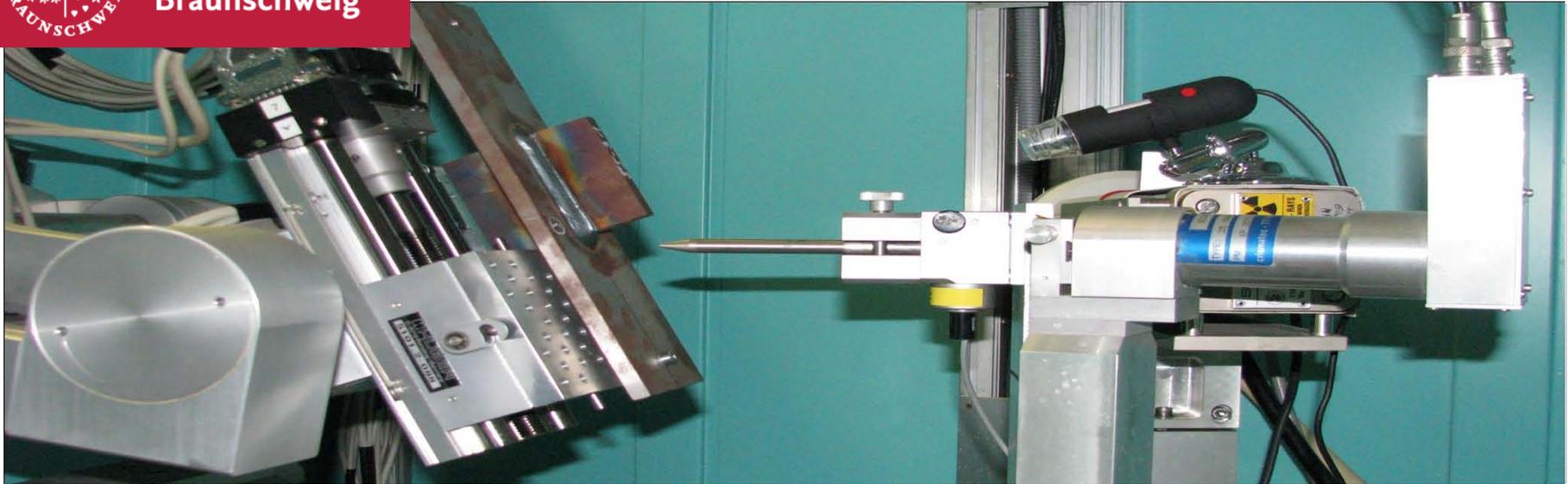




Technische
Universität
Braunschweig

Institut für Füge- und
Schweißtechnik

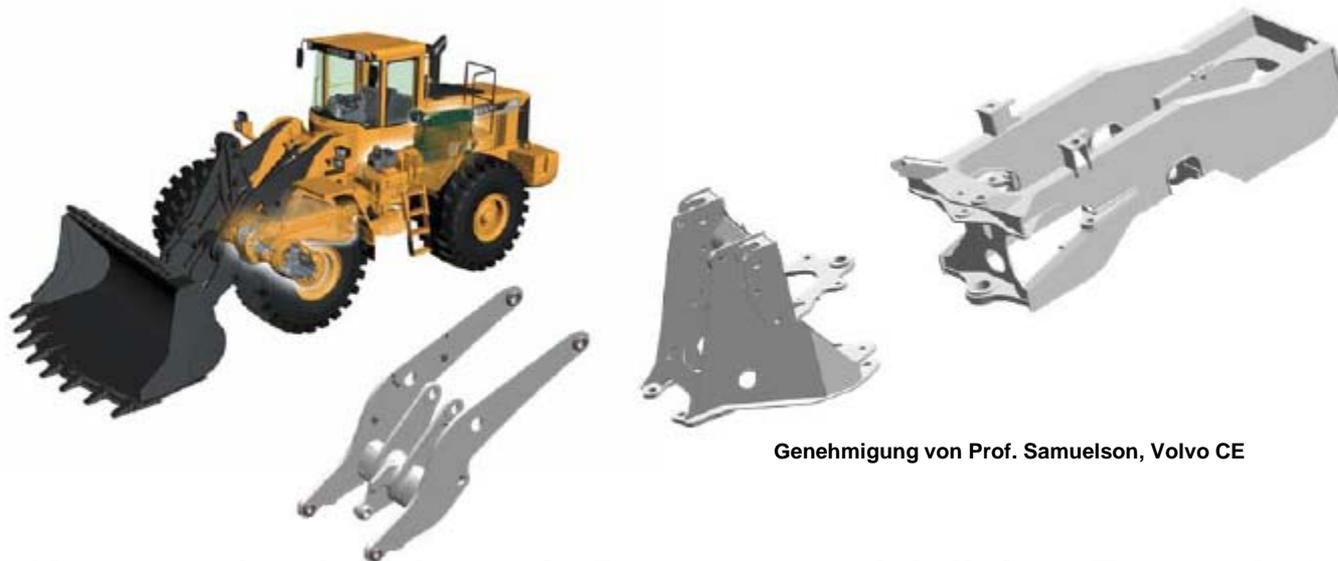


Abbau und Stabilität von Eigenspannungen in geschweißten Stählen unter quasi-statischer und zyklischer Belastung

Majid Farajian, Thomas Nitschke-Pagel, Klaus Dilger

Unklarheiten beim Eigenspannungseinfluss auf Schwingfestigkeit

1. Die Eigenspannungsermittlung in geschweißten Bauteilen
2. Die Interaktion zwischen Eigen- und Lastspannungen
3. Der Einfluss auf Rissinitiierung und Rissausbreitung



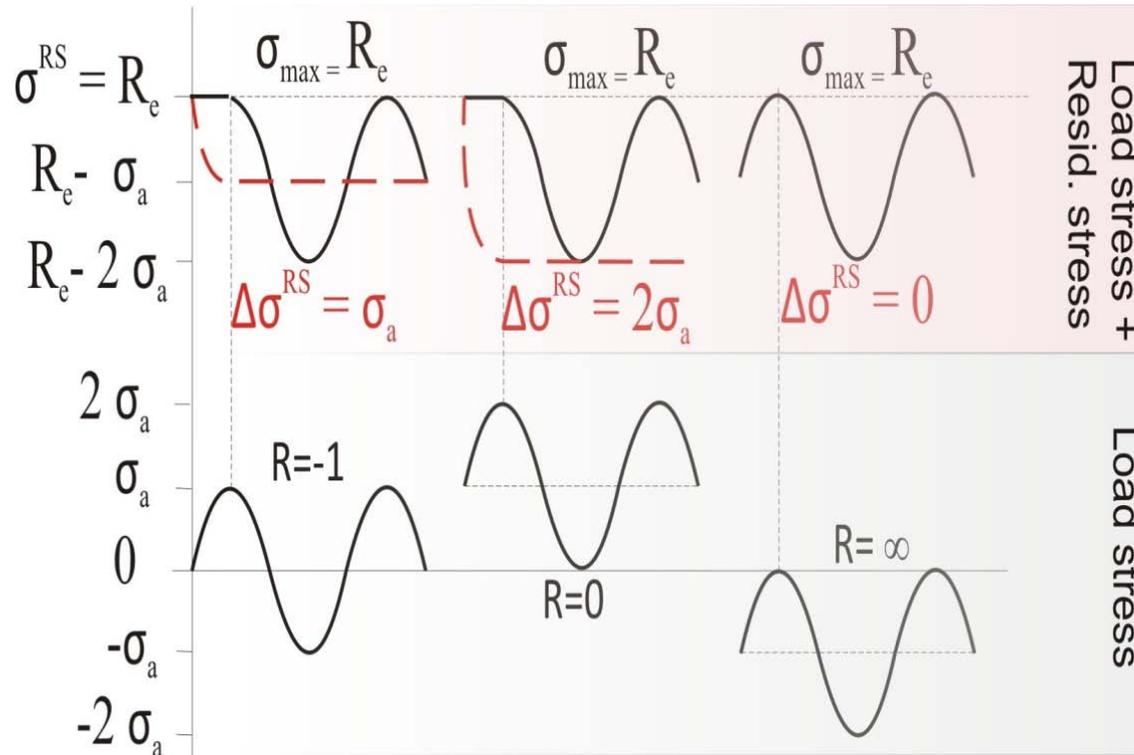
Genehmigung von Prof. Samuelson, Volvo CE

Konservative Annahmen in Bemessungsrichtlinien (Eurocode 3, IIW):

- **Eigenspannungen in Höhe der Streckgrenze sind vorhanden**
- **Eigenspannung und Mittelspannung wird gleichgesetzt**

Mittelspannungsunabhängige Schwingfestigkeit

Die Bemessungskennwerte beruhen ausschließlich auf Schwingversuchen unter zugschwellender Beanspruchung ($R=0$ für Stahl, $R=0.5$ für Aluminium).



nach Gurney

Schwingfestigkeitsmindernder Eigenspannungseinfluss:

1. Fehleinschätzung der tatsächlich erreichten Eigenspannung in der Naht
2. Fehlbewertung des von Eigenspannungen ausgehenden Einflusses auf die Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen

Untersuchungen zu Themen:

1. Ausgangseigenspannung
2. Eigenspannungsverhalten unter Beanspruchung

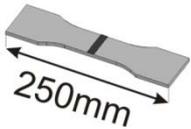
Forschungsziel

- schwingfestigkeitsmindernde Mechanismen in Ermüdungsstadien
- schwingfestigkeitssteigernde Mechanismen der Nachbehandlungsverfahren

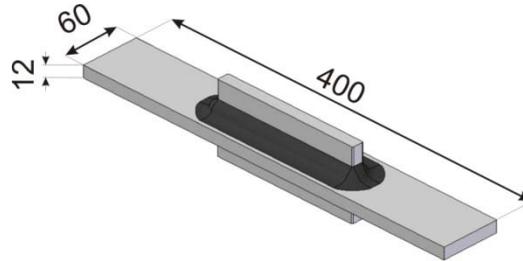
Ausgangseigenstresspannungen

Kleinproben

Stumpfnah

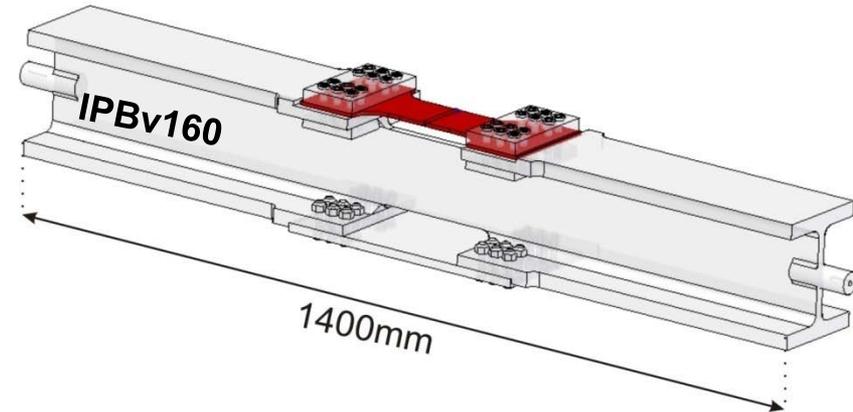


Kehlnah



Bauteilproben

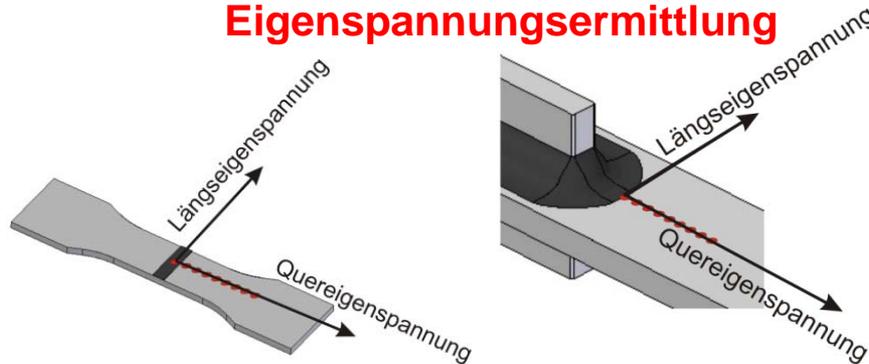
Stumpfnah



Werkstoffe

S235JRG2
S355J2G3
P460NL
S690QL
S960QL
S1100QL

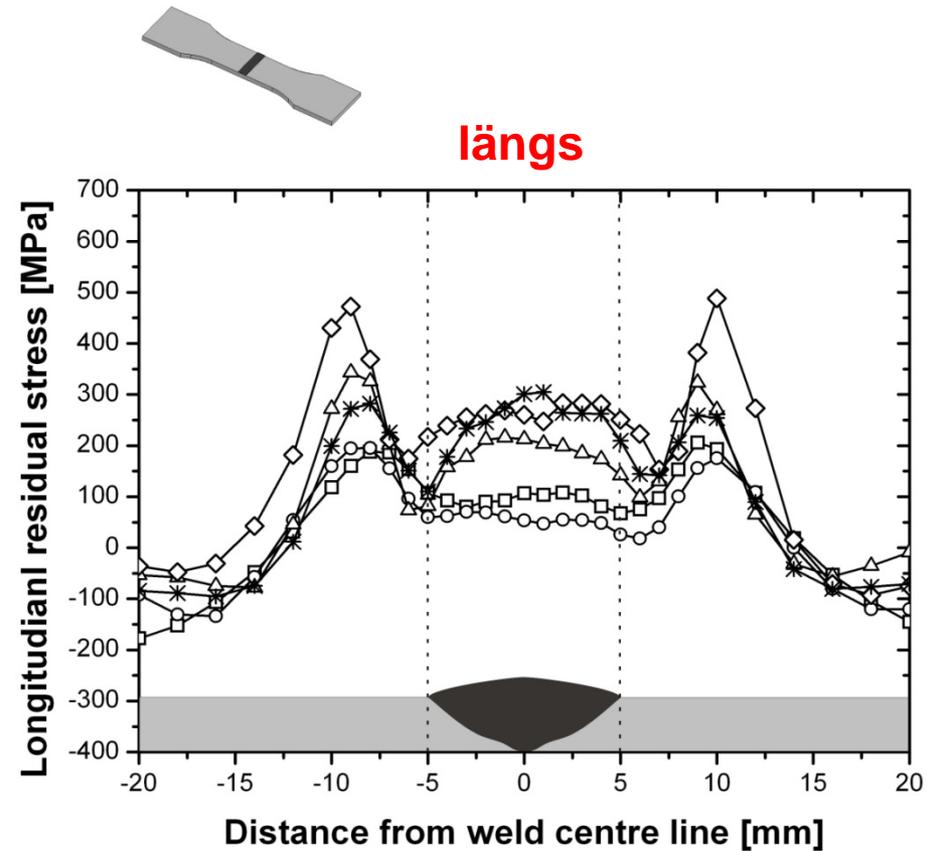
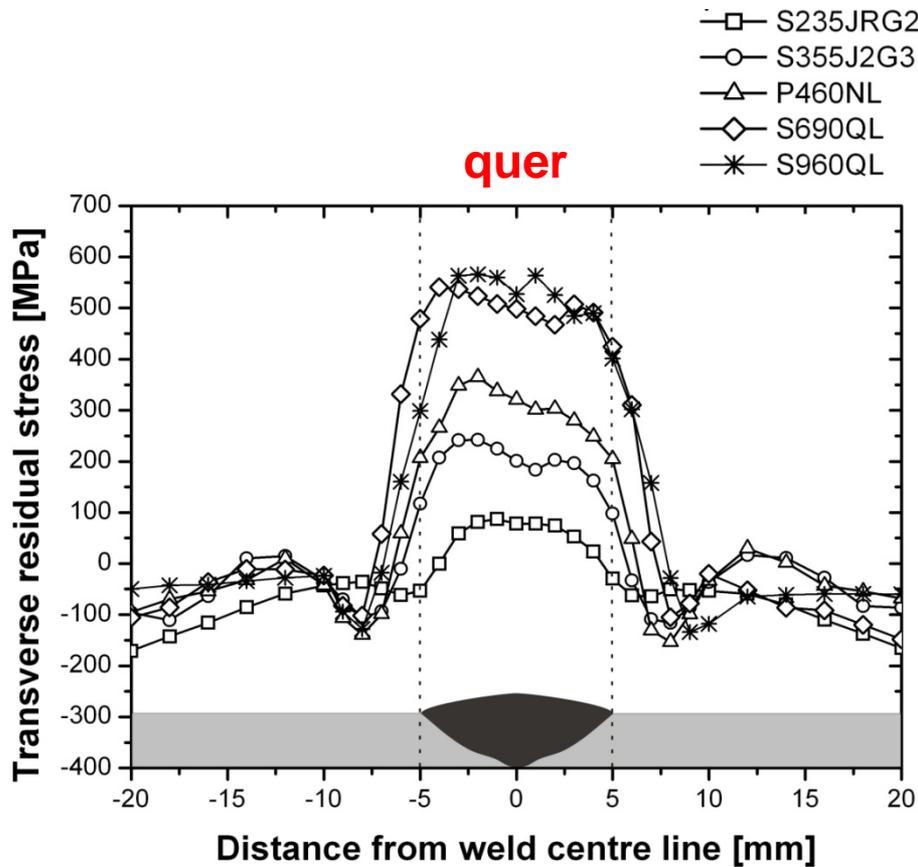
Eigenstresspannungsermittlung



Cr-K α radiation (35kV, 30 mA)
{211} ferrite lattice plane
 Ψ : 0°, 13°, 18°, 30°, 39°, 42° and 45°
2 θ between 149 and 163
 $\sin^2\Psi$

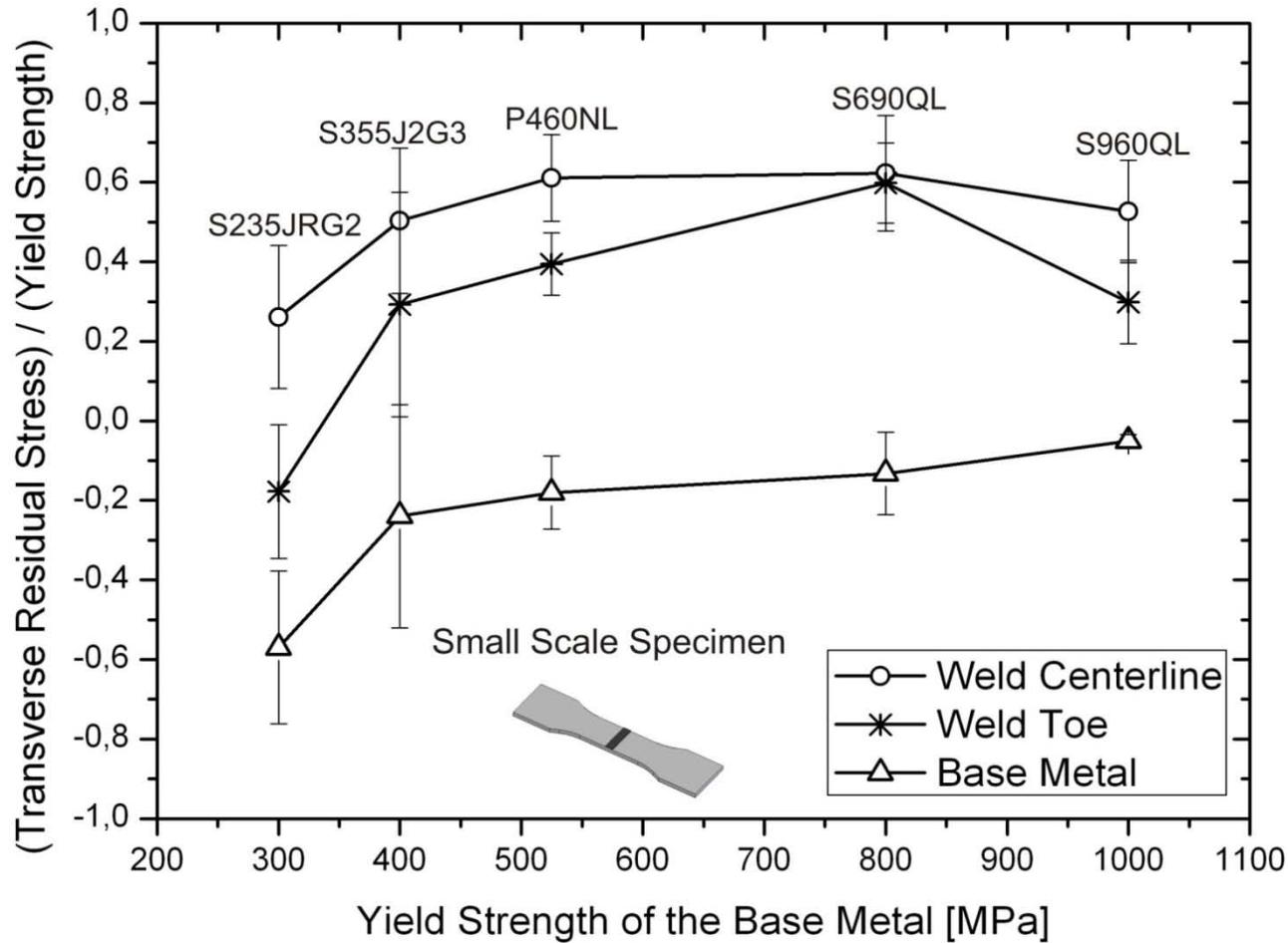
Ausgangseigenstressungen

Oberflächennahe Eigenstressungen- Kleinproben



Eigenspannung/Streckgrenze-Verhältnis

Oberflächennahe Eigenspannungen in **Kleinproben**

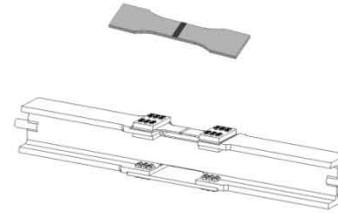


Ausgangseigenstressungen

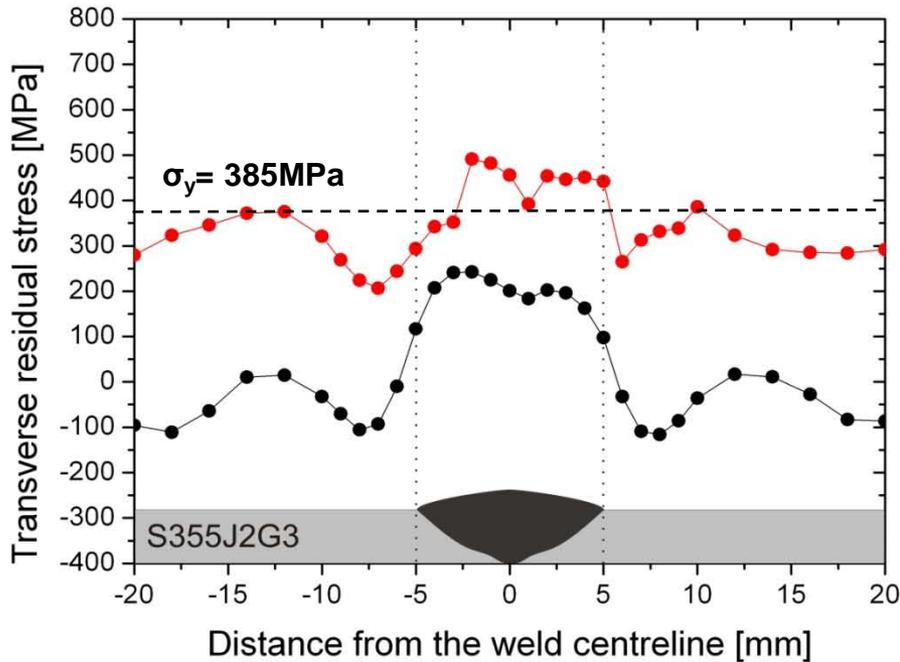
Oberflächennahe Eigenstressungen in Klein- und Bauteilproben

● Small-scale Specimen

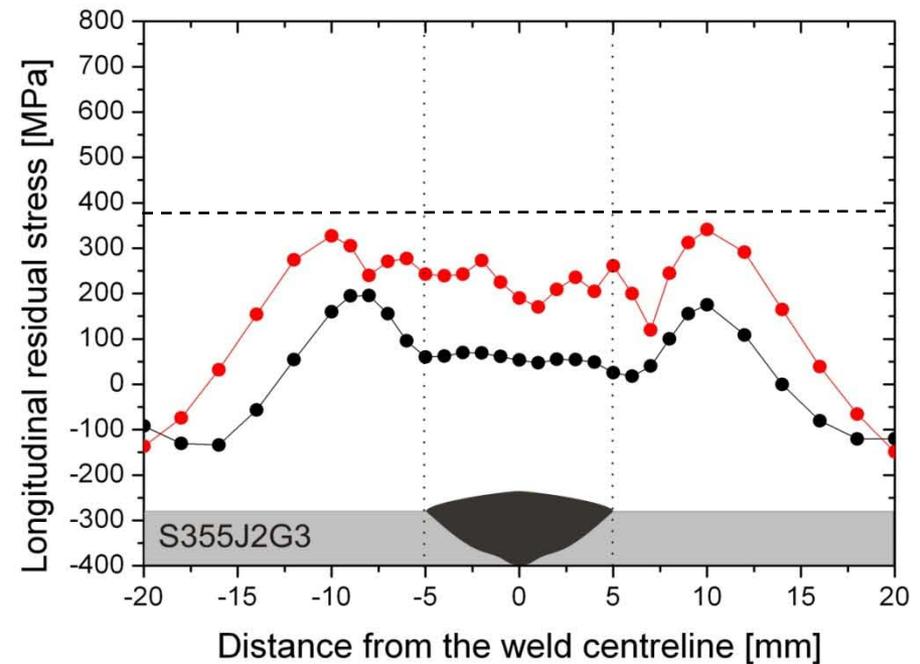
● Large-scale Specimen



quer

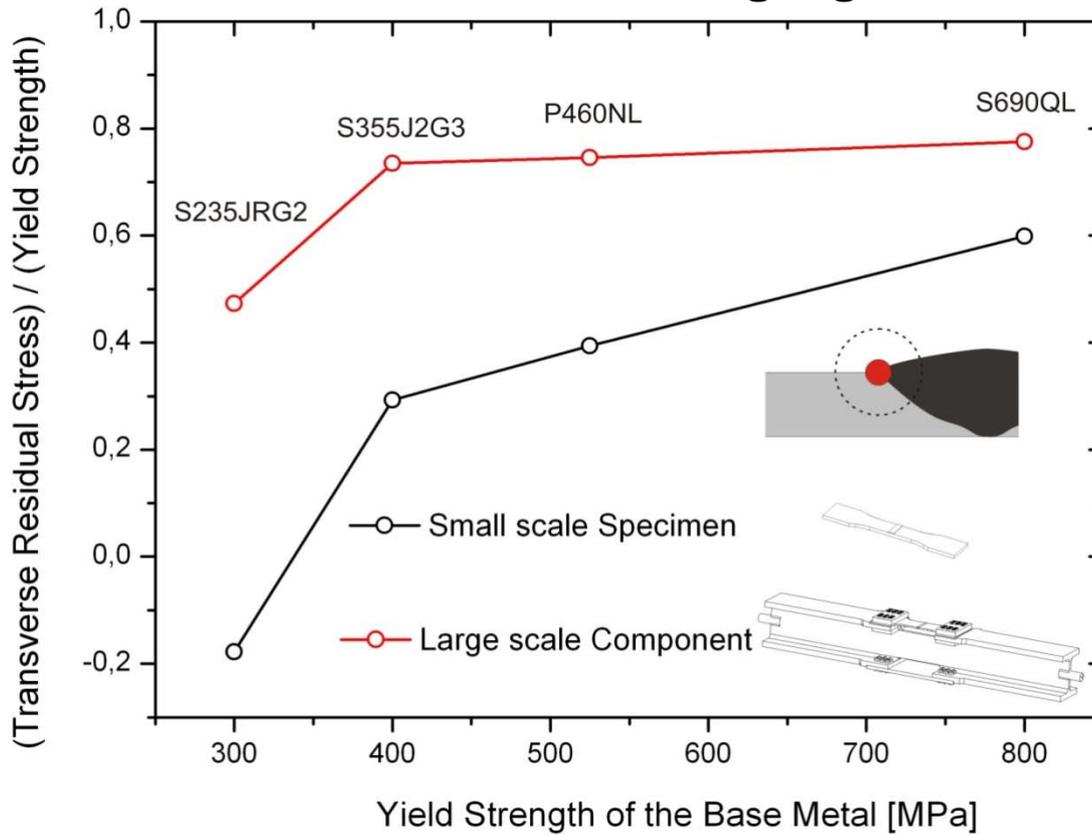


längs

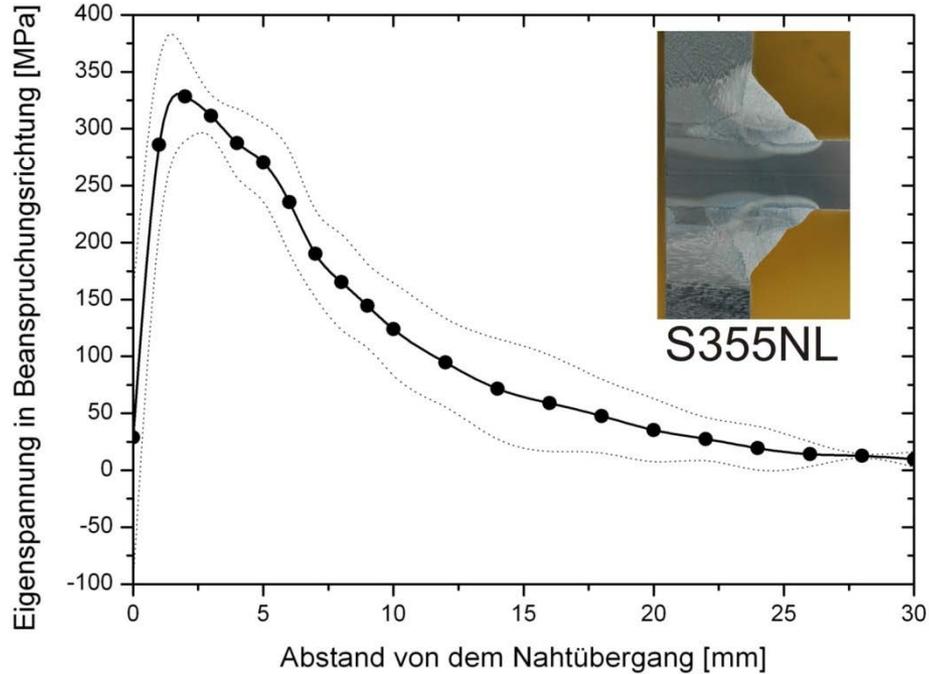
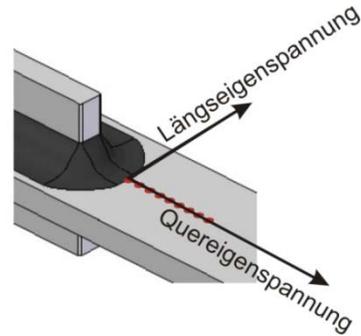


Eigenspannung/Streckgrenze-Verhältnis

Oberflächennahe Eigenspannungen in Klein- und Bauteilproben im Schweißnahtübergang



Ausgangseigenstresspannungen

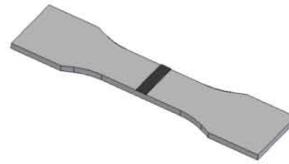


Ausgangseigenstresspannungen

Eigenstresspannungsfeldmessung

Röntgen-, Synchrotron- und Neutronenbeugung

S1100QL



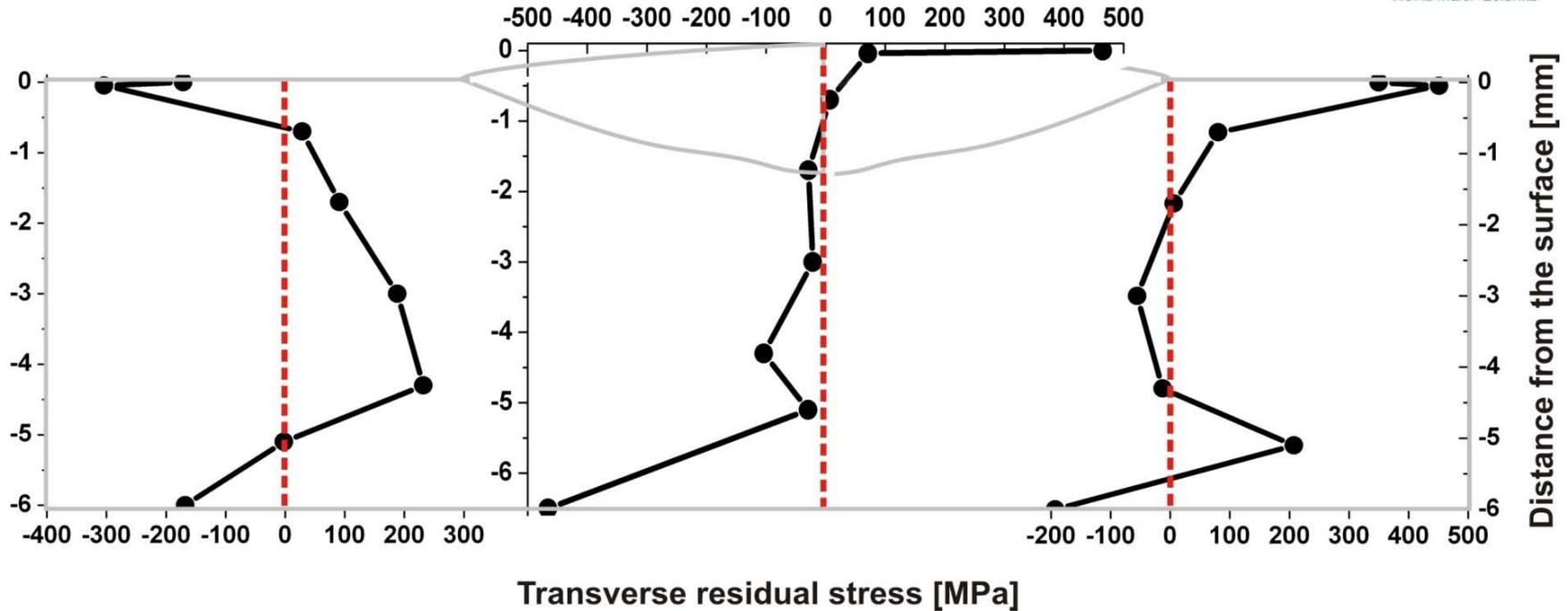
HZB Helmholtz Zentrum Berlin

FRM II Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz

Base metal

Weld centre line

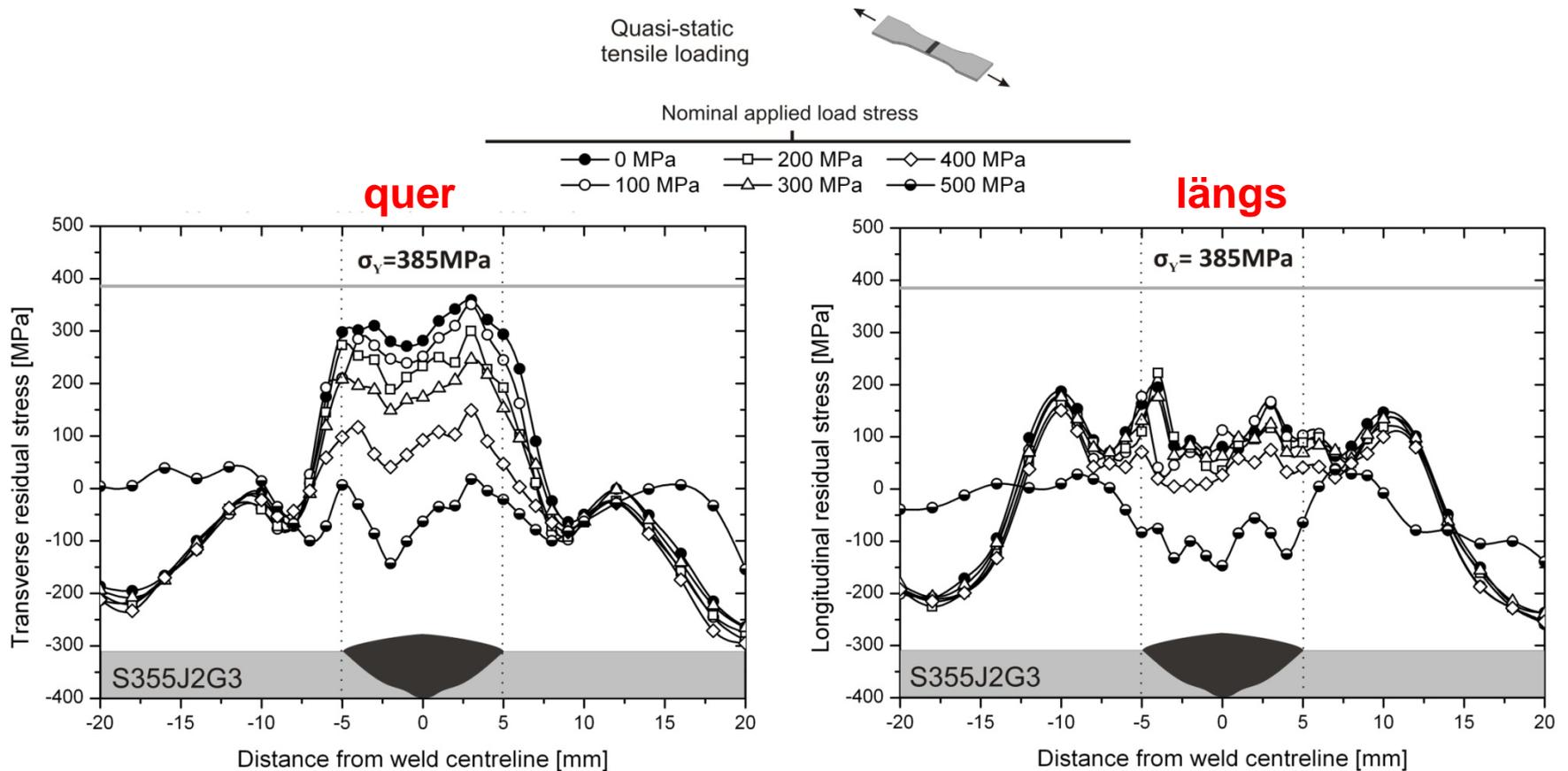
Weld toe



Zwischenbilanz

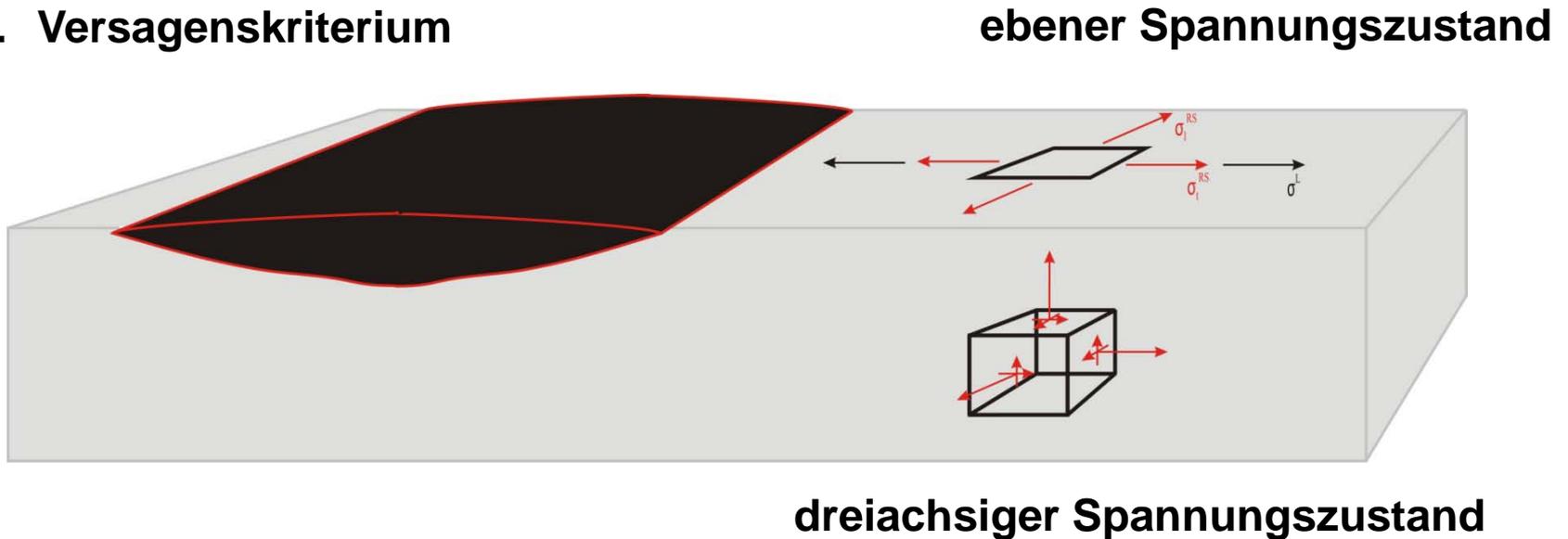
- Unabhängig vom Werkstoff und von der Probenform treten die höchsten Eigenspannungen in Beanspruchungsrichtung bei Schweißverbindungen aus Stählen *grundsätzlich* in der Nahtmitte auf.
- Am Nahtübergang liegen fast durchgehend Eigenspannungen weit unterhalb der Streckgrenze vor.
- Diese betragen bei Kleinproben 25...60% der Grundwerkstoffstreckgrenze, bei Bauteilproben werden durchschnittlich 50 .. 80% erreicht.
- Wie die Neutronenbeugungsexperimente gezeigt haben, sind die höchsten Eigenspannungswerte auf die Oberflächenschichten begrenzt. Bereits in geringer Werkstücktiefe liegen in der Regel erheblich geringere Beträge vor.

Verhalten unter quasi-statischer Beanspruchung (Zug)



Eigenstressverhalten unter Beanspruchung

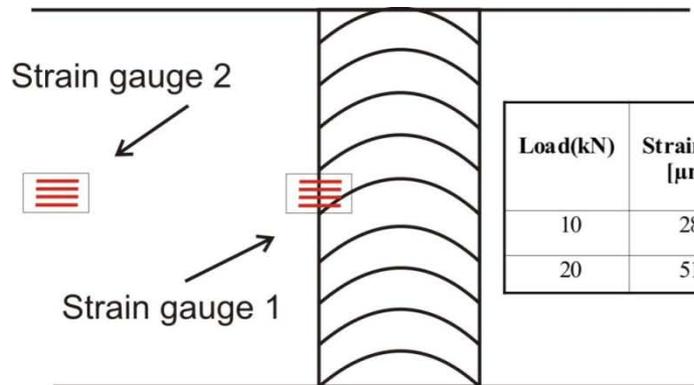
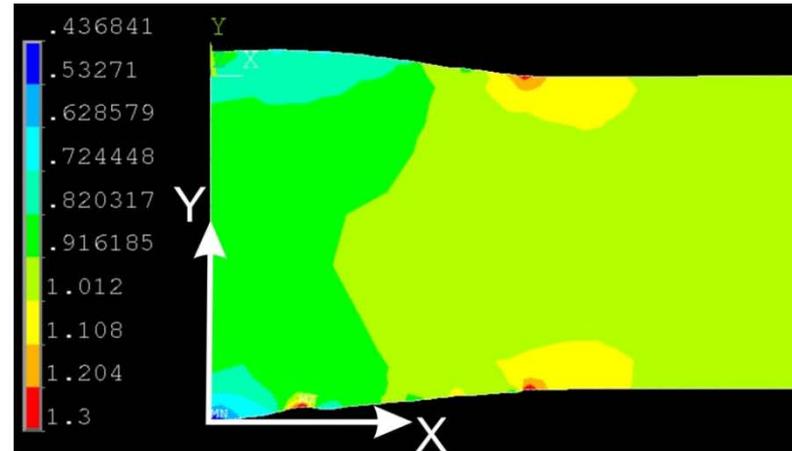
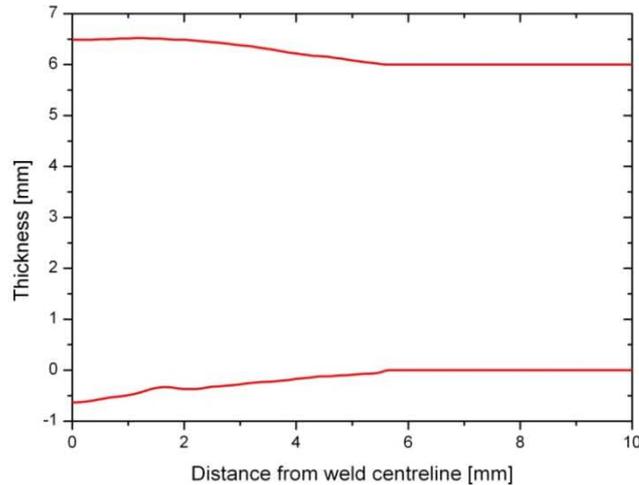
1. Ausgangseigenstress
2. Lastspannungsverteilung
3. Versagenskriterium



Voraussetzung:
Haupteigen- und Lastspannungen sind gleicher Richtung

Verhalten unter quasistatischer Beanspruchung

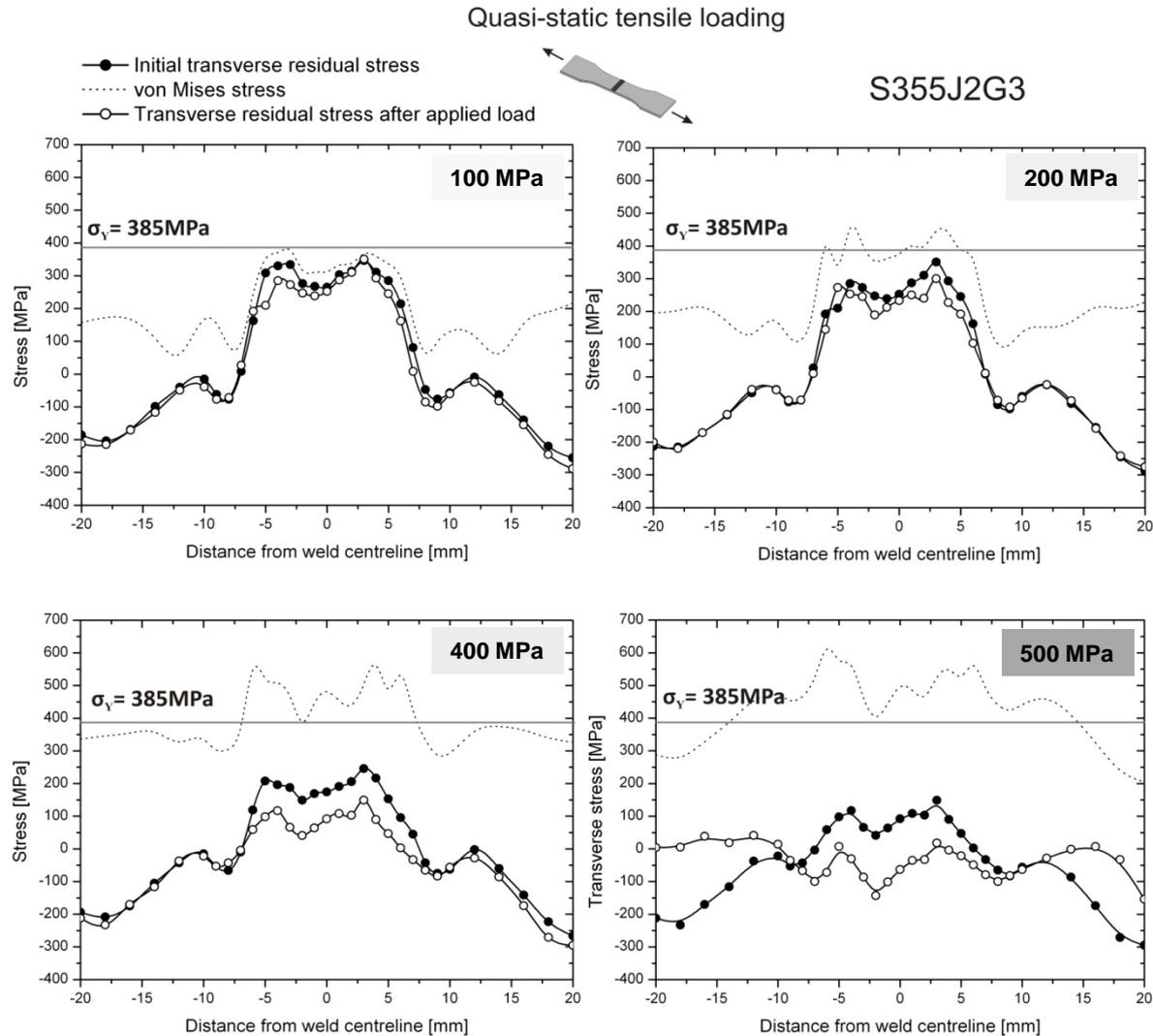
Örtliche Kerbwirkungszahlen (K_t)



Load(kN)	Strain gauge 1 [μm/m]	Strain gauge 2 [μm/m]	Strain 1/ Strain 2	FEM
10	286.3	209.5	1.36	1.2-1.3
20	517.7	395.8	1.31	1.2-1.3

Eigenstressabbau bei *quasistatischer* Beanspruchung

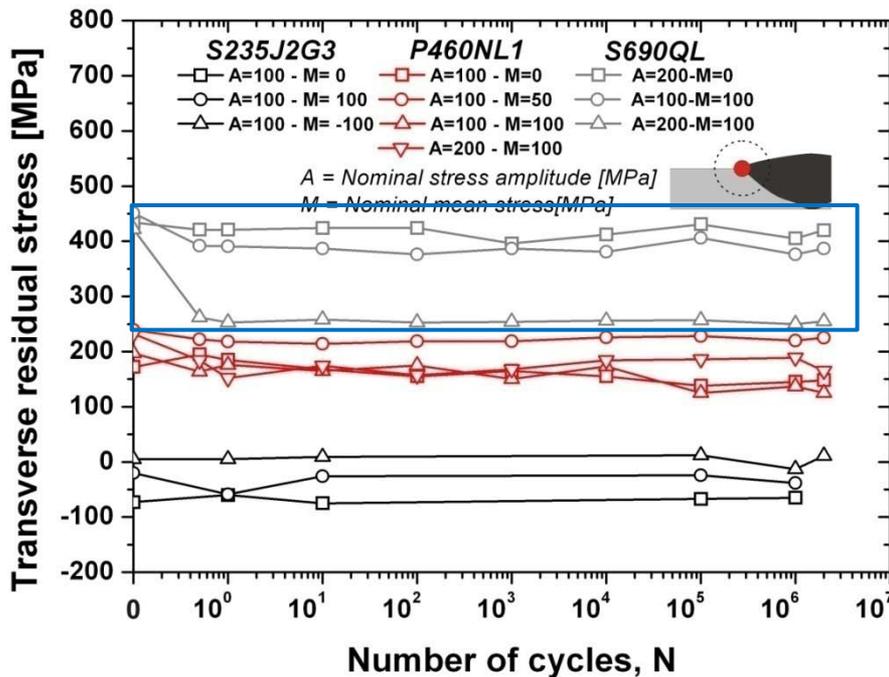
Kleinproben



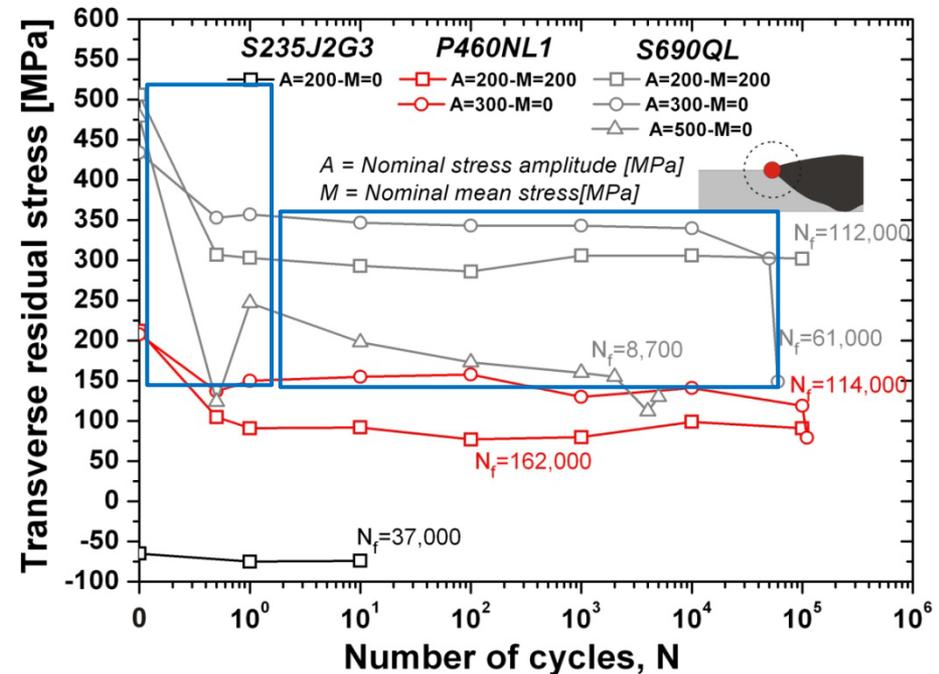
Eigenspannungsabbau bei *zyklischer* Beanspruchung

Kleinproben

Dauerfestigkeitsbereich



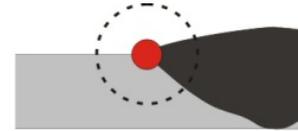
Zeitfestigkeitsbereich



Eigenspannungsabbau bei *zyklischer* Beanspruchung

Bauteilproben

- S355J2G3
- P460NL
- △— S690QL



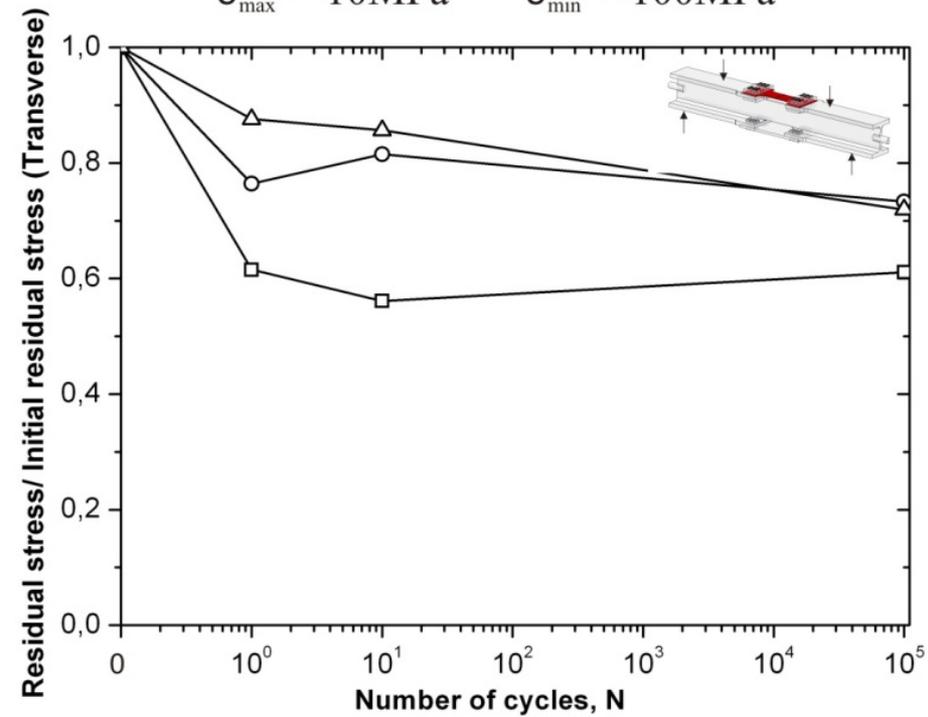
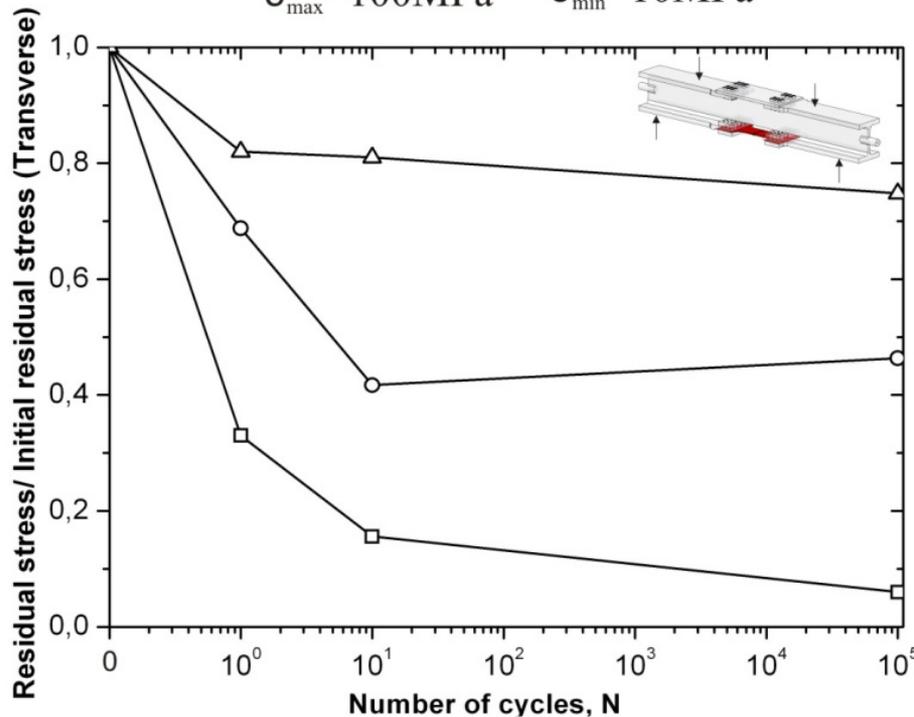
Nominal load stresses in the welded specimen

Zugseite

Druckseite

$\sigma_{\max} = 100\text{MPa}$ $\sigma_{\min} = 10\text{MPa}$

$\sigma_{\max} = -10\text{MPa}$ $\sigma_{\min} = -100\text{MPa}$



Schlussfolgerungen

- Der Eigenspannungsabbau unter quasistatischen Beanspruchung findet kontinuierlich mit steigender Beanspruchung statt.
- Ein merklicher fortschreitender zyklischer Eigenspannungsabbau nach dem ersten Lastwechsel findet bei den hier untersuchten schweißbaren Baustählen darüber hinaus nicht oder nur in geringem Maße, vor allem bei höheren Beanspruchungsamplituden, statt.
- Unterschiede im Schwingfestigkeitsverhalten zwischen Proben- und Bauteilversuchen lassen sich nicht einfach anhand unterschiedlicher Eigenspannungen erklären.
- Die diesbezüglich getroffenen Annahmen im Regelwerk bedürfen daher dringend einer Überprüfung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

