

Simulationsbasierte Entwicklung und Optimierung von Werkzeugmaschinen



Thomas Kelichhaus
Uwe Eiselt

9. SAXSIM
Saxon Simulation Meeting

FunctionBay GmbH

Chemnitz, den 28.03.2017

Agenda



1 Motivation und Zielsetzung

2 Technologische Grundlage

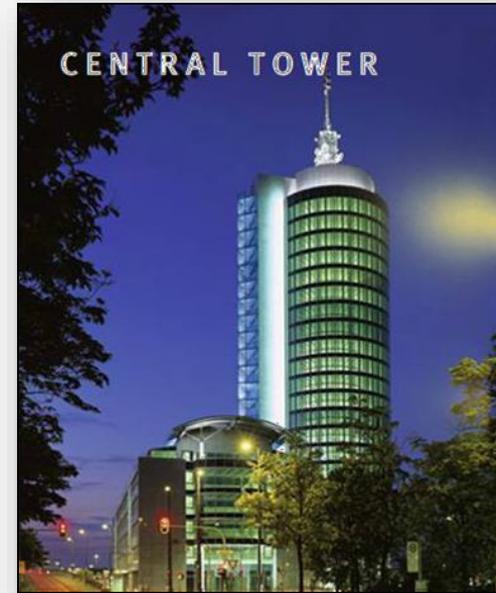
3 Komponentenbibliothek

4 Anwendungsbeispiele

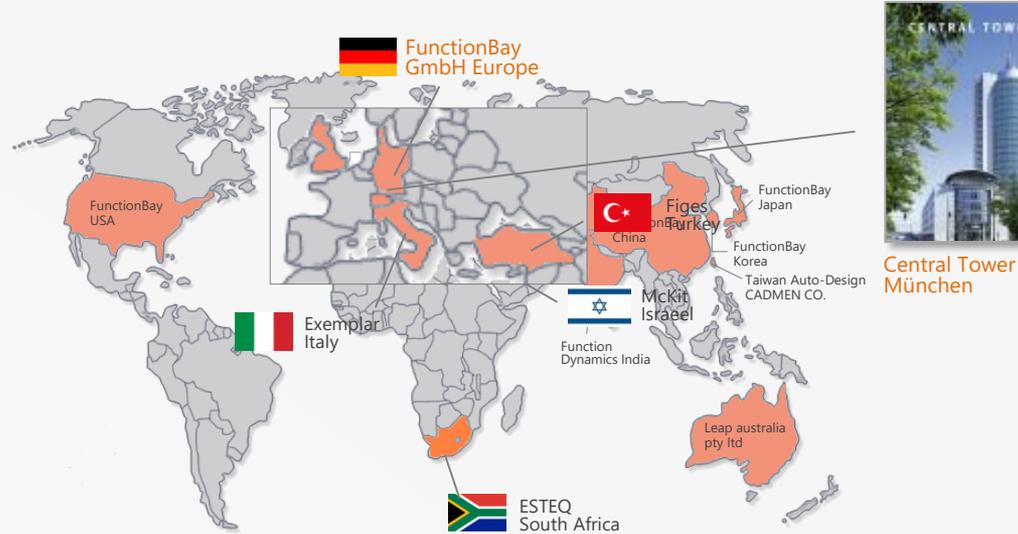
5 Zusammenfassung

① FunctionBay GmbH

- ⊙ Hauptsitz in München
- ⊙ Fokus:
Vertrieb von RecurDyn und Engineering Service in Europa
- ⊙ Technischer Service:
 - ⇒ Hotline, Internet Foren, ...
 - ⇒ Training (RecurDyn spezifisch, General MBD/FEM, Regelungstechnik, Training on the Job...)
 - ⇒ Consulting (Anpassung und Automatisierung von RecurDyn, Projektarbeit...)
 - ⇒ Entwicklung von RecurDyn Zusatzmodulen (Ventiltriebsberechnung, MaschineTool...) und MFBD Komponenten in Zusammenarbeit mit Industriepartnern



2 Distributionen Weltweit



3 Globales Wachstum seit 2000

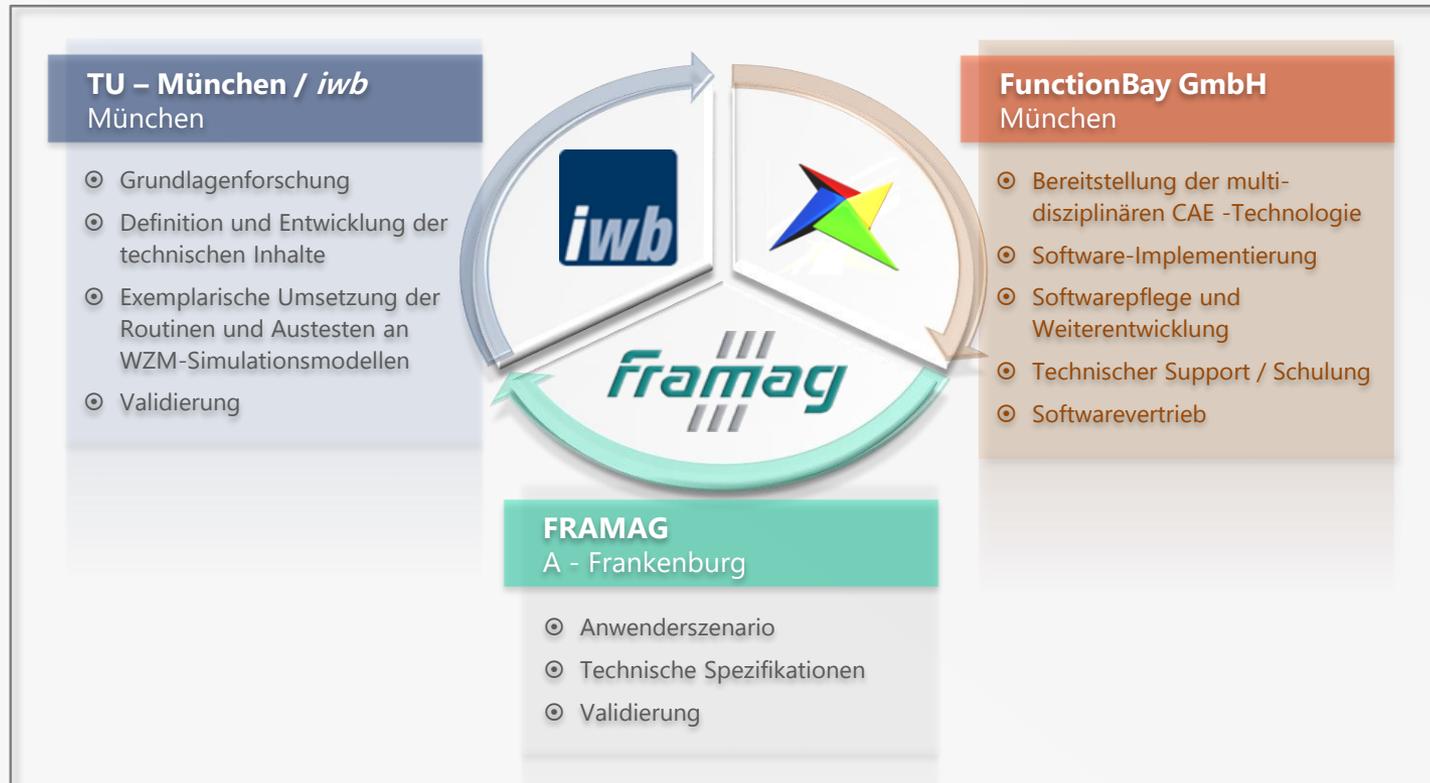
- ⊙ > 200 Mitarbeiter weltweit
- ⊙ > 400 Unternehmen
- ⊙ > 1000 RecurDyn Module in Benutzung



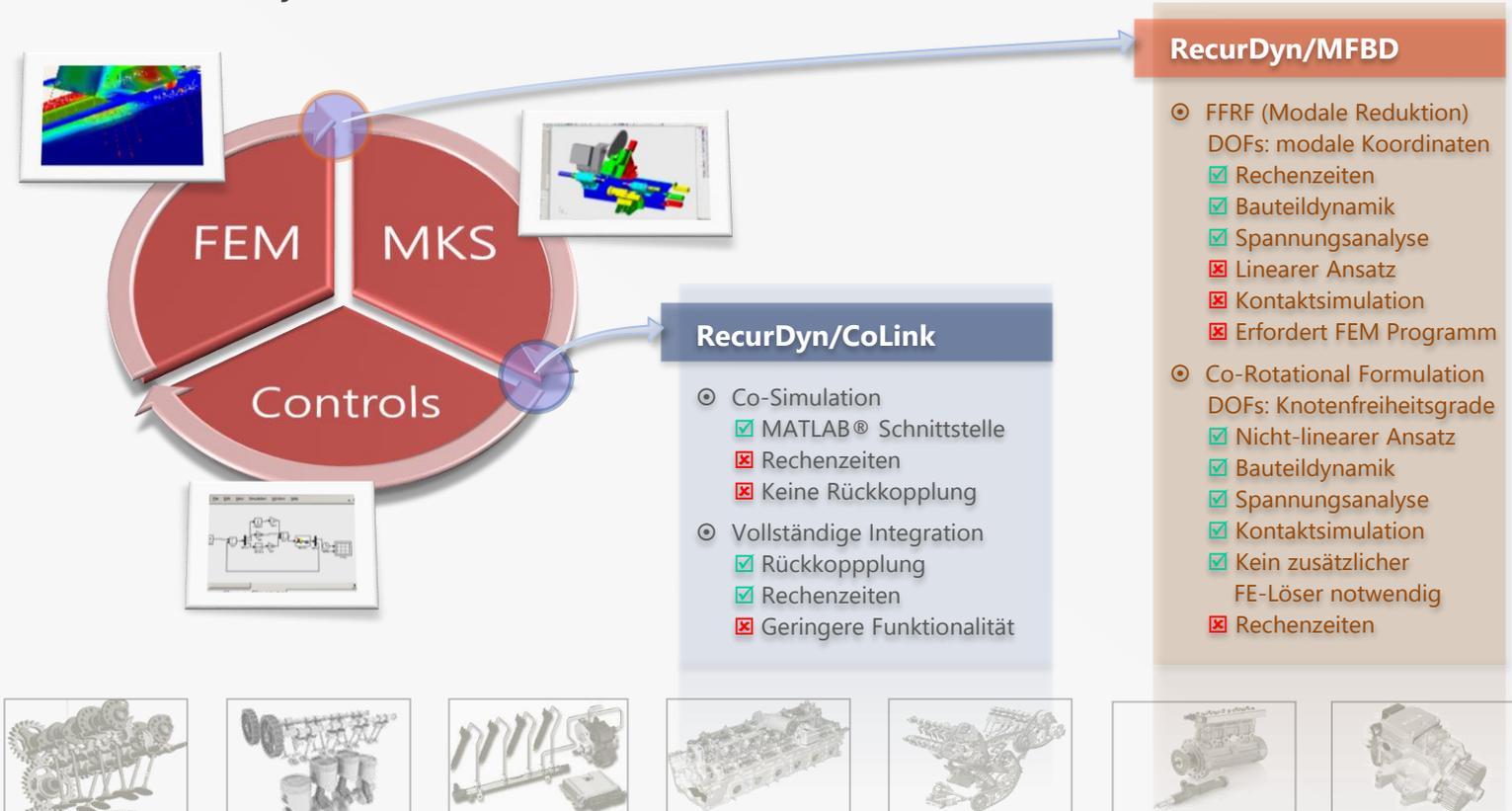
- ① Produktvisionen
 - ⊙ „Virtuelle Inbetriebnahme“ einer Werkzeugmaschine.
 - ⊙ Bessere Erschließung des Potentials von VP-Tools für die WZM-Industrie.
- ② Wirtschaftliche Ziele:
 - ⊙ Erhöhung der Prozessstabilität und Bearbeitungsgüte.
 - ⊙ Identifikation möglicher Schwachpunkte in der WZM-Struktur frühzeitig in der Entwicklungsphase.
 - ⊙ Beurteilung der Interaktion zwischen der WZM-Struktur und Regelung.
 - ⊙ Testen von neuen und innovativen Konzepten bei vermindertem Risiko
 - ⊙ Hohes Optimierungspotential durch Parameterstudien.
- ③ Technologische Ziele:
 - ⊙ Verbesserung der Aussagekraft von WZM-Simulationen durch Berücksichtigung von nicht-linearen Effekten.
 - ⊙ Große Verfahrbewegungen der Achsen (transiente MKS-Analyse) unter Berücksichtigung der Strukturelastizitäten und der Regelung.
 - ⊙ Entwicklung einer dedizierten WZM-Entwicklungsumgebung mit einer parametrischen Komponentenbibliothek („Baukastenprinzip“) und vordefinierten Analysen mit zugehörigen Auswertalgorithmen



- 1 Hohe Produktanforderungen an das virtuelle WZM-Labor kann nicht von einem Softwarehersteller/Dienstleister „gestemmt“ werden.
- 2 Technologiepartnerschaft:

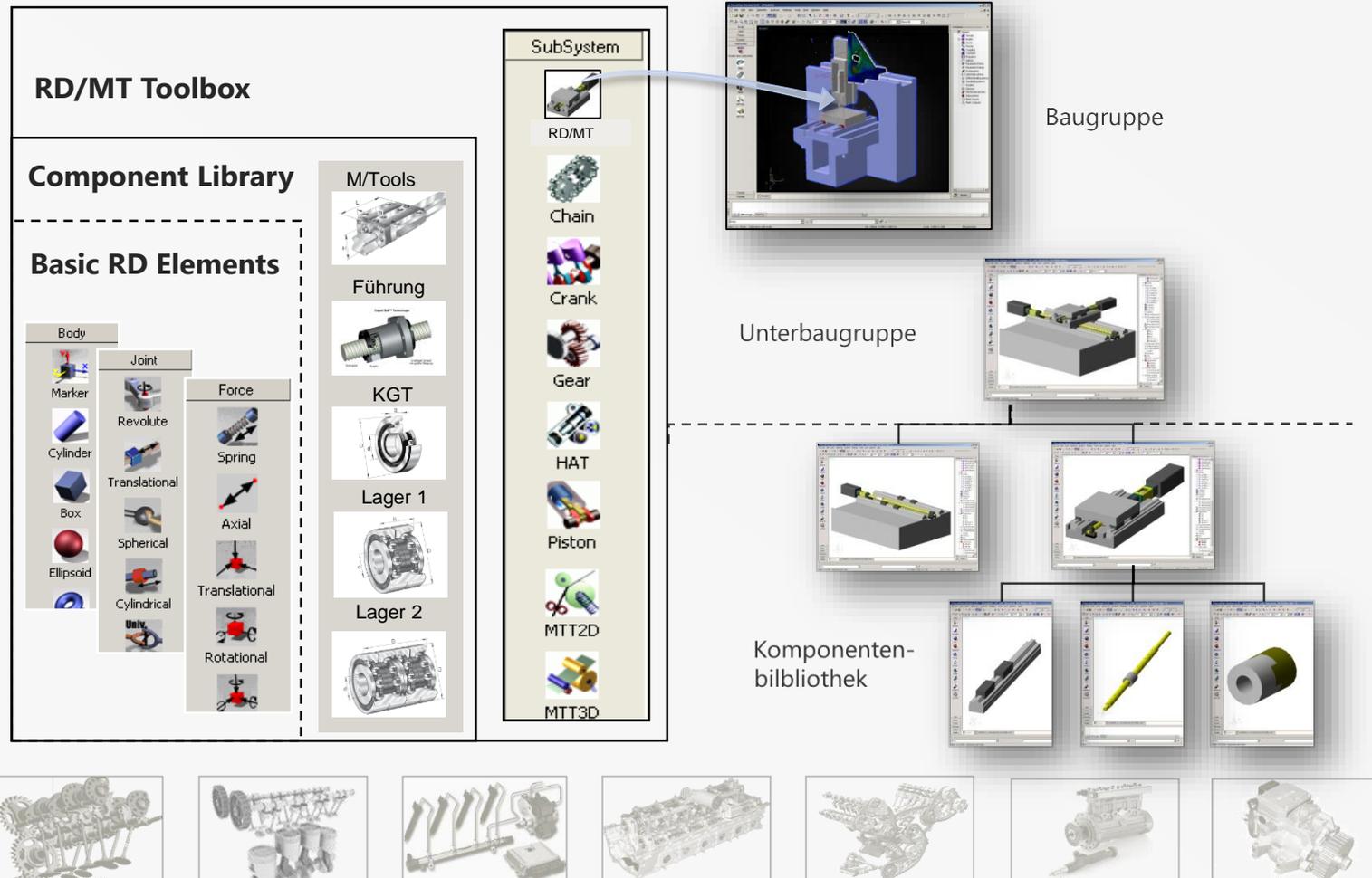


- ① Zielsetzung: Mechatronische Simulation auf Gesamtsystemebene
 - ⊙ Erfordert integrierte multi-disziplinäre Kopplung der CAE-Technologien
- ② RecurDyn/iMD Technologie:
 - ⊙ Vollständige Integration von MKS, linearen flexiblen Körpern (modale Reduktion), nicht-linearer FEM und Regelungstechnik in einer einzigen Benutzeroberfläche und in einem HybridSolver



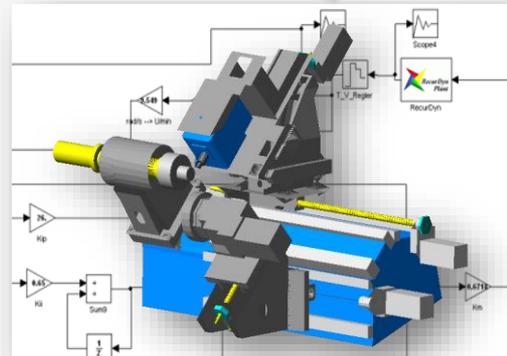
3 Baukastenprinzip

- ⊙ Bereitstellen einer vordefinierten, parametrischen und hierarchischen Komponentenbibliothek



④ Arbeitsablauf

Diskretisierung/Modellbildung

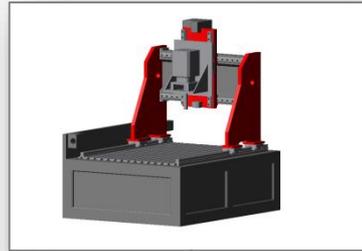


Optimierung



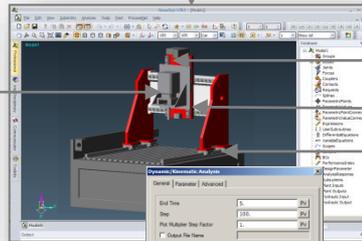
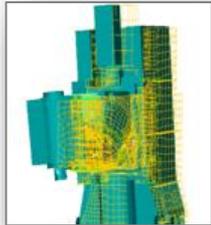
4 Arbeitsablauf

(1) Übertragung des CAD-Model nach RecurDyn



(2) Ersetzen von funktionalen Elementen mit Objekten aus der RD/MT Komponentenbibliothek

(3) Ersetzen von Starrkörpern durch Finite-Elemente Strukturen (RFLEX/FFLEX)



⊙ Kugelgewindtrieb



⊙ Schnittkraftmodell

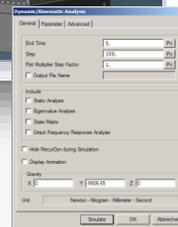


⊙ Linearführung

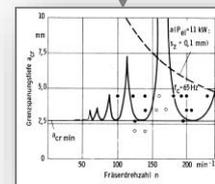
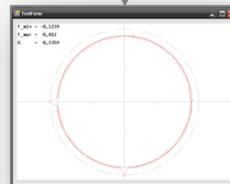


(4) Definieren einer Analyse

- ⊙ Kreisformtest
- ⊙ Frequenzganganalyse
- ⊙ Stabilitätsdiagramm



(5) Post-Processing



1 Linearführungen

- ⊙ Automatische parabolische Lastverteilung auf die FE-Knoten mit Steifigkeitskorrektur
- ⊙ RecurDyn/MT erzeugt automatisch die notwendigen Kontaktelemente (Matrix-Forces) entsprechend der Eingabeparameter

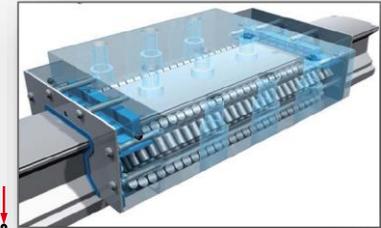
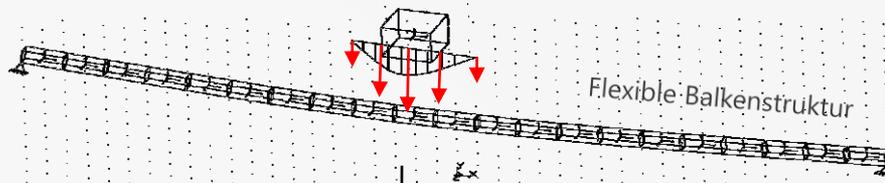
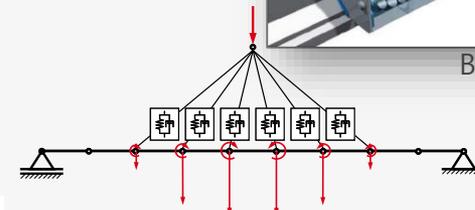
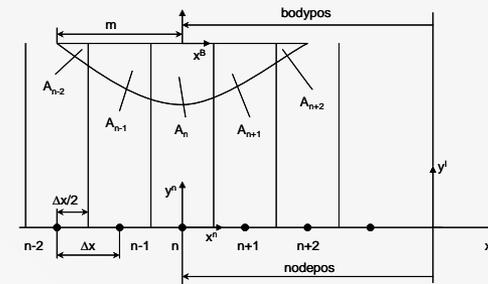
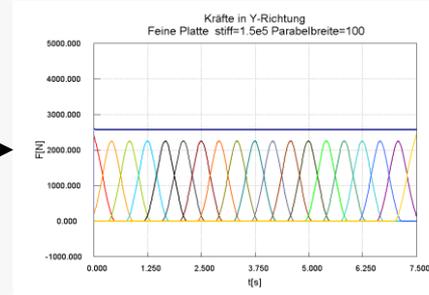


Bild: Rexroth



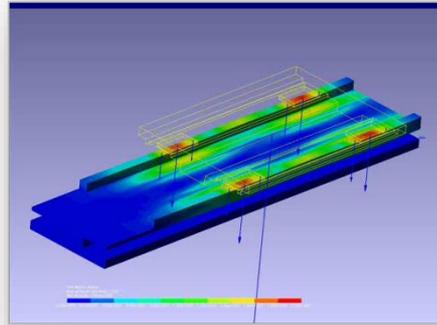
- ⊙ FE-Knoten Kraftverteilung während der Kontaktflächenbewegung
- ⊙ Netzdiskretisierung zeichnet sich nicht in der Kraftverteilung ab



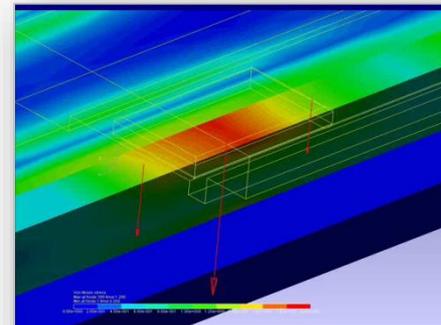
Variable Kraftverteilung
Funktion $f(x) = ax^2$



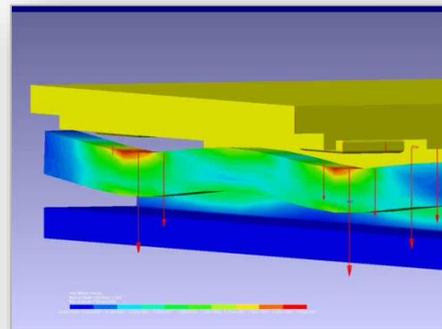
① Linearführungen ⊙ Beispiele und Validierung



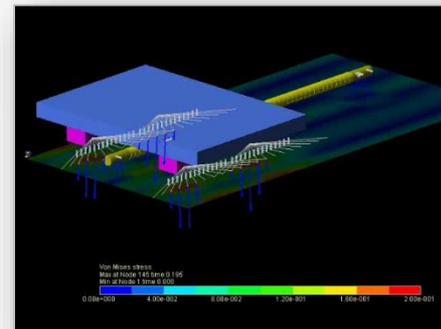
Linearführung / FFLEX Structure



Linearführung Zoom



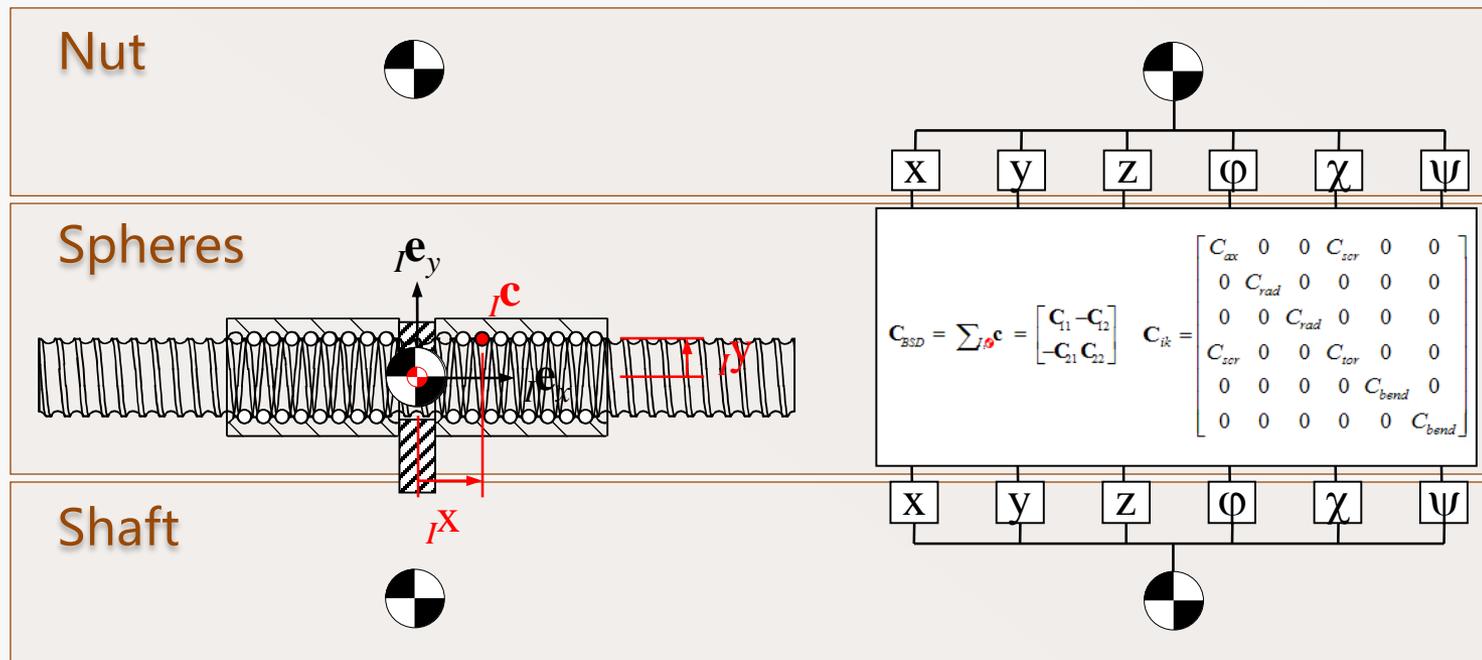
Linearführung skaliert 2000x



Verifikation des "Load-Handover"

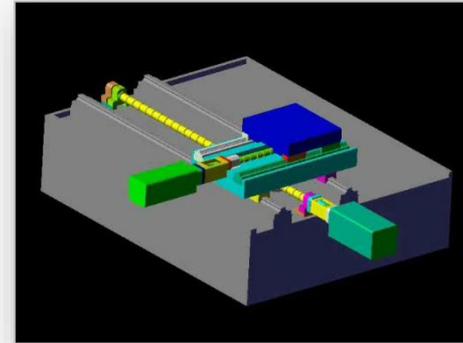


- 2 Kugelgewindetrieb
- Steifigkeitsmodell

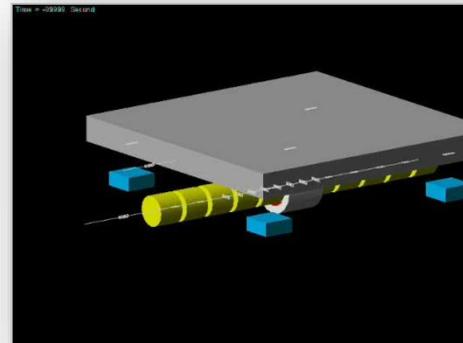
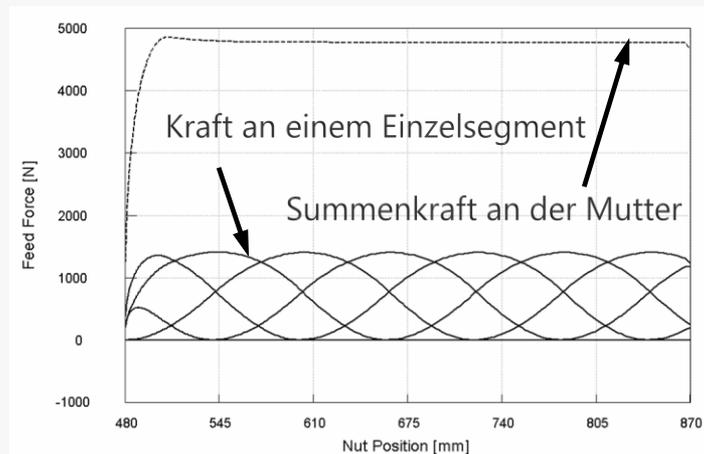


② Kugelgewindetrieb (2)

- ⊙ Automatisches Last/Moment „hand-over“ von einem Element zum Nächsten
- ⊙ Implementiert als „User Written Subroutine“ (Matrix-Force)

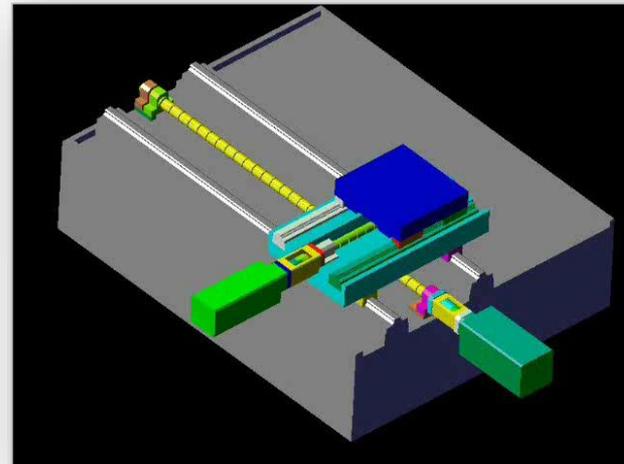
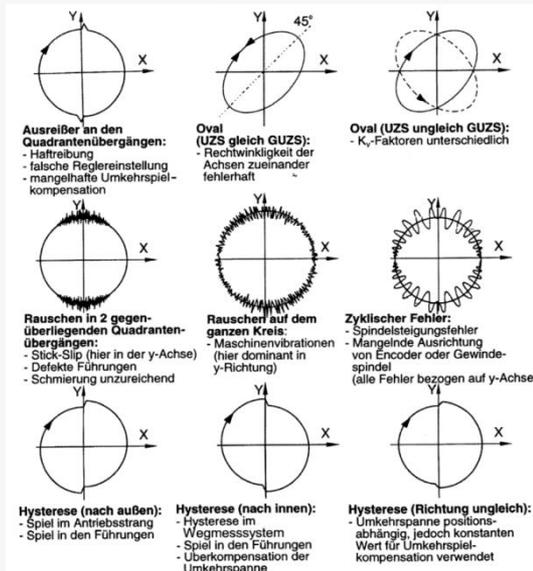


Eigenwert-Analyse



3 Kreisformtest (ISO 230 T2)

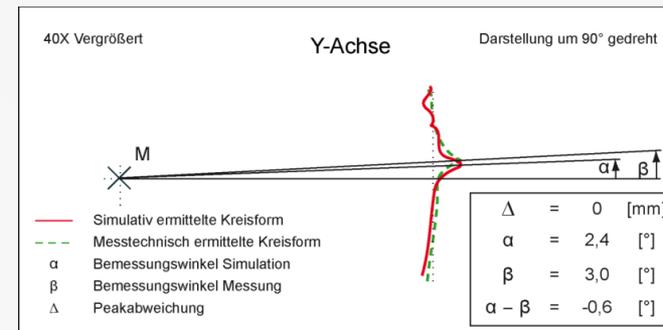
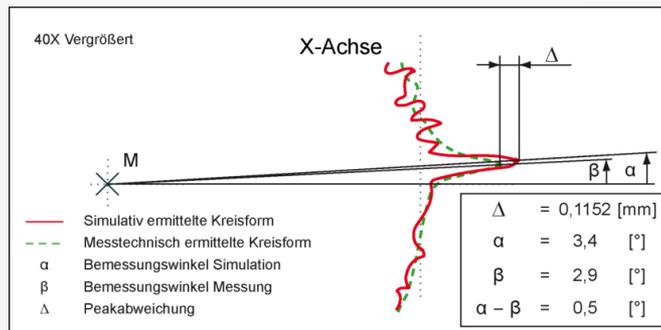
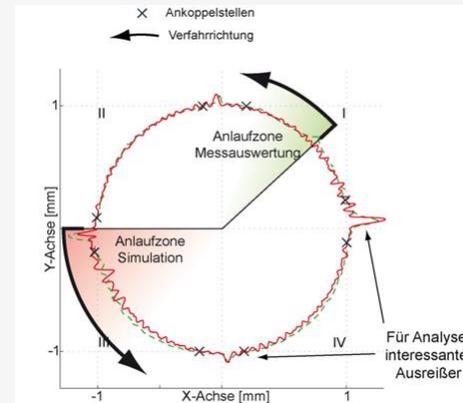
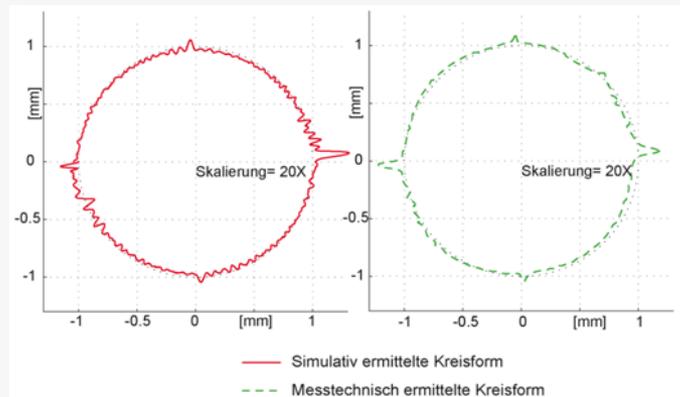
- ⊙ Standardtest zur Beurteilung der Werkzeugmaschinen Güte
- ⊙ Vorgabe der Kreisformbewegung über Spline oder Regler
- ⊙ Aus den Abweichungen von der idealen und der gemessenen Kreisform kann auf Schwächen in der Maschine geschlossen werden



Quelle: Weck

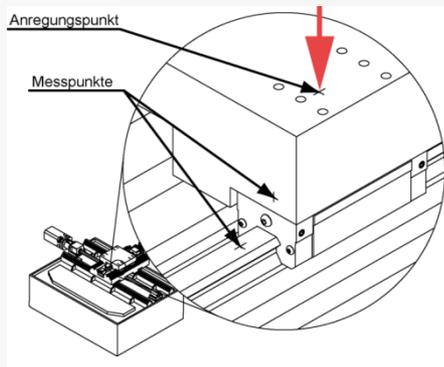


3 Kreisformtest (ISO 230 T2) - Validierung

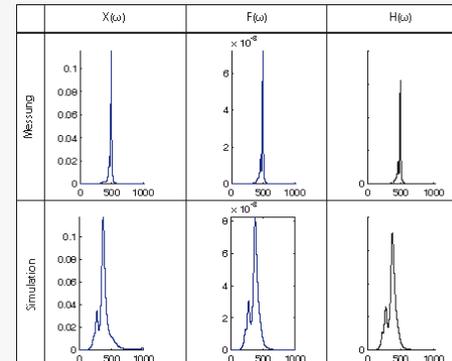
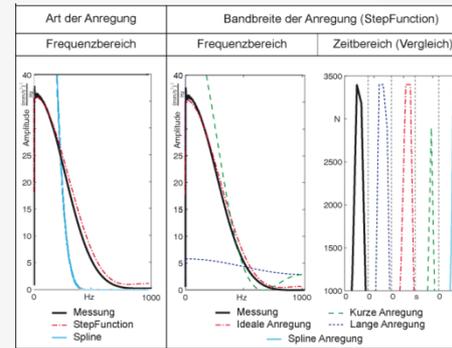


4 „Frequenz-Antwort“ Analyse

- ⊙ Durch einen definierten Hammerschlag wird die Struktur in ein breitbandiges Schwingen versetzt
- ⊙ Ziel der Simulation ist es, die charakteristische Funktion für das Übertragungsverhalten nachzubilden



⊙ RecurDyn Validierung

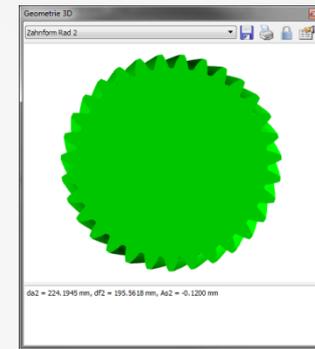
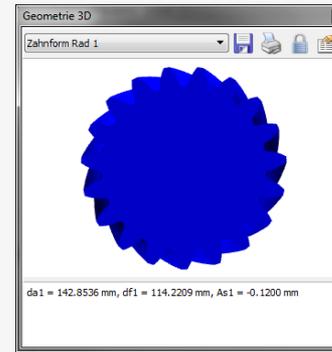
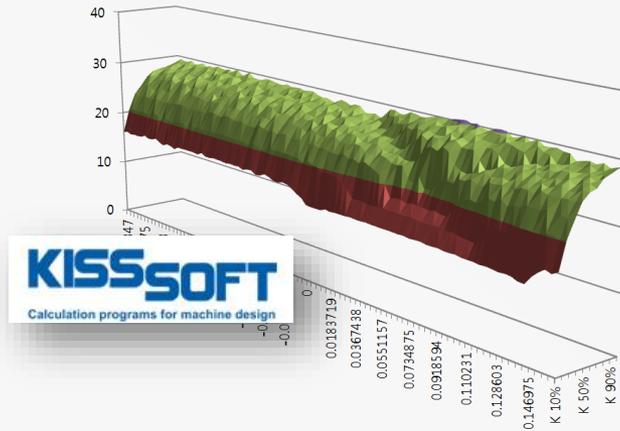


5 Verzahnungen

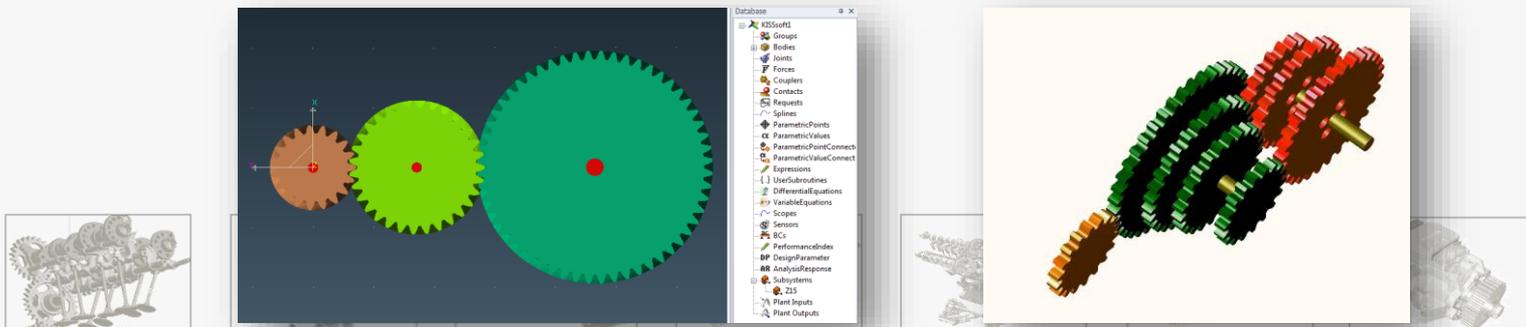
⊙ Interface zu Verzahnungsauslegungstool KISSsoft

⊙ Berechnung der Verzahnungssteifigkeit als Pre-Analyse in KISSsoft

⊙ Export der Verzahnungsgeometrie aus KISSsoft



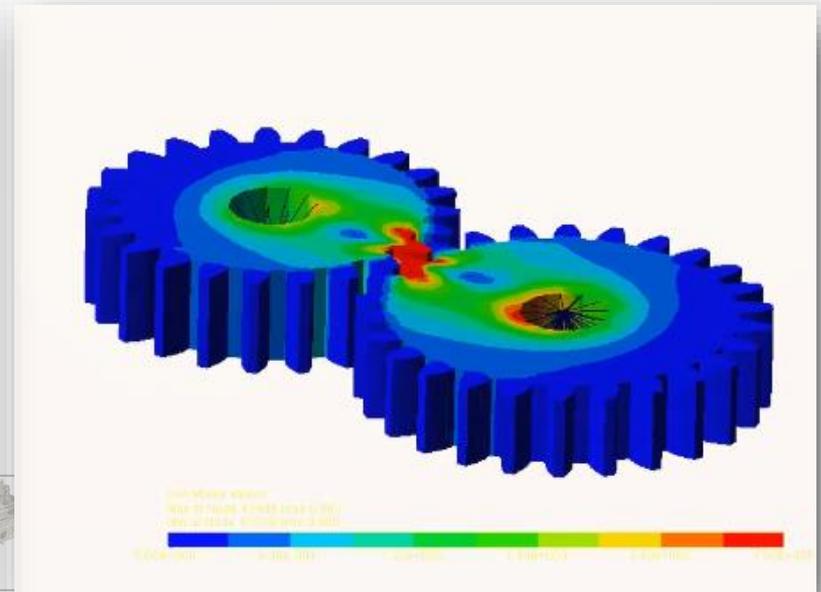
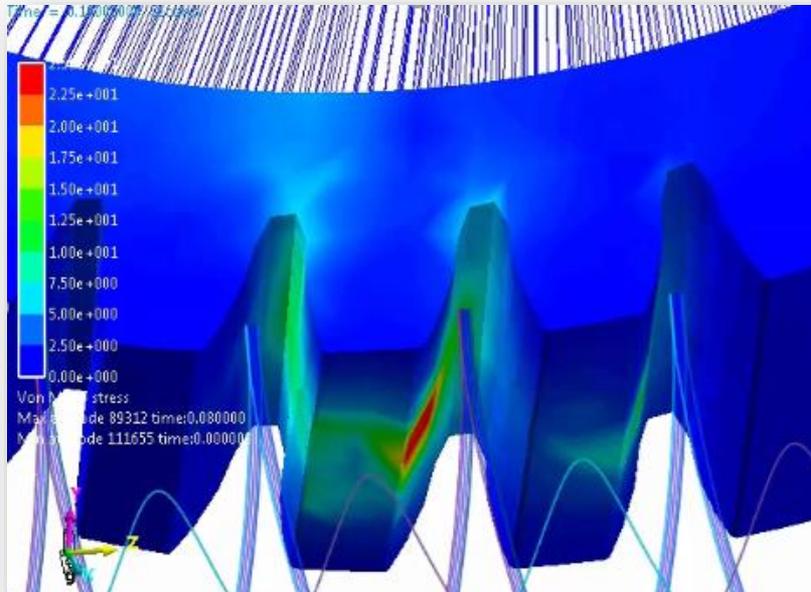
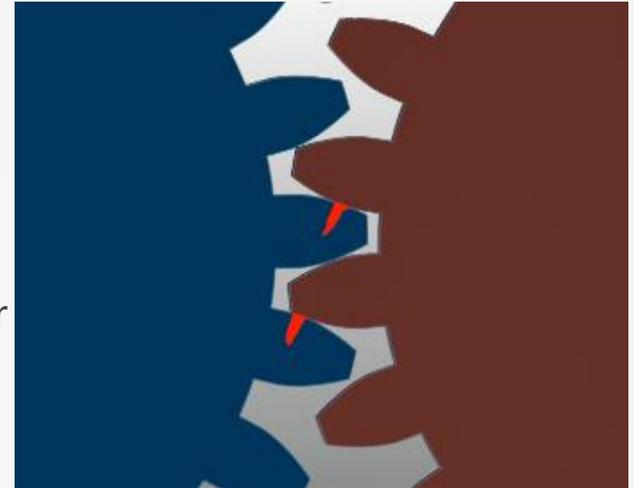
⊙ Kontakt durch Kraft-Elemente in RecurDyn, abfragen der Werte des Kennfeldes während dynamischer Simulation



5 Verzahnungen (2)

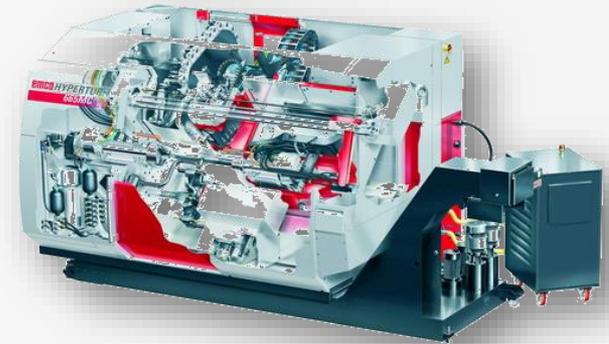
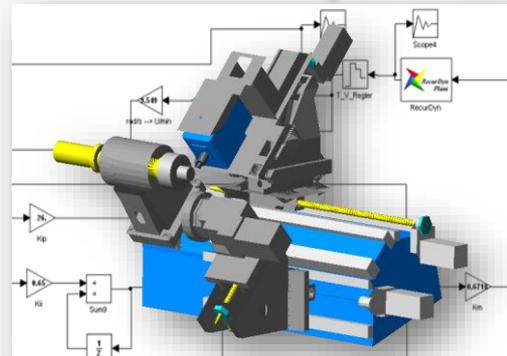
⊙ FE-Ansatz

- ⊙ Lokale oder Gesamte Vernetzung der Kontaktpartner
- ⊙ Netzsteuerung über RecurDyn/Mesh
- ⊙ Berechnung der RecurDyn Kontaktparameter
- ⊙ Ergebnis Validierung mit KISSsoft



④ Arbeitsablauf

Diskretisierung/Modellbildung



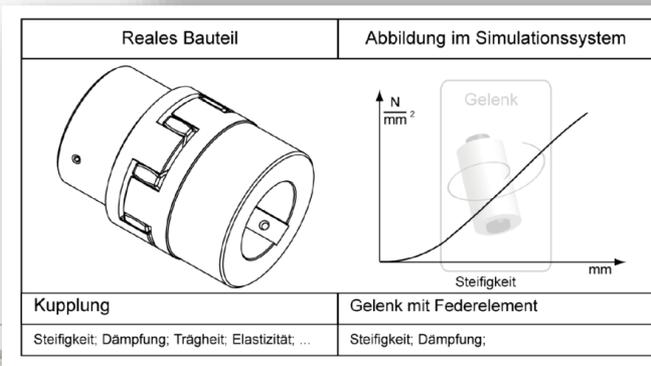
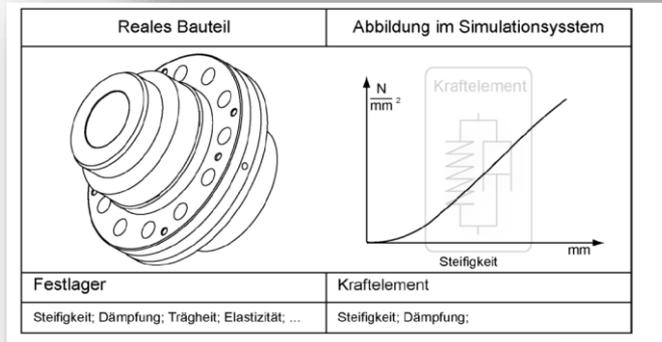
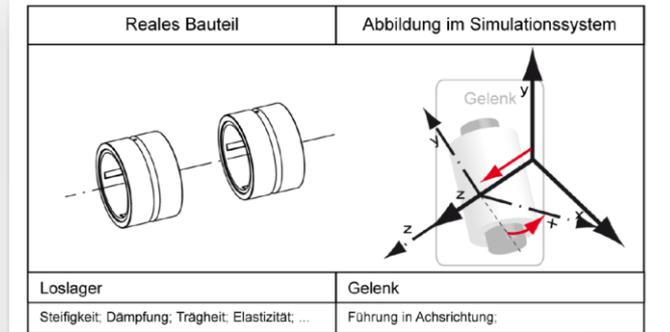
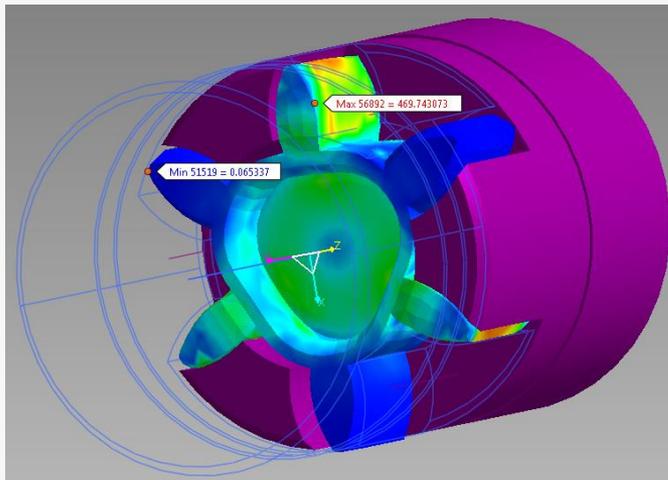
Optimierung



7 Kupplungen und Lagerungen

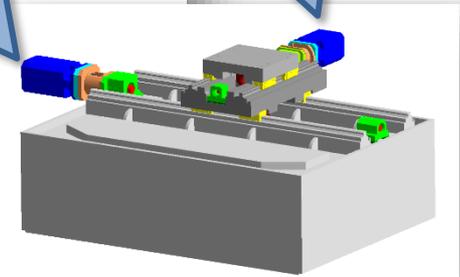
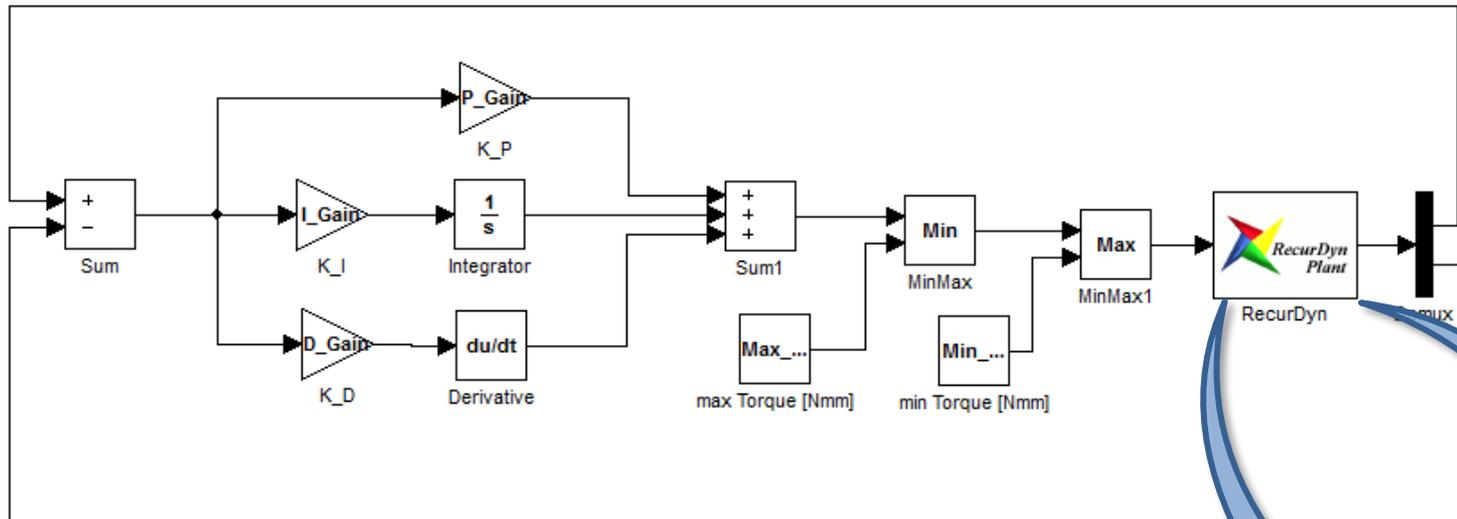
⊙ Modellierung abhängig vom Grad der Abstraktion:

- ⊙ Sperren einzelner kinematischer Freiheitsgrade
- ⊙ Steifigkeitskennlinien (z. B. Hertzsche Pressung)
- ⊙ FE-Implementierung

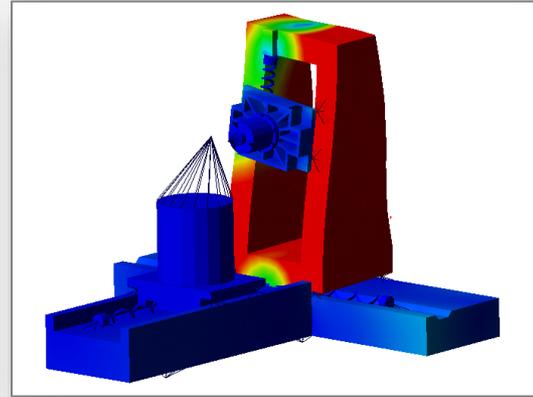
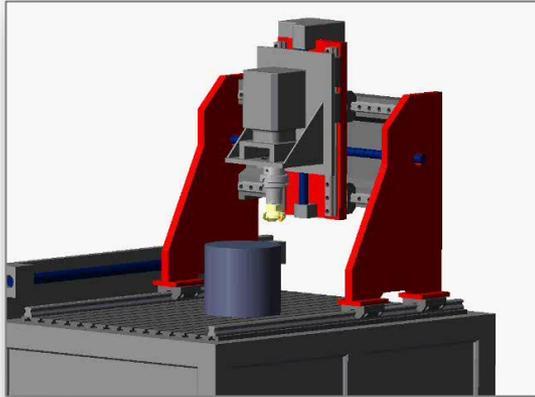


8 Regler

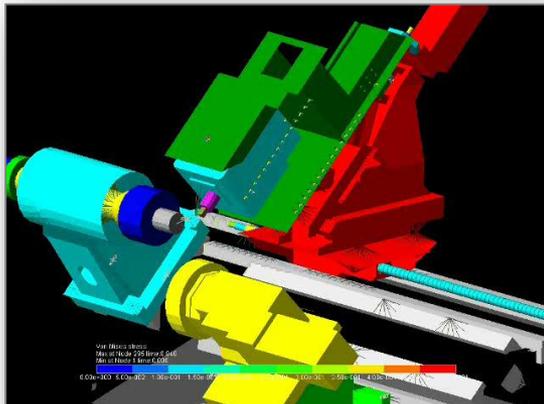
- ⊙ Einfache P-Regler in Expression
- ⊙ Komplexe Reglerstrukturen mit RecurDyn/CoLink
- ⊙ Cosimulation mit externen Regelungstechnik-Tools (z. B. Scilab, Matlab/Simulink...)



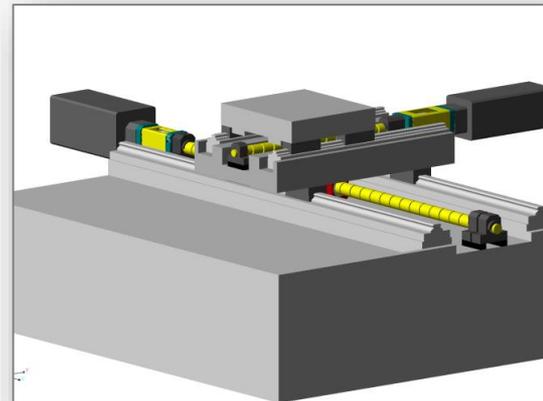
① Fräsmaschinen



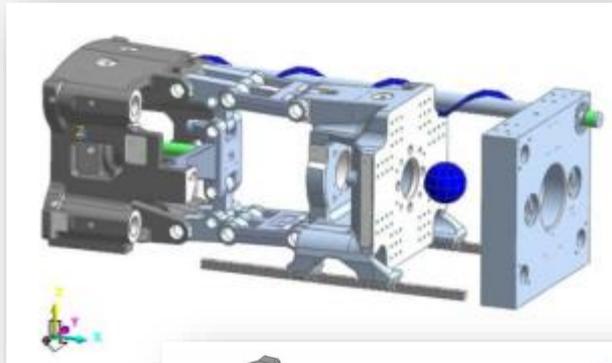
② Drehmaschine



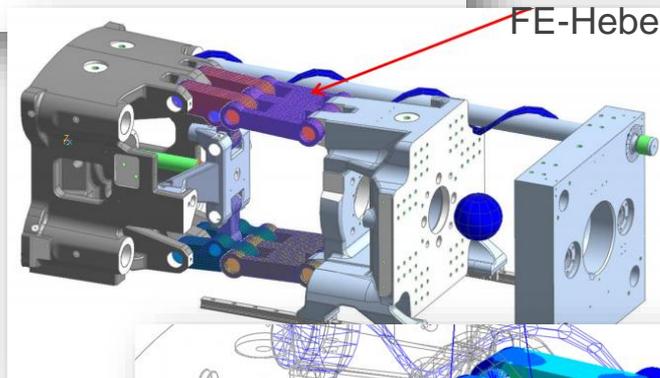
③ Antriebsversuchsstand



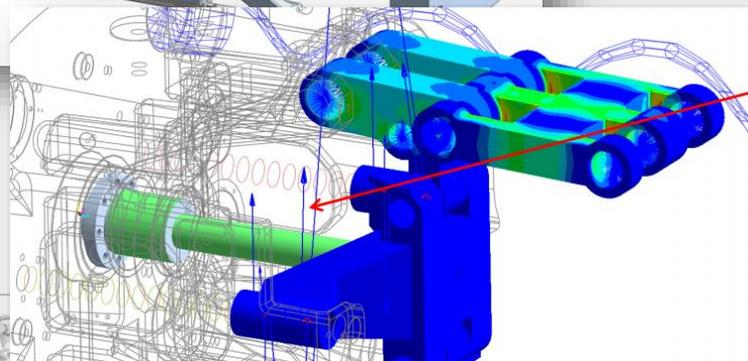
④ Spritzgussmaschine



◎ Starrkörpermodell

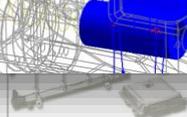


◎ Hebel: FE - Mesh



FE-Beam-Elements

◎ Führungen: FE-Beam



- 1 Verbreitung einer VP-basierenden Entwicklung im Werkzeugmaschinensegment immer noch vergleichsweise gering.
- 2 Ursachen sind mit unter die komplexen Aufgabenstellungen, die besonderen Randbedingungen, sowie die oft mangelnden CAE Ressourcen in den Entwicklungsabteilungen der WZM-Hersteller.
- 3 Zielsetzung des virtuellen WZM-Labors ist eine besser Aktivierung des Potentials von VP-Tools für die WZM-Industrie.
- 4 Entwicklung erfolgt in Technologiepartnerschaft zwischen Universität, WZM-Hersteller und Software-Hersteller.
- 5 Adressierung der in 2 genannten Herausforderungen durch Einsatz der RD/MfBD Technologie sowie Bereitstellung einer parametrischen Komponentenbibliothek (Baukastenprinzip).

