

# Kosmogener Untergrund beim Double Chooz Experiment

---

DPG Frühjahrstagung

Göttingen 2012

Mikko Meyer

Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg



Universität Hamburg

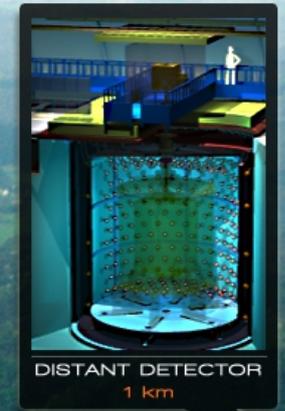
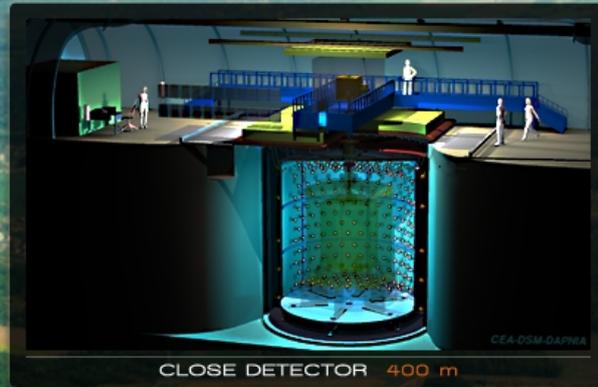
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG



# Gliederung

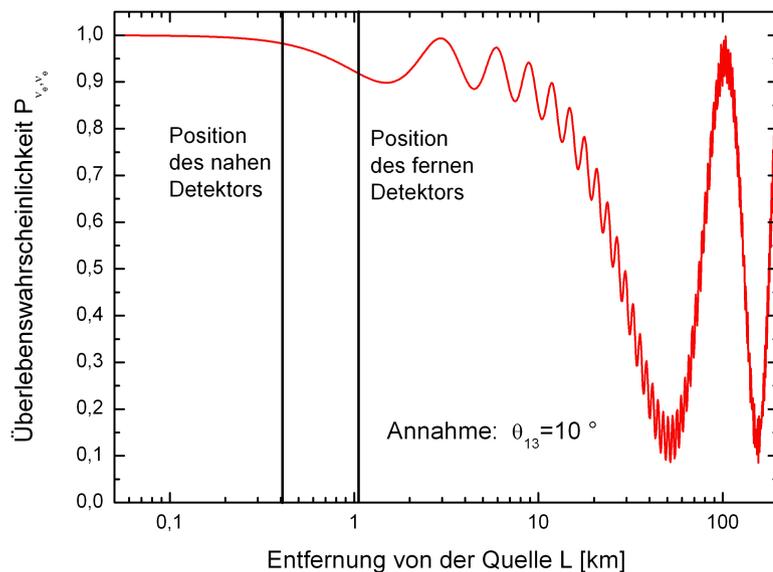
---

- Überblick
- Detektor-Aufbau
- Anti-Neutrino-Selektion
- Kosmogener Untergrund
  - Schnelle Neutronen und Stoppende Myonen
  - ${}^9\text{Li}/{}^8\text{He}$  – Untergrund
- Zusammenfassung

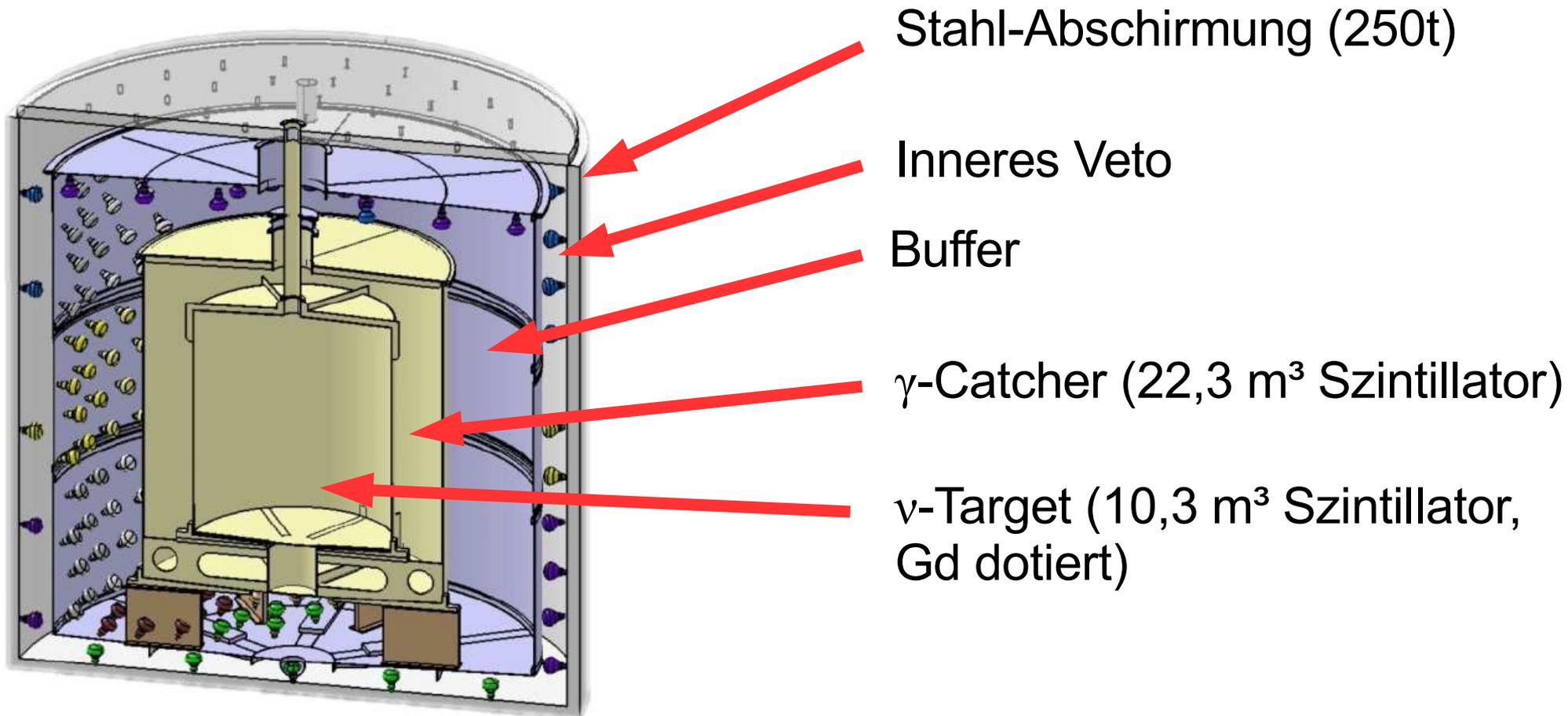


# Idee des Double Chooz Experimentes

- Basiert auf der Oszillation von  $\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_X$
- Überlebenswahrscheinlichkeit:  $P(\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e) \approx 1 - \sin^2(2\theta_{13})\sin^2(\Delta m_{32}^2 L / (4E))$
- Vorteile für diese Messung von  $\theta_{13}$ :
  - Short baseline  $\rightarrow$  MSW-Effekt vernachlässigbar
  - Die Abhängigkeit von  $\Delta m_{21}^2$  ist sehr schwach:  $O(\Delta m_{21}^2 / \Delta m_{32}^2)$
  - Disappearance Experiment  $\rightarrow$  keine Abhängigkeit vom Wert der  $\delta$ -CP Phase



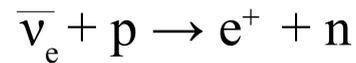
# Detektor-Aufbau



F. Ardellier et al. : Double Chooz: A Search for the Neutrino Mixing Angle  $\theta_{13}$   
[arXiv:hep-ex/0606025v4] (2006)

# Anti-Neutrino-Selektion

- Nachweis über den inversen  $\beta$ -Zerfall:



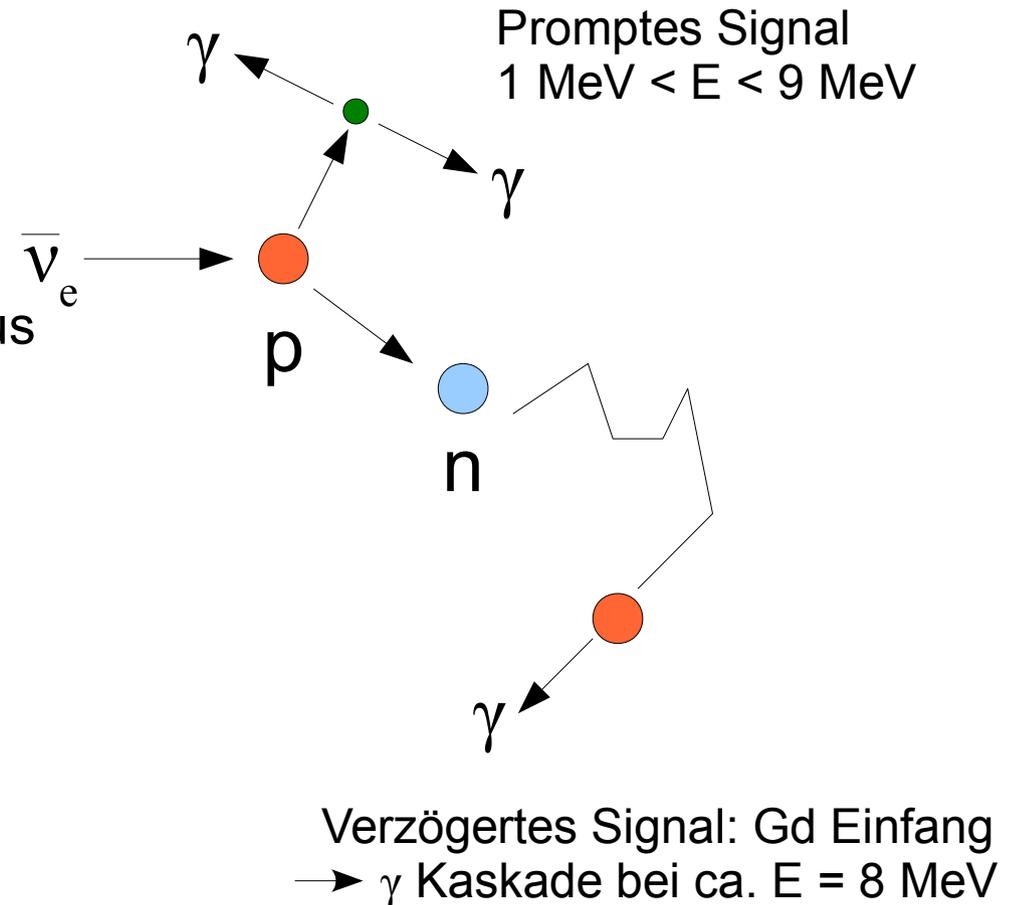
Selektionskriterien:

- Zeitliche Koinzidenz:  $2\mu\text{s} < \Delta T < 100\mu\text{s}$
- Kein Myon seit 1 ms
- Keine Aktivität im Inneren Veto
- Kein Glowing
- Energiebereiche:

Prompt:  $0,7 \text{ MeV} < E < 12 \text{ MeV}$

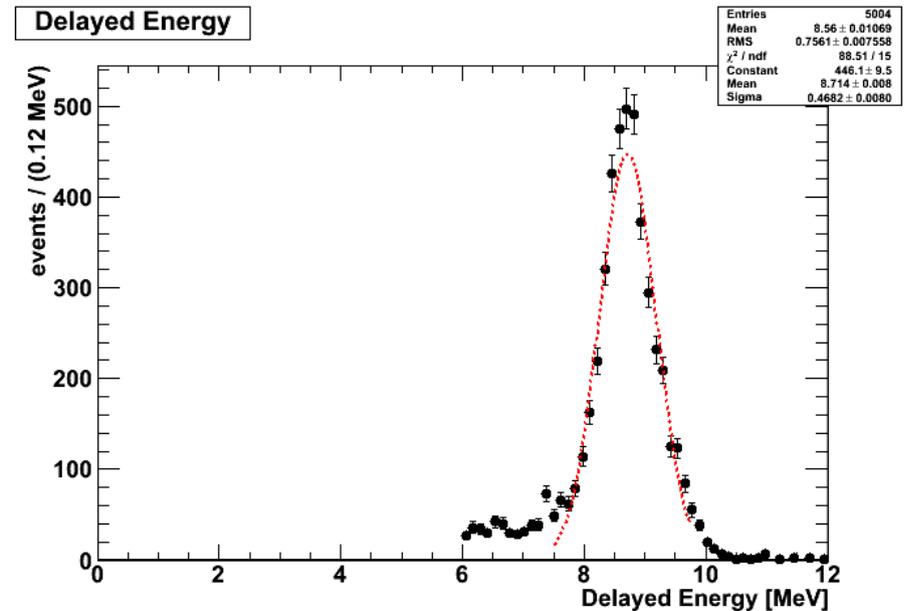
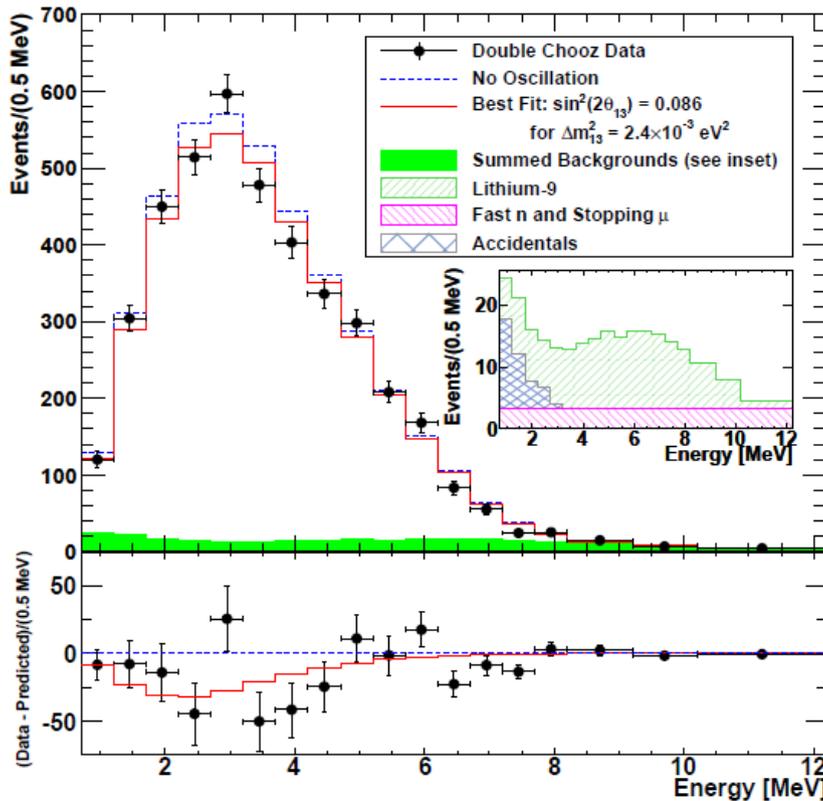
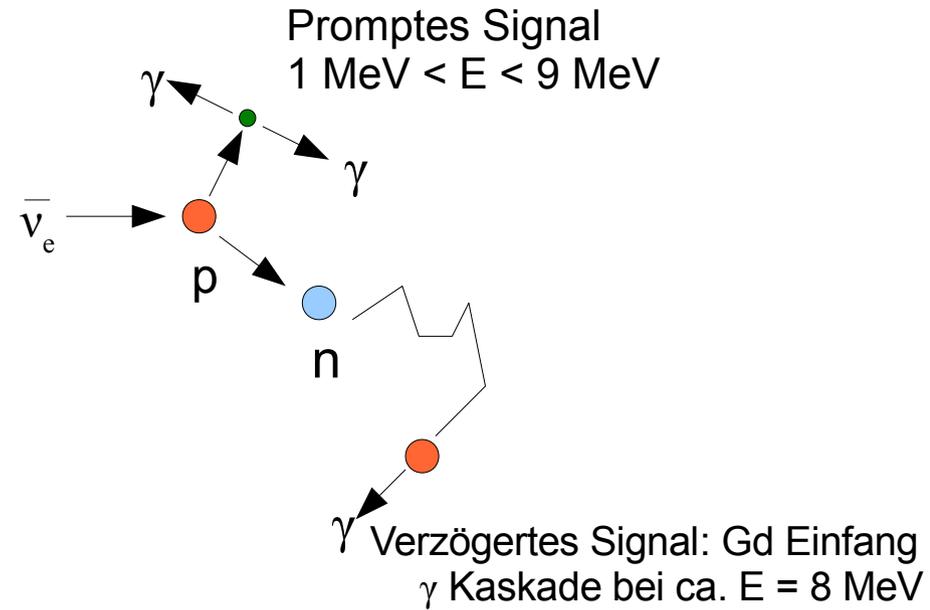
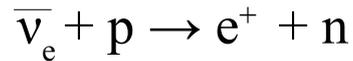
Verzögert:  $6 \text{ MeV} < E < 12 \text{ MeV}$

- Multiplizitätscut



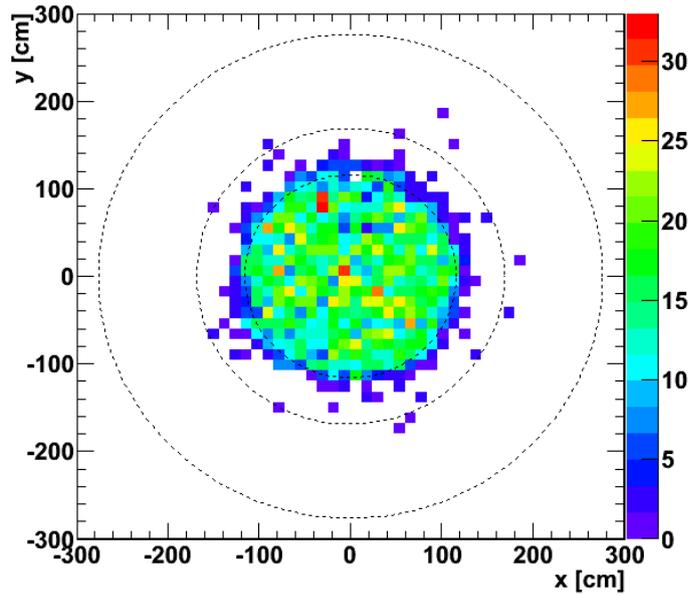
# Anti-Neutrino-Selektion

- Nachweis über den inversen  $\beta$ -Zerfall:

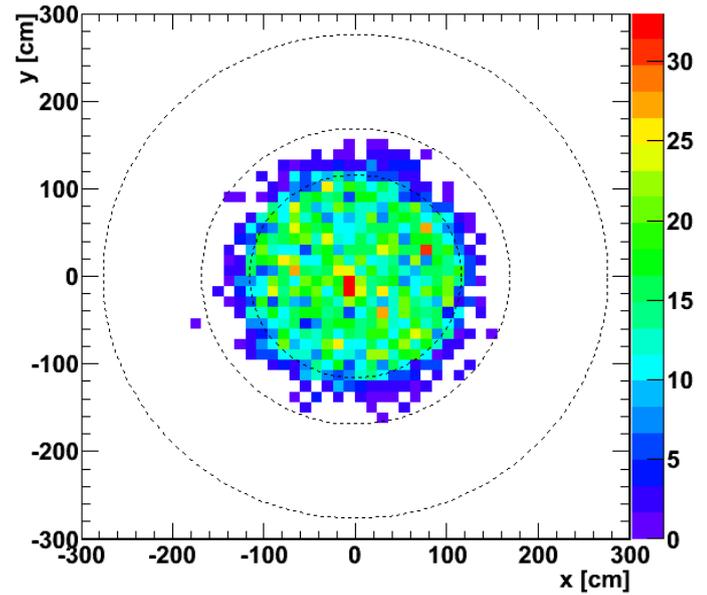


# Vertizes der Neutrino-kandidaten

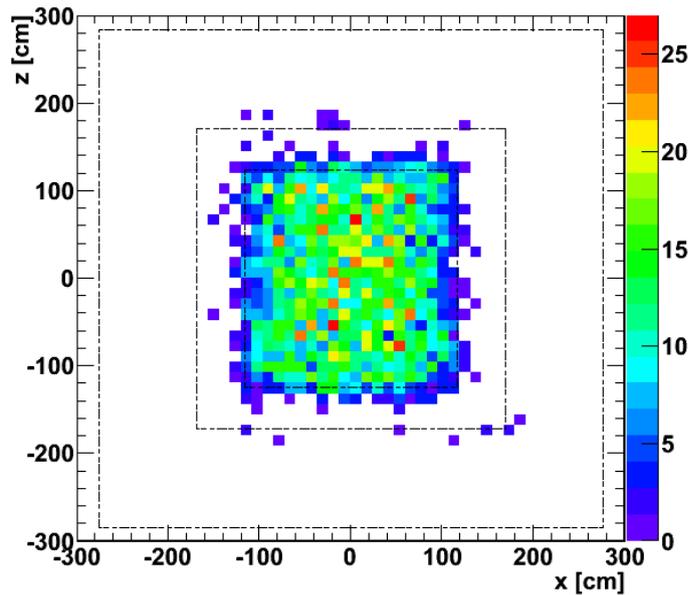
xy-Position (prompt signal)



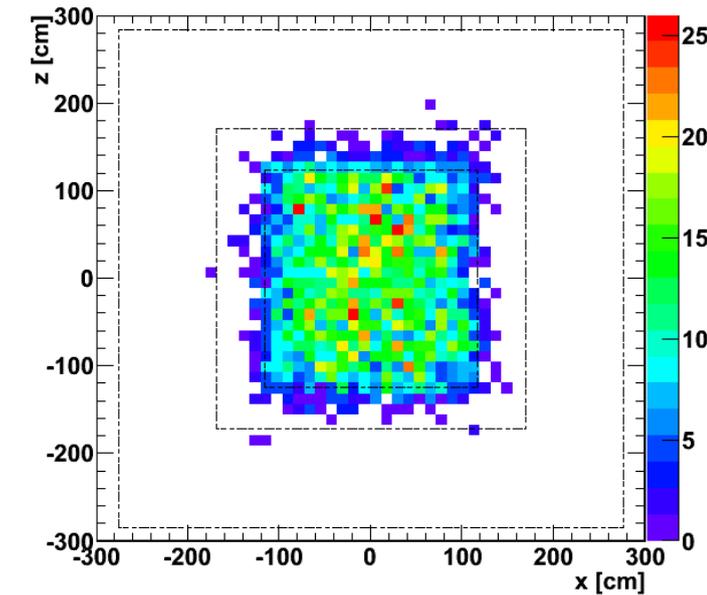
xy-Position (delayed signal)



xz-Position (prompt signal)

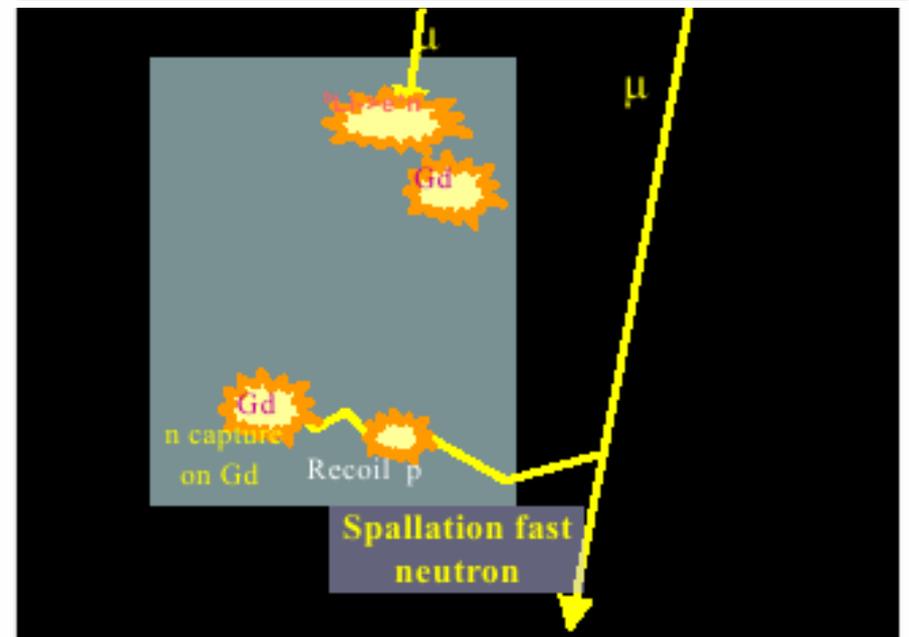
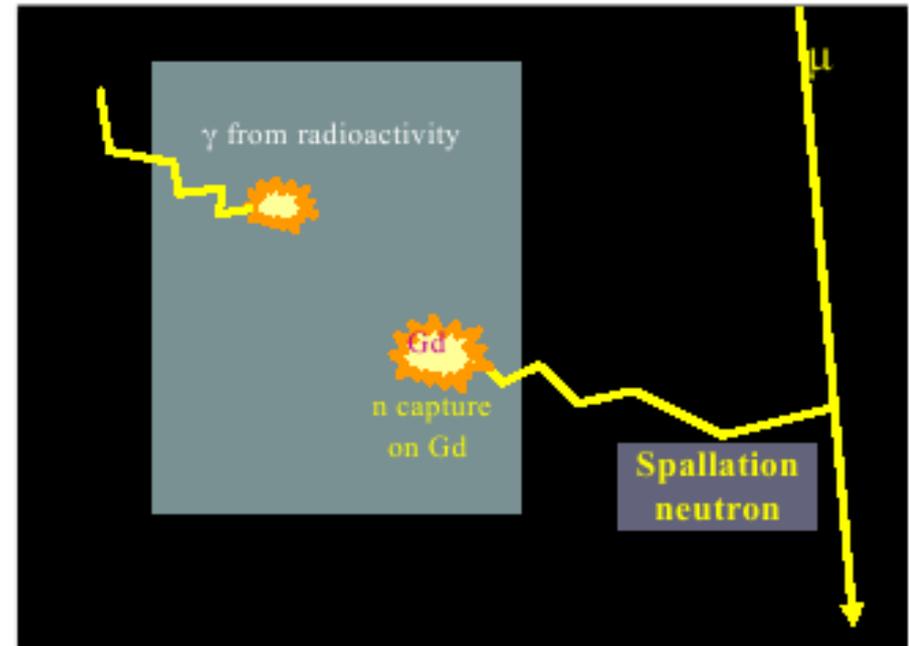


xz-Position (delayed signal)



# Korrelierter Untergrund bei Double Chooz

- Zwei Arten von Untergrund
  - Zufälliger Untergrund und
  - **Korrelierter Untergrund**
- Schnelle Neutronen
- Stoppende Myonen:  $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$   
 $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$
- $\beta$ -n zerfallende Isotope ( $^9\text{Li}$ ,  $^8\text{He}$ )

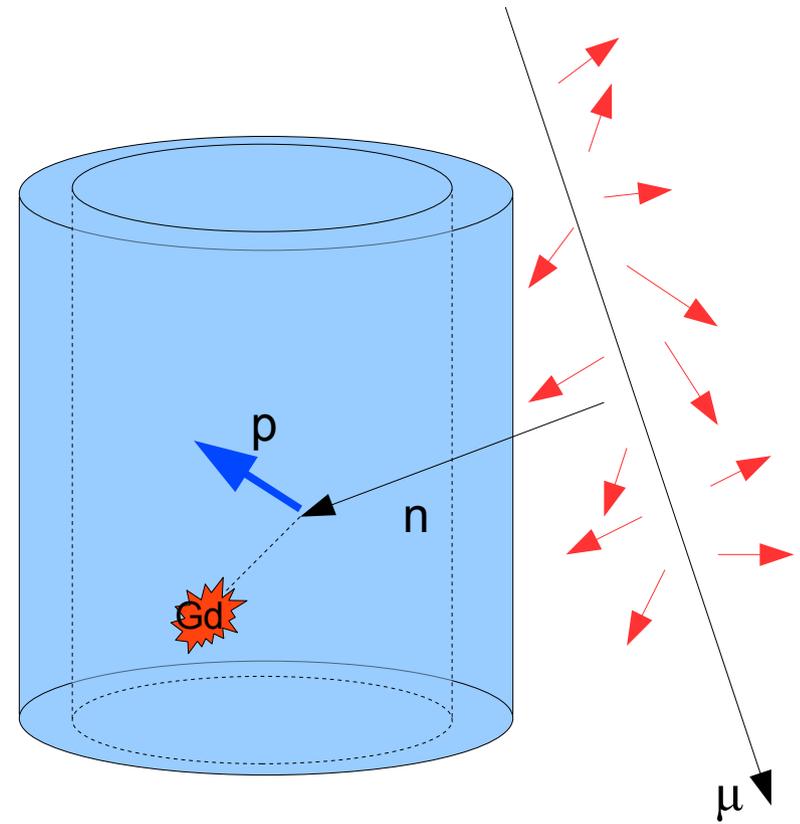


H. De Kerret: First Results from the Double Chooz Experiment  
- Talk, LowNu, Seoul (2011)

# Korrelierter Untergrund bei Double Chooz

## Schnelle Neutronen - Stoppende Myonen - ${}^9\text{Li}/{}^8\text{He}$ Untergrund

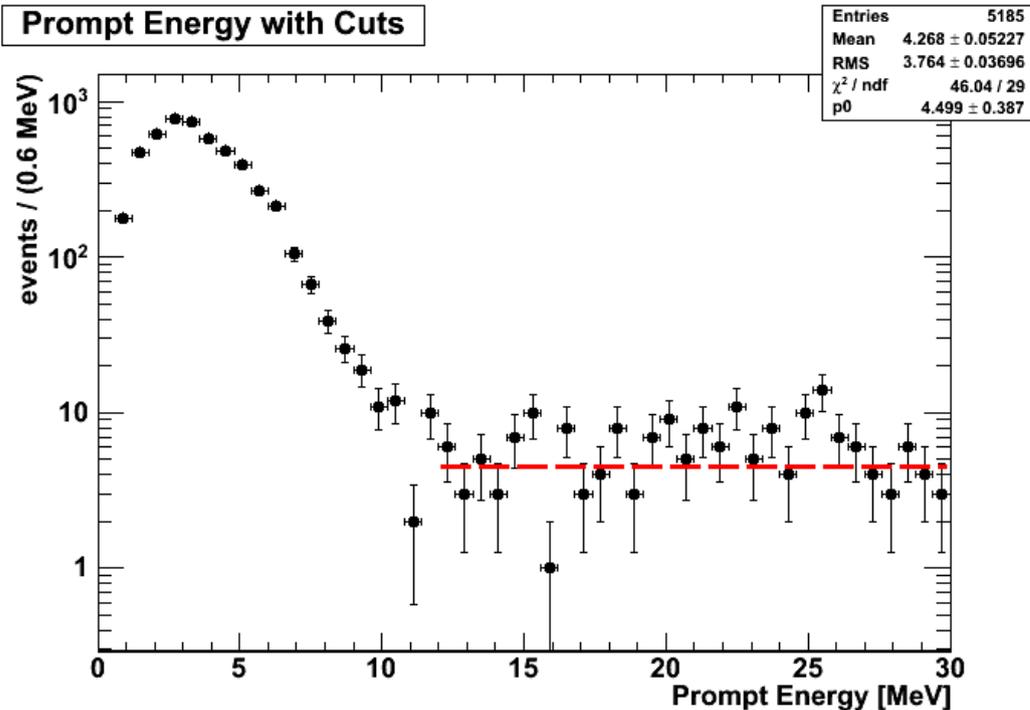
- Entstehung durch Spallation von Myonen in der Umgebung (Fels) des Detektors
- Problem: Das Myon durchquert nicht den Detektor (kein Veto möglich)
- Schnelle Neutronen können Neutrino-induziertes Signal imitieren:
  - Promptes Signal: Proton-Rückstoß
  - Verzögertes Signal: Einfang des thermalisierten Neutrons an Gd
- Analyse-Methode: Modifikation des Energiefensters für das prompte Signal ( $E_p > 12\text{MeV}$ )



# Korrelierter Untergrund bei Double Chooz

Schnelle Neutronen - Stoppende Myonen -  ${}^9\text{Li}/{}^8\text{He}$  Untergrund

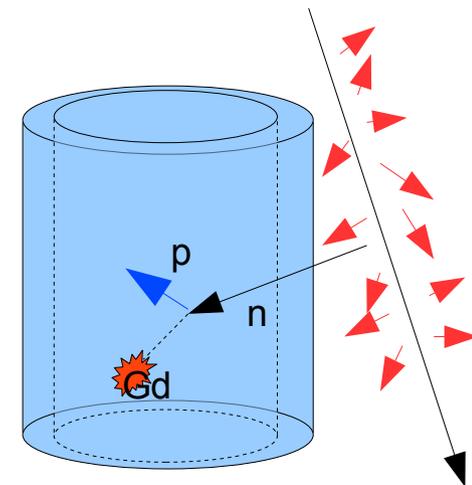
- Analyse-Methode: Modifikation des Energiefensters für das prompt Signal ( $E_p > 12\text{MeV}$ )



- Analyse basiert auf Extrapolation mit der **Annahme**:

Untergrund bei hohen Energien  
 $\approx$  Untergrund bei niedriger Energie

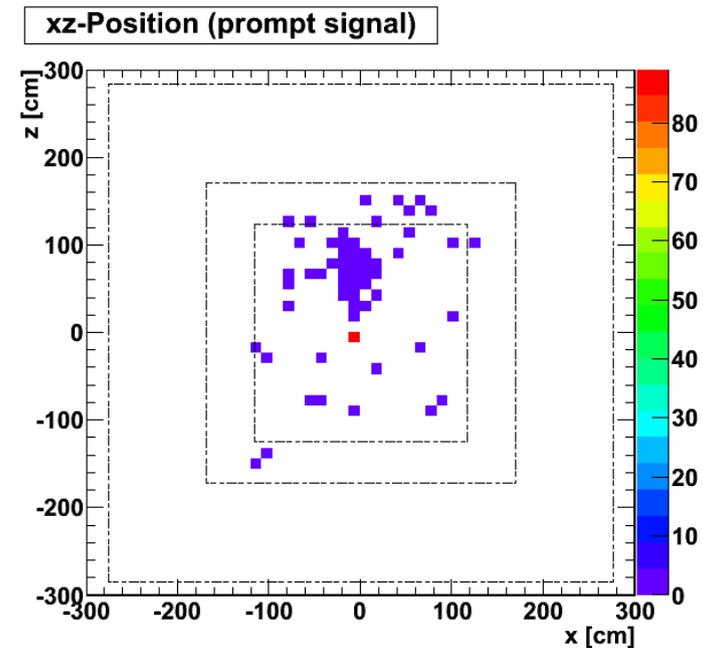
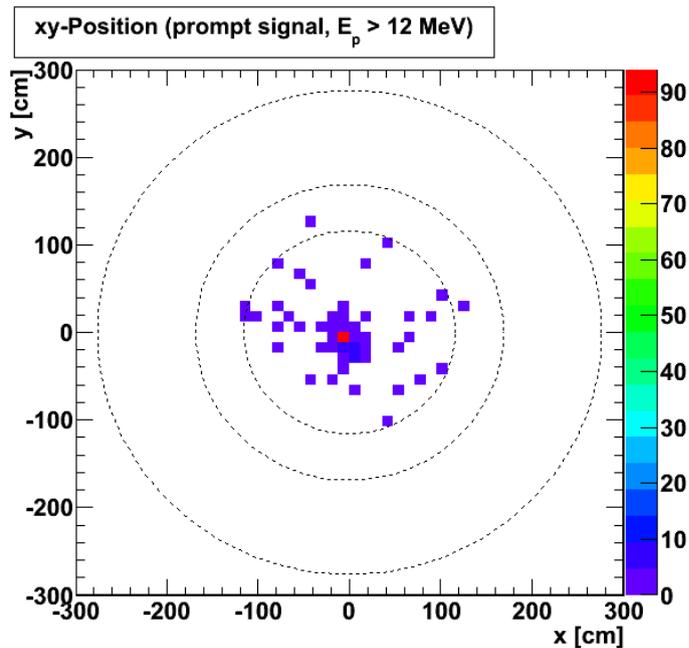
Rate:  $(0,93 \pm 0,36) \text{ d}^{-1}$



# Korrelierter Untergrund bei Double Chooz

Schnelle Neutronen - **Stoppende Myonen** -  ${}^9\text{Li}/{}^8\text{He}$  Untergrund

- Betrachtung der Vertizes aller Ereignisse mit  $E_p > 12$  MeV

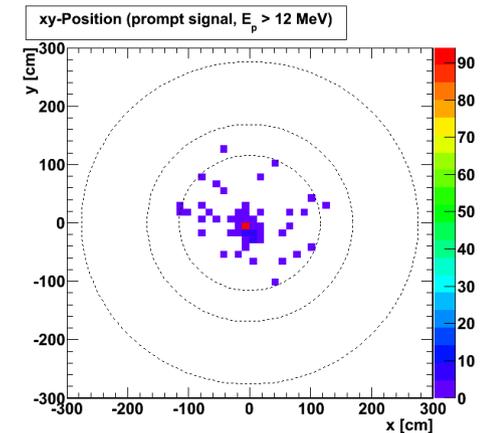
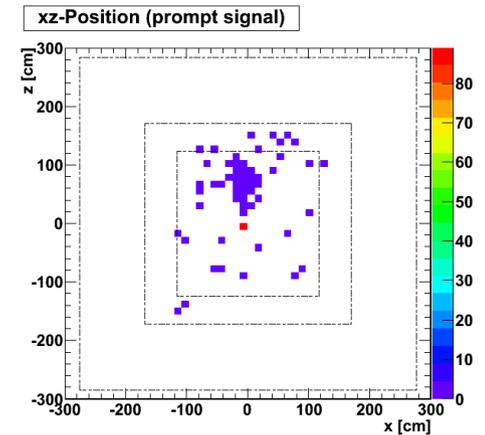
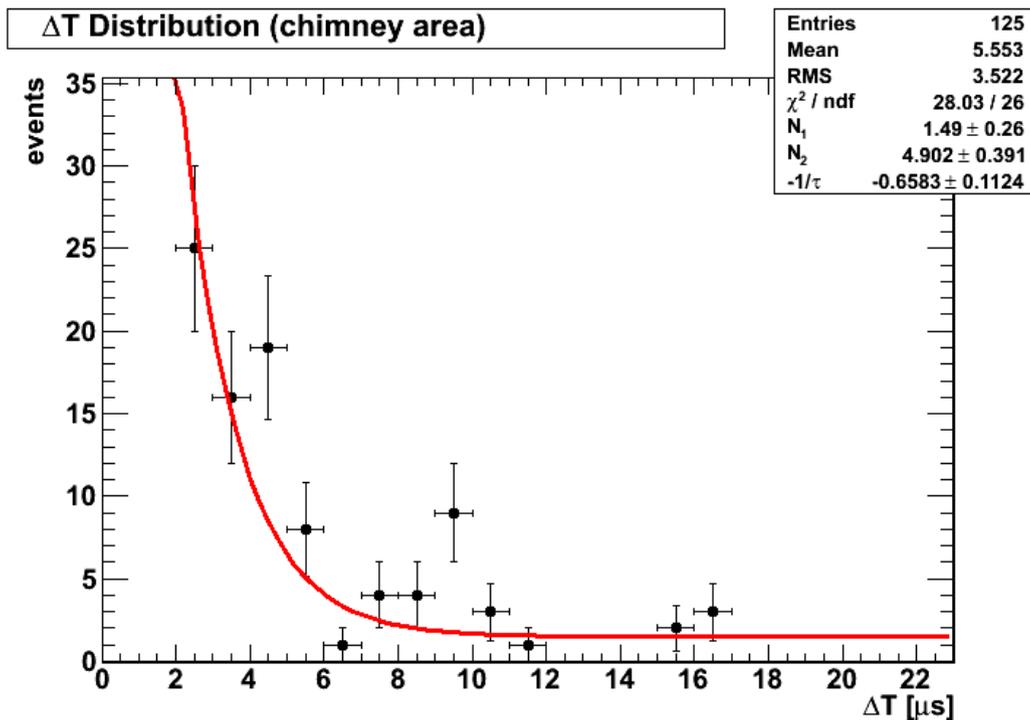


- Evidente Ansammlung von Teilchen im Bereich des Schachtes

# Korrelierter Untergrund bei Double Chooz

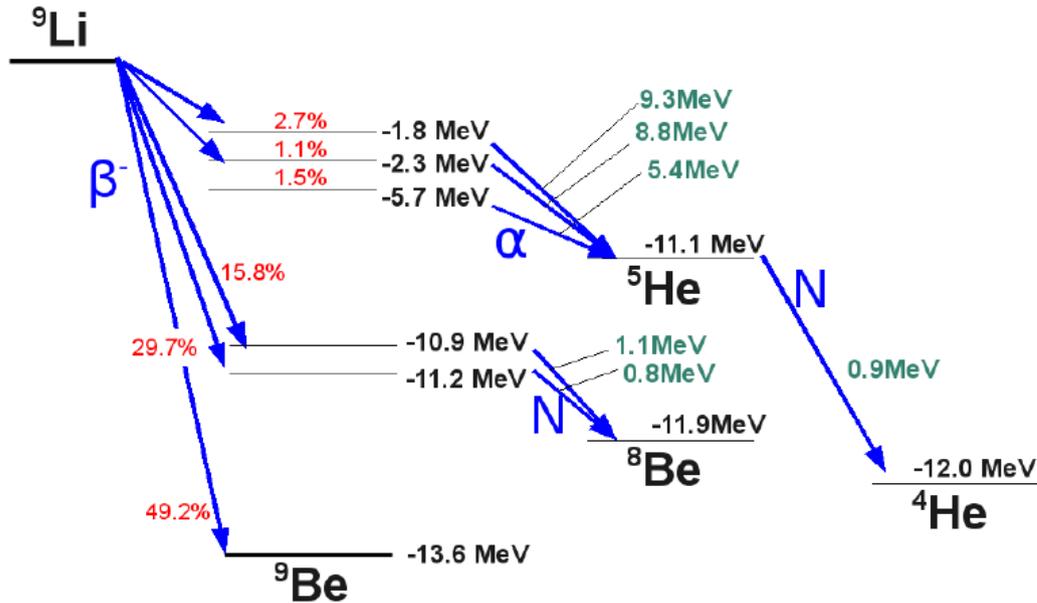
Schnelle Neutronen - **Stoppende Myonen** -  ${}^9\text{Li}/{}^8\text{He}$  Untergrund

- Betrachtung der Vertizes aller Ereignisse mit  $E_p > 12$  MeV
- Evidente Ansammlung von Teilchen im Bereich des Schachtes
- $\Delta T$ -Verteilung ergibt eine Lebensdauer von  $(1,52 \pm 0,26) \mu\text{s}$  (Myonen:  $2,2 \mu\text{s}$ )



# Korrelierter Untergrund bei Double Chooz

## Schnelle Neutronen - Stoppende Myonen - ${}^9\text{Li}/{}^8\text{He}$ Untergrund

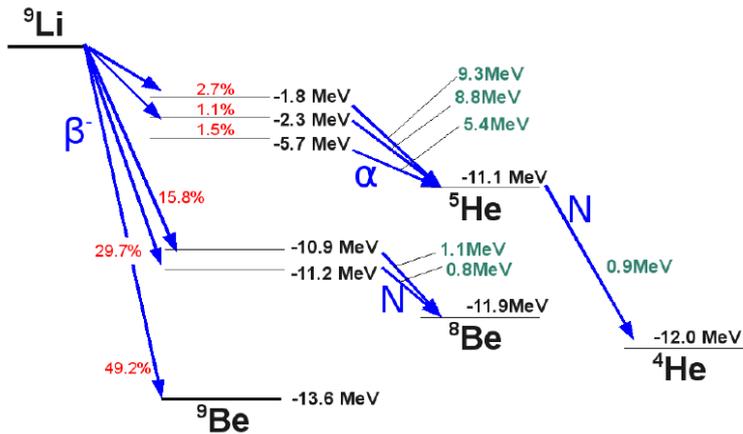


- Kosmogene Myonen interagieren mit  ${}^{12}\text{C}$  des Flüssigszintillators  
→ Entstehung von langlebigen Isotopen wie z.B.  ${}^9\text{Li}$  (Halbwertszeit: 178ms) und  ${}^8\text{He}$  (Halbwertszeit: 119ms).
- ${}^9\text{Li}$  und  ${}^8\text{He}$  → Besitzen  $\beta$ -n Zerfallsmoden.

C. Langbrandtner: Background, Sensitivity and Directionality Studies for the Double Chooz Experiment (2011)

# Korrelierter Untergrund bei Double Chooz

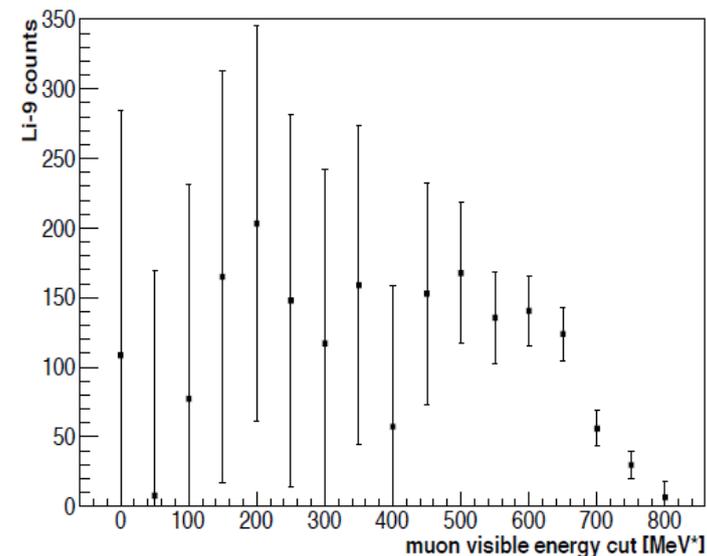
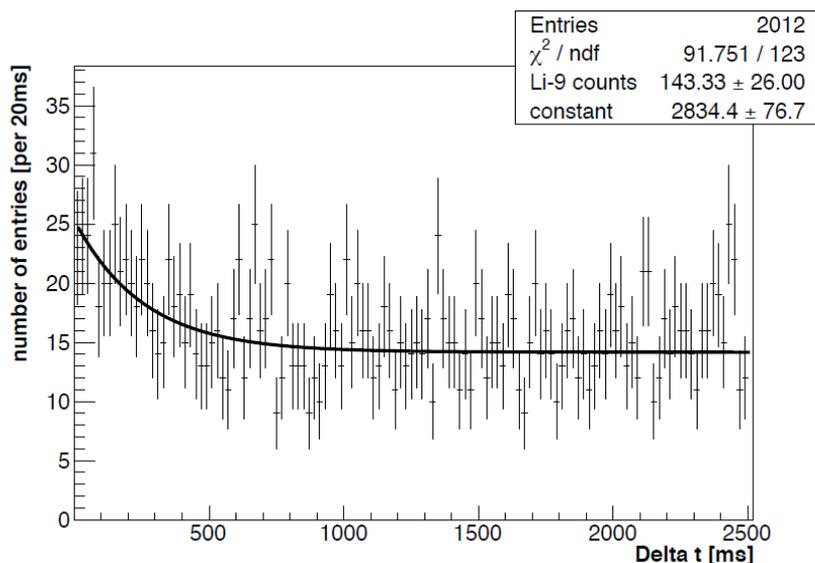
## Schnelle Neutronen - Stoppende Myonen - ${}^9\text{Li}/{}^8\text{He}$ Untergrund



C. Langbrandtner: Background, Sensitivity and Directionality Studies for the Double Chooz Experiment (2011)

- Kosmogene Myonen interagieren mit  ${}^{12}\text{C}$  des Flüssigszintillators  
→ Entstehung von langlebigen Isotopen wie z.B.  ${}^9\text{Li}$  (Halbwertszeit: 178ms) und  ${}^8\text{He}$  (Halbwertszeit: 119ms).
- ${}^9\text{Li}$  und  ${}^8\text{He}$  → Besitzen  $\beta$ -n Zerfallsmoden.
- Rate:  $(2,3 \pm 1,2) \text{ d}^{-1}$

- Korrelation zu den letzten Myonen ( $E_{\text{dep}} > 600 \text{ MeV}$ )



# Zusammenfassung

---

- Double Chooz: Disappearance-Experiment zur Bestimmung von  $\theta_{13}$
- Genaue Kenntnis des Untergrundes von entscheidender Bedeutung

Background	Rate/day	Syst. Uncertainty (% of signal)
Accidental	$0.33 \pm 0.03$	$< 0.1$
Fast neutron	$0.83 \pm 0.38$	0.9
$^9\text{Li}$	$2.3 \pm 1.2$	2.8

Y. Abe et al.: Indication for the disappearance of reactor electron antineutrinos in the Double Chooz experiment - arXiv:1112.6353v2 [hep-ex]

Korrelierter Untergrund → Dominierende Unsicherheit für die Bestimmung von  $\theta_{13}$

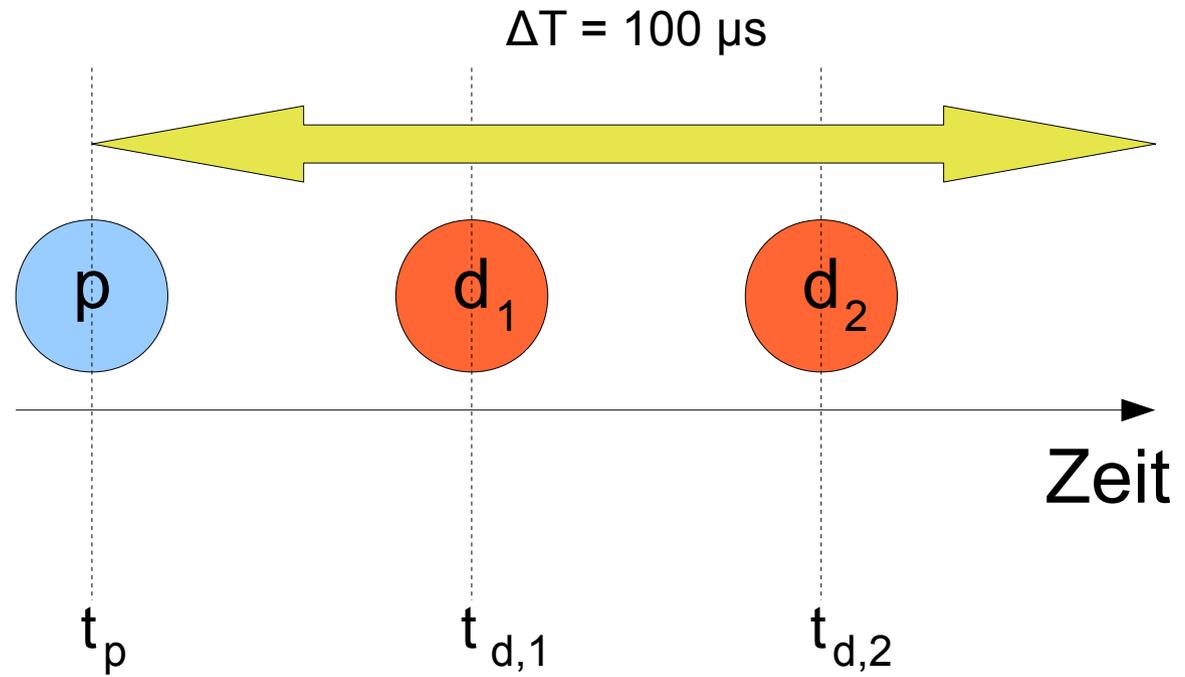


Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

# Backup-Folien

# Multiplizitäts - Cuts

Verzögerte Multiplizität



Prompte Multiplizität

