

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 18. 9. 2020

G u t a c h t e n
G27/2020
zur Frage der eventuellen Blend- und Störwirkung von Anwohnern
und Straßennutzern durch eine bei Seebergen
zu installierende Photovoltaikanlage

(Dieses Gutachten besteht aus 10 Seiten
und einem Anhang mit weiteren 4 Seiten)

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Gutachtens erteilte die maxx solar & energie GmbH & Co. KG.

Auftragsdatum: 8. 9. 2020

2 Auftragsache

Die maxx solar & energie GmbH & Co. KG plant die Errichtung einer Freiflächen-Photovoltaikanlage in 99869 Seebergen. Es stellt sich die Frage, ob künftige Anwohner in einem Neubaugebiet und Nutzer der nahegelegenen Wechmarer Straße durch die PV-Anlage 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)	α
Orientierung der Modulreihen 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 im Raum liegender Blickwinkel (gebildet durch die Blickrichtung	σ

eines Kraftfahrers - Richtung reflektiertes Sonnenlicht)	θ
horizontaler Blickwinkel Mitte Kraftfahrer/Fensterfläche - PV-Anlage	τ
Differenz $\alpha - \tau$ (horizontaler Blickrichtung Kraftfahrer/Anwohner - PV-Anlage	ψ
vertikaler Blickwinkel Kraftfahrer/Anwohner - PV-Anlage	λ

4 Informationen zur Photovoltaik-Anlage

Die topografischen Daten und die Beschreibung der Anlage beruhen auf folgenden Informationen, die von der maxx solar & energie GmbH & Co. KG zur Verfügung gestellt wurden:

- Modulbelegungsplan
- Modultischquerschnitt
- Datenblatt PV-Modul Q.Peak Duo G8 345-360
- Fotos
- Mündliche und Emailinformationen durch Herrn Christoph Schwartze, maxx solar & energie GmbH & Co. KG

Die Geländehöhen der PV-Anlage, des geplanten Neubaugebiets und der Wechmarer Straßen wurden google earth entnommen. Die Entfernungen und horizontalen Winkel wurden ebenfalls mit google earth ermittelt. Der monatliche Sonnenstand für Seebergen (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 Seebergen und topografische Daten

5.1 Die PV-Anlage

Die PV-Anlage wird auf einem bisher unbebauten Gelände östlich der Wechmarer Straße errichtet, s. Bild 1 im Anhang. Die Grundfläche der PV-Anlage ist unregelmäßig. Die Gesamtfläche der PV-Anlage beträgt ca. 5900 m². Das PV-Anlagengelände ist praktisch eben, es steigt von Nordwest nach Südost von ca. 289 m auf 290 m über Normalnull NN. Der kleinste Abstand der Wechmarer Straße zur PV-Anlage beträgt 30 m.

Es ist geplant, monokristalline Solarmodule Q Cells Typ Q.Peak Duo G8 355 mit einer Modulleistung von je 355 W_{peak} einzusetzen. Die installierte Leistung liegt bei 749,76 kW_{peak}. Die Neigung ε der Module gegen Süd beträgt 20°. Die Module werden auf sogenannten Modultischreihen montiert, deren Länge der verfügbaren Breite der Fläche entspricht. Die Ausrichtung der Modultischreihen erfolgt in Ost-West-Richtung. Die Modulober- und -unterkante liegen bei 2,53 m bzw. 0,80 m über Geländeoberkante (GOK). Die Tiefe eines Modultisches beträgt (in Draufsicht gesehen) 3,65 m.

5.2 Das untersuchte Neubaugebiet (Immissionsorte)

Westlich der Wechmarer Straße ist ein Neubaugebiet geplant, dessen Grundfläche ebenfalls in Bild 1 eingezeichnet ist. In dem Neubaugebiet sind nur Einfamilienhäuser vorgesehen. Das Gelände der Neubausiedlung steigt von Ost nach West von ca.

291 m auf ca. 305 m an. Der Abstand der östlichen Grenze des Neubaugebiets vom westlichen Rand der Wechmarer Straße beträgt 13 m bis 20 m.

5.3 Die Wechmarer Straße

Von Norden aus Seebergen kommend, verläuft die Straße zunächst fast in südlicher Richtung, der Fahrtrichtungswinkel τ liegt bei 163° . In Höhe der Nordost-Ecke des Neubaugebietes wird die Straße nach einer leichten Rechtskurve genau in südlicher Richtung ($\tau = 180^\circ$) am Neubaugebiet bzw. an der PV-Anlage vorbeigeführt. Die Straße steigt von Nord nach Süd an: Bei Markierung A (s. Bild 1) liegt die Fahrbahnoberkante auf einer Höhe von 286 m und steigt bis Markierung C auf 294 m.

Zwischen Wechmarer Straße und PV-Anlage befindet sich in Höhe des Beginns des Neubaugebietes ein ca. 50 m langes und 13 m breites Gebüsch, das den Blick sowohl von der Straße als auch vom Neubaugebiet aus auf die PV-Anlage bis etwa zur Markierung B verhindert. Es ist geplant, zwischen diesem Gebüsch und dem Einzelbaum, der sich unmittelbar nördlich der Einfahrt zum PV-Anlagengelände befindet, eine Hecke mit der Anfangshöhe von 2 m zu pflanzen. Die Hecke ist in Bild 1 in grüner Farbe eingezeichnet. Zwischen Wechmarer Straße und Neubaugebiet erstreckt sich teilweise eine bis zu 6 m breite Hecke, die den Blick vom Neubaugebiet aus zur PV-Anlage teilweise ebenfalls verhindert.

6 Blend- und Störfwirkung 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 Störfwirkung von Personen, die sich in Wohn- oder Gewerbegebäuden aufhalten, wird nach den „Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 9. 2012, Anhang 2, vorgenommen (im Folgenden „LAI-Hinweise“ genannt). Die Blend- und Störfwirkung = Lichtimmission ist durch die Zeit definiert, in der Sonnenlicht von der PV-Anlage auf die Fensterflächen der betroffenen Gebäude 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 „schutzwürde 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 $\text{Ausfallswinkel} = \text{Einfallswinkel}$ 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 lt. Abschnitt 7e. der LAI-Hinweise nur auf den Kernreflex, die zusätzliche Reflexionszeit durch den Streureflex wird nach den LAI-Hinweisen nicht berücksichtigt.

Sonnenlicht, das unter Sonnenhöhenwinkeln $\gamma \leq 7,5^\circ$ von einer PV-Anlage in Richtung Immissionsort reflektiert wird, wird wegen dessen geringer Intensität und wegen Bewuchs, Bebauung und der zu durchdringenden Atmosphärenschichten in ebenem Gelände nicht berücksichtigt.

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

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 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 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 „auszublenden“: 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.

8 Zeitliche Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion in Richtung Neubaugebiet

8.1 Geometrische Bedingungen

Genauere Planungen für das künftige Neubaugebiet liegen noch nicht vor. Da die Dauer der Sonnenlichtreflexion mit zunehmender Geschosshöhe im allgemeinen steigt, muss die Berechnung der Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion in Richtung von Gebäuden immer für das jeweils höchste Obergeschoss vorgenommen werden (worst case). Es wird davon ausgegangen, dass bei einer Bebauung nur mit Einfamilienhäusern diese maximal ein Obergeschoss aufweisen werden. Als Fenstermitte des Obergeschosses wird ein Wert von 5,50 m über Geländeoberkante angenommen. Die Untersuchungen wurden für fünf angenommene Wohnhäuser = Immissionsorte (s. Bild 1) durchgeführt, deren Fensterflächen in Richtung PV-Anlage etwa 5 m von der östlichen Grenze des Neubaugebietes entfernt sind.

Um die evtl. von der PV-Anlage ausgehende Störf Wirkung für künftige 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 Immissionsorte gelangt. Diese Wahrscheinlichkeit kann mithilfe eines so genannten Sonnenstandsdiagramms ermittelt werden. Die Bilder 2 bis 4 zeigen das Sonnenstandsdiagramm für Seebergen 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 zu untersuchenden Immissionsorte wurden die horizontalen und vertikalen Blickwinkel Anwohner - PV-Anlage 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 die Fensterflächen eines Wohnhauses oder Gewerbegebäudes gelangen könnte.

Die Ergebnisse der Berechnungen für α und γ werden in das Sonnenstandsdiagramm für Seebergen eingetragen. Da die Berechnungen für die gesamte Fläche der PV-Anlage durchgeführt werden, 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 in die betreffende Fensterfläche; die dazugehörigen Jahres- und Tageszeiten können aus dem Polardiagramm abgelesen werden. Bei fehlenden Schnittpunkten ist keine Sonnenlichtreflexion in die Fensterflächen möglich.

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 in den Polardiagrammen der Bilder 2 und 3 rot schraffiert dargestellt.

Die Berechnungen erfolgten zunächst ohne Berücksichtigung einer evtl. Abschirmung durch die vorhandene Vegetation und die geplante Hecke zwischen Neubaugebiet und PV-Anlage.

8.2 Berechnungsergebnisse

Da sich die γ -Flächen für die fünf Immissionsorte teilweise überlappen, wurden sie in zwei unterschiedliche Polardiagramme in Bild 2 und 3 eingezeichnet.

8.2.1 Immissionsorte 1 und 2

Die γ -Flächen für Immissionsort 1 (in Bild 2 in blauer Farbe dargestellt) und für Immissionsort 2 (Bild 3, grüne Farbe) liegen unterhalb der Sonnenstandslinien, sogar unterhalb/außerhalb des Polardiagramms und haben keine Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien. Wenn γ -Flächen unterhalb der Sonnenstandslinien liegen, kann rechnerisch nur bei negativen Sonnenständen (die Sonne steht unterhalb des Horizonts) Sonnenlicht in die Fensterflächen reflektiert werden. Dieser Sachverhalt gibt die Tatsache wieder, dass man vom Blick aus einem Fenster der betroffenen Wohnhäuser überwiegend nur die Modulrückseiten sieht und das Sonnenlicht immer über die Fenster hinweg reflektiert wird. Zu diesen Immissionsorten kann von der PV-Anlage kein Sonnenlicht reflektiert werden.

8.2.2 Immissionsorte 3 bis 5

Die γ -Flächen für diese Immissionsorte haben Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien. Aus diesen Schnittpunkten müssen nun die Zeiten berechnet werden, zu denen Sonnenlicht von der PV-Anlage in die Fensterflächen von Wohnhäusern reflektiert werden, die an diesen Immissionsorten errichtet werden. In Tabelle 1 sind die Jahreszeitanteile und die Tage zusammengestellt, an denen das Sonnenlicht zu den Wohnhäusern reflektiert werden kann. Daraus wurden die in Tabelle 2 wiedergegebenen täglichen und jährlichen Reflexionszeiten berechnet.

Immissionsort	Jahreszeit	Tage	Uhrzeit MEZ (Mittelwert)
3	30. 3. - 15. 9.	177	6.25 - 6.55
4	30. 3. - 15. 9.	177	6.25 - 6.55
5	3. 4.-12. 9.	171	6.25 - 6.55

Tabelle 1: Jahres- und Tageszeiten, in denen Sonnenlicht in Richtung der betroffenen Immissionsorte reflektiert werden kann

Immissionsort	Maximale tägliche Reflexionszeit	Mittlere tägliche Reflexionszeit	Astronomisch mögliche jährliche Reflexionszeit
3	9,3 min	6,9 min	177 · 6,9 min = 20,3 Stunden
4	11,0 min	8,4 min	177 · 8,4 min = 24,7 Stunden
5	10,2 min	7,0 min	171 · 7,0 min = 19,8 Stunden

Tabelle 2: Tägliche und jährliche Reflexionszeiten, in denen Sonnenlicht in Richtung der betroffenen Immissionsorte reflektiert werden kann

Fazit: Zu den Immissionsorten 1 und 2 wird kein Sonnenlicht von der PV-Anlage reflektiert. Zu den Immissionsorten 3 bis 5 wird zwar Sonnenlicht von der PV-Anlage reflektiert, die maximale tägliche Reflexionszeit beträgt maximal 11 Minuten und die jährliche Reflexionszeit im Kalenderjahr höchstens 24,7 Stunden (jeweils Immissionsort 4). Beide Werte liegen unter den Anforderungen der LAI-Hinweise von höchstens 30 min täglich bzw. 30 Stunden im Kalenderjahr. Die „30 Stunden-/30 Minuten“-Regel der LAI-Hinweise wird insgesamt an allen Immissionsorten eingehalten.

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

9.1 Berechnung der zeitlichen Wahrscheinlichkeit der Sonnenlichtreflexion ins Auge eines Kraftfahrers

9.1.1 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 Sonnenlicht 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 wird ebenfalls mit dem Sonnenstandsdiagramm für Seebergen ermittelt.

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 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. Die Höhe des Lkw-Fahrers h_F über PV-Anlagengelände beträgt $2,50\text{ m} + 2,53\text{ m}$ (Moduloberkante) = ca. 5 m.

9.1.2 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 $\varepsilon = 20^\circ$ nach Süd 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 Seebergen eingetragen. Die ermittelten α/γ -Werte für die Sonnenhöhenwinkel stellen wieder geschlossene Polygonzüge = γ -Flächen dar. Aus den Schnittpunkten der γ -Flächen mit den roten Sonnenstandslinien können analog zu den Berechnungen bei den Immissionsstandorten die Jahres- und Tageszeiten berechnet werden, an denen Sonnenlicht zum Kraftfahrer gelenkt werden kann. Bei fehlenden Schnittpunkten ist keine Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer möglich.

Berücksichtigt wurden alle Blickwinkel Kraftfahrer - PV-Anlage $\theta \leq 20^\circ$, weil nach Abschnitt 7.1 nur in diesem Winkelbereich reflektiertes Sonnenlicht störende Blendung erzeugen kann.

9.2 Ergebnisse

9.2.1 Fahrtrichtung Nord

Die γ -Fläche für diese Fahrtrichtung ist in Bild 4 blauer Farbe eingezeichnet. Die γ -Fläche liegt weit oberhalb der roten Sonnenstandslinien und hat keine Schnittpunkte mit diesen. Sonnenlichtreflexion zum Kraftfahrer tritt nicht auf, dieser kann von der PV-Anlage nicht geblendet werden. Dieser Sachverhalt ergibt sich daraus, dass auf der nördlichen Erdhalbkugel die Sonne nicht aus nördlichen Richtungen scheint und das Sonnenlicht daher nicht in südliche Richtungen reflektiert werden kann, d.h. nicht ins Auge eines Kraftfahrers gelangen kann, der in Richtung Norden fährt.

9.2.2 Fahrtrichtung Süd

Die γ -Fläche für diese Fahrtrichtung ist in Bild 4 grüner Farbe eingezeichnet. Die γ -Fläche liegt in diesem Fall weit unterhalb der roten Sonnenstandslinien, sogar unterhalb (außerhalb) des Polardiagramms und hat keine Schnittpunkte mit den Sonnenstandslinien, Sonnenlicht kann nicht zum Kraftfahrer gelenkt werden. Dieser Sachverhalt gibt die Tatsache wieder, dass ein Kraftfahrer, der in Richtung Süd unterwegs ist, überwiegend nur die Modulrückseiten sieht und das Sonnenlicht immer über das Kfz hinweg reflektiert wird. Blendung des Kraftfahrers ist auch in dieser Fahrtrichtung nicht möglich.

Fazit: Bei Fahrten auf der Wechmarer Straße kann ein Kraftfahrer in beiden Fahrtrichtungen nicht geblendet werden.

10 Zusammenfassung

Die evtl. von der PV-Anlage Seebergen ausgehenden Lichtemissionen wurden für fünf potentielle Immissionsorte des geplanten Neubaugebietes berechnet. Zu zwei Immissionsorten wird von der PV-Anlage kein Sonnenlicht reflektiert, zu drei weiteren Immissionsorten wird zwar Sonnenlicht von der PV-Anlage reflektiert, die maximale tägliche Reflexionszeit und die astronomisch mögliche jährliche Reflexionszeit im Kalenderjahr liegen unter den Anforderungen der „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13. 9. 2012 (LAI-Hinweise) von höchstens 30 min täglich bzw. 30 Stunden im Kalenderjahr. Die „30 Stunden-/30 Minuten“-Regel der LAI-Hinweise wird insgesamt an allen Immissionsorten eingehalten.

Bei Fahrten auf der Wechmarer Straße kann ein Kraftfahrer in beiden Fahrtrichtungen nicht geblendet werden.

Von daher ist gegen die Errichtung der PV-Freiflächenanlage bei Seebergen nichts einzuwenden.



Dieses Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

Anhang



Bild 1: Die geplante PV-Anlage Seebergen

- : Potentielle Immissionsorte
- : Geplante Hecke
- : Einfahrt zur PV-Anlage

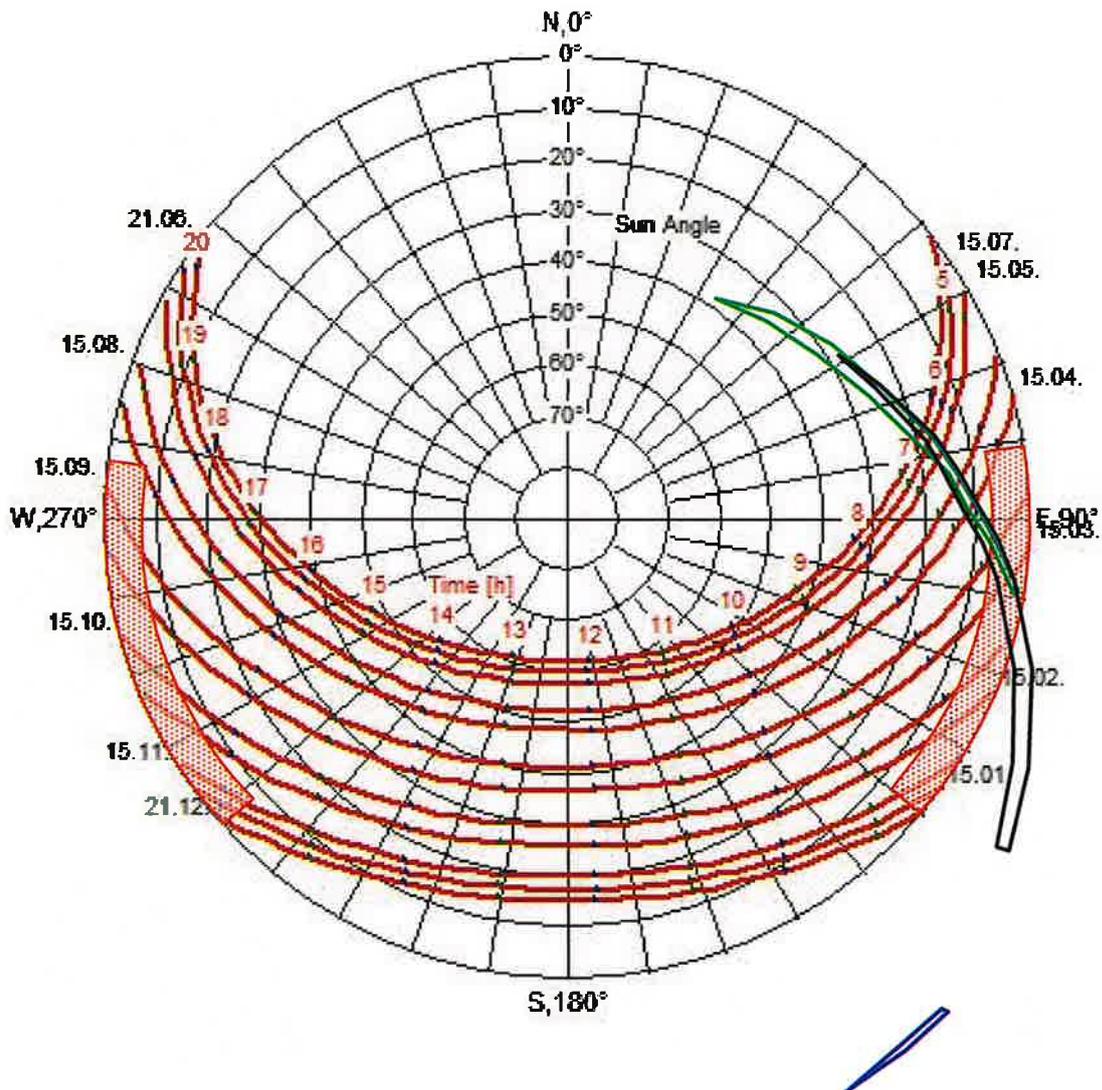


Bild 2: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Seebergen mit γ -Flächen zur Bewertung der Reflexionszeiten zu drei Immissionsorten (künftige Hausstandorte)

Quelle des Sonnenstandsdiagramms: www.stadtklima-stuttgart.de

Rot schraffierte Flächen: Bereich des Sonnenhöhenwinkels $\gamma \leq 7,5^\circ$, der bei der Bewertung der Reflexionszeiten nicht berücksichtigt wurde

- blau:** Hausstandort 1
- schwarz:** Hausstandort 3
- grün:** Hausstandort 5

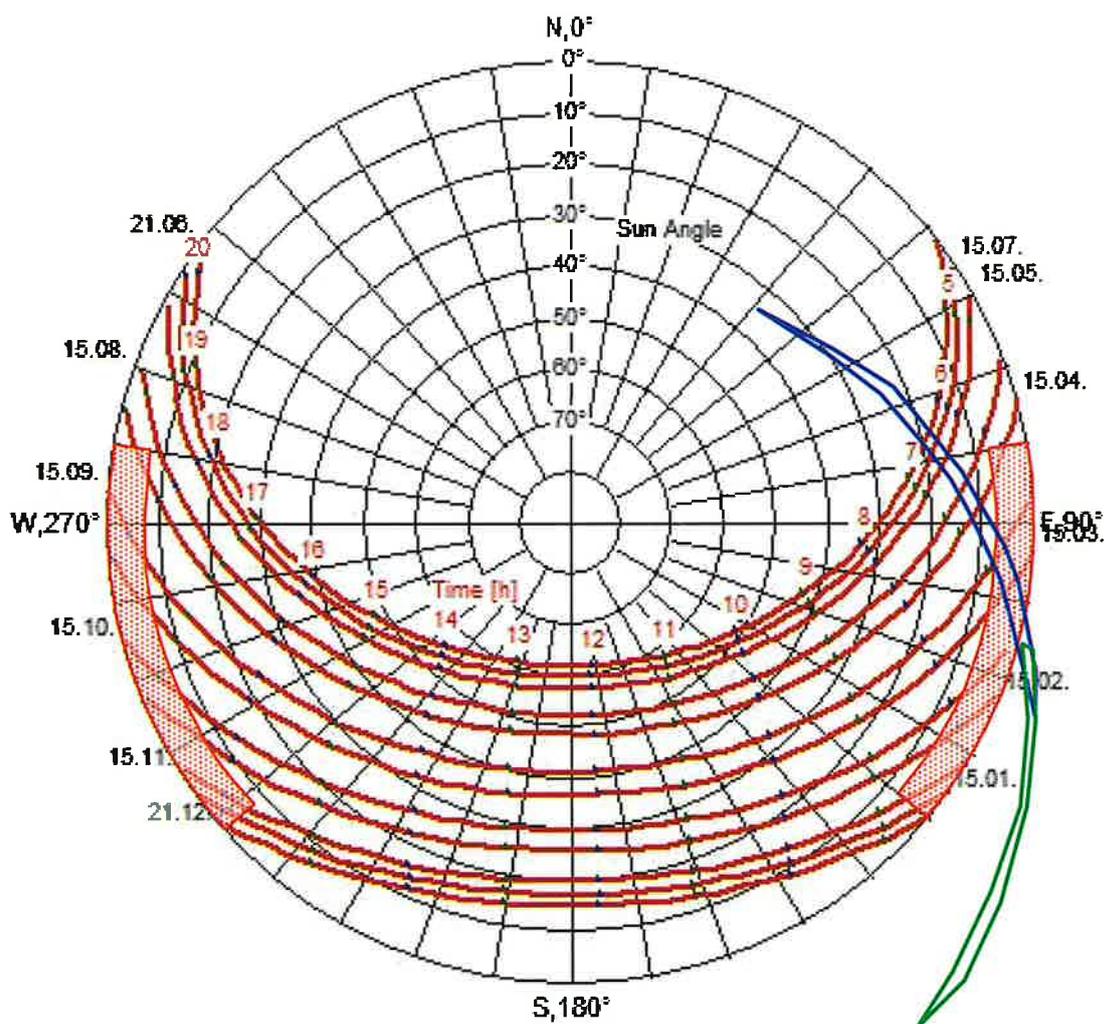


Bild 3: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Seebergen mit γ -Flächen zur Bewertung der Reflexionszeiten zu zwei Immissionsorten (künftige Hausstandorte)

Rot schraffierte Flächen: Bereich des Sonnenhöhenwinkels $\gamma \leq 7,5^\circ$, der bei der Bewertung der Reflexionszeiten nicht berücksichtigt wurde

grün: Hausstandort 2

blau: Hausstandort 4

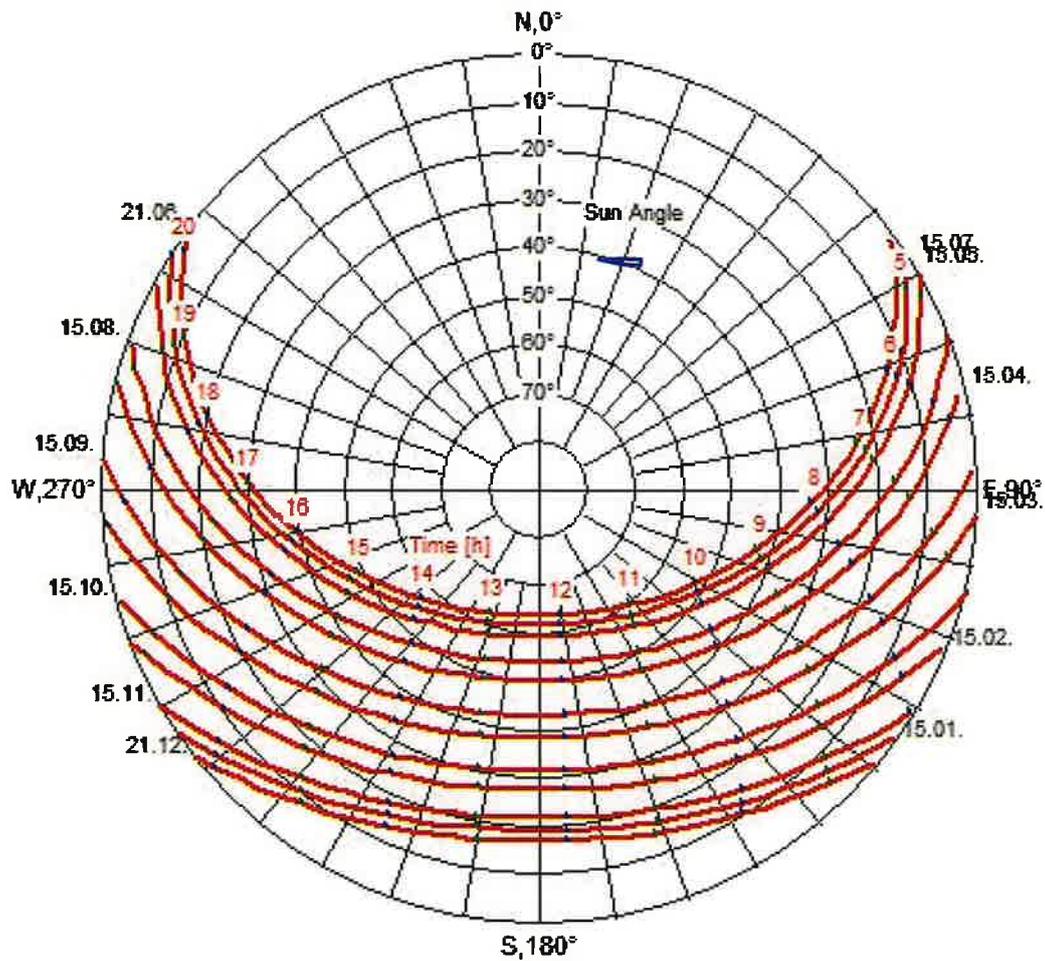


Bild 4: Monatlicher Sonnenstand (Sonnenhöhe und -richtung) für Seebergen mit γ -Kurven zur Bewertung der Vorbeifahrt eines Kfz auf der Wechmarer Straße an der PV-Anlage Seebergen

blau: Fahrtrichtung Nord, Blickpunkt C

grün: Fahrtrichtung Süd, Blickpunkt A

Erfassung der Fauna in Seebergen, Drei Gleichen, B-Plangebiet PV-Anlagen



Schrägluftbild vom UG am 22.05.2022, Foto Bellstedt

Auftraggeber:
PLANUNGSGRUPPE 91 INGENIEURGESELLSCHAFT
LANDSCHAFTSARCHITEKTEN - STADTPLANER - ARCHITEKTEN
99867 Gotha - Jägerstraße 7

Auftragnehmer:
Ronald Bellstedt
Brühl 2, 99867 G o t h a
Tel.: 03621/400917, Handy: 0170/5173366
E-Mail: ronald.bellstedt@t-online.de

Ronald Bellstedt

Gotha, den 08. August 2022

1. Einleitung

Die Erfassung der Fauna in Seebergen (Drei Gleichen) im Landkreis Gotha erfolgte von Ende April bis Ende Juli 2022 (B-Plangebiet PV-Anlagen, Auftrag durch PG 91 laut Angebot vom 20.04.2022).

Das Untersuchungsgebiet (UG) liegt nordöstlich vom Großen Seeberg am Ortsausgang von Seebergen in Richtung Wechmar. Nordöstlich des ruderalen Geländes der alten "LPG" mit abgerissenen Stallanlagen grenzt eine intensiv genutztes Grünland an. Das UG wird aktuell temporär als Pferdekoppel genutzt. Heckenstrukturen grenzen es von der Landstraße und dem Betonplattenweg ab. Randlich ist illegal Müll abgelagert.



Östlicher Rand des Untersuchungsgebietes mit Blick nach Süden zum Großen Seeberg am 29.05.2022, Foto Bellstedt

2. Methodik

Folgende Artengruppen sollten untersucht werden:

Vögel (Aves): Brutvögel

Kriechtiere (Reptilia): speziell Zauneidechse, steht aktuell nicht auf der Roten Liste in Thüringen und Deutschland, ist aber eine Art der FFH-Richtlinie der EU (Anhang IV) sowie der Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV, besonders und streng geschützte Art: §§),

Tagfalter (Schmetterlinge, Lepidoptera)

Außerdem Suche nach Vorkommen folgender **Pflanzen**-Arten (zusätzlich eine Exkursion am 12.07.2022 durch die Botanikerin Dipl.-Biol. Cornelia Schuster, Goldbach):

Streifenklee *Trifolium striatum*,
Quirl-Knäul *Scleranthus verticillatus*
Zwerg-Schneckenklee *Medicago minima*.

Exkursionen ab Ende April bis Ende Juli 2022:

27.04., 29.05., 11.06., 17.07., 23.07., 31.07.

Beobachtungen und Nachweise nach unterschiedlicher **Methodik**:

Sichtbeobachtungen der **Brutvögel**, **Avifauna**, besonders Rebhuhn, Feldlerche auf Ruderalflächen, Acker, Gebüsch, Verhöre und Einsatz Fernglas 10x50, Methodik nach SÜDBECK et al. (2005)

Kriechtiere (Reptilia), speziell der FFH-Anh. IV-Art **Zauneidechse** *Lacerta agilis*, Kontrolle Verstecke und Sonnenplätze

Tagfalter und Widderchen (Schmetterlinge, Lepidoptera), Kescherfang und Fotobelege

Erfassung wertgebender **Begleitfauna**

3. Ergebnisse

3.1. Vögel

Tabelle 1: Avifauna UG Seebergen 2022

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	RLT	RLD	Schutz	Status, Bemerkung
Amsel	<i>Turdus merula</i>			§	BV
Blaumeise	<i>Cyanistes caeruleus</i>			§	NG
Bluthänfling	<i>Linaria cannabina</i>	V	3	§	NG
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>			§	BV
Dohle	<i>Coloeus monedula</i>			§	NG
Elster	<i>Pica pica</i>			§	NG
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>			§	BV
Grünfink	<i>Chloris chloris</i>			§	BV
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>			§§	NG
Haussperling	<i>Passer domesticus</i>			§	BV
Klappergrasmücke	<i>Sylvia curruca</i>			§	BV
Kohlmeise	<i>Parus major</i>			§	NG
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>			§§	NG
Mehlschwalbe	<i>Delichon urbicum</i>		3	§	NG
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>			§	BV
Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>			§, EG	BV
Rabenkrähe	<i>Corvus corone</i>			§	NG
Rauchschwalbe	<i>Hirundo rustica</i>	V	V	§	NG
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>			§	NG
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	3		§§ EG	NG
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>		3	§	NG
Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>			§	BV
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>			§§	NG

Rote Listen:

RLT Rote Liste Thüringen (JAEHNE et al. 2021)

RLD Rote Liste Deutschland (RYS LAVY et al. 2020)

Gefährdung:

1 vom Aussterben bedroht

2 stark gefährdet

3 gefährdet

R sehr selten

V Vorwarnliste

Schutz:

§ besonders geschützte Art nach § 7 Abs. 2 Nr. 13 BNatSchG

§§ streng geschützte Art nach § 7 Abs. 2 Nr. 14 BNatSchG

EG Art des Anhangs I der EG-Vogelschutzrichtlinie

Abkürzungen:

BV Brutvogel

NG Nahrungsgast

3.2. Tagfalter (Lepidoptera)

Taxa	Bemerkungen
Hesperiidae (Dickkopffalter)	
<i>Ochlodes sylvanus</i> (Bremer & Grey, 1853) - Rostfleckiger Dickkopffalter	
Papilionidae (Ritterfalter)	
Pieridae (Weißlinge)	
<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758) - Großer Kohlweißling	
<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758) - Rapsweißling	
<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758) - Kleiner Kohlweißling	
Lycaenidae (Bläulinge)	
<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775) - Gemeiner Bläuling	§
Nymphalidae (Edelfalter)	
<i>Aglais urticae</i> (Linnaeus, 1758) - Kleiner Fuchs	
<i>Inachis io</i> (L., 1758) - Tagpfauenauge	
<i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus, 1758) - Großes Ochsenauge	
<i>Nymphalis c-album</i> (L., 1758) - C-Falter	
Satyridae (Augenfalter)	
<i>Coenonympha pamphilus</i> (L., 1758) – Kleines Wiesenvögelchen	§
<i>Aphantopus hyperantus</i> (L., 1758) - Schornsteinfeger	
<i>Melanargia galathea</i> (Linnaeus, 1758) - Schachbrett	



C-Falter am 31.07.2022 im UG, Foto Bellstedt

3.3. Begleitfauna

Auf der trockenen Pferdekoppel wurde der „Europäische Laternenträger“ angetroffen (mehr als 20 Exemplare am 17.07.2022, Nachweis per Kescherfang). Diese Zikade lebt in Thüringen nur in trockenwarmen Habitaten mit offenen Bodenstellen.



Zikade: Europäischer Laternenträger *Dictyophara europaea*, Foto R. Bellstedt
In Thüringen und Deutschland als gefährdet in den Roten Listen aufgeführt!

3.4. Pflanzen-Kartierung:



Fundort an magerer Kante einer versiegelten Fläche der Pferdekoppel: Streifenklee *Trifolium striatum*,
Fotos C. Schuster 12.07.2022





Pferdekoppel: wenige Pflanzen vom Streifenklee *Trifolium striatum*, Fotos C. Schuster 12.07.2022



4. Diskussion

Es wurden 23 Vogelarten im relativ kleinflächigen Gebiet nachgewiesen. Davon sind 9 Brutvögel und 14 Nahrungsgäste. Auf der Roten Liste stehen 4 Arten, darunter sind keine Brutvögel im UG. Bluthänfling, Mehlschwalbe und Star werden in der Roten Liste der Vögel Deutschlands in Kategorie 3 (gefährdet) eingestuft (RYSILAVY et al. 2020). Diese Arten sind Nahrungsgäste und brüten in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (UG) im Dorf Seebergen und am Dorfrand in den Kleingärten am Großen Seeberg.

Die beobachteten Brutvogel-Arten im UG 2022 sind in Thüringen allgemein häufig und weit verbreitet in urbanen Bereichen. Grünspecht, Mäusebussard, Rotmilan und Turmfalke bestreifen das UG auf der Suche nach Beute. Der Neuntöter ist Brutvogel im UG und nutzt besonders die großen Heckenrosenbüsche als Brutstätte.



Männchen vom Neuntöter im UG am 17.07.2022, Foto Bellstedt

Mehlschwalbe und Star können durch die Etablierung von Nisthilfen an geeigneten Standorten gefördert werden. Neben dem Reichtum an Insekten im Luftraum für die Schwalben bietet das UG durch die Pferdekoppel den Staren entsprechende Nahrungsangebote.

Nach § 44 Abs. 3 BNatSchG ist es verboten, Fortpflanzungsstätten und Ruheplätze wildlebender Tierarten zu zerstören. Große Bäume sowie Hecken- und Strauchstrukturen am Rand des UG sind weitestgehend zu erhalten, um die Diversität

der Vogelwelt des Gebietes zu bewahren. Der Verlust einzelner Bäume und Sträucher ist durch die Anbringung geeigneter Nistmöglichkeiten sowie durch die Pflanzung einheimischer Arten zu ersetzen.

Die Zauneidechse wurde trotz gezielter Suche im UG nicht nachgewiesen [in Thüringen im Bestand gefährdet, Kategorie 3 nach SERFLING et al. (2021) und zudem streng geschützt und eine Art der FFH-Richtlinie der EU, Anhang IV].

An Tagfaltern konnten 12 häufige und in Thüringen weit verbreitete Arten beobachtet werden. Zwei Arten sind nach BArtSchV besonders geschützt, der Gemeine Bläuling sowie das Kleine Wiesenvögelchen.

Nur einige wenige Exemplare vom Streifenklee *Trifolium striatum* (RLD 3, RLT 2) konnten gefunden werden, Quirl-Knäul *Scleranthus verticillatus* (RLD 2) und Zwerg-Schneckenklee *Medicago minima* oder der um Seebergen vorkommende, in Thüringen sehr seltene Stinkende Gänsefuß *Chenopodium vulvaria* (RLD 2, RLT 2) wurden nicht gesehen. Bei entsprechender extensiver Bewirtschaftung mit Störstellen durch Weidetiere in der geplanten PV-Anlage (z.B. durch Schafbeweidung) kann das Vorkommen vom Streifenklee dauerhaft erhalten werden.

5. Literatur

BELLSTEDT, R. (2002): Lurche und Kriechtiere im Landkreis Gotha. Vorkommen und Schutz ihrer Lebensräume. 2. überarb. u. aktual. Aufl., Hrsg.: NABU KV Gotha e.V. u. UNB LRA Gotha, 36 S.

BOSBACH, G. & K. WEDDELING (2005): Zauneidechse *Lacerta agilis* (LINNAEUS, 1758). – In: Doerpinghaus, A. et al. (Bearb.): Methoden zur Erfassung von Arten der Anhänge IV und V der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie. – Natursch. u. Biol. Vielfalt 20: 285-289.

Bundesamt für Naturschutz (BfN, Hrsg., 2009): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 1: Wirbeltiere. – Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 70 (1): 1-386.

Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) in der Fassung vom 16. Februar 2005 (BGBl I 2005, 258 (896)), geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 12. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2873)

Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in der Fassung vom 29. Juli 2009, veröffentlicht über das Gesetz zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege. – Bundesgesetzblatt 2009 Teil 1 Nr. 51 vom 6. August 2009

ELBING et al. (1996): 9.3. Zauneidechse – *Lacerta agilis* LINNAEUS, 1758. – In: Günther, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. – G.-Fischer-Verl. Jena: 535-557.

JAEHNE, S. et al. (2021): Rote Liste der Brutvögel (Aves) Thüringens. – Naturschutzreport, Jena, 30: 63-70.

FRITZLAR, F. et al. (2021): Rote Listen der gefährdeten Tier-, Pilz- und Pflanzenarten, Pflanzengesellschaften und Biotope Thüringens. – Naturschutzreport, Jena, 30: 1-535.

HENLE, K., STEINICKE, H. & H. GRUTTKE (2004): Verantwortlichkeit Deutschlands für die Erhaltung von Amphibien- und Reptilienarten: Methodendiskussion und 1. Überarbeitung. – Nat.-schutz Biol. Vielfalt, BfN Bonn, 8: 91-107.

JÄHNE, S. et al. (2021): Rote Liste der Brutvögel (Aves) Thüringens (4. Fassung, Stand: 12/2010). - Naturschutzreport 30: 64-70.

Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2000): Umsetzung der Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie) in Thüringen. – Thüringer Staatsanzeiger Nr.20/2000, S. 1143-1206

Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen vom 21. Mai 1992 (FFH-Richtlinie) (ABl. EG Nr. L 206 S. 7), zuletzt geändert durch RL 2006/105/EG v. 20.11.2006 (ABl. EG Nr. L 363, S. 368).

RYSLAVY, T., BAUER, H.-G., GERLACH, B., HÜPPOPP, O., STAHRER, J., SÜDBECK, P. UND C. SUDFELDT (2020): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 6. Fassung, 30. September 2020. - Vogelschutz 57: 14-112.

SERFLING, C. et al. (2021): Rote Liste der Kriechtiere (Reptilia) Thüringens. - Naturschutzreport 30: 72-76.

SÜDBECK, P. ET AL. (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. – DDA, Radolfzell, 777 S.

TRAUTNER, J. (1992): Arten und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen. - BVDL-Tagung Bad Wurzbach, 9.-10. Nov. 1991, Weikersheim

TRAUTNER, J. (2020): Artenschutz. Rechtliche Pflichten, fachliche Konzepte, Umsetzung in der Praxis. – Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 319 S.

Thüringer Gesetz für Natur und Landschaft (ThürNatG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. August 2006 (GVBl. S. 421), zuletzt geändert durch Art. 22 Thüringer HaushaltsbegleitG 2008/2009 vom 20.12. 2007 (GVBl. S. 267)