

Solarenergieberater,
Anlagenplaner,
Speicherexperten
und Sachverständige



Ihre Solarenergie-
Experten und -Gutachter

V&F Solutions, David Morgenstern Weg 13, 91056 Erlangen

Dr. Karl Kluge
Handwerkstr. 15
70565 Stuttgart

**Matthias
Vierheilig**

DEKRA zertifizierter
Schadenbewerter und
DEKRA zertifizierter
Sachverständiger für
Photovoltaikanlagen

David Morgenstern Weg 13
91056 Erlangen
Deutschland

Telefon +49 176 2665 6863
Email: vierheilig@vandf.de
Internet: www.vandf.de

Privatgutachten

Überprüfung von Neuinstallation

Gutachten Nr.: MV23-01-3
Auftraggeber: Dr. Karl Kluge
Anlagengröße: 220kWp
Anlagenort: Seeweg 7 / 71111 Seedorf
Umfang: 15 Seiten
Verteiler: 1x Original – Ausfertigung für Dr. Karl Kluge
1x Original - Ausfertigung für eigene Unterlagen
Anlagen: Keine
Datum : 06.01.2023

Sachverständiger : Matthias Vierheilig
Gutachten Nr. : MV23-01-3
Auftraggeber : Dr. Karl Kluge
Anlagenort : Seeweg 7 / 71111 Seedorf



Gliederung:

Einführung	3
Zu klärende Fragestellungen	3
Zu untersuchende PV-Anlage	3
Ressourcen und Grundlagen	4
Ortstermin	4
Zustand der besichtigten PV-Anlage	5
Beantwortung der Beweisfragen	12
Anmerkungen	15

Einführung

1. Hr. Dr. Karl Kluge kontaktierte V&F Solutions am 28.11.2022 da die neuinstallierte Photovoltaik Anlage (im folgenden „PV-Anlage“ genannt) auf dem Einkaufszentrum im Seeweg 7 / 71111 Seedorf verdächtig wird:
 - a. die errechneten Leistungsdaten nicht zu erbringen
 - b. nicht fachgerecht installiert worden zu sein und
 - c. eine mögliche Brandgefahr darzustellen.
2. Zweck dieses Gutachtens ist es diese Verdachtsfälle anhand der mit dem Kunden erarbeiteten Fragestellung zu aufzuklären.

Zu klärende Fragestellungen

3. Die diesem Gutachten zugrunde liegenden Fragestellungen sind im Folgenden inhaltlich zusammengefasst:
 - a. Welche Bereiche / Stellen an der Anlage sind von einer möglichen Brandgefahr durch Überhitzung betroffen und warum?
 - b. Welche sonstigen Mängel sind in der Anlage erkennbar und haben diese Auswirkungen auf die Ertragssituation?
 - c. Kann ein Garantieanspruch geltend gemacht werden, obwohl eine Abnahme der Halle und PV-Anlage durch den Eigentümer mündlich stattgefunden hat?
 - d. Wie hoch belaufen sich die Kosten für eine mögliche Mängelbeseitigung (überschlagsmäßige Kalkulation!)?
 - e. Welche geltenden Vorschriften und Richtlinien (unter Berücksichtigung der festgestellten Mängel an der PV-Anlage) sind relevant?

Zu untersuchende PV-Anlage

4. Die zu untersuchende 220kWp Photovoltaik Anlage wurde auf einer Papier- und Kartonagen Fertigungshalle durch einen Generalunternehmer vor 3 Monaten fertiggestellt. Weitere Informationen wie z.B. ein Strangplan, PV-Modul sowie Wechselrichter Kapazitäten und Typen sind aufgrund der fehlenden Dokumentation derzeit noch unbekannt.

Ressourcen und Grundlagen

5. Diesem Gutachten liegen die folgenden Dokumente und Informationen zu Grunde:
- a. Die durch nichtzerstörende Maßnahmen gewonnenen Erkenntnisse der vom Sachverständigen am 08.12.2022 durchgeführten Ortsbesichtigung.
 - b. Die vom Sachverständigen angefertigten Lichtbildaufnahmen
 - c. Die folgenden Richtlinien, Gesetze und Vorschriften:
 - i. DIN VDE 0100-420:2022-06
 - ii. DIN VDE 0100-712:2016-10
 - iii. DIN VDE 0126-23-1:2019-04
 - iv. DIN VDE 0185-305-3 Beiblatt 5:2014-02
 - v. §633 ff. BGB

Ortstermin

6. Die PV-Anlage wurde am 08.12.2022 von 11:45 Uhr bis 12:45 Uhr besichtigt. Dabei waren die folgenden Personen anwesend:
- a. Dr. Walter Test (Eigentümer)
 - b. Dr. Werner Wein (Nachbar) (bis 12:25 Uhr)
 - c. Matthias Vierheilig (Sachverständiger und Unterzeichner des Gutachtens)
7. Basierend auf den erarbeiteten Fragestellungen wurden vom Sachverständigen die folgenden Dokumente und Informationen im Voraus angefordert:
- a. Vollständige Dokumentation der PV-Anlage nach VDE 0126-23-1:2019-04
 - b. Garantiebedingungen der Wechselrichter und PV-Modulhersteller
 - c. Brandschutzkonzept
 - d. Blitzschutzkonzept (falls nicht Bestandteil des Brandschutzkonzeptes)
 - e. Zugangsdaten zur Onlinemonitoring Plattform der Wechselrichter
 - f. Die der PV-Anlage zugrunde liegende statische Analyse zur Sicherstellung der Tragfähigkeit der Gebäude
 - g. Errechnete Leistungsdaten
 - h. Informationen zum Zugang und zur Begehbarkeit des Daches
8. Bis zur sowie bei der Ortsbesichtigung wurden weder die angeforderten noch weitere Unterlagen übergeben.

Zustand der besichtigten PV-Anlage

9. Basierend auf den in Paragraph 5 aufgeführten Dokumenten und Informationen, wurden Mängel in den folgenden Bereichen gefunden:

- a. Kabelführung. Bei der Verlegung und Befestigung der Kabel und Leitungen auf dem Dach sind die folgenden Mängel aufgefallen:
 - i. Die positiven und negativen Kabel sollten getrennt zum Wechselrichter geführt werden, um die Auswirkungen eines Kurzschlusses zu minimieren.
 - ii. Einige Kabel wurden wie in Abbildung 1 dargestellt auf 10cm-20cm Höhe in Wellrohren von einem PV - Teilgeneratorfeld zum nächsten geführt und mit Kabelbindern befestigt. Aufgrund der nicht UV-Beständigkeit der Wellrohre und Kabelbinder reduziert diese Installationsweise die Langlebigkeit der PV-Anlage.



Abbildung 1: Kabelführung in Wellrohren auf 10cm-20cm Höhe

- iii. An mehreren Stellen kann es aufgrund unsachgemäßer Kabelverlegung zur Beschädigung der Isolationsschicht dieser und somit zu elektrischen Schlägen sowie Kurzschlüssen kommen. Des Weiteren beeinträchtigen

die dadurch provozierten Schäden die Isolations- als auch die Wasserwiderstandsfähigkeit und führen zu Einbußen beim Ertrag durch Wechselrichterfehler.



Abbildung 2: Unsachgemäße Kabelinstallation

iv. In mehreren Teilen des PV-Generatorfeldes kommt es zu Kabelhäufungen wie in Abbildung 3 dargestellt. Diese können bei unsachgemäßer Auslegung zu unkontrollierter Wärmezeugung führen.



Abbildung 3: Kabelhäufung

- v. Des Weiteren belastet die hängende Installation der PV-Strangkabel diese übermäßig und kann zu mechanischen Schäden führen.



Abbildung 4: Hängende PV-Kabel

- vi. Die in den Abschnitten iii und v beschriebenen Kabel sollten durch eine fachgerechte Installation in Kabelkanälen vor mechanischen Belastungen und Eingriffen geschützt werden.
- vii. Generell wäre zu überprüfen ob die erlaubten Biegeradien der PV Modul Kabel bei der Verkabelung eingehalten wurden, sowie ob die verwendeten Kabel NYY klassifiziert sind.
- b. Blitzschutzkonzept. Um einen ausreichenden Blitzschutz nach VDE 0185-305-3 Beiblatt 5:2014-02 zu gewährleisten müssen der Abstand zwischen den PV-Modulen sowie den Kabelkanälen und der vorhandenen Blitzschutzanlage berechnet und angepasst sowie geeignete Gleichstrom (im folgenden „DC“ genannt) Überspannungsschütze und Schutzpotentialleitungen nach dem gewähltem Blitzschutzkonzept installiert werden.

c. Statische Eignung der Unterkonstruktion. Die verwendete Unterkonstruktion erweckt Zweifel an deren Tauglichkeit. Um die Eignung dieser für die vorherrschenden Wind- und Schneelasten zu überprüfen sind statische Nachweise zur Berechnungsgrundlage der Anzahl und Abstand der Dachverbinder vom Errichter einzufordern. Des Weiteren wurden bei der Befestigung die folgenden Mängel festgestellt:

- i. Einige Dachverbinder wurden unsachgemäß am Dach befestigt, wie in Abbildung 5 dargestellt.



Abbildung 5: Unsachgemäß montierte Dachverbinder

- ii. Einige Solarmodule wurden mit falschen oder gar keinen Klammern befestigt:



Abbildung 6: Falsche und fehlende Klammern

- iii. Das Dach wurde bei der Installation beschädigt und wasserundicht hinterlassen, wie auf der nächsten Seite dargestellt ist:

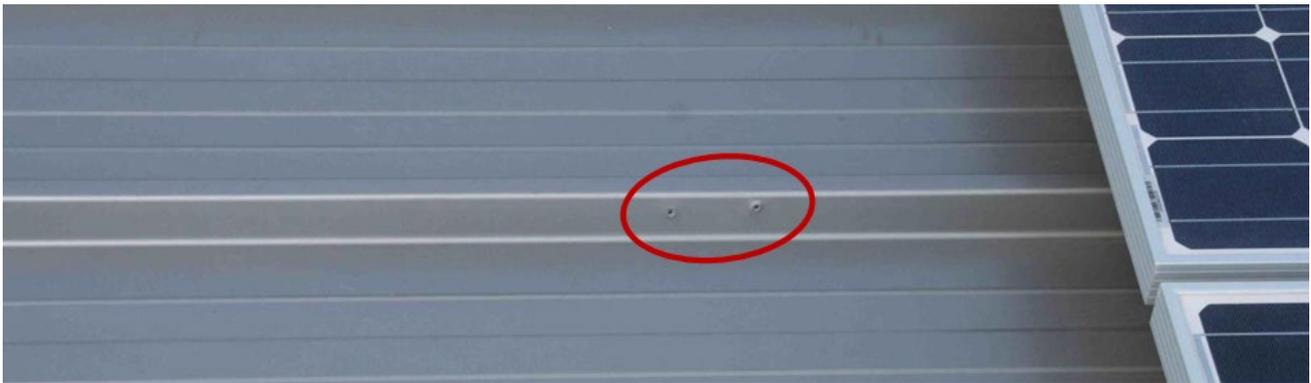


Abbildung 7: Löcher im Dach

- iv. Die Wetterbeständigkeit ist aufgrund mangelhafter Installation wie exemplarisch in Abbildung 8 dargestellt anzuzweifeln.

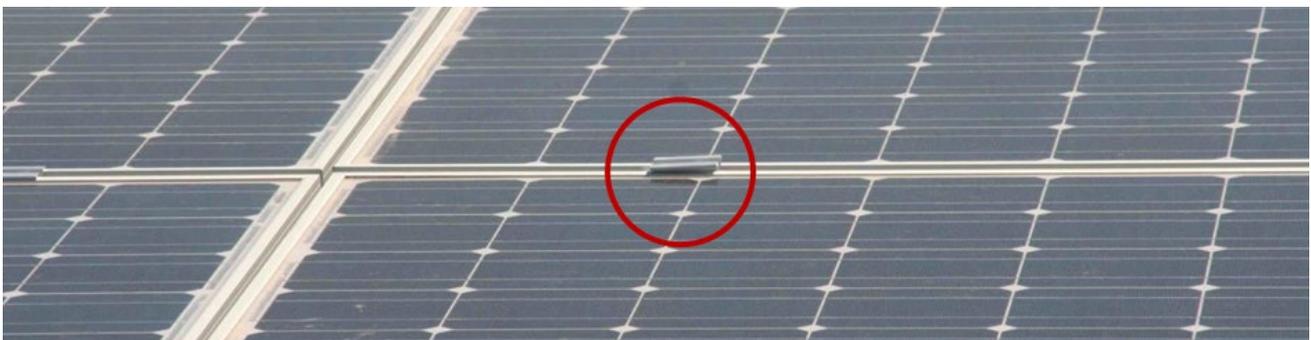


Abbildung 8: Mangelhafte Installation der Solarmodule

- d. Verschattungen. Konstante und kontinuierlich wiederkehrende Verschattungen können Hotspots in PV-Modulen erzeugen und diese so langfristig schaden. Verschattungen durch die in Abbildung 9 markierten Blitzableiter und Abluftanlagen sollten weiter überprüft werden.



Abbildung 9: Potenzielle Verschattungen

- e. Eingeschränkte Wartungsmöglichkeiten. Die Zugangswege zur Reinigung und Instandhaltung der Lichtkuppeln, Blitzschutzanlage und Belüftungsanlagen

werden durch die in Paragraph 9.a.ii beschriebenen, sperrend installierten Kabel sehr erschwert.

- f. Beschädigte PV-Module. Eines der Module weist eine Kratzspur auf, was auf eine mechanische Einwirkung womöglich während des Transportes oder der Installation zurückzuführen sein kann. Um eine Hotspotbildung zu vermeiden sowie eine verlustlose Operation zu gewährleisten sollte die Funktionalität dieses PV-Modules durch eine Elektrolumineszenzuntersuchung in einem weiteren Schritt untersucht werden.



Abbildung 10: Zerkratztes Solarmodul

- g. Wechselrichterinstallation. Bei der Installation der 14 Wechselrichter wurden die folgenden Mängel entdeckt:
- i. Der vom Hersteller empfohlene Mindestabstand wurde nicht eingehalten. Des Weiteren stören Kabel und weitere Gegenstände die einwandfreie Kühlung der Wechselrichter. Beides kann zu einer Überhitzung der Geräte und somit zu Ertragseinbußen führen.
 - ii. Die in den Kabelkanäle abgelegten Gegenstände können die Kabel und Anschlüsse an die Wechselrichter belasten und so zu Lichtbögen oder weiteren Schäden führen.
 - iii. Herumliegende Kabel verhindern eine schnelle und aufwandarme Wartung sowie ein angemessenes Handeln im Fehlerfall.

- iv. AC und DC-Kabel sollten getrennt voneinander geführt werden.
- v. Die AC-Kabel fehlen.



Abbildung 11: Wechselrichterinstallation

- h. Beschriftung. Die Beschriftung auf den Kabelkanälen und Wechselrichtern und ist mangelhaft oder fehlt komplett.
- i. Dokumentation. Eine Dokumentation nach VDE 0126-23-1:2019-04 fehlt komplett.

Beantwortung der Beweisfragen

10. Basierend auf den beim Ortstermin vorgefundenen Mängel können die in Paragraph 3 definierten Fragen wie folgt beantwortet werden:

- a. Welche Bereiche / Stellen an der Anlage sind von einer möglichen Brandgefahr durch Überhitzung betroffen und warum?
 - i. Von einer Überhitzung sind vor allem die in Paragraph 9.a.iv beschriebenen Bereiche mit Kabelhäufungen betroffen. Des Weiteren wird nach DIN VDE 0100-430 und VdS2033 empfohlen die positiven und negativen Leiter getrennt zu führen, da im Falle eines Lichtbogens durch Kurzschluss dieser nicht von allein verlöscht.
 - ii. Zusätzlich können auch die durch die etwaigen Verschattungen hervorgerufenen Hotspots sowie die unsachgemäße Wechselrichterinstallation Wärme und sogar Schmorbrände hervorrufen.
 - iii. Da die PV-Leitungen durch eine brandgefährdete Betriebsstätte verlegt wurden, sind die folgenden Punkte vom Errichter nachzuweisen:
 - Sind die Kabel- und Schutzvorrichtungen nach DIN VDE 0100-712 zur Gewährleistung eines ausreichenden Überlast- und Kurzschlussschutzes dimensioniert und ausgewählt?
 - Wurden ausschließlich nichtflammenausbreitende Kabel, wie in DIN VDE 0100-420 gefordert, kurzschluss- und erdungssicher verlegt?
 - Ist eine nach DIN VDE 0100-712 geforderte Isolationsüberwachungseinrichtung (IMD) vorhanden?
 - Ist ein Hauptschalter zum spannungsfrei Schalten der Anlage im Brandfall eingebaut?
- b. Welche sonstigen Mängel sind in der Anlage erkennbar und haben diese Auswirkungen auf die Ertragssituation? Die sonstigen Mängel sind in Kapitel 9 aufgeführt. Auswirkungen auf den Ertrag der Anlagen haben dabei die etwaigen Verschattungen, das verkratzte Solarmodul sowie die unsachgemäße Wechselrichterinstallation.

- c. Wie hoch belaufen sich die Kosten für eine mögliche Mängelbeseitigung (überschlagsmäßige Kalkulation!)? Eine überschlagsmäßige Kalkulation zur Schadensbehebung ist in Tabelle 1 auf der nächsten Seite gegeben. Bitte beachten Sie, dass alle angegebenen Kosten Bruttobeträge inkl. Mehrwertsteuer sind und dass für eine exakte Kostenermittlung ein Ausschreibungsverfahren unter Einbeziehung mehrerer Fachunternehmen erforderlich ist. Des Weiteren können noch zusätzliche Kosten wie z.B. für eine statische Analyse der Unterkonstruktion anfallen.

Tabelle 1: Überschlagene Kosten für eine mögliche Schadensbehebung

S/N	Equipment/Service	Stk/Std/m	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Wechselrichter Demontage	10Std.	€ 74.50	€ 745.00
2	Wechselrichter Re-Installation	12Std.	€ 74.50	€ 894.00
3	Kabelkanäle für Wechselrichterverkabelung	15m	€ 43.12	€ 646.80
4	Solarmodul Endklemmen	24Stk.	€ 1.24	€ 29.76
5	UV beständige Kabelkanäle für PV-Kabel	52m	€ 32.78	€ 1,704.56
6	Neuverkabelung PV-Module	24Std.	€ 74.50	€ 1,788.00
7	Dachabdichtung	2Stk.	€ 15.42	€ 30.84
8	Nachspannen aller Klemmen	4Std.	€ 74.50	€ 298.00
9	Ausbesserung der Dachverbinder inkl. Abdichtung	7Std.	€ 74.50	€ 521.50
10	Elektrolumineszenzuntersuchung	1Stk.	€ 752.34	€ 752.34
Gesamt				€ 7,410.80

- d. Kann ein Garantieanspruch geltend gemacht werden, obwohl eine Abnahme der Halle und PV-Anlage durch den Eigentümer mündlich stattgefunden hat? Aufgrund der Gewährleistungspflicht von PV-Anlagen Errichtern, muss dieser nach §633 ff. BGB die oben erwähnten Verbesserungsmaßnahmen ausführen. Alternativ können oben genannte Ausgaben diesem in Rechnung gestellt werden. Etwaige Forderungen für fehlerhafte PV-Module können je nach Garantiebedingungen beim Hersteller geltend gemacht werden. Aufgrund der

fehlenden Informationen und Dokumentation ist eine Aussage hierrüber allerdings nicht möglich.

e. Welche geltenden Vorschriften und Richtlinien (unter Berücksichtigung der festgestellten Mängel an der PV-Anlage) sind relevant? Die folgenden Richtlinien, Gesetze und Vorschriften sind relevant:

- i. DIN VDE 0100-420:2022-06
- ii. DIN VDE 0100-712:2016-10
- iii. DIN VDE 0126-23-1:2019-04
- iv. DIN VDE 0185-305-3 Beiblatt 5:2014-02
- v. §633 ff. BGB

Zusammenfassung

11. Die PV-Anlage weist diverse Mängel auf. Insbesondere die wärmebildenden und brandgefährdenden Mängel sind umgehend zu beheben und die Einhaltung der Vorschriften für eine Kabelführung durch brandgefährdete Betriebsstätten vom Errichter nachzuweisen. Des Weiteren sollte die Wechselrichterinstallation fachgerecht erneuert werden und die Anlage in das Blitzschutzkonzept integriert werden.

Sachverständiger : Matthias Vierheilig
Gutachten Nr. : MV23-01-3
Auftraggeber : Dr. Karl Kluge
Anlagenort : Seeweg 7 / 71111 Seedorf



Anmerkungen

12. Der Sachverständige erklärt, dass er dieses Gutachten in seiner Verantwortung nach bestem Wissen und Gewissen, frei von jeder Bindung und ohne persönliches Interesse am Ergebnis, erstellt hat.
13. Der Sachverständige bescheinigt durch seine Unterschrift zugleich, dass ihm keine der Ablehnungsgründe entgegenstehen, aus denen jemand als Beweiszeuge oder Sachverständiger nicht zulässig ist oder seinen Aussagen keine volle Glaubwürdigkeit beigemessen werden kann.

Erlangen, den 06.01.2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Vierheilig', written over a horizontal dotted line.

Matthias Vierheilig