

BENEFITS FROM MVDC AND LVDC CABLE SYSTEMS

Patrik Ratheiser, Uwe Schichler*

*Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement
Technische Universität Graz
Österreich*

EnInnov 2024, 16.02.24

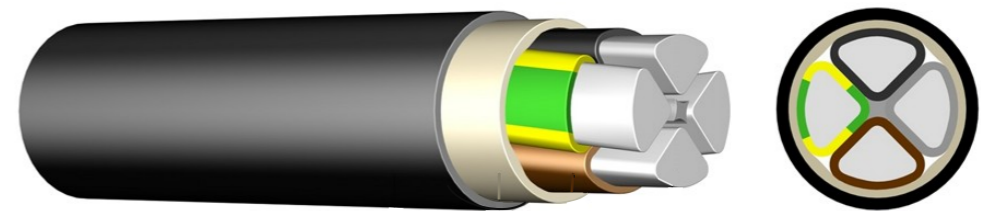
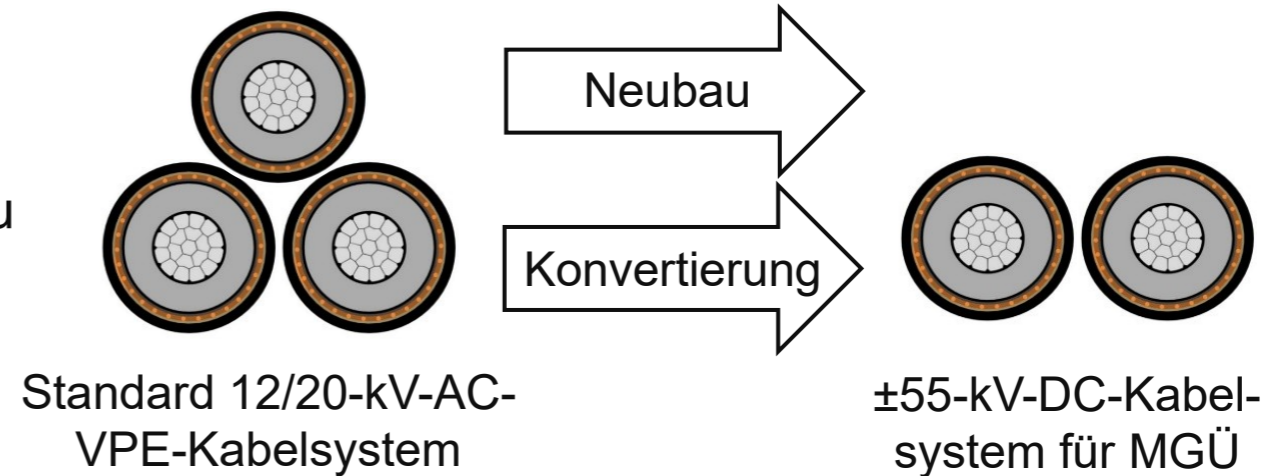
EnInnov2024

18. Symposium Energieinnovation | 14.02.-16.02.2024

Gleichspannungs-Übertragung

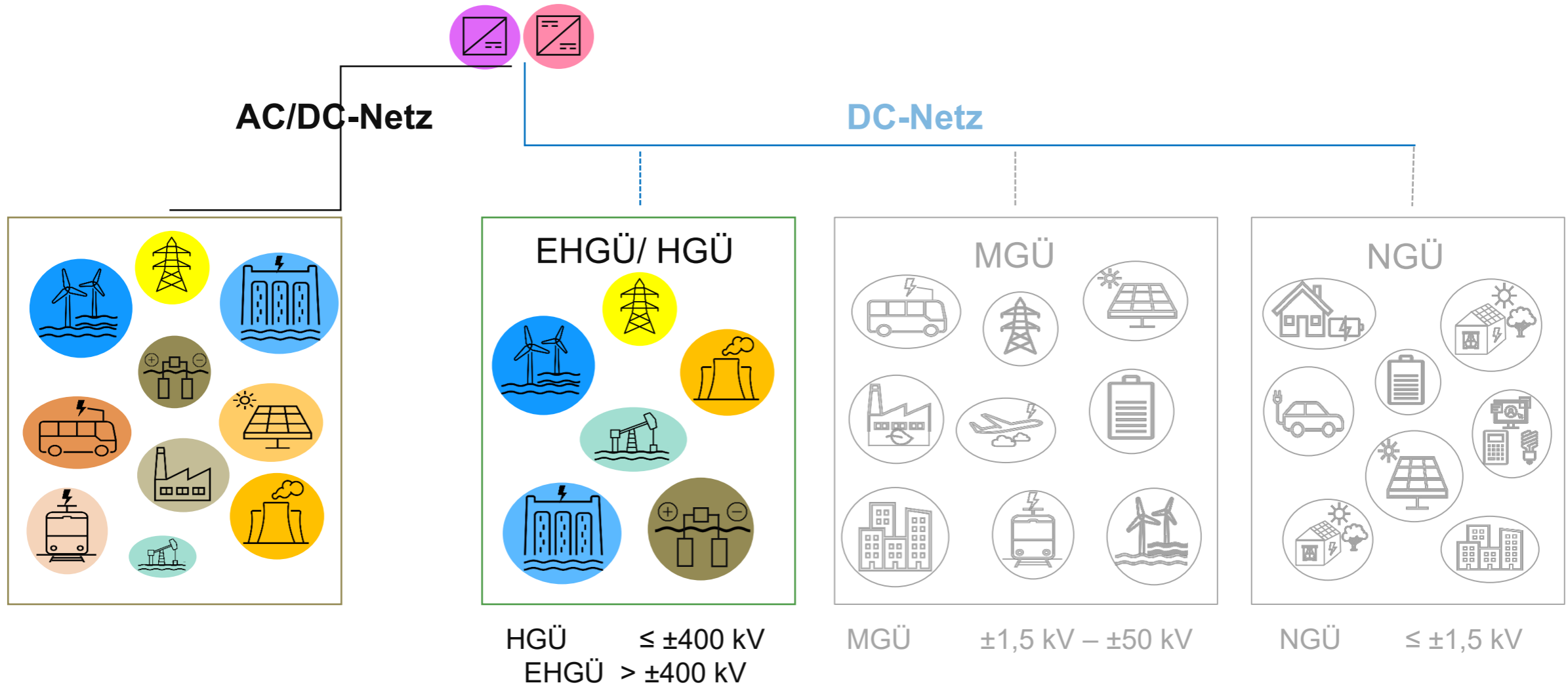
- Steigende Erzeugung von erneuerbaren Energieanlagen
- Investitionsbedarf 2030: Steigerung um bis zu 40 % in der Netzinfrastruktur
 ⇒ Szenario „EV30“ / Netzberechnungen Österreich 2020
- Lösungsansatz ⇒ Verwendung von DC-Netzen im Übertragungs- und Verteilnetz
- Vorteile von DC-Systemen bzw. der Umrüstung von AC- zu DC-Systemen

Ziel ⇒ Effiziente Übertragungs- und Verteilnetze
 ⇒ Nutzung von AC-Komponenten

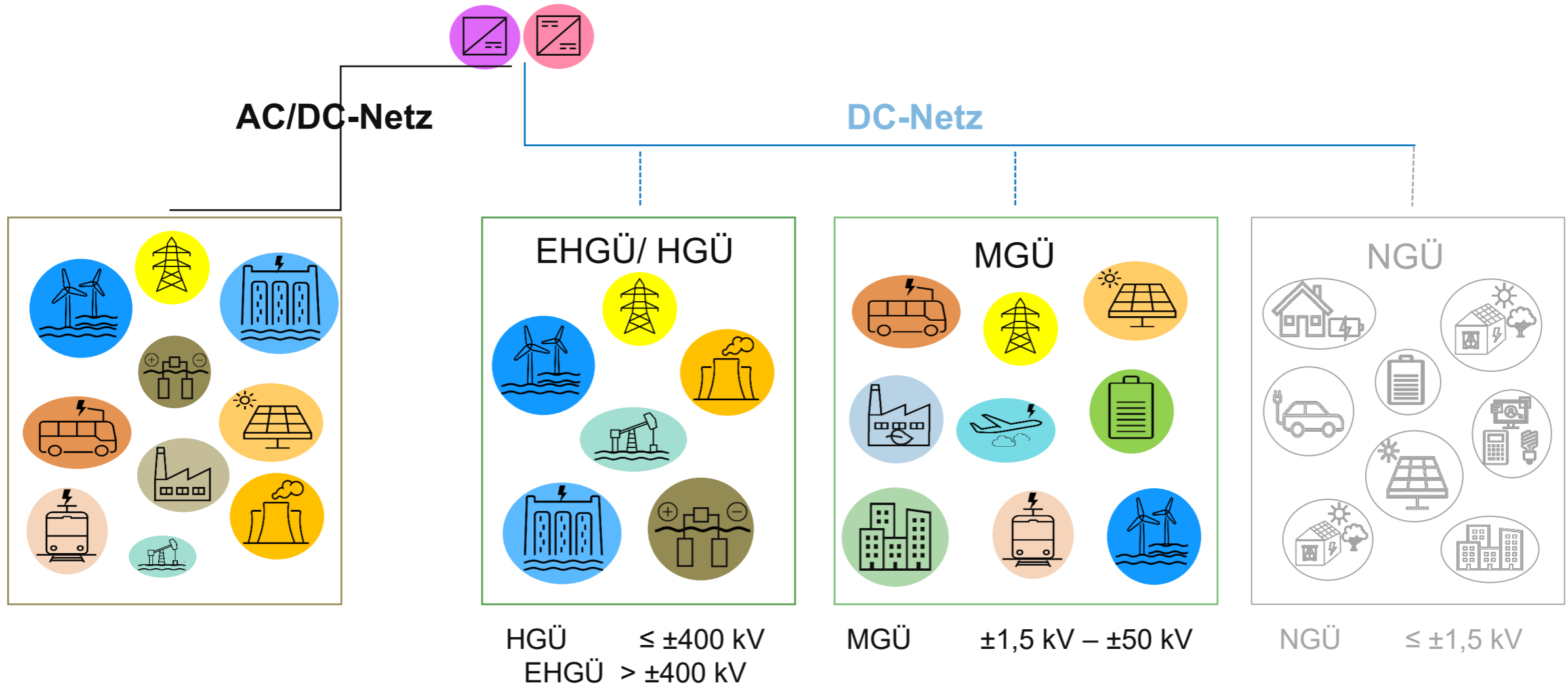


AC/DC Niederspannungskabel
 $U_{AC} \leq 1 \text{ kV}$; $U_{DC} \leq \pm 1,5 \text{ kV}$

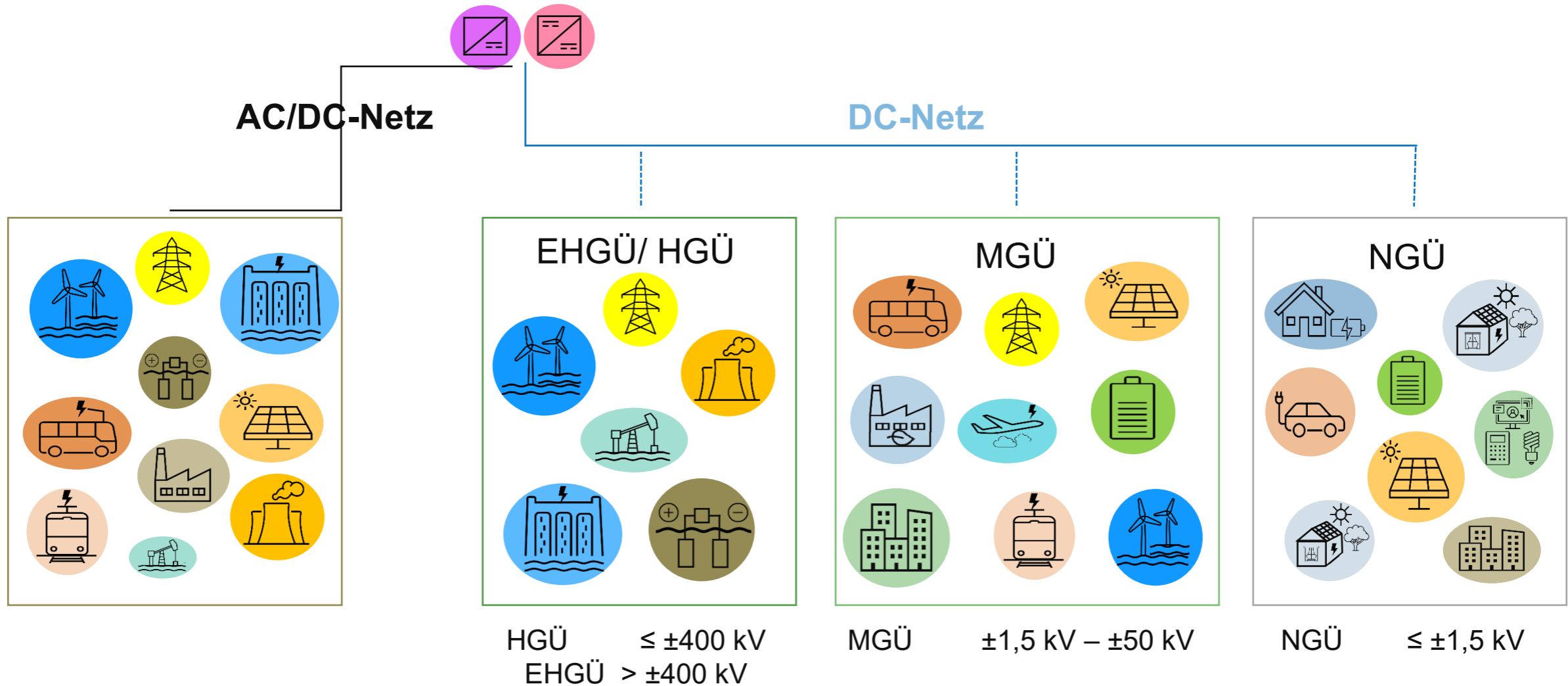
Anwendungsbereiche der DC-Übertragung und Verteilung



Anwendungsbereiche der DC-Übertragung und Verteilung



Anwendungsbereiche der DC-Übertragung und Verteilung

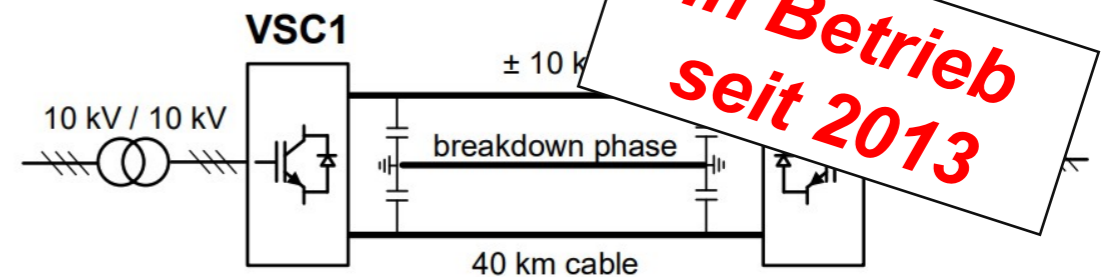


Anwendungsbeispiele – Mittelspannungs-Gleichstrom-Übertragung

- „Angle DC“
 - Standort: Wales, UK
 - Umrüstung von Standard AC-Kabelsystem auf MGÜ-System mit $U_{DC} = \pm 27$ kV
 - Erhöhung der Übertragungskapazität um 23 %



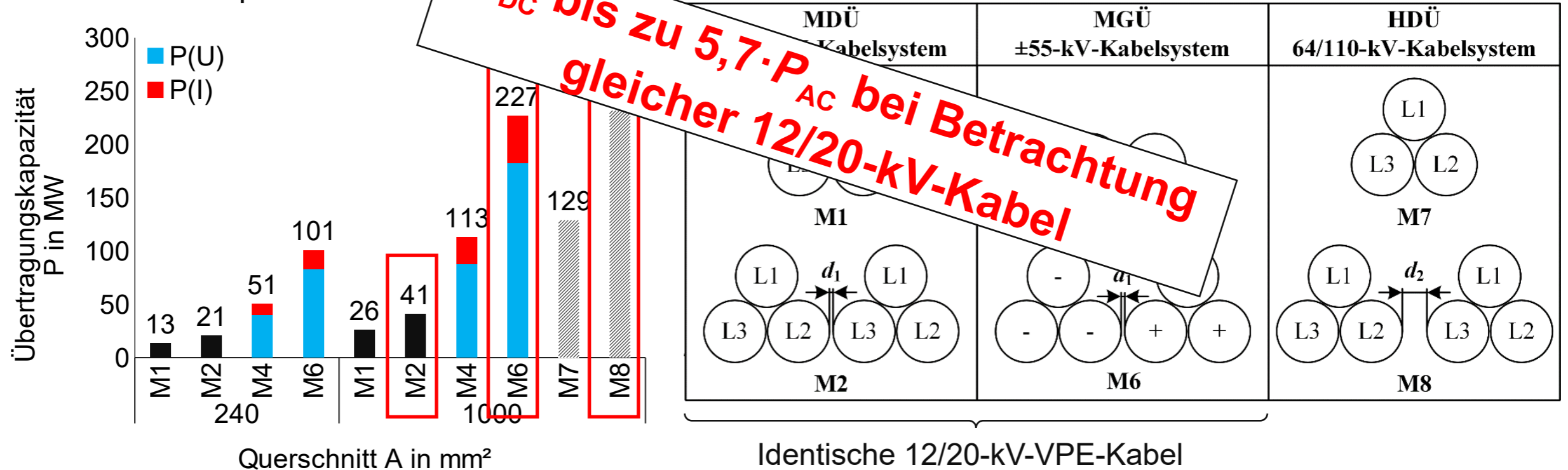
- „Wenchang Project“
 - Standort: Wenchang, China
 - Umrüstung von defektem AC-Seekabel auf DC-System mit $U_{DC} = \pm 10$ kV bzw. ± 15 kV
 - Defektes Kabel als neutraler Leiter



Wenchang MGÜ Projekt, AC- zu DC-Betrieb

Übertragungskapazität von MGÜ-Kabelsystemen

- Erfolgreicher PQ- und Typ-Test (IEC 62895) mit $U_{DC} = \pm 55 \text{ kV} \Rightarrow$ AC-Kabelsystem qualifiziert für MGÜ
- Erhöhung der Stromtragfähigkeit beim Einsatz von MGÜ-Kabelsystemen
 - Geringere Anzahl an Wärmequellen
 - Keine AC-spezifischen Verluste



Nieder- und Mittelspannungs-Gleichstrom-Übertragung



Anwendungsbeispiele – Niederspannungs-Gleichstrom-Übertragung

- DC-Industrie2: Logistik in Produktionsstätten
 - Nutzung von Robotern zur Fertigung
 - Energieverteilung
 - Gebäudetechnik
- NExT Factory Firma Schaltbau
 - Umstellung der Logistik auf DC-Betrieb
 - Reduktion der Energiekosten um 35 % p.a.
 - 70 % Autarkiegrad im Jahresdurchschnitt



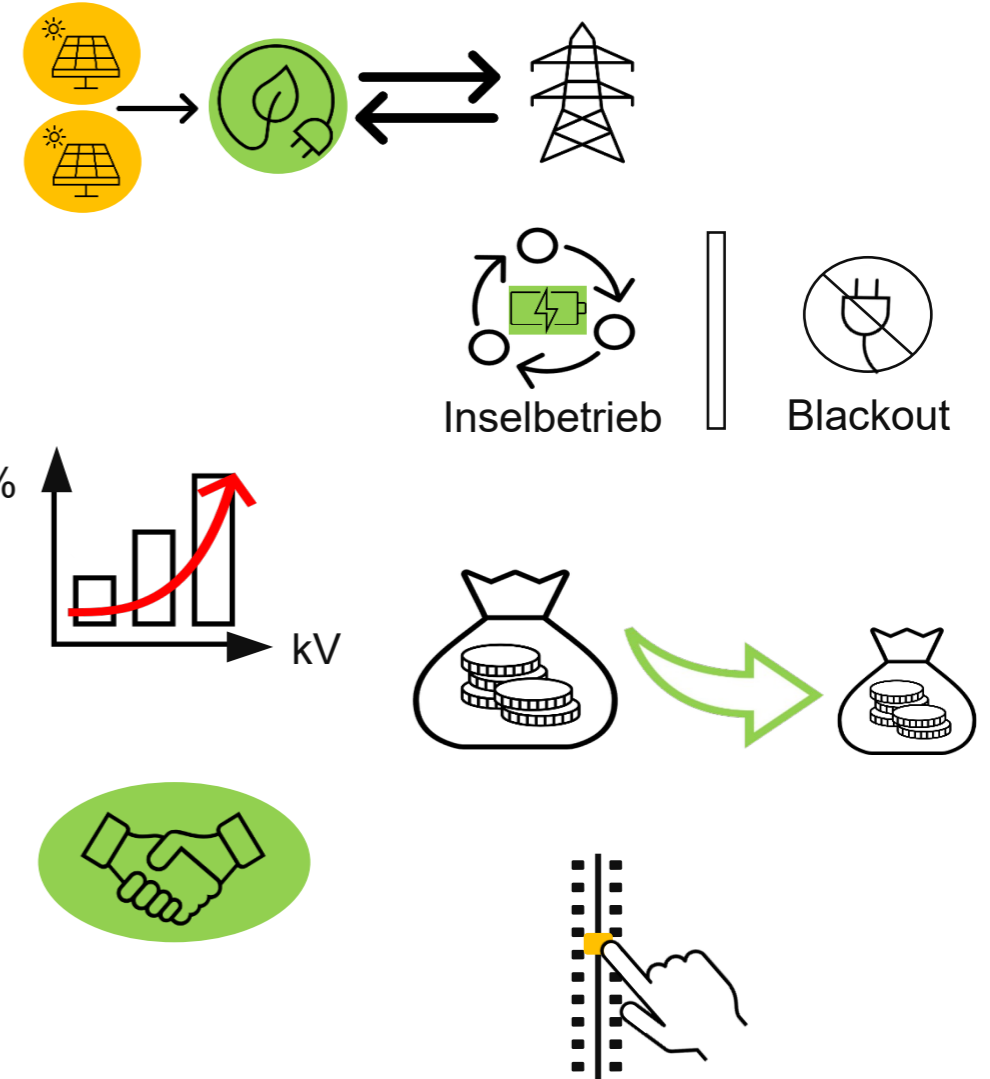
BMW Fertigung Autokarosserie



Innenansicht der NExT Factory

Vorteile von Niederspannungs-Gleichstrom

- Autarker Betrieb
- Widerstandsfähigkeit gegenüber Stromausfällen
⇒ Resistenz und Inselbetrieb möglich
- Effizienzsteigerung (Geringere Verluste, Anbindung der erneuerbaren Energiequellen, geeignete Nennspannung)
- Reduktion der Kosten (Weniger Kupfer, Verluste, Umwandlung, Platzeinsparung in Industrie)
- Verbesserte Zuverlässigkeit
⇒ Geringere Anzahl von Leistungselektronikgeräten
- Vereinfachte Regelung
⇒ Keine reaktiven und harmonischen Leistungsflüsse



Durchschlagversuche an Hausanschlusskabeln

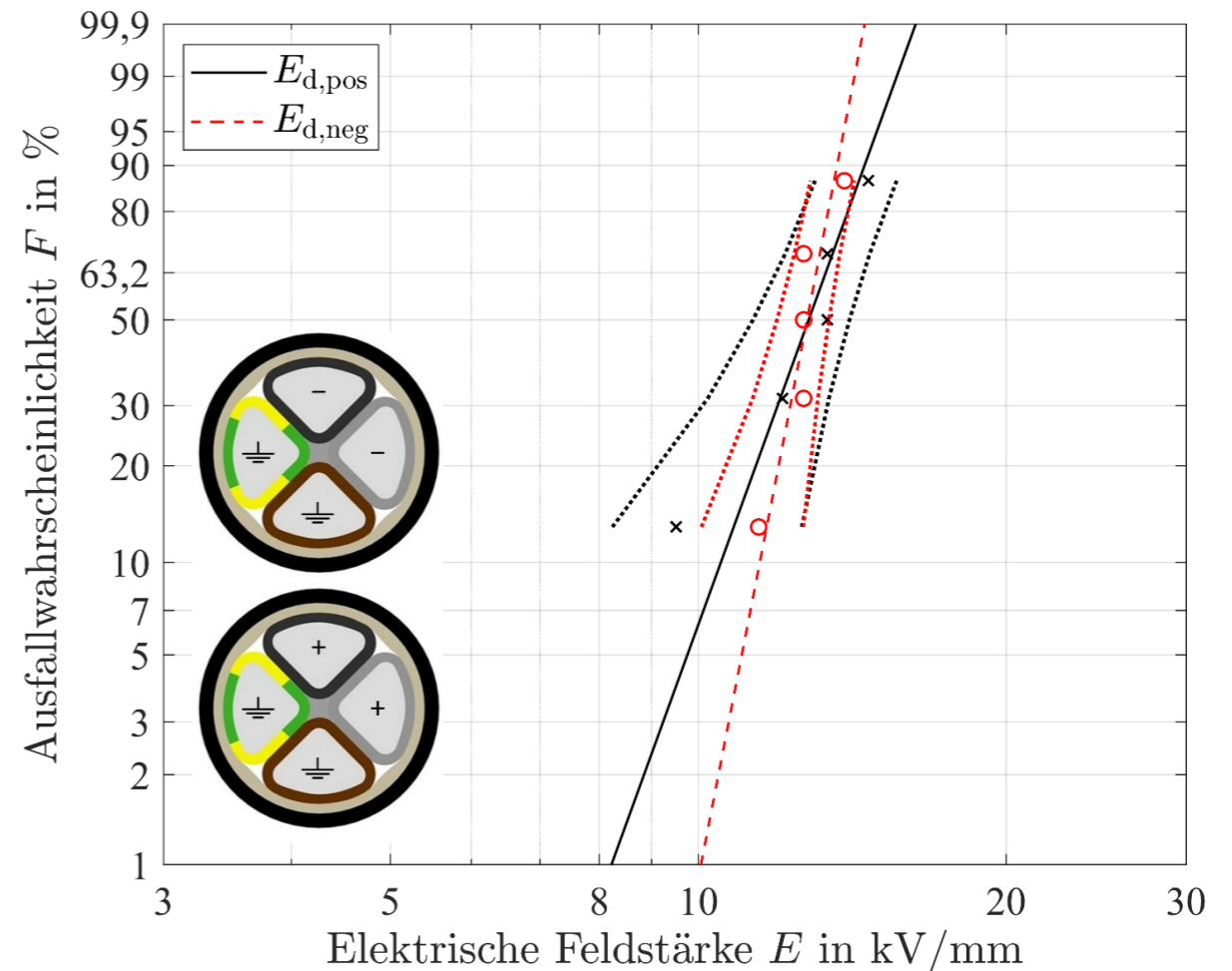
Ziel: Nutzung von Standard Niederspannungs-AC-Kabeln in NGÜ bis $U_{DC} = \pm 5 \text{ kV}$

Prüfling: E-AY2Y-J 4x50mm² SM-ALU-Erdkabel

- Isoliermaterial: PVC
- Isolierwanddicke: 2 mm

20-Sekunden-Stufenspannungsprüfung nach DIN EN 60243-2

- $\vartheta = 25 \text{ °C (RT)}$
- Gleichspannungsbeanspruchung mit positiver und negativer Polarität
 - $\bar{U}_{d,63\%} = 52,7 \text{ kV}$
 - $\bar{E}_{d,63\%} = 13,2 \text{ kV/mm}$



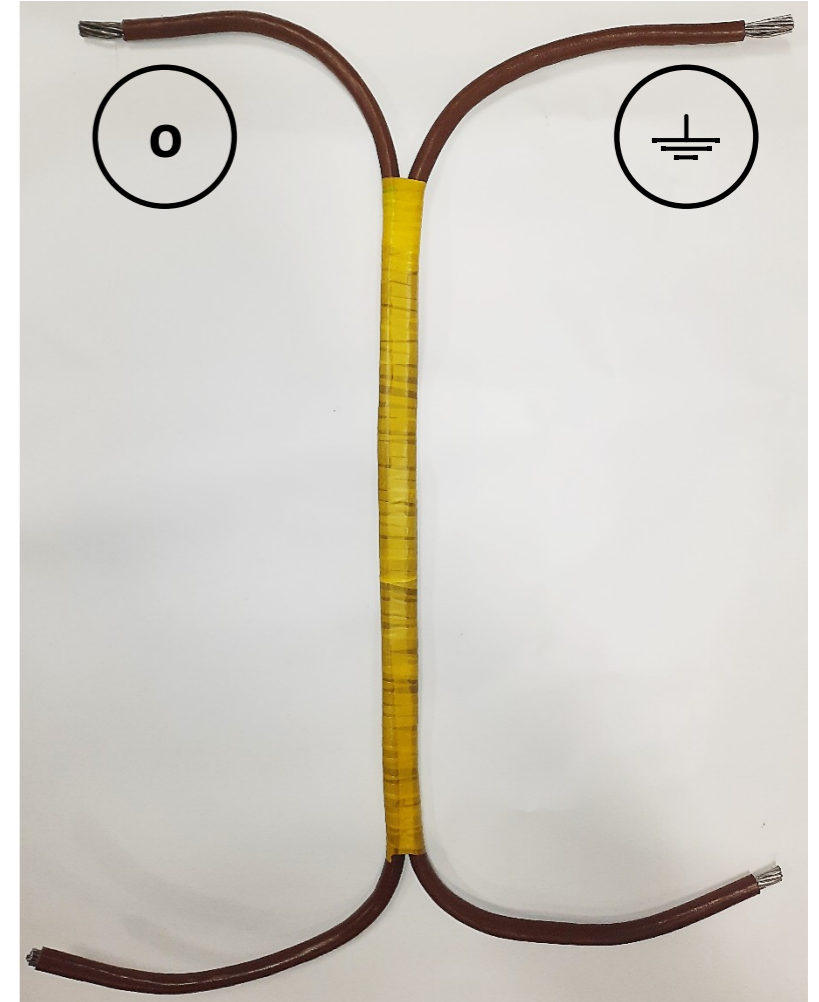
Langzeitversuch mit DC-Beanspruchung

- Elektrische Festigkeit einer Ader
 $E_{d,neg,63\%} \approx 38 \text{ kV/mm (RT)}$
- Langzeitversuch mit zwei Adern
 - Dauertest bei (RT) mit:
 - ⇒ $U_{DC} = -15 \text{ kV}$ (11 Tage)
 - ⇒ $U_{DC} = -20 \text{ kV}$ (7 Tage)
 - ⇒ $U_{DC} = -25 \text{ kV}$ (11 Tage)
 - Anschließend stufenweise Erhöhung um 5 kV bis Durchschlag erfolgt

Restfestigkeit: $E_{d,long} = 17 \text{ kV/mm} - 20,5 \text{ kV/mm}$

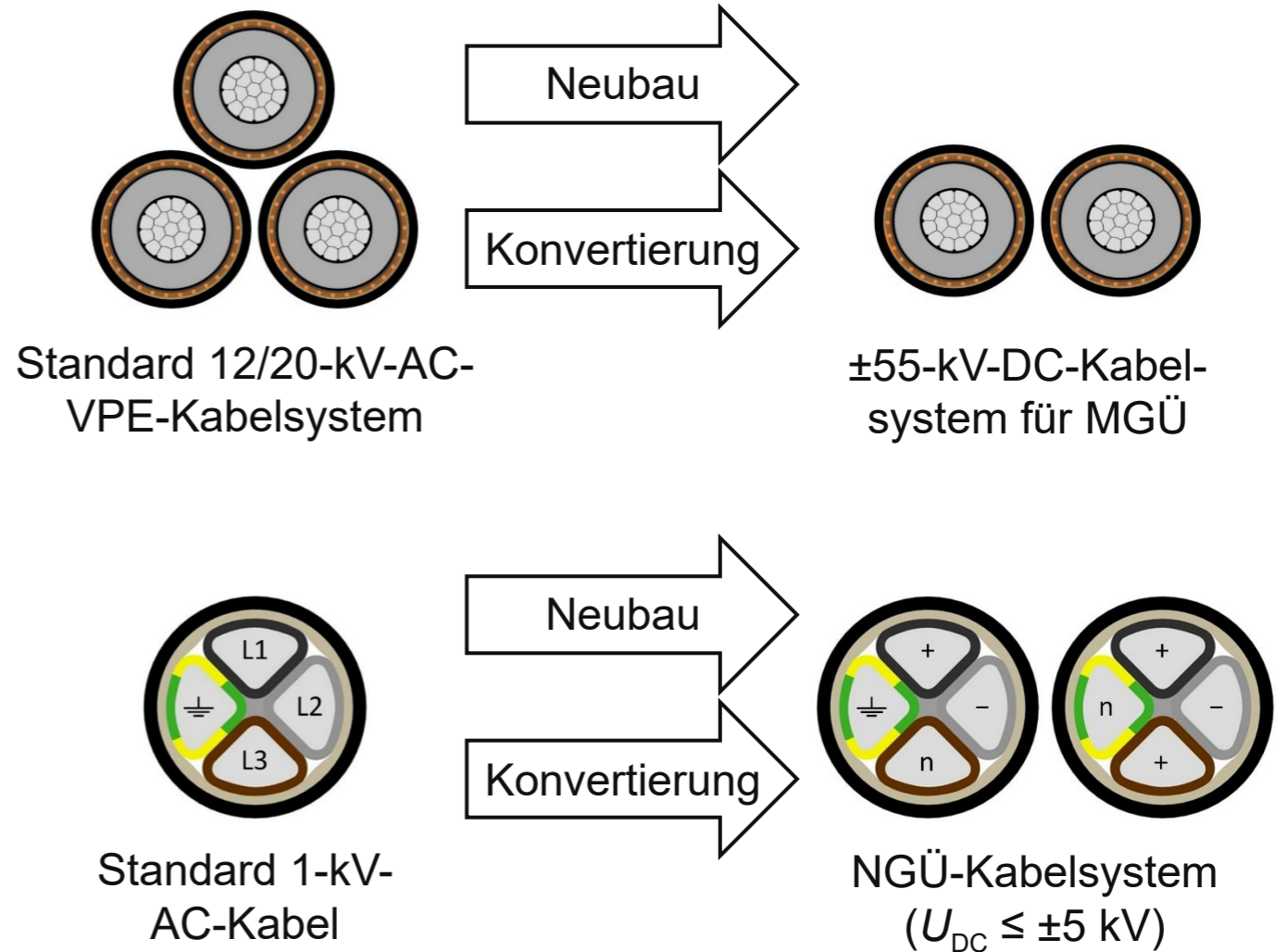
⇒ Keine ausgeprägte Alterung erkennbar

Weitere Untersuchungen notwendig: Temperatur, Feuchtigkeit, Isoliermaterial, Personenschutz (z. B. Kabelschirm)



Zusammenfassung

- Gleichstromnetze sind Teil der Lösung für die Herausforderungen der Energiewende
- Umrüstung bestehender AC-Systeme auf DC-Systeme möglich
- MGÜ und NGÜ bieten viele Vorteile:
 - Lastflusssteuerung
 - Erhöhung der Übertragungskapazität
⇒ Bis 5,7-fache bei Betrachtung gleicher 12/20-kV-Kabel
 - Widerstandsfähigkeit gegenüber Stromausfällen
 - Effizienzsteigerung (Energie und Kosten)
- Pilotprojekte in MGÜ und NGÜ vorhanden (z.B. Angle DC; DC-Industrie2)



Literatur

- [1] OVE: „Innovation für Österreich DC-Technologien für die Energiewende,“ Positionspapier, 2022.
- [2] T. Dragicevic, J. C. Vasquez, J. M. Guerrero, et al.: „Advanced LVDC Electrical Power Architectures and Microgrids: A step toward a new generation of power distribution networks,“ IEEE Electrification Magazine, Vol. 2, pp. 54 – 65, 2014.
- [3] G. Bathurst, G. Hwang und L.: „MVDC – The New Technology for Distribution Networks,“ 11th International Conference on AC and DC Power Transmission, Birmingham, Großbritannien, 2015.
- [4] Y. Liu, X. Cao und M. Fu: „The Upgrading Renovation of an Existing XLPE Cable Circuit by Conversion of AC Line to DC Operation,“ IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 32, Nr. 3, pp. 1321 – 1328, 2017.
- [5] H. Stammberger, J. Austermann und H. Borchering: „Systemkonzept DC-INDUSTRIE2, Konsortium DC-INDUSTRIE2,“ Vol. 3, <https://dc-industrie.zvei.org/publikationen/systemkonzept-fuer-dc-industrie2> (Aufgerufen 18.Dezember, 2023).
- [6] P. Ratheiser, A. Buchner und U. Schichler: „Übertragungskapazität von MGÜ-Kabelstrecken bei Verwendung von extrudierten AC-Mittelspannungskabeln,“ VDE Hochspannungstechnik 2020, online, pp. 371 – 376, 2020.
- [7] P. Ratheiser und U. Schichler: „Review of IEC 62895 regarding Electrical Type Tests on extruded MVDC Cable Systems,“ Jicable HVDC'21, Report 16, Liège, Belgien, 2021.
- [8] CIGRE JWG C6/B4.37: „Medium voltage DC distribution systems,“ CIGRE TB 875, 2022.
- [9] P. Dworakowski und M. Henriksen: „MVDC grid perspectives: applications, operations, equipment and cable systems,“ Jicable'23, Tutorial 4, Lyon, Frankreich, 2019.
- [10] Schaltbau GmbH: „Ein zukunftsweisendes Projekt für den Energiewandel in ganz Europa,“ <https://www.schalt-bau.com/de/ueber-uns/aktuelles/news-und-presse/pressemitteilungen/ein-zukunftsweisendes-projekt-fuer-den-energiewandel-in-ganz-europa/> (Aufgerufen 18.Dezember, 2023).
- [11] J. Yu, K. Smith, M. Urizarbarrena et al.: „Initial designs for the ANGLE DC project; converting existing AC cable and overhead line into DC operation,“ 13th Int. Conference on AC and DC Power Transmission, Manchester, Vereinigtes Königreich, 2017.

BENEFITS FROM MVDC AND LVDC CABLE SYSTEMS

Patrik Ratheiser

patrik.ratheiser@tugraz.at

EnInnov2024

18. Symposium Energieinnovation | 14.02.-16.02.2024