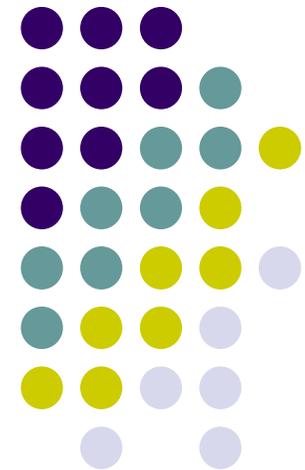


# Das GERDA Experiment

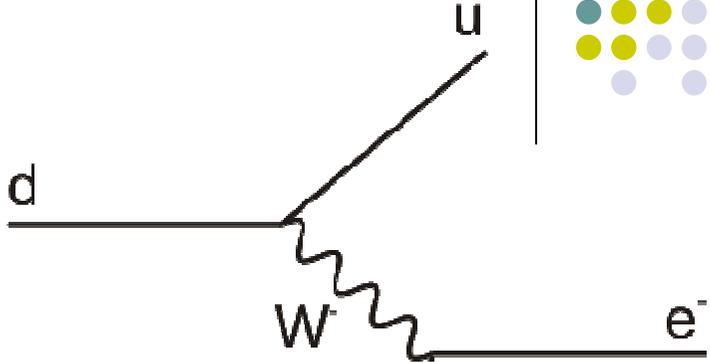
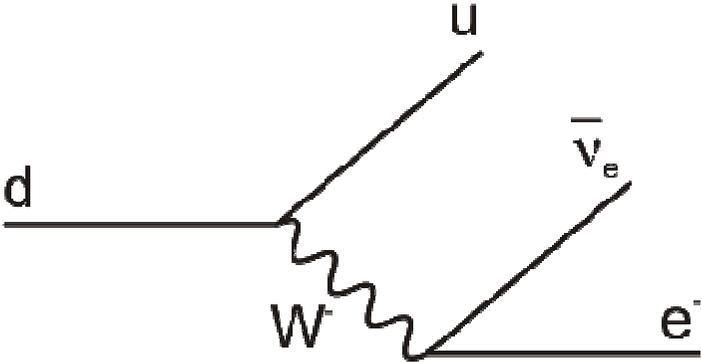


Hardy Simgen  
Max-Planck-Institut für Kernphysik  
Heidelberg

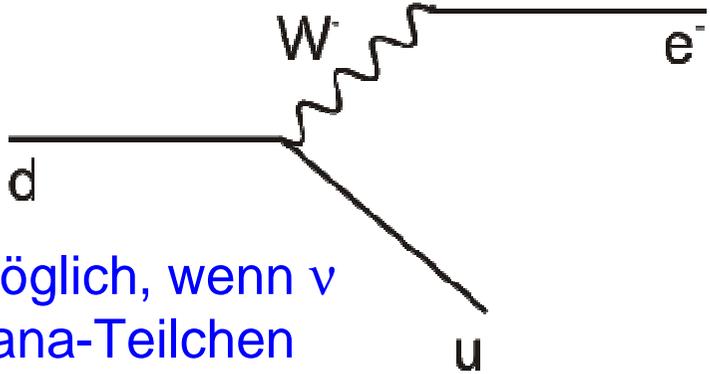
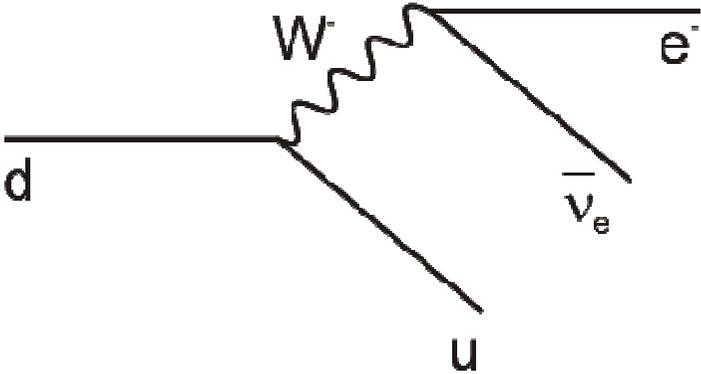
für die  
GERDA Kollaboration



# Der Doppelbetazerfall



$\Delta L = 2 \longrightarrow$



- Kontinuierliches  $\beta\beta$ -Spektrum

- Nur möglich, wenn  $\nu$  Majorana-Teilchen
- 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 ( $\sim Q_{\beta\beta}^5$ )

Nukleares  
Matrixelement

Effektive Majorana-  
Neutrinomasse

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

kohärente Summe



# Warum Germanium?

- Doppelbeta-Isotop  $^{76}\text{Ge}$ !
- Anreicherung von  $^{76}\text{Ge}$  ist möglich (Natürliche Häufigkeit: 7.4%)
- Germanium Halbleiterdioden
  - Quelle = Detektor
  - Exzellente Energieauflösung
  - Hochrein (Einkristall)
- Lange Erfahrung mit Low-Level Germanium Spektrometrie

# Das Konzept von GERDA



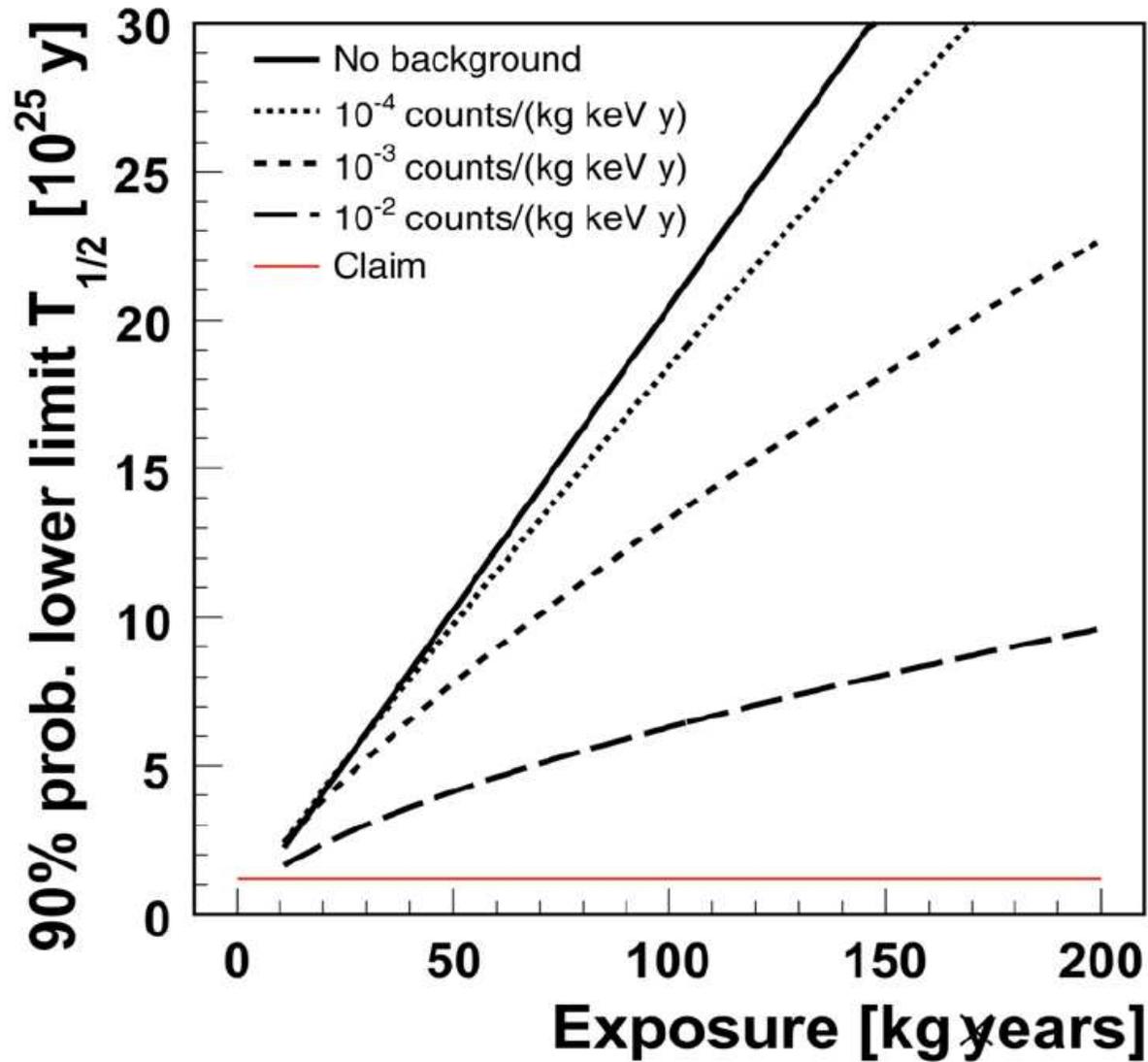
- Ziel: Signifikante Untergrundreduzierung auf  $\leq 10^{-3}$  cts/(kg·keV·y)
- Verunreinigungen in Vorgängerexperimenten hauptsächlich in Kryostat / Diodenhalterung  
→ „nackte“ Dioden in verflüssigtem Gas
- Verflüssigte Gase eine der radioaktiv reinsten Substanzen überhaupt  
(z.B.: BOREXINO-LN<sub>2</sub>: <1 Rn-Atom in 4m<sup>3</sup>).

# Phasen von GERDA



- Phase I:
  - Verwendung existierender  $^{76}\text{Ge}$ -Dioden der Hd-Moskau- und IGEX-Experimente ( $\sim 15 \text{ kg } ^{76}\text{Ge}$ )
  - Untergrundfreie Überprüfung der KK-Evidenz
- Phase II:
  - Hinzufügen neuer Dioden (Total:  $\sim 40 \text{ kg } ^{76}\text{Ge}$ )
  - Segmentierung
- Falls KK-Evidenz nicht bestätigt wird:
  - Ziel: O(1 Tonne) Experiment in weltweiter Kollaboration (Kooperation mit Majorana)

# GERDA Sensitivität



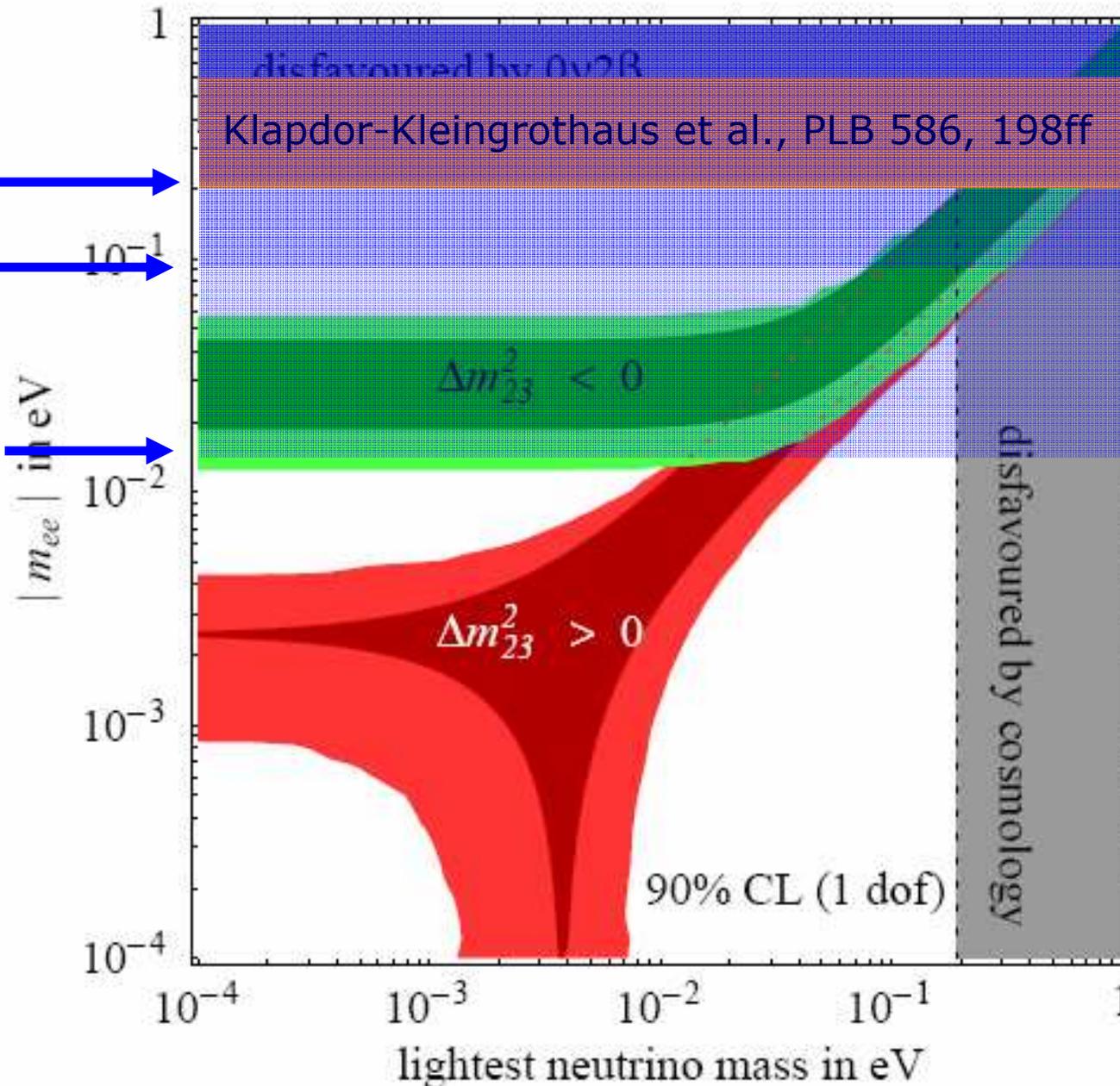
angenommene  
Energie-  
auflösung:

$$\Delta E = 4 \text{ keV}$$

# GERDA Sensitivität



Phase I →  
 Phase II →  
 Phase III →



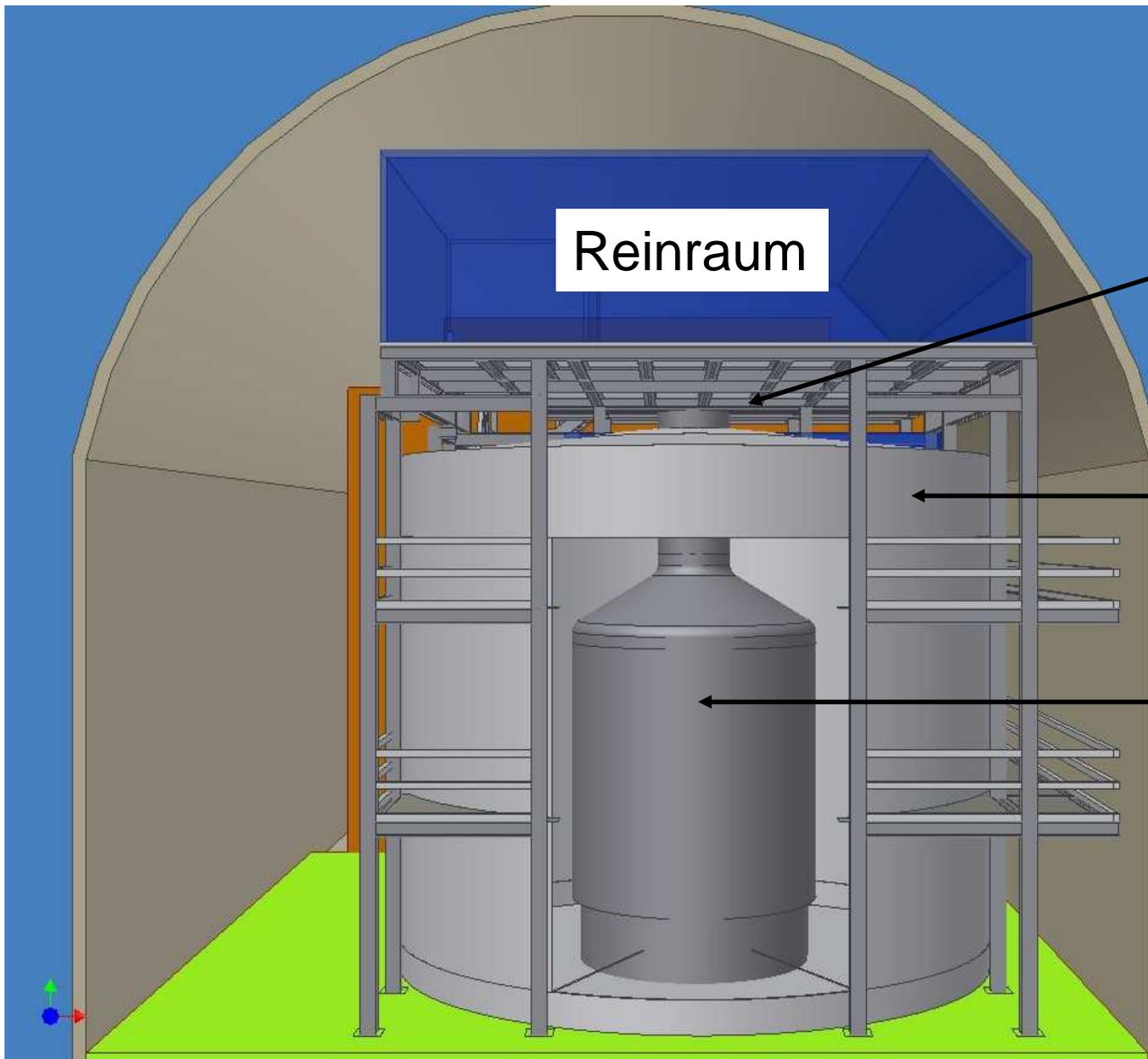
Feruglio  
 Strumia  
 Vissani

NPB 659,  
 359ff

(hep-ph/  
 0201291)

9.3.2007

# GERDA Design I



Reinraum

Schleuse

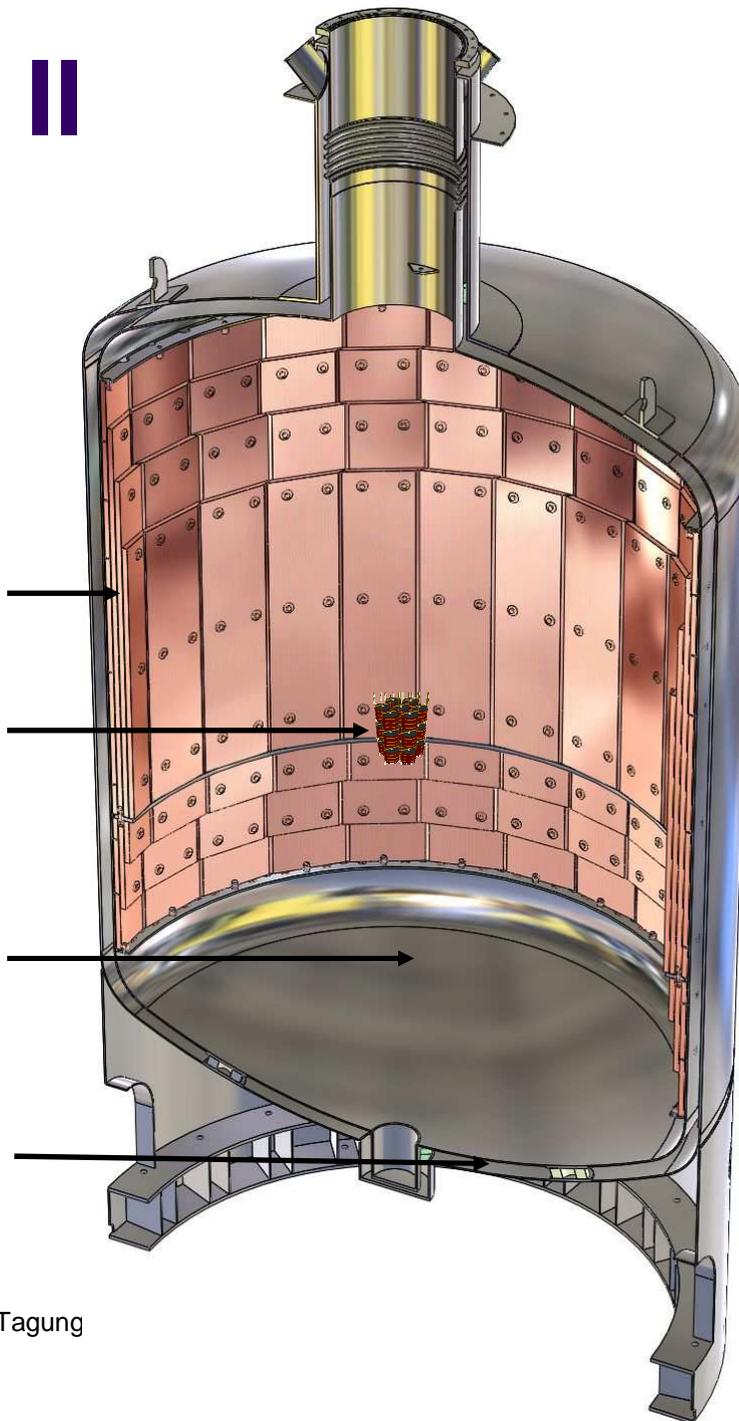
Wassertank

Kryostat

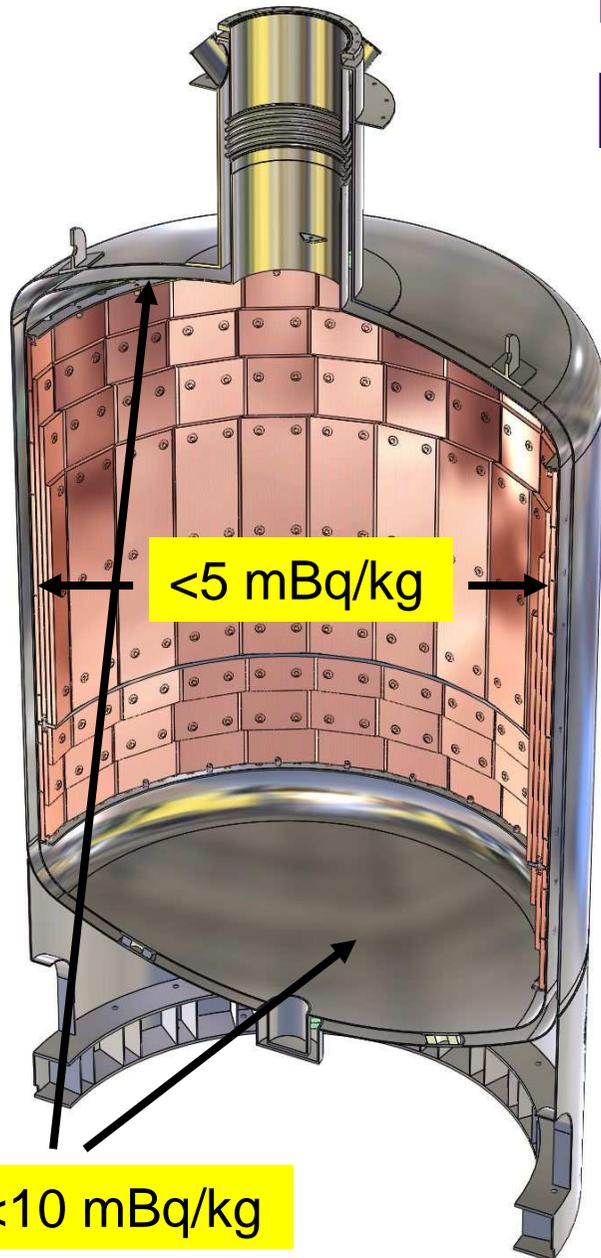
# GERDA Design II



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



# Radioaktive Reinheit des Kryostaten



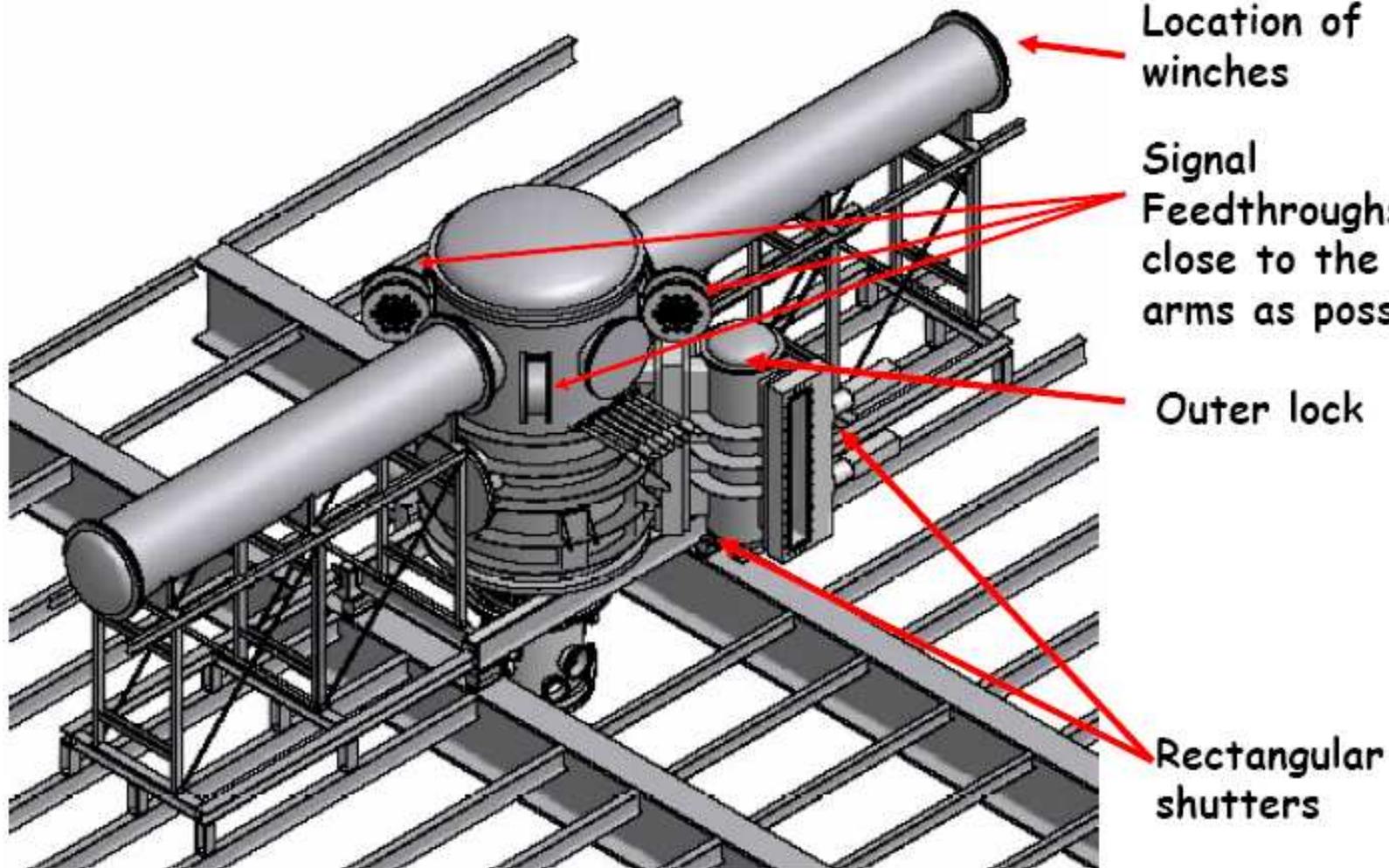
- Edelstahl enthält U/Th-Verunreinigungen (und  $^{60}\text{Co}$ )
- Zusätzliche Abschirmung durch innere Kupferplatten
- Benutzung von LAr statt  $\text{LN}_2$
- Selektion von möglichst reinem Edelstahl (SS 1.4571)

# Gemessene Edelstahlproben für den GERDA-Kryostaten



No.	Specific activity [mBq/kg]			
	$^{228}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$	$^{60}\text{Co}$
1 D	$5.1 \pm 1.0$	$2.9 \pm 1.0$	$< 3.9$	$6.5 \pm 0.5$
2 G	$< 0.27$	$< 0.35$	$< 1.1$	$13.0 \pm 0.6$
3 D	$1.1 \pm 0.4$	$< 0.84$	$< 3.3$	$15.1 \pm 0.5$
4 D	$< 2.6$	$< 2.2$	$< 6.2$	$14.4 \pm 1.0$
5 D	$< 1.1$	$< 1.2$	$< 2.8$	$11.6 \pm 0.5$
6 D	$< 0.8$	$< 0.6$	$< 1.7$	$16.7 \pm 0.4$
7 G	$< 0.20$	$< 1.3$	$< 2.8$	$45.5 \pm 2.1$
8 G	$< 0.11$	$< 0.24$	$< 0.93$	$14.0 \pm 0.1$
9 G	$< 0.41$	$< 0.74$	$< 1.1$	$13.8 \pm 0.7$
10 G	$< 1.0$	$< 1.3$	$< 6.8$	$17.1 \pm 0.7$
11 G	$1.5 \pm 0.2$	$1.0 \pm 0.6$	$< 0.81$	$18.3 \pm 0.7$

# Schleusensystem



# N<sub>2</sub>-Reinigung für BOREXINO



Aktivkohle-  
säulen

Produktionsrate: 100 m<sup>3</sup>/h  
<sup>222</sup>Rn < 1 Atom/4m<sup>3</sup> (STP)

# Argon-Reinigung von $^{222}\text{Rn}$



- Gleiches Prinzip wie Stickstoff-Reinigung
- Aber anfängliche  $^{222}\text{Rn}$ -Konzentration in Ar höher als in  $\text{N}_2$
- In Gasphase erreicht:

$^{222}\text{Rn}$  in Ar:  $<1$  Atom/ $4\text{m}^3$  (STP)

- Reinigung funktioniert auch in Flüssigphase!

# GERDA Detektor-Labor am Gran Sasso



9.3.2007

# GERDA Phase I

- Detektorhalter mit geringer Masse entwickelt und getestet
- Viele Aufwärm- und Abkühlzyklen erfolgreich durchgeführt
- Vorhandene Dioden aus Kryostaten entfernt und überarbeitet (fast beendet)

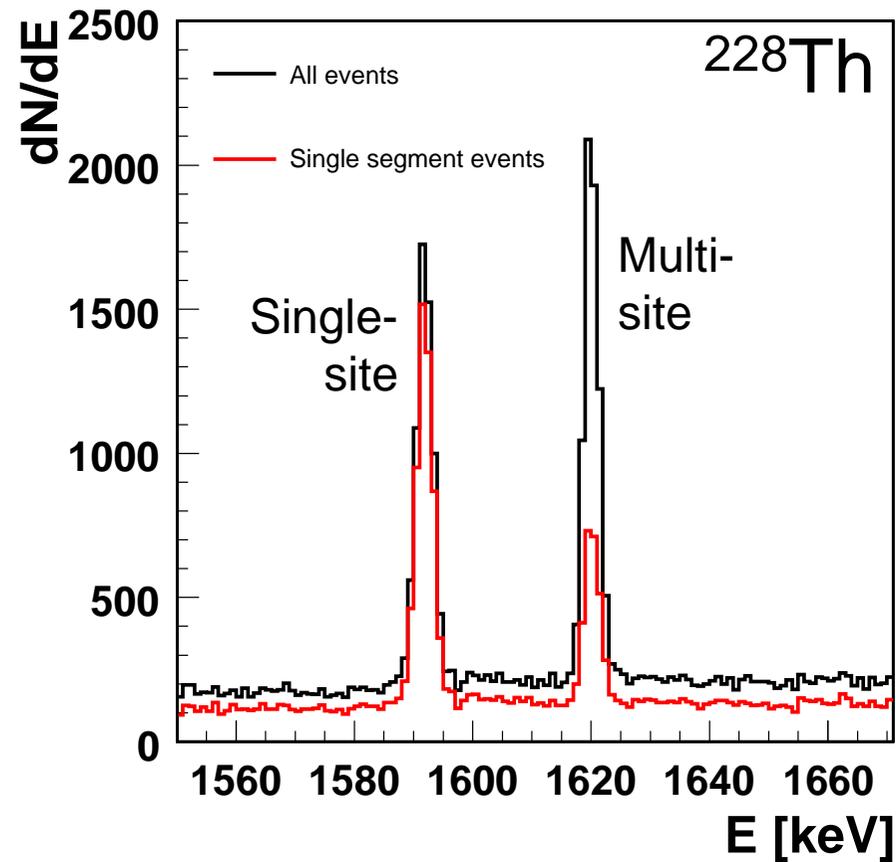




# GERDA Phase II

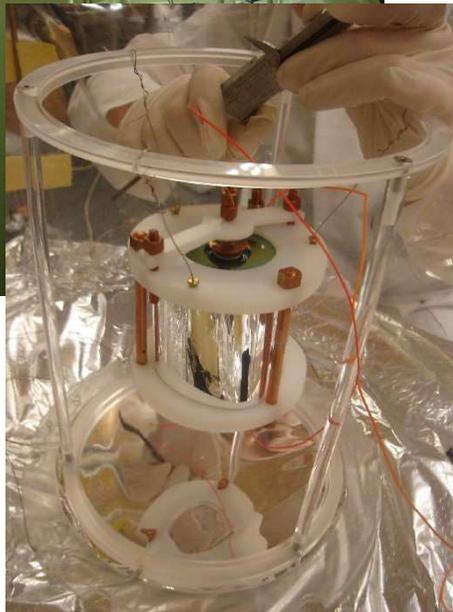
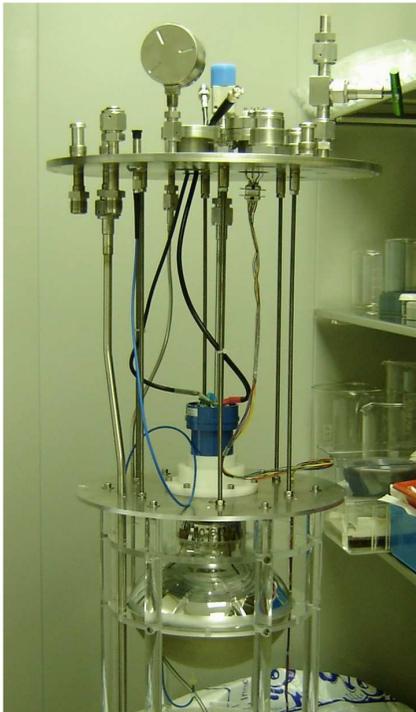
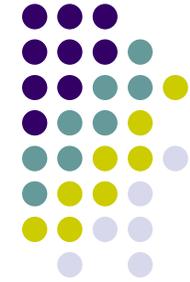
- September 2005: 37.5 kg  $^{76}\text{Ge}$  produziert
  - ~87% Anreicherung
  - als  $\text{GeO}_2$  vorliegend
  - Chemische Reinheit: 99.95 % (noch nicht ausreichend)
- Unterirdische Lagerung bis über weiteres Vorgehen entschieden wird
- Untersuchung verschiedener Optionen für Kristalziehen

# Resultate für 18-fach segmentierten Detektor



- Unterdrückung einer 10 cm entfernten  $^{228}\text{Th}$ -Quelle

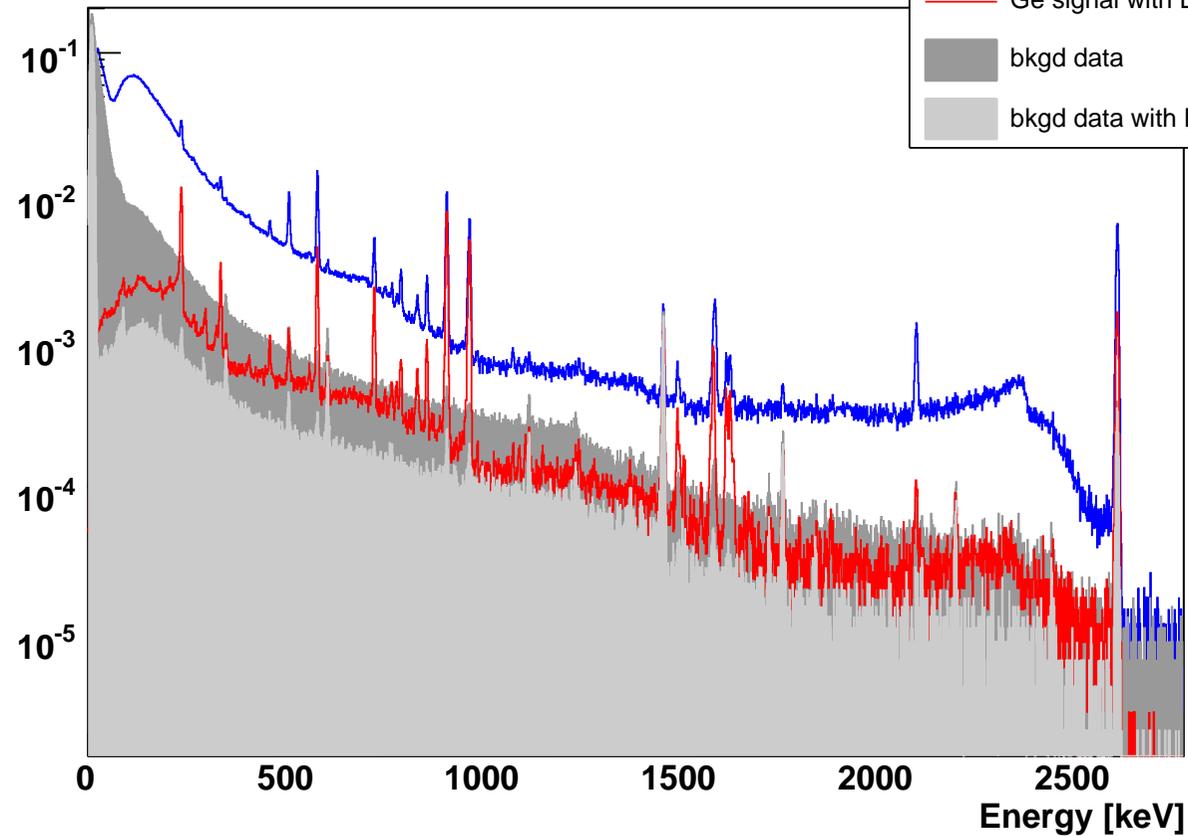
# Untergrundreduzierung durch LAr-Szintillation



9.3.2007

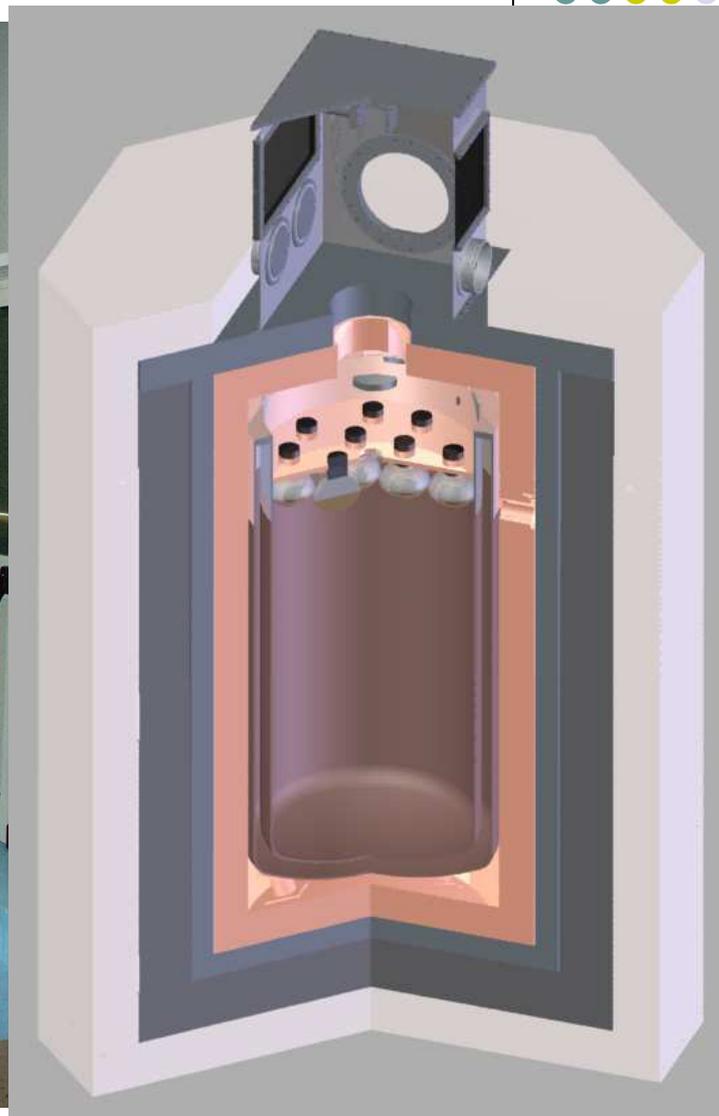
## $^{232}\text{Th}$ -Quelle

rate [hz]



H. Simgen, DPG-Tagung Heidelberg 2007, T 502.3

# LArGe @ Gran Sasso



9.3.2007

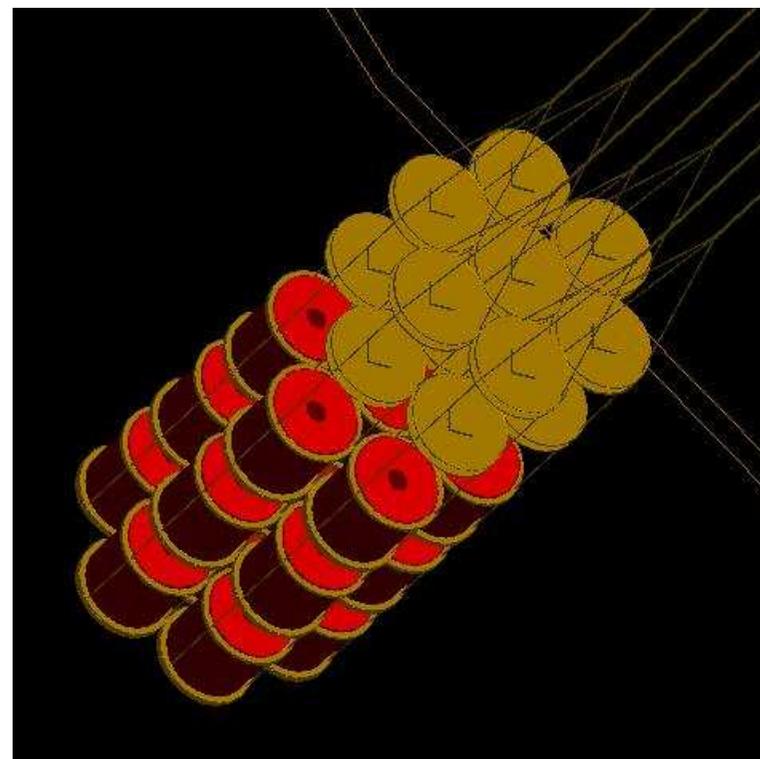
H. Simgen, DPG-Tagung Heidelberg 2007, T 502.3

21

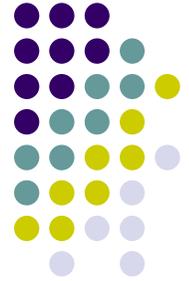


# Monte Carlo Simulationen

- Gemeinsamer Gerda/Majorana Simulationscode “MaGe” basierend auf GEANT4
- Umfangreiche Validierung der verwendeten Physik (Mehrzahl der Testaufbauten sind implementiert)



# GERDA Zeitplan



- Fundament im Gran Sasso existiert
- Bald: Konstruktion der Bodenplatte des Wassertanks
- Sommer 2007: Anlieferung des Kryostaten
- Danach:
  - Fertigstellung des Wassertanks
  - Bau des GERDA-Gebäudes
  - Installation von Reinraum und Schleuse
- Ziel: Inbetriebnahme des Experiments in der zweiten Jahreshälfte 2008