

Eigenspannungsanalyse von Mischschweißverbindungen dickwandiger Rohrleitungssysteme

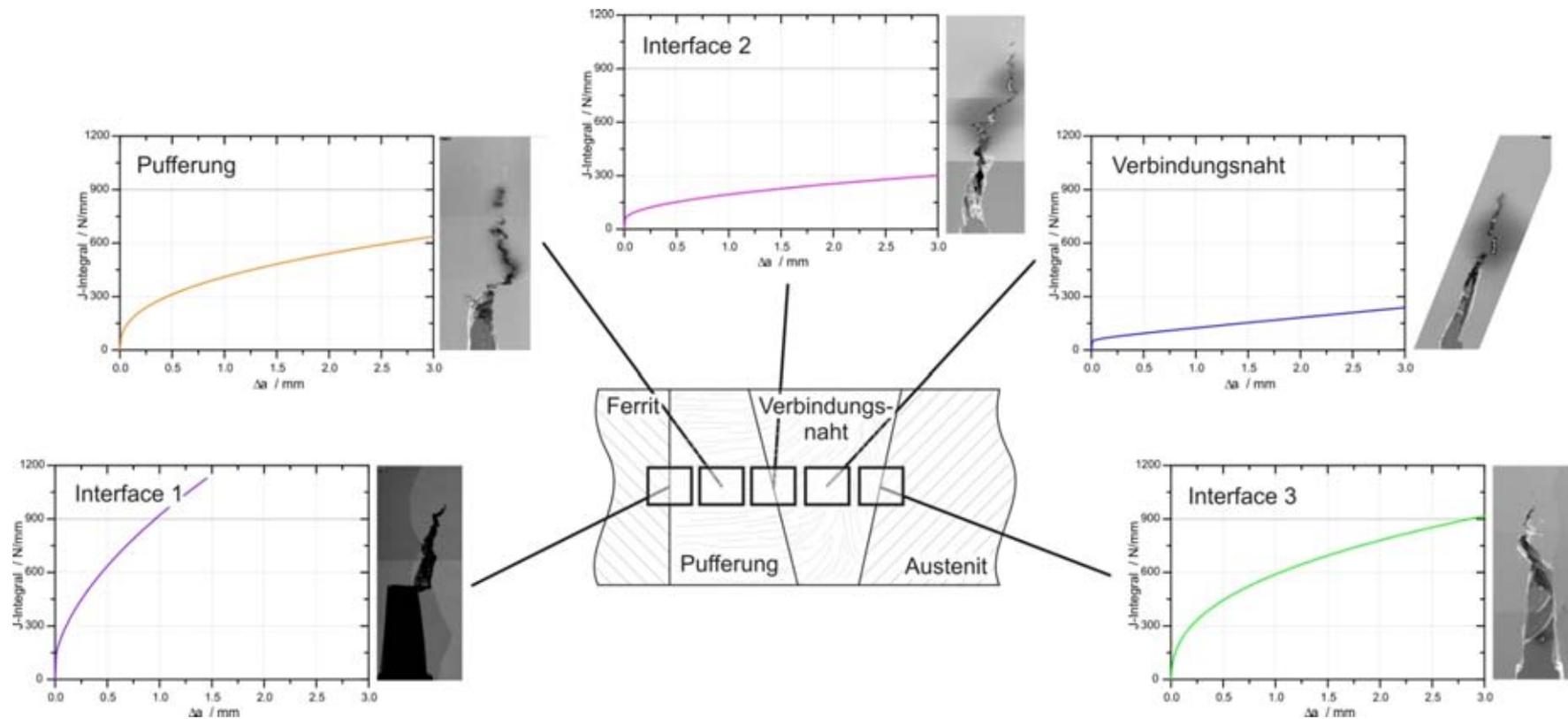
M. Büttner¹⁾, D. Krätschmer²⁾, M. Seidenfuß¹⁾, J. Repper³⁾, M. Hoffmann³⁾

1) IMWF Universität Stuttgart, 2) MPA Universität Stuttgart, 3) FRM II

- **Einleitung**
- Numerische Untersuchungen
- Experimentelle Untersuchungen
- Zusammenfassung

- Unterschiedliche Anforderungen an die Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Komponenten erfordern die Verwendung verschiedener Werkstoffe und deren Verbindung durch Mischschweißverbindungen.
- Mischnähte treten in sicherheitsrelevanten Bereichen von Kernkraftwerken auf und erfordern deshalb besondere Beachtung hinsichtlich der Bewertung tatsächlicher bzw. zu postulierender Fehler.
- Zur Bewertung von Fehlern in Mischschweißverbindungen stehen verschiedene theoretische Berechnungsverfahren zur Verfügung:
 - ✓ Vereinfachte analytische Verfahren
 - ✓ Bruchmechanische Näherungsverfahren
 - ✓ Numerische Verfahren.

Infolge der Paarung verschiedener Werkstoffe sowie durch den Schweißprozess resultiert ein inhomogener Werkstoff- und Beanspruchungszustand mit deutlich unterschiedlichen Rissverläufen möglich.

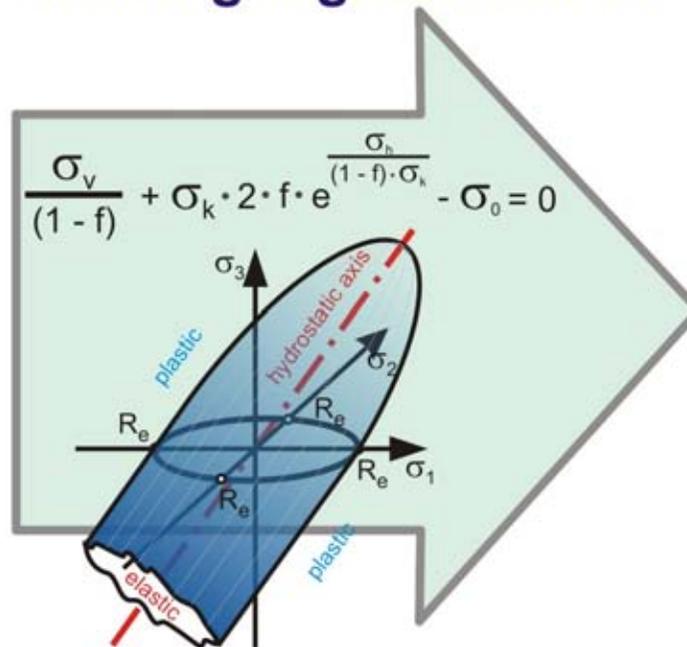


Zur Bewertungen dieser Komponenten werden momentan vereinfachte analytische Verfahren herangezogen. Für eine genauere Bewertung wird aktuell ein schädigungsmechanisches Bewertungsverfahren ermittelt.

Kleinprobe



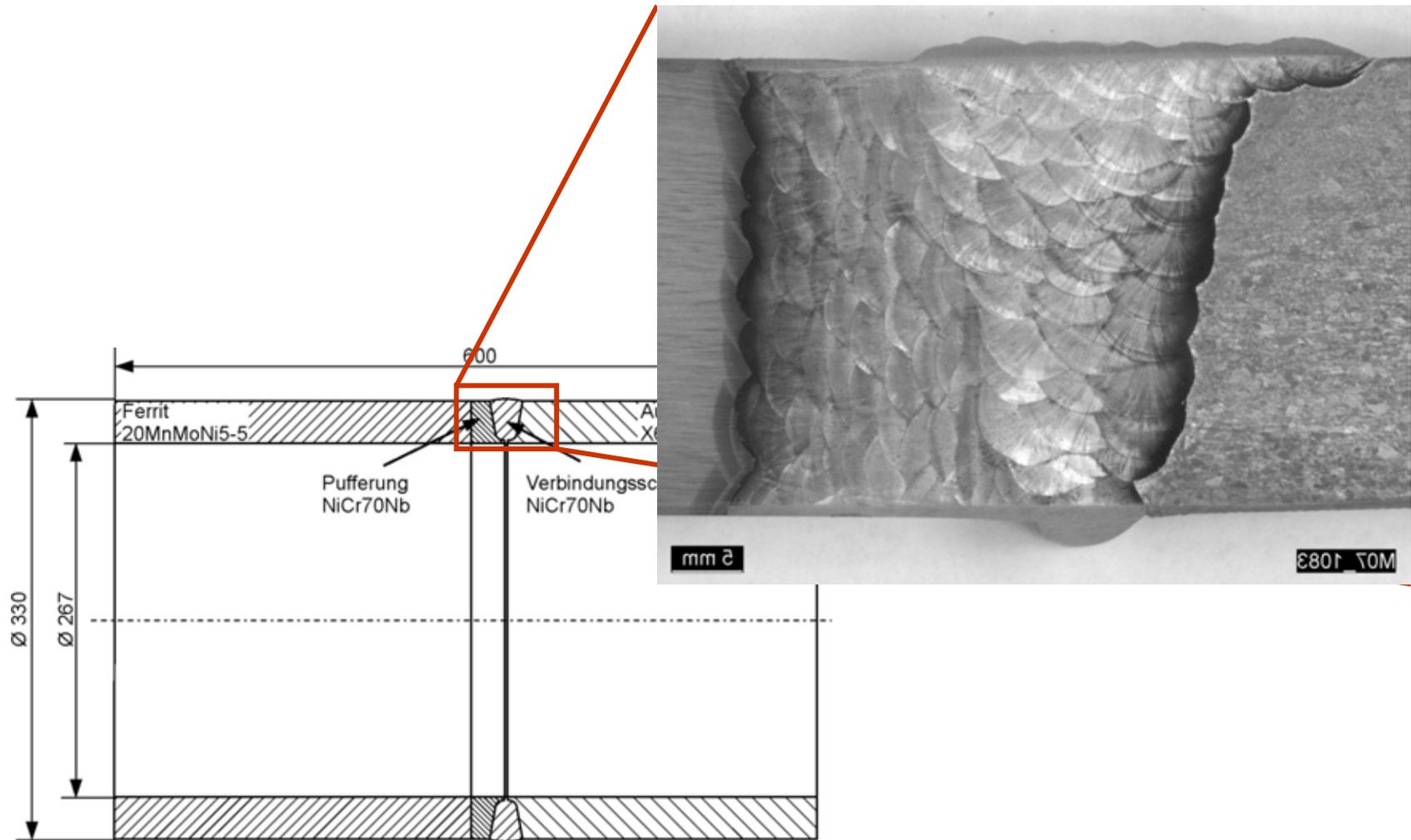
Schädigungsmechanik



Komponente



Für die Übertragbarkeit von Ergebnissen auf Gesamtkomponenten sind genaue Kenntnisse des vorliegenden Eigenspannungszustandes über der gesamten Wanddicke des Rohres unabdingbar.

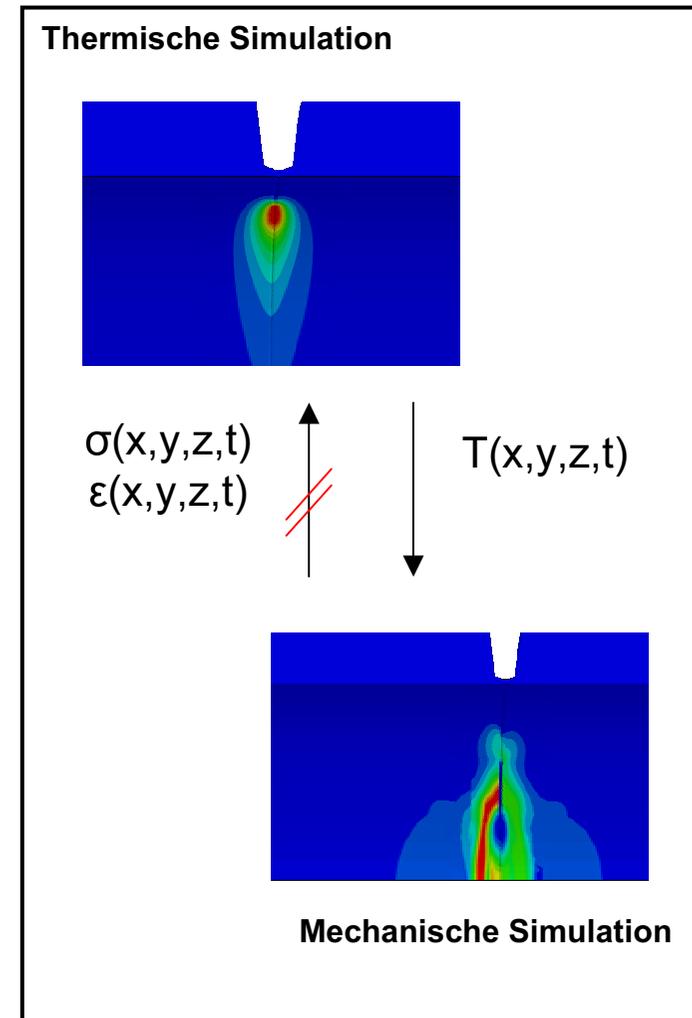


1. Aufbringen der stirnseitigen Pufferung mit einer Ni-Basis Elektrode auf den ferritischen Grundwerkstoff
2. Spannungsarmglühung des gepufferten Rohres
3. Anarbeiten der Schweißnahtflanken an das gepufferte ferritische Rohr und an das austenitische Rohr
4. Schweißen der Verbindungsnaht zwischen der Pufferung und austenitischem Rohr ebenfalls mit Ni-Basis Elektroden



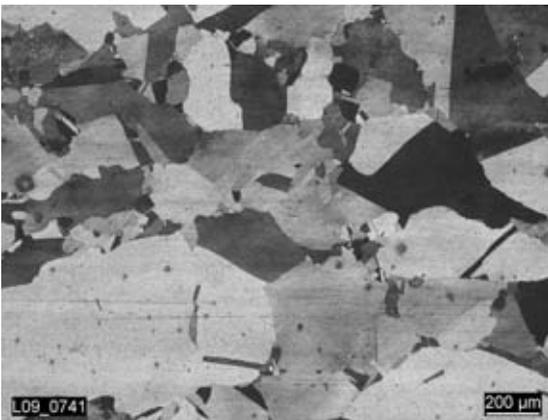
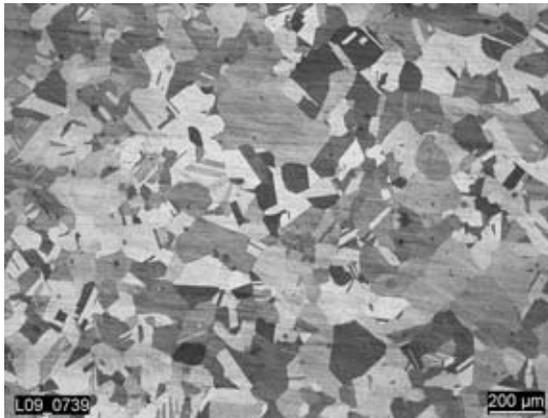
- Einleitung
- **Numerische Untersuchungen**
- Experimentelle Untersuchungen
- Zusammenfassung

- Numerische Simulation einer Mehrlagenmischnahtverbindung
- Verwendete Simulationssoftware: Abaqus
- Simulation der Verbindungsschweißnaht
- Sequentielle thermisch-mechanische Simulation
- Simulation der Wärmequelle als Prescribed Temperature Model



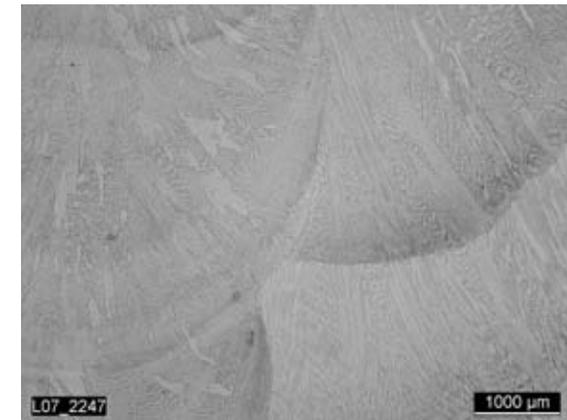
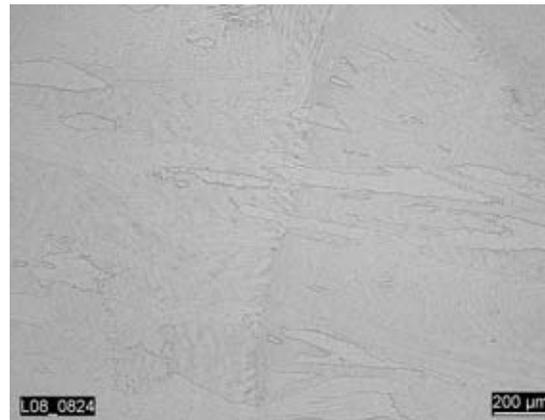
X6CrNiNb18-10

Kornvergrößerung infolge im wurzelnahen Bereich



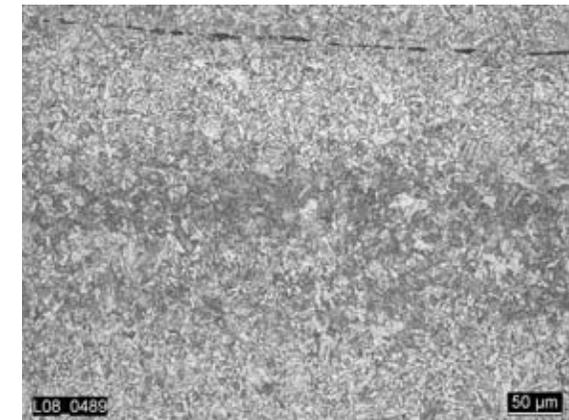
NiCr70Nb

Schweißgut und Pufferung mit dendritischer Erstarrungsstruktur;
Keine Gefügebeeinflussung durch das Aufbringen der weiteren Lagen

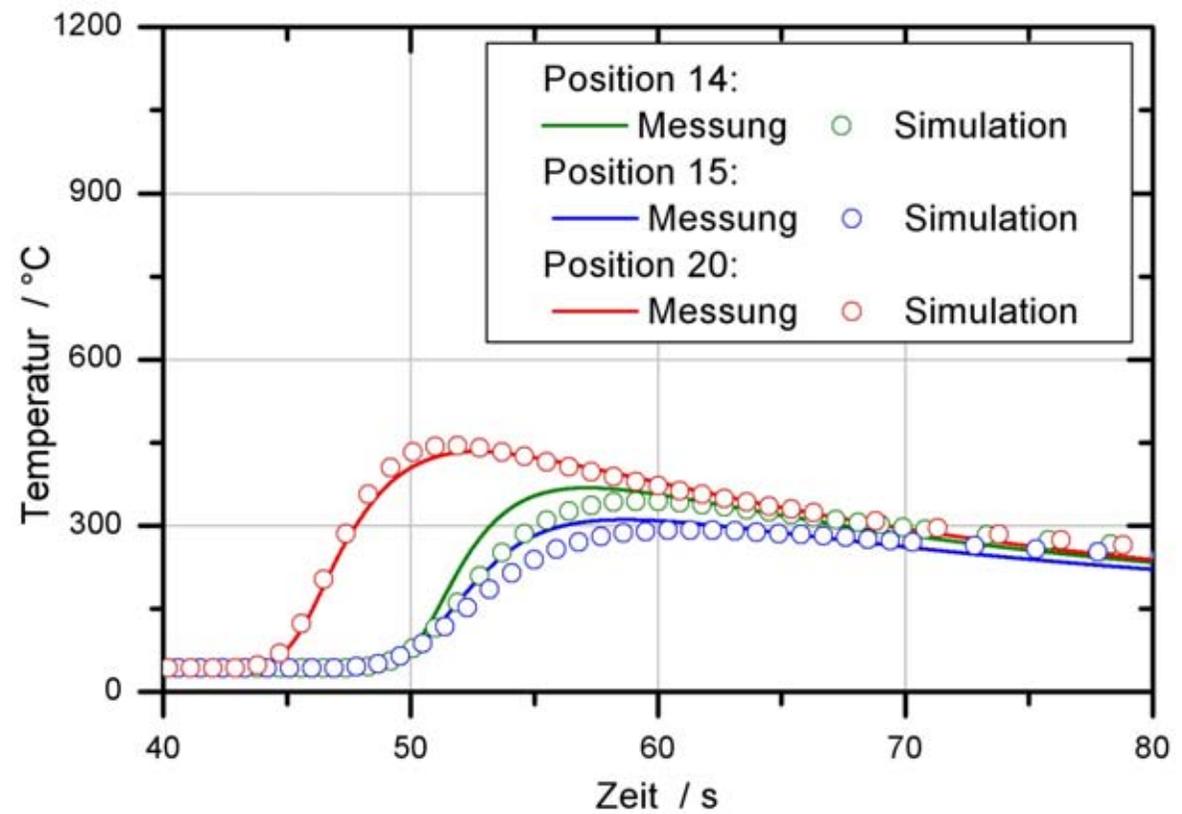
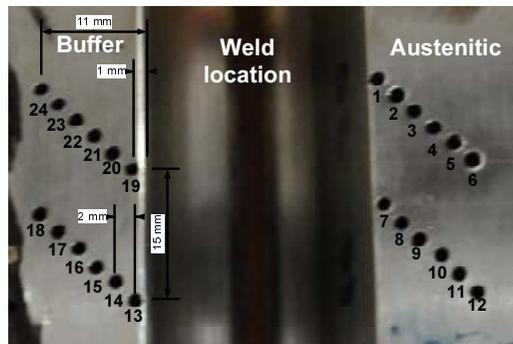
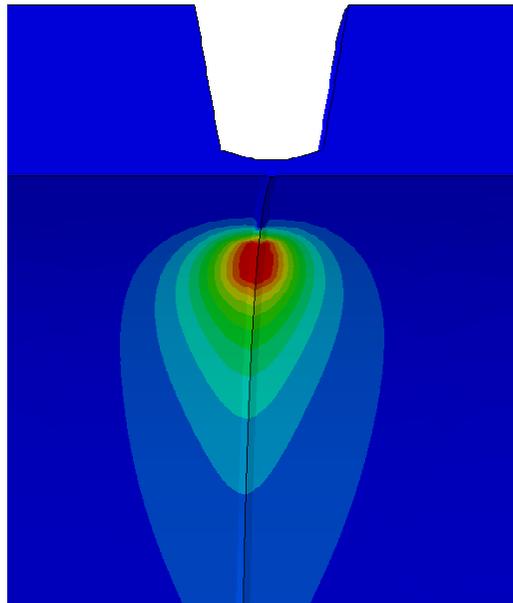


20MnMoNi5-5

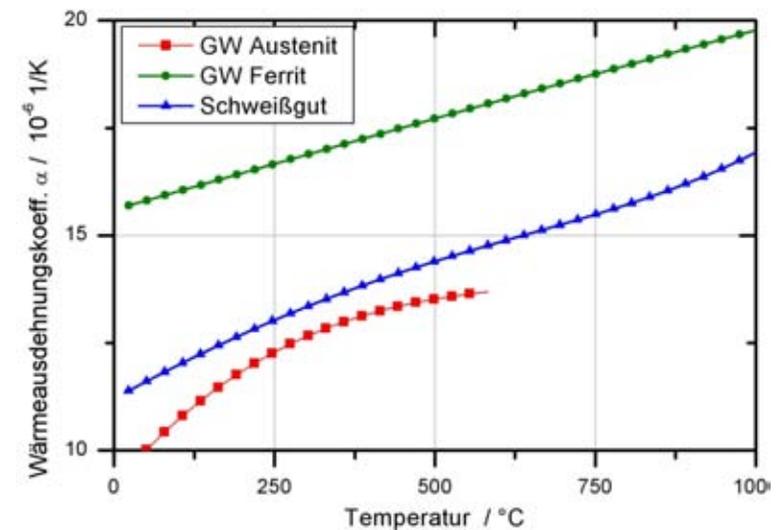
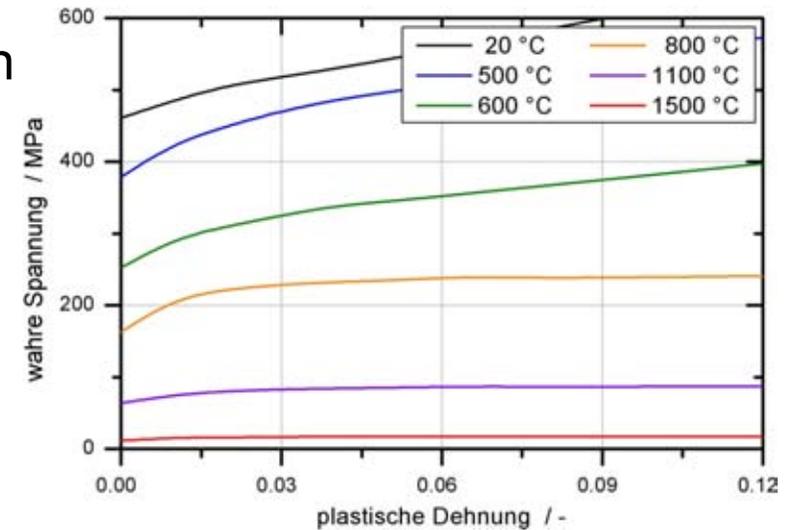
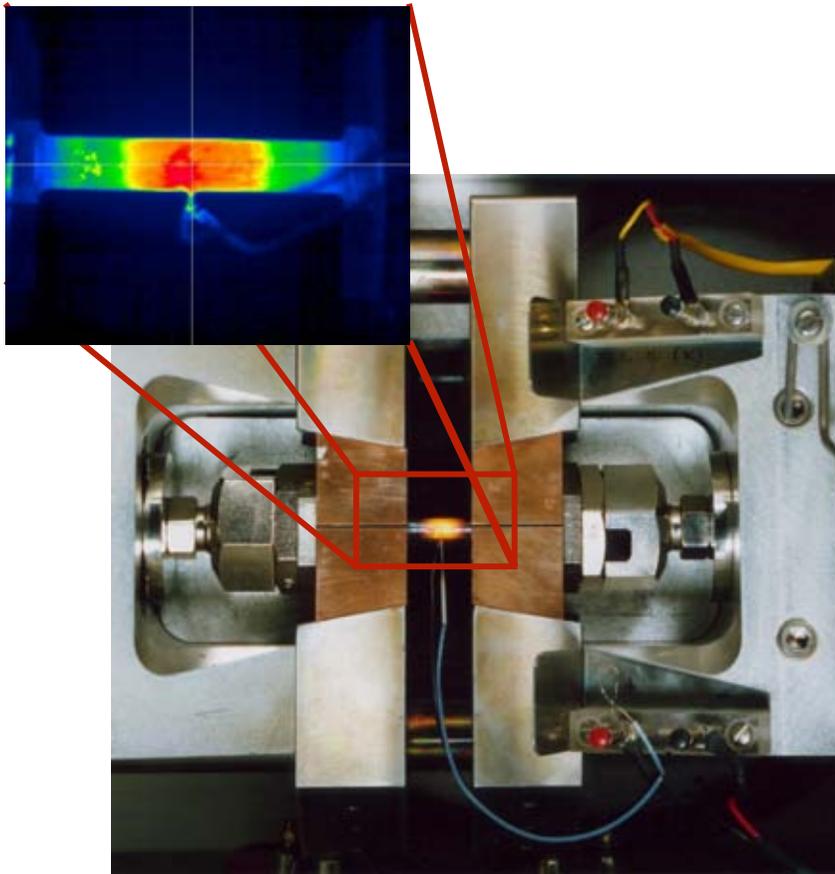
Ferritisch Bainitisches Gefüge



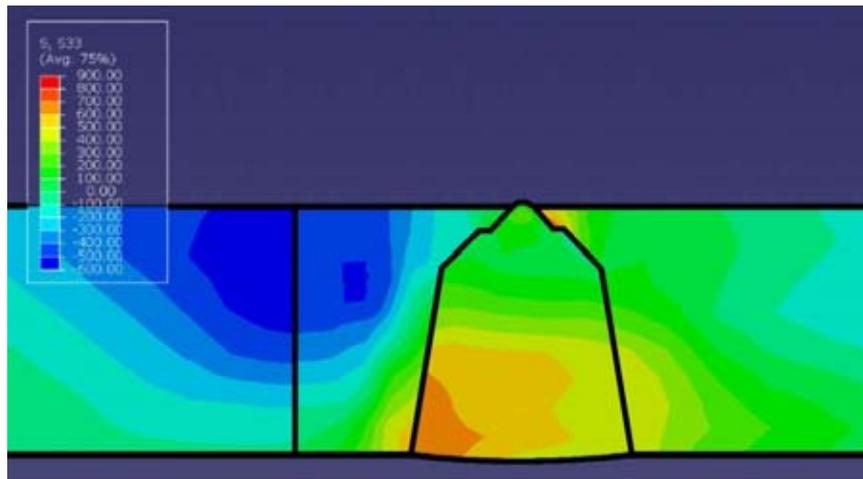
Anpassung der Wärmeeinbringung



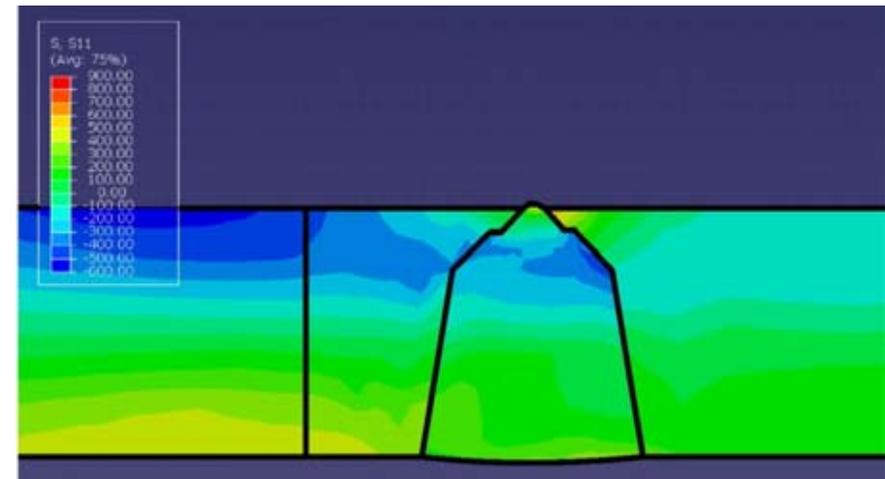
Bestimmung der temperaturabhängigen Eigenschaften mittels eines thermomechanisches Prüfsystems.



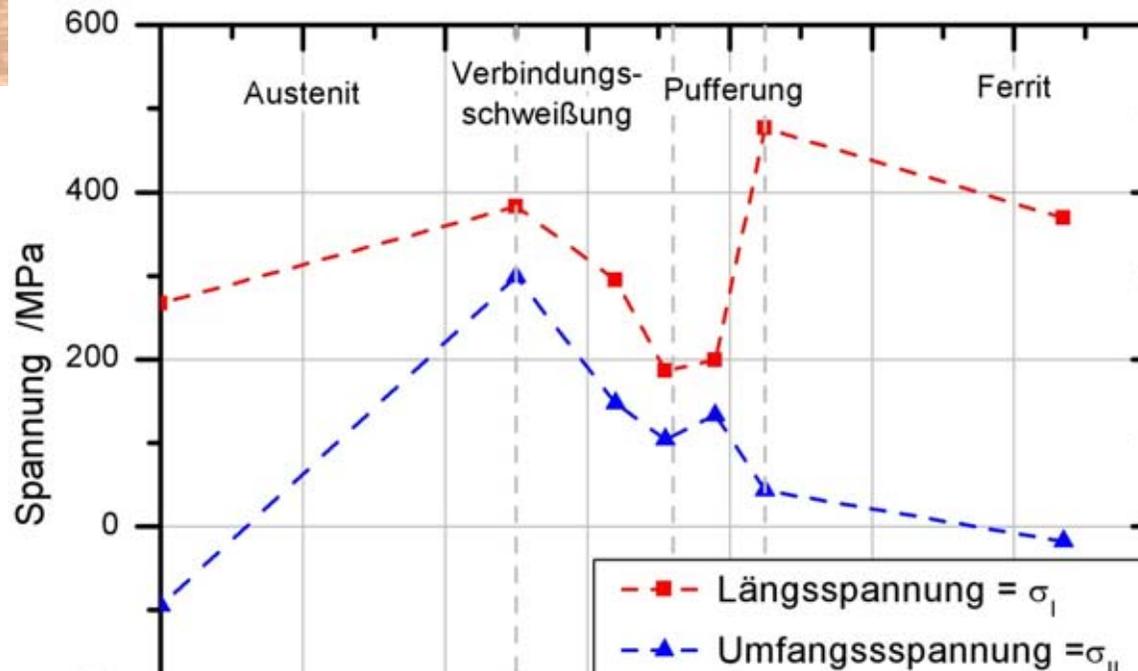
Verlauf Axialspannung



Verlauf Umfangsspannung



- Einleitung
- Numerische Untersuchungen
- **Experimentelle Untersuchungen**
- Zusammenfassung



- Niedrige Streckgrenze des austenitischen Grundwerkstoffs
- Problem in den Interfacebereichen infolge der stark unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften
- Ermittlung der Eigenspannungen lediglich in den oberflächennahen Bereichen

Rohrabmessungen:

$$l_{\text{ges}} = 600 \text{ mm}$$

$$s_{\text{Wand}} = 32,8 \text{ mm}$$

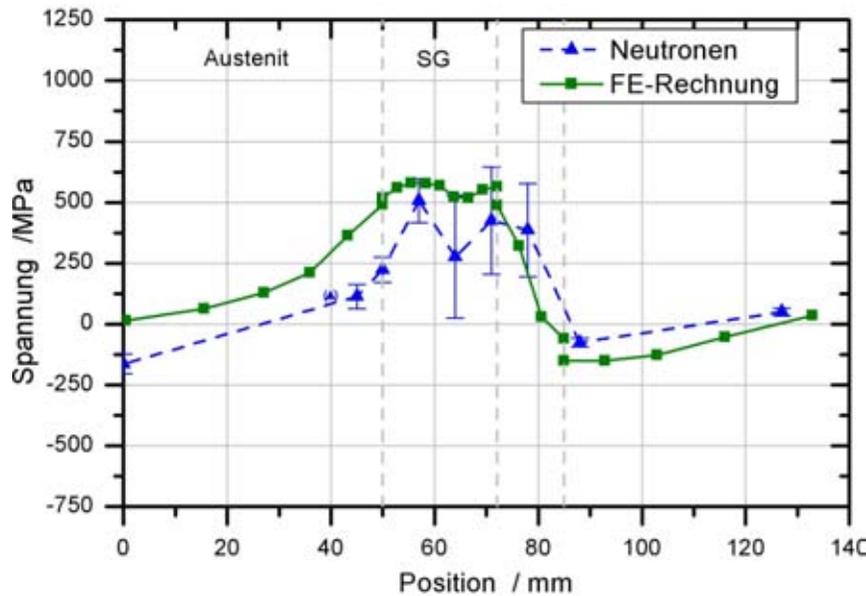
$$m_{\text{ges}} = 140 \text{ kg}$$

Messvolumen

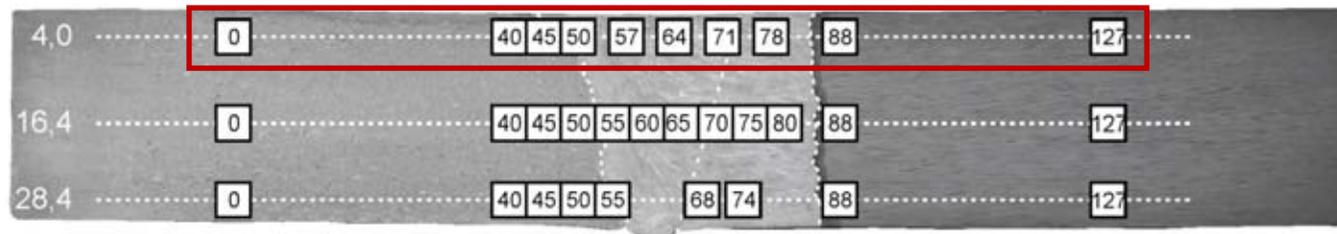
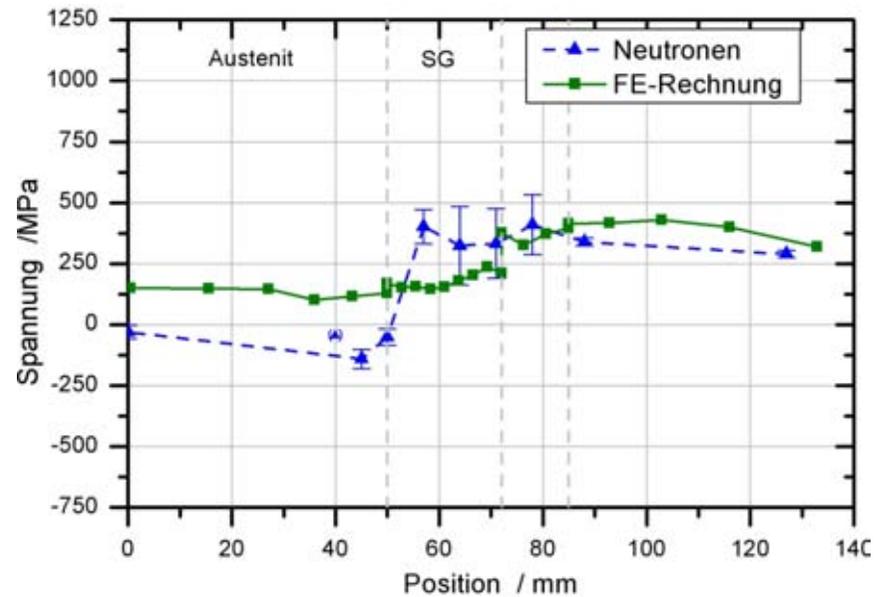
$$V = 5 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$$



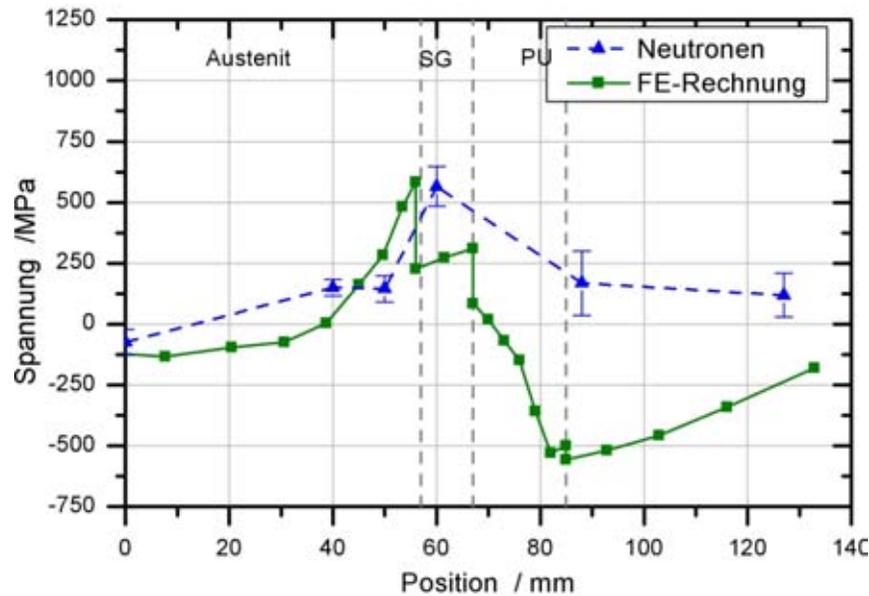
Umfangsrichtung



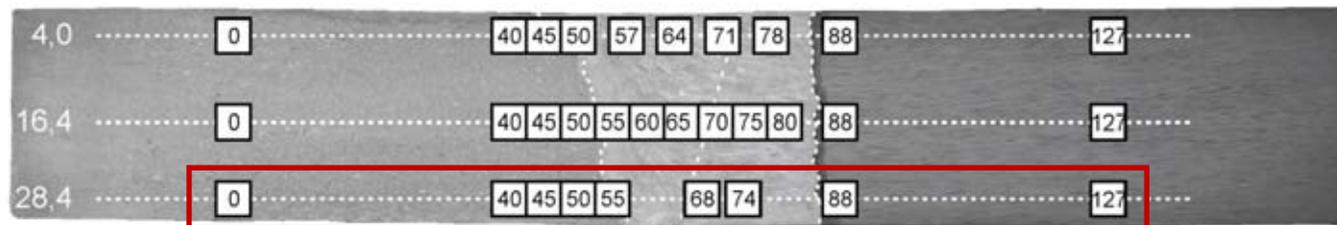
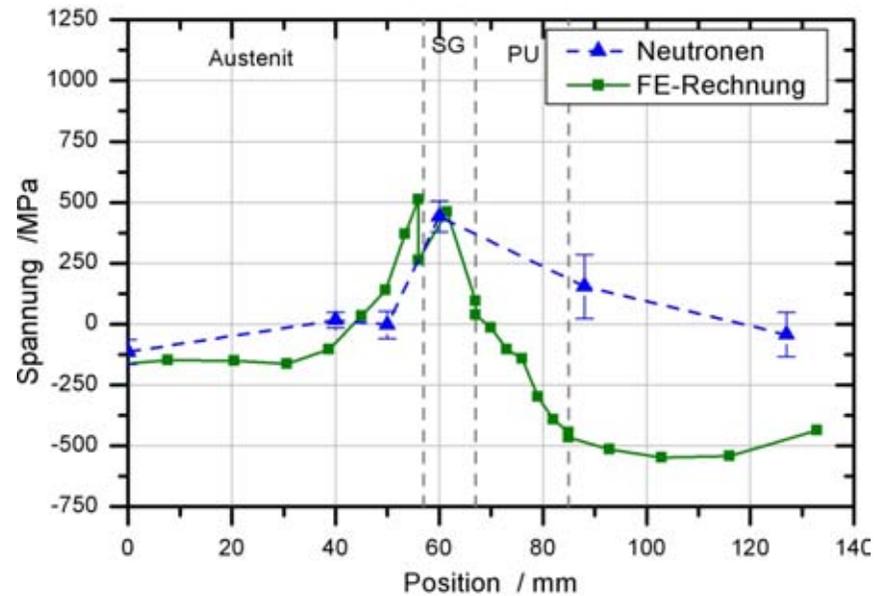
Axialrichtung



Umfangsrichtung



Axialrichtung



- Einleitung
- Numerische Untersuchungen
- Experimentelle Untersuchungen
- **Zusammenfassung**

- Mit Hilfe der Methode der Neutronenbeugung ist es möglich den Eigenspannungszustand über der gesamten Wanddicke von 32,8 mm zu bestimmen.
- Mit Hilfe der Finiten Elemente Methoden lassen sich die Eigenspannungen in allen untersuchten Bereichen ermitteln und für weiterführende Simulationen verwenden.
- Die verschiedenen Methoden korrelieren gut und sind vergleichbar.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart
(MPA Stuttgart, Otto-Graf-Institut (FMPA))**

Postfach 801140, D-70511 Stuttgart

Internet: <http://www.mpa.uni-stuttgart.de>

E-Mail: Mathias.Buettner@mpa.uni-stuttgart.de