

Nutzung von Systemsimulation in der industriellen Produktentwicklung

12. Tagung
„**Feinwerktechnische Konstruktion**“
27. und 28.09.2018

28.09.2018

Johnson Electric Germany GmbH & Co KG
Niederlassung Dresden
ECC Motors & Solenoids IPG
Steffen Schnitter



innovating motion

Gliederung

- ▶ Johnson Electric im Überblick
- ▶ Motivation der Nutzung von Systemsimulation in der Produktentwicklung
- ▶ Numerische Simulation bei JE
- ▶ Systemsimulation Relais
 - Modellstruktur
 - Modell Validierung
 - Nutzung des Modells
 - Grenzen des Modells
- ▶ Beispiel Rohrmotor
- ▶ Zusammenfassung

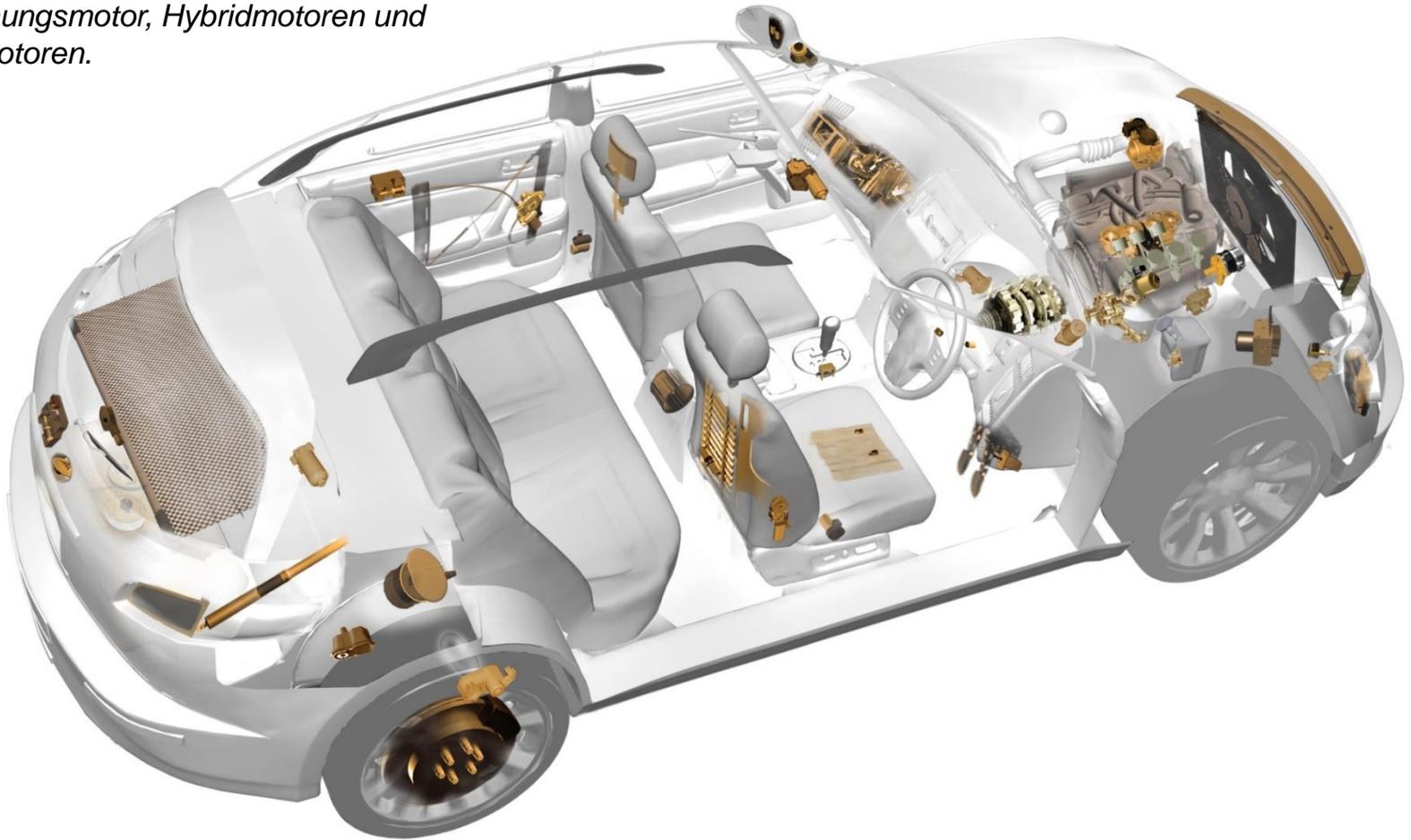
Johnson Electric im Überblick

- ▶ 2,8 Mrd. US\$ Umsatz im Geschäftsjahr 2016/2017
- ▶ börsennotiert in Hongkong
- ▶ 39.000 Mitarbeiter in Asien, Europa und Amerika
- ▶ Lösungsanbieter für innovative und zuverlässige Antriebssysteme
- ▶ Antriebs-Subsysteme mitsamt Motoren, Aktuatoren, Lüftermodulen, Pumpen und Schaltern
- ▶ Vertikal integrierte internationale Produktion
- ▶ Jährliche weltweite Produktionskapazität über 1 Mrd. Einheiten



Johnson Electric – Überblick Automotive PG

Johnson Electric bietet innovative Antriebstechnik und Elektrifizierungslösungen in über 70 Anwendungen der neuesten Generation Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, Hybridmotoren und Elektromotoren.



Johnson Electric – Überblick Industrial PG



Medizinische
Geräte



Intelligente
Zähler



Leistungsschutz-
schalter



Gartengeräte



Elektrowerkzeuge



PowerSport
Fahrzeuge



HVAC



Gebäudeautomation



Gewerbliche
Maschinen



Digitale
Sicherheit



Haushaltstechnik



Nahrung & Getränke



Industrierausstattung



Spezialfahrzeuge



Optronik



Körperpflege

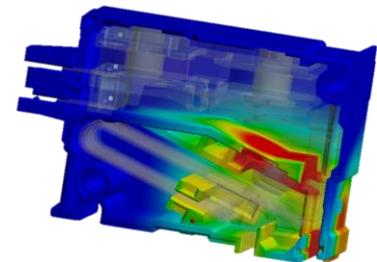
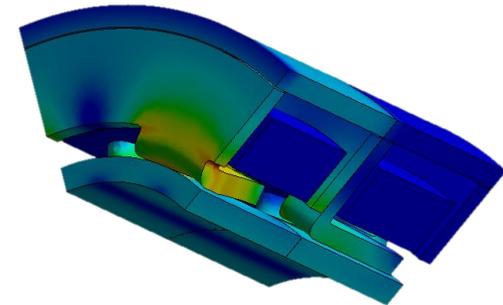
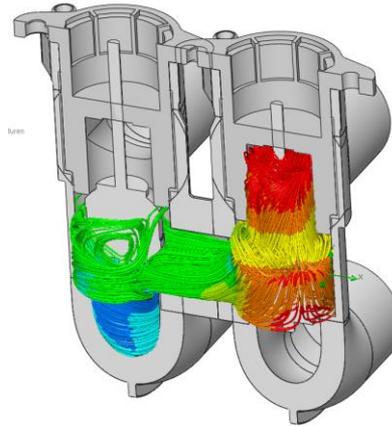
Motivation der Nutzung von Systemsimulation

- ▶ Entwicklungsschwerpunkt geht weg vom reinen elektrischen Antrieb hin zu komplexen mechatronischen Antriebssystemen.
- ▶ Systemsimulation hilft bei der Analyse von Systemen, deren analytische Behandlung zu komplex ist.
- ▶ Bei der Simulation können Experimente an einem Modell durchgeführt werden, um Erkenntnisse über das reale System zu gewinnen.
- ▶ Dabei ist der Entwicklungsprozess zunehmend durch kürzere Entwicklungszeiten gekennzeichnet.
- ▶ Das Modell muss hinreichend genau sein, um konkrete Fragestellungen zu untersuchen. Ziel ist es, mit möglichst wenig Aufwand möglichst viele Erkenntnisse zu gewinnen.
- ▶ Dabei steht im industriellen Umfeld die absolute Genauigkeit der Modelle nicht im Vordergrund. Wichtiger ist es, die Systemeigenschaften eines Produktes frühzeitig zu kennen und zu bewerten.
 - Entwicklungsfehler vermeiden
 - Reduzierung Aufwand im Prototypenbau

Numerische Simulation bei JE

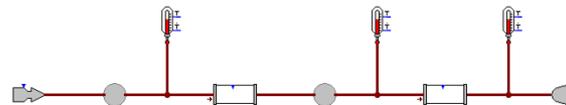
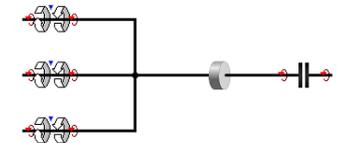
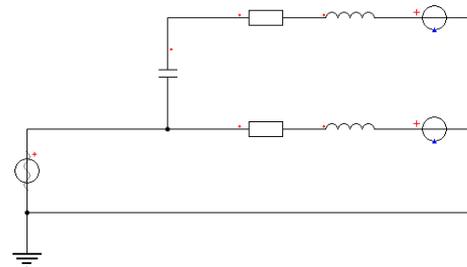
▶ FEM

- Strukturmechanik
- Elektromagnetik
- Strömung
- Thermik



▶ Netzwerkmodelle mit konzentrierten Elementen

- Mechanik
- Elektrotechnik / Elektronik
- Magnetik
- Thermik



Systemsimulation 100A Relais

Überblick

- ▶ Relais für Smart-Metering
 - bis zu 100A Nennstrom bei 230V, Spannungsfestigkeit 2kV über Kontakte, Hochstromfestigkeit bis 7kA, Außenabmessungen 43 x 33 x 22mm
 - Smart Metering Markt: Frankreich 22mio, UK 24mio, kleinere Mengen EU, Japan, Amerika
Johnson Electric liefert jährlich 4mio Stück aus Polen und China
- ▶ Komplexes mechatronisches System, dass im Wesentlichen aus einem bistabilen elektromagnetischen Aktuator und einem Kontaktsystem besteht. Hoher Grad in Funktionenintegration, z.B. Kontaktfedern haben mechanische, elektrische, thermische und magnetische Funktion.
- ▶ Folgende Effekte bzw. Fragestellungen sollten untersucht werden
 - Untersuchung des Zusammenspiels Aktuator - Kontaktsystem
 - Einflussanalyse verschiedener Designparameter
 - Verhalten des Systems im Grenzbereich
 - Einfluss der Ansteuerung auf das Systems



Systemsimulation 100A Relais

Modellstruktur Relais

▶ Kontaktsystem:

- Doppelkontakt mit vorgespannten Kontaktfedern

▶ Schieber (Koppel)

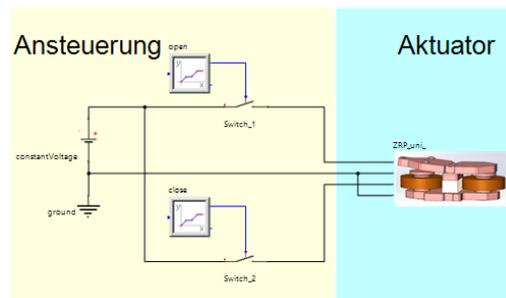
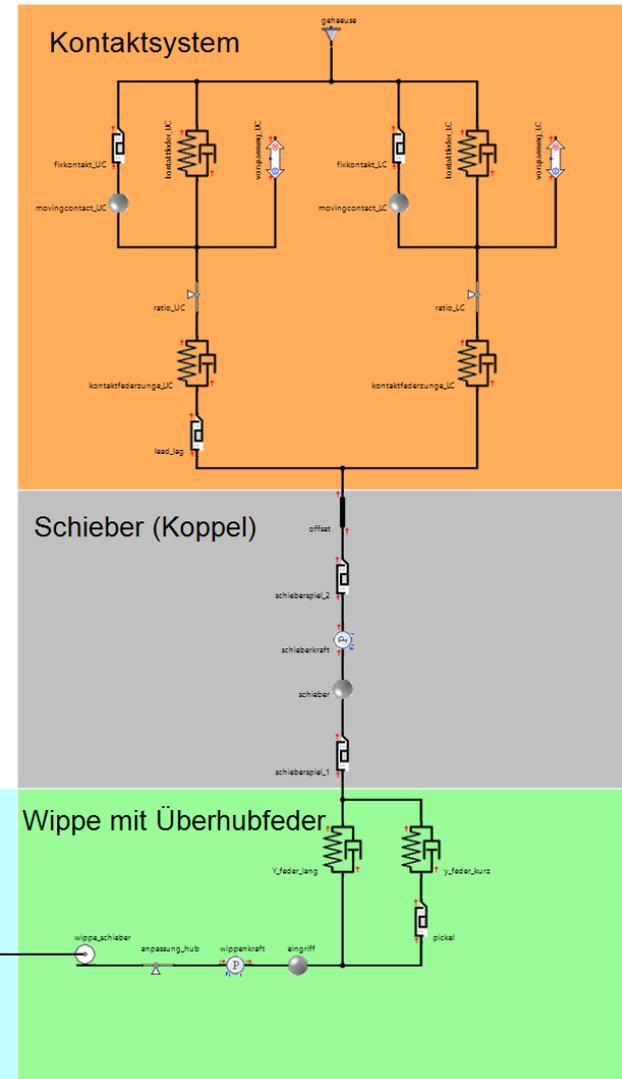
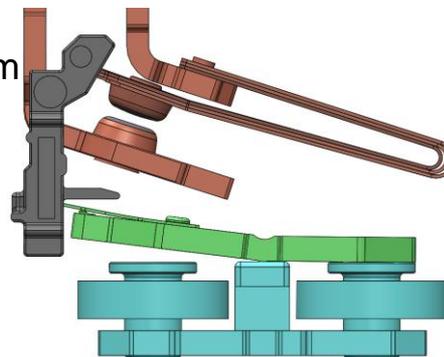
- Koppel Aktuator- Kontaktsystem

▶ Wippe mit Überhubfeder

- Transformation
Rotation - Translation
- Vorgespannte Überhubfeder

▶ Aktuator

- Bistabiler Klappankermagnet mit zwei Erregerspulen



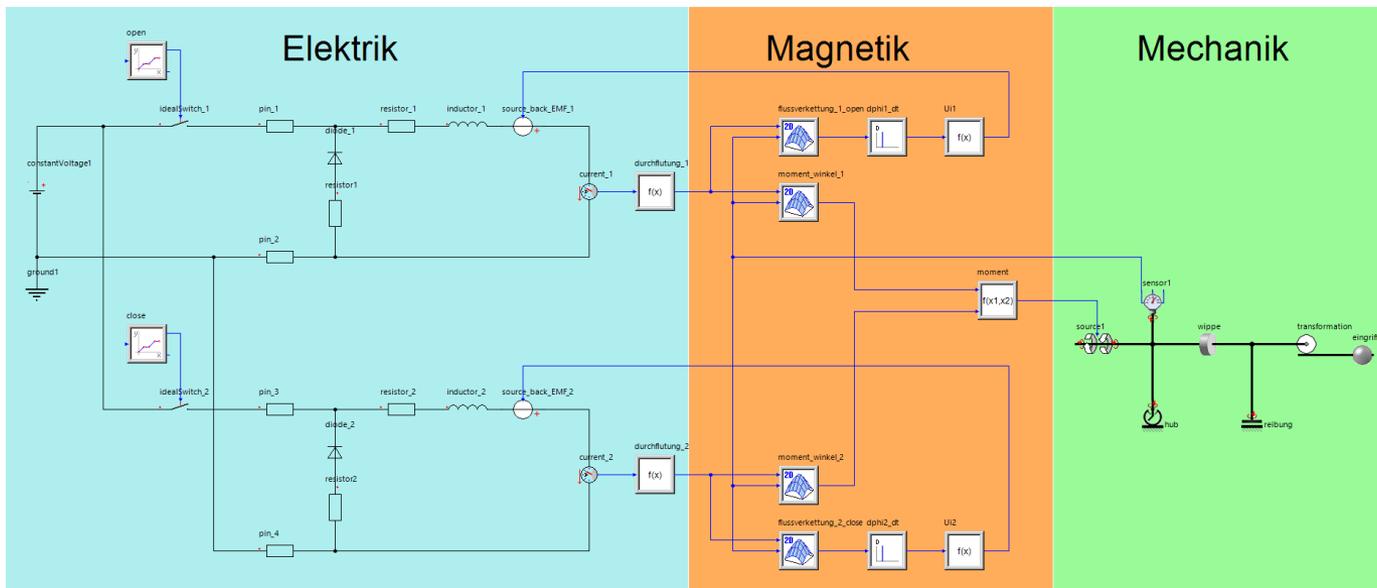
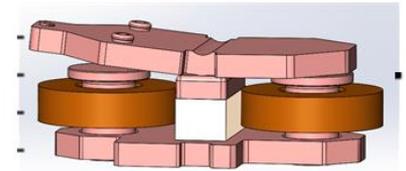
Systemsimulation 100A Relais

Modellstruktur Aktuator

▶ Elektromagnetischer Energiewandler

- Statisches elektromagnetisches Verhalten wurde mittels FEM berechnet.
- Der Link zwischen der elektrischen und der mechanischen Domain wird mittels Lookup-Tabellen hergestellt.
- Auf die Verwendung der Elemente aus der Magnetik Bibliothek wurde verzichtet, und stattdessen auf die Ergebnisse der FEM-Rechnung des Magnetkreise zurückgegriffen.

ZRP_Actuator

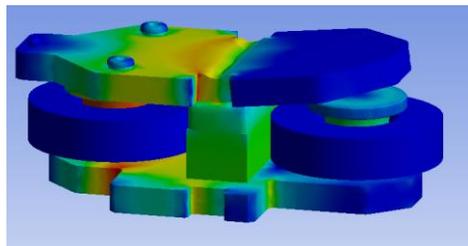


Systemsimulation 100A Relais

Modellierung Aktuator

- ▶ Kennfelder beschreiben den Zusammenhang zwischen
 - erzeugtem Drehmoment in Abhängigkeit der Durchflutung und der Position des Klappankers
 - Flussverkettung in Abhängigkeit der Durchflutung und der Position des Klappankers

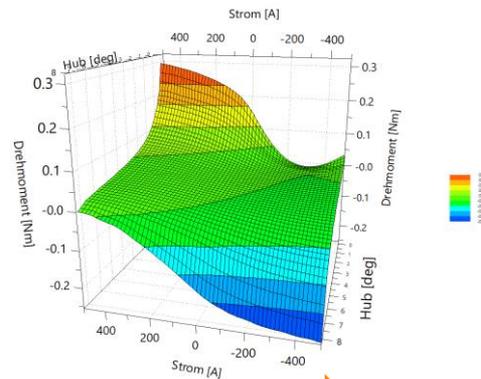
FEM-Rechnung Magnetkreis



B-Feld

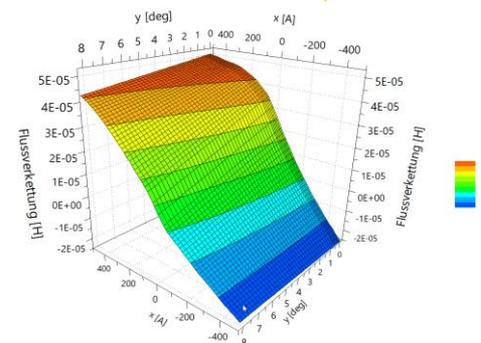
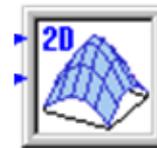
$$M = f(\Theta, \alpha)$$

$$\Psi = f(\Theta, \alpha)$$



Systemsimulation

moment_winkel



Systemsimulation 100A Relais

Validierung Aktuator

- ▶ Die Ergebnisse der Systemsimulation wurden mit verschiedenen Experimenten auf Plausibilität geprüft.

- ▶ Stromverlauf

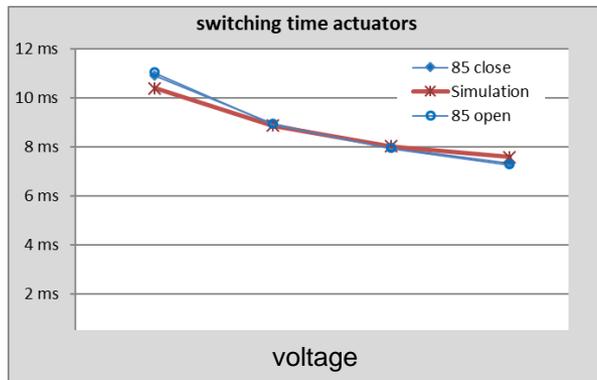
- Blockierter Klappanker



- Klappanker frei



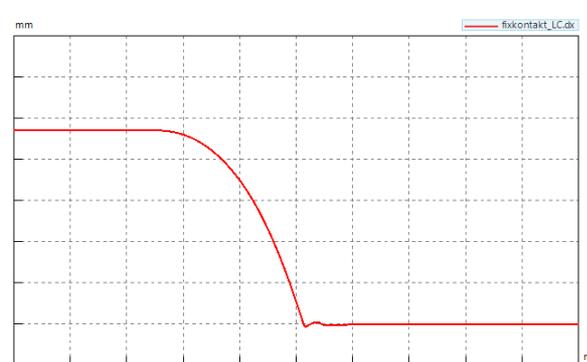
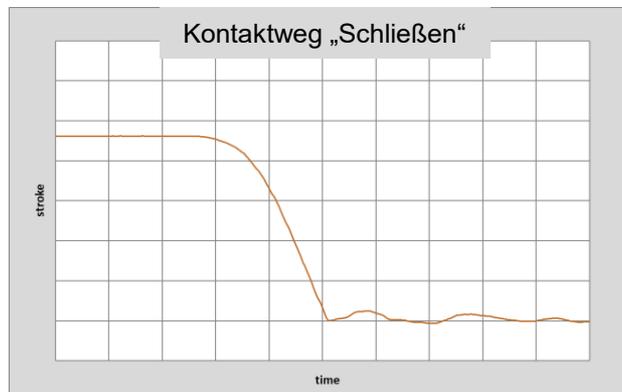
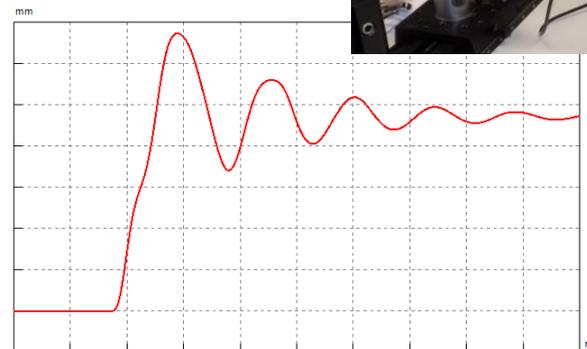
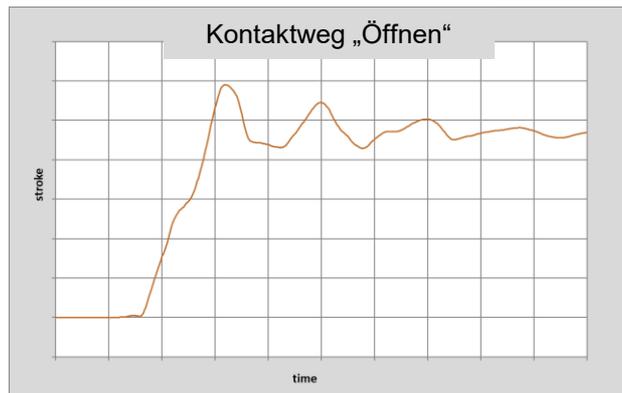
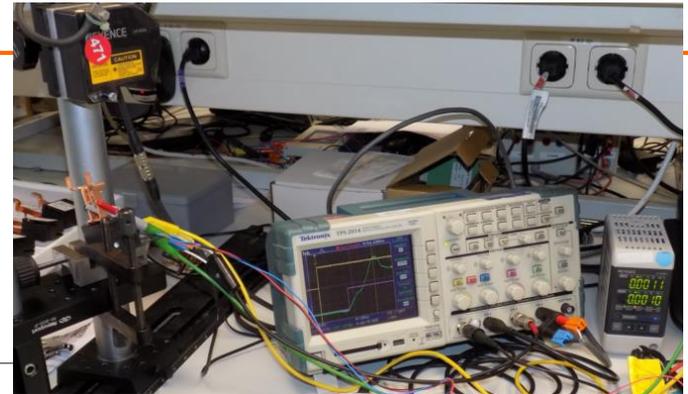
- ▶ Schaltzeit in Abhängigkeit der Spannung



Systemsimulation 100A Relais

Validierung Gesamtsystem

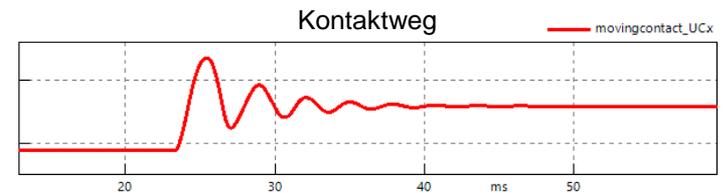
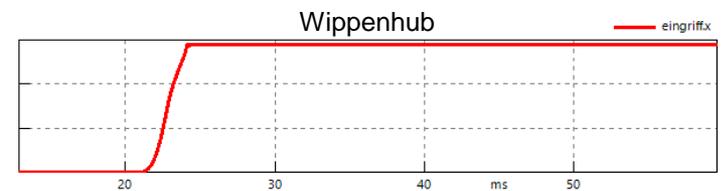
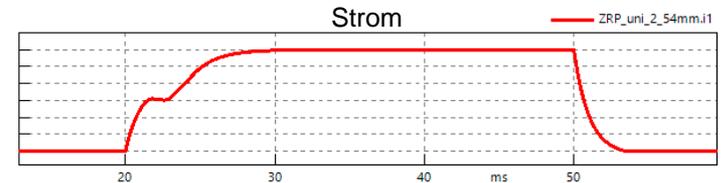
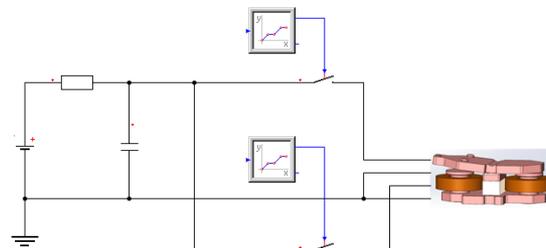
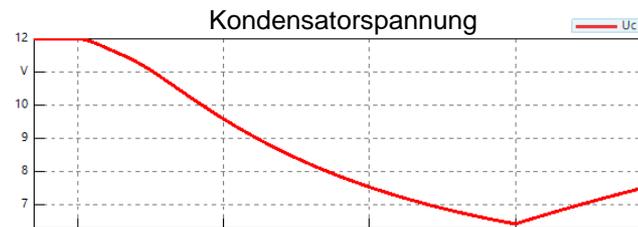
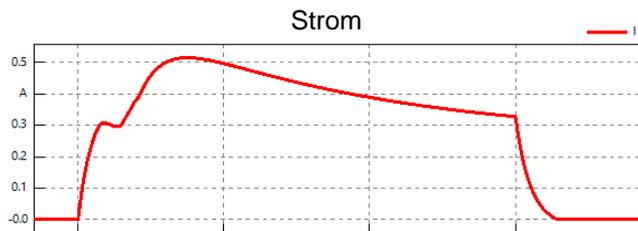
- ▶ Bewegungsablauf Kontaktsystem
 - Messung des Bewegungsprofils mittels Laser-Triangulation und Vergleich mit Simulation
 - Modell arbeitet hinreichend genau



Systemsimulation 100A Relais

Nutzung des Modells

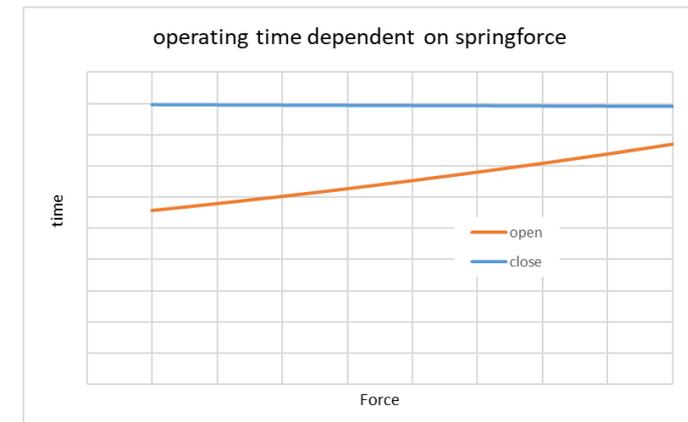
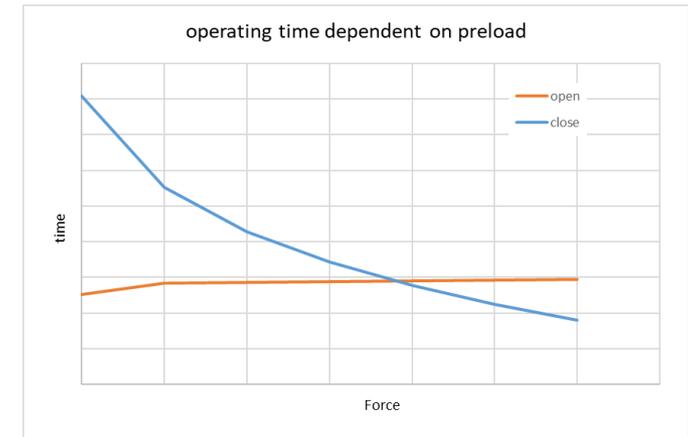
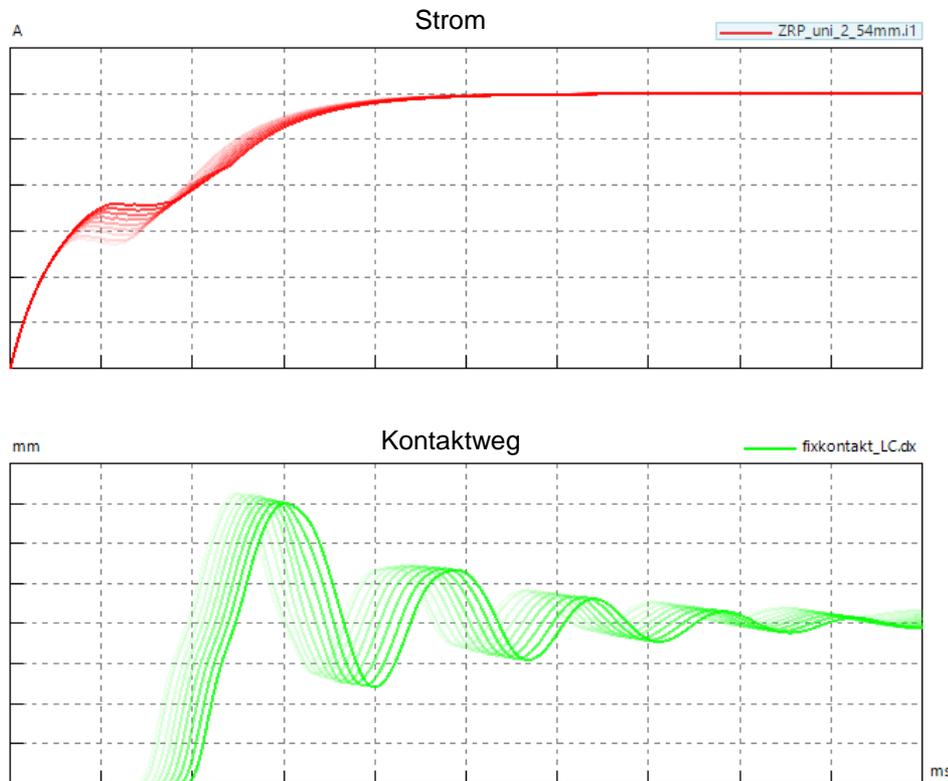
- ▶ Systemverständnis aufbauen
- ▶ Bewegungsabläufe studieren
- ▶ Zugang zu schwer messbaren Systemgrößen
- ▶ Einflussanalysen der kundenspezifischen Ansteuerbeschaltungen auf das Systemverhalten - Wicklungsanpassungen



Systemsimulation 100A Relais

Nutzung des Modells

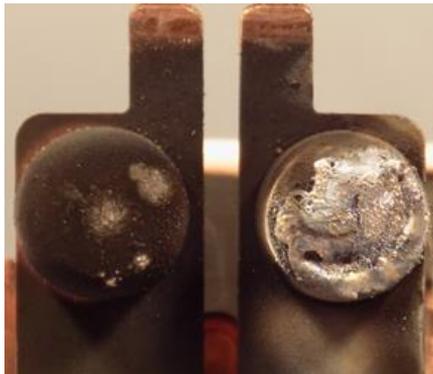
- ▶ Parameterstudien
- ▶ Systemgrenzen bestimmen



Systemsimulation 100A Relais

Modellgrenzen

- ▶ Änderungen am Aktuatordesign bedürfen einer erneuten FEM-Rechnung des Magnetkreise + Erzeugung und Aufbereitung der Kennfelder.
- ▶ Das Modell liefert keine Aussagen über:
 - Thermisches Verhalten
 - Kraftwirkungen auf das Stromdurchflossene Kontaktsystem
- ▶ Mit dem Modell können produktspezifische Eigenschaften wie Lebensdauer bzw. Abbrandverhalten der Kontakte nicht direkt abgebildet werden, jedoch können diese zusammen mit Messergebnissen abgeleitet werden.

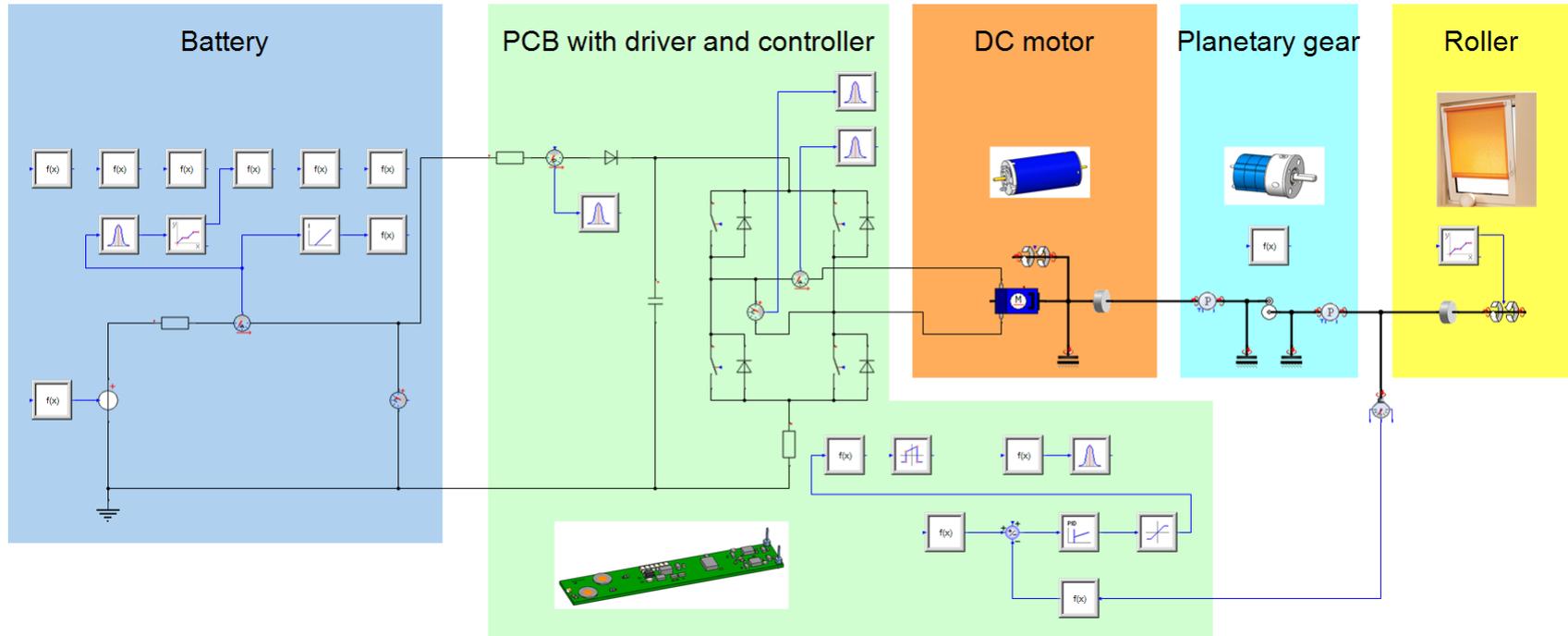


Systemsimulation Rohrmotor

Modellstruktur

▶ Elektrisches Antriebssystem für Innenrollos

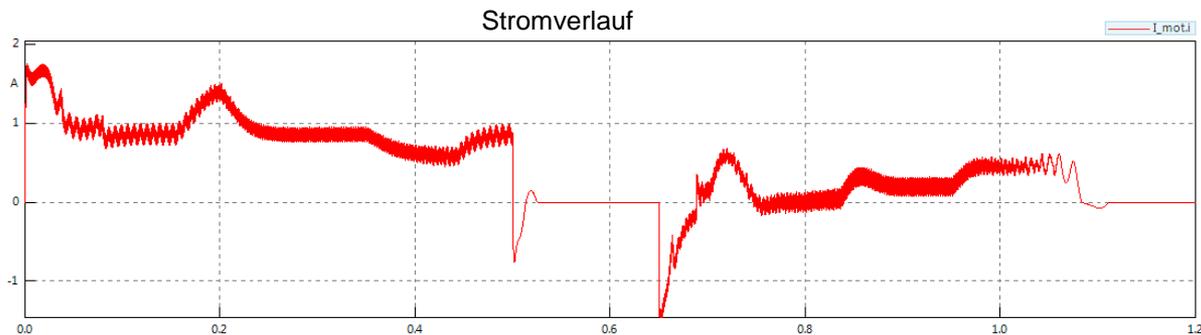
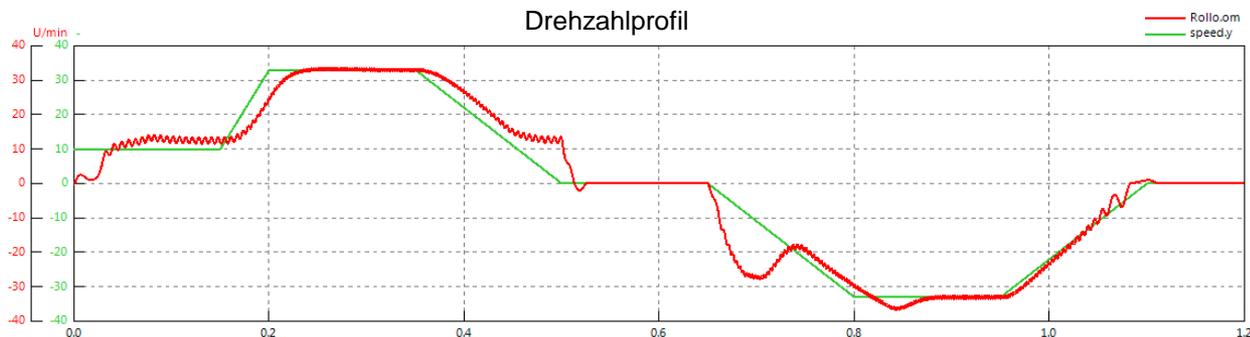
- $M = 0,7\text{Nm}$
- $n = 33\text{rpm}$



Systemsimulation Rohrmotor

Nutzung des Modells

- ▶ Analyse des Antriebes mit durchziehender Last – Systemverständnis
- ▶ Vorauswahl DC-Motor – Wicklung, Rastmoment
- ▶ Optimierung Regelparameter (Start- Stopp Rampen)
- ▶ Untersuchungen zum Energiefluss



Zusammenfassung, Ausblick

- ▶ Simulationsmodelle spielen im industriellen Umfeld eine zunehmende Rolle im Entwicklungsprozess komplexer mechatronischer Systeme.
- ▶ Solche Modelle entstehen erfahrungsgemäß meist parallel zur Produktentwicklung.
- ▶ Der Erkenntnisgewinn über das Gesamtsystem und der Zugang zu schwer messbaren Systemgrößen ist ein echter Mehrwert und reduziert den Entwicklungsaufwand.
- ▶ Im industriellen Umfeld haben folgende Randbedingungen einen starken Einfluss auf das Produktdesign und damit das Simulationsmodell:
 - Kundenanforderungen
 - Schnittstellen zur Kundenapplikation
 - Kosten
 - Zuverlässigkeit
- ▶ Zukünftig verstärkter Einsatz von Simulations- und Optimierungstools in der Produktentwicklung bei JE.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

28.09.2018

Johnson Electric Germany GmbH & Co KG

Niederlassung Dresden

ECC Motors & Solenoids IPG

Steffen Schnitter



innovating motion