

BERICHT

Zum Blendrisiko der geplanten PV-Anlage
Solarpark Horst-Hainholz, Schleswig-Holstein



BERICHT AMK293-AA-2412-V1.0

07.03.2024

Alfons Armbruster

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, ISE
Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Germany
Fon +49 (0) 761 / 4588 5236
E-Mail alfons.armbruster@ise.fraunhofer.de

Im Auftrag des Kunden: Solarpark Horst-Hainholz GmbH, Schleusenstraße 10, 25541 Brunsbüttel

Dieses Gutachten umfasst 15 Seiten, Anhang ausgenommen. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse darf nicht unvollständig oder in sinnentstellendem Zusammenhang erfolgen. Das vorliegende Dokument ist Eigentum des Auftraggebers.

Karolina Baltins/Christian Schill
Gruppenleitung

Alfons Armbruster
Projektleitung

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Zusammenfassung | 4 |
| 2 | Beschreibung der Anlage | 5 |
| 3 | Detaillierte Ergebnisse..... | 6 |
| 3.1 | Referenzpunkte..... | 6 |
| 3.2 | Gebäude im Umfeld der PV-Anlage..... | 6 |
| 3.3 | Autobahn A23 südwestlich der PV-Anlage | 10 |
| 3.4 | Bahnlinie westlich der PV-Anlage | 13 |
| 4 | Berechnungsverfahren | 15 |

1 Zusammenfassung

Der Auftraggeber plant die Errichtung einer PV-Anlage (Solarpark Horst-Hainholz) in Form einer Freiflächenanlage in 25358 Horst-Hainholz, Schleswig-Holstein.

Motivation:

Grundsätzlich können PV-Anlagen zu Blendungseffekten führen. Bei der durch die Solarpark Horst-Hainholz GmbH, Schleusenstraße 10, 25541 Brunsbüttel; geplanten PV-Anlage könnte es entsprechend grundsätzlich ebenfalls durch die aufgeständerten, geneigten PV-Module zu Blendungseffekten in der Umgebung kommen, welche in diesem Fall insbesondere Bewohner einiger Gebäude im Umfeld der Anlagen und Fahrzeuge auf der Autobahn A23, sowie die Treibfahrzeugführer auf der angrenzenden Bahnlinie betreffen könnten. Dieses Gefährdungspotenzial gilt es in dem folgenden Gutachten zu untersuchen und zu bewerten.

Bei Bahnlinien und wichtigen Verkehrsstraßen sollten möglichst keine Blendungen auftreten, besonders nicht in der Hauptblickrichtung (Fahrtrichtung +/-30°). Bei Gebäuden ist eine Blendung von maximal 30 Minuten Täglich mit einer Obergrenze (nach LAI¹) von maximal 30 Stunden pro Jahr üblich.

Ergebnis und Bewertung:

Bei den meisten Gebäuden (G01 bis G11) liegt keine oder nur geringe Blendung vor. Die Blendhäufigkeit bei Gebäude G12 (siehe Abbildung 2) liegt mit 67 Stunden pro Jahr deutlich über dem Grenzwert nach LAI, hier ist es notwendig einen entsprechenden Blendschutz zu installieren.

Das Ergebnis von Gebäude G13 repräsentiert das Erdgeschoss, da an dem Stall nur dort Fenster vorhanden sind.

Das Blendrisiko auf der Autobahn A23 stufen wir als gering ein, da die geringe theoretische Blendung in den Sommermonaten durch die Vegetation entlang der Autobahn geblockt wird.

Wir empfehlen Bestandsschutz für die Vegetation zwischen der A23 und dem Hainholz Weg.

Entlang der Bahnlinie gibt es in den Sommermonaten eine geringe theoretische Blendung. Diese wird jedoch in der Praxis durch die Vegetation entlang der Bahnlinie geblockt.

Wir empfehlen Bestandsschutz für die Vegetation zwischen der Bahnlinie und dem PV-Feld mit entsprechender Verdichtung der Bepflanzung.

Die Ergebnisse der Überprüfung sind in Kapitel 3 detailliert aufgeführt.

¹ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen

2 Beschreibung der Anlage

Beschreibung der Anlage.....
.....

| | |
|-------------------------------------|--|
| Name: | Solarpark Horst-Hainholz |
| Standort: | 25358 Horst-Hainholz, Schleswig-Holstein |
| Koordinaten: | 53,82 °N; 9,65 °O |
| Nennleistung PV-Anlage $P_{N,DC}$: | 23,4 MWp |
| Modulneigung: | 15 ° |
| Modulausrichtung Feld: | 180° (West) |
| Befestigungsart: | Freifläche, Aufgeständert |

Tabelle 1: Prüfobjekt



Abbildung 1
PV-Felder der geplanten PV-
Anlage und betrachtete
Immissionspunkte

3 Detaillierte Ergebnisse

3.1 Referenzpunkte

Zur Untersuchung der Blendhäufigkeit wurden verschiedene Referenzpunkte in Absprache mit dem Auftraggeber ausgewählt, für welche die Berechnungen durchgeführt wurden, siehe Abbildung 1.

Als Immissionspunkte wurden 13 Gebäuden in der näheren Umgebung definiert, bei diesen werden im Allgemeinen jeweils die oberste Etage betrachtet. Außerdem wurden sechs Positionen auf der Autobahn A23 untersucht. Zudem wurden sechs Immissionspunkte auf der Bahnlinie westlich des PV-Feldes betrachtet.

3.2 Gebäude im Umfeld der PV-Anlage

Um das Blendrisiko auf Wohngebäude zu untersuchen, wurden 13 Gebäude (G01-G13) im näheren Umkreis des PV-Feldes mit erhöhtem potenziellem Blendpotential ausgewählt (siehe Abbildung 1 - Grün).

Die Ergebnisse der Blendhäufigkeit in Stunden, für die einzelnen Immissionspunkte bei realer Bewölkung, sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Bei den Gebäuden G01 bis G11 liegt keine oder nur geringe Blendung vor. Die Blendhäufigkeit bei Gebäude G12 (siehe Abbildung 2) liegt mit 67 Stunden pro Jahr deutlich über dem Grenzwert nach LAI, hier ist es notwendig einen entsprechenden Blendschutz zu installieren. Das Ergebnis von Gebäude G13 repräsentiert das Erdgeschoss, da an dem Stall nur dort Fenster vorhanden sind.



Abbildung 2
Blick von PV-Feld 1 zu den
Gebäuden G12 und G13

| Pos. | G01 | G02 | G03 | G04 | G05 | G06 | G07 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Monat | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 5 | 0 | 9 | 5 | 3 | 0 | 0 |

Detaillierte Ergebnisse

**Tabelle 2: Ergebnis
 Blendhäufigkeiten, realer
 Himmel, Gebäude G01-G07**

| Pos. | G08 | G09 | G10 | G11 | G12 | G13 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Monat | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 12 | 1 |
| 6 | 2 | 1 | 0 | 0 | 12 | 1 |
| 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 5 | 1 | 0 | 0 | 67 | 4 |

**Tabelle 3: Ergebnis
 Blendhäufigkeiten, realer
 Himmel, Gebäude G08-G13**

Die Ergebnisse der Blendhäufigkeit in Stunden, für die einzelnen Immissionspunkte bei klarem Himmel, sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 dargestellt. Die Blendhäufigkeiten bei klarem Wetter stellen den theoretisch Maximalen Wert der Blenddauer dar.

Detaillierte Ergebnisse

| Pos. | G01 | G02 | G03 | G04 | G05 | G06 | G07 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Monat | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 0 | 5 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | 3 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| 8 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 9 | 0 | 14 | 8 | 4 | 0 | 1 |

**Tabelle 4: Ergebnis
 Blendhäufigkeiten, klarer
 Himmel, Gebäude G01-G07**

| Pos. | G08 | G09 | G10 | G11 | G12 | G13 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Monat | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 1 |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 20 | 2 |
| 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 19 | 1 |
| 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 18 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 |

Detaillierte Ergebnisse

**Tabelle 5: Ergebnis
 Blendhäufigkeiten, klarer
 Himmel, Gebäude G08-G13**

3.3

Autobahn A23 südwestlich der PV-Anlage

Um das Blendrisiko auf der Autobahn A23 zu untersuchen, wurden insgesamt 12 Positionen A01-A12) ausgewählt (siehe Abbildung 1 – Gelb).

Die Ergebnisse der Blendhäufigkeit in Stunden, für die einzelnen Immissionspunkte bei realer Bewölkung, sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 aufgeführten. Hierbei wird die durchschnittliche Bewölkung bei realem Wetter entsprechend ihrer Häufigkeit aus Klimadaten vergangener Jahre angenommen.

Die Werte entsprechen jedoch theoretischen Summen ohne Berücksichtigung von Vegetation. Die theoretische Blendung tritt nur während der Sommermonate auf und wird in der Praxis von der Vegetation geblockt (siehe Abbildung 3).

Wir empfehlen Bestandsschutz für die Vegetation zwischen der A23 und dem Hainholz Weg.

| Pos. | A01 | A02 | A03 | A04 | A05 | A06 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Monat | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Relevant | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Tabelle 6: Ergebnis
 Blendhäufigkeiten, realer
 Himmel, Autobahn A01-A06**

| Pos. | A07 | A08 | A09 | A10 | A11 | A12 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Monat | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 1 | 2 | 4 | 3 | 7 | 3 |
| Relevant | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Detaillierte Ergebnisse

**Tabelle 7: Ergebnis
Blendhäufigkeiten, realer
Himmel, Autobahn A07-A12**



**Abbildung 3
Blick von A10 in Richtung
PV-Felder**

Die Ergebnisse der Blendhäufigkeit in Stunden, für die einzelnen Immissionspunkte bei klarem Himmel, sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellt. Die Blendhäufigkeiten bei klarem Wetter stellen den theoretisch Maximalen Wert der Blenddauer dar.

| Pos. | A01 | A02 | A03 | A04 | A05 | A06 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Monat | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |

Detaillierte Ergebnisse

| Pos. | A07 | A08 | A09 | A10 | A11 | A12 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Monat | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 6 | 0 | 1 | 4 | 1 | 7 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 1 | 4 | 9 | 4 | 13 | 4 |

**Tabelle 8: Ergebnis
Blendhäufigkeiten, klarer
Himmel, Autobahn A01-A06**

**Tabelle 9: Ergebnis
Blendhäufigkeiten, klarer
Himmel, Autobahn A07-A12**

3.4

Bahnlinie westlich der PV-Anlage

Um das Blendrisiko auf der Bahnlinie westlich der PV-Anlage zu untersuchen, wurden insgesamt sechs Positionen (B01-B06) auf diesem ausgewählt (siehe Abbildung 1 – Blau).

Die Ergebnisse der Blendhäufigkeit in Stunden, für die einzelnen Immissionspunkte bei realer Bewölkung, sind in Tabelle 6 aufgeführten. Hierbei wird die durchschnittliche reale Bewölkung entsprechend ihrer Häufigkeit aus Klimadaten vergangener Jahre angenommen.

Die Werte entsprechen jedoch theoretischen Summen ohne Berücksichtigung von Vegetation. Die theoretische Blendung tritt hier nur während der Sommermonate auf und wird in der Praxis von der Vegetation geblockt (siehe Abbildung 4).

Wir empfehlen Bestandsschutz für die Vegetation zwischen der Bahnlinie und dem PV-Feld mit entsprechender Verdichtung der Bepflanzung.

| Pos. | B01 | B02 | B03 | B04 | B05 | B06 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Monat | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 2 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 5 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 0 | 9 | 11 | 3 | 4 | 0 |

**Tabelle 10: Ergebnis
Blendhäufigkeiten, realer
Himmel, Bahnlinie B01-B06**



Detaillierte Ergebnisse

Abbildung 4
Blick von der A23 entlang
der Bahnlinie

Die Ergebnisse der Blendhäufigkeit in Stunden, für die einzelnen Immissionspunkte bei klarem Himmel, sind in Tabelle 11 dargestellt. Die Blendhäufigkeiten bei klarem Wetter stellen den theoretisch Maximalen Wert der Blenddauer dar.

| Pos. | B01 | B02 | B03 | B04 | B05 | B06 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Monat | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 5 | 0 | 3 | 5 | 2 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 10 | 7 | 2 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 5 | 5 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahr | 0 | 18 | 20 | 6 | 7 | 0 |

Tabelle 11: Ergebnis
Blendhäufigkeiten, klarer
Himmel, Bahnlinie B01-B06

Die monatlichen Häufigkeiten möglicher Blendung wurden wie folgt ermittelt:

Als Immissionspunkte wurden 13 Gebäude in der näheren Umgebung, sechs auf der Autobahn A23 und sechs Positionen auf der Bahnlinie westlich des PV-Feldes definiert. Bei den Gebäuden wurde jeweils die oberste Etage betrachtet. Für jeden dieser Punkte wurden die folgenden Schritte durchgeführt:

- Für diese 25 Positionen wurde die potenzielle Blendung von allen Teilfeldern der PV-Anlage bestimmt.
- Bei den Berechnungen wurden die Ergebnisse der Teilfelder aufaddiert.
- Bestimmung des Sichtbereichs nach Azimut (Richtung) und Elevation (Höhenwinkel), unter welchem die PV-Anlage im Blickfeld an definierten Positionen erscheint.
- Berechnung des Sonnenstands (= der Blickrichtung zur Sonne) für alle Tage eines 10-Jahres-Zeitraums in 15-min-Schritten.
- Berechnung des gespiegelten Sonnenstands, also der Blickrichtung zum Abbild der Sonne, welches sich in einer spiegelnden Oberfläche der gewählten Ausrichtung und Neigung ergibt, für alle Einzel-Zeitschritte.
- Zählung der 15-min-Intervalle, in denen das Spiegelbild der Sonne im oben berechneten Sichtbereich liegt.
- Summierung der gezählten Intervalle aus 10 Jahren zu Werten der maximalen Blendhäufigkeit in Stunden pro Jahr.
- Summierung der gezählten Intervalle ohne Bewölkung aus 10 Jahren zu Werten der realistischen Blendhäufigkeit in Stunden pro Jahr.
- Für alle Immissionspunkte wurden zusätzlich die Blendrichtung bestimmt.

Die Ergebnisse dieser Rechnungen sind tabellarisch zusammengefasst. Die einzelnen Tabellenspalten stehen für die betrachteten Positionen, die einzelnen Zeilen stehen für die Monate im Jahr, an denen Blendung auftreten kann. Ein einzelner Tabellenwert gibt die Blendhäufigkeit in Stunden pro Jahr an.