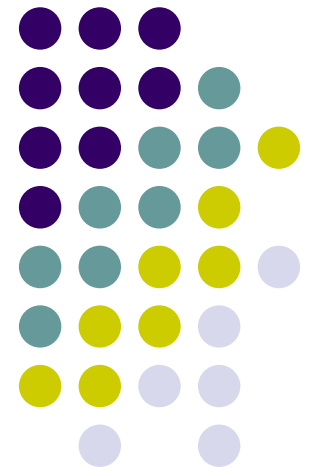


Radon- Emanationsmessungen im Rahmen von GERDA



Hardy Simgen,
Grzegorz Zuzel

Max-Planck-Institut für Kernphysik
Heidelberg

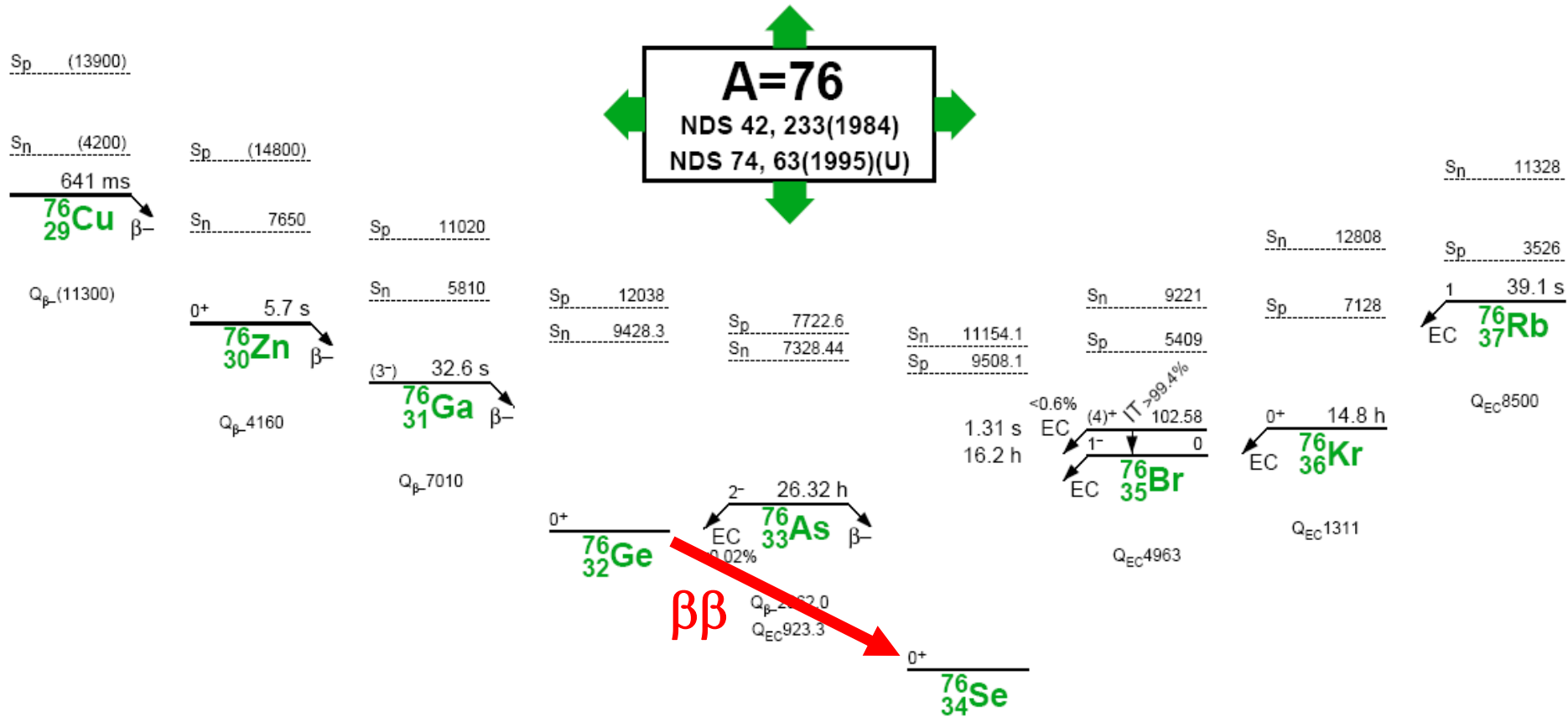
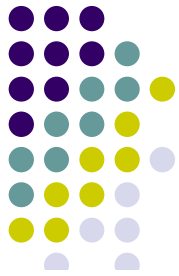


Übersicht

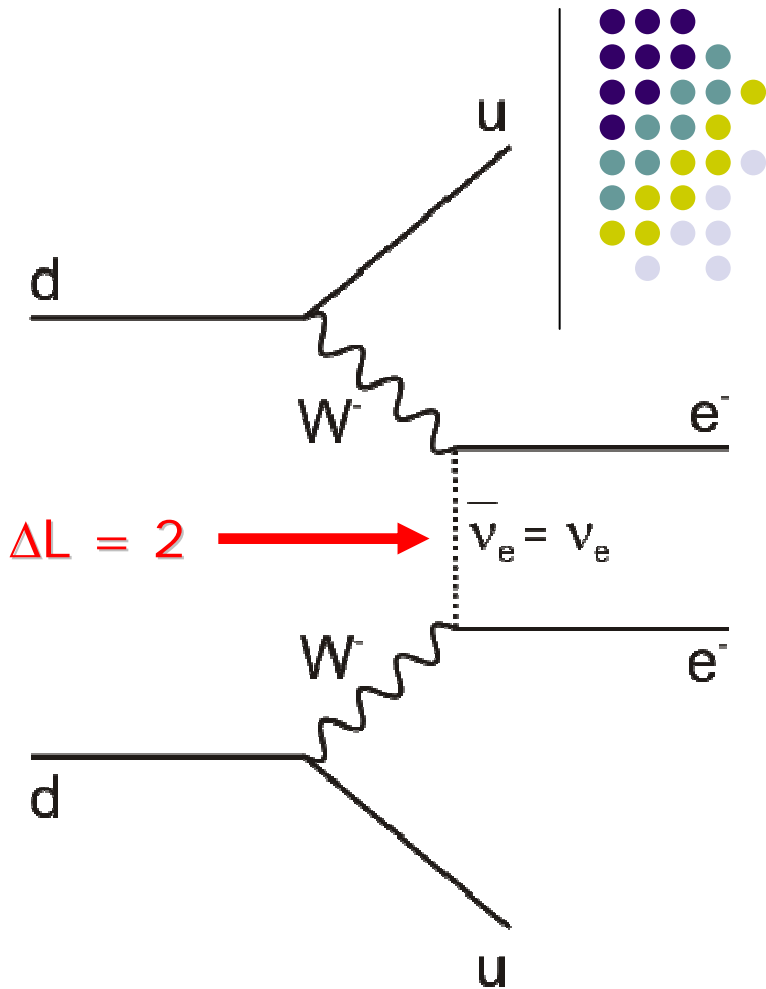
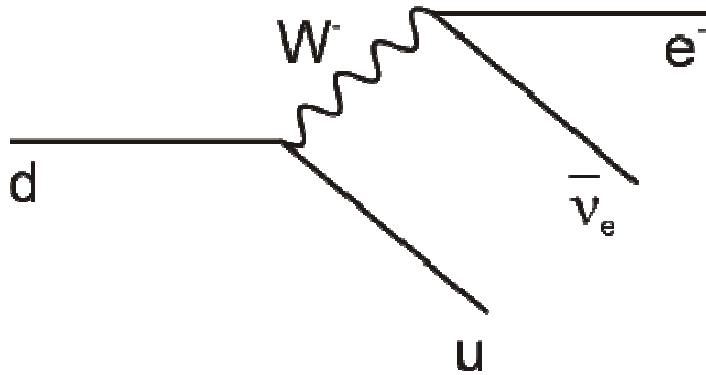
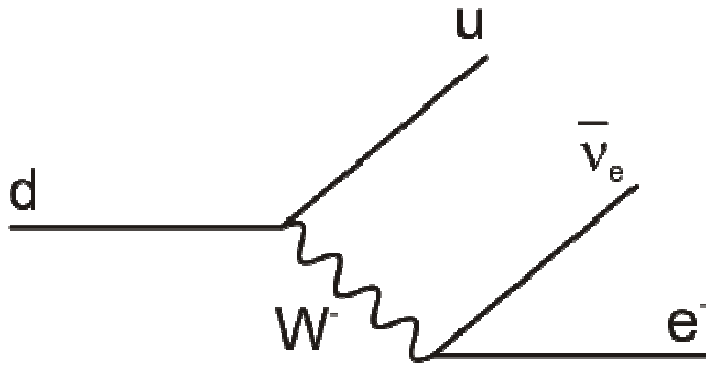


- Der Doppelbeta-Zerfall
- Das GERDA-Experiment
- Die ^{222}Rn -Emanationstechnik
- Ergebnisse:
 - O-Ringe für die GERDA-Schleuse
 - Schweißnähte
 - Der GERDA-Kryostat
- Zusammenfassung

Doppelbeta-Zerfall

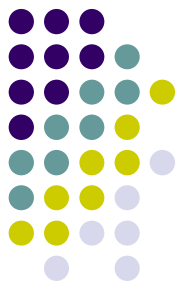


Doppelbeta-Zerfall



- Kontinuierliches $\beta\beta$ -Spektrum erwartet

- Nur möglich, wenn ν Majorana-Charakter hat
- Peak bei $Q_{\beta\beta}$ erwartet



$0\nu\beta\beta$ -Zerfallsrate

$$1/\tau = G(Q, Z) \cdot |M_{nucl}|^2 \cdot \langle m_{\beta\beta} \rangle^2$$

Phasenraum-
faktor ($\sim Q_{\beta\beta}^5$)

Kernmatrix-
element

Effektive Majorana
Neutrinomasse

$$\langle m_{\beta\beta} \rangle = \left| \sum_j m_j U_{ej}^2 \right|$$

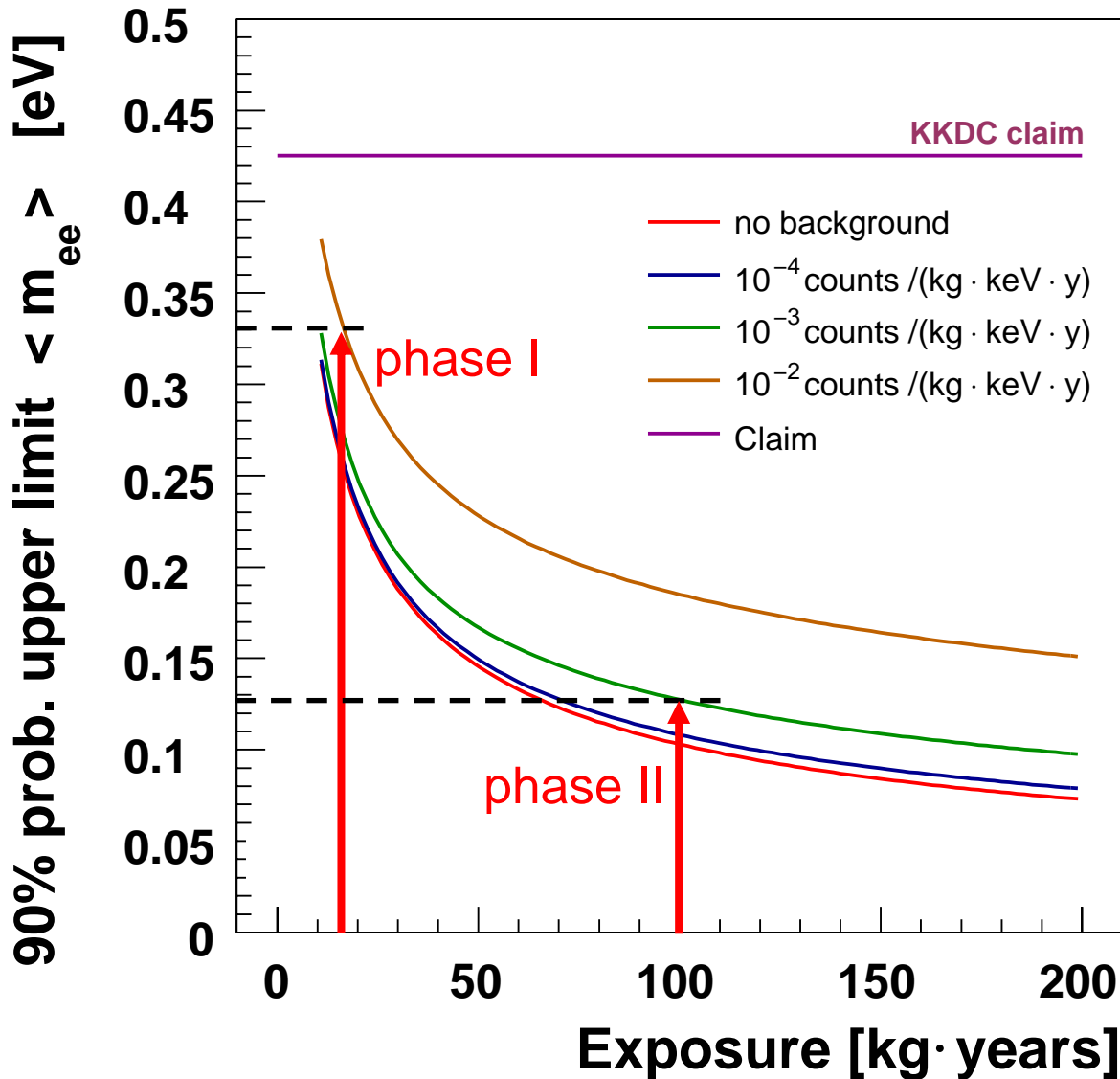
kohärente Summe

GERDA in Kürze



- Neues Doppelbeta-Zerfallsexperiment mit angereichertem ^{76}Ge ($Q_{\beta\beta} = 2039 \text{ keV}$)
- Ge-Halbleiterdioden: Quelle = Detektor
- Ziel: Signifikante Untergrundreduzierung im Bereich von $Q_{\beta\beta}$ auf $\leq 10^{-3} \text{ cts}/(\text{kg}\cdot\text{keV}\cdot\text{y})$ bei 100 kg·y Exponierung
- Verunreinigungen in früheren Experimenten hauptsächlich im Kryostaten / Diodenhalter
→ „Nackte“ Dioden in kryogener Flüssigkeit (LAr)
- Kryogene Flüssiggase (LN_2/LAr) enthalten sehr wenig radioaktive Verunreinigungen

GERDA Sensitivität



mit

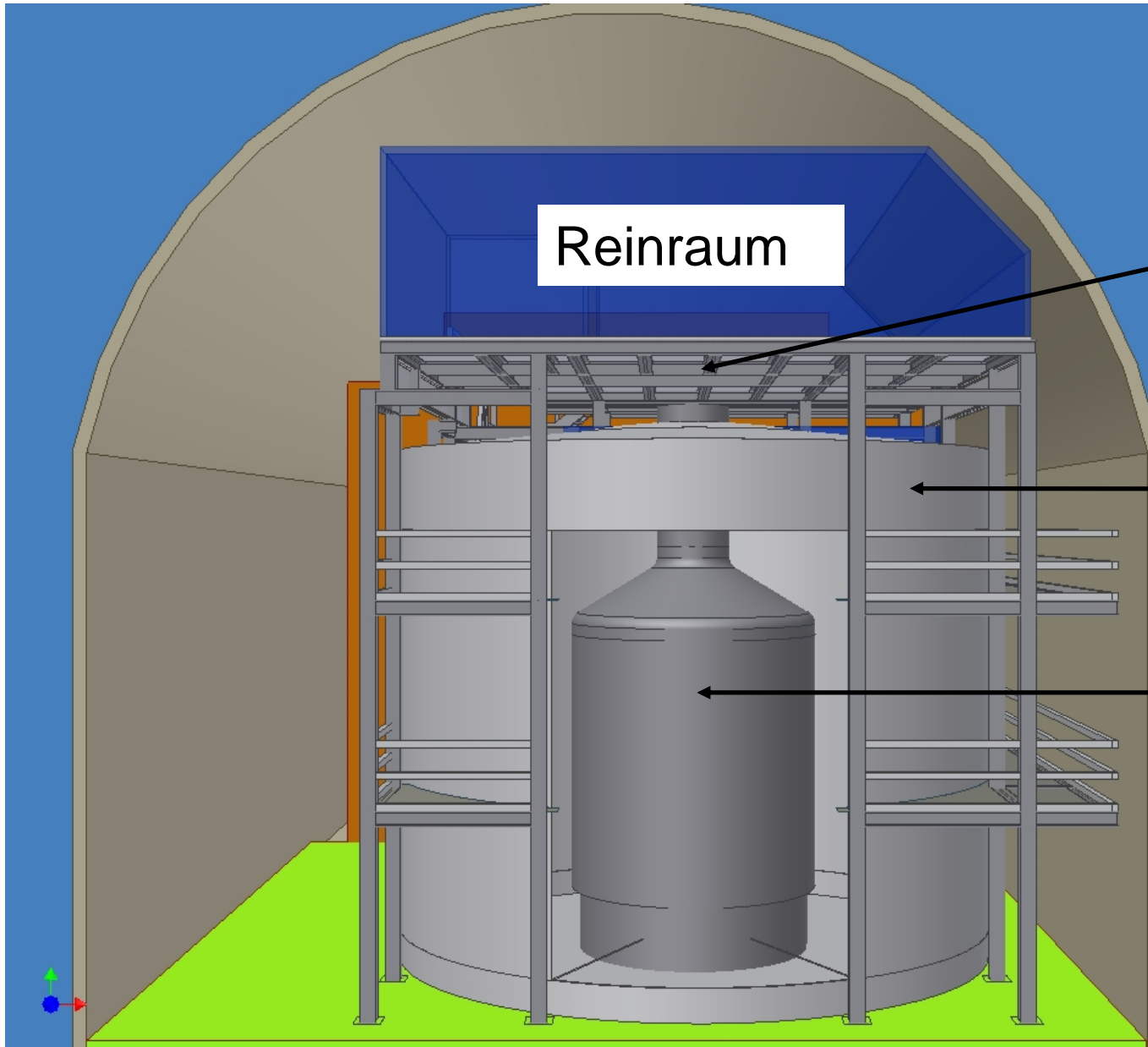
$$\langle M^{0\nu} \rangle = 3,92$$

*V.A. Rodin et al.,
Nucl. Phys. A 366
(2006) 107-131.*

Erratum:
*Nucl. Phys. A 793
(2007) 213-215.*

**Untergrund-
reduzierung!**

GERDA-Design



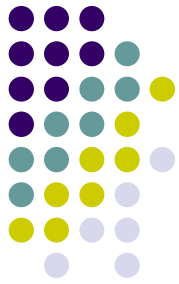
Reinraum

Schleuse

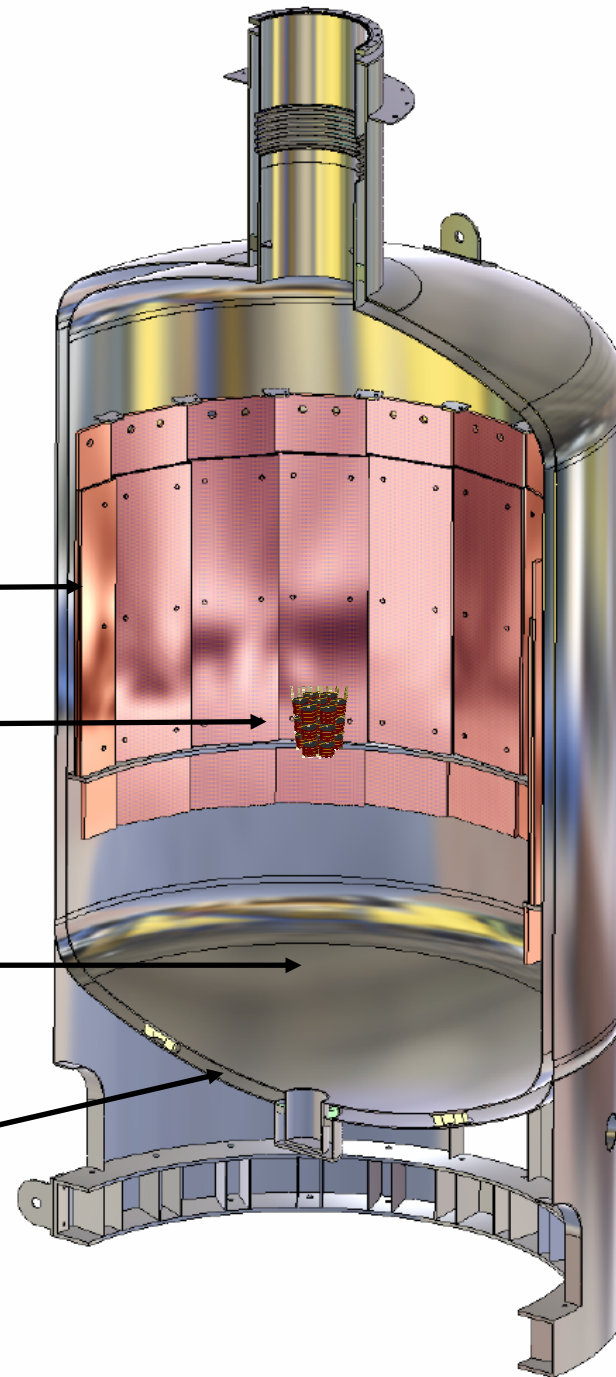
Wassertank
(650 m³ H₂O)

Kryostat
(70 m³ LAr)

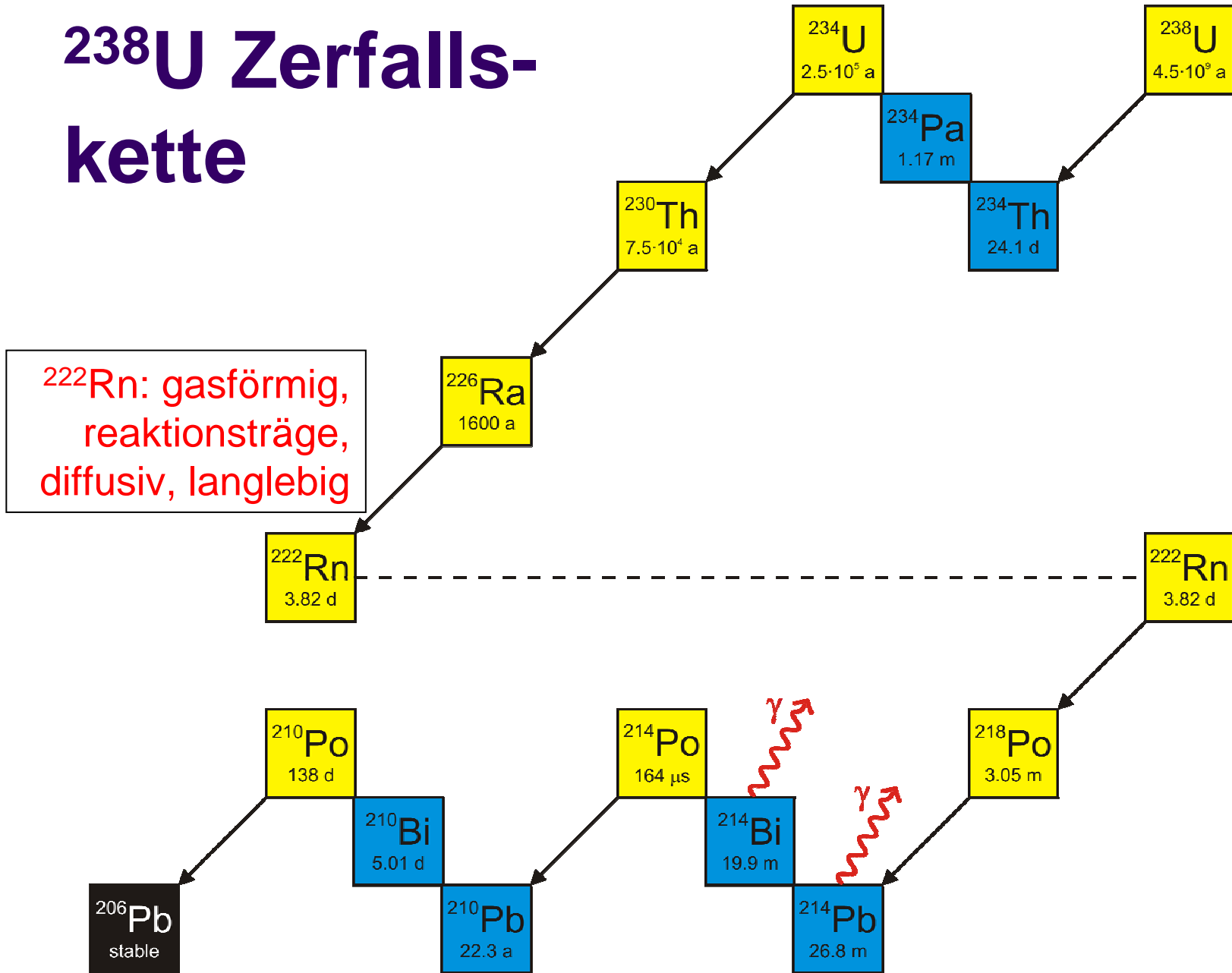
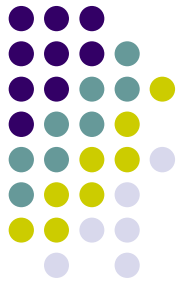
GERDA-Design



- Zusätzliche innere Kupferabschirmung
- Germanium-detektoren
- Flüssiges Argon
- Vakuumisolierter doppelwandiger Edelstahlkryostat



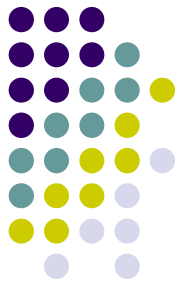
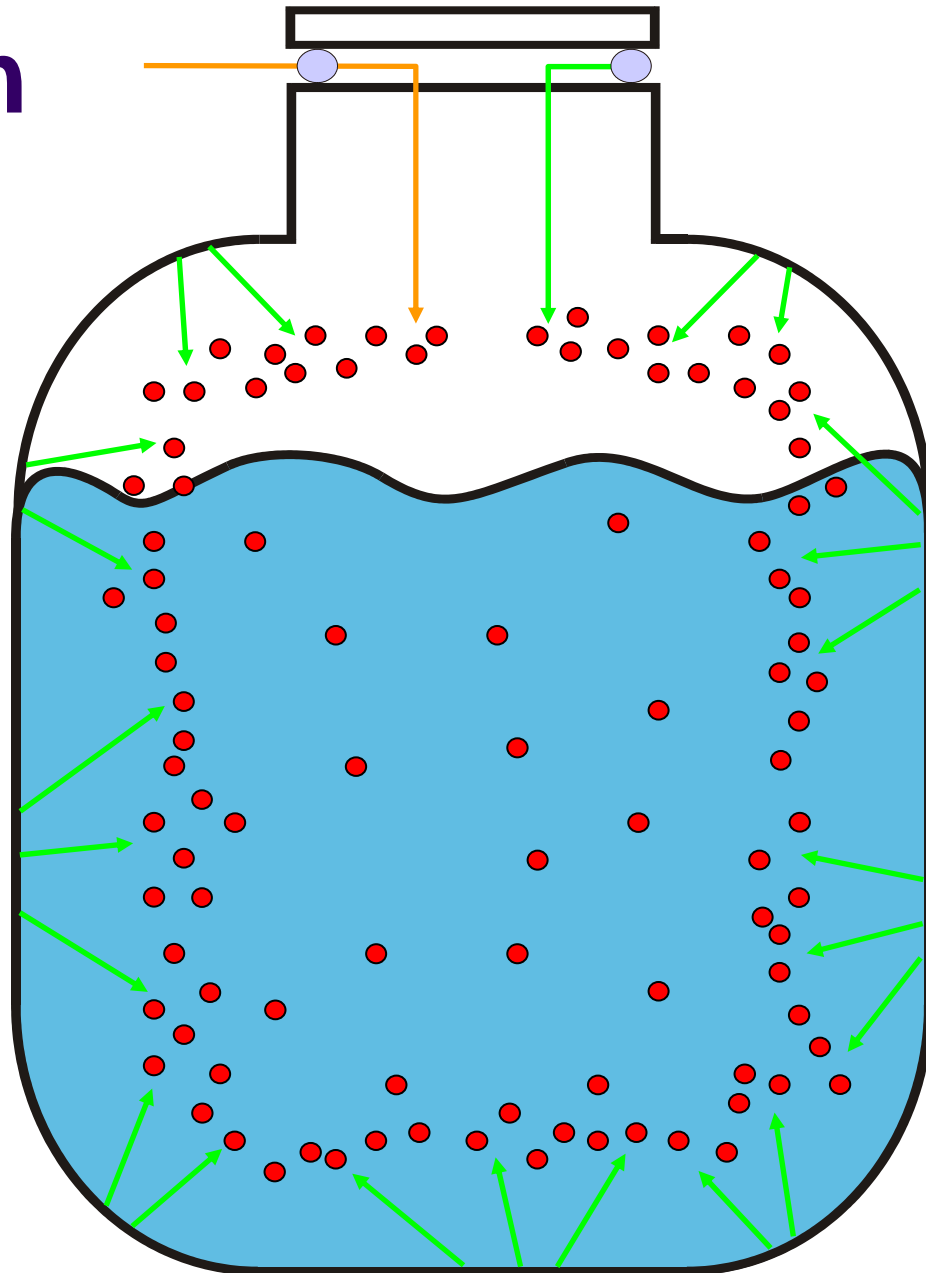
^{238}U Zerfallskette



^{222}Rn : gasförmig, reaktionsträge, diffusiv, langlebig

Radonquellen in der Praxis

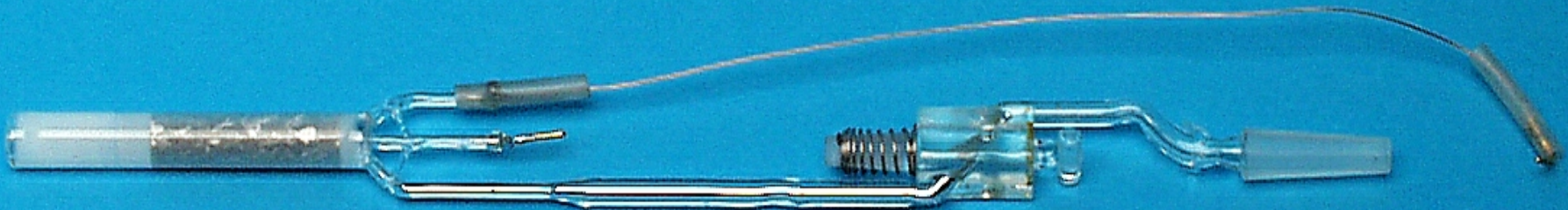
Identifizieren
(d.h. Messen)
und Vermeiden
aller ^{222}Rn -
Quellen (d.h.
Reinigen / evt.
Komponente
austauschen).



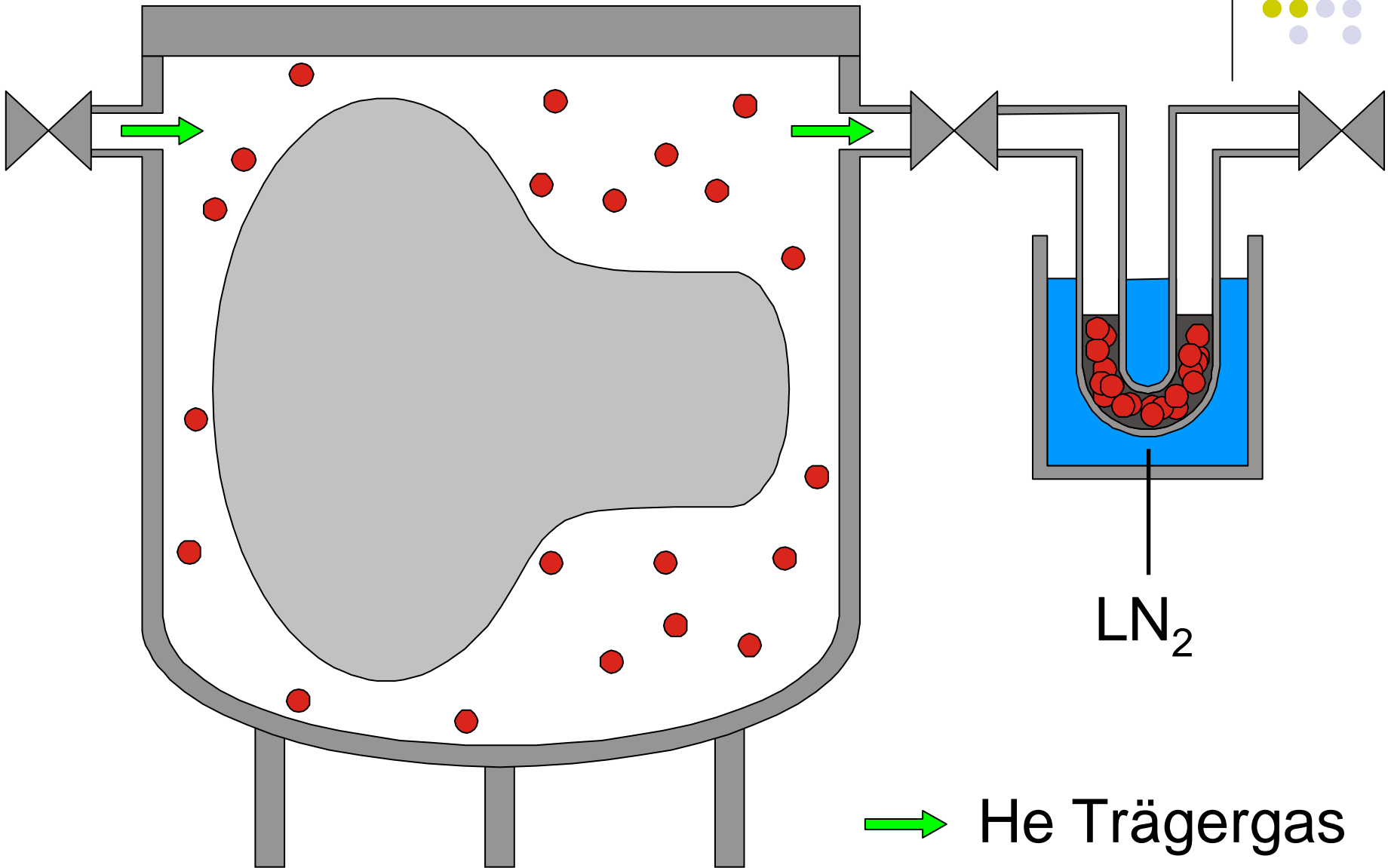
HD II Low-Level- Proportionalzählrohr



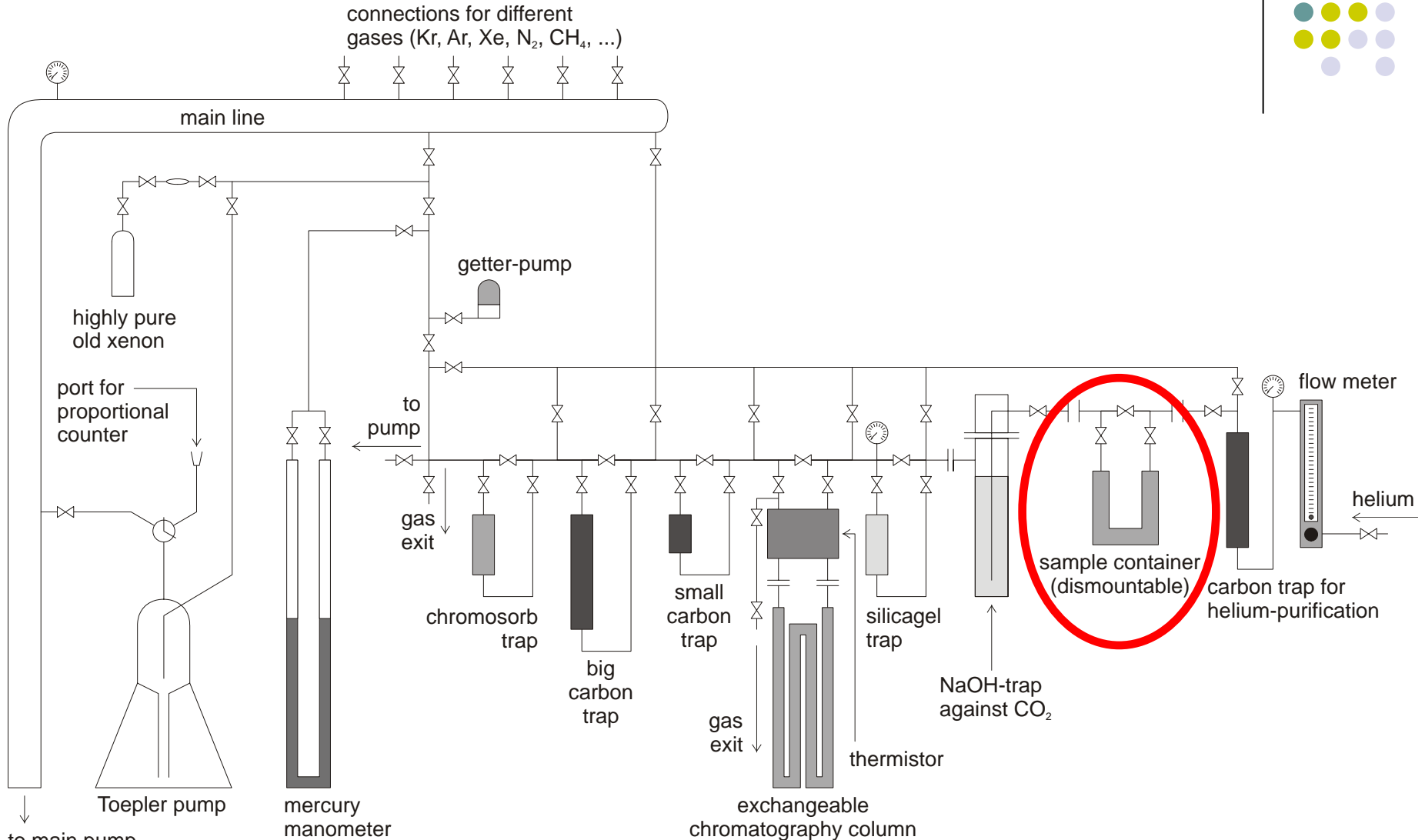
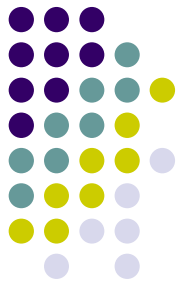
Untergrund für ^{222}Rn : ~ 1 Ereignis/Tag

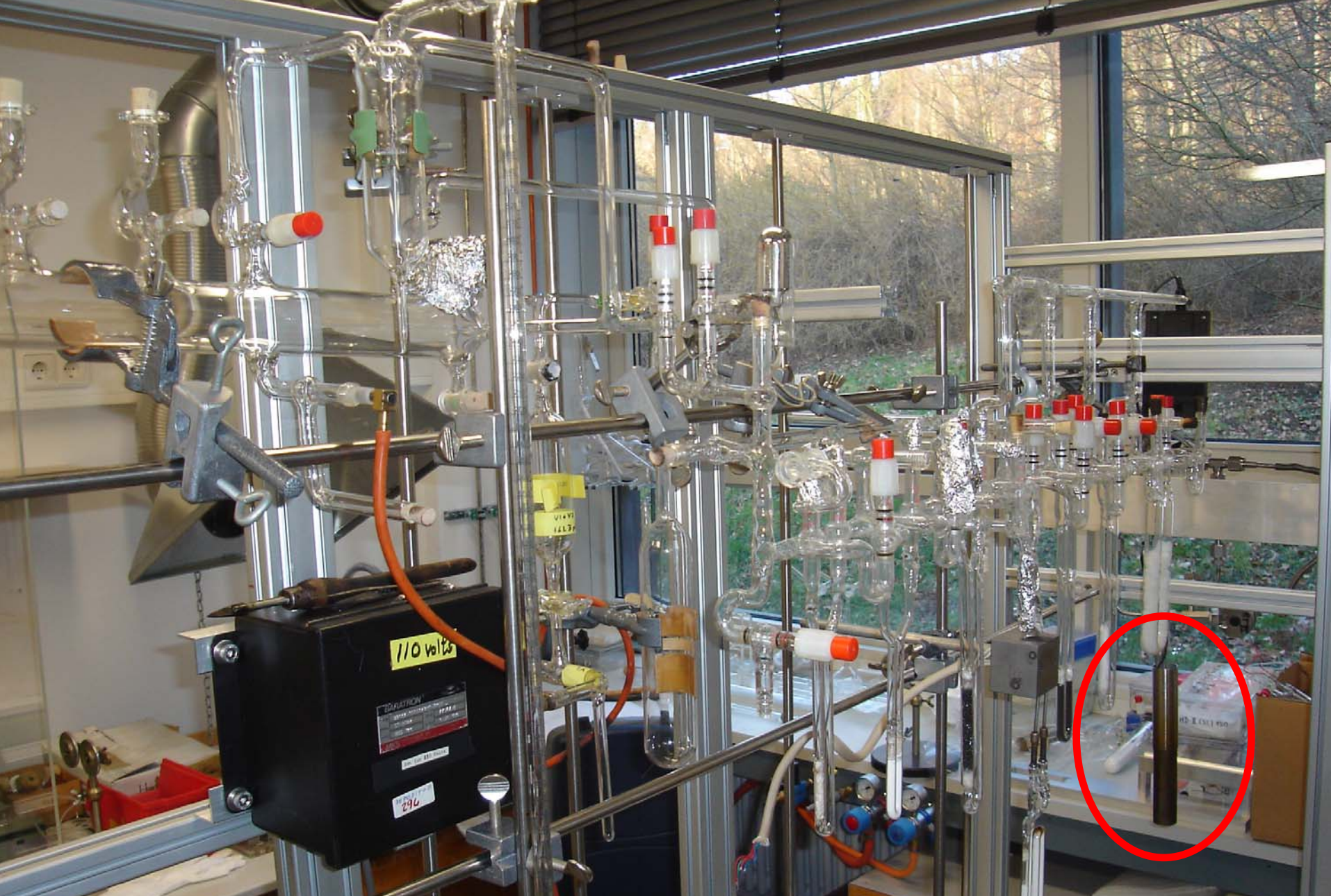


Die ^{222}Rn -Emanationstechnik



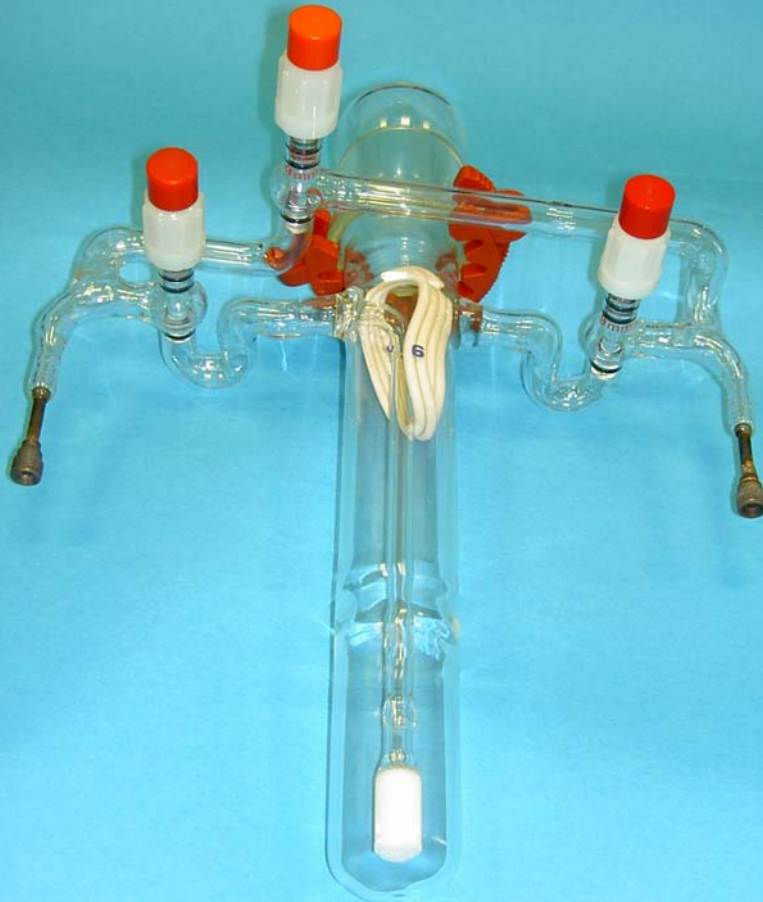
Zählrohrfüllapparatur





Absolute Nachweisgrenze: $\sim 20 \mu\text{Bq}$ (10 Atome!)

Ausgewählte Ergebnisse: Kalrez O-Ringe für Schleuse



Kalrez O-Ringe für die GERDA Schleuse



Nummer	Anzahl	^{222}Rn Emanationsrate [mBq]	^{222}Rn Emanationsrate pro Dichtung [mBq]
317483	4	$0,6 \pm 0,1$	0,2
330502	6	$1,3 \pm 0,1$	0,2
330500 + 330501	2 + 2	$1,5 \pm 0,1$	0,4
327259	1	$0,3 \pm 0,1$	0,3
Vergleich: Viton O-Ring	1	19 ± 1	19

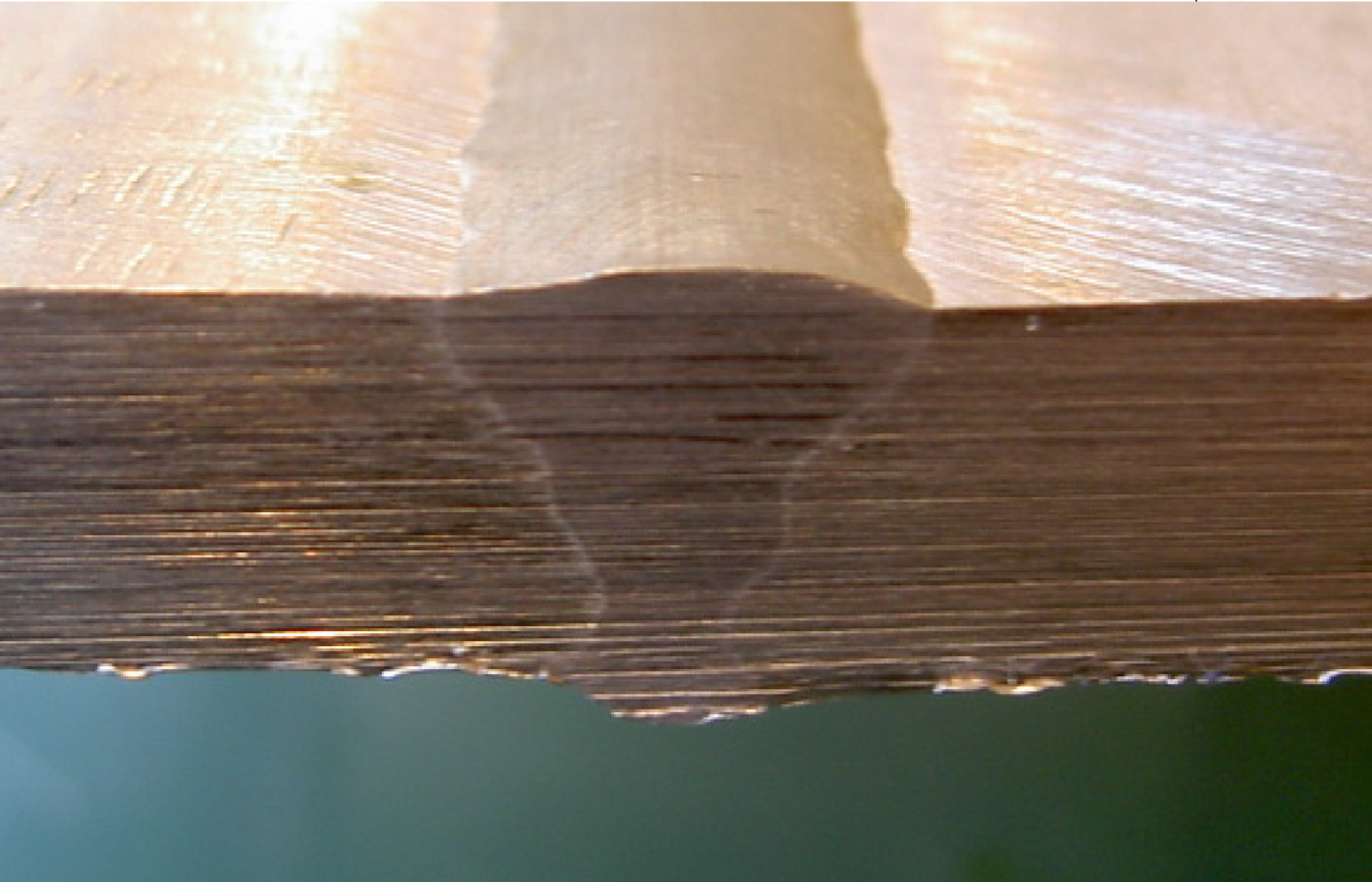
Alle O-Ringe haben ähnliche Größe (~2 m Umfang)

^{222}Rn -Emanation aus Edelstahl



- ^{222}Rn -Diffusion in Metall $\rightarrow 0$
- ^{222}Rn -Emanation nur über Rückstoß (~ 30 nm) und Oberflächenverunreinigungen
- Messergebnis von ~ 70 m² Edelstahlband:
 $(5 \pm 1) \mu\text{Bq/m}^2$
- Schweissnähte stellen potentielle Radonquelle dar!

Schweißnähte



^{222}Rn -Emanation von Schweißnähten



Zahl der Platten	Beschreibung	Behandlung	Emanationsrate [mBq/m]
7	Oberfläche: 1.5 m ² 2,5 m Schweißnaht	“Standard”- Entfettung im Ultraschallbad	0,36 ± 0,04
2 davon	0,8 m Schweißnaht	Ätzung mit 20 % HNO ₃ und 1,7 % HF plus Passivierung mit 15% HNO ₃	< 0,1
4 davon	1,2 m Schweißnaht	Elektropolitur	0,10 ± 0,04
4 davon	1,2 m Schweißnaht	Elektropolitur und Ätzung	< 0,04

Konsequenzen für Emanation des GERDA-Kryostaten



- Edelstahl-Emanation mit $5 \mu\text{Bq}/\text{m}^2$:
 \Rightarrow ($\sim 80 \text{ m}^2$): **0,4 mBq**
- Unbehandelte Schweißnähte mit $0,36 \text{ mBq}/\text{m}$:
 \Rightarrow ($\sim 100 \text{ m}$): **40 (20*) mBq**
- Geätzte Schweißnähte mit $<0,4 \text{ mBq}/\text{m}$:
 \Rightarrow ($\sim 100 \text{ m}$): **<4 (<2*) mBq**
- Monte Carlo: $10^{-4} \text{ cts}/(\text{kg}\cdot\text{keV}\cdot\text{y}) \Leftrightarrow$ **8 mBq** bei homogener Radonverteilung

* nur 1 Seite der Schweißnaht trägt bei



marTe

SIAD

GAS LASER LINE

SIAD

60

BAR

WYBR 1 8055

Rn-Emanationsmessungen des GERDA-Kryostaten



- Leicht abgeänderte Messprozedur:
 - Füllen mit ^{222}Rn -freiem N_2
 - Extraktion von Teilproben nach einigen Tagen
- 1. Messung (23 m^3 von 169 m^3 (STP)):
 $(16.9 \pm 1.6) \text{ mBq}$ für ganzen Kryostat
- 2. Messung (45 m^3 von 146 m^3 (STP)):
 $(29.8 \pm 2.4) \text{ mBq}$ für ganzen Kryostat
- Radon-Sedimentierung?

Zusammenfassung



- Doppelbetazerfallsexperiment GERDA stellt extreme Reinheitsanforderungen
- ^{222}Rn -Emanationstechnik ist empfindliches Werkzeug zur Reinheitsüberprüfung
- Gründliche Untersuchung aller Materialien des inneren Detektors läuft
- Saubere O-Ringe für Schleuse entdeckt (Kalrez)
- ^{222}Rn -Emanation des Edelstahl-Kryostaten tolerierbar
 - wahrscheinlich dominiert durch Schweißnähte