

20. Workshop

Simulation in der  
Umformtechnik

Gestern – Heute – Morgen

Universität Stuttgart, 27.-28. März 2017

# Von der Matrizen­theorie der Statik zur FE – Prozesssimulation

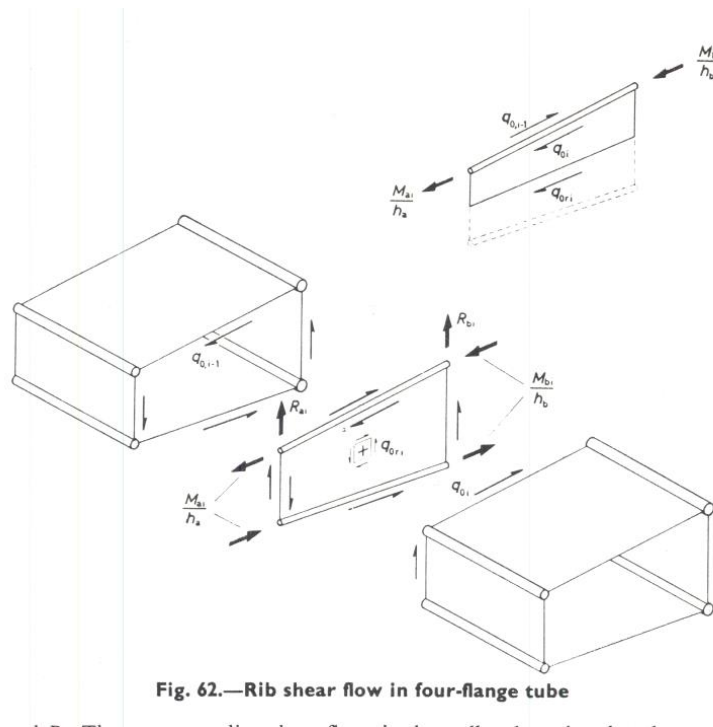
Ioannis Doltsinis

Privatdozent, Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik &  
Geodäsie, Universität Stuttgart

# Matrizenverfahren der Tragwerksberechnung

- Der Wirklichkeit näher: Einsatz von Strukturelementen

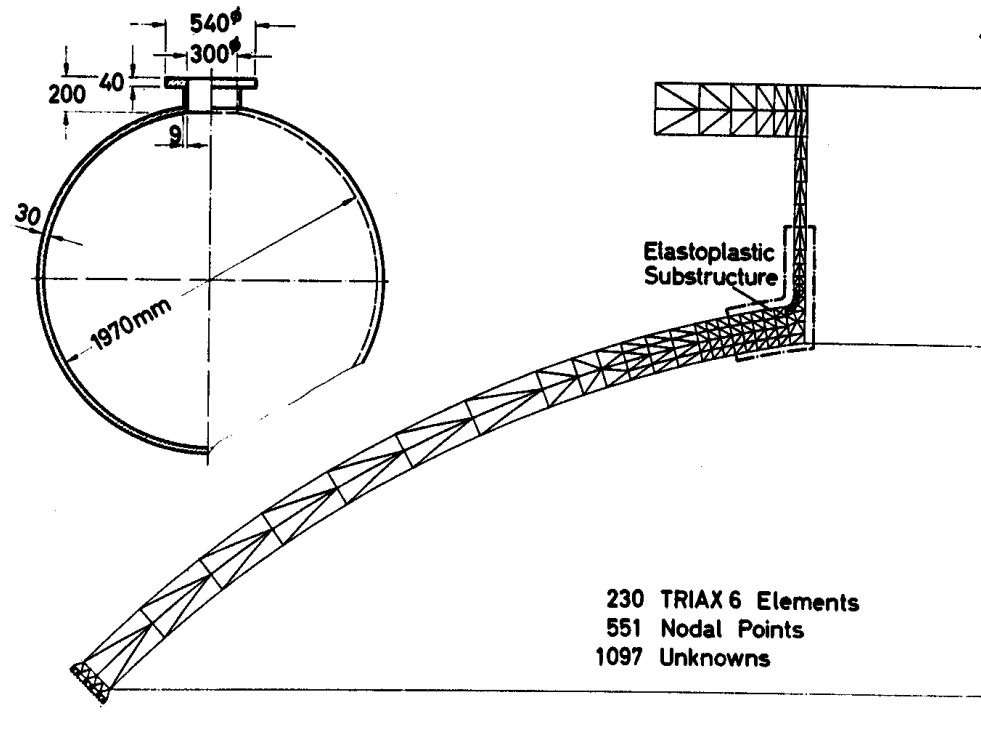
J. Argyris (1960) „Energy Theorems and Structural Analysis“



- Zahlenwerte entzaubern komplexe Formeln

# Elastisch-plastische Rechenverfahren

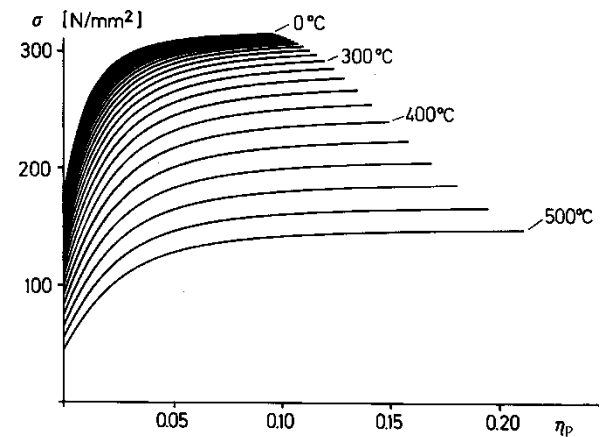
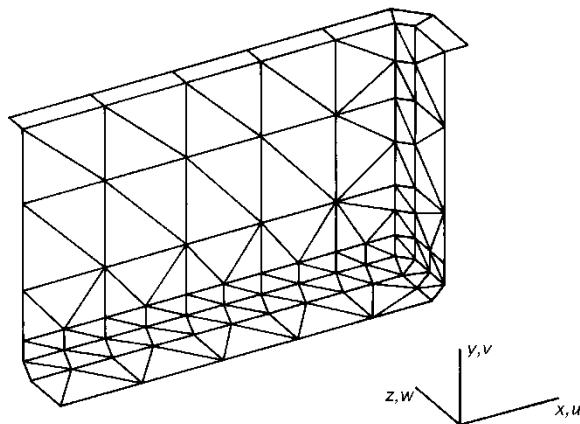
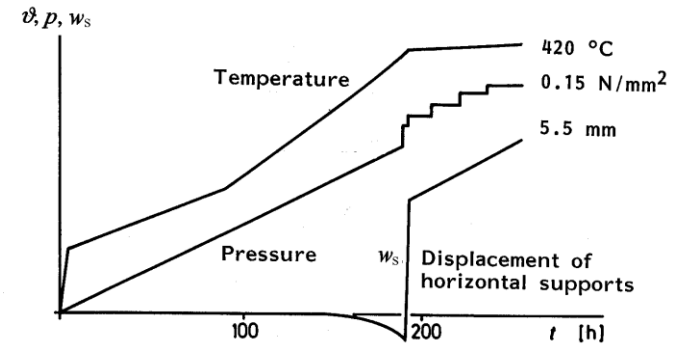
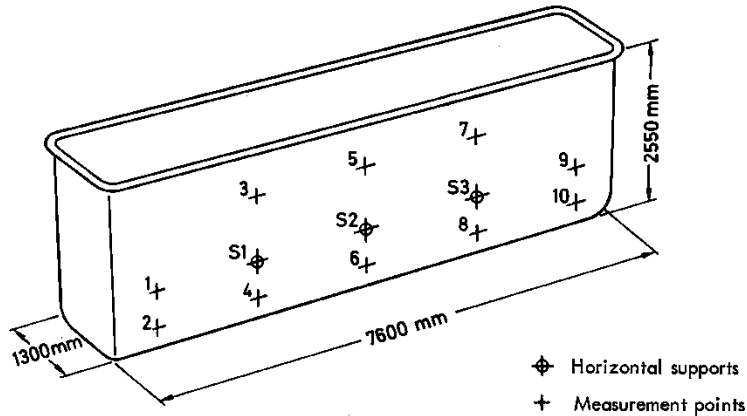
- Unstetigkeit des Fließens: Be- und Entlastungen
- Divergenz, Instabilität, Ungenauigkeit



- Zeitersparnis: Unterstrukturtechnik

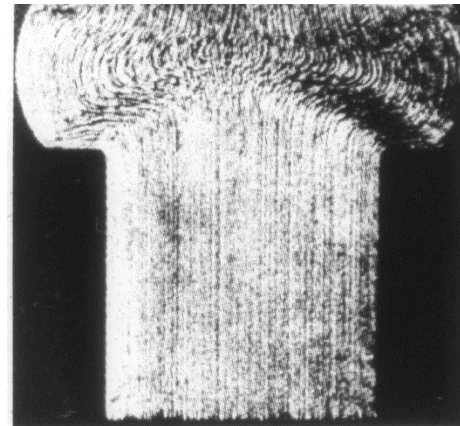
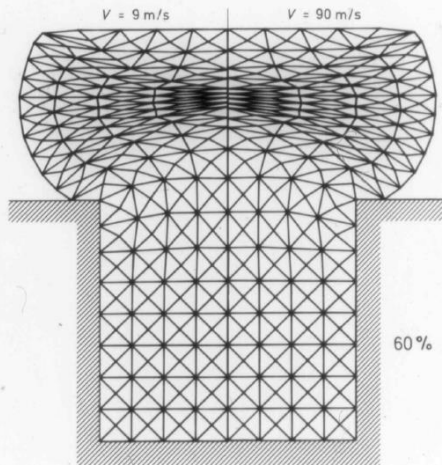
# Zink-Kessel (TU Clausthal)

## Schmelzen: Mechanische und thermische Belastung, Bodenkontakt

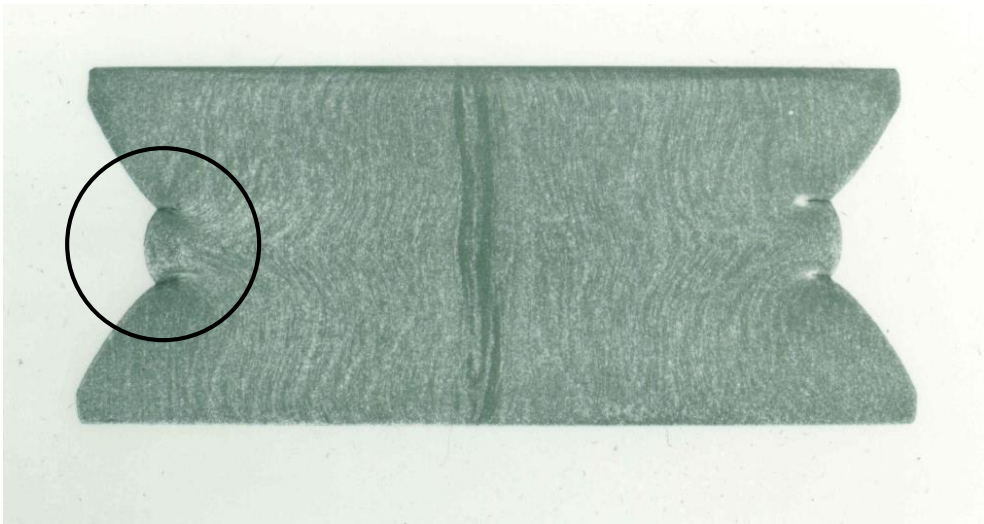
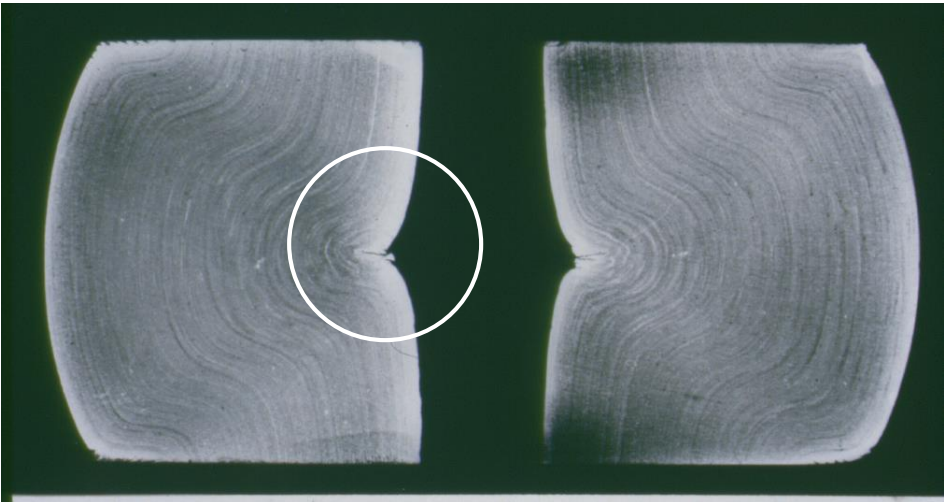


# Endliche elastisch-plastische Verformung

- Kinematik der elastisch-plastischen Deformation
- Inkrementelles Gleichgewicht: Änderungsgeschwindigkeiten von Spannung und Dehnung
- Gleichgewichtszustand zum Zeitpunkt der Betrachtung  $t+\Delta t$
- Nichtlineare Gleichungen: Newton, Quasi-Newton

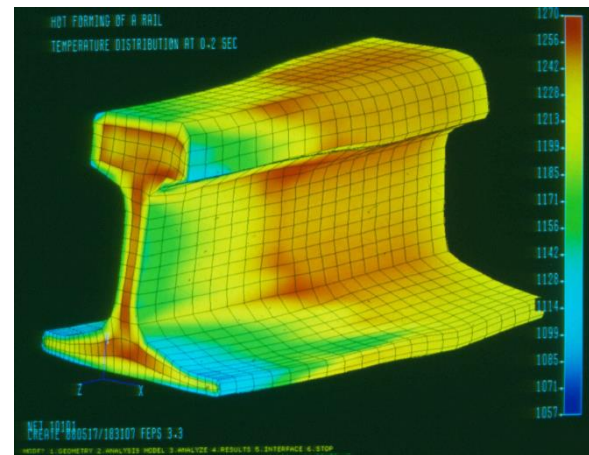
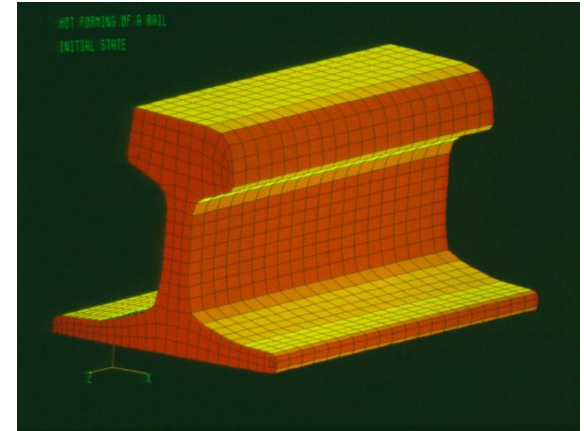
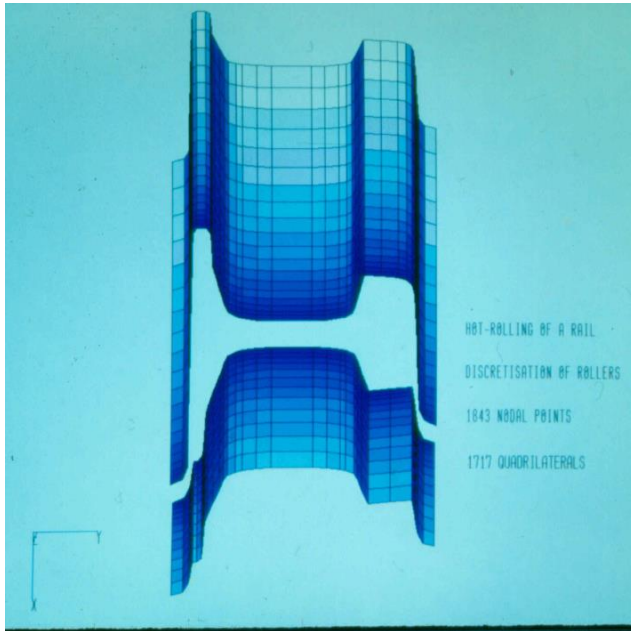


# Netzanpassung an Verformungs-Intensität



# Thermomechanische Kopplung (1)

- Warmwalzen einer Schiene (IFB – Aachen)



- Iterative Kopplung von Verformungs- und Temperaturfeld durch Datenaustausch

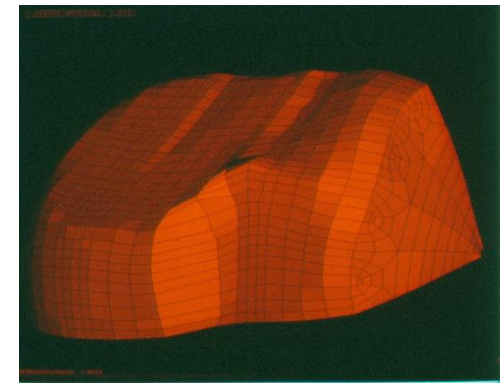
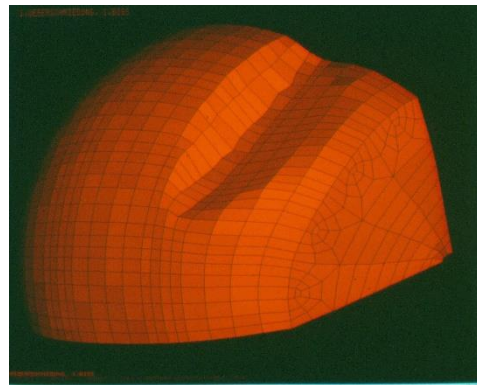
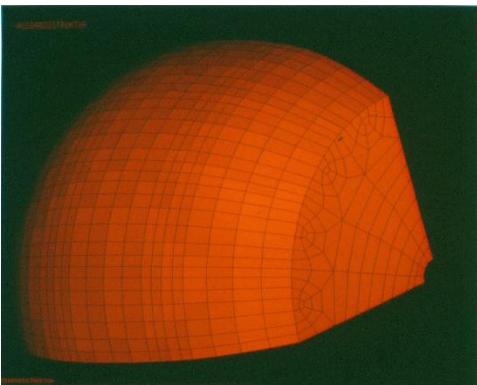
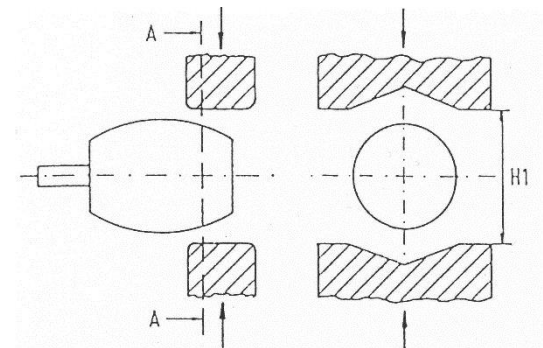
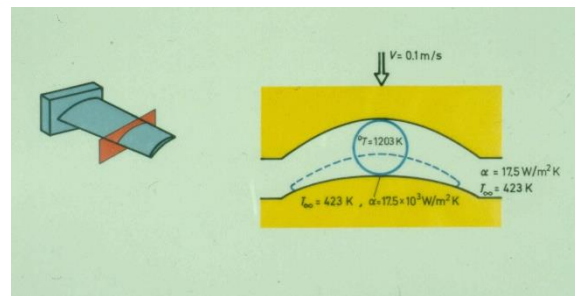


# Thermomechanische Kopplung (2)

- Nichtlineare Gleichungen: Newton, Quasi-Newton
- Konvergenz der iterativen Kopplung der Prozesse
- Zeitablaufrechnung: unterschiedliche Geschwindigkeiten
- Netzanpassung: unterschiedliche Felder

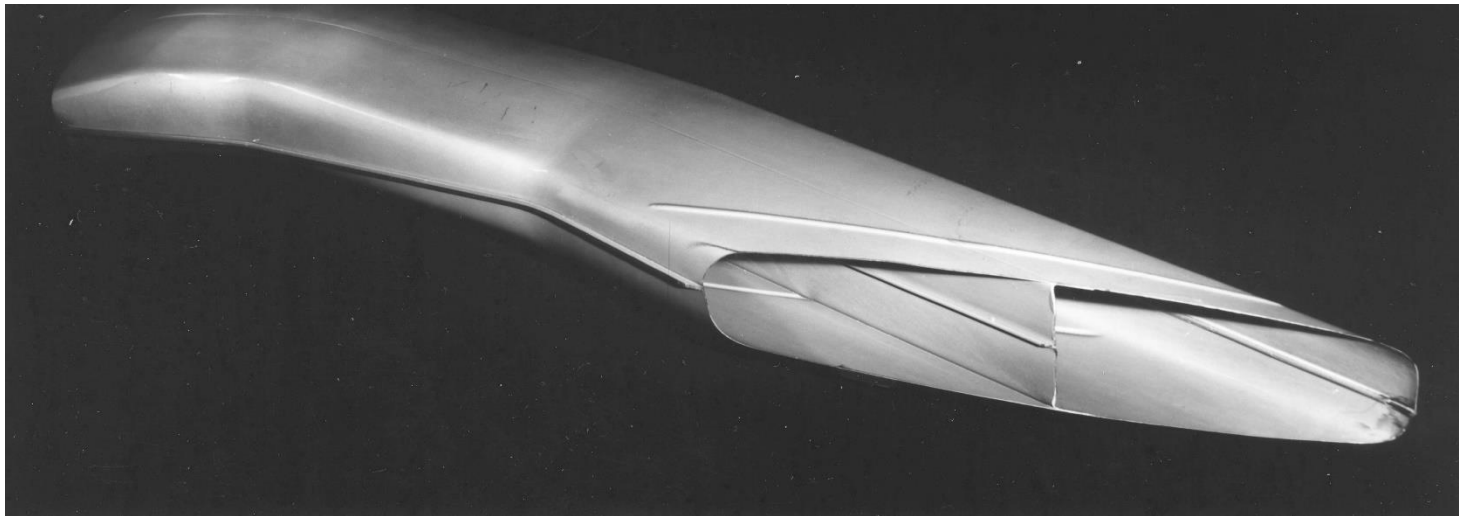
# Thermomechanische Kopplung (3)

- Warm Schmieden einer Verdichter-Schaufel
- Mehrstufen Kneten von Stahlblock (IFB – Aachen)



# Superplastisches Umformen

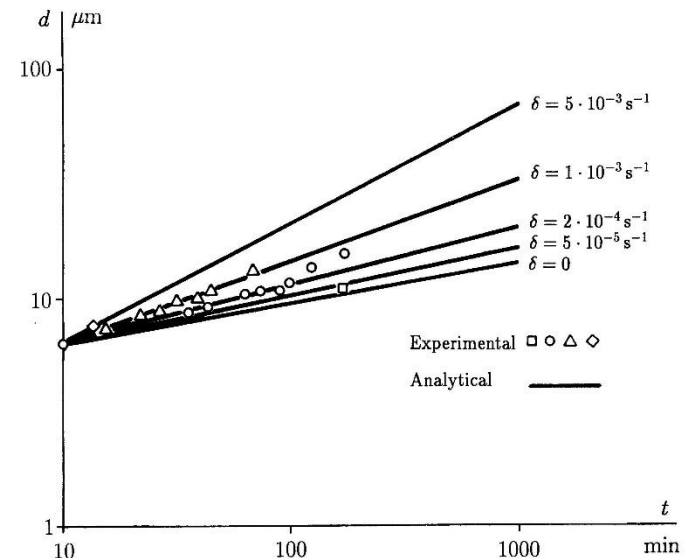
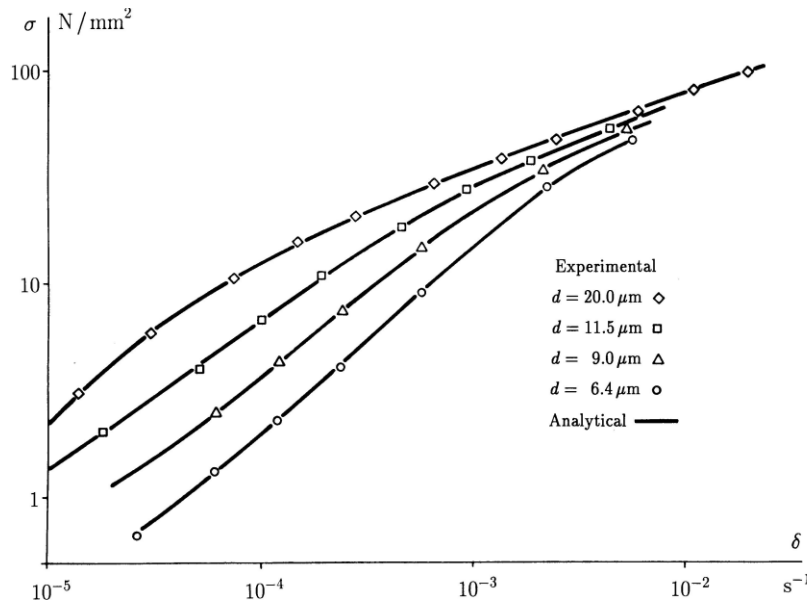
- Jagdflugzeug - Abgasanlage aus Ti-6Al-4V Blech



- Langsames Aufblasen durch Gasdruck bei 1200K in Verbindung mit Diffusionsschweißen

# Materialmodell

- Fließspannung / Kornwachstum

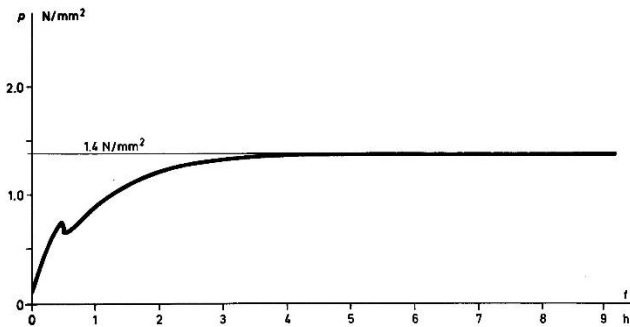
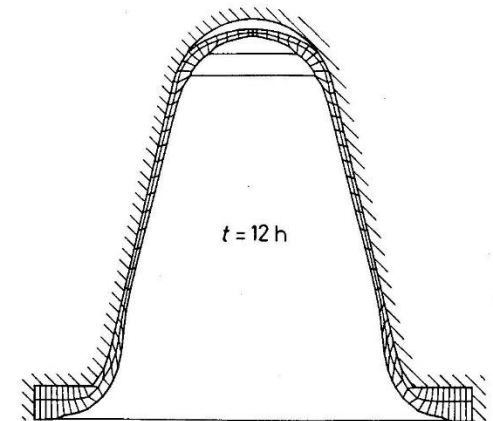
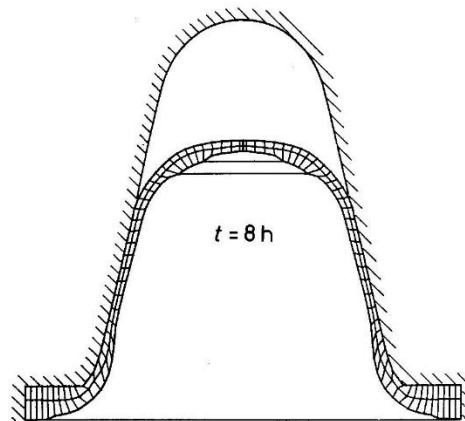
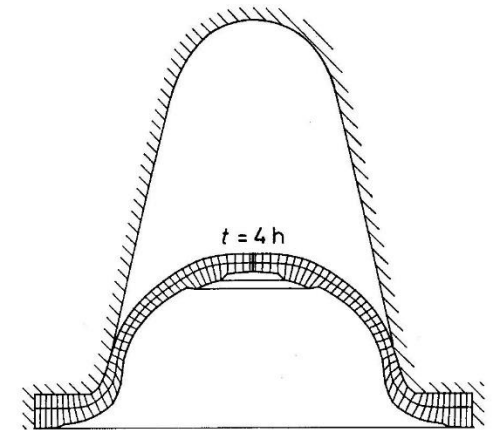
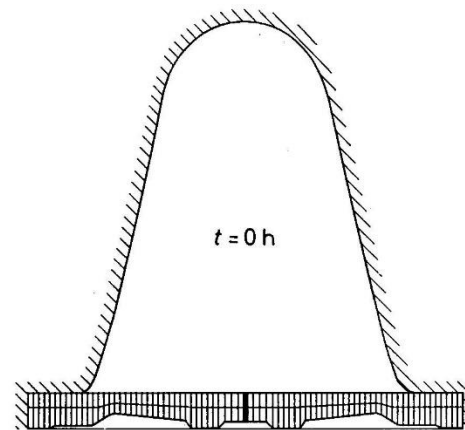
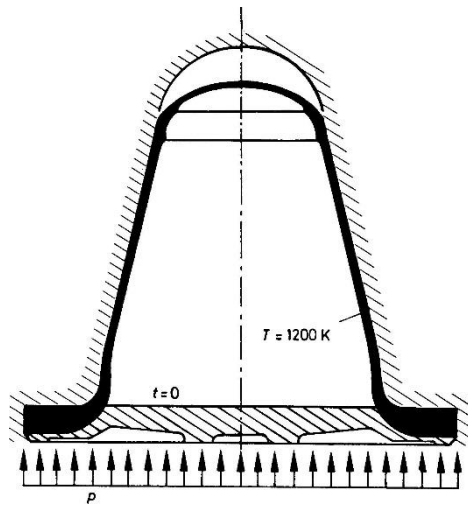


Fließspannung:  $\sigma = f(\delta, d)$

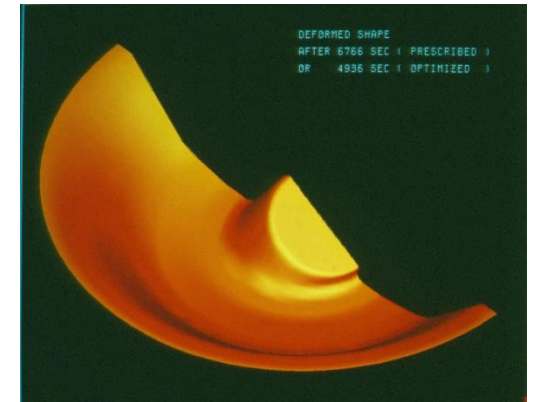
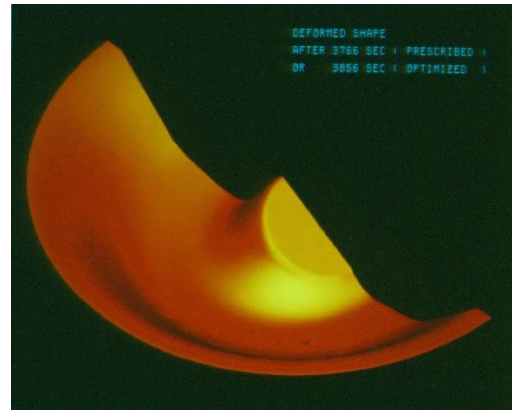
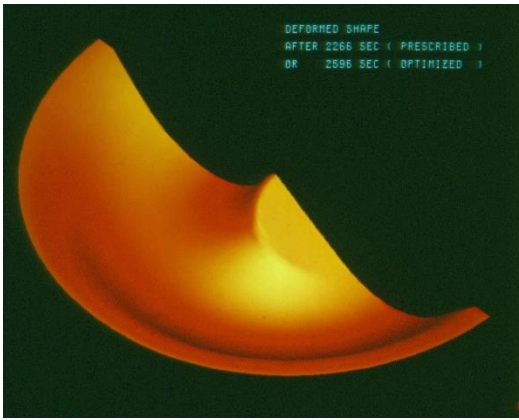
Viskoser Ansatz:  $\sigma = \mu(\bar{\delta}, d)\delta$

# Raketenkopf-Konus (Aerospatiale)

- Langsamer Herstellungsprozess (Gasdruck)

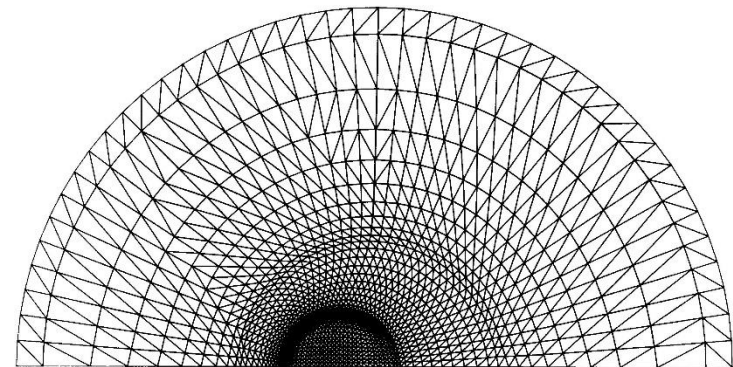
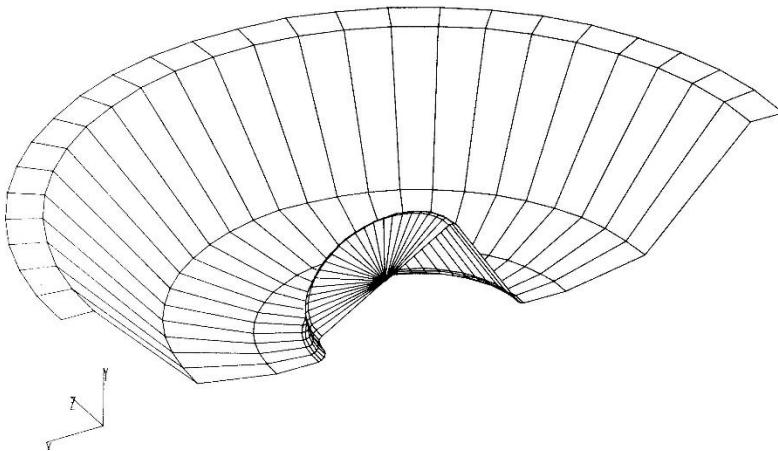


# Flugzeugbauteil (MBB)



- Formwerkzeug (symm.)

Ausgangsblech (flach)

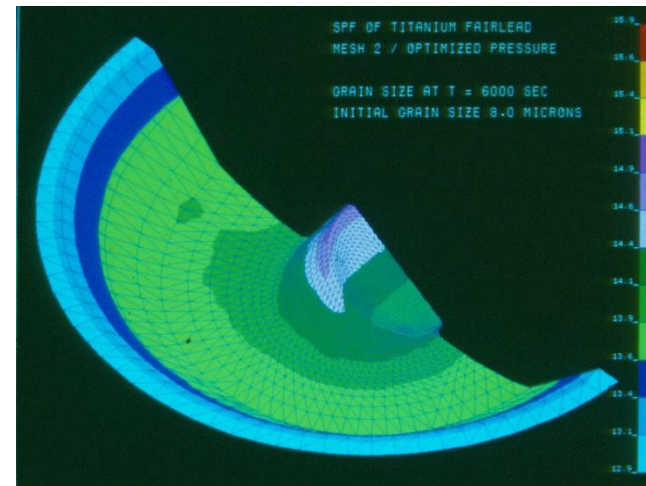
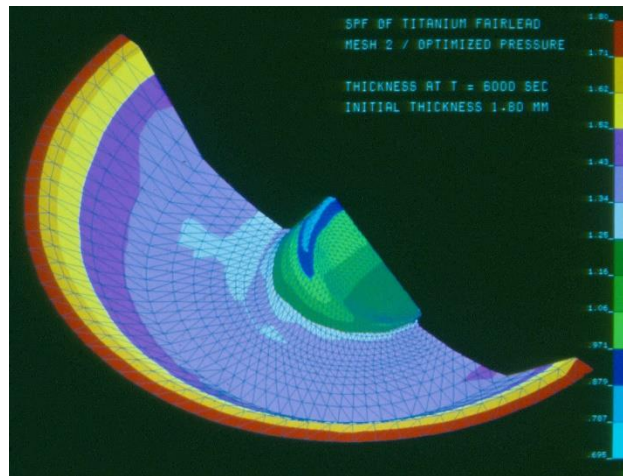




# Aufgaben der Berechnung

- Prozesssimulation:

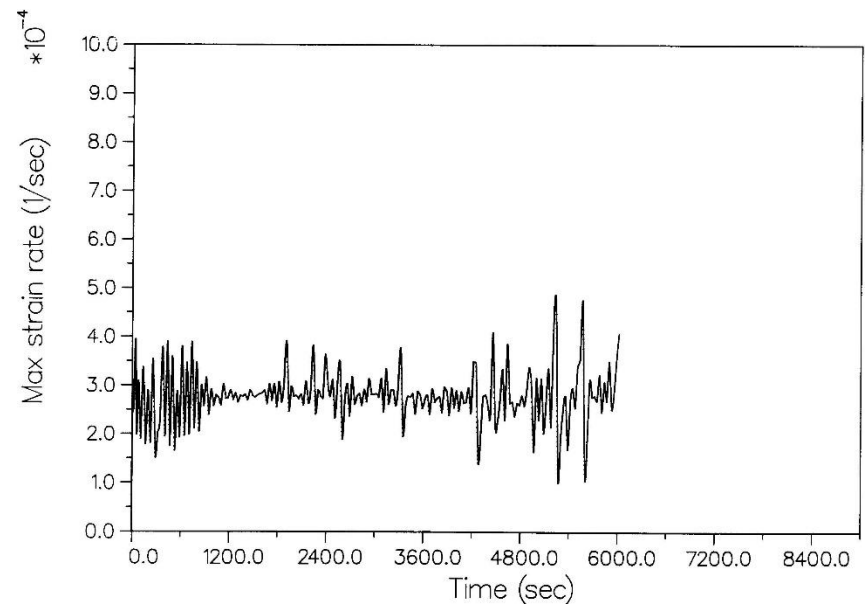
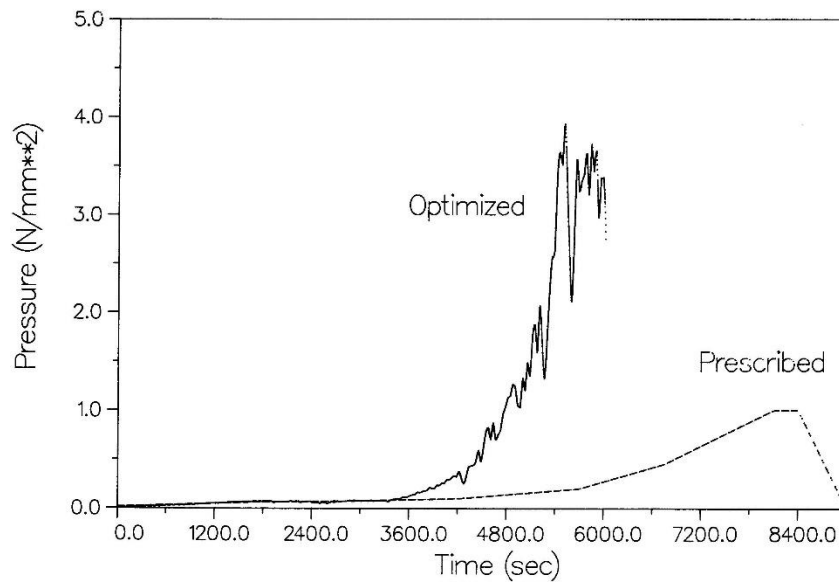
Verteilung von Blechdicke und Korngröße im Produkt



- Prozessauslegung:
  - Optimierung des Umformdrucks
  - Vor-Konturierung der Platine für endnahe Formen

# Optimierung des Umformdrucks

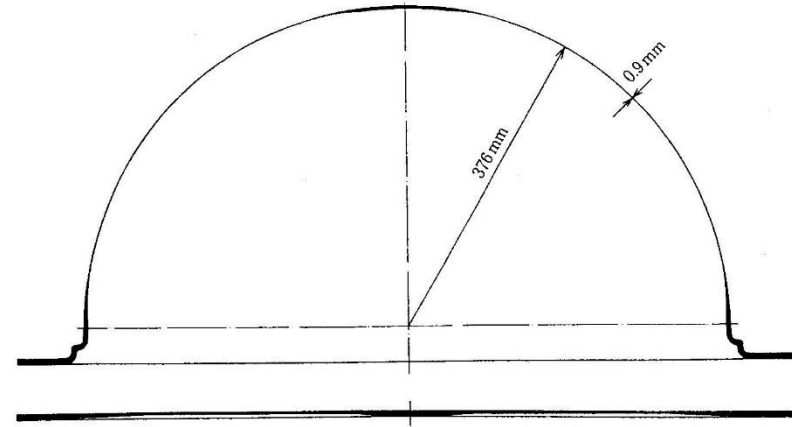
- Ziel: Optimale Formänderungsgeschwindigkeit einhalten



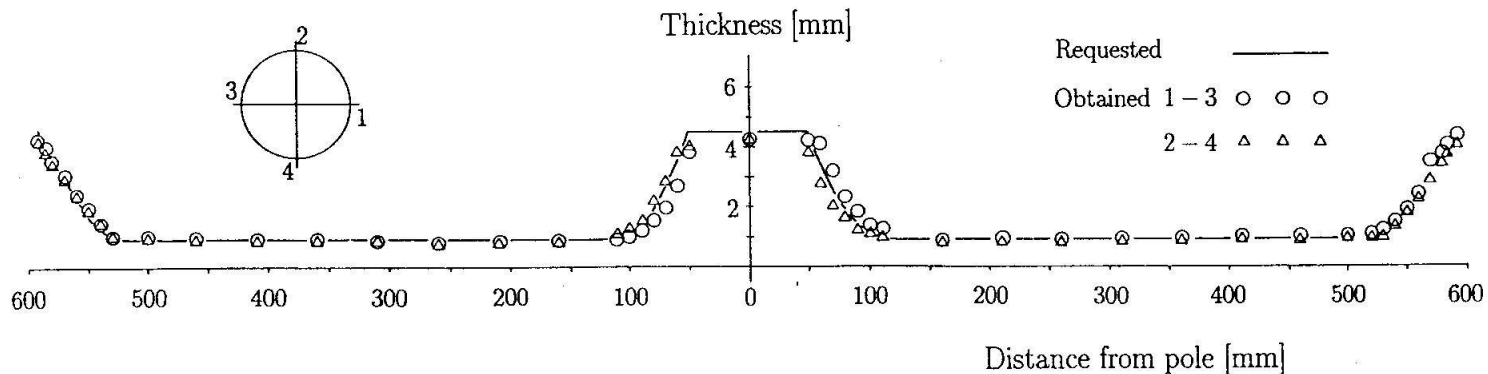


# Endnahe Formen von Satellitentank (MBB)

- Konturierung der Platine zur Erzielung der vorgegebenen Dickenverteilung im Produkt

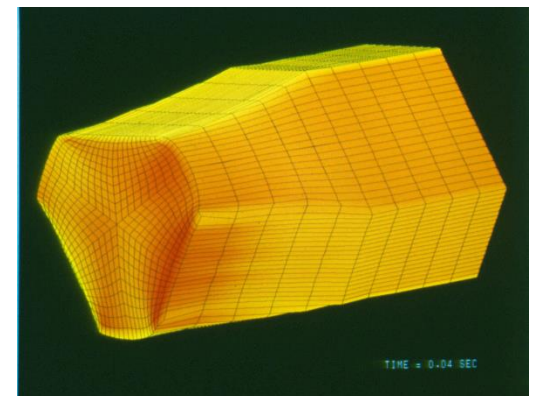
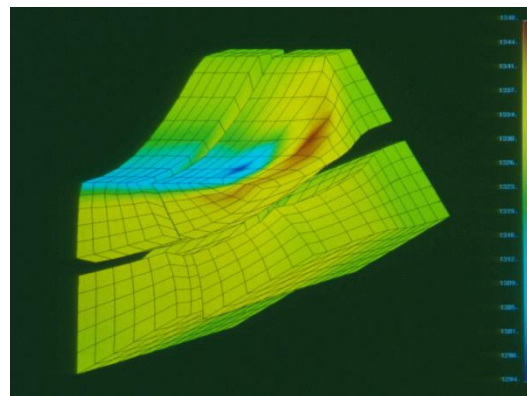
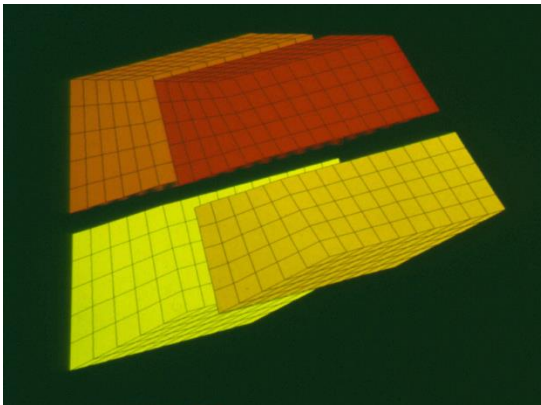
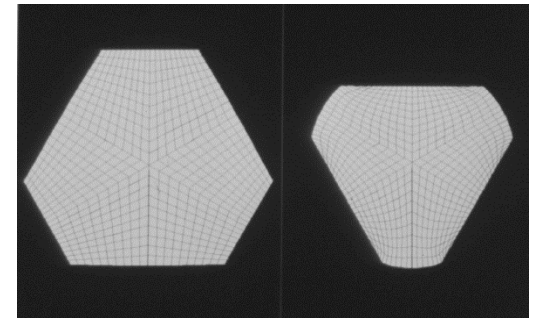
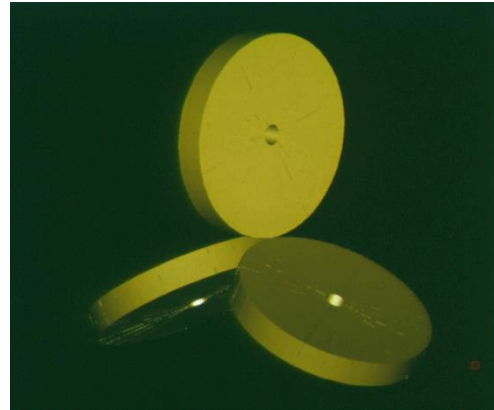
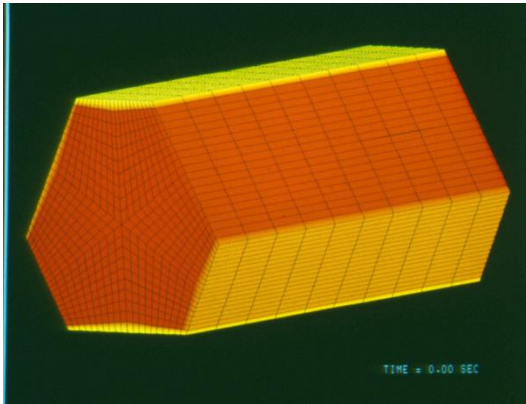


- Produktion mit berechneter Platine erzielt die Vorgaben



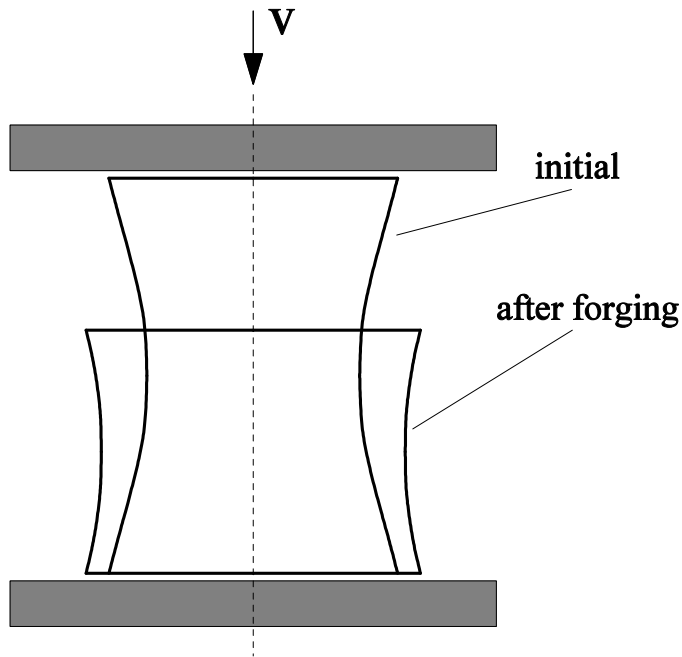
# Verteiltes Rechnen

## Warmwalzen von Draht (Acciaierie di Bolzano)

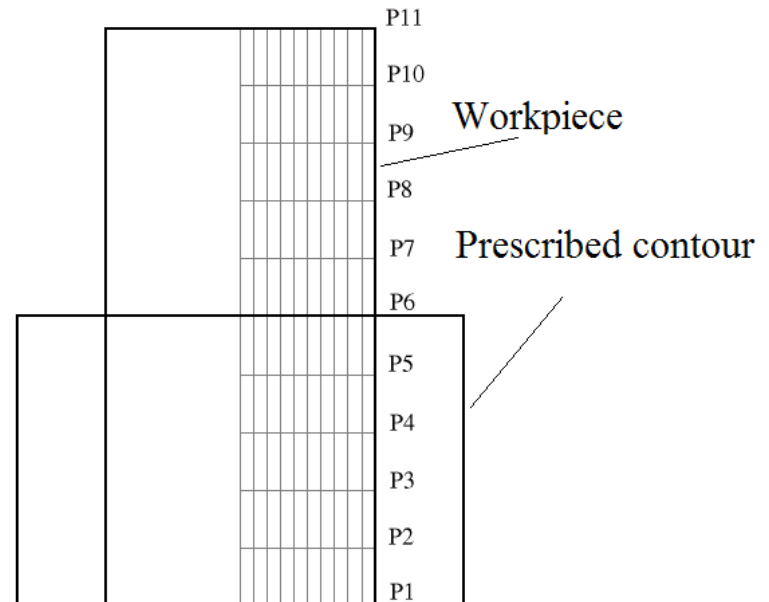


# Stochastik – Endnahes Formen eines Kreiszyllinders

- Warmstauchen

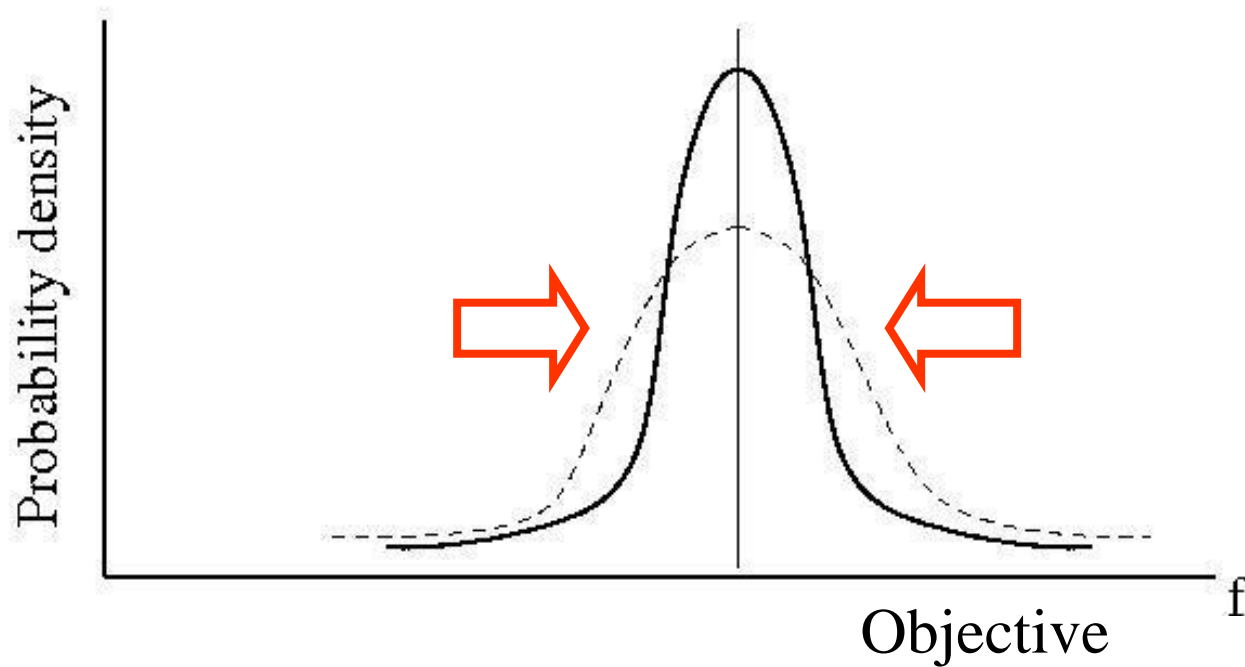


## Vorgeschriebene Endgeometrie



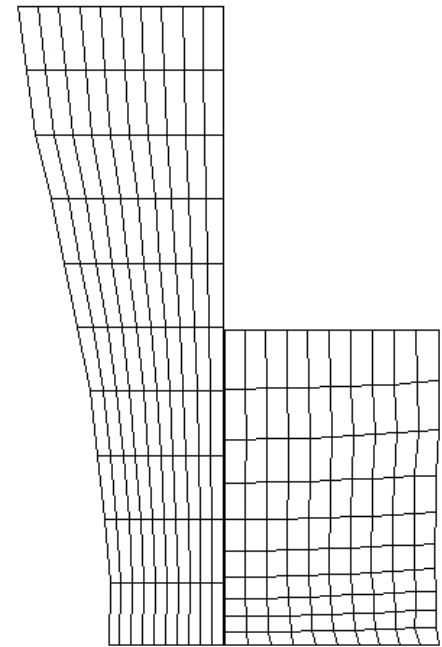
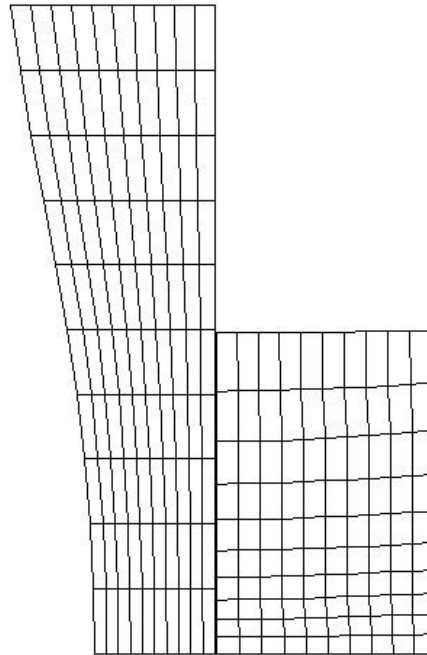
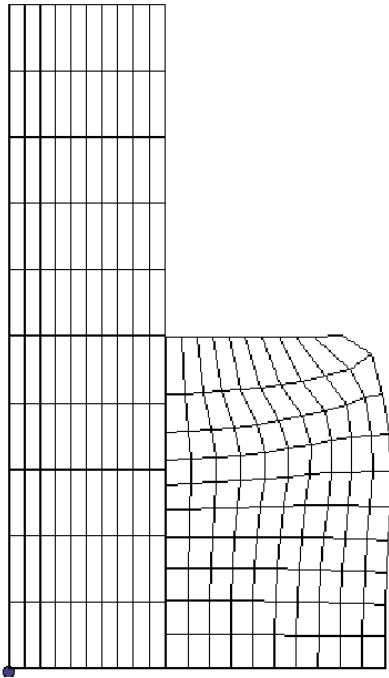
Streuung: Fließspannung, Reibungskoeffizient

# Robuste Auslegung: Reduzierung der Produktstreuung



# Stochastik: Geometrie für endnahe Formen

- Erst-Entwurf      Nominelle Daten      Robuste Auslegung



# Literatur

- J. H. Argyris, Energy Theorems and Structural Analysis, Butterworths, London, 1960.
- I. Doltsinis, Elements of Plasticity – Theory and Computation, WIT Press, Southampton, 2000, 2nd Edition 2010.
- I. Doltsinis, Large Deformation Processes of Solids – From Fundamentals to Numerical Simulation and Engineering Applications, WIT Press, Southampton, 2004.
- I. Doltsinis, Stochastic Methods in Engineering, WIT Press, Southampton, 2012.

Keine Zukunft ohne Vergangenheit !