

Blendungsuntersuchung

**Sondergebiet Freiflächen-PV-Anlage
am unteren Märkter Weg
in 79576 Weil am Rhein**

Bericht Nr. 770-03870

im Auftrag der

Stadt Weil am Rhein

Stadt- und Grünplanungsabteilung

79576 Weil am Rhein

München, im August 2026

Blendungsuntersuchung**Sondergebiet Freiflächen-PV-Anlage am unteren Märkter Weg in 79576 Weil am Rhein**

Bericht-Nr.: 770-03870

Datum: 06.08.2026

Auftraggeber: Stadt Weil am Rhein
Stadt- und Grünplanungsabteilung
79576 Weil am Rhein
vertreten durch: Vanessa Sauer

Auftragnehmer: Möhler + Partner Ingenieure GmbH

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. P.Patsch
B.Sc. C.Gimenez
M.Sc. C. Bews

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung	8
2. Örtliche Gegebenheiten	8
3. Grundlagen.....	11
4. Blendungsberechnung.....	15
4.1 Berechnungsmethode.....	15
4.2 Blendquellen.....	15
4.3 Maßgebliche Immissionsorte	18
5. Blendeinwirkungen an den Immissionsorten.....	19
5.1 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten in der bewohnten Nachbarschaft.....	20
5.2 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten im Verkehr	22
6. Beurteilung der Blendeinwirkung.....	26
6.1 Nachbarschaft.....	26
6.2 Verkehr.....	26
6.3 Informativ: Berücksichtigung der breiten Vegetationsbereiche rund um das Plangebiet.....	28
6.4 Informativ: Ganzjährig wolkenloser Himmel.....	29
7. Wirksamkeit von Maßnahmen.....	30
7.1 Sichtunterbrechende Maßnahmen	30
7.2 Weitere mögliche Maßnahmen	33
7.3 Gutachterliche Empfehlung.....	34
8. Formulierungsvorschläge für Satzung und Begründung des Bebauungsplans.....	35
8.1 Satzung.....	35
8.2 Begründung.....	36
9. Anlagen	38

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Übersichtslageplan des Solarparks und der näheren Nachbarschaft.....	9
Abbildung 2:	Präsentation Planungsstand Projekt Solarpark Kiesgrube Weil am Rhein [13]...	10
Abbildung 3:	Modulbelegungsplan PVA Weil am Rhein [8]	16
Abbildung 4:	Seitenansicht Modultisch PVA Weil am Rhein [8].....	17
Abbildung 5:	Vegetation zwischen Immissionsorten und blendenden Paneelen.....	28
Abbildung 6:	Wolken Bedeckungsgrad in Europa Januar 2026 [14].....	29
Abbildung 7:	Übersicht der untersuchten Sichtabschirmungsvariante.....	33

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Immissionsrichtwerte k für Blendung [2].....	12
Tabelle 2:	Schwellenwerte verursacht durch Blendung [2]	13
Tabelle 3:	Blendung in der bewohnten Nachbarschaft.....	20
Tabelle 4:	Blendungen im Verkehrsraum	23

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 2 des Gesetzes vom 22. Dezember 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 348) geändert worden
- [2] Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Stand 08.10.2012 – (Anlage 2 Stand 03.11.2015)
- [3] Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren, Strahlenschutzkommission, 16./17. Februar 2006
- [4] Über die Blendungsbewertung von reflektiertem Sonnenlicht bei Solaranlagen, Schierz, Tagung LICHT, 2012
- [5] DIN EN 13201-2: Straßenbeleuchtung-Teil 2: Gütermerkmale, Juni 2016
- [6] Sichtanalyse im Pkw unter Berücksichtigung von Bewegung und individuellen Körpercharakteristika, Jörg Hudelmaier, 31.10.2002
- [7] Modullageplan des Planvorhabens im DWG-Format, übermittelt durch naturenergie hochrhein AG am 22.04.2026
- [8] Modulbelegungsplan PVA Weil am Rhein, erstellt durch naturenergie solar GmbH am 22.04.2026
- [9] Höhenmodell des Plangebiets und der umliegenden Nachbarschaft in Weil am Rhein, aus dem Geoportal des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg am 23.04.2026
- [10] Flurkarte des Plangebiets und der umliegenden Nachbarschaft in Weil am Rhein, aus dem Geoportal des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg am 23.04.2026
- [11] Orthofotos des Plangebiets und der umliegenden Nachbarschaft in Weil am Rhein, aus dem Geoportal des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg am 17.06.2026
- [12] Blend- und Lärmschutz, Beeinträchtigungen und Verkehrssicherheit, Visuelle Informationsträger für verkehrsfremde Zwecke, Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Dezember 2019: <https://www.fsv.at/shop/produktdetail.aspx?IDProdukt=74fa98d4-8610-470b-ace4-3421828ca1bb>
- [13] Präsentation Planungsstand Projekt Solarpark Kiesgrube Weil am Rhein, naturenergie, 04.07.2024
- [14] Kartendienst zur Wolkenbedeckung in Europa des Deutschen Wetterdienstes, Link: https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html, letzter 11.05.2026

- [15] Bebauungsplan und örtliche Bauvorschriften „Haltingen-Nordwest“ der Stadt Weil am Rhein, Stand des Beschlusses der frühzeitigen Beteiligung: 21.04.2026
- [16] DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen – Teil 2: Grundlagen, Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, Februar 2025
- [17] Fotos der Vegetation südlich des geplanten Solarparks, übermittelt durch naturenergie solar GmbH am 21.07.2026

Zusammenfassung:

Die Stadt Weil am Rhein möchte einen Bebauungsplan für eine Freiflächen-PV-Anlage aufstellen. Die naturenergie hochrhein AG möchte an der Stelle einen Solarpark betreiben. Da die naturenergie hochrhein AG die Fläche von der Stadt für die Nutzung des Solarparks pachten wird, wird die Planung der naturenergie hochrhein AG als Grundlage für den Angebotsbebauungsplan herangezogen. Zukünftig soll auf dieser Fläche, auch bei einem Betreiberwechsel, die Nutzung als Solarpark möglich sein.

In der folgenden Untersuchung wurde die Blendung ausgehend von den Solarpaneelen des geplanten Solarparks auf die umliegende bewohnte Nachbarschaft, die umliegenden Straßen als auch die Bahnlinie erhoben und bewertet. Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen:

Nachbarschaft

In der Nachbarschaft werden um das Plangebiet keine Überschreitungen der zulässigen Blendungsdauern gemäß den LAI-Hinweisen prognostiziert.

Verkehr

An den umliegenden Straßen werden lediglich am Märktweg und dem Kreuzungsbereich mit dem Rennmattenweg (Nordwestumfahrung) Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer liegen können und die von den Randbedingungen her eine Konzeption von Maßnahmen erforderlich machen, um die Blendproblematik zu lösen.

Die auftretenden Blendungen wurden beurteilt. Maßnahmen zur Verbesserung der blendungstechnischen Situation wurden vorgestellt. Zudem wurden zwei Sichtabschirmungen ausgearbeitet, die besagte Blendproblematik im fovealen Sichtbereich lösen können.

Bahnverkehr

Im Bahnbereich werden keine Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich der Zugführer liegen können. Bei einer Umplanung der Anlage oder Änderung maßgeblicher Berechnungsparameter ist eine erneute blendungstechnische Untersuchung erforderlich.

1. Aufgabenstellung

Die Stadt Weil am Rhein sieht mit der planerischen Unterstützung der naturenergie hochrhein AG auf einem Grundstück in der Stadt Weil am Rhein im Stadtteil Haltingen im Landkreis Lörrach in Baden - Württemberg, Region Hochrhein-Bodensee, die Errichtung von einer PV-Anlage im Zuge eines Bauleitplanverfahrens vor. Auf dem Grundstück mit der Flurnummer 5015 soll eine Freiflächenanlage mit Süd-Auslegung errichtet werden. Die Plangebietsfläche wurde zuvor bergbaulich für den Kiesabbau genutzt. Südlich des Grundstücks verläuft die Kreisstraße Umgehung Haltingen „Rennemattenweg“. Nördlich des geplanten Solarparks verläuft die Autobahn A 98 in Südwest-Nordost-Richtung. Westlich des Plangebiets verläuft die Bahnstrecke 4000 Mannheim – Konstanz in Südost-Nordwest-Richtung, in die die Bahnstrecke 4280 Abzweigung Bashaide mündet. Nördlich und südlich der Plangebietsflächen befinden sich Bestandsgebäude. Nord-östlich der Plangebietsfläche liegt ein Gewerbegebiet. Es sind daher mögliche Blendeinflüsse auf die Nachbarschaft sowie den Straßen- und Bahnverkehr 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 18.02.2026 von der Stadt- und Grünplanungsabteilung der Stadt Weil am Rhein beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet umfasst das Grundstück mit der Flurnummer 5015. Es liegt innerhalb einer ehemaligen Kiesgrube der Firma Holcim, die bergbaulich zum Kiesabbau genutzt wurde und sich derzeit in der Rekultivierung befindet.

Das Plangebiet befindet sich in der Gemeinde Weil am Rhein nord-westlich des Wohngebiets Haltingen und süd-westlich des Regionalen Gewerbeparks Weil am Rhein - Binzen.

Südlich des Grundstücks verläuft die Umgehungsstraße Rennemattenweg. Nördlich des geplanten Solarparks verläuft die Autobahn A98 in Südwest-Nordost-Richtung, südwestlich die Autobahn A5 in Süd-Nordwest-Richtung. Beide Autobahnen sind westlich des Solarparks über das Autobahndreieck Weil am Rhein miteinander verbunden. Westlich verlaufen zudem die untergeordneten Straßen Haltinger Weg und die Alte Basler Straße, die aufgrund ihrer geringen verkehrlichen Bedeutung nicht vertieft betrachtet werden.

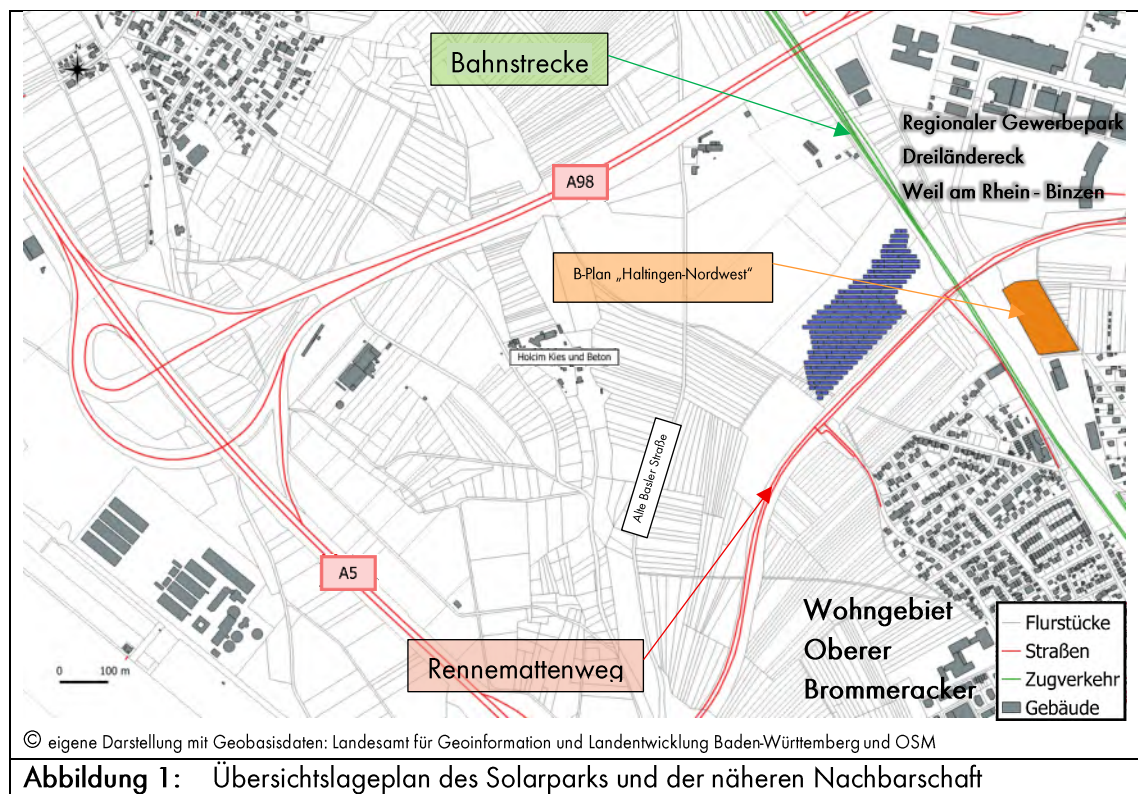
Westlich des Plangebiets verläuft die Bahnstrecke 4000 Mannheim – Konstanz in Nordwest-Südost-Richtung, in die nordöstlich des Plangebiets die Bahnstrecke 4280 Abzweigung Bashaide – Weil am Rhein einmündet.

Im näheren Umfeld befinden sich nördlich der Plangebietsfläche einzelne Bestandsgebäude sowie südlich ein Wohngebiet mit mehreren Bestandsgebäuden. Nordöstlich liegt der Regionale Gewerbepark Dreiländereck Weil am Rhein - Binzen. Süd-östlich des Plangebiets wurde im Zuge der Aufstellung des Bebauungsplans „Haltingen-Nordwest“ [15] Planungsrecht für die Errichtung eines Feu-

erwehrgebäudes (in Abbildung 1 orange dargestellt) geschaffen. Das übrige Umland ist überwiegend landwirtschaftlich geprägt; östlich befinden sich zudem Waldflächen, die nicht unmittelbar an das Plangebiet angrenzen.

Das Plangebiet sowie der weitere Untersuchungsraum sind im Wesentlichen eben. Die genauen örtlichen Gegebenheiten können dem Übersichtslageplan (Abbildungen 1 und Abbildung 2) entnommen werden.

In der folgenden Abbildung ist der geplante Solarpark (blaue Darstellung) sowie die umliegende Nachbarschaft dargestellt (Straßen in roter Darstellung, Gebäude in grauer Darstellung und Bahnlinie in grüner Farbgebung). Der Geltungsbereich des Bebauungsplans „Haltingen-Nordwest“ [15] ist in orangener Farbgebung dargestellt.



Das Areal des geplanten Solarparks sowie die umliegende Nachbarschaft weisen geringfügige Geländeunebenheiten auf. Das Plangebiet liegt gegenüber der westlich angrenzenden Umgebung auf einem leicht erhöhten Geländeniveau. Die östlich verlaufende Bahnstrecke wird ihrerseits auf einem leicht erhöhten Geländeniveau gegenüber dem Plangebiet geführt.

Die nördlich verlaufende Autobahn A98, die westlich verlaufende Autobahn A5 sowie der südlich verlaufende Rennemattenweg liegen gegenüber dem Plangebiet auf einem niedrigeren Geländeniveau. Zwischen dem Plangebiet und dem westlich gelegenen Autobahndreieck befindet sich zudem ein leicht erhöhter Geländestreifen auf dem die Alte Basler Straße verläuft.

Das südöstlich gelegene Wohngebiet befindet sich ebenfalls auf einem etwas höheren Geländeneiveau und steigt nach Süden weiter leicht an.

Das unmittelbar an das Plangebiet angrenzende Gelände wurde im Zuge der Rekultivierung weitgehend eingeebnet.

Die Vegetationsstruktur im Umfeld des Plangebiets wird durch bestehende Waldflächen, landwirtschaftlich genutzte Bereiche sowie die innerhalb der ehemaligen Kiesgrube geplante Vegetation geprägt. Östlich des Plangebiets befinden sich Waldgebiete, die jedoch nicht unmittelbar an das Plangebiet angrenzen.

Der geplante Solarpark liegt innerhalb einer rund 3,7 ha großen Rekultivierungsfläche, für die gemäß Planung die Entwicklung einer extensiv genutzten Fettwiese vorgesehen ist. Ergänzend hierzu ist nördlich angrenzend die Pflanzung einer Baumreihe sowie südlich angrenzend die Anlage einer Heckenstruktur vorgesehen. Darüber hinaus ist nord-östlich des Plangebiets die Entwicklung weiterer Flächen mit Baumbestand geplant. (Abbildung 4) [13]



©naturenergie hochrhein AG, 04. Juli 2024

Abbildung 2: Präsentation Planungsstand Projekt Solarpark Kiesgrube Weil am Rhein [13]

Insgesamt können die Vegetationsstrukturen zeitweise zur Reduzierung möglicher Sichtbeziehungen beitragen und sollten im Sinne einer möglichst dauerhaften Sichtminderung erhalten bleiben. Eine alleinige beziehungsweise gesicherte Sichtminderung kann hieraus jedoch nicht abgeleitet werden, da Vegetationsstrukturen jahreszeitlichen Veränderungen unterliegen und durch Rückschnitt, Ausfall oder Entfernung verändert werden können.

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]. Für Baden-Württemberg gibt es keinen vergleichbaren Erlass, dennoch zeigt die Praxis, dass es sich bei der sog. „Licht-Richtlinie“ um eine anerkannte Beurteilungsgrundlage handelt. 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
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 ($L_{u, mess} \leq 0,1 \text{ cd/m}^2$) 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.

Gemäß der LAI-Hinweise [2] wird der Immissionsort über schutzwürdige Räume, die sich zum dauerhaften Aufenthalt eignen, definiert. In nachfolgender Tabelle sind die Blenddauern angegeben, die

im Sinne der LAI-Hinweise zu erheblichen Belästigungen in Räumen mit dauerhaftem Aufenthalt führen:

Tabelle 2: Schwellenwerte verursacht durch Blendung [2]	
Zeitraum	Schwellenwert [Zeit]
Tag	30 Minuten
Jahr	30 Stunden

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 [5] 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. Da man sich jedoch im dreidimensionalen Raum bewegt, handelt es sich bei diesem Winkel nicht um einen Winkel, der nur horizontal aufgespannt wird, sondern um einen Raumwinkel, der wie ein Kegel um die Achse des fixierten Punktes aufgespannt wird. Liegt die Blendquelle in diesem Winkelbereich, muss in der Regel von einer physiologischen Blendung ausgegangen werden, die zu einer starken Sichteinschränkung führen kann. Liegt eine Leuchtquelle (z.B. blendende Paneelfläche) 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“. Hier hängt das Maß der Beeinträchtigung daher stark von der Helligkeit (Leuchtdichte) des Hintergrundes ab. Liegt die Sonne als Quelle für die auftretenden Blendungen daher im Hintergrund

von blendenden Paneelen, so liegt ein deutlich geringerer Kontrast zwischen Vorder- und Hintergrund und somit eine geringere Sichteinschränkung in Bezug auf die Wahrnehmbarkeit des Hintergrundes vor. Neben dem Hintergrundleuchtdichte muss auch der im Sichtfeld wahrgenommenen blendenden Flächengröße eine größere Bedeutung in Bezug auf die Sichteinschränkung von Verkehrsteilnehmern zugeschrieben werden. Nimmt eine Blendfläche im fovealen Sichtkegel eines Verkehrsteilnehmers nur einen sehr kleinen prozentualen Flächenanteil ein, so haben derartige Blendeinflüsse wohl eher punktuellen Charakter und sind in deren Blendeinfluss sicherlich als reduziert anzusehen. Solche punktuellen Blendungen treten vielfach im Verkehr ausgehend von umliegender Infrastruktur (Schilder, Leitplanken, Scheiben von Gebäuden, etc.), umliegender natürlicher Randbedingungen (kleinere Wasseroberflächen, etc.) als auch von den Fahrzeugen anderer Verkehrsteilnehmer (Spiegelungen an metallischen und gläsernen Oberflächen von Fahrzeugen) aus. Eine stärkere Sichteinschränkung durch derartige punktuellen Blendungen ist daher sicherlich zu hinterfragen. Liegt demgegenüber eine Blendquelle sehr nah am Betrachter und nimmt einen großen Bereich des fovealen Sichtfeldes ein, so ist mit einem starken blendungstechnischen Einfluss zu rechnen, der zu einer deutlich größeren Sichteinschränkung führen wird. Liegt eine Blendquelle hingegen 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 haben kann [6]. 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. Auch wenn punktuellen Blendungen in fovealen Sichtbereich teils wohl eher ein störender als dichteinschränkender Charakter zuzuschreiben ist, so wurden in der vorliegenden Untersuchung den Blendungen im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern auf der sicheren Seite liegend ein sichteinschränkender Charakter zugeschrieben.

4. Blendungsberechnung

4.1 Berechnungsmethode

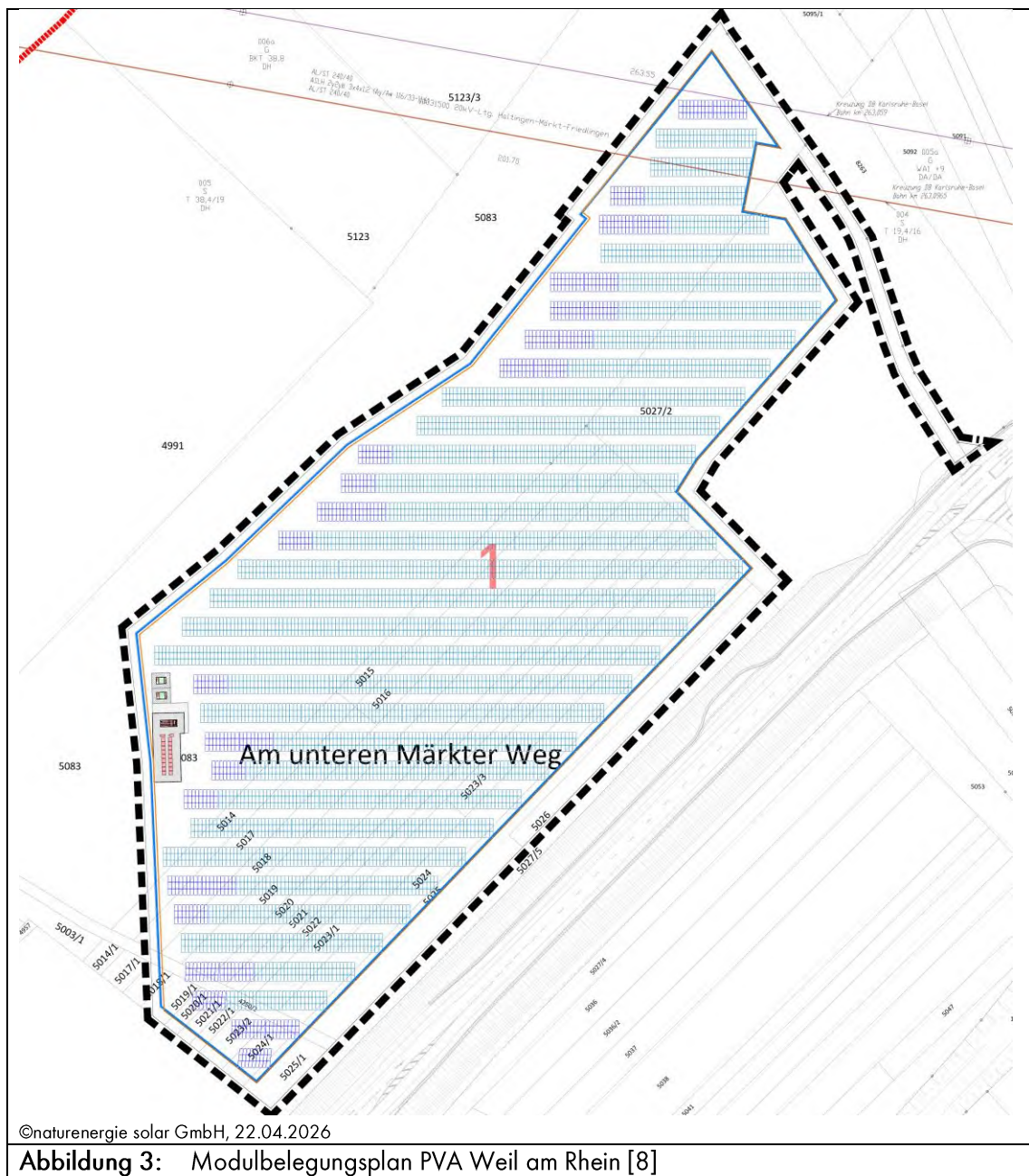
Die Berechnung der Blendungen erfolgt über eine hausinterne Software, die folgende Randbedingungen und Berechnungsgrundlagen berücksichtigt: Die Berechnung der möglichen Blendung erfolgt unabhängig vom möglichen Bedeckungsgrad des Himmels. In Anlehnung an das Berechnungsverfahren nach Schierz [4] werden 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 [16] 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 [4]. Es wird in der vorliegenden Untersuchung von einem wolkenlosen Himmel ausgegangen. Bei Annahme der astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume kann es in der Realität 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 Photovoltaikelement 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 Photovoltaikelementen des geplanten Solarparks ausgehen. Als Grundlage liegen der Modul-Belegungsplan ([7] und [8]) und Geodaten des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung (LGL) Baden-Württemberg ([9] bis [11]) vor. Der Solarpark besteht aus einem komplett zusammenhängenden Teil. Die Solarpaneele liegen alle in Südausrichtung.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Geltungsbereich des Bebauungsplans, sowie der Solarpark dargestellt:



Die Reihenabstände der Modulreihen betragen 3,5 m. Die Modultische sind 0,9 m üGOK angebracht und sollen eine einheitliche Neigung aufweisen. In der nachfolgenden Abbildung ist die Seitenansicht eines Modultisches dargestellt.

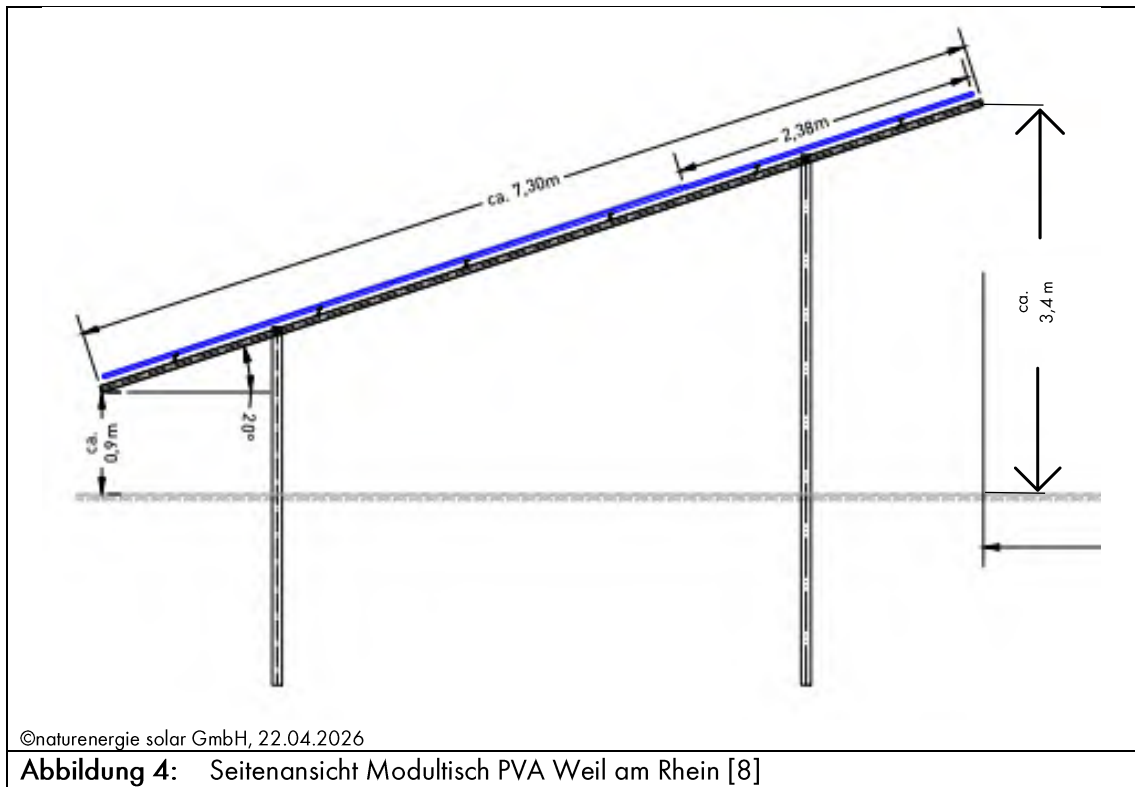


Abbildung 4: Seitenansicht Modultisch PVA Weil am Rhein [8]

Die Solarpaneele folgen dem Geländeverlauf. Die Azimutwinkel der Photovoltaikmodule, die die horizontale Orientierung der Photovoltaikmoduleflächen beschreiben, sind nicht einheitlich. Der Azimutwinkel eines jeden Solarpanelblocks wurde anhand des Flächennormalenvektors berechnet. Ist ein Solarpanel nach Süden orientiert und das darunterliegende Gelände eben (keine Höhenunterschiede in Ost-West-Richtung im Bereich des Solarpanels), so beträgt der Azimutwinkel dieses Solarpanels 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 Panels (Vogelperspektive) ein von 0° abweichender Azimutwinkel des Panels entstehen, da der Flächennormalenvektor, der den Azimutwinkel festlegt, durch die Ost-West-Verkipfung nicht mehr nach Süden orientiert ist. Die Azimutwinkel variieren im vorliegenden Fall aufgrund des Geländes und bewegen sich zwischen $-1,95^\circ$ und $+5,24^\circ$. 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, Drehung um Nord-Süd- bzw. Nordwest-Südost- bzw. Nordost-Südwest-Achse) der Photovoltaikflächen, welche den Vertikalwinkeln entsprechen, liegen bei 20° . 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 die aus gutachterlicher Sicht kritischen Immissionsorte in der Nachbarschaft (Wohnen und Büronutzung), dem Straßenverkehrsraum und dem Bahnverkehrsraum gewählt.

Bewohnte Nachbarschaft und Büroräumlichkeiten

Die bewohnte Nachbarschaft sowie gewerbliche Gebäude (Büronutzung) befinden sich südlich, süd-östlich, östlich und nördlich des geplanten Solarparks. In der Nachbarschaft wurden die Immissionsorte je nach deren Stockwerkszahl auf eine Höhe von 1,5 m, 4,5 m, 7,5 m und 10,5 m üGOK gelegt. Hiermit soll der Aufenthaltsbereich eines Menschen im Erdgeschossbereich als auch im 1., 2. und 3. Obergeschoss abgebildet werden.

Neben Wohnräumen wird gemäß den LAI-Hinweisen zur Beurteilung von Lichtimmissionen [2] auch Büroräumen eine Schutzbedürftigkeit zugesprochen. In der vorliegenden Untersuchung wurden daher neben Wohngebäuden auch Immissionsorte untersucht, die gewerblich genutzt werden. Hier wurden die maßgeblich exponierten Gebäude gewählt und unterstellt, dass sich in diesen Gewerbegebäuden Büroräume befinden.

Die im vorliegenden Gutachten untersuchten Immissionsorte sind in der Anlage 1 dargestellt.

Straßenverkehr

Im umliegenden Straßenverkehr können Blendungen entstehen. Wie den Ausführungen des Kapitels 2 entnommen werden kann, befinden sich einige Straßen in der näheren Umgebung zum Plangebiet. 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.) und daher eine 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 ausreichend 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 ü GOK repräsentativ für einen Pkw gelegt. In den Abbildungen in der Anlage 1 sind die Immissionsorte dargestellt.

Bahnverkehr

Die Bahnstrecke 4000 (Mannheim – Konstanz) verläuft westlich des Plangebiets in Nordwest-Südost-Richtung. Nordöstlich des Plangebiets mündet die Bahnstrecke 4280 (Abzweigung Bashaide – Weil am Rhein) in diese ein. Die Höhe der Immissionsorte wurde folgendermaßen festgelegt: Es wurde auf die jeweilige Geländehöhe [9] eine Höhe von 3 m aufaddiert, was als Kopfhöhe des Zugführers angenommen wurde.

In der Anlage 1 sind die Immissionsorte im Bahnbereich dargestellt.

5. Blendeinwirkungen an den Immissionsorten

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

Für Immissionsorte gemäß den LAI-Hinweisen [2], die einen dauerhaften Aufenthalt nahelegen und wo keine direkte Gefahr durch kurzzeitige Blendungen zu erwarten ist, werden die maximalen täglichen und jährlichen Blendungen erhoben und überprüft, ob sich diese unterhalb von 30 Minuten am

Tag und 30 Stunden im Jahr bewegen. Bei derartigen Immissionsorten handelt es sich um Aufenthaltsbereiche der bewohnten Nachbarschaft.

Bei Immissionsorten im Straßen- und Bahnbereich, 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 sind daher insbesondere Blendungen zu vermeiden, die zu einer Sichteinschränkung führen können.

5.1 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten in der bewohnten Nachbarschaft

Für die Nachbarschaft (bewohnte Nachbarschaft) und Gewerbe (Büronutzung) ist es nicht von Bedeutung, ob die Blendquelle im fovealen Sichtbereich des Betrachters am Immissionsort liegt oder außerhalb, da anders als im Verkehr keine klare Sichtachse (in Richtung Verkehrsbewegung) vorliegt. Der Betrachter am Immissionsort kann in jede Himmelsrichtung blicken. Es gilt für die umliegende Nachbarschaft zu bewerten, wie lange am Tag eine Blendung vorliegt und ob diese oberhalb der gemäß Licht-Richtlinie [2] festgelegten 30 Minuten am Tag und 30 Stunden im Jahr liegt (vgl. Kapitel 3). Welche Paneele zu den Blendungen an den einzelnen Immissionsorten in der bewohnten Nachbarschaft führen, können der Anlage 2 entnommen werden. Die Blendungsstunden im Jahr wurden auf volle Stunden aufgerundet. Die Blendungszeiten sind ebenfalls in der Anlage 2 hinterlegt. Die Immissionsorthöhen in der Nachbarschaft wurden auf 1,5 m üGOK (repräsentativ für das Erdgeschoss), 4,5 m üGOK (repräsentativ für das erste Obergeschoss), 7,5 m üGOK (repräsentativ für das zweite Obergeschoss oder Dachgeschoss) und 10,5 m üGOK (repräsentativ für das dritte Obergeschoss oder Dachgeschoss) gelegt, was die Höhe des menschlichen Kopfbereichs einer Person, die sich im jeweiligen Stockwerk befindet, darstellt.

Tabelle 3: Blendung in der bewohnten Nachbarschaft			
Immissionsort	Stockwerke	Maximale Blendungszeiten	
		Tag (in Minuten)	Jahr (in Stunden)
ION01	EG	10	8
ION02	EG	15	20
ION03 bis ION09	Alle Stockwerke	Keine Blendungen	Keine Blendungen
ION10	EG	10	6
	OG1	10	6
	OG2	10	6
ION11	EG	10	12
ION12	EG	10	13
	OG1	10	15
	OG2	10	16
ION13	EG	10	14
	OG1	15	17
ION14	EG	10	16
	OG1	10	17
ION15	EG	10	15

Tabelle 3: Blendung in der bewohnten Nachbarschaft			
Immissionsort	Stockwerke	Maximale Blendungszeiten	
		Tag (in Minuten)	Jahr (in Stunden)
ION16	OG1	10	17
	EG	10	16
	OG1	10	21
ION17	EG	10	17
	OG1	10	22
ION18	EG	15	20
	OG1	10	24
	OG2	15	23
ION19	EG	10	18
	OG1	15	20
ION20	EG	10	20
	OG1	15	23
ION21	EG	15	21
	OG1	10	21
ION22	EG	15	19
	OG1	15	22
ION23 bis ION27	Alle Stockwerke	Keine Blendungen	Keine Blendungen
ION28	EG	10	15
	OG1	10	13
	OG2	10	14
	OG3	10	17
ION29	EG	10	15
	OG1	10	15
	OG2	10	18
ION30	EG	10	11
	OG1	10	12
	OG2	10	13
ION31 bis ION33	Alle Stockwerke	Keine Blendungen	Keine Blendungen
ION34	EG	10	17
ION35	Alle Stockwerke	Keine Blendungen	Keine Blendungen
ION36	EG	9	18
	OG1	10	20
	OG2	12	22
	OG3	12	24
	OG4	13	26
	OG5	13	28
ION37	EG	9	19
	OG1	10	20
	OG2	11	23
	OG3	12	25

Tabelle 3: Blendung in der bewohnten Nachbarschaft			
Immissionsort	Stockwerke	Maximale Blendungszeiten	
		Tag (in Minuten)	Jahr (in Stunden)
	OG4	12	27
	OG5	13	29
	EG	9	18
ION38	OG1	10	20
	OG2	10	22
	OG3	10	24
	OG4	11	27
	OG5	12	30
	EG	8	18
ION39	OG1	10	21
	OG2	10	23
	OG3	10	25
	EG	10	18
ION40	OG1	10	20
	OG2	11	22
	OG3	11	23
	OG4	13	25
	EG	10	18

Aus den Ergebnissen der oberen Tabelle geht hervor, dass in der gesamten Nachbarschaft die zulässigen Blendungsdauern von 30 Minuten am Tag und 30 Stunden im Jahr eingehalten werden. Dabei liegen die Blendungszeiten an einem Tag höchstens bei 15 min und bei 30 Stunden in einem Jahr.

5.2 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten im Verkehr

Nachfolgend wurden die Blendungen ausgehend von den Solarpaneelen auf die Immissionsorte im Straßenraum und im Bahnraum 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 3 für den Straßenverkehr und der Anlage 4 für den Bahnverkehr 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 3 für den Straßenverkehr und der Anlage 4 für den Bahnverkehr entnommen werden.

Tabelle 4: Blendungen im Verkehrsraum			
Immissionsort	Fahrzeugtyp	Blendungen PV-Anlage	
		physiologisch	psychologisch
Straßenverkehr			
IOS01	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IOS02	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IOS03	PKW	Nein	Ja
	LKW	Nein	Ja
IOS04	PKW	Nein	Ja
	LKW	Nein	Ja
IOS05	PKW	Nein	Ja
	LKW	Nein	Ja
IOS06	PKW	Nein	Ja
	LKW	Nein	Ja
IOS07	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IOS08	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Nein	Ja
IOS09	PKW	Nein	Ja
	LKW	Nein	Ja
IOS10	PKW	Nein	Ja
	LKW	Nein	Ja
IOS11 bis IOS36	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IOS37	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Ja	Ja
IOS38	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Ja	Ja
IOS39 bis IOS50	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IOS51	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
IOS52	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IOS53	PKW	Keine Blendung	Keine Blendung
	LKW	Keine Blendung	Keine Blendung
IOS54	PKW	Ja	Ja
	LKW	Ja	Ja
Bahnverkehr			
IOB01	Bahn	Nein	Ja
IOB02	Bahn	Nein	Ja

Tabelle 4: Blendungen im Verkehrsraum			
Immissionsort	Fahrzeugtyp	Blendungen PV-Anlage	
		physiologisch	psychologisch
Straßenverkehr			
IOB3 bis IOB9	Bahn	Keine Blendung	Keine Blendung
IOB10	Bahn	Nein	Ja
IOB11	Bahn	Nein	Ja
IOB12	Bahn	Nein	Ja
IOB15	Bahn	Nein	Ja
IOB16	Bahn	Nein	Ja
IOB17	Bahn	Keine Blendung	Keine Blendung

Aus der obenstehenden Tabelle kann entnommen werden, ob an den jeweiligen Immissionsorten Blendungen ausgehend vom Solarpark 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.

Rennemattenweg (Umgehungsstraße Haltingen) (i.e. IO S 02 bis IO S 20)

Den Ergebnissen der Blendungsberechnung in der Anlage 3 sowie der Zusammenstellung der Ergebnisse in der Tabelle 4 kann entnommen werden, dass an dem Rennemattenweg keine Blendungen prognostiziert werden, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen. Im Bereich östlich der Bahnlinie (i.e. IO S 8) liegen die Blendungen jedoch wie der Anlage 3 zu entnehmen ist knapp außerhalb des fovealen Sichtbereichs. Eine Konzeption von Maßnahmen zum Schutz der Verkehrsteilnehmer auf dem Rennemattenweg sind daher nicht erforderlich.

Märktweg (i.e. IO S 01 und IO S 51 bis IO S 54)

Den Ergebnissen der Blendungsberechnung in der Anlage 3 sowie der Zusammenstellung der Ergebnisse in der Tabelle 4 kann entnommen werden, dass an der Kreuzung des Märktwegs mit dem Rennemattenweg Blendungen prognostiziert werden, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen. Eine Beurteilung und ggf. Aufführung von Maßnahmen folgen im Kapitel 6.2 für den betroffenen Bereich.

Autobahn A 5 (i.e. IO S 21 bis IO S 29 und IO S 35)

Den Ergebnissen der Blendungsberechnung in der Anlage 3 sowie der Zusammenstellung der Ergebnisse in der Tabelle 4 kann entnommen werden, dass an der Straße Autobahn A5 keine Blendungen prognostiziert werden, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen können. Eine Konzeption von Maßnahmen zum Schutz der Verkehrsteilnehmer auf der A5 sind daher nicht erforderlich.

Bromenackerweg (i.e. IO S 30 bis IO S 33)

Den Ergebnissen der Blendungsberechnung in der Anlage 3 sowie der Zusammenstellung der Ergebnisse in der Tabelle 4 kann entnommen werden, dass keine Blendungen für den Bromenackerweg prognostiziert werden. Eine Konzeption von Maßnahmen zum Schutz der Verkehrsteilnehmer auf dem Bromenackerweg sind daher nicht erforderlich.

Autobahndreieck Weil am Rhein A5 und A 98 (i.e. IO S 34, IO S 36 bis IO S 39 und IO S 41 und IO S 43 bis IO S 45)

Den Ergebnissen der Blendungsberechnung in der Anlage 3 sowie der Zusammenstellung der Ergebnisse in der Tabelle 4 kann entnommen werden, dass an dem Autobahndreieck, welche westlich auf Höhe des Plangebiets liegt und die Autobahn A5 mit der Autobahn A 98 verbindet, in einem kleinen Bereich (i.e. IO S 37 LKW und IO S 38 LKW) kurzzeitige und punktuelle Blendungen im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern prognostiziert werden. Im Kapitel 6.2 werden die Blendungen beurteilt und ggf. Maßnahmen zur Reduzierung/Vermeidung der Blendungen vorgeschlagen.

Autobahn A 98 (i.e. IO S 46 bis IO S 50 und IO S 42)

Den Ergebnissen der Blendungsberechnung in der Anlage 3 sowie der Zusammenstellung der Ergebnisse in der Tabelle 4 kann entnommen werden, dass keine Blendungen der Autobahn A 98 prognostiziert werden. Eine Konzeption von Maßnahmen zum Schutz der Verkehrsteilnehmer auf dem Bromenackerweg sind daher nicht erforderlich.

Bahnstrecke 4000 zwischen Mannheim und Konstanz und Abzweigung der Bahnstrecke 4280 nach Basheide (i.e. IO B 01 bis IO B 17)

Den Ergebnissen der Blendungsberechnung in der Anlage 4 sowie der Zusammenstellung der Ergebnisse in der Tabelle 4 kann entnommen werden, dass auf der Bahnlinie keine Blendungen (die blendenden Bereiche der Module liegen außerhalb des fovealen Sichtbereichs) prognostiziert werden, die im fovealen Sichtbereich des Zugführers liegen können. Maßnahmen zum Schutz des Zugverkehrs erscheinen daher nicht erforderlich zu werden.

6. Beurteilung der Blendeinwirkung

6.1 Nachbarschaft

Aus den Ergebnissen in Kapitel 5.1 sowie den Darstellungen in Anlage 2 geht hervor, dass an den untersuchten Immissionsorten keine Blendungen auftreten, die oberhalb der gemäß den LAI-Hinweisen [2] zulässigen Blendungsdauern von 30 Minuten pro Tag beziehungsweise 30 Stunden pro Jahr liegen.

Die prognostizierten Blendungsdauern halten an sämtlichen untersuchten Immissionsorten die maßgeblichen Richtwerte ein. Erhebliche Belästigungen im Sinne der LAI-Hinweise sind daher aus gutachterlicher Sicht nicht zu erwarten.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass im Umfeld des Plangebiets teilweise bestehende sowie geplante Vegetationsstrukturen vorhanden sind, die in der Realität zusätzlich zu einer Reduzierung der prognostizierten Blendungen führen.

Auch muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die in der Anlage 2 dargestellten Blendbilder einen absoluten worst-case darstellen, da sie alle Modulblöcke darstellen, die irgendwann über das ganze Jahr gesehen zu Blendungen führen können. Somit ist davon auszugehen, dass sich zu bestimmten Zeitpunkten im Jahr, die zu Blendungen führenden Modulblöcke deutlich reduzieren können. Auch gilt zu bedenken, dass die Modulblöcke als ganzheitlich blendend dargestellt sind. In der Realität ist jedoch davon auszugehen, dass oftmals nur kleinere Bereiche eines Modulblocks zu Blendungen führen. Somit ist in der Realität in der Nachbarschaft sicherlich oftmals mit weniger flächendeckenden Blendungen zu rechnen und somit der störende Effekt dieser Blendungen reduziert.

Maßnahmen zum Schutz der umliegenden Nachbarschaft sind aus gutachterlicher Sicht daher nicht erforderlich.

6.2 Verkehr

Aus den Ergebnissen in Kapitel 5.2 sowie den Darstellungen in Anlage 3 und Anlage 4 geht hervor, dass an den umliegenden Straßen- und Bahnverkehrswegen teilweise Blendungen prognostiziert werden, die im fovealen Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer liegen können. Nachfolgend werden ausschließlich die beiden betroffenen Bereiche, die von Blendungen im fovealen Sichtbereich betroffen sind, beurteilt.

Märktweg (i.e. IO S 01, IO S 51 bis IO S 54)

Im Bereich des Märktwegs beziehungsweise des Kreuzungsbereichs mit dem Rennmattenweg werden Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen können. Am Immissionsort IO S 53 treten physiologische Blendwirkungen lediglich noch für den LKW-Verkehr auf.

Die prognostizierten Blendungen betragen maximal 15 Minuten pro Tag auf. Die Blendungen werden zwischen Mitte März und Ende September in den Abendstunden zwischen etwa 18:00 Uhr und 19:00 Uhr (Winterzeit) prognostiziert. Zu diesem Zeitpunkt steht die Sonne bereits tief im westlichen

bis nordwestlichen Himmelsbereich und liegt damit auch ein Stückweit oder ganz im Blickfeld der Verkehrsteilnehmer, die im besagten Straßenabschnitt nach Nordwesten und beim Einfahren auf die Kreuzung auch nach Westen blicken. Es ist daher davon auszugehen, dass bereits unabhängig vom geplanten Solarpark erhöhte Umgebungsleuchtdichten infolge der tiefstehenden Sonne vorliegen und somit eine blendungstechnische Vorbelastung zu besagter Zeit für Verkehrsteilnehmer vorliegt.

Den Blendbildern in Anlage 3 kann entnommen werden, dass Reflexionen mehrerer Paneele auftreten und teilweise größere Bereiche des Solarparks innerhalb des fovealen Sichtbereichs liegen. Auch wenn sich lediglich Teile der blendenden Paneele innerhalb des zentralen Sichtfelds befinden, können Blendwirkungen im Bereich der betrachteten Fahrbeziehungen nicht ausgeschlossen werden.

Gleichzeitig handelt es sich bei dem betroffenen Bereich um einen verkehrlich sensiblen Kreuzungsbereich (IOS01), an den erhöhte Anforderungen an gute Sichtverhältnisse zu stellen sind. Verkehrsteilnehmer müssen hier insbesondere Abbiege-, Einmündungs- und Querungsvorgänge sicher erfassen können. Blendungen im fovealen Sichtbereich können daher zu relevanten Sichtbeeinträchtigungen führen und sind aus gutachterlicher Sicht kritisch zu bewerten.

Im Umfeld des Plangebiets befinden sich bestehende sowie geplante Vegetationsstrukturen, die zeitweise zu einer Reduzierung möglicher Sichtbeziehungen beitragen können. Eine dauerhafte beziehungsweise ganzjährige Abschirmwirkung kann hieraus jedoch nicht abgeleitet werden, da insbesondere außerhalb der Vegetationsperiode keine vollständige Belaubung vorliegt und Vegetationsstrukturen grundsätzlich Veränderungen beziehungsweise Rückschnittmaßnahmen unterliegen können. Da im vorliegenden Fall jedoch die Blendungen im Frühling bis Spätsommer auftreten, kann der Vegetation jedoch ein höherer Sichtabschirmender Charakter zugesprochen werden.

Vor dem Hintergrund der sensiblen Verkehrssituation erscheint das blendungstechnische Konfliktpotenzial im Bereich des Märktwegs beziehungsweise des Kreuzungsbereichs mit dem Rennemattenweg aus gutachterlicher Sicht erhöht. Maßnahmen zur Reduzierung beziehungsweise Vermeidung möglicher Blendwirkungen werden daher geprüft und in Kapitel 7 dargestellt.

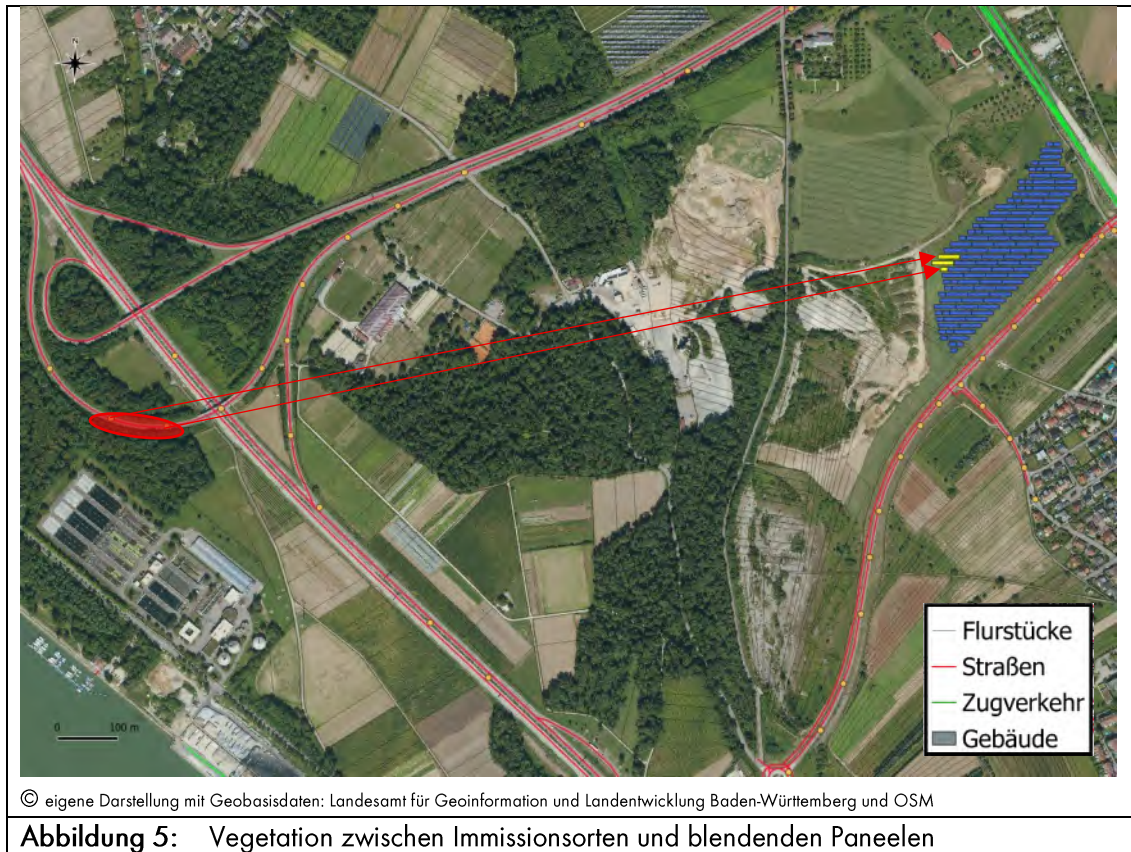
Autobahndreieck Weil am Rhein (A5 / A98) (i.e. IO S 37 LKW und IO S 38 S LKW)

Im Bereich des westlich des Plangebiets gelegenen Autobahndreiecks Weil am Rhein werden in einem kleinen Straßenbereich (i.e. IO S 37 und IO S 38) ausschließlich für den LKW-Verkehr Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen können. Die hier prognostizierten Blendungen gehen bei beiden Immissionsorten lediglich jeweils von nur einem Modultisch aus und haben daher unter Berücksichtigung eines Abstands von über 1,3 Kilometer einen wahrscheinlich unmerklichen punktuellen Charakter.

Die Blendungen sind des Weiteren sehr kurzzeitig. So werden am IO S 37 nur an einem Tag im Jahr Blendungen prognostiziert, die unterhalb von 5 Minuten liegen. Am IO S 38 werden an lediglich 2 Tagen im Jahr Blendungen prognostiziert, die ebenfalls unterhalb von 5 Minuten liegen.

Nicht zuletzt treten die Blendungen ausschließlich in den frühen Morgenstunden um ca. 6:00 Uhr auf. Zu diesem Zeitpunkt steht die Morgensonne tief im Osten und liegt somit genau im Hintergrund der punktuellen Blendung durch den Solarpark. Der punktuelle Blendeinfluss durch nur ein Modul ist daher aller Voraussicht nach für LKW-Fahrer vor dem hellen Hintergrund der Sonne nicht wahrnehmbar.

Die Berechnungen erfolgten ferner ohne Berücksichtigung von Vegetation. Hier zeigt sich jedoch, dass teils ganze Waldbereiche, zwischen Solarpark und dem kleinen Straßenbereich (IO S 37 und IO S 38) liegen. Hier befindet sich östlich der A 5 ein Waldbereich im Sichtfeld der Verkehrsteilnehmer im besagten Straßenbereich (IO S 37 und IO S 38), der über 400 m breit ist. Zudem ist der Straßenbereich (IO S 37 und IO S 38) nördlich und südlich gesäumt von Vegetation. In der nachfolgenden Abbildung sind die Vegetation und die Sichtachse zur besseren Vorstellung dargestellt.



Es zeigt sich, dass unter Berücksichtigung der aktuellen Randbedingungen eine Blickbeziehung am Straßenbereich (IO S 37 und IO S 38) zum Solarpark nahezu ausgeschlossen werden kann, da eine Blickbeziehung zur punktuellen Blendung des Solarparks aufgrund der dazwischenliegenden Vegetation nicht möglich scheint.

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen bestehenden Randbedingungen können Blendungen am IO S 37 und IO S 38 nahezu ausgeschlossen werden. Die Notwendigkeit von Maßnahmen ist aus gutachterlicher Sicht daher nicht erforderlich.

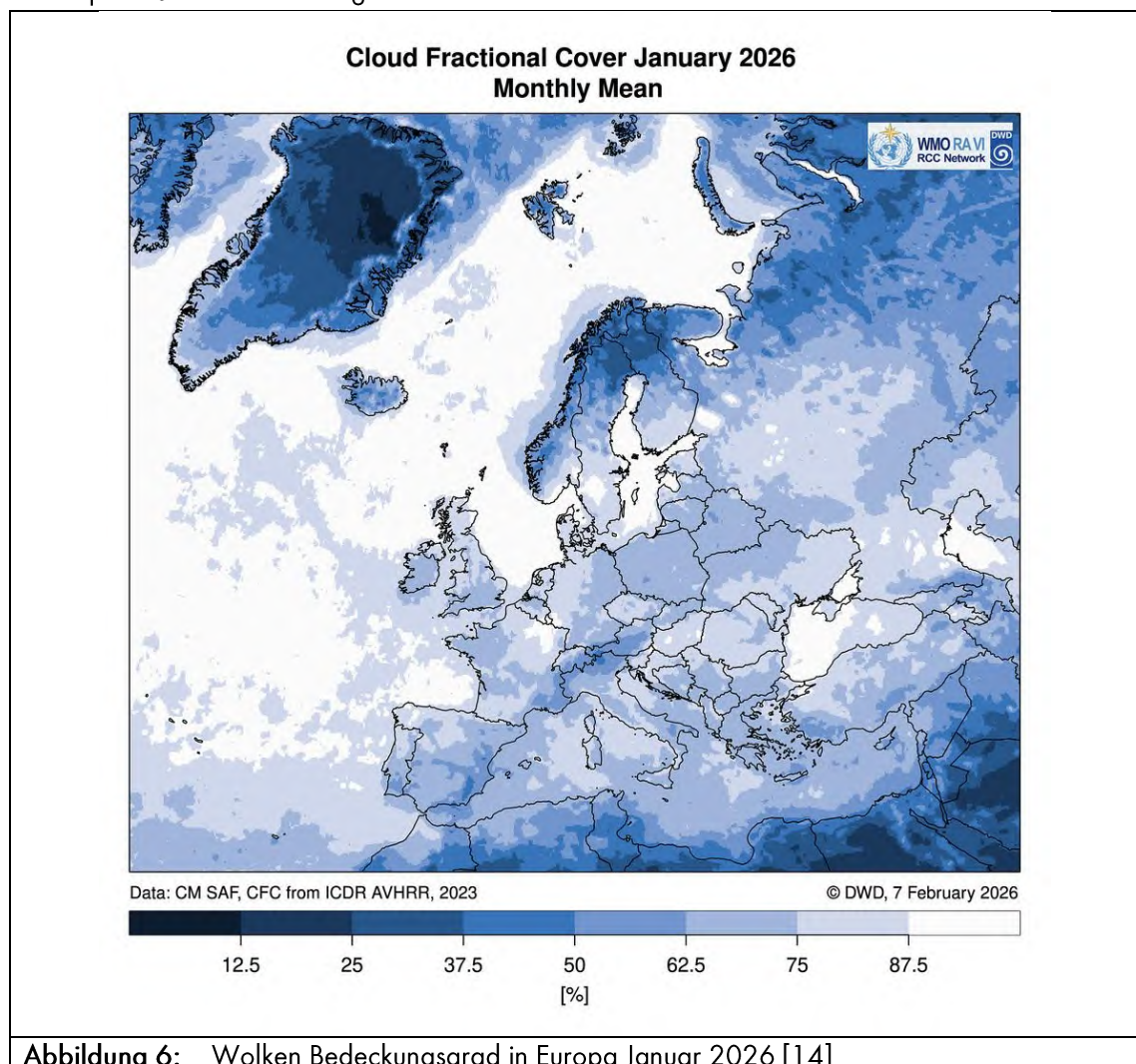
6.3 Informativ: Berücksichtigung der breiten Vegetationsbereiche rund um das Plangebiet

Wie bereits im Kapitel 6.1 und 6.2 an mehreren Stellen angeführt, fällt auf, dass in den nordwestlichen Bereichen zwischen den blendenden Paneelen und betroffenen Immissionsorten (Autobahnkreuz) Vegetationsbänder mit viel Baumbestand liegen. In der **Abbildung 2** ist zusätzlich zu der be-

stehenden Vegetation die geplante Vegetation rund um das Plangebiet dargestellt. In den Wintermonaten ist mit einem geringeren sichtsabschirmenden Charakter der Vegetation zu rechnen. Die Berücksichtigung erfolgte somit nicht in Berechnungen. Jedoch ist sicherlich von einem die Blendungen reduzierenden Charakter durch die umliegende bestehende und geplante Vegetation zu rechnen. Eine gesicherte, dauerhaft wirksame Abschirmung kann hieraus jedoch in der Regel nicht abgeleitet werden.

6.4 Informativ: Ganzjährig wolkenloser Himmel

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Worst Case Ansatz gewählt, dass ein ganzjährig wolkenloser Himmel vorliegt und somit jede prognostizierte Blendung erfasst werden konnte. Dieser Ansatz liegt jedoch auf der sicheren Seite und spiegelt nicht die Realität wider. Gerade in den kühleren Wintermonaten zwischen November und März, in denen vor allem Tiefdruckgebiete über Deutschland liegen und das Wetter beeinflussen, liegt ein höher Bewölkungsgrad in Deutschland vor. Gerade in den Wintermonaten mit seinen charakteristischen tiefen Sonnenständen werden in der Regel jedoch oftmals starke Blendeinflüsse prognostiziert. In der nachfolgenden Karte ist hierzu informativ eine Karte des Deutschen Wetterdienstes [14] dargestellt, die den prozentualen Wolken Bedeckungsgrad in Europa im Januar 2025 zeigt.



Hier zeigt sich, dass ein größerer prozentualer Bedeckungsgrad im Bereich des Planvorhabens vorliegt. Die in der vorliegenden Untersuchung prognostizierten Blendungen stellen somit einen worst case dar und liegen in Realität somit wahrscheinlich oftmals darunter.

7. Wirksamkeit von Maßnahmen

Wie im Kapitel 5.1 bereits dargelegt, treten keine Blendungen in der Nachbarschaft auf, die Maßnahmen erforderlich machen. Wie im Kapitel 5.2 dargestellt, sind im Verkehr Maßnahmen für die Kreuzung Rennemattenweg/Märktweg (i.e. IO S 01, IO S 51 bis IO S 54) zu erarbeiten.

Für die übrigen untersuchten Verkehrsbereiche, an denen keine physiologischen Blendungen prognostiziert werden, beziehungsweise keine relevanten Blendwirkungen zu erwarten sind, erscheinen Maßnahmen aus gutachterlicher Sicht nicht erforderlich zu sein. Im vorliegenden Fall wird die sichtunterbrechende Maßnahme als vorrangige Maßnahme zur Vermeidung relevanter Blendwirkungen vertieft untersucht. Weitere Maßnahmen, wie die Verwendung reflexionsarmer Module oder eine Änderung der Modulneigung beziehungsweise des Azimutwinkels, werden ergänzend hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Eignung bewertet.

7.1 Sichtunterbrechende Maßnahmen

Eine Unterbrechung der Sichtbeziehung zwischen den blendenden Solarpaneelen und den betroffenen Immissionsorten stellt grundsätzlich eine wirksame Maßnahme dar, um Blendwirkungen im fovealen Sichtbereich zu vermeiden. Hierfür kommen insbesondere bauliche Abschirmungen, beispielsweise in Form einer Blendschutzwand, eines Sichtschutzes oder vergleichbarer sichtunterbrechender Elemente, in Betracht.

Im vorliegenden Fall wird eine sichtunterbrechende Maßnahme für den Bereich des Märktwegs beziehungsweise des Kreuzungsbereichs Märktweg/Rennemattenweg untersucht. Ziel der Maßnahme ist es, die Sichtbeziehung zwischen den betroffenen Verkehrsbereichen und den blendenden Modulflächen so zu unterbrechen, dass relevante Blendwirkungen im fovealen Sichtbereich der Verkehrsteilnehmer vermieden werden.

Auf Grundlage der maßgeblichen Blendrichtungen, der Lage der betroffenen Immissionsorte sowie der örtlichen Topographie wurde die erforderliche Lage und Höhe der Abschirmung bestimmt. Die Abschirmung ist so anzuordnen, dass sie die Sichtverbindung zwischen den Verkehrsteilnehmern im Bereich des Märktwegs beziehungsweise des Kreuzungsbereichs und den maßgeblich blendenden Modulflächen unterbindet. Dabei ist insbesondere sicherzustellen, dass die Abschirmung auch für die maßgeblichen Sichthöhen des Pkw- und Lkw-Verkehrs wirksam ist.

In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei mögliche Sichtabschirmungen untersucht. In den nachfolgenden beiden Abbildungen sind die beiden untersuchten Sichtabschirmungsvarianten dargestellt, die im Zuge von iterativen Berechnungen ermittelt wurden:



Sichtabschirmung Variante 1



Sichtabschirmung Variante 2

Abbildung 7: Übersicht der beiden Sichtabschirmungsvarianten

Wie den Abbildungen entnommen werden kann wurde der Sichtschutz im Nahbereich des Solarparks (Variante 1 rote Linie, Variante 2 nordwestliche grüne Linie) auf Höhe des Zauns gelegt. Die zusätzliche Sichtabschirmung der Variante 2 (südöstliche grüne Linie der Variante 2) wurde, wie dem hinterlegten Höhenmodell entnommen werden kann [9], entlang der oberen Geländekante gelegt. Die Sichtabschirmungen müssen wie folgt dimensioniert werden:

Sichtabschirmung Variante 1: Die dicke rote Linie stellt den Bereich am Zaun dar, wo eine von 0 m üGOK bis 3,5 m üGOK hohe Sichtabschirmung konzipiert werden müsste. Die Bemaßung des Sichtschutzes wurde in die Abbildung eingezeichnet.

Sichtabschirmung Variante 2: Die nordwestliche dicke grüne Linie entlang des südlichen Randes des Solarparks stellt den Bereich am Zaun dar, wo eine von 0 m üGOK bis 3,2 m üGOK hohe Sichtabschirmung konzipiert werden müsste. Die Bemaßung des Sichtschutzes wurde in die Abbildung eingezeichnet. Zudem müsste südwestlich des Märktwegs eine 2 m üGOK hohe Sichtabschirmung an der oberen Geländekante konzipiert werden.

Wie der Anlage 5 entnommen werden kann, können hierdurch Blendungen im fovealen Sichtbereich für den betroffenen Straßenverkehrsbereich verhindert werden. Bei den dargestellten Varianten handelt es sich um zwei mögliche sichtunterbrechende Maßnahmen, deren Wirksamkeit im Rahmen der vorliegenden Untersuchung geprüft wurde. Grundsätzlich kommen auch andere bauliche oder sonstige dauerhaft sichtunterbrechende Maßnahmen in Betracht, gegebenenfalls auch an anderer Stelle. Diese müssten jedoch hinsichtlich ihrer Lage, Höhe und Wirksamkeit analog überprüft werden, um sicherzustellen, dass die maßgeblichen Sichtbeziehungen zwischen den betroffenen Immissionsorten und den blendenden Modulflächen wirksam unterbrochen werden.

Bei der konkreten Ausführung der Abschirmung sind neben der blendungstechnischen Wirksamkeit auch die bauliche Umsetzbarkeit, die Verkehrssicherheit, die Ortsüblichkeit, die Unterhaltung sowie das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu berücksichtigen und mit den blendungstechnischen Betroffenheiten abzuwägen. Die Abschirmung muss dauerhaft sichtunterbrechend ausgeführt und erhalten werden. Eine rein vegetative Abschirmung ist hierfür aller Voraussicht nach nicht ausreichend, da deren Wirksamkeit jahreszeitlichen Schwankungen sowie möglichen Rückschnitt- oder Veränderungsmaßnahmen unterliegt. Es zeigt sich jedoch, dass die derzeit vorliegende Vegetation in den Sommermonaten einen vergleichsweise sichtundurchlässigen Charakter aufweist, wie den Fotos der Anlage 6, aufgenommen im Juli, zu entnehmen ist. Sollte daher ein dauerhaft sichtunterbrechendes Objekt durch einen breiteren Vegetationsstreifen mit geeigneter Vegetation bewerkstelligt werden können, ist auch eine Sichtabschirmung durch Vegetation vorstellbar. Hier wäre jedoch dafür Sorge zu tragen, dass die Vegetation durch geeignete Pflege ihren sichtundurchlässigen Charakter zu jeder Zeit beibehält.

7.2 Weitere mögliche Maßnahmen

Neben der in Kapitel 7.1 dargestellten sichtunterbrechenden Maßnahme kommen grundsätzlich weitere Maßnahmen zur Reduzierung möglicher Blendwirkungen in Betracht. Diese werden nachfolgend ergänzend hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Eignung bewertet.

Reflexionsarme Solarpaneele / Anti-Reflexions-Beschichtungen

Die Verwendung von Solarpaneelen mit niedrigem Reflexionsgrad beziehungsweise hohem Absorptionsgrad sowie der Einsatz von Anti-Reflexions-Beschichtungen kann grundsätzlich zu einer Reduzierung möglicher Blendwirkungen beitragen. Im Vergleich zu herkömmlichen Glasoberflächen können reflexionsarme Module die Intensität gerichteter Reflexionen verringern und damit mögliche Sichtbeeinträchtigungen von Verkehrsteilnehmern mindern.

Da bei direkter Sonneneinstrahlung jedoch sehr hohe Leuchtdichten auftreten, können auch geringe Anteile der Sonnenreflexion weiterhin zu Blendwirkungen führen. Eine vollständige Vermeidung relevanter Blendwirkungen kann allein durch den Einsatz reflexionsarmer Module daher nicht sicher abgeleitet werden. Die Verwendung reflexionsarmer Module ist im vorliegenden Fall somit als ergänzende Maßnahme zur weiteren Reduzierung möglicher Blendwirkungen zu bewerten.

Änderung der Neigungs- und/oder Azimutwinkel der Solarpaneele

Eine Anpassung der Neigungs- und/oder Azimutwinkel der Solarpaneele kann grundsätzlich geeignet sein, Blendwirkungen an einzelnen Immissionsorten zu reduzieren oder zu vermeiden. Durch eine Änderung der Modulgeometrie verändert sich die Reflexionsrichtung der einfallenden Sonnenstrahlung, sodass Blendwirkungen aus bestimmten Sichtbereichen heraus verlagert werden können.

Im vorliegenden Fall erscheint diese Maßnahme jedoch nur bedingt zielführend. Da sich im Umfeld des Plangebiets mehrere potenzielle Immissionsorte befinden, kann eine Verbesserung der Blendungssituation in einem Bereich mit einer Verschlechterung an anderer Stelle verbunden sein. Da bei der derzeitigen Ausrichtung und Neigung lediglich ein räumlich begrenzter Bereich maßgeblich betroffen ist, erscheint eine Änderung der Neigungs- oder Azimutwinkel aus gutachterlicher Sicht nicht als vorrangige Maßnahme.

Straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen

Ergänzend können im Bereich betroffener Verkehrsflächen straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen geprüft werden. Hierzu zählen beispielsweise eine Hinweisbeschilderung auf mögliche Blendwirkungen oder weitere Maßnahmen zur Unterstützung einer vorsichtigen Fahrweise im betroffenen Bereich.

Die Anordnung solcher Maßnahmen obliegt der zuständigen Straßenverkehrsbehörde und wäre im weiteren Verfahren mit dieser abzustimmen. Straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen können zur Minderung möglicher Konflikte beitragen, ersetzen jedoch nicht zwingend eine technische beziehungsweise bauliche Maßnahme zur Vermeidung relevanter Blendwirkungen im fovealen Sichtbereich.

7.3 Gutachterliche Empfehlung

Aus gutachterlicher Sicht stellt die in Kapitel 7.1 dargestellte sichtunterbrechende Maßnahme die vorrangig geeignete Maßnahme zur Vermeidung relevanter Blendwirkungen im Bereich des Märktwegs beziehungsweise des Kreuzungsbereichs Märktweg/Rennmattenweg dar. Bei Umsetzung der Maßnahme (eine mögliche Variante der Sichtunterbrechung) in der dargestellten Lage und mit der erforderlichen Höhe ist davon auszugehen, dass die maßgeblichen Sichtbeziehungen zwischen den betroffenen Immissionsorten und den blendenden Modulflächen wirksam unterbrochen werden.

Die Verwendung reflexionsarmer Solarpaneele beziehungsweise von Anti-Reflexions-Beschichtungen kann ergänzend zur weiteren Reduzierung möglicher Blendwirkungen beitragen und wird aus gutachterlicher Sicht empfohlen. Eine alleinige Sicherstellung der Vermeidung relevanter Blendwirkungen kann hieraus jedoch nicht abgeleitet werden.

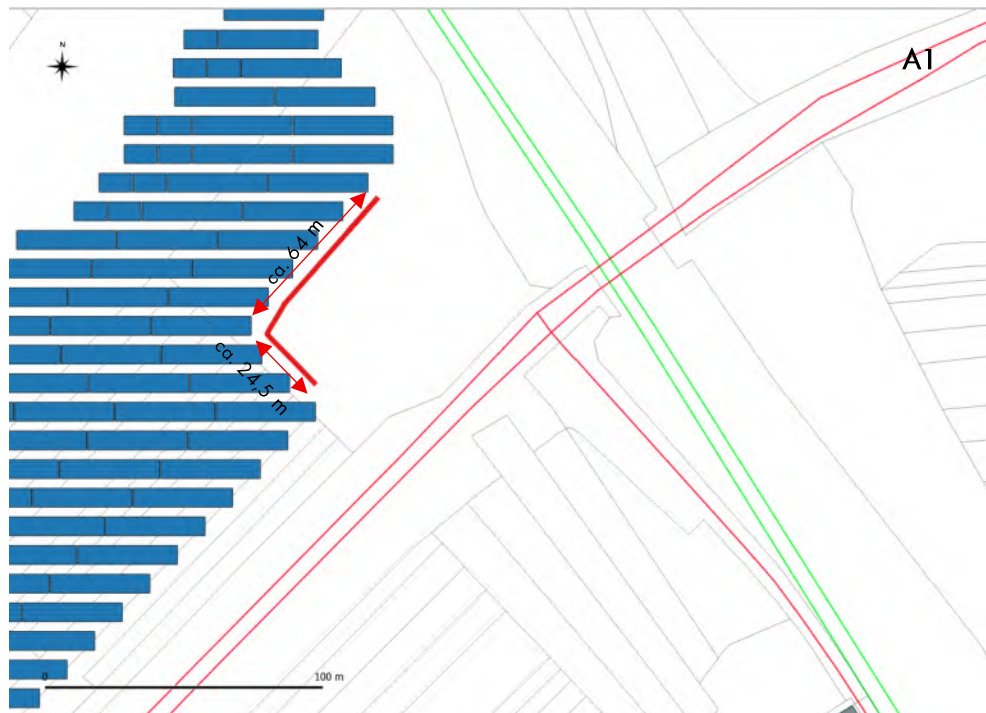
Eine Änderung der Neigungs- und/oder Azimutwinkel der Solarpaneele erscheint im vorliegenden Fall nicht als vorrangige Maßnahme, da hierdurch eine Verlagerung möglicher Blendwirkungen auf andere Immissionsorte nicht ausgeschlossen werden kann.

Zur Sicherstellung der blendungstechnischen Verträglichkeit wird empfohlen, die in Kapitel 7.1 dargestellte sichtunterbrechende Maßnahme bei der weiteren Planung zu berücksichtigen. Die konkrete bauliche Ausführung ist im weiteren Verfahren mit den zuständigen Stellen abzustimmen. Auf die Maßnahme kann verzichtet werden, wenn durch eine entsprechende Bepflanzung sichergestellt werden kann, dass von den betroffenen Immissionsorten keine Sichtbeziehung zu den Paneelen besteht. Da die Blendwirkungen zwischen April und September auftreten, entspricht dies dem Zeitraum, in dem die Begrünung in den vorliegenden Breitengraden ihre volle Wirksamkeit entfaltet.

8. Formulierungsvorschläge für Satzung und Begründung des Bebauungsplans

8.1 Satzung

- (1) Zur Vermeidung von Blendkonflikten ist eine Sichtabschirmung, wie in der Abbildung A1 dargestellt, baulich umzusetzen. Hier wurde eine von 0 m bis 3,5 m üGOK hohe Sichtabschirmung auf Höhe des Zauns konzipiert, die eine Länge von etwa 90 m aufweisen sollte. Davon kann abgewichen werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass durch die Planung keine Blendkonflikte entstehen.



© eigene Darstellungen mit Geobasisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, OSM und Planunterlagen

8.2 Begründung

In einer blendungstechnischen Untersuchung (Möhler + Partner Ingenieure GmbH, Bericht Nr. 770-03870 vom Juli 2026) wurde die Blendungssituation ausgehend von dem geplanten Vorhaben prognostiziert und mit den Anforderungen der Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) beurteilt.

Der Solarpark wurde gemäß der Belegungsplanung durch die Naturenergie Solar GmbH vom 22.04.2026 angesetzt und die hiervon ausgehenden Blendungen ermittelt. Die Reihenabstände der Modulreihen betragen 3,5 m. Die Modultische sind 0,9 m üGOK angebracht und sollen eine einheitliche Neigung von 20 ° aufweisen. Die Solarpaneele folgen dem Geländeverlauf. Der Solarpark soll nach Süden ausgerichtet werden.

Die Berechnung der Blendungen erfolgt über eine hausinterne Software, die folgende Randbedingungen und Berechnungsgrundlagen berücksichtigt: Die Berechnung der möglichen Blendung erfolgt unabhängig vom möglichen Bedeckungsgrad des Himmels und somit unter der Annahme eines wolkenlosen Himmels. In Anlehnung an das Berechnungsverfahren (Über die Blendungsbewertung von reflektiertem Sonnenlicht bei Solaranlagen, Schierz, Stand: 2012) 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 ° berücksichtigt.

Die mögliche Blendung wird im Jahresverlauf in 5-Minuten-Schritten dargestellt. Eine Blendung durch ein geplantes Photovoltaikelement 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.

Bei geringfügigen Abweichungen der Aufständerungshöhen der Planung, die in der Praxis teils an manchen Stellen etwas angepasst werden müssen, um lokalen Einflüssen wie kleinen Bodenwellen, etc. zu begegnen, von der in der Prognose verwendeten Belegungsplanung werden keine relevanten oder nur geringfügige Änderungen in der ermittelten Blendungssituation erwartet.

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

Die Berechnungen der Blendungen in der Nachbarschaft zeigen, dass an den untersuchten Immissionsorten keine Blendungen auftreten, die oberhalb der zulässigen Blendungsdauern von 30 Minuten pro Tag beziehungsweise 30 Stunden pro Jahr liegen.

Bei den Immissionsorten im Straßenraum und im Bahnraum wurden die Blendungen berechnet und überprüft, ob es sich hierbei um eine physiologische (innerhalb des 60 ° fovealen Sichtbereichs) oder eine psychologische Blendung (außerhalb des 60 ° fovealen Sichtbereichs) handelt. Als kritisch wurden lediglich Blendungen im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern erachtet.

Im Bereich des Märktwegs beziehungsweise des Kreuzungsbereichs mit dem Rennmattenweg werden Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen können.

Vor dem Hintergrund der sensiblen Verkehrssituation erscheint das blendungstechnische Konfliktpotenzial im Bereich des Märktwegs beziehungsweise des Kreuzungsbereichs mit dem Rennmattenweg aus gutachterlicher Sicht erhöht. Maßnahmen zur Vermeidung möglicher Blendwirkungen wurden daher in Form einer Sichtabschirmung konzipiert. Hier wurde eine Sichtabschirmungsvariante konzipiert, die sich auf Höhe der Einfriedung im Geltungsbereich befindet.

Untersuchte Sichtabschirmungs-Variante: Hier wurde eine von 0 m bis 3,5 m üGOK hohe Sichtabschirmung auf Höhe des Zauns konzipiert, die eine Länge von etwa 90 m aufweisen sollte.

Durch diese Sichtabschirmungsvariante können die Blendungskonflikte am Märktweg vermieden werden.

Dieses Gutachten umfasst 38 Seiten und 6 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure GmbH gestattet.

Möhler + Partner Ingenieure GmbH

München, 6. August 2026



i.V. M.Sc. P. Patsch



i. A. B.Sc. Caterina Gimenez



i. V. M. Sc. C. Bews

9. Anlagen

Anlage 1: Lagepläne

Anlage 2: Blendung in der Bewohnten Nachbarschaft

Anlage 3: Blendung im Verkehr

Anlage 4: Blendung im Bahnbereich

Anlage 5: Maßnahme durch Sichtabschirmung

Anlage 6: Fotodokumentation der Vegetation südlich des Solarparks

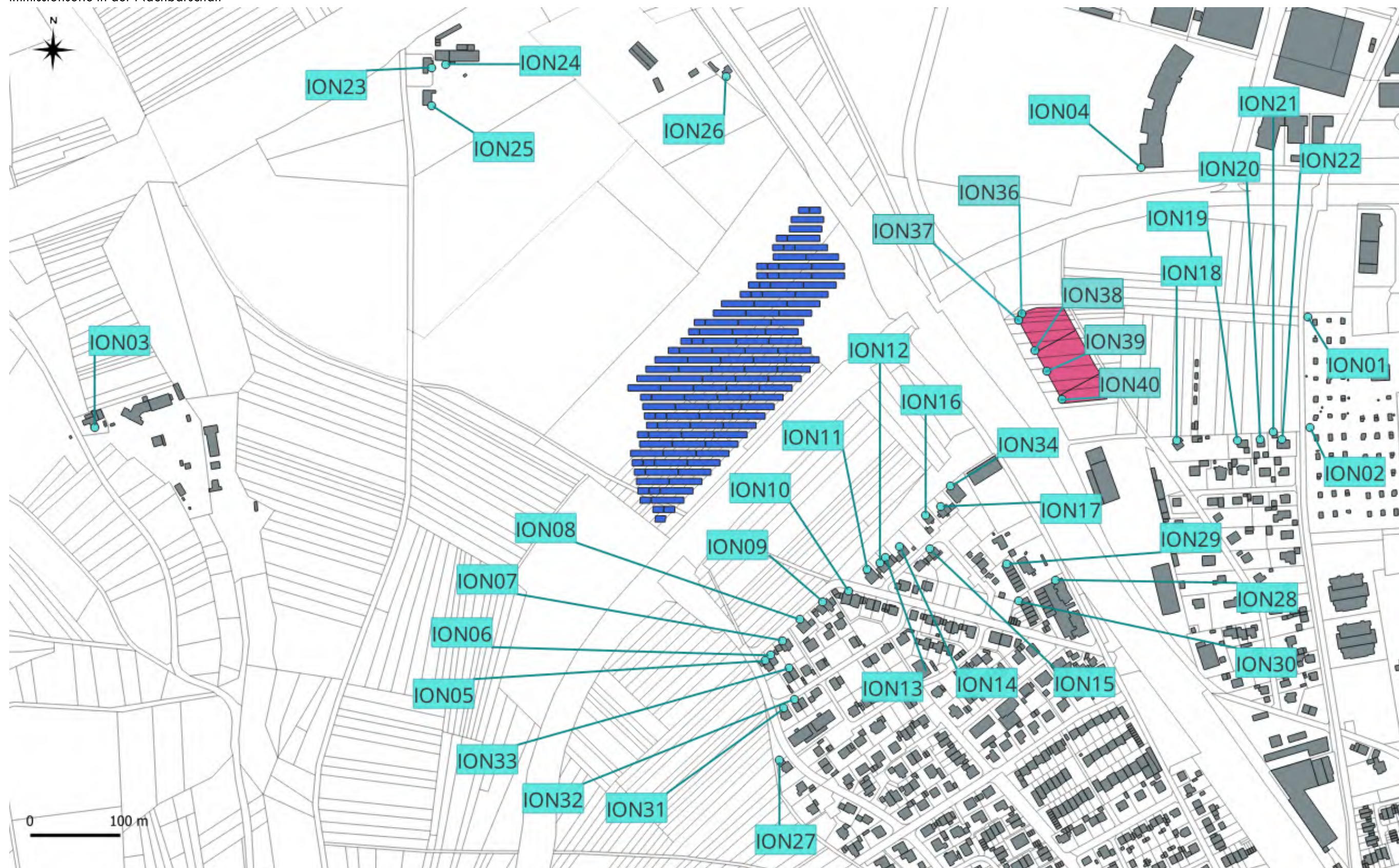
Anlage 1: Lagepläne

Für alle Abbildungen in der Anlage 1 gilt: © eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Geoportal Baden-Württemberg

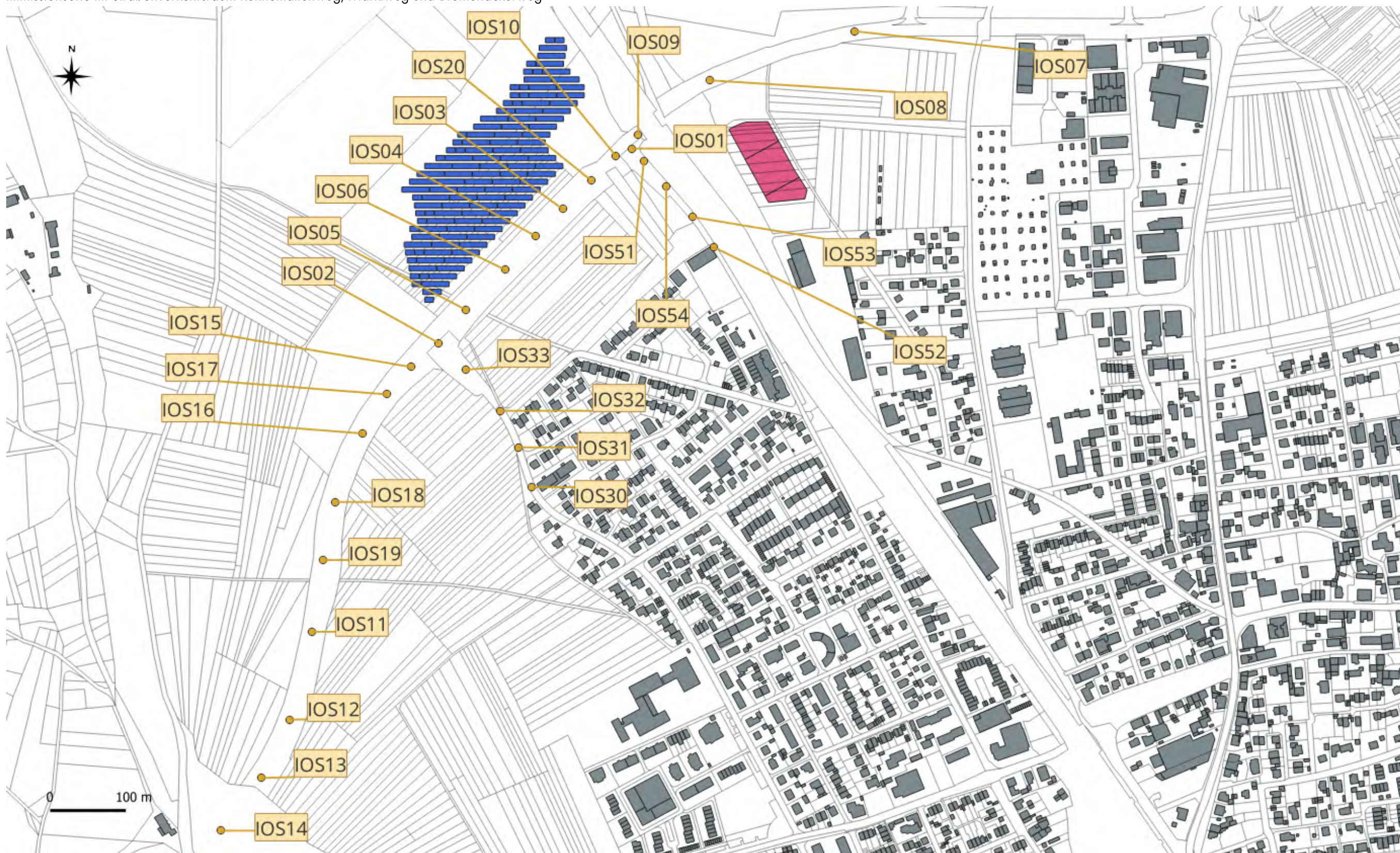
Übersichtslageplan



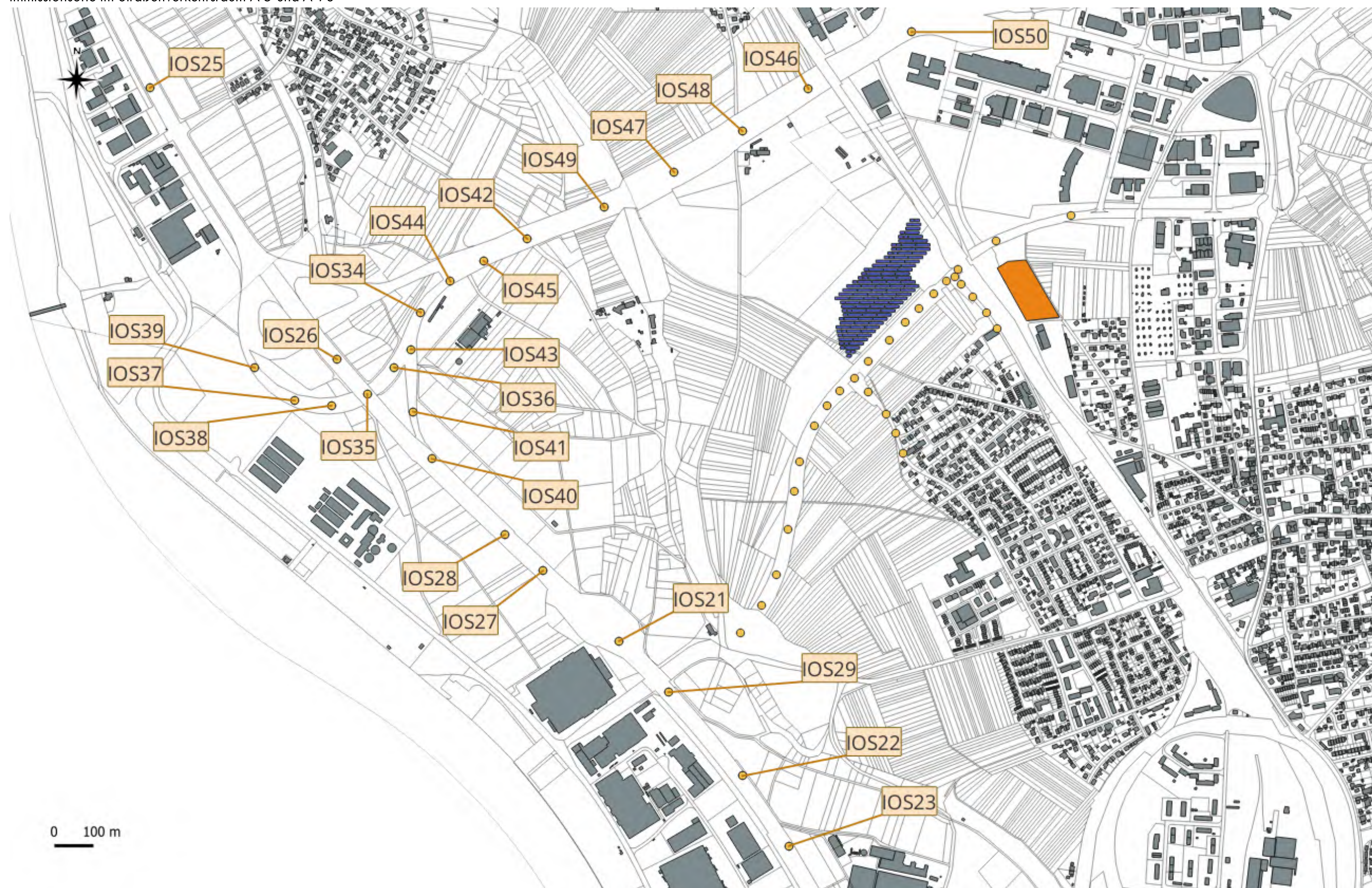
Immissionsorte in der Nachbarschaft



Immissionsorte im Straßenverkehrsraum Rennemattenweg, Märktweg und Bromenackerweg



Immissionsorte im Straßenverkehrsraum A 5 und A 98

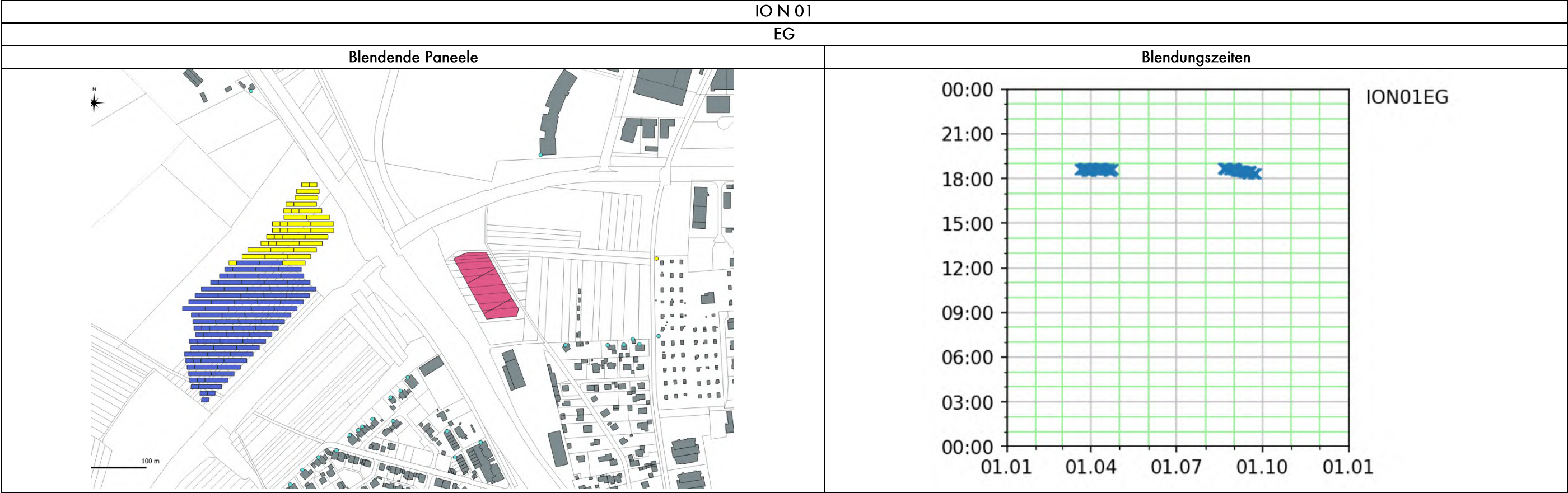


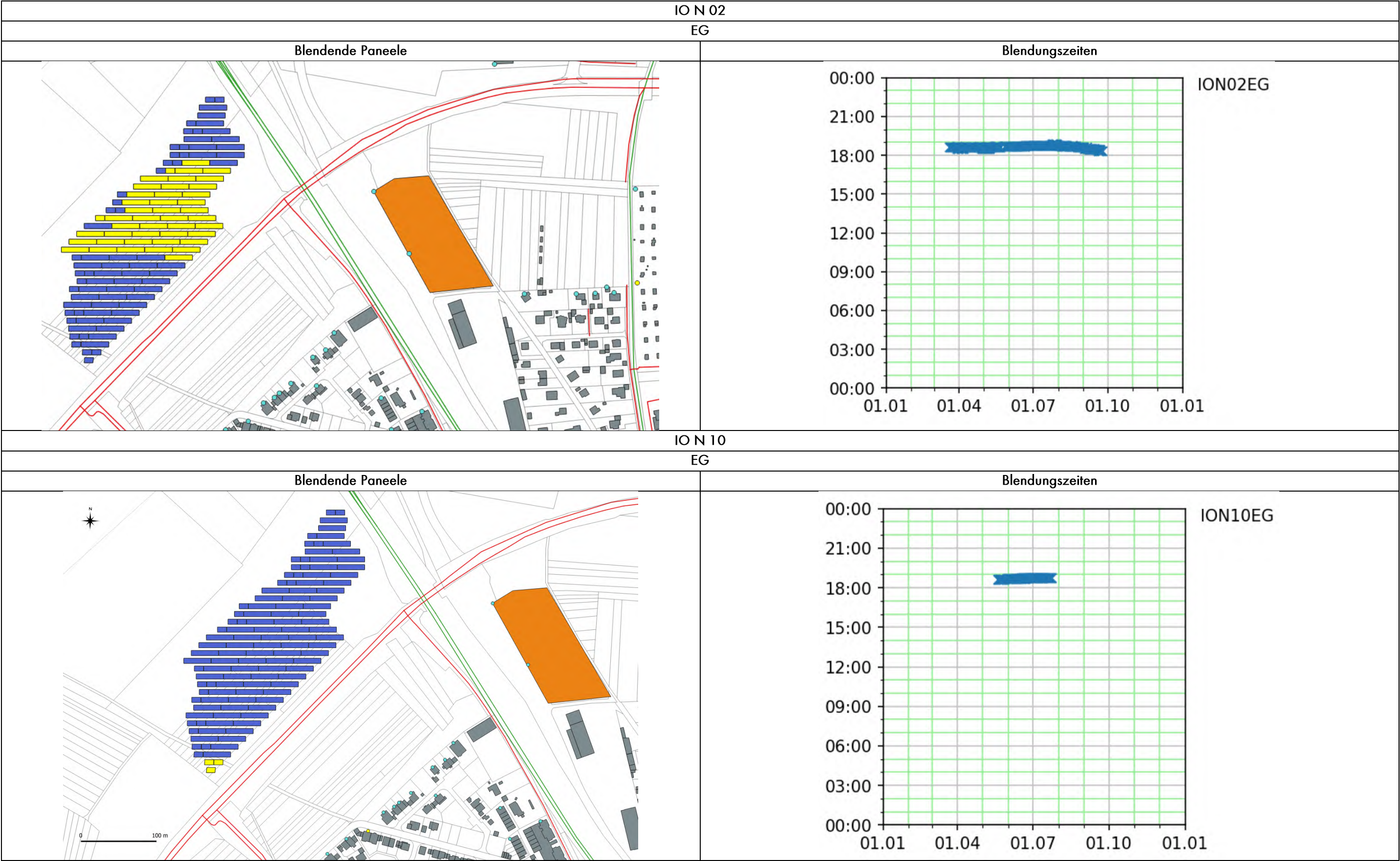
Immissionsorte im Bahnbereich

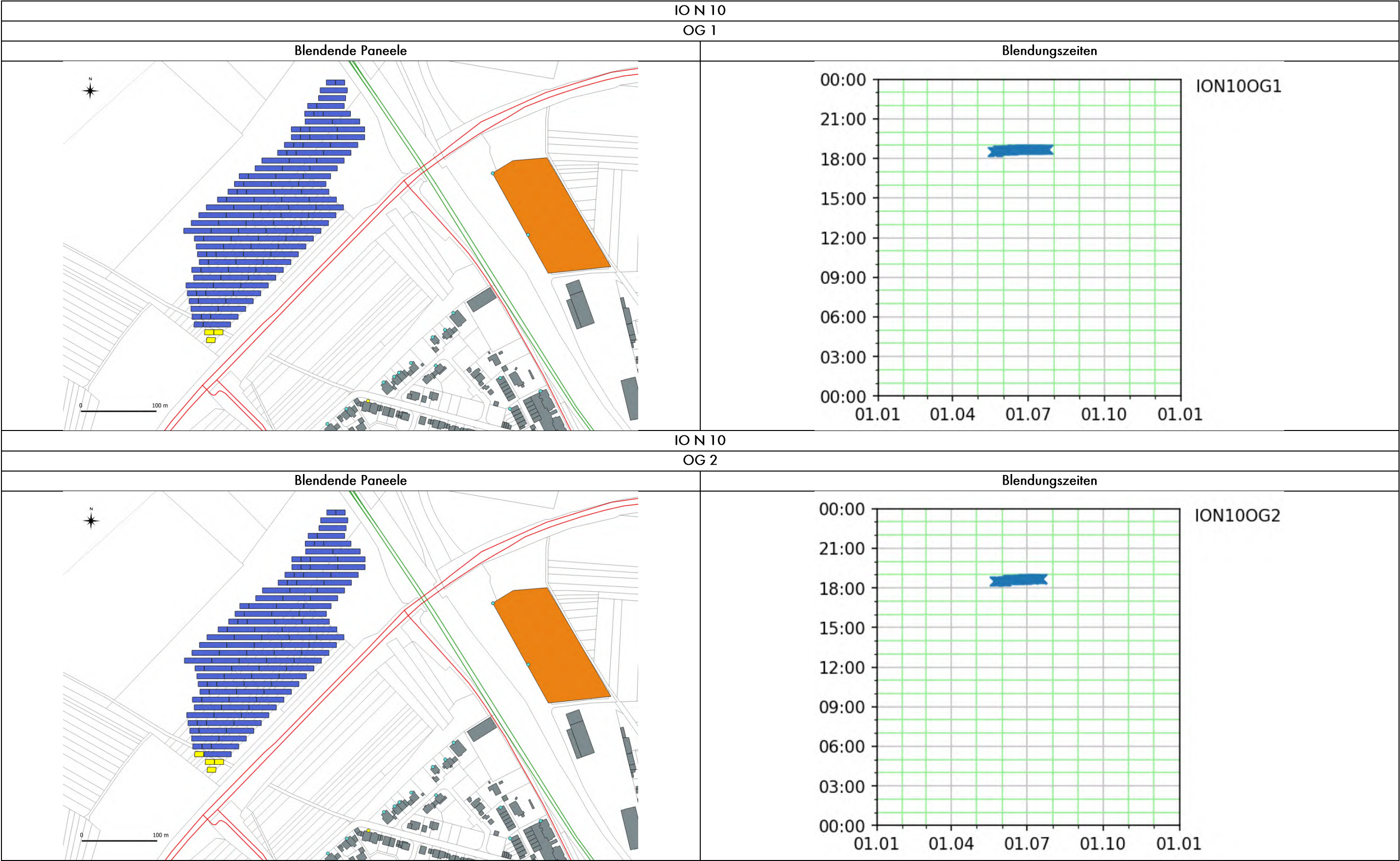


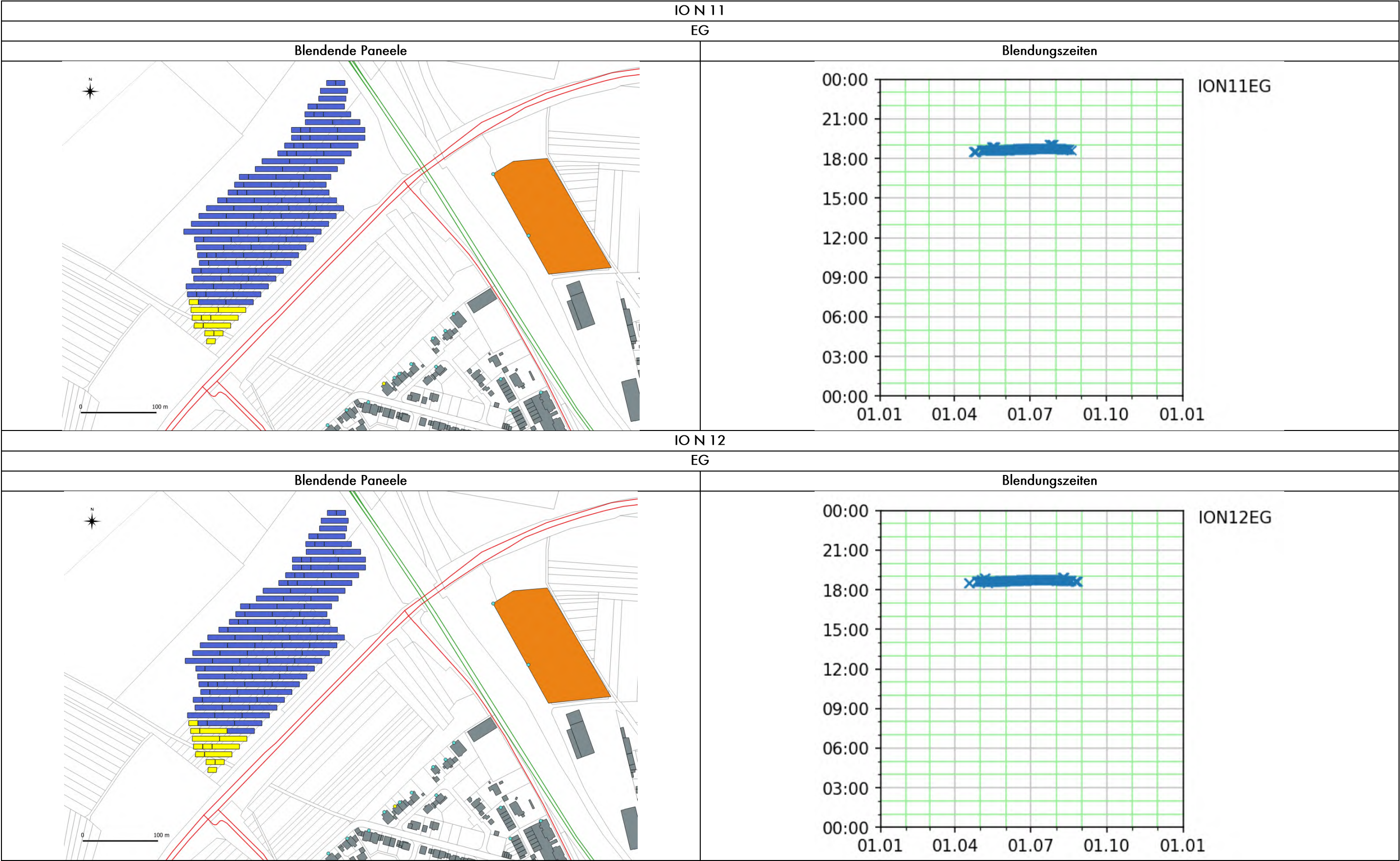
Anlage 2: Anlagenbezeichnung

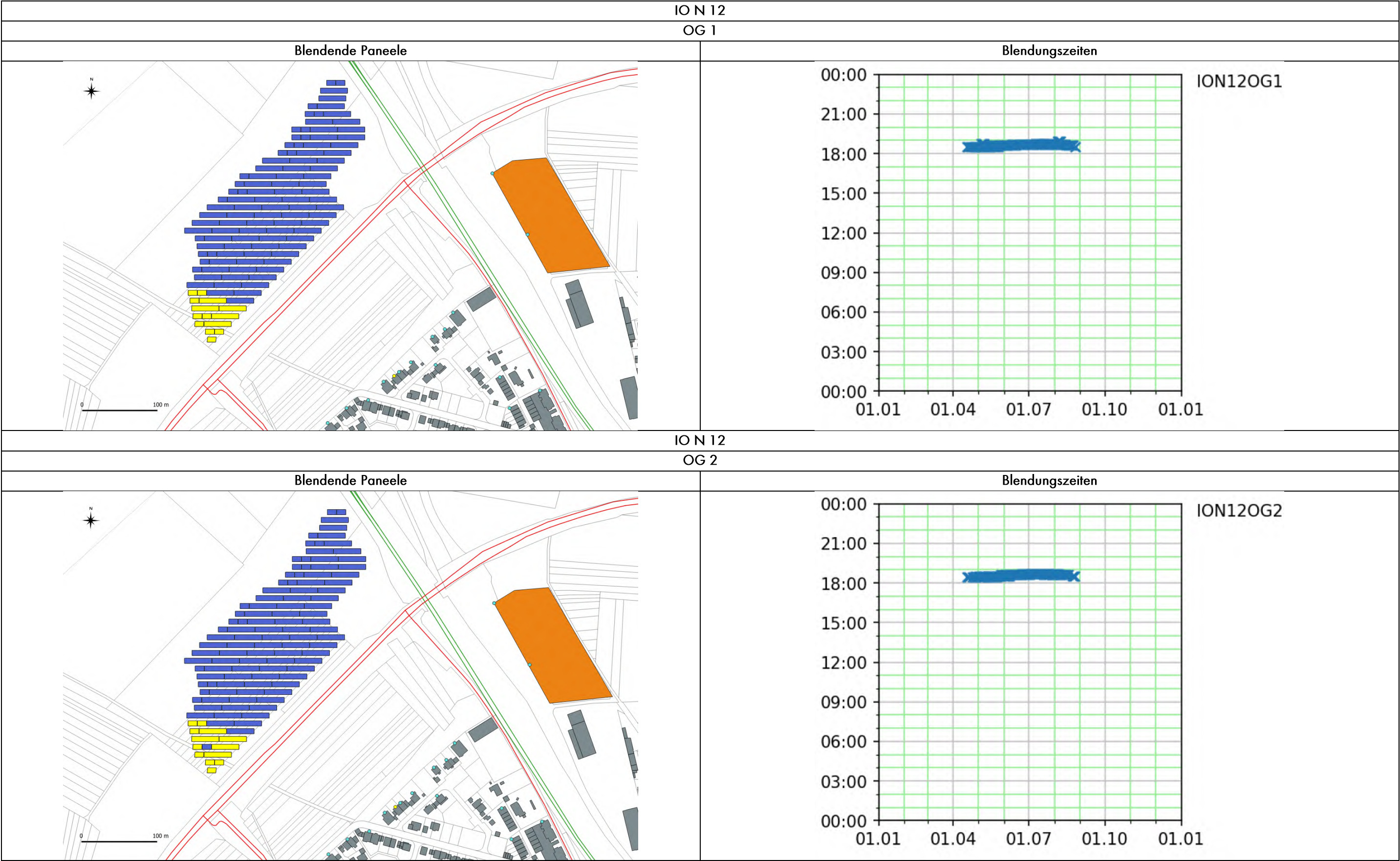
In den nachfolgenden Abbildungen sind die am Immissionsort zu Blendungen führenden Paneele gelb dargestellt. Der jeweilige Immissionsort ist in Gelb dargestellt. Zusätzlich sind die Zeiten dargestellt, zu denen die Blendungen auftreten. Die Blendungszeiten sind in Winterzeit angegeben. An einigen Immissionsorten (i.e. IO N 03 bis IO N 09, IO N 23 bis IO N 27, IO N 31 bis IO N 33 und IO N 35) treten keine Blendungen auf. Für alle Abbildungen in der Anlage 2, die die blendenden Paneele darstellen, gilt: © eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Geoportal Baden-Württemberg ([9] und [10]) und Planunterlagen [7]

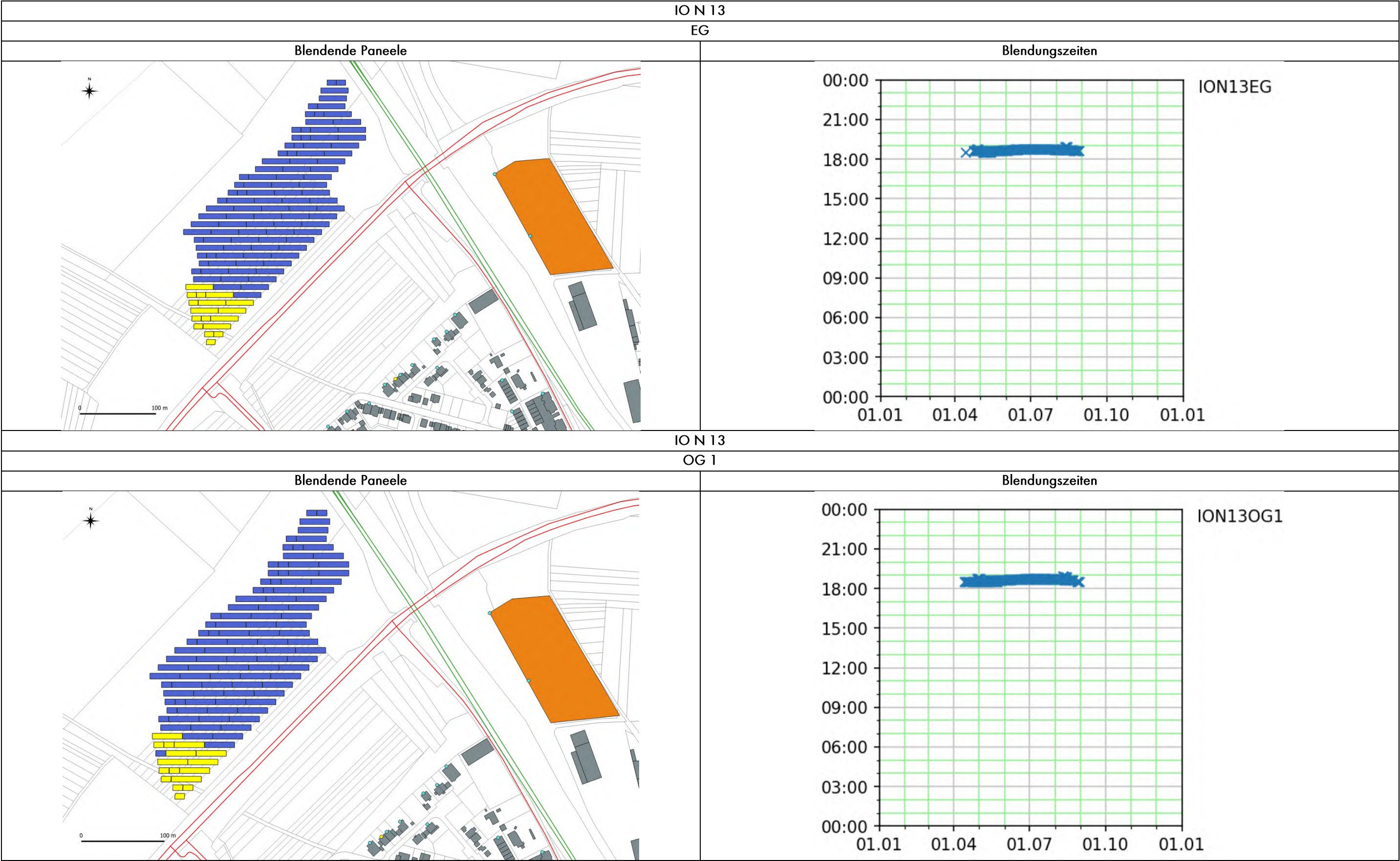


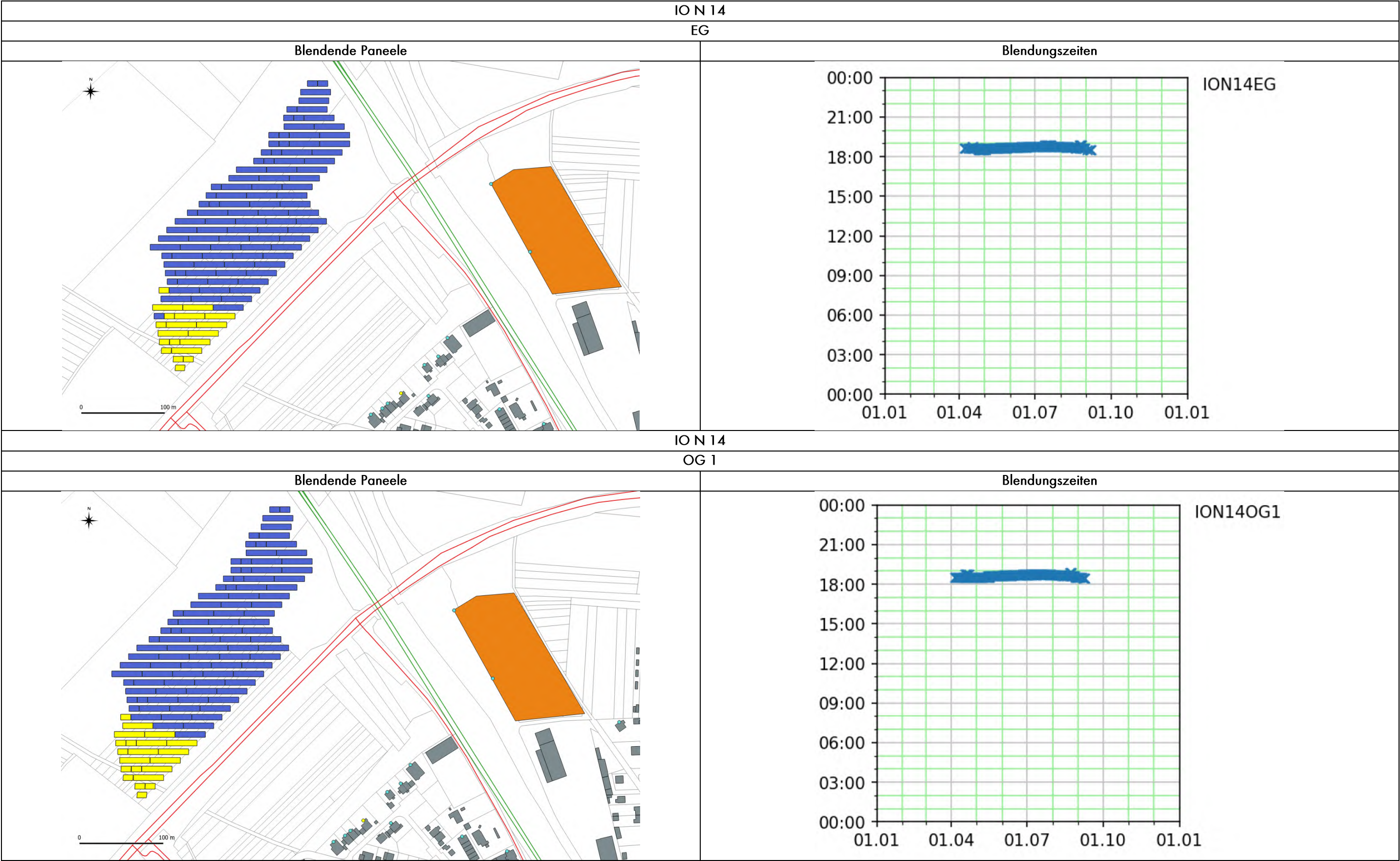


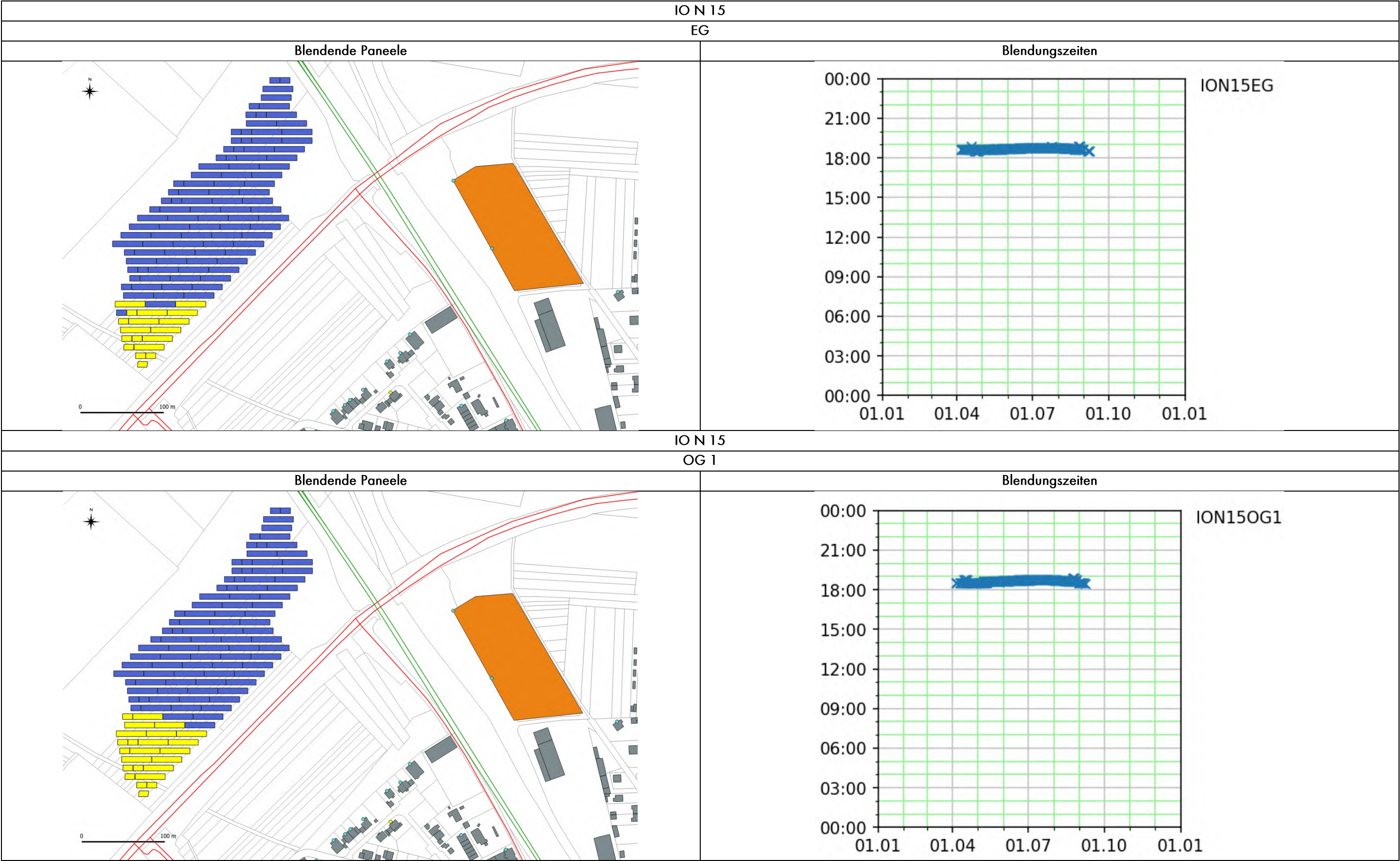


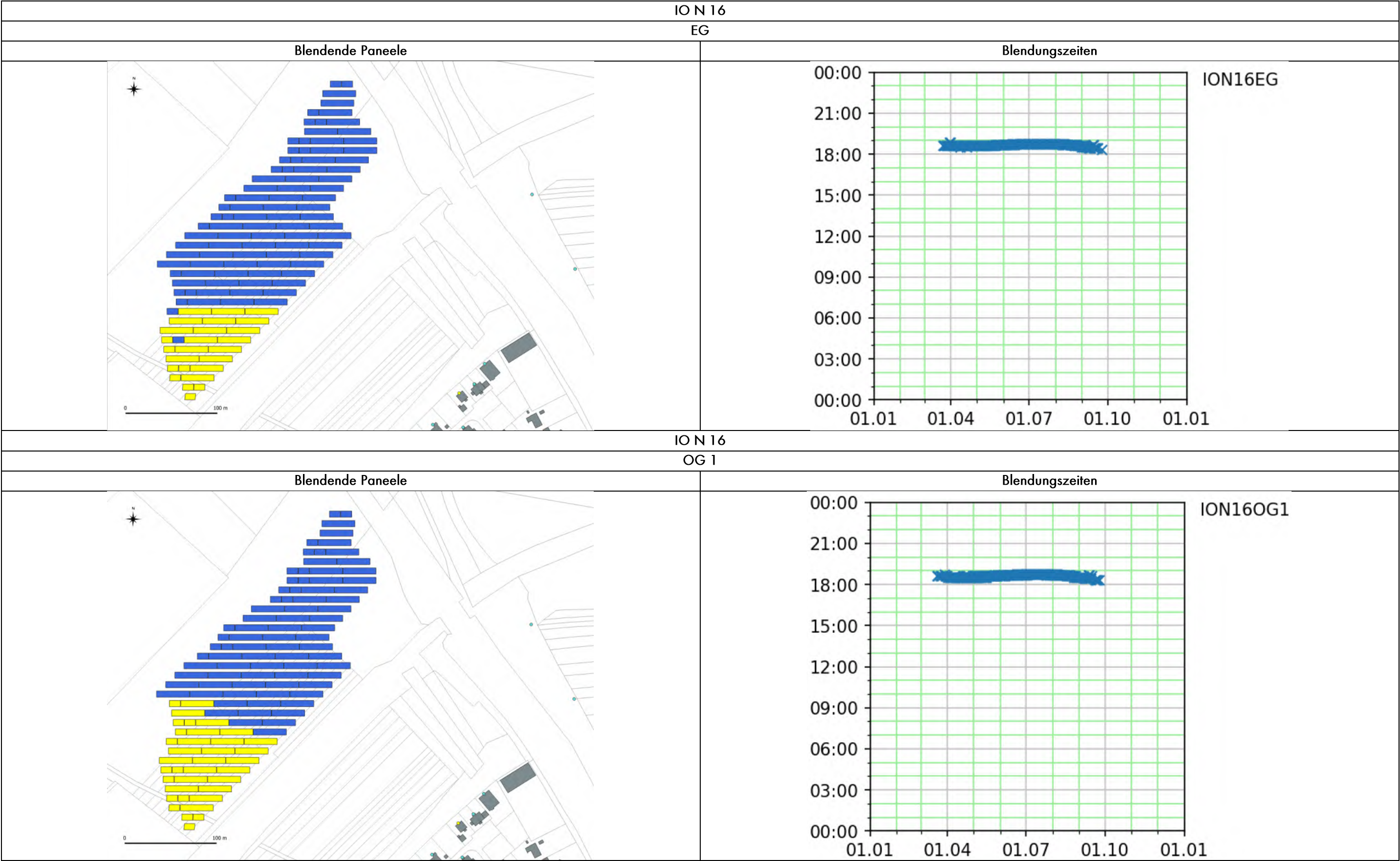


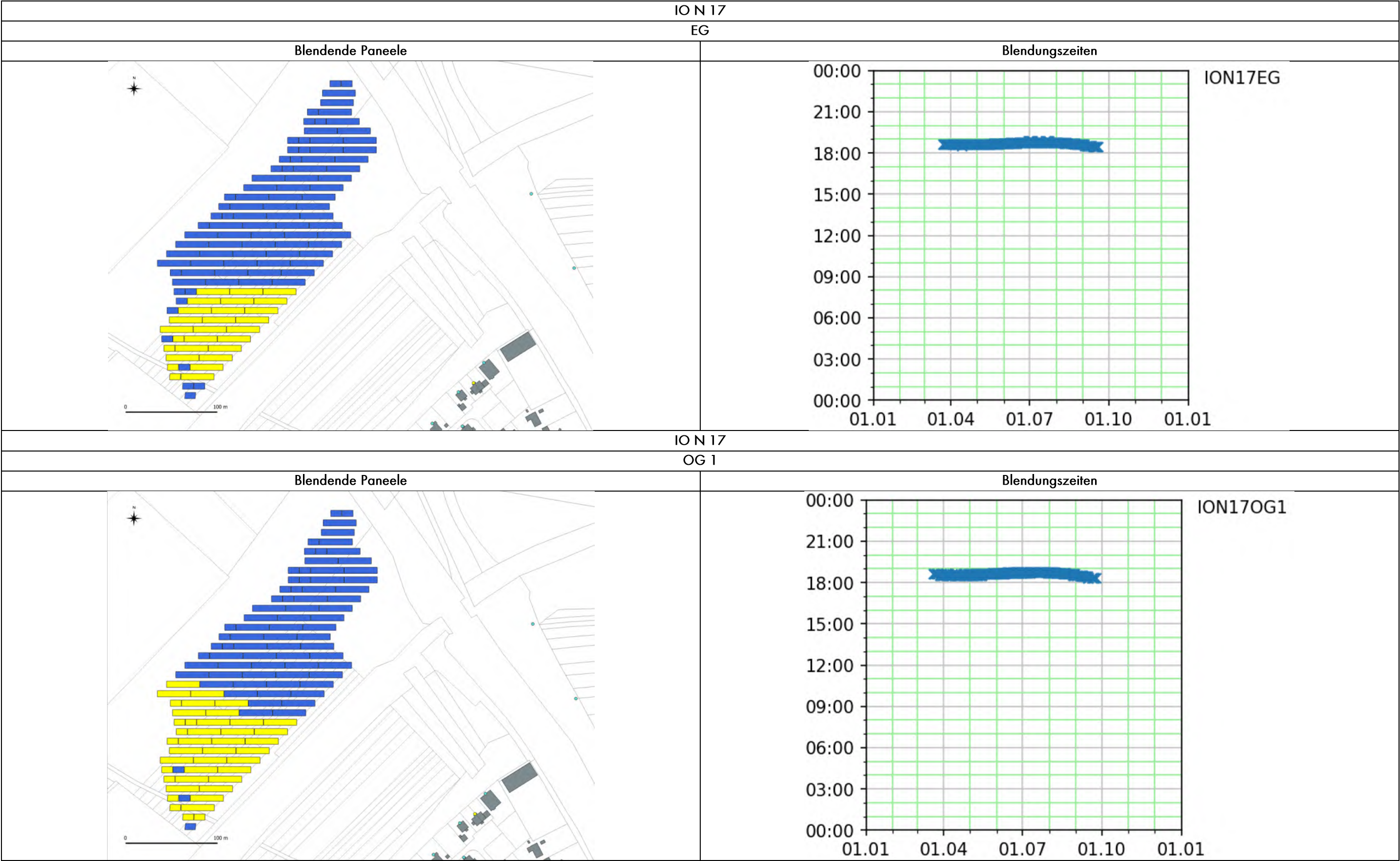


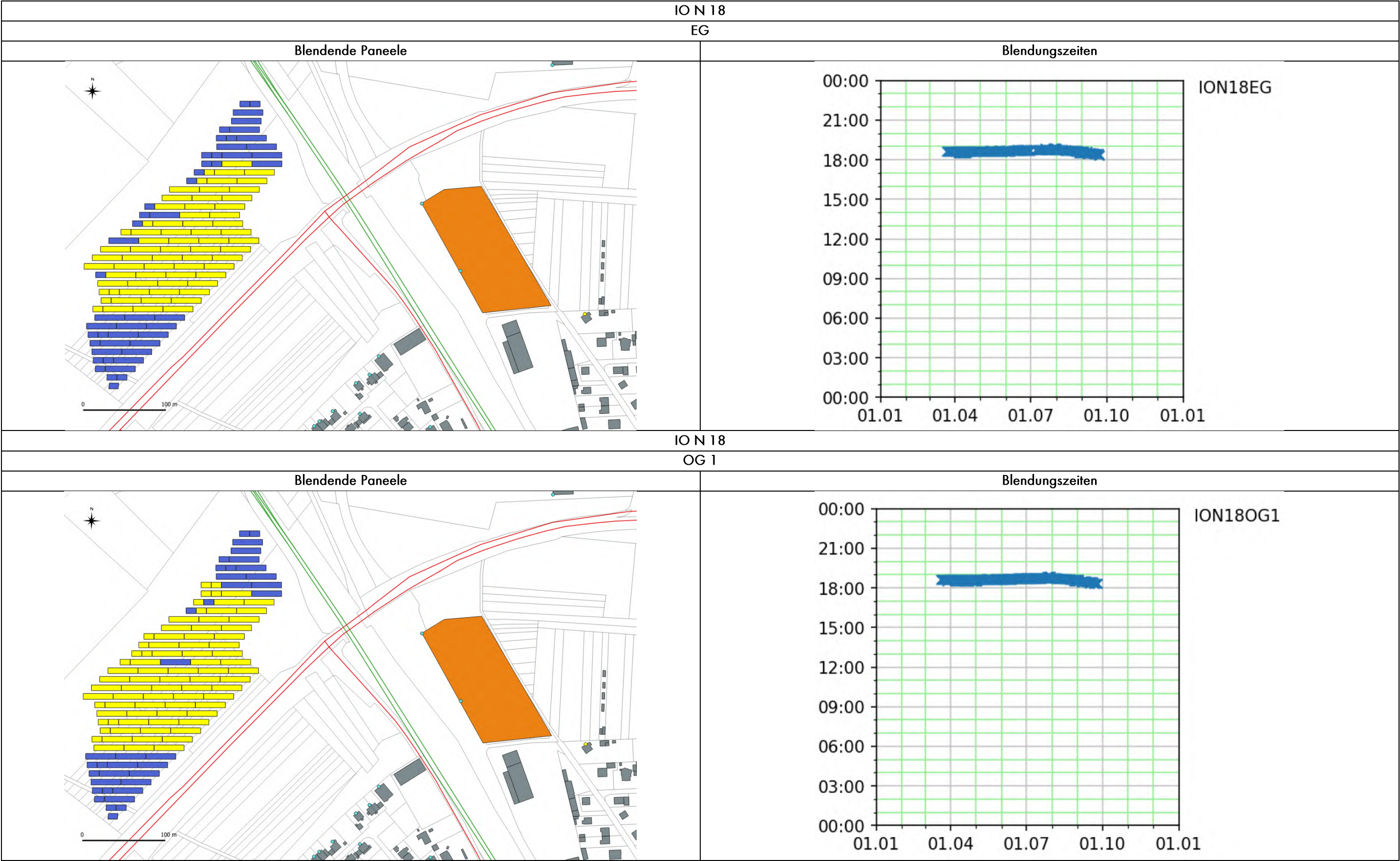


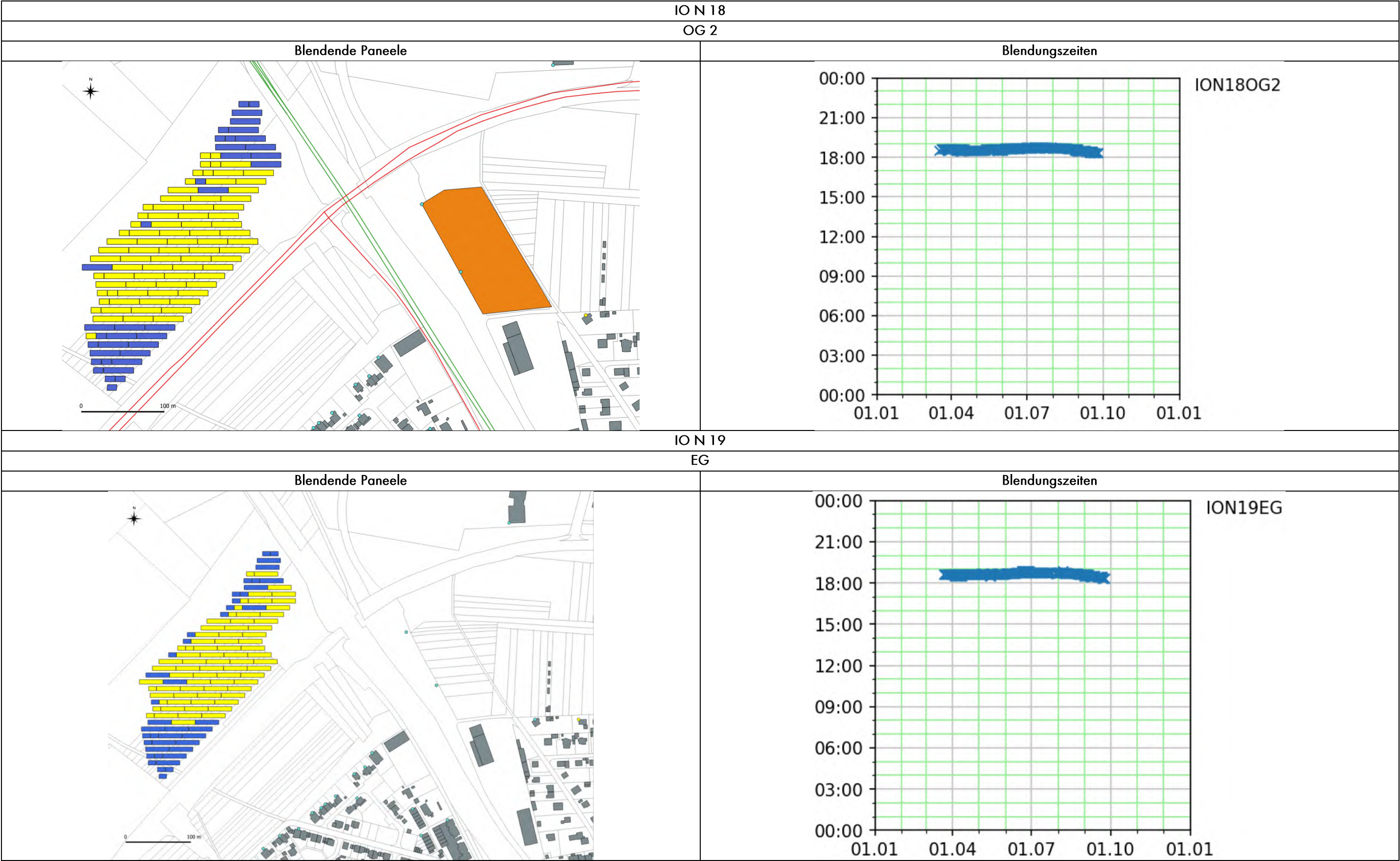


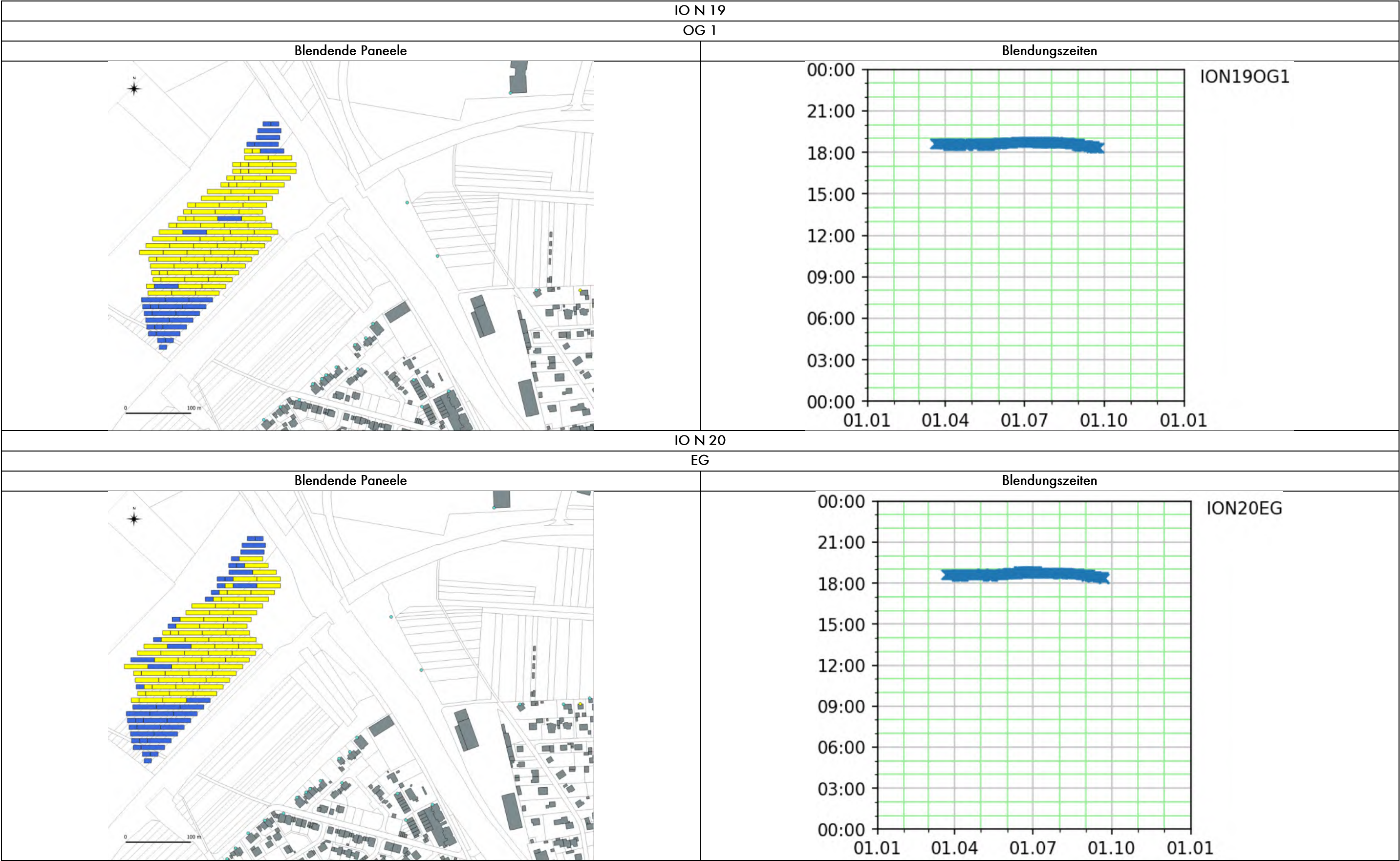


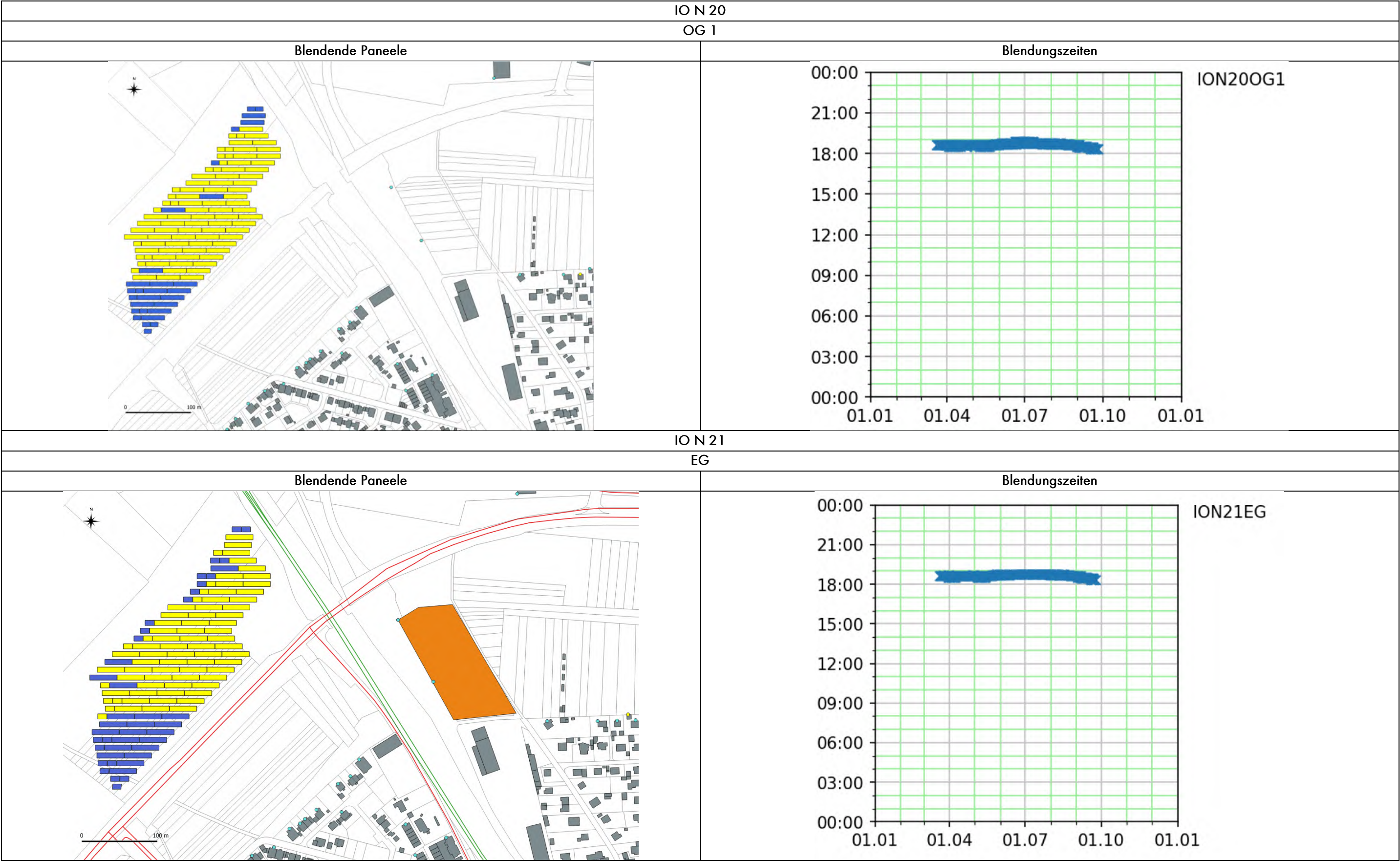


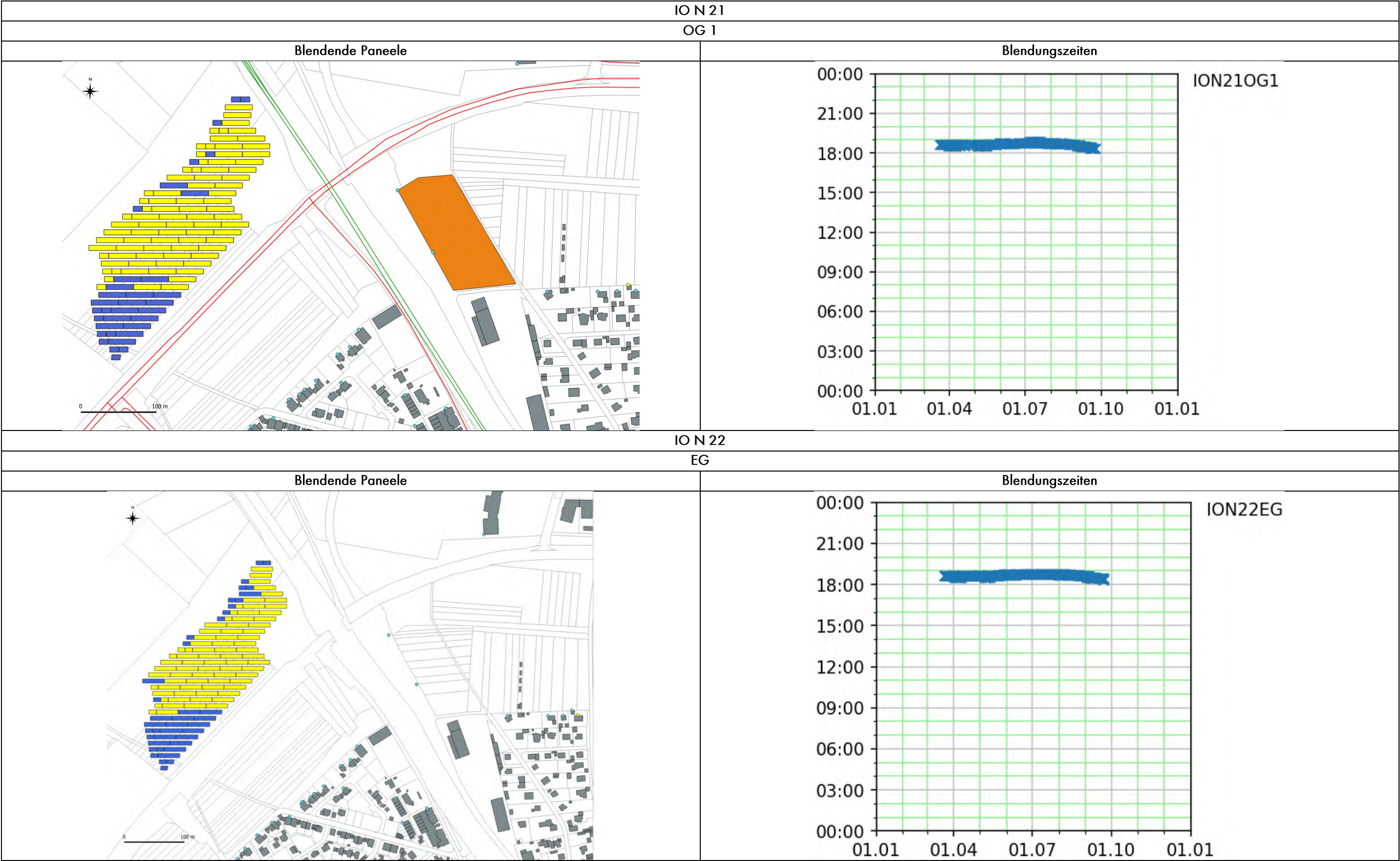


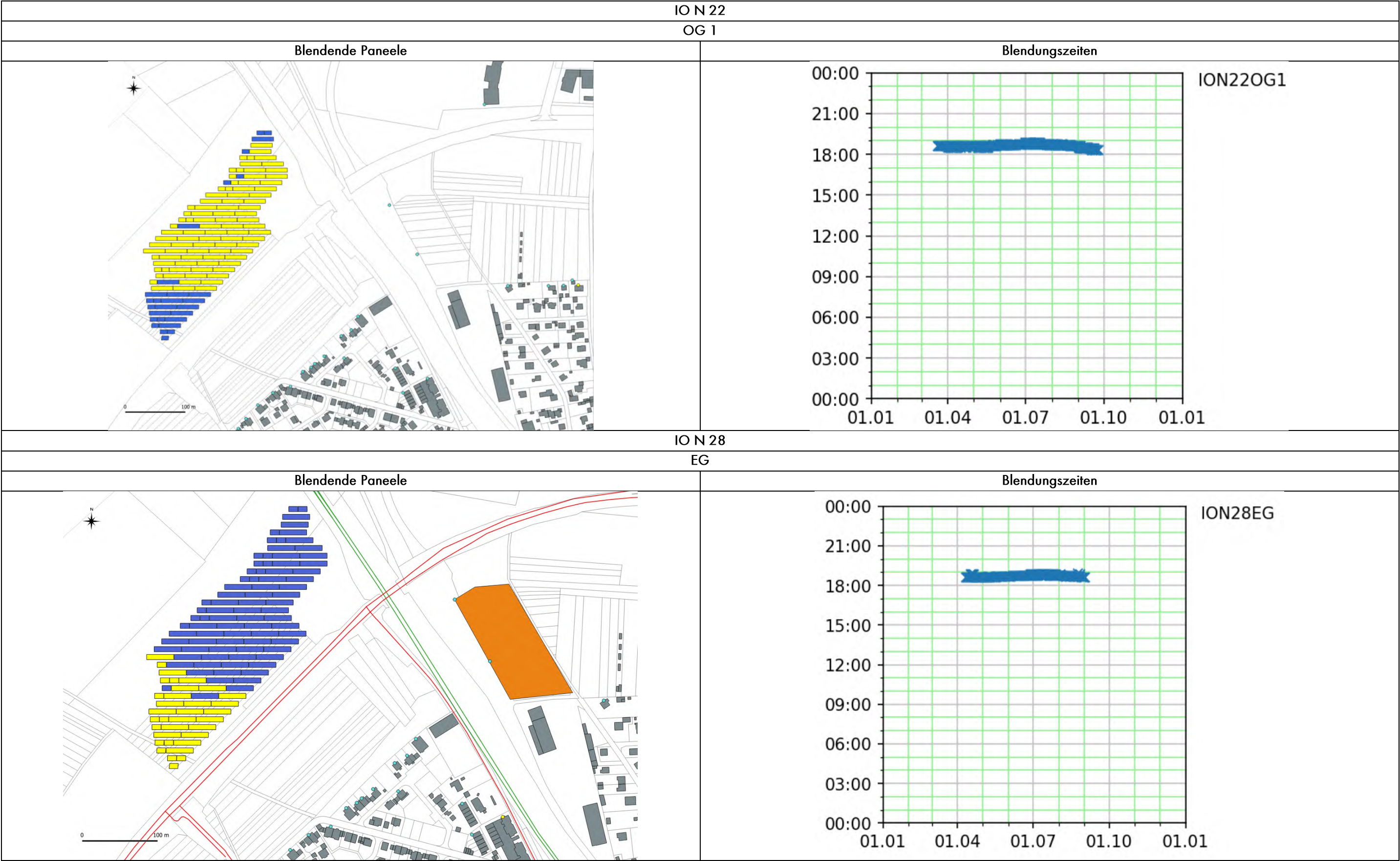


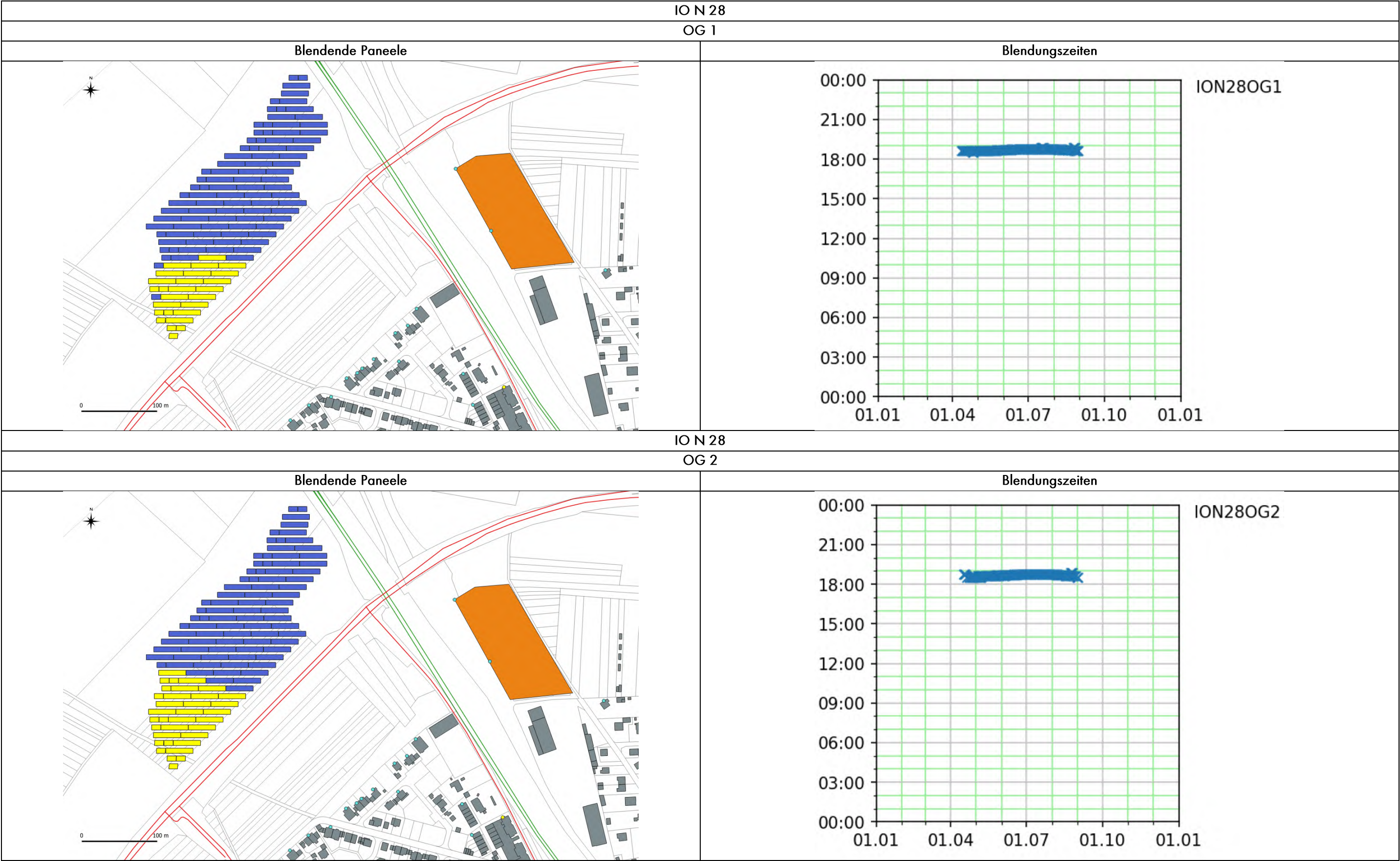


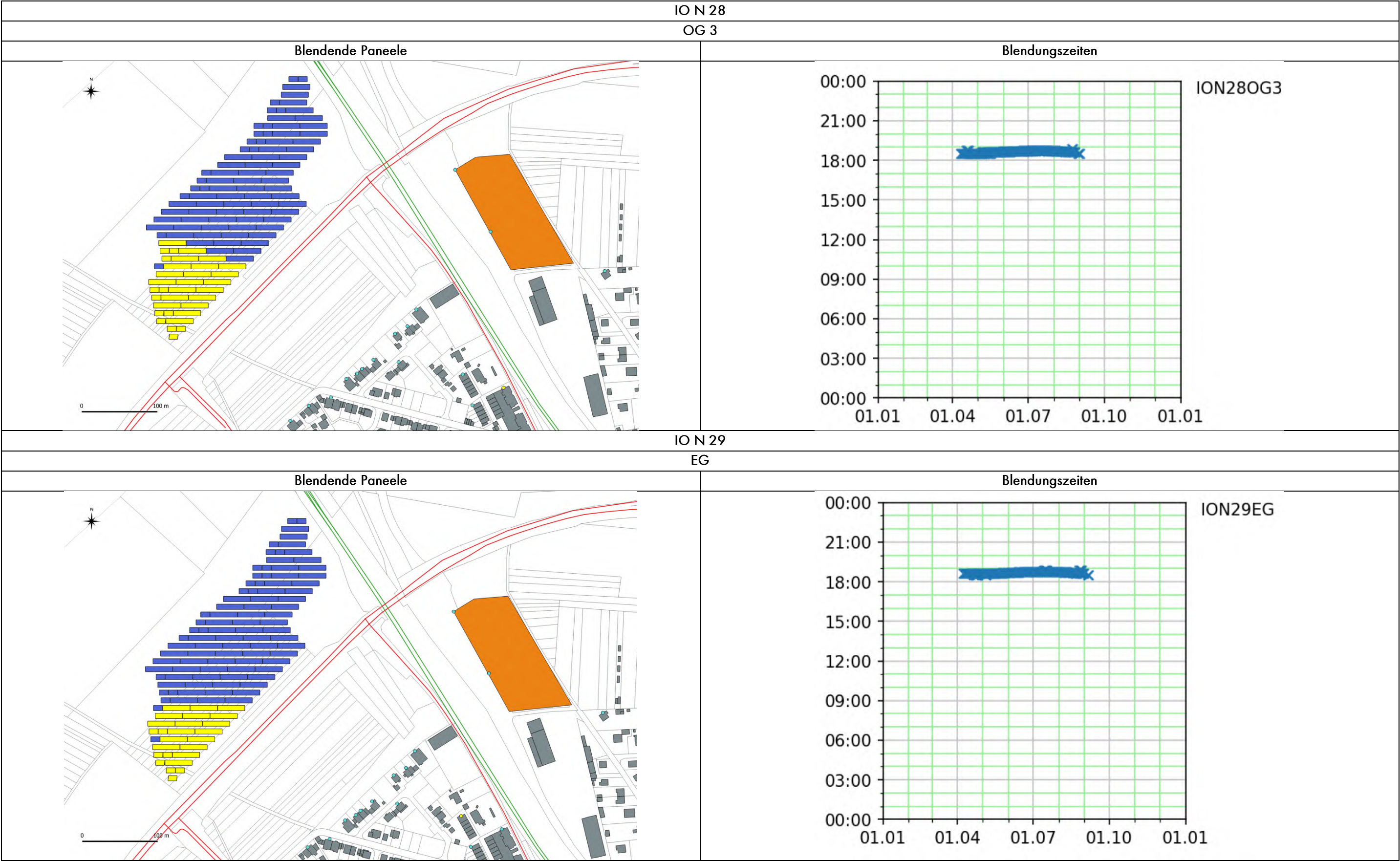








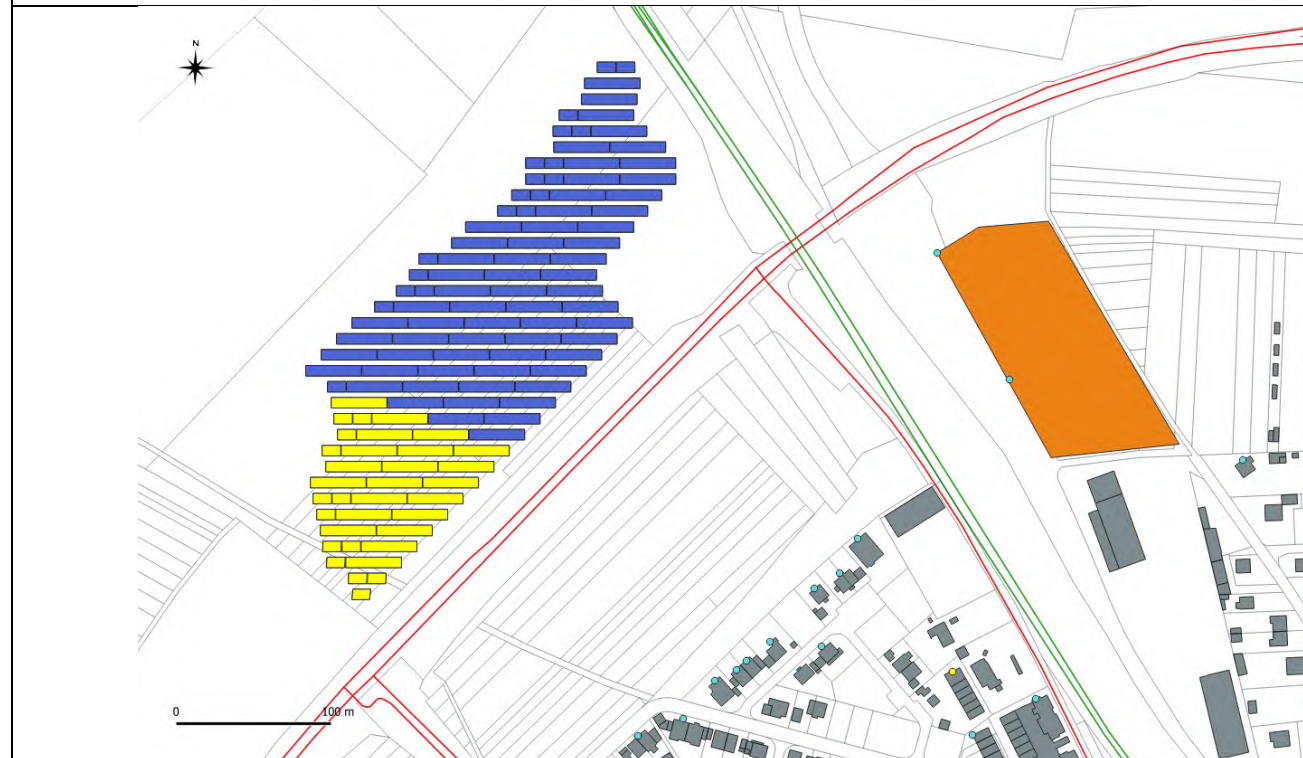




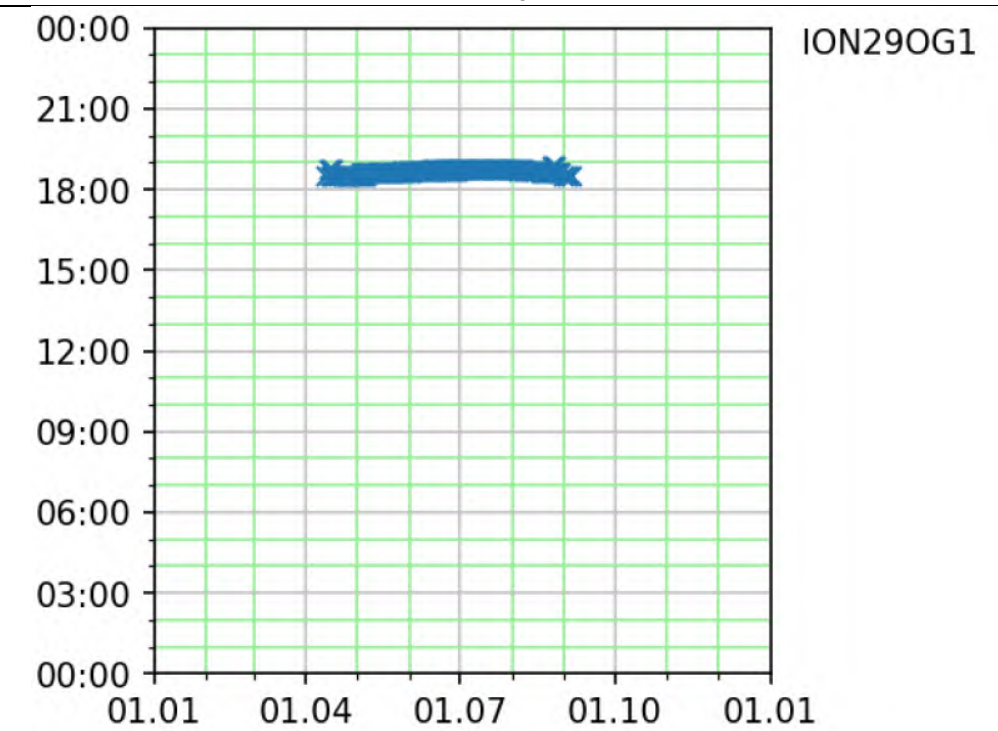
IO N 29

OG 1

Blendende Paneele



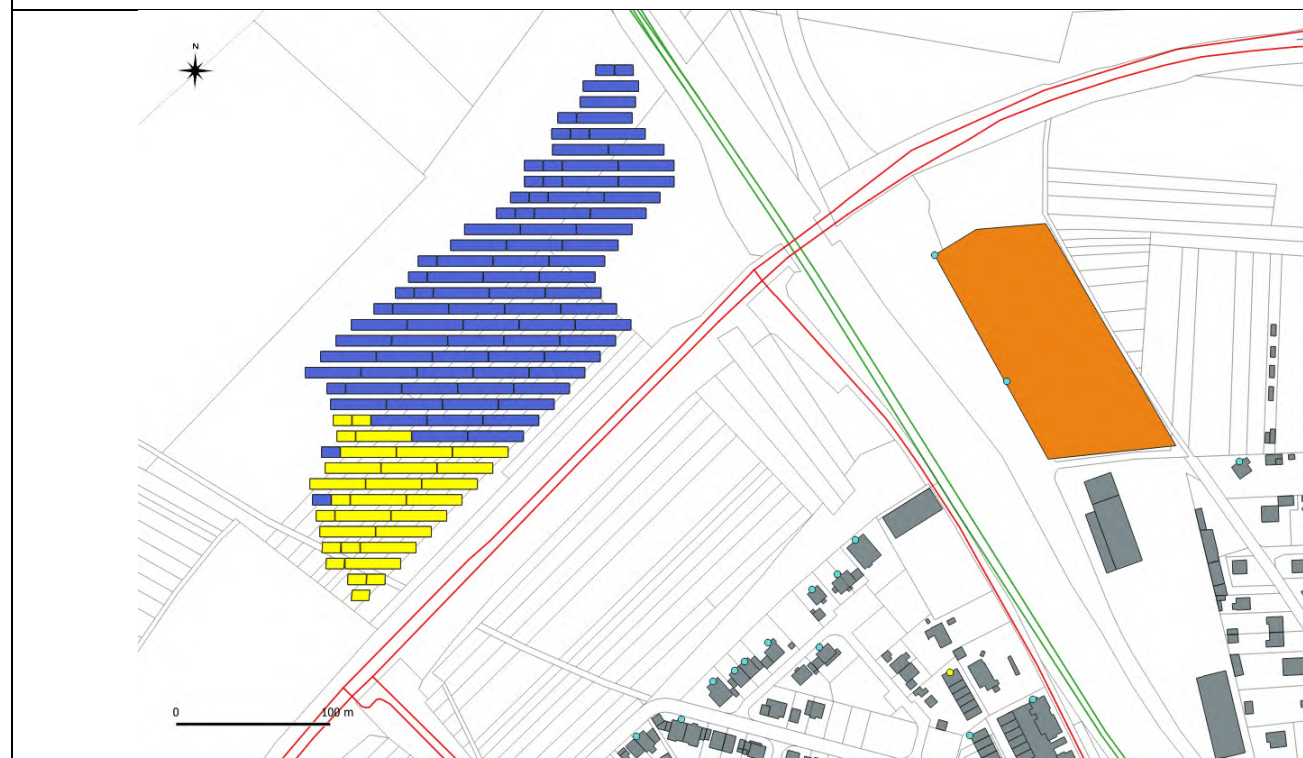
Blendungszeiten



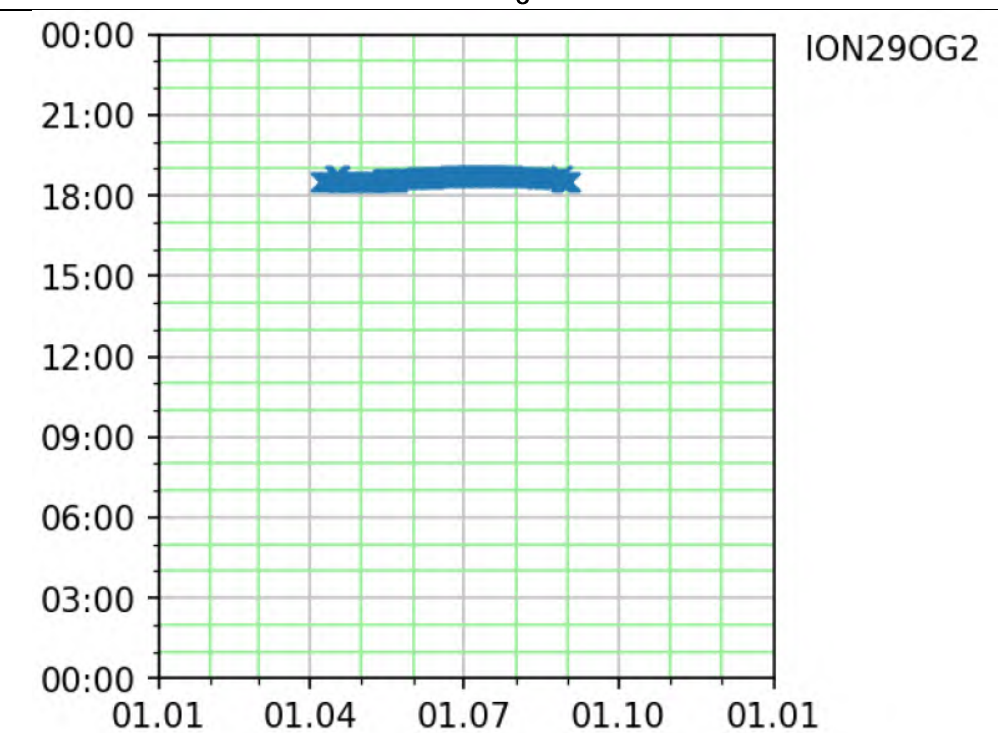
IO N 29

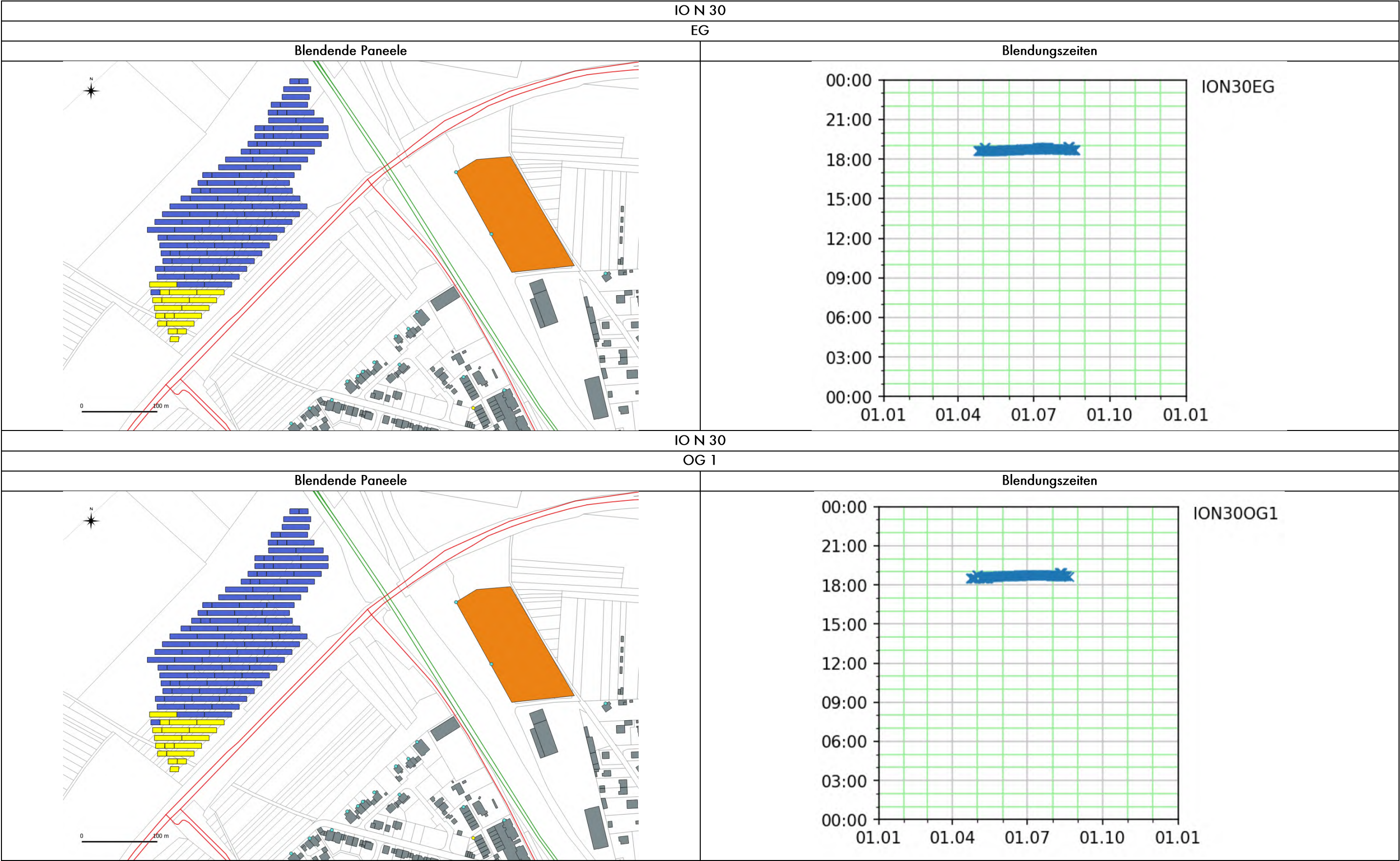
OG 2

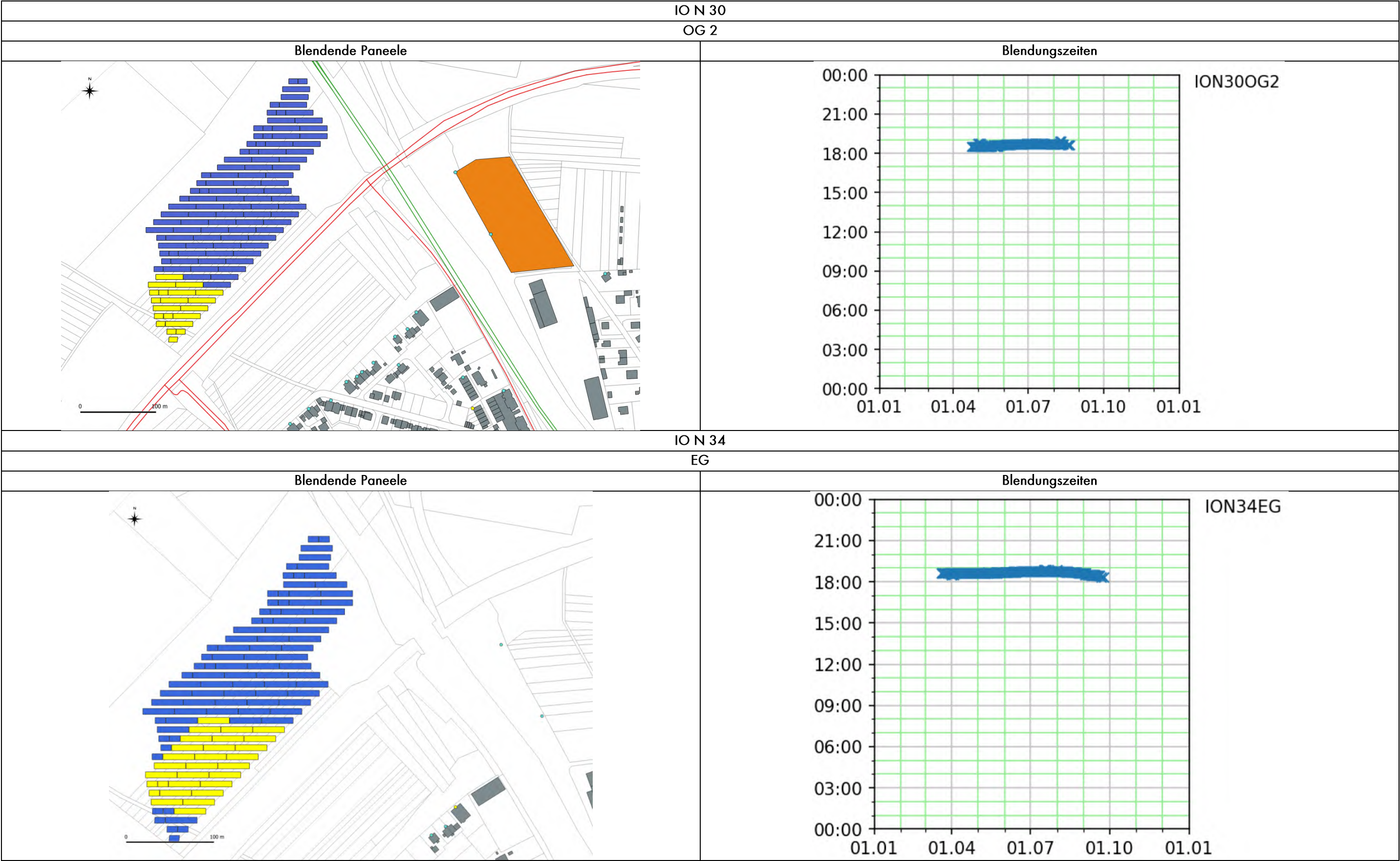
Blendende Paneele

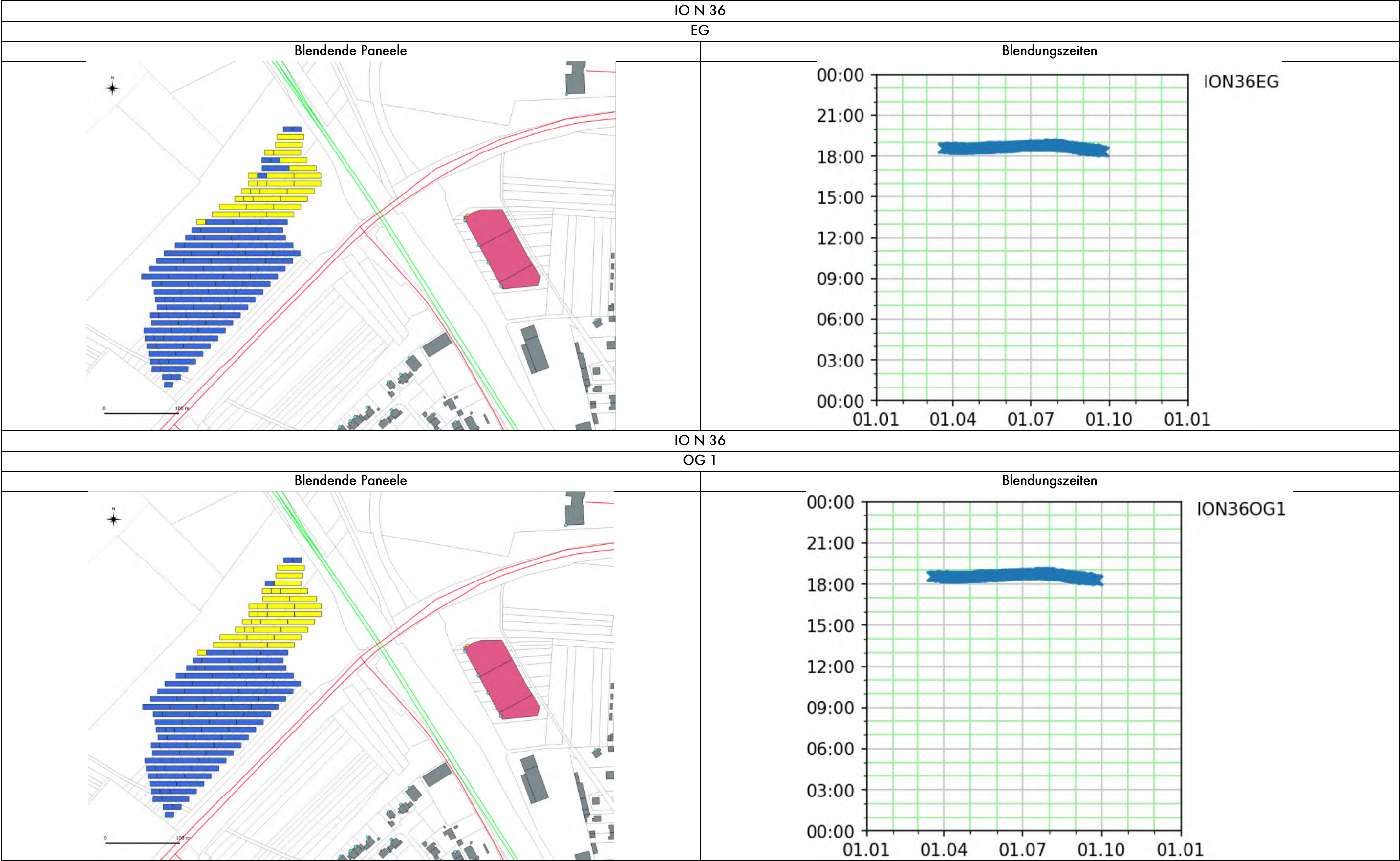


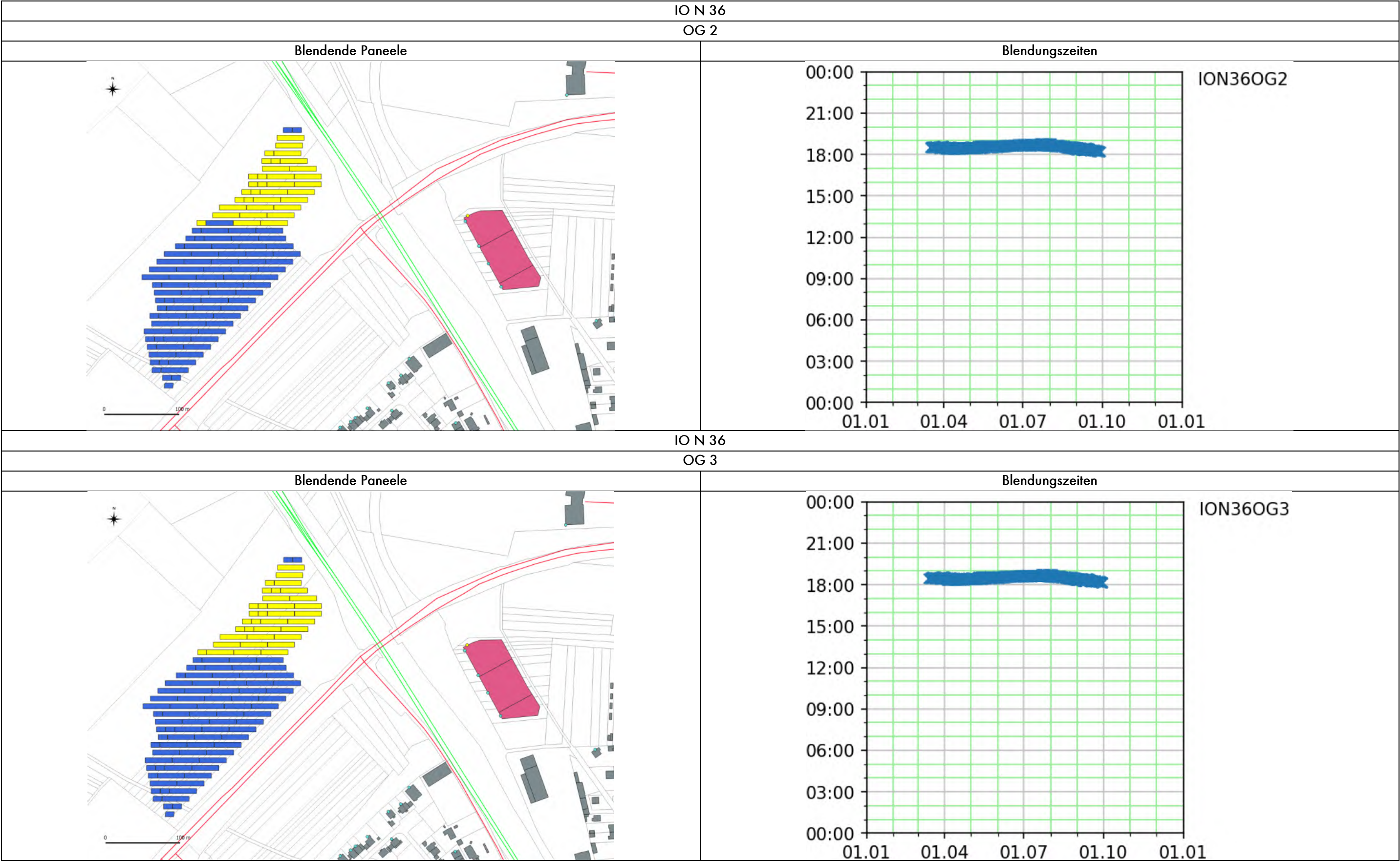
Blendungszeiten

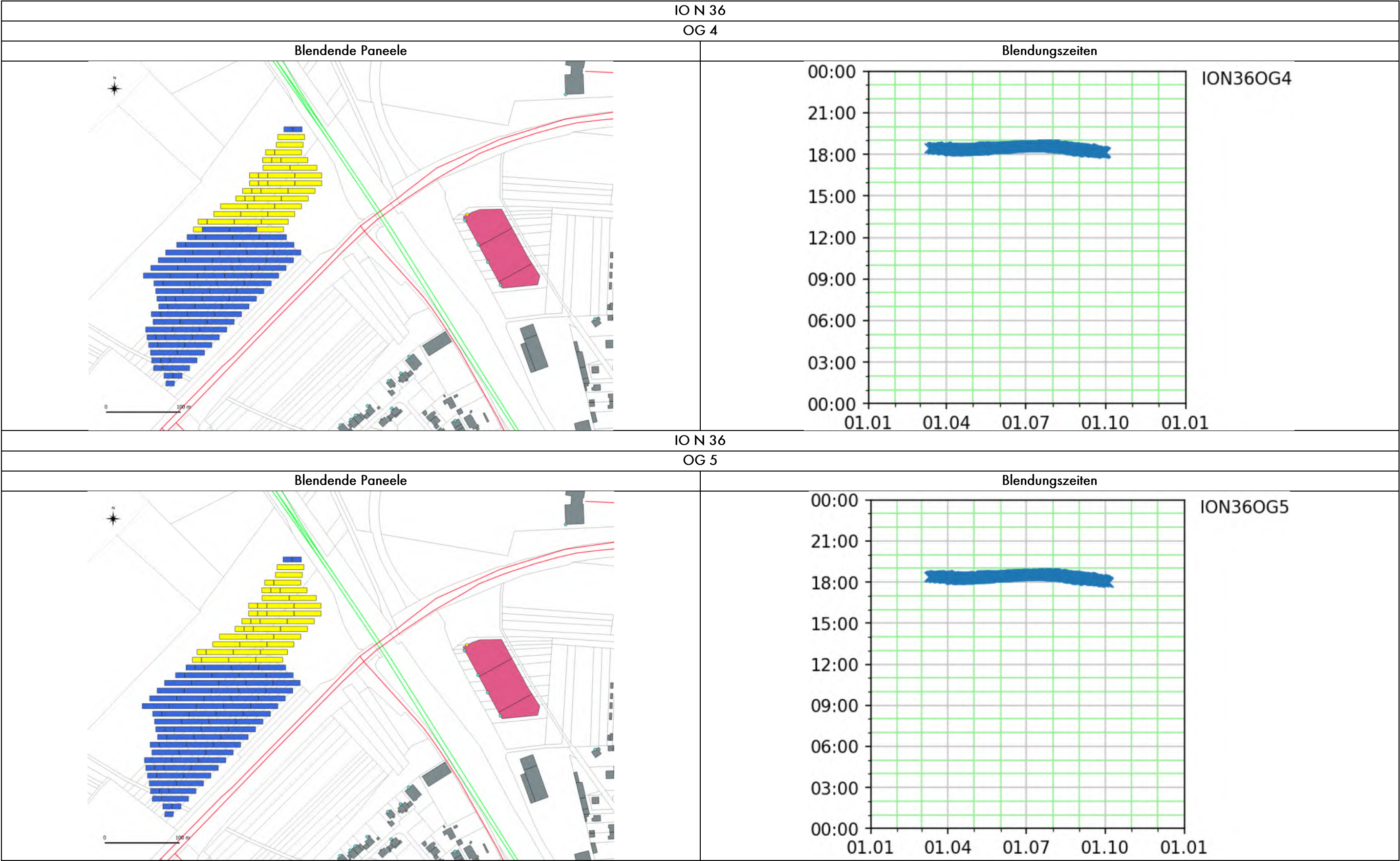


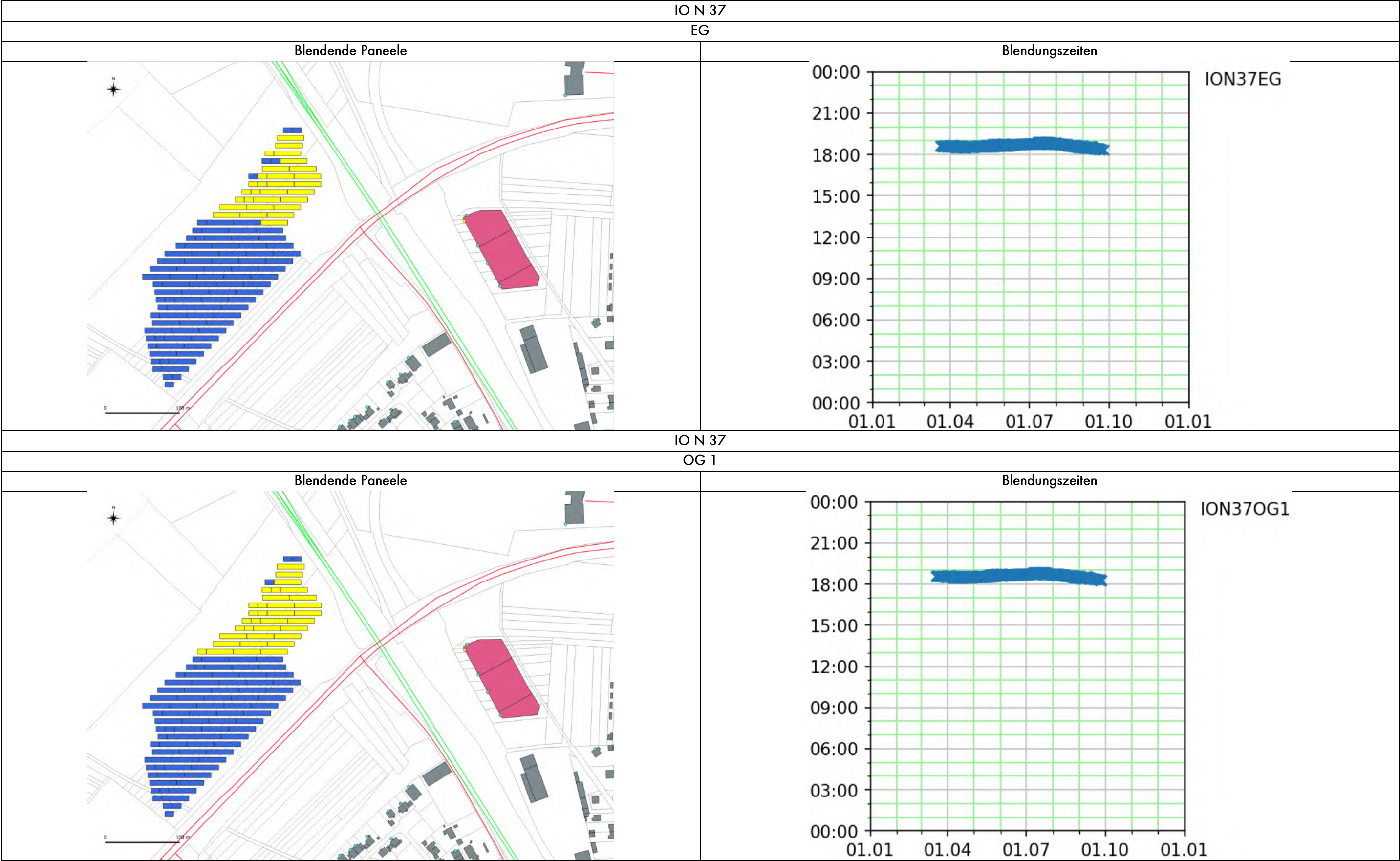


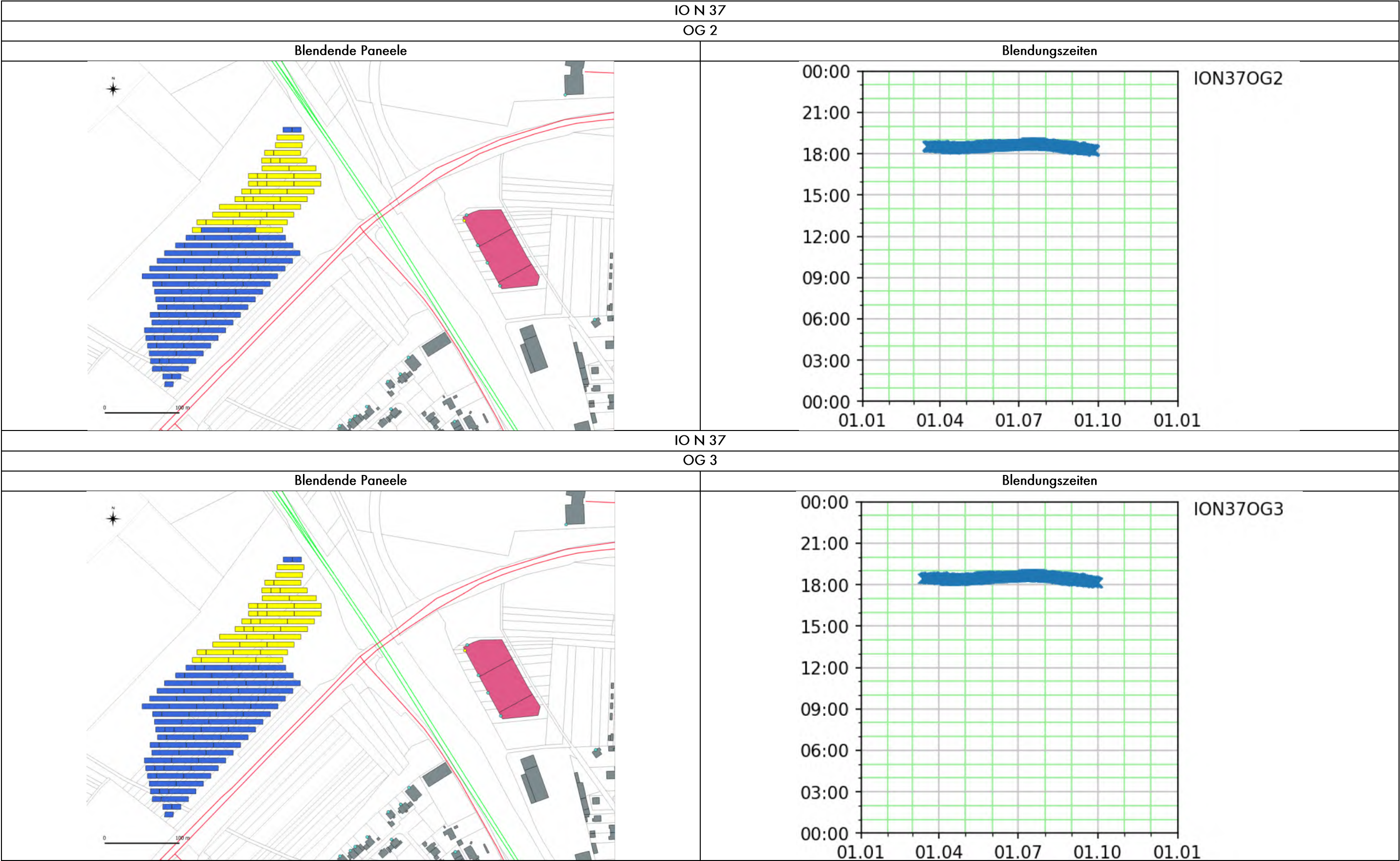


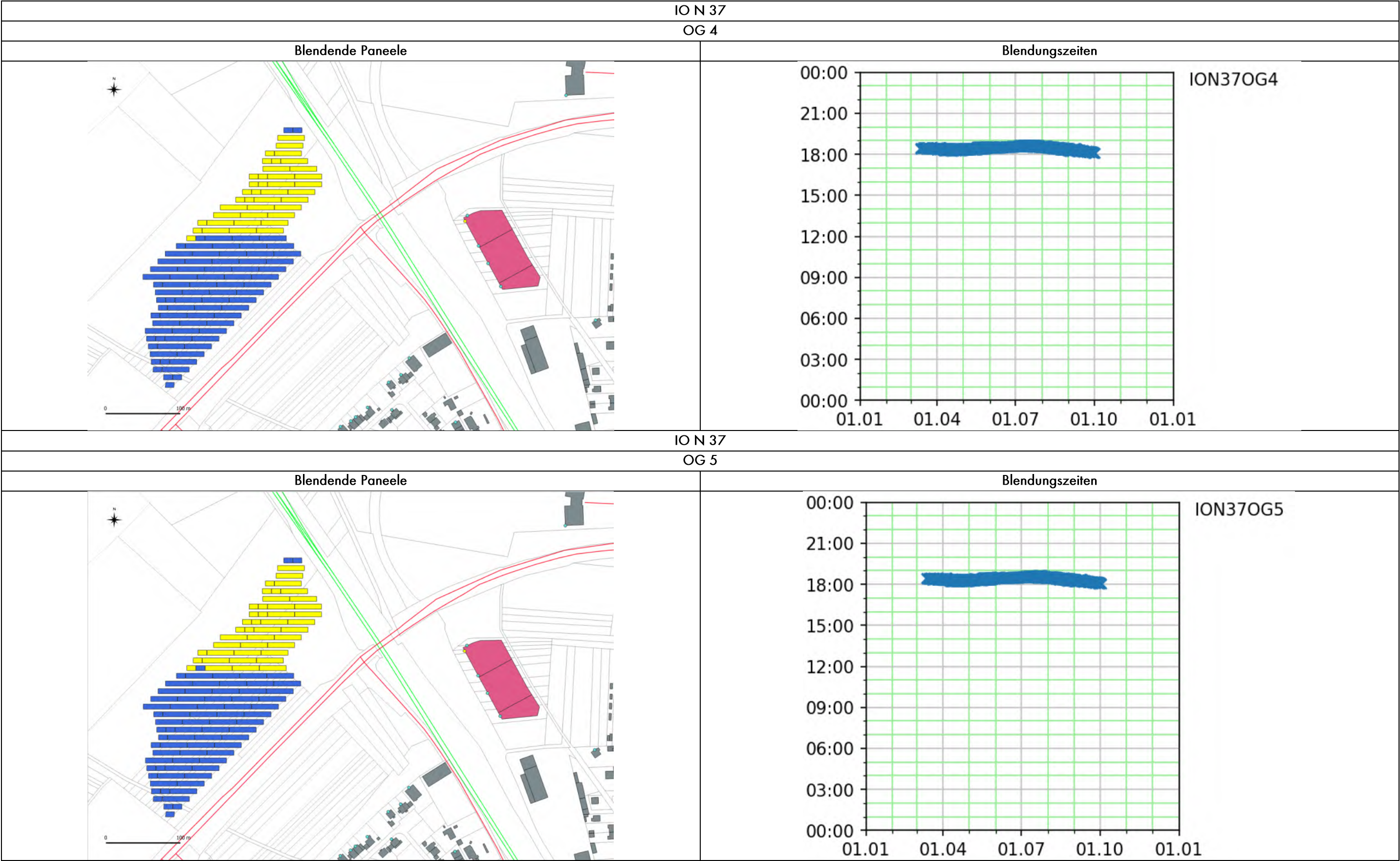


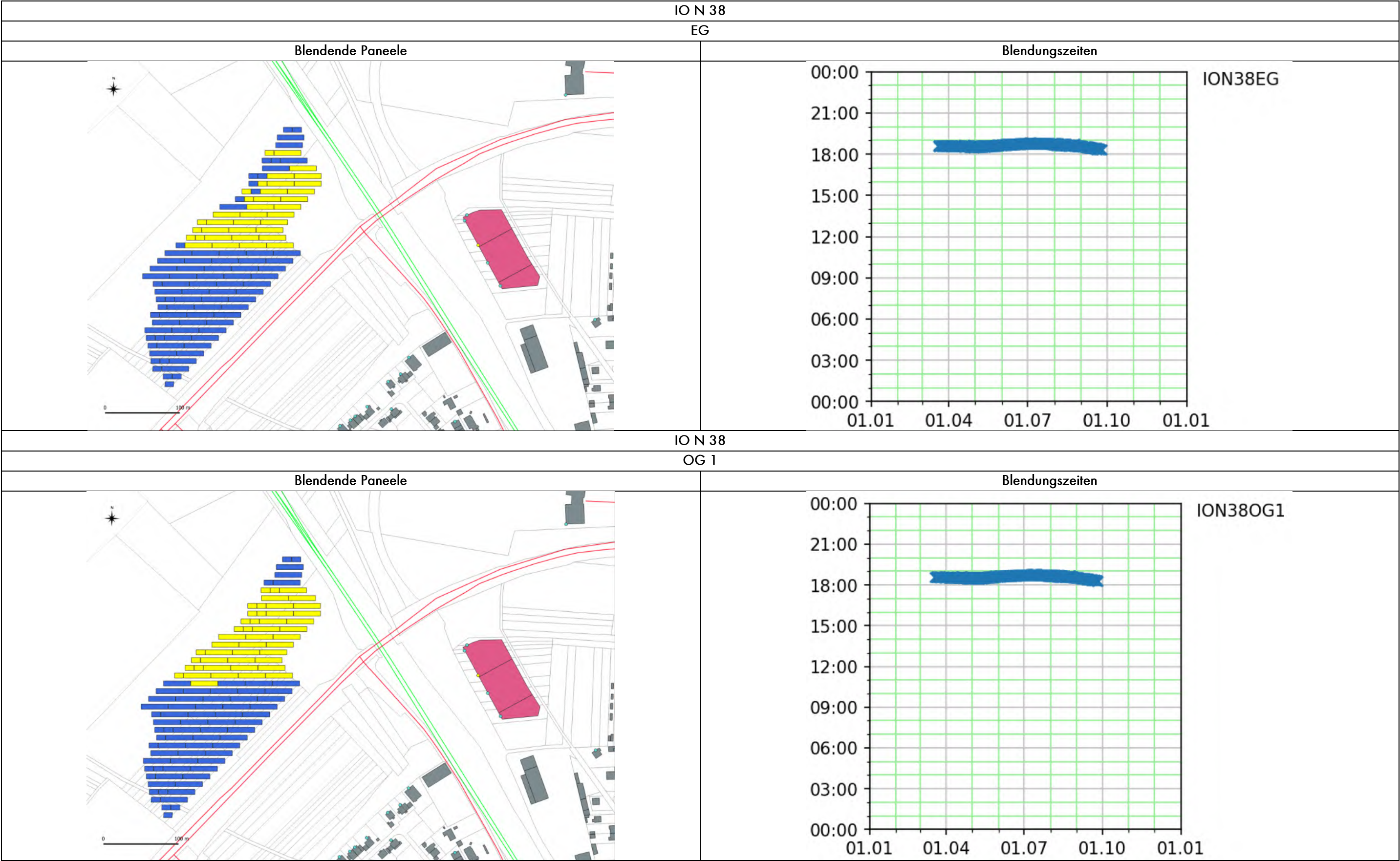


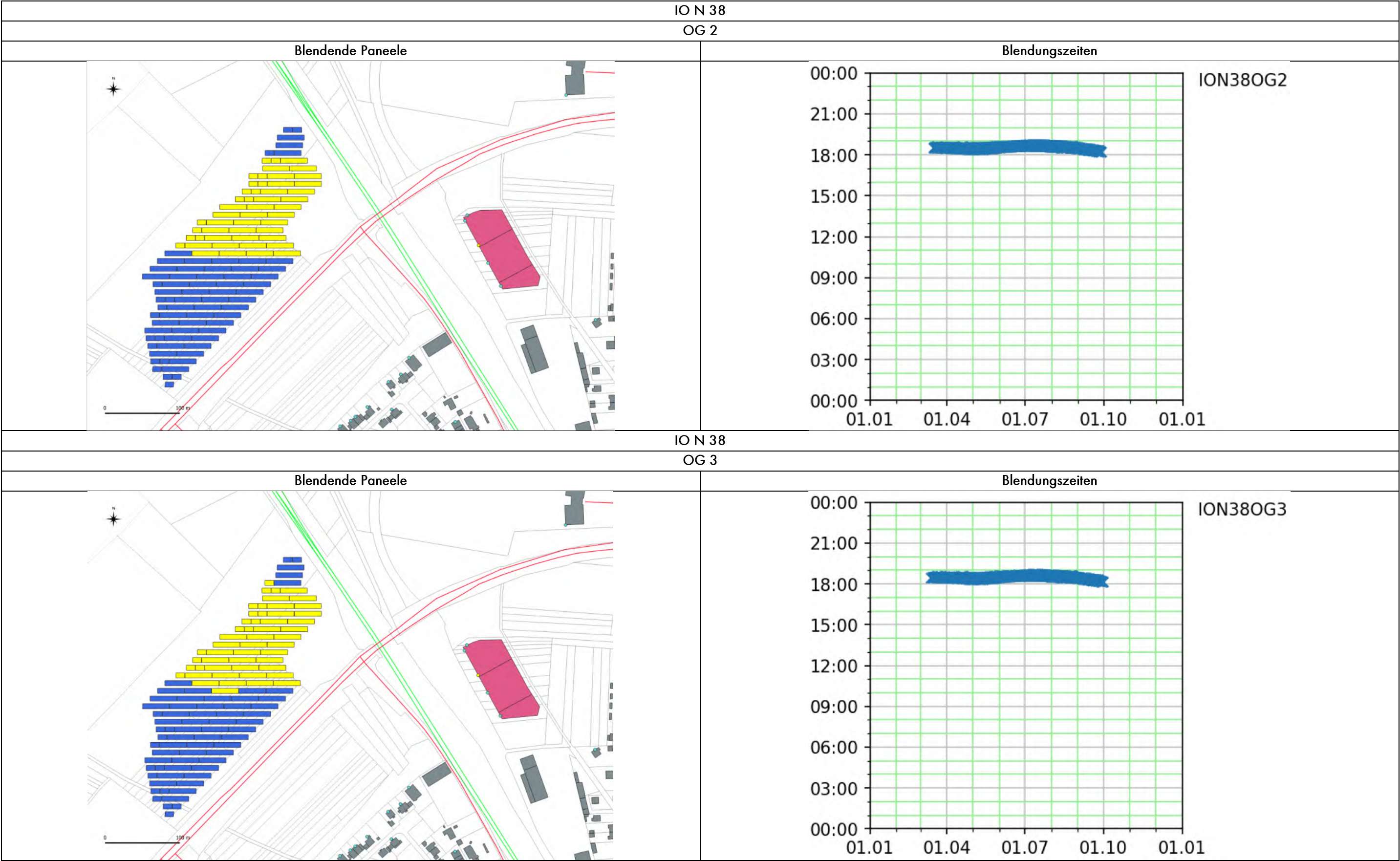


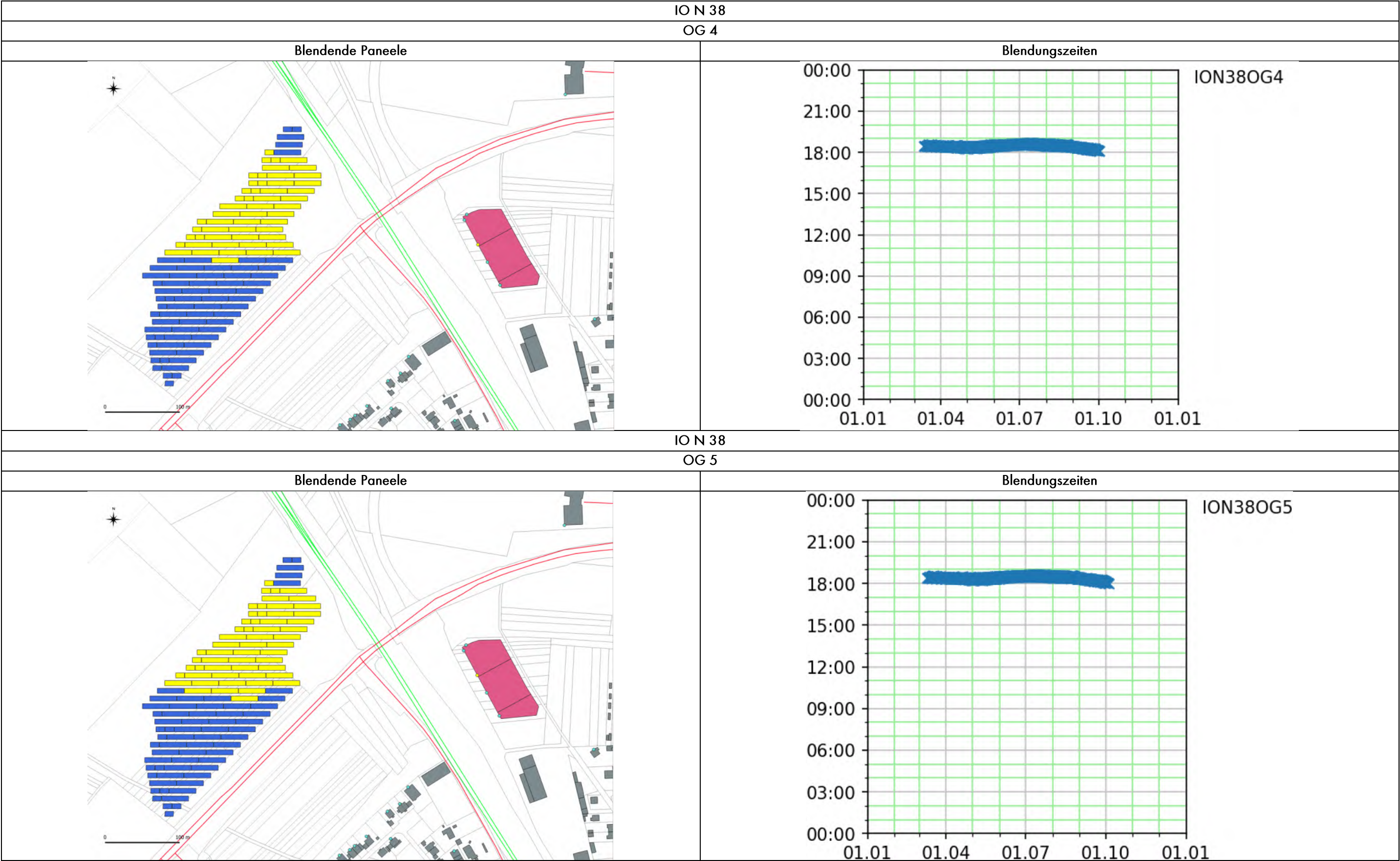


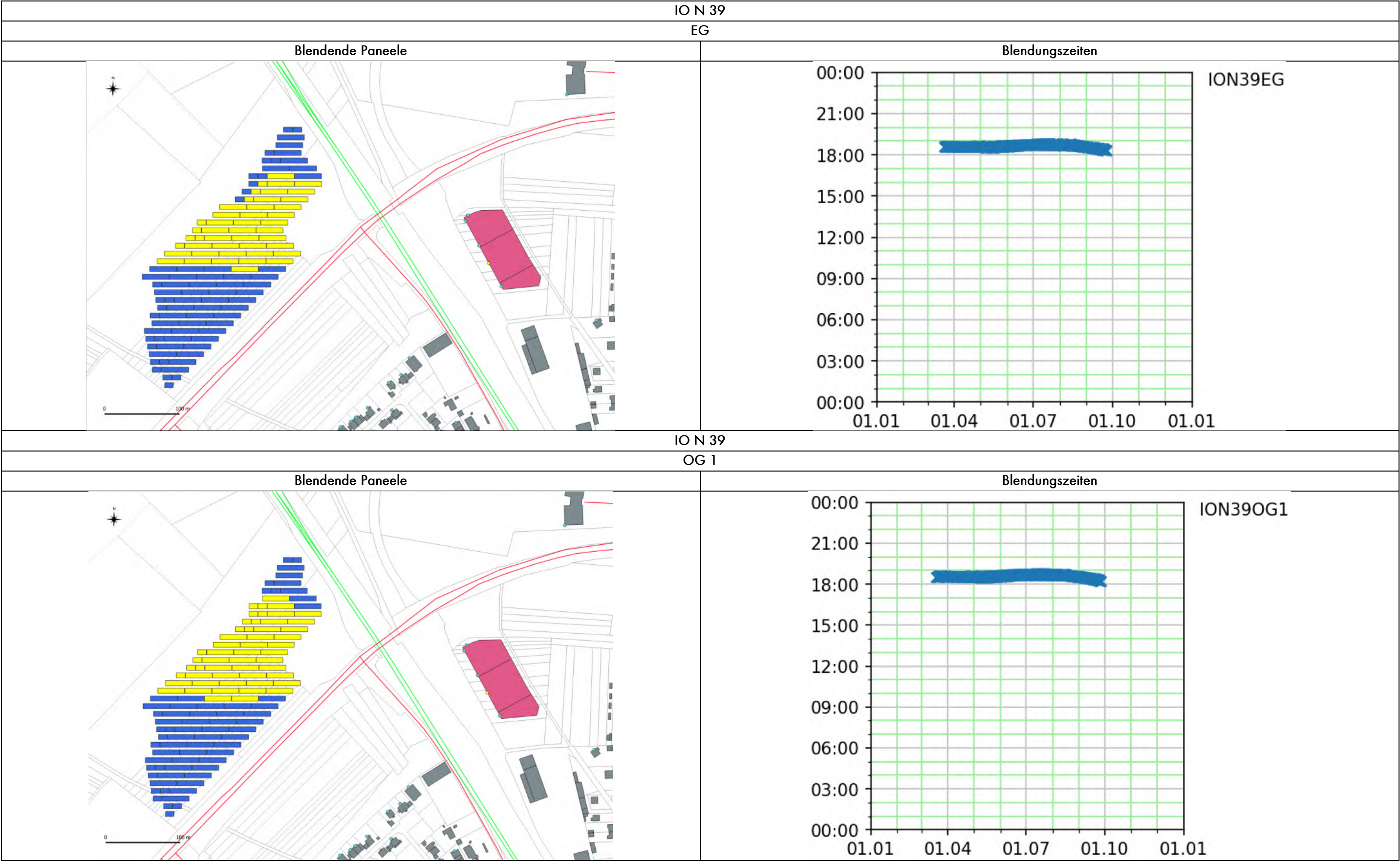


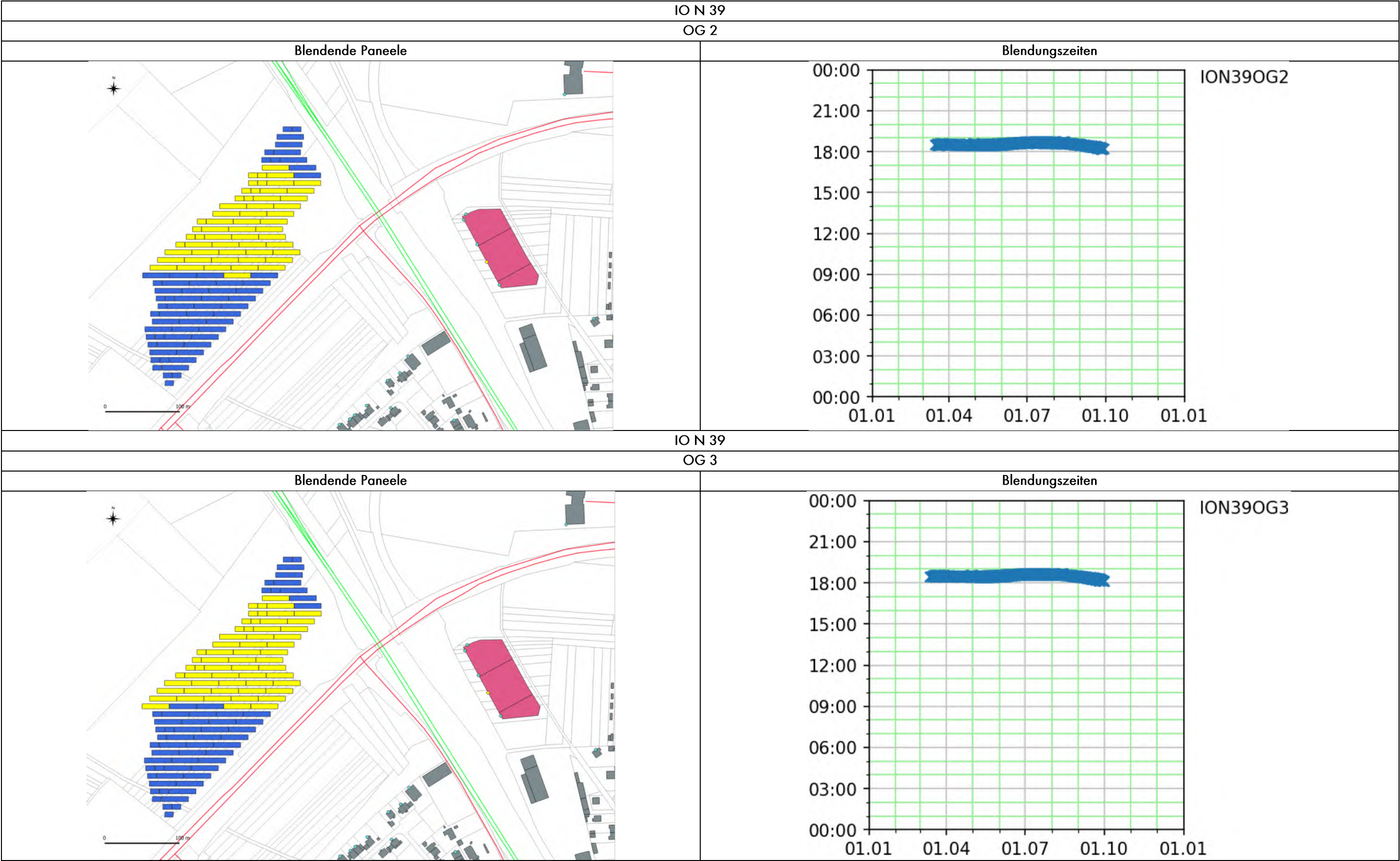


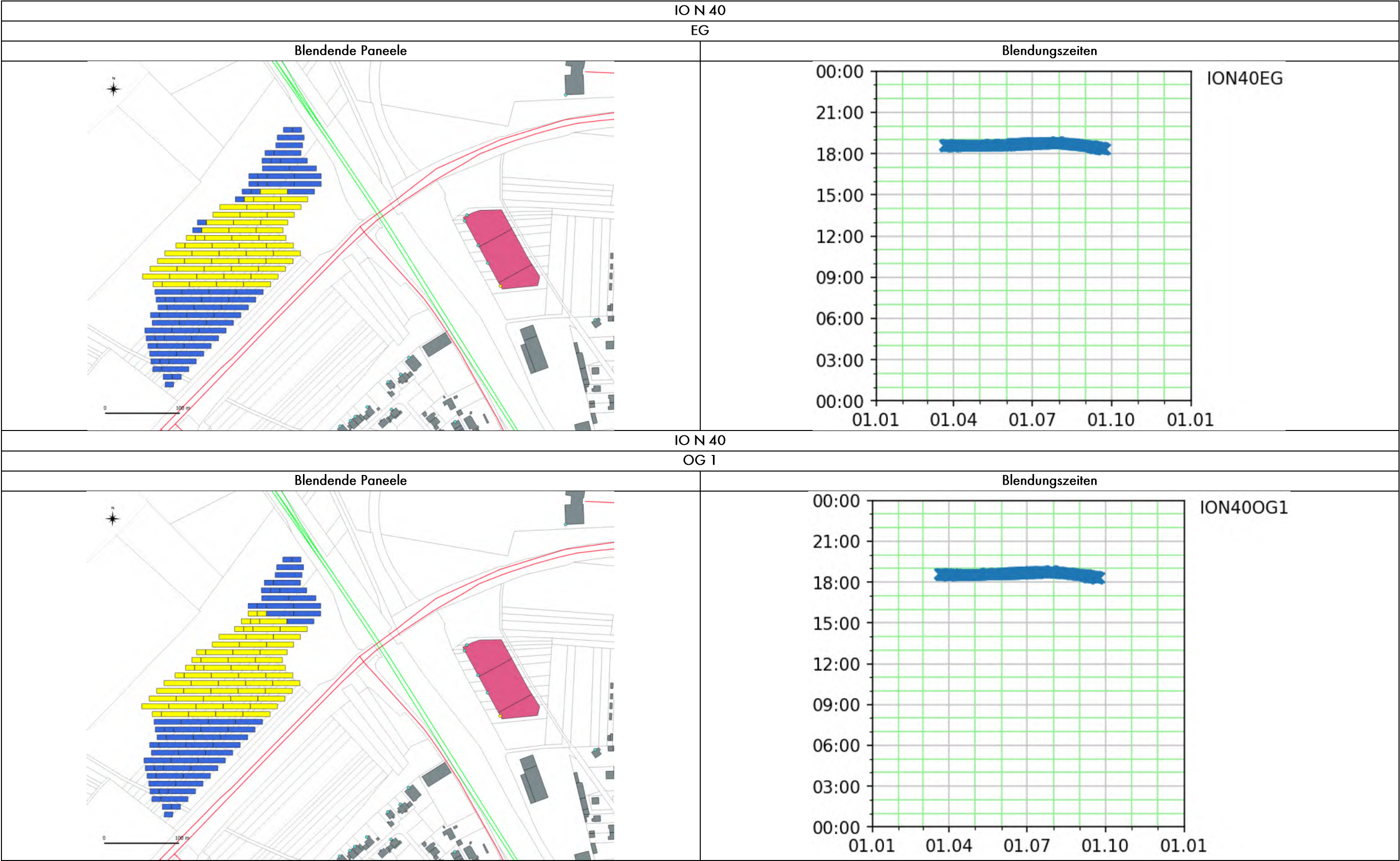


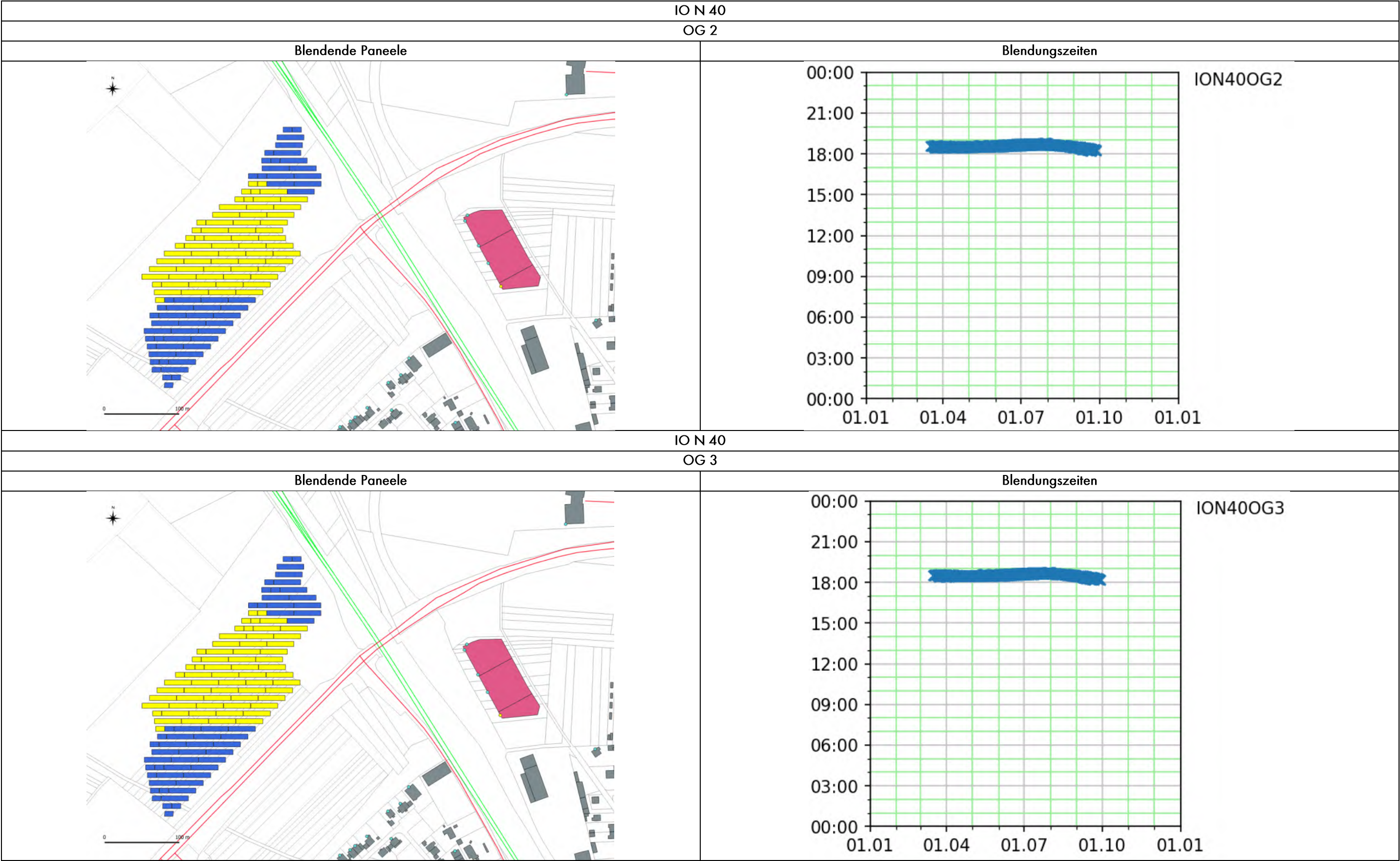


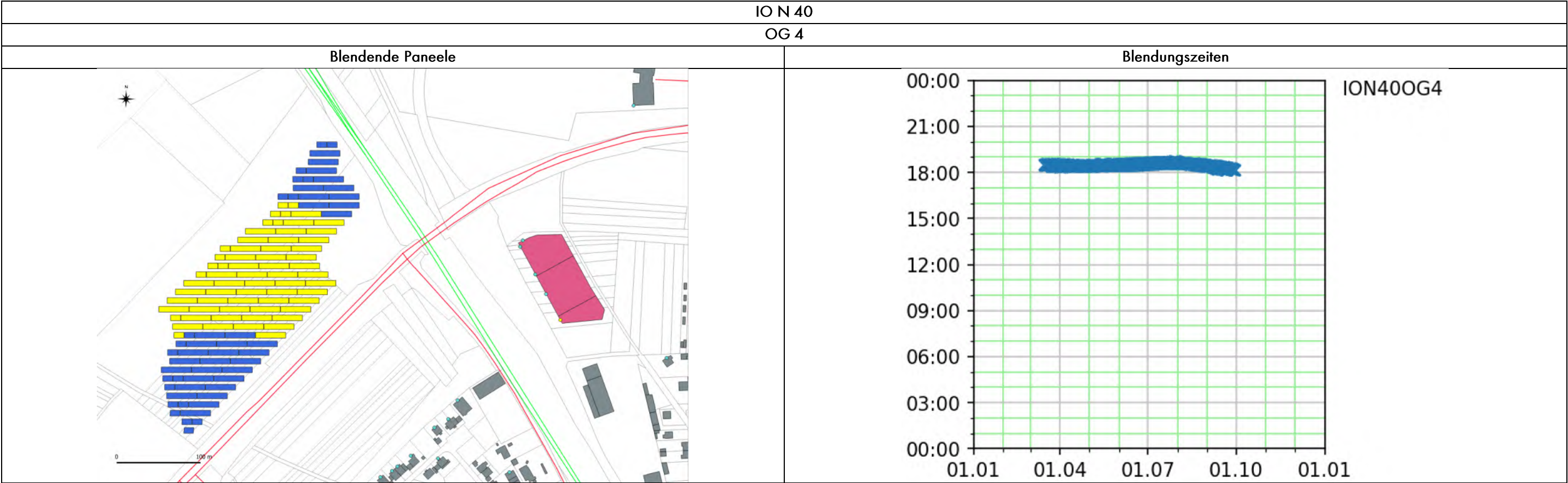






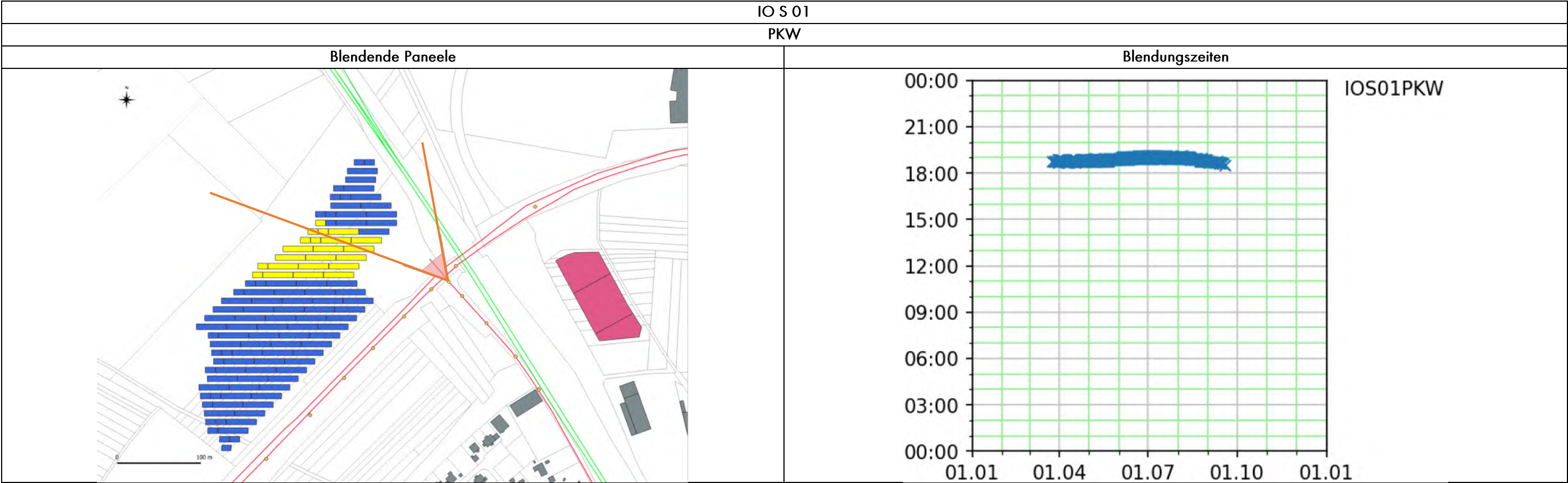


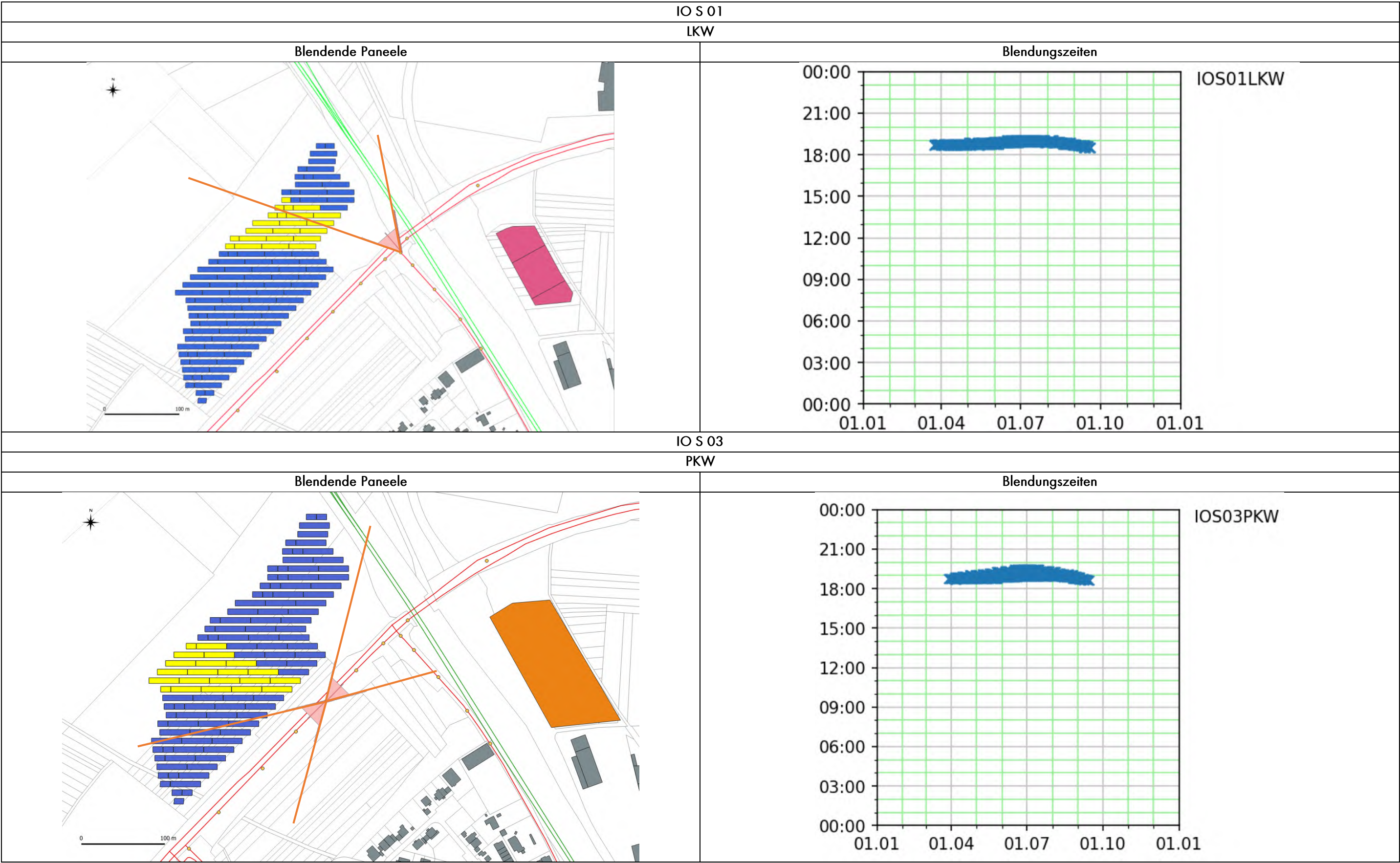


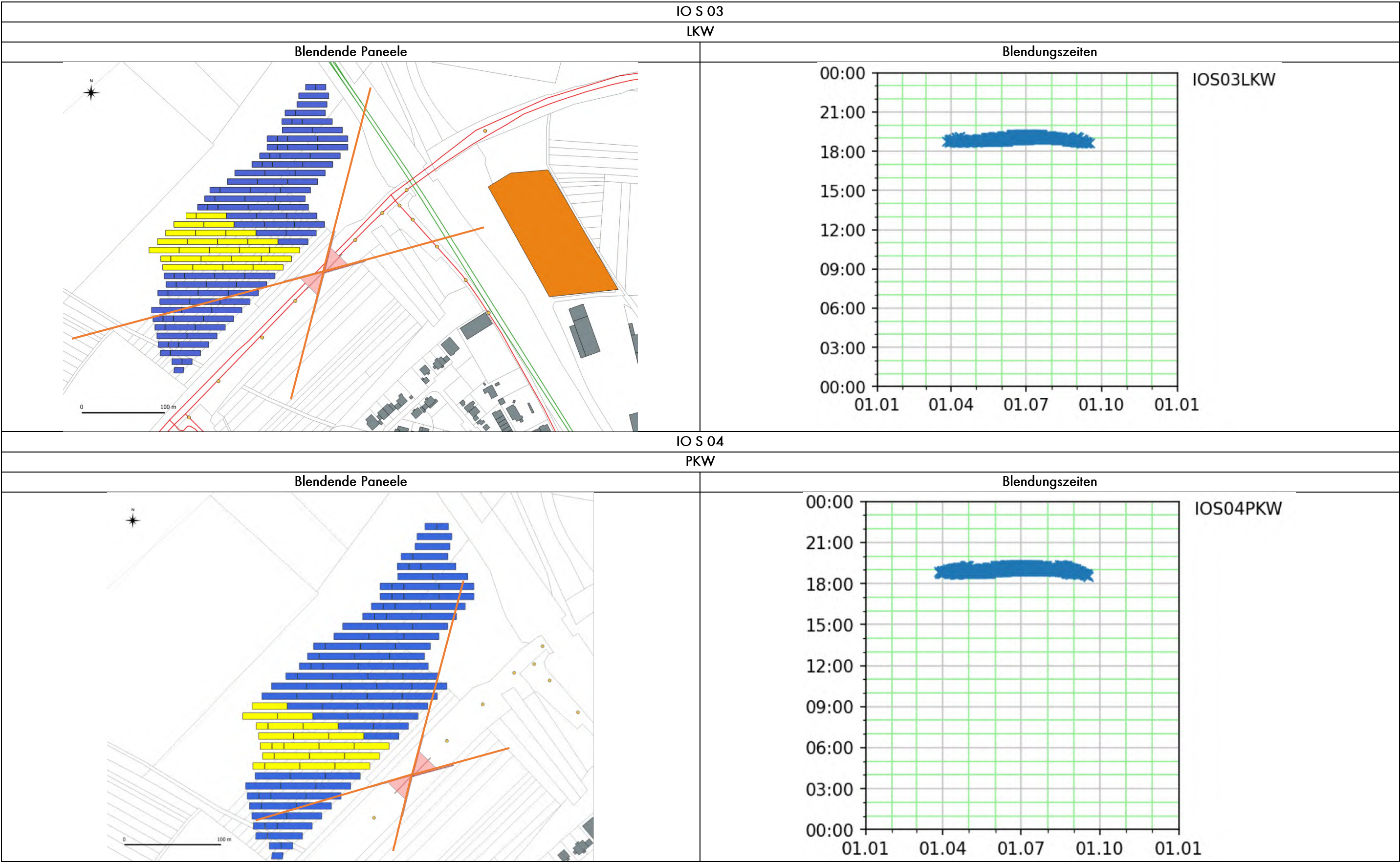


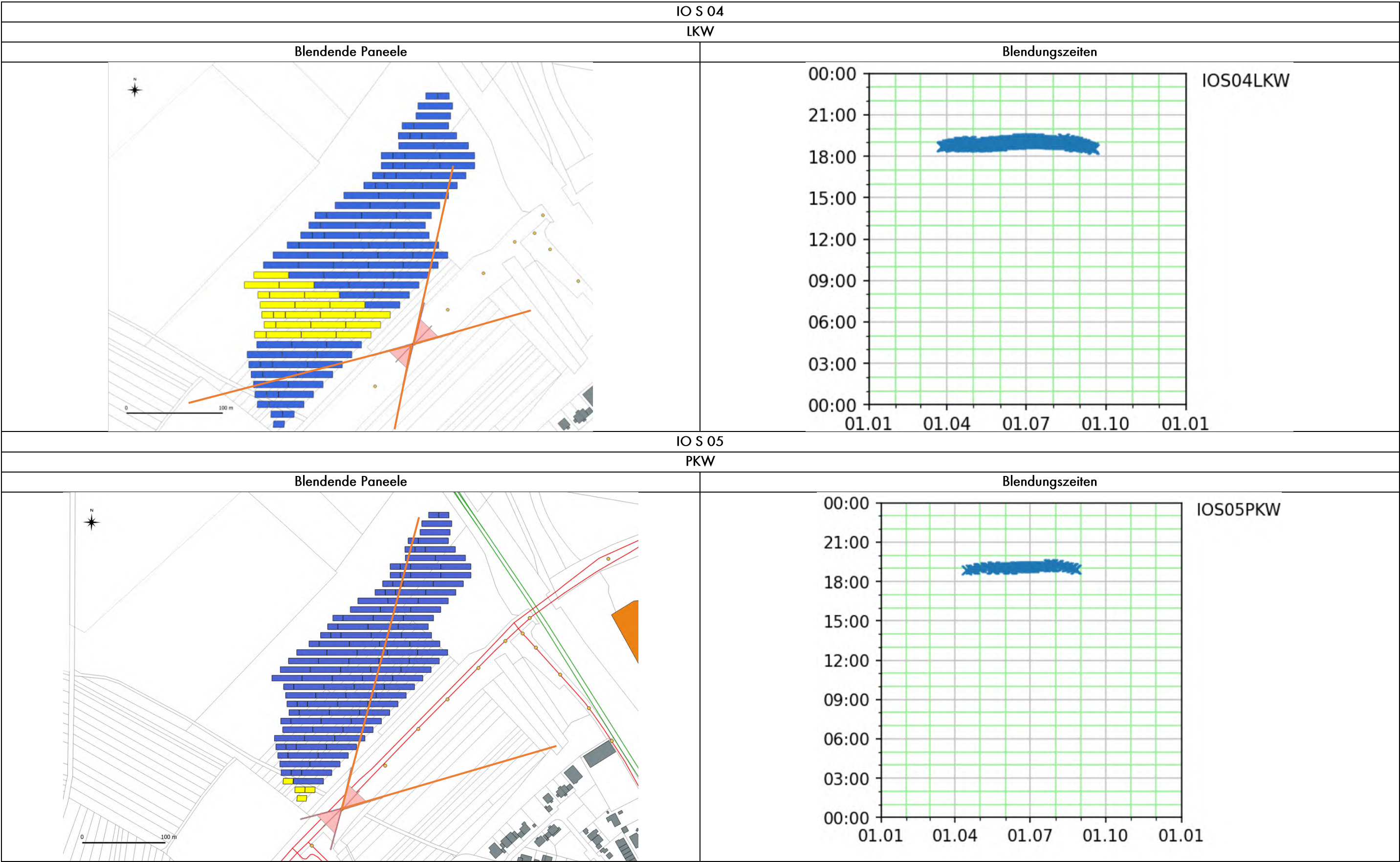
Anlage 3: Blendungen im Verkehr

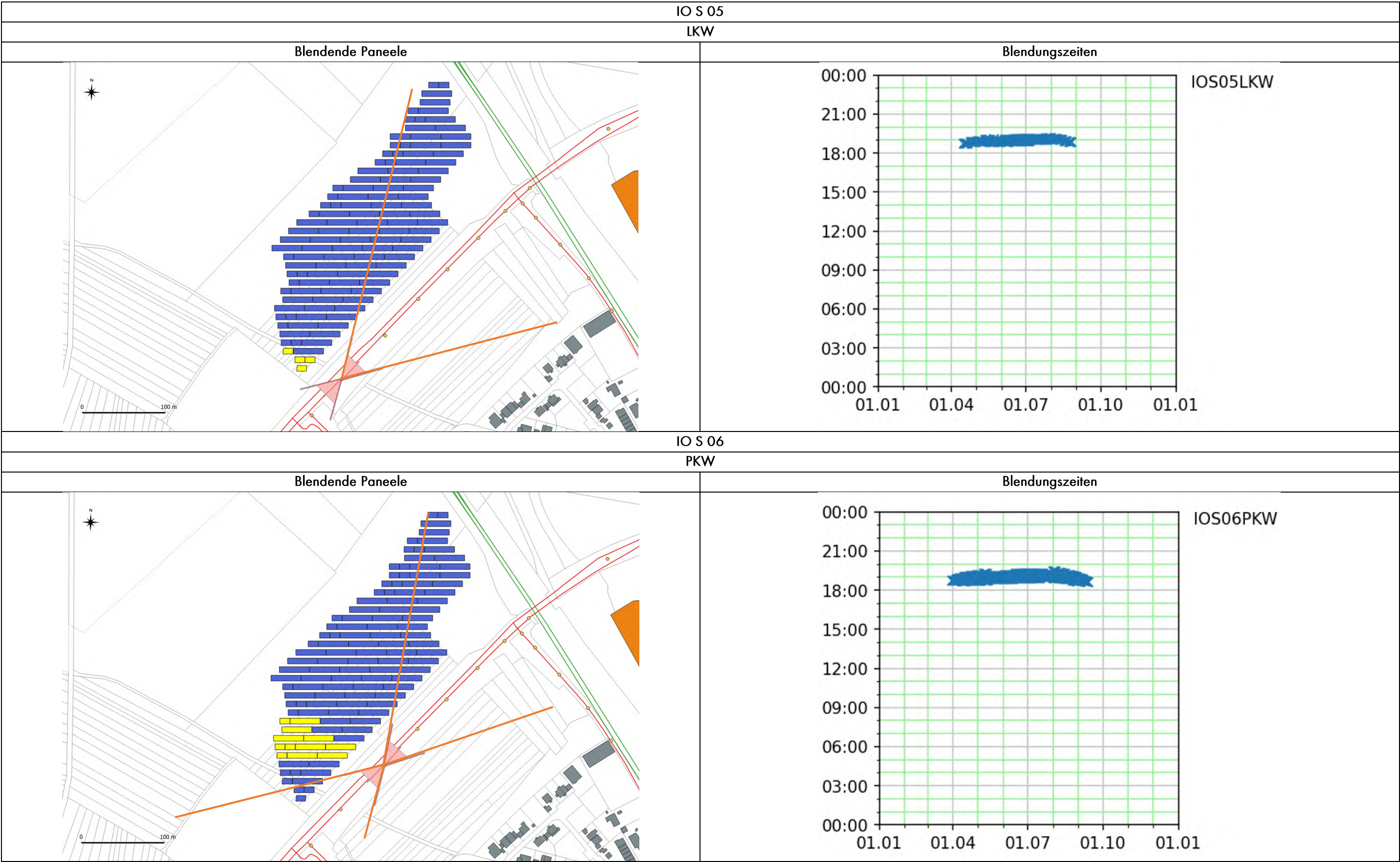
In den nachfolgenden Abbildungen sind die am Immissionsort zu Blendungen führenden Paneele gelb dargestellt. Der jeweilige Immissionsort ist ebenso gelb dargestellt. Zudem ist in roter Farbgebung der foveale Sichtbereich dargestellt. Zusätzlich sind die Zeiten dargestellt, zu denen die Blendungen auftreten. Die Blendungszeiten sind in Winterzeit angegeben. An einigen Immissionsorten (i.e. IO S 02, IO S 7, IO S 8 (PKW), IO S 11 bis IO S 19, IO S 21 bis IO S 36, IO S 37 (PKW), IO S 38 (PKW), bis IO S 39 bis IO S 50) treten keine Blendungen auf. Für alle Abbildungen in der Anlage 3, die die blendenden Paneele darstellen, gilt: © eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Geoportal Baden-Württemberg ([9] und [10]) und Planunterlagen [7]

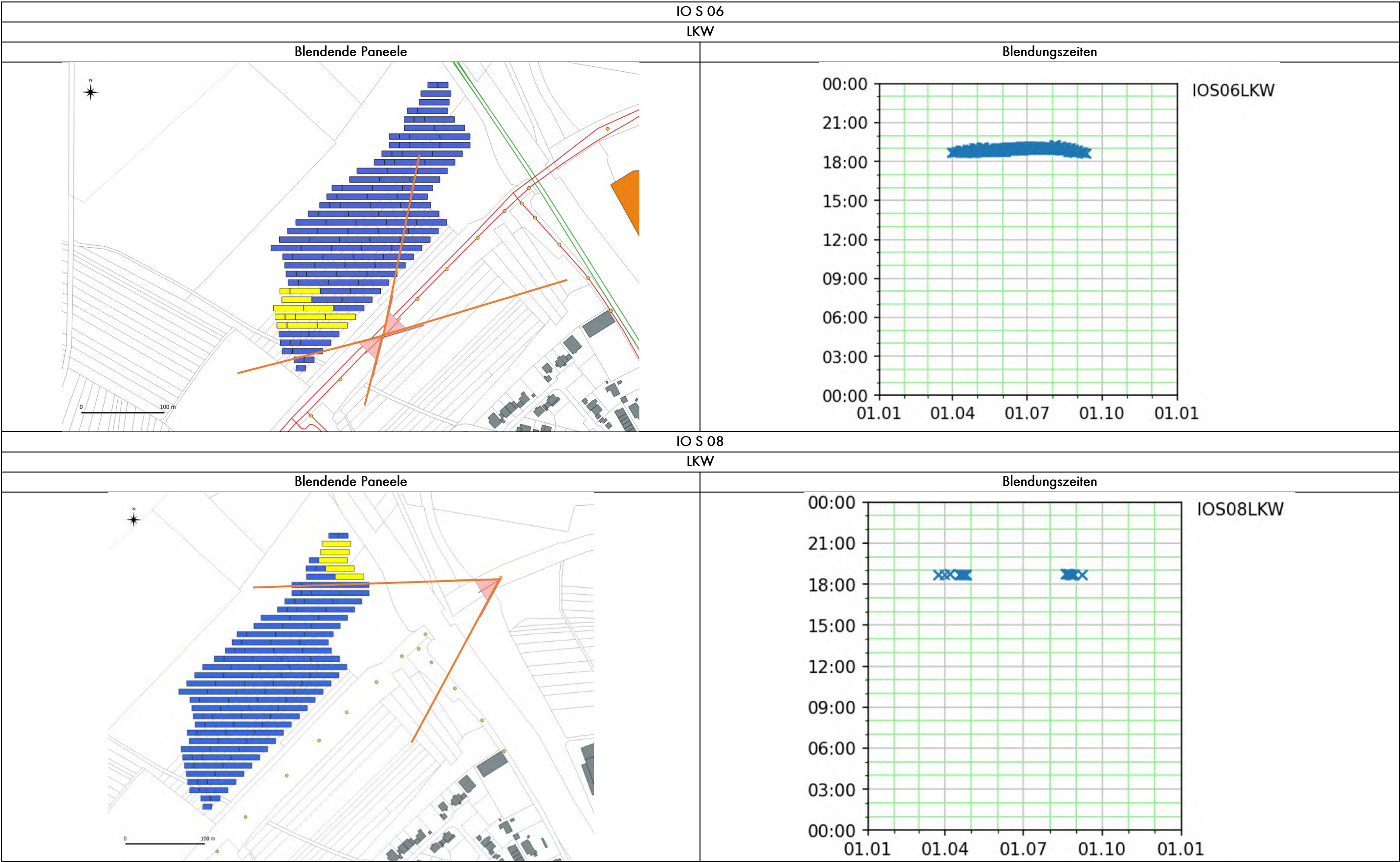


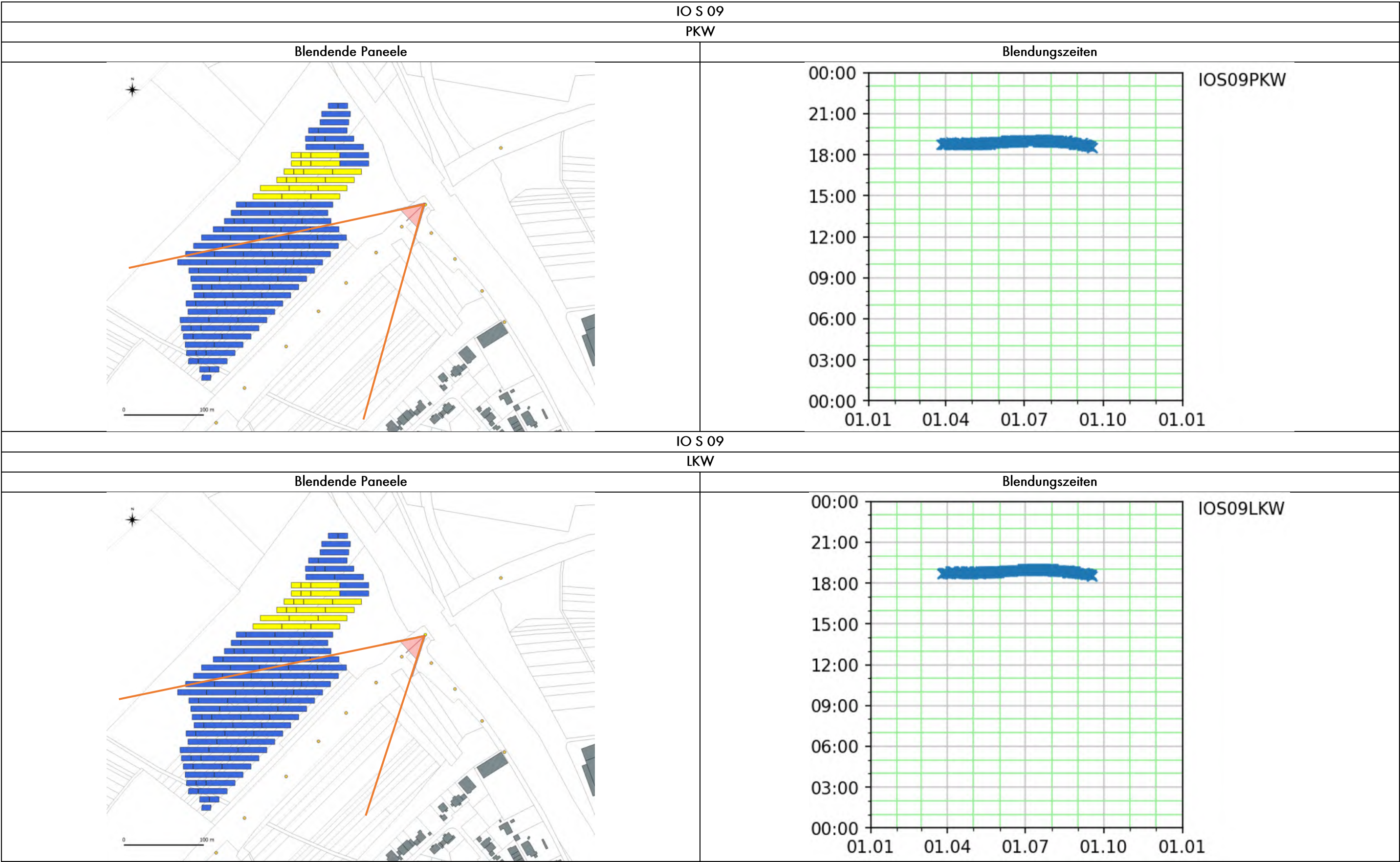


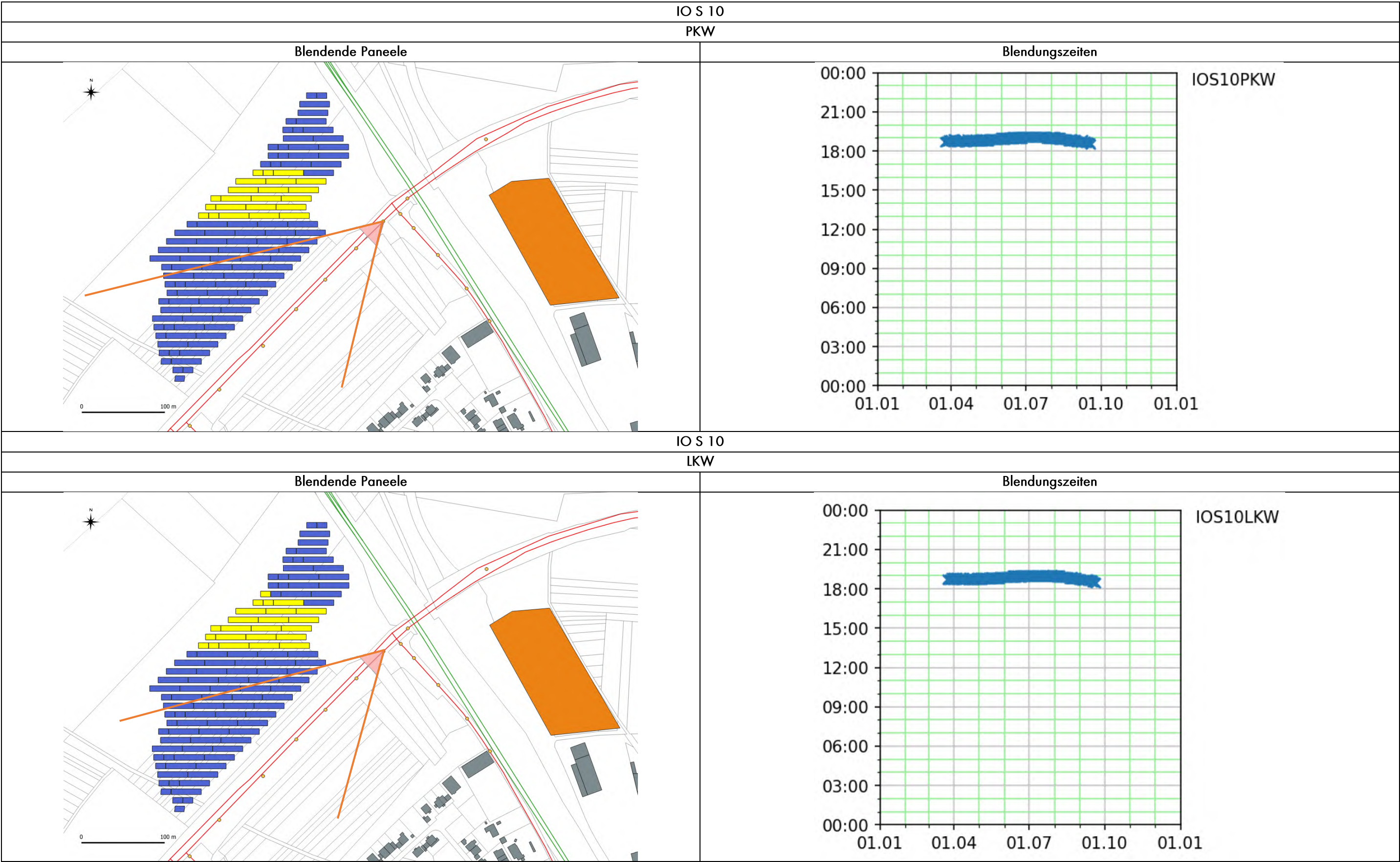


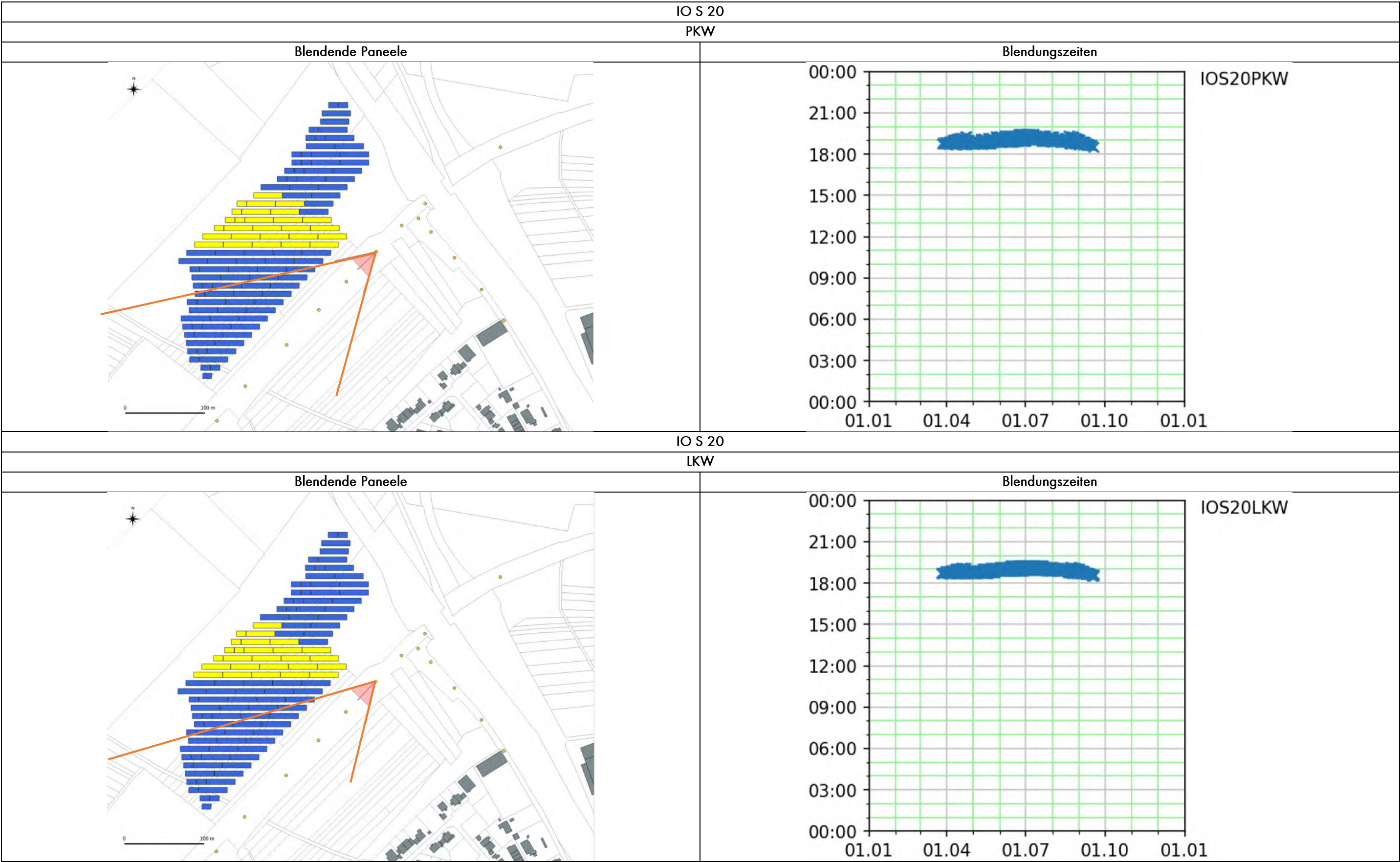


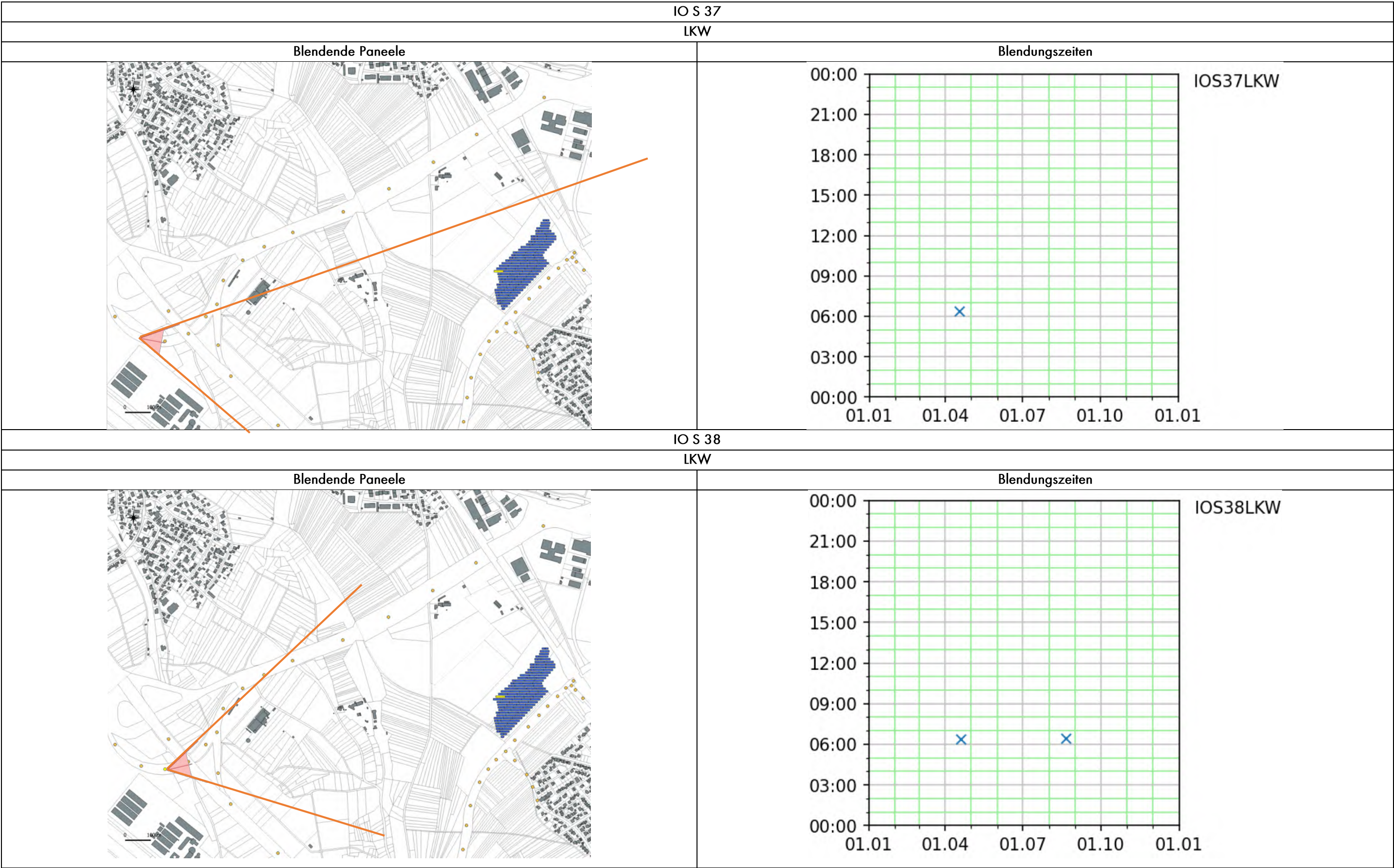


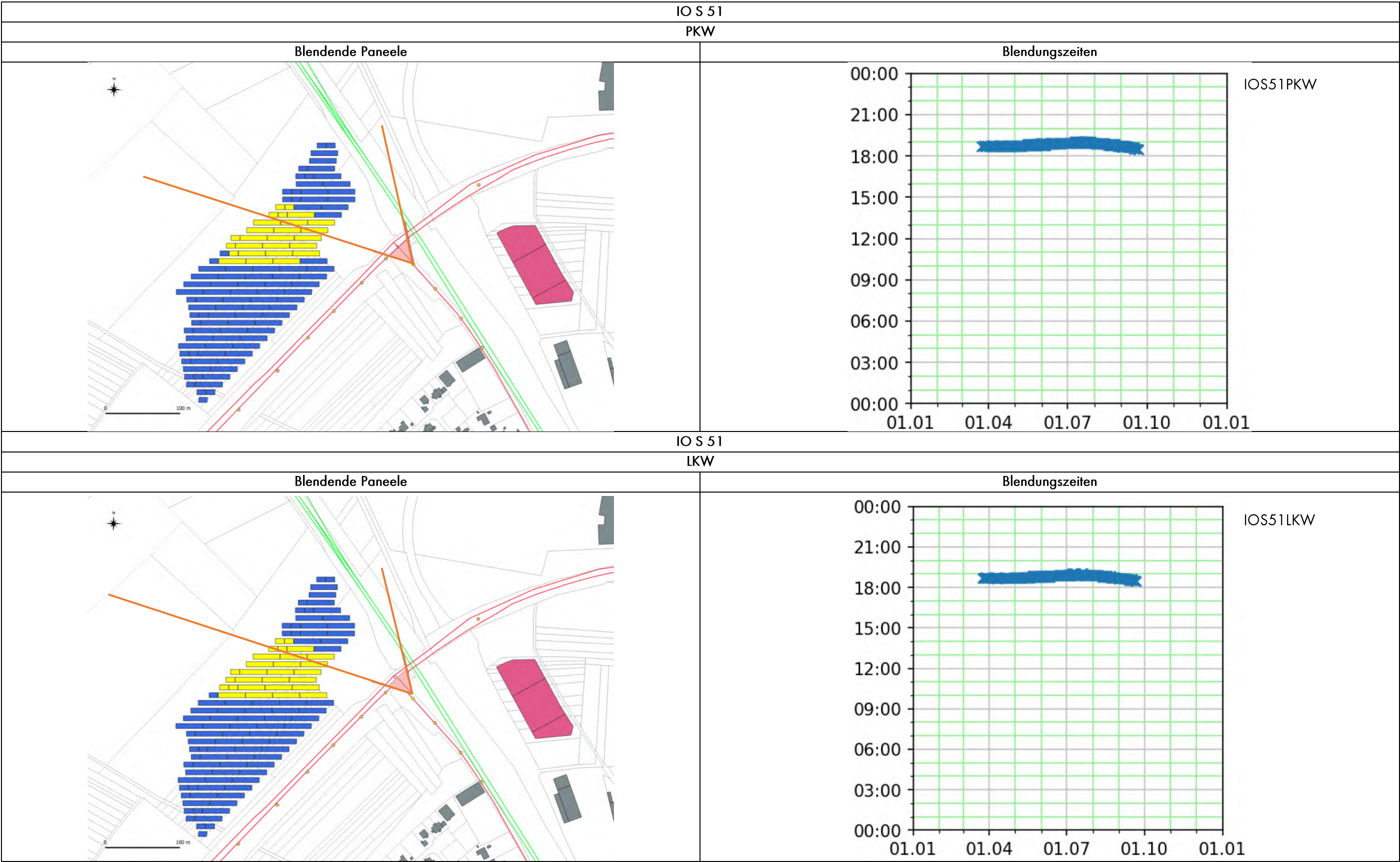


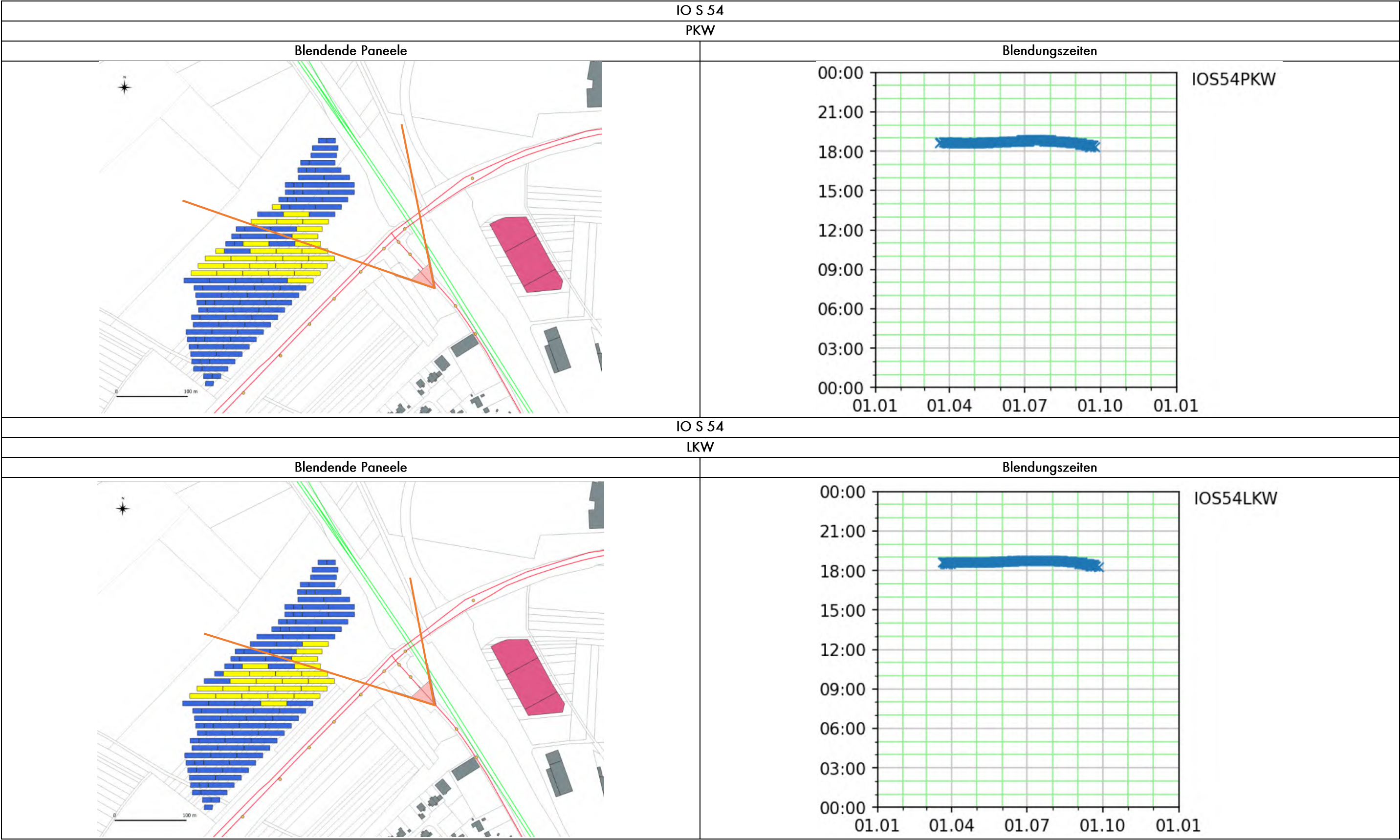






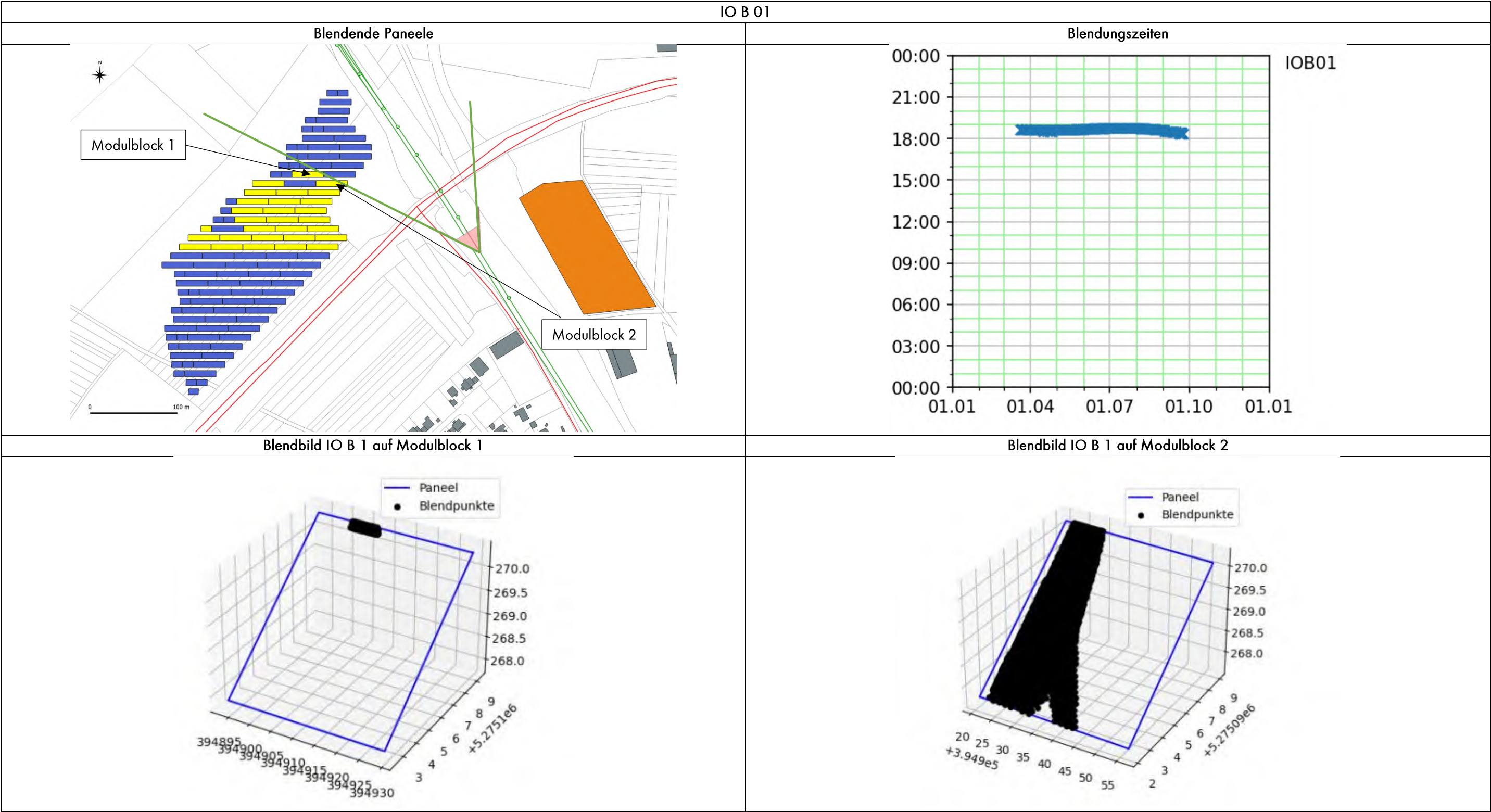


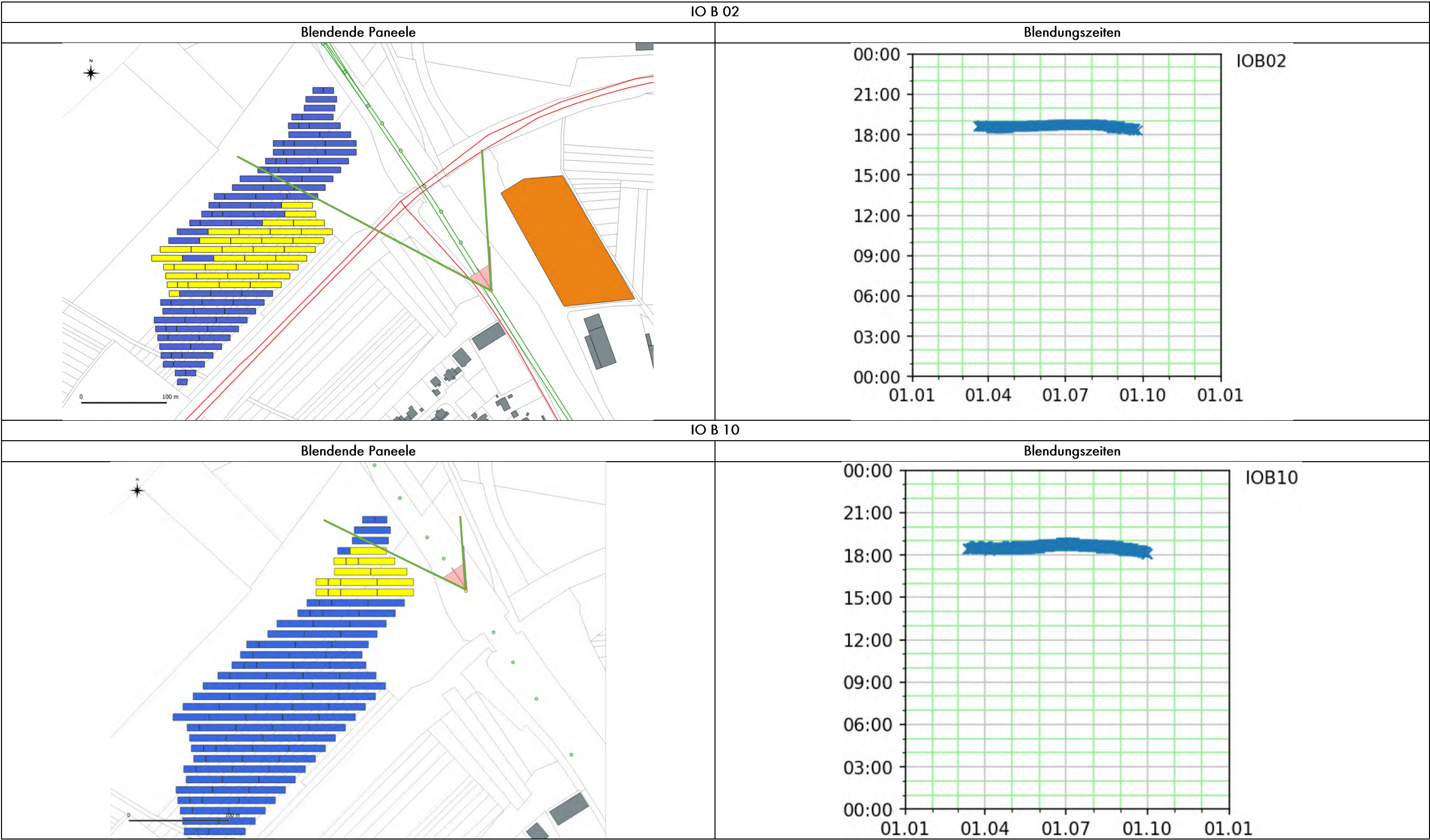


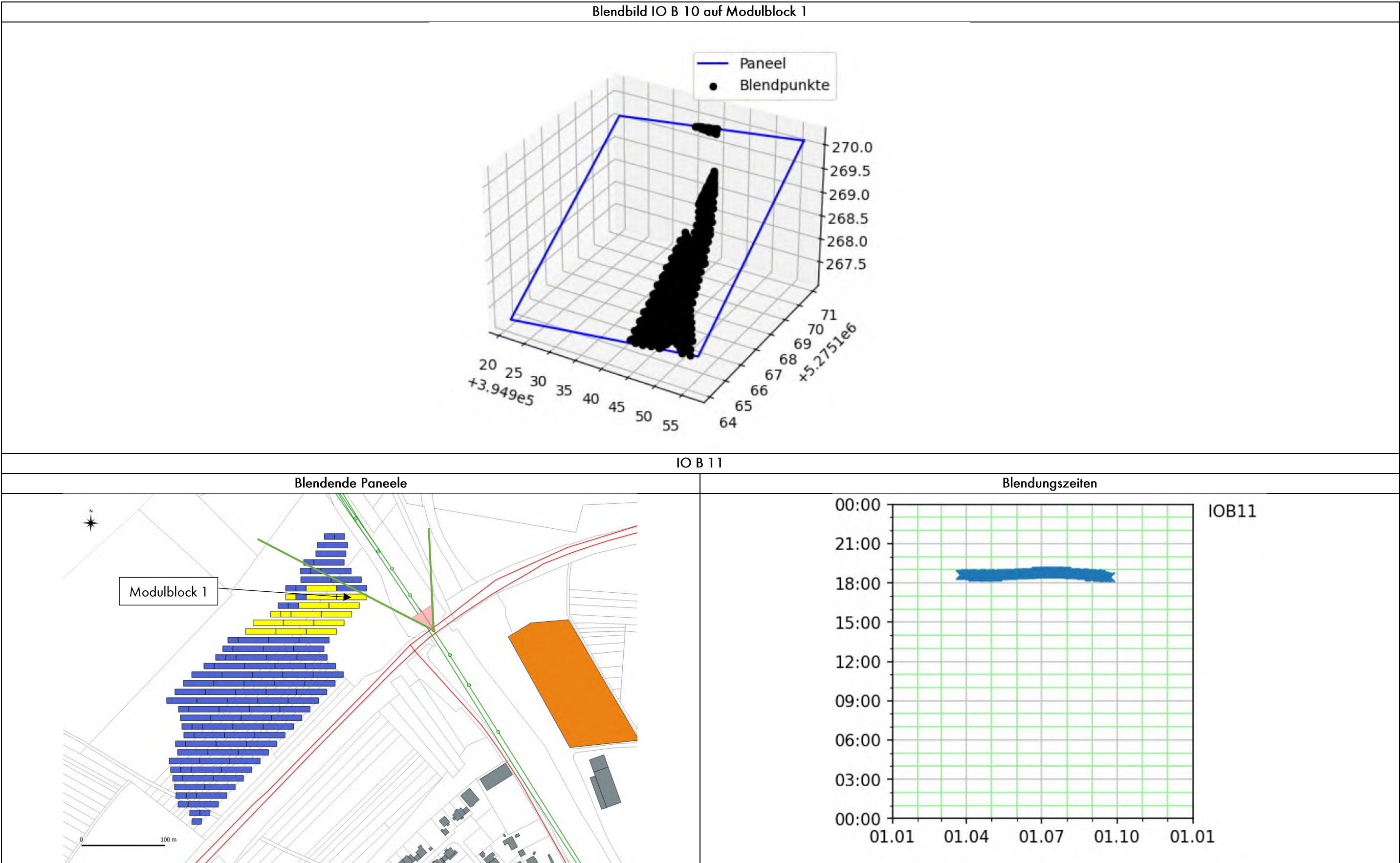


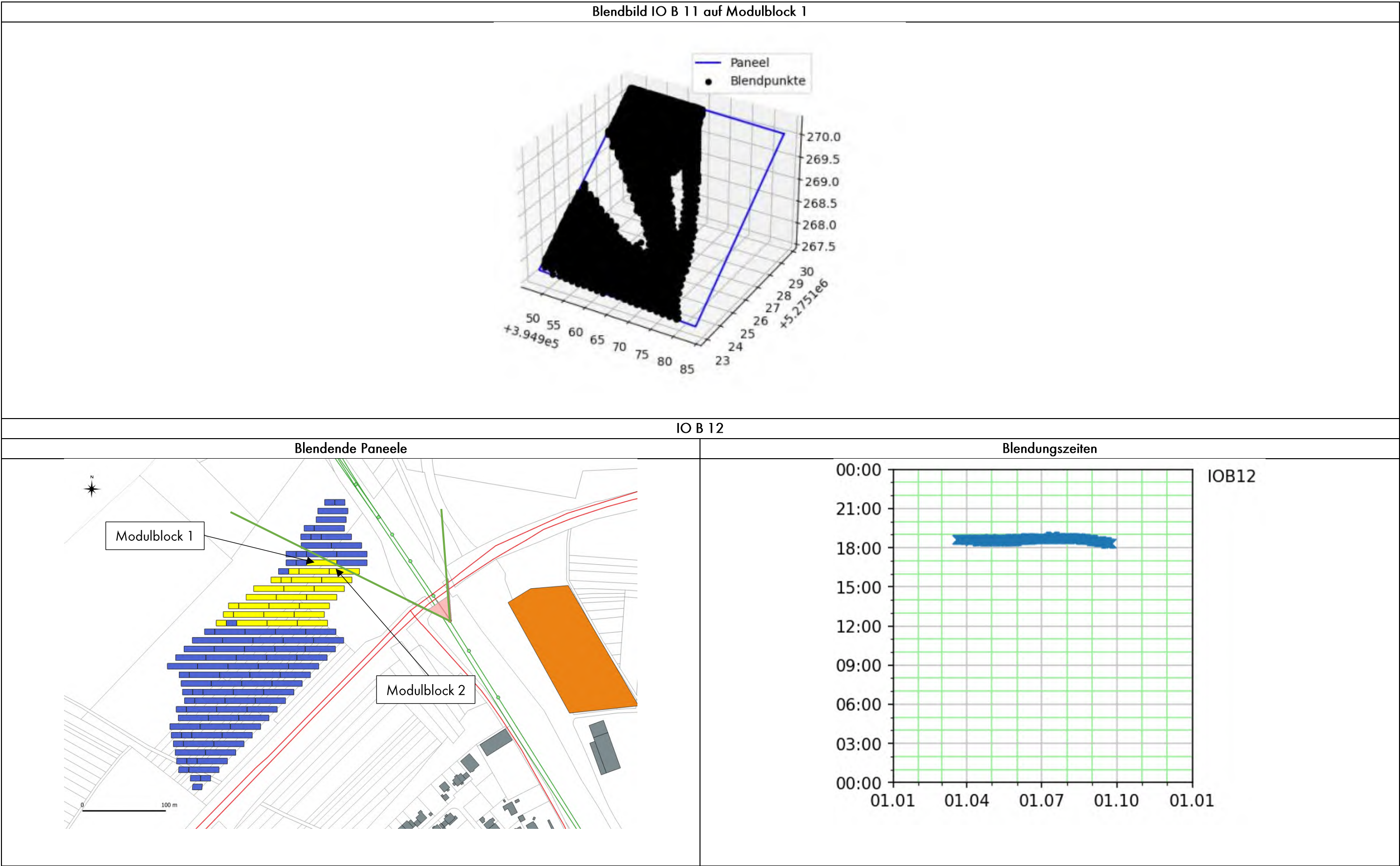
Anlage 4: Blendungen im Bahnbereich

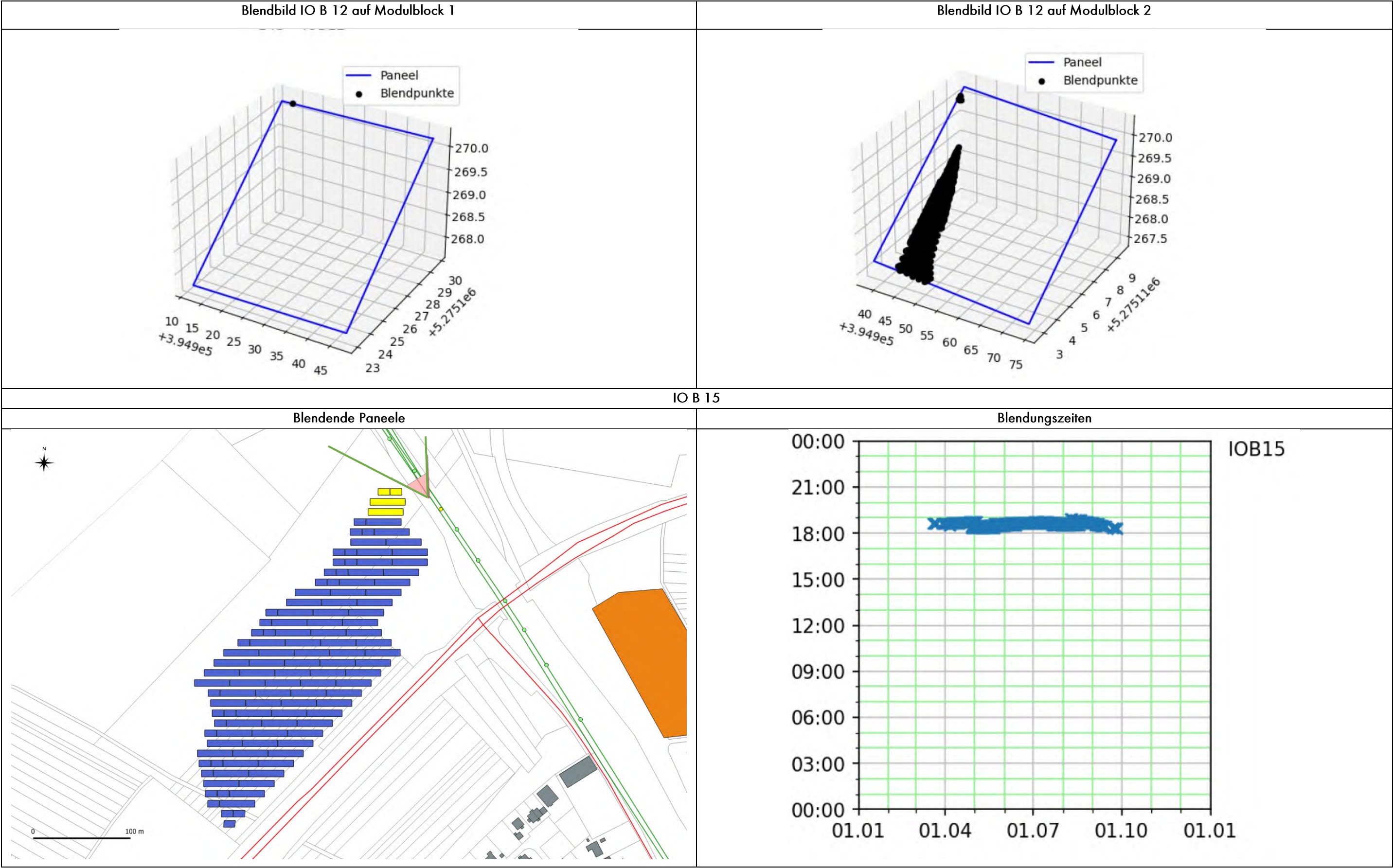
In den nachfolgenden Abbildungen sind die am Immissionsort zu Blendungen führenden Paneele gelb dargestellt. Der jeweilige Immissionsort ist ebenfalls gelb dargestellt. Zudem ist in grüner Farbgebung der foveale Sichtbereich dargestellt. Zusätzlich sind die Zeiten dargestellt, zu denen die Blendungen auftreten. Die Blendungszeiten sind in Winterzeit angegeben. An einigen Immissionsorten (i.e. IO B 03 bis IO B 09, IO B 13, IO B 14, IO B 17) treten keine Blendungen auf. Für alle Abbildungen in der Anlage 4, die die blendenden Paneele darstellen, gilt: © eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Geoportal Baden-Württemberg und Planunterlagen [7]

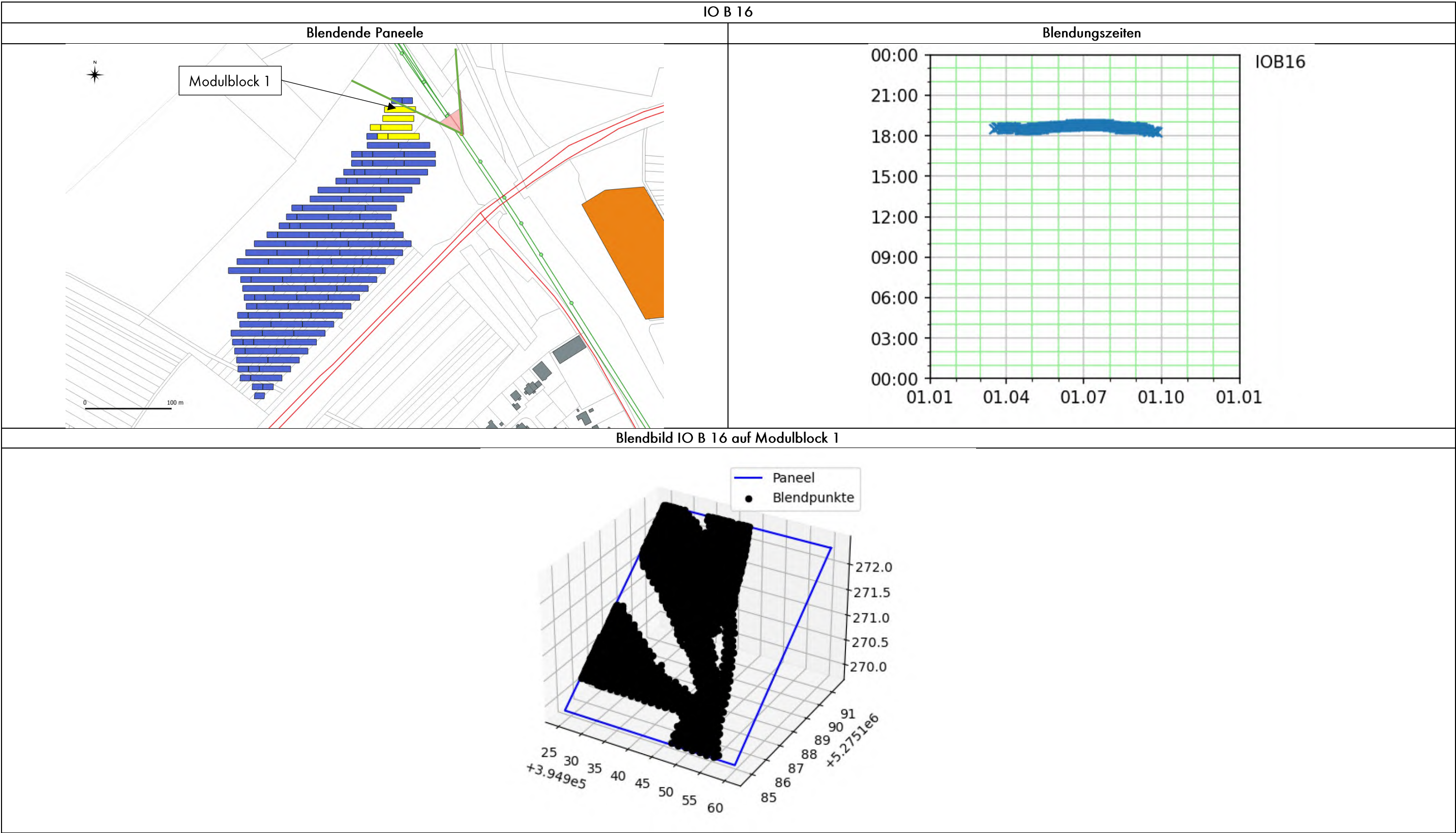




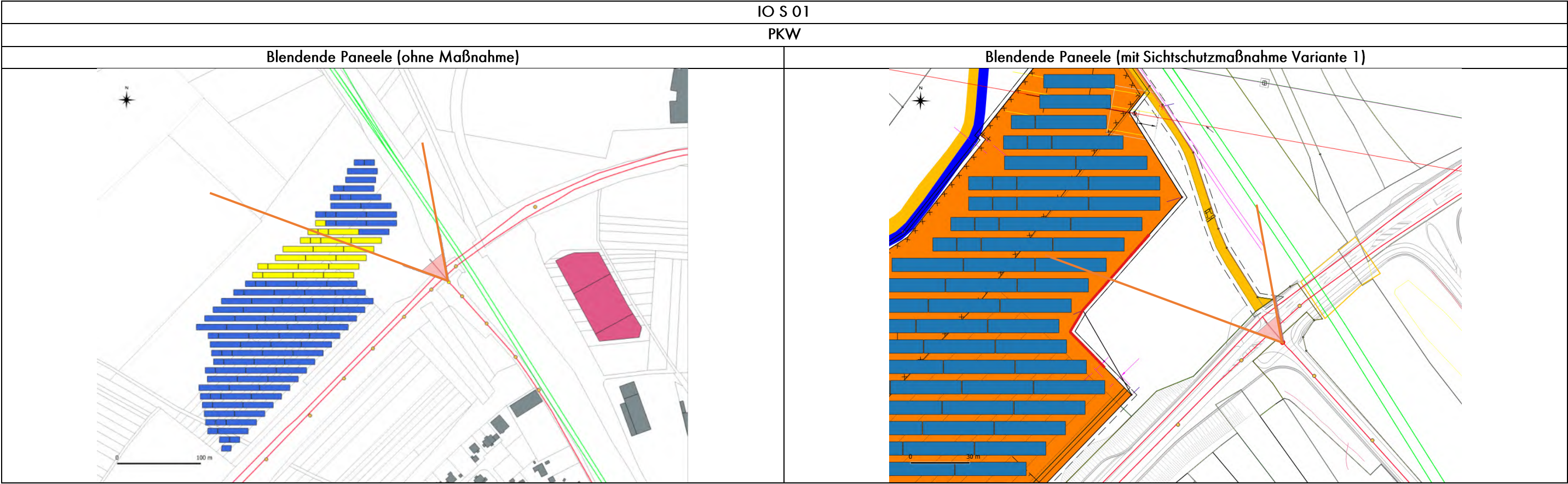


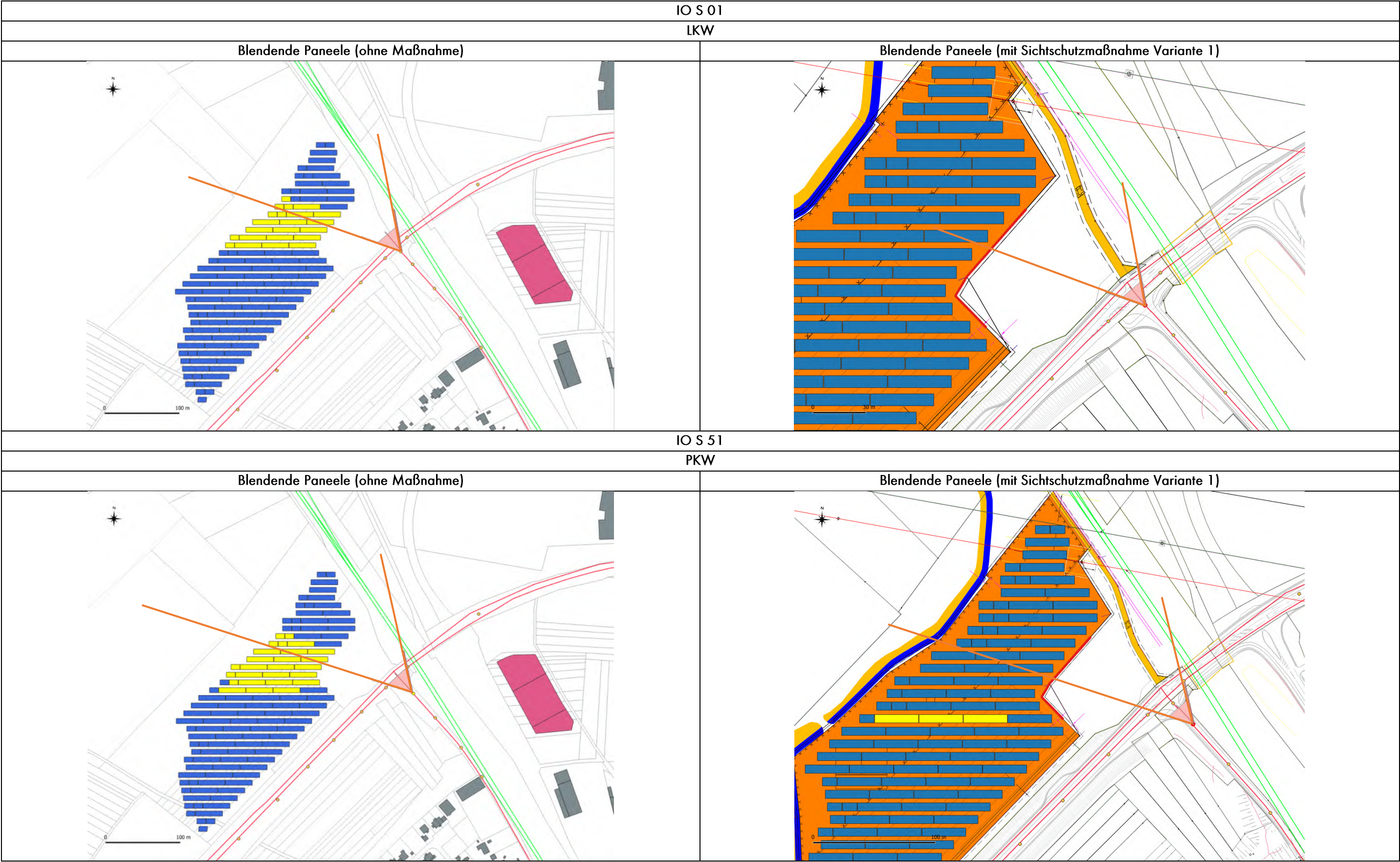


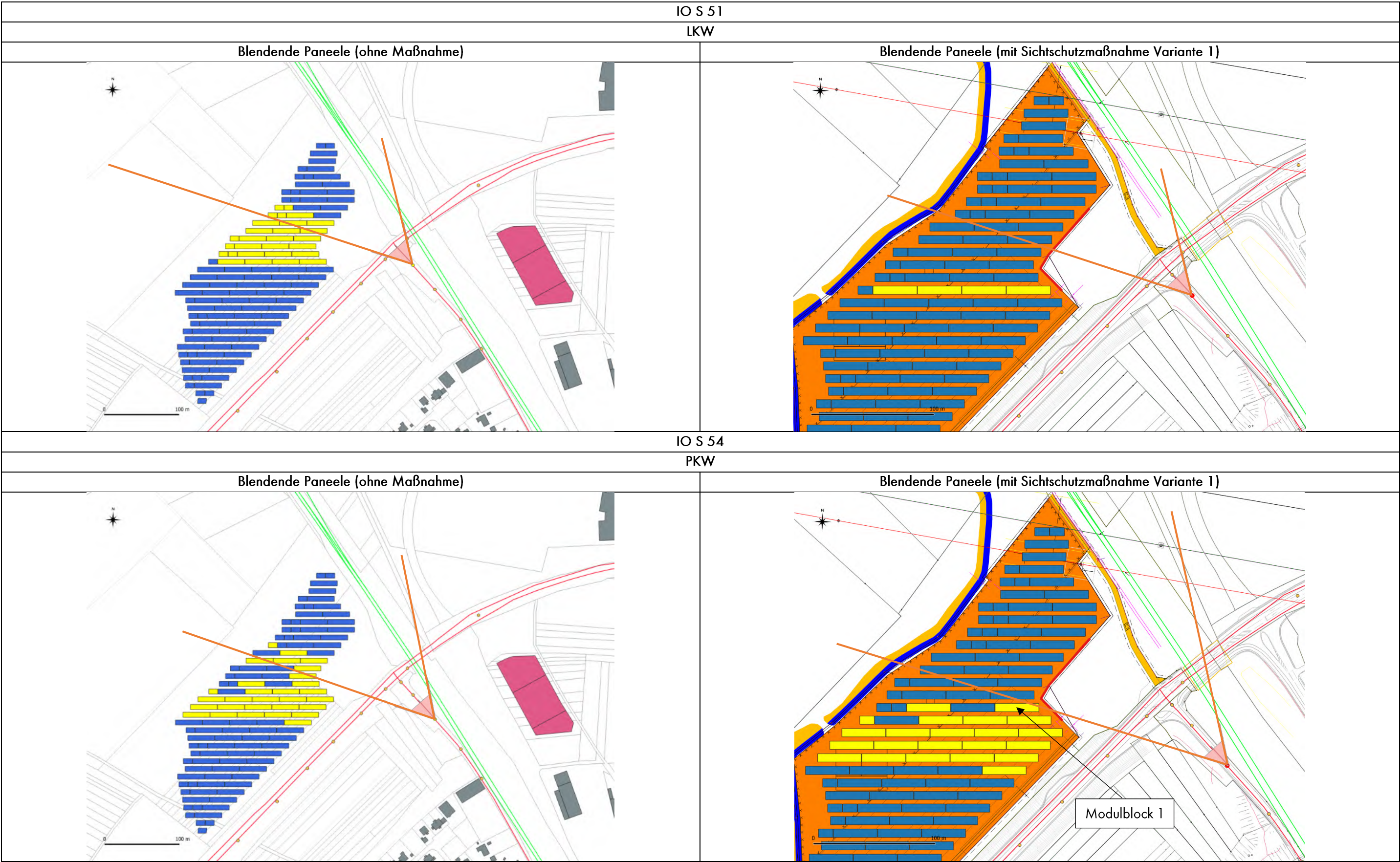


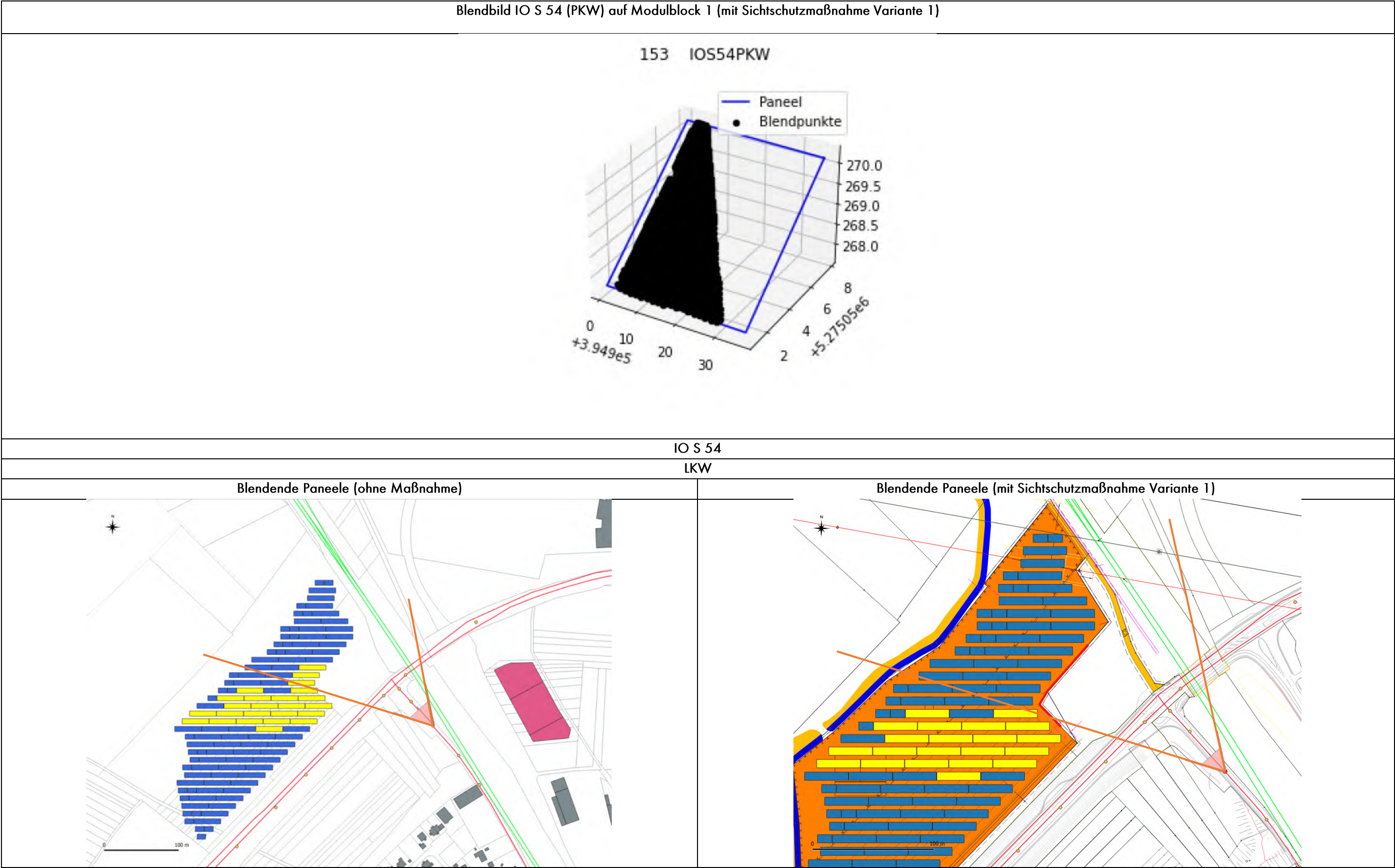


Anlage 5: **Maßnahme durch Sichtabschirmung**
Für alle Abbildungen in der Anlage 5, die die Maßnahmenkonzeption behandelt, gilt: © eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Geoportal Baden-Württemberg ([9] und [10]) und Planunterlagen [7]
Sichtabschirmung Variante 1

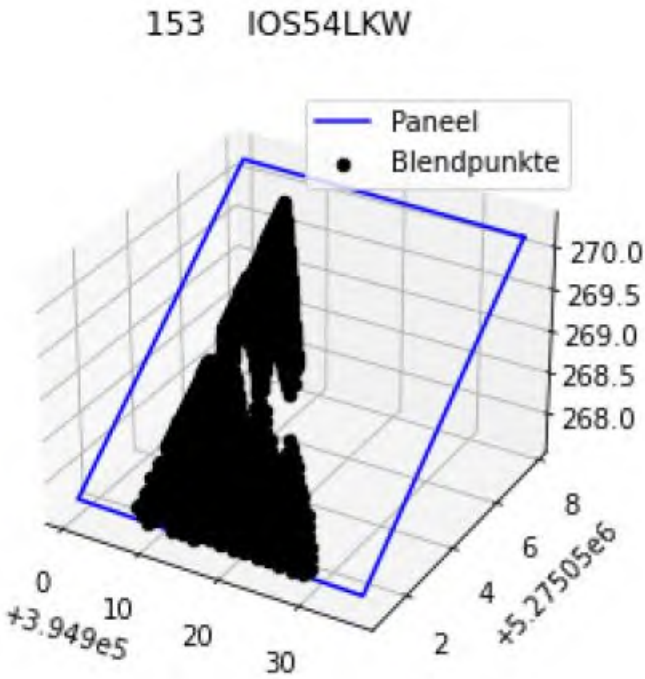




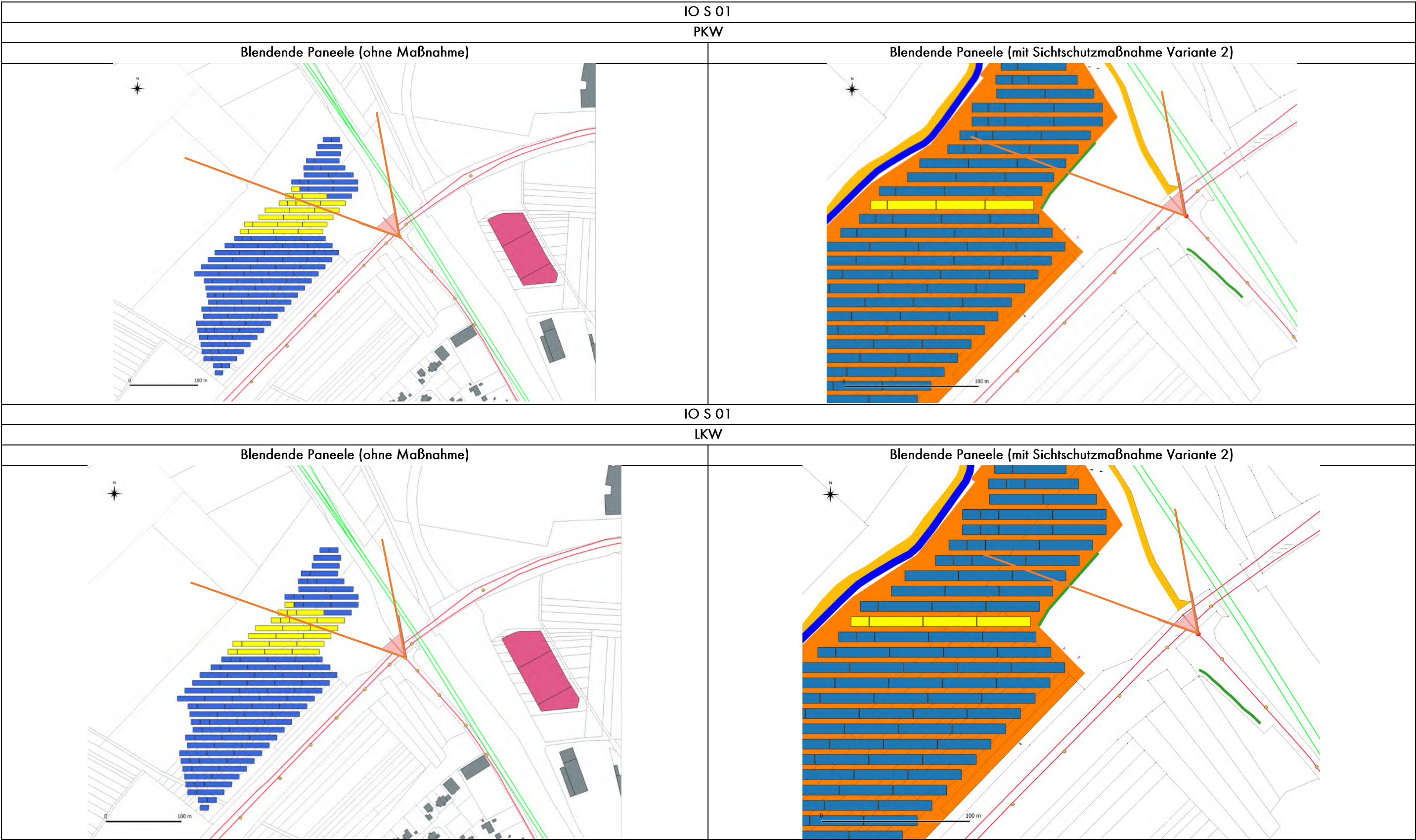


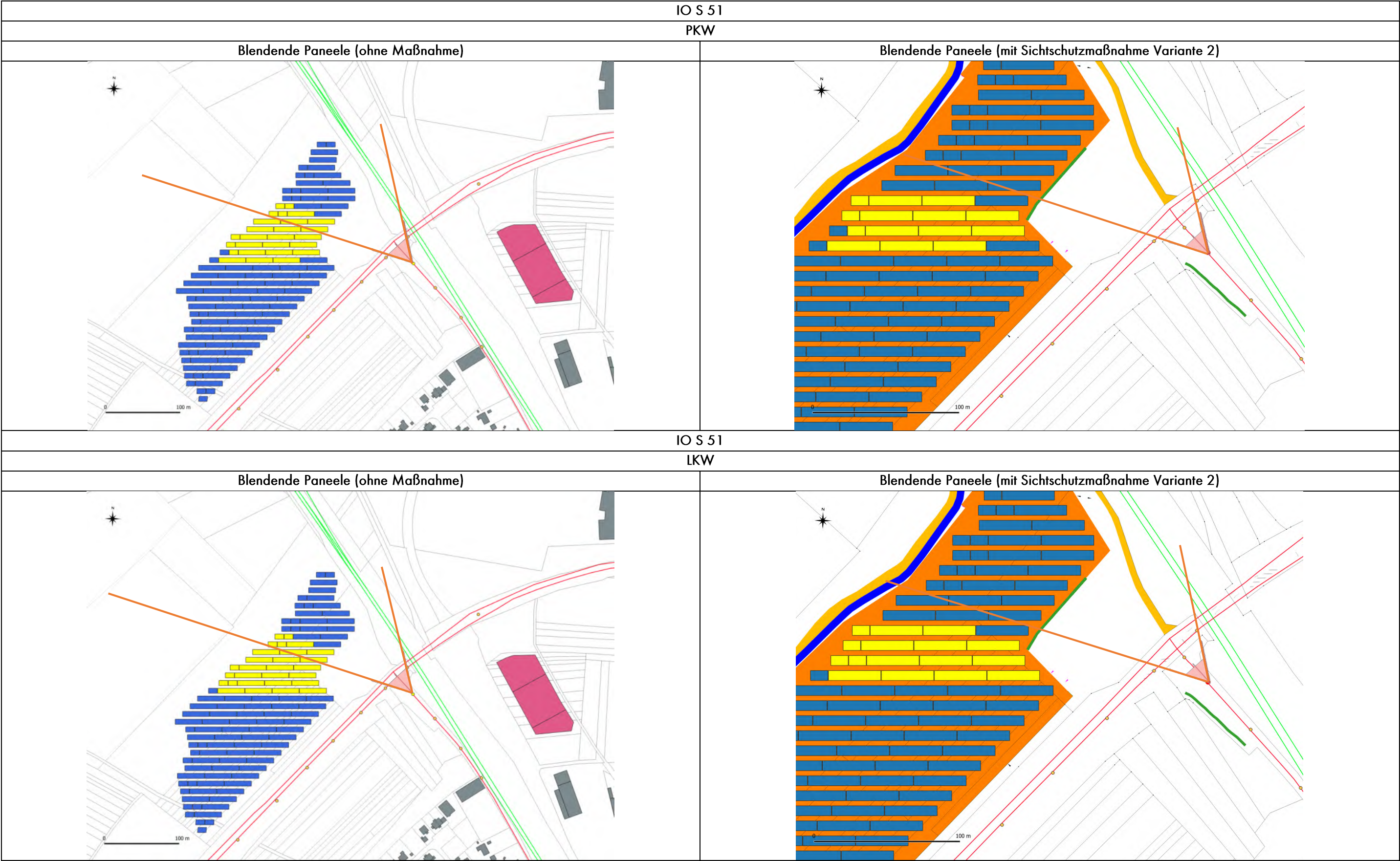


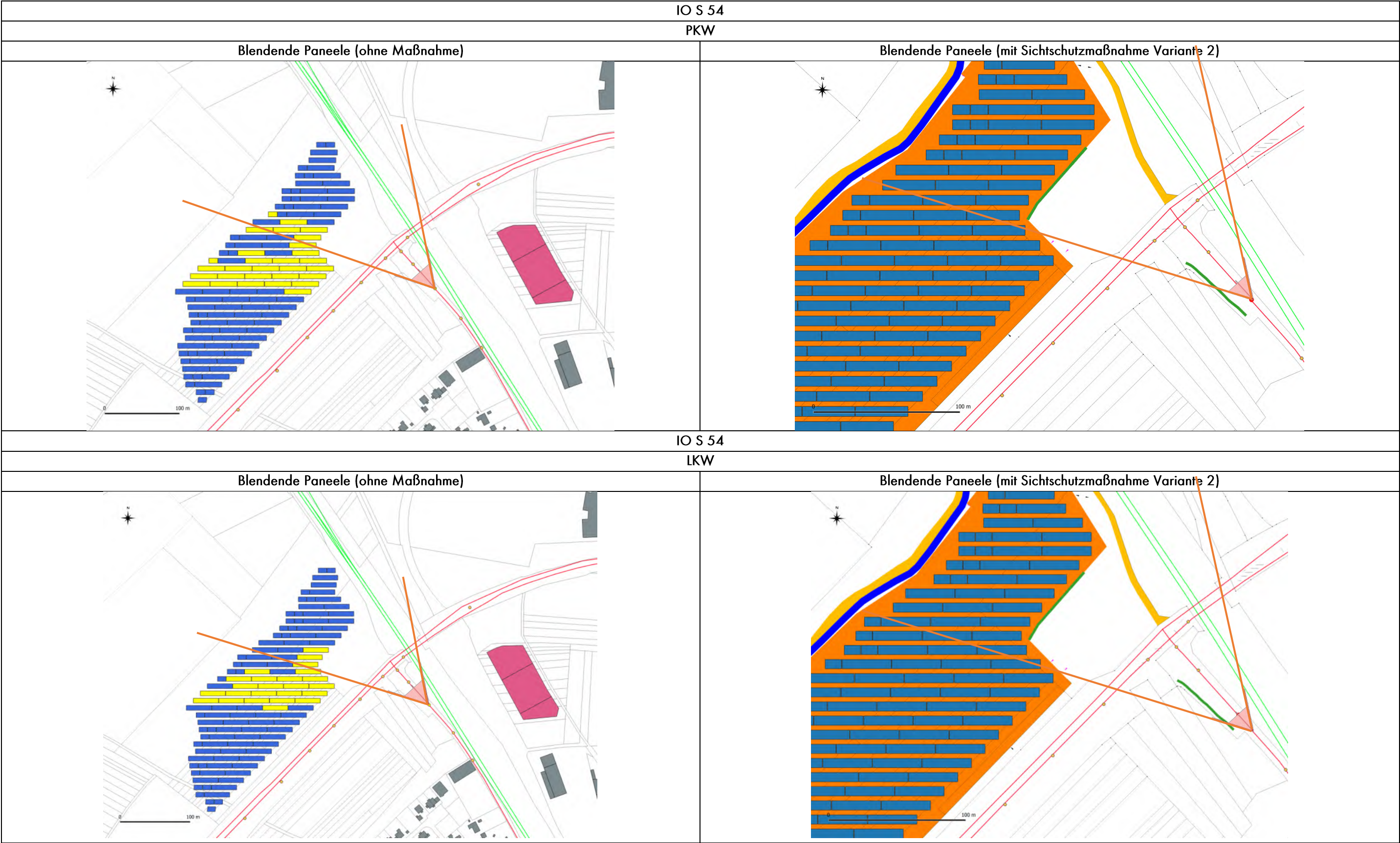
Blendbild IO S 54 (LKW) auf Modulblock 1 (mit Sichtschutzmaßnahme Variante 1)



Sichtabschirmung Variante 2







Anlage 6: Fotodokumentation der Vegetation südlich des Solarparks

In den nachfolgenden Fotos ist der Blick auf die Vegetation von verschiedenen Standorten (roter Kreis) dargestellt.

Für die Abbildungen der linken Spalte gilt: eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, für die Abbildungen der rechten Spalte: naturenergie solar GmbH [17]





