



Eigenstress- und Texturanalyse am Instrument Stress-Spec

Neutronen zur Messung von inneren
Spannungen

12. September 2006

Optimiertes Diffraktometer

- Neutronenfluß
- Probengeometrie
- Messvolumen
- Auflösung

Leute

G.A.Seidl (FRM-II)

R. Schneider (HMI)

U. Garbe (GKSS)

J. Kornmeier (FRM-II, HMI)

J. Repper (FRM-II)

R Wimpory (HMI)

...





Neutronen zur Analyse der Eigenspannungen

Neue Möglichkeiten für Analysen im Inneren von Bauteilen, z.B.:

- Qualitätskontrolle bei Einzelstücken
- Prozessoptimierung
- *Eigenspannungen*: Verifizierung von FEM – Berechnungen
- *Textur*: Berechnung von mechanischen Eigenschaften



Eigenspannungen ...

- sind mechanische Spannungen in einem Bauteil, das keinen äußeren Belastungen unterliegt
- entstehen bei der **Werkstoffherstellung** und der **Fertigung** von Bauteilen, z.B. beim Gießen, Umformen, Fügen
- entstehen in **Verbundwerkstoffen**, z.B. faserverstärkten Werkstoffen
- **beeinflussen** die Werkstoff- und Bauteileigenschaften z.B. Festigkeit, Lebensdauer, Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit



Beugungsmethoden ...

- sind **phasenspezifisch** (z.B. Verbundmaterialien wie Al/SiC)
- liefern **zerstörungsfrei ortsspezifische** Spannungsinformation bis in das Volumen von industriellen Bauteilen
- erlauben die **quantitative** und **direkte** Ermittlung der Gitterdehnungen bzw. des Spannungstensors
- ermöglichen **in-situ** Messungen der Phasen-, Textur- und Eigenspannungsentwicklung in Abhängigkeit von Temperatur, externer Beanspruchung (Zug, Druck),



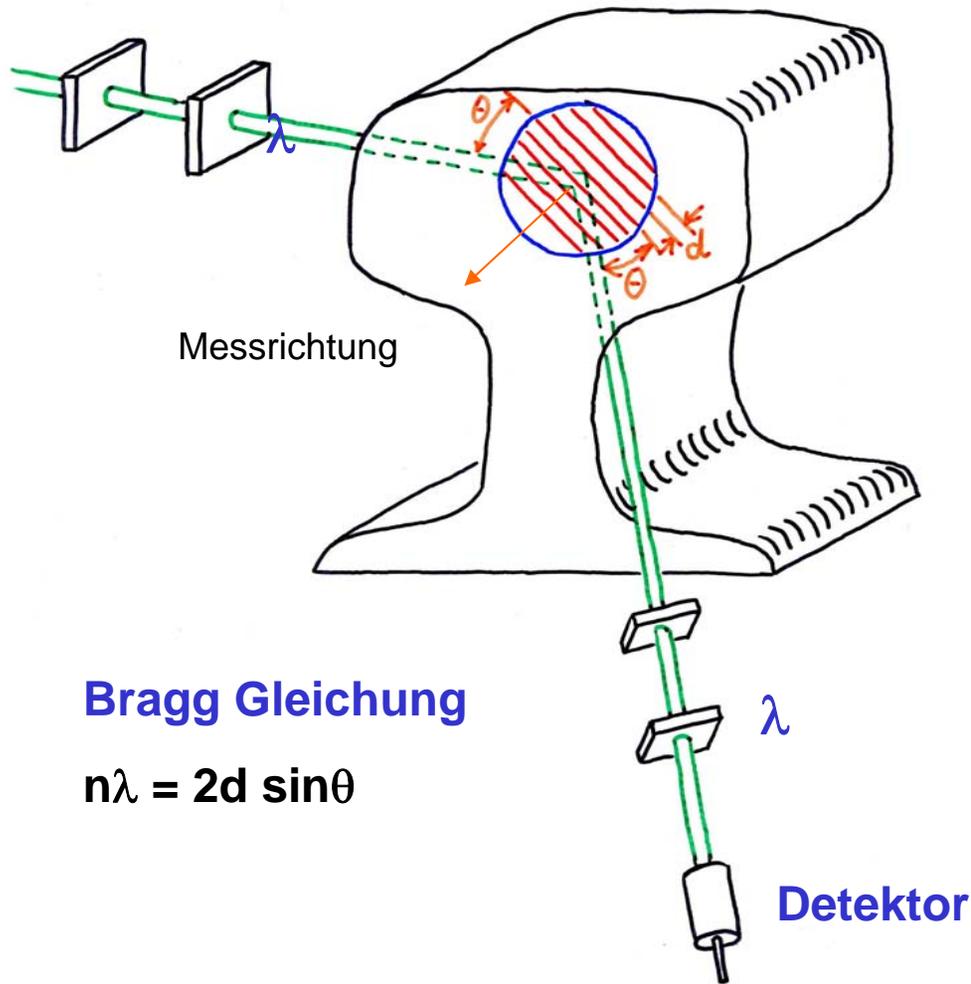
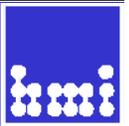
Beugungsmethoden ...

- sind **phasenspezifisch** (z.B. Verbundmaterialien wie Al/SiC)
- liefern **zerstörungsfrei ortsspezifische** Spannungsinformation bis in das Volumen von industriellen Bauteilen
- erlauben die **quantitative** und **direkte** Ermittlung der Gitterdehnungen bzw. des Spannungstensors
- ermöglichen **in-situ** Messungen der Phasen-, Textur- und Eigenspannungsentwicklung in Abhängigkeit von Temperatur, externer Beanspruchung (Zug, Druck),

sind essentielle Werkzeuge der Eigenspannungs-
und Texturanalyse

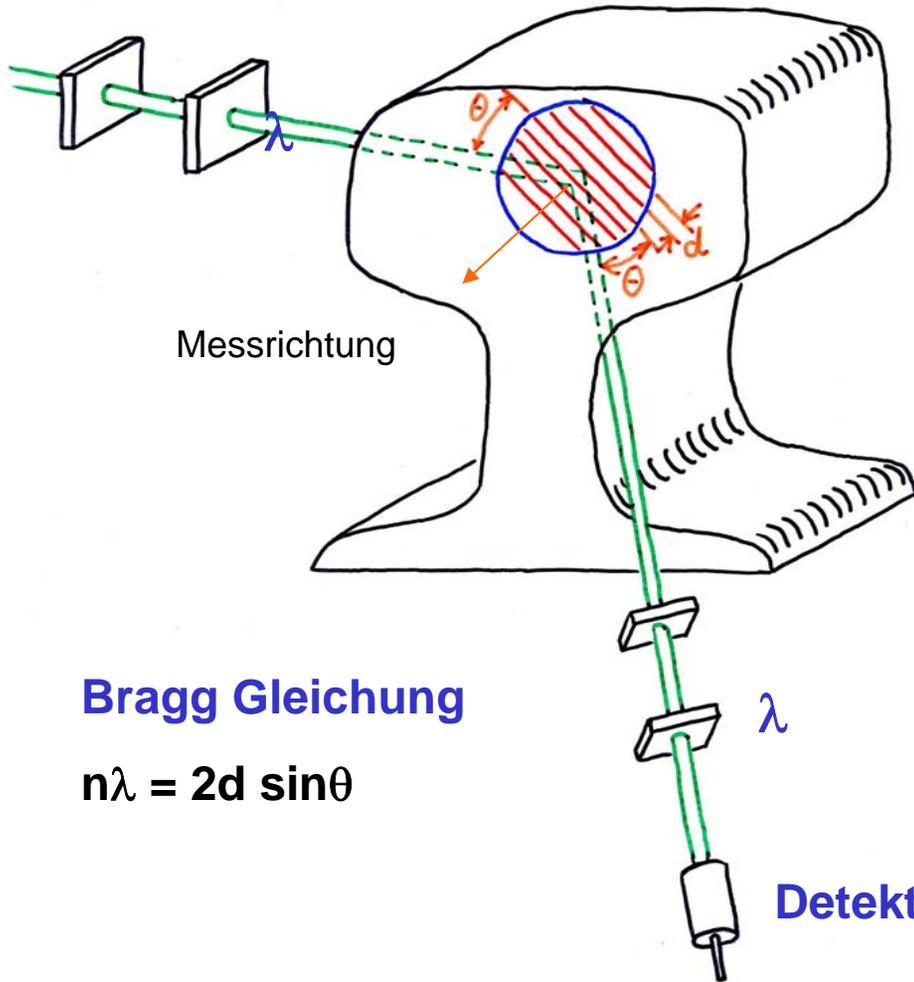


Wie misst man Eigenspannungen mit Neutronen?



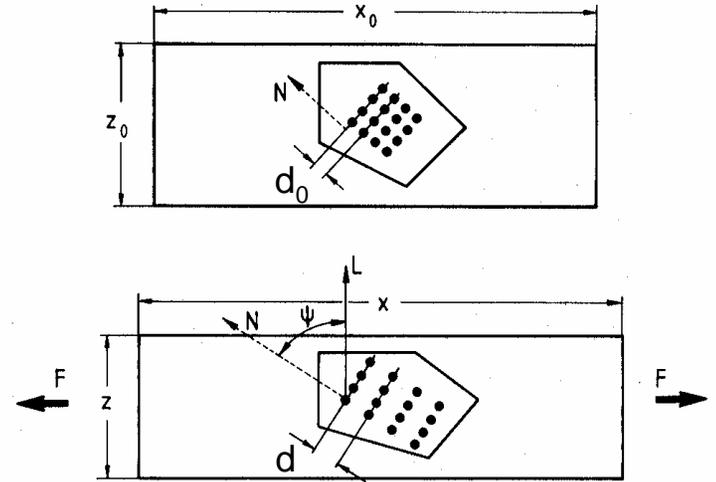


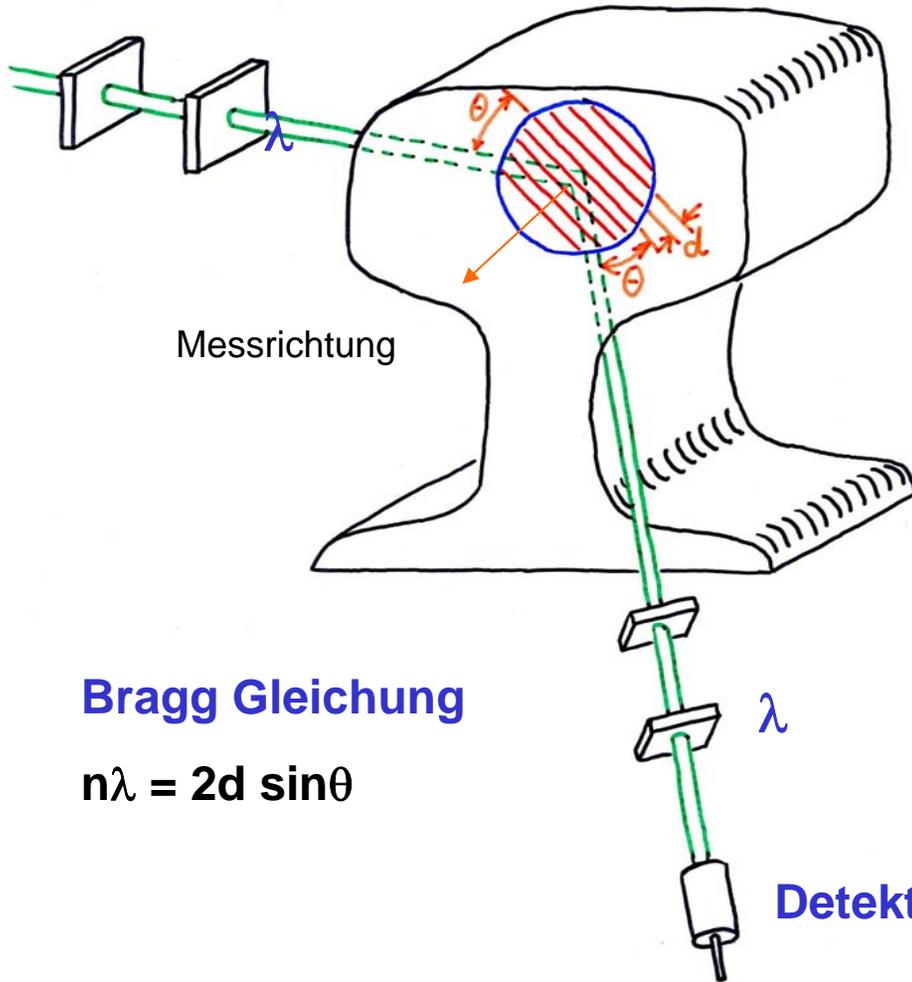
Wie misst man Eigenspannungen mit Neutronen?



Bragg Gleichung

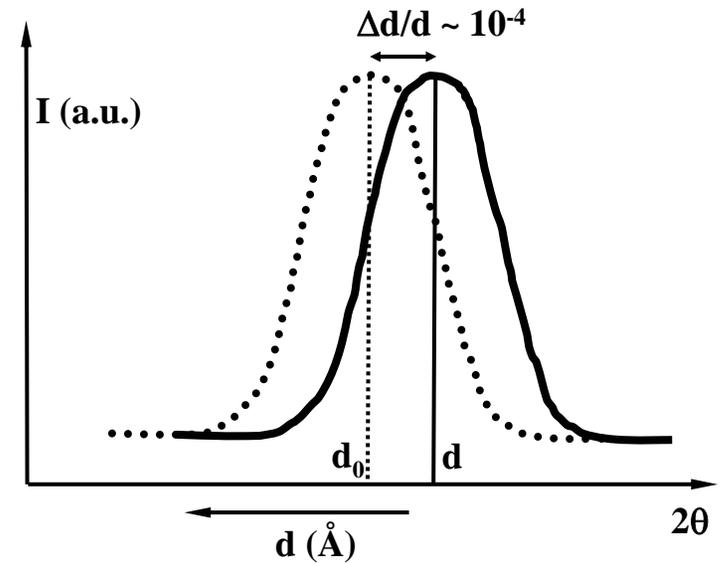
$$n\lambda = 2d \sin\theta$$





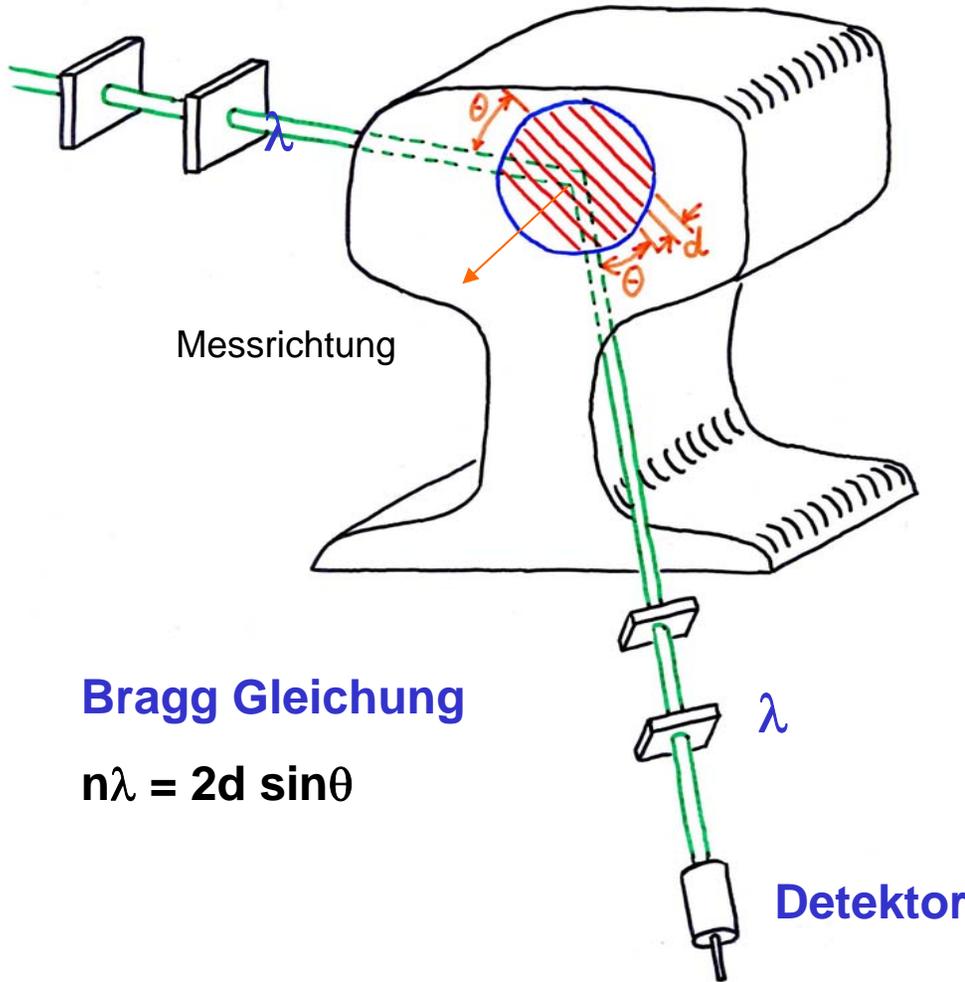
Bragg Gleichung

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$



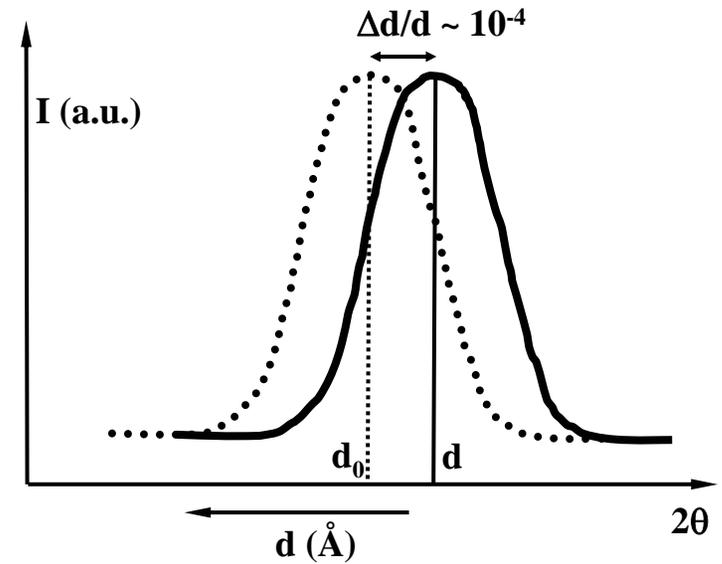


Wie misst man Eigenspannungen mit Neutronen?



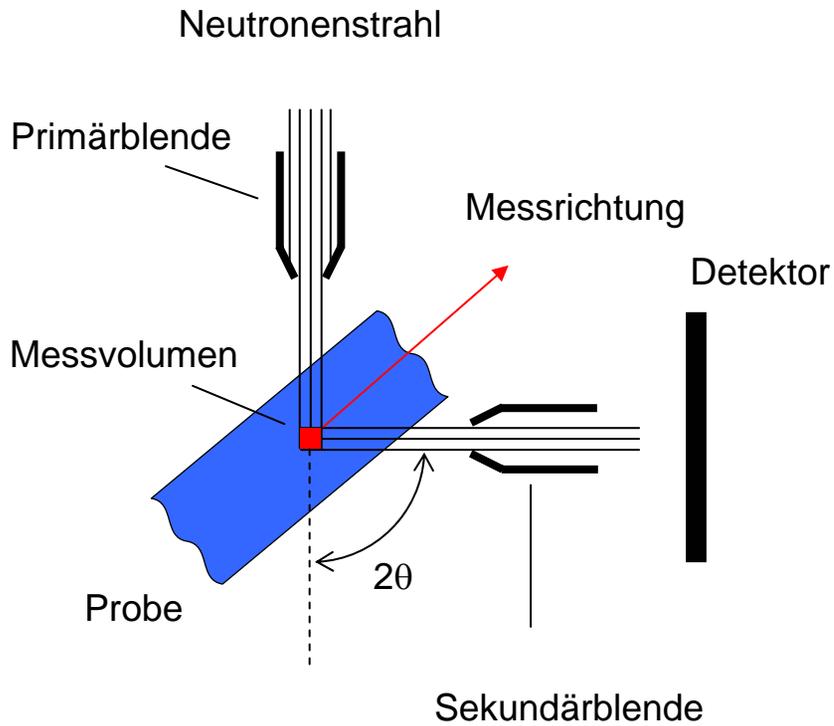
Bragg Gleichung

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

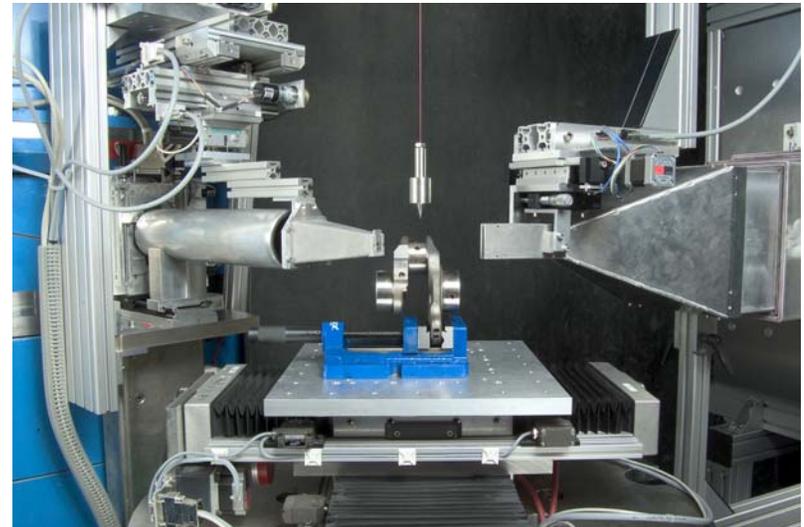


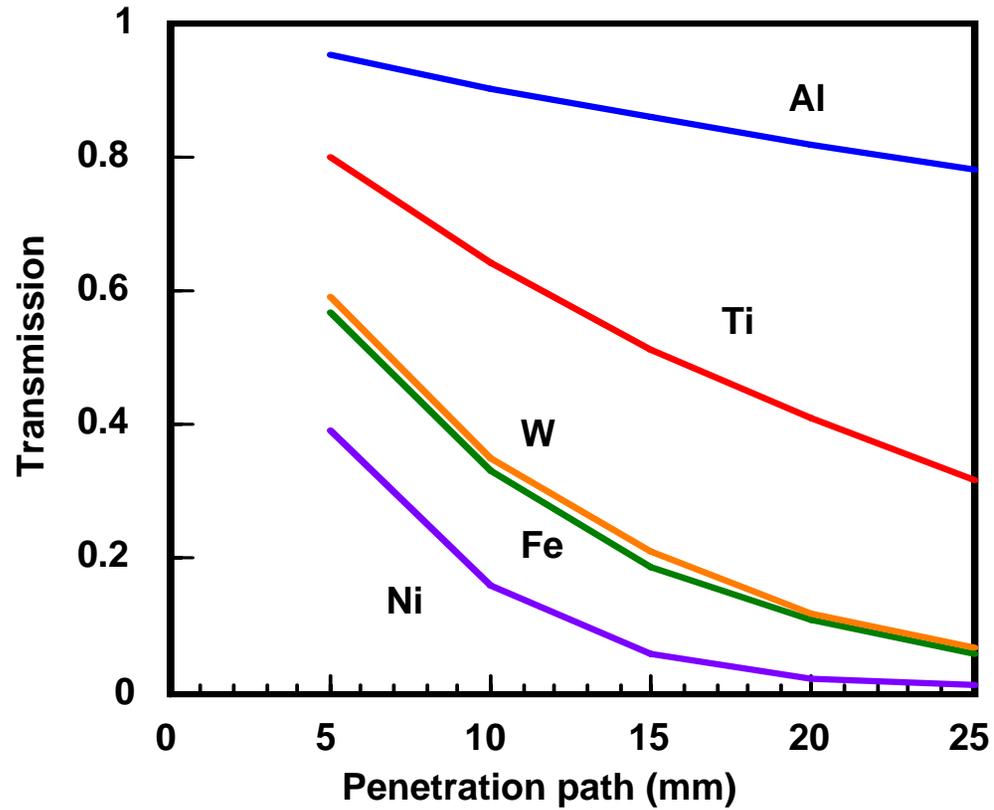
Innere Spannung

$$\sigma = E * \frac{\Delta d}{d}$$



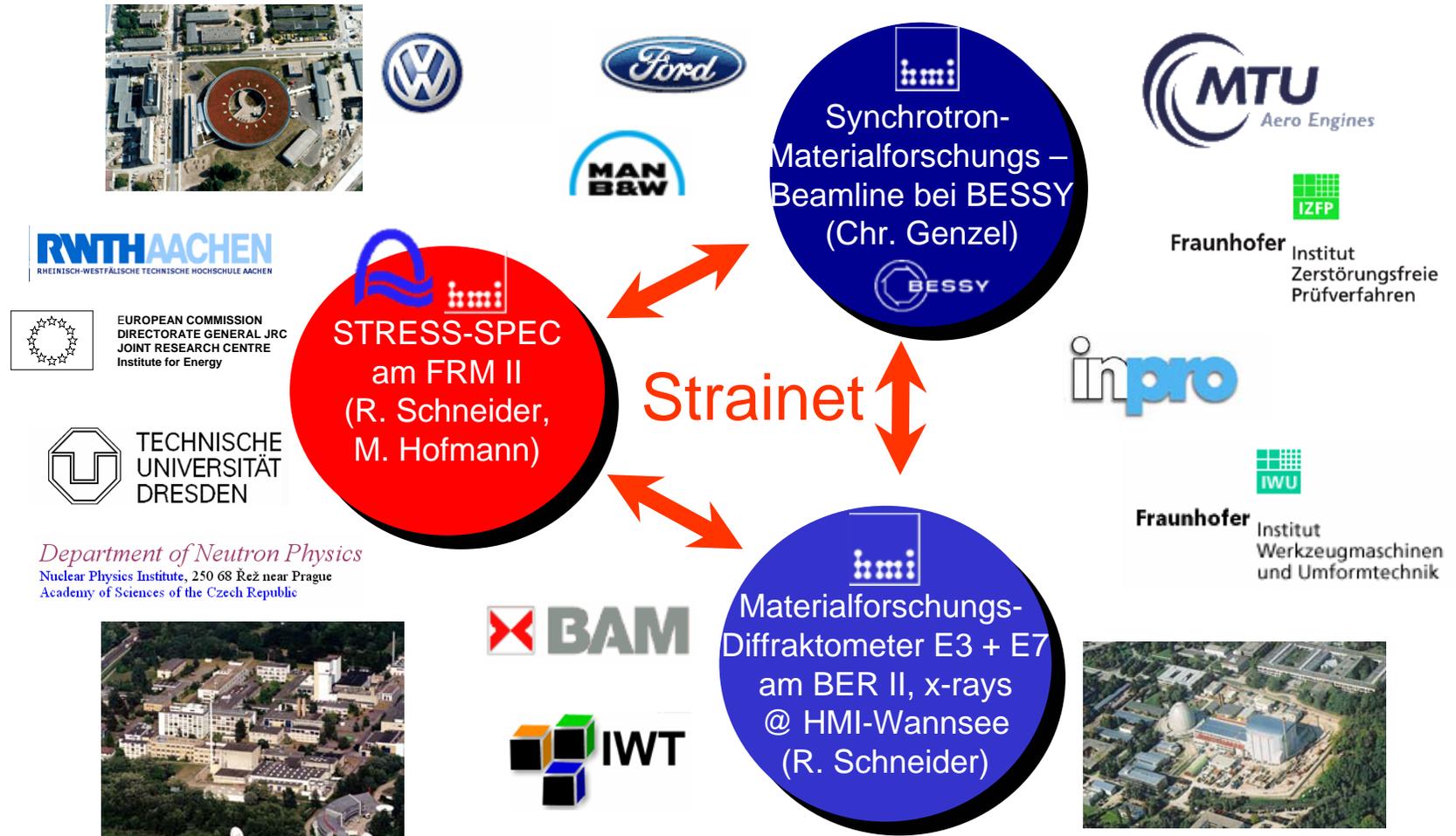
- Probenvolumina **min. 1 mm³**
- Eindringtiefe bis **10 cm**
(materialabhängig)





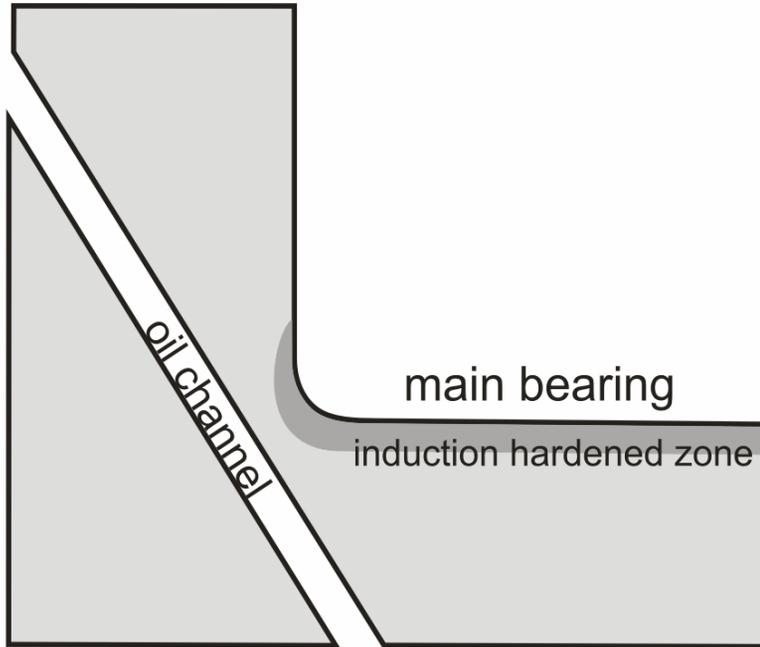


Netzwerk für Eigenspannungs- und Texturanalyse STRAINET



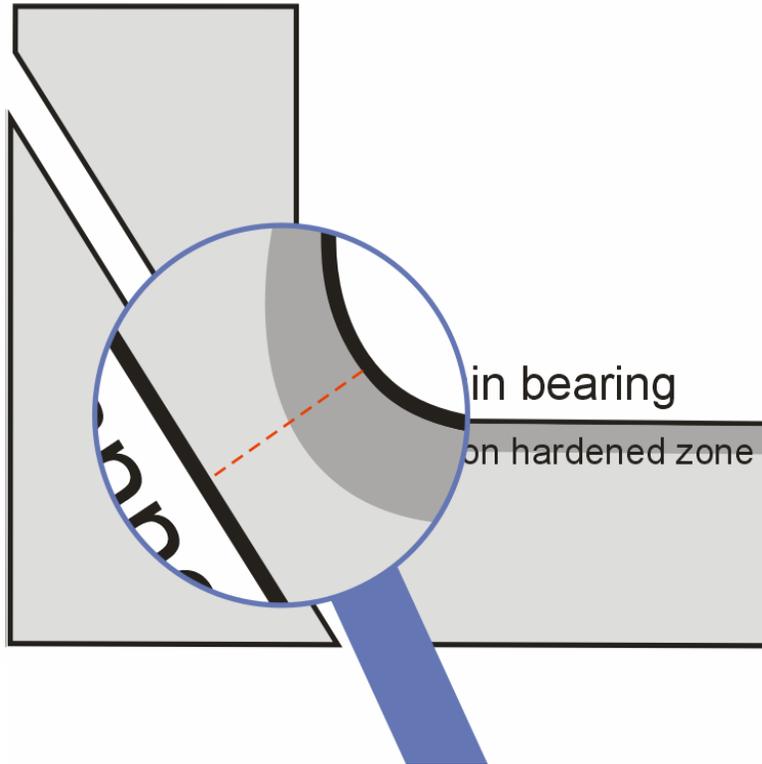


Beispiel 1: Optimierung der Eigenspannungen in Kurbelwellen



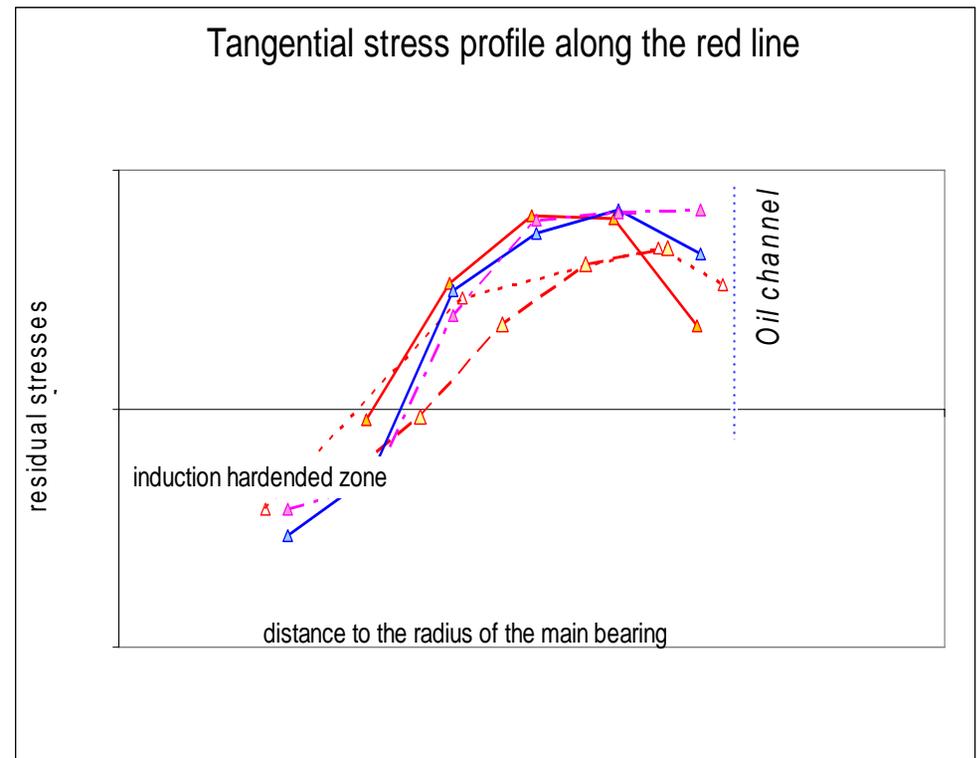
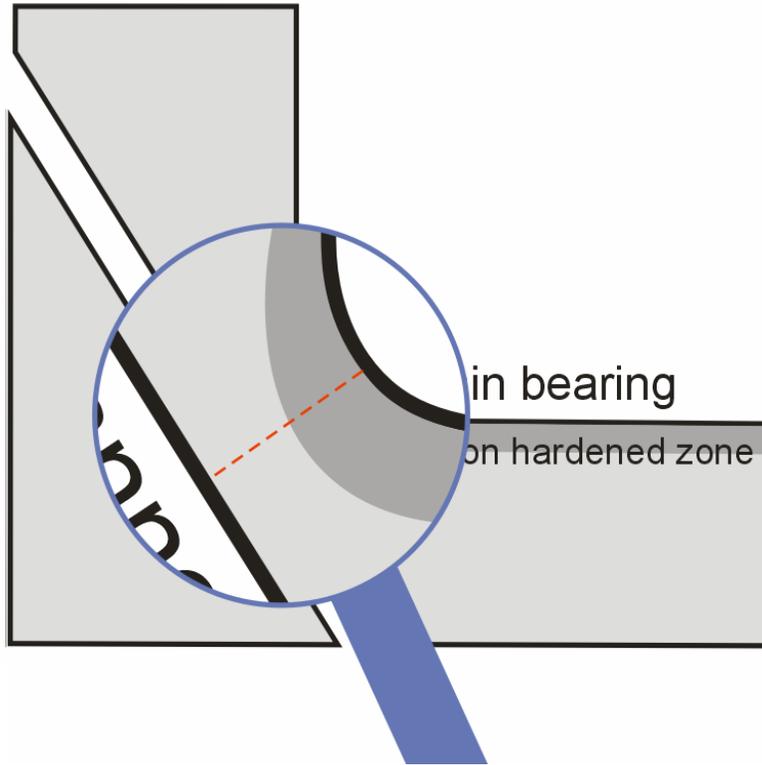


Beispiel 1: Optimierung der Eigenspannungen in Kurbelwellen



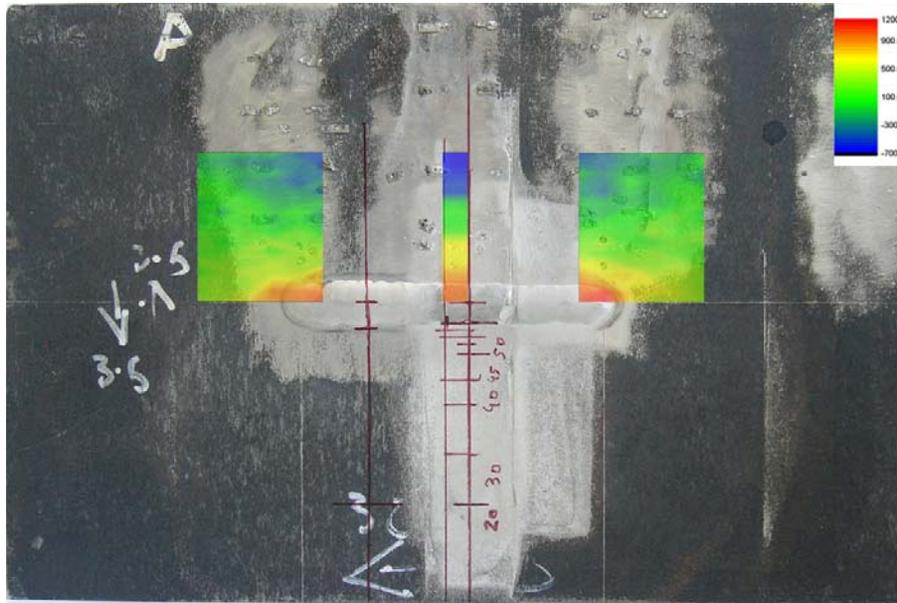
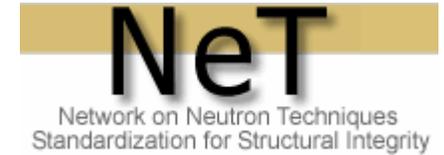


Beispiel 1: Optimierung der Eigenspannungen in Kurbelwellen





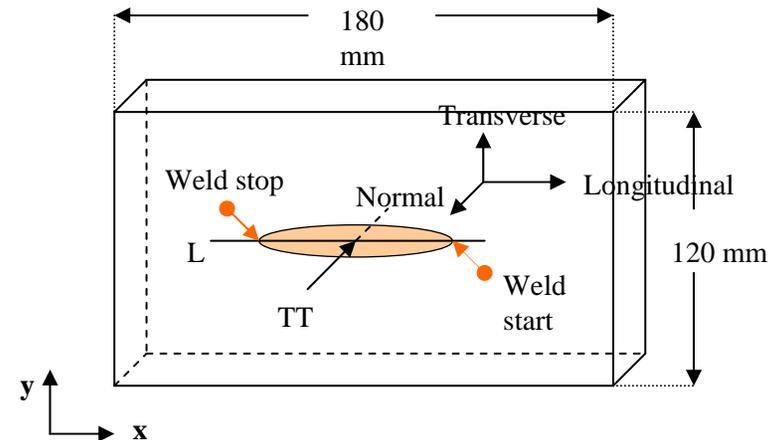
EUROPEAN COMMISSION
DIRECTORATE GENERAL JRC
JOINT RESEARCH CENTRE
Institute for Energy



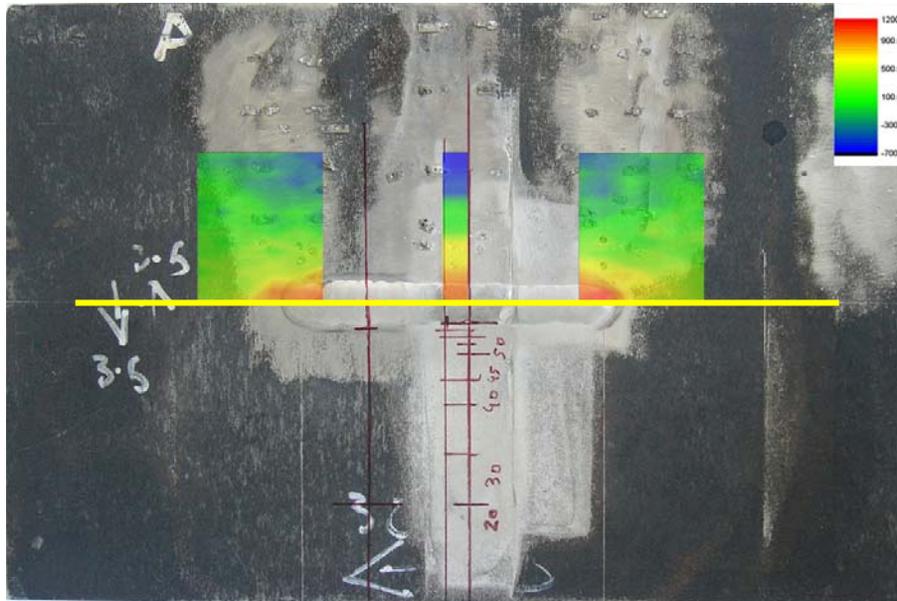
- Messvolumen: $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$
- Si(400) Monochromator, $\lambda = 1.548 \text{ \AA}$
- Messung an Fe(311) Braggreflex bei $2\theta_S \sim 91^\circ$

Reparaturschweissung (Austenit)

- Validierung von FEM-Modellen
- Erstellung eines Protokolls zur Standardisierung von Eigenspannungen in ähnlichen Komponenten

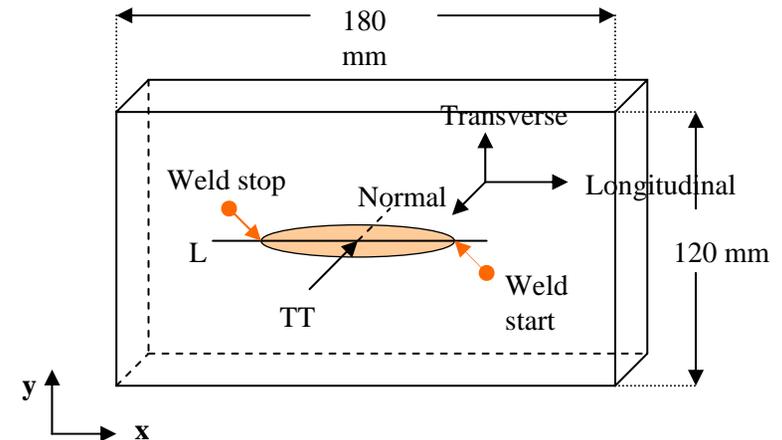


(M.Hofmann, R. Wimpory 2006)



Reparaturschweissung (Austenit)

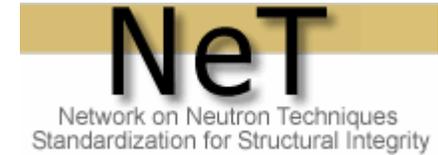
- Validierung von FEM-Modellen
- Erstellung eines Protokolls zur Standardisierung von Eigenspannungen in ähnlichen Komponenten



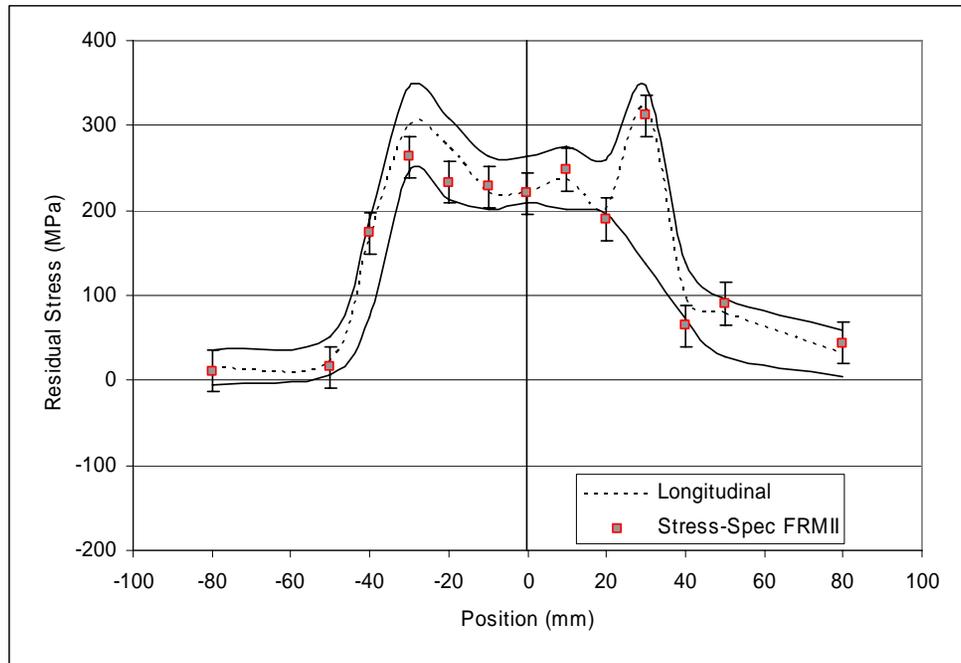
(M.Hofmann, R. Wimpory 2006)



EUROPEAN COMMISSION
DIRECTORATE GENERAL JRC
JOINT RESEARCH CENTRE
Institute for Energy

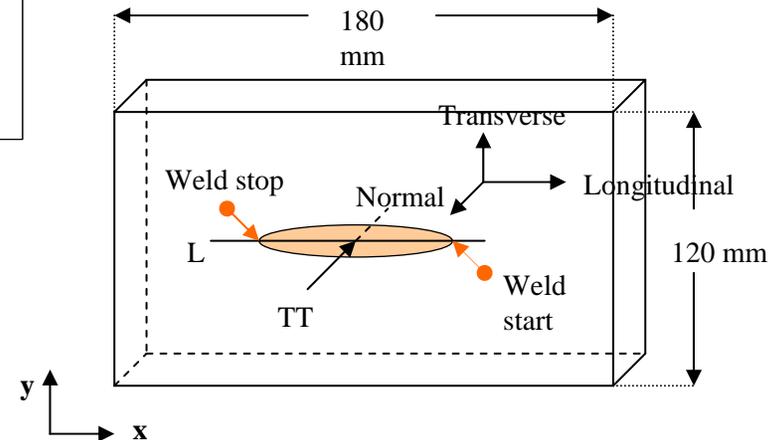


- Messvolumen: $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$
- Si(400) Monochromator, $\lambda = 1.548 \text{ \AA}$
- Messung an Fe(311) Braggreflex bei $2\theta_S \sim 91^\circ$



Reparaturschweissung (Austenit)

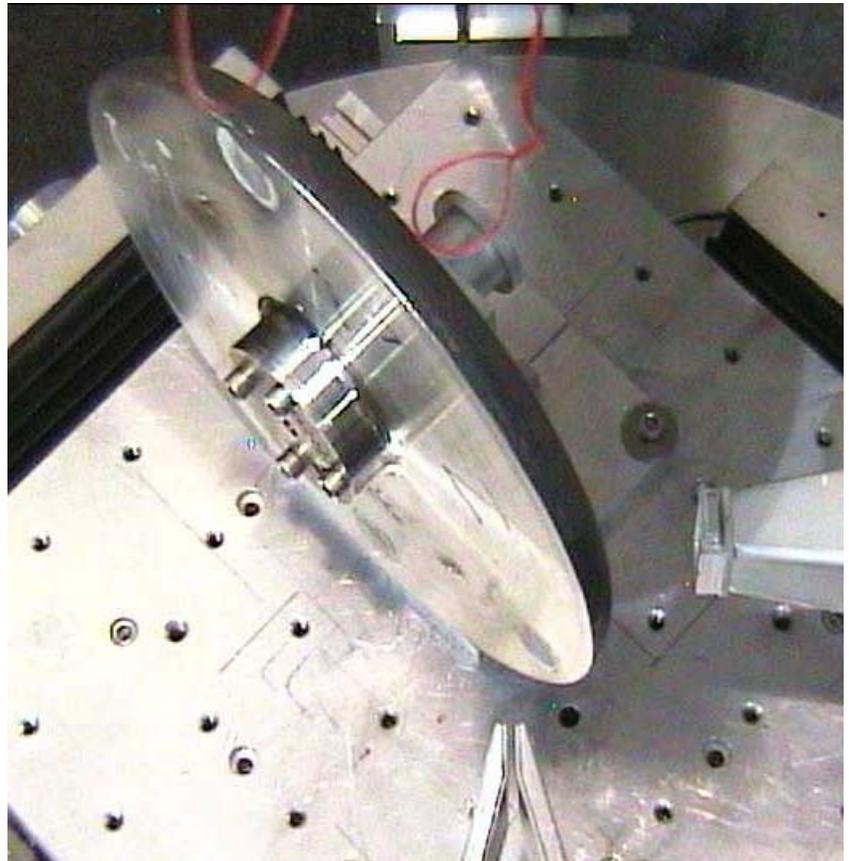
- Validierung von FEM-Modellen
- Erstellung eines Protokolls zur Standardisierung von Eigenspannungen in ähnlichen Komponenten



(M.Hofmann, R. Wimpory 2006)



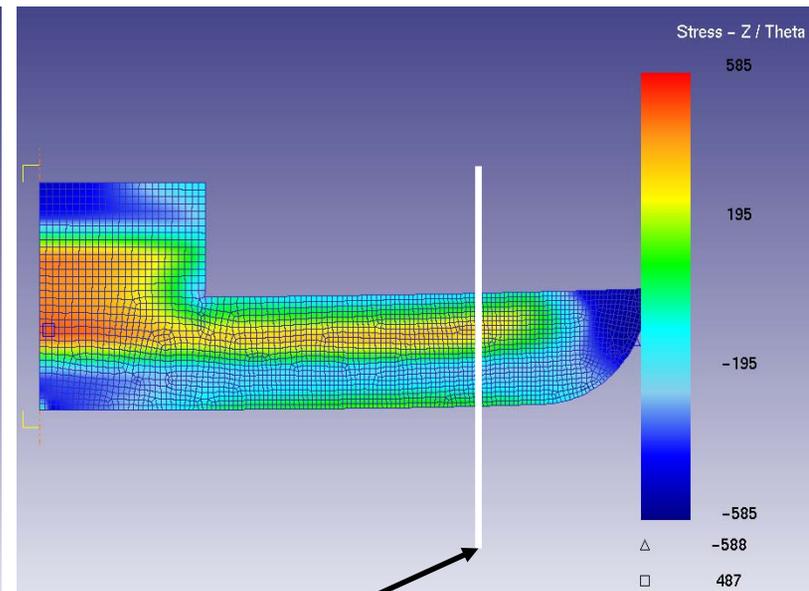
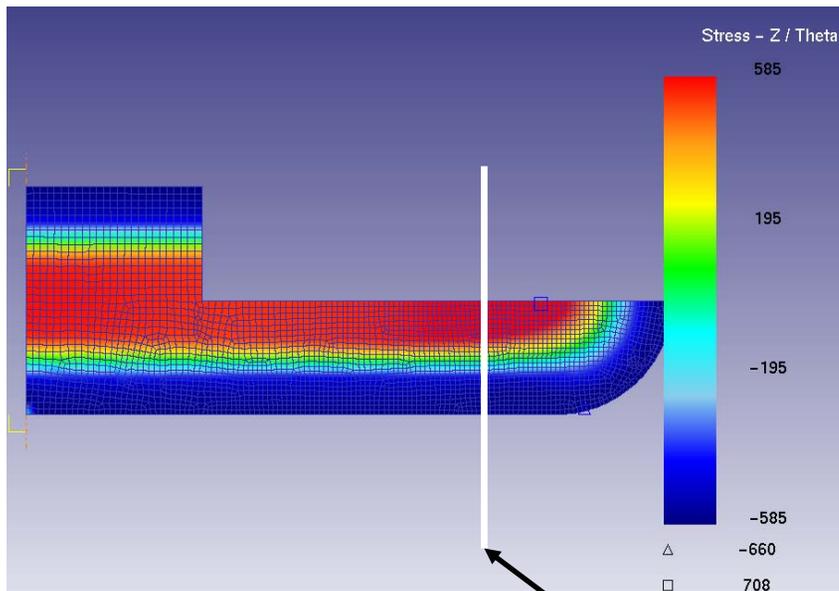
- 3 bei 990°C geschmiedete Pancakes
 - Luft gekühlt (L)
 - Wasser abgeschreckt (W)
 - Wasser abgeschreckt und spannungsarm gegläht (R)
- Durchmesser ca. 240 mm
- Dicke ca. 40 mm
(abgedreht auf ca. 20 mm)



Vergleich mit numerischer Simulation

Eigenspannungen nach Abschreckvorgang

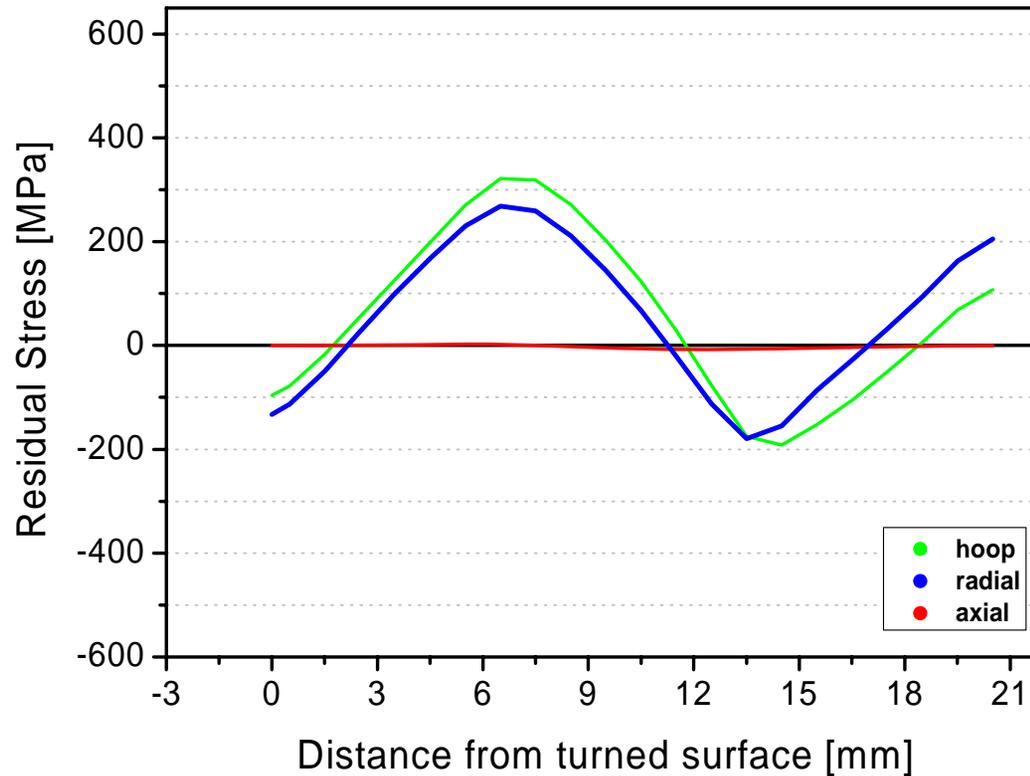
Eigenspannungen nach Abdrehen (umgelagert)



Messposition

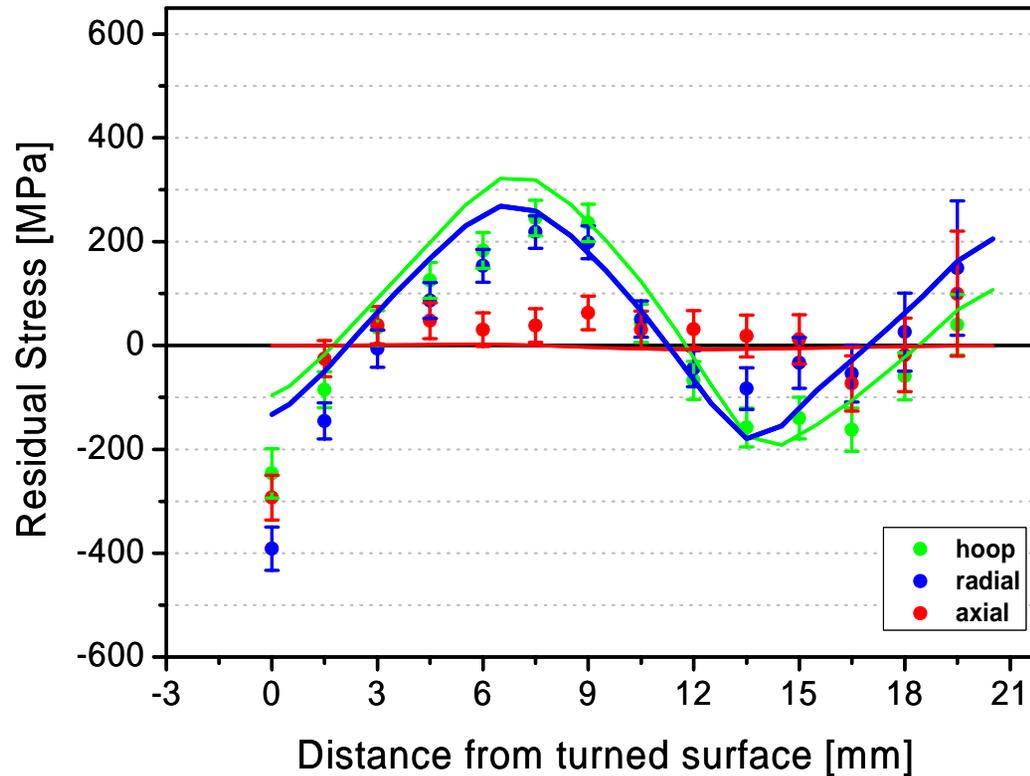
C. Kremaszky *et al* (2006)

Simulation + Messung



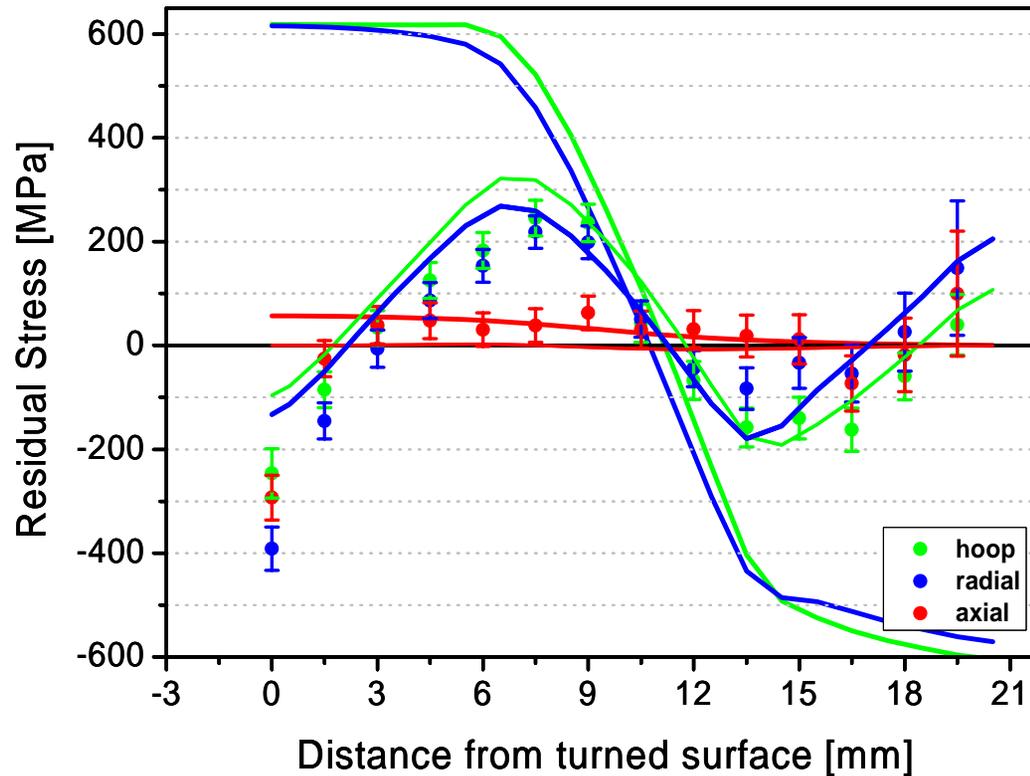
J.Repper *et al* (2006)

Simulation + Messung



J.Repper *et al* (2006)

Simulation + Messung



J.Repper *et al* (2006)



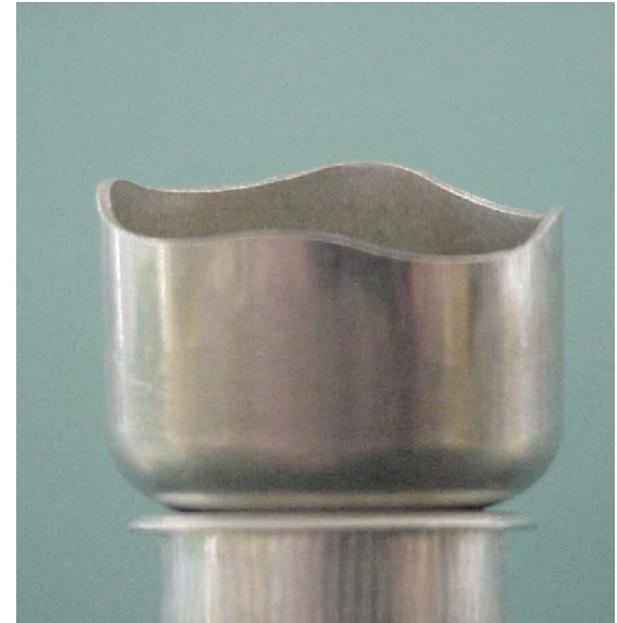
Textur...

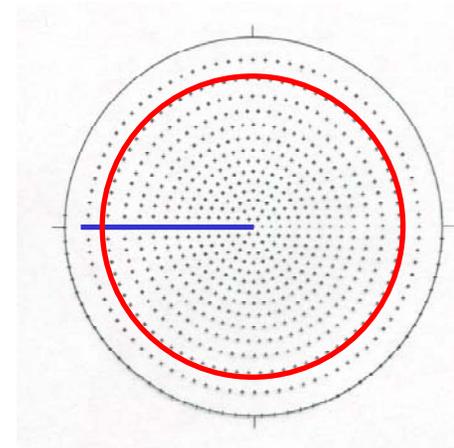
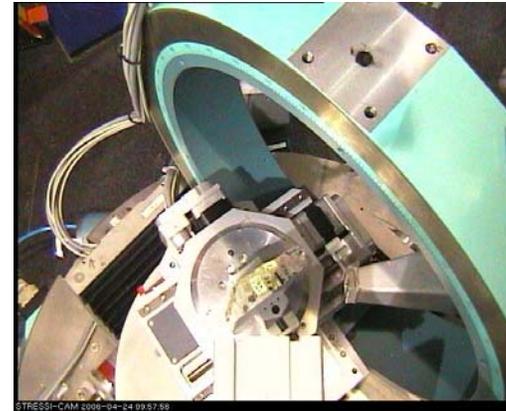
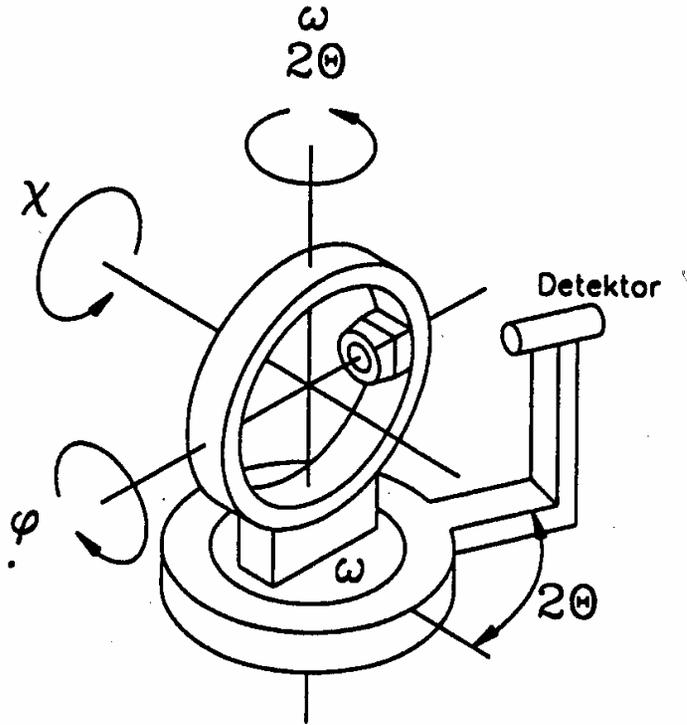
- beschreibt Orientierung der Kristallite in einem polykristallinen Material (95% der festen Materie ist polykristallin)
- entstehen bei der **Werkstoffherstellung** und der **Fertigung** von Bauteilen, z.B. beim Gießen, Umformen, Fügen
- **beeinflusst** die Werkstoff- und Bauteileigenschaften z.B. über Verformbarkeit ...

Al-Blech



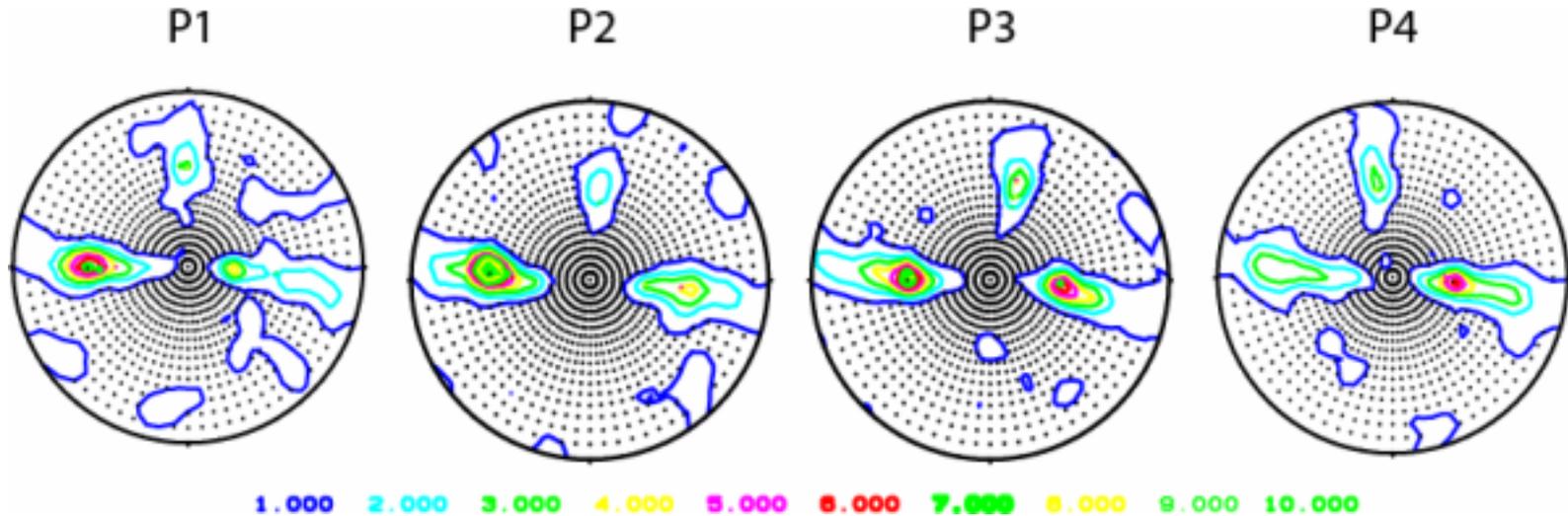
Al-Napf





Polfigurmessraster

Drehung um $\varphi = 0-360^\circ$
Kippung um $\chi = 0-90^\circ$



Lokale Textur über eine Schweißnaht in Aluminium

- Messauflösung: $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$
- Abstand Messpunkte: 5 mm
- P2 = Mitte Schweißnaht

U. Garbe (2006)

- Messdauer:
 - ⊕ Probenabhängig - bis einige Stunden
 - ⊕ Vorbereitung & Adaption & Interpretation:
 - 3-10 Tage

- Maße und Gewichte:
 - ⊕ bis 250kg
 - ⊕ ∅ bis 800mm

- Peripherie
 - ⊕ Zugapparatur, Biegeapparatur, Öfen