

Blendgutachten

BV Solarpark Engen zwischen A 81 und  
Aachener Straße

Bericht Nr. 710-5821-1

im Auftrag der

solarcomplex AG

78224 Singen am Hohentwiel

München, im März 2019

**MÖHLER+PARTNER**  
 **INGENIEURE AG**

---

BERATUNG IN SCHALLSCHUTZ + BAUPHYSIK  
MÜNCHEN | AUGSBURG | BAMBERG

Blendgutachten

BV Solarpark Engen zwischen A 81 und Aachener Straße

**Bericht-Nr.:** 710-5821

**Datum:** 18.03.2019

**Auftraggeber:** solarcomplex AG  
Ekkehardstr. 10  
78224 Singen am Hohentwiel

**Auftragnehmer:** Möhler + Partner Ingenieure AG  
Beratung in Schallschutz + Bauphysik  
Landaubogen 10  
D-81373 München  
T + 49 89 544 217 - 0  
F + 49 89 544 217 - 99  
www.mopa.de  
info@mopa.de

**Bearbeiter:** M. Sc. C. Bews  
M. Sc. P. Patsch

## Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung .....	7
2. Örtliche Gegebenheiten.....	8
3. Grundlagen.....	8
4. Berechnungen zur Blendung.....	11
4.1 Berechnungsmethode .....	11
4.2 Immissionsorte .....	12
4.3 Blendquelle – Photovoltaik Elemente.....	14
4.4 Blendungen an den Immissionsorten.....	14
4.5 Beurteilung der Blendung und Vorschlag von Optimierungsmöglichkeiten sowie Maßnahmen .....	16
Anlagen.....	19

## Abbildungsverzeichnis:

<b>Abbildung 1:</b>	Übersichtslageplan [6] .....	7
<b>Abbildung 2:</b>	Maßgebliche Immissionsorte und betrachtete Paneele (nordwestl. Abschnitt) ..	13
<b>Abbildung 3:</b>	Maßgebliche Immissionsorte und betrachtete Paneele (südöstl. Abschnitt).....	14
<b>Abbildung 4:</b>	Sichtunterbrechende Maßnahmen.....	17

## Tabellenverzeichnis:

<b>Tabelle 1:</b>	Schwellenwerte verursacht durch Blendung [2].....	10
<b>Tabelle 2:</b>	Blendungen an den Immissionsorten IO 1 bis IO 19.....	15

## Grundlagenverzeichnis:

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist
- [2] Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) , Stand 08.10.2012 – (Anlage 2 Stand 03.11.2015), redaktionelle Änderung: 09.03.2018
- [3] Lichtimmissionen, Messung, Beurteilung und Verminderung, Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr in Österreich, Stand: 11.12.2014
- [4] Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren, Strahlenschutzkommission, 16./17. Februar 2006
- [5] Über die Blendungsbewertung von reflektiertem Sonnenlicht bei Solaranlagen, Schierz, Tagung LICHT, 2012
- [6] Vorentwurf, Vorhabenbezogener Bebauungsplan "Großflächige PV-Anlage an der A81-Flur 3435 und 3436 in Engen", erstellt von: 365° freiraum + umwelt, Stand: 21.06.2018
- [7] DIN EN 13201-2: Straßenbeleuchtung-Teil 2: Gütermerkmale, Juni 2016
- [8] DIN 5034, Teil 2: Tageslicht in Innenräumen: Grundlagen, Februar 1985
- [9] Höhenmodell des Plangebiets in Engen, bestellt beim Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg am 10.10.2018
- [10] E-Mail von Herrn Dürr-Pucher vom 07.03.2019, Paneelneigung von 10° der Solarpeneele
- [11] Sichtanalyse im Pkw unter Berücksichtigung von Bewegung und individuellen Körpercharakteristika, Jörg Hudelmaier, 31.10.2002
- [12] Augenbewegungen und visuelle Aufmerksamkeit, Uni Bielefeld, Juli 2011, Link: <https://www.techfak.uni-bielefeld.de/~ihkoesli/vab2011/07-vab2011-hk-augenbewegungen-sw.pdf>
- [13] Blend- und Lärmschutz, Beeinträchtigungen und Verkehrssicherheit, Visuelle Informationsträger für verkehrsfremde Zwecke, Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), November 2003

### Zusammenfassung:

Die Firma Solarcomplex AG plant entlang der BAB A81 und der B 491 in der Gemeinde Engen die Errichtung eines Solarparks. In der folgenden Untersuchung wurde die Blendung ausgehend von Solarpaneelen des geplanten Solarparks in Engen auf die benachbarte Bundesstraße B 491 und BAB 81 berechnet und bewertet. Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen:

Durch die geplanten Photovoltaikanlagen sind teilweise vereinzelte Blendungen an der nahegelegenen B 491 zu erwarten. Die Blendungen treten ausschließlich morgens auf und können die Verkehrsteilnehmer, v.a. die von Nordwest nach Südosten unterwegs sind, beeinträchtigen. Zum Schutz der Verkehrsteilnehmer vor Blendung wird ein Sichtschutz empfohlen. Es wurde eine mögliche Ausrichtung und Dimensionierung dieser abschirmenden Maßnahme erarbeitet, sodass Blendeffekte nicht mehr zu erwarten sind.

## 1. Aufgabenstellung

Die Firma solarcomplex AG plant entlang der BAB 81 und der Aacher Straße (B 491) in Engen die Errichtung eines Solarparks. Die Planung sieht eine zusammenhängende Fläche mit Photovoltaikanlagen vor. Die Anlage soll auf den Flurstücken 3435 und 3436 errichtet werden. Die Fläche befindet sich südwestlich der A81 und nordöstlich der Bundesstraße 491 (Aacher Straße). Die Solarpaneele sollen nach Südwesten orientiert werden, nahezu parallel zu der Straßenführung der einschließenden Straßen. Durch die Photovoltaikmodule können Blendungseffekte bedingt durch Sonnenlicht auf die südlich gelegene B 491 und eventuell auf die nördlich gelegene A 81 auftreten und damit einhergehend eine Beeinflussung des Straßenverkehrs nicht ausgeschlossen werden. In der angebotenen Untersuchung sollen die durch das Planvorhaben entstehenden Auswirkungen auf den Straßenverkehr der B 491 und der A 81 untersucht werden.

Im Rahmen einer lichttechnischen Untersuchung ist daher nachzuweisen, dass durch die geplanten Photovoltaikanlagen keine Blendungen der B 491 und der A 81 auftreten. Ggf. sind Dauer und Ausmaß der Blendung zu prognostizieren und nach den einschlägigen Regelwerken zu beurteilen. Ggf. sind Schutzmaßnahmen in Abstimmung mit dem Auftraggeber zu erarbeiten.

Mit der Durchführung der lichttechnischen Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG mit dem Schreiben vom 08.03.2019 von der solarcomplex AG beauftragt.



Abbildung 1: Übersichtslageplan [6]

## 2. Örtliche Gegebenheiten

Der geplante Neubau des Solarparks in Engen erstreckt sich über die Grundstücke mit den Flurnummern 3435 und 3436. Die für das Planvorhaben vorgesehenen Flächen grenzen direkt südlich an die A81 und nördlich an die B 491 Aachener Straße an. Das Plangebiet ist nicht eben sondern von leichten Höhenänderungen geprägt, was die Höhe der einzelnen Solarpaneele beeinflusst. In der näheren Umgebung gibt es keine höheren Berge oder andere Elemente, die zu einer Verminderung der Besonnung der Paneele führen würden. Abschirmende Elemente zwischen den geplanten Solarpaneelen und den südlich und nördlich anschließenden Verkehrswegen, die eine Sichtunterbrechung darstellen, liegen nicht vor. Vegetation wurde bezüglich ihrer eventuellen Schutzwirkung vor Blendung nicht berücksichtigt, da sie Veränderungen bedingt durch Jahreszeit, Schäden, etc. unterworfen ist und daher keinen konstanten zeitlich unveränderten Schutz aufweist.

Zur besseren Übersicht können die örtlichen Gegebenheiten der Abbildung 1 entnommen werden.

## 3. Grundlagen

Licht zählt zu den Emissionen und Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG, §3, Absatz 2 und 3 [1]) und stellt eine schädliche Umwelteinwirkung dar, wenn die Lichteinwirkung „nach Art, Ausmaß und Dauer geeignet ist, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder für die Nachbarschaft herbeizuführen“ (BImSchG, §3, Absatz 1, [1]). In der Regel stellen die im Immissionsschutz auftretenden Lichteinwirkungen keine Gefahren oder erheblichen Nachteile dar, können jedoch eine erhebliche Belästigungswirkung für Betroffene entwickeln.

Die Beurteilung der Belästigungswirkung durch Licht erfolgt auf der Grundlage der „Licht-Richtlinie“ des Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), die in Nordrhein-Westfalen als Erlass eingeführt wurde [2]. Der Anwendungsbereich dieser Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen umfasst die „Wirkung von Lichtimmissionen auf Menschen durch Licht emittierende Anlagen aller Art, soweit es sich dabei um Anlagen oder Bestandteile von Anlagen i. S. des § 3 Abs. 5 BImSchG handelt“. Dazu zählen künstliche Lichtquellen und hell beleuchtete Flächen aller Art. Ausgenommen sind Laser, Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Beleuchtungsanlagen von Kraftfahrzeugen, dem Verkehr zuzuordnende Signalleuchten. Im Zuge der Überarbeitung der Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen ([2], [3]) werden mittlerweile statisch technische und bauliche Einrichtungen, die das Sonnenlicht reflektieren, ebenfalls nach der „Licht-Richtlinie“ beurteilt.

Die Beurteilung von Lichtimmissionen umfasst nach [2] zwei Wirkungsbereiche, durch die sich Betroffene belästigt fühlen können. Zum einen wird die Raumaufhellung betrachtet, d.h. Beleuchtungsanlagen können zu einer Aufhellung von Aufenthaltsräumen (Schlaf-/Wohnzimmer), der Terrasse oder des Balkons und damit zu einer eingeschränkten Nutzung dieser Wohnbereiche führen. Zum anderen kann es zu Blendungen durch Lichtquellen kommen. Dabei unterscheidet man physiologische, das Sehvermögen mindernde und psychologische Blendungen, die auch ohne Minderung des Sehvermögens auftreten, jedoch trotzdem zu erheblichen Belästigungen führen. Belästi-

gungen entstehen z. B. durch ständige Adaptionen des Auges an verändernde Lichtbedingungen und können auch ohne eine Aufhellung des Wohnbereiches auftreten, z. B. wenn die Blickrichtung ständig und ungewollt auf die Lichtquelle gelenkt wird. Im Verkehr sind sowohl die physiologische als auch die psychologische Blendung zu untersuchen, weshalb eine Bestimmung aller auftretenden Blendungen notwendig ist. Die Aufhellung von Aufenthaltsräumen ist in vorliegendem Fall nicht Bestandteil der Untersuchung und wird demnach nicht berücksichtigt.

Bezugsgröße für die Beurteilung der Blendwirkungen ist die Leuchtdichte [cd/m<sup>2</sup>] der Lichtquelle. Die „Licht-Richtlinie“ legt hierfür eine maximal tolerable mittlere Leuchtdichte  $L_{\max}$  fest, die sich aus der wahrnehmbaren Größe der Lichtquelle  $\Omega_s$  (Raumwinkel in Sr) und der Umgebungsleuchtdichte  $L_u$  sowie je nach Gebietsart aus dem Proportionalitätsfaktor  $k$  (normiert) ergeben:

$$\bar{L}_{\max} = k \sqrt{\frac{L_u}{\Omega_s}} \quad , \text{wobei } 0,1 \leq L_u \leq 10 \text{ und } 10^{-7} \leq \Omega_s \leq 10^{-2}$$

Die mittlere Leuchtdichte  $L_s$  der zu beurteilenden Lichtquelle soll diese berechneten maximalen Werte nicht überschreiten. Der Proportionalitätsfaktor  $k$  zur Festlegung der max. zulässigen Blendung kann je nach Gebietsart der folgenden Tabelle aus [2] entnommen werden:

Immissionsort (Einwirkungsort) Gebietsart nach § BauNVO	Immissionsrichtwert $k$ für Blendung		
	06 Uhr bis 20 Uhr	20 Uhr bis 22 Uhr	22 Uhr bis 06 Uhr
1 Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten <sup>1)</sup>	32	32	32
2 reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4 a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	96	64	32
3 Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 7)	160	160	32
4 Kerngebiete (§ 7) <sup>2)</sup> Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	-	-	160

<sup>1)</sup> Wird die Beleuchtungsanlage regelmäßig weniger als eine Stunde pro Tag eingeschaltet, gelten auch für die in Zeile 1 genannten Gebiete die Werte der Zeile 2.

<sup>2)</sup> Kerngebiete können in Einzelfällen bei geringer Umgebungsbeleuchtung ( $L_{u,\text{mess}} \leq 0,1 \text{ cd/m}^2$ ) auch Zeile 3 zugeordnet werden.

Die Anwendung des Beurteilungsverfahrens gilt nur unter der Voraussetzung, dass vom Immissionsort aus bei üblicher Position der Blick zur Blendquelle hin möglich ist.

Ob eine Lichtquelle blendet, hängt neben der Umgebungsleuchtdichte und dem Raumwinkel auch vom Adaptionszustand des Auges ab. Bei dunkel adaptiertem Auge kann bereits der Vollmond zu einer Blendung führen [4]. Die Strahlenschutzkommission gibt in [4] eine noch annehmbare, d. h. blendungsfreie Betrachtung einer Lichtquelle für eine Leuchtdichte von  $730 \text{ cd/m}^2$  an. Durch die Reflektion von Sonnenlicht an den glatten Oberflächen von Photovoltaikanlagen können in der unmittelbaren Nachbarschaft hohe Leuchtdichten auftreten, die mit  $>10^5 \text{ cd/m}^2$  eine absolute Blendung bei den Betroffenen verursachen können [2]. Eine vollständige Reduzierung des Sehvermögens im gesamten Blickfeld kann die Folge sein. Bei längerer Exposition von Blendungen werden Abhilfemaßnahmen empfohlen.

Gemäß der LAI-Hinweise [2] wird der Immissionsort über schutzwürdige Räume, die sich zum dauerhaften Aufenthalt eignen, definiert. In vorliegendem Fall ist jedoch die Blendeinwirkung im öffentlichen Verkehrsraum (Straße, Fahrrad- und Fußweg) zu untersuchen. Ein dauerhafter Aufenthalt findet hier grundsätzlich nicht statt. Es treten vor allem kurze Aufenthaltsdauern durch Vorbeifahrten mit Auto oder Lastkraftwagen auf. Aufgrund einer für den vorliegenden Fall fehlenden Beurteilungsgrundlage von Blendungen durch reflektiertes Sonnenlicht an Immissionsorten mit kurzer Verweildauer, wird hilfsweise auf die von den LAI-Hinweisen festgelegten Empfehlungen zur Beurteilung und Minderung der Blendwirkung von Photovoltaikanlagen (Anhang 2 in [2]) hingewiesen, die jedoch in vorliegender Untersuchung nicht herangezogen werden, da kurze Blendungen ausreichen, um Unfälle zu verursachen und eine untenliegende Beurteilung die Ergebnisse schön reden würden. In nachfolgender Tabelle sind rein informativ die Blenddauern angegeben, die im Sinne der LAI-Hinweise zu erheblichen Belästigungen in Räumen mit dauerhaften Aufenthalt führen:

<b>Tabelle 1:</b> Schwellenwerte verursacht durch Blendung [2]	
Zeitraum	Schwellenwert [Zeit]
Tag	30 Minuten
Jahr	30 Stunden

Eine Beurteilung der Blendung von Sonnenlicht kann auch hilfsweise basierend auf der DIN 13201-2 [7] in sogenannten Blendindexklassen erfolgen, obwohl sich die Norm auf die Blendung von künstlichen Lichtquellen bezieht. Zweck der Normenreihe ist die Erhöhung der Sicherheit im Verkehr, die hauptsächlich an die Sehleistung der verschiedenen Verkehrsteilnehmer gekoppelt ist. Die Blendindexklassen stellen den Quotienten aus Lichtstärke in [cd] und der auf die senkrechte Ebene projizierte leuchtende Fläche dar. Die höchste Blendindexklasse hat den Wert von  $7000 \text{ cd/m}^2$ . Wie oben jedoch bereits behandelt, treten bei der Sonne Lichtstärken auf, die den Wert der höchsten Blendindexklasse überschreiten. Deshalb führt eine Bewertung der Blendungen durch Sonnenlicht mithilfe der Blendindexklassen zu keiner Unterscheidbarkeit der Blendungen. Es wird daher wegen der hohen Lichtstärken pro Quadratmeter bei jeder auftretenden Blendung, bei der der Verkehrsteilnehmer direkt in die Blendung blickt, von einer physiologischen Blendung ausgegangen. In den Berechnungen wurden daher alle auftretenden Blendungen ermittelt.

Richtet sich der Blick nicht direkt auf die Blendquelle, ist je nach Richtungswinkel von einer psychologischen Blendung auszugehen. Das menschliche Auge kann peripher und foveal sehen. Beim fovealen Sehen ist die Gesichtslinie des Auges direkt auf das Objekt gerichtet, welches scharf gesehen werden soll. Der horizontale Winkelbereich, in dem mit beiden Augen gemeinsam foveal fixiert gesehen werden kann (binokulares Blickfeld), beträgt ca.  $30^\circ$  ( $15^\circ$  links und rechts vom fixierten Punkt). Liegt die Blendquelle in diesem Winkelbereich, muss von einer physiologischen Blendung ausgegangen werden, die zu einer starken Sichteinschränkung führt und somit zu Unfällen führen kann. Liegt eine Blendquelle im peripheren Sichtbereich (außerhalb des Winkelbereichs des fovealen Sehens), wird eine Blendung zwar im Augenwinkel wahrgenommen, führt jedoch nicht zu einer physiologischen sondern vielmehr zu einer psychologischen Blendung, die mehr ablenkenden und störenden Charakter aufweist ([11], [12], [13]).

Die Ermittlung der Blendung erfolgt anhand dem in Abschnitt 4.1 dargestellten Berechnungsverfahren. Eine Beurteilung der Blendung wird nicht getroffen, wenn sich die Blendung im fovealen Sichtfeld des Autofahrers (Straßenachse) befindet, da jegliche Blendung durch Sonnenlicht in diesem Bereich zu einer absoluten Blendung führt, und vor diesem Hintergrund zu vermeiden gilt. Befindet sich die Blendung im peripheren Sichtfeld des menschlichen Auges, wird diese als Blendung identifiziert und behandelt, jedoch bedarf es für diese Art von Blendungen keiner Maßnahmen, da davon ausgegangen wird, dass keine unmittelbare Gefahr für den Straßenverkehr ausgeht.

## 4. Berechnungen zur Blendung

### 4.1 Berechnungsmethode

Die Berechnung der möglichen Blendung erfolgt unabhängig vom möglichen Bedeckungsgrad des Himmels. In Anlehnung an das Berechnungsverfahren nach Schierz [5] werden anhand der Ortsvektoren der Photovoltaikmodule und des zu untersuchenden Immissionsortes die Verbindungsvektoren ermittelt. Jede Photovoltaikfläche wird in 0,2 m Schritten in x und y Richtung unterteilt und der jeweilige Ortsvektor bestimmt. Eine weitere Verfeinerung der Schrittweite hat keine Veränderungen des Ergebnisses zur Folge gehabt, weshalb eine Schrittweite von 0,2 m als hinreichend genau erachtet werden kann. Diese Verbindungsvektoren symbolisieren die Blickverbindung des Verkehrsteilnehmers (Immissionsort) zum Solarpaneel. In Kombination mit der Solarpaneelorientierung (Höhenwinkel und Azimutwinkel) werden mithilfe der Verbindungsvektoren die kritischen Höhenwinkel und Azimutwinkel bestimmt, die zu einer Blendung führen können. In weiterer Folge werden auf Grundlage der DIN 5034 Teil 2 [8] die an dem Standort des Neubaus der Solaranlage auftretenden Azimut- und Höhenwinkel der Sonne im Jahresverlauf ermittelt. Dabei wird der Sonnendurchmesser von  $0,52^\circ$  berücksichtigt.

Liegen kritische Sonnenstände im Intervallbereich der Höhenwinkel und Azimutwinkel der Sonne, so entsteht zu diesem Zeitpunkt an dem jeweiligen Paneelpunkt eine Sonnenlichtreflexion, die zu einer Blendung am Immissionsort führt. Die mögliche Blendung wird im Jahresverlauf in 10-Minuten-Schritten dargestellt. Eine Verfeinerung der Zeitschritte hat keine merkliche Veränderung der Ergebnisse zur Folge gehabt. Eine Blendung durch die geplanten Photovoltaikmodule tritt nicht auf, wenn sich die Blickrichtungen auf die Sonne und auf das Modul um weniger als  $10^\circ$

voneinander unterscheiden, da in diesen Fällen die Sonnenblendung überwiegt, da sie direkt im Hintergrund der blendenden Fläche liegt.

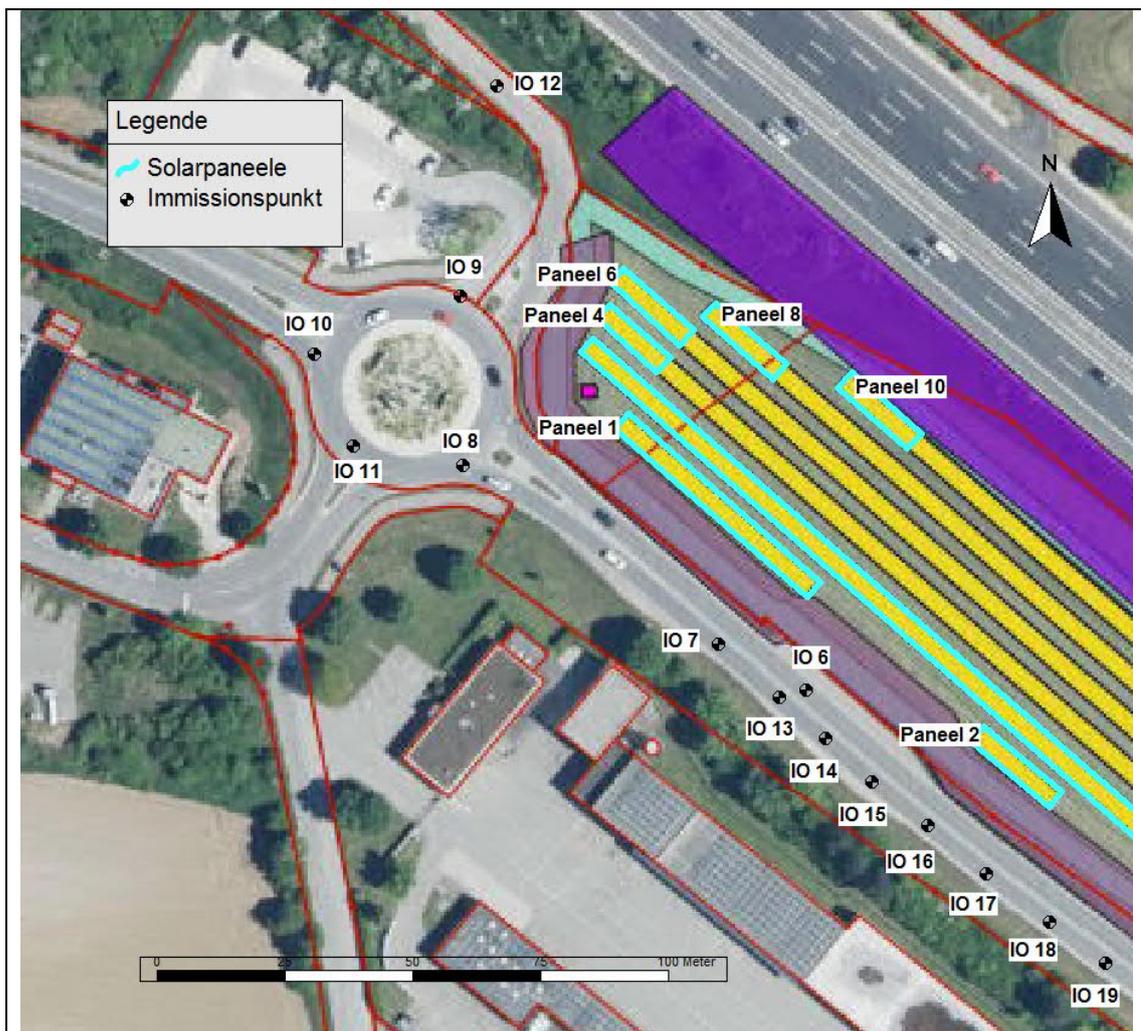
Die Höheninformationen für die Solarpaneele und die Immissionsorte lieferte ein DGM des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg [9].

#### 4.2 Immissionsorte

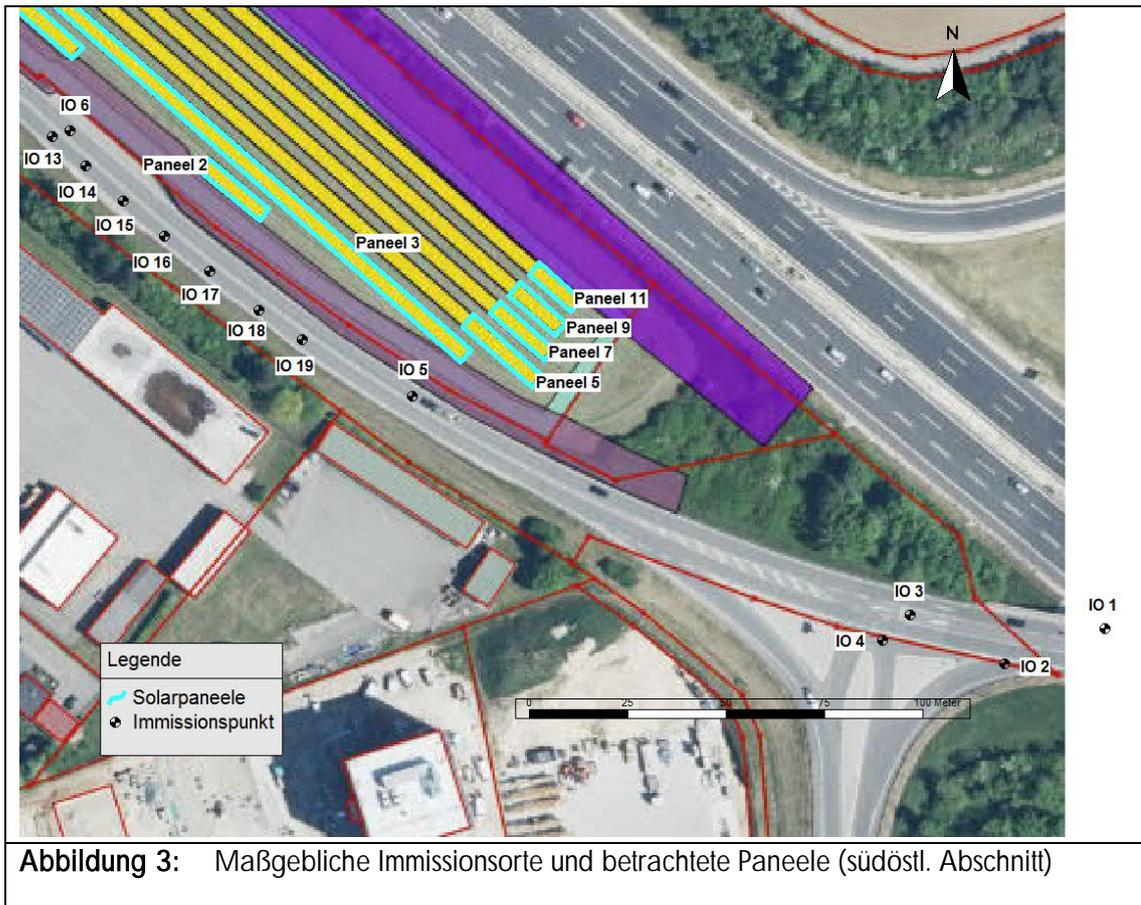
Durch die Ausrichtung der Photovoltaikmodule im vorliegenden Fall und damit einhergehend der Blendungsfläche nach Südwesten sind Blendungen möglich. Aufgrund der großen Länge des Plangebiets und der gekrümmten Straßenführung der B 491 können Beeinträchtigungen der Verkehrsteilnehmer durch Blendung in beide Richtungen auf der B 491, dem südlichen Zubringer und dem nördlichen Kreisverkehrs nicht ausgeschlossen werden. Die nördlich verlaufende A 81 ist aus gutachterlicher Sicht nicht durch den südlich geplanten Solarpark betroffen, da die Solarpaneele nahezu parallel zur A81 verlaufen und die A 81 in diesem Bereich gerade verläuft und somit von der Autobahn keine direkte Sichtbeziehung auf die Solarpaneele vorliegt. An der südlich verlaufenden B 491 werden Untersuchungsabschnitte gewählt, die zum einen Blendung ausgesetzt sind, als auch Bereiche darstellen, wo eine schnelle Reaktionszeit der Verkehrsteilnehmer von maßgeblicher Bedeutung ist. Einer dieser Bereiche liegt im nordwestlich gelegenen Kreisverkehr vor, wo gute Sichtverhältnisse nötig sind, damit es nicht zu Unfällen zwischen den im Kreisverkehr befindlichen und den in den Kreisverkehr aus südlicher Richtung einfahrenden Verkehrsteilnehmern kommt. Die für den Kreisverkehr besonders kritischen Punkte sind in der Abbildung 2 dargestellt (IO 8 bis IO 11).

Desweiteren birgt der südöstlich des Plangebiets gelegene Abschnitt auf Höhe des Autobahnzubringers Konfliktpotential. So sind hier gute Sichtverhältnisse und schnelle Reaktionszeiten für die vom Autobahnzubringer auf die B 491 und von der B 491 auf den Autobahnzubringer fahrenden Verkehrsteilnehmer von besonderer Bedeutung. Hier wurden die Immissionsorte an die Stellen gelegt, wo entweder Zu- und Abfahrten erfolgen oder wo eine gute Sicht auf die Zu- und Abfahrtsbereiche wichtig ist (IO 1 bis IO 4). Abschließend wurden noch Immissionsorte auf Höhe des Solarparks gelegt (IO 5 bis IO 7 und IO 13 bis IO 19).

Die Höhe der Immissionsorte wurde bei 1,5 m und 3,0 m üGOK gewählt, um die Betroffenheit der Verkehrsteilnehmer (Pkw 1,5 m und Lkw 3,0 m) wiederzuspiegeln zu können. Hier wurde vor allem die Betroffenheit von Lkw-Fahrern untersucht, da durch ein höheres Fahrerhaus der Immissionsort höher liegt und somit die Wahrscheinlichkeit, durch Blendung betroffen zu sein, größer ist. Tritt für das Lkw-Fahrerhaus keine Blendung auf, ist dies auch für das Pkw-Fahrerhaus nicht der Fall. Die Lage der verschiedenen Immissionsorte sowie der untersuchten Solarpaneele können der nachfolgenden Abbildungen 2 und 3 entnommen werden.



**Abbildung 2:** Maßgebliche Immissionsorte und betrachtete Paneele (nordwestl. Abschnitt)



#### 4.3 Blendquelle – Photovoltaik Elemente

Es wurden in der vorliegenden Untersuchung kritische Photovoltaik Elemente für die Blendungsbeurteilung gewählt. Es handelt sich um die Elemente, die besonders nah zur B 491 liegen, oder Randpaneele darstellen (blaue Polygone in Abb. 2 und 3), um den Maßnahmenumfang passend abstecken zu können. Die Paneele – in gelb dargestellt - können in ihrer Lage den obenstehenden Abbildungen entnommen werden. Es wurde nach Absprache mit Auftraggeberseite [10] eine Paneele-Neigung von  $10^\circ$  angesetzt. Auch bei geringen Reflexionsanteilen der blendenden Flächen (z.B. Anti-Reflexions-Beschichtungen, etc.) ist aufgrund der hohen Leuchtdichte der Sonne von  $0,3 \times 10^9 \text{ cd/m}^2$  eine absolute Blendung zu erwarten, gerade bei tiefen Sonnenständen und damit einhergehend im flachen Winkel auftreffenden Sonnenstrahlen. Es gilt daher, alle Blendungen zu erfassen und in einem weiteren Schritt zu evaluieren, inwiefern die Blendungen im fovealen Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer liegen.

#### 4.4 Blendungen an den Immissionsorten

Eine Beurteilung der Blendung an den Immissionsorten erfolgte, ob Blendung auftritt oder nicht. Für die Dimensionierung erforderlicher Maßnahmen wird anschließend zwischen absoluter Blendung (im fovealen Sichtbereich) und psychologischer Blendung (im Peripheriebereich des Auges) unter-

schieden. An welchem Tag und zu welchen Uhrzeiten Blendungen auftreten, kann der Anlage 1 entnommen werden. Blendungen, wie sie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind, treten nicht jeden Tag auf, sondern nur an vereinzelt Tagen im Jahr meist zu kurzen Zeitpunkten (maximal 10 Minuten). Für die Dimensionierung der Maßnahmen zum Blendschutz reicht eine kurzauftretende Blendung im fovealen Sichtbereich aus ( $30^\circ$  zur Straßenachse bzw. Hauptblickrichtung). Es wurden an den Immissionsorten mögliche Blendungen ausgehend von den Paneelen 1 bis 11 ermittelt. In der nachfolgenden Tabelle sind die durch Blendung betroffenen Immissionsorte dargestellt. Für jeden Immissionsort wurden nur die Paneele aufgeführt, die eine Blendung verursachen können (direkte Sichtbeziehung, innerhalb des fovealen Sichtbereichs, keine Abschirmung, etc.)

<b>Tabelle 2: Blendungen an den Immissionsorten IO 1 bis IO 19</b>		
Immissionsort	Paneele	Blendung
IO 7	2	ja
	3	ja
IO 8	1	ja
	3	ja
IO 9	1	ja
	3	ja
IO 10	1	ja
	4	ja
	6	Ja
IO 11	1	ja
IO 13	3	Ja
IO 14	3	Ja
IO 15	3	Ja
IO 16	3	ja

Die Ergebnisse zeigen, dass nordwestlich (Kreisverkehr) und südlich auf Höhe der Solarpaneele (komplette Länge) Blendungen auftreten. Es entstehen Blendungen für Verkehrsteilnehmer, die sich von Nordwest Richtung Südost bewegen. Verkehrsteilnehmer, die sich im Kreisverkehr (IO 8-IO 11) befinden, werden durch die Sonnenreflexion auf den Paneeleoberflächen geblendet. An dieser Stelle ist eine Blendung als besonders kritisch anzusehen, da durch ständige und sich rasch vollziehende Ein- und Ausfahrten auf den Kreisverkehr gute Sichtverhältnisse und damit einhergehend schnellen Reaktionszeiten essentiell sind. Die Blendungen treten ausschließlich in den Morgenstunden auf, was mit dem morgendlichen Berufsverkehr zusammenfällt. Vor diesem Hintergrund ist zu dieser Zeit von einer hohen Verkehrsauslastung auf dem Kreisverkehr und der südöstlich anschließenden B 491 auszugehen, was die Übersichtlichkeit im Kreisverkehr einschränkt und daher gute Sichtverhältnisse unbedingt zu gewährleisten sind. Blendung erfolgt im Kreisverkehr - wie aus obestehender Tabelle ersichtlich ist - durch die Paneele 1, 3, 4 und 6. Auf der B 491 zwischen Kreisverkehr und der Verbindungsstraße zur A 81 treten Blendungen für den sich nach Südosten bewegenden Verkehrsstrom auf. Diese beginnen beim Kreisverkehr und halten bis zum Immissionsort IO 16 an. Für Immissionsorte, die weiter südöstlich liegen (IO 5 und IO 17 - IO 19) fallen die Blendungen in das periphere Sichtfeld und führen so zu keinen physiologischen Blendungen mehr. Für Verkehrsteilnehmer in Richtung Nordwesten sind keine Blendungen zu erwarten. Des Weiteren

sind keine negativen Beeinflussungen des Verkehrs in beide Richtungen auf der A 81 zu erwarten. Auch wird der Verkehr auf der B 491, der sich im Zu- und Abfahrtsbereich zur A81 befindet (IO 1-IO4), nicht durch Blendung ausgehend von den Solarpaneelen beeinflusst.

Genaue Informationen zu den auftretenden Blendungen können den Abbildungen in Anlagen 1 entnommen werden. Es treten demnach ausschließlich kurzzeitige Blendeffekte auf.

#### 4.5 Beurteilung der Blendung und Vorschlag von Optimierungsmöglichkeiten sowie Maßnahmen

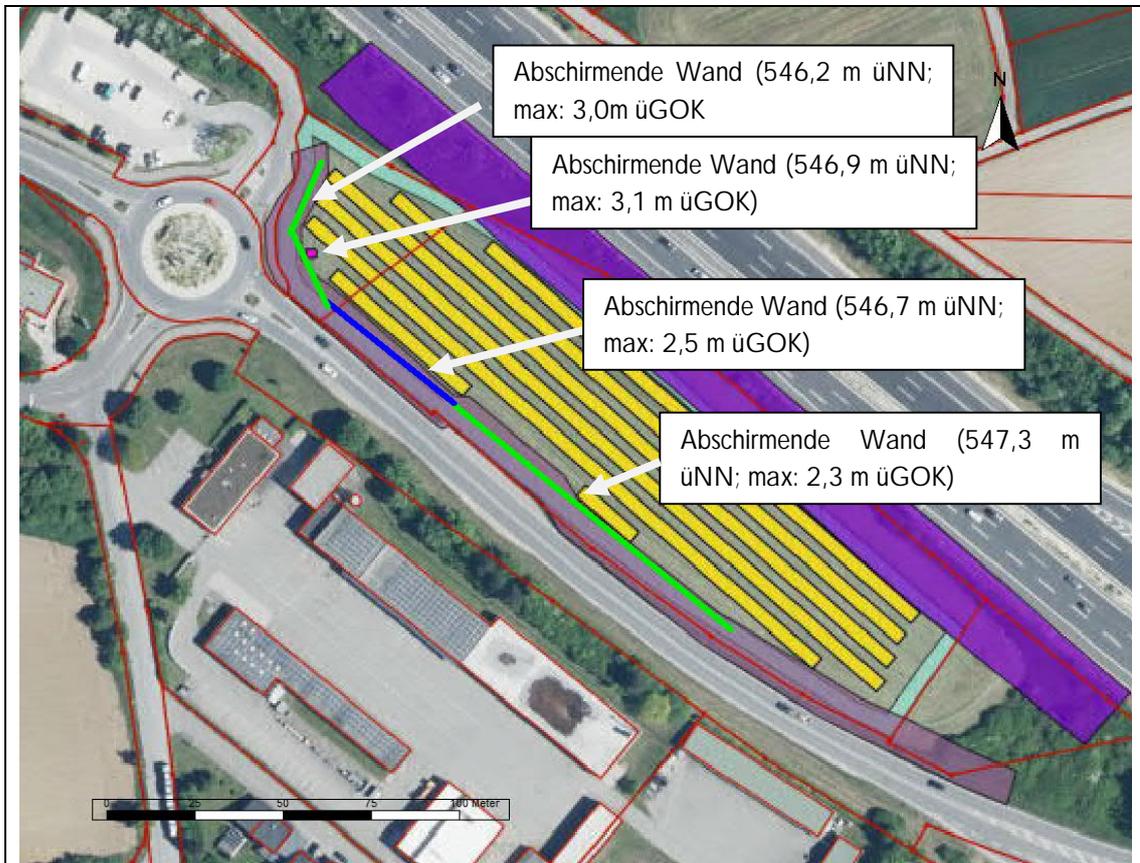
Durch die den geplanten Solarpark entstehen Blendungen, die auch den nahegelegenen Verkehr auf der B 491 beeinträchtigen können. Die vom LAI vorgeschlagenen Schwellenwerte von maximal 30 Minuten Blendung am Tag und maximal 30 Stunden pro Jahr werden nicht zur Bewertung herangezogen, da eine solche Beurteilung im Verkehrsbetrieb auf der Bundesstraße/Autobahn mit charakteristisch kurzen Verweilzeiten der einzelnen Verkehrsteilnehmer aus gutachterlicher Sicht als nicht sinnvoll erachtet wird. Ein Versuch, die LAI-Regeln für den Wohnbereich auf Fragen des Verkehrs anzuwenden, ist damit ungeeignet.

Da die Blendung genau mit der morgendlichen Hauptverkehrszeit zusammenfällt, wird aus immissionsschutzfachlicher Sicht empfohlen, Maßnahmen zur Blendungsvermeidung umzusetzen. Folgende Maßnahmen werden vorgeschlagen:

1. Verwendung von Glaselementen mit niedrigem Reflexionsgrad bzw. hohem Absorptionsgrad oder Verwendung von Anti-Reflexions-Beschichtungen. Gläser mit unterschiedlichen Farbtönen oder Beschichtungen mit niedrigen Reflexionsgraden können im Vergleich zu herkömmlichem Glas die Blendwirkung z.T. wesentlich verringern. Da bei Sonnenlicht jedoch sehr hohe Leuchtdichten auftreten, führen auch Bruchteile der Sonnenreflektion zu absoluten Blendungen, weshalb diese Maßnahme der Vollständigkeit halber aufgeführt wird, die ausreichende Wirksamkeit jedoch zweifelhaft ist.
2. Eine effektive Maßnahme zum Schutz der B 491 vor Blendung stellen abschirmende Elemente dar, die eine Sichtunterbrechung zwischen reflektierten Sonnenlicht vom Paneel und Verkehrsteilnehmer herstellt. Eine Sichtunterbrechung durch Vegetation ist mit einer bestimmten Unsicherheit behaftet. Eine sich ändernde Erscheinungsform der Vegetation bedingt durch Schäden (Wind, Schädlinge, Dürre, Unfälle etc.), Jahreszeiten (besonders bei laubtragenden Pflanzen von Bedeutung) führen zu einer nur schwer zu bewertenden Situation. Es wird daher zumindest eine Kombination aus durchgehender Wand (bzw. Wall) und Bepflanzung empfohlen.
3. Eine Änderung der Neigung der Paneele (niedrigerer Höhenwinkel), eine Aufstelzung der Paneele (höherer Emissionsort), eine Änderung des Azimut-Winkels der Paneele kann auch zu Verbesserungen führen (kann im Rahmen der Untersuchung jedoch nicht beurteilt werden).

Im Folgenden wurde die Maßnahme einer sichtunterbrechenden Maßnahme untersucht. In der nachfolgenden Abbildung ist ein Vorschlag für abschirmende Wände/Wälle/Zaun o. Ä. gegeben.

Diese stellt nicht die einzige Möglichkeit dar, sondern hat als eine mögliche Variante beispielhaften Charakter.



**Abbildung 4:** Sichtunterbrechende Maßnahmen

Die grünen und blauen (bessere Unterscheidbarkeit der Bereiche) Linien stellen die Abmessungen einer möglichen Abschirmung dar. Die Höhen sollten gemäß der Bemaßung in der Abbildung gewählt werden, die ggf. noch angepasst werden können, wenn z.B. die Paneele nicht bzw. geringer/höher aufgeständert werden. Die Höhen sind in absoluten Höhen angegeben, da das Gelände viele Höhenänderungen aufweist. Die relativen Höhen beziehen sich auf den ungünstigsten (niedrigsten) Punkt des Geländeabschnitts.

Dieses Gutachten umfasst 19 Seiten und 2 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 18. März 2019

Möhler + Partner  
Ingenieure AG

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Bews', with a long horizontal stroke extending to the left.

i. V. M. Sc. C. Bews

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Patsch', with a stylized, cursive script.

i. A. M. Sc. P. Patsch

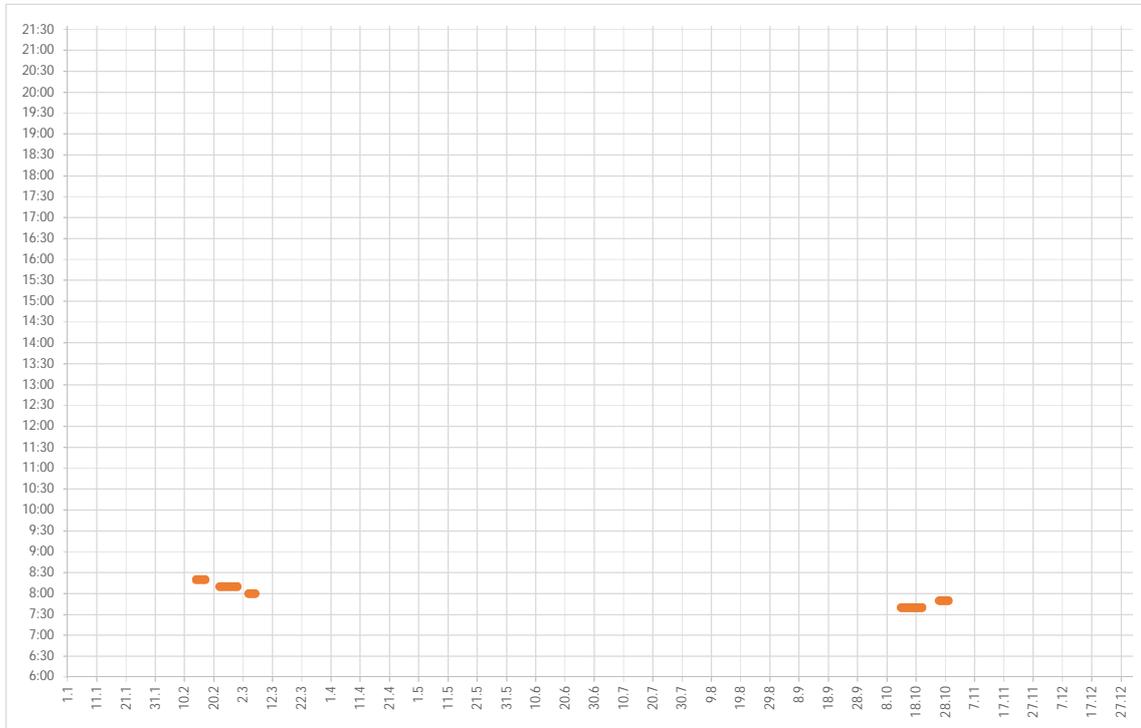
## Anlagen

Anlage 1: Blendungszeiten an untersuchten Immissionsorte (*bezieht sich auf Winterzeit*)

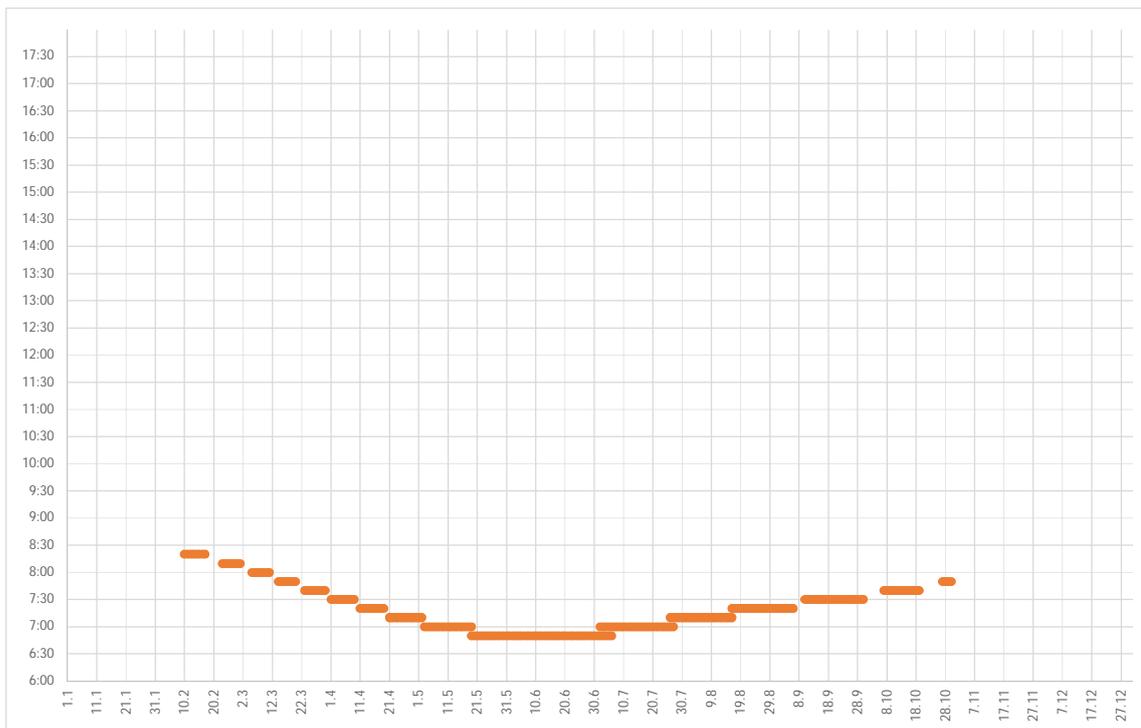
Anlage 2: Blendflächen

Anlage 1: Blendungszeiten an untersuchten Immissionsorte (*bezieht sich auf Winterzeit*)

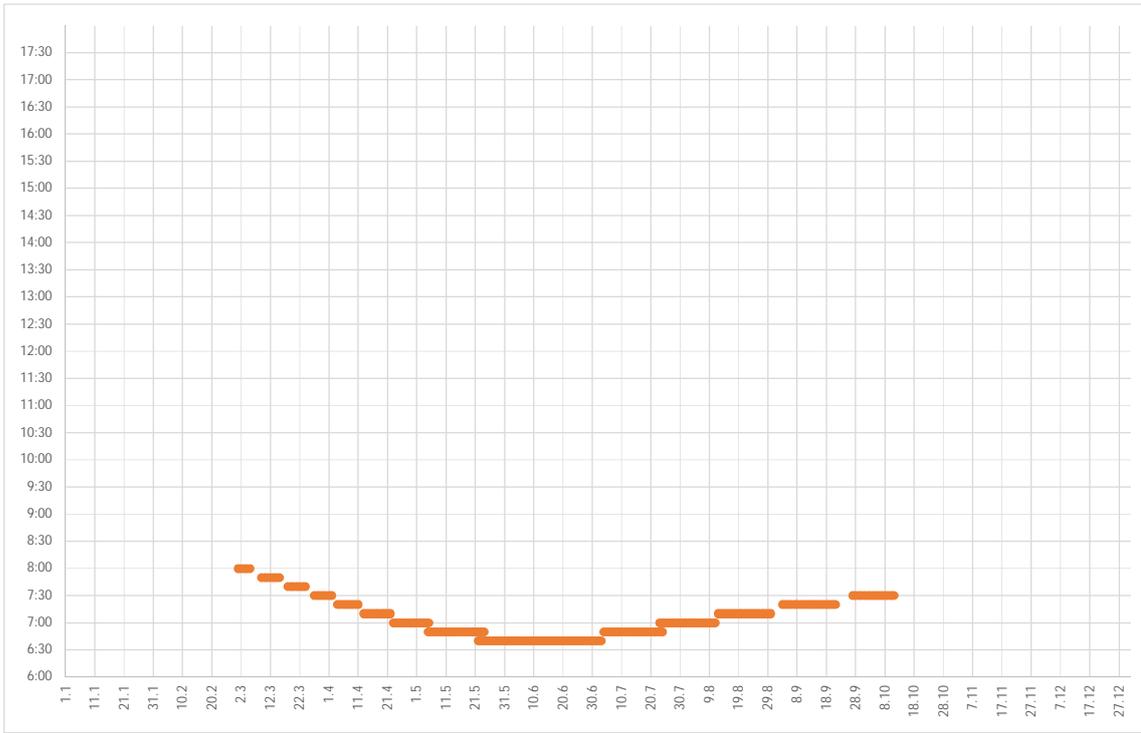
*IO7, Paneel 2 (Höhe LKW: 3 m)*



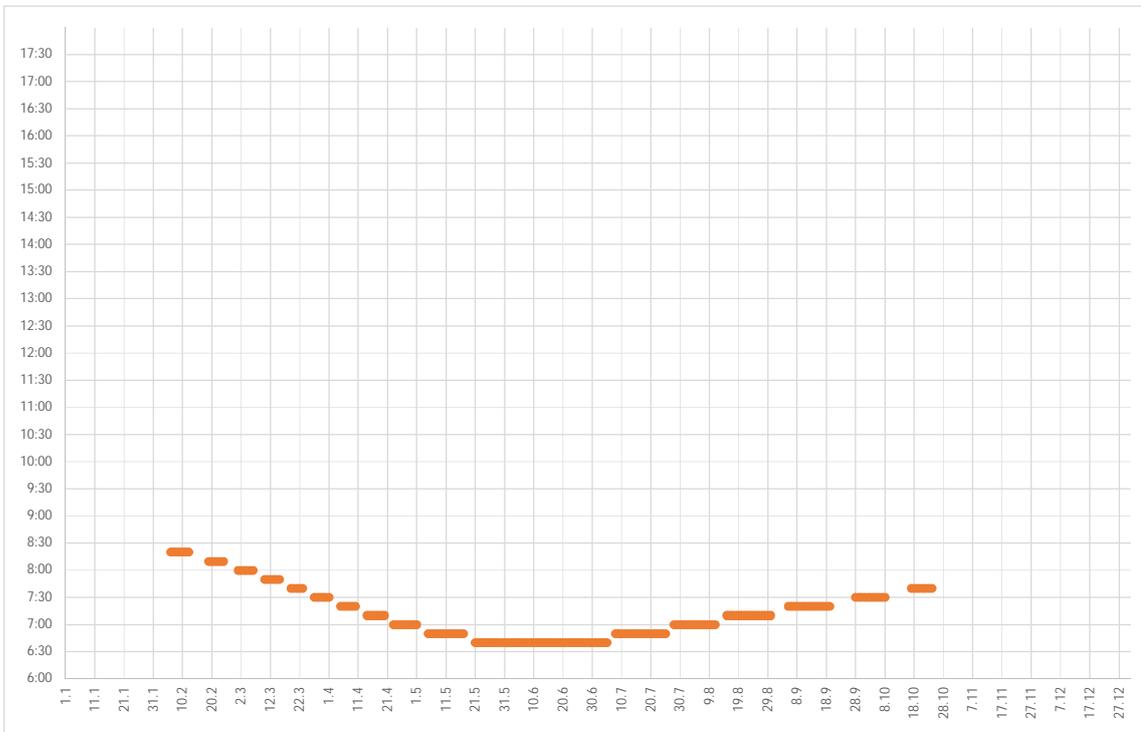
*IO7, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)*



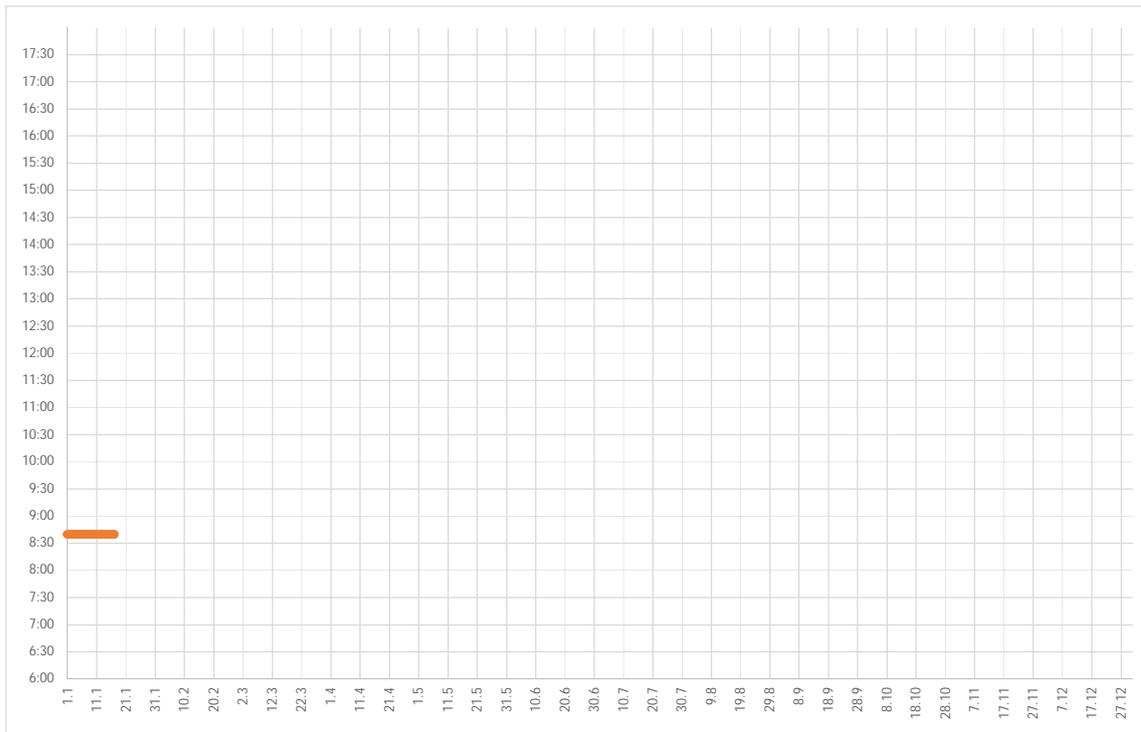
*IO8, Paneel 1 (Höhe LKW: 3 m)*



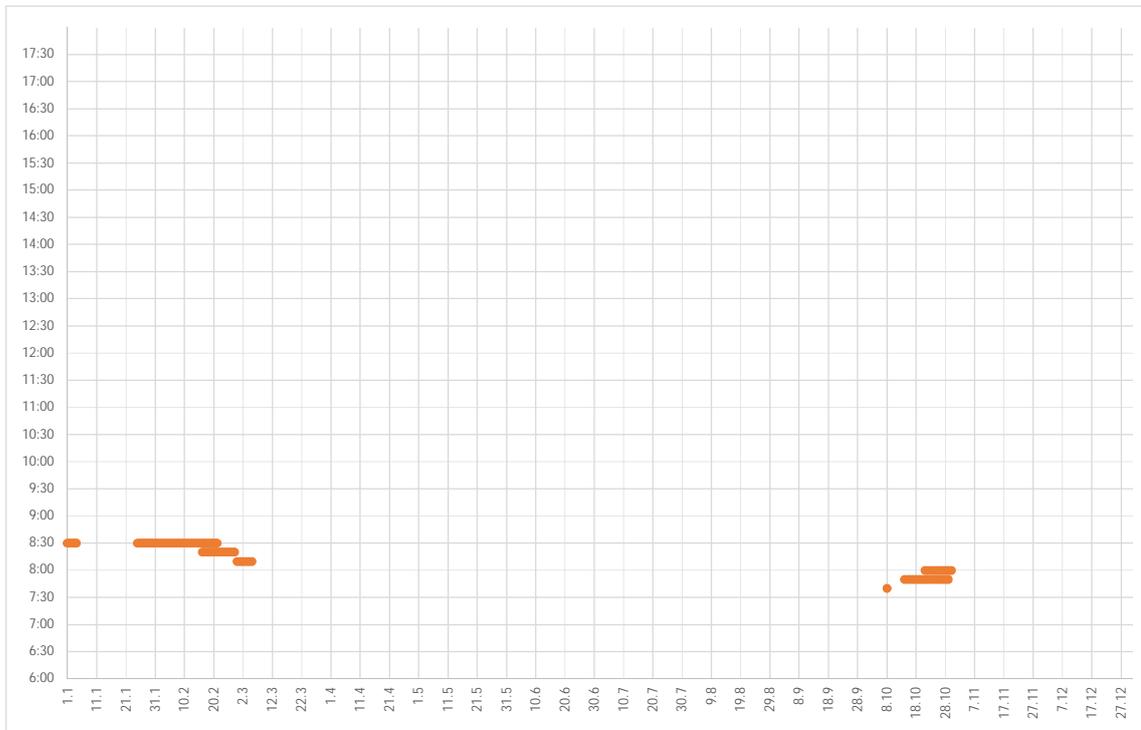
*IO8, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)*



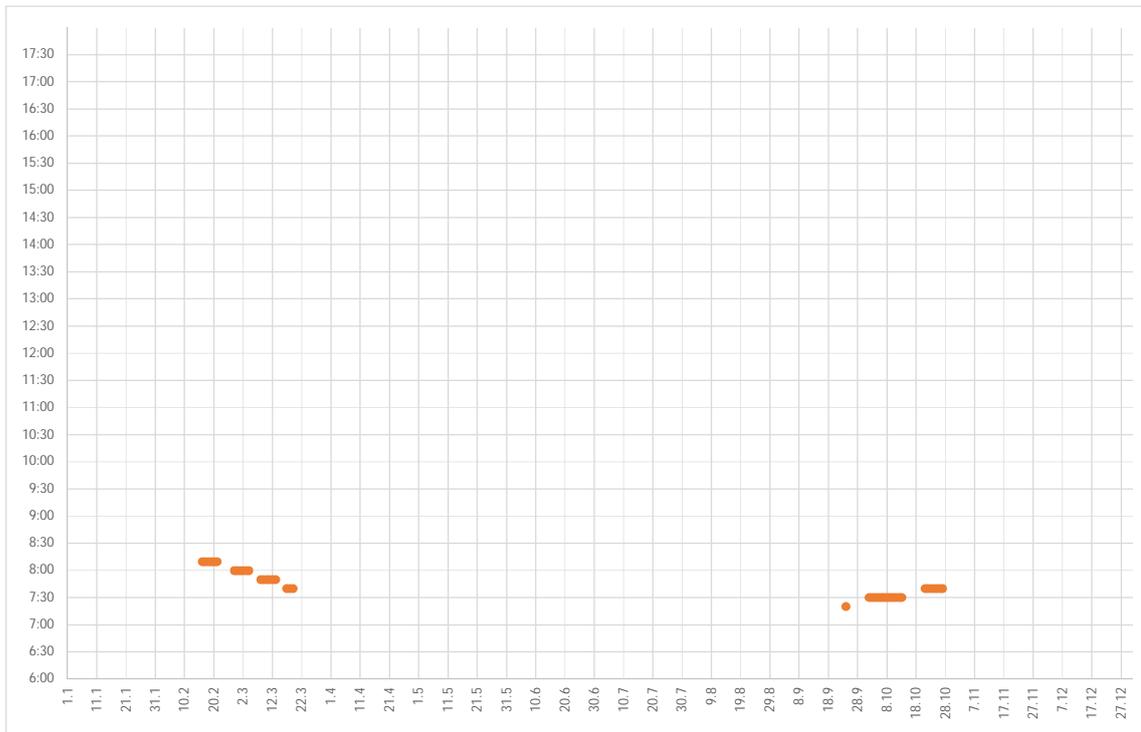
*IO9, Paneel 1 (Höhe LKW: 3 m)*



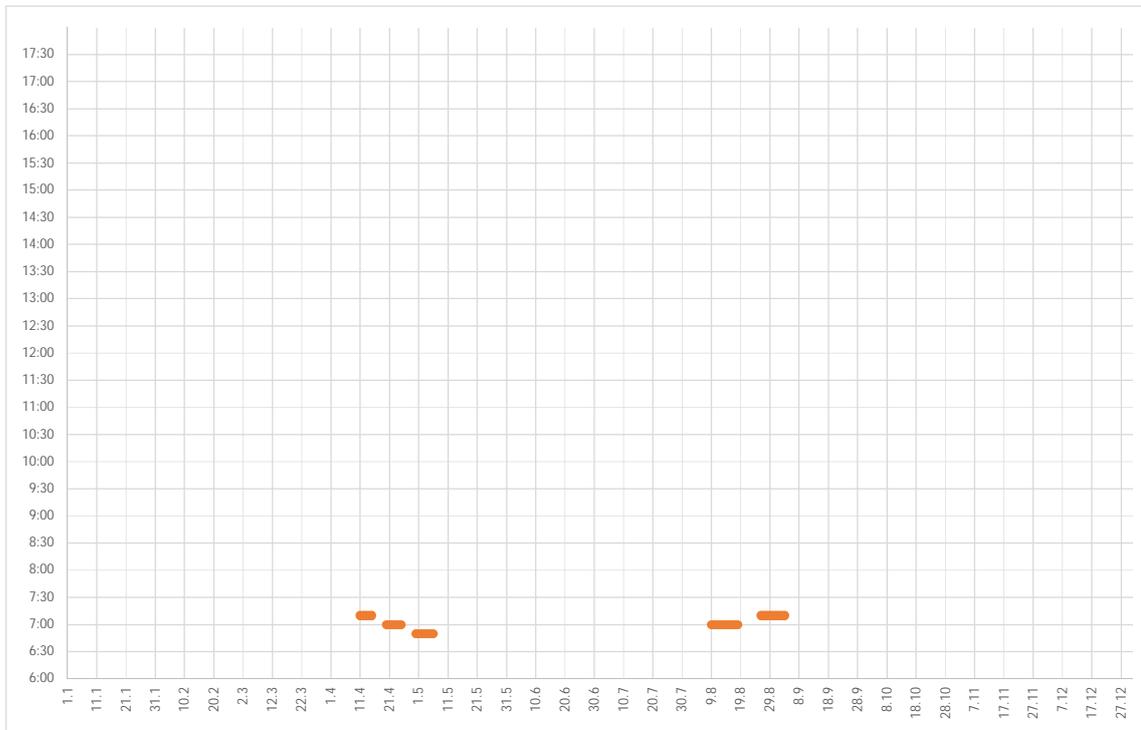
*IO9, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)*



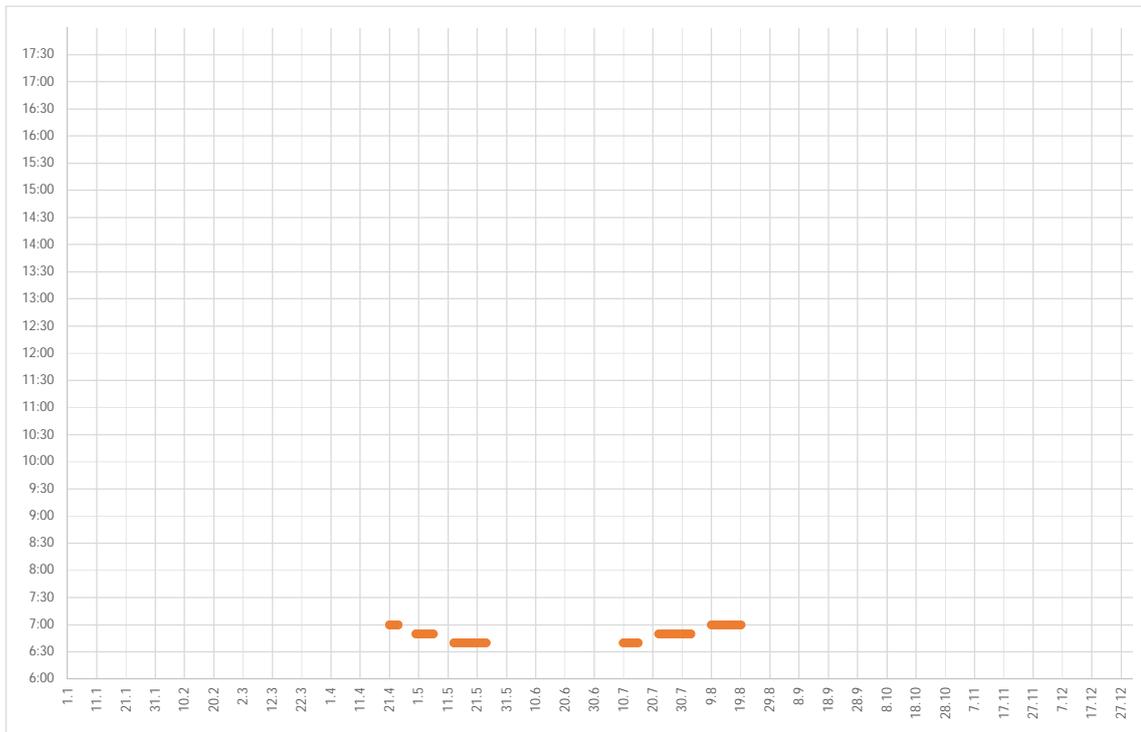
*IO10, Paneel 1 (Höhe LKW: 3 m)*



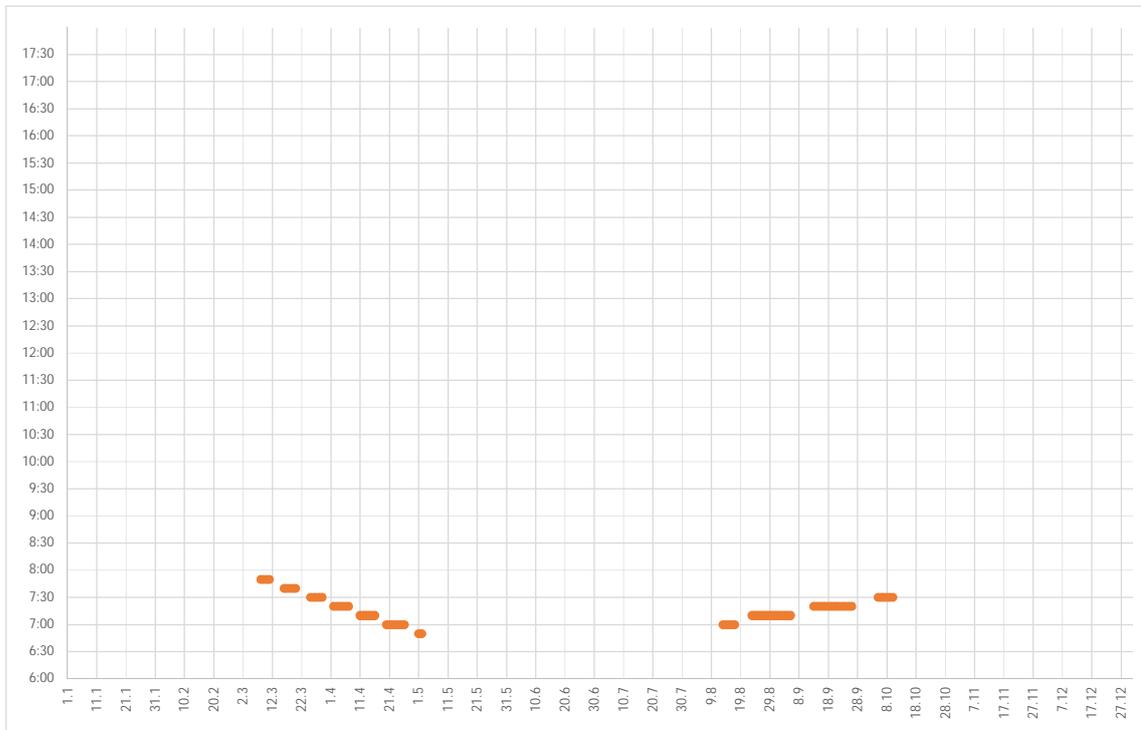
*IO10, Paneel 4 (Höhe LKW: 3 m)*



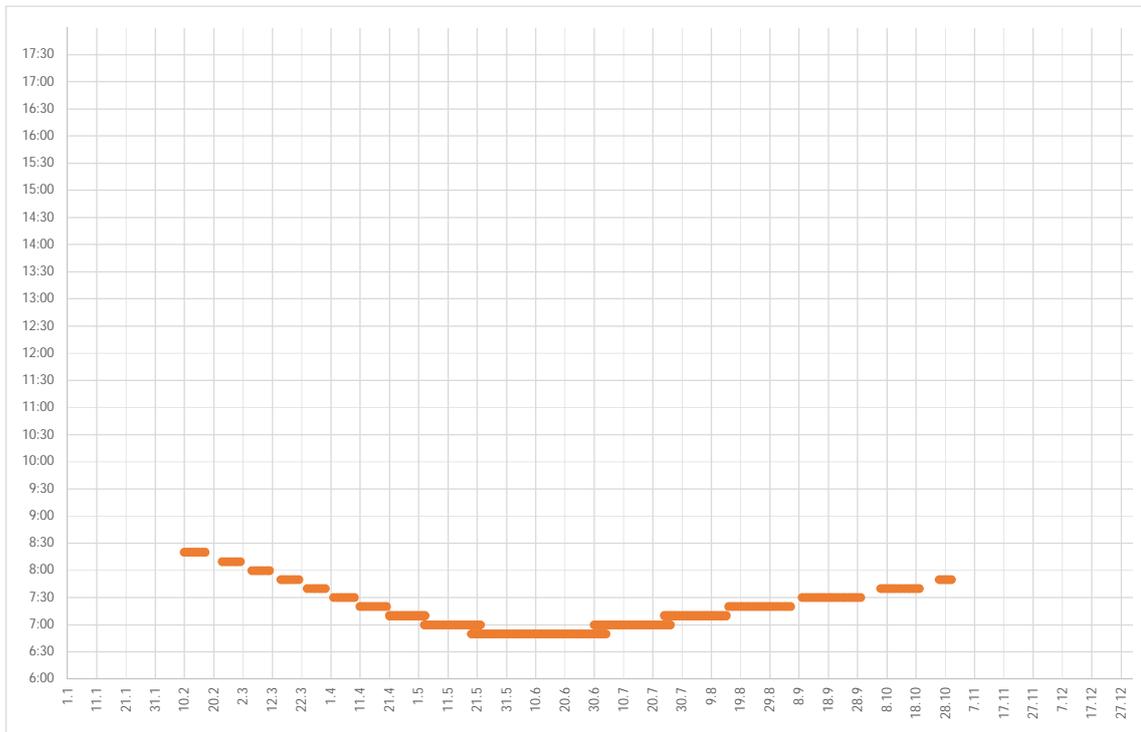
*IO10, Paneel 6 (Höhe LKW: 3 m)*



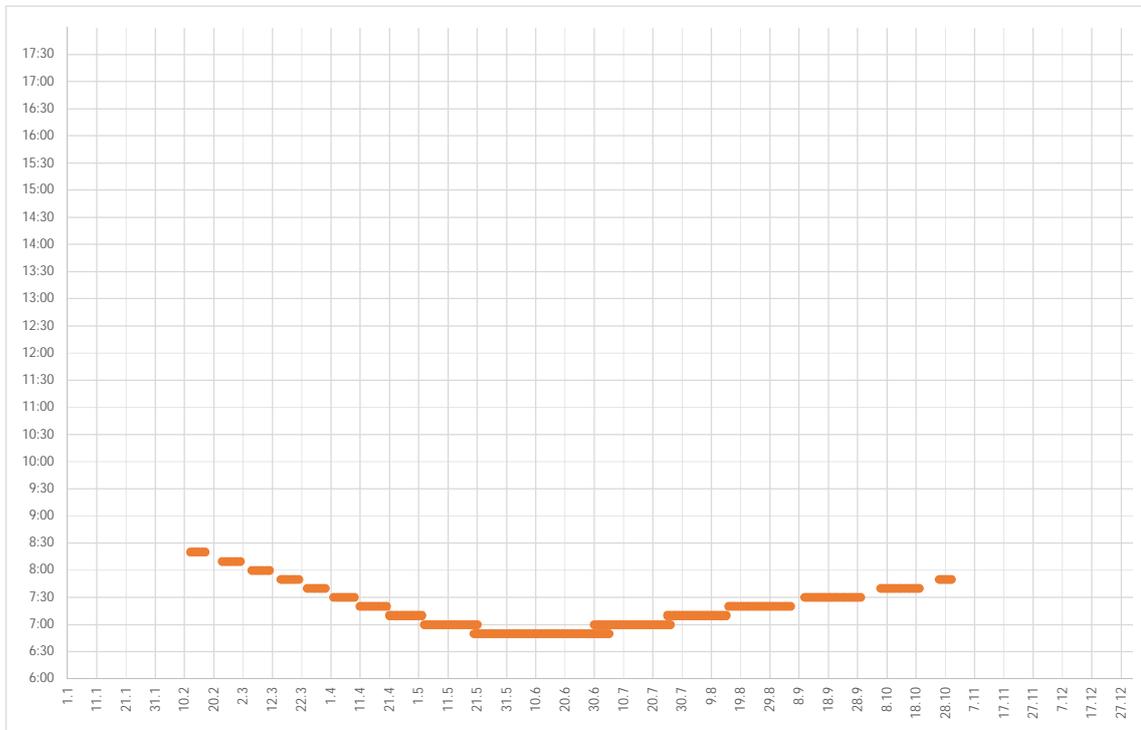
*IO11, Paneel 1 (Höhe LKW: 3 m)*



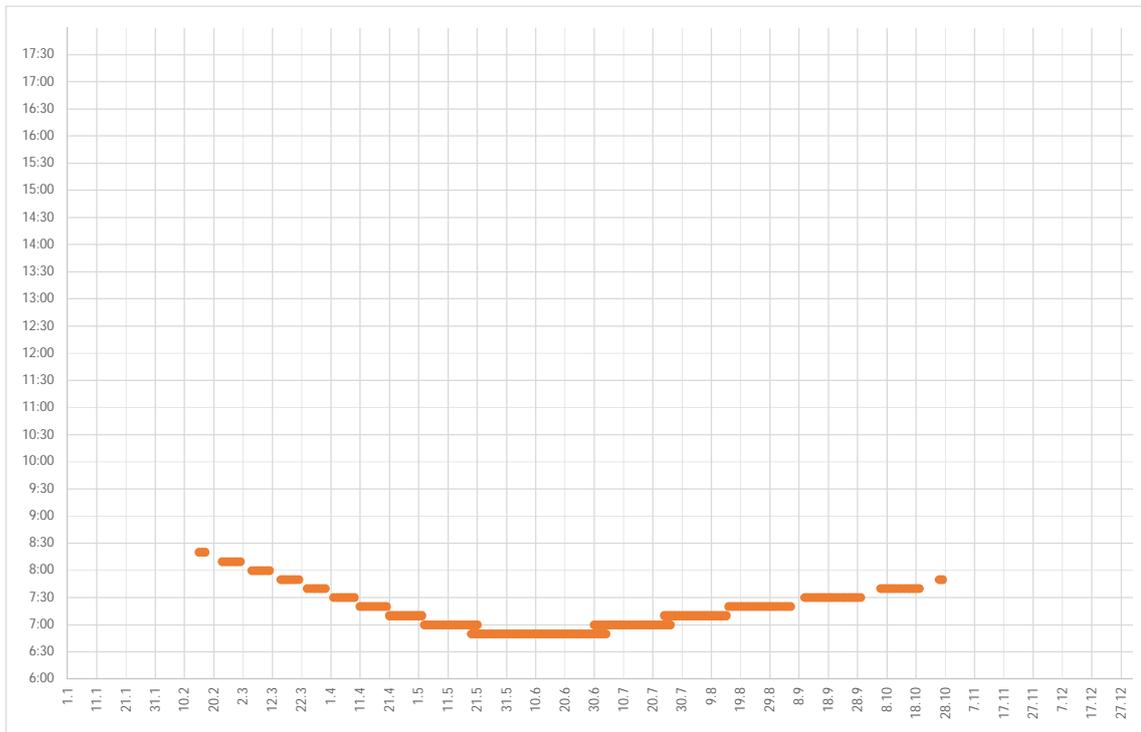
*IO13, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)*



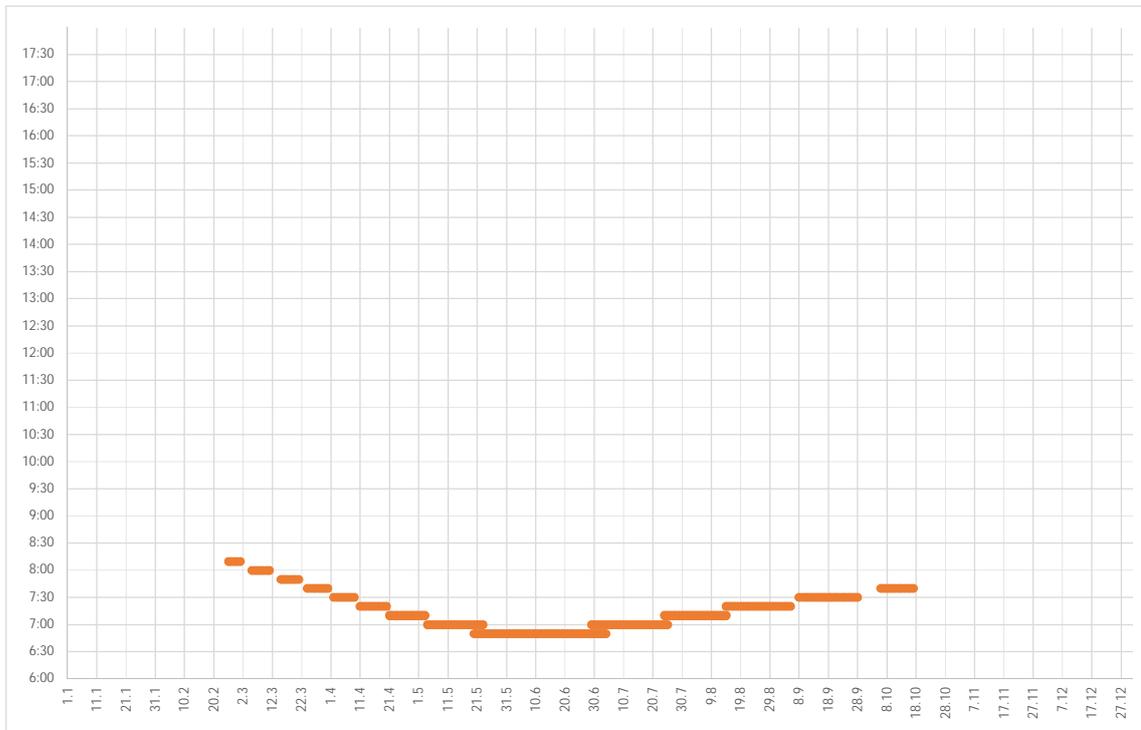
*IO14, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)*



*IO15, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)*

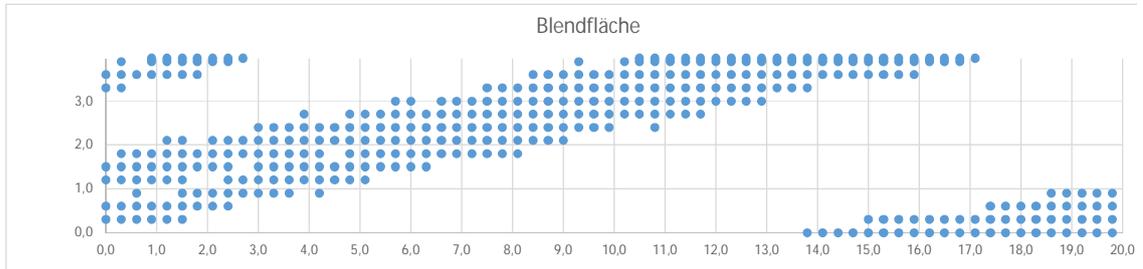


*IO16, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)*



Anlage 1: Blendflächen

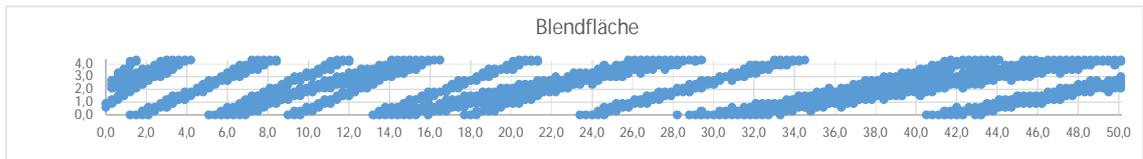
IO7, Paneel 2 (Höhe LKW: 3 m)



IO7, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)



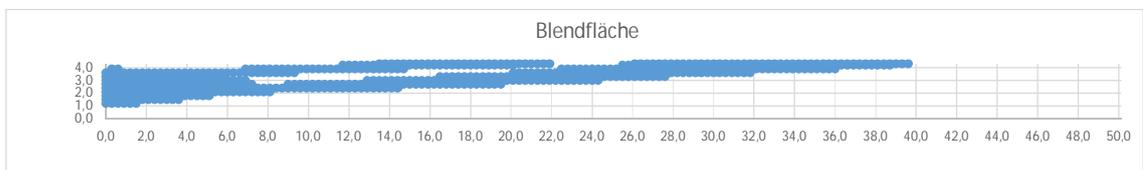
IO8, Paneel 1 (Höhe LKW: 3 m)



IO8, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)



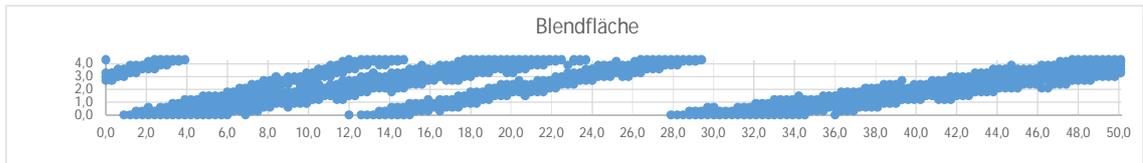
IO9, Paneel 1 (Höhe LKW: 3 m)



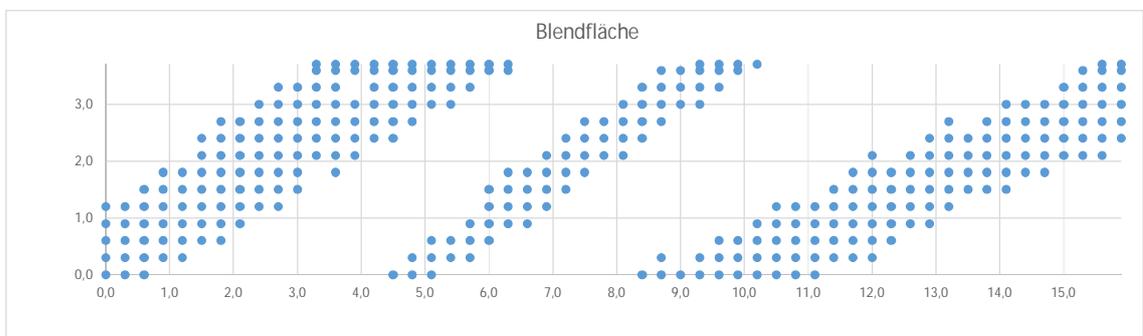
IO9, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)



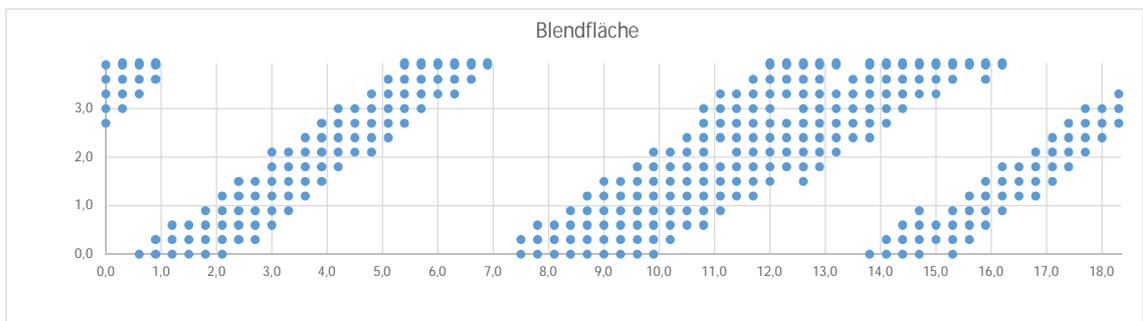
IO10, Paneel 1 (Höhe LKW: 3 m)



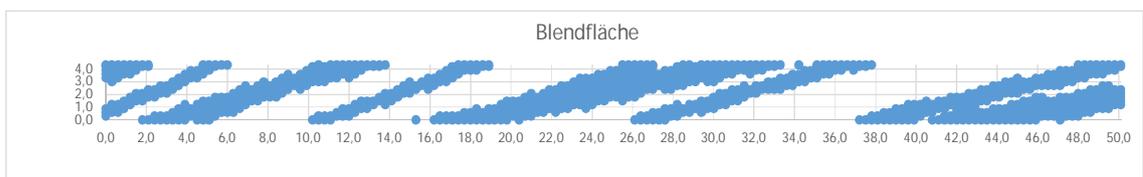
IO10, Paneel 4 (Höhe LKW: 3 m)

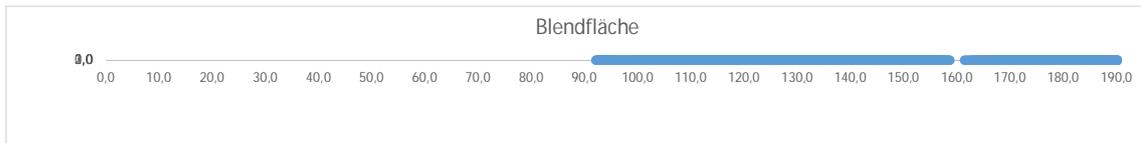
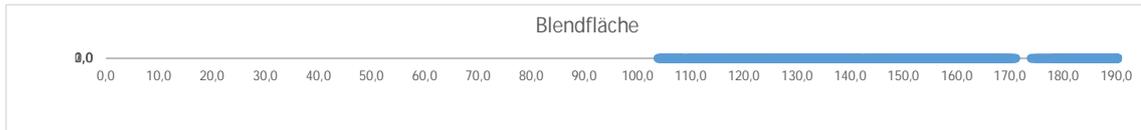


IO10, Paneel 6 (Höhe LKW: 3 m)



IO11, Paneel 1 (Höhe LKW: 3 m)



*IO13, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)**IO14, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)**IO15, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)**IO16, Paneel 3 (Höhe LKW: 3 m)*