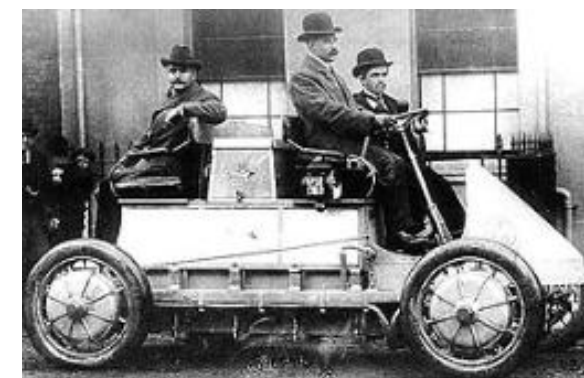




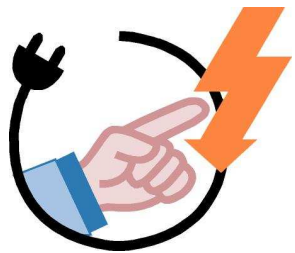
Isolationsfehler in Bordnetzen/Ladeinfrastruktur erkennen und beherrschen

Frank Mehling



- Isolationsmessung und Überwachung am Fahrzeug
- AC Ladung
- DC Ladung
- Zusammenfassung Ladeverfahren

- Isolationsmessung und Überwachung am Fahrzeug
- AC Ladung
- DC Ladung
- Zusammenfassung Ladeverfahren



Personengefährdungen

durch

- Hohe Berührungsspannungen
- Verletzungsgefahr



Brand- und Explosionsgefahr

durch

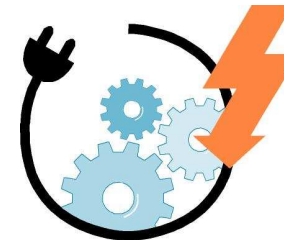
- ⇒ Lichtbogen
- ⇒ Wärme



Hohe Kosten

durch

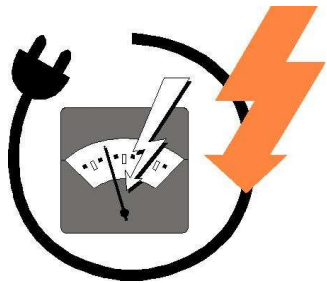
- ⇒ Verletzungsbedingten Ausfall von Personal
- ⇒ Betriebsunterbrechung
- ⇒ Sachbeschädigung



Betriebsunterbrechungen

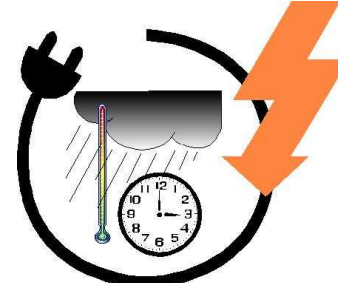
durch

- ⇒ Ungewollte Abschaltung
- ⇒ Defekte Geräte
- ⇒ Fehlsteuerungen



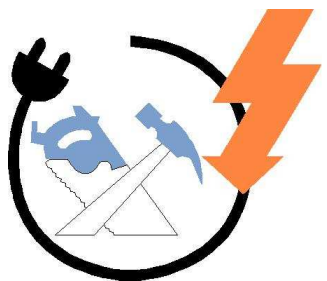
Elektrisch

- Überspannung
- Überstrom
- Frequenzen
- Blitzeinwirkung
- Magnetische und induktive Einflüsse



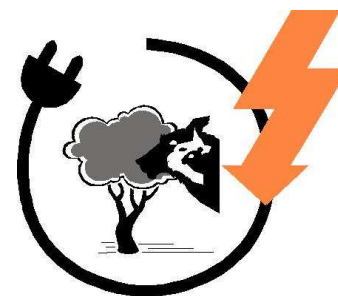
Umwelt

- Klima
- Feuchtigkeit, Temperatur
- Chemische Einflüsse
- Verschmutzung, Staub, Öl
- Aggressive Abluft, Dunst
- Alterung



Mechanisch

- Schlag, Stoß
- Knick, Biegung
- Schwingung
- Blitzeinwirkung
- Eindringen von Fremdkörpern, z.B. Nägel



Andere Einwirkungen

- Tiere
- Pflanzen
- Verbiss durch Nager

▪ **Fahrbetrieb**

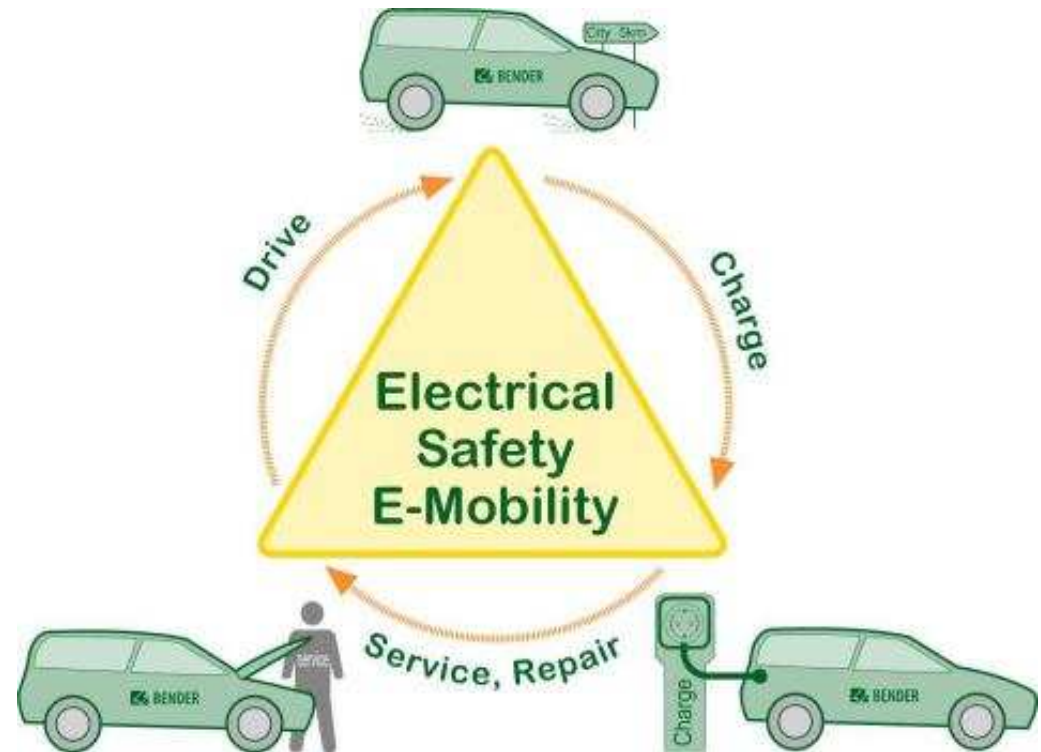
- Das Fahrzeug wird aus der Batterie versorgt bzw. angetrieben
- Schutzmaßnahmen im Fahrzeug sind wirksam

▪ **Ladebetrieb**

- Fahrzeugbatterie wird über eine externe Versorgung aufgeladen
- Koordination der Schutzmaßnahmen und der Netzformen erforderlich

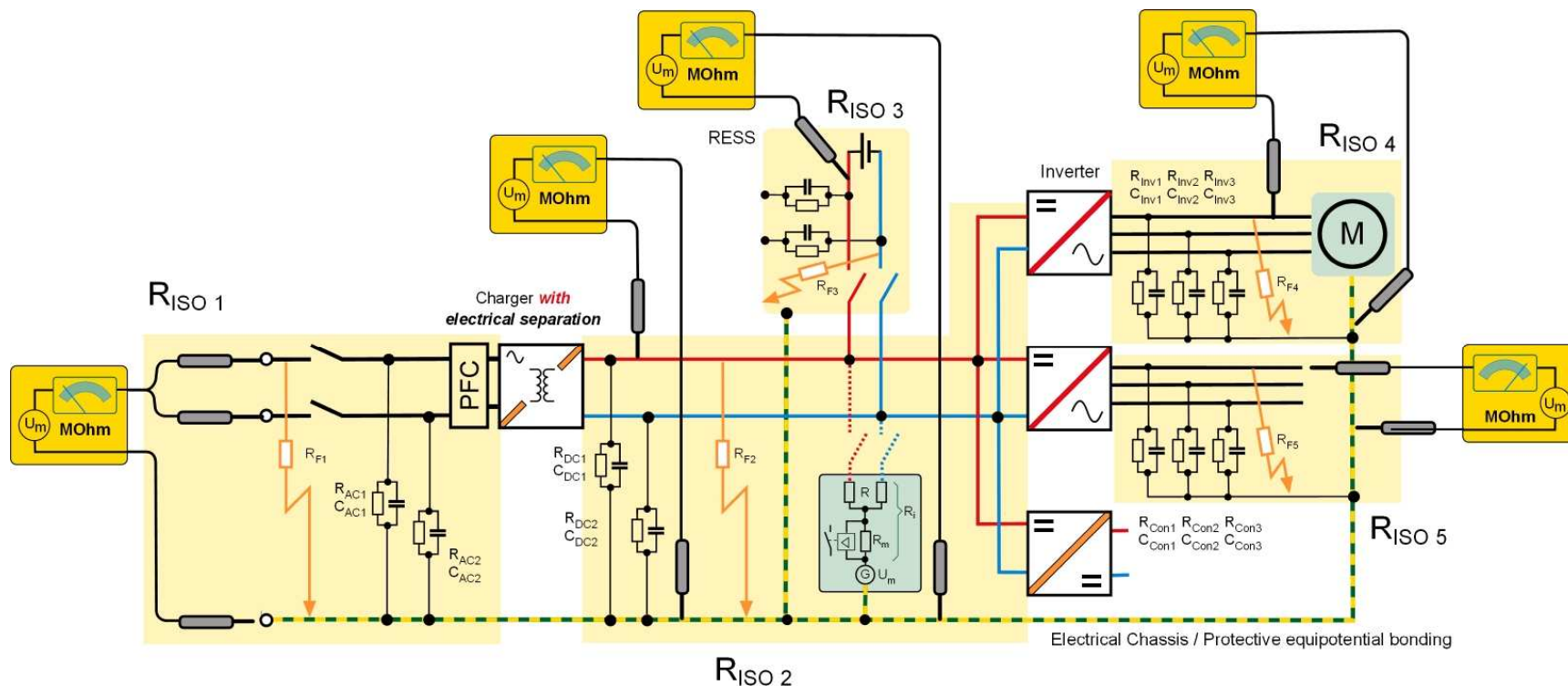
▪ **Service, Reparatur, Unfall**

- Das Fahrzeug ist zu Inspektions-, Wartungs- oder Reparaturarbeiten in einer Werkstatt – zusätzliche Maßnahmen sind erforderlich
- Das Fahrzeug hatte einen Unfall, d.h. besondere Maßnahmen bei Rettungseinsatz sind erforderlich

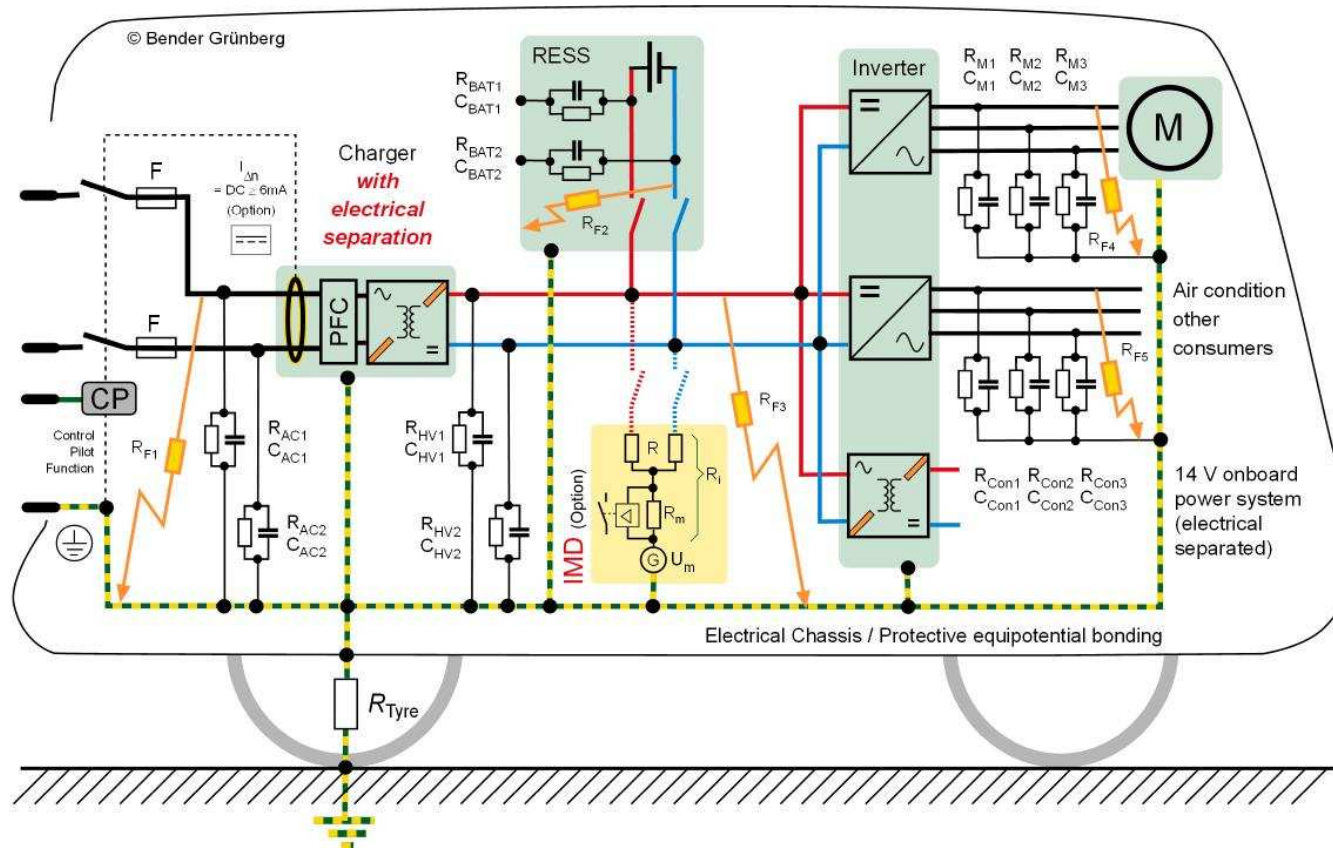


- **Für das Elektrofahrzeug besteht ein (normativer) Unterschied zwischen einer Isolationsmessung und einer Isolationsüberwachung**
 - **Isolationsmessung**
 - **8.2 Isolationswiderstandsmessung für elektrische Systeme Voltage class B**
Der Isolationswiderstand muss während der Fahrzeugkonditionierung gemessen werden unter den Bedingungen unter denen der niedrigste Wert erwartet wird.
 - **Isolationsüberwachung**
 - **3.21**
Isolationsüberwachungssystem
Ein System welches periodisch oder kontinuierlich den **Isolationswiderstand** (3.20) zwischen **aktiven Leitern** (3.22) und **elektrischen Chassis** (3.12) überwacht
 - **7.3.2 Isolationswiderstand**
Wenn die minimale Anforderungen an die Höhe des Isolationswiderstandes in der Applikation (Fahrzeug) nicht *unter allen Betriebsbedingungen und über die gesamte Lebensdauer* sichergestellt werden kann, ist eine der folgenden Maßnahmen anzuwenden:
 - ...
 - periodische oder kontinuierliche Überwachung des **Isolationswiderstands**

- Isolations*mess*gerät nach DIN EN 61557-2 VDE 0413-2:2008-02
Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen
Teil 2: Isolationswiderstand
- Messspannung: typisch DC 500 V, 1 mA,
- Beispiel Isolationsmessung Elektrofahrzeug Fahrzeug



Fahrbetrieb: Isolationswiderstand im EV *überwachen*

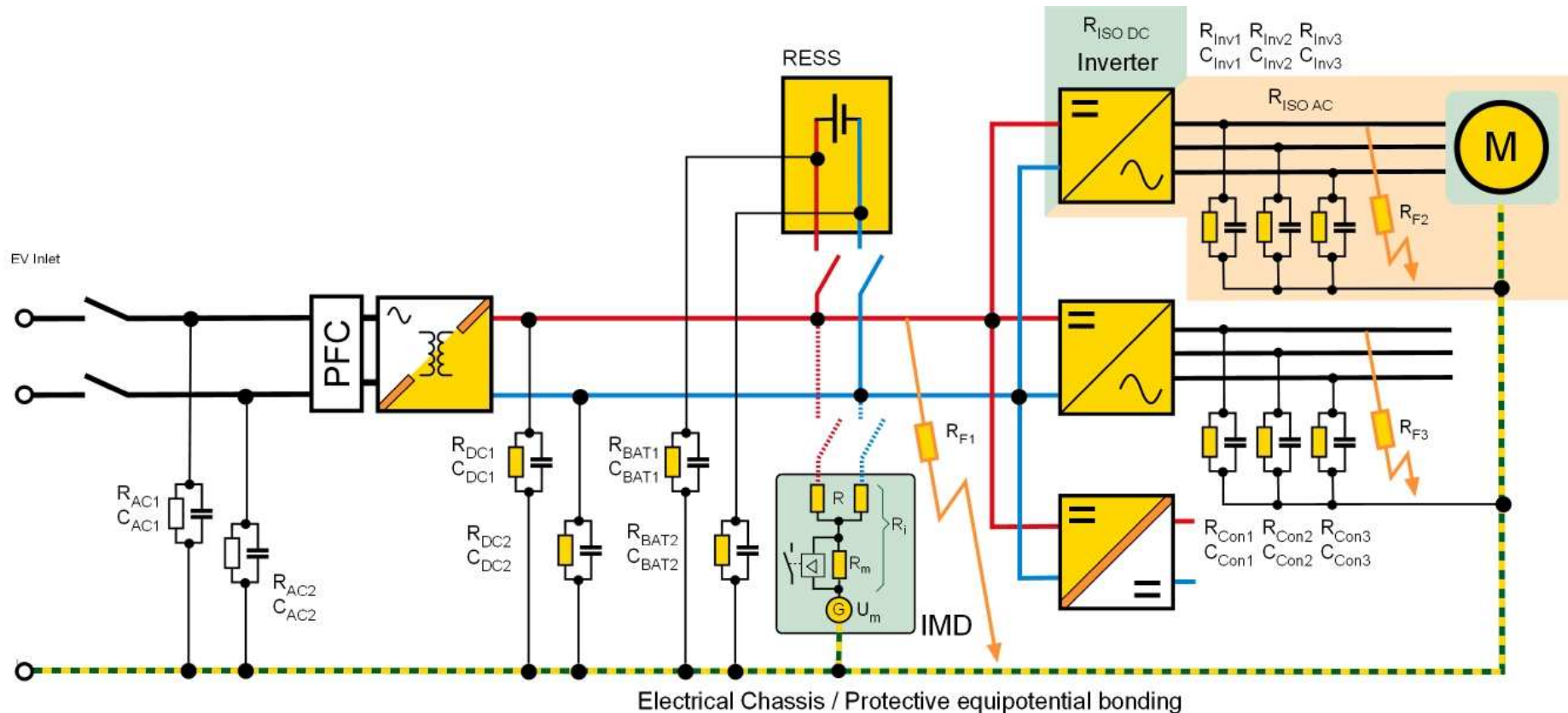


DIN EN 61557-8 VDE 0413-8:2007-12

Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen

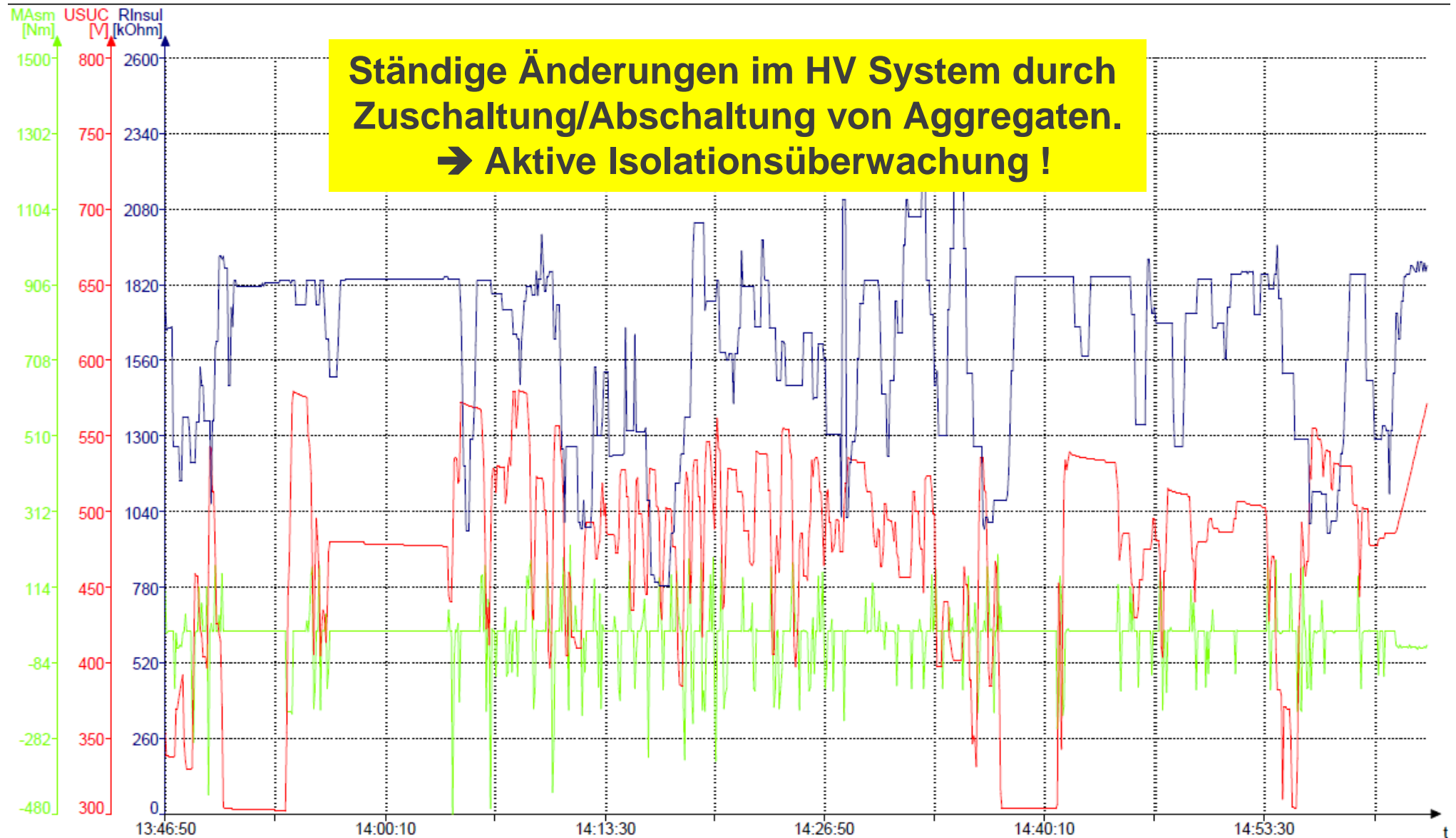
Teil 8: Isolationsüberwachungsgeräte für IT-Systeme

Fahrbetrieb: Isolationswiderstand im EV *überwachen*



Ein aktives Isolationsüberwachungsgerät überwacht alle Komponenten im Fahrzeug, die galvanisch miteinander verbunden sind.
Halbleiterstrecken in den Umrichtern werden für den Messpuls (~40V) leitend.

Beispiel für den Verlauf des Isolationswiderstandes eines Class B Systems in einem Hybridfahrzeug



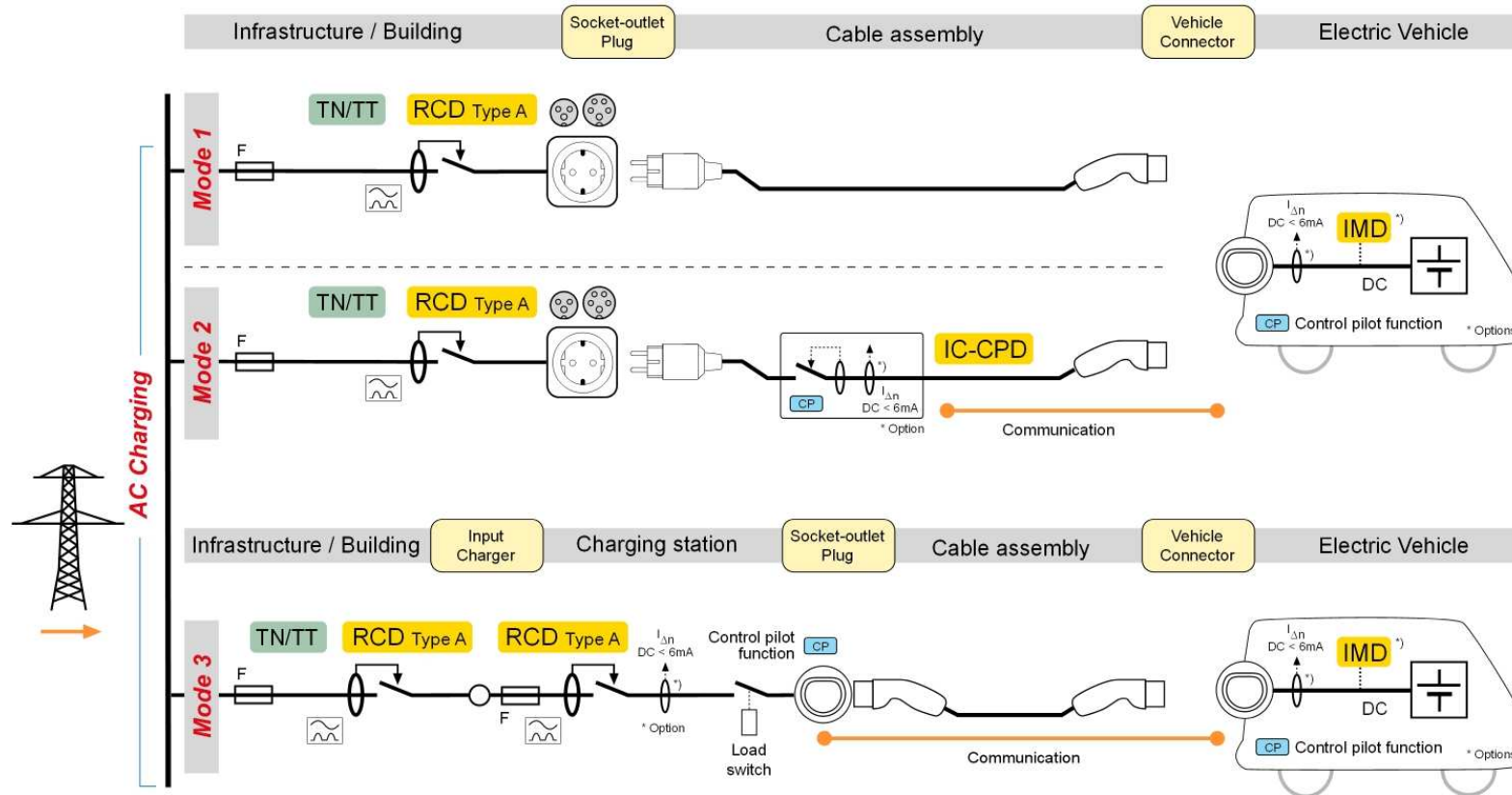
- Isolations***messung***

- Bei der Erstinbetriebnahme der elektrischen Anlage
- In regelmäßigen Abständen (Wiederholungsprüfung)
- DIN VDE 0105-100 VDE 0105-100:2009-10
Betrieb von elektrischen Anlagen
Teil 100: Allgemeine Festlegungen
- Isolations***mess***gerät nach DIN EN 61557-2 VDE 0413-2:2008-02
Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V –
Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen
Teil 2: Isolationswiderstand
- Typischer Wert: 1 MOhm

- Isolations***überwachung***

- Bei geerdeten Systemen (TN-S System)
Fehlerstrom-Schutzeinrichtung RCD $\leq 30\text{mA}$
- Bei ungeerdeten Systemen (IT-System)
Isolationsüberwachungseinrichtung IMD $\geq 100 \text{ Ohm / V}$

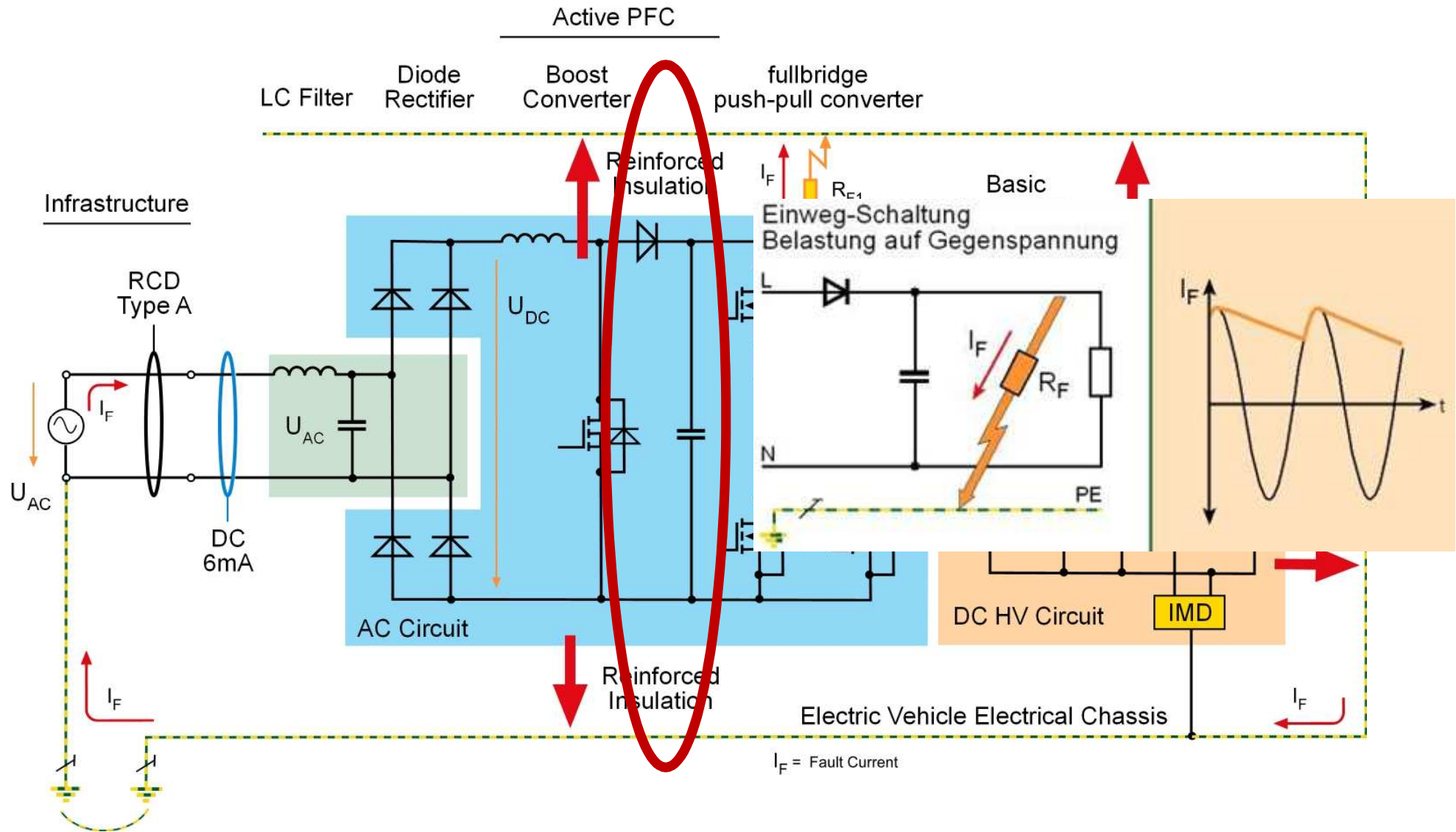
- Isolationsmessung und Überwachung am Fahrzeug
- **AC Ladung**
- DC Ladung
- Zusammenfassung Ladeverfahren

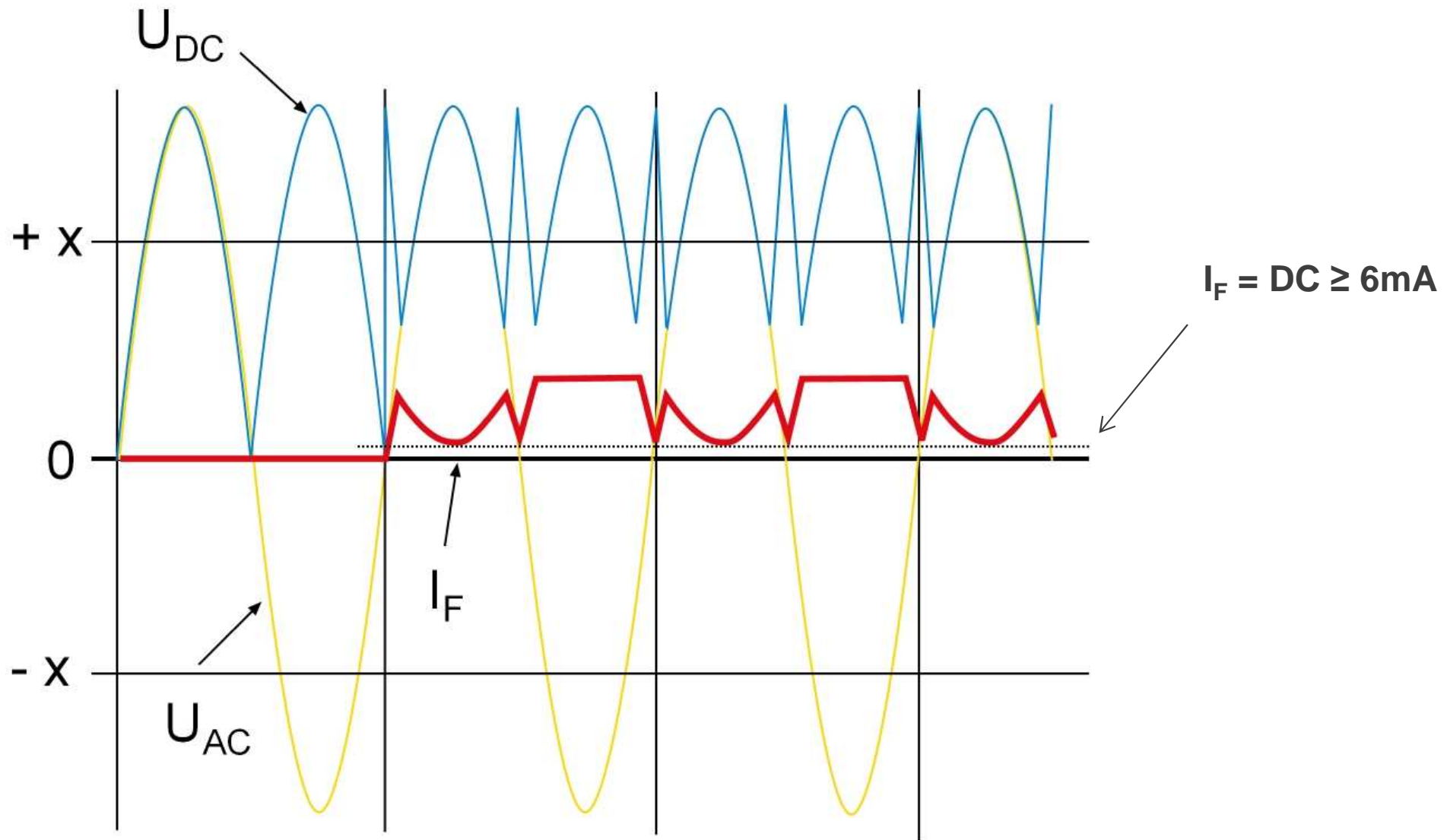


- Beim AC-Laden wird der Isolationswiderstand als Fehlerstrom
 - durch das RCD in der Installation/Ladestation überwacht.
 - durch die IC-CPD überwacht (Mode 2)
- Zu beachten (DIN VDE 0100-722)
 - Wenn Gleichfehlerströme $DC \geq 6mA$ auftreten RCD Typ B oder
 - RCD Typ mit DC 6mA Sensorik

- **Nach E DIN VDE 0100-722(VDE 0100-722):2013-01 muss für jede Ladesteckdose ein eigener Stromkreis errichtet werden**
- **Schutz über Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mindestens Typ A**
- **Bei Wechsel- oder pulsierendem Fehlerstrom $I_{\Delta n} \geq 30\text{mA}$ abschalten**
- **Treten durch Isolationsfehler im Ladekreis Gleichfehlerströme $I_{\Delta n} \geq \text{DC } 6\text{mA}$ auf, kann sich bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) Typ A die Ansprechzeit aber auch der Ansprechwert negativ verändern**
- **Einsatz einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) Typ B oder geeignete Maßnahmen bei Gleichfehlerströmen $\geq \text{DC } 6 \text{ mA}$ ergreifen**
- **Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen Typ A einsetzen und eine zusätzliche Sensorik verwenden, die einen Gleichfehlerstrom $\geq \text{DC } 6\text{mA}$ detektiert und den Ladevorgang mit dem Ladeschalter in der Ladestation unterbricht**

Ursache für Gleichfehlerströme \geq DC 6mA





- Definition eines RCD Typ A nach IEC/TR 60755:2008-01

5.2.9.2 Typ A Fehlerstromschutzschalter

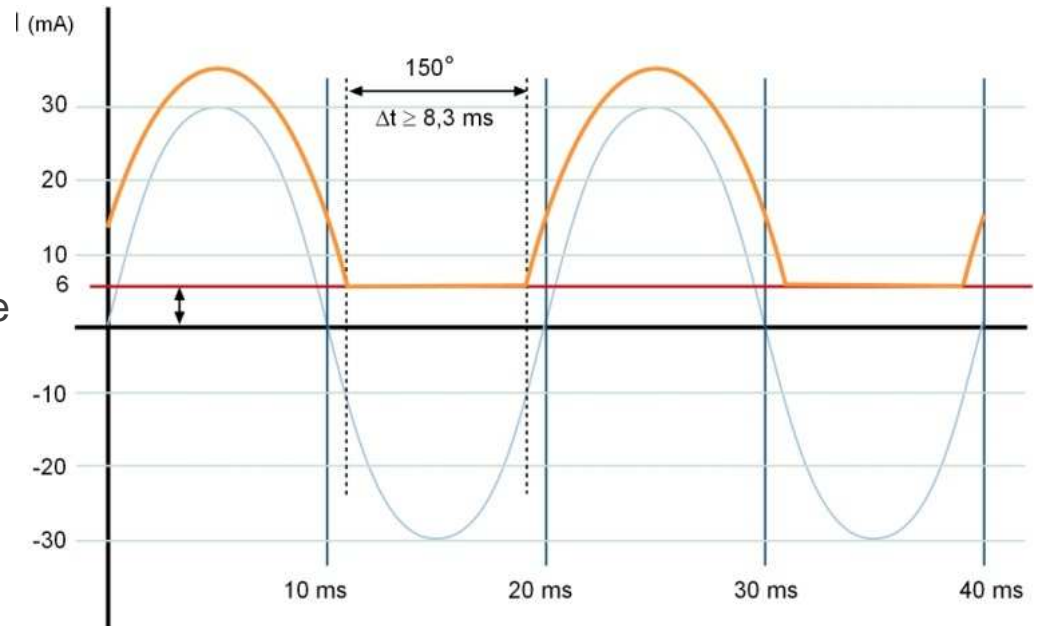
Auslösung muss sichergestellt werden:

- für langsam ansteigende oder plötzlich auftretende **sinusförmige** Fehlerströme
- für **pulsierende** Fehlerströme
- für **pulsierende** Fehlerströme die einem Gleichfehlerstrom **von 0,006 A** überlagert werden;

Unabhängig eines Phasenanschnitts, von der Polarität, langsam ansteigend oder plötzlich auftretend.

3.1.3 Pulsierender Gleichstrom

Strom in pulsierender Wellenform, der in jeder Periode der Nennfrequenz den Wert 0 oder einen Wert von nicht mehr als 0,006 A dc während eines einzigen Zeitintervall, in Winkelmaß ausgedrückt, von mindestens 150° überschreitet

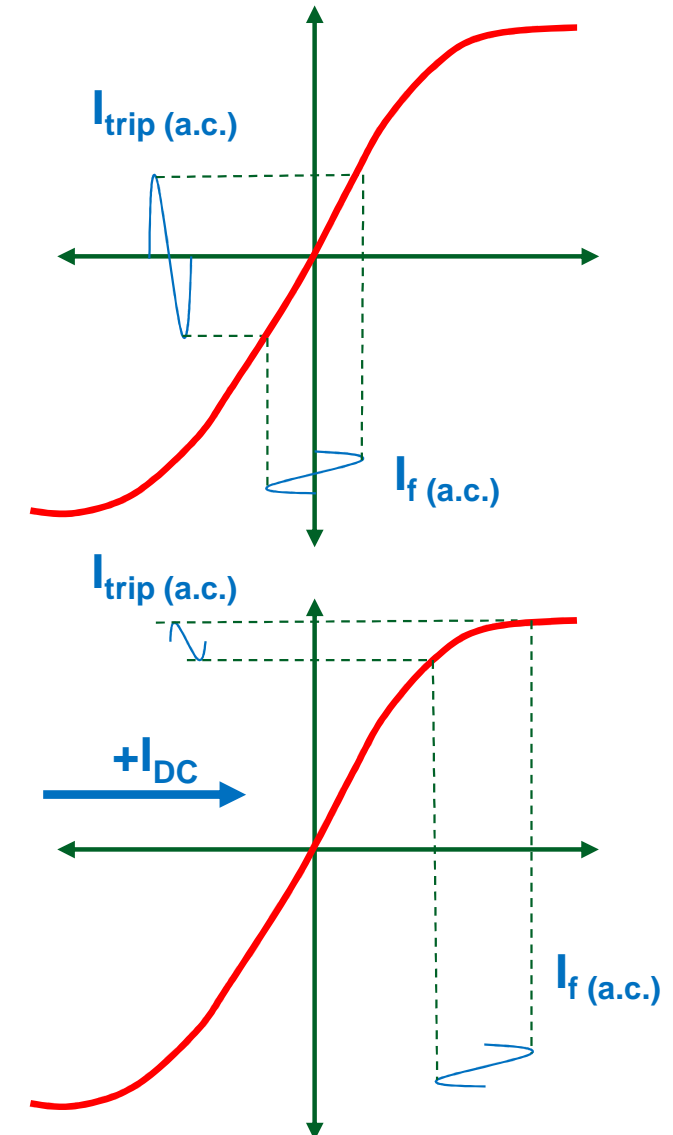


- Ein Gleichanteil liegt vor, wenn ein Wert von 6mA für einen Zeitraum von 8,3 ms (150° der Grundfrequenz 50 Hz) überschritten wird.

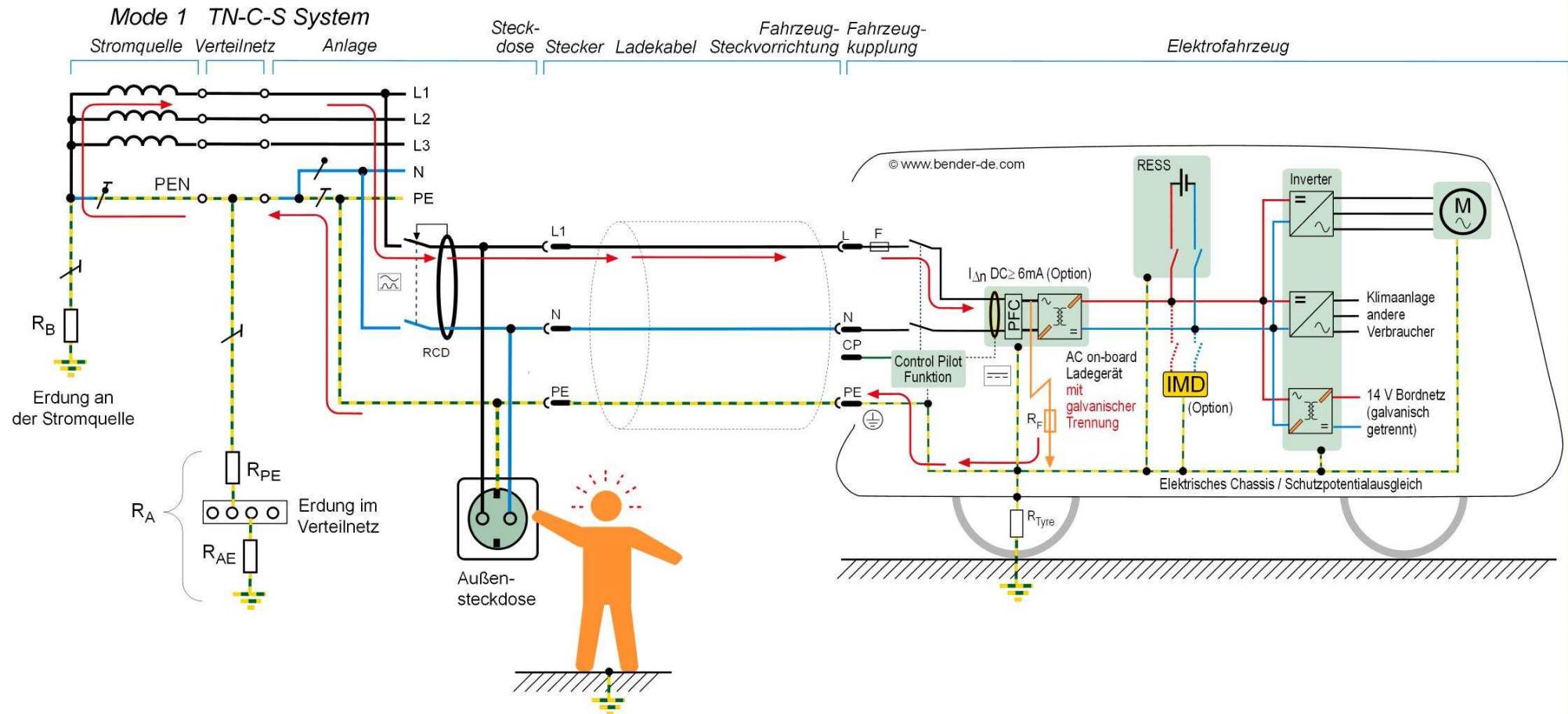
Hintergrund

- RCD Typ A wird durch Gleichfehlerströme beeinflusst.
- Der RCD Typ A ist für 50Hz a.c. Fehlerströme konzipiert und lässt nur Gleichfehlerströme bis 6mA zu.
- Der RCD Typ A, muss bei Fehlerströmen $>30\text{mA}$ nach 40ms auslösen um ein Herzkammerflimmern zu verhindern.
- Ein Gleichfehlerstrom „bringt“ den im RCD verwendeten Kern in Sättigung
- Verschiebung der Kern-Kennlinie
- Zu geringer Erregerstrom.

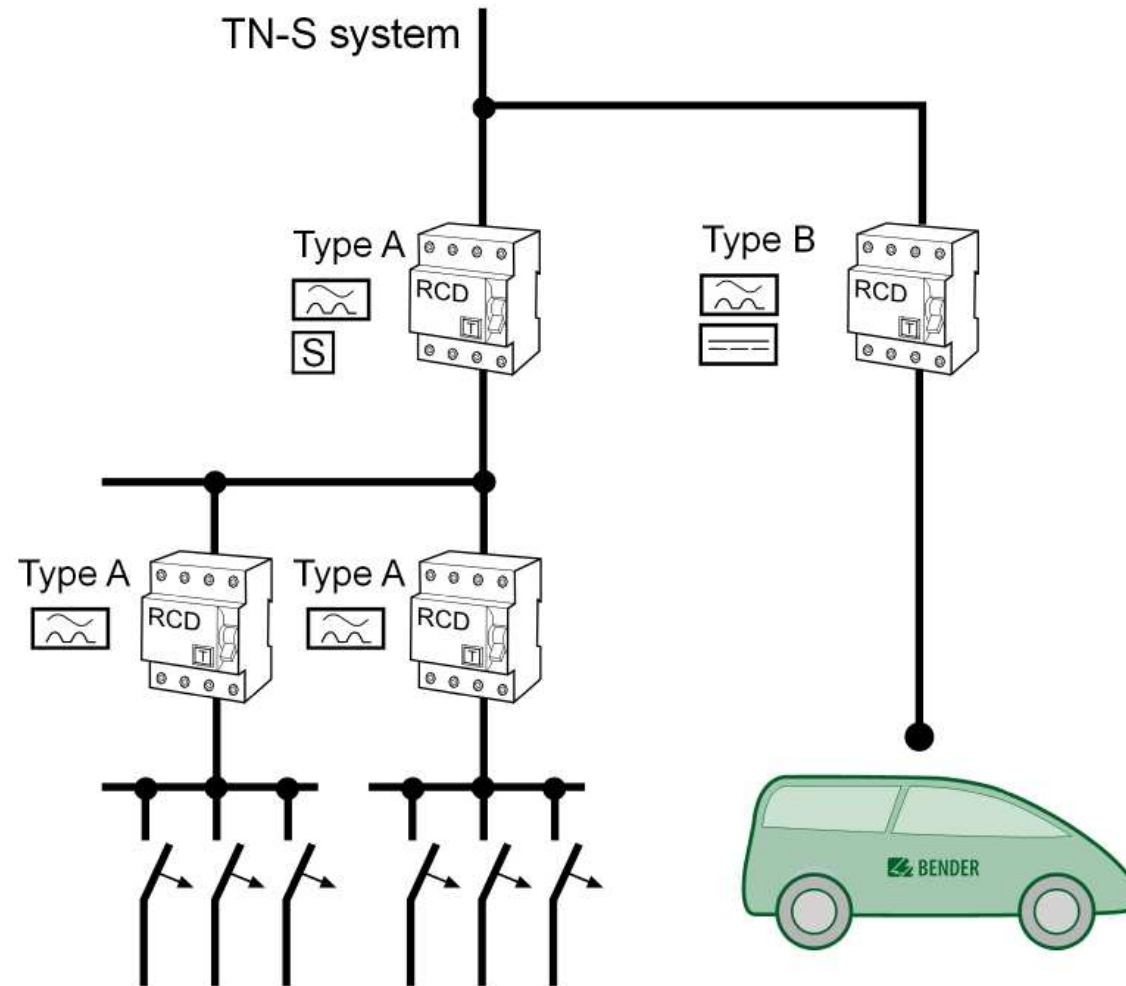
→ RCD Typ A löst nicht mehr richtig aus!



Erblieden eines RCD Typ A durch Fehlergleichstrom $DC \geq 6\text{mA}$

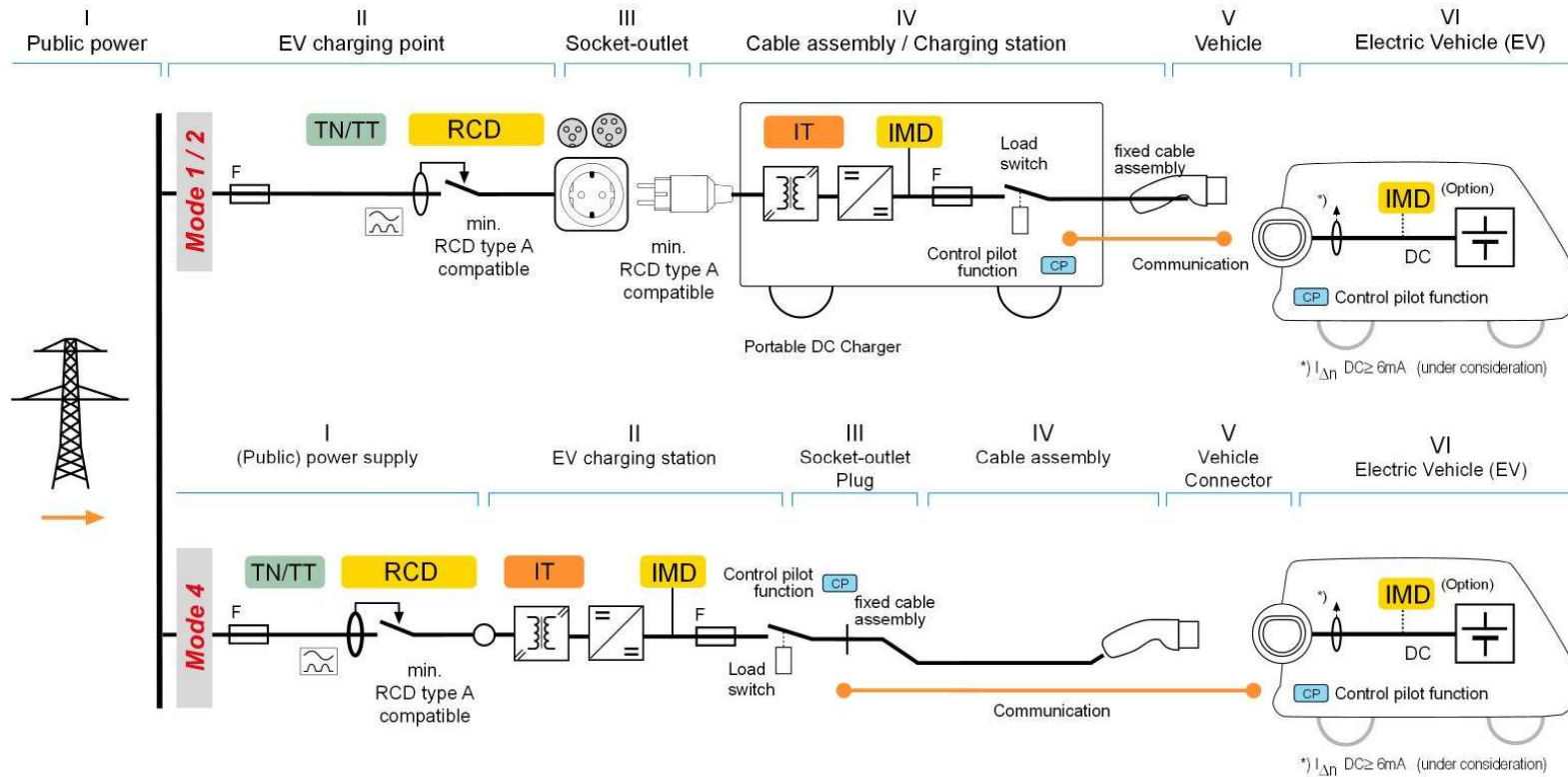


Sowohl Ansprechzeit als auch Ansprechwert des RCD Typ A ändern sich durch Gleichfehlerströme !!!!



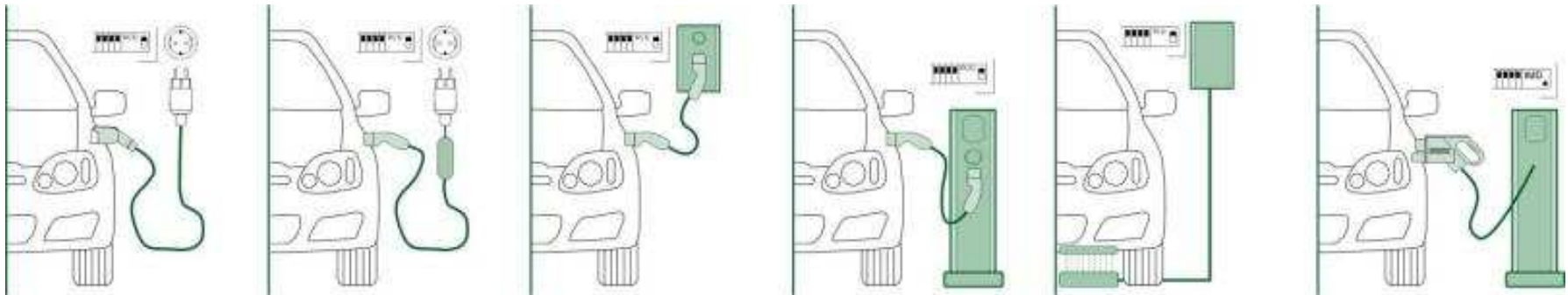
Maßnahme	Eigenschaften
Verstärkte, doppelte Isolierung im Fahrzeug	<ul style="list-style-type: none">▪ Zusätzlichen Kosten▪ Größerer Bauraum▪ Höheres Gewicht▪ Außerdem ist davon auszugehen, dass durch diese Maßnahmen die Ladeleistung reduziert werden muss, um die thermische Belastung von Bauteilen zu reduzieren, ggf. muss zusätzliche Kühlleistung bereitgestellt werden.
RCD Typ B in der Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none">▪ Hohe Kosten durch Verwendung des Typ B RCDs▪ Falls in einer vorgelagerten Installation ein RCD Typ A verbaut ist, muss dieser ebenfalls durch einen Typ B ersetzt werden.
DC Fehlerstromsensor 6 mA, Abschaltung der Ladung über Steuerelektronik	<ul style="list-style-type: none">▪ Sensorik/Auswertung mit entsprechenden Zulassungen (z.B. Temperatur- und Vibrationsbeständigkeit), sowie ggf. länder- und typspezifische Varianten erforderlich.▪ Detektion des DC Fehlerstromes und Abschaltung der Ladung, wenn 6mA überschritten werden.▪ Ein RCD Typ A in der Ladestation, bzw. der Hausinstallation, wird somit nicht negativ beeinflusst.

- Isolationsmessung und Überwachung am Fahrzeug
- AC Ladung
- **DC Ladung**
- Zusammenfassung Ladeverfahren

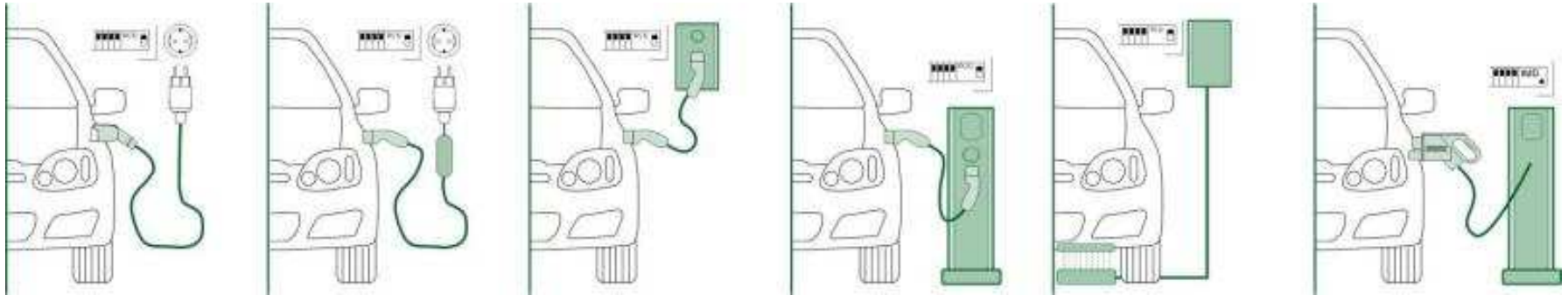


- Beim DC-Laden wird der Isolationswiderstand durch ein Isolationsüberwachungsgerät (IMD) in der Ladestation überwacht (IMD = Insulation Monitoring Device)
- Während des Ladevorganges ist das Isolationsüberwachungsgerät im Fahrzeug inaktiv

- Isolationsmessung und Überwachung am Fahrzeug
- AC Ladung
- DC Ladung
- Zusammenfassung Ladeverfahren



	AC-Laden Steckdose Schuko / CEE	AC-Laden Steckdose Schuko / CEE	AC-Laden Wallbox	AC-Laden „Intelligente“ Ladesäule	Induktives Laden	DC – Schnellladung
Lademodi	1	2	3		-	4
Komfort	Niedrig		Standard	Hoch: Abrechnung / Grid	Hoch: Kabellos	Hoch: Kurze Ladezeit
Leistung	max. 1ph 16 A (3,7kW) max. 3ph 16 A (11 kW) / 3ph 32 A (22kW)		max. 1ph 16 A (3,7kW) max. 3ph 63 A (43,5 kW)		2...5 kW	DC low ≤ 38 kW DC high ≤170 kW
Ladezeit	Einige Stunden: Je nach HV-Speicher					≤ 30 min.
Komponenten	keine	Ladekabel mit IC-CPD und „low level“ Control Pilot Funktion	Wallbox mit „low level“ Control Pilot Function	Ladesäule mit „high level“ PLC-Kommunikation / Netzwerkzugang	Kommunikation wireless	Ladesäule mit „high level“ PLC-Kommunikation / Netzwerkzugang
Kommunikation	keine	Control Pilot	Control Pilot	Power Line Communication	Wireless	Power Line Communication



	AC-Laden Steckdose	AC-Laden Steckdose	AC-Laden Wallbox	AC-Laden „Intelligente“ Ladesäule	Induktives Laden	DC – Ladung
Lademode	1	2	3		-	4
Bereich	Gebäudeinstallation					
Maßnahme	min. RCD Typ A $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$, wenn $I_{\Delta N} \text{ DC} \geq 6\text{mA}$ RCD Typ B erforderlich					min. RCD Typ A
Normen	IEC 60364-4-41 / IEC 60364-7-722 / IEC 61851-.....					
Bereich	Ladekabel					
Maßnahme	-	IC-CPD	-	-	-	-
Norm	-	IEC 62752	-	-	-	-
Maßnahme	nach IEC 62752 Abschaltung wenn $I_{\Delta N} \text{ AC} \leq 30 \text{ mA}$ und $I_{\Delta N} \text{ DC} \geq 6\text{mA}$					
Bereich	Ladepunkt / Ladestation					
Maßnahme	min. RCD Typ A Abschaltung wenn $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ - wenn $I_{\Delta N} \text{ DC} \geq 6\text{mA}$ RCD Typ B oder andere Maßnahme					IMD
Normen	IEC 61851-1 / -21 / -22					IEC 61851-23

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



- Bender GmbH & Co.KG
Londorfer Straße 65
35305 Grünberg
Germany
www.bender-de.com
- Dipl.-Ing. Frank Mehling
Phone +49 (0) 6401 807-378
Mobil +49 (151) 16322 261
Mail Frank.Mehling@bender-de.com



▪ Copyright

- Bilder, Grafiken: Bender Archiv, www.fotolia.de,
- Änderungen vorbehalten - © Dipl.-Ing. W. Bender GmbH & Co.KG, Germany

Die Präsentation ist urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und Einspeicherungen in elektronische Systeme, insbesondere zu kommerziellen Zwecken, sind ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Wir übernehmen keine Gewähr und Haftung für fehlerhafte und unterbliebene Eintragungen. Alle Daten basieren auf Herstellerangaben. Alle Logos und Produktbezeichnungen sind eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Hersteller.

**Bender – The power behind electrical systems –
We make electrical power safe**

