

Der Puls unserer Stadt

SW//M

Forschungsprojekt SuperLink 110kV HTS-Kabel für die Energieversorgung von München

Dr. Robert Prinz
10.04.2024



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Agenda

- ▶ Vorstellung Projekt SuperLink
- ▶ Status Projektfortschritt
- ▶ Highlights aus der Entwicklung
 - ▶ Superlink Auswirkung auf Netzbetrieb (KIT)
 - ▶ Optimierung Bandleiterfertigung/ -konfektionierung (THEVA)
 - ▶ Neue Kühlungs-Ansätze (LINDE)
 - ▶ Kurzschlussstolerantes Kabeldesign (NKT)
 - ▶ Beständigkeit der Isolation (FH SWF)
- ▶ Ausblick
 - ▶ Wirtschaftlichkeitsuntersuchung
 - ▶ Testfeld im HUW Menzing



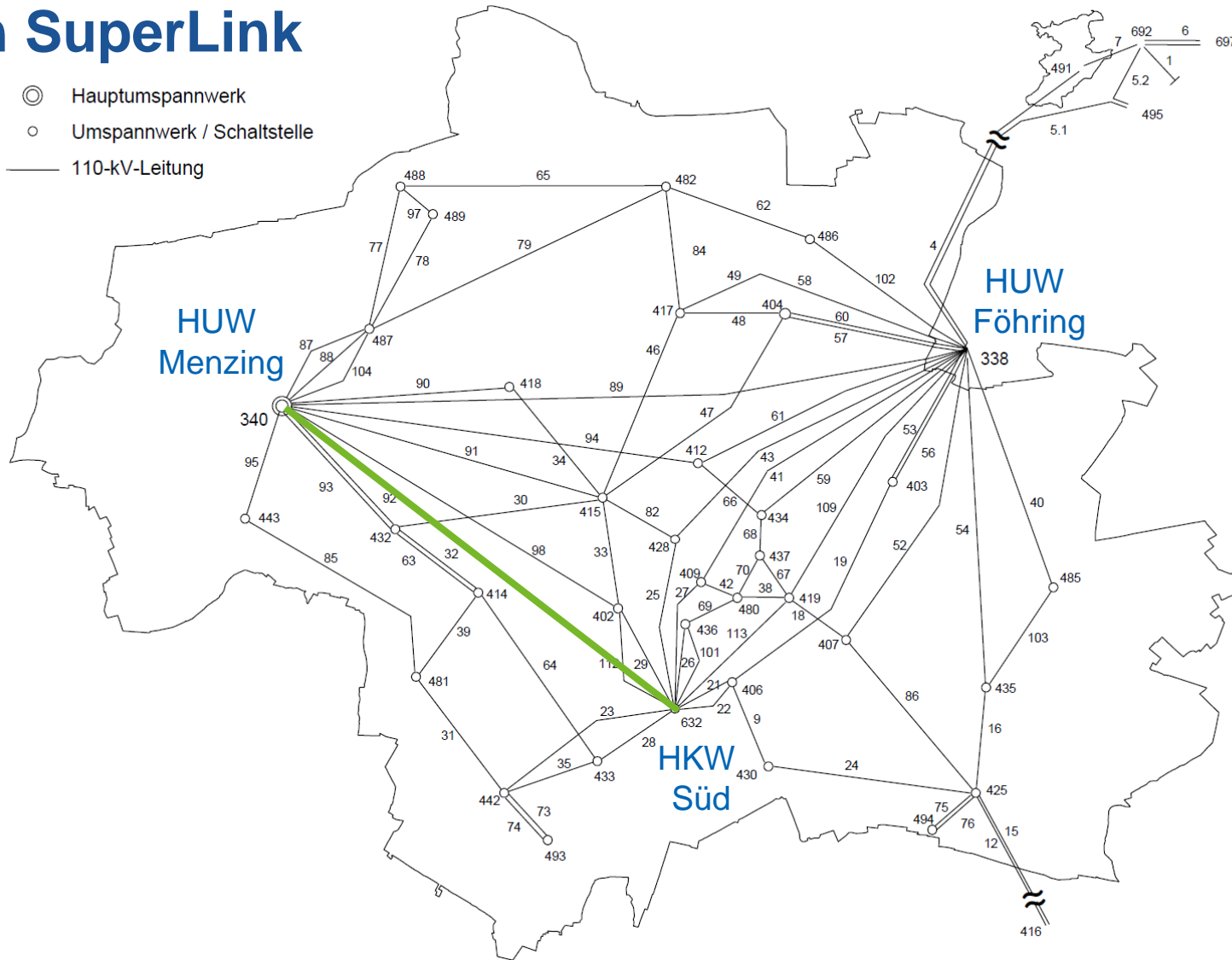
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Vision SuperLink

- ⊙ Hauptumspannwerk
- Umspannwerk / Schaltstelle
- 110-kV-Leitung



Gefördert durch:



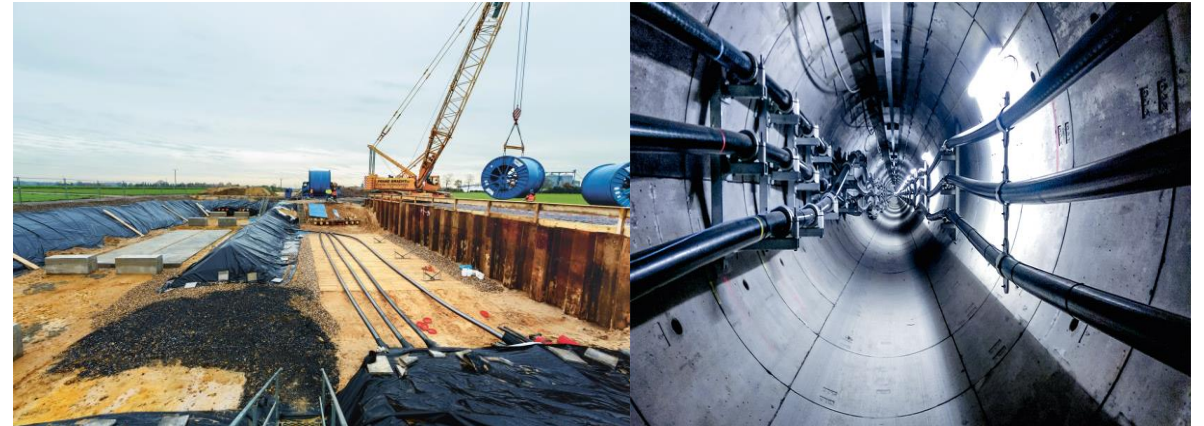
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Vision SuperLink

- ▶ Lösungsmöglichkeiten für 500 MVA-Anbindung vom Kraftwerk Süd nach Hauptumspannwerk Menzing
 - ▶ 400-kV-Freileitung
 - ▶ 400-kV-VPE-Kabel (Tunnel)
 - ▶ 110-kV-VPE-Kabel (5 Systeme á 500mm² Kupfer)
 - ▶ 110-kV-HochTemperaturSupraleiter-Kabel
- ▶ Kriterien
 - ▶ Realisierbarkeit / Durchführbarkeit
 - ▶ Summe Investitionen (Capex)
 - ▶ Operative Kosten (Opex)
 - ▶ Verlustenergie / Effizienz (v.a. CO₂-Belastung)
 - ▶ Gesellschaftliche Akzeptanz (Verkehrsbeeinträchtigung, Magnetfelder, Thermische Außenwirkung)



⇒ **Ist die HTS-Kabelvariante die beste Lösungsoption?**



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektziele

- ▶ Entwicklung eines Supraleiters für die Hochspannungsübertragung (110kV, 500MVA) unter Berücksichtigung der Aspekte:
 - ▶ Installationsfähigkeit im Stadtgebiet mit Länge ~ 15km
 - ▶ Service- und Betriebskonzept (Reparaturfähigkeit, Wartungsaufwand,...)
 - ▶ Integrierbarkeit im Hochspannungsnetz München (Auswirkungen auf das SWM Netz, Verhalten bei Überlast, Kurzschluss,...)
 - ▶ Nachweis der Wirtschaftlichkeit für das gesamte Übertragungssystem (Installationskosten, Betriebskosten, Langlebigkeit des Kabels,...)
- ▶ Praxistest im HUW Menzing
 - ▶ Testlauf: 150m langer Supraleiter im Hochspannungsnetz der SWM
 - ▶ 6 Monate Testbetrieb – Start geplant in Q3 2024

SWM

THEVA

NKT


THE LINDE GROUP


KIT
Karlsruhe Institute of Technology


Fachhochschule Südwestfalen
University of Applied Sciences

Gefördert durch:


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz


SuperLink

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Status Projektfortschritt



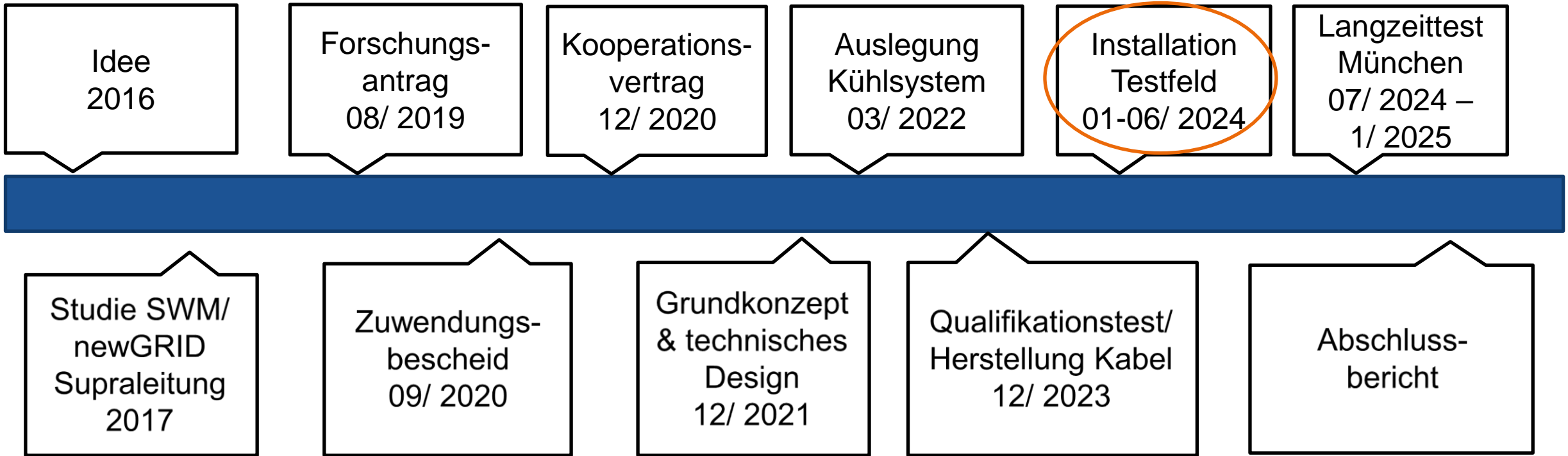
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektstatus



**Qualifikationstest des Kabelsystems
im Oktober 2023 bestanden.**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Highlights aus der Entwicklung



Gefördert durch:



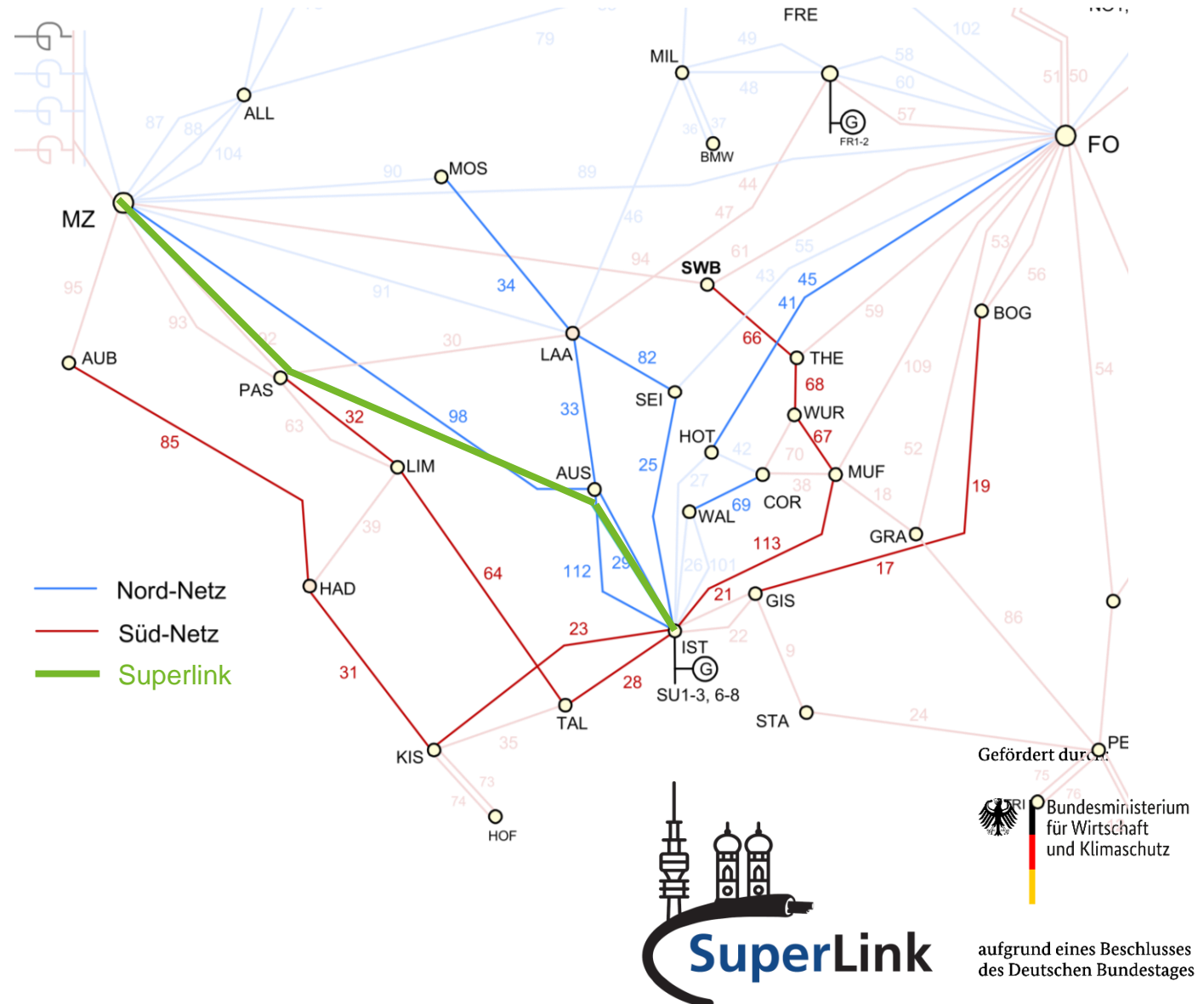
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

SuperLink Auswirkung auf Netzbetrieb (KIT)

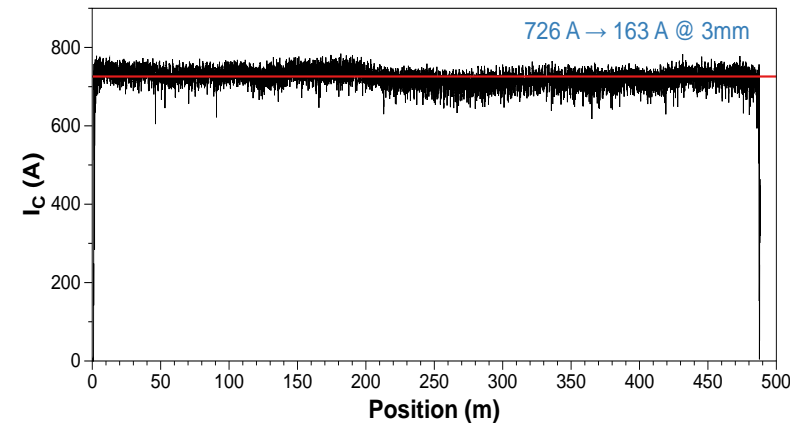
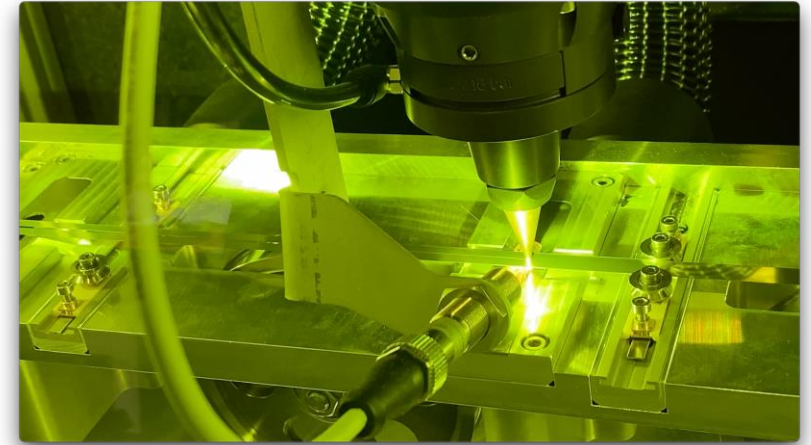
Simulationsergebnisse mit PowerFactory

- ▶ Je nach Einspeiseszenario, **Verringerung der Auslastung mehrere Kabelverbindungen von z.T. über 40 %** beobachtet
- ▶ SuperLink Kabel ermöglicht zukünftig **heute undenkbare Einspeiseszenarien**
- ▶ Simulationen zeigen **keine deutliche Erhöhung des Kurzschlussstroms**



Optimierung Bandleiterfertigung/ -konfektionierung (THEVA)

- ▶ Diverse Optimierungen in der Bandleiterfertigung, zum Beispiel:
 - ▶ Laminierung
 - ▶ Metallisierung der schmalen Leiter
 - ▶ Laserschneiden
- ▶ Ergebnis bei einer Bandleiterbreite von 3mm:
 - ▶ Produktionslänge von 200m
 - ▶ Stromtragfähigkeit von 163 A



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Neue Kühlungs-Ansätze (LINDE)

- ▶ Simulation zeigt Möglichkeit, 15 km Strecke mit einer Zwischenkühlstation zu betreiben
- ▶ Verschiedene Szenarien berechnet:
 - ▶ Mit und ohne Vorkühlung
 - ▶ Verschiedene Kälteanlagenkonzepte
- ▶ Ergebnis:
 - ▶ Weitere Optimierungen vorstellbar (abhängig von Kryostaten und anderen Faktoren)
 - ▶ Wirkungsgrade über 35% (von Carnot) möglich
 - ▶ Spezifischer Energieverbrauch für Kühlung von 30 kW/km scheint erreichbar



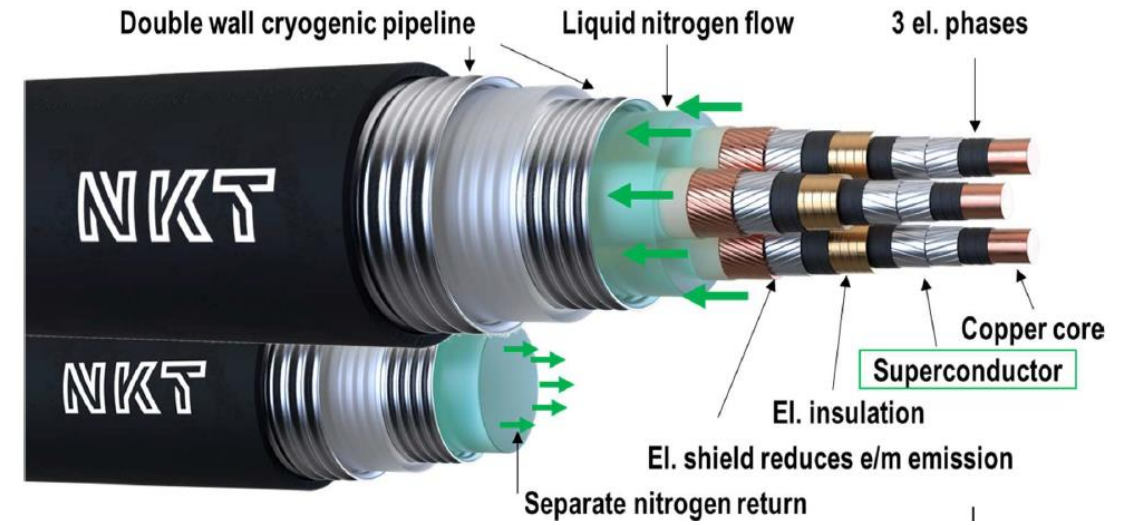
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kurzschlussstolerantes Kabeldesign (NKT)

- ▶ Kurzschlussfeste HTS-Kabel derzeit noch nicht marktreif
- ▶ Kurzschlussfestigkeit heute nur mit Kurzschlussstrombegrenzer (HTS-SCL)
- ▶ Projekt SuperLink:
 - ▶ Entwicklung eines **kurzschlussstoleranten Kabeldesigns**
 - ▶ Netzanforderung: **40 kA, 1 Sekunde**
 - ▶ Realisierung über Kupfer-Former und zusätzlichen Kupfer-Schirm
 - ▶ HTS-Schirm: Magnetfeldkompensation
 - ▶ Minimierung HTS-Bandleiterbedarf



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Beständigkeit der Isolation (FH SWF)



- ▶ Präqualifikation der Isolierbänder abgeschlossen
- ▶ Prüfadapter und Prüfgefäß für Teilentladung(TE)-Beanspruchung und Untersuchung der Durchschlagfestigkeit bei Einsatz in FN2 entwickelt

Ergebnisse der Untersuchungen

- ▶ Ohne auftretende TE wurden keine Alterungseffekte in den Untersuchungen festgestellt
- ▶ Untersuchung der Widerstandsfähigkeit der Isolierbänder
 - ⇒ Hohe Vorschädigung notwendig, um relevante TE provozieren zu können
 - ⇒ Schädigungsprozesse können nachvollzogen werden

Die Isolierbänder haben eine hohe elektrische Festigkeit und eine hohe Teilentladungsresistenz

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Ausblick



Gefördert durch:

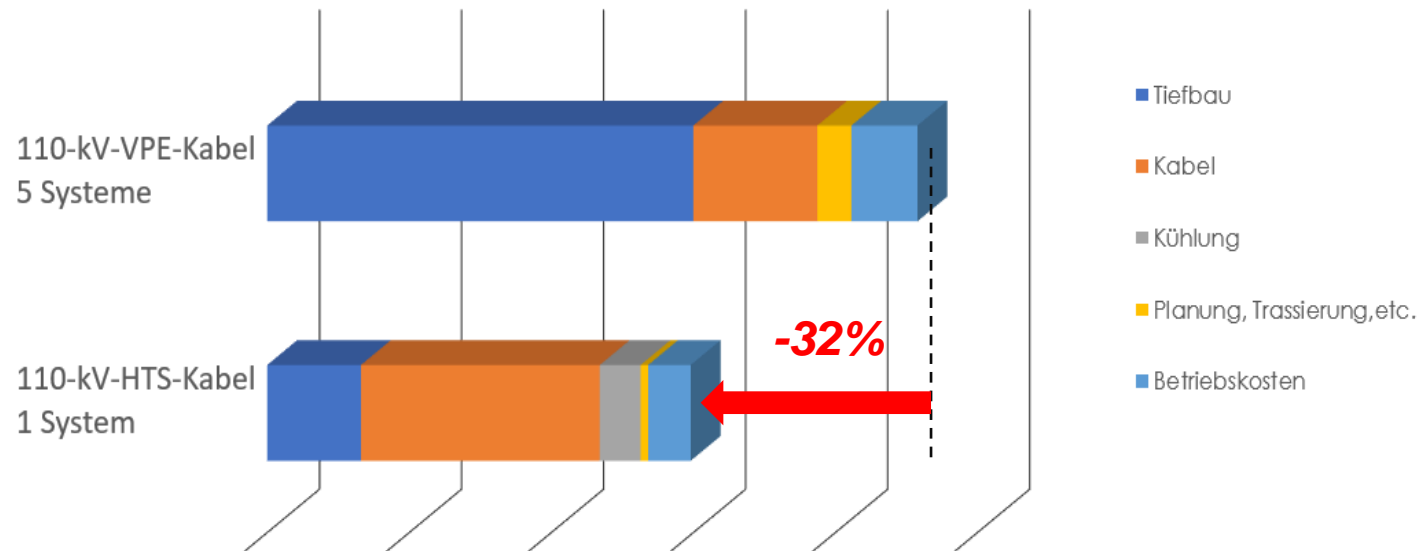


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

- ▶ Vergleichsszenario
 - 1 System HTS-Kabel vs. 5 Systeme VPE-Kabel (Einleiter)
- ▶ Derzeitige Berechnungen zeigen:
 - ▶ **CAPEX: SuperLink ist um ca. 32% günstiger als Standardlösung**
 - ▶ **OPEX: SuperLink ist um ca. 25% günstiger als Standardlösung**



*3.820 t CO₂/a
weniger als VPE-Lösung*

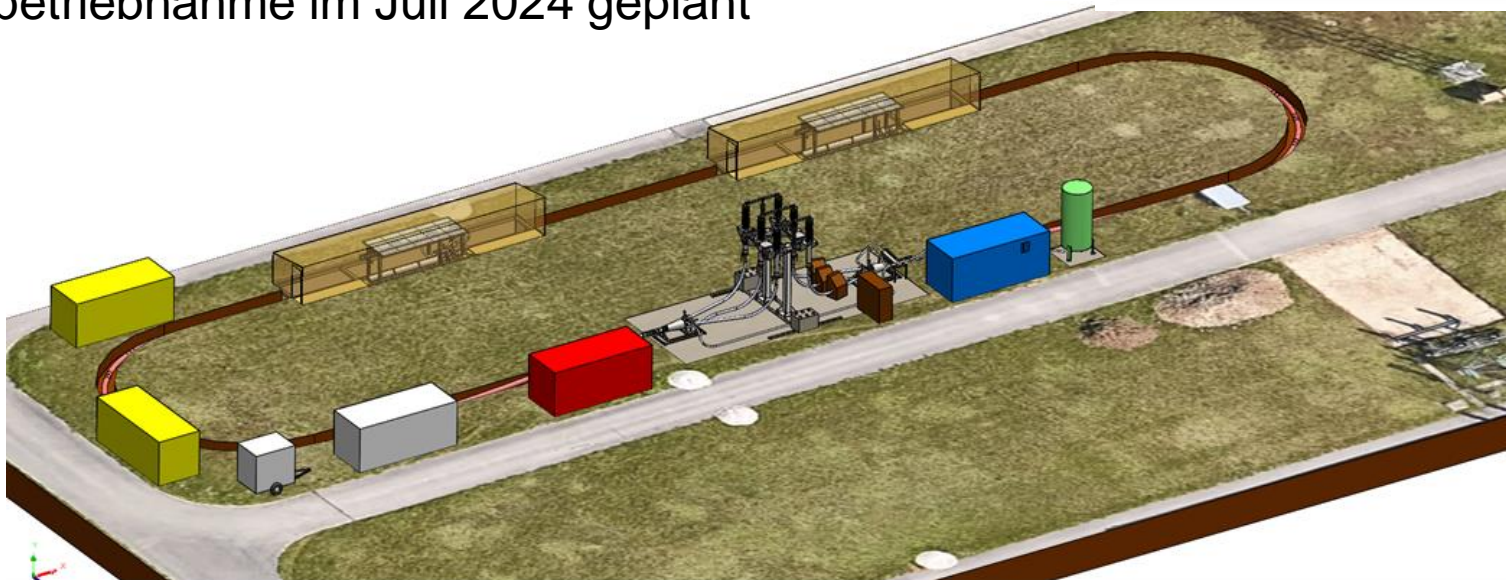
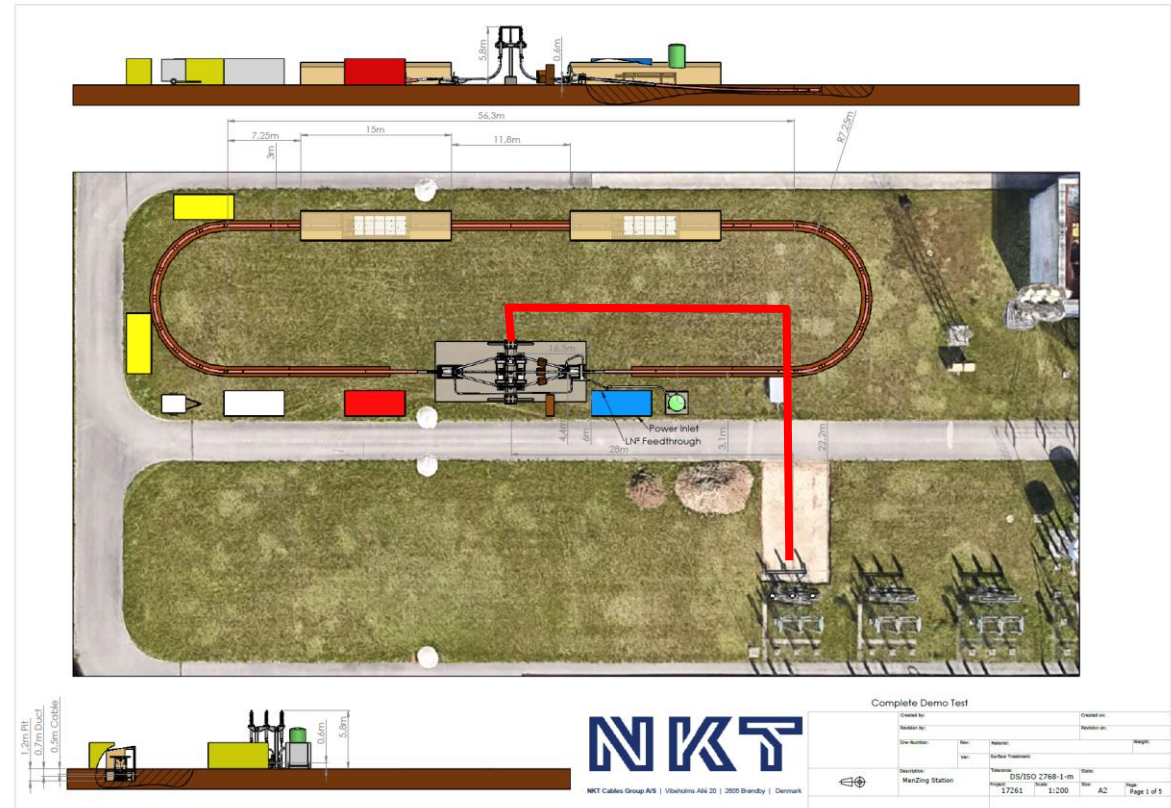
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Testfeld im HUW-Menzing

- ▶ Test der verschiedenen Komponenten, unter anderem:
 - ▶ Montage unter realen Bedingungen
 - ▶ Vor-Ort-Hochspannungsprüfung
 - ▶ Simulation von Lastwechsel
 - ▶ Simulation von Dauerlast an der Belastungsgrenze
 - ▶ Funktion und Steuerung Kühlsystem
- ▶ Erstinbetriebnahme im Juli 2024 geplant



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Eindrücke aus dem Projekt

Begleitung der Qualifikationstests im DTU Labor in Kopenhagen



Vorbereitung zum Kabeleinzug



Vorbereitung Muffenmontage auf dem Testfeld



Einzug HTS-Kabel in Kryostat im Testfeld



Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ihr Ansprechpartner



Dr. Robert Prinz

Leitung Planung und Bau – Strominfrastruktur

prinz.robert@swm.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages