

Von der Hochspannungsfreileitung zum Supraleiter ZIEHL VII - Berlin

Peter Michalek
Stadtwerke München
05.03.2019

Inhalt

1. Die Stadtwerke München
2. Technische und gesellschaftliche Situation in München
3. Bewertung verschiedener Lösungsansätze
4. Technische Bewertung des Einsatzes von HTS
5. Schlüsselfaktoren für HTS
6. Sichtweise des (städtischen) Energieversorgers
7. Inhalt und Umfang eines Forschungsprojektes
8. Schlussbemerkung

SWM in Zahlen

	Kunden	mehr als 1,2 Millionen (Energie und Wasser)
	Fahrgäste	mehr als 1,5 Millionen pro Tag
	Mitarbeiter	rund 9.000
	Umsatz 2016	rund 6,3 Milliarden Euro
	Stromnetz	rund 12.000 km
	Fernwärmenetz	rund 800 km
	Erdgasnetz	rund 6.000 km
	Wassernetz	rund 3.200 km
	Verkehrsnetz	rund 636 km
	Glasfasernetz	rund 9.000 km

Der SWM Konzern

Stadtwerke München GmbH

SWM Versorgungs GmbH
100 %

Bayerngas GmbH
56,3 %

Energie Südbayern GmbH
50 %

SWM Infrastruktur GmbH
100 %

Bayerngas Norge AS
90,69 %

DanTysk Offshore Wind GmbH & Co. KG
49 %

SWM Infrastruktur Region GmbH
100 %

M-net Telekommunikations GmbH
63,84 %

Marquesado Solar S. L. (Andasol 3)
48,91 %

SWM Services GmbH
100 %

SWM Windpark Havelland GmbH & Co. KG
75 %

Gwynt y Môr Offshore Windfarm Ltd.
30 %

SWM Kundenservice GmbH
100 %

SWM Wind Onshore Frankreich SAS
100 %

Gehrlicher GmbH & Co. Solarpark
Helmeringen KG 49 %

Münchner Verkehrsgesellschaft mbH
(MVG) 100 %

Portal München Betriebs-GmbH & Co. KG
97 %

Global Tech I Offshore Wind GmbH
24,9 %

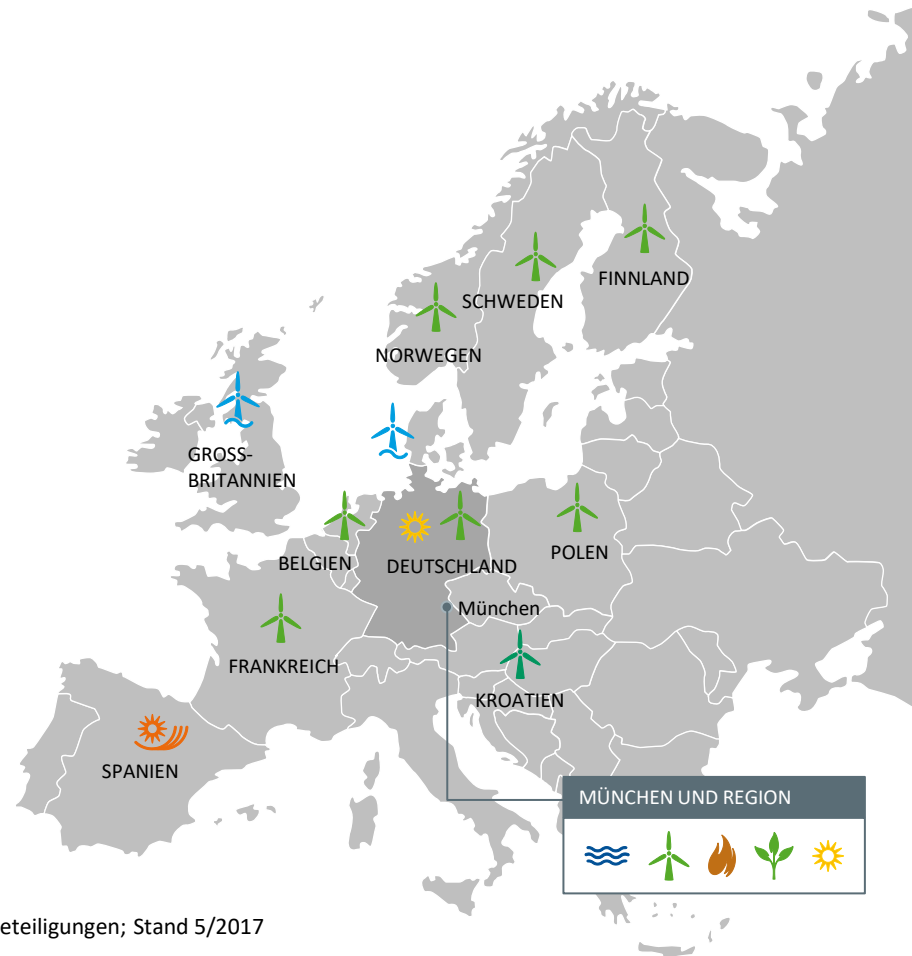
SWM Gasbeteiligungs GmbH & Co. KG
100 %

Gasversorgung Germering GmbH
90 %






wpd europe GmbH
33 %

... und weitere Gesellschaften




Ausbauoffensive Erneuerbare Energien: Anlagen der SWM




MÜNCHEN UND REGION

-  13 Wasserkraftwerke
-  1 Windkraft-Anlage
-  6 Geothermie-Anlagen
(1 Heizkraftwerk, 2 Kraftwerke, 3 Heizwerke, eines davon im Bau)
-  1 Biogasanlage
-  24 Photovoltaikanlagen

DEUTSCHLAND

-  3 Offshore-Windparks (Nordsee, einer davon im Bau)
-  Onshore-Windparks
(Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt)
-  2 Solar-Parks (Bayern und Sachsen)

EUROPA

-  1 Offshore-Windpark (Großbritannien)
-  Onshore-Windparks
(Belgien, Finnland, Frankreich, Kroatien, Norwegen*, Polen, Schweden)
-  1 Parabolrinnen-Kraftwerk (Spanien)

Inklusive Beteiligungen; Stand 5/2017
* im Bau

05.03.2020

Innovation ist der Anfang von allem...

Die **Gleichstromfernübertragung Miesbach–München** in Bayern war die erste Übertragung elektrischer Energie über eine größere Strecke (57 km). Sie wurde im Jahr 1882 von Oskar von Miller und Marcel Depréz mit einer Gleichspannung von 2 kV in Betrieb genommen. In Miesbach, südlich von München, wurde auf dem Gelände des Knorrshachts eine 1,5-PS-Dynamomaschine mit einer Dampfmaschine zur Stromerzeugung betrieben.

Über eine Telegrafenteileitung entlang der Eisenbahnstrecke wurde die elektrische Energie zum Glaspalast in München transportiert und dort ein Springbrunnen elektrisch betrieben.

Die Leitung führte von Miesbach über Holzkirchen und Sauerlach in das Zentrum von München.

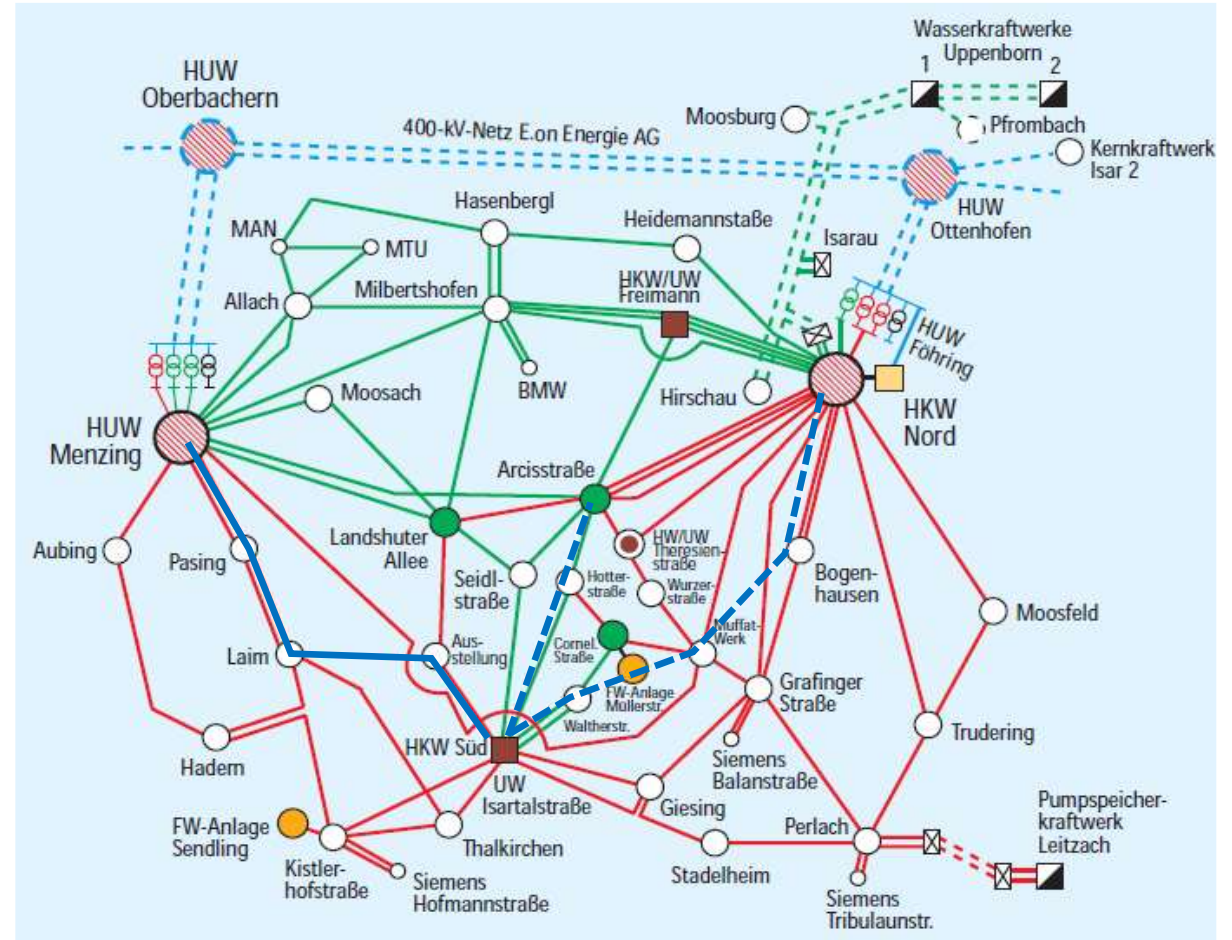
Der Leitungswiderstand betrug $3 \text{ k}\Omega$ und der Wirkungsgrad der Übertragung betrug 25%. In Miesbach wurde zum 100. Jahrestag des Ereignisses 1982 ein Brunnen errichtet.



Technische Ausgangslage

Städtisches elektrisches Versorgungsnetz der SWM

- ▶ Vermaschtes 110kV-Gasdruckkabelnetz (ca. 100 Kabel mit insgesamt 390 km)
- ▶ Länge Freileitungsnetz ca. 100 km
- ▶ Vermaschung führt zu hoher Sicherheit, da bei Ausfall einer Leitung keine Unterbrechung auftritt
- ▶ Kabelnetzalter 25-55 Jahre
- ▶ Starker Erneuerungsdruck im Kabelnetz



Herausforderungen in München





Leistungszuwachs bei veränderter Versorgungssituation

- ▶ Weiteres Wachstum in der Landeshauptstadt München
- ▶ Vorbereitung auf die Auswirkungen der E-Mobilität
- ▶ Notwendiger Umstieg bei der Kabeltechnologie
Nichtverfügbarkeit von Gasdruckkabeln
- ▶ Ersatzinvestition 110-kV-Kabel inklusive Leistungserhöhung
(E-Mobility, Verbrauchsanstieg, Wachstum)
- ▶ Hoher Zeitbedarf für Erneuerung von > 90 Kabelstrecken
- ▶ Transport Kraftwerksleistung am Standort Süd zum Übertragungsnetz
(systemrelevantes Kraftwerk)
- ▶ Vermeidung eines weiteren 400/110 kV Hauptumspannwerkes
(Platzbedarf, Kosten)







Bewertung verschiedener Lösungsansätze




Freileitung (400 kV)

- Sehr großer Platzbedarf 
- Genehmigungsverfahren !! 
- Geringste Akzeptanz 
- Kostengünstig 
- Großer Komponentenbedarf
- Technisch ausgereift
- Gut integrierbar in das Netz




Höchstspannungskabel (400 kV)

- Sehr großer Platzbedarf 
- Genehmigungsverfahren !! 
- Geringe Akzeptanz beim Bau 
- Sehr kostenintensiv 
- Großer Komponentenbedarf
- Technisch ausgereift
- Gut integrierbar in das Netz

Mehrfachkabelsysteme (110 kV)

- Sehr großer Platzbedarf 
- Genehmigungsverfahren !
- Geringe Akzeptanz beim Bau 
- Sehr kostenintensiv 
- Großer Komponentenbedarf
- Technisch ausgereift
- Gut integrierbar in das Netz

HTS - Kabel (110 kV)

- Akzeptabler Platzbedarf 
- Genehmigungsverfahren
- Hohe Akzeptanz 
- Kostenintensiv 
- Optimaler Komponentenbedarf
- Technisch erprobt
- Gut integrierbar in das Netz

Technische Bewertung der Einsatzfähigkeit von HTS-Systemen

10 weltweite HTS-Installationen, 3 Beispiele:

Albany, USA

Kabellänge: 350 m

Kapazität: 48 MVA AC (34.5 kV, 0.8kA)

In Betrieb: 2006 - 2009



LIPA1 Long Island, NY

Kabellänge: 600 m

Kapazität: 574MVA AC (138kV, 2.4kA)

In Betrieb seit: 2008



Ampacity Essen

Kabellänge: 1,000 m

Kapazität: 40MVA AC (10kV, 2.3kA)

In Betrieb seit 2014



MACHBARKEIT BESTÄTIGT, ABER NUR KURZE DEMOSTRECKEN – NICHT KOMMERZIELL UMSETZBAR

SWM SuperLink: Konzeption eines HTS - Gesamtsystems zur städtischen Hochspannungsversorgung mit minimalem Installations- und Betriebsaufwand

Schlüsselfaktoren für den Einsatz

Entscheidend für einen neuen Technologieansatz im urbanen Bereich sind:

1. Versorgungssicherheit/ Ausfallsicherheit
2. Übertragungskapazität je System
3. Wirtschaftlichkeit im Betrieb (Wartungskosten und Verluste)
4. Kosten im Bau (maßgeblich bestimmt durch Tiefbau und Oberfläche)
5. Kosten für benötigten Raum (Straßenbereich und Komponenten)
6. Verfügbarkeit von Trassen für Systemverlegung und Platz für Komponenten (Transformatoren, Schaltanlagen, Eigenbedarf)
7. Akzeptanz der Bevölkerung bei der Verlegung und im Betrieb

Die „weichen“ Faktoren (Akzeptanz) gewinnen zunehmend an Bedeutung
Weitere wichtige Faktoren sind Trassenverfügbarkeit und Baukosten

Sichtweise des Energieversorgers:

Sichtweise des Energieversorgers:

- HTS-Systeme befinden sich an verschiedenen Stelle erfolgreich im Erprobungseinsatz
- Wichtige Komponenten (vor allem Zwischenkühlungen mit Ein-/ Auskoppelung) existieren bisher nicht
- Entwicklung aller notwendigen Komponenten (Kabel, Endverschlüsse, Muffen) in sehr kompakter Ausführung und Prüfung auf Normkonformität zu testen (Typprüfung)
- Das Zusammenwirken aller Komponenten (Kabel, Endverschlüsse, Muffen, Kühlung) ist für den 110 kV-Bereich nachzuweisen (Demo-Installation)
- Die Option der Verwendung vorhandener Rohrleitungen (110 kV-Gasdruckkabelrohre) ist zu prüfen (Retrofit).
- Ziel ist deutliche Kostensenkung bei kommerziellen Projekten
- Minimierung der Beeinträchtigung von Umwelt (Nachhaltigkeit und Emission) und Stadtleben ist zu sichern
- Kosten bei der Gesamterneuerung von Städtetzen sind deutlich zu reduzieren.



Inhalt und Umfang eines Forschungsprojektes

Forschungsprojekt HTS

- Bildung eines Herstellerkonsortiums und Erstellung eines Kooperationsvertrages
- Stellung eines Forschungsantrages
- Konzeptionierung des 110-kV-HTS
- Planung und Realisierung der Hauptkomponenten (Kabel, Muffen, Endverschlüsse, Zwischenkühlung)
- Typprüfung aller Komponenten
- Aufbau einer Teststellung und Betriebstest im HUW Menzing

Realisierungsprojekt HTS

- Realisierung eines ersten Kabelabschnittes HUW MZ – SCH Isartalstrasse(ca. 12 km)
- Ausblick weiterer Optionen:
 - HUW Menzing – HUW Föhring
 - HUW Föhring – SCH Isartalstrasse

Schlussbemerkung & Bedeutung

Das SWM SuperLink Projekt legt den Grundstein

**für den weltweit größten und bedeutendsten Einsatz eines HTS - Kabelsystems zur die Absicherung der
Energieversorgung einer Metropole**

Die HTS - Lösung ...

- **stellt die wirtschaftlich und technisch sinnvollste Antwort für die Herausforderung der zukünftigen städtischen Energieversorgung dar**
- **bedeutet minimalen Eingriff in Umwelt, städtisches Umfeld und Verkehr**
- **ermöglicht Flexibilität bei wachsendem elektrischen Energieverbrauch**
- **steigert die Energieeffizienz in der städtischen Stromverteilung**
- **minimiert die Belastungen für die Bevölkerung bei Bau und Betrieb**

HTS Cables at NKT

Since 1997: NST, Ultera, NKT

Experience: 14 yrs of operation, several WR



Next: SWM SuperLink, 12 km, 110 kV, 500 MW

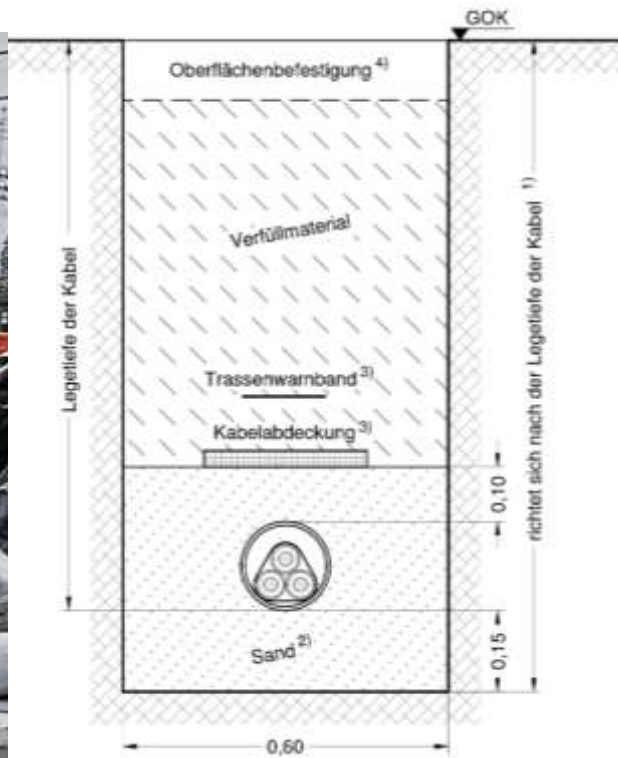


- Target: Ultra-compact HTS system for retrofit in existing tubes

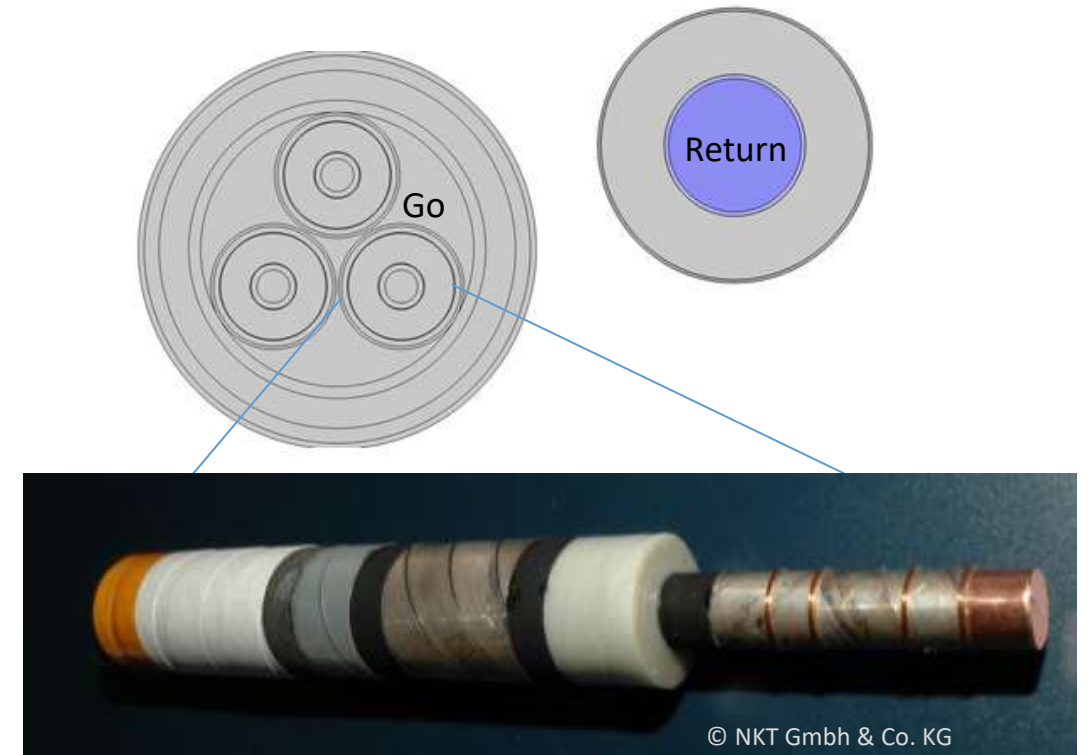
HTS Cable design

Building on our experience with City Cables for retrofit

NKT 110 kV City Cables



NKT 110 kV HTS Cable



Contributing to Energiewende

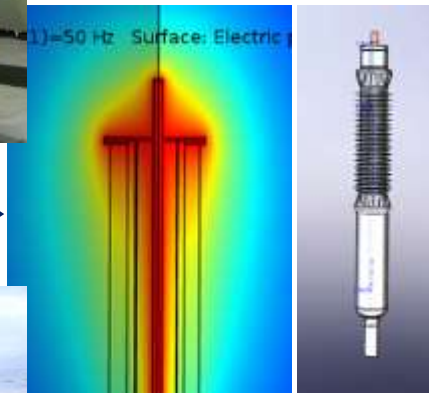
SWM 110 kV 500 MW HTS cable

NKT Capabilities...



Manufacturing

Design & testing



Installation & operation

...supporting the Green Transition

- a) Compact 110 kV system
- b) Easy to install
- c) Low cable losses
- d) Several times higher power rating
- e) Enable structural changes in the Grid

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

