

Eigenstressen in geometrisch komplexen Schmiedeteilen

C. Krempaszky, J. Repper, M. Hofmann, E. Werner

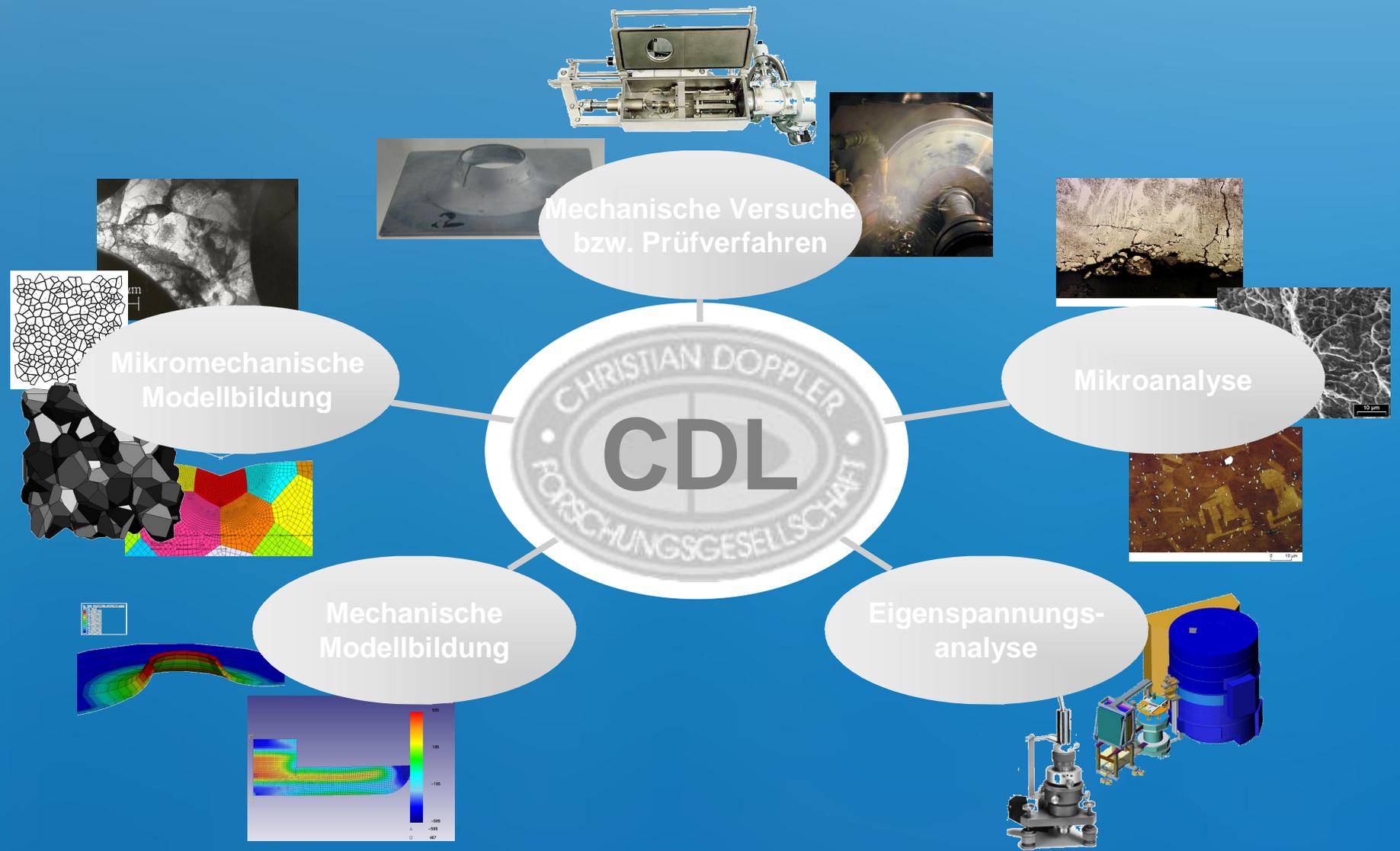


Christian Doppler Research Association
Christian Doppler Laboratory
Material Mechanics of High Performance Alloys
Technical University of Munich, Germany

Übersicht

- ✓ Christian Doppler Laboratorium für Werkstoffmechanik von Hochleistungslegierungen
- ✓ Eigenspannungen in Schmiedeteilen
- ✓ Verzugsmessungen
- ✓ Bohrlochverfahren (mod. Bohrlochverfahren)
- ✓ Neutronendiffraktometrie

Kompetenzen des Christian Doppler Laboratoriums am WKM



Forschungsschwerpunkt Eigenspannungen & Verzug

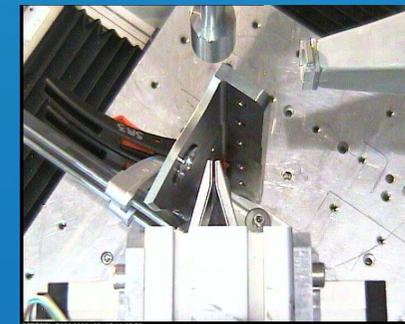
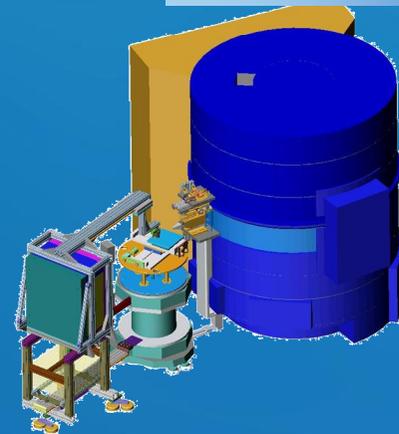
Verzugsmessung bei Bauteilbearbeitung



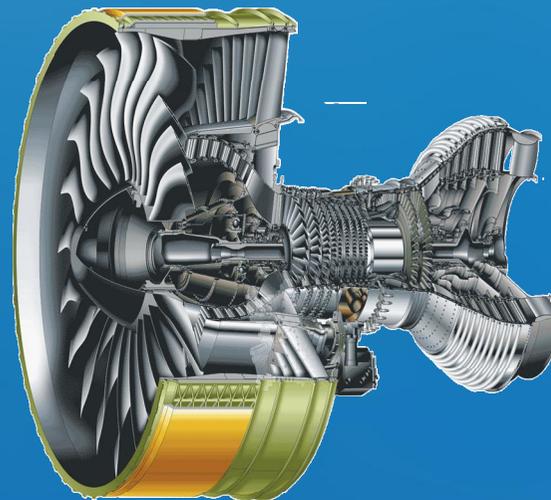
ESPI gestütztes Bohrlochverfahren



Neutronendiffraktometrie
STRESS-SPEC, FRM II



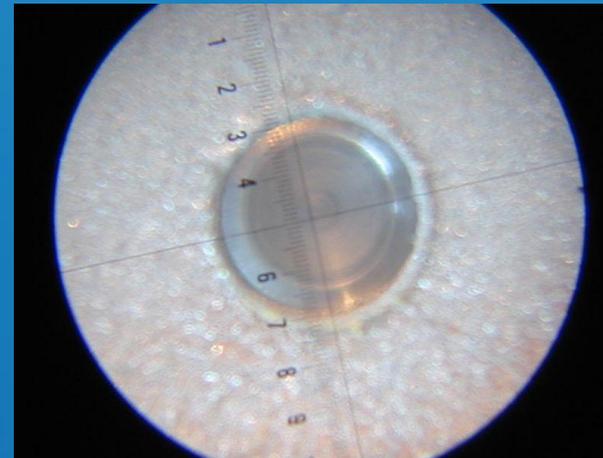
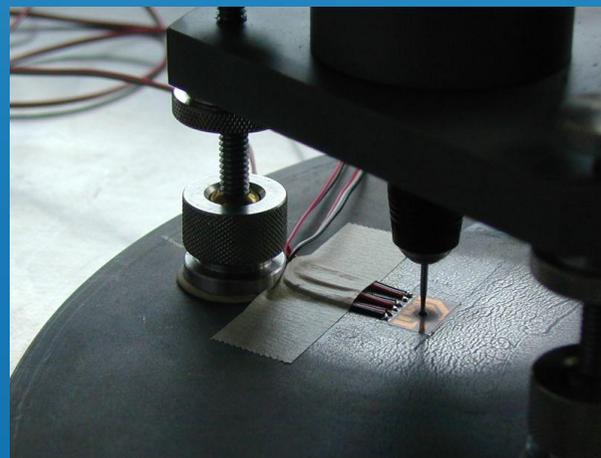
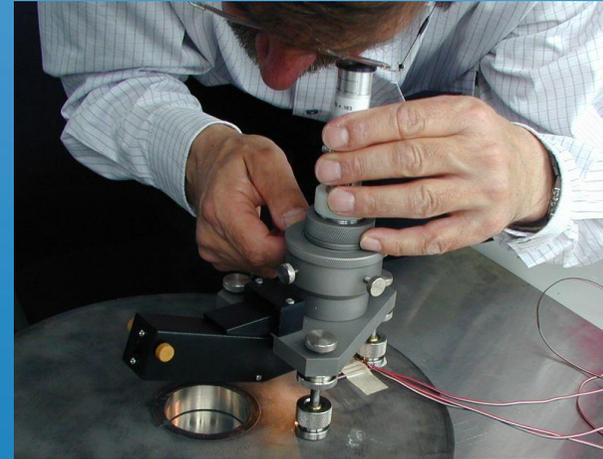
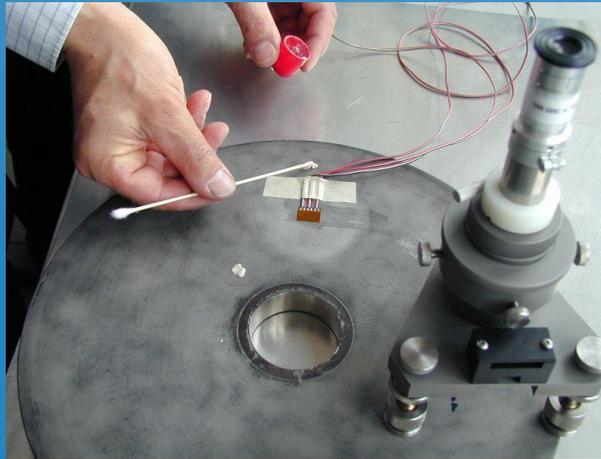
Schmiedeteile für Luftfahrtanwendungen



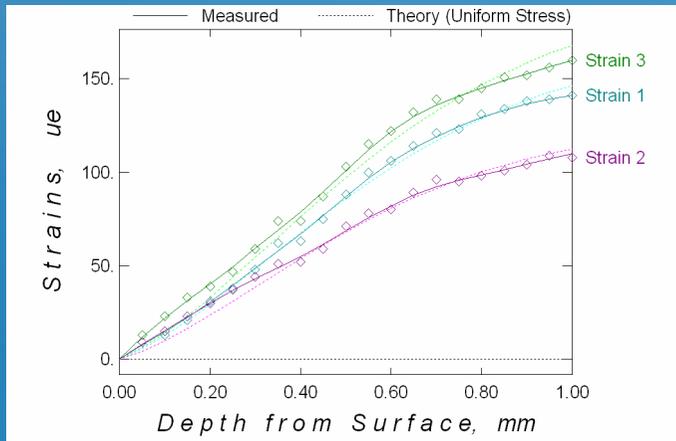
Eigenstressen

- Werden insbesondere durch den Herstellungsprozess in das Bauteil eingebracht
- Können vorteilhafte oder nachteilige Auswirkung auf die Bauteil- und Materialeigenschaften
- Wirken auf unterschiedlichen Skalen (Makro- / Mikroelgenstressen)
- Lassen sich nur indirekt nachweisen – Messgrößen sind immer Dehnungsänderungen bzw. Gitterabstände

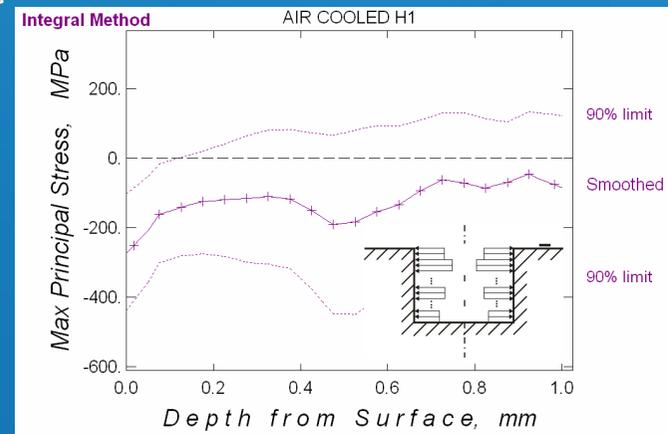
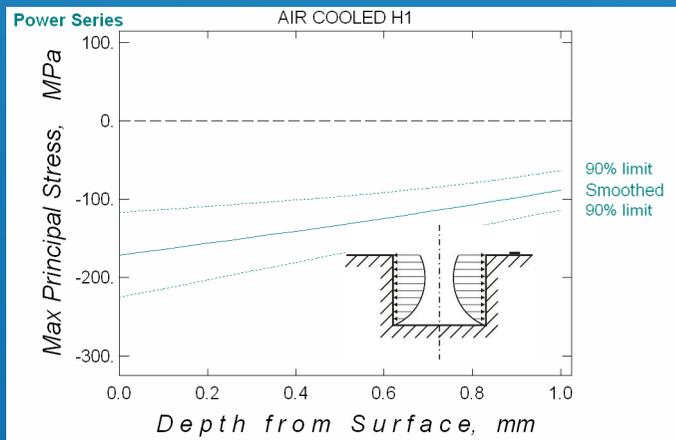
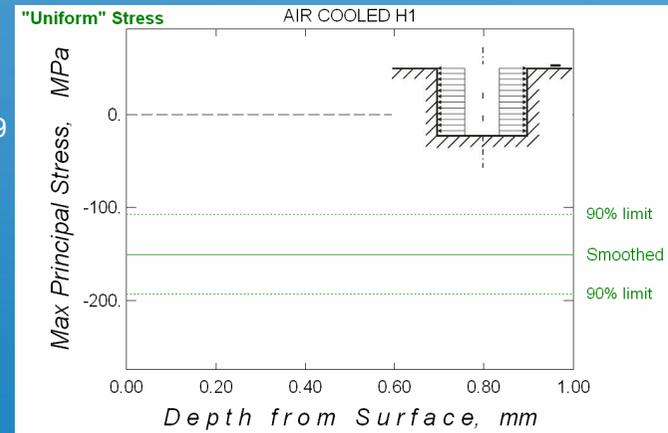
Bohrlochverfahren



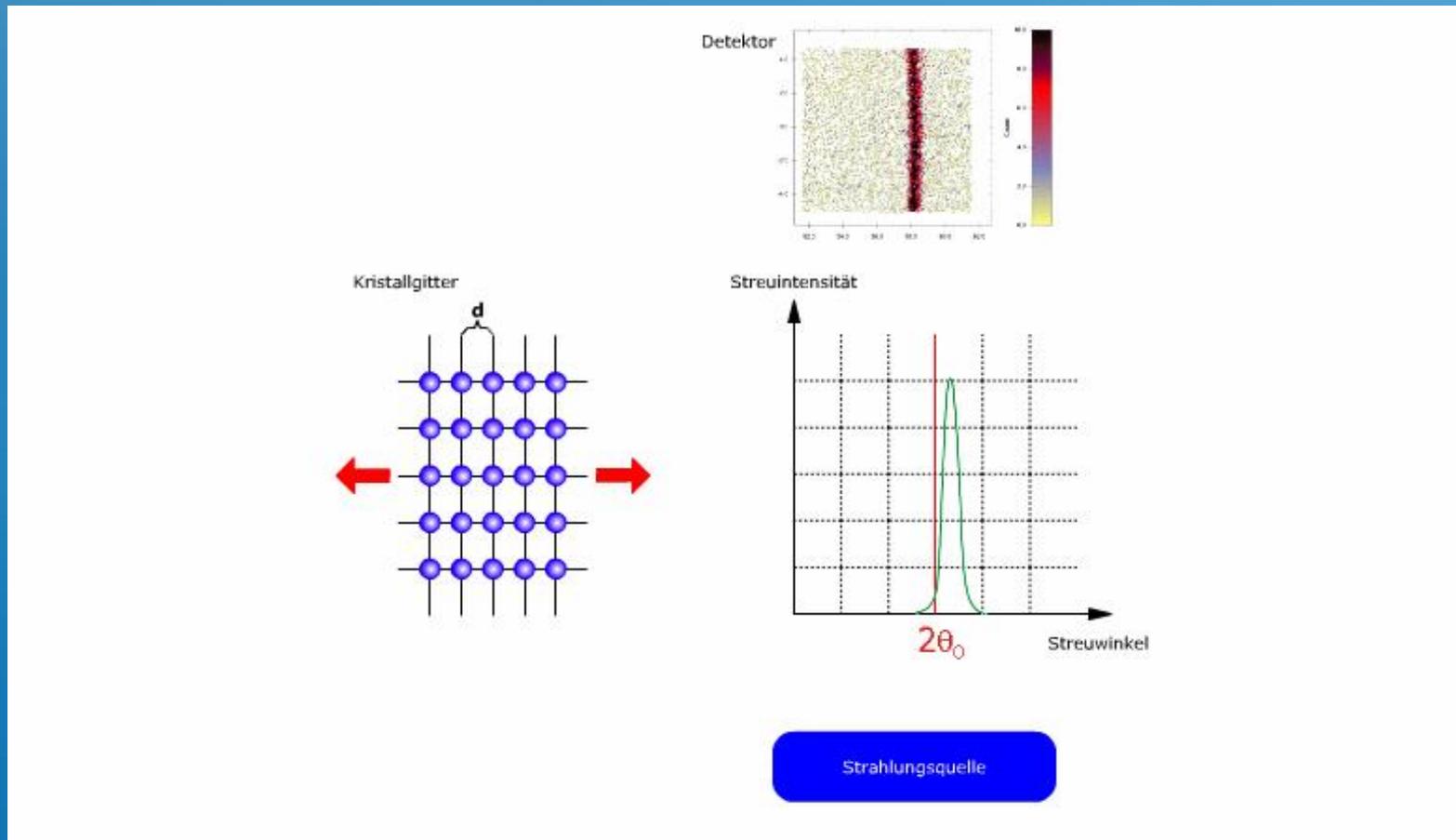
Bohrlochverfahren - Auswertemethoden



ASTM E 837-99



Diffraktometrische Eigenspannungsbestimmung



Streubedingung an der Probe $\lambda = 2d \sin \theta$

Streuwinkel 2θ
(verspannte Probe)

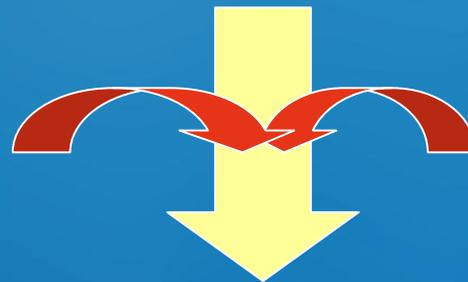
+

Referenzwert $2\theta_0$
(unverspannte Probe)



Lokaler Dehnungstensor ε_{kl}

Hookesches
Gesetz
 $\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl}$



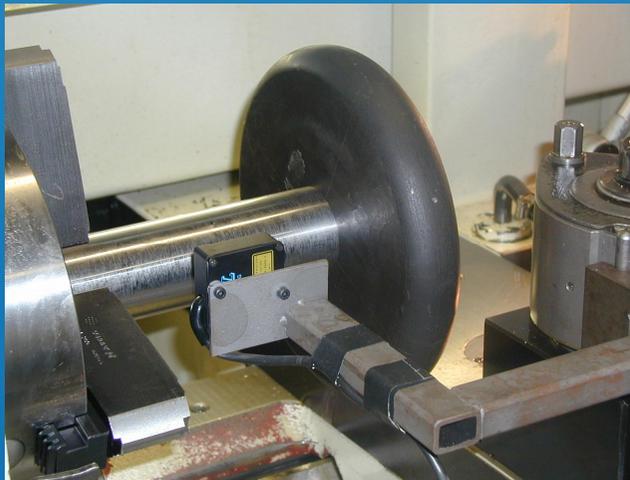
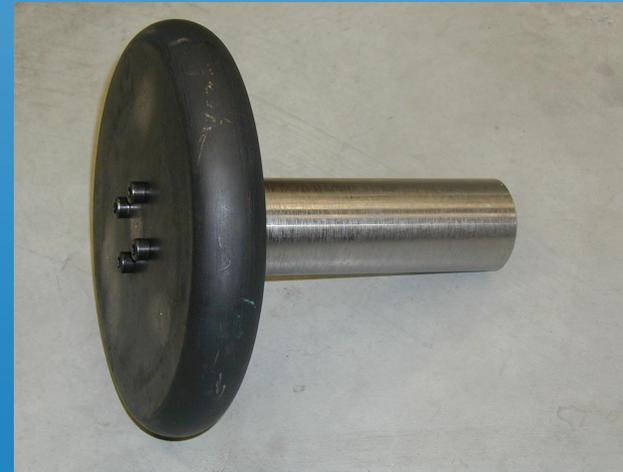
- Elastizitätsmodul E
- Poissonzahl ν
- Textur
- Korn-Korn Wechselwirkungen
- Randbedingungen

Lokaler Spannungstensor σ_{ij}

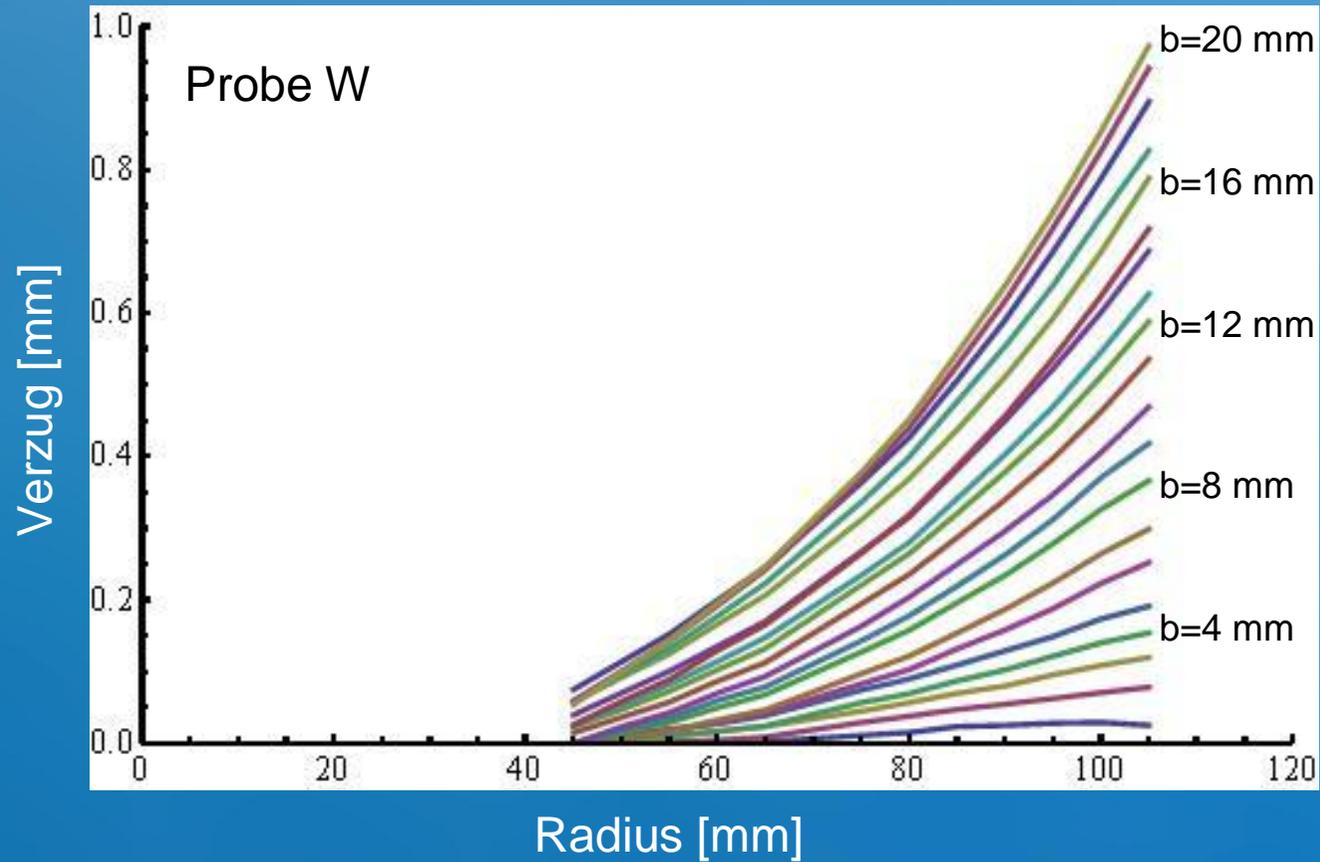
Studie zur Charakterisierung der Eigenspannungsverteilung

- Flachstauchproben, unterschiedlich wärmebehandelt
- Verzugsmessung
- Eigenspannungsmessung mit dem Bohrlochverfahren
- Neutronendiffraktometrie
- Thermomechanische Modellbildung
- Diskussion der Ergebnisse

Verzugsmessung während der Bearbeitung - Drehen



Verzugsmessung während der Bearbeitung - Drehen



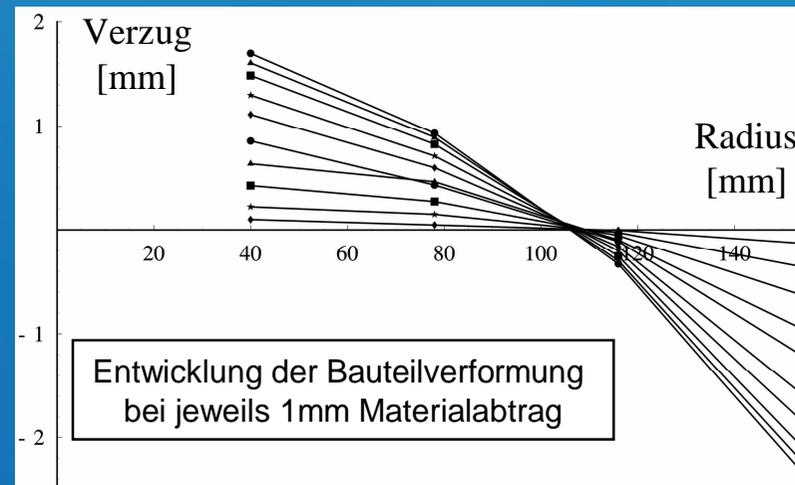
Verzugsmessung während der Bearbeitung - Senkerodieren



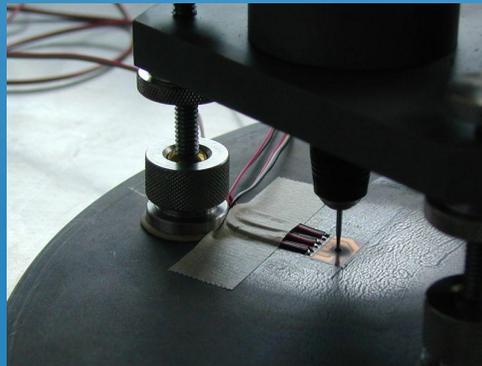
Kupferelektrode



Turbinenscheibe;
Mehrere Schichten senkerodiert

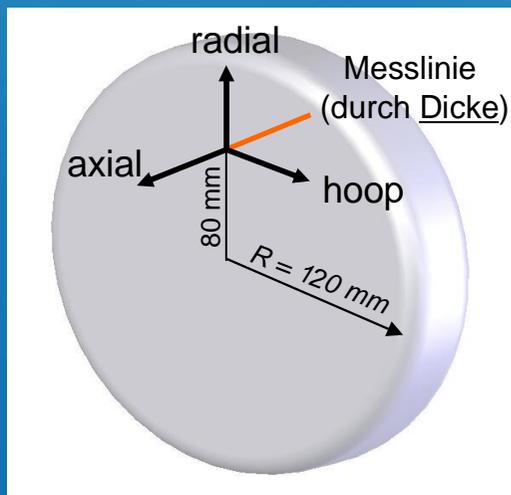
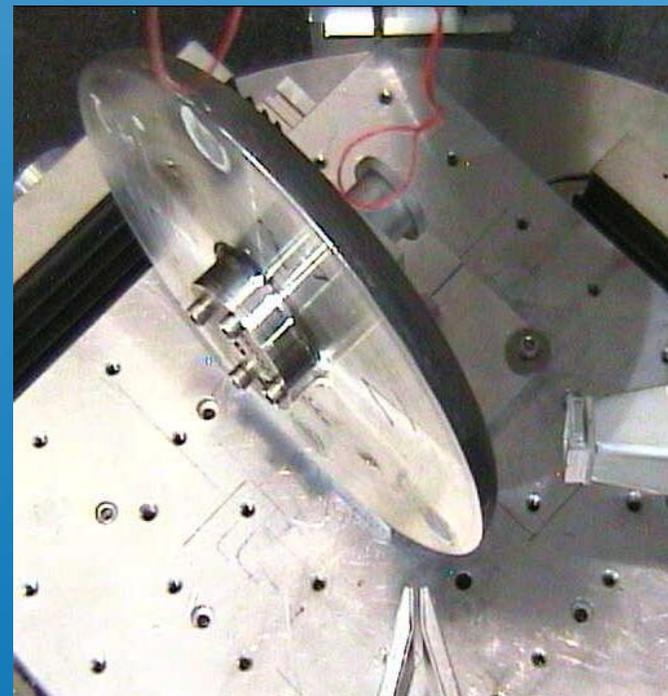


Eigen Spannungsmessung mit dem Bohrlochverfahren

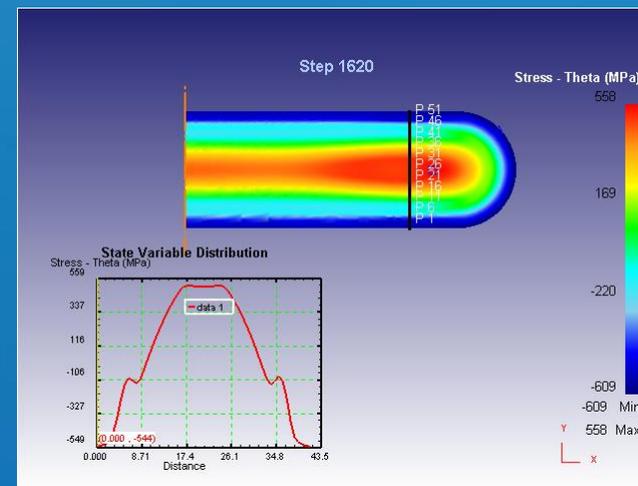
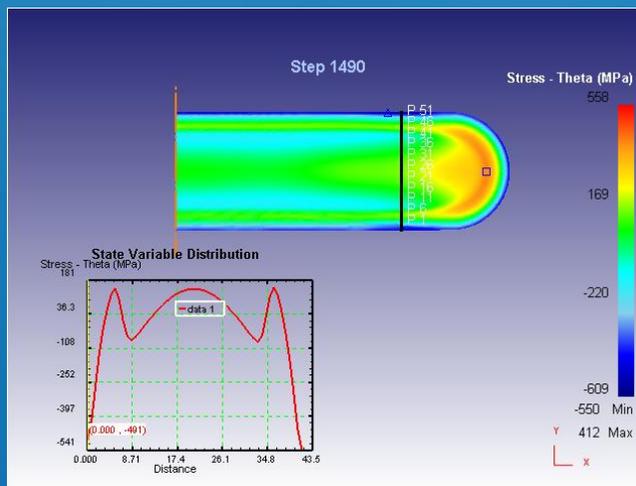
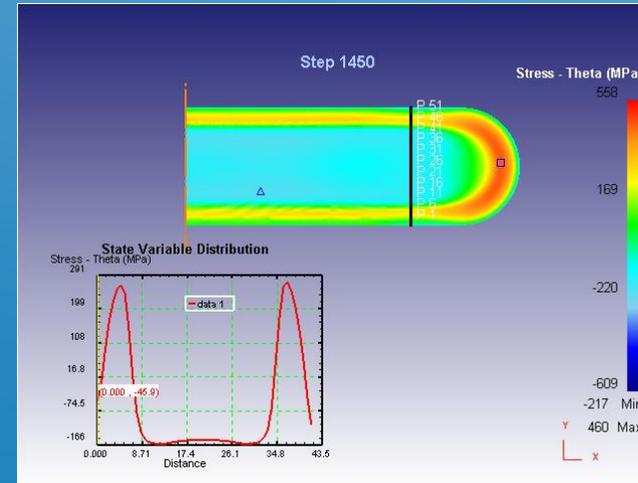
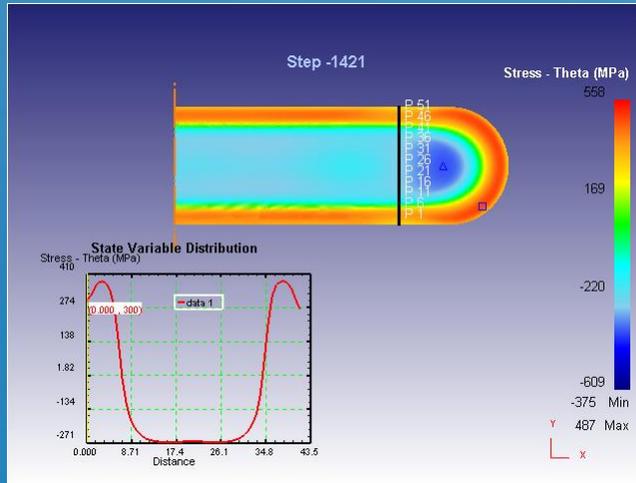


Probe W		
Pos.	S _{max} [MPa]	S _{min} [MPa]
V1	-537	-581
	-684	-731
	-831	-882
V2	-519	-596
	-672	-750
	-825	-904
V3	-493	-549
	-629	-690
	-765	-832
V4	-528	-556
	-672	-703
	-816	-850
H1	-523	-549
	-660	-692
	-798	-835

Eigen Spannungsmessung mittels Neutronenbeugung am STRESS-SPEC

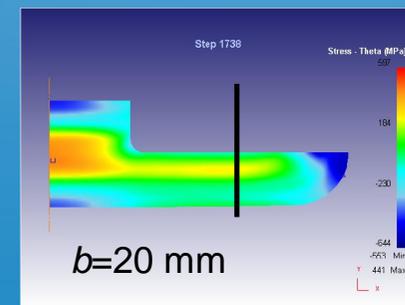
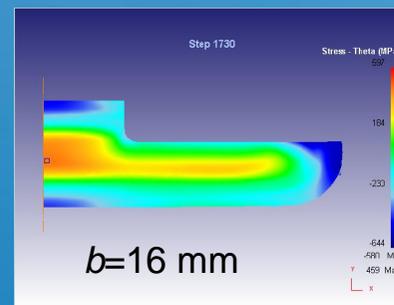
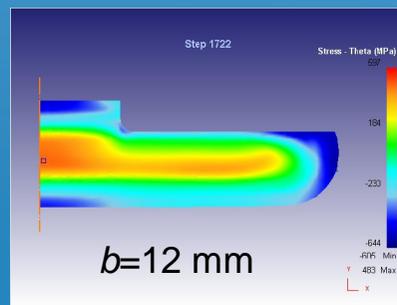
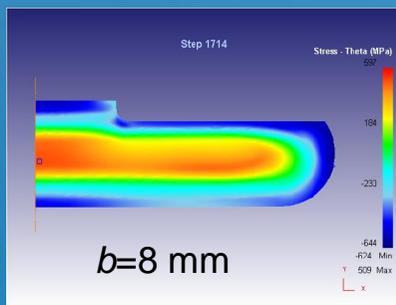


Eigenspannungsentwicklung beim Abschreckprozess

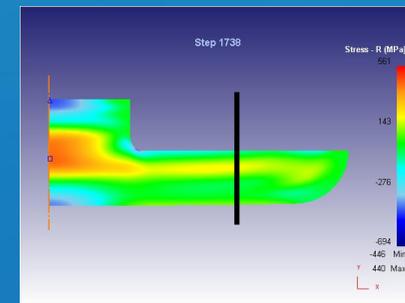
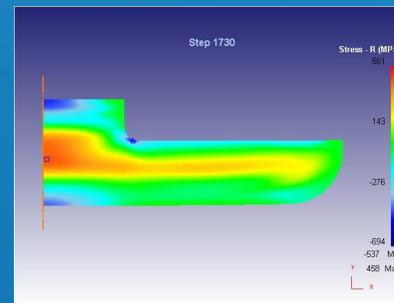
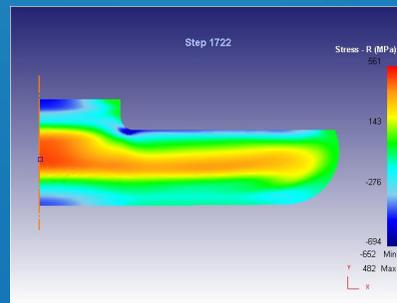
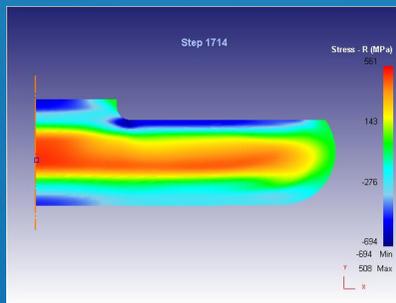


Simulation des Abdrehversuchs - Spannungsumlagerung

Umlagerung der Spannung in Umfangsrichtung

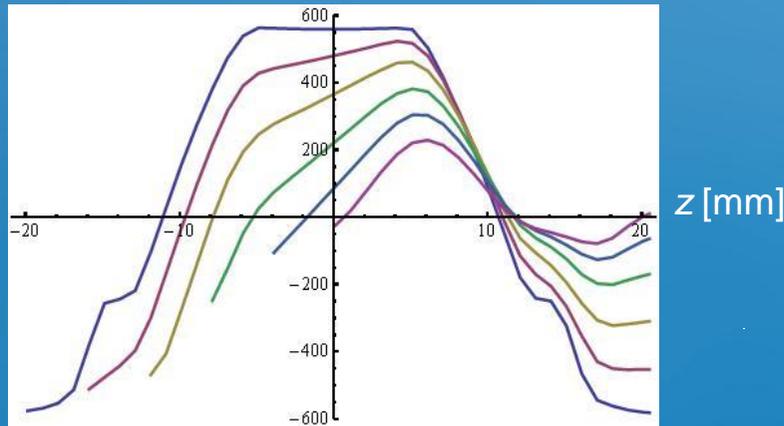


Umlagerung der Spannung in radialer Richtung

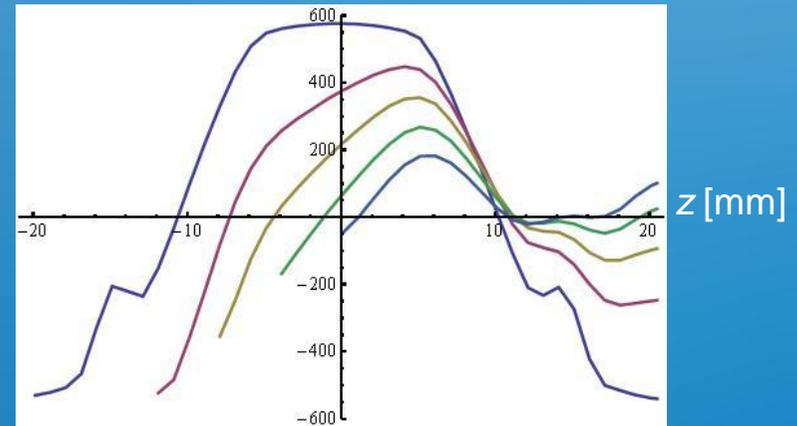


Vergleich Spannungsumlagerung mit Bohrlochverfahren

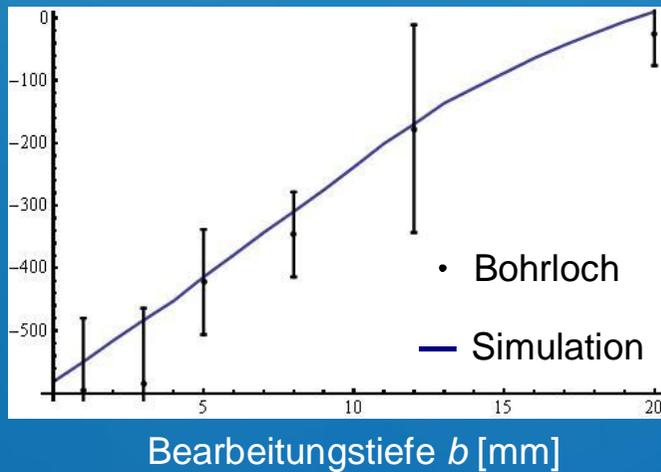
Spannung in Umfangsrichtung [MPa]



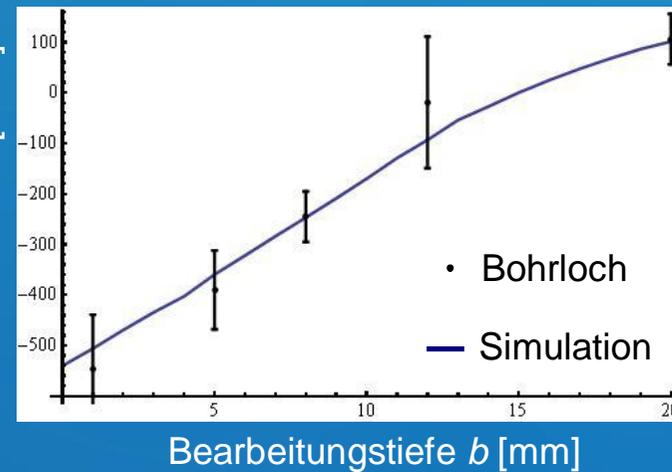
Spannung in Radialrichtung [MPa]



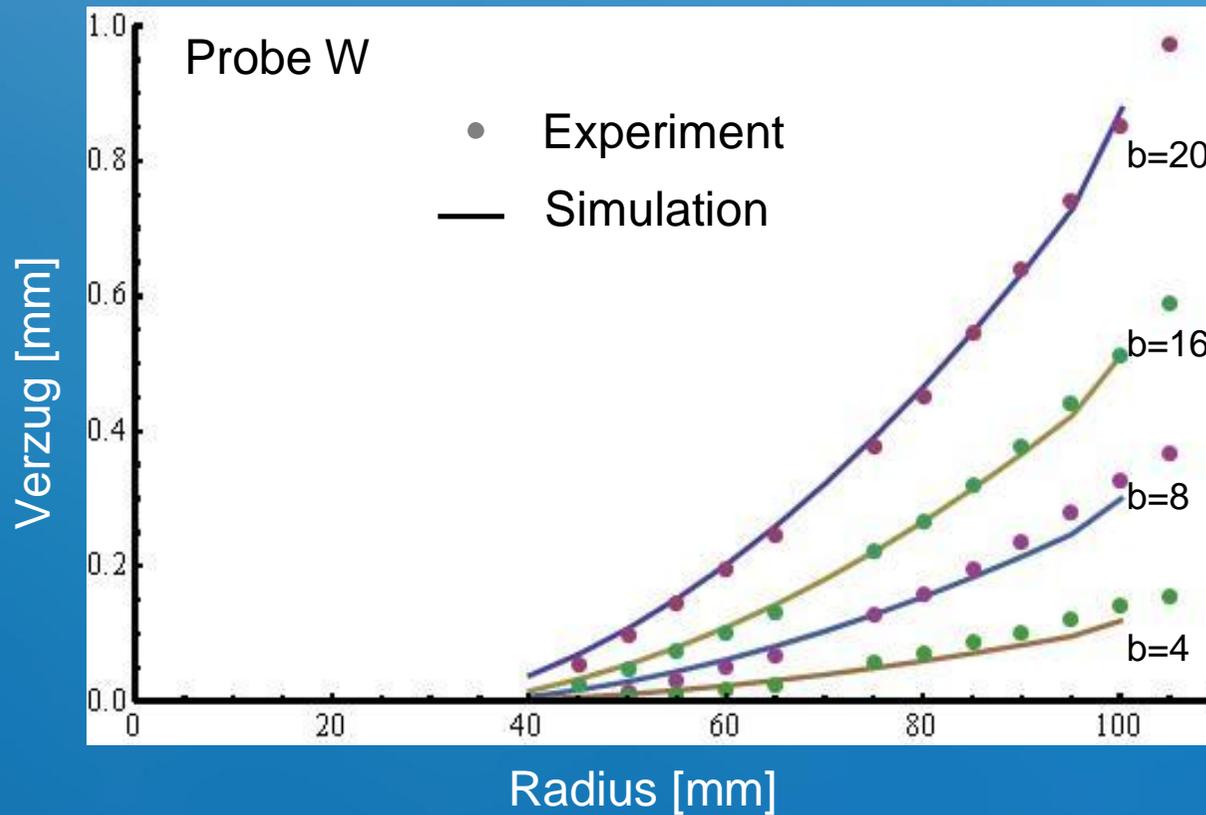
Spannung in Umfangsrichtung an Oberfläche [MPa]



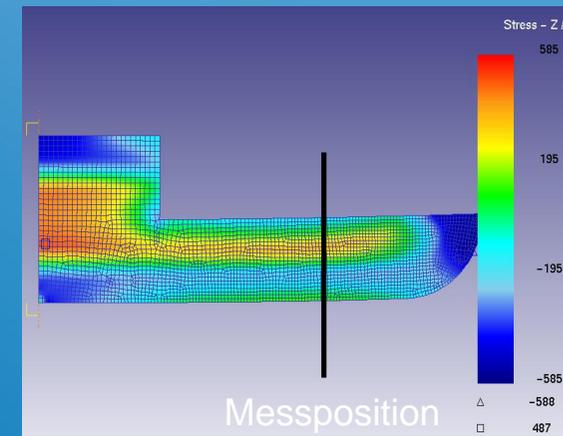
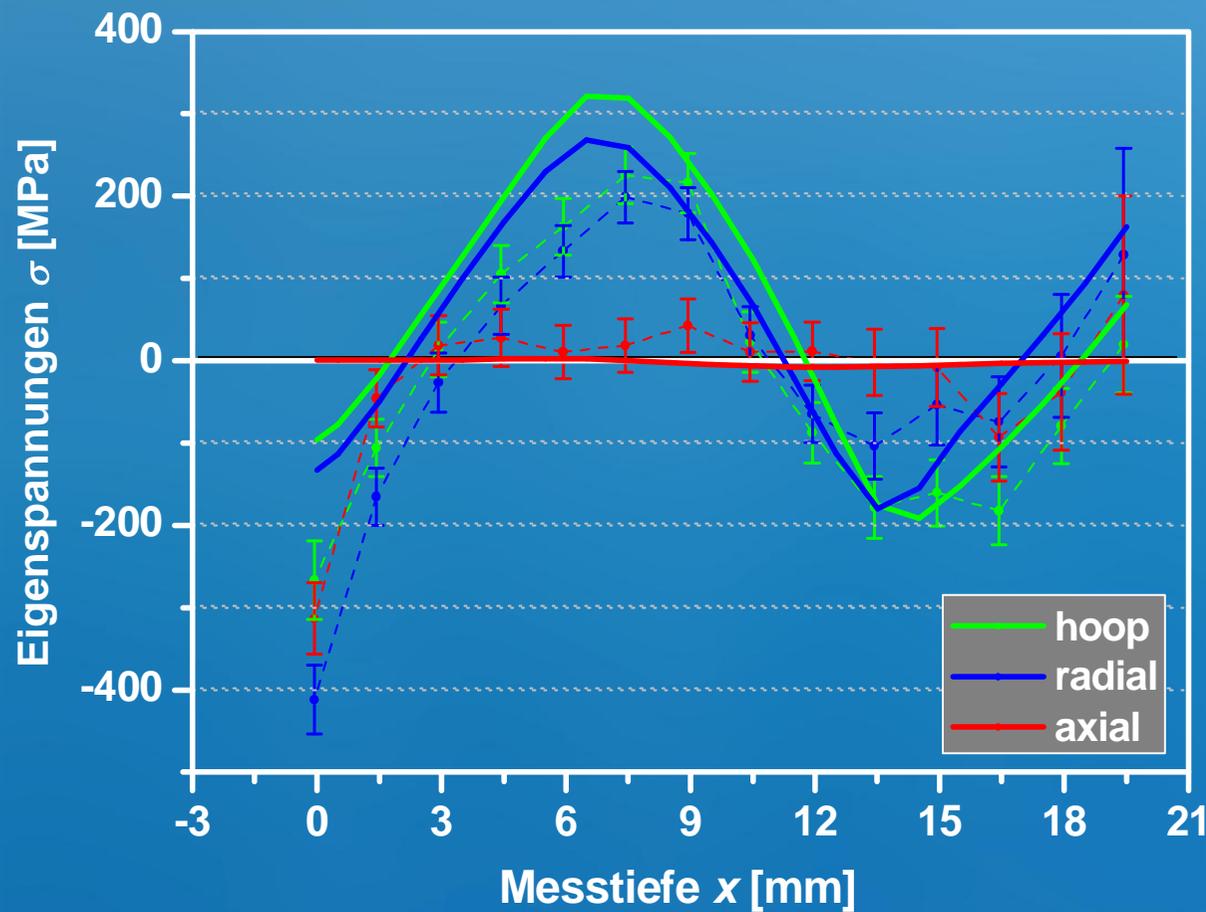
Spannung in radialRichtung an Oberfläche [MPa]



Simulation und Experiment (Abdrehversuch) Bauteilverzug bei Bearbeitung



Simulation und Experiment (Neutronendiffraktometrie) Spannungsverteilung über der Bauteildicke



Zusammenfassung

- Eigenspannungen können nur indirekt gemessen werden
- Die Bohrlochmethode ermöglicht eine schnelle und kostengünstige Abschätzung der ebenen Spannungsverteilung im oberflächennahen Bereich
- Neutronendiffraktometrie bietet im Vergleich zu anderen Verfahren den Vorteil einer hohen Eindringtiefe und erlaubt die experimentelle Bestimmung des gesamten Spannungstensors
- Kombination verschiedener Prüfmethoden ist zielführend zur gesicherten Charakterisierung der Eigenspannungsverteilung