

Heiko Freudenberg, Uwe Luther

# Modellierung und Simulation flexibler Körper in alaska-Softwareprodukten

Institut für Mechatronik e.V.  
Reichenhainer Straße 88  
09126 Chemnitz

[www.ifm-chemnitz.de](http://www.ifm-chemnitz.de)

# Inhalt

- Vorstellung
- Softwareentwicklung am IfM
- flexible Körper in MKS - Simulationsmodellen
- Anwendungsbeispiel Schlauch-Simulator

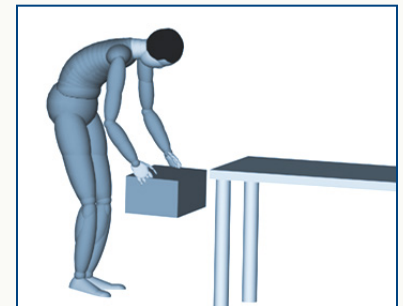
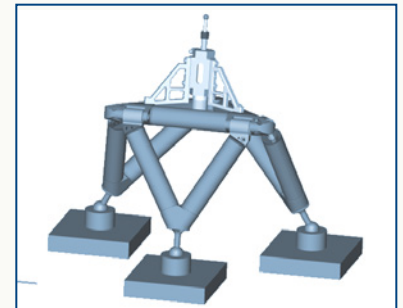
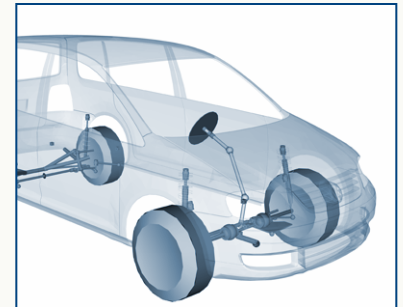
# Das Institut für Mechatronik e.V.



- ist eine gemeinnützige Industrieforschungseinrichtung
- beschäftigt sich mit Methoden der Mehrkörperdynamik (MKS) und der FEM-MKS-Kopplung
- hat Kompetenz in der Berechnung von Bewegungen und Belastungen

# Das Institut für Mechatronik e.V.

- entwickelt die allgemeine MKS-Simulationssoftware **alaska**
- entwickelt branchen- und kundenspezifische Spezialsoftware
- entwickelt Produkte für die Simulation der Dynamik von
  - mechanischen/mechatronischen Systemen
  - Mensch-Maschine-Systemen



# Softwareentwicklung

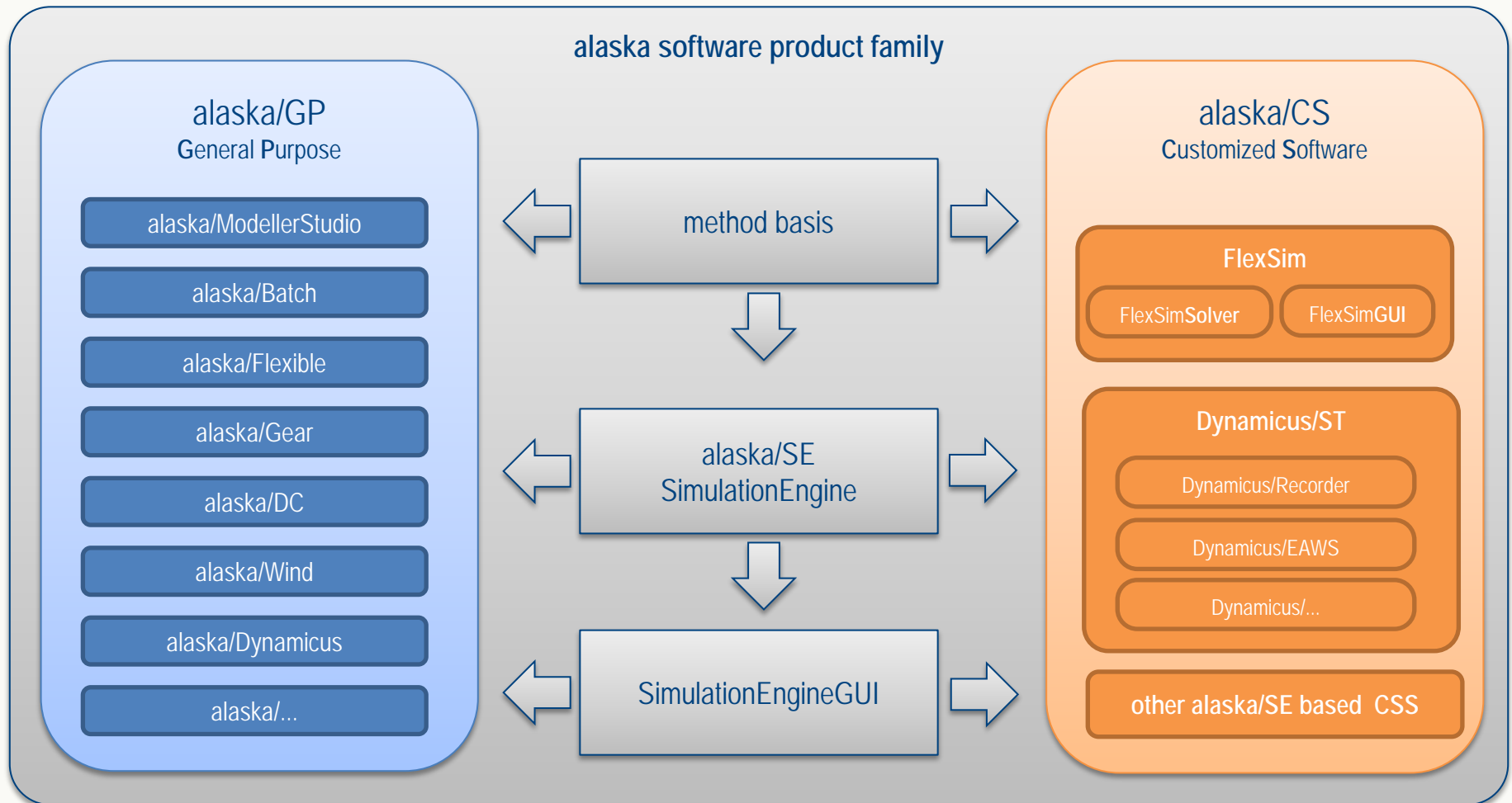
zunächst ein Produkt:	DMKS 86	(1986)
	DMKS 90	(1990)
	alaska 1.0	(1992)
	alaska 4.0	(2000)
	...	
	alaska 9.4	(2017)

ab 2007 parallel dazu: alaska/SimulationEngine (Klassenbibliothek für MKS-basierte Simulationssoftware)

anwendungsspezifische Engineering-Software

Software für Erfassung, Rekonstruktion und Bewertung von Mensch-Technik-Interaktionen

# Aktuelle Softwarelandschaft



# Anwendungsbeispiele

Simulation der Dynamik von  
Windkraftanlagen

Verwendung von  
alaska/ModellerStudio

mit den Erweiterungsmodulen

alaska/Wind

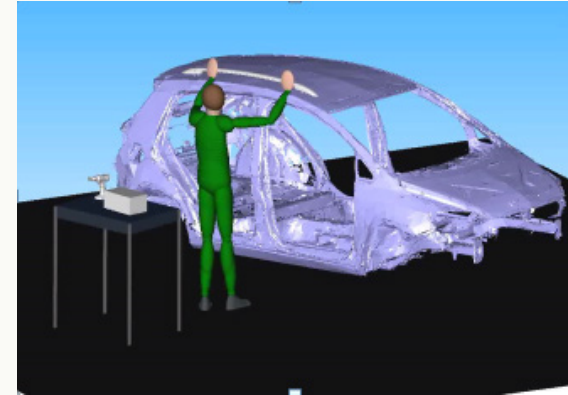
alaska/Gear

alaska/Flexible



# Anwendungsbeispiele

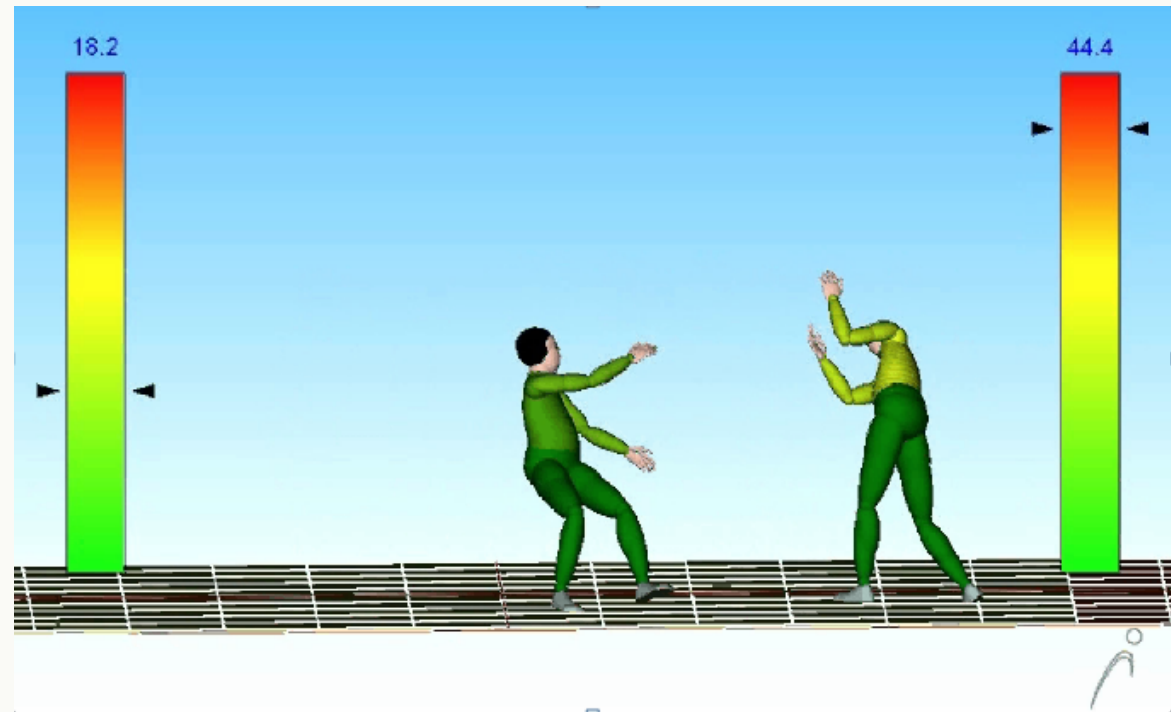
Simulation, ergonomische Bewertung und Vergleich von Montageprozessen



Verwendung von

Dynamicus/Recorder

Dynamicus/EAWS



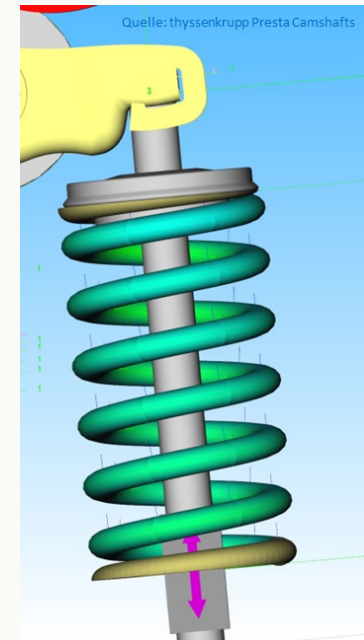
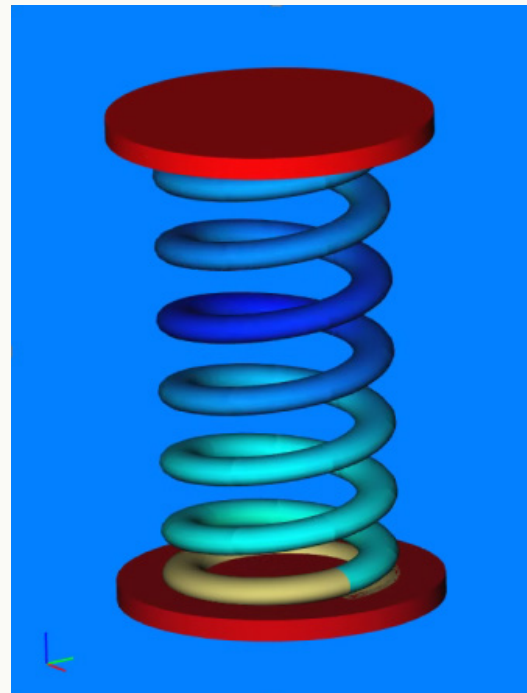


# Anwendungsbeispiele

Simulation der Dynamik massebehafteter Federn

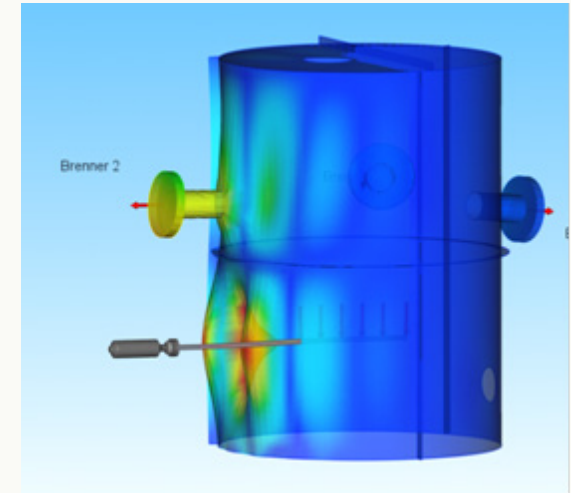
Verwendung von  
alaska/ModellerStudio

mit dem Erweiterungsmodul  
alaska/MSpring



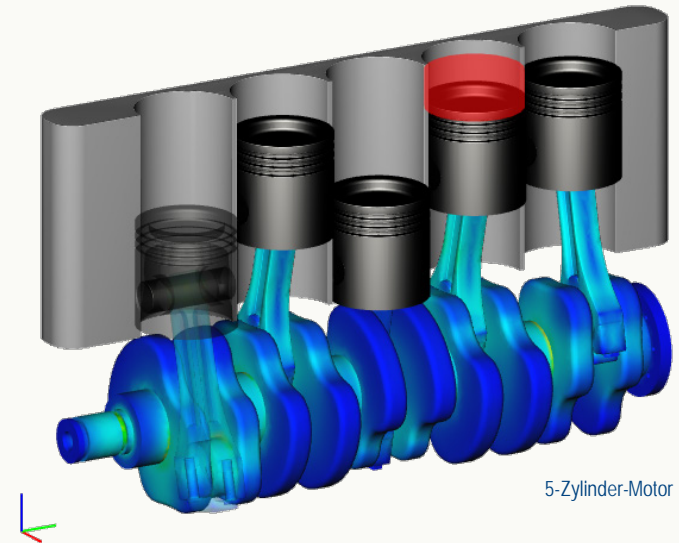
# Warum flexible Körper in alaska ?

- **FEM:** detaillierte Modelle von Bauteilen, belastungsoptimierte Auslegung
- **MKS:** nichtlineares Systemverhalten im Zeitbereich (Baugruppen-Interaktion, Reglerauslegung, etc.)
  - moderne Konstruktions- und Entwicklungsverfahren, wie z.B. Leichtbau, fordern die Kombination beider Methoden
  - Wunsch: mehr Informationen/Resultate, aber vergleichbare Performance



Ofen mit Brennern und Messsonde

# Flexible Körper in alaska

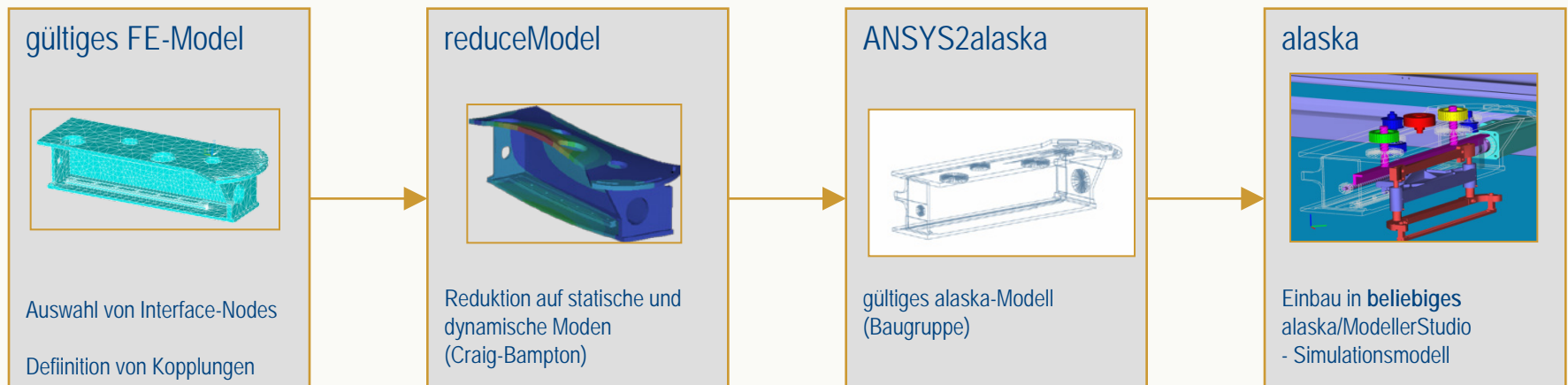


Drei Varianten:

- Verwendung von extern definierten Modellen (ANSYS)
- Verwendung modal reduzierter Simulationsmodelle von Balkenstrukturen
- direkte Verwendung unreduzierter Simulationsmodelle von Balkenstrukturen in alaska-Softwareprodukten

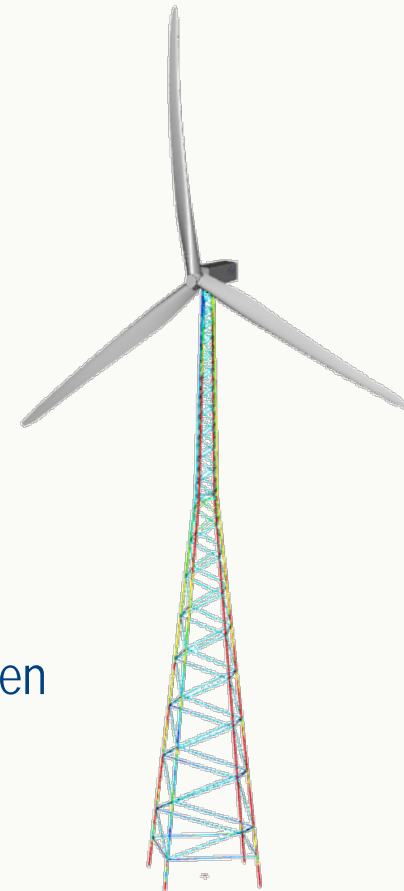
# Verwendung extern definierter Modelle flexibler Körper

- Ausgangspunkt: FE-Modell (ANSYS)
- Ergänzung des Modells um Interaktionspunkte (ANSYS WORKBENCH)
- drastische Verringerung des Freiheitsgrades durch modale Reduktion
- *ANSYS2alaska* zu Generierung direkt verwendbarer Simulationsmodelle



# Modal reduzierte Balkenstrukturen

- Balkenmodell, Freiheitsgrad =  $6 \cdot \text{Knotenanzahl}$
- Reduktion auf wenige Bewegungsmöglichkeiten: Ansatzmoden
  - a) Verwendung der unter gegebenen Randbedingungen resultierenden Eigenmoden
  - b) Craig-Bampton-Verfahren, statische und dynamische Moden
- alaska-Präprozessor zur Generierung von Simulationsmodellen

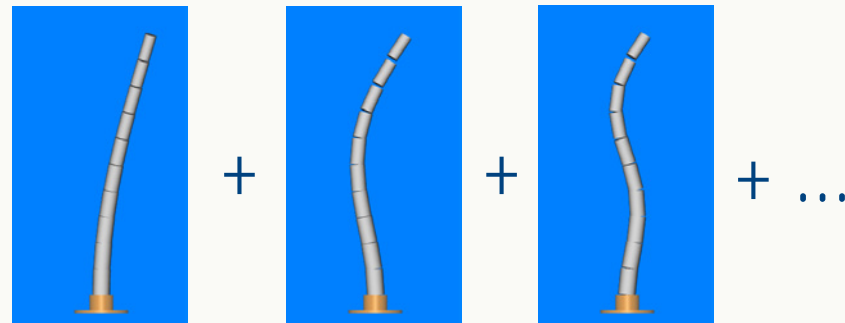


WKA mit flexiblem Gittermast und flexiblen Rotorblättern

→ mögliche Bewegung ist immer nur eine Linearkombination der verwendeten Ansatzmoden

# Modale Reduktion

a) Verwendung der Eigenmoden

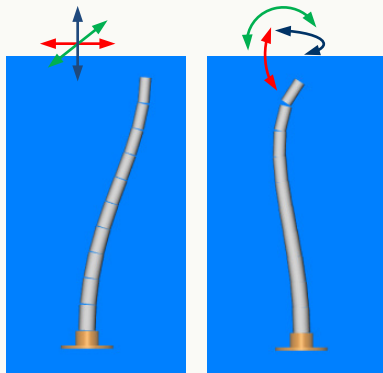


- + geringer Freiheitsgrad
- + Definition von Dämpfung gut möglich
- Reduktion in Definitionslage, nicht im Arbeitspunkt (Rotorblätter!)
- im eingebauten Zustand andere Randbedingungen (Gondel, Rotor)
- Berücksichtigung geometrisch nichtlinearen Verhaltens aufwändig

# Modale Reduktion

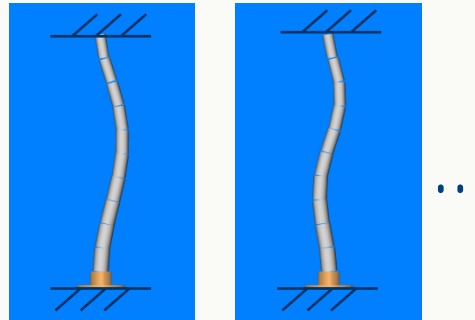
## b) Reduktion nach Craig-Bampton

statische Moden



+

dynamische (innere) Moden



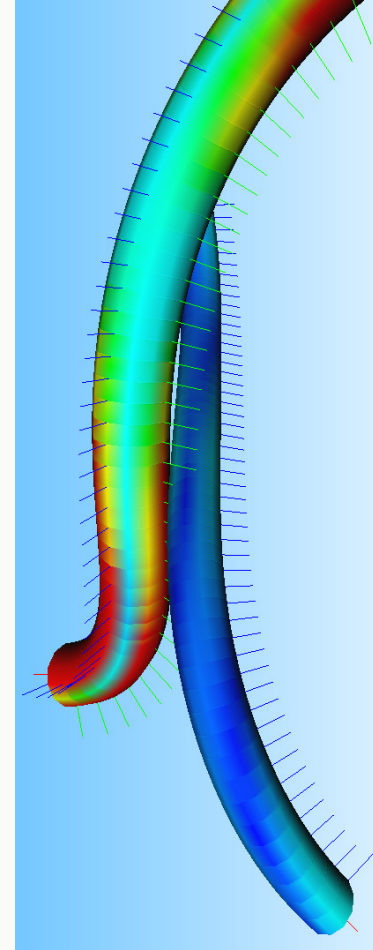
- + bessere Abbildung des Schwingungsverhaltens im eingebauten Zustand
- höherer Freiheitsgrad, höhere Frequenzen
- gezielte Definition von Dämpfung einzelner Eigenmoden kompliziert/nicht möglich

# Unreduzierte Balkenmodelle

- + automatisch richtige Berücksichtigung des nichtlinearen Verhaltens flexibler Strukturen
- wesentlich höherer Freiheitsgrad
- + mit geeignetem Solver sehr gute Performance

Aktuelle industrielle Anwendungsfelder:

- Blätter und Türme von Windkraftanlagen
- Spiralfedern (in Ventiltrieben)
- Schläuche in Fahrzeugen

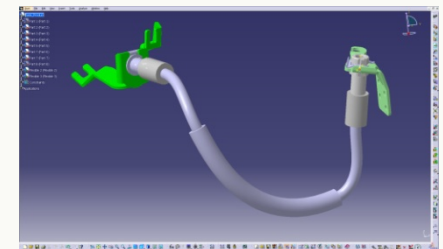
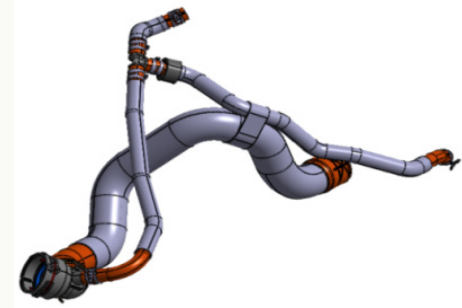


kontaktierende flexible Körper



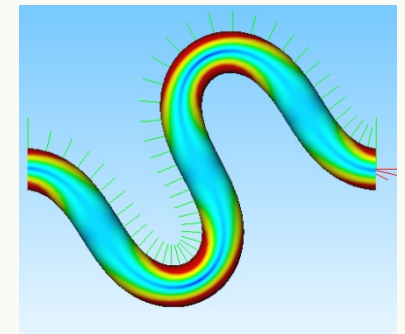
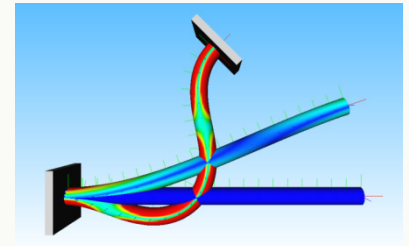
# Anwendungsbeispiel Schlauch-Simulator

- auf Basis der alaska/SimulationEngine
- CSS mit konsequenter Orientierung am Entwicklungsprozess des Kunden (Modellierungsprozess, Schnittstellen und Datenformate, Prä- und Postprocessing)
- **FlexSimGUI** zur interaktiven Arbeit
- **FlexSimSolver** - gekapselt, auch direkt angekoppelt an CAD-Software (CATIA)



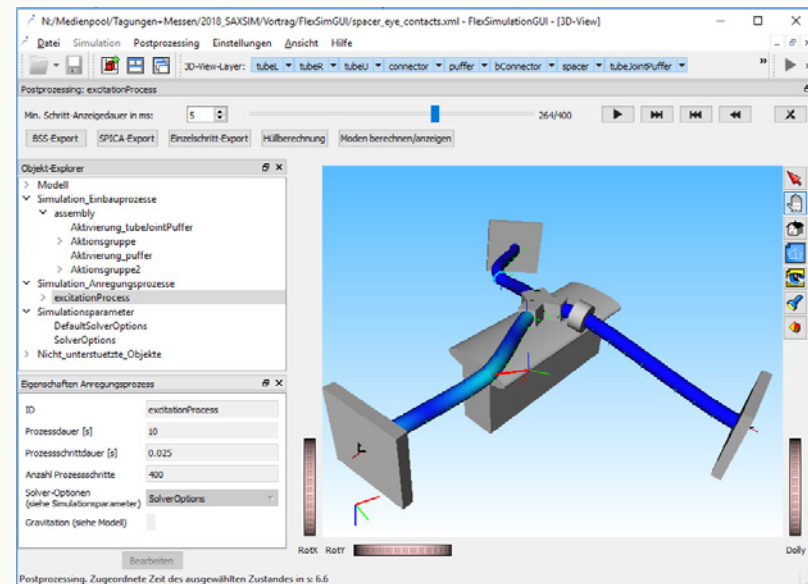
# Funktionalität FlexSimGUI

- interaktive Modellier- und Auswerteumgebung
- Definition von geraden und vorgeformten Abschnitten
- Modellierung von Schlauchsystemen mit Starrkörpern und Gelenken
- Definition von Kontakten zwischen Schläuchen untereinander und mit der Umgebung
- Definition von speziellen Montage-Accessors (Öesen, Abstandshalter, Dämpfer)
- Vorgabe von Bewegungen der angeschlossenen Umgebung (z.B. Radaufhängung)



# Funktionalität FlexSimGUI

- nach der Modellierung der Modellkomponenten drei Arbeitsmodi:
- Simulation des Montageprozesses
  - Positionieren von Schlauchenden
  - Aktivieren von Gelenken
  - Aktivieren von Montagen-Elementen
  - Aktivieren von Kontaktbedingungen
- Aufbringen von Anregungen
  - Vorgaben der Bewegung von Umgebungselementen
- Auswertung
  - Replay, Berechnung und Export von Bauteilspannungen
  - lineare Analyse in beliebigen Montage und Anregungszuständen
  - Berechnung von Arbeitsraumvolumina



# Zusammenfassung

- Entwicklung von MKS-basierter Simulationsoftware am IfM
- Methoden der Verwendung von Simulationsmodellen für flexible Körper in alaska-Softwareprodukten
- Anwendungsbeispiel Schlauch-Simulator

# Ihre Fragen?

## Danke für Ihr Interesse!