

Dr. Hans Meseberg
LSC Lichttechnik und Straßenausstattung Consult
Fährstr. 10
13503 Berlin
Tel. und Fax +49 30/82707832
Email: hmeseberg@t-online.de

Berlin, den 17. Februar 2012

G u t a c h t e n
G03/2012
zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung von Anwohnern
durch eine bei Gundelfingen-Peterswörth
installierte Photovoltaik-Anlage

(Dieses Gutachten besteht aus 10 Seiten
und einem Anhang mit 5 weiteren Seiten)

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die Kling Consult GmbH, Postfach 1251, 86370 Krumbach

Auftragsdatum: 17. Januar 2012

2 Auftragsache

Die Kling Consult GmbH plant die Errichtung einer Photovoltaik-Anlage in Gundelfingen-Peterswörth zwischen der Bahnstrecke Ulm-Donauwörth und der Ortschaft Gundelfingen-Peterswörth. Es besteht die Besorgnis, dass Einwohner benachbarter Wohngebäude durch Sonnenlicht, das von der Oberfläche der PV-Module reflektiert wird, geblendet oder in sonst unzumutbarer Weise gestört werden. Dieses Gutachten dient der Klärung der Frage, ob und mit welcher Häufigkeit solche Situationen entstehen können und falls ja, welche Abhilfemöglichkeiten bestehen.

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	α_M
Orientierung der Modulreihen gegen Ost oder West	$\alpha_M - \alpha$
vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts	δ
Neigung der PV-Module gegen Süd	ε
horizontaler Blickwinkel Anwohner - PV-Anlage	τ

Differenz $\alpha - \tau$ (horizontale Blickrichtung Anwohner - PV-Anlage)	ψ
Horizontaler Blickwinkel Anwohner - PV-Anlage	ψ
Vertikaler Blickwinkel Anwohner - PV-Anlage	λ

4 Geografische Daten und Angaben zur Photovoltaik-Anlage

Die geografischen Daten und die Beschreibung der Anlage beruhen auf folgenden Informationen, die von der Firma Kling Consult zur Verfügung gestellt wurden:

- Lageplan der PV-Anlage
- Vermessungsplan (Plan mit Höhenlinien und Flurstücken der Umgebung der PV-Anlage)
- Karte Projektinformation zu Scopingtermin vom 5. 11. 2011
- Karte Bebauungsplan, Vorentwurf vom 9. 2. 2012
- Karte Flächennutzungsplan vom 15. 12. 2011
- Mündliche und Email-Informationen von Herrn Dipl.-Geogr. Peter Wolpert, Fa. Kling Consult
- Fotos von der Umgebung der PV-Anlage

4.1 Geografische Daten

Die geplante PV-Anlage wird östlich der Bahnstrecke Ulm-Donauwörth installiert. Im Norden, Osten und Süden der Anlage befinden sich sowohl landwirtschaftlich genutzte Gebäude als auch Wohngebäude (s. Bild 1). Zwischen den Gebäuden und der PV-Anlage befinden sich Felder, dadurch ist der freie Blick von den Gebäuden auf die PV-Anlage gegeben. PV-Anlage und Gebäude liegen auf gleicher Geländehöhe. Um die gesamte Anlage soll eine laubabwerfende Hecke gepflanzt werden.

In der Umgebung der PV-Anlage befinden sich weder hohe Gebäude noch Bäume, die die Anlage bei niedrigem Sonnenstand abschatten könnten.

4.2 Beschreibung der PV-Anlage

Die PV-Anlage hat eine unregelmäßige Grundfläche (s. Bild 1 im Anhang), Die Längsachse der Anlage ist parallel zur Bahntrasse ausgerichtet ($\alpha = 13,5^\circ/193,5^\circ$). Die Gesamtfläche der PV-Anlage beträgt 26 831 m². Die PV-Anlage hat eine maximale Länge von ca. 310 m (in Richtung Längsachse) und eine Breite von ca. 110 m (in Richtung senkrecht zur Längsachse). In Ost-West-Richtung beträgt die Breite ca. 107 m.

Es ist eine installierte Leistung von ca. 1,5 MW_{peak} vorgesehen. Es sollen polykristalline Solarmodule verwendet werden, der verwendete Modultyp steht jedoch noch nicht fest. Mehrere Module werden übereinander auf Tischen montiert; die Neigung ε der Module gegen Süden beträgt 25°. Die Tische sind in Reihen angeordnet, die in Ost-West-Richtung ausgerichtet sind (Winkel $\nu = 0^\circ$). Der Abstand a zweier benachbarter Reihen von Tischen Der Abstand a zweier benachbarter Reihen von Tischen (Abstand Oberkante Module einer Reihe zu Oberkante Module der nächsten Reihe) liegt in der Regel bei 6 m bis 10 m. Bei der Bewertung des reflektierten Sonnenlichts als Lichtimmission spielt der Reihenabstand jedoch keine Rolle. Die Ober- bzw. Unterkante der Module befindet sich in einer Höhe von 2,50 m bis 3,20 m bzw. ca. 0,80 m über

Geländeoberkante. Die Höhe der Modulmitte h_M über Geländeoberkante beträgt damit 1,65 m bis 2,00 m.

5 Beschreibung der eventuell von PV-Anlagen ausgehenden Blend- und Störfwirkungen

5.1 Blendwirkung

Unter Blendung versteht man eine vorübergehende Funktionsstörung des Auges, die, ganz allgemein ausgedrückt, durch ein Übermaß an Licht hervorgerufen wird. Liegt eine messbare Beeinträchtigung der Sehleistung vor, spricht man von **physiologischer Blendung**, wird die Blendwirkung dagegen subjektiv als unangenehm, störend oder ablenkend empfunden, ohne dass eine messbare Beeinträchtigung der Sehleistung vorhanden ist, liegt **psychologische Blendung** vor. Sind die Leuchtdichten des Umfeldes so groß, dass das visuelle System nicht mehr in der Lage ist, auf diese zu adaptieren, handelt es sich um **Absolutblendung**, sonst um **Adaptationsblendung**. Weiterhin differenziert man zwischen **direkter Blendung**, die durch eine Lichtquelle selbst ausgelöst wird, und **indirekter Blendung**, die durch das Reflexbild einer Lichtquelle erzeugt wird.

Die bei Tageslicht am häufigsten auftretende Blendung wird von der Sonne verursacht. Befindet sich die Sonne im zentralen Gesichtsfeld eines Beobachters, tritt Absolutblendung auf, da im Gesichtsfeld keine Kontraste mehr erkennbar sind. Man ist dann quasi blind ist. Dieser sehr gefährlichen Situation entzieht man sich, indem die Sonne gegenüber dem Auge durch eine Sonnenblende bzw. Jalousie oder durch eine Hand abgeschattet wird. Das Aufsetzen einer Sonnenbrille hilft hier nur bedingt, da dadurch nicht nur die Intensität des Sonnenlichtes, sondern auch die Helligkeiten aller anderen Objekte im Gesichtsfeld herabgesetzt werden.

Häufig wird das Licht der Sonne auch durch glänzende Objekte ins Auge eines Betrachters gespiegelt: Wasseroberflächen, Fensterfronten von Gebäuden, verglaste Treibhäuser. Gegenüber der direkten Sonnenblendung ist bei dieser indirekten Blendung die tatsächliche Blendefahrer geringer:

1. Das reflektierte Sonnenlicht hat immer eine geringere Intensität als das direkte Sonnenlicht, es kommt selten zu einer Absolutblendung, sondern meist „nur“ zu Adaptationsblendung; d.h., die Helligkeitskontraste sind zwar verringert und die Wahrnehmung von Objekten wird erschwert, aber selten so stark, dass verkehrgefährdende Situationen entstehen.
2. Die Blendwirkung ist zeitlich und örtlich sehr begrenzt, während die Sonnenblendung über längere Zeit auf den Menschen einwirken kann.

5.2 Störfwirkung von Sonnenlicht und reflektiertem Sonnenlicht

Sonnenlicht, das in Wohn- oder Arbeitsräume fällt, wird i.a. als angenehm empfunden und erhöht das Wohlbefinden. Gestört fühlt man sich erst dann durch Sonnenlicht, wenn die zuvor beschriebenen Blendeffekte ein gewisses Maß übersteigen, oder bei der Verrichtung insbesondere von solchen Tätigkeiten hinderlich ist, bei denen es auf eine hohe Sehleistung ankommt (z.B. Arbeiten an Monitoren, feinmechanischen Arbei-

ten) oder wenn die Raumaufheizung durch die Sonne zu einer unangenehm hohen Raumtemperatur führt.

Etwas anders ist die Störf Wirkung von reflektiertem Sonnenlicht einzuschätzen. Das von einer PV-Anlage reflektierte Sonnenlicht tritt immer zusammen mit dem Sonnenlicht selbst auf und kommt auch ungefähr aus der gleichen Himmelsrichtung wie das reflektierte Sonnenlicht. Bild 2 zeigt die Reflexion eines Solarmoduls in Abhängigkeit vom Einfallswinkel des Sonnenlichts. Wenn die Sonne mittags hoch am Himmel steht, fällt das Sonnenlicht etwa senkrecht auf die Moduloberfläche (Einfallswinkel 90° in Bild 2), es wird weniger als 10 % reflektiert; die Intensität des von der Moduloberfläche reflektierten Lichts ist also weitaus geringer als die Intensität des Sonnenlichts selbst und kann daher keine Blendung erzeugen. Wenn die Sonne morgens oder abends tief am Himmel, nahe am Horizont steht, fällt das Sonnenlicht zwar sehr streifend auf die Moduloberfläche (Einfallswinkel nahe 0°), es wird fast das gesamte Sonnenlicht reflektiert, aber die Intensität der auf- oder untergehenden Sonne ist so gering, dass diese keine Blendung erzeugt - bekanntermaßen kann man ohne weiteres einen Sonnenauf- oder -untergang mit bloßem Auge betrachten. Demzufolge kann auch das reflektierte Sonnenlicht in dieser Situation keine Blendung erzeugen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Sonne über viele Stunden in ein Fenster hinein scheinen kann, während die Zeit, in der eine PV-Anlage Sonnenlicht in Richtung Fenster reflektiert, in aller Regel sehr begrenzt ist. Dieser hier dargestellte Sachverhalt wird auch in einer Broschüre bestätigt, die sich ausführlich mit den Wirkungen von PV-Anlagen auf Natur und Mensch beschäftigt ¹⁾.

Aus diesen Ausführungen folgt ohne weiteres, das auch die Aufheizwirkung des reflektierten Sonnenlichts wegen der geringeren Intensität und der kürzeren Einwirkzeit immer kleiner ist als die Aufheizwirkung des direkten Sonnenlichts.

Trotzdem kann vom von einer PV-Anlage reflektierten Sonnenlicht eine Störf Wirkung ausgehen, die allerdings eher psychologisch bedingt ist. Man ist es gewohnt, dass die Sonne immer oberhalb des Horizonts steht, während das von einer PV-Anlage reflektierte Licht durchaus aus Winkeln unterhalb des Horizonts in eine Fensterfläche fallen kann. Das wird von manchen Menschen als unangenehm empfunden; eine Abschirmung dieses Lichts kann schwierig sein, da z.B. horizontal verlaufende Lamellen von Sonnenschutzjalousien, solange sie nicht völlig geschlossen sind, von oben kommenden Licht abschirmen. Die subjektiv empfundene Störf Wirkung hängt auch von der Akzeptanz des reflektierenden Objektes ab: So wird ein Anhänger der regenerativen Energieerzeugung die Störf Wirkung durch eine PV-Anlage als geringer empfinden als ein Gegner solcher Anlagen.

Unabhängig davon, ob reflektiertes Sonnenlicht als Lichtimmission gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz als unzumutbare Störung oder Belästigung einzustufen ist, sollte wegen der nicht auszuschließenden subjektiven Störf Wirkung und im Sinne des Rechtsfriedens und eines gutnachbarschaftlichen Verhältnisses zwischen dem Planer/Betreiber einer PV-Anlage und den daran angrenzenden Anwohnern nach Möglichkeit verhindert werden, dass von einer glänzenden/spiegelnden Oberfläche, wie sie

¹⁾ Herden, Chr.; Rasmus, J. und Gharadjedaghi, B.: Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen. Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten 247, Leipzig 2009

eine Freiflächenphotovoltaik-Anlage darstellt, reflektiertes Sonnenlicht in Wohn- oder Arbeitsräume gelangt.

6 Bewertung des von PV-Anlagen reflektierten Sonnenlichts als Lichtimmission

6.1 Regelwerke zum Schutz vor Lichtimmission

Lichtimmissionen gehören nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz [1] 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. Derzeit gibt es keine bundesweit gültigen verwaltungsrechtlichen Vorschriften oder technischen Regelwerke, nach denen eine eventuelle erhebliche Belästigung oder andere Störung durch Lichtimmissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes konkretisiert werden kann. Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) hat bereits im Jahr 1996 eine Broschüre herausgegeben, in der Empfehlungen zur Begrenzung von Lichtimmissionen abgegeben werden [2]. Die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Brandenburg haben im Jahr 2000 bzw. 2001 Ministerialerlasse herausgegeben ([3] und [4]), in denen für diese Bundesländer verbindliche Regelungen zur Begrenzung der Lichtimmission getroffen werden, die inhaltlich mit den Empfehlungen der LiTG übereinstimmen.

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) vom 15. März 1974 (BGBl. I S. 721, 1193) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. S. 880), zuletzt geändert durch das Gesetz über die Umwelthaftung vom 10. Dezember 1990 (BGBl., S. 2634)
- [2] Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen. Publikation der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) Nr. 12.2, 2. überarbeitete Auflage Berlin 1996
- [3] Lichtimmissionen, Messung, Beurteilung und Verminderung. Gemeinsamer Runderlass des Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz - VB2-8829-(V Nr. 5/00)-, d. Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr -III A4-62-03-, und des Ministeriums für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport -IIA4-850.1- vom 13. 9. 2000, Ministerialblatt NRW - Nr. 64 vom 2. 11. 2000
- [4] Leitlinie des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen (Licht-Leitlinie) vom 18. Januar 2001, veröffentlicht im Amtsblatt für Brandenburg Nr. 7 vom 14. Februar

Es wird darauf hingewiesen, dass diese Lichtleitlinie bzw. die Verordnungen nur für Lichtimmissionen gelten, die **bei Dunkelheit** auftreten. D.h., sie sind nicht anwendbar für Blendungs- oder andere Störeffekte durch z.B. von PV-Anlagen reflektiertem Sonnenlicht (die Beschreibung dieser Effekte erfolgt in Abschnitt 6), die ja nur bei Tageslicht auftreten können. Für die Bewertung von Blendungs- oder anderen visuellen Störeffekten, die von Bauwerken oder anderen technischen Anlagen bei Tageslicht ausgehen, gibt es überhaupt keine Regelwerke oder Vorschriften. Formal gesehen hat man demnach auch keinen Anspruch auf eine entsprechende Begrenzung oder Beseitigung solcher Störungen. Nichtsdestotrotz ist es - wie bereit erwähnt - im Sinne des Rechtsfriedens und eines gutnachbarschaftlichen Verhältnisses zwischen dem Planer/Betreiber einer PV-Anlage und den daran angrenzenden Anwohnern natürlich angebracht, solche Störungen zu vermeiden oder wenigstens auf ein auf ein vertretbares

Minimum zu reduzieren. Wegen der fehlenden Vorschriften ist man hier auf Einzelfallbetrachtungen und -entscheidungen angewiesen.

Der „Länderausschuss für Immissionsschutz“ (LAI) hat dem Unterzeichner auf Anfrage bestätigt, dass es derzeit keine Empfehlungen zur Begrenzung der Lichtimmission gibt, die von PV-Freiflächenanlagen erzeugt wird und dass auch nicht beabsichtigt ist, in absehbarer Zeit eine solche Richtlinie zu erarbeiten. Wegen einer fehlenden einschlägigen Richtlinie gehen Behörden zunehmend dazu über, die von einer PV-Freiflächenanlage ausgehende Störwirkung hilfsweise mittels der für die Störwirkung von Windenergieanlagen maßgeblichen „WEA-Schattenwurf-Hinweise“ zu bewerten.

6.2 Anwendung der WEA-Schattenwurf-Hinweise auf die Störwirkung von PV-Anlagen für Anwohner

Nach Mitteilung der Kling Consult soll die Störwirkung der PV-Anlage für Anwohner anhand der WEA-Schattenwurf-Hinweise (im Folgenden WSH genannt ²) oder einer auf der Basis der WSH fußenden Länderrichtlinie beurteilt werden. Die WSH regeln die maximal zulässige Dauer des von Windenergieanlagen (WEA) erzeugten Schattenwurfs in Richtung Fensterfronten und sind demzufolge nicht für die Bewertung der Störwirkung von Photovoltaikanlagen vorgesehen. Eine einfache 1 : 1-Übertragung der Dauer des erlaubten Schattenwurfs in Richtung Fensterfronten von 30 Stunden pro Jahr und/oder 30 Minuten pro Tag auf die Verhältnisse der Störung durch eine PV-Anlage ist nicht möglich, wie im nächsten Abschnitt erläutert wird. Deshalb werden im folgenden Abschnitt zunächst die Bedingungen aufgeführt, unter denen eine Anwendung der WSH auf die Ermittlung der Störwirkung von Photovoltaikanlagen auf Anwohner/Beschäftigte in Gewebegetrieben in sinnvoller Weise möglich ist, und dann werden die täglichen und jährlichen Reflexionszeiten des von der PV-Anlage reflektierten Sonnenlichts berechnet.

7 Übertragbarkeit der Anforderungen der WSH auf die Störwirkung von Photovoltaikanlagen

Die WSH legen fest:

- Die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, erzeugt durch den Schattenwurf der Rotoren der WEA in „schutzwürdigen Räumen“ (Wohnräume, Schlafräume einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien, Unterrichts-, Büro-, Praxis-, Arbeits- und Schulungsräume), darf nicht mehr als 30 Stunden pro Kalenderjahr und darüber hinaus nicht mehr als 30 Minuten pro Kalendertag betragen.
- Eine Überschreitung des 30 Minuten-Richtwertes an drei Tagen ist zulässig.
- Der Schattenwurf für Sonnenstände unter 3° Erhöhung über Horizont kann wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände vernachlässigt werden.
- Dauerhafte natürliche und künstliche lichtundurchlässige Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, können berücksichtigt werden.

2) Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), verabschiedet auf der 103. Sitzung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), 06.-08. 05. 2002

Einige der wichtigsten Gründe, warum diese Regelung nicht 1 : 1 auf die Störf Wirkung von PV-Anlagen übertragen werden können, sollen hier nur kurz aufgeführt werden:

- a. Ein ständig unterbrochener Lichtstrahl wirkt sich auf die menschliche Psyche extrem störend aus, viel störender als ein gleichmäßiges Licht.
- b. Das von der PV-Anlage reflektierte Sonnenlicht wird immer **gleichzeitig** mit dem direkten Sonnenlicht in die schutzwürdigen Räume eingestrahlt. Wegen der unvermeidlichen Reflexions- und Streuverluste hat das reflektierte Sonnenlicht zudem immer eine geringere Intensität als das direkte Sonnenlicht (s. Abschnitt 5.2).
- c. Die Störf Wirkung des Schattenwurfs ist in einem Raum immer wahrnehmbar und störend, unabhängig davon, ob eine Person aus dem Fenster blickt oder das Fenster und damit die WEA im Rücken hat. Um bei einer PV-Anlage das reflektierte Licht wahrzunehmen, muss man direkt dorthin blicken.
- d. Seitliches, auf eine Fensterfront auftreffender Schattenwurf ist ebenfalls im ganzen Raum wahrnehmbar und störend; seitlich einfallendes, reflektiertes Sonnenlicht kann dagegen nicht in die Tiefe des Raumes eindringen; eine Person muss sich dicht am Fenster aufhalten und zur PV-Anlage blicken, um seitlich einfallendes, reflektiertes Sonnenlicht wahrnehmen zu können.

Nimmt man eine Bewertung der Störf Wirkung einer PV-Anlage anhand der Regelungen der WSH vor, sind zwei Randbedingungen zu beachten:

Sonnenstände unter $\gamma = 3^\circ$ Erhöhung über Horizont werden lt. WSH (s. oben, 3. Spiegelstrich) nicht berücksichtigt. Die Sonne erzeugt bei diesem Winkel nach DIN 5034-2 (Tageslicht in Innenräumen, Grundlagen) eine horizontale Beleuchtungsstärke (Intensität des Sonnenlichts) von ca. 300 lx, daraus ergibt sich eine Beleuchtungsstärke senkrecht zur Einfallrichtung E_{\perp} von 5800 lx Richtung. Demzufolge muss von der PV-Anlage reflektiertes Sonnenlicht mit geringeren Intensitäten als 5800 lx ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Das von der PV-Anlage reflektierte Sonnenlicht hat unter Berücksichtigung der Reflexions- und Streuverluste bei $\gamma = 3^\circ$ Sonnenhöhe jedoch nur Werte $E_{\perp} = 1000$ lx bis 3000 lx. Die Berechnungen ergeben, dass ein Wert der Beleuchtungsstärke $E_{\perp} = 5800$ lx erst überschritten wird, wenn die Sonne mindestens $7,5^\circ$ über dem Horizont steht. Das bedeutet, dass Sonnenlicht, das unter Winkeln $\gamma \leq 7,5^\circ$ von einer PV-Anlage reflektiert wird, nicht zu berücksichtigen ist.

Da seitlich in die Fensterflächen einfallendes, reflektiertes Sonnenlicht keine Störf Wirkung erzeugen kann, wird Sonnenlicht, das unter horizontalen Einfallswinkeln $\psi \leq 20^\circ$ von einer PV-Anlage reflektiert wird, bei Fenstern, die die in Wohngebäuden üblichen Abmessungen haben, nicht berücksichtigt.

8 Störf potential der geplanten PV-Anlage für Anwohner

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Störf Wirkung zu bewerten, ist es zunächst notwendig, die zeitliche Wahrscheinlichkeit dafür zu ermitteln, dass von der Anlage reflektiertes Licht in die Fensterflächen bzw. die dahinter liegenden Räume der Gebäude in der Umgebung der PV-Anlage gelangt. Diese Wahrscheinlichkeit kann mithilfe

fe eines so genannten Sonnenstandsdiagramms ermittelt werden. Bild 3 zeigt das Sonnenstandsdiagramm für Gundelfingen 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.

Für die Untersuchungen wurden 5 Gebäude ausgewählt, die als repräsentativ für alle Gebäude angesehen werden können, zu denen evtl. Sonnenlicht von der PV-Anlage reflektiert werden kann. Gebäude 1 (s. Bild 1) befindet sich im Norden der Anlage in einem kleinsten Abstand von 108 m zur PV-Anlage; Gebäude 2 und 3 liegen im Osten der Anlage mit Abständen von ca. 140 m bzw. 205 m; Gebäude 4 und 5 befinden sich im Südosten der Anlage mit kleinsten Abständen von ca. 165 m bzw. 70 m. Die Gebäude 1 bis 4 haben Erd- und Obergeschoss, Gebäude 5 hat nur ein Erdgeschoss. Die horizontalen Winkel ψ , unter denen das reflektierte Sonnenlicht in die Fensterfronten der Gebäude 1 bis 4 einfallen kann, sind immer $> 20^\circ$. Bei den Nordfenstern des Gebäudes 5 ist dieser Winkel teilweise $< 20^\circ$; dieses Haus hat aber auch Westfenster, bei denen ψ immer dann $> 20^\circ$ ist, wenn dieser Winkel bei den Nordfenstern $< 20^\circ$ ist. Deshalb sind auch bei diesem Gebäude immer Winkel $\psi > 20^\circ$ anzusetzen, die in Abschnitt 7, letzter Abschnitt genannte Einschränkung kommt daher bei den Berechnungen nicht zur Anwendung.

Für die fünf ausgewählten Gebäude wurden nun die horizontalen und vertikalen Blickwinkel ψ und λ ermittelt und daraus die horizontalen Sonnenwinkel α und die vertikalen Sonnenhöhenwinkel γ berechnet, unter denen das Sonnenlicht auf die PV-Module treffen müsste, damit es ins Auge eines Anwohners gelangen könnte. Als Höhe der Fenstermitte über der Geländeoberkante werden maximal 3 m in Erdgeschoss und maximal 6 m im Obergeschoss angesetzt (kritischerer Fall). Mit der unteren Höhe der Modulmitte über Geländeoberkante von 1,65 m (s. Abschnitt 4.2; wieder kritischerer Fall) ergeben sich Höhen der Fenstermitte über der Modulmitte von 1,35 m bzw. 4,35 m, die der Berechnung des vertikalen Winkels λ zugrunde zu legen sind. Als Bewertungspunkte wurden die in Bild 1 eingetragenen Punkte A bis H sowie je nach Notwendigkeit dazwischen liegende Punkte verwendet. Da die so ausgewählten Bewertungspunkte die gesamte Fläche der PV-Anlage umfassen, beschreiben die berechneten Winkel α und γ ebenfalls eine Fläche, im folgenden als „ γ -Fläche“ bezeichnet. Die für die fünf Gebäude berechneten γ -Flächen liegen z. T. so dicht beieinander, dass sie bei Wiedergabe in Bild 3 nicht auseinander zu halten wären. Deshalb wurden die γ -Flächen in die Polardiagramme der Bilder 4 und 5 eingetragen, die vergrößerte Ausschnitte des in Bild 3 wiedergegebenen Polardiagramms darstellen.

In die Polardiagramme wurde auch der Bereich $\gamma \leq 7,5^\circ$ eingezeichnet, der bei einer Sonnenlichtreflexion in die Fensterflächen nicht zu berücksichtigen ist.

Haben die γ -Flächen Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht in die jeweilige Fensterfläche. Die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden.

8.1 Gebäude 1

Die γ -Fläche (Bild 4) liegt vollständig außerhalb des Polardiagramms, sie hat keine Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann nicht in die Fensterflächen dieses Hauses reflektiert werden. Wenn γ -Kurven außerhalb des Polardiagramms liegen, kann rechnerisch nur bei negativen Sonnenständen (die Sonne steht unterhalb des Horizonts) Sonnenlicht in eine Fensterfläche reflektiert werden. In der Realität bedeutet diese Aussage, dass das Sonnenlicht immer weit über das Haus hinweg reflektiert wird. Dieser Sachverhalt ist in Bild 6 zur besseren Erläuterung auch schematisch dargestellt.

8.2 Gebäude 2

Auch die für dieses Haus ermittelte γ -Fläche (Bild 4) liegt fast vollständig außerhalb des Polardiagramms. Nur in der Jahreszeit ca. vom 15. Februar bis 1 April und vom 1. bis 15. Oktober, gegen 17.30 MEZ bzw. 18.30 MESZ, erreicht reflektiertes Sonnenlicht die Fensterflächen; da der vertikale Sonnenhöhenwinkel γ aber 7° nicht überschreitet, ergibt sich auch für dieses Gebäude keine Sonnenlichtreflexion, in die Fensterflächen, die gemäß der 30 Stunden-/30 Minuten-Regel der WEA-Schattenwurf-Hinweise zu berücksichtigen ist.

8.3 Gebäude 3 bis 5

Die γ -Flächen für diese drei Gebäude (Gebäude 3: grüne Fläche Bild 5; Gebäude 4: braune Fläche Bild 4; Gebäude 5: schwarze Fläche Bild 5) haben Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien für Winkel $\gamma > 7,5^\circ$, und zwar in der Jahreszeit etwa von Anfang April bis Mitte September, in dieser Jahreszeit tritt etwa zwischen 17.30 Uhr und 17.40 Uhr MEZ Sonnenlichtreflexion in Richtung der Fensterflächen dieser drei Gebäude auf.

Die genauen Jahres- und Tageszeitanteile der Sonnenlichtreflexion, ermittelt aus den Bildern 4 und 5 bzw. aus den dazugehörigen excel-Tabellen, sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die daraus berechneten Jahresstunden sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Gebäude	Jahreszeit	Kalender-tage	Uhrzeit (Mittelwert)	
			MEZ	MESZ
3	3. 4. -13. 9.	164	17.40 - 17.45	18.40 - 18.45
4	1. 4. -15. 9.	168	17.45 - 17.55	18.45 - 18.55
5	29. 3. -17. 9.	172	17.40 - 17.55	18.40 - 18.55

Tabelle 1: Jahresanteile, in denen von der PV-Anlage in Richtung der Wohngebäude 3 bis 5 reflektiert wird

Gebäude	maximale tägliche Reflexionszeit	mittlere tägliche Reflexionszeit	Einwirkzeit pro Kalenderjahr
3	6 Minuten	5 Minuten	$164 \times 5/60 = 13,7$ Stunden
4	5 Minuten	5 Minuten	$168 \times 5/60 = 14$ Stunden
5	10 Minuten	8,5 Minuten	$172 \times 8,5/60 = 24,4$ Stunden

Tabelle 2: Tägliche und jährliche Reflexionszeiten, in denen von der PV-Anlage Sonnenlicht in Richtung der Wohngebäude 3 bis 5 reflektiert wird

8.4 Fazit

Ergebnis: Die Dauer der Einwirkung des von der PV-Anlage reflektierten abendlichen Sonnenlichts in Richtung der benachbarten Wohngebäude überschreitet in keinem Fall die nach WSH zulässige Einwirkzeit von 30 Stunden pro Kalenderjahr und 30 Minuten pro Kalendertag. Aus Sicht der Vermeidung von Lichtimmissionen in Richtung der Wohnbebauung von Peterswörth ist es daher nicht notwendig, eine Hecke um das PV-Gelände zu pflanzen. Andererseits wird die Hecke, wenn sie bis zur endgültigen Höhe herangewachsen ist, dazu führen, dass auch bei den Wohngebäuden 3 bis 5 und der anderen evtl. betroffenen Wohngebäude die Lichtimmission in die Erdgeschossfenster vollständig verhindert und die Dauer der Lichtimmission in die Fenster der Obergeschosse deutlich reduziert wird.

9 Zusammenfassung

Die Dauer der Einwirkung des von der PV-Anlage Peterswörth reflektierten Sonnenlichts in Richtung der benachbarten Wohngebäude überschreitet in keiner Situation die Zeit von 30 Stunden pro Kalenderjahr und 30 Minuten pro Kalendertag. Damit sind die Anforderungen der WEA-Schattenwurf-Hinweise erfüllt.

Insgesamt können Blendungen oder andere Störungen von Anwohnern durch die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Von daher ist gegen die Errichtung der PV-Anlage Gundelfingen-Peterswörth nichts einzuwenden.



Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

Anhang



Bild 1: Die geplante PV-Anlage (rot umrandet, schematische Darstellung). A bis H: Bewertungspunkte der PV-Anlage; 1 bis 5: Für diese Wohngebäude wurden die Untersuchungen durchgeführt

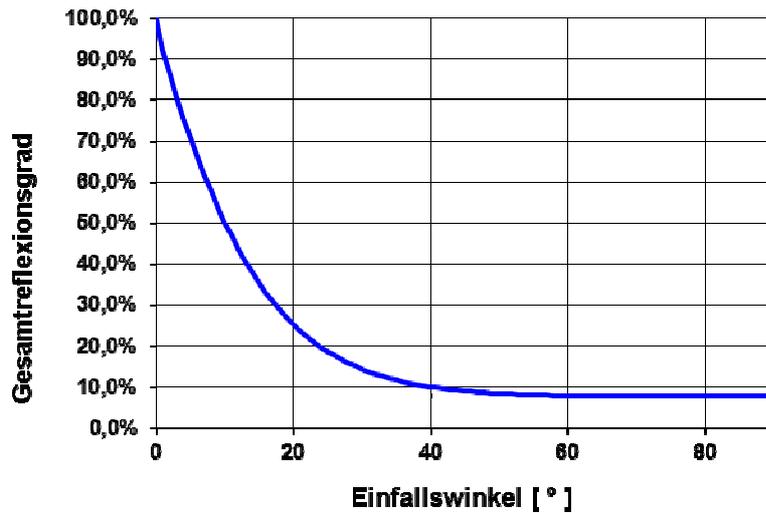


Bild 2: Gesamtreflexionsgrad der Oberfläche eines neuen Solarmoduls in Abhängigkeit vom Einfallswinkel des Sonnenlichts. Winkel nahe 0°: Das Licht fällt streifend auf die Moduloberfläche. 90°: senkrechter Lichteinfall

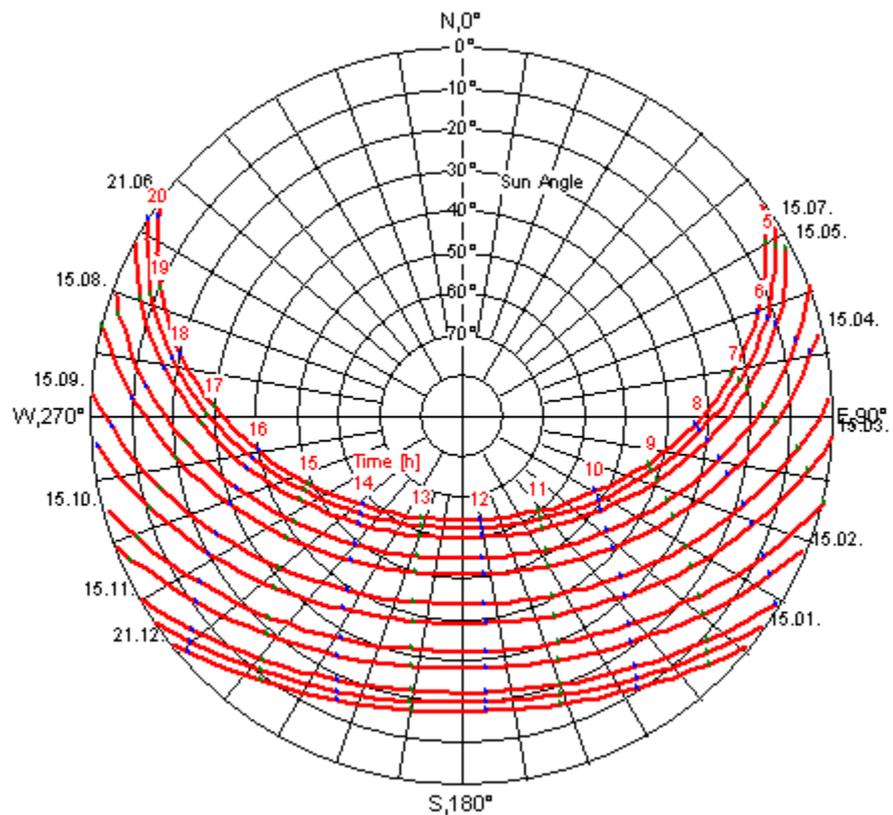


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung; rote Linien) für Gundelfingen-Peterswörth
Quelle des Sonnenstandsdiagramms: www.stadtklima-stuttgart.de

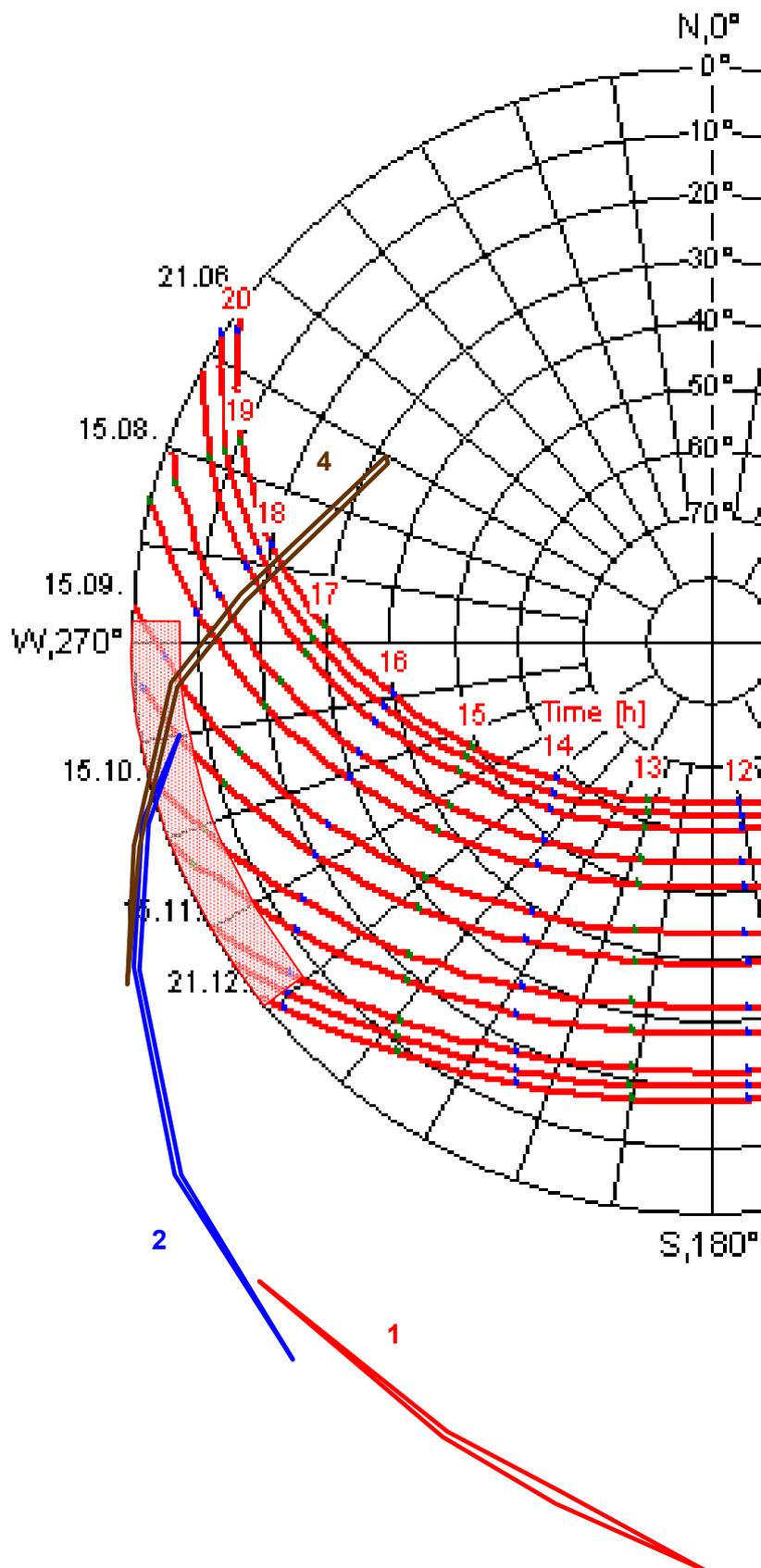


Bild 4: Vergrößerter Ausschnitt aus Bild 3.
 γ -Flächen 1, 2, 4: Gebäude 1, 2 und 4 aus Bild 1;
Rot schraffierte Fläche: Bereich $\gamma \leq 7,5^\circ$

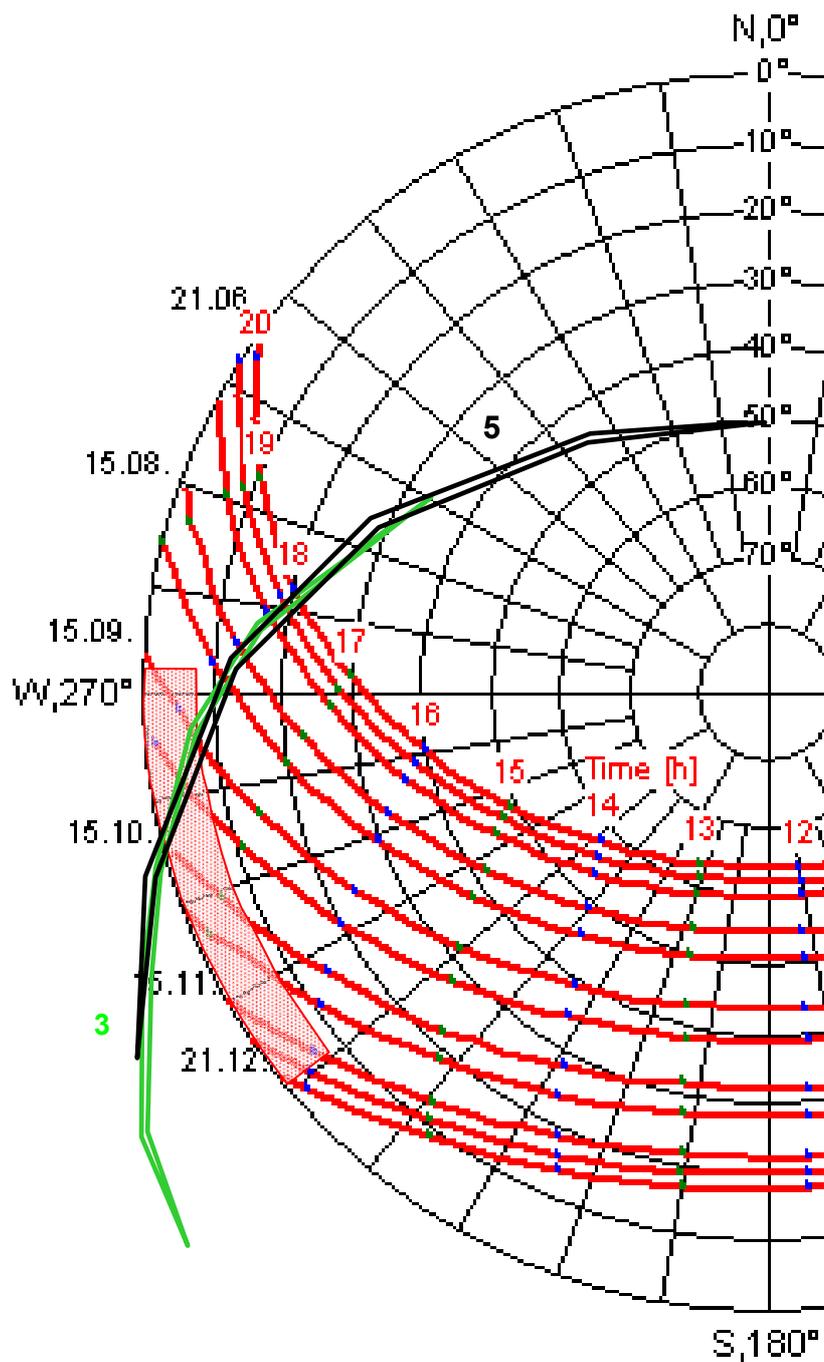


Bild 5: Vergrößerter Ausschnitt aus Bild 3.
 γ -Flächen 3, 5: Gebäude 1 bis 5 aus Bild 1;
Rot schraffierte Fläche: Bereich $\gamma \leq 7,5^\circ$

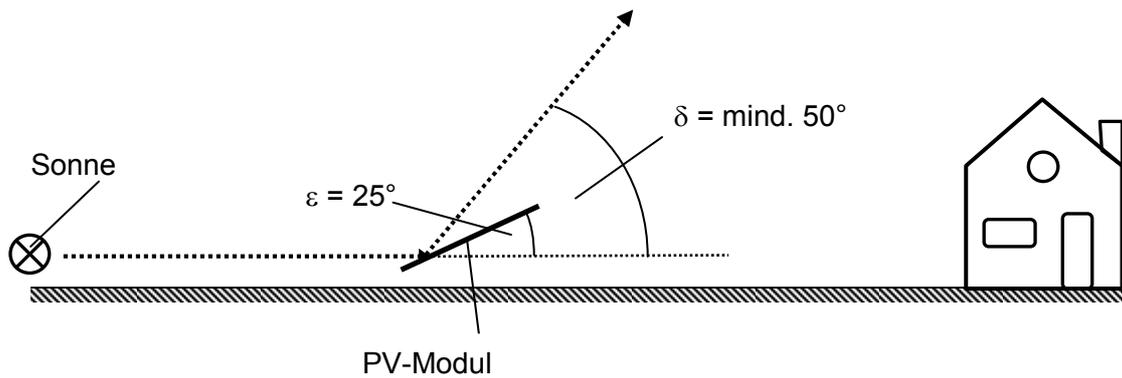


Bild 6: *Befindet sich ein Haus im Norden einer PV-Anlage, wird das Sonnenlicht immer, selbst bei am Horizont stehender Sonne, über das Haus hinweg reflektiert (schematische Darstellung)*