

**Gutachterliche Stellungnahme**  
**zu**  
**Blend- und Reflexionsverhältnissen**  
**am Solarpark „Tramm“**

Auftraggeber: Anumar GmbH  
Frau Wenger  
Haunwöhrer Straße 21  
85051 Ingolstadt

Auftragnehmer: IfU, Spechtweg 17, 08066 Zwickau

Bearbeiter: Prof. Dr. Ulf Sadowski

## Inhalt

1. Vorbemerkungen.....	3
2. Herangehensweise .....	4
3. Randbedingungen zur Reflexionsuntersuchung.....	5
4. Theoretische Grundlagen .....	6
4.1 Algorithmus zur Ermittlung Höhenstand und Azimut der Sonne .....	6
4.2 Berechnungen des Reflexionswinkels .....	6
5. Reflexionsuntersuchungen.....	7
5.1. Betrachtungszeitpunkt Sommersonnenwende und Wintersonnenwende.....	8
5.1.1. Zur Sommersonnenwende Sonnenstand 21.06.2025.....	8
5.1.2. Zur Wintersonnenwende Sonnenstand 21.12.25 .....	25
5.2 Zusammenfassung Reflektionsuntersuchung .....	34
6. Literaturverzeichnis .....	37

## 1. Vorbemerkungen

Auf einigen Flächen in der Gemarkung Tramm nördlich der Autobahn A 24 soll eine Photovoltaikanlage errichtet werden. Die Gesamtanlage besteht aus mehreren Teilanlagen. Für den Auftraggeber Anumar GmbH soll untersucht werden, ob es durch die Solaranlage zu möglichen Auswirkungen und Beeinträchtigungen, insbesondere Blendwirkungen für die A 24, für den Rastplatz Tramm an der A 24, die östlich vom Park verlaufende Straße mit Autobahnquerung, für die nördlich in Ost-/Westrichtung verlaufende Straße und für die Wohnbebauungen in Tramm kommen kann. Diesem Anliegen dient die nachfolgende gutachterliche Stellungnahme.

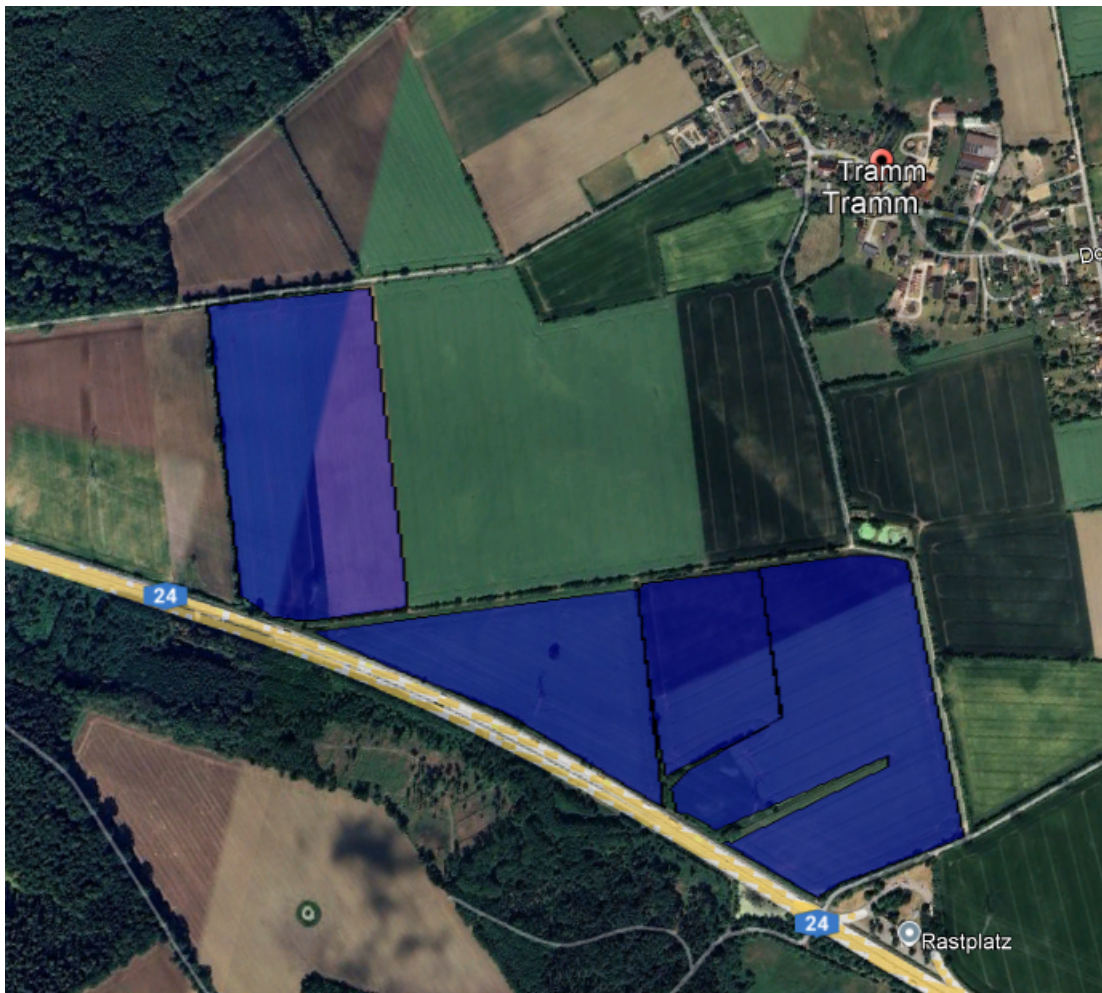


Abb. 1: Gesamtübersicht PV\_Anlage Tramm (Quelle:Google Earth/Anumar)

Die Untersuchung bezieht sich auf die Flächen des Solarparks (Abb. 1 blau ), die südlich durch die in Ost- Westrichtung verlaufende Autobahn A 24 nördlich von einer Straße, westlich, nördlich und östlich durch landwirtschaftlich genutzte Flächen, nordöstlich durch die Ortschaft Tramm und östlich durch eine Straße, die die Autobahn quert und den Rastplatz Tramm begrenzt wird und dabei auf die Reflexionsbetrachtungen, die sich aus der Anordnung der Solarmodule und den jeweiligen Sonnenständen ergeben. Die Untersuchung zum /1/ Reflexionsvermögen, welches Auskunft darüber gibt, welcher Anteil der auftreffenden Strahlung reflektiert wird und die Absorptionswirkung, der Anteil der auftreffenden Strahlung, der absorbiert wird, war nicht Gegenstand der Untersuchungen. Dazu wäre eine Vermessung der eingesetzten Module erforderlich. Vom Auftraggeber wurde im B-Plan angegeben, blendarme Module mit strukturierter Oberfläche zu verwenden.

Das Gelände für den Solarpark steigt nach Nord an, die Höhenunterschiede liegen bei max. 9 m, diese Abweichungen werden diese bei den betrachteten Punkten mitberücksichtigt.

## 2. Herangehensweise

Um eine Aussage zu den Auswirkungen einer Solaranlage insbesondere zum Reflexionsvermögen und zu möglichen Blendwirkungen zu treffen, ist es eigentlich erforderlich, die Reflexionseigenschaften der Module zu untersuchen und Betrachtungen zum Verlauf von Reflexionen anzustellen.

Daher beschränkt sich die gutachterliche Stellungnahme auf die theoretischen Betrachtungen zu den Reflexionen in Abhängigkeit des Sonnenstandes durch Reflexionswinkel zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, die von den Solarflächen ausgehen können und deren Wirkung auf die Wohnbebauung.

Damit sollen die möglichen Beeinträchtigungen durch die Photovoltaikanlage herausgearbeitet und bewertet werden.

Die Ergebnisse wurden dabei sowohl anhand mathematischer als auch physikalischer Gesetzmäßigkeiten ermittelt und am 3D Modell der Liegenschaft in Mengkofen/OT Hofdorf überprüft und verdeutlicht.

## 3. Randbedingungen zur Reflexionsuntersuchung

Um exakte Ergebnisse erzielen zu können, ist es notwendig, dass alle Randbedingungen in das Ergebnis einfließen und diese berücksichtigt werden. Folgende Randbedingungen sind für den Solarpark Hasenberg zu verzeichnen:

- Die Solarpaneele sollen in Ost-West Richtung aufgestellt werden und sind damit nach Süden ausgerichtet.
- Die nach Süd ausgerichteten Solarpaneele haben einen Neigungswinkel von  $15^\circ$  bezogen auf die Ebene/Horizontal und eine maximale Höhe von 3 m.
- es werden bei der Reflexionsbetrachtung sowohl Azimut, als auch Höhe der Sonne berücksichtigt
- Betrachtung der theoretischen Untersuchungen geschieht in den Extremfällen Sommersonnenwende (Tag an dem die Sonne den höchsten Stand des Jahres erreicht) und Wintersonnenwende (Tag an dem die Sonne den niedrigsten Stand des Jahres erreicht).
- Die Sonnenstands Diagramme wurden für den Standort Solarpark Tramm ermittelt (Standort:  $53^\circ 33' 48.367''$  N  $10^\circ 36' 44.246''$  E Quelle /3/)

## 4. Theoretische Grundlagen

### 4.1 Algorithmus zur Ermittlung Höhenstand und Azimut der Sonne

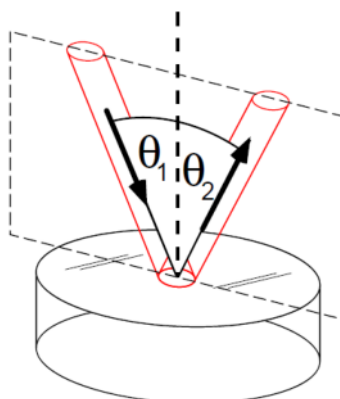
Die Ermittlung des Höhenstandes der Sonne sowie des Azimutes erfolgte über das <https://www.sunearthtools.com> und wurde stichprobenartig überprüft. Grundlage für die Überprüfung war ein Algorithmus auf Basis des Nautischen Jahrbuches /3/ ermittelt

#### Ortsangaben:

Ort: Solarpark Tramm  
53° 33' 48.367" N 10° 36' 44.246" E

### 4.2 Berechnungen des Reflexionswinkels

Die Berechnungen liegen dem physikalischen Grundgesetz von Einfallswinkel = Ausfallswinkel zugrunde.



Einfallswinkel  
=  
Ausfallswinkel

Abb.: 2 physikalisches Verhältnis Einfallswinkel = Ausfallswinkel

Bezugsebene für die Ermittlung des Reflexionswinkels ist das Lot zur Reflexionsebene. Daraus ergibt sich für eine Reflexion an einer geneigten Fläche (Solarmodul), dass die entscheidende Größe zur Ermittlung der Austrittsrichtung von potenziellen Reflexionsstrahlen jeweils das Lot der geneigten Fläche ist. Dies ist in Abb. 3 dargestellt. Dabei ist es für die Reflexionsbetrachtungen unerheblich welche Abweichung vom idealen Horizont/Ebene ( $0^\circ$ ) der Untergrund beispielsweise durch Höhenveränderungen hat, da der Aufstellwinkel der Solarmodule ( $15^\circ$ ) sich immer auf diesen bezieht.

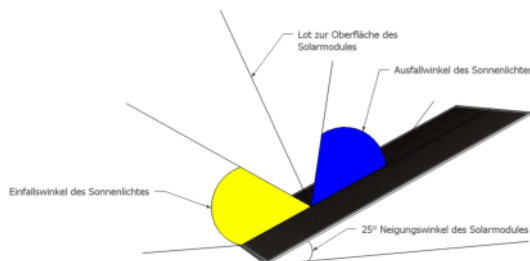


Abb.: 3 Verhältnis Einfallswinkel zu Ausfallswinkel an geneigten Flächen

## 5. Reflexionsuntersuchungen

Auf der Grundlage der theoretischen Zusammenhänge werden nachfolgend Betrachtungen zum potenziellen Reflexionsverhalten durchgeführt. Dabei werden die beiden Extremwerte Tag mit dem höchsten Sonnenstand Sommersonnenwende und der Tag mit dem niedrigsten Sonnenstand Wintersonnenwende untersucht.

Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Stand der Sonne zur Sommersonnenwende, da hier die Sonne in Bereichen von weniger als  $90^\circ$  (Ost bzw. West) in einem Winkel auf die Solarmodule tritt, in dem potenzielle Reflexionen nach Südwest Morgens und nach Südost Abends möglich sind. Sollte an diesen Tagen zu den unterschiedlichen

Tageszeiten keine Relevanz zu beeinträchtigenden Reflexionen festzustellen sein, dann kann man davon ausgehen, dass dies auch für die restlichen Tage zutrifft.

## 5.1. Betrachtungszeitpunkt Sommersonnenwende und Wintersonnenwende

### 5.1.1. Zur Sommersonnenwende Sonnenstand 21.06.2025

Um die Reflexionswirkung zur Sommersonnenwende betrachten zu können, ist es notwendig den Stand der Sonne (sowohl Azimut, als auch Höhe) zu jeder Tageszeit zu erfassen. Nachfolgend ist daher das auf Basis des vorstehenden Algorithmus ermittelte Sonnenstands Diagramm für den Standort Solarpark Tramm zur Sommersonnenwende am 21.06.dargestellt:

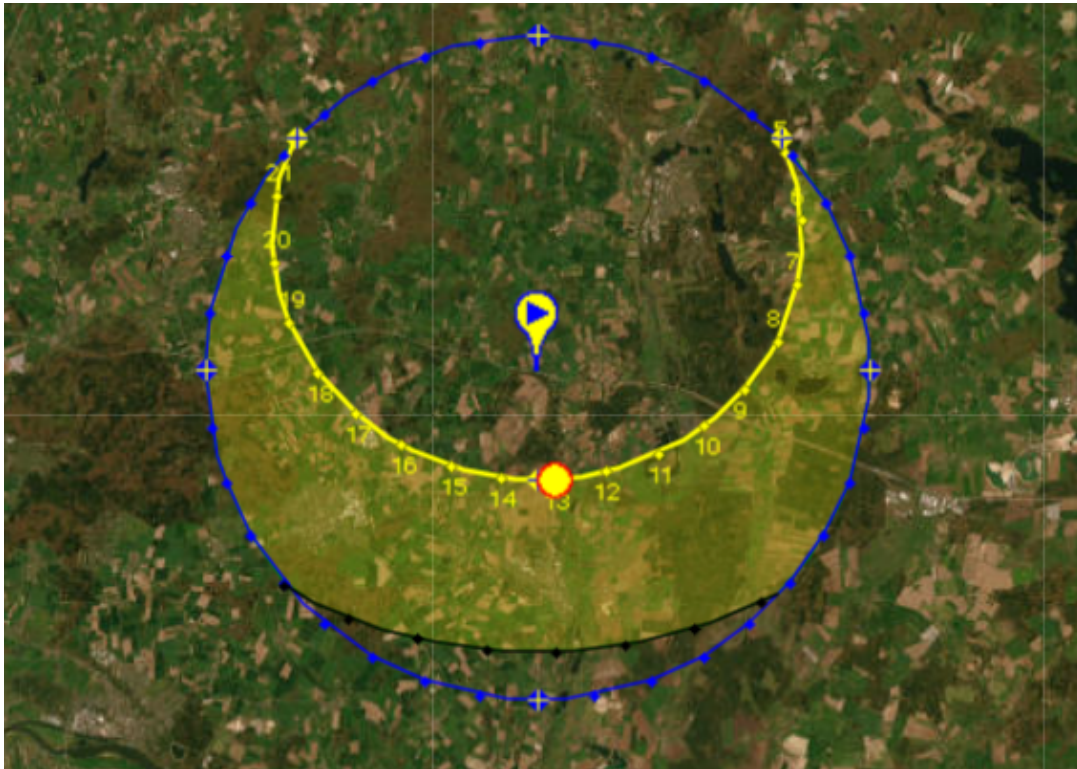


Abb.: 5 Sonnenstands Diagramm 21.06.2025 (Quelle: [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=de#form](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=de#form))

# IfU – Prof. Sadowski

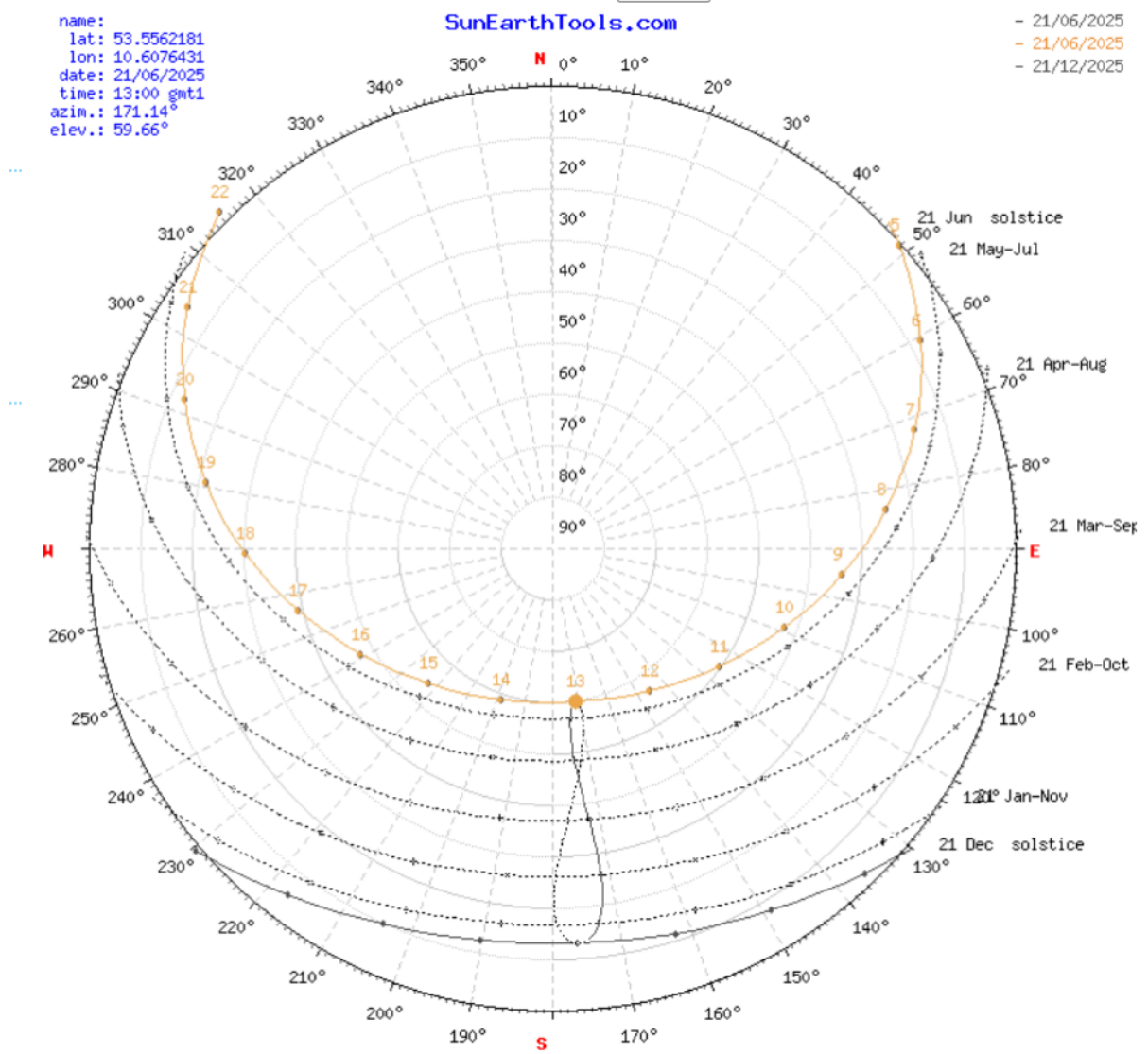


Abb.: 6 Sonnenstands Diagramm 21.06.2025(Quelle:[https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=de#form](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=de#form))

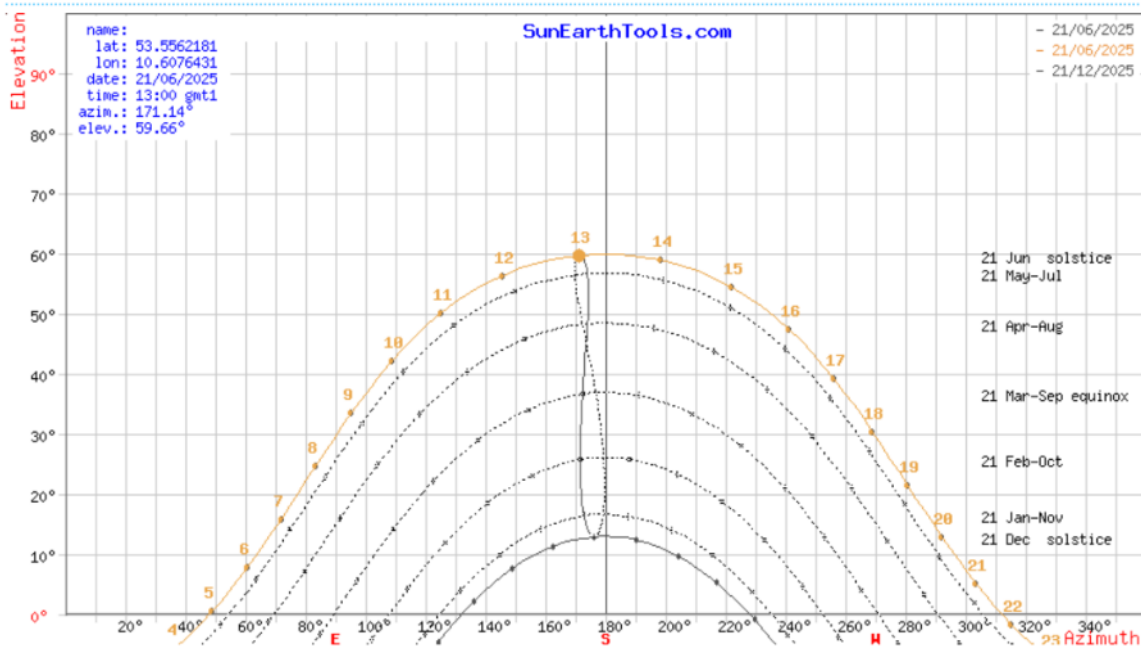


Abb.: 7 Sonnenstands Diagramm 21.06.2025(Quelle:[https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=de#form](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=de#form))

Aus der Übersicht wird deutlich, dass der höchste Sonnenstand bei 11:19:00 UTC 59,87° liegt. Zu diesem Zeitpunkt steht die Sonne bei einem Azimut von 180°, also im Süden. In der Tabelle 1 sind die Daten des Sonnenstandes und Azimut jeweils zur vollen Stunde von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang dargestellt.

Die Ermittlung des Sonnenauf- und -untergangs für den 21.06.2025 erfolgt nach /4/

Eingaben:

Position: Ort: Solarpark Tramm  
 53° 33' 48.367" N 10° 36' 44.246" E

Auf- und Untergangszeiten Sonne (UTC+2) nach /3/

21.06.2025  
 Morgendämmerung: 03:54:37  
 Sonnenaufgang: 04:47:52  
 Sonnenhöchststand: 13:19:00  
 Sonnenuntergang: 21:51:00  
 Abenddämmerung: 22:44:08  
 Tageslichtdauer: 17h03m08s

Auf dieser Basis wurde ein Tageszeitraum von 02:00 UTC bis 19:30 UTC für Die MESZ UTC +2 betrachtet.

Tabelle1: Zusammenstellung der Sonnendaten und Austrittswinkel für den 21.06.25 (Quelle: /4/)

Koordinaten:	53.5634354, 10.6122906	
	Tramm, Büchen, Kreis Herzogtum Lauenburg, Schleswig-Holstein,	
Ort:	Deutschland	
Stunde	Elevation	Azimuth
04:47:52	-0.833°	46.41°
05:00:00	0.5°	48.85°
06:00:00	7.76°	60.57°
07:00:00	15.9°	71.91°
08:00:00	24.58°	83.3°
09:00:00	33.47°	95.33°
10:00:00	42.17°	108.87°
11:00:00	50.1°	125.17°
12:00:00	56.36°	145.77°
13:00:00	59.65°	171.15°
14:00:00	58.92°	198.23°
15:00:00	54.42°	222.05°
16:00:00	47.44°	240.98°
17:00:00	39.16°	256.14°
18:00:00	30.35°	269.02°
19:00:00	21.49°	280.75°
20:00:00	12.95°	292.06°
21:00:00	5.08°	303.49°
21:51:00	-0.833°	313.58°

Bezogen auf den Azimut wird deutlich, dass die Sonne beim Sonnenaufgang in Nord-Ost bei  $46,71^\circ$  aufgeht und gegen 8:37 UTC+2 den Azimut von  $90^\circ$  überschreitet, somit hat sie auch die Achse der Reihen der Solaranlage (Ost-West) überschritten und ab diesem Zeitpunkt werden die Solarpaneele aus Süd angestrahlt. Diese Verhältnisse bleiben bis ca. 18:02 UTC+2 erhalten. Danach überschreitet die Sonne den Azimut von  $270^\circ$  (West) und steht bezogen auf die Achse der Solarreihen nördlich der Module. In dem Zeitraum vor 8:37 UTC+2 und nach 18:02 UTC+2 in denen die Sonne einen nördlichen Sonnenstand gegenüber den Solarmodulen besitzt, gibt es einen Zeitraum, in dem die Höhe dem einfallenden

Strahlen oberhalb der Ebene der geneigten Modulflächen liegen und dadurch die Reflexionen nach unten zur Erde geleitet werden. Danach kommt der Zeitraum, in dem die Höhe des Sonnenstandes unterhalb der Modulflächen liegt und damit nur die Rückseite der Module getroffen werden. Damit kann in diesen Zeiten keine Reflexion auftreten.

Steht die Sonne südlich der Module, also in dem Zeitraum von 8:37 UTC+2 bis 18:02 UTC+2, so ist allgemein festzustellen, dass der Eintrittswinkel der Sonne immer unterhalb des Lots zur Oberfläche des um  $15^\circ$  geneigten Solarmoduls liegt (vgl. Abb. 3 und 4). Dieses Lot hat in Bezug auf die Ebene einen Winkel von  $75^\circ$ . Auch beim höchsten Sonnenstand am 21.06. um 13:19 UTC+2 mit  $59,87^\circ$  ist der Einfallswinkel kleiner als das Lot, das gleichzeitig die Reflexionsebene darstellt. Damit werden alle eingehenden Sonnenstrahlen mit einem größeren Ausfallswinkel reflektiert.

In Abb. 8 sind die eingehenden Sonnenstrahlen (gelb) für den Zeitraum von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang bei UTC mit der Betrachtung aus Südost dargestellt.

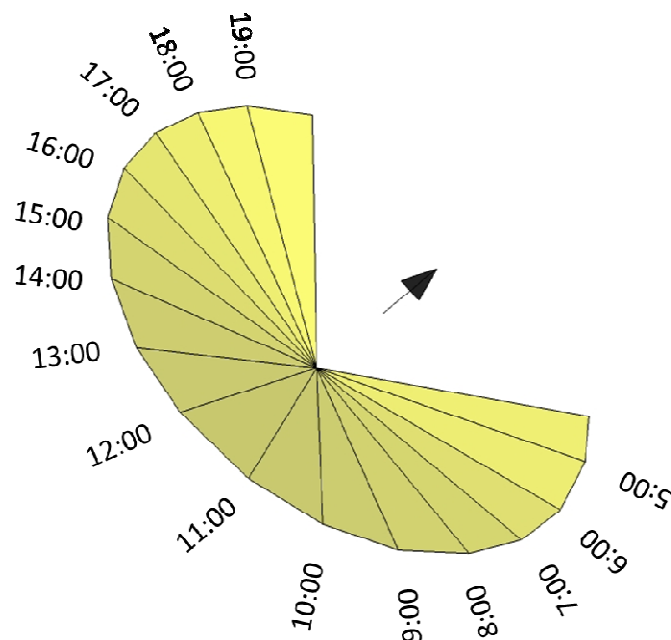


Abb. 8: Schematische räumliche Darstellung der eingehenden Sonnenstrahlen am 21.06.

Bei der Modulausrichtung Süd ergeben sich die Abb. 9- 13 dargestellten Verhältnisse der ein- (grün) und ausgehenden (Hellblau) Strahlen von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang.

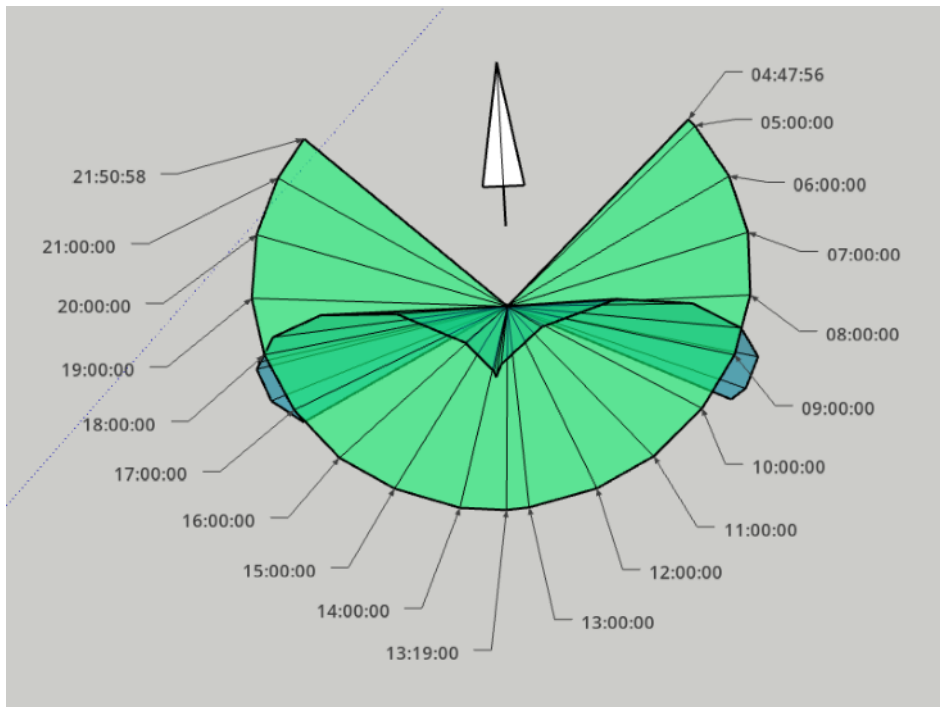


Abb. 9: Räumliche Darstellung Eingangs- und Ausgangsstrahlen am 21.06.2025 Vogelperspektive

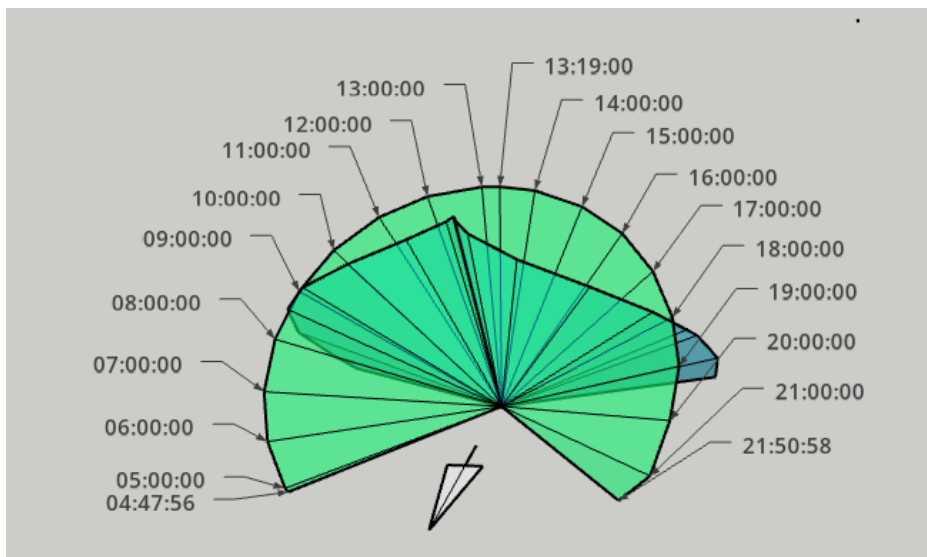


Abb. 10: Räumliche Darstellung Eingangs- und Ausgangsstrahlen am 21.06.2025 aus Nord

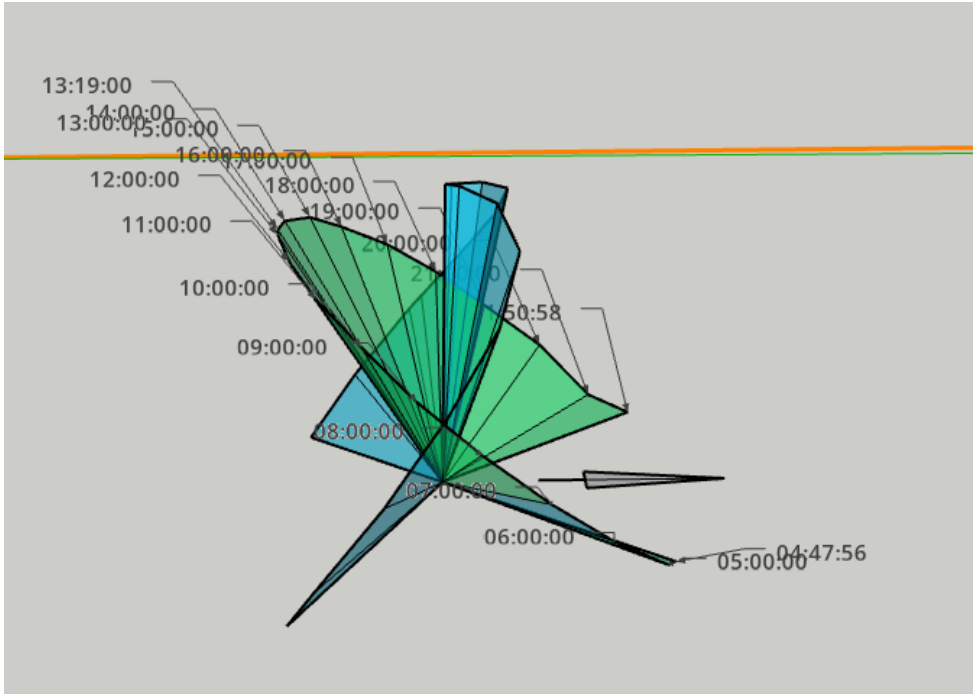


Abb. 11: Räumliche Darstellung Eingangs- und Ausgangsstrahlen am 21.06.2025 aus Ost

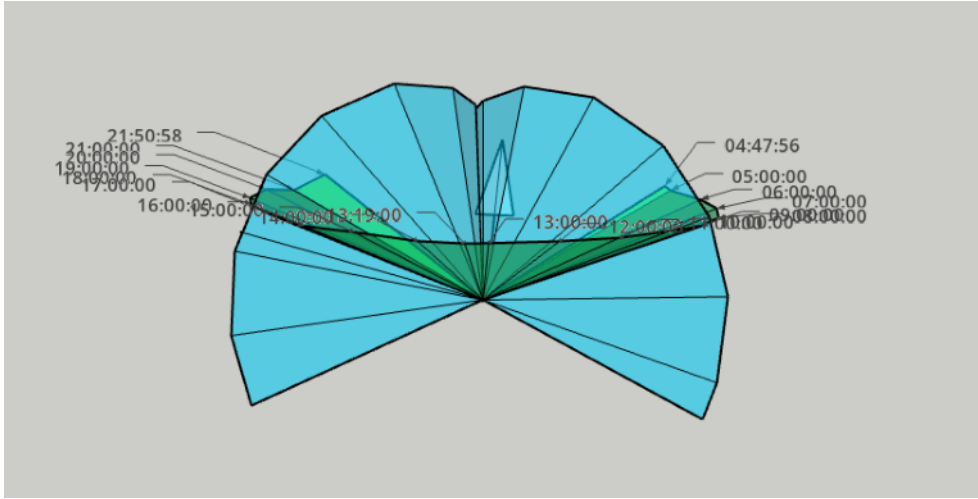


Abb. 12: Räumliche Darstellung Eingangs- und Ausgangsstrahlen am 21.06.2025 aus Süd

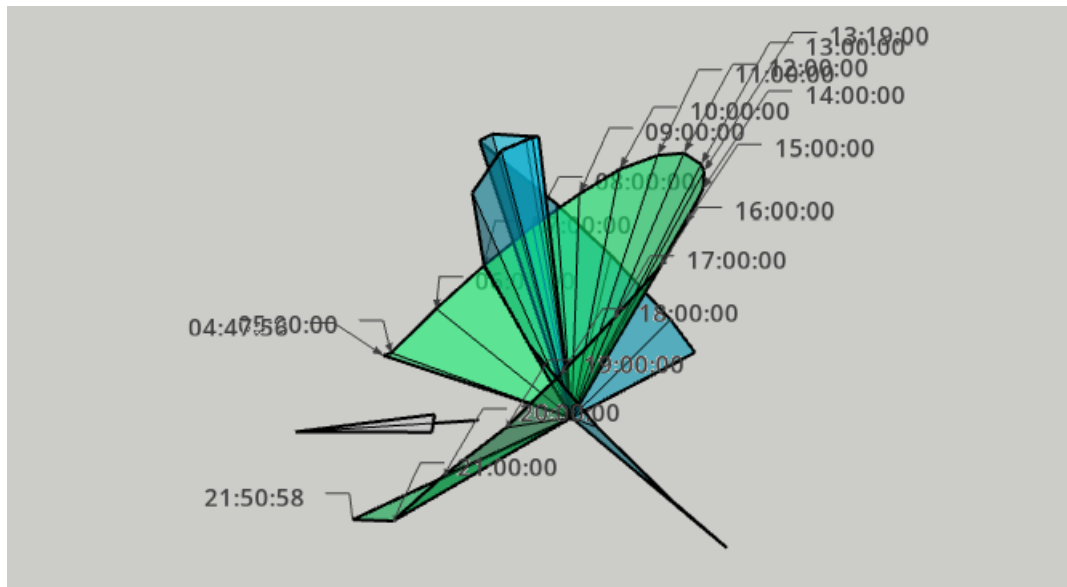


Abb. 13: Räumliche Darstellung Eingangs- und Ausgangsstrahlen am 21.06.2025 aus West

Deutlich wird, dass in dem Moment, in dem der resultierende Einfallswinkel auf das geneigte Modul größer ist als der Neigungswinkel (Wenn die Sonne sich in dem Bereich südlich der OST-West Linie bei nach Süd ausgerichteten Modulen befindet), die ausgehenden Reflexionsstrahlen alle nach oben und nördlich ausgehen. Damit ist für diesen Zeitraum, zusammenfassend festzustellen, dass die potenziellen Reflexionsstrahlen einen Austrittswinkel besitzen, der größer ist als der, der eingehenden Sonnenstrahlen. Damit werden in diesem Zeitraum alle Reflexionsstrahlen nach oben und nördlicher Richtung gelenkt, so dass nördlich liegende Gebiete von Reflexionsstrahlen nicht betroffen sind.

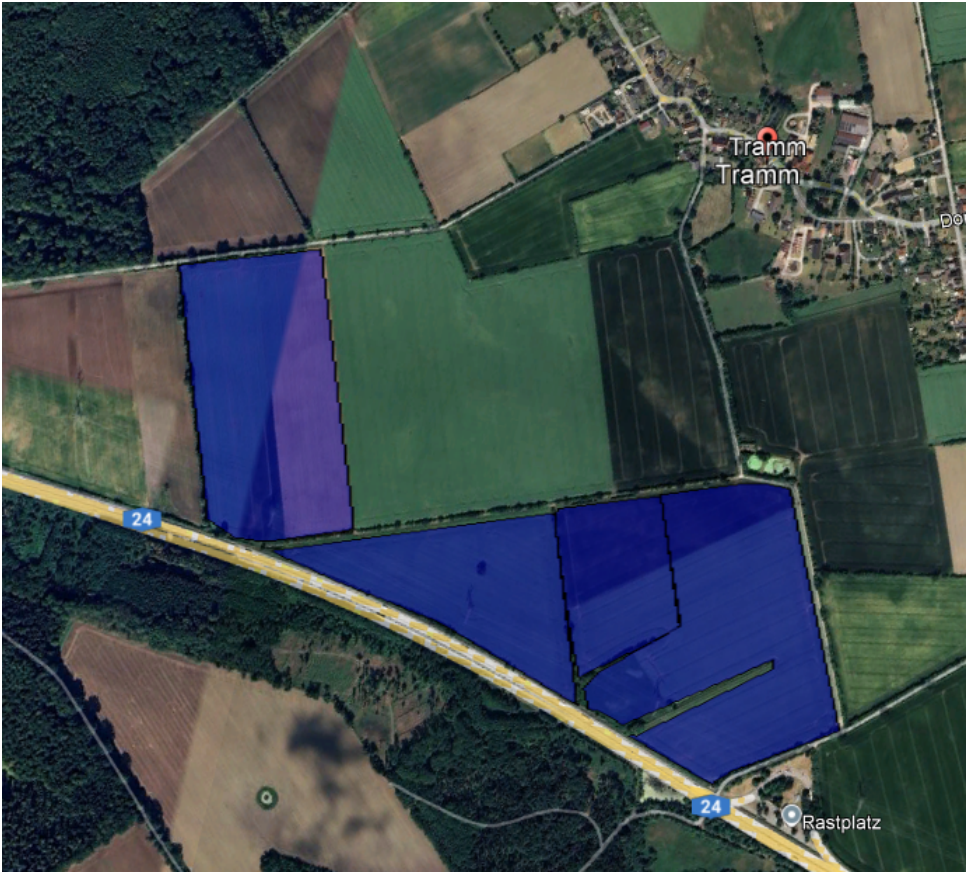


Abb. 14: Lageplan Solarpark (Quell: Auftraggeber)

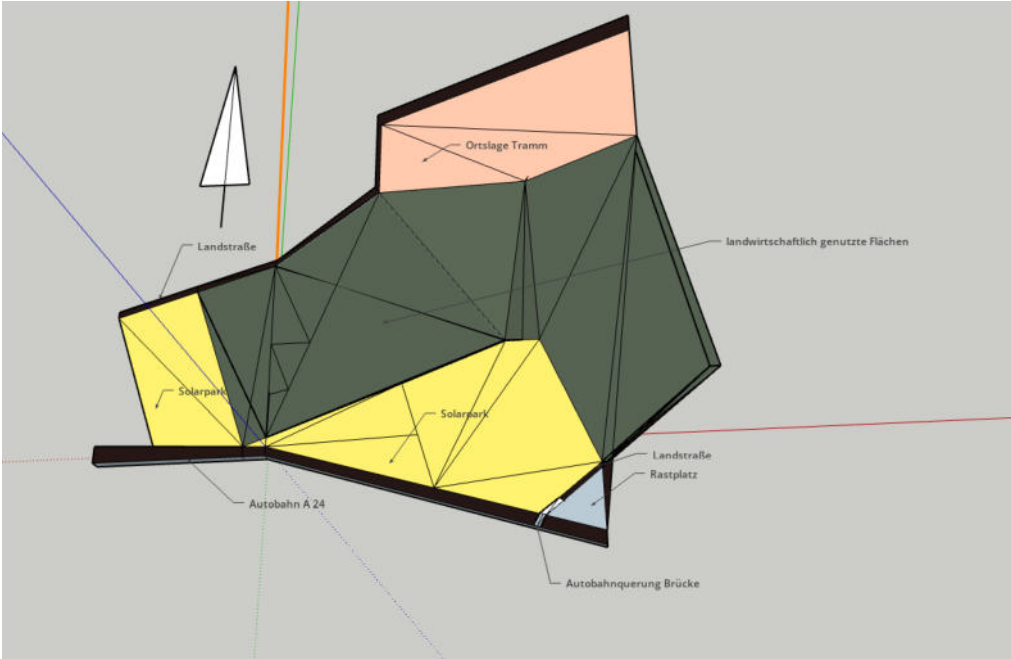


Abb. 15: Schematischer Lageplan mit Höhenverhältnissen

Der Solarpark (Blau/Gelb) wird südlich zur Autobahn durch einen 40 m breiten Streifen begrenzt, der nicht mit Solarmodulen belegt werden soll, und in Richtung der Autobahn ist dann zusätzlich noch eine Hecke vorgesehen. Westlich des Solarparks ist ein Bewuchs, Feldrain mit Bäumen vorhanden, dessen Qualität bezüglich der Blickdichtheit nicht beurteilt werden kann. Der gesamte Park ist nach Anlage 1 Modullayout mit einem Grünstreifen eingefasst. An der südöstlichen Ecke des Solarparks verläuft eine, die Autobahn querende Straße, die weiter nach Nordosten verläuft. Östlich dieser Straße befindet sich der Rastplatz Tramm an der Autobahn. Im Nordöstlichen Bereich grenzt an den Solarpark ebenfalls eine Straße in Ost-Westausrichtung, die dann nördlich nach Tramm angebunden ist. Dabei sind die Höhenlagen der einzelnen Bebauungen und Flächen schematisch berücksichtigt. Die Strahlungsmodelle werden zunächst für die Eckpunkt der Modulflächen im Nordwest, Nordost, Südost und Südwest nachfolgend dargestellt.

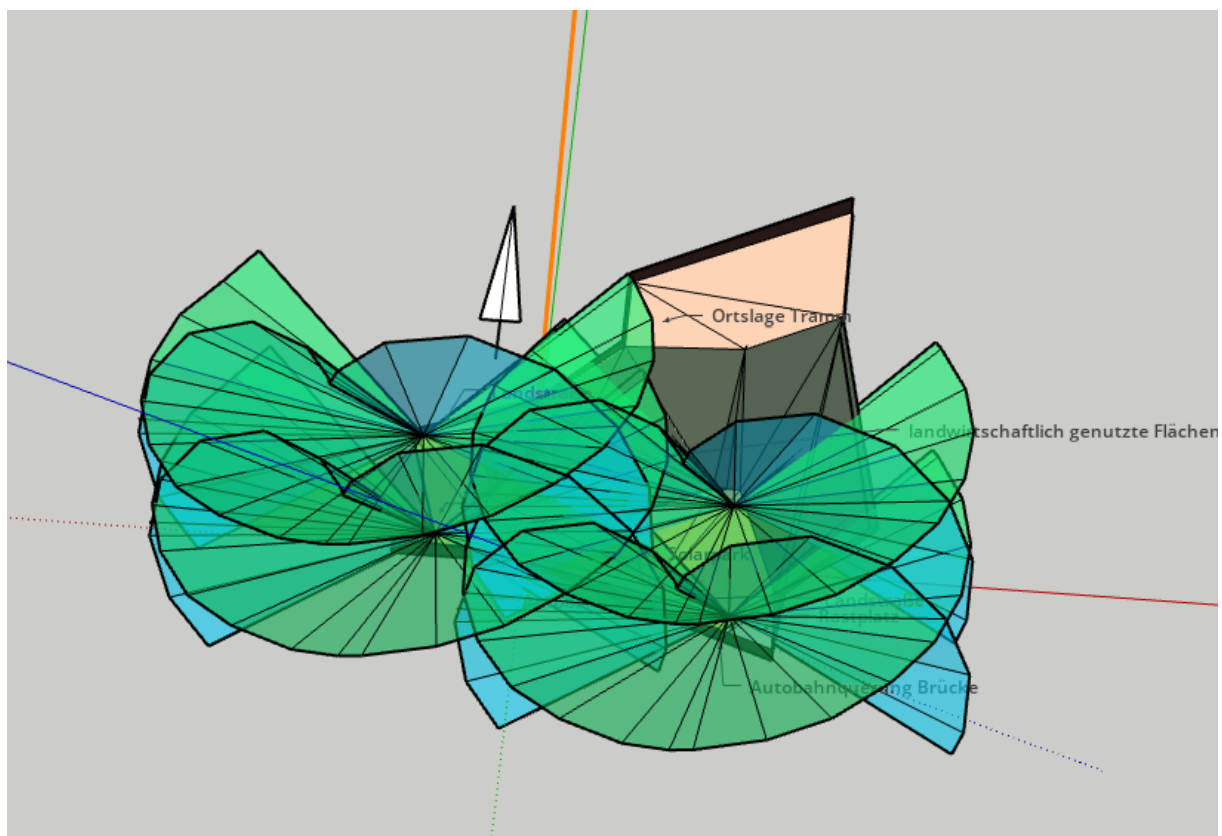


Abb. 16: Eingangs- und Ausgangsstrahlen 21.06.2025 Draufsicht

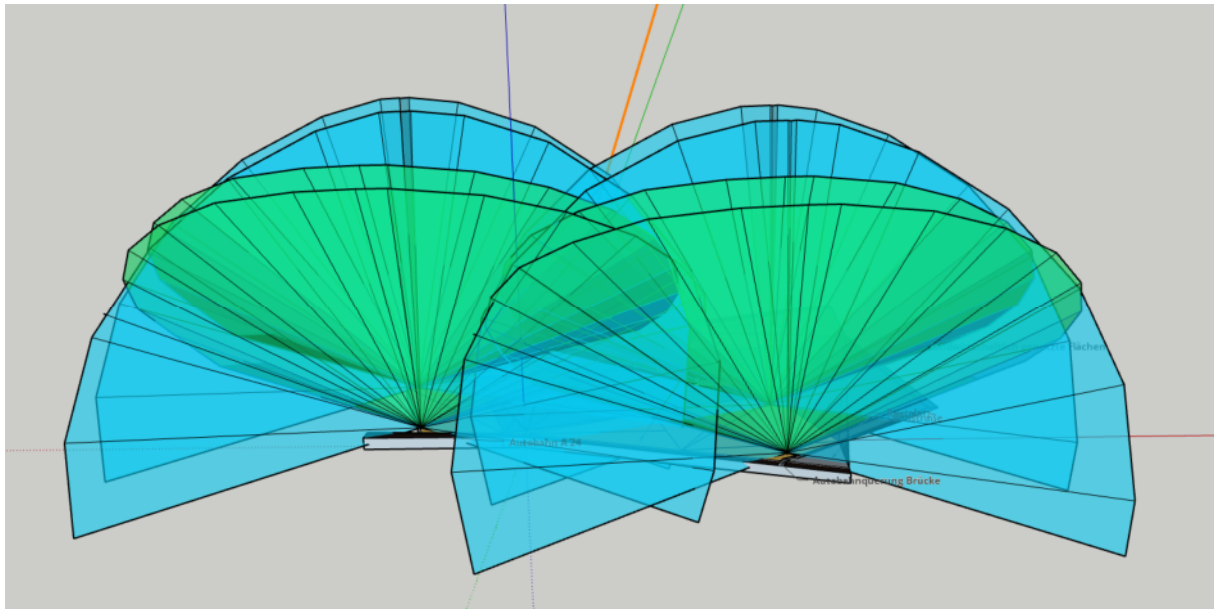


Abb. 17: Eingangs- und Ausgangsstrahlen aus Süd 21.06.2025

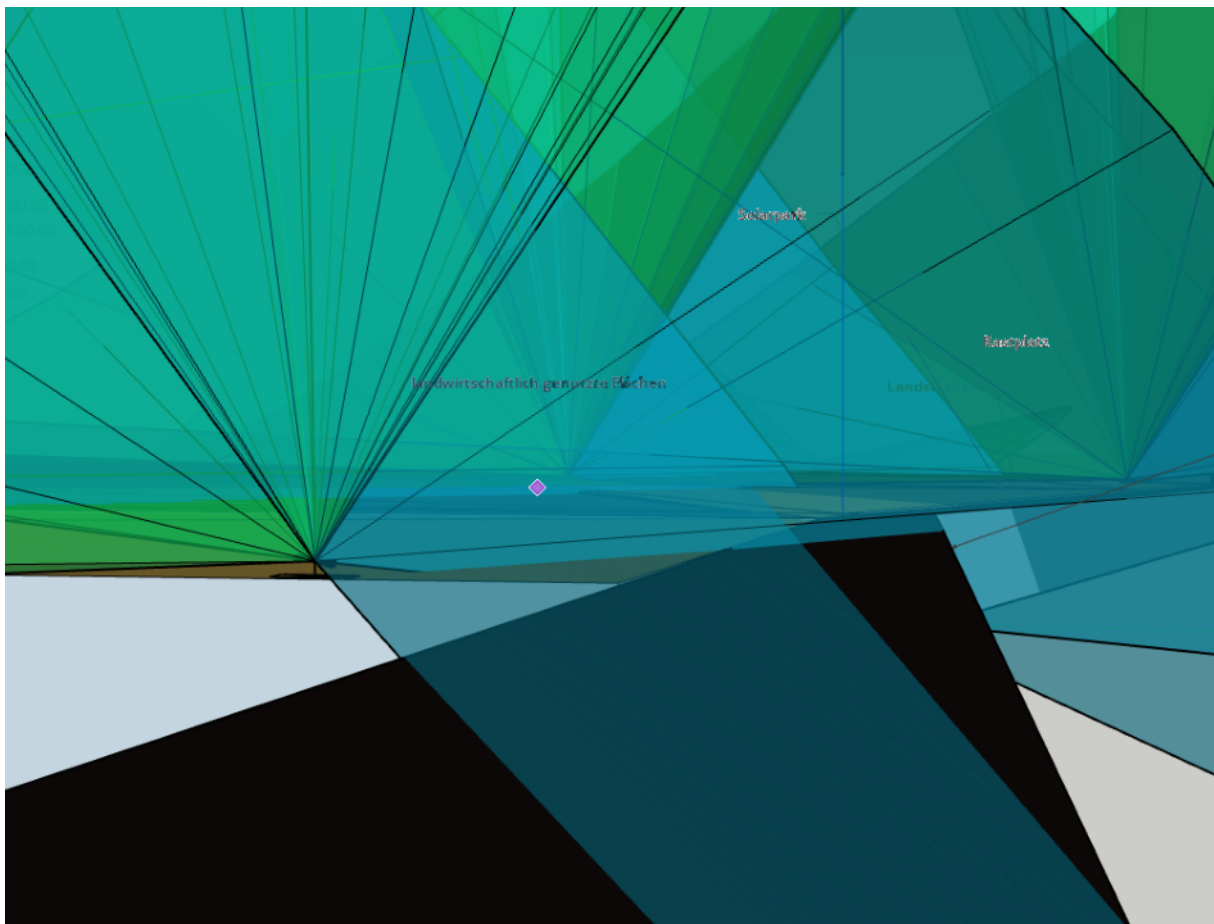


Abb. 18: Eingangs- und Ausgangsstrahlen Autobahn A 24 aus West 21.06.2025

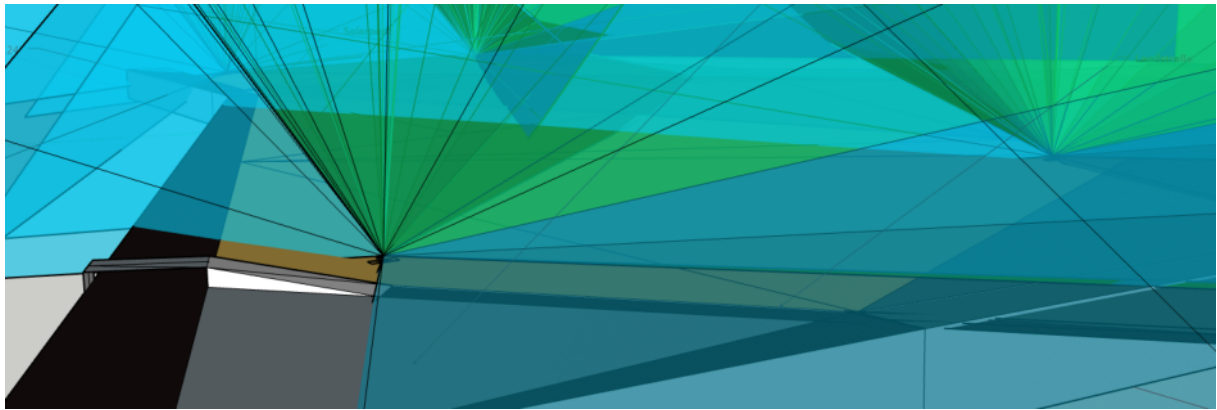


Abb. 19: Eingang- und Ausgangsstrahlen Autobahn A 24 aus Ost 21.06.2025

Zur Sommersonnenwende können in den Früh- und Abendstunden Reflexionen in Richtung der Autobahn auftreten. Diese Verhältnisse sind in Abb. 16 – 19 aus unterschiedlichen Perspektiven dargestellt. Unter Beachtung der Freifläche mit ca. 40 m Breite zwischen der Autobahn und dem Solarpark könnten sich durch einen höheren Modulanstellwinkel von  $35^\circ$  in der ersten Reihe andere Verhältnisse ergeben. Die Ergebnisse sind nachfolgend in Abb. 20 dargestellt. Deutlich wird, dass durch den leicht Südlichen Verlauf der Autobahn, bei diesem Modulanstellwinkel von  $35^\circ$ , die Reflexionsstrahlen nur noch in den Morgenstunden relevant sind, daher reicht diese Maßnahme nicht aus.

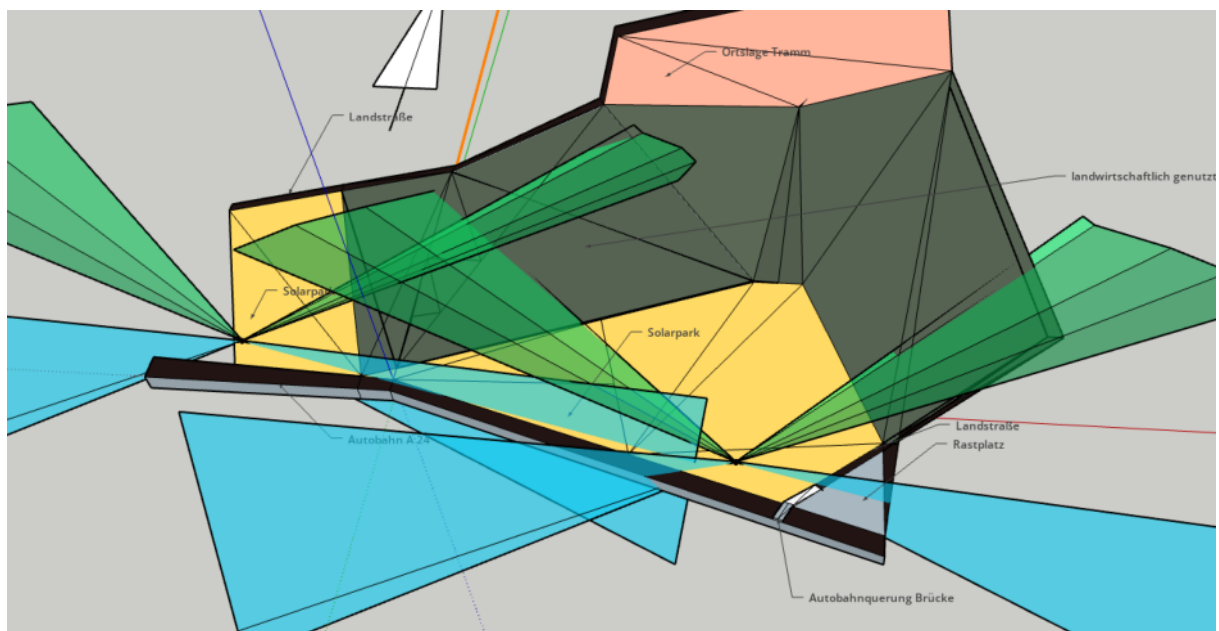


Abb. 20: Eingang- und Ausgangsstrahlen aus Süd bei Modulanstellwinkel  $35^\circ$  am 21.06.2025

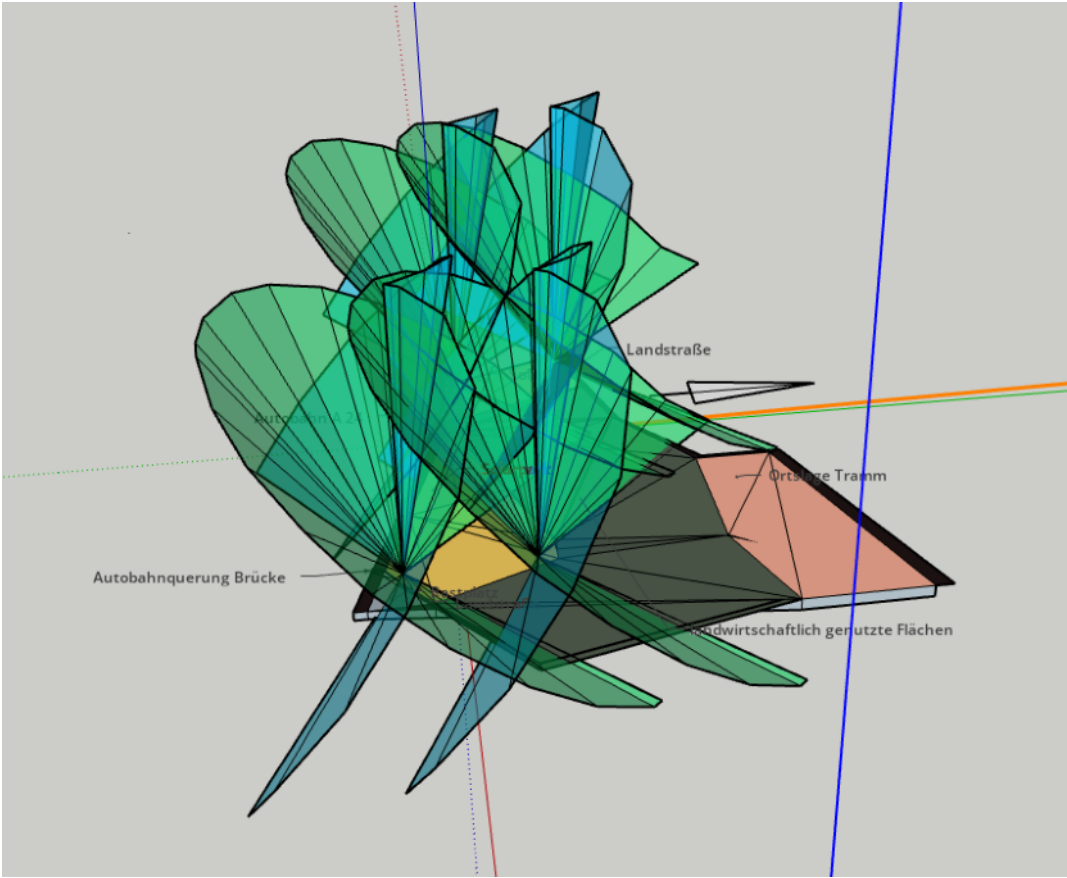


Abb. 21: Eingangs- und Ausgangsstrahlen aus Ost 21.06.2025

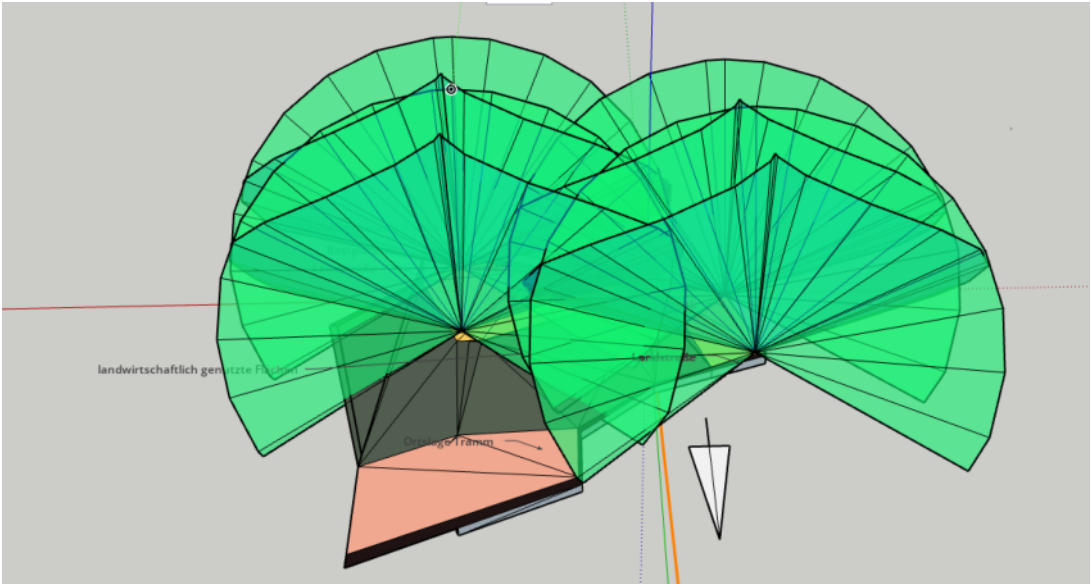


Abb. 22: Eingangs- und Ausgangsstrahlen aus Nord 21.06.2025

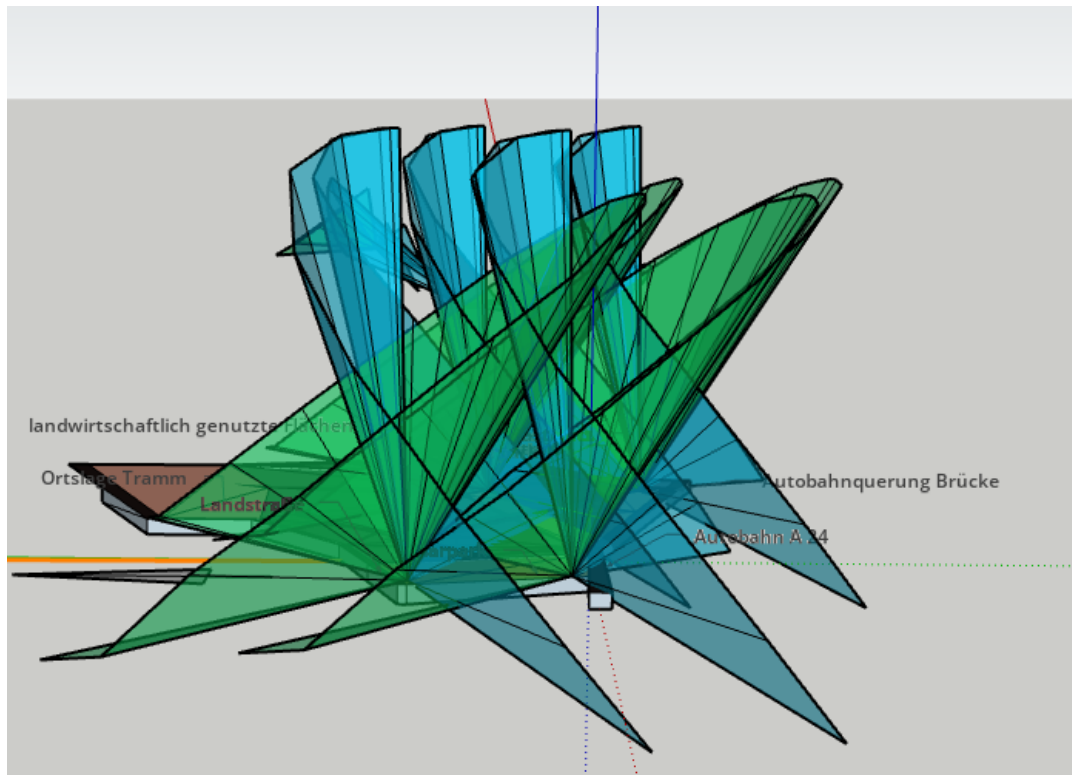


Abb. 23: Eingangs- und Ausgangsstrahlen aus Süd 21.06.2025

Die Abbildungen 21 bis 23 verdeutlichen die Verhältnisse aus unterschiedlichen Richtungen. Deutlich wird, dass die Straße nördlich vom Solarpark nicht durch Reflexionen betroffen ist. Etwas anders stellen sich die Verhältnisse für den Rastplatz und die östlich von Solarpark verlaufende, die Autobahn querende Straße dar. Hier sind ebenfalls potenzielle Reflexionen vorhanden. Es sind in dem Bereich Südlich des Solarparks zur A 24 Sichtschutzmaßnahmen erforderlich, die mind. 10 cm über die Moduloberkante hinausragen. Da der der Heckenbewuchs einige Zeit beansprucht, ist hier ein Blendschutz am Zaun vorzusehen, der unabhängig von der Entfernung vom Solarpark nach Süden mind. 10 cm Höher sein muss als die Oberkante der Module der ersten Reihe. Der Blendschutz kann Blickdicht (undurchsichtig) bzw. durch Abschattende Gewebe ausgeführt werden.

Gleiches betrifft den östlichen Bereich des Solarparks, hier ist die die Fläche des Solarparks von der Autobahn bis zur östlichen Ecke (ca. 250 m) und der Bereich nach der östlichen Ecke nach Nord auf ca. 85 m ebenfalls mit Blendschutz zu versehen ( siehe Anlage 4 Blendschutzverlauf).

Im Westlichen Bereich des Solarparks sind ebenfalls Blendschutzmaßnahmen erforderlich, da die Autobahn einen leicht nördlichen Verlauf hat und sich in max. 1 m unter dem Niveau des höchsten Punktes (Nordwestlicher Punkt des Solarparks) befindet. Sollte der vorhandene Feldrain an der westlichen Begrenzung eine ausreichende Blickdichtheit bis in eine Höhe von 2,85 m besitzen, sind hier keine Maßnahmen erforderlich. Anderenfalls gelten die Bedingungen für den Blendschutz, wie bereits beschrieben.

Die nachfolgenden Abb. 24-26 zeigen die Verhältnisse mit den Blendschutzmaßnahmen und zeigen deren Wirksamkeit. Sowohl auf der Autobahn A24 als auch auf der östlichen Landstraße verlaufen die Reflexionsstrahlen oberhalb von 3,5 m über Niveau und liegen damit unterhalb der Sichthöhe von LKW-Fahrern von 2,5 – 3,3 m.

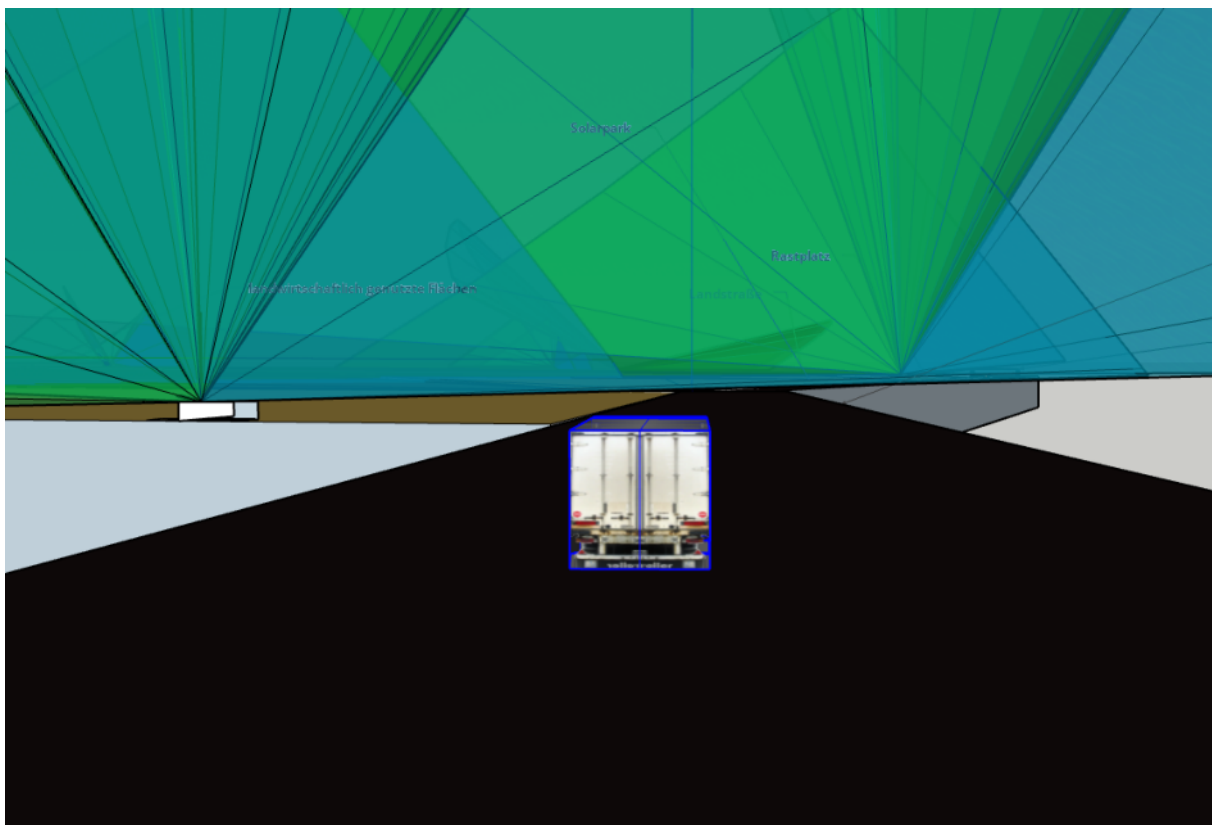


Abb. 24: Eingangs- und Ausgangsstrahlen mit Sichtschutz A 24 aus West 21.06.2025

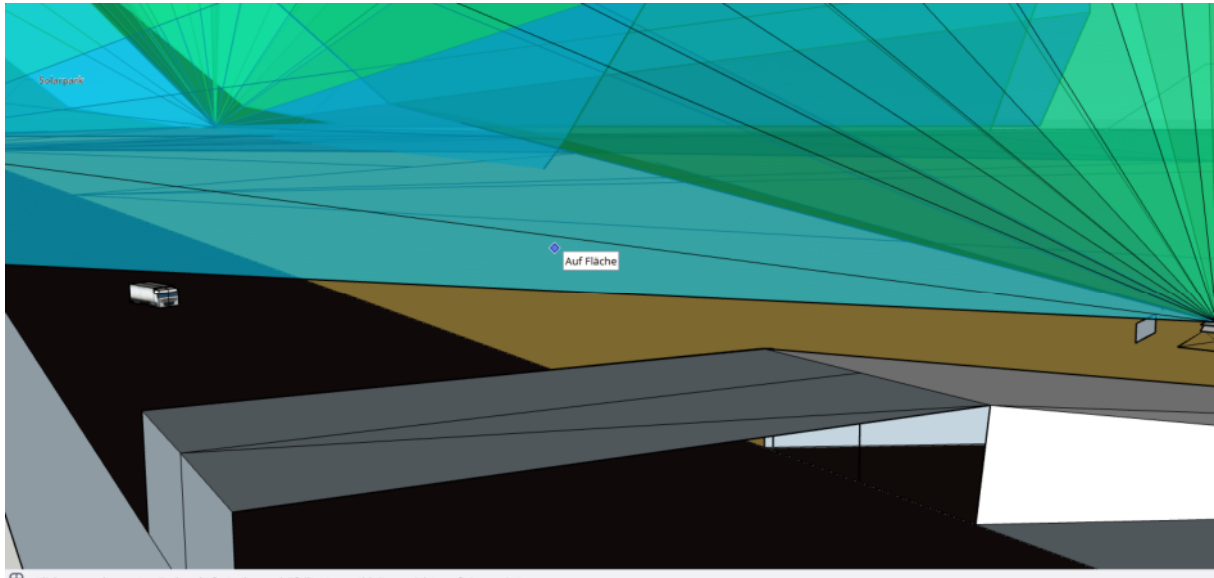


Abb. 25: Eingangs- und Ausgangsstrahlen mit Sichtschutz A 24 aus Ost 21.06.2025

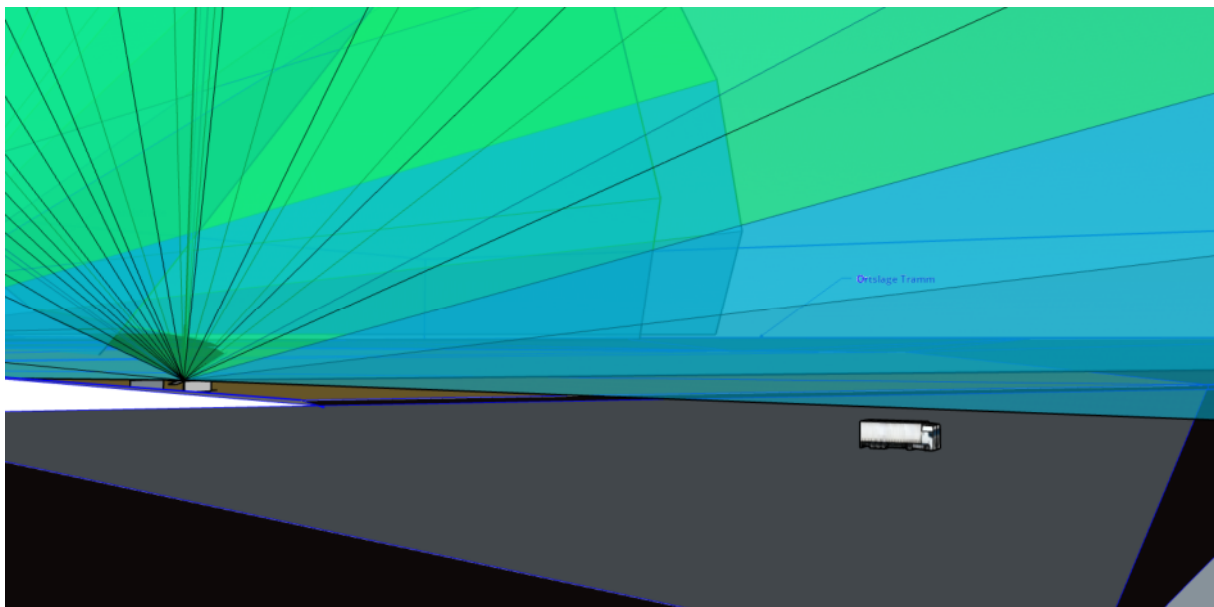


Abb. 26: Eingangs- und Ausgangsstrahlen mit Sichtschutz Rastplatz A 24 aus Süd 21.06.2025

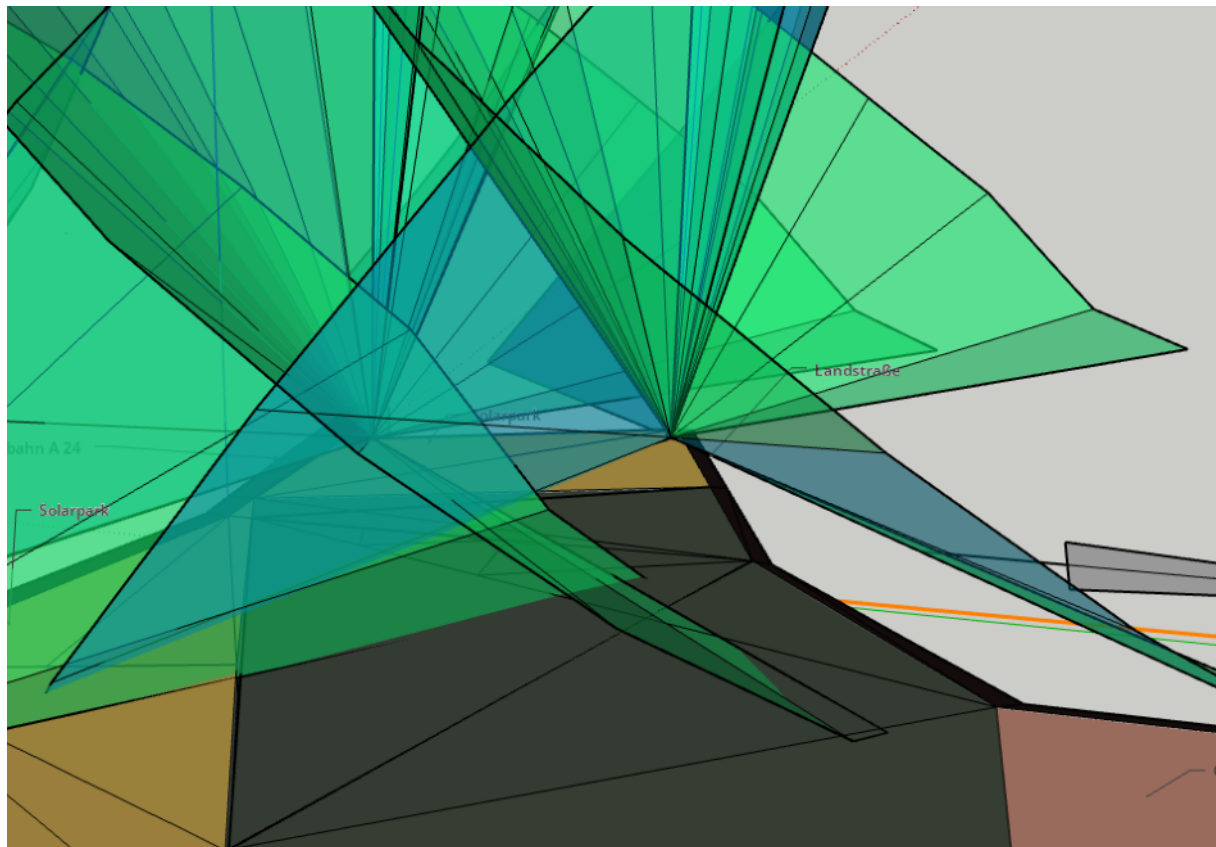


Abb. 27: Eingang- und Ausgangsstrahlen für nördlich Str. aus Ost 21.06.2025

In Abb. 27 wird deutlich, dass die nördlich verlaufende Straße nicht durch Reflexionen betroffen ist und damit auch keine Maßnahmen erforderlich sind. Auch die Ortschaft Tramm liegt nicht im Bereich von Reflexionen.

## 5.1.2 Zur Wintersonnenwende Sonnenstand 21.12.25

Bezogen auf den Azimut wird deutlich, dass die Sonne beim Sonnenaufgang in Süd-Ost bei  $130,53^\circ$  aufgeht, damit auch die Achse der Reihen der Solaranlage (Ost-West) überschritten hat und ab diesem Zeitpunkt die Solarpaneele aus Süd angestrahlt werden. Diese Verhältnisse bleiben bis Sonnenuntergang 17:00 UTC+1 erhalten.

21.12.2025

Morgendämmerung:	07:48:33
Sonnenaufgang:	08:48:44
Sonnenhöchststand:	12:15:00
Sonnenuntergang:	15:59:41
Abenddämmerung:	16:42:41
Tageslichtdauer:	7h27m03s

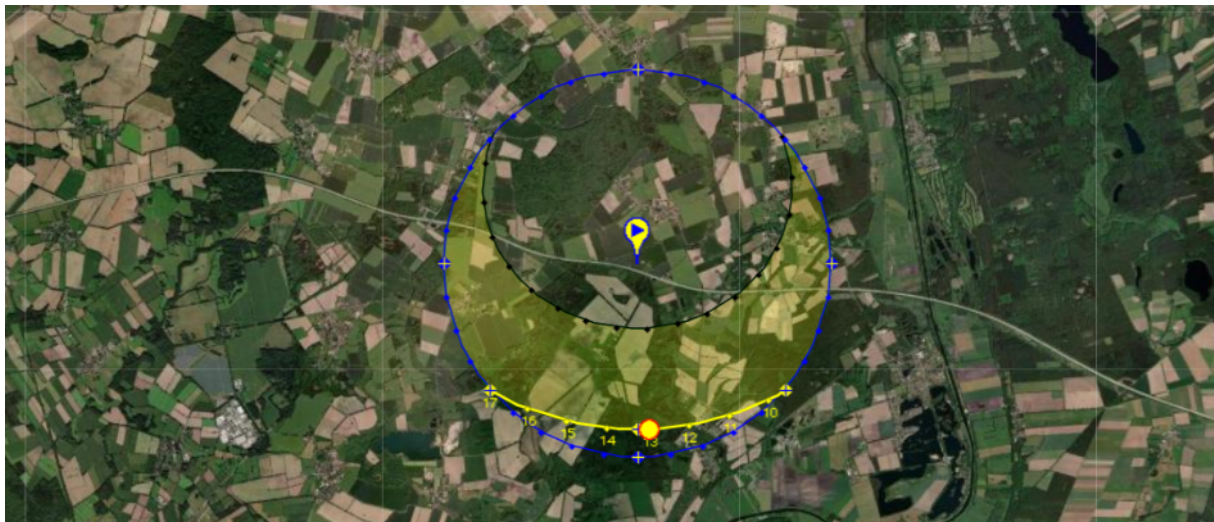


Abb.28: Sonnenstand 21.12.2025

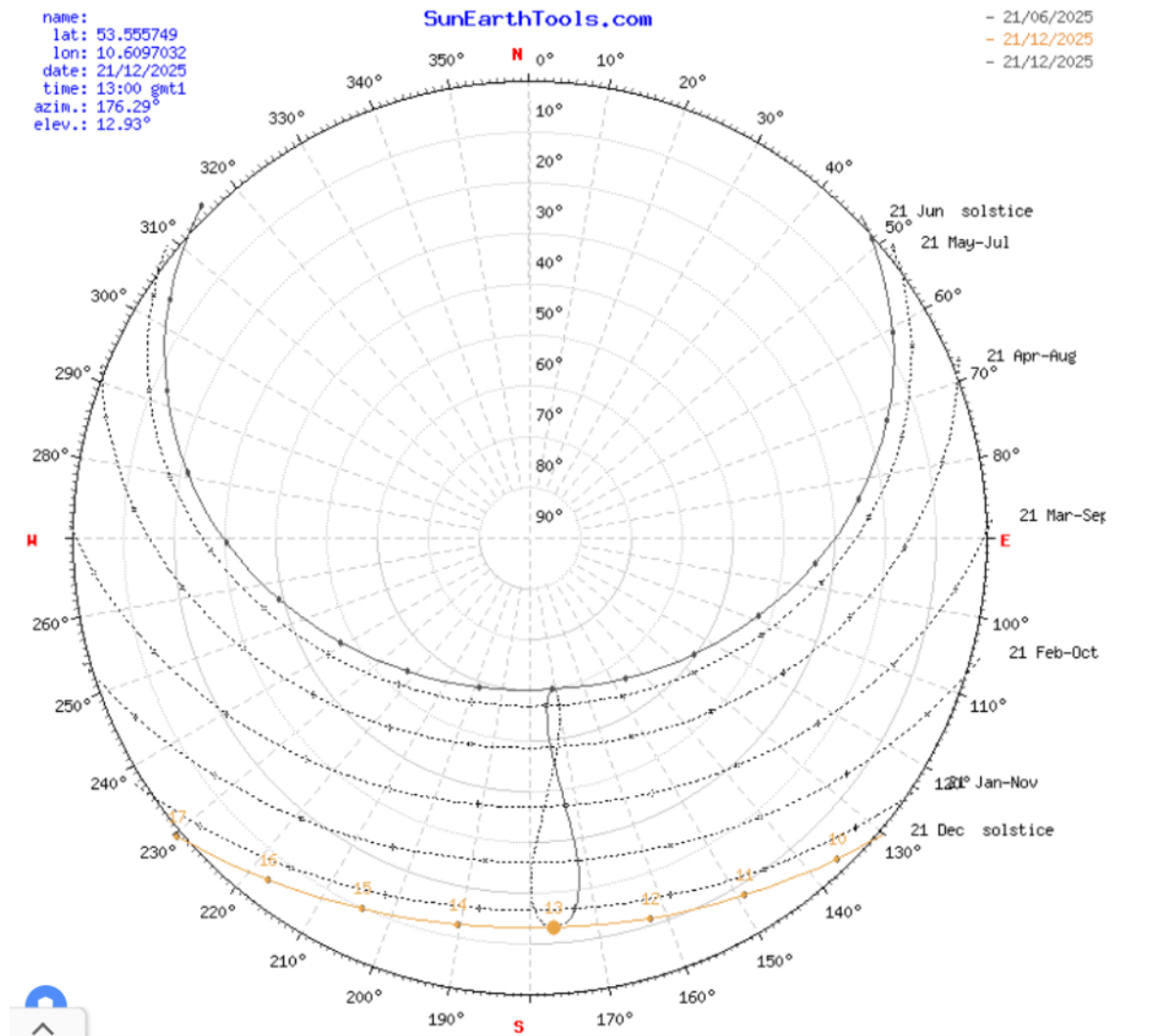


Abb.29: Sonnenstandsdiagramm 21.12.2025

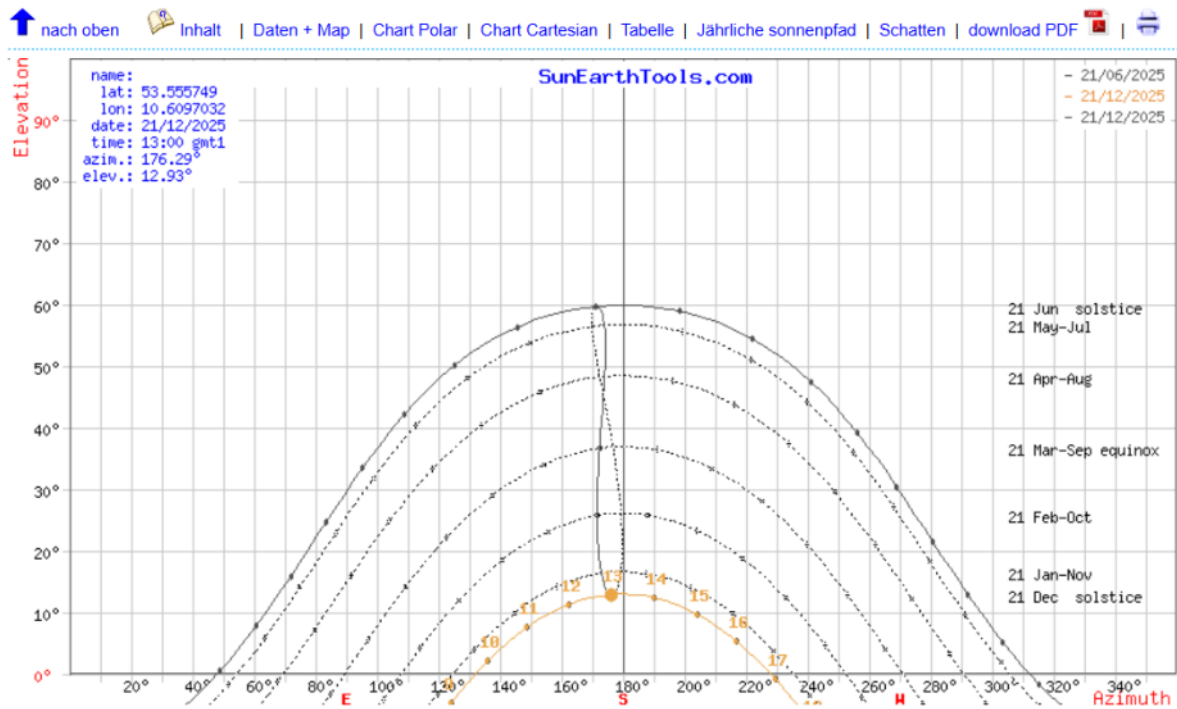


Abb.: 30 Sonnenstandsdiagramm und Verlauf 21.12.2025

Tabelle2: Zusammenstellung der Sonnendaten und Austrittswinkel für den 21.12.2025 (Quelle: /4/)

Datum:	21/12/2025   GMT1	
	53.3817464,	
koordinieren:	10.6083184	
Ort:	53.55621810,10.60764310	
Stunde	Elevation	Azimuth
09:30:59	-0.833°	130.33°
10:00:00	2.31°	136.19°
11:00:00	7.75°	148.88°
12:00:00	11.45°	162.32°
13:00:00	13.11°	176.29°
13:15:00	13,18°	180,00°
14:00:00	12.58°	190.39°
15:00:00	9.93°	204.15°
16:00:00	5.37°	217.24°
17:00:00	-0.77°	229.56°

Damit befindet sich die Sonne im gesamten Zeitraum südlich der Modulreihen (Südausrichtung) und somit ist allgemein festzustellen, dass der Eintrittswinkel der Sonne immer unterhalb des Lots zur Oberfläche des bis zu  $15^\circ$  geneigten Solarmoduls liegt (vgl. Abb. 4).

Dieses Lot hat in Bezug auf die Ebene einen Winkel von  $83^\circ$ . Auch beim höchsten Sonnenstand am 21.12.25 um 12:08:00 UTC+1 mit  $17,85^\circ$  ist der Einfallswinkel kleiner als das Lot, das gleichzeitig die Reflexionsebene darstellt. Damit werden alle eingehenden Sonnenstrahlen mit einem größeren Ausfallswinkel, nach oben und nördlich reflektiert.

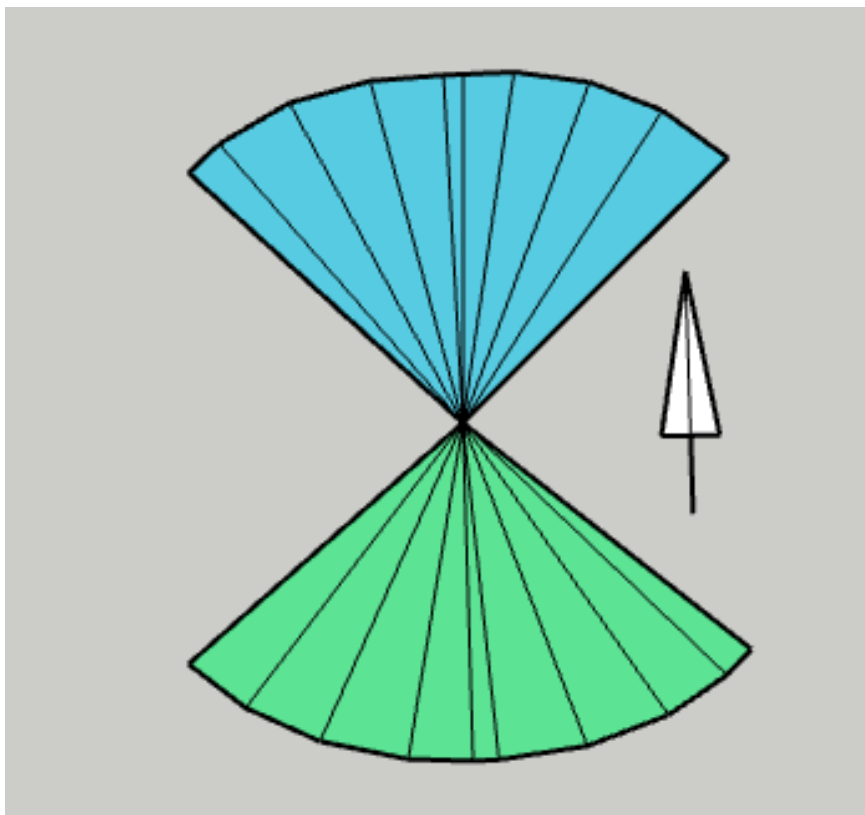


Abb.31: Eingang- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende Draufsicht

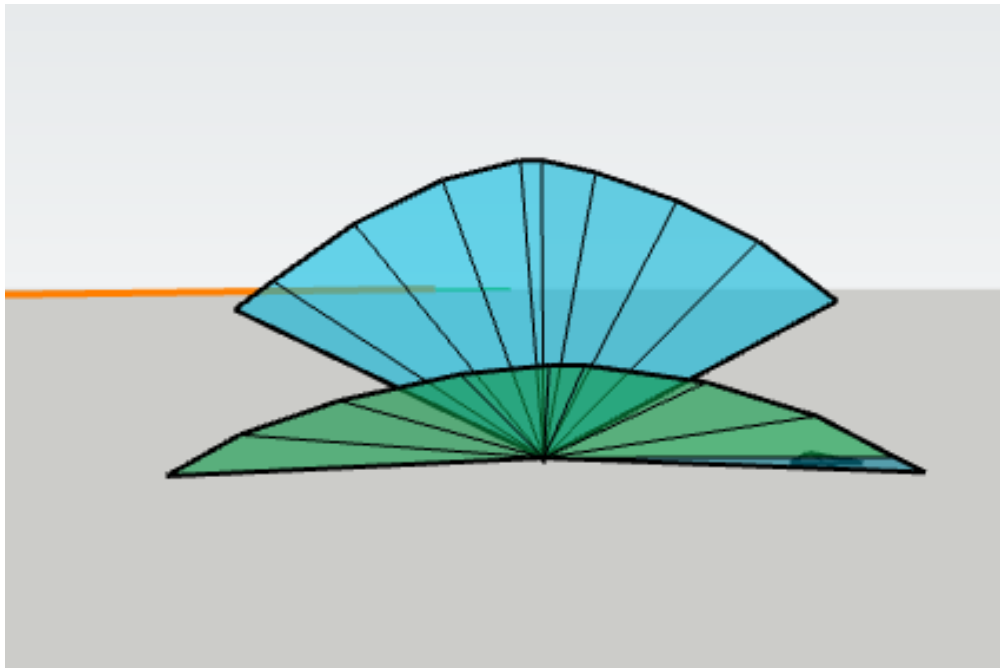


Abb.32: Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende aus Süd

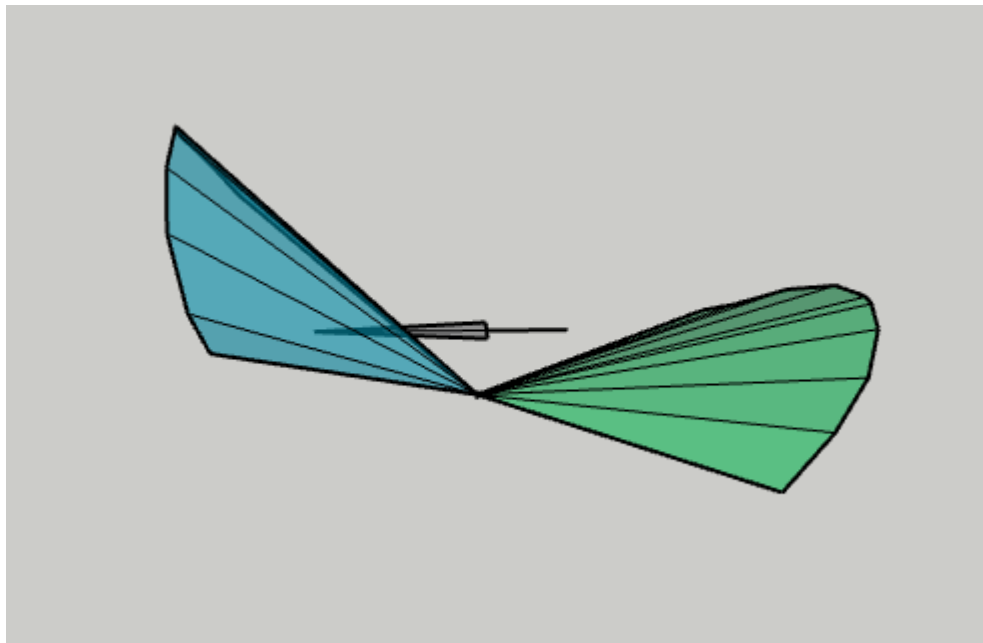


Abb.33: Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende aus West

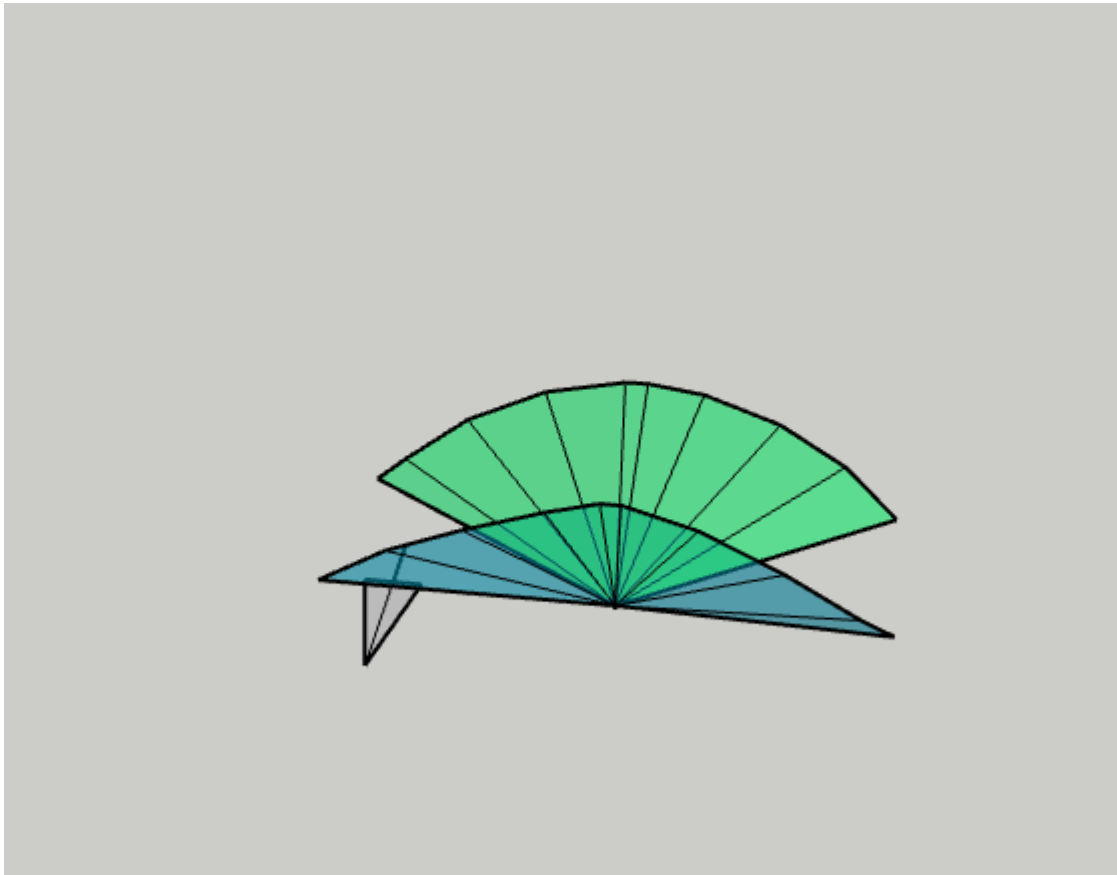


Abb.34: Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende aus Nord

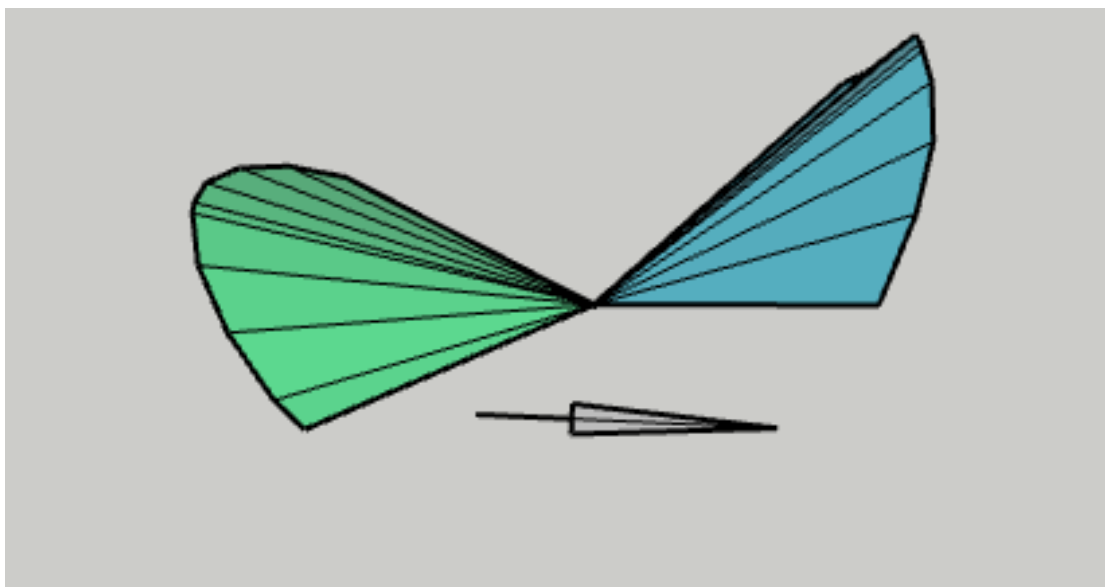


Abb.35: Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende aus Ost

Da die Verhältnisse damit nachvollziehbar einfach sind, wurden nachfolgend im Geländemodell jeweils alle Verhältnisse dargestellt.

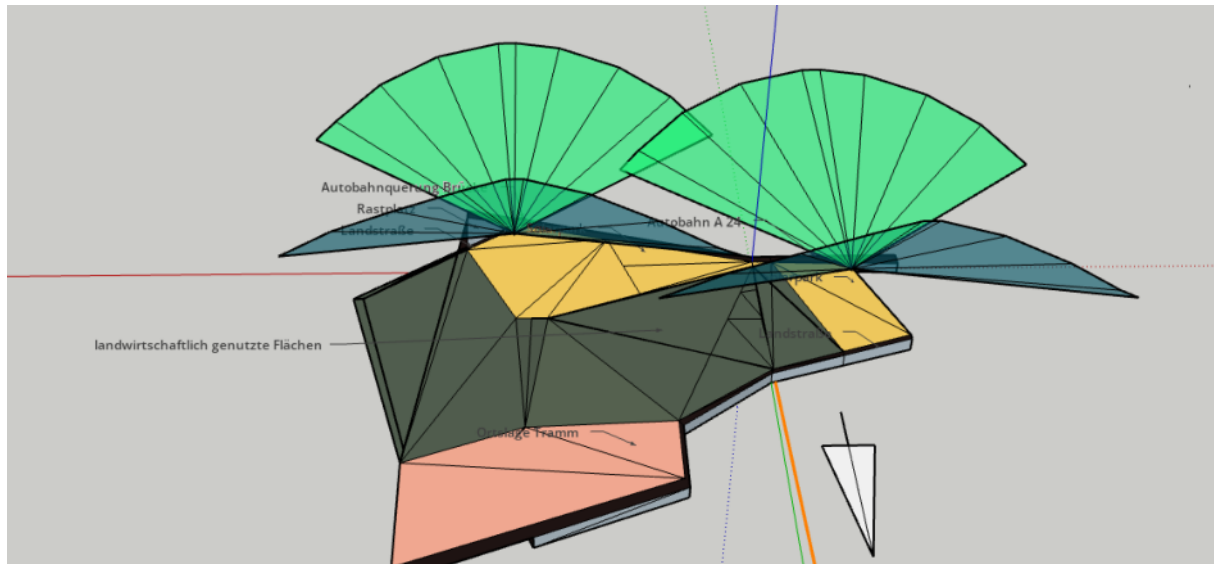


Abb.36: Geländemodell Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende Nord

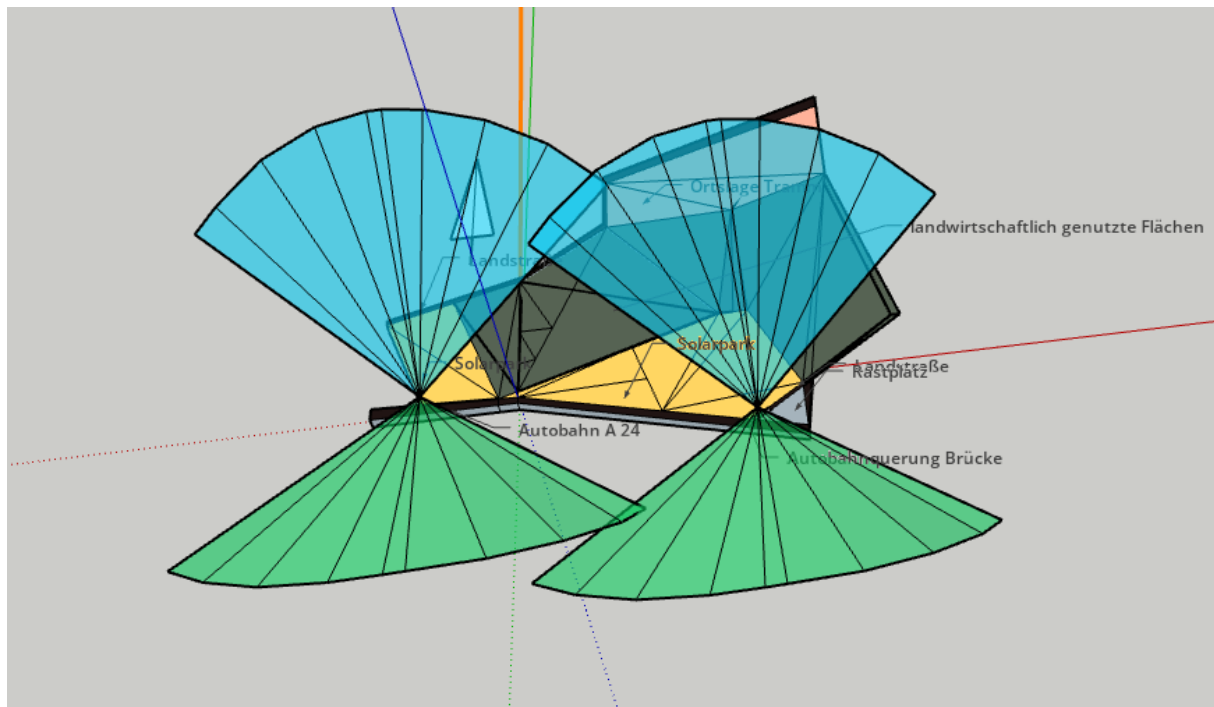


Abb.37: Geländemodell Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende Süd

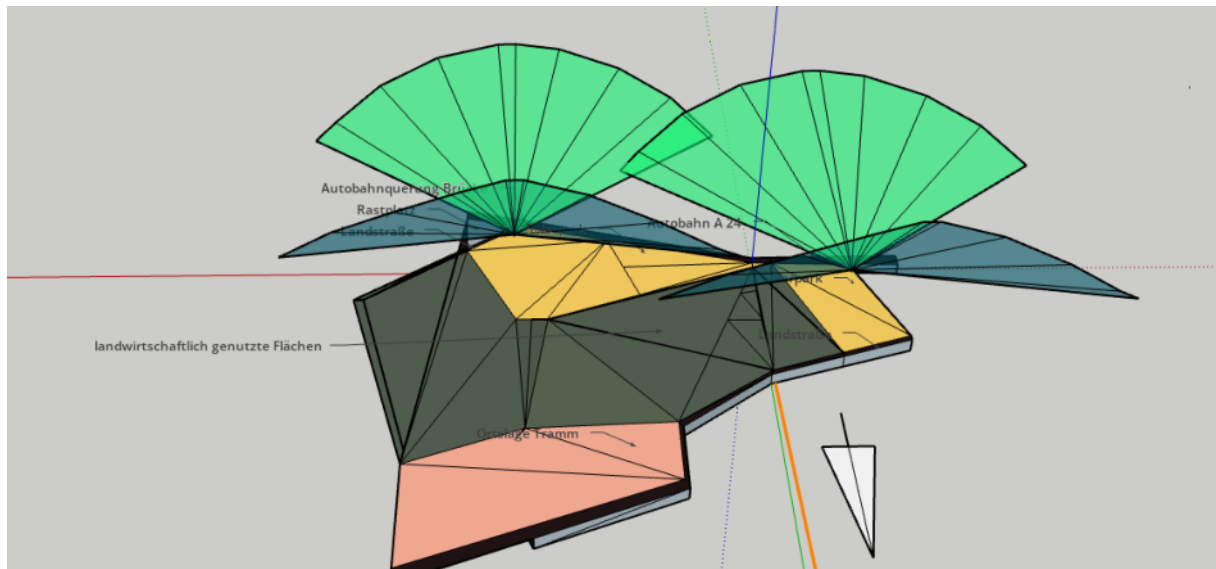


Abb.38: Geländemodell Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende aus Nord

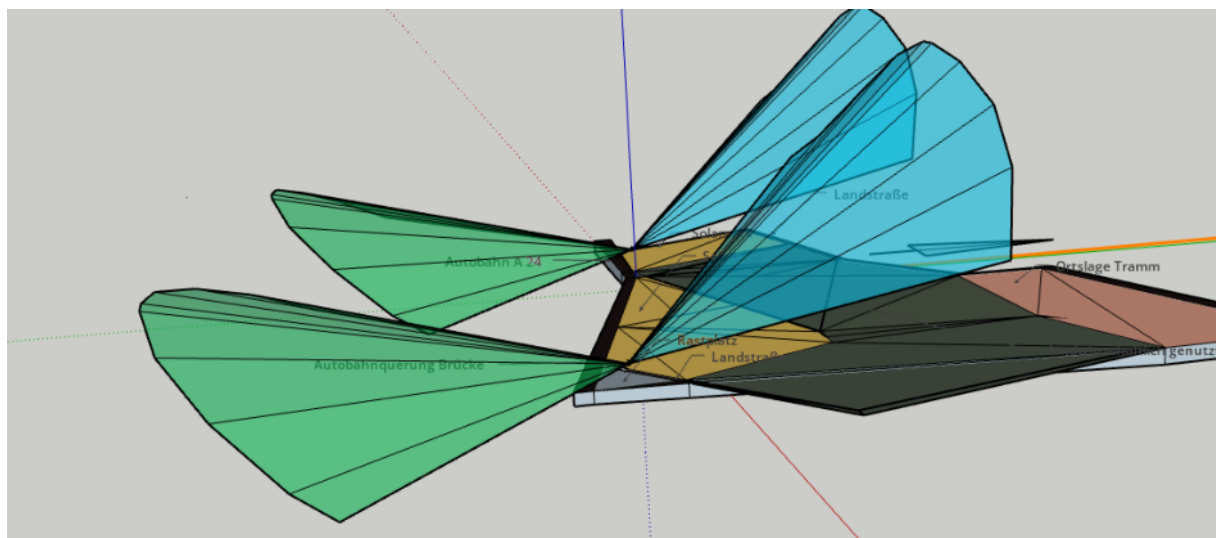


Abb.33: Geländemodell Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende aus Ost

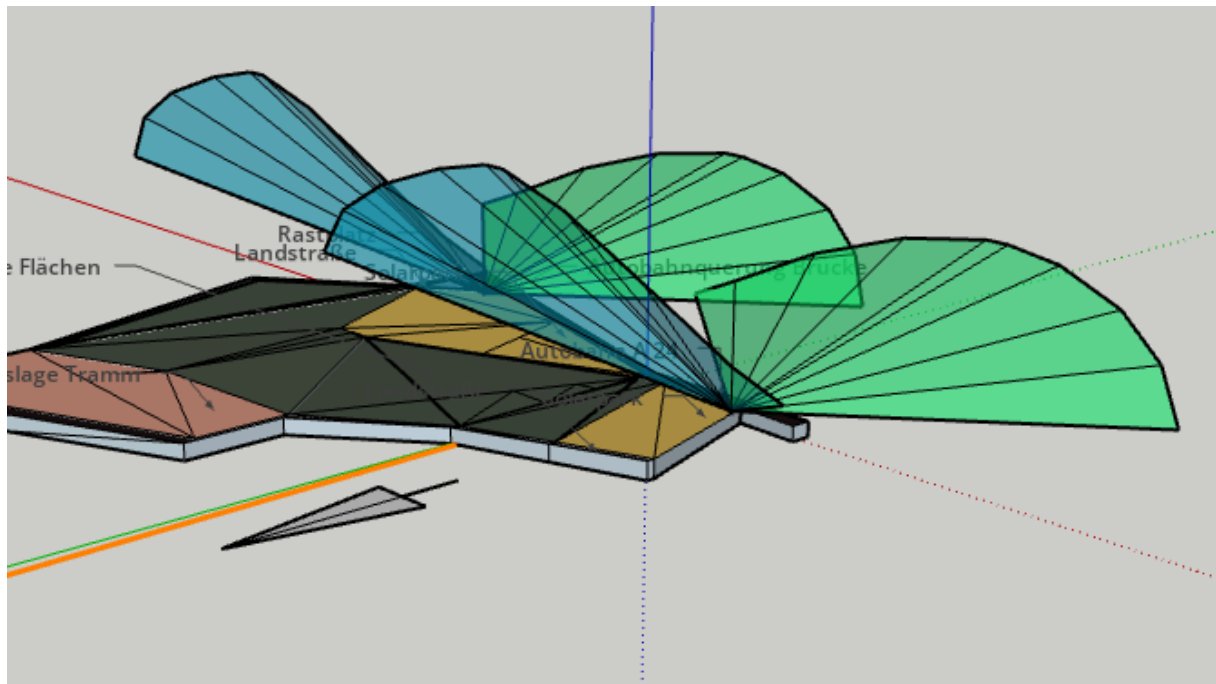


Abb.34: Geländemodell Eingangs- und Ausgangsstrahlen Wintersonnenwende aus Nordwest

Deutlich wird aus den Betrachtungen, dass zur Wintersonnenwende am 21.12.2025 mit keinen Reflexionen in Richtung der Betrachtungsflächen zu verzeichnen sind. Die Autobahn A24 und alle Straßen werden nicht beeinträchtigt, da die Reflexionsstrahlen ausschließlich nach Nord und nach oben reflektiert werden.

## 5.2 Zusammenfassung Reflektionsuntersuchung

Zusammenfassend wird für diese Untersuchungen an den Tagen der Sommersonnenwende und der Wintersonnenwende deutlich, dass ein Reflexionspotenzial durch den Solarpark Tramm derzeit durch die Gegebenheiten und durch die Empfehlungen, bezogen auf die betrachteten Gemeinden, Autobahn A 24, Bebauungen und Straßen nicht vorhanden ist. Die Dauer und der Verlauf sind von der Jahreszeit abhängig. Das Reflexionspotenzial beschreibt insgesamt die theoretische Möglichkeit einer Reflexion, sagt aber nichts über die Intensität der Reflexionsstrahlen aus. Diese Intensität ist abhängig von der Oberfläche der Module, die nach vorliegenden Angaben (vgl. Anlage) als strukturiertes Glas mit keiner glatten Oberfläche ausgeführt ist. Damit kann eine Totalreflektion auch bei flachen Winkeln ausgeschlossen werden und es kommt eher zu einem gestreuten Reflexionstrahlbündel.

Weiterhin haben bisherige Untersuchungen an Solarmodulen durch unser Haus ergeben, dass die Intensität der Reflexionsstrahlen, die einer Wasseroberfläche, bisher nicht überschritten hat. Damit wird deutlich, dass die Solarmodule ein Absorptionsvermögen besitzen, welches durch eine strukturierte Oberfläche noch unterstützt wird, so dass die Intensität der Reflexionsstrahlen geringer ist als das der eingehenden Sonnenstrahlen.

Die Modulrahmen können andere Reflexionseigenschaften besitzen. Daher wird empfohlen, matte Rahmen am ersten Modultisch jeweils umlaufend einzusetzen.

Durch die verringerte Intensität der Reflexionsstrahlen durch das grundständige Absorptionsverhalten und die Entfernung können nur Reflexionen querab verzeichnet werden, die vergleichbar auch überall in der Natur vorkommen. Diese Betrachtung bezieht sich nur auf Arbeiten auf den anliegenden Ackerflächen.

Für den Betrachtungszeitraum der Wintersonnenwende am 21.12.22025 ergeben sich keinerlei Beeinträchtigungen, für die Sommersonnenwende am 21.06.2025 sind Auswirkungen im südlichen, östlichen und westlichen Bereich des Solarparks zu beachten.

Zur Sommersonnenwende können in den Früh- und Abendstunden Reflexionen in Richtung der Autobahn auftreten. Diese Verhältnisse sind in Abb. 16 – 19 aus unterschiedlichen Perspektiven dargestellt. Unter Beachtung der Freifläche mit ca. 40 m Breite zwischen der Autobahn und dem Solarpark könnten sich durch einen höheren Modulanstellwinkel von 35° in der ersten Reihe andere Verhältnisse ergeben. Deutlich wird, dass durch den leicht Südlichen Verlauf der Autobahn, bei diesem Modulanstellwinkel von 35°, die Reflexionsstrahlen nur noch in den Morgenstunden relevant sind, daher reicht diese Maßnahme nicht aus.

Deutlich wird, dass die Straße nördlich vom Solarpark nicht durch Reflexionen betroffen ist. Etwas anders stellen sich die Verhältnisse für den Rastplatz und die östlich von Solarpark verlaufende, die Autobahn querende Straße dar. Hier sind ebenfalls potenzielle Reflexionen vorhanden. Es sind in dem Bereich Südlich des Solarparks zur A 24 Sichtschutzmaßnahmen erforderlich, die mind. 10 cm über die Moduloberkante hinausragen. Da der vorgesehene Heckenbewuchs einige Zeit beansprucht, ist hier ein Blendschutz am Zaun vorzusehen, der unabhängig von der Entfernung vom Solarpark nach Süden mind. 10 cm Höher sein muss als die Oberkante der Module der ersten Reihe. Der Blendschutz kann Blickdicht (undurchsichtig) bzw. durch Abschattende Gewebe ausgeführt werden.

Gleiches betrifft den östlichen Bereich des Solarparks, hier ist die die Fläche des Solarparks von der Autobahn bis zur östlichen Ecke (ca. 250 m) und der Bereich nach der östlichen Ecke nach Nord auf ca. 85 m ebenfalls mit Blendschutz zu versehen.

Im Westlichen Bereich des Solarparks sind ebenfalls Blendschutzmaßnahmen erforderlich, da die Autobahn einen leicht nördlichen Verlauf hat und sich in max. 1 m unter dem Niveau des höchsten Punktes (Nordwestlicher Punkt des Solarparks) befindet. Sollte der vorhandene Feldrain an der westlichen Begrenzung eine ausreichende Blickdichtheit bis in eine Höhe von 2,85 m besitzen, sind hier keine Maßnahmen erforderlich. Anderenfalls gelten die Bedingungen für den Blendschutz, wie bereits beschrieben.

## **IfU – Prof. Sadowski**

Mit den Blendschutzmaßnahmen verlaufen sowohl auf der Autobahn A24 als auch auf der östlichen Landstraße die Reflexionsstrahlen oberhalb von 3,5 m über Niveau und liegen damit unterhalb der Sichthöhe von LKW-Fahrern von 2,5 – 3,3 m.

Hervorzuheben ist noch, dass sich die hier dargestellten Ergebnisse und Effekte sich ausschließlich auf den Untersuchungsgegenstand beziehen.



Prof. Dr. Ulf Sadowski

## 6. Literaturverzeichnis

- /1/ Meyers Online Lexikon
- /2/ Browns Nautical Almanac, Brown, Son &Ferguson Ltd Glasgow 2007  
ISBN Nr.: 0-85174-792-2
- /3/ Copyright © 2001-2003 by Markus Eisenbart NauticTools for Windows  
Version 1.20.121
- /4/ [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=de#form](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=de#form)

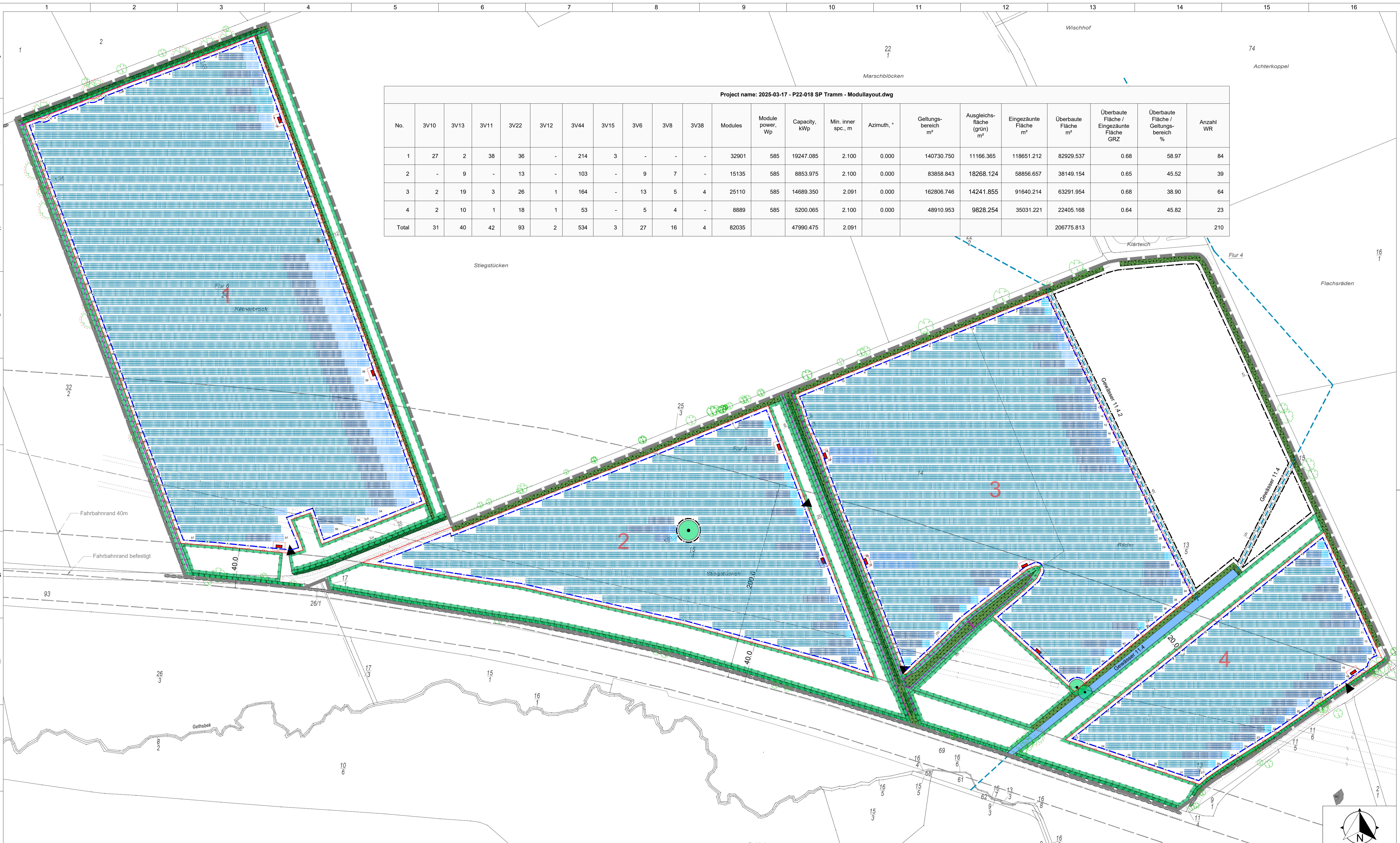
### Quellen:

1. Solarpark Tramm Layout
2. Lageplan Anumar GmbH
3. [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=de#form](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=de#form)
4. Geoportal S/W Niedersachsen
5. Google earth

### Anlagen

Zeichnungen, Schnitte, Lageplan vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt

Belndschutzbereich



**Project name: 2025-03-17 - P22-018 SP Tramm - Modullayout.dwg**

No.	3V10	3V13	3V11	3V22	3V12	3V44	3V15	3V6	3V8	3V38	Modules	Module power, Wp	Capacity, kWp	Min. inner spc., m	Azimuth, °	Geltungsbereich m²	Ausgleichsfläche (grün) m²	Eingezäunte Fläche m²	Überbaute Fläche m²	Überbaute Fläche / Eingezäunte Fläche GRZ	Überbaute Fläche / Geltungsbereich %	Anzahl WR
1	27	2	38	36	-	214	3	-	-	-	32901	585	19247.085	2.100	0.000	140730.750	11166.365	118651.212	82929.537	0.68	58.97	84
2	-	9	-	13	-	103	-	9	7	-	15135	585	8853.975	2.100	0.000	83858.843	18268.124	58856.657	38149.154	0.65	45.52	39
3	2	19	3	26	1	164	-	13	5	4	25110	585	14689.350	2.091	0.000	162806.746	14241.855	91640.214	63291.954	0.68	38.90	64
4	2	10	1	18	1	53	-	5	4	-	8889	585	5200.065	2.100	0.000	48910.953	9828.254	35031.221	22405.168	0.64	45.82	23
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>93</b>	<b>2</b>	<b>534</b>	<b>3</b>	<b>27</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>82035</b>		<b>47990.475</b>	<b>2.091</b>				<b>206775.813</b>				<b>210</b>

**Legende**

Geltungsbereich	Zufahrt
Zaun	PV Modultische
Baugrenze	Trafo
Leerrohr	Unterverteiler
Kabelgraben	Wechselrichter
MS-Kabelgraben	Stringverkabelung

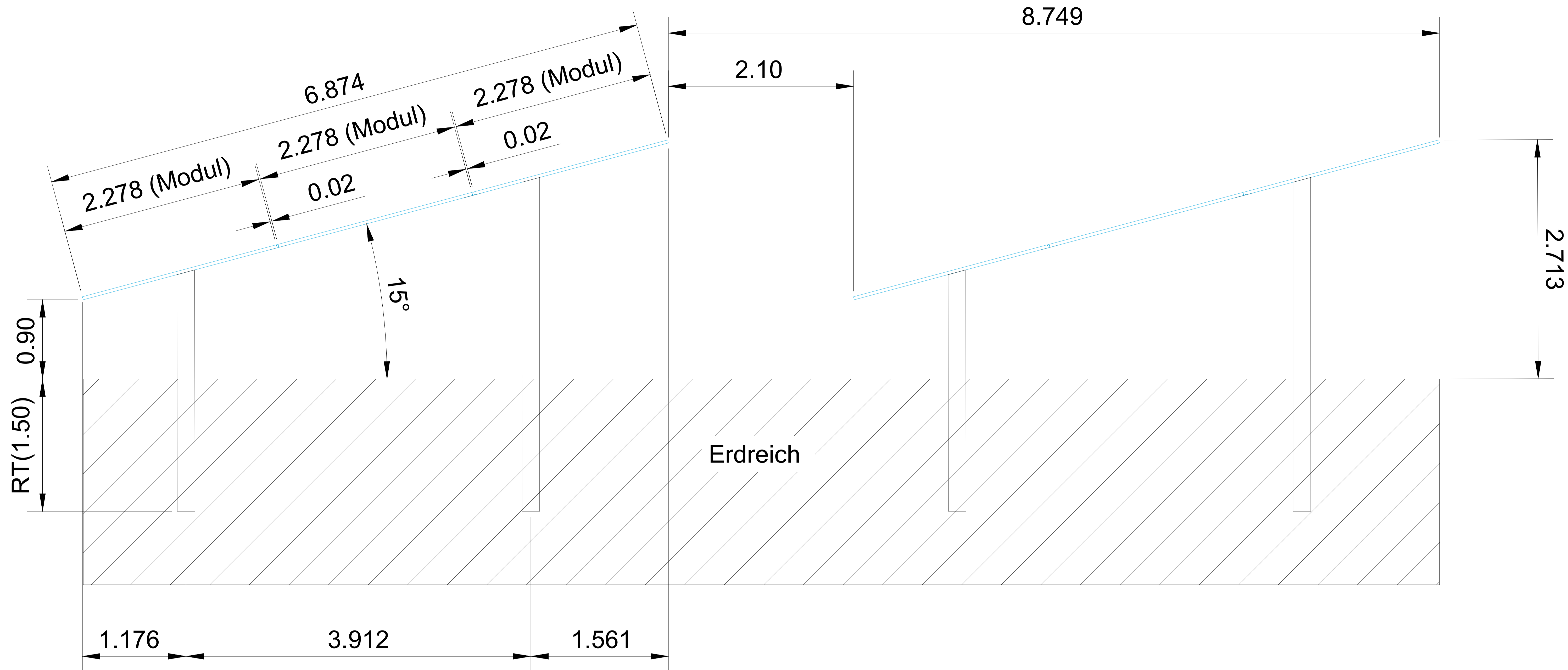
Gewerk	Hersteller	Datum	Datum	Index	Änderung	gezeichnet	Wskt.	bearbeitet
Gestell								
Module								
WR								
Trafo								
Speicher								
E-Material								

**ANUMAR**  
Wir erzeugen Grünstrom

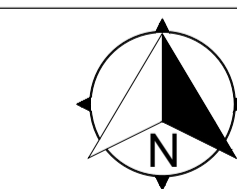
Anumar GmbH  
Kraunwäher Straße 21  
85051 Ingolstadt  
Tel. +49 (0)841 - 993738 - 0  
Fax +49 (0)841 - 993738 - 10  
info@anumar.de

Projekt	P22-018	gezeichnet	2025-03-24	MP	1:1600
Modulleistung	SP Tramm	Ausrichtung	15° Süd	180°	2,10 m
Plan	Modullayout gesamt	Gesamtleistung DC	47.990,475 kWp		
Anzahl Module	82.035	Gesamtleistung AC	45.150 kW		
Plan-Nr					

Diese Zeichnung ist unser geistiges Eigentum und damit urheberrechtlich geschützt. Zeichnung und Inhalt dürfen ohne unsere schriftliche Zustimmung nicht an Dritte weitergegeben werden. Zuwiderhandlung verpflichtet zu Schadensersatz.



RT Rammtiefe von  
Bodenbeschaffenheit abhängig



**Legende**

Geltungsbereich	PV Modultische
Zaun	Trafo
Baugrenze	Unterverteiler
Leerrohr	Wechselrichter
Kabelgraben	Stringverkabelung
MS-Kabelgraben	

Gewerk	Hersteller	Datum	Datum	Index	Änderung	bearbeitet
Gestell						
Module						
WR						
Trafo						
Speicher						
E-Material						

<b>ANUMAR</b> Wir erzeugen Grünstrom Anumar GmbH Hauptweiser Straße 21 85051 Ingolstadt Tel. +49 (0)941 - 993738-0 Fax +49 (0)941 - 993738-10 info@anumar.de					
Projekt	3 Module Vertikal	Datumsheet	2025-01-08	SIS	1:20
Modulanzugung	3	Ausrichtung	15°	Reihen-Abstand	2,10 m
Plan	Seitenansicht	Gesamtleistung DC		Modulleistung	
Anzahl Module		Gesamtleistung AC		Plan-Nr	

Diese Zeichnung ist unser geistiges Eigentum und damit urheberrechtlich geschützt. Zeichnung und Inhalt dürfen ohne unsere ausdrückliche Zustimmung nicht an Dritte weitergegeben werden. Zuwiderhandlung verpflichtet zu Schadensersatz.

