

DEMO200 – 200 kA-Demonstrator für
den Einsatz in der Aluminiumindustrie

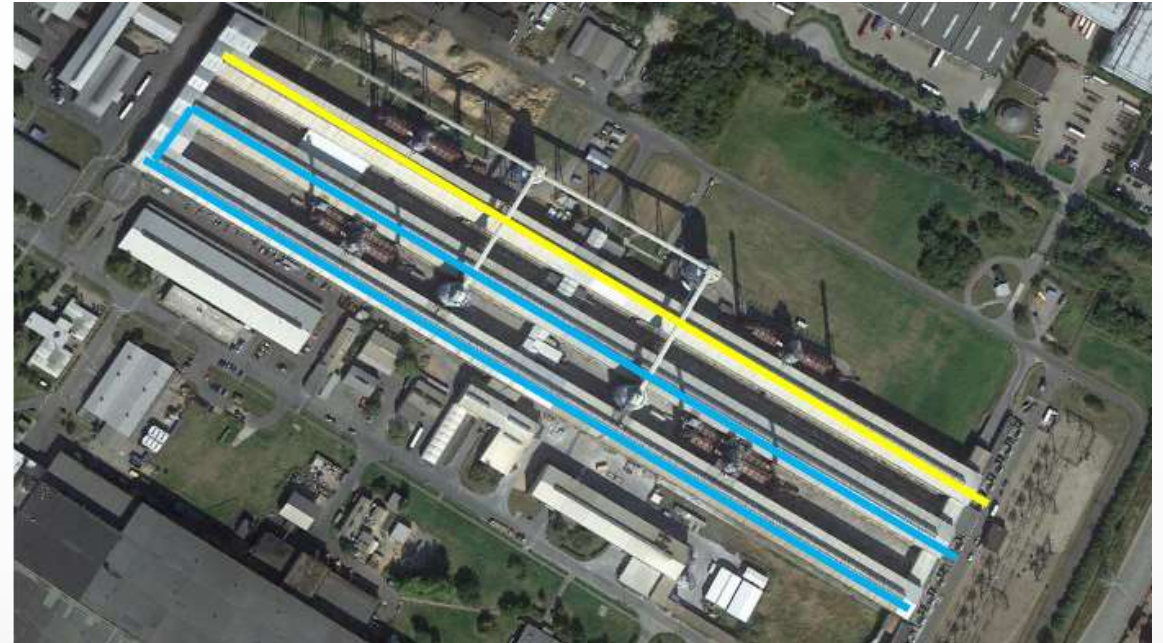
Claus Hanebeck

ZIEHL VIII, 4. – 5. April 2022 in Berlin

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Motivation

- Trimet Aluminiumfabrik in Hamburg
- Austausch des Aluminium-Rückleiters
- Länge: 600 m
- Nennstrom: 200 kA
- Spannungsabfall: 12 V
- Verluste: 20.000 MWh/a (1 Mio. €/a)
- Mit Supraleiter: < 10 %
Einsparung 10.000 t CO₂/a



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Versuchsaufbau

Innovationskern

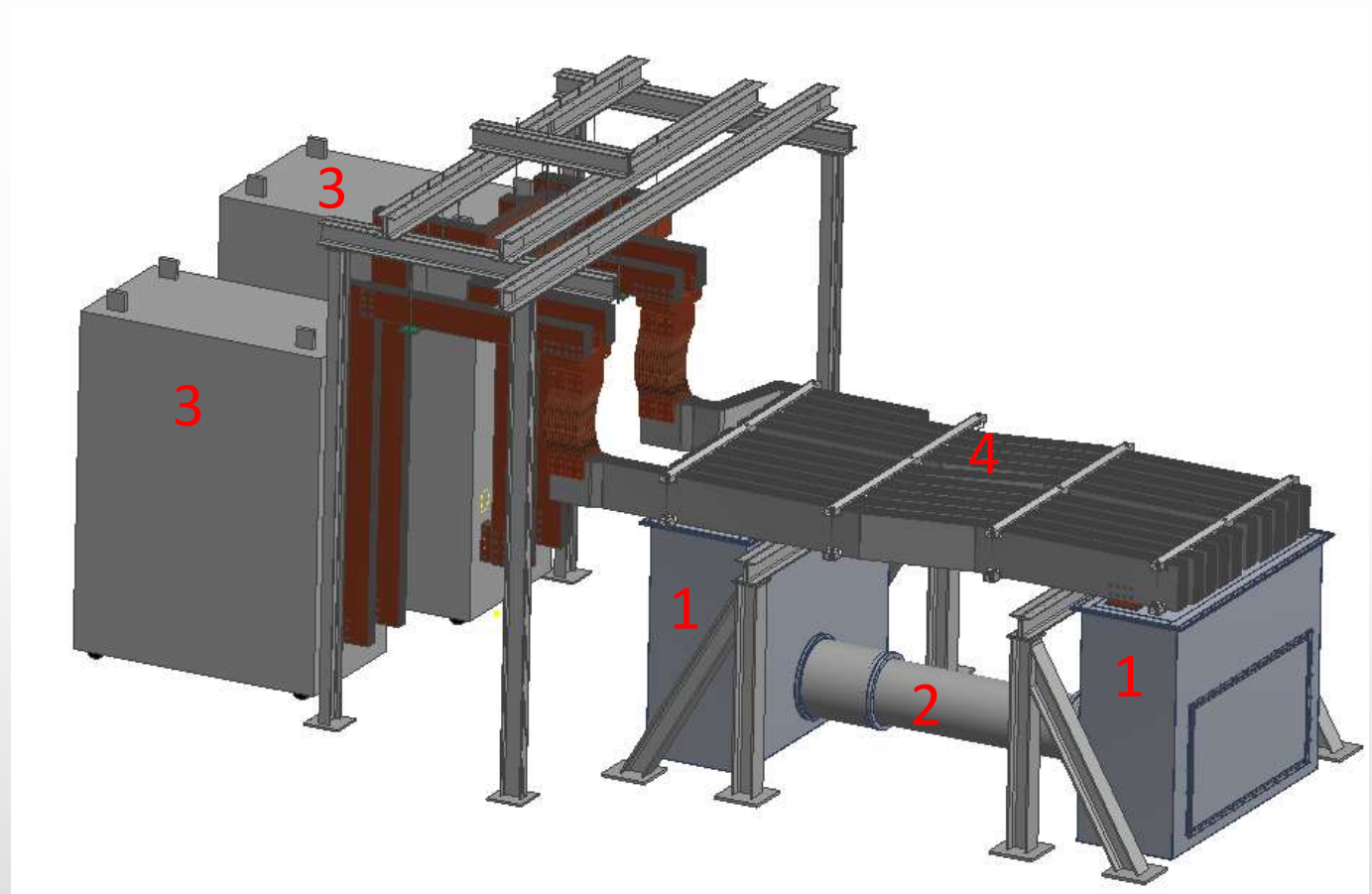
- 1: Stromzuführungen 200 kA
- 2: Supraleitende Stromschiene

Prüfstand

- 3: Stromquelle 25 kA DC
- 4: Rückführschienen aus Alu

DEMO200 Projekt

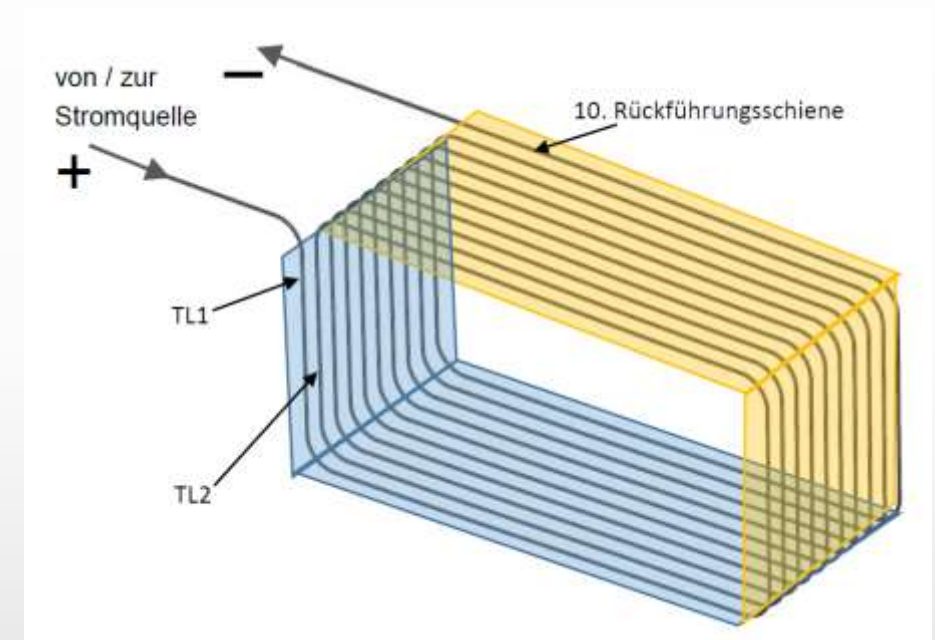
- 200 kA DC
- Länge: 2,5 m
- Durchmesser: 30 cm
- Full scale Stromzuführungen
- Betrieb bei 70 K (LN2 unterkühlt)



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

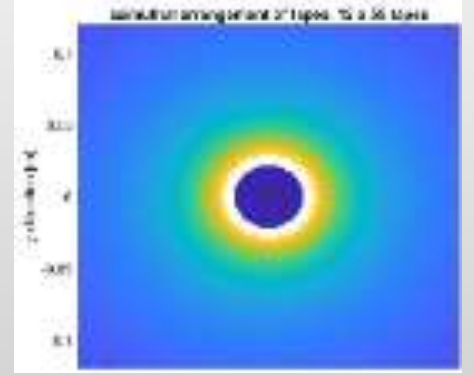
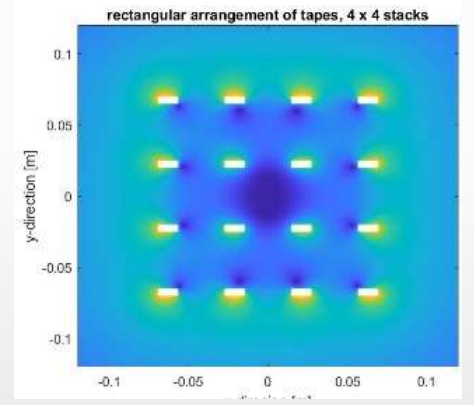
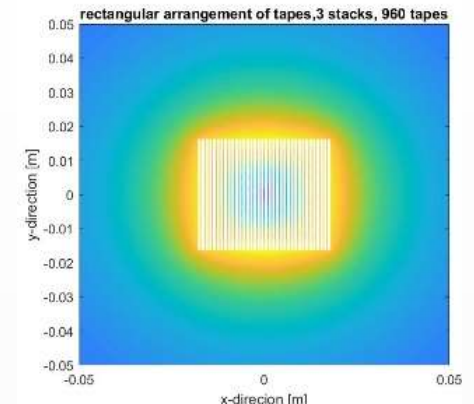
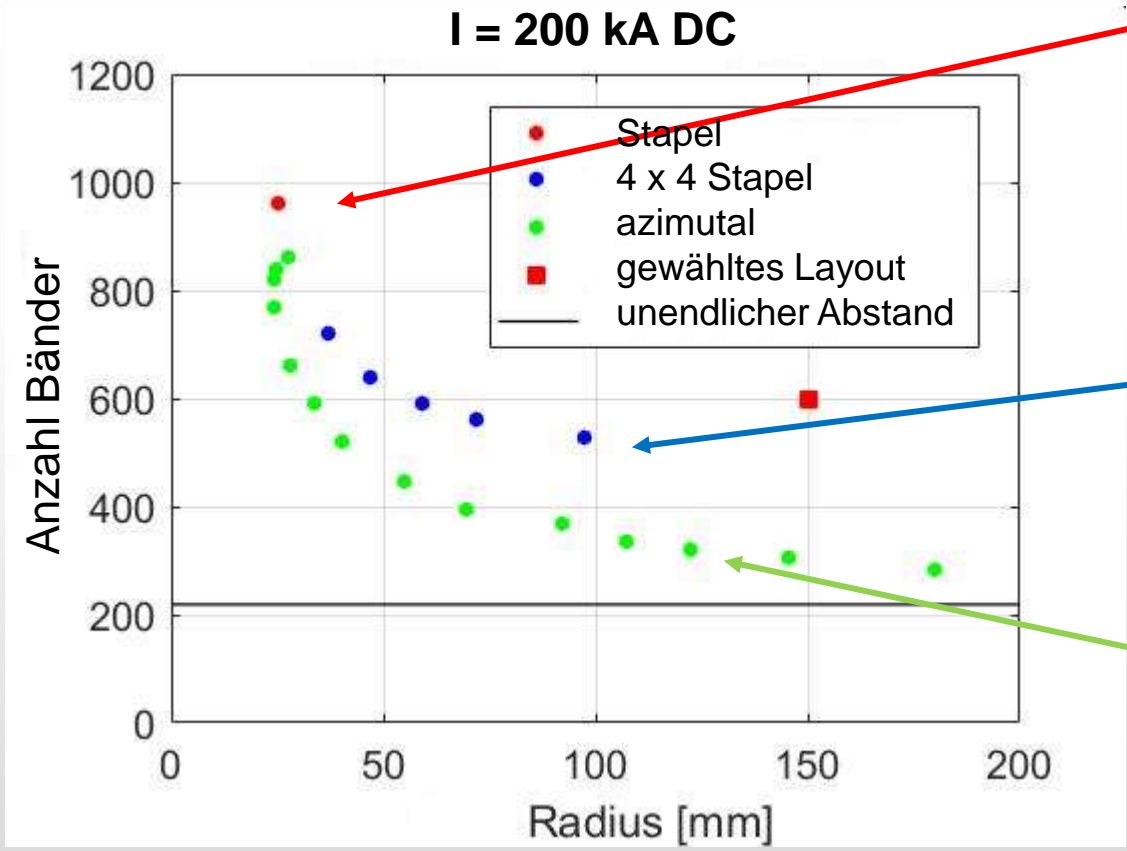
Stromverlauf

- Keine Stromquelle mit 200 kA, nur 25 kA vorhanden
- 10 Teilleiter (TL) in Reihe mit je 20 kA, Spulenanordnung
- Notwendigkeit der durchgehenden Isolation zwischen den TL
- Kein Stromausgleich zwischen den TL
- Prüfung der TL im Labor, eingebaut im Kryostat möglich



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Leiteranordnung



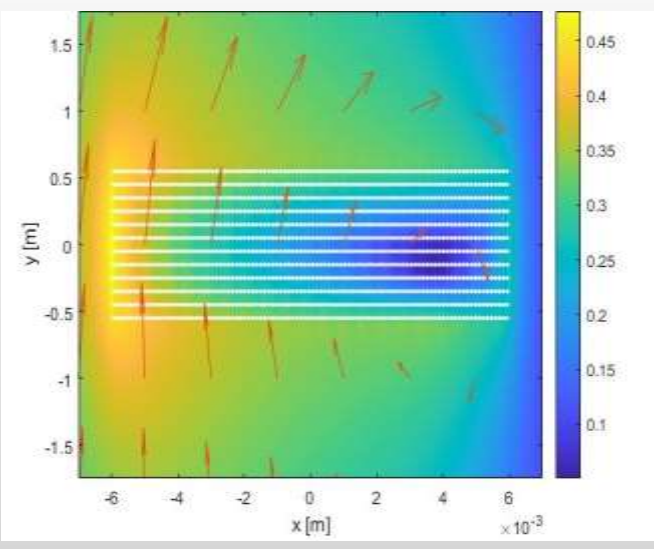
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gewählte Leiteranordnung

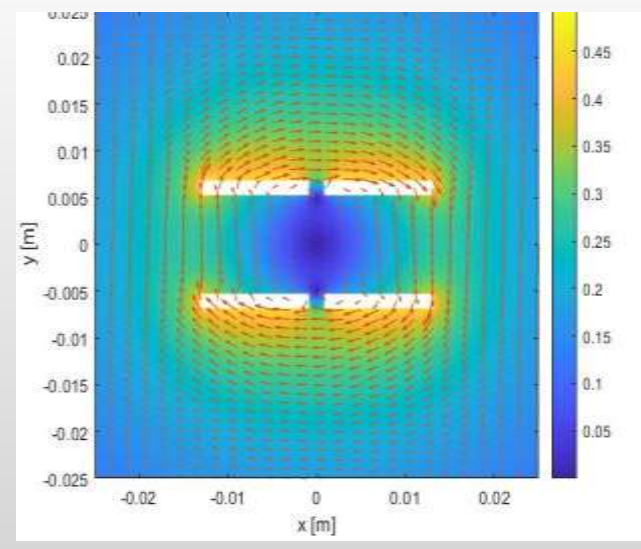
- Innendurchmesser: 30 cm
- 10 Module (je 20 kA)
- 4 Stapel pro Modul
- 15 Bänder pro Stapel

- = $10 \times 4 \times 15 = 600$ Bänder

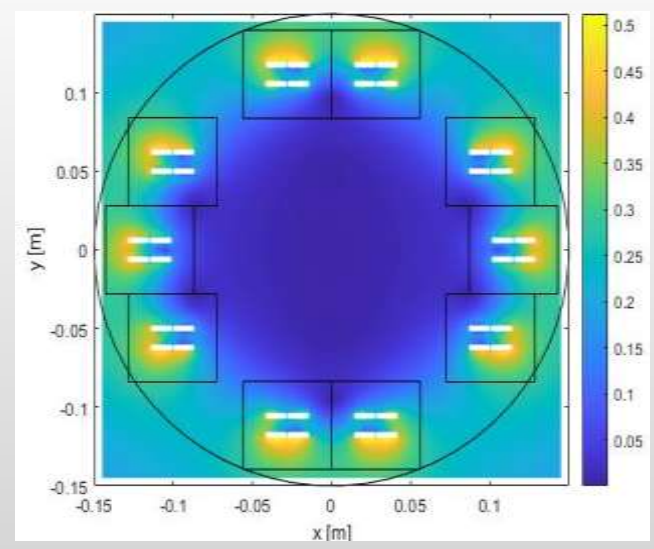
Stapel



Modul



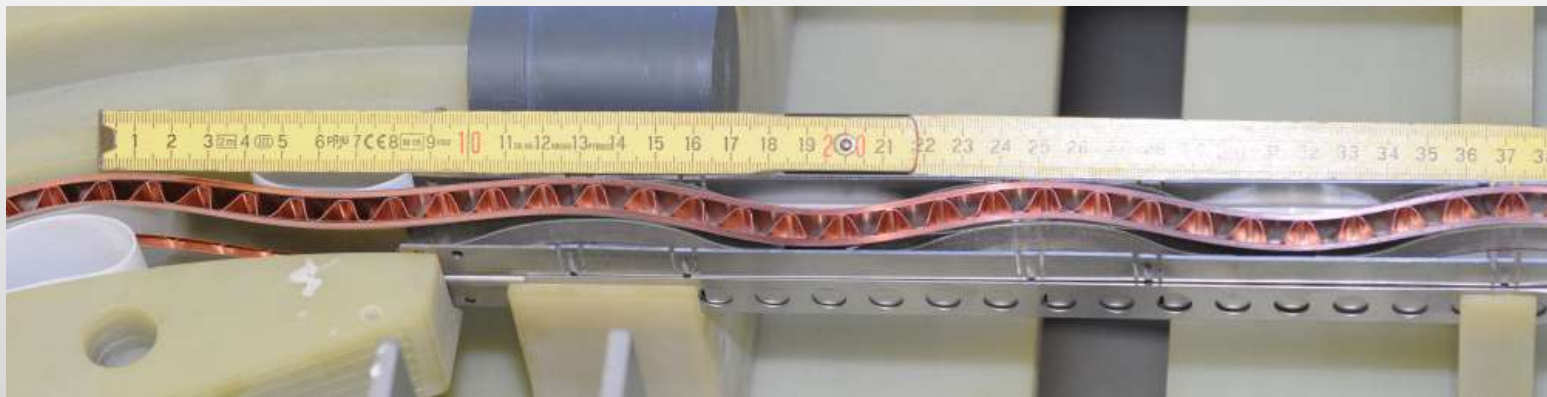
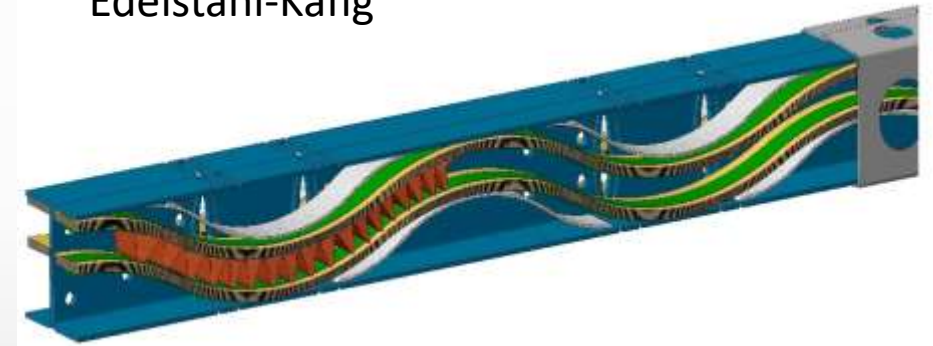
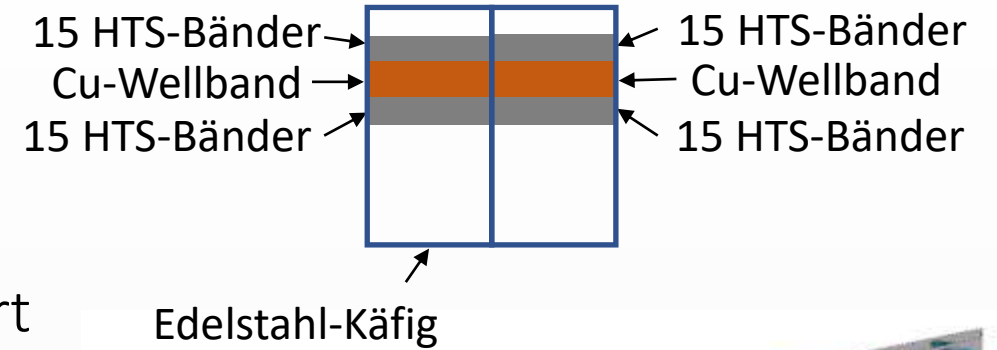
DEMO200



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

20 kA-Module

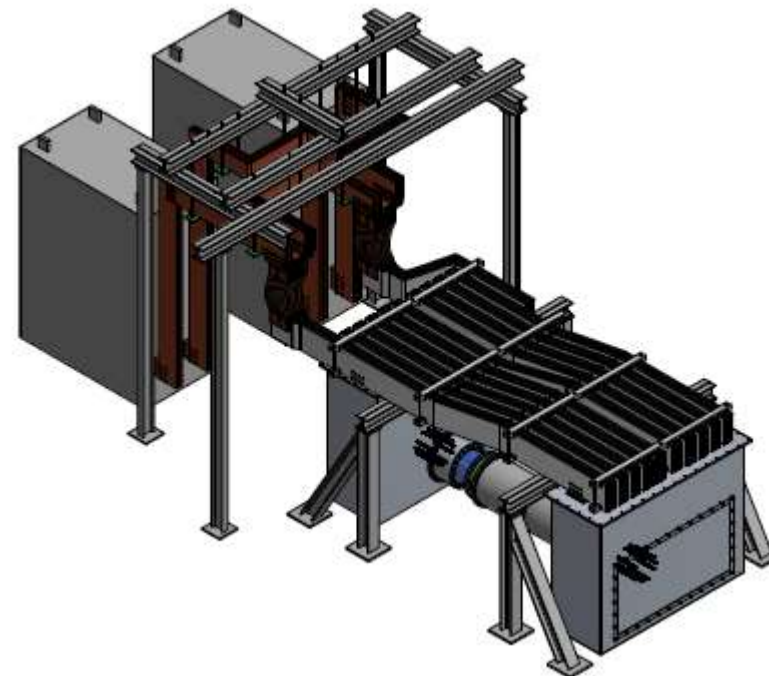
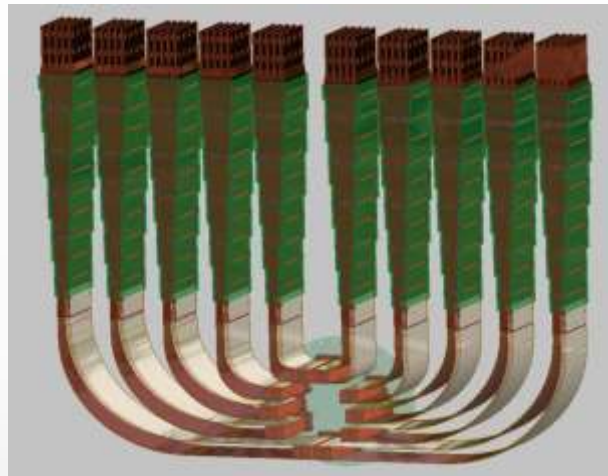
- 4 Stapel mit je 15 Bändern
- Wellenform zur thermischen Kompensation, geführt durch Stahlfedern
- Abstandshalter zwischen den Stapeln (gewellte Kupferbänder)
- Edelstahlkäfig



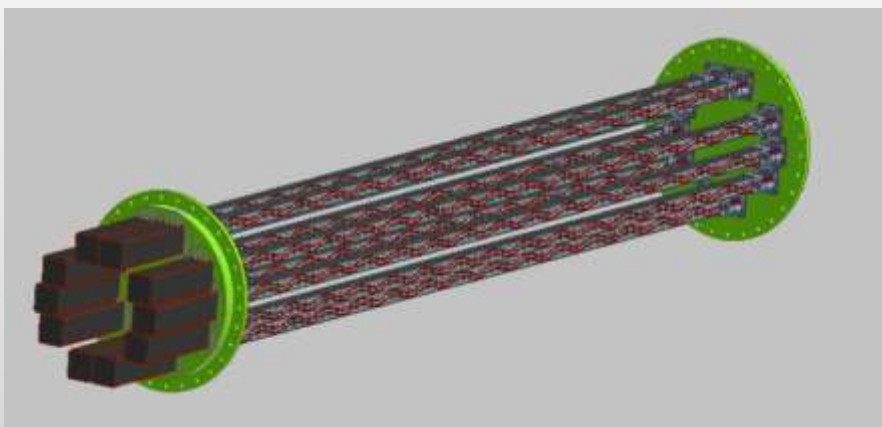
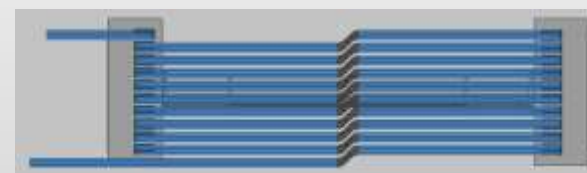
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hauptkomponenten

Stromzuführung



Rückleiter aus Aluminium

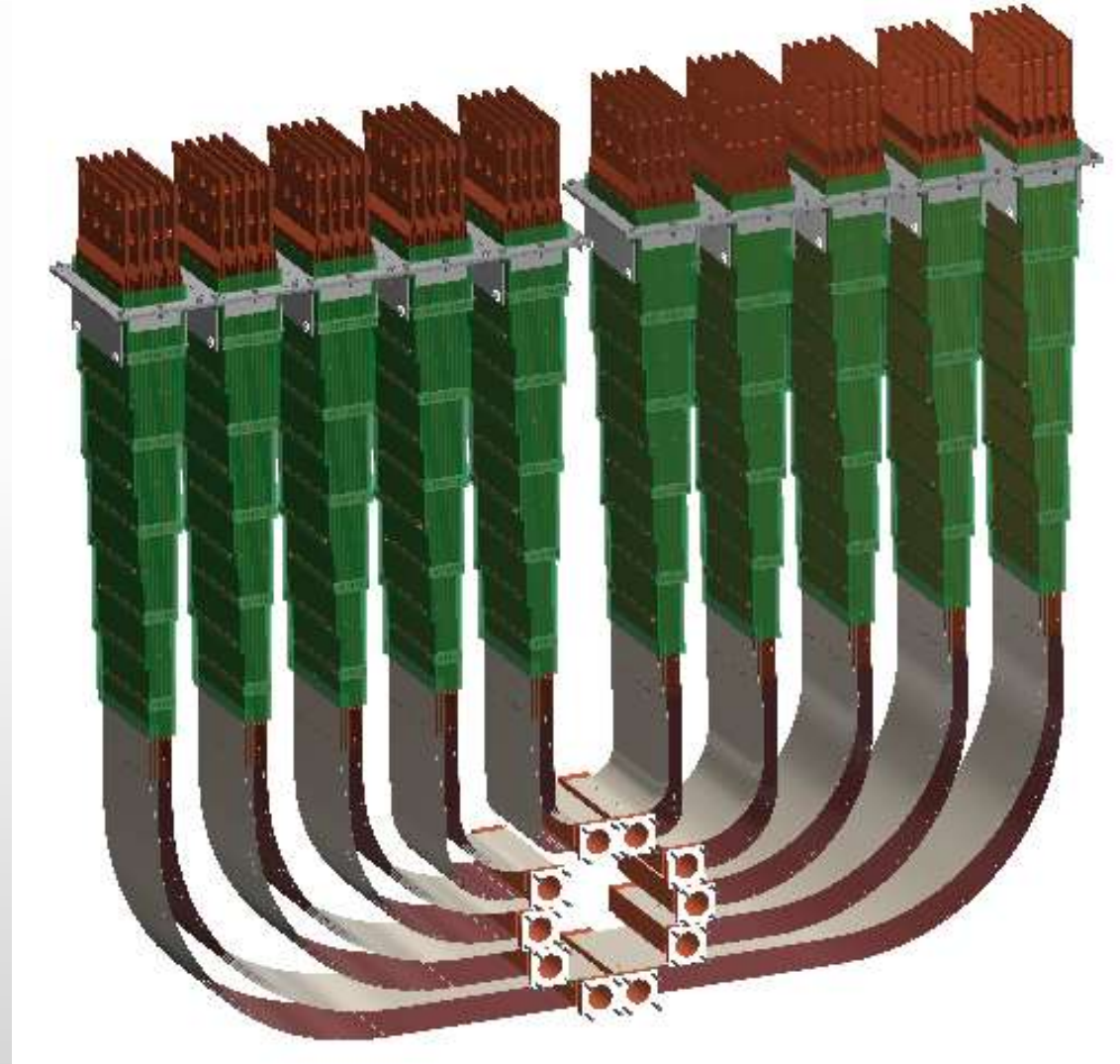


10 x 20 kA Stromschiene

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

HTS-Pfad der Stromzuführung

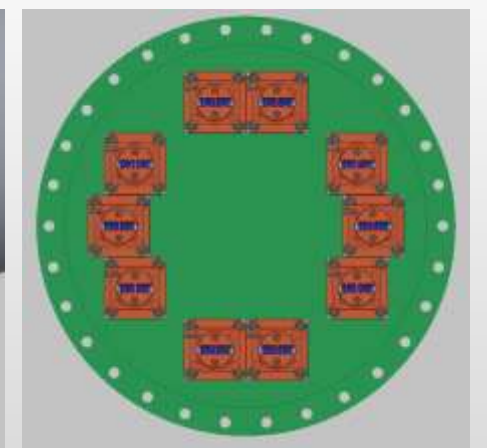
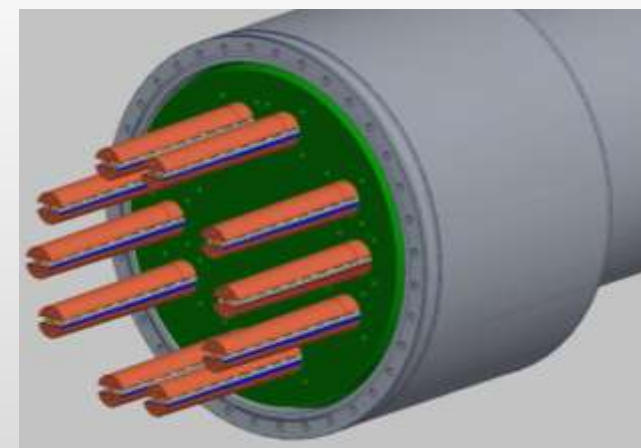
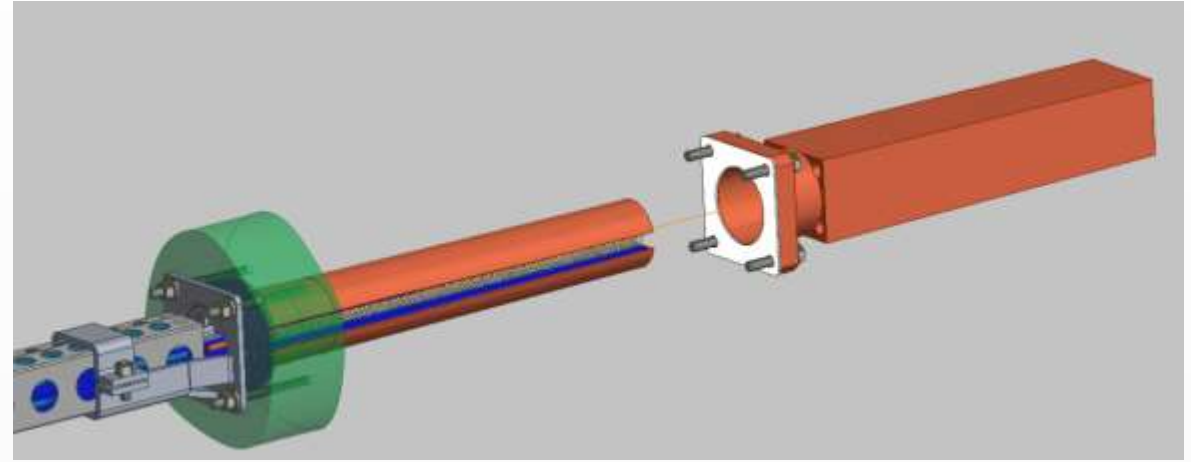
- Wärmeeintrag bei Vollast aus gasgekühltem Kupferpfad ca. 6 kW
- 70 K im unteren Bereich durch Temperaturschichtung mittels Strömungsbarriere
- Abfangen der Lorentzkräfte durch Stützstruktur für HTS



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Druckdichte Durchführung

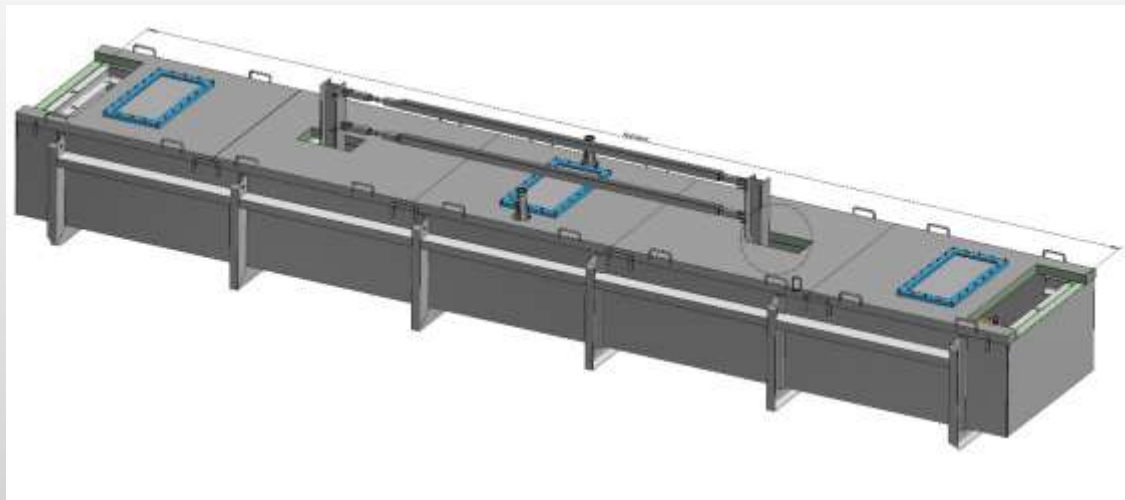
- Atmosphärendruck in SZF, 6 bar in der Schiene
- Kurzer Strompfad im Kupfer zwischen HTS-Bändern
- Auflöten der Bänder im Werk, auf der Baustelle nur zusammenstecken
- Erste Tests waren erfolgreich



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

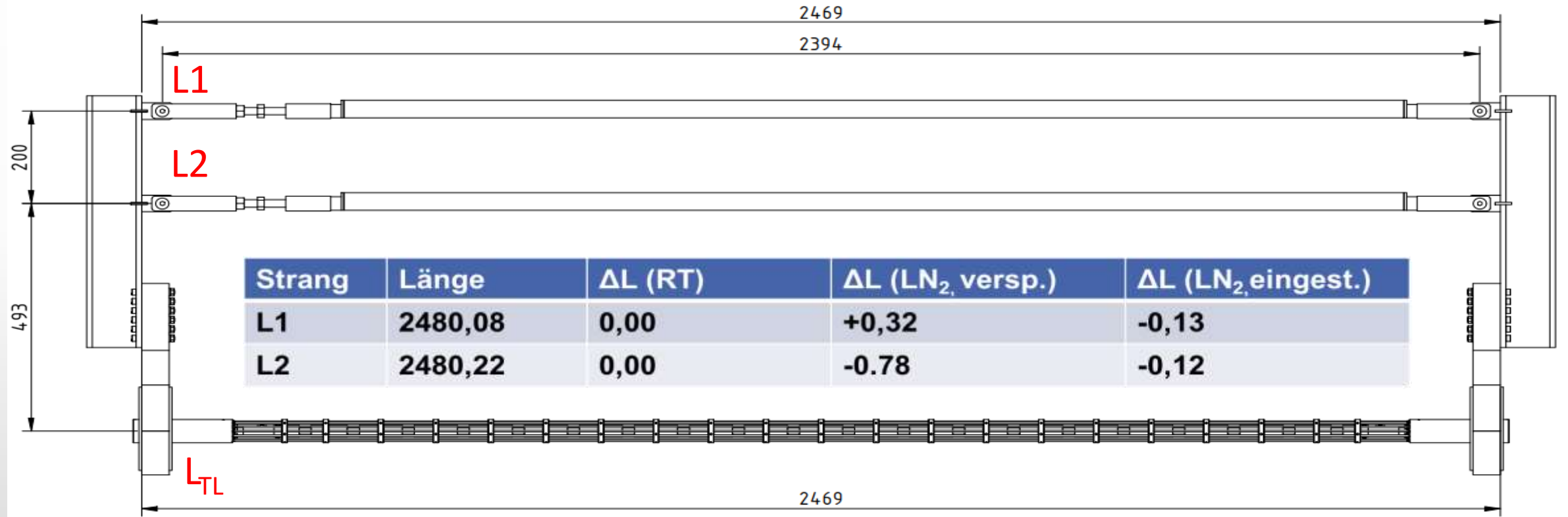
Subscale Test

- Funktionsprüfung von zwei Stapel-Modulen seriell verschaltet unter vereinfachten Bedingungen
- Tests bei 77 K (Extrapolation des kritischen Stroms auf 70 K)
- Lorentzkräfte mit gepulstem Strom getestet
- Prüfung der thermischen Kompensation mit einer stabilen Struktur bei 300 K
- Thermisch zyklert (aufwärmen und wieder abkühlen)



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kompensation der thermischen Ausdehnung

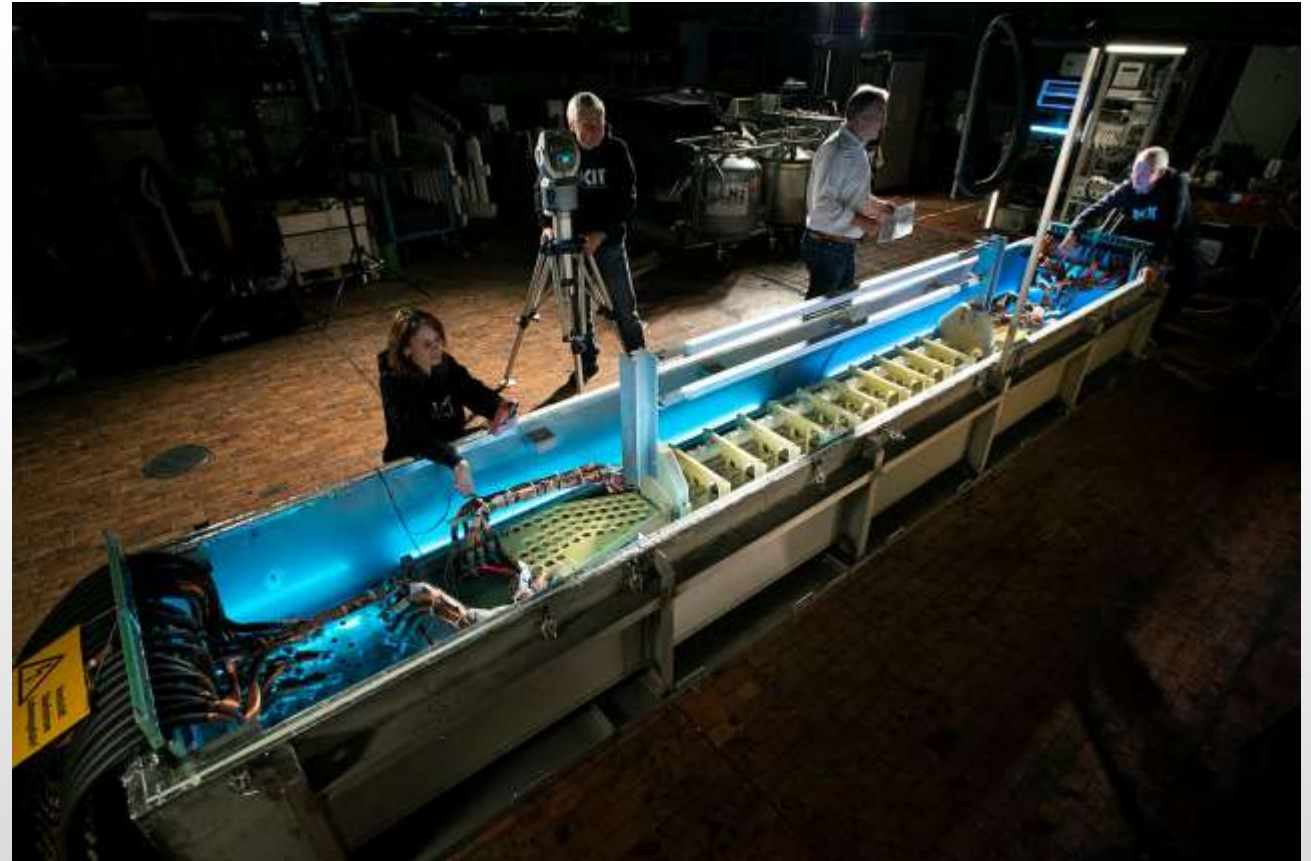


Teilleiterlänge wird gegen thermische Kontraktion konstant gehalten.

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

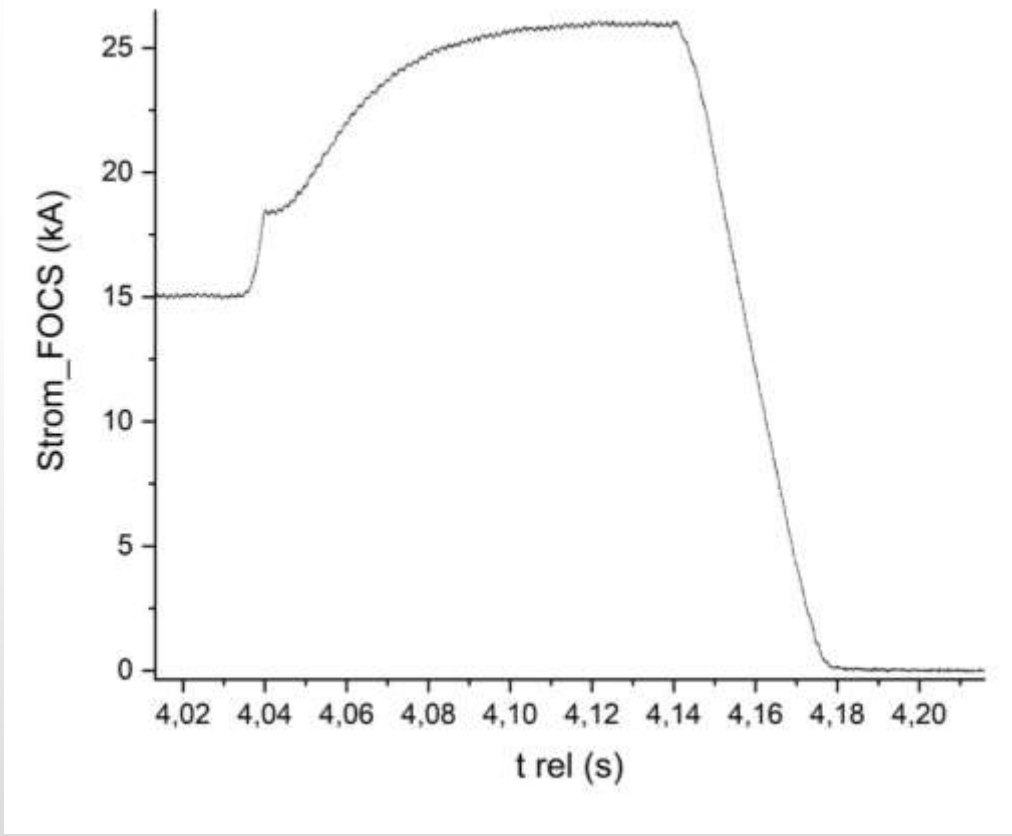
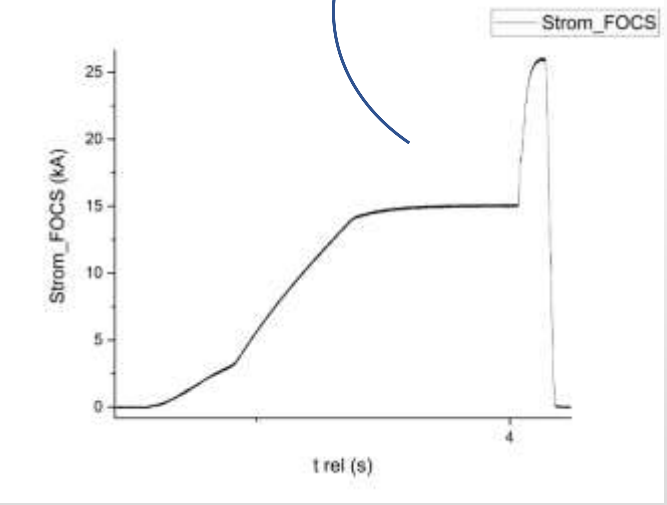
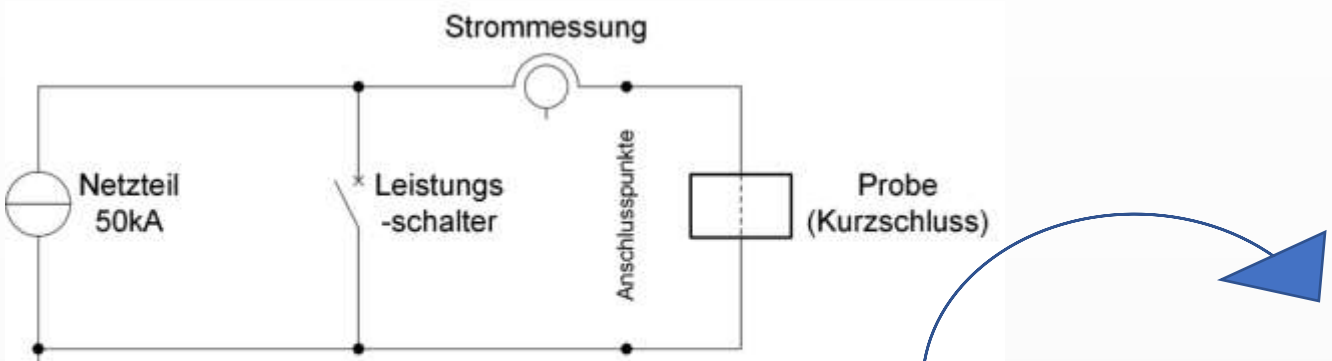
Subscale Test - Ergebnisse

- Kritischer Strom beider Module liegt bei 19 kA (bei 77 K)
- Thermische Kontraktion wurde von Wellenform kompensiert
- Kritischer Strom nach thermischem Zyklus unverändert



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Lorentzkräfte – Pulsstrommessung

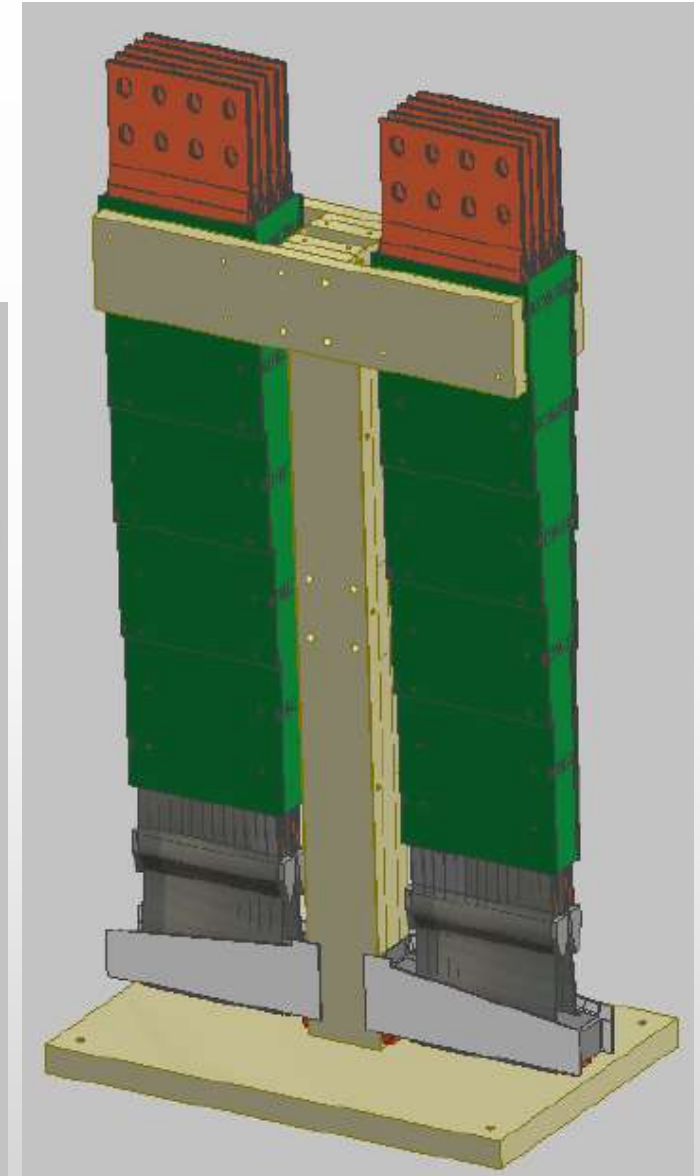
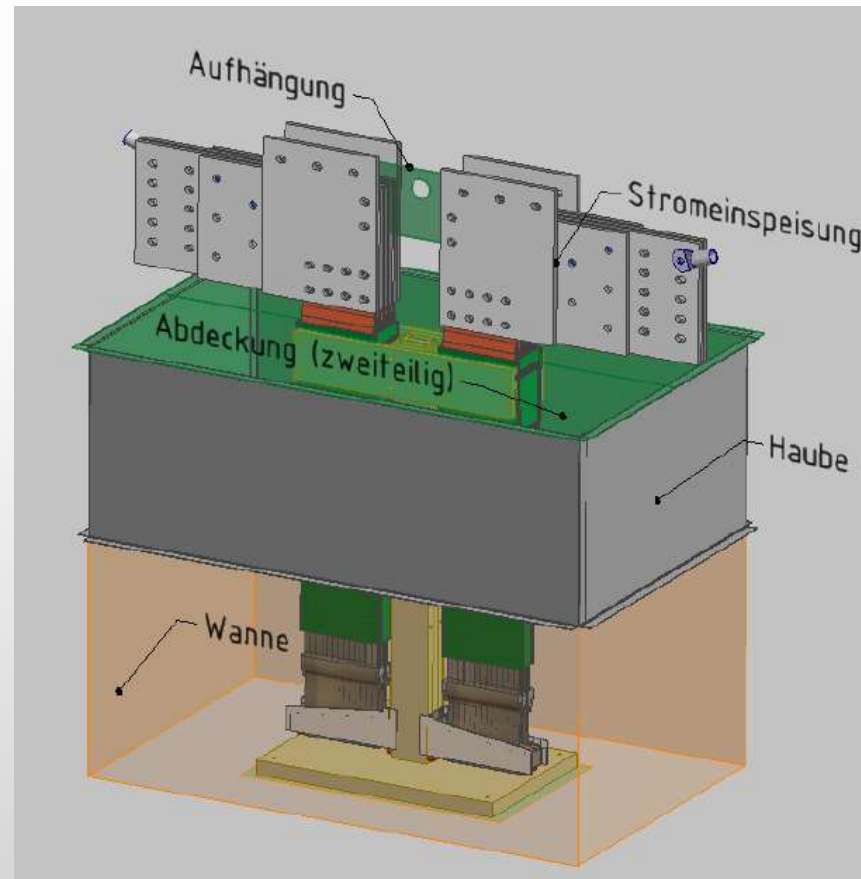


100 ms Strompuls mit der steigenden Amplitude 5 kA, 7 kA, ..., 23 kA, 25 kA, 26 kA

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kombitest

- Test von gasgekühlter Stromzuführung und druckdichter Durchführung
- Temperaturverlauf entlang des Kupferpfads
- Thermische Zyklierung



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Prüfport bei trimet in Voerde

- 2 Stromquellen (10 und 15 kA)
- Kupferverschienung für Parallelschaltung
- trimet bereitet Stromanschluss und Kühlwasser vor

