



Bestimmung von Anisotropieeigenschaften in Rohren mittels Beugungsmethoden

H.-G. Brokmeier,

A. Carrado, H. Palkowski, T. Pirling, R. Wimpory, N. Schell,
M. Jiang, N. Alhamdany, W. Gan, C. Randau, M. Hofmann

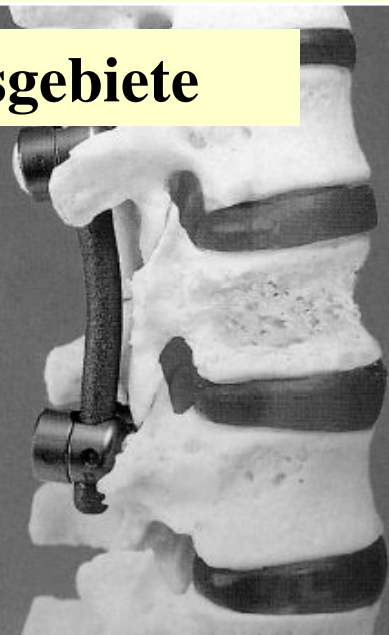
TU Clausthal (IWW und IMET-Werkstoffumformung),
CNRS UMR7504, Institut de Physique et de Chimie des Matériaux de Strasbourg
TU München – FRM2, ILL – Grenoble,
Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Helmholtz-Zentrum Berlin

VDI-TUM Expertenforum
Garching 17. 04. 2012

Arbeitsgebiete



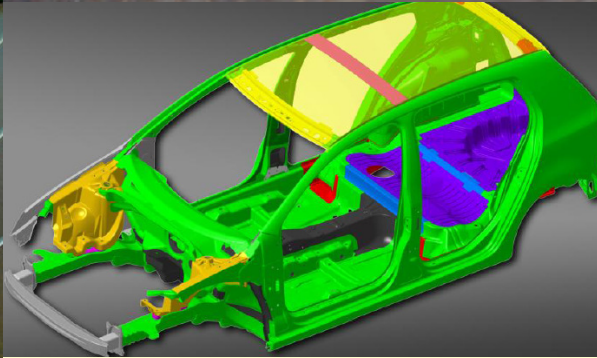
Energie und Umwelt



Biotechnologie



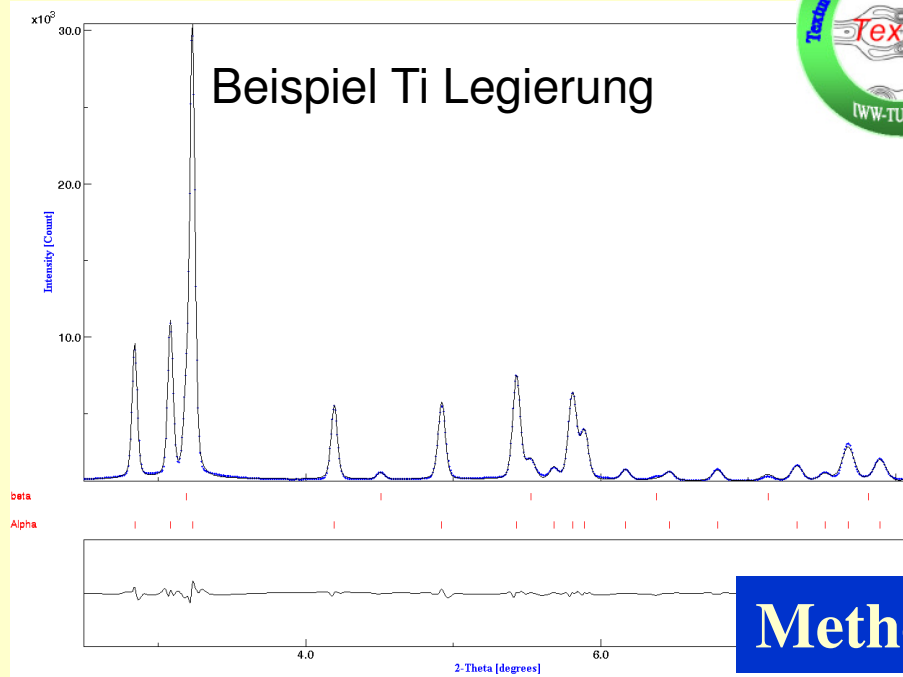
Verkehrssysteme



Phasenanalyse



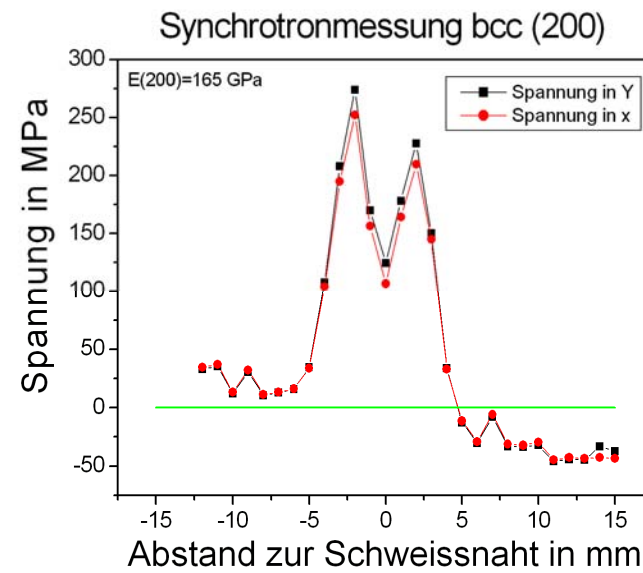
Beispiel Ti Legierung



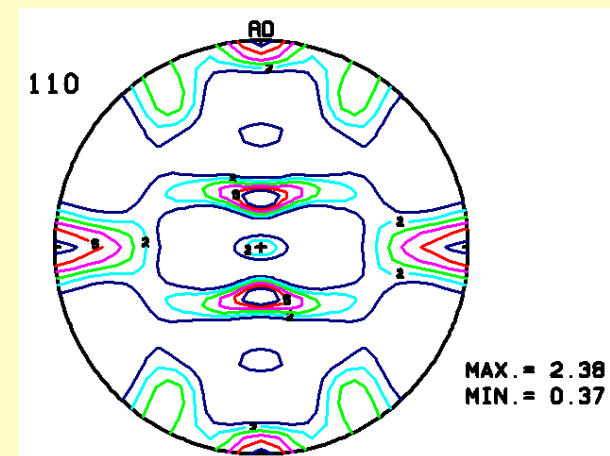
Methoden

α-Phase	Volume Fraction %	85.4	
	Weight Fraction %	84.6	
	Lattice Constant Å	a = 2.93525 c = 4.68452	
	Microstrain	0.003912	
β-Phase	Volume Fraction %	14.5	
	Weight Fraction %	15.4	
	Lattice Constant Å	a = 3.20687	
	Microstrain	0.005243	

Restspannungen

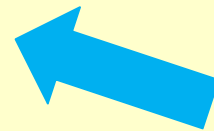
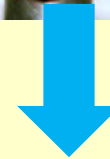
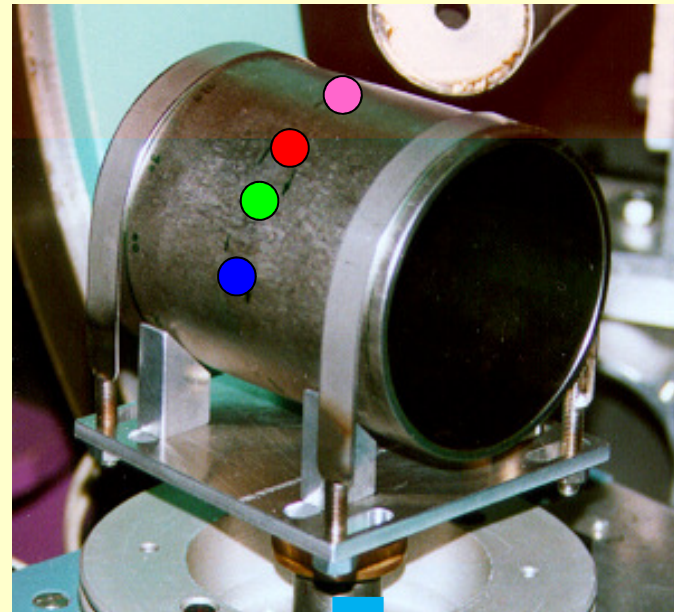
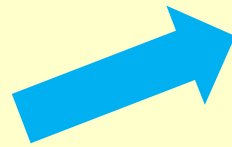


Kristallographische Texturen

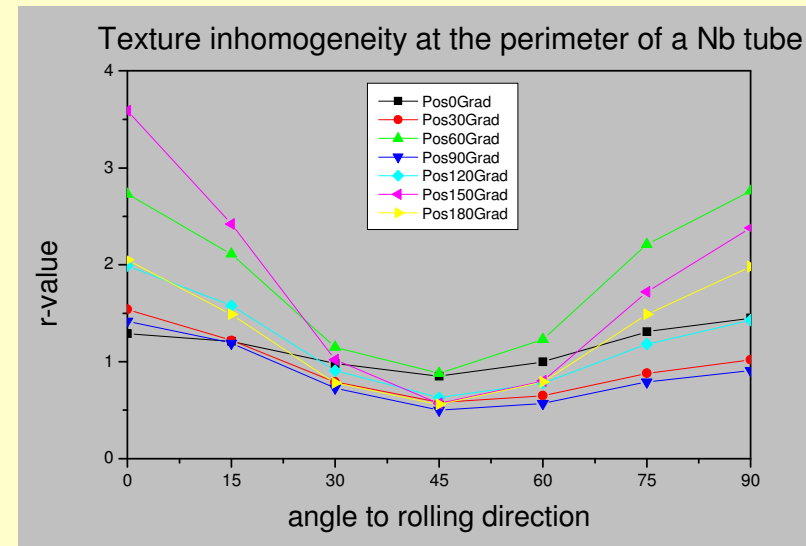




Textur und Anisotropie

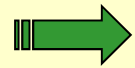


hydro-forming von Rohren



H.-G. Brokmeier, W. Singer and H. Kaiser:
 Applied Physics A. Material Science & Processing 74, s1704-s1706, 2002.

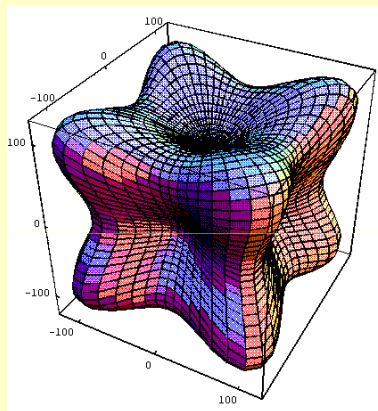
Anisotropie



Anisotropie eines Kristalles

Cu-Einkristall

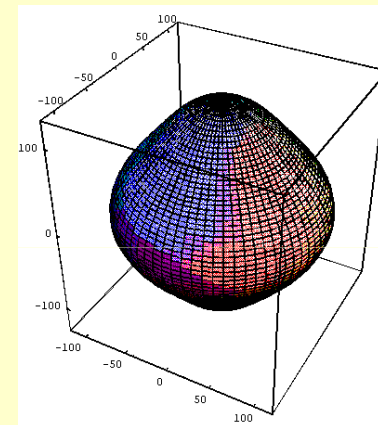
$E_{\max} (111) = 191,2 \text{ GPa}$, $E_{\min} (100) = 66,7 \text{ GPa}$.



Anisotropie eines einphasigen Polykristalls

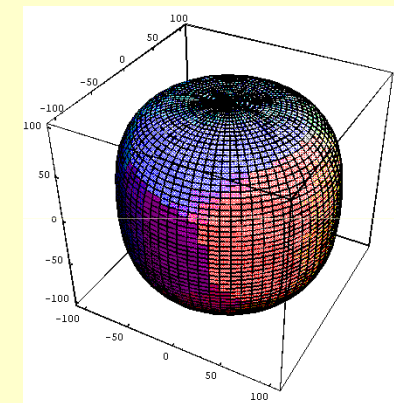
Cu-Draht type I

$E_{\text{paral}} = 124,6 \text{ GPa}$, $E_{\text{perp}} = 114,7 \text{ GPa}$.



Cu-Draht type II

$E_{\text{paral}} = 91,4 \text{ GPa}$, $E_{\text{perp}} = 105,4 \text{ GPa}$.



Anisotropie eines mehrphasigen Polykristalls

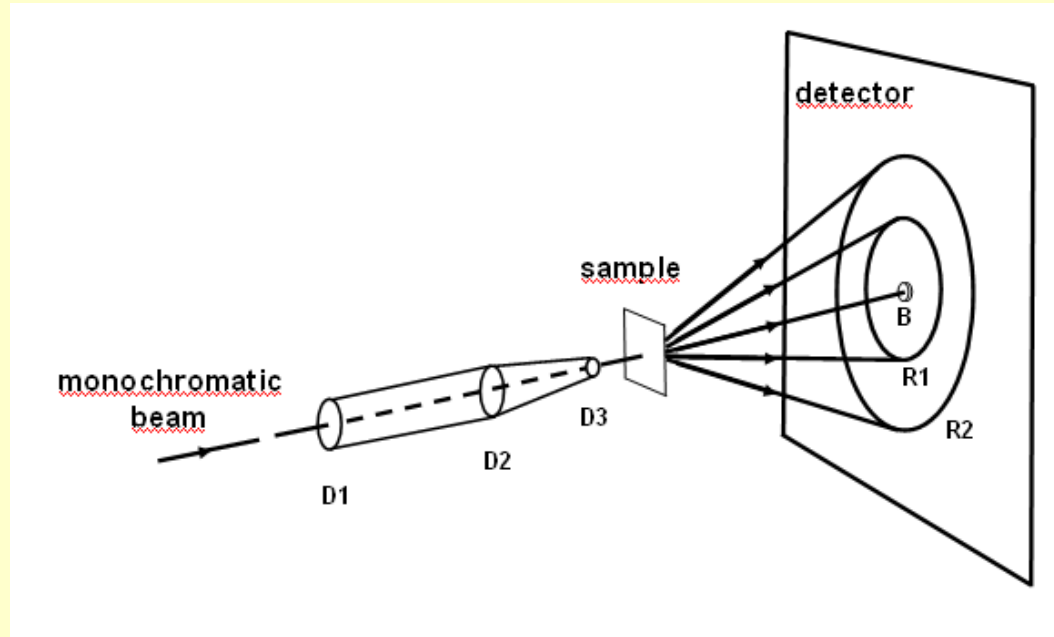


Anisotropie eines Bauteiles

Richtungsabhängige Eigenschaften

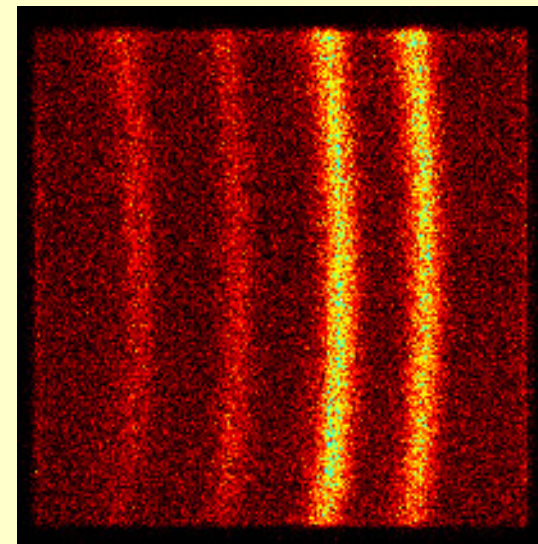
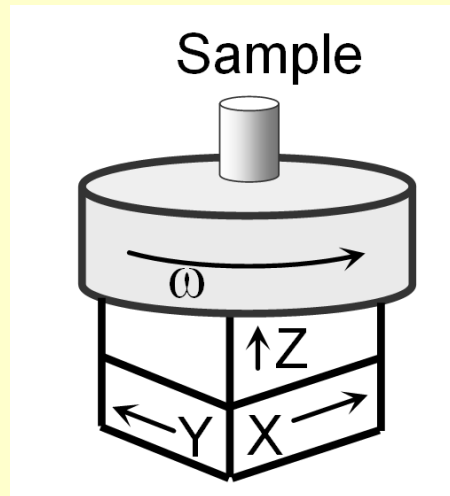
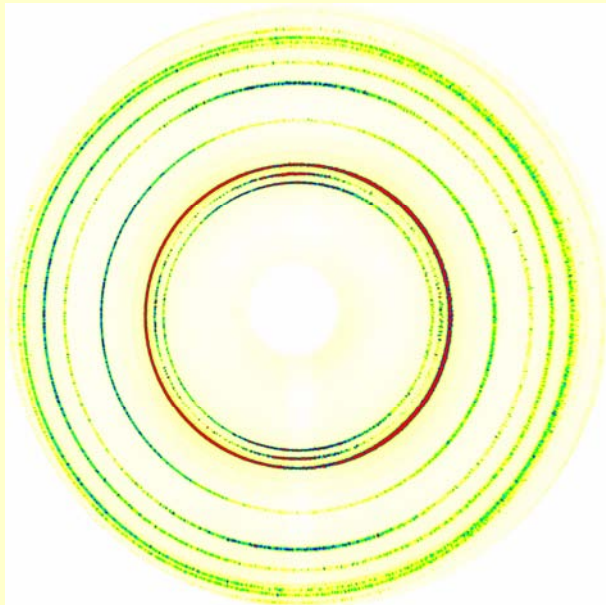
- Tiefziehverhalten
- Leitfähigkeiten
- Festigkeiten
- Masshaltigkeit

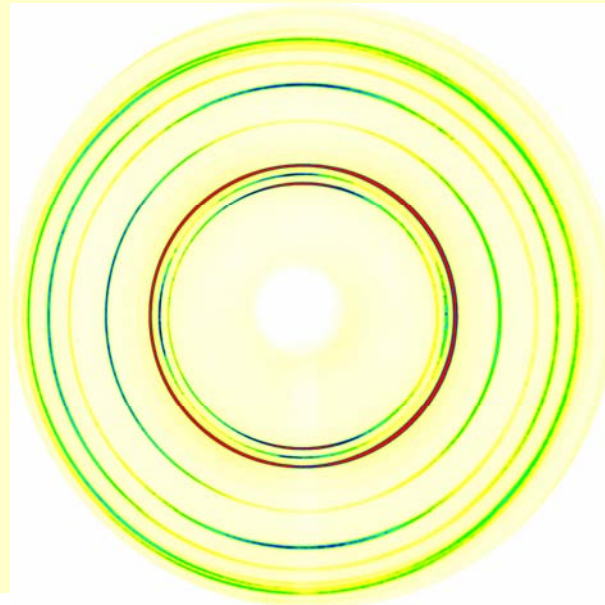




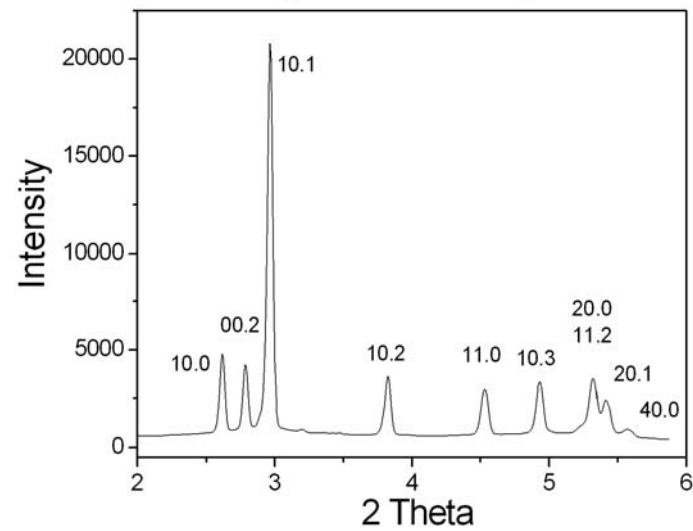
Harte Röntgenstrahlen

Neutronenstrahlen

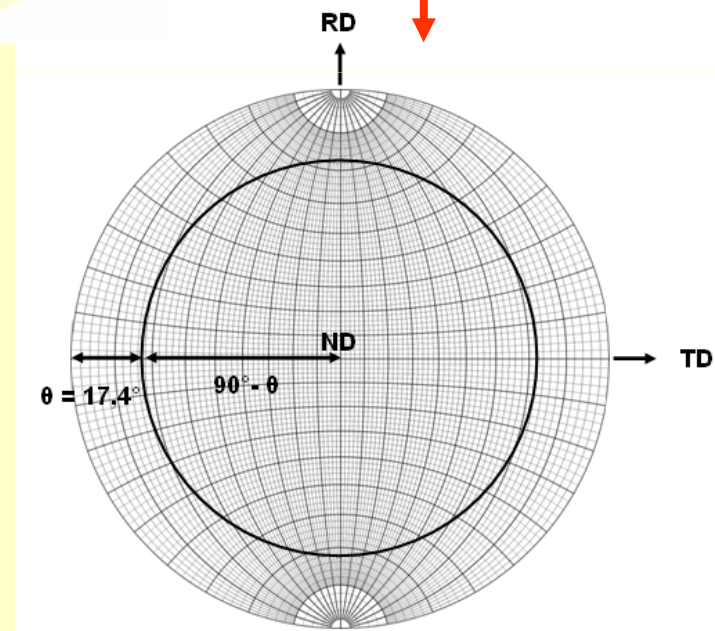




Indexing of a diffraction pattern



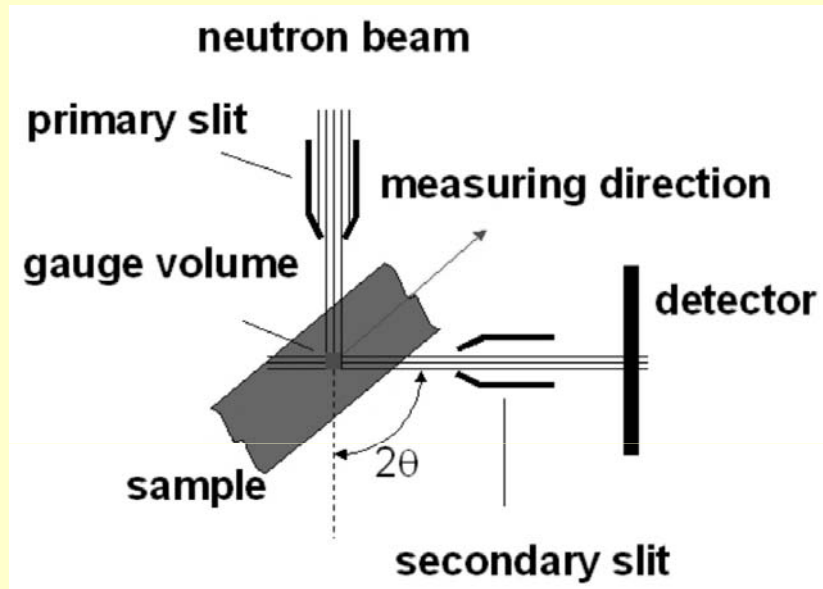
Phasen, Gitterkonstanten, Spannungen
Korngröße, Defektdichte



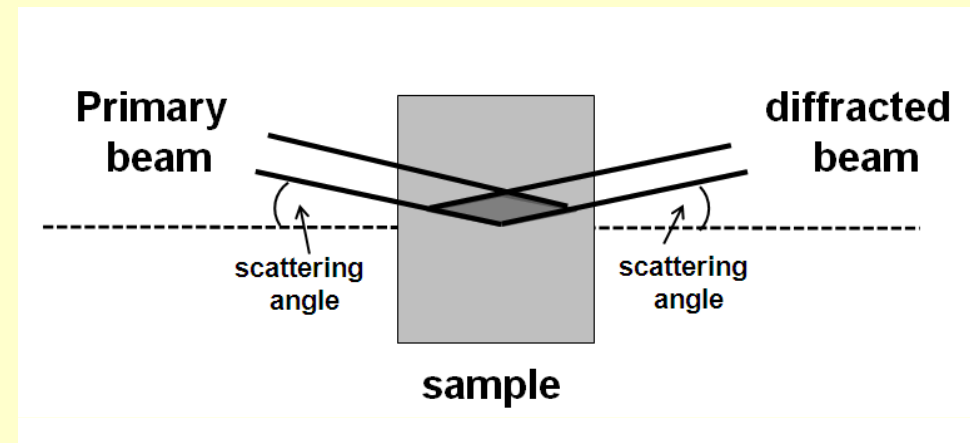
kristallographische Textur

neutron case @ Stress-Spec

C.S. Choi, H.J. Prask & S.F. Trevino
J. Appl. Cryst. 12, 327-331, 1979



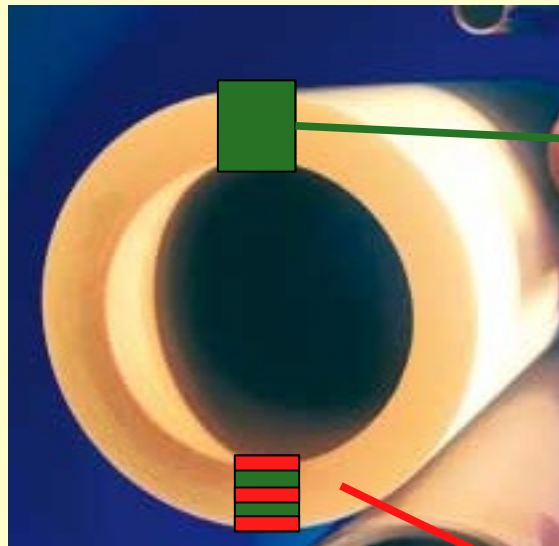
synchrotron case @ HEMS and Harwi-II



Die wesentlichen Punkte zur Festlegung des beugenden Volumens und damit des Instruments sind:

- der erwartete Texturgradient
- Korngrößenverteilung
- Volumenkonstanz während bis zu 32400 Kippungen und Drehungen

Stress-Spec

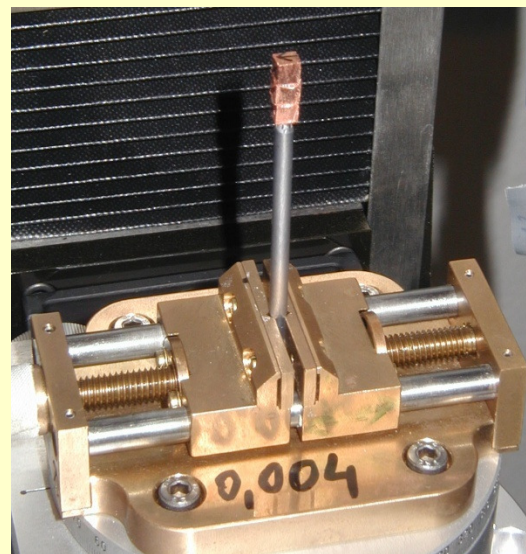


mittlere Information über
bis zu 15mm Wandstärke

Harwi-II

Gradienteninformation
mit mittlerer Auflösung

1000 x 1000 μ m



HEMS

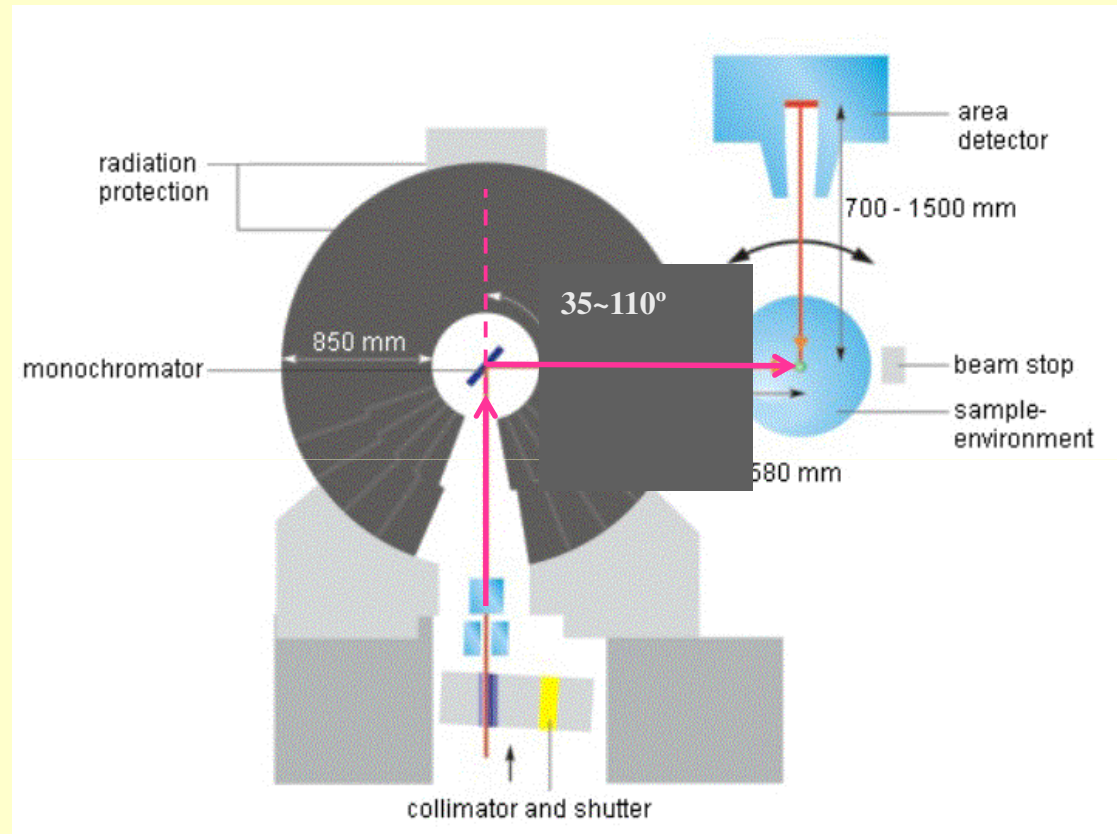
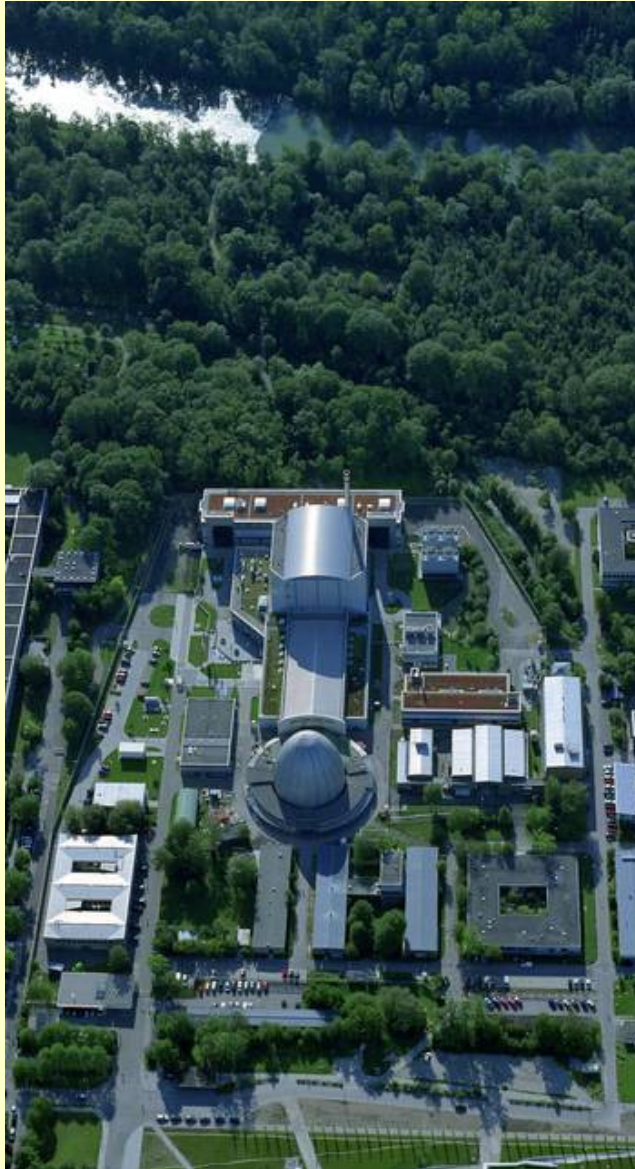
Gradienteninformation
mit hoher Auflösung

20 x 100 μ m



Materialforschungs Diffraktometer Stress-Spec

Forschungsneutronenquelle Heinz Mayer-Leibnitz FRM-II



H.-G. Brokmeier, W. M. Gan, C. Randau, J. Rebelo-Kornmeier, M. Hofmann: Nuclear Instruments and Methods in Physics A: Vol. 642 (2011), p. 87.

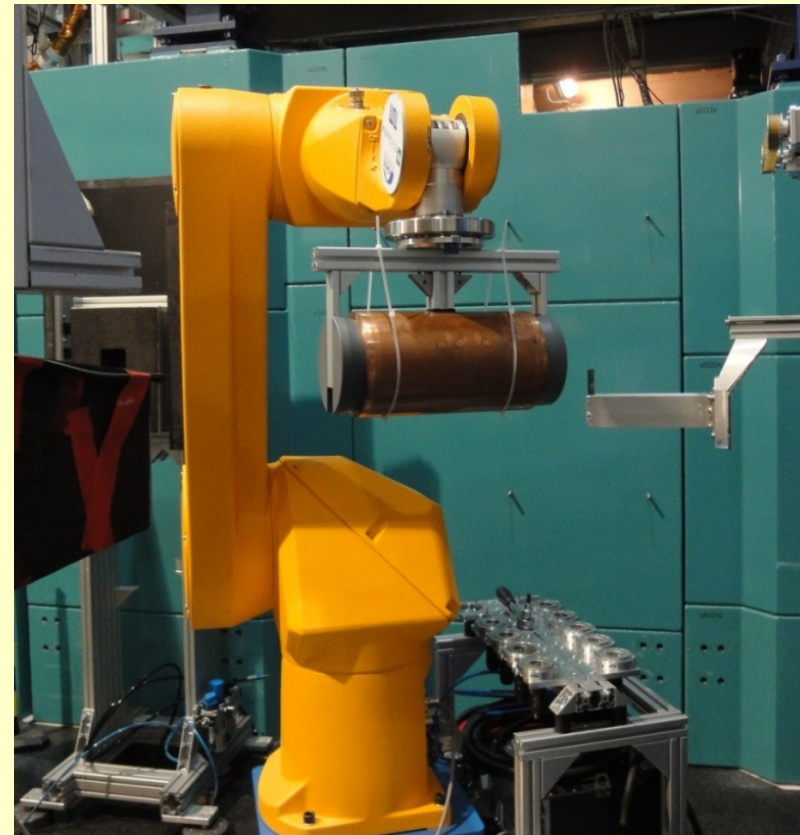
M. Hofmann, J. Robelo-Kornmeier, U. Garbe, R.C. Wimpory, J. Repper, G.A. Seidl, H.-G. Brokmeier, R. Schneider: Neutron News Vol. 18 (2007), p. 27.

Roboter Staubli-RX160

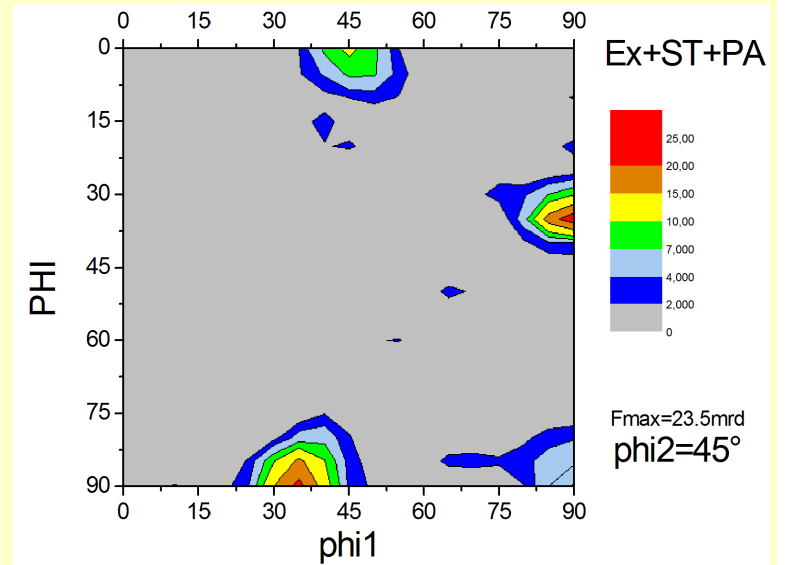
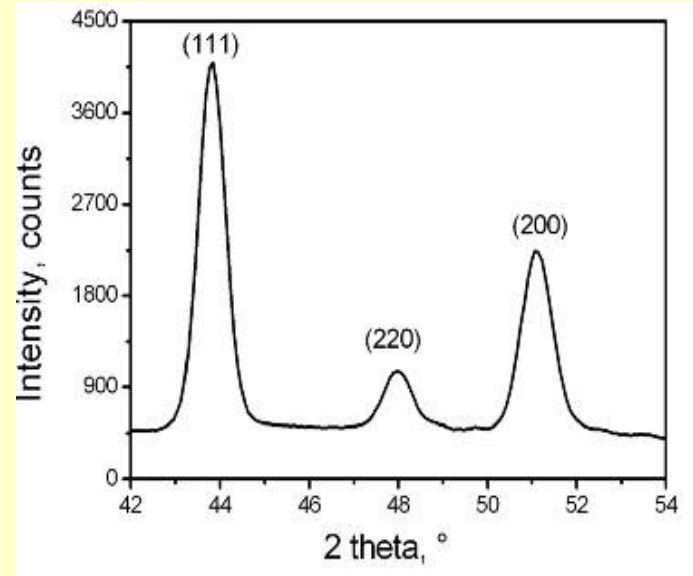
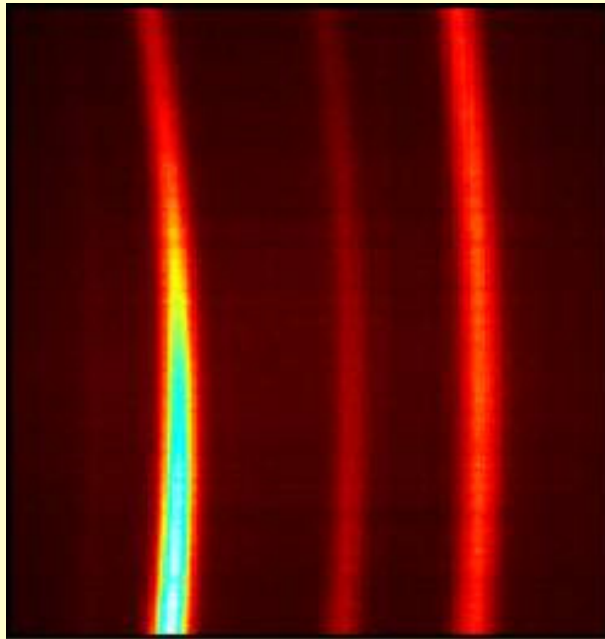
Routinemessung kleiner Proben
Schnelle Positionierung
Probenwechsler

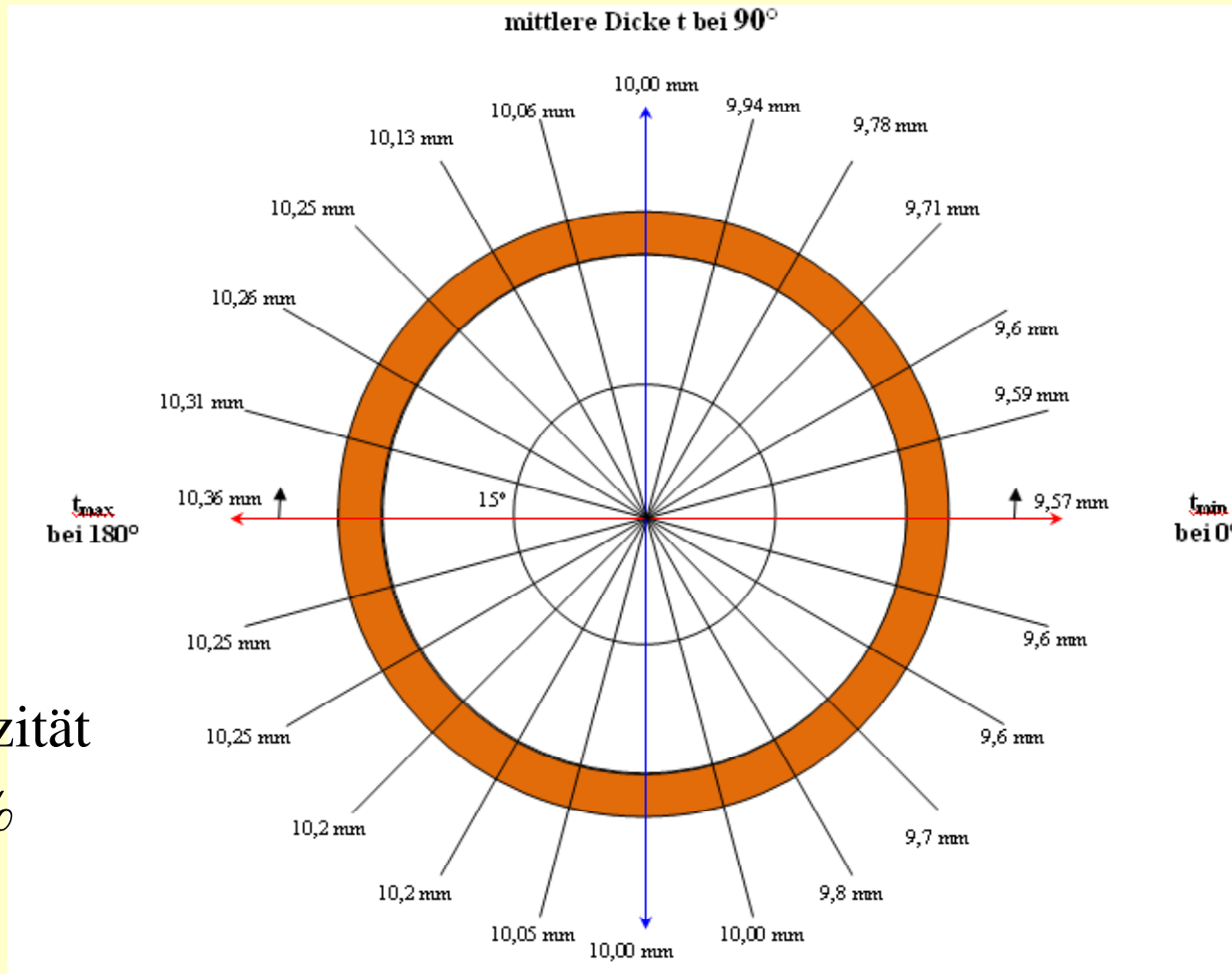


Testmessungen
12kg Rohrsegment
Restspannungen - Texturen



BMBF Projekt 05KN7MCA





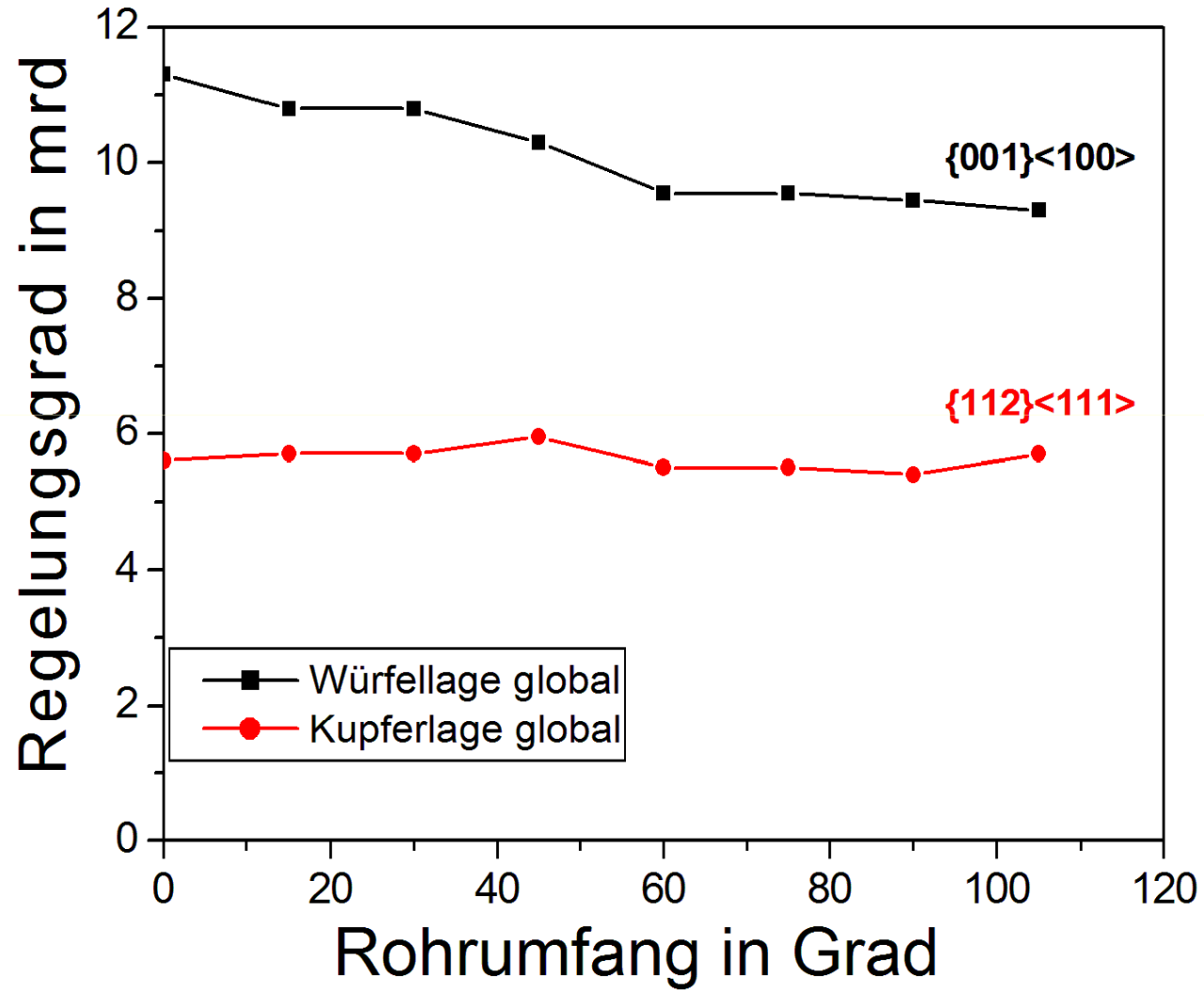
Exzentrizität
7.92%

Ovalität
0.57%

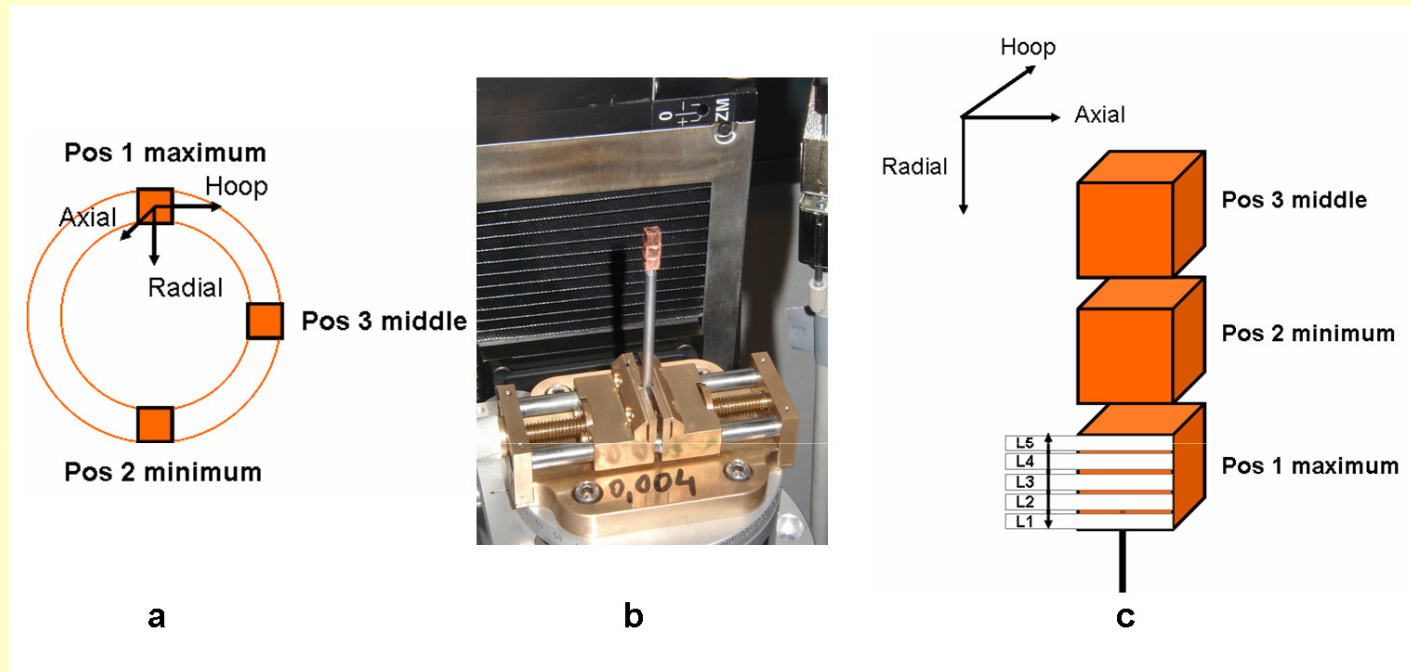
$$Ex = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\text{ave}}} \times 100\%$$

$$Ov = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\text{ave}}} \times 100\%$$

Variation der Globaltextur über den Rohrumfang

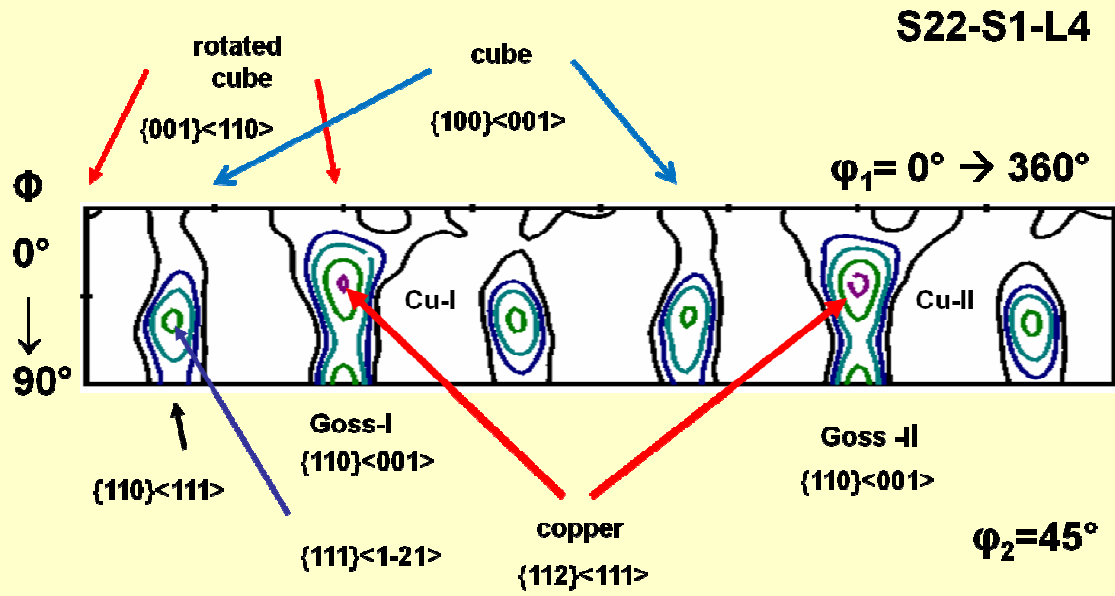
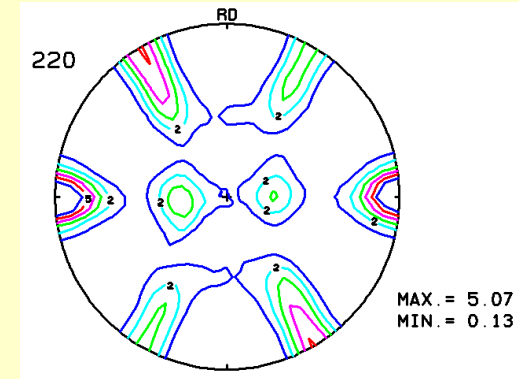
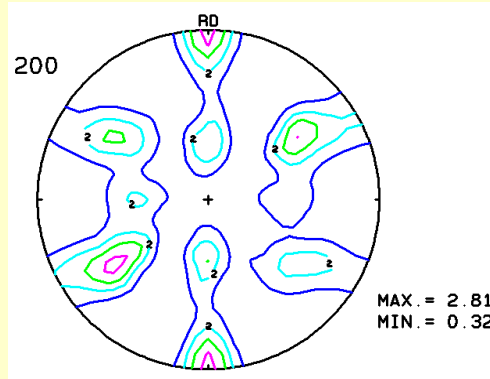
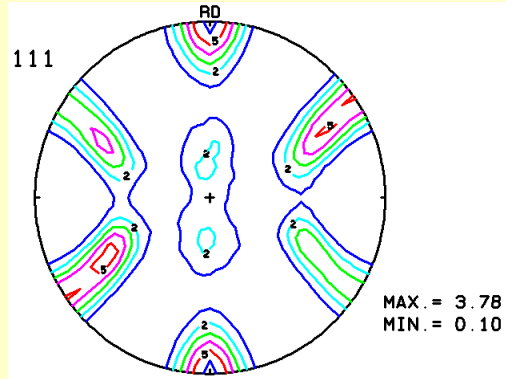


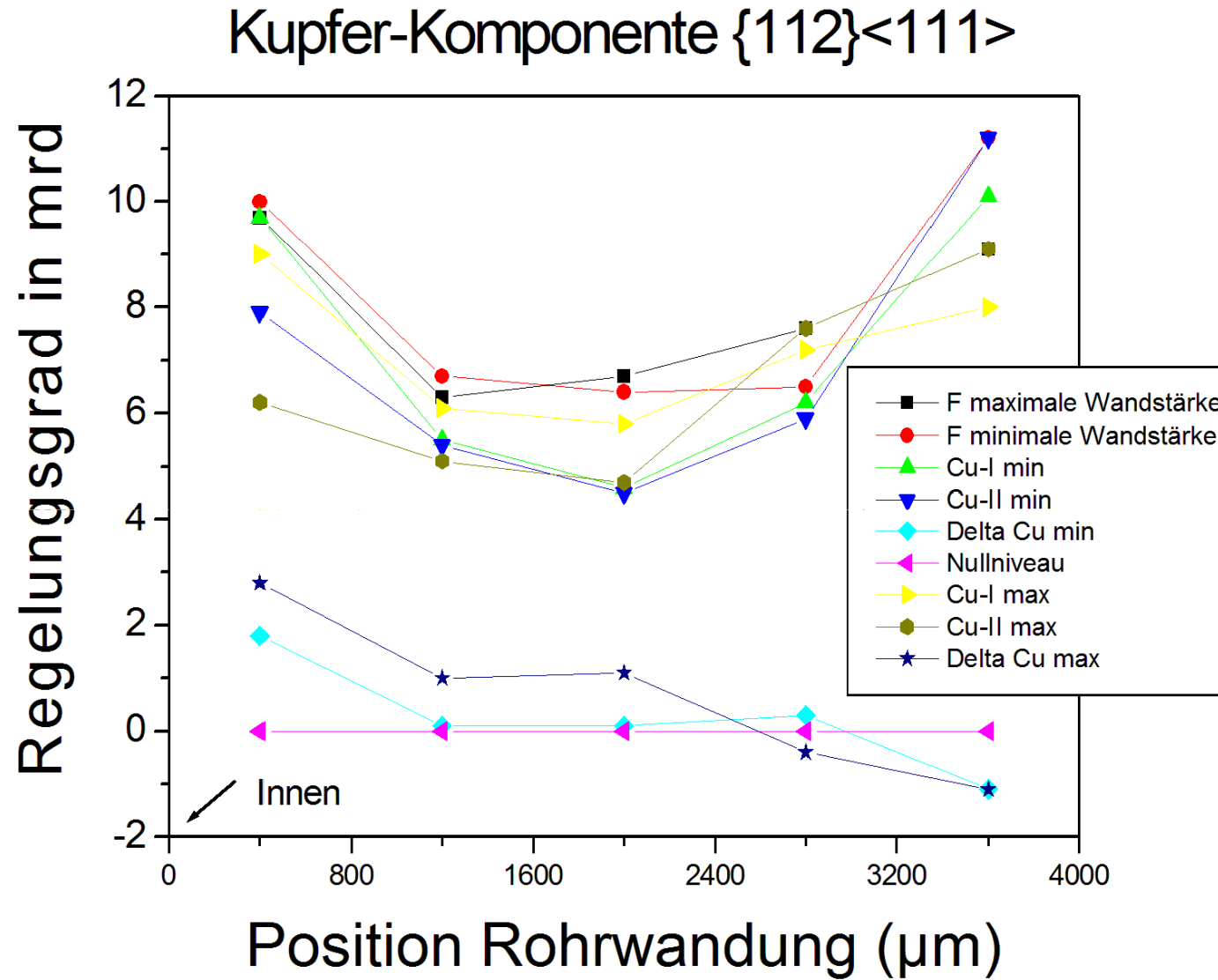
Probenpräparation für Synchrotronmessungen



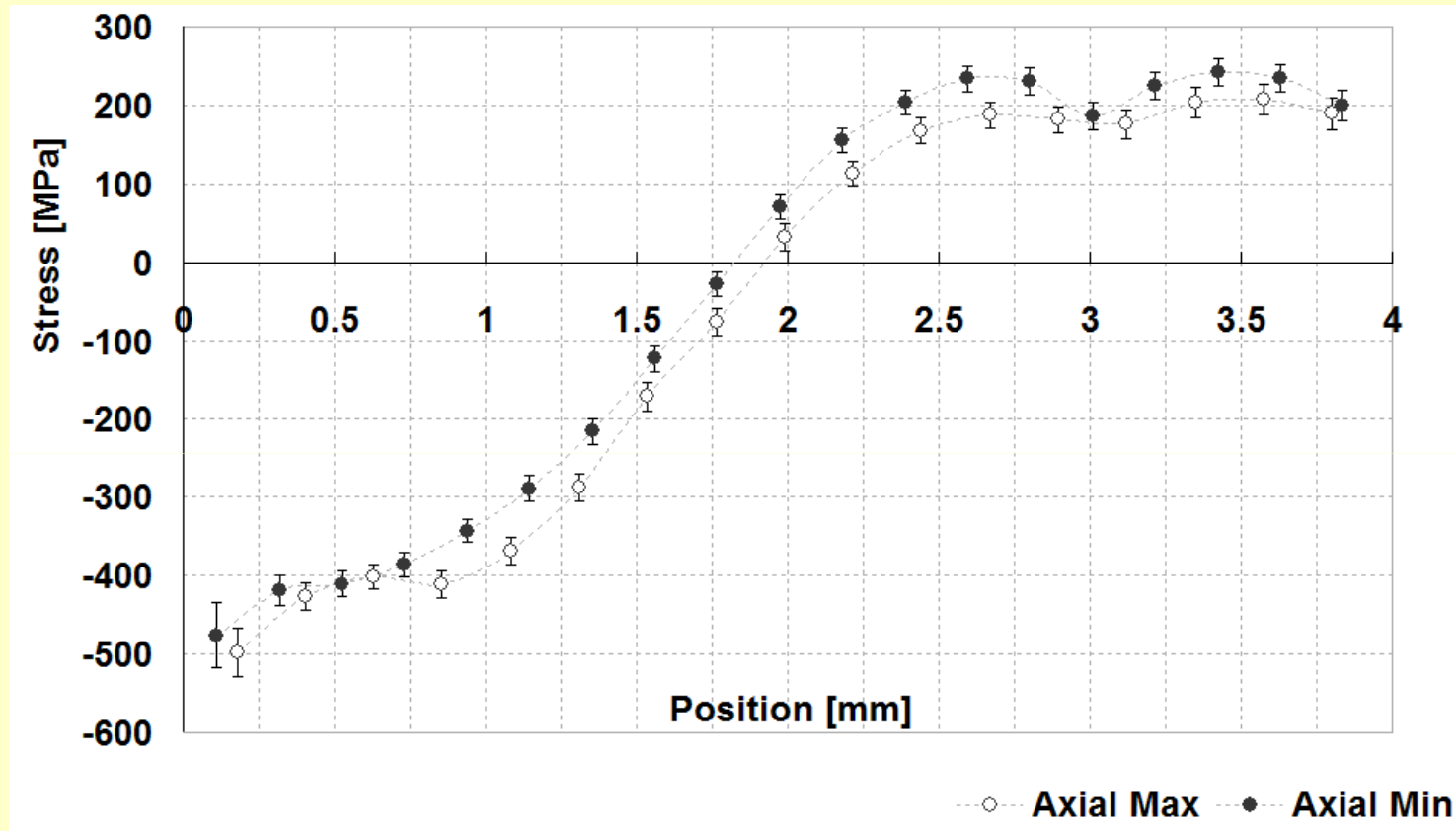
Gesamtmesszeit für 15 vollständige Texturmessungen 28 h
(1500MB)

Ortsauflösung (Strahlhöhe) 500 μ m





Spannungsprofil - Neutronenbeugung



Innen
-Druckspannungen-

Außen
-Zugspannungen-

Zusammenfassung

1. Neutronen und Photonenstrahlen sind gut geeignet, um
→ Texturgradienten und
→ Spannungsprofile in Kupferrohre zu bestimmen
2. Die Globaltextur – mittlere Textur über die Wanddicke zeigt Variationen abhängig von der Wandstärke
3. Es gibt Texturgradienten über die Wanddicke, die auf inhomogenes Fließen (Scherverformung an den Oberflächen) zurückzuführen sind.
4. Die Spannungsprofile über die Wanddicke zeigen den erwarteten Verlauf, aber keine Abhängigkeit von der Wanddicke



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit