

Energie-Dialog

Austausch zum aktuellen Stand der Supraleitertechnologie

Supraleitung: Zukunftsmusik oder

Schnelligkeit und Effizienz für die Energiewende von heute?

13. November 2024

Vision Electric Super Conductors GmbH



- VESC – Systemintegrator - OneStopShop
- Know-how Hochstromtechnik, Anlagenbau, Internationale Projektabwicklung
- Design und Konstruktion supraleitender Systeme incl. aller Komponenten
- Schnittstellen-Definitionen, Gesamtoptimierung
- EPC-Contractor – Engineering, Procurement, Construction
- Gesamtprojektverantwortung

Interessenverband Supraleitung e.V.

- Verband von meist mittelständigen Unternehmen und Instituten
- Verbreitung der Eigenschaften und Vorteile der Supraleitung
- Organisation von Konferenzen → ZIEHL
(ZIEHL - Zukunft und Innovation in der Energietechnik mit Hochtemperatur-Supraleiter)
- Förderung von Austausch und Vernetzung unter den Mitgliedern
- Kontakte zur Politik auf allen Ebenen
- Kooperation mit VDE



Supraleiter

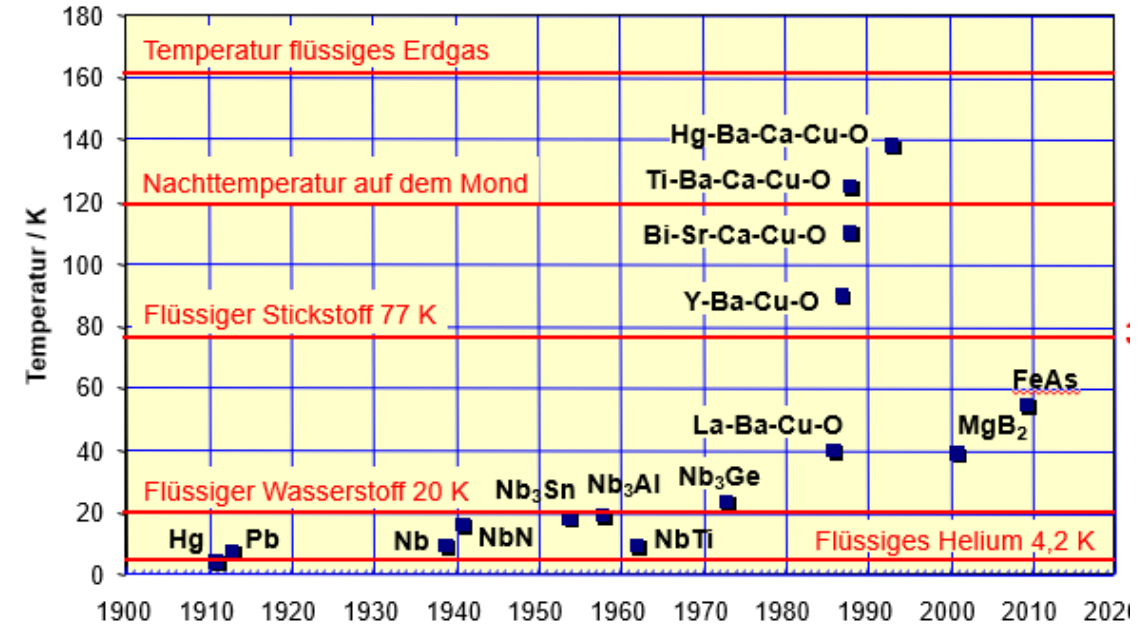
■ Entwicklung

- Entdeckung der keramischen (Hochtemperatur-)Supraleiter 1986
- Nobelpreis 1987 – Müller & Bednorz
- Technische Verfügbarkeit seit 2010/2015

■ Technische Daten

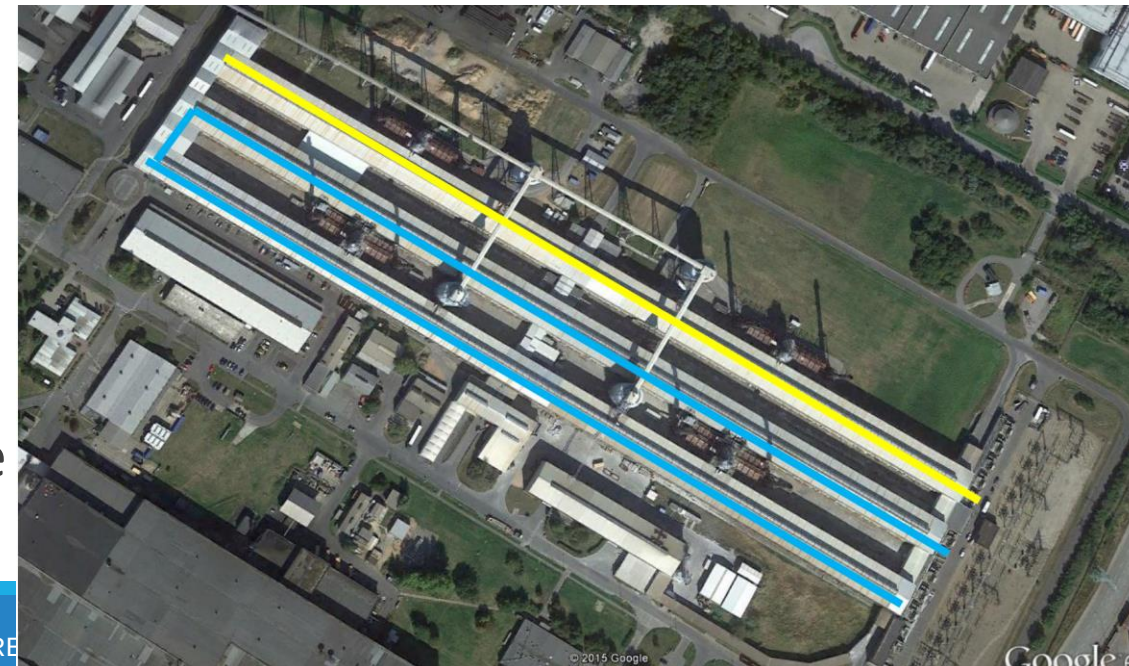
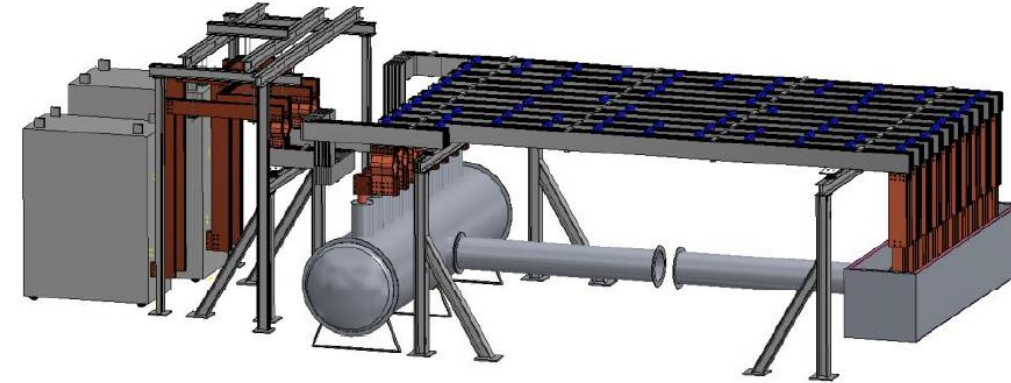
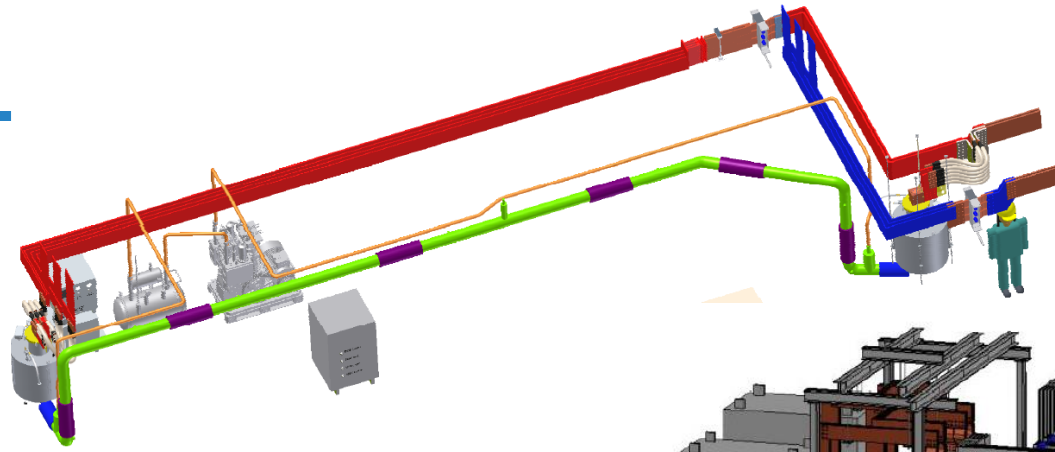
- Betriebstemperatur < 80K
- Kein elektrischer Widerstand für DC
- Geringste Abmessungen
- Ungeheuer hohe Stromdichte
 - Standard: 600 A/mm²
 - Labor: > 1200 A/mm²

Welches Einsatzpotenzial ist vorhanden?



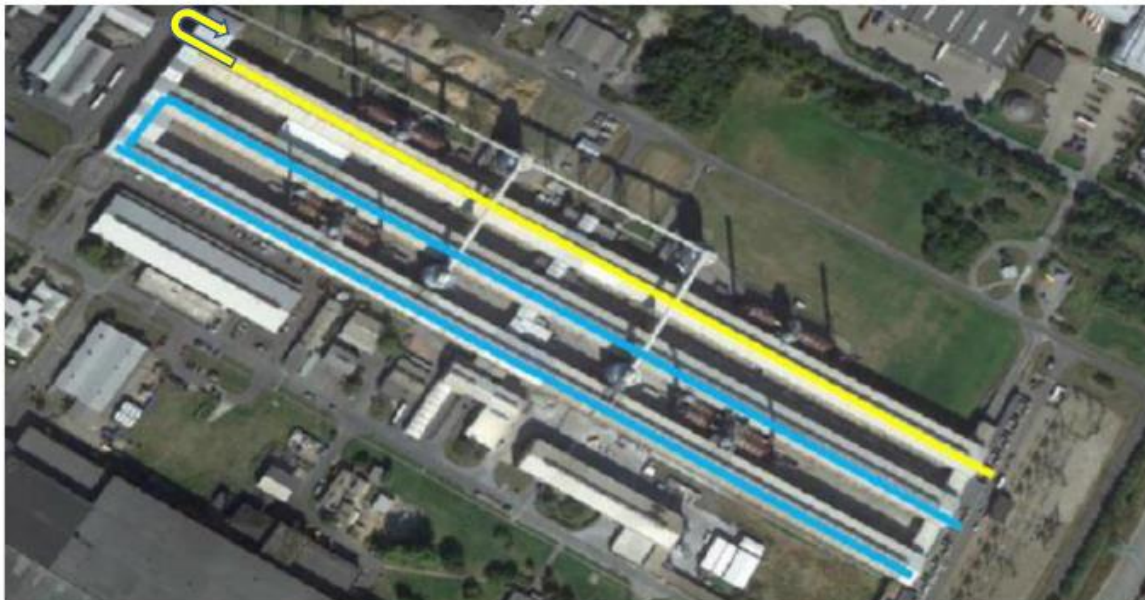
Industrie

- 3S - Stromschiene
 - F&E-Demonstrator 20 kA
 - Industrietauglichkeit bei BASF, LU nachgewiesen
 - Erfolgreich abgeschlossen
- DEMO200
 - F&E-Demonstrator, weltweit erstmalig
 - Anwendungen für Aluminiumhütten
 - Prüfung erfolgreich bestanden
- SuprAl
 - 600 m, 200 kA in der Trimet HH-Aluminiumhütte
 - Ausführung: 2024-2027

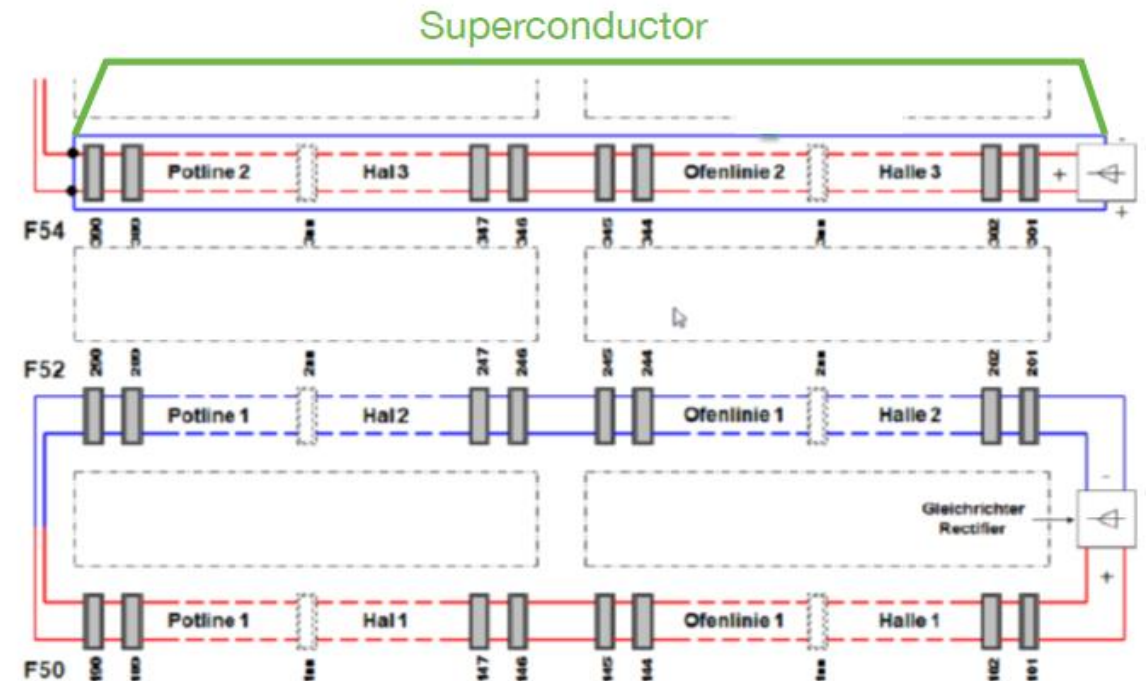


Technisches Konzept

- Blau: Hin- und Rückstrom über 2 x 90 Elektrolyseöfen von/zu den Gleichrichtern
- Gelb: Rückstrom über Aluminiumschienen 2.000 kW Verlust → 1 bis 2 mio € Kosten



- Grün: Supraleitende Stromschiene parallel zu den Aluminiumschienen ca. 200 kW Betriebsleistung Kälte





Der Puls unserer Stadt

SW//M

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

Dr. Robert Prinz
10.04.2024



Gefördert durch:

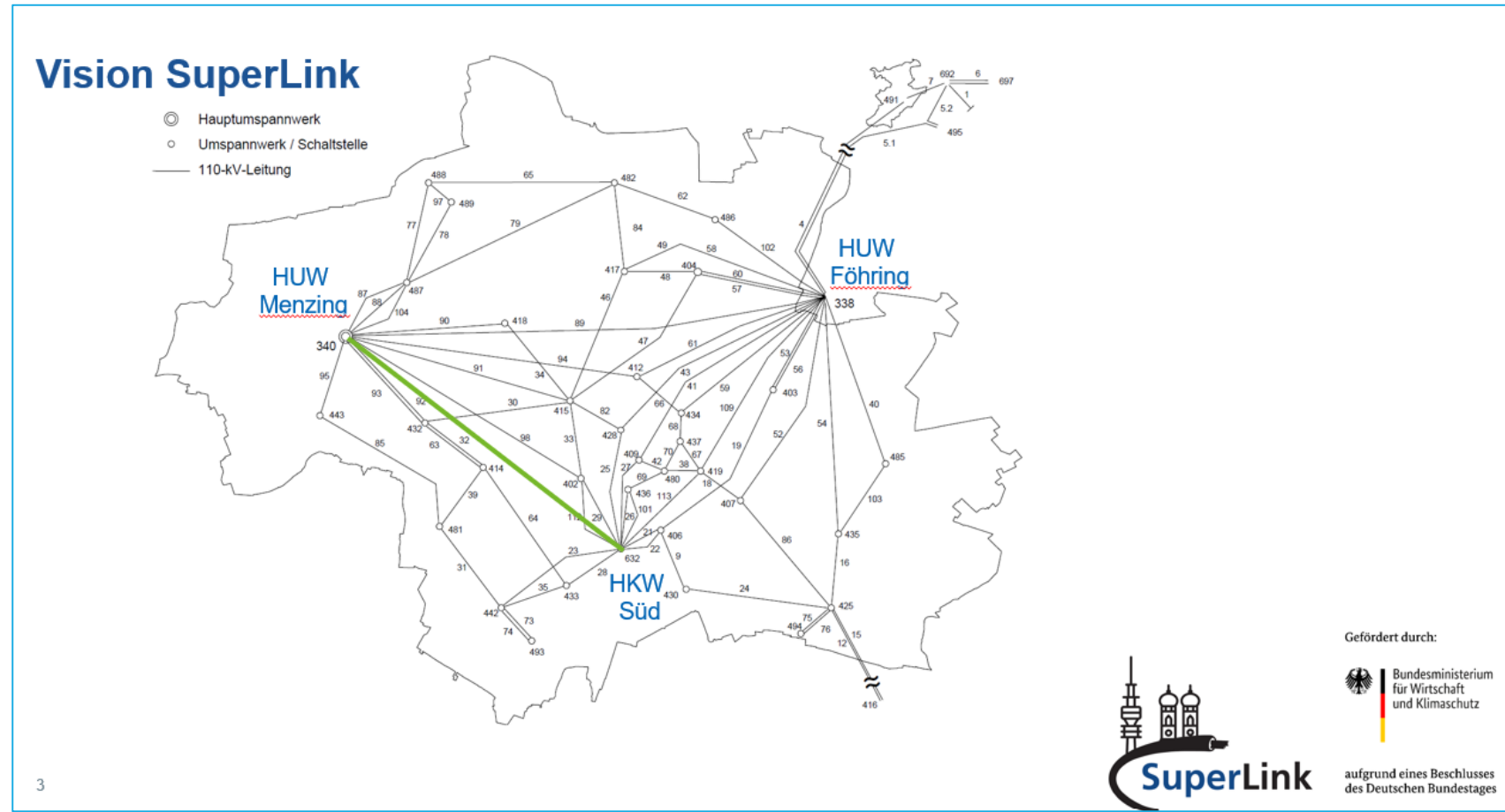


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Aufgabenstellung

- Leistungsbedarf im Süden von München
- Technischer und kommerzieller Vergleich von drei konventionellen Lösungen mit Supraleiter



Technische Alternativen

SuperLink – Project options

Alternative solutions for transport of 500 MVA over 12 km



400 kV XLPE cable system

E.g. tunnel solution,
as in Berlin, London, etc.



400 kV overhead line

Not feasible in the city



Multiple 110 kV XLPE cable systems

Five systems and routes
Limited bending radii
Soil warming (spacing)



110 kV HTS cable

Novel technology

Technische Alternativen

SuperLink – Project options

Criteria	400 kV XLPE	400 kV OHL	Multiple 110 kV	110 KV HTS
Minimum space				
Public acceptance				
Economic feasibility				
Technical maturity				
City grid integration				
Power density				
Low loss				

12 km



110 kV HTS cable

Novel technology



The **HTS option** is very attractive, but needs development

DC-Hochleistungsnetze

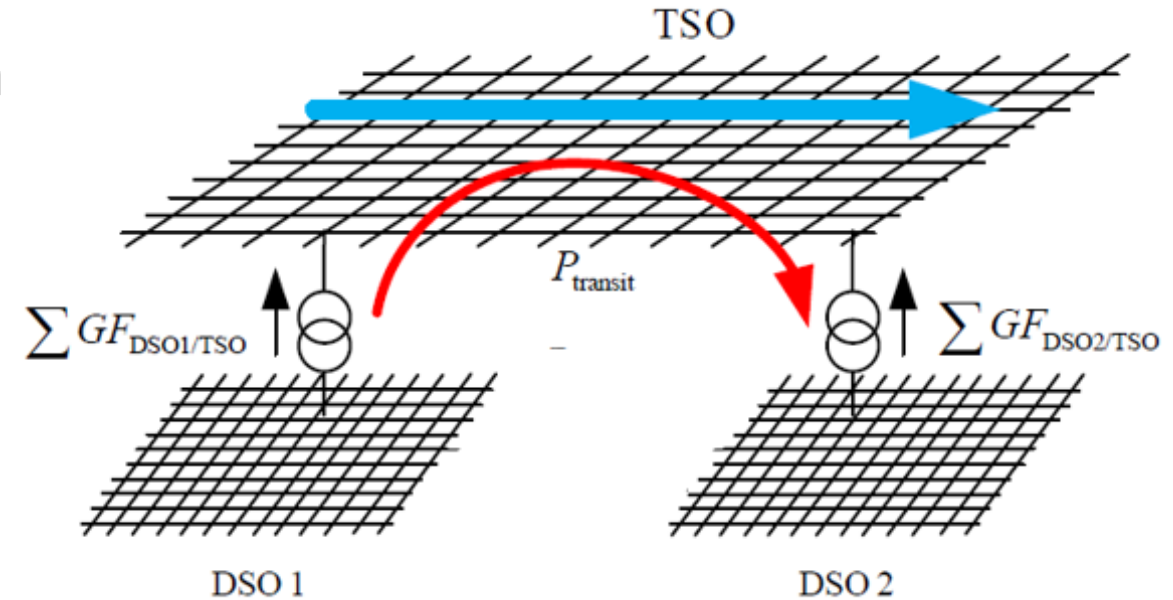
- S-MVDC: Supraleitende Mittelspannungs-Gleichstrom-Übertragung
 - Technisches Konzept und kommerzielle Durchführbarkeitsstudie
 - Von Deutschlands größtem TSO Amprion in Auftrag gegeben
 - Co-Autoren: KIT, Messer, Siemens Energy

- SCARLET
 - Für das zukünftige europäische supraleitende Gleichstromnetz
 - Ohne Verluste auf der Gigawatt-Ebene
 - SC-Kabel zur Qualifizierung für die Kommerzialisierung
 - Fachwissen von 15 Industrie- und Forschungsorganisationen



S-MVDC - Motivation

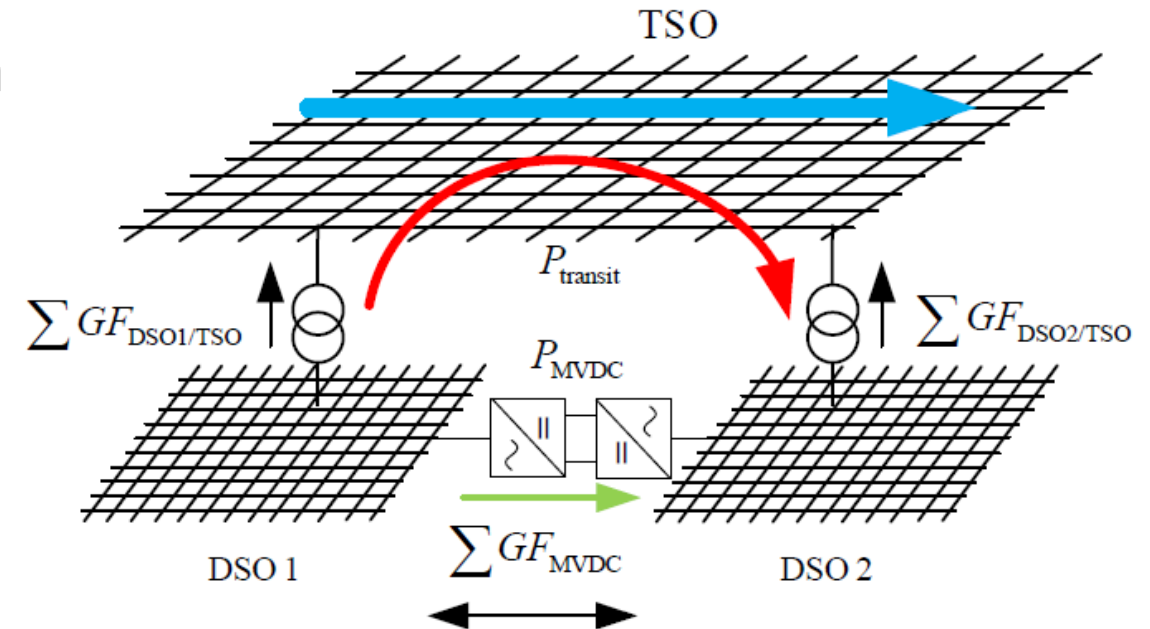
- Hierarchischer Stromtransport zwischen Verteil- und Übertragungsnetz
 - Überkapazität geht von DSO1 zum übergeordneten TSO (Vergütung?)
 - TSO überträgt zu DSO2
 - TSO liefert an DSO2 (Vergütung?)



Quelle: Abschlussbericht 2021 zur Studie VNB-DC, Verteilernetzverbund mittels Gleichstromübertragungs-Technologie

S-MVDC - Motivation

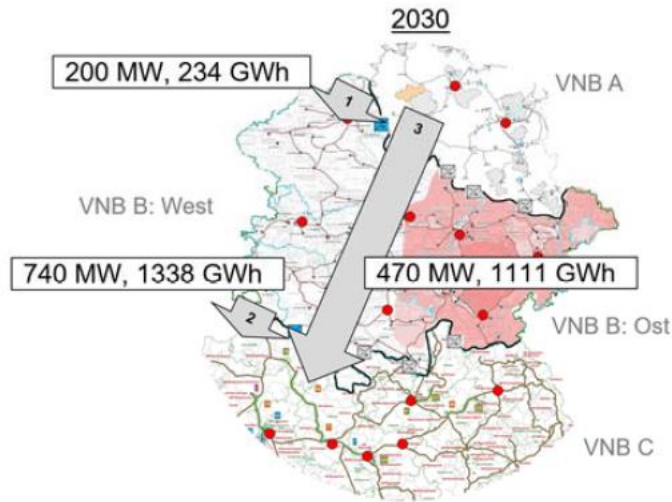
- Hierarchischer Stromtransport zwischen Verteil- und Übertragungsnetz
 - Überkapazität geht von DSO1 zum übergeordneten TSO (Vergütung?)
 - TSO überträgt zu DSO2
 - TSO liefert an DSO2 (Vergütung?)
- Direkte Kopplung von Verteilnetzen
 - Kein Umweg über TSO
 - Bidirektionaler Austausch
 - Vergütung in beide Richtungen



Quelle: Abschlussbericht 2021 zur Studie VNB-DC, Verteilernetzverbund mittels Gleichstromübertragungs-Technologie

Studie VNB-DC, 2021

Quelle: Abschlussbericht 2021 zur Studie VNB-DC, Verteilernetzverbund mittels Gleichstromübertragungs-Technologie



- Signifikanter Bedarf an Austauschleistung zwischen 200 MW und 740 MW
- Übertragungskapazität mehrere 100 MW
- Konventionelle Technik stößt an ihre Leistungsgrenzen

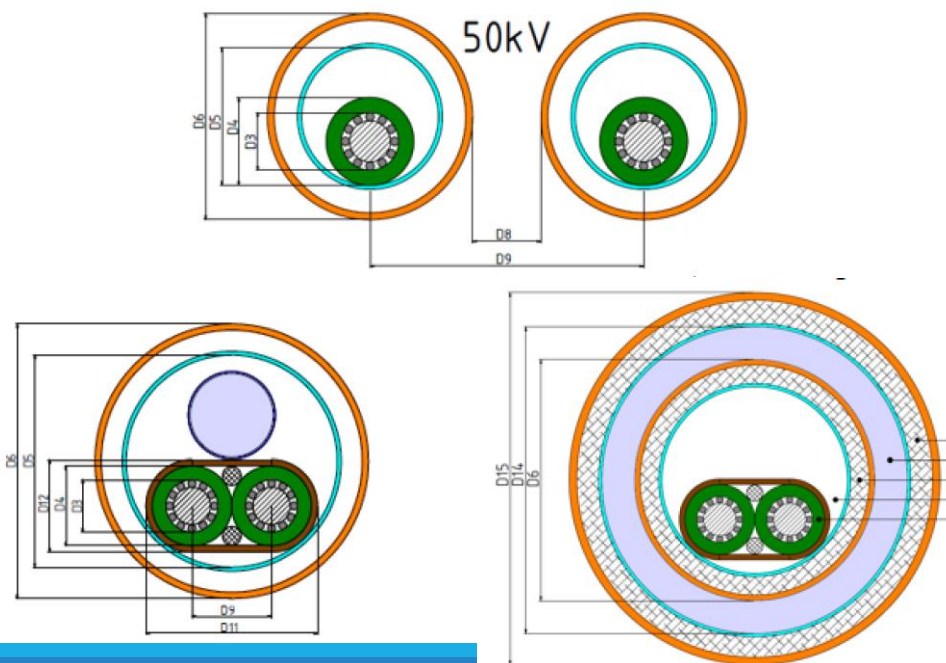
Für S-MVDC gelten diese Grenzen nicht!

ID	Technischer Anwendungsfall
1	Entlastung des Übertragungsnetzes durch gesteuerten Lastfluss im Verteilnetz
2	Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Sternpunktbehandlung
3	Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Frequenz
4	Kopplung von Verteilnetzen mit unterschiedlicher Spannungsebene
5	Steuerung von Transitflüssen
6	Entlastung von Verteilnetzen durch gesteuerten Lastfluss in den Verteilnetzen
7	MVDC-Kopplung als Alternative zu Drehstromleitungen
8	MVDC-Kopplung als Alternative zu HöS-Kopplungspunkt
9	Kopplung von Regionen hoher Last und hoher Erzeugung
10	Reduktion von Netzverlusten
11	Blindleistungsbereitstellung
12	Inselversorgung und Spezialfall asynchroner Netze
13	Unterstützung beim Netzwiederaufbau
14	Verbesserung der Spannungsqualität
15	Reduktion von Kurzschlussleistung durch Netztrennung
16	Kopplung von Industriekunden
17	Erhöhung der Versorgungssicherheit
18	Erweiterung der Netzausbaugrenze bei Resonanzsternpunkterdung (I_{CE})
19	Umrüstung bestehender Leitungen zur Leistungserhöhung
20	Regelleistungsaustausch
21	Steigerung von Bauraumeffizienz und Wirkungsgrad

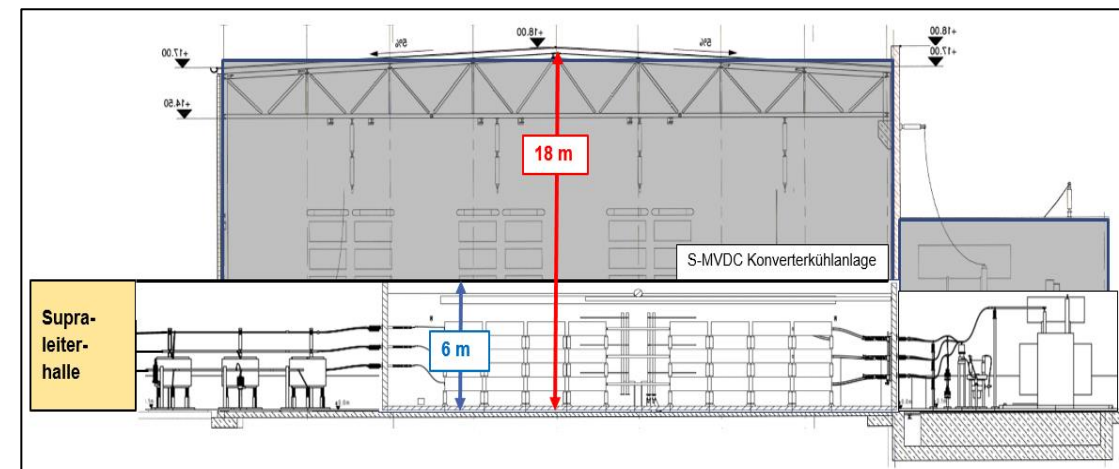
S-MVDC – Supraleitende Mittelspannungs- Gleichstromübertragung

Nennspannung AC, 50 Hz		Hochspannung zwischen 110 und 400 kV									
Nennleistung	MW	500		1.000			2.000			4.000	
Nennspannung DC	± kVDC	25	50	25	50	100	25	50	100	50	100

Supraleitendes 1 GW MVDC Kabel



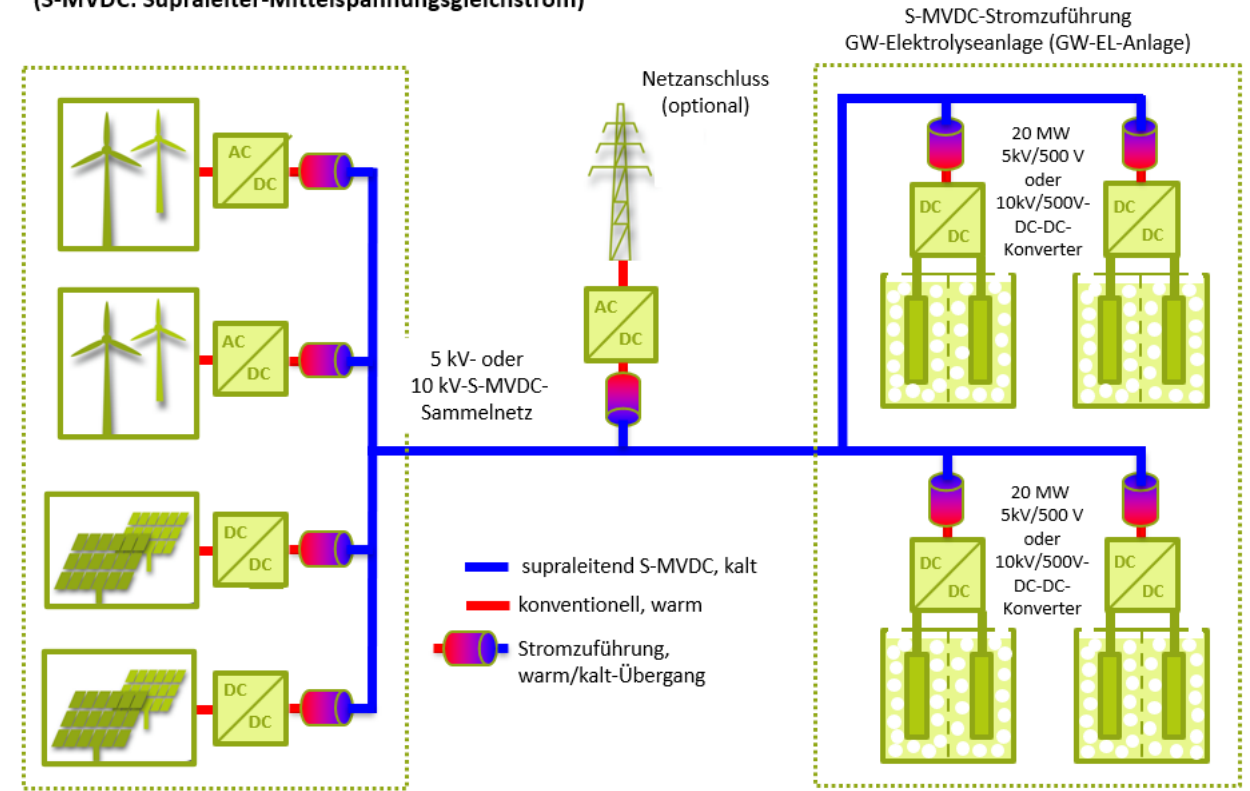
- Geringe Umweltbelastung
 - Schmale Trassen: Feldweg- anstelle Autobahnbreite
 - Niedrige Konverterstationen
 - Keine EM und therm. Emissionen
- Mittelspannung für hohe Leistungen
 - Niederschwellige Genehmigung
- Beschleunigung des Netzausbaus
 - Kurze Planungs- und Genehmigungszyklen
 - Geringer erwarteter Bevölkerungswiderstand



DC-Netz: PV – Batterie – H2-Elektrolyseur

- Projektstudie ESysH2 für
Fraunhofer-Institut IEE, Kassel
 - Leistungen 20, 200, 2000 MW
 - Entfernungen
- Konventionelle Auslegung
- S-MVDC Auslegung
- Technischer Vergleich
- Wirtschaftlicher Vergleich
 - Investitionskosten
 - Betriebskosten

S-MVDC-Wind- und -PV-Park-Anbindung einer GW-EL-Anlage
(S-MVDC: Supraleiter-Mittelspannungsgleichstrom)



© Fraunhofer IWES

S-DC Datacenter

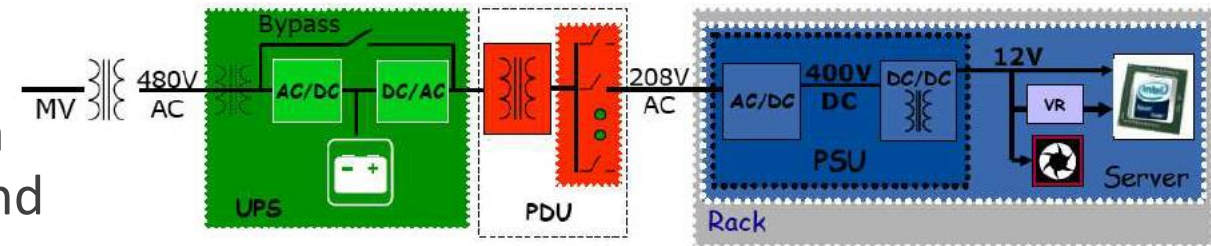
Situation

- Energiebedarf Datacenter stark wachsend
- Energieeffizienzgesetz schränkt Energiebedarf ein
- Eigenversorgung wächst → Microgrid mit PV/Wind
- Serverrackleistung → 500 kW, Richtung 1 MW
- Leistung Datacenter: mehrere 100 MW
- DC-Verluste steigen mit dem Strom

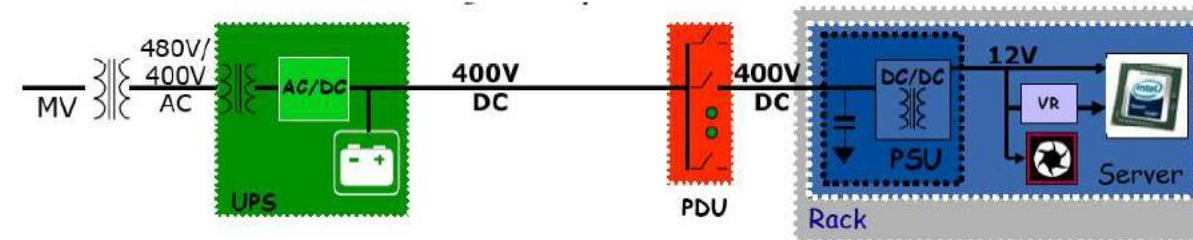
Wo können Supraleiter helfen?

- Einsparpotenzial durch Reduktion der Energieumwandlungsschritte
- Verteilung auf 400 VDC → 10 – 200 kA
- Reduktion des Strombedarfs 15% bis 25%

AC vs DC Distribution System



Conventional 480 VAC



Facility Level 400 VDC

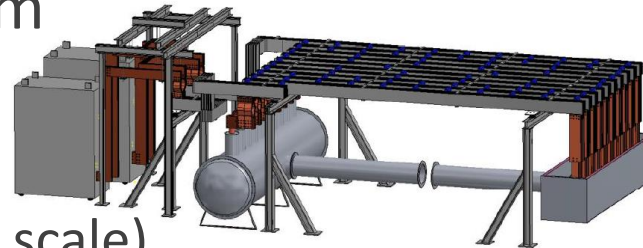
Quelle: Joseph V. Minervini, MIT – 3rd Annual Green Technology Conference, NY March 2010

Nächster Schritt: Ausrüstung eines DC-Datacenters

Anwendungsbereiche Supraleitung

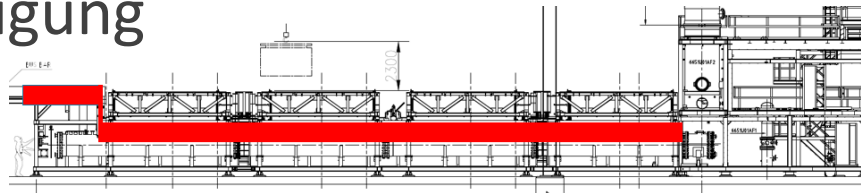
■ Industrie - Hochstrom

- Elektrolysen
- Grundstoffindustrie
- Hochenergielabore
- Rechenzentren (Hyper scale)



■ Energieerzeugung

- Fusion
- Wind und PV
- Wasserkraft



■ Speicherung

- Batterien
- Magnetische Speicher
- Pumpspeicher
- H₂-Elektrolysen

Supraleiter in DC-Industrieanlagen
Potenzielle Märkte

	Industrieanlage	typischer Strombedarf	Längen
	Chlorelektrolysen	ca. 20 kA	30 - 300 m
	Rechenzentren, Telekommunikation	10 - 40 kA	40 - 500 m
	Kupferelektrolysen	40 - 80 kA	200 - 400 m
	Zinkelektrolysen	(120 -) 200 kA	100 - 300 m
	Aluminiumhütten	200 - 350 (500) kA	100 - 1200 m
	alle Elektrolysen, z.B. Na, Mg, F / Schmelzöfen / Graphitisierung		
	Chlorelektrolyse, 20 kA Deutschland		
	Zinkelektrolyse, 200 kA Indien		

■ Elektrische Maschinen

- Motoren, Generatoren
- Transformatoren, Spulen

■ Übertragungsnetze

- DC-Verbindung bis 10 GW
- Keine Verluste über weite Europa-Entfernungen
- Synergie mit LH₂-Pipelines

■ Verteilnetze

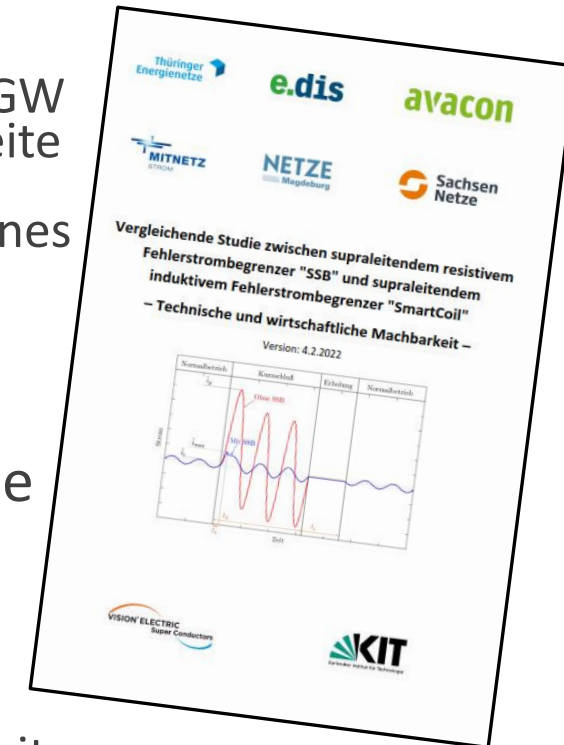
- Stadtkabel
- Fehlerstrombegrenzer

■ Elektr. Fliegen / Space

- Antriebstechnologie
- In Verbindung mit LH₂

■ Komponenten

- Stromzuführungen
- Konfektionierte Supraleiter



Supraleitung: Zukunftsmusik oder Schnelligkeit und Effizienz für die Energiewende von heute?

Zukunftsmusik?

➤ **NEIN, Supraleiter sind
einsatzbereit!**

Schnelligkeit? → JA

- ✓ Hohe Leistung auf Mittelspannung
- ✓ Niederschwellige Genehmigungen
- ✓ Geringer gesellschaftlicher Widerstand
- ✓ Kürzere Realisierungsperioden

Effizienz? → JA

- ✓ Keine Bodenerwärmung
- ✓ keine EM-Emissionen
- ✓ Hohe Materialeffizienz
- ✓ Niedrige Verlustleistungen
- ✓ Niedrige Betriebskosten

Vielen Dank!

Dr. Wolfgang Reiser

Vision Electric Super Conductors GmbH

Morlauterer Str. 21

67657 Kaiserslautern

reiser@vesc-superbar.de

T: 0631 627 983-0

F: 0631 627 983-19

M: 0173 6633 232