



## LADEN VON ELEKTROFAHRZEUGEN SCHUTZ GEGEN ELEKTRISCHEN SCHLAG DURCH DC-FEHLERSTROMSENSORIK

Im Themenfeld Elektromobilität sind der gegenseitige Erfahrungsaustausch und der erforderliche Wissenstransfer zwischen den Stromversorgern und den Fahrzeugherstellern notwendig. Besondere Bedeutung liegt im Schutz gegen elektrischen Schlag, beispielsweise beim Laden eines Elektrofahrzeugs. Im Bereich der Elektrischen Sicherheit verfügt die Firma Bender über langjährige Erfahrungen. Dieser Beitrag verdeutlicht die Besonderheit der Ladetechnik von Elektrofahrzeugen in Bezug auf ihre elektrische Sicherheit.

## AUTOREN



**DIPL.-ING. WOLFGANG HOFHEINZ**  
ist Geschäftsführer der Bender  
GmbH & Co. KG in Grünberg.



**DIPL.-ING. HARALD SELLNER**  
ist Leiter Technisches Marketing  
bei der Bender GmbH & Co. KG  
in Grünberg.



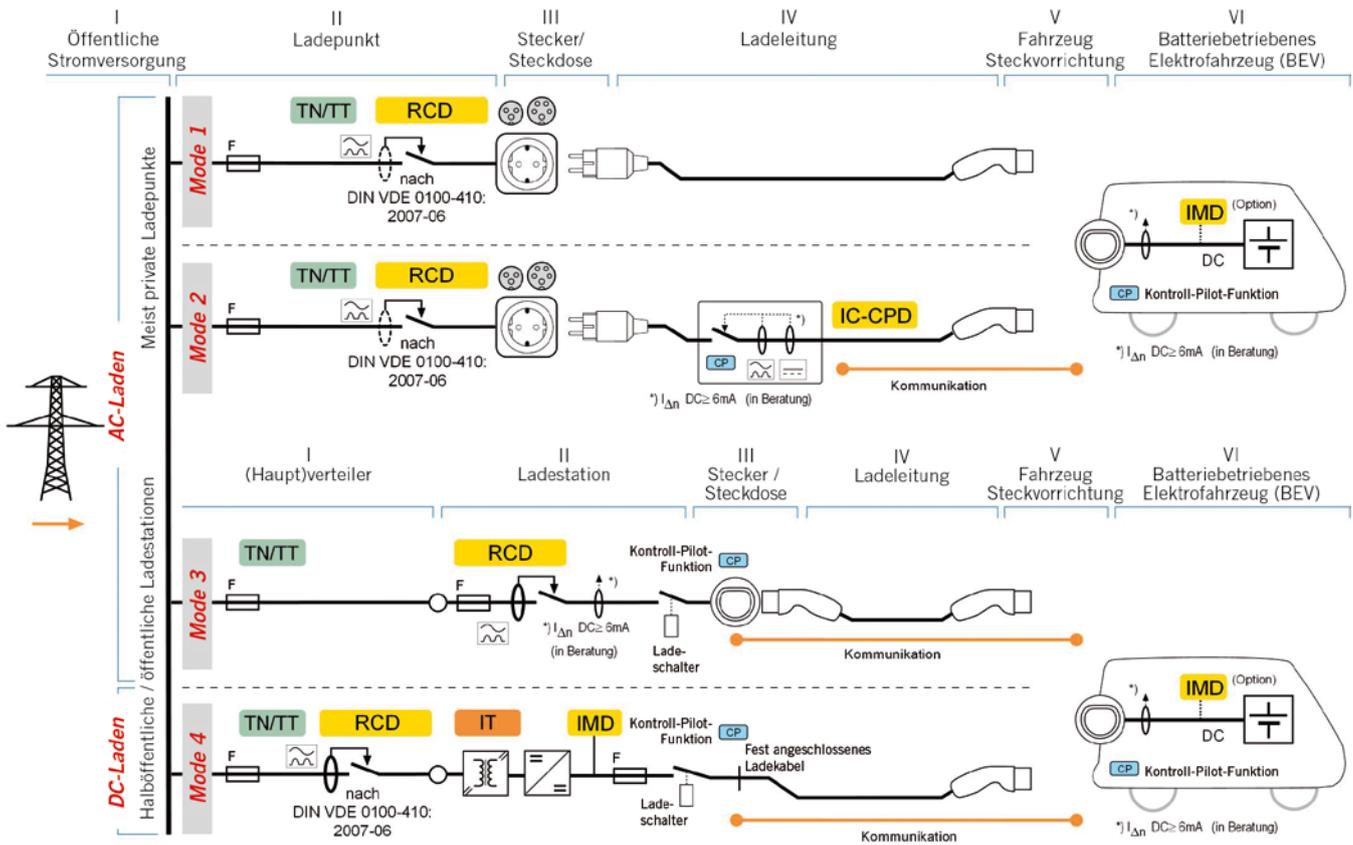
**DIPL.-ING. WINFRIED MÖLL**  
ist Bereichsleiter MIS bei der Bender  
GmbH & Co. KG in Grünberg.

## TECHNISCHER SACHVERHALT IM ÜBERBLICK

In Deutschland werden Normen zum Schutz gegen elektrischen Schlag in der E-Mobilität durch die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik und Informationstechnologie im DIN und VDE, das nationale Organ für die Erarbeitung von Normen und Sicherheitsbestimmungen und dem Normenausschuss Automobiltechnik (NA Automobil) entwickelt. Mit der Roadmap-Elektromobilität [1] sind Maßstäbe gesetzt und Ziele formuliert.

Doch wie so häufig liegt der Teufel im Detail. Beim Laden von Elektrofahrzeugen ist die mögliche Kopplung von Gleich- und Wechselspannungssystemen eine wirkliche Herausforderung. Mit diesem Beitrag soll eine Besonderheit der Ladetechnik von Elektrofahrzeugen in Bezug auf die elektrische Sicherheit näher betrachtet werden [2].

Für die Ladung von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen (BEV) sind nach DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1):2012-01 [3] verschiedene Lademodi definiert. Für das AC-Laden an einer vorhandenen Steckdose oder einer AC-Ladestation sind Lademodi 2 und 3 in Betracht zu ziehen, ❶. Nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410): 2007-06 [4] gilt zunächst die allgemeine Forderung von Abschnitt 411.3.3, dass in Endstromkreisen für den Außenbereich und Steckdosen mit einem Bemessungsstrom  $\leq 20$  A sowie in Endstromkreise  $\leq 32$  A für tragbare Betriebsmittel im Außenbereich eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) zu installieren ist. Der Normenentwurf E DIN VDE 0100-722 (VDE 0100-722): 2011-09 [5] präzisiert diese Forderung insofern, dass jeder Anschlusspunkt durch eine eigene Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mindestens Typ A geschützt sein muss. Wenn die Charakteristik der Last in Bezug auf mögliche Gleichfehlerströme  $I_F \geq 6$  mA nicht bekannt ist, müssen Maßnahmen zum Schutz beim Auftreten von Gleichfehlerströmen getroffen werden. Eine Mischung RCD Typ A und RCD Typ B im gleichen Stromkreis ist nicht zulässig und muss bei einer Neuinstallation beachtet werden.



1 Übersicht Lademodi und Schutzmaßnahmen

**ANFORDERUNGEN AN FEHLERSTROM-SCHUTZEINRICHTUNGEN**

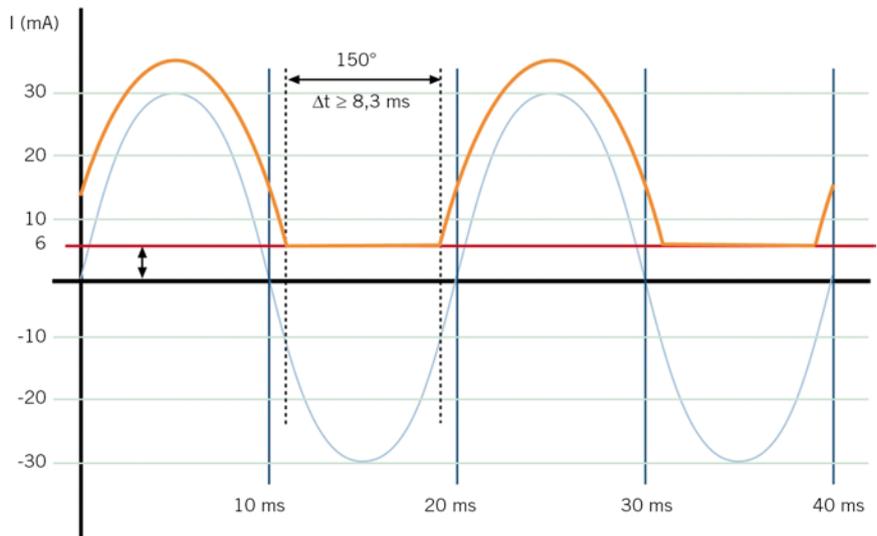
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) Typ A sind nach IEC 61008-1 [6] und IEC 61009-1 [7] für die Auslösung bei folgenden Fehlerströmen  $I_F$  vorgesehen:

- : sinusförmige Wechselfehlerströme
- : pulsierende Gleichfehlerströme.

Glatte Gleichfehlerströme dürfen bis zu einem Grenzwert von  $I_F = DC \leq 6 \text{ mA}$  auftreten, 2. Treten hingegen Fehlergleichströme  $I_F \geq DC 6 \text{ mA}$  auf, die beim Laden eines Elektrofahrzeuges (BEV) mit einem bereits vorliegenden Isolationsfehler im On-board Ladegeräte im Fahrzeug entstanden sind, so kann sich bei der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) Typ A sowohl die Ansprechzeit als auch der Ansprechwert negativ verändern. Im ungünstigsten Fall löst ein RCD Typ A bei einem hohen Fehlergleichstrom nicht mehr aus beziehungsweise wird „blind“. Die Schutzfunktion ist in diesem Fall nicht mehr gewährleistet. Um

dies zu verhindern, können entweder Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) Typ B eingesetzt werden oder der mögliche

Fehlergleichstrom kann durch eine andere Maßnahme erkannt und der Stromkreis abgeschaltet werden.



2 Definition Fehlergleichstrom  $I_F \geq 6 \text{ mA}$  nach IEC/TR 60755

## URSACHE FÜR FEHLERGLEICHSTRÖME

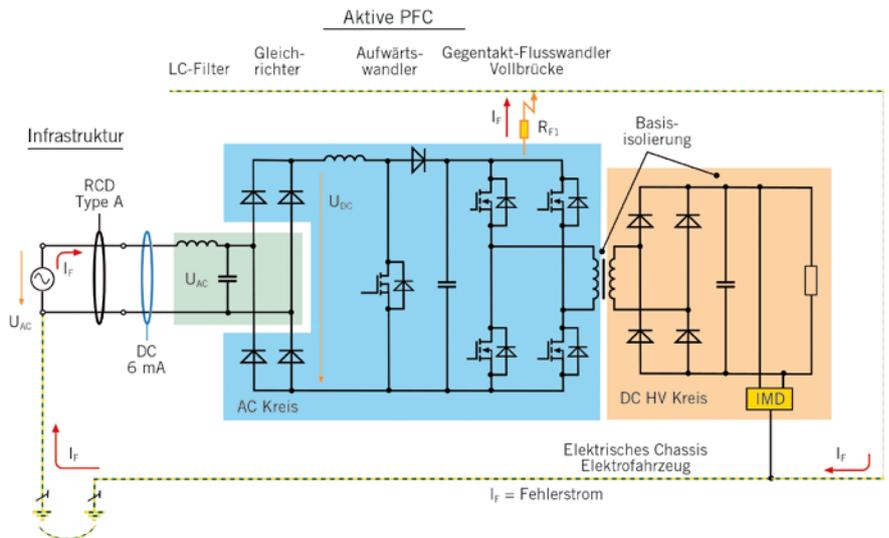
In Ladeeinrichtungen für batteriebetriebene Elektrofahrzeuge werden oftmals PFC-Stufen verwendet, um den EMV-Anforderungen gerecht zu werden. Ein beispielhafter Aufbau einer solchen Ladeeinrichtung ist in 3 dargestellt.

Tritt nun ausgangsseitig der PFC-Regelung (Power Factor Correction-Einheit) ein Isolationsfehler  $RF_1$  auf, so kann sich ein Gleichfehlerstrom einstellen. Überschreitet dieser Gleichfehlerstrom den normativ festgelegten Wert von  $I_F \geq 6 \text{ mA}$ , 4, so kann die in einer elektrischen Installation vorhandene Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) Typ A sein Ansprechverhalten negativ verändern, das heißt, die notwendige Schutzfunktion ist möglicherweise nicht mehr vorhanden.

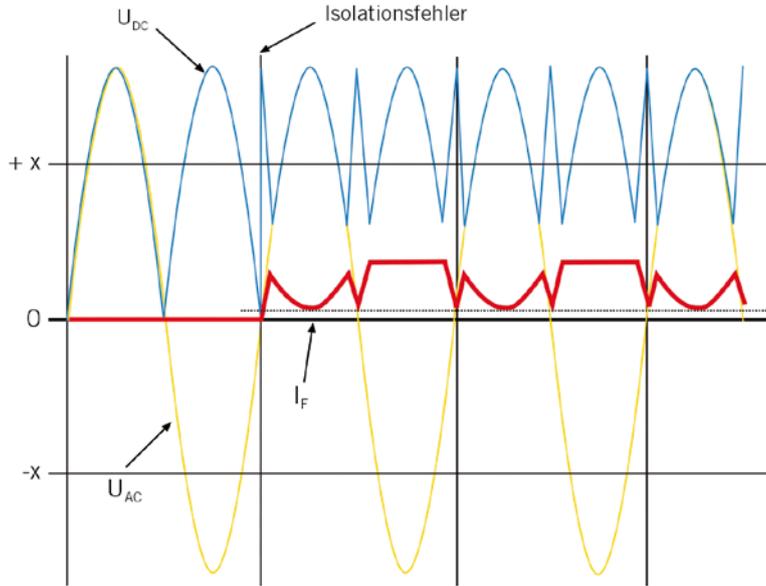
Die hier dargestellte Fehlerstromart ist derzeit in der DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530):2011-06 [9] nicht beispielhaft berücksichtigt und stellt eine neue Fehlerart in heutigen Wechselspannungsnetzen durch moderne Antriebe und Netzteile mit PFC dar. Der DC-Fehlerstromkreis wird erst durch die PE-N-Verbindung in der Installation geschlossen und beeinflusst „Alle“ im Stromkreis befindlichen RCD Typ A, 5.

## SENSORIK ZUR ERKENNUNG VON FEHLERGLEICHSTRÖMEN

Nach DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1):2012-01 gilt die Forderung, dass das Ladesystem, unter Ausfall und Einzelfehlerbedingungen, die Einleitung von Gleichströmen und nicht sinusförmigen Strömen begrenzen muss, welche die einwandfreie Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) oder anderen Einrichtungen beeinträchtigen könnte. Ähnliche Forderungen enthält der Normenentwurf E DIN VDE 0100-722 (VDE 0100-722):2011-09 in Abschnitt 722.531.2.101: „Wenn Gleichfehlerströme  $I_F \geq \text{DC } 6 \text{ mA}$  auftreten, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen.“ Andere Maßnahmen können beispielsweise sein: Erkennung von  $I_F \geq \text{DC } 6 \text{ mA}$  mit einer Sensorik, mit der eine Ansteuerung zur Abschaltung vorgenommen werden kann, zum Beispiel:



3 Beispielhafter Aufbau eines On-board-Ladegeräts



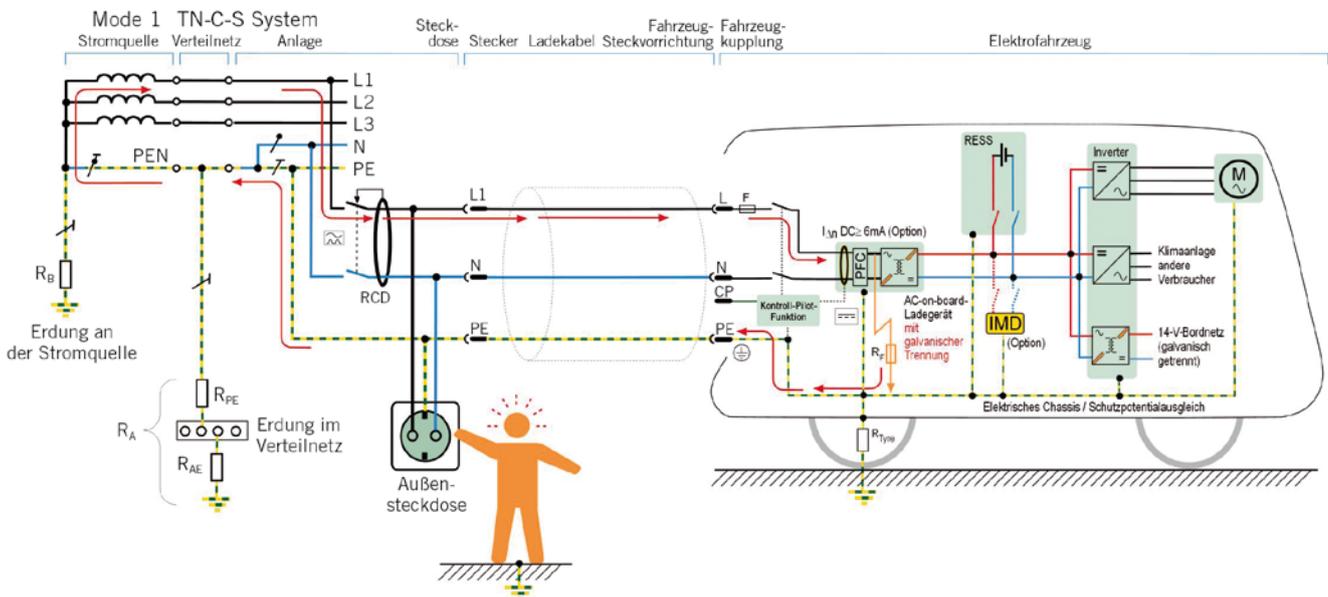
4 Modellierter Fehlergleichstrom  $I_F$  bei einem Isolationsfehler  $RF_1$

- : Steuerung des Ladeschalters in einer Ladestation (Mode 3)
  - : Steuerung der Relais in einer IC-CPD
  - : Steuerung von Schaltgliedern in der Fahrzeugelektronik.
- Durch eine dieser Maßnahmen wird gewährleistet, dass die Funktion eines (vorhandenen) RCD Typ A in der Gebäudeinstallation nicht nachteilig beeinträchtigt wird.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Der sichere Schutz gegen elektrischen Schlag ist eine der Voraussetzungen für den Erfolg der Elektromobilität. Umfangreiche Normenarbeiten dazu werden in den verschiedenen Gremien der DKE und des DIN entwickelt. Die hier beschriebene Sensorik bietet eine weitere Erhöhung des Schutzpegels. Der

wesentliche Schutz gegen elektrischen Schlag durch die in der Infrastruktur eingebaute Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) Typ A ist mit der DC-6-mA-Sensorik weiterhin sichergestellt und die Typeigenschaften der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) bleiben erhalten. Die zwei unterschiedlichen Netzformen und deren Schutzmaßnahmen während des Ladens erfordern



5 DC-Fehlerstrompfad beim Laden, ausgelöst durch Isolationsfehler in der PFC (Power Factor Correction)

besondere Aufmerksamkeit. Die gefundenen Lösungen der Fachleute aus den genannten Fachbereichen fließen in die Normen ein.

#### LITERATURHINWEISE

- [1] Die deutsche Normungsroadmap, Elektromobilität – Version 2, Januar 2012, DKE, [www.dke.de](http://www.dke.de)
- [2] Hofheinz, W.: VDE-Schriftenreihe Band 114, 3. Auflage: Schutztechnik mit Isolationsüberwachung, 2011 VDE Verlag Berlin/Offenbach
- [3] DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1):2012-01: Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeuge Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [4] DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06: Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- [5] E DIN VDE 0100-722 (VDE 0100-722):2011-09 Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 7-722: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Stromversorgung von Elektrofahrzeugen
- [6] IEC 61008-1 ed3.1 Consol. with am1 (2012-04): Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules
- [7] IEC 61009-1 ed3.1 Consol. with am1 (2012-04): Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules
- [8] DIN VDE 0100-530 VDE 0100-530:2011-06: Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 530: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte
- [9] IEC/TR 60755 ed2.0 (2008-01): General requirements for residual current operated protective devices



**DOWNLOAD DES BEITRAGS**  
[www.ATZonline.de](http://www.ATZonline.de)



**READ THE ENGLISH E-MAGAZINE**  
order your test issue now:  
[springervieweg-service@springer.com](mailto:springervieweg-service@springer.com)