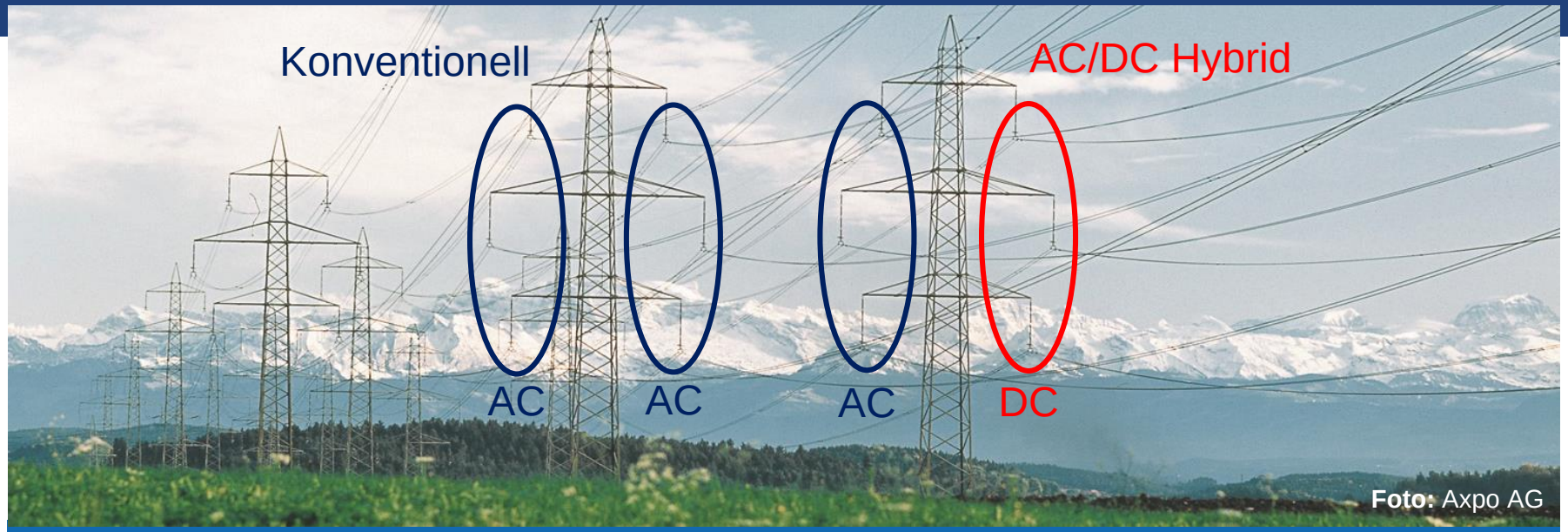


Technische Wechselwirkung von Hybridleitungen

Sören Hedtke, Martin Pfeiffer, Christian M. Franck
High Voltage Laboratory, ETH Zurich, Swiss Federal Institute of Technology

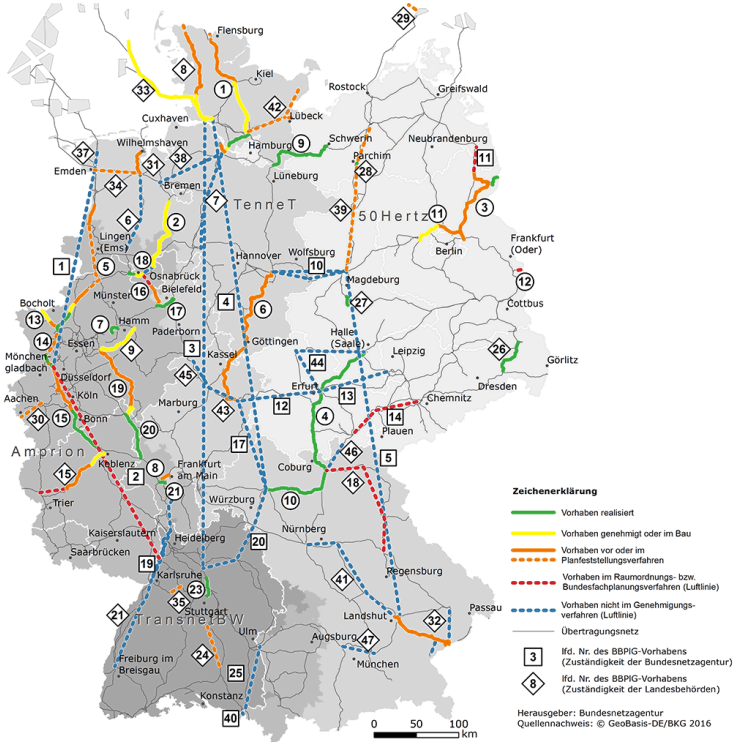
Hybridleitung: Motivation & Herausforderungen

Motivation:

- Bedarf an erhöhter Übertragungskapazität
- Geringe Akzeptanz für neue Freileitungen
- Ansatz: Hybrid-Umrüstung
  - Ausnutzung bestehender Infrastruktur
  - Erhöhte Übertragungskapazität
  - Gleichbleibendes Erscheinungsbild

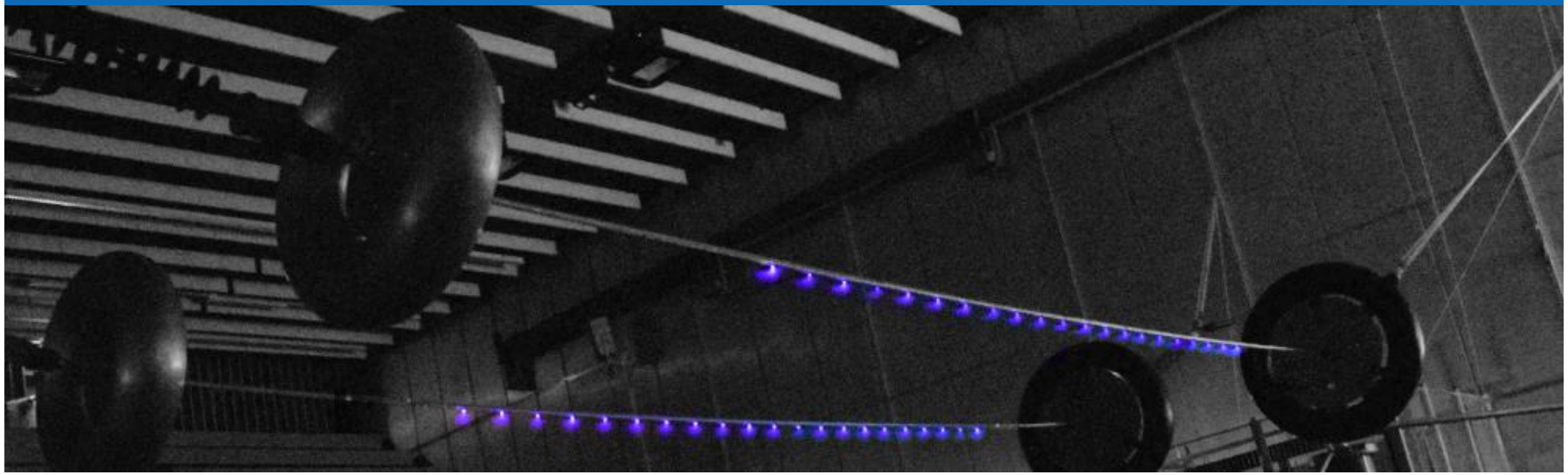
Herausforderung:

- Festgelegte Mastgeometrie & Abstände
  - Einfluss auf Randfeldstärke & Korona?



Quelle: netzausbau.de

Grundlagen: Teilentladungen und Korona



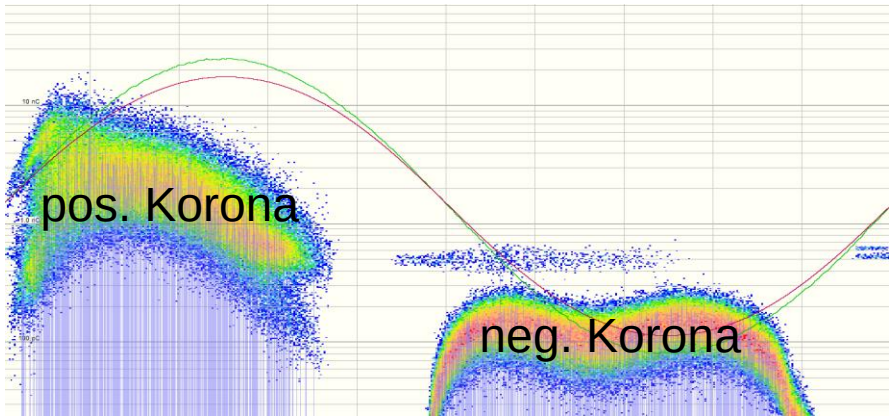
Motivation:

- Felderhöhung durch inhomogene Oberfläche (Regen, Eis, Schmutzpartikel)
- Wichtige Faktoren: Netzspannung, Anzahl/Radius Leiterseile, Bodenabstand
- Keine Entladungen an sauberen & trockenen Leiterseilen
- Lokale Ionisation der Luft
  - Elektrischer Impuls (Funkstörung), Akustischer Impuls (Knistern), UV

Grundlagen: AC/DC Korona

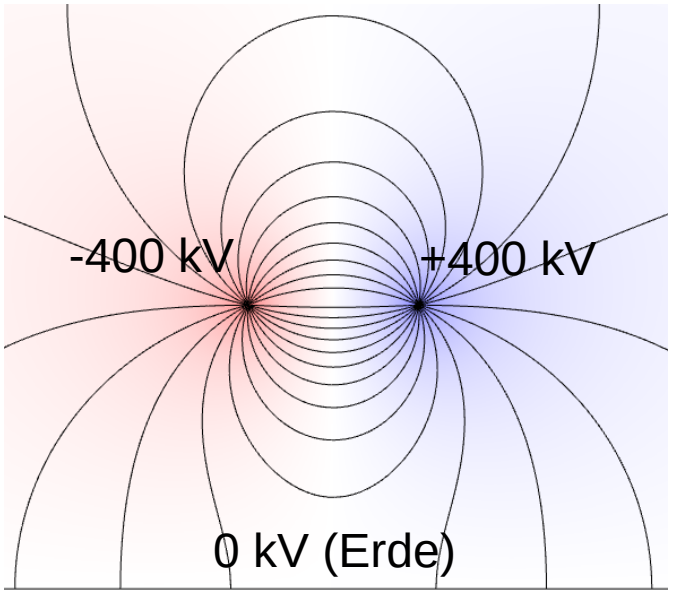
AC Korona:

- Verluststrom durch Ionisation
- Breitband-Geräusch durch Pulse
- Brumm-Geräusch durch Ionen
- Ionen driften nur in Leiternähe



DC-Korona:

- Ionen driften im Gleichfeld
  - Einkopplung in andere Bündel
  - Ionenstromdichte am Boden
  - Erhöhtes E-Feld am Boden
- Polaritätseffekt Geräuschemission
  - Neg. Pol meist vernachlässigbar
  - Worst-Case: trockenes Wetter



Wechselwirkungen: Übersicht

Induktive Kopplung:

- AC-Strom auf DC → Transformator

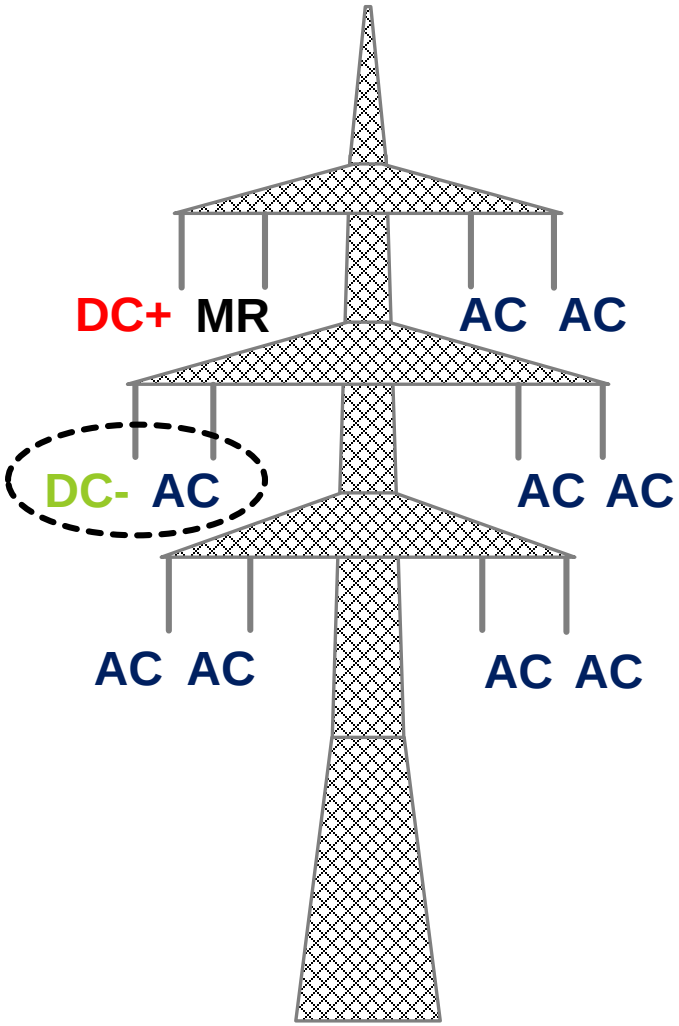
Kapazitive Kopplung:

- AC-Strom auf DC → Transformator
- AC-Ripple auf DC → Geräusch/Funk
- DC-Bias auf AC → Geräusch/Funk

Ionenstromkopplung:

- DC-Strom auf AC → Transformator
- Einfluss von Ionen auf Korona

➢ Stark abstandabhängig → Optimierung



Wechselwirkungen: Übersicht

Induktive Kopplung:

- AC-Strom auf DC → Transformator

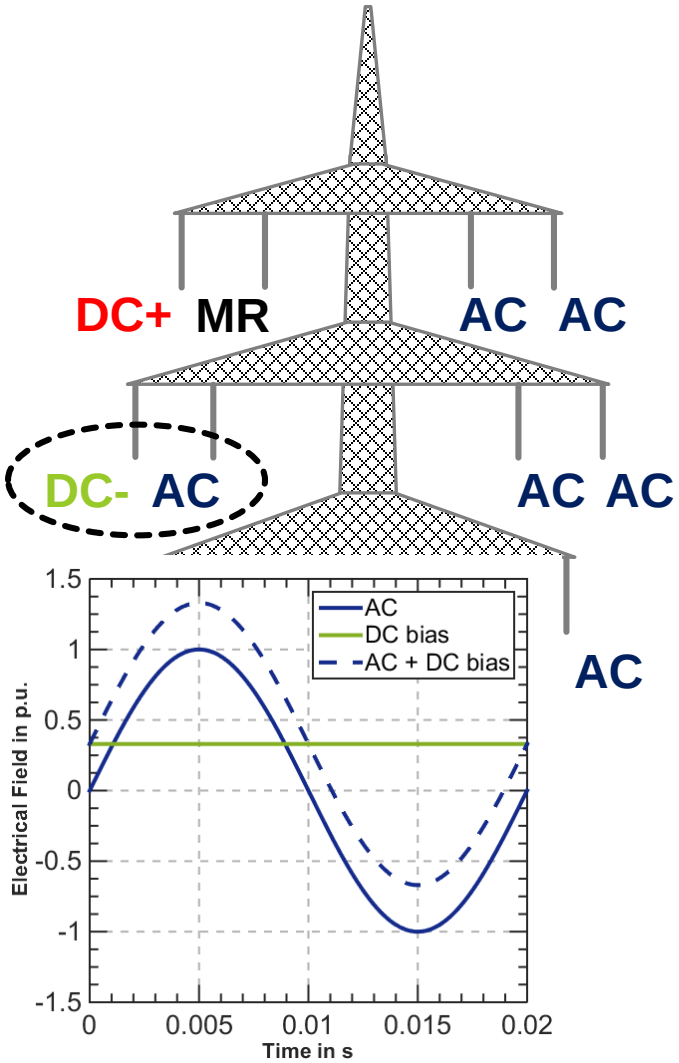
Kapazitive Kopplung:

- AC-Strom auf DC → Transformator
- AC-Ripple auf DC → Geräusch/Funk
- DC-Bias auf AC → Geräusch/Funk

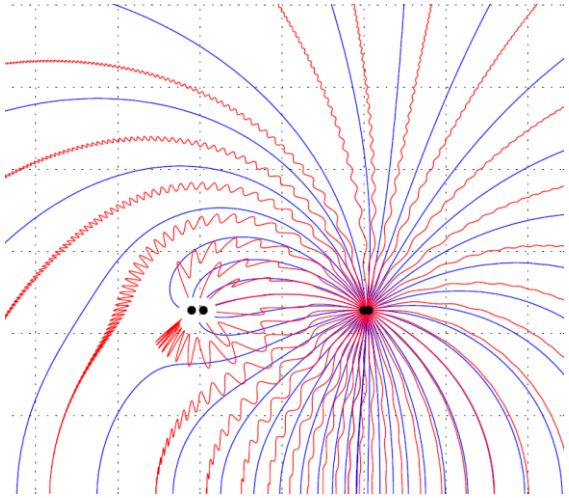
Ionenstromkopplung:

- DC-Strom auf AC → Transformator
- Einfluss von Ionen auf Korona

➢ Stark abstandabhängig → Optimierung

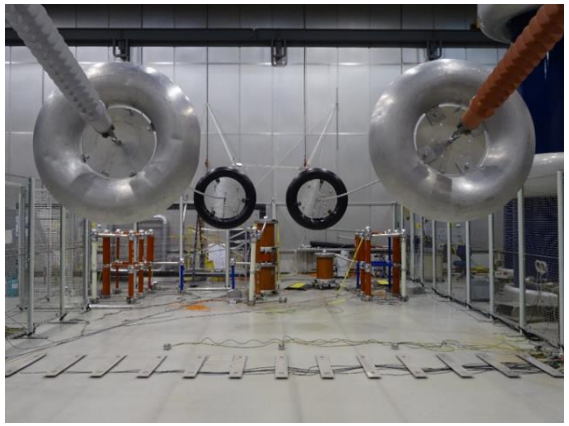


Wechselwirkungen: Forschung



Hybrid tower studys USA/Kanada (seit 1981):

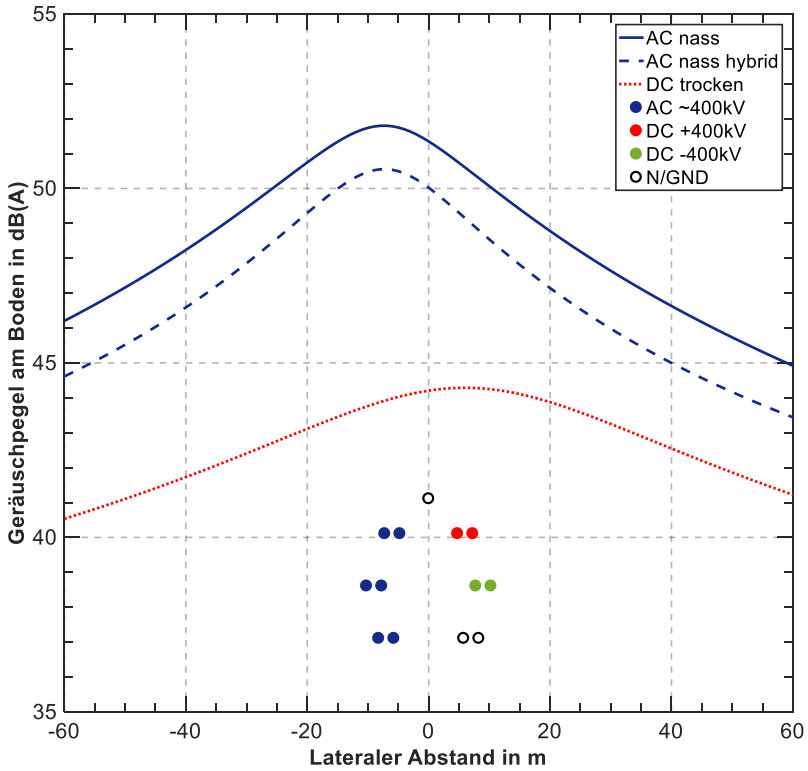
- Im Anschluss an HGÜ-Studien
- Freifeldversuche (BPA, EPRI, IREQ)
- Empirische Formeln für Felder & Akustik

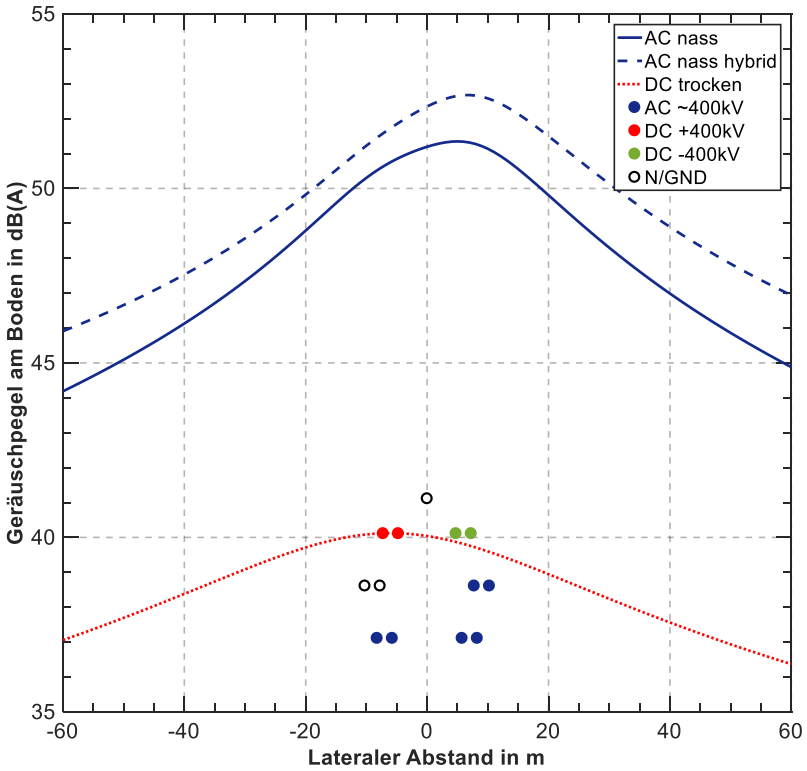


Europa (seit 2009):

- Verifikation bestehender Simulationen
- Simulation Akustik (ETH/TransnetBW)
- Phys. Ionenstrommodell (ETH/Swissgrid)
- Freifeldversuche Datteln & Mannheim (Amprion)
- Laborversuche Ionenstrom (ETH/Amprion)
- Laborversuche Akustik (ETH/TransnetBW)
- Weitere Studien (PTJ/RWTH,TransnetBW, …)
- Grundlagenforschung in China

Wechselwirkungen: Beispiel - Akustik





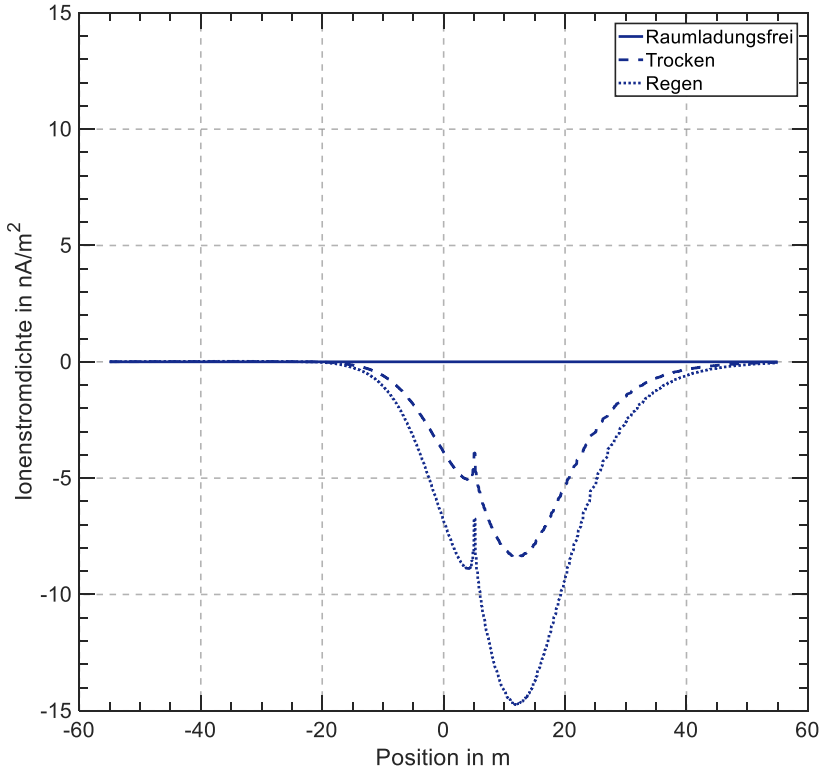
AC/DC getrennt:

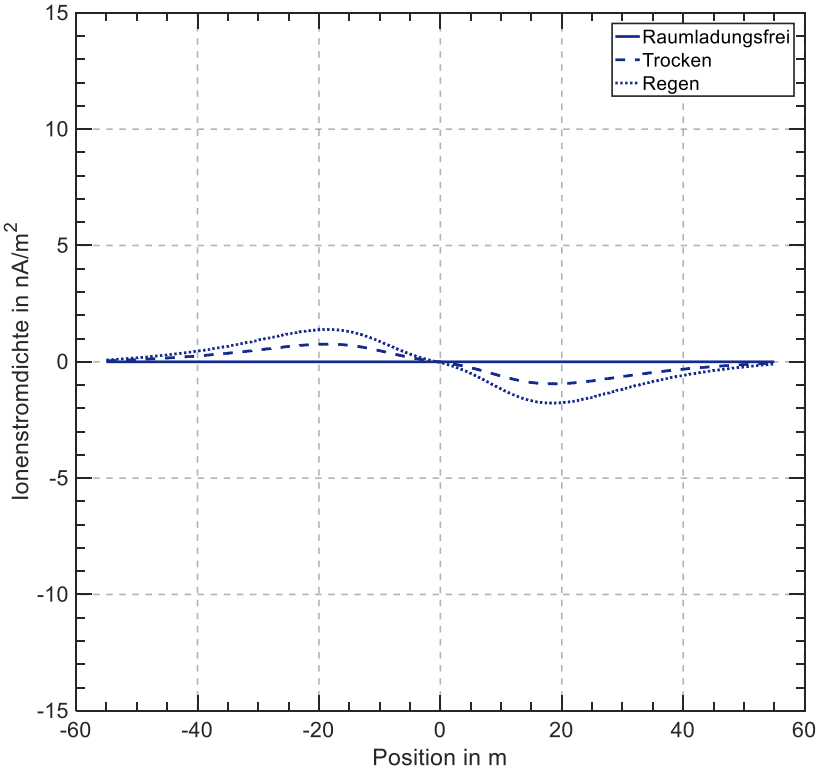
- Geringe Beeinflussung AC
- Höhere DC-Feldstärke & Geräusch

AC/DC gemischt:

- Reduzierte DC Geräuschemission
- Mögliche Erhöhung AC-Geräusch

Wechselwirkungen: Beispiel - Ionenstrom





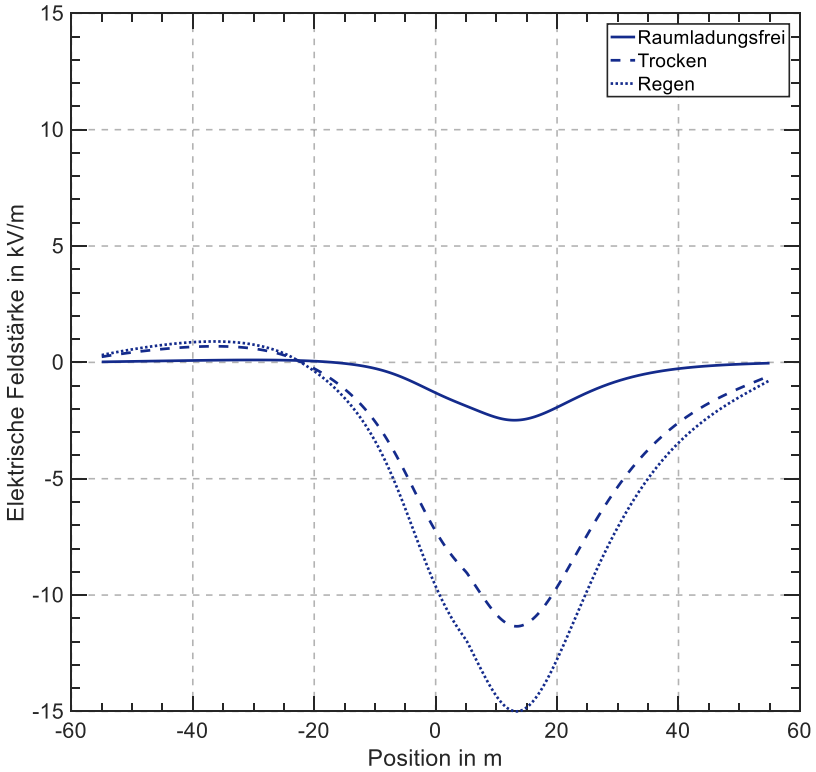
AC/DC getrennt:

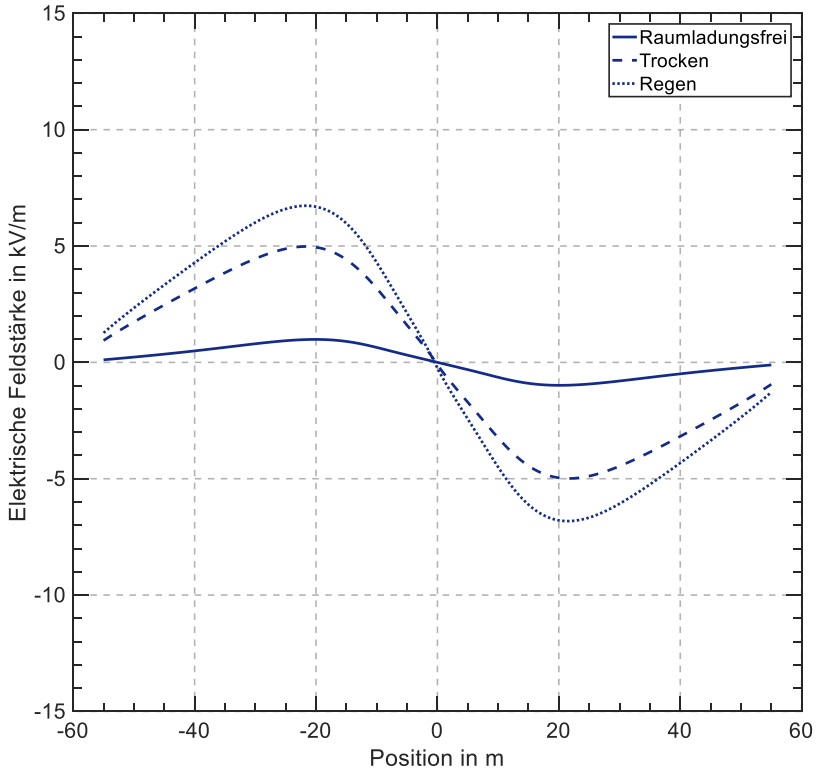
- Höhere DC-Randfeldstärke
- Ionenstromdichte steigt an

AC/DC gemischt:

- Reduzierte DC-Randfeldstärke
- Ionenstromdichte geringer

Wechselwirkungen: Beispiel - DC Feldstärke





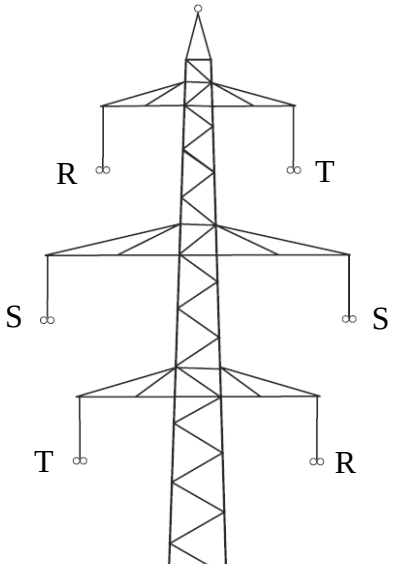
AC/DC getrennt:

- Einfluss von Raumladungen
- Effekt Wetter

AC/DC gemischt:

- Geringere Ionenstromdichte
- Weniger Einfluss von Raumladungen

Wechselwirkungen: Magnetfeld



AC-Phasen-Symmetrie:

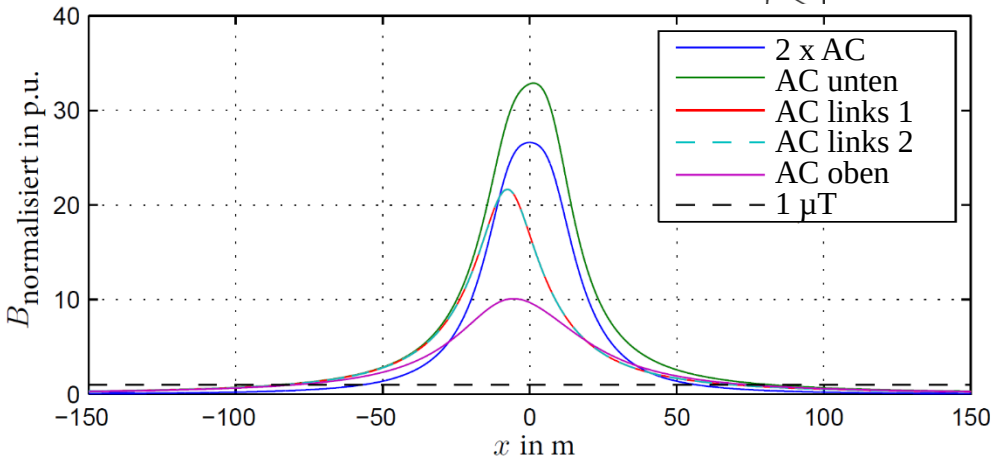
- Fernfeldoptimierung durch 2 x AC
- Konvertierung ändert Magnetfeld
- Einfluss Platzierung AC

Optimierung durch Kompaktierung:

- Reduzierter Abstand zwischen Phasen
- Fernfeldoptimierung
- Deutliche Reduzierung möglich

DC-Magnetfeld:

- Ähnlich dem Erdmagnetfeld



Wechselwirkungen: Zusammenfassung

Optimierte Platzierung des Bipols:

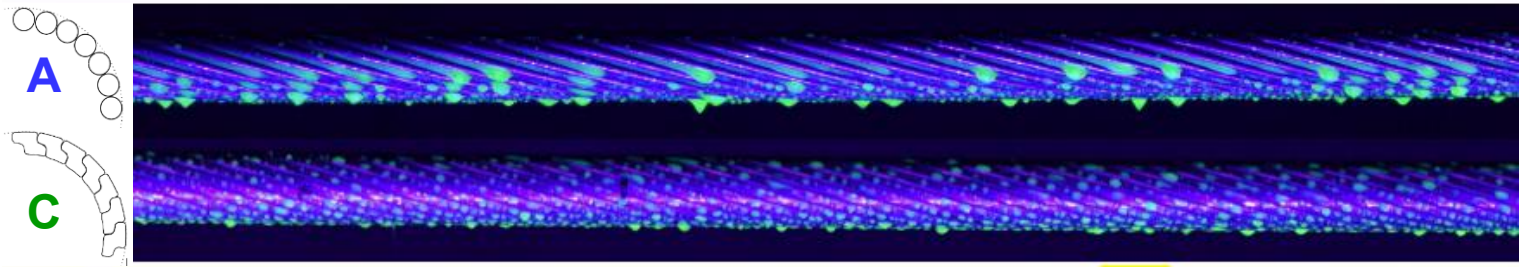
- Kopplungen nur sehr schwach bei grossen Abständen (z.B. Parallelführung)

Betriebsspannung:

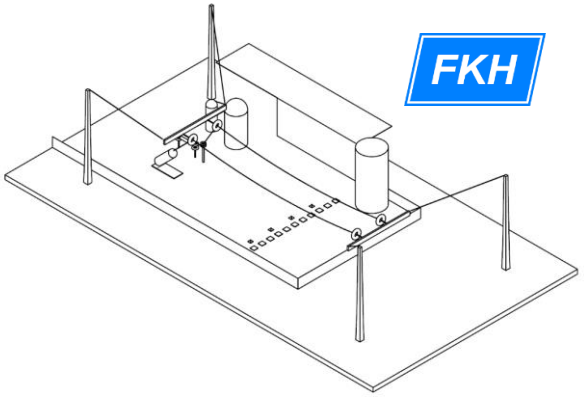
- Kompromiss zwischen Übertragungskapazität und Korona

Bündel & Leiterseile:

- Mehr Einzelseile, grösserer Durchmesser der Leiterseile, mehr Bodenabstand
- Optimierte Oberflächenbeschaffenheit der Leiterseile



Fazit & Ausblick



Fazit

- Hybridleitungen sind technisch möglich
- Simulationen basierend auf Versuchsanlagen
- Effekte können durch Spannung begrenzt werden
- Kompromiss ist Übertragungskapazität
- Platzierung der Bündel ist entscheidend
- Optimierung durch Leiteroberfläche möglich

Ausblick

- Zusätzliche Freifeldversuche in Vorbereitung
- Stetige Verbesserung bestehender Modelle

ETH zürich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Alle Publikationen frei verfügbar unter:

http://www.hvl.ee.ethz.ch/