

Neutronen in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung

Neutronen zur Messung von inneren
Spannungen

23. Juni 2004



Neutronen zur Analyse der Eigenspannungen

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

- Qualitätskontrolle bei Einzelstücken
- Prozessoptimierung
- Verifizierung von FEM - Berechnungen



Eigenstressen ...

- 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



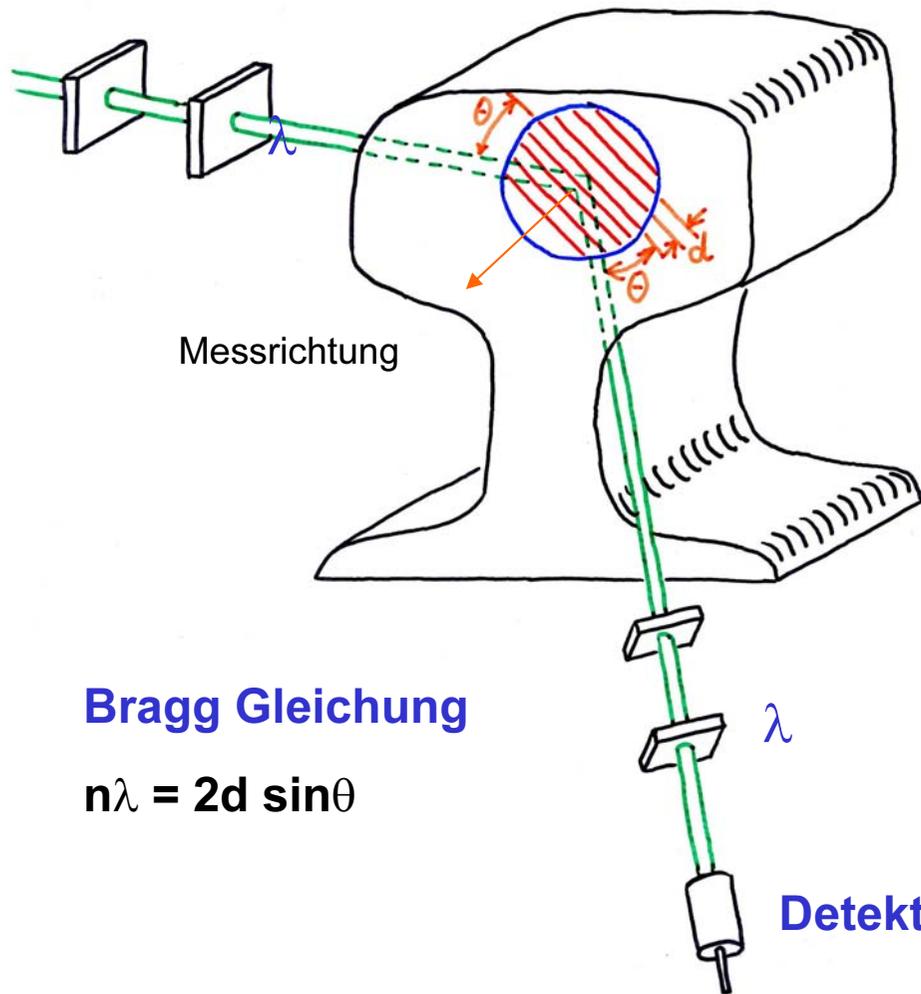
Beugungsmethoden ...

- 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),

sind essentielle Werkzeuge der Eigenspannungs-
und Texturanalyse

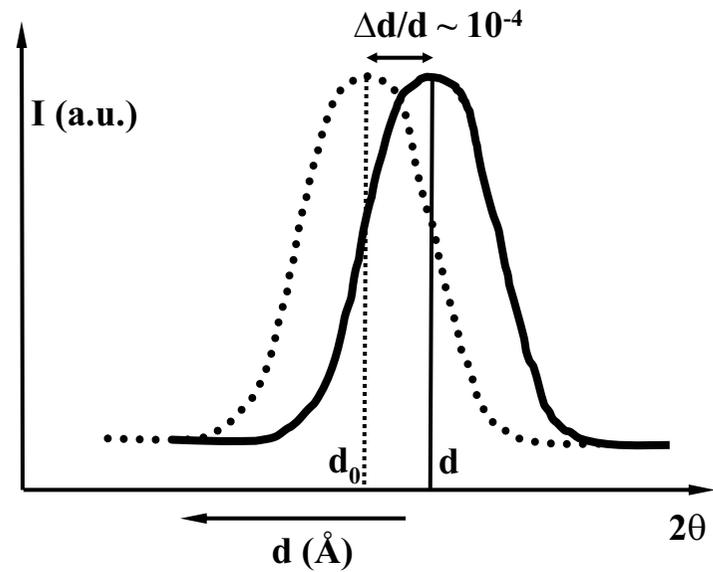


Wie misst man Eigenspannungen mit Neutronen?



Bragg Gleichung

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

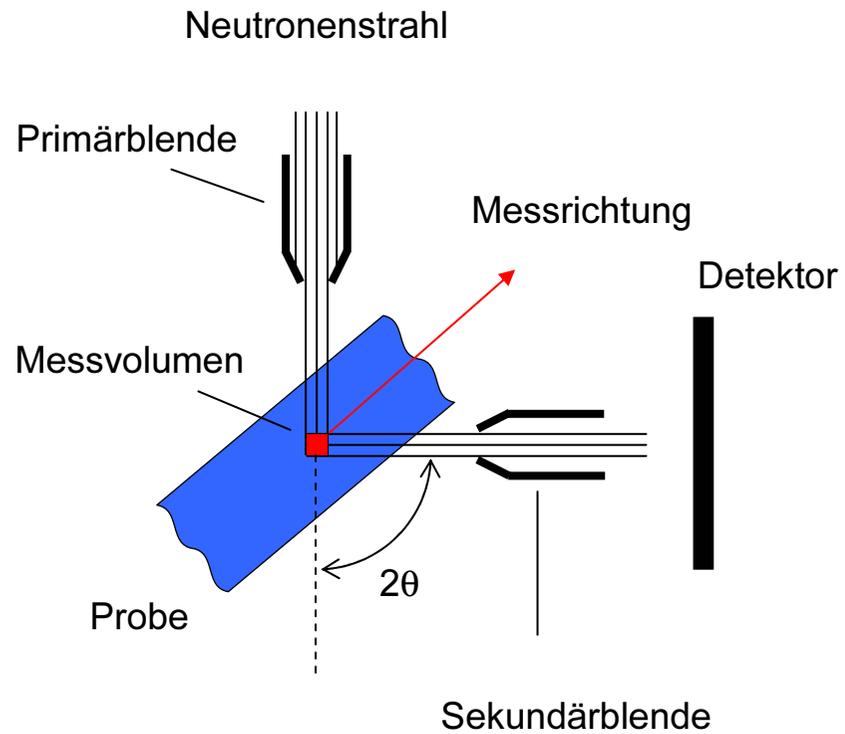


Innere Spannung

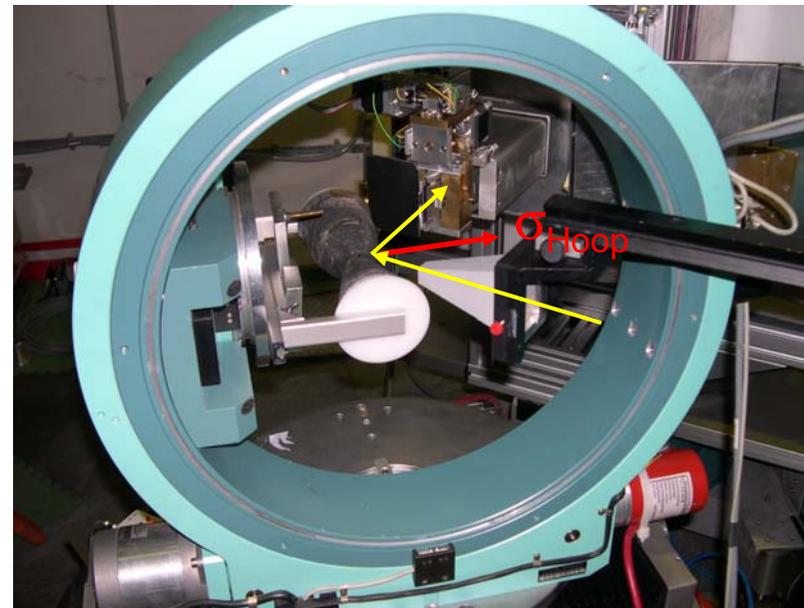
$$\sigma = E * \frac{\Delta d}{d}$$



Definition des Probevolumens



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

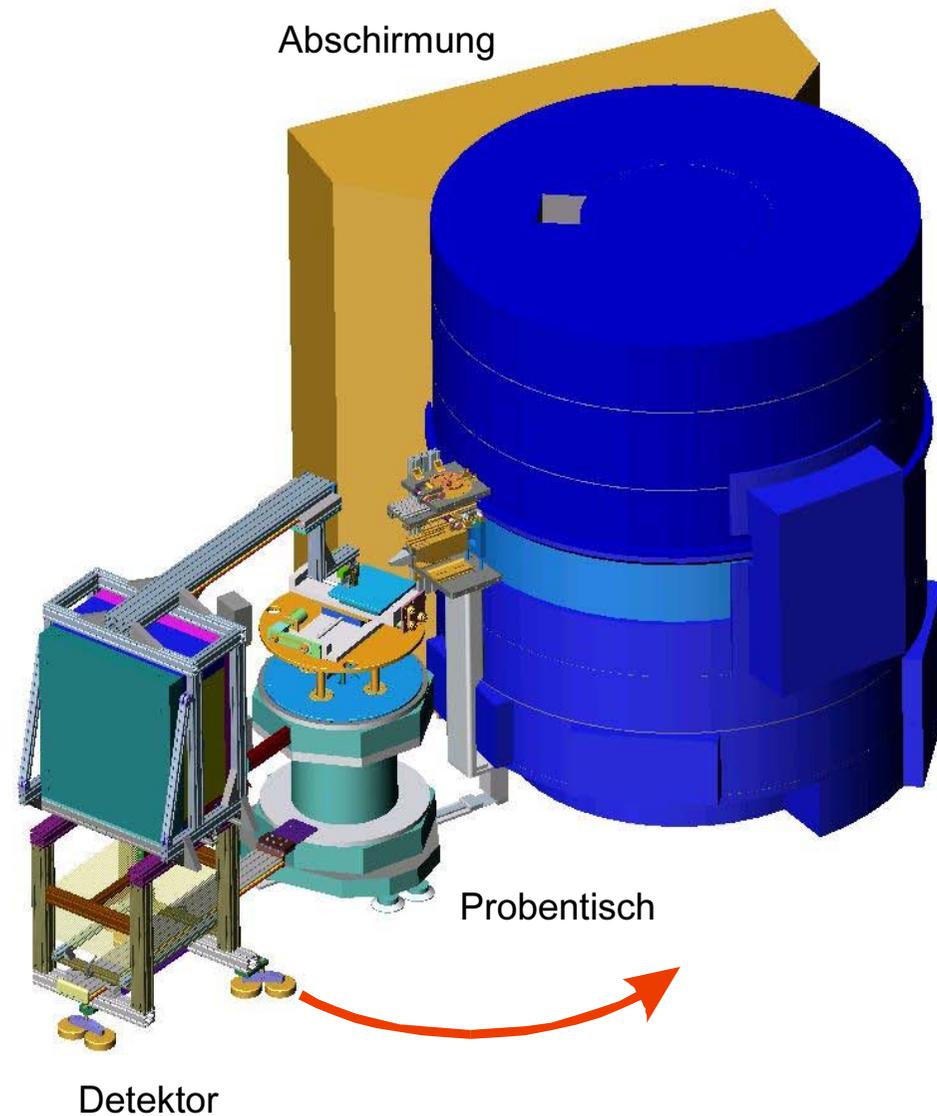




Blendensystem & Proben-tisch

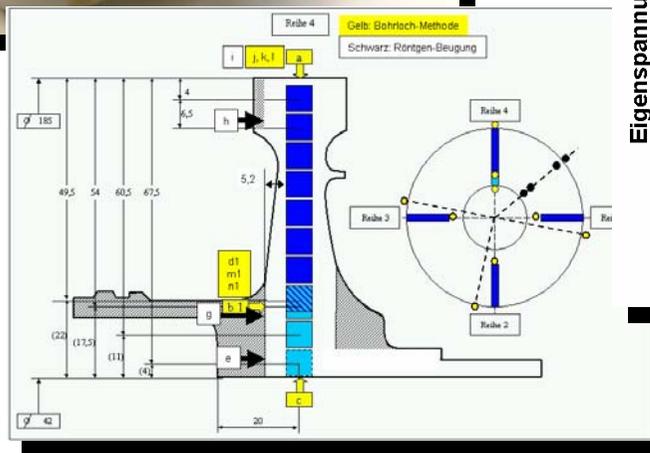
Optimiertes Diffraktometer

- Neutronenfluss
- Probengeometrie
- Messvolumen
- Auflösung

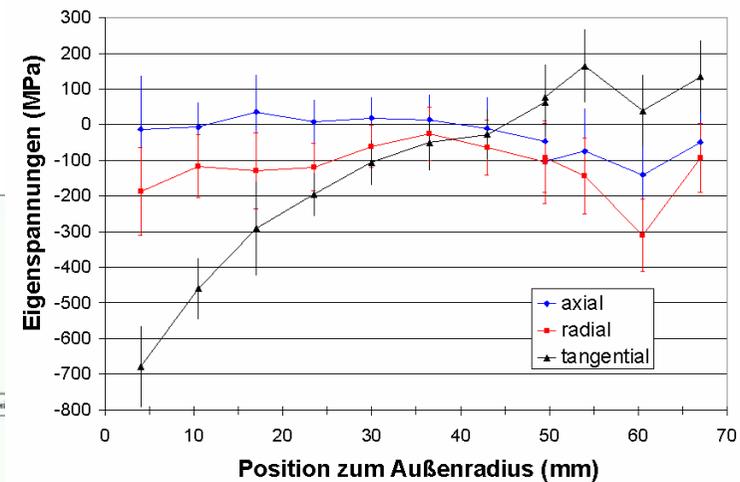




Beispiele von Eigenspannungsmessungen (Turbinenscheibe, MTU)



Messvolumina

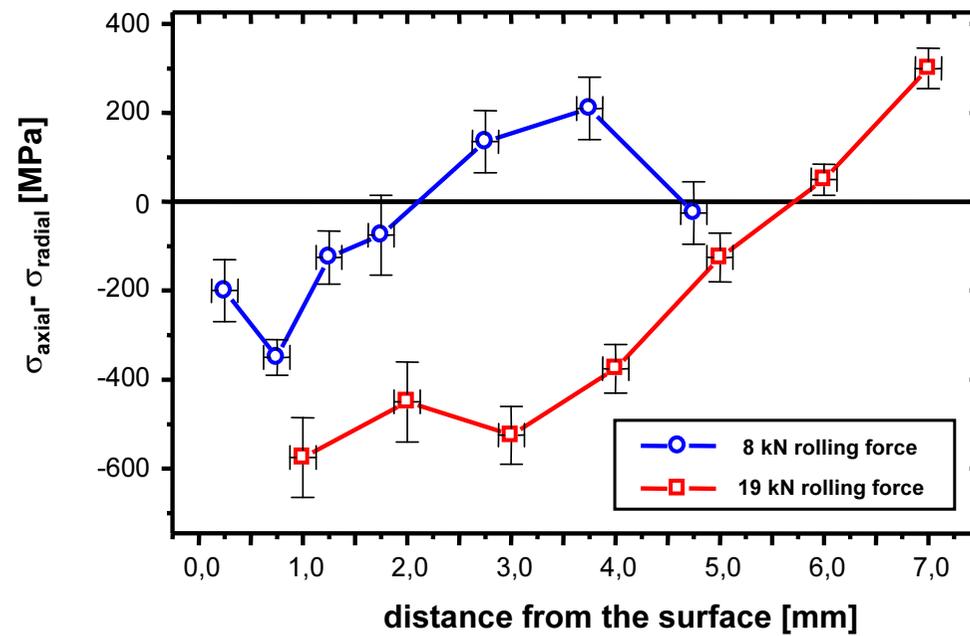
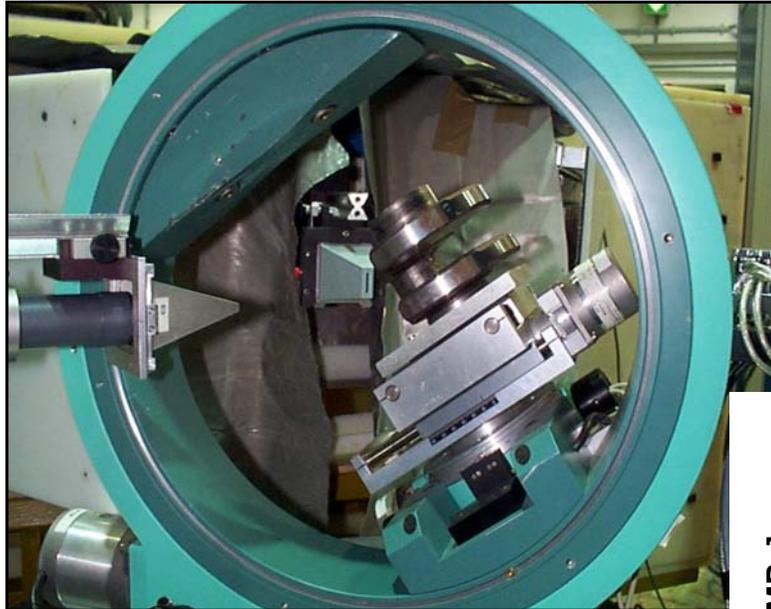


Eigenstressprofile aus der Neutronenbeugungsmessung

R. Hessert, MTU
T. Poeste, TU Berlin
R. Schneider, HMI



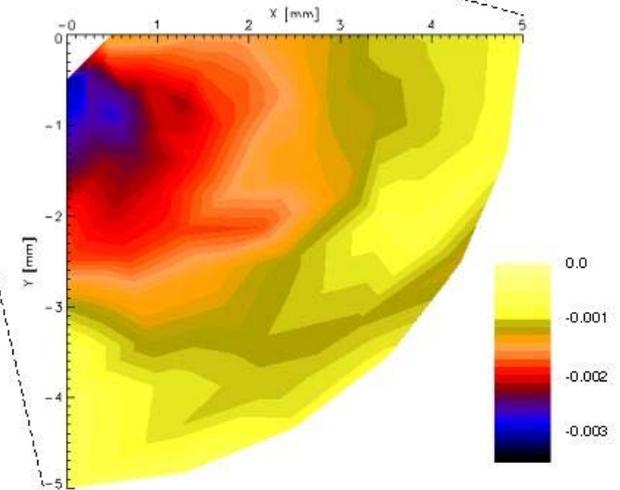
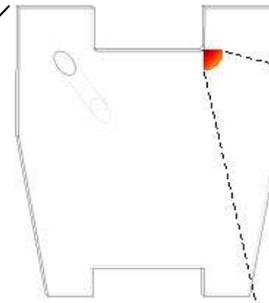
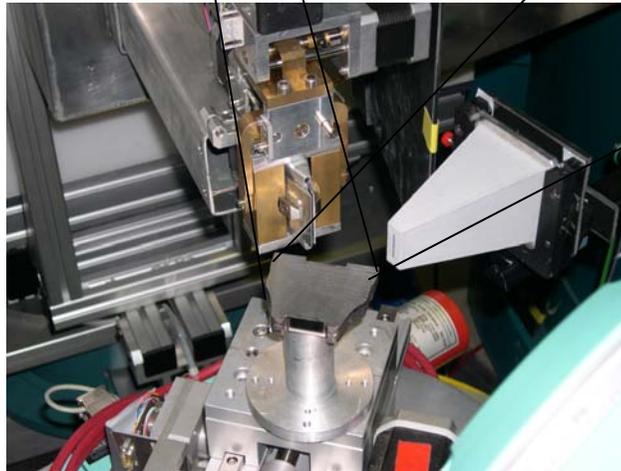
Optimierung der Eigenspannungen in festgewalzten Kurbelwellen



Achmus, Reimers, Wohlfahrt - HMI, BMW



Bestimmung der Gitterstauchung in der Walzzone einer Kurbelwelle



P. Lemke, TU Berlin
M. Hofmann, FRM-II



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

- Maße und Gewichte:
 - ⊕ bis 200kg
 - ⊕ \varnothing bis 800mm

- Peripherie
 - ⊕ Spiegelofen; Zugapparatur; Biegeapparatur



⊕ **Metalle - Keramiken**

- Metalle (z.B. Stähle)
- M-M-Verbundwerkstoffe
- (Ti-TiAl, Al-Legierungen, Ni-Legierungen)
- M-K-Verbundwerkstoffe (partikel- und faserverstärkt)
- Keramiken (z.B. ZrO_2 , SiC, HPSN, Al_2O_3)

⊕ **Einkristalline Werkstoffe**

- Wafer
- Turbinenschaufelwerkstoffe (z.B. einkrist. Ni-Basislegierungen)

⊕ **Eindringtiefe bis 10 cm** (abhängig vom Material)

⊖ Oberfläche $\leq 1 \mu\text{m}$

⊖ Grobkörnige Strukturen (mm-Bereich)

⊖ Scharfe Texturen