

# Alternative Bestimmung der Streckgrenze über den thermoelastischen Effekt

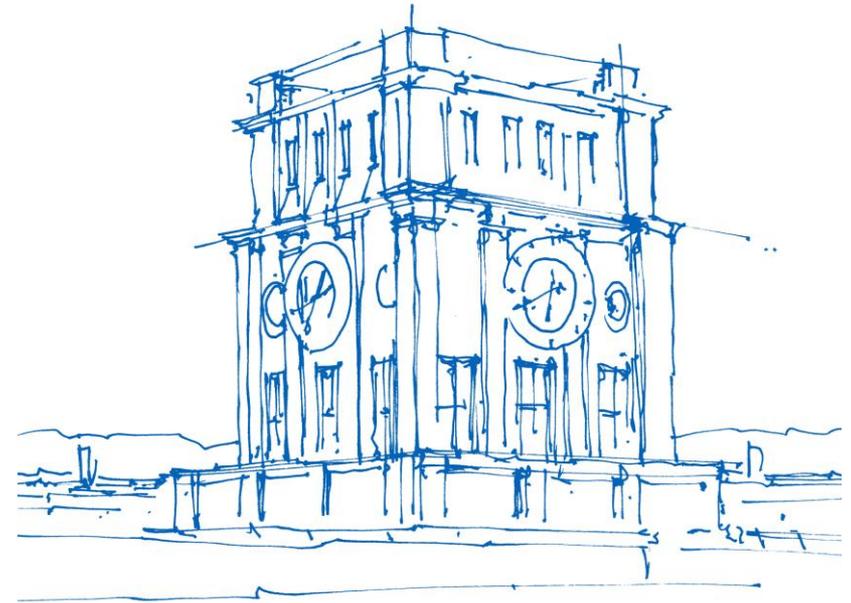
**Simon Vitzthum**, David Jocham, Susumu Takahashi, Wolfram Volk

Technische Universität München

Fakultät für Maschinenwesen

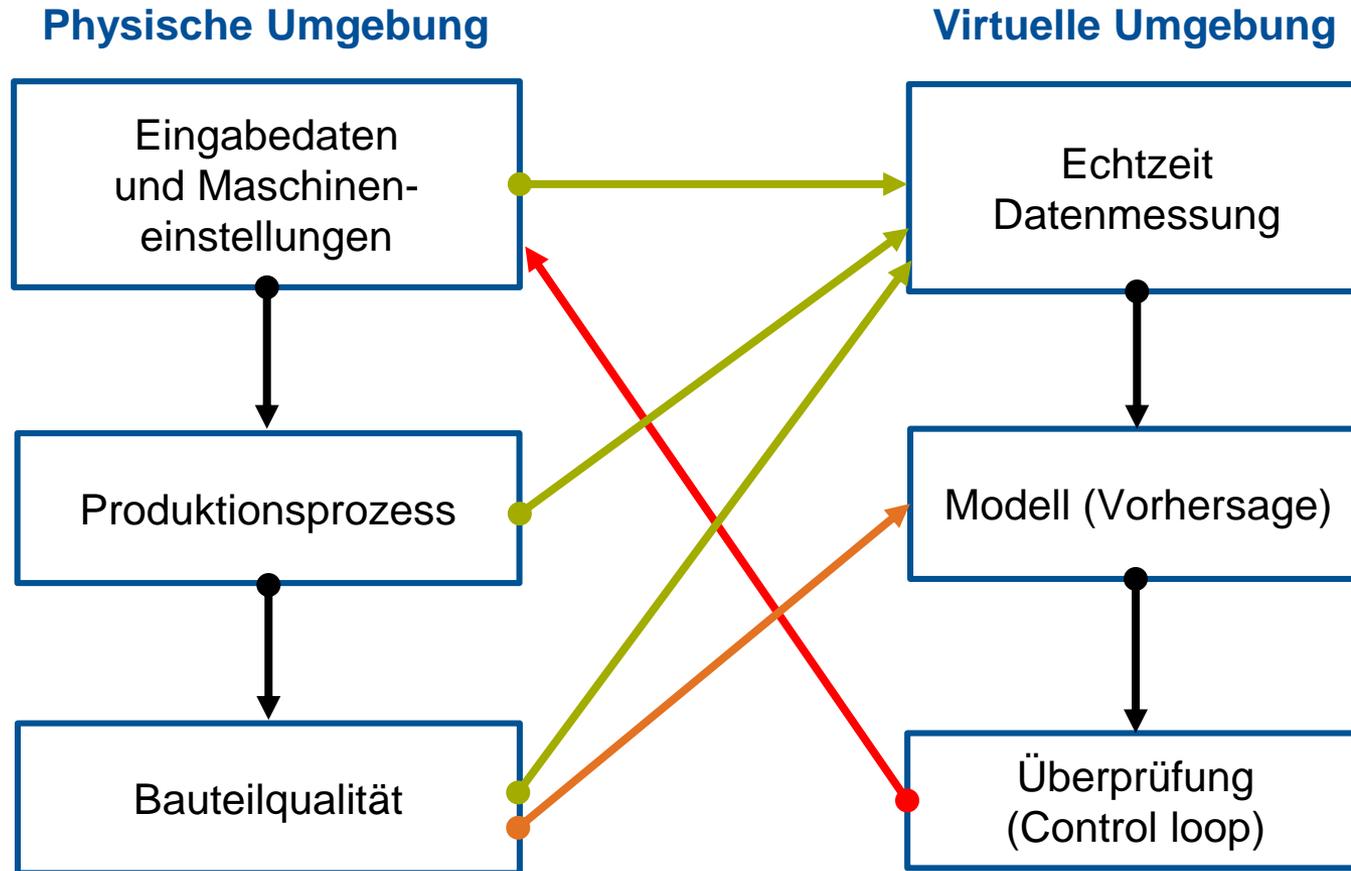
Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen

Zwick testXpo, Ulm, 16. Oktober 2017



*Uhrenturm der TUM*

# Testing 4.0



# Testing 4.0

präzise

Geeignet zur Modellerstellung und Prozessüberwachung

integrierbar

Integriert in und kompatibel mit virtueller Welt (CAx)

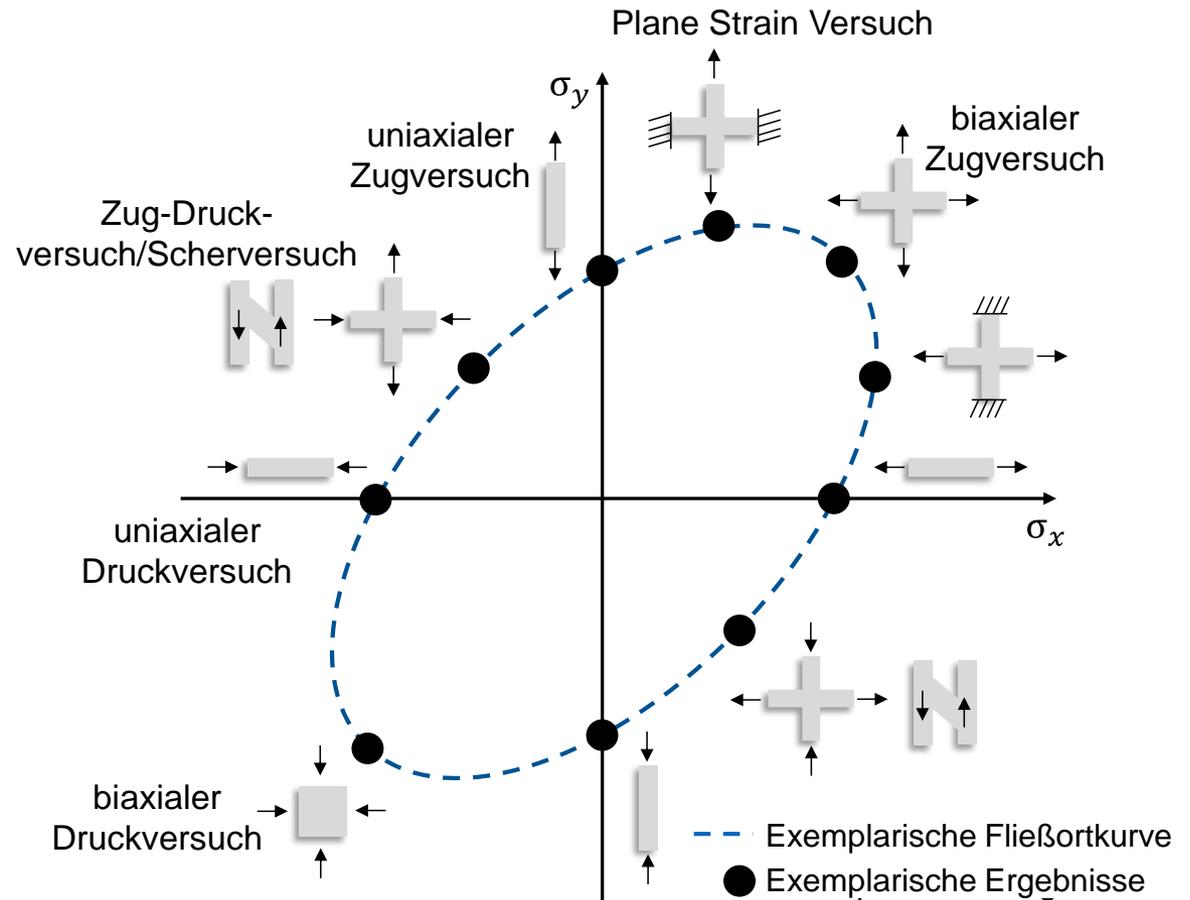
anpassbar

Integriert in und anpassbar für Prozesskette

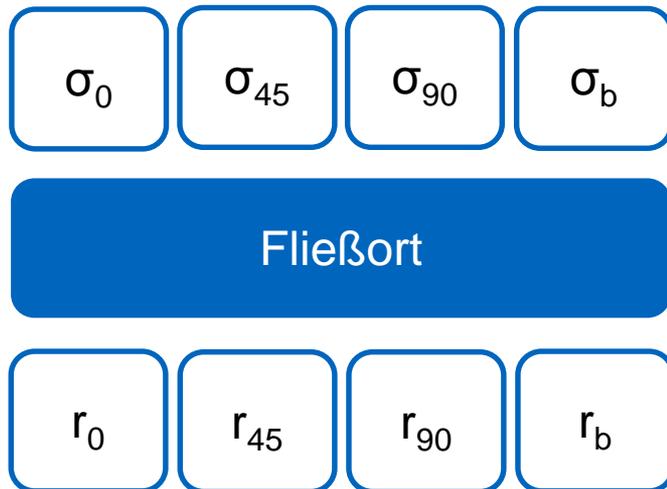
effizient

Akzeptable Antwortzeit, Aufwand und Kosten

# Die Fließortkurve



# Charakterisierung des Fließorts



Von Mises

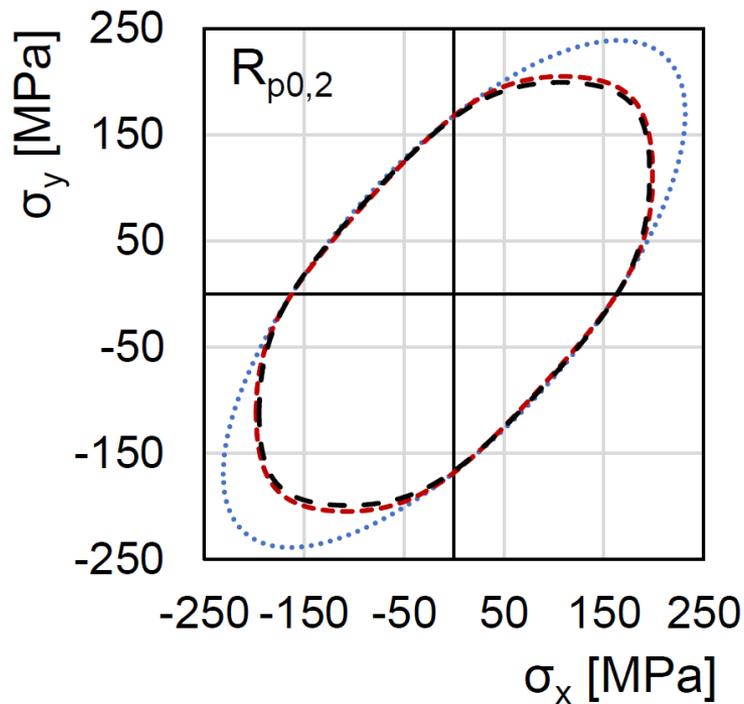
Barlat 89

Hill 48

Barlat 2000

BBC 2005

# Charakterisierung des Fließorts



..... Hill 48    - - - Barlat 89    - - - Barlat 2000

Von Mises

Barlat 89

Hill 48

Barlat 2000

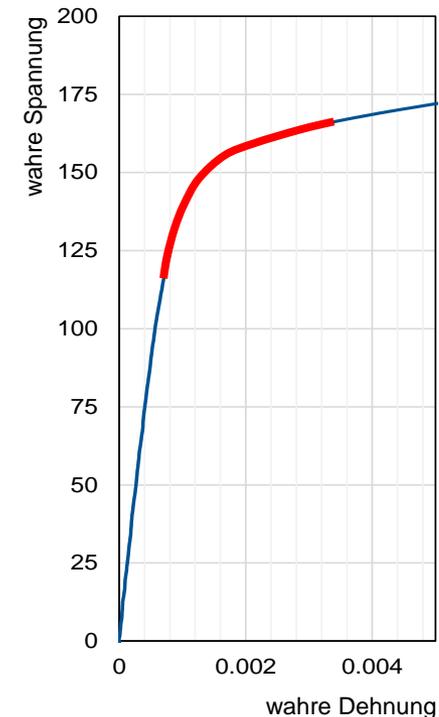
BBC 2005

# Ermittlung des Anfangsfließorts

## Herausforderung

- Stetiger Übergang von elastischer zu plastischer Formänderung (roter Bereich)
- Kein eindeutiger Fließbeginn bestimmbar

➔ Repräsentativer Wert notwendig



# Die $R_{p0,2}$ Streckgrenze

- Herkömmliche und weitverbreitete Methode
- Streckgrenze bei 0,2 % plastischer Dehnung
- Gut geeignet für den uniaxialen Zugversuch
- Arbeitsäquivalenzmethode für biaxiale Fließortermittlung notwendig



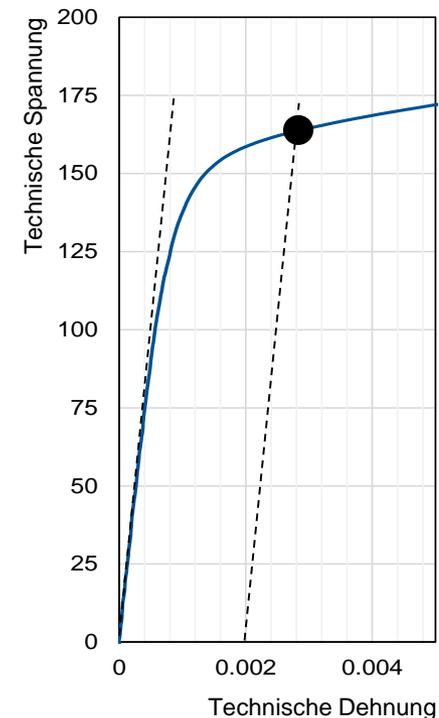
Keine zusätzliche Messtechnik notwendig



Annahmen für mehrachsigen Fließbeginn notwendig



Nicht direkt messbar



# Der thermoelastische Effekt (Joule-Thomson)

- Bestimmung der Streckgrenze über den Temperaturverlauf
- Ausnutzung des thermoelastischen Joule-Thomson-Effekts
- Blech kühlt während elastischer Deformation ab
- Energie der plastischen Deformation setzt Wärme frei
- Wendepunkt im Temperaturverlauf kann als Fließbeginn definiert werden



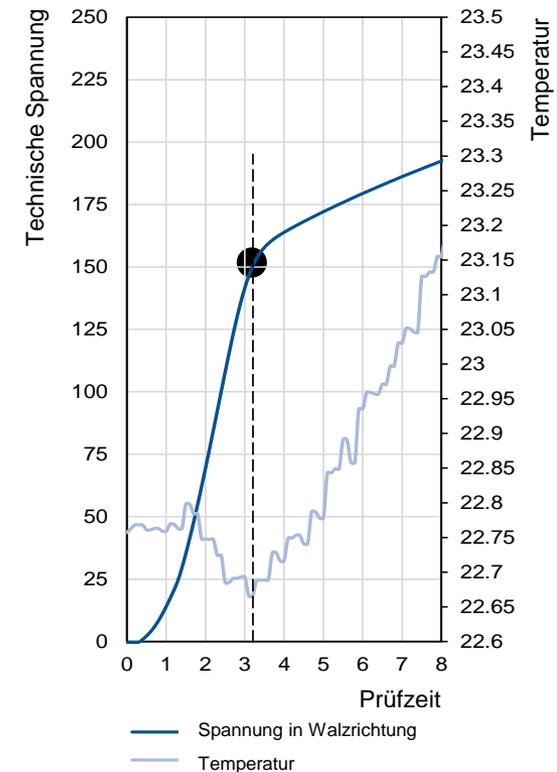
Direkter Zusammenhang zu phys. Effekt



Direkt messbar für beliebige Belastung



Zusätzliche Messtechnik notwendig



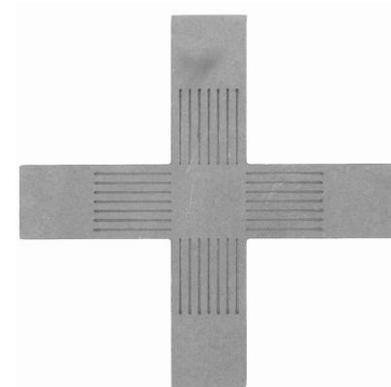
# Versuchsaufbau und –durchführung

## Probengeometrien



### Zugprobe

- Standard Zugprobe
- DIN 50125 – H 20 x 80
- DMS und taktile Dehnungsmessung

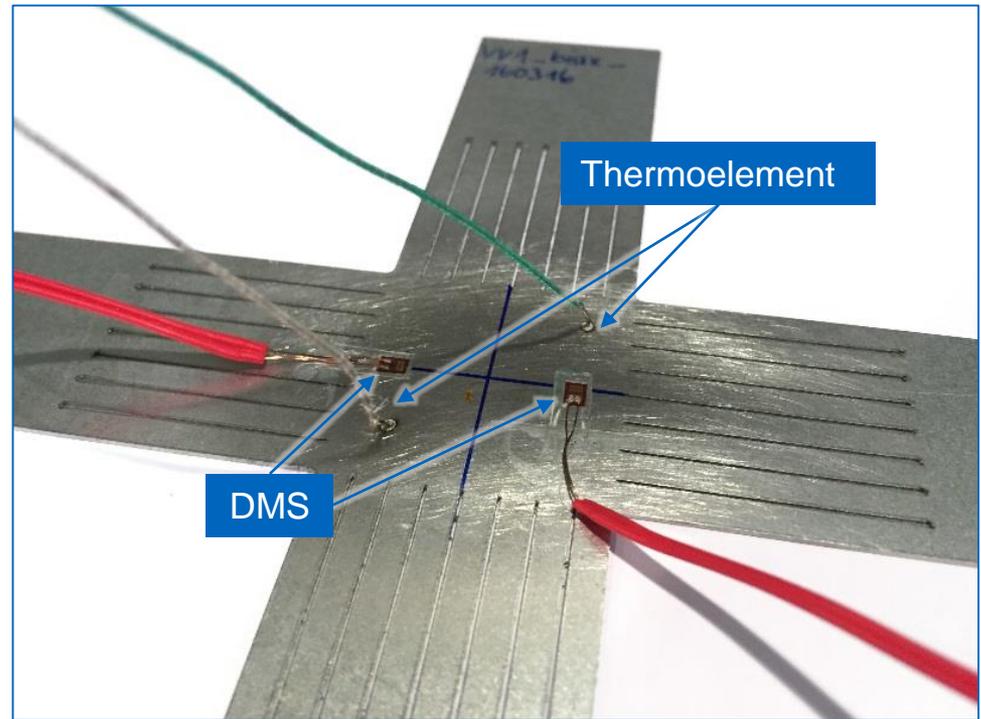
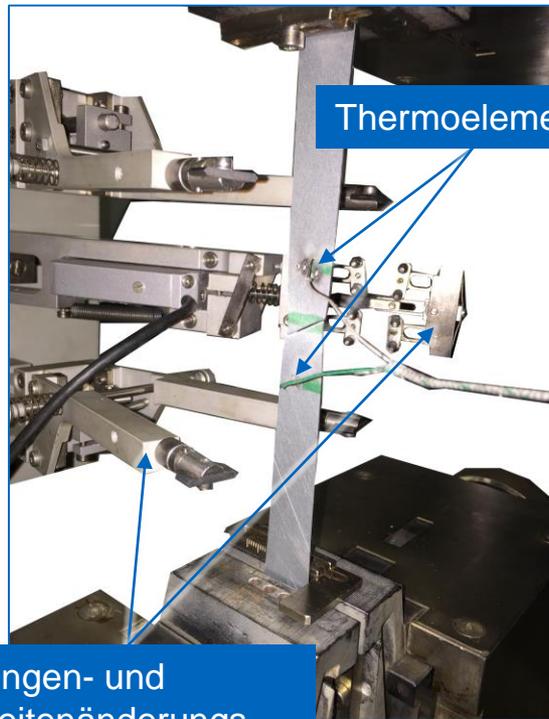


### Kreuzzugprobe

- Entwickelt von Kuwabara 1998
- ISO Norm 16842
- Schlitze dienen der homogenen Dehnungsverteilung
- DMS Dehnungsmessung

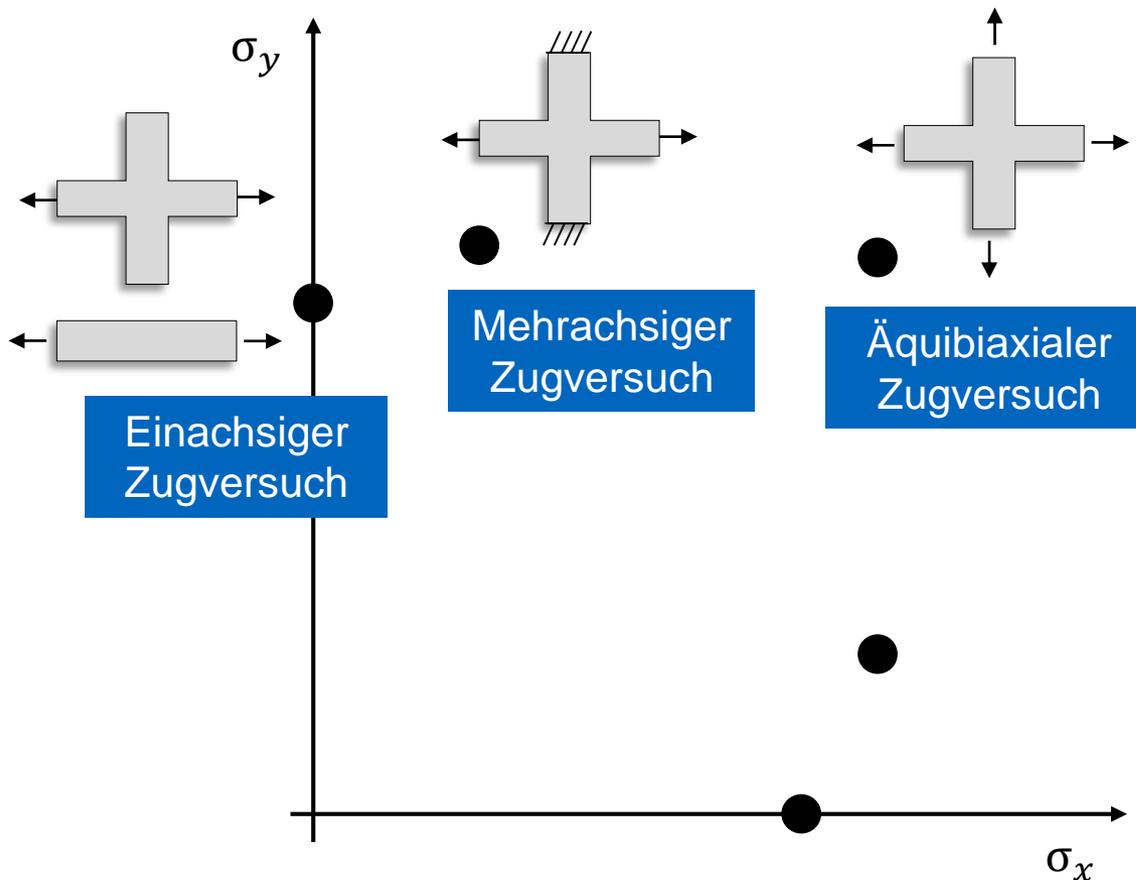
# Versuchsaufbau und –durchführung

## Messtechnik

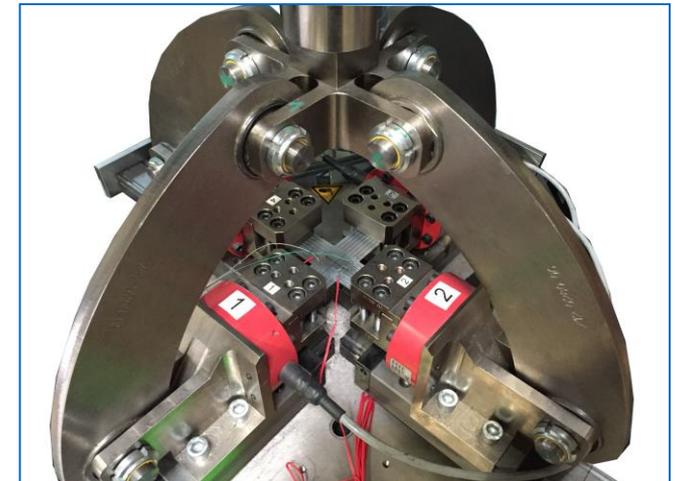


# Versuchsaufbau und –durchführung

Übersicht der durchgeführten ein- und mehrachsigen Zugversuche

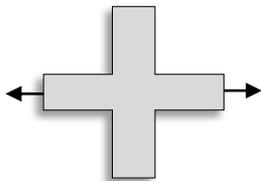


Kreuzzugwerkzeug

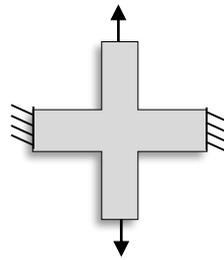


# Kreuzzugwerkzeug – Setup

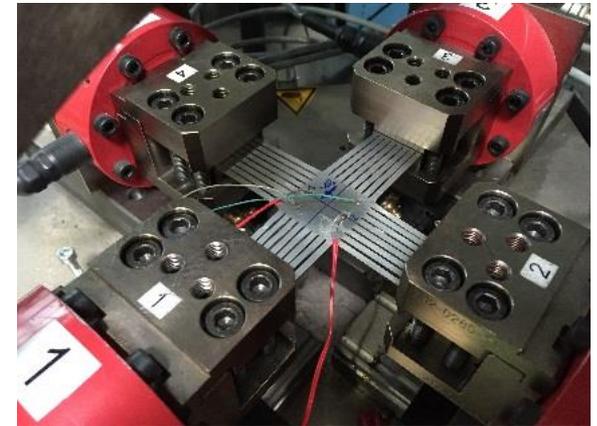
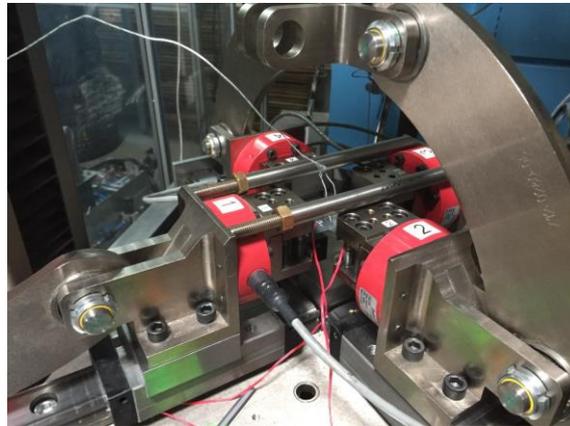
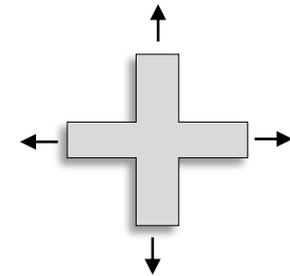
Einachsiger  
Zugversuch



Mehrachsiger  
Zugversuch

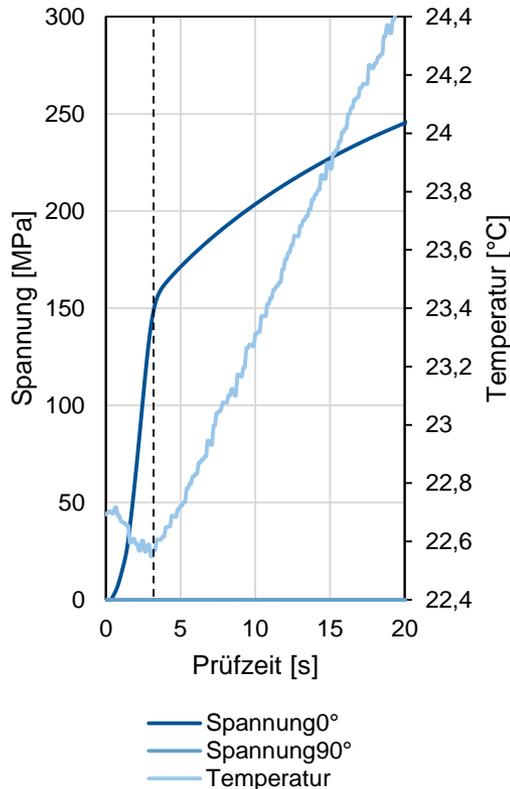


Äquibiaxialer  
Zugversuch

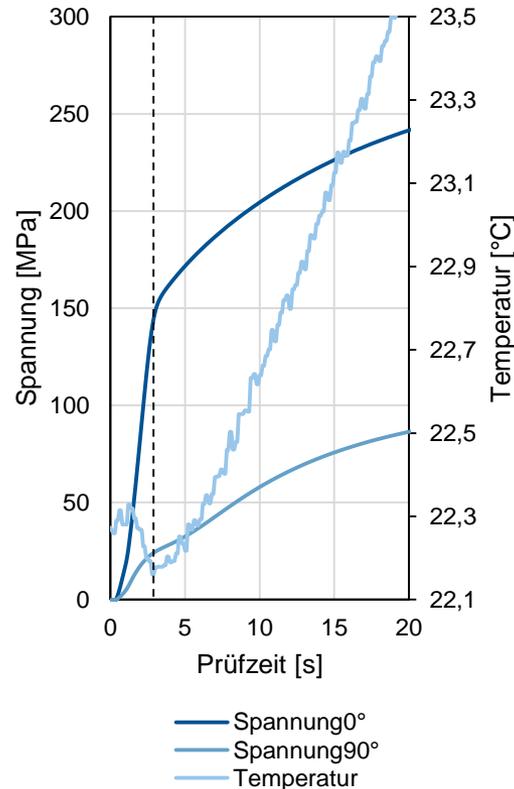


# Temperaturmessung

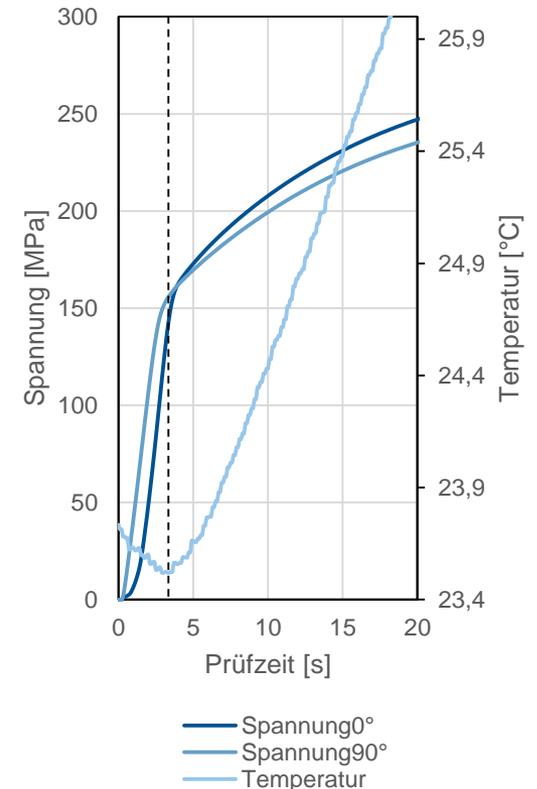
Einachsiger  
Zugversuch



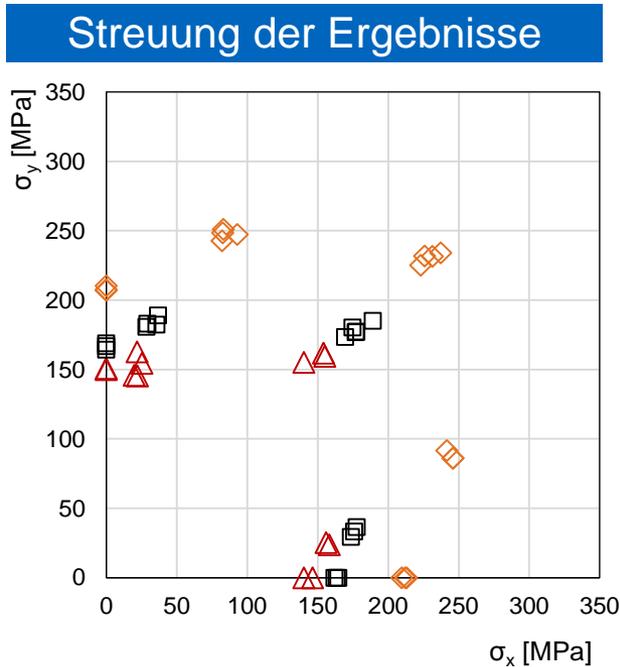
Mehrachsiger  
Zugversuch



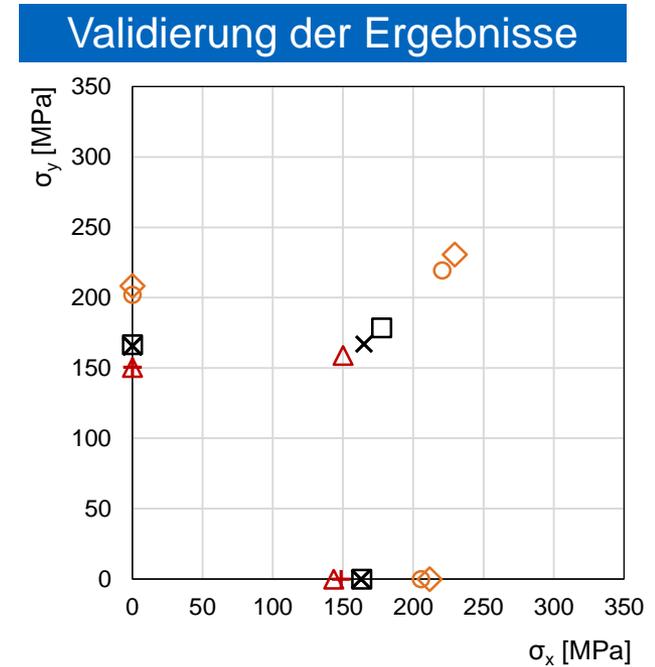
Äquibiaxialer  
Zugversuch



# Ergebnisse

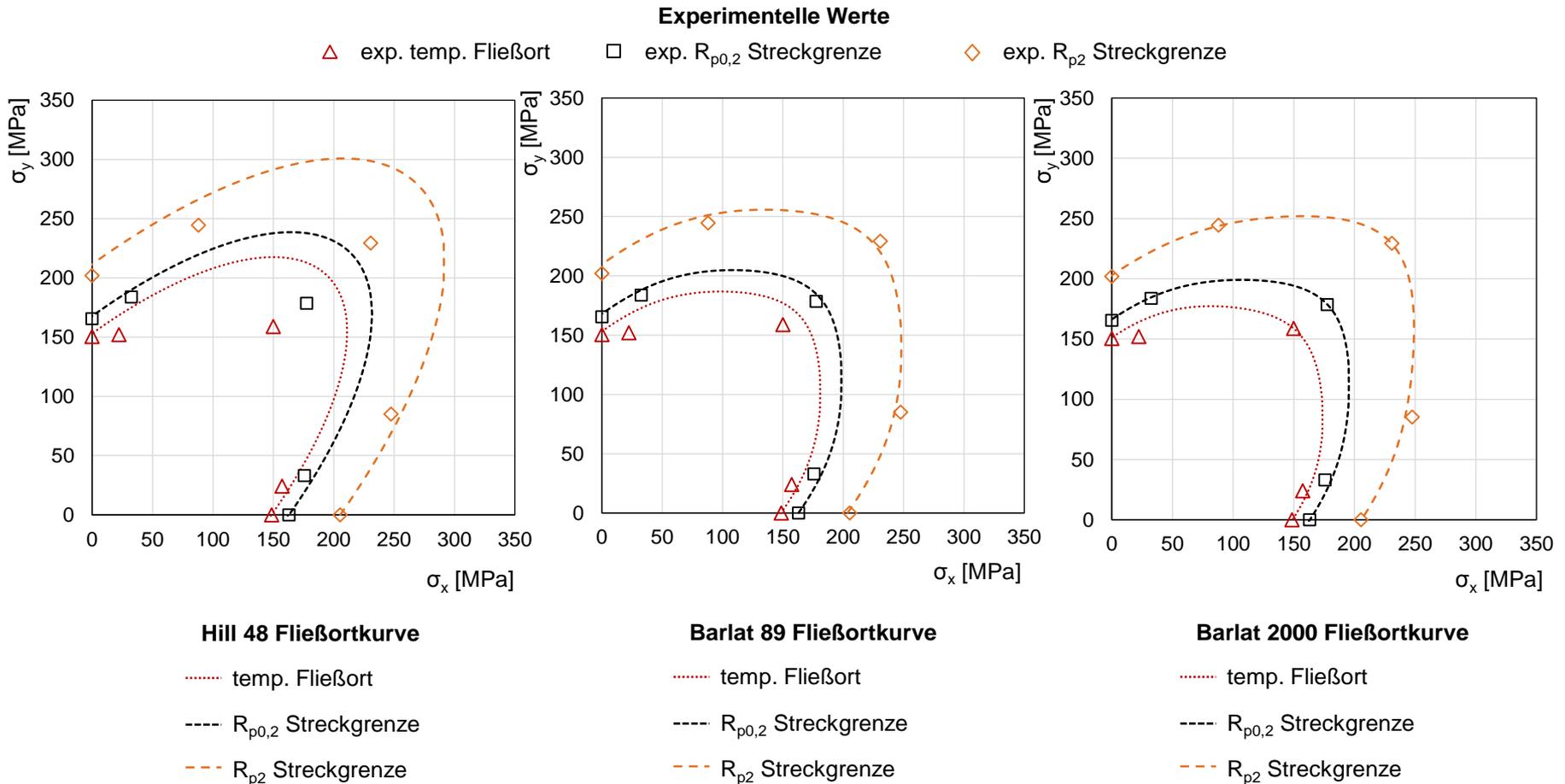


- △ temp. Fließort
- $R_{p0,2}$  Streckgrenze
- $R_{p2}$  Streckgrenze



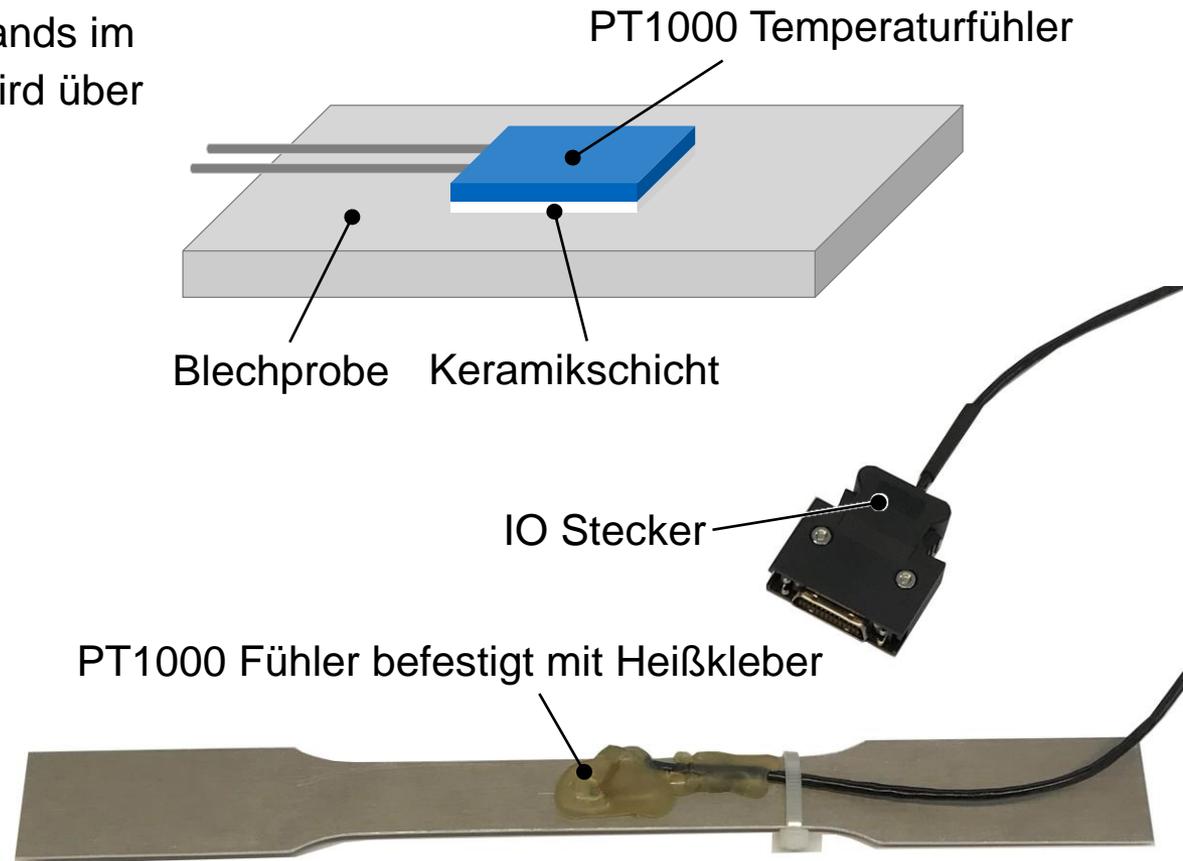
- |   |   |
|---|---|
| <p><b>Kreuzzugversuche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">△</span> temp. Fließort</li> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> <math>R_{p0,2}</math> Streckgrenze</li> <li><span style="border: 1px solid orange; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> <math>R_{p2}</math> Streckgrenze</li> </ul> | <p><b>Zug-/Bulgeversuche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">+</span> temp. Fließort</li> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle; text-align: center;">x</span> <math>R_{p0,2}</math> Streckgrenze</li> <li><span style="border: 1px solid orange; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle; text-align: center;">o</span> <math>R_{p2}</math> Streckgrenze</li> </ul> |
|---|---|

# Ergebnisse

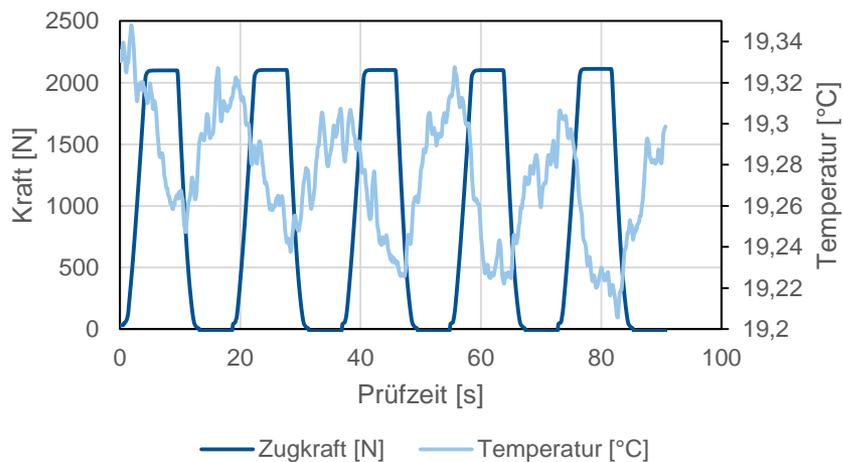
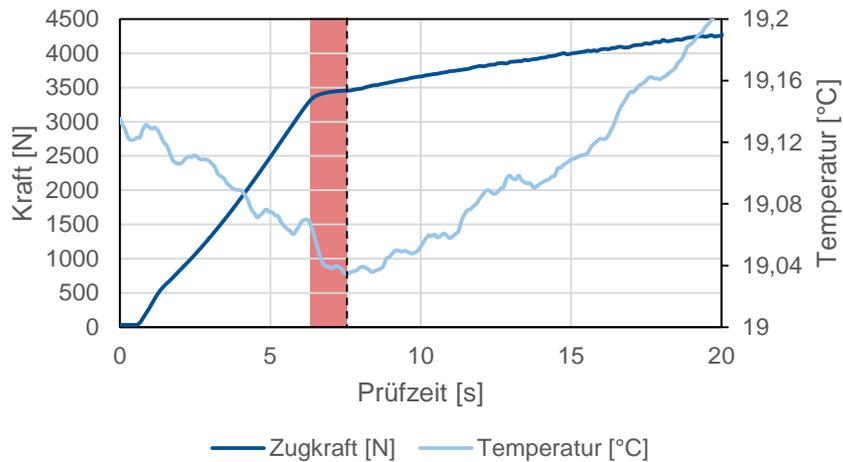


# Integrierte Temperaturmessung in TestXpert

Temperaturänderung in der Probe führt zur Änderung des elektrischen Widerstands im PT1000-Fühler. Spannungssignal wird über Kalibrierungsfunktion in Temperatur umgerechnet.



# Integrierte Temperaturmessung in TestXpert



# Ausblick

- Weitere Untersuchungen zur Temperaturmessung an der Probenoberfläche
- Optimierung der Messtechnik
- Validierung des Systems mit einem bestehenden System (Thermoelement)
- Entwicklung eines „Clip-On-Systems“ für die einfache, integrierte Temperaturmessung verschiedener Proben in TestXpert

## Ziel

Implementierung der Auswertemethodik in TestXpert

➔ Automatische Bestimmung der physikalischen Streckgrenze in TestXpert

# Vielen Dank.

**Simon Vitzthum, M.Sc.**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Technische Universität München  
Fakultät für Maschinenwesen  
Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen

Walther-Meißner-Str. 4  
85748 Garching b. München

Tel. +49 89 289 13999

Fax +49 89 289 13738

[simon.vitzthum@utg.de](mailto:simon.vitzthum@utg.de)

[www.utg.mw.tum.de](http://www.utg.mw.tum.de)

[www.tum.de](http://www.tum.de)

