



## BLENDGUTACHTEN

Auftrag Nr. 3191642  
Projekt Nr. 2019-3188

KUNDE: Anumar GmbH  
Frühlingstraße 31  
85055 Ingolstadt

BAUMAßNAHME: PV-Anlage Wolfegg

GEGENSTAND: Reflexions-/Lichtgutachten

ORT, DATUM: Deggendorf, den 16.12.2019

---

Dieser Bericht umfasst 20 Seiten, 2 Tabellen, 2 Anlagen und 6 Abbildungen.  
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.



**Inhaltsverzeichnis:**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2 VORGANG UND AUFTRAG.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN.....</b>                                      | <b>5</b>  |
| 3.1 Allgemein Beurteilungskriterien .....                                 | 5         |
| 3.2 Blendungen und Leuchtdichte .....                                     | 6         |
| 3.3 Blendung durch Sonnenlicht und deren Reflexionen an PV-Anlagen .....  | 8         |
| <b>4 METHODIK DER ANGEWANDTEN BERECHNUNG .....</b>                        | <b>8</b>  |
| <b>5 BERECHNUNGSPARAMETER.....</b>  | <b>14</b> |
| 5.1 Allgemeine Berechnungsparameter .....                                 | 14        |
| 5.2 Standortspezifische Berechnungsparameter .....                        | 14        |
| 5.2.1 Emissionsbereich.....   | 14        |
| 5.2.2 Immissionsbereich .....   | 16        |
| <b>6 BERECHNUNGSERGEBNISSE .....</b>                                      | <b>16</b> |
| <b>7 BEURTEILUNG DER BERECHNUNGSERGEBNISSE .....</b>                      | <b>17</b> |
| 7.1 Blendwirkungen Bahnlinie und Landstraße 316, Fahrtrichtung Nord ..... | 17        |
| 7.2 Blendwirkung auf die schutzwürdige Bebauung .....                     | 18        |
| 7.3 Fazit.....  | 18        |
| <b>8 SCHLUSSBEMERKUNGEN.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>9 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>                                       | <b>20</b> |



## **Tabellen**

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabelle 1: | Auszug Berechnungstabelle für Sonnenstrahlen              | 13 |
| Tabelle 2: | Anzahl der Einzelblendungen am maßgeblichen Immissionsort | 17 |

## **Abbildungen**

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Abbildung 1: | Eingabemaske zur Berechnung von Sonnenlichtreflexionen  | 8  |
| Abbildung 2: | Winkelangaben der Ausrichtung   | 9  |
| Abbildung 3: | Koordinatensystem des Horizonts   | 11 |
| Abbildung 4: | Höhenwinkel   | 12 |
| Abbildung 5: | Darstellung der Berechnungsergebnisse von reflektierter Sonnenstrahlung<br>(Abbildung betrifft nicht das Untersuchungsgebiet) | 13 |
| Abbildung 6: | Anlagenstandort und Immissionsorte  | 15 |

## **Anlagen**

|           |   |
|-----------|---|
| Anlage 1: | Darstellung der Emissions- und Immissionsorte |
| Anlage 2: | Daten vom Auftraggeber                        |



## **1 ZUSAMMENFASSUNG**

Mit den im vorliegenden Gutachten durchgeführten Berechnungen für den geplanten Solarpark Wolfegg, wurden mittels der Software Sunflex, die durch die Anlage potenziell verursachten Lichtreflexionen auf die vom Solarpark westlich gelegenen Bahnlinie und Landstraße L 316, sowie ein südwestlich gelegenes Wohnhaus und die südlich gelegene Siedlung Gaishof ermittelt und eingestuft. Die gutachterliche Bewertung bzw. Abwägung erfolgten ohne rechtliche Wertung.

Es wurden jene Blendungen untersucht, welche auf der Bahnlinie und Landstraße in Fahrtrichtung Norden auftreten. In Fahrtrichtung Süden treffen die Reflexionen von hinten, mit einem von der Fahrtblickrichtung abweichenden Einfallswinkel von mehr als 90° auf das Sichtfeld des Fahrzeugführers. Eine Blendwirkung im relevanten Sichtfeld des Fahrzeugführers kann damit für die Fahrtrichtung Süd ausgeschlossen werden. Blendungen auf die schutzwürdige Bebauung südlich des Solarparks konnten aufgrund der geringen Neigung der Module von 15° und der Ausrichtung nach Süden (180° Nordazimut) ausgeschlossen werden.

Die ermittelten Reflexionsblendungen im Bereich der untersuchten Fahrbahn und Bahnlinie mit Fahrtrichtung Nord treffen mit einem Winkel von > 65° auf das Sichtfeld der Fahrer / des Zugführers und sind somit für die Sicherheit des Fahrverkehrs von untergeordneter Bedeutung.

Nach gutachterlicher Abwägung ist die geplante PV-Anlage unter den genannten Aspekten und bei Würdigung der speziellen Standortbedingungen als **genehmigungsfähig** einzustufen (vgl. Kapitel 7).

## **2 VORGANG UND AUFTRAG**

Die Anumar GmbH beauftragte die IFB Eigenschenk GmbH mit der Erstellung eines Reflexionsgutachtens für die geplante Freiflächen-Photovoltaikanlage bei Wolfegg (vgl. Anlage 1). Grundlage der Auftragserteilung ist das Angebot Nr. 2193934 vom 12.11.2019.

Aufgrund von nicht auszuschließenden störenden Lichtreflexionen soll die Blendwirkung der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage auf die westlich gelegene Bahnlinie und Landstraße sowie auf das südwestlich gelegene Wohnhaus und die südlich gelegene Siedlung untersucht werden.



### **3 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN**

#### **3.1 Allgemein Beurteilungskriterien**

In der Fachliteratur sind hinsichtlich der Beurteilung von Blendeinwirkungen noch keine belastungsfähigen Beurteilungskriterien validiert und festgelegt. Als Grundlage werden von verschiedenen Verwaltungsbehörden Kriterien, wie Entfernung zwischen Photovoltaikanlage und Immissionspunkt sowie die Dauer der Reflexionen und Einwirkungen, genannt. Für die Beurteilung der Blendungen auf Gebäude und anschließenden Außenflächen wird in Fachkreisen die von der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) veröffentlichte Richtlinie „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ [1] vom 08.10.2012 herangezogen.

Die Auswirkung einer Blendung auf die Nachbarschaft kann demnach wie der periodische Schattenwurf von Windenergieanlagen betrachtet werden. Schwellenwerte für eine entsprechende Einwirkdauer der Blendungen auf Gebäude und anschließende Außenflächen werden entsprechend der WEA-Schattenwurf-Hinweise [3] festgelegt. Als maßgebliche Immissionsorte, die als schutzbedürftig gesehen werden, gelten nach [1]:

- Wohnräume, Schlafräume
- Unterrichtsräume, Büroräume etc.
- anschließende Außenflächen, wie z. B. Terrasse und Balkone
- unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von zwei Meter über Grund (betroffene Fläche, an denen Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zugelassen sind)

Kritische Immissionsorte liegen meist südwestlich und südöstlich einer PV-Anlage und in einem Umkreis von maximal 100 m zur PV-Anlage. Dahingegen brauchen Immissionsorte, die vorwiegend südlich einer PV-Anlage gelegen sind, i. d. R. nicht berücksichtigt werden (Ausnahme: Photovoltaik-Fassaden). Nördlich einer PV-Anlage gelegene Immissionsorte sind für gewöhnlich ebenfalls als unproblematisch zu werten.

In Anlehnung an die WEA-Schattenwurf-Hinweise liegt eine erhebliche Belästigung durch Blendung im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) an den vorstehend genannten schutzwürdigen Nutzungen erst dann vor, wenn eine tägliche Blenddauer von 30 Minuten sowie eine jährliche Blenddauer von 30 Stunden überschritten werden. Hinsichtlich der Straßen-, Bahn- und Flugverkehrsflächen bestehen keine Normen, Vorschriften oder Richtlinien. Aus Verkehrssicherheitsgründen muss in der Regel jegliche Beeinträchtigung durch Blendung vermieden werden.



Als Grundlage zur Beurteilung wurde ferner der „Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen“ [2] herangezogen. Aus dem Leitfaden geht hervor, dass bei einer nach Süden ausgerichteten Photovoltaikanlage, bei tief stehender Sonne (d. h. abends und morgens) bedingt durch den geringen Einfallswinkel größere Anteile des Sonnenlichtes reflektiert werden. Reflexblendungen können somit im westlichen und östlichen Bereich der PV-Freiflächenanlage auftreten, die allerdings durch die in selber Richtung tiefstehenden Sonne überlagert werden.

Gemäß [1] werden nur solche Blendungen als zusätzliche Blendungen gewertet, bei denen der Reflexionsstrahl und die natürliche Sonneneinstrahlung um mehr als  $10^\circ$  voneinander abweichen. Es werden also nur solche Konstellationen berücksichtigt, in denen sich die Blickrichtung zur Sonne und auf das Modul um mehr als  $10^\circ$  unterscheidet. Eine geringere Abweichung als  $10^\circ$  bedeutet, dass die direkte Sonneneinstrahlung der tiefstehenden Sonne aus der gleichen Richtung wie der Reflexionsstrahl auftrifft. Diese natürliche Sonneneinstrahlung ist signifikant größer als die Reflexionswirkung der PV-Anlage. Kritisch sind daher Blendungen, die in einem Winkel von  $\leq 10^\circ$  auf Personen auftreffen. Das bedeutet, dass die Blendungen mit einem kritischen Blendwinkel direkt auf das menschliche Gebrauchsblickfeld für Sehaufgaben auftreffen. Der Fahrer hat dann keine Möglichkeit mehr, diese kritischen Blendungen durch ein leichtes Wegschauen auszublenden.

Neben den vorstehend beschriebenen dominierenden Blendungen durch die direkte Sonneneinstrahlung können bei Verkehrsflächen (Straßen, Bahnstrecken) auch jene anlagenbedingten Reflexionen unberücksichtigt bleiben, bei denen der Reflexionsstrahl um mehr als  $30^\circ$  von der Hauptblickrichtung des Fahrzeugführers abweicht. Der Reflexionsstrahl wird bei einer Abweichung von mehr als  $30^\circ$  von der Hauptblickrichtung nur peripher am Rande des Sichtfeldes wahrgenommen und bedingt i. d. R. keine störende oder gar gefährdende Blendung des Fahrzeugführers. Bei freiem Sichtfeld auf die reflektierenden Solarmodule werden ferner meist nur solche Blendungen als störend eingeschätzt, die sich in wenigen 100 m Abstand zur Reflexionsfläche befinden [3].

### **3.2 Blendungen und Leuchtdichte**

Die physikalische Größe der Leuchtdichte spielt im Zusammenhang mit der Blendung eine zentrale Rolle. Definiert ist die Leuchtdichte durch den Quotienten aus der Lichtstärke und der Fläche [6]. Die verwendete Einheit für die emissionsgebundene Größe ist [Candela pro Quadratmeter]. Das menschliche Auge ist in der Lage Leuchtdichten von  $10^{-5}$  cd/m<sup>2</sup> bis  $10^5$  cd/m<sup>2</sup> zu verwerthen [7].



Blendung wird als ein Sehzustand definiert, der entweder aufgrund zu großer absoluter Leuchtdichte, zu großer Leuchtdichteunterschiede oder aufgrund einer ungünstigen Leuchtdichtevertelung im Gesichtsfeld als unangenehm empfunden wird oder zu einer Herabsetzung der Sehleistung führt [6]. Die Blendung hängt vom Adaptionzustand des Auges ab und entsteht daher durch eine Leuchtdichte, die für den jeweiligen Adaptionzustand zu hoch ist. Neben dem Adaptionzustand des Auges ist die scheinbare Größe der Blendlichtquelle bzw. deren Raumwinkel von Bedeutung sowie der Projektionsort der jeweiligen Blendlichtquelle auf der Netzhaut. Die Augen wenden sich häufig unwillkürlich direkt zur Blendlichtquelle hin, wenn eine solche seitlich auf die Netzhaut abgebildet wurde, wo sich die besonders blendungsempfindlichen Stäbchen befinden.

In der Normung zum Augenschutz wurde eine Leuchtdichte von  $730 \text{ cd/m}^2$  für eine noch „annehmbare“ d. h. blendungsfreie Betrachtung einer Lichtquelle angesetzt [6]. Diese Angabe wird unabhängig von der momentanen Adaptation (Anpassung an die im Gesichtsfeld vorherrschenden Leuchtdichten) des Auges gemacht.

Des Weiteren wird bei den Blendungen zwischen physiologischen und psychologischen Blendungen unterschieden [7]. Physiologische Blendungen treten auf, wenn Streulicht das Sehvermögen im Glaskörper des Auges vermindert. Bei der psychologischen Blendung entsteht die Störwirkung durch die ständige und ungewollte Ablenkung der Blickrichtung zur Lichtquelle [7].

Am Tag bei heller Umgebung treten Absolutblendungen circa ab einer Leuchtdichte von  $10^5 \text{ cd/m}^2$  auf. Bei Absolutblendungen treten im Gesichtsfeld so hohe Leuchtdichten auf, dass eine Adaptation des Auges nicht mehr möglich ist. Da eine direkte Gefährdung des Auges eintreten kann, kommt es zu Schutzreflexen wie dem Schließen der Augen oder dem Abwenden des Kopfes [6].

Gemäß der Quelle [7] ergeben sich für die Sehaufgaben des Verkehrsteilnehmers besondere Probleme, bei auffälligen Lichtquellen in der Nähe von Straßenverkehrswegen. Es können physiologische (Nichtererkennung anderer Verkehrsteilnehmer oder von Hindernissen) und die psychologische Blendung (Ablenkung der Blickrichtung von der Straße) auftreten [7].

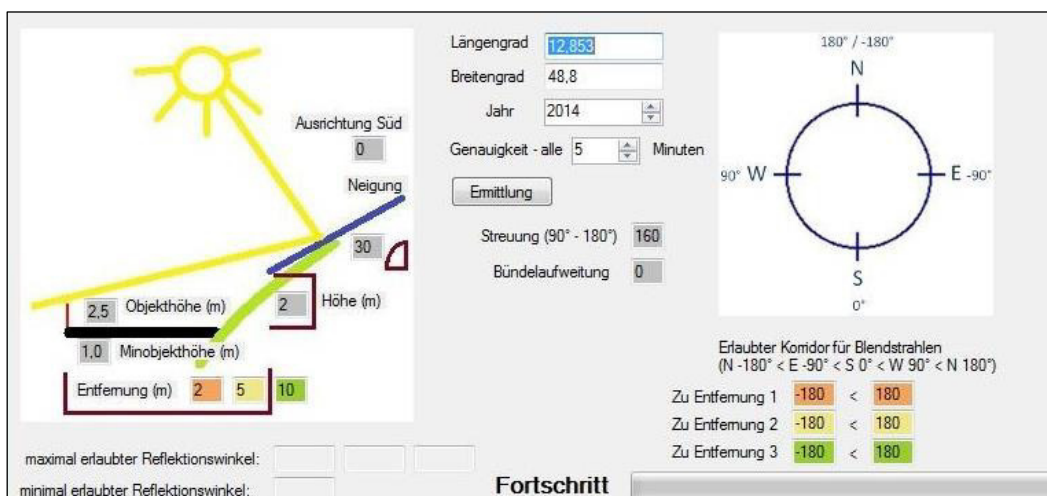
### 3.3 Blendung durch Sonnenlicht und deren Reflexionen an PV-Anlagen

Die Sonne besitzt eine Leuchtdichte von bis zu  $1,6 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$  und bei niedrigen Ständen bei rund  $3^\circ$  über dem Horizont von ca.  $0,3 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$ . Bei diesen Leuchtdichten kommt es zu physiologischen Blendungen, mit einer Reduktion des Sehvermögens durch Streulicht im Glaskörper des Auges (Leuchtdichte bis ca.  $10^5 \text{ cd/m}^2$ ) oder zu Absolutblendung (Leuchtdichte ab ca.  $10^5 \text{ cd/m}^2$ ).

Auf Grund der hohen Leuchtdichte der Sonne kommt es bereits dann zu einer Absolutblendung, wenn durch ein Photovoltaikmodul auch nur ein geringer Bruchteil (weniger als 1 %) des einfallenden Sonnenlichts zum Immissionsort hin reflektiert wird [7].

## 4 METHODIK DER ANGEWANDTEN BERECHNUNG

Zur Berechnung von Lichtreflexionen durch Photovoltaikanlagen wurde durch die IFB Eigenschenk GmbH ein eigenes Softwareprogramm „Sunflex“ entwickelt.



**Abbildung 1: Eingabemaske zur Berechnung von Sonnenlichtreflexionen**

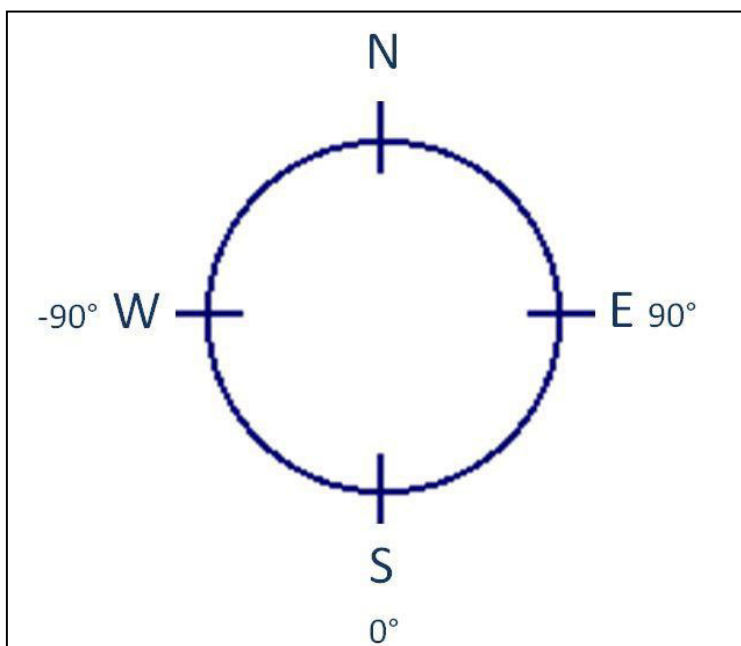
Aufgabe und Fragestellung der Softwareentwicklung war die Erfassung aller möglichen Reflexionen durch natürliche Lichteinstrahlung und hier insbesondere durch Sonneneinstrahlung.

Durch die Eingabe der geographischen **Länge** und **Breite** wird ein Punkt des Standortes der Solaranlage festgelegt.



Eine Reflexionsberechnung erfolgt hierbei stets für ein ganzes **Jahr** (hier: 2019).

Die **Ausrichtung Süd** gibt die Auslenkung der Solarplatte an. Als Ausgangspunkt der Berechnungen wird eine nach Süden ausgerichtete Solarplatte verwendet. Somit geben negative Winkel die Auslenkung zwischen Süden und Westen an und die positiven Winkel die Auslenkung zwischen Süden und Osten. Eine nach Westen ausgerichtete Solarplatte hätte somit eine Auslenkung von  $-90^\circ$ . Bei einer nach Osten ausgerichteten Solarplatte beträgt die Auslenkung  $90^\circ$ .



**Abbildung 2: Winkelangaben der Ausrichtung**

Die **Neigung** wird durch den Höhenwinkel festgelegt. Hier wird der Winkel zwischen Solarplatte und der Horizontalebene angegeben.

Die **Höhe (m)** gibt die senkrechte Strecke zwischen der Solarplatte und der Geländeoberkante an.

Die **Objekthöhe (m)** gibt die maximale Höhe an, auf welcher am Immissionsort eine Blendung auftritt.



Die **Minobjekthöhe (m)** gibt die minimale Höhe an, auf welcher am Immissionsort eine Blendung auftritt.

Die **Entfernung (m)** gibt die Strecke zwischen dem definierten Punkt der Solarplatte und dem Immissionsort an. Das Programm erlaubt die Eingabe von drei Entfernungen, welche in einem Programmablauf durchgerechnet werden.

Mit der **Bündelaufweitung** wird die Aufweitung des reflektierten Sonnenstrahls berücksichtigt. So wird beispielsweise bei der Angabe von eins bei dem reflektierten Sonnenstrahl die Aufweitung um  $1^\circ$  als Aufschlag bzw. Differenz berücksichtigt.

Mit der **Streuung ( $90^\circ - 180^\circ$ )** wird der Bereich der Sonnenstrahlen definiert. Eingaben größer  $90^\circ$  beinhalten Sonnenstrahlen hinter der Solarplatte.

Mit **erlaubter Korridor für Blendstrahlen** wird durch die Angabe von zwei Ausrichtungen der Bereich des Immissionsortes festgelegt.

Die Software wurde in der objektorientierten Programmiersprache C# implementiert, welche auf der von Microsoft entwickelten .NET-Plattform und der Common Language Runtime basiert. Alle nachfolgenden Berechnungen wurden mit eigenen Methoden und Funktionen realisiert. Der Vorteil dieser Implementierung liegt in erster Linie in der Kompaktheit des Quelltextes. Dadurch resultiert eine leichtere Instandhaltung und Erweiterbarkeit. Die IFB Eigenschenk GmbH ist daher stets in der Lage, neue Programmroutinen und Berechnungsmethoden zu implementieren.

Aufgrund der großen Distanz zwischen Erde und Sonne dient ein, von der Sonne gerichteter, Lichtstrahl als Berechnungsgrundlage. Die Arithmetik der Software überprüft, ob bei der Reflexion an der Photovoltaikanlage eine Blendwirkung an einem Wohngebäude auftritt. Mögliche Blendungen von Autofahrern auf Straßen und Autobahnen sowie Triebfahrzeugführern auf dem Schienennetz oder Flugzeuge können mit der vorliegenden mathematischen Grundlage ebenso ermittelt werden.

Die Simulationsberechnung dient der Ermittlung der direkten Reflexion eines Lichtstrahls. Das reflektierende Medium wird wie ein Spiegel betrachtet. Einer möglichen Diffusion des Lichtstrahls kann im Zuge der Simulationsberechnung nicht Rechnung getragen werden.

Von einer Abnahme der Intensität des Lichtstrahls (z. B. durch Bewölkung) wird für die Berechnung im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung abgesehen.

Die Berechnung des Sonnenstandes wird nach den Formeln in Anlehnung an die Planetentheorie VSOP87 vorgenommen. Mit diesen Formeln erhält man den Sonnenstand eines beliebigen Lichtpunktes auf einer beliebig langen Zeitachse an einem beliebigen Ort auf der Erde. Für die Berechnung und Beurteilung von Blendungen wird in einem 5-Minuten-Rhythmus der Sonnenstand in einem ganzen Jahr ermittelt. Somit ergeben sich also 105.120 Sonnenstände für ein Jahr.

Der Sonnenstand für einen definierten Zeitpunkt wird durch den Azimut (Himmelsrichtung) und dem Höhenwinkel bestimmt. Positive Winkel geben die Ausrichtung des Azimuts von Süden nach Westen an und negative Winkel geben die Ausrichtung von Süden nach Osten an. Der Höhenwinkel bestimmt das Winkelmaß zwischen dem Horizont und der Sonne.

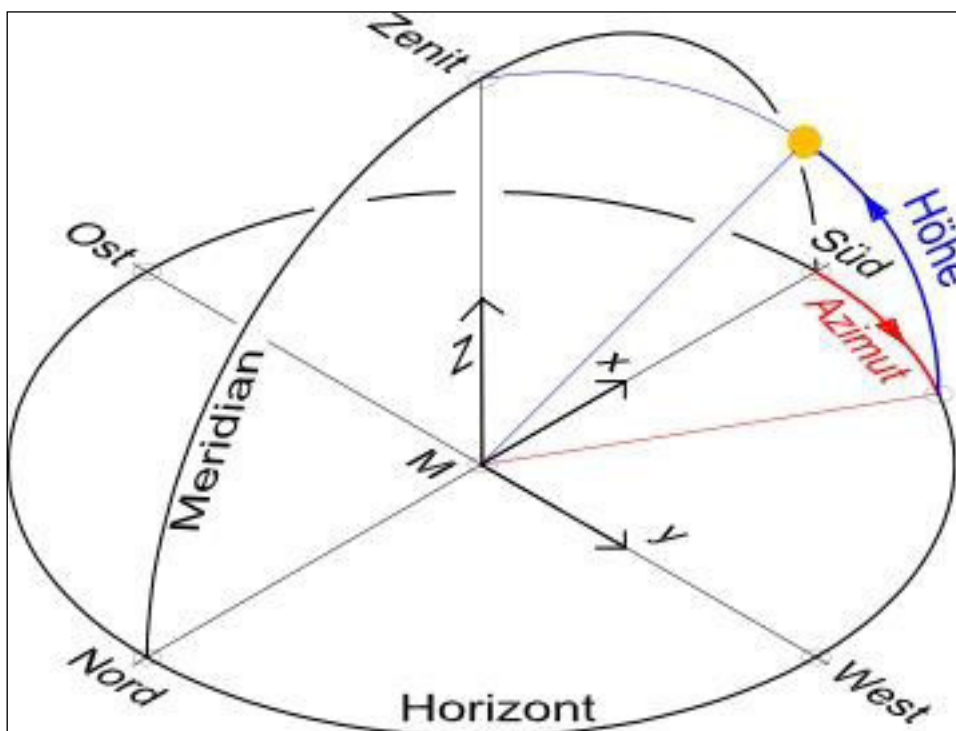


Abbildung 3: Koordinatensystem des Horizonts

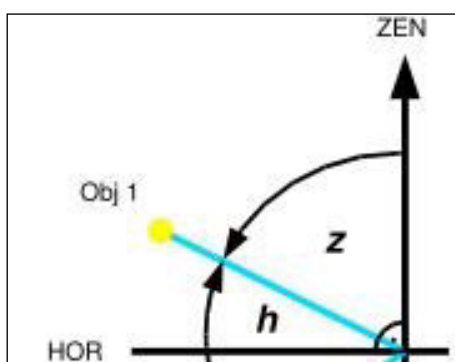
Die Berechnung der eigentlichen Reflexion wird mit Hilfe von Vektoren und Kugelkoordinaten berechnet. Um die Plattenneigung und Auslenkung der Photovoltaikanlage mit einzu beziehen, wird eine mathematische Ebene in der Berechnung ergänzt, welche durch zwei Richtungsvektoren aus diesen Winkeln aufgespannt wird. Die Berechnung der Sonnenstandsvektoren erfolgt für das ganze Jahr im 5-Minuten-Rhythmus. Daher wird jeder Wert zeitabhängig ermittelt. Aus dem Sonnenstand zum Zeitpunkt „t“ wird mithilfe der Kugelkoordinaten ein Sonnenstandsvektor ermittelt.

Unter Berücksichtigung der zuvor aufgespannten Ebene wird deren Normalenvektor ermittelt. Der Winkel zwischen den beiden Vektoren wird mit einem Skalarprodukt errechnet. Somit kann der Normalenvektor orthogonal zum Distanzvektor der Moduloberfläche gestellt werden. Schlussendlich berechnet sich aus dem Distanz-, dem Sonnenstands- und dem angepassten Normalenvektor, der reflektierte Vektor zum Zeitpunkt „t“ als Ergebnis.

Ausgehend davon und unter Berücksichtigung der Bauhöhe des Immissionsortes werden potenziell blendende Austrittswinkel vorgegeben. Soweit ein Reflexionsstrahl unter diesen definierten Austrittswinkel fällt und zusätzlich die Richtung des Austrittsstrahls innerhalb des festgelegten Korridors für Blendstrahlen liegt, wird er als blendend eingestuft.

Nach Abschluss der Kernrechnung werden die zuvor markierten Daten in eine Tabelle exportiert und zusätzlich eine „kml-Datei“ erstellt.

Die Blendungstabelle enthält Werte zur festen Definition des Reflexionsstrahls: einen Azimut (Himmelsrichtung) und den zugehörigen Höhenwinkel. Positive Winkel des Azimuts vom Reflexionsstrahl geben die Ausrichtung von Süden nach Westen an und negative Winkel geben die Ausrichtung von Süden nach Osten an. Der Höhenwinkel bestimmt das Winkelmaß zwischen dem Horizont und dem Reflexionsstrahl.



**Abbildung 4: Höhenwinkel**

**Tabelle 1: Auszug Berechnungstabelle für Sonnenstrahlen**

| Datum      | Uhrzeit in UTC | Sonnenwinkel |             | Reflexionsstrahl |             |
|------------|----------------|--------------|-------------|------------------|-------------|
|            |                | Azimut       | Höhenwinkel | Azimut           | Höhenwinkel |
| 05.04.2014 | 17:50          | 98,609       | 1,058       | -80,840          | 0,378       |
| 06.04.2014 | 17:50          | 98,891       | 1,321       | -80,454          | 0,386       |
| 07.04.2014 | 17:50          | 99,171       | 1,584       | -80,070          | 0,394       |
| 08.04.2014 | 17:50          | 99,449       | 1,846       | -79,688          | 0,402       |

Bei der „kml-Datei“ handelt es sich um ein spezielles Dateiformat, welches auf XML-Dateien basiert. In der Datei können Punkte, Linien und viele weitere geometrische Formen gespeichert werden. Bei der exportierten Datei werden die reflektierten Strahlen in Abhängigkeit der Jahreszeit und der geographischen Lage angezeigt. Die Jahreszeiten werden, wie z. B. in der Meteorologie üblich, wie folgt eingeteilt:

- Grün:** Frühling (März, April, Mai)
- Rot:** Sommer (Juni, Juli, August)
- Gelb:** Herbst (September, Oktober, November)
- Blau:** Winter (Dezember, Januar, Februar)



**Abbildung 5: Darstellung der Berechnungsergebnisse von reflektierter Sonnenstrahlung (Abbildung betrifft nicht das Untersuchungsgebiet)**



## **5 BERECHNUNGSPARAMETER**

### **5.1 Allgemeine Berechnungsparameter**

Grundsätzlich ändert sich der Sonnenstand jederzeit. Um eine aussagekräftige Bewertung abzugeben, wird das Berechnungsintervall im 5-Minuten-Rhythmus durchgeführt. Für die Berechnungen werden alle Hindernisse (Zäune, Bepflanzung, Mauern, Anhöhen etc.) zwischen der Photovoltaikanlage und dem Immissionsbereich ignoriert, bei der Beurteilung werden die vorherrschenden Ortselemente jedoch berücksichtigt (falls relevant). Blendungen durch direkte Sonnenstrahlen (also keine Reflexionsstrahlen) werden bei der Beurteilung nicht berücksichtigt, da diese bereits zum gegenwärtigen Zustand vorhanden sind. Als Anforderungen für die Berechnung wurden die Rahmenbedingungen der LAI-2012-Richtlinie [1] herangezogen. Das heißt, dass bei der Ermittlung der Immissionen von folgenden idealisierten Annahmen ausgegangen wird:

- Die Sonne ist punktförmig
- Das Modul ist ideal verspiegelt, d. h. es kann das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel“ (keine Streublendung) angewendet werden
- Die Sonne blendet von Aufgang bis Untergang, d. h. die Berechnung liefert die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume
- Mindestwinkel von 10° zwischen Reflexions- und Sonnenstrahl

### **5.2 Standortspezifische Berechnungsparameter**

#### **5.2.1 Emissionsbereich**

Der zu untersuchende Solarpark Wolfegg soll auf dem Grundstück der Flur-Nr. 79 (Gemarkung Wolfegg) errichtet werden (s. Abbildung 6). Umgeben wird der Park an der nördlichen und östlichen Seite von einem Waldgebiet. An der südlichen Seite befindet sich die Ortschaft Gaishaus und westlich eine Bahnlinie sowie die Landstraße L 316.

Die geplante Anlage besteht aus 24 Modulreihen und 5.664 Modulen. Der Anlagenstandort befindet sich auf einer derzeit landwirtschaftlich genutzten Fläche (vgl. Anlage 1).

Die Module sind gemäß den vorliegenden Informationen nach Süd ( $180^\circ$  Nordazimut) ausgerichtet. Die Neigung der Module beträgt  $15^\circ$ , die Höhe der Aufständering  $0,9\text{ m}$  bis  $2,50\text{ m}$ .

Der Standort der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage bewegt sich in einer Höhenlage zwischen  $658$  und  $670\text{ m}$  ü. NN. Dabei handelt es sich um eine leichte Hanglage, die Richtung Osten (Waldgebiet) ansteigt (alle Höhenangaben wurden aus Google Earth übernommen).



**Abbildung 6: Anlagenstandort und Immissionsorte**



### **5.2.2 Immissionsbereich**

Als Immissionsort für mögliche Blendungen durch die geplante PV-Anlage wird ein Abschnitt der unmittelbar westlich des Anlagenstandortes verlaufenden Bahnlinie und Landstraße L 316 betrachtet. Der für die Begutachtung maßgebliche Abschnitt Bahnlinie erstreckt sich über eine geodätische Höhe von 658 m bis 660 m ü. NN, der Abschnitt der Landstraße von 657 m bis 660 m ü. NN.

Nachfolgend werden jene Blendungen untersucht, welche auf der Landstraße L 316 und der Bahnlinie in Fahrtrichtung Nord auftreten. In Fahrtrichtung Süd treffen die Reflexionen von hinten, mit einem von der Fahrtblickrichtung abweichenden Einfallswinkel von mehr als 90°, auf das Sichtfeld des Fahrzeugführers auf. Eine Blendwirkung im relevanten Sichtfeld des Fahrzeugführers kann damit für diese Fahrtrichtung ausgeschlossen werden.

Für die Blendwirkung auf die Straße wird ein Immissionsbereich zwischen 1 m und 2,5 m über Geländeoberkante betrachtet. Bei der Bewertung der Blendungen auf das Bahngleis wird ein Immissionsbereich von 1 m bis 3,5 m über Geländeoberkante angesetzt.

Als möglicher Immissionsort wird die Wohnbebauung im Süden der Anlage betrachtet. Dabei handelt es sich um die Ortschaft Gaishaus und speziell noch um ein Gebäude, welches in dem Übersichtsplan in Abbildung 6 als „Schutzwürdiges Gebäude“ markiert wurde.

## **6 BERECHNUNGSERGEBNISSE**

In nachfolgender Tabelle werden die Anzahl der mit der Spezialsoftware „Sunflex“ im 5-Minuten-Zyklus prognostizierten Einzelblendungen sowie die maximale Blenddauer je Tag für den betrachteten Immissionsort Landstraße und Bahnlinie dargestellt. Die aufgeführten Blendungen beziehen sich auf eine mögliche Blendwirkung, bei einem festgelegten Winkelbereich der Ausrichtung sowie bei einer definierten Objekthöhe des Immissionsortes. Bei der Berechnung wurde von einer freien Sichtverbindung zwischen Fahrbahn und Freiflächenanlage ausgegangen (Pessimalebetrachtung).





**Tabelle 2: Anzahl der Einzelblendungen am maßgeblichen Immissionsort**

| Immissionsort                  | Einzelblendungen im Jahr | Gesamt-Blenddauer im Jahr |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                                | [Anzahl]                 | [Stunden / Jahr]          |
| Bahnlinie, Fahrtrichtung Nord  | 3.401                    | 283                       |
| Landstraße, Fahrtrichtung Nord | 1.638                    | 137                       |

Bei vorstehend genannten Ergebnissen ist zu beachten, dass während der Berechnung dauerhafter Sonnenschein angenommen wurde. Eine mögliche Bewölkung wird an dieser Stelle - ebenso wie sonstige standortspezifische Beurteilungskriterien - noch nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 7).

Für die potenziellen Immissionsorte südlich der überplanten Fläche (schutzwürdige Bebauung) konnten keine Blendungen verursacht durch die Photovoltaik-Freiflächenanlage ermittelt werden.

## **7 BEURTEILUNG DER BERECHNUNGSERGEBNISSE**

### **7.1 Blendwirkungen Bahnlinie und Landstraße 316, Fahrtrichtung Nord**

Wie im vorherigen Kapitel erläutert, kann es am Immissionsort Landstraße Fahrtrichtung Nord im Jahr zu 1.638 Einzelblendungen kommen, dies entspricht einer Gesamt-Blenddauer von rund 137 Stunden im Jahr. Am Immissionsort Bahnlinie Fahrtrichtung Nord kann es zu 3.401 Blendungen kommen. Dies entspricht einer jährlichen Gesamt-Blenddauer von 283 Stunden pro Jahr.

Reduziert man die ermittelte Anzahl der Einzelblendungen, um jene Blendungen, bei denen der direkte Blick in die Sonne dominiert - also bei einer Blickrichtung zur Sonne und auf die Module, welche sich um weniger als 10° unterscheidet (vgl. hierzu Kapitel 3) -, so reduziert sich die Anzahl der Einzelblendungen im Jahr auf 1.173 (ca. 98 h/a) am Immissionsort Bahnlinie und rund 705 (ca. 59 h/a) am Immissionsort Landstraße.



Diese Blendungen auf die Bahnlinie sind von Ende April bis Mitte August in den Morgenstunden (ca. 05:05 bis 06:25 Uhr UTC) und auf die Landstraße Anfang Mai bis Mitte August in den Morgenstunden (ca. 05:15 bis 06:10 Uhr UTC) bei Sonnenstrahlen aus Richtung Osten zu erwarten. Die maximale Blenddauer an einem sonnigen Tag beträgt bei der Bahnlinie ca. 80 Minuten, bei der Landstraße 55 Minuten.

Ferner ist zu beachten, dass bei der Berechnung zunächst keine Bewölkung betrachtet wurde. Tatsächlich ist laut Klimaanalyse für den Immissionsbereich [4] von einem Bedeckungsgrad von rund 63 % auszugehen. Somit ist unter realistischen Bedingungen von jährlich 738 Einzelblendungen, entsprechend einer Gesamt-Blenddauer von etwa 62 Stunden im Jahr, bei der Bahnlinie und von jährlich 444 Einzelblendungen (entsprechend einer Gesamt-Blenddauer von 37 Stunden) auszugehen.

Bei Betrachtung der prognostizierten Blendungen ist zwingend zu beachten, dass diese ausschließlich bei Blickrichtungen auftreten, die mindestens  $65^\circ$  von der Hauptblickrichtung des Fahrzeugführers abweichen. Diese Blendungen werden zwar im peripheren Sichtfeld wahrgenommen, sind für die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer auf der Landstraße sowie Bahnlinie jedoch von untergeordneter Rolle (vgl. hierzu Kapitel 3).

## **7.2 Blendwirkung auf die schutzwürdige Bebauung**

Für die potenziellen Immissionsorte südlich der überplanten Fläche (schutzwürdige Bebauung) konnten keine Blendungen verursacht durch die Photovoltaik-Freiflächenanlage ermittelt werden. Dies ist der direkten Südlage der Bebauung, der flachen Neigung von  $15^\circ$  der Solarmodule sowie der südliche Ausrichtung ( $180^\circ$  Nordazimut) der Module geschuldet.

## **7.3 Fazit**

**Die vorliegenden Blendungen sind daher aufgrund des hohen Abweichwinkels  $> 65^\circ$  von der Hauptblickrichtung der Fahrzeugführer/des Triebfahrzeugführers auf der Landstraße L 316 und dem Bahngleis aus fachgutachterlicher Sicht als nicht störende Blendungen zu werten. Eine erhebliche Belästigung durch Blendung i. S. des § 5 BImSchG kann ebenso bei der schutzwürdigen Bebauung südlich der PV-Freiflächenanlage ausgeschlossen werden. Die geplante PV-Anlage ist aus fachgutachterlicher Sicht als genehmigungsfähig einzustufen.**


## 8 SCHLUSSBEMERKUNGEN

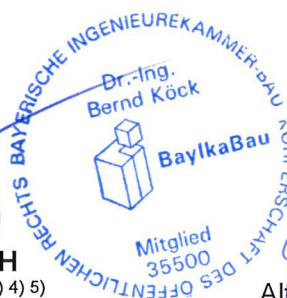
Das vorliegende Gutachten wurde auf Basis der zur Verfügung gestellten Unterlagen und Informationen mit Stand Dezember 2019 erstellt.


Im Zuge von detaillierten softwaretechnischen Berechnungen zur Ermittlung von Lichtreflexionen im Besonderen im Zusammenhang mit der geplanten Photovoltaikanlage können auf Grundlage vorliegender Planung/Unterlagen und der aktuellen Situation vor Ort, Reflexionen an den betrachteten Immissionsorten Landstraße und Bahnlinie festgestellt werden.

Es sollte von amtlicher Seite ein Abwägungsverfahren durchgeführt werden, welches aus gutachterlicher Sicht, bei Würdigung der in Kapitel 7 erläuterten Einzelfallkriterien, positiv bewertet werden kann.

Die IFB Eigenschenk GmbH ist zu verständigen, sofern sich Abweichungen von der derzeitigen Planung oder örtliche Änderungen ergeben.

  
**IFB Eigenschenk GmbH**  
Dr.-Ing. Bernd Köck<sup>1) 2) 3) 4) 5)</sup>  
Geschäftsführer (CEO)  
Unternehmensleitung

  
Dr.-Ing.  
Bernd Köck  
BaylkaBau  
Mitglied  
35500

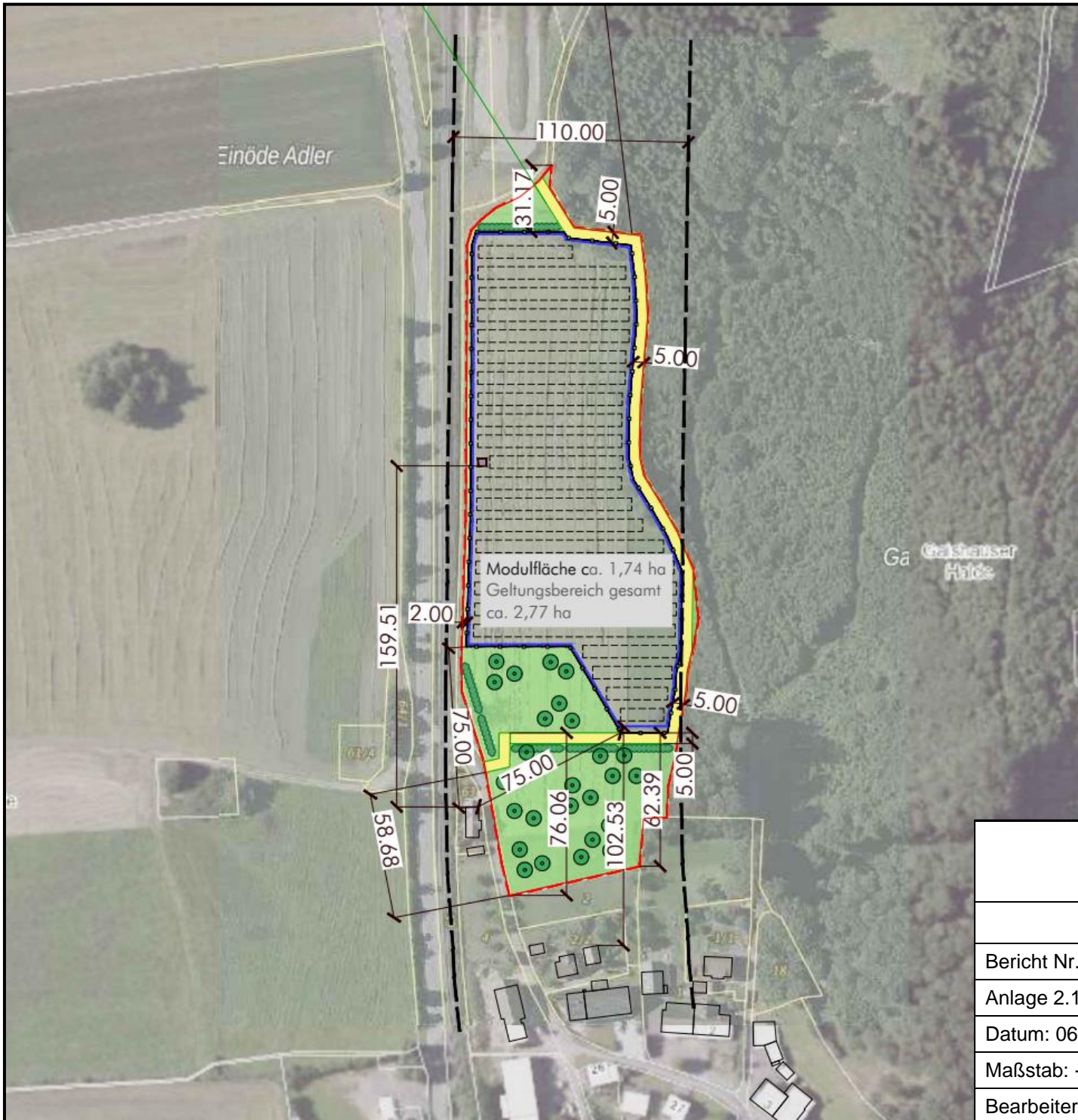
  
Alfons Göttinger M. Eng.  
Sachbearbeiter

- 1) Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Historische Bauten (IHK Niederbayern)
- 2) Nachweisberechtigter für Standsicherheit (Art. 62 BayBO)
- 3) Zertifizierter Tragwerksplaner in der Denkmalpflege (Propstei Johannesberg gGmbH)
- 4) Zertifizierter Fachplaner für Bauwerksinstandsetzung nach WTA (EIPOS)
- 5) Sachkundiger Planer für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (BÜV/DPÜ)



## **9 LITERATURVERZEICHNIS**

- [1] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“; Stand 08.10.2012.
- [2] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) „Lichtimmissionen durch Sonnenlichtreflexionen – Blendwirkung von Photovoltaikanlagen“; Stand: 17.10.2012
- [3] Länderausschuss für Immissionsschutz „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen“ (WEA-Schattenwurf-Hinweise); Stand: Mai 2002
- [4] Wetterdaten der Messstation Friedrichshafen-Unteraderach, Deutscher Wetterdienst (DWD), abgerufen am 03.12.2019
- [5] Modullayout und Lageplan; erhalten per E-Mail am 11.11.2019
- [6] Strahlenschutzkommission, „Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren, Empfehlung der Strahlenschutzkommission“; 17.02.2006.
- [7] Fachverband für Strahlenschutz e.V.; Rüdiger Borgmann, Thomas Kurz; „Leitfaden “Lichteinwirkung auf die Nachbarschaft““; 10.06.2014.



**Solarpark Wolfegg**  
Anumar GmbH

**Lageplan-Entwurf**

Bericht Nr. 3191642

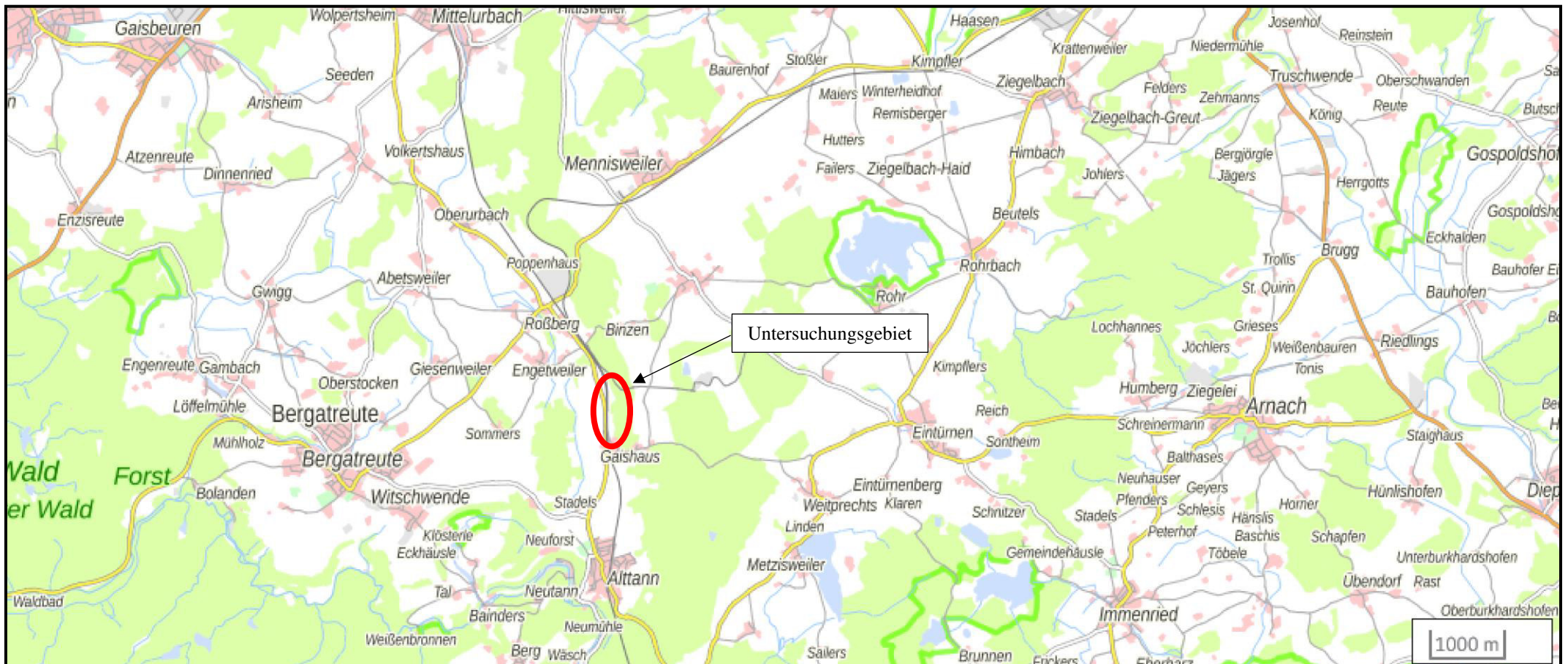
Anlage 2.1

Datum: 06.12.2019

Maßstab: --

Bearbeiter: Alfons Geltinger M. Eng.





**Solarpark Wolfegg**  
Anumar GmbH

**Übersichtskarte**

Bericht Nr. 3191642

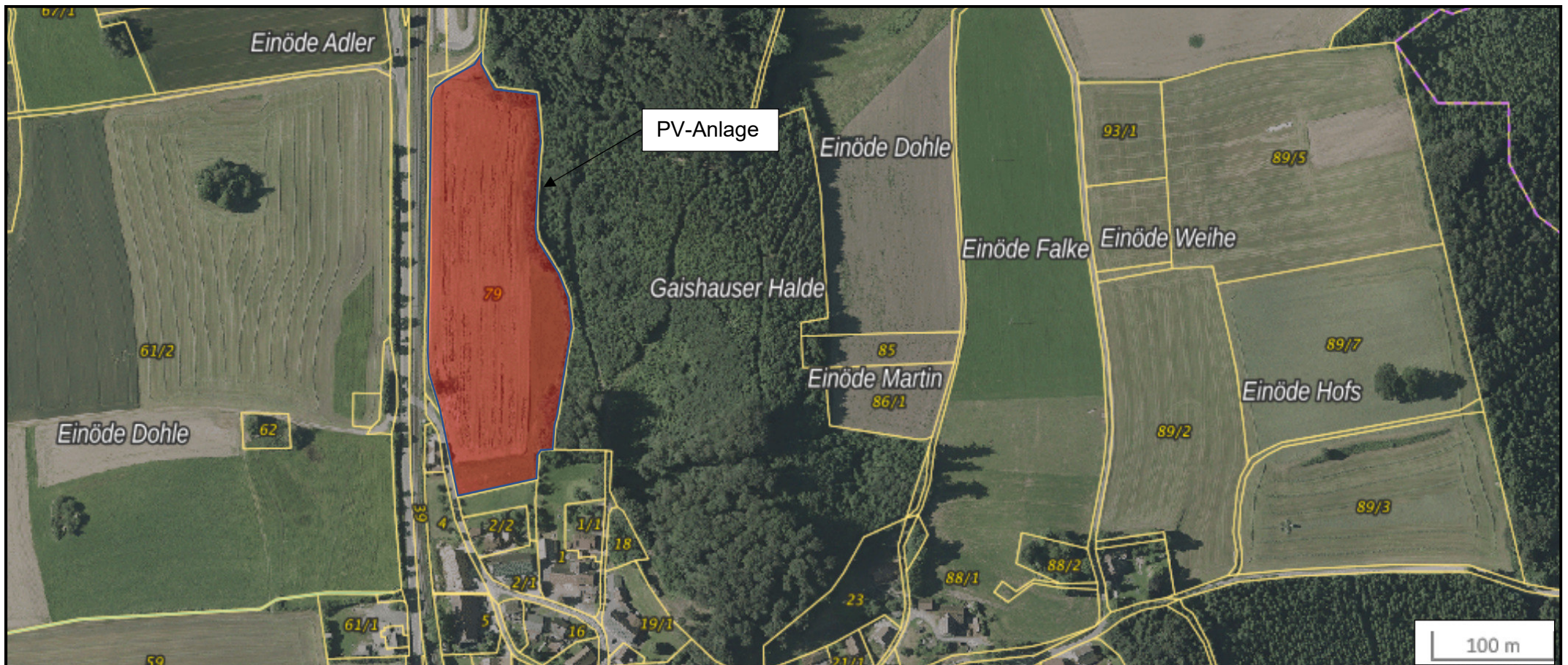
Anlage 1.1


Datum: 04.12.2019

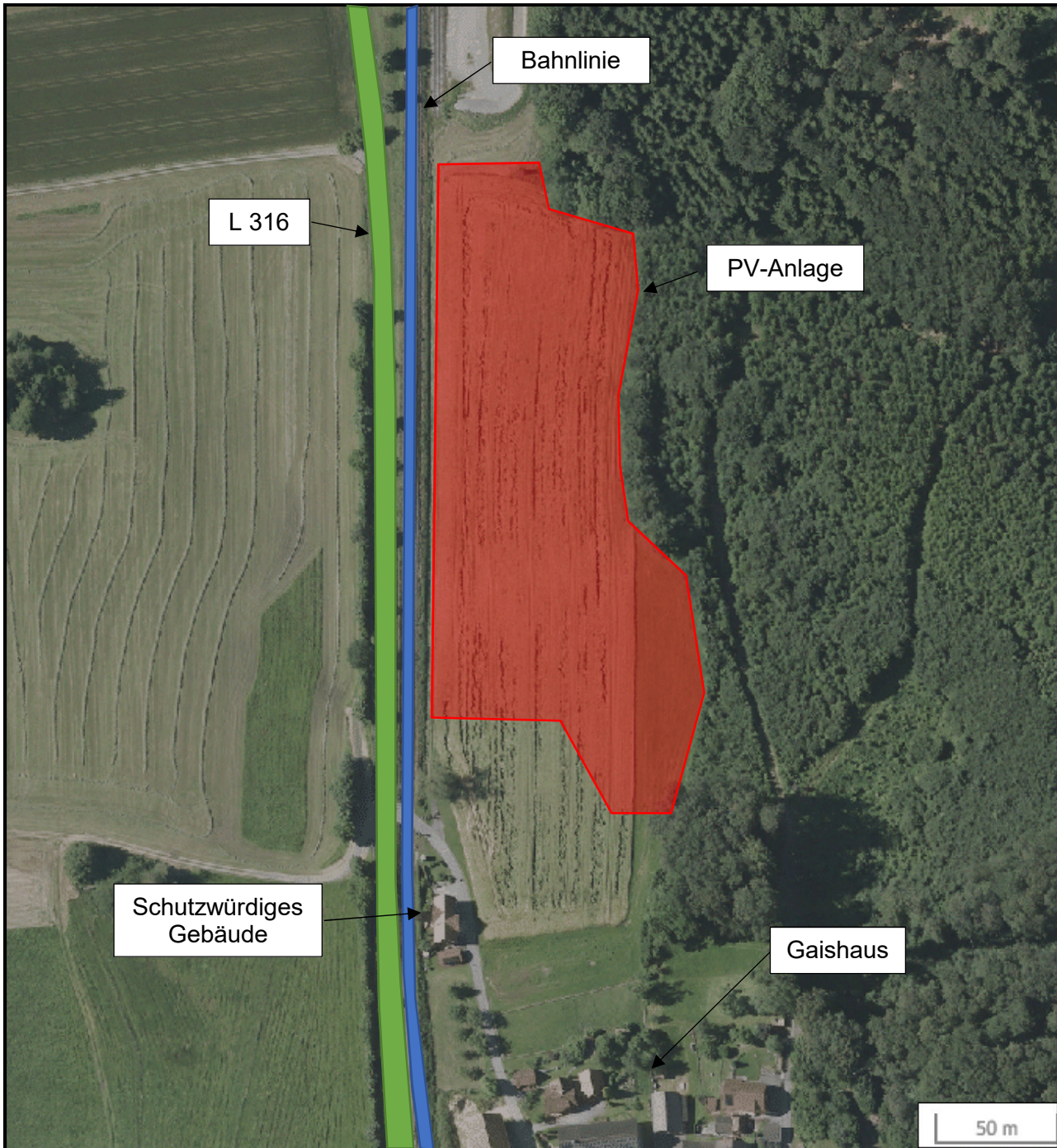
Maßstab: --

Bearbeiter: Alfons Geltinger M. Eng.





|   |  |
|---|--|
| <b>Solarpark Wolfegg</b><br>Anumar GmbH   |  |
| <b>Orthophoto mit Flurnummern</b>   |  |
| Bericht Nr. 3191642   |  |
| Anlage 1.2  |  |
| Datum: 04.02.2019   |  |
| Maßstab: --   |  |
| Bearbeiter: Alfons Geltinger M. Eng.  |  |
|  |  |



Bahnhof

L 316

PV-Anlage

Schutzwürdiges  
Gebäude

Gaishaus

50 m

**Solarpark Wolfegg**  
Anumar GmbH

**Lageplan mit Immissionsorten**

Bericht Nr. 3191642

Anlage 1.3

Datum: 04.12.2019

Maßstab: --

Bearbeiter: Alfons Geltinger M. Eng.

