

Suche nach Leptonflavourverletzung

am Beispiel des meg-Experiments

Gliederung

- Motivation
- Das meg-Experiment
 - Anforderungen
 - Aufbau
 - Ergebnisse
- Ausblick

Motivation

Wonach suchen wir? Und warum?

Motivation

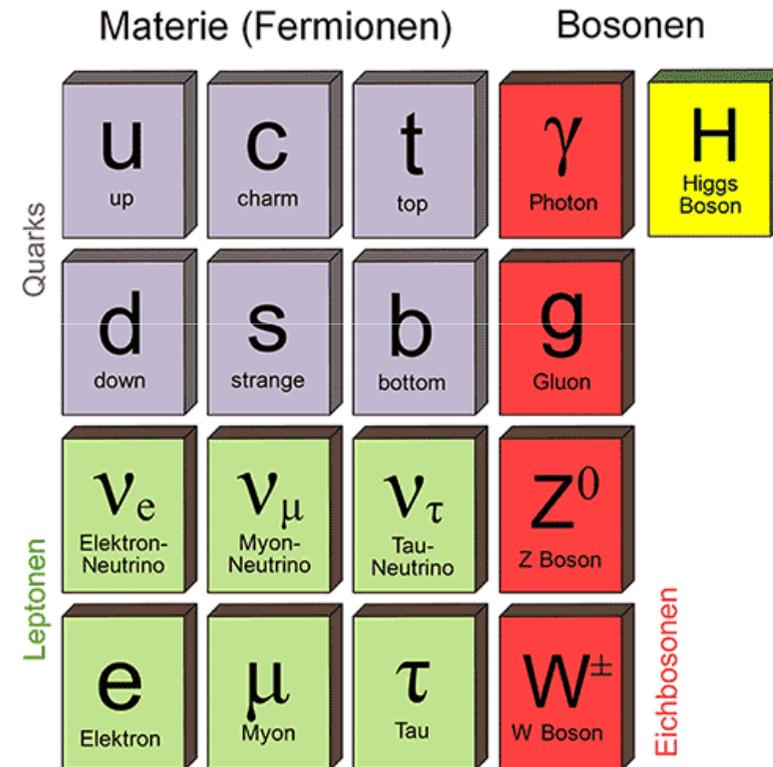
- Drei Leptonflavour: e , μ , τ
- Im „ursprünglichen“ Standardmodell (SM):
Leptonzahlerhaltung
(Leptonflavourerhaltung)

$$L_e = n_e - n_{\bar{e}}$$

$$L_\mu = n_\mu - n_{\bar{\mu}}$$

$$L_\tau = n_\tau - n_{\bar{\tau}}$$

$$L = L_e + L_\mu + L_\tau$$

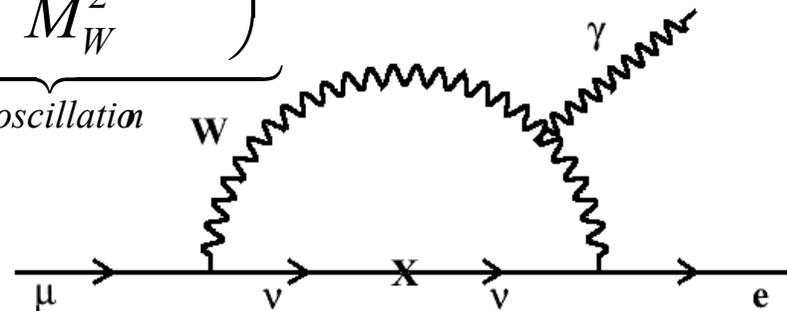


Motivation

- Heute wissen wir:
 - Neutrinos haben Masse
 - Neutrinooszillation (neutral Leptonflavourviolation (LFV))
- Charged LFV dennoch stark unterdrückt im SM
 - Bsp: $\mu \longrightarrow e\gamma$

$$\Gamma(\mu \rightarrow e\gamma) \approx \underbrace{\frac{G_F^2 m_\mu^5}{192\pi^3}}_{\mu\text{-decay}} \underbrace{\left(\frac{\alpha}{2\pi}\right)}_{\gamma\text{-vertex}} \underbrace{\frac{3}{16} \left(\frac{\Delta m_{23}^2 s_{13} c_{13} s_{23}}{M_W^2}\right)^2}_{\nu\text{-oscillation}}$$

$$BR_{\mu \rightarrow e\gamma} \approx 10^{-54}$$



Motivation

- SM erklärt nicht alles
 - Z.B. Dunkle Materie
- Modelle „neuer Physik“ sollen Abhilfe schaffen
 - Bsp. Supersymmetrie
- Massen der SUSY-Partner $> 100\text{GeV}$

Teilchen

Materieteilchen



Kräfteteilchen



Higgsteilchen



SUSY Partner

Sfermionen



Gauginos



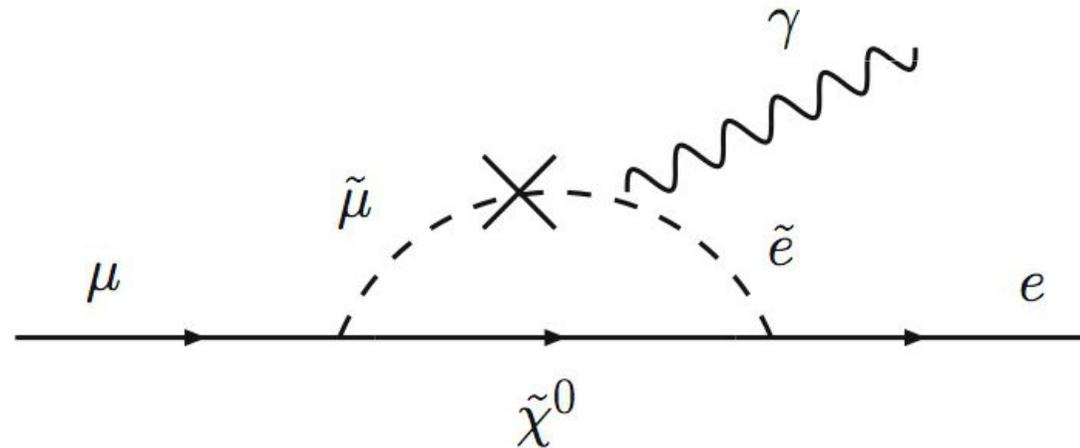
Higgsinos



Motivation

- Experimenteller Nachweis der SUSY-Modells?
 - Erzeugung durch hochenergetische Stöße (LHC)
 - Über Prozesse, die im SM verboten wären

$$\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$$



- SUSY:

$$BR_{\mu \rightarrow e \gamma} \approx 10^{-11} \div 10^{-15}$$

meg-Experiment

Ein paar Infos

- Ort: Paul-Scherer-Institut, Schweiz
- Mitarbeiter von Instituten aus Japan, Italien, Russland, USA
- 1998: Exposé an Komitee
- 2006/2007: erste Testläufe und Kalibrierungen
- 2008: Start der Datennahme
- 2013: vorerst letzte Datennahme



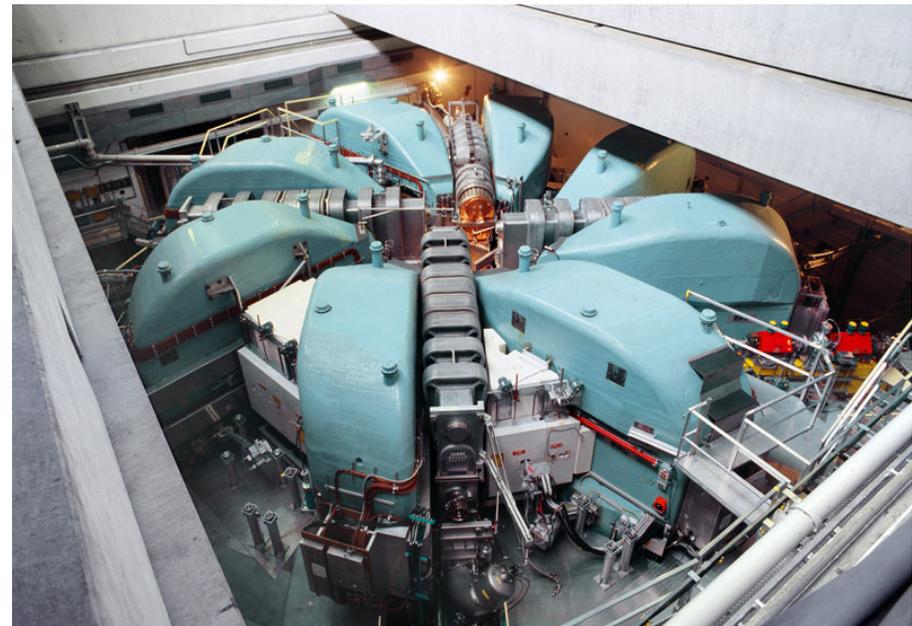
Anforderungen

Anforderungen

- Sehr hohe Myon-Rate
- Gute Energieauflösung für Photon und Positron
- Gute Zeitliche Auflösung
- Gute Räumliche Auflösung
- Wenig Untergrund

Myon-Erzeugung

- Swiss-Myon-Source
 - Stärkste kontinuierliche Myon-Quelle weltweit
- 590 MeV Cyklotron
 - 2,2 mA Proton-Strom
- Graphit-Target
 - $p + p \rightarrow p + n + \pi^+$
 - $p + n \rightarrow p + p + \pi^-$
 - $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
- Mehr als $10^8 \frac{\mu}{s}$

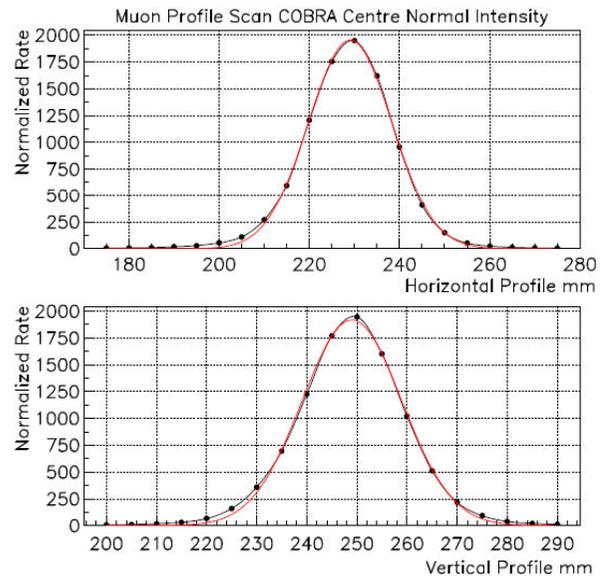


Beamline

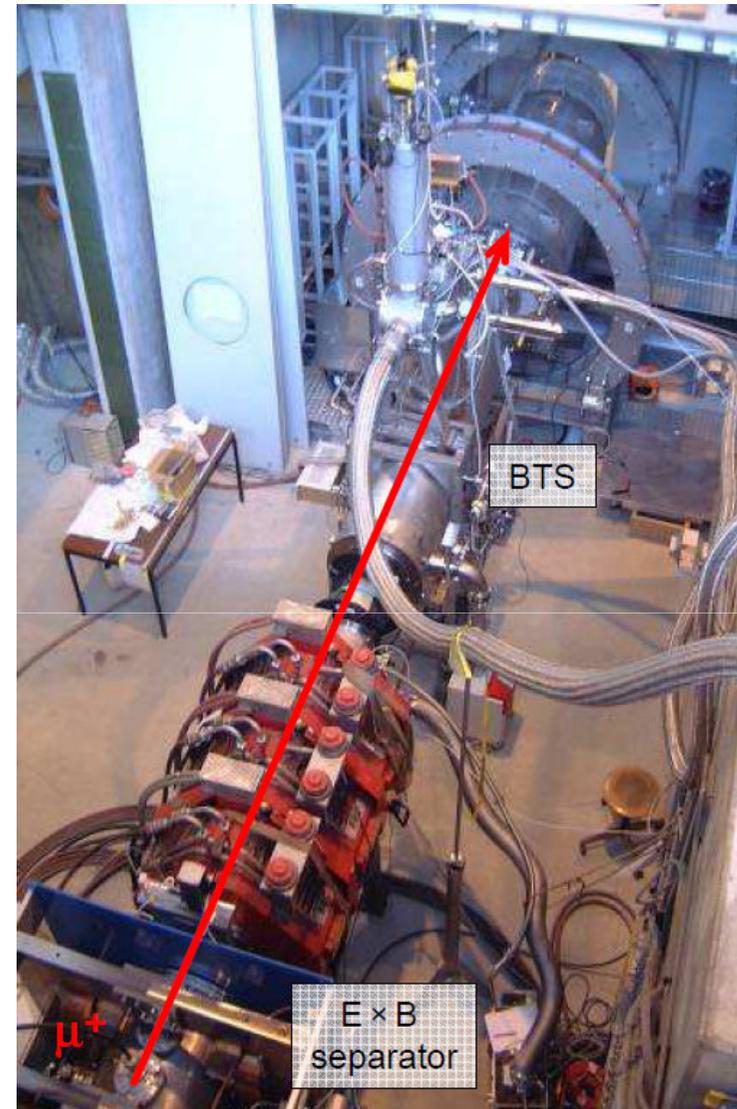
- Oberflächen Myonen

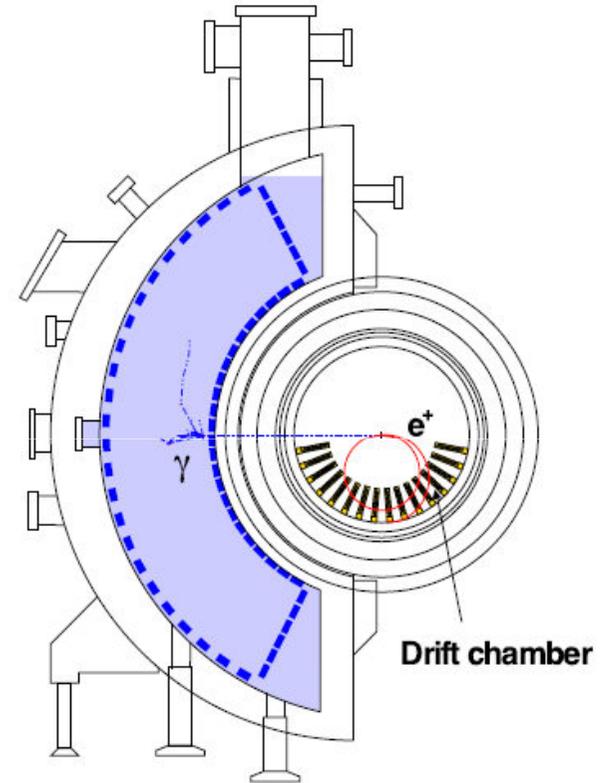
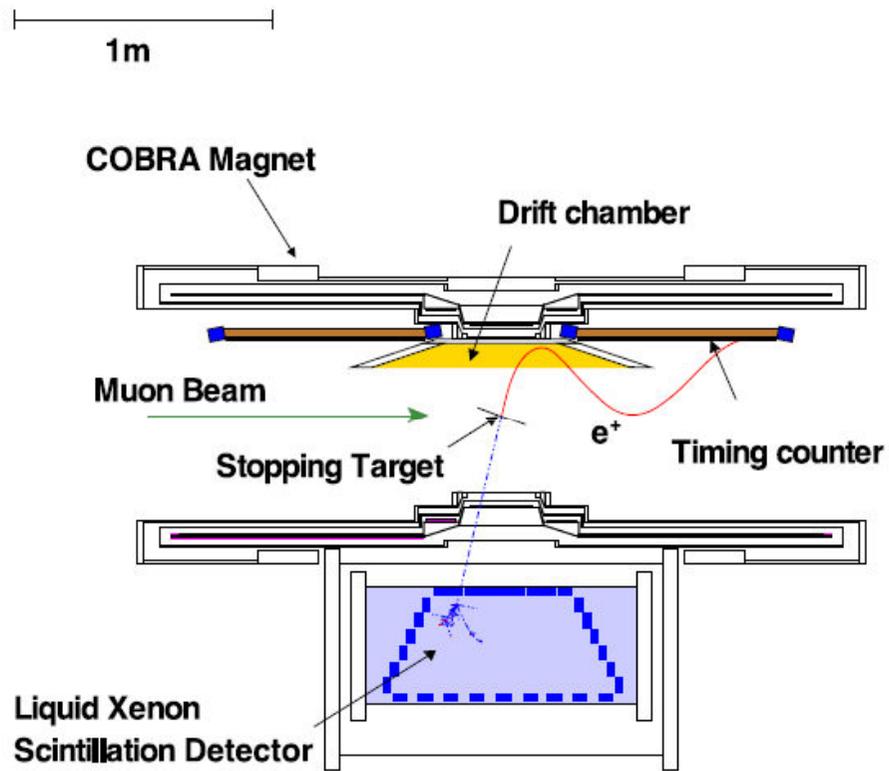
$$p_{\mu} = 28.2 \text{ MeV} (5\% \text{ FWHM})$$

- Strahl Profil $\sigma \approx 10 \text{ mm}$



- Gestoppte Myonen $3.3 \cdot 10^7 \frac{\mu}{s}$

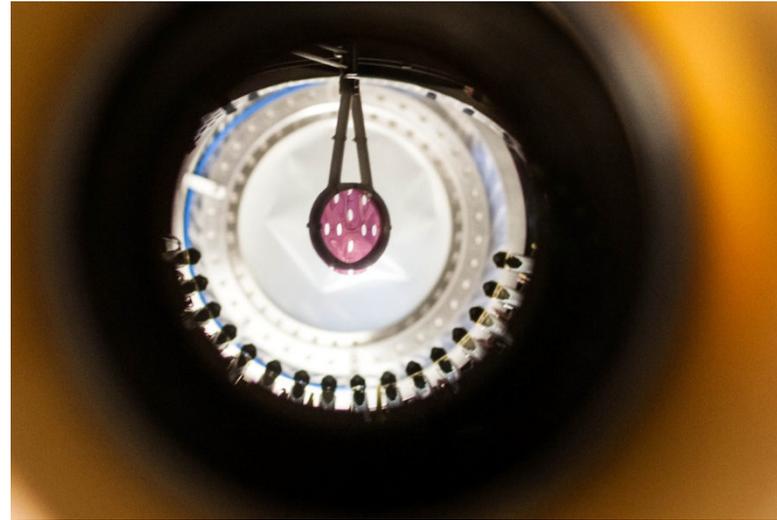


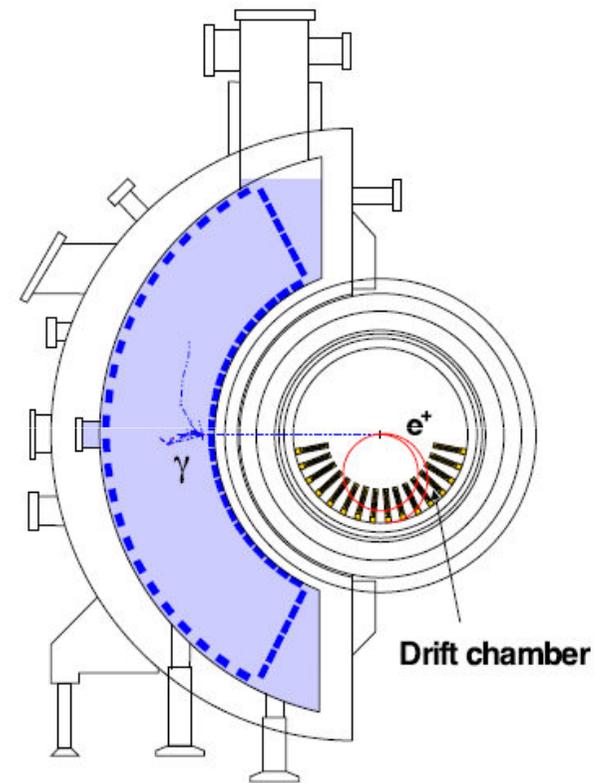
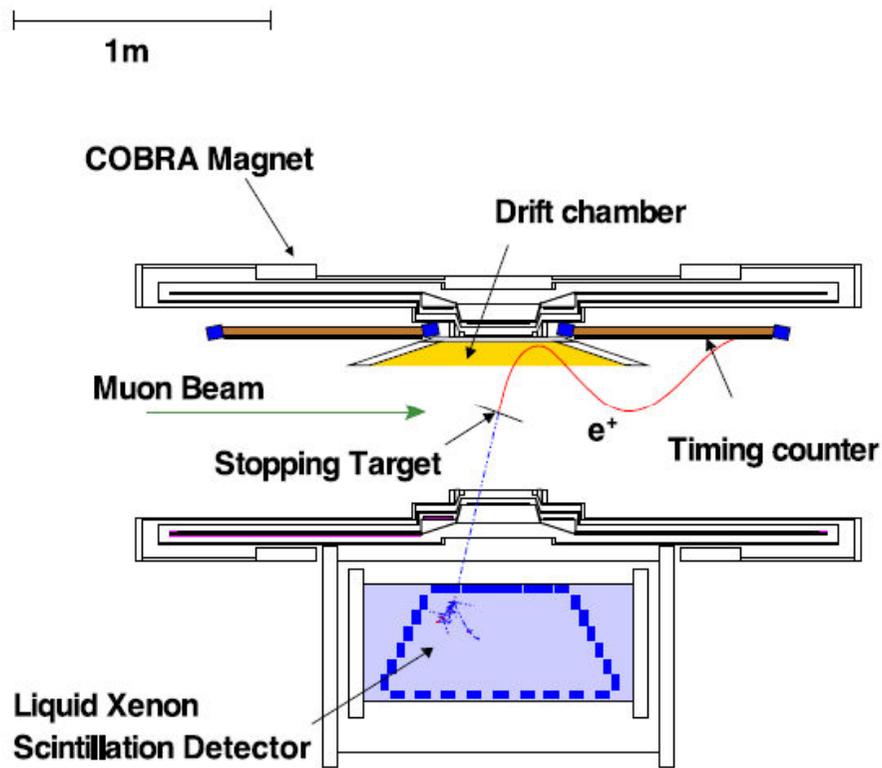


Target

- >80% der Myonen im Zentrum des Detektors stoppen
- Konversion im Target minimieren
- Untergrund minimieren
 - Positron Annihilation
 - Mehrfachstreuung und Bremsstrahlung
- Genaue Bestimmung des Zerfallsortes ermöglichen

- Elliptisches Target aus Polyethylen und Polyester
 - $0,895\text{g/cm}^3$
 - 0,205mm dick
 - 70° gekippt, zum LXe-Detektor ausgerichtet





LXe-Detektor

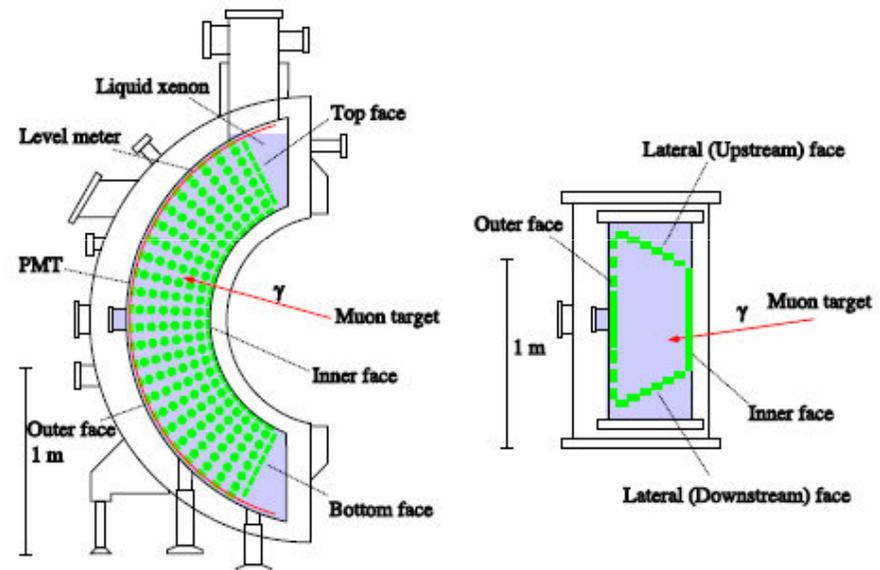


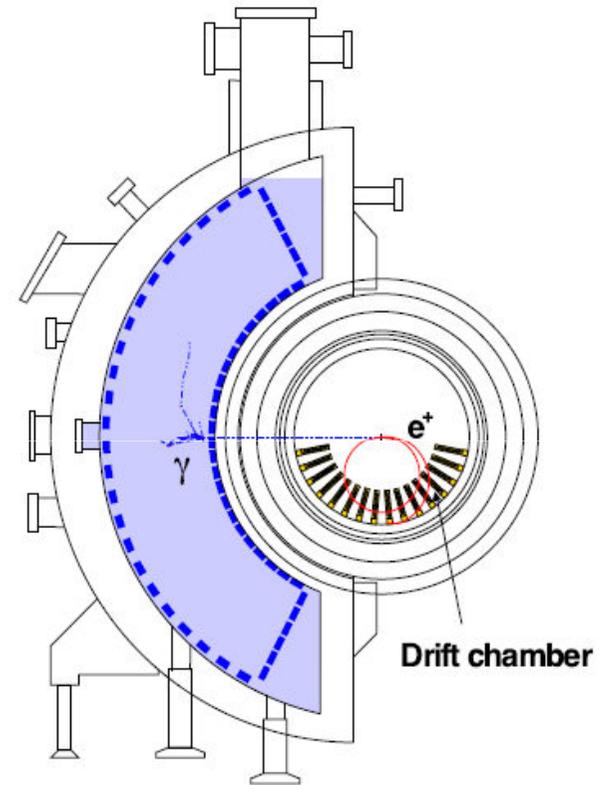
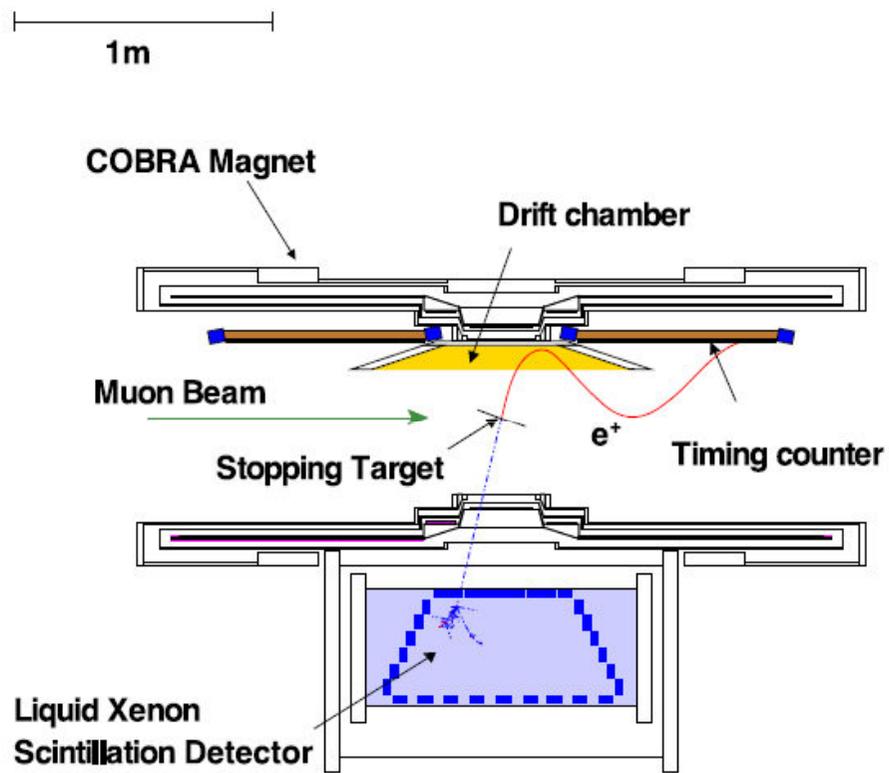
- 900l flüssiges Xenon
- 846 PMTs mit Quarz-Fenstern
 - Szintillationslicht bei ca. 178nm
- Operations-Temperatur 165K
 - Cryostat zur Temperaturregulierung



LXe-Detektor

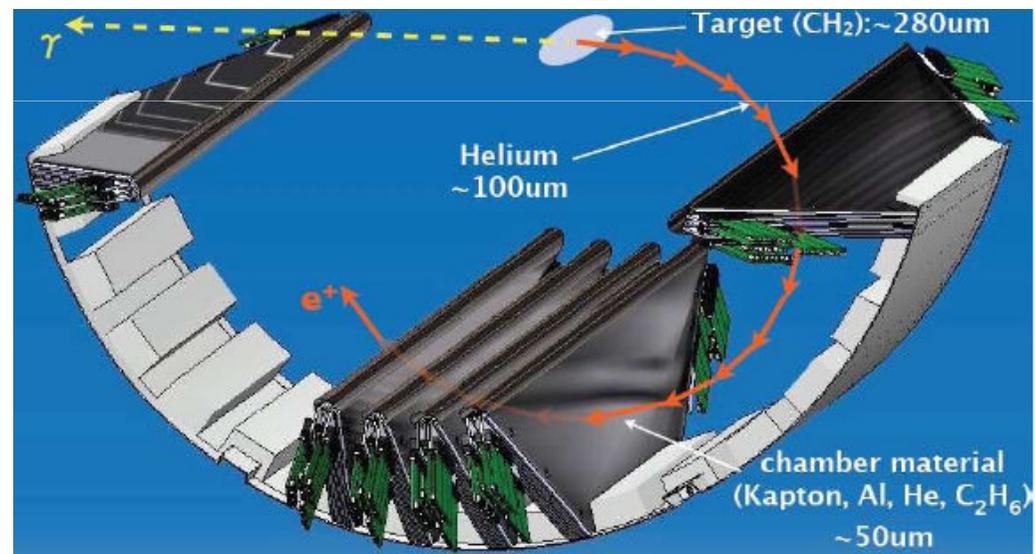
- Energieauflösung 1.6-2.7%
- Zeitauflösung 67ps
- Raumauflösung
 - x,y: 5mm
 - z: 6mm
- Effizienz: 67%





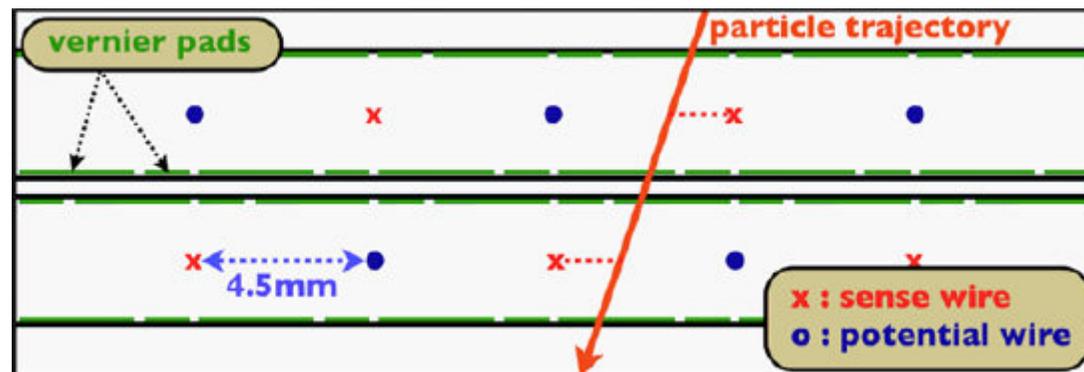
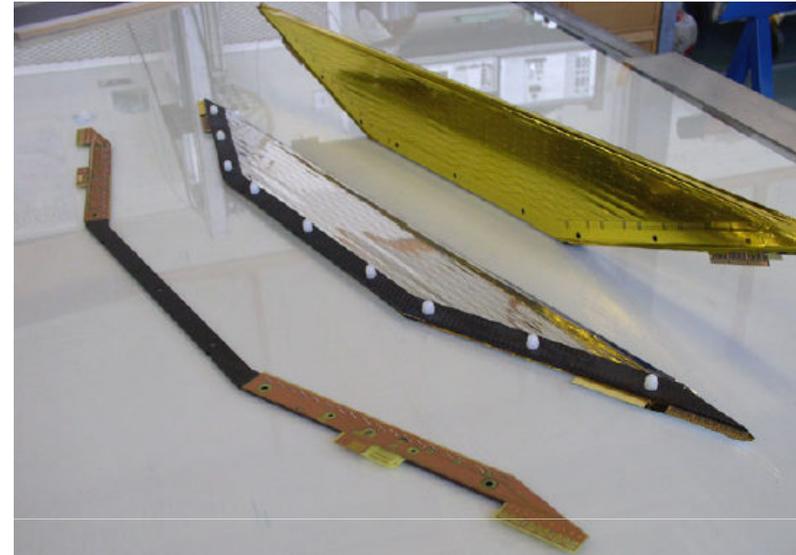
Drift Chamber

- 16 DC Module in $10,5^\circ$ Abstand
- Nicht magnetische Bauteile
- Wenig Gewicht
- Counting gas $\text{He}/\text{C}_2\text{H}_6$ (50/50)



Drift Chamber

- 2 unabhängige Detektorschichten
- Jede aus zwei Kathoden-Folien (7mm Abstand)
- Innerhalb Potential- und Anoden-Drähte



Drift Chamber

- Auflösung innerhalb der DC

$$\sigma_z = 800\mu m \quad \sigma_\theta = 9.4mrad$$

$$\sigma_r = 210\mu m \quad \sigma_\phi = 8,4mrad$$

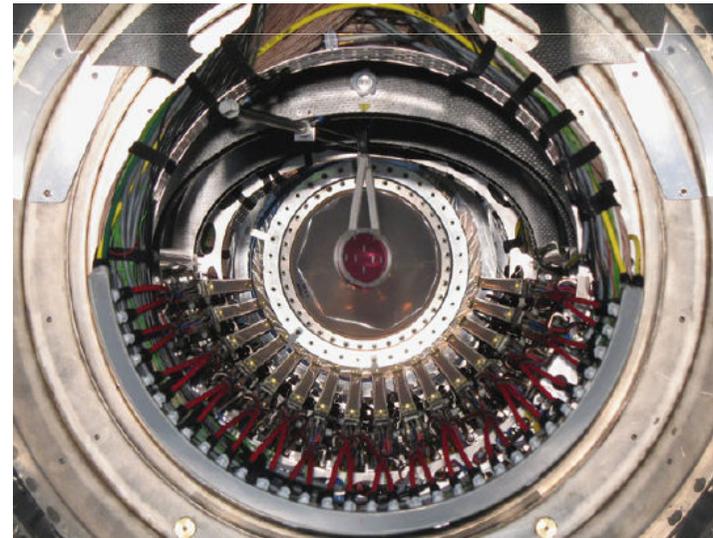
- Auflösung auf dem Target

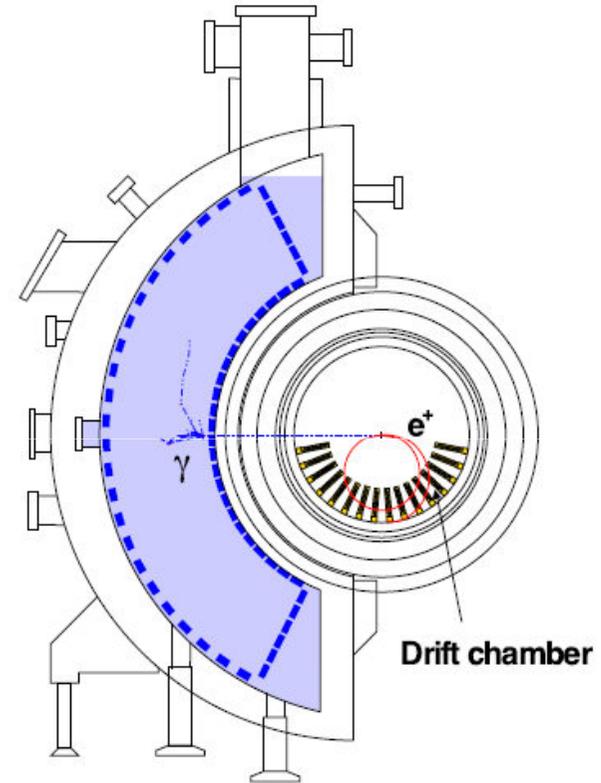
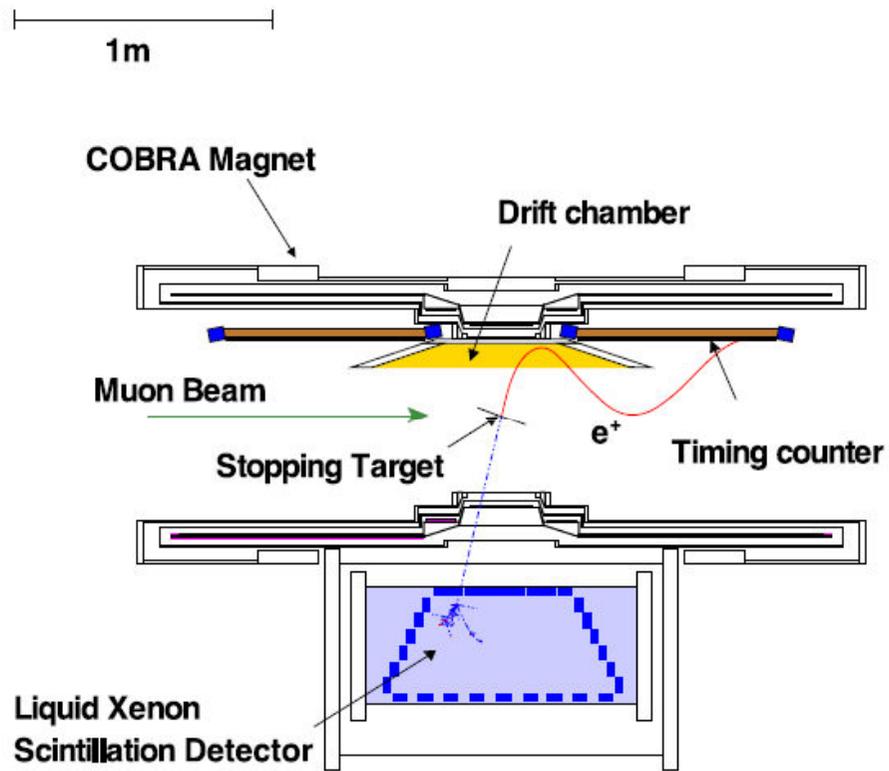
$$\sigma_z = 2,4mm$$

$$\sigma_y = 1,2mm$$

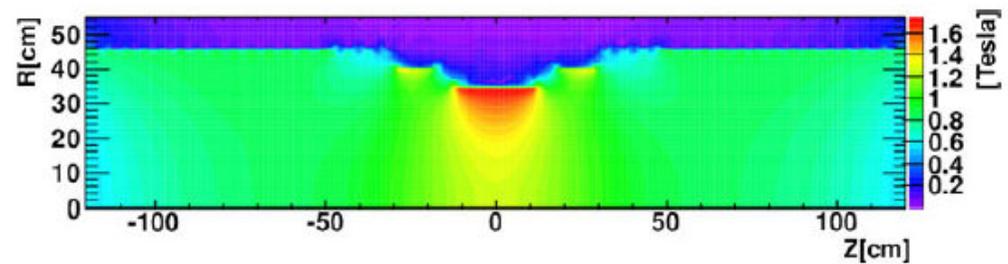
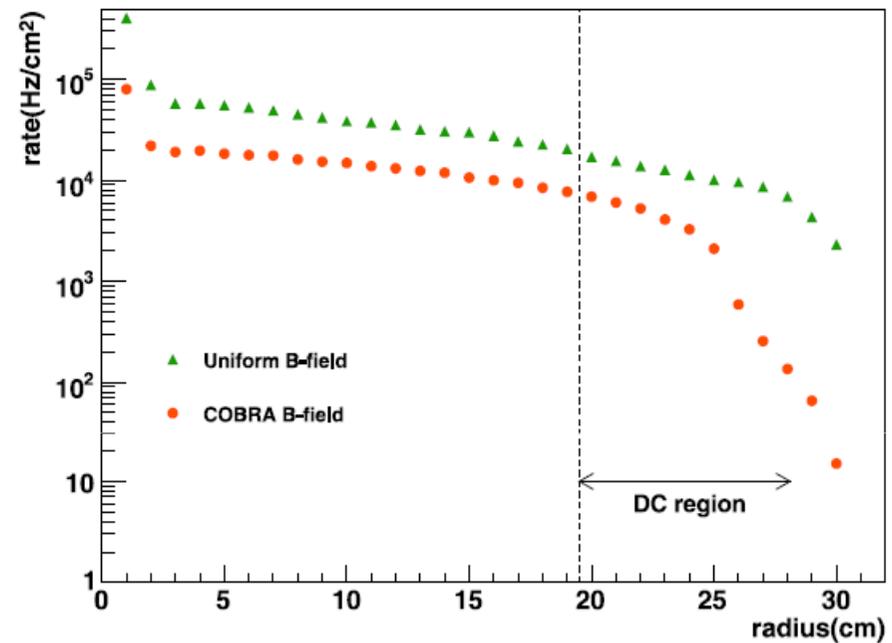
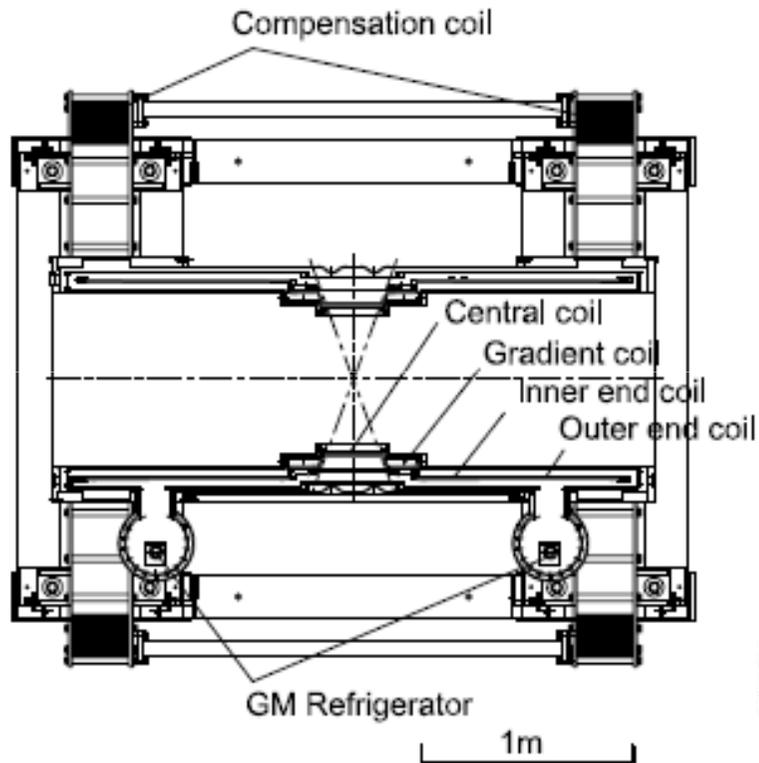
- Energieauflösung

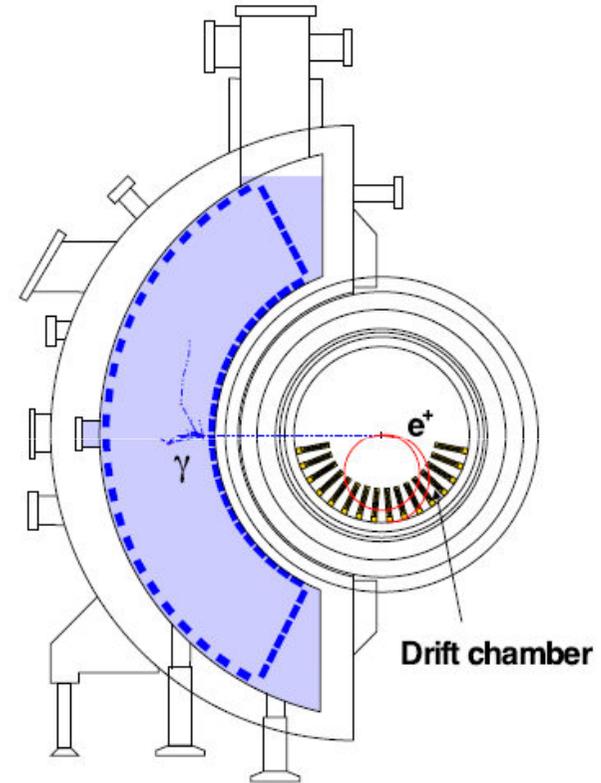
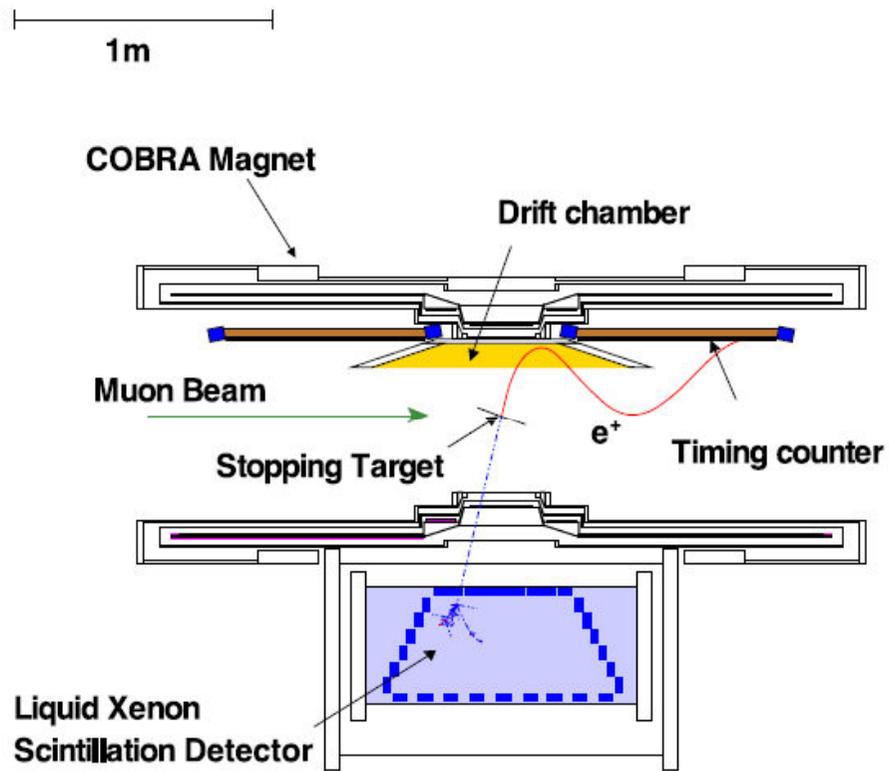
$$\sigma_E = 330keV$$





COBRA-Magnet





Timing Counter

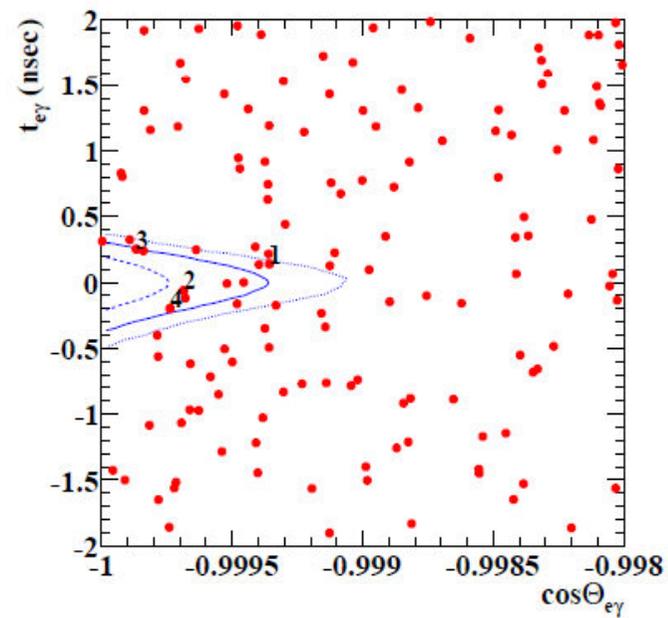
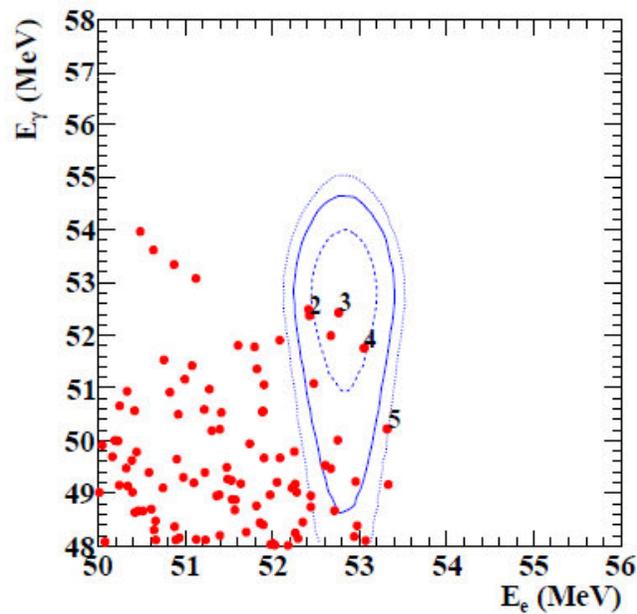
- Zwei Schichten
 - Phi-Counter: Szintillatoren entlang der Stahlenachse
 - $\sigma_t = 107 \text{ ps}$
 - Z-Counter: gebogene Szintillator Fasern z-Position (trigger)



Ergebnisse

- Gestoppte Myonen: $3.6 \cdot 10^{14}$
- Neues oberes Limit (März 2013):

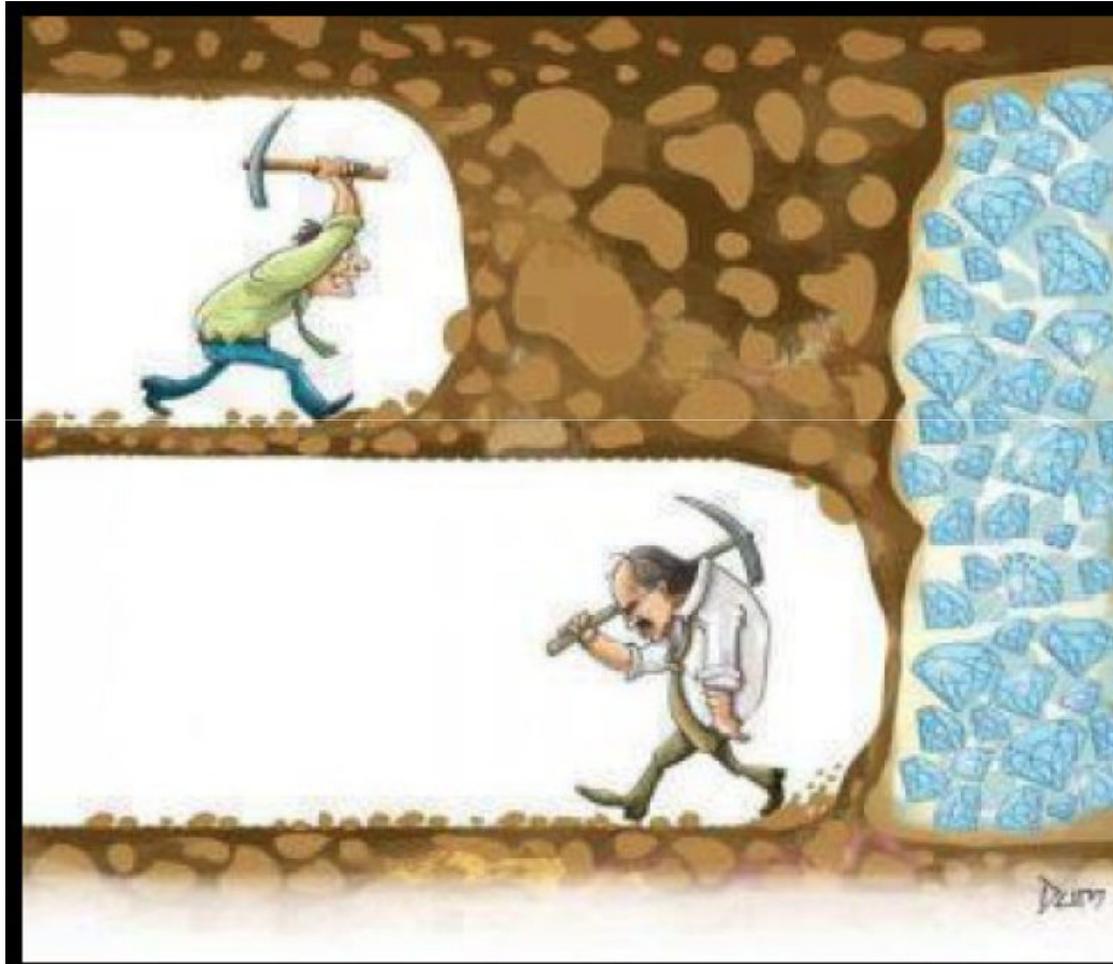
$$BR_{\mu \rightarrow e\gamma} = 5,7 \cdot 10^{-13} \text{ (90\%CL)}$$



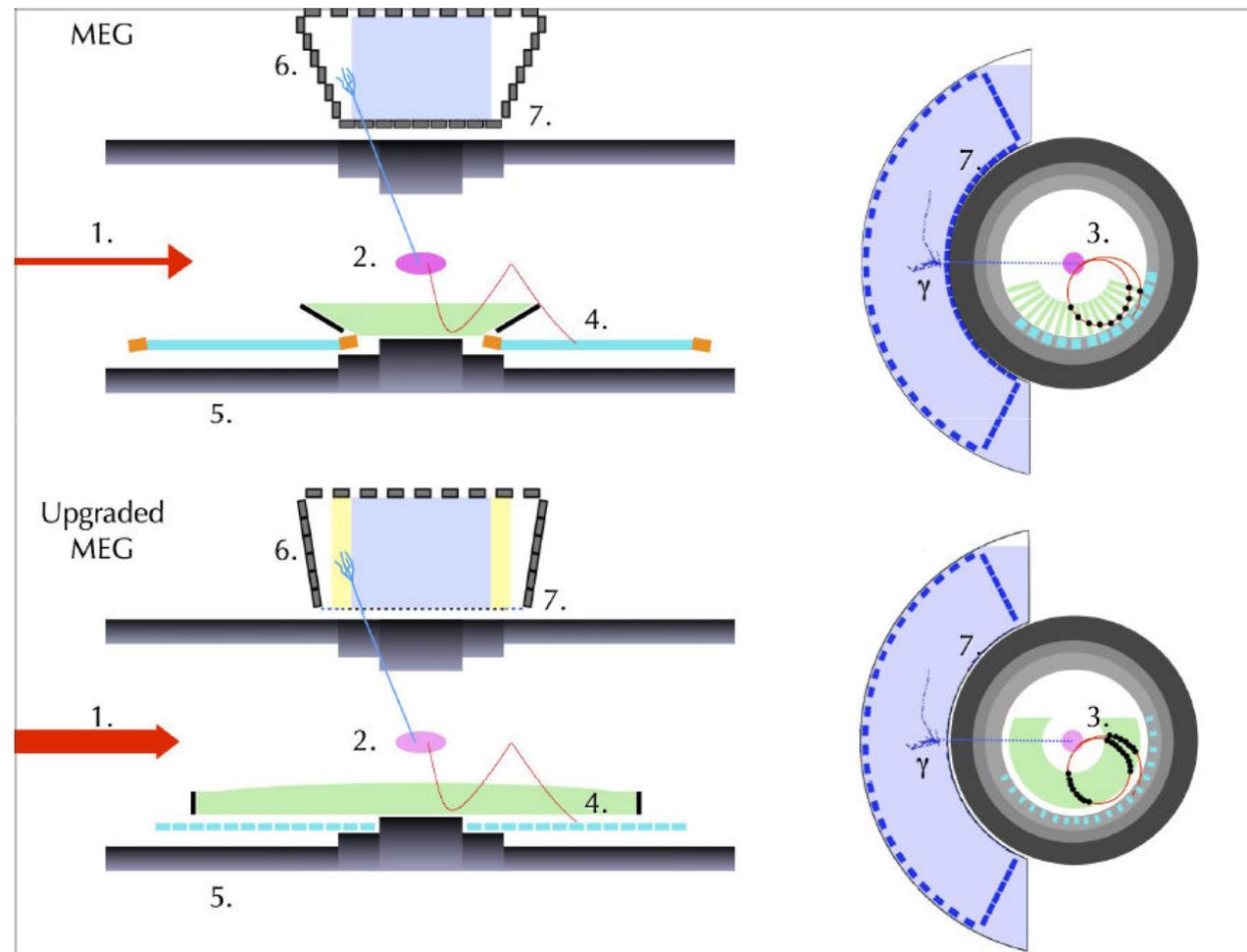
Ausblick

Wie geht's weiter?

Nicht Aufgeben!



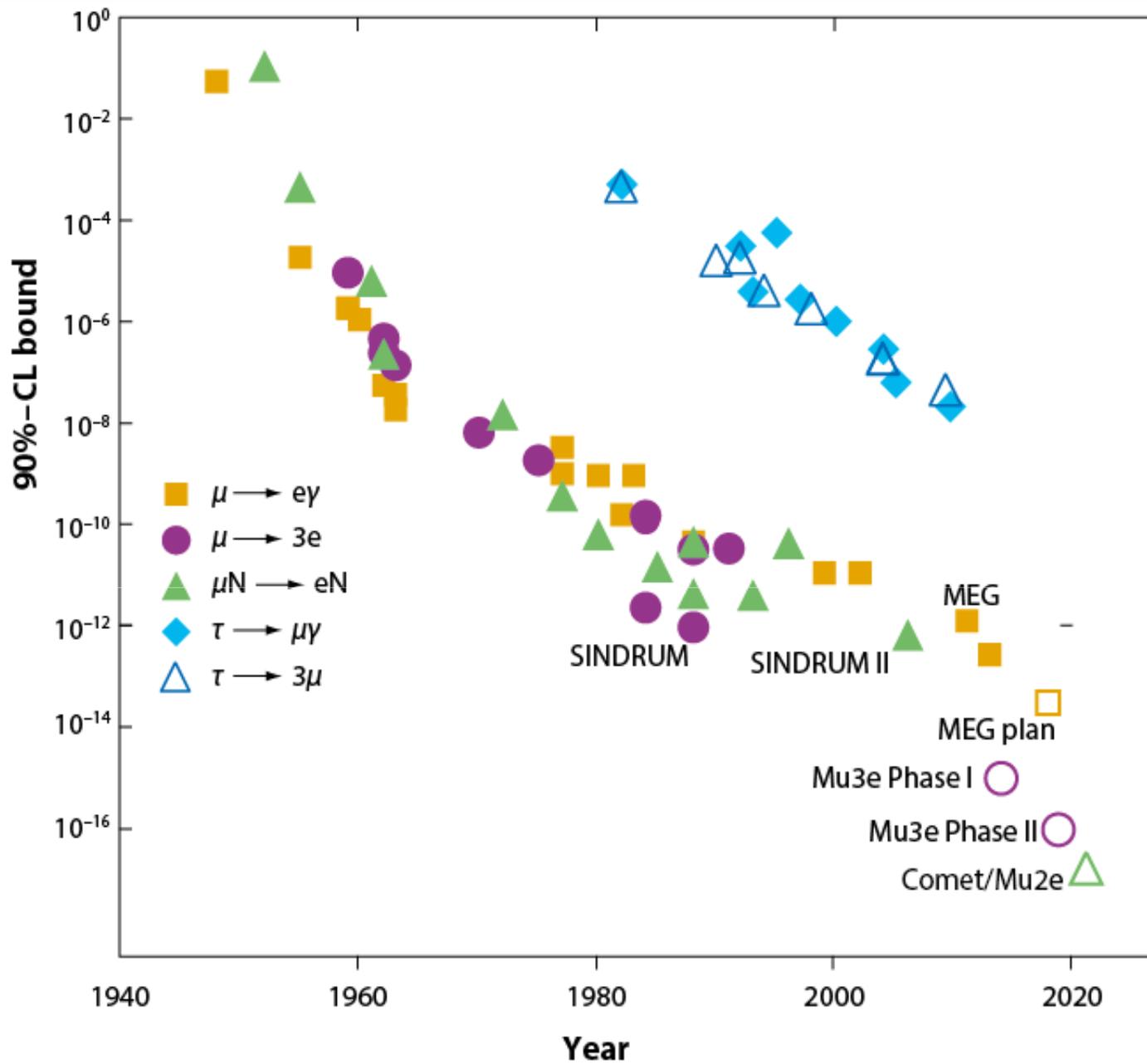
meg-Upgrade



meg-Upgrade

Variable	Foreseen	Obtained
ΔE_γ (%)	1.2	1.7
Δt_γ (psec)	43	67
γ position (mm)	4(u,v),6(w)	5(u,v),6(w)
γ efficiency (%)	> 40	63
ΔP_e (KeV)	200	306
e^+ angle (mrad)	5(ϕ_e),5(θ_e)	8.7(ϕ_e),9.4(θ_e)
Δt_{e^+} (psec)	50	107
e^+ efficiency (%)	90	40
$\Delta t_{e\gamma}$ (ps)	65	122





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

Quellen

- Eur. Phys. J. C (2013) 73:2365
DOI 10.1140/epjc/s10052-013-2365-2
Special Article - Tools for Experiment and Theory
The MEG detector for $\mu^+ \rightarrow e + \gamma$ decay search
- arXiv:1301.7225v2 [physics.ins-det] 4 Feb 2013
MEG Upgrade Proposal
- <http://meg.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/>
- <https://indico.cern.ch/event/250917/>
- <http://www.psi.ch/science/large-scale-facilities>
- <http://www.psi.ch/>

Backup

