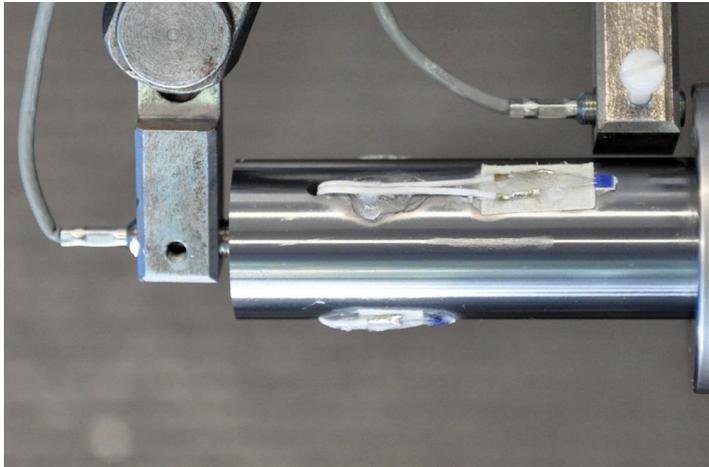


# Experimentelle Untersuchungen am rotierenden Werkzeug für spanbildende Prozesse



3. Kolloquium SFB/TRANSREGIO 96  
29.10. – 30.10.2013, Aachen

Dipl.-Ing. Michael Bräunig  
Institut für Werkzeugmaschinen und  
Produktionsprozesse  
TU Chemnitz

## Zielstellung

### Thermisches Verhalten von Werkzeug und Werkzeugaufnahme

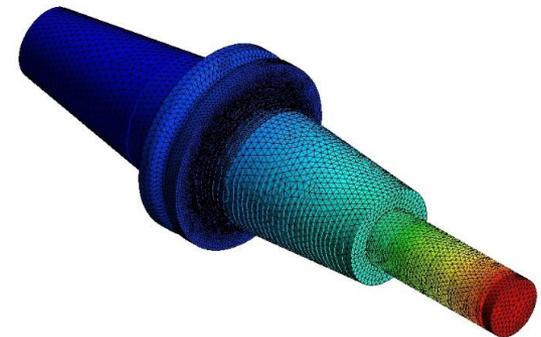
- Identifizierung des Wärmestroms unter Berücksichtigung des Wärmeübergangs an den Schnittstellen
- Bestimmung der thermo-elastischen Verformung

Versuch



verifizieren

Simulation

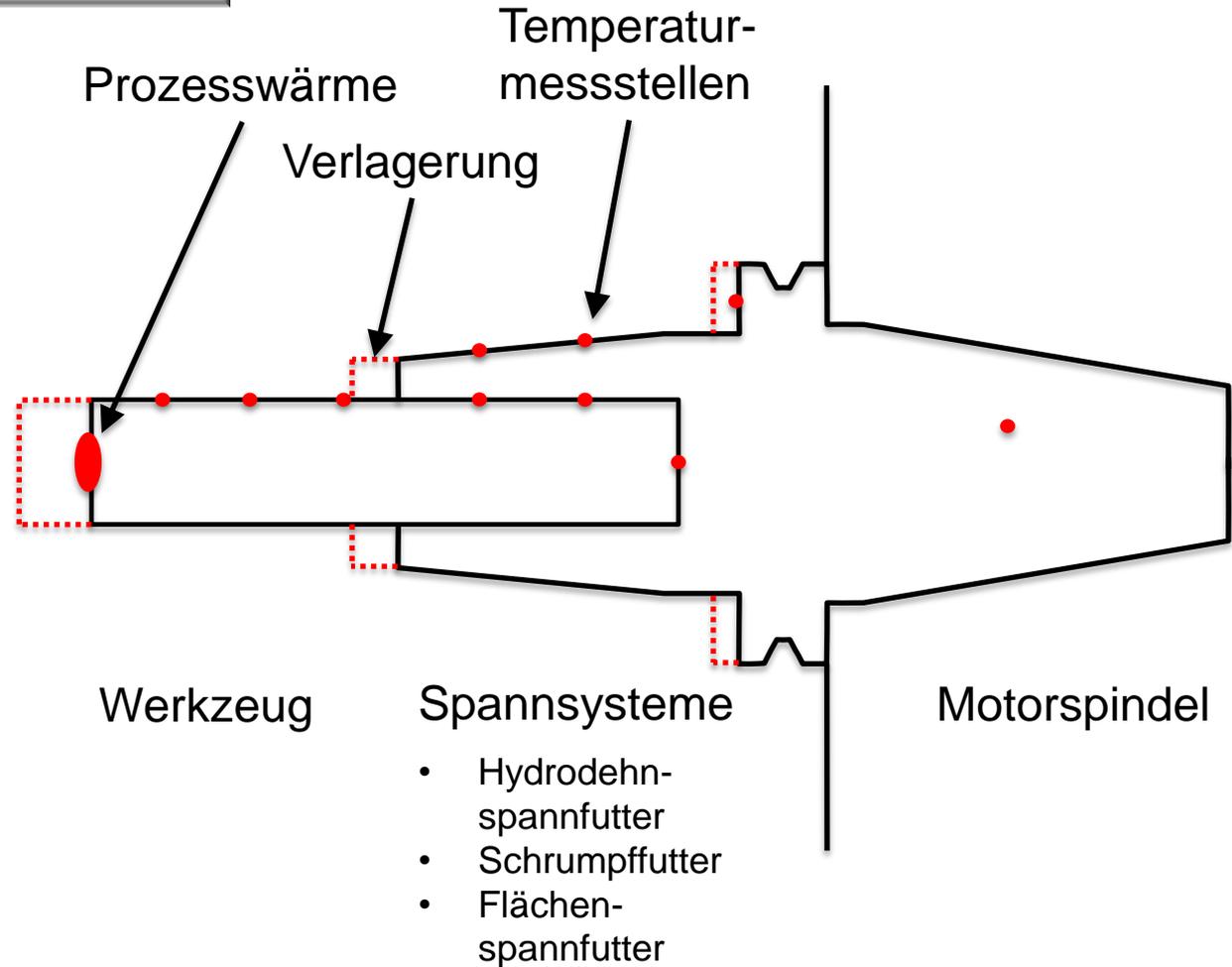


## Inhalt

- **Experimentelle Methoden**
- Versuchsaufbau
- experimentelle Untersuchungen
- Zusammenfassung und Ausblick

## Untersuchungsgegenstand

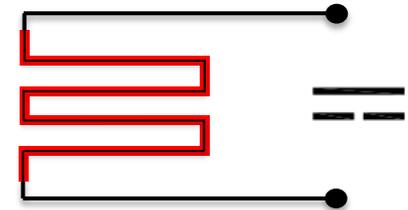
- Prozesswärme zuführen
- Temperaturfelder erfassen
- Verlagerung messen
- Versuchsaufbau rotierend
- Einsatz von kühlenden Fluiden



## Wärmequellen

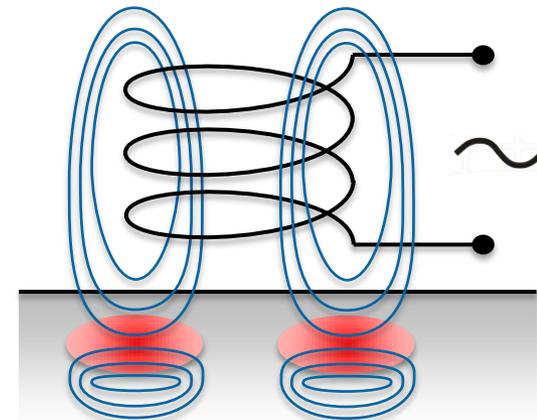
### Heizwiderstand

- Erwärmung durch den Spannungsabfall am elektrischen Widerstand
- Wärme muss in das Werkzeug geleitet werden
- direkte Erwärmung der Umgebung
- berührende Erwärmung



### Induktive Erwärmung

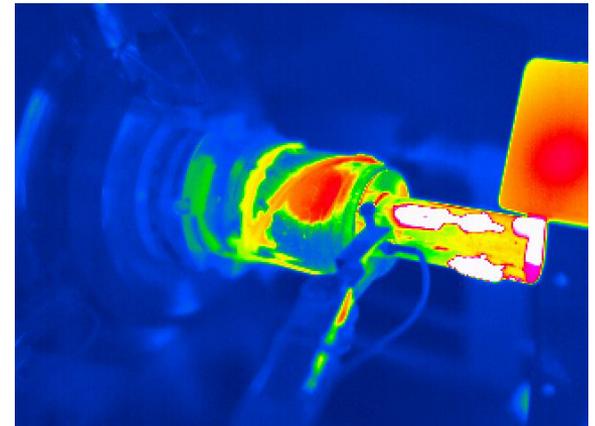
- Erwärmung durch Wirbelstromverluste
- Wärme entsteht im Werkzeug
- Indirekte Erwärmung der Umgebung
- berührungslos



## Temperaturmessung

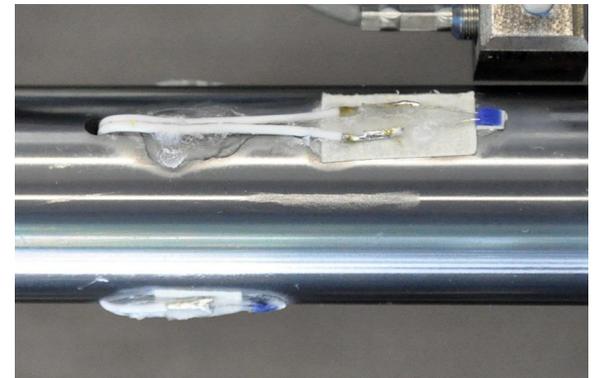
### Thermografie

- Intensität der Infrarotstrahlung proportional zur Temperatur
- Unter Einsatz von Kühlmittel schwierig
- Nur Oberflächentemperaturen ermittelbar



### Widerstandsthermometer

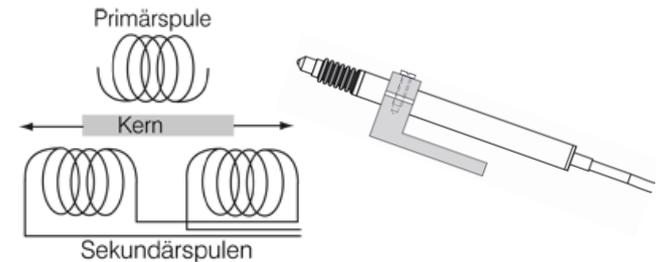
- Elektrische Widerstand ist Temperaturabhängig
- Pt100 Messfühler, Pt1000 Dünnschichtsensorik
- Sensorik muss Bauteil kontaktieren
- Messungen an schwer zugänglichen Stellen
- Signale müssen aus Rotation übertragen werden (Telemetrie / Schleifringübertrager)



## Verlagerungsmessung

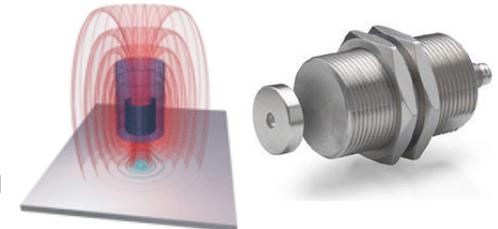
### Induktive Wegaufnehmer

- Linearer Variabler Differential Transformator
- Berührend, kompakt, verschleißfrei



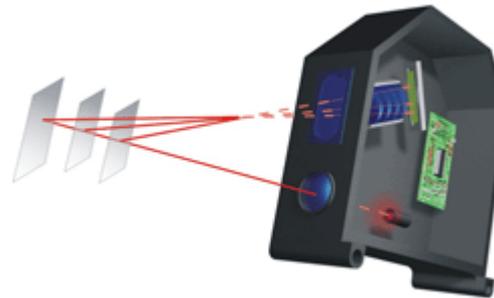
### Wirbelstromsensorik

- Resultierender Wechselstromwiderstand ist zum Messabstand Messobjekt / Spulenspule proportional
- Berührungslos, hohe Präzision, schmutzunempfindlich

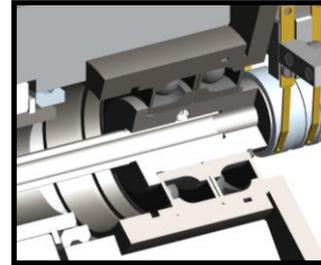


### Lasersensor

- Triangulationsmessverfahren
- Hohe Auflösung

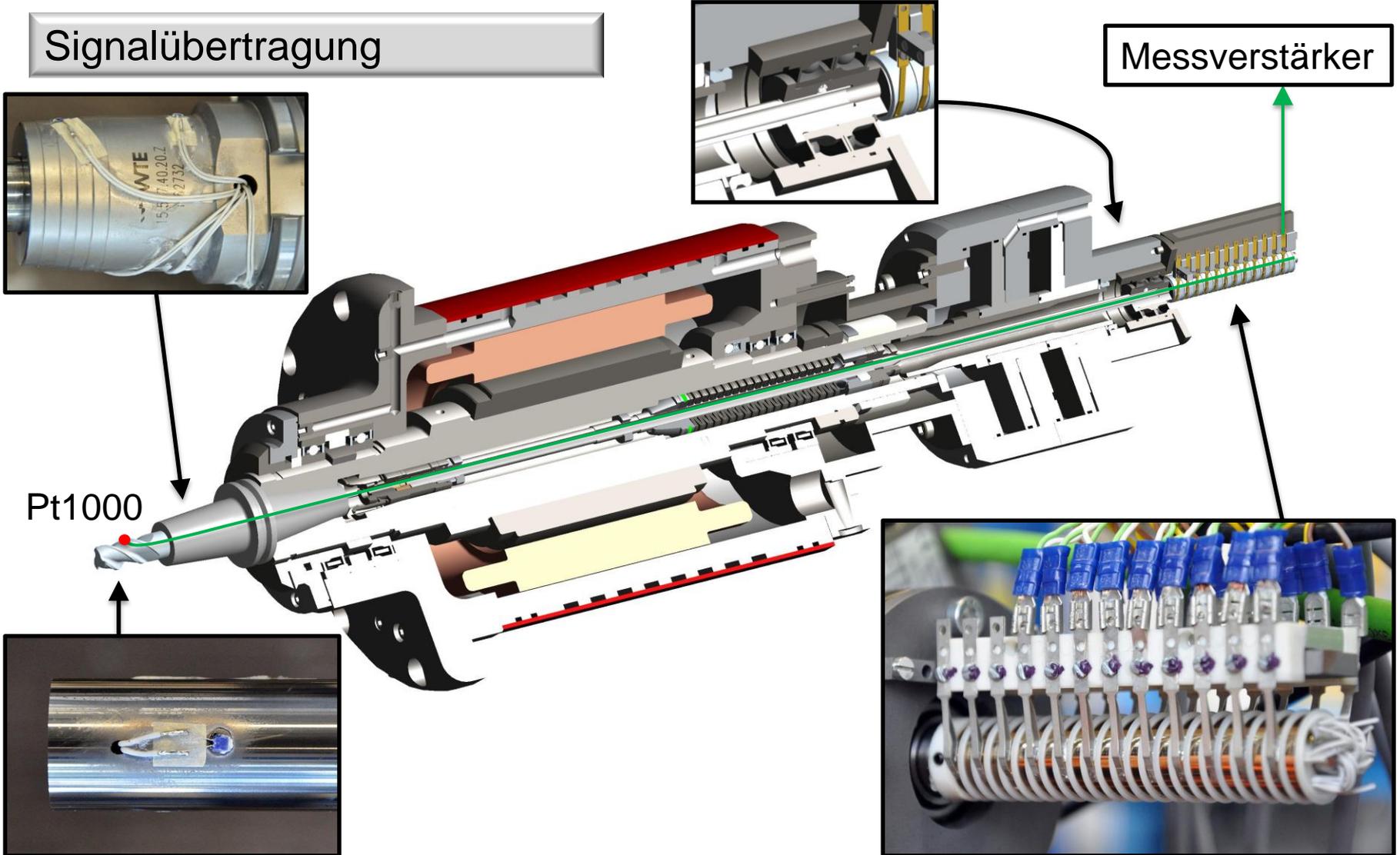
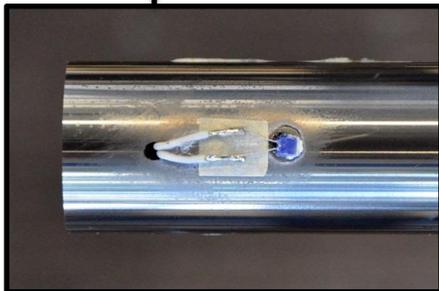


Signalübertragung



Messverstärker

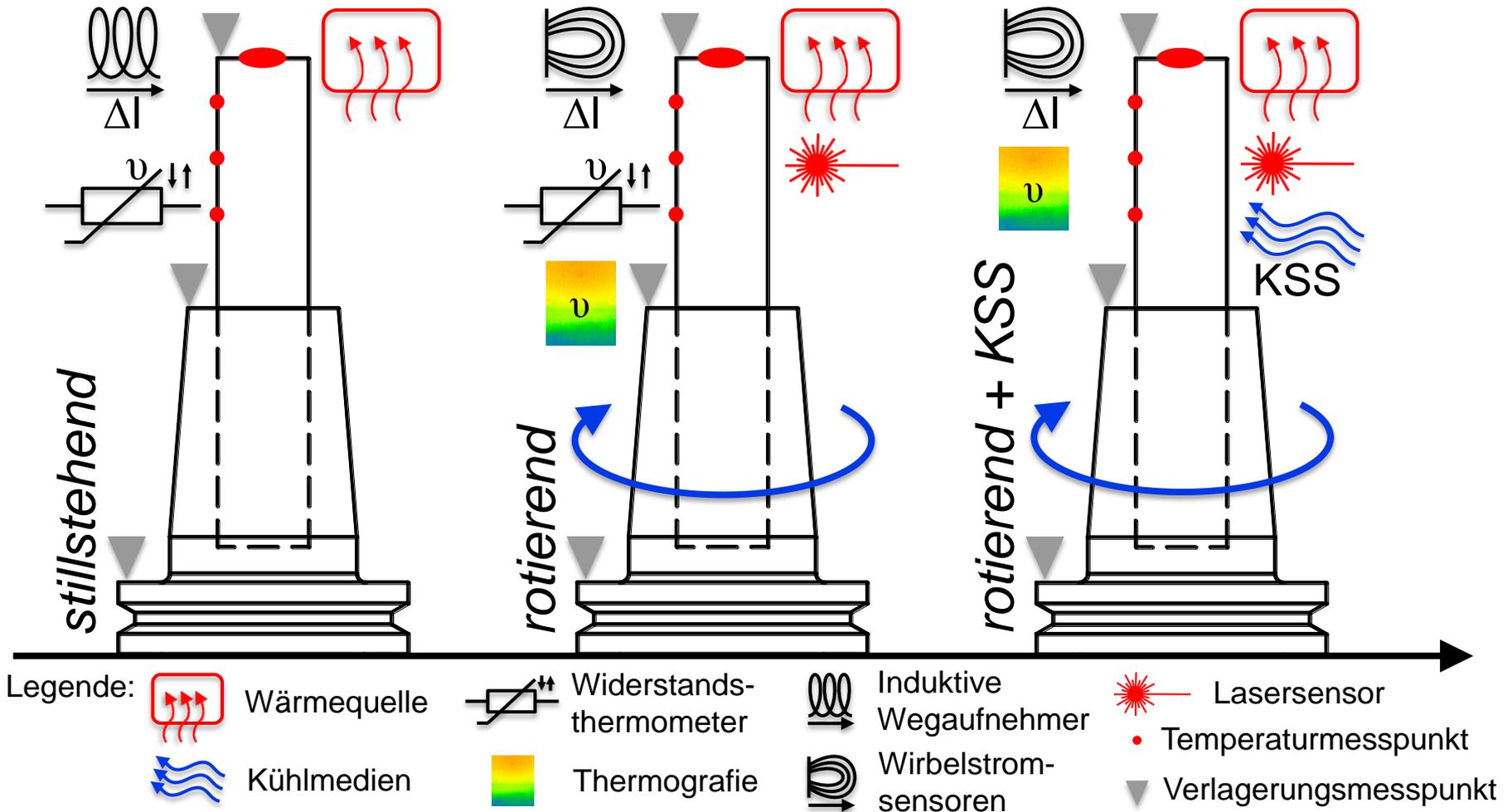
Pt1000



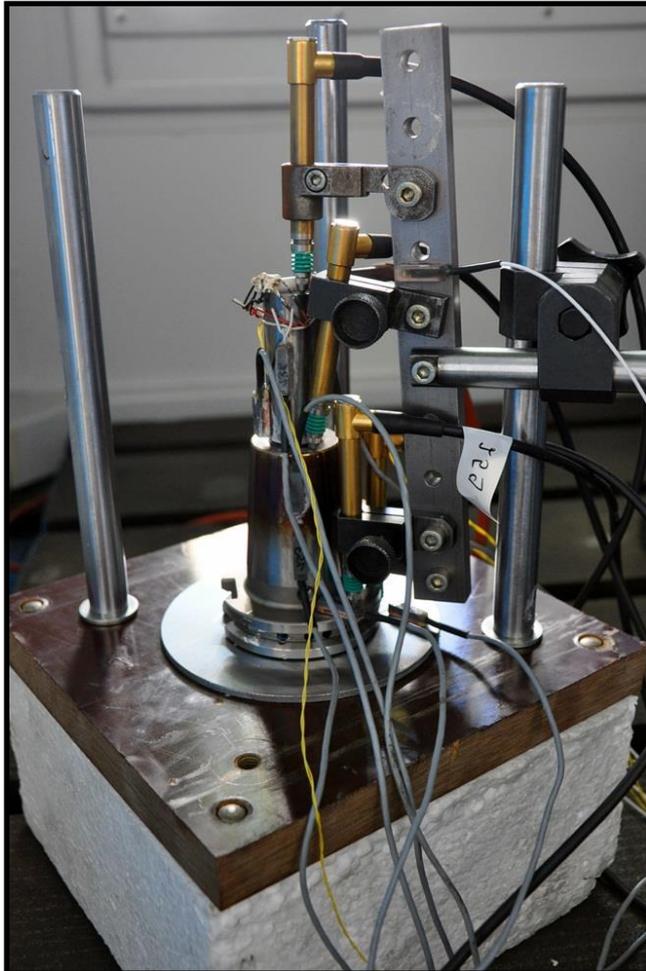
## Inhalt

- Experimentelle Methoden
- **Versuchsaufbau**
- experimentelle Untersuchungen
- Zusammenfassung und Ausblick

# Messprinzipien



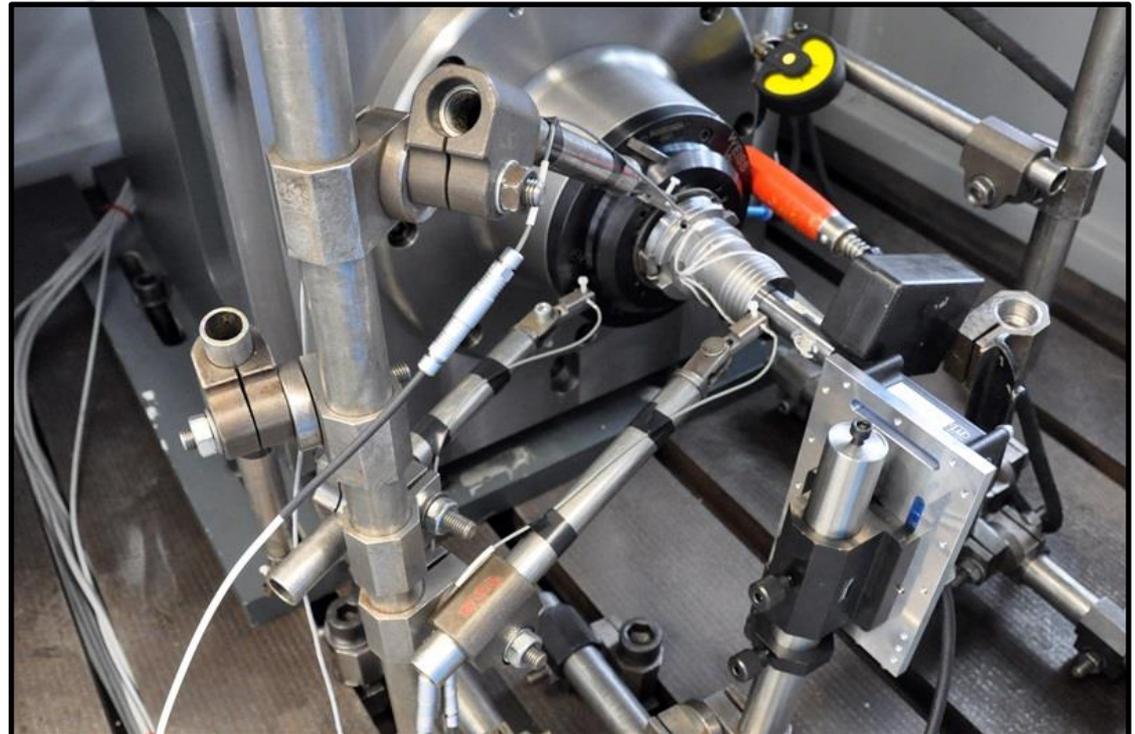
## Versuchsaufbau



„feststehend“



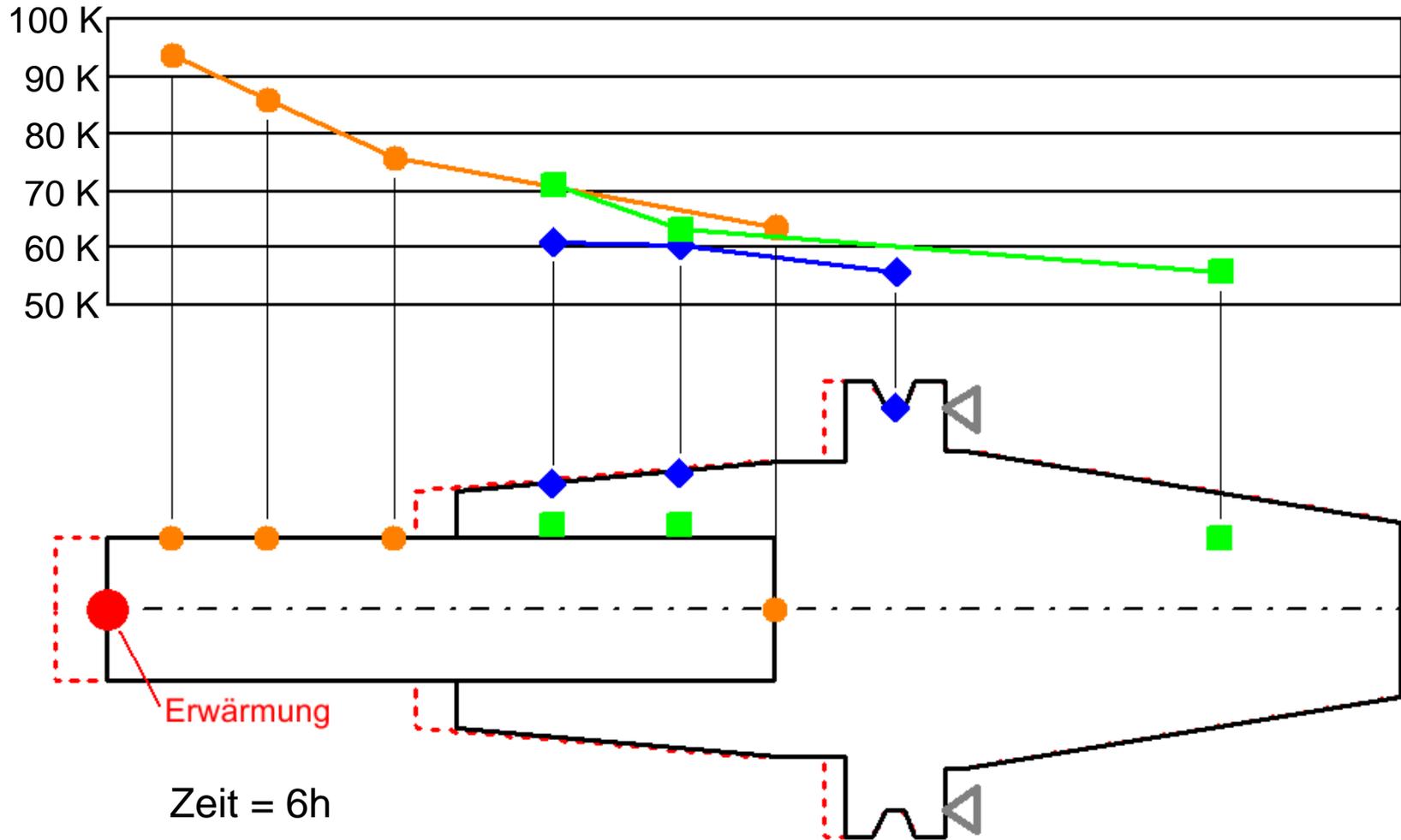
„rotierend“



## Inhalt

- Experimentelle Methoden
- Versuchsaufbau
- **experimentelle Untersuchungen**
- Zusammenfassung und Ausblick

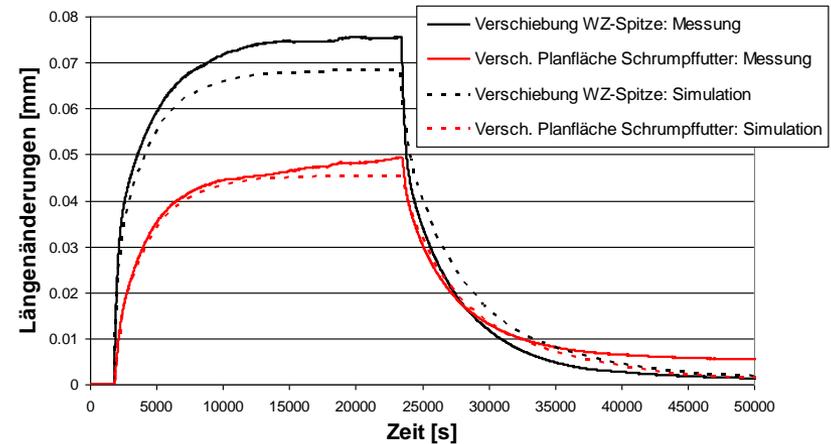
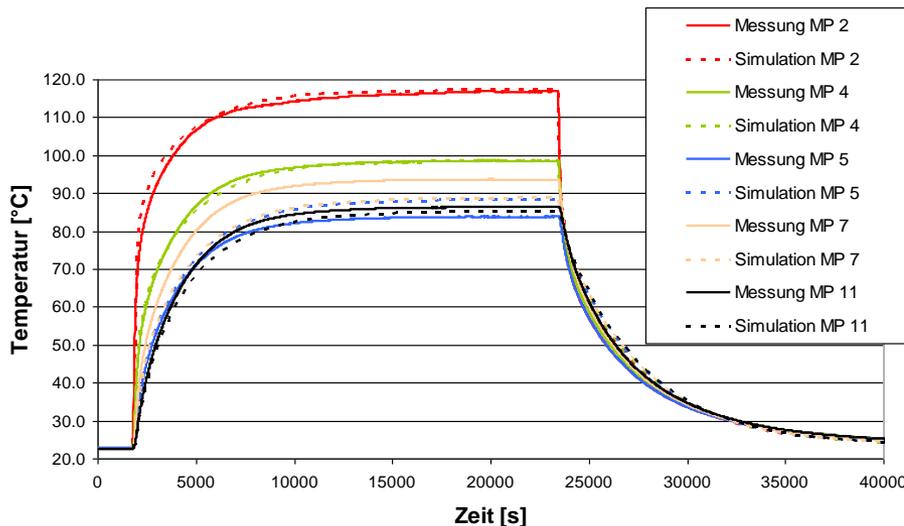
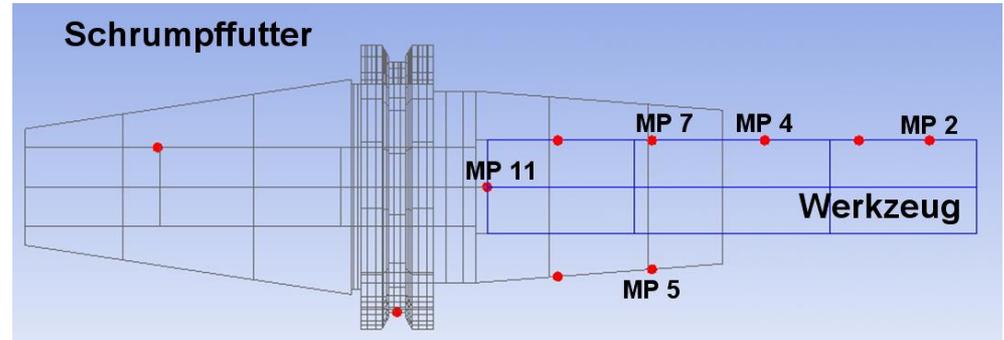
# Parameteridentifizierung



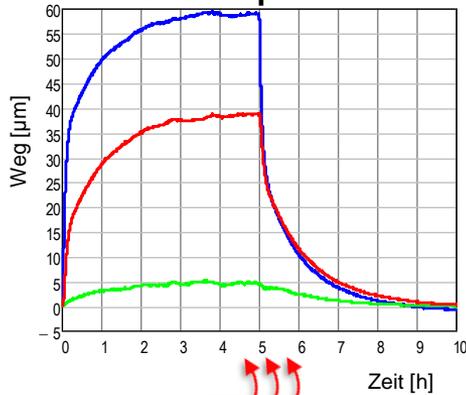
# Parameteridentifizierung

## Vergleich der Messergebnisse mit FE-Simulation

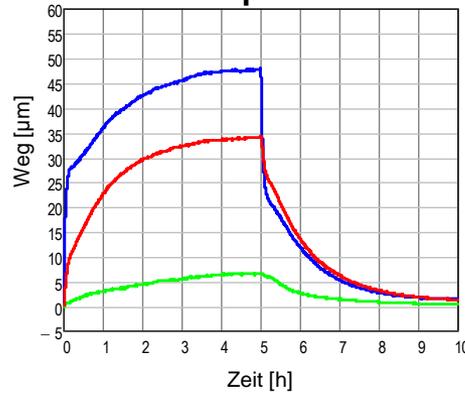
- Gute Übereinstimmung
- Wärmeübergänge wurden berechnet
- Zusammenarbeit mit TP B02



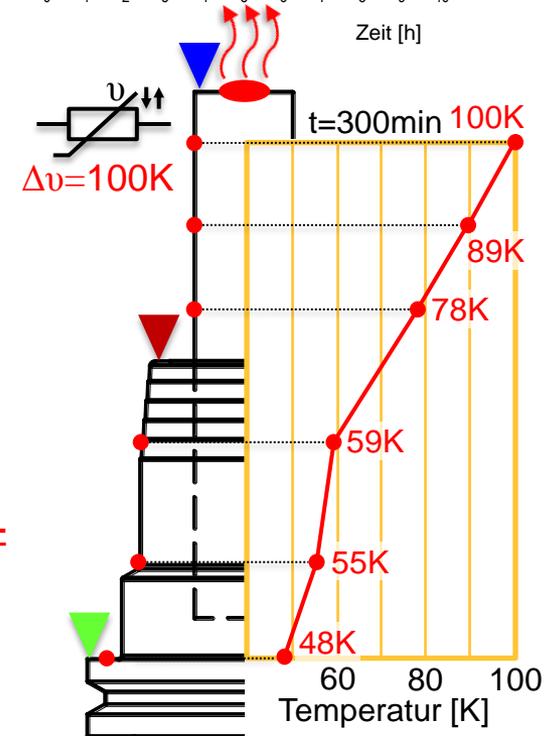
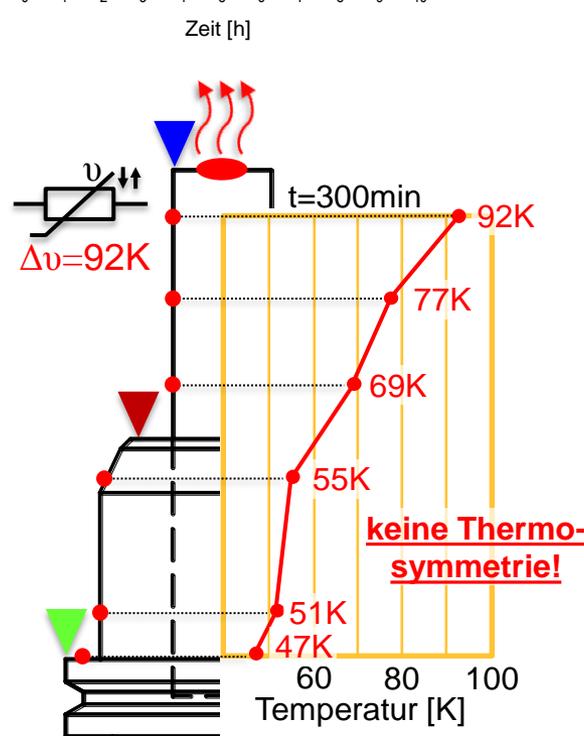
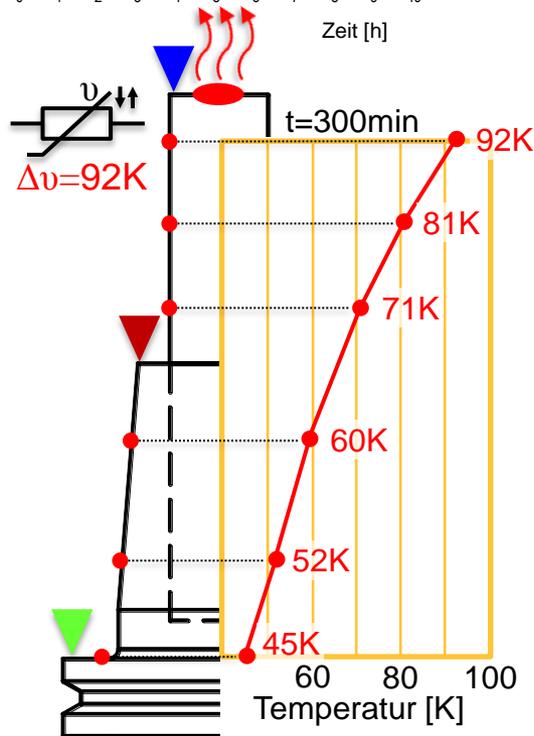
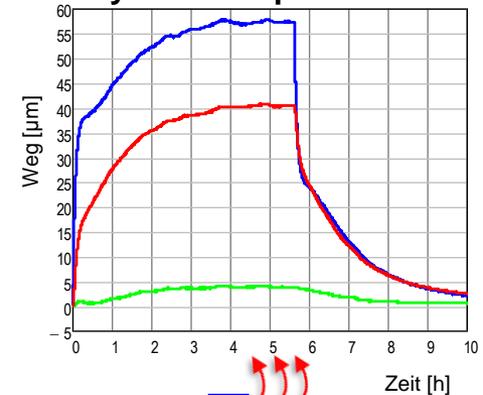
Schrumpffutter



Flächenspannfutter

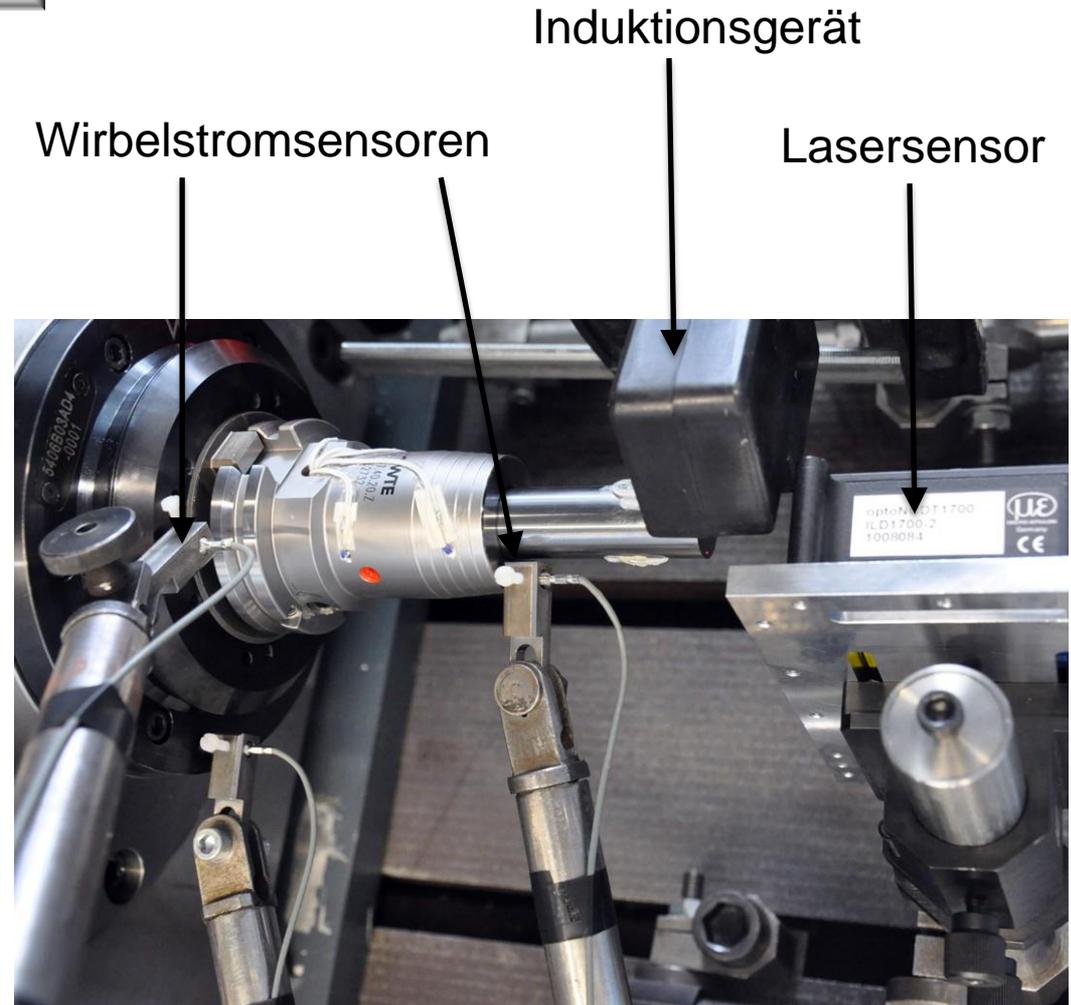


Hydrodehnspannfutter

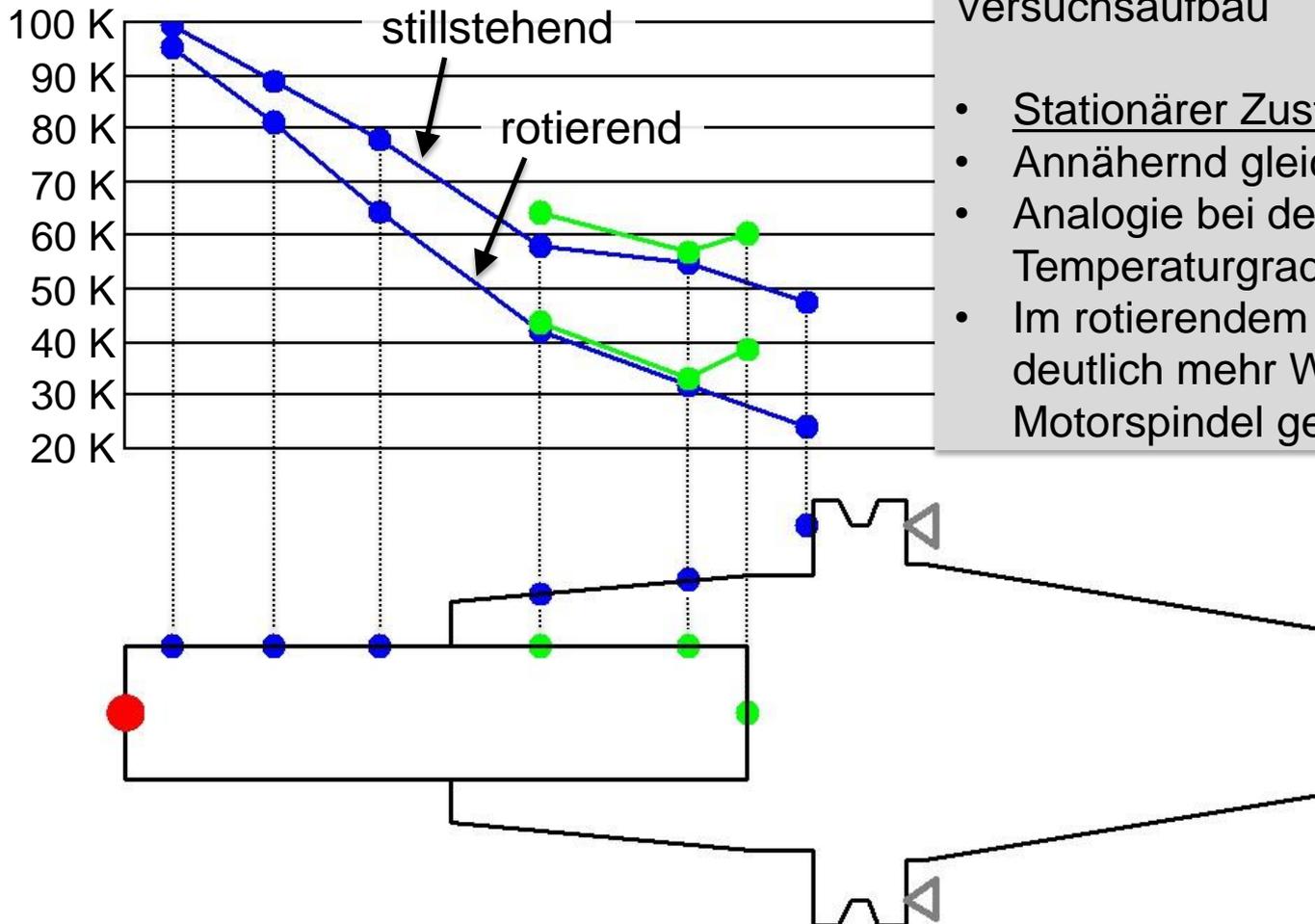


## Versuchsaufbau „rotierend“

- Wärme wird nicht von außen in das Werkzeug geleitet sondern im Werkzeug selbst erzeugt
- Einfluss der Motorspindelkühlung wird berücksichtigt
- Selbsterregte Strömungen kühlen Werkzeug und Spannsystem
- Bei der natürliche Konvektion ist zwischen horizontalen und vertikalen Aufbau zu unterscheiden



## Ergebnisse

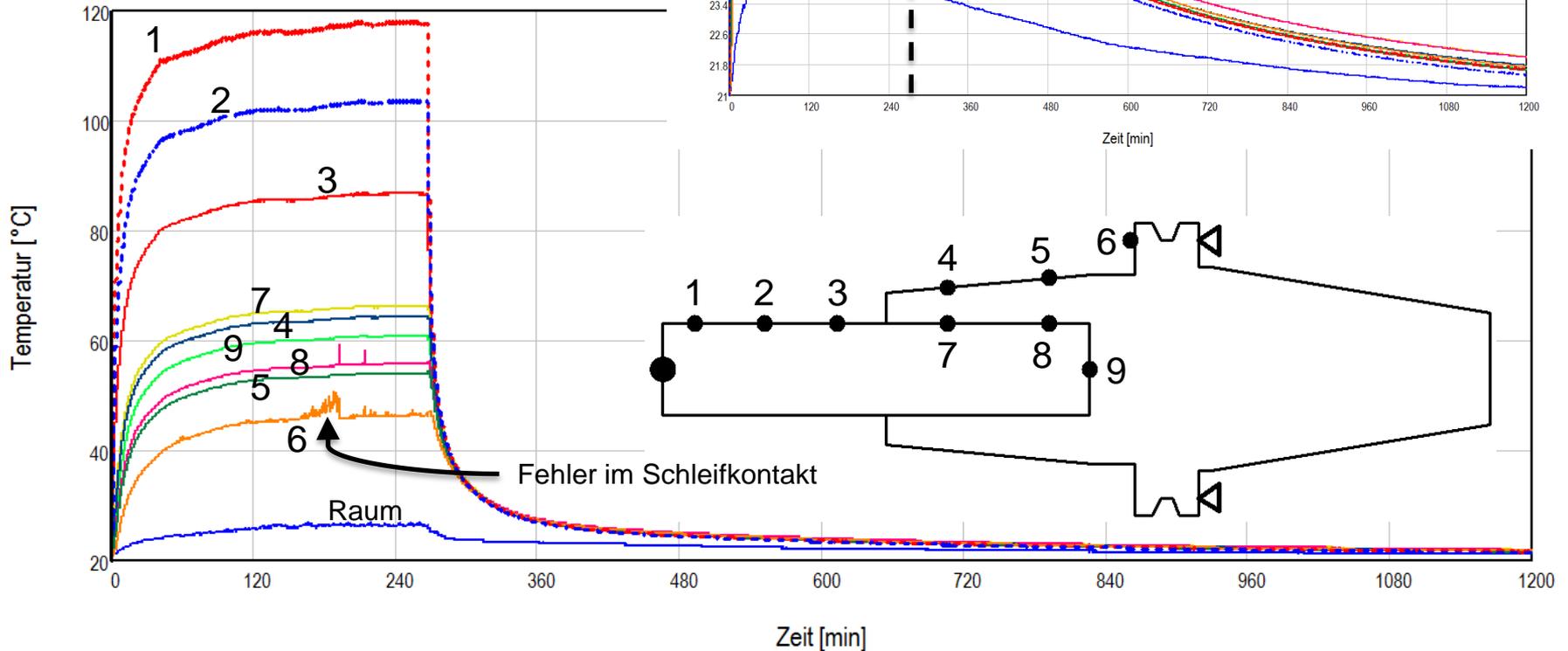
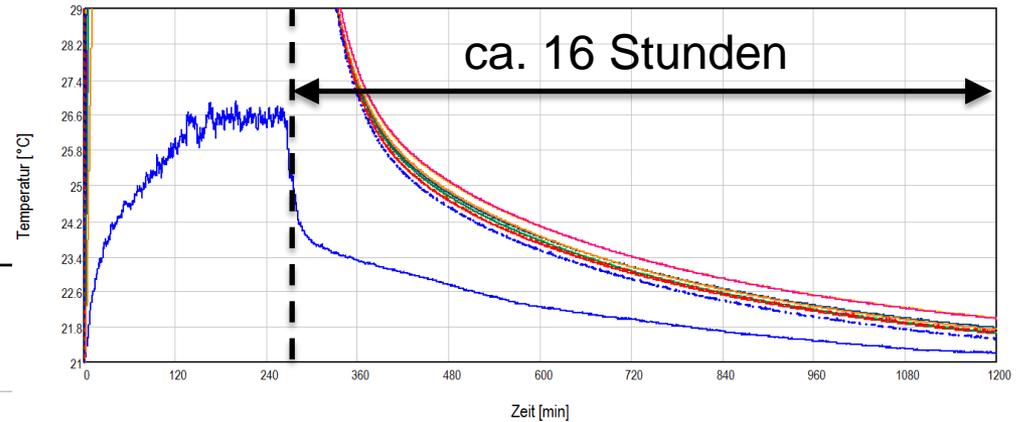


Vergleich der Temperaturmessstellen zwischen stehendem und rotierendem Versuchsaufbau

- Stationärer Zustand
- Annähernd gleiche Prozesswärme
- Analogie bei den Temperaturgradienten
- Im rotierendem Versuchsaufbau wird deutlich mehr Wärme in die Motorspindel geleitet

# Ergebnisse

- Rotierender Versuchsaufbau
- Hoher Temperaturabfall
- Hoher Wärmeeintrag
- Signalübertragungsfehler



## Bemerkungen

- Die Kühlschmierstoffanlage temperiert die Motorspindel auf eine Temperatur von ca. 30°C. Dadurch wird viel Wärme in die Motorspindel vom Werkzeug abgeleitet.
- Um den Einfluss selbsterregter Strömungen zu untersuchen sollten für die stillstehenden Versuche eine kleine Drehzahl gewählt werden. Der Wärmeeintrag erfolgt sonst nicht rotationssymmetrisch.
- Es folgen umfangreiche Untersuchungsreihen hinsichtlich kritischer Drehzahlen, bzw. Drehzahlen bei denen die Signale anfangen zu rauschen.
- Die positionierte Dünnschichtsensorik am Werkzeug sowie die angestellte Messtechnik begünstigen Turbulenzen. Diese sind in der Simulation schlecht abbildbar.
- Wärmeeintrag an der Schneidkante ist nicht trivial. Die Möglichkeiten der Einstellung sowie der messtechnischen Erfassung sind sehr begrenzt.

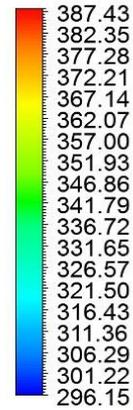
## Inhalt

- Experimentelle Methoden
- Versuchsaufbau
- experimentelle Untersuchungen
- **Zusammenfassung und Ausblick**

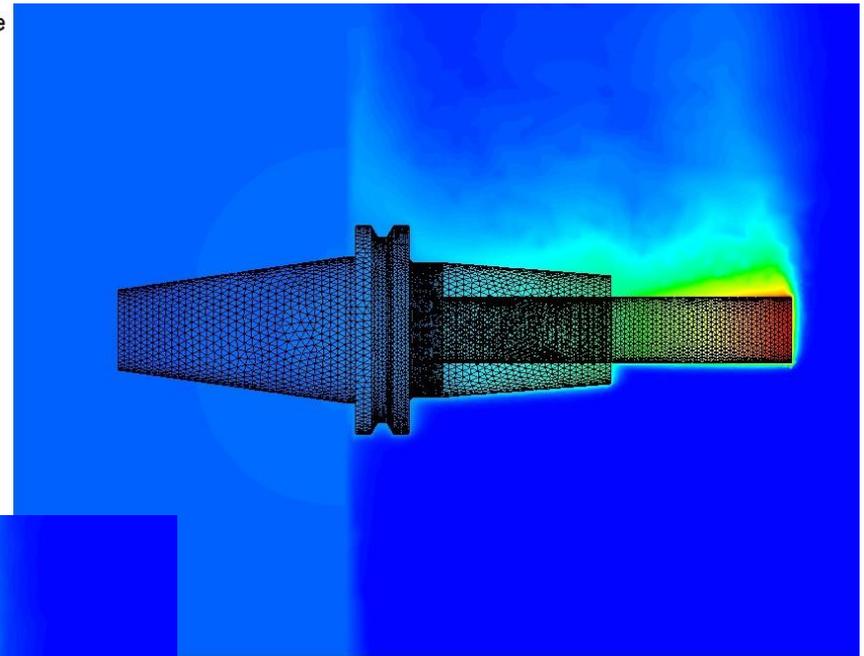
## Strömungssimulation

- Einfluss der natürlichen Konvektion durch aufsteigende Luft
- Einfluss der selbsterregten Strömung um das Werkzeug und Spannsystem

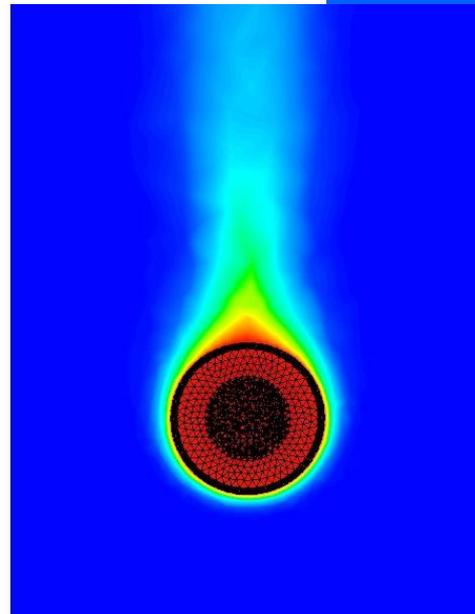
Temperature  
Contour 1



[K]



0 0.025 0.050 0.075 0.100 (m)



Luft- und Werkzeugtemperatur am rotierenden Werkzeug:

- Werkzeugdrehzahl: 1000 1/min (ruhende Luft)
- Schneidentemperatur: ca. 114°C

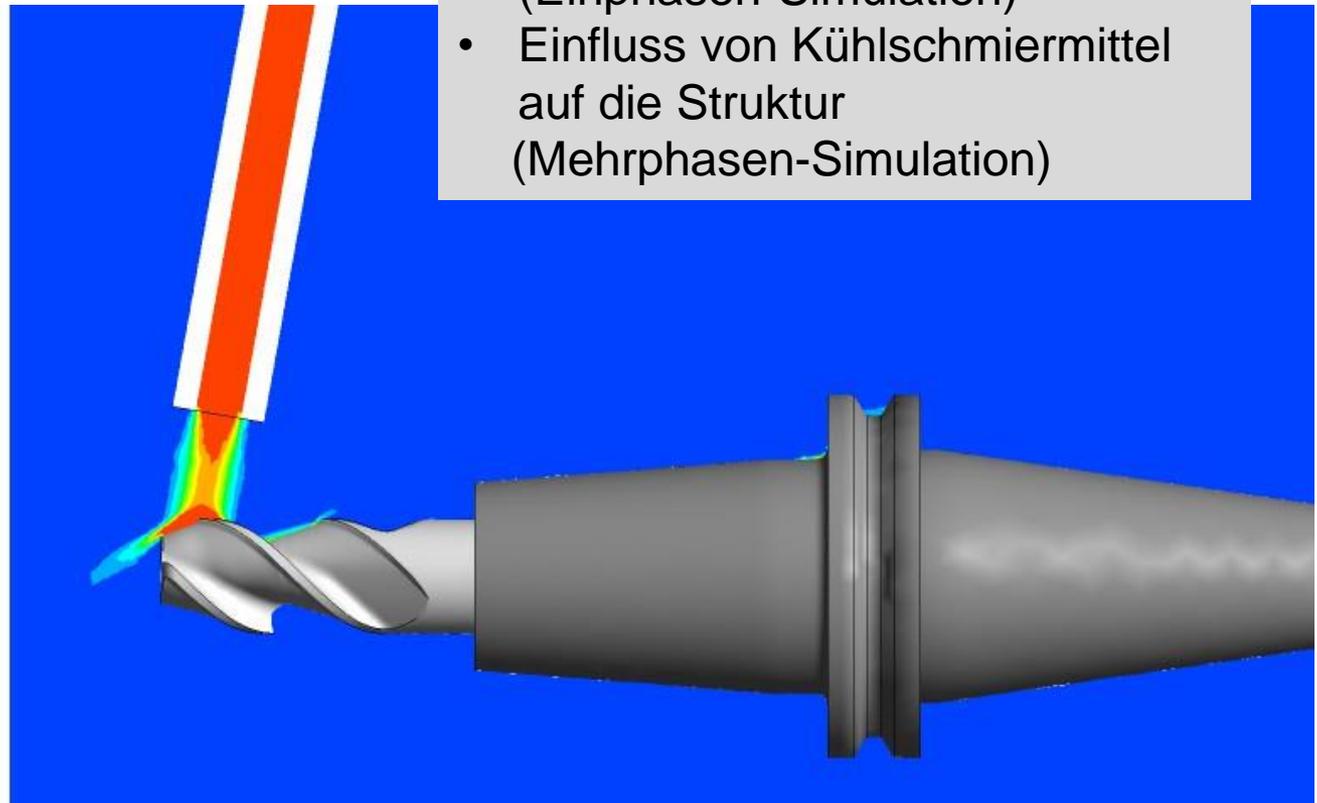
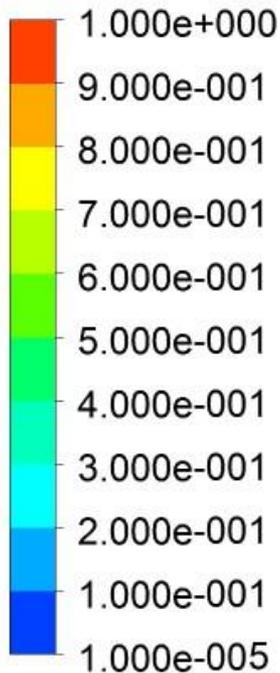
## Strömungssimulation

Mehrphasen-Simulation mit  
Kühlschmiermittel und Luft:

- Werkzeugdrehzahl: 1000 1/min
- Ausströmungsgeschwindigkeit des Kühlmittels: ca. 10 m/s

- Einfluss fremderregter Strömungen
- Kühlwirkung angeströmter Luft (Einphasen-Simulation)
- Einfluss von Kühlschmiermittel auf die Struktur (Mehrphasen-Simulation)

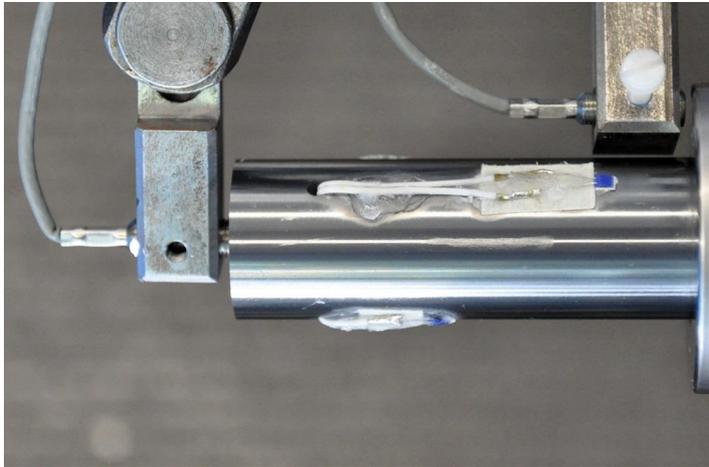
WATER.Volume Fraction  
Contour 1



## Zusammenfassung

- Die Versuchsreihe für das stillstehende Werkzeug konnte abgeschlossen werden. Spannsysteme wurden miteinander verglichen.
- Der Versuchsstand für das rotierende Werkzeug konnte erfolgreich in Betrieb genommen werden.
- Für die Signalübertragung wurde ein Schleifringübertrager in den Messaufbau integriert. Damit kann an ausgewählten Stellen Dünnschichtsensorik positioniert und Signale übertragen werden.
- Die Wiederholgenauigkeit zum stehendem Versuchsaufbau ist ausreichend genau, wobei weitere Randbedingungen im Messaufbau berücksichtigt werden können.
- Bisherige Versuchsergebnisse werden mit Simulationen verifiziert.
- Fremderregte einphasige Strömungen sollen im Versuchsaufbau integriert werden.

## Vielen Dank



3. Kolloquium SFB/TRANSREGIO 96  
29.10. – 30.10.2013, Aachen

Dipl.-Ing. Michael Bräunig  
Institut für Werkzeugmaschinen und  
Produktionsprozesse  
TU Chemnitz