

Blendgutachten

Solarpark

Vöhrenbach, Schwarzwald-Baar-Kreis

Bericht Nr. 770-03079

im Auftrag der

HyperSys GmbH

42579 Heiligenhaus

München, im August 2025

Blendgutachten

Solarpark

Vöhrenbach, Schwarzwald-Baar-Kreis

Bericht-Nr.: 770-03079

Datum: 13.08.2025

Auftraggeber: HyperSys GmbH
Heidestraße 11
42579 Heiligenhaus

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.....	9
4. Blendungsberechnung.....	13
4.1 Berechnungsmethode.....	13
4.2 Blendquellen.....	14
4.3 Maßgebliche Immissionsorte	15
5. Blendeinwirkungen an den Immissionsorten.....	17
5.1 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten in der bewohnten Nachbarschaft.....	17
5.2 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten im Straßenverkehr	19
6. Beurteilung der Blendeinwirkung.....	20
6.1 Beurteilung der Blendeinwirkung in der umliegenden Nachbarschaft.....	20
6.2 Beurteilung der Blendeinwirkung im Verkehr	20
6.3 Wirksamkeit von Maßnahmen	24
7. Anlagen	27

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Übersichtslageplan.....	8
Abbildung 2:	Übersichtslageplan des Geländes.....	9
Abbildung 3:	Übersichtsplan des geplanten Solarparks.....	14

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Immissionsrichtwerte k für Blendung [2]	10
Tabelle 2:	Schwellenwerte verursacht durch Blendung [2]	11
Tabelle 3:	Blendungen in der bewohnten Nachbarschaft.....	18
Tabelle 4:	Blendungen im Straßenverkehr.....	19

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 1 des Gesetzes vom 24. Februar 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 58) 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] Modulbelegungsplan (3D-Modell) des Solarparks in Vöhrenbach, übermittelt durch HyperSys GmbH am 29.07.2025 und 30.07.2025
- [11] Informationen zur Georeferenzierung der Planung, übermittelt per E-Mail durch HyperSys GmbH am 29.07.2025
- [12] Informationen zur richtigen Höhenverortung der Planung, übermittelt per E-Mail durch HyperSys GmbH am 31.07.2025
- [13] Höhenmodell des Plangebiets und der umliegenden Nachbarschaft in Vöhrenbach, übermittelt durch HyperSys GmbH am 29.07.2025
- [14] Geodaten für Plangebietsbereich und die Nachbarschaft in Vöhrenbach (Flurkarte, DGM1, DGM 0,25, LoDII-Gebäudedaten), bestellt beim Open GeoData Portal des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg am 09.07.2025 und 30.07.2025
- [15] 3D-Globusansicht Google Maps, letzter Zugriff: 31.07.2025

Zusammenfassung:

Die HyperSys GmbH plant nordwestlich des Stadtgebiets Vöhrenbach im Schwarzwald-Baar-Kreis in Baden-Württemberg die Errichtung eines Solarparks.

In der vorliegenden Untersuchung wurde ein Solarpark untersucht, deren Belegung sich über 6 Teilflächen erstreckt. Die Module weisen hier teils unterschiedliche Ausrichtungen (Südosten, Südwesten und Süden) auf. Die Blendung ausgehend von den Solarpaneelen wurde auf die umliegende Nachbarschaft und die umliegenden Straßen und den durch das Plangebiet verlaufenden Weg erhoben und bewertet. Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen:

Nachbarschaft

In der Nachbarschaft werden keine Blendungen prognostiziert, die die zulässigen Blendungsdauern gemäß den LAI-Hinweisen von 30 Minuten am Tag und 30 Stunden im Jahr überschreiten. Maßnahmen zum Schutz der Nachbarschaft sind daher nicht erforderlich.

Straßenverkehr

An weiter von der Planung entfernten Straßen werden lediglich südwestlich für einen Abschnitt der Friedrichstraße und der Sommerbergstraße und nordöstlich für einen kleinen Bereich der Villingener Straße Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen könnten. Zusätzlich werden an dem Feld- bzw. Forstweg, der durch das Plangebiet verläuft, Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich von Personen auf diesem Weg liegen können. Aus gutachterlicher Sicht werden die hier prognostizierten Blendungen jedoch nicht als kritisch erachtet, weshalb Maßnahmen zum Schutz der Verkehrsteilnehmer nicht zwingend erforderlich scheinen. Es wurden dennoch ein paar allgemeine Maßnahmen vorgeschlagen, die zu einer weitergehenden Entschärfung der Blendungssituation führen.

1. Aufgabenstellung

Die HyperSys GmbH plant auf dem Grundstück mit den Flurnummern 2070, 3041, 3600, 4083, 9314 und 9335 in der Stadt Vöhrenbach im Schwarzwald-Baar-Kreis in Baden-Württemberg die Errichtung eines Solarparks. Das Plangebiet wird derzeit landwirtschaftlich genutzt. Das Plangebiet soll insgesamt in 6 Teilflächen unterteilt werden, die Module weisen hier teils unterschiedliche Ausrichtungen (Südosten, Südwesten und Süden) auf. Nördlich, westlich und teils östlich des Plangebiets befinden sich bewaldete Flächen. Südlich des Plangebiets, durch einen ca. 100 m breiten unbebauten Saum getrennt, beginnt das Stadtgebiet Vöhrenbach. Auch ferner östlich des Plangebiets befindet sich ein Teil des Stadtgebiets Vöhrenbach. Durch das Plangebiet verläuft des Weiteren eine untergeordnete Straße in Südost-Nordwest-Richtung, bei der es sich aller Voraussicht nach um einen Feldweg bzw. Forstweg handelt. Andere Straßen im direkten Nahbereich, die nicht durch Bebauung abgeschirmt sind, konnten nicht identifiziert werden. Auf der sicheren Seite liegend wurden hier dennoch die ferner südlich und östlich gelegenen Straßen untersucht und eine Sichtabschirmung durch Bebauung unberücksichtigt gelassen. Blendungstechnische Einflüsse durch den geplanten Solarpark auf die Nachbarschaft, den durch das Plangebiet verlaufenden Weg und die südlich sowie östlich gelegenen Straßen können nicht ausgeschlossen werden. Es sind daher mögliche Blendeinflüsse in der umliegenden Nachbarschaft, dem Weg sowie den südlichen und östlichen Straßen 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 08.07.2025 von der HyperSys GmbH beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

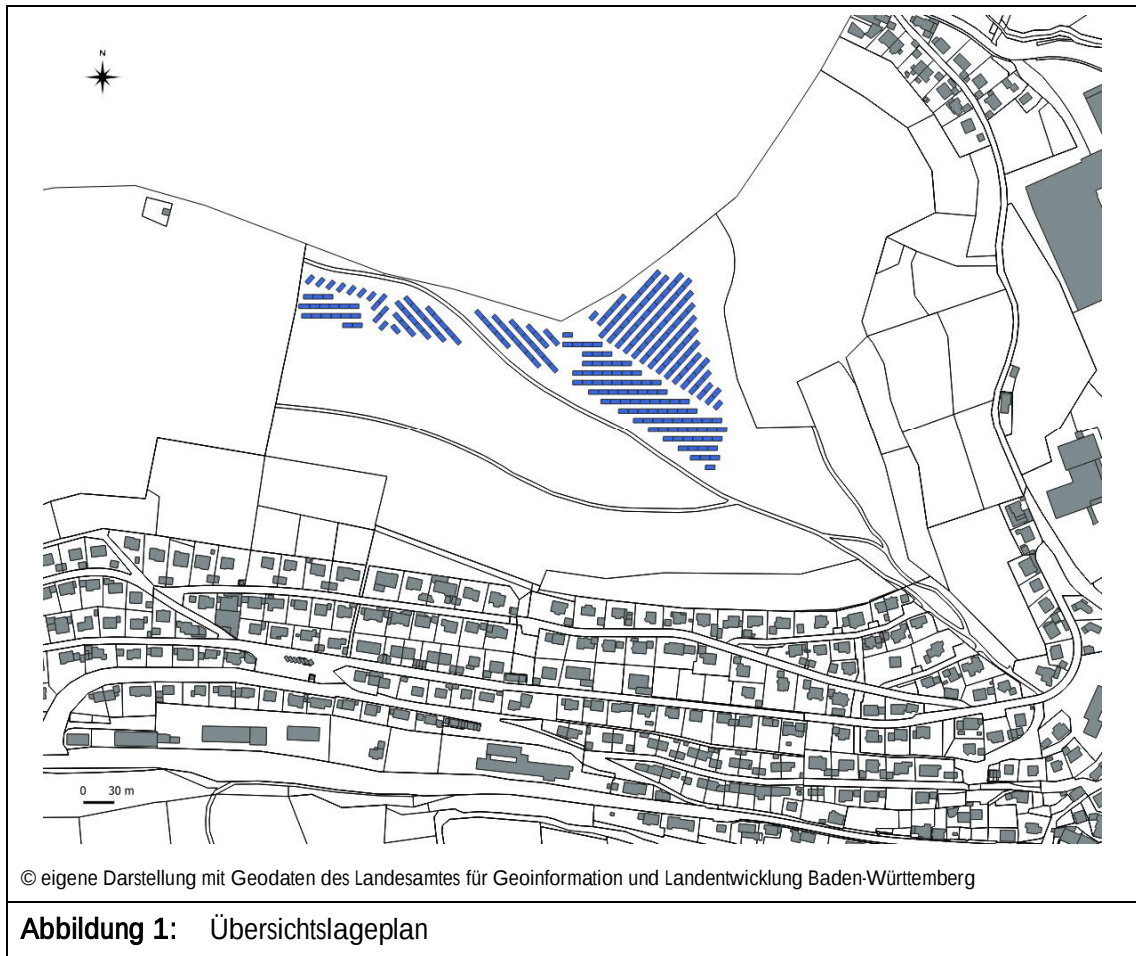
Das Plangebiet, auf dem der Solarpark entstehen soll, befindet sich auf dem Grundstück mit den Flurnummern 2070, 3041, 3600, 4083, 9314 und 9335 in der Stadt Vöhrenbach im Schwarzwald-Baar-Kreis in Baden-Württemberg.

Das Plangebiet befindet sich auf unbebauter Wiesenfläche mit vereinzelten Baumbeständen. Das Plangebiet wird von Wiesen- und Waldflächen umgeben. Südlich und östlich im Anschluss an die Wiesenflächen grenzt Bebauung der Stadt Vöhrenbach an. Hier liegt zur Wohnbebauung im Süden ein Abstand von mindestens 130 m und zur östlichen Bebauung ein Abstand von über 250 m vor.

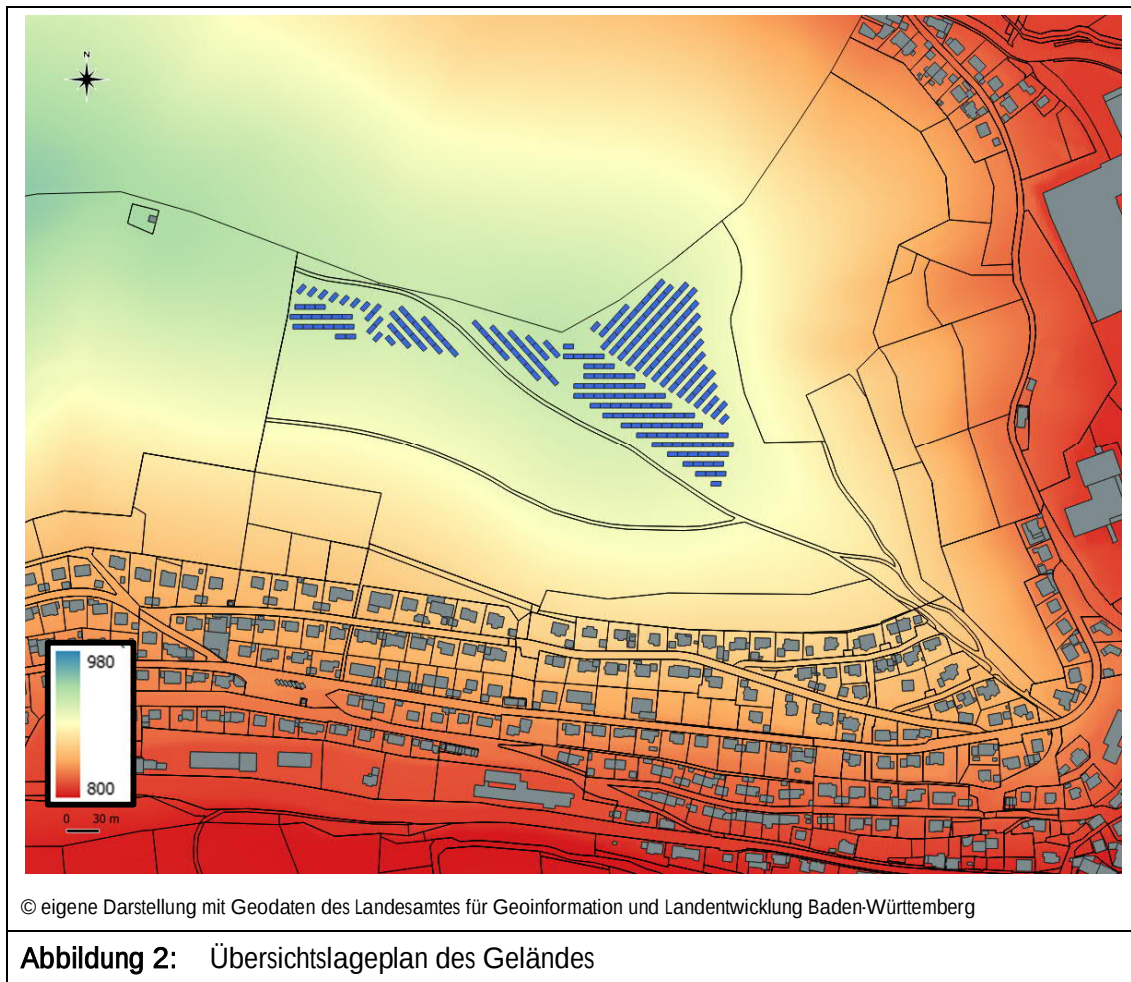
Durch das Plangebiet verläuft eine untergeordnete Straße bzw. ein Feldweg. Dieser ist auf Höhe des Plangebiets nicht befestigt. Des Weiteren befinden sich weitere Straßen in südlicher und östlicher Nachbarschaft zum Plangebiet, die jedoch größere Abstände zum Plangebiet aufweisen und zudem meist noch bestehende Nachbarschaft dazwischen liegt.

Das Gelände im Plangebiet sowie der umliegenden Nachbarschaft ist größeren Geländeunebenheiten unterworfen. Zur treffenden Abbildung der vorliegenden Geländegegebenheiten wurde daher ein feinaufgelöstes Höhenmodell [14] verwendet, auf dessen Grundlage auch der Solarpark auf das Gelände gelegt wurde als 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.



In der nachfolgenden Abbildung ist das Gelände dargestellt. Hier zeigt sich, dass das Plangebiet im Vergleich zur Nachbarschaft erhöht liegt.



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 $\bar{L}_{\max}$ 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:

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

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 ($L_{u, mess} \leq 0,1 \text{ cd/m}^2$) 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 [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. 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 Punkts 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 Wasserflächen, etc.) als auch von den Fahrzeugen anderer Verkehrsteilnehmer (Spiegelungen an metalli-

schen und gläsernen Oberflächen von Fahrzeugen) aus. Eine stärkere Sichteinschränkung durch derartige punktuelle 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 ([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. 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 möglichen Blendung erfolgt unabhängig vom möglichen Bedeckungsgrad des Himmels. In Anlehnung an das Berechnungsverfahren nach Schierz [5] werden anhand von Ortsvektoren ausgehend von der Solarpaneelfläche 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 1-Minuten-Schritten dargestellt. Eine Blendung durch ein geplantes Solarpaneel 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 liegt eine 3D-Planung [10], weitere Planunterlagen ([11], [12]) und Geodaten [14] vor.

Die Solarpaneele folgen dem Geländeverlauf. In der nachfolgenden Abbildung ist der geplante Solarpark dargestellt.



Die Azimutwinkel der Modulblöcke, die die horizontale Orientierung der Solarpaneelflächen beschreiben, sind nicht einheitlich. Der Azimutwinkel eines jeden Solarpaneelblocks wurde anhand des Flächennormalenvektors berechnet. Ist ein Solarpaneel nach Süden orientiert und das darunterliegende 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. Der Solarpark setzt sich in der vorliegenden Untersuchung aus Modulen zusammen, die nach Süden,

Südwesten oder Südosten orientiert sind. Die Azimutwinkel der Modulblöcke, die nach Süden orientiert sind, bewegen sich abhängig vom Gelände im Bereich -14° und -1° . Die Azimutwinkel der Modulblöcke, die nach Südwesten orientiert sind, bewegen sich abhängig vom Gelände im Bereich 35° und 49° . Die Azimutwinkel der Modulblöcke, die nach Südosten orientiert sind, bewegen sich abhängig vom Gelände im Bereich -72° und -41° . Es zeigt sich, dass abhängig vom Gelände teils größere 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 Ost-West-Achse der Solarpaneelflächen), welche den Vertikalwinkeln entsprechen, bewegen sich zwischen 23° und 35° . 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 und dem Verkehr (Straßen) gewählt.

Nachbarschaft

Das Plangebiet wird im direkten Nahbereich von Wiesen umgeben. Südlich und östlich des Plangebiets befinden sich dann Nachbargebäude der Stadt Vöhrenbach.

Für die bestehenden Gebäude in der Nachbarschaft wurde auf der sicheren Seite liegend wie folgt verfahren: Es wurden die nächsten und exponiertesten Bestandsgebäude zur Planung in Bezug auf deren Blendungen untersucht, da hier die maßgeblichen Blendungen zu erwarten sind, da mit zunehmendem Abstand zur Planung die Blendungsdauern in der Regel konstant abnehmen. Hier wurde, ggf. zukünftiger Überplanungen der Bestandsgebäude oder Nutzungsänderungen gerecht werdend, für jedes der untersuchten Nachbargebäude der Erdgeschossbereich und 2 Obergeschosse untersucht, auch wenn das bestehende Gebäude ggf. aktuell keine 3 Vollgeschosse aufweist. Auch wurde vorerst für jedes Gebäude eine Schutzbedürftigkeit angenommen. In der Beurteilung der Blendungen der Nachbarschaft (Kapitel 6.1) wurde dann jedoch auf das derzeit vorliegende Bestandsgebäude (Stockwerk) und dessen Nutzung eingegangen und die Blendung vor diesem Hintergrund beurteilt. Die Stockwerkshöhen wurden in der vorliegenden Untersuchung wie folgt gewählt: Erdgeschossbereich: 1,5 m und für jedes darüberliegende Geschoss wurde eine zusätzliche Höhe von 3 m berücksichtigt.

Neben Wohnräumen wird gemäß den LAI-Hinweisen zur Beurteilung von Lichtimmissionen [2] auch Büroräumen eine Schutzbedürftigkeit zugesprochen.

Die Immissionsorte in der bebauten Nachbarschaft mit unterschiedlichen Lagebeziehungen zu den Paneelen können den Übersichtsplänen der Anlage 1 entnommen werden.

Straßenverkehr

Im umliegenden Straßenverkehr können Blendungen entstehen. Angrenzend an das Plangebiet verlaufen weitestgehend untergeordnete kleinere Straßen. So verläuft südlich des Plangebiets, durch die nördlichste Häuserreihe vom Plangebiet getrennt, die Sommerbergstraße. Weiter südlich in einem Abstand von über 300 m zum Plangebiet verläuft die Friedrichstraße. Östlich des Plangebiets verlaufen die Morteaustraße und die Kälbergasse. In einer Entfernung von ca. 500 m zum Plangebiet verläuft weiter östlich die Villinger Straße. Durch das Plangebiet verläuft ein kleiner Feldweg bzw. ein Forstweg, der unbefestigt ist.

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 ein Kurvenbereich, andere Randbedingungen, die die Übersichtlichkeit des Verkehrsraums einschränken können (wie z.B. Randbebauung, Vegetation, etc.) bzw. eine Verflechtung mit anderen Verkehrswegen vorliegt (Mündungs- und Kreuzungsbereiche, etc.) (vgl. IO S 23 und IO S 27) 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. Auf der sicheren Seite liegend wurden vorerst die bestehenden Gebäude als auch die Waldflächen, die einen möglichen abschirmenden Charakter haben, nicht berücksichtigt.

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 den Übersichtsplänen der Anlage 1 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.

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 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 jegliche Blendungen zu vermeiden.

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 Fahrtrichtung) 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 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) gelegt. Für jedes darüberliegende Geschoss wurde eine zusätzliche Höhe von 3 m aufaddiert. Dies bildet in etwa die Höhe des menschlichen Kopfbereichs einer Person ab, die sich im jeweiligen Stockwerk befindet. In der nachfolgenden Tabelle sind die Blendungen an den einzelnen Gebäuden in der

Nachbarschaft dargestellt. Hier wurde ein sichtabschirmender Effekt dazwischenliegender Bebauung oder Vegetation unberücksichtigt gelassen.

Tabelle 3: Blendungen in der bewohnten Nachbarschaft			
Immissionsort	Stockwerk	Maximale Blendungszeiten	
		Tag [in Minuten]	Jahr [in Stunden]
IO N 1	EG	3	1
	OG 1	4	1
	OG 2	4	2
IO N 2	EG	3	1
	OG 1	3	1
	OG 2	3	2
IO N 3	EG	2	1
	OG 1	3	1
	OG 2	3	1
IO N 4	EG	5	2
	OG 1	8	3
	OG 2	9	4
IO N 5	EG	Keine Blendungen	
	OG 1	3	2
	OG 2	7	5
IO N 6 bis IO N 18	Alle Stockwerke	Keine Blendungen	
IO N 19	EG	Keine Blendungen	
	OG 1	4	3
	OG 2	5	5
IO N 20	EG	9	7
	OG 1	10	8
	OG 2	12	8
IO N 21	EG	4	3
	OG 1	4	2
	OG 2	4	2

FETT: Maßgebliche Blendungen je Immissionsort

ROT: Überschreitungen der zulässigen Blendungsdauern gemäß den LAI-Hinweisen

Aus den Ergebnissen der obenstehenden Tabelle geht hervor, dass durch den Solarpark keine Blendungen prognostiziert werden, die oberhalb der zulässigen Blendungsdauern gemäß den LAI-Hinweisen von 30 Minuten am Tag und 30 Stunden im Jahr liegen. Die längsten Blendungsdauern werden für die östliche Nachbarschaft (i.e. IO N 20) prognostiziert und betragen bis zu 12 Minuten am Tag und aufgerundet 8 Stunden im Jahr und liegen somit deutlich unterhalb der gemäß den LAI-

Hinweisen zulässigen Blendungsdauern von 30 Minuten am Tag und 30 Stunden im Jahr. Somit werden durch das Planvorhaben keine Konflikte in der bewohnten Nachbarschaft prognostiziert.

5.2 Blendeinwirkungen an den Immissionsorten im Straßenverkehr

Nachfolgend wurden die Blendungen ausgehend von den Solarpaneelen auf die Immissionsorte im Straßenraum 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 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 entnommen werden.

Tabelle 4: Blendungen im Straßenverkehr			
Immissionsort	Fahrzeugtyp	Blendungen PV-Anlage	
		physiologisch	psychologisch
IO S 1 bis IO S 8	PKW und LKW	ja	ja
IO S 9	PKW	keine Blendungen	
	LKW	ja	ja
IO S 10 bis IO S 14	PKW und LKW	keine Blendungen	
IO S 15	PKW	nein	ja
	LKW	ja	ja
IO S 16	PKW und LKW	ja	ja
IO S 17 bis IO S 23	PKW und LKW	Keine Blendung	
IO S 24 bis IO S 28	PKW und LKW	nein	ja
IO S 29	PKW und LKW	ja	ja
IO S 30 bis IO S 31	PKW und LKW	nein	ja
IO S 32	PKW und LKW	ja	ja
IO S 33	PKW und LKW	nein	ja
IO S 34 bis IO S 40	PKW und LKW	ja	ja

Aus der obenstehenden Tabelle kann entnommen werden, ob an den jeweiligen Immissionsorten Blendungen ausgehend von der Solaranlage 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 die Blendungen im fovealen Sichtbereich auf den weiter entfernten Straßen südwestlich (i.e. IO S 1 bis IO S 9 und IO S 16) und nordöstlich (i.e. IO S 29) auftreten. Ferner treten auch Blendungen auf dem Feldweg/Forstweg (i.e. IO S 34 bis IO S 40) auf, die im fovealen Sichtbereich liegen können. Ansonsten werden keine Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen.

Die Beurteilung der Blendungen erfolgt im Kapitel 6.2 und eine Vorstellung möglicher Maßnahmen erfolgt in Kapitel 6.3.

6. Beurteilung der Blendeinwirkung

6.1 Beurteilung der Blendeinwirkung in der umliegenden Nachbarschaft

Aus den Ergebnissen im Kapitel 5.1 und den Darstellungen in der Anlage 2 geht hervor, dass in der umliegenden Nachbarschaft keine Blendungsdauern prognostiziert werden, die oberhalb der gemäß den LAI-Hinweisen zulässigen Blendungsdauern von 30 Minuten am Tag und 30 Stunden im Jahr liegen. Die maximalen Blendungsdauern betragen 12 Minuten am Tag und 8 Stunden im Jahr und liegen somit deutlich unterhalb der zulässigen Blendungsdauern.

Maßnahmen zum Schutz Nachbarschaft sind daher aus gutachterlicher Sicht nicht erforderlich, da die vorliegenden Blendungen durchaus als tolerabel erachtet werden. Konflikte in der Nachbarschaft werden daher im Zuge des Planvorhabens nicht erwartet.

6.2 Beurteilung der Blendeinwirkung im Verkehr

Wie den Ergebnissen in der Anlage 3 und dem Kapitel 5.2 entnommen werden kann, treten an den weiter von der Planung entfernten Straßen lediglich südwestlich (i.e. IO S 1 bis IO S 9: Friedrichstraße; IO S 15 und IO S 16: Sommerbergstraße) und nordöstlich (i.e. IO S 29: Villinger Straße) Blendungen auf, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen können. Zusätzlich werden an dem Feld- bzw. Forstweg, der durch das Plangebiet verläuft, Blendungen prognostiziert, die im fovealen Sichtbereich von Personen auf diesem Weg liegen können. Nachfolgend wird auf die Straßen- bzw. Wegbereiche, die von fovealen Blendungen betroffen sind, kurz eingegangen.

Südwestlich gelegener Straßenbereich der Friedrichstraße (i.e. IO S 1 bis IO S 9)

Die in diesem Straßenabschnitt auftretenden Blendungen treten zwischen Mai und Anfang September am frühen Morgen zwischen 05:00 und 07:00 Uhr (Winterzeit) auf. Der geringste Abstand zum nächsten blendenden Paneel beträgt über 650 m. Zu diesem Zeitpunkt liegt die Sonne noch tiefer im Nordosten und somit ein Stückweit im Hintergrund des blendenden Solarparks. Daher ist davon aus-

zugehen, dass zu diesem Zeitpunkt mit einer blendungstechnischen Vorbelastung durch die tiefstehende Morgensonne zu rechnen ist. Auch ohne eine Realisierung des geplanten Solarparks wäre ein Blick nach Nordosten zu besagtem Zeitpunkt mit Blendungen durch die tiefstehende Sonne verbunden. Ob zu besagtem Zeitpunkt daher die Leuchtdichten auf den blendenden Paneelen vor den hohen Leuchtdichten der dahinterliegenden Sonne (hohe Umgebungsleuchtdichte) überhaupt als relevant und erstmalig störend wahrgenommen werden, bleibt zu hinterfragen. Dieser Eindruck wird noch bestärkt, wenn man berücksichtigt, dass der Solarpark ca. 100 m über dem Straßenniveau liegt. Somit ist ein leichter Blick Richtung Himmel, wo dann auch die tiefstehende Sonne steht, erforderlich, um eine maßgebliche Blendung zu erfahren.

Hier zeigt sich auch, dass die Blendungen oftmals von vereinzelt Modulblöcken ausgehen und somit gerade in Kombination mit dem großen Abstand von über 650 m keine flächendeckende Blendung vorliegt. Die hier auftretenden Blendungen haben daher eher punktuellen als flächendeckenden Charakter für einen Verkehrsteilnehmer. Das sichteinschränkende Potential dieser punktuellen Blendungen scheint daher deutlich reduziert zu sein, da nur ein kleiner Teil des fovealen Sichtbereichs von Verkehrsteilnehmern durch die Blendquelle betroffen ist. Dieser Blendeinfluss ist wahrscheinlich in der Realität dem Blendeinfluss einer blendenden Karosserie, Windschutzscheibe, o.Ä. eines vorbeifahrenden Fahrzeugs gleichzusetzen. Die hier auftretenden Blendungen betragen maximal 10 Minuten am Tag und 7 Stunden im Jahr und sind somit nur sehr kurzzeitig.

An dieser Stelle muss auf die Berechnungsmethode eingegangen werden, die auf der sicheren Seite liegend (um städtebaulichen Veränderungen (Abrisse von Gebäuden, etc.) in der Stadt Vöhrenbach Rechnung zu tragen) den abschirmenden Effekt von Gebäuden und Vegetation unberücksichtigt ließ. Der Solarpark befindet sich zwar auf einem Hügel und liegt somit gegenüber der Straße als auch der Nachbarschaft erhöht, jedoch ist dennoch sicherlich mit gewissen Sichtabschirmungen durch die Bebauung und den westlich des Solarparks gelegenen Wald zu rechnen.

Zuletzt zeigt sich, dass der besagte westliche Straßenabschnitt der Friedrichstraße zwar eine leichte Kurve aufweist, jedoch keine Aus- und Einfahrten aufweist, die eine erhöhte Anforderung an gute Sicht und schnelles Reaktionsvermögen mit sich bringen würde.

Eine Konzeption von Maßnahmen erscheint für den vorliegenden Straßenabschnitt aufgrund der oben genannten Punkte aus gutachterlicher Sicht nicht erforderlich. Es werden dennoch einige allgemeine Maßnahmen im Kapitel 6.3 vorgestellt, um den möglichen Blendkonflikt – sollte denn überhaupt einer vorliegen - lösen zu können.

Südwestlich gelegener Straßenbereich der Sommerbergstraße (i.e. IO S 15 bis IO S 16)

Die in diesem Straßenabschnitt auftretenden Blendungen treten zwischen April und Anfang September am frühen Morgen zwischen 05:00 und 06:00 Uhr (Winterzeit) auf. Der geringste Abstand zum nächsten blendenden Paneel beträgt über 400 m. Zu diesem Zeitpunkt liegt die Sonne noch tiefer im Nordosten und somit ein Stückweit im Hintergrund des blendenden Solarparks. Daher ist davon auszugehen, dass zu diesem Zeitpunkt mit einer blendungstechnischen Vorbelastung durch die tiefstehende Morgensonne zu rechnen ist. Auch ohne eine Realisierung des geplanten Solarparks wäre ein Blick nach Nordosten zu besagtem Zeitpunkt mit Blendungen durch die tiefstehende Sonne verbunden. Ob zu besagtem Zeitpunkt daher die Leuchtdichten auf den blendenden Paneelen vor den hohen Leuchtdichten der dahinterliegenden Sonne (hohe Umgebungsleuchtdichte) überhaupt als relevant

und erstmalig störend wahrgenommen werden, bleibt zu hinterfragen. Dieser Eindruck wird noch bestärkt, wenn man berücksichtigt, dass der Solarpark ca. 50 m über dem Straßenniveau liegt. Somit ist ein leichter Blick Richtung Himmel, wo dann auch die tiefstehende Sonne steht, erforderlich, um eine maßgebliche Blendung zu erfahren.

Hier zeigt sich auch, dass die Blendungen im fovealen Sichtbereich nur von vereinzelten Modulblöcken ausgehen. Es liegen maximal 5 Modulblöcke im fovealen Sichtfeld. Aufgrund der vereinzelten räumlichen Blendungen (maximal 5 Modulblöcke) in Kombination mit einem Abstand von über 400 m liegt keine flächenhafte Blendung vor. Die hier auftretenden Blendungen haben deutlich eher punktuellen als flächendeckenden Charakter für einen Verkehrsteilnehmer. Das sichteinschränkende Potential dieser punktuellen Blendungen scheint daher deutlich reduziert zu sein, da nur ein kleiner Teil des fovealen Sichtbereichs von Verkehrsteilnehmern durch die Blendquelle betroffen ist. Dieser Blendeinfluss ist wahrscheinlich in der Realität dem Blendeinfluss einer blendenden Karosserie, Windschutzscheibe, Fensterscheibe, o.Ä. eines vorbeifahrenden Fahrzeugs oder Nachbargebäudes gleichzusetzen. Die hier auftretenden Blendungen betragen maximal 7 Minuten am Tag und 3 Stunden im Jahr und sind somit nur sehr kurzzeitig.

An dieser Stelle muss auf die Berechnungsmethode eingegangen werden, die auf der sicheren Seite liegend (um städtebaulichen Veränderungen (Abrisse von Gebäuden, etc.) in der Stadt Vöhrenbach Rechnung zu tragen) den abschirmenden Effekt von Gebäuden und Vegetation unberücksichtigt ließ. In der Sichtachse Immissionsorte Sommerbergstraße und blendenden Paneelen befindet sich eine Häuserreihe mit jeweils drei Vollgeschossen. In der bestehenden Situation erscheint daher eine Blickbeziehung zum Solarpark nicht möglich zu sein.

Zuletzt zeigt sich, dass es sich bei der Sommerbergstraße um eine untergeordnete Straße einer Siedlung handelt, die sicherlich durch geringe Geschwindigkeiten der Fahrzeuge geprägt ist.

Eine Konzeption von Maßnahmen erscheint für den vorliegenden Straßenabschnitt aufgrund der oben genannten Punkte aus gutachterlicher Sicht nicht erforderlich.

Nordöstlich gelegener Straßenbereich der Villinger Straße (i.e. IO S 29)

Die in diesem Straßenabschnitt auftretenden Blendungen treten im Februar, März, September und Oktober am Nachmittag bzw. frühen Abend zwischen 15:00 und 17:00 Uhr (Winterzeit) auf. Der geringste Abstand zum nächsten blendenden Paneel beträgt über 600 m. Zu diesem Zeitpunkt liegt die Sonne schon etwas tiefer im Westen und somit ein Stückweit im Hintergrund des blendenden Solarparks. Daher ist davon auszugehen, dass zu diesem Zeitpunkt mit einer blendungstechnischen Vorbelastung durch die tiefstehende Nachmittags- bzw. Abendsonne zu rechnen ist. Auch ohne eine Realisierung des geplanten Solarparks wäre ein Blick nach Südwesten oder Westen zu besagtem Zeitpunkt mit Blendungen durch die tiefstehende Sonne verbunden. Ob zu besagtem Zeitpunkt daher die Leuchtdichten auf den blendenden Paneelen vor den hohen Leuchtdichten der dahinterliegenden Sonne (hohe Umgebungsleuchtdichte) überhaupt als relevant und erstmalig störend wahrgenommen werden, bleibt zu hinterfragen.

Hier zeigt sich auch, dass die Blendungen im fovealen Sichtfeld auf einen kleinen Bereich am Rand beschränkt sind und somit nur einen kleinen Teil des fovealen Sichtfeldes einnehmen. In Kombination mit dem großen Abstand von über 600 m kann daher von keiner flächenhaften Blendung gesprochen

werden. Die hier auftretenden Blendungen haben daher eher punktuellen als flächendeckenden Charakter für einen Verkehrsteilnehmer. Das sichteinschränkende Potential dieser punktuellen Blendungen scheint daher deutlich reduziert zu sein, da nur ein kleiner Teil des fovealen Sichtbereichs von Verkehrsteilnehmern durch die Blendquelle betroffen ist. Dieser Blendeinfluss ist wahrscheinlich in der Realität dem Blendeinfluss einer blendenden Karosserie, Windschutzscheibe, o.Ä. eines vorbeifahrenden Fahrzeugs gleichzusetzen. Die hier auftretenden Blendungen betragen maximal 16 Minuten am Tag und 9 Stunden im Jahr und sind somit eher kurzzeitig.

An dieser Stelle muss auf die Berechnungsmethode eingegangen werden, die auf der sicheren Seite liegend (um städtebaulichen Veränderungen (Abrisse von Gebäuden, etc.) in der Stadt Vöhrenbach als auch Änderungen in der Vegetation (Dürreschäden, Sturmschäden, etc.) Rechnung zu tragen) den abschirmenden Effekt von Gebäuden und Vegetation unberücksichtigt ließ. Der Solarpark befindet sich zwar auf einem Hügel und liegt somit gegenüber der Straße als auch der Nachbarschaft erhöht, jedoch ist dennoch sicherlich mit gewissen Sichtabschirmungen durch die Bebauung seitlich der Villinger Straße und den direkt östlich an den Solarpark anschließenden Waldbereich zu rechnen.

Zuletzt zeigt sich, dass der besagte Straßenabschnitt der Villinger Straße nur eine leichte Krümmung und keine Aus- und Einfahrten aufweist, die eine erhöhte Anforderung an gute Sicht und schnelles Reaktionsvermögen mit sich bringen würde. Es liegt daher ein übersichtlicher Straßenbereich vor, der sicherlich keine erhöhten Anforderungen an gute Sichtverhältnisse stellt.

Eine Konzeption von Maßnahmen erscheint für den vorliegenden Straßenabschnitt aufgrund der oben genannten Punkte aus gutachterlicher Sicht nicht erforderlich. Es werden dennoch einige allgemeine Maßnahmen im Kapitel 6.3 vorgestellt, um den möglichen Blendkonflikt – sollte denn überhaupt einer vorliegen - lösen zu können.

Durch das Plangebiet verlaufender Feld- bzw. Forstweg (i.e. IO S 34 bis IO S 40)

Es zeigt sich, dass an dem Feldweg, der durch das Plangebiet verläuft, Blendungen prognostiziert werden, die im fovealen Sichtbereich von Verkehrsteilnehmern liegen.

Hier stellt sich jedoch die Frage, inwiefern für einen untergeordneten, unbefestigten Weg ein Schutzanspruch in Bezug auf Verkehrssicherheit zuzusprechen ist. Hier ist davon auszugehen, dass sich auf diesem Weg nur vereinzelt Fahrzeuge bewegen werden. Auch ist davon auszugehen, dass die Fahrzeuge aufgrund des unbefestigten Weges nicht schnell fahren werden. Inwiefern daher Blendungen im fovealen Sichtbereich für Verkehrsteilnehmer auf dem Weg als kritisch zu erachten sind, bleibt aus gutachterlicher Sicht zu hinterfragen.

Es werden dennoch einige Maßnahmen im Kapitel 6.3 vorgestellt, um den vorliegenden Blendkonflikt lösen zu können.

6.3 Wirksamkeit von Maßnahmen

Es treten in der Nachbarschaft keine Blendungen auf, die oberhalb der gemäß den LAI-Hinweisen zulässigen Blendungsdauern liegen, daher sind keinerlei Maßnahmen zum Schutz der Nachbarschaft erforderlich. Im Verkehrsraum (Straße) treten Blendungen auf, die im fovealen Sichtbereich liegen können. Hier erscheint die Konzeption von Maßnahmen aus gutachterlicher Sicht nicht erforderlich zu sein, dennoch bieten sich diverse Maßnahmen an, die zur Reduzierung/Verhinderung der Blendungsdauern oder Steigerung der Verkehrssicherheit Anwendung finden könnten.

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 je nach den örtlichen Randbedingungen ein effektives Mittel dar, um Blendungen am Immissionsort zu vermeiden. Eine derartige Maßnahme empfiehlt sich im vorliegenden Fall eher weniger, da das Gelände im Bereich des Plangebiets stark ansteigt und somit die Sichtabschirmungen teils sehr hoch dimensioniert werden müssten. Inwiefern daher eine Sichtabschirmung hier eine hohe Wirksamkeit aufweist, bleibt zu hinterfragen.

- **Beschilderungstechnische Maßnahmen im Verkehrsraum**

Im Verkehrsraum bietet sich ggf. an den Immissionsorten des Feldwegs (i.e. IO S 34 bis IO S 40) die Anbringung einer Beschilderung an, die die Fahrzeugführer 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. Inwiefern eine derartige Maßnahme umsetzbar ist, kann aus gutachterlicher Sicht nicht beurteilt werden.

- **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 den Anlagen 2 bis 3 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**

Gläser mit niedrigen gerichteten Reflexionsgraden können im Vergleich zu herkömmlichem Glas die Blendwirkung z.T. wesentlich verringern. Da bei Sonnenlicht jedoch sehr hohe Lichtströme auftreten, können auch Bruchteile der Sonnenreflektion auf den Paneeelflächen zu sehr hohen Leuchtdichten und somit auch zu absoluten Blendungen beim Betrachter führen. Eine Verwendung reflexionsarmer Solarpaneele kann den Blendungseinfluss der Solarpaneele

jedoch deutlich reduzieren und somit die Sichteinschränkung der Verkehrsteilnehmer und den störenden Einfluss auf die Nachbarschaft z.T. deutlich mildern. Eine Verwendung von reflexionsärmeren Modellen von Solarpaneelen wird daher empfohlen.

- **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. Im vorliegenden Fall wäre vorstellbar, den Neigungswinkel der Module zu reduzieren. Somit würde eine Reflexion nach unten reduziert werden. Da die umliegende Nachbarschaft und Verkehr tiefer liegt, kann hier mit einer gewissen Verbesserung der Blendungssituation gerechnet werden.

Dieses Gutachten umfasst 27 Seiten und 3 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure GmbH gestattet.

Möhler + Partner Ingenieure GmbH

München, den 13. August 2025



i. V. M.Sc. P. Patsch



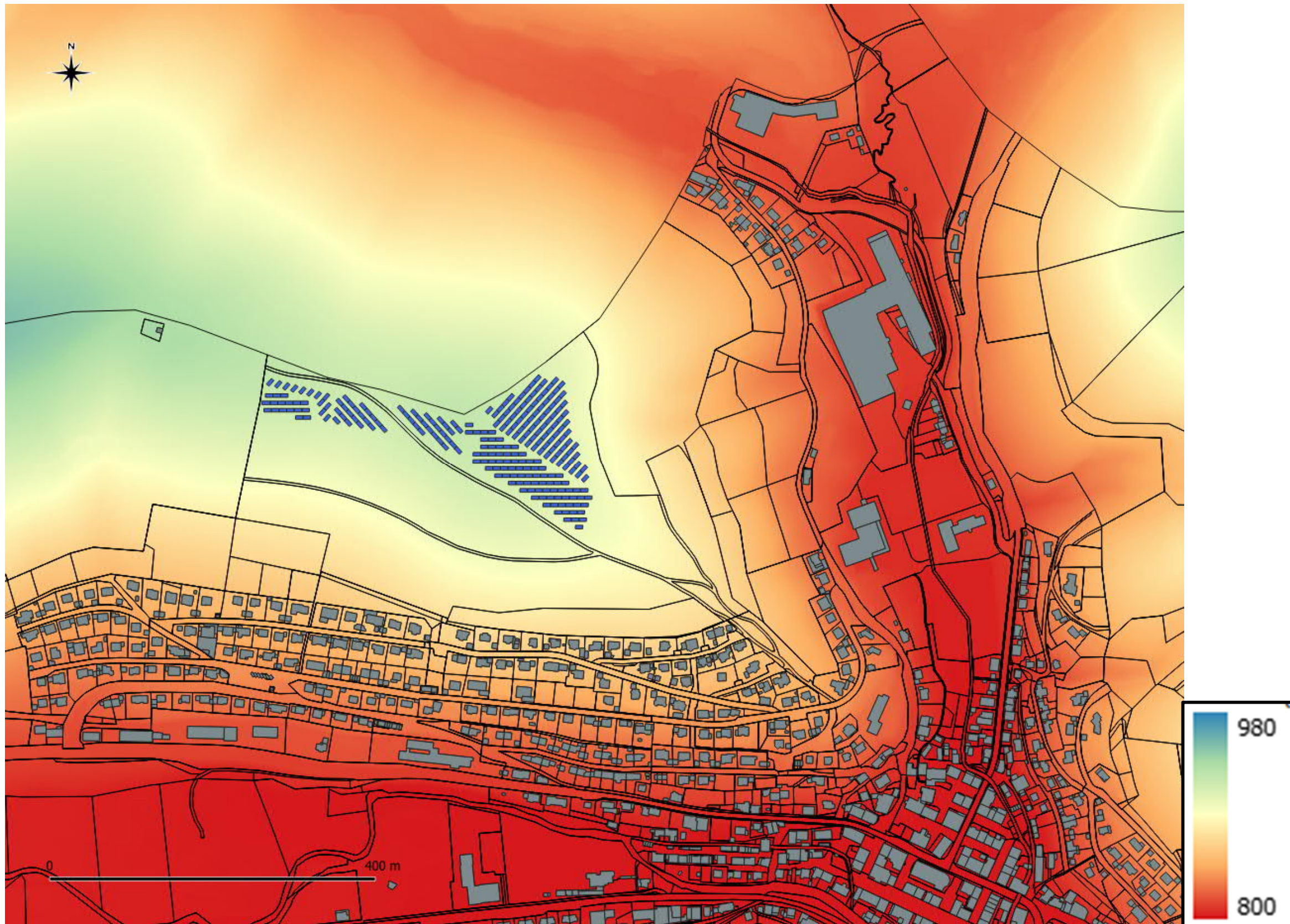
i. A. B.Eng. M. Zöls

7. Anlagen

- Anlage 1: Übersichtslagepläne
- Anlage 2: Blendungen in der bewohnten Nachbarschaft
- Anlage 3: Blendungen im Straßenverkehr

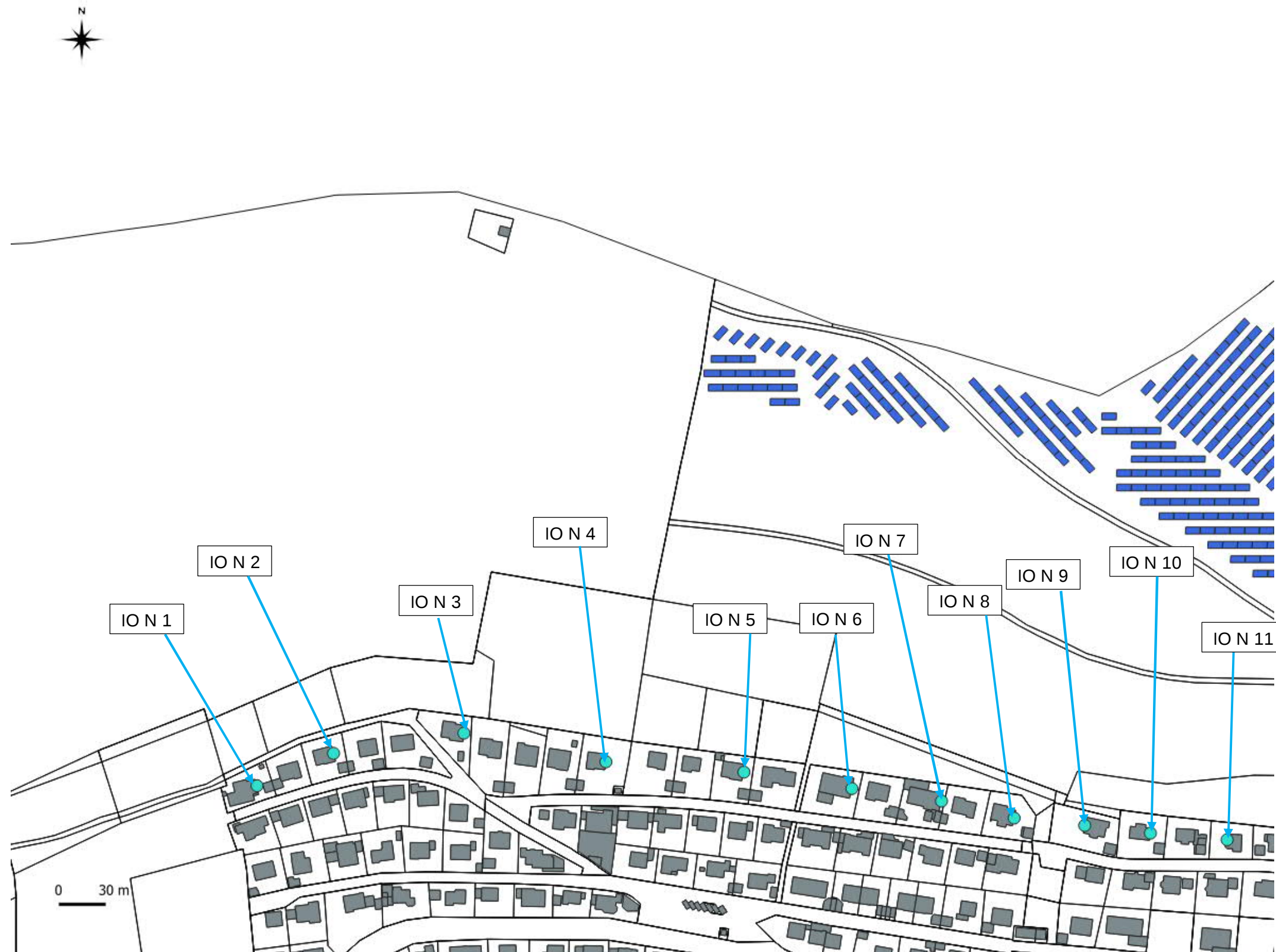
Für alle Abbildungen der Anlagen gilt: © *Eigene Darstellung mit Geobasisdaten des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg [14] und Planunterlagen ([10], [11], [12] und [13])*

Anlage 1: Übersichtslagepläne
Übersichtslageplan mit Geländedarstellung

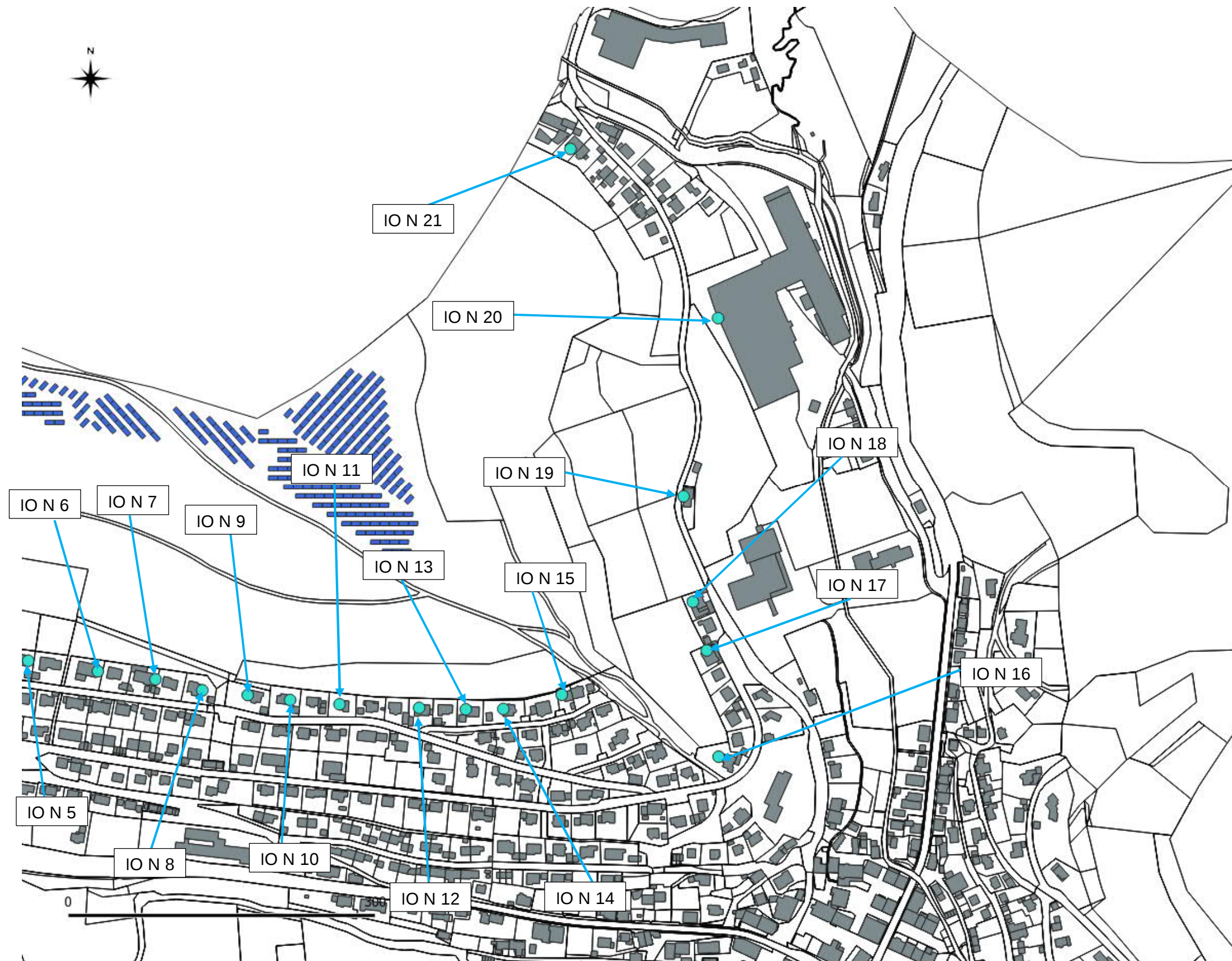


© eigene Darstellung mit Geodaten des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg

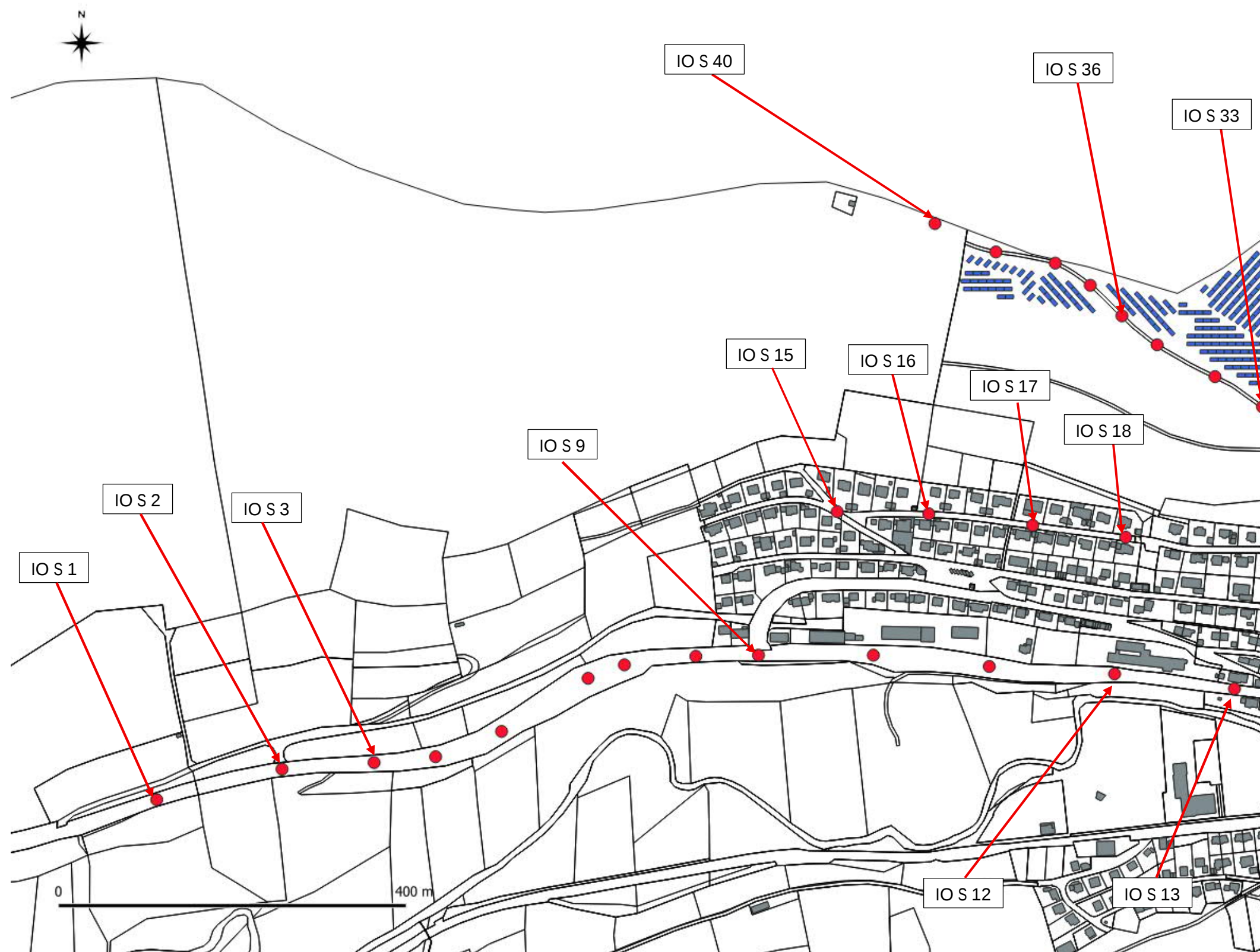
Lage Immissionsorte in der südwestlichen Nachbarschaft



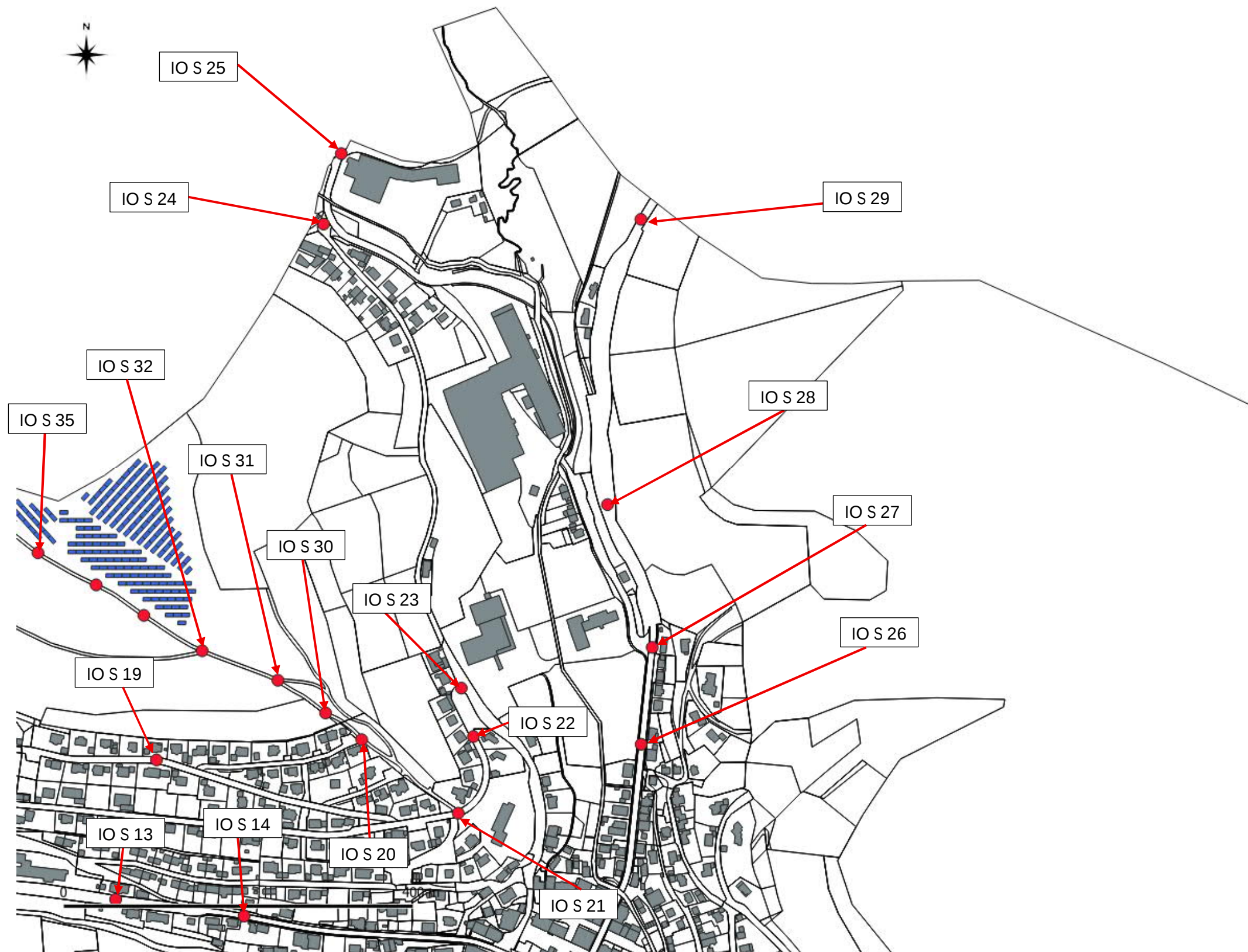
Lage Immissionsorte in der östlichen Nachbarschaft



Lage Immissionsorte im westlichen Verkehrsbereich

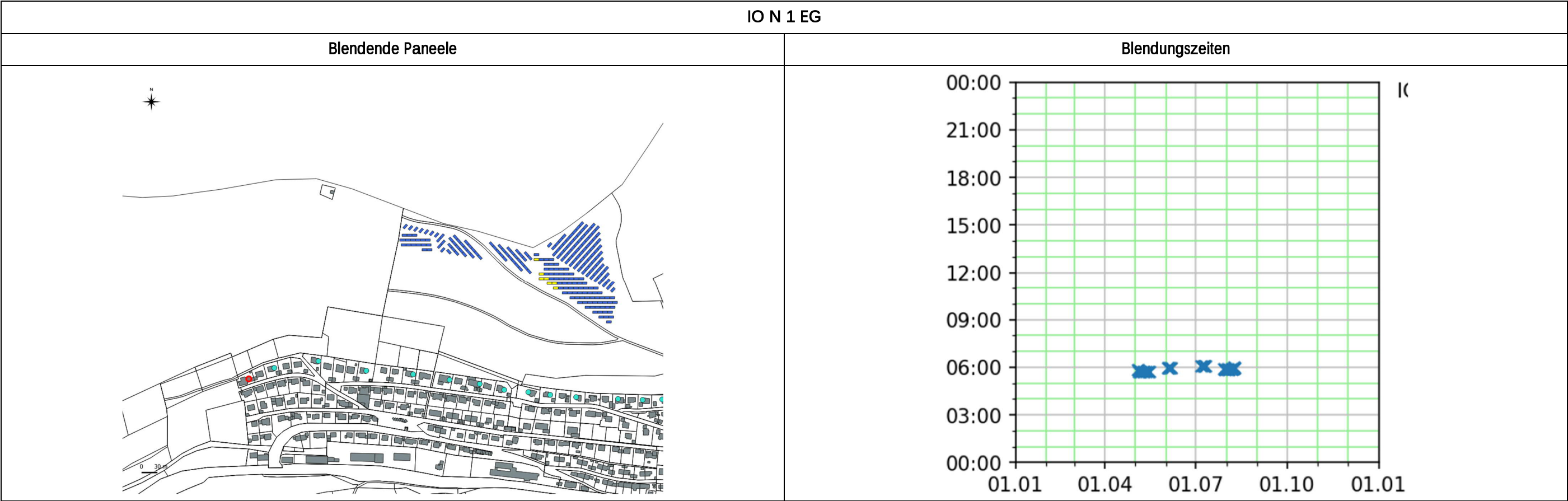


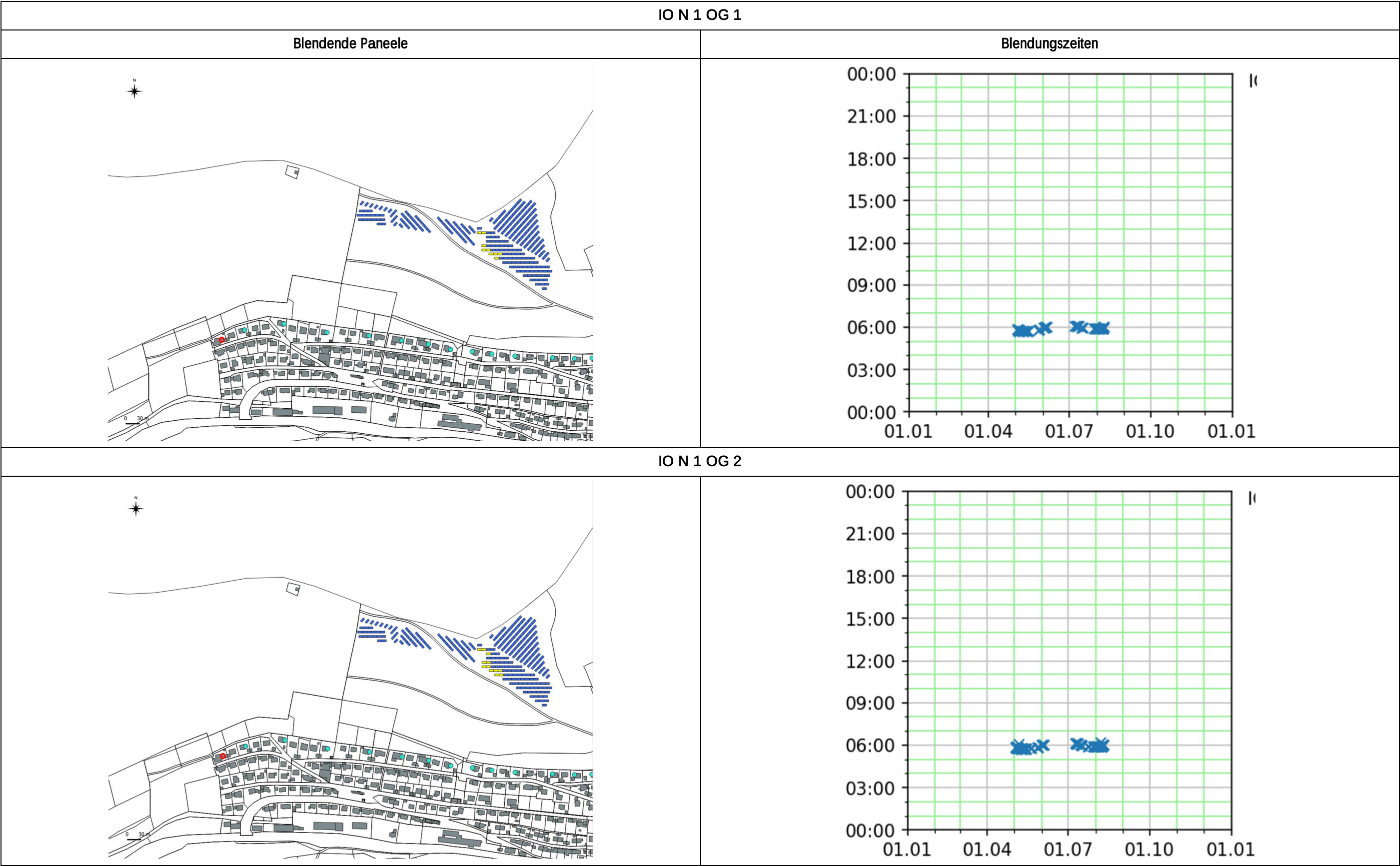
Lage Immissionsorte im östlichen Verkehrsbereich

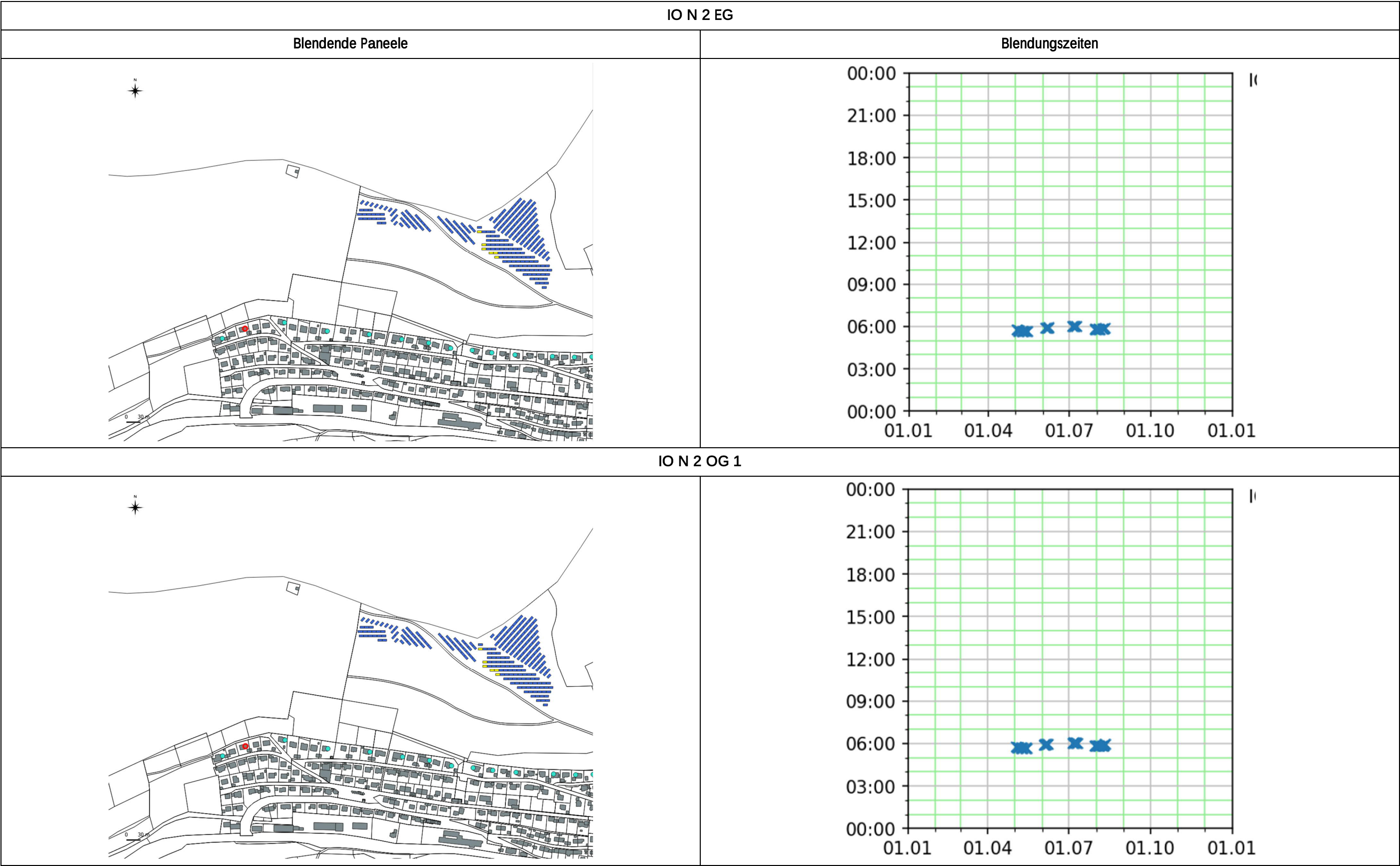


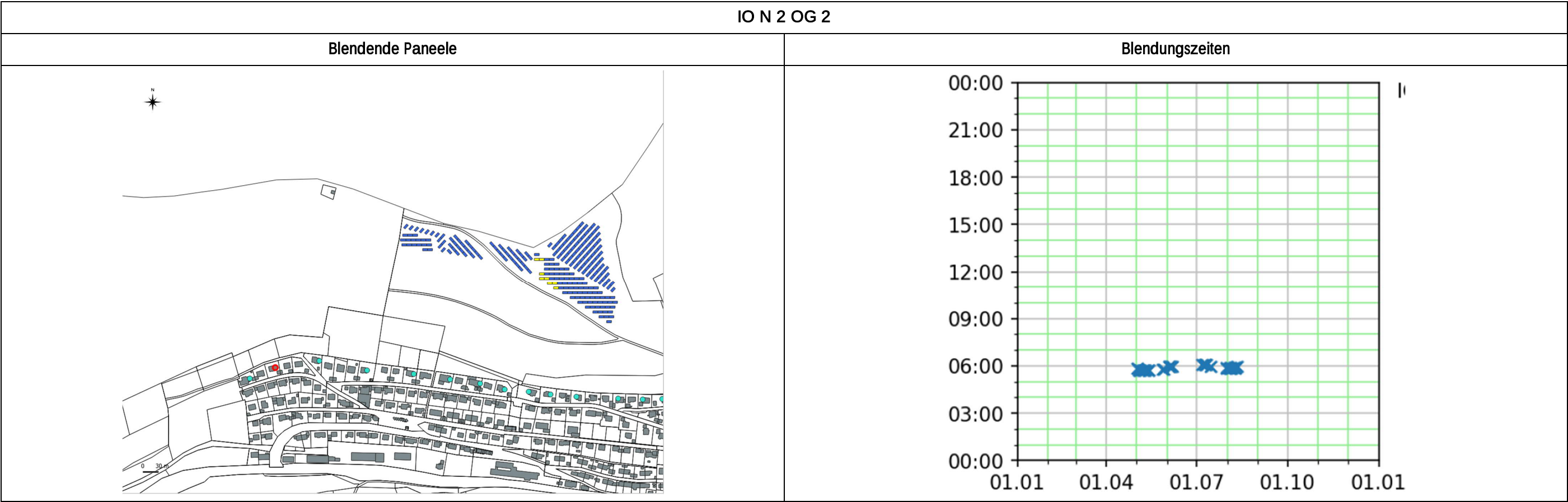
Anlage 2: Blendungen in der bewohnten Nachbarschaft

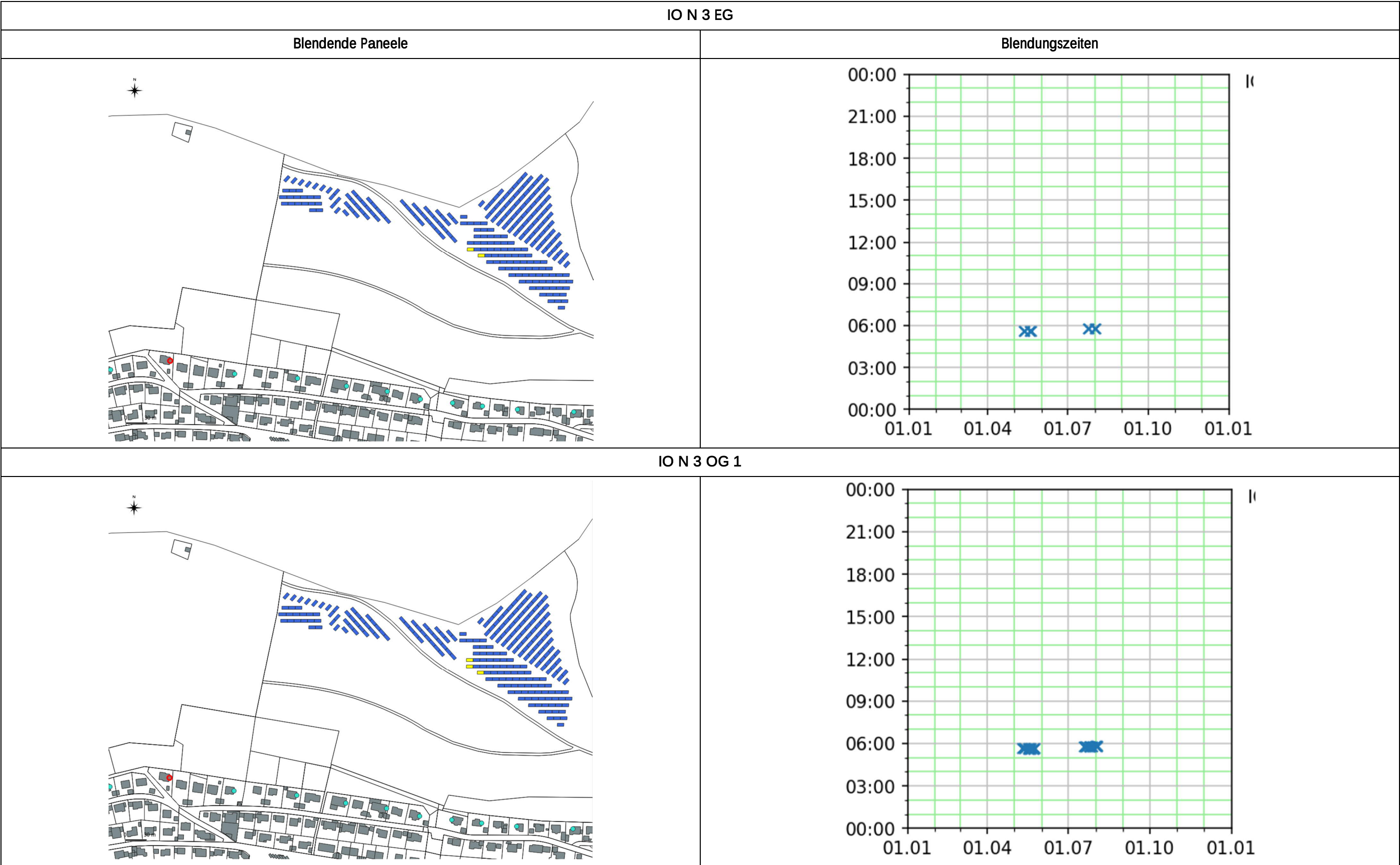
In den nachfolgenden Abbildungen sind die am Immissionsort zu Blendungen führenden Paneele gelb dargestellt. Der jeweilige Immissionsort ist rot umkreist dargestellt. Zusätzlich sind die Zeiten dargestellt, zu denen die Blendungen auftreten. Die Blendungszeiten sind in Winterzeit angegeben. An einigen Immissionsorten (i.e. IO N 5 EG, IO N 6 bis IO N 18, IO N 19 EG) treten keine Blendungen auf.

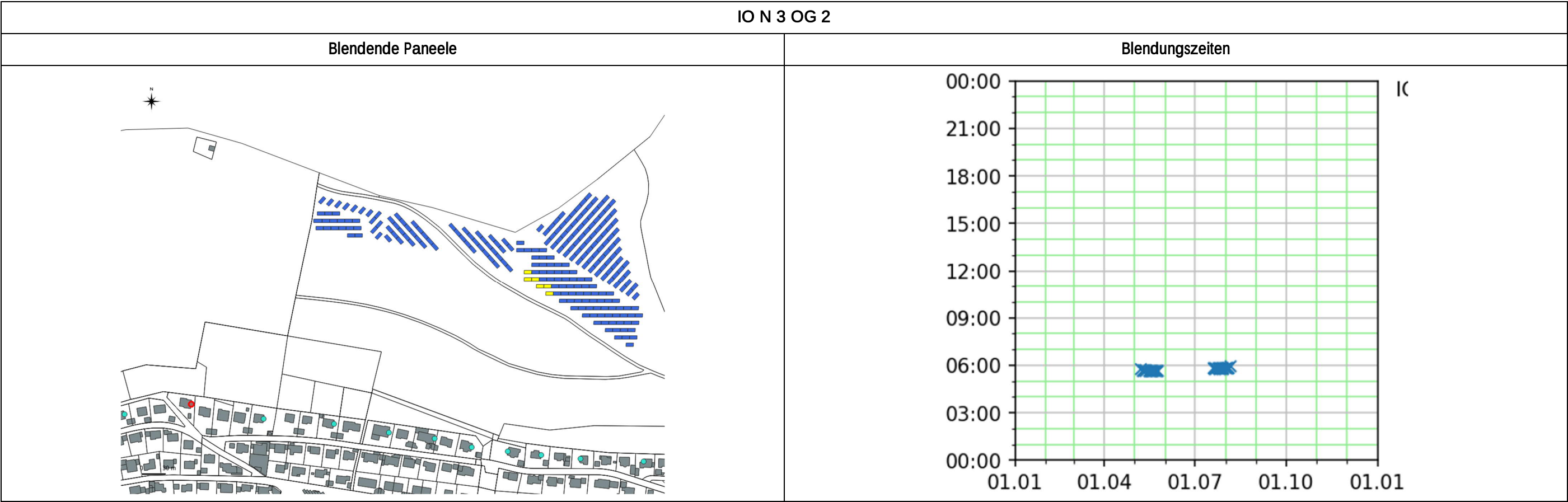


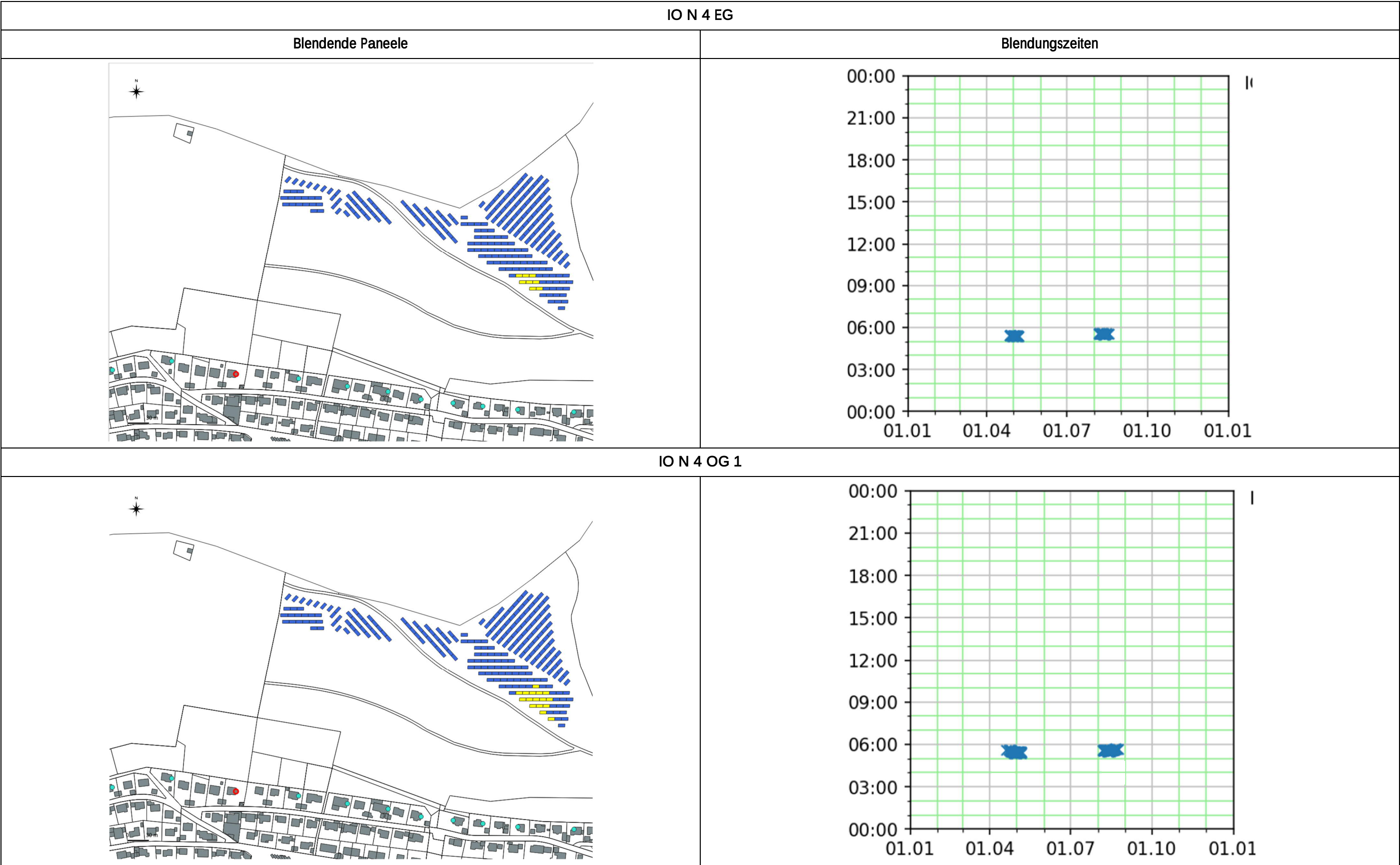


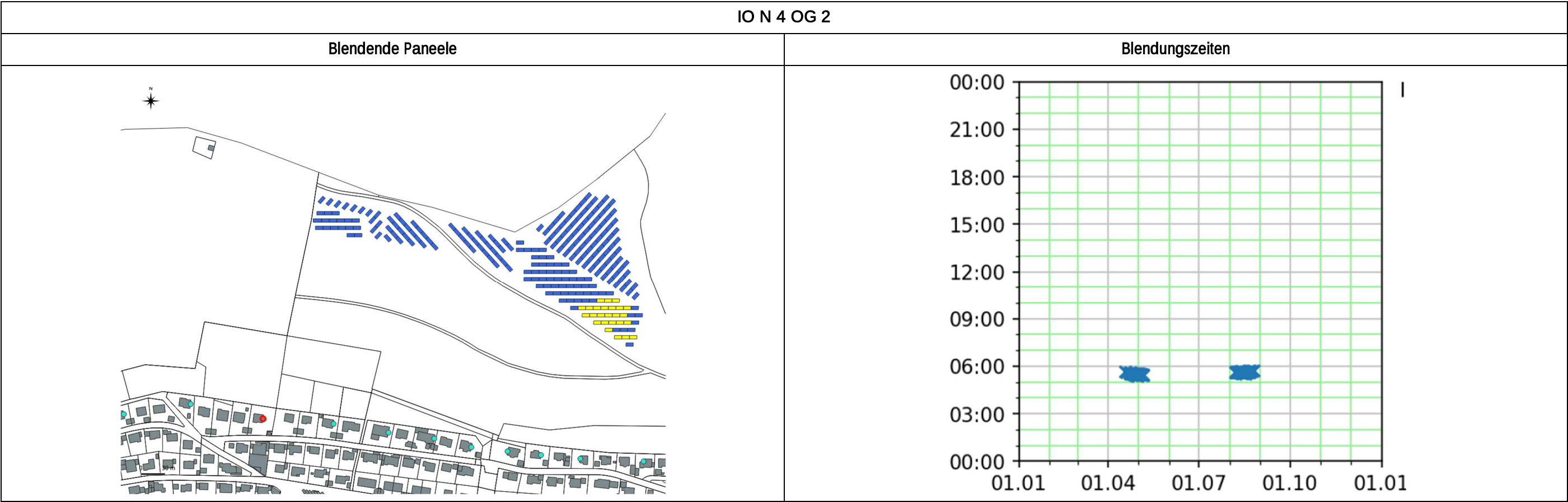


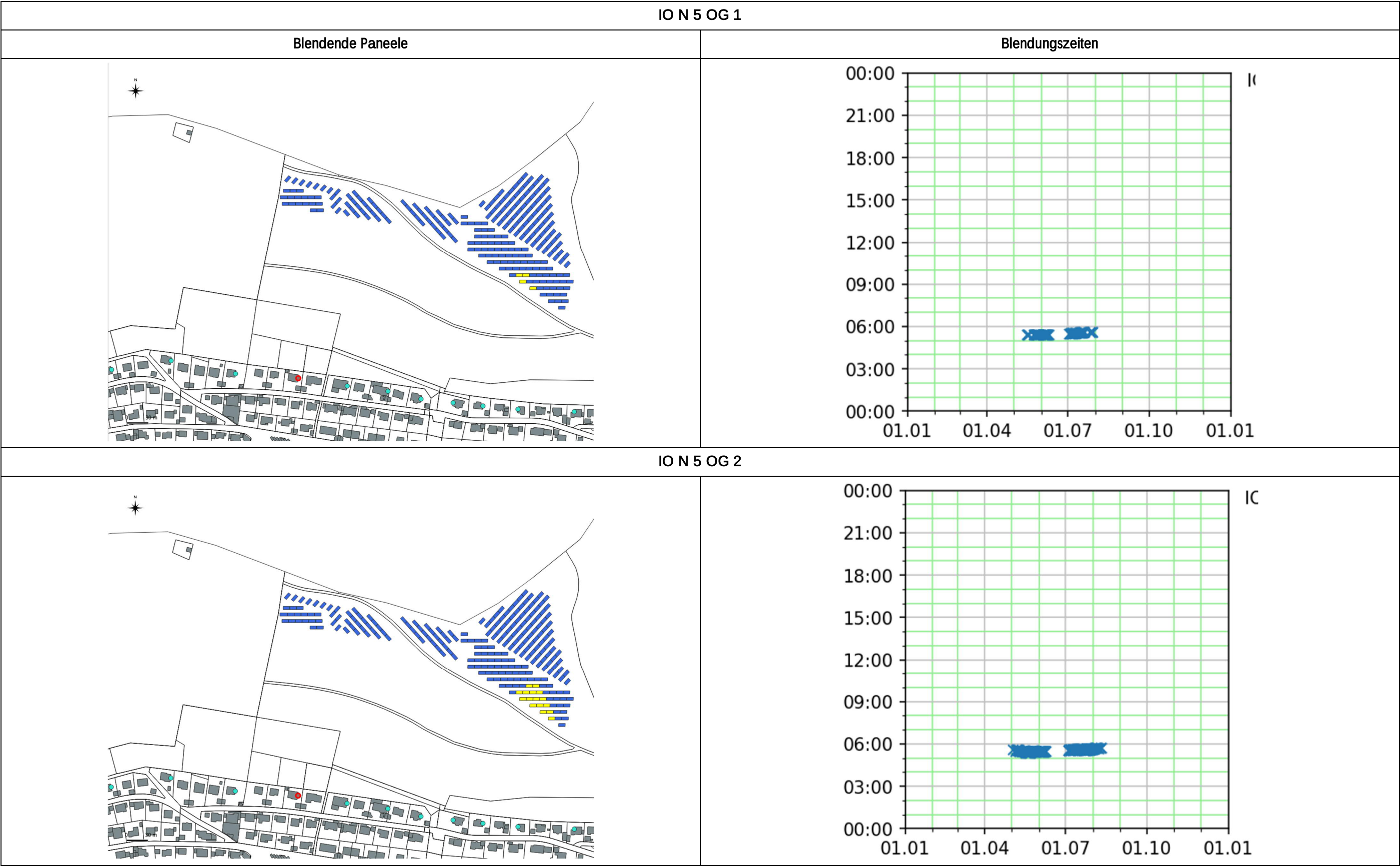


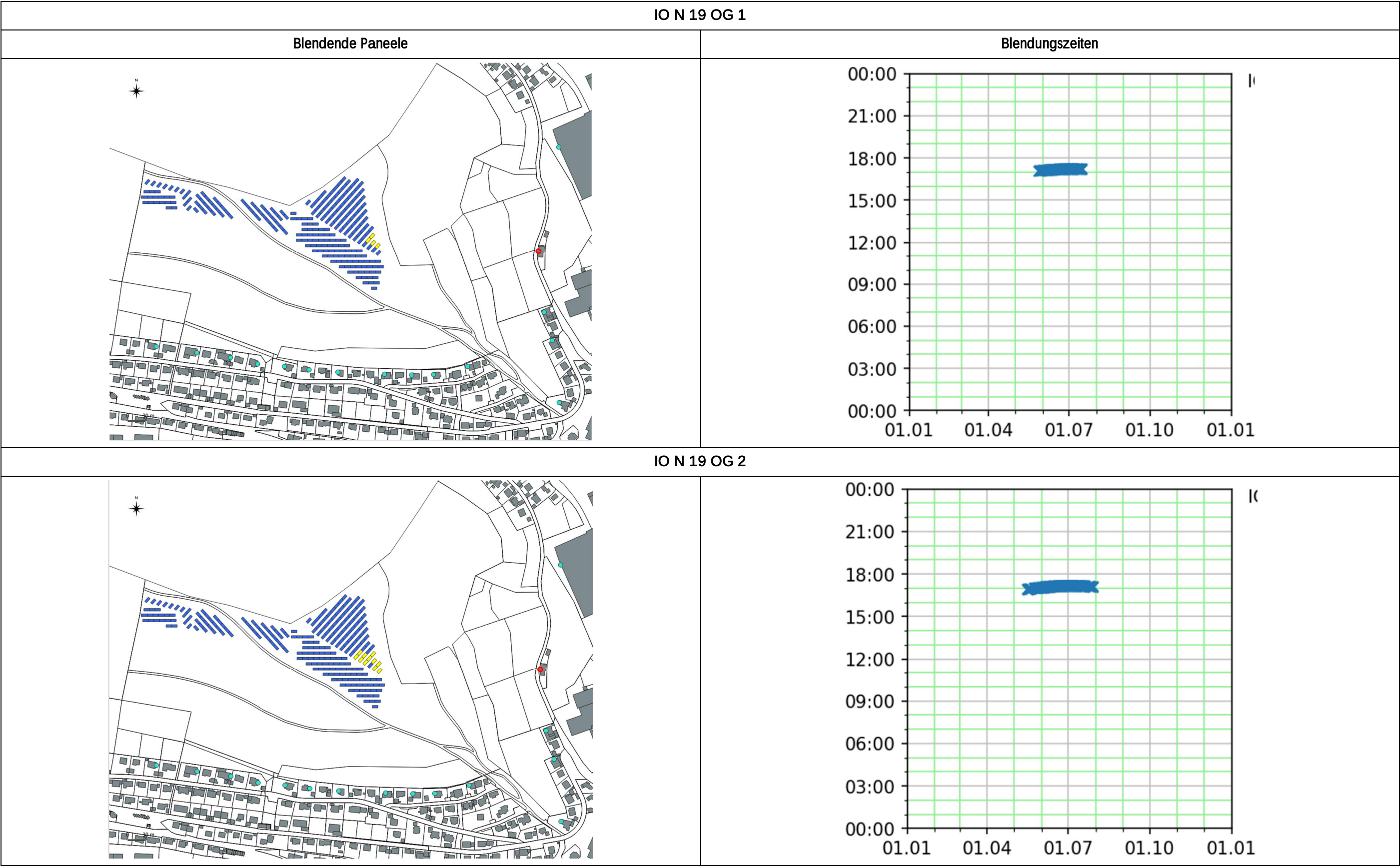


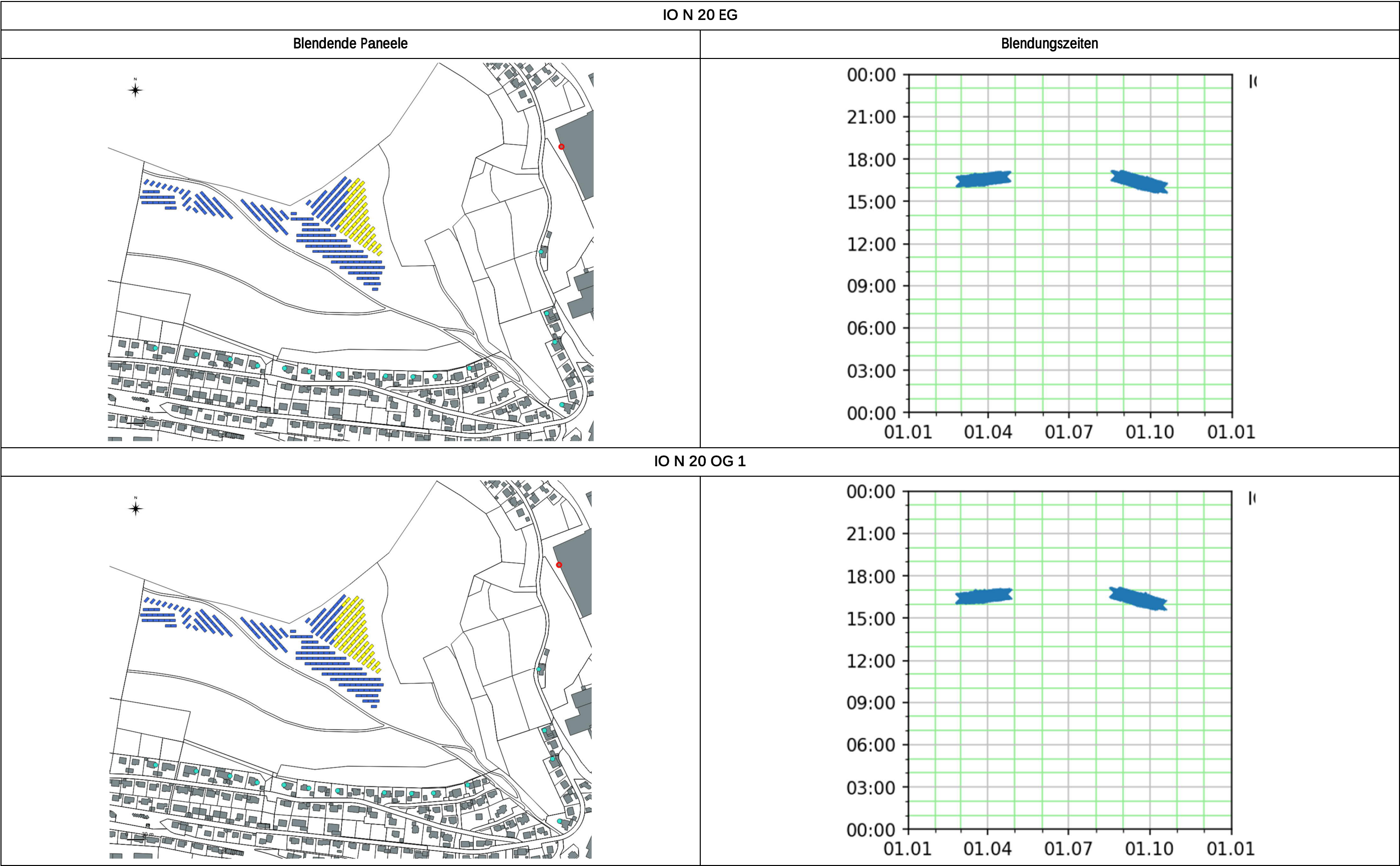


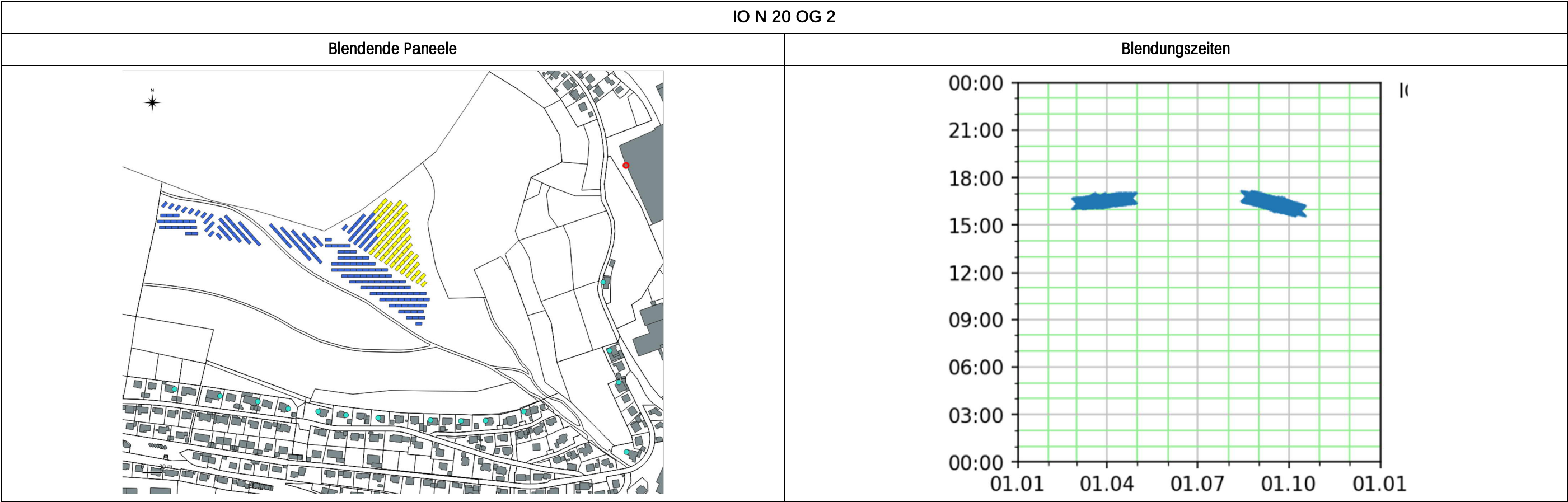


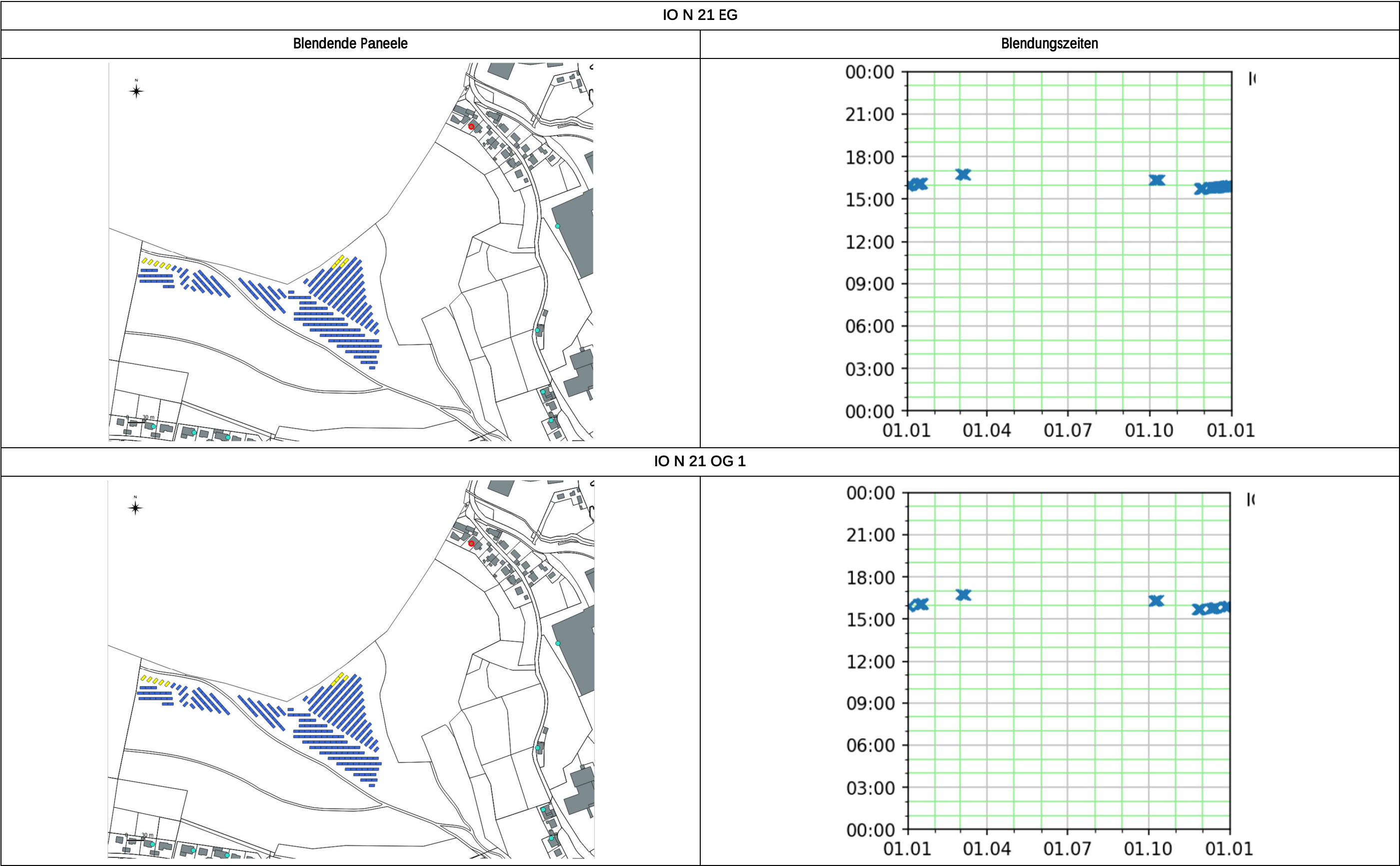


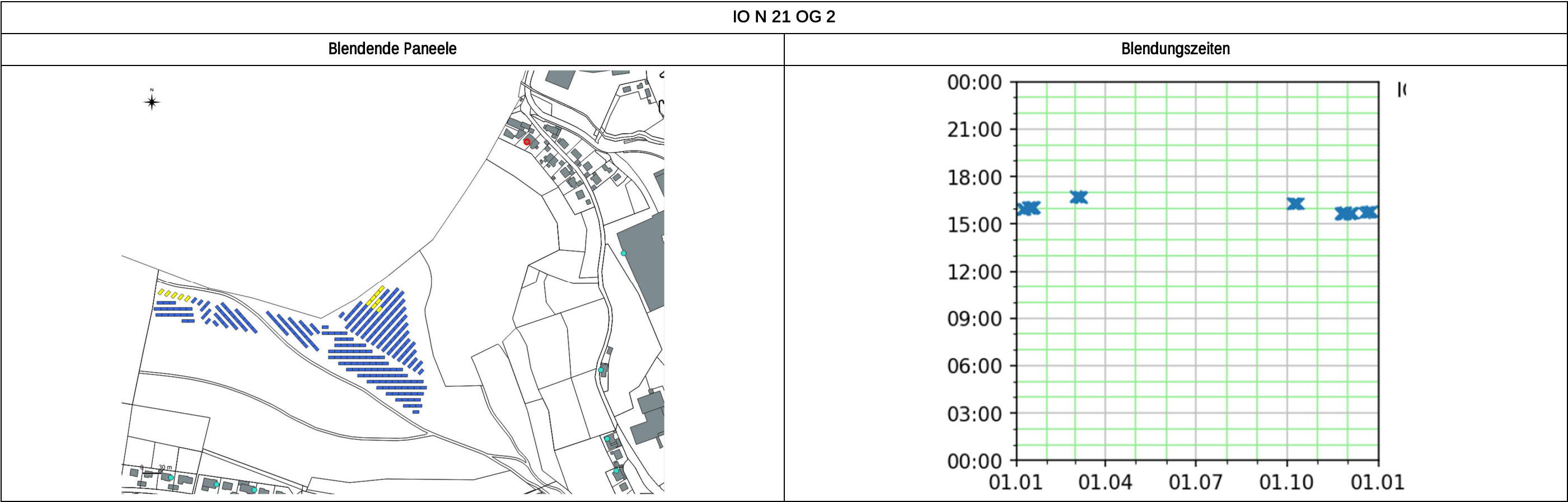












Anlage 3: Blendungen im Straßenverkehr

In den nachfolgenden Abbildungen sind die am Immissionsort zu Blendungen führenden Paneele gelb dargestellt. Der jeweilige Immissionsort ist rot umkreist 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 9 (PKW), IO S 10 bis IO S 14, IO S 17 bis IO S 23, IO S 30 und IO S 31) treten keine Blendungen auf.

