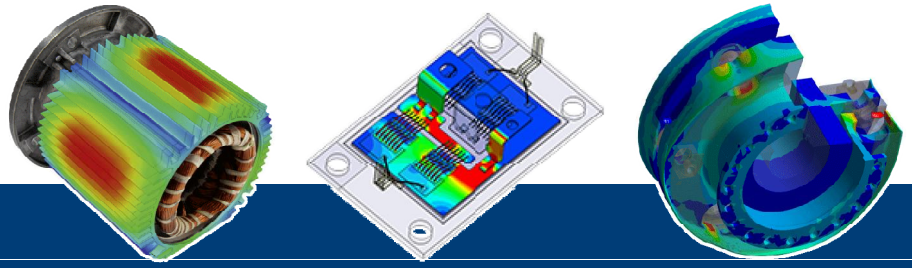
CADFEM®

ANSYS

Competence Center FEM

Simulation ist mehr als Software®



Fertigungsprozesse und ihr Einfluß in der Bauteilsimulation

Christof Gebhardt, CADFEM GmbH

© CADFEM 2014

Agenda

- Spritzgegossene Kunststoffteile
- Tiefgezogene Blechteile
- Geschweißte und wärmebehandelte Stahlbauteile

© CADFEM 2014

CADFEM

ANSYS Competence Center FEM

CADFEM – Simulation ist mehr als Software

PRODUKTE

Software und IT-Lösungen

SERVICE

Beratung, Support, Engineering

WISSEN

Know-How-Transfer

CADFEM in D, A, CH

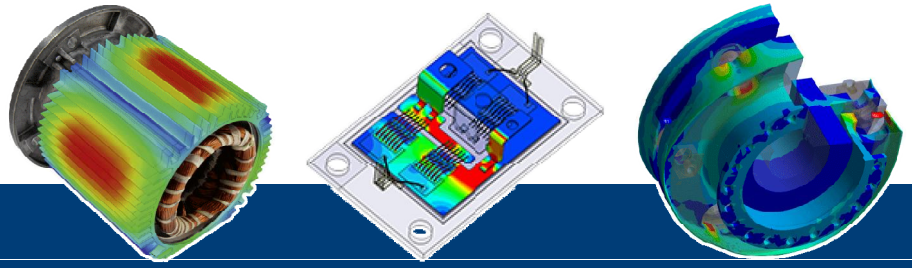
- 1985 gegründet
- 2.300 Kunden
- 12 Standorte
- 185 Mitarbeiter (weltweit: > 250)

CADFEM®

ANSYS

Competence Center FEM

Simulation ist mehr als Software®



Der direkte Weg von der Spritzgusssimulation zur Festigkeitsberechnung

© CADFEM 2014

Motivation

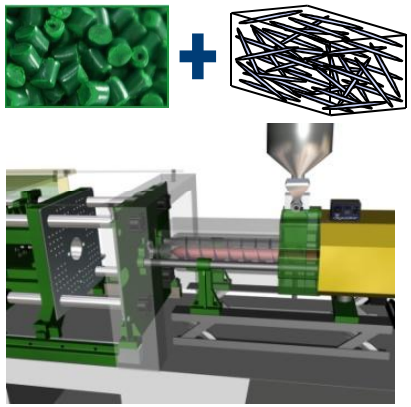
- Höhere Genauigkeit der Simulationsergebnisse durch Berücksichtigung von
  - Faserorientierung
  - Spannungen

  aus der Spritzgusssimulation

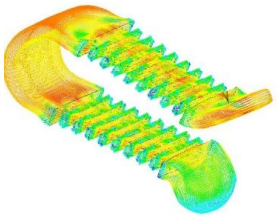
- Keine Spritzgießsimulations-Software erforderlich, da nur deren Ergebnisdaten benötigt werden

© CADFEM 2014

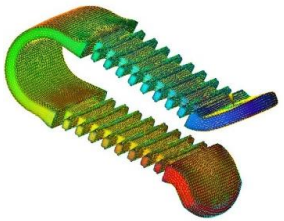
From Injection Molding to Stress Analysis by MOLDSIM



Fiber embedded in Matrix



Anisotropic Material
Fiber Orientation
Fiber Distribution

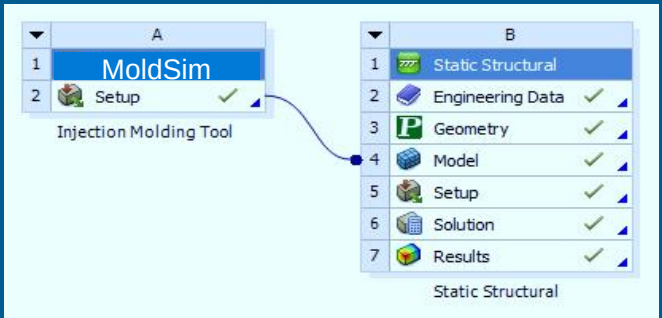


Stress Analysis

From Injection molding to stress analysis

CADFEM ANSYS Solution

- Include Anisotropic Material
- Include Fiber Orientation
- Include Fiber Distribution
- Include residual stress
- Integrated in Workbench



© CADFEM 2014

MOLDSIM Material Modeling – Effective Properties

- Two classes of data are needed
  - Material data of fiber and matrix components
  - Microstructural parameters

® Computation of anisotropic effective properties of composite

Material properties of constituents

Fiber +
Matrix

ISOTROPIC
elastic

+

Microstructure

Fiber aspect ratio
Fiber mass fraction

Fiber orientation

→

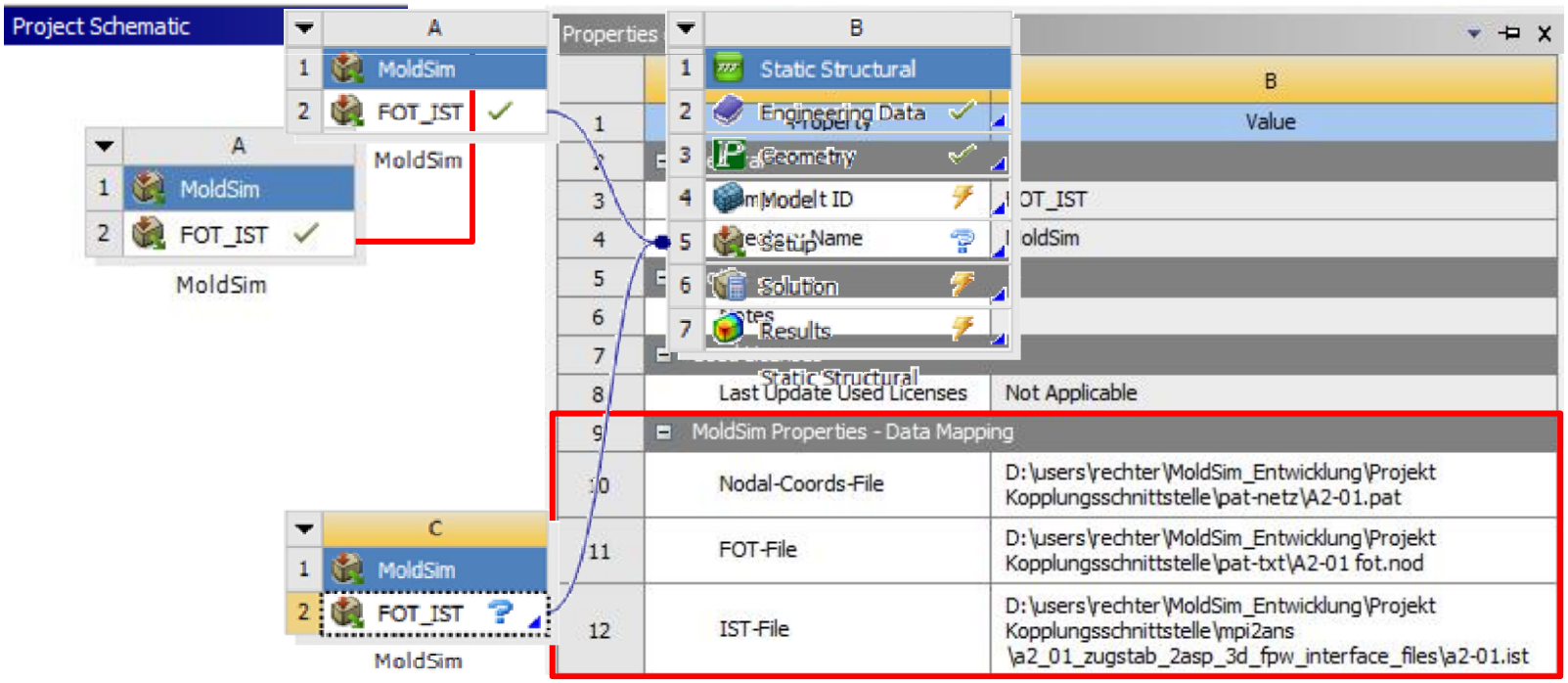
Composite

ANISOTROPIC
elastic

© CADFEM 2014

MOLDSIM Workflow – Integration of Injection Molding data into ANSYS

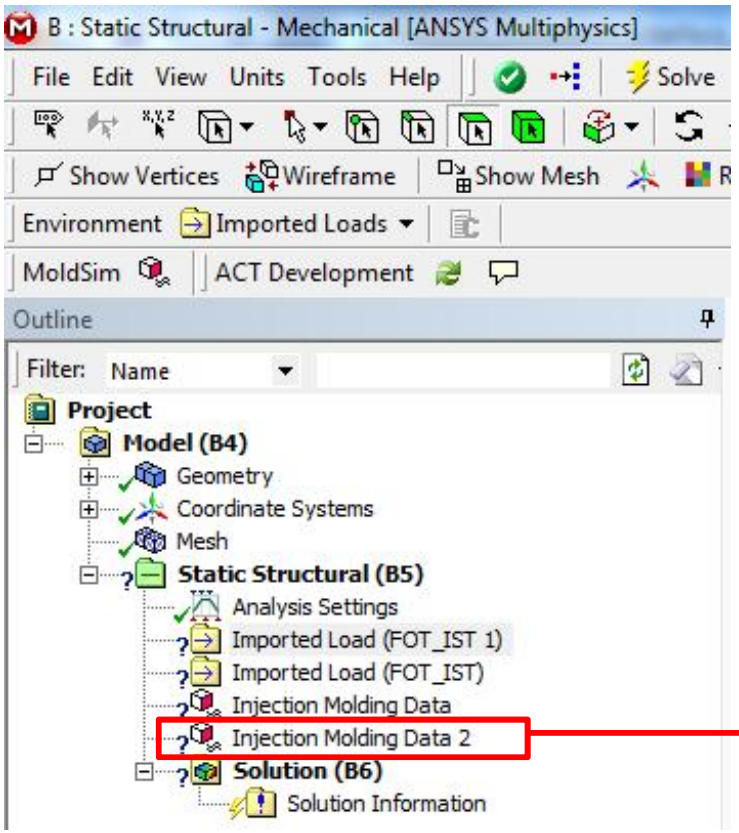
- MoldSim container
  - Mesh (.pat, .cdb)
  - Fiber orientation (Nodal: .nod, Element: .xml, .o2d (Beta))
  - Initial Stresses (.ist): optional



© CADFEM 2014

MOLDSIM Workflow – Integration of Injection Molding data into ANSYS

- ANSYS Workbench Mechanical
  - Specifications on ACT load object



Details of "Injection Molding Data 2"

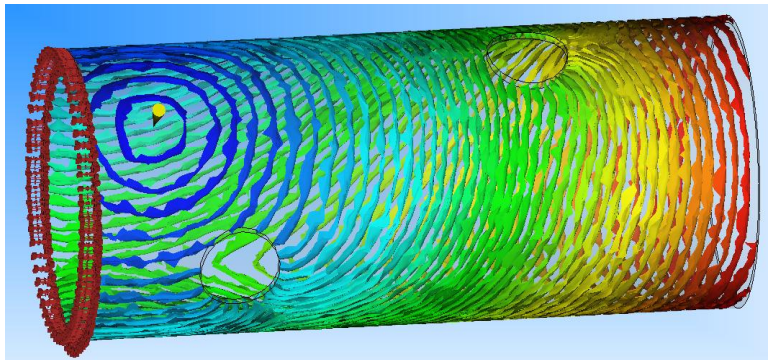
Geometry	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	
Definition	
MoldSim Systems	
Micromechanics Data	
Aspect Ratio	
Inclusion Type	
Fiber Mass Fraction [%]	
Youngs Modulus Fiber	
Poissons Ratio Fiber	
Density Fiber	
Thermal Expansion Coefficient Fiber	0
Translation/Rotation	
Translation X	0 [mm]
Translation Y	0 [mm]
Translation Z	0 [mm]
Rotation X	0 [°]
Rotation Y	0 [°]
Rotation Z	0 [°]
Drawing Options	
Type	Bounding Box
Redraw Graphics	
Mapping of FOT and IST	
Mapping	

© CADFEM 2014

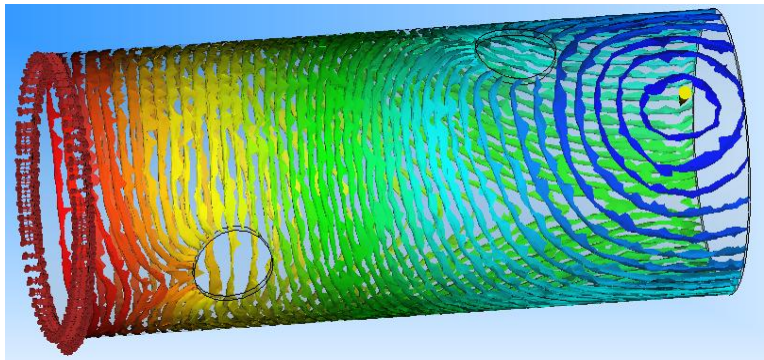
Beispiel

- Gegeben ist ein dünnwandiges Rohr aus kurzfaserverstärktem Kunststoff, welches mit Moldflow in 3 unterschiedlichen Varianten wie dargestellt angespritzt wurde.

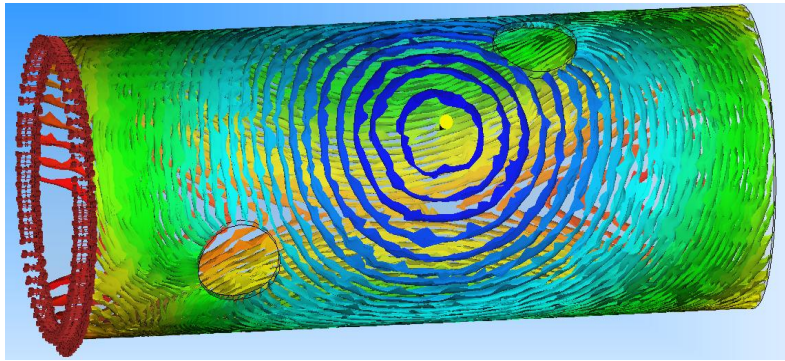
Var. 1: links angespritzt

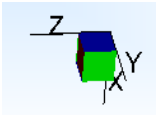


Var. 2: rechts angespritzt



Var. 3: mittig angespritzt



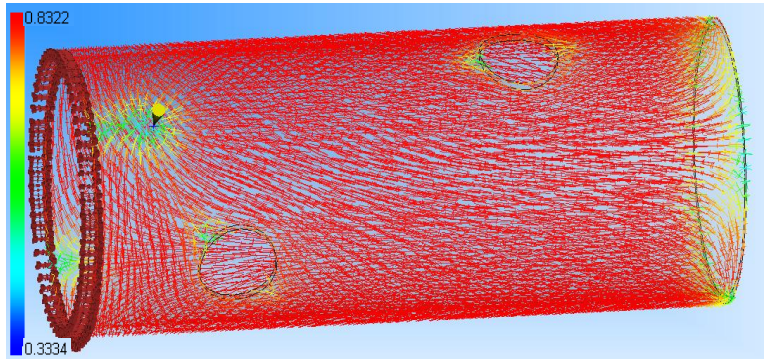


© CADFEM 2014

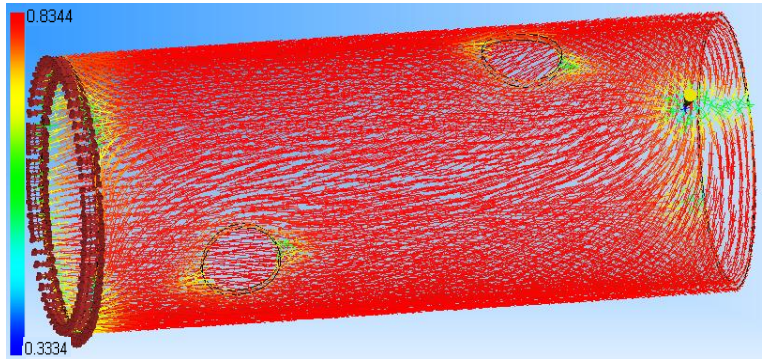
Beispiel

- Für die 3 Varianten ergeben sich in Moldflow folgende Verteilungen der Faser-orientierung: **Faserorientierungstensor.**

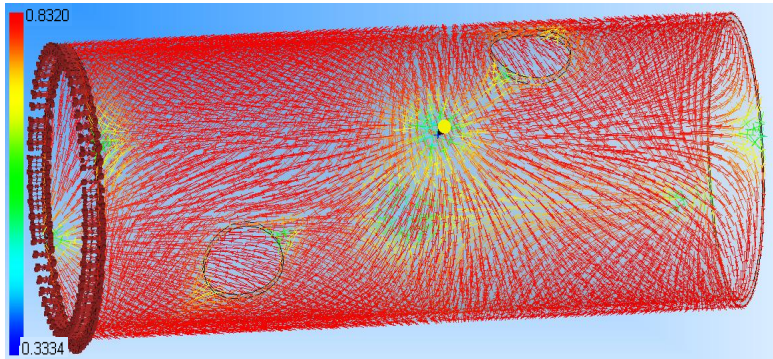
Var. 1: links angespritzt

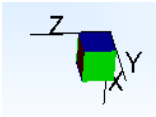


Var. 2: rechts angespritzt



Var. 3: mittig angespritzt



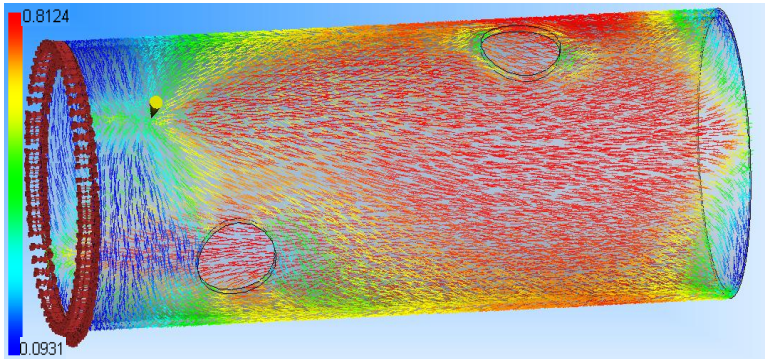


© CADFEM 2014

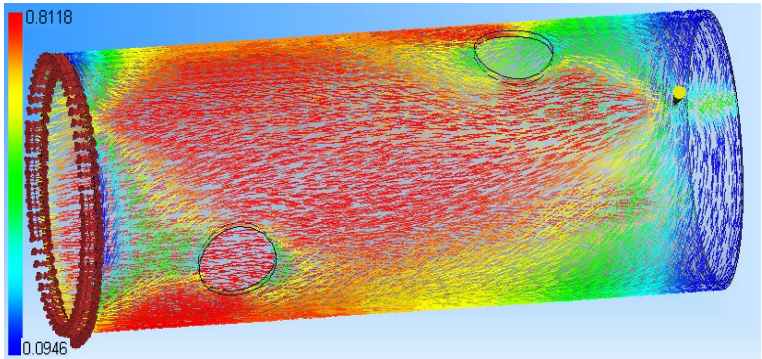
Beispiel

- Für die 3 Varianten ergeben sich mit Moldflow dabei folgende Verteilungen der Faserorientierung: **Komponente TZZ.**

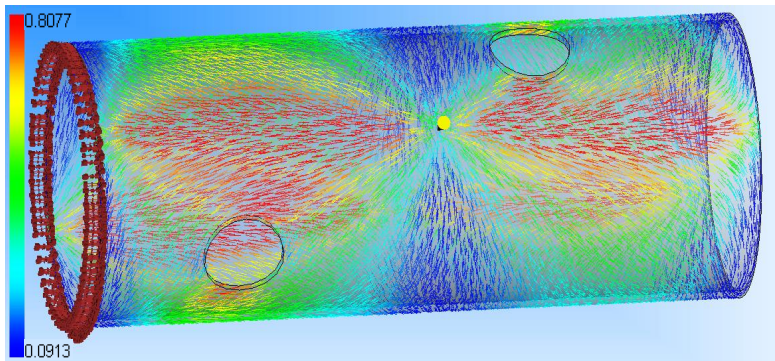
Var. 1: links angespritzt

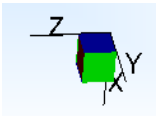


Var. 2: rechts angespritzt



Var. 3: mittig angespritzt

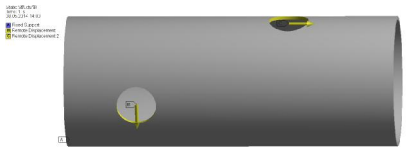




© CADFEM 2014

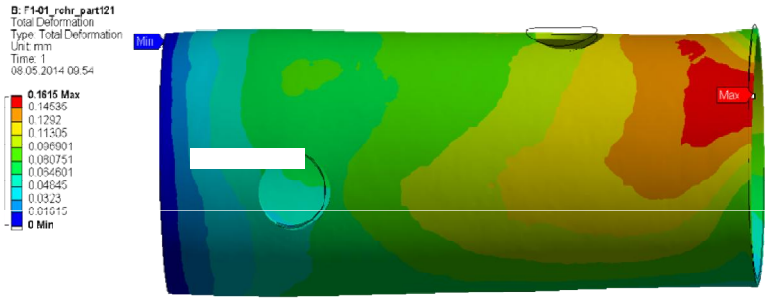
Hohe Relevanz des Fertigungseinflusses auf das Bauteilverhalten

- Deformation unter äußerer Belastung

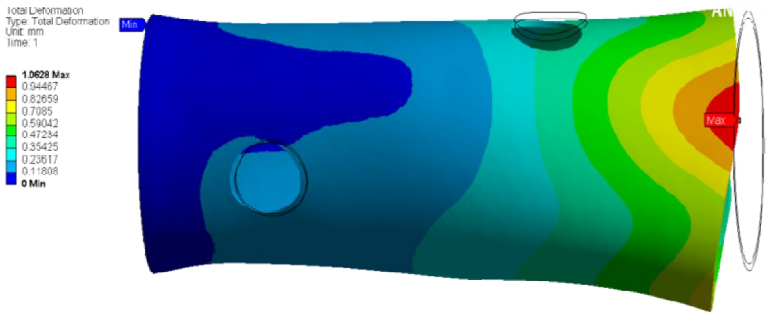


Äußere Last

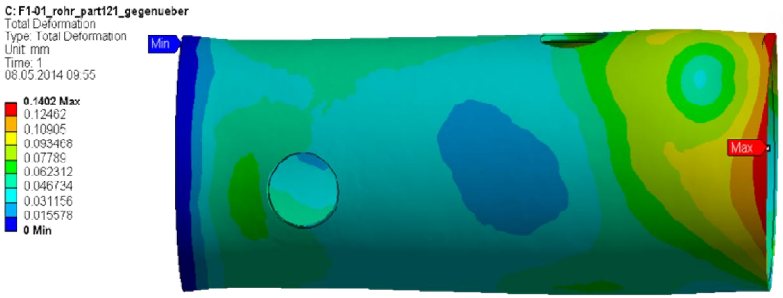
Var. 1: links angespritzt, umax = 0.16 mm



Var. 3: mittig angespritzt, umax = 1.06 mm

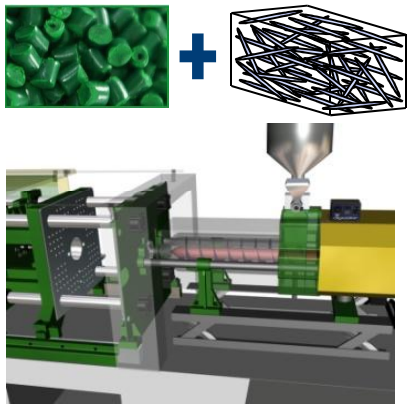


Var. 2: rechts angespritzt, umax = 0.14 mm

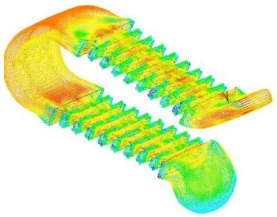


© CADFEM 2014

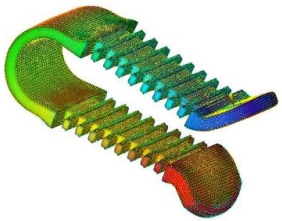
From Injection Molding to Stress Analysis by MOLDSIM



Fiber embedded in Matrix



Anisotropic Material
Fiber Orientation
Fiber Distribution

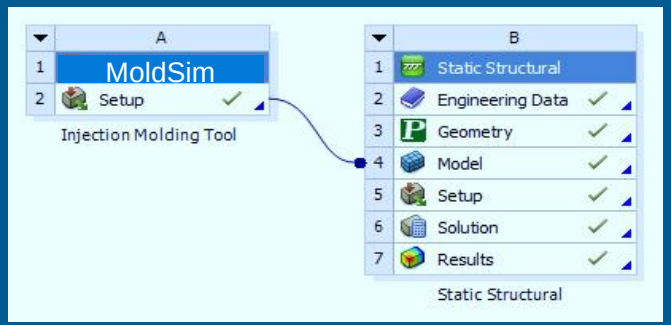


Stress Analysis

From Injection molding to stress analysis

CADFEM ANSYS Solution

- Include Anisotropic Material
- Include Fiber Orientation
- Include Fiber Distribution
- Include residual stress
- Integrated in Workbench



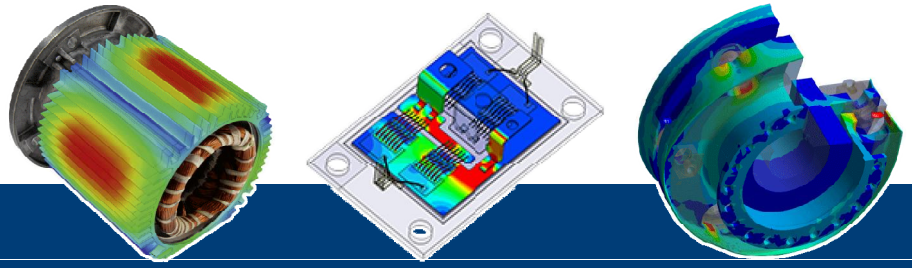
© CADFEM 2014

CADFEM®

ANSYS

Competence Center FEM

Simulation ist mehr als Software®



Tiefzieh- und Bauteilsimulation

© CADFEM 2014

Motivation

- Die Fertigung hat einen Einfluss auf die Fertigteileigenschaften
- Eine Funktionsberechnung ist heute fester Bestandteil der Produktentwicklung
- Die Anforderungen an die Berechnung nehmen zu
  - Genauere Vorhersage erfordert genauere Abbildung der Eingangsparameter
  - Das erfordert Berücksichtigung der Fertigungseinflüsse
- Bei der Blechumformung liegt ein großer Einfluss aus der Fertigung vor
  - Einfluss der Umformung ist in der Berechnung von umgeformten Blechteilen zu berücksichtigen – Blechdicke, Dehnungen
- Einfluss der Fertigung erfolgt Stand heute nur selten

© CADFEM 2014

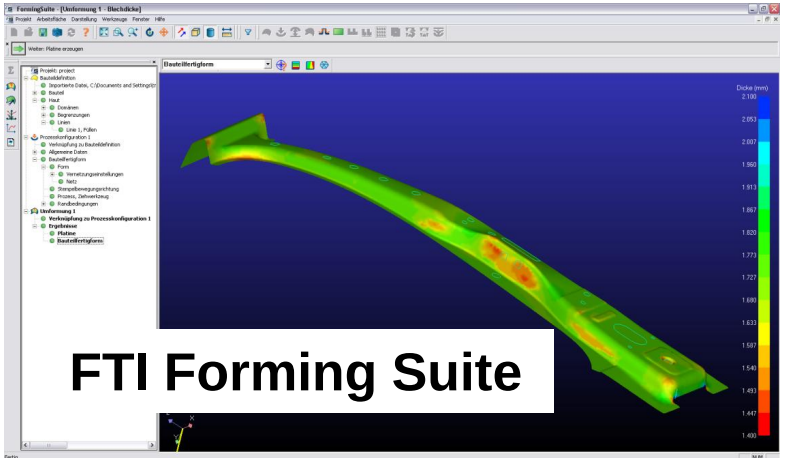
CADFEM

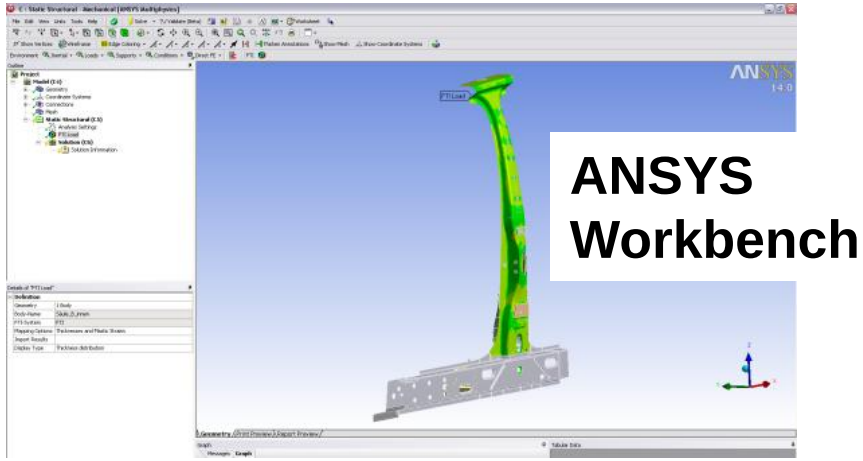
ANSYS Competence Center FEM

Umformsimulation und Funktionssimulation

- Fertigungssimulation von Blechbauteilen (Umformsimulation)
  - Ermittlung von Bauteileigenschaften im Umformprozess
    - Blechdicken, Kaltverfestigungen
  - Prüfung auf Herstellbarkeit
  - Anpassung und Optimierung der Prozessparameter

- Strukturmechanische Bauteilauslegung
  - Abbildung der Bauteilstrukturen und Bauteileigenschaften
  - Kalt- bzw. Vorverfestigungen berücksichtigen
  - Lebensdaueranalyse

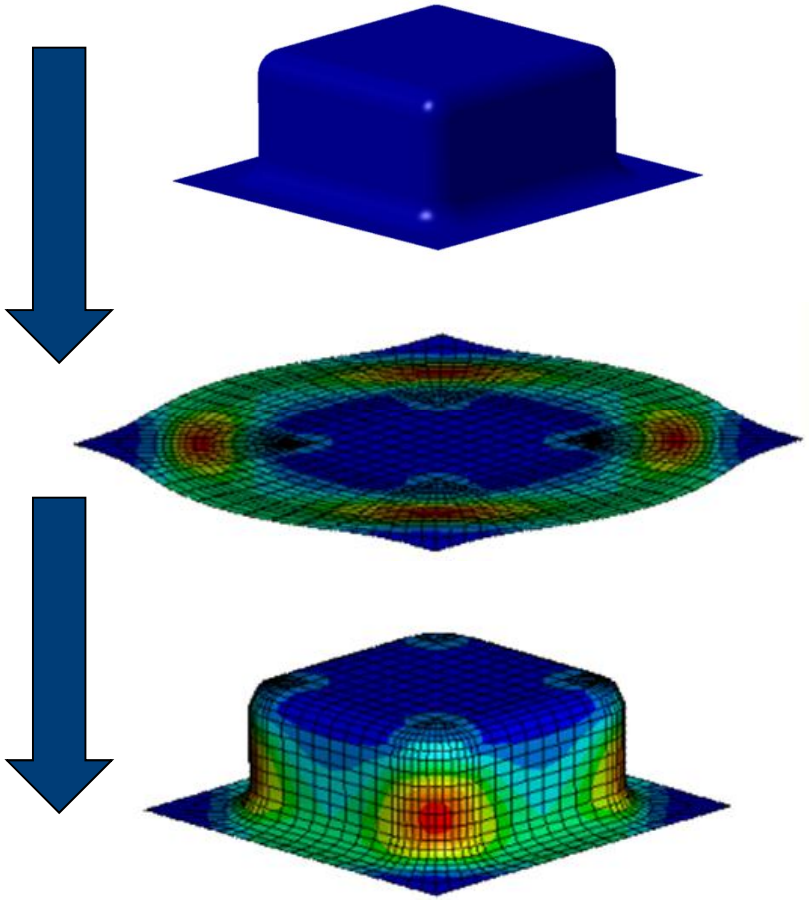




© CADFEM 2014

Ein-Schritt-Simulation

- Inverse Berechnung
  - Berechnung erfolgt mit der Produktgeometrie
  - FE-Netz wird auf eine Ebene projiziert
  - Für die ebene Platine erfolgt die Berechnung
  - Ergebnisse werden auf der Produktgeometrie dargestellt
    - Dicken
    - Plastische Dehnung (Maß für die Kaltverfestigung)
- Mindestens notwendiger Input
  - Material
  - Blechdicke
  - Produktgeometrie
- Einfache Handhabung
- Kurze Berechnungszeiten (wenige Minuten)



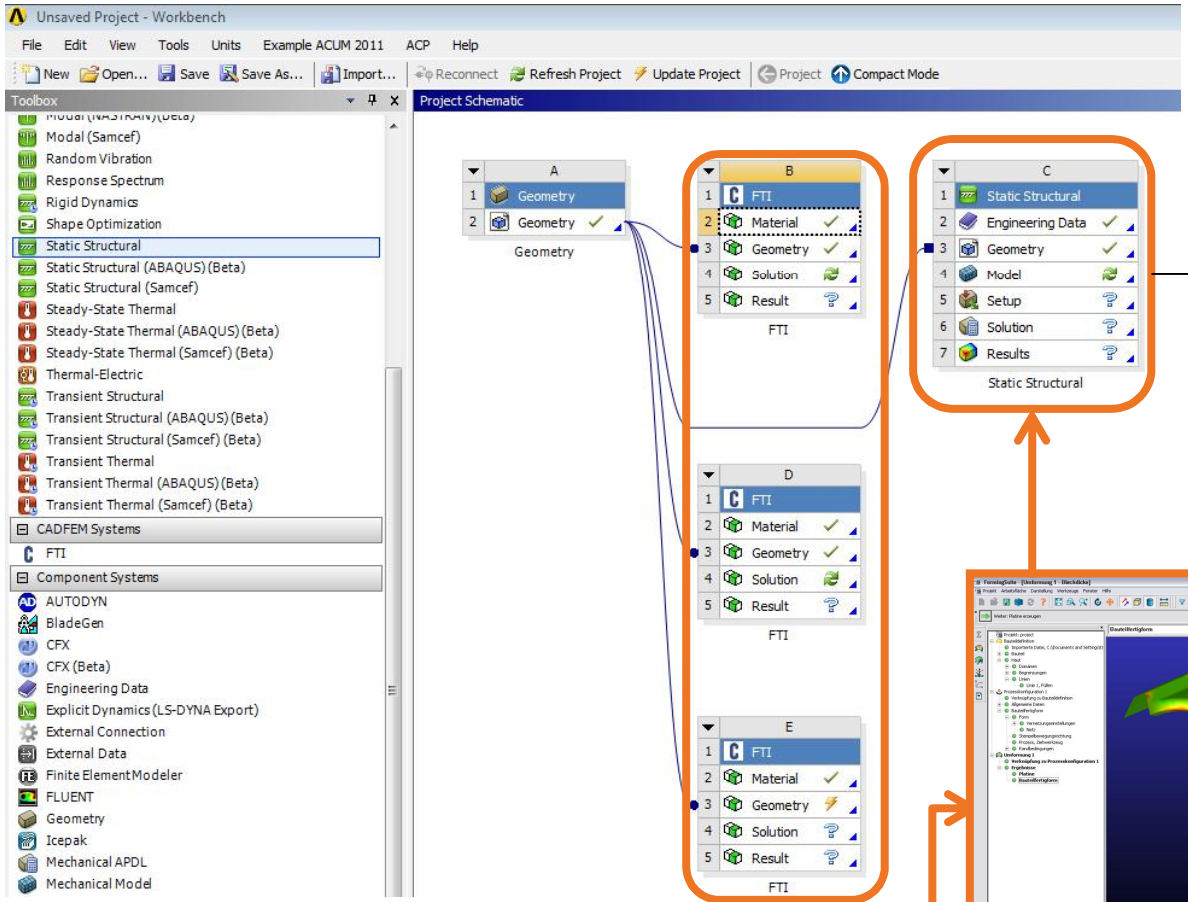
© CADFEM 2014

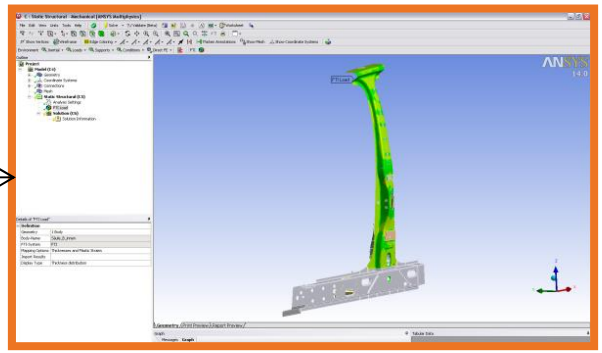
CADFEM

ANSYS Competence Center FEM

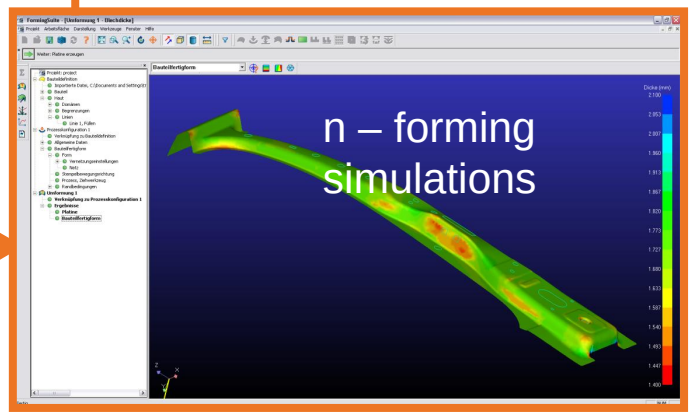
FTI Forming Module for ANSYS

- Integration der Umformsimulation in ANSYS WB





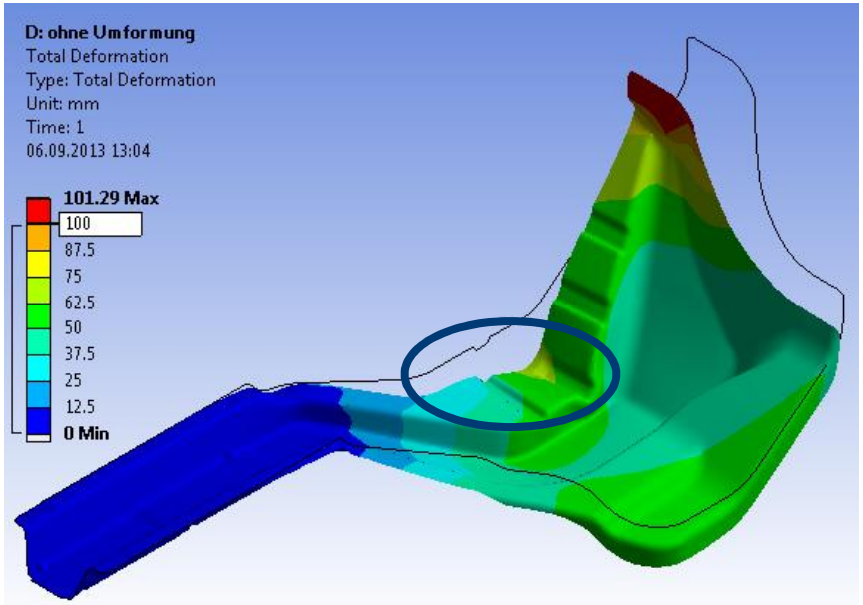
Dicken und plastische Dehnungen (Kaltverfestigung) werde mit vom „FTI Forming Module“ in das System “Static Structural” übertragen



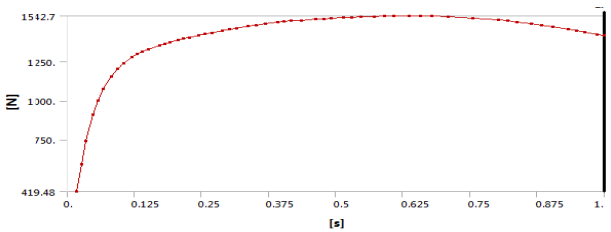
© CADFEM 2014

Beispiel

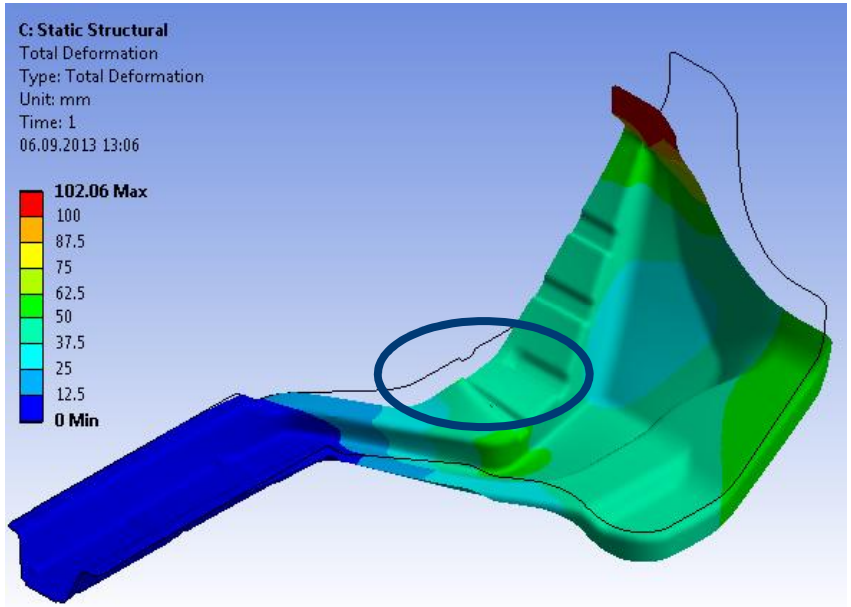
Ohne Umformhistorie



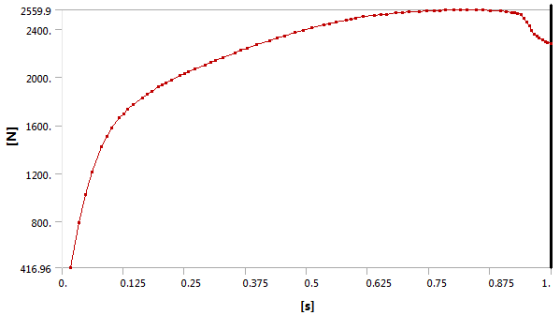
Max. Reaktionskraft in x-Richtung: 1543N



Mit Umformhistorie



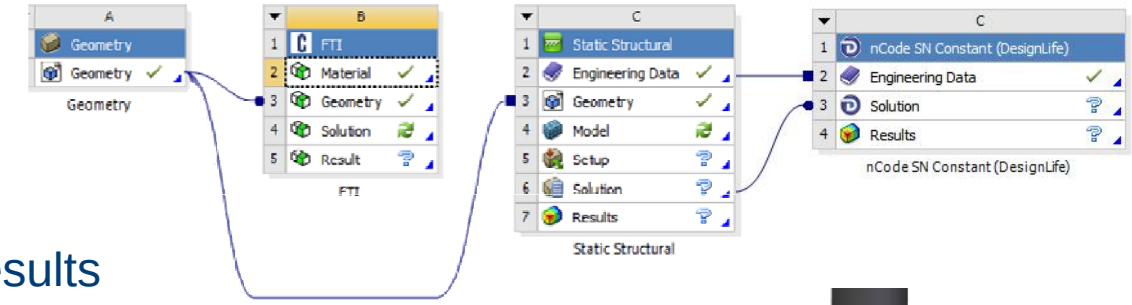
Max. Reaktionskraft in x-Richtung: 2560N



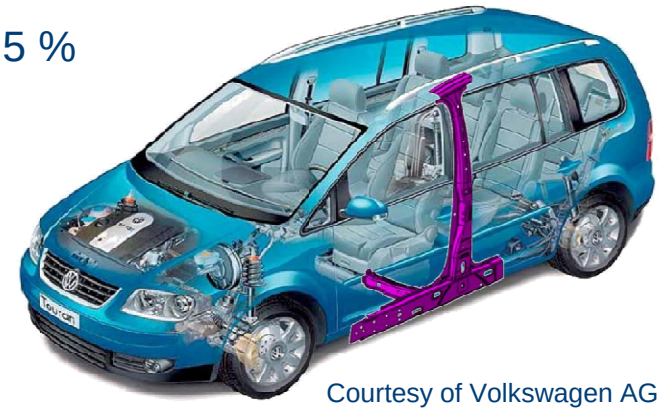
© CADFEM 2014

Integration of Forming Simulation inside Workbench

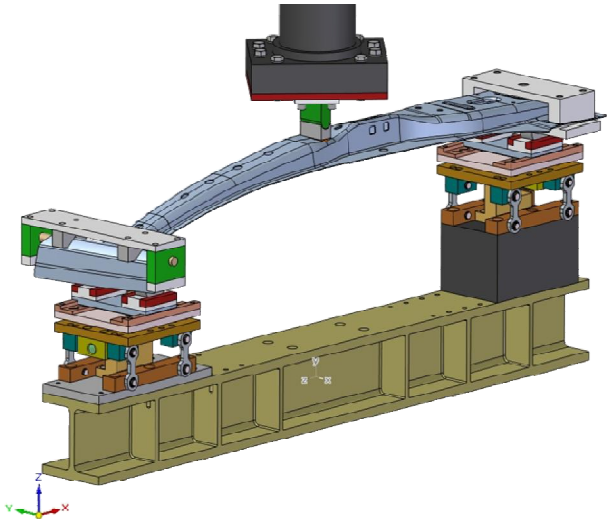
- Consider production history for accurate product simulation
- Complete Chain from Metal Forming to Stress to Fatigue Life



- Example: B-Pillar Touran
- Three-point bending test results
  - Difference to real world result:
    - Without history: 13.2 %
    - With history: 2.5 %



Courtesy of Volkswagen AG

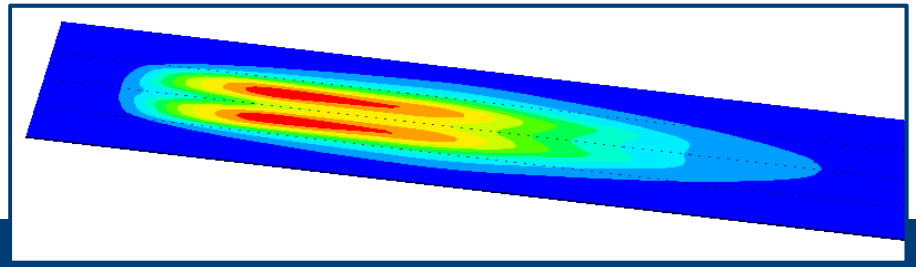


CADFEM®

ANSYS

Competence Center FEM

Simulation ist mehr als Software®



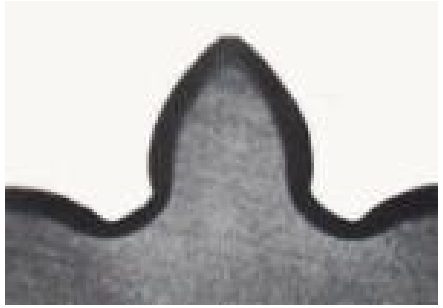
Induktive Erwärmung und Gefügeumwandlung

© CADFEM 2014

Motivation für die Simulation der induktiven Erwärmung

- Ermittlung der Induktor-Formen für die ideale Feldverteilung
- Frühzeitige Kontrolle der Prozessparameter in der Fertigung
  - Anlassen, Härten
- Genaue Abbildung der Bauteileigenschaften für eine hohe Produktqualität
  - Temperaturfeld
  - Verzug
  - Gefügestruktur
  - Einhärtetiefe

www.lingenhoele.at



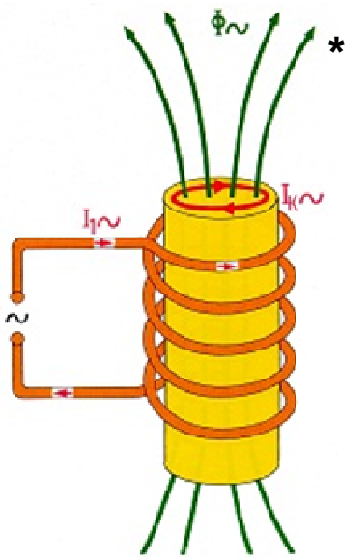
www.industrieanzeiger.de

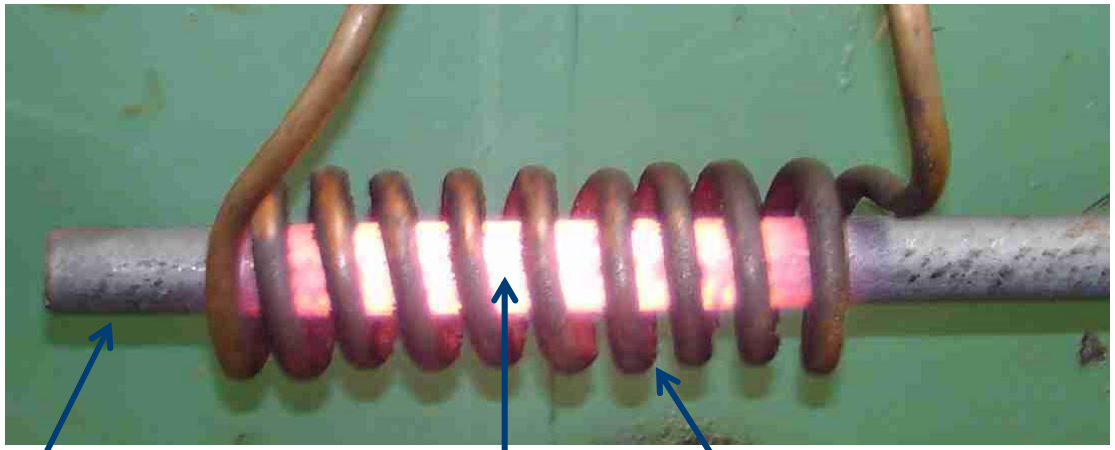
© CADFEM 2014

Funktionsweise

Wechselstrom 1…500 kHz, kAmpere-Bereich

Kühlwasser





www.wikipedia.de

Werkstück (Stahl)

Wassergekühlter Kupferleiter

Erhitzung bis ca. 800…1000°C
durch induzierte Wirbelströme

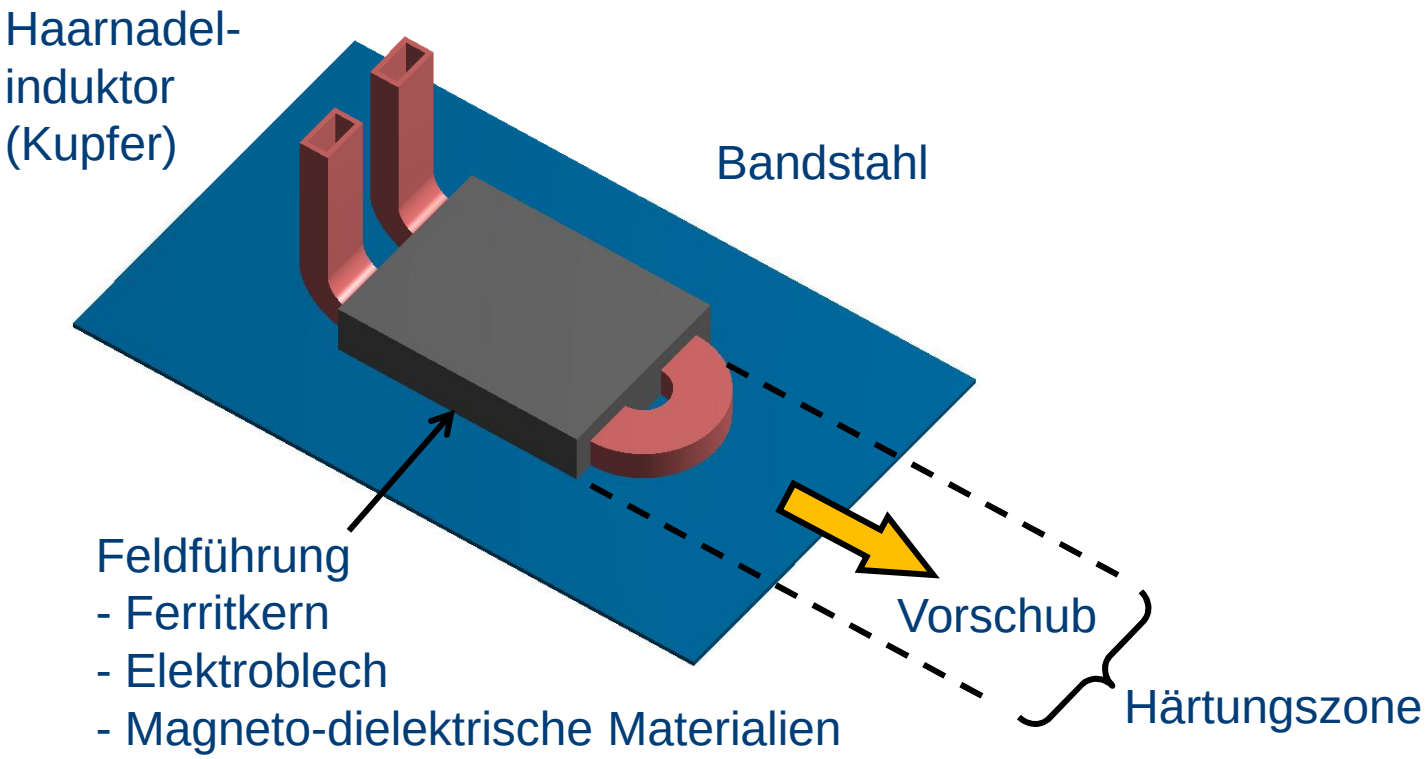
*QUELLE: NACKE, B.: *Elektrothermische Verfahren*

© CADFEM 2014

1. Modellbildung für die bidirektional gekoppelte FEM-Simulation

Modellbeispiel

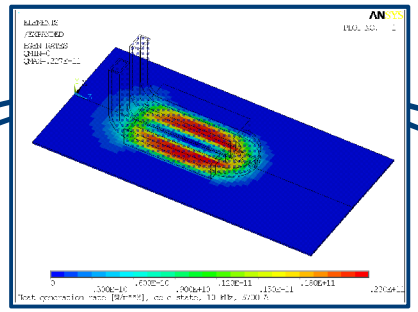
Zonenselektive Erhitzung von Bandstahl



© CADFEM 2014

1. Modellbildung für die bidirektional gekoppelte FEM-Simulation

Gekoppelte Simulation



Wärmeleistungsdichte

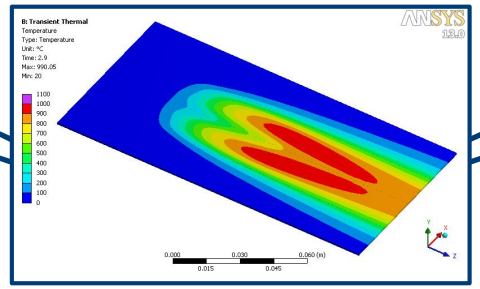
Wirbelstrom-
dichte

Elektromagnet.
Modell

Thermisches
Modell

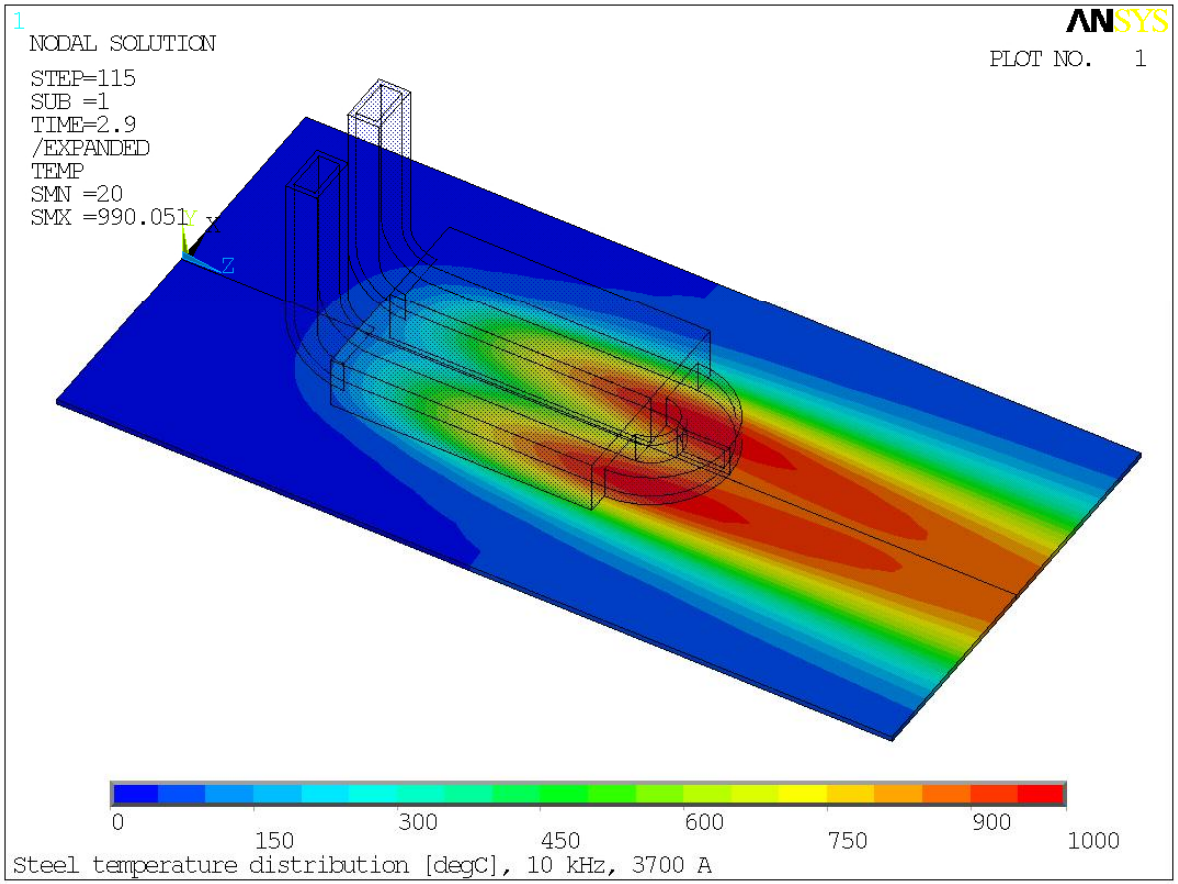
Temperaturfeld

Temperaturfeld-
vorschub



2. Iterative elektromagnetisch-thermische Lösung

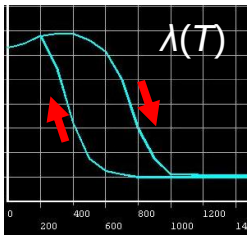
Thermische Simulation - Temperaturfeld

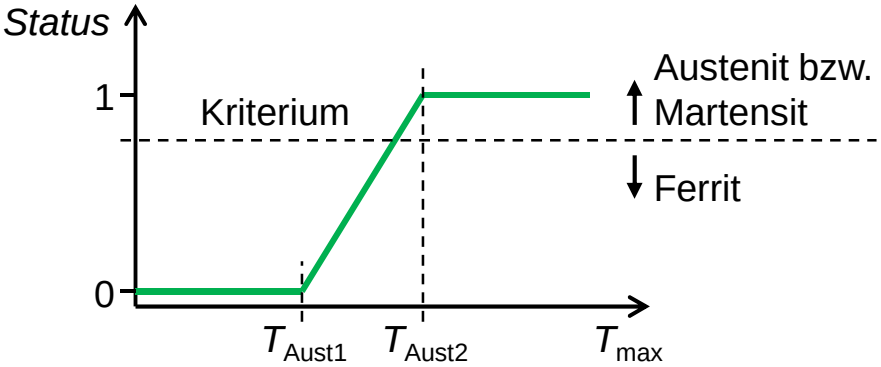


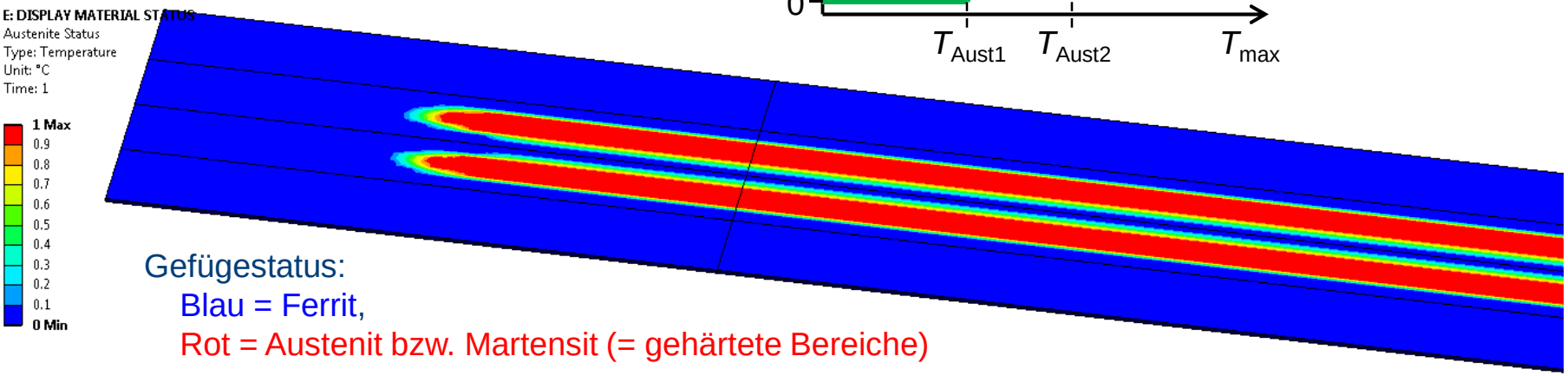
3. Kühlung, Gefügeauswertung, Verzug

Ableitung des Gefügestatus aus dem Temperaturverlauf

- Voraussetzung für Härtung: Umwandlung Ferrit **è** Austenit **è** Martensit
- Kriterium: Am Ort im Zeitverlauf erreichte Höchsttemperatur?
- gefügeabhängige Änderung der Materialeigenschaften in der Kühlzone **è**







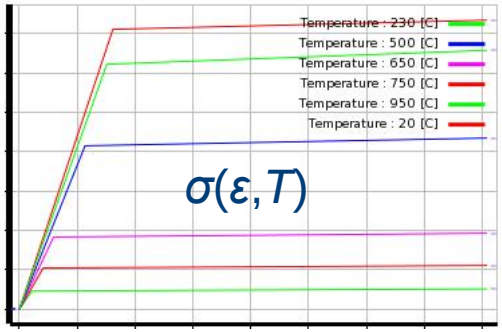
Gefügestatus:
Blau = Ferrit,
Rot = Austenit bzw. Martensit (= gehärtete Bereiche)

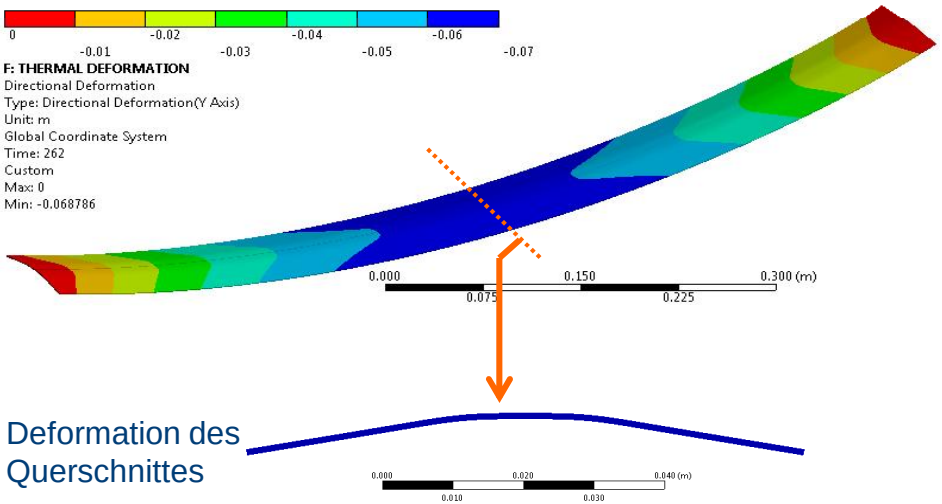
© CADFEM 2014

3. Kühlung, Gefügeauswertung, Verzug

Verzugsberechnung

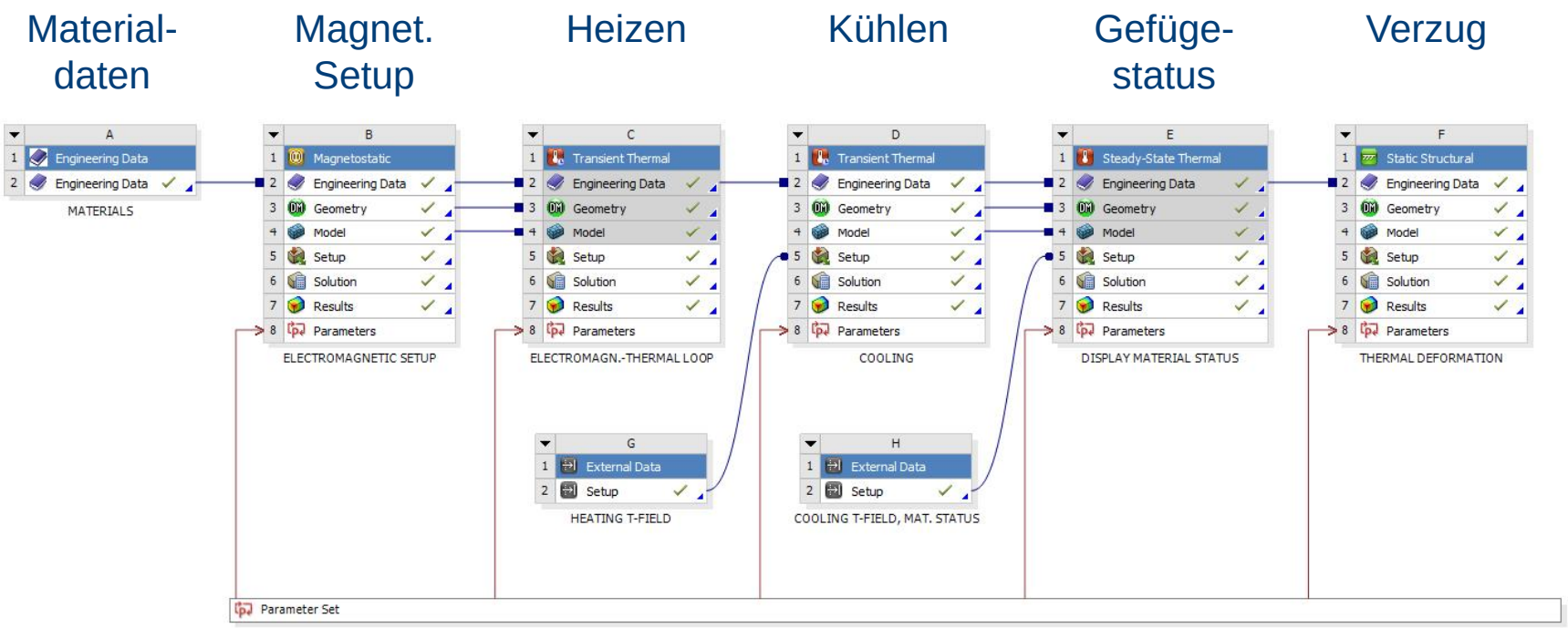
- mechanisches FEM-Modell
- Temperaturabhängige elastoplastische Material-daten aus Warmzugversuchen und Dilatogrammen **è**





4. Implementation in ANSYS

Durchgängige Projektstruktur in ANSYS Workbench



Simulation macht vieles möglich

- Wegweisende Innovationen entwickeln
- Maßstäbe in der Produktqualität setzen
- Kosten und Entwicklungszeiten reduzieren
- Entwicklungszeiten kürzen

Photo: Courtesy of Dyson Ltd.

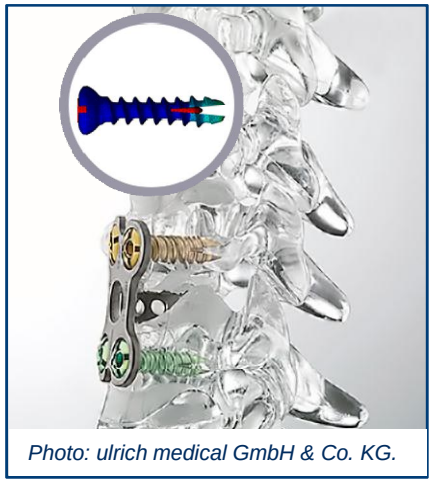
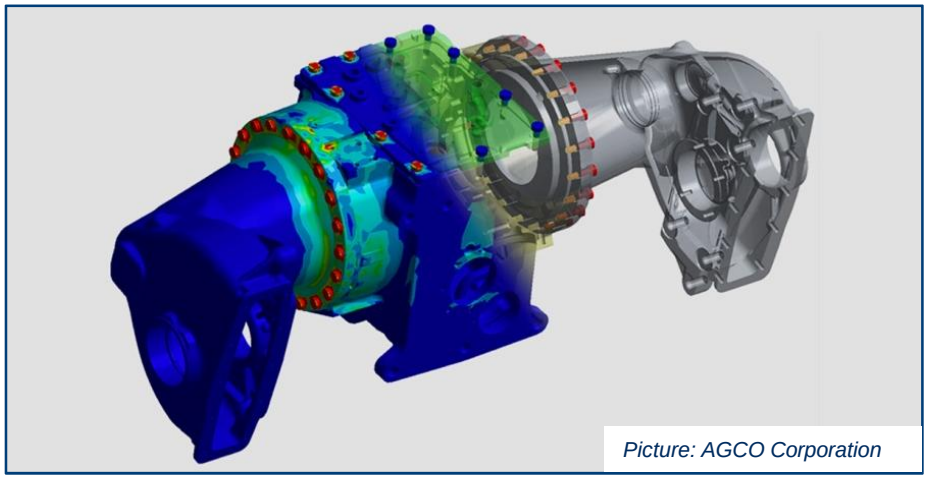


Photo: ulrich medical GmbH & Co. KG.



Picture: AGCO Corporation

© CADFEM 2014