

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Daniel Herbst, Institut für Elektrische Anlagen und Netze

15.02.2018

Benjamin Jauk, Ernst Schmutzer, Robert Schürhuber

(Technische Universität Graz, Institut für Elektrische Anlagen und Netze)

Manfred Unterweger (Energie Steiermark Technik GmbH)

Christian Wolf (Energie Graz GmbH & Co KG)

Gliederung

- Hintergrund & Fragestellung
- Relevante Normen und Vorschriften
- Stand der Technik
- Zu überprüfende Fehlerfälle
- Konzept Prüfgerät
- Messverteiler
- Messergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Hintergrund & Fragestellung

Hintergrund (I)

- E-Mobilität erlebt Aufschwung
- Bedarf an Ladeinfrastruktur steigt
- Netz an Ladestationen wird nach und nach ausgebaut
- Anstieg an installierten DC-Schnellladestationen

Hintergrund (II)

- Anzahl installierter Ladestationen
 - EUROPA: rund 25.600 E-Tankstellen^{*)}
 - davon ~ 1.800 DC-Schnellladestationen
 - AUT: rund 4.200 E-Tankstellen^{*)}
 - davon ~ 450 DC-Schnellladestationen
 - STMK: rund 500 E-Tankstellen^{*)}
 - davon ~ 60 DC-Schnellladestationen

E-Tankstelle: ≤ 22 kW

DC-Schnellladestation: ≥ 45 kW

^{*)} Quelle: e-tankstellen-finder.com/at/de/info/statistics
(Abruf: 06.02.2018)



Abb. 1: Europakarte
(Quelle: www.your-trips.de)

Fragestellungen im Zuge dieser Arbeit

- Überprüfung von DC-Schnellladestationen
 - Erstüberprüfung
 - Wiederkehrende Überprüfung
- Normativer Hintergrund
- Vorschriftenwerke
- Stand der Technik
- Analyse eines DC-Ladevorgangs hinsichtlich Sicherheit
- Fehlersimulation an einer DC-Ladestation (Erdschluss/Kurzschluss)
- Prüfgeräte

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Relevante Normen und Vorschriften

Normen und Vorschriften (I)

- **ÖVE/ÖNORM EN 61851 (VDE 0122)**
Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen -
Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge
- **ÖVE/ÖNORM EN 62196 (VDE 0623-5)**
Stecker, Steckdosen, Fahrzeugkupplungen und Fahrzeugstecker -
Konduktives Laden von Elektrofahrzeugen
- **ÖVE/ÖNORM 8001-1,-6 & EN 60364 (VDE 0100)**
Errichten von Niederspannungsanlagen &
Errichtung von elektrischen Anlagen
mit Nennspannungen bis ~1000 V und =1500 V
- **DIN VDE V 0122-2-300 (ENTWURF)**
Spezifikation zur Konformitätsprüfung zu IEC 61851-23, Anhang CC;

Normen und Vorschriften (II)

- Elektrotechnikgesetz (ETG) 1992
- Elektrotechnikverordnung (ETV) 2002
- Elektroschutzverordnung (ESV) 2012
- SAE J 2293 Energy Transfer System for Electric Vehicles
- IEC 60950 Information technology equipment – Safety
- ISO 15118
Straßenfahrzeuge - Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladestation
- EN 61557-8 Isolationsüberwachungsgeräte für IT-Systeme
- IEC 60245-6 Elektrodenkabel für Lichtbogenschweißgeräte

→ Normen/Vorschriften für Überprüfung von DC-Ladestationen noch nicht geschlossen erarbeitet

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Stand der Technik

Überprüfung von...

...AC-Ladestationen

→ Herkömmlicher
„Installationstester“
mit Prüfbox (Adapterbox)



Abb. 2: Prüfgerät zur normenkonformen
Überprüfung der Schutzmaßnahmen
(Quelle: www.gossenmetrawatt.com)

...DC-Ladestationen

→ Noch keine Prüfgeräte
am Markt verfügbar



Abb. 3: Prüfbox für AC-Ladestationen
(Quelle: www.chargeupyourday.de)

Steckverbinder Elektromobilität

Steckverbinder/ Ladesystem	Schuko	Typ 1	Typ 2	CHAdeMO	CCS
					
Spannung	230 V	230 V	400 V	500 V	500 V
Strom	10 A – 16 A	≤ 32 A	≤ 63 A	≤ 125 A	≤ 125 A
Phase	1-phasig AC	1-phasig AC	3-phasig AC	DC	DC
Leistung	≤ 3,7 kW	≤ 7,4 kW	≤ 22 kW	≤ 50 kW	≤ 50 kW
Kommunikation mit Fahrzeug	n.v.	CP, CS	CP, PP	CP, CP2, CS, CP3, CAN-H, CAN-L	CP, PP

Tabelle 1: Steckverbinder Elektromobilität

Steckverbinder Elektromobilität

Steckverbinder/ Ladesystem	Schuko	Typ 1	Typ 2	CHAdeMO	CCS
					
Spannung	230 V	230 V	400 V	500 V	500 V
Strom	10 A – 16 A	≤ 32 A	≤ 63 A	≤ 125 A	≤ 125 A
Phase	1-phasig AC	1-phasig AC	3-phasig AC	DC	DC
Leistung	≤ 3,7 kW	≤ 7,4 kW	≤ 22 kW	≤ 50 kW	≤ 50 kW
Kommunikation mit Fahrzeug	n.v.	CP, CS	CP, PP	CP, CP2, CS, CP3, CAN-H, CAN-L	CP, PP

Tabelle 1: Steckverbinder Elektromobilität

Gesamtsystem – Ladestation und Fahrzeug

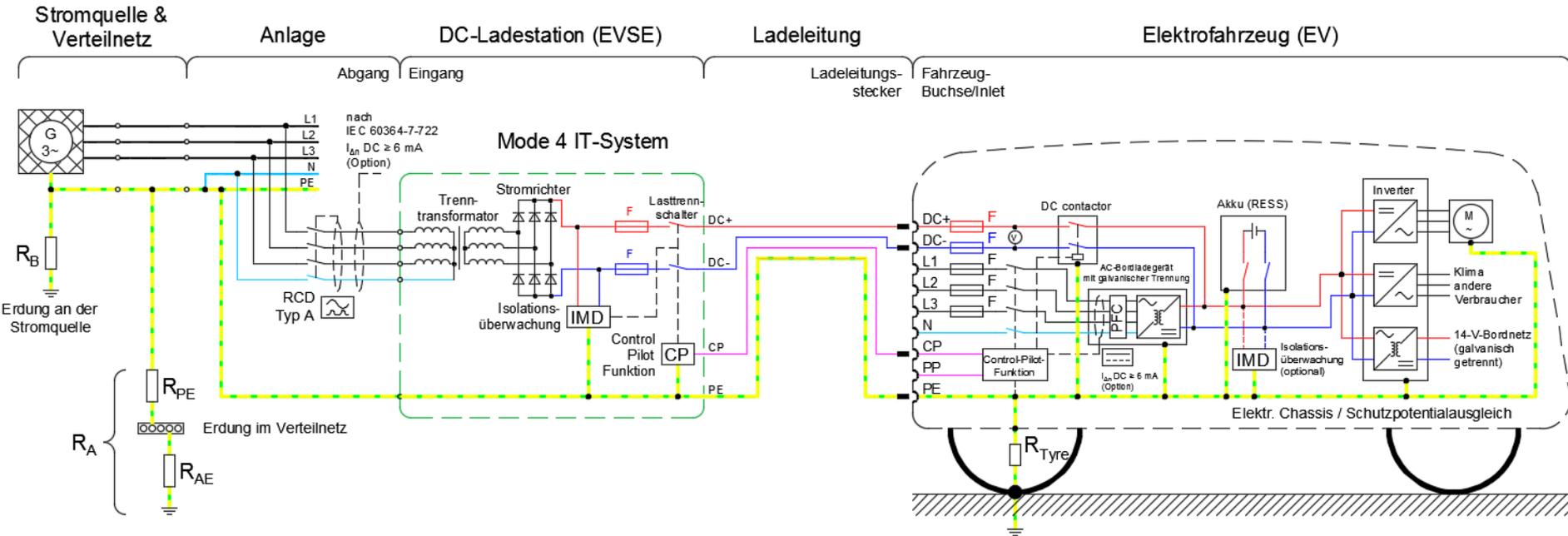


Abb. 4: Gesamtsystem DC-Ladestation und Elektrofahrzeug (vgl. Quelle: www.bender.de)

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Zu überprüfende Fehlerfälle

Fehlerfälle

- a) Unterbrechung sämtlicher Signalleitungen
- b) Unterbrechung der DC-Verbindungen
- c) Unterbrechung des PE-Leiters
- d) Erdschluss*
- e) Kurzschluss*
- f) Störlichtbogen
(Ladeleitungs-
längsfehler)

[* jeweils über wählbare
Vorwiderstände]

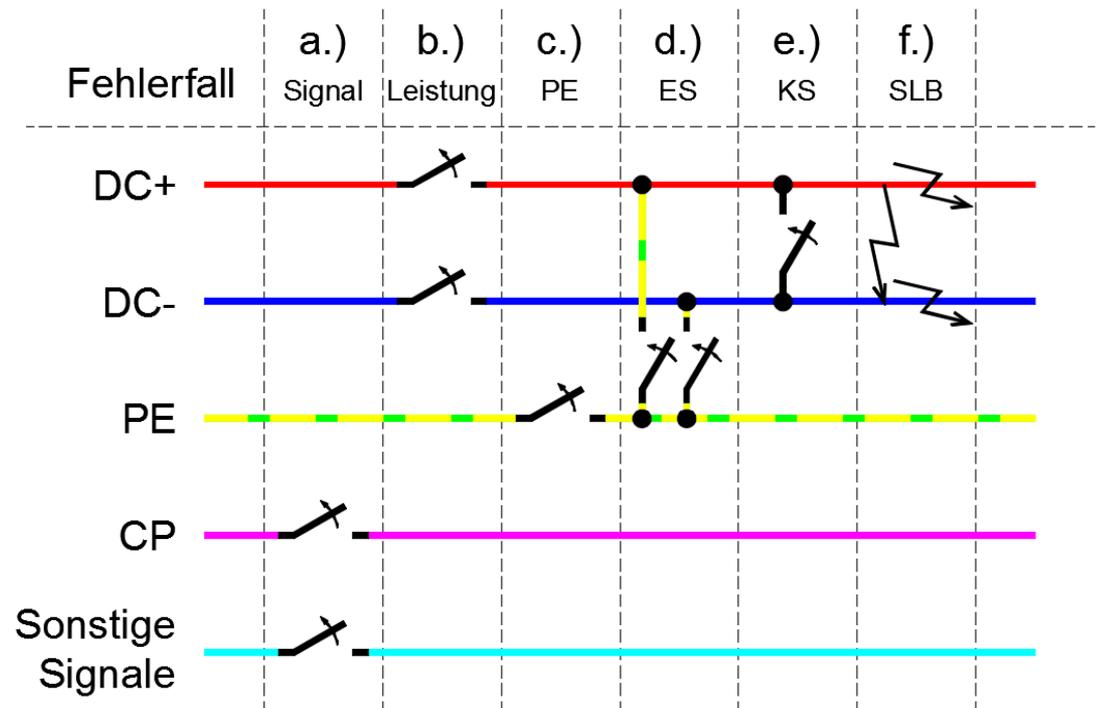


Abb. 5: Übersicht Fehlerfälle

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Konzept Prüfgerät

Unterstützt werden folgende...

...Typen von Ladesteckverbindern:

- a) Typ2 (AC)
- b) Combo2/CCS (DC)
- c) CHAdeMO (DC)



Abb. 6: Typ2-, Combo2/CCS- & CHAdeMO-Steckverbinder

...Ladebetriebsarten:

- a) CCS (Combined Charging System)
- b) CHAdeMO

Prinzipschaltbild

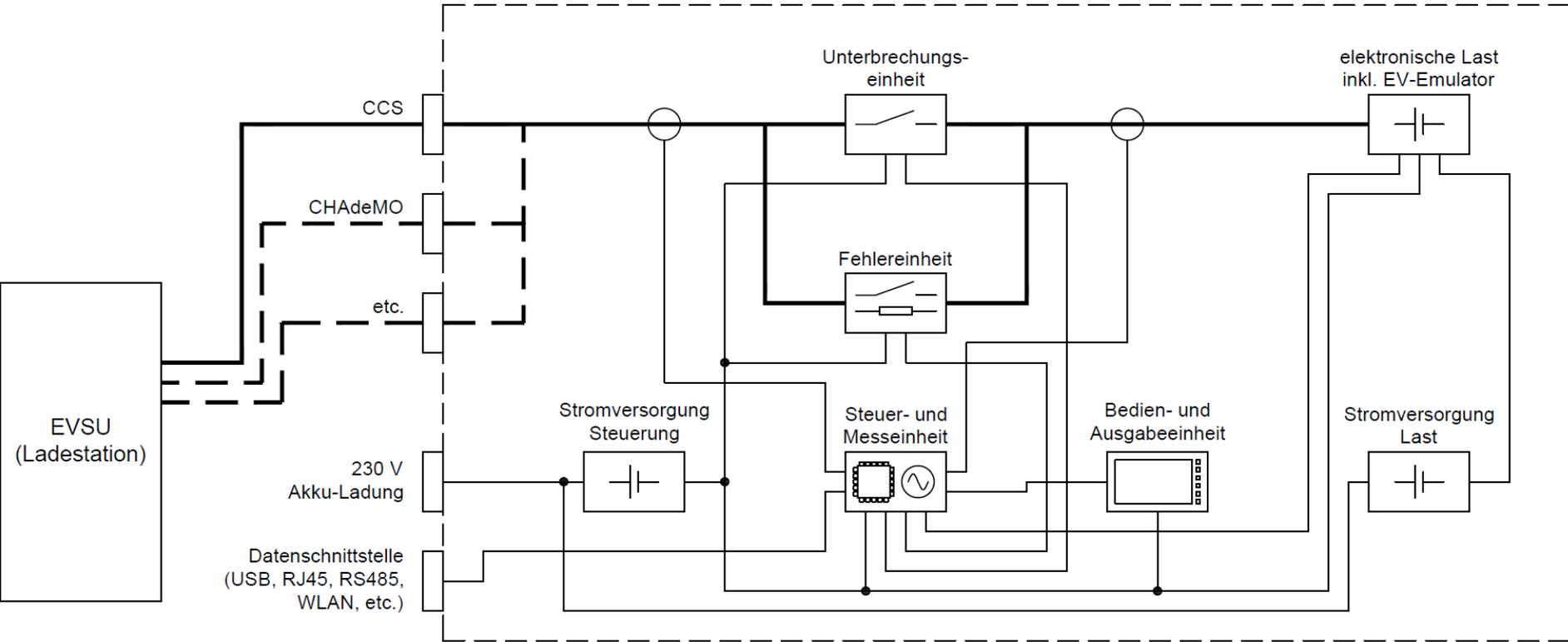


Abb. 7: Prinzipschaltbild Prüfgerät

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Messverteiler

Prinzipieller Messaufbau

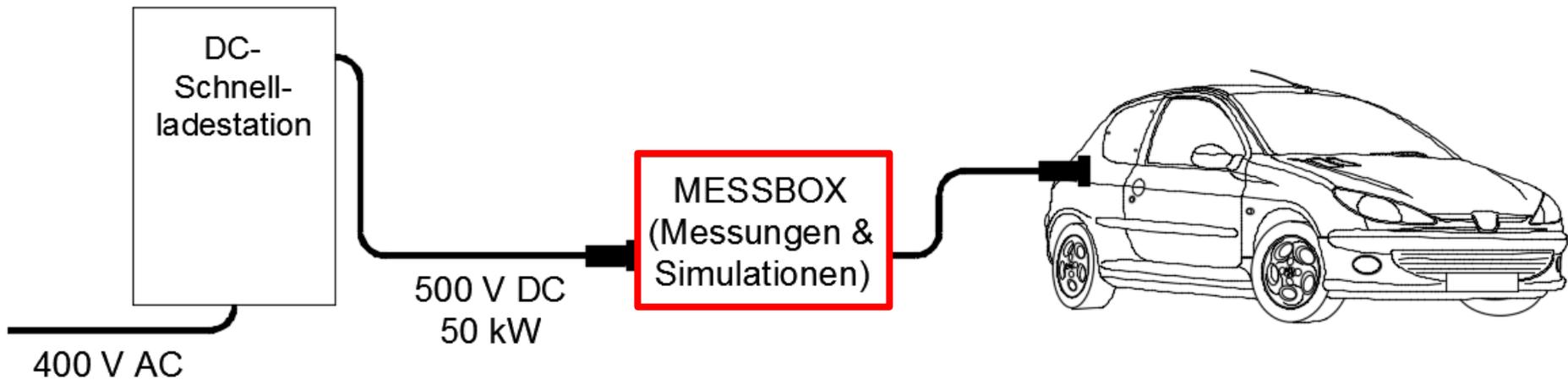


Abb. 8: Prinzip-Messaufbau

Messverteiler – Ansicht

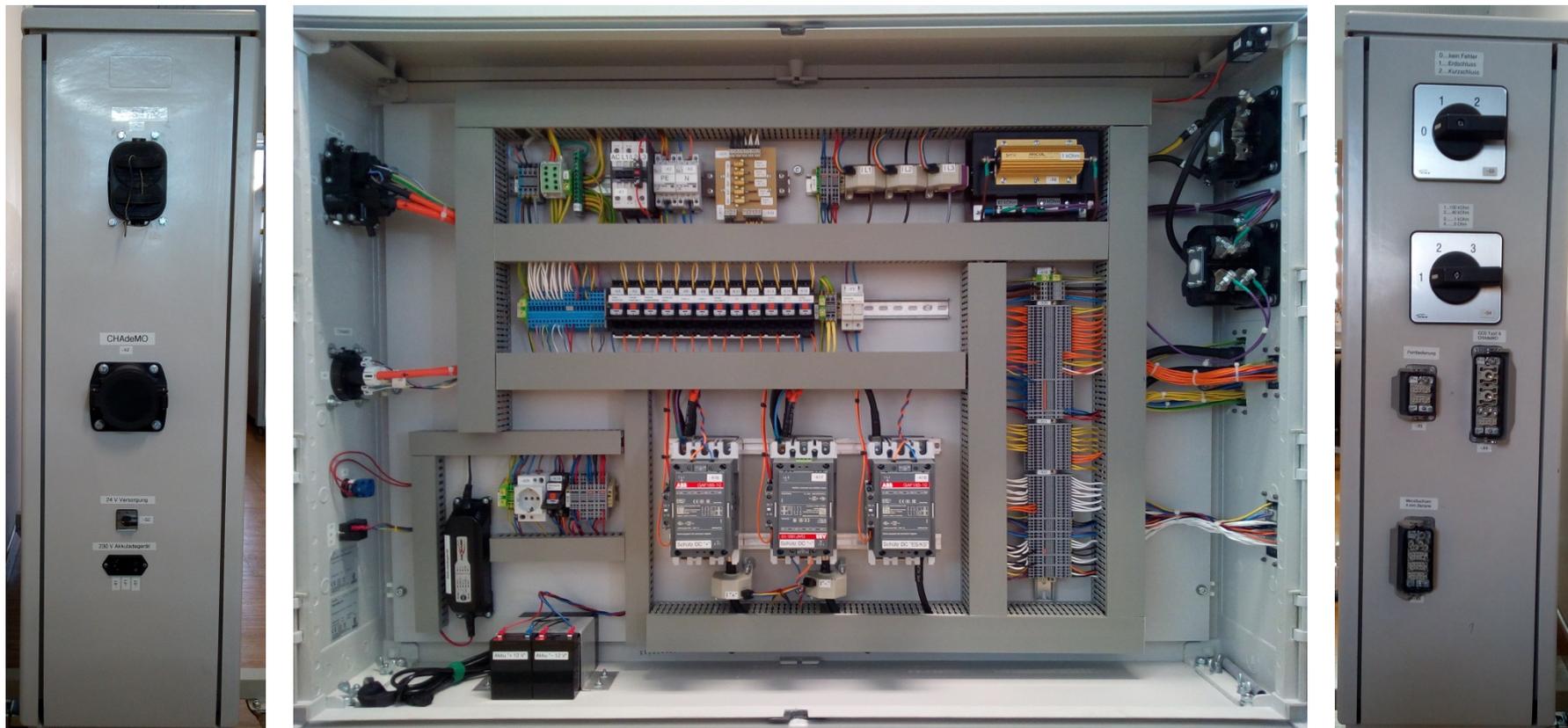


Abb. 9: Ansicht Messverteiler

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Messergebnisse

Fehlerfreier Ladevorgang – CHAdeMO

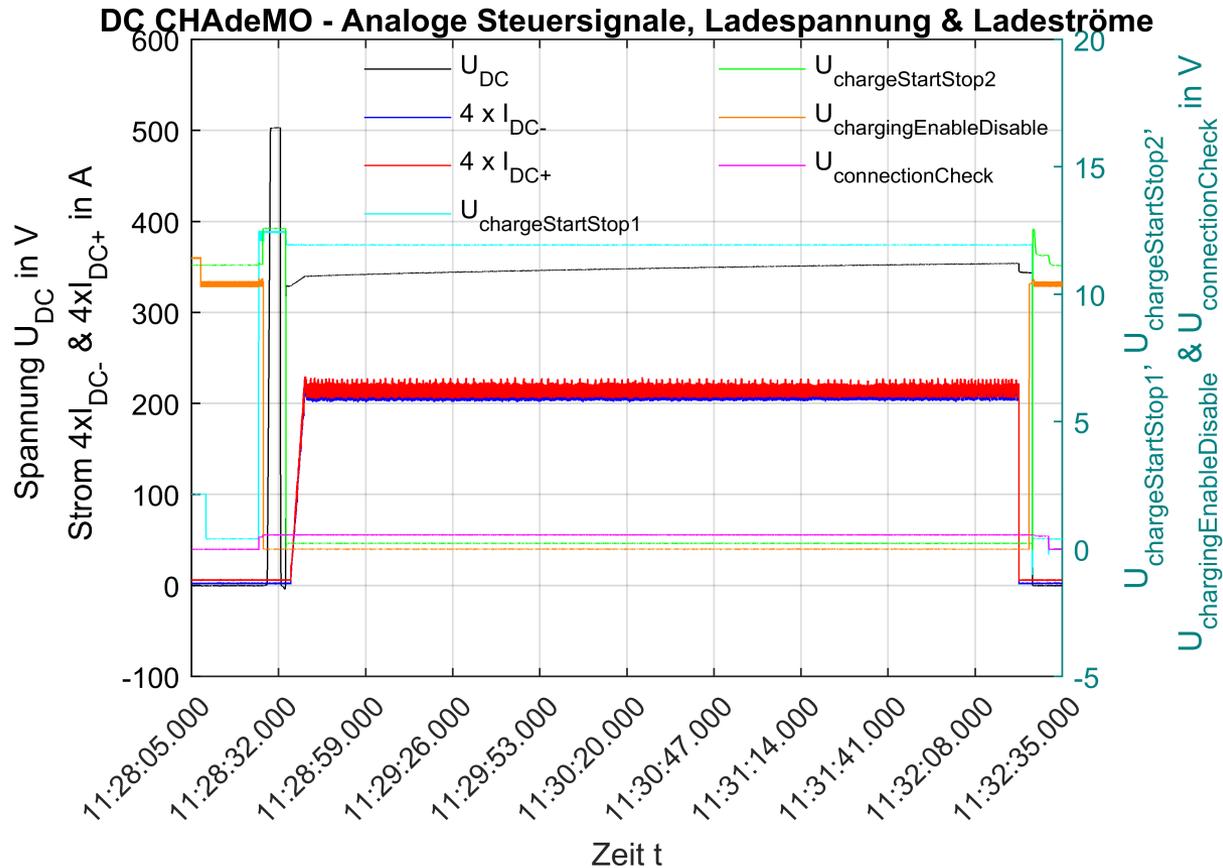


Abb. 10: CHAdeMO Ladevorgang DC (fehlerfreier Zustand)

Fehlerfreier Ladevorgang – CCS...Combined Charging System

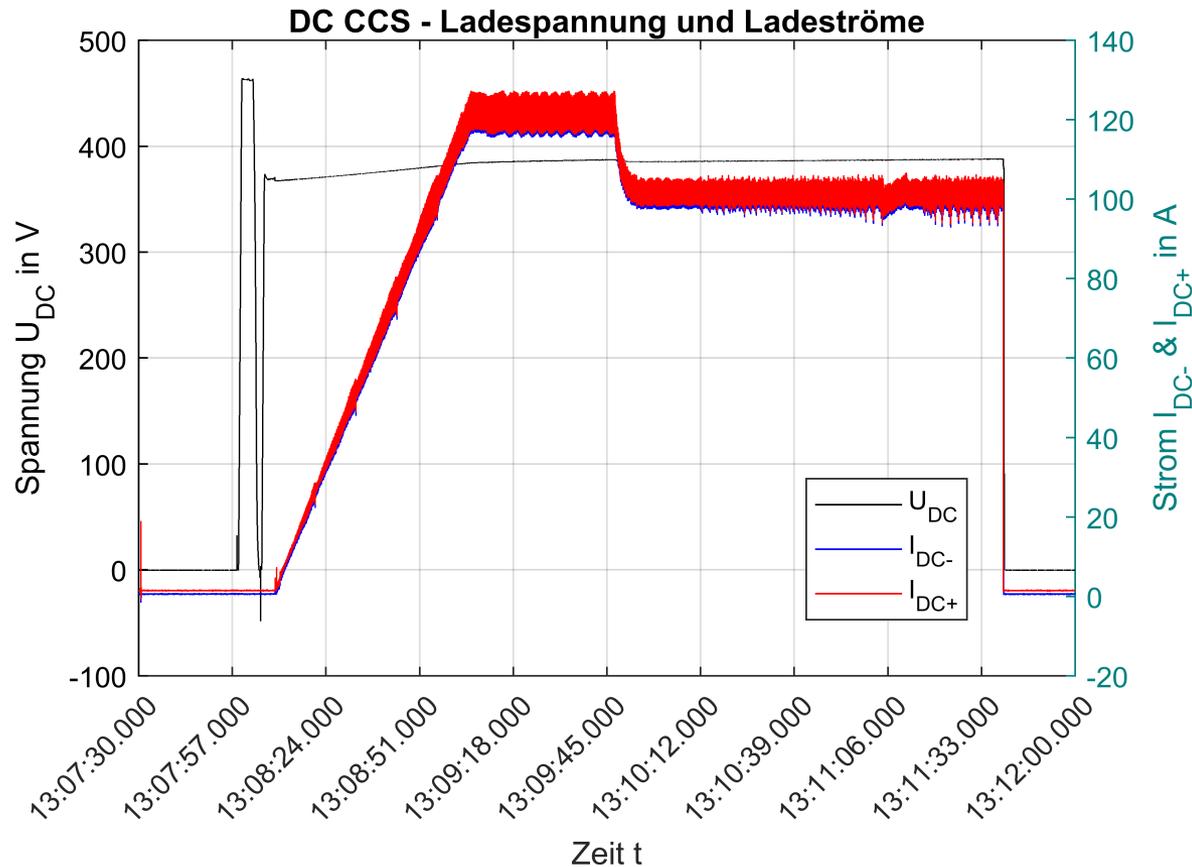


Abb. 11: CCS Ladevorgang DC (fehlerfreier Zustand)

Unterbrechung PE-Leiter – CCS...Combined Charging System (I)

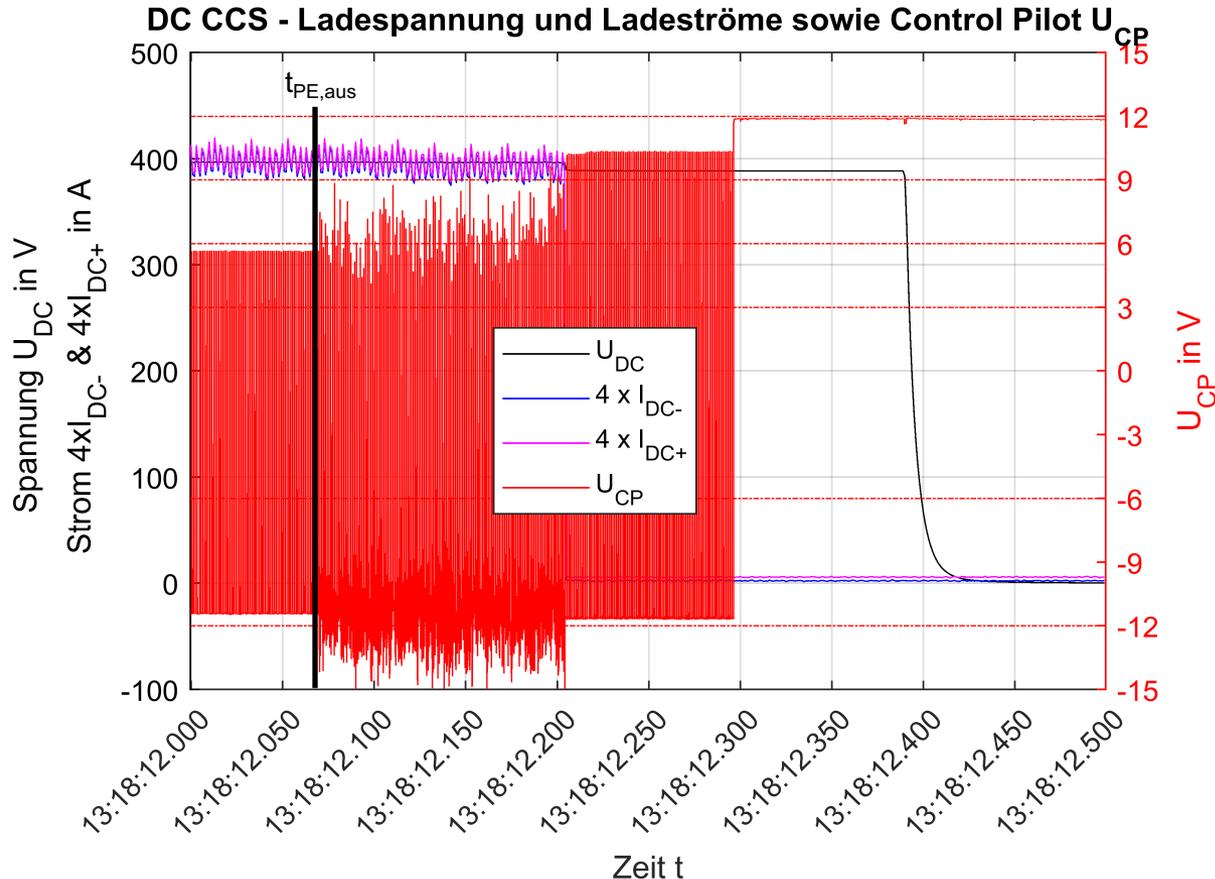


Abb. 12: CCS Ladevorgang DC – Unterbrechung PE-Leiter (U_{DC} , I_{DC} , U_{CP})

Unterbrechung PE-Leiter – CCS...Combined Charging System (II)

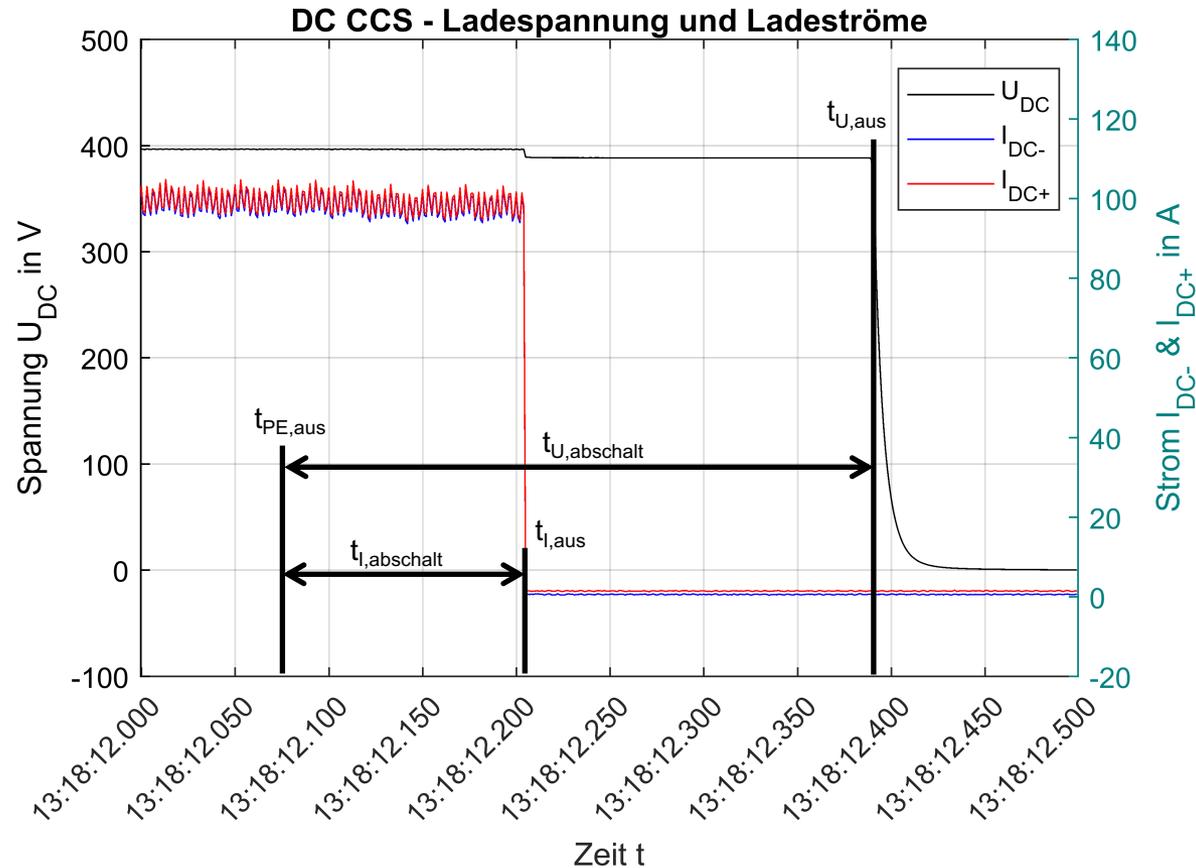


Abb. 13: CCS Ladevorgang DC – Unterbrechung PE-Leiter (U_{DC} , I_{DC})

Übersicht Messungen/Fehlersimulationen CCS (Combined Charging System)

DC-Messung 02 - CCS		07.10.2017		
file: EVSU_DC_CCSTyp2_2017_11_07_0001				
	Schaltorgan	Fehlerdauer	Abschaltzeiten	
			Strom	Spannung
	---	ss,hhh	ss,hhh	ss,hhh
Unterbrechung Verriegelung	-S33	k.A.	keine Absch.	keine Absch.
Unterbrechung CP	-K11	k.A.	00,004	00,170
Unterbrechung DC+	-K16	k.A.	00,000	00,214
Unterbrechung PE	-K2	k.A.	00,134	00,320

	Schaltorgan	Fehlerdauer	Abschaltzeiten	
			Strom	Spannung
	---	ss,hhh	ss,hhh	ss,hhh
Erdschluss 100 kΩ	-K18	18,595	keine Absch.	keine Absch.
Erdschluss 40 kΩ	-K18	k.A.	07,452	07,706

	Schaltorgan	Dauer		
		Betrieb	Handshake	Stromrampe
	---	ss,hhh	ss,hhh	ss,hhh
Erdschluss 40 kΩ vor Start Ladevorgang	-K18	09,571	03,265	05,985

Tabelle 2: Messwerte Fehlersimulation CCS-Ladevorgang

Übersicht Messungen/Fehlersimulationen CHAdeMO

DC-Messung 01 - CHAdeMO 07.10.2017

file: EVSU_DC_CHAdeMO_2017_11_07_0001

	Schaltorgan	Fehlerdauer	Abschaltzeiten	
			Strom	Spannung
			ss,hhh	ss,hhh
Unterbrechung connection check	-K7	k.A.	00,195	01,321
Unterbrechung charging enable/disable	-K6	k.A.	00,102	04,236
Unterbrechung charger start/stop1	-K5	k.A.	00,006	00,139
Unterbrechung charger start/stop2	-K10	k.A.	00,006	00,154
Unterbrechung CAN-H	-K8	k.A.	01,028	01,222
Unterbrechung CAN-L	-K9	k.A.	00,969	01,262
Unterbrechung DC+	-K16	k.A.	00,002	00,131
Unterbrechung DC-	-K17	k.A.	00,004	00,140
Unterbrechung PE	-K2	k.A.	keine Absch.	keine Absch.

file: EVSU_DC_CHAdeMO_2017_11_07_0002

	Schaltorgan	Fehlerdauer	Abschaltzeiten	
			Strom	Spannung
			ss,hhh	ss,hhh
Erdschluss 100 k Ω	-K18	35,114	keine Absch.	keine Absch.
Erdschluss 40 k Ω	-K18	k.A.	00,637	00,881

file: EVSU_DC_CHAdeMO_2017_11_07_0003

	Schaltorgan	Fehlerdauer	Abschaltzeiten	
			Strom	Spannung
			ss,hhh	ss,hhh
Kurzschluss 100 k Ω	-K18	07,770	keine Absch.	keine Absch.
Kurzschluss 40 k Ω	-K18	04,091	keine Absch.	keine Absch.
Kurzschluss 1 k Ω	-K18	04,164	keine Absch.	keine Absch.

Tabelle 3: Messwerte
Fehlersimulation
CHAdeMO-Ladevorgang

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

- Wesentliche Erkenntnisse durch erste Messungen/Fehlersimulationen
 - fehlerfreier Ladevorgang
 - Unterbrechung von DC-Leitungen, Signalleitungen sowie PE-Leiter
 - Erd- und Kurzschlüsse
- Weiterentwicklung der Prüfroutinen
- Weiterentwicklung des Konzepts für ein Prüfgerät
- Weitere Fehlersimulationen zur Verifizierung

Vielen Dank!

Projektpartner:

 **ENERGIE GRAZ**



ENERGIE STEIERMARK

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Daniel Herbst, Institut für Elektrische Anlagen und Netze

15.02.2018

Benjamin Jauk, Ernst Schmutzer, Robert Schürhuber

(Technische Universität Graz, Institut für Elektrische Anlagen und Netze)

Manfred Unterweger (Energie Steiermark Technik GmbH)

Christian Wolf (Energie Graz GmbH & Co KG)

E-Mail: daniel.herbst@tugraz.at

Telefon: +43 676 64 62 101

Konzept und Prototyp zur Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Anhang

Messverteiler – CAD Ansicht

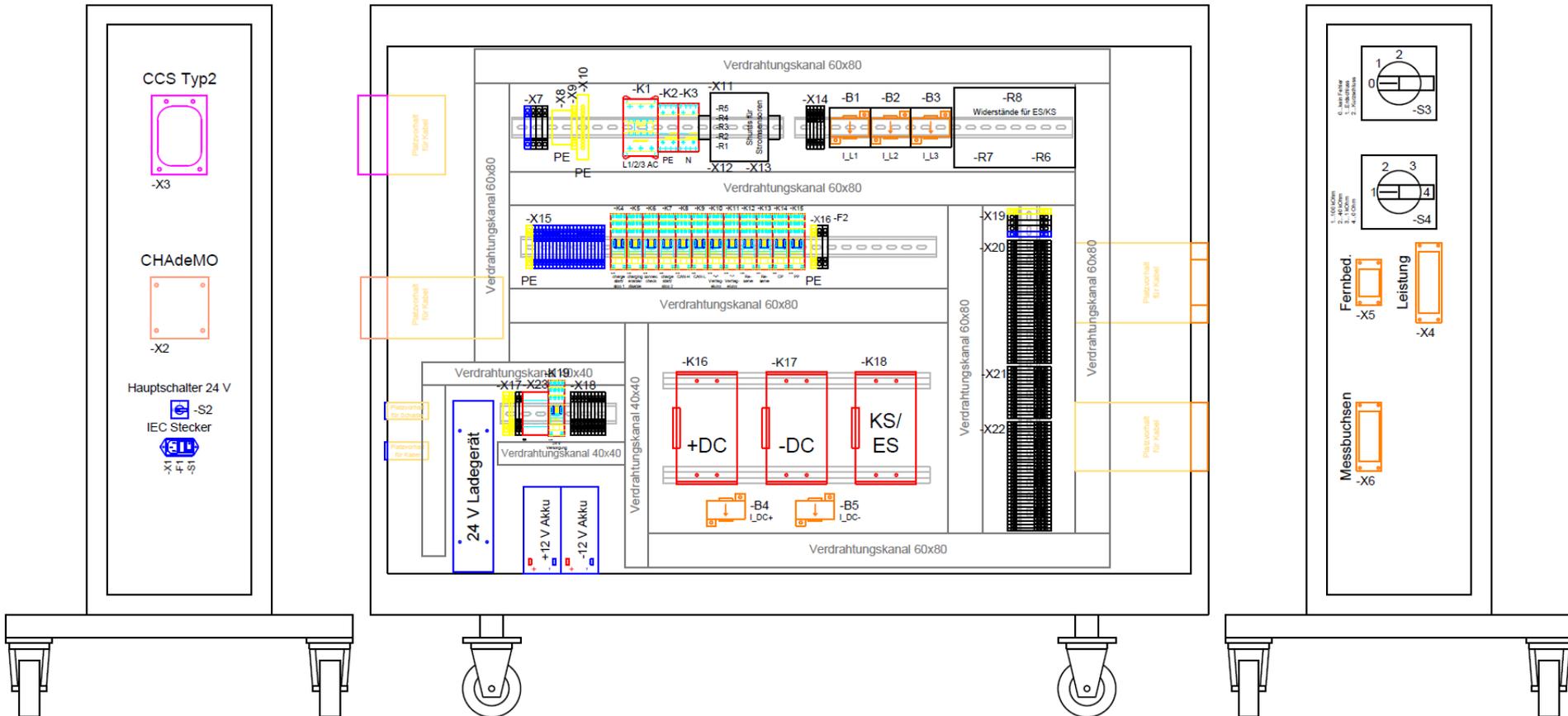


Abb. 14: CAD Ansicht Messverteiler