

Ein effizienter Ansatz zur Modellierung und Simulation von Spiralseilen

Ralf Baumann

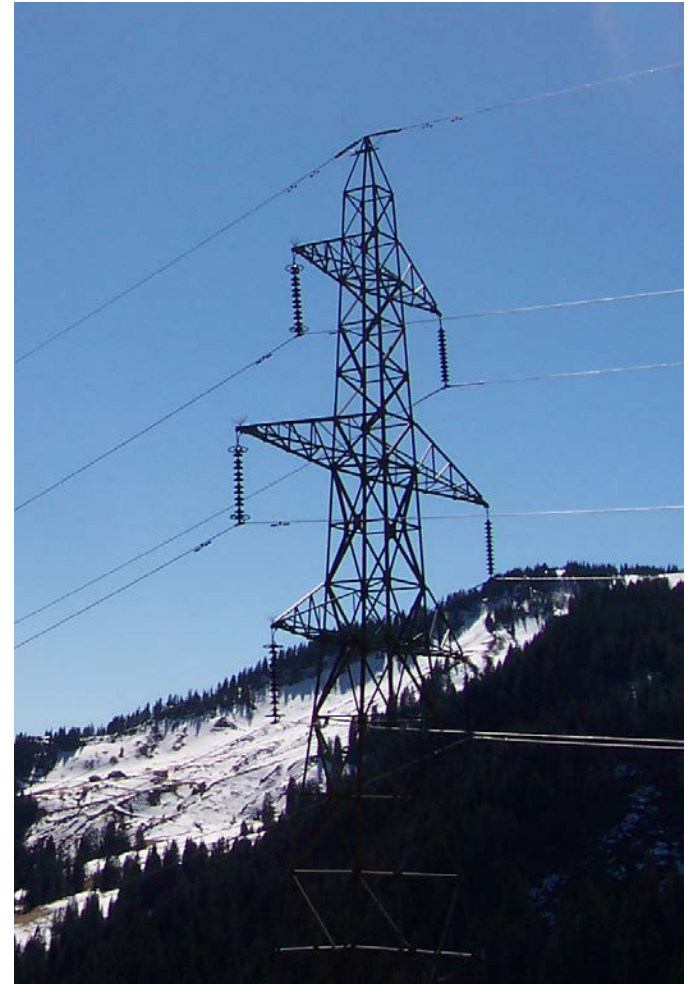
NAFEMS Konferenz
Bamberg, 8. Mai 2012

Inhalt

- Einleitung/Motivation
- Modellierung
- Validierung
- Zusammenfassung
- Ausblick

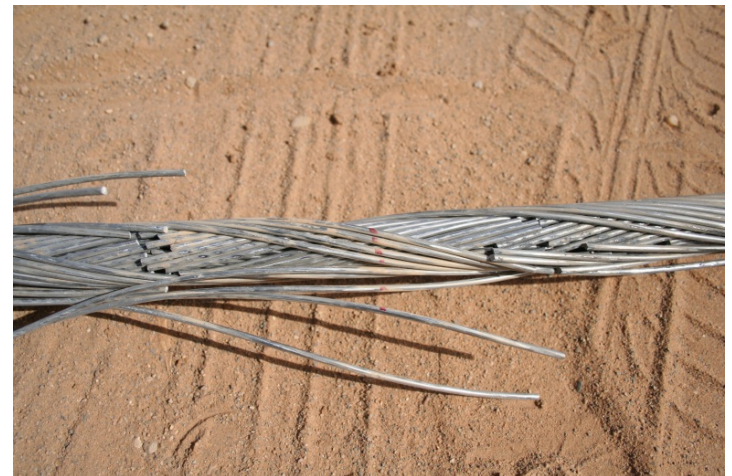
Einleitung

- Hochspannungsleiter
- Belastungen:
 - Vorspannung
 - winderregte Schwingungen
 - Witterung
 - befestigte Armaturen



Motivation

- Kosten
- Belastung
- Dämpfung



Zielsetzung

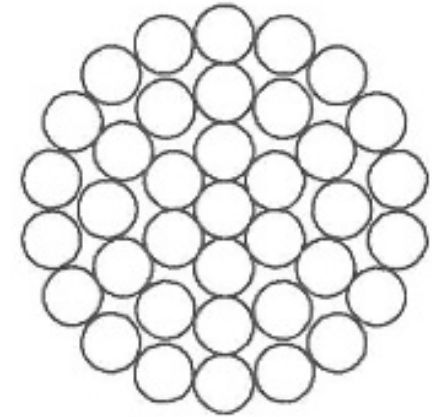
Berechnung der ...

- ... Biegesteifigkeit
- ... Spannungen
- ... Kontaktkräfte
- ... statische Hysterese

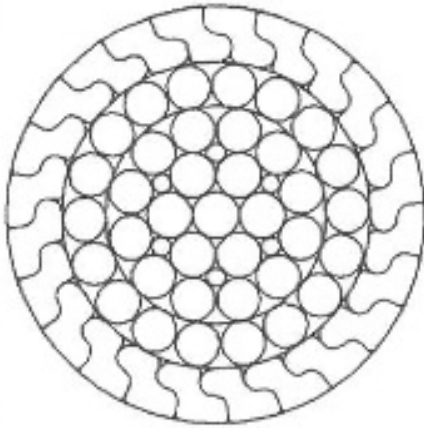


Abgrenzung

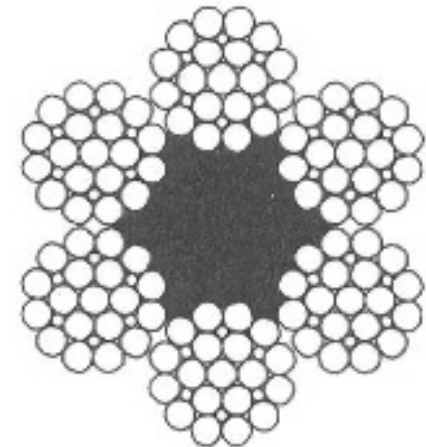
offenes Spiralseil



geschlossenes Spiralseil

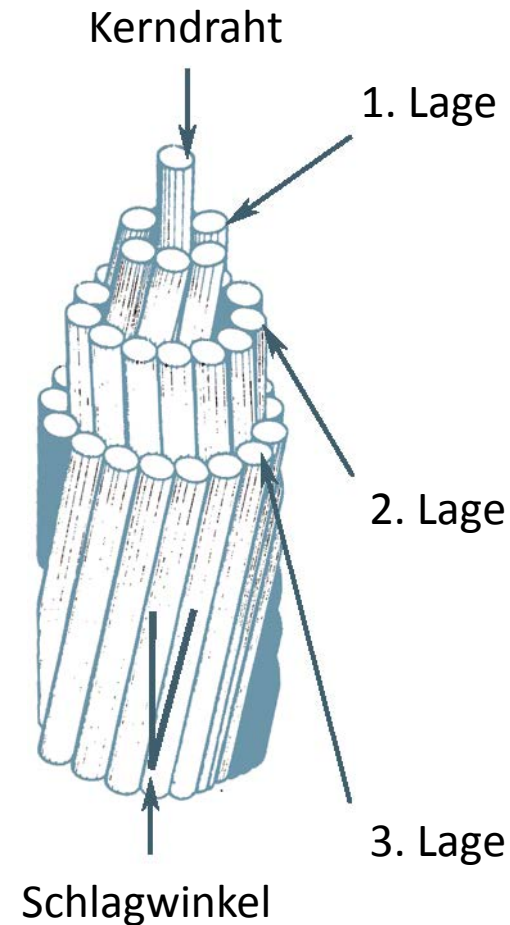


Litzenseil



Struktur eines Spiralseils

- Komplexer Aufbau
- Unterschiedliche Materialien
- Interaktion und Relativbewegung der Einzeldrähte
- Parameter oftmals nicht genau bekannt (z.B. Schlagwinkel, Reibungskoeffizient, etc.)

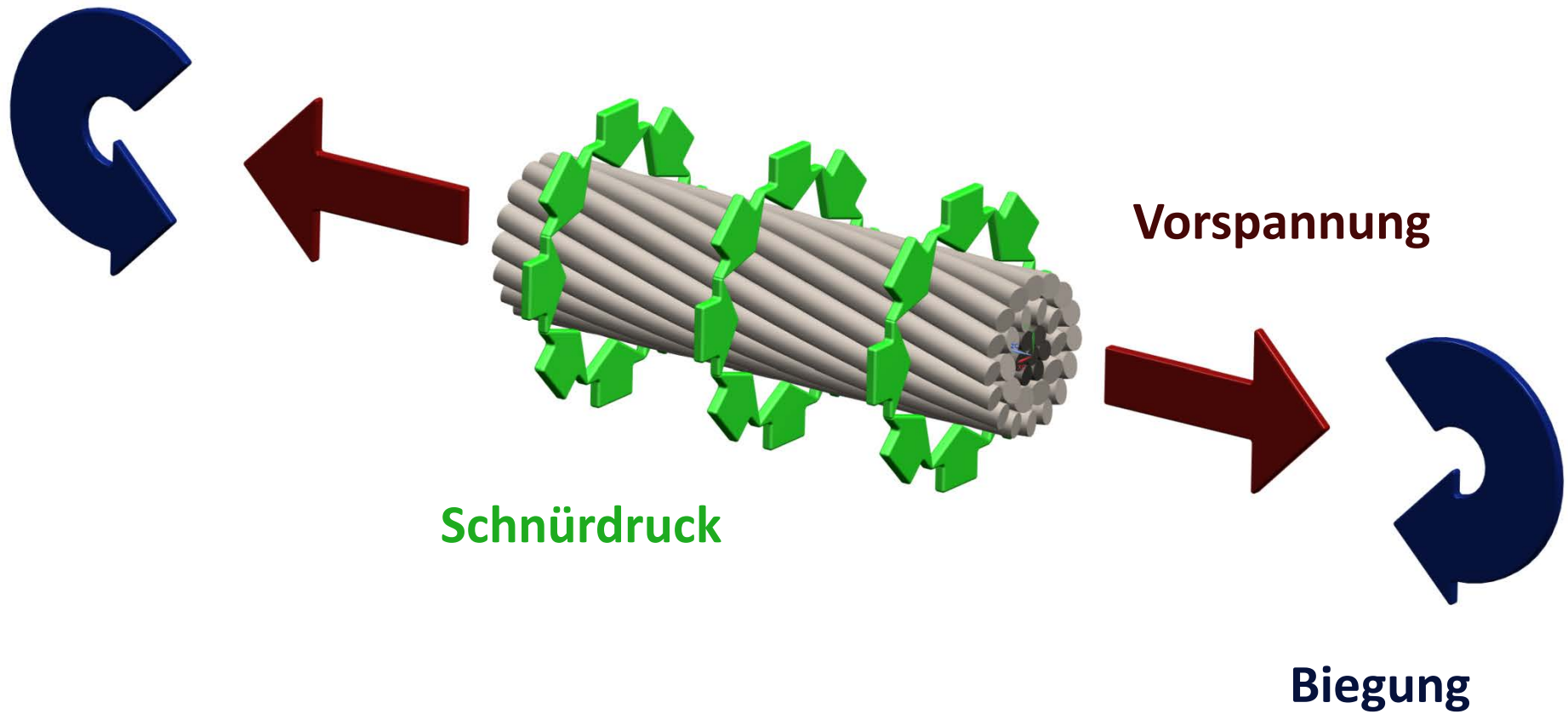


Modellanforderungen

- Simulationszeiten
- Parametrisierung
- Länge
- Randbedingungen
- Lasten
- Software



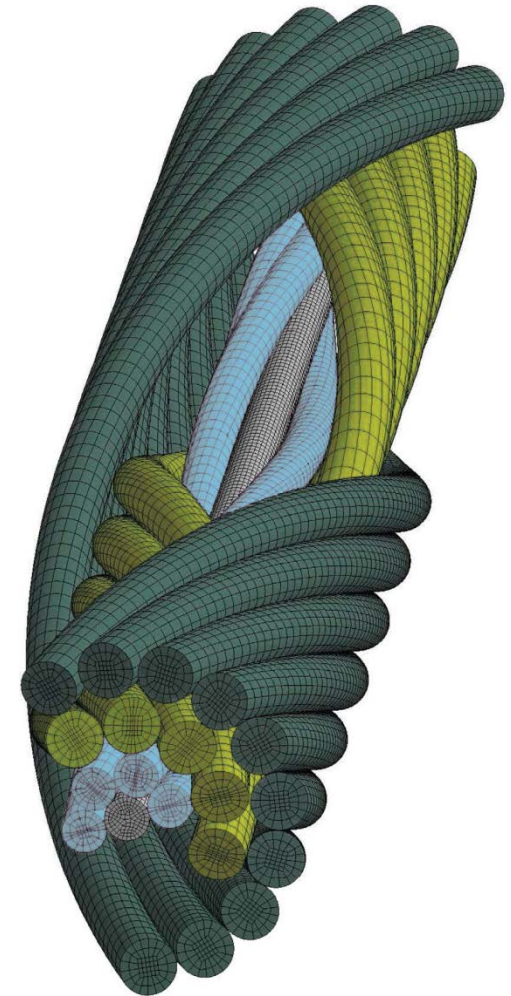
Belastung



Modellansätze

Ansatz: **Volumenmodell**

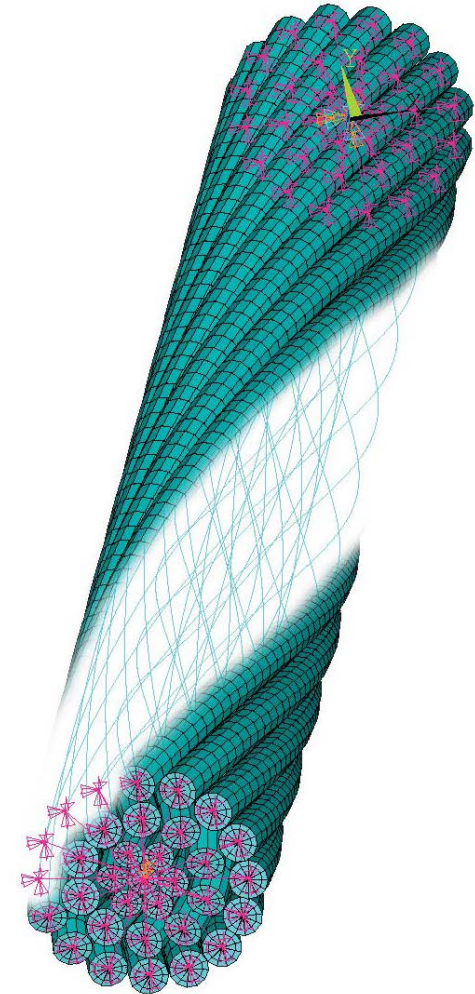
- + geometrisch genauer Kontakt
- + Spannungen im Kontaktbereich
- Modellgrösse (mehrere Millionen DOF)
- Rechenzeiten
- Parametrisierung
- Randbedingungen



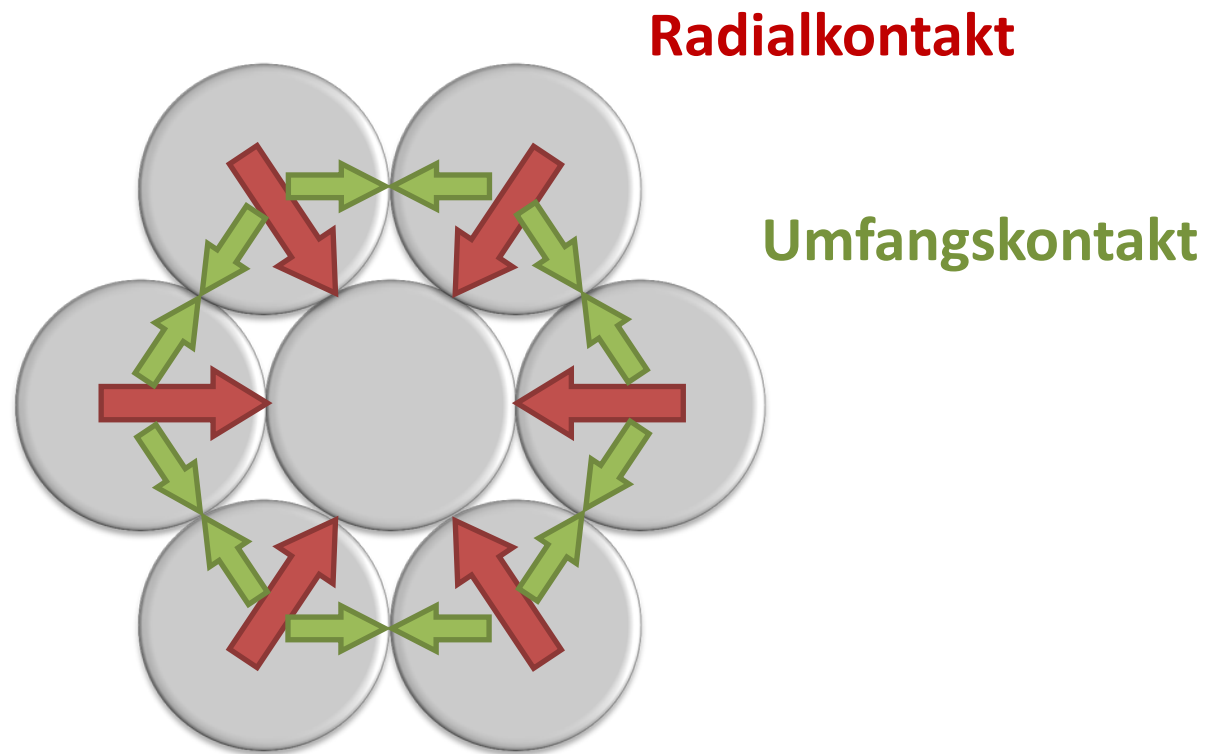
Modellansätze

Ansatz: **Balkenmodell**

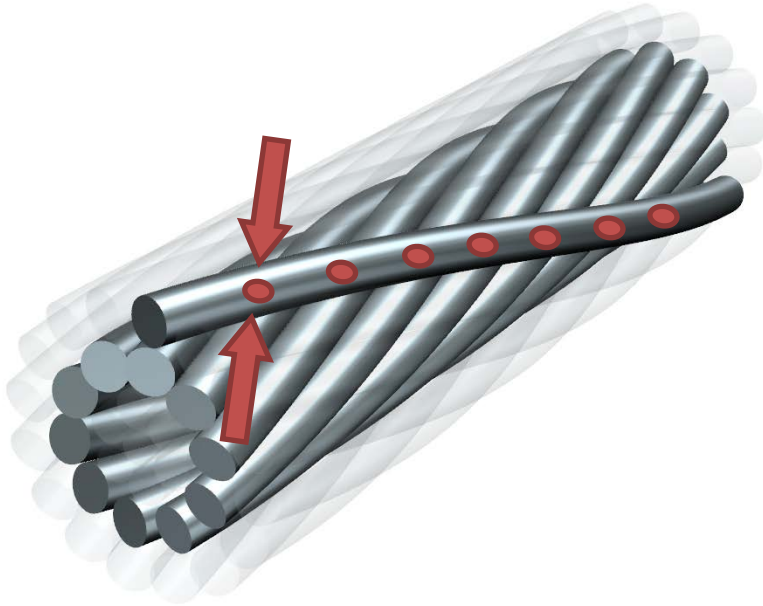
- + einfacher Modellaufbau
- + kürzere Rechenzeiten
- + Randbedingungen
- Kontaktmodellierung
- Spannungen im Kontaktbereich
- Programmierkenntnisse (APDL)



Kontaktsituation

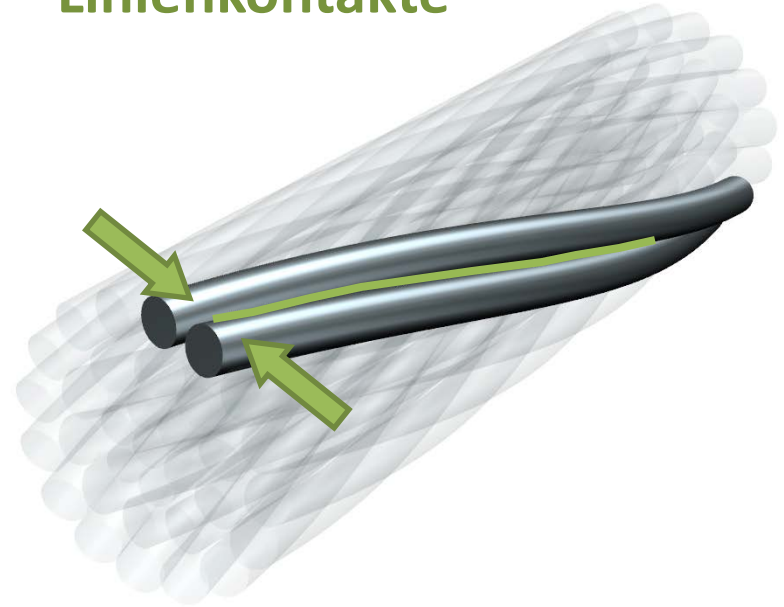


Kontaktsituation

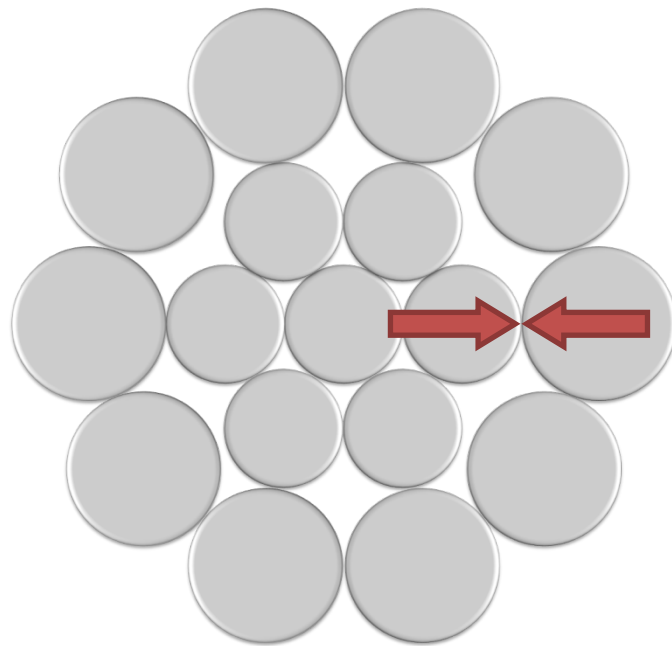


Punktkontakte

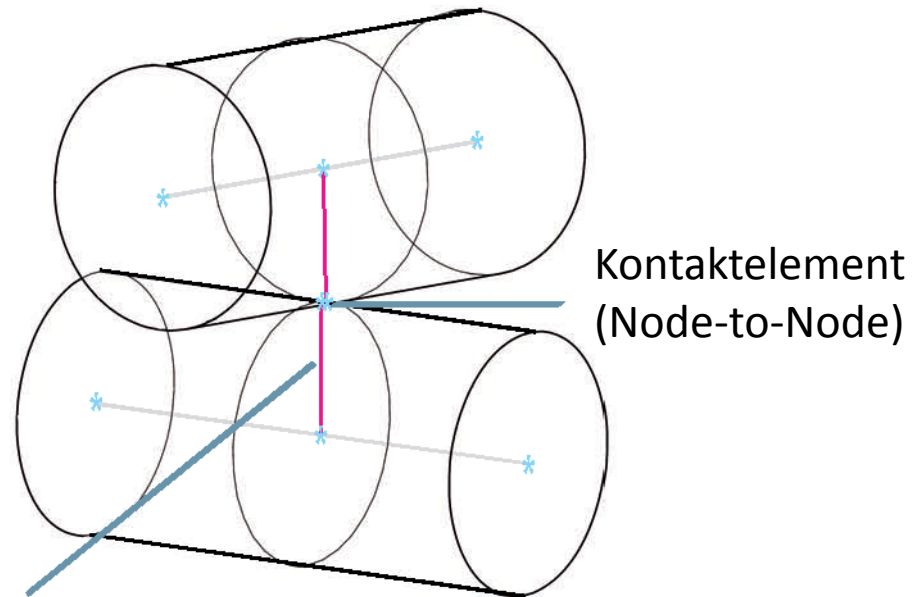
Linienkontakte



Kontaktmodellierung



Einzeldraht 3. Lage (Balkenelemente)

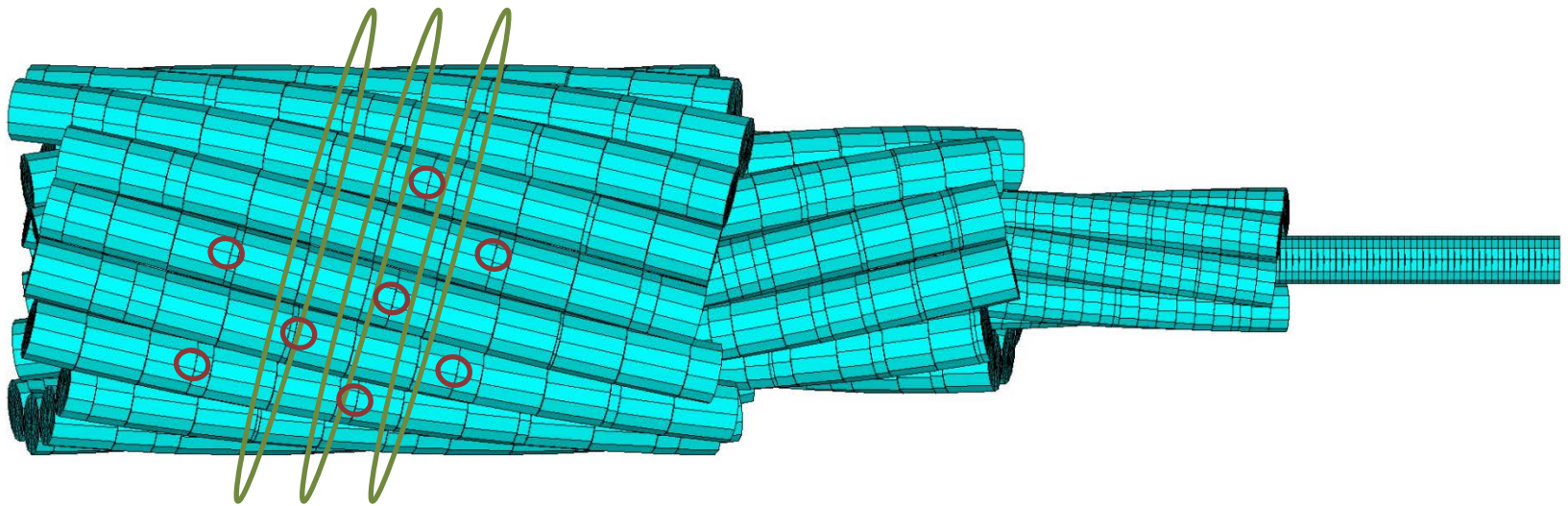


Kopplungsbedingungen

Einzeldraht 2. Lage (Balkenelemente)

Netztopologie

Umfangskontaktstellen

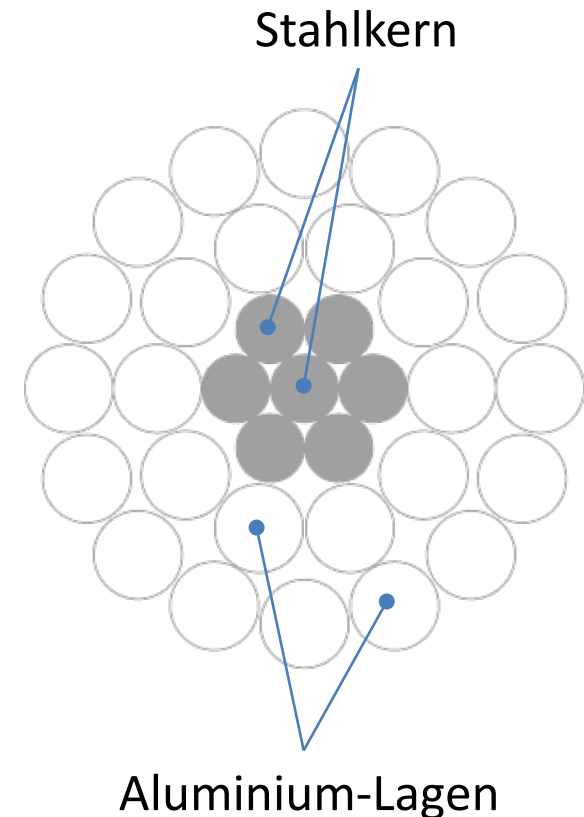


Radialkontaktstellen

Referenzleiter

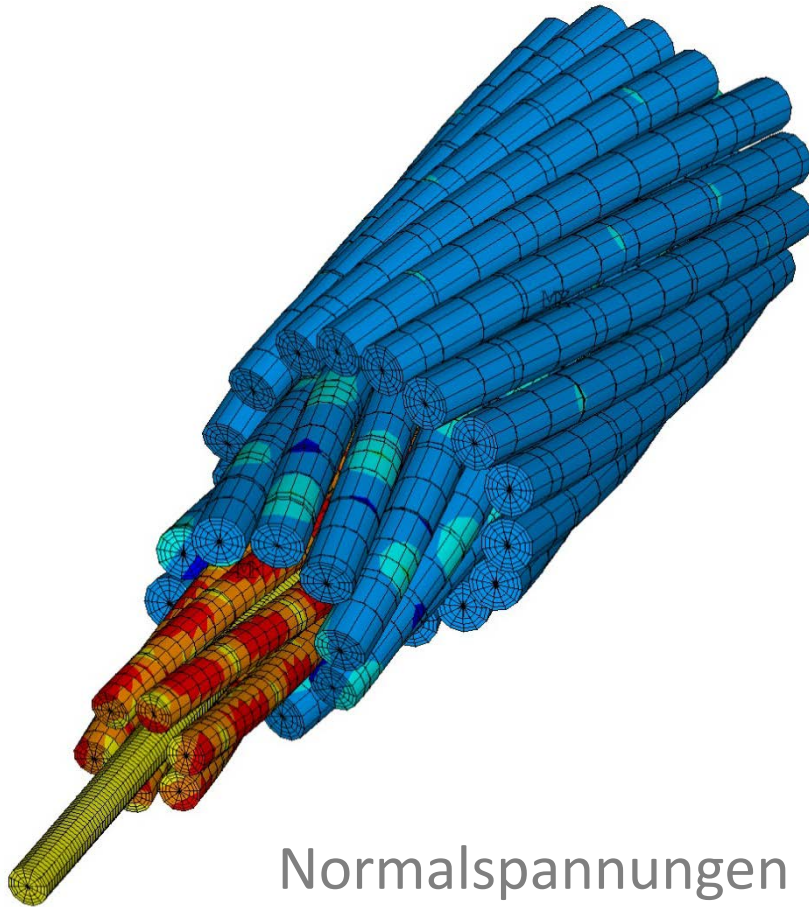
ACSR - Drake

- 3-lagig
- Stahlkern: 1+6 (7) Drähte
- Alu-Lagen: 10+16 (26) Drähte
- Aussendurchmesser: 28 mm
- Schlagwinkel: 7.5°, -13°, 15°



ACSR – Aluminium Conductor Steel Reinforced

ACSR-Drake 2-m-Modell



- ca. 104'000 Knoten
- ca. 34'000 Balkenelem.
- ca. 34'000 Kontakte

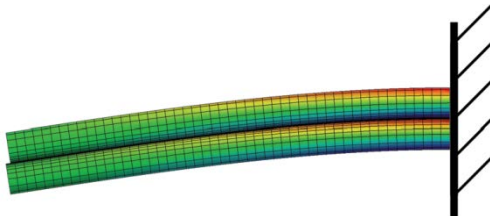
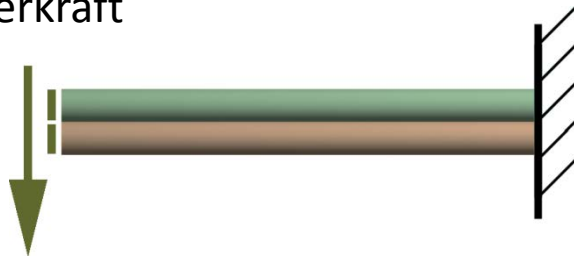
Normalspannungen bei 28.5 kN Zuglast

Biegesteifigkeit

2-Balken-Ersatzmodell

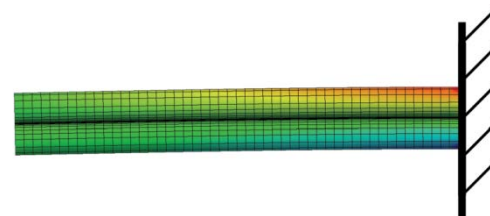
Kontakttyp: Reibungsfrei

Querkraft

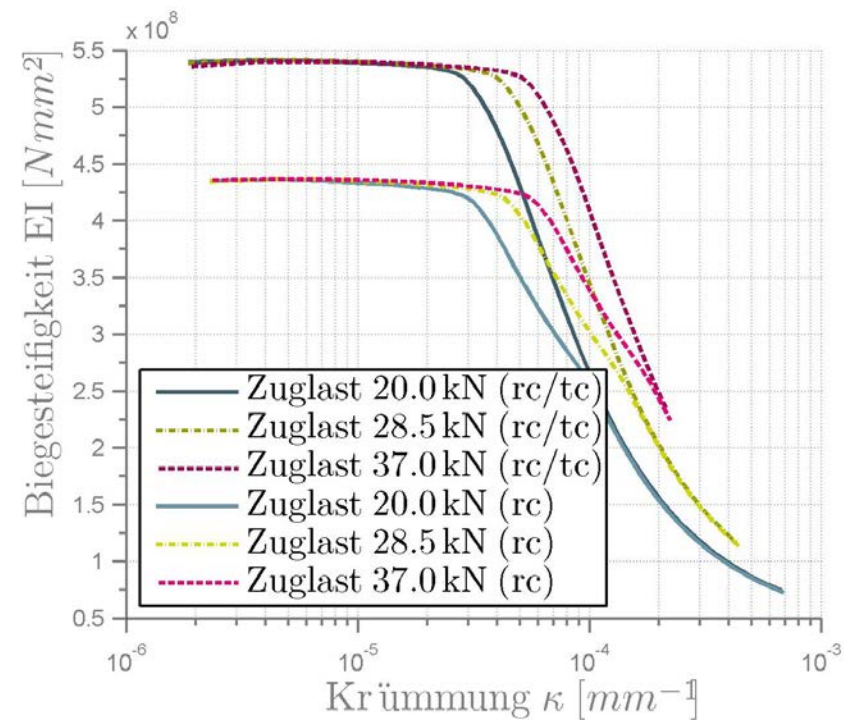
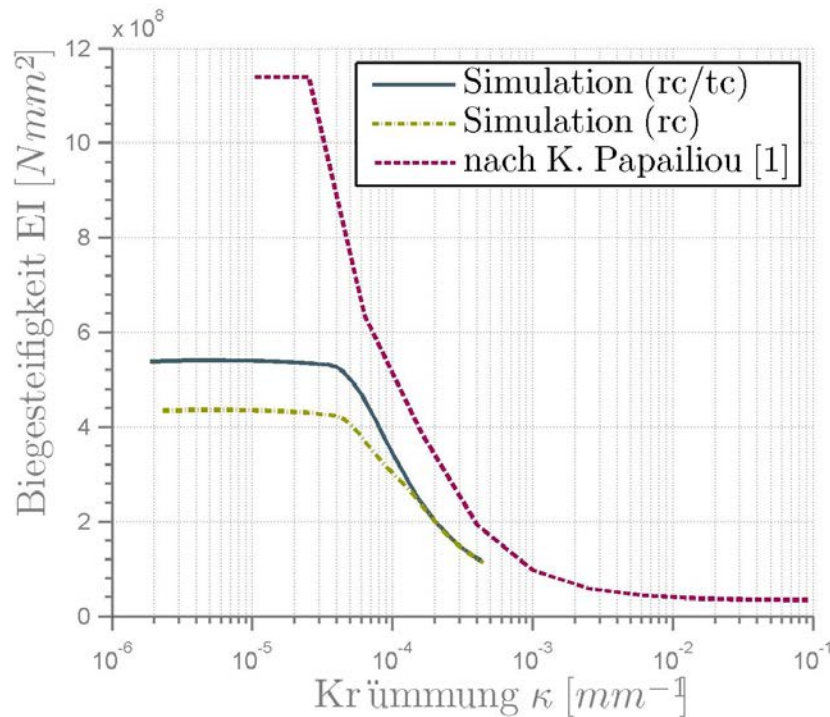


Kontakttyp: Verbund

Querkraft



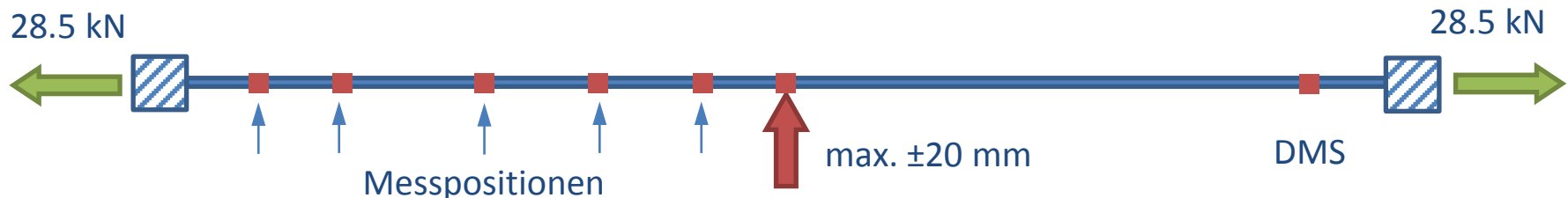
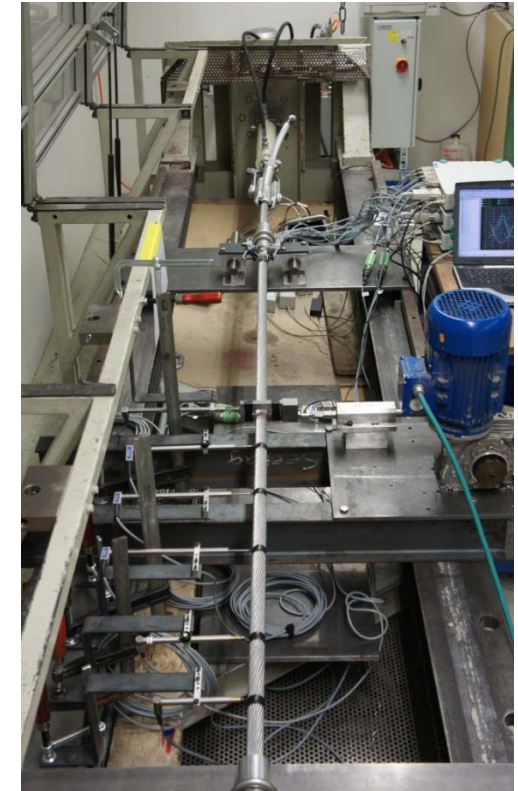
Analytische Validierung



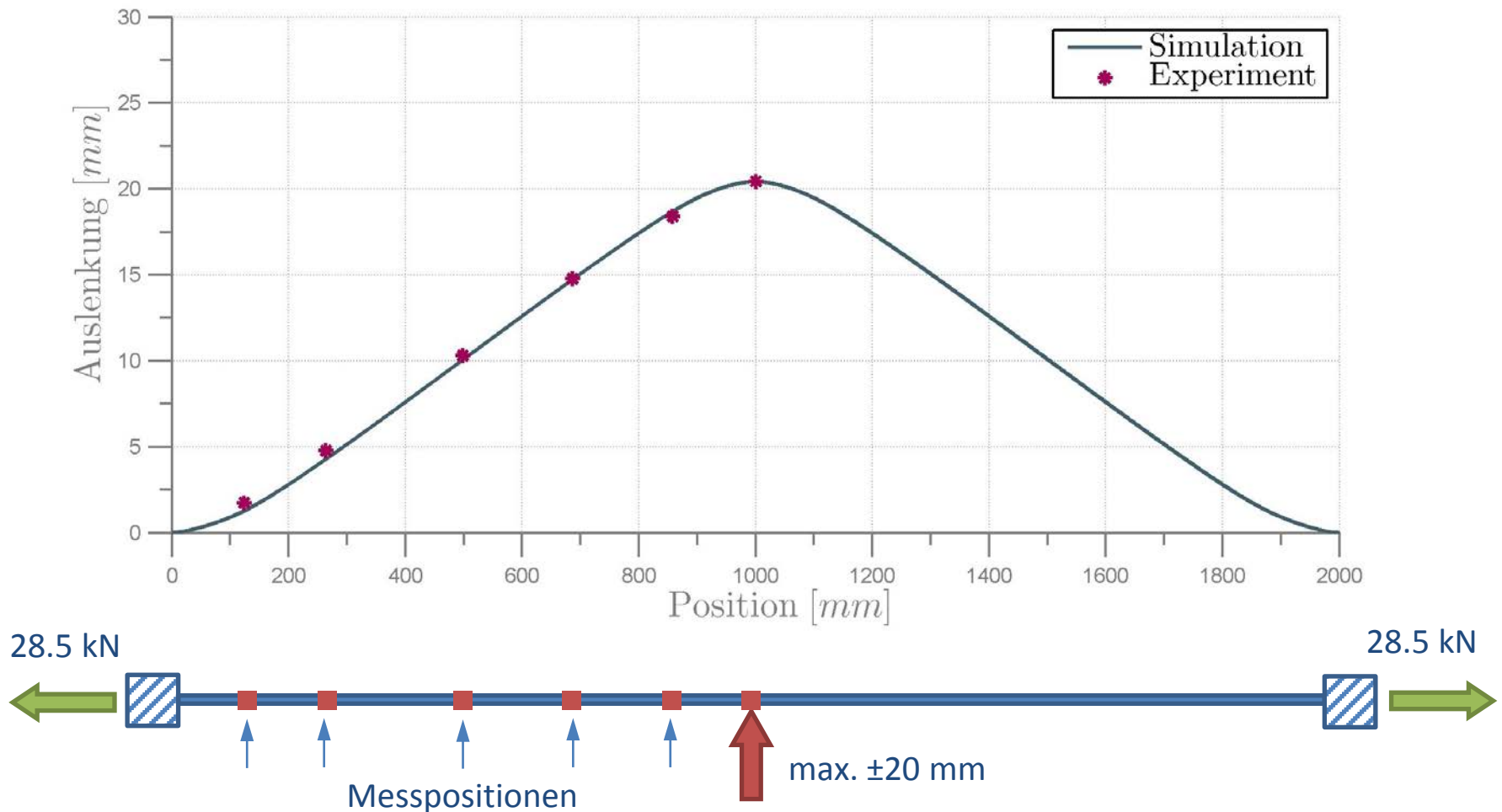
[1] K.O. Papailiou: „Die Seilbiegung mit einer durch die innere Reibung, die Zugkraft und die Seilkrümmung veränderlichen Biegesteifigkeit“, ETH Dissertation, 1995

Laborversuch @ Pfisterer Sefag

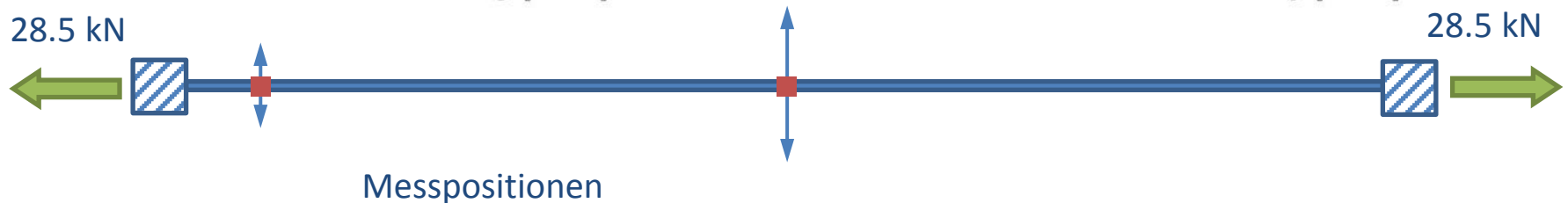
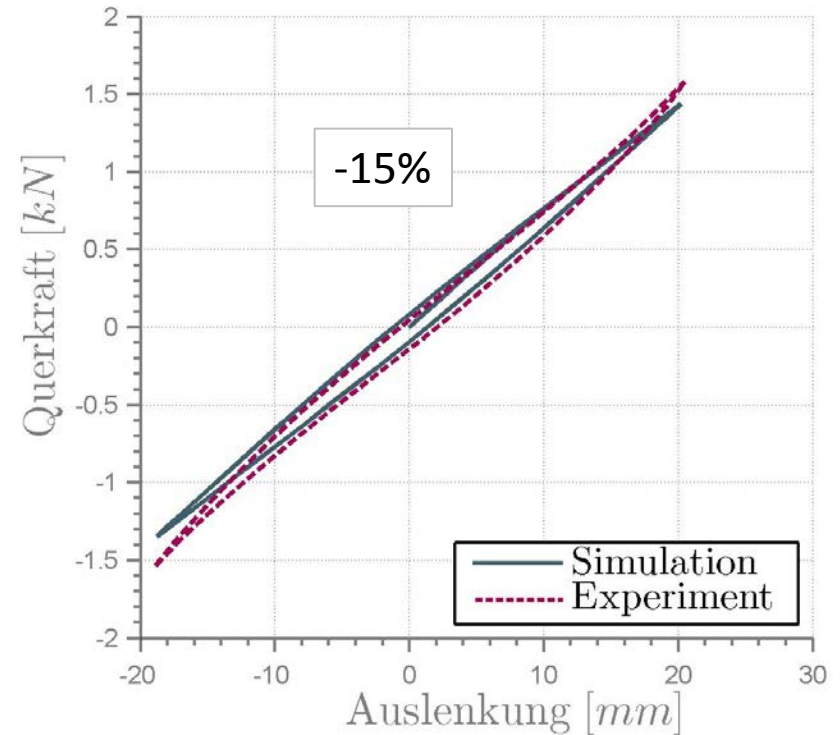
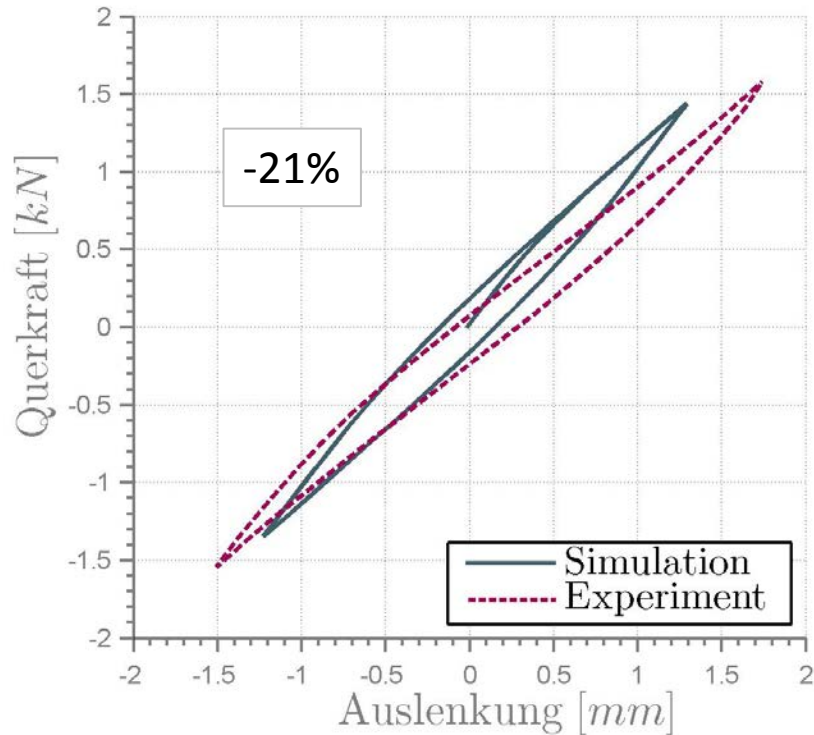
- Leiterlänge 2 m
- Vorspannung
- Querauslenkung in der Mitte
- Messung der Auslenkung an sechs Positionen
- DMS-Messung der Spannungen



Experimentelle Validierung



Experimentelle Validierung



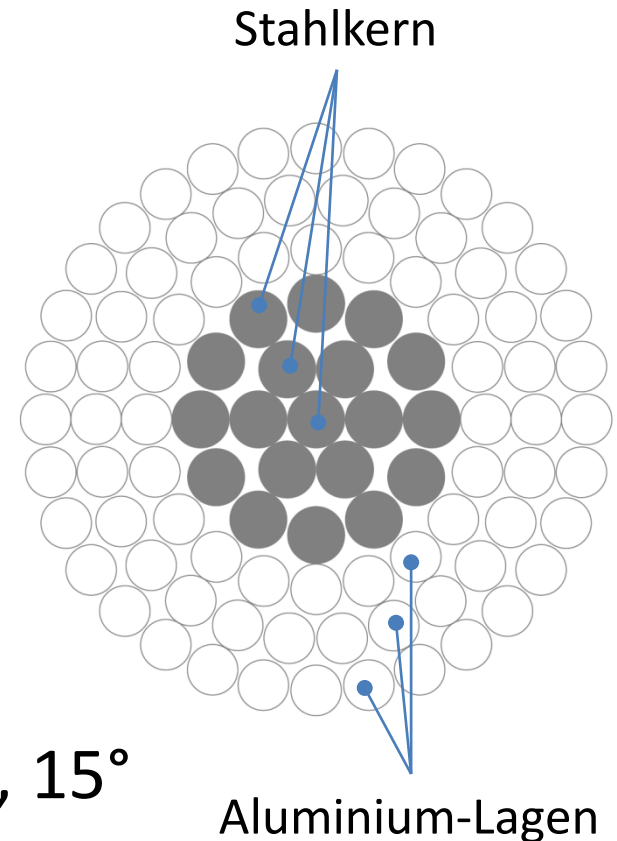
Zusammenfassung

- Vollparametrisiertes Modell
- Berücksichtigung Radial- und Umfangskontakte
- Sehr gute Abbildung der Steifigkeiten
- Quantifizierung der Reibarbeit
- Akzeptable Rechenzeiten

Ausblick: Hochtemperaturleiter

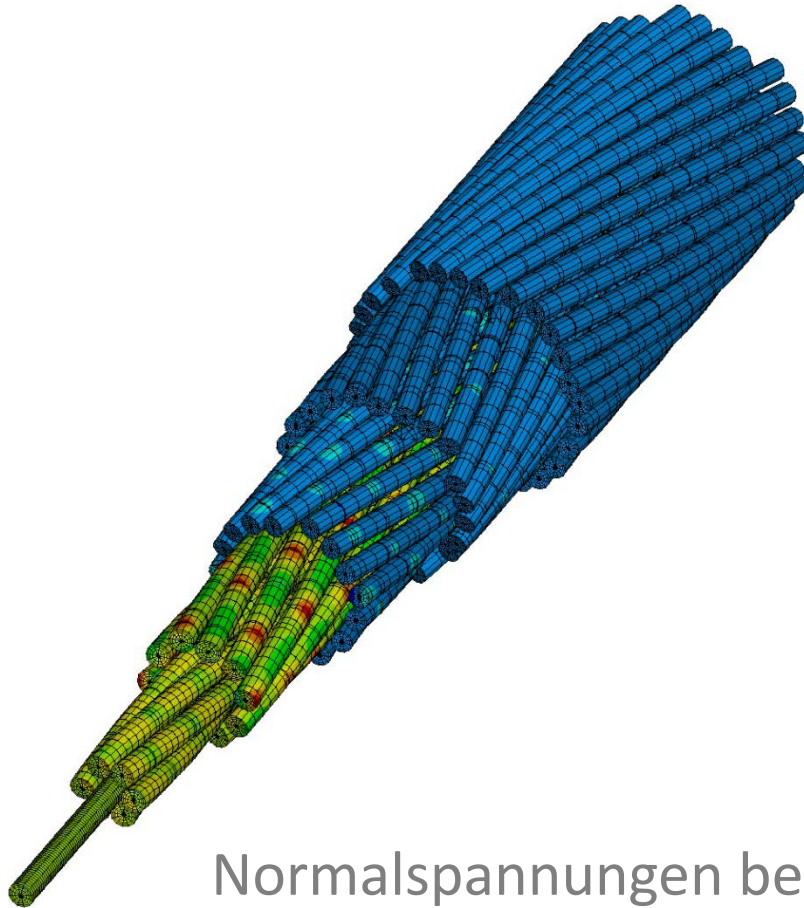
HACIN

- 5-lagig
- Stahlkern: 1+6+12 (19) Drähte
- Alu-Lagen: 20+26+32 (78) Drähte
- Aussendurchmesser: 27.66 mm
- Schlagwinkel: 7.5°, -9.5°, 13°, -14°, 15°



HACIN – High-strengthen Aluminium-Clad INvar

HACIN 2-m-Modell



- ca. 336'000 Knoten
- ca. 120'000 Balkenelem.
- ca. 108'000 Kontakte

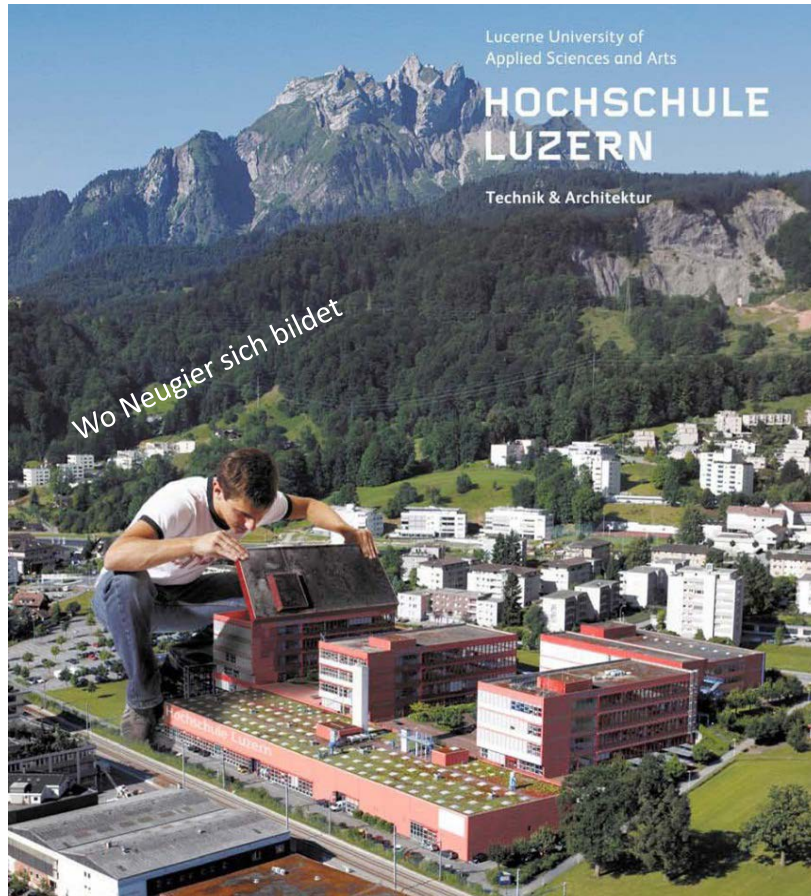
Normalspannungen bei 28.5 kN Zuglast

Besonderer Dank

PFISTERER | SEFAG

swisseelectric
research


Vielen Dank



Kontakt:

Prof. Ralf Baumann
CC Mechanische Systeme
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw

 www.hslu.ch

 0041 41 3493255

 ralf.baumann@hslu.ch