



Lohmeyer

**B-PLAN NR. 23
„FREIFLÄCHEN-PHOTVOLTAIKANLAGE
AM KÖNIGSBACH“
IN HAMMINKELN-DINGDEN**

- BLENDGUTACHTEN -

Auftraggeber:

SETEX Textil GmbH
Frankenstraße 15
46499 Hamminkeln-Dingden

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Bochum

M.Sc. Geogr. A. Spindler

Dr. rer. nat. R. Hagemann

Februar 2024
Projekt 30411-23-09
Berichtsumfang 20 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	AUFGABENSTELLUNG	3
3	BERWERTUNGSGRUNDLAGEN.....	4
4	EINGANGSDATEN	7
	4.1 Topographie und Gebäude	7
	4.2 PV-Anlage.....	8
5	SIMULATIONSRECHNUNGEN ZUR BESTIMMUNG VON BLENDZEITEN	9
	5.1 Grundlagen und Methodik.....	9
	5.2 Ergebnisse der Blendungsberechnungen	11
	5.2.1 Verkehrsteilnehmer	11
	5.2.2 Anwohner	14
	5.3 Flimmereffekte	16
6	FAZIT	18
7	QUELLEN	20
	7.1 Literatur.....	20
	7.2 Materialien und Unterlagen.....	20

Hinweise:

Der vorliegende Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Namen und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Hamminkeln ist im Bereich der Gemarkung Dingden, Flur 13, Flurstück 85 die Errichtung einer PV-Freiflächenanlage geplant. Hierfür ist die Aufstellung des vorhabenbezogenen Bebauungsplans Nr. 23 „Freiflächen-Photovoltaikanlage am Königsbach“ in Erarbeitung. Die geplante Anlage soll auf der zurzeit landwirtschaftlich genutzten Fläche „Die Organistenweide“ in West-Ost-Ausrichtung errichtet werden und umfasst eine Fläche von etwas mehr als 4 ha. Südlich an das Plangebiet angrenzend verläuft in West-Ost-Richtung die Anliegerstraße Zum Tollberg mit Wohnbebauung. Östlich des Plangebiets mündet die Straße Am Depot in einen unmittelbar neben der Fläche angesiedelten landwirtschaftlichen Betrieb.

Für den Bebauungsplan Nr. 23 „Freiflächen-Photovoltaikanlage am Königsbach“ und im Hinblick auf das Genehmigungsverfahren war zu prüfen, ob Belästigungen der Anwohner sowie Gefährdungen der Verkehrsteilnehmer der Anliegerstraße Zum Tollberg durch Blendungen aufgrund von Lichtreflexionen an den PV-Modulen ausgeschlossen werden können.

Um das Ausmaß potenzieller Blendwirkungen durch die geplante PV-Freiflächenanlage auf die Anwohner sowie die Verkehrsteilnehmer auf der Anliegerstraßen Zum Tollberg und daraus resultierender Belästigungen bzw. Gefährdungen zu beurteilen, wurden zur Bestimmung der Blendzeiten Simulationsrechnungen durchgeführt. Zudem wurden potentielle Flimmereffekte auf die Verkehrsteilnehmer bewertet.

An den untersuchten Aufpunkten für die Verkehrsteilnehmer wurden zum Teil potentielle Blendungen im relevanten Sichtbereich von $\pm 30^\circ$ um die Hauptblickrichtung ermittelt. Die Blendungen der Verkehrsteilnehmer sind durch wenige Module im Südwesten der PV-Freiflächenanlage berechnet und beschränken sich auf kurze Zeiträume morgens bzw. am späten Nachmittag zwischen März und September. Straßenräume werden in der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie (LAI, 2015) nicht als maßgebliche Immissionsorte genannt, sodass für diese keine konkrete Bewertungsgrundlage vorliegt. Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit sollten aber Blendeinwirkungen auf Verkehrsteilnehmer grundsätzlich möglichst ausgeschlossen werden, da bereits eine kurzzeitige Blendung zu potentiellen Gefährdungen im Straßenverkehr führen kann.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Ergebnisse die astronomisch maximal möglichen Blendzeiten widerspiegeln, die in der Realität aufgrund der Witterungsverhältnisse reduziert werden. Weiter handelt es sich bei der betroffenen Straße um eine Anliegerstraße, auf der die zulässige Höchstgeschwindigkeit zum Teil nur 30 km/h beträgt. Zusätzlich sind zwischen den Modulen und der Straße eine Landschaftshecke bzw. eine Schnitthecke vorgesehen, die in den Simulationsrechnungen aufgrund einer

konservativen Abschätzung nicht berücksichtigt ist, deren abschirmende Wirkung die potentiellen Blendungen aber verhindern kann. Unter Berücksichtigung der genannten Gründe ist nicht von einer Gefährdung der Verkehrsteilnehmer durch die in der Theorie auf Basis der Simulationsrechnungen ermittelten potentiell möglichen Blendwirkungen auszugehen.

Die Untersuchung potentieller Flimmereffekte zeigt, dass die Einwirkungsdauer bei allen für den betrachteten Abschnitt relevanten Fahrgeschwindigkeiten den Schwellenwert von 20 s überschreitet. Durch die niedrige Fahrgeschwindigkeit ergibt sich allerdings eine niedrige Flimmerfrequenz von unter 1 Hz, die deutlich unter dem Schwellenwert von 4 Hz liegt. Da Flimmereffekte insbesondere dann als störend wahrgenommen werden, wenn beide Schwellenwerte überschritten werden, ergibt sich für keine der relevanten Fahrgeschwindigkeiten eine Störung der Verkehrsteilnehmer durch Flimmereffekte.

Entsprechend dem Anhang 2 der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie (LAI, 2015) liegt für Anwohner erst dann eine erhebliche Belästigung vor, wenn die astronomisch maximal mögliche Blenddauer mindestens 30 Minuten am Tage oder 30 Stunden im Jahr beträgt. An den untersuchten Aufpunkten für die Anwohner wurden teilweise potentielle Blendungen ermittelt, die aber überwiegend unterhalb der LAI-Schwellenwerte liegen und damit als unkritisch einzustufen sind. Lediglich am Aufpunkt A 12 wird mit einer Jahressumme von astronomisch maximal möglichen Blendungen von 41.6 Stunden der LAI-Schwellenwert für die Jahressumme an Stunden überschritten. Hier kann es in den Monaten März bis September am späten Nachmittag durch wenige Module am südöstlichen Rand der PV-Freiflächenanlage zu potentiellen Blendungen kommen.

Entsprechend den vorliegenden Informationen handelt es sich bei dem betroffenen Gebäude um einen ehemaligen Schweinestall, der zurzeit keiner Wohnnutzung unterliegt. Zusätzlich ist zwischen der Modulreihe und dem Gebäude eine Schritthecke vorgesehen, die in den Simulationsrechnungen aufgrund einer konservativen Abschätzung nicht berücksichtigt ist, deren abschirmende Wirkung die potentiellen Blendungen aber verhindern kann. Auf Basis der Simulationsrechnungen ergibt sich somit für die Anwohner keine erhebliche Belästigung durch Blendwirkungen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Hamminkeln ist im Bereich der Gemarkung Dingden, Flur 13, Flurstück 85, die Errichtung einer PV-Freiflächenanlage geplant (vgl. **Abb. 2.1**). Hierfür ist die Aufstellung des vorhabenbezogenen Bebauungsplans Nr. 23 „Freiflächen-Photovoltaikanlage am Königsbach“ in Erarbeitung. Die geplante Anlage soll auf der zurzeit landwirtschaftlich genutzten Fläche „Die Organistenweide“ in West-Ost-Ausrichtung errichtet werden und umfasst eine Fläche von etwas mehr als 4 ha. Südlich an das Plangebiet angrenzend verläuft in West-Ost-Richtung die Anliegerstraße Zum Tollberg mit Wohnbebauung. Unmittelbar östlich des Plangebiets ist ein landwirtschaftlicher Betrieb angesiedelt, zu dem die Privatstraße Am Depot hinführt.

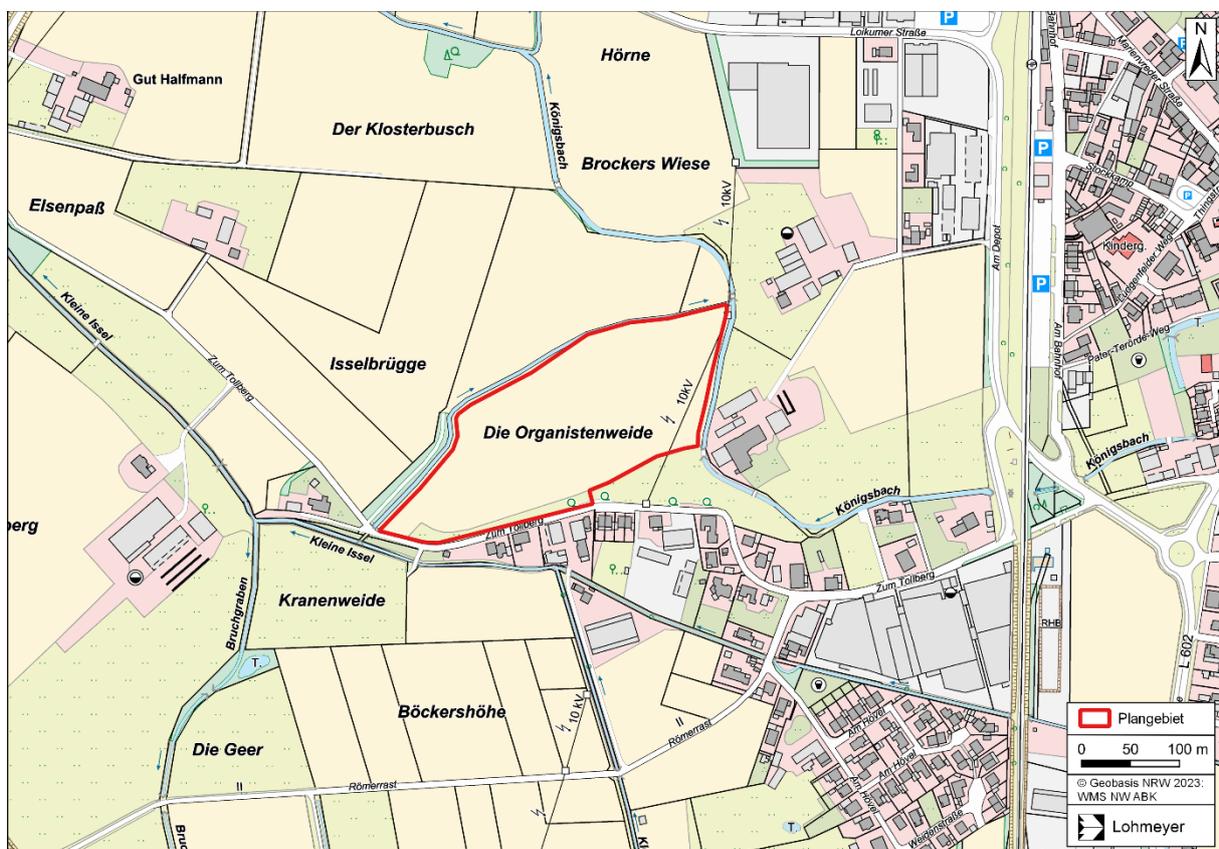


Abb. 2.1: Lage des Plangebiets

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens Nr. 23 „Freiflächen-Photovoltaikanlage am Königsbach“ und im Hinblick auf das Genehmigungsverfahren ist für diese Planungen sicherzustellen, dass nach Errichtung der Anlage keine Belästigungen der Anwohner sowie Gefährdungen der Verkehrsteilnehmer auf den umliegenden Straßen verursacht werden, die durch Blendungen aufgrund von Lichtreflexionen an den PV-Modulen hervorgerufen werden. Für den Bebauungsplan ist daher in einem Blendgutachten aufzuzeigen, ob blendungsbedingte Störungen und Gefährdungen durch die geplante PV-Freiflächenanlage grundsätzlich auftreten können.

3 BERWERTUNGSGRUNDLAGEN

Lichtimmissionen gehören nach dem BImSchG zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß und Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile und/oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Unter Lichtimmissionen versteht man die Blendwirkungen, die von direkten Lichtquellen, z.B. Sonne, Leuchtreklamen oder Autoscheinwerfer, oder indirekten Lichtquellen wie z.B. Reflexionen an Glasfassaden oder PV-Anlagen verursacht werden.

Im Allgemeinen stellt eine Blendung eine vorübergehende Funktionsstörung des Auges dar, durch die man gehindert wird, Dinge zu erkennen, die man sehen muss oder sehen will (ARGE, 2007). Voraussetzung ist, dass der Betrachter unmittelbar in die Blendlichtquelle blickt. Dabei wird zwischen einer physiologischen und einer psychologischen Blendung unterschieden.

Bei der **physiologischen Blendung** wird das Sehvermögen durch Streulicht im Glaskörper des Auges vermindert (LAI, 2015). Diese Beeinträchtigung des Sehvermögens ist messbar. Eine Ablenkung der Verkehrsteilnehmer wird zudem durch eine **psychologische Blendung** hervorgerufen, d.h. eine Lichtreflexion wird vom Kraftfahrer mit einer erhöhten Aufmerksamkeit wahrgenommen und als störend empfunden.

Als **Flimmereffekt** werden Blendungen bezeichnet, die durch zeitlich schnell wechselnde Lichtintensitäten ausgelöst werden. Dieses Phänomen kann an PV-Freiflächenanlagen entlang von Bundesstraßen und Autobahnen bei schnellem Vorbeifahren durch die hintereinander angeordneten PV-Module ausgelöst werden.

Die Wahrnehmung von Flimmereffekten wird von drei Faktoren bestimmt:

1. Anzahl der Helligkeitswechsel pro Sekunde (auch Flimmerfrequenz genannt)
2. Einwirkungsdauer des Flimmerns
3. Verhältnis zwischen höchsten und niedrigsten Helligkeitswert innerhalb einer Periode

Alle drei Faktoren sind von der Fahrgeschwindigkeit des Beobachters abhängig. Die Internationale Beleuchtungskommission beschreibt in ihrer Richtlinie CIE 88:2004 „Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses“ (CIE, 2004) die Beurteilung von Flimmereffekten anhand der Flimmerfrequenz und der Einwirkungsdauer.

Flimmereffekte sind nach CIE 88:2004 als unangenehm oder störend einzustufen, wenn die Flimmerfrequenz zwischen 4 Hz und 11 Hz liegt und dieser Zustand länger als 20 s andauert. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass diese Vorgaben für die Anbringung von Leuchten in Tunneln und Unterführungen gelten. Da für die Bewertung von Flimmereffekten, die durch

Reflexion von Sonnenlicht an PV-Anlagen verursacht werden, kein Maßstab existiert, werden die Vorgaben der CIE 88:2004 als Beurteilungskriterien herangezogen.

Wirkungsuntersuchungen oder rechtsverbindliche Beurteilungsvorschriften zur Bewertung von Blendungen, die durch Lichtreflexionen an Glasfassaden oder PV-Modulen verursacht werden, liegen derzeit nicht vor. Grundsätzlich ist aber festzustellen, dass aufgrund der sehr hohen Leuchtdichte der Sonne (ca. 10^9 cd/m²) bei einem direkten Blick auf eine reflektierende Blendlichtquelle (PV-Modul, Glasfassade o.ä.) eine Totalblendung auftritt.

Zur Einschätzung der Belästigungswirkung kann die aktuelle LAI-Lichtimmissionsrichtlinie (LAI, 2015) herangezogen werden. Hierin sind im Anhang 2 „Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Verminderung von Blendwirkungen großflächiger Freiflächen-Photovoltaikanlagen“ genannt.

Als immissionsschutzrechtlich relevante Immissionsorte sind nach der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie Wohnräume, Schlafräume, Unterrichtsräume, Büro- und Arbeitsräume zu betrachten. An Gebäude anschließende Außenflächen (z.B. Außenterrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen gleichzusetzen. Als Grundlage für die Bewertung der Blendung durch großflächige PV-Freiflächenanlagen kann eine erhebliche Belästigung vorliegen, wenn die astronomisch maximal mögliche Blenddauer mindestens 30 Minuten am Tage oder 30 Stunden im Jahr beträgt.

Straßenräume werden in der Lichtimmissionsrichtlinie nicht als maßgebliche Immissionsorte genannt, sodass für diese keine konkrete Bewertungsgrundlage vorliegt. Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit sollten aber Blendeinwirkungen auf die Verkehrsteilnehmer grundsätzlich möglichst ausgeschlossen werden, da bereits eine kurzzeitige Blendung zu potentiellen Gefährdungen im Straßenverkehr führen kann.

Bei streifendem Lichteinfall auf die spiegelnde Fläche dominiert der direkte Blick in die Sonne die Blendwirkung. Erst ab einem Differenzwinkel von mehr als 10° zwischen Blickrichtung zur Sonne und zum Modul kommt es zu einer zusätzlichen Blendung durch die Blendlichtquelle (vgl. **Abb. 3.1**, links).

Einen weiteren Einflussfaktor für eine Blendung stellt der Winkel zwischen der Blickrichtung des Beobachters und der Sichtlinie zwischen Beobachter und Blendlichtquelle dar. Blendlichtquellen, die in einem Winkel von $> 30^\circ$ zum Beobachter stehen, können aufgrund der Anatomie des Auges keine Blendwirkungen verursachen (vgl. **Abb. 3.1**, rechts). Wenn der Winkel unter 10° fällt, ist die störende Lichtquelle als besonders kritisch einzustufen. In diesem Fall kann ein Kraftfahrer sich der Blendung nicht mehr entziehen.

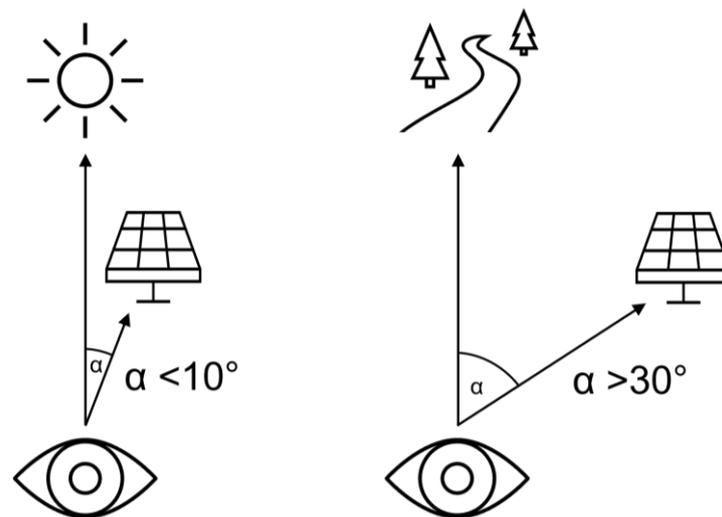


Abb. 3.1: Ausschluss einer Blende bei Differenzwinkel zwischen Blick Richtung Sonne und Reflexion $<10^\circ$ (links) und zwischen Blickrichtung und Reflexion $>30^\circ$ (rechts).

Ob an einem Immissionsort eine Blende auftritt, wird zudem von der Lage des Beobachterpunktes relativ zu den PV-Modulen beeinflusst. Aufgrund der meist nur kurzzeitigen Blendwirkungen kommt es in einem Abstand von mehr als 100 m zur Anlage in der Regel nicht zu erheblichen Störungen von Anwohnern. Zudem kann für spiegelnde Oberflächen das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel gleich Ausfallwinkel“ angewendet werden.

Eine wesentliche Voraussetzung für das grundsätzliche Auftreten einer Blende ist eine Sichtverbindung zwischen dem Beobachter und der Blendlichtquelle.

4 EINGANGSDATEN

4.1 Topographie und Gebäude

Zurzeit unterliegt die Freifläche „Die Organistenweide“ im Plangebiet einer landwirtschaftlichen Nutzung. Südlich an das etwas mehr als 4 ha große Plangebiet angrenzend verläuft in West-Ost-Richtung die Anliegerstraße Zum Tollberg mit Wohnbebauung (vgl. **Abb. 4.1**). Unmittelbar östlich des Plangebiets ist ein landwirtschaftlicher Betrieb angesiedelt. Bei der Zufahrtstraße Am Depot handelt es sich um eine Privatstraße.

Als wesentliche Grundlage für die Bestimmung der Blendungszeiten an definierten Aufpunkten dient ein dreidimensionales digitales Geländemodell (DGM). Die Daten des DGM stammen aus dem Geoportal NRW (Geobasis NRW, 2023).

Die Topographie weist auf der nahezu ebenen Planfläche eine Höhe von ca. 20 m ü. NHN bis ca. 21 m ü. NHN mit einem leichten Gefälle von Ost nach West auf (vgl. **Abb. 4.1**). Die Gebäude liegen auf einem ähnlichen bis geringfügig höheren Geländeniveau von ca. 21 m ü. NHN bis ca. 22 m ü. NHN, ebenso die Straße Zum Tollberg mit ca. 20 m ü. NHN bis ca. 22 m ü. NHN.

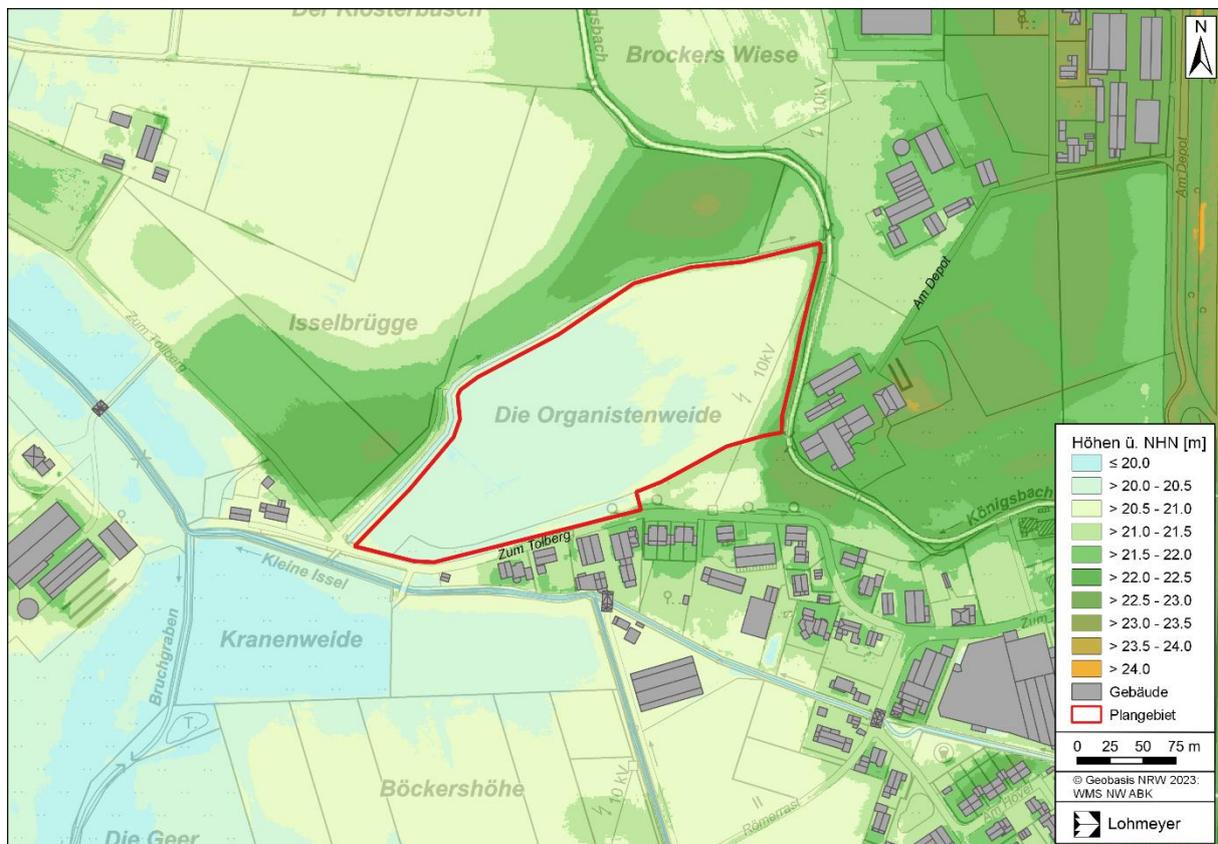


Abb. 4.1: Topographie und Gebäude im Untersuchungsgebiet mit Abgrenzung der Planung

4.2 PV-Anlage

Die Module der PV-Freiflächenanlage sollen alternierend in West-Ost-Richtung angeordnet werden (vgl. **Abb. 4.2**). **Abb. 4.3** zeigt das Schema eines Modultisches.

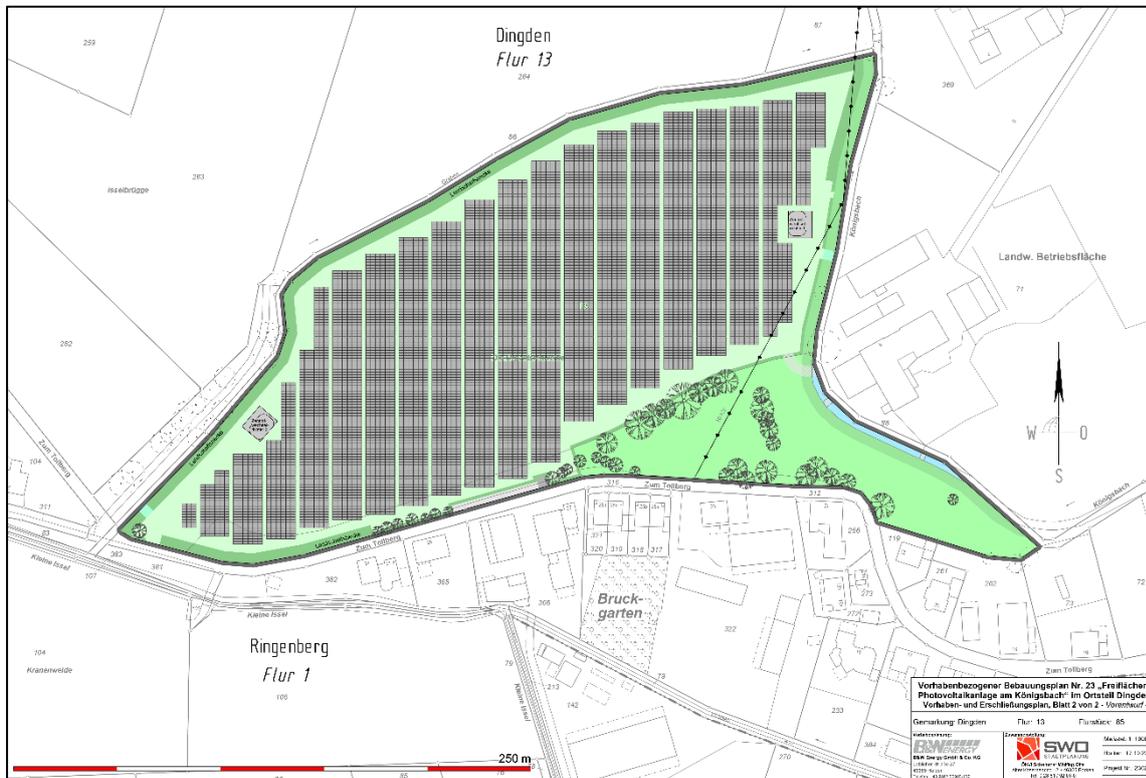


Abb. 4.2: Lage mit Ausrichtung der PV-Module

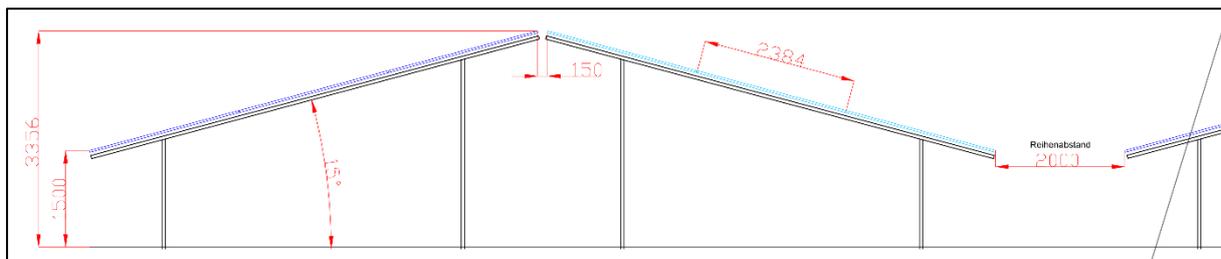


Abb. 4.3: Schema eines PV-Modultisches

Die nachfolgende **Tab. 4.1** fasst die Eigenschaften der PV-Freiflächenanlage zusammen:

Ausrichtung	West-Ost
Neigung	15°
Anzahl Module gesamt	9 396
Modulbreite	1 303 mm
Modullänge	2 384 mm
Anzahl Module übereinander	3
Modulunterkante	1.5 m
Abstand zwischen den Tischen	2 m

Tab. 4.1: Angaben zu den PV-Modulen

5 SIMULATIONSRECHNUNGEN ZUR BESTIMMUNG VON BLENDZEITEN

5.1 Grundlagen und Methodik

Bei den Berechnungen wurden gemäß LAI (2015) folgende Annahmen berücksichtigt:

- Die Sonne ist punktförmig.
- Für spiegelnde Oberflächen kann das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel gleich Ausfallwinkel“ angewendet werden.
- Die Sonne scheint von Aufgang bis Untergang. Bewölkung und bedeckter Himmel sind hierbei nicht berücksichtigt. Die Berechnung liefert somit die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume.
- Bei streifendem Lichteinfall auf die spiegelnde Fläche dominiert der direkte Blick in die Sonne die Blendwirkung. Erst ab einem Differenzwinkel von mehr als 10° kommt es zu einer zusätzlichen Blendung durch die Blendlichtquelle.

Die theoretischen Berechnungsgrundlagen des verwendeten Simulationsmodells wurden von Schierz (2012) dokumentiert.

Eine wesentliche Voraussetzung für das Auftreten einer Blendung ist eine Sichtverbindung zwischen dem Beobachter und der Blendlichtquelle.

Entsprechend den textlichen Festsetzungen (TF) im Bebauungsplan ist eine Umrandung der Freifläche mit einer dreireihigen Landschaftshecke (TF4) am nördlichen und südwestlichen Rand sowie einer zweireihigen Schnitthecke (TF5) am südlichen und östlichen Rand vorgesehen (vgl. **Abb. 5.1**). Die Vegetation wurde im Sinne einer konservativen Abschätzung in der Berechnung nicht als Sichthindernis berücksichtigt, fließt aber in die Diskussion der Ergebnisse ein.

Es wurden insgesamt 6 Aufpunkte an der Anliegerstraße gesetzt (vgl. **Abb. 5.1**). An diesen Aufpunkten wurden die Simulationen für jeweils zwei Höhen durchgeführt, für die PKW-Fahrer mit einer Höhe von 1.25 m und für LKW-Fahrer mit einer Höhe von 2.5 m. Da es sich bei der Straße Am Depot um eine Privatstraße handelt, wurde diese nicht weiter betrachtet. Die Blendeinwirkungen auf die Anwohner wurden exemplarisch an 12 Aufpunkten in verschiedenen Höhen untersucht (vgl. **Abb. 5.1**).

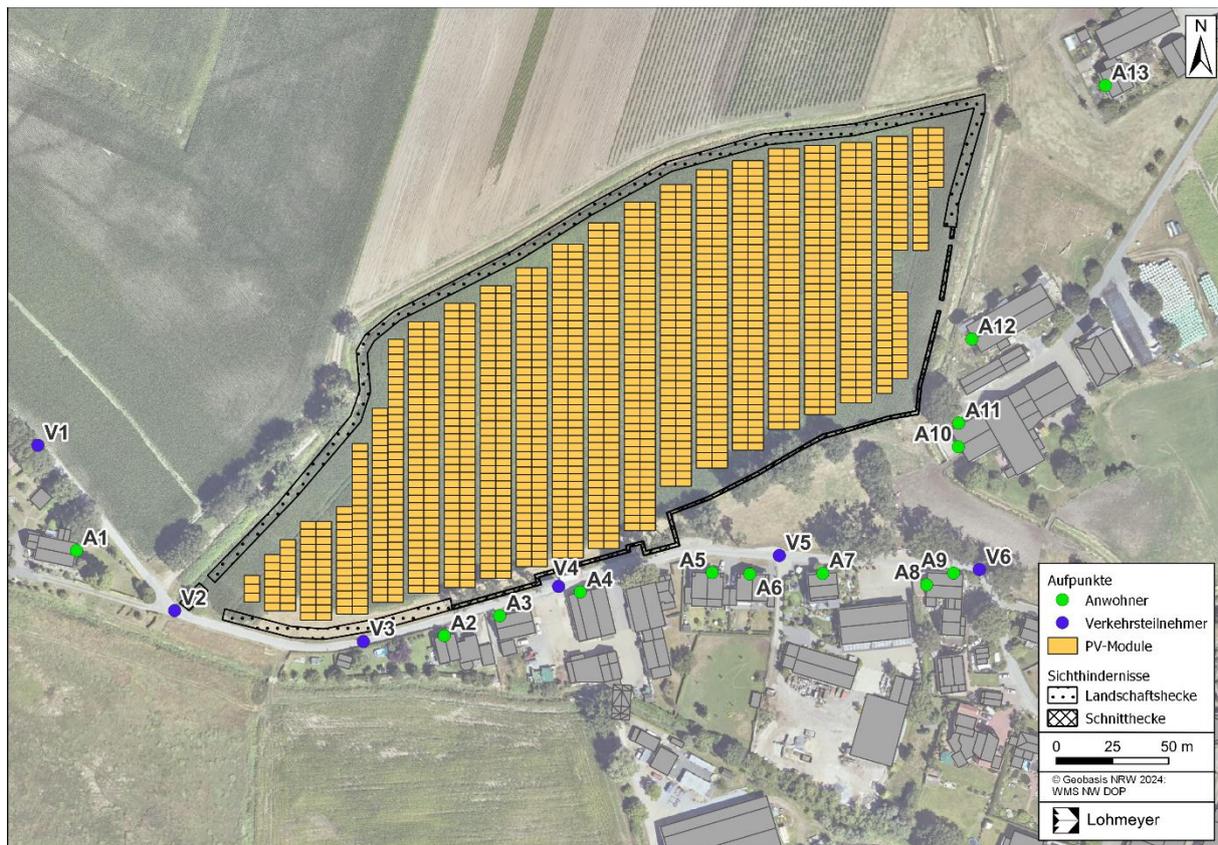


Abb. 5.1: Lage der Aufpunkte

Für die Aufpunkte der Verkehrsteilnehmer wurde für die Fahrer eine Blickrichtung angenommen, die der Fahrtrichtung entspricht. Der Sichtwinkelbereich, für den die Blendwirkung untersucht wird, wurde auf $\pm 30^\circ$ um die Fahrtrichtung festgelegt (vgl. **Kap. 3**). An den Aufpunkten für die Anwohner wurde der gesamte Sichtbereich auf Blendeinwirkungen untersucht. Blendungen, die auftreten, während der Differenzwinkel zwischen Blickrichtung zur Sonne und zum Modul kleiner als 10° ist, werden in den Ergebnissen für beide Arten von Immissionsorten nicht aufgeführt, da die Blendung durch die Sonne in diesem Fall dominiert (vgl. **Kap.3**).

Bei den Berechnungen werden für jeden Aufpunkt detaillierte Blendzeitprotokolle erzeugt. Diese enthalten für jeden Tag die exakten Blendzeiten und ordnen diese den einzelnen PV-Modulen zu.

Nach Durchführung der Berechnungen wurden diese Blendzeitprotokolle ausgewertet, um die astronomisch mögliche maximale Blendungsdauer eines Tages und die gesamte Blendeinwirkungsdauer eines Jahres sowie die Anzahl der Tage mit Blendungen im Jahr zu ermitteln.

5.2 Ergebnisse der Blendungsrechnungen

In den **Tab. 5.1** und **Tab. 5.2** sind die Ergebnisse der prognostizierten Blendeinwirkungszeiten an den untersuchten Aufpunkten für die Realisierung der PV-Freiflächenanlage auf Basis der Simulationsrechnungen dokumentiert. Diese beinhalten Angaben zur Anzahl der Tage im Jahr, an denen Blendungen auftreten können, sowie den Tageshöchstwert und die Jahressumme der Blendungsdauer. Zusätzlich ist aufgeführt, in welchen Monaten im Jahr zu welcher Tageszeit Blendungen astronomisch möglich sind, unter der Voraussetzung, dass die Sonne scheint.

5.2.1 Verkehrsteilnehmer

Die ermittelten Blendzeiten für die Aufpunkte der Verkehrsteilnehmer der Anliegerstraße Zum Tollberg sind in **Tab. 5.1** aufgeführt. **Abb. 5.2** verdeutlicht zudem, an welchen Aufpunkten keine Blendungen (grün) oder Blendungen im relevanten Sichtbereich von $\pm 30^\circ$ um die Hauptblickrichtung (rot) ermittelt wurden. Die Module sind in denselben Farben gekennzeichnet, je nachdem ob sie keine Blendung (grün) oder eine Blendung (rot) verursachen.

Straßenräume werden in der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie (LAI, 2015) nicht als maßgebliche Immissionsorte genannt, sodass für diese keine konkrete Bewertungsgrundlage vorliegt. Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit sollten aber Blendeinwirkungen auf die Verkehrsteilnehmer grundsätzlich möglichst ausgeschlossen werden, da bereits eine kurzzeitige Blendung zu potentiellen Gefährdungen im Straßenverkehr führen kann (vgl. **Kap. 3**).

Am überwiegenden Teil der untersuchten Aufpunkte wurden potentielle Blendungen sowohl für die Augenhöhe der PKW-Fahrer als auch die Augenhöhe der LKW-Fahrer ermittelt. In den Morgenstunden kann es in den Monaten März und September am Aufpunkt V1 sowie in den Sommermonaten am Aufpunkt V2 zu potentiellen Blendungen kommen. An den Aufpunkten V4, V5 und V6 treten Blendungen hingegen potentiell am späten Nachmittag in den Sommermonaten auf. Der Aufpunkt V3 liegt südlich der Module, sodass eine tiefstehende Sonne von Westen oder Osten hier keine Blendungen verursacht.

Aufpunkt		Anzahl Tage pro Jahr	Tageshöchstwert in Minuten	Jahressumme in Stunden	Jahreszeit	Tageszeit
V1	PKW	27	5.3	1.8	März/Sep	morgens
	LKW	31	6.1	2.1	März/Sep	morgens
V2	PKW	129	14.9	17.2	April-Aug	morgens
	LKW	123	16.8	15.5	April-Aug	morgens
V3	PKW	0	0	0	-	-
	LKW	0	0	0	-	-
V4	PKW	87	10.7	11.1	Mai-Aug	später Nachmittag
	LKW	83	11	10.9	Mai-Aug	später Nachmittag
V5	PKW	85	6	5.6	Mai-Aug	später Nachmittag
	LKW	83	6	5.7	Mai-Aug	später Nachmittag
V6	PKW	33	3.3	1.5	Juni-Juli	später Nachmittag
	LKW	27	3.3	1.3	Juni-Juli	später Nachmittag

Tab. 5.1: Astronomisch mögliche Blendwirkungen auf Verkehrsteilnehmer (Blickwinkel $\pm 30^\circ$)

Abb. 5.2 verdeutlicht, dass die Blendungen durch wenige Module im Südwesten der PV-Freiflächenanlage verursacht werden. Als Relativierung der Ergebnisse ist zu beachten, dass diese die astronomisch maximal möglichen Blendzeiten widerspiegeln, die in der Realität aufgrund der Witterungsverhältnisse reduziert sind. Außerdem handelt es sich bei der betroffenen Straße um eine Anliegerstraße, auf der die zulässige Höchstgeschwindigkeit zum Teil nur 30 km/h beträgt. Zusätzlich sind zwischen den Modulen und der Straße eine Landschaftshecke bzw. eine Schmitthecke vorgesehen (vgl. **Abb. 5.3**), die in den Simulationsrechnungen aufgrund einer konservativen Abschätzung nicht berücksichtigt ist, deren abschirmende Wirkung Blendungen aber verhindern kann.



Abb. 5.2: Ergebnisse der Simulationsrechnungen für die Verkehrsteilnehmer

5.2.2 Anwohner

Die ermittelten Blendzeiten für die Aufpunkte der Anwohner sind in **Tab. 5.2** aufgeführt. **Abb. 5.3** verdeutlicht zudem, an welchen Aufpunkten keine Blendungen (grün), unkritische Blendungen unterhalb der LAI-Schwellenwerte (gelb) oder Blendungen oberhalb der LAI-Schwellenwerte (rot) ermittelt wurden. Die Module sind in derselben Farbabstufung gekennzeichnet, je nachdem ob sie keine Blendung (grün), eine unkritische Blendung (gelb) oder eine Blendung, die zur Überschreitung des Schwellenwerts führt (rot), verursachen.

Entsprechend dem Anhang 2 der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie (LAI, 2015) liegt für Anwohner erst dann eine erhebliche Belästigung vor, wenn die astronomisch maximal mögliche Blenddauer mindestens 30 Minuten am Tage oder 30 Stunden im Jahr beträgt (vgl. **Kap. 3**).

Teilweise wurden an den untersuchten Aufpunkten Blendungen ermittelt, die aber überwiegend unterhalb der LAI-Schwellenwerte liegen und damit als unkritisch einzustufen sind. Lediglich am Aufpunkt A 12 wird mit einer Jahressumme von astronomisch maximal möglichen Blendungen von 41.6 Stunden der LAI-Schwellenwert für die Jahressumme an Stunden überschritten (vgl. **Tab. 5.2**). Hier kann es in den Monaten März bis September am späten Nachmittag zu Blendungen kommen, wenn die Sonne im Westen steht.

Aufpunkt	Anzahl Tage pro Jahr	Tageshöchstwert in Minuten	Jahressumme in Stunden	Jahreszeit	Tageszeit
A1	125	12.3	13.2	April-Aug	morgens
A2	0	0	0	-	-
A3	23	2.3	0.6	Juni-Juli	später Nachmittag
A4	73	8.1	7	Mai-Juli	später Nachmittag
A5	69	11.7	8.8	Mai-Juli	später Nachmittag
A6	0	0	0	-	-
A7	0	0	0	-	-
A8	0	0	0	-	-
A9	0	0	0	-	-
A10	119	11.7	17.6	April-Aug	später Nachmittag
A11	135	13.7	21.4	April-Aug	später Nachmittag
A12	170	20.7	41.6	März-Sep	später Nachmittag
A13	276	11.4	16.1	Feb-Nov	teils früher, teils später Nachmittag

Tab. 5.2: Astronomisch mögliche Blendwirkungen auf Anwohner

Die **Abb. 5.3** verdeutlicht, dass die Blendungen am Aufpunkt A 12 durch wenige Module am südöstlichen Rand der PV-Freiflächenanlage verursacht werden. Entsprechend den Angaben des Auftraggebers handelt es sich bei dem betroffenen Gebäude um einen ehemaligen Schweinestall, der zurzeit keiner Wohnnutzung unterliegt. Zusätzlich ist zwischen der Modulreihe und dem Gebäude eine Schritthecke vorgesehen (vgl. **Abb. 5.3**), die in den Simulationsrechnungen aufgrund einer konservativen Abschätzung nicht berücksichtigt ist, deren abschirmende Wirkung Blendungen aber verhindern kann.



Abb. 5.3: Ergebnisse der Simulationsrechnungen für die Anwohner

5.3 Flimmereffekte

Flimmereffekte können nur dann überhaupt auftreten, wenn der Verkehrsteilnehmer senkrecht zu den Modulreihen an der Freiflächenanlage vorbeifährt. Da dies für die Verkehrsteilnehmer der Anliegerstraße Zum Tollberg der Fall ist, werden für diese potentielle Flimmereffekte untersucht. Damit werden auch Einwirkungen von Lichtreflexionen an den PV-Modulen überprüft, die außerhalb des kritischen Sichtbereichs von $\pm 30^\circ$ zur Hauptblickrichtung liegen, aber durch ihre ablenkende Wirkung potentiell zu Störungen oder Gefährdungen führen können.

Für die Bewertung des Flimmereffektes wird die Einwirkungsdauer – also die Zeit, die ein Kfz benötigt, um an der PV-Freiflächenanlage vorbeizufahren – und die jeweilige Flimmerfrequenz berechnet.

Für die Berechnung der Einwirkungsdauer wird zusätzlich zur Fahrgeschwindigkeit die Länge des Straßenabschnitts entlang der Freiflächenanlage benötigt; diese beträgt auf der Anliegerstraße Zum Tollberg 450 m. Auf den 80 m im westlichen Teil des Abschnitts gilt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h, der 370 m lange Teil des Abschnitts östlich davon liegt in einer 30er-Zone. Aus diesem Grund werden als Geschwindigkeiten 30 km/h, und 50 km/h sowie zusätzlich eine niedrige Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h betrachtet. Die berechneten Einwirkungszeiten können der **Tab. 5.4** entnommen werden.

In die Bestimmung der Flimmerfrequenz fließt neben der Fahrgeschwindigkeit auch der Abstand zwischen den PV-Modulen von Oberkante zu Oberkante mit ein, dieser liegt bei ca. 16 m. Entsprechend den Vorgaben der Richtlinie CIE 88:2004 ergibt sich die Flimmerfrequenz aus dem Quotienten von Fahrgeschwindigkeit und dem Abstand der Module. Die berechneten Flimmerfrequenzen können der **Tab. 5.4** entnommen werden.

Flimmereffekte sind nach CIE 88:2004 dann als unangenehm oder störend einzustufen, wenn folgende zwei Kriterien beide zutreffend sind:

- Die Einwirkungsdauer beträgt mehr als 20 s und
- die Flimmerfrequenz liegt zwischen 4 Hz und 11 Hz.

Fahrgeschwindigkeit	Einwirkungsdauer in Sekunden	Flimmerfrequenz in Hertz
10 km/h	162.0	0.2
30 km/h	54.0	0.5
50 km/h	32.4	0.9

Tab. 5.4: Berechnete Flimmerfrequenzen

Die Ergebnisse aus der **Tab. 5.4** zeigen, dass die Einwirkungsdauer bei allen für den betrachteten Abschnitt relevanten Fahrgeschwindigkeiten den Schwellenwert von 20 s überschreitet. Durch die niedrige Fahrgeschwindigkeit ergibt sich allerdings eine niedrige Flimmerfrequenz von unter 1 Hz, die deutlich unter dem Schwellenwert von 4 Hz liegt.

Da Flimmereffekte insbesondere dann als störend wahrgenommen werden, wenn beide Schwellenwerte überschritten werden, ergibt sich für keine der relevanten Fahrgeschwindigkeiten eine Störung der Verkehrsteilnehmer durch Flimmereffekte.

6 FAZIT

Um das Ausmaß potenzieller Blendungswirkungen durch die geplante PV-Freiflächenanlage auf die Anwohner sowie die Verkehrsteilnehmer auf der Anliegerstraßen Zum Tollberg und daraus resultierender Belästigungen bzw. Gefährdungen zu beurteilen, wurden zur Bestimmung der Blendzeiten Simulationsrechnungen durchgeführt. Zudem wurden potentielle Flimmereffekte auf die Verkehrsteilnehmer bewertet.

An den untersuchten Aufpunkten für die Verkehrsteilnehmer wurden zum Teil potentielle Blendungen im relevanten Sichtbereich von $\pm 30^\circ$ um die Hauptblickrichtung ermittelt. Die Blendungen der Verkehrsteilnehmer werden durch wenige Module im Südwesten der PV-Freiflächenanlage verursacht und beschränken sich auf kurze Zeiträume morgens bzw. am späten Nachmittag zwischen März und September.

Straßenräume werden in der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie (LAI, 2015) nicht als maßgebliche Immissionsorte genannt, sodass für diese keine konkrete Bewertungsgrundlage vorliegt. Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit sollten aber Blendeinwirkungen auf Verkehrsteilnehmer grundsätzlich möglichst ausgeschlossen werden, da bereits eine kurzzeitige Blendung zu potentiellen Gefährdungen im Straßenverkehr führen kann.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Ergebnisse die astronomisch maximal möglichen Blendzeiten ohne Berücksichtigung möglicher Bewölkung widerspiegeln. Die astronomisch maximal möglichen Blendzeiten sind in der Realität aufgrund der Witterungsverhältnisse reduziert. Weiter handelt es sich bei der betroffenen Straße um eine Anliegerstraße, auf der die zulässige Höchstgeschwindigkeit zum Teil nur 30 km/h beträgt. Zusätzlich sind zwischen den Modulen und der Straße eine Landschaftshecke bzw. eine Schnitthecke vorgesehen, die in den Simulationsrechnungen aufgrund einer konservativen Abschätzung nicht berücksichtigt ist. Deren abschirmende Wirkung kann die potentiellen Blendungen verhindern. Unter Berücksichtigung der genannten Gründe ist nicht von einer Gefährdung der Verkehrsteilnehmer durch die mit konservativen Ansätzen mittels Simulationsrechnungen ermittelten potentiell möglichen Blendwirkungen auszugehen.

Die Untersuchung potentieller Flimmereffekte zeigt, dass die Einwirkungsdauer bei allen für den betrachteten Abschnitt relevanten Fahrgeschwindigkeiten den Schwellenwert von 20 s überschreitet. Durch die niedrige Fahrgeschwindigkeit ergibt sich allerdings eine niedrige Flimmerfrequenz von unter 1 Hz, die deutlich unter dem Schwellenwert von 4 Hz liegt. Da Flimmereffekte insbesondere dann als störend wahrgenommen werden, wenn beide Schwellenwerte überschritten werden, ergibt sich für keine der relevanten Fahrgeschwindigkeiten eine Störung der Verkehrsteilnehmer durch Flimmereffekte.

Entsprechend dem Anhang 2 der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie (LAI, 2015) liegt für Anwohner erst dann eine erhebliche Belästigung vor, wenn die astronomisch maximal mögliche Blenddauer mindestens 30 Minuten am Tage oder 30 Stunden im Jahr beträgt. An den untersuchten Aufpunkten für die Anwohner wurden teilweise potentielle Blendungen ermittelt, die aber überwiegend unterhalb der LAI-Schwellenwerte liegen und damit als unkritisch einzustufen sind. Lediglich am Aufpunkt A 12 wird mit einer Jahressumme von astronomisch maximal möglichen Blendungen von 41.6 Stunden der LAI-Schwellenwert für die Jahressumme an Stunden überschritten. Hier kann es in den Monaten März bis September am späten Nachmittag durch wenige Module am südöstlichen Rand der PV-Freiflächenanlage zu potentiellen Blendungen kommen.

Entsprechend den Angaben des Auftraggebers handelt es sich bei dem betroffenen Gebäude um einen ehemaligen Schweinestall, der zurzeit keiner Wohnnutzung unterliegt. Zusätzlich ist zwischen der Modulreihe und dem Gebäude eine Schritthecke vorgesehen, die in den Simulationsrechnungen aufgrund einer konservativen Abschätzung nicht berücksichtigt ist, deren abschirmende Wirkung die potentiellen Blendungen aber verhindern kann. Auf Basis der Simulationsrechnungen ergibt sich somit für die Anwohner keine erhebliche Belästigung durch Blendwirkungen.

7 QUELLEN

7.1 Literatur

Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI, 2015): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bundesländer, November 2015

ARGE Monitoring PV-Anlagen (2007): Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen, Hannover 27.11.2007

Bohren, A. (2015): Blendung von Solaranlagen – Übersicht zur aktuellen Rechtslage, 25. OTTI Symposium Thermische Solarenergie, 6.-8. Mai 2015, Kloster Banz, Bad Staffelstein

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE, 2004): Technical Report „Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses“, CIE 88:2004 2nd edition

Länderausschuss für Immissionsschutz (2002): Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, Mai 2002

Reidenbach, H.-D.; Dollinger, K.; Ott, G.; Janßen, M.; Brose M. (2008): Blendung durch optische Strahlungsquellen. Projekt F 2185 im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Schierz, C. (2012): Über die Blendwirkung von reflektiertem Licht bei Solaranlagen. Erschienen in Licht 20/12

7.2 Materialien und Unterlagen

Für das Gutachten wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

- Bebauungsplan Nr. 23 „Freiflächen-Photovoltaikanlage am Königsbach“, Vorentwurf
- Lageplan mit Ausrichtung der PV-Module (Abb. 4.2)
- Schema der Modultische mit Angaben zu den PV-Modulen (Abb. 4.3)

Die Unterlagen wurden zur Verfügung gestellt durch Herrn Torben Schulte, Vermessungsbüro Schemmer Wülfing Otte (E-Mail 18.10.2023) sowie durch Herrn Bußhaus, SETEX-Textil GmbH (E-Mail vom 20.10.2023 und 15.01.2024); verwendete Pläne und ähnliche Unterlagen werden im Archiv der Lohmeyer GmbH abgelegt.