

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 20. 2. 2023

G u t a c h t e n G02/2023
zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung
von sich in Gebäuden aufhaltenden Personen durch eine
in Bad Salzschlirf zu installierende Photovoltaikanlage

(Dieses Gutachten besteht aus 6 Seiten
und einem Anhang mit weiteren 3 Seiten)

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die Emod Motoren GmbH, Zur Kuppe 1 in 36364 Bad Salzschlirf.

Auftragsdatum: 13. 2. 2023

2 Auftragsache

Die Emod Motoren GmbH plant die Errichtung einer Photovoltaik-Freiflächenanlage in Bad Salzschlirf auf einem bisher landwirtschaftlich genutzten Gelände. Es besteht die Besorgnis, dass Beschäftigte in Betriebsgebäuden dieser Firma 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 Emod Motoren GmbH zur Verfügung gestellt wurden:

- Modulbelegungsplan
- Modultischquerschnitt
- Fotos
- Mündliche und Emailinformationen durch Herrn Jan Odenwald, Emod Motoren GmbH

Die Entfernungen zwischen PV-Anlage und den Immissionsorten, die horizontalen Winkel sowie die Geländehöhen wurden mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Bad Salzschlirf (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, auf der drei Modulreihen (s, Bild 2) installiert werden. Die Anlage wird auf einem hügeligen, bisher landwirtschaftlich genutzten Gelände errichtet; die Geländeoberkante (GOK) beträgt am südwestlichen Ende der PV-Anlage ca. 291 m über NHN (Normalhöhennull) und steigt bis zum nordöstlichen Ende auf ca. 296 m.

Es ist geplant, Solarmodule des Typs Jinko JKM425N-54HL4-V mit einer Modulleistung von 425 W_{peak} zu verwenden. Die Gesamtleistung der PV-Anlage beträgt 734,4 kW_{peak} , die PV-Fläche beträgt 5.555,13 m^2 . Die Module werden auf sogenannten Modultischreihen montiert, die nicht wie meist üblich in Ost-West-Richtung ($\nu = 90^\circ/270^\circ$) ausgerichtet sind, sondern um 43° gegen den Uhrzeigersinn aus der Ost-West-Richtung gedreht sind, s. Bild 2. Die Neigung ε der Module gegen Süd beträgt 15° . Modulober- und -unterkante befinden sich in einer Höhe von 3,19 m bzw. ca. 0,80 m über Geländeoberkante (GOK).

6 Die Immissionsorte

Potentiell blendgefährdet sind nur die beiden nördlichsten Betriebsgebäude der Emod Motoren GmbH (in Bild 1 durch die Markierungen A und B gekennzeichnet), weil diese Gebäude Fensterfronten in Richtung der PV-Anlage besitzen. Die GOK am westlichen Ende von Betriebsgebäude A, s. Markierung 1 in Bild 1, beträgt 291 m; diese Höhe entspricht auch der Fußbodenhöhe in diesem Gebäude. Betriebsgebäude A besitzt ein durchgehendes Fensterband, dessen Ober- und -unterkante 2,05 m bzw. 4,30 m über Fußboden liegen. Betriebsgebäude B besitzt ebenfalls ein solches Fensterband, das allerdings nicht durchgehend über die gesamte Fassadenbreite vorhanden ist.

Die kleinste und die größte Entfernung von Immissionsort 1 zur PV-Anlage betragen ca. 9 m bzw. ca. 161 m.

Die Fenster sind nicht mit normalem, durchsichtigem Fensterglas ausgestattet, sondern mit einer matten, durchscheinenden Verglasung, deren Oberflächenstruktur der Oberfläche einer Orange ähnelt (Bild 3). Die optischen Eigenschaften der Verglasung führen dazu, dass von außen in das Gebäude einfallendes Licht so stark gestreut wird, dass man von innen keine Einzelheiten der Außenwelt, sondern nur noch Hell-Dunkel- und ungefähre Farbunterschiede wahrnimmt, s. Bild 4. Dementsprechend kann man auch von außen keine Details im Innern der Gebäude erkennen.

7 Blend- und Störwirkung von sich in Gebäuden aufhaltenden Personen

Lichtimmissionen gehören nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) 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 BImSchG jedoch nicht. Die von PV-Freiflächenanlagen verursachte Blend- und Störwirkung 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 Störwirkung = 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 Störwirkung. 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 oberhalb des PV-Anlagengeländes befinden, das Anlagengelände ein erhebliches Gefälle in oder gegen die Richtung Immissionsort aufweist oder die PV-Fläche sehr ausgedehnt ist. Auch wird in den LAI-Hinweisen nicht ausgeführt, wie im Fall Bad Salzschrif zu verfahren ist, bei dem die PV-Anlage teilweise innerhalb und teilweise außerhalb der 100 m-Zone liegt (s. Abschnitt 6, 2. Absatz). 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.

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 δ zwischen Hausfassade bzw. Fensterfläche und der Einfallrichtung des Sonnenlichts, unter dem das Sonnenlicht nicht in den Raum eindringen kann, hängt von der Fensterbreite und der Tiefe des Mauerwerks ab. Bei einer Mauerwerkstiefe 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 $\delta = 35^\circ$, bei schrägliegenden Dachgeschossfenstern ca. 10°. In Fall Bad Salzschlirf müssen wegen der sehr breiten Fensterbänder jedoch alle Winkel δ berücksichtigt werden.

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. Die Bilder 4 und 5 zeigen das Sonnenstandsdiagramm für Bad Salzschlirf 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 Bad Salzschlirf eingetragen. Da die Berechnungen für die gesamte Fläche 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

Die γ -Flächen wurden für die Blickpunkte einer Person berechnet, die sich im Betriebsgebäude A oder B in einem Raum unmittelbar hinter der Markierung 1 bzw. 2 aufhält. Die berechneten γ -Flächen für beide Situationen sind in Bild 5 wiedergegeben. Beide γ -Flächen liegen oberhalb der Sonnenstandslinien und haben keine Schnittpunkte mit diesen, nach den Erläuterungen im vorangehenden Abschnitt kann von der PV-Anlage kein Sonnenlicht zu einer Person reflektiert werden, die sich in den Betriebsgebäuden der Fa. Emod Motoren GmbH aufhält.

Die astronomische Erklärung für diese Tatsache ist, dass auf der nördlichen Erdhalbkugel die Sonne nicht aus nördlichen bis nordöstlichen 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 Norden bis Nordosten zu einer PV-Anlage blickt.

9 Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob von der geplanten PV-Anlage Bad Salzschlirf Sonnenlicht in Richtung der Fensterflächen von zwei Betriebsgebäuden der Emod Motoren GmbH reflektiert werden kann. Die Berechnungen ergeben, dass eine solche Sonnenlichtreflexion nicht auftritt.

Die LAI-Hinweise werden damit von der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage in Bad Salzschlirf 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

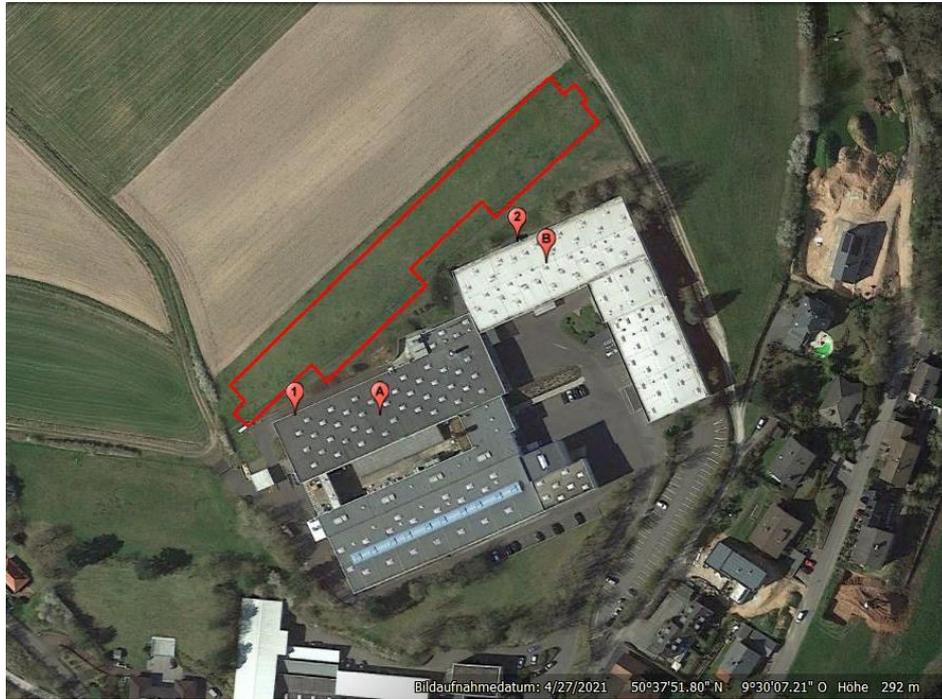


Bild 1: Die geplante PV-Anlage Bad Salzschlirf mit den Betriebsgebäuden A und B sowie den untersuchten Immissionspunkten 1 und 2



Bild 2: Geplantes Modullayout

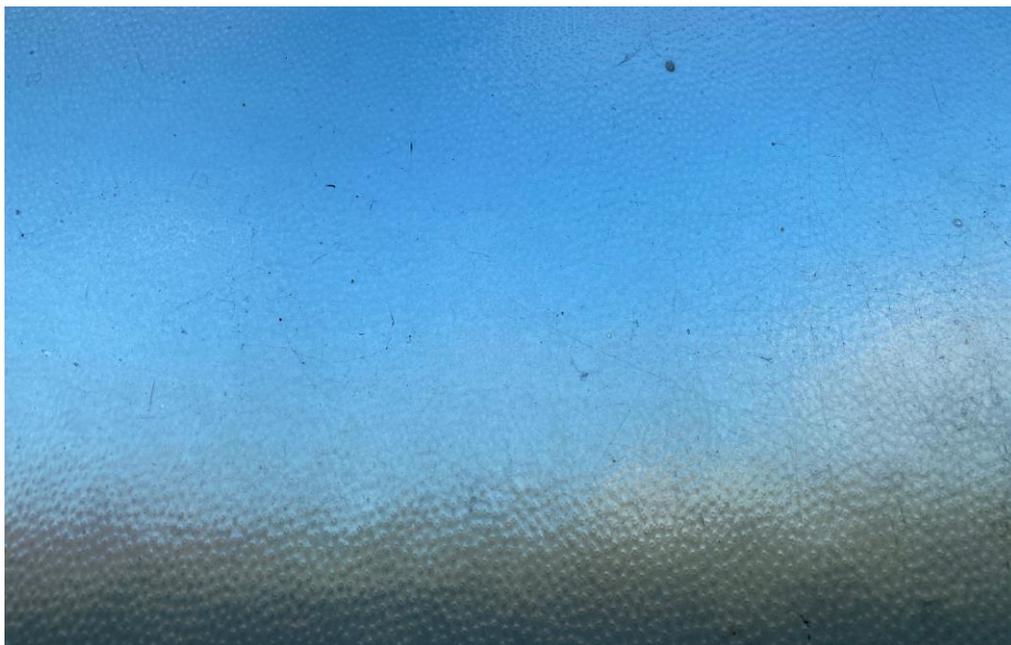


Bild 3: Struktur der Verglasung



Bild 4 Blick aus Betriebsgebäude A

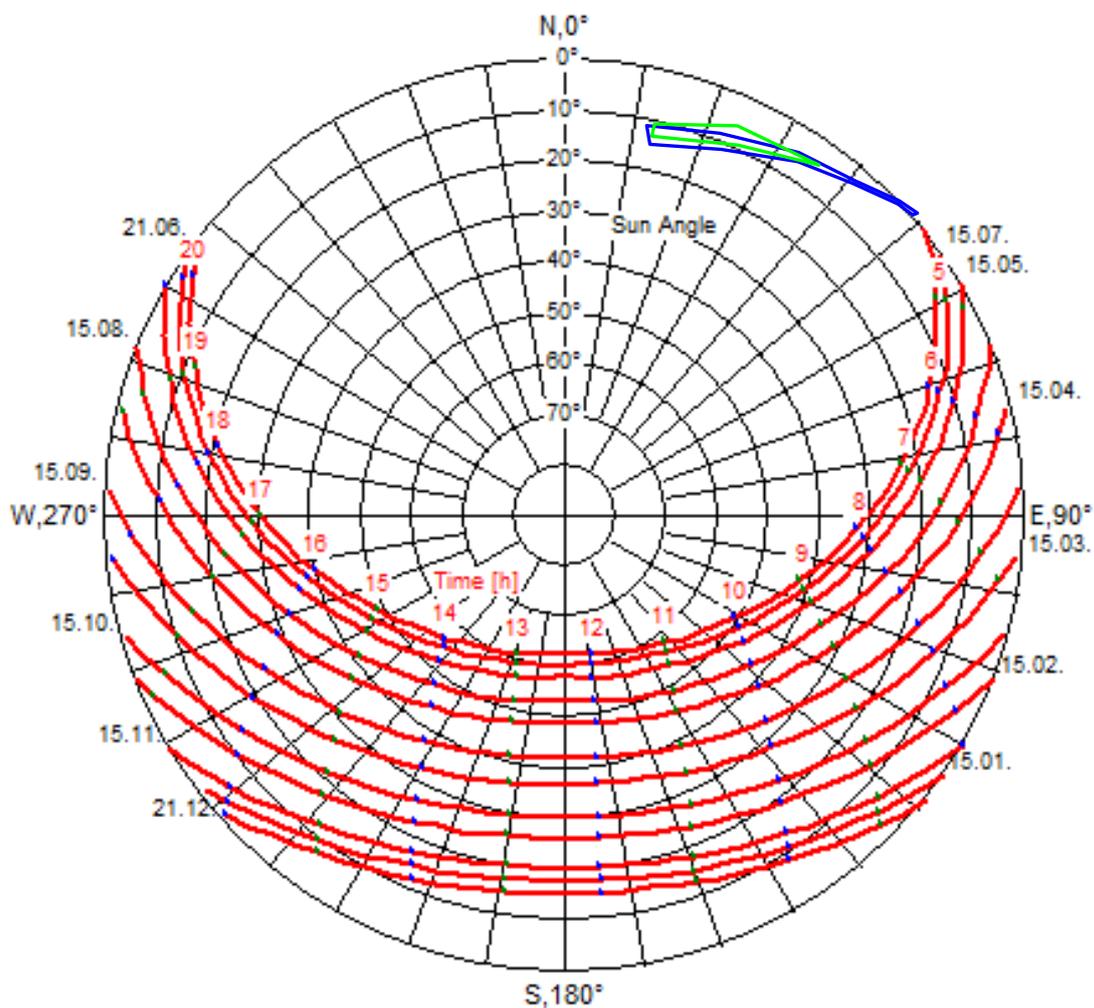


Bild 5: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Bad Salzschlirf mit γ -Flächen für wie Immissionspunkte

- : Immissionspunkt 1
- : Immissionspunkt 2

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