



Druckluftkabel

Umweltschonende elektrische Energieübertragung

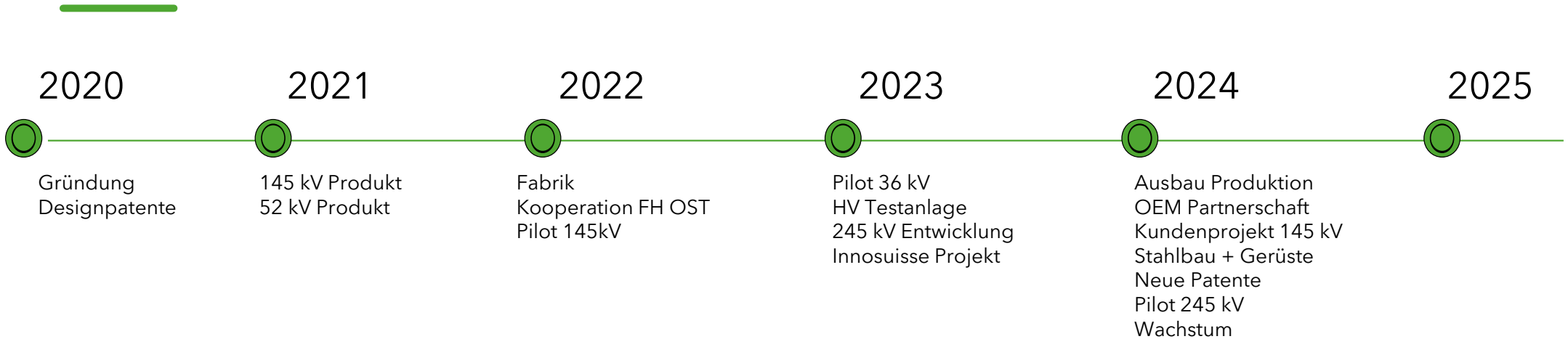
Unsere Vision: Druckluftkabel sind der neue Standard für die elektrische Energieübertragung.

Dr. Walter Holaus, CEO
Science Brunch, 31. Mai 2024

Hivoduct AG



Schweizer Technologie-Startup in der Wachstumsphase



Dr. Walter Hölzli

Position President & CEO

Background Walter Hölzli is an electrical engineer from TU Wien and holds a PhD in high-voltage switching from ETH Zurich. He developed and managed gas-insulated switching, managed global R&D teams and started a research center in Zurich.

Email walter.holzli@hivoduct.com



Dr. Marco Jost

Position Board Member

Background Marco Jost is a finance expert and Actuary. He holds a PhD in Financial mathematics, is a partner of PFCentral AG and gives lectures at HBLU and ZHAW.

Email marco.jost@hivoduct.com

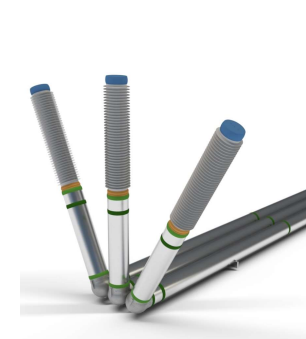
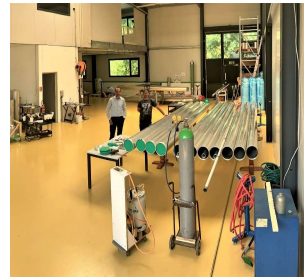


Urs Veseli

Position Board Member

Background Urs Veseli is an entrepreneur and mechanic. He founded and runs machining and real estate companies and was a successful sportsman and olympic winner.

Email urs@veseli.com

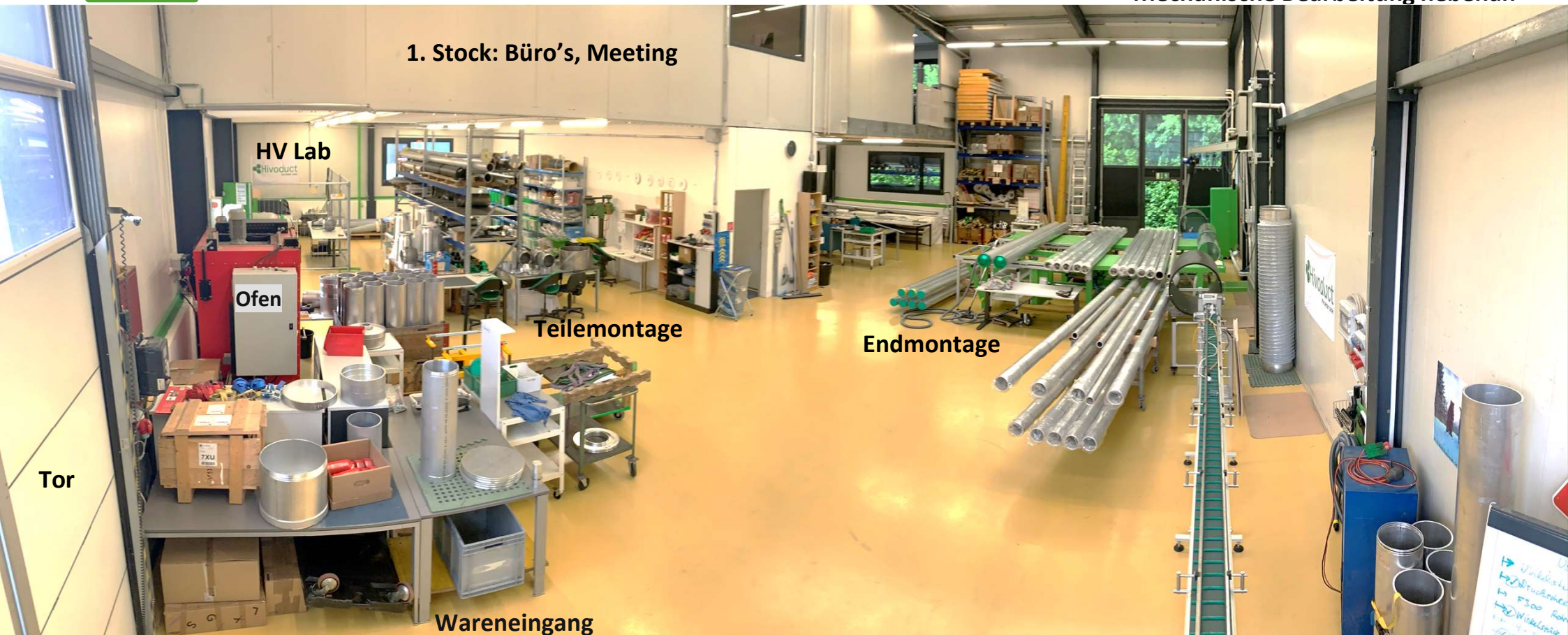


Produktion Druckluftkabel



Bearbeitung und Montage im Haus

Mechanische Bearbeitung nebenan ->



1. Stock: Büro's, Meeting

HV Lab

Ofen

Teilemontage

Endmontage

Tor

Wareneingang

Warum SF6 Gas – und warum verbieten ? Hivoduct the better cable

SF6 war «unersetzlich» für Hochspannungsanlagen

Schweiz: Bisher „freiwillige Branchenlösung“

Freiwillige Branchenlösung für SF6

Die freiwillige Branchenlösung hat zum Ziel, den Einsatz und die Emissionen von SF6 so weit als möglich zu begrenzen. Sie wird durch Swissmem koordiniert.

SF6 ist ein hochwirksames Treibhausgas mit einem globalen Erwärmungspotenzial von 22'800 (1 kg SF6 ist gleich wirksam wie 22.8 Tonnen CO2). Seine Verwendung ist grundsätzlich verboten, wobei Ausnahmeregelungen gelten für Anwendungen, in denen SF6 nicht durch andere Stoffe ersetzt werden kann (z. B. Isolationsgas in elektrischen Hochspannungsanlagen oder Teilchenbeschleunigern).

In zwei Vereinbarungen werden unter anderem Reduktionsziele für Emissionen von SF6 aus Herstellung und Betrieb von elektrischen Anlagen bzw. aus Teilchenbeschleunigern festgelegt. Für das Jahr 2020 betragen die Zielwerte 3.2 Tonnen für SF6 aus Herstellung und Betrieb von Anlagen der Höchst-, Hoch- und Mittelspannung, resp. 0.45 Tonnen SF6 aus Teilchenbeschleunigern. Die Einhaltung der Reduktionsziele für 2020 wird im Sommer 2021 anhand der durchschnittlichen Emissionen der Jahre 2019-2021 überprüft.

EU: Verbot von SF6 auch für Hochspannungsanlagen 2024:

Schaltanlagen mit fluorierten Treibhausgasen

Übersicht über die Regelungen der Verordnung (EU) 2024/573 über fluorierte Treibhausgase

1 Warum regelt die Verordnung bestimmte Schaltanlagen?

Gasisolierte Schaltanlagen können Schwefelhexafluorid (SF₆) oder andere fluorierte Treibhausgase enthalten. SF₆ gehört zu den Substanzen mit dem höchsten bekannten Treibhauspotential (GWP). 1 kg SF₆ hat die gleiche Wirkung auf das Klima, wie 24.300 kg CO₂.

Durch seine extrem große Stabilität reichert sich dieser Stoff in der Atmosphäre an und kann von dort nicht wieder entfernt werden.

Folgende Verbotstermine gelten:



Tabelle 1: Artikel 13 Absatz 9 a-d

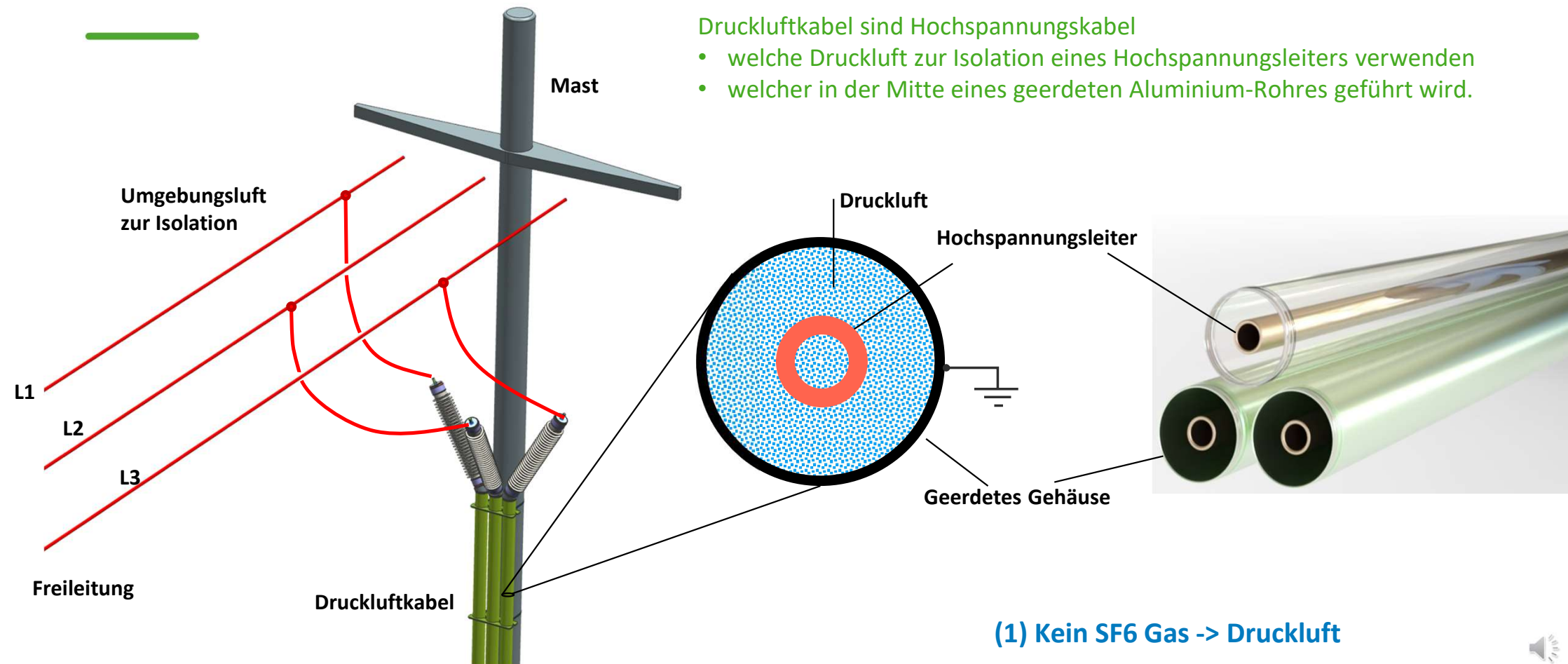
Bedingung ohne Vergabeverfahren	Bedingung ohne Vergabeverfahren	Verbotstermin Inbetriebnahme
≤ 24 kV	ohne F-Gas*	ab 01.01.2026
> 24 kV bis ≤ 52 kV	ohne F-Gas*	ab 01.01.2030
>52 kV bis ≤ 145 kV / ≤ 50 kA	GWP < 1	ab 01.01.2028
> 145 kV / > 50 kA	GWP < 1	ab 01.01.2032

*F-Gas: Fluoriertes Treibhausgas des Anhangs I, II oder III der Verordnung

Was sind Druckluftkabel ?

Druckluftkabel sind Hochspannungskabel

- welche Druckluft zur Isolation eines Hochspannungsleiters verwenden
- welcher in der Mitte eines geerdeten Aluminium-Rohres geführt wird.



(1) Kein SF6 Gas -> Druckluft



Druckluftkabel Basisdesign

Schraubenlose Flanschverbindung.



Zum Vergleich: Geschraubte Flansche in bestehenden Produkten



Installation mit Druckluftkabeln – ohne Schraubflansche

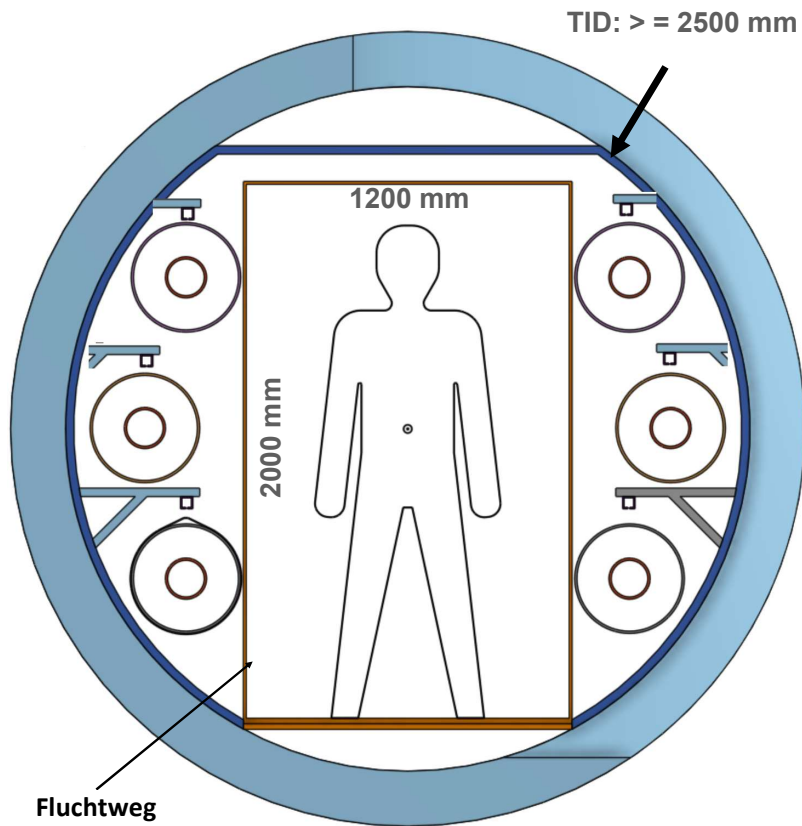


(2) Keine Schrauben, einfachere Montage

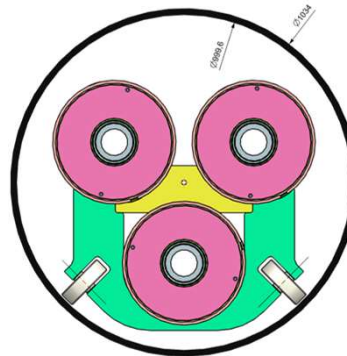
Druckluftkabel Basisdesign

Rollensystem für Verlegung in Schutzrohren

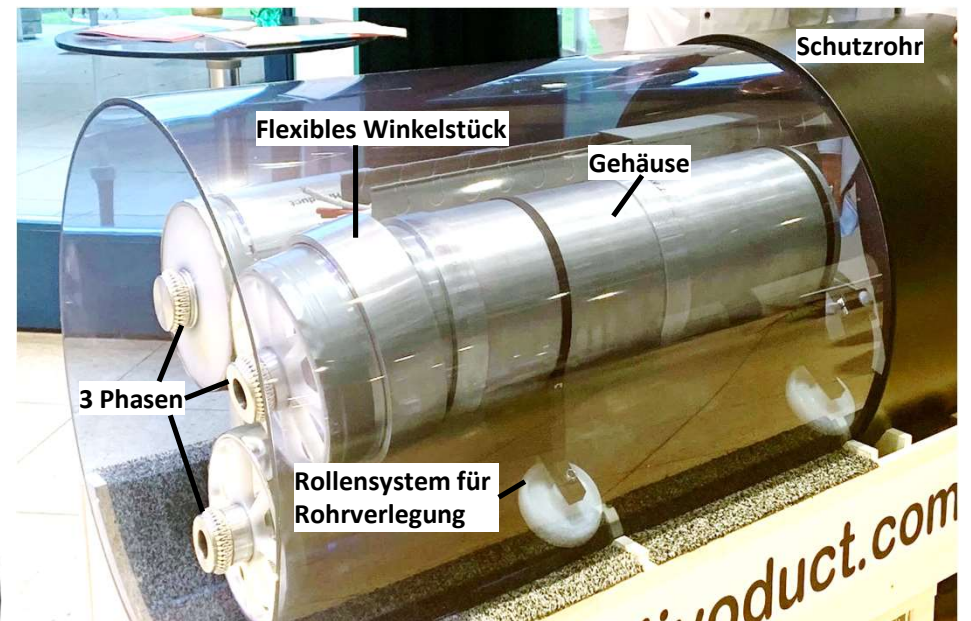
Gas-isolierte Leitung in begehbaren Tunnel



Größenvergleich:
Tunnel - Schutzrohr



Druckluftkabel im Schutzrohr

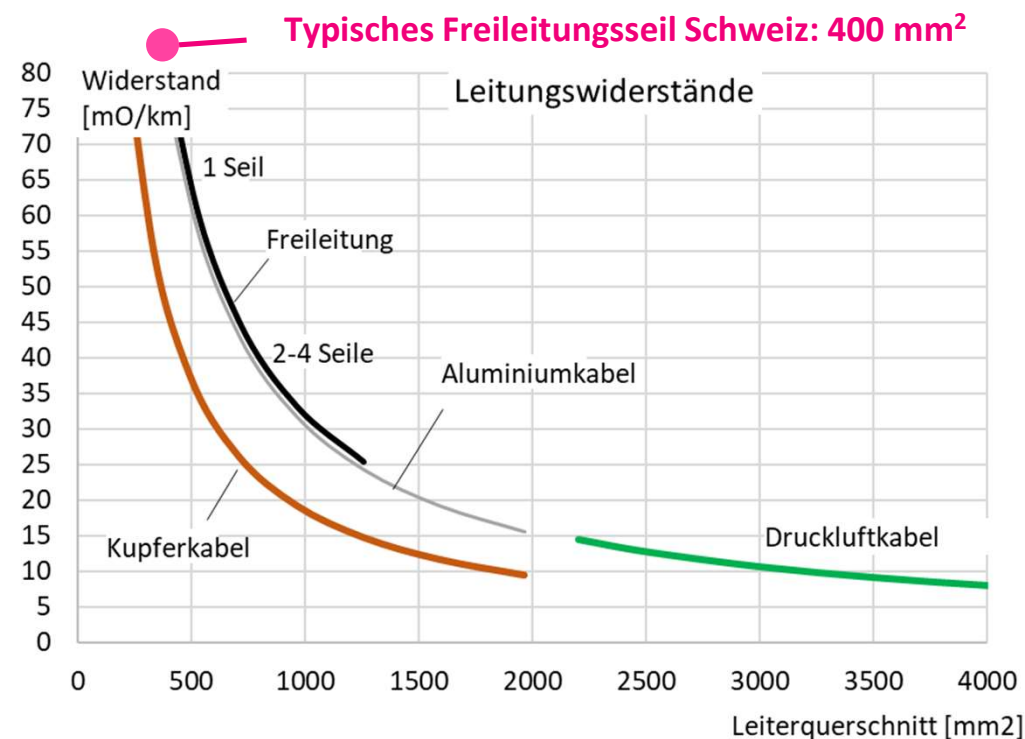


(3) Kein Tunnel nötig

Vorteil: Viel geringere Verluste

Grösserer Durchmesser & Leiterquerschnitt -> Geringerer Widerstand

- Kabel: bis 2500 mm²
- Freileitung: bis 3*400 mm²
- Druckluftkabel: ab 2200 mm²



(4) Viel weniger Verluste

Life Cycle Assessment: PAC vs. OHL

Strong reduction in CO₂ footprint over lifetime

- Losses are the largest contributor to the CO₂ footprint of an electric energy transmission system
- PAC have significantly less losses during operation
- An LCA for PAC has been conducted to calculate CO₂ footprint
- CO₂ footprint has been compared to similar studies for OHL

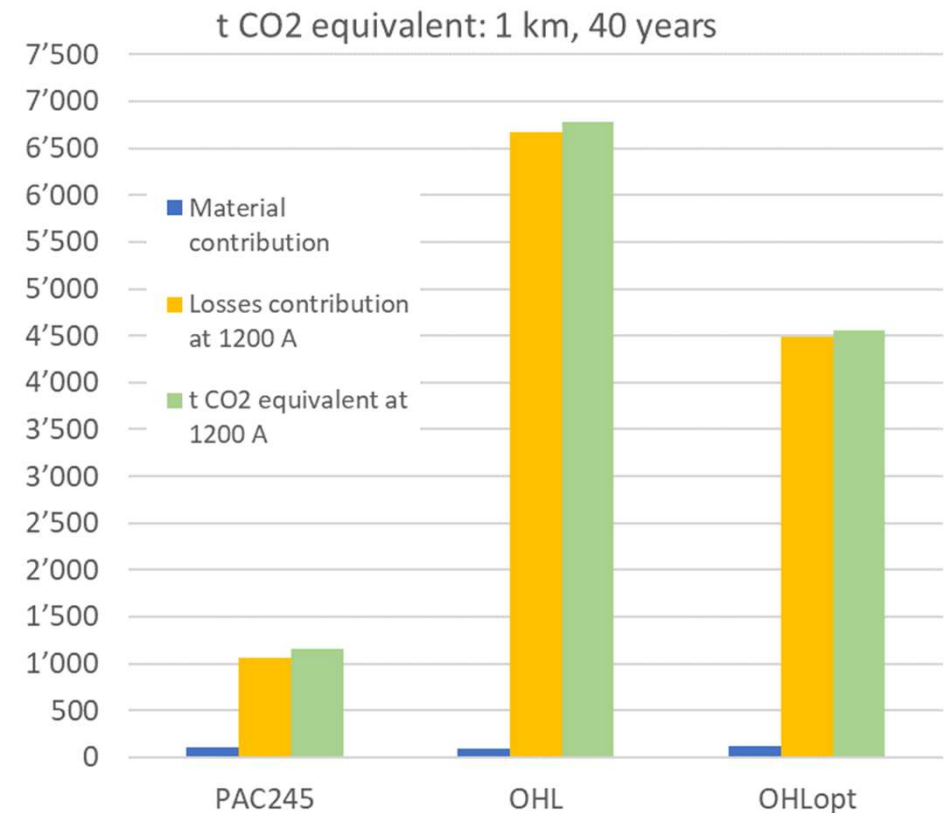
- Comparison confirms that PAC have less emissions during lifetime

Data for PAC:

Carole Schwald et.al. 2023: LCA for medium- und high voltage pressurized air cables for 40 years in operation

Data for OHL:

Zah, R., Del Duce, A. (2014). LCA verschiedener Leitungsvarianten zwischen Mörel-Filet und Fiesch – Schlussbericht



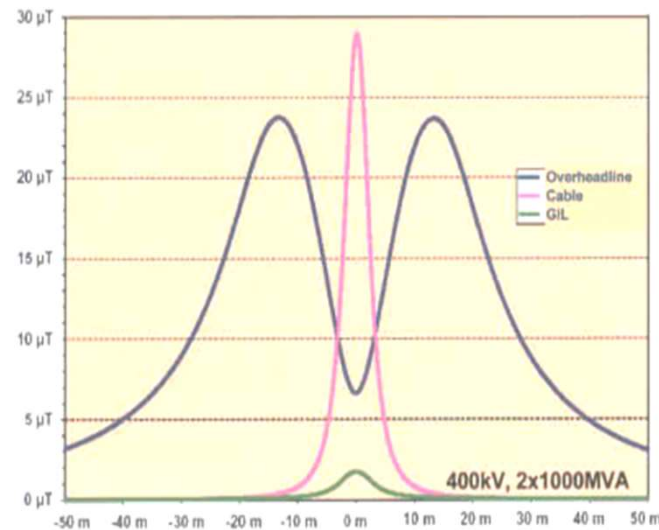
Geringere elektromagnetische Felder

Vergleich: Freileitungen, Erdkabel, Druckluftkabel (GIL)

- **Elektrische Felder:** Bei Druckluftkabeln komplett geschirmt
- **Magnetische Felder ausserhalb von Druckluftkabeln**
 - Dickes Aluminium-Gehäuse erlaubt hohe Gehäuseströme
 - Innenleiterstrom induziert Strom im Gehäuse
 - Die äusseren Magnetfelder werden fast vollständig kompensiert
 - Minimale resultierenden Kräfte im Falle eines Kurzschlusses



Vergleich:
Magnetfelder verschiedener Technologieoptionen

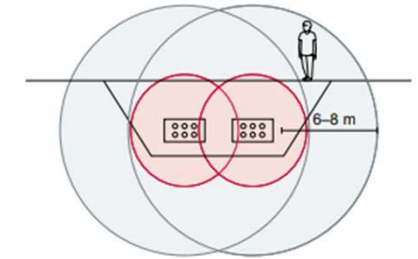


Quelle: EON 380 kV Technologievergleich

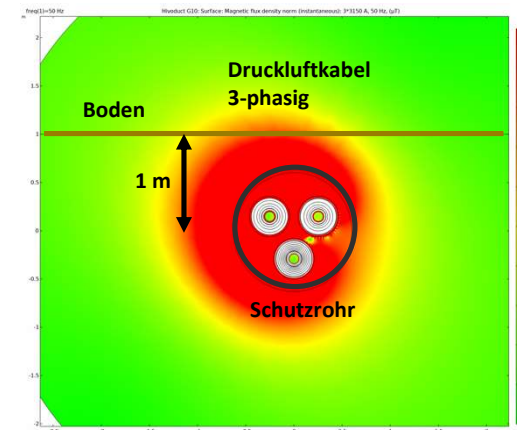
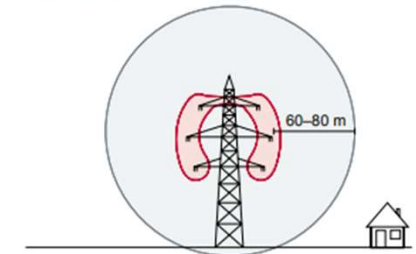
(5) Kleinere Magnetfelder.

Quelle: Swissgrid.ch

Erdkabel



Freileitung

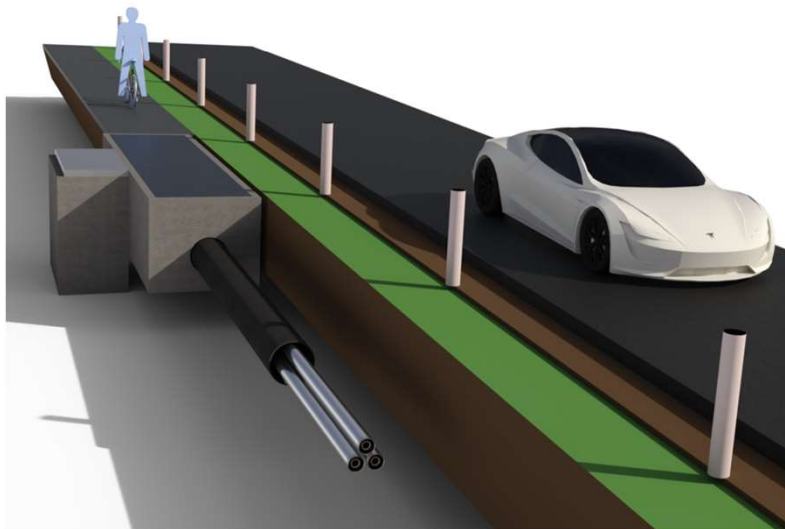


Quelle: Simulationen Hivoduct

Bündelung mit linearer Infrastruktur

Das Druckluftkabeldesign macht das einfacher...

- Weniger Abwärme, metallische Hülle für besten Brandschutz, geringere Magnetfelder, geringerer Blindleistungsbedarf, keine Muffenschächte, weniger Verluste



(6) Einfacher zu Bündeln.

Schlussbericht vom 28. Februar 2019

Klärung von Grundsatzfragen für die Bündelung von Übertragungsleitungen mit Nationalstrassen und Eisenbahnstrecken

UVEK-Studie

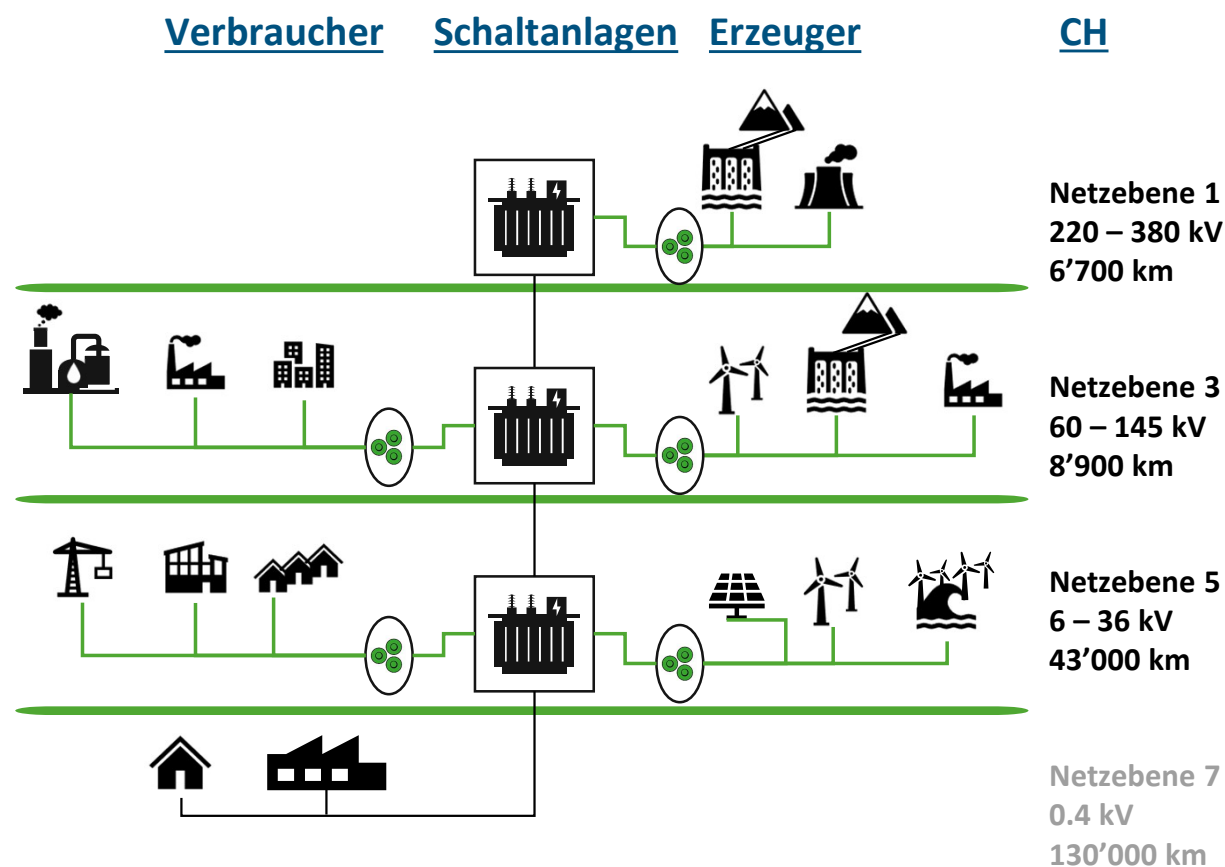


Anwendungen von Druckluftkabeln



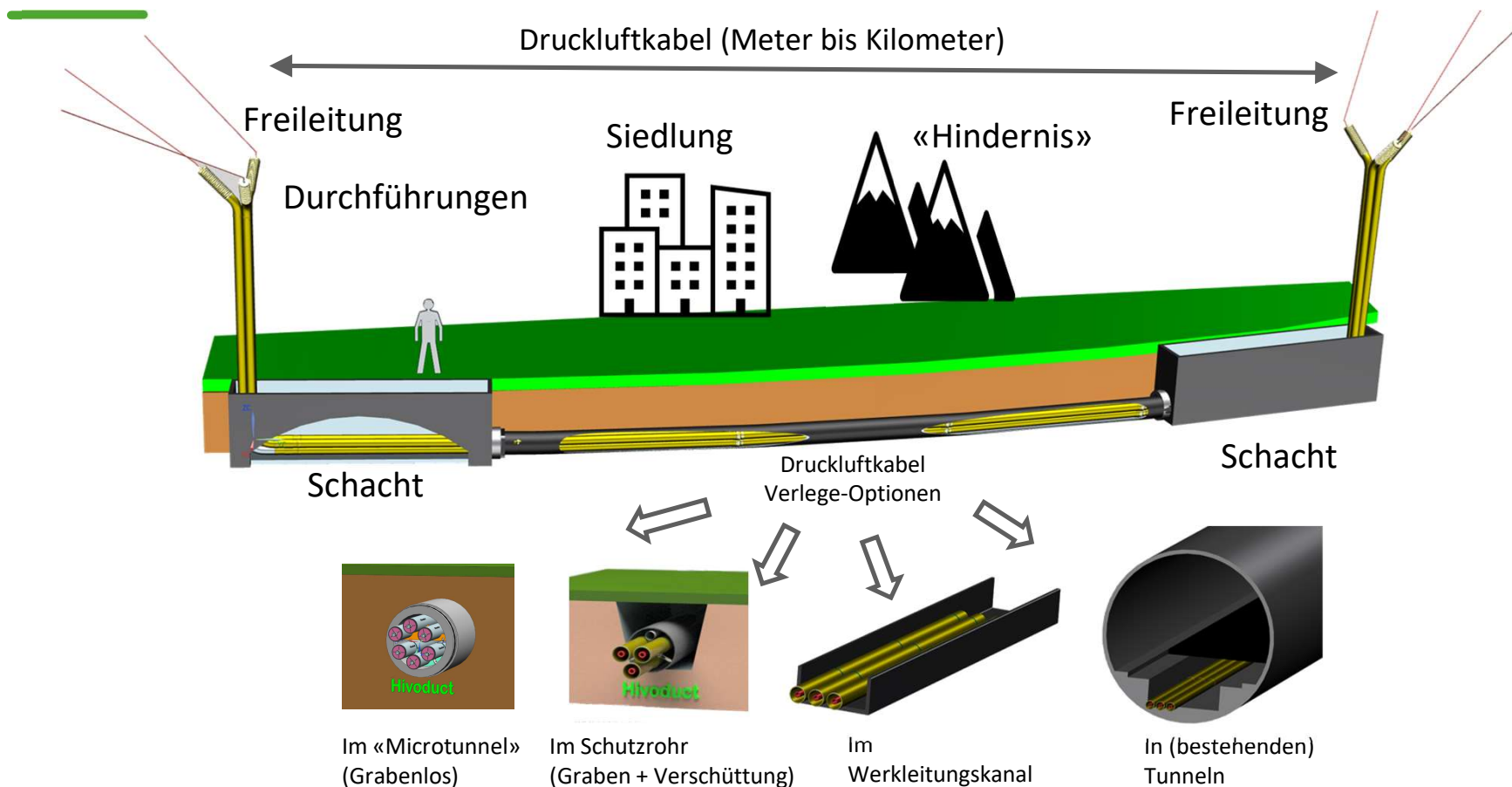
Mittelspannung und Hochspannung, alle Leistungen

- Im Mittel- und Hochspannungsnetz
- Leistungsstarke elektrische Verbindungen:
 - Auf und zwischen Schaltanlagen
 - Zu Grossverbrauchern
 - In Solar/Windparks und Anschlüssen
 - Zwischen Städten
 - Für Datacenter & Grossbatterien



Beispiel: Abschnittsweiser Freileitungersatz

Ersatz von MV und HV Kabeln. Vereinfachte Trasseefindung.

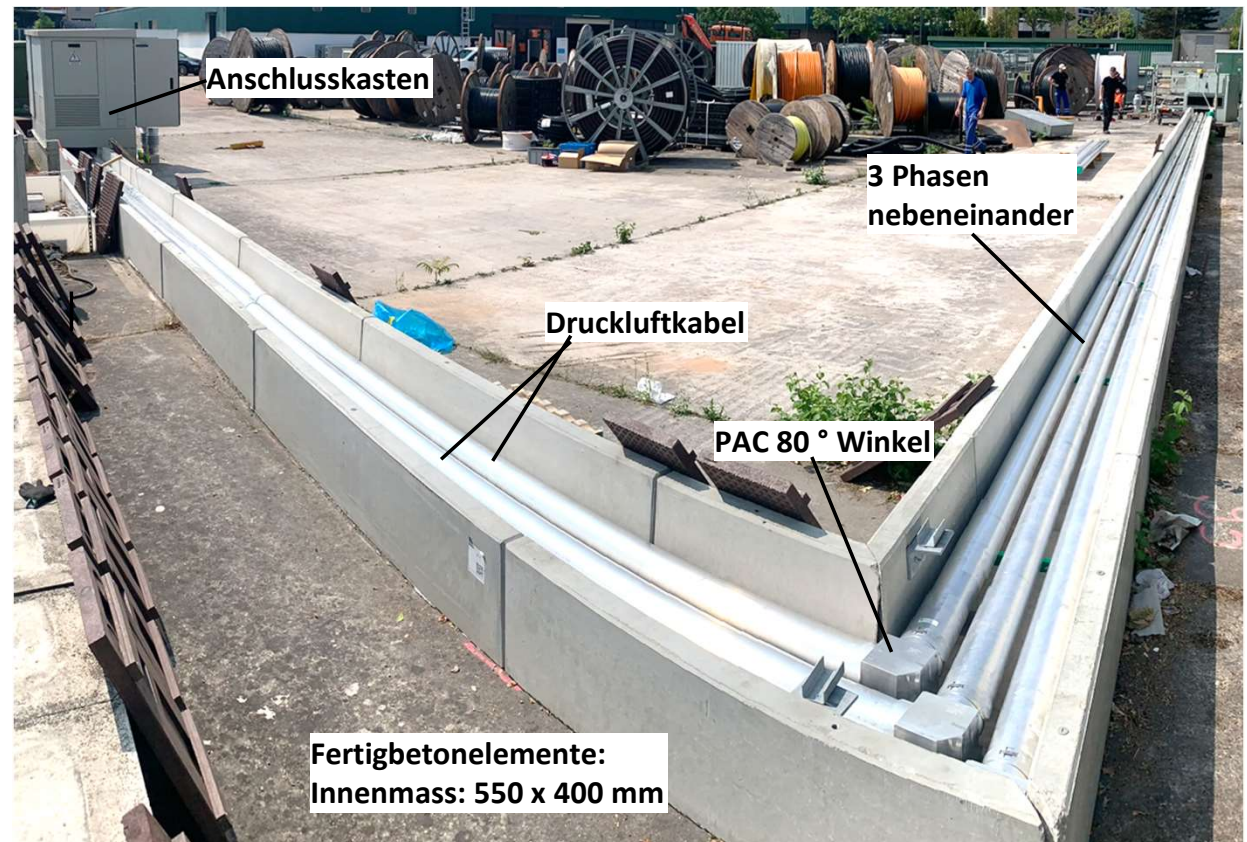


Beispiel: 36 kV, 3000 A im Kabelkanal



Mittelspannungs-Hochstromkabel im Kabelkanal 550 x 400

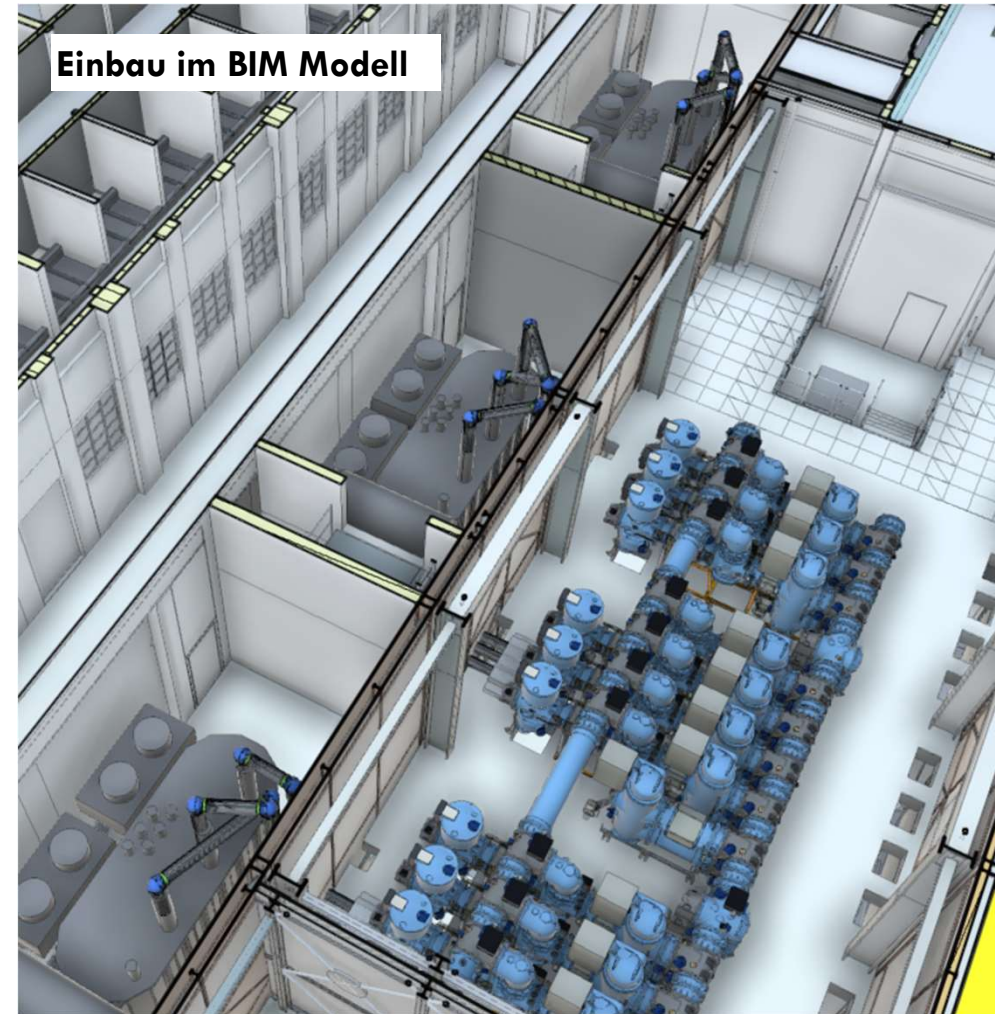
- Pilotinstallation in DE für einen grossen Netzbetreiber
- Pilot erfolgreich abgeschlossen



Druckluftkabel in Schaltanlage

145 kV Verbindung in altem Gebäude

- Kundenprojekt in der Schweiz
- Installation 2024



Eine neue, bessere Technologie



Wenn offensichtlich besser, warum nicht überall einsetzen ?

Warum werden sich Druckluftkabel durchsetzen ?

1. **Druckluft** als Isoliermedium statt SF₆
2. **Schraubenlose** Flanschverbindung
3. **Rollensystem** für kompakte Installationen
4. **Geringe Verluste** & hohe Leistungsfähigkeit
5. Geringere äussere **Magnetfelder**
6. Einfachere **Bündelung** mit linearer Infrastruktur
7. Fast überall einsetzbar im MV und HV Netz
8. Weniger Übertragungsverluste = besser für alle

Warum bis jetzt noch nicht ?

- Weil die **Technologie neu** ist.
- Kritische Infrastruktur braucht **Betriebserfahrung** → fehlt
- Aktuelle Infrastrukturprojekte wurden schon vor Jahren geplant
- **Produktionskapazitäten** für Grossprojekte noch nicht vorhanden
- **Preise** aktuell erst bei hohen Leistungen konkurrenzfähig
- Engineering-Firmen kennen die Technologie noch nicht.

Umweltschonende Energieübertragung

Unsere Vision: Druckluftkabel sind der neue Standard für die elektrische Energieübertragung.

Web: www.hivoduct.com
Email: info@hivoduct.com



Dr. Walter Holaus

Position President & CEO

Background Walter Holaus is an electrical engineer from TU Wien and holds a PhD in high-voltage switchgear from ETH Zürich. He developed and invented gas-insulated switchgear, managed global R&D teams and started a research center in Zürich.

Email walterholaus@hivoduct.com

