

Ultra-compact and high-current
power distribution cables with
high-temperature
superconductors

HighAmp



Carsten Räch
ZIEHL IX, 10.04.2024

Motivation

■ Netzausbau in urbanen Gebieten



Quelle: [2]

Gasdruck- und Ölkabel

$$S = 120 \text{ MVA}$$

$$U_{\text{rms}} = 110 \text{ kV}$$

$$I_{\text{rms}} = 625 \text{ A}$$

- Tausende Kilometer von Gasdruck- und Ölkabel in europäischen Großstädten verlegt.
- Hochspannungskabel (110-kV-Ebene).
- Übliche Durchmesser des Stahlrohrs: DN125 – DN200.
- **Müssen in absehbarer Zeit ersetzt werden.**

Motivation

- Netzausbau in urbanen Gebieten



Quelle: [2]

Gasdruck- und Ölkabel

$$S = 120 \text{ MVA}$$

$$U_{\text{rms}} = 110 \text{ kV}$$

$$I_{\text{rms}} = 625 \text{ A}$$



Quelle: [2]

VPE-Stadtkabel

Motivation

■ Netzausbau in urbanen Gebieten



Quelle: [2]

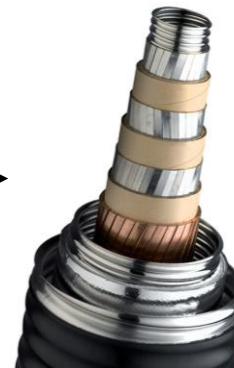
Gasdruck- und Ölkabel

$$S = 120 \text{ MVA}$$
$$U_{\text{rms}} = 110 \text{ kV}$$
$$I_{\text{rms}} = 625 \text{ A}$$



Quelle: [2]

VPE-Stadtkabel



Quelle: [1]

(1)



(2)

(1) Konzentrische
HTS-Kabelkonfiguration

(2) 3-Leiter
HTS-Kabelkonfiguration

Anforderungen an das Kabel

- Leistungsstärker gegenüber herkömmlichen Kabeln → Nennstrom von 3 kA
- Schlankes Design – soll in die vorhandenen GD-Rohre eingezogen werden
- Einfacher Aufbau, robust → Kosten
- Niedrige Verluste
- Große Abstände der Kältestationen – intern ausreichender Raum für LN2
- Herstellbar in langen Längen

Zeitplan

Projektdauer: 30 Monate

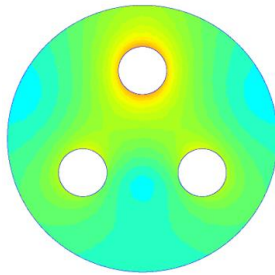
HighAmp - Zeitplan	Projektmonate und - quartale									
	Q4 2022	Q1 2023	Q2 2023	Q3 2023	Q4 2023	Q1 2024	Q2 2024	Q3 2024	Q4 2024	Q1 2025
Arbeitspaket 1:	Netzanforderungen, Prüfablauf, Design und Konstruktion									
Arbeitspaket 2:	Entwicklung der Phasenleiter									
Arbeitspaket 3:					Demonstratoraufbau					
Arbeitspaket 4:								Tests und Prüfungen		
Arbeitspaket 5:	Entwicklung des 110 kV-Designs									
Meilensteine										
M1 - Design abgeschlossen, Prüfort festgelegt										
M2 - Test des Subscale abgeschlossen										
M3 - Demonstratoraufbau fertig										

Kabeldesign – Aufbau

Leiteranordnung



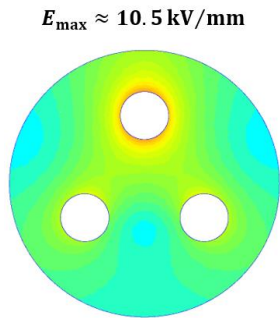
$E_{\max} \approx 10.5 \text{ kV/mm}$



Konzentrische Anordnung?
3-Leiter Anordnung?
Optimaler Abstand?

Kabeldesign – Aufbau

Leiteranordnung



supraleitende
Phasenleiter

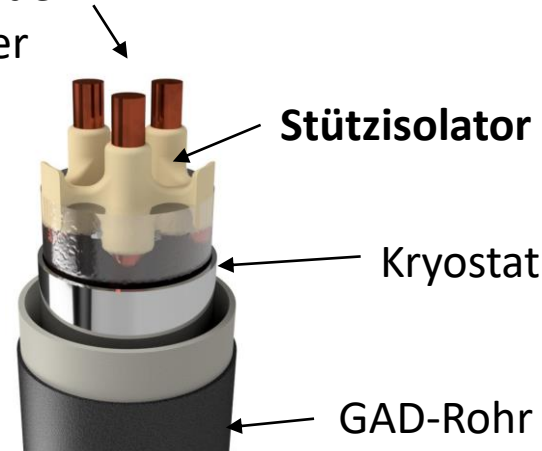
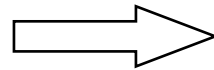
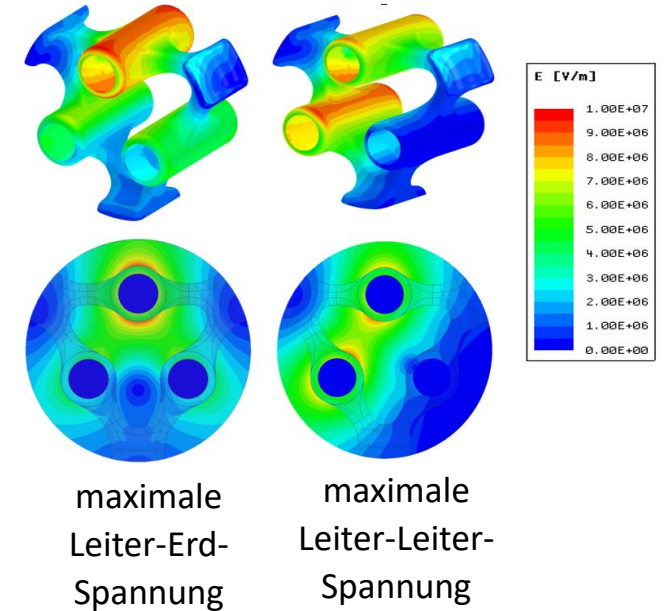


Bild: THK

Auslegung Stützisolatoren



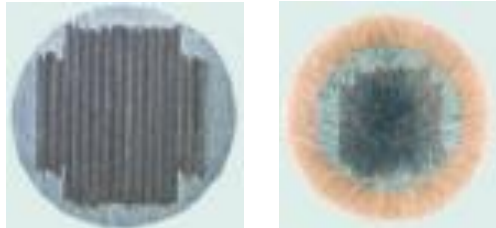
Konzentrische Anordnung?
3-Leiter Anordnung?
Optimaler Abstand?

Einhaltung der Prüfspannungsanforderungen?
Mechanische Belastung?
Strömungswiderstand?

Kabeldesign – Aufbau

Aufbau Phasenleiter

CroCo - CrossConductor



Quelle: [3]

CorT – Conductor on round Tube



Quelle: [4]

HTS-Material?
AC-Verluste?
Lieferbarkeit?

supraleitende
Phasenleiter

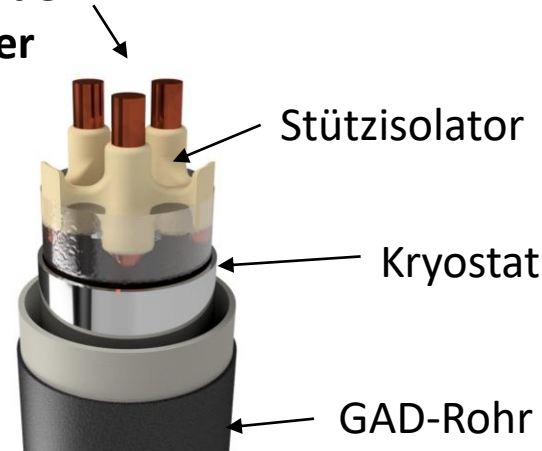
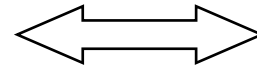
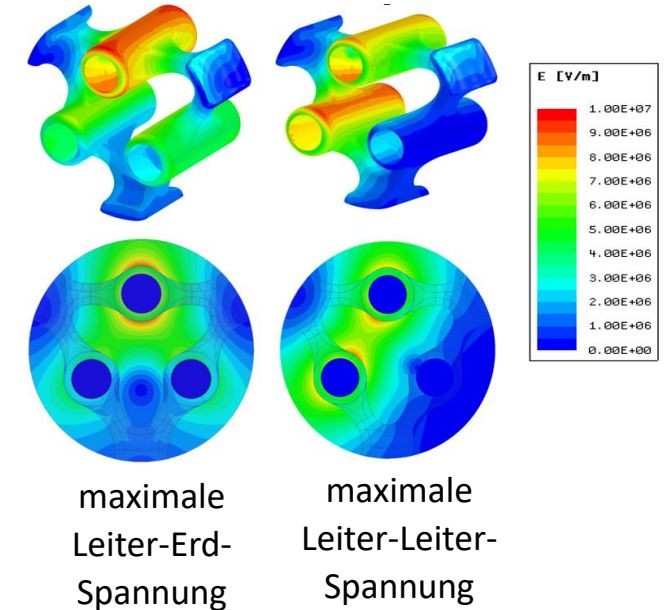


Bild: THK

Auslegung Stützisolatoren



Einhaltung der Prüfspannungsanforderungen?
Mechanische Belastung?
Strömungswiderstand?

Nächste Schritte

1. Messung der Verlustleistung von CorT-Leitern



Foto: KIT

Nächste Schritte

1. Messung der Verlustleistung von CorT-Leitern
2. 1-phasige/3-phasige Spannungsprüfung der Stützisolatoren

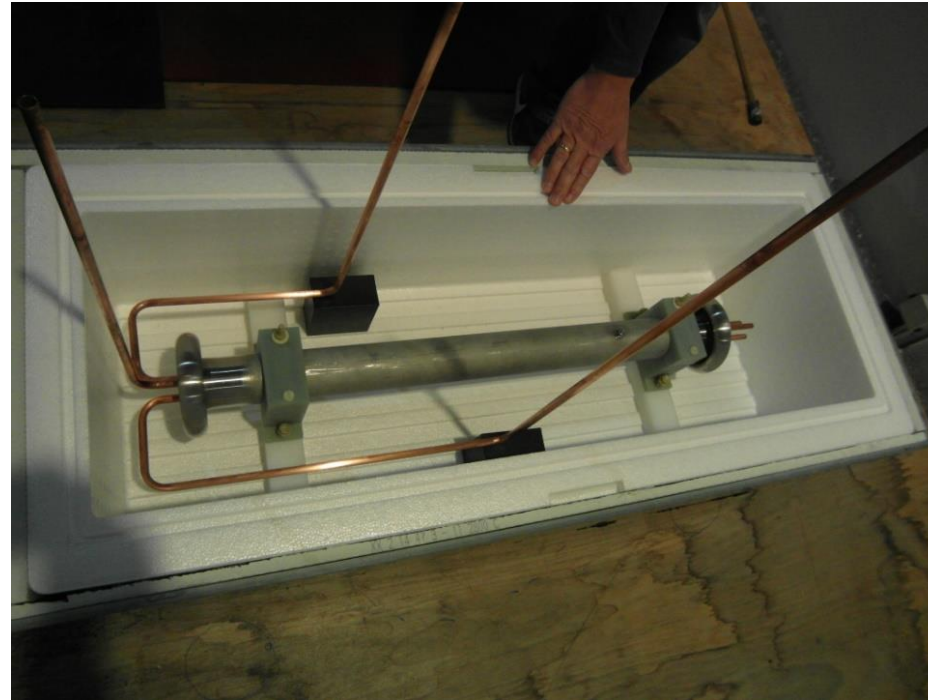
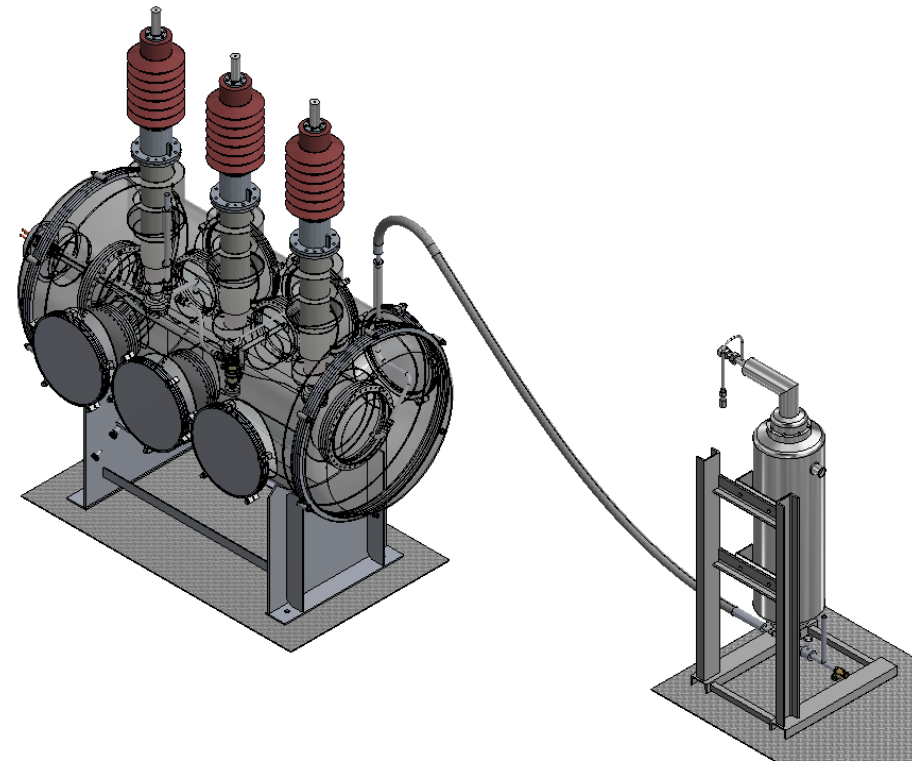


Foto: KIT

Nächste Schritte

1. Messung der Verlustleistung von CorT-Leitern
2. 1-phasige/3-phasige Spannungsprüfung der Stützisolatoren
3. Aufbau einer 3-phasigen Stromzuführung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Quellen

- [1] Nexans, *Nexans installs and commissions superconducting cable for Chicagos Resilient Electric Grid project*, Webseite,
<https://www.nexans.fr/en/newsroom/news/details/2021/09/2021-09-02-pr-nexans-installs-and-commissions-superconducting-cable-for-chicago-resilient-electric-grid-project.html>, zuletzt aufgerufen am 08.04.2024 um 11:00 Uhr.
- [2] nkt cables, *Hoch- und Höchstspannungs-Kabelanlagen. Kabel und Garnituren bis 550 kV*, Broschüre, 2020.
- [3] KIT, *High-Temperature Superconductor –HTS CroCo: An Energy-efficient DC High-current Conductor*, Datenblatt, 2019.
- [4] Advanced Conductor Technologies LLC, Webseite,
<https://www.advancedconductor.com>, zuletzt aufgerufen am 08.04.2024 um 14:00 Uhr.