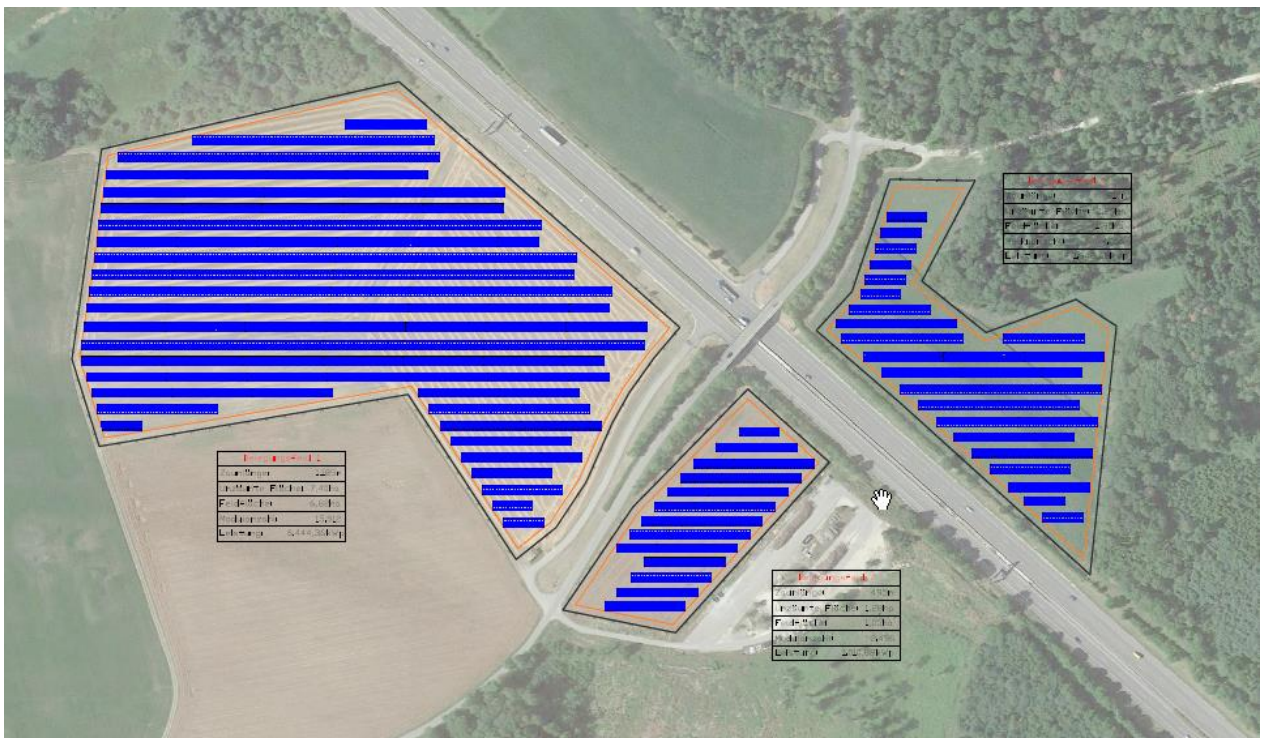


# BERICHT

Zum Blendrisiko einer geplanten PV-Anlage  
in Mühlhausen-Ehingen, Deutschland



# **BERICHT AMK293-AA-2019-V1.2**

21.09.2020

## **Alfons Armbruster**

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

Im Auftrag des Kunden EnBW Solar GmbH, Schelmenwasenstr. 15, 70567 Stuttgart

Dieses Gutachten umfasst 13 Seiten, Anhang ausgenommen. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse darf nicht unvollständig oder in sinnentstellendem Zusammenhang erfolgen. Das vorliegende Dokument ist Eigentum des Auftraggebers.

Björn Müller  
Teamleitung

Alfons Armbruster  
Projektleitung

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Beschreibung der Anlage .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Detaillierte Ergebnisse.....</b>	<b>6</b>
3.1	Referenzpunkte.....	6
3.2	Ergebnisse Feld 1-Nord .....	7
3.3	Ergebnisse Feld 1-Süd und Feld 2 .....	9
3.4	Ergebnisse Feld 3 .....	11
<b>4</b>	<b>Berechnungsverfahren .....</b>	<b>13</b>

Der Auftraggeber plant die Errichtung einer PV-Anlage in Form einer Freiflächenanlage bei Mühlhausen Ehingen, Deutschland. Die geplante Anlage befindet sich Westlich und Östlich der Autobahn A81.

Durch die aufgeständerten geneigten PV-Module kann es zur Blendungseffekten in der Umgebung kommen, welche insbesondere die Fahrer auf der Autobahn betreffen können.

Ergebnisse:

Die beiden Felder (Feld1Süd und Feld2) westlich der Autobahn und Südlich der Autobahnbrücke verursachen keine Blendung da sie zusätzlich zur guten Lage noch Blendschutz durch Pflanzenbewuchs haben.

In Autobahn-Fahrtrichtung Nord-Süd südlich der Autobahnbrücke (S04) entsteht durch Feld3 (östlich der Autobahn) in den Sommermonaten in den Sonnenaufgangsstunden Blendung von etwa 17 Stunden im Jahr. Durch den Bestandspflanzenwuchs wird diese jedoch teilweise abgedeckt. Die Blendung kommt aus circa 45° zur Fahrtrichtung.

In Autobahn-Fahrtrichtung Süd-Nord nördlich der Autobahnbrücke (S04) entsteht durch Feld1Nord (westlich der Autobahn) in den Sommermonaten in den Sonnenuntergangsstunden Blendung von 17 Stunden im Jahr. Die Blendung kommt aus circa 45° zur Fahrtrichtung.

Bei Überquerung der Autobahn über die Ortsverbindungsstraße Brücke (B04 selbe Position wie S04) entsteht in den Morgen und Abendstunden der Sommermonate ebenfalls Blendung (bis zu 46 Stunden Richtung West und bis zu 74 Stunden Richtung Ost). Die Blendung kommt jeweils aus circa 45° zur Fahrtrichtung.

Bei den Gebäuden südlich der Anlage ist keine Blendung zu erwarten.

Bewertung:

Bei den sieben ausgewählten Referenzpunkten auf der Autobahn kommt es nur an Referenzpunkt S04/B04 zur relevanten Blendungen.

In Fahrtrichtung nach Süd/Ost empfiehlt sich Bestandsschutz für die Pflanzen zwischen der Autobahn und Feld3.

In Fahrtrichtung nach Nord/West empfiehlt sich ein zusätzlicher Blendschutz; an Position der roten Linie; mit einer Höhe von 3m zwischen der Autobahnabfahrt und der Nordkante des Modulfeldes 1(Grüne Linie).

In beiden Fällen liegt die Blendrichtung außerhalb des Gebrauchsblickfeldes.

Die häufigste Blendung tritt auf der Ortsverbindungsstraße über die Autobahnbrücke selbst auf, da die Blendung jedoch außerhalb des Gebrauchsblickfeldes liegt, sollte keine allzu große Beeinträchtigung auftreten.

Die Ergebnisse der Überprüfung sind in Kapitel 3 detailliert aufgeführt.

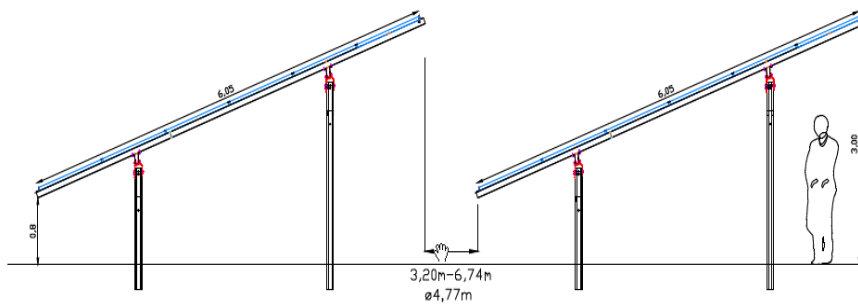
## 2 Beschreibung der Anlage

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

Name:	EnBW Mühlhausen-Ehingen
Standort:	78259 Mühlhausen-Ehingen, Deutschland
Koordinaten:	47,49 °N, 8,50 °O
Nennleistung PV-Anlage $P_{N, DC}$ :	9,1 MWp
Modulneigung:	20 °
Modulausrichtung:	Alle Teilfelder: 180 °
Befestigungsart:	Aufständerung in bis zu 25 Reihen, 6 Module horizontal übereinander

**Tabelle 1: Prüfobjekt**

**Seitenansicht Modultische**



M1:75

**Abbildung 1:  
Aufständerung aus Plan**

### 3 Detaillierte Ergebnisse

#### 3.1 Referenzpunkte

Zur Untersuchung der Blendhäufigkeit wurden verschiedene Referenzpunkte ausgewählt, für welche die Berechnungen durchgeführt wurden, siehe

Abbildung 2.

Feld 1 wurde aus technischen Gründen in zwei Teile aufgeteilt, einen nördlich und einen südlich von Punkt S04 an der Autobahnbrücke. Die Punkte S1 bis S6 bezeichnen Positionen auf der Autobahn und der Punkt B4 die Position auf der Brücke über die Autobahn oberhalb bei S4.

Die Höhen aller Referenzpunkte wurden anhand der Angaben von Google Earth bestimmt. Es wurden die Blendhäufigkeiten für eine Fahrerposition in Höhe eines LKWs berechnet, da hier das höhere Blendrisiko besteht.



**Abbildung 2**  
**Referenzpunkte**

## 3.2 Ergebnisse Feld 1Nord

-----  
 Detaillierte Ergebnisse  
 -----

Die Berechnungen für Feld 1Nord führen bei angenommenem klarem Himmel zu den in Tabelle 2 aufgeführten maximale Blendhäufigkeiten.

<b>Pos.</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>B4</b>
<b>Monat</b>					
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	3
4	0	2	0	0	9
5	0	4	0	0	9
6	0	0	0	0	6
7	7	7	2	0	3
8	0	1	0	0	9
9	0	0	0	0	6
10	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
Jahr	8	13	2	0	46

**Tabelle 2: Ergebnis  
 Blendhäufigkeit, klarer  
 Himmel, Feld 1 Nord**

Wird durchschnittliche reale Bewölkung in Form von Klimadaten vergangener Jahre angenommen, so führen die Berechnungen zu den in Tabelle 3 aufgeführten Blendhäufigkeiten für Feld 1Nord.

-----  
 Detaillierte Ergebnisse  
 -----

<b>Pos.</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>B4</b>
<b>Monat</b>					
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	7
5	0	2	0	0	6
6	0	0	0	0	4
7	5	5	2	0	2
8	0	1	0	0	6
9	0	0	0	0	4
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
Jahr	5	9	2	0	30

**Tabelle 3: Ergebnis  
 Blendhäufigkeit, realer  
 Himmel, Feld 1 Nord**



### 3.3

## Ergebnisse Feld 1Süd und Feld 2

-----  
Detaillierte Ergebnisse  
-----

Die Berechnungen für Feld 1Süd und Feld 2 führen bei angenommenem klarem Himmel zu den in Tabelle 2 aufgeführten maximalen Blendhäufigkeiten.

Pos.	S3	S4	S1	S2	S3
Monat	Feld 1 Süd		Feld 2		
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	2	1	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	1	1	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
Jahr	0	0	3	2	0

**Tabelle 4: Ergebnis  
Blendhäufigkeit,  
klarer Himmel, Feld 1Süd  
und Feld 2**

Wird durchschnittliche reale Bewölkung in Form von Klimadaten vergangener Jahre angenommen, so führen die Berechnungen zu den in Tabelle 3 aufgeführten Blendhäufigkeiten für Feld 1Süd und Feld 2. Die Blendung von Feld 2 ist nur von theoretischer Natur da die Bepflanzung zwischen Anlage und hier zusätzlich als Blendschutz fungiert.

-----  
 Detaillierte Ergebnisse  
 -----

<b>Pos.</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>Monat</b>	<b>Feld 1 Süd</b>		<b>Feld 2</b>		
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
<b>Jahr</b>	0	0	2	1	0

**Tabelle 5: Ergebnis  
 Blendhäufigkeit,  
 realer Himmel, Feld 1Süd  
 und Feld 2**

### 3.4 Ergebnisse Feld 3

-----  
Detaillierte Ergebnisse  
-----

Die Berechnungen für Feld 3 führen bei angenommenem klarem Himmel zu den in Tabelle 2 aufgeführten maximalen Blendhäufigkeiten.

<b>Pos.</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>B4</b>
<b>Monat</b>			
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	7
4	0	0	14
5	1	8	9
6	3	7	7
7	2	1	14
8	0	0	15
9	0	0	8
10	0	0	1
11	0	0	0
12	0	0	0
Jahr	6	17	74

**Tabelle 6: Ergebnis  
Blendhäufigkeit, klarer  
Himmel, Feld 3**

Wird durchschnittliche reale Bewölkung in Form von Klimadaten vergangener Jahre angenommen, so führen die Berechnungen zu den in Tabelle 3 aufgeführten Blendhäufigkeiten für Feld 3.

-----  
 Detaillierte Ergebnisse  
 -----

<b>Pos.</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>B4</b>
<b>Monat</b>			
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	4
4	0	0	9
5	1	4	5
6	2	5	4
7	1	1	8
8	0	0	10
9	0	0	4
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
<b>Jahr</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>45</b>

**Tabelle 7: Ergebnis  
 Blendhäufigkeit, realer  
 Himmel, Feld 3**

## 4

# Berechnungsverfahren

Die monatlichen Häufigkeiten möglicher Blendung wurden wie folgt ermittelt:

Als Immissionspunkte wurden sechs Positionen auf der Autobahn definiert. Für jeden dieser Punkte wurden die folgenden Schritte durchgeführt:

- Zuordnung der Positionen zu den Teilanlagen Feld 1-3, wenn Blendung möglich erscheint.
- 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.

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.