

CAE Herbsttagung 03.11.2015

# Portfoliopflege für die Magnetfeldsimulation für gasisolierte Schaltanlagen

# Portfoliopflege für die Magnetfeldsimulation für gasisolierte Schaltanlagen

Dipl.-Ing. Damian Baron  
Berechnungsingenieur

EM MS R&D GIS TI 2  
Forschung & Entwicklung

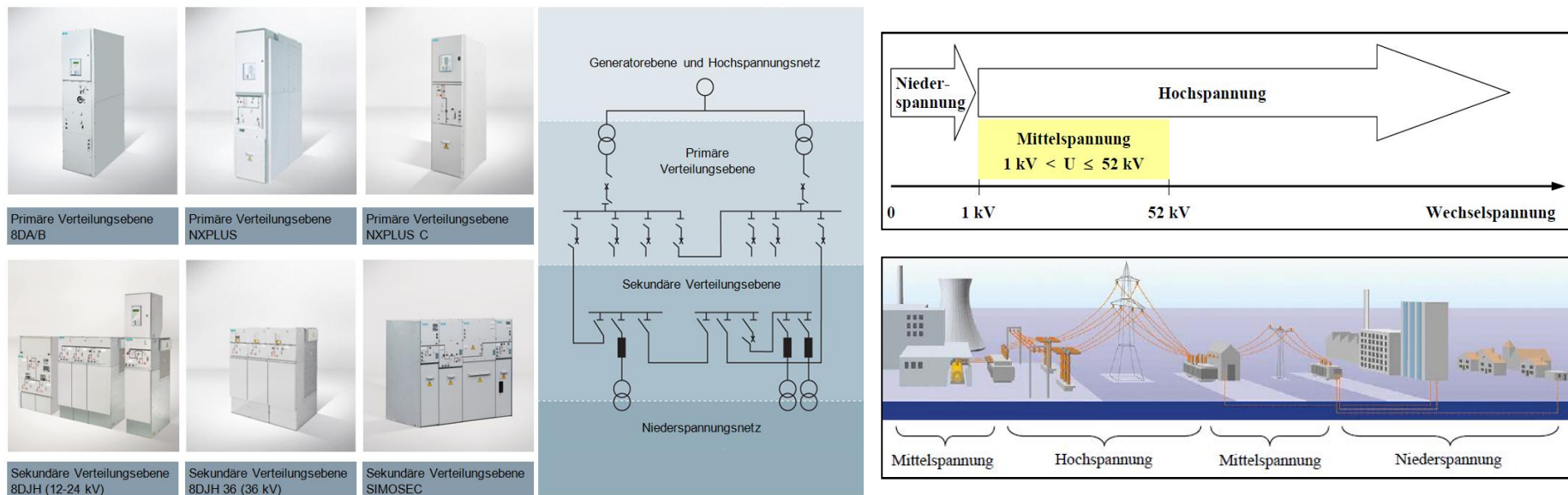
## Agenda

1. Schaltanlagenwerk Frankfurt
2. Herausforderungen und Simulationsportfolio
3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

# 1. Schaltanlagenwerk Frankfurt

Mittelspannungsschaltanlagen sind wichtige Komponenten für Stromverteilernetze und sichern somit die Energieverteilung. Die Hauptaufgaben sind:

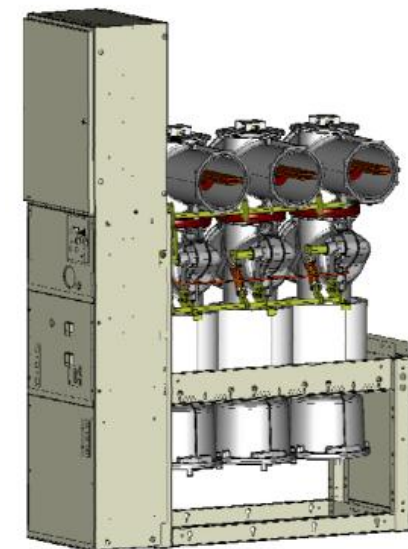
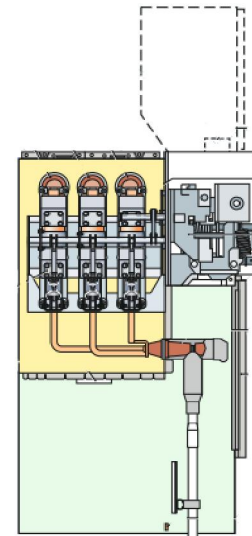
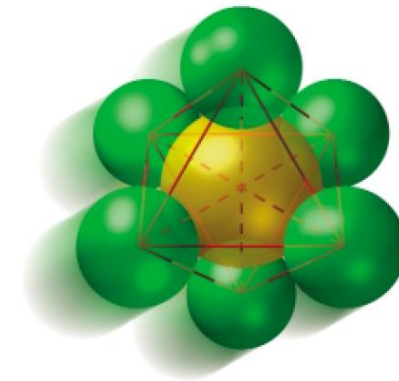
- Stromloses Schalten
- Schalten von Betriebsströmen
- Schalten von Kurzschlussströmen



# 1. Schaltanlagenwerk Frankfurt

Wieso wird mit dem Gas SF6 isoliert?

- 2,5 faches elektrisches Isolierungsvermögen von Luft  
→ Kompaktere Bauweise
- gute Lichtbogenlöscheigenschaften  
→ Geringere Zerstörung der elektrischen Kontakte
- gute Wärmeleitvermögen  
→ Bessere Abfuhr von Verlustwärme



# 1. Schaltanlagenwerk Frankfurt

Gasisolierte Schaltanlagen (GIS) werden in Frankfurt (SWF) und auch in den Schwesterwerken Goah (Indien) und Wuxi (China) hergestellt



# 1. Schaltanlagenwerk Frankfurt

Das SWF gilt als Kompetenzstandort für Forschung und Entwicklung von gasisolierten Mittelspannungsschaltanlagen. Ebenfalls am Standort sind neben der Fertigung auch Kundenzentrum, akkreditiertes Prüflabor, Service sowie Qualitäts- und Umweltmanagement vorhanden.



# 1. Schaltanlagenwerk Frankfurt

## Das Simulationsteam:

- Leiter Dr. Thomas Reiher
- 7 Mann starkes Team
- ca. 300 Simulationsprojekte im Jahr (intern & extern)
- Softwareprogramme: I-DEAS, NX CAE, ANSYS, RECURDYN, LS-DYNA, CFX



Siemens PLM Software  
**SIEMENS**

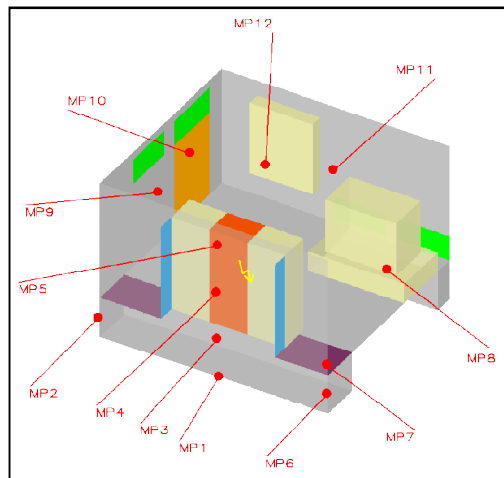


## 2. Herausforderungen und Simulationsportfolio

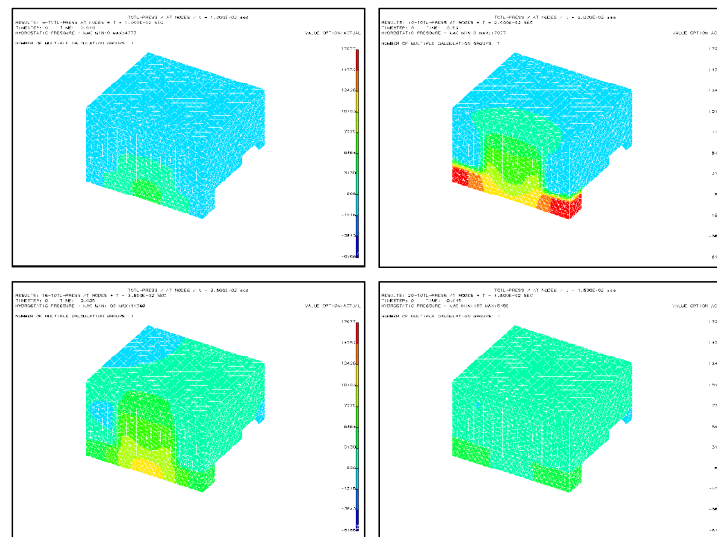
### Störlichtbogendrucksimulation

Aufgrund eines Störfalles kann es durch einen Störlichtbogen zu einem rapiden Druckanstieg in der Anlage kommen, welcher nicht nur die Anlage, sondern auch den Raum belastet.

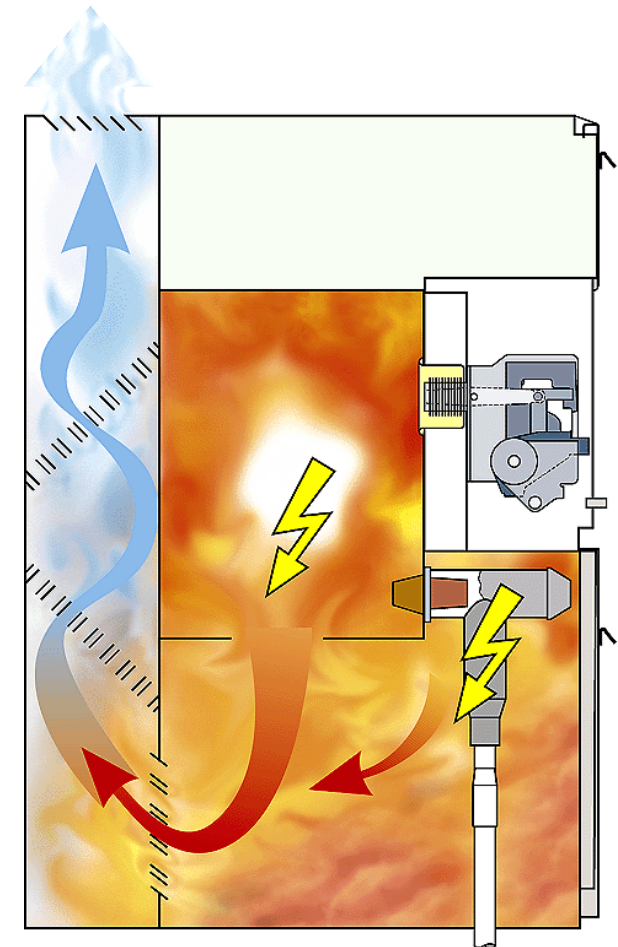
### Lösung: Strömungssimulation mit NX ESC (bisher I-DEAS)



CAD - Modell



Druckergebnisse zu verschiedenen Zeitpunkten



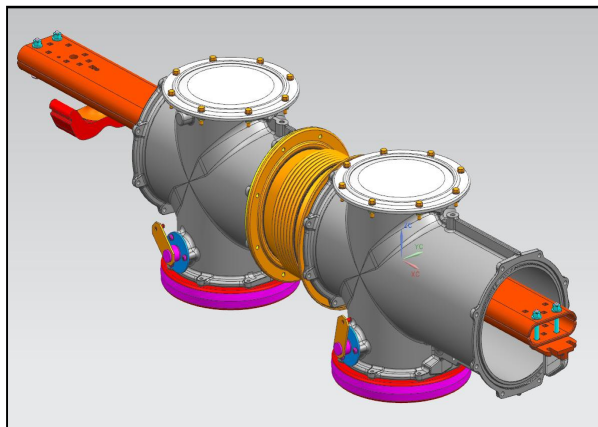


## 2. Herausforderungen und Simulationsportfolio

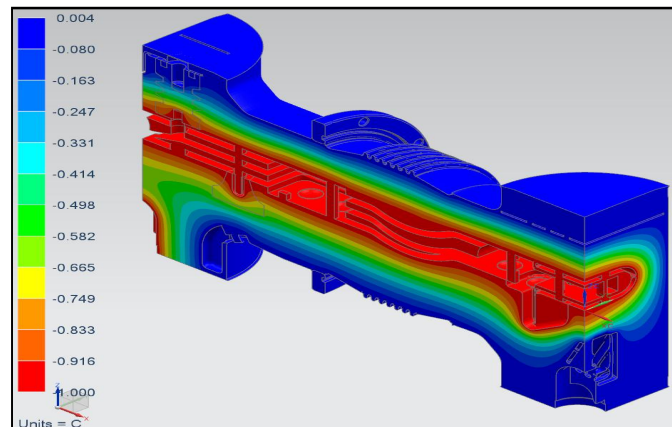
### Stationäre elektrische Feldsimulation

Aufgrund der hohen Betriebsspannungen muss konstruktiv das elektrische Feld gepflegt werden, um Durchschläge bzw. Teilentladungen entgegen zu steuern. Ziel ist es dabei, das Feld so homogen wie möglich zu gestalten. (Besonders bei kritische Stelle wie scharfe Kanten)

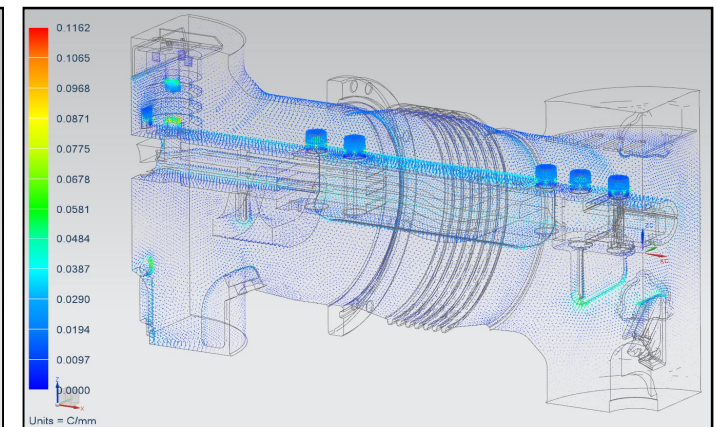
Lösung: Temperaturfeld mit NX Nastran Thermal, auch möglich mit NX Magnetics



CAD - Modell



Äquipotentiallinien



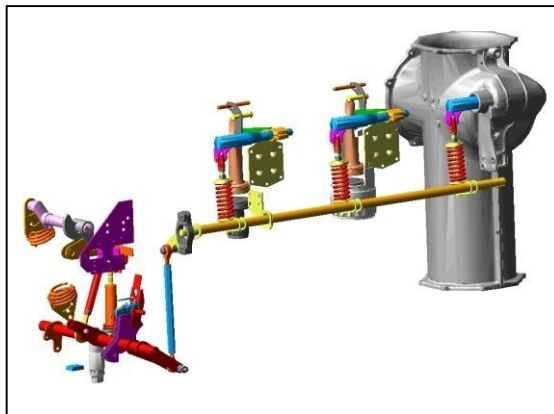
Feldstärken

## 2. Herausforderungen und Simulationsportfolio

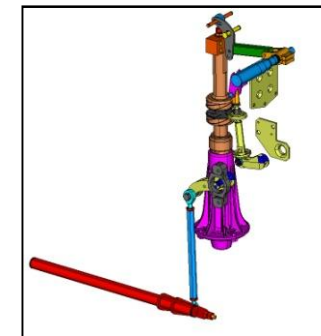
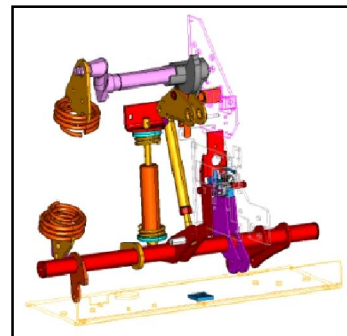
### Mehrkörpersimulation

Zur Dimensionierung und Auslegung von Antrieben und anderen kinematischen Ketten kann anhand verschiedener Parameter (Federkraft, Massen, Hebel,..) voruntersucht werden ob gewünschte Kräfte, Drehmomente und Beschleunigungen erreicht werden.

Lösung: Multi-Body-Simulation mit NX Motion / RECURDYN



Antriebskette der 8DA



## 2. Herausforderungen und Simulationsportfolio

### Struktursimulation (Statisch, Dynamisch)

Mechanische Belastungen tauchen in verschiedensten Anwendungsfällen auf:

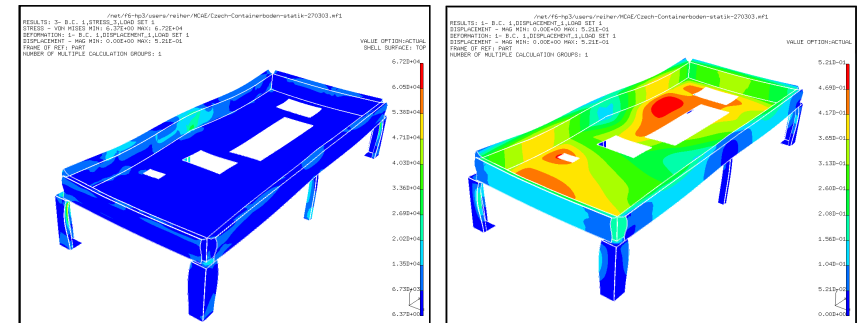
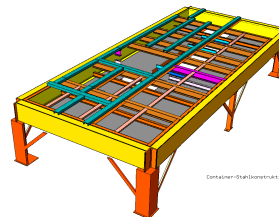
#### Statisch

- Fülldruck der Gasbehälter (Versteifungen)
- Gewichtslasten

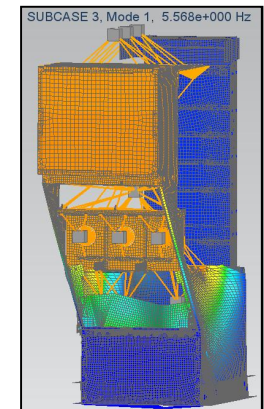
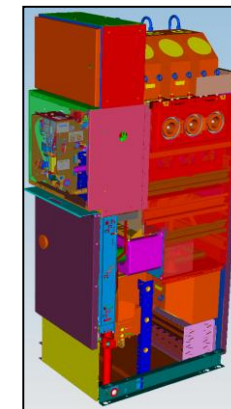
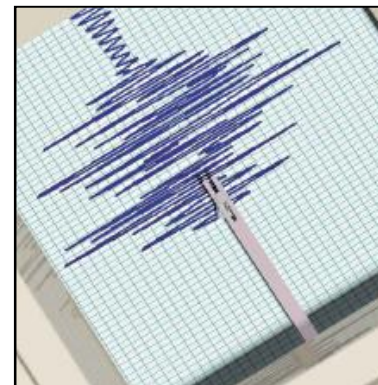
#### Dynamisch

- An- und Auschaltvorgänge (explizit)
- Transportprüfungen (Antwortspektrummethode)
- Erdbeben
- Kurzschlussstrom → Lorentzkräfte

Lösung: ANSYS bzw. NX Nastran Advanced  
Nonlinear



Spannungen und Dehnungen

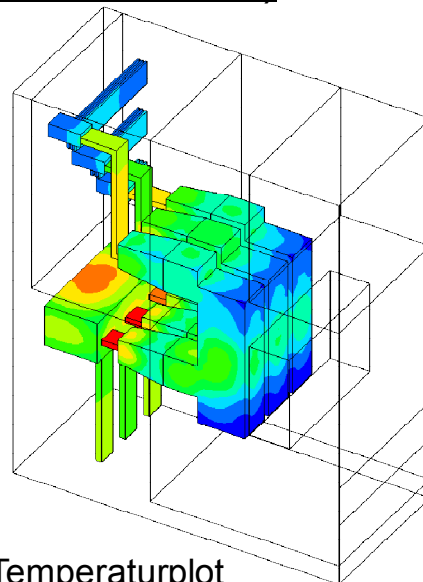


## 2. Herausforderungen und Simulationsportfolio

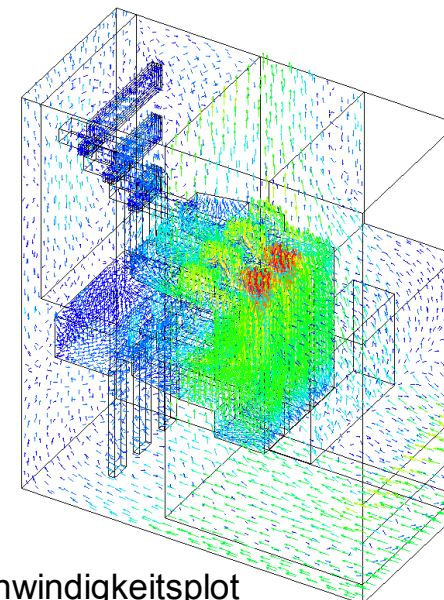
### Erwärmungssimulation

Aufgrund der Betriebsströme erwärmt sich die Anlage durch die elektrische Verlustleistung. Dabei müssen Grenztemperaturen der verschiedenen Anlagenkomponenten eingehalten werden. Der Wärmetransport (Konvektion, Konduktion und Strahlung) wird dabei über eine gekoppelte Wärmeströmungssimulation optimiert und mit dem Versuch abgeglichen.

### Lösung: NX ESC (bisher I-DEAS)



Temperaturplot



Geschwindigkeitsplot

## 2. Herausforderungen und Simulationsportfolio

### Übersicht des Simulationsportfolios

- Störlichtbogendrucksimulation
- Stationäre elektrische Feldsimulation
- Kinematiksimulation
- Struktursimulation (Statisch, Dynamisch)
- Erwärmungssimulation
- **Schwerpunkt: Magnetische Feldsimulation mit NX MAGNETICS**

### Weitere Simulationsdisziplinen in der Entwicklung

- Schaltlichtbogensimulation
- Lebensdauer

### 3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

Software: Wechsel von ANSYS Emag auf NX MAGNETICS

Intensive Kooperation mit unserem Solutionpartner



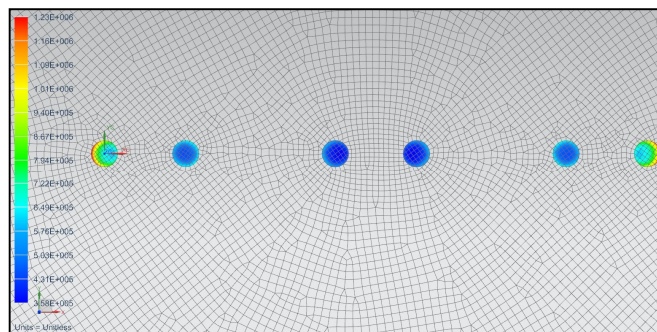
Unsere Anwendungsfälle:

1. Verlustleistungsermittlung, Stromverteilung
2. Auftreten von Stoßstromkräften beim Kurzschlussversuch (Kurzschluss im Netz)

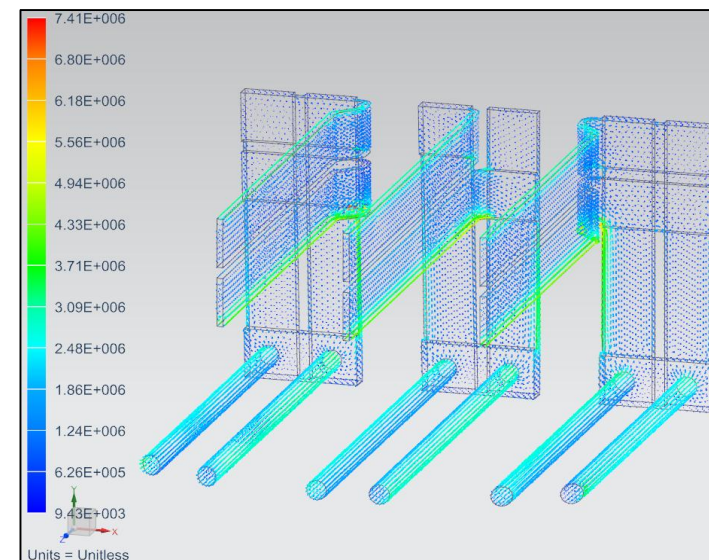
### 3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

#### 1. Verlustleistungsermittlung, Stromverteilung

- Berücksichtigung von Stromverdrängung (Skin- und Proximity-Effekten)  
→ Untersuchung verschiedener Leiteranordnungen
- stationäre Lösung bei 3-phasigen Wechselstrom (2D,3D)
- Verlustleistungs-Input auf eine ESC-Erwärmungssimulation möglich → noch in Untersuchung



Stromdichteverteilung 2D



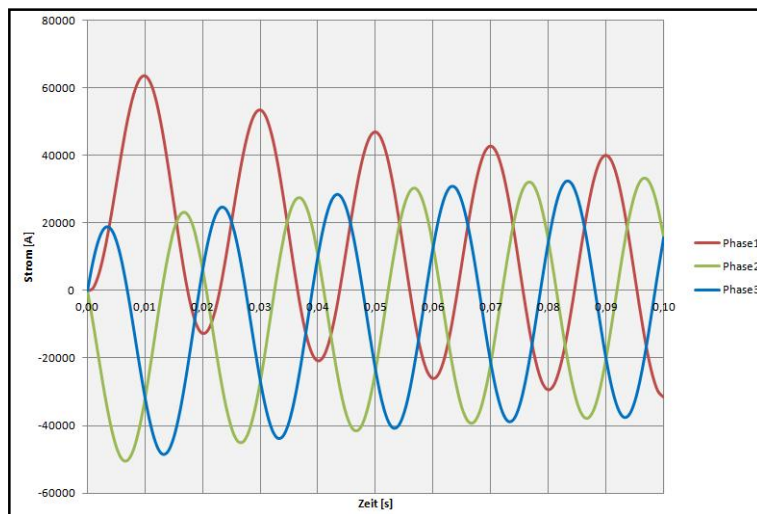
Stromdichteverteilung 3D

### 3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

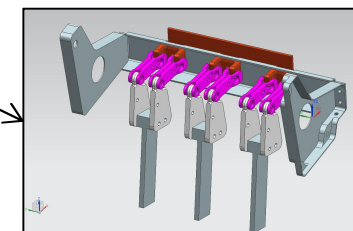
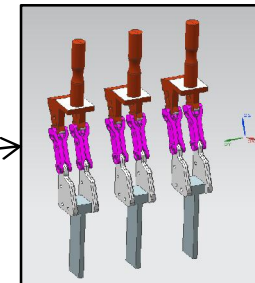
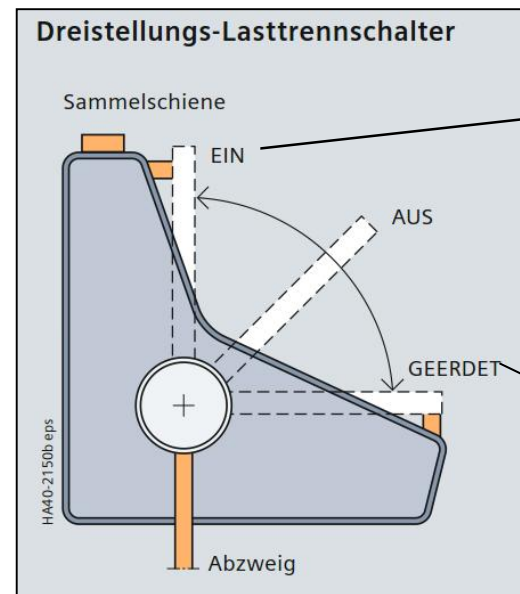
#### 2. Auftreten von Stoßstromkräften beim Kurzschlussversuch

Im Stoßkurzzeit-Versuch wird ein geschlossener 3-phasiger Schalter einem Kurzschlussstrom von einer Sekunde ausgesetzt.

Bei einem 3-poligen Kurzschluss im Netz fließt im ersten Augenblick ein Stoßstrom welcher auf den Dauerkurzschlussstrom abklingt.



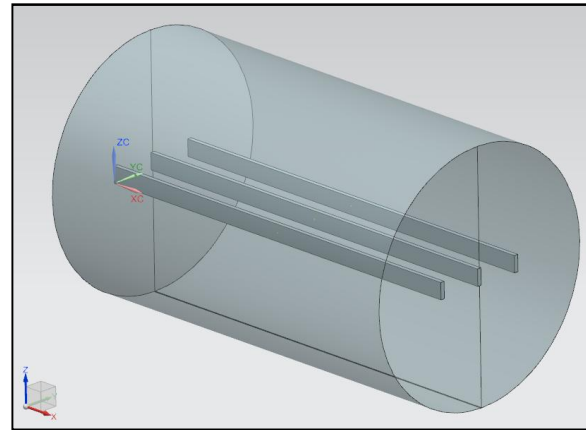
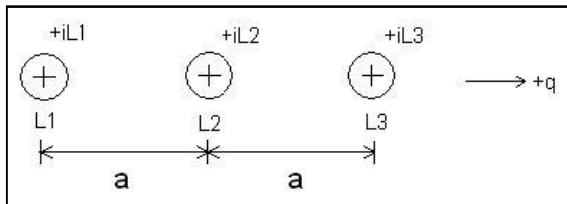
3-phasiger Kurzschlussstrom





### 3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

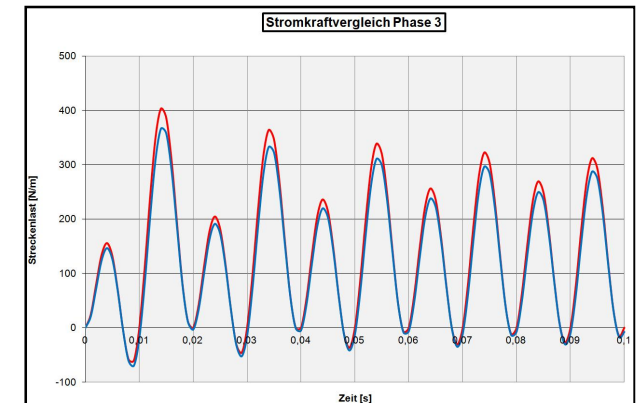
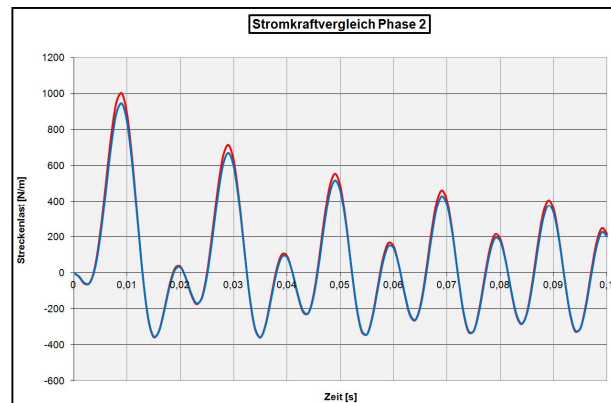
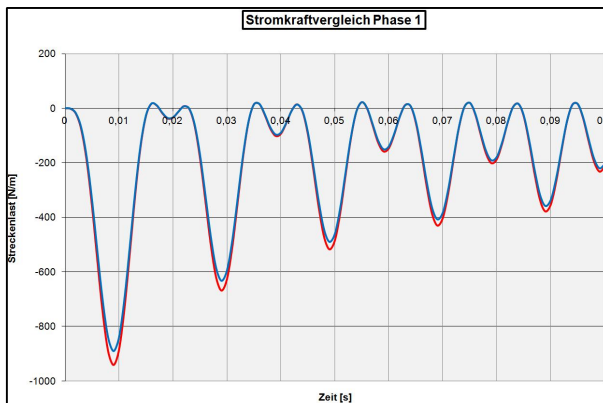
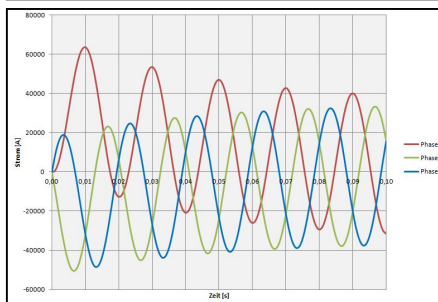
#### Transiente Streckenlast für 3 parallele Leiter:



$$q_{L1} = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot a} \bullet \left( i_{L1} \cdot i_{L2} + i_{L1} \cdot \frac{i_{L3}}{2} \right)$$

$$q_{L2} = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot a} \bullet \left( -i_{L1} \cdot i_{L2} + i_{L2} \cdot i_{L3} \right)$$

$$q_{L3} = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot a} \bullet \left( -i_{L1} \cdot \frac{i_{L3}}{2} - i_{L2} \cdot i_{L3} \right)$$



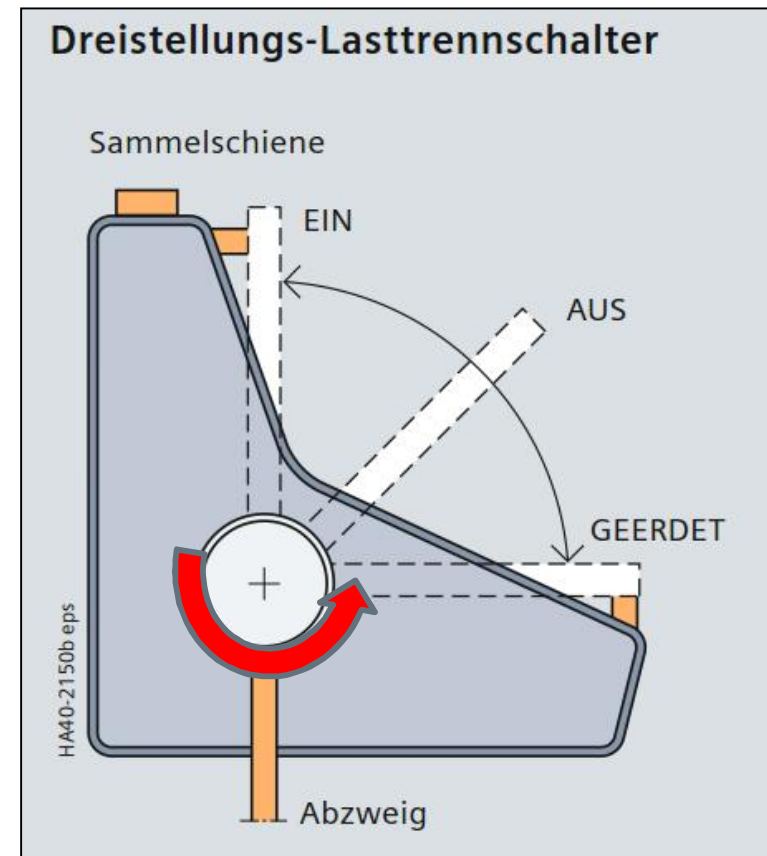
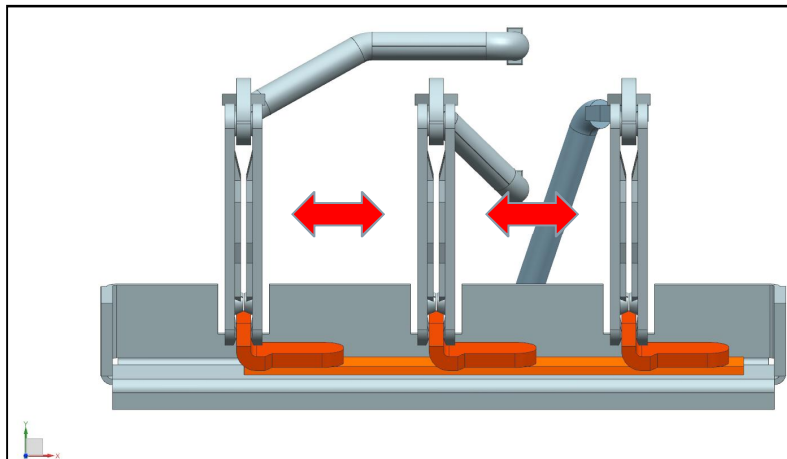
Gesamtkräfte auf die verschiedenen Leiter ( Analytisch /Simulation)

### 3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

#### Drehmomente / Kontaktkräfte

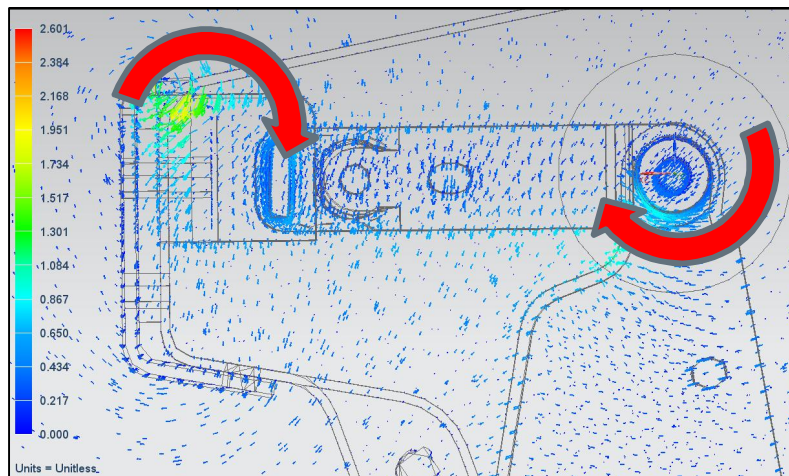
Das Drehmoment, welches durch den geknickten Strompfad (bei Erde) entsteht, muss durch konstruktive Maßnahme kompensiert werden.

Weiterhin werden ebenfalls die Kontaktkräfte betrachtet, da sich die Schaltmesser gegenseitig beeinflussen.

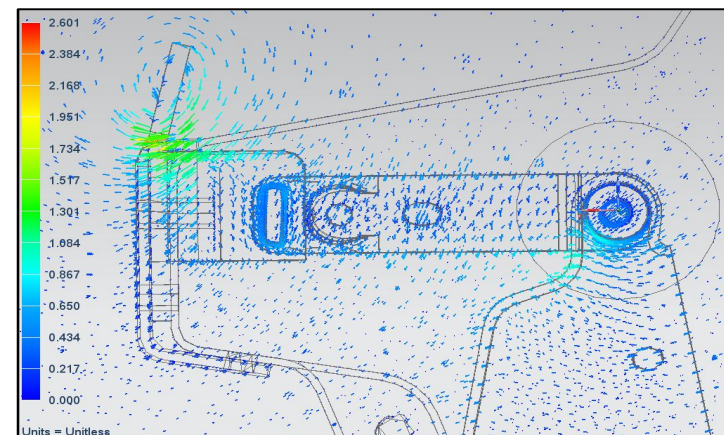
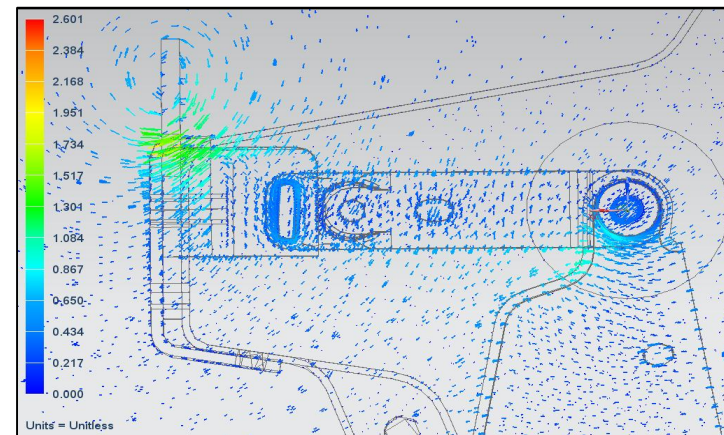


### 3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

#### Beispiel für Reduzierung des Drehmoments



Magnetische Flussdichte B

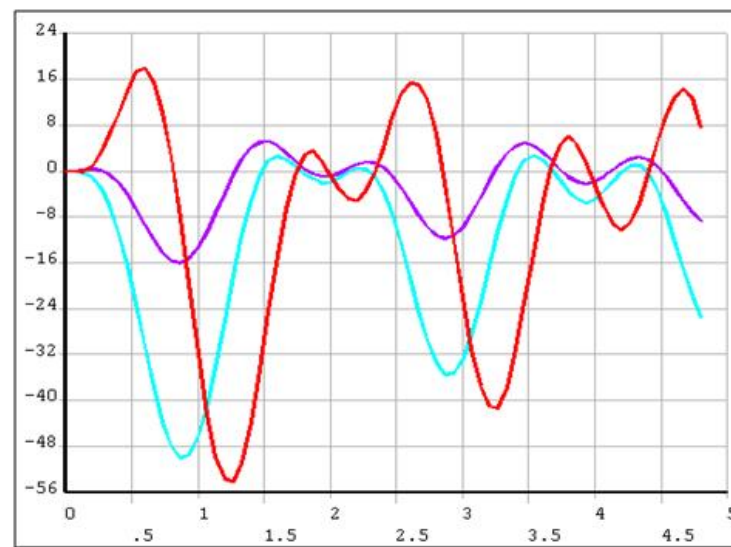
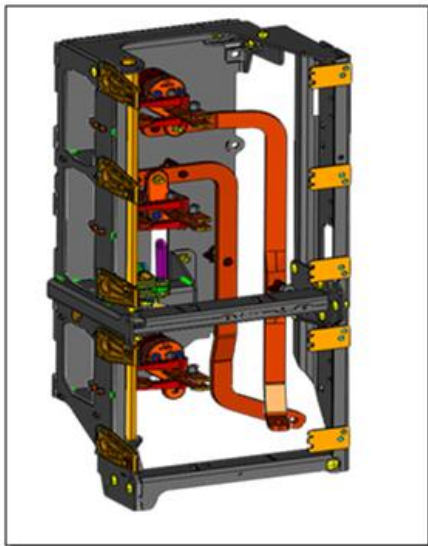


### 3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

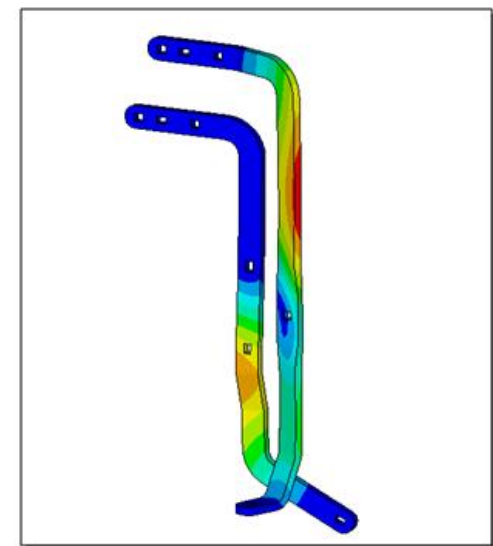
#### Belastungen von Verschiebungen

- Reaktionskräfte an Festhaltungen bzw. Stützern der Verschiebung
- Verformungen der Verschiebungen

#### SITRA Schalter



Verlauf der Gesamtreaktionskräfte



Verformungen

## 3. Magnetfeldsimulation mit NX MAGNETICS

### Möglichkeiten einer Kopplung zur Struktursimulation

- Untersuchung der Struktur auf Deformationen und Spannungen im transienten Bereich

→ Ergebnisse der Magnetfeldsimulation (Lorentzkräfte) auf ein Strukturnetz übertragen

Bis zur NX Version 10 → keine Mappingfunktion zur Übertragung der Lorentzkräfte auf eine Nastran-Solution möglich

- Problem: Keine Änderung des Magnetfelds aufgrund von Deformation der stromdurchflossenen Bauteile

→ Multiphysics: Starke Kopplung eines einfachen lineare Struktursolvers mit direkter Änderung des Magnetfeldes (Gekoppelte Iteration wie ESC)



**Vielen Dank für ihre  
Aufmerksamkeit!**

**Damian Baron**

Berechnungsingenieur  
EM MS R&D GIS TI 2

60386 Frankfurt am Main  
Carl-Benz-Str. 22

Phone: +49 (069) 4008 - 2010

E-mail:  
[damian.baron@siemens.com](mailto:damian.baron@siemens.com)