

Blendgutachten

Solarpark Eichwäldle

Zimmern ob Rottweil

Landkreis Rottweil in Baden-Württemberg

Bericht Nr. 770-01713

im Auftrag der

Solarcomplex AG

D-78224 Singen am Hohentwiel

München, im November 2023

Blendgutachten**Solarpark Eichwäldle****Zimmern ob Rottweil****Landkreis Rottweil in Baden-Württemberg****Bericht-Nr.:** 770-01713**Datum:** 10.11.2023**Auftraggeber:** Solarcomplex AG
Ekkehardstraße 10
D-78224 Singen am Hohentwiel**Auftragnehmer:** Möhler + Partner Ingenieure GmbH
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:** B.Eng. M. Zöls
M.Sc. P. Patsch

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung:	7
2. Örtliche Gegebenheiten	7
3. Grundlagen.....	8
4. Blendungsberechnung.....	11
4.1 Berechnungsmethode.....	11
4.2 Blendquellen.....	12
4.3 Maßgebliche Immissionsorte	14
5. Blendeinwirkungen an den Immissionsorten	16
5.1 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten im Verkehr	16
6. Beurteilung der Blendeinwirkung.....	18
6.1 Blendungssituation an den umliegenden Straßen	18
6.2 Wirksamkeit von Maßnahmen	20
7. Anlagen	24

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Übersichtslageplan.....	8
Abbildung 2:	Übersichtsplan der Modulblöcke.....	12
Abbildung 3:	Übersichtsplan der Immissionsorte im Straßenverkehr.....	15
Abbildung 4:	Sichtabschirmung zum Schutz der Straße	21

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Immissionsrichtwerte k für Blendung [2]	9
Tabelle 2:	Blendungen im Verkehr.....	17

Grundlagenverzeichnis:

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) 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, Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, 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] DIN EN 13201-2: Straßenbeleuchtung-Teil 2: Gütermerkmale, Juni 2016
- [7] Sichtanalyse im Pkw unter Berücksichtigung von Bewegung und individuellen Körpercharakteristika, Jörg Hudelmaier, 31.10.2002
- [8] Augenbewegungen und visuelle Aufmerksamkeit, Uni Bielefeld, Juli 2011
- [9] Blendschutz, Visuelle Informationsträger für verkehrsfremde Zwecke, Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Dezember 2019
- [10] Modullageplan des Planvorhabens im DWG-Format, übermittelt per E-Mail durch EngCon GmbH am 18.10.2023
- [11] Flurkarte im dxf-Format, übermittelt per E-Mail durch EngCon GmbH am 18.10.2023
- [12] Höhenmodell des Plangebiets und der umliegenden Nachbarschaft in Zimmern ob Rottweil, übermittelt per E-Mail durch EngCon GmbH am 18.10.2023

Zusammenfassung:

Die Solarcomplex AG plant in der Gemeinde Zimmern ob Rottweil im Landkreis Rottweil in Baden-Württemberg die Errichtung eines Solarparks. Das Plangebiet befindet sich auf dem Grundstück mit den Flurnummern 341 und 342.

In der folgenden Untersuchung wurde die Blendung ausgehend von den Solarpaneelen der geplanten Solaranlage auf die umliegenden Straßen erhoben und bewertet. Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen:

Verkehr

Es werden an der direkt südlich verlaufenden Bundesstraße B 462 sowie an der östlich verlaufenden Gemeindestraße Zimmerner Weg und der ferner östlich verlaufenden Bundesstraße B 27 Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer liegen können.

Zur Vermeidung von Blendungen im fovealen Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer werden Maßnahmen vorgeschlagen.

1. Aufgabenstellung:

Die Solarcomplex AG plant in der Gemeinde Zimmern ob Rottweil im Landkreis Rottweil in Baden-Württemberg die Errichtung eines Solarparks. Das Plangebiet befindet sich auf dem Grundstück mit den Flurnummern 341 und 342. Das Plangebiet wird im direkten Nahbereich von landwirtschaftlichen Flächen und im Westen von einem Waldgebiet umgeben. Südlich des Plangebiets verläuft die Bundesstraße B 462. Östlich des Plangebiets verläuft die Gemeindestraße Zimmerner Weg. Ferner östlich mündet die Bundesstraße B 462 in die Bundesstraße B 27 ein. Es sind mögliche Blendeinflüsse auf den Straßenverkehr zu untersuchen. Die Dauer und das Ausmaß der Blendung sind zu prognostizieren und nach den einschlägigen Regelwerken zu beurteilen. Gegebenenfalls sind Maßnahmen in Abstimmung mit dem Auftraggeber zu erarbeiten, um eventuelle Konfliktpotentiale zu entschärfen.

Mit der Durchführung der Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure GmbH am 04.11.2023 von der Solarcomplex AG beauftragt.

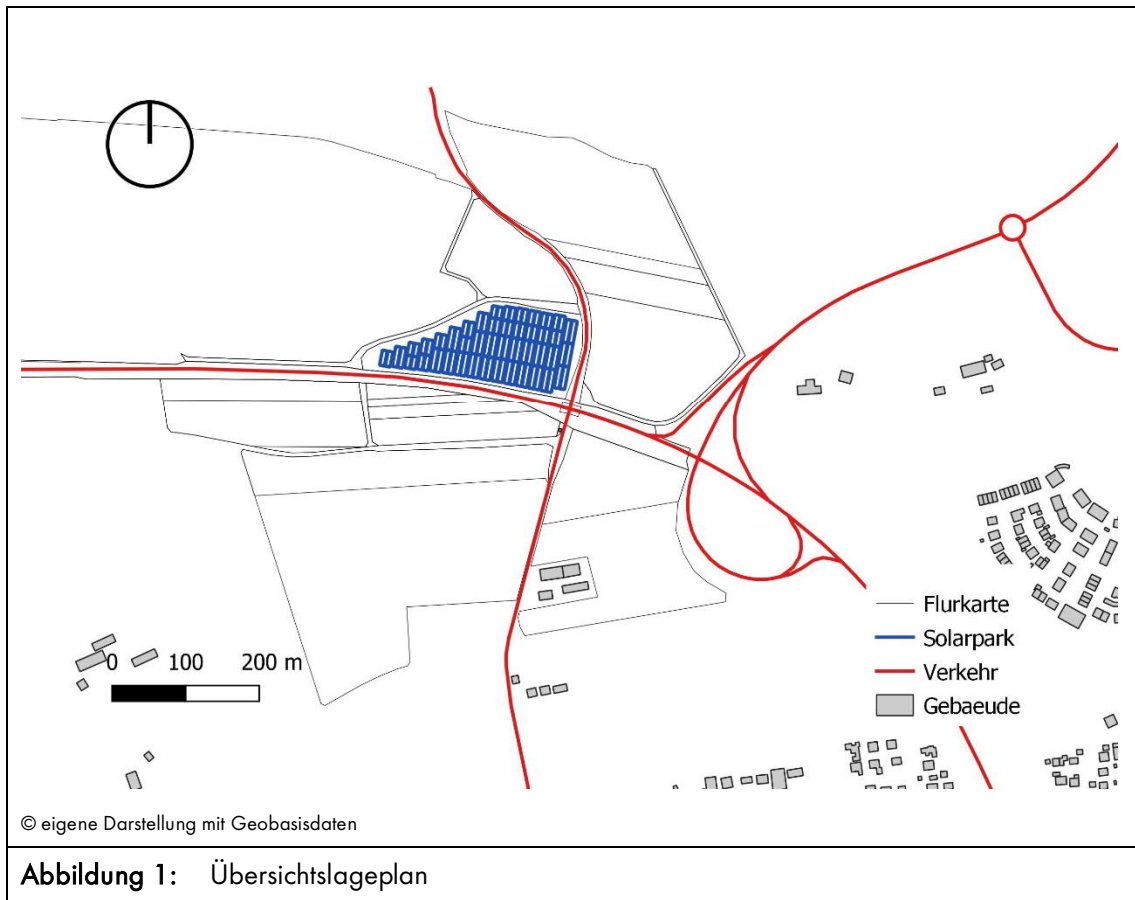
2. Örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet, auf dem der Solarpark entstehen soll, befindet sich auf dem Grundstück mit den Flurnummern 341 und 342 der Gemeinde Zimmern ob Rottweil im Landkreis Rottweil in Baden-Württemberg.

Das Plangebiet wird im direkten Nahbereich von landwirtschaftlichen Flächen und im Westen von einem Waldgebiet umgeben. Südlich des Plangebiets verläuft die Bundesstraße B 462. Östlich des Plangebiets verläuft die Gemeindestraße Zimmerner Weg. Ferner östlich mündet die Bundesstraße B 462 in die Bundesstraße B 27 ein.

Das Gelände im Plangebiet sowie der umliegenden Umgebung ist teils größeren Geländeunebenheiten unterworfen. So fällt das Gelände nach Nordosten und Südosten hin ab. Zur treffenden Abbildung der vorliegenden Geländegegebenheiten wurde daher ein Höhenmodell [12] verwendet, auf dessen Grundlage auch die Bestimmung der absoluten Höhen der Immissionsorte vorgenommen wurde.

Die genauen örtlichen Gegebenheiten können der nachfolgenden Abbildung sowie dem Übersichtslageplan (Anlage 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] und [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. Belästigungen 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^2] der Lichtquelle. Die „Licht-Richtlinie“ legt hierfür eine maximal tolerable mittlere Leuchtdichte L_{max} fest, die sich aus der wahrnehmbaren Größe der Lichtquelle Ω_s (Raumwinkel in Sr) und der Umgebungsleuchtdichte L_u sowie je nach Gebietsart aus dem Proportionalitätsfaktor k (normiert) ergeben:

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

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:

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte k für Blendung [2]				
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 ¹⁾	32	32	32
2	reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4 a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	96	64	32

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte k für Blendung [2]				
Immissionsort (Einwirkungsort) Gebietsart nach § BauNVO		Immissionsrichtwert k für Blendung		
		06 Uhr bis 20 Uhr	20 Uhr bis 22 Uhr	22 Uhr bis 06 Uhr
3	Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 7)	160	160	32
4	Kerngebiete (§ 7) ²⁾ Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	-	-	160

¹⁾ 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.

²⁾ Kerngebiete können in Einzelfällen bei geringer Umgebungsbeleuchtung ($L_{v, mess} \leq 0,1 \text{ cd/m}^2$) 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 cd/m^2 an. Durch die Reflexion 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]. Aber auch eine Reduzierung der Reflexionsrate durch die Verwendung von Paneelen mit reduziertem Blendverhalten führt immer noch zu Leuchtdichten auf den Paneelen (Blendung), die zu absoluten Blendungen führen können. Eine vollständige Reduzierung des Sehvermögens im gesamten Blickfeld kann die Folge sein. Bei längerer Exposition von Blendungen werden Abhilfemaßnahmen empfohlen.

Da der Verkehr durch kurze Aufenthaltszeiten der einzelnen Verkehrsteilnehmer an einem bestimmten Ort bestimmt ist, bietet sich eine Bewertung anhand von Blendungszeiten nur bedingt an, da für den jeweiligen Verkehrsteilnehmer eine kurze Blendungszeit ausreicht, um die Sichtfähigkeit einzuschränken und damit die Unfallwahrscheinlichkeit zu erhöhen. Vielmehr gilt es diejenigen Blendungen komplett zu vermeiden, die zu einer Sichteinschränkung führen.

Eine Beurteilung der Blendung von Sonnenlicht kann so beispielsweise basierend auf der DIN 13201-2 [6] 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 7.000 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 jeder auftretenden Blendung das Potential attestiert, zu einer physiologischen Blendung führen zu können. In den Berechnungen wurden daher alle auftretenden Blendungen ermittelt.

Ob eine Blendung zu einer physiologischen Blendung führt, hängt von der Lage der blendenden Fläche/Punkts im Verhältnis zur Sichtachse der Person am Immissionsort ab:

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° 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. Liegt eine Leuchtquelle (z.B. blendende Paneeelfläche) im fovealen Sichtbereich, führt diese dazu, dass die Objekte in diesem Bereich nicht mehr gescheit wahrgenommen werden können, da die Kontrasthaltigkeit der Objekte im Vergleich zum Hintergrund durch die grelle Leuchtquelle im Sichtfeld reduziert wird und somit mehr und mehr mit dem Hintergrund „verschmilzt“. 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 lediglich ablenkenden und störenden Charakter hat ([7] und [8]). Bei den betrachteten Immissionsorten auf den Verkehr kann davon ausgegangen werden, dass der Blick des Fahrzeugführers (Pkw, Lkw, Motorrad, etc) nach vorne in Bezug auf die Fahrtrichtung des Fahrzeugs gerichtet ist und somit diejenigen Blendungen zu beurteilen und zu vermeiden sind, die zu einer physiologischen Blendung führen. Blendungen, die störenden Charakter haben aber die Sicht des Fahrzeugführers nicht einschränken, werden informativ erhoben, werden jedoch als nicht beurteilungsrelevant erachtet. Bei psychologischen Blendungen kann nicht davon ausgegangen werden, dass sie die Reaktionszeit des Fahrzeugführers erhöhen und somit eine Erhöhung einer Unfallwahrscheinlichkeit bedeuten.

4. Blendungsberechnung

4.1 Berechnungsmethode

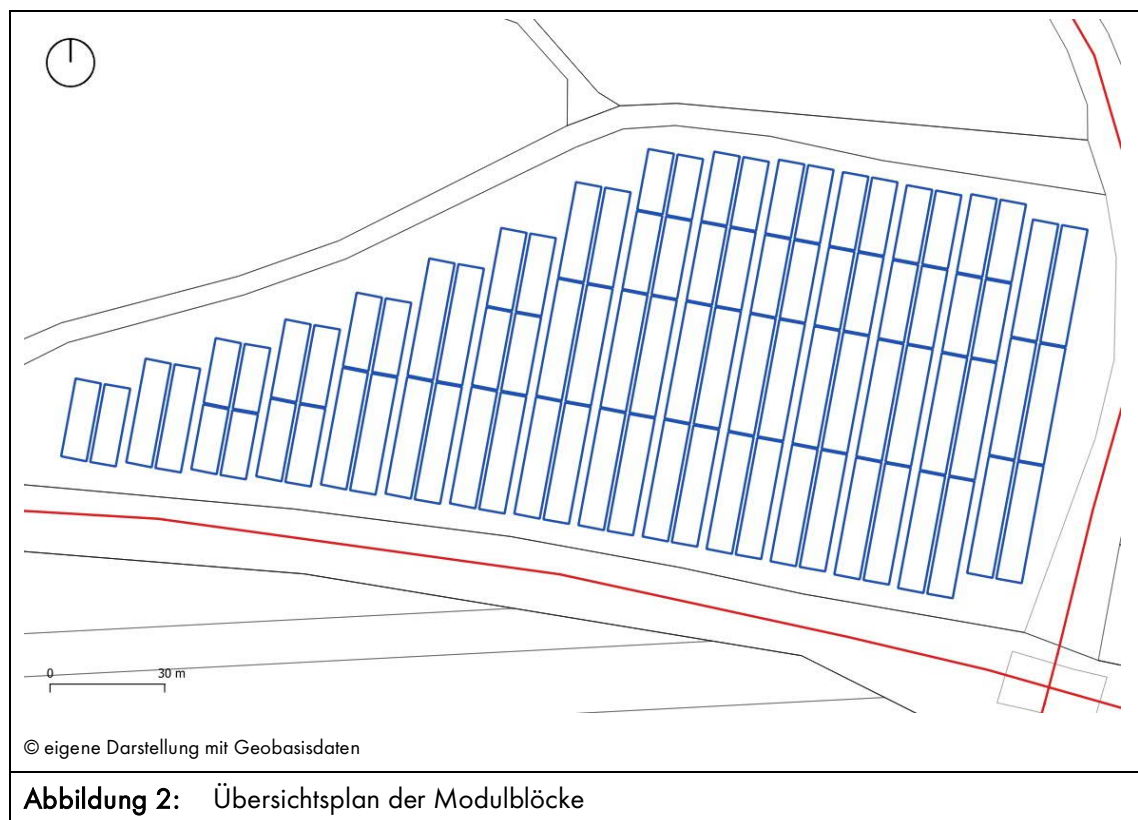
Die Berechnung der möglichen Blendung erfolgt unabhängig vom möglichen Bedeckungsgrad des Himmels. In Anlehnung an das Berechnungsverfahren nach Schierz [5] werden anhand von Ortsvektoren ausgehend von der Photovoltaikfläche und von dem zu untersuchenden Immissionsort die maßgebenden Azimut- und Höhenwinkel ermittelt, die zu einer Blendung führen können. In weiterer Folge werden auf Grundlage der DIN 5034 Teil 2 die im Verkehrsraum sowie der bewohnten Nachbarschaft auftretenden Azimut- und Höhenwinkel der Sonne im Jahresverlauf ermittelt. Dabei wird der Sonnendurchmesser von $0,52^\circ$ berücksichtigt [5]. Es wird in der vorliegenden Untersuchung von einem wolkenlosen Himmel ausgegangen. In der Realität kann es also sein, dass an manchen Tagen, an denen ein bewölkter Himmel vorliegt, geringere oder gar keine Blendungen auftreten.

Stimmt der Verbindungsvektor von Immissionsort (Fenster der bewohnten Nachbarschaft oder Fahrzeug) zu einem Paneelflächenpunkt mit dem Vektor eines über denselben Paneelflächenpunkt gespiegelten Sonnenstrahls überein, so tritt Blendung auf. Die mögliche Blendung wird im Jahresverlauf in 5-Minuten-Schritten dargestellt. Eine Blendung durch ein geplantes Photovoltaikerelement tritt nicht auf, wenn sich die Blickrichtungen auf die Sonne und auf das Modul um weniger als 10° unterscheiden, da in diesen Fällen die direkte Sonnenblendung überwiegt. Des Weiteren können Sonnenstrahlen, die an der Rückseite der Solarpaneele gespiegelt werden (Beobachter betrachtet die Paneelrückseite), zu keinen Blendungen führen. Es muss eine Sichtverbindung zur Blendungsfläche vorliegen, damit Blendung vorliegen kann.

4.2 Blendquellen

Mögliche Blendungen können von den Photovoltaikerelementen des geplanten Solarparks ausgehen. Als Grundlage liegt der Modul-Belegungsplan [10] und Geodaten ([11] und [12]) vor. Die Solarpaneele sind nach Osten und Westen orientiert.

Die Solarpaneele folgen dem Geländeverlauf. In der nachfolgenden Abbildung sind die in der vorliegenden Untersuchung gewählten Modulblöcke dargestellt.



Die Azimutwinkel der Modulblöcke, die die horizontale Orientierung der Photovoltaikerelementflächen beschreiben, sind nicht einheitlich. Der Azimutwinkel eines jeden Solarpaneelblocks wurde anhand des Flächennormalenvektors berechnet. Ist ein Solarpaneel nach Süden orientiert und das darunter-

liegende Gelände eben (keine Höhenunterschiede in Ost-West-Richtung im Bereich des Solarpaneels), so beträgt der Azimutwinkel dieses Solarpaneels 0° . Eine Ausrichtung nach Westen entspricht bei ebenem Gelände einem Azimutwinkel von 90° (Drehung im Uhrzeigersinn) und eine Ausrichtung nach Osten einem Azimutwinkel von -90° (Drehung gegen den Uhrzeigersinn). Ist das Gelände in Ost-West-Richtung nicht eben, so kann auch bei einer Südorientierung des Paneels (Vogelperspektive) ein von 0° abweichender Azimutwinkel des Paneels entstehen, da der Flächennormalenvektor, der den Azimutwinkel festlegt, durch die Ost-West-Verkipfung nicht mehr nach Süden orientiert ist. Die Azimutwinkel der Modulblöcke, die nach Osten orientiert sind, bewegen sich abhängig vom Gelände im Bereich -84 bis -52 Grad. Die Azimutwinkel der Modulblöcke, die nach Westen orientiert sind, bewegen sich abhängig vom Gelände im Bereich 73 bis 105 Grad. Es zeigt sich, dass abhängig vom Gelände teils Unterschiede im Azimutwinkel vorliegen. Hieraus ergibt sich auch, dass durch den geplanten Solarpark nicht zwangsläufig ein zusammenhängendes Blendbild an möglichen Immissionsorten entsteht, sondern aufgrund der unterschiedlichen Azimutwinkel auch lediglich punktuelle (durch einzelne Paneele hervorgerufene) Blendungen auftreten können.

Die Höhenwinkel (Neigung, im vorliegenden Fall eine Drehung um Nordost-Südwest-Achse) der Photovoltaikflächen, welche den Vertikalwinkeln entsprechen, liegen zwischen 10° und 12° . Hierbei entspricht eine Ebene mit einem Höhenwinkel von 0° einer Parallelen zur ebenen Grundfläche und 90° einer Senkrechten zur ebenen Grundfläche.

Bei der Berechnung von möglichen Blendungen an den maßgeblichen Immissionsorten wurde folgendermaßen verfahren:

Jedes Modul wurde in $0,3$ m Schritten in horizontaler und vertikaler Richtung (relativ zur Paneelfläche) durchlaufen und an jedem Punkt mögliche Blendungen am Immissionsort bestimmt. Die Blendung wurde in einem weiteren Verfahrensschritt noch um die Eigenverschattung des Solarparks und die Eigenabschirmung erweitert:

Verschattung

Die blendenden Punkte auf einem Paneel wurden in einem weiteren Schritt einer Prüfung unterzogen, ob diese immer angestrahlt werden können oder ob ggf. verschattende Einflüsse durch umliegende Paneele oder das Gelände vorliegen. Wird ein Blendpunkt zu einem Zeitpunkt, an dem er blendet, durch ein Objekt in der Umgebung verschattet (i.e. die Sichtverbindung der einfallenden Sonne und des Solarpaneels unterbrochen), so kann es an diesem Punkt zu keiner Blendung zu diesem Zeitpunkt mehr kommen. Dieser Methodik folgend wurde für jeden Punkt auf den Paneelen überprüft, ob eine Verschattung vorliegt.

Sichtunterbrechung durch vorgelagerte Paneele

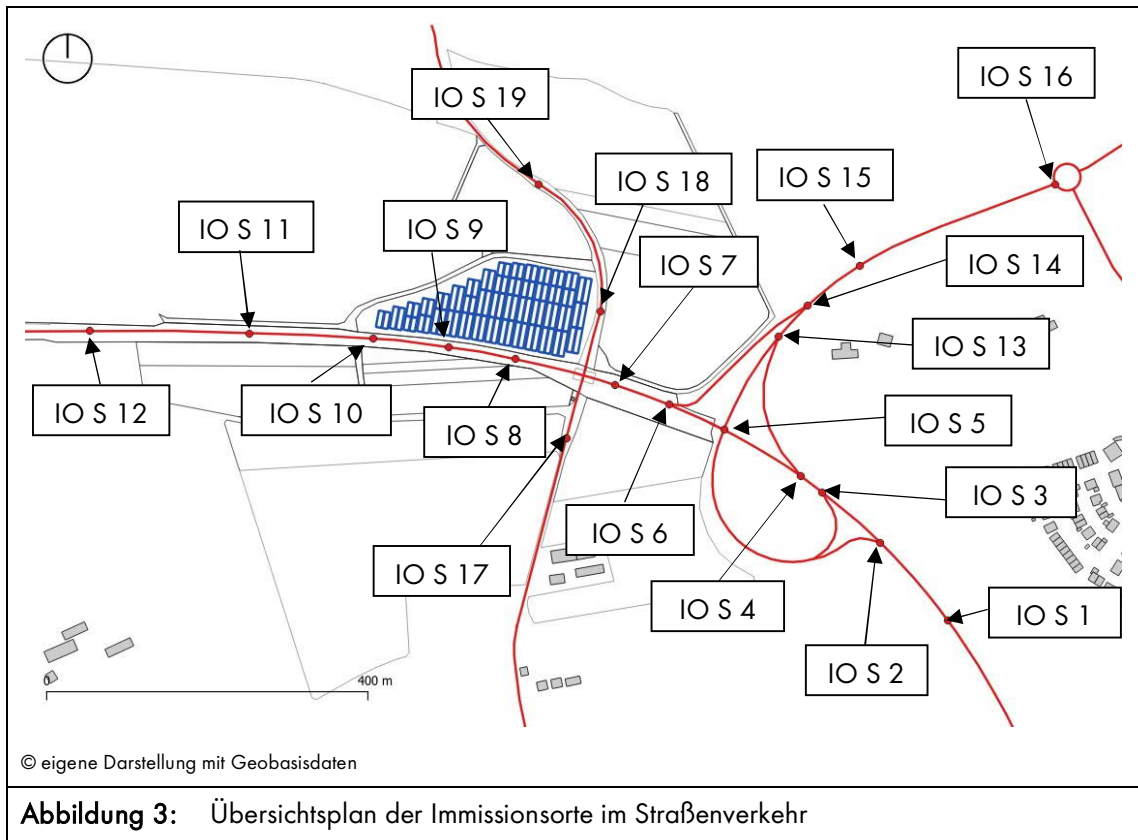
Neben der Verschattung, wo eine Sichtunterbrechung der einfallenden Sonne und des blendenden Paneels vorliegt, kann auch ein Blendeinfluss unterbunden werden, wenn eine Sichtunterbrechung zwischen Immissionsort und blendenden Paneel vorliegt. Es wurde für jeden blendenden Paneelpunkt untersucht, ob für diesen überhaupt eine Sichtverbindung zum entsprechenden Immissionsort vorliegt. Liegt keine Sichtverbindung mehr vor, so kann dieser Blendungspunkt folglich nicht mehr blenden.

4.3 Maßgebliche Immissionsorte

Bei der Wahl der zu untersuchenden Immissionsorte in der Nachbarschaft wurden ausschließlich die aus gutachterlicher Sicht kritischen Immissionsorte im Straßenbereich gewählt.

Im direkt umliegenden Straßenverkehr können Blendungen entstehen. Direkt südlich angrenzend an das Plangebiet verläuft die Bundesstraße B 462 sowie direkt östlich angrenzend die Gemeindestraße Zimmerner Weg. Ferner östlich mündet die Bundesstraße B 462 in die Bundesstraße B 27 ein. Da bei einer Straße in den Bereichen, wo Blendungen grundsätzlich möglich sind, an jeder Stelle Blendungen auftreten können, wäre grundsätzlich die Betrachtung unzähliger sehr nah benachbarter Immissionsorte erforderlich, um einen Straßenbereich ganzheitlich genau auf dessen Blendungssituation beurteilen zu können. Dies ist jedoch in dieser Detailschärfe nicht erforderlich, da durch die Wahl geeigneter - für einen kleineren Straßenbereich repräsentativer - Immissionsorte eine ausreichend genaue Beurteilung der Blendungssituation auf einer Straße gegeben ist. Es werden gerade in den Bereichen Immissionsorte gelegt, wo eine Verflechtung mit anderen Verkehrswegen vorliegt (Mündungs- und Kreuzungsbereiche, Kreisverkehre, etc.) (vgl. IOS2, IOS3, IOS4, IOS6, IOS7, IOS13, IOS14, IOS15 und IOS16) und deswegen eine ausreichende Sicht und schnelle Reaktionszeit von großer Bedeutung ist, um Unfälle zu vermeiden. Zusätzlich werden Immissionsorte an Stellen gelegt, die eine maßgebliche Betroffenheit erwarten lassen. Hier ist generell bei einem Immissionsort, der im Vergleich zu anderen Immissionsorten näher an der Blendungsquelle gelegen ist, mit einem stärkeren Effekt (i.e. größeren Sichteinschränkung) einer möglichen Blendung zu rechnen, da die Blendung mit zunehmendem Abstand immer punktueller wahrgenommen wird und nur noch bedingt zu einem kompletten Herabsetzen des kontrasthaltigen Sehens führt. Objekte können daher noch besser vom Hintergrund unterschieden und daher wahrgenommen werden. Liegt die Blendquelle sehr nahe am Betrachter, so nimmt die Blendquelle einen großen Teil des Sichtfeldes ein und führt zu einem Verschmelzen des Vordergrundes mit dem Hintergrund. Objekte können ggf. nicht mehr ausreichend vom Hintergrund unterschieden werden. Durch die Anzahl, Wahl und Positionierung der Immissionsorte muss die Straße ausreichend abgebildet werden können und so eine ausreichende genaue Beurteilung der Straße ermöglicht werden.

Die Immissionsorte im Straßenbereich wurden auf eine Höhe von 3 m üGOK repräsentativ für einen LKW und 1,5 m üGOK repräsentativ für einen PKW gelegt. In der nachfolgenden Abbildung sind die Immissionsorte im Verkehrsraum der umliegenden Straßen dargestellt.



5. Blendeinwirkungen an den Immissionsorten

Die Beurteilung der Blendungen fällt abhängig von der Art des Immissionsorts unterschiedlich aus.

Bei Immissionsorten im Straßenbereich, bei denen kurze Verweildauern charakteristisch sind, ist eine Beurteilung der maximalen Blendungszeiten am Tag/Jahr nicht zielführend, da auch kurze Zeiten dazu ausreichen, Beeinträchtigungen und somit die Unfallwahrscheinlichkeit zu erhöhen. Für den Verkehrsraum der Straßen sind daher Blendungen weitestgehend zu vermeiden.

5.1 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten im Verkehr

Nachfolgend wurden die Blendungen ausgehend von den Solarpaneelen auf die Immissionsorte im Verkehrsraum berechnet. Es wurde ferner bestimmt, ob es sich bei den Immissionsorten im Verkehrsraum um eine physiologische (innerhalb des 60° fovealen Sichtbereichs) oder eine psychologische Blendung (außerhalb des 60° fovealen Sichtbereichs) handelt. Es wurde die Blendung eines jeden Modulblocks auf jeden Immissionsort ermittelt. Bei der Berechnung der Blendungen, die von einem Solarpaneel ausgehen können, wurden der abschirmende Effekt umliegender Solarpaneele und des Geländes berücksichtigt. In der nachfolgenden Tabelle wurde für jeden Immissionsort im Verkehrsraum ermittelt, ob Blendungen vorliegen und wenn ja, ob diese im fovealen Sichtbereich des Verkehrsteilnehmers liegt. Es wird also zwischen psychologischen Blendungen, die außerhalb des fovealen Sichtbereichs liegen, und physiologischen Blendungen, die innerhalb des fovealen Sichtbereichs liegen, unterschieden. Die Lage der Paneele, die an den einzelnen Immissionsorten zu Blendungen führen, können der Anlage 2 entnommen werden. Hier ist auch aufgezeigt, in welchem Bereich des menschlichen Sichtfeldes (fovealer Sichtbereich oder außerhalb fovealer Sichtbereich) die Blendungen am jeweiligen Immissionsort auftreten. Die Blendungszeiten an den einzelnen Immissionsorten können ebenfalls der Anlage 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Blendungen im Verkehr			
Immissionsort	Fahrzeugtyp	Blendungen PV-Anlage	
		physiologisch	psychologisch
Straße			
IO S 1	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IO S 2	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IO S 3	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IO S 4	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IO S 5	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IO S 6	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IO S 7	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IO S 8	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IO S 9	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IO S 10	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IO S 11	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IO S 12	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja

IO S 13	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Nein	Ja
IO S 14	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Ja	Ja
IO S 15	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Ja	Ja
IO S 16	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IO S 17	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IO S 18	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IO S 19	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung

Aus der obenstehenden Tabelle kann entnommen werden, ob an den jeweiligen Immissionsorten Blendungen ausgehend von den Solarpaneelen auftreten. Ferner ist aufgezeigt, ob Blendungen im fovealen Sichtbereich liegen und somit zu einer physiologischen Blendung führen können oder ob die Blendungen außerhalb des fovealen Sichtbereichs liegen und somit lediglich zu einer den Verkehrsteilnehmer störenden psychologischen Blendung führen. Es zeigt sich, dass es an den Immissionsorten der südlich verlaufenden Bundesstraße B 462 (i.e. IOS6 bis IOS12), der ferner östlich verlaufenden Bundesstraße B 27 (i.e. IOS14 und IOS15) sowie an den Immissionsorten der östlich verlaufenden Gemeindestraße Zimmerer Weg (i.e. IOS18) und zu Blendungen kommt, die im fovealen Sichtbereich liegen. Die Beurteilung der Blendungen und eine Vorstellung möglicher Maßnahmen erfolgt im Kapitel 6.

6. Beurteilung der Blendeinwirkung

6.1 Blendungssituation an den umliegenden Straßen

Aus den Ergebnissen im Kapitel 5.1 und den Darstellungen in der Anlage 2 geht hervor, dass im Straßenverkehr sowohl an den Bundesstraßen B 462 (i.e. IOS6 bis IOS12) und B 27 (i.e. IOS14 und IOS15) sowie an der Gemeindestraße Zimmerer Weg (i.e. IOS18) Blendungen im fovealen Sichtbereich auftreten. Nachfolgend werden die Blendungen beurteilt.

Bundesstraße B 462 (IOS6 bis IOS12)

An der südlich verlaufenden Bundesstraße B 462 (i.e. IOS6 bis IOS12) treten Blendungen auf, die auch im fovealen Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer liegen können. Somit können physiologische Blendungen, die die Sicht maßgeblich einschränken, nicht ausgeschlossen werden. Die Blendungen treten zwischen April und August an den östlich gelegenen Immissionsorten (i.e. IOS6 bis IOS8) in den Abendstunden (zwischen 18:00 Uhr und 19:00 Uhr (Winterzeit)) sowie an den westlich gelegenen Immissionsorten (i.e. IOS8 bis IOS12) in den Morgenstunden (zwischen 06:00 Uhr und 08:00 Uhr (Winterzeit)) auf. An den Straßenbereichen der Immissionsorte IOS6 und IOS7 liegt ein Verflechtungsbereich der beiden Bundesstraßen vor. Dieser Straßenabschnitt ist somit in Bezug auf hohe Sichtanforderungen als kritischer Bereich zu sehen. Hier sollte eine gute Sicht und somit ein schnelles Reaktionsvermögen der Verkehrsteilnehmer gewahrt werden, um mögliche Unfälle vermeiden zu können. Deshalb wurden in Kapitel 6.2 Maßnahmen für diesen Bereich vorgeschlagen. An den westlich daran anschließenden Immissionsorten IOS8 bis IOS12 kann aufgrund der geraden Strecke ohne Verflechtungen mit anderen Verkehrsströmen von einem Straßenbereich gesprochen werden, der geringere Anforderungen an gute Sichtverhältnisse stellt. In diesem Bereich sind jedoch höhere Geschwindigkeiten zulässig, die dazu führen können, dass die Verkehrssituation ggf. unübersichtlicher werden kann und aufgrund größerer Bremswege erhöhte Anforderungen an eine ausreichende Reaktionszeit der Verkehrsteilnehmer zu stellen sind. Die Sonne steht hier in den Morgenstunden im Osten und in den Abendstunden im Westen und somit im Hintergrund der blendenden Solarmodule. Daher ist davon auszugehen, dass auch ohne eine Aufstellung von Solarpaneelen an diesen Immissionsorten zum gesagten Zeitpunkt mit einem gewissen Blendungseinfluss zu rechnen ist. Es muss daher von einer gewissen lichttechnischen Vorbelastung zu diesen Zeitpunkten durch die tiefstehende Sonne gesprochen werden. Der Blendung durch die Solarpaneele, auch wenn diese für die Verkehrsteilnehmer nicht so „gut prognostizierbar“ ist wie die Blendung ausgehend von der Sonne, kann daher nicht der alleinige Blendungseffekt zu dem gesagten Zeitpunkt aus der jeweiligen Richtung attestiert werden. Inwiefern daher Maßnahmen zum Schutz der Verkehrsteilnehmer zu ergreifen sind, ist aus gutachterlicher Sicht zu hinterfragen. Es wurden dennoch im Kapitel 6.2 Maßnahmen vorgestellt.

Bundesstraße B 27 (IOS14 und IOS15)

An der ferner östlich verlaufenden Bundesstraße B 27 (i.e. IOS14 und IOS15) treten Blendungen auf, die auch im fovealen Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer liegen können. Die Blendungen treten zwischen April und September in den späten Nachmittagsstunden (zwischen 17:00 Uhr und 18:00 Uhr (Winterzeit)) auf. An diesen Straßenbereichen erfolgt das Einordnen vom Beschleunigungsstreifen in den fließenden Verkehr. Dieser Straßenabschnitt ist somit in Bezug auf hohe Sichtanforderungen als kritischer Bereich zu sehen. Hier sollte eine gute Sicht und somit ein schnelles Reaktionsvermögen der Verkehrsteilnehmer gewahrt werden, um mögliche Unfälle vermeiden zu können. Deshalb wurden in Kapitel 6.2 Maßnahmen für diesen Bereich vorgeschlagen.

Gemeindestraße Zimmerner Weg (IOS18)

An der Gemeindestraße Zimmerner Weg östlich des Plangebiets (i.e. IOS18) treten Blendungen auf, die auch im fovealen Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer liegen können. Die Blendungen treten ganzjährig ab Nachmittag bis abends (zwischen 15:00 Uhr und 19:00 Uhr (Winterzeit)) auf. Da es sich hier um eine Gemeindestraße mit keiner direkten Anbindung an die übergeordneten Bundesstraßen

handelt, kann bei diesem Verkehrsweg nur von einem untergeordneten Straßenbereich gesprochen werden, der sich sicherlich durch ein reduziertes Verkehrsaufkommen auszeichnet. Auch liegen an dieser Straße keine Verflechtungsbereiche mit anderen Straßen vor, die ggf. erhöhte Anforderungen an eine gute Sicht der Verkehrsteilnehmer mit sich bringen würde. Inwiefern daher Maßnahmen zum Schutz der Verkehrsteilnehmer zu ergreifen sind, ist aus gutachterlicher Sicht zu hinterfragen. Nichtsdestotrotz werden in Kapitel 6.2 Maßnahmen zur Verbesserung der Blendungssituation für die Gemeindestraße aufgezeigt.

6.2 Wirksamkeit von Maßnahmen

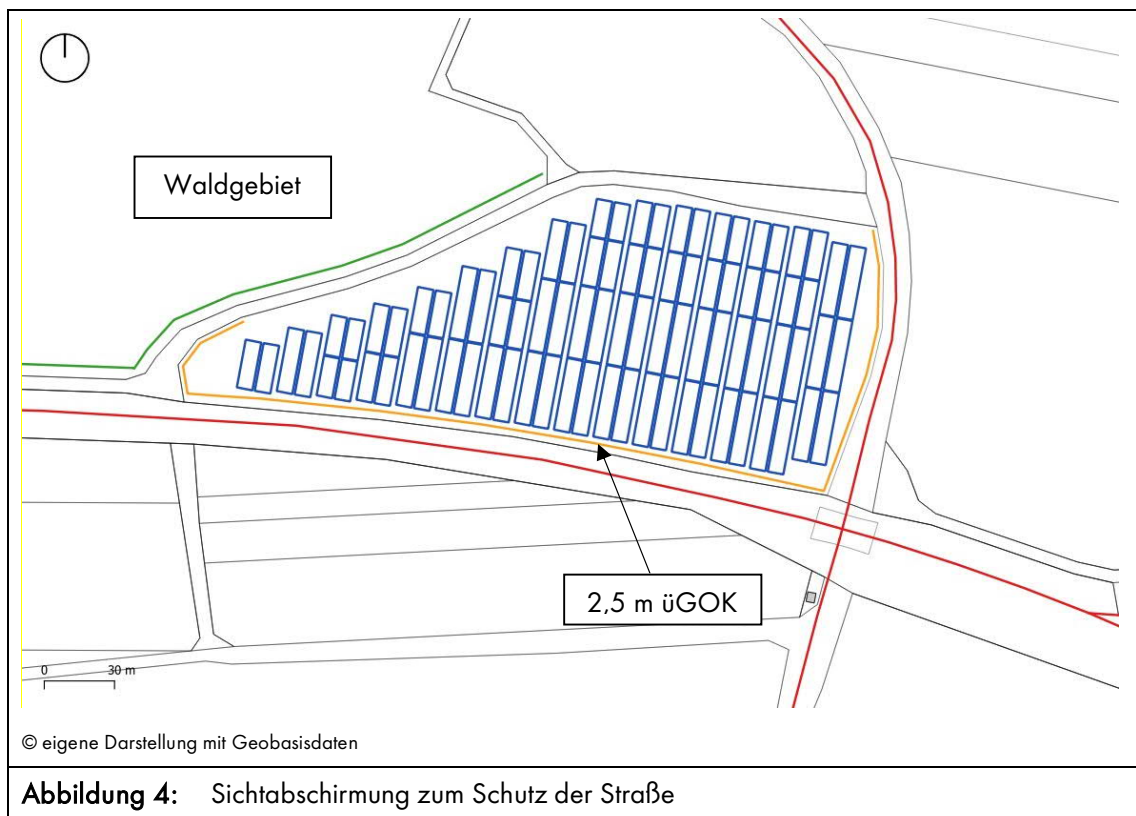
Es treten im Verkehrsraum Blendungen auf, die im fovealen Sichtbereich liegen können. Für die betroffenen Bereiche bieten sich diverse Maßnahmen an, die zur Reduzierung/Verhinderung der Blendungen oder Steigerung der Verkehrssicherheit führen.

Folgende Maßnahmen werden kurz in Bezug auf deren Wirksamkeit beurteilt:

- **Sichtunterbrechende Maßnahmen zwischen den Solarpaneelen und den betroffenen Immissionsorten**

Eine Unterbrechung der Blickbeziehung des blendenden Paneels zum Immissionsort durch eine Wand oder Ähnliches stellt ein effektives Mittel dar, um Blendungen am Immissionsort zu vermeiden.

Um die Blendungen an den Straßenbereichen zu vermeiden, an denen das Einordnen vom Beschleunigungsstreifen in den fließenden Verkehr (i.e. IOS6 und IOS7 sowie IOS14 und IOS15) erfolgt, müsste östlich und südlich des Plangebiets eine Sichtabschirmung mit einer Höhe von 2,5 m konzipiert werden. In diesem Fall könnte man beispielsweise den geplanten Zaun als blickdichten Blendschutzzaun ausführen. Erweitert man die Sichtabschirmung noch um das westliche Eck mit einer 2,5 m hohen Sichtabschirmung (ggf. Blendschutzzaun) und wird das Waldstück nordwestlich als sichtabschirmendes Element berücksichtigt, so werden zudem die Blendungen an den restlichen Immissionsorten (i.e. IOS8 bis IOS12 und IOS18) vermieden. Aufgrund der dichten Vegetation im Waldgebiet kann hier von einer ganzjährigen Sichtabschirmung ausgegangen werden. In der nachfolgenden Abbildung ist die oben beschriebene Sichtabschirmung (orange Farbgebung) sowie das Waldgebiet (grüne Farbgebung) dargestellt.



- **Straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen im Verkehrsraum**

Im Verkehrsraum an der östlich verlaufenden Gemeindestraße Zimmerner Weg (i.e. IOS18) bietet sich ggf. die Anbringung einer Beschilderung an, die die Verkehrsteilnehmer im Bereich der auftretenden Blendungen auf mögliche Blendungen hinweist und somit eine vorausschauende Fahrweise in diesem Bereich zur Folge hat. Gerade für die untergeordneten Straßen erscheint eine geeignete Beschilderung ein probates Mittel darzustellen.

- **Reduzierung von Solarpaneelen**

Wenn die Blendungen von vereinzelt Paneelen ausgehen, bietet sich die Reduzierung der Planung um die blendenden Paneele an, um die Blendungen an den Immissionsorten zu vermeiden. In der Anlage 2 lässt sich jedoch ablesen, dass mehrere Modulblöcke zur Blendung beitragen und somit ein großer Teil des Solarparks nicht realisiert werden könnte. Ferner stellt sich dann die Frage, ob weitere Paneele erstmals blenden, da der abschirmende Effekt umliegender Paneele entfällt.

- **Verwendung von Solarpaneelen mit niedrigem Reflexionsgrad bzw. hohem Absorptionsgrad oder Verwendung von Anti-Reflexions-Beschichtungen**

Paneeloberflächen mit niedrigen gerichteten Reflexionsgraden können im Vergleich zu herkömmlichem Glas die Blendwirkung z.T. wesentlich verringern. Da bei Sonnenlicht jedoch sehr hohe Leuchtdichten auftreten, können auch Bruchteile der Sonnenreflektion zu absoluten

Blendungen führen. Eine Verwendung reflexionsarmer Solarpaneele kann den Blendungseinfluss der Solarpaneele jedoch deutlich reduzieren und somit die Sichteinschränkung von Verkehrsteilnehmern und den störenden Einfluss auf die Nachbarschaft z.T. deutlich mildern. Eine Verwendung von reflexionsärmeren Modellen von Solarpaneelen wird daher empfohlen, um den Blendungseffekt in der Nachbarschaft zu reduzieren.


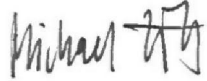
- **Änderung der Neigungswinkel und/oder Azimutwinkel der Solarpaneele**

Eine Veränderung der Neigungswinkel und der Azimutwinkel stellt im Regelfall ein probates Mittel dar, um die Blendungen an bestimmten Immissionsorten zu reduzieren oder gar zu vermeiden. Inwiefern diese Maßnahme eine alleinige Problemlösung mit sich bringen kann, ist jedoch zu hinterfragen

Dieses Gutachten umfasst 24 Seiten und 2 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure GmbH gestattet.

Möhler + Partner Ingenieure GmbH

München, den 10. November 2023

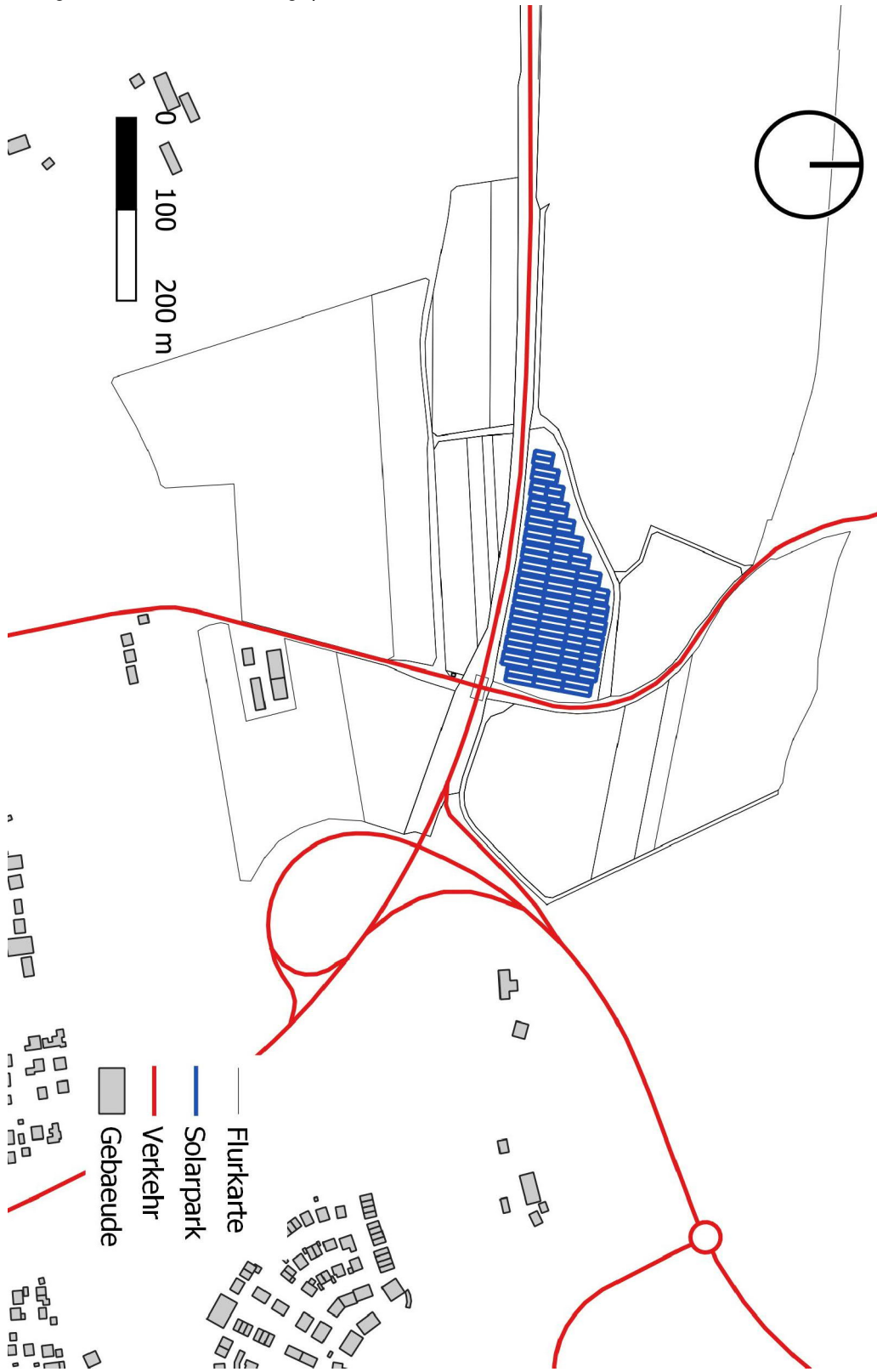
	
_____ i. V. M.Sc. P. Patsch	_____ i. A. B.Eng. M. Zöls

7. Anlagen

Anlage 1: Übersichtslageplan

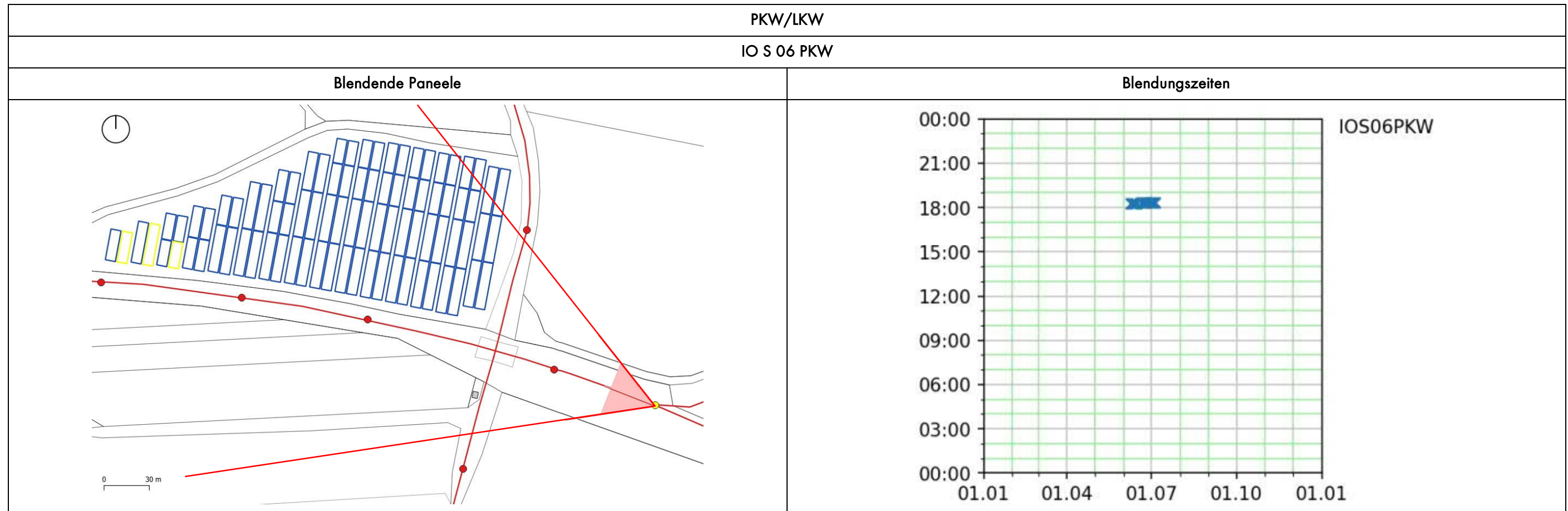
Anlage 2: Blendungen im Verkehr

Anlage 1: Übersichtslageplan



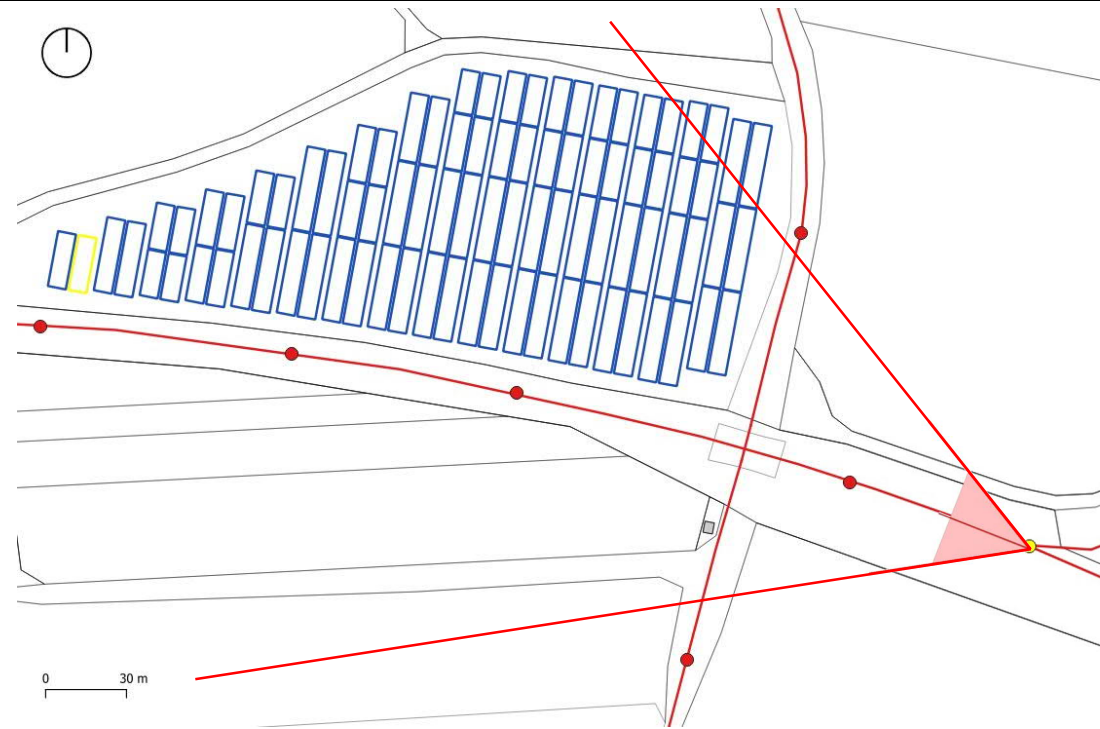
Anlage 2: Blendungen im Verkehr

In den nachfolgenden Abbildungen sind die am Immissionsort zu Blendungen führenden Paneele gelb dargestellt. Der jeweilige Immissionsort ist als gelber Punkt dargestellt. Die Sichtkegel symbolisieren den fovealen Sichtbereich. Zusätzlich sind die Zeiten dargestellt, zu denen die Blendungen auftreten. Die Blendungszeiten sind in Winterzeit angegeben. An den Immissionsorten IOS1 bis IOS5 sowie an den Immissionsorten IOS13PKW, IOS14PKW, IOS15PKW und IOS16 bis IOS17 treten keine Blendungen auf.

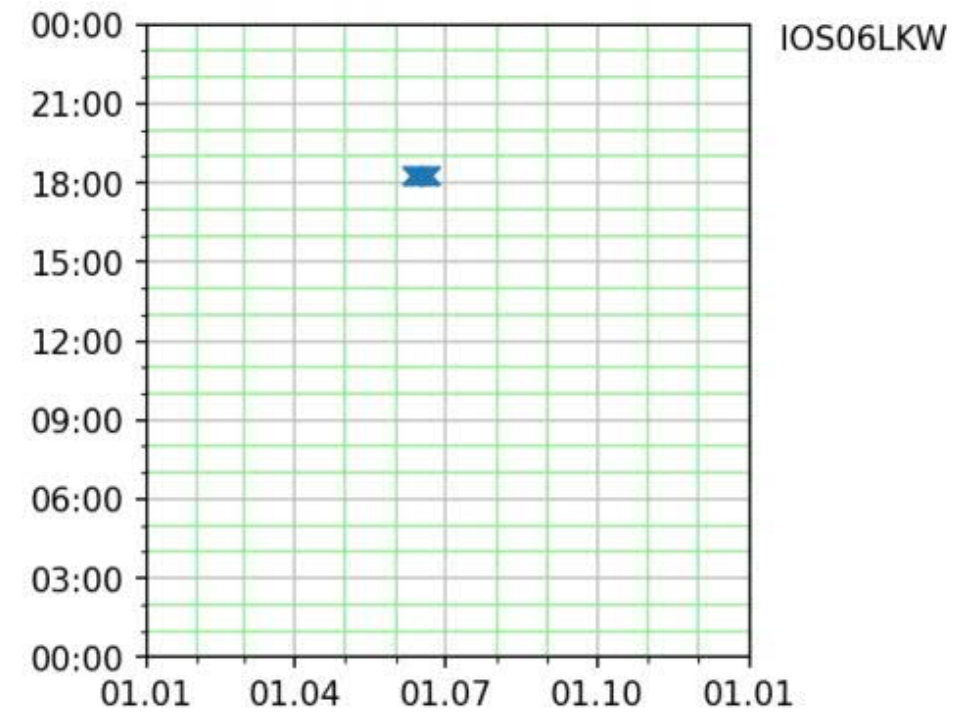


IO S 06 LKW

Blendende Paneele

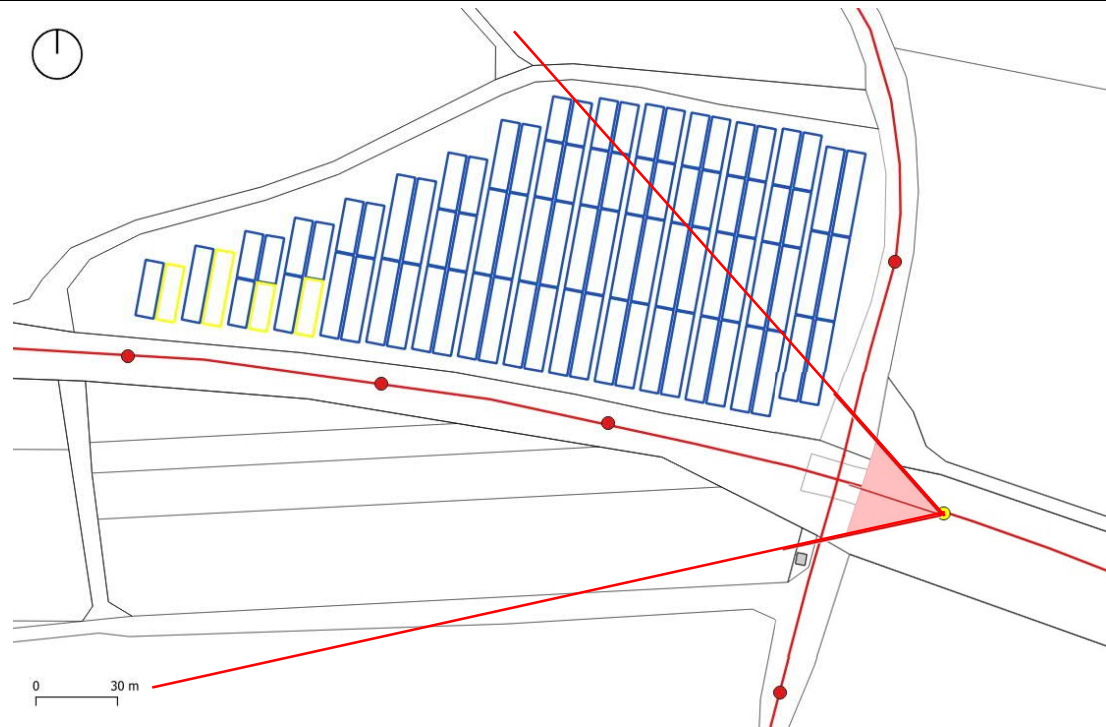


Blendungszeiten

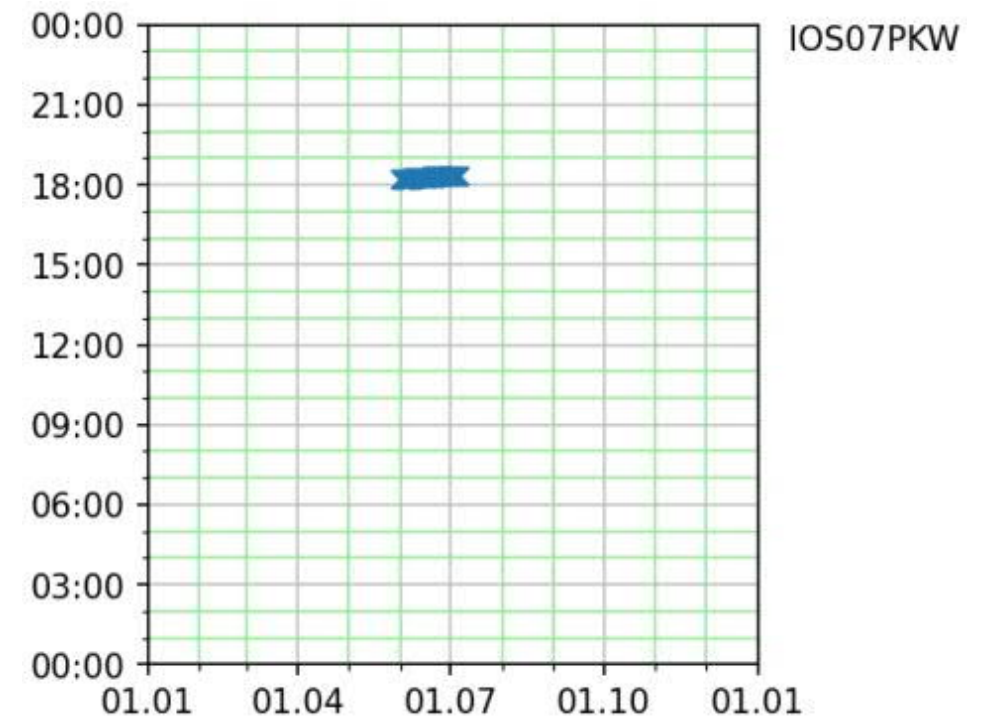


IO S 07 PKW

Blendende Paneele

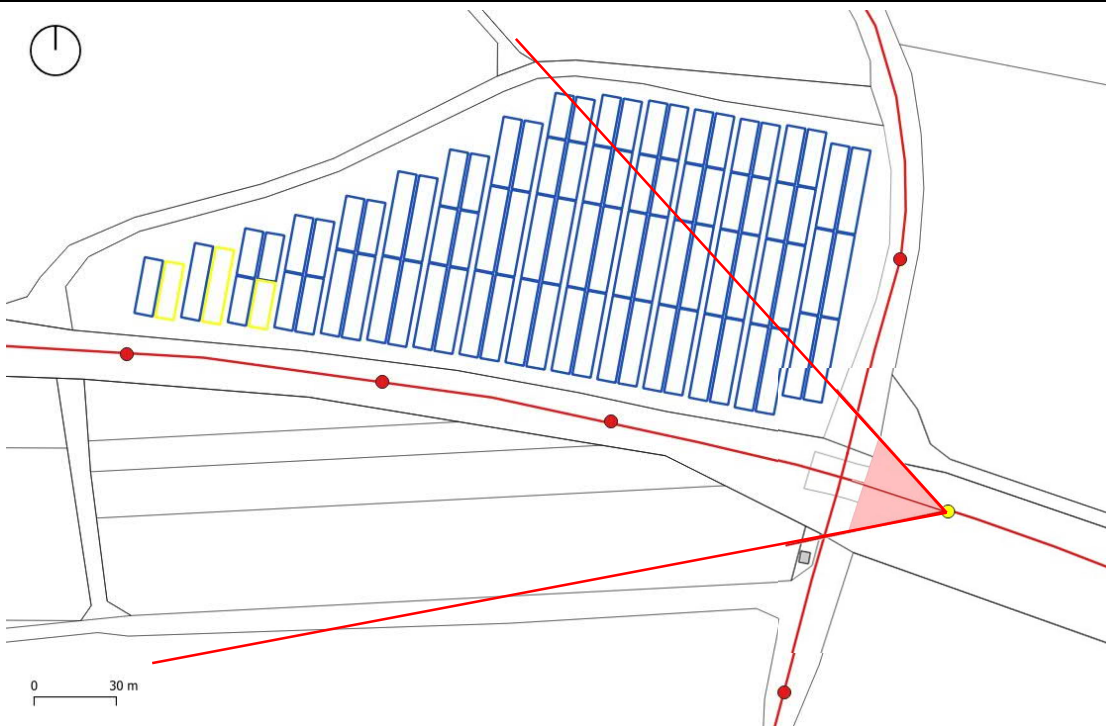


Blendungszeiten

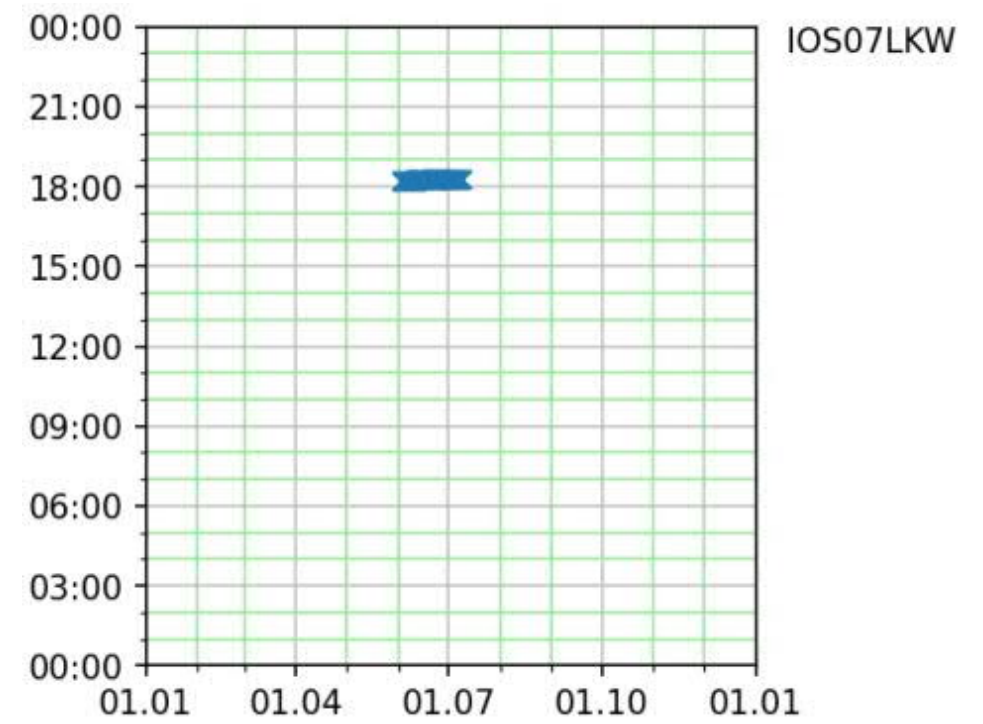


IO S 07 LKW

Blendende Paneele

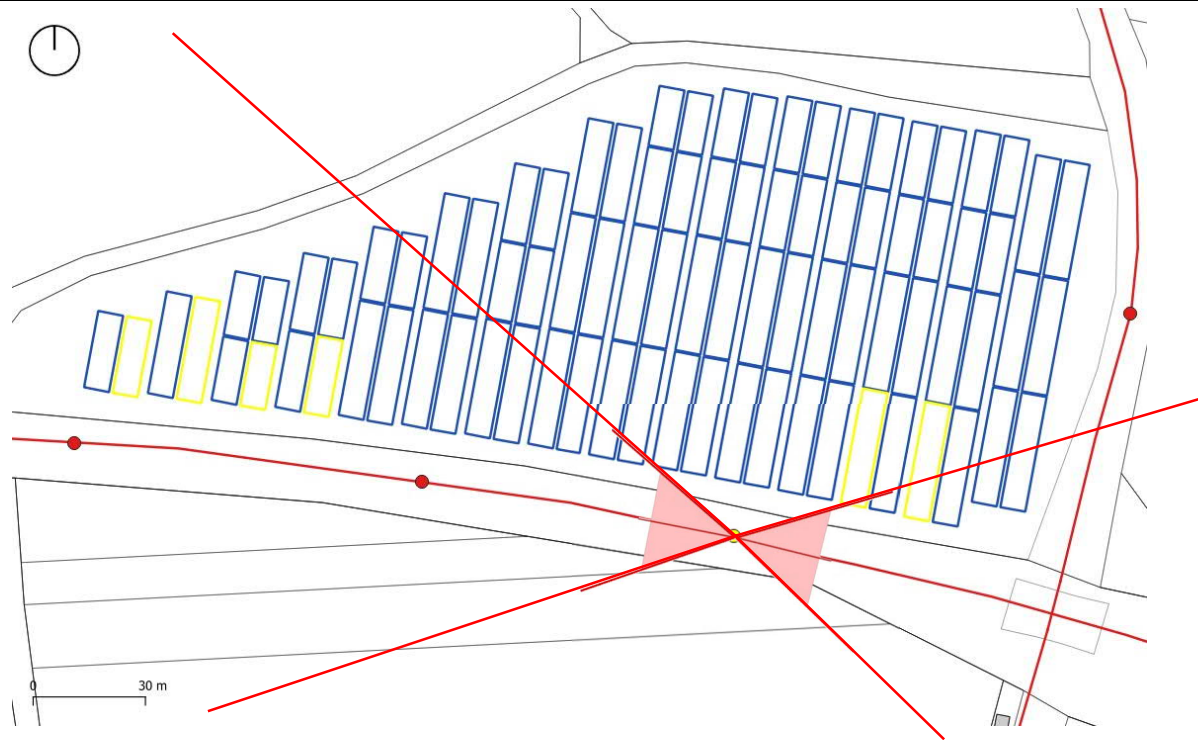


Blendungszeiten

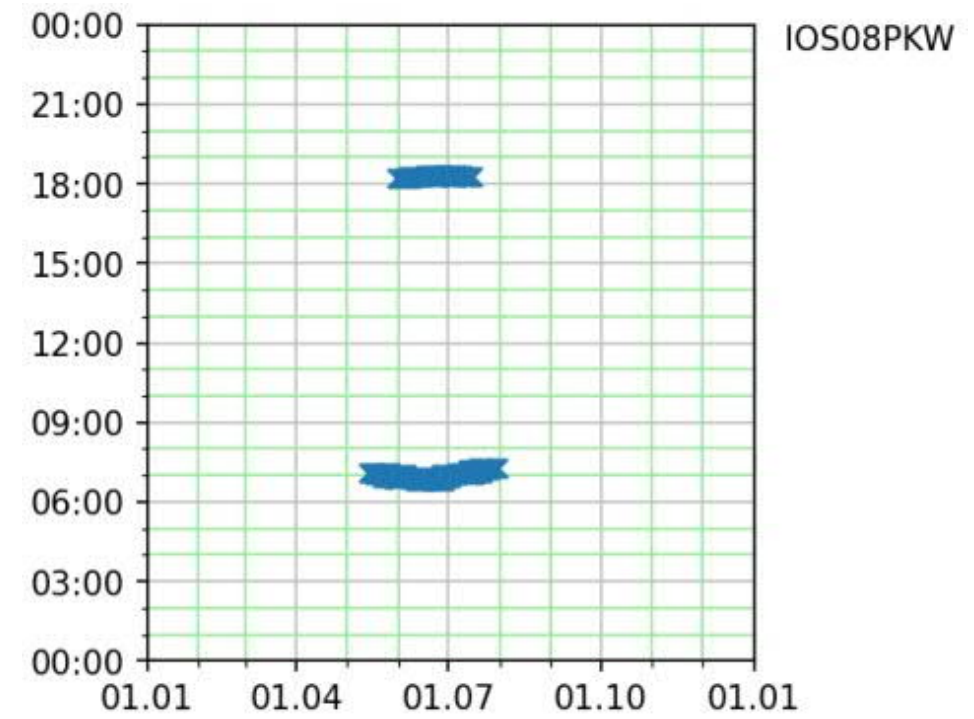


IO S 08 PKW

Blendende Paneele

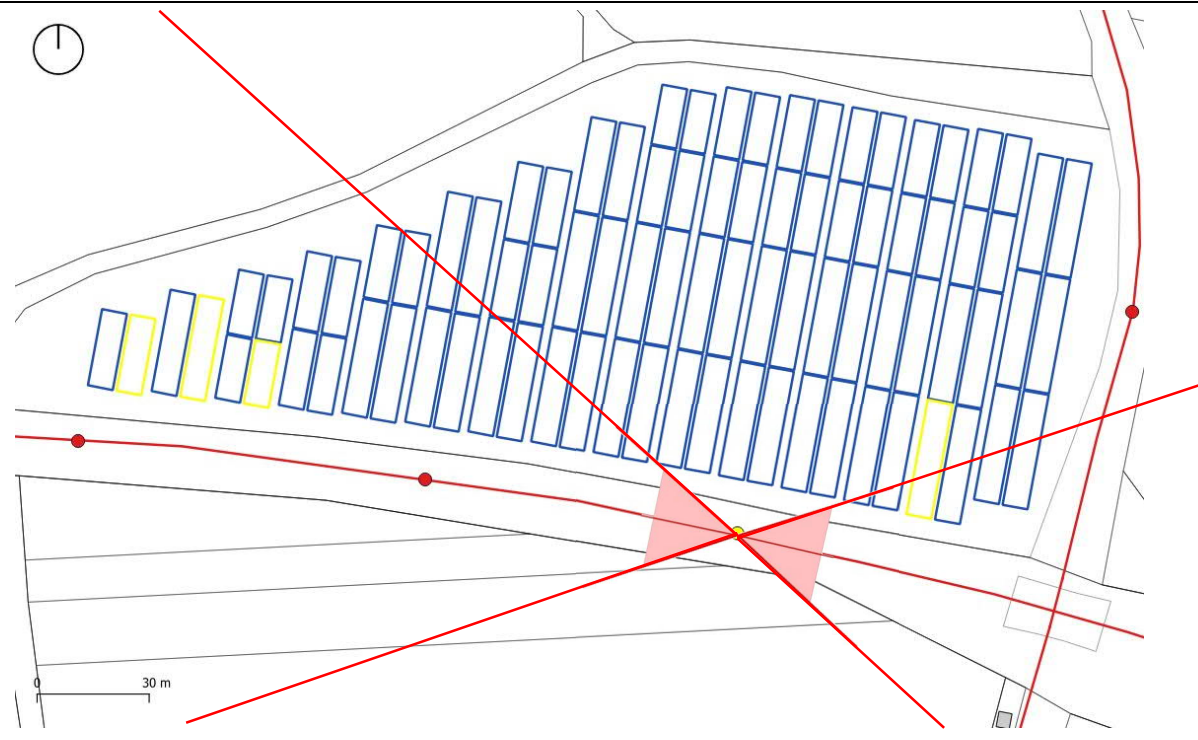


Blendungszeiten

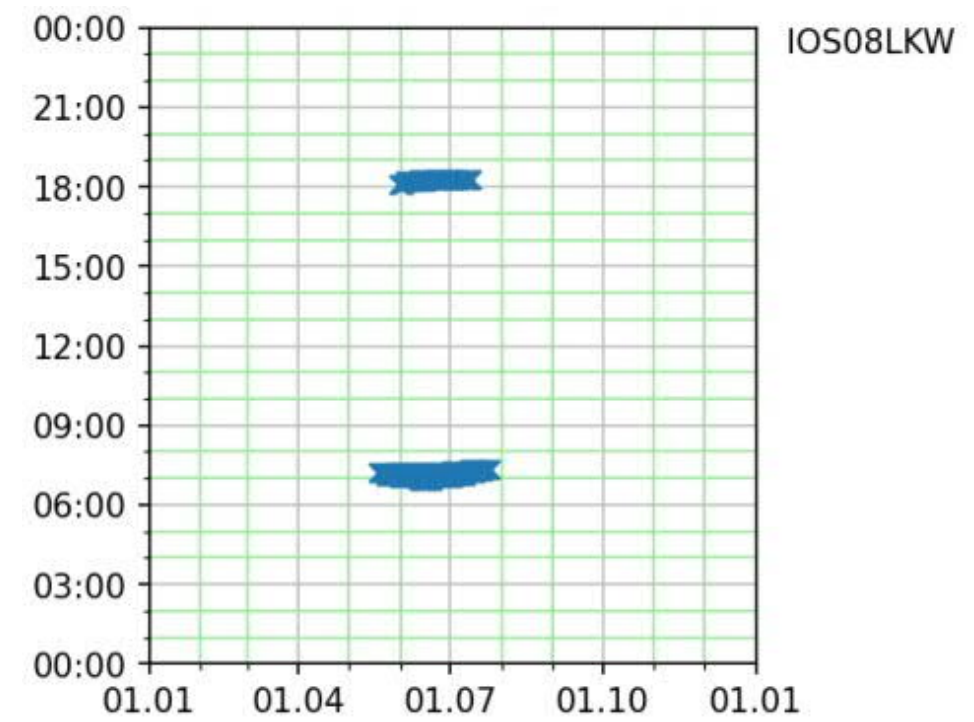


IO S 08 LKW

Blendende Paneele

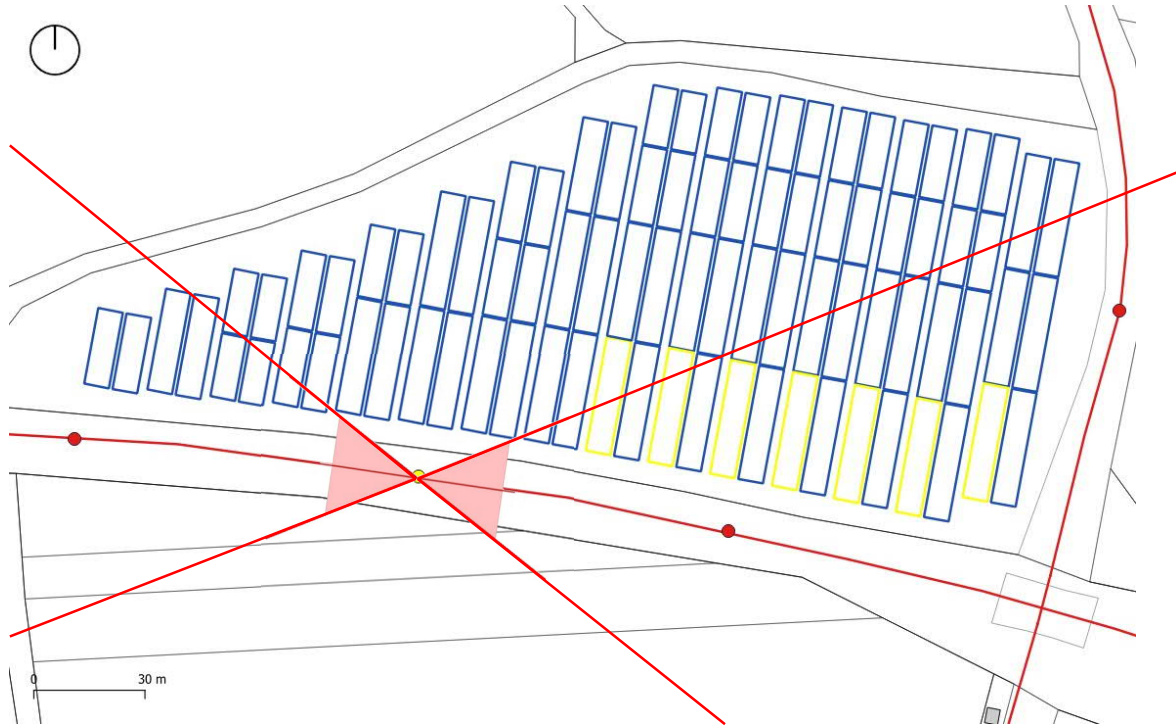


Blendungszeiten

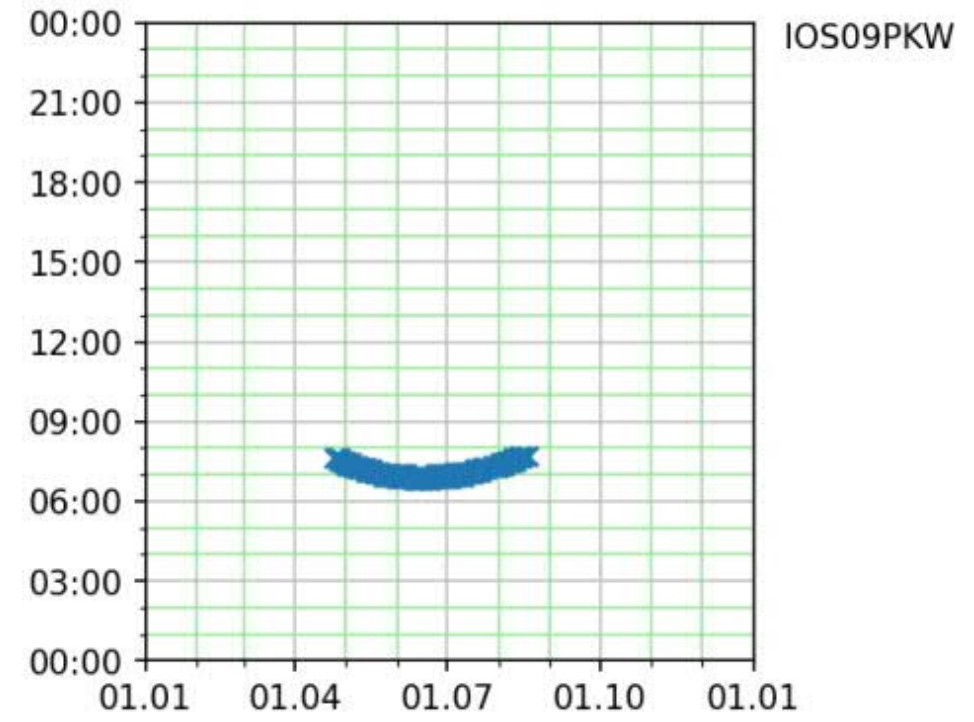


IO S 09 PKW

Blendende Paneele

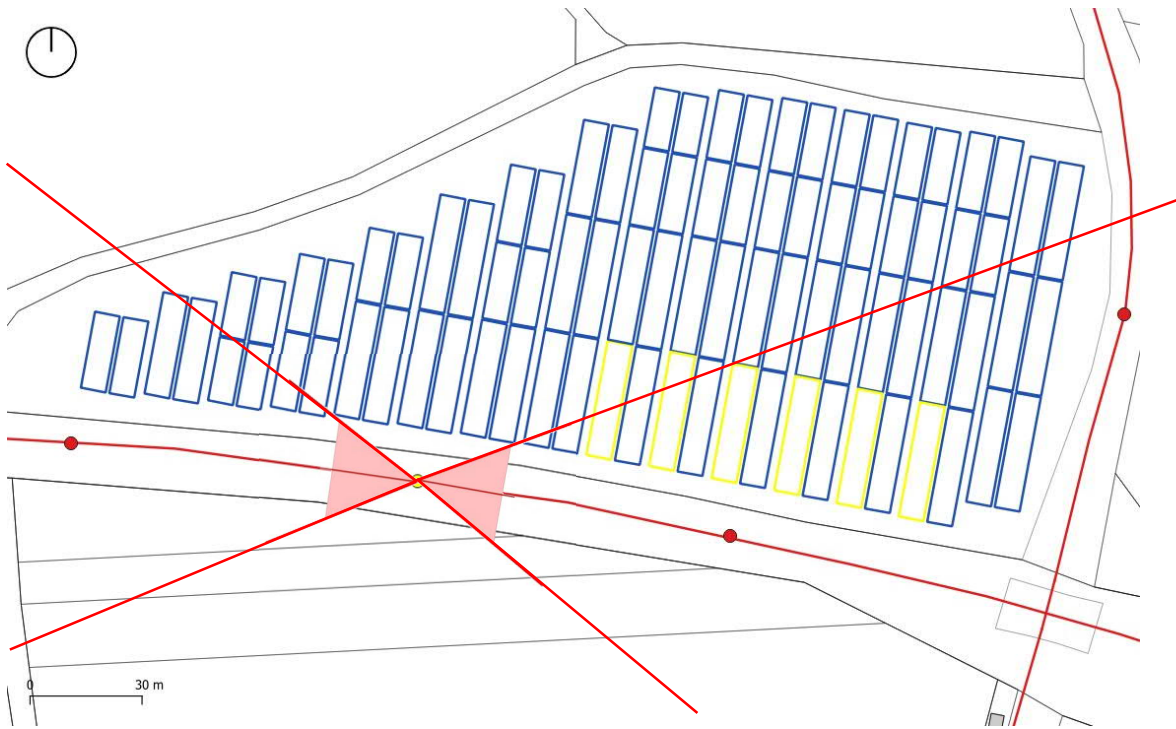


Blendungszeiten

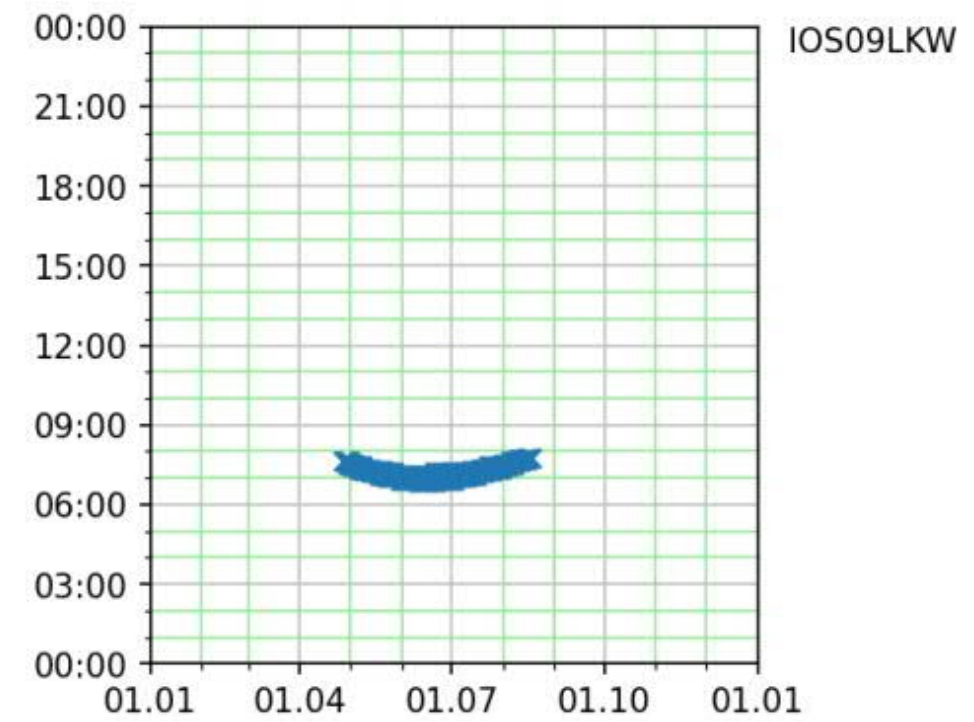


IO S 09 LKW

Blendende Paneele

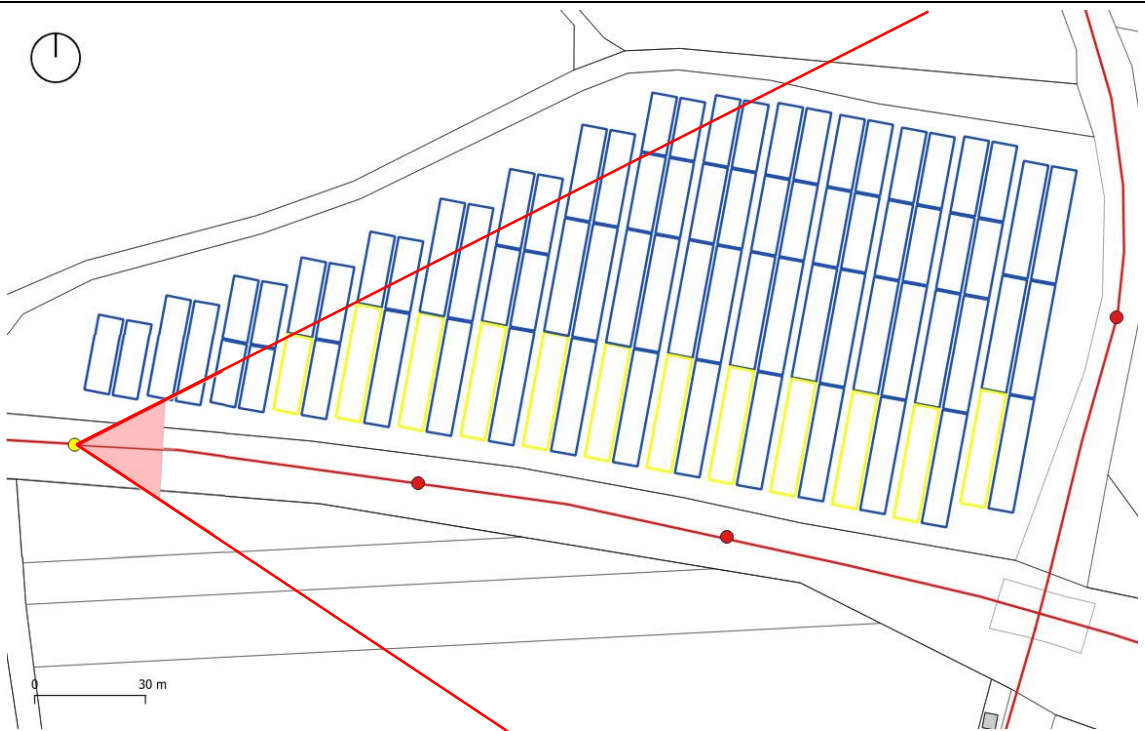


Blendungszeiten

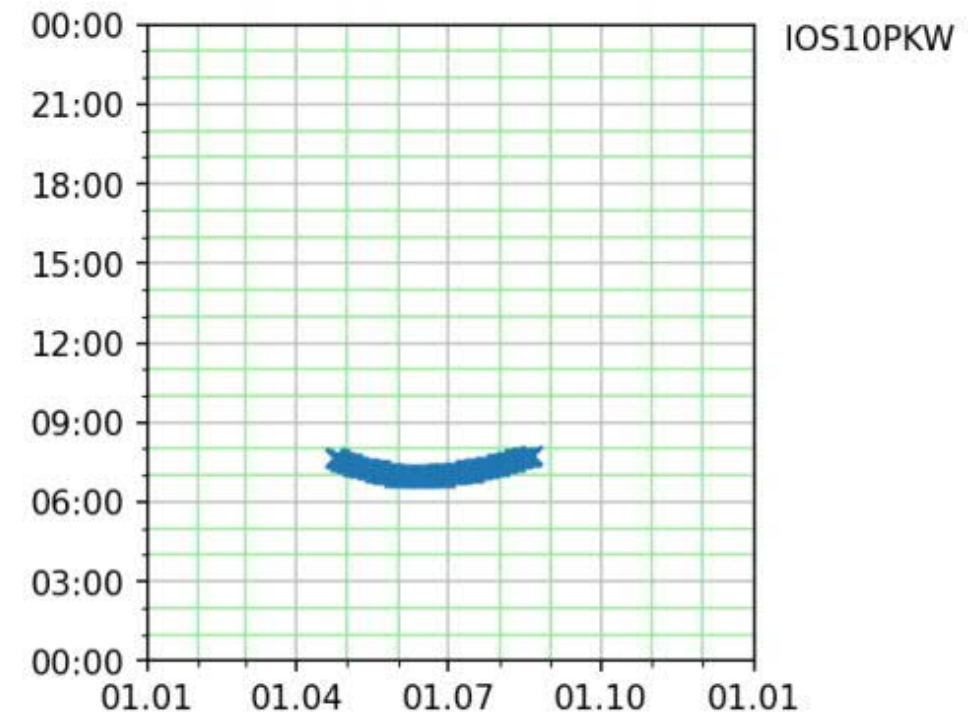


IO S 10 PKW

Blendende Paneele

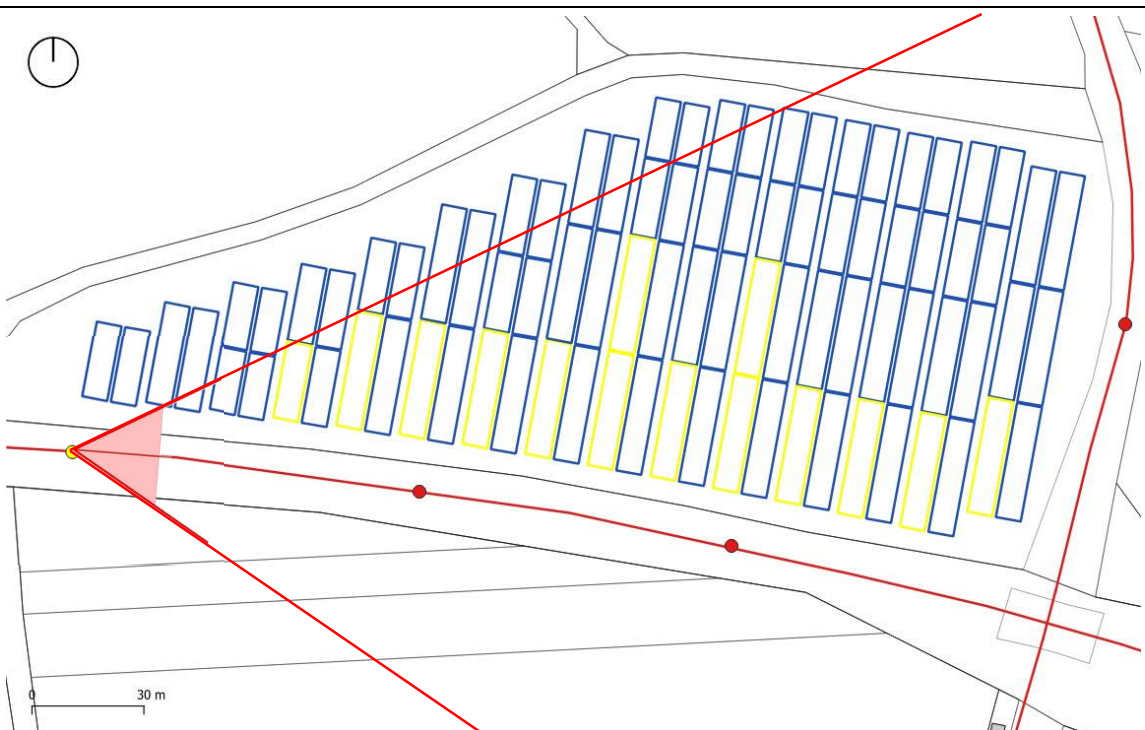


Blendungszeiten

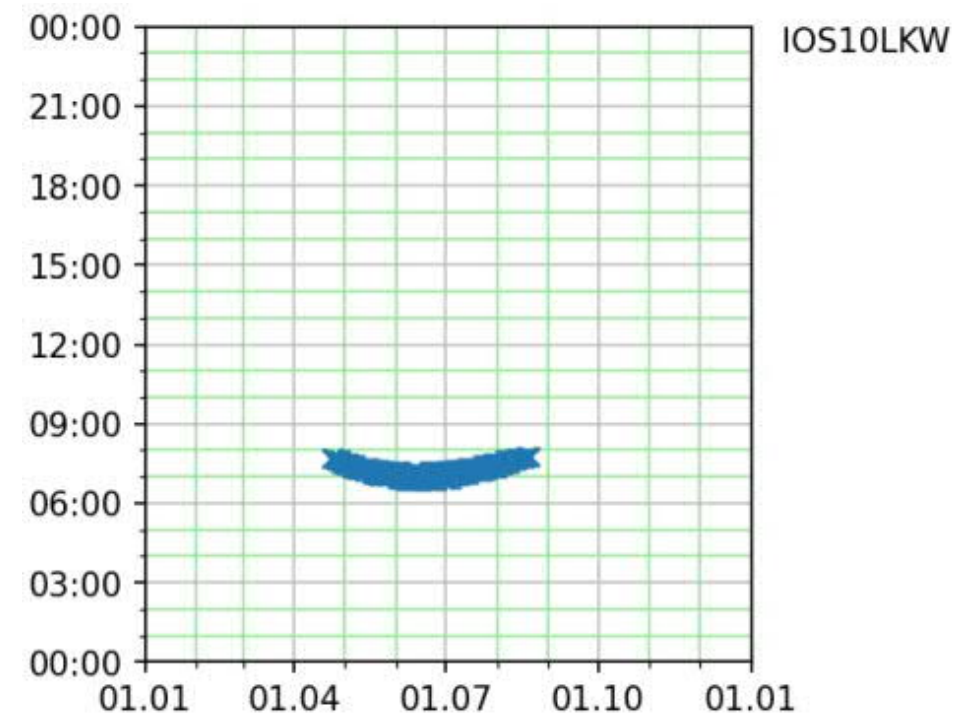


IO S 10 LKW

Blendende Paneele

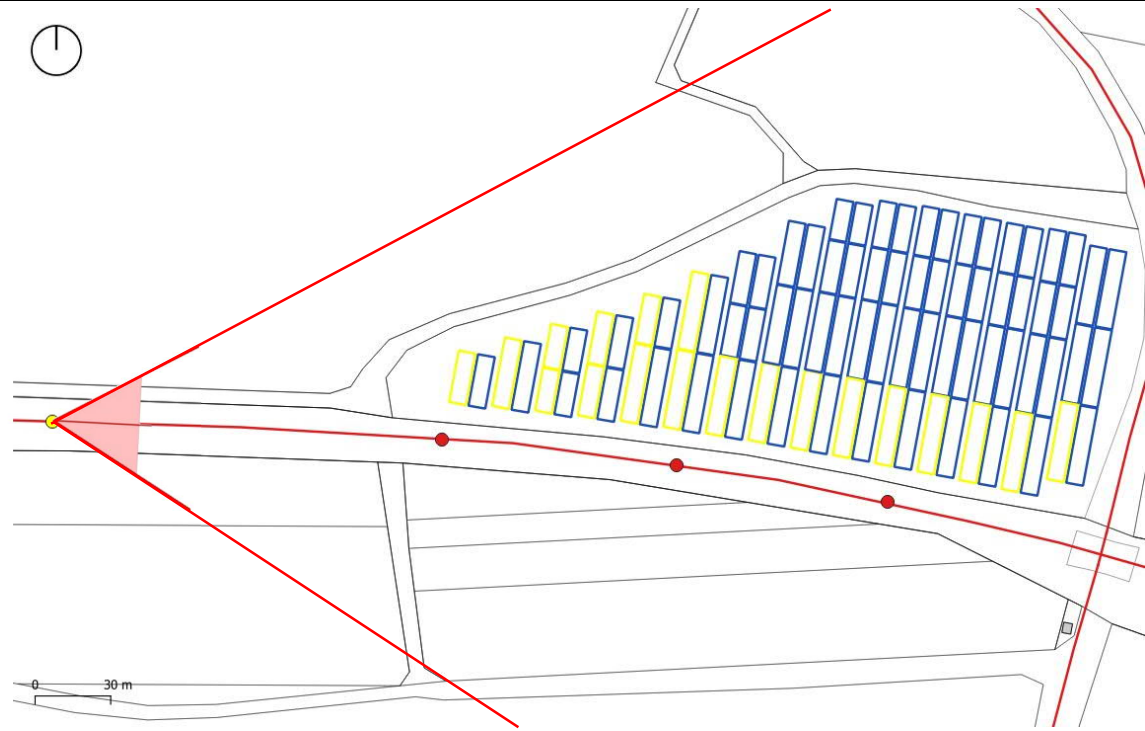


Blendungszeiten

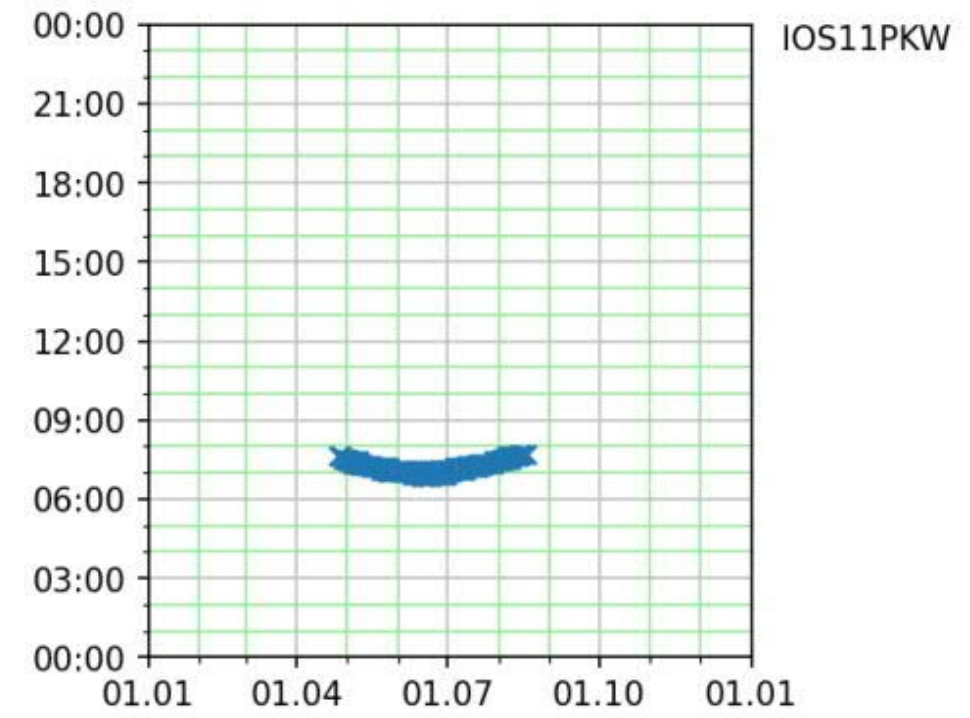


IO S 11 PKW

Blendende Paneele

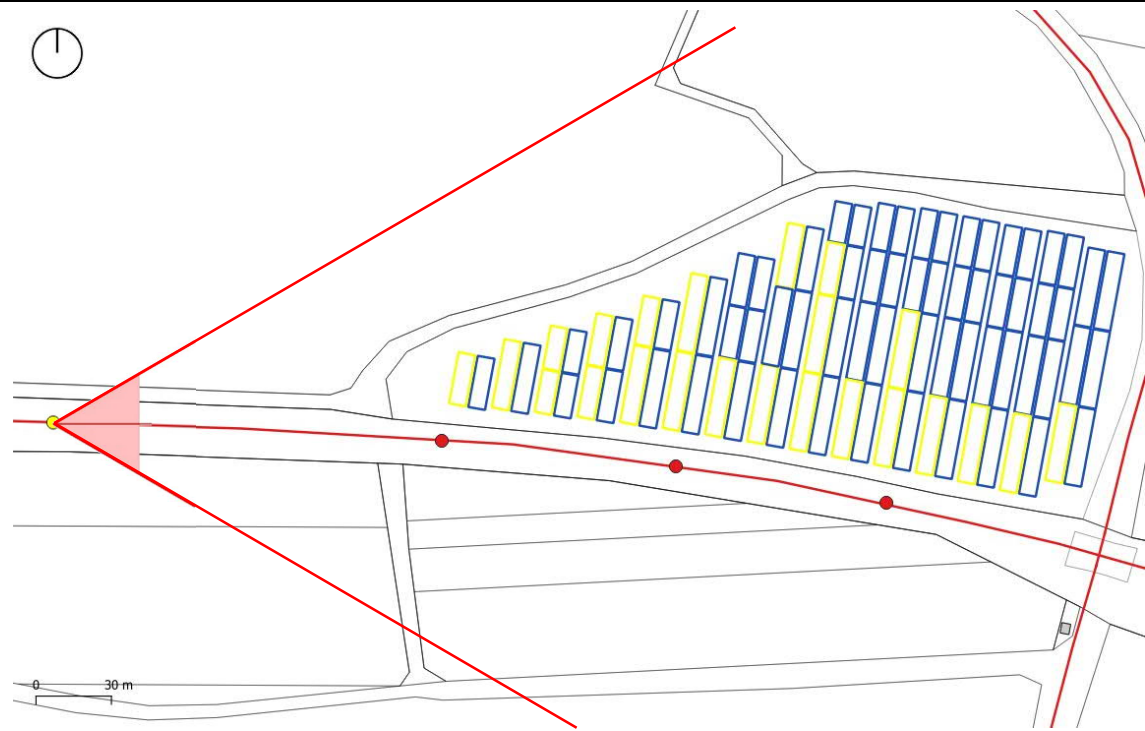


Blendungszeiten

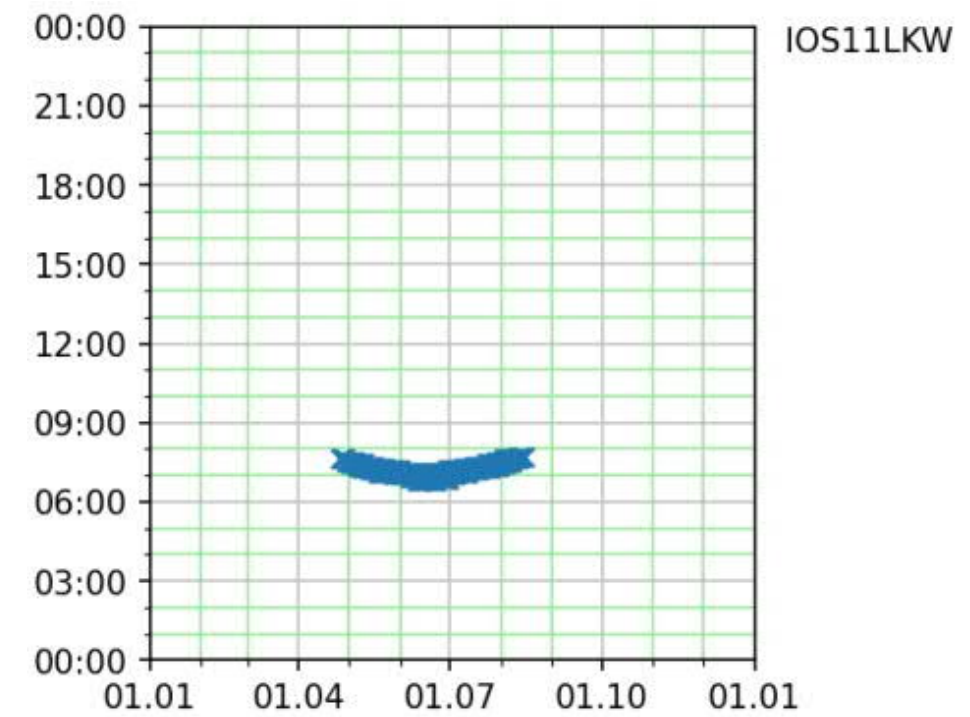


IO S 11 LKW

Blendende Paneele



Blendungszeiten

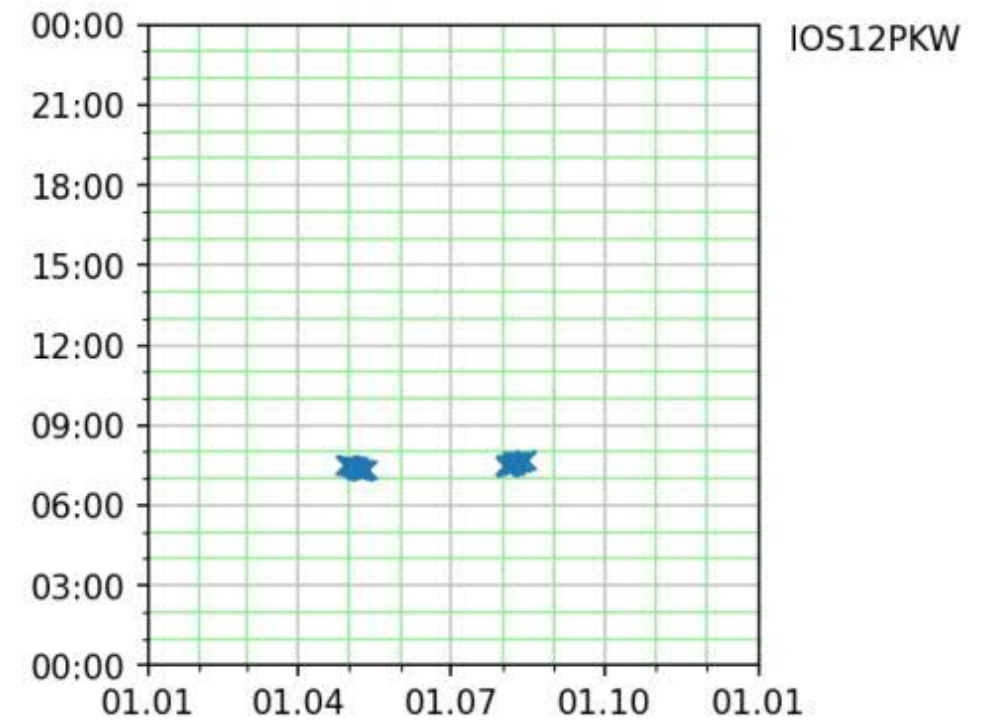


IO S 12 PKW

Blendende Paneele

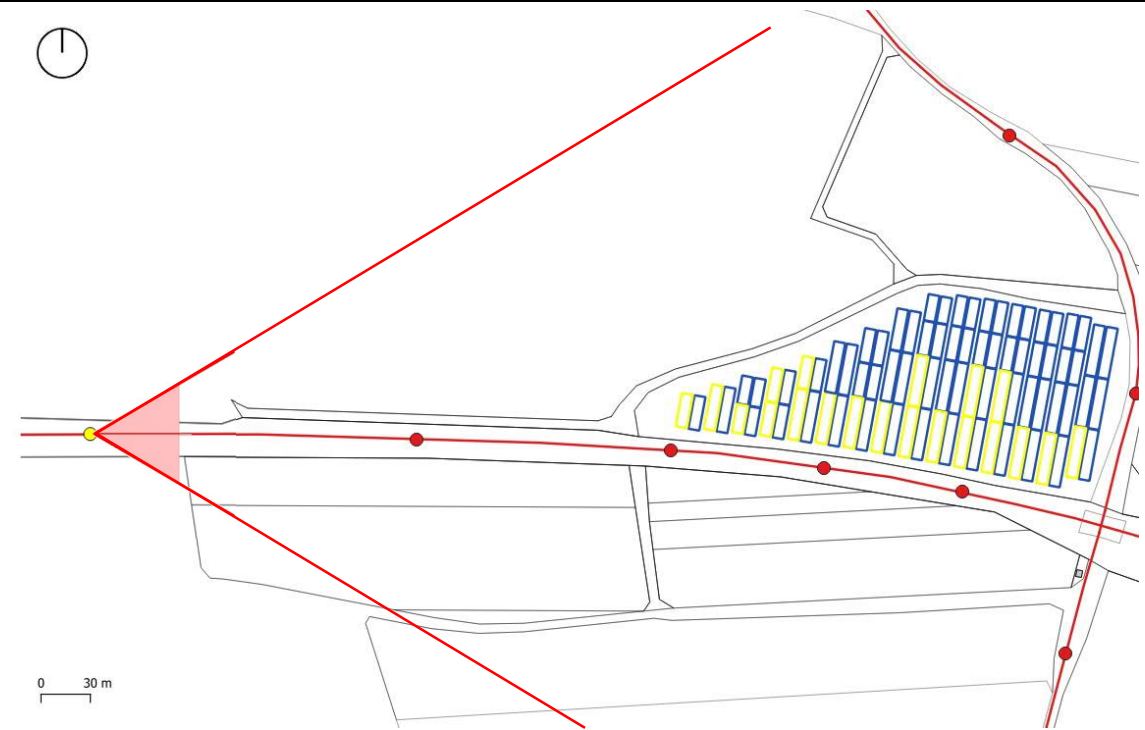


Blendungszeiten

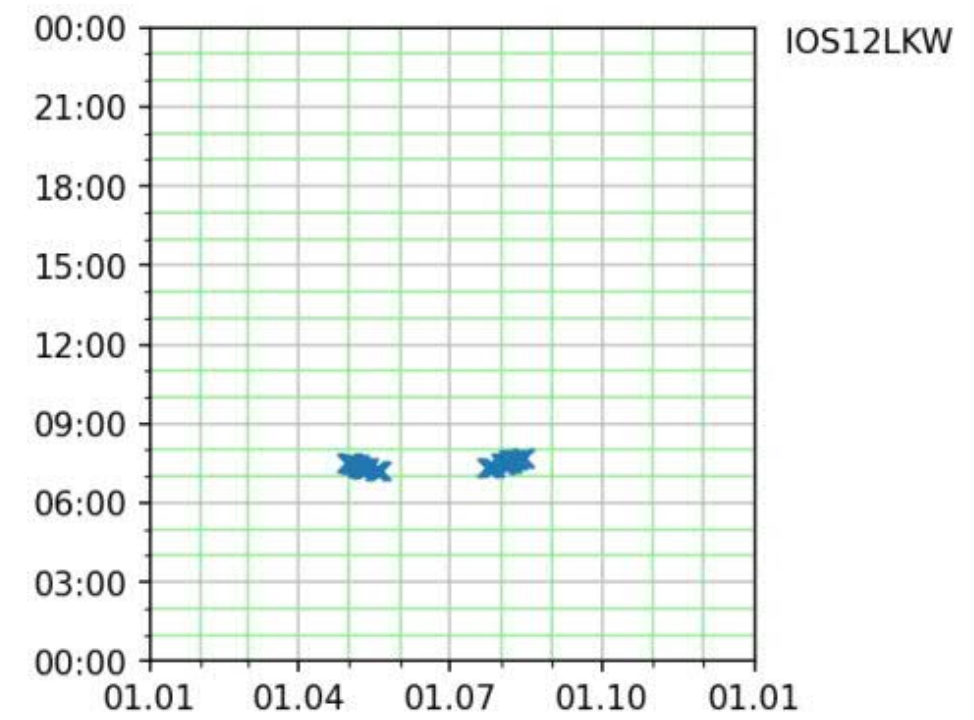


IO S 12 LKW

Blendende Paneele

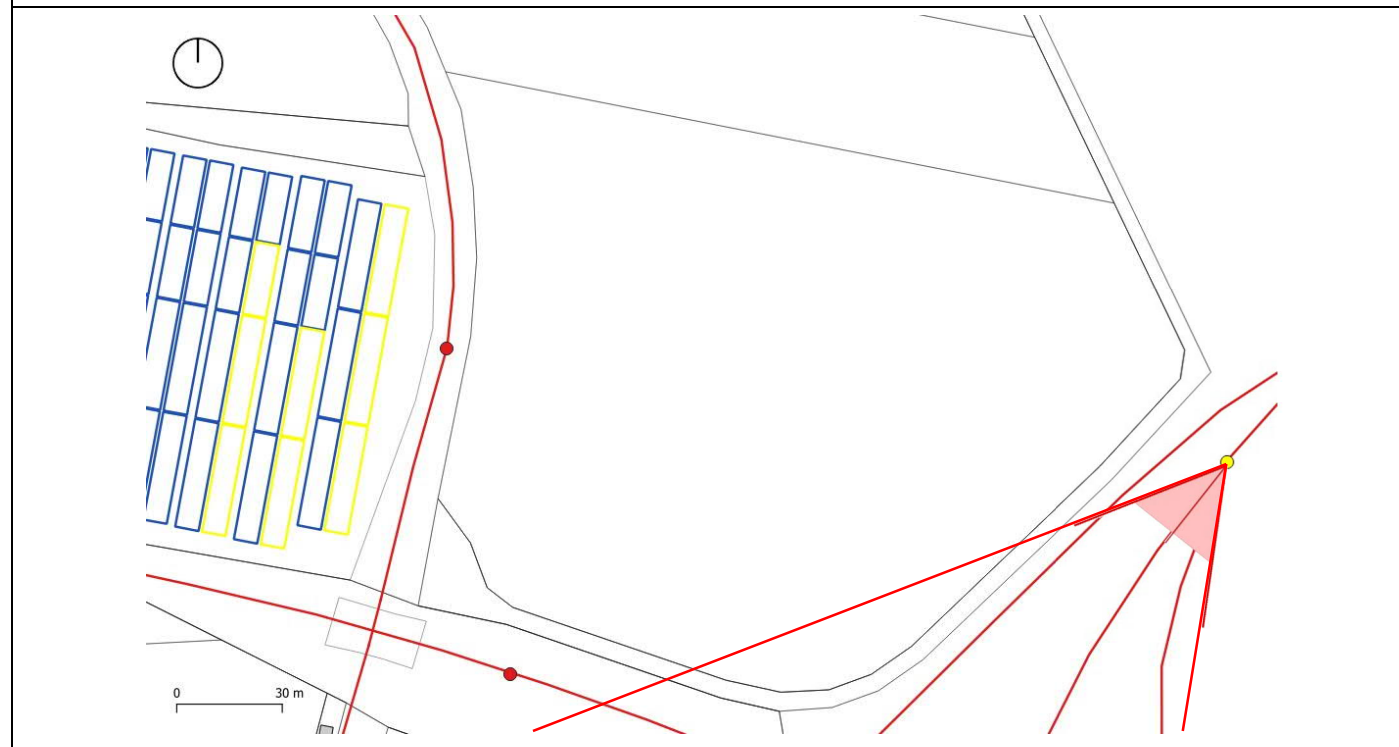


Blendungszeiten

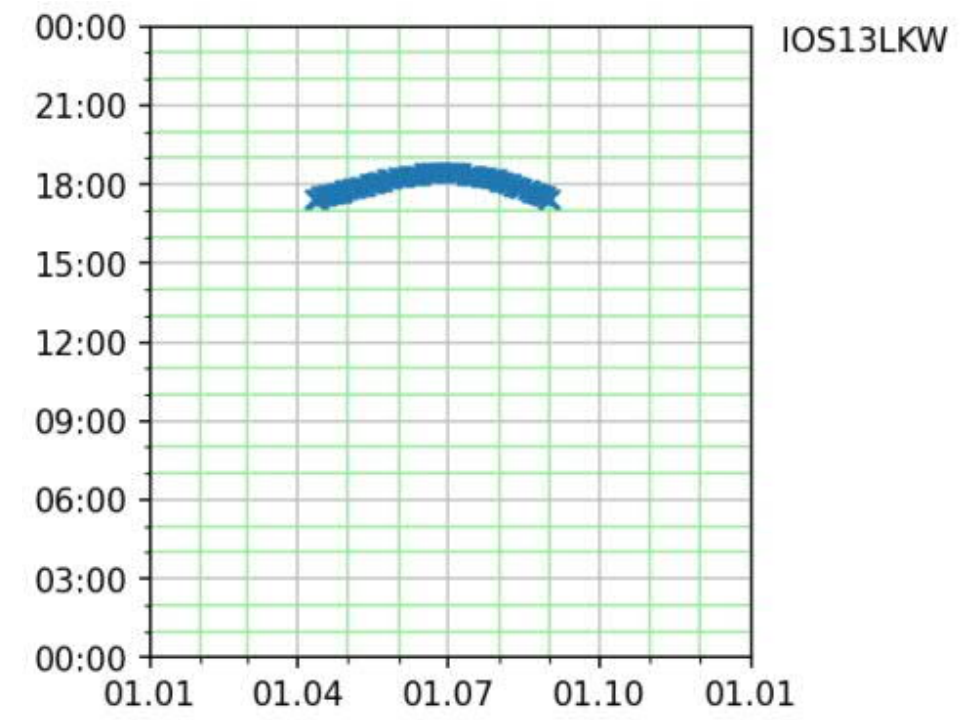


IO S 13 LKW

Blendende Paneele



Blendungszeiten

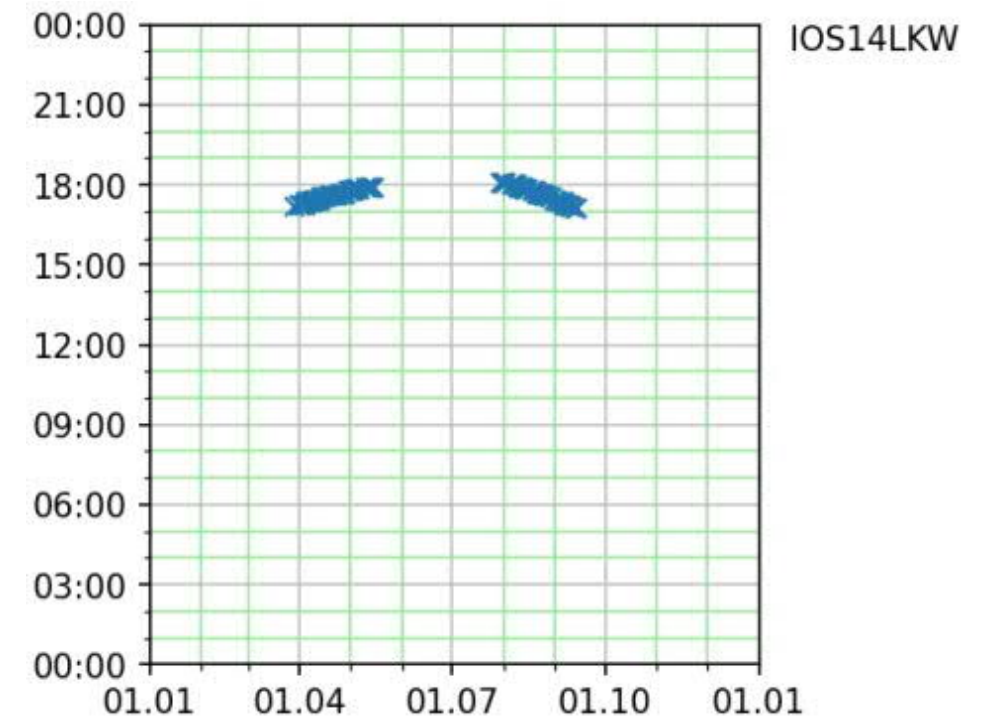


IO S 14 LKW

Blendende Paneele

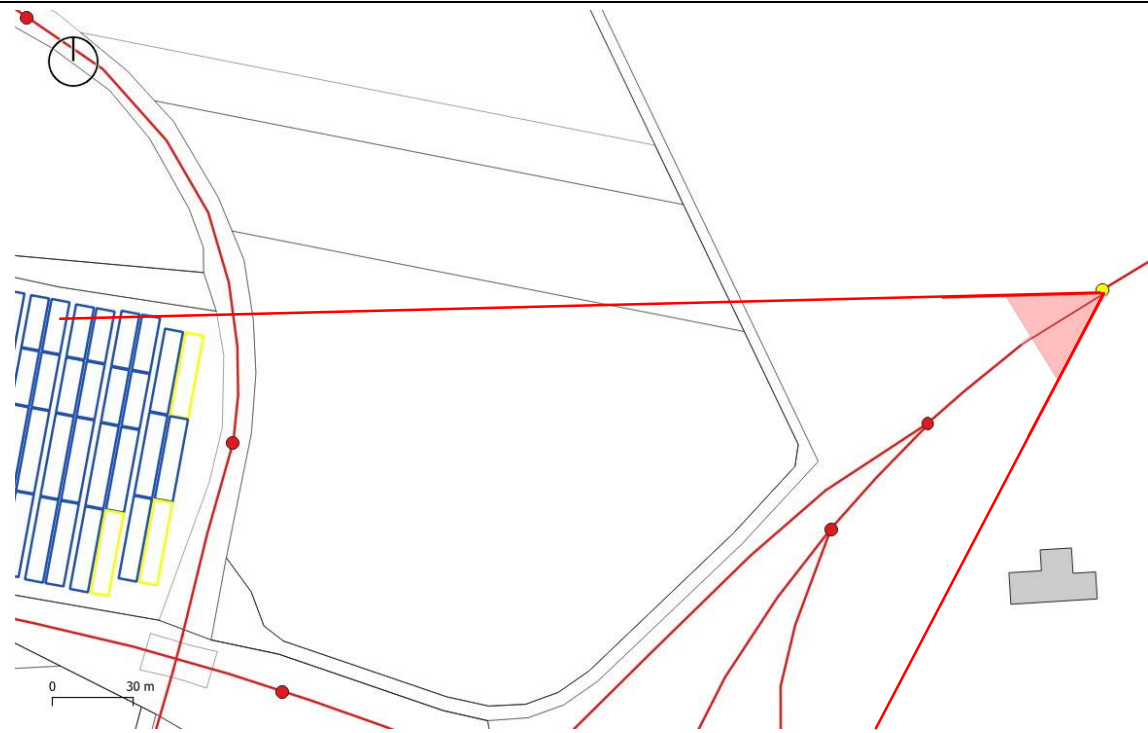


Blendungszeiten

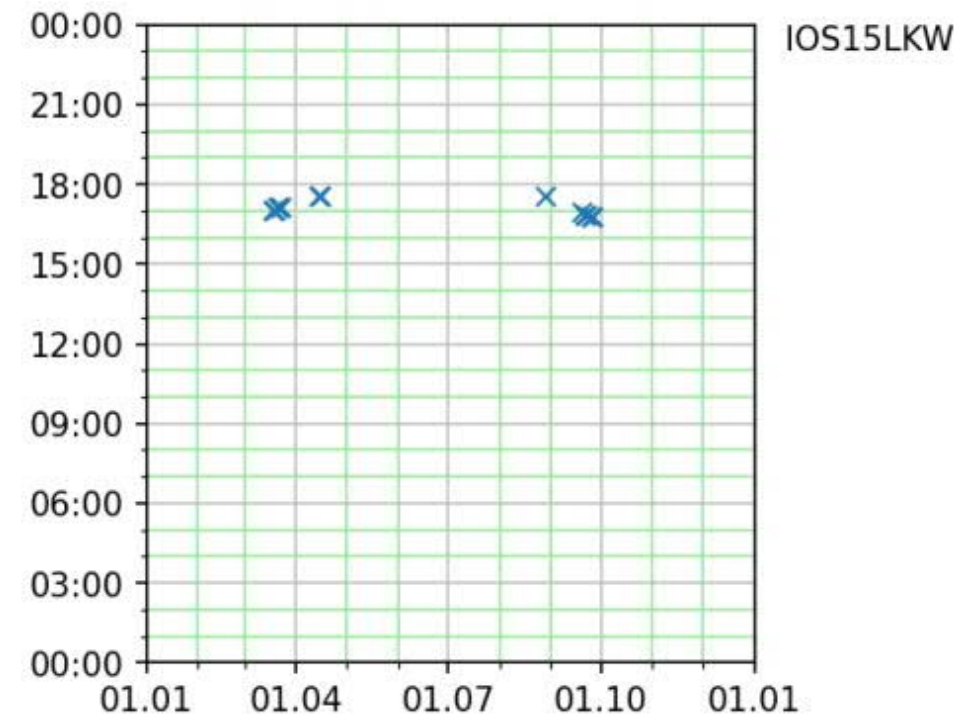


IO S 15 LKW

Blendende Paneele

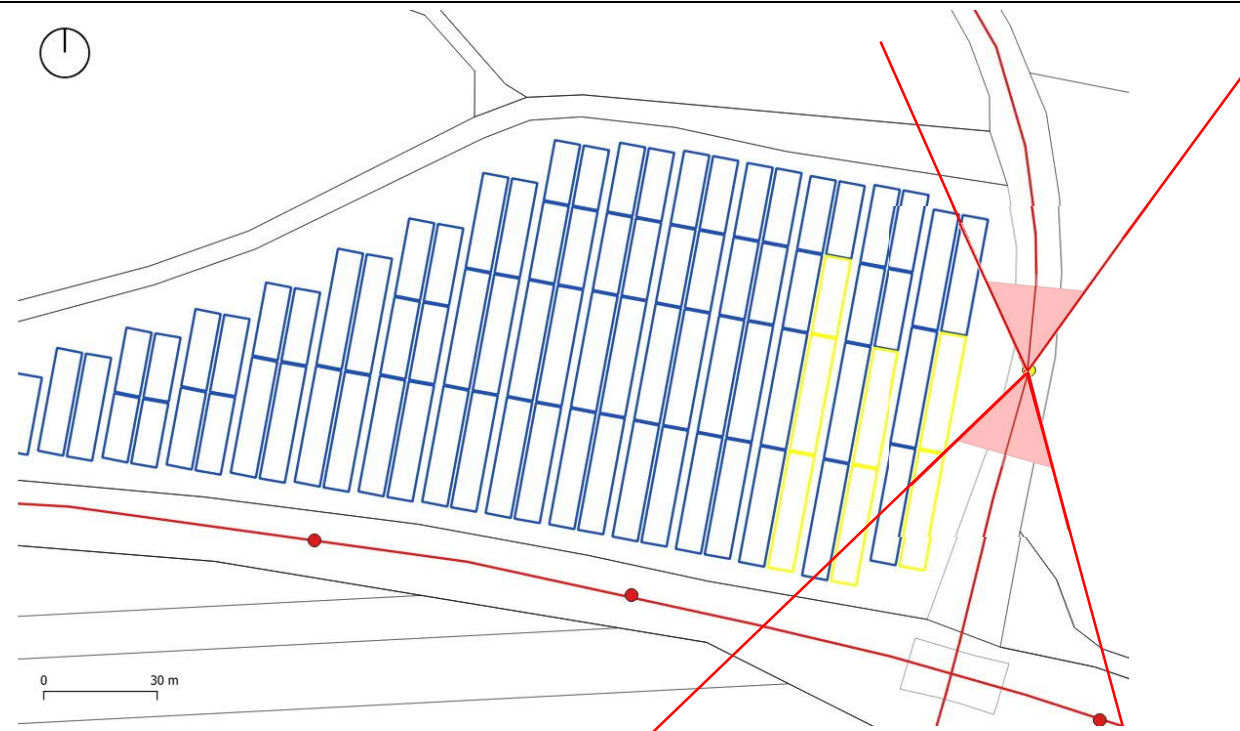


Blendungszeiten

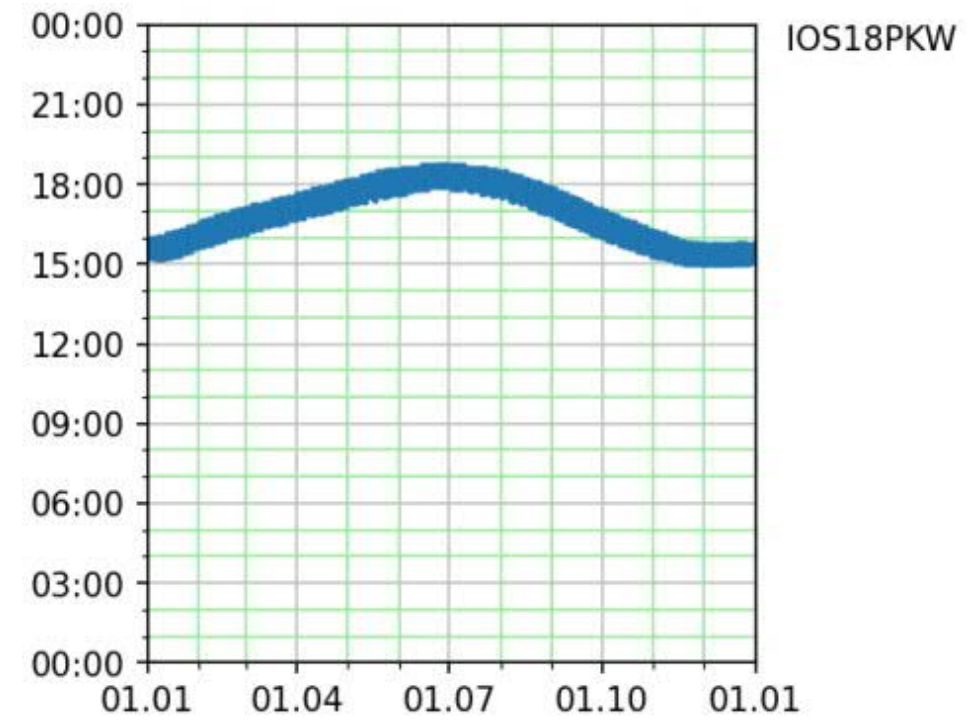


IO S 18 PKW

Blendende Paneele

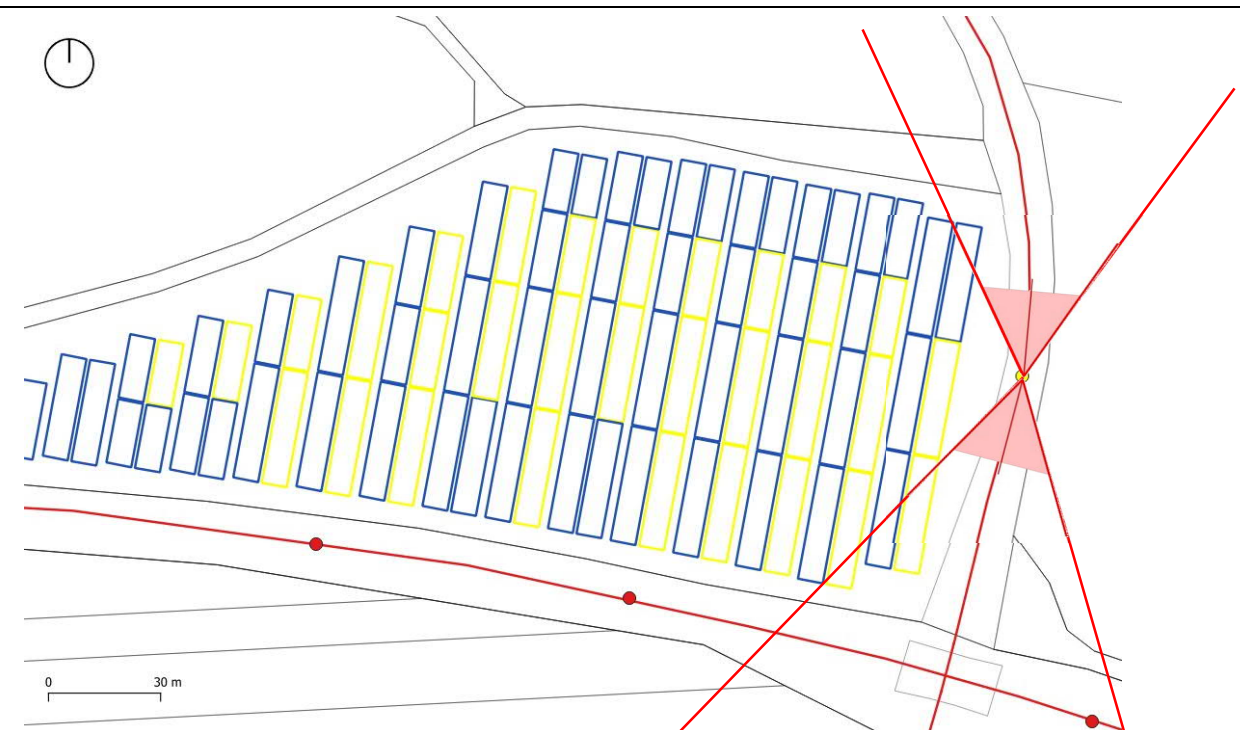


Blendungszeiten



IO S 18 LKW

Blendende Paneele



Blendungszeiten

