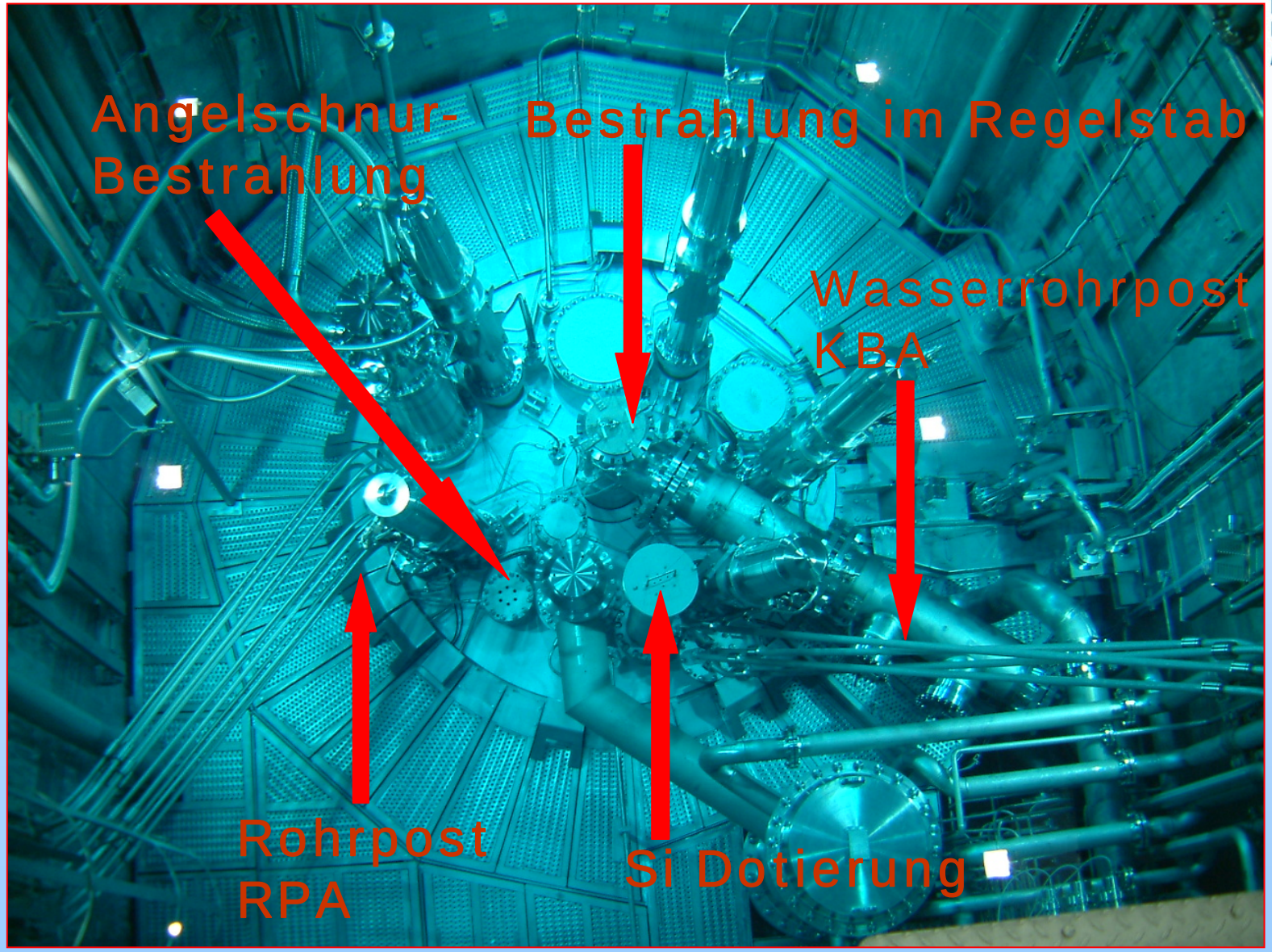
Si-Dotierung, Aktivierungsanalyse und weitere Anwendungen der FRM II Bestrahlungsanlagen

H. Gerstenberg, X. Li

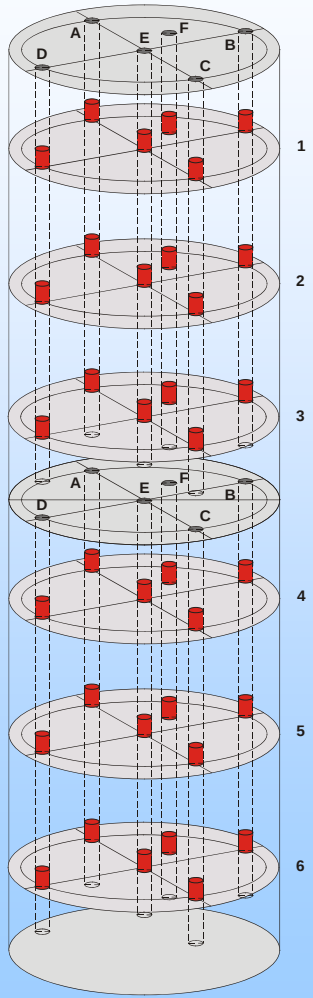

Angelschnur-
Bestrahlung
Bestrahlung im Regelstab
Wasserrohrpost
KBA
Rohrpost
RPA
Si Dotierung

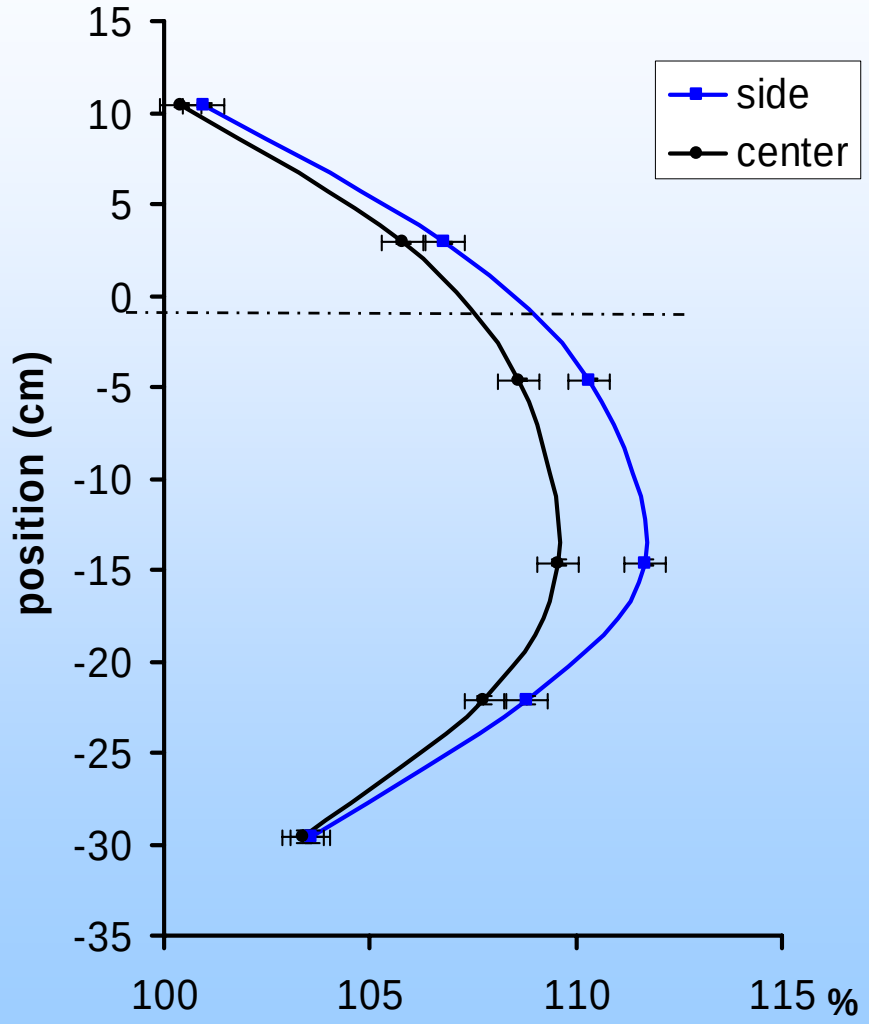
Si-Dotierung - Prinzip und Anforderung

$^{30}Si\ (n,\gamma)\ ^{31}Si - \beta^- \rightarrow\ ^{31}P$ (HWZ ≈ 2,6 h)

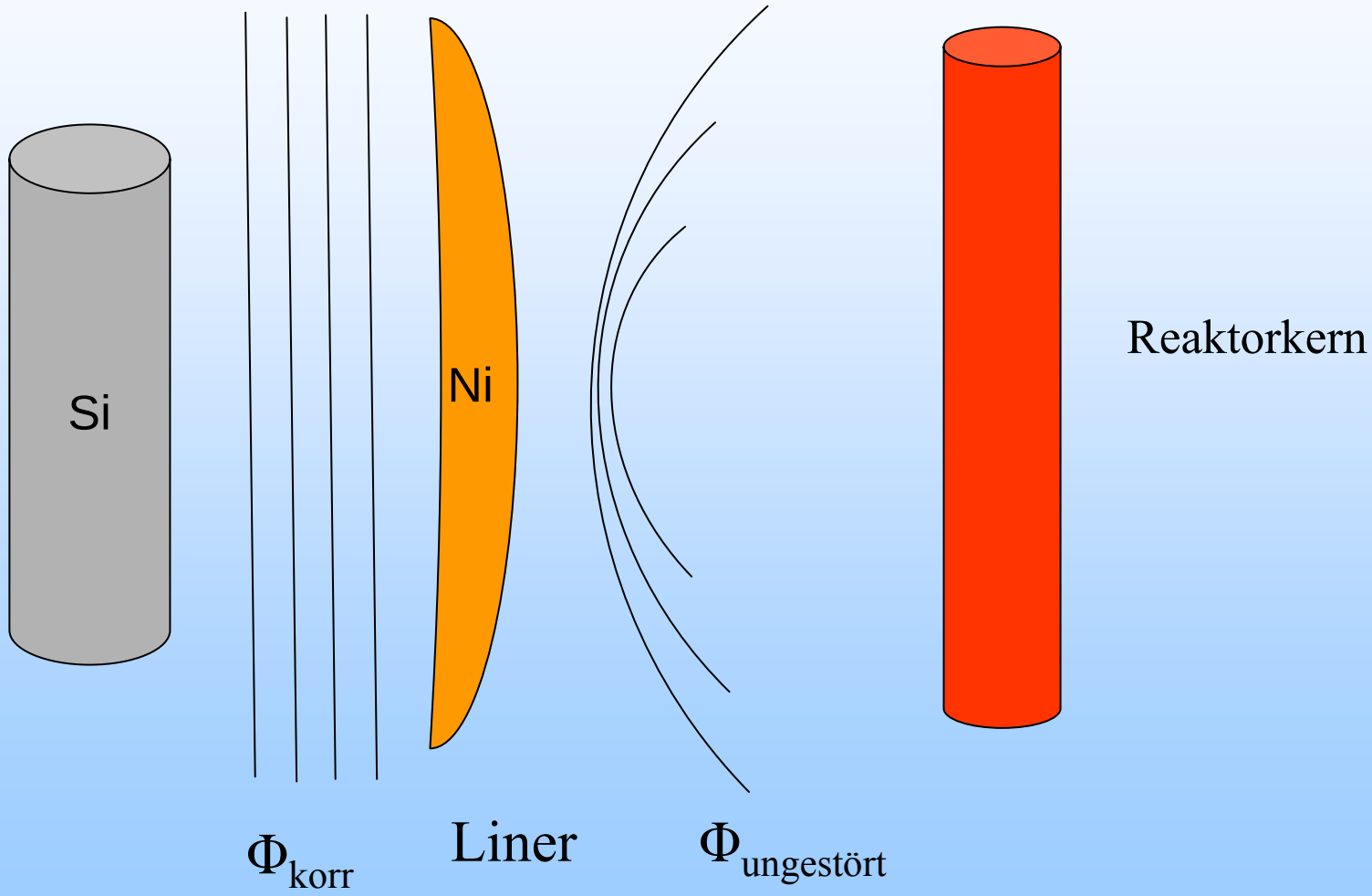
- Inhomogenität der Dotierung < 5%
- Zielwiderstand des Si: 720 Ωcm > ρ > 20 Ωcm ↔ 0,5 h < t_{irr} < 24 h
- Freigabe zu uneingeschränkten Weiterverwendung ↔ Restaktivität < 0,5 Bq/g bzw. 0,5 Bq/cm²
- Durchsatz typischerweise 20 kg/batch (Ø = 150 mm)

Messung des Neutronenflussdichteprofils

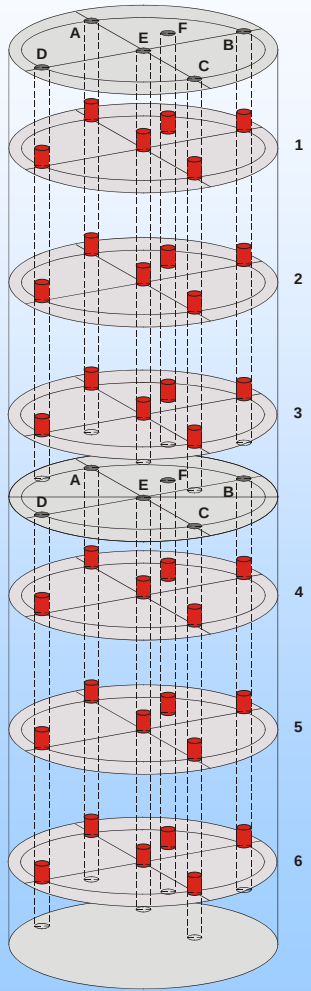


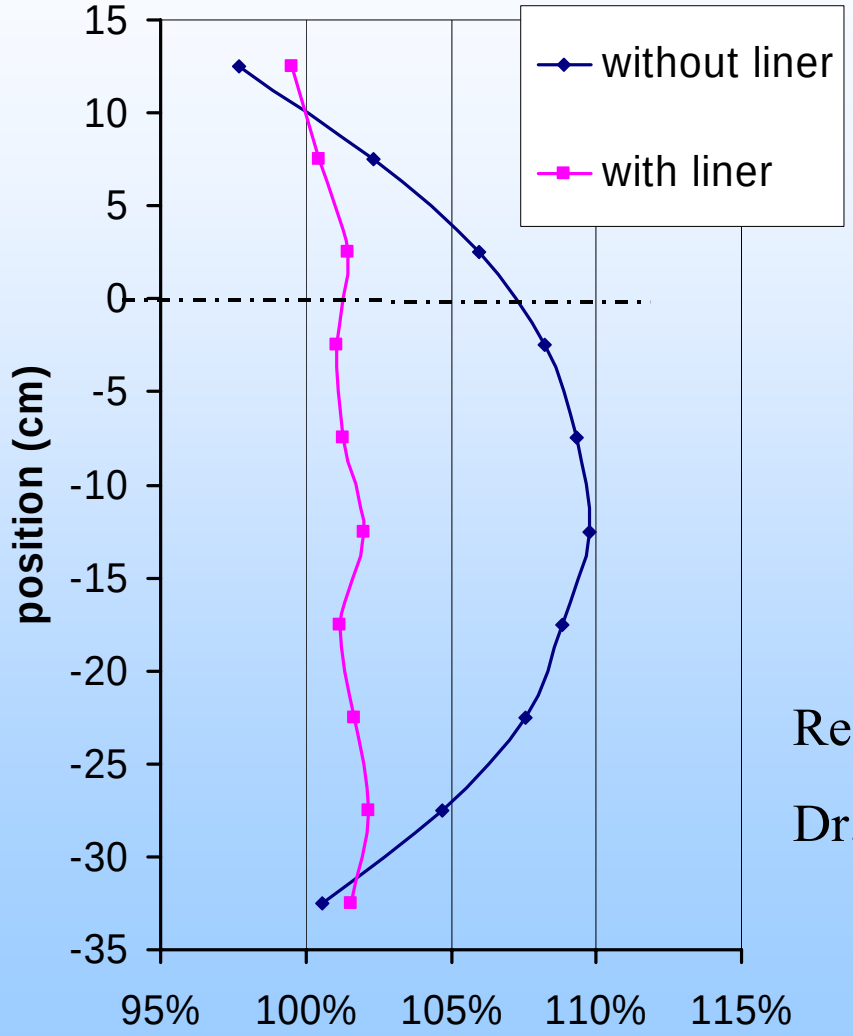


graduelle Abschirmung von Neutronen (schematisch)



Berechnetes Neutronenflussdichteprofil mit/ohne Liner

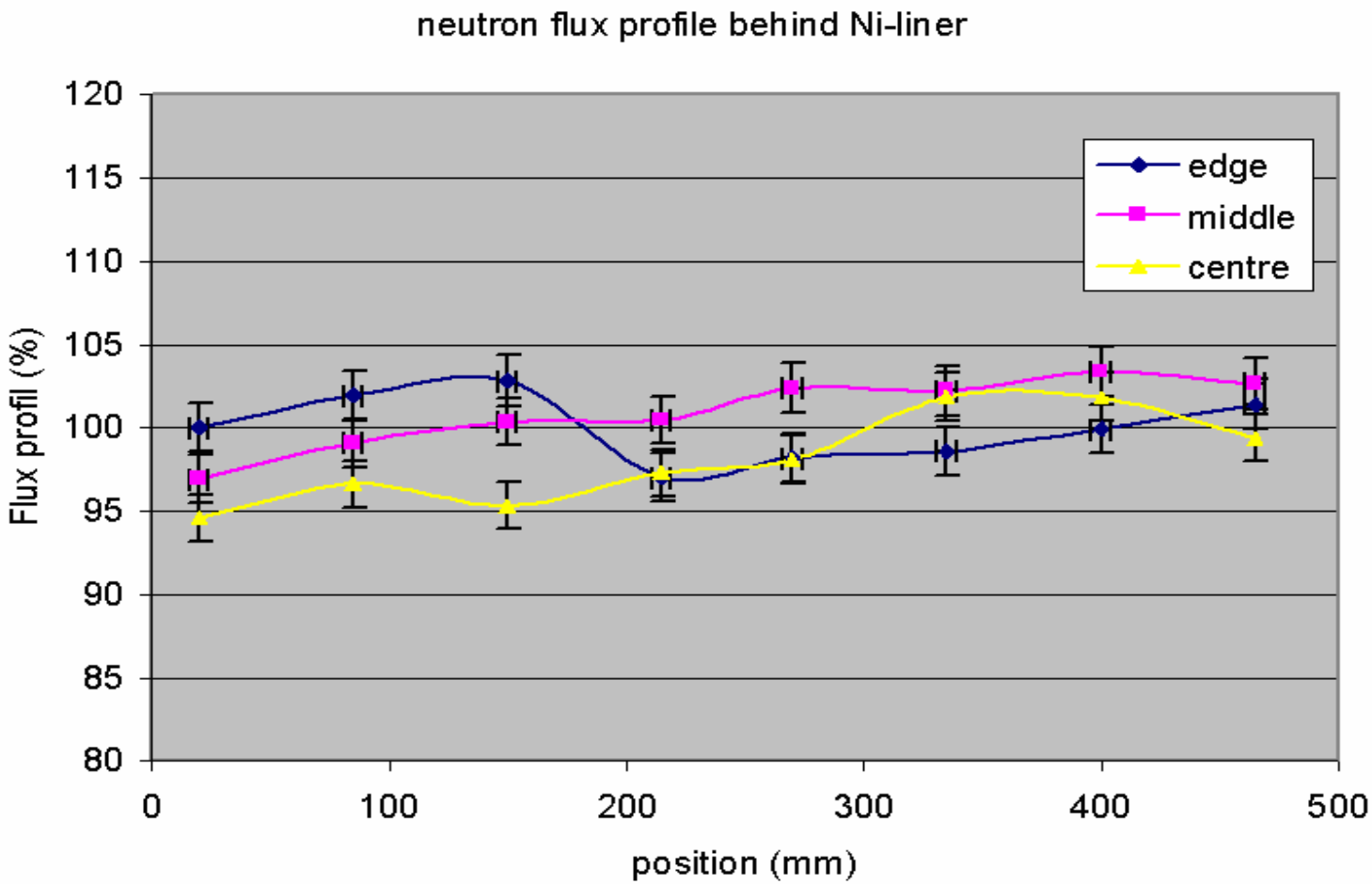




Rechnung:

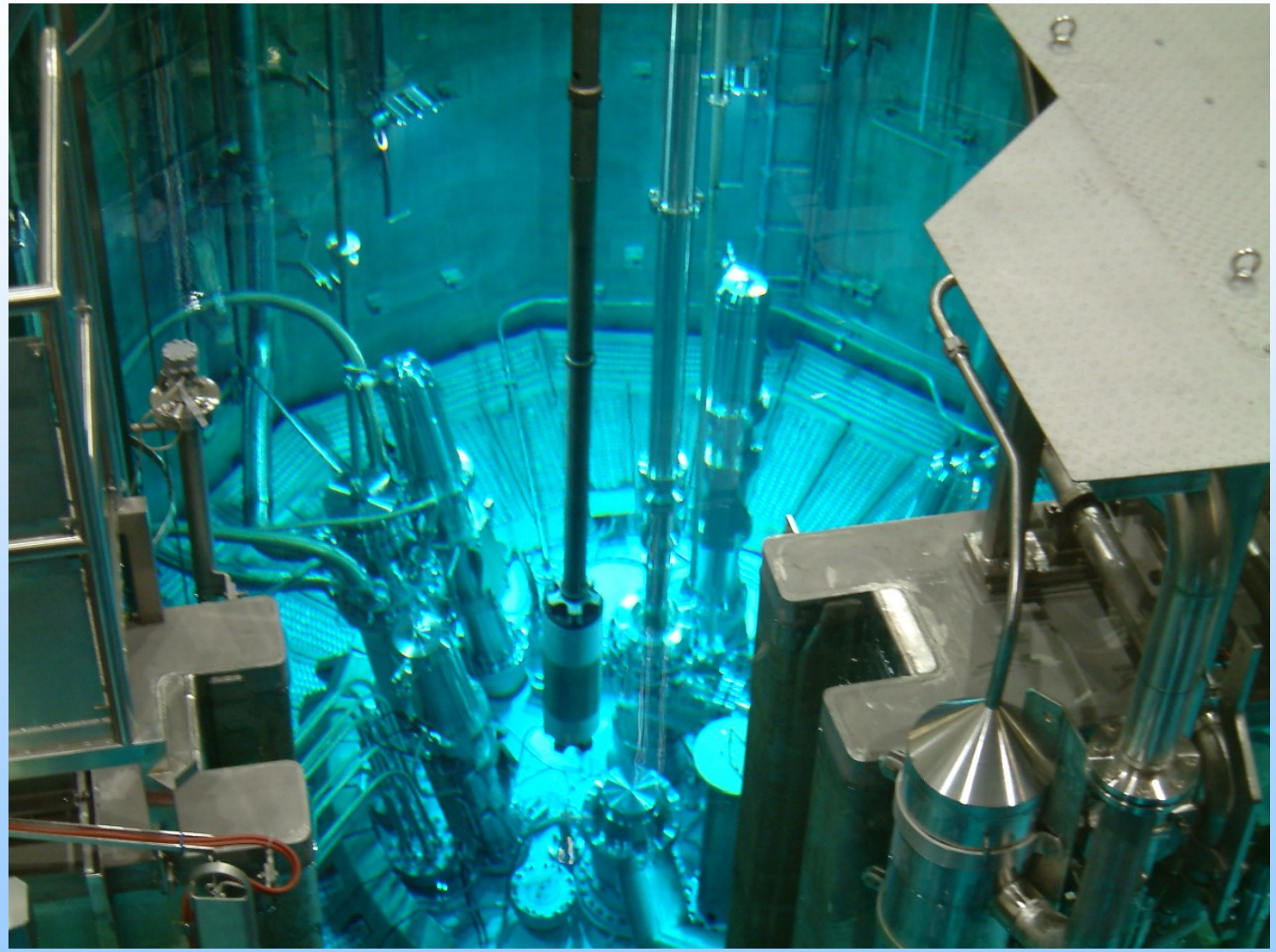
Dr.Röhrmoser

Gemessenes Neutronenflussdichteprofil im Si-Stab

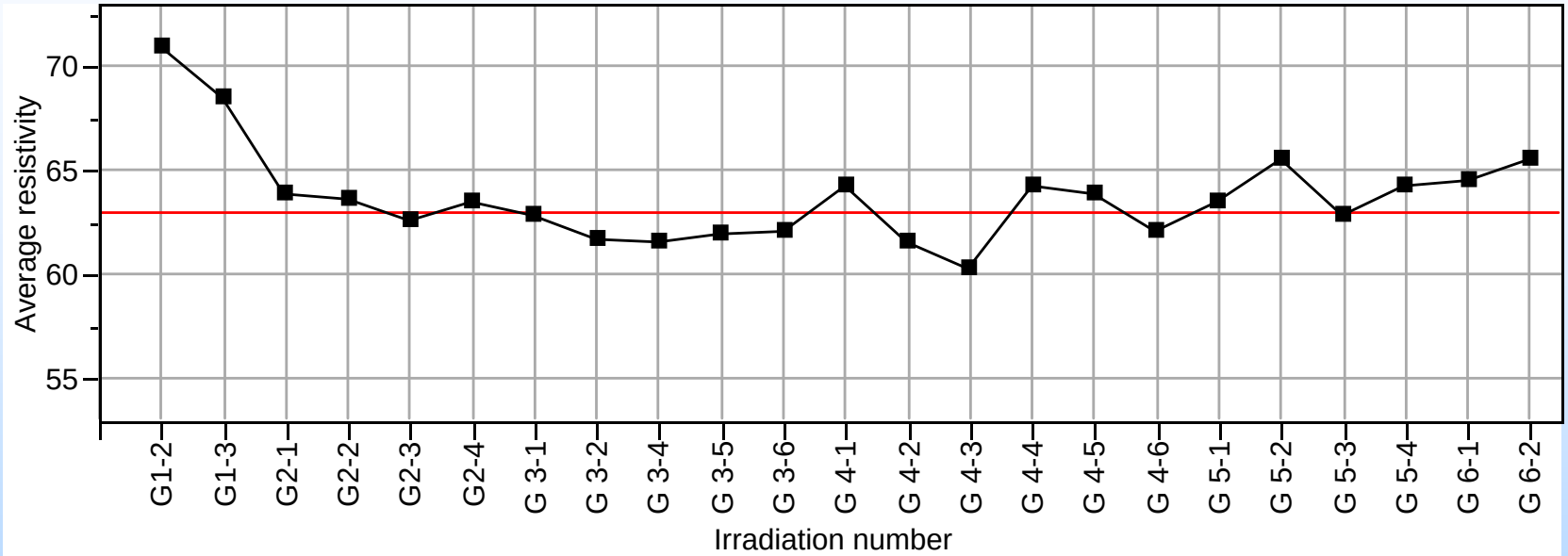


Handling von Si-Kristallen mit Vakuumgreifer

Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)



Bestrahlungsergebnisse



Auftragsumfang in 2006 (3 Reaktorzyklen):

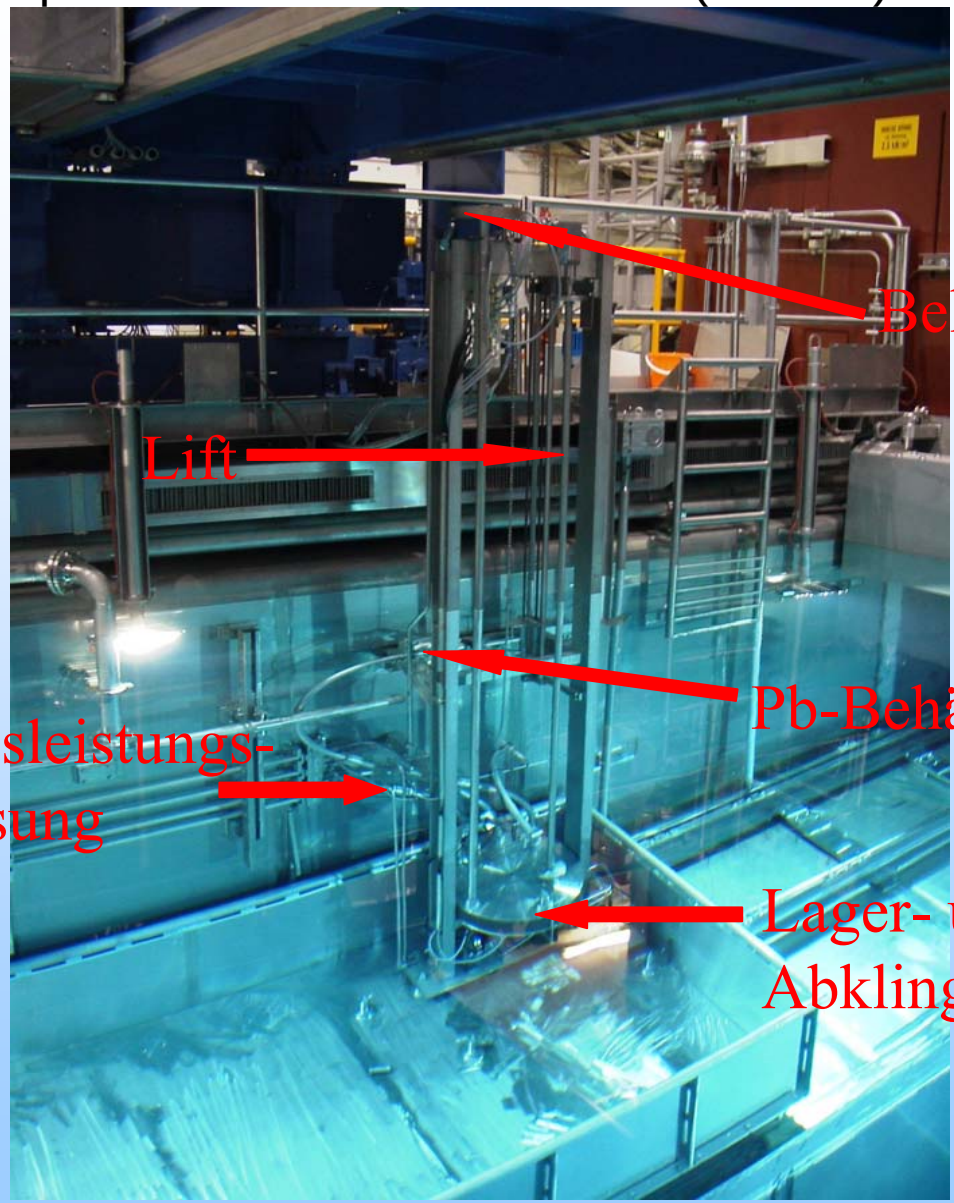
Bestrahlung von 117 Batches Si = 2000 kg Si

Arbeiten im Umfeld der Entwicklung von Radiopharmaka mittels Bestrahlung an KBA und im Regelstab:

- Bestrahlung von Gold in kolloidaler Form zur Bestimmung biokinetischer Verteilungsfunktionen bei Nagetieren:
  ^{197}Au (n,γ) ^{198}Au – β$^-$ → ^{198}Hg + 412 keV (HWZ ≈ 2,7 d)
- Erzeugung von $^{177}Lu(NO_3)_3$
  ^{176}Lu (n,γ) ^{177}Lu – β$^-$ → ^{177}Hf (HWZ ≈ 6,7 d)
- Erzeugung von ^{188}Re (52d-Bestrahlung im Regelstab)
  ^{186}W (n,γ) ^{187}W (n,γ) ^{188}W – β$^-$ → (HWZ ≈ 69 d)
  ^{188}Re – β$^-$ → ^{188}Os (HWZ ≈ 16.7 h)

Kapselbestrahlung KBA

- **Be- und Entladeeinrichtuung**
- **Verwaltung der Bestrahlungskapseln**



Kapselbestrahlungsanlage: Bestrahlungskapseln

- Material: AlMg3 + Al
- Masse: ≈ 48g (total)
- max. Zuladung: 250g
- ø = 25 mm
- l ≈ 60 mm
- max n-Dosis: unbegrenzt
- wasserdichte Verpackung
- individuelles Label
- Mehrfachverwendung

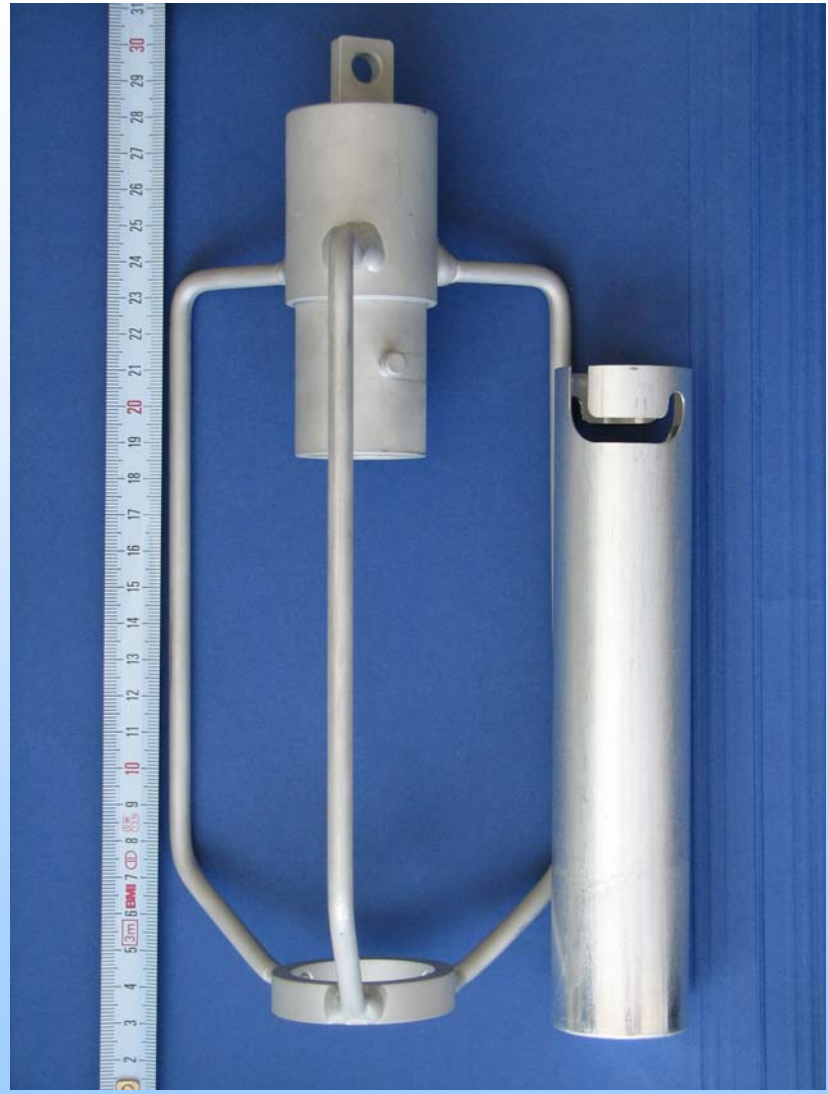
KBA- Neutronenflussdichten

Bestrahlungs-kanal	Φ_{th} ($cm^{-2}s^{-1}$)	Φ_{epi} ($cm^{-2}s^{-1}$)	Φ_{f} ($cm^{-2}s^{-1}$)	Φ_{th}/Φ_{f}
KBA1-1	1.3E14	2.6E11	3.9E11	333
KBA1-2	9.3E13	9.9E10	2.0E11	465
KBA2-1	1.1E14	7.5E10	2.1E11	524
KBA2-2	7.7E13	3.9E10	1.0E11	770

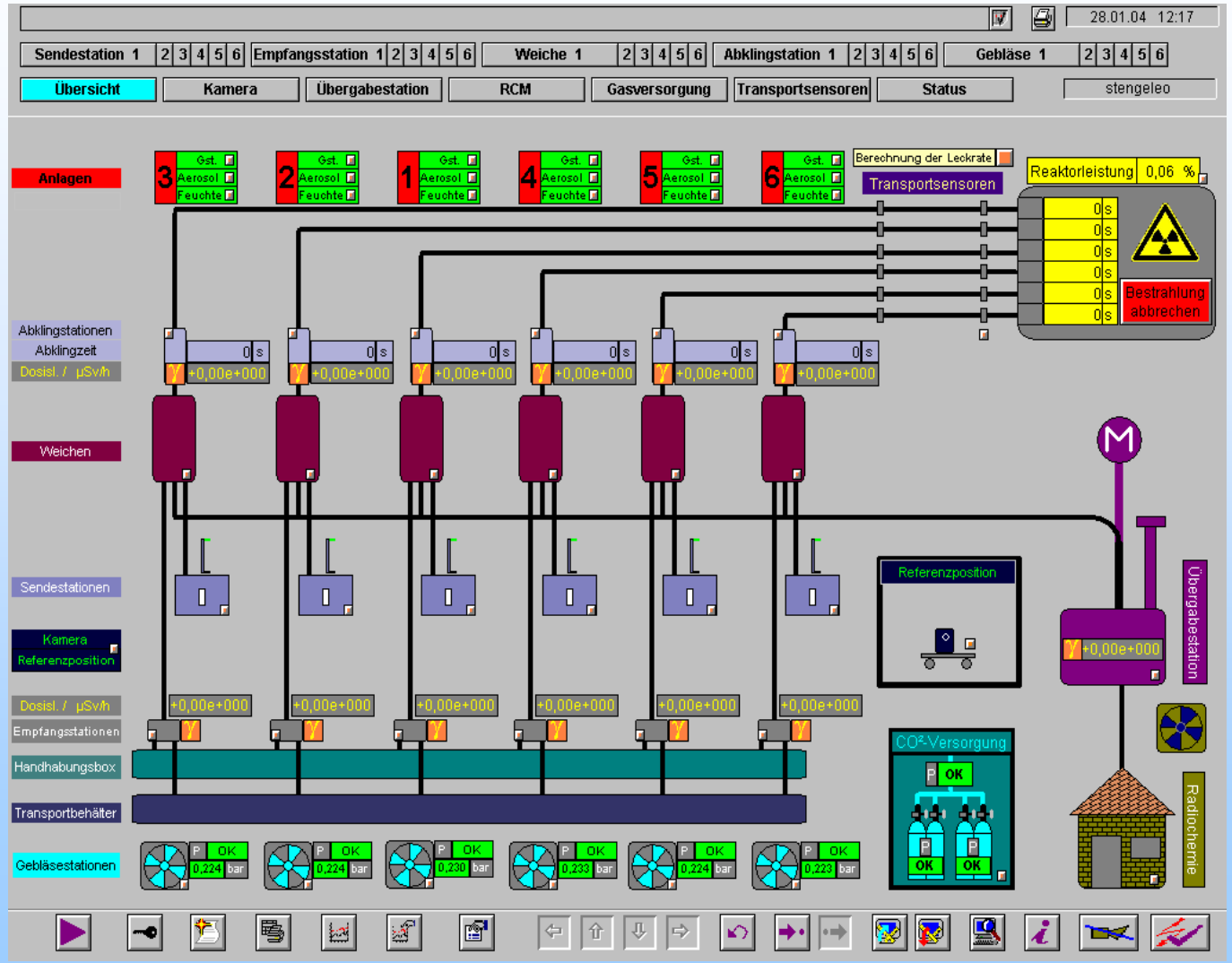
Bestrahlung bei kleiner Leistung während des Anfahrens

Angelschnurverfahren
Kurzzeitbestahlung großer Probenvolumina

- Anwendungsbeispiele:
  - Geochronologie
  - Bioproben
- Kurzzeitbestrahlungen
- einfache Festlegung weiterer Bestrahlungs-positionen
- $\Phi_{th} = 1.2E13\ cm^{-2}s^{-1}$
- $\Phi_{th}/\Phi_f = 1200$



Rohrpostbestrahlungsanlage – NAA

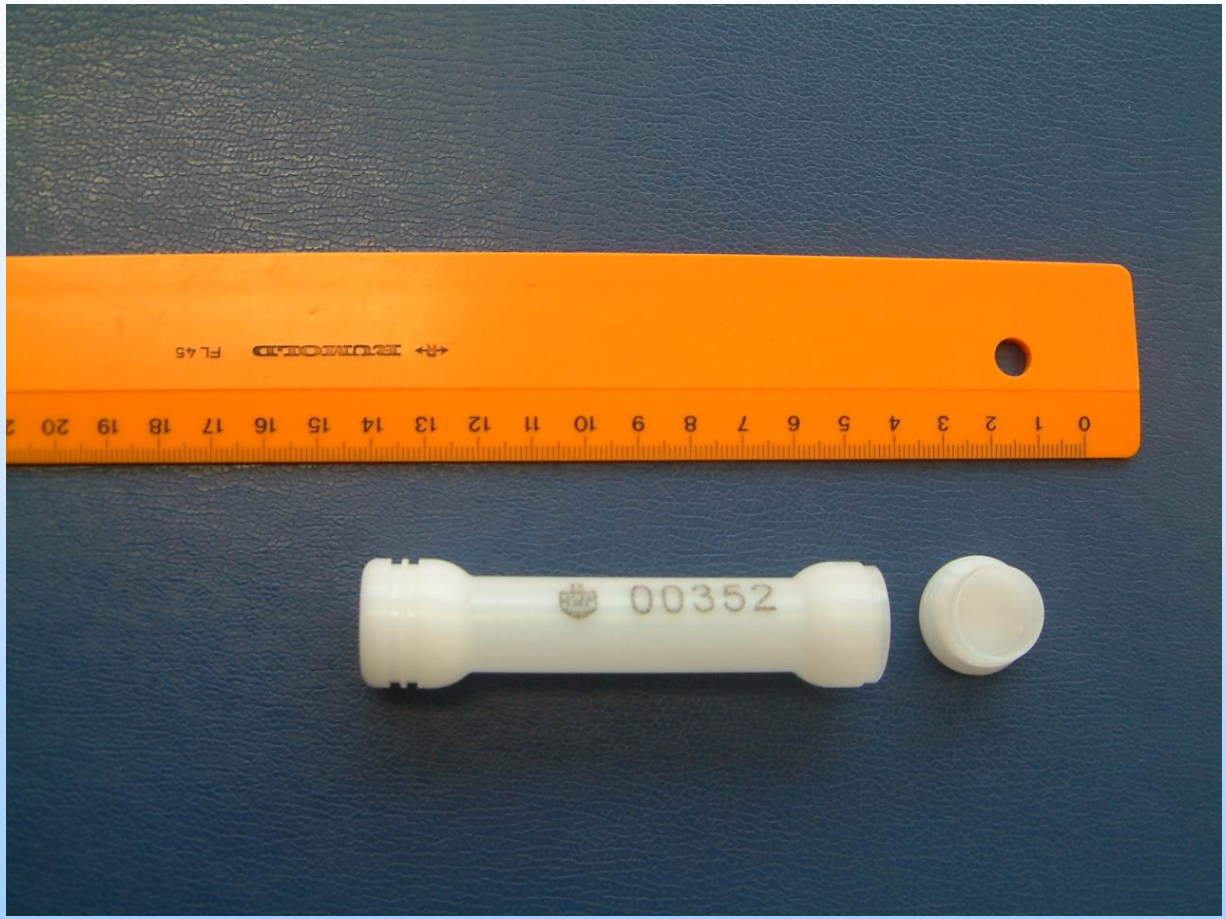


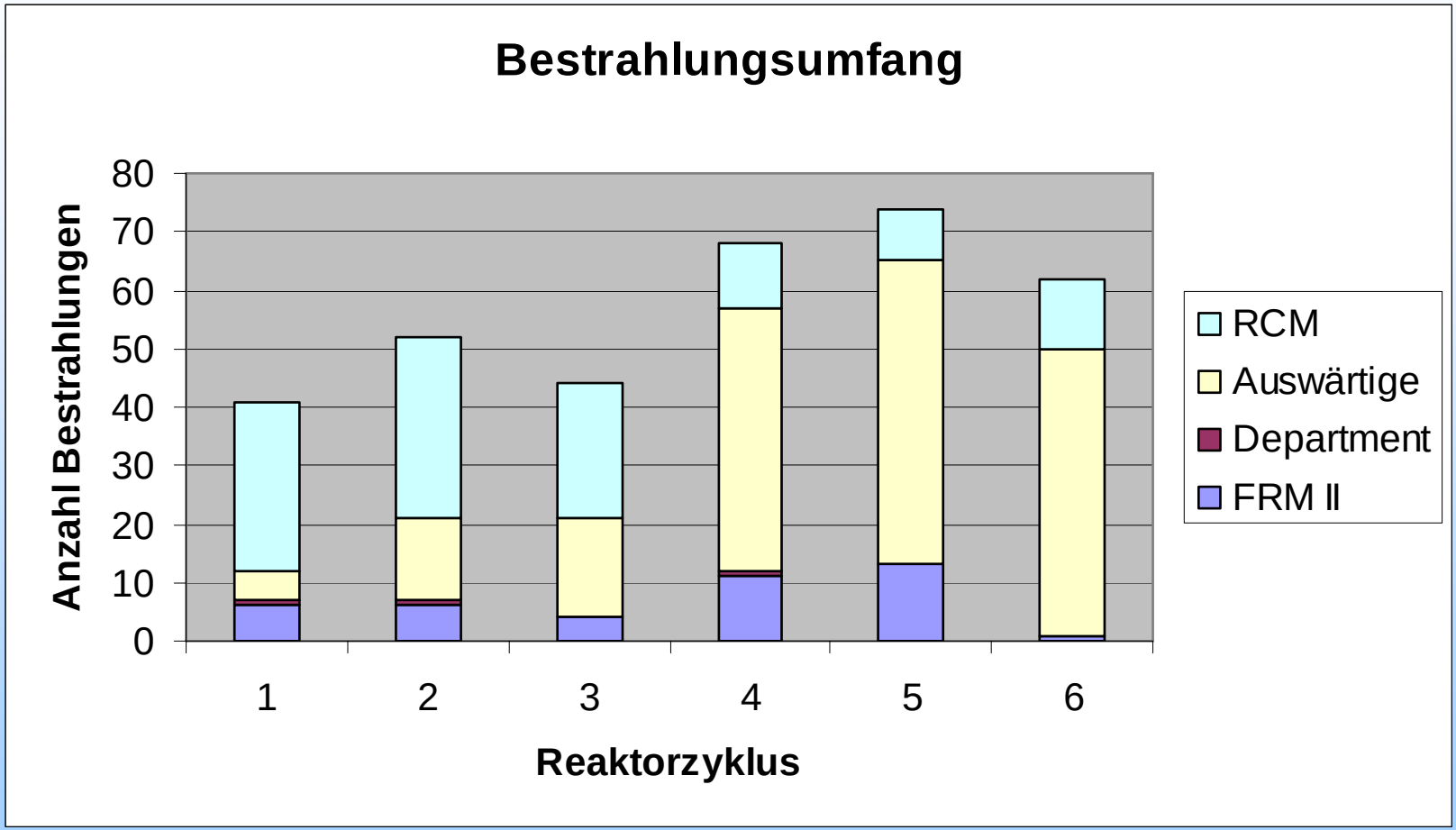
Rohrpostbestrahlung: Neutronenflussdichten

Kanal	Φ_{th} ($cm^{-2}s^{-1}$)	Φ_{epi} ($cm^{-2}s^{-1}$)	Φ_f ($cm^{-2}s^{-1}$)	Φ_{th}/Φ_f
RPA1-1	3.6E13	6.7E09	2.0E09	18.000
RPA1-2	1.5E13	3.2E09	4.1E08	36.500
RPA1-3	4.8E12	7.6E08	7.2E07	66.600
RPA2-1	7.3E13	2.4E10	5.6E10	1.300
RPA2-2	3.9E13	1.2E10	5.9E09	6.600
RPA2-3	7.1E12	1.2E09	1.5E08	47.300

Rabbit für Rohrpostbestrahlung

- Material: PE
- Masse: ≈ 10g
- Zuladung ≤ 10g
- ø = 15.2 mm
- l ≈ 100 mm
- max. n-Fluenz: 5E16 n/cm^{-2}
- nummeriert
- Einmalverwen-dung





Gesamtzahl Bestrahlungen nach IBS: 341

Danke für Ihre Aufmerksamkeit
heiko.gerstenberg@frm2.tum.de