

# **VDI-TUM-Expertenforum 2014 „Neutronen für die Energiewende“**

**Prof. Dr. Winfried Petry  
Wissenschaftlicher Direktor FRM II und MLZ**

## Industrielle Nutzung wofür?

- Grundlagenforschung für direkte industrielle Fragestellung
- Materialentwicklung
- Werkstoffprüfung
- Produktentwicklung
- Zerstörungsfreie Charakterisierung auf kleinem Raum an großem Objekt
- In-situ (Druck, Temperatur, Magnetfeld, ... unter Funktionsbedingungen)
- Direkte Produktion
- Keine/kaum Serienkontrolle

# Beispiele industrieller und medizinischer Nutzung

## Industrielle Nutzung

- Silizium Dotierung (12 -15 t per Jahr)
- Erzeugung von intensiven  $\gamma$ -Quellen, z.B. Co-60, oder Radiotracer, z.B. für Verschleißmessungen
- Radiographie und Tomographie (Durchleuchtung massiver Materie)
- Strahlenresistenz von elektronischen Komponenten, z.B. Nutzung im Weltraum
- Elementanalyse durch NAA & PGAA, bis in ppb-Bereich, z.B. präzise H Bestimmung
- Beugungsexperimente an externen n-Strahlen

## Medizinische Nutzung

- Radioisotope für die Nuklearmedizin, Therapie und Diagnose, z.B. Lu-177, Re-188
- Ab 2017 weltweit wesentlicher Lieferant für Mo-99/Tc-99m
- Hadronentherapie, direkte Bestrahlung von Oberflächen-nahen Tumoren mit schnellen Neutronen

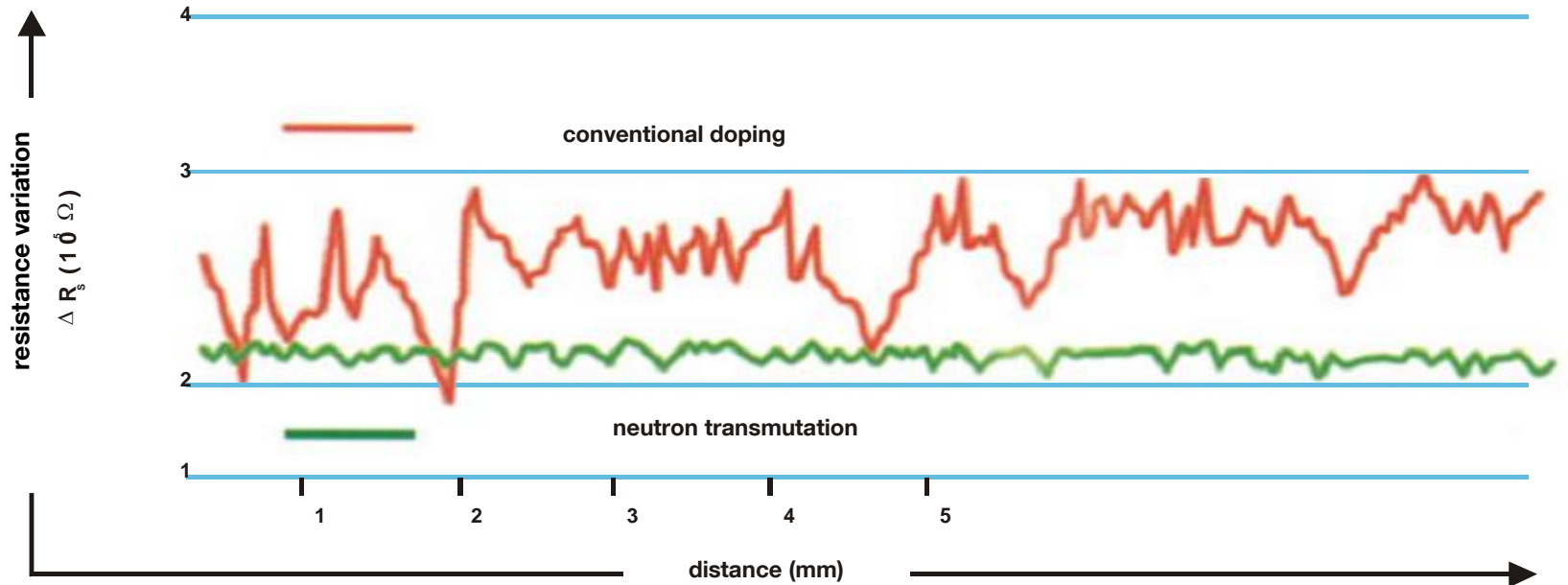
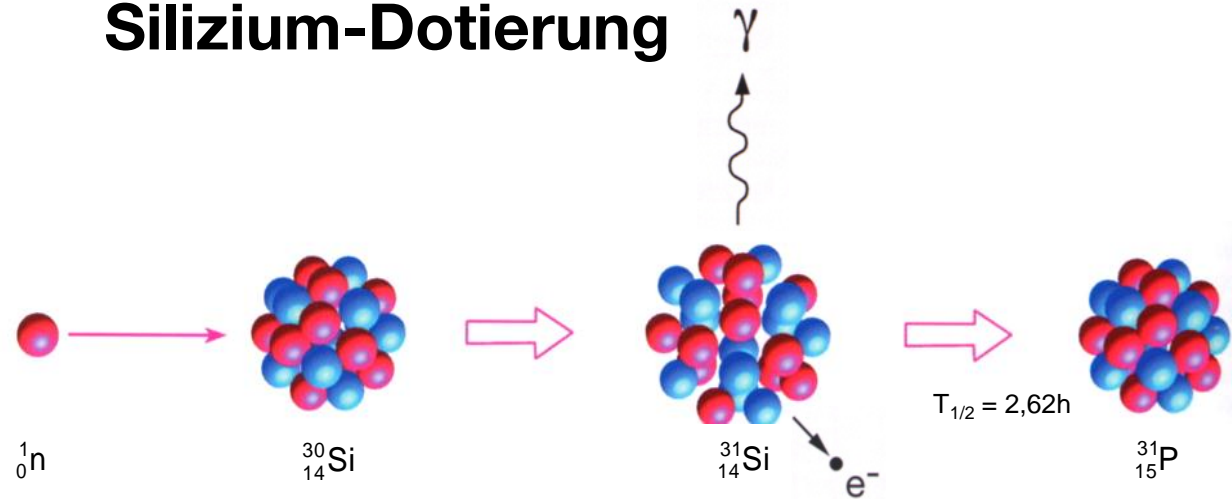
## Zugang zum FRM II $\Rightarrow$ publish or pay (Strahlrohrinstrumente)

- Wenn Ergebnisse veröffentlicht werden, kostenfreier Zugang: Einreichung eines Messvorschlages (2 Seiten Text), 2 x pro Jahr Begutachtung der Messvorschläge durch internationales Expertengremium, Überbuchung typische Faktor 2, Zeitdauer zwischen Antrag und Messung bis zu 1 Jahr.
- Aber: kurze Testmessungen in Absprache mit dem Instrumentverantwortlichen kurzfristig möglich.
- Wenn Strahlzeit bezahlt, zeitlich privilegierter Zugang des Kunden, komplettes Produkt inkl. Auswertung, voller Eigentumsschutz für Ergebnisse (Geheimhaltung)
- Alle Bestrahlungsdienste kostenpflichtig, hier niedrige Kosten

Strahlrohrexperimente  $\Rightarrow$  Heinz Maier-Leibnitz Zentrum  
([www.mlz-garching.de](http://www.mlz-garching.de))

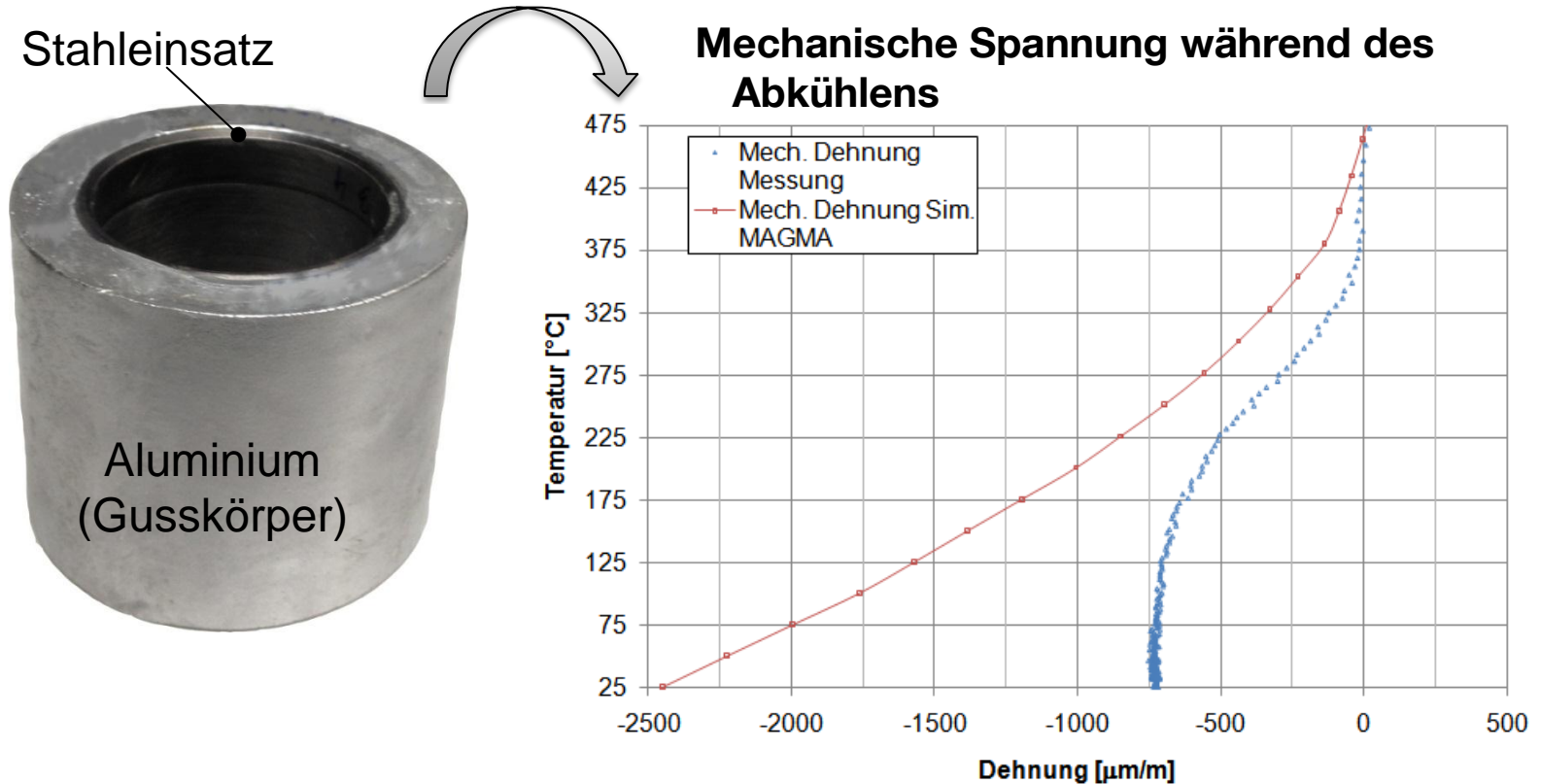
Bestrahlungsdienste  $\Rightarrow$  Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz  
([www.frm2.tum.de](http://www.frm2.tum.de))

# Silizium-Dotierung



# Materialwissenschaften

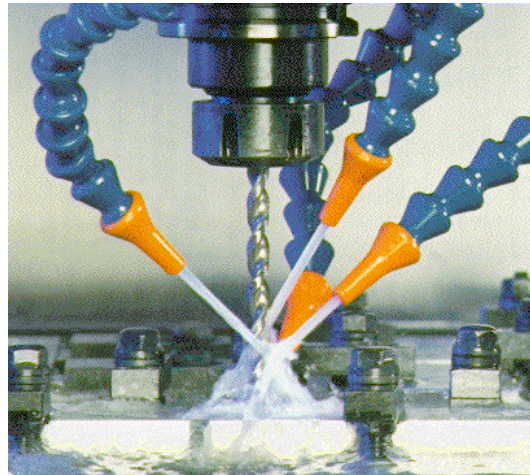
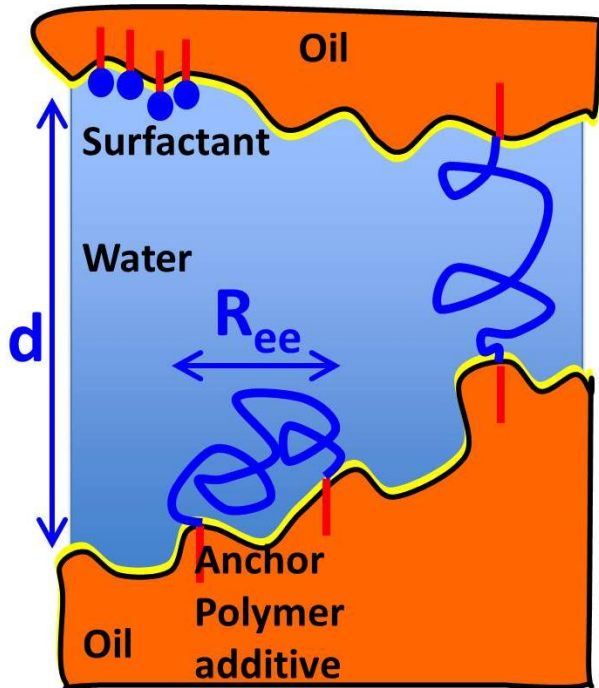
- Eigenspannungen in einem Zylinder während des Gießvorgangs



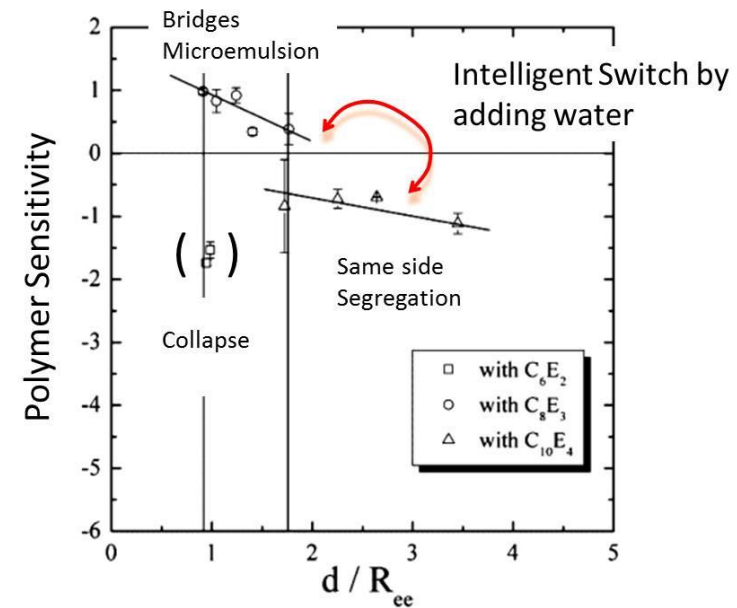
→ **Verbesserte finite Elemente Simulation für den Gießvorgang**

# Weiche Materie

- Mikroemulsionen zur Kühlung beim Spanabheben von Metallen



SANS & Phase diagram



Erhöhter Wassergehalt

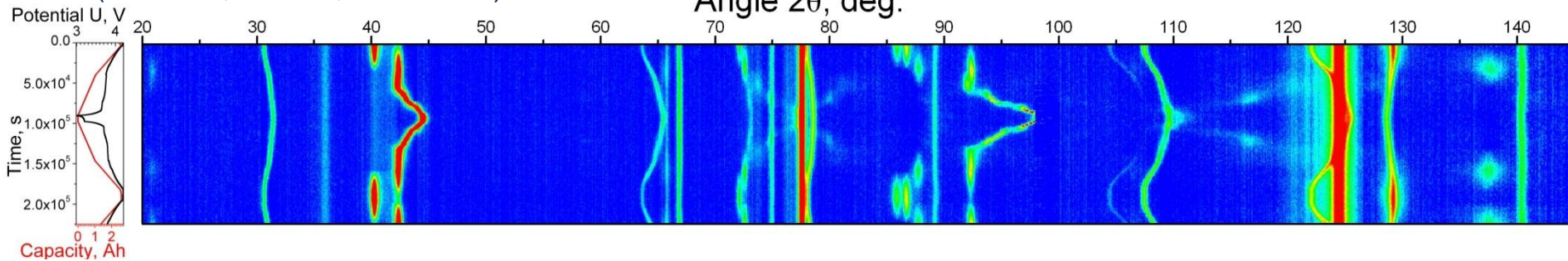
→ Günstigeres Rezyklen on Kühlflüssigkeiten

# Strukturforschung

- Zeitliche Entwicklung der Neutronendiffraktions-Daten während des Ladens und Entladens (1.5 V Li Batterie)

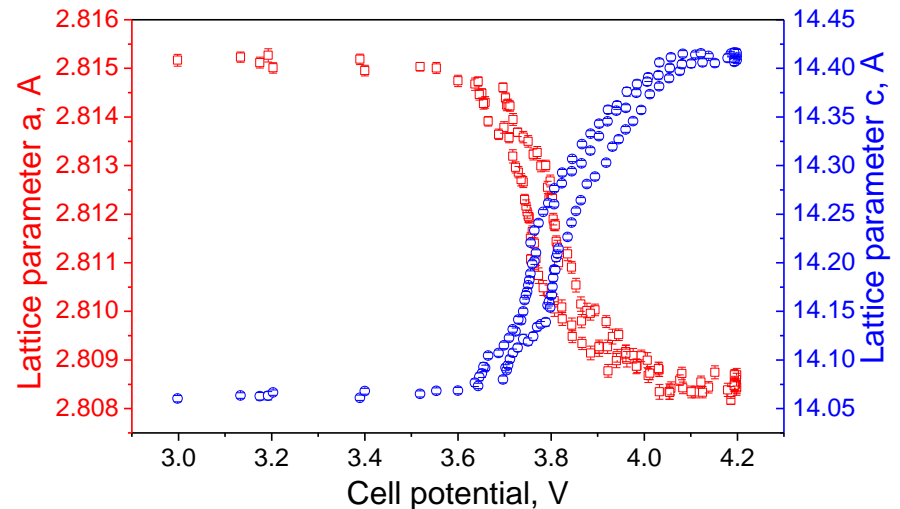
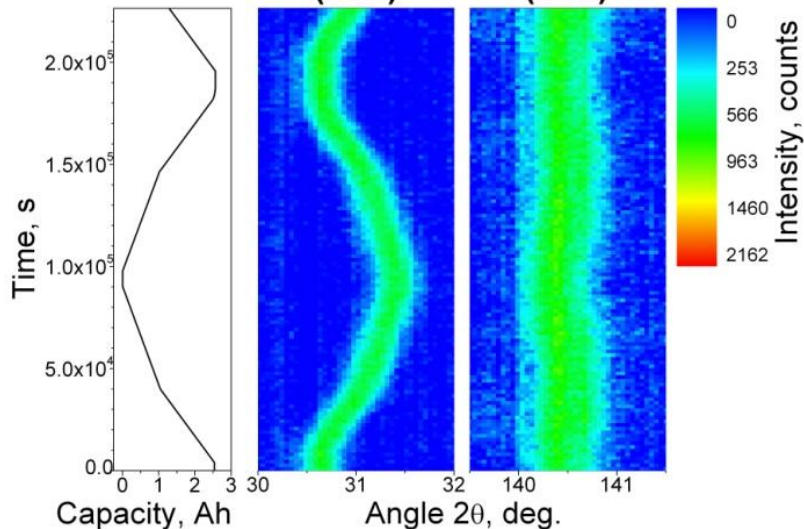
(Cathode, SPODI,  $\lambda=2.536 \text{ \AA}$ )

Angle  $2\theta$ , deg.



(003)

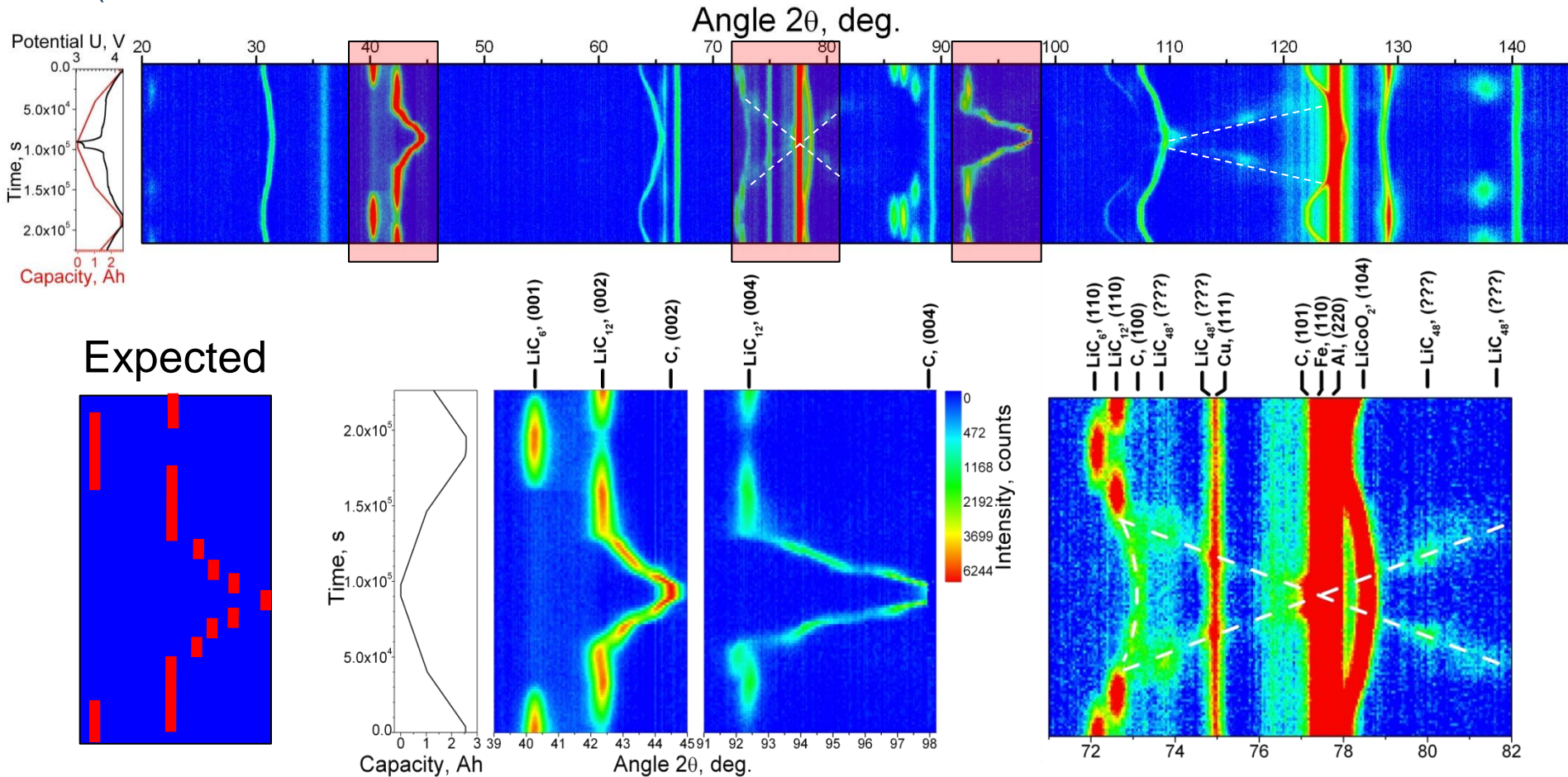
(113)





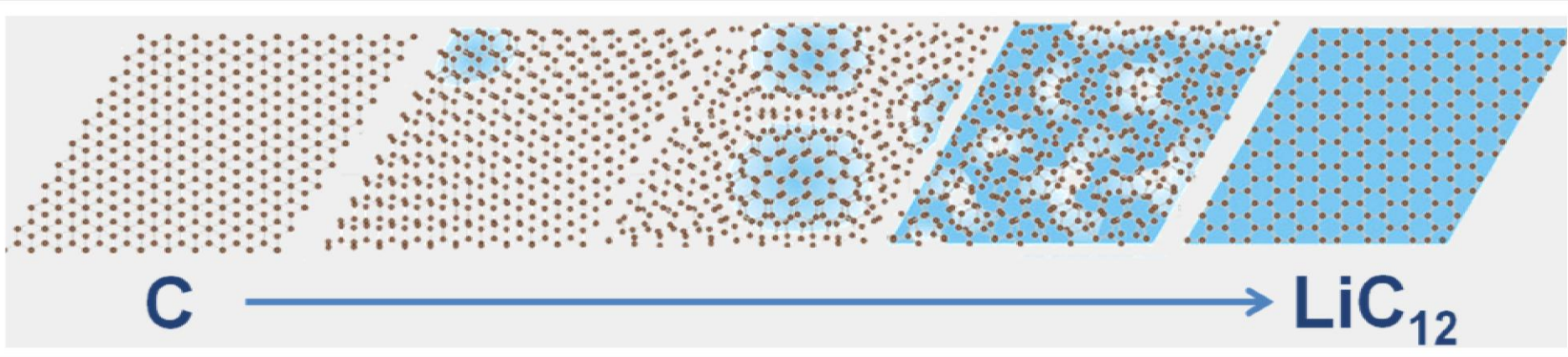
# Strukturforschung

- Zeitliche Entwicklung der Neutronendiffraktions-Daten während des Ladens und Entladens (1.5 V Li Batterie)  
(Anode, SPODI,  $\lambda=2.536 \text{ \AA}$ )

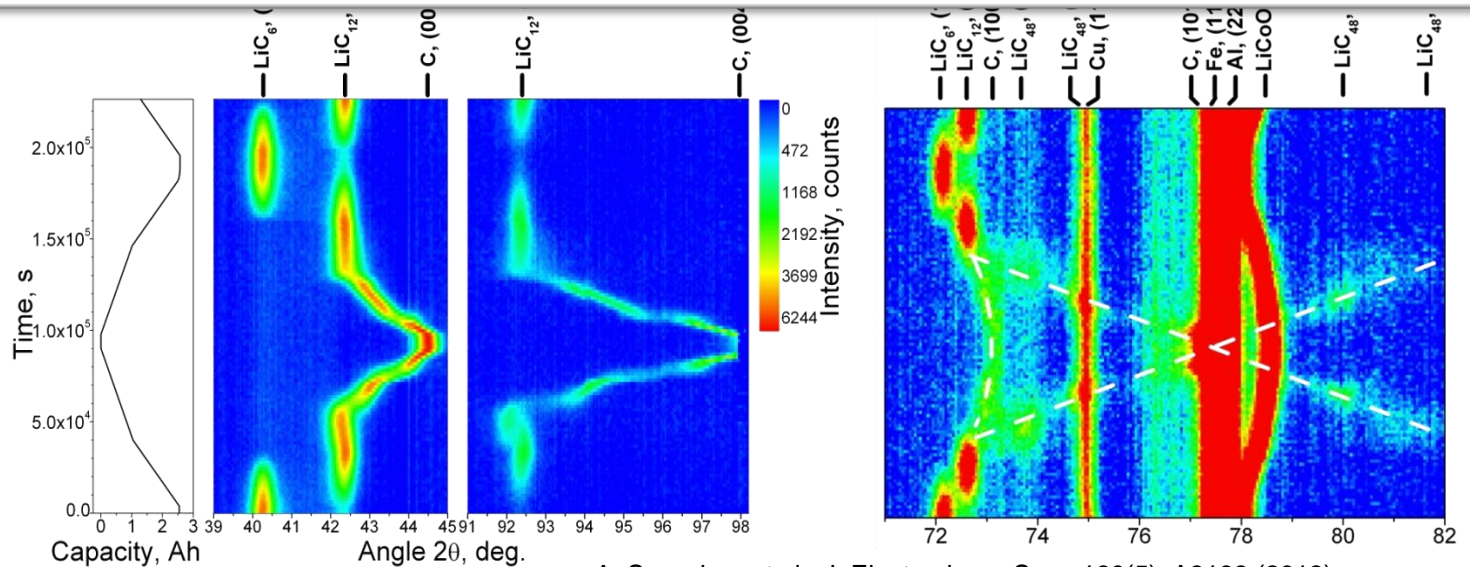
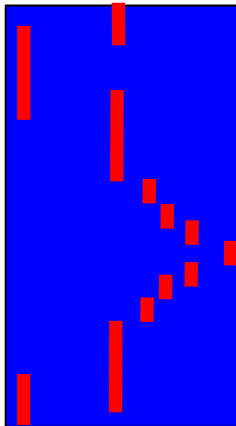


# Strukturforschung

- Graphenlagen gegeneinander verdreht

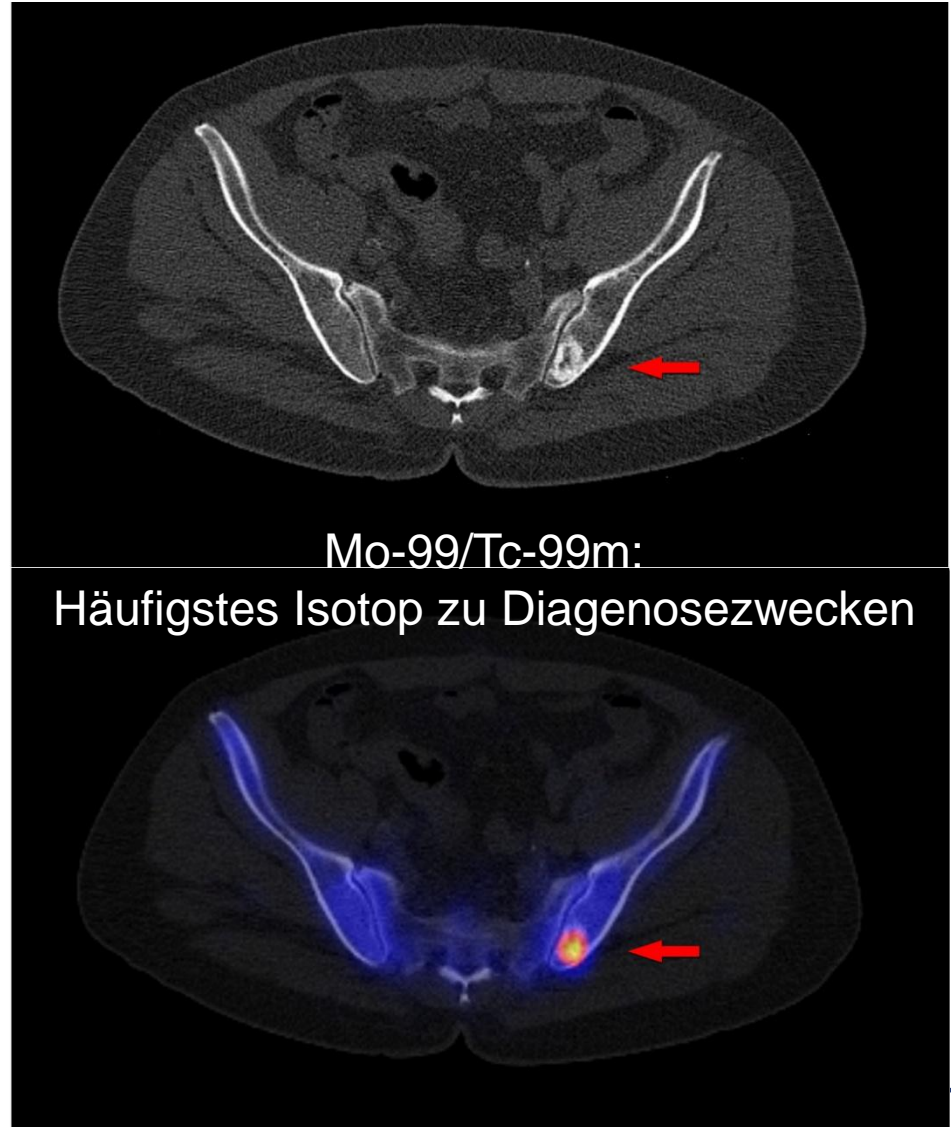
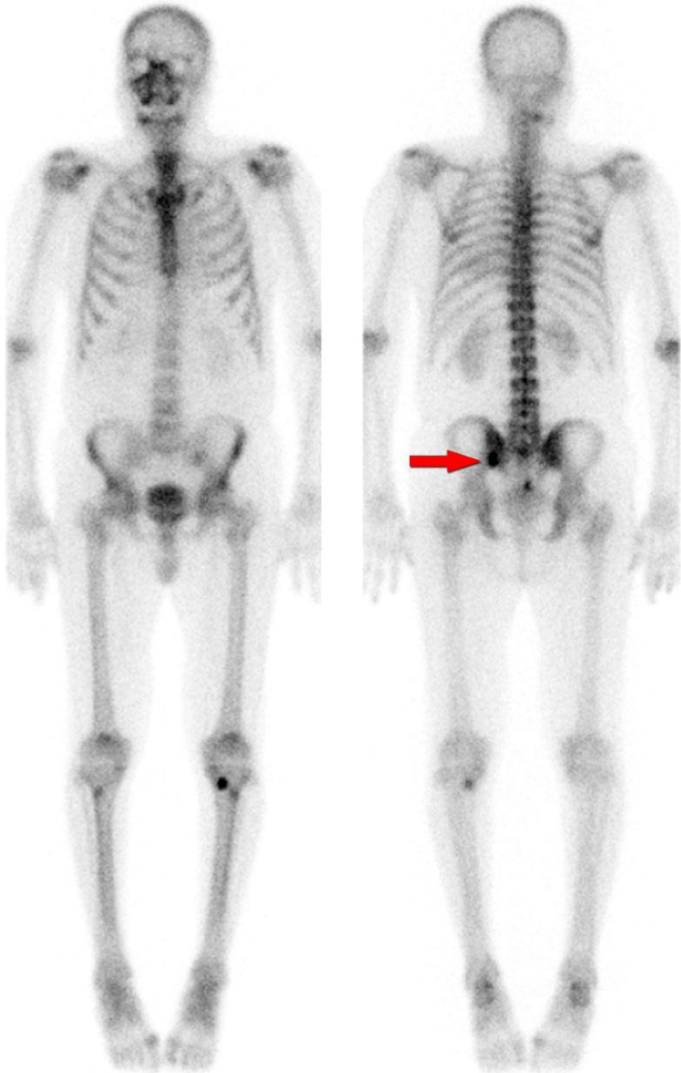


Expected



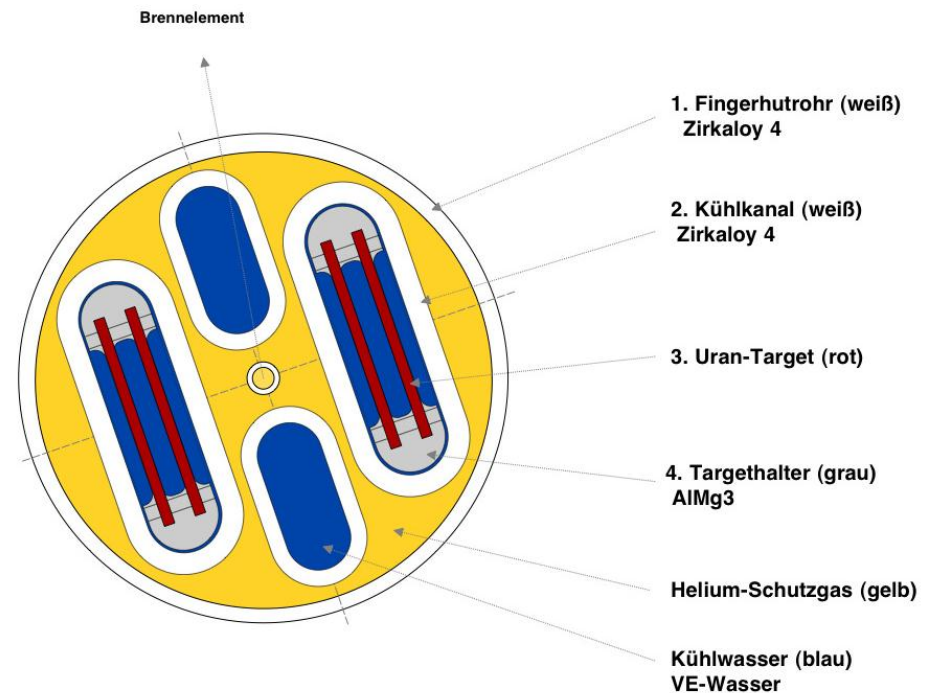
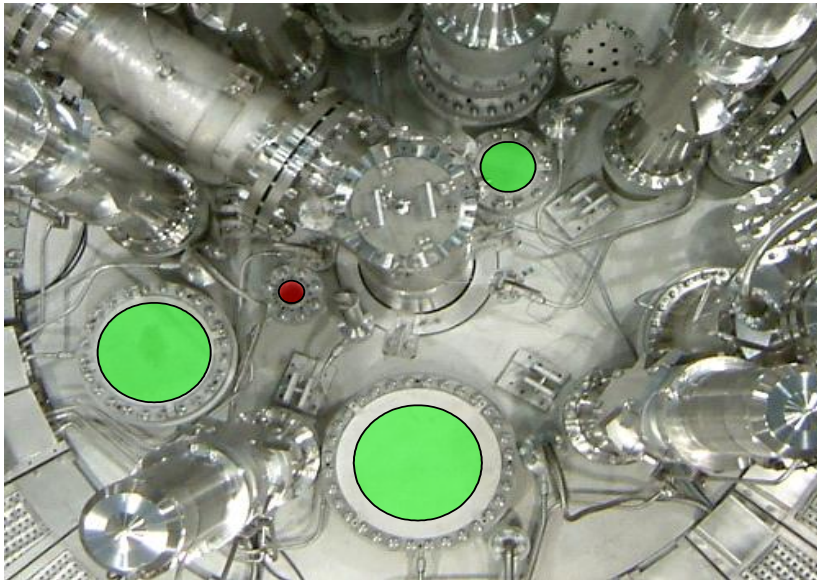
A. Senyshyn et al., J. Electrochem. Soc., 160(5), A3198 (2013).

# Szintigraphie von Metastasen mit Mo-99/Tc-99m



# Produktion von Mo-99 am FRM II

- Herstellung von Molybdän-99 durch Bestrahlung von U-235 Targets
- Die in Garching produzierte Menge deckt bis zu 50% des Jahresbedarfs in Europa - 17 000 Ci/Woche  $\equiv$  2000Ci/nach sechs Tagen
- Projektbeginn in 2009 –Routinebetrieb von 2017an .

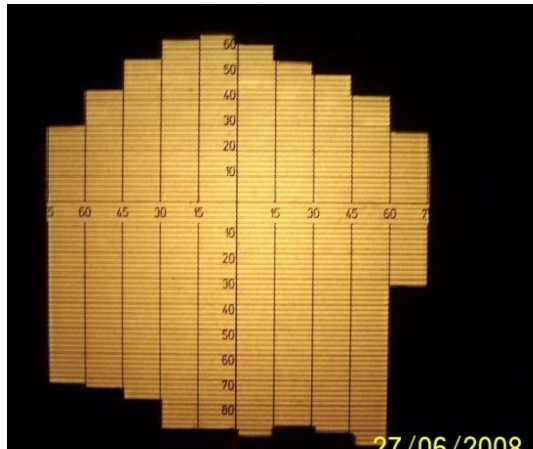




2 MeV neutrons

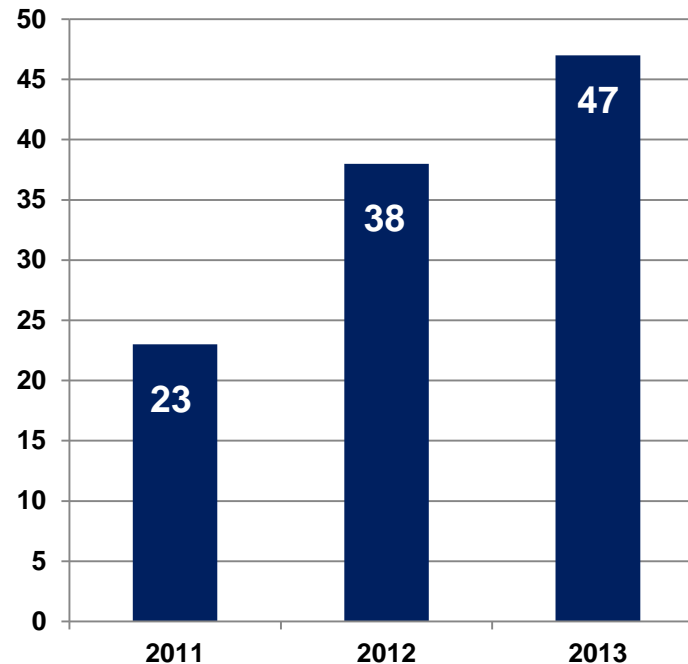
# Hadronentherapie mit Neutronen

# Neutronentherapie für Brustwandmetastasen



# Akademische Ausbildung

## Doktorarbeiten



- **191 Doktorarbeiten**
- **in 2013: 238 Doktorarbeiten (abgeschlossen oder in Arbeit)**
- **ungefähr 66 % sind direkt mit MLZ verbunden**

