



Ingenieurbüro Eva Jenennchen

JERA

Jenennchen - Energie : Regenerative / Alternative

Blendanalyse Nachtrag

PV-Kraftwerk Letschin

Freilandanlage

Auftraggeber:

Bastian Fiedler
Trianel Energieprojekte GmbH & Co. KG
Krefelder Straße 203
52070 Aachen

Ilmenau, 28.09.2020

Version Nr.: 2.0

Gutachtennummer: BAL-K0102-20005-V20

Auftragnehmer:

Ingenieurbüro JERA
Heydaer Straße 5
98704 Ilmenau

Dipl.-Ing. Eva Jenennchen
(Bearbeiter und Teamleitung)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhaltsverzeichnis	1
1. Beauftragung	2
2. Mathematische Berechnung	3
3. mögliche Immissionsorte	5
4. Situation am Anlagenstandort – Berechnung der Lichttechnik	6
a. Gebäude 1	6
b. Gebäude 2	7
c. Bahnlinie	8
5. Gewährleistung	9
6. Tabellenverzeichnis	9
7. Abbildungsverzeichnis	9

1. Beauftragung



Abbildung 1: Satellitenbild des Anlagenstandortes Kennzeichnung der Flächen

[Quelle: vom Kunden zur Verfügung gestellt]

Auftraggeber:	Trianel Energieprojekte GmbH & Co. KG
Auftragsdatum:	11.08.2020
Anlagentyp:	Freilandanlage
Standort:	Letschin (52°39' nördliche Breite; 14°19' östliche Länge; 2 m ü. NN.)

Tabelle 1: Beauftragung

Das vorliegende Gutachten ist ein Nachtrag anlässlich der Nachforderung nach Formblatt Stellungnahme des Trägers öffentlicher Belange.

Zur Beurteilung der Blendwirkung als Immission bezieht sich dieses Gutachten auf die LAI (Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, vom 16.04.2014).

2. Mathematische Berechnung

Gegebene Größen zur Bestimmung der kritischen Sonnenhöhe (γ_S) und des kritischen Sonnenazimutes (α_S), bei denen durch direkte Spiegelung Reflektionen am PV-Generator auftreten können.

α ~ Azimutwinkel PV – Modul

β ~ Neigungswinkel PV – Modul

\vec{b} ~ Ortsvektor Beobachter

\vec{p} ~ Ortsvektor PV – Element

Berechnungsmethode:

Bestimmen des Normalenvektors PV

$$\vec{n} = \begin{pmatrix} -\sin \beta * \sin \alpha \\ -\sin \beta * \cos \alpha \\ \cos \beta \end{pmatrix}$$

Bestimmen des Richtungsvektors vom Beobachter zur PVA, wobei der Koordinatenursprung auf den Beobachter gesetzt wird.

$$\vec{r} = \vec{p} - \vec{b}$$

$$\vec{d} = -(\vec{n} * \vec{r}) * \vec{n}$$

Abstand des Beobachters zur PVA

$$d = \vec{n} * \vec{d}$$

Wenn $d < 0$ – Sonne auf Rückseite PV-Modul – keine Spiegelung

$$\vec{r}' = \vec{r} + 2 * \vec{d}$$

$$\gamma_S = \Delta\gamma_S + \arcsin \frac{r'_z}{\|\vec{r}'\|}$$

$$\alpha_S = \Delta\alpha_S - \arctan \frac{-r'_x}{r'_y}$$

Wobei nach LAI $\Delta\gamma_S = 0$ und $\Delta\alpha_S = 0$

Des Weiteren wird der Winkel zwischen dem Sonnenstand und dem Spiegelbild vom Beobachter aus gesehen ermittelt.

$$\kappa = \cos^{-1} \frac{\vec{r} * \vec{r}'}{r * r'}$$

Nach LAI wird eine reflektierte Lichtquelle erst bei einem Winkel $> 10^\circ$ als eigene Lichtquelle vom Menschen wahrgenommen.

Nach DIN 5034-2 lässt sich der Sonnenstand abhängig von Uhrzeit und Datum berechnen.

φ ~ geogr. Breite

λ ~ geographische Länge

$$\omega = (12h - WOZ) * \frac{15^\circ}{h} \sim \text{Stundenwinkel}$$

$$WOZ = MOZ + Zgl \sim \text{wahre Ortszeit}$$

$$MOZ = LZ - \text{Zeitzone} + 4 * \lambda \sim \text{mittlere Ortszeit}$$

$Zgl(J')$ ~ Zeitgleichung

$\delta(J')$ ~ Sonnendeklination

$$\gamma_S = \arcsin(\cos \omega * \cos \varphi * \cos \delta + \sin \varphi * (\delta))$$

$$\alpha_S = 180^\circ - \arccos \frac{\sin \gamma_S * \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_S * \cos \varphi}, \text{ für } WOZ \leq 12:00 \text{ Uhr}$$

$$\alpha_S = 180^\circ - \arccos \frac{\sin \gamma_S * \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \gamma_S * \cos \varphi}, \text{ für } WOZ > 12:00 \text{ Uhr}$$

3. mögliche Immissionsorte



Abbildung 2: mögliche Immissionsorte

Die Bahnstrecke, das Wohnhaus mittig der geplanten PVA (Wohnhaus 1), das Wohnhaus südlich der PVA (Wohnhaus 2), die Stallungen westlich, Wohnhaus 3 und die Wohnsiedlung nördlich der PVA können als mögliche Immissionsorte benannt werden.

Immissionsort	Entfernung zur PVA in Blendlinie
Bahnlinie	10 m
Wohnhaus 1	Siehe nachfolgendes Kapitel
Wohnhaus 2	Keine Reflektion möglich
Wohnhaus 3	Keine Reflektion möglich
Stallungen	Keine Reflektion möglich
Wohnsiedlung	Keine Reflektion möglich

Tabelle 2: Immissionsorte und ihre Entfernung zur PVA in Blendrichtung

4. Situation am Anlagenstandort – Berechnung der Lichttechnik

Laut der vorliegenden Stellungnahme des Trägers öffentlicher Belange ist die Berechnung der resultierenden Leuchtdichte nicht möglich. So werden auf Quellen verwiesen [Schierz TU Ilmenau FG Lichttechnik] welche Annahmen vertreten, dass eine Reflektion an einer PVA grundsätzlich zu Absolutblendung führen muss auf Grund des Reflektionsgrades von PV-Oberflächen. Diese Behauptung wird ausdrücklich als unbewiesene Annahme deklariert, da es hierzu keine veröffentlichten Studien gibt. Weiterhin wird von Schierz behauptet, dass es bei einer diffusen Reflektion an einer PVA durch die Erhöhung des Raumwinkels zu einer Erhöhung der einfallenden Leuchtdichte beim Beobachter kommen kann. *Dies widerspricht einer physikalischen Grundregel: des Energieerhaltungssatzes.* Es wird daher in dem hier vorliegenden wissenschaftlich erstellten Gutachten nicht weiter auf diese Quelle eingegangen!

a. Gebäude 1

Mit den im vorherigen Kapitel aufgeführten Gleichungen wurden mögliche Emmissionsorte der PVA kontrolliert und Daten, sowie Zeitdauer von auftretender Reflektion berechnet.

Ost:

Der größtmögliche Beobachterwinkel beim Betrachter wird am 21.06. um 6:28 Uhr mit

$$\gamma_S = +\arcsin \frac{r'_z}{\|r'\|} = 13,1^\circ$$
$$\alpha_S = -\arctan \frac{-r'_x}{r'_y} = -111^\circ$$

erreicht, hierzu wurde die bereits genehmigte PVA - in Abbildung 2 gelb markiert – mit einberechnet. Dieser größtmögliche Beobachterwinkel ist $2,9^\circ$ - Dies entspricht einer Sonnendurchlaufzeitdauer von 15 min. An den vorherigen sowie nachfolgenden Tagen ist diese Dauer kürzer.

Bis zu dem Sonnenazimutwinkel von -111° Ost ist

$$\kappa = \cos^{-1} \frac{\vec{r}^* \cdot \vec{r}'}{r^* r'} < 10^\circ,$$

somit wird das Spiegelbild der Sonne und die Sonne als eine Blendquelle angenommen und nicht weiter betrachtet.

Es kommt also ab den Sonneneinfallswinkeln von

$$\gamma_S = +\arcsin \frac{r'_z}{\|r'\|} = 4^\circ$$
$$\alpha_S = -\arctan \frac{-r'_x}{r'_y} = -110^\circ$$

Zu wahrgenommenen Spiegelungen an der PVA. Diese Werte werden am Standort vom 03.05. bis 17.08. erreicht (03.05. – 2 min bis 21.06. – 15 min)

Somit ist die maximal mögliche Reflektionszeit pro Tag 15 min und es kommt an maximal 106 Tagen im Jahr zu wahrgenommenen Reflektionen. Somit ist die Reflektionsdauer pro Jahr aufsummiert 14 h und 22 min.

West

Auf Grund der größeren Entfernung ist der Beobachterwinkel bedeutend kleiner und es kommt an 5 Tagen im Jahr für jeweils eine min zu Reflektionen.

Damit ist für Gebäude 1 die maximale Reflektionszeit pro Tag 16 min und 14h 27 min pro Jahr. Die Anforderungen der LAI sind somit erfüllt, die Grenzwerte von 30 min pro Tag und 30 h pro Jahr werden deutlich unterschritten.

b. Gebäude 2

Gebäude 2 kann nur von der östlich befindlichen bereits erbauten PVA und von der gelb markierten genehmigten PVA geblendet werden. Eine Reflektion des Sonnenlichtes an den hier betrachteten Flächen der PVA zu Gebäude 2 ist nicht möglich.

c. Bahnlinie

Da laut Stellungnahme des Trägers öffentlicher Belange von einer Absolutblendung auszugehen ist, sei an dieser Stelle angemerkt, dass es sich bei Bahnverkehr natürlich nicht um besonders schützenswerte Räume laut BImSch handelt. Die Berechnung der Blendzeiten nach LAI können hierfür also nicht betrachtet werden. Die LAI geht nicht weiter auf die Beeinflussung von Blendung im Verkehr ein. Bei der Betrachtung der Störung durch Reflektion wird auf die Adaption des menschlichen Auges verwiesen. So kommt es nur bei relativ niedrigen Sonnenständen zu Reflektionen. Für die östlich gelegene PVA ist der Einfallswinkel in den Sommermonaten zwischen -55° und -65° zur Blickrichtung und sollte daher nicht zu einer Blendung des Fahrers führen. In den Tagen nach (März, April) bzw. vor (Juli, August) der Tag – Nacht – Gleichen liegt der Einfallswinkel bei min. 35° - hier ist aber der Winkel zwischen Spiegelbild und Sonne kleiner als 10° und somit ist das Auge an die hohe Leuchtdichte angepasst.

Für die Bahnstrecke in Süd-Ost nach Nord-West Richtung beträgt der kleinste Einfallswinkel zur Fahrtrichtung 11° . Dies ist in den Tagen um die Sommersonnenwende der Fall, wobei die Sonne selbst vom Beobachter aus westlicher steht. Dies ist in den Zeiten zwischen 19.00 und 20.00 Uhr der Fall. Der Abstand vom Fahrer zum Spiegelbild beträgt dann 68 m. Da die Umgebungsleuchtdichte relativ hoch ist, da die Sonne im selben Quadranten steht, sollte auch in diesem ungünstigsten Fall die Adaption des Auges des Fahrers stattgefunden haben.

5. Gewährleistung

Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Verwendung der zugearbeiteten Unterlagen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die für die Berechnungen verwendeten Hilfsmittel befinden sich auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik. Dennoch können Irrtümer oder Abweichungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Hierfür wird von uns ausdrücklich keine Haftung übernommen. Gewährleistungen jeder Art sind ausgeschlossen.

6. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beauftragung	2
Tabelle 2: Immissionsorte und ihre Entfernung zur PVA in Blendrichtung.....	5

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Satellitenbild des Anlagenstandortes Kennzeichnung der Flächen	2
Abbildung 2: mögliche Immissionsorte	5