



Lohmeyer

Entwurf

**B-PLAN NR. 25
„AM LANKERNER SCHULWEG“
IN HAMMINKELN
GEPLANTE PV-FREIFLÄCHENANLAGE
- BLENDGUTACHTEN -**

Auftraggeber:

Vermessungsbüro Schemmer, Wülfing, Otte
Alter Kasernenring 12
46325 Borken

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Bochum

M.Sc. Geogr. A. Spindler

Dr. rer. nat. R. Hagemann

August 2024
Projekt 30374-23-09
Berichtsumfang 21 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	AUFGABENSTELLUNG	3
3	BERWERTUNGSGRUNDLAGEN.....	4
4	EINGANGSDATEN	7
	4.1 Topographie und Gebäude	7
	4.2 PV-Anlage.....	9
5	SIMULATIONSRECHNUNGEN ZUR BESTIMMUNG VON BLENDZEITEN	10
	5.1 Grundlagen und Methodik	10
	5.2 Ergebnisse der Blendungsberechnungen	12
	5.3 Flimmereffekte	18
6	FAZIT	20
7	QUELLEN	21
	7.1 Literatur	21
	7.2 Materialien und Unterlagen.....	21

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 6, Flurstück 167 die Errichtung einer PV-Freiflächenanlage geplant. Hierfür sind die Aufstellungen der 55. Änderung des Flächennutzungsplans der Stadt Hamminkeln und des Bebauungsplans Nr. 25 „Am Lankerner Schulweg“ in Erarbeitung. Die geplante Anlage soll auf den landwirtschaftlich genutzten nördlichen Flächen des Flurstücks errichtet werden, im südlichen Bereich ist der Neubau der Hotelnutzung geplant. Der Abstand zu den umliegenden Gebäuden im Osten (Lankerner Schulweg 1 und 3) und der geplanten Hotelbebauung im Süden beträgt nur wenige Meter. Westlich verläuft entlang des Plangebiets die Bahnstrecke Wesel-Bocholt in Nord-Süd-Richtung und östlich der Gebäude die Bocholter Straße, ebenfalls in Nord-Südrichtung.

Für den Bebauungsplan Nr. 25 „Am Lankerner Schulweg“ und im Hinblick auf das Genehmigungsverfahren war zu prüfen, ob Belästigungen der Anwohner und Hotelnutzer sowie Gefährdungen des Fahrbetriebs entlang der Bahnstrecke Wesel-Bocholt und der Verkehrsteilnehmer der Bocholter Straße durch Blendungen aufgrund von Lichtreflexionen an den PV-Modulen ausgeschlossen werden können.

Um das Ausmaß potenzieller Blendungen der Anwohner am Lankerner Schulweg 1 und 3, der Nutzer der geplanten Hotelbebauung sowie der Verkehrsteilnehmer auf der Bocholter Straße und dem Fahrbetrieb der Bahnstrecke Wesel-Bocholt durch die PV-Freiflächenanlage und daraus resultierender Belästigungen bzw. Gefährdungen zu beurteilen, wurden zur Bestimmung der Blendzeiten Simulationsrechnungen durchgeführt. Zudem wurden potenzielle Flimmereffekte auf die Verkehrsteilnehmer auf der Bocholter Straße und dem Fahrbetrieb der Bahnstrecke Wesel-Bocholt ermittelt.

Die Simulationsrechnungen zeigen, dass für die untersuchten Aufpunkte entlang der Bahnstrecke Wesel-Bocholt und der Bocholter Straße in beiden Fahrrichtungen sowie für das südlichere geplante Hotelgebäude Blendwirkungen durch Reflexionen an den PV-Modulen im relevanten Sichtbereich ausgeschlossen sind. An den Aufpunkten am Wohngebäude Lankerner Schulweg 1 wurden zum Teil potenziell mögliche Blendungen ermittelt, die aber deutlich unterhalb der LAI-Schwellenwerte von maximal 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr liegen und damit nach LAI-Lichtimmissionsrichtlinie keine erhebliche Störung darstellen.

Störende Flimmereffekte können für die Verkehrsteilnehmer der Bocholter Straße, wie auch für den Bahnbetrieb der Bahnlinie Wesel-Bocholt, ausgeschlossen werden.

Für die umliegenden Anwohner am Lankerner Schulweg 3 wurde für die untersuchten Aufpunkte im 1. Obergeschoss Richtung Westen sowie im Dachgeschoss Richtung Norden

auf Grundlage der Simulationsrechnungen festgestellt, dass eine erhebliche Belästigung durch Blendungen entsprechend der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie nicht ausgeschlossen ist. Die ermittelten maximal möglichen Blendzeiten überschreiten die LAI-Schwellenwerte von maximal 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr im 1. Obergeschoss mit Blenddauern von maximal 44 Minuten pro Tag sowie maximal 88 Stunden pro Jahr und im Dachgeschoss mit Blenddauern von maximal 38 Minuten pro Tag sowie 66 Stunden pro Jahr.

Die Simulationsergebnisse stellen die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume unter der Annahme dar, dass durch einen wolkenlosen Himmel an jedem Tag im Jahr die Sonne ungehindert auf die PV-Anlage scheint. Die Blendhäufigkeit und -dauer kann in der Realität aufgrund der Witterungsverhältnisse (z. B. Bewölkung) reduziert sein. Es wurden zudem Blendschutzmaßnahmen aufgezeigt, die die Einhaltung der LAI-Schwellenwerte an den betroffenen Immissionsorten ermöglichen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Hamminkeln ist im Bereich der Gemarkung Dingden, Flur 6, Flurstück 167 die Errichtung einer PV-Freiflächenanlage geplant. Hierfür sind die Aufstellungen der 55. Änderung des Flächennutzungsplans der Stadt Hamminkeln und des Bebauungsplans Nr. 25 „Am Lankerner Schulweg“ in Erarbeitung. Die geplante Anlage soll auf den landwirtschaftlich genutzten nördlichen Flächen des Flurstücks errichtet werden, im südlichen Bereich ist der Neubau der Hotelnutzung geplant. Der Abstand zu den umliegenden Gebäuden im Osten (Lankerner Schulweg 1 und 3) und der geplanten Hotelbebauung im Süden beträgt nur wenige Meter. Westlich verläuft entlang des Plangebiets die Bahnstrecke Wesel-Bocholt in Nord-Süd-Richtung und östlich der Gebäude die Bocholter Straße, ebenfalls in Nord-Südrichtung. Die Lage des Plangebiets zeigt **Abb. 2.1**.

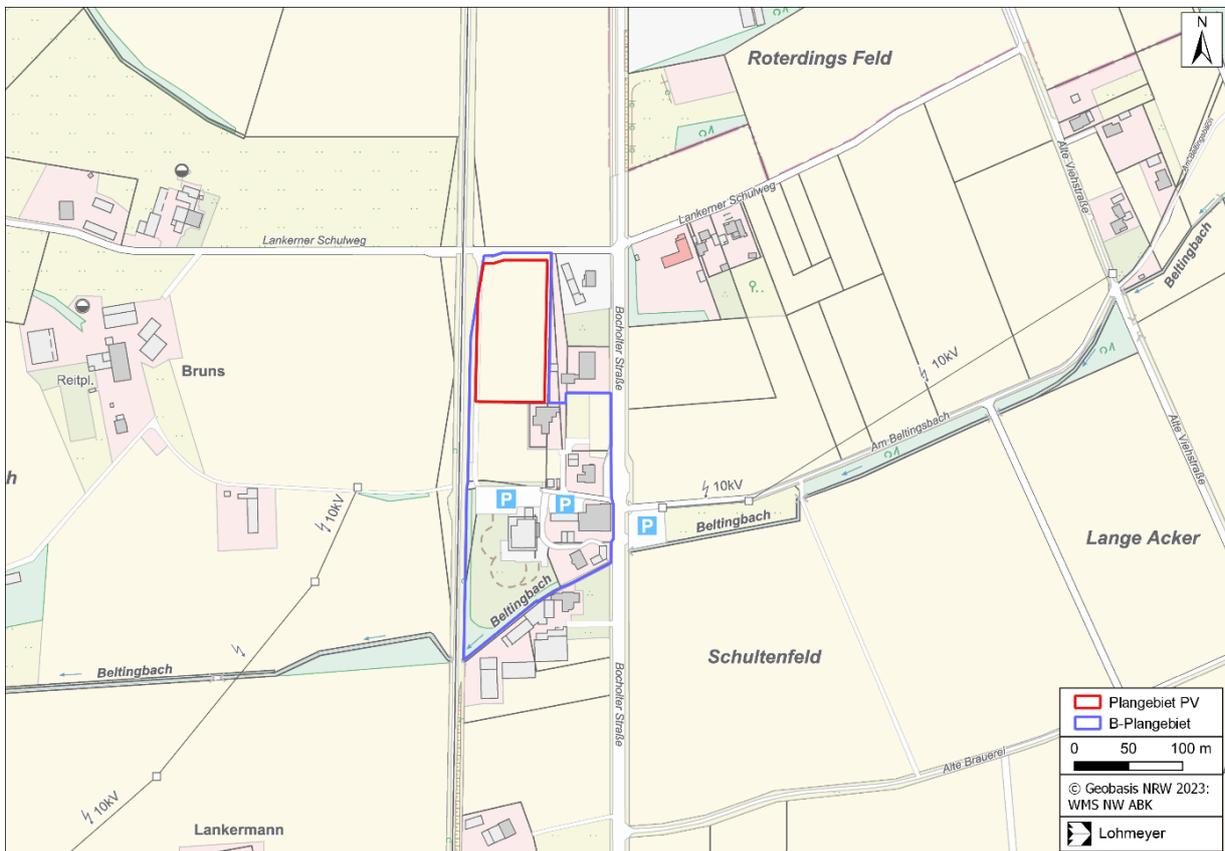


Abb. 2.1: Lage des Plangebiets

Im Rahmen der Erarbeitung des Bebauungsplans Nr. 25 „Am Lankerner Schulweg“ und im Hinblick auf das Genehmigungsverfahren ist für diese Planungen sicherzustellen, dass nach Errichtung der Anlage keine Belästigungen der Anwohner und Hotelnutzer sowie Gefährdungen des Fahrbetriebs entlang der Bahnstrecke Wesel-Bocholt und der Verkehrsteilnehmer der Bocholter Straße verursacht werden, die durch Blendungen aufgrund von Lichtreflexionen an den PV-Modulen hervorgerufen werden.

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:

- Anzahl der Helligkeitswechsel pro Sekunde (auch Flimmerfrequenz genannt)
- Einwirkungsdauer des Flimmerns
- 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 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 keine Blendwirkungen verursachen (vgl. **Abb. 3.1**, rechts). Wenn der Winkel unter 10° fällt, ist die störende Lichtquelle als kritisch einzustufen. In diesem Fall kann ein Kraftfahrer sich der Blendung nicht mehr entziehen.

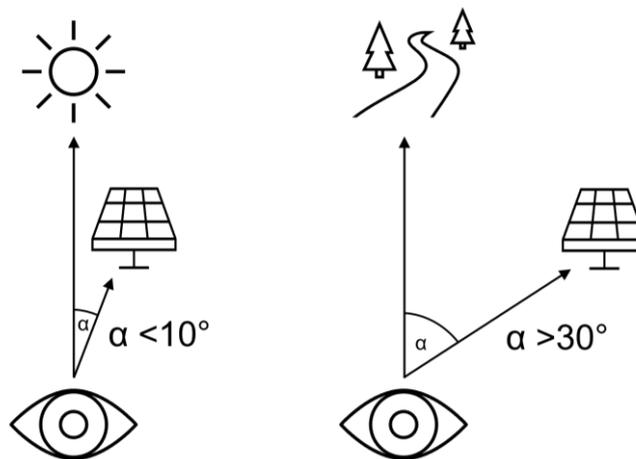


Abb. 3.1: Ausschluss einer Blendung bei Differenzwinkel zwischen Blick Richtung Sonne und Reflexion $<10^\circ$ (links) und zwischen Blickrichtung und Reflexion $>30^\circ$ (rechts).

Ob an einem Immissionsort eine Blendung 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 zumindest für Anwohner in der Regel nicht zu erheblichen Störungen.

Zudem kann für spiegelnde Oberflächen das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel“ angewendet werden, da in diesem Fall das einfallende Licht gerichtet reflektiert wird. Eine relevante Größe für die Entstehung einer Blendung ist die Leuchtdichte der angestrahlten Oberfläche in Candela pro m^2 . Die Sonne hat eine hohe Leuchtdichte von bis zu $1.6 \times 10^9 \text{ Cd/m}^2$. Das menschliche Auge ist etwa ab einer Leuchtdichte von 10^5 Cd/m^2 geblendet. Es gibt diesbezüglich allerdings keine Grenzwerte, da die Übergänge fließend sind und Blendungen von vielen Faktoren abhängig sind. Dennoch reicht bei einer direkt gerichteten Reflexion etwa 0.01 % des Sonnenlichts aus, um zu einer Blendung zu führen.

Der Reflexionsgrad einer Oberfläche ist unabhängig von ihrem Blendverhalten und hat in Bezug auf das Blendpotenzial keine Aussagekraft. Demgegenüber wird das Blendverhalten durch die Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst. Je matter oder rauer eine Oberfläche ist, desto mehr wird das Licht gestreut und somit diffus reflektiert. Eine weiße Wand beispielweise reflektiert mehr als die Hälfte des einfallenden Lichts, blendet aber aufgrund ihrer Oberflächenstruktur in der Regel nicht. Zur Verhinderung von Blendungen ist es also insbesondere sinnvoll das reflektierte Licht durch eine Aufweitung der Lichtbündel zu streuen. Anerkannte Richt- oder Grenzwerte für das nötige Maß einer Lichtstreuung existieren allerdings nicht. Grundsätzlich können aber Oberflächenbehandlungen wie chemisches Ätzen, Beschichtungen oder Sandstrahlung zu einer Aufrauhung und Mattierung und damit zu einer Verhinderung von Blendungen beitragen. Ein Beispiel stellen satinierte PV-Module dar (Bucher, 2021).

4 EINGANGSDATEN

Für das Untersuchungsgebiet wurden die im Abschnitt 7.2 aufgeführten Unterlagen herangezogen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen bilden u. a. Geländedaten.

4.1 Topographie und Gebäude

Zurzeit unterliegt die Freifläche im Plangebiet einer landwirtschaftlichen Nutzung. Westlich der Fläche verläuft angrenzend an die Planung die Bahnstrecke Wesel-Bocholt in Nord-Süd-Richtung. Der Abstand zu den umliegenden Gebäuden im Osten (Lankerner Schulweg 1 und 3) und der geplanten Hotelbebauung im Süden beträgt nur wenige Meter (vgl. **Abb. 4.1**). Östlich der Gebäude verläuft die Bocholter Straße ebenfalls in Nord-Süd-Richtung.

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 ebenen Planfläche sowie der Bahnstrecke Wesel-Bocholt eine Höhe von ca. 24 m ü. NHN bis ca. 25 m ü. NHN auf (vgl. **Abb. 4.1**). Die Gebäude liegen auf einem etwas höheren Geländeniveau von ca. 25 m ü. NHN bis ca. 26 m ü. NHN, ebenso die Bocholter Straße mit ca. 26 m ü. NHN.

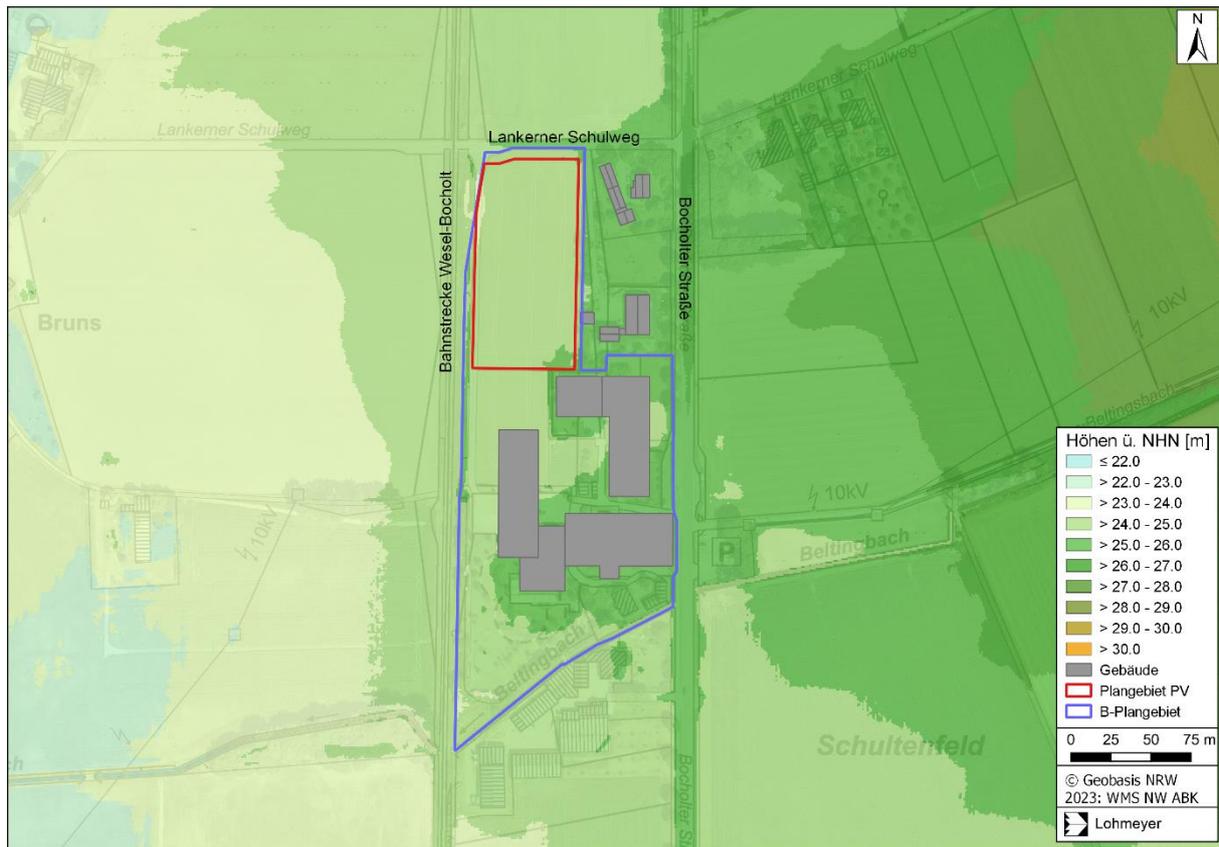


Abb. 4.1: Topographie und Gebäude im Untersuchungsgebiet mit Abgrenzung der Planung

4.2 PV-Anlage

Die Module der PV-Freiflächenanlage sollen Richtung Süden mit einer Neigung von 10° angeordnet werden (vgl. **Abb. 4.2**).

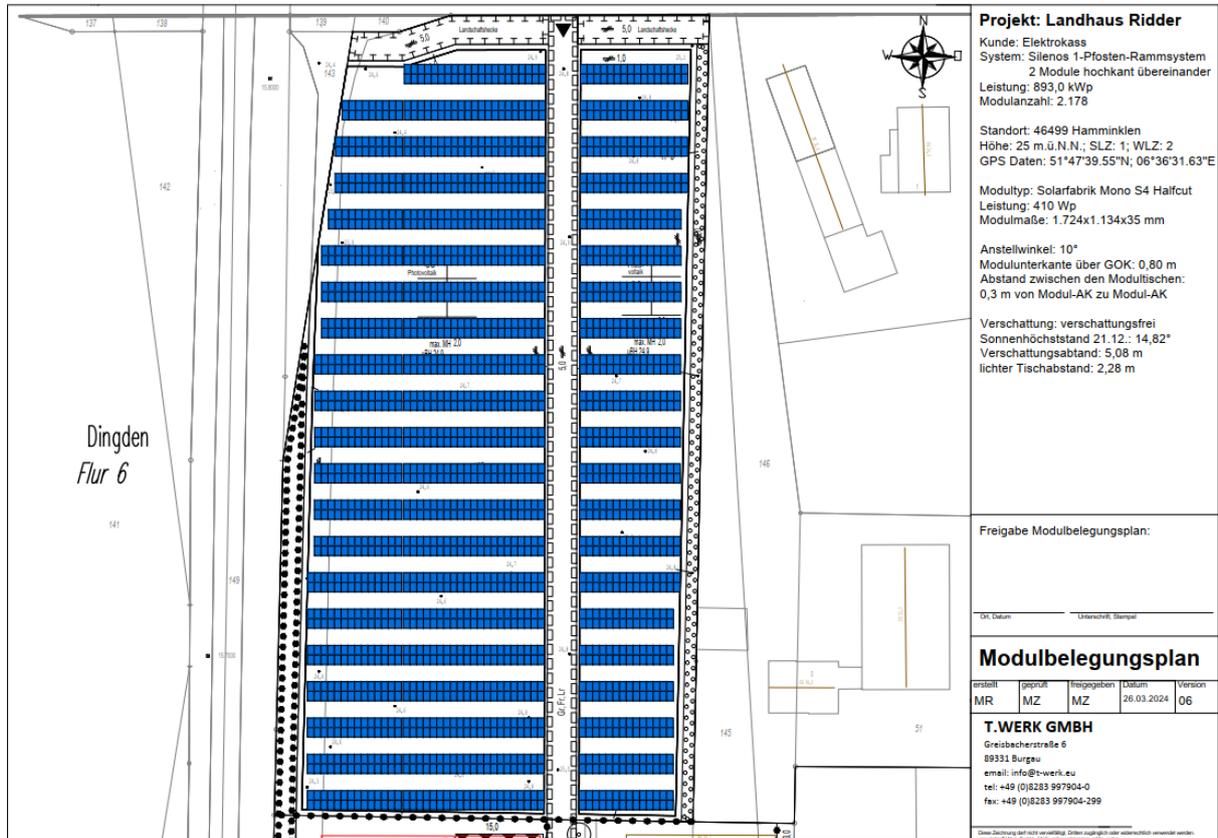


Abb. 4.2: Lage mit Ausrichtung der PV-Module

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

Ausrichtung	Süden
Neigung	10°
Anzahl Module gesamt	2 178
Modulbreite	1 134 mm
Modullänge	1 724 mm
Anzahl Module übereinander	2
Modulunterkante	0.8 m

Tab. 4.1: Angaben zu den PV-Modulen

5 SIMULATIONSRECHNUNGEN ZUR BESTIMMUNG VON BLENDZEITEN

5.1 Grundlagen und Methodik

Bei den Berechnungen werden 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 sind in Schierz (2012) dokumentiert.

Eine wesentliche Voraussetzung für das Auftreten einer Blendung ist eine Sichtverbindung zwischen dem Beobachter und der Blendlichtquelle. Bestehende Vegetation wird im Sinne einer konservativen Abschätzung nicht als Sichthindernis berücksichtigt.

Als Immissionsorte werden insgesamt 44 Aufpunkte gesetzt (vgl. **Abb. 5.1**). Davon entfallen 19 auf den Bahnbetrieb der Bahnstrecke Wesel-Bocholt, zehn in Fahrtrichtung Süden und neun in Fahrtrichtung Norden jeweils mit einer angesetzten Augenhöhe der Lokführer von 2.8 m. Entlang der Bocholter Straße befinden sich jeweils einmal auf Augenhöhe der LKW- sowie der PKW-Fahrer (2.5 m bzw. 1.25 m) vier Aufpunkte in Fahrtrichtung Süden und zwei Aufpunkte in Fahrtrichtung Norden. Am Wohngebäude Lankerner Schulweg 1 werden in verschiedenen Höhen fünf Immissionsorte betrachtet, am Lankerner Schulweg 3 und dem südlicheren geplanten Hotelgebäude jeweils vier. Das zur PV-Anlage nächstgelegene L-förmige geplante Hotelgebäude, im B-Plan als Fläche A gekennzeichnet, ist aufgrund der textlichen Festsetzung 14 nicht beurteilungsrelevant, da lichtdurchlässige Elemente an den Nord- und Westfassaden unzulässig sind.

Für die Aufpunkte wird für den Straßen- und Bahnverkehr eine Blickrichtung angenommen, die der Fahrtrichtung entspricht. Der kritische Sichtbereich, für den die Blendwirkung untersucht wird, ist auf $\pm 30^\circ$ um die Fahrtrichtung festgelegt. In diesem Bereich führen Reflexionen an den PV-Modulen zu einer Blendung des Auges und damit zu einer potenziellen Gefährdung des Straßenverkehrs. Zusätzlich werden in der Simulationsrechnung auch Reflexionen an den PV-Modulen erfasst, die in einem 360°-Bereich der Aufpunkte auftreten;

das sind Reflexionen beispielsweise im Rückspiegel oder von der Seite, d. h. nicht in Hauptblickrichtung. Diese werden aus gutachterlicher Sicht als nicht relevant eingestuft und werden daher nicht weiter betrachtet. An den Aufpunkten für die Anwohner wird 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 keinen der Immissionsorte berücksichtigt, da die Blendung durch die Sonne in diesem Fall dominiert (vgl. **Kap. 3**).

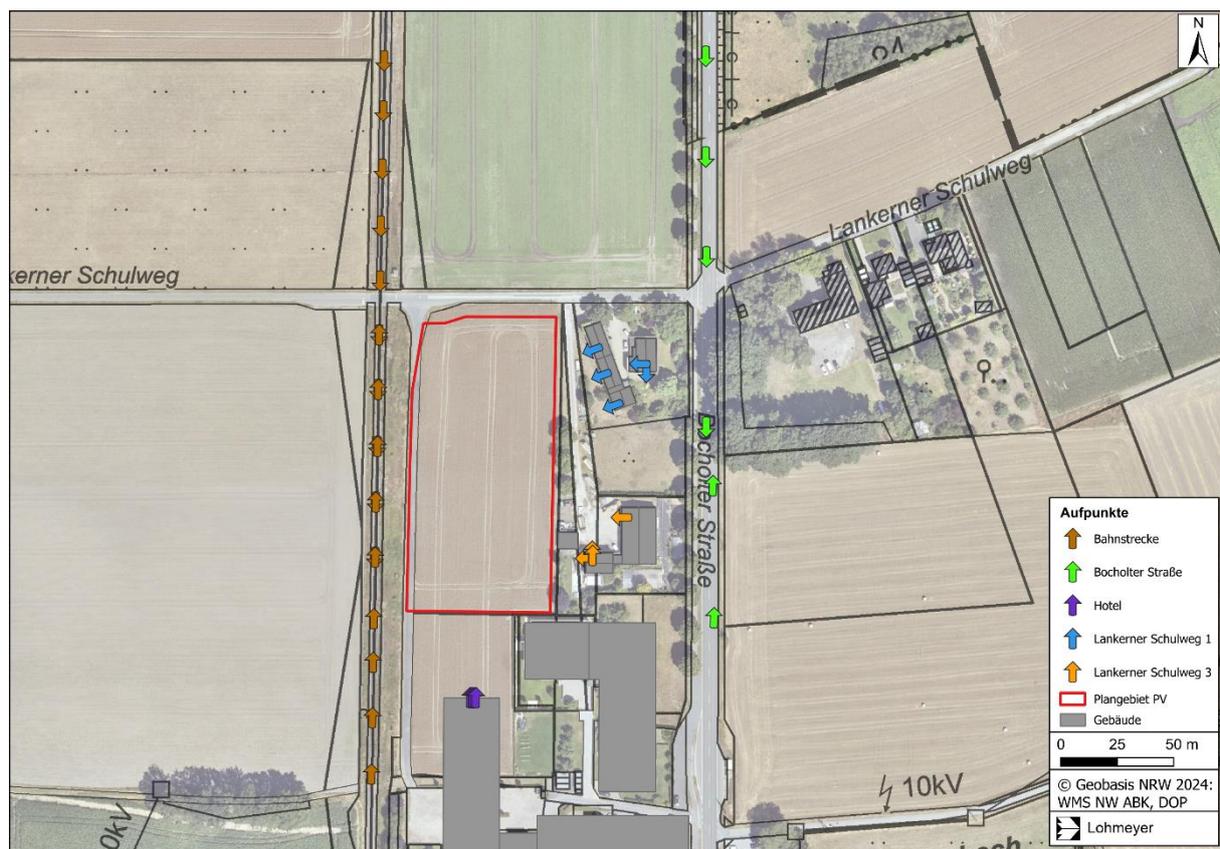


Abb. 5.1: Lage der Aufpunkte

Für die Aufpunkte wird für die Fahrer eine Blickrichtung angenommen, die der Fahrtrichtung entspricht. Der Sichtwinkelbereich, aus dem relevante Blendungen auftreten können, wird mit $\pm 30^\circ$ um die Fahrtrichtung festgelegt (vgl. Kapitel 3). Alle PV-Module, die sich nicht in diesem Winkelbereich befinden, werden von den Berechnungen ausgeschlossen.

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 werden 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 Blendungsberechnungen

Die Simulationsrechnungen zeigen, dass für die untersuchten Aufpunkte entlang der Bahnstrecke Wesel-Bocholt und der Bocholter Straße in beiden Fahrtrichtungen sowie für das südlichere geplante Hotelgebäude Blendwirkungen durch Reflexionen an den PV-Modulen im relevanten Sichtbereich ausgeschlossen sind.

An den Aufpunkten am Wohngebäude Lankerner Schulweg 1 werden zum Teil potenziell mögliche Blendungen ermittelt, die aber deutlich unterhalb der LAI-Schwellenwerte von maximal 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr liegen und damit nach LAI-Lichtimmissionsrichtlinie keine erhebliche Störung darstellen.

Für die umliegenden Anwohner am Lankerner Schulweg 3 wird für die untersuchten Aufpunkte im 1. Obergeschoss Richtung Westen sowie im Dachgeschoss Richtung Norden auf Grundlage der Simulationsrechnungen festgestellt, dass eine erhebliche Belästigung durch Blendungen entsprechend der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie nicht ausgeschlossen ist. Die ermittelten maximal möglichen Blendzeiten überschreiten die LAI-Schwellenwerte von maximal 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr im 1. Obergeschoss mit Blenddauern von maximal 44 Minuten pro Tag sowie maximal 88 Stunden pro Jahr und im Dachgeschoss mit Blenddauern von maximal 38 Minuten pro Tag sowie 66 Stunden pro Jahr.

Die Simulationsergebnisse stellen die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume unter der Annahme dar, dass durch einen wolkenlosen Himmel an jedem Tag im Jahr die Sonne ungehindert auf die PV-Anlage scheint. Die Blendhäufigkeit und -dauer kann in der Realität aufgrund der Witterungsverhältnisse (z. B. Bewölkung) reduziert sein.

Die **Abb. 5.2** und **Abb. 5.3** zeigen jeweils für die beiden Immissionsorte die Verteilung der Blenddauern auf die einzelnen Module. Blau eingerahmt ist eine exemplarische Kombination von Modulen, deren Wegnahme ohne weitere Blendschutzmaßnahmen zu einer Einhaltung der LAI-Schwellenwerte von maximal 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr führen würde. Sofern die Blenddauer in der Summe 30 Stunden pro Jahr nicht überschreitet, führen auch andere Kombination zu einer Einhaltung des Schwellenwerts. Alternativ zur Wegnahme von Modulen ist in diesen Bereichen auch der Einsatz von satinierten Modulen denkbar, da diese nicht zu Blendungen führen.

Als alternative Blendschutzmaßnahme wurden in weiteren Simulationsrechnungen die notwendigen Positionen und Höhen von Blendschutzzäunen bestimmt; die Ergebnisse sind in den **Abb. 5.4** und **Abb. 5.5** dargestellt. Zum Einhalten des LAI-Schwellenwerts am Immissionsort Lankerner Schulweg 3, 1. Obergeschoss Richtung Westen, sind auf einer

Länge von ca. 25 m ein Zaun von 2 m Höhe sowie auf einer Länge von ca. 23 m ein Zaun von 2.8 m erforderlich. Am Immissionsort Lankerner Schulweg 3, Dachgeschoss Richtung Norden führen ein ca. 17 m langer und 2.6 m hoher Zaun sowie ein ca. 8 m langer und 4 m hoher Zaun ohne weitere Blendschutzmaßnahmen zum Einhalten der LAI-Schwellenwerte.



Abb. 5.2: Darstellung der Module, die am Immissionsort Lankerner Schulweg 3 im 1. OG Richtung Westen zu Blendungen führen können, sowie Vorschlag für eine Modulwegnahme zur Einhaltung des LAI-Schwellenwerts



Abb. 5.3: Darstellung der Module, die am Immissionsort Lankerner Schulweg 3 im Dachgeschoss Richtung Norden zu Blendungen führen können, sowie Vorschlag für eine Modulwegnahme zur Einhaltung des LAI-Schwellenwerts



Abb. 5.4: Darstellung der Zaunhöhen, die am Immissionsort Lankerner Schulweg 3 im 1.OG Richtung Westen zur Einhaltung des LAI-Schwellenwerts führen



Abb. 5.5: Darstellung der Zaunhöhen, die am Immissionsort Lankerner Schulweg 3 im Dachgeschoss Richtung Norden zur Einhaltung des LAI-Schwellenwerts führen

5.3 Flimmereffekte

Für die Bewertung des Flimmereffektes wird die Einwirkungsdauer – also die Zeit, die ein PKW bzw. ein LKW benötigt, um an der PV-Freiflächenanlage vorbeizufahren – und die jeweilige Flimmerfrequenz berechnet. Flimmereffekte können nur dann auftreten, wenn der Verkehrsteilnehmer senkrecht zu den Modulreihen an der Freiflächenanlage vorbeifährt.

Als Fahrgeschwindigkeiten wurden die jeweiligen maximal zulässigen Geschwindigkeiten angesetzt, für die Bocholter Straße 70 km/h und für die Bahnstrecke Wesel-Bocholt 100 km/h. Zusätzlich wurde eine Geschwindigkeit von 30 km/h betrachtet, um auch den Fall eines gestörten Verkehrsflusses abzubilden. Zusätzlich zur Fahrgeschwindigkeit wird für die Berechnung der Einwirkungsdauer die Länge des Straßenabschnitts entlang der Freiflächenanlage benötigt; diese beträgt ca. 125 m. Die berechneten Einwirkungszeiten können der **Tab. 5.1** entnommen werden.

In die Bestimmung der Flimmerfrequenz fließt neben der Fahrgeschwindigkeit auch der Abstand zwischen den PV-Modulen mit ein. Es wurde ein Abstand zwischen den PV-Modulen von 6.3 m für die Berechnung verwendet. 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. 5.1** 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
Schwellenwerte für erhebliche Belästigungen	20	>4 und <11
30 km/h	15.0	1.32
70 km/h	6.4	3.09
100 km/h	4.5	4.41

Tab. 5.1: Berechnete Flimmerfrequenzen für die Bahnstrecke Wesel-Bocholt und die Bocholter Straße

Die Ergebnisse aus der **Tab. 5.1** zeigen, dass die berechnete Einwirkungsdauer bei allen relevanten Fahrgeschwindigkeiten unterhalb dem Schwellenwert von 20 Sekunden liegt. Bei sehr niedrigen Fahrgeschwindigkeiten kann es zu einer Überschreitung der 20 Sekunden kommen. Niedrige Fahrgeschwindigkeiten sind allerdings auch mit niedrigeren

Flimmerfrequenzen verbunden, sodass sich hieraus keine Störungen durch Flimmereffekte ergeben können.

Der Schwellenwert für die Flimmerfrequenz von 4 Hz wird von den betrachteten Fahrgeschwindigkeiten nur bei 100 km/h überschritten, gleichzeitig ist die Einwirkdauer mit weniger als 5 Sekunden deutlich eingehalten.

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

6 FAZIT

Um das Ausmaß potenzieller Blendungen der Anwohner am Lankerner Schulweg 1 und 3, der Nutzer der geplanten Hotelbebauung sowie der Verkehrsteilnehmer auf der Bocholter Straße und dem Fahrbetrieb der Bahnstrecke Wesel-Bocholt durch die PV-Freiflächenanlage und daraus resultierender Belästigungen bzw. Gefährdungen zu beurteilen, wurden zur Bestimmung der Blendzeiten Simulationsrechnungen durchgeführt. Zudem wurden potenzielle Flimmereffekte auf die Verkehrsteilnehmer auf der Bocholter Straße und dem Fahrbetrieb der Bahnstrecke Wesel-Bocholt ermittelt.

Die Simulationsrechnungen zeigen, dass für die untersuchten Aufpunkte entlang der Bahnstrecke Wesel-Bocholt und der Bocholter Straße in beiden Fahrtrichtungen sowie für das südlichere geplante Hotelgebäude Blendwirkungen durch Reflexionen an den PV-Modulen im relevanten Sichtbereich ausgeschlossen sind. An den Aufpunkten am Wohngebäude Lankerner Schulweg 1 wurden zum Teil potenziell mögliche Blendungen ermittelt, die aber deutlich unterhalb der LAI-Schwellenwerte von maximal 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr liegen und damit nach LAI-Lichtimmissionsrichtlinie keine erhebliche Störung darstellen.

Für die umliegenden Anwohner am Lankerner Schulweg 3 wurde für die untersuchten Aufpunkte im 1. Obergeschoss Richtung Westen sowie im Dachgeschoss Richtung Norden auf Grundlage der Simulationsrechnungen festgestellt, dass eine erhebliche Belästigung durch Blendungen entsprechend der LAI-Lichtimmissionsrichtlinie nicht ausgeschlossen ist. Die ermittelten maximal möglichen Blendzeiten überschreiten die LAI-Schwellenwerte von maximal 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr im 1. Obergeschoss mit Blenddauern von maximal 44 Minuten pro Tag sowie maximal 88 Stunden pro Jahr und im Dachgeschoss mit Blenddauern von maximal 38 Minuten pro Tag sowie 66 Stunden pro Jahr.

Die Simulationsergebnisse stellen die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume unter der Annahme dar, dass durch einen wolkenlosen Himmel an jedem Tag im Jahr die Sonne ungehindert auf die PV-Anlage scheint. Die Blendhäufigkeit und -dauer kann in der Realität aufgrund der Witterungsverhältnisse (z. B. Bewölkung) reduziert sein. Es wurden zudem Blendschutzmaßnahmen aufgezeigt, die die Einhaltung der LAI-Schwellenwerte an den betroffenen Immissionsorten ermöglichen.

Störende Flimmereffekte können für die Verkehrsteilnehmer der Bocholter Straße, wie auch für den Bahnbetrieb der Bahnlinie Wesel-Bocholt, ausgeschlossen werden.

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. 25 „Am Lankerner Schulweg“, Entwurf
- Lageplan mit Ausrichtung der PV-Module (Abb. 4.2)
- Angaben zu den PV-Modulen
- Fotos des Untersuchungsgebiets

Die Unterlagen wurden zur Verfügung gestellt durch Herrn Torben Schulte, Vermessungsbüro Schemmer Wülfing Otte (E-Mails vom 19.06.2023, 02.04.2024 und 12.07.2024); verwendete Pläne und ähnliche Unterlagen werden im Archiv der Lohmeyer GmbH abgelegt.