



Technische  
Universität  
Braunschweig

**elenia**  
Institut für Hochspannungstechnik  
und Energiesysteme

# DC Nieder- und Mittelspannungs-Hochleistungslabor

Tobias Kopp | elenia Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme | 24.06.2021

# Agenda

1. Einleitung
2. Motivation
3. Engineering
4. Hochleistungsprüffeld
5. Ausblick

# Agenda

## 1. Einleitung

### Projektvorstellung

## 2. Motivation

## 3. Engineering

## 4. Hochleistungsprüffeld

## 5. Ausblick

# Einleitung – UPS Universal Power Switch

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

- **Fördermaßnahme:** Anwendungsorientierte nichtnukleare FuE im 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung
- **Förderbereich:** Systemintegration erneuerbarer Energien

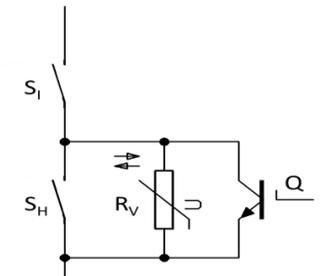
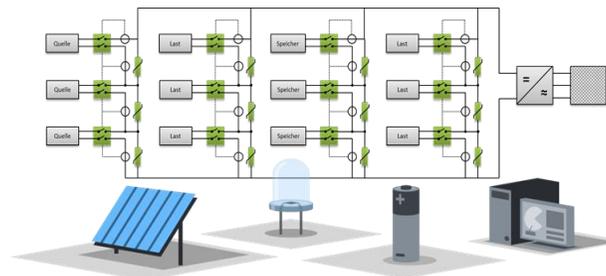
- **Verbundpartner:**



- **Assoziierte Partner:**

**Rockwell  
Automation**

- **Art:** Verbundprojekt aus Industrie und Forschung: **FKZ: 0324017A**
- **Verbundvorhaben:** „Verschleißarmer und kompakter Hybrid-Leistungsschalter hoher Leistungsdichte für den Einsatz in Verteilnetzen für Gleich- und Wechselstrom zur Systemintegration erneuerbarer Energien“



# Agenda

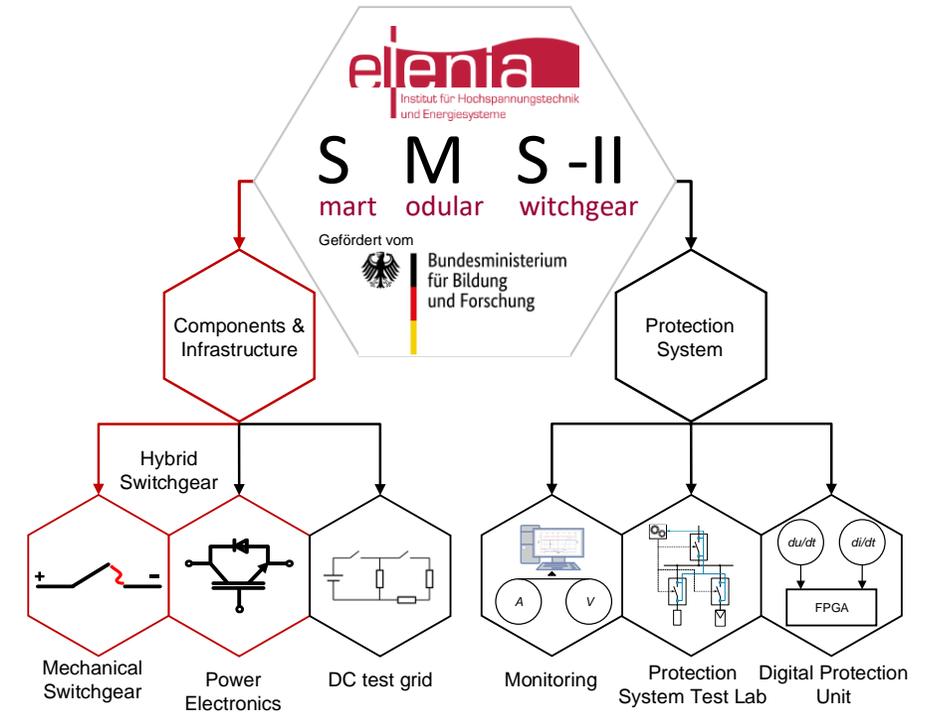
1. Einleitung
2. **Motivation**  
**Zukünftige und aktuelle Anwendungen**
3. Engineering
4. Hochleistungsprüffeld
5. Ausblick

# Einleitung und Ziele

## Motivation

- **DC-Grids:** National und international ein wichtiger Bestandteil der Forschung
- **Vorteile:** Effizienter Energietransport und Betrieb von industriellen Anlagen
- **Fokus:** Nieder- (380 V, 1 kV) und Mittelspannung (3 kV) DC Grid in Smart Modular Switchgear- II
- **Projekt Schwerpunkte:** DC-Grid, Schutzsysteme und Schaltgeräte

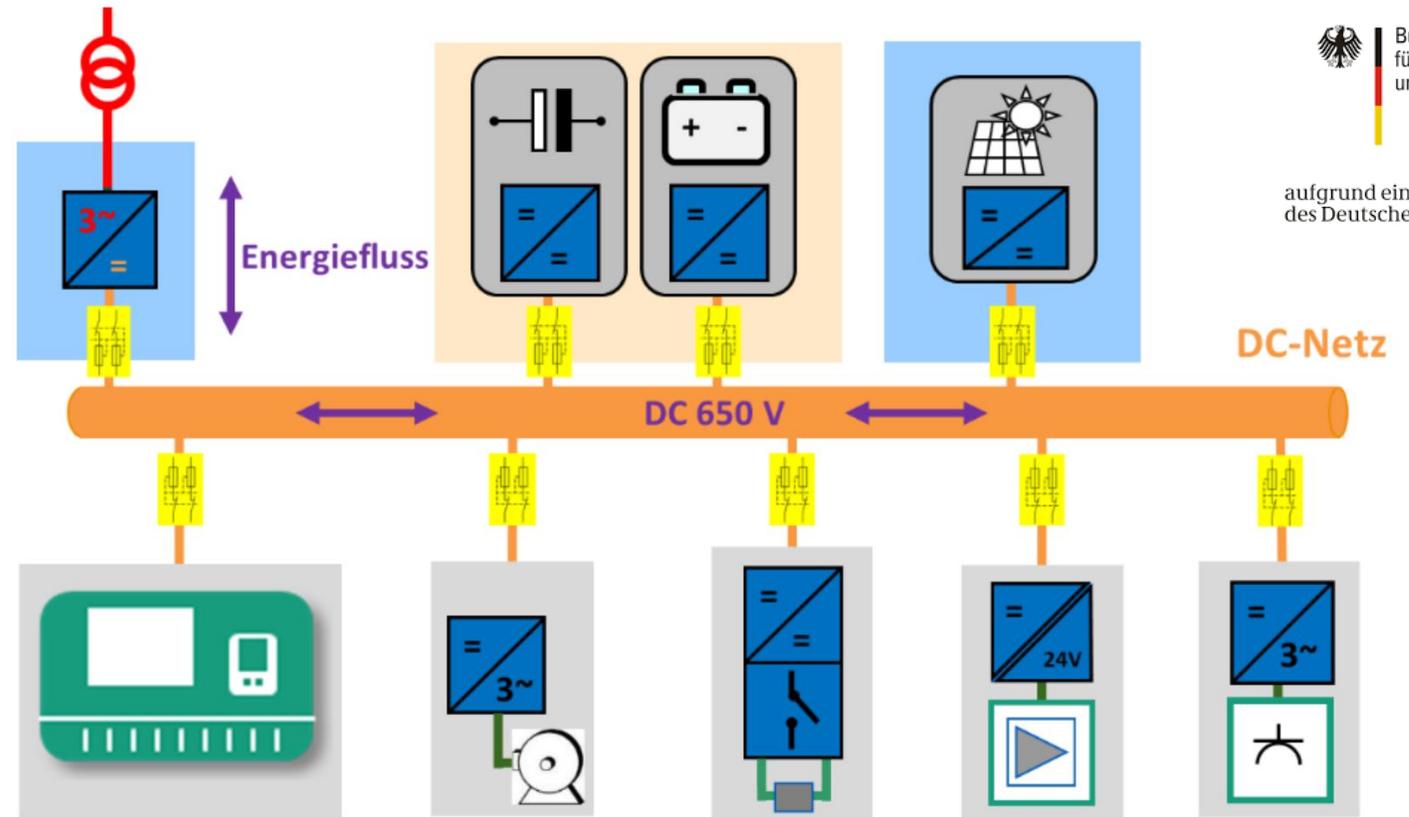
**Ziele:** Bestimmung der Optimierungspotentiale von HCB  
Umsetzung der wirkungsvollsten Optimierungspotentiale



# DC-INDUSTRIE2

- Robuste Energieversorgung für die Produktion
- Netzdienliche Anbindung an das Versorgungsnetz
- Maximale Nutzung von dezentraler regenerativer Energie
- Einfache Projektplanung
- 39 Partner aus Industrie und Forschung
- FKZ: 03EI6002A-Q

[STA21]

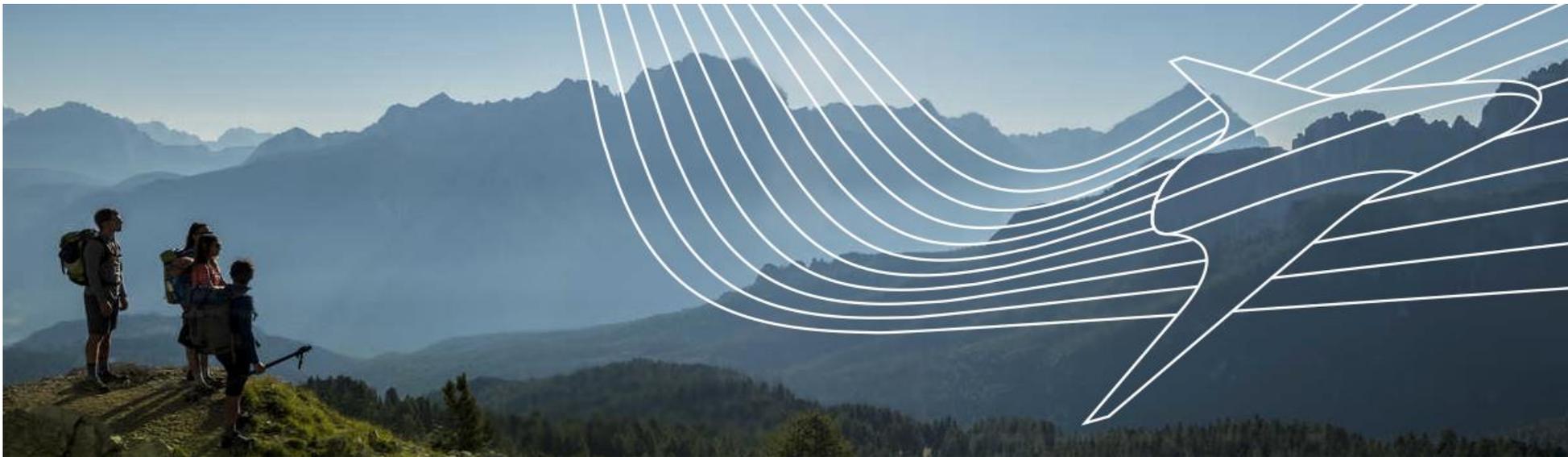


[STA21]

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



## SE<sup>2</sup>A - Sustainable and Energy-Efficient Aviation

1. Gesamtsystembewertung des Luftverkehrssystems
2. Kritische Technologien zur Verbesserung der Flugzeug-Performance
3. **Energiespeicherung und -umwandlung in Flugzeugen**
  - **ICA C –“Energy Storage and Conversion” - Bereitstellung der erforderlichen Energiemenge und Energiedichte**
  - **Neue Strukturen notwendig: DC-Bordnetze**
  - **Neue Spannungslevel notwendig: HGÜ**

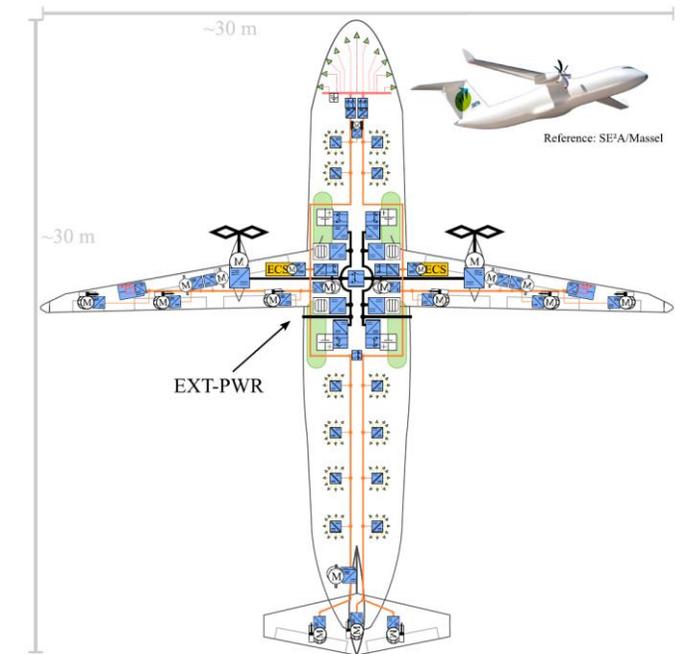
# Schaltgerätekonzentration – Gamechanger

## Neue Anwendungsfelder (Anforderungen)

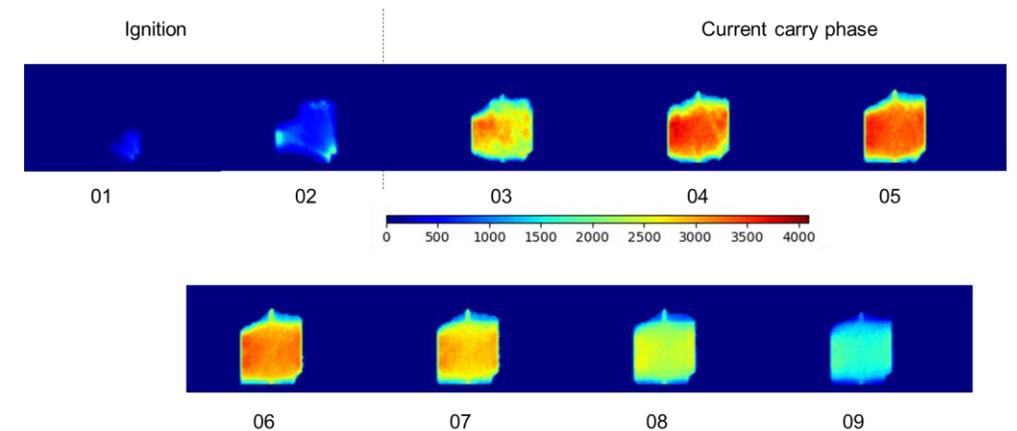
- DC-Verteilnetze
- DC-Industriernetze
- Neue Bordnetze – Auto, LKW, Bau-, Forst-, Landmaschinen, Schiff & Flugzeug

## Neue Messmethoden (Lösungen)

- Hochgeschwindigkeits-Kinematographie
- Sensoren mit sehr großer Dynamik (z. B. Druckmesstechnik)
- Neue Mess- und Auswertemethoden
- Neue Lösungen in der Simulationstechnik
- Verknüpfung von Simulation und Experiment - HIL



[SCH20]

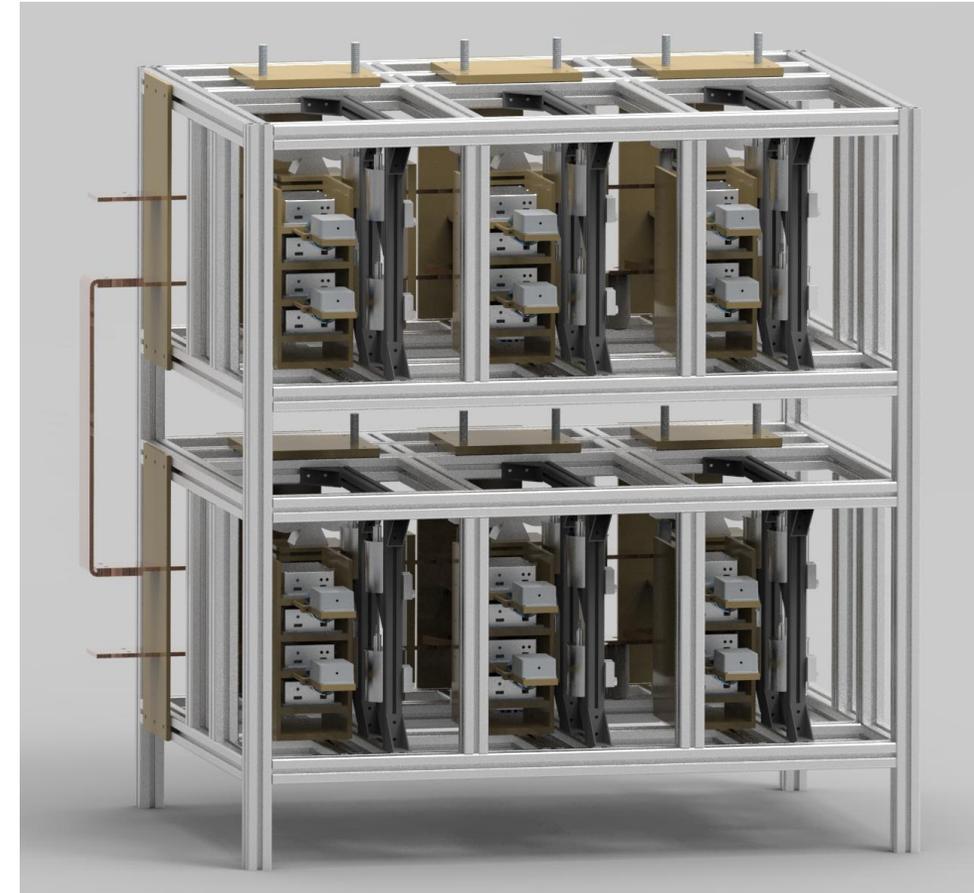
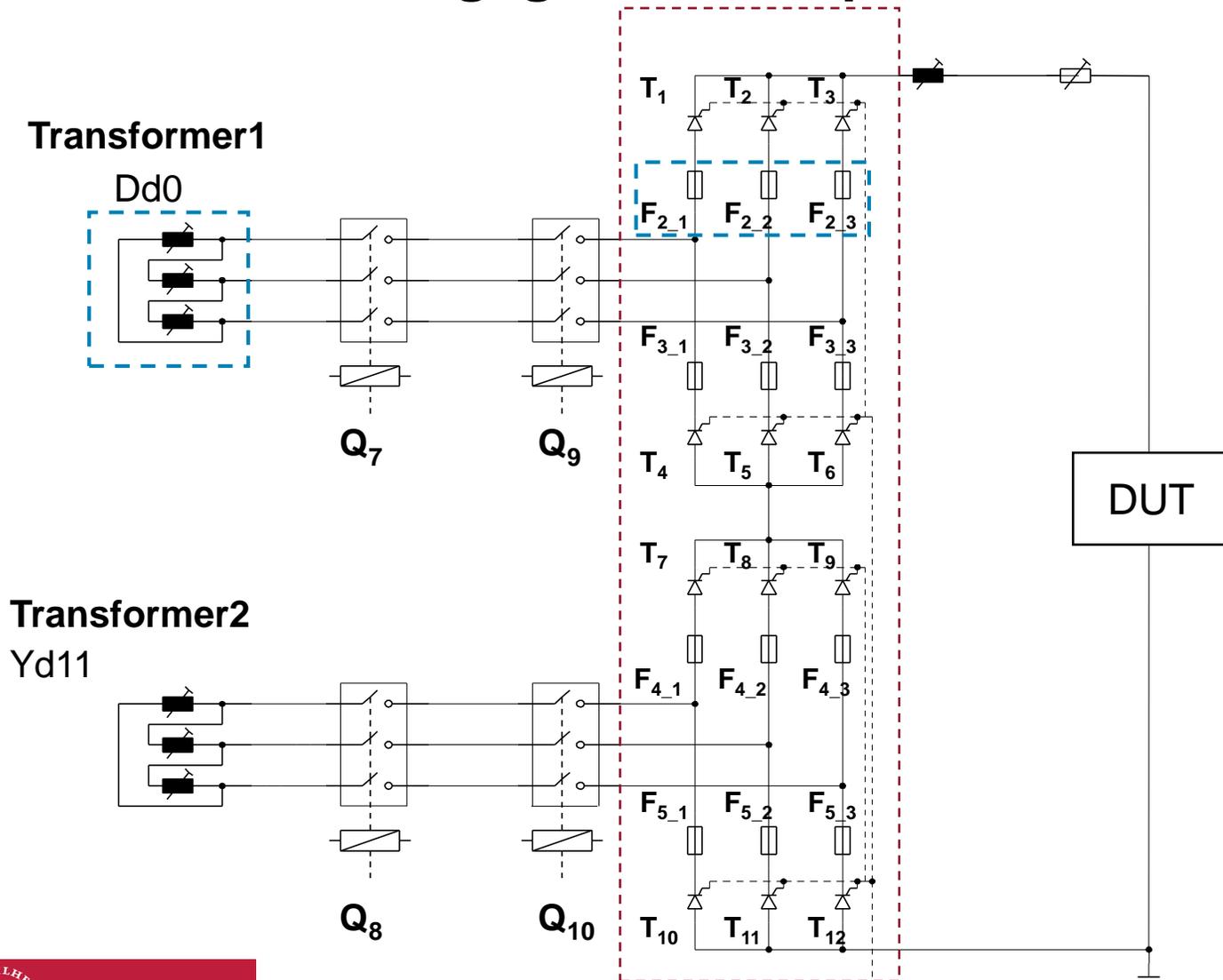


[PET21]

# Agenda

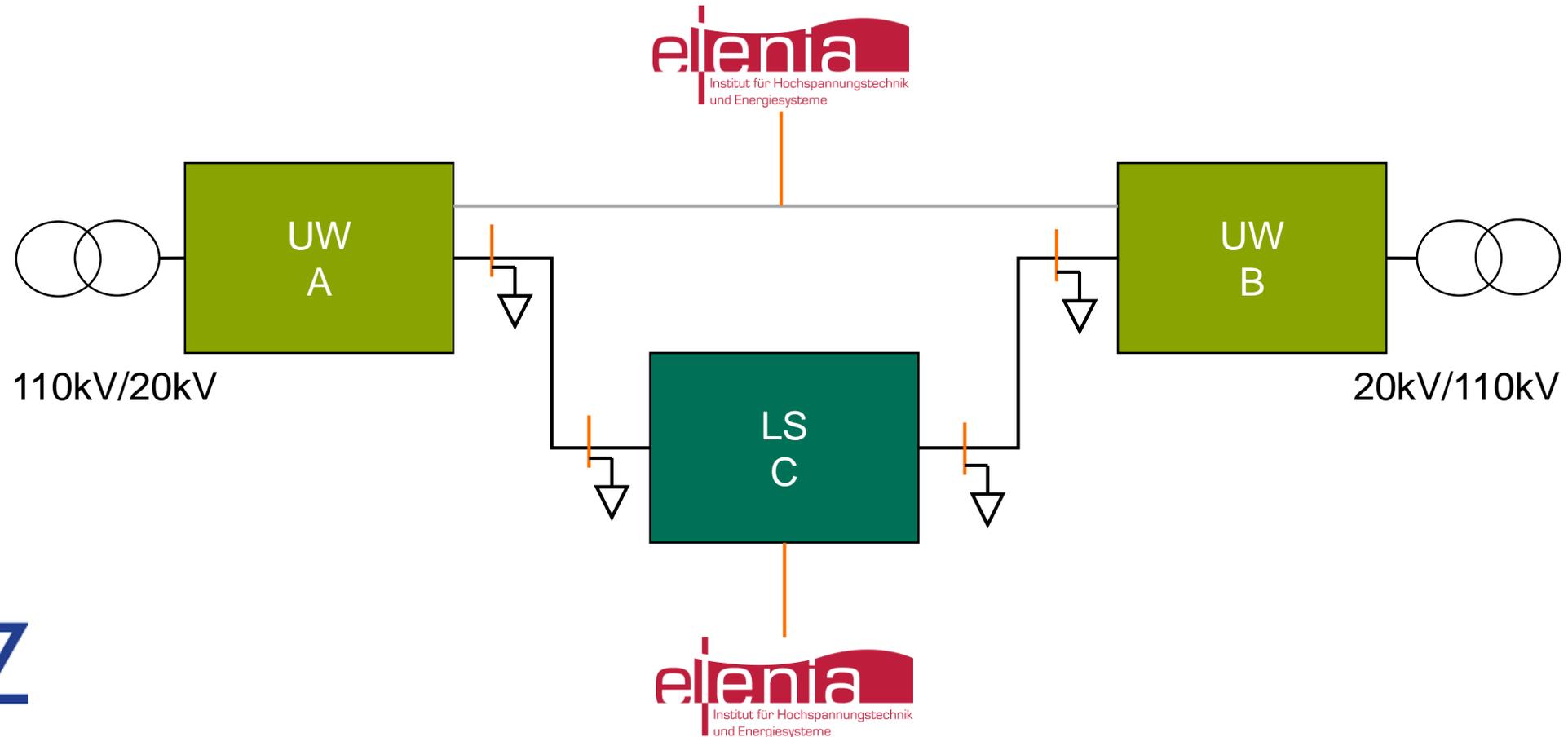
1. Einleitung
2. Motivation
3. **Engineering**
4. Hochleistungsprüffeld
5. Ausblick

# DC-Hochleistungsgleichstromprüffeld



# Energieversorgung

- Anschlussleistung
- Netzverträglichkeit
- Realisierbar



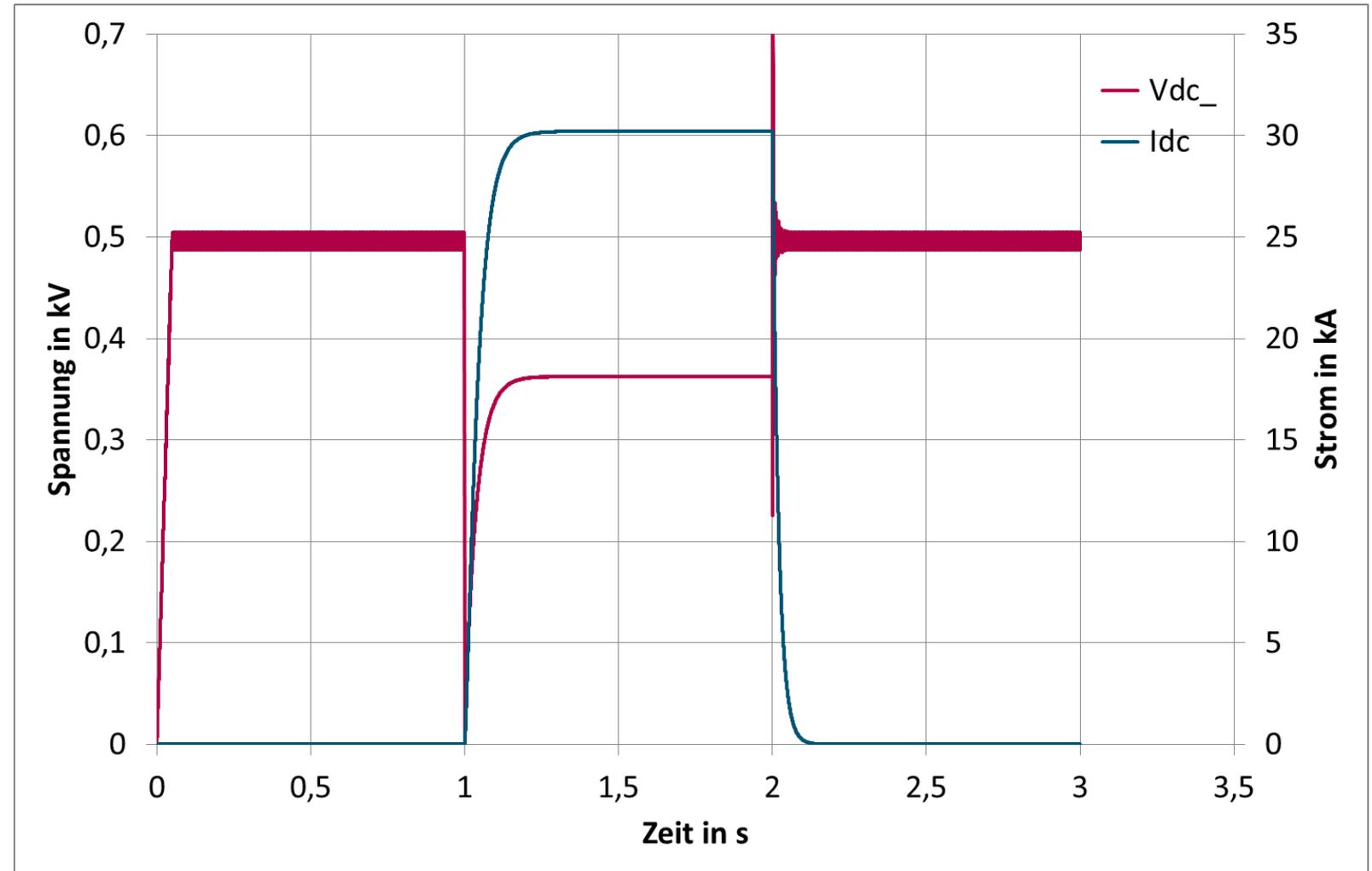
- Unser Dank gilt hier:

**BS NETZ**

# Energieversorgung

Beispielsimulation - 30 kA @ 500 V

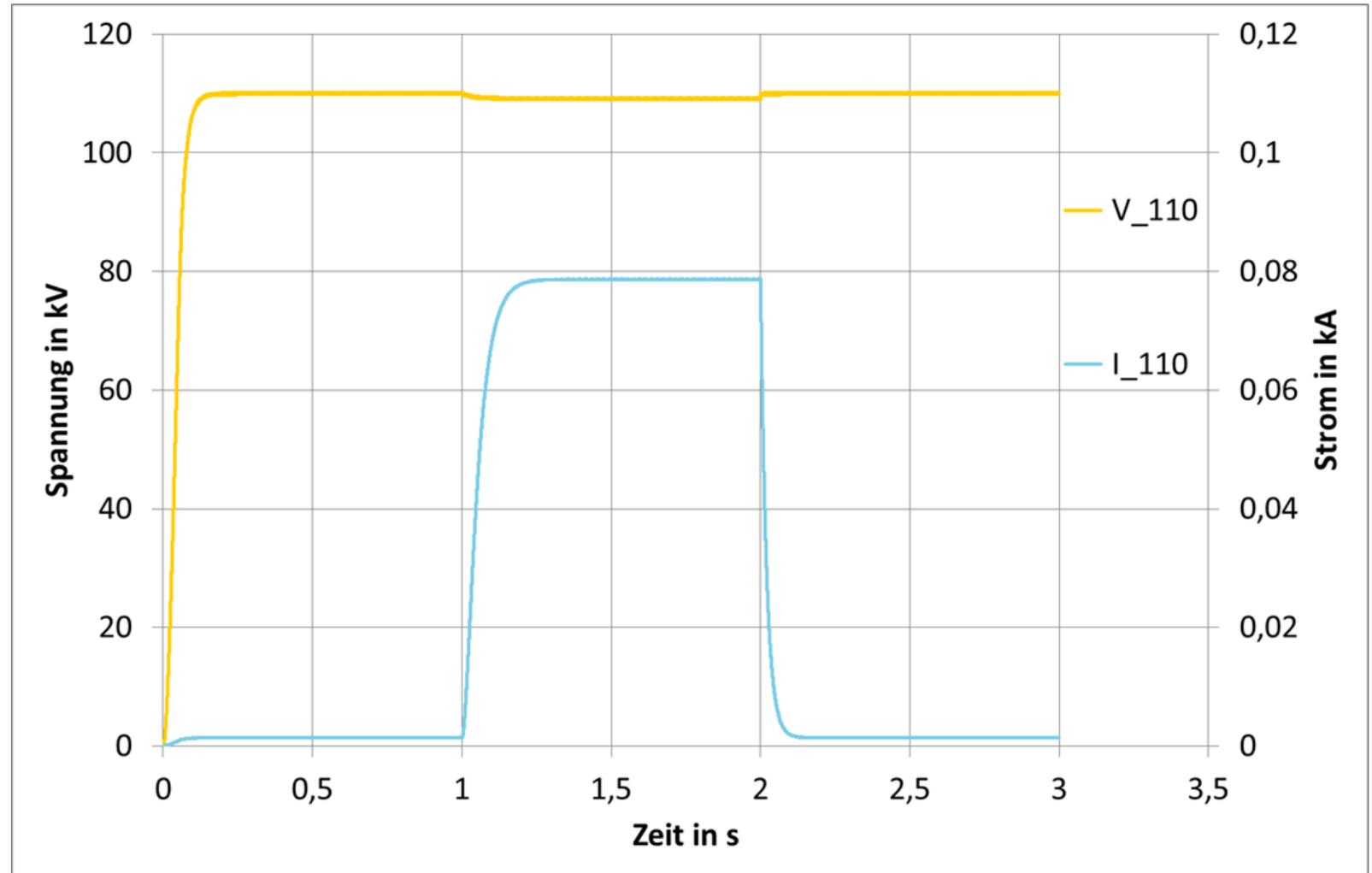
- Spannungseinbruch auf 360 V
- Strom im Kreis 30,2 kA



# Energieversorgung

Beispielsimulation - 30 kA @ 500 V

- Spannungseinbruch auf 360 V
- Strom im Kreis 30,2 kA
- Spannungseinbruch im MS-Netz auf 19,4 kV
- Spannungseinbruch im HS-Netz 109,1 kV



# Halbleiter- und Netzschutz

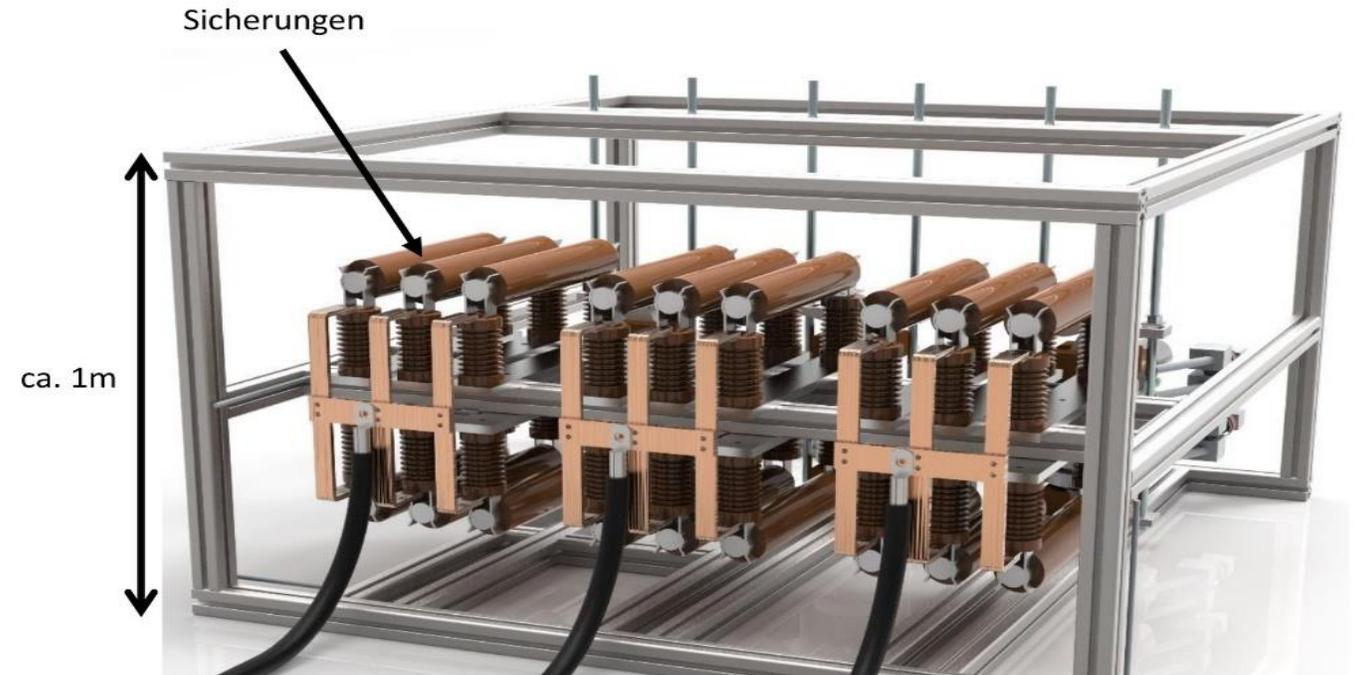
Wie schützt man ein Labor mit so hoher Kurzschlussleistung?

Prinzip:

- Sicherungen
- Pro Strang 4 Sicherungen

Aber:

- Auswahl kann bei kurzen Auslösezeiten nur auf I/t-Kennlinie erfolgen
- Theoretisch pro Strang 4 x 10 Sicherungen parallel



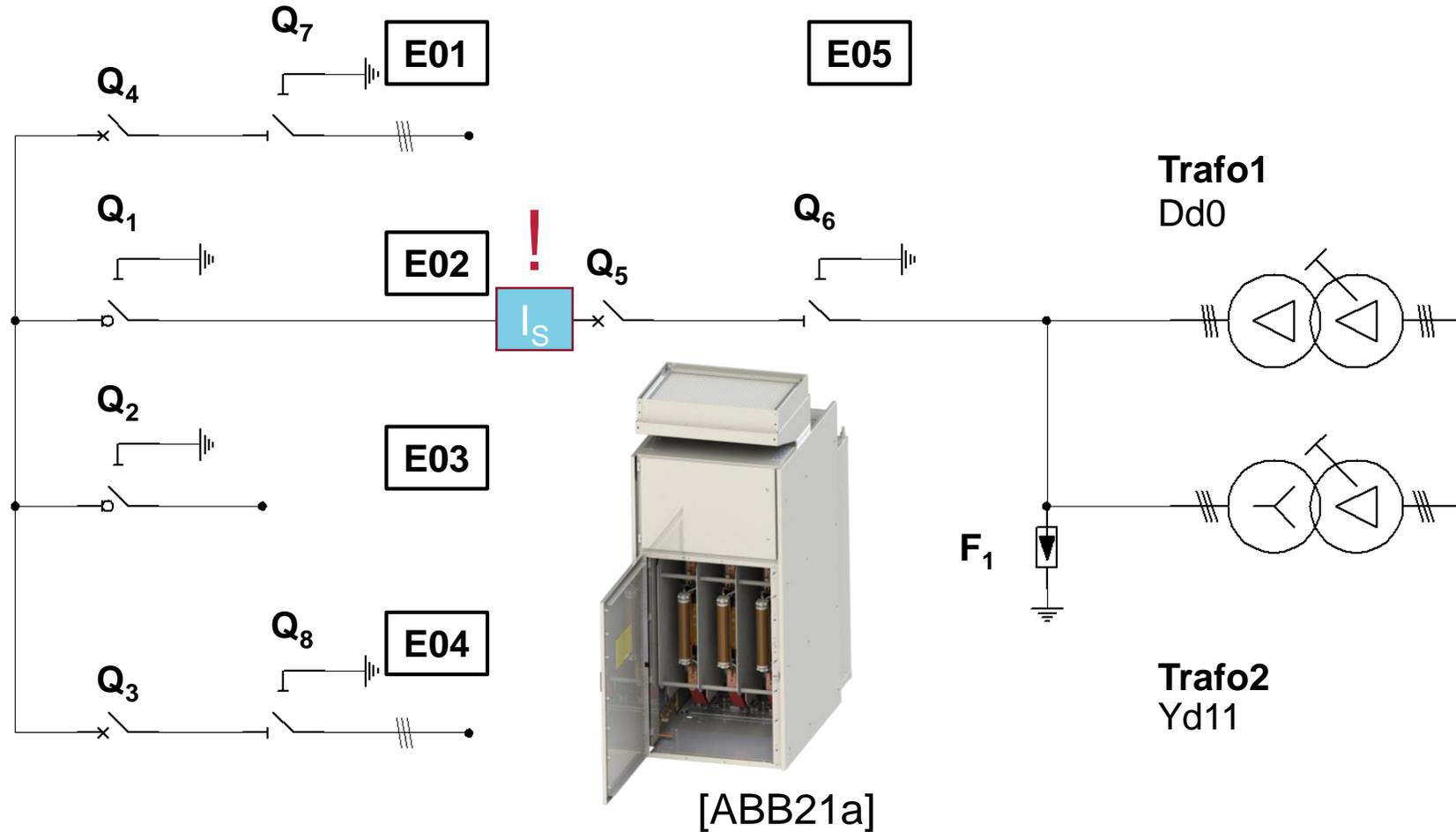
# Halbleiter- und Netzschutz

Wie schützt man ein Labor mit so hoher Kurzschlussleistung?

neues Prinzip:

- $I_s$ -Begrenzer
- Zugeschnitten auf die Anwendung
- Schnelle Ansprechzeit
- Hohe Leistungsdichte

- Unser Dank gilt hier:



# Halbleiter- und Netzschutz

- Vergleich von  $I_S$ -Begrenzer und Leistungsschaltern (LS)

## Warum $I_S$ -Begrenzer?

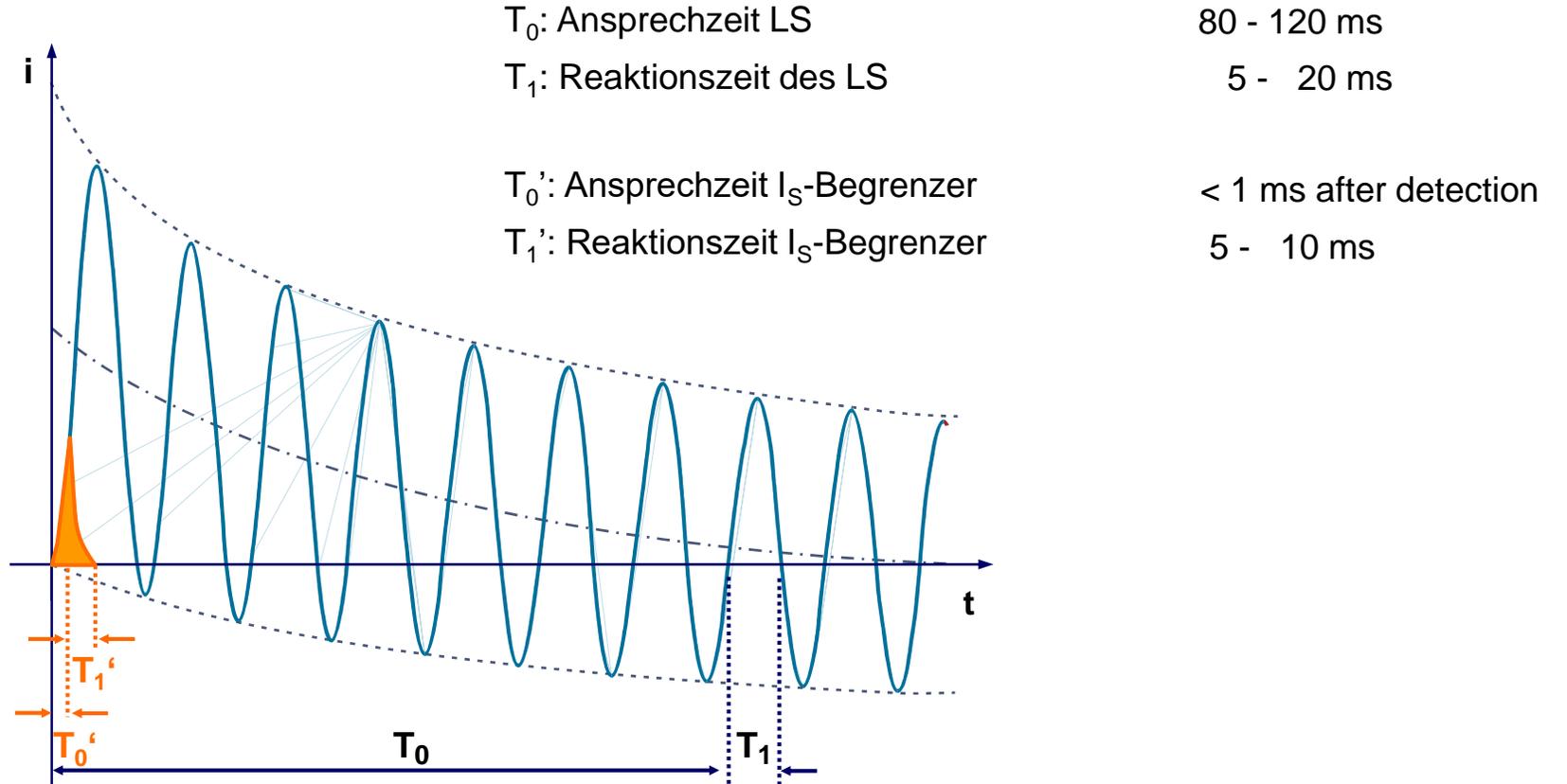
Der erste Scheitelwert ist kritisch:

- Maximaler Strom
- Maximaler Kräfte
- Maximaler Stress

$I_S$ -Begrenzer Vorteile:

- Ultra schnelle **Detektierung**
- Ultra schnelle **Begrenzung**
- Erster Scheitelwert wird nicht erreicht
- **Keine Zerstörung**

Ultra-Schnelle Reaktion



# Agenda

1. Einleitung
2. Motivation
3. Engineering
4. **Hochleistungsprüffeld**
5. Ausblick

# DC Nieder- und Mittelspannungs-Hochleistungslabor

- **Leistung:**
  - bis zu 18 MW
- **Leistungsdaten:**
  - 30 kA @ 500 V
  - 1,5 kA @ 12 kV
- **Messequipment**
  - Transientenrekorder: HBM Gent3i
  - Messsatelliten: HBM HV6600
  - Abtastraten bis 100MS/s
  - Spannungs- und Stromsensoren von der PTB



# DC Nieder- und Mittelspannungs-Hochleistungslabor

Prüfspannungen und - strömen	
$U_{dc}$ in kV	$I_{dc}$ in kA
12	1,5
6	3
3	6
1,5	12
1	18
0,5	30



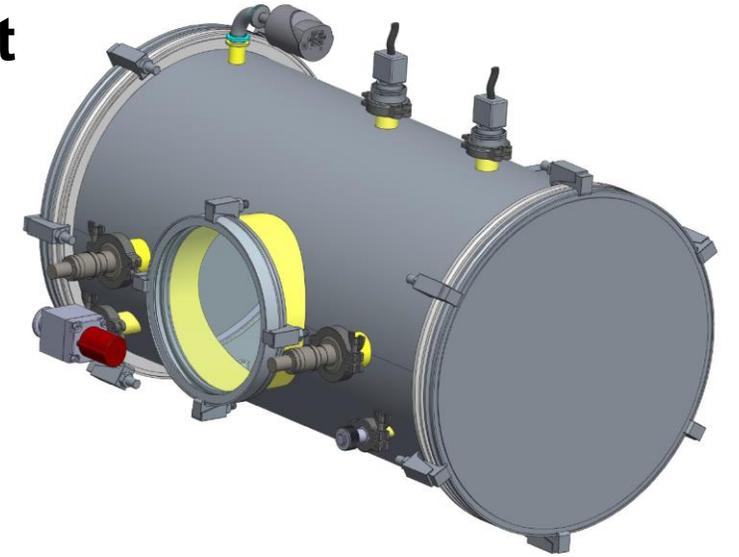
# Agenda

1. Einleitung
2. Motivation
3. Engineering
4. Hochleistungsprüffeld
5. **Ausblick**

# Ausblick – Anwendungsbeispiel einer Prüfmöglichkeit

Eigener Beitrag zur Elektrifizierung der Luftfahrt:

- Isolationskoordination bei niedrigem Luftdruck
  - Reduzierung der Spannungsfestigkeit
- Schalten bei niedrigem Luftdruck
  - Veränderung des Schaltlichtbogens
- Prüfumgebung für Hochspannungs-/Hochstromuntersuchungen bei verringertem Luftdruck
  - Bis zu 1 mbar
  - Präzise Druckmesstechnik
  - Unterschiedlichste Durchführungen für Mess- und Steuerungstechnik

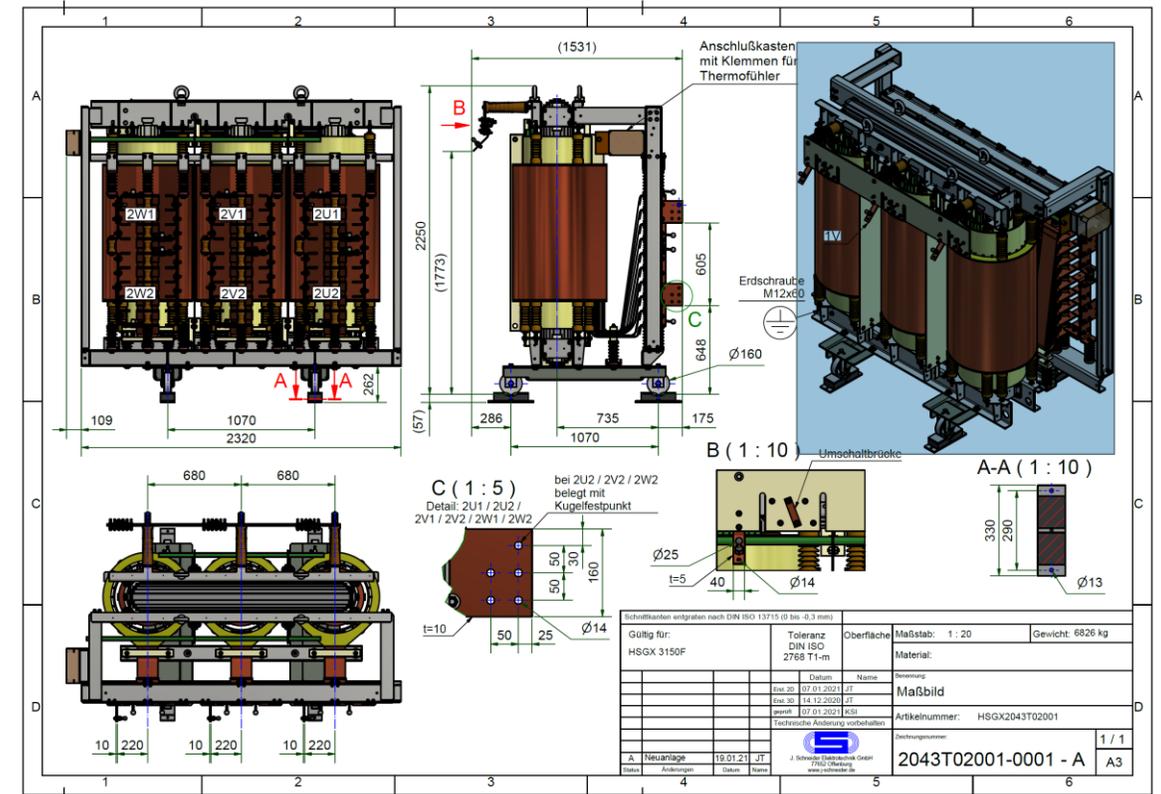
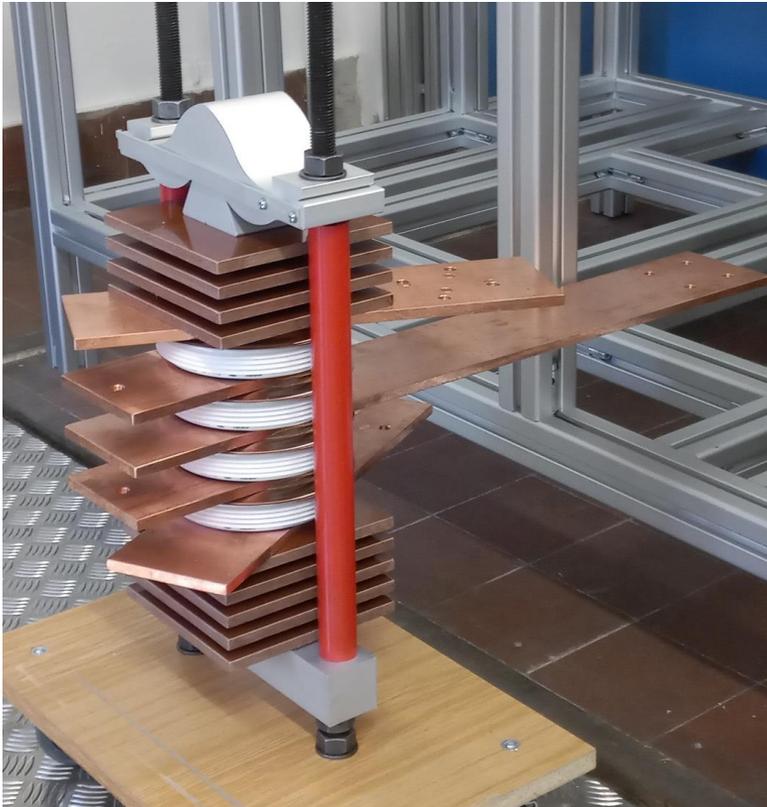


# Ausblick – nächste Daten

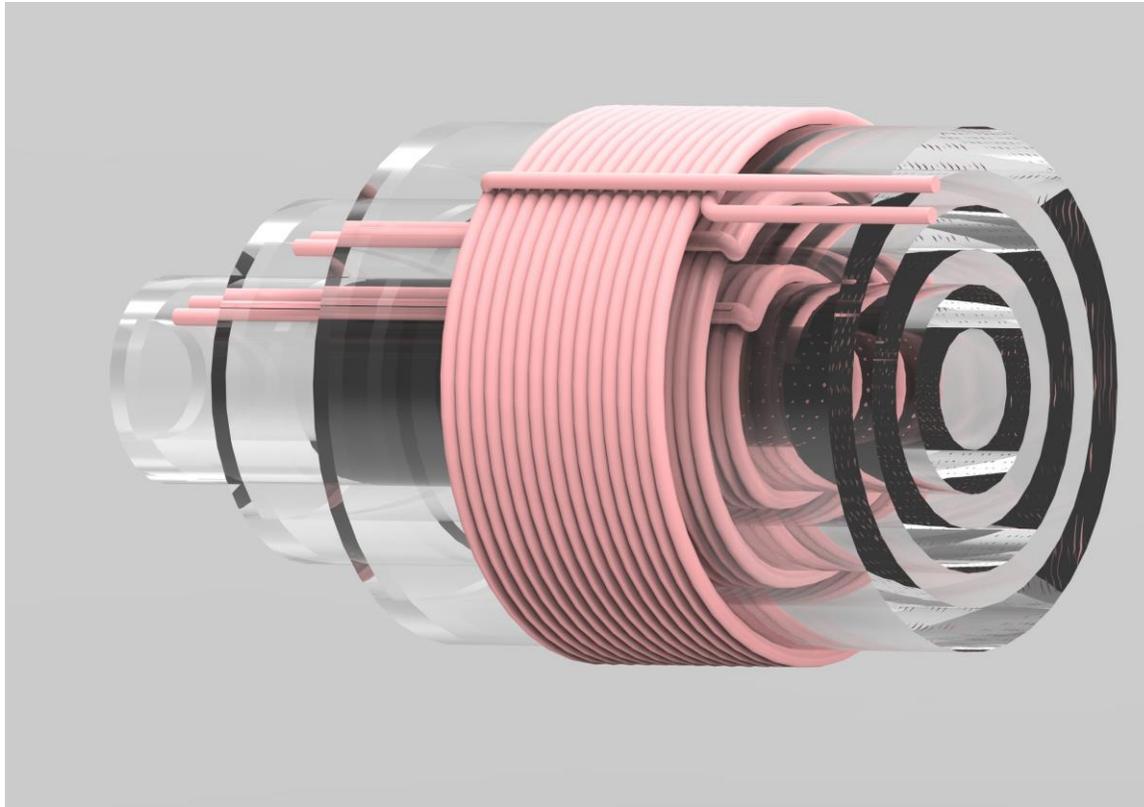
- Mittelspannungsanschluss Nov 2021
- Projektabschluss Dez 2021
- Verfügbarkeit des Labors Ab 2022



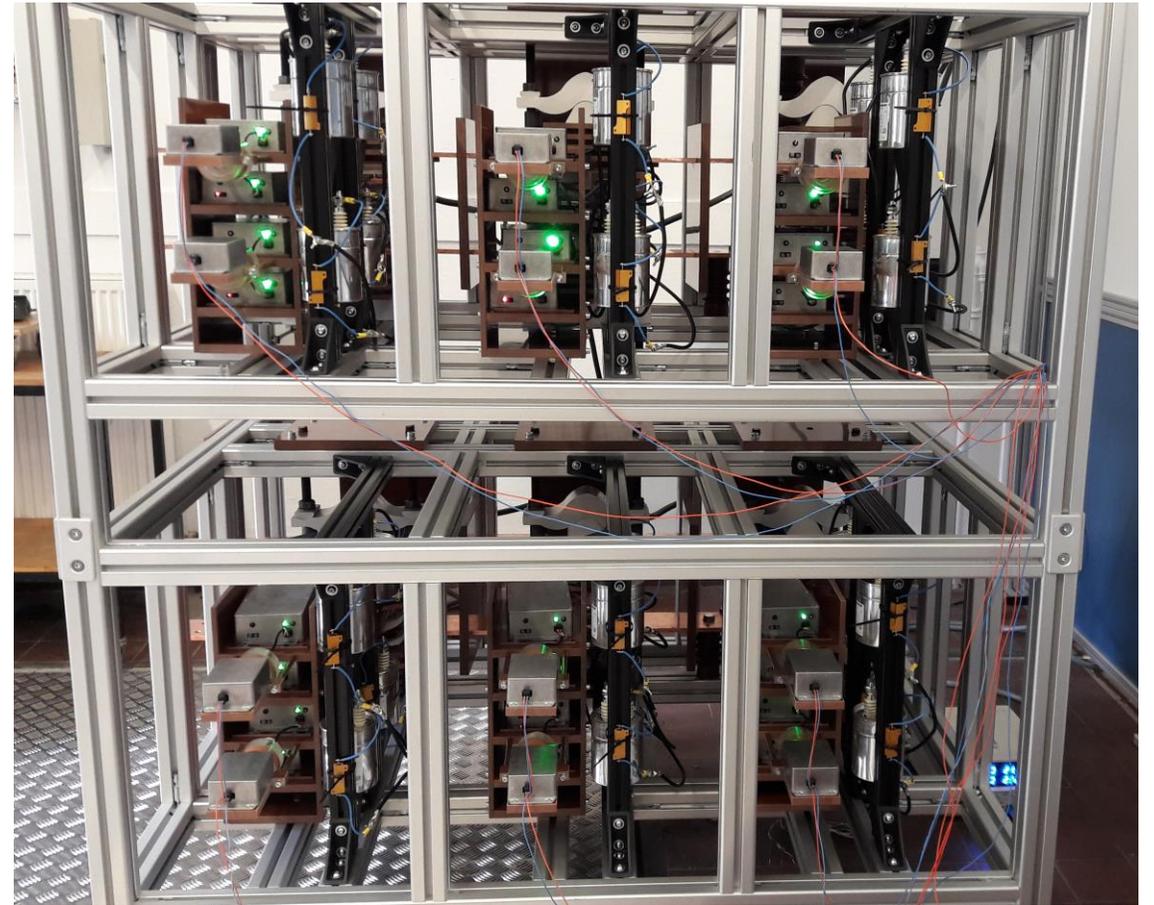
# Impressionen



# Impressionen



# Impressionen



# Kontakt



## **TOBIAS HARTMUT KOPP**

*Wissenschaftlicher Mitarbeiter*

- Schaltgeräte
- Blitzschutz
- Prüfanlagen

t.kopp@tu-braunschweig.de



**elenia Institut für Hochspannungstechnik u.  
Energiesysteme**

Technische Universität Braunschweig

Schleinitzstraße 23  
38106 Braunschweig  
Germany



# Literatur

- [STA21] Stammberger, H.: Website DC Industrie, [https://dc-industrie.zvei.org/fileadmin/DC-Industrie/Praesentationen/DC-INDUSTRIE2\\_Projektvorstellung\\_de\\_E.pdf](https://dc-industrie.zvei.org/fileadmin/DC-Industrie/Praesentationen/DC-INDUSTRIE2_Projektvorstellung_de_E.pdf) Zugriff 23.06.2021
- [SCH20] Schefer, H., Fauth, L., Kopp, T., Mallwitz, R., Friebe, J., Kurrat, M.: Discussion on Electric Power Supply Systems for All Electric Aircraft, IEEE Access 2020. Jg.(2020), S. 1
- [PET21] Peters, E.: Darstellung Plasmaverteilung in Modellfunkenstrecke, unveröffentlichte Forschungsarbeit, Braunschweig, 2021
- [ABB21a] Wagner, N.: I<sub>S</sub>-Begrenzer Kurzpräsentation, Firmenpräsentation, ABB, 2021
- [ABB21b] Wagner, N.: I<sub>S</sub>-Begrenzer, Firmenpräsentation, ABB, 2021