

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 12. 3. 2021

G u t a c h t e n
G11/2021
zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung
von Nutzern der LA 36 durch die bei Pfeffenhausen
zu installierende Photovoltaikanlage „Burghart“

(Dieses Gutachten besteht aus 11 Seiten
und einem Anhang mit weiteren 6 Seiten)

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die BürgerEnergie Essenbach e.G., Landshuter Str. 12 in 84051 Essenbach.

Auftragsdatum: 3. 3. 2021

2 Auftragsache

Die BürgerEnergie Essenbach plant die Errichtung der Freiflächen-Photovoltaikanlage „Burghart“, die sich in ca. 3 km Entfernung von Markt Pfeffenhausen befindet. Es stellt sich die Frage, ob Nutzer der Kreisstraße LA 36, die durch das Gebiet der PV-Anlage führt, in unzumutbarer Weise geblendet oder belästigt werden könnten. Dieses Gutachten dient der Untersuchung 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) bzw. momentane Fahrtrichtung eines Kraftfahrers	α
Ausrichtung der Modultischreihen gegen Ost oder West	ν
vertikaler Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts	δ
Neigung der PV-Module gegen Süd	ε
vertikaler Blickwinkel Kraftfahrer - vor ihm liegende Fahrbahn	σ

im Raum liegender Blickwinkel (gebildet durch die Blickrichtung eines Kraftfahrers - Richtung reflektiertes Sonnenlicht)	θ
horizontaler Blickwinkel Mitte Kraftfahrer - PV-Anlage	τ
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontaler Blickrichtung Kraftfahrer - PV-Anlage)	ψ
vertikaler Blickwinkel Kraftfahrer - PV-Anlage	λ

4 Informationen zur Photovoltaik-Anlage

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

- Lageplan
- Höhenplan der PV-Anlagenfläche
- Modulbelegungsplan
- Moduldatenblatt
- Fotos
- Mündliche und Emailinformationen durch Herrn Martin Hujber und Herrn Korbian Ostermaier, BürgerEnergie Essenbach

Die Geländehöhen der PV-Anlage und der LA 36 wurden dem Höhenplan entnommen. Die Entfernungen und horizontalen Winkel wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Burghart (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 Burghart und topografische Daten

5.1 Die PV-Anlage

Die PV-Anlage wird auf einem bisher landwirtschaftlich genutzten Gelände errichtet, s. Bild 1 im Anhang. In Frage kommen zwei mögliche Modullayouts. Beim von der BürgerEnergie Essenbach bevorzugten Layout werden die Module auf sogenannten Modultischreihen montiert, die prinzipiell in Ost-West-Richtung ausgerichtet werden, allerdings mit den in Bild 2 gezeigten und in Tabelle 1 aufgelisteten Variationen der Ausrichtung. Ein positives ν bedeutet, dass die Modultische im Uhrzeigersinn gedreht sind. In der Tabelle 2 sind auch die mittleren Höhen der Baufelder über Normalnull (NN) eingetragen. Die Modulneigung ε gegen Süd beträgt 30° . Die Länge der Modultischreihen entspricht der verfügbaren Breite des jeweiligen Baufeldes in Ost-West-Richtung. Die Höhe der Moduloberkante (MOK) über der Geländeoberkante (GOK) beträgt 4,00 m, die Höhe der Modulunterkante (MUK) über GOK 0,60 m.

Beim alternativen Layout werden die Modultischreihen in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet, die Module sind nach Ost bzw. West um 15° geneigt - „Satteldach“-Ausrichtung. Dieses Layout ist in Bild 3 wiedergegeben. MOK und MUK betragen 3,00 m bzw. 1,00 m.

Baufeld	Ausrichtung der Modultischreihen ν	mittlere Höhe über NN (ca.-Werte)
1	20°	487 m - 490 m
2	30°	485 m - 488 m
3	10°	485 m - 486 m
4	7°	464 m - 481 m
5	-2°	475 m - 490 m
6	-6°	486 m - 490 m
7	-4°	480 m - 489 m
8	0°	480 m - 485 m

Tabelle 1: Die Baufelder 1 bis 8 beim Layout mit Modulneigung gegen Süd

Die Geländehöhe der Baufelder steigt von Süd nach Nord an, wobei allerdings bei den Baufeldern 5 und 6 innerhalb des Geländes leichte Senken vorhanden sind, die bei der Berechnung und Bewertung der Sonnenlichtreflexion zu berücksichtigen sind. Baufeld 4 grenzt im Süden und Baufeld 5 im Westen in einem Abstand von ca. 30 m an Wald, der bei Baufeld 5 bei flach im Westen stehender Sonne zu einer gewissen Verschattung der PV-Anlage führt.

Es ist geplant, monokristalline Half-Cut-Solarmodule vom Typ IBC MonoSol 375 OS9-HC mit einer Modulleistung von 375 W_{peak} einzusetzen. Allerdings kann sich der Modultyp noch ändern; da aber alle handelsüblichen Solarmodule etwa die gleiche Reflexionscharakteristik besitzen, wirkt sich eine Änderung des Modultyps nicht auf die evtl. Blendwirkung aus. Die installierte Leistung liegt bei ca. 12,067 MW_{peak}.

5.2 Die Kreisstraße LA 36

Diese Straße führt südlich der Baufelder 5 und 6 bzw. nördlich der Baufelder 7 und 8 an der PV-Anlage vorbei. Die Höhe der Fahrbahnoberkante (FOK) liegt bei ca. 490 m über NN. Der Fahrtrichtungswinkel beträgt im interessierenden Abschnitt 87°/267° ± 4°. In Fahrtrichtung West sind die Baufelder 3, 4, 7 und 8 erst etwa ab Markierung A sichtbar, die Baufelder 1 und 2 erst ab Markierung B. In Fahrtrichtung Ost sieht ein Kraftfahrer die nördlich der Straße gelegenen Baufelder ab Markierung D und die südlich der Straße gelegenen Baufelder ab Markierung C.

Die GOK der südlichen Grenze der Baufelder 5 und 6 liegt ca. 1,5 m oberhalb der FOK, die GOK der nördlichen Grenze der Baufelder 7 und 8 mindestens 1 m unterhalb der FOK. Der Abstand des Randes der Fahrbahn zur nächstgelegenen Modulreihe beträgt mindestens 15 m.

Im Nordosten in unmittelbarer Nähe der PV-Anlage befindet sich eine Wasseraufbereitungsanlage (Markierung W in Bild 1), ebenfalls im Nordosten in ca. 400 m liegt das Gehöft Grünberg (Markierung G). Auf diese potentiellen Lichtimmissionsorte wird in den Abschnitten 7.3 und 7.4 eingegangen.

6 Beschreibung der eventuell von PV-Anlagen ausgehenden Blend- und Störwirkungen für Kraftfahrer

6.1 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, bei der man nicht mehr in der Lage wäre, z.B. ein Kfz sicher zu führen, da im Gesichtsfeld des Autofahrers keine Kontraste mehr erkennbar sind. 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 kaum, 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 Blendgefahr 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 verkehrsgefährdende Situationen entstehen.
2. Die Blendwirkung durch reflektierende Objekte ist zeitlich und örtlich sehr begrenzt, während die Sonnenblendung über längere Zeit auf den Menschen einwirken kann.

Ob Blendung auftritt, ist sehr stark vom Winkel θ , gebildet von der Blickrichtung eines Beobachters und der Verbindungslinie Auge des Beobachters - blendende Lichtquelle (z.B. Auge des Kraftfahrers zur PV-Anlage) abhängig. **Bei Nacht** nimmt die Blendempfindlichkeit B proportional mit dem reziproken Wert des Winkelquadrats ab: $B \sim 1/\theta^2$. Bei Nacht wird physiologische Blendung deshalb nur in einem Winkelbereich $\theta \pm 30^\circ$, bezogen auf die Blickrichtung, berücksichtigt; Licht aus größeren Winkeln liefert keinen nennenswerten Betrag zur Blendung. **Bei Tageslicht** hat man andere Verhältnisse: Die Gesamthelligkeit ist um mehrere Zehnerpotenzen höher als bei Nacht. Die evtl. blendenden Objekte werden nicht wie bei Nacht gegen eine meist lichtlose Umgebung gesehen, sondern die Umgebung hat ebenfalls eine gewisse

Helligkeit. Diese beiden Unterschiede führen dazu, dass tagsüber Blendungseffekte eher selten auftreten. Die reziprok quadratische Abhängigkeit der Blendung vom Winkel θ gilt auch nicht mehr unbedingt; allerdings nimmt auch bei Tageslicht die Blendung deutlich zu, wenn der Blickwinkel θ kleiner wird.

Für die Nacht gibt es klare Anforderungen an die Begrenzung der Blendung, die von leuchtenden Objekten ausgeht. Für die Bewertung von Blend- oder anderen visuellen Störeffekten, die von Bauwerken oder anderen technischen Anlagen bei Tageslicht erzeugt werden, gibt es überhaupt keine Regelwerke oder Vorschriften. Deshalb ist man hier auf Einzelfallbetrachtungen und -entscheidungen angewiesen.

Der Blickwinkel θ ist bei Tageslicht weniger kritisch zu sehen als bei Nacht. Bei Tageslicht liefert störendes Licht aus **Winkeln $\theta > 20^\circ$** keinen merklichen Beitrag zur Blendung und kann außer Betracht bleiben. Störendes Licht aus einem **Winkelbereich $10^\circ < \theta \leq 20^\circ$** kann u.U. eine moderate Blendung erzeugen. I.a. kann man Blendung wie oben beschrieben durch leichtes Zur-Seite-Schauen oder „Ausblenden“ der störenden Lichtquelle vermeiden. Dieser Winkelbereich sollte aber bei einer Blendungsbewertung mit in Betracht gezogen werden. Kritischer sind **Blickwinkel $5^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$** , und besonders kritisch Winkel $\theta \leq 5^\circ$, wenn also die störende Lichtquelle direkt im Gesichtsfeld des Beobachters liegt. Ein Kraftfahrer hat nicht mehr die Möglichkeit, diese Lichtquelle „auszublenken“: Er muss den vor ihm liegende Gleiskörper bzw. die Straße und dessen Umgebung beobachten und alle Licht- und sonstigen Signale sowie die Anzeigeeinstrumente im Pkw eindeutig erkennen können. Deshalb kann man in solchen Situationen seinen Blick nicht beliebig zur Seite richten, um einem evtl. vorhandenen Blendreflex auszuweichen.

Bei allen Situationen, in denen evtl. eine Blendgefahr besteht, ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Sonne ebenfalls im Blickfeld des Beobachters befindet und das direkte Sonnenlicht **gleichzeitig** mit dem Blendreflex auf den Beobachter einwirkt.

Um eine Aussage über die Blendwirkung einer PV-Freiflächenanlage machen zu können, muss im Zweifelsfall unter Beachtung des Blickwinkels die Beleuchtungsstärke der Blendlichtquelle ins Verhältnis zur Beleuchtungsstärke der Sonne gesetzt werden.

7 Blend- und Störpotential der geplanten PV-Anlage für Kraftfahrer

7.1 Zeitliche Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion ins Auge eines Kraftfahrers

7.1.1 Sehbedingungen eines Kraftfahrers

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Blendung zu bewerten, ist es zunächst notwendig, die Wahrscheinlichkeit dafür zu ermitteln, dass von der Anlage reflektiertes Licht in die Blickrichtung eines Kraftfahrers gelangt. Ist eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegeben, muss die Intensität des reflektierten, ins Auge des Vorbeifahrenden gerichteten Lichts ermittelt werden. Das Blendrisiko insgesamt ergibt sich aus der Bewertung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Intensität des ins Auge eines Vorbeifahrenden reflektierten Sonnenlichts.

Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Blendrisikos kann mithilfe eines so genannten Sonnenstandsdiagramms ermittelt werden. Bild 2 zeigt das Sonnenstandsdiagramm für Burghart 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.

Zunächst muss der im Raum liegende Winkel Blickwinkel θ zwischen Kraftfahrer und PV-Anlage ermittelt werden. θ ergibt sich aus folgender Formel:

$$\cos \theta = \cos \sigma \cdot \cos \lambda \cdot \cos \psi \quad (1)$$

Die in dieser Formel genannten Winkel müssen gemäß den Sehbedingungen für bestimmte Situationen der Vorbeifahrt von Kraftfahrern an der PV-Anlage ermittelt werden.

Die Berechnungen wurden für die Sehbedingungen eines Lkw-Fahrers durchgeführt, die hinsichtlich einer Sonnenlichtreflexion ins Fahrerauge kritischer anzusehen sind als die Bedingungen für einen Pkw-Fahrer: Die mittlere Augenhöhe eines Lkw-Fahrers beträgt ca. 2,50 m, die des Pkw-Fahrers ca. 1,12 m; deshalb kann eine PV-Anlage vom höher sitzenden Lkw-Fahrer u.U. zeitlich eher und auf größere Entfernungen gesehen werden, wodurch theoretisch die Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer erhöht werden kann. Es kann angenommen werden, dass der Fahrer bei einer Fahrt auf einer Straße normalerweise auf einen Punkt auf der Fahrbahn blickt, der etwa 50 m vor ihm liegt. Daraus ergibt sich mit der mittleren Augenhöhe eines Lkw-Fahrers h_F von 2,50 m ein vertikaler Winkel σ von ca. $-2,9^\circ$ (Blick leicht nach unten). Dieser Winkel σ wurde bei den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt.

7.1.2 Auswertung mittels des Sonnenstandsdiagramms

ψ ist der horizontale Winkel zwischen der momentanen Fahrtrichtung α und der horizontalen Blickrichtung τ Kraftfahrerauge - bestimmter Punkt der PV-Anlage. Fährt ein Kfz an der PV-Anlage vorbei, ändert sich ständig die Blickrichtung τ des Kraftfahrerauges zur Anlage und damit auch der Winkel ψ .

Damit Sonnenlicht in Richtung Kraftfahrerauge reflektiert werden kann, muss der vertikale Blickwinkel des Kraftfahrerauges λ dem vertikalen Winkel des von den Solarmodulen reflektierten Lichts δ entsprechen: $\lambda = -\delta$ (wenn λ abwärts gerichtet ist, muss δ aufwärts gerichtet sein und umgekehrt).

Für bestimmte Punkte der Annäherung eines Kfz an die bzw. Vorbeifahrt an der PV-Anlage werden nun mittels google earth die Winkel τ , α , ψ bestimmt, dann wird nach obiger Formel (1) der Winkel θ berechnet. Mit den weiteren Parametern Neigung der Module $\varepsilon = 30^\circ$ nach Süd bzw. 15° nach Ost oder West und dem vertikalen Winkel λ werden dann die trigonometrischen Berechnungen zur Ermittlung des Sonnenazimuts α und der vertikalen Sonnenhöhenwinkel γ durchgeführt, unter denen das Sonnenlicht auf die PV-Module fallen müsste, damit das reflektierte Licht ins Auge eines Kraftfahrers fallen kann.

Die Ergebnisse der Berechnungen für α und γ werden in das Sonnenstandsdiagramm für Burghart eingetragen. Die Berechnungen werden für die gesamte Fläche oder eine Teilfläche eines Baufeldes von einem festen Beobachterstandort aus durchgeführt, deshalb stellen die ermittelten α/γ -Werte Flächen in Form von geschlossenen Polygonzügen dar, die im Folgenden als γ -Flächen bezeichnet werden. Haben diese γ -Flächen Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, fällt Sonnenlicht ins Auge eines Kraftfahrers; die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden. Bei fehlenden Schnittpunkten ist keine Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer möglich.

Berücksichtigt wurden alle Blickwinkel Kraftfahrer - PV-Anlage $\theta \leq 20^\circ$, weil nach Abschnitt 6.1 nur in diesem Winkelbereich reflektiertes Sonnenlicht störende Blendung erzeugen kann.

7.2 Ergebnisse

7.2.1 Layout mit nach Süden geneigten Modulen

Wie bereits in Abschnitt 5.1 erwähnt, stellt das Layout mit nach Süden geneigten Modulen die bevorzugte Variante dar. Die Berechnungen der Richtung des reflektierten Sonnenlichts werden zunächst für diese Variante durchgeführt.

7.2.1.1 Baufelder 1 bis 4

Die Blickwinkel θ eines die LA 36 in beiden Fahrtrichtungen befahrenden Kraftfahrers in Richtung dieser vier Baufelder liegen im Bereich von mindestens 34° (Fahrtrichtung West, bei den Blickpunkten A oder B) bzw. mindestens 23° (Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt D) und damit gemäß Abschnitt 6.1 außerhalb des Blickwinkelbereiches, bei dem Kraftfahrerblendung auftreten kann. Trotzdem wurde die Richtung des von diesen Baufeldern reflektierten Sonnenlichts in Richtung Kraftfahrer ermittelt, um zu demonstrieren, dass unabhängig vom Blickwinkel kein Sonnenlicht in Richtung Kraftfahrer auf der LA 36 reflektiert werden kann. Die berechneten γ -Flächen sind in Bild 4 zusammengestellt. Sämtliche γ -Flächen liegen oberhalb der roten Sonnenstandslinien und haben keine Schnittpunkte mit diesen, Sonnenlicht kann selbst bei größeren Blickwinkeln den Kraftfahrer nicht erreichen, dieser kann von den Baufeldern 1 bis 4 nicht geblendet werden. Dieses Ergebnis ergibt sich aus der Tatsache, 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 Kraftfahrers gelangen kann, der in Richtung Norden blickt.

7.2.1.2 Baufelder 5 und 6

In Bild 5 sind die γ -Flächen für die Baufelder 5 und 6 in blauer bzw. grüner Farbe für einen Kraftfahrer eingezeichnet, der die LA 36 in beiden Fahrtrichtungen befährt. Diese Flächen haben Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann etwa in den Jahreszeitanteilen 8. März bis 30. April und 15. August bis 10. Oktober zwischen 17.30 Uhr und 18.10 Uhr MEZ in Fahrtrichtung West zum Kraftfahrer gelenkt werden. In Fahrtrichtung Ost tritt die Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer etwa in der Zeit vom 12. März bis 18. September zwischen 6.30 Uhr und 6.50 Uhr MEZ auf. Die Sonnenlichtreflexion stammt nur von den jeweils drei südlichsten Modulrei-

hen. Der Winkel θ zwischen Blick zur Fahrbahn und Blick zur PV-Anlage beträgt teilweise nur ca. $1,5^\circ$, die Anlage befindet sich dann im zentralen Gesichtsfeld des Kraftfahrers, es kann eine verkehrgefährdende Blendung des Kraftfahrers auftreten. Zu Abhilfemaßnahmen s. Abschnitt 7.2.2.2.

7.2.1.3 Baufelder 7 und 8

Gemäß Tabelle 1 liegen die Geländehöhen dieser Baufelder unterhalb der Fahrbahnoberkante, so dass von einem Kraftfahrer auf der LA 36 nur die oberen 2 bis 3 Modultischreihen sichtbar sind. In Bild 5 sind die γ -Flächen für beide Baufelder für den kompletten Bereich des Blickwinkels θ bis 20° in brauner bzw. schwarzer Farbe eingezeichnet (für Baufeld 8, Fahrtrichtung Ost, wurde keine γ -Fläche berechnet, weil in dieser Fahrtrichtung das Baufeld für den Kraftfahrer unter blendkritischen Blickwinkeln nicht sichtbar ist). Die Flächen liegen unterhalb der roten Sonnenstandslinien, sogar unterhalb (außerhalb) des Polardiagramms und haben keine Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann nicht zum Kraftfahrer auf der LA 36 gelenkt werden. Dieser Sachverhalt gibt die Tatsache wieder, dass ein Kraftfahrer, der nördlich an den Baufeldern 7 und 8 vorbeifährt, nur die Modulrückseiten sieht und das Sonnenlicht immer über das Kfz hinweg reflektiert wird. Blendung des Kraftfahrers durch diese beiden Baufelder ist nicht möglich.

7.2.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse bei Südausrichtung der Module

Blendung für einen die LA 36 befahrenden Kraftfahrer tritt nur bei den Baufeldern 5 und 6 auf, und auch bei diesen nur durch jeweils drei südlichsten Modulreihen. Von den nördlicher gelegenen Modulreihen dieser beiden Baufelder sowie von den kompletten Baufeldern 1 - 4, 7, 8 wird unter blendkritischen Blickwinkeln kein Sonnenlicht zu einem Kraftfahrer gelenkt.

Die Veränderung der Modulneigung nach Süd oder der Modulausrichtung ändern nur die Tages- oder Jahreszeit der Blendung, können diese aber nicht verhindern. Im folgenden Abschnitt wird die Möglichkeit zur Verhinderung der Blendung aus den Baufeldern 5 und 6 mittels der Satteldachanordnung behandelt.

7.2.2 Layout mit nach Osten und Westen geneigten Modulen (Satteldachanordnung)

7.2.2.1 Baufelder 1 bis 4

In Abschnitt 7.2.1.1 wurde erläutert, 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 Kraftfahrers gelangen kann, der in Richtung Norden blickt. Diese Aussage gilt natürlich unabhängig von der Modultischausrichtung, so dass bei den Baufeldern 1 bis 4 die Module ohne weiteres auch in Satteldachausführung installiert werden können.

7.2.2.2 Baufelder 5 und 6

Die Berechnungen erfolgten für die Baufelder 5 und 6 für den Fall, dass die Module der drei südlichsten, blendkritischen Modulreihen nicht nach Süden, sondern nach Ost bzw. West ausgerichtet werden (Satteldachanordnung, Modulneigung: $\pm 15^\circ$;

MOK: 3,00 m, MUK: 1,00 m). Die übrigen Teile der Baufelder 5 und 6 bleiben im Layout mit nach Süden geneigten Modulen. Das so entstehende Layout ist in Bild 7 wiedergegeben. In Bild 6 sind die berechneten γ -Flächen für die Teilflächen in Satteldachanordnung in blauer und grüner Farbe dargestellt. Die γ -Flächen haben teilweise in einem sehr kleinen Abschnitt Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien. In Fahrtrichtung West kann das Sonnenlicht von Baufeld 6 gegen 17 Uhr MEZ für ca. 10 Minuten von der westlichen Ecke der südlichsten Modulreihe zum Kraftfahrer reflektiert werden. Von Baufeld 5 wird in dieser Situation kein Sonnenlicht zum Kraftfahrer reflektiert. In Fahrtrichtung Ost wird von beiden Baufeldern gegen 6.30 Uhr MEZ für ca. 15 Minuten Sonnenlicht zum Kraftfahrer reflektiert; das Sonnenlicht stammt aus den östlichen Ecken der jeweils südlichsten Modulreihe der beiden Baufelder.

Aus der Tatsache, dass kurzzeitig Sonnenlicht zum Kraftfahrer reflektiert werden kann, ist aber noch nicht zu schließen, dass der Kraftfahrer in diesen Situationen auch geblendet wird. Die Streckenlänge, während der die Sonnenlichtreflexion auftritt, beträgt ca. 50 m. Ein die LA 36 mit Tempo 60 befahrender Kraftfahrer durchfährt diese Strecke in 3 Sekunden. Wegen der relativ großen Entfernung Kraftfahrer-reflektierende Teilfläche (250 m bis 300 m) werden diese reflektierenden Teilflächen unter extrem kleinen Höhenwinkeln, unter $0,1^\circ$, gesehen, so dass nur ein sehr kleiner Anteil des Sonnenlichts von diesen Teilflächen reflektiert werden kann mit der Folge, dass die Intensität des reflektierten Sonnenlichts sehr viel geringer ist als die Intensität des direkten Sonnenlichts, das ja gleichzeitig auf den Kraftfahrer einwirkt, da das reflektierte und das direkte Sonnenlicht etwa aus der gleichen Richtung kommen. Die Berechnungen ergeben, dass das Verhältnis Intensität des reflektierten zur Intensität des direkten Sonnenlichts in dieser Situation ca. 5 % nicht überschreitet. Die kurze Vorbeifahrzeit an den reflektierenden Teilflächen in Verbindung mit der sehr geringen Intensität des reflektierten Sonnenlichts führt dazu, dass diese Sonnenlichtreflexion mit keiner Kraftfahrerblendung verbunden ist.

7.2.2.3 Baufelder 7 und 8

Seitens der BürgerEnergie Essenbach besteht die Überlegung, das Baufeld 7 im Layout Satteldachanordnung auszustatten. In Bild 6 sind die für diesen Fall berechneten γ -Flächen in brauner Farbe eingezeichnet. Sie haben Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann in Fahrtrichtung West in der Zeit vom 12. März bis 15. Mai und 1. August bis 18. September zwischen 15.30 Uhr und 16.30 Uhr MEZ und in Fahrtrichtung Ost in der Zeit vom 12. März bis 18. September von diesem Baufeld zum Kraftfahrer gelenkt werden. Damit wäre eine starke Kraftfahrerblendung verbunden. Deshalb wird vorgeschlagen, die nördlichste, kurze Modultischreihe und die daran anschließende nördlichste, lange Modultischreihe mit nach Süden geneigten Modulen auszustatten und erst die weitere, südlich anschließende Fläche in Satteldachanordnung auszuführen. In Bild 8 ist diese Variante schematisch dargestellt. Die beiden nach Süden geneigten Modultischreihen haben eine MOK von 4 m, die weiteren Modultischreihen in Satteldachanordnung eine MOK von 3 m. Das Gelände des Baufeldes 7 fällt von der LA 36 nach Süden hin um mehrere Meter ab. Die ersten beiden Modultischreihen mit einer MOK von 4 m schirmen daher die weiteren, tiefer gelegenen Modultischreihen mit geringerer MOK gegen den Einblick von der LA 26 ab, dadurch kann auch bei Satteldachanordnung bei Baufeld 7 keine Blendung entstehen. Die beiden Modultischreihen mit nach Süden geneigten Modulen erzeugen gemäß Abschnitt 7.2.1.3 sowieso keine Blendung.

Auch von Baufeld 8 kann bei der Satteldachanordnung Sonnenlicht zum Kraftfahrer gelenkt werden. Die Breite des Baufeldes in Ost-West-Richtung beträgt ca. 16 m, die Breite der halben, nach Ost oder West geneigter Modultischreihe demzufolge jeweils 8 m. Ein die LA 36 mit Tempo 60 befahrender Kraftfahrer durchfährt diese Strecke in 0,48 Sekunden. Er sieht allenfalls einen von Baufeld 8 herrührenden kurzen, schwachen Licht“blitz“, der keine Blendwirkung beim Kraftfahrer auslösen kann.

7.3 Blend- und Störpotential (Lichtimmission) für die Wasseraufbereitungsanlage

Auf dem Gelände der Wasseraufbereitungsanlage befindet sich ein technisches Funktionsgebäude mit vollautomatischer Wasseraufbereitung. Mitarbeiter halten sich dort nur kurzzeitig zur täglichen Funktionskontrolle auf. Im Gebäude befinden sich keine festen Arbeitsplätze und daher keine Räume, die als „schutzwürdige Räume“ gemäß der Definition der „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 09. 2012 zu betrachten sind. Deshalb sind keine Anforderungen der LAI-Hinweise hinsichtlich der Begrenzung der Lichtimmissionszeiten zu erfüllen.

7.4 Blend- und Störpotential für das Gehöft Grünberg

Dieses Gehöft befindet sich in einer Entfernung von ca. 400 m nordöstlich der PV-Anlage Burghart. Von diesem Gehöft sieht man nur die Rückseiten der Module, gemäß Erläuterung in Abschnitt 7.2.1.1 kann kein Sonnenlicht von der PV-Anlage zu diesem Gehöft reflektiert werden.

8 Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob ein die LA 36 befahrender Kraftfahrer durch die geplante PV-Anlage Burghart, bestehend aus 8 Teilflächen, in unzumutbarer Weise geblendet werden kann. Es stehen zwei Varianten des Modullayouts zur Verfügung: Bei der von der BürgerEnergie Essenbach bevorzugten Variante 1 werden die Modultischreihen in Richtung Ost-West ausgerichtet, die Module sind nach Süden geneigt. Bei Variante 2 werden die Modultischreihen in Richtung Nord-Süd ausgerichtet, die Module sind nach Osten bzw. Westen (Satteldachausrichtung) geneigt.

Die Teilflächen 1 bis 4 und 8 können in beiden Varianten ausgelegt werden, ohne den Kraftfahrer zu blenden.

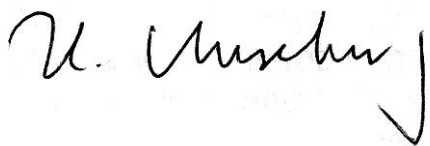
Bei den Teilflächen 5 und 6 kann die Variante 2 gewählt werden, ohne Blendung zu erzeugen. Will man diese beiden Teilflächen aber in Variante 1 ausführen, muss wenigstens die Fläche, die den drei südlichsten Modultischreihen entspricht, in Variante 2 ausgeführt werden, um Blendung zu verhindern.

Bei Teilfläche 7 kann die Variante 1 gewählt werden, ohne Blendung zu erzeugen. Will man diese beiden Teilflächen aber in Variante 2 ausführen, muss wenigstens die Fläche, die den zwei nördlichsten Modultischreihen entspricht (die nördlichste, kurze Modultischreihe und die daran anschließende nördlichste, lange Modultischreihe) in Variante 1 ausgeführt werden, um Blendung zu verhindern.

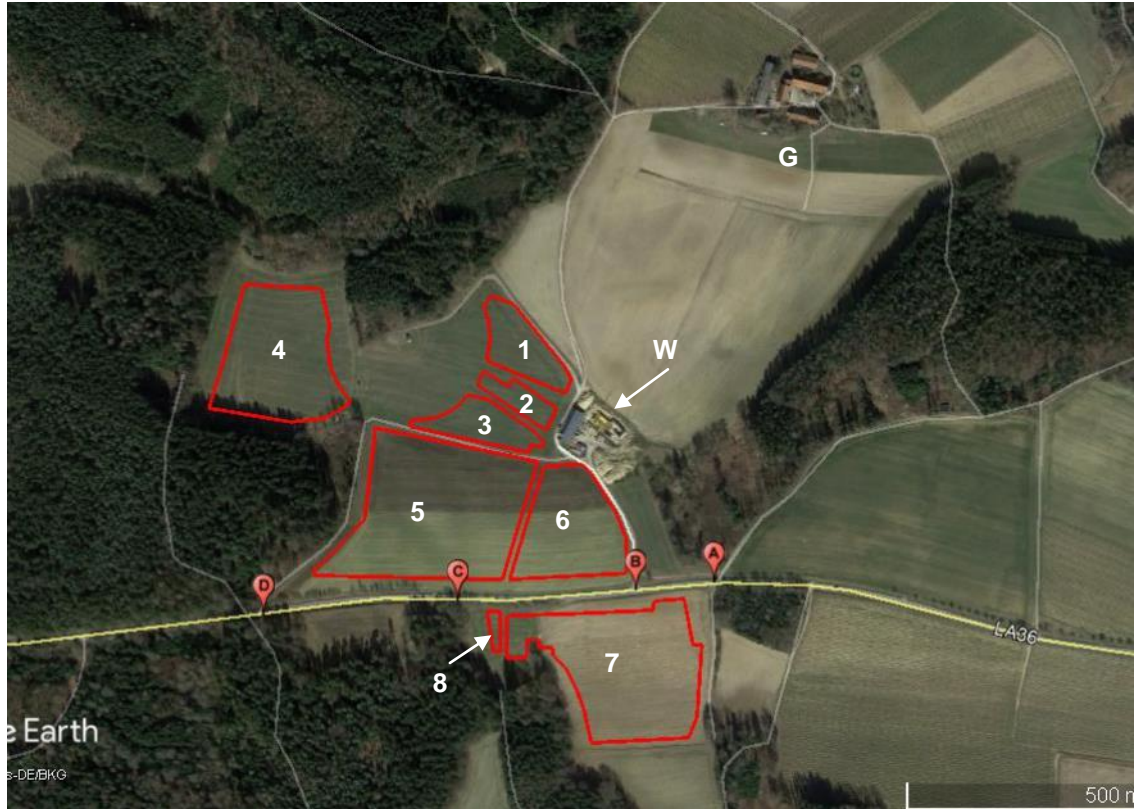
Zur Wasseraufbereitungsanlage gehört auch ein technisches Funktionsgebäude, in dem aber keine festen Arbeitsplätze („schutzwürdige Räume“ in Sinne der LAI-Hinweise) vorhanden sind. Deshalb sind keine Anforderungen der LAI-Hinweise hinsichtlich der Begrenzung der Lichtimmissionszeiten zu erfüllen.

Zum Gehöft Grünberg kann kein Sonnenlicht von der PV-Anlage reflektiert werden.

Bei Ausführung der PV-Anlage gemäß der vorgeschlagenen Layout-Varianten ist gegen die Errichtung der PV-Anlage Burghart aus Sicht des Unterzeichners nichts einzuwenden.



Anhang



*Bild 1: Die geplante PV-Anlage Burghart mit Nummerierung der Baufelder und Markierungen A bis D (Blickpunkte eines Kraftfahrers von der LA 36 zur PV-Anlage).
W: Wasseraufbereitungsanlage
G: Gehöft Grünberg*



Bild 2: Layout der geplanten PV-Anlage Burghart; Variante mit nach Süden geneigten Modulen



Bild 3: Layout der geplanten PV-Anlage Burghart; Variante mit nach Osten bzw. Westen geneigten Modulen; „Satteldach“-Anordnung

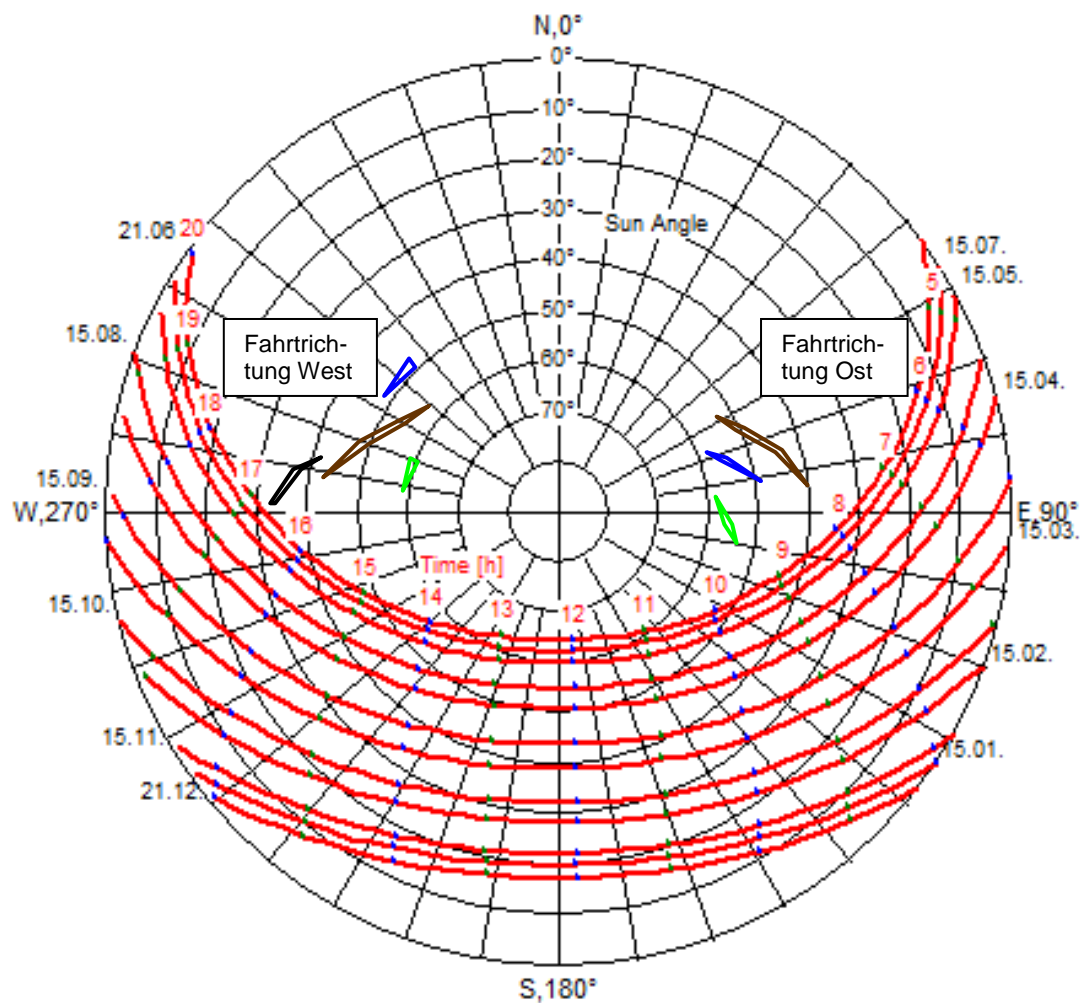


Bild 4: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Burghart mit γ -Flächen zur Bewertung der Vorbeifahrt eines Kfz auf der LA 36 an der PV-Anlage, Modulneigung $\varepsilon = 30^\circ$ gegen Süd, Baufelder 1 bis 4

vom Blickpunkt B aus in Fahrrichtung West
bzw. von Blickpunkt D aus in Fahrrichtung Ost

- : Baufeld 1
- : Baufeld 2
- : Baufeld 3
- : Baufeld 4

Quelle des Sonnenstandsdiagramms: www.stadtklima-stuttgart.de

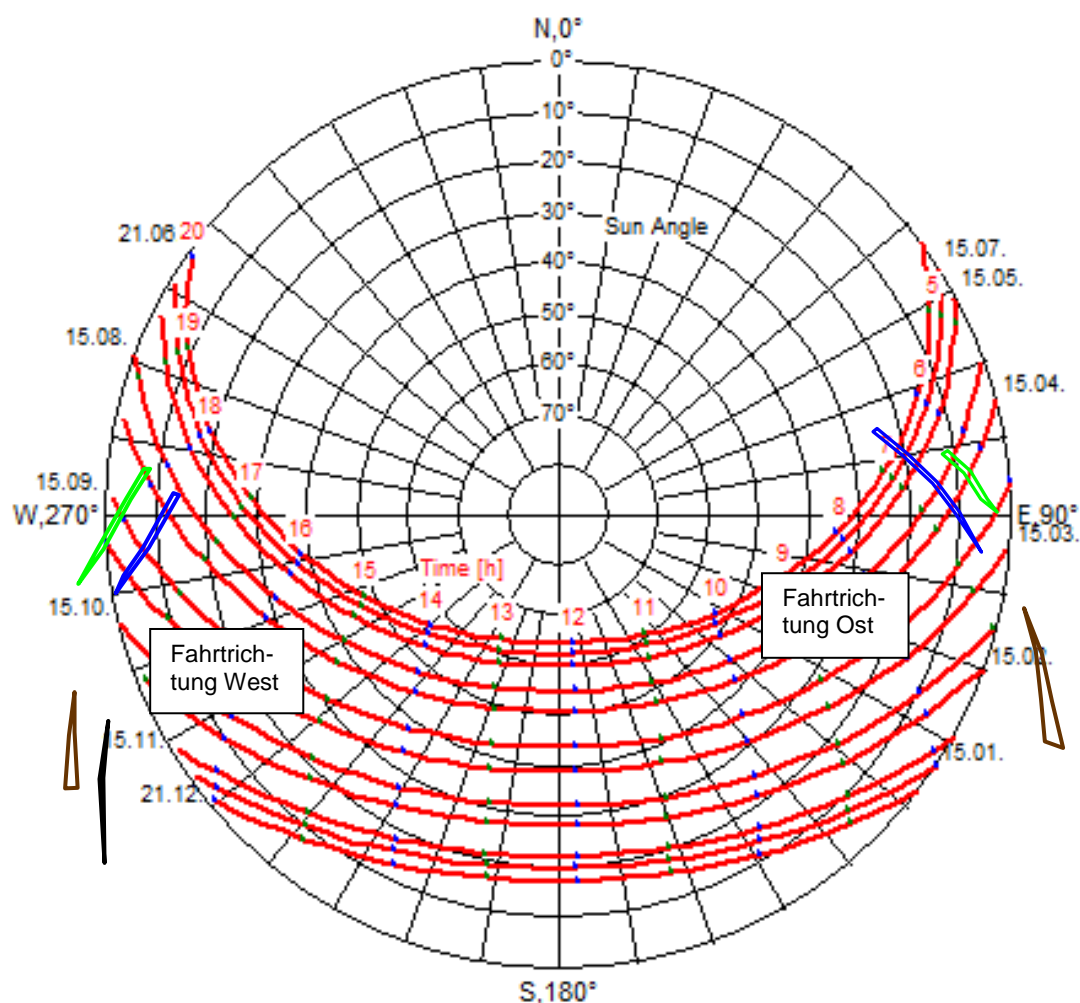


Bild 5: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Burghart mit γ -Flächen zur Bewertung der Vorbeifahrt eines Kfz auf der LA 36 an der PV-Anlage, Modulneigung $\varepsilon = 30^\circ$ gegen Süd, Baufelder 5 bis 8

vom Blickpunkt B aus in Fahrtrichtung West
bzw. von Blickpunkt D aus in Fahrtrichtung Ost

- : Baufeld 5, Fahrtrichtung West, Blickpunkt B
Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt D
- : Baufeld 6, Fahrtrichtung West, Blickpunkt A
Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt C
- : Baufeld 7, Fahrtrichtung West, Blickpunkt A
Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt C
- : Baufeld 8, Fahrtrichtung West, Blickpunkt B
Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt C

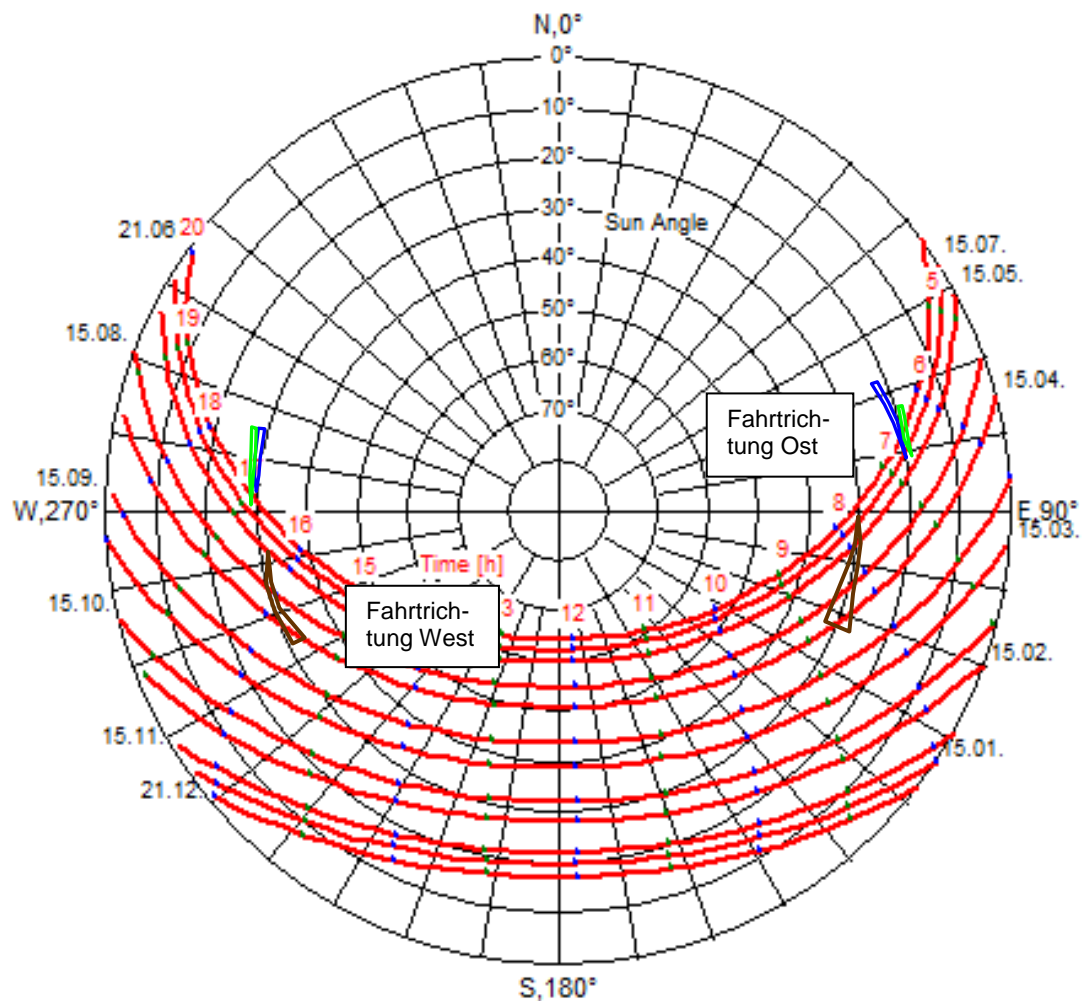


Bild 6: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Burghart mit γ -Flächen zur Bewertung der Vorbeifahrt eines Kfz auf der LA 36 an der PV-Anlage, Modulneigung $\varepsilon = 15^\circ$ gegen Ost bzw. West (Satteldachanordnung), Baufelder 5 und 6

vom Blickpunkt B aus in Fahrtrichtung West
bzw. von Blickpunkt D aus in Fahrtrichtung Ost

- : Baufeld 5, Fahrtrichtung West, Blickpunkt B
Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt D
- : Baufeld 6, Fahrtrichtung West, Blickpunkt A
Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt C
- : Baufeld 7, Fahrtrichtung West, Blickpunkt A
Fahrtrichtung Ost, Blickpunkt C

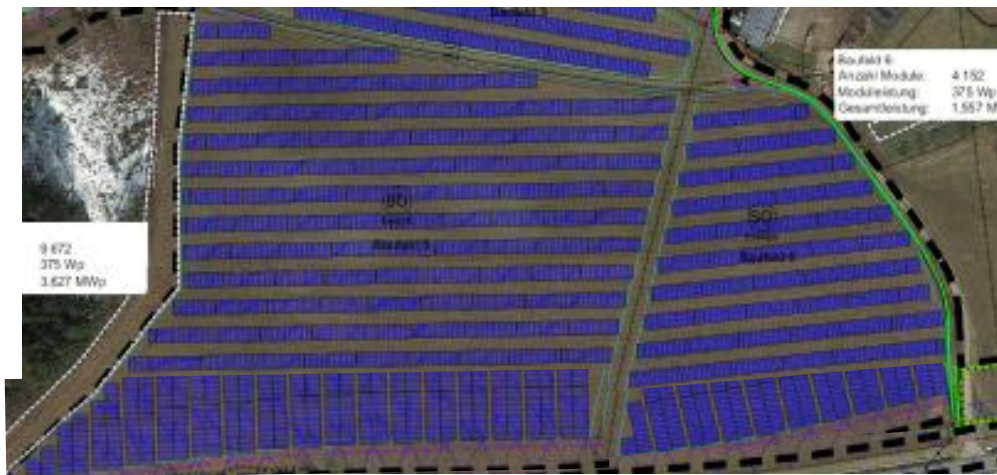


Bild 7: Schematische Darstellung des vorgeschlagenen Layouts für die Baufelder 5 und 6

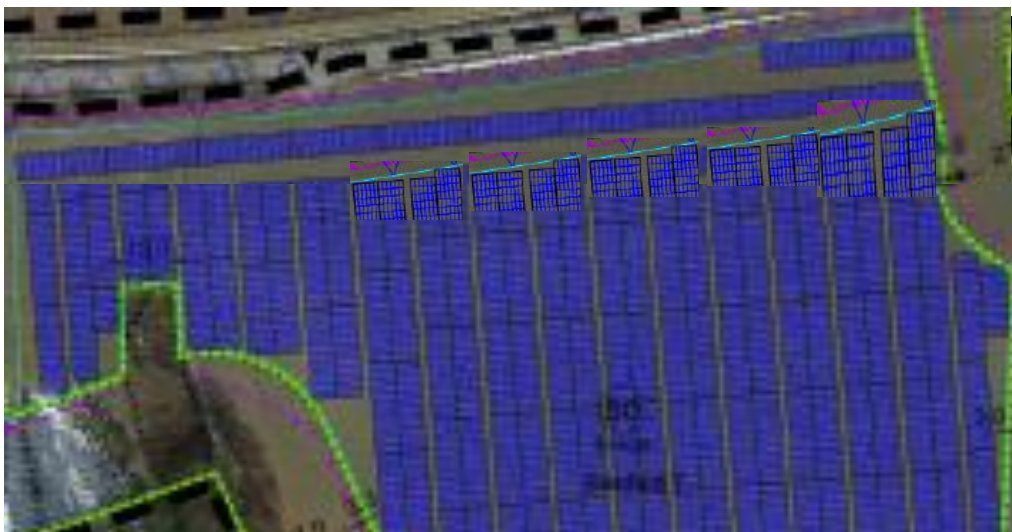


Bild 8: Schematische Darstellung des vorgeschlagenen Layouts für Baufeld 7