

# **TÜV-Verband-Merkblatt Fahrzeug und Mobilität**

## **Photovoltaikanlagen in/an Fahrzeugen**

MB FZMO 769:2025-08-11

- Leseprobe -

Die TÜV-Verband-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung, die Verbreitung, der Nachdruck und die Gesamtwiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, der vorherigen Zustimmung des Verlages vorbehalten. Weitere Hinweise siehe TÜV-Verband-Merkblatt Allgemeines 001.

**Herausgeber:** TÜV-Verband e. V. | Friedrichstraße 136 | 10117 Berlin

**Druck und Vertrieb:** TÜV Media GmbH | Am Grauen Stein 1 | 51105 Köln | TÜV Rheinland Group

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Geltungsbereich .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Allgemeine Fahrzeug- und Systembeschreibung .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Anforderungen an Photovoltaikanlagen.....</b>	<b>4</b>
3.1	Elektrische Installation von Photovoltaikanlagen.....	4
3.2	Splitterverhalten von Photovoltaikmodulen.....	6
3.3	Reflexionsverhalten der Module .....	6
3.4	Energiespeicher .....	6
3.5	Regler/Spannungswandler.....	8
3.6	Cybersicherheit und Softwareaktualisierung.....	8
<b>4</b>	<b>Weitere Anforderungen .....</b>	<b>8</b>
4.1	Massen und Abmessungen .....	8
4.2	Befestigung der Komponenten der Photovoltaikanlage.....	8
4.3	Brandschutz und Brandverhalten.....	9
4.4	Sonstige Anforderungen .....	9
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>10</b>

## Präambel

Das Merkblatt hat das Ziel, die Begutachtung von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) an Fahrzeugen sowohl für Sachverständige als auch für Umrüster zu vereinfachen. Es enthält Anforderungen und Hinweise für die Begutachtung von Fahrzeugen und schafft damit einheitliche Beurteilungskriterien.

Es ist von den benannten Technischen Diensten, Technischen Prüfstellen sowie Überwachungsorganisationen erstellt worden und gibt sicherheitstechnische Hinweise zu Einbau und Ausführung, zur Begutachtung im Einzelgenehmigungsverfahren und kann Anhaltspunkte zur Bewertung im Rahmen der periodischen Überwachung von PV-Anlagen an Fahrzeugen liefern. Grundlagen sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik, die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), die EG/EU-Vorschriften und die UN-Regelungen in der jeweils gültigen Fassung.

Eine Haftung, auch für die sachliche Richtigkeit der Darstellung in dieser Vereinbarung, ist ausgeschlossen. Ebenso sind Patent- und andere Schutzrechte vom Anwender eigenverantwortlich zu klären. Einen Anspruch auf Vollständigkeit oder eine rechtsverbindliche Anwendung kann nicht erhoben werden.

Das Merkblatt wird laufend dem Stand der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

**TÜV-Verband e. V.**  
**Friedrichstraße 136**  
**10117 Berlin**

## 1 Geltungsbereich

Das Merkblatt gilt für Fahrzeuge, die in den Geltungsbereich der VO (EU) 2018/858 oder frühere Rahmenrichtlinien zur Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern (Fahrzeuge der Klassen M, N und O) fallen und ist sinngemäß auch auf andere Fahrzeugklassen übertragbar.

Fahrzeuge, welche für den Transport gefährlicher Güter eingesetzt werden, sind generell gesondert auf die Einhaltung der hierfür geltenden Vorschriften zu prüfen und zu bewerten.

Für zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Merkblatts mit PV-Anlagen ausgestattete Fahrzeuge ist die allgemeine Systembeschreibung nach Abschnitt 3 nicht zwingend erforderlich. In diesen Fällen wird dem Fahrzeughalter eine nachträgliche Begutachtung entsprechend diesem Merkblatt aber empfohlen.

## 2 Allgemeine Fahrzeug- und Systembeschreibung

Im Rahmen von Begutachtungen zur Erlangung einer Betriebserlaubnis oder im Zuge der Berichtigung von Fahrzeugdokumenten ist in jedem Fall das jeweilige Gesamtsystem vollständig zu beschreiben. Unabhängig davon, ob ein modularer Aufbau vorliegt oder nicht, ist neben Änderungen der Fahrzeugbeschreibung (Feld 1 bis 21; z. B. Fahrzeugmassen, -abmessungen, ggf. Sitz- und Stehplätze, ...) das verbaute Gesamtsystem vollständig in Feld 22 zu beschreiben. Die Beschreibung aller fest verbauten und dauerhaft angebrachten Systembestandteile soll mindestens folgende Teile umfassen:

- PV-Module (Anzahl sowie Art der Schaltung (seriell oder parallel und die folglich max. mögliche Systemspannung) sowie Ort der Anbringung)
- Spannungswandler (falls Bestandteil der Nachrüstung)
- Laderegler (falls Bestandteil der Nachrüstung)
- Energiespeicher (falls Bestandteil der Nachrüstung)
- Ladegeräte (falls Bestandteil der Nachrüstung)

- Wechselrichter (falls Bestandteil der Nachrüstung)
- etc.

Grundsätzlich sind dabei Hersteller, Typ und (falls vorhanden) das Genehmigungszeichen zu dokumentieren.

### 3 Anforderungen an Photovoltaikanlagen

#### 3.1 Elektrische Installation von Photovoltaikanlagen

##### 3.1.1 Allgemeines

Um das Auftreten von möglichen Übergangswiderständen zu minimieren und damit eine mögliche Brandursache zu vermeiden, ist ein Festeinbau der elektrischen Installation sinnvoll.

Zur Vermeidung von Bränden durch Kurzschlüsse und Überlastungen sowie zur Vermeidung von Gefährdungen durch elektrischen Schlag müssen die elektrischen Anlagen den VDE-Vorschriften entsprechen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die elektrische Spannung > 60 VDC (Gleichspannung) oder > 30 V AC (Wechselspannung) beträgt. Durch Art und Verschaltung der Module besteht die Möglichkeit des Erreichens des Hochvoltbereichs. Die aktuelle DIN VDE 0100-721 legt die Anforderungen an die elektrische Installation in Caravans und Motorcaravans fest. Mit dieser Norm wird auch die Einhaltung weiterer DIN-VDE-Grundnormen (u. a. Teile 100 bis 600) vorausgesetzt. Diese Normen spiegeln den aktuellen Stand der Technik wider und sollten auch für die Installation von PV-Anlagen in anderen Fahrzeugarten angewendet werden.

Die Vorlage einer Bestätigung der Einhaltung der DIN VDE 0100-721 durch einen Elektrofachbetrieb kann nicht gefordert werden, ist jedoch zu empfehlen. Qualifizierungen gemäß DGUV Information 209-093 sind für eine Begutachtung nach DIN VDE 0100-721 nicht ausreichend.

Die Dimensionierung von Kabel und Sicherungen sowie deren Installation bei Stromkreisen im Bereich der Kleinspannung kann in Anlehnung an die Norm DIN EN 1648-2 erfolgen.

##### 3.1.2 Elektrische Leitungen

Alle Kabel und deren Befestigungen müssen den Anforderungen gemäß DIN VDE 0100-721 Absätze 721.521 bis 721.524 entsprechen. Alle Kabel müssen isoliert sein und die Kabel und die elektrische Ausrüstung müssen den zu erwartenden Belastungen und äußeren Einwirkungen (z. B. Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen, UV-Strahlung, chemische Einwirkungen durch Salze oder Öle), denen sie ausgesetzt sind, standhalten. Außen angebrachte Kabel müssen der Norm für Solarkabel DIN EN 50618 entsprechen.

Kein Kabel darf höheren Stromstärken ausgesetzt sein als denen, für die das jeweilige Kabel unter Berücksichtigung seiner Verlegung und der höchsten Umgebungstemperatur ausgelegt ist. Elektrische Leitungen müssen flexible Leitungen („Litzenleitungen“) sein.

##### 3.1.3 Sicherung gegen Überstrom und Kurzschluss

In jedem Hauptstromkreis der PV-Anlage muss eine Sicherung zum Schutz vor Überstrom und Kurzschluss vorhanden sein. Unter Hauptstromkreise fallen Stromkreise zwischen den PV-Modulen und dem Laderegler sowie der Stromkreis zwischen Laderegler und dem Energiespeicher. Die Leitungen von und zu den PV-Modulen sind so zu dimensionieren, dass sie auch bei Erreichen des möglichen Kurzschlussstromes nicht überlastet werden können. In diesem Fall kann auf eine Absicherung zwischen PV-Modulen und Regler verzichtet werden. Falls eine Sicherung mehrere Stromkreise absichert, dann muss der Gesamtnennstrom bei der Auswahl der Sicherung berücksichtigt werden. Sicherungen müssen so ausgelegt werden, dass diese bei einem Überstrom rechtzeitig auslösen, bevor Bauteile des Stromkreises (z. B. Kabel oder Energiespeicher) versagen oder gefährliche Reaktionen zeigen. Die Sicherung im Stromkreis zwischen den PV-Modulen und dem Laderegler ist so nah wie möglich an den PV-Modulen anzubringen. Die Sicherung im Stromkreis zwischen dem Laderegler und dem Energiespeicher ist so nah wie möglich am Energiespeicher anzubringen.

### 3.1.4 Isolationsüberwachung

Üblicherweise operieren PV-Systeme im Fahrzeugbereich mit Spannungen unter 120 VDC. Dies liegt unter der in stationären Anlagen üblichen Schwelle, ab der der Einsatz eines Isolationswächters vorgeschrieben ist. Da diese Systeme in der Regel autarke Systeme sind, fallen sie nicht unter die VDE-Normen für netzgebundene PV-Anlagen. Ein Isolationswächter ist zwar nicht zwingend erforderlich, kann aber als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme gegen mögliche Isolationsprobleme, die durch Reisebeanspruchungen entstehen, eingesetzt werden. Aufgrund der fehlenden Erdung sind Fehlerströme sonst schwer erkennbar. Die Entscheidung sollte sich nach den konstruktiven Gegebenheiten des Fahrzeugs richten. Wird ein Isolationswächter eingesetzt, muss er folgende Voraussetzungen erfüllen:

Bei einem Isolationsfehler zwischen dem jeweiligen Stromkreis und der elektrischen Masse des Fahrzeugs soll dem Fahrzeugführer oder dem Benutzer des Fahrzeugs an einer geeigneten gut sichtbaren Stelle (z. B. Bedienpanel) eine Warnung angezeigt werden. Diese Warnung soll bei Wechselspannungsstromkreisen und nicht galvanisch getrennten Gleich- und Wechselspannungsstromkreisen spätestens bei Unterschreiten der Grenze für den Isolationswiderstand von 500 Ohm/V sowie von 100 Ohm/V bei reinen Gleichspannungsstromkreisen bezogen auf die Maximalspannung des Stromkreises ausgelöst werden.

### 3.1.5 Verlegung und Befestigung von Leitungen

Alle elektrischen Leitungen sind geschützt zu verlegen und sicher zu befestigen, so dass sie nicht durch Schnitte, Abnutzung oder Reibung beschädigt werden können. Die Kabel müssen vor Scheuerstellen und scharfen Kanten durch entsprechenden Kantenschutz/Wellrohre etc. geschützt werden. Befestigungselemente (z. B. Schellen und Kabelbinder) müssen für den Anwendungsfall geeignet sein, z. B. bei äußerer Anbringung Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung.

Bei der Verlegung der Kabel muss auf den Biegeradius geachtet werden. Dieser liegt zumeist bei  $5-6 \times$  Durchmesser.

Bei der Befestigung sind die Vorgaben der DIN VDE 0100-721 Absätze 721.522.7 und 721.22.8 einzuhalten. Alle elektrischen Leitungen sind so anzuordnen, dass kein Teil mit einer Kraftstoffversorgungsleitung, Teilen der Auspuffanlage oder anderen übermäßig heißen Oberflächen in Berührung kommt oder übermäßiger Hitze ausgesetzt ist, es sei denn, es sind eine spezielle Isolierung und ein spezieller Schutz vorgesehen, der eine unzulässige Erwärmung der elektrischen Leitung verhindert. In Bezug auf die Nähe zu anderen technischen Anlagen sind die Anforderungen gemäß DIN VDE 0100-721 Absatz 721.528 zu beachten.

### 3.1.6 Elektrische Verbindungen

Verbindungen zwischen Kabeln/Leitungen oder Leitern dürfen nur in geschlossenen Verbindungsdosen oder mit elektrischen Betriebsmitteln hergestellt werden. Bei Verbindungen im Hochvoltbereich muss der Berührschutz IPXXD (innerhalb des Fahrgast- oder Laderaums) und IPXXB (außerhalb des Fahrgast- oder Laderaums) eingehalten sein.

Bei Anbringungsorten, die Feuchtigkeit und Staubbelastungen ausgesetzt sind, ist mindestens der Schutzgrad IP65 einzuhalten. Verbindungsdosen sollen nur mit Werkzeug zu öffnen sein. Elektrische Verbinder innerhalb der Verbindungsdosen für das Verbinden von Kabeln/Leitungen müssen hinsichtlich Kabelquerschnitt, Strom und Spannung sowie Kabelbefestigung geeignet sein.

Es sollten geeignete moderne Federzugklemmen als Verbinder verwendet werden.

Der Anschluss der Leitungen an die PV-Module sollte idealerweise mit den zugehörigen Solarsteckern, z. B. MC3 oder MC4, erfolgen.

### 3.1.7 Stromkreisunterbrecher

Übersteigt die Spannung in einem oder mehreren Stromkreisen der PV-Anlage 100 Volt Effektivspannung (quadratischer Mittelwert), so muss ein handbetätigter Stromkreisunterbrecher installiert sein, der die Trennung aller dieser Stromkreise vom Hauptstrom-Versorgungskreis und insbesondere zwischen Energiespeicher und dem Stromkreis der PV-Anlage gestattet. Der