



VDI-Expertenforum

„Moderne Schadensanalyse mit Neutronenstrahlen“, 10. April 2008

- 10:00 **Begrüßung und Eröffnung**
Prof. Dr. Winfried Petry, wissenschaftlicher Direktor (FRM II)
„Wissenschaftliche und industrielle Anwendungen von Neutronenstrahlen“
Prof. Dr. Winfried Petry, FRM II
- 10:20 „Eigenspannungen in geometrisch komplexen Schmiedeteilen“
Prof. Dr. Ewald Werner, TU München
- 10:40 „Zerstörungsfreie Prüfung im Automobilbau – Anwendungen und Grenzen“
Armin Hofmann, Volkswagen AG
- 11:00 „Radiographie und Tomographie mit Neutronenstrahlen am Instrument ANTARES“
Dr. Burkhard Schillinger, FRM II
- 11:20 „Defekt selektierende ZfP-Methoden an Faserverbundbauteilen“
Rodolfo S. Aoki, DLR
- 11:40 „Zerstörungsfreie Bauteilprüfung durch Neutronen- und Röntgenstrahlen an keramischen Faserverbundwerkstoffen im Bereich Raumfahrtantriebe“
Dr. Stephan Schmidt, EADS-Astrium Space Transportation
- 12:00 Mittagsimbiss im Foyer
Anschließend Posterpräsentation und Kleingruppen-Gespräche für Fragen und bilaterale Kontakte
- 14:10 **Podiumsdiskussion mit den Referenten**
Leitung: Prof. Dr. Heinz Voggenreiter, DLR
- 14:50 „The Combined Use of FE-Simulations and Neutron/X-ray Experiments“
Dr. John Bouchard, British Energy
- 15:10 „Gezieltes Bauteil- und Prozessdesign gestützt durch Neutronen: Steigerung der Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Kurbelwellen durch Optimierung der Spannungsverteilung“
Alfred Dutzi, Daimler AG
- 15:30 Kaffeepause
- 16:00 **Tagesresümee**
Prof. Dr. Petry, FRM II & Prof. Dr. Voggenreiter, DLR
- 16:30 Ende der Veranstaltung
- 16:30 – 18:00 Besichtigung der Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)

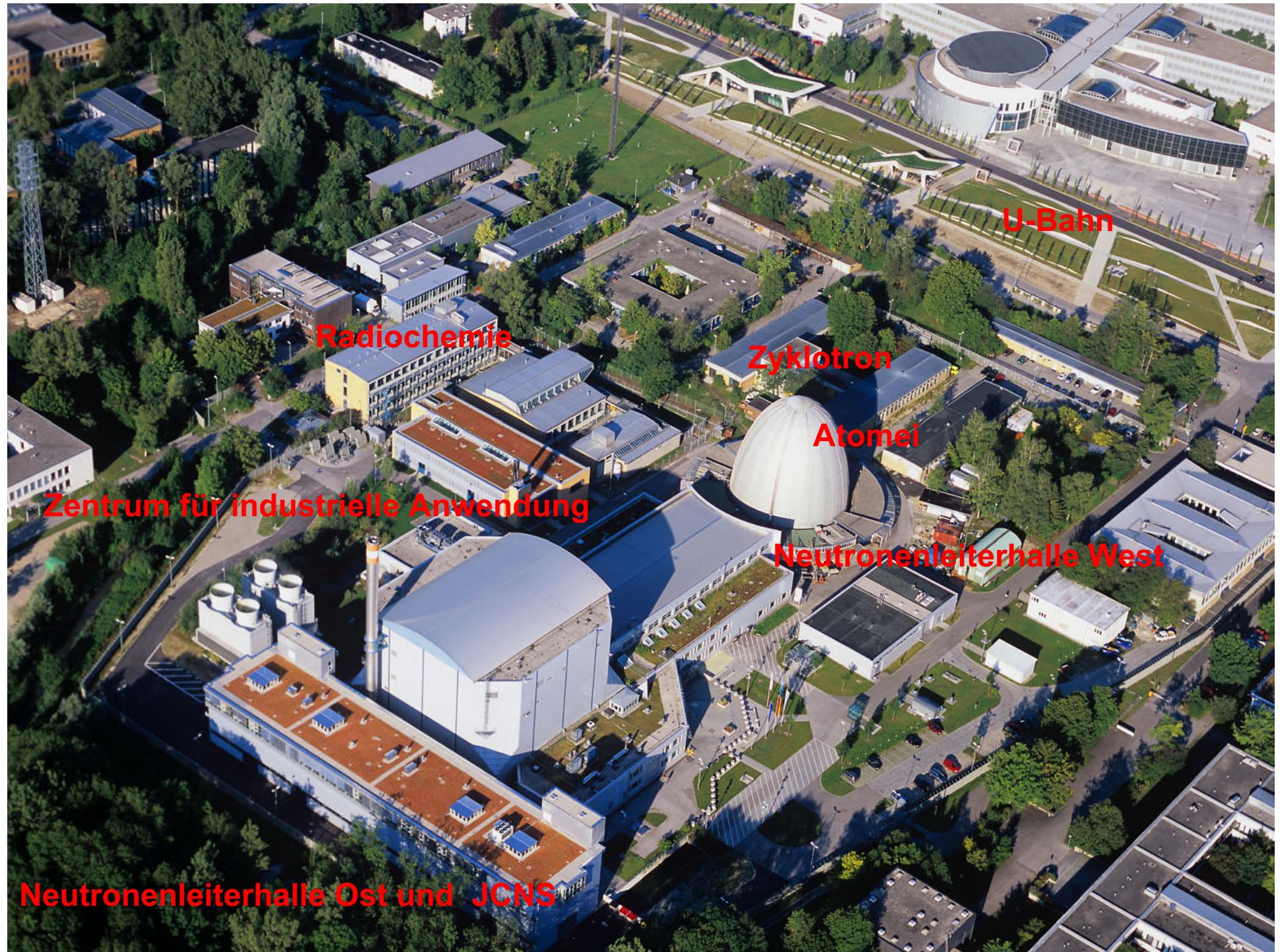


Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)

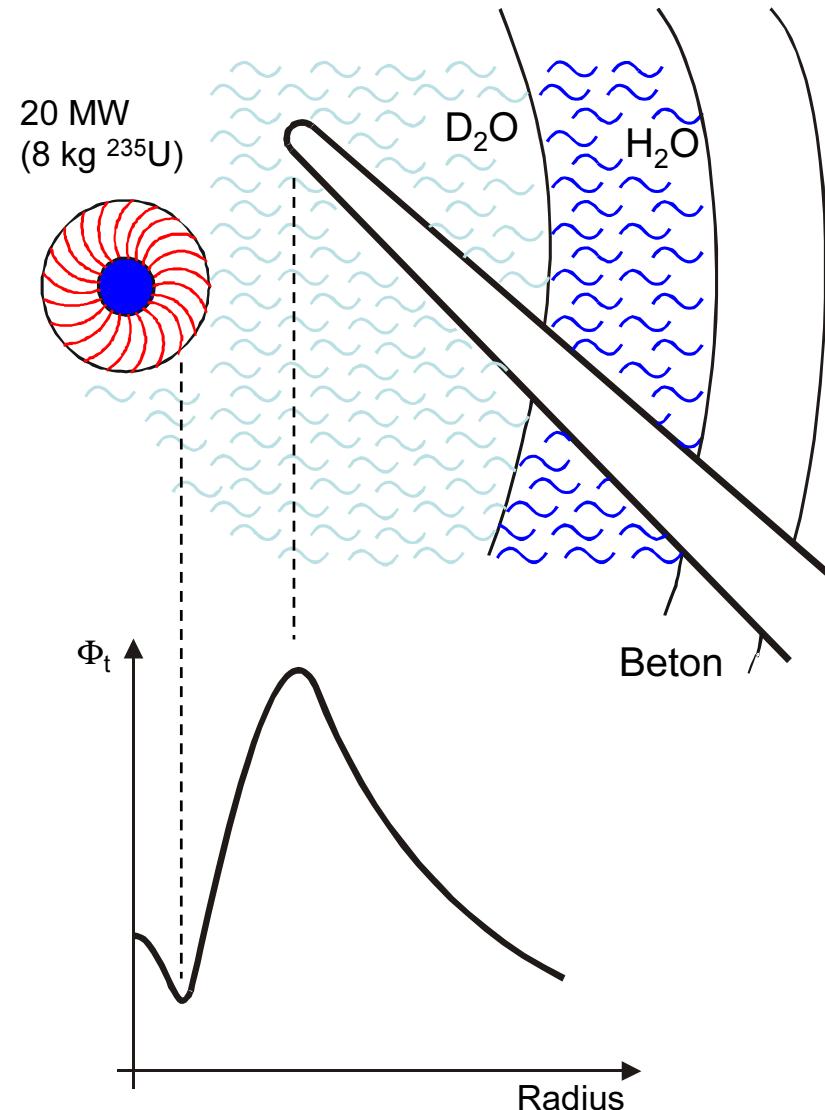
TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Prof. Dr. Winfried Petry

Wissenschaftlicher Direktor FRM II und Physik-Department E13

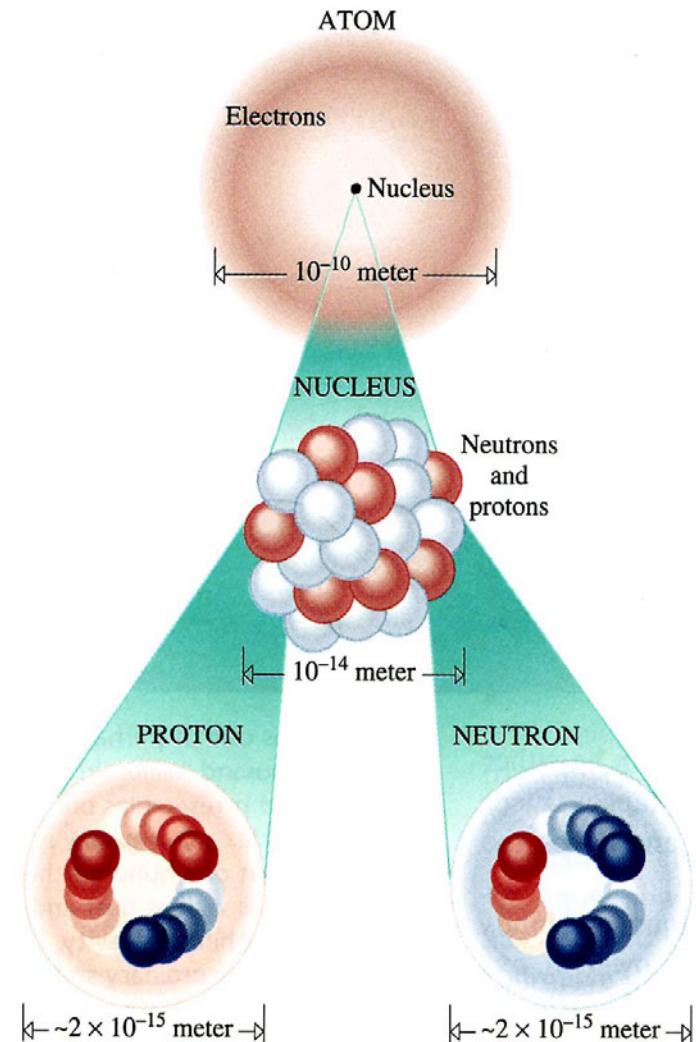


FRM II, das Prinzip



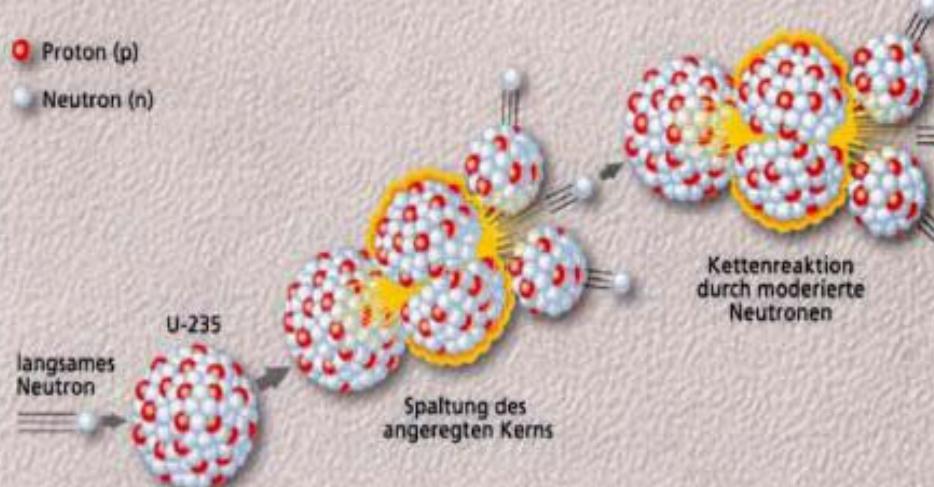
Neutronen sind Licht

- Kernbausteine
- neutral
- 10.000 mal kleiner als Atome
- durchdringen massive Materie
- kontrastreich
- Wellenlänge $\lambda = 0,05 \dots 100 \text{ nm}$
- magnetisches Moment (Kompassnadel)
- Neutronenleitung wie Lichtleitung

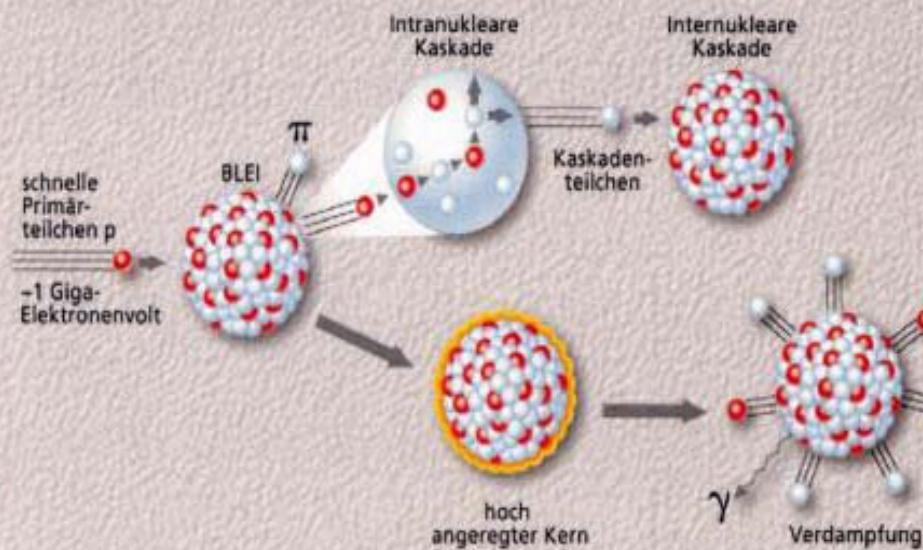


Spaltung

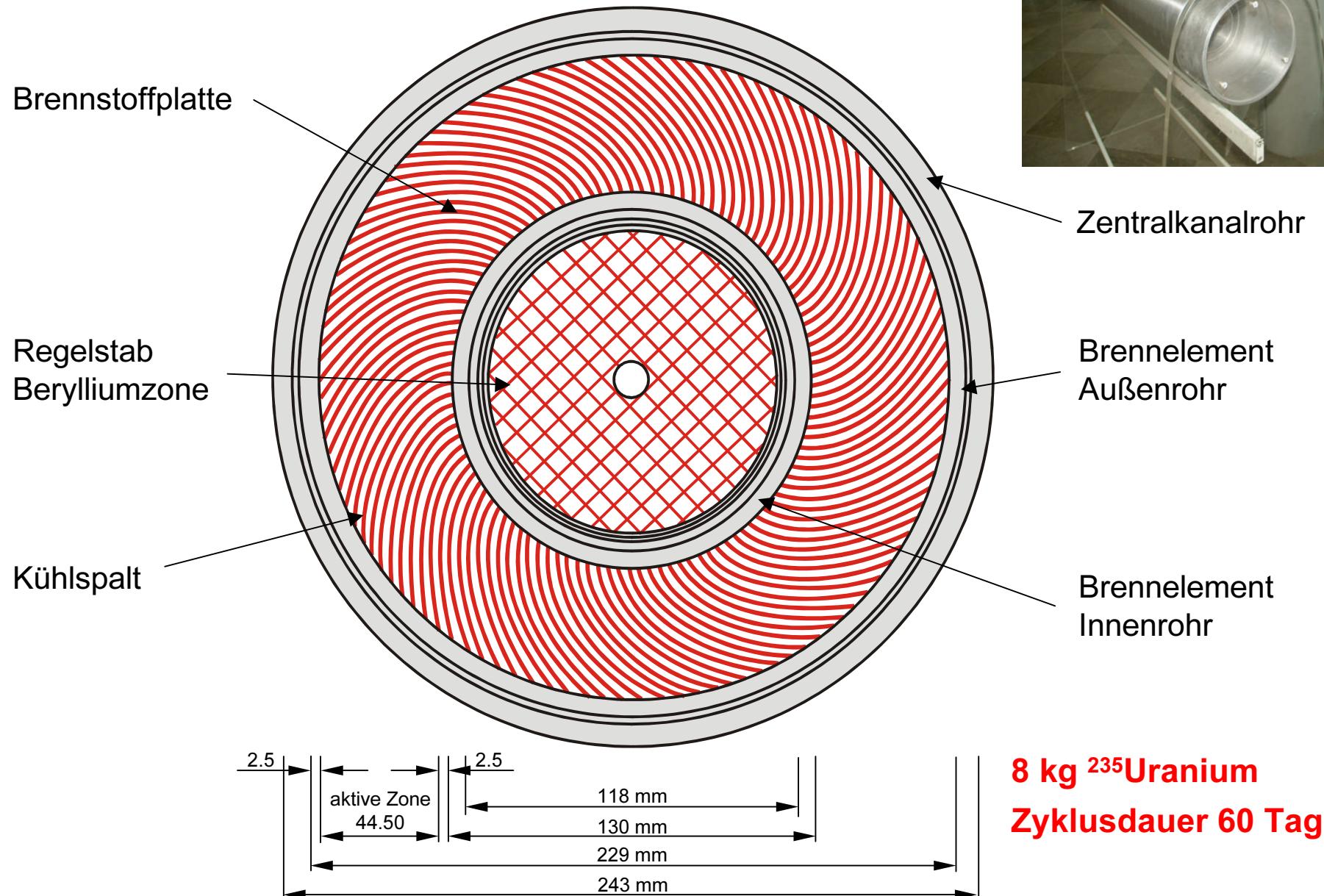
Proton (p)
Neutron (n)



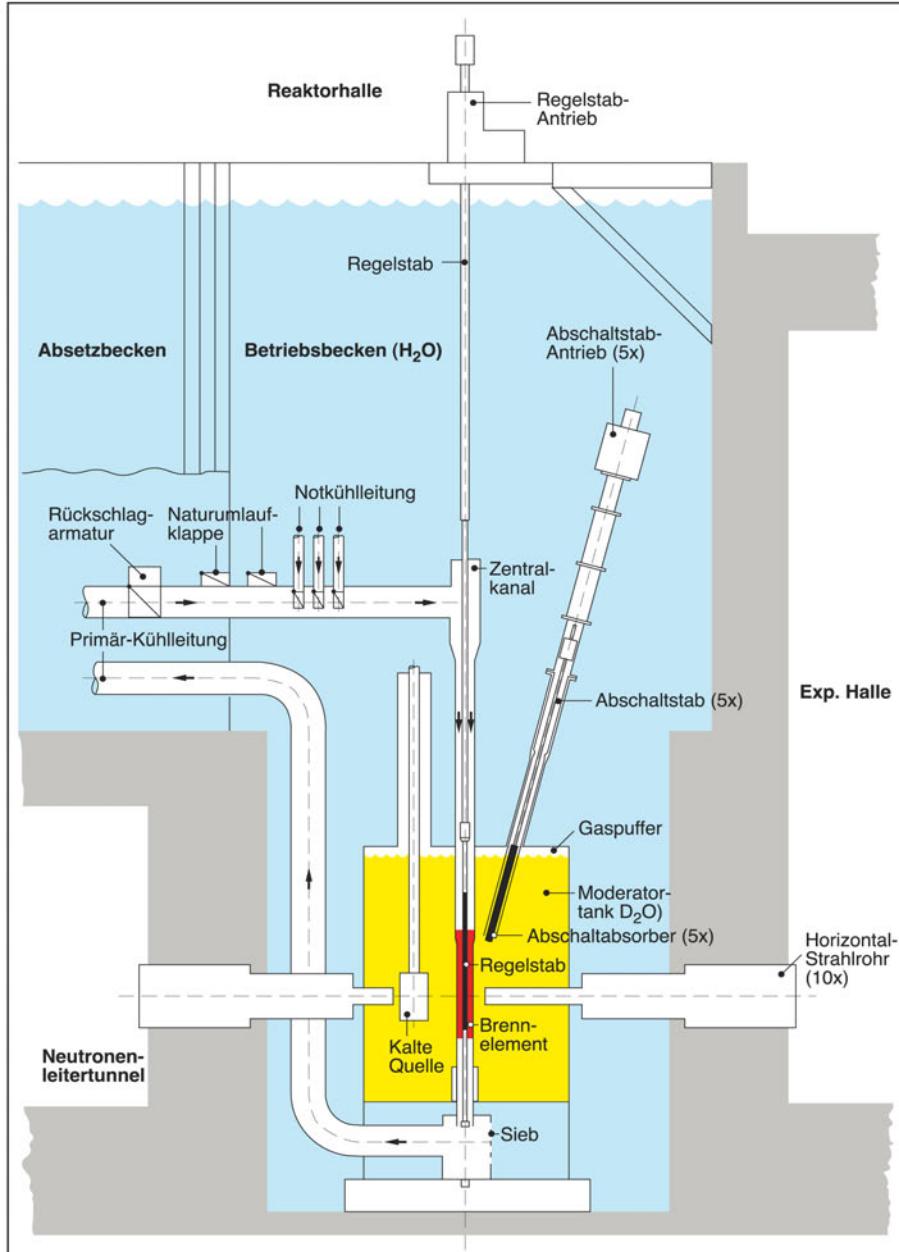
Spallation



Brennelement



Konzeptmerkmale des FRM II



Brennelement: 8,1 kg $^{235}\text{Uran}$

$\text{U}_3\text{Si}_2\text{-Al}$ Dispersion

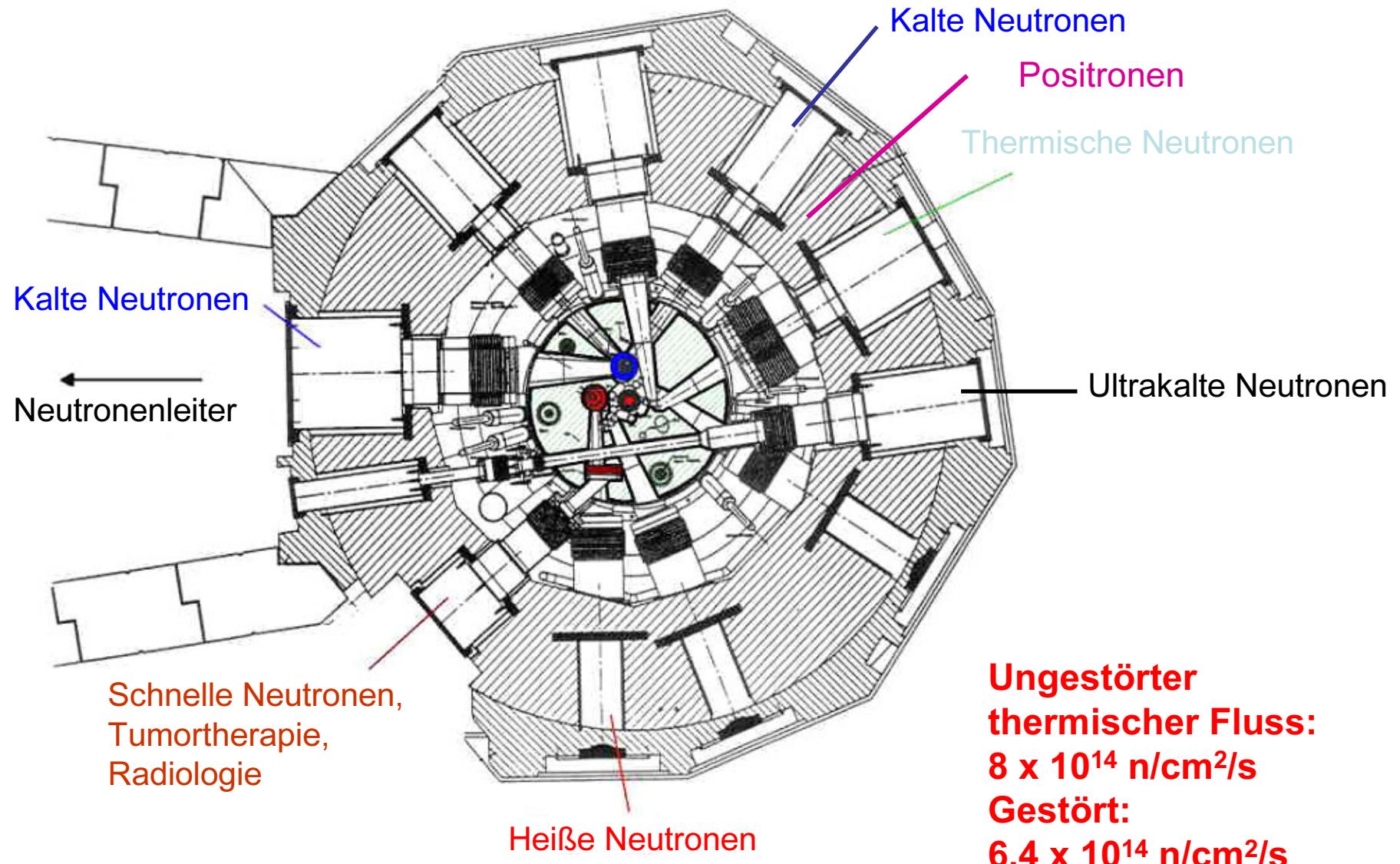
20 MW thermische Leistung

52 Tage Brennelement Zyklus
(5 Zyklen/Jahr)

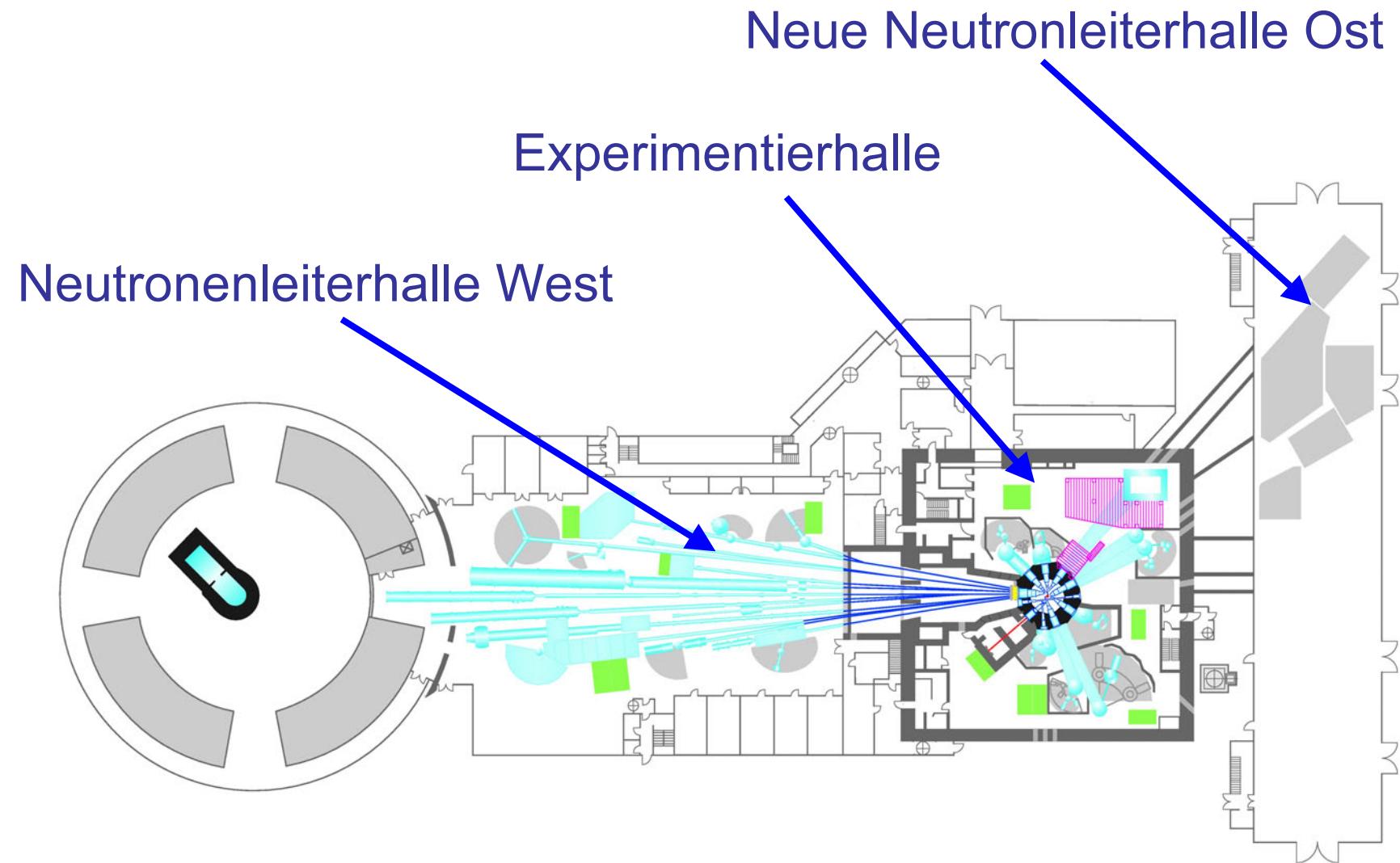
10 horizontale, 2 schräge Strahlrohre

max. ungestörter Fluss $8 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2\text{s}$

Neutronen verschiedener Wellenlängen



Aktueller Grundriss

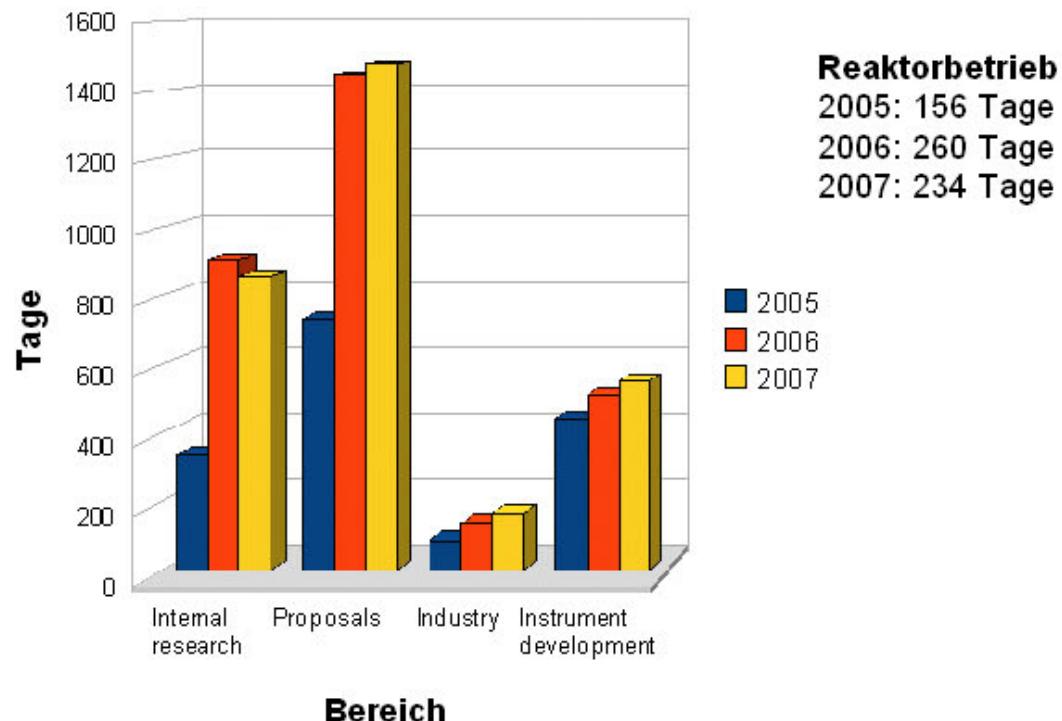


Nutzung der Neutronenquelle

17 Instrumente:

Antares
Heidi
N-REX+
MEDAPP
Mephisto
Mira
Nectar
NEPOMUC
TRISP
Panda
Puma
Refsans
(Reseda)
Resi
Spodi
Stress-Spec
TOFTOF

Verwendung der Meßzeittage 2005-2007

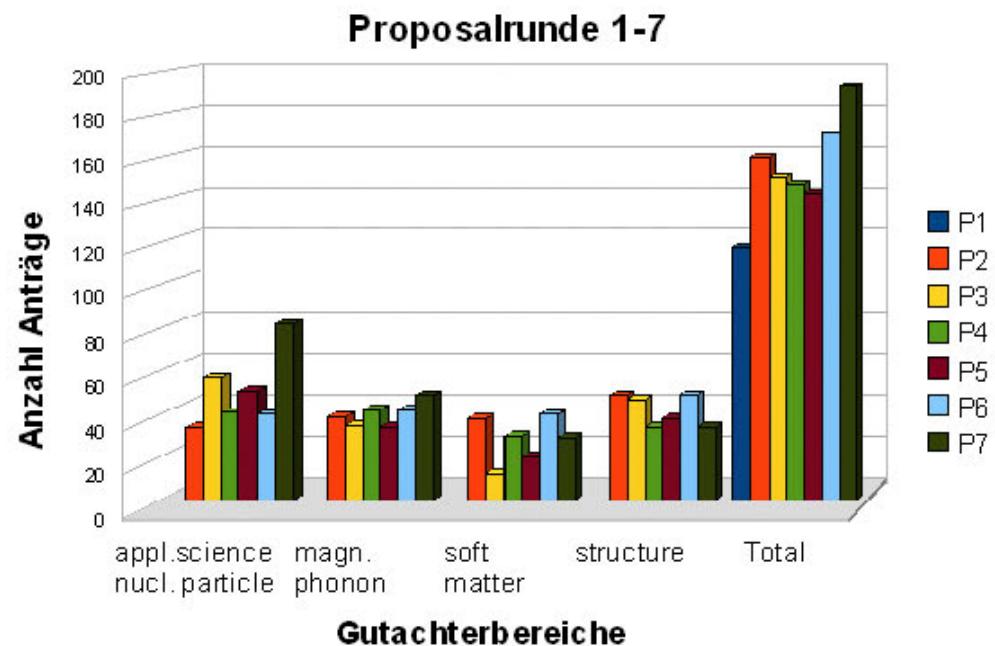
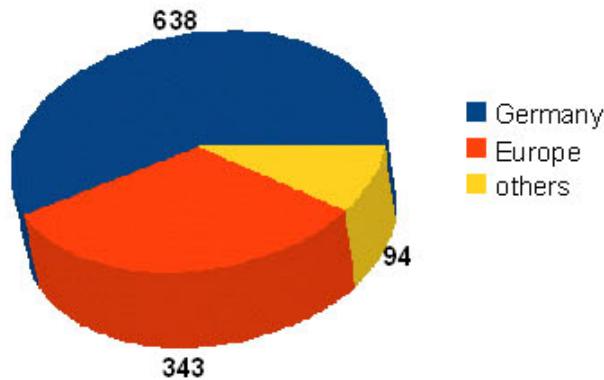


Reaktorbetrieb
2005: 156 Tage
2006: 260 Tage
2007: 234 Tage

Neue Instrumente in 2008: PLEPS, PGAA
JCNS: KWS2, (KWS1), KWS3, J-NSE, DNS, Spheres

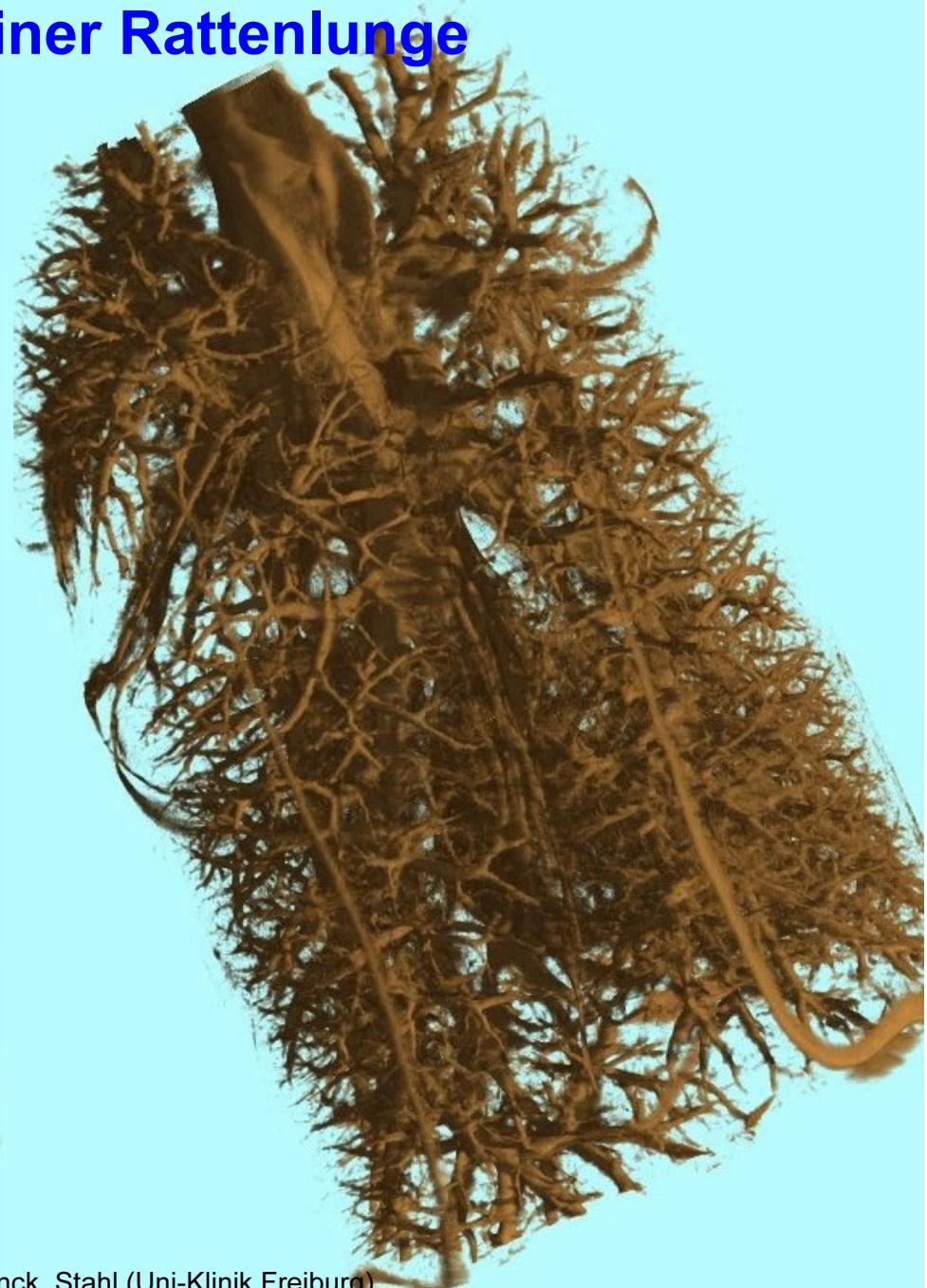
Nutzung der Neutronenquelle

Internationale Anträge
Proposalrunden 1-7



Tomographie

Tomographie einer Rattenlunge



Schillinger (FRM II), Metzge (MW – TUM), Runck, Stahl (Uni-Klinik Freiburg)

Neutronentomo- graphie einer Rattenlunge

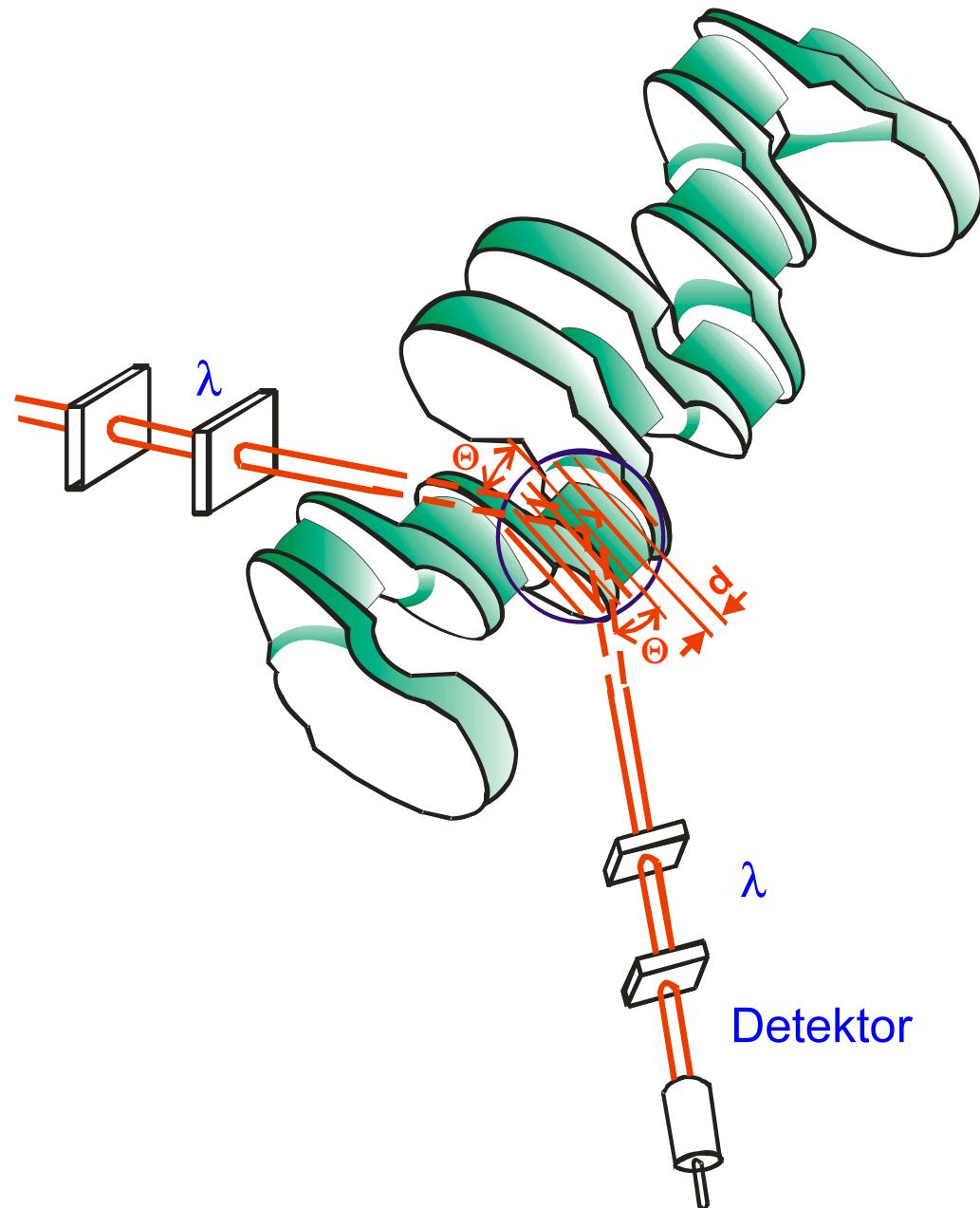
aufgespannt in
einem Al-Behälter



Schillinger (FRM II), Metzge (MW – TUM), Runck, Stahl (Uni-Klinik Freiburg)

Innere Spannungen

Neutronen haben Wellenlängen



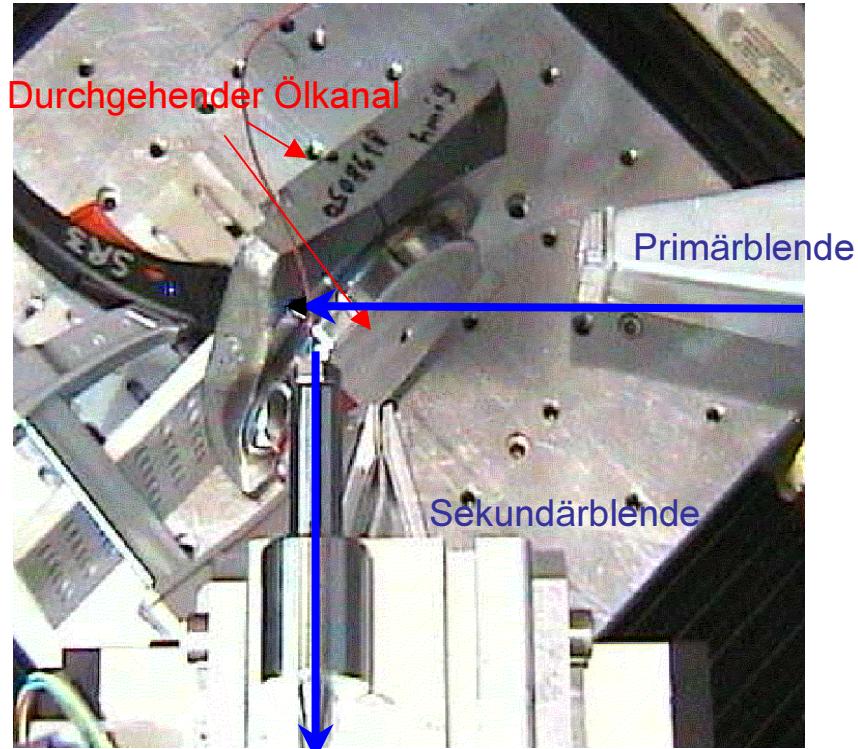
Bragg Gleichung

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

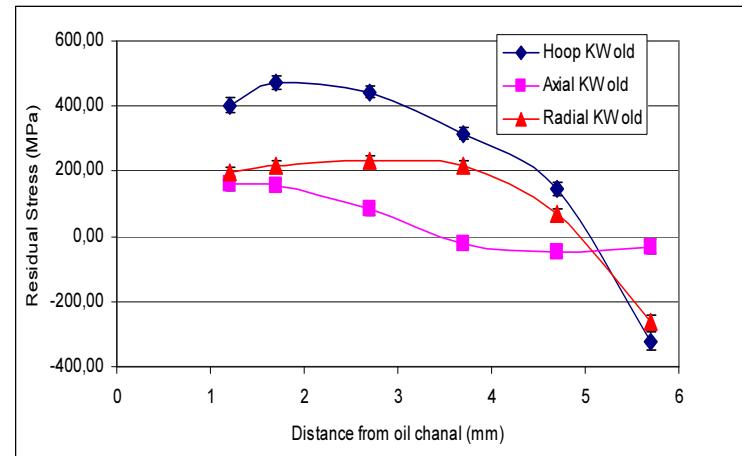
Innere Spannung

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

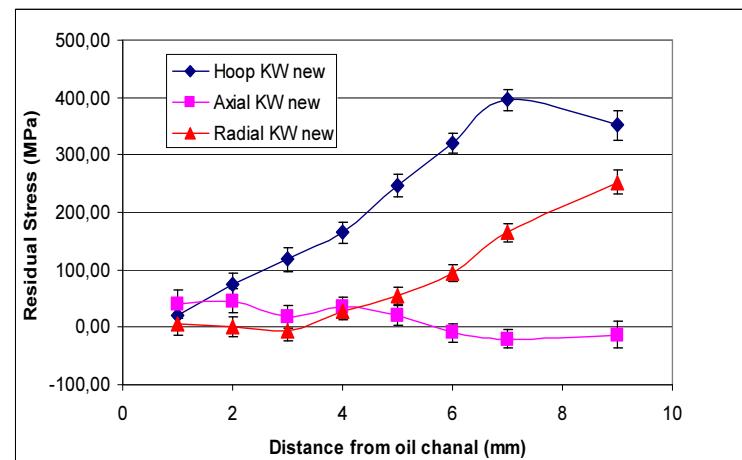
Optimierung von Kurbelwellen



Ursprüngliches Design

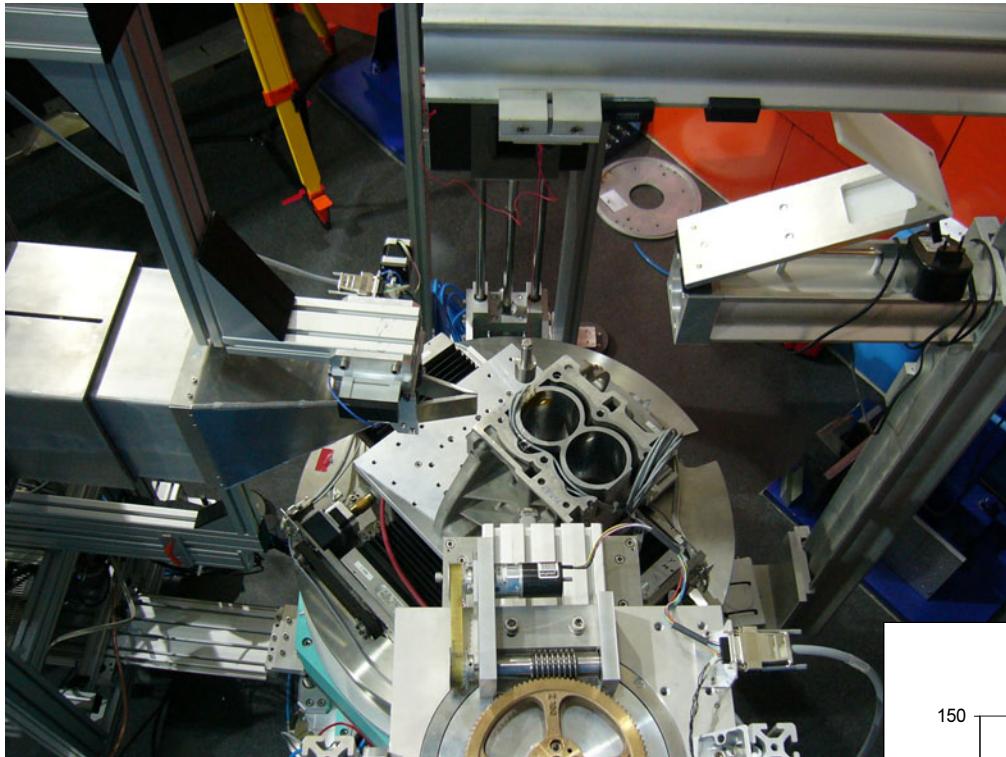


Neu

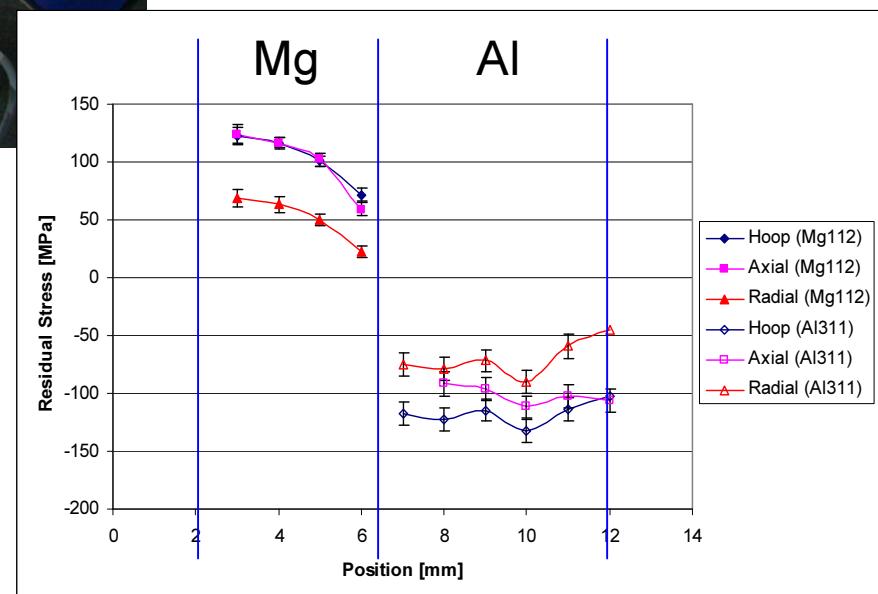


Messungen: R.C. Wimpory (HMI), M. Hofmann (FRM II)

Eigenspannung in Mg-Al Kurbelgehäuse



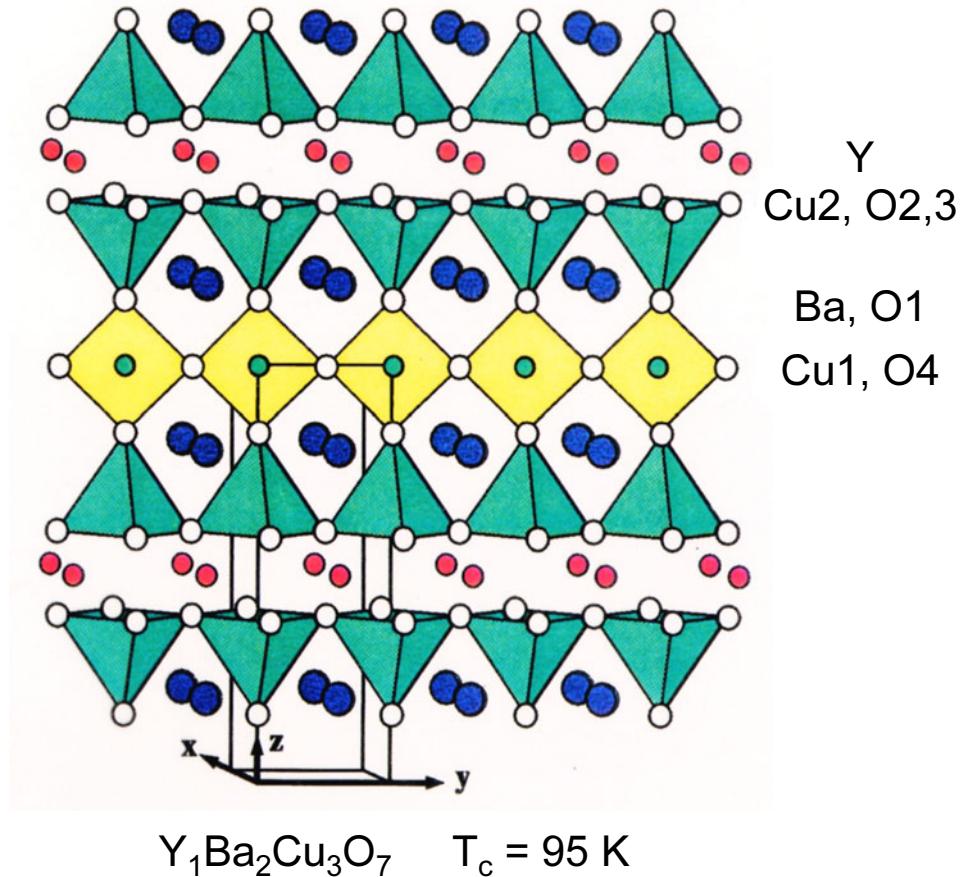
Eigenspannungstiefenprofile an Leichtmetallbauteilen (z.B. Kurbelgehäuse aus Mg/Al-Guss)



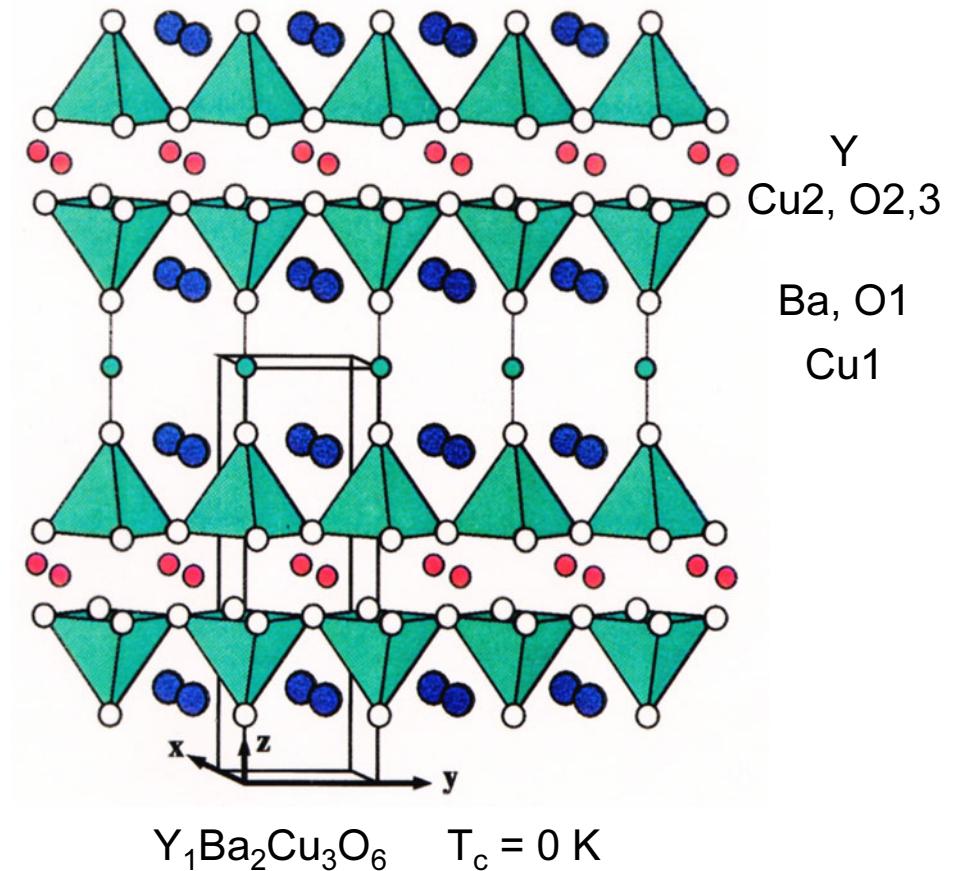
Wo sind die Atome?

Was macht Keramik supraleitend ?

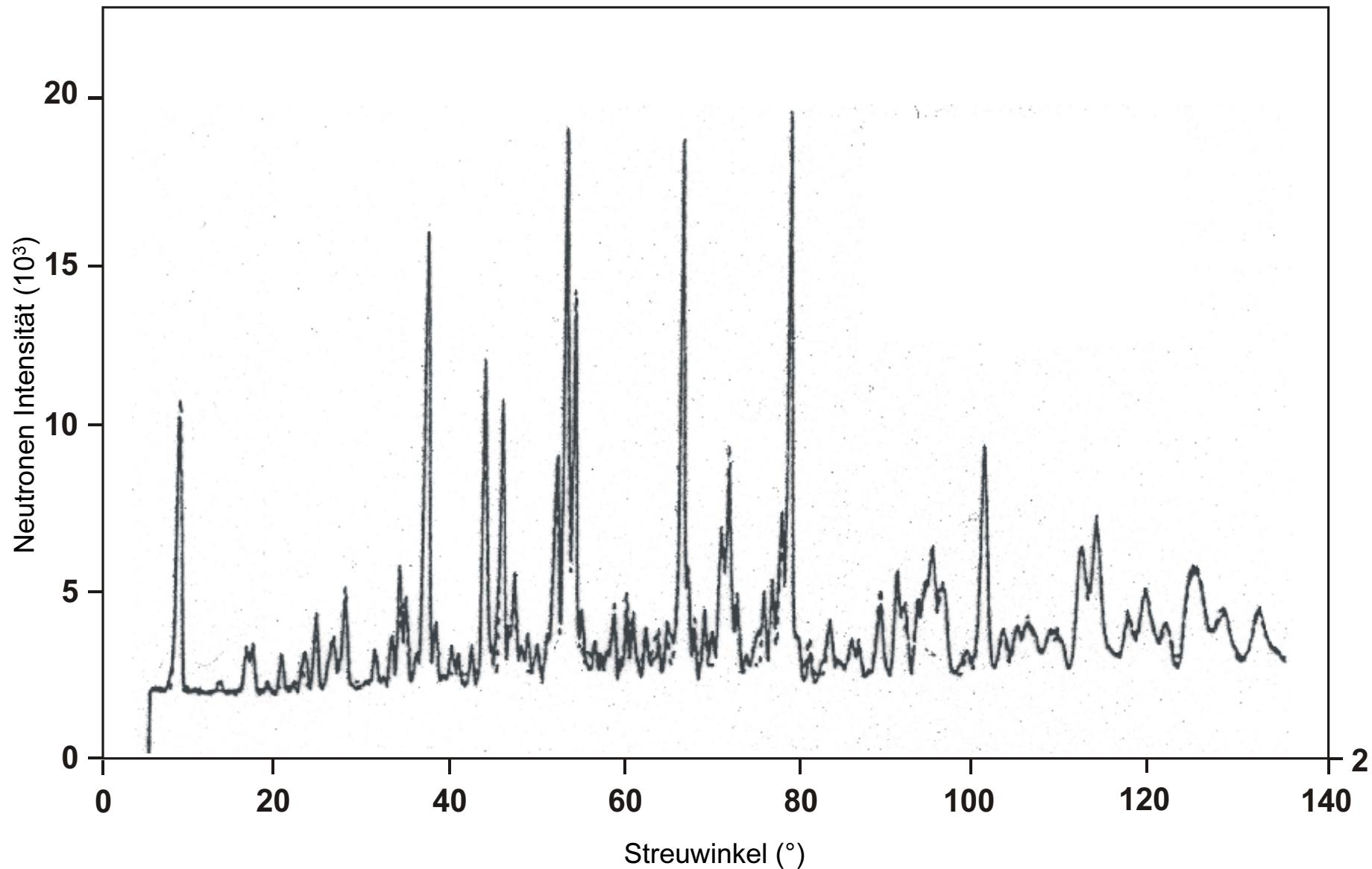
supraleitend



nicht - supraleitend



$\text{YbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7 + \text{Yb}_2\text{BaCuO}_5$, 10 K



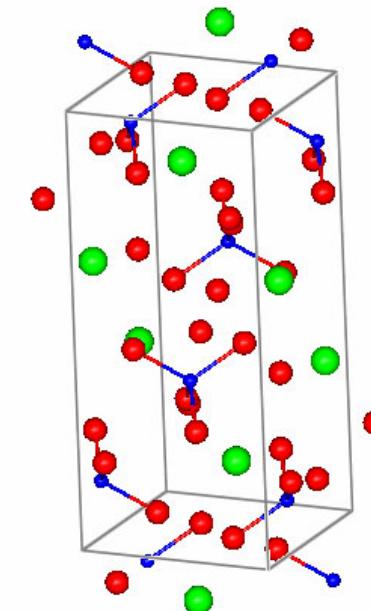
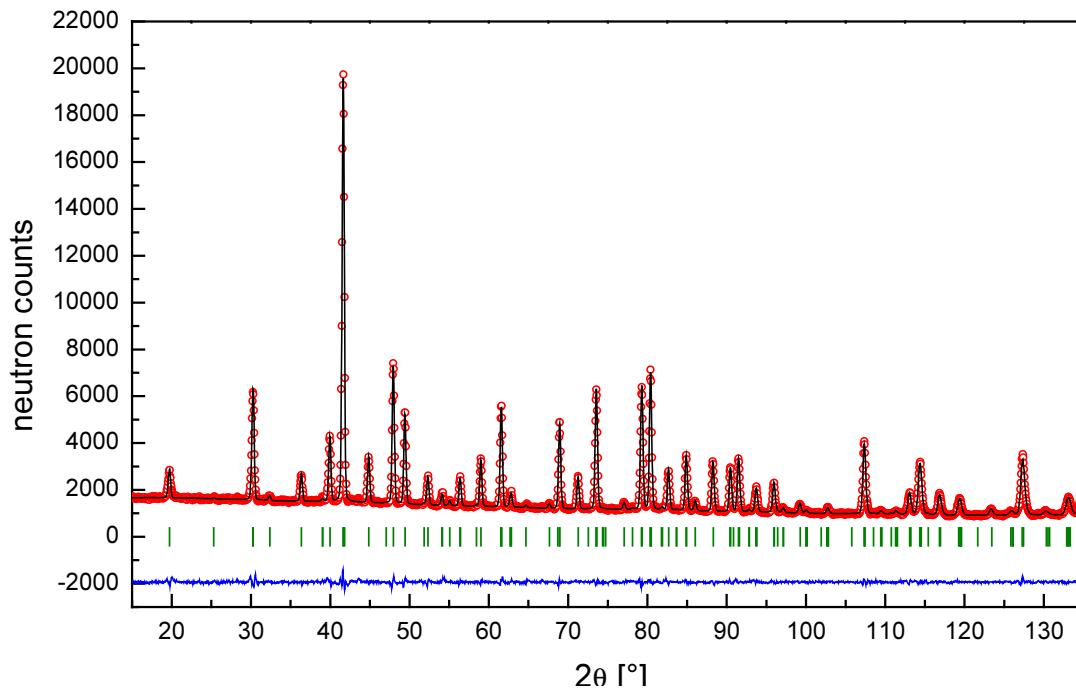
Cava, Hewat, Hewat, Batlogg et.al. - ILL

Wasserstoffspeicher (Natrium Alanat)

“NAD” Wasserstoffspeicher-Material, komplett deuteriert, bei T = 5 K bis RT

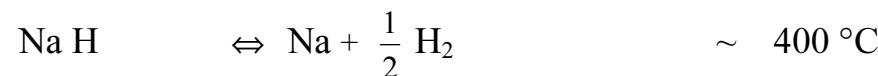
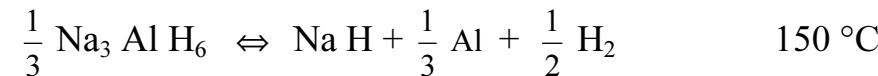
Lokalisierung von Wasserstoff (Deuterium)

- Atomkoordinaten, lokale Umgebung von Deuterium
- thermische Auslenkungsparameter von Deuterium

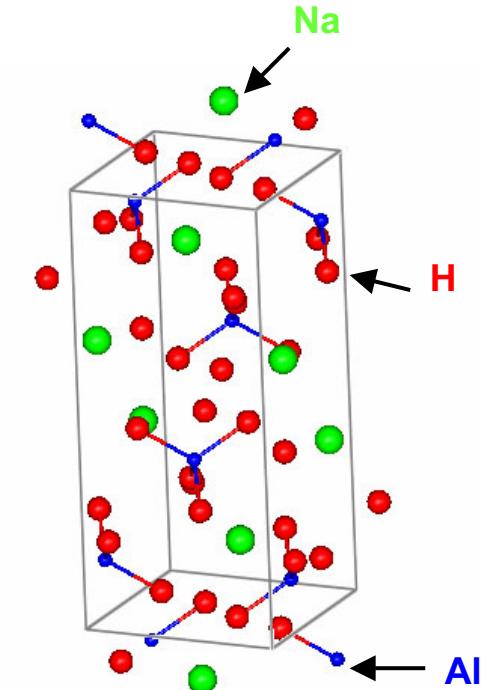
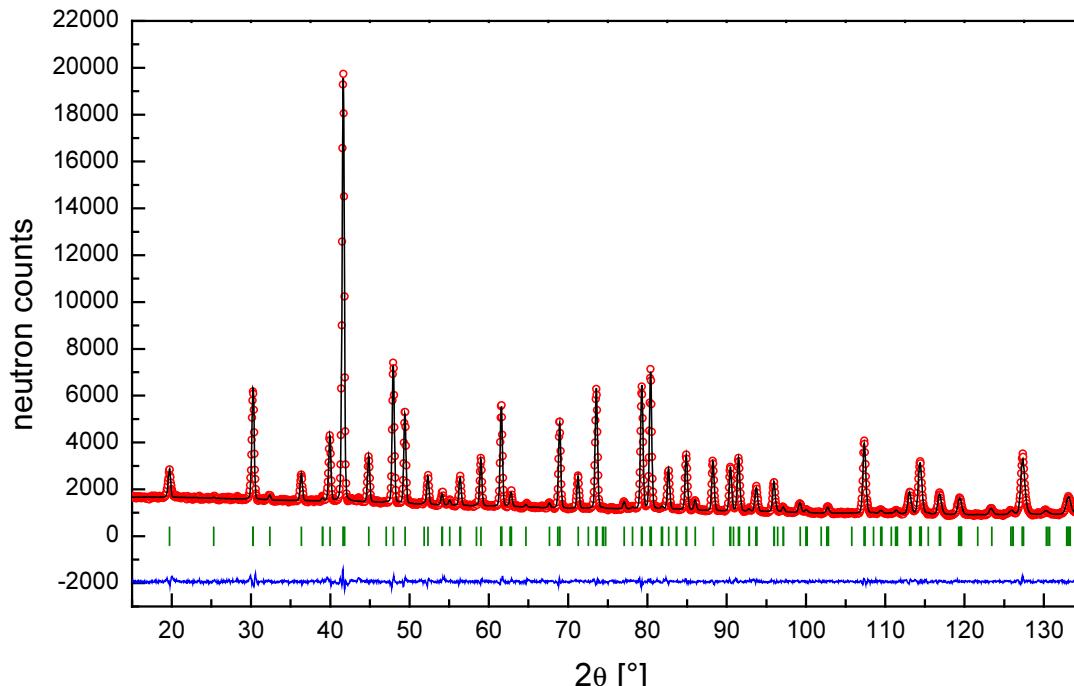


Wasserstoffspeicher (Natrium Alanat)

- mit Ti Cl₃ als Katalysator reversibler Wasserstoffspeicher



→ Wo sitzt Ti als Katalysator?



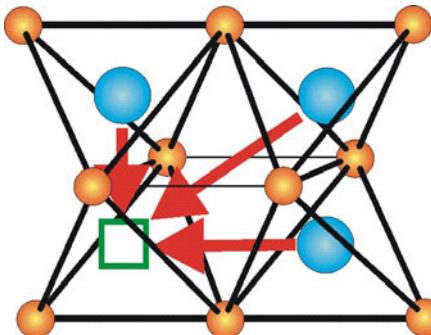
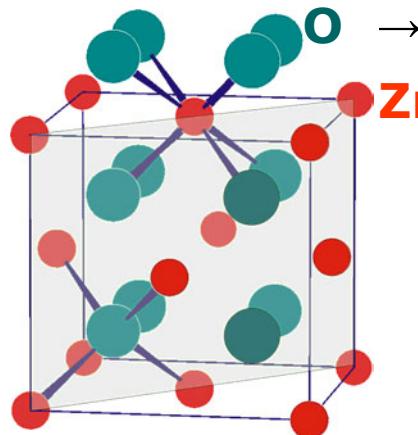
Schnelle Ionenleiter Zirkonia ZrO_2

ZrO_2 dotiert mit Ca^{2+} , Mg^{2+} , Y^{3+} , Sc^{3+} , N^{3-}

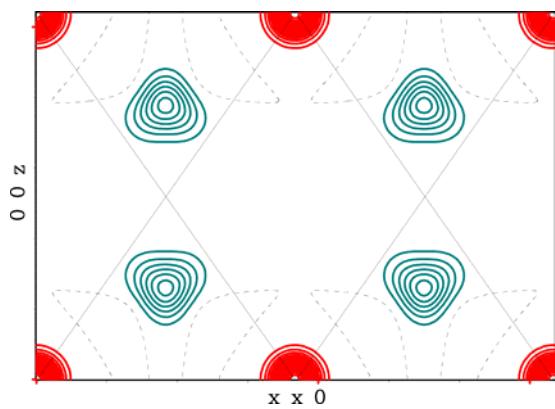
ist sehr guter O⁻ Ionenleiter bei hohen Temperaturen (+800°C).

→ Was ist der Leitfähigkeitsmechanismus?

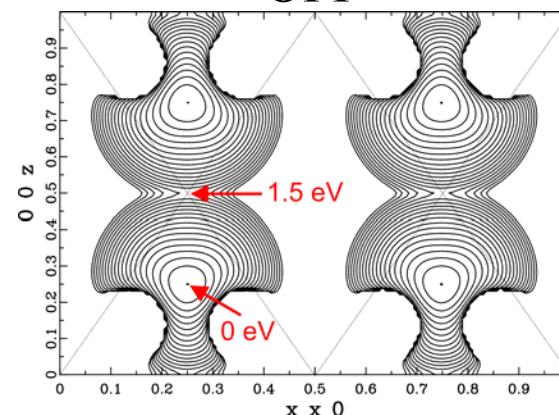
→ Wie hüpfst O⁻?



PDF



OPP



$\text{Sc}_{0.148}\text{Zr}_{0.852}\text{O}_{1.72}\text{N}_{0.14}$

1700 °C

⇒ entlang <100>

$E_a = 1.5 \text{ eV}$

Wie bewegen sich die Atome ?

Innovatives Drei-Achsen-Spektrometer am FRM II

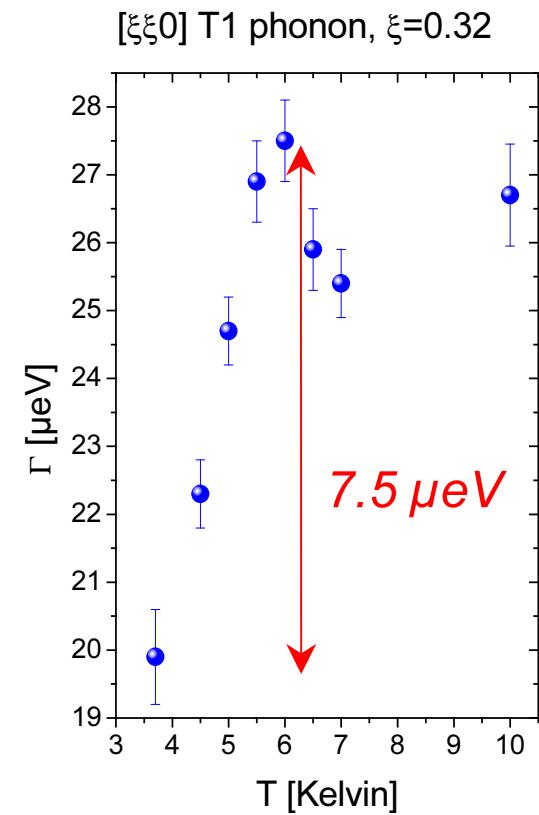
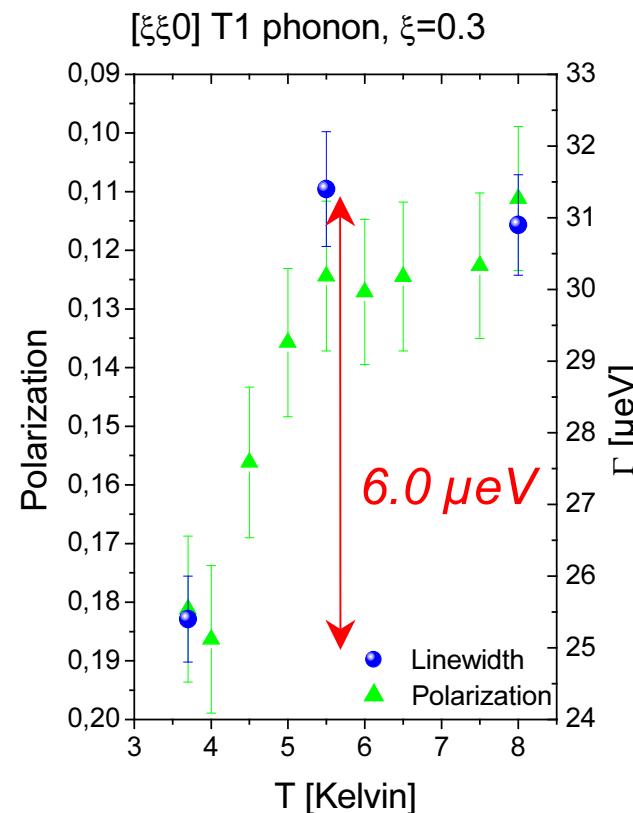
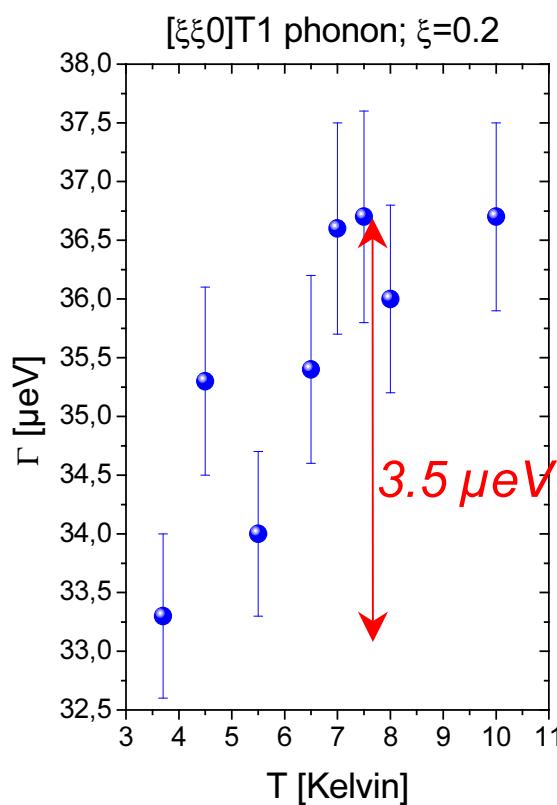


- 100 mal besser als die Konkurrenz
- ermöglicht völlig neue Fragestellungen.



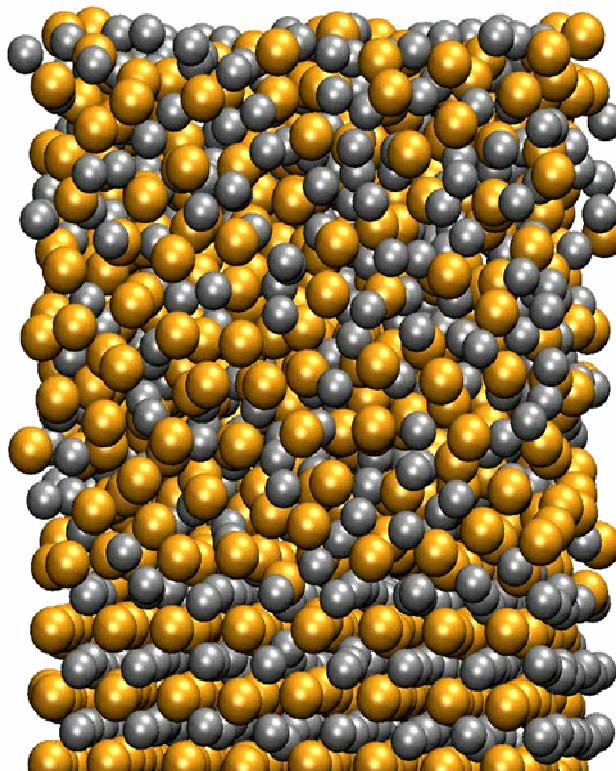
Supraleitung in Blei

Gitterschwingungen sorgen für Supraleitung

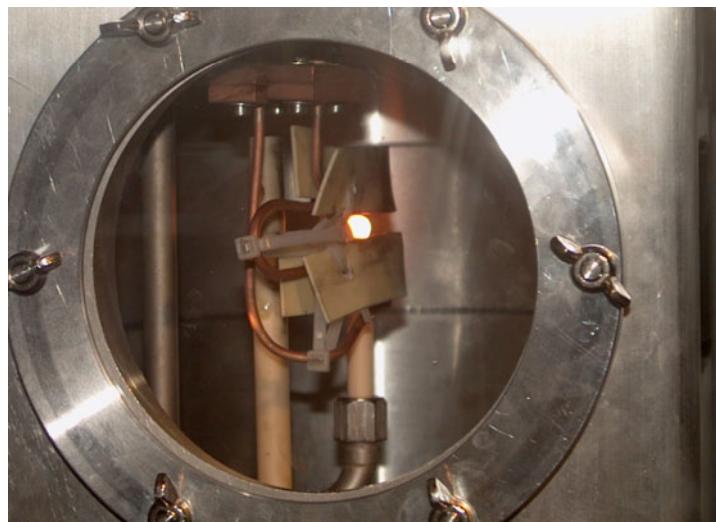
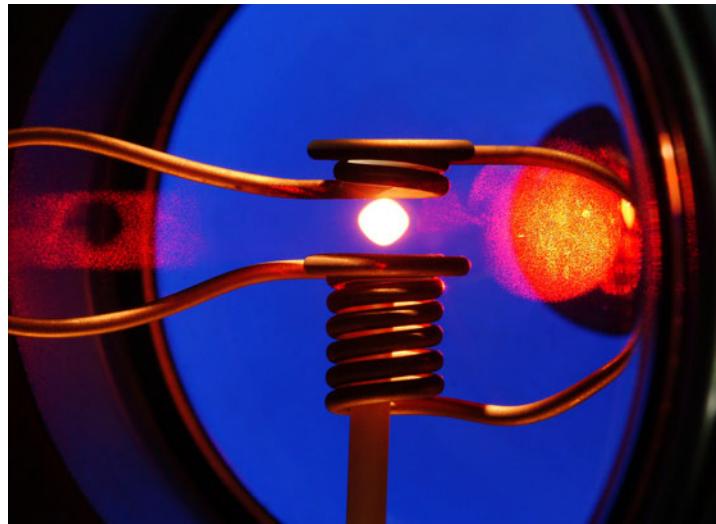


Sprung in der Phononlebensdauer Γ wegen des Aufbrechens von Elektronenpaaren

Behälterfreie Levitation von flüssigen Metallen



Al Ni Legierung

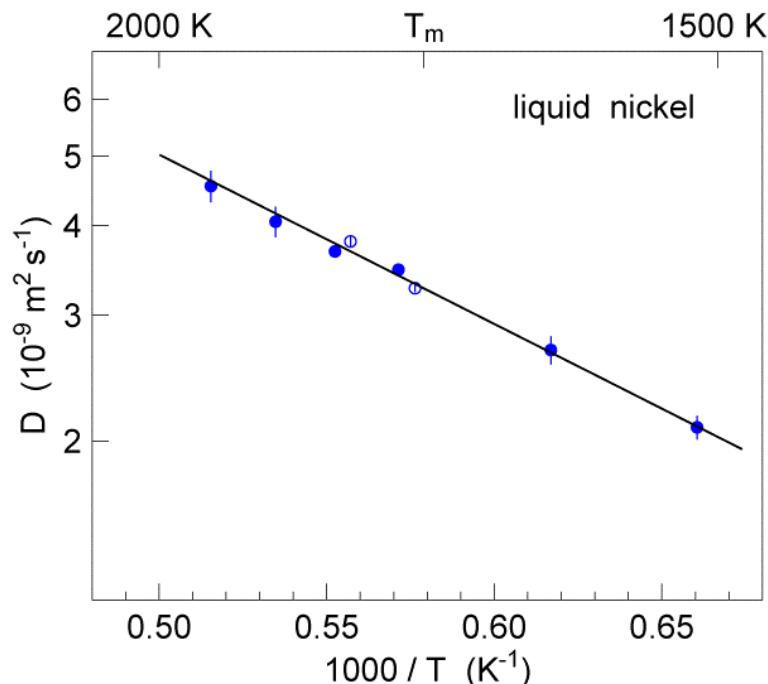


A. Meyer et al.



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Eigendiffusionskoeffizienten in flüssigem Nickel



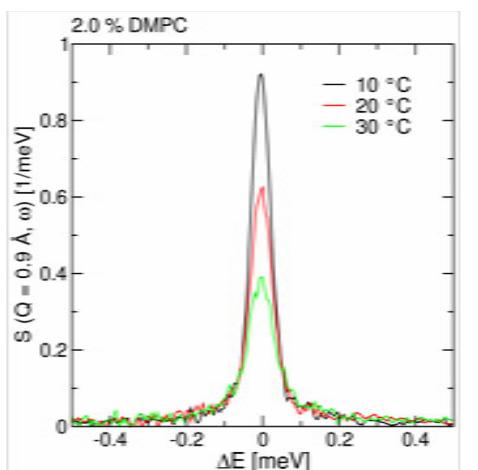
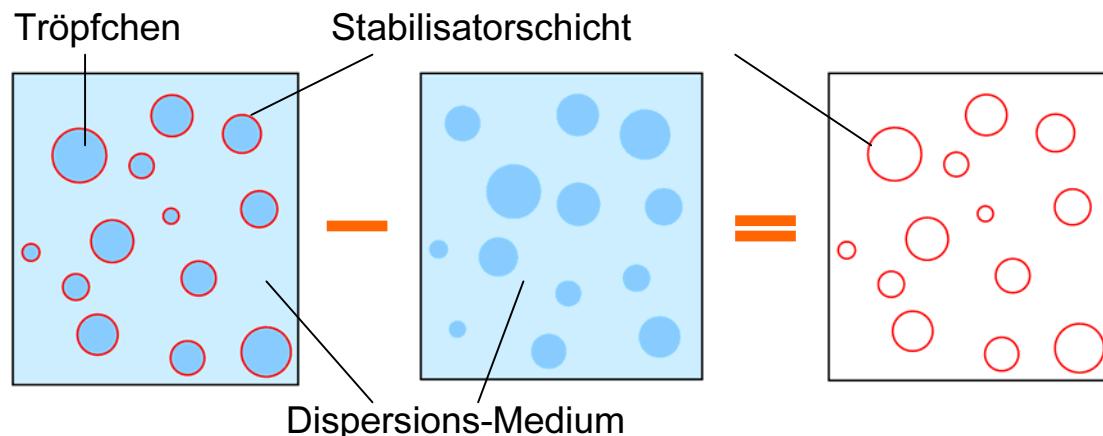
Neutronen messen Bewegungen auf 0,1 nm Skala und 0,1 ns Zeitskala.

Werte nicht gestört durch Konvektion.

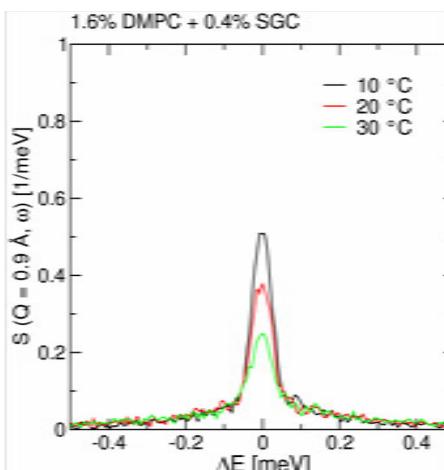
Unterkühlung 200°C unter dem Schmelzpunkt.

Kolloidale Dispersionen als Arzneistoffträgersysteme

Die Stabilität von kolloidalen Dispersionen hängt in hohem Maße von der Dynamik des Stabilisatormoleküls ab.



Geringe Stabilität



Hohe Stabilität

Quasi-elastische neutronenspektroskopische Untersuchungen zeigen, dass das Phospholipid DMPC aufgrund seiner geringen molekularen Mobilität ein schwacher Stabilisator ist. In einer Mischung mit einem Co-Emulgator, z.B. Natrium-Glycocholat (NaGC), ist DMPC sehr viel beweglicher und die Mischung ist daher ein besserer Stabilisator.

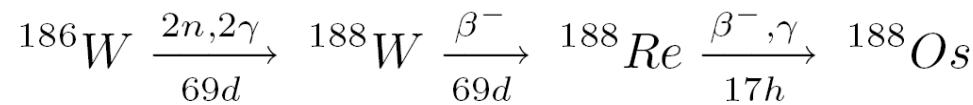
Nur 20 mg Stabilisator befinden sich in 1 g Probe. Daher ist für diese Art von Untersuchung ein besonders hoher Neutronenfluss wichtig (Meßzeit: 7,5 h).

Medizinische Nutzung

Brüten von ^{188}Re für Radiopharmaka

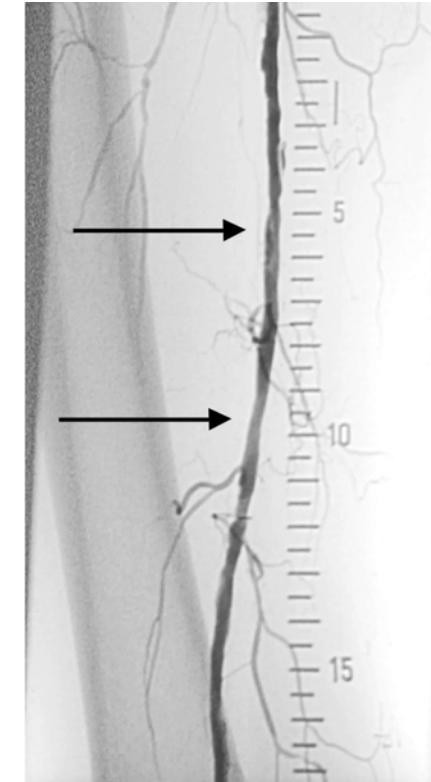
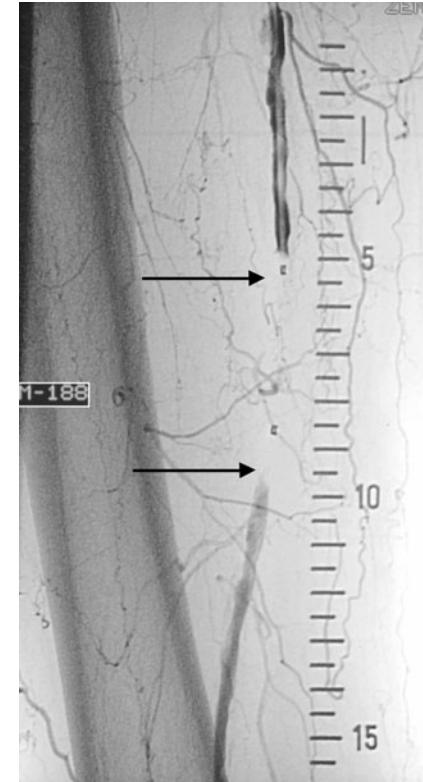
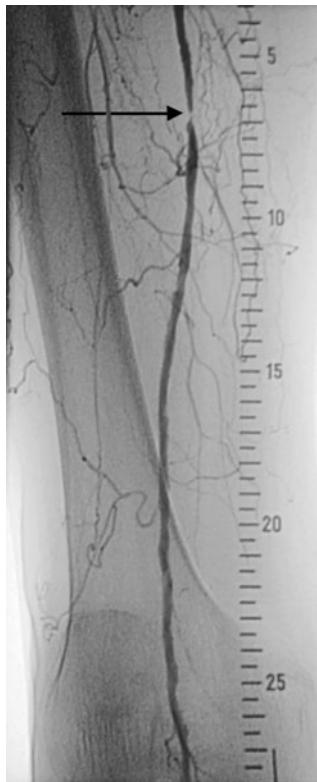
Ir^{188} 41,5 h β^+ γ : 155, 2215; 633, 478	Ir^{189} 13,3 d β^+ γ : 249; 70, 59 g, m	Ir^{190} 2,1 h β^+ γ : 157 116, 109, 3	Ir^{191} 4,94 s β^- γ : 129 100, 82	Ir^{192} 24 m 14 ms β^+ γ : 144 137, 130, 100, 1 α	Ir^{193} 19,6 d β^+ α : 4,033 γ	Ir^{194} 171 d β^+ 140, 128
Os^{187} 1,6 α : 336	Os^{188} 13,3 α : 4,3	Os^{189} 1,1 s 16,1 11 m 26,4	Os^{190} 13,19 s 15,4 d	Os^{191} 13,19 s 15,4 d	Os^{192} 6,1 s 12,569 236, 452, 302, 485 α : 2,2	Os^{193} 30,0 h β^- : 1,1 γ : 139, 460, 73, 9 α : 1540 c
Re^{186} $2 \cdot 10^3$ a 99,94 % β^- α : 95	Re^{187} 62,60 β^- : 10 ¹⁰ a β^- : 0,0026 α : 1,6+73	Re^{188} 18,6 m 100% β^- γ	Re^{189} 24,3 h β^- γ	Re^{190} 184 β^- : 14 100% γ	Re^{191} 3,1 m 17,11 100% β^- γ	Re^{192} 9,8 m β^- : 4 γ : 206-751 g
W^{185} 1,86 m 75,1 d β^- α : 100	W^{186} 28,6 α : 37,8	W^{187} 23,8 h β^- : 1,3 100% γ	W^{188} 0,94 d β^- : 0,3 100% γ : 291, 227, 1	W^{189} 11 m β^- : 2,5 γ : 256, 417, 560	W^{190} 30,0 m β^- : 1,0 γ : 158, 162 g	

β-, γ, 2.12 MeV
2n, 2γ



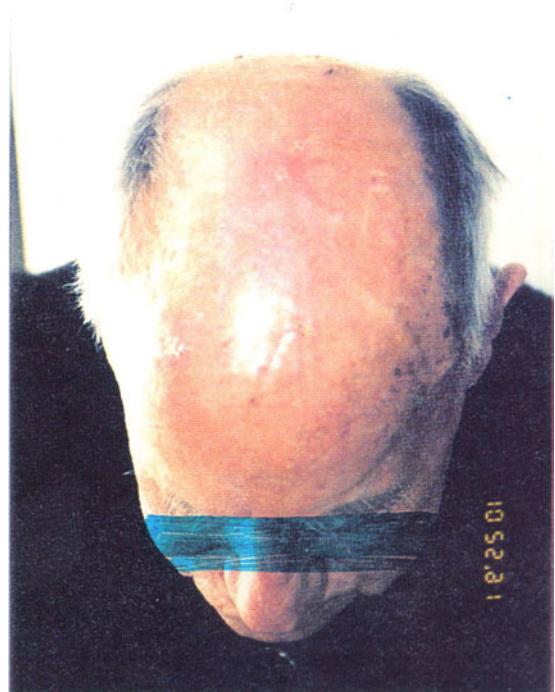
Brachytherapie nach Ballondillatation einer Arterie

Re-188 Generator



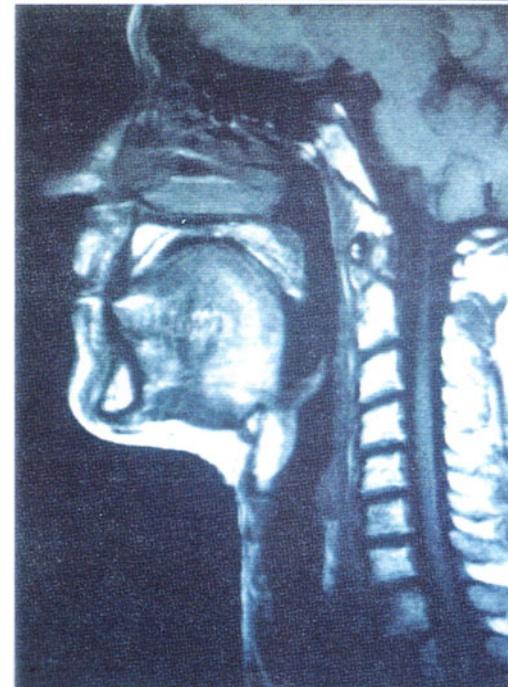
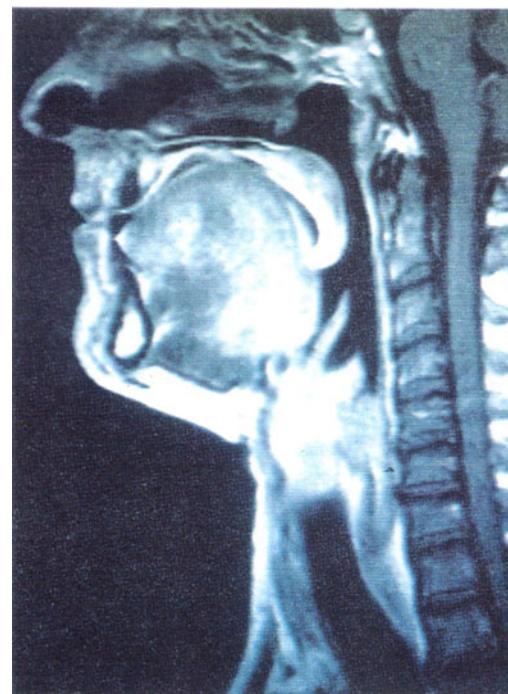
→ Klinikum Augsburg, Therapie einer Venenkontraktion





Tumorthерапie

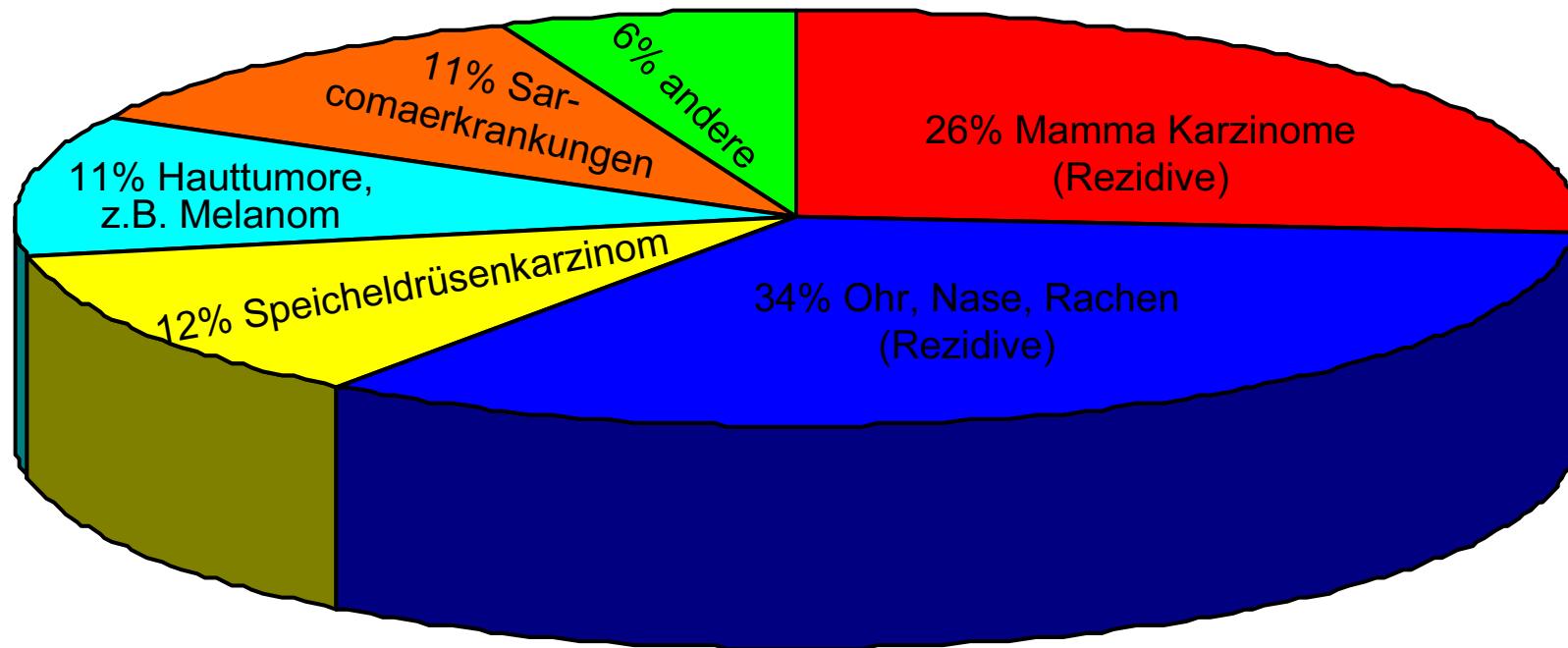
durch Bestrahlung mit
schnellen Neutronen



Molls, Kneschaurek

Neutronentherapie am FRM II

Von 1984 bis 2001 wurden ca. 700 Patienten behandelt.

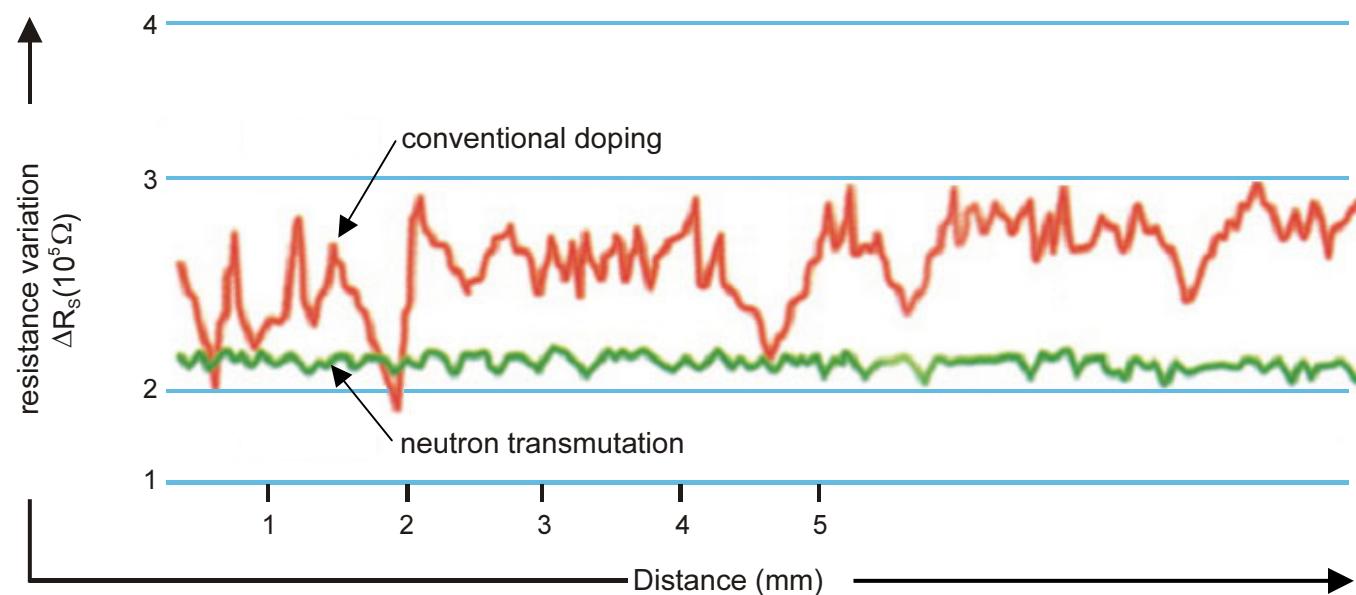
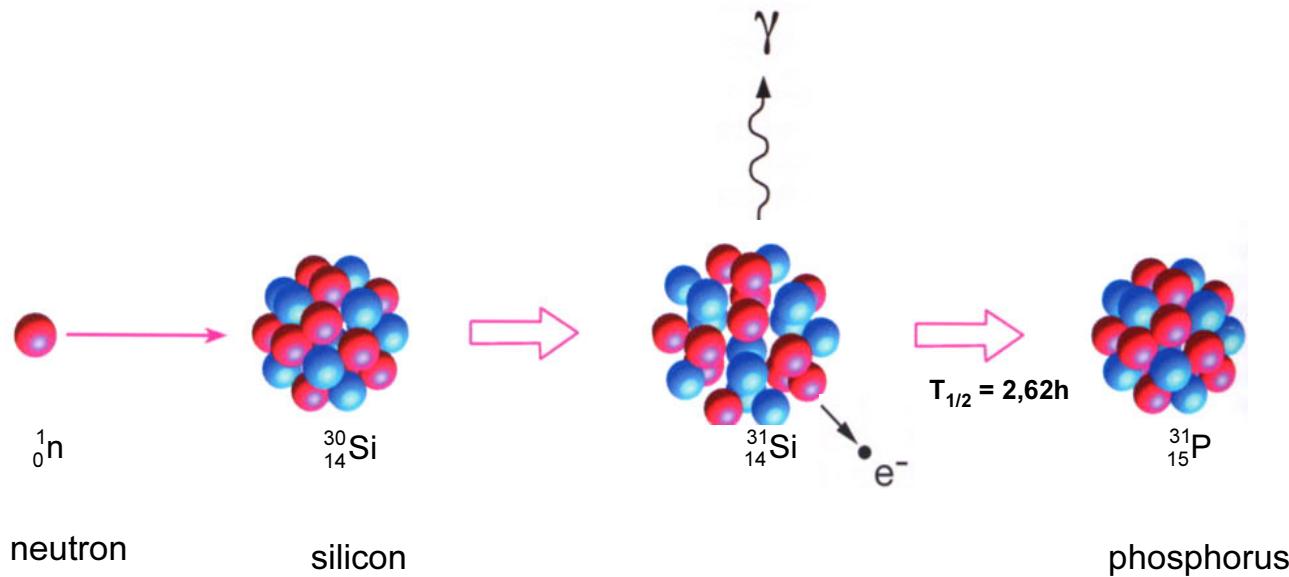


Molls, Kneschaurek



Produktion

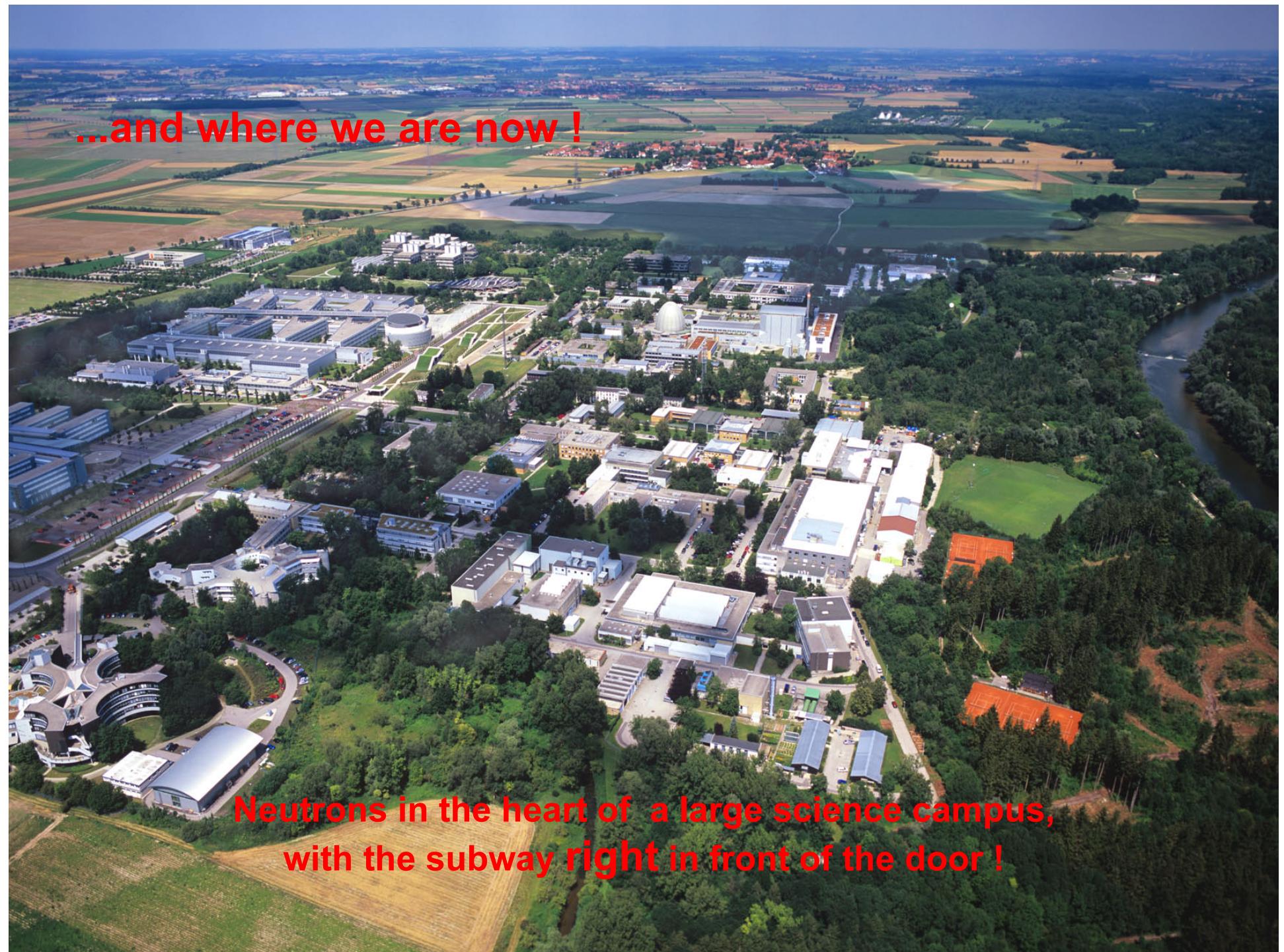
Dotierung von Silizium



29. April 2005: Beginn des Nutzer-Betriebs am FRM II

- 70 % der Strahlzeit für wissenschaftliche Nutzung, 30 % für industrielle und kommerzielle Zwecke
- Instrumente betrieben durch Expertengruppen, z.B. JCNS (Jülich Centre for Neutron Science, 8 Instrumente)
- 1/3 der Zeit für wissenschaftliche Zwecke für die Betreiber des Instruments, 2/3 für das allgemeine Nutzer-Programm
- Gegenwärtig 20 Instrumente im Betrieb, in 5 Jahren 30 Instrumente, Ausbau Osthalle
- Durchschnittlich um den Faktor 2 überbucht: 38 % der Nutzer kommen von außerhalb Deutschlands, 1000 wissenschaftliche Gäste pro Jahr, 2500 Besichtigungen pro Jahr.

**Unser wichtigster Beitrag für die Gesellschaft:
Erstklassige Bildung durch Spitzenforschung**



...and where we are now !

**Neutrons in the heart of a large science campus,
with the subway right in front of the door !**