



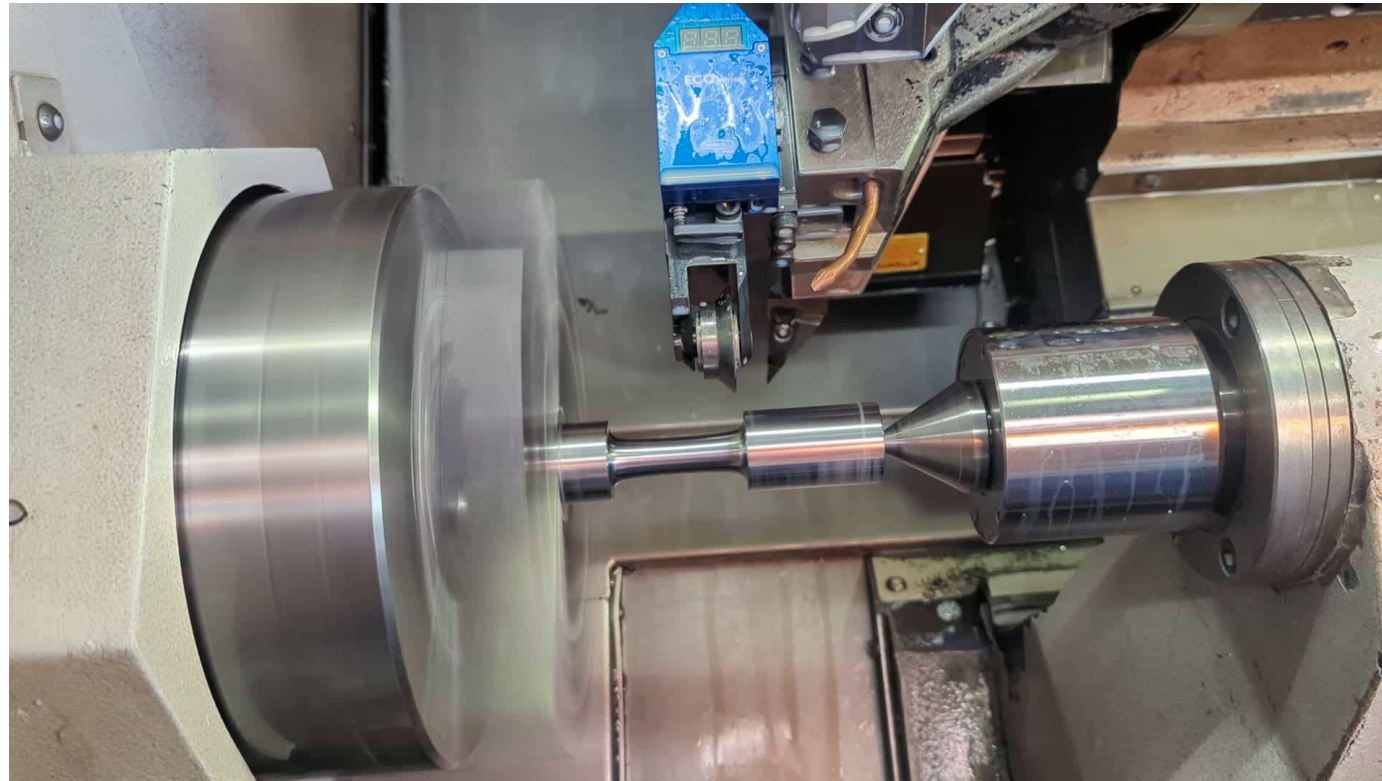
Professur Maschinenelemente
und Produktentwicklung (MP)

Institut für Konstruktions-
und Antriebstechnik (IKAT)

Benjamin Muhammedi, M. Sc.
Prof. Dr. sc. ETH A. Hasse

TU Chemnitz
Reichenhainer Straße 70
2/A305 (neu: C21.305)
09126 Chemnitz

Telefon:
+49 (371) 531 37774
E-Mail:
benjamin.muhammedi@mb.tu-
chemnitz.de



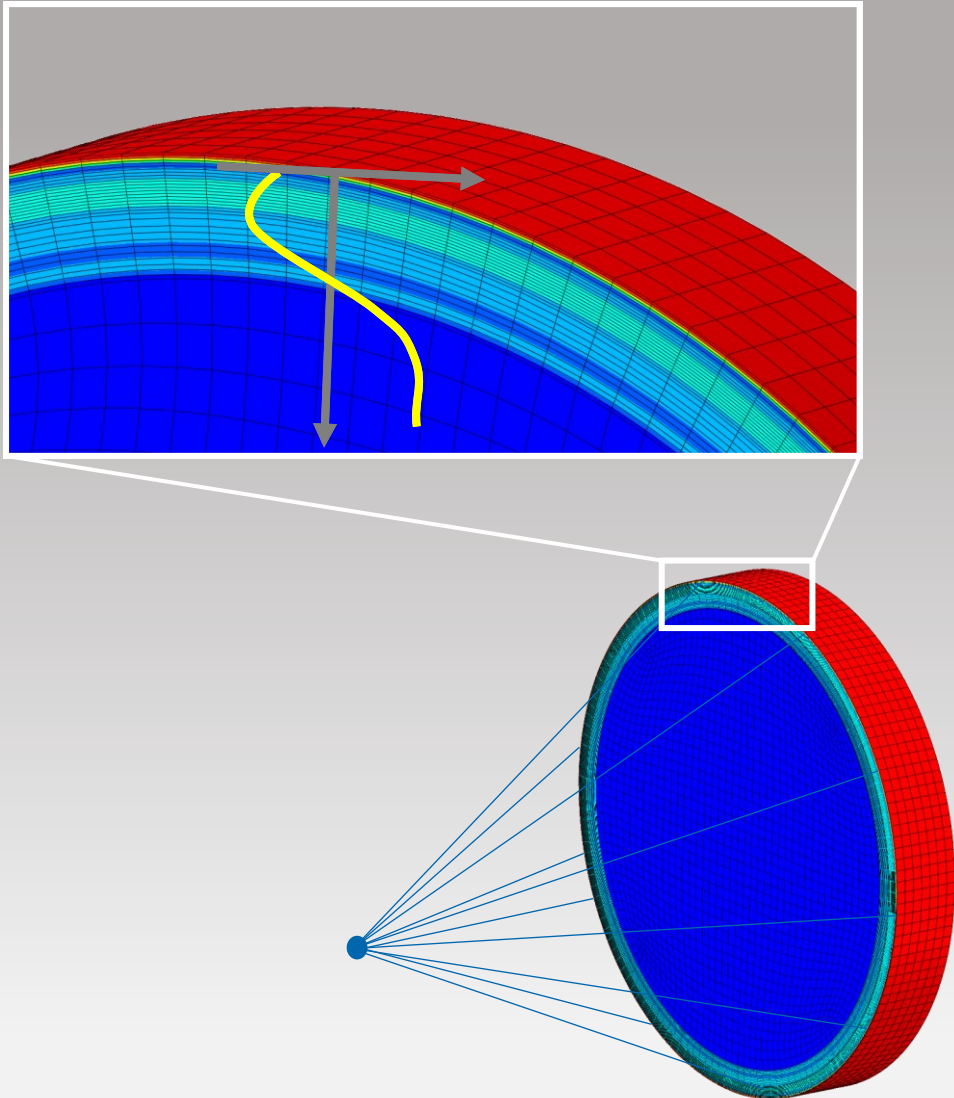
Institut für Maschinenelemente
und Maschinenkonstruktion

Dipl.-Ing. Stefanie Günther
Prof. Dr.-Ing. B. Schlecht
TU Dresden



Professur für Formgebende
Fertigungsverfahren

Dipl.-Ing. Thomas Werner
Prof. Dr.-Ing. A. Brosius
TU Dresden



1 Einstieg

2 Grundlagen

Messung der Eigenspannung

Materialmodell

3 Prozesssimulation des Festwalzens

Kleinteilprobe

Bauteilprobe

4 Simulation des Eigenspannungsabbaus

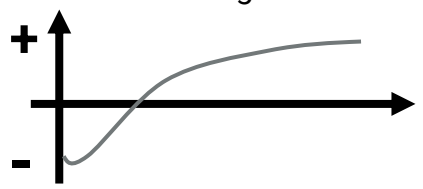
5 Ergebnis des Eigenspannungsabbaus

6 Schlussfolgerung

7 Zusammenfassung und Ausblick

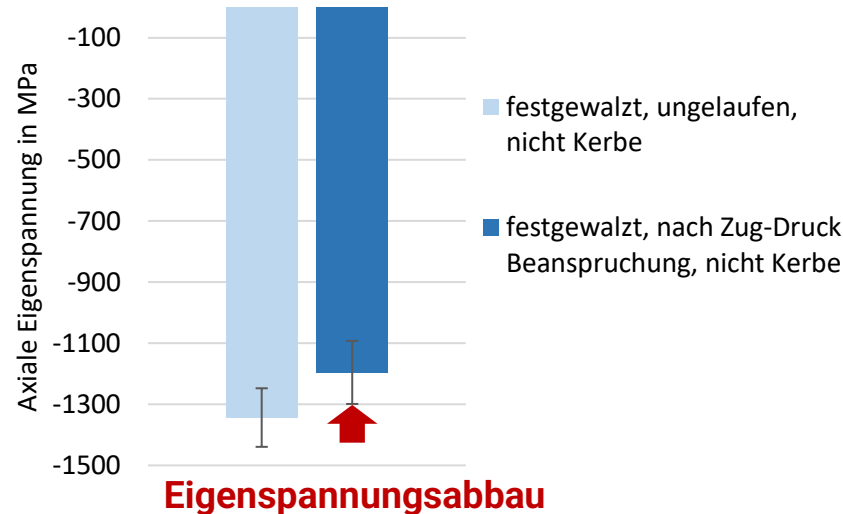
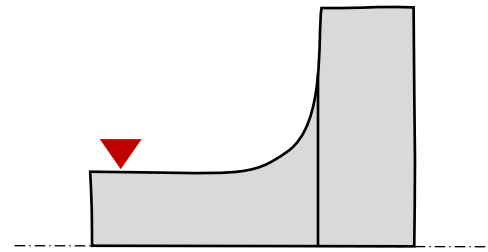
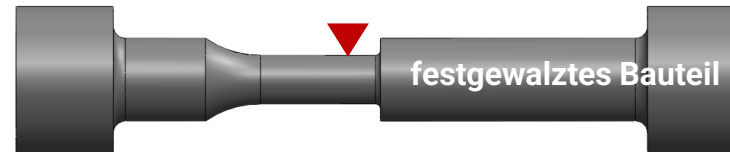
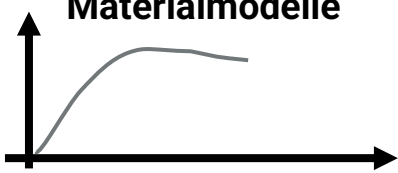
Ausgehend von...

Eigenspannungen
aus Messung und Simulation



Ermüdungsversuche
 $\sigma_{zda}, \sigma_{ba}, \tau_{ta}$
($P_{\ddot{U}} = 50\%$)

Materialmodelle

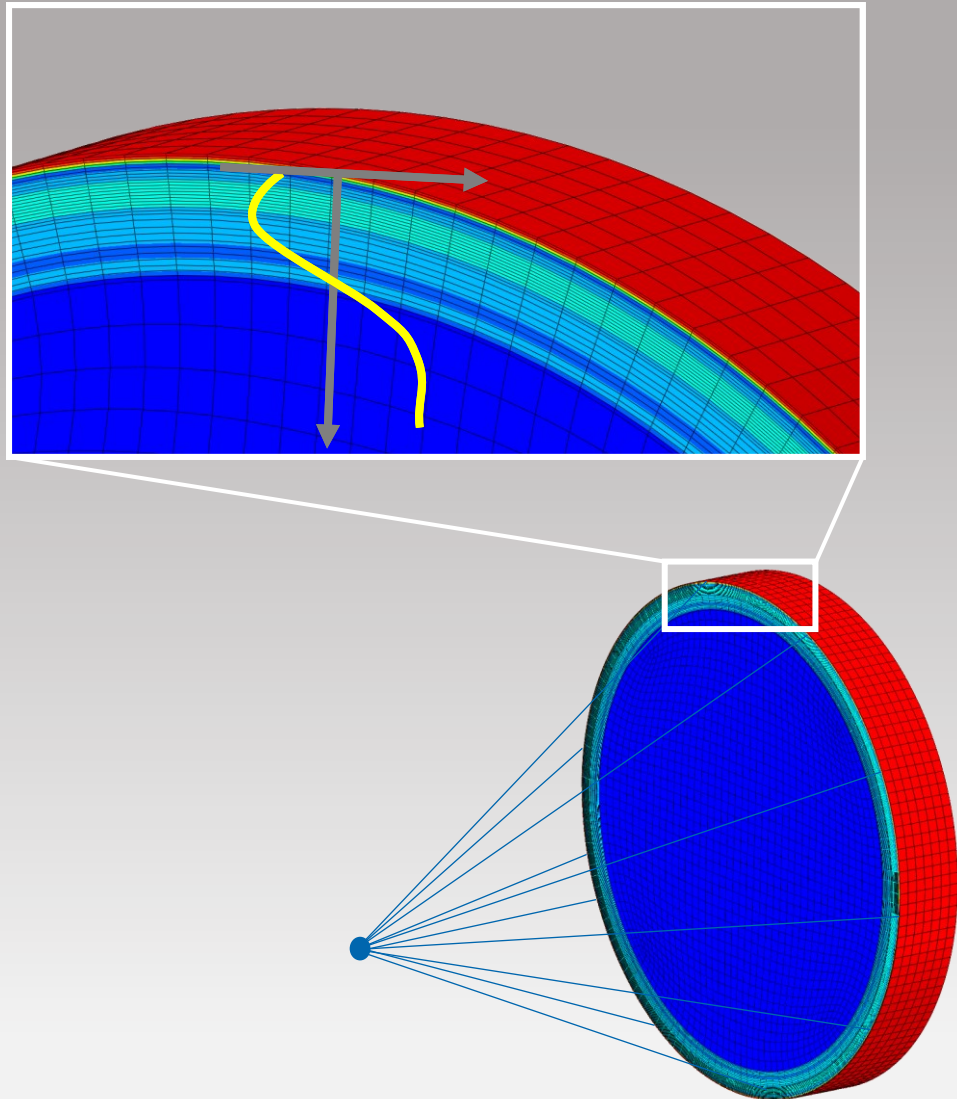


Untersucht werden...

Spannungen und Dehnungen in der Randschicht im FE-Modell

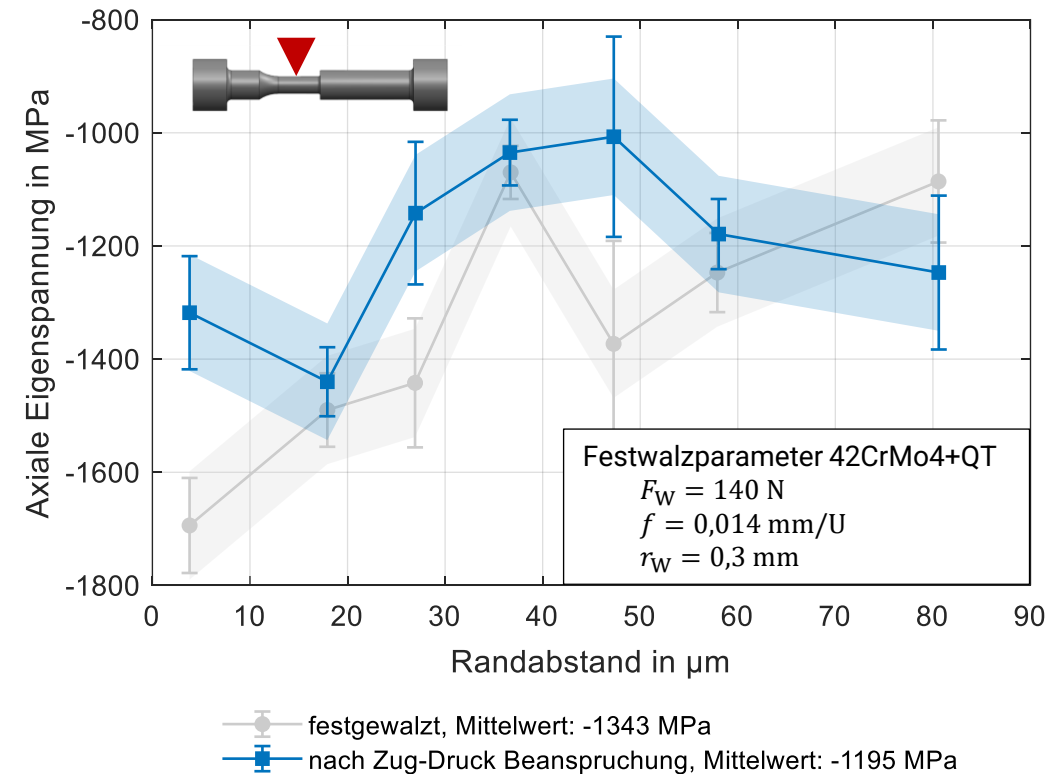
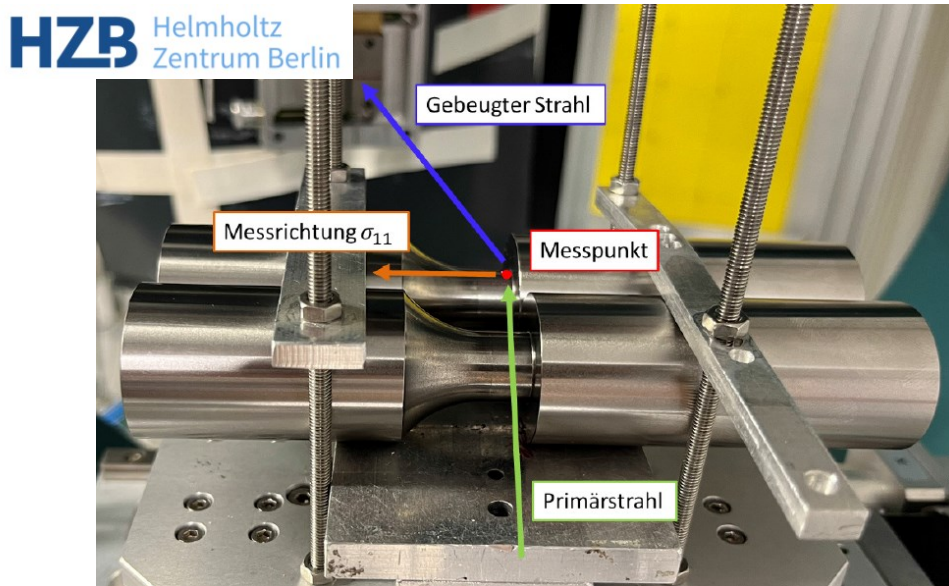
Simulationsgegenstand

Eigenspannungsabbau unter zyklischer Beanspruchung



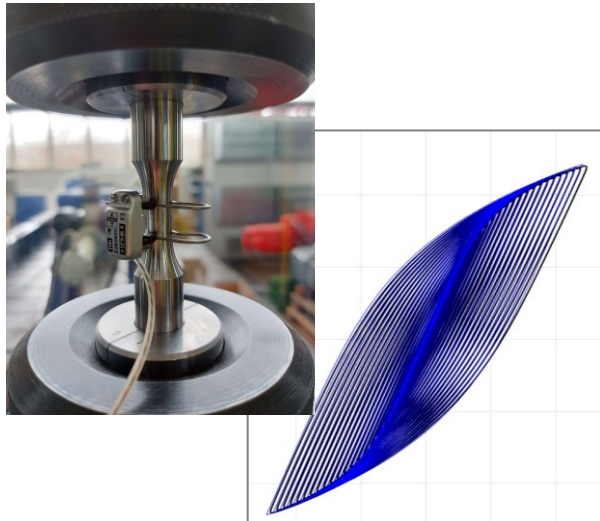
- 1 Einstieg
- 2 **Grundlagen**
 - Messung der Eigenspannung**
 - Materialmodell**
- 3 Prozesssimulation des Festwalzens
 - Kleinteilprobe
 - Bauteilprobe
- 4 Simulation des Eigenspannungsabbaus
- 5 Ergebnis des Eigenspannungsabbaus
- 6 Schlussfolgerung
- 7 Zusammenfassung und Ausblick

Messung der Eigenspannung vor und nach zyklischer Beanspruchung

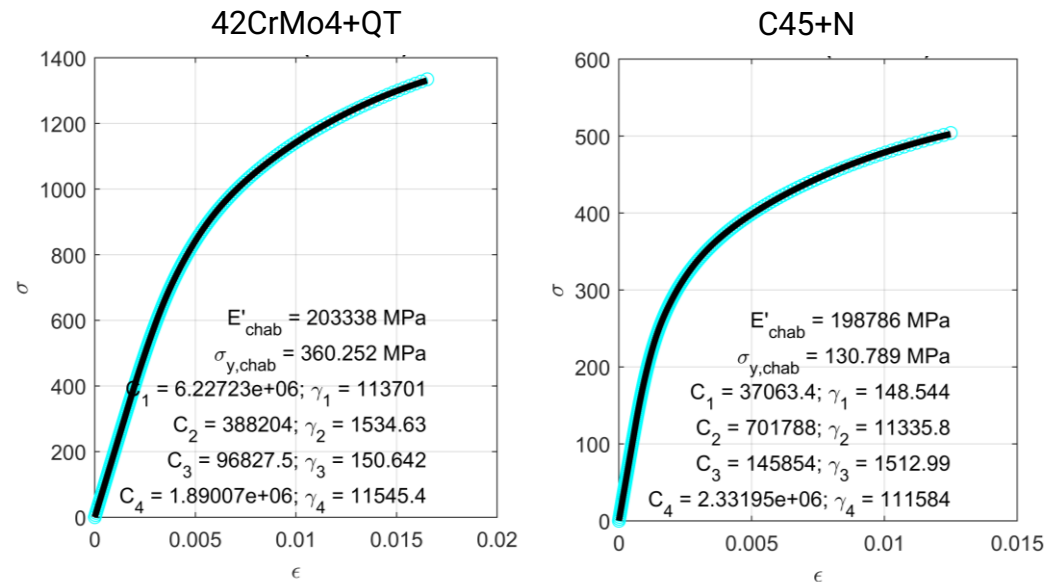


Materialmodell auf Grundlage dehnungsgeregelter Versuche

Konstantamplitudenversuche
und Incremental-Step-Tests

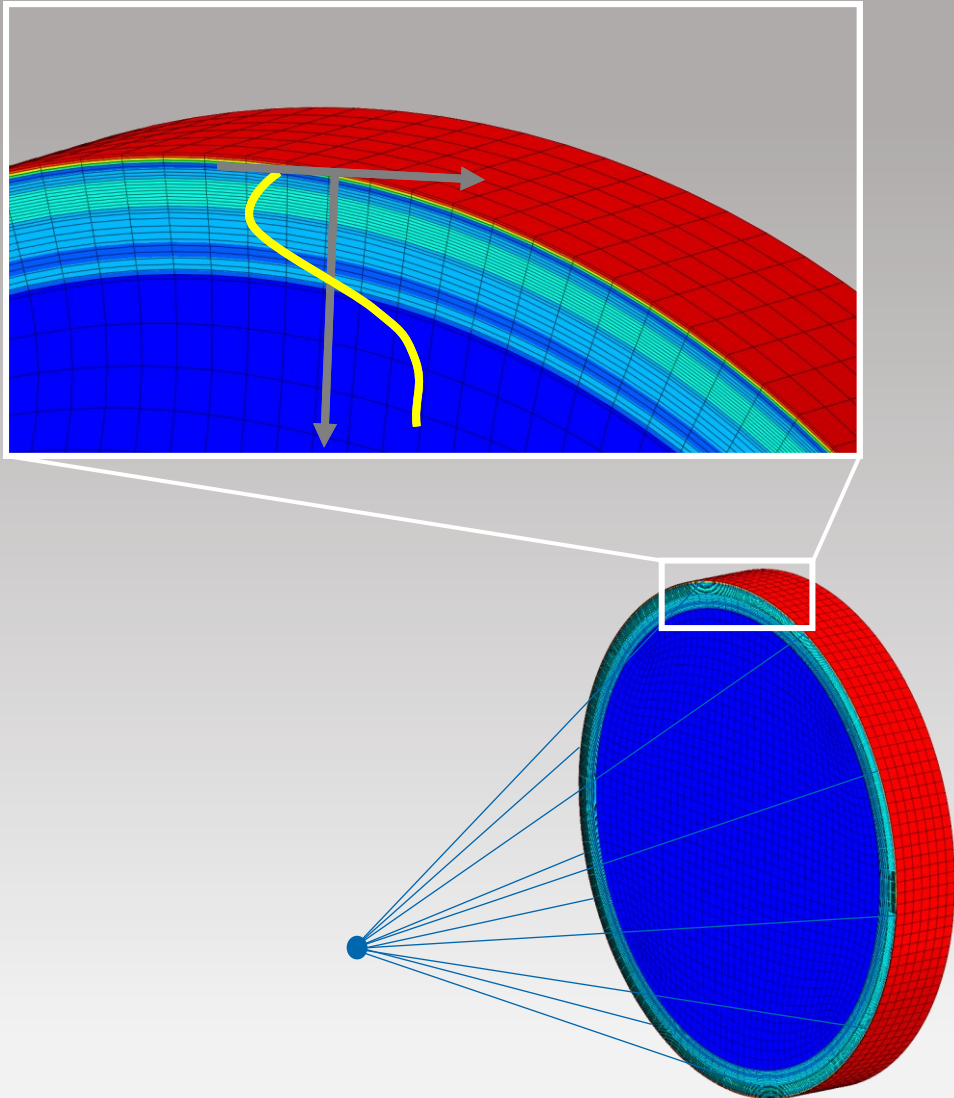


Zyklische Spannungs-Dehnungskurven

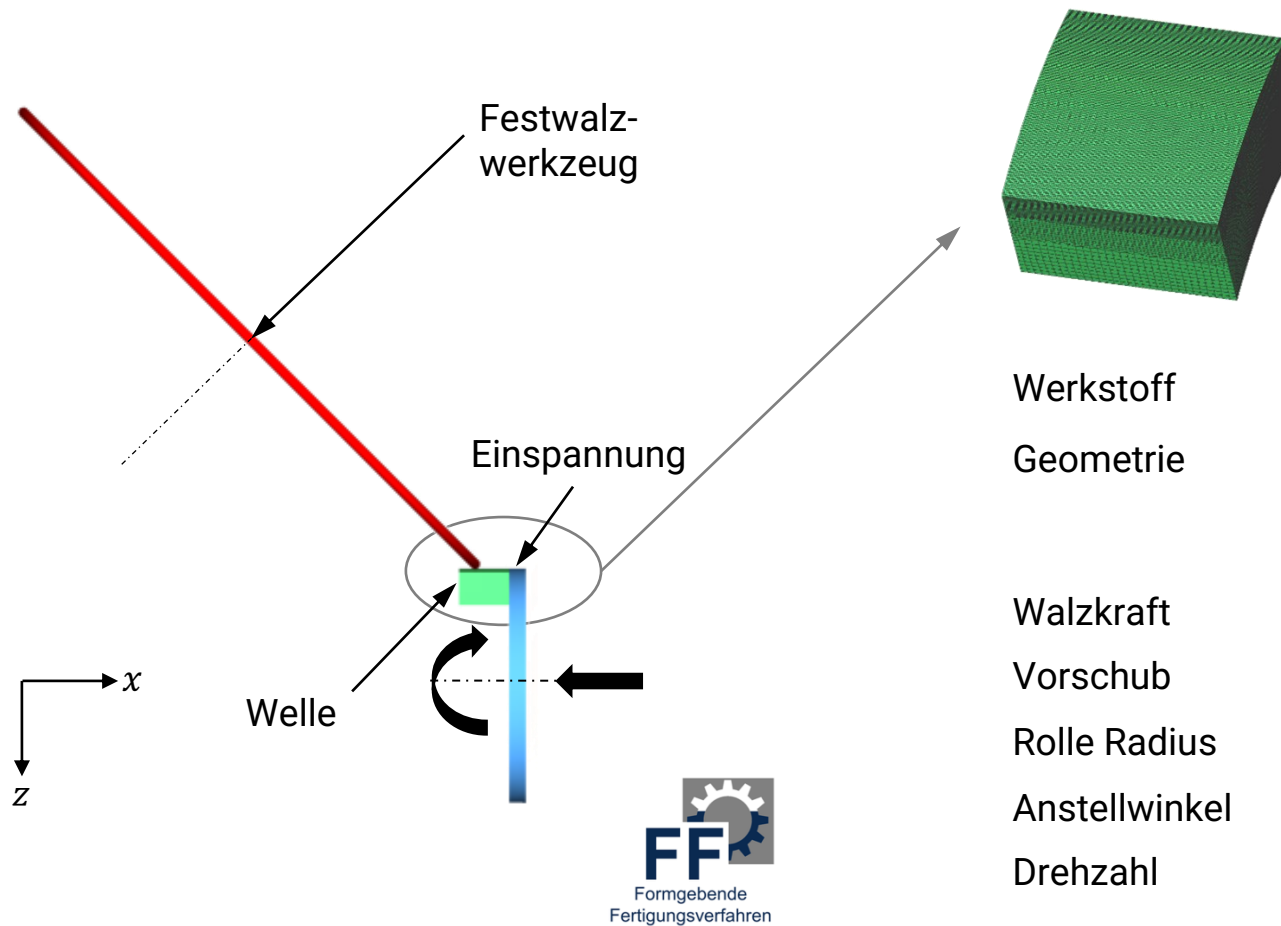


Elastisch-plastische FE-Berechnung

Kinematische Verfestigung nach *Chaboche*



- 1 Einstieg
- 2 Grundlagen
 - Messung der Eigenspannung
 - Materialmodell
- 3 Prozesssimulation des Festwalzens**
 - Kleinteilprobe**
 - Bauteilprobe**
- 4 Simulation des Eigenspannungsabbaus
- 5 Ergebnis des Eigenspannungsabbaus
- 6 Schlussfolgerung
- 7 Zusammenfassung und Ausblick



Werkstoff
Geometrie

Walzkraft
Vorschub
Rolle Radius
Anstellwinkel
Drehzahl

Kleinteilprobe	Bauteilprobe
42CrMo4+QT	C45+N
Kerbradius Wellenabsatz 1 mm, Durchmesser 10 mm	Absatz mit Freistich 1 mm, Durchmesser 36 mm
140 N	1000 N
0,014 mm/U	0,194 mm/U
0,3 mm	0,9 mm
45°	45°
3183,1 U/min	884,19 U/min

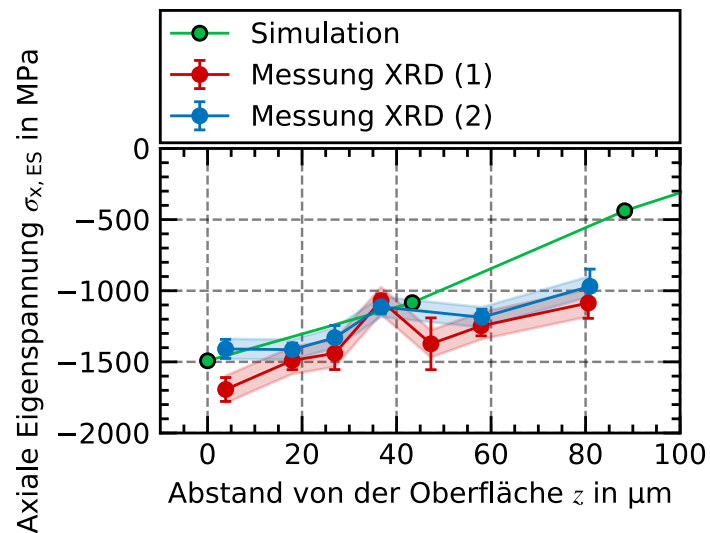
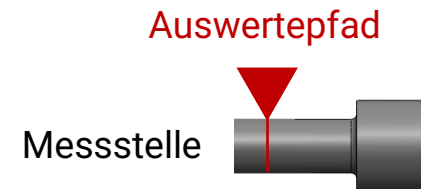
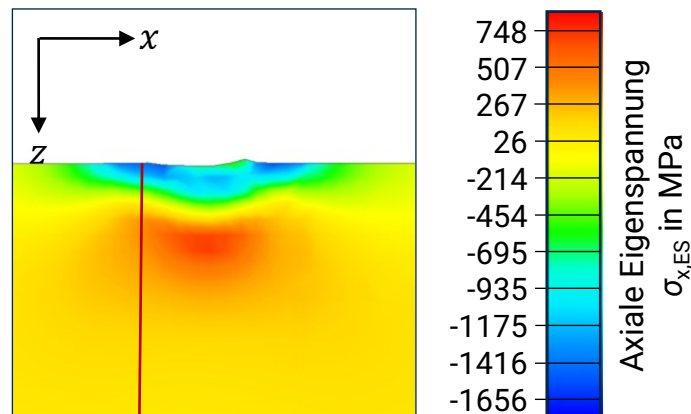
Kleinteilprobe



Kleinteilprobe



Werkstoff	42CrMo4+QT
Geometrie	Kerbradius Wellenabsatz 1 mm, Durchmesser 10 mm
Walzkraft	140 N
Vorschub	0,014 mm/U
Rolle Radius	0,3 mm
Anstellwinkel	45°
Drehzahl	3183,1 U/min



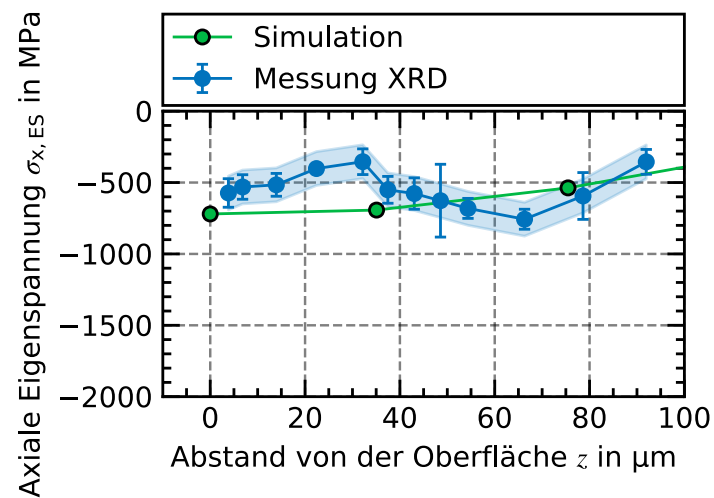
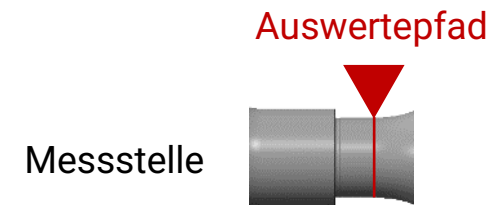
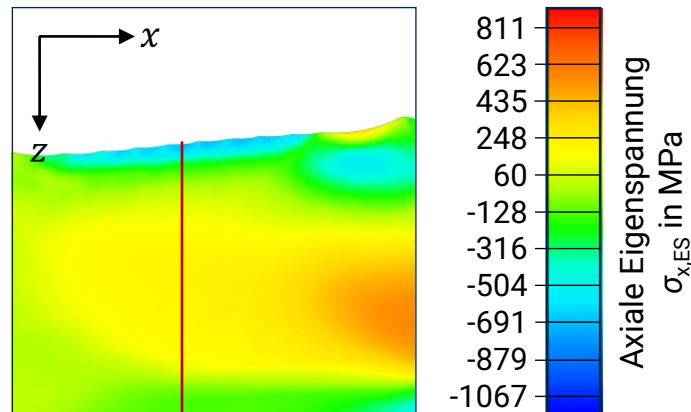
Bauteilprobe

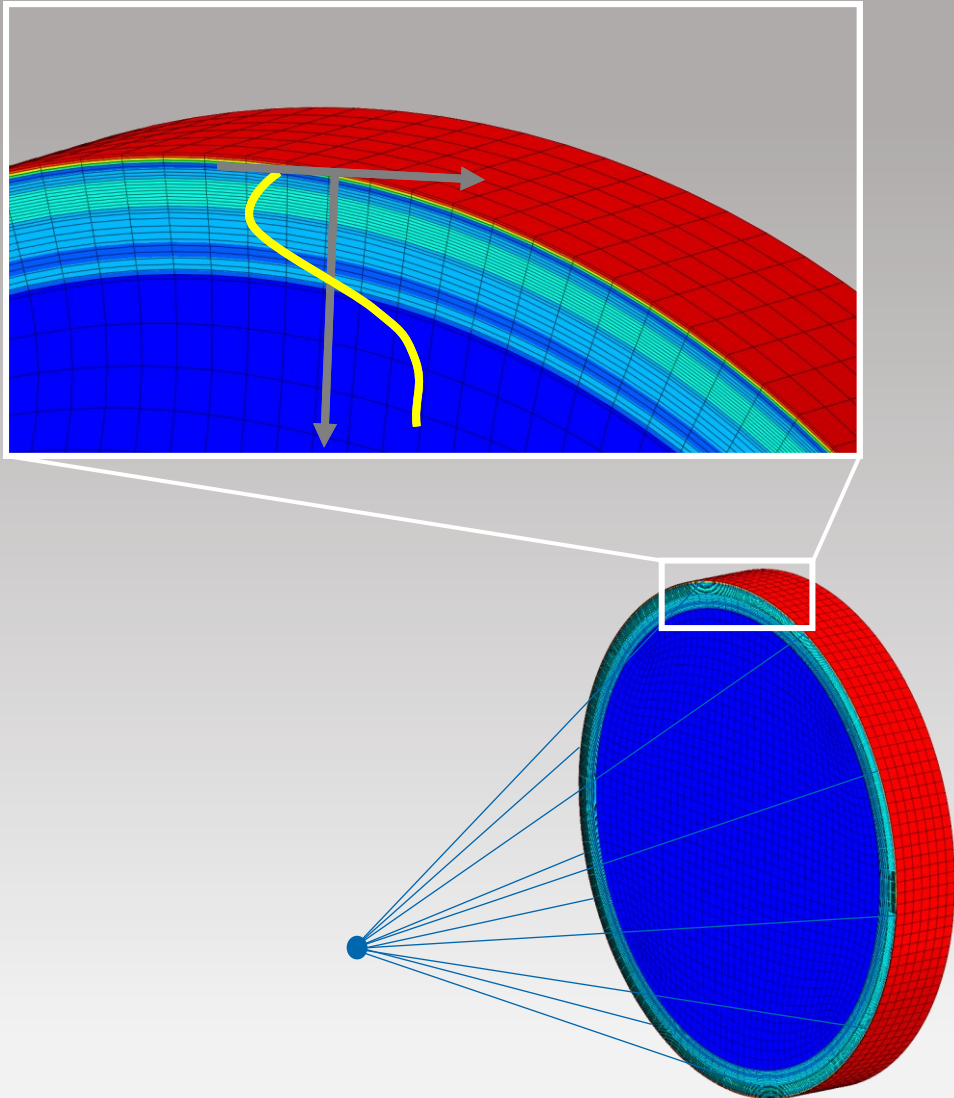


Bauteilprobe



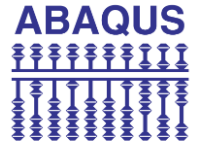
Werkstoff	C45+N
Geometrie	Absatz mit Freistich 1 mm, Durchmesser 36 mm
Walzkraft	1000 N
Vorschub	0,194 mm/U
Rolle Radius	0,9 mm
Anstellwinkel	45°
Drehzahl	884,19 U/min



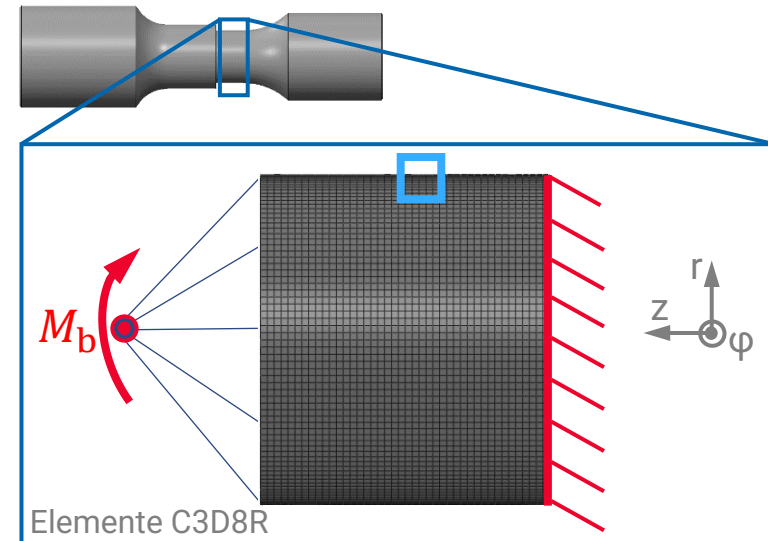
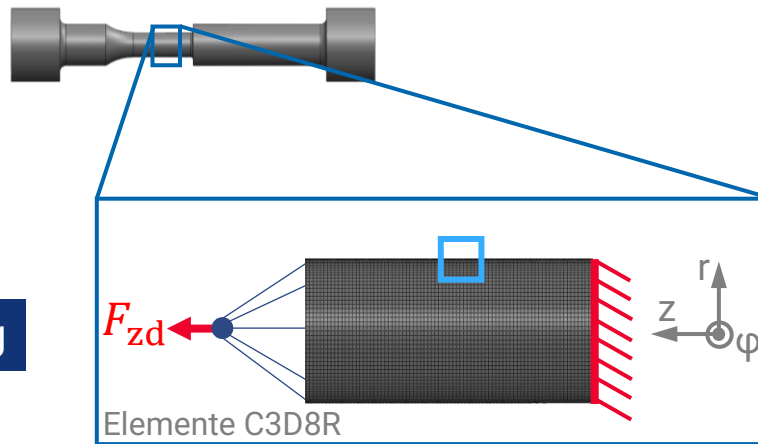


- 1 Einstieg
- 2 Grundlagen
 - Messung der Eigenspannung
 - Materialmodell
- 3 Prozesssimulation des Festwalzens
 - Kleinteilprobe
 - Bauteilprobe
- 4 Simulation des Eigenspannungsabbaus**
- 5 Ergebnis des Eigenspannungsabbaus
- 6 Schlussfolgerung
- 7 Zusammenfassung und Ausblick

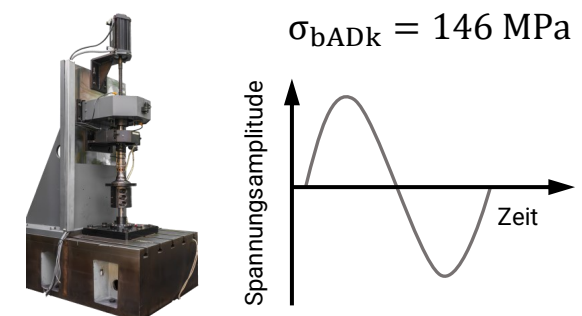
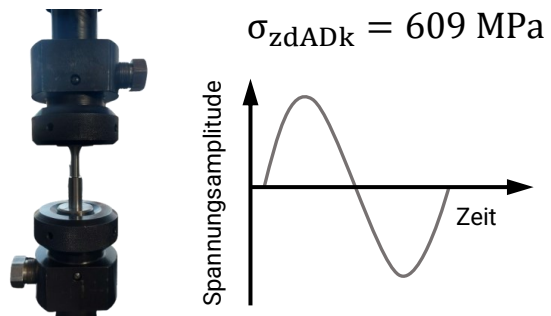
Preprocessor - Randbedingungen



Vernetzung

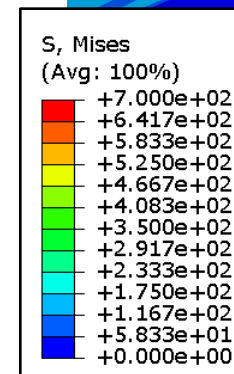
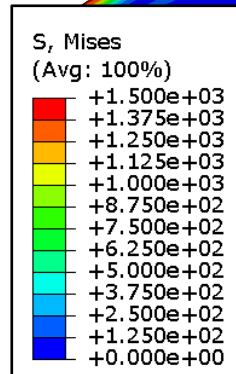
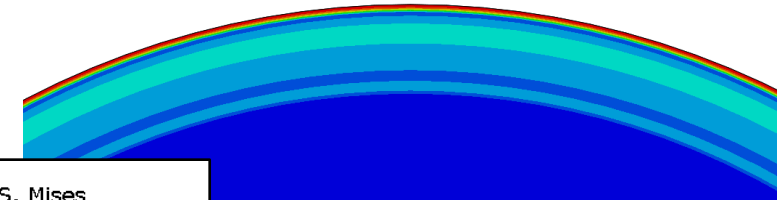
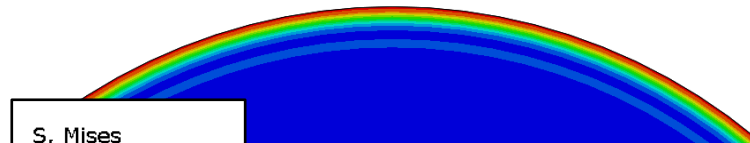


Lastaufbringung

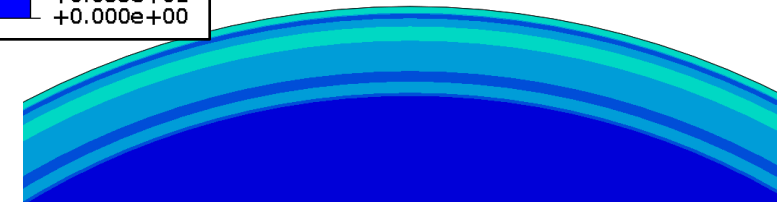
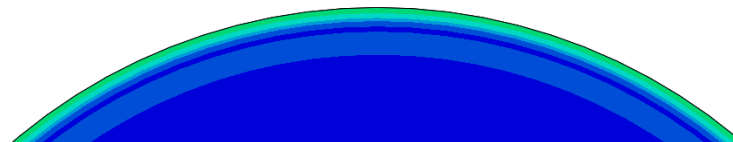


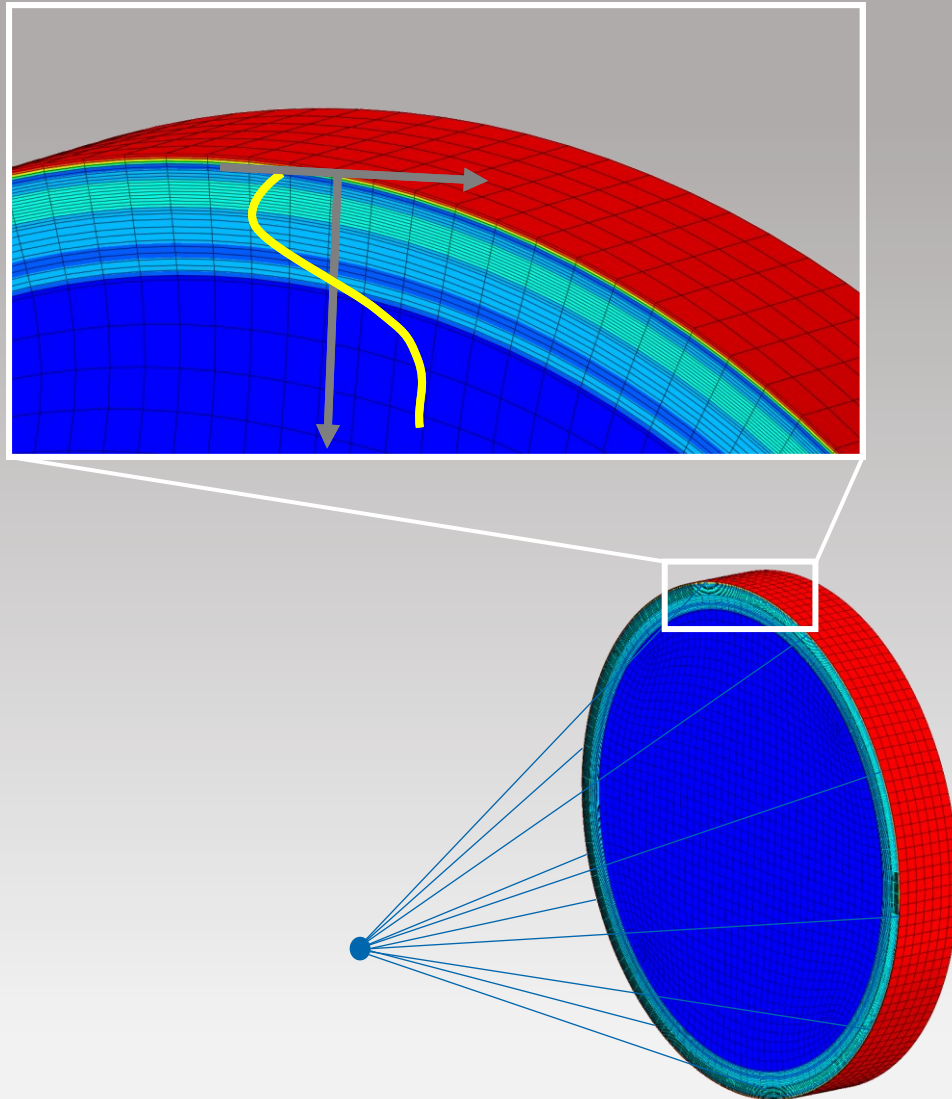
Postprocessor - Auswertung

vor Beanspruchung
Eigenspannungen
durch Festwalzen



nach Beanspruchung
Eigenspannungsabbau
durch zyklische
Beanspruchung

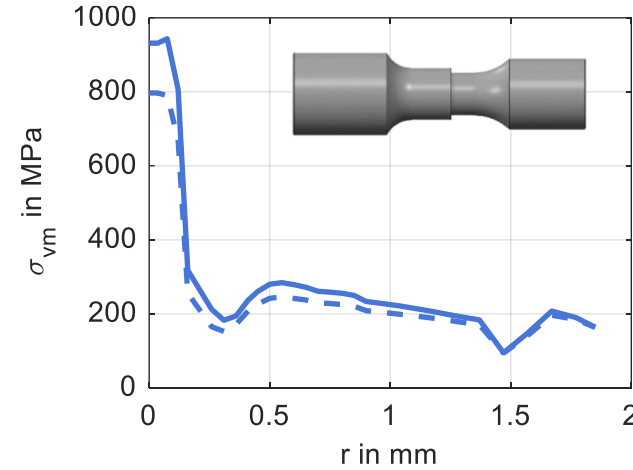
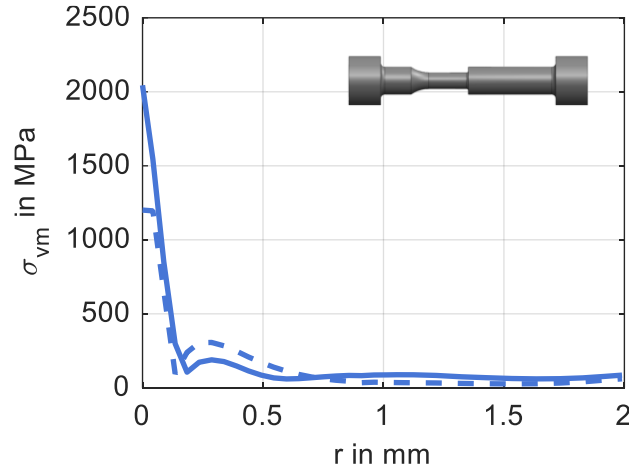




- 1 Einstieg
- 2 Grundlagen
 - Messung der Eigenspannung
 - Materialmodell
- 3 Prozesssimulation des Festwalzens
 - Kleinteilprobe
 - Bauteilprobe
- 4 Simulation des Eigenspannungsabbaus
- 5 Ergebnis des Eigenspannungsabbaus**
- 6 Schlussfolgerung
- 7 Zusammenfassung und Ausblick

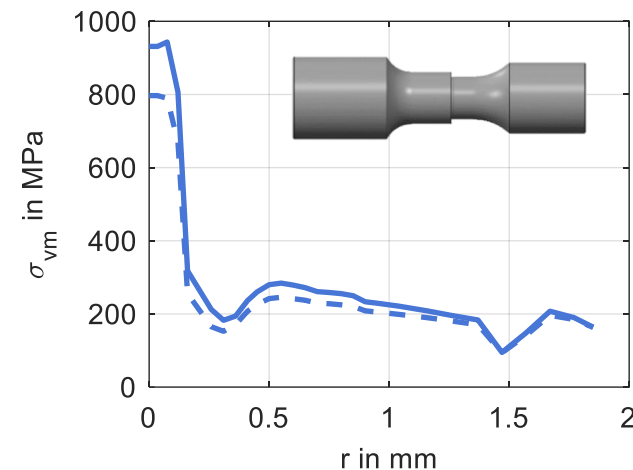
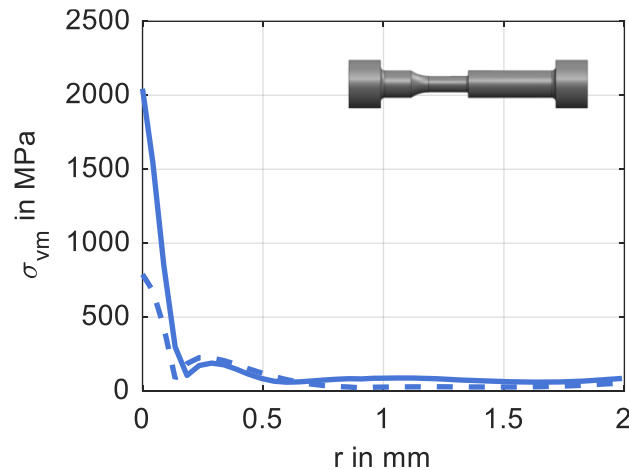
Vergleichsspannung vor und nach zyklischer Beanspruchung

Ideal-plastisches
Materialverhalten



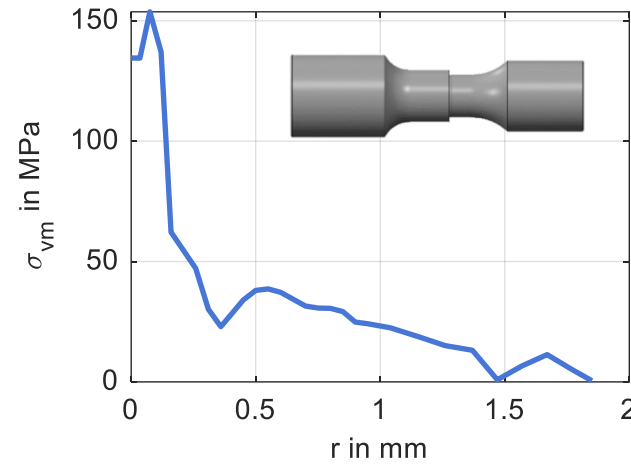
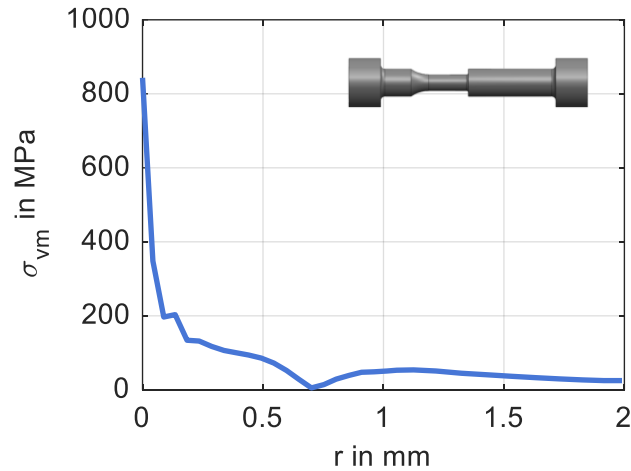
— $\sigma_{vm, Prozess}$
- - $\sigma_{vm, nach Last}$

Kinematische
Verfestigung



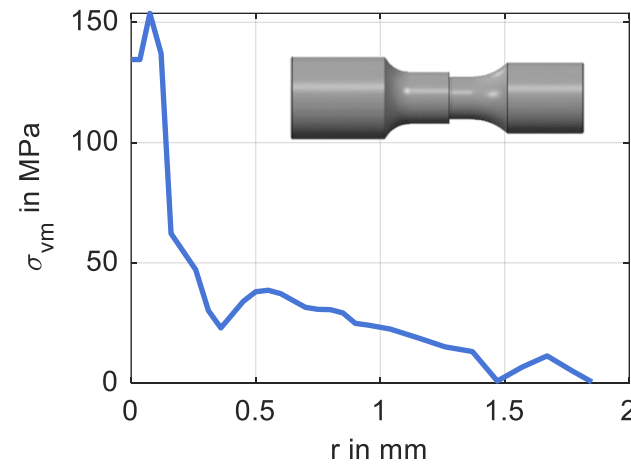
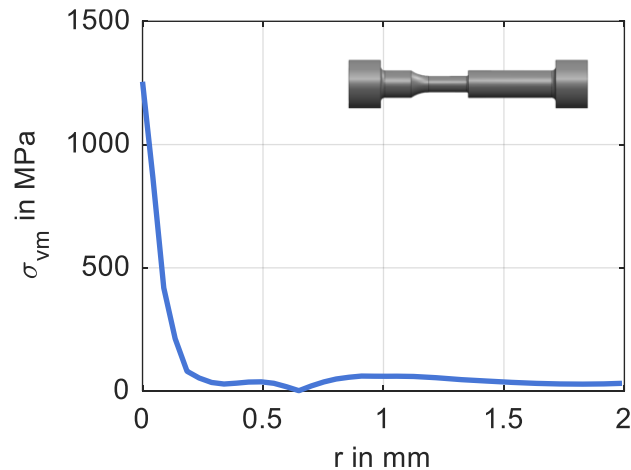
Differenz der Vergleichsspannung vor und nach zyklischer Beanspruchung

Ideal-plastisches
Materialverhalten



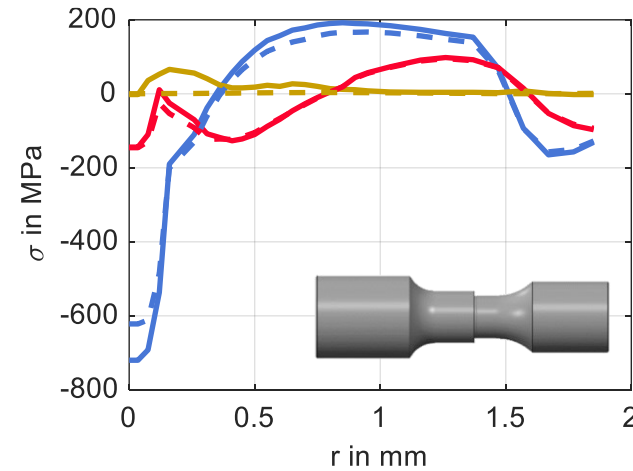
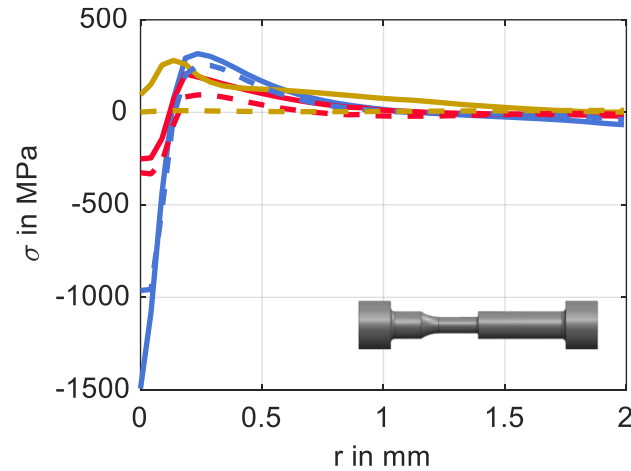
— $\Delta\sigma_{vm}^{ES}$

Kinematische
Verfestigung



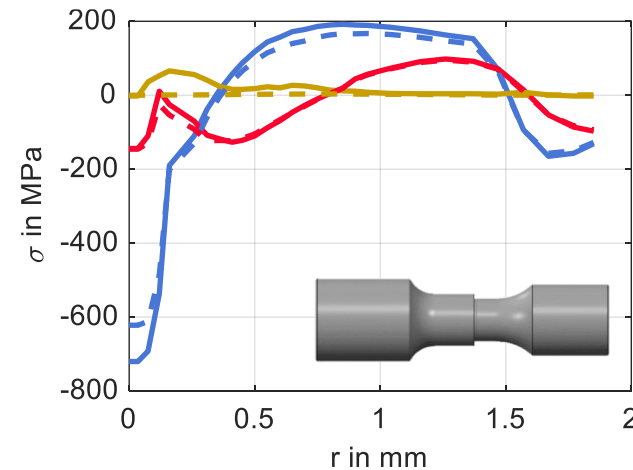
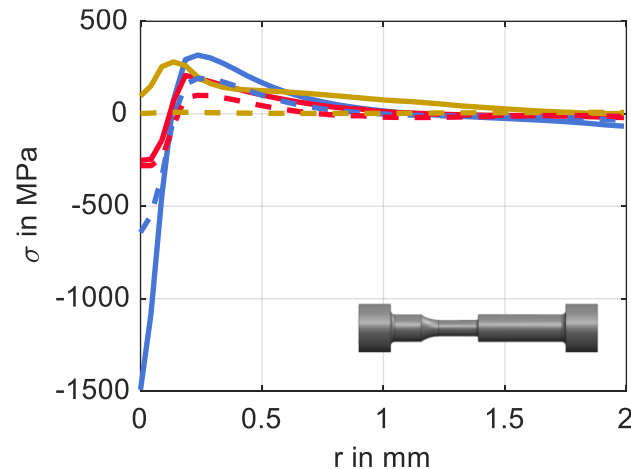
Spannungskomponenten vor und nach zyklischer Beanspruchung

Ideal-plastisches
Materialverhalten



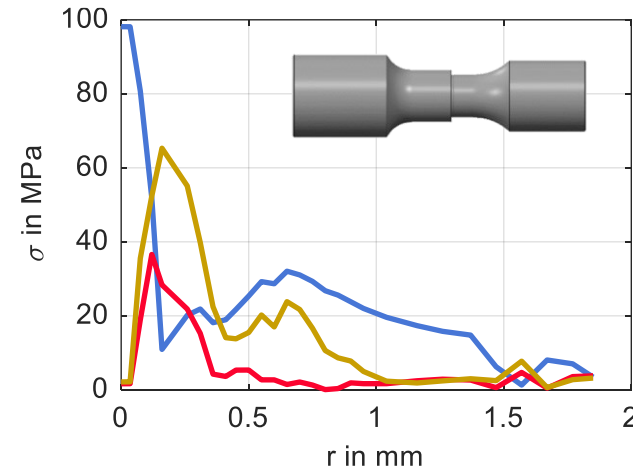
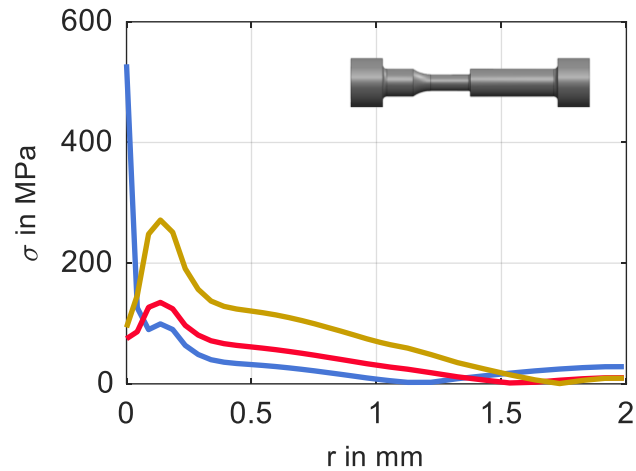
- ES $\sigma_{axial, Prozess}$
- ES $\sigma_{tangential, Prozess}$
- ES $\sigma_{radial, Prozess}$
- - - ES $\sigma_{axial, nach Last}$
- - - ES $\sigma_{tangential, nach Last}$
- - - ES $\sigma_{radial, nach Last}$

Kinematische
Verfestigung



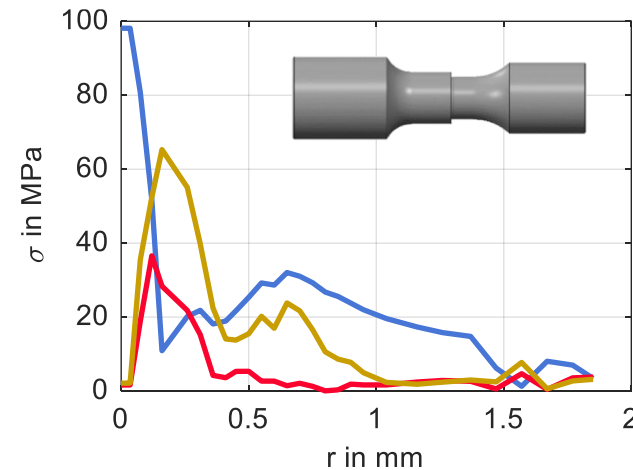
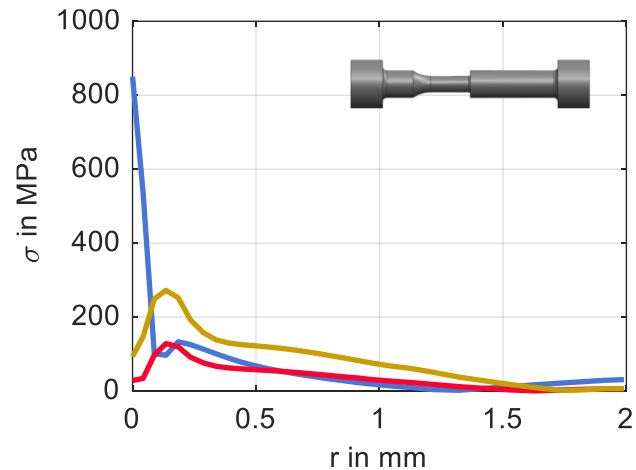
Differenz der Spannungskomponenten vor und nach zyklischer Beanspruchung

Ideal-plastisches
Materialverhalten

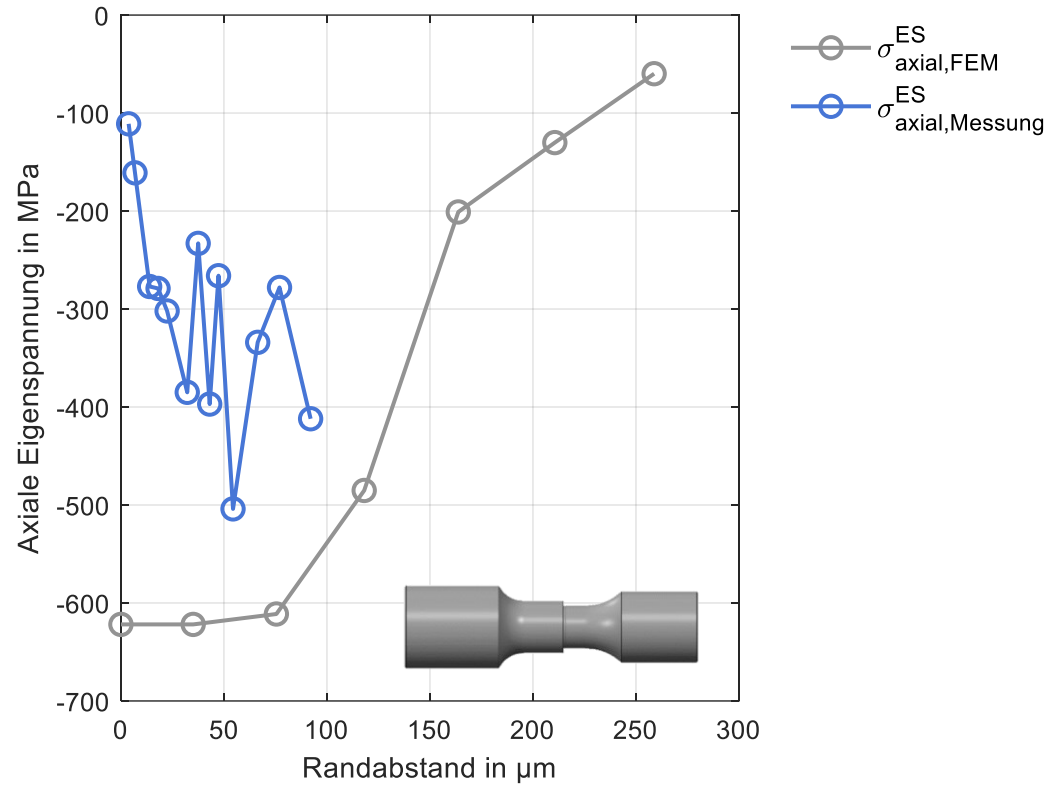
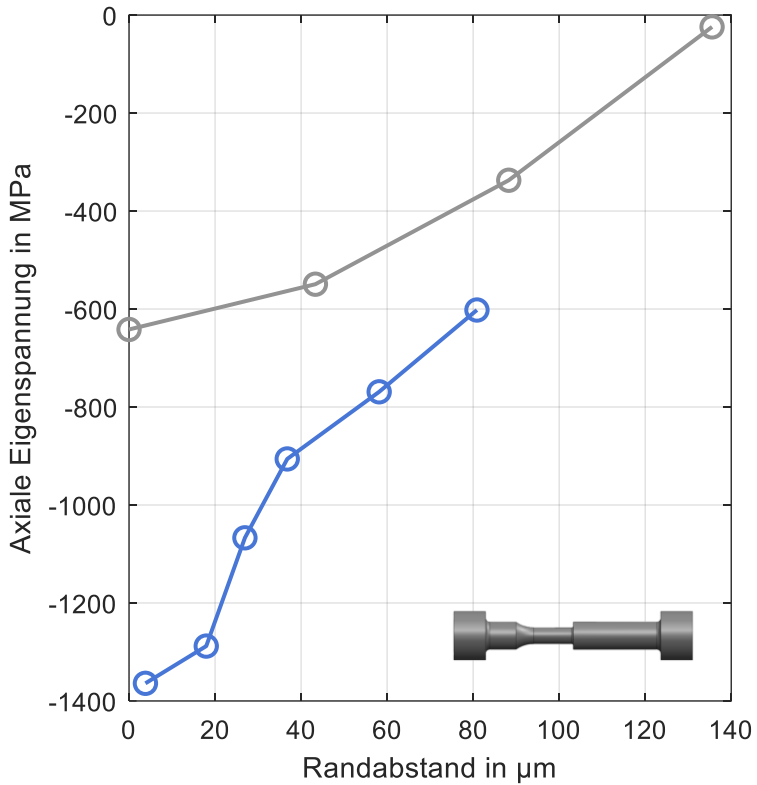


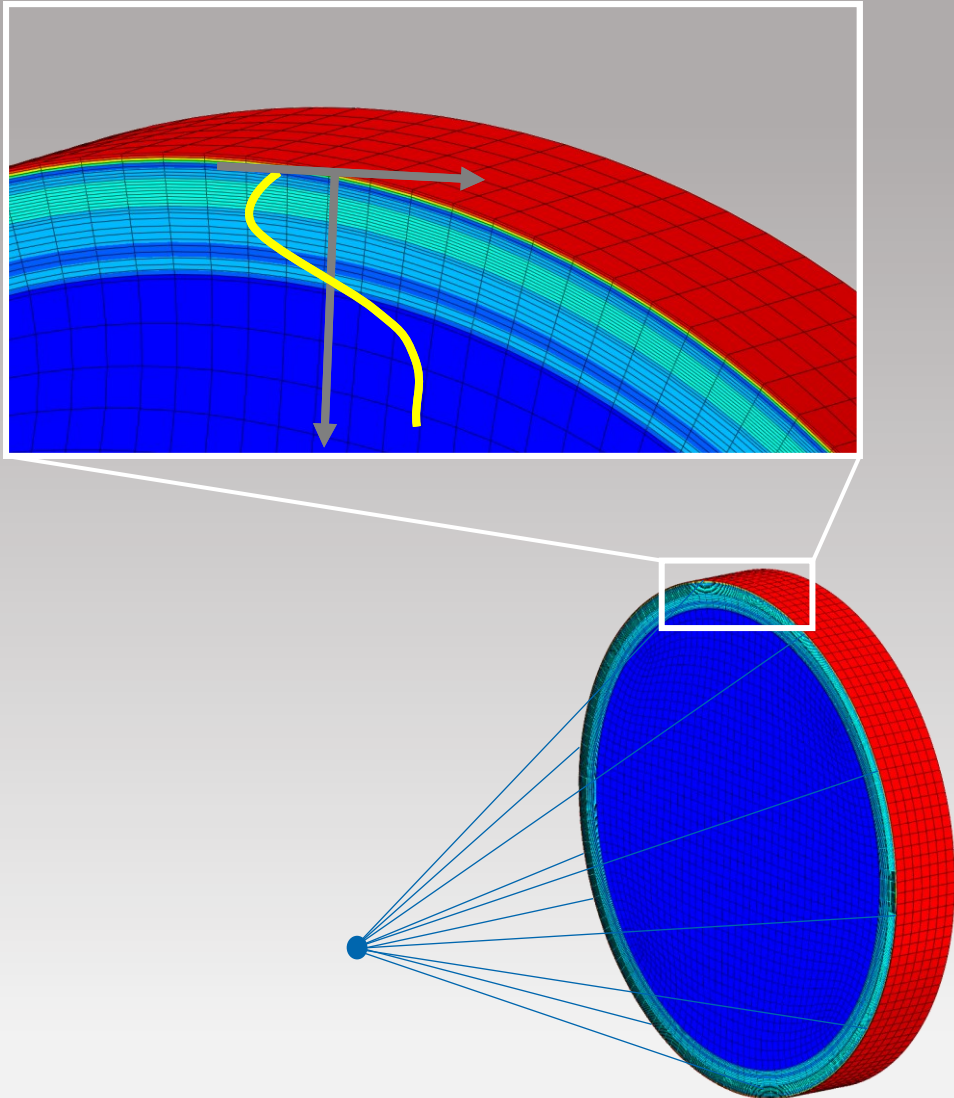
$\Delta\sigma_{axial}^{ES}$
 $\Delta\sigma_{tangential}^{ES}$
 $\Delta\sigma_{radial}^{ES}$

Kinematische
Verfestigung

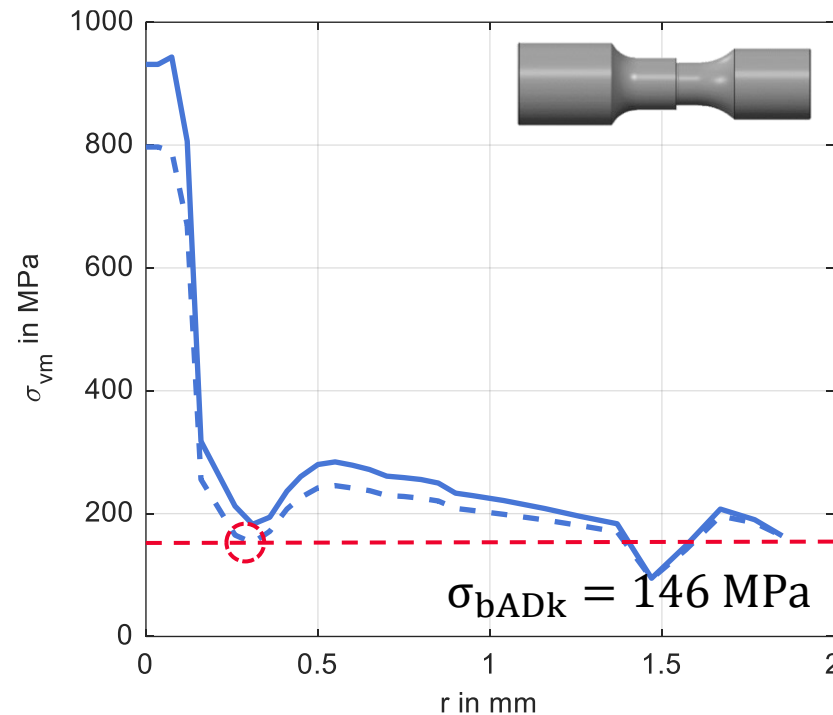
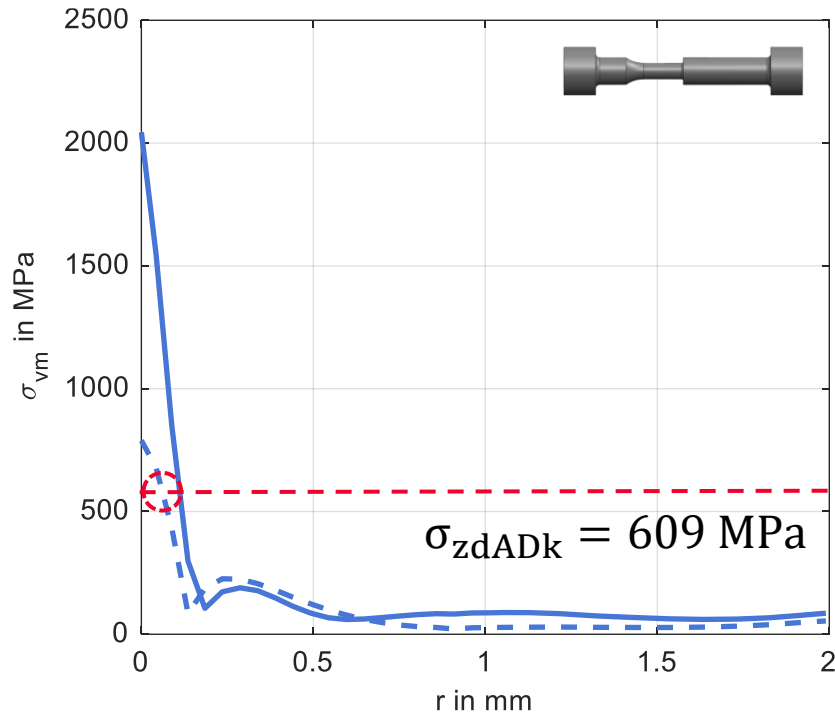


Vergleich von Messung und FE-Simulation nach zyklischer Beanspruchung

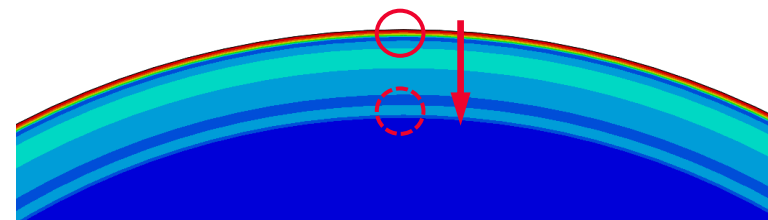
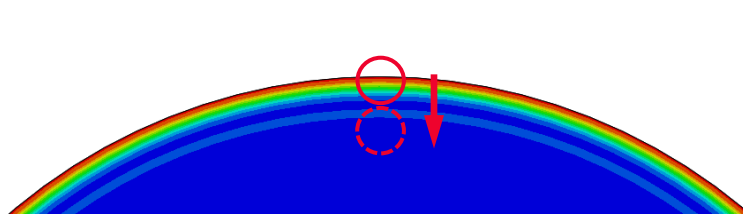




- 1 Einstieg
- 2 Grundlagen
 - Messung der Eigenspannung
 - Materialmodell
- 3 Prozesssimulation des Festwalzens
 - Kleinteilprobe
 - Bauteilprobe
- 4 Simulation des Eigenspannungsabbaus
- 5 Ergebnis des Eigenspannungsabbaus
- 6 Schlussfolgerung**
- 7 Zusammenfassung und Ausblick

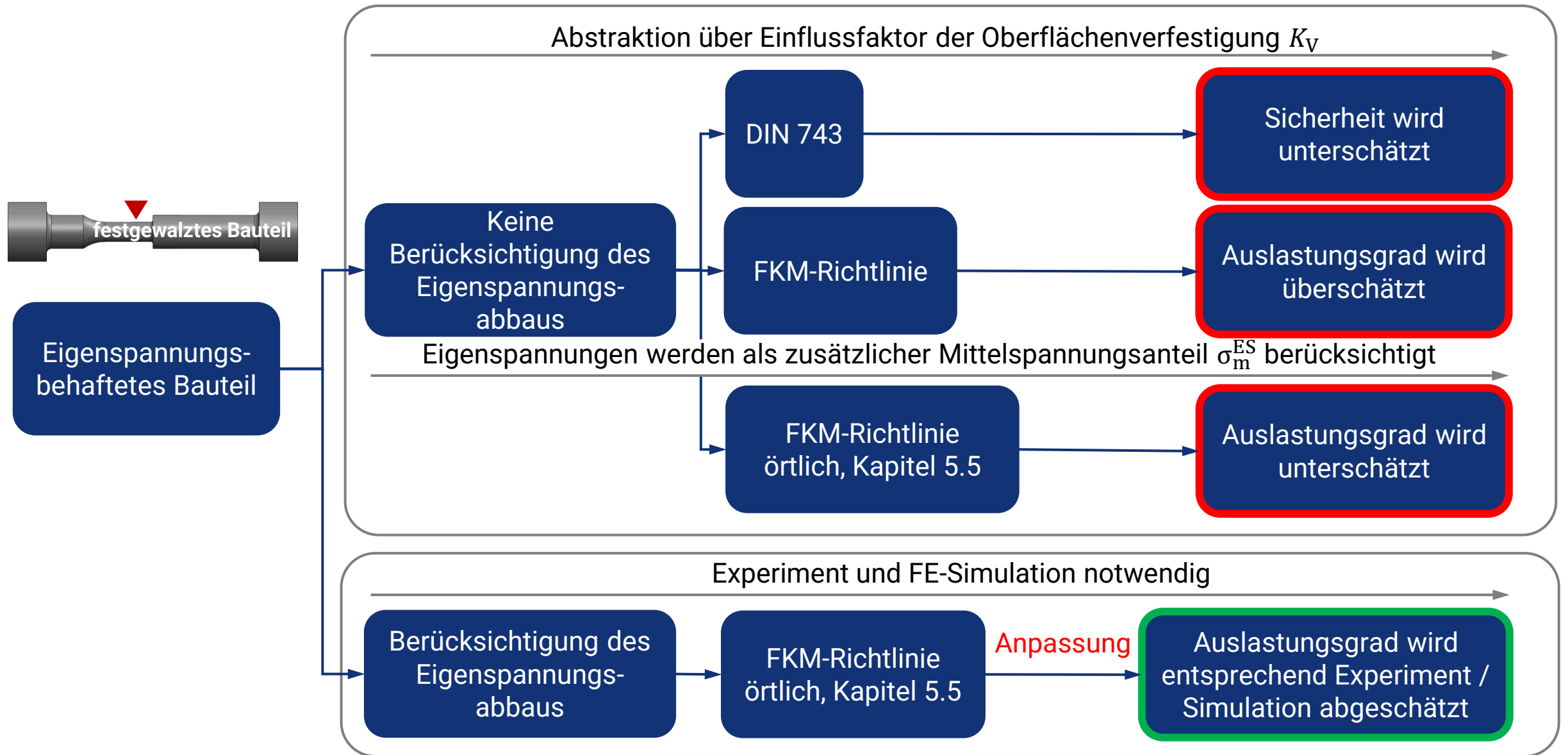


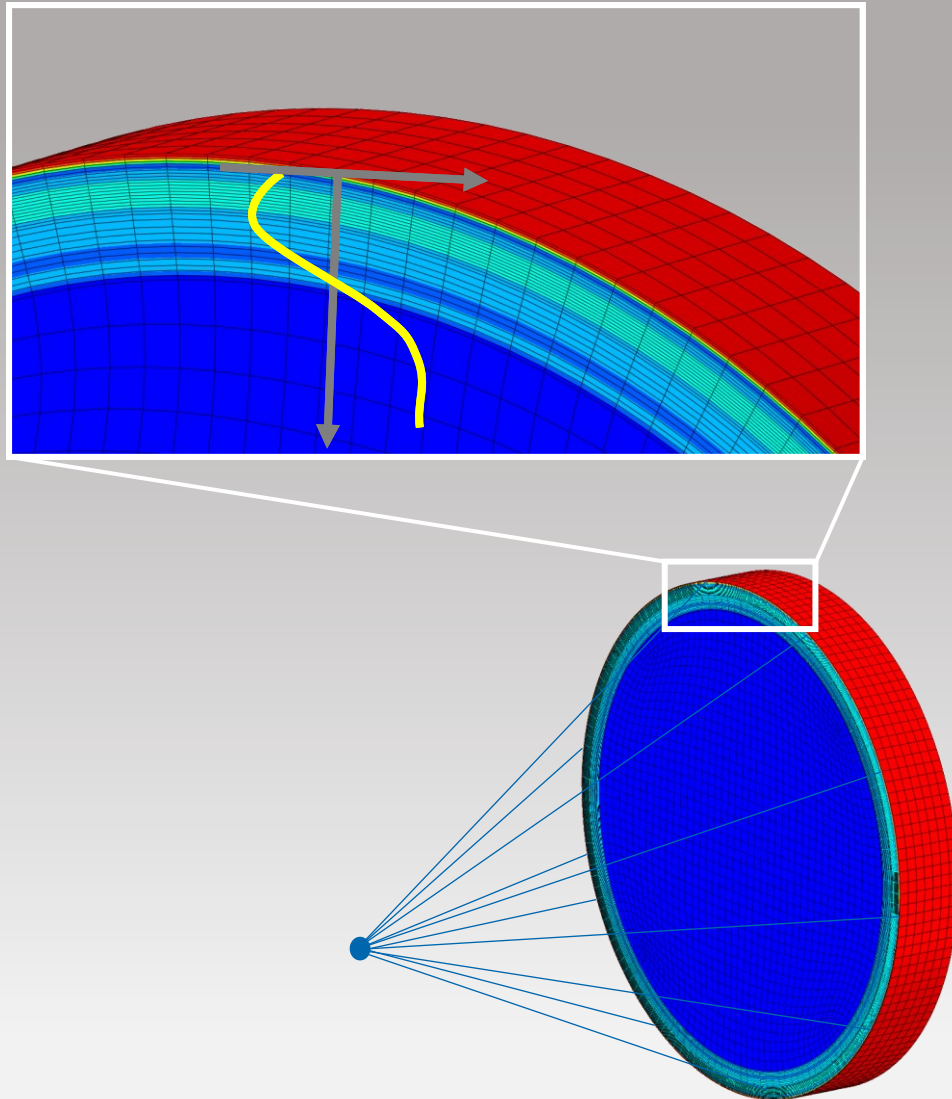
— $\sigma_{vm, \text{Prozess}}$
 - - $\sigma_{vm, \text{nach Last}}$



○ Auswerteort nach DIN 743 und FKM-Richtlinie

○ Auswerteort des örtlichen Tragfähigkeitsnachweises unter Einbeziehung von Eigenspannungen





- 1 Einstieg
- 2 Grundlagen
 - Messung der Eigenspannung
 - Materialmodell
- 3 Prozesssimulation des Festwalzens
 - Kleinteilprobe
 - Bauteilprobe
- 4 Simulation des Eigenspannungsabbaus
- 5 Ergebnis des Eigenspannungsabbaus
- 6 Schlussfolgerung
- 7 Zusammenfassung und Ausblick**

Zusammenfassung

- Festwalzen bewirkt erhebliche Festigkeitssteigerungen
- Eigenstressen bauen sich unter äußeren Lasten ab
- Prozesssimulation und Festigkeitssimulation notwendig
- Nachweisort wird in das Innere des Bauteils verschoben

Ausblick

- Simulation über mehrere Lastwechsel zur Abschätzung des Eigenstressabbaus
- Formulierung eines Ansatzes zur Abschätzung der Eigenstressen
- Identifikation des Auswertortes
- Anpassung der Auslegungsrichtungsrichtlinie



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz für die Bereitstellung der finanziellen Mittel und Förderung des Projekts IGF 21846 BR aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Zudem danken die Autoren der FVA | Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. und den FVA-Mitgliedsfirmen für die inhaltliche sowie organisatorische Unterstützung vor, während und nach der Projektlaufzeit.



Forschungsnetzwerk
Mittelstand



sharing drive innovation