

*Zu den Autoren*

**Prof. Dr.-Ing. habil. Heinrich BRAKELMANN**

Seit mehr als 35 Jahren im Bereich der elektrischen Energieübertragung tätig (5 Bücher und über 240 Publikationen zur Energiekabeltechnik sowie zu Fragen der Hochspannungs- und Hochstromtechnik). Nach Studium und Promotion an der RWTH Aachen ab 1976 Entwicklungsingenieur in der Kabelindustrie. Habilitation 1985 an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, 1992 apl. Professor und 1994 Berufung zum Universitätsprofessor. Langjähriges Mitglied nationaler und internationaler Gremien (VDE, CIGRE). Mitglied im Beirat der BMWi-Netzplattform "Zukunftsfähige Netze". Seit 2012 Leitung der Firma BCC Cable Consulting, beratend oder gutachterlich tätig bei zahlreichen Kabelprojekten. ETG-Preisträger. In 2019 IEEE PES Prize Paper Award für die Publikation "Rating of Underground Cables with Boundary Temperature Restrictions".

**Dr.-Ing. Markus PÖLLER**

Geschäftsführer der Moeller & Poeller Engineering GmbH (M.P.E. GmbH) in Tübingen. International anerkannter Experte für die Planung, Modellierung, Simulation und den Betrieb von elektrischen Energieversorgungsnetzen sowie für die Netzintegration erneuerbarer Energien. Vielzahl von Studien und Gutachten zu Planung und Betrieb von Höchst- und Höchstspannungsnetzen, Netzanbindung von Windparks und von HGÜ-Systemen, ebenso wie zu Fragen der Netzstabilität, der Oberschwingungsanalyse und Filterauslegung. Studium an der École Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, (Diplôme d'Ingénieur) und an der Universität Stuttgart (Dipl.-Ing.). Promotion in 2000 an der Universität Hannover. Ingenieur und später Geschäftsführer der DigSILENT GmbH mit maßgeblicher Beteiligung an der Entwicklung der weltweit führenden Netzberechnungssoftware PowerFactory. Mitarbeit in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen (VDI/VDE, CIGRE). Seit 2008, neben seiner Geschäftsführertätigkeit, Lehrtätigkeit an der Universität Stuttgart mit der Vorlesung: „Netzintegration von Windenergie“.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Heinrich Brakelmann  
BCC Cable Consulting  
Universität Duisburg-Essen, IW/ETS  
Schwalbenweg 8/D-47495 Rheinberg

Tel.: +49/2843/6391 mobil: 0174/3224725  
Email: [heinrich.brakelmann@uni-due.de](mailto:heinrich.brakelmann@uni-due.de)  
[www.bcc-cableconsulting.com](http://www.bcc-cableconsulting.com)

Dr.-Ing. Markus Pöller  
Geschäftsführer Moeller & Poeller Engineering GmbH (M.P.E. GmbH)  
Europaplatz 5 /D-72072 Tübingen

Tel.: +49 7071 13879-10  
Email: [markus.poeller@moellerpoeller.de](mailto:markus.poeller@moellerpoeller.de)  
[www.moellerpoeller.de](http://www.moellerpoeller.de)

## Kernaussagen:

- 1) Alle in der Studie diskutierten Kabelvarianten sind machbar.
- 2) Optimiert wurden die Kabelkonstruktionen (geringerer Al-Leiterquerschnitt), die Kabelanordnungen und die Verlegemethode.
- 3) Bei der Verlegung sollte bevorzugt und wo immer möglich (bis zur Bodenklasse 6 „leicht felsig“) eine Pflugverlegung von Schutzrohren vorgesehen werden. Dies ist ein sicheres und umweltfreundliches und schnelles Verfahren. Dieser Ansatz entspricht einerseits der Nachkalkulation in einer Studie von Prof. Fickert (Kremstal) und wurde andererseits in der E&Y-Studie völlig vernachlässigt. Ergebnis der Pflugverlegung ist eine erhebliche Kostenreduktion und eine schnellere Bauweise im Vergleich zur offenen Bauweise.
- 4) Durch den Einsatz von Trenntransformatoren ist es möglich, die Trennstelle im UW Langbruck/Bad Leonfelden zu schließen und das Netz dort im geschlossenen Ring zu betreiben. Es werden somit Lösungen mit nur einem Kabelsystem und geschlossenem Ring vorgeschlagen, die spürbar zuverlässiger sind als die Freileitungsvariante.
- 5) Das NB-Konzept (gelöschtes Netz) erzwingt durch die notwendige Auftrennung in Teilnetze hohe Zusatzkosten zur Wahrung der Netzzuverlässigkeit (siehe Masterplan 2026, Projekte mit Auslöser „110kV Teilnetzbildung“ oder „Netzauftrennung“). Gleichzeitig führt dieses Konzept zu hohen Zusatzkosten der Kabellösung in Form von Trenntransformatoren.
- 6) Trotz dieser Zusatzkosten ergeben sich Kabellösungen, die spürbar zuverlässiger sind als die Freileitungsvariante und dabei nur geringfügig höhere Kosten aufweisen als die geplante Freileitungsvariante (Kostenfaktor von 1,18/ nur 18 % teurer als die Freileitungsvariante). Alle Erdkabelvarianten weisen einen Kostenfaktor von <2,75 auf, weshalb die Leitung gemäß §48h/EnWG in Deutschland als Erdkabel ausgeführt werden müsste.
- 7) Das Gutachten zeigt weiter, dass sich bei einer Umstellung auf niederohmige Sternpunkterdung mit Strombegrenzung (z.B. auf 5kA) keine Verschlechterung der Spannungsqualität einstellt, da Spannungseinbrüche bei Erdkurzschlüssen in einem Bereich liegen, der auch für empfindliche Industrieverbraucher unproblematisch ist. Dies wurde auch schon von Prof. Fickert/TU Graz in einer Stellungnahme zu einem anderen möglichen Kabelprojekt im Jahr 2008 als zu favorisierende Lösung zur Erhöhung der „Kabelreserve“ dargestellt („mittelohmige Sternpunkterdung“).
- 8) Die Verfasser der Studie gehen davon aus, dass das mögliche Einsparpotential, das sich aus einer Umstellung der Sternpunkterdung auf NOSPE und der damit einhergehenden Vermeidung der geplanten 110kV Netzauftrennungen ergibt, in einem dreistelligen Millionenbereich liegen könnte. Mögliche Einsparungen resultieren insbesondere aus einer Verringerung der Anzahl erforderlicher 220kV Kuppel-Umspannwerke, 220kV Freileitungen und 110kV Leitungen.
- 9) Zur genauen Abschätzung der Kosteneinsparungen durch Umstellung auf NOSPE und zur Schätzung des Kosten- und Zeitaufwands zur Durchführung der zur Umstellung auf NOSPE notwendigen Maßnahmen wird die Erstellung einer Kosten-Nutzen-Analyse empfohlen.
- 10) Wegen des innovativen Charakters der Lösungsansätze könnte die Verkabelung auch als Pilotprojekt – ggfs. mit Fördermitteln – ausgeführt werden. Die IGLM bietet hierzu eine Innovationspartnerschaft an.

## Einige Ergebnisse

Vergleich der Gesamtkosten:

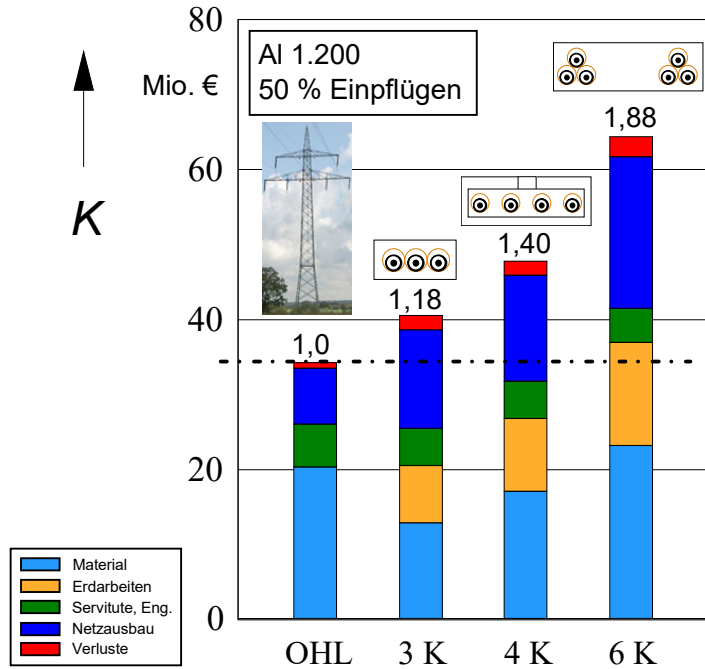


Abbildung 1: Kapitalwert der Freileitungs-/Kabelvariante bei Netz mit gelöschtem Sternpunkt

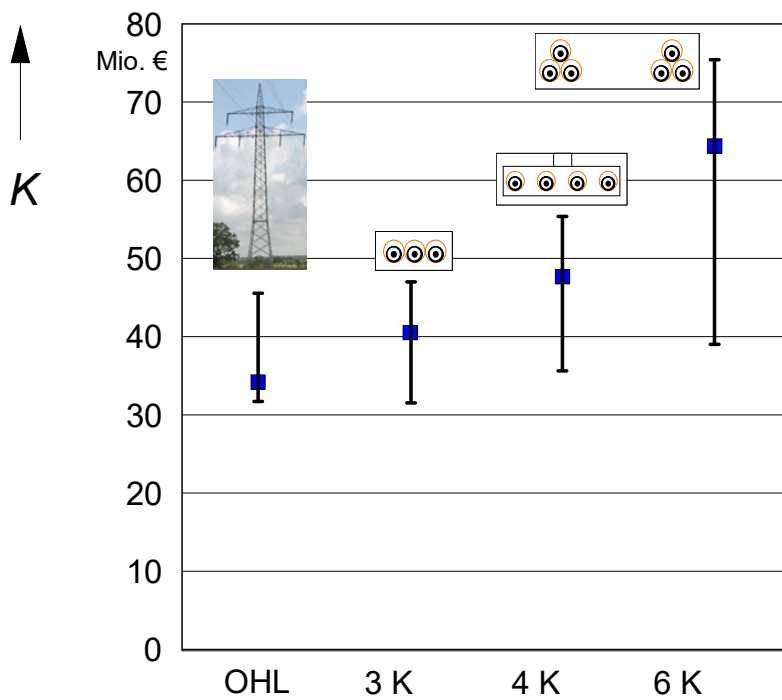


Abbildung 2: Kostenspanne (Kapitalwert) bei Netz mit gelöschtem Sternpunkt

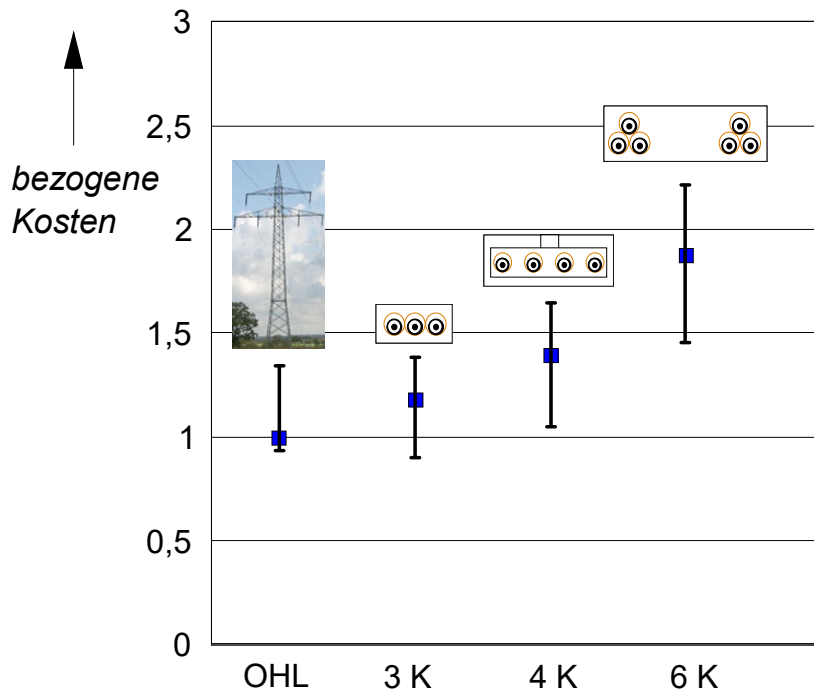


Abbildung 3: Kostenspanne (Kapitalwert bei Netz mit gelöschtem Sternpunkt bezogen auf Kosten der Freileitungsvariante)

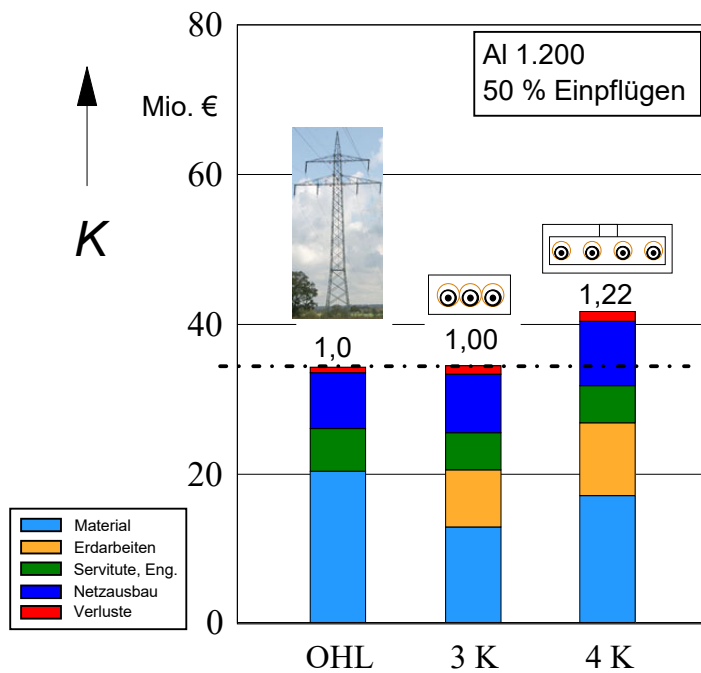


Abbildung 4: Kapitalwert der Freileitungs-/Kabelvarianten bei Netz mit NOSPE

Vergleich der Nichtverfügbarkeit:

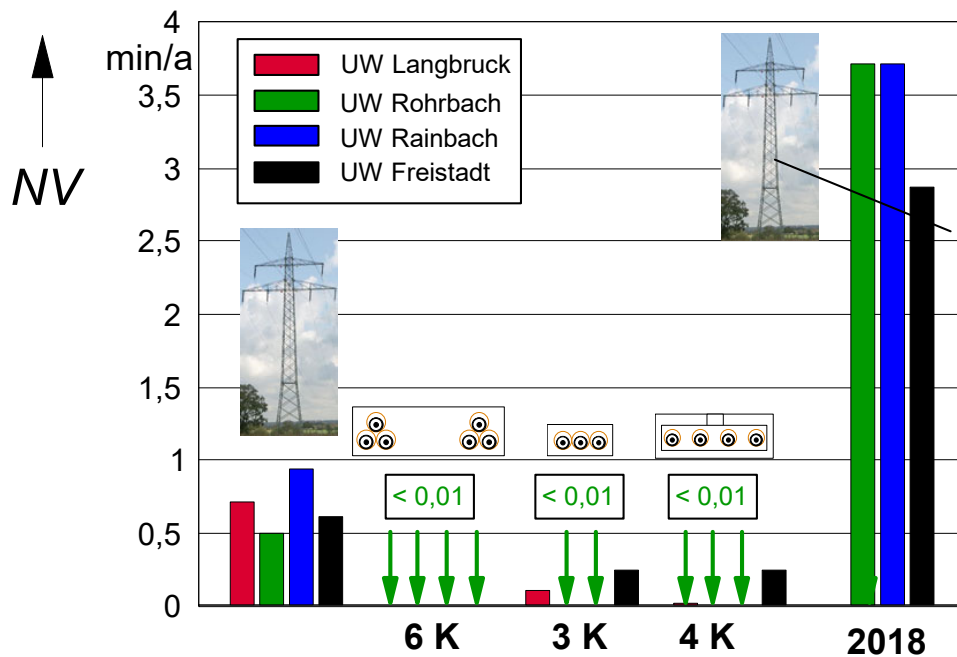


Abbildung 5: Nichtverfügbarkeit der UWs Rohrbach, Langbruck, Rainbach und Freistadt unter Berücksichtigung von Fehlern auf 110kV Ebene.

Auswirkungen der Umstellung auf NOSPE:

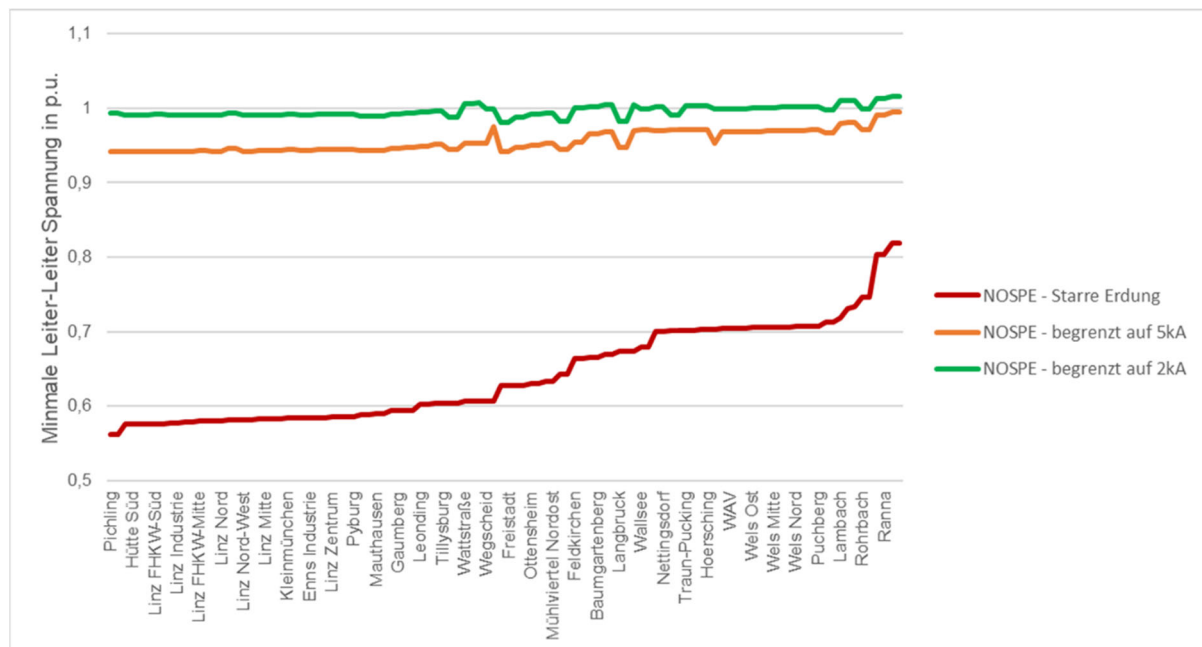


Abbildung 6: Netzspannung bei Erdkurzschluss im UW Pichling (110kV-seitig) für verschiedene Konzepte zur Sternpunktterdung