

GERDA

Die Suche nach dem neutrinolosen doppelten Betazerfall des ^{76}Ge



DPG Frühjahrstagung

München

Markus Knapp

Kepler Center for Astro and Particle Physics

9. März 2009



Inhalt

Neutrinos - Überblick

Der neutrinolose doppelte Betazerfall

GERDA – Überblick

GERDA - Status

Zusammenfassung



Neutrinos - Überblick

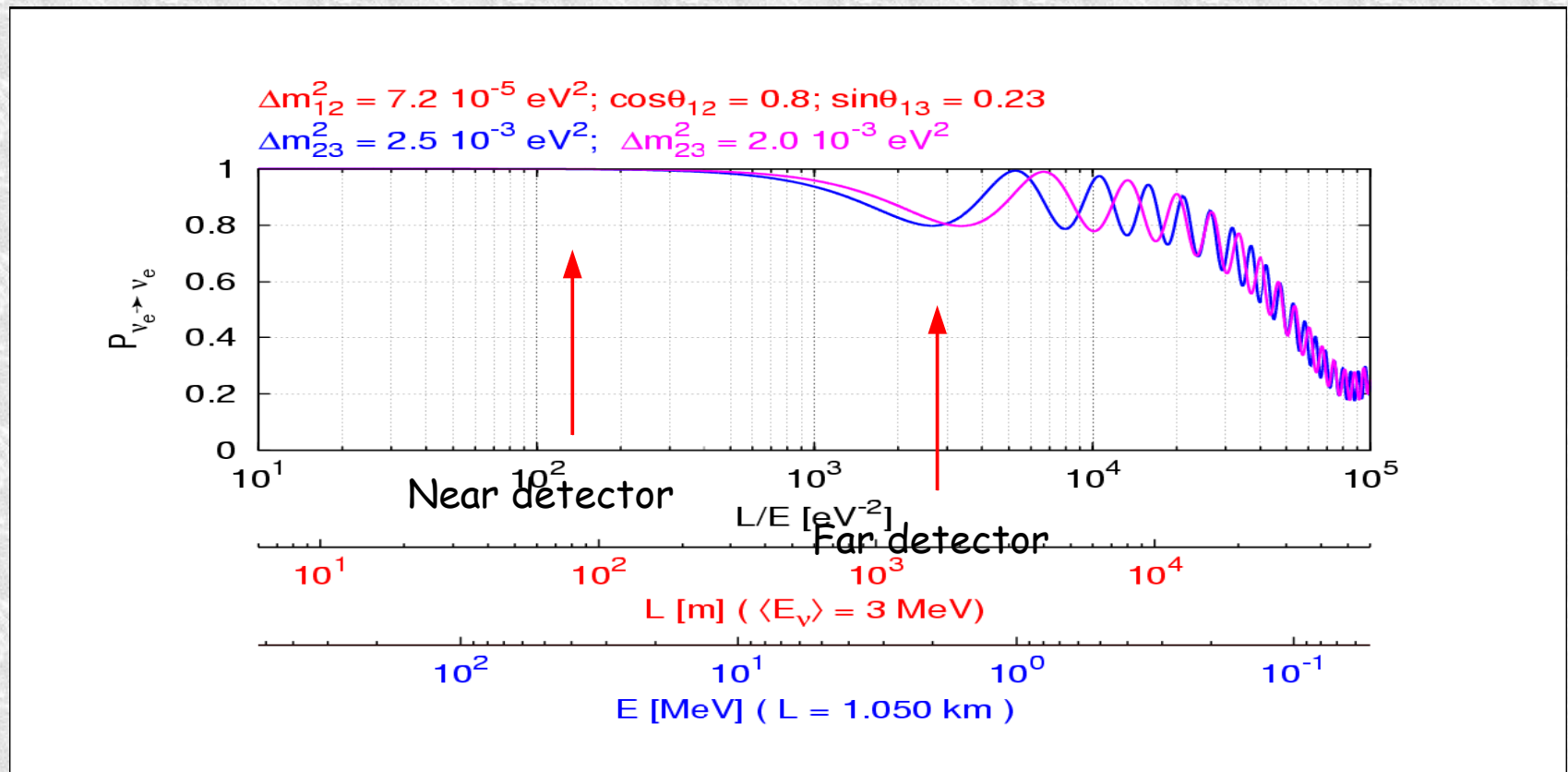


DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



Was wir über Neutrinos wissen - Neutrino Masse:

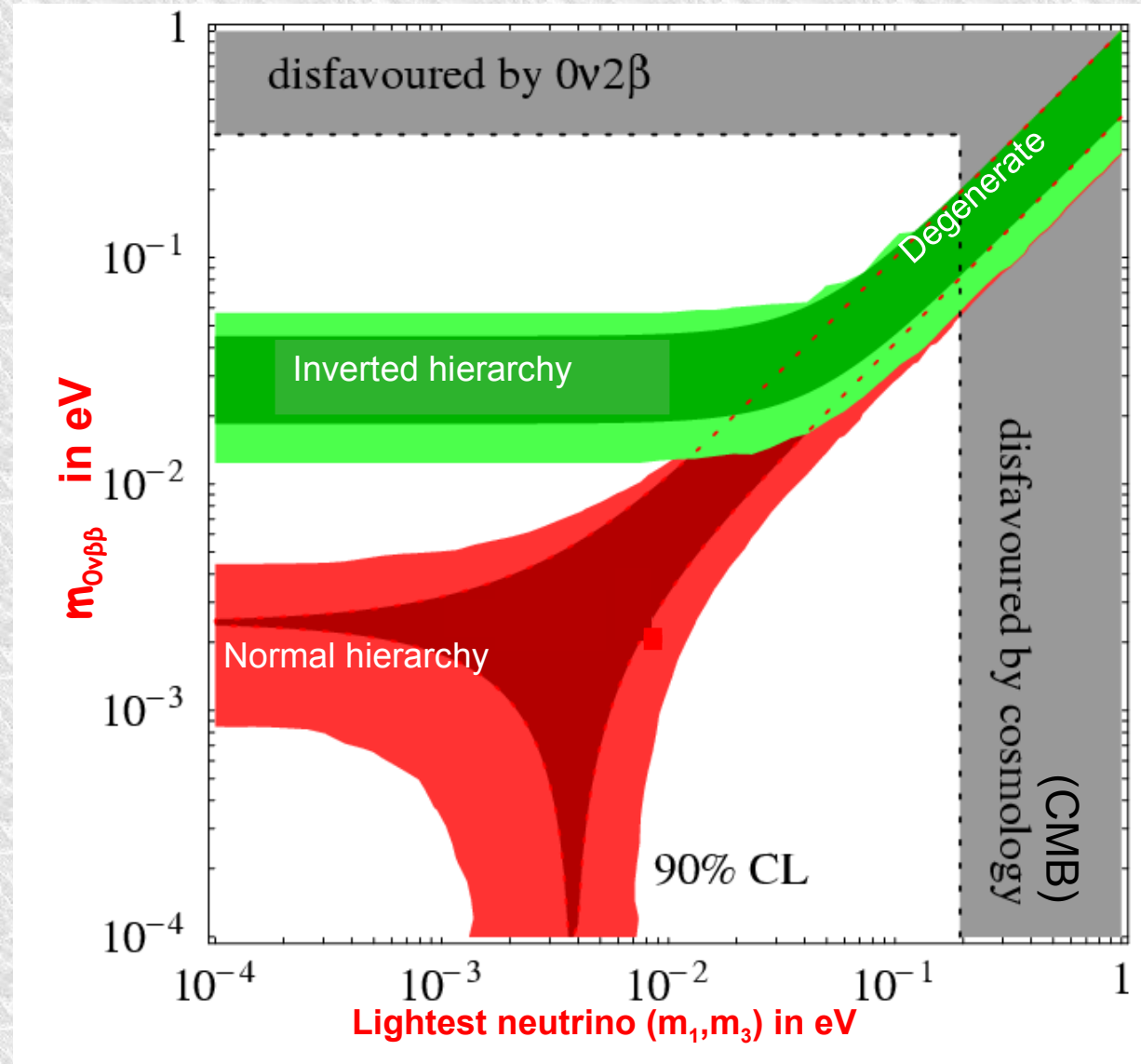
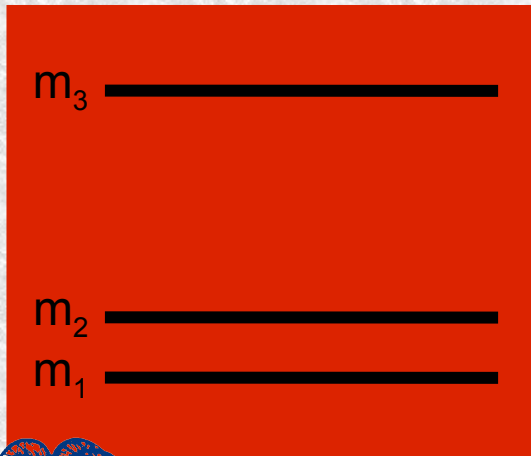
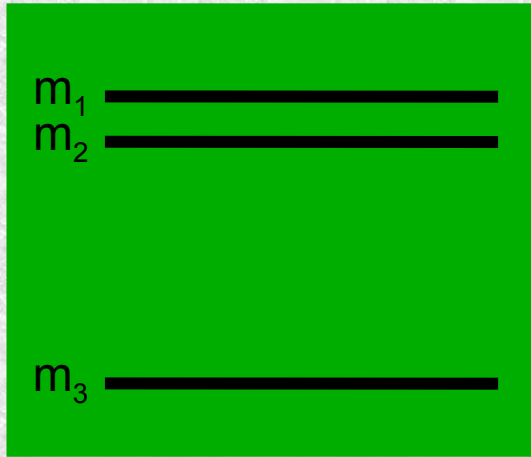
Double Chooz collaboration,
hep-ex/0606025



$$\nu_e < 2.2 \text{ eV} \quad \nu_\mu < 170 \text{ keV} \quad \nu_\tau < 15.5 \text{ MeV}$$



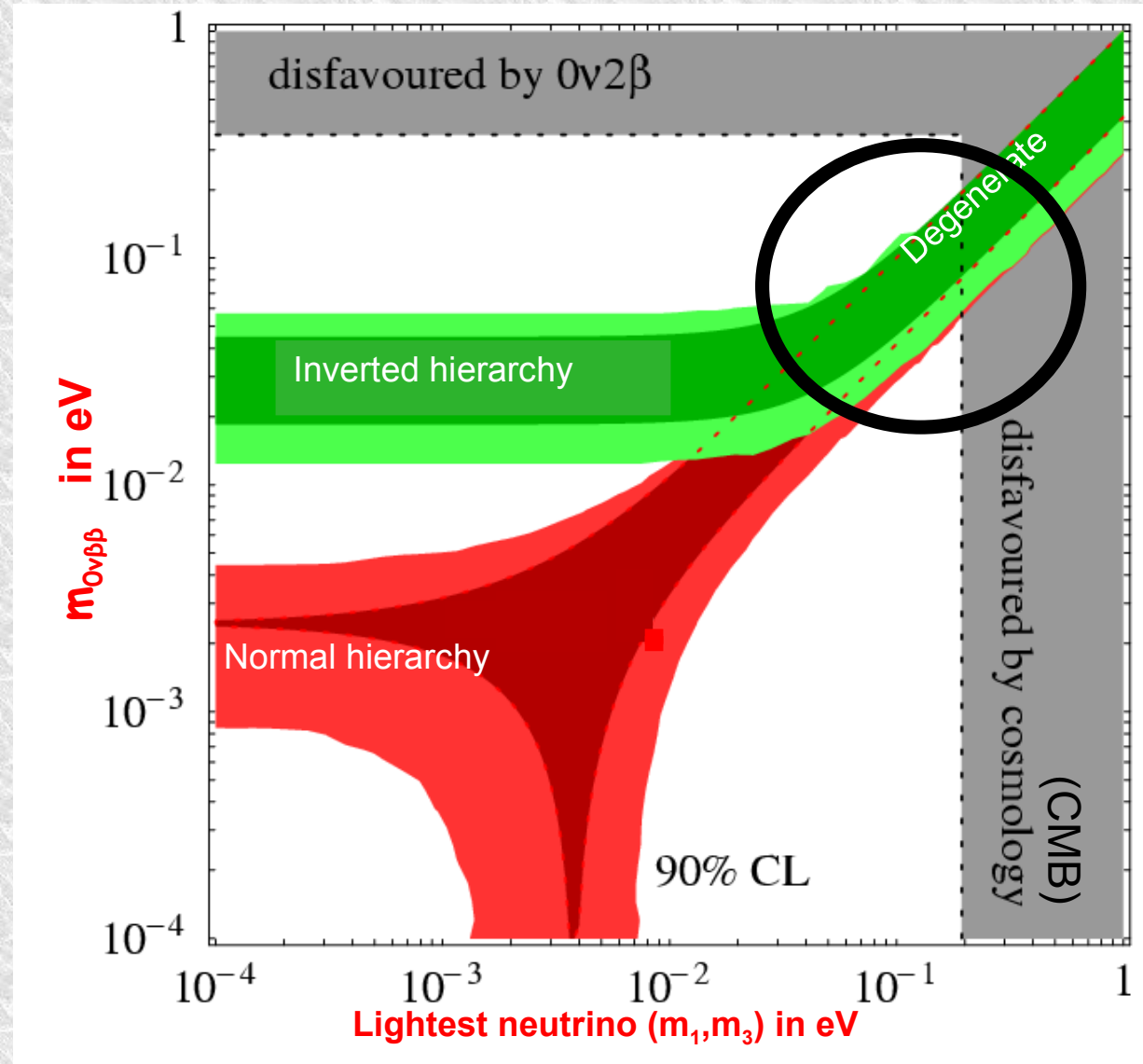
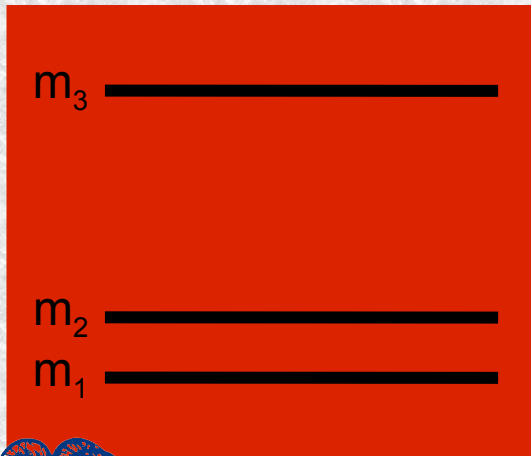
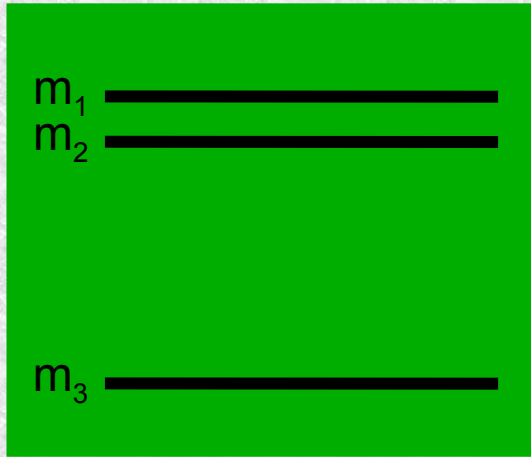
Was wir über Neutrinos wissen - Massenhierarchie



F. Feruglio et al, Nucl. Phys. 2003,
B659, 359-362



Was wir über Neutrinos wissen - Massenhierarchie

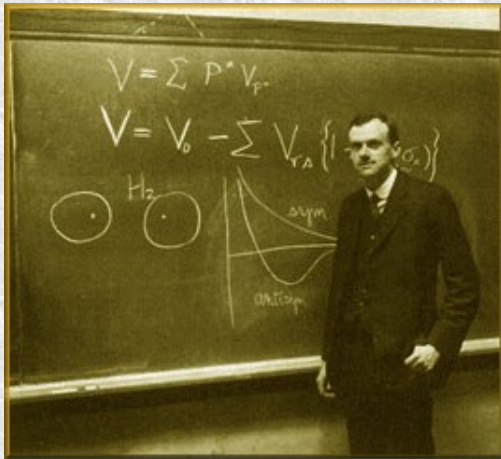


F. Feruglio et al, Nucl. Phys. 2003,
B659, 359-362



Was wir über Neutrinos wissen - Dirac oder Majorana Teilchen:

DIRAC



$$\begin{pmatrix} \nu_{\uparrow} \\ \nu_{\downarrow} \\ - \\ \nu_{\downarrow} \\ - \\ \nu_{\uparrow} \end{pmatrix}$$

or

$$\begin{pmatrix} \nu_{\uparrow} \\ \nu_{\downarrow} \end{pmatrix}$$

MAJORANA

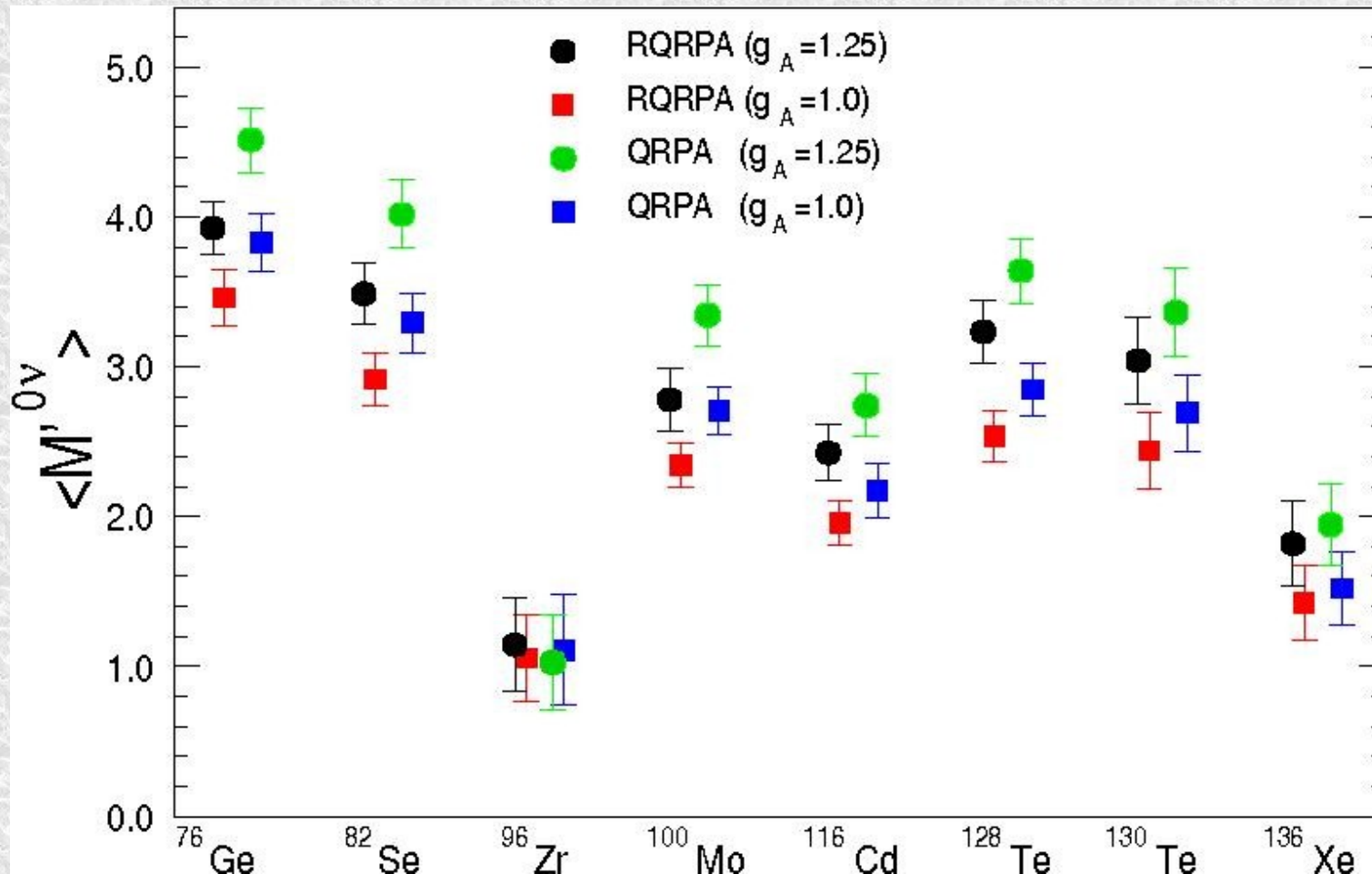


Neutrino unterscheidet sich vom Antineutrino

Rechtshändiger Zustand ist das Antineutrino



Was wir über Neutrinos wissen - Massenmatrix Elemente:



Rodin, Faessler, Simkovic, Vogel,
Nucl. Phys. A 793(2007)213 and arXiv: 0706.4304 [nucl-th]

DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



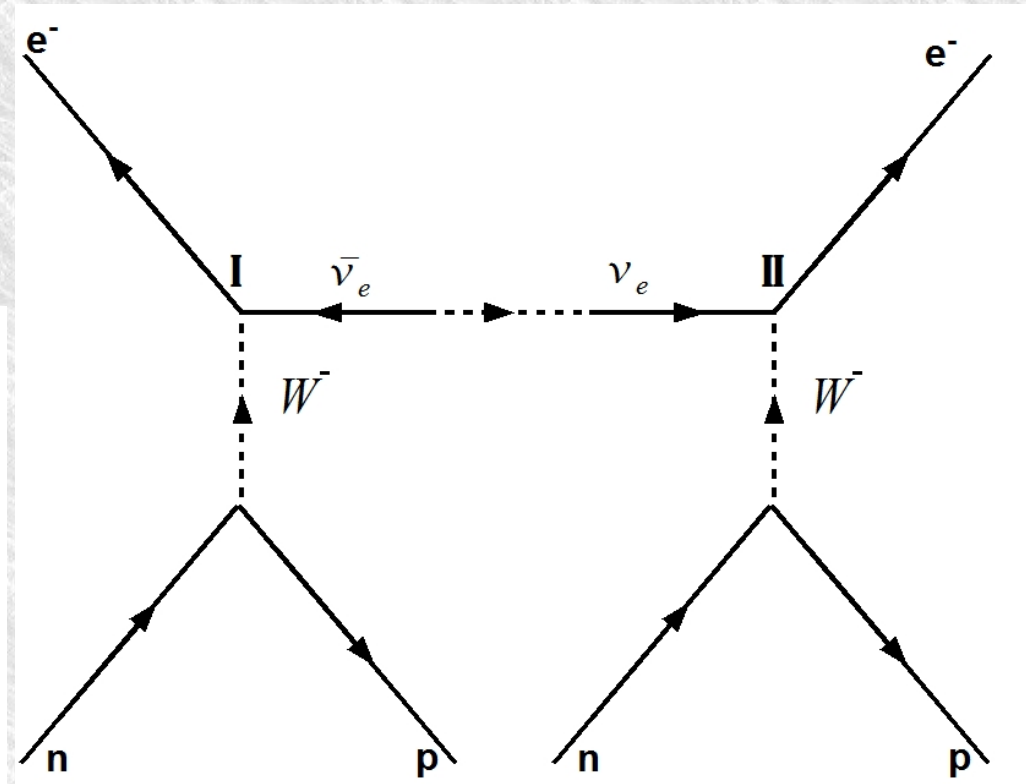
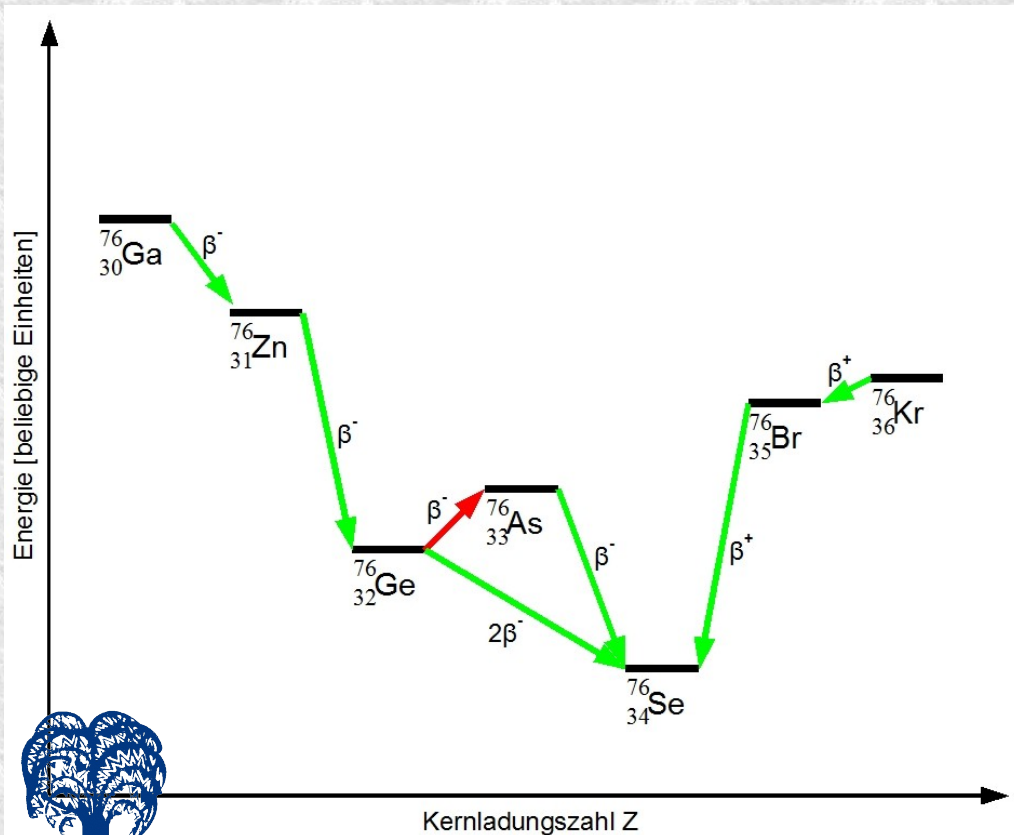
Der neutrinolose doppelte Betazerfall



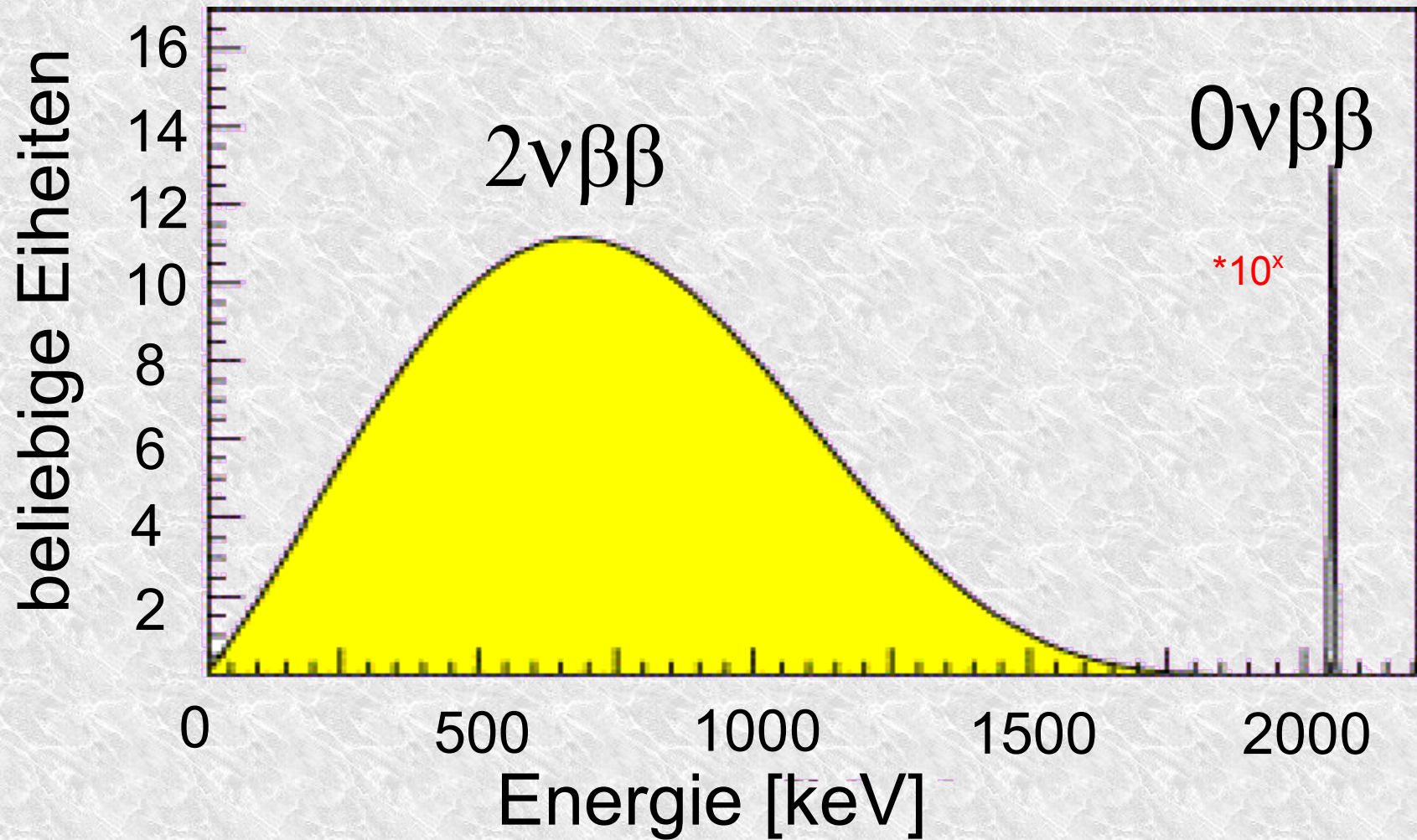
DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



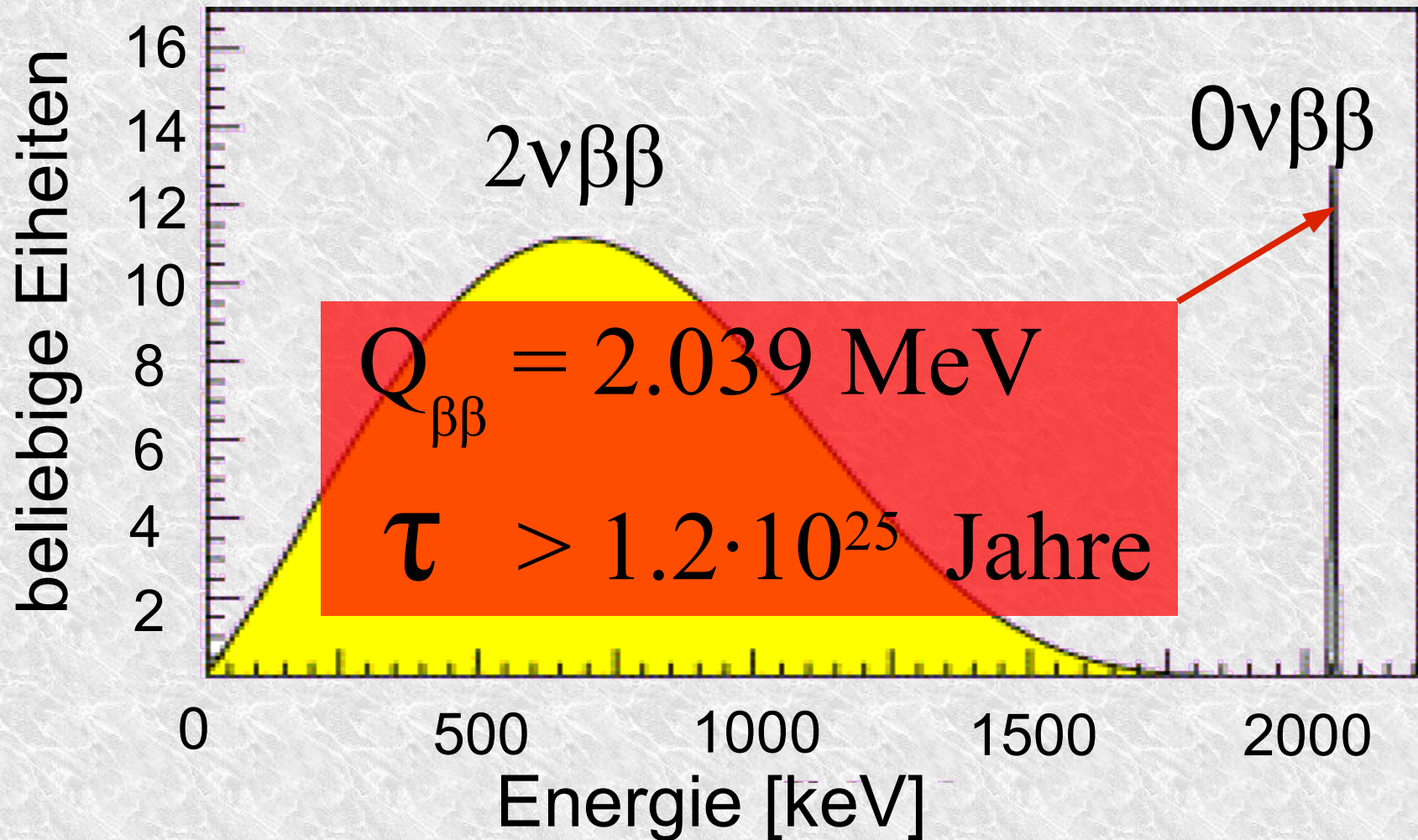
Neutrinoloser doppelter Betazerfall des ^{76}Ge



Erwartetes Spektrum des $0\nu\beta\beta$ von ^{76}Ge



Erwartetes Spektrum des $0\nu\beta\beta$ von ^{76}Ge



Neutrinoloser doppelter Betazerfall

erlaubt es folgende Punkte zu klären:

Verletzung der Leptonenzahlerhaltung

Physik über das SM hinaus

Majorana oder Dirac Natur der Neutrinos

Massenhierarchie

Neutrinomassen (abhängig von der
Massenmatrix) bestimmen





DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



GERDA

Das Germanium Detector Array

^{76}Ge Dioden als Quelle und Detektor
Zuerst werden die Heidelberg-Moscow und
IGEX Kristalle verwendet.

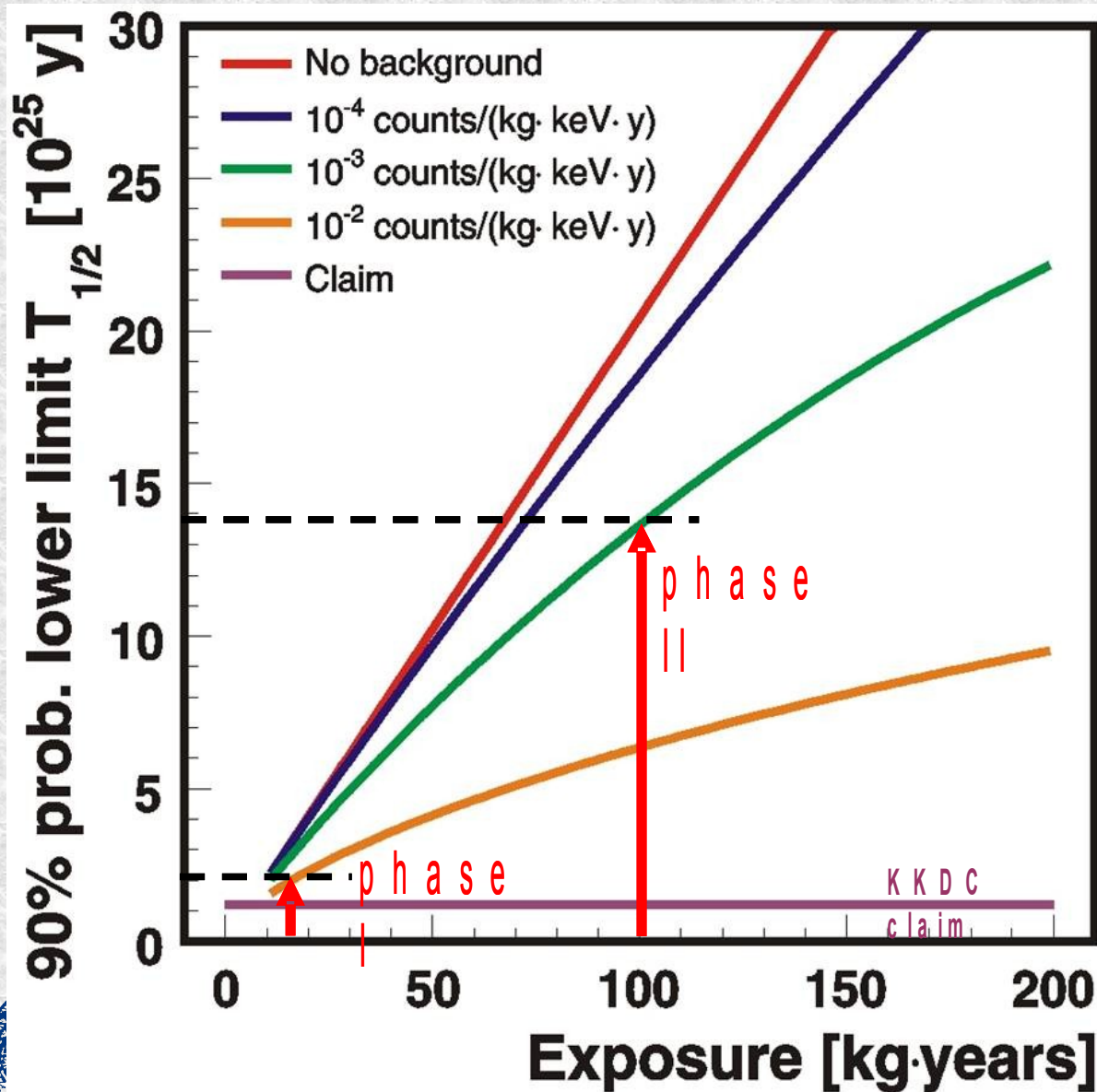
Neue Dioden werden entwickelt
Innovatives Abschirmungs Konzept

(G. Heusser)

Niedriger Untergrund am LNGS
Beginn der Datennahme 2009



GERDA-Sensitivität



Lange Laufzeit

Große Detektormasse

Niedriger Untergrund

Untergrund Reduktion **Überblick**

Anti Koinzidenz zwischen den
Detektoren / Segmentierung der Det.
Abschirmung
Cherenkovdet. und Plastikpaneele als
Myonveto
Verwendung hochreiner Materialien
Pulsformanalyse



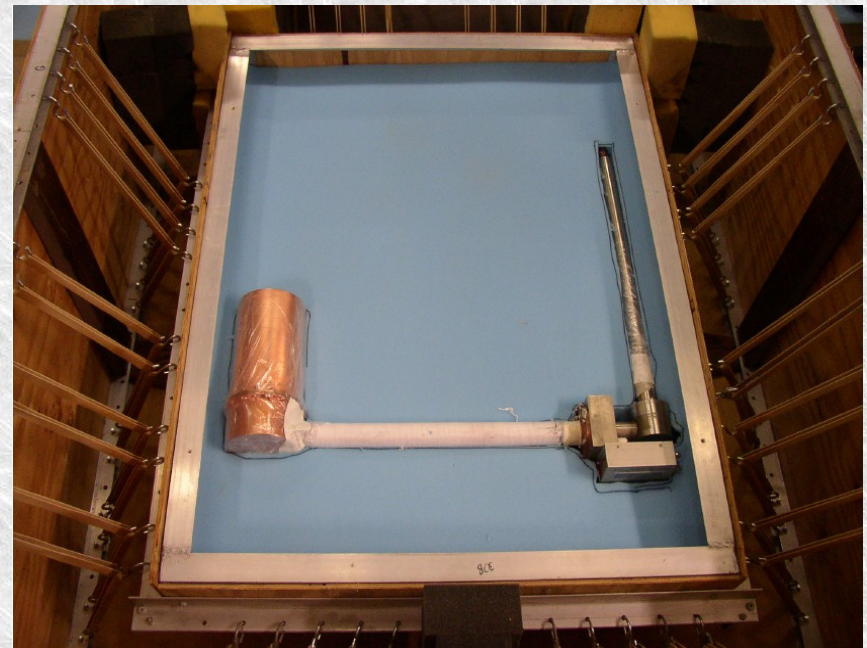
Untergrund Reduktion

GERDA - Detektoren

Ge-Detektoren Heidelberg-Moscow und IGEX
(Exposition = 15kg, 1 Jahr)



Heidelberg-Moscow Detektoren vor dem Test in GDL



IGEX Detektor vor dem Versand an den Gran Sasso

→ Siehe hierzu auch: Vortrag von M. Barnabe Heider - T100.2

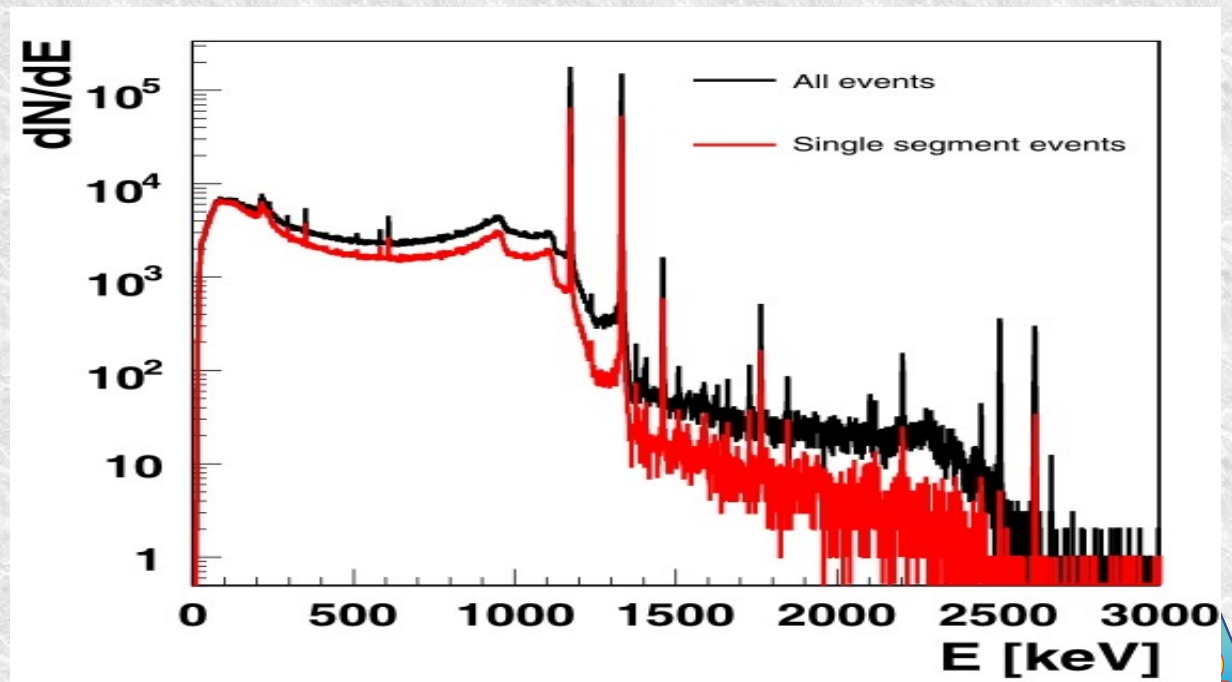
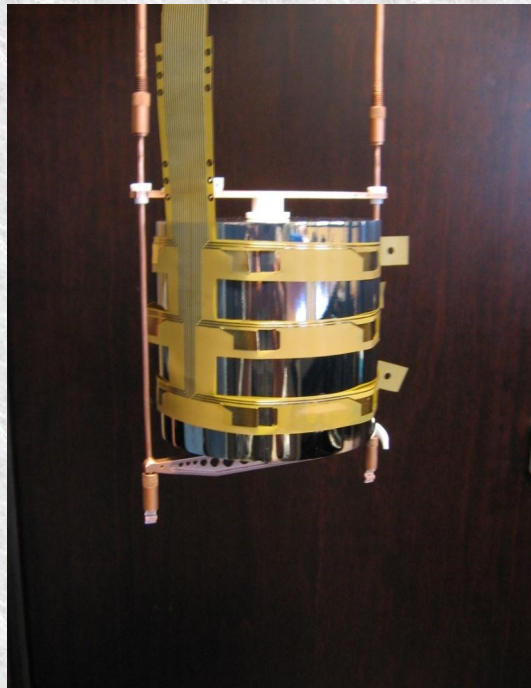


Untergrund Reduktion GERDA - Detektoren

Neue Detektoren mit 18-facher Segmentierung
(6 phi, 3 z)

Detektor: 2.1 kg Ge^{76}

31 g Halterungen (Teflon, Kupfer)



Untergrund Reduktion

GERDA – BEGe Detektoren

Vorgeschlagen vom Majorana Experiment

p-Typ Detektor

Am MPIK in Heidelberg seit April 2008 in Test

Hohe Energieauflösung 350 eV@5,9 keV

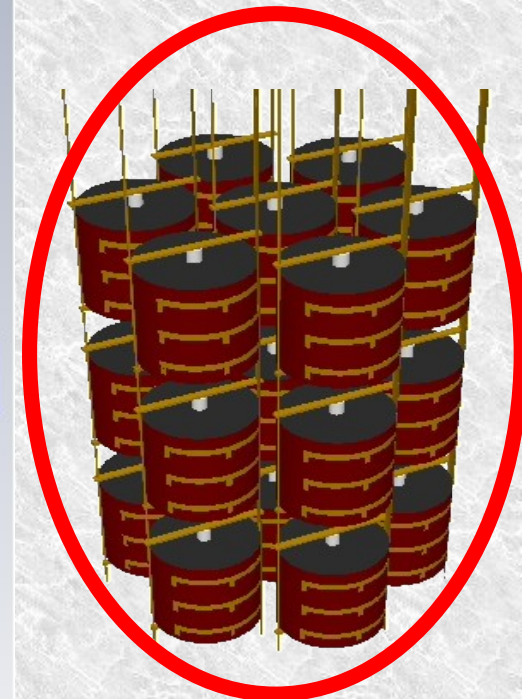
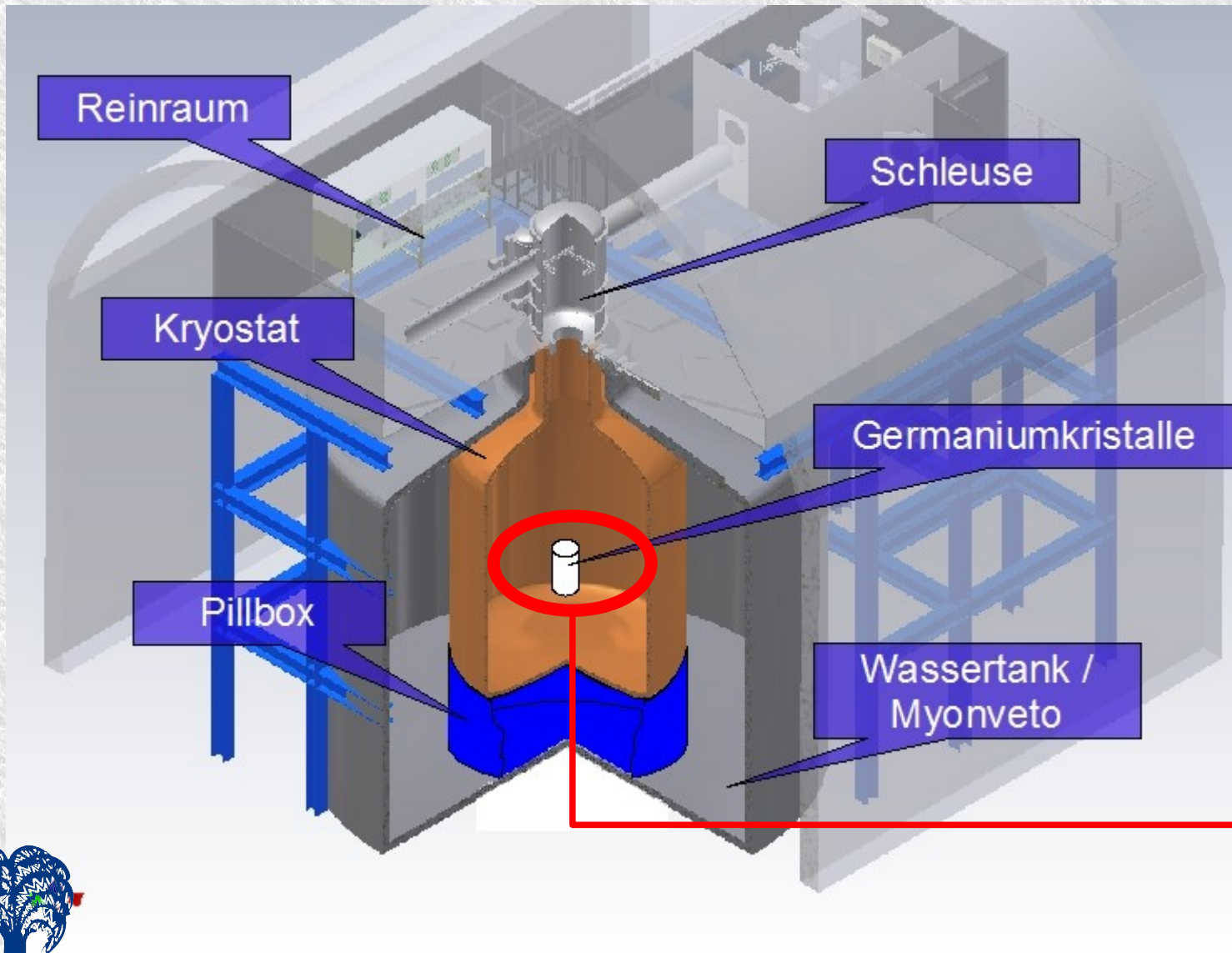
Gute Pulsformanalyse-Eigenschaften

Wenig Kontakte nötig, da Detektor O(kg) Masse hat und nur ein Segment

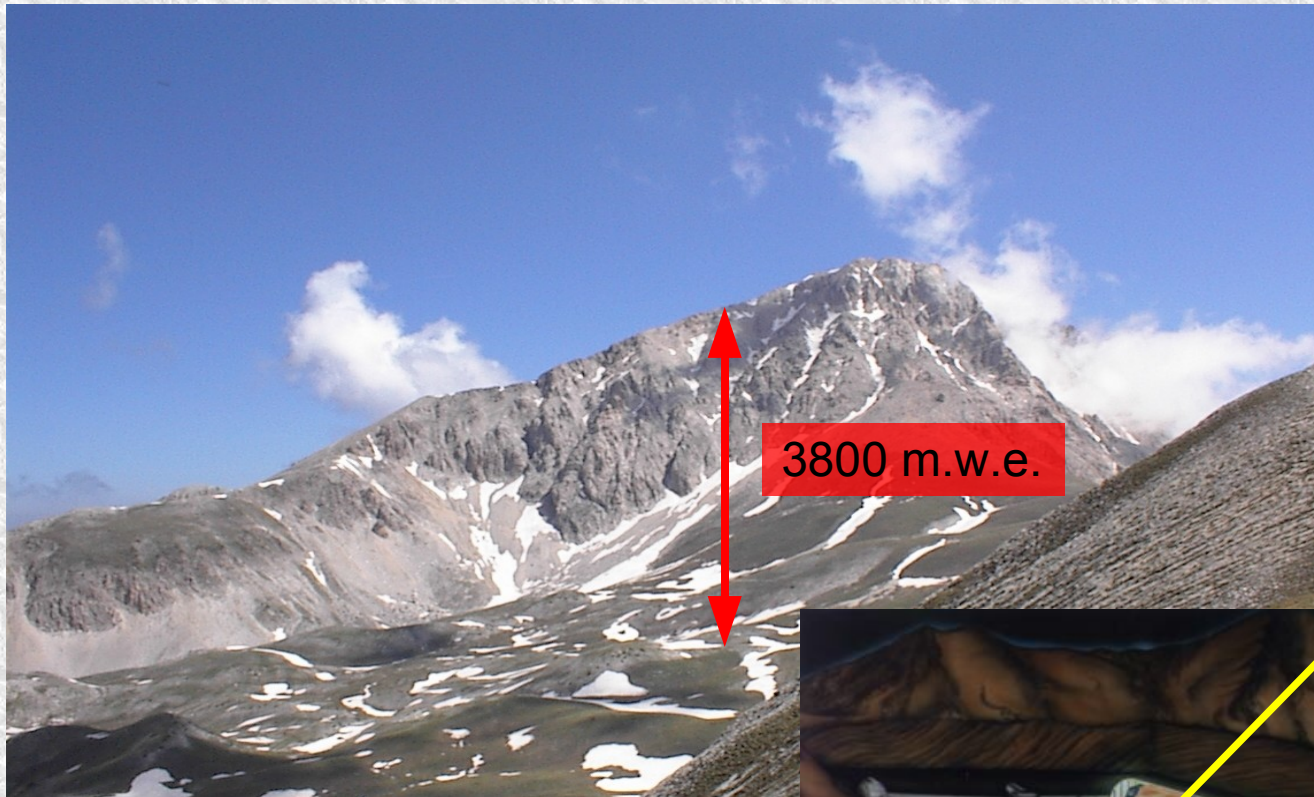
→ Minimaler Untergrund wird eingebracht!



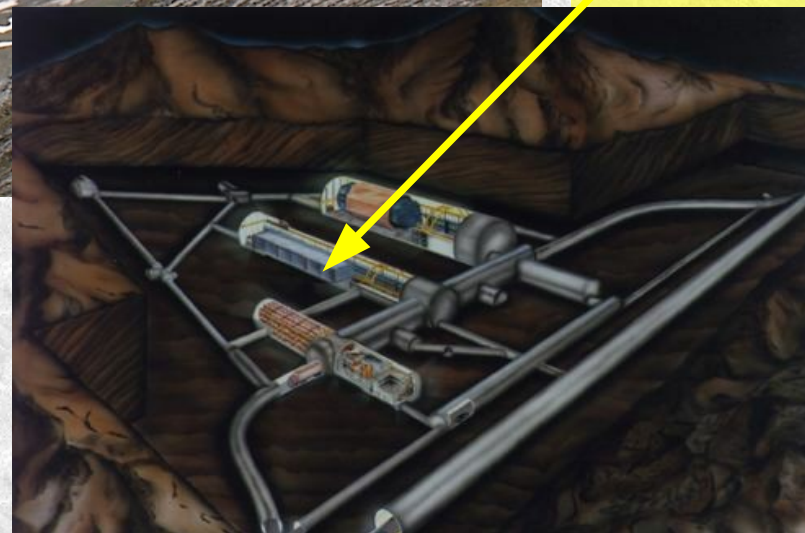
Untergrund Reduktion GERDA - Abschirmung



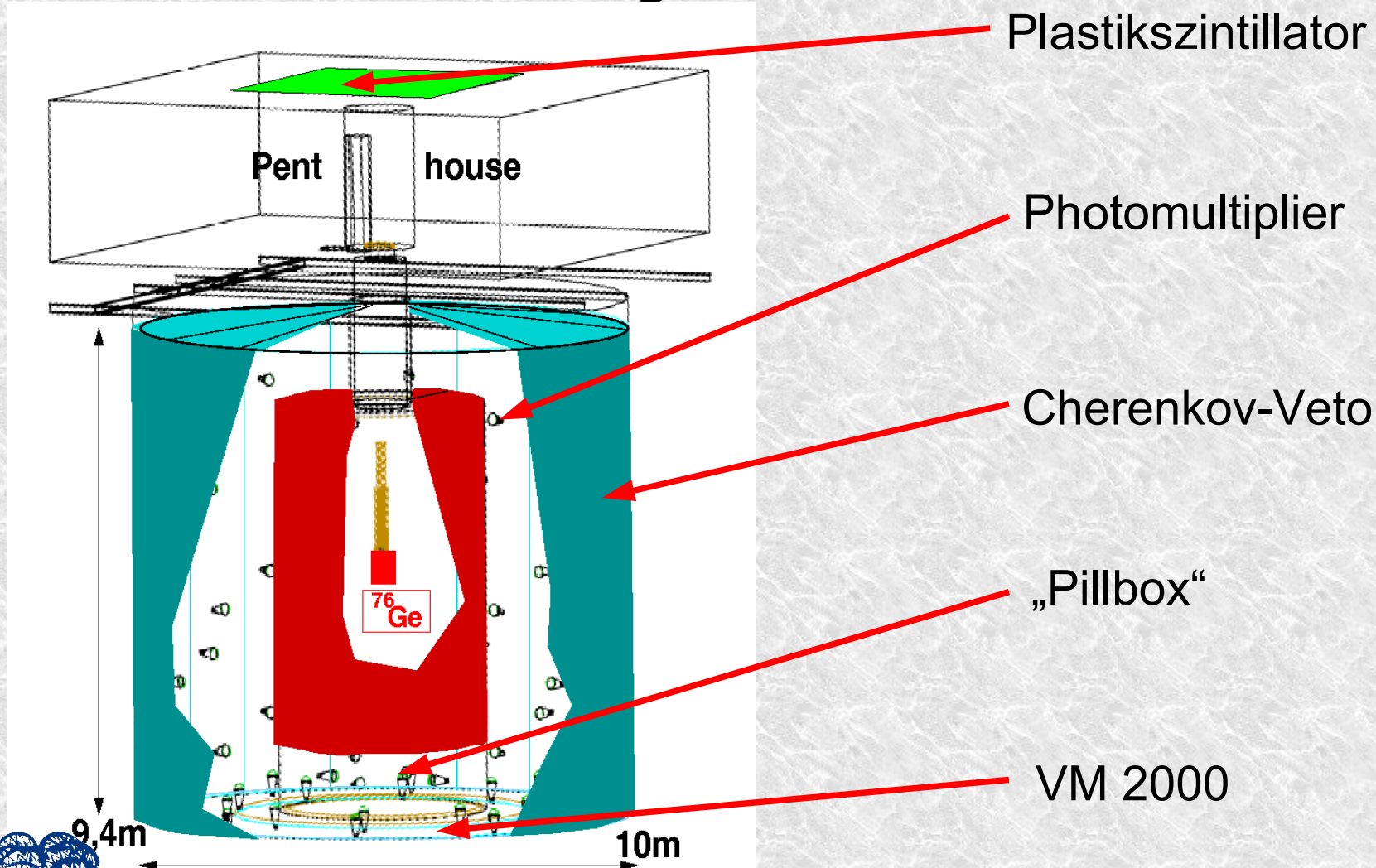
Untergrund Reduktion GERDA - Abschirmung



Halle A, LNGS
(zwischen LVD
und CRESST)



Untergrund Reduktion Myon Veto



Siehe hierzu auch: Vortrag von F. Ritter - T100.3

Untergrund Reduktion Materialien

Abschirmung besteht aus Materialien mit niedriger Kernladungszahl.

Alle Materialien wurden mit Ultralow-level Ge-Spektrometern auf ihre Gamma-Aktivität hin untersucht (^{208}Tl , ^{214}Bi).
Sensitivitäten bis $\leq 20 \mu\text{Bq/kg}$ notwendig!

Auch ^{222}Rn Kontamination des flüssigen Argons ist gefährlich
($10 \text{ mBq} \approx 10^{-4} \text{ cts}/(\text{kg}\cdot\text{keV}\cdot\text{Jahr})$)

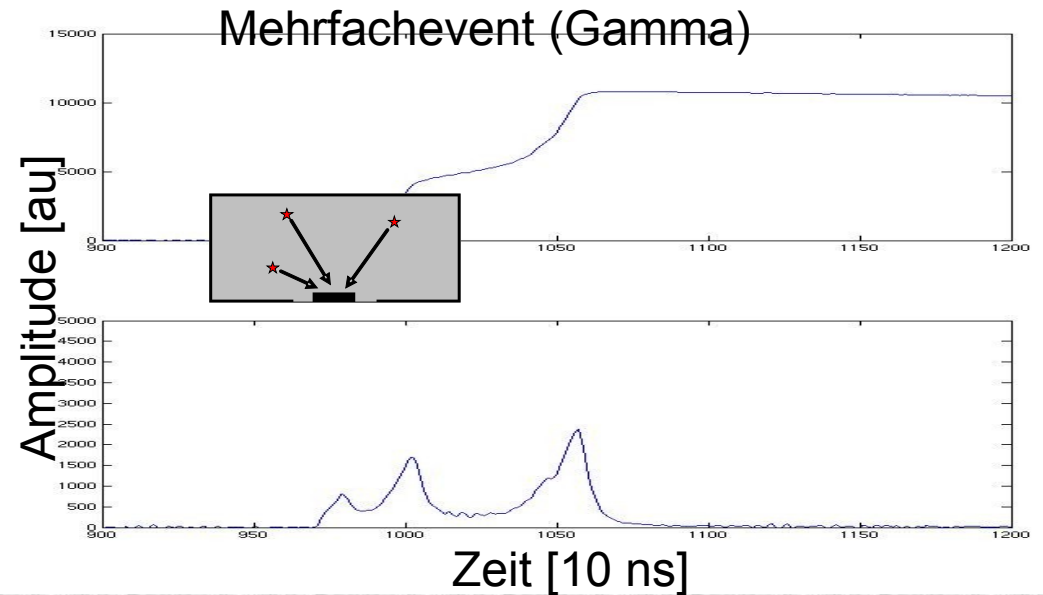
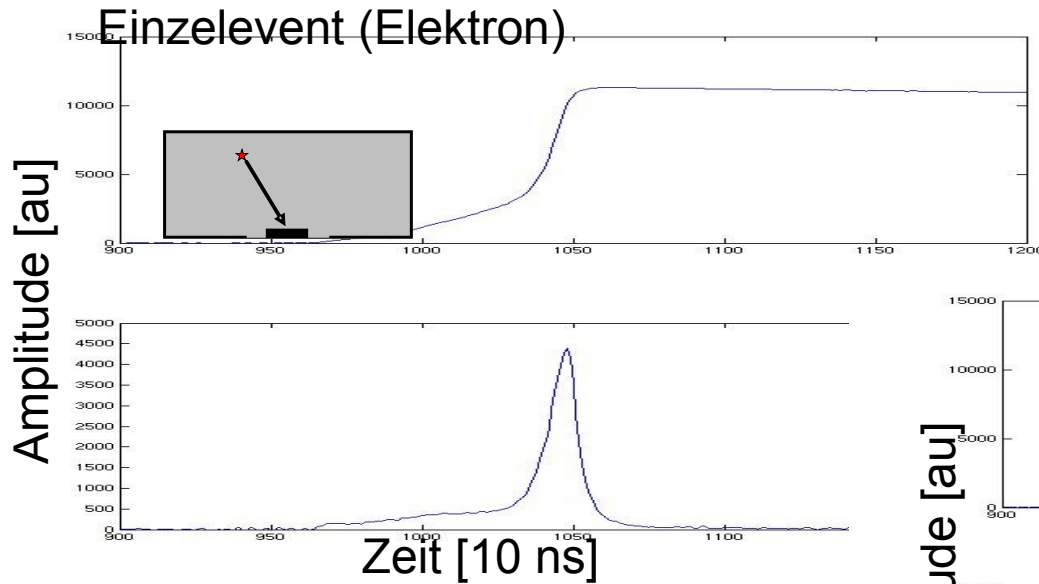
=> ^{222}Rn -Reinungsverfahren für LAr: $< 1 \mu\text{Bq/m}^3$ (STP) d.h.
 < 1 Atom pro 2 m^3 (STP) erreicht

=> Messung der ^{222}Rn -Emanation aller Materialien im inneren Detektor.

→ Siehe hierzu auch: Vortrag von G. Zuzel - T100.4



Untergrund Reduktion Pulsformanalyse



→ Siehe hierzu auch: Vorträge von
J. Liu - T100.5
D. Lenz - T100.6
D. Budjáš - T100.7



GERDA-Phasen

Phase I: Detektoren von Heidelberg-Moscau und IGEX (15 kg, 1 y)

Zwischenphase: Neue Detektoren werden sofort eingebaut, wenn fertig

Phase II: Neue Detektoren (100 kg*y)

Phase III: Zusammenschluss mit der Majorana-Gruppe (~500 kg angereichertes Ge^{76})



Status des GERDA Experiments

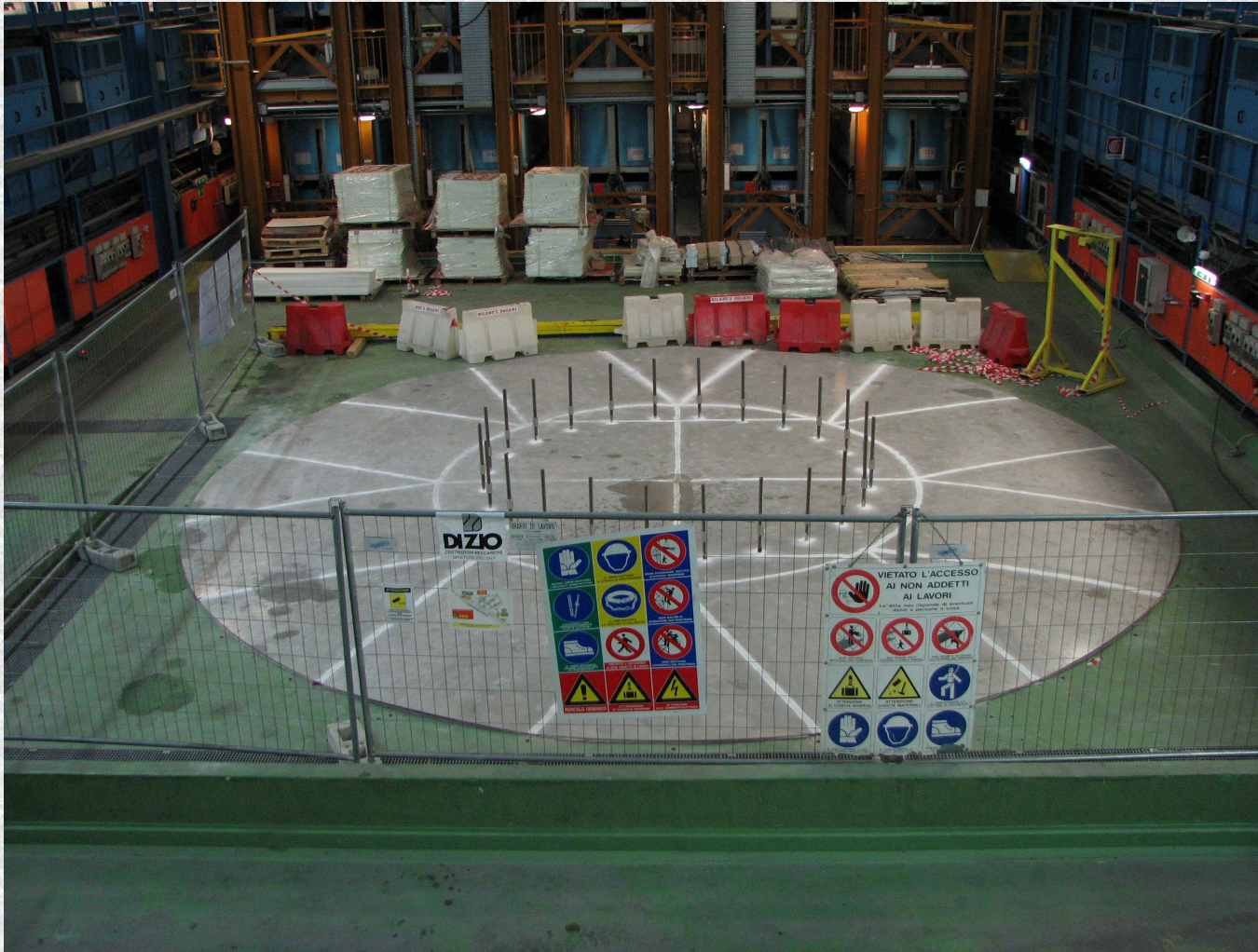


DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



GERDA-Fortschritt

Februar 2008



DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



GERDA-Fortschritt



März 2008



GERDA-Fortschritt



März 2008



GERDA-Fortschritt



Mai 2008



DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



GERDA-Fortschritt



Juni 2008



November 2008



DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



GERDA-Fortschritt

Februar 2009



DPG-Frühjahrstagung – München, 9.März 2009 - Markus Knapp, Universität Tübingen



Zusammenfassung

Es gibt noch viel über Neutrinos zu entdecken

Neutrinoloser doppelter Betazerfall erlaubt
zwischen Majorana und Dirac Teilchen zu unterscheiden
die Massenhierarchie zu verifizieren
die Neutrinomassen zu bestimmen



Zusammenfassung

Wassertank getestet und einsatzbereit

Reinraum wird fertig gestellt

Erste Prototypen der neuen Generation im Test

Myonveto wird in 2 Wochen eingebaut

Bau schreitet planmäßig vorran.

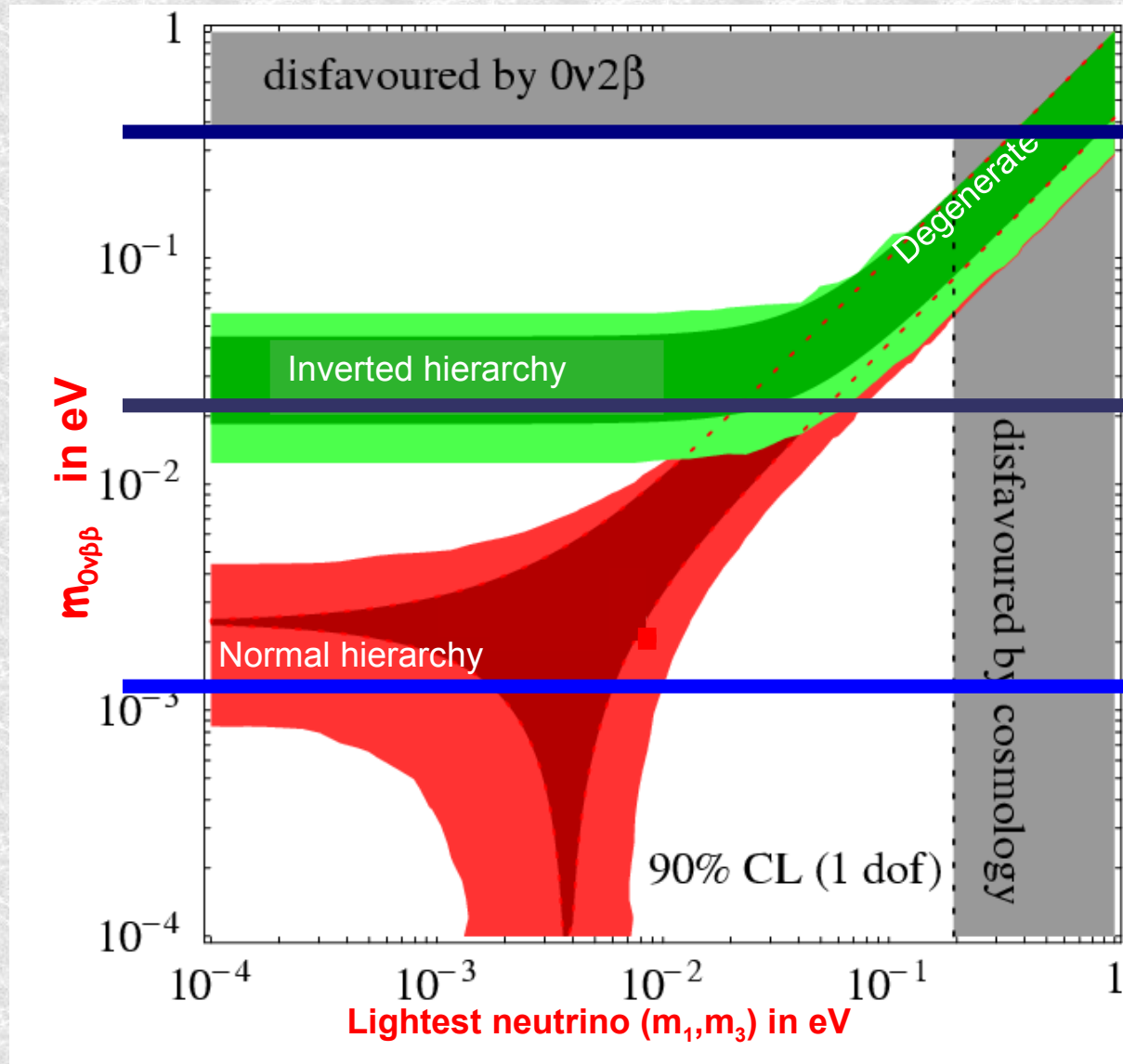
Datennahme beginnt Ende 2009,

Phase II : $m_{\nu} < 0.09 - 0.29 \text{ eV}$

Phase III: reach 10 meV



Ausblick



hier sind wir

Phase II

Phase III



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

