

## Auf die Isolation kommt es an

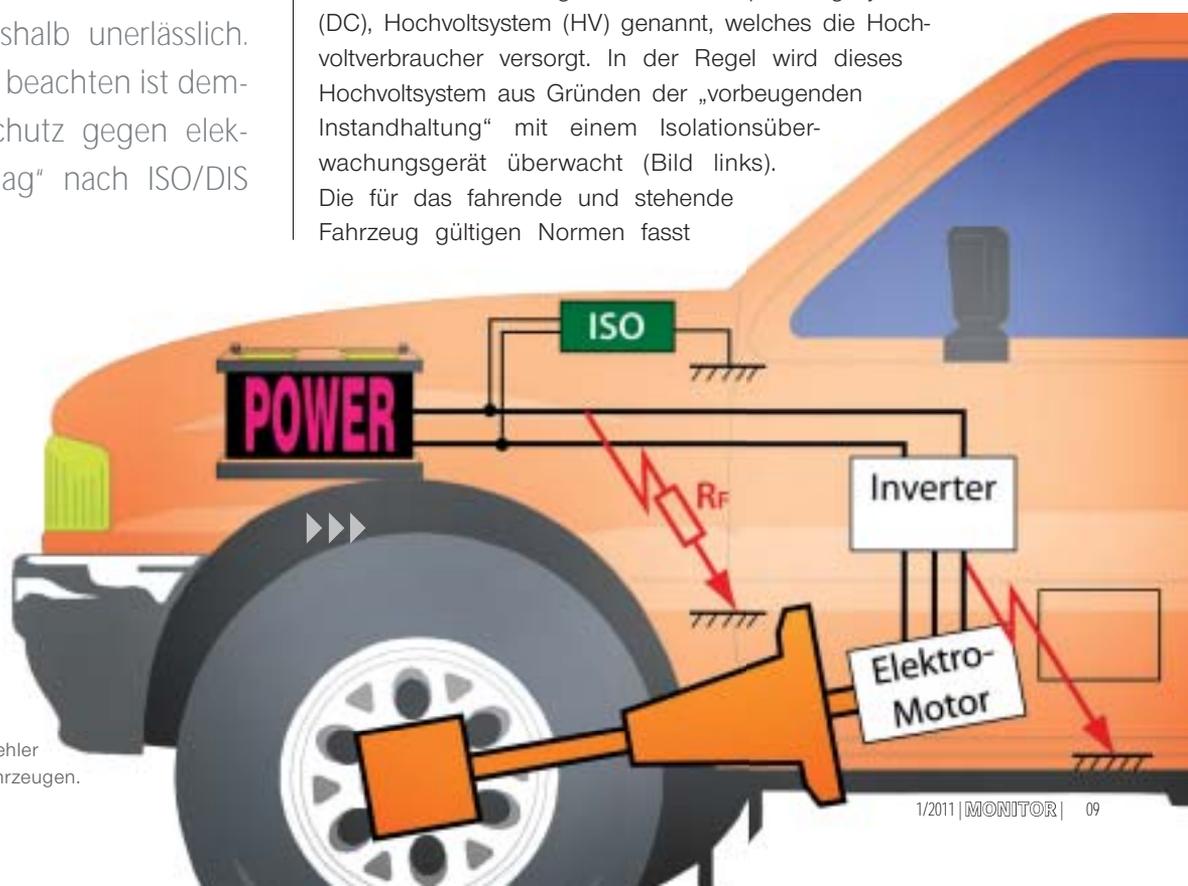
Normung und Standardisierung spielen in der E-Mobilität eine Schlüsselrolle. So auch bei der elektrischen Sicherheit. Ein kleiner Exkurs in das „Normenlatein“ der entscheidenden ISO- (International Standards Organisation), IEC- (International Electrotechnical Commission) und DIN VDE-Normen bzw. Bestimmungen anhand des Schaukastens unten ist deshalb unerlässlich. Besonders zu beachten ist demnach der „Schutz gegen elektrischen Schlag“ nach ISO/DIS 6469-3.2, 7.1.

### Ähnlich wie bei allgemeinen Elektroinstallationen

lassen sich auch für das Elektrofahrzeug grundsätzliche Schutzszenarien ableiten. Schutz gegen elektrischen Schlag ...

- ... im fahrendem E-Fahrzeug
- ... im stehendem E-Fahrzeug
- ... beim Laden des E-Fahrzeugs
- ... bei Arbeiten am E-Fahrzeug (z. B. Wartung)
- ... im Falle eines Unfalls mit einem E-Fahrzeug.

In das E-Fahrzeug installieren die meisten Automobilhersteller ein isoliert aufgebautes Gleichspannungssystem (DC), Hochvoltssystem (HV) genannt, welches die Hochvoltverbraucher versorgt. In der Regel wird dieses Hochvoltsystem aus Gründen der „vorbeugenden Instandhaltung“ mit einem Isolationsüberwachungsgerät überwacht (Bild links). Die für das fahrende und stehende Fahrzeug gültigen Normen fasst



Ein Isolationsüberwachungsgerät entdeckt Isolationsfehler in Hybrid- und E-Fahrzeugen.

### Normenlage nach ISO/DIS 6469-3.2: 2010-06

#### Personenschutz gegen elektrischen Schlag, Absatz 7.1 Allgemein

Absatz 7 Maßnahmen und Anforderungen zum Schutz von Personen gegen elektrischen Schlag

##### 7.1 Allgemein

Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag müssen bestehen aus:

- Basisschutz
- Maßnahmen zum Schutz unter Einzelfehlerbedingungen.

### Electrically propelled road vehicles – Safety specification – Part 3: Protection of persons against electric shock

#### Maßnahmen zum Schutz bei Auftreten eines ersten Fehlers, Absatz 7.3

Anforderungen: Der Schutz unter ersten Fehlerbedingungen besagt, dass die folgenden Schutzmaßnahmen angewendet werden sollen:

- periodische oder kontinuierliche Überwachung des Isolationswiderstands
- doppelte oder verstärkte Isolierung
- zusätzliche Ebene von Hindernissen/Umhüllungen zum Basisschutz.

▶▶▶ die ISO/DIS 6469-3.2 zusammen. Die Regeln sollen den Schutz gegen direktes als auch bei indirektem Berühren des Elektrofahrzeugs gewährleisten.

**Beim Laden des E-Fahrzeugs** wird aktuell auf weitere internationale Normen verwiesen. Bemerkenswert ist, dass dabei die ISO/DIS 6469-3.2 für die Schutzmaßnahmen an Bord des Fahrzeugs und die IEC 60364-4-41 für die Schutzmaßnahmen außerhalb des E-Fahrzeugs genannt werden. Der Grund: Es müssen bei den Schutzmaßnahmen die vorliegenden Netzformen und die Schutzeinrichtungen des speisenden Netzes und des speisenden HV-Systems unter einen Hut gebracht werden.

Ein Ladebeispiel (Netzform) ist auf Seite 11 unten abgebildet; weitere sind denkbar. Die auf den ersten Blick ungewöhnliche Konsequenz dieser Betrachtung: Zur sicheren Ladung eines E-Fahrzeugs ist die Netzform nach Art der Erdverbindung des speisenden Netzes zu beachten. Anders ausgedrückt: Die Netzform nach Art der Erdverbindung ist die Grundlage der Schutzmaßnahmenbetrachtung in Verbindung mit dem Hochvoltnetz des E-Fahrzeugs!

Bei den relevanten Netzformen unterscheidet man TT-, TN- und IT-Systeme. Die leitfähigen Teile (Gehäuse oder Chassis) der Betriebsmittel in einem IT-System sind wie in einem TN-System miteinander verbunden.

Das zu speisende Netz (isoliertes Hochvolt-System) im E-Fahrzeug kann als ein dem IT-System vergleichbares Netz bezeichnet werden. Entscheidend für diese Schutz Betrachtung ist die räumliche Anordnung und Ausführung des „Ladegerätes“ (siehe Diagramm S. 12).

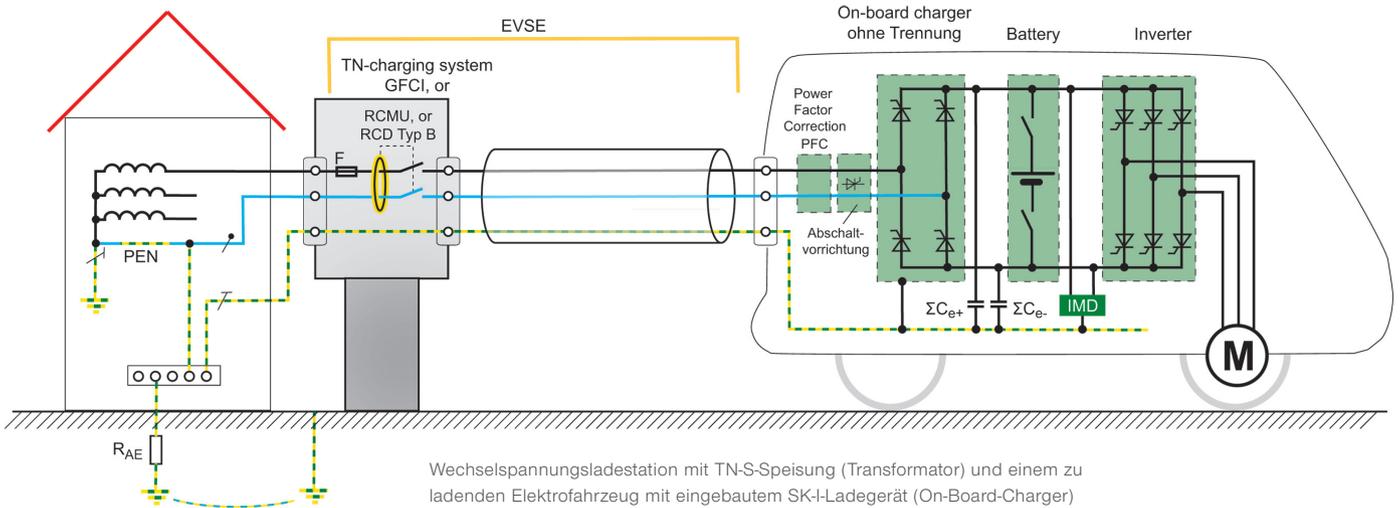
Ist das Ladegerät mit einfacher Trennung im E-Fahrzeug („On-board-charger“), sind bei der Fehlerbetrachtung zum Schutz gegen elektrischen Schlag zwei Netze, getrennt voneinander, mit unterschiedlicher Netzform zu berücksichtigen. In diesem Fall ist der Schutz gegen elektrischen Schlag mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) Typ A sicherzustellen.



Isolationsüberwachungsgerät für ein E-Fahrzeug.

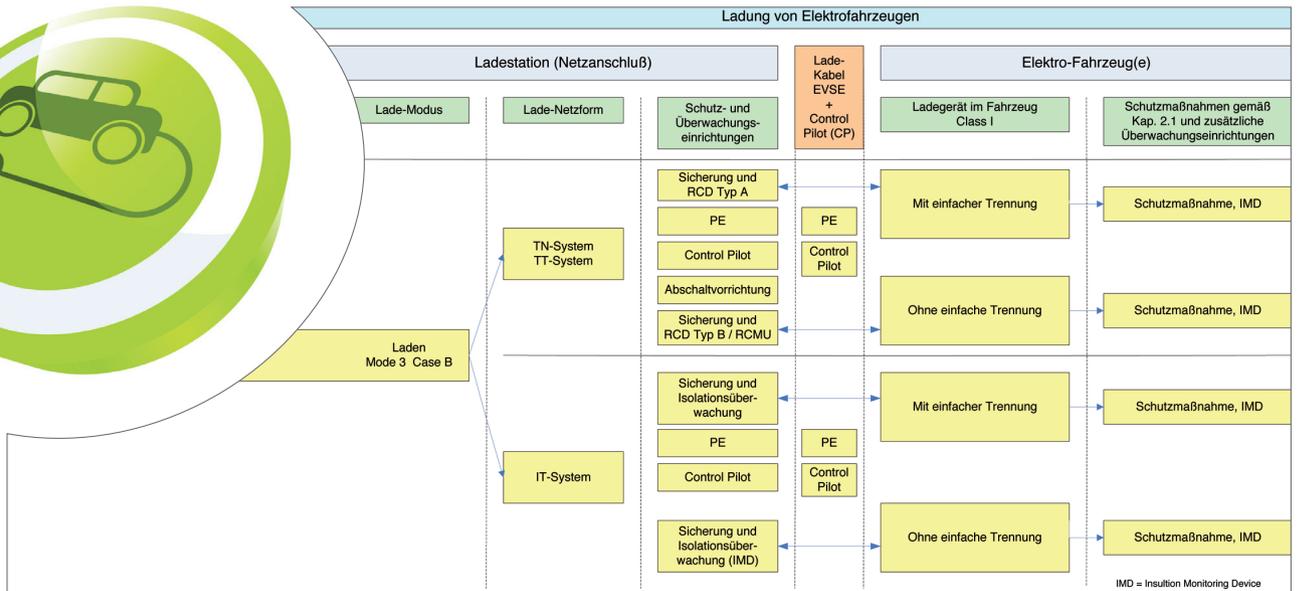
Ist das Ladegerät ohne einfache Trennung im E-Fahrzeug, ist bei der Fehlerbetrachtung zum Schutz gegen elektrischen Schlag ein gemeinsames Netz mit Wechsel- und Gleichspannungskomponenten zu betrachten. In diesem Fall ist der Schutz gegen elektrischen Schlag mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) Typ B möglich. Hier sind auch andere Einrichtungen denkbar, z. B. Fehlerstrom-Überwachungseinheiten (RCMU), ähnlich der von Photovoltaik-Anlagen, nach DIN V VDE 0126-1-1 (VDE V 0126-1-1): 2006-02.

Gegen Berührungsspannungen durch das E-Fahrzeug berührende Personen von außerhalb des E-Fahrzeugs bietet die Speisung der Ladeeinrichtung Vorteile, ausgeführt als IT-System mit Isolationsüberwachung. Auch darauf weist die IEC 61851-1/FDIS-Normung hin: „Where power supply circuits that are galvanically separated from mains and are galvanically isolated from earth, electrical isolation between the isolated circuits and earth, and between the isolated circuits and exposed conductive parts of vehicle and EVSE shall be monitored. When a fault condition related to the electrical isolation is detected, the power supply circuits shall be automatically de-energized or disconnected by the EVSE.“



Wechselspannungsladestation mit TN-S-Speisung (Transformator) und einem zu ladenden Elektrofahrzeug mit eingebautem SK-I-Ladegerät (On-Board-Charger) ohne einfache Trennung.

Ladung von E-Fahrzeugen mit Ladekabel EVSE mit Control-Pilot für Lade-Netzformen TN-, TT- und IT System



►►► Auf technischer und normativer Seite wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, um beim Zukunftsprojekt „Elektromobilität“ den Schutz gegen elektrischen Schlag sicherzustellen. Die elektrische Ausstattung von E-Fahrzeugen und Ladestellen der Zukunft hängt von vielen Faktoren ab. Auf die Bedeutung der Netzform und der Schutz- und Überwachungseinrichtungen wurde hingewiesen. Hier ist beson-

ders auf die mögliche Kopplung von Wechsel- und Gleichspannungssystemen beim Laden von Bedeutung. Ob das Ladegerät der Zukunft als On-board- oder Off-board-Variante und deren Ausführung mit oder ohne einfache Trennung ausgeführt wird, entscheidet über die anzuwendenden Schutz- und/ oder Überwachungseinrichtungen. Auch die Frage zur funktionalen Sicherheit von Einrichtungen der E-Tankstelle ist noch abschließend zu klären.

Normenlage zur elektrischen Sicherheit der Ladeeinrichtung

**DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410): 2007-06,**  
Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag.

**DIN EN 61140 (VDE 0140-1): 2007-03,**  
Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel; Definition 3.23: einfache Trennung – Trennung zwischen Stromkreisen oder zwischen einem Stromkreis und Erde durch Basisisolierung.

**DIN V VDE 0126-1-1 (VDE 0126-1-1): 2006-2,**  
Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz.

**Neues Projekt: DIN VDE 0100-722 (VDE 0100-722)**  
(Zuständigkeit: AK 221.1.11)  
Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-722: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Speisung von E-Fahrzeugen.

**International:**  
(Zuständigkeit: IEC TC64)  
Projekt: IEC PNW 64-1714 Ed. 1.0, IEC 60364- 7-722: Low voltage electrical installations: Requirements for special installations or locations – Supply of electric vehicles.

**IEC 61851-1, ed2.0: 2010-11,**  
Electric vehicle conductive charging system – Part 1 General requirements.



**Die Sicherheit bei Arbeiten am E-Fahrzeug** (z. B. Wartung) erfordert vor Beginn der Arbeiten eine Abfrage des Isolationszustands der im E-Fahrzeug eingebauten Hochvolt-Anlage. Ausreichend hohe Isolationswerte sichern den Schutz bei indirektem Berühren (protection under first fault conditions) ab. Im Fehlerfall können Einrichtungen zur Isolationsfehlersuche hilfreich sein. Die Elektrofachkräfte in den Autowerkstätten müssen mit möglichen Gefährdungen besonders gut vertraut gemacht und geschult werden.

**Sicherheit im Falle eines Unfalls mit E-Fahrzeug:**

Es gelten die zur Wartung genannten Voraussetzungen. Durch mögliche direkte Berührbarkeit des Hochvolt-Systems ist besondere Vorsicht erforderlich. ■

*Dipl.-Ing. Wolfgang Hofheinz, GL-T*



## FAZIT

Besonders bei der Betrachtung der Schutzmaßnahmen ist der Blick auf das Zusammentreffen von Wechselspannungsnetzen zur Speisung und Gleichspannungsnetzen im E-Fahrzeug zu lenken. Dies sind Problem-Situationen, wie sie bei der Photovoltaik seit Jahren bekannt sind. Noch sind nicht alle Lösungsmöglichkeiten diskutiert worden. Bei der Betrachtung zur Ladestationssicherheit wäre eine Alternative zu allstromsensitiven Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) Typ B, die Fehlerstrom-Überwachungseinheit (RCMU) gemäß DIN V VDE 0126-1-1 (VDE V 0126-1-1), die sich bereits seit einigen Jahren in der Photovoltaik bewährt hat. Bei der Elektromobilität sind weitere Überlegungen und Risikobetrachtungen in Bezug auf den Schutz gegen elektrischen Schlag anzustellen. Wenn der aktuelle On-board-charger im E-Fahrzeug zum Offboard-charger wechselt, sind die Schutzmaßnahmen beim Laden neu zu bewerten.