

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 11. 2. 2020

G u t a c h t e n
G05/2020
zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung
von sich in Gebäuden aufhaltenden Personen durch eine in Seckach zu instal-
lierende Photovoltaikanlage

(Dieses Gutachten besteht aus 7 Seiten
und einem Anhang mit weiteren 2 Seiten)

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die juwi AG, Energie-Allee 1 in 55286 Wörrstadt.

Auftragsdatum: 6. 2. 2020

2 Auftragsache

Die juwi AG plant die Errichtung einer Freiflächen-Photovoltaikanlage im Bereich der Gemeinde Seckach auf einem bisher unbebauten Gelände. Es stellt sich die Frage, ob Anwohner von Seckach 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, bewertet.

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 juwi AG zur Verfügung gestellt wurden:

- Lageplan
- Modulbelegungsplan
- Modultischquerschnitt
- Informationen zum verwendeten Modultyp
- Mündliche und Emailinformationen durch Herrn Thomas Bozyk, juwi AG

Die Entfernungen zwischen PV-Anlage und dem Immissionsort, die horizontalen Winkel und die Geländehöhen wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Seckach (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 hat eine unregelmäßige Form (s. Bild 1 im Anhang), die Hauptachse erstreckt sich etwa von Ost nach West. Die Anlage besteht aus zwei Teilflächen A und B, die durch einen ca. 44 m breiten, un bebauten Streifen voneinander getrennt sind. Da dieser Streifen bei der Berechnung der evtl. Blend- und Störwirkung keine Rolle spielt, wurde dieser in Bild 1 weggelassen. Das PV-Gelände fällt von ca. 341 m über Normallnull (NN) an der Nordwestecke auf ca. 294 m an der Südostecke ab. Diese Abnahme erfolgt aber nicht gleichmäßig von West nach Ost, sondern die Teilfläche A hat einen „Bergrücken“, dessen Scheitellinie in Bild 1 durch die blaue Linie dargestellt wird. Auch aus dem Höhenprofil des Bildes 3 ist erkennbar, dass der höchste Punkt bei diesem Profil nicht am westlichen Rand, sondern ca. 200 m weiter östlich liegt.

Der nördliche und südliche Rand des Anlagengeländes grenzt teilweise, der westliche Rand vollständig an Wald. Der Wald am westlichen Rand schattet den westlichen Teil der PV-Anlage bis zu einer Tiefe von mindestens 100 m bei flach am Himmel im Westen stehender Sonne (also kurz vor Sonnenuntergang) gegen das Sonnenlicht ab.

Die Größen der PV-Flächen betragen ca. 4,28 ha bzw. 3,58 ha, die installierte Leistung $5,228 \text{ MW}_{\text{peak}} + 4,457 \text{ MW}_{\text{peak}} = 9,685 \text{ MW}_{\text{peak}}$. Die Neigung ε der Module gegen Süd beträgt 20° . Es ist geplant, polykristalline Solarmodule des Typs Jinko JKM405M-72H-V zu verwenden. Die Module haben eine Leistung von jeweils $405 \text{ W}_{\text{peak}}$.

Die Module werden auf sogenannten Modultischreihen montiert, die in Ost-West-Richtung ($\nu = 90^\circ/270^\circ$) ausgerichtet sind. Die Länge der Modultischreihen entspricht der jeweils verfügbaren Breite der Anlagenfläche in Ost-West-Richtung. Modulober- und -unterkante befinden sich in einer Höhe von 2,87 m bzw. ca. 0,80 m über Gelän-

deoberkante (GOK). Die Tiefe eines Modultisches beträgt (in Draufsicht gesehen) 5,69 m und der lichte Abstand zwischen zwei Tischreihen 4,70 m. Daraus errechnet sich ein mittlerer Reihenabstand a von $4,70 \text{ m} + 5,69 \text{ m} = 10,39 \text{ m}$.

6 Blend- und Störf Wirkung 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 Störf Wirkung 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 Störf Wirkung = 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.

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 er-

zeugt 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 anderer PV-Anlagen können PV-Anlagen auch dann eine unzumutbare Störwirkung entfalten, wenn ihre Entfernung von Immissionsort beträchtlich größer als 100 m ist, z.B. wenn sich die betroffenen Fenster in einer gewissen Höhe oberhalb des PV-Anlagengeländes befinden oder das Anlagengelände ein Gefälle in Richtung Immissionsort aufweist. Deshalb wird die evtl. Blendwirkung für Anwohner 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 in diesem Gutachten 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 nicht berücksichtigt.
- c. Sonnenlicht, das sehr streifend in die Fensterflächen betroffener Gebäude fällt, trifft nur auf das Mauerwerk der gegenüberliegenden Seite der Fensteröffnung und kann nicht in den dahinter liegenden Raum eindringen. Der (horizontale) Winkel zwischen Hausfassade bzw. Fensterfläche und der Einfallsrichtung des Sonnenlichts, unter dem das Sonnenlicht nicht in den Raum eindringen kann, hängt von der Fensterbreite und der Dicke des Mauerwerks ab. Bei einer Mauerwerksbreite von 0,41 m (zweischalige Bauweise) und einer Fensterbreite (nur verglaste Fläche, also ohne Fensterrahmen) von z.B. 1,20 m trifft das Sonnenlicht bei Winkeln bis zu ca. 19° , bezogen auf die Hausfassade, auf das Mauerwerk der gegenüberliegenden Seite der Fensteröffnung. Bei Mansardenfenstern mit einer Breite von

z.B. nur 0,60 m Breite beträgt der entsprechende Winkel 35° . Bei den Berechnungen ist der für die jeweiligen Fenster maßgebliche Winkelbereich nicht zu berücksichtigen.

7 Immissionsort

Von der Störwirkung durch die geplante PV-Anlage betroffen ist nicht die Gemeinde Seckach selbst. Die Gemeinde Seckach liegt in ca. 2,2 km Entfernung und ziemlich genau im Norden der PV-Anlage auf einer Höhe von ca. 265 m bis 300 m, zwischen Seckach und der PV-Anlage befindet sich ein ca. 360 m hoher Berg, so dass keine Sichtverbindung zwischen Seckach und der PV-Anlage besteht. Zudem würde bei im Süden stehender, also nach Norden strahlender Sonne das von der PV-Anlage reflektierte Sonnenlicht immer über einen im Norden befindlichen Ort hinweg reflektiert werden. Evtl. betroffen ist jedoch das einzeln stehende Gehöft, das in Bild 1 mit „Immissionsort“ bezeichnet ist. Der Abstand dieses Ortes zur Ostgrenze der PV-Anlage beträgt ca. 500 m. Der Immissionsort liegt auf einer Höhe von ca. 312 m über NN, auf einem nach Westen hin abfallenden Gelände.

8 Zeitliche Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion in Richtung der zu untersuchenden Gebäude

8.1 Berechnungsmethode

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Störwirkung für Anwohner 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 Seckach 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 des Immissionsortes gelangen könnte, berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in das Sonnenstandsdiagramm für Seckach eingetragen. Da die Berechnungen für die gesamte Fläche der PV-Anlage durchgeführt werden, stellen die ermittelten α/γ -Werte eine Fläche in Form eines geschlossenen Polygonzuges dar, der im Folgenden als γ -Fläche bezeichnet wird. Hat diese 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.

Wie bereits ausgeführt, wird Sonnenlicht, das unter Winkeln $\gamma \leq 7,5^\circ$ von der PV-Anlage in Richtung Fensterflächen reflektiert wird, wegen dessen extrem geringer Intensität nicht berücksichtigt. Der Winkelbereich $0^\circ \leq \gamma \leq 7,5^\circ$ ist im Polardiagramm von Bild 2 rot schraffiert dargestellt.

Da keine Fotos der Gebäude des Immissionsortes vorliegen, wurde angenommen, dass die dortigen Gebäude höchstens zweigeschossig sind; dies ist als „worst case“-Szenario zu betrachten, da die Wahrscheinlichkeit und Dauer der Sonnenlichtreflexion in Richtung von Gebäuden mit der Fensterhöhe zunimmt. Als Höhe der Fenstermitte im 1. Obergeschoss wird 6 m angenommen.

Weiter wird davon ausgegangen, dass die Gebäude am Immissionsort Fassaden mit Fenstern in Richtung der PV-Anlage haben, so dass die Abschnitt 6 Punkt c. genannten Einschränkungen der Störwirkung nicht zum Tragen kommen.

Vor der Berechnung der Sonnenlichtreflexion ist zu klären, ob wegen der Hanglage der PV-Anlage und des Immissionsortes überhaupt Sonnenlicht von der PV-Anlage zum Immissionsort reflektiert werden kann und wenn ja, von welchen Teilen der PV-Anlage. In Bild 2 ist das Höhenprofil vom Immissionsort bis zum westlichen Rand der PV-Anlage wiedergegeben. Am Immissionsort stellt der rote Pfeil die Höhe der Fenstermitte im 1. Obergeschoss (6 m über Grund) dar. Es ist erkennbar, dass aus einem Fenster im 1. Obergeschoss nicht die ganze PV-Anlage einsehbar ist, da der westliche (hintere) Teil der PV-Anlage etwas tiefer liegt als dazwischenliegende Bereiche, wie bereits in Abschnitt 5 erläutert. Einsehbar ist nur der Bereich östlich der Scheitellinie in Bild 3. Nur aus diesem Bereich kann von der PV-Anlage evtl. reflektiertes Sonnenlicht ungehindert in diese Fensterfläche gelangen, deshalb wird die Sonnenlichtreflexion für diesen Bereich berechnet. Die in Abschnitt 5 genannte Abschattung des westlichen Teils der PV-Anlage durch den Wald spielt demnach keine Rolle, da der abgeschattete Teil östlich der Scheitellinie liegt. Da der Abstand Scheitellinie-Immissionsort kleiner ist als der Abstand westlicher Rand der PV-Anlage-Immissionsort und die Scheitellinie die höchsten (blendkritischsten) Geländepunkte der PV-Anlage enthält, stellt die Berücksichtigung des Bereiches ab der Scheitellinie mit den dort höchsten Geländepunkten bis zum östlichen Rand der PV-Anlage das worst case-Szenario für die Berechnung der Sonnenlichtreflexion dar.

8.2 Ergebnisse

Die für den Immissionsort ermittelte γ -Fläche ist in Bild 3 blau konturiert eingezeichnet. Sie hat Schnittpunkte mit den roten Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann in der Jahreszeit etwa vom 8. April bis 5. Mai und vom 13. August bis 9. September, also an ca. 56 Tagen, zwischen 18 Uhr und 18.30 Uhr MEZ von der PV-Anlage zum Immissionsort gelenkt werden. Die Berechnungen ergeben, dass die maximale tägliche Reflexionszeit ca. 15 min und die astronomisch mögliche Zeit im Kalenderjahr ca. 12 Stunden beträgt.

Es wurde auch überprüft, ob die Ergebnisse sich ändern, wenn die Berechnungen nicht mit einem zweistöckigen, sondern z.B. einem vierstöckigen Gebäude durchgeführt werden. Die in den Bild 3 wiedergegebenen α - und γ -Winkel ändern sich dann nur um wenige Zehntelgrade, obige Ergebnisse bleiben vollumfänglich erhalten.

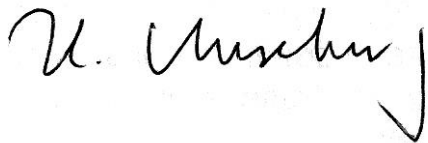
Fazit: Die maximale tägliche und die jährliche, astronomisch mögliche Reflexionszeit unterschreiten für den untersuchten Immissionsort deutlich die Anforderungen der LAI-Hinweise von höchstens 30 min täglich bzw. 30 Stunden pro Kalenderjahr. Die „30 Stunden-/30 Minuten“-Regel der LAI-Hinweise wird insgesamt eingehalten.

9 Zusammenfassung

Von der Störwirkung durch die geplante PV-Anlage betroffen ist nicht die Gemeinde Seckach selbst. Die Gemeinde liegt in ca. 2,2 km Entfernung und ziemlich genau im Norden der PV-Anlage; dorthin kann aus astronomischen und topografischen Gründen kein Sonnenlicht von der PV-Anlage reflektiert werden. Evtl. betroffen ist jedoch ein einzeln stehendes Gehöft östlich der geplanten PV-Anlage. Für diesen Immissionsort wurde untersucht, ob Personen, die sich in einem dort befindlichen Gebäude aufhalten, einer unzumutbaren Blendung = Lichtimmission durch Sonnenlicht, das von der PV-Anlage reflektiert wird, ausgesetzt sind.

Die Bewertung der Lichtimmission erfolgt anhand der „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 9. 2012, Anhang 2. Die Berechnungen ergeben, dass die „30 Stunden-/30 Minuten“-Regel der LAI-Hinweise insgesamt eingehalten wird, eine unzumutbare Stör- oder Blendwirkung im Sinne der LAI-Hinweise geht von der gesamten PV-Anlage nicht aus.

Insgesamt ist gegen die Errichtung der PV-Anlage Seckach aus Sicht des Unterzeichners nichts einzuwenden.



Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

Anhang



Bild 1: Die geplante PV-Anlage Seckach (rot umrandet) mit den Teilflächen A und B und dem untersuchten Immissionsort

Gelbe Linie: Höhenprofil gemäß Bild 3

Blaue Linie: Ungefähre Scheitellinie des „Bergrückens“

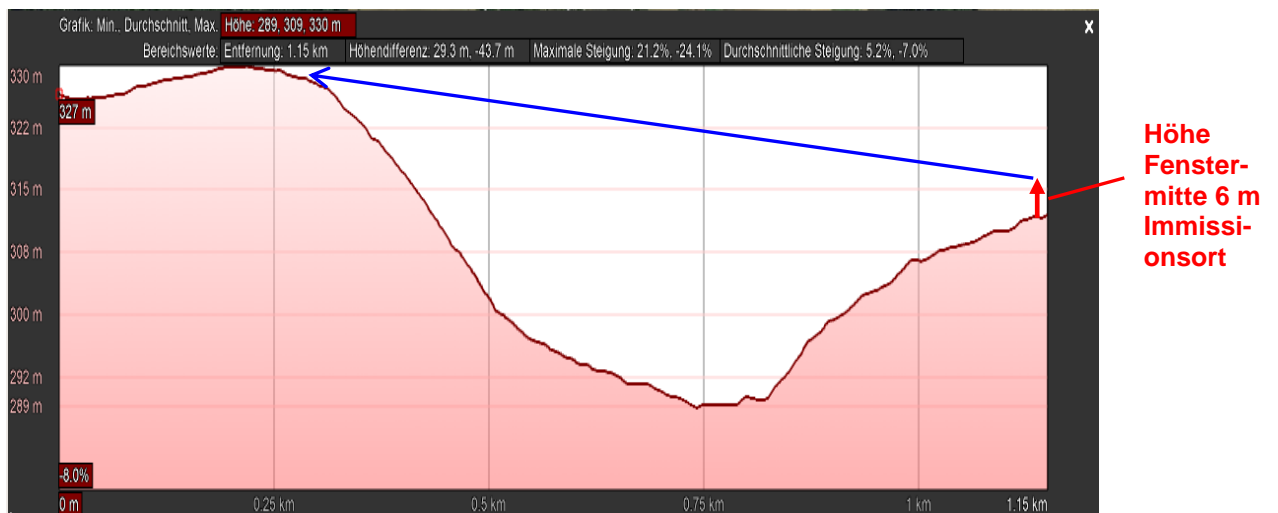


Bild 2: Höhenprofil Immissionsort-PV-Anlage mit eingezeichneter Höhe der Fenstermitte von 6 m über Grund und Sichtlinie zum Scheitel der PV-Anlage

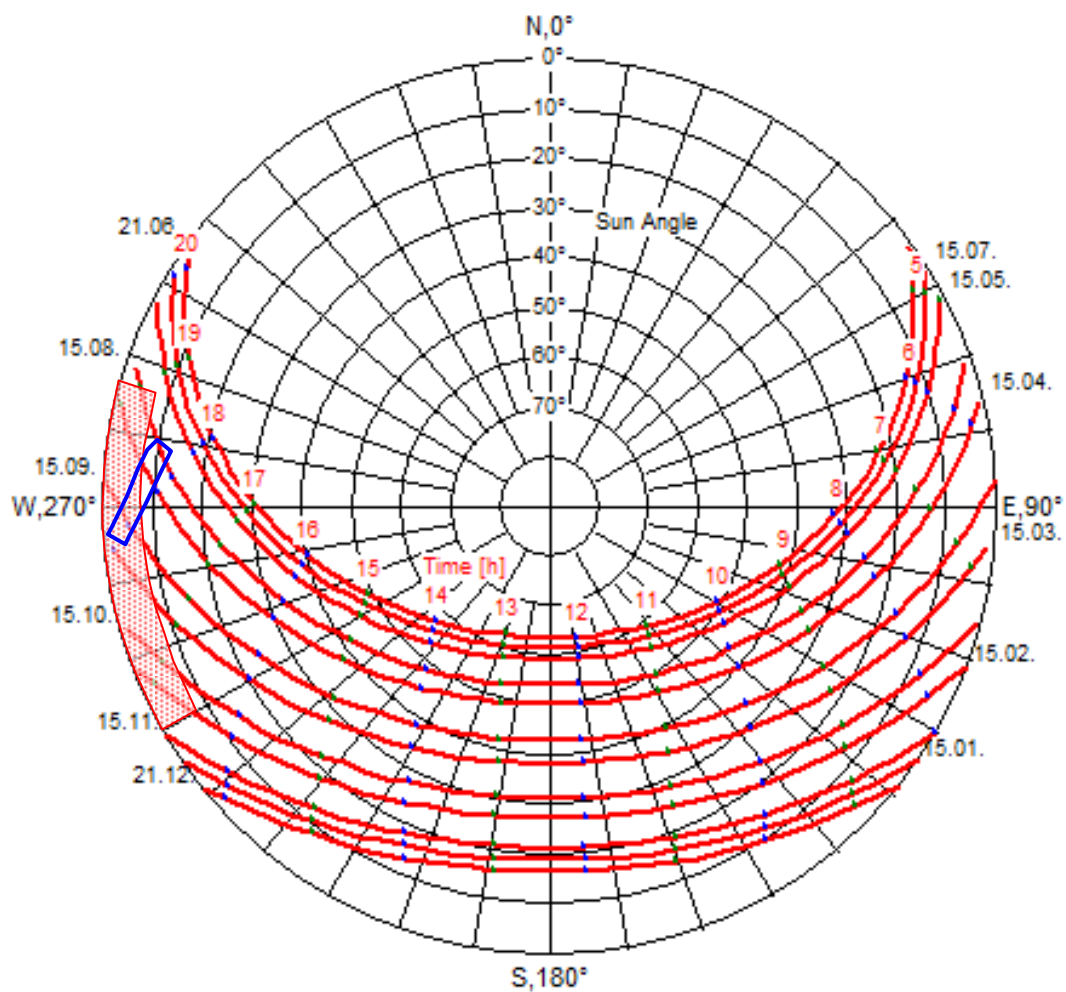


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Seckach mit γ -Fläche für den Immissionsort

Rot schraffierte Fläche: Bereich des Sonnenhöhenwinkels $\gamma \leq 7,5^\circ$, der bei der Berechnung der Reflexionszeit nicht berücksichtigt wurde

Quelle des Sonnenstandsdiagramms: www.stadtklima-stuttgart.de

Blau konturierte Fläche: γ -Fläche für den Immissionsort