeschirmte Teile von zwei südlichen Tischen von Feld D und kann in dieser Zeit von Reflexionen betroffen sein. Der Höhenwinkel, unter dem Fahrzeugführer diese Reflexionen wahrnehmen können, wächst auf der Strecke von  $0,06^\circ$  auf  $0,14^\circ$  und die an Fahrzeugführeraugen durch die Reflexionen bewirkte Beleuchtungsstärke übersteigt  $320 \text{ lx}$  nicht, bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von  $13.000 \text{ lx}$ .

### 5.3.4 Einzeldarstellung Punkt 9

Bei Punkt 9 können Reflexionen zwischen  $9,6^\circ$  und  $13,3^\circ$  Abstand zur Blickachse auftreten, ausgehend von Tischen mit einer Ausrichtung zwischen  $7^\circ$  und  $7,6^\circ$ . Die reflektierende Fläche kann im Blickfeld maximal  $0,45^\circ$  Höhenwinkel einnehmen und Beleuchtungsstärken an Fahreraugen von nicht mehr als  $500 \text{ lx}$  bewirken.

### 5.3.5 Einzeldarstellung Punkt 10

Bei Punkt 10 können Reflexionen zwischen  $15,3^\circ$  und  $25^\circ$  Abstand zur Blickachse auftreten, ausgehend von Tischen mit stark westlicher Ausrichtung. Die reflektierende Fläche kann im Blickfeld maximal  $0,4^\circ$  Höhenwinkel einnehmen und Beleuchtungsstärken an Fahreraugen von nicht mehr als  $1.400 \text{ lx}$  bewirken, bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von  $30.000 \text{ lx}$ .

### 5.3.6 Einzeldarstellung Punkt 11

Bei Punkt 11 können Reflexionen ab  $16^\circ$  Abstand zur Blickachse auftreten, ausgehend von Tischen, deren Ausrichtung  $1^\circ$  übersteigt. Die reflektierende Fläche kann bis  $20^\circ$  Abstand zur Blickachse im Blickfeld maximal  $1^\circ$  Höhenwinkel einnehmen und Beleuchtungsstärken an Fahreraugen von nicht mehr als  $1.000 \text{ lx}$  bewirken. Bei größeren Abständen zur Blickachse treten Höhenwinkel bis  $1,1^\circ$  auf und bewirkte Beleuchtungsstärken bis  $1.700 \text{ lx}$ , bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von  $34.000 \text{ lx}$ .

### 5.3.7 Einzeldarstellung Punkt 12

Bei Punkt 12 können Reflexionen ab  $20^\circ$  Abstand zur Blickachse auftreten, ausgehend von Tischen mit Ausrichtungen zwischen  $1^\circ$  und  $5^\circ$  oder mit Ostausrichtung. Die reflektierende Fläche kann im Blickfeld maximal  $1,2^\circ$  Höhenwinkel einnehmen und Beleuchtungsstärken an Fahreraugen von nicht mehr als  $1.400 \text{ lx}$  bewirken, bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von  $30.000 \text{ lx}$ .

## 5.4 Autobahn A 8 aus östlicher Richtung

Aus östlicher Richtung werden 14 Punkte exemplarisch untersucht, deren Lage in Abbildung 41 dokumentiert ist.

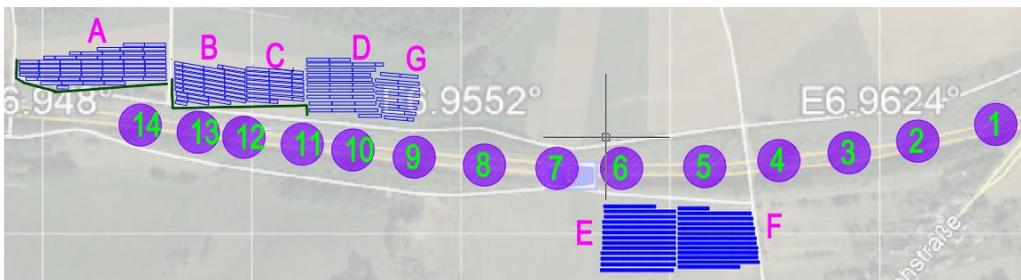


Abbildung 41: Exemplarisch untersuchte Punkte auf der Autobahn aus östlicher Richtung – lila Kreise, in Fahrtrichtung grün durchnummeriert

#### 5.4.1 Reflexionen der südlichen Teilfelder E und F

Für keinen aller untersuchten Punkte ergeben sich mögliche Reflexionen dieser Teilfelder in das maximale Blickfeld von Verkehrsteilnehmern.

#### 5.4.2 Reflexionen der nördlichen Teilfelder A bis D und G im Überblick

Bis zum Punkt 4 sind sämtliche Tische der nördlichen Anlageteile vollständig abgeschirmt durch das nördlich der Autobahn und östlich von Punkt 8 steil ansteigende Gelände.

An den übrigen Punkten 5 bis 14 werden mögliche Reflexionen wieder untersucht hinsichtlich

- ▶ der Sonnenhöhe im Zeitpunkt der Reflexion,
- ▶ ihres Mindestabstands zur Blickachse,
- ▶ des Höhenwinkels im Blickfeld von Fahrzeugführern als Maß für die potenziell sichtbare reflektierende Flächengröße sowie
- ▶ der Beleuchtungsstärke, die sie an Fahrzeugführeraugen bewirken können.

Um aus der großen Menge der Einzeluntersuchungen (7 Cluster jeweils mit 9 Untersuchungspunkten bis zum letzten Tisch von Feld A im Blickfeld) die genauer zu untersuchenden Konstellationen herauszufiltern, wird eine Überblicksmatrix erstellt und in Abbildung 42 dokumentiert, in der ähnliche Reflexionsbedingungen zusammengefasst und farblich markiert sind.

Die nicht kategorisierbaren Konstellationen werden anschließend punktweise dargestellt.



	vO 1	vO 2	vO 3	vO 4	vO 5	vO 6	vO 7	vO 8	vO 9	vO 10	vO 11	vO 12	vO 13	vO 14
Ostausrichtung	Blue	Blue	Blue	Blue	White	White	White	Blue						
0° - 1°	Blue	Blue	Blue	Blue	Light Green	White	Light Green	Light Green						
1° - 2,9°	Blue	Blue	Blue	Blue	White	Light Green	Light Green							
3° - 5°	Blue	Blue	Blue	Blue	White	Blue	Blue	Blue						
5° - 7°	Blue	Blue	Blue	Blue	Light Green	White	White	White	White	White	Light Green	Blue	Blue	Blue
7° - 7,6°	Blue	Blue	Blue	Blue	Dark Green	Light Green	Light Green	Light Green	White	White	Light Green	Light Green	Blue	Blue
stark westlich	Blue	Blue	Blue	Blue	Light Green	Light Green	Light Green	White	Light Green	Light Green	Light Green	Blue	Blue	Blue

Abbildung 42: Ergebnismatrix für Cluster der nördlichen Felder und Untersuchungspunkte auf der Autobahn aus östlicher Richtung (abgekürzt mit vO 1 bis 14)

Die Farben bedeuten dabei:



keine Reflexionen im maximalen Blickfeld bis 30° Abstand zur Blickachse möglich



Reflexionen nur möglich von Sonnenständen unter 6°, bei denen die Sonne dicht bei der reflektierenden Fläche im Blickfeld steht und von Sonnenblenden nicht abgeschirmt werden kann, so dass ihre Blendwirkung absolut dominiert



Mindestabstand zur Blickachse über 5°, also außerhalb des besonders kritischen Bereichs, und Höhenwinkel im Blickfeld  $\leq 0,25^\circ$  und bewirkte Beleuchtungsstärke  $\leq 500$  lx oder Mindestabstand zur Blickachse über 10°, also außerhalb des zentralen Blickfeldes, und Höhenwinkel im Blickfeld  $\leq 0,56^\circ$  (Sonnendurchmesser) und bewirkte Beleuchtungsstärke  $\leq 1.000$  lx



keine Zuordnung zu den bisherigen Kategorien möglich; bedarf deshalb der gesonderten Analyse im Folgenden

### 5.4.3 Punkt 5

Bei Punkt 5 beginnen potenziell blendrelevante Reflexionen am äußersten Rand des zentralen Blickfeldes mit 9,8° Abstand zur Blickachse, nehmen maximal 0,7° Höhenwinkel im Blickfeld ein und bewirken weniger als 500 lx Beleuchtungsstärke an Fahreraugen.

Außerhalb des zentralen Blickfeldes treten bis 13,5° Abstand zur Blickachse großflächigere Reflexionen auf, die Höhenwinkel im Blickfeld von bis zu 1,7° einnehmen, aber maximal zu Beleuchtungsstärken an Fahreraugen von 700 lx führen können bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 17.000 lx.

Mit zunehmendem Abstand zur Blickachse verringert sich die Flächengröße auf 0,3° Höhenwinkel bei 20° Abstand zur Blickachse. Gleichzeitig wächst die von Reflexionen bewirkte Beleuchtungsstärke an Fahreraugen auf nicht mehr als 1.000 lx.



#### 5.4.4 Punkt 6

Bei Punkt 6 beginnen potenziell blendrelevante Reflexionen am Rand des zentralen Blickfeldes mit  $8,7^\circ$  Abstand zur Blickachse, nehmen bis zum Rand des zentralen Blickfeldes bei  $10^\circ$  Abstand zur Blickachse maximal  $0,4^\circ$  Höhenwinkel im Blickfeld ein und bewirken weniger als 300 lx Beleuchtungsstärke an Fahreraugen.

Zwischen  $12^\circ$  und  $15^\circ$  Abstand zur Blickachse treten großflächigere Reflexionen auf mit Höhenwinkeln im Blickfeld von bis zu  $1,8^\circ$ . Die an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärke, die mit zunehmendem Abstand von der Blickachse wächst, überschreitet in diesem Bereich aber 1.000 lx nicht.

Erst ab  $20^\circ$  Abstand zur Blickachse können Reflexionen über 1.000 lx Beleuchtungsstärke an Fahreraugen bewirken, wobei die Flächenhöhe hier keine größeren Höhenwinkel als  $0,5^\circ$  mehr einnimmt.

#### 5.4.5 Punkt 7

Bei Punkt 7 beginnen potenziell blendrelevante Reflexionen im zentralen Blickfeld mit  $7,1^\circ$  Abstand zur Blickachse mit sehr geringen Höhenwinkeln von  $0,3^\circ$  und an Fahreraugen bewirkten Beleuchtungsstärken unter 500 lx.

Am Rand des zentralen Blickfeldes ab  $9,7^\circ$  Abstand zur Blickachse treten größere Höhenwinkel im Blickfeld von maximal  $0,9^\circ$  auf bei weniger als 600 lx bewirkter Beleuchtungsstärke an Fahreraugen.

Außerhalb des zentralen Blickfeldes treten zwischen  $10^\circ$  und  $15^\circ$  Abstand zur Blickachse auch großflächigere Reflexionen auf, die bis zu  $1,5^\circ$  Höhenwinkel im Blickfeld einnehmen. Die von ihnen bewirkten Beleuchtungsstärken an Fahreraugen wachsen mit dem Abstand zur Blickachse von 600 lx an auf bis zu 1.100 lx bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 23.000 lx.

Bis  $22^\circ$  Abstand zur Blickachse wächst die an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärke an auf bis zu 1.500 lx bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 30.000 lx, wobei die Flächenhöhe im Blickfeld nicht weiter ansteigt.

#### 5.4.6 Punkt 8

Bei Punkt 8 beginnen potenziell blendrelevante Reflexionen am Rand des besonders kritischen Bereichs mit  $4,1^\circ$  Abstand zur Blickachse mit sehr geringen Höhenwinkeln von  $0,16^\circ$  und an Fahreraugen bewirkten Beleuchtungsstärken unter 500 lx.

Im übrigen zentralen Blickfeld treten ab  $8,4^\circ$  Abstand zur Blickachse Winkelhöhen im Blickfeld von bis zu  $1,3^\circ$  auf und an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärken erreichen bei  $10^\circ$  Abstand zur Blickachse fast 800 lx, bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von über 19.000 lx.

Außerhalb des zentralen Blickfeldes wachsen die Winkelhöhen im Blickfeld bis  $14,7^\circ$  Abstand zur Blickachse auf  $1,7^\circ$  an. Die von Reflexionen bewirkten Beleuchtungsstärken an Fahreraugen wachsen



mit dem Abstand zur Blickachse an auf bis zu 1.250 lx bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 26.000 lx.

Mit weiter wachsendem Abstand zur Blickachse verkleinern sich die potenziell reflektierenden Flächengrößen schnell und an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärken wachsen nur noch auf 1.400 lx an bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 29.000 lx.

#### 5.4.7 Punkt 9

Bei Punkt 9 beginnen potenziell blendrelevante Reflexionen am Rand des besonders kritischen Bereichs mit 4,6° Abstand zur Blickachse mit sehr geringen Höhenwinkeln von 0,05°, anwachsend auf 0,4° bei 4,9° Abstand zur Blickachse, und an Fahreraugen bewirkten Beleuchtungsstärken unter 500 lx.

Im übrigen zentralen Blickfeld treten ab 9,3° Abstand zur Blickachse Reflexionen mit Winkelhöhen im Blickfeld von bis zu 1,1° auf, von denen Beleuchtungsstärken an Fahreraugen von weniger als 700 lx bewirkt werden können bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 17.000 lx.

Ab 10° Abstand zur Blickachse trennen sich die Zeiträume möglicher Reflexionen der höher gelegenen Tische von Feld A einerseits und der niedriger gelegenen Tische der Felder B und C andererseits und die Winkelhöhe im Blickfeld nimmt bis 11° Abstand zur Blickachse ab. Danach stellen die Tische der Felder B und C den ungünstigsten Fall dar. Bis 14° Abstand zur Blickachse wächst die Flächengröße möglicher Reflexionen auf 1,4° an und die von ihnen an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärke steigt auf 1.150 lx an bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 25.000 lx. Bis zum Ende möglicher Reflexionen bei 18° Abstand zur Blickachse bleibt die Flächengröße gleich, die Bestrahlungsstärke an Fahreraugen steigert sich mit wachsendem Abstand zur Blickachse noch auf 1.400 lx bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 29.000 lx.

#### 5.4.8 Punkt 10

Bei Punkt 10 beginnen potenziell blendrelevante Reflexionen außerhalb des besonders kritischen Bereichs mit 5,6° Abstand zur Blickachse mit Höhenwinkeln von 0,35°, die sich bis zum Rand des zentralen Blickfeldes bei 10° Abstand zur Blickachse auf nicht mehr als 0,45° steigern. Die an Fahreraugen bewirkten Beleuchtungsstärken bleiben im zentralen Blickfeld unter 800 lx.

Mit wachsendem Abstand zur Blickachse vergrößert sich die Fläche wahrnehmbarer Reflexionen und erreicht bei 13,3° Abstand zur Blickachse Höhenwinkel im Blickfeld von bis zu 1,1°. Bis 15° Abstand zur Blickachse überschreitet die an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärke 1.100 lx nicht bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 25.000 lx.

Bis zum Ende möglicher Reflexionen bei 19° Abstand zur Blickachse steigen die Winkelhöhe im Blickfeld nur noch auf maximal 1,3° und die bewirkten Beleuchtungsstärken an Fahreraugen auf maximal 1.300 lx bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 27.000 lx.



#### 5.4.9 Punkt 11

Bei Punkt 11 beginnen potenziell blendrelevante Reflexionen außerhalb des besonders kritischen Bereichs mit  $6,6^\circ$  Abstand zur Blickachse mit Höhenwinkeln, die sich bis zum Rand des zentralen Blickfeldes bei  $10^\circ$  Abstand zur Blickachse auf nicht mehr als  $0,4^\circ$  steigern. Die an Fahreraugen bewirkten Beleuchtungsstärken bleiben im zentralen Blickfeld unter 700 lx.

Ab  $13,8^\circ$  Abstand zur Blickachse vergrößert sich die Fläche wahrnehmbarer Reflexionen bis zum Ende bei  $18^\circ$  Abstand zur Blickachse kontinuierlich auf bis zu  $1,4^\circ$ . Die an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärke wächst in diesem Bereich mit zunehmendem Abstand zur Blickachse von 900 lx auf 1.200 lx, bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 26.000 lx.

#### 5.4.10 Punkt 12

Bei Punkt 12 beginnen potenziell blendrelevante Reflexionen am Rand des zentralen Blickfeldes bei  $9^\circ$  Abstand zur Blickachse mit Höhenwinkeln, die sich bis zum Ende möglicher Reflexionen bei  $17^\circ$  Abstand zur Blickachse nur von  $0,3^\circ$  auf  $0,4^\circ$  steigern. Die an Fahreraugen bewirkten Beleuchtungsstärken erreichen 1.000 lx nicht.

### 5.5 Häuser

#### 5.5.1 Mehlenbachstr. 3

Für das Haus Mehlenbachstraße 3 wird exemplarisch der Balkon in den Reflexionsdiagrammen für die Extremfälle der nördlichen und der südlichen Anlagenteile dargestellt. Dabei werden sämtliche Tische jeweils mit den Extremfällen maximaler und minimaler Ausrichtung angesetzt.

Die Ergebnisse in Abbildung 43 und Abbildung 44 zeigen, dass auch unter diesen Extremannahmen keinerlei Reflexionen zum betrachteten Balkon gerichtet sein können.

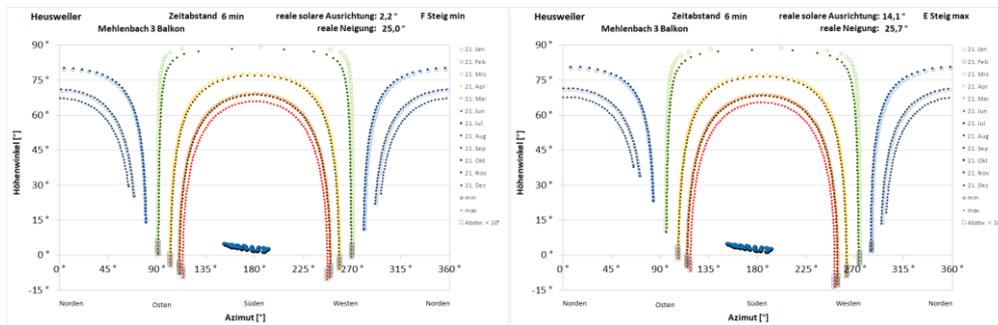


Abbildung 43: Reflexionsdiagramme für alle Tische der südlichen Anlagenteile E und F, links unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung mit minimal auftretendem West-Ost-Anstieg und rechts unter der Annahme maximal auftretenden West-Ost-Anstiegs einheitlich für alle Tische

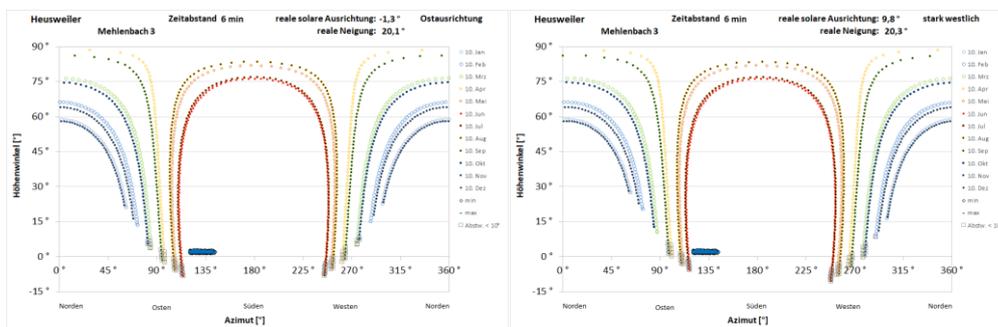


Abbildung 44: Reflexionsdiagramme für alle Tische der nördlichen Anlagenteile A bis D und G, links unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung mit maximal auftretendem Ostausrichtung und rechts unter der Annahme maximal auftretender Westausrichtung einheitlich für alle Tische

### 5.5.2 Mehlenbachstr. 7a

Für das Haus Mehlenbachstraße 7a genügt für die Betrachtung von Reflexionen noch einmal die eben angewendete grobe Abschätzung über die Extremannahmen einheitlicher Ausrichtung aller Tische einmal mit hangbedingt maximaler Ausrichtung und einmal mit der minimalen.

In Abbildung 45 sind die Detailvergrößerungen der entsprechenden Reflexionsdiagramme für die südlichen Anlagenfelder E und F dokumentiert, um die Trennung möglicher Blickverbindungen und möglicher Reflexionsrichtungen besser erkennen zu können.

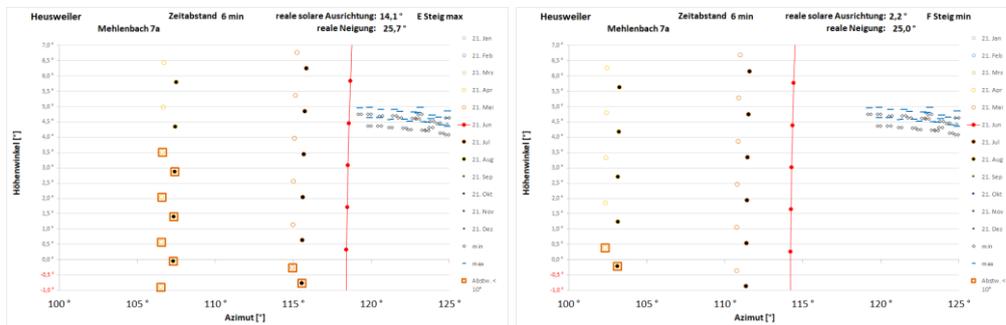


Abbildung 45: Ausschnittsvergrößerungen der Reflexionsdiagramme für das Dachfenster im Haus Mehlenbachstr. 7a; links unter der Annahme einheitlich maximaler Ausrichtung aller Tische der Anlagenfelder E und F und rechts unter der Annahme der minimalen Ausrichtung

Für die nördlichen Felder A bis D und G zeigen die Reflexionsdiagramme für alle Tische unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung entsprechend dem Cluster „Ostausrichtung“ und dem Cluster „stark westlich“ in Abbildung 46, dass eine stark westliche Ausrichtung den ungünstigsten Fall darstellen würde.

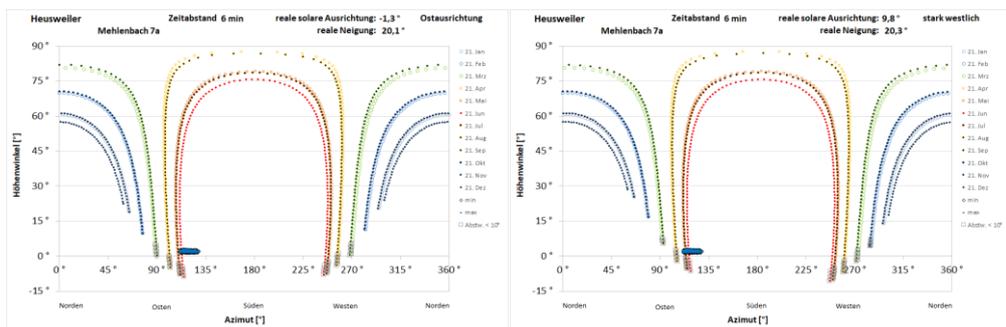


Abbildung 46: Reflexionsdiagramme für das Dachfenster im Haus Mehlenbachstr. 7a; links unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung aller Tische der nördlichen Anlagenfelder A bis D und G entsprechend Cluster „Ostausrichtung“ und rechts entsprechend Cluster „stark westlich“

Um die Immissionsdauer ohne detaillierte Berechnung eingrenzen zu können, genügt hier eine Abschätzung anhand einer Ausschnittsvergrößerung des ungünstigsten Falles in Abbildung 47. In dieser Ausschnittsvergrößerung sind die Zeitpunkte, an denen Reflexionen das Dachfenster treffen könnten, grün umgrenzt. Da der Abstand zwischen zwei Punkten einer Tagesganglinie 6 Minuten entspricht, wird ersichtlich, dass die maximale Tagesdauer bei fünf Minuten liegt.

Die jährliche Immissionsperiode beginnt um den 15. Mai und endet Anfang August. Setzt man sogar 4 Monate zu 30 Tagen und je 5 Minuten täglich an, so ergibt sich eine kumulierte Jahresdauer von 10 Stunden.

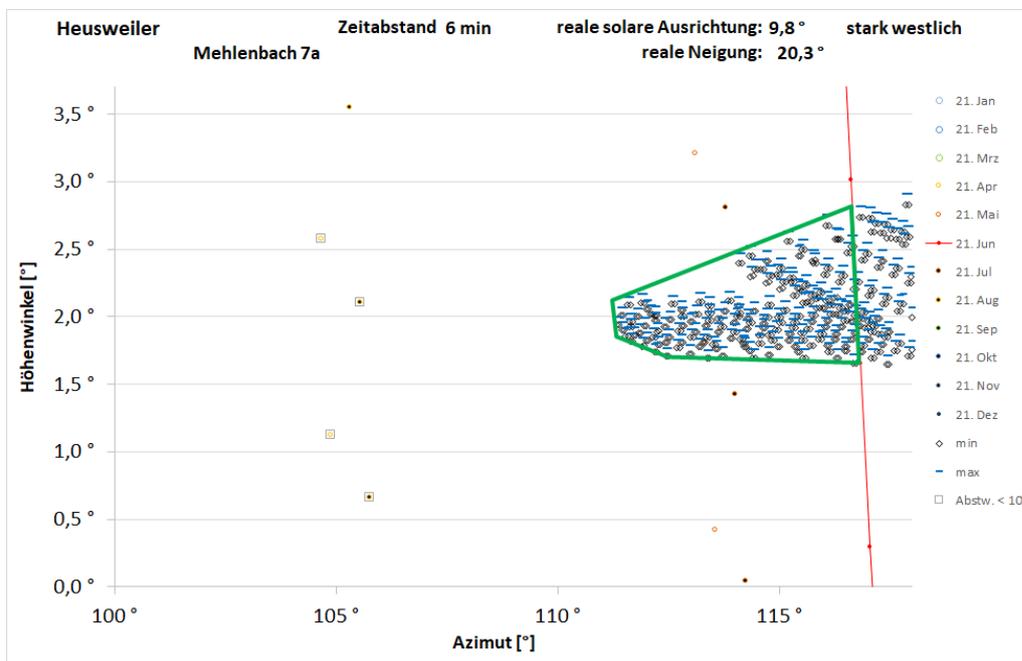


Abbildung 47: Ausschnittsvergrößerung des Reflexionsdiagramms für das Dachfenster im Haus Mehlenbachstr. 7a unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung aller Tische der Anlagenfelder A bis D und G entsprechend dem Cluster „stark westlich“; Zeitpunkte möglicher Reflexionen zum Dachfenster Mehlenbachstr. 7a grün umgrenzt

### 5.5.3 Mehlenbachstr. 11

Bei dem Giebelfenster des Hauses Mehlenbachstr. 11 sind Reflexionen aller Teilfelder zu berücksichtigen. Eine pauschale Abschätzung wie bei den anderen Fällen würde hier zu einer groben Überschätzung der realen Immissionszeiten führen, da einige Immissionen der nördlichen Felder vom Blendschutzzaun nördlich der Autobahn abgeschirmt werden und teilweise auch Tische der südlichen Teilfelder eine Abschirmung darstellen. Vor allem aber würden reale Blendzeitpunkte mehrfach gezählt, da in den Diagrammen nur die tägliche Zeitdauer anhand der Punkte der Tagesganglinien abgeschätzt werden kann, die reale Uhrzeit aber nicht abgelesen werden kann.

Aus diesen Gründen wird hier ein Blendkalender erstellt, in dem die mögliche Betroffenheit des Giebelfensters durch Reflexionen irgendwelcher Tische aller Anlagenfelder A bis F minütlich erfasst.

Für die südlichen Anlagenfelder E und F, die aus Sicht des Giebelfensters eine einheitliche Fläche darstellen, wird zunächst ein Blendkalender erstellt für eine durchschnittliche Ausrichtung des südlichen Anlagenteils.

Für den Kopf dieses Blendkalenders, in dem die Auswertung ersichtlich ist, ergibt sich Abbildung 48, der gesamte Blendkalender ist dargestellt in Abbildung 49.

Die Auswertung nur für die Felder E und F ergibt eine maximale tägliche Dauer von 11 Minuten und eine kumuliert Jahresdauer von 19,6 Stunden. Der Gesamtkalender weist Reflexionen vom 18. April



bis zum 27. August aus, wobei sich die Reflexionen zwischen 18:42 Uhr und 19:01 Uhr MEZ (Normal- oder Winterzeit) ergeben. Real in Sommerzeit hieße das demnach zwischen 19:42 Uhr und 20:01 Uhr.

Auswertung:																									
19,6 h/a																									
max: 11 min/d																									
1 minütlich	Datum	Uhrzeit (MEZ)																							
Tages-summen:		18:40	18:41	18:42	18:43	18:44	18:45	18:46	18:47	18:48	18:49	18:50	18:51	18:52	18:53	18:54	18:55	18:56	18:57	18:58	18:59	19:00	19:01	19:02	19:03
0	16. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	17. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	18. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	19. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	21. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	22. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	23. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	24. Apr.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	25. Apr.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	26. Apr.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	27. Apr.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	28. Apr.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	29. Apr.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	30. Apr.	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1. Mai.	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2. Mai.	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	3. Mai.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4. Mai.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	5. Mai.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	6. Mai.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	7. Mai.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	8. Mai.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	9. Mai.	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10. Mai.	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11. Mai.	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	12. Mai.	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 48: Kopf des Blendkalenders für Anlagenfelder E und F mit Auswertung; gelb und mit 1 markiert sind Minuten mit Reflexionen

Wird dieser Kalender ergänzt durch Reflexionszeitpunkte der sieben Cluster der Nordfelder, ergibt sich der Gesamtkalender in Abbildung 50. Er weist denselben Zeitraum im Jahr vom 18. April bis zum 27. August aus, im Tagesverlauf ergibt sich durch die zusätzlichen Reflexionen der nördlichen Anlagenfelder aber eine vergrößerte zeitliche Spanne zwischen 18:34 Uhr und 19:07 Uhr MEZ, innerhalb derer je nach Sonnenstand Reflexionen auftreten können.

Für die Auswertung nach LAI-Richtlinie zeigt der Kopf des Gesamtkalenders in Abbildung 51 eine maximale tägliche Dauer von 17 Minuten und eine kumulierte Jahresdauer von 25,5 Stunden.







Auswertung:																																							
25,5 h/a																																							
max: 17 min/d																																							
1 minütlich	Datum	Uhrzeit (MEZ)																																					
Tages-summen:		18:33	18:34	18:35	18:36	18:37	18:38	18:39	18:40	18:41	18:42	18:43	18:44	18:45	18:46	18:47	18:48	18:49	18:50	18:51	18:52	18:53	18:54	18:55	18:56	18:57	18:58	18:59	19:00	19:01	19:02	19:03	19:04	19:05	19:06	19:07	19:08	19:09	
0	17. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	18. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	19. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	21. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	22. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	23. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	24. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	25. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	26. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	27. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	28. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	29. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	30. Apr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1. Mai.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2. Mai.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3. Mai.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4. Mai.	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	5. Mai.	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	6. Mai.	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	7. Mai.	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	8. Mai.	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	9. Mai.	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	10. Mai.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	11. Mai.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	12. Mai.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 51: Kopf des gesamten Blendkalenders für Anlagenfelder A bis F mit Auswertung

### 5.5.4 Mehlenbachstr. 17

Für den großen nach Westen gerichteten Balkon im Haus Mehlenbachstr. 17 genügen wieder pauschalere Betrachtungen. Unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung aller Tische der Felder E und F mit einer mittleren Ausrichtung ergibt sich das Reflexionsdiagramm in Abbildung 52.

Es zeigt, dass die wenigen Reflexionen dieser Felder ausschließlich zu Zeiten auftreten können, in denen der Abstand zwischen Sonne und reflektierenden Punkten kleiner als 10° ist. Damit zählen diese Reflexionen nach LAI-Richtlinie nicht als Immissionen.

Für mögliche Reflexionen der verschiedenen Tischcluster der nördlichen Anlagenfelder ergeben sich dagegen unterschiedliche kurzzeitige Immissionszeiten. Zu ihrer Gesamtabstschätzung wird hier ein Reflexionsdiagramm mit einer gemittelten Ausrichtung für alle Tische der Nordanlage verwendet, dessen relevanter Ausschnitt vergrößert in Abbildung 53 dargestellt ist. In dieser Darstellung sind die möglichen Reflexionszeitpunkte rot umgrenzt.

Aus dieser Darstellung lassen sich zwei Immissionsperioden erkennen im Früh- und im Spätsommer, die jeweils wenig über einen Monat andauern und täglich maximal etwa 7 Minuten andauern können. Setzt man 2,5 Monate zu je 7 Minuten an, so ergibt sich eine kumulierte Jahresdauer von weniger als 9 Stunden.

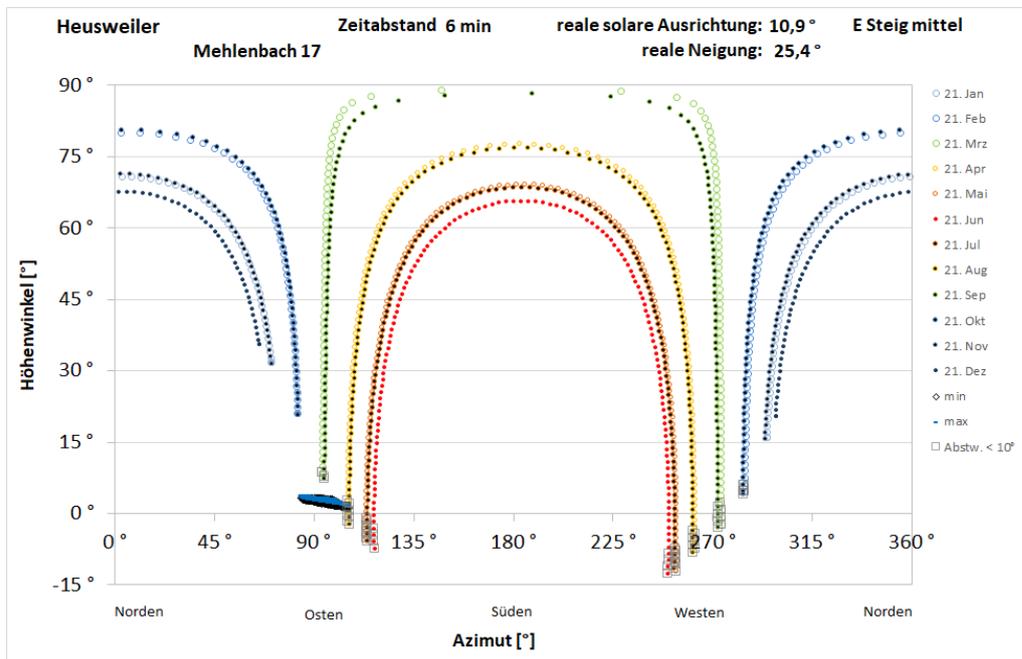


Abbildung 52: Reflexionsdiagramm für den Balkon im Haus Mehlenbachstr. 17 und alle Tische der Felder E und F unter Annahme einer einheitlichen durchschnittlichen Ausrichtung von 10,9°

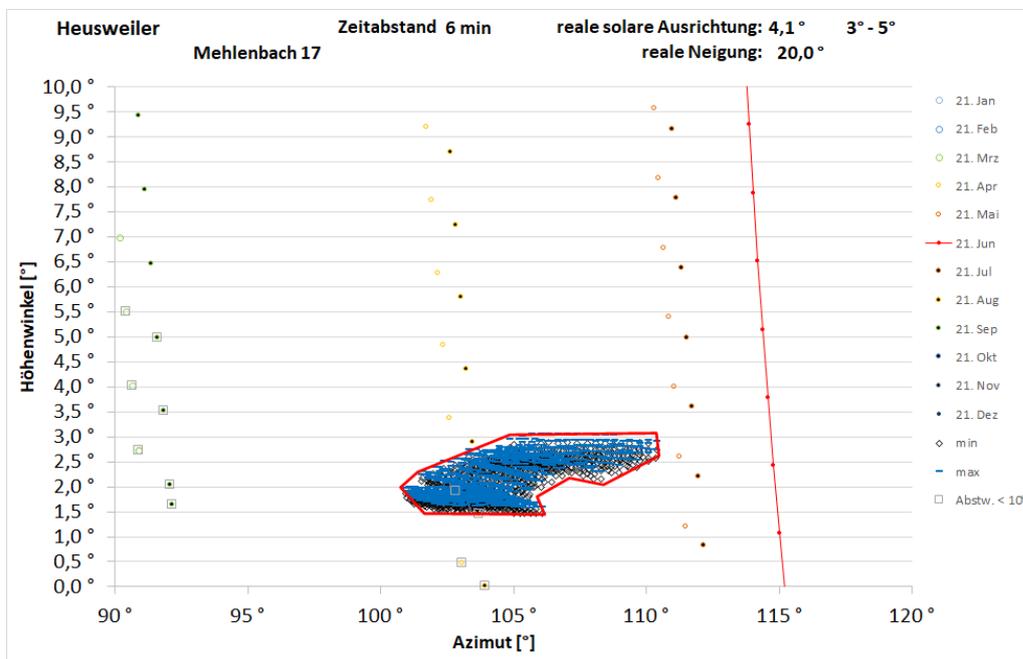


Abbildung 53: Ausschnittsvergrößerung des Reflexionsdiagramms für den Balkon Mehlenbachstr. 17 und Alle Tische der nördlichen Anlage miteinheitlich gemittelter Ausrichtung; Reflexionszeitpunkte rot abgegrenzt



## 6 Bewertung der Ergebnisse

### 6.1 Verkehr auf der Autobahn A 8

#### 6.1.1 Generelle Vorbemerkungen für beide Verkehrsrichtungen

Es wird festgestellt, dass die südlichen Anlagenfelder zu keinem Zeitpunkt im Jahr Reflexionen in das maximale Blickfeld von Fahrzeugführern auf der Autobahn bis 30° Abstand zu ihrer Blickachse richten können.

Es wird weiterhin festgestellt, dass dagegen von der Nordanlage Reflexionen auch in das Blickfeld von Fahrzeugführern gerichtet sein können.

Dabei werden Reflexionen, die von Sonnenständen bis 6° Höhe ausgehen, generell nicht als blendrelevant eingestuft, da in diesen Fällen die Sonne selbst nicht von Sonnenblenden abgeschirmt werden kann und aus Sicht von Fahrzeugführern so dicht bei der reflektierenden Fläche steht, dass ihre eigene Blendwirkung absolut dominiert.

Als nicht verkehrsbeeinträchtigend werden weiterhin generell alle Reflexionen bewertet, die

- ▶ einen Mindestabstand zur Blickachse von über 5° haben, im Blickfeld Höhenwinkel von unter 0,25° einnehmen und nicht mehr als 500 lx Beleuchtungsstärke an Fahreraugen bewirken können, oder
- ▶ einen Mindestabstand von 10° zur Blickachse aufweisen, Höhenwinkel im Blickfeld von unter 0,56° einnehmen, was dem Durchmesser der Sonnenscheibe im Blickfeld entspricht, und keine Beleuchtungsstärke an Fahreraugen von über 1.000 lx bewirken können.

Diese Bewertung berücksichtigt, dass die Sonne an senkrecht bestrahlten Objekten ab einer Sonnenhöhe von 6° mindestens 11.500 lx Bestrahlungsstärke bewirkt. Um die Bedeutung der Höhenwinkel im Blickfeld zu veranschaulichen, sei darauf verwiesen, dass eine reflektierende Fläche von 0,25° einem 10 cm hohen Rückspiegel in 23 m Entfernung entspricht.

#### 6.1.2 Verkehr aus westlicher Richtung

Es wird festgestellt, dass der Bahndamm im Osten der Bundesstraße B 268 deren Zubringer zur Autobahn gegenüber der gesamten Anlage abschirmt, so dass hier von vornherein keine Blendrisiken bestehen können.

Anhand der exemplarisch untersuchten Punkte, deren Nummerierung in Abbildung 36 auf Seite 32 gezeigt ist, ergeben die Untersuchungen, dass bis zum Punkt 3 keine verkehrsbeeinträchtigenden Reflexionen im Sinne der Vorbemerkung auftreten können.

Zwischen den Punkten 4 und 7 können zwar Reflexionen dicht bei und sogar auf der Blickachse auftreten, die reflektierende Fläche nimmt aber nur Höhenwinkel bis 0,14° im Blickfeld ein, was einem 10 cm hohen Spiegel in 40 m Entfernung entspricht, und bewirkt nicht mehr als 320 lx Beleuchtungsstärke an Fahreraugen bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 13.000 lx.



Eine derart kleine und schwach strahlende Lichtquelle kann weder die Aufmerksamkeit von Fahrzeugführern für das Verkehrsgeschehen reduzieren noch gar die Erkennbarkeit aller verkehrsrelevanter Ereignisse beeinträchtigen.

Um den Punkt 9 herum treten Reflexionen am äußersten Rand des zentralen Blickfeldes mit im Blickfeld eingenommenen Höhenwinkeln von  $0,45^\circ$  und bewirkter Beleuchtungsstärke an Fahreraugen von weniger als 500 lx auf. Mit diesen Merkmalen sind sie nicht ganz erfasst von der generell als nicht verkehrsbeeinträchtigend eingestuften Kategorie, werden aber in diesem Fall aufgrund des minimalen Abstands von nur  $0,4^\circ$  zur  $10^\circ$ -Grenze ebenso bewertet.

Von Punkt 10 bis Punkt 12 werden mögliche Reflexionen mit Mindestabstand zur Blickachse zwischen  $15^\circ$  und  $20^\circ$  ermittelt, die Höhenwinkel bis  $1^\circ$  einnehmen, aber nur Beleuchtungsstärken an Fahreraugen von unter 1.000 lx bewirken können, oder Höhenwinkel von nur  $0,4^\circ$  einnehmen und Beleuchtungsstärken bis 1.400 lx bewirken können bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 30.000 lx.

Auch diese Reflexionsverhältnisse stellen angesichts des Abstands zur Blickachse keine Verkehrsbeeinträchtigung dar.

Das Gleiche gilt für die jenseits des  $20^\circ$ -Abstands zur Blickachse auftretenden Reflexionen, die bis maximal  $1,2^\circ$  Höhenwinkel einnehmen und Beleuchtungsstärken an Fahreraugen bis zu 1.700 lx bewirken können bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 34.000 lx.

Für den Verkehr aus westlicher Richtung bestehen damit keinerlei Blendrisiken durch Reflexionen der geplanten Anlage.

### 6.1.3 Verkehr aus östlicher Richtung

Anhand der exemplarisch untersuchten Punkte, deren Nummerierung in Abbildung 41 auf Seite 37 gezeigt ist, ergeben die Untersuchungen, dass bis zum Punkt 4 keine Reflexionen wahrgenommen werden können aufgrund der Abschirmung durch das Gelände.

#### 6.1.3.1 Strecke von Punkt 5 bis Punkt 8

Von Punkt 5 bis Punkt 8 verringert sich der Mindestabstand von potenziell blendrelevanten Reflexionen im Sinne der Vorbemerkungen zur Blickachse allmählich von anfangs  $9,8^\circ$  auf zuletzt  $4,1^\circ$ , womit der Rand des besonders kritischen Bereichs bis  $5^\circ$  Abstand zur Blickachse berührt ist. Innerhalb des besonders kritischen Bereiches nehmen die reflektierenden Flächen allerdings nur eine Höhe im Blickfeld von  $0,16^\circ$  ein und bewirken an Fahreraugen Beleuchtungsstärken unter 500 lx. Im übrigen zentralen Blickfeld treten punktweise unterschiedliche Maximalwinkelhöhen zwischen  $0,4^\circ$  und  $1,3^\circ$  auf mit der einheitlichen Tendenz, dass die Winkelhöhe mit zunehmendem Abstand zur Blickachse wächst und ihre Maximalhöhe erst am Rand des zentralen Blickfeldes erreicht. Die an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärke, die durchgehend zusammen mit dem Abstand von der Blickachse anwächst, übersteigt dabei nirgends 800 lx bei stets mehr als 20-facher Beleuchtungsstärke senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte.



Außerhalb des zentralen Blickfeldes setzt sich einheitlich nur der Trend fort, dass die bewirkten Beleuchtungsstärken mit dem Abstand zur Blickachse wachsen. Vor allem zwischen  $12^\circ$  und  $15^\circ$  Abstand zur Blickachse treten großflächigere Reflexionen auf, die bis zu  $1,8^\circ$  Winkelhöhe im Blickfeld erreichen, wobei die an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärke am Anfang bei Punkt 5 nur 700 lx erreichen kann bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht bestrahlter Objekte von 17.000 lx. Die maximal erreichbare Beleuchtungsstärke an Fahreraugen in diesem Bereich zwischen  $12^\circ$  und  $15^\circ$  Abstand zur Blickachse steigert sich im Verlauf der Strecke bis zum Punkt 8 allmählich auf 1.250 lx, stets bei mehr als 20-facher Beleuchtungsstärke senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte.

Mit weiter wachsendem Abstand zur Blickachse verkleinern sich die Winkelhöhen der Reflexionen im Blickfeld deutlich, außer bei Punkt 7, wo sie zumindest konstant bleiben. Die maximal bewirkte Beleuchtungsstärke an Fahreraugen tritt bei  $22^\circ$  Abstand zur Blickachse von Punkt 7 mit 1.500 lx auf, bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 30.000 lx.

#### 6.1.3.2 Strecke von Punkt 9 bis Punkt 12

Bei Punkt 9 ist der Rand des besonders kritischen Bereichs noch ab  $4,6^\circ$  Abstand zur Blickachse von Reflexionen betroffen, deren Winkelhöhe im Blickfeld bis  $5^\circ$  Abstand zur Blickachse aber nur von  $0,05^\circ$  auf  $0,4^\circ$  anwächst, wobei an Fahreraugen bewirkte Beleuchtungsstärken unter 500 lx bleiben.

Im restlichen zentralen Blickfeld ergeben sich hier bei Punkt 9 noch größere Winkelhöhen von bis zu  $1,1^\circ$  ab  $9,3^\circ$  Abstand zur Blickachse, während im Verlauf der folgenden Strecke im gesamten zentralen Blickfeld keine Winkelhöhen von mehr als  $0,4^\circ$  mehr auftreten. Von Reflexionen im zentralen Blickfeld werden über die gesamte Strecke hinweg keine Beleuchtungsstärken über 800 lx an Fahreraugen bewirkt.

Außerhalb des zentralen Blickfeldes treten noch großflächigere Reflexionen von bis zu  $1,4^\circ$  Winkelhöhe auf. Die stets mit dem Abstand zur Blickachse wachsende Beleuchtungsstärke, die durch die Reflexionen bewirkt werden kann, überschreitet nirgends 1.400 lx bei gleichzeitiger Beleuchtung senkrecht von der Sonne bestrahlter Objekte von 29.000 lx.

Ab Punkt 10 sinkt die maximale Beleuchtungsstärke kontinuierlich.

#### 6.1.3.3 Gesamtbewertung der Reflexionen auf dieser Fahrbahn aus östlicher Richtung

Die auftretenden Reflexionen stellen keine Behinderung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs dar aufgrund der folgenden Überlegungen:

Die geringfügigen Reflexionen am äußersten Rand des an sich besonders kritischen Bereichs bis  $5^\circ$  Abstand zur Blickachse behindern die Sehfähigkeit in keiner Weise und im restlichen zentralen Blickfeld treten großflächige und zu hohen Beleuchtungsstärken an Fahreraugen führende Reflexionen nicht auf.

Hinter der steilen nördlichen Böschung, die bis zum Punkt 4 keinen Blick auf Anlagenteile zulässt, beginnen mögliche Reflexionen nicht plötzlich mit großen Flächen und hohen Beleuchtungsstärken, was zu unwillkürlicher Blickhinwendung führen könnte. Vielmehr treten auch im äußeren Blickfeld erst ab Punkt 6 Reflexionen auf, die Beleuchtungsstärken an Fahreraugen von über 1.000 lx bewirken können.



## 6.2 Wohnhäuser an der Mehlenbachstraße

Die vier untersuchten Häuser sind exemplarisch für Richtungen gewählt, in die Reflexionen fallen könnten und stellen jeweils durch ihre exponierte Lage hinsichtlich Höhe der Fenster oder auch Balkonbreite an sich besonders betroffene Immissionsorte dar.

Da sich für keinen dieser Immissionsorte eine tägliche Immissionsdauer von mehr als 17 Minuten ergibt und keine kumulierte Jahresdauer von mehr als 25,5 Stunden, lässt sich daraus ableiten, dass auch kein anderes Wohnhaus länger als 30 Minuten an einem Tag oder über mehr als 30 Stunden im Gesamtjahreszyklus von Lichtimmissionen nach der LAI-Richtlinie betroffen sein kann.

Diese von der LAI-Richtlinie genannten Schwellenwerte stellen zwar nur Anhaltspunkte dar für eine mögliche Unzumutbarkeit und Besonderheiten des Einzelfalles können zu abweichender Bewertung führen. Da aber auch keinerlei Anzeichen auf Besonderheiten hinweisen, die eine abweichende Beurteilung nahelegen könnte, werden die möglichen Immissionen für zumutbar erachtet.



## 7 *Verwendete Materialien*

### 7.1 *Dokumente vom Auftraggeber*

- ▶ Belegungsplan der nördlichen Anlagenteile als Datei  
ACAD2010-AS-SU-21-022-20-10-B Kirschhof-Model
- ▶ Belegungsplan der südlichen Anlagenteile als Datei  
ACAD-AS-SU-21-022-20-10-A Numborn-Model
- ▶ Höhenpunkte aus DGM1-Daten des Landesamtes für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (LVGL) als Planungsgrundlage als 8 Dateien  
20200259\_TM\_Blatt\_1.pdf bis 20200259\_TM\_Blatt\_8.pdf

### 7.2 *Literatur*

- ▶ Wittlich, M.: Blendung – Theoretischer Hintergrund, Informationen des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA); Sankt Augustin 2010
- ▶ Schattenwurf-Richtlinie: Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweis, verabschiedet auf der 103. Sitzung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), 6.-8.5.2002
- ▶ LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen; Beschluss der LAI vom 13.09.2012, Anhang 2 – Stand 3.11.2015; <http://www.lai-immissionsschutz.de/servlet/is/20170/Hinweise%20zur%20Messung%20Beurteilung%20und%20Minderung%20von%20Lichtimmissionen.pdf?command=downloadContent&filename=Hinweise%20zur%20Messung%20Beurteilung%20und%20Minderung%20von%20Lichtimmissionen.pdf>
- ▶ Fischbach, M.; Mack, M.; Haselhuhn, R.: Blendgutachten Photovoltaik – ein Statusbericht aus der Gutachterpraxis; Tagungsband 29. Symposium Photovoltaische Solarenergie 12.-14.3.2014 Bad Staffelstein; Hsg.: OTTI e.V.
- ▶ 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
- ▶ Kaufmann, H.: Strabismus. Stuttgart, Enke, 1986
- ▶ Empfehlungen der Strahlenschutzkommission: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren; verabschiedet in der 205. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 16./17. Februar 2006
- ▶ DIN 5034-2:1985-02 Tageslicht in Innenräumen; Grundlagen



## 8 *Abbildungsverzeichnis*

Abbildung 1: Lage der Modulreihen (blau), der Autobahn A 8, der Landesstraße L 268 sowie der Häuser an der Mehlenbachstraße im Südosten .....	5
Abbildung 2: Gegenstände auf der Sichtachse zur Blendquelle sind nicht mehr wahrnehmbar.....	9
Abbildung 3: Blickfelder von Tabelle 1; der Achsenschnittpunkt $0^\circ/0^\circ$ stellt dabei einen Punkt auf der Blickachse dar, auf den die Augen fokussieren, und nicht notwendigerweise einen Punkt auf dem Horizont .....	12
Abbildung 4: Auswirkung des Einfallwinkels auf den Transmissionsgrad für Modulgläser .....	14
Abbildung 5: Gesamtanlage (Modulreihen blau) nördlich und südlich der Autobahn A 8.....	15
Abbildung 6: Teilfelder nördlich der Autobahn (Modultische blau), Benennung A-D und G (magenta) und Höhenlinien (farbig und breiter im Abstand von 5 m, blau im Abstand 1 m und türkis im Abstand von 0,25 m), Höhenangaben ü. NN schwarz) .....	15
Abbildung 7: Verteilungskurve der Tischausrichtungen aller 162 Tische der nördlichen Teilfelder A bis D und G .....	16
Abbildung 8: Teilfelder südlich der Autobahn (Modultische blau), Benennung E und F (magenta) und Höhenlinien (farbig und breiter im Abstand von 5 m, blau im Abstand 1 m und türkis im Abstand von 0,25 m), Höhenangaben ü. NN schwarz) .....	16
Abbildung 9: Verteilungskurve der Tischausrichtungen aller 51 Tische des südlichen Teilfeldes E ....	17
Abbildung 10: Verteilungskurve der Tischausrichtungen aller 49 Tische des südlichen Teilfeldes F ..	17
Abbildung 11: Aufnahmeorte der verfügbaren Fotos, aus dem Bereich der geplanten Teilfelder E und vor allem F .....	18
Abbildung 12: Foto Nr. 2 mit Blick auf die Häuser Mehlenbachstr. 7a (links) bis 1 (Mitte/rechts) und 142 (ganz rechts, nur Dach sichtbar).....	19
Abbildung 13: Vergrößerung von Abbildung 12, Hausnummern 3a, 3 und 1.....	19
Abbildung 14: Vergrößerung aus Foto Nr. 7 – Dachfenster im Haus Mehlenbachstr. 7a.....	20
Abbildung 15: Detail aus Foto Nr. 1.....	20
Abbildung 16: Ausschnitt eines Fotos von der gegenüberliegenden Seite der Autobahn aus; Haus Nr. 11 links unterhalb des Turmes .....	21
Abbildung 17: Darstellung des Reflexionsstrahls anhand von Azimut und Höhenwinkel wie im Reflexionsdiagramm verwendet und Beschreibung des Abstandswinkels zwischen Blickrichtungen zur Sonne und zum Blendpunkt.....	22



Abbildung 18: Reflexionsdiagramm aus Sicht eines beliebigen potenziellen Blendpunktes von mit +0,6° ausgerichteten Module mit einer Modulneigung von 20° am Standort der Anlage; waagrecht aufgetragen sind die Azimutwinkel von Norden (0°) über Osten (90°), Süden (180°) nach Westen (270°), senkrecht die Höhenwinkel; Reflexionen aus einem Abstand zur Sonne von unter 10° sind grau umrahmt .....	23
Abbildung 19: Beispiel für Bandbreite möglicher Höhenwinkel .....	24
Abbildung 20: Aufteilung der 162 Tische der nördlichen Anlagenteile nach Clustern ähnlicher Ausrichtung .....	25
Abbildung 21: Sämtliche Eckpunkte nördlicher Tische im Lageplan, Achsenwerte sind Meterangaben .....	25
Abbildung 22: Tischecken des Clusters Ostausrichtung sind orange hervorgehoben .....	25
Abbildung 23: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ostausrichtung .....	26
Abbildung 24: Tischecken des Clusters 0° - 1° sind grau hervorgehoben .....	26
Abbildung 25: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 0° und 1° .....	27
Abbildung 26: Tischecken des Clusters 1° - 2,9° sind gelb hervorgehoben .....	27
Abbildung 27: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 1° und 2,9° .....	28
Abbildung 28: Tischecken des Clusters 3° - 5° sind blau hervorgehoben .....	28
Abbildung 29: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 3° - 5° ..	29
Abbildung 30: Tischecken des Clusters 5° - 7° sind grün hervorgehoben .....	29
Abbildung 31: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 5° und 7° .....	30
Abbildung 32: Tischecken des Clusters 7° - 7,6° sind dunkelblau hervorgehoben .....	30
Abbildung 33: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen zwischen 7° und 7,6° .....	31
Abbildung 34: Tischecken des Clusters „stark westlich“ sind braun hervorgehoben .....	31
Abbildung 35: Reflexionsdiagramm für Tische der Nordanlage mit Ausrichtungen über 7,6° .....	32
Abbildung 36: Exemplarisch untersuchte Punkte auf der Autobahn aus westlicher Richtung – lila Kreise, in Fahrtrichtung grün durchnummeriert .....	32



Abbildung 37: Einkalkulierter Blendschutz von der nordwestlichen Ecke von Teilfeld A bis zur südwestlichen Ecke von Teilfeld D als grüne Linie gekennzeichnet, unterbrochen nur für den Wirtschaftsweg zwischen den Feldern A und B.....	33
Abbildung 38: Reflexionsdiagramm für Punkt 15 von Westen und alle Tische der Teilfelder E und F unter der Annahme minimal auftretender Ausrichtung.....	34
Abbildung 39: Reflexionsdiagramm für Punkt 15 von Westen und alle Tische der Teilfelder E und F unter der Annahme maximal auftretender Ausrichtung.....	34
Abbildung 40: Ergebnismatrix für Cluster der nördlichen Felder und Untersuchungspunkte auf der Autobahn aus westlicher Richtung (abgekürzt mit vW 1 bis 19).....	35
Abbildung 41: Exemplarisch untersuchte Punkte auf der Autobahn aus östlicher Richtung – lila Kreise, in Fahrtrichtung grün durchnummeriert.....	37
Abbildung 42: Ergebnismatrix für Cluster der nördlichen Felder und Untersuchungspunkte auf der Autobahn aus östlicher Richtung (abgekürzt mit vO 1 bis 14).....	38
Abbildung 43: Reflexionsdiagramme für alle Tische der südlichen Anlagenteile E und F, links unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung mit minimal auftretendem West-Ost-Anstieg und rechts unter der Annahme maximal auftretenden West-Ost-Anstiegs einheitlich für alle Tische.....	42
Abbildung 44: Reflexionsdiagramme für alle Tische der nördlichen Anlagenteile A bis D und G, links unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung mit maximal auftretendem Ostausrichtung und rechts unter der Annahme maximal auftretender Westausrichtung einheitlich für alle Tische.....	42
Abbildung 45: Ausschnittsvergrößerungen der Reflexionsdiagramme für das Dachfenster im Haus Mehlenbachstr. 7a; links unter der Annahme einheitlich maximaler Ausrichtung aller Tische der Anlagenfelder E und F und rechts unter der Annahme der minimalen Ausrichtung.....	43
Abbildung 46: Reflexionsdiagramme für das Dachfenster im Haus Mehlenbachstr. 7a; links unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung aller Tische der nördlichen Anlagenfelder A bis D und G entsprechend Cluster „Ostausrichtung“ und rechts entsprechend Cluster „stark westlich“.....	43
Abbildung 47: Ausschnittsvergrößerung des Reflexionsdiagramms für das Dachfenster im Haus Mehlenbachstr. 7a unter der Annahme einheitlicher Ausrichtung aller Tische der Anlagenfelder A bis D und G entsprechend dem Cluster „stark westlich“; Zeitpunkte möglicher Reflexionen zum Dachfenster Mehlenbachstr. 7a grün umgrenzt.....	44
Abbildung 48: Kopf des Blendkalenders für Anlagenfelder E und F mit Auswertung; gelb und mit 1 markiert sind Minuten mit Reflexionen.....	45
Abbildung 49: Gesamter Blendkalender der Anlagenfelder E und F.....	46
Abbildung 50: Gesamter Blendkalender aller Anlagenfelder A bis F.....	47
Abbildung 51: Kopf des gesamten Blendkalenders für Anlagenfelder A bis F mit Auswertung.....	48

Abbildung 52: Reflexionsdiagramm für den Balkon im Haus Mehlenbachstr. 17 und alle Tische der Felder E und F unter Annahme einer einheitlichen durchschnittlichen Ausrichtung von  $10,9^\circ$  ..... 49

Abbildung 53: Ausschnittsvergrößerung des Reflexionsdiagramms für den Balkon Mehlenbachstr. 17 und Alle Tische der nördlichen Anlage miteinheitlich gemittelter Ausrichtung; Reflexionszeitpunkte rot abgegrenzt ..... 49



## 9 Tabellenverzeichnis



Tabelle 1: Menschliches Gebrauchsblickfeld (vertikal positiv ist oben, negativ unten) .....11