



# Institut für virtuelle Produktion IVP

FOKUS Vertiefung Vorstellung 2018

Prof. P. Hora

Motivation

# **ENTWICKLUNG VON ROBUSTEN FERTIGUNGSLINIEN ZU SMART FACTORIES**



Sequenz aus «Audi Smart Factory.mp4» YouTube

# Industrie 4.0

Virtuelle  
Prozessabbildung

Smart  
process  
control

Reale  
industrielle  
Prozesse

# Vision

**Virtuelle  
Prozessabbildung**

Big data

Deep learning

Artificial intelligence

**Reale  
industrielle  
Prozesse**

# Theoretische Basics

Virtuelle  
Prozessabbildung

Prozess-Kenntnisse

Materialmodelle

Prozesssimulation  
Nicht-lineare FEM

Virtuelle  
Robustheitsanalyse

Reale  
industrielle  
Prozesse

# Virtual planning of forming systems

*In the mass production the virtual process optimization is a "MUST"*

## STEPS

- Process design
- Process optimization
- Process robustness

Forming Process



Manufacturing Process



Assembling



Quelle AUDI

# Mass production - products



Manufacturing of Error Free Goods at First Time

Development of innovative systems

...with the help of virtual methods



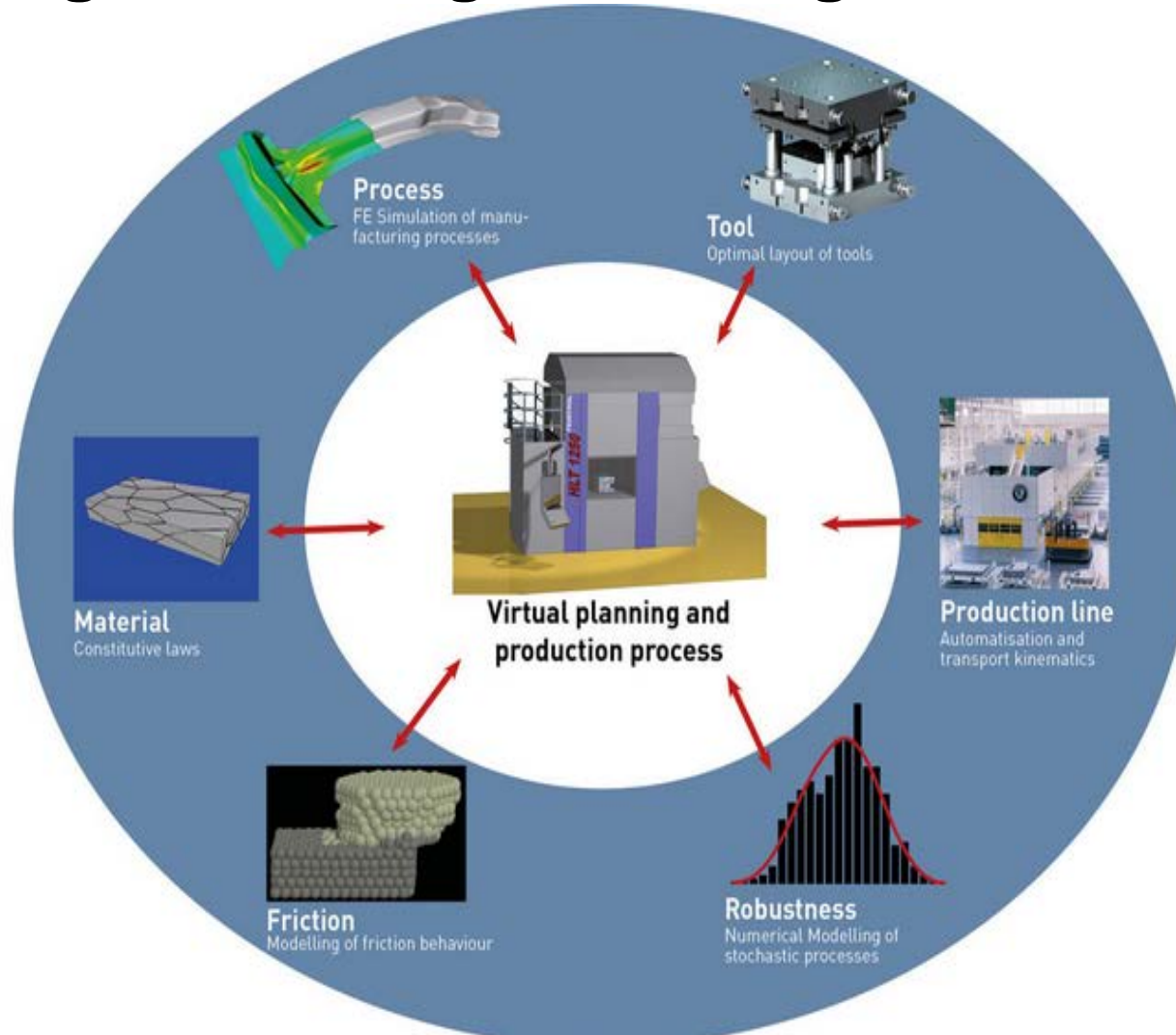
Fachliches Wissen

# VERTIEFTE INFORMATION ZU DEN WICHTIGSTEN THEMENGEBIETEN

[Vertiefte Informationen\\_Topics](#)



# Knowledge “Forming technologies”



Ausbildung Bachelor

# **VORLESUNGSBETRIEB**

# Vorlesungen

Bachelor		
Umformtechnik I	Grundlagen umformtechnischer Verfahren	HS
Umformtechnik II	Numerische Simulationsverfahren	FS
Umformtechnik III	Umformtechnische Verfahren	HS

- Obligatorisch ist die Vorlesung Umformtechnik III
- Die IVP Vorlesungen sind mit den IWF Vorlesungen frei kombinierbar
- Für die Bachelor-Arbeiten können sowohl Grundlagen-Themen (Materialmodelle, FEM, ....) als auch industriell orientierte Themen gewählt werden

# Vorlesungen

Master		
Umformtechnik IV	Methoden der virtuellen Prozessauslegung umformtechnischer Systeme	FS
FEM Vertiefung	Principles of Nonlinear Finite-Element-Methods	HS
Optimierung	Principles of FEM-Based Optimization and Robustness Analysis	FS

Für die Vorlesung Umformtechnik IV wird der Besuch der anderen Umformtechnik Vorlesungen (I , II, III) dringend empfohlen

Die IVP Vorlesungen sind mit den IWF Vorlesungen frei kombinierbar

# Examples – Bachelor and Master theses

ETH  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Masterarbeit Nr. 08-003

Vorhersage von  
Ziehteilen mit

Christoph Annen




ETH  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Semesterarbeit Nr. 07-002

Virtuelle Modellierung  
Feinschneidprozesse

Raphael Hitz

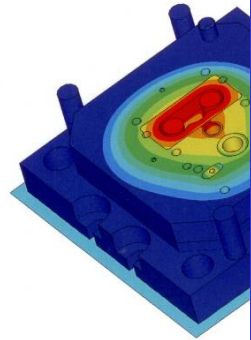


ETH  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Masterarbeit Nr. 08-006

Virtuelle Presse:  
Numerische Modelle zur Bewertung  
Wechselwirkungen Presse –  
Prozess bei Feinschneidprozessen

Philipp Strehler



Betreuer: M

Ins

FEINTOOL

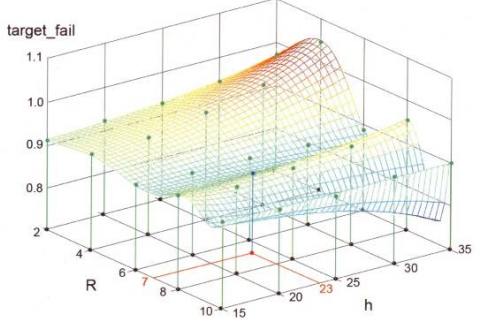
ETH  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Institut für Virtuelle Produktion  
Institute of Virtual Manufacturing

Masterarbeit Nr. 08-005

Metamodellbasierte Planung von  
Feinschneidprozessen und -Werkzeugen

Raphael Hitz



Betreuer: Prof. Dr. P. Hora, N. Manopulo

Institut für Virtuelle Produktion  
Prof. Dr. Pavel Hora  
ETH Zürich

19. September 2008

FEINTOOL

## IVP Labs und Anlagen



Das IVP verfügt sowohl über Labors zur Materialprüfung als auch Industrielle Fertigungsanlagen. Weitere Informationen finden Sie in der Rubrik [Infrastruktur](#) →.

[Zugprüfmaschinen](#) →

[Abschreck- und Umformdilatometer](#) →

[Torsionsanlage](#) →

[Blechprüfmaschine und FLC Auswertung](#) →

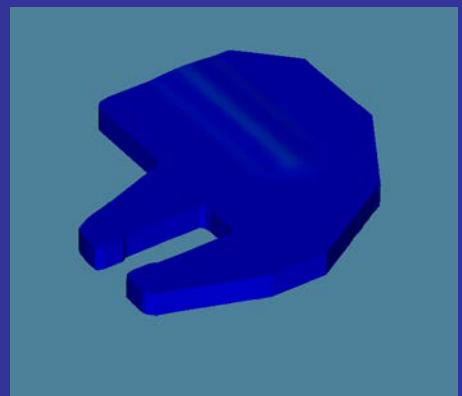
[Tribologie](#) →

[Zerstörungsfrei Werkstoffprüfung](#) →

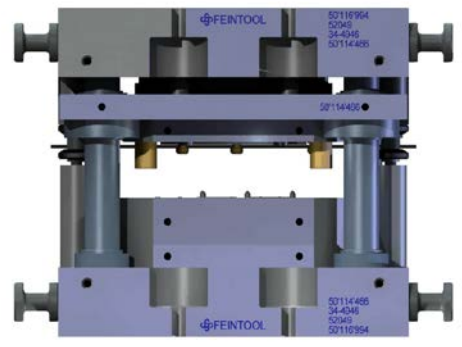
[Textur - Röntgengoniometer](#) →

[Versuchsanlagen ETH Technopark](#) →

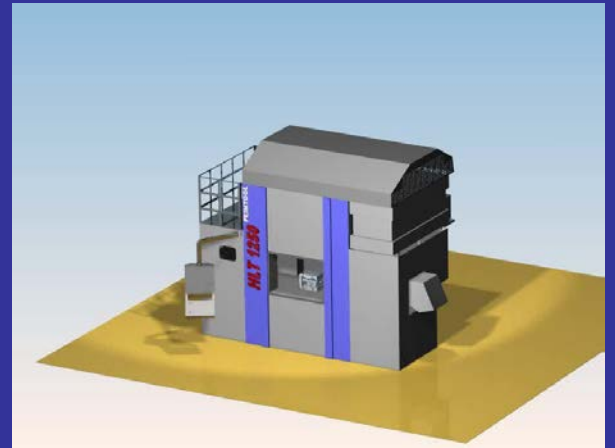
# Technopark - ViProLab



Process



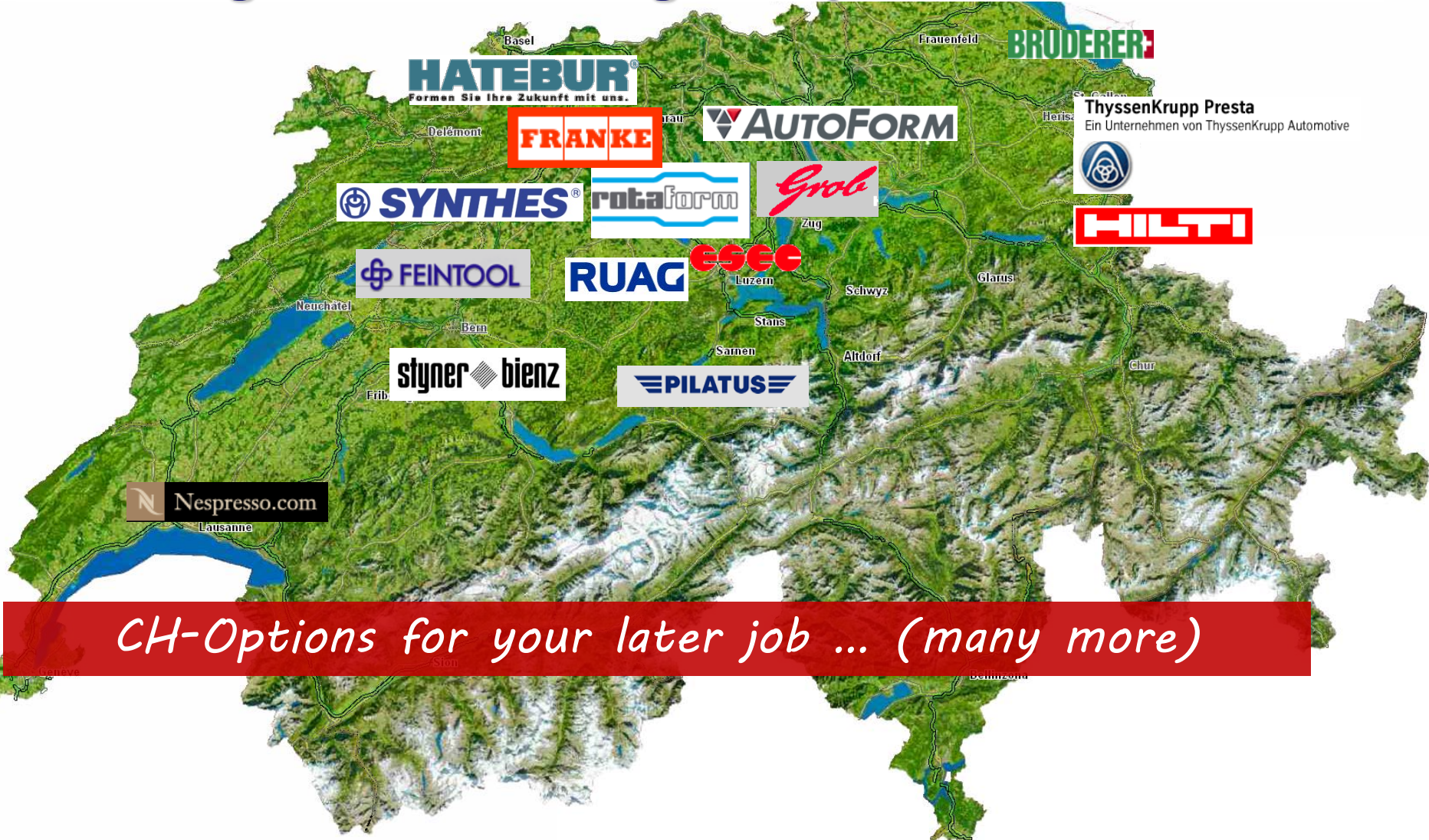
Tools



M-Systems



# Leading **Swiss** Forming Companies

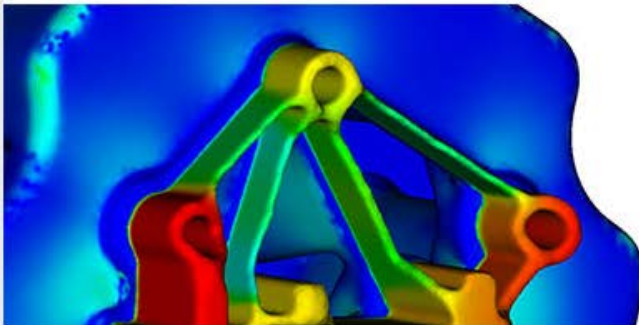


*CH-Options for your later job ... (many more)*



# International scientific relations

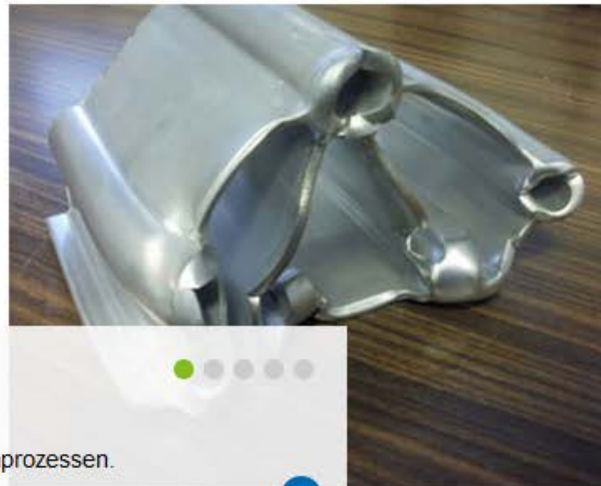
- Germany
  - RWTH Aachen
    - Prof. Hirt, IBF
    - Prof. Bleck, IEHK
    - Prof. Klocke, Fraunhofer Institut, IPT
  - TU-Munich, Prof. Volk, UTG
  - TH Karlsruhe, Prof. Schweizerhof
  - TU Berlin, Dr. K. Müller, SPZ-Berlin
  - Uni Stuttgart, Prof. Liewald, IFU
  - Uni Dortmund, Prof. Tekkaya, IUL
  - Uni Bayreuth, Prof. Emmerich, PSI
- Netherlands
  - University of Twente, Prof. Huetink
- France
  - Ecole des Mines de Paris, Prof. Massoni, Prof. Chenot
  - Univ. of Franche Comté, Prof. Gelin
- US
  - Ohio State Univ., Prof. Wagoner
  - MIT, Prof. O. de Weck
  - Golden Univ., Prof. J. Van Tyne
- Japan
  - Osaka Inst. of Technology OIT, Prof. E. Nakamachi
  - Hiroshima, Prof. Yoshida
  - Tokyo Univ., Prof. Kuwabara, TUAT
- Korea
  - KAIST, Prof. D.Y. Yang
  - POSTECH, Prof. F. Barlat
- China
  - Shiatong Univ., Prof. Ruan



### Virtuelle Prozessmodellierung

Simulative Abbildung, Auslegung und Optimierung von Umformprozessen.

[Weiterlesen →](#)



Zu den Kernkompetenzen des IVP gehören die Entwicklung von special purpose FEM Programmen, Materialmodelle für grosse plastische Deformationen, Tribomodelle und die Qualitätskontrolle von Prozessen im Bereich der Umformtechnik.

[Weiterlesen →](#)

Umfassende Informationen:

[www.ivp.ethz.ch](http://www.ivp.ethz.ch)

# Was lerne ich ?

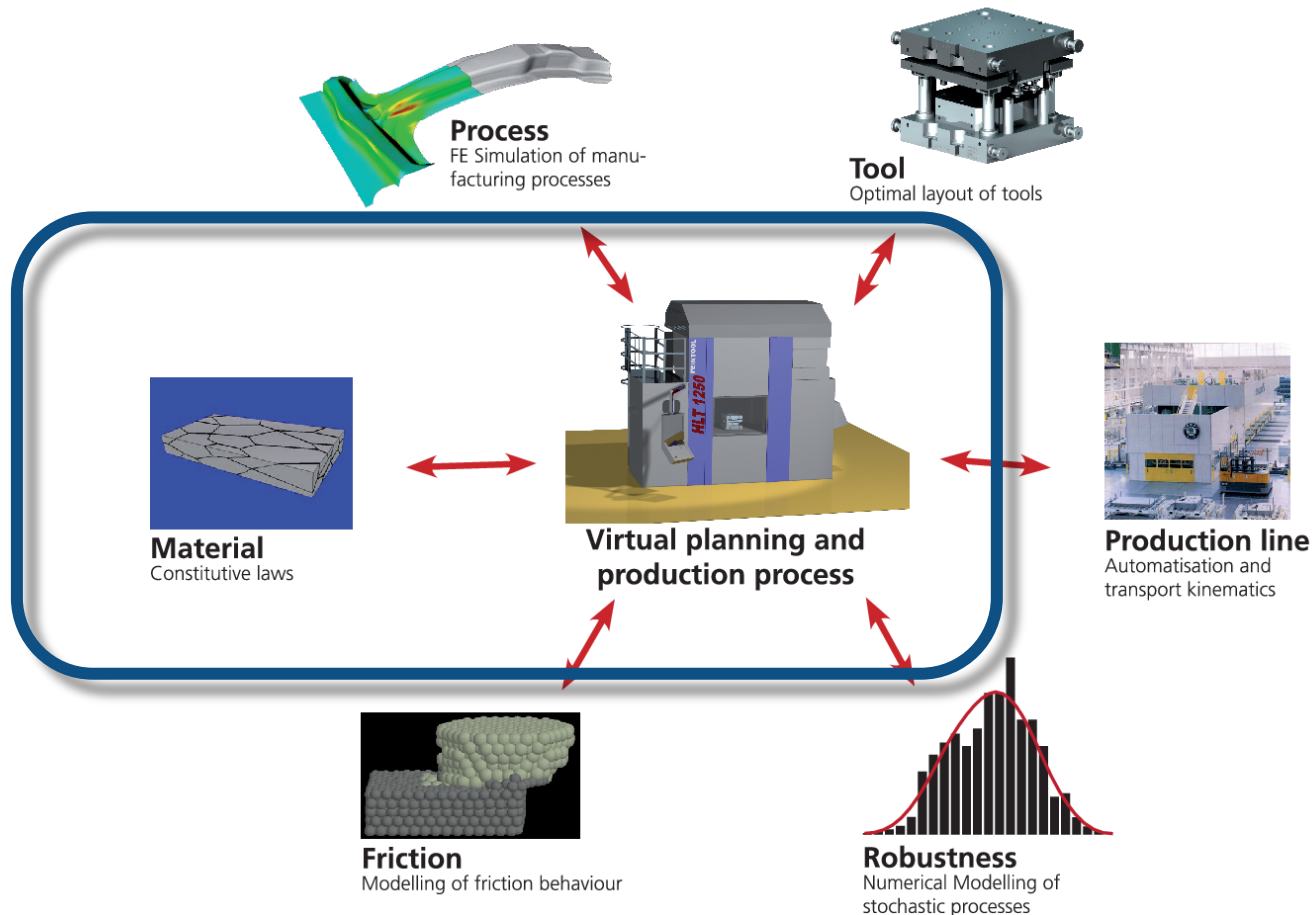
## Fachliche Themenbereiche

- Anwendungsgebiete der Umformtechnik
- Mathematische Werkstoffmodellen für virtuelle Prozessabbildungen
- Virtuelle Abbildung von Prozessen – *Twin-Prozesse mit FE-Methoden*
- IVP-FEM Tools für unterschiedliche Anwendungen
- Virtuelle Kontrolle der Prozessrobustheit
- CAD-Entwurf und Funktionsweise von Umformwerkzeugen
- Funktionsweise von Umformmaschinen – Steuerung von Pressen

## Lehre

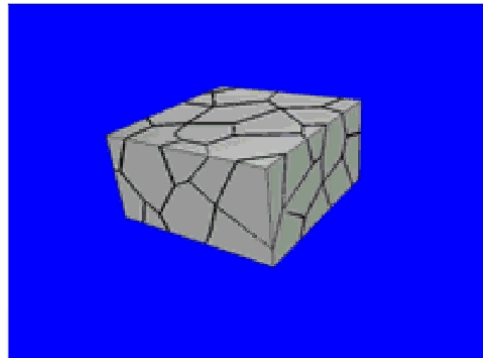
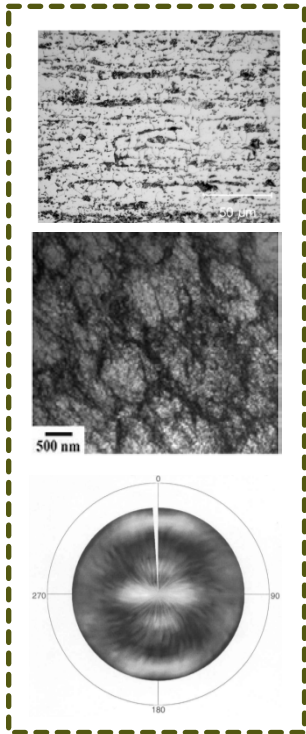
- Vorlesungsbetrieb und akademisches Netzwerk

# I. Advanced constitutive models



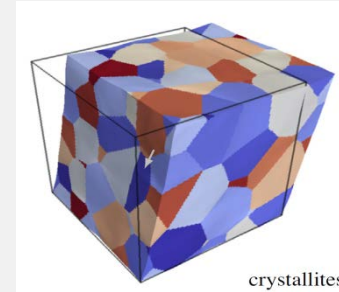
# Advanced Yield Loci

Microstructure

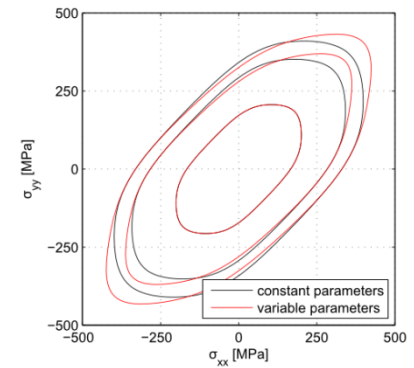


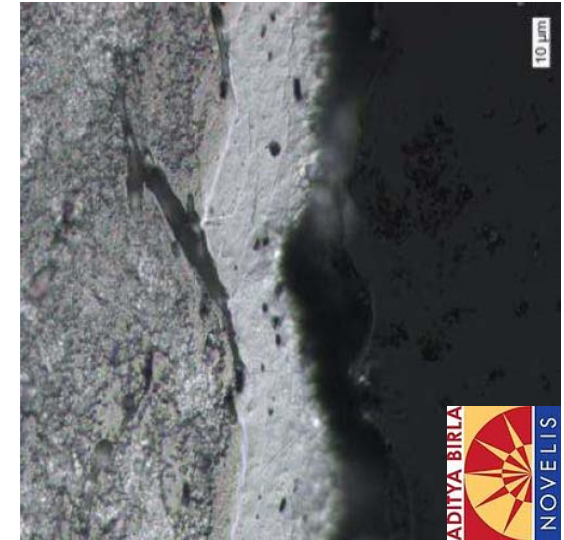
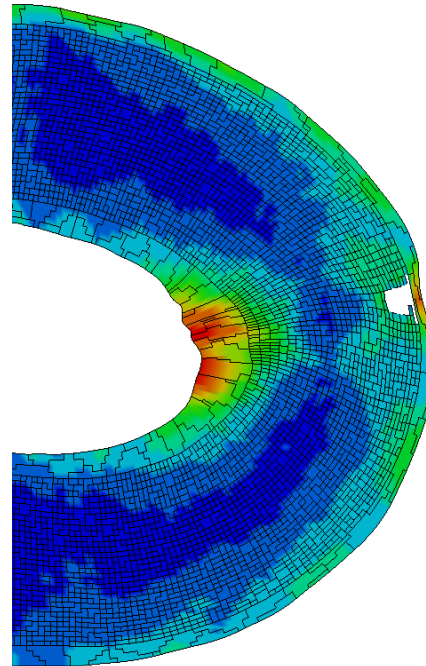
Durch Walzen wird die Kornform und Kornlage verändert.

Approach I  
Crystal plasticity  
(RVE -Micro-Model)



Approach II  
EP-models based on YL





# Prediction of failure in sheet and bulk metal forming



# Was lerne ich ?

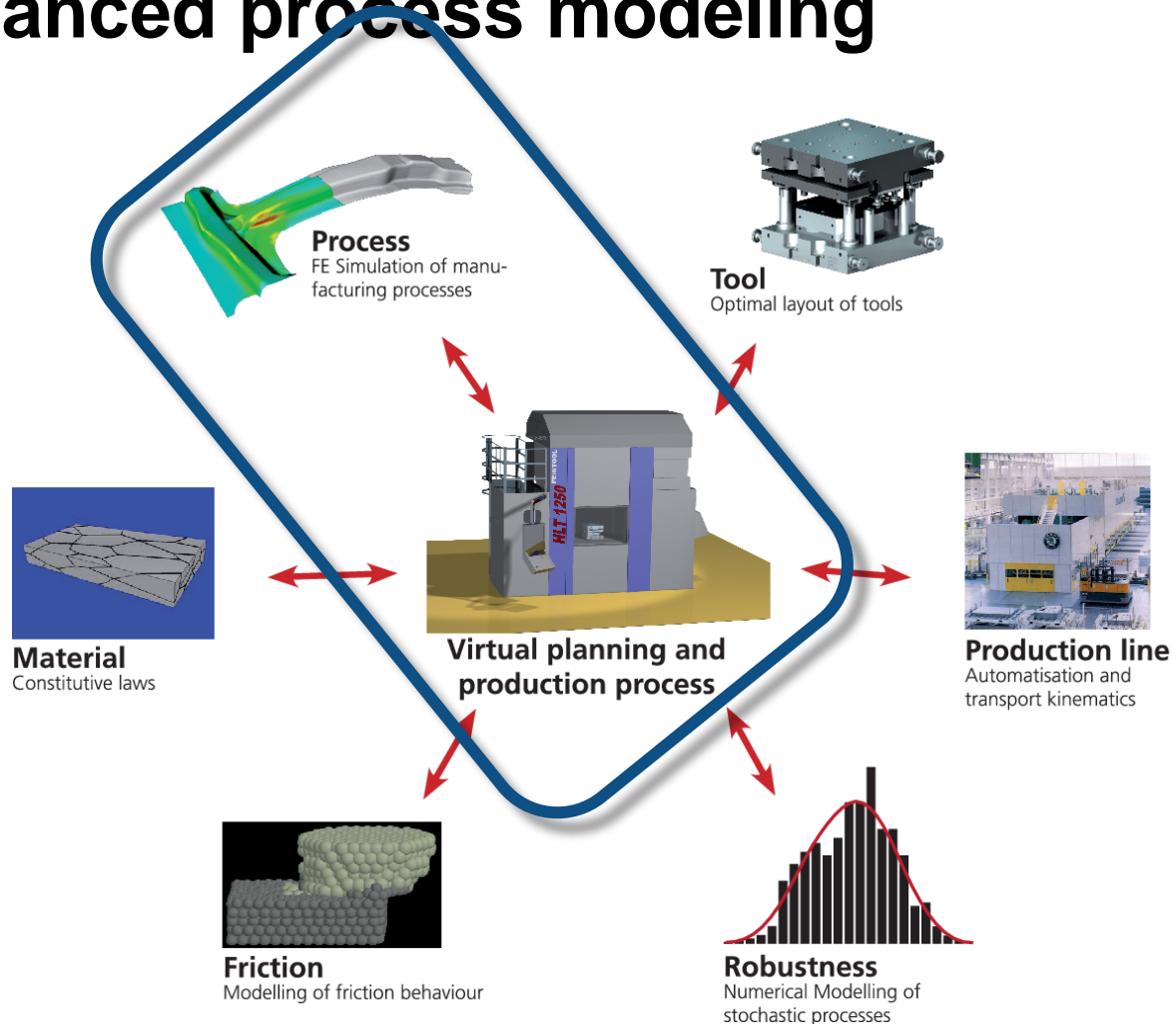
## Fachliche Themenbereiche

- Anwendungsgebiete der Umformtechnik
- Mathematische Werkstoffmodellen für virtuelle Prozessabbildungen
- Virtuelle Abbildung von Prozessen – *Twin-Prozesse mit FE-Methoden*
- IVP-FEM Tools für unterschiedliche Anwendungen
- Virtuelle Kontrolle der Prozessrobustheit
- CAD-Entwurf und Funktionsweise von Umformwerkzeugen
- Funktionsweise von Umformmaschinen – Steuerung von Pressen

## Lehre

- Vorlesungsbetrieb und akademisches Netzwerk

# II. Advanced process modeling



# Was lerne ich ?

## Fachliche Themenbereiche

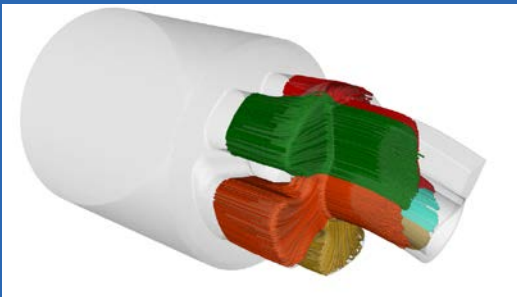
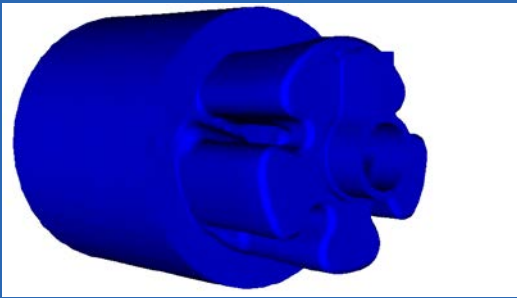
- Anwendungsgebiete der Umformtechnik
- Mathematische Werkstoffmodellen für virtuelle Prozessabbildungen
- Virtuelle Abbildung von Prozessen – *Twin-Prozesse mit FE-Methoden*
- IVP-FEM Tools für unterschiedliche Anwendungen
- Virtuelle Kontrolle der Prozessrobustheit
- CAD-Entwurf und Funktionsweise von Umformwerkzeugen
- Funktionsweise von Umformmaschinen – Steuerung von Pressen

## Lehre

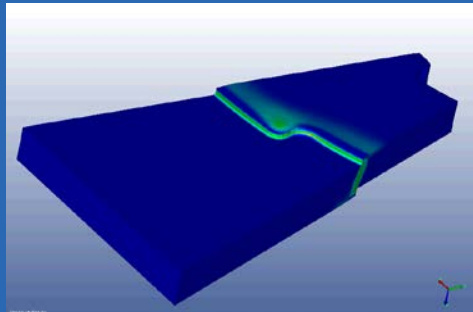
- Vorlesungsbetrieb und akademisches Netzwerk

# By IVP developed «special purpose» FEM codes

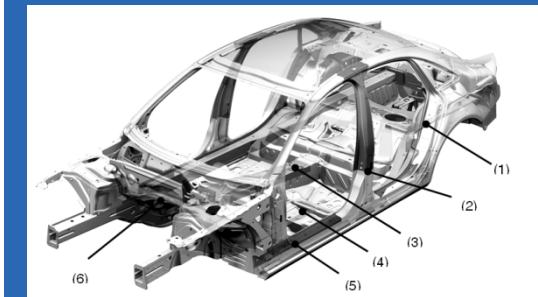
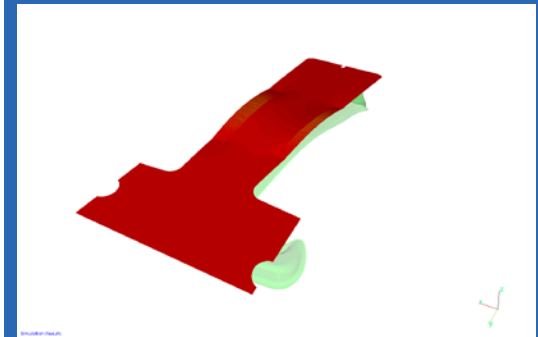
Extrusion



Fine blanking



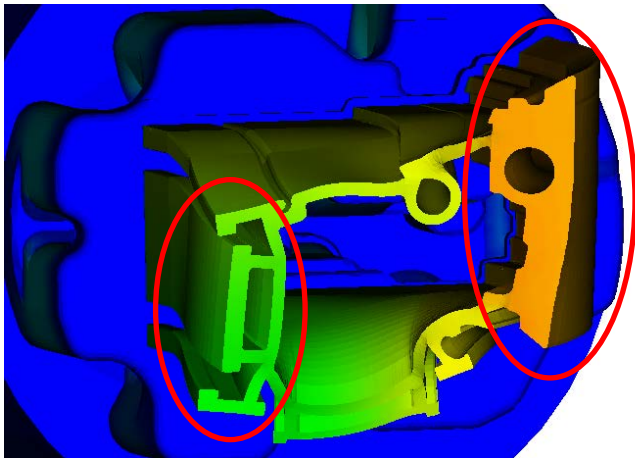
Press hardening



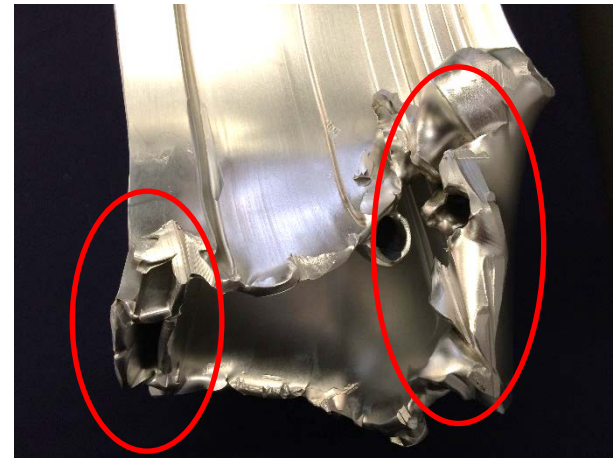
## Industrial Example III: ICEB'15 Benchmark

# Shape of the profile

Simulated profiles tip

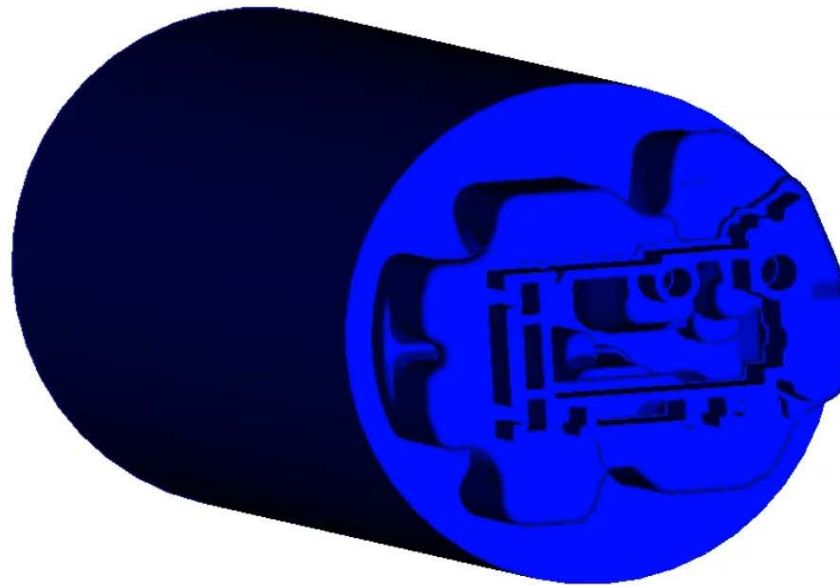
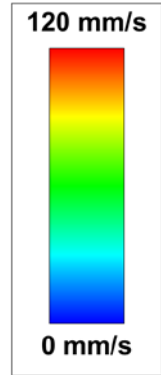


Extruded profiles tip



- Velocity gradient leads to deformed profile tip.
- Due to the arrangement of a puller a straight profile shape can be extruded subsequently.

# Industrial Example III: ICEB'15 Benchmark Velocity Distribution



# Was lerne ich ?

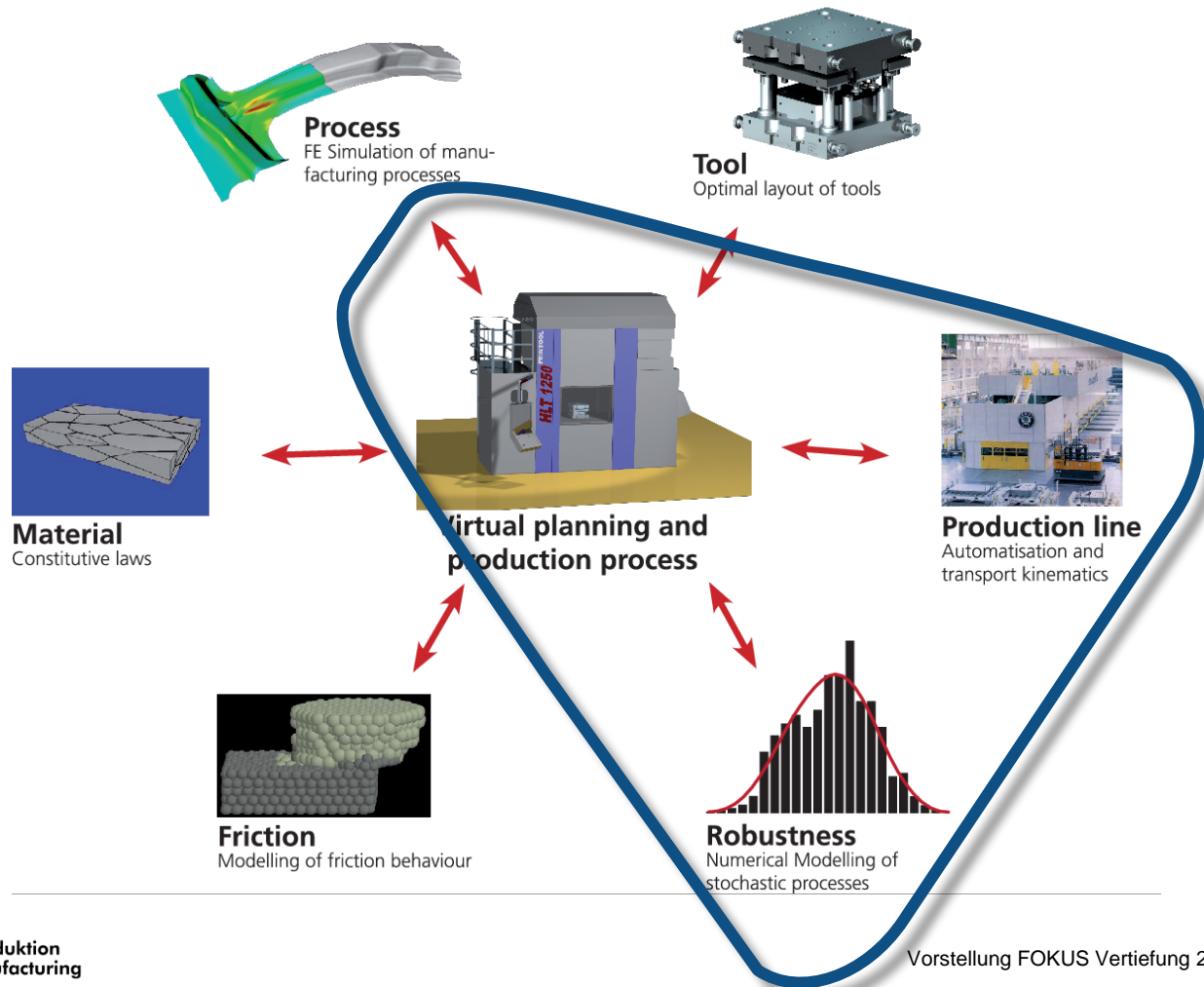
## Fachliche Themenbereiche

- Anwendungsgebiete der Umformtechnik
- Mathematische Werkstoffmodellen für virtuelle Prozessabbildungen
- Virtuelle Abbildung von Prozessen – *Twin-Prozesse mit FE-Methoden*
- IVP-FEM Tools für unterschiedliche Anwendungen
- Virtuelle Kontrolle der Prozessrobustheit
- CAD-Entwurf und Funktionsweise von Umformwerkzeugen
- Funktionsweise von Umformmaschinen – Steuerung von Pressen

## Lehre

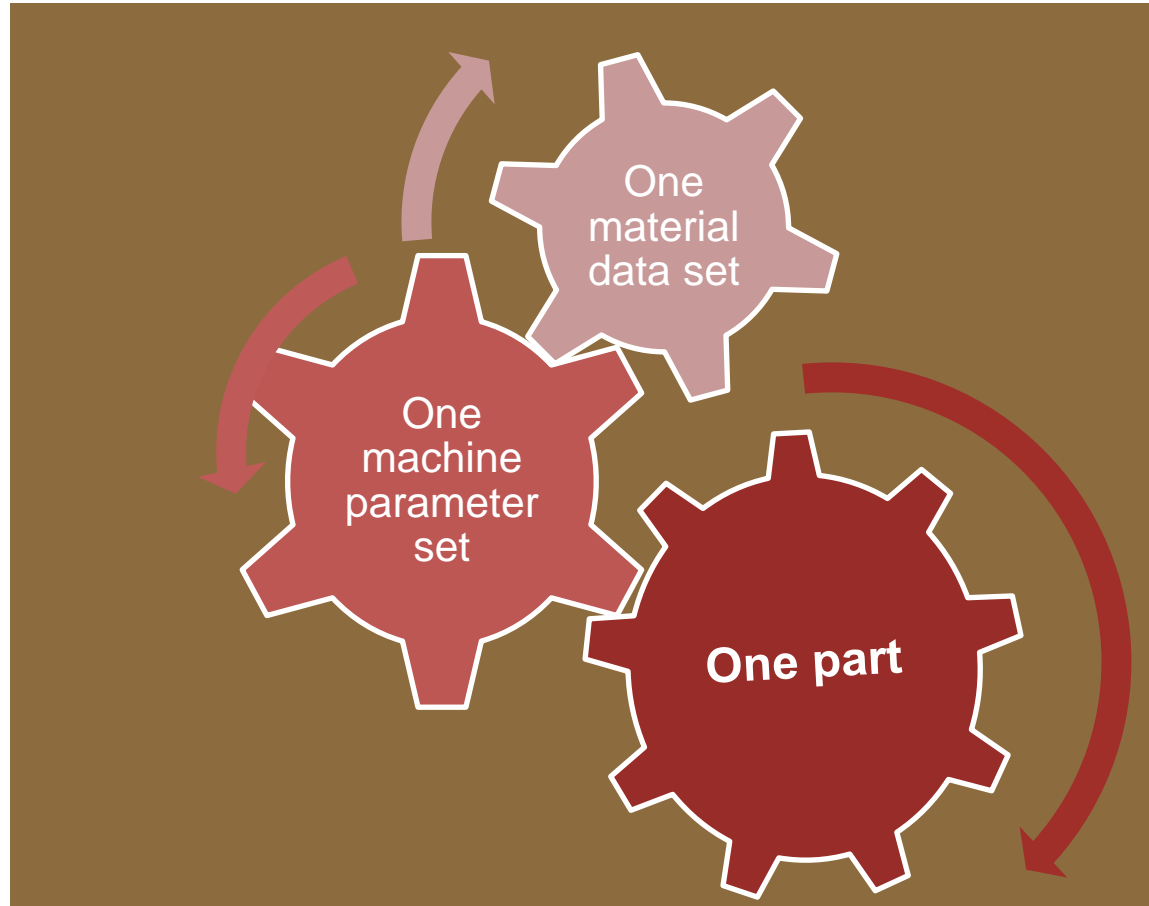
- Vorlesungsbetrieb und akademisches Netzwerk

# IV. Zero Failure Production Methods

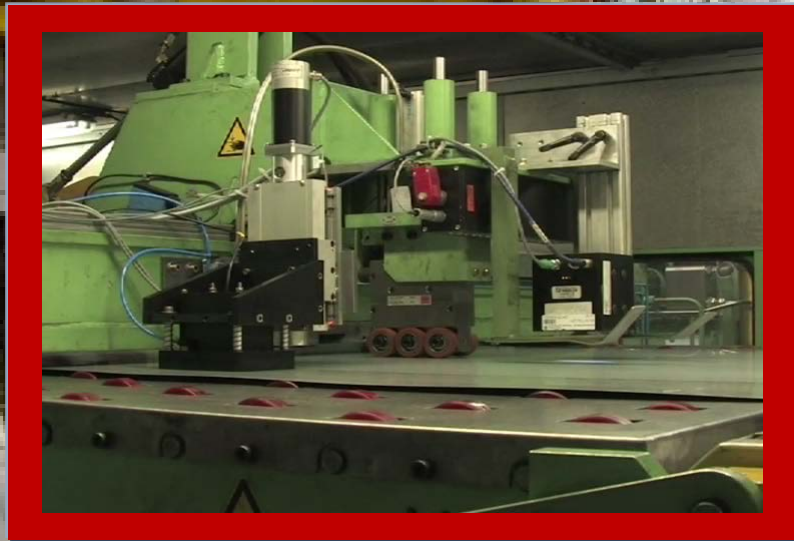




# Industrie 4.0 Konzepte in der Massenfertigung







**Steuerung 2.0.vi**

File Edit View Project Operate Tools Window Help

**Messbetrieb**

**Antrieb**

**Drucker**

**Performance**

**Metamodell**

**Settings**

**mech. Eigenschaften:**

Rp0,2	127
Rm	304.5
Ag1	23.1
A80	50.7

**Metamodell Ergebnisse:**

Zone 1	0.541
Zone 2	0.496
Zone 3	0.629

**Wirbelstrom Werte**

**Bandwechsel?**

**NEIN**

**Steuerung**

**AUS**



# Was lerne ich ?

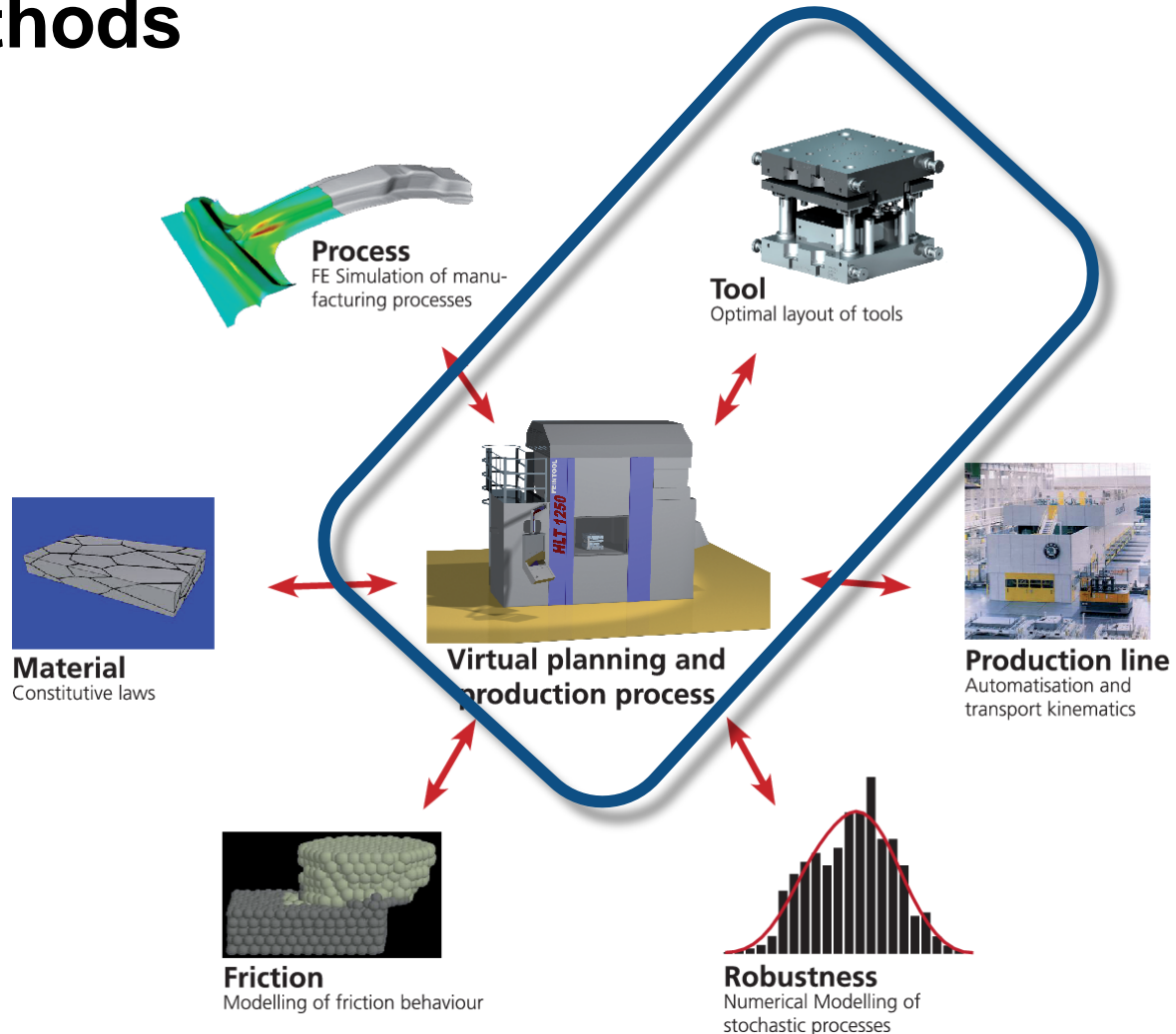
## Fachliche Themenbereiche

- Anwendungsgebiete der Umformtechnik
- Mathematische Werkstoffmodellen für virtuelle Prozessabbildungen
- Virtuelle Abbildung von Prozessen – *Twin-Prozesse mit FE-Methoden*
- IVP-FEM Tools für unterschiedliche Anwendungen
- Virtuelle Kontrolle der Prozessrobustheit
- CAD-Entwurf und Funktionsweise von Umformwerkzeugen
- Funktionsweise von Umformmaschinen – Steuerung von Pressen

## Lehre

- Vorlesungsbetrieb und akademisches Netzwerk

# III. Innovative tools & innovative planning methods

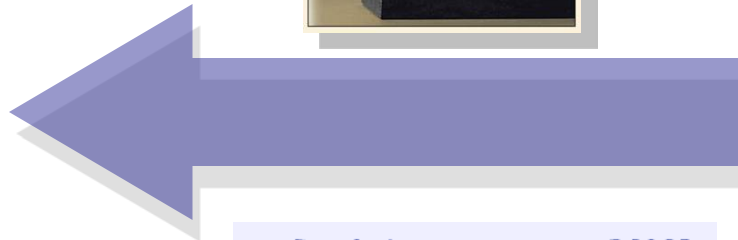


# Basic idea of intelligent design concepts

- Forming steps ?
- CAD models ?
- Process parameters ?



Producibility ?

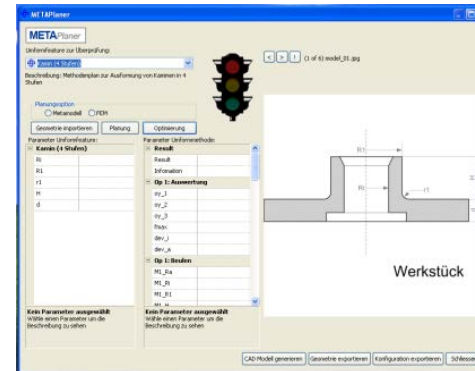
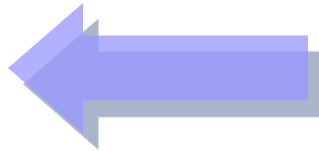
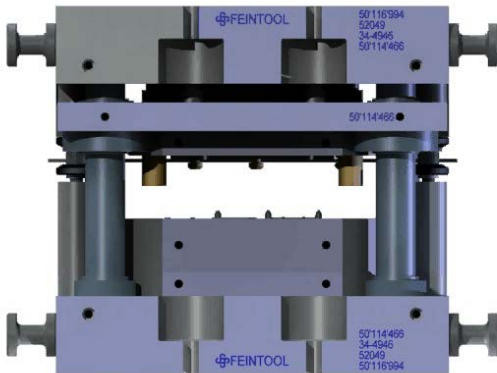


- Forming steps ✓
- CAD models ✓
- Process parameters ✓



Cad

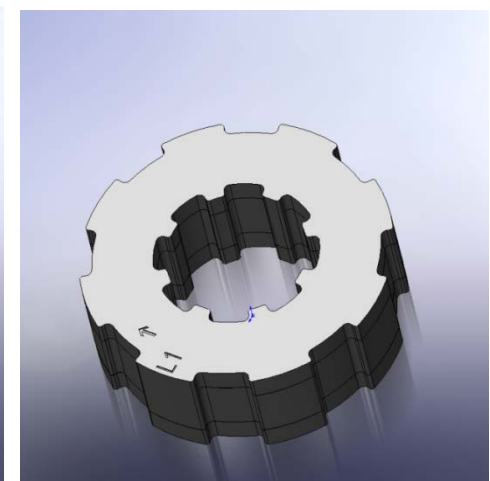
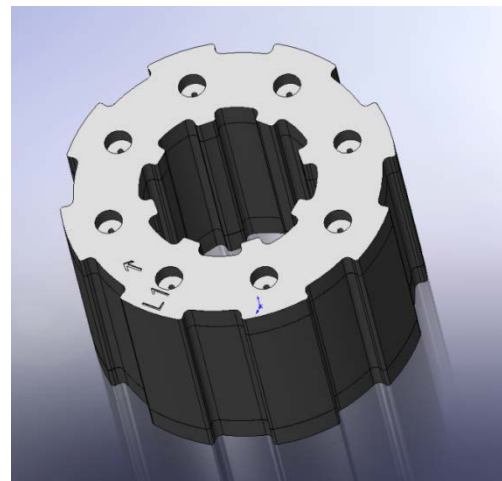
- Linking **METAPlanner** results with parametric CAD models of the active tool parts



H = 65mm  
M8 hole



H = 35mm  
no holes



- SolidWorks supports design tables to adjust geometric and feature parameters

# Was lerne ich ?

## Fachliche Themenbereiche

- Anwendungsgebiete der Umformtechnik
- Mathematische Werkstoffmodellen für virtuelle Prozessabbildungen
- Virtuelle Abbildung von Prozessen – *Twin-Prozesse mit FE-Methoden*
- IVP-FEM Tools für unterschiedliche Anwendungen
- Virtuelle Kontrolle der Prozessrobustheit
- CAD-Entwurf und Funktionsweise von Umformwerkzeugen
- Funktionsweise von Umformmaschinen – Steuerung von Pressen

## Lehre

- Vorlesungsbetrieb und akademisches Netzwerk



## IVP Labs und Anlagen



Das IVP verfügt sowohl über Labors zur Materialprüfung als auch Industrielle Fertigungsanlagen. Weitere Informationen finden Sie in der Rubrik [Infrastruktur](#) →.

[Zugprüfmaschinen](#) →

[Abschreck- und Umformdilatometer](#) →

[Torsionsanlage](#) →

[Blechprüfmaschine und FLC Auswertung](#) →

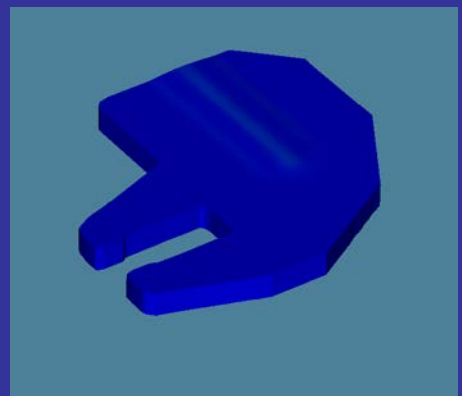
[Tribologie](#) →

[Zerstörungsfrei Werkstoffprüfung](#) →

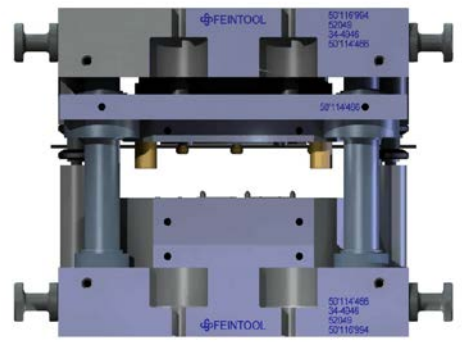
[Textur - Röntgengoniometer](#) →

[Versuchsanlagen ETH Technopark](#) →

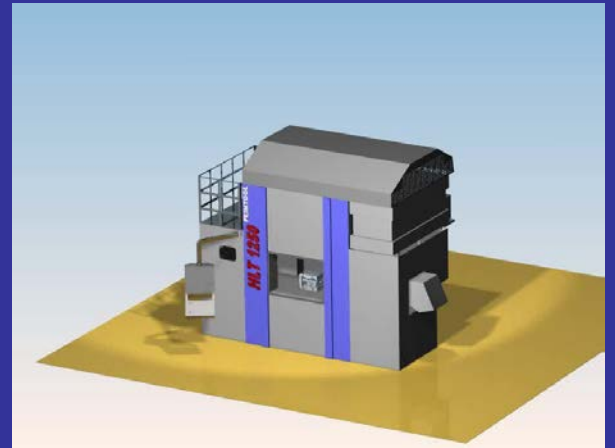
# Technopark - ViProLab



Process



Tools



M-Systems

↓ Das Institut

↓ Studium

↓ Forschung &  
Projekte

↓ Infrastruktur

↓ Dienstleistungen

↓ News &  
Veranstaltungen

ETH Zürich → D-MAVT → IVP →

---

Zugprüfmaschinen

---

Abschreck- und Umformdilatometer

---

Torsionsanlage

---

Blechprüfmaschine und FLC  
Auswertung

---

Tribologie

## Infrastruktur

Das IVP verfügt über alle erforderlichen Anlagen zur Ermittlung des Fließverhaltens sowohl für die Blechumformung als auch für die Massivumformung. Die Messung des Verfestigungsverhaltens kann dabei bei Raumtemperatur wie auch bei erhöhten Temperaturen durchgeführt werden. Bei den Dilatometerversuchen und den Torsionsversuchen sind Temperaturen bis 1200° C erzielbar. Die typischen Dehngeschwindigkeiten liegen in Bereichen bis  $10s^{-1}$ .

# Institute für Produktionstechnologien IWF und IVP



Prof. Dr. Konrad Wegener  
Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung



Prof. Dr. Pavel Hora  
Institut für virtuelle Produktion

## Vorlesungsangebot IWF

- Werkstoffe und Fertigung I und II
- Dimensionieren II
- Fertigungstechnik I und II
- Produktionsmaschinen I und II
- Qualität von Werkzeugmaschinen - Dynamik, Mikro- und Submikrosesstechnik
- Produktion von elektrischen und elektronischen Komponenten
- Mechanische Produktion: Montieren, Fügen, Beschichten
- Methods and Tools for the Development of Structured Mechatronic Products
- Betriebliche Simulation von Produktionsanlagen
- Visualisierung, Simulation und Interaktion VR 1+2
- Umweltmanagement



## Vorlesungsangebot IVP

- Dimensionieren I

### Focus

- Umformtechnik I – Grundlagen der Umformtechnik
- Umformtechnik II – Simulation umformtechnischer Prozesse
- Umformtechnik III – Umformtechnische Verfahren

### Master lectures

- Methoden der virtuellen Prozessauslegung umformtechnischer Systeme
- Principles of nonlinear finite element methods
- Principles of FEM based optimization and robustness analysis
- Computational Methods in Micro and Nano Structures

# Institute of Virtual Manufacturing

**E N D (E)**

[www.ivp.ethz.ch](http://www.ivp.ethz.ch)

