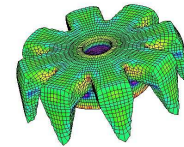
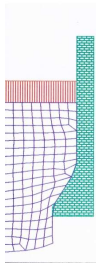
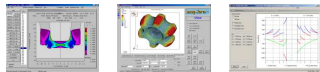


Entwicklung der Umformsimulation in der Massivumformung von den frühen 80ern bis heute



Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
CPM GmbH, Herzogenrath



Vorgeschichte

bis in die 1980er Jahre

Großrechner, Abteilungsrechner
(Verwaltung, Finanzen, Ingenieurwendungen in Großbetrieben)

Einführung von Rechnern im Ingenieurbereich in der Umformtechnik

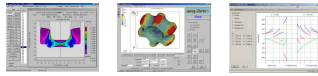
Einführung von CAD

Diverse Kleinrechner (Atari, Sinclair, Z80 etc ganz selten für
„ernsthafte“ Anwendungen)

1981 IBM PC



Wikipedia



Entwicklung der Umformsimulation...

Vorgeschichte



Der „reale“
Ingenieur

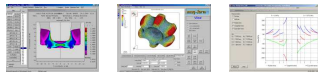


Der Ingenieur im Wandel

1980er



Der CA-Ingenieur



Entwicklung der Umformsimulation...

Vorgeschichte



Der „reale“
Ingenieur



Entwicklung eines einfach zu handhabenden
Systems zur Simulation vom Massivumformung
auf zukünftigen lokalen Rechnerstrukturen



Der CA-Ingenieur



Forschungsarbeiten in den 80er Jahren

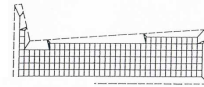
Basientwicklungen FEM (2D)

Elementtypen

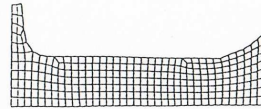


Kontaktalgorithmen

Löser von Gleichungssystemen

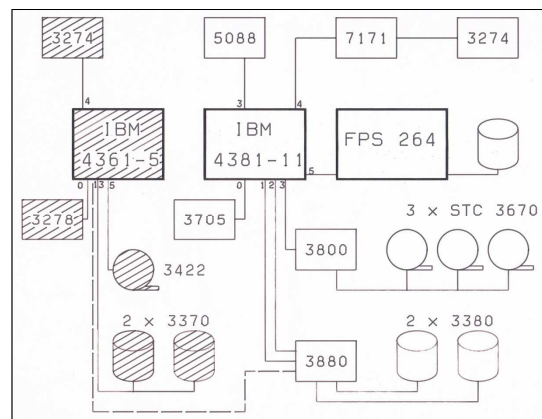
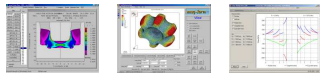
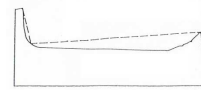


Vernetzungsmethoden



Einfache Handhabung

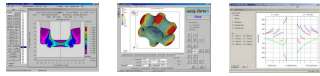
Materialgesetze



Entwicklungsumfeld in den 1980ern

Leistung ca.. 60 MFLOPS

Vergleich
Core i7,
3,47 GHz, 83,2 GFLOPS
6 Kerne



Entwicklung der Umformsimulation... Forschungsarbeiten in den 80er Jahren

Erster Prototyp eines FEM Programms zur Anwendung auch auf PC

CAPS-Finel V1.0 (1989)

2D achsen-symmetrisch und eben

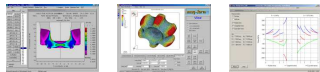
Modellierung, Simulation, Postprocessing in einem System

Einfache Benutzerführung durch Frage-Antwort Dialog

Starr-plastisches Materialgesetz

Thermische Kopplung

Automatisches Vernetzen



Entwicklung der Umformsimulation... Forschungsarbeiten in den 80er Jahren

CAPS-Finel V1.0 (1989)

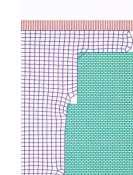
Prototyp simuliert

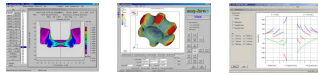
erste industrielle Prozesse in der Warm und Kaltumformung

Weiterentwicklung erfolgt in Richtung

- Einsatz auf PC
- Erarbeitung einer grafischen Benutzeroberfläche
(-> „Windows“ gab es noch nicht)
- Randbedingungen
- Materialdaten

Beginn von Arbeiten über Mikrostruktur mit Luftfahrtfirmen

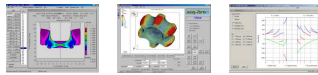
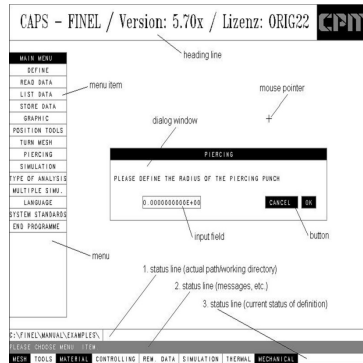




Entwicklung eines grafischen Interfaces und erste Installationen



Grafische Oberfläche und
Menüführung
CAPS-Finel



**Industrieeinführung und spezielle Entwicklungen für die
Kaltumformung 1990er**

Entwicklung eines grafischen Interfaces und erste Installationen

Projekt der deutschen Schraubenindustrie

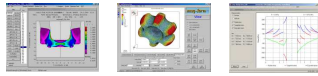
Verbesserung technologischer Module

Einfache Handhabung Mehrstufiger Prozesse

Elastische Werkzeuge

Materialdaten

Mikrostruktur



Industrieeinführung und spezielle Entwicklungen für die Kaltumformung 1990er

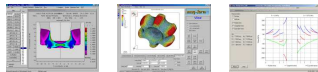
Neuer Reibungsansatz

Schadenanalyse

Erste 3D Anwendungen

3D Toolbox

Neues „eesy“ Design (eesy-2-form, eesy-form)



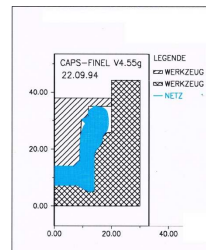
Projekt der deutschen Schraubenindustrie

Ab 1991 Aufnahme von CPM in ein Projekt des DSV

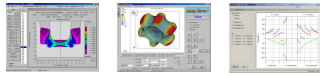
Neben Prozeßüberwachung, Stadiengangauslegung,
Pressenbewegungsablauf und Kollisionsanalyse sollte auch

Simulation
mit Hilfe der FEM

entwickelt werden.

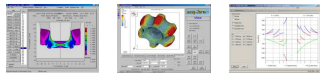
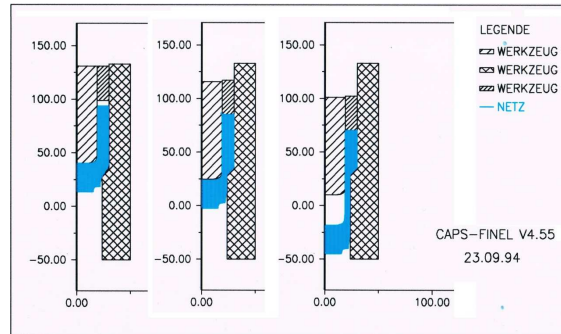


Simulation einer
Faltenbildung 1994



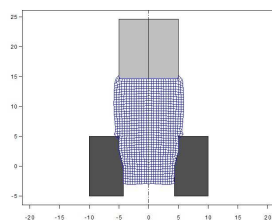
Verbesserung technologischer Module

Hier: Werkzeuge mit Feder

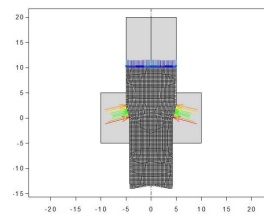


Verbesserung technologischer Module

Hier: Reibung

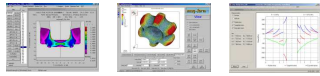


Falsches Ergebnis



Richtiges Ergebnis

Reibungsbeschreibung, hier: Reduktion



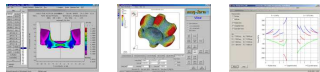
Neuer Reibungsansatz

Friction

Coulomb $F_r = \mu * N$

Max. shear stress $\tau = m * k$

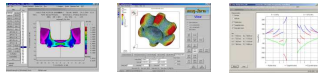
**Combined
Coulomb / max. shear stress**



Verbesserung technologischer Module

Hier: Möglichkeit der Ergänzung nicht vermaschter Geometrien

	XKoord	YKoord
R1	1.500	-2.500
R2	1.500	-1.500
P1	2.400	-1.400



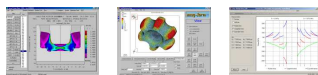
Erste 3D Entwicklungen

Ende des 90er Jahre wurde die Entwicklung der 3D Software intensiviert

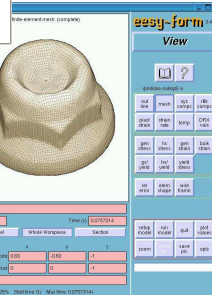
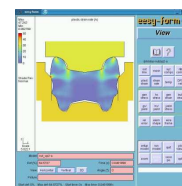
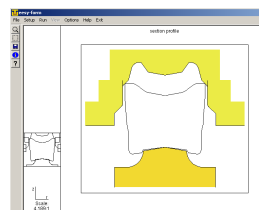
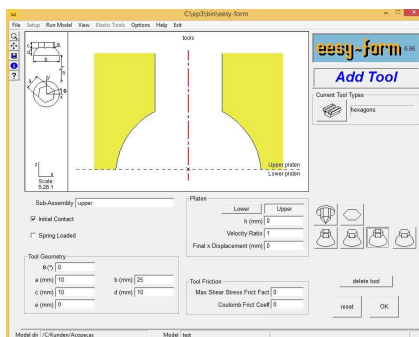
Hexaederelemente

Elastisch-plastisches Materialgesetz

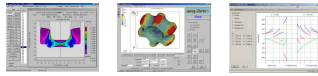
Möglichkeit der Generierung einfacher Geometrien direkt im System
(zusätzlich zum üblichen Transfer via stl aus CAD Systemen)



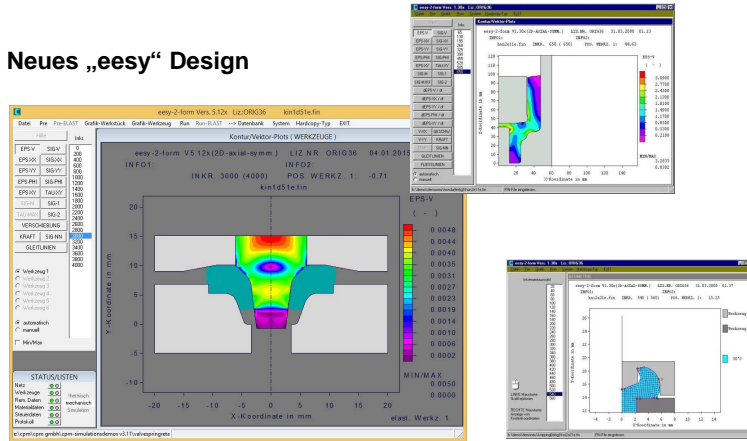
3D Toolbox



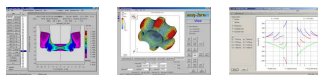
3D Simulation Mutter – Modulierung über Toolbox



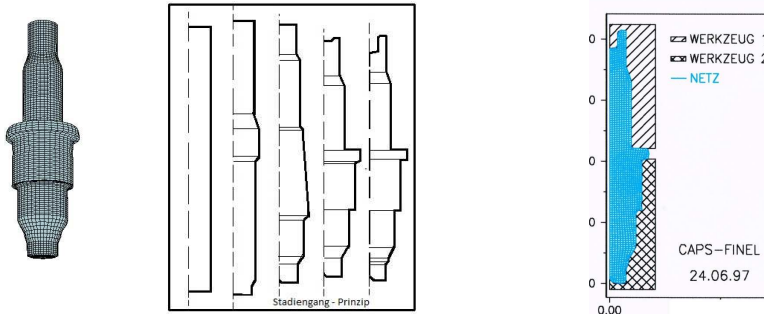
Neues „easy“ Design



(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



Einfache Handhabung Mehrstufiger Prozesse



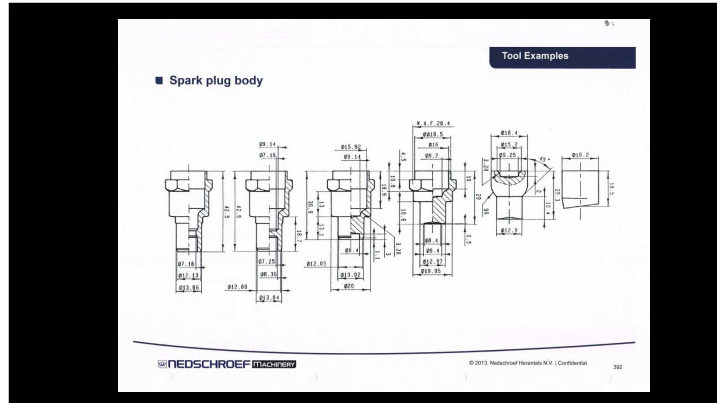
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



Einfache Handhabung Mehrstufiger Prozesse



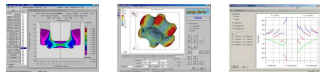
Zündkerze 2000



(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler

Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland

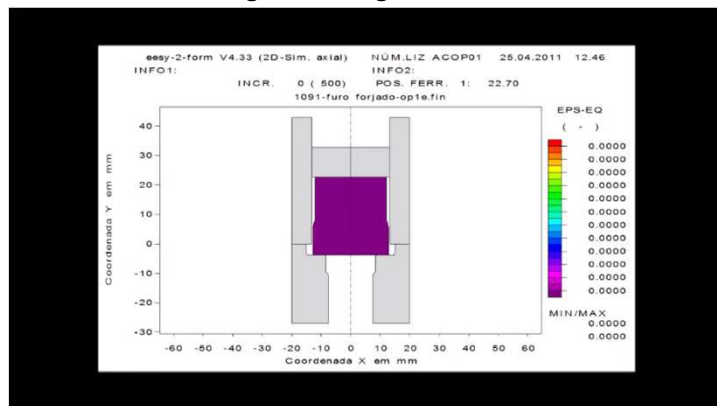
21



Einfache Handhabung Mehrstufiger Prozesse



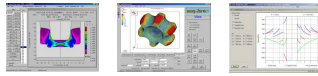
„Mehrstufen
in einer
Stufe“ mit
komplexer
Werkzeug-
bewegung



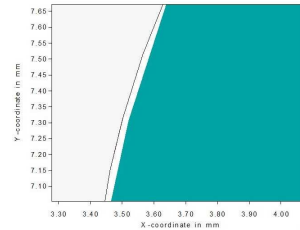
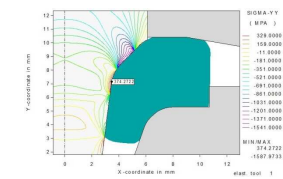
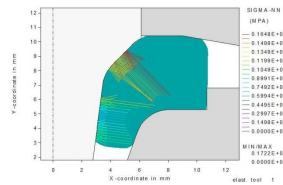
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler

Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland

22



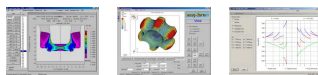
Fehleranalyse



Analyse

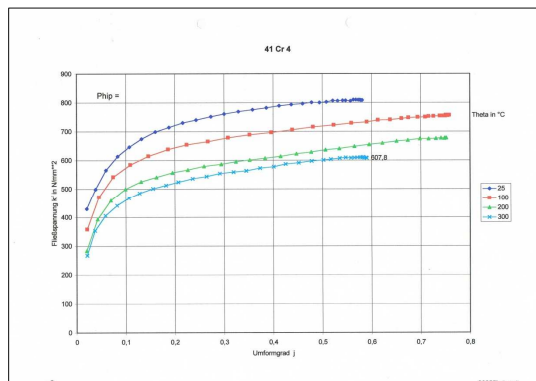
Druck auf der Oberfläche
Axialspannung alternierend
im Werkzeug
und Erklärung
Fehlender Kontakt
während der Umformung
(keine Luft oder Öl!)

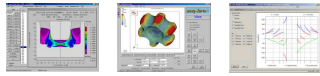
Stempelbruch beim Fertigen eines Ventildertellers



Materialdaten

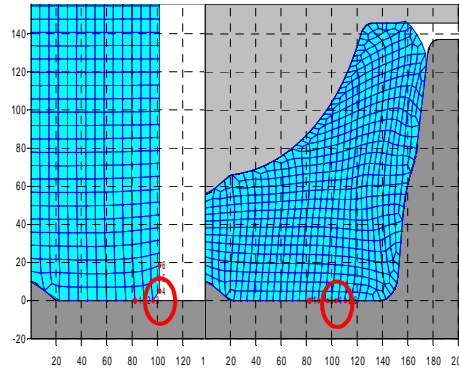
Ein Projekt des
Landes NRW
ermöglichte es
einen ersten
umfassenden
Bestand von
Fließkurven
zu ermitteln



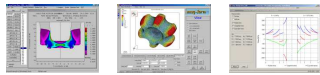


Materialdaten

Falsche Materialdaten führen zu einem Ergebnis ohne Falten

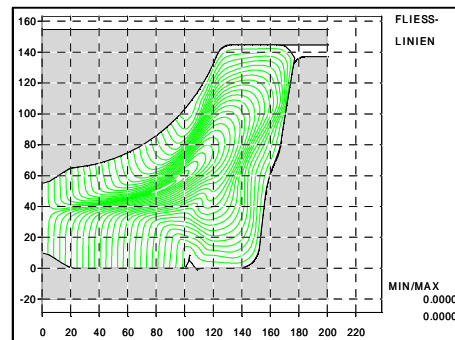


Bilder Eigentum der Leistritz Turbinenkomponenten Remscheid GmbH

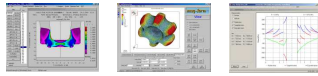


Materialdaten

Korrekte Materialdaten führen zu einem Ergebnis, das die Falte zeigt

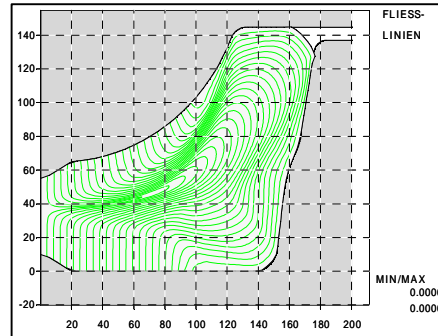
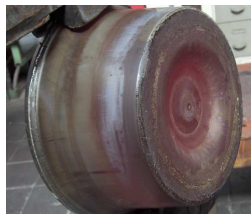


Bilder Eigentum der Leistritz Turbinenkomponenten Remscheid GmbH

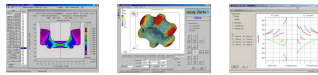


Materialdaten

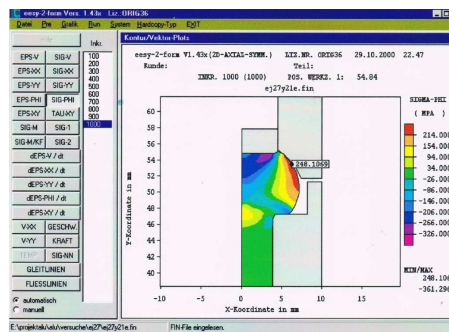
Variationen mit korrekten Materialdaten ermöglichen das Vermeiden der Falte



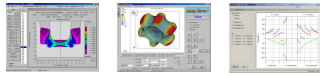
Bilder Eigentum der Leistriz Turbinenkomponenten Remscheid GmbH



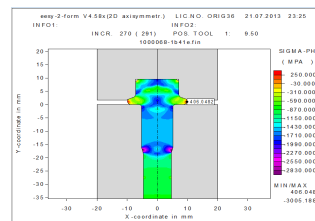
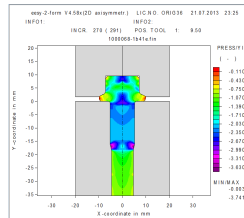
Schadenanalyse



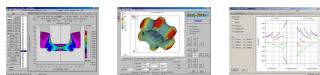
Hier Spannungsanalyse zur Erklärung eines Risses an einer Alu Schraube



Schadenanalyse



Hier Spannungsanalyse zur Erklärung einer Aufplattung (Materialfehler)



Vervollständigung und Ertüchtigung technologischer Module, Werkzeuganalyse und 3D Simulation mit automatischem generieren hexagonaler Elemente (2000er)

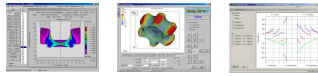
Verbesserung und Vervollständigung technologischer Module (Kontakt, Reibung, Faltenbildung, lokal unterschiedliche Reibung...)

System zur Auslegung und Optimierung von Werkzeugen

Vollautomatisches Vernetzen (hex) in 3D

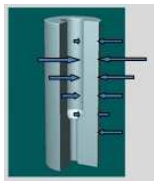
Lokale Reibungsbeschreibung

Zusätzliche oberflächennahe Analysen -> Tribosystem



Entwicklung der Umformsimulation... Vervollständigung....3D.... (2000er)

System zur Auslegung und Optimierung von Werkzeugen



easy-DieOpt Vers. 2.04 License for: 11-CPM GmbH, Herzogenrath, Germany

File 2-RING-SYSTEM (cold) 2-RING-SYSTEM (warm) 3-RING-SYSTEM 4-RING-SYSTEM Language System EXIT

License for: 11-CPM GmbH, Herzogenrath, Germany

3-RING-SYSTEM

	Insert	Sleeve	Casing
Material name	G95	S-6-5-2	X40CrMoV51
Material number		1.3343	1.2344
Young's modulus [MPa]	450000	208000	216000
Poisson's ratio [-]	0.25	0.28	0.28
Tensile strength [MPa]		2100.0	1670.0
Yield strength [MPa]		1850.0	1470.0
Tempering temp. [°C]		580	600

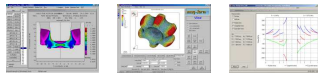
Equivalent stress [MPa]	1560.7	1665.0	1323.0
Tangential stress [MPa]	0.0	637.6	899.6

Contraction (-)/Expansion (+): of Di 0.011 mm of Da 0.154 mm

Assembly: (Casing + Sleeve) <- Insert, (Insert + Sleeve) -> Casing, Without intermediate corrections

Buttons: New calculation, Optimization (Interference), Optimization (Complete), Optimization (S1,D2,S2 only), Help, Graphic

(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland

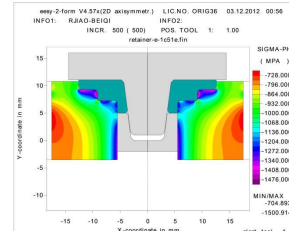
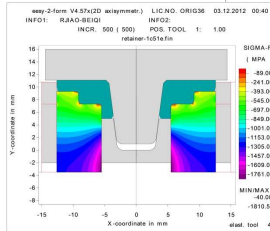


Entwicklung der Umformsimulation... Vervollständigung....3D.... (2000er)

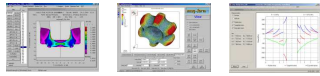
System zur Auslegung und Optimierung von Werkzeugen

Konventionell

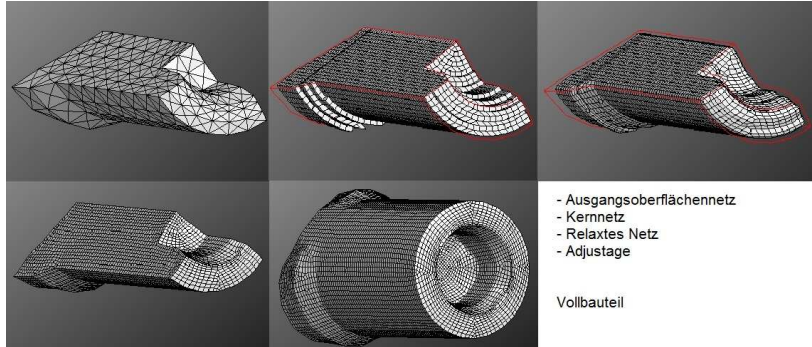
Optimiert



(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland

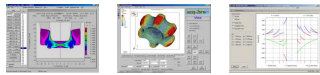


Vollautomatisches Vernetzen (hex) in 3D

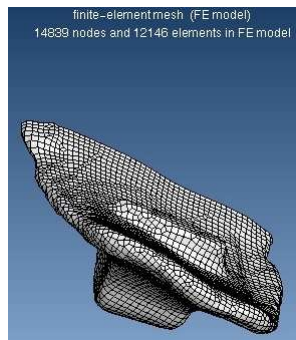


- Ausgangsoberflächennetz
- Kernnetz
- Relaxtes Netz
- Adjustage

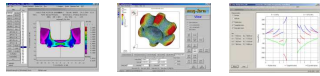
Vollbauteil



Vollautomatisches Vernetzen (hex) in 3D

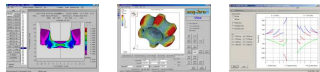
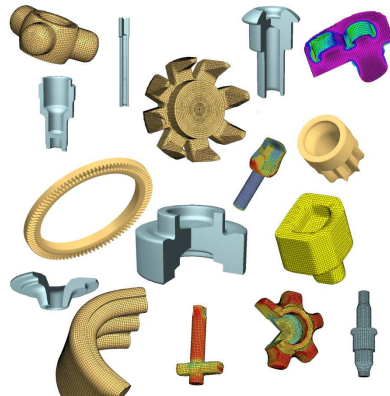


Luftfahrtteil



Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

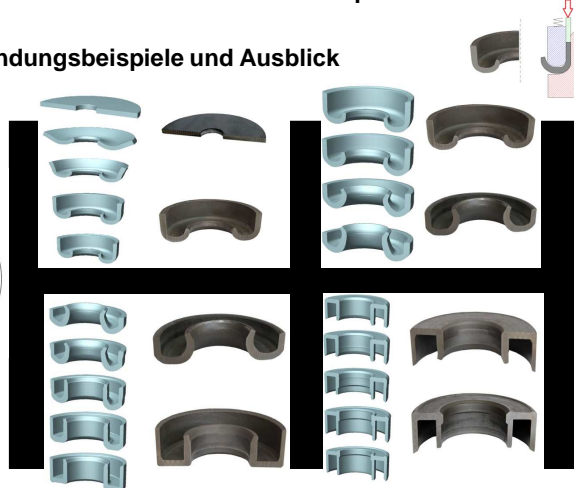
Im Folgenden werden einige
aktuell Anwendungsbeispiele
gezeigt und zukünftige
Entwicklungen angesprochen



Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

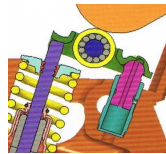


Fertigung eines Rotors
aus Blech



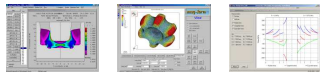


Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

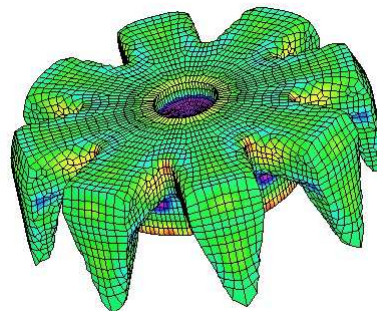
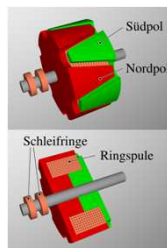


Ventilsteuerung
Ausgleichselement

(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



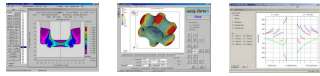
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



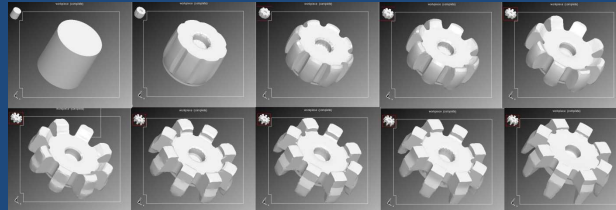
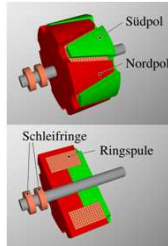
(Schenkelpolmaschine – Wikipedia)

Polklaue

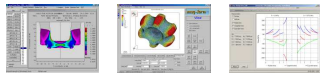
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



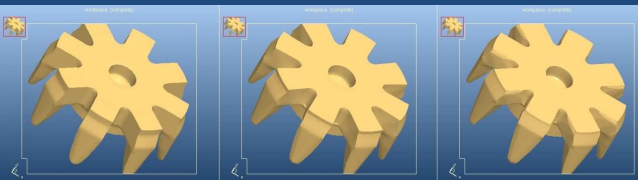
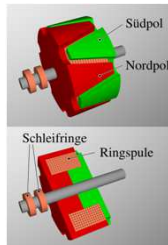
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



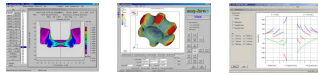
1. Stufe Warm



Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

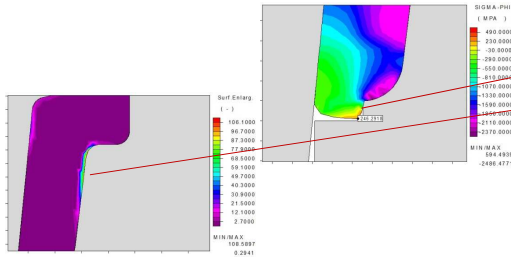


2. Stufe Kalt



Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

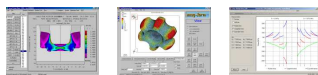
Aufrauung und Riss an einem Ventildfederteller



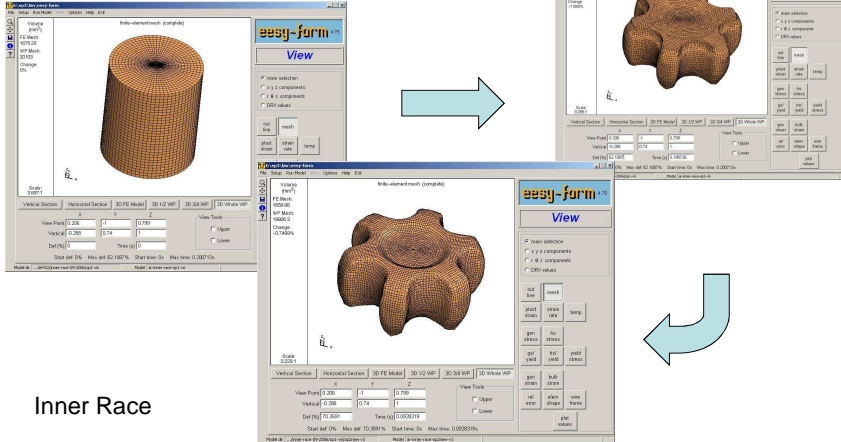
Oberflächenvergrößerung

Umfangsspannung

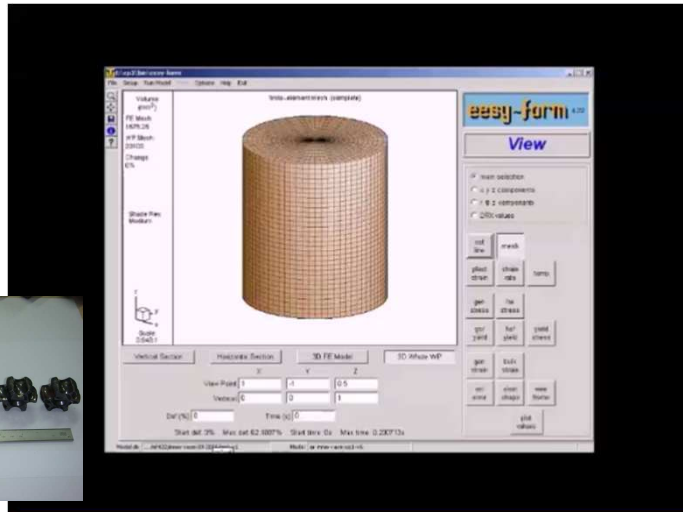
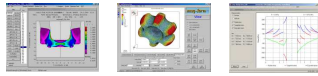
Fehlerhafter Ventildfederteller



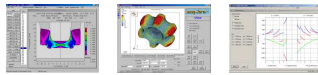
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



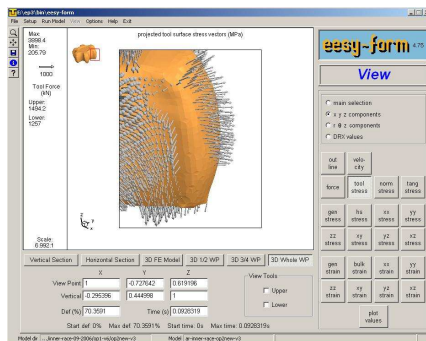
Inner Race



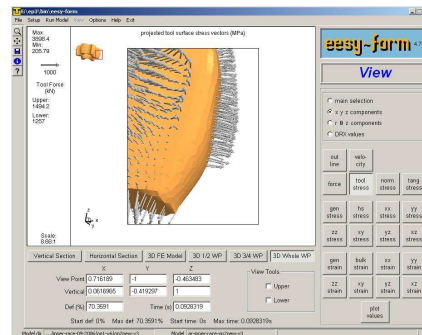
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler



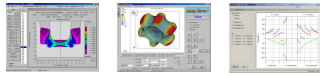
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



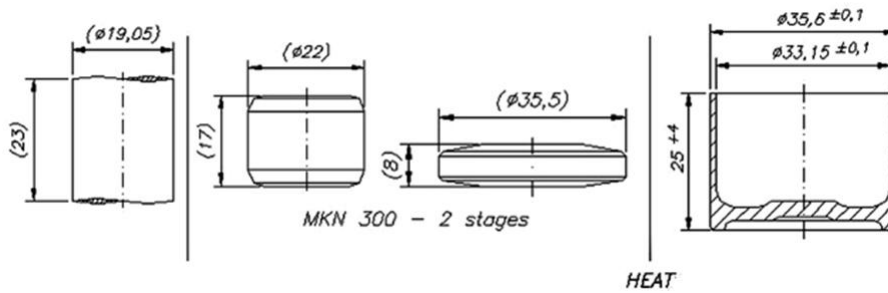
Inner Race



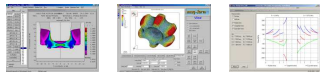
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler



Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



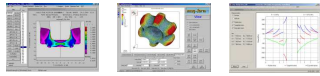
Ventilstößel



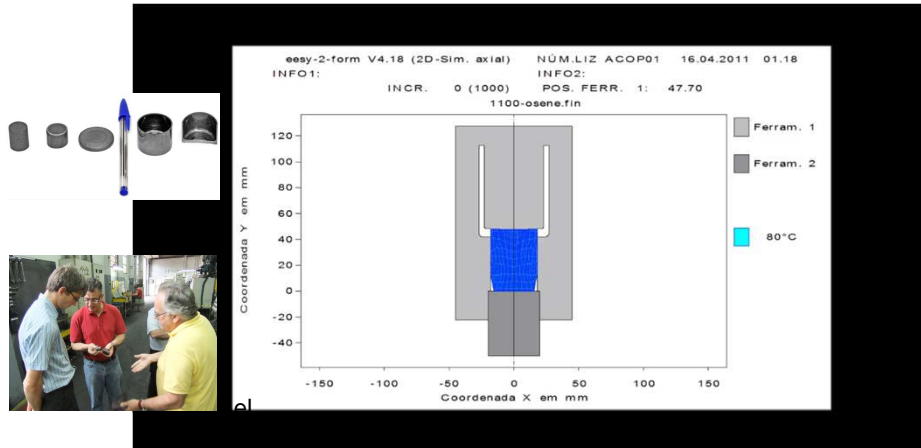
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



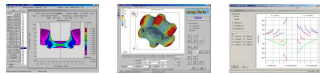
Ventilstößel



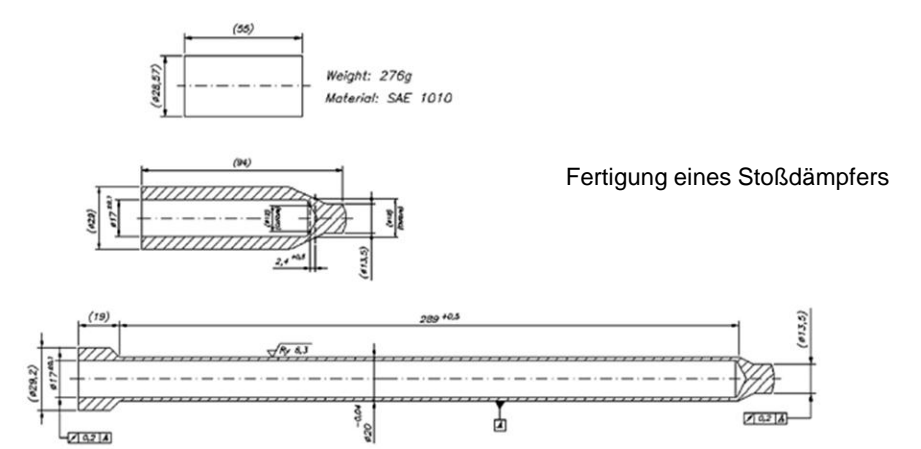
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



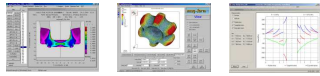
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



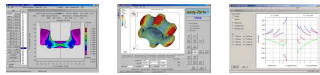
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



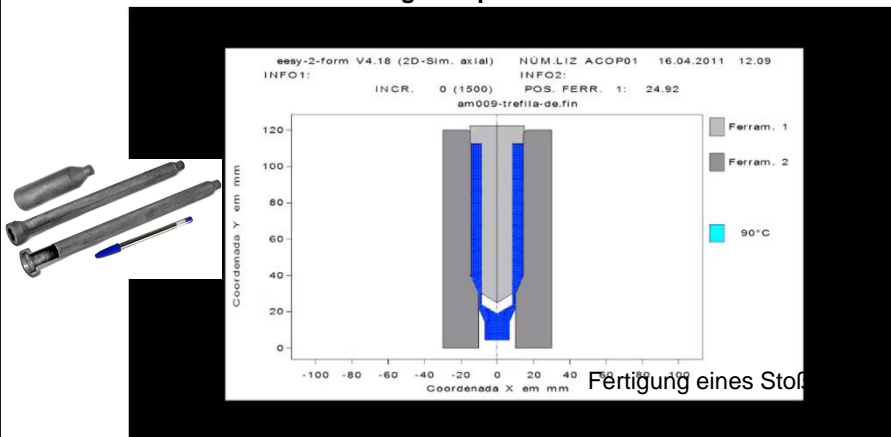
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

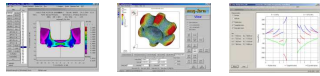


Fertigung eines Stoßdämpfers

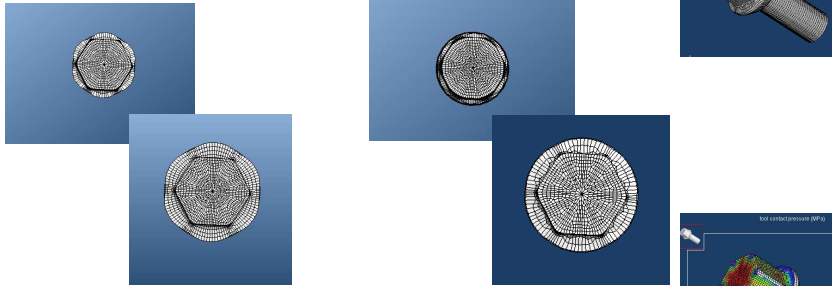


Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

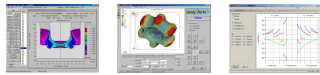




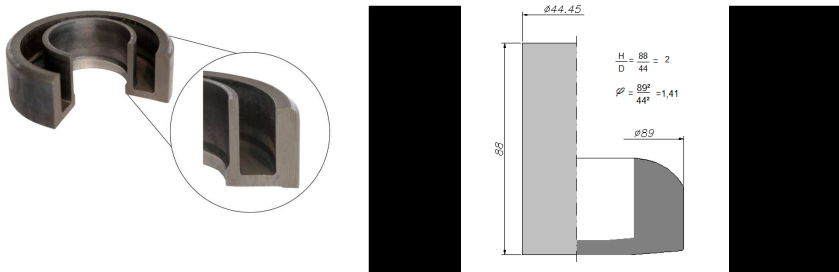
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



Vermeidung einer „Blume“



Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



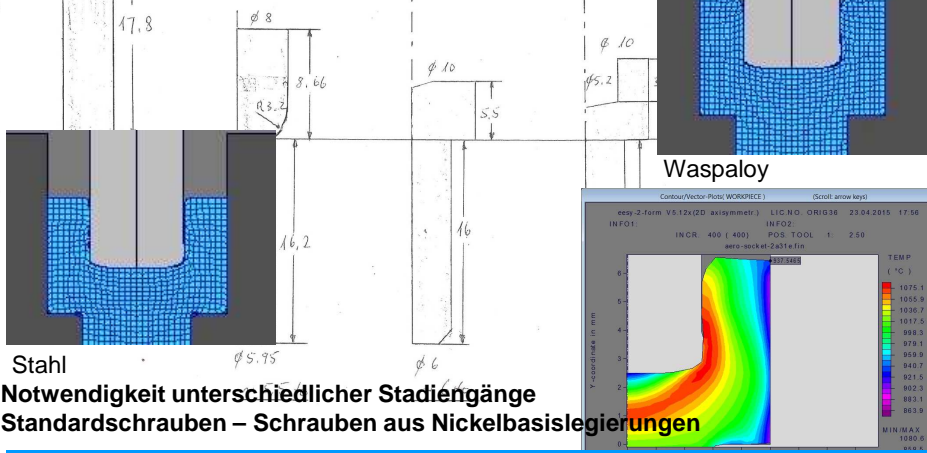
Fertigung eines Rotors



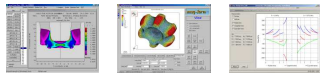
Entwicklung der Umformsimulation...

Aktuelle Beispiele und Ausblick

Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



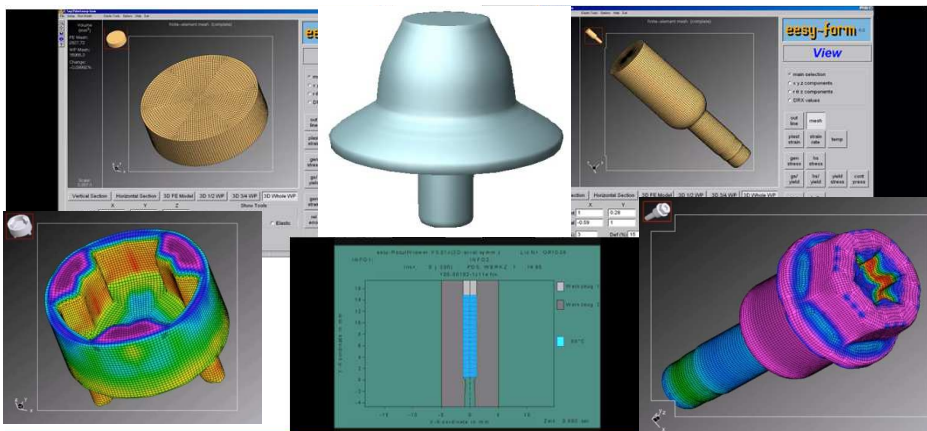
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



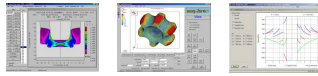
Entwicklung der Umformsimulation...

Aktuellebeispiele und Ausblick

Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick



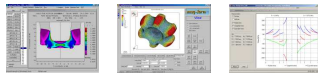
(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

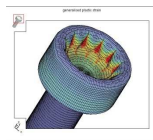


(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



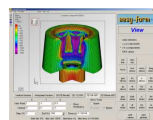
Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

Zukünftige Entwicklungen



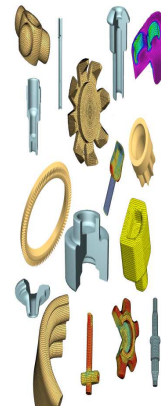
Integration der Umformtechnischen Simulation
in die gesamte Produktionskette

Vervollständigung der benötigten Materialdaten

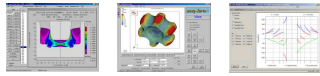


Entwicklung weiterer Teilmodule

Reduzierung von umfassenden Systemen zu
hochspezialisierten, effizienten Spezialsystemen



(c) 2015 Dr. Gerhard H. Arfmann, Dr. Michael Twickler
Projektpräsentation Nb-Schmiedesimulation, 17.06.2015, Haus der Stahlverformung, Hagen, Deutschland



Entwicklung der Umformsimulation...

Danksagung



Die Autoren danken ihren Kunden, die relevante Informationen zu den praktischen Beispielen und generelle Informationen zur Anwendung der FEM beigetragen haben. Solche Informationen sind sehr hilfreich, um Simulationssysteme weiter zu entwickeln, aber auch um die sachgerechte Anwendung der Simulationstechnik durch Vorträge wie diesen zu unterstützen.

