

Dr. Hans Meseberg
LSC Lichttechnik und Straßenausstattung Consult
Fährstr. 10
D-13503 Berlin
Tel.: 030/82707832
Mobil: 0177/3733744
Email: hmeseberg@t-online.de

Berlin, den 8. 4. 2024

G u t a c h t e n G26/2024
zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung
von sich in Gebäuden aufhaltenden Personen durch eine
bei Dielkirchen zu installierende Photovoltaikanlage

(Dieses Gutachten besteht aus 6 Seiten
und einem Anhang mit weiteren 2 Seiten)

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die bejulo GmbH, Dekan-Laist-Straße 15 a in 55129 Mainz.

Auftragsdatum: 13. 2. 2024

2 Auftragsache

Die bejulo GmbH plant die Errichtung der Photovoltaik-Freiflächenanlage in der Nähe der Ortsgemeinde Dielkirchen im Donnersbergkreis. Es besteht die Besorgnis, dass Anwohner/Beschäftigte in Gewerbegebäuden durch die PV-Anlage in unzumutbarer Weise gestört oder belästigt werden könnten. Dieses Gutachten dient der Untersuchung der Frage, ob und mit welcher Häufigkeit solche Situationen auftreten können und falls ja, welche Abhilfemöglichkeiten bestehen. Die Stör- und Blendwirkung wird anhand der „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 9. 2012, Anhang 2, (im Folgenden „LAI-Hinweise“ genannt).

3 Definitionen

Im Folgenden wird der Richtung Nord der horizontale Winkel $\alpha = 0^\circ$ zugeordnet; der Winkel steigt mit dem Uhrzeigersinn (Ost: $\alpha = 90^\circ$; Süd: $\alpha = 180^\circ$ usw.).

Es werden folgende Winkel verwendet:

Sonnenhöhenwinkel (vertikaler Sonnenwinkel)	γ
Azimut (horizontaler Sonnenwinkel)	α
Orientierung der Modulreihen gegen Ost oder West	ν
Neigung der PV-Module gegen Süd	ε
vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts	δ
horizontaler Blickwinkel Mitte Fensterfläche - PV-Anlage	τ

Differenz $\alpha - \tau$ (horizontaler Blickrichtung Anwohner - PV-Anlage) ψ
vertikaler Blickwinkel Anwohner - PV-Anlage λ

4 Informationen zur Photovoltaik-Anlage

Die topografischen Daten und die Beschreibung der Anlage beruhen auf folgenden Informationen, die von der BürgerEnergie Niederbayern e.G. zur Verfügung gestellt wurden:

- Übersichtskarte
- Bebauungsplan
- Umweltbericht - Vorentwurf nach § 2a BauGB
- Modulbelegungsplan
- Modultischquerschnitt
- Fotos

Die Geländehöhen, Entfernungen sowie die horizontalen Winkel wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Dielkirchen (Sonnenhöhe und -azimut) wurde mit der Website www.stadtklima-stuttgart.de bestimmt. Die Berechnung der Winkel des reflektierten Sonnenlichts erfolgte mit eigenen Excel-Programmen.

5 Beschreibung der PV-Anlage und topografische Daten

Die PV-Anlage (s. Bild 1 im Anhang) besteht aus einer unregelmäßig geformten Fläche, die im Norden durch Wald begrenzt wird und an den anderen Seiten von Ackerland umgeben ist. Die Anlage wird auf einem hügeligen, bisher landwirtschaftlich genutzten Gelände errichtet; die Geländeoberkante (GOK) liegt an der Südecke der PV-Anlage auf 288 m über Normalhöhennull (NHN), an der Westecke auf 289 m und steigt bis zur Ostecke auf 307 m und bis zur Nordecke auf 316 m.

Die Gesamtleistung der PV-Anlage beträgt 10,6 MW_{peak}. Die Neigung ε der Module gegen Süd beträgt 15°, Modulober- bzw. -unterkante liegen auf 2,57 m bzw. 0,80 m über GOK. Die Modultischreihen verlaufen von Ost nach West; die Länge der Modulreihen entspricht der jeweils verfügbaren Geländebreite.

6 Die Immissionsorte

Im Süden der PV-Anlage befindet sich ein Sondergebiet, das der Erholung dient (Wochenendhausgebiet). Es heißt in Anhang 2, Kapitel 3 der LAI-Hinweise:

Maßgebliche Immissionsorte sind schutzwürdige Räume, die als

- Wohnräume,
- Schlafräume ... genutzt werden

...

An Gebäuden anschließende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 6:00 - 22:00 Uhr gleichgestellt“

Aus diesem Text geht nicht hervor, ob auch entsprechende Räume in Wochenendhausgebieten als maßgebliche Immissionsorte anzusehen sind. In diesem Gutachten

werden die Räume der Wochenendhaussiedlung bei Dielkirchen als maßgebliche Immissionsorte betrachtet.

Von zwei Gebäuden der Wochenendhaussiedlung (Immissionsorte) ist eine Sicht zur PV-Anlage (s. Markierungen 1 und 2 in Bild 1) möglich, diese werden in die nachfolgenden Untersuchungen einbezogen. Die Daten der Gebäude sind in Tabelle 1 zusammengestellt:

Immissionsort	Höhe über NHN	Fenster	Höhe Fenstermitte über Grund	Höhe Fenstermitte über Grund
1	281 m	Loggia im Erdgeschoss	2 m	283 m
2	286 m	Fenster im Dachgeschoss	5,50 m	291,50 m

Tabelle 1: Die untersuchten Immissionsorte

7 Blend- und Störfwirkung von sich in Gebäuden aufhaltenden Personen

Lichtimmissionen gehören nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmSchG) formal zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder für die Anwohner herbeizuführen. Weitere Ausführungen hierzu macht das BlmSchG jedoch nicht. Die von PV-Freiflächenanlagen verursachte Blend- und Störfwirkung von Personen, die sich in Wohn- oder Gewerbegebäuden aufhalten, wird im Allgemeinen nach den „Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 9. 2012, Anhang 2, vorgenommen (im Folgenden „LAI-Hinweise“ genannt). Die Blend- und Störfwirkung = Lichtimmission ist durch die Zeit definiert, in der Sonnenlicht von der PV-Anlage auf die Fensterflächen der betroffenen Gebäude (Immissionsorte) auftrifft. Diese Zeit, damit ist die astronomisch maximal mögliche Zeit von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang gemeint, darf täglich 30 min und im Kalenderjahr 30 Stunden nicht überschreiten („30 Minuten-/30 Stunden-Regel“).

Die LAI-Hinweise gelten für „schutzwürdige Räume“. Dazu gehören

- Wohnräume
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume.

Lt. Abschnitt 7e. der LAI-Hinweise sind die Sonne als punktförmig und die Solarmodule als ideal verspiegelt zu betrachten, so dass die Berechnungen gemäß dem Reflexionsgesetz Einfallswinkel = Ausfallswinkel durchgeführt werden können. Tatsächlich wird das Sonnenlicht von den üblicherweise verwendeten Solarmodulen aber auch teilweise gestreut reflektiert. Das führt dazu, dass das Sonnenlicht z.T. spiegelnd (Kernreflex) und z.T. gestreut (Streureflex) reflektiert wird. Der Streureflex kann

je nach Entfernung Beobachter - PV-Anlage und Grad der Streuwirkung bis zu 40 min vor dem Kernreflex auftreten und erst bis zu 40 min nach dem Kernreflex verschwinden. Die Intensität des Streureflexes ist aber immer deutlich geringer als die Intensität des Kernreflexes und erzeugt daher keine nennenswerte Störf Wirkung. Alle durchzuführenden Berechnungen beziehen sich daher nur auf den Kernreflex, die zusätzliche Reflexionszeit durch den Streureflex wird nach den LAI-Hinweisen nicht berücksichtigt.

In den LAI-Hinweisen wird ausgeführt: *„Wirkungsuntersuchungen oder Beurteilungsvorschriften zu diesen Immissionen sind bisher nicht vorhanden.“* Mangels solcher Untersuchungen wurde der Inhalt der Regelungen der LAI-Hinweise daher weitgehend den „Hinweisen zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen“ (WEA-Schattenwurf-Hinweise) des LAI entlehnt. Diese Übertragung ist sehr angreifbar, da die durch den Schattenwurf von Windkraftanlagen erzeugte Störf Wirkung viel gravierender ist als die Störf Wirkung, die von PV-Anlagen erzeugt wird. Offensichtlich im Bewusstsein dieses Mangels wird in den LAI-Hinweisen weiter ausgeführt: *„Der genannte Wertungsmaßstab kann allenfalls ein erster Anhaltspunkt für die Beurteilung von Blendungen sein. Im Einzelfall muss dann aber begründet werden, warum eine Übertragbarkeit gegeben, bzw. aufgrund welcher Überlegungen eine ggf. abweichende Bewertung erfolgt ist.“*

Diese Einschränkung der Bewertungsmöglichkeit der Lichtimmissionen durch die LAI-Hinweise führt dazu, dass die LAI-Hinweise nur eine Empfehlung darstellen und deshalb nur in wenigen Bundesländern verbindlich zur Bewertung von Lichtimmissionen vorgeschrieben sind. Sie stellen aber den Stand der Technik dar und können, wenn einige Änderungen an der Bewertungsmethodik vorgenommen werden, durchaus sinnvoll angewendet werden. Folgende Aspekte der LAI-Hinweise werden im Folgenden modifiziert bzw. neu aufgenommen:

- a. Es heißt in den LAI-Hinweisen, dass Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden, erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen erfahren. Nur Immissionsorte, die vorwiegend westlich oder östlich einer Photovoltaikanlage liegen und nicht weiter als ca. 100 m von dieser entfernt sind, seien hinsichtlich einer möglichen Blendung als kritisch zu betrachten. Dieser Aussage ist nicht zuzustimmen, denn nach den Erfahrungen des Unterzeichners bei der Begutachtung vieler PV-Anlagen können PV-Anlagen auch dann eine längere und damit unzumutbare Störf Wirkung entfalten, wenn ihre Entfernung von Immissionsort beträchtlich größer als 100 m ist, z.B. wenn sich die betroffenen Fenster sehr weit γ des PV-Anlagengeländes befinden, das Anlagengelände ein erhebliches Gefälle in oder gegen die Richtung Immissionsort aufweist oder die PV-Fläche sehr ausgedehnt ist. Die LAI-Hinweise enthalten auch keine Aussage, wie zu verfahren ist, wenn die PV-Anlage, wie in vorliegendem Fall, teilweise innerhalb und teilweise außerhalb der 100 m-Zone liegt. Deshalb wird vom Unterzeichner die evtl. Blendwirkung für Anwohner/Beschäftigte in Gewerbegebäuden generell unabhängig von der Entfernung der betroffenen Gebäude berechnet.
- b. In den WEA-Schattenwurfhinweisen wird Schattenwurf für Sonnenstände $\gamma \leq 3^\circ$ Erhöhung über Horizont wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände vernachlässigt. Gerade diese wichtige, sehr sinnvolle Einschränkung bzw. eine vergleichbare Regelung fehlt in den LAI-

Hinweisen. Deshalb wird vom Unterzeichner folgende, den Schattenwurfhinweisen analoge Regelung verwendet: Sonnenlicht, das unter Winkeln $\gamma \leq 7,5^\circ$ von einer PV-Anlage in Richtung Immissionsort reflektiert wird, wird wegen dessen geringer Intensität (vergleichbar der Intensität des direkten Sonnenlichts, das unter $\gamma = 3^\circ$ reflektiert wird, d.h. unmittelbar nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang) und wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände generell nicht berücksichtigt.

8 Zeitliche Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion in Richtung der zu untersuchenden Gebäude

8.1 Berechnungsmethode

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Störf Wirkung für Anwohner/Beschäftigte in Gewerbegebäuden zu bewerten, ist es zunächst notwendig, die zeitliche Wahrscheinlichkeit dafür zu ermitteln, dass von der PV-Anlage reflektiertes Licht in die Fensterflächen bzw. die dahinterliegenden Räume der blendgefährdeten Gebäude gelangt. Diese Wahrscheinlichkeit kann mithilfe eines sogenannten Sonnenstandsdiagramms ermittelt werden. Bild 2 zeigt das Sonnenstandsdiagramm für Dielkirchen in Form eines Polardiagramms. Die roten Linien zeigen den Sonnenstand (Sonnenhöhe γ und Azimut α) für den 15. Tag jedes Monats in Abhängigkeit von der Uhrzeit an. Die Darstellung erfolgt für die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) ohne Berücksichtigung der Mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ). Die Uhrzeit ist durch blaue und grüne Punkte gekennzeichnet.

Zuerst werden mittels der geometrischen und topografischen Daten die Sonnenhöhe γ und das Sonnenazimut α , bei denen sich die Sonne befinden müsste, damit reflektiertes Sonnenlicht in die Fensterflächen von Gebäuden der Immissionsorte gelangen könnte, berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in das Sonnenstandsdiagramm für Dielkirchen eingetragen. Da die Berechnungen für die gesamte Fläche oder eine Teilfläche der PV-Anlage durchgeführt werden, stellen die ermittelten α/γ -Werte Flächen in Form geschlossener Polygonzüge dar, die im Folgenden als γ -Flächen bezeichnet werden. Hat eine γ -Fläche Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht in die Fensterflächen; die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden. Bei fehlenden Schnittpunkten ist keine Sonnenlichtreflexion in diese Fensterflächen möglich. Bei vorhandenen Schnittpunkten der γ -Fläche mit den Sonnenstandslinien müssen aus den Schnittflächen die Zeiten berechnet werden, zu denen Sonnenlicht von der PV-Anlage in die Fensterflächen betroffener Gebäude am Immissionsort reflektiert wird.

8.2 Ergebnisse

Da die Reflexionszeit mit der Fensterhöhe steigen, werden die Berechnungen für die Fenstermitte des jeweils höchsten Geschosses (s. Tabelle 1) durchgeführt. In Bild 2 sind die γ -Flächen für beide Immissionsorte eingezeichnet. Die grün gezeichnete γ -Fläche für Immissionsort 1 liegt oberhalb der Sonnenstandslinien und hat keine Schnittpunkte mit diesen, Sonnenlichtreflexion von der PV-Anlage zu Immissionsort 1 ist gemäß der Ausführungen in Abschnitt 8.1 nicht möglich.

Diese Tatsache ergibt sich daraus, dass auf der nördlichen Erdhalbkugel die Sonne nicht aus nördlichen Richtungen scheint und das Sonnenlicht daher nicht in südliche Richtungen reflektiert werden kann, d.h. nicht ins Auge eines Beobachters gelangen kann, der in Richtung Nord zur PV-Anlage blickt.

Die blau gezeichnete γ -Fläche für Immissionsort hat jedoch Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann von der PV-Anlage etwa von Anfang Mai bis Mitte August zwischen 18.30 Uhr und 19 Uhr zu diesem Immissionsort reflektiert werden. Die aus der γ -Fläche berechneten Reflexionszeiten sind in Tabelle 2 eingetragen. Die Reflexionszeiten liegen weit unter den Anforderungen der LAI-Hinweise.

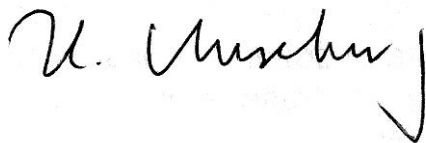
Reflexionstage pro Jahr	Maximale tägliche Reflexionszeit	Mittlere tägliche Reflexionszeit	Astronomisch mögliche jährliche Reflexionszeit im Kalenderjahr
107	7,2 min	6,8 min	$107 \cdot 6,8 \text{ min}$ = 12,1 Stunden

Tabelle 2: Maximale tägliche und mögliche jährliche Reflexionszeiten für Immissionsort 2

9 Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob von der geplanten PV-Anlage Dielkirchen Sonnenlicht in Richtung der Fensterflächen von zwei Immissionsorten im südlich der PV-Anlage gelegenen Wochenendhausgebiet reflektiert werden kann (s. Bild 1). Die Berechnungen ergeben, dass zu Immissionsort 1 eine solche Sonnenlichtreflexion nicht auftritt. Zu Immissionsort 2 wird zwar Sonnenlicht reflektiert, die Reflexionszeiten liegen aber weit unter den nach LAI-Hinweisen erlaubten 30 Minuten bzw. 30 Stunden.

Die LAI-Hinweise werden damit von der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage in Dielkirchen eingehalten. Von daher ist gegen die Errichtung der PV-Anlage aus Sicht des Unterzeichners nichts einzuwenden.



Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

Anhang



Bild 1: Die geplante PV-Anlage Dielkirchen mit den untersuchten Immissionsorten 1 und 2

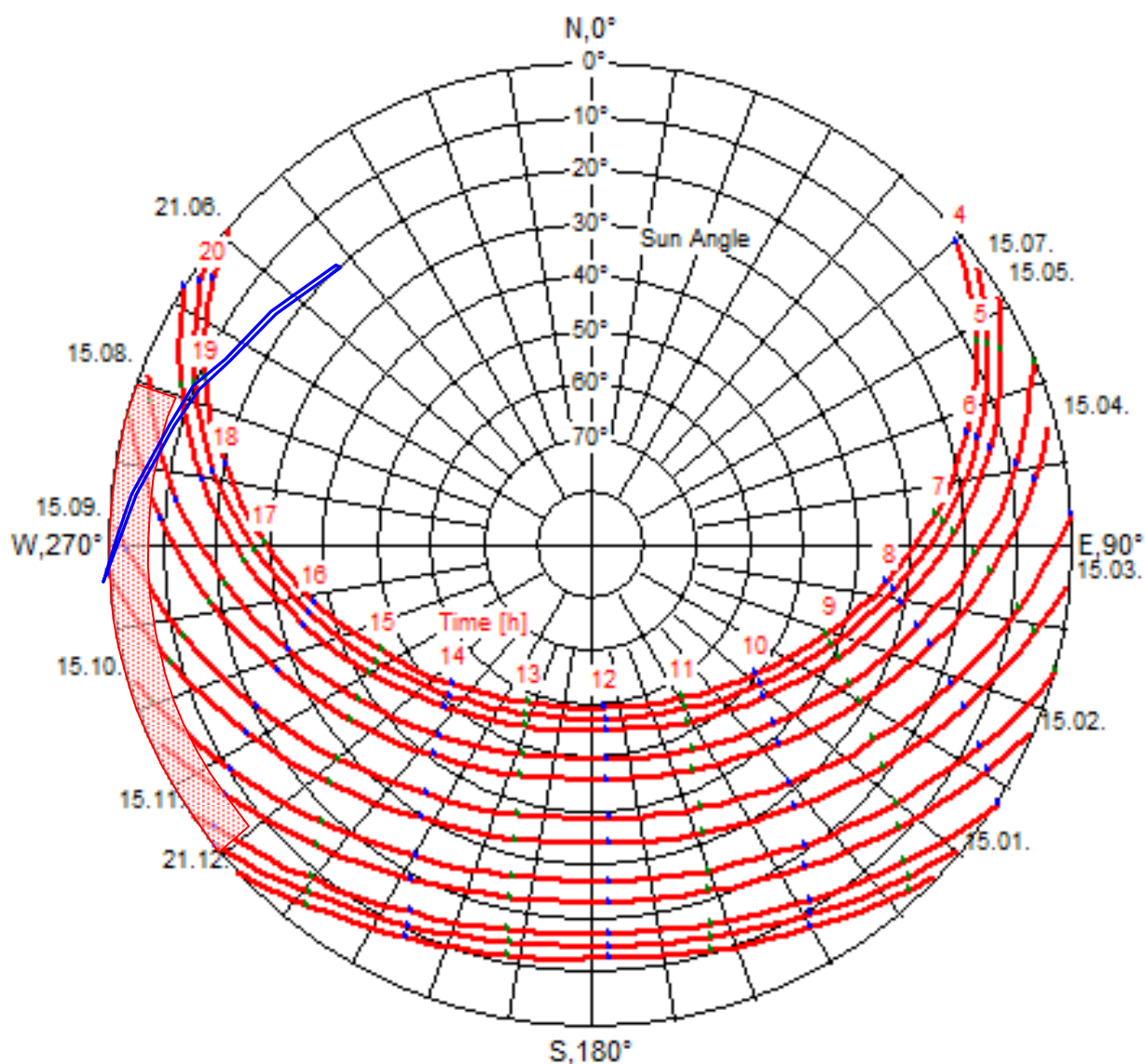


Bild 2: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Dielkirchen mit γ -Flächen für zwei Immissionsorte

Quelle des Sonnenstandsdiagramms: www.stadtklima-stuttgart.de;
Copyright: © Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe 2007

- : Immissionsort 1
- : Immissionsort 2