



Erfahrungen mit Zwischenverkabelungen im 380-kV-Netz der TenneT

Dr.-Ing. Hanno Stagge
AMT-AT-CL-CG

Technik-Dialog Erdkabel der Bundesnetzagentur

24.11.2020

1,5 Min

Übersicht

Einleitung

1,5 Min

- Erfahrungsbericht Erdkabel
 - **Hinweis:** Teilweise sind die Folien dieses Vortrages direkt der Präsentation des „Erfahrungsberichts Erdkabel“ der vier Übertragungsnetzbetreiber entnommen.
- Hintergrund zu Erdkabelpiloten
- Gleichspannung vs. Wechselspannung

2 Min

1,5 Min

Schwerpunkt

5 Min

4 Min

- Übersichtspunkte Asset Management, Standardvorgaben
- Herausforderungen im Bau


2 Min

Zusammenfassung

1 Min

Diskussionseröffnung

18,5 Min



Vorstellung Erfahrungsbericht: Einsatz von Erdkabeln im Höchstspannungs-Drehstrombereich

Berlin, 7. Oktober 2020

Erfahrungsbericht Erdkabel

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) darum gebeten, vorliegende Erfahrungen zu den Pilotvorhaben mit Teilerdverkabelungen (§ 5 Abs. 3 BBPIG) in einem Sach- bzw. Erfahrungsbericht zusammen zu fassen.

https://www.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/Publications/AC-Cable/20201007_4%C3%9CNB_Erfahrungsbericht_Erdkabel_Drehstrom.pdf

Die ÜNB haben im Oktober 2020 den Bericht veröffentlicht.

Kapitelübersicht

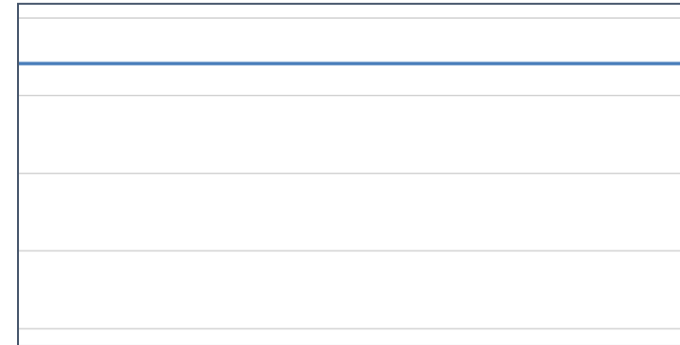
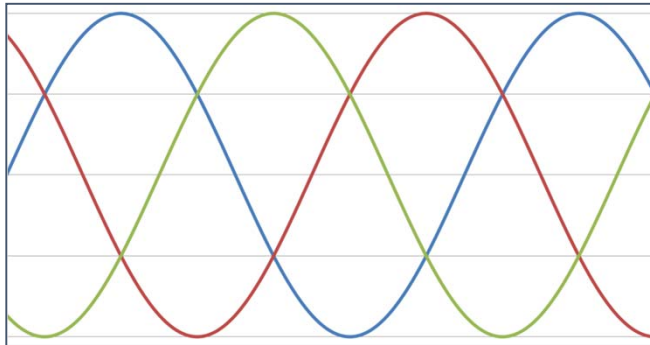
- Projektübersicht Leitungen mit Kabelabschnitten
- Dialog und Akzeptanz
- Genehmigungsverfahren und Umwelt
- Bauweise und Errichtung
- Betrieb und Betriebssicherheit
- Erdkabeltechnik
- Systemtechnische Betrachtungen
- Wirtschaftlichkeit

Einsatz von Erdkabeln im Höchstspannungs-Drehstrombereich

Hintergrund

- Der Gesetzgeber hat im Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) und im Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) für ausgewählte Höchstspannungs-Drehstromvorhaben Pilotprojekte vorgesehen, bei welchen bei Vorliegen bestimmter Voraussetzungen auf technisch und wirtschaftlich effizienten Teilabschnitten Erdkabel errichtet werden können.
- Die Pilotvorhaben für Teilerdverkabelung bieten die Möglichkeit, diese Technologie im Höchstspannungsnetz zu testen.
- Testzweck der Piloten sind Fragen rund um:
 - Planung und Genehmig (z.B. Prüfschema für Kriterien)
 - Bau (z.B. Bodenschutz, Auswirkungen auf die Umwelt)
 - Betrieb und Systemführung (Blindleistungskompensation, Muffe(n) als Sollbruchstellen, harmonische Schwingungen)
- Es fehlen noch kurz- und langfristige Erkenntnisse beim Betrieb der Erdkabel, so dass eine grundlegende Bewertung noch nicht möglich ist. Weitere Erfahrungen mit aktuell in Planung und im Bau befindlichen Erdkabeln sind unbedingt notwendig, bevor weitere Projekte dazukommen, um Versorgungssicherheit und eine sichere Systemführung gewährleisten zu können

Wechselspannung vs. Gleichspannung



Rechtliche Grundlage

- Im Drehstromnetz werden standardmäßig auf Neubauleitungen weiterhin Freileitungen bei 380 kV eingesetzt
- Nur bei konkret im Gesetz benannten Leitungen muss geprüft werden, ob Kabelabschnitte „technisch und wirtschaftlich effizient“ sind
- Im Allgemeinen sind diese Kabelabschnitte von 3 bis 7 km lang
- Die geplanten Gleichspannungsleitungen werden vorrangig als Erdverkabelung ausgeführt und nur im Ausnahmefall als Freileitung

Aufgabe Asset Management / Asset Technology

Allgemein:

AMT-AT trifft die Festlegungen, nach welchen Vorgaben Leitungen und Umspannwerke geplant, gebaut und instandgehalten werden.

Hauptkriterien:

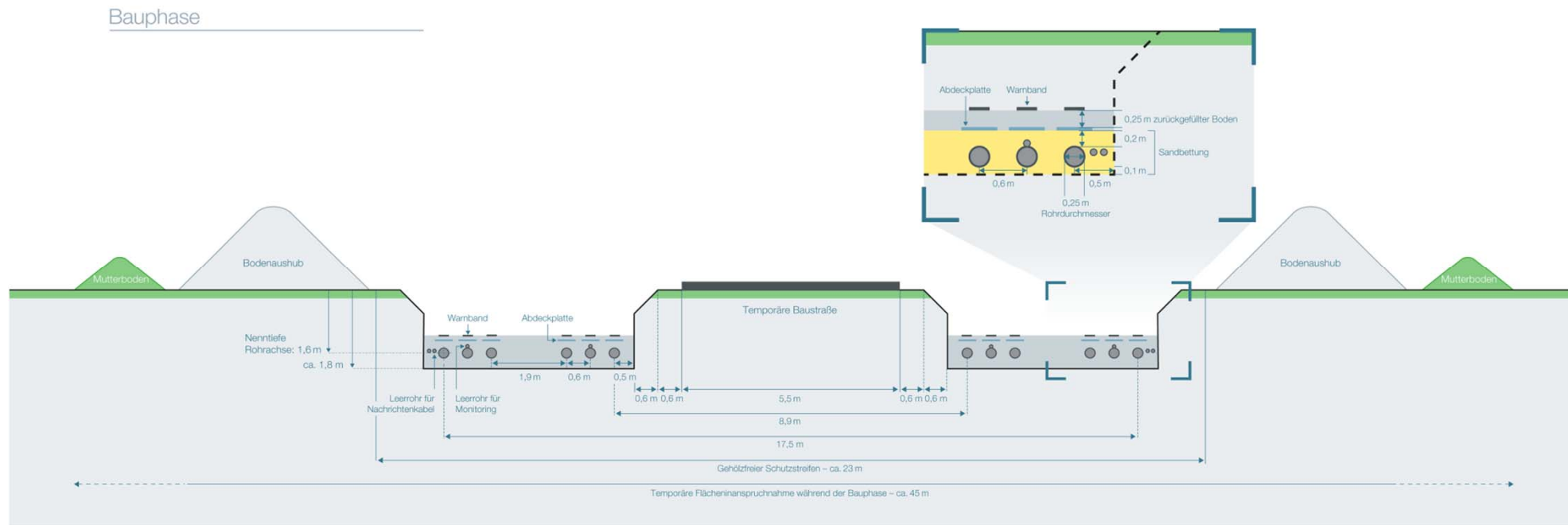
- Qualität des Gesamtsystems
- Langlebigkeit
- Beachtung des technisch-wirtschaftlichen Optimums

Konkret zu AC-Kabelanlagen, wichtigste Kriterien

- Übertragungsleistung
 - Möglichst hoch, zumindest Minimum gewährleisten
- Verfügbarkeit
 - Möglichst wenig Ausfälle, möglichst kurze Reparaturzeit
- Standardisierung
 - Möglichst viele Gleichteile, wenig Ersatzteile, geringe Verwechslungsgefahr
- Einfache und klare Richtlinien für die Projektumsetzung
 - Möglichst geringe Komplexität in Planungs- und Bauphase, insbesondere im Hinblick Genehmigung, Abwägungen/Alternativen, Berechnungen/Nachweise

Standardvorgabe – Graben für 380 kV

- Minimalvorgabe nach thermischer Auslegung
- Je Stromkreis sind zwei Kabel pro Phase erforderlich => 12 Kabel
- Einzelkabelabstand 0,6 m bei Tiefe 1,6 m
- Gesamtbreite Schutzstreifen 23 m
- Sandbettung im direkten Kabelumfeld
- Temporär für die Bauphase doppelte Breite für Lagerung Aushub



Auslegung / Berechnung AC-Kabelanlage

Grundablauf:

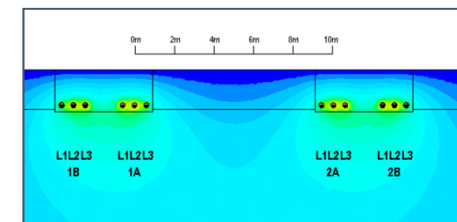
1. Elektrische Dimensionierung

- Stromstärke auf den einzelnen Leitern bestimmen (Stromverteilung)
- Stromstärke im Schirm bestimmen
- Verlustleistung pro Einzelkabel berechnen

Kabel		1B/L1	1B/L2	1B/L3	1A/L1	1A/L2	1A/L3	2A/L1	2A/L2	2A/L3	2B/L1	2B/L2	2B/L3
Leiterstrom [A]		1536	1546	1631	1616	1605	1519	1546	1546	1640	1606	1604	1510
Schirmstrom [A]		105,3	40,9	52,7	34,3	71,2	45,8	73,9	6,9	53,3	14,8	89,7	81,8
Max. Temperatur [°C]	Rohr	57,6	64,8	64,8	65,3	67,0	58,4	58,7	65,5	65,5	64,5	66,2	57,1
	Leiter	78,8	86,1	88,3	88,4	89,9	79,1	80,1	86,9	89,3	87,3	89,2	77,7
Verluste pro Kabel [W/m]		35,1	35,5	38,9	38,2	38,5	33,7	35,1	35,4	39,4	37,6	38,6	33,7

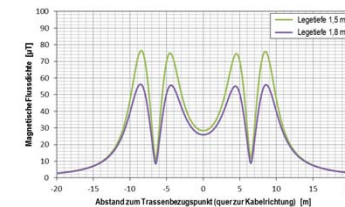
2. Thermische Dimensionierung

- Thermisches Erdreichmodell inkl. Bodenaustrocknung
- Für offene Verlegung und Bohrungen bei Kreuzungen



3. Magnetische Flussdichte und Immissionsgrenzen

- Berechnung der magnetischen Flussdichte über der Trasse und an ausgewählten Orten wie in BImSchV angegeben



4. Transiente Überspannung berechnen

- Belastung Kabelmantel und Auswahl Überspannungsableiter

Für die einzelnen Schritte sind jeweils Iterationsschleifen notwendig.

Für die einzelne Kabelanlage und die Hybridleitung sind weitere Prüfungen notwendig.

Beispielhaft: Fragestellungen Auslegung

Auslegungskriterium Grundwasser / Austrocknung

- Kann auch in Norddeutschland davon ausgegangen werden, dass der Grundwasserspiegel gegenüber der heutigen Planung in 30+ Jahren nicht absinkt?
 - Auswirkungen der Klimaveränderung allgemein
 - Wir haben keinen Einfluss auf Brunnenbau o.ä. in der Nähe von Kabelanlagen

Aspekte Asset-Management: Bau von 380-kV-Kabelanlagen

Genauigkeit der Kabellage

- Hohe Positionsgenauigkeit notwendig
 - Thermische Auslegung
 - Magnetische Flussdichte
 - Elektrische Kenndaten, Schirmbehandlung
- Nennlegetiefe Achse Schutzrohr: 1,6 +0,2/-0,1 m
- Legetiefe Kabelabdeckplatten: 0,15 m bis 0,35 m über d
- Legetiefe Trassenwarnband: 0,20 m bis 0,40 m über der
- Achsabstand der Schutzrohre im System: 0,60 ± 0,02 m
- Kabelsysteme, gemessen Achse-Achse der innenliegend
- Kabelstromkreisabstand, gemessen Achse-Achse der in
- Wichtig sowohl bei offener als auch bei geschlossener Bauweise und bei Sonderverfahren wie Einpflügen
 - Dies muss allen am Bau Beteiligten klar sein
 - Umfangreiche Qualitätssicherung
- Umgang mit Abweichungen in der Bauphase
 - Insbesondere kurzfristig, können Abweichungen freigegeben werden?
 - Abwägung: Baustillstand vs. Probleme der in Zukunft durch fehlerhafte Ausführung



Aspekte Asset-Management: Bau von 380-kV-Kabelanlagen

Konkrete Anforderungen Boden/Bettung

- Wichtige Parameter für die Kabelanlage aus Sicht Asset Management
 - Wärmeleitfähigkeit
 - Verdichtung
 - Austrocknungsübertemperatur

- Projektspezifische Anforderungen
 - Anstehenden Boden vor Ort einbeziehen
 - möglichst wenig Fremdmaterial nutzen, wenn notwendig dann zumindest kurze Transportwege einhalten
 - Vorgaben der bodenkundlichen Baubegleitung beachten (z.B. Anpassungen bei langer Regenphase, separate Lagerung verschiedener Bodenschichten)
 - Umgang mit Abweichungen, insbesondere kurzfristig



Einsatz von Erdkabeln im Höchstspannungs-Drehstrombereich

Fazit aus den bisherigen Pilotvorhaben

- Teilerdverkabelung im Drehstrombereich ist **kein Allheilmittel** – Erdkabelabschnitte führen eher zu einer **Verlagerung** als zum Abbau der Widerstände
- Planung, Genehmigung und Bau sind bei Erdkabeln **komplexer** als bei Freileitungen – und führen schlussendlich zu längeren Laufzeiten der Projekte, statt zu einer Beschleunigung.
- Auswirkungen des Einsatzes von Erdkabelabschnitten auf Betriebs- und Systemsicherheit im vermaschten Drehstrom-Höchstspannungsnetz ist in der Praxis **noch nicht erforscht**.
- Die **Kosten** im Vergleich zur Freileitung liegen bei einer Teilerdverkabelung in Planung, Errichtung und Betrieb sind abhängig von der Bauweise, **mindestens um den Faktor 6 höher**.

Weitere Erfahrungen aus den in Planung, Genehmigung und im Bau befindlichen Pilotprojekten sind notwendig, bevor weitere Projekte dazukommen, um Versorgungssicherheit und eine sichere Systemführung gewährleisten und Erfahrungen sinnvoll umsetzen zu können.

Diskussionseröffnung

Im Vortrag behandelt

Anforderungen an den Bau von Kabelanlagen
aus Sicht des Asset Managements

Steile These aus dem Asset Management

Die Bauphase ist nur
eine notwendige Voraussetzung
(„Mittel zum Zweck“)
für die Betriebsphase.

Für uns wichtig ist die Betriebsphase der Kabelanlage.

Disclaimer

Diese PowerPoint-Präsentation wird Ihnen von der TenneT TSO GmbH („TenneT“) angeboten. Ihr Inhalt, d.h. sämtliche Texte, Bilder und Töne, sind urheberrechtlich geschützt. Sofern TenneT nicht ausdrücklich entsprechende Möglichkeiten bietet, darf nichts aus dem Inhalt dieser PowerPoint-Präsentation kopiert werden, und nichts am Inhalt darf geändert werden. TenneT bemüht sich um die Bereitstellung korrekter und aktueller Informationen, gewährt jedoch keine Garantie für ihre Korrektheit, Genauigkeit und Vollständigkeit.

TenneT übernimmt keinerlei Haftung für (vermeintliche) Schäden, die sich aus dieser PowerPoint-Präsentation ergeben, beziehungsweise für Auswirkungen von Aktivitäten, die auf der Grundlage der Angaben und Informationen in dieser PowerPoint-Präsentation entfaltet werden.