

Institut für Kern- und Teilchenphysik

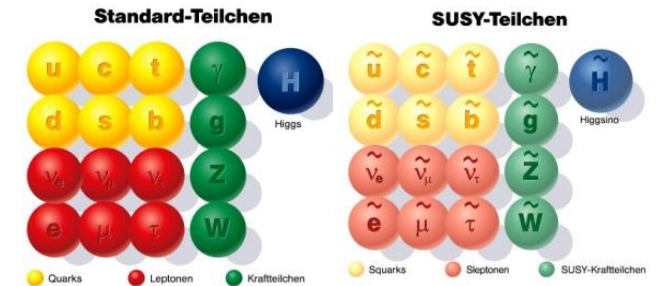
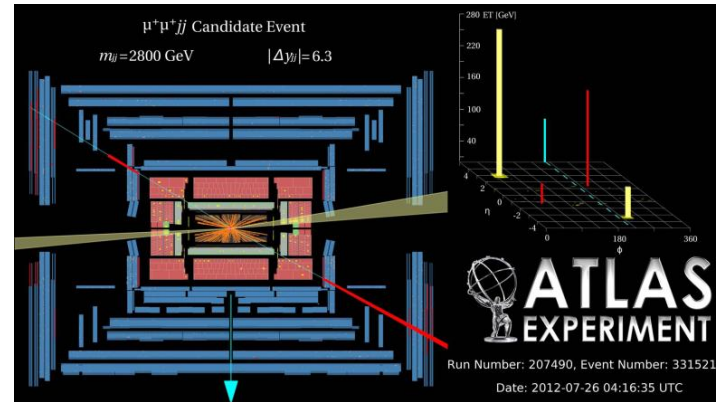
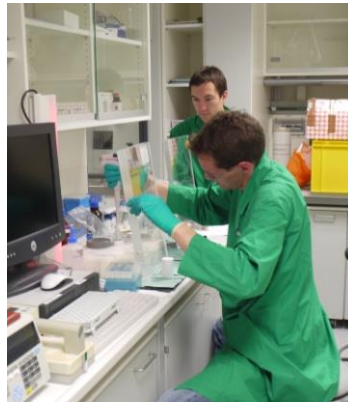


# Versuche zur Kern- und Teilchenphysik im F-Praktikum

Prof. A. Straessner, Oktober 2024

# Das Institut für Kern- und Teilchenphysik

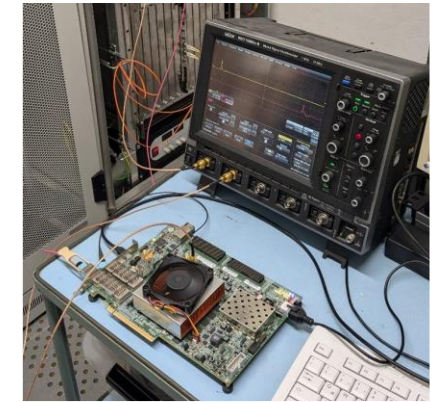
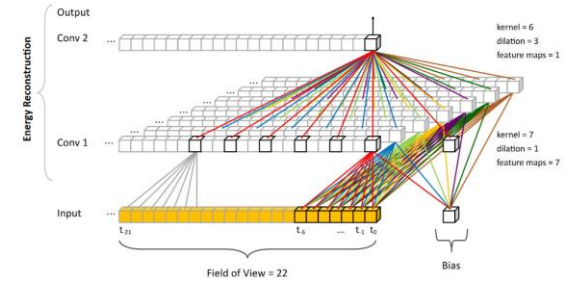
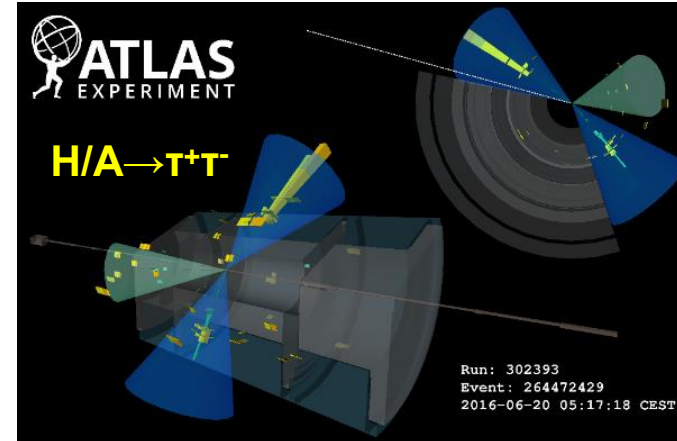
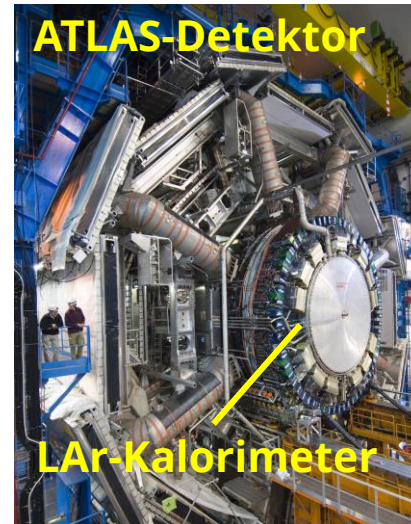
- Untersuchung bekannter Teilchen und Wechselwirkungen - äußerst seltene Prozesse
- Suche nach neuen Teilchen und Phänomenen
- Technische Anwendungen



- **Experimentelle Methoden:**
  - Detektoren an Teilchenbeschleunigern, u.a. Large Hadron Collider des CERN
  - Teilchenphysik und Kosmologie mit kernphysikalischen Methoden ohne Beschleuniger
- **Entwicklung neuer theoretischer Konzepte und Modelle**
- **Anwendungen der Teilchenphysik u.a. in der Medizin:**
  - Strahlungsphysik, Physik mit Teilchenstrahlen

# Forschungsgruppen: Experimentelle Teilchenphysik

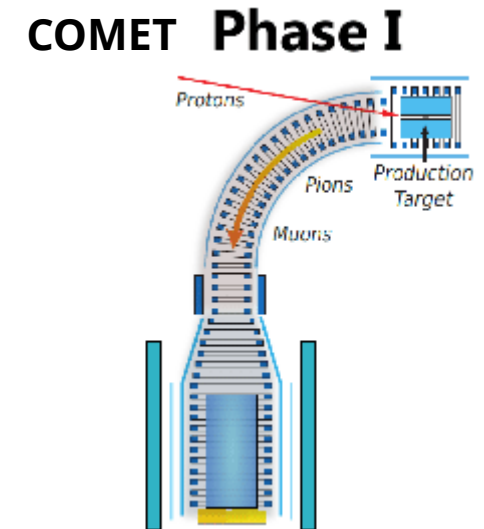
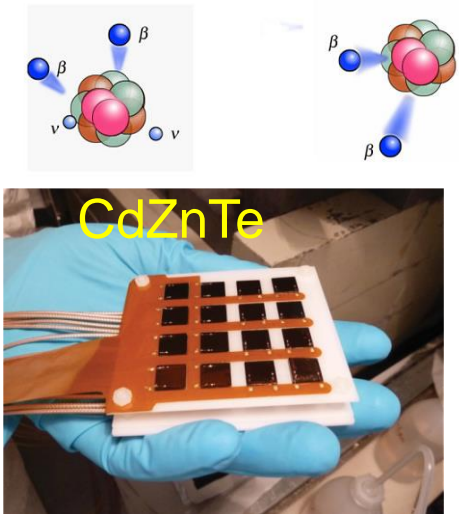
- Gruppenleiter: Prof. M. Kobel, Dr. F. Siegert, Prof. A. Straessner



- **Auswertung von Daten des ATLAS-Detektors am LHC:**
  - Präzisionsmessung von Standardmodellprozessen
  - Suche nach neuer Physik jenseits des Standardmodells
- **LHC läuft mit höchster Schwerpunktsenergie (fast 14 TeV) und doppelter Design-Luminosität**
- **Entwicklung von Ausleseelektronik für Teilchendetektoren**
- **Datenanalyse und Detektorentwicklung mit fortgeschrittenen statistischen Methoden, Machine Learning, ...**



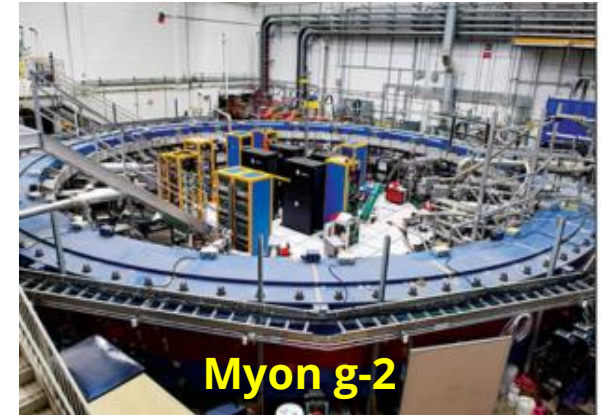
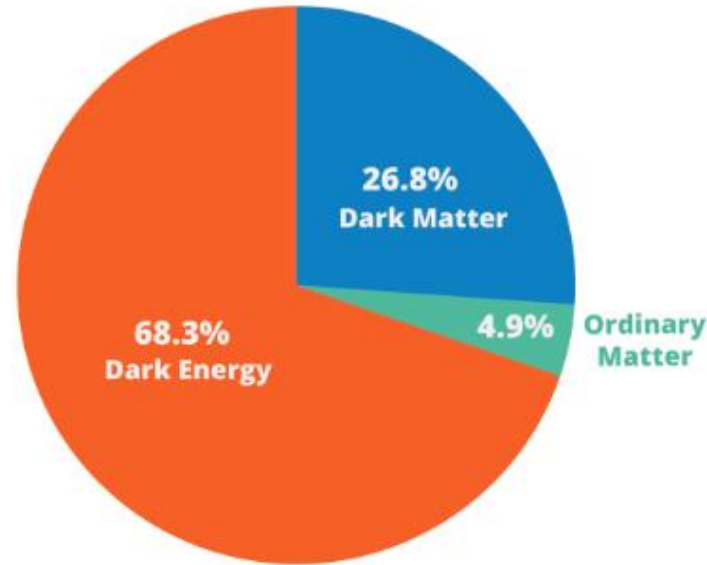
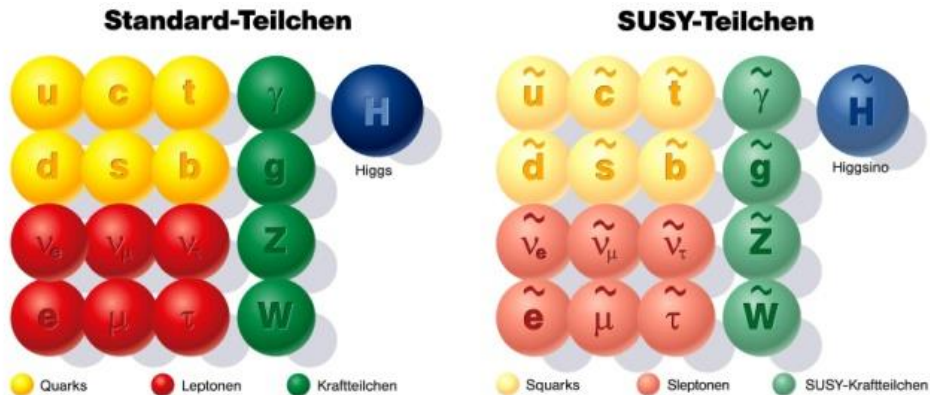
- **Gruppenleiter: Prof. K. Zuber, Dr. B. Lehnert**



- **speziell: neutrinoloser doppelte Betazerfall:  $(A,Z) \rightarrow (A,Z+2) + 2 e^-$**
- **Teilchenphysik mit kernphysikalischen Methoden**
- **Messung von Halbwertszeiten im Bereich von  $10^{26}$  Jahren - die seltenste von Menschen gefundene Kernumwandlung**
- **Messungen zur nuklearen Astrophysik und Physik mit Neutronen**
- **Experimente zu leptonzahlverletzenden Prozessen**

# Forschungsgruppen: Theoretische Elementarteilchenphysik

- **Gruppenleiter: Prof. D. Stöckinger**

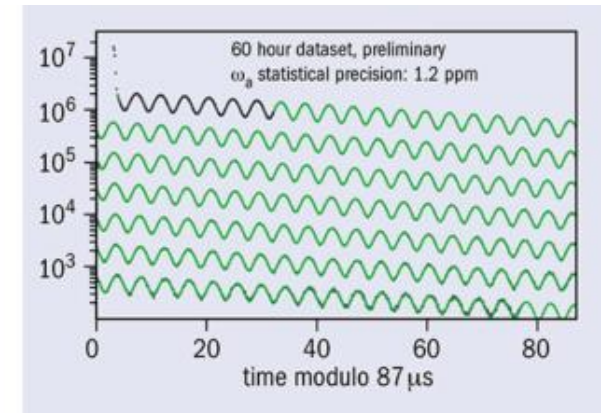


- **Grundlegende Fragen:**

- Gibt es eine Vereinheitlichung der Kräfte?
- Woraus besteht dunkle Materie im Universum
- Grundlagen der Quantenfeldtheorie

- **Phänomenologie der Elementarteilchen:**

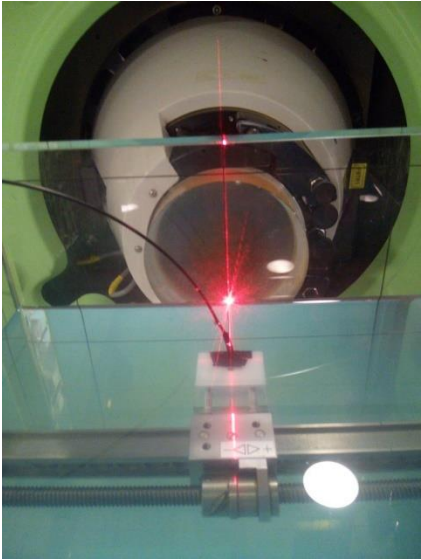
- Präzisionsphysik des Standardmodells, Supersymmetrie, theoretische Interpretation experimenteller Daten





# Forschungsgruppen: Strahlungsphysik

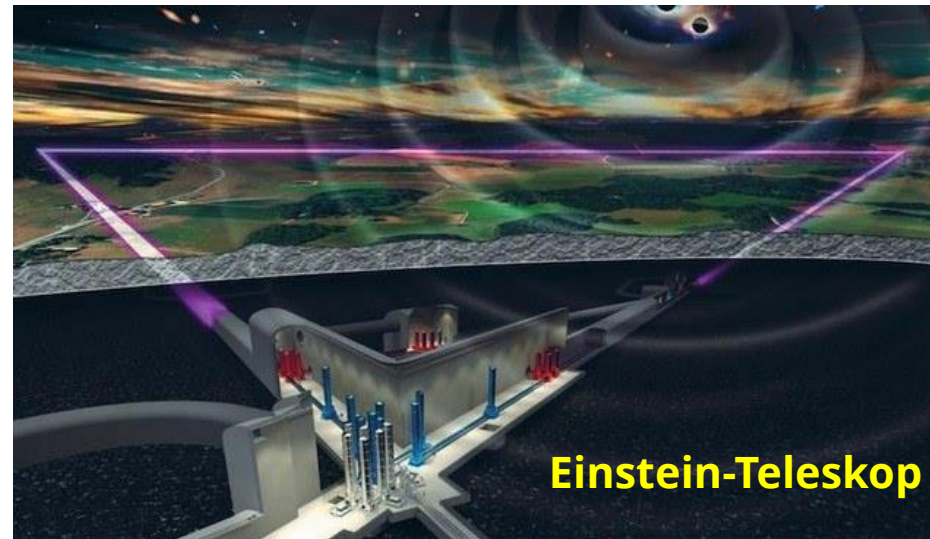
- **Gruppenleiter: Dr. T. Kormoll**



- **neue Dosimetrieverfahren für die Qualitätssicherung in der Strahlentherapie**
- **Sondensystemen zum Einsatz an nuklearem Abfall**
- **tragbare Dosisleistungsmessgeräte für den Strahlenschutz in gepulsten Strahlungsfeldern**
- **kompakte Sonden für die Beprobung von Betonkörpern im Rückbau von Kernkraftwerken**

# Forschungsgruppen: Astrophysik

- **Gruppenleiter: Prof. G. Hasinger**

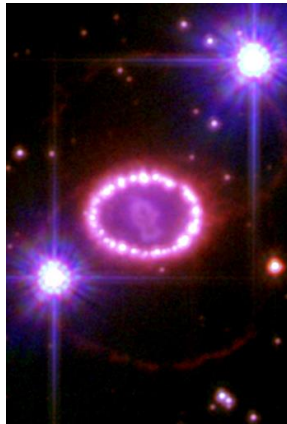
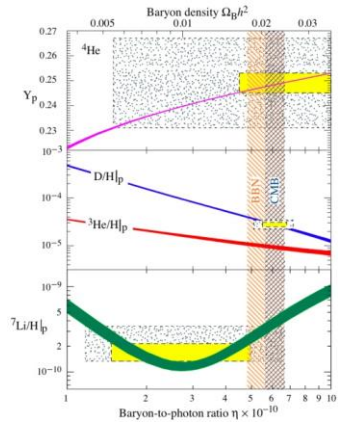


- **Röntgenastronomie, primordiale schwarze Löcher und Gravitationswellen**
- **Forschung am Deutschen Zentrum für Astrophysik (DZA)**

# Forschungsgruppen: Forschungszentrum Dresden-Rossendorf

- Laser-Beschleunigung von Teilchenstrahlen: Prof. T. Cowan, Prof. U. Schramm
- Beschleunigermassenspektrometrie (AMS): Prof. A. Wallner
- Nukleare Astrophysik: Dr. D. Bemmerer
- Medizinische Anwendung von Teilchenstrahlen und Dosimetrie

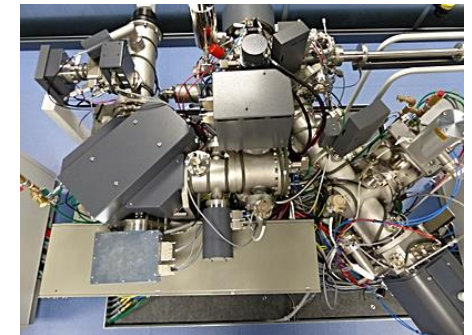
## Entstehung der Elemente - Supernovae



## Laser-Teilchenbeschleunigung



## AMS



## Nukleare Astrophysik: Messung kernphysikalischer Reaktionen im Labor



## Anwendungen in Medizin und Grundlagenforschung





# Versuche im F-Praktikum

Aktivitätsbestimmung radioaktiver Proben (AK)

[ Beta-Zerfall (BE) nicht im WiSe 24/25 ]

Compton-Streuung (CS)

Gammaspektrometrie (GA)

Lebensdauer von Myonen (LM)

Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

Reaktor (RE)

Wechselwirkungsquerschnitt thermischer Neutronen (TR)

Gaslaser (am HZDR) (GL)



# Aktivitätsbestimmung radioaktiver Proben (AK)

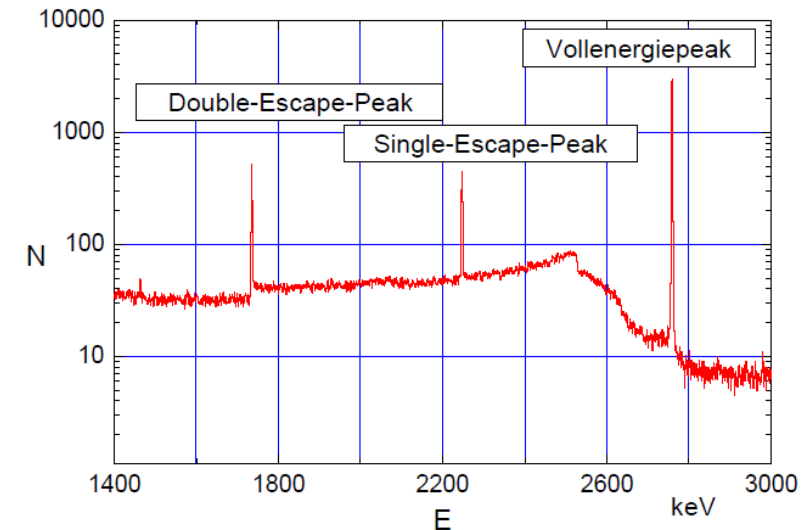
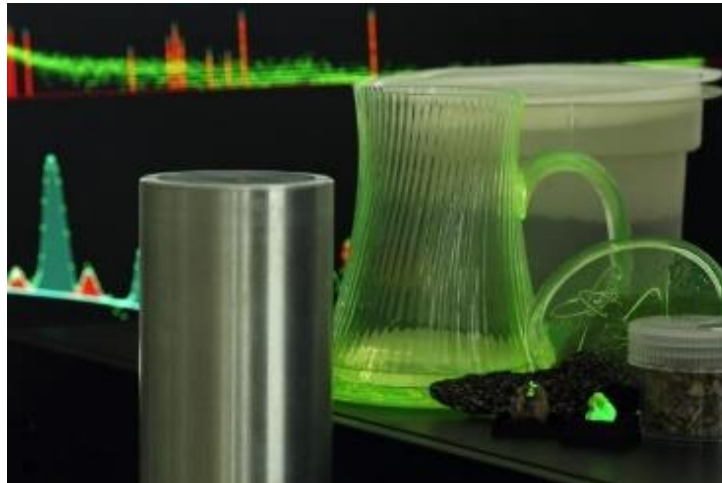
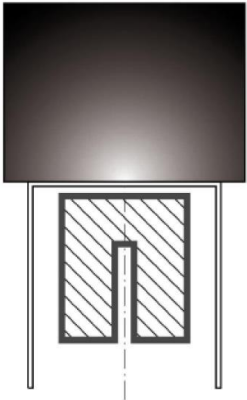
(Marie Piechotta)



- **Detektorphysik – Medizinphysik – Strahlenschutz**
- **Wesentliche Inhalte:**
  - Grundlagen quantitativer Dosimetrie
  - Energiekalibrierung eines HP-Ge-Detektors
  - Ansprechvermögen des Detektors
  - Quantitative Bestimmung d. Radioaktivität von Umweltproben
  - Bestimmung spezifischer Aktivitäten in Umweltproben
  - Erarbeitung von Korrekturen zur Ableitung quantitativer Aussagen

**nicht für Bachelor/Physik, die bereits AK im GPIII belegt haben**

Einfluss der Selbstabsorption:  
Hell - wenig Schwächung,  
Dunkel - starke Schwächung



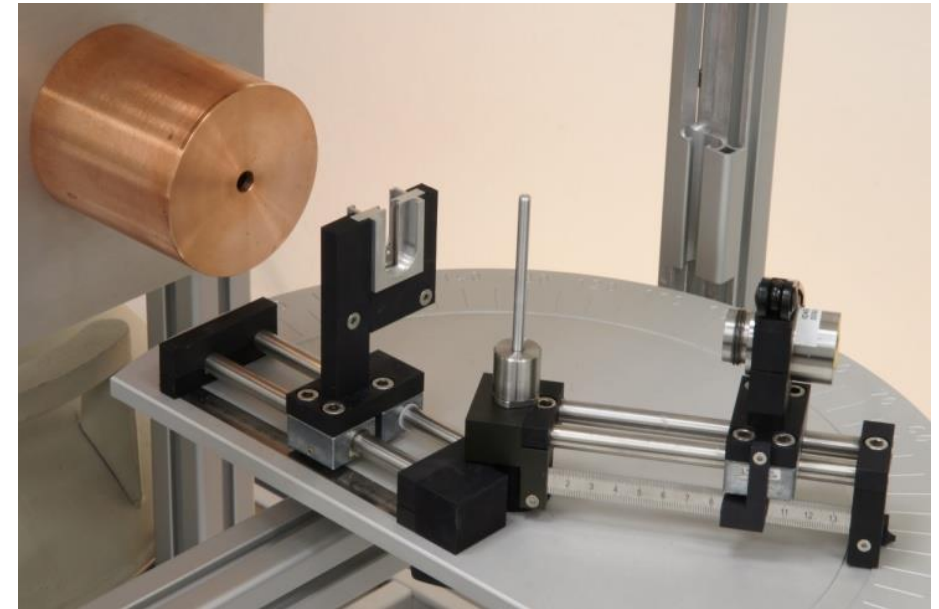
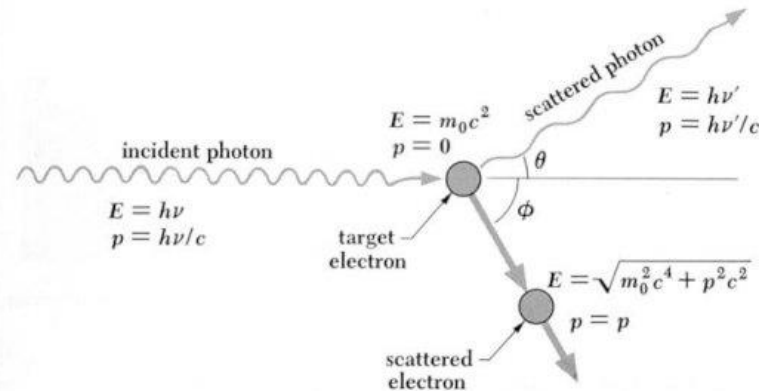
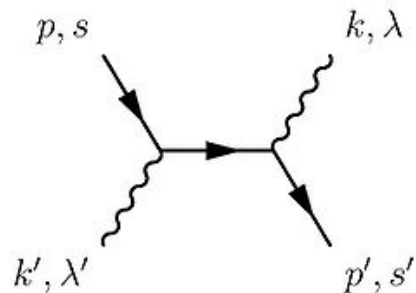
# Compton-Streuung (CS)

(Juliane Volkmer)

- Teilchenphysik – Detektorphysik – Medizinphysik

- **Wesentliche Inhalte:**

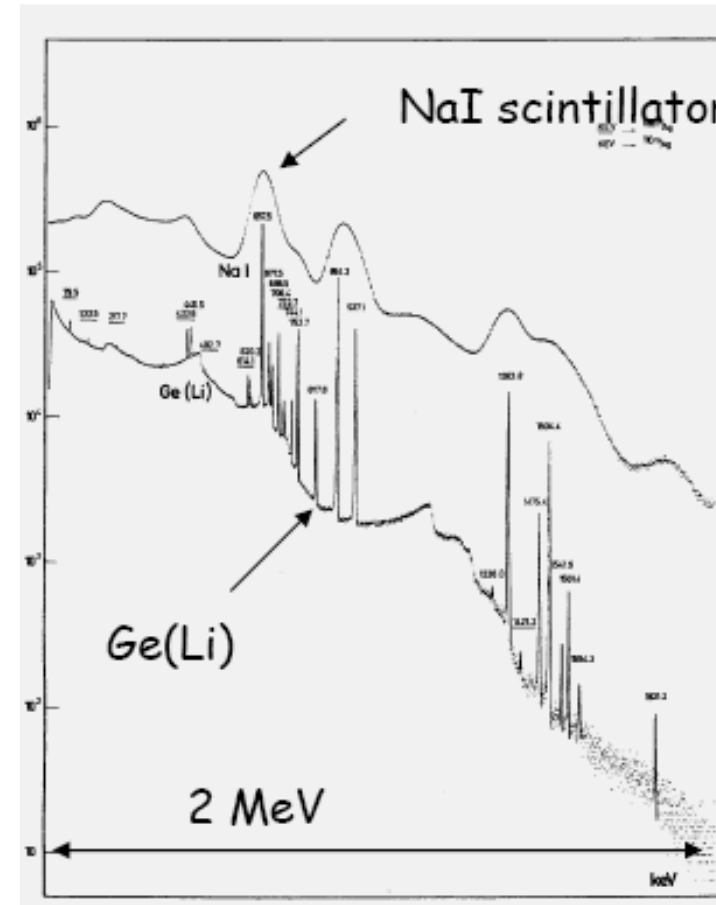
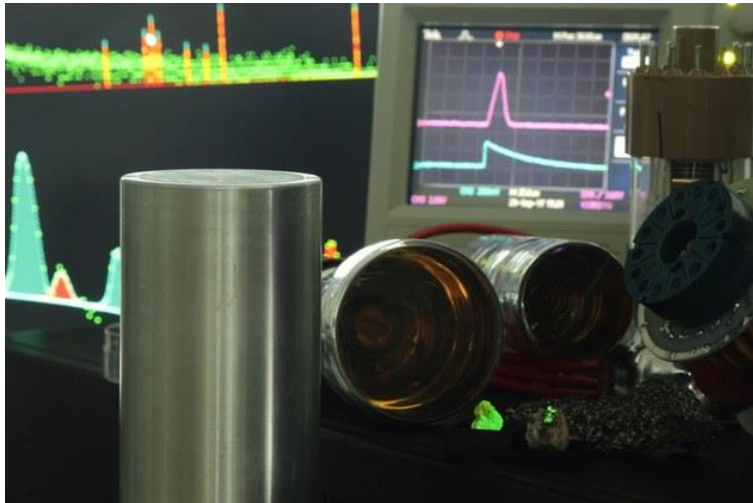
- Messung des differentiellen Wirkungsquerschnittes für die Streuung von Photonen an quasifreien Elektronen
- Überprüfung der Theorie der Compton-Streuung
  - Streuung Fermion + Boson → Fermion + Boson
  - Standardprozess der Teilchenphysik
- Photonennachweis mit einem HPGe-Detektor
- Energiekalibrierung eines Photonendetektors
- Statistische Datenauswertung





# Gammaspektrometrie (GA)

- Kernphysik – Detektorphysik – Teilchenphysik– Medizinphysik
- **Wesentliche Inhalte:**
  - Nachweis von  $\gamma$ -Strahlung (Photonen)
  - Wechselwirkung von  $\gamma$ -Strahlung mit Materie
  - Photoeffekt und Comptonstreuung
  - Kristall- und Halbleiterdetektoren
  - Auflösungsfunktion von Detektoren
  - Interpretation der Spektren unbekannter Proben

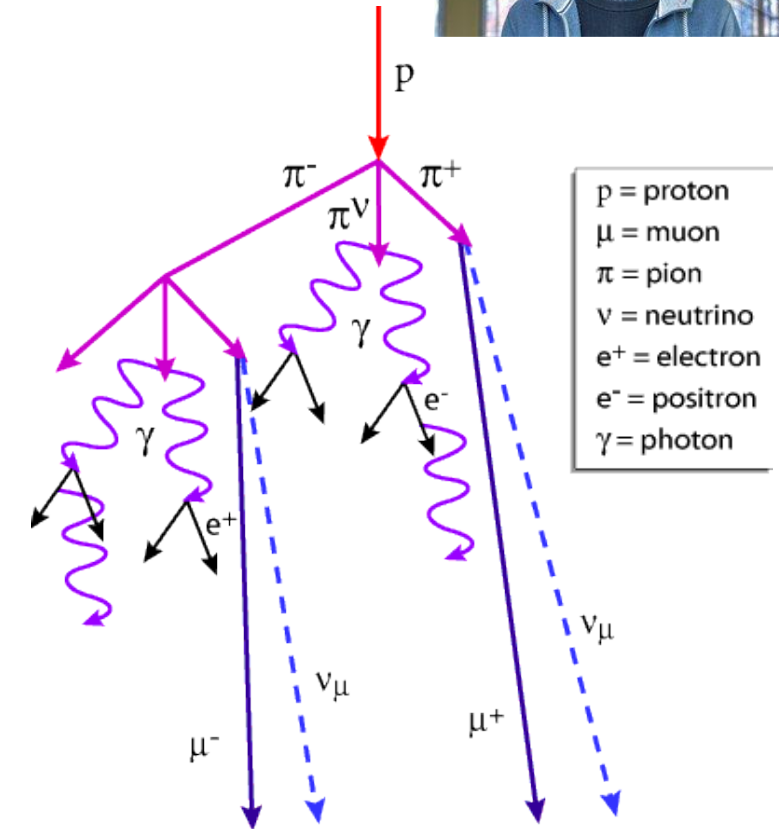
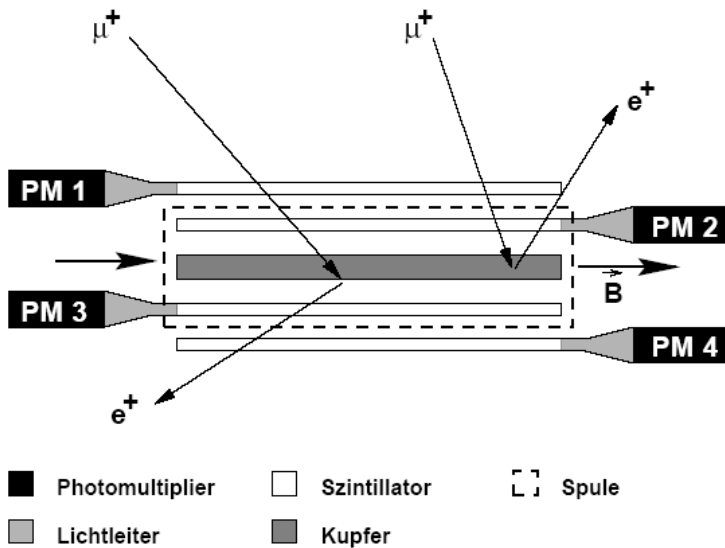


# Lebensdauer von Myonen (LM)

(Christian Schmidt)



- Teilchenphysik – Detektorphysik – Festkörperphysik
- **Wesentliche Inhalte:**
  - Entstehung und Nachweis kosmischer Strahlung
  - Szintillationsdetektoren zum Nachweis ionisierender Strahlung
  - Zeitaufgelöste Koinzidenzmesstechnik
  - Teilchenzerfall, radioaktives Zerfallsgesetz, spezielle Relativitätstheorie

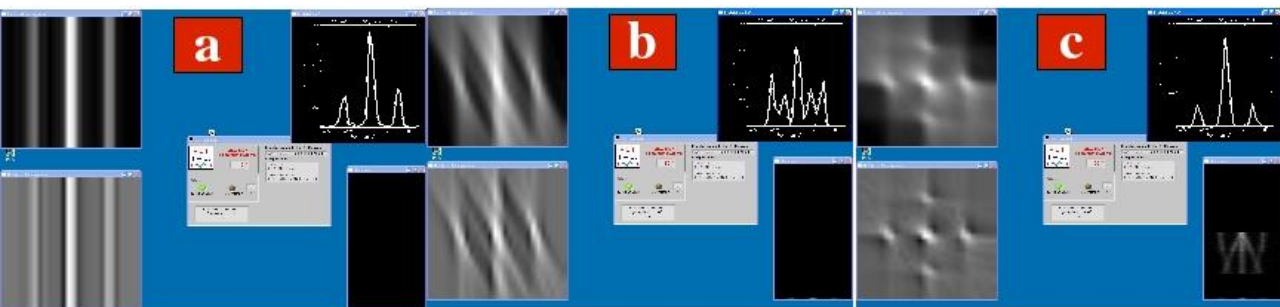
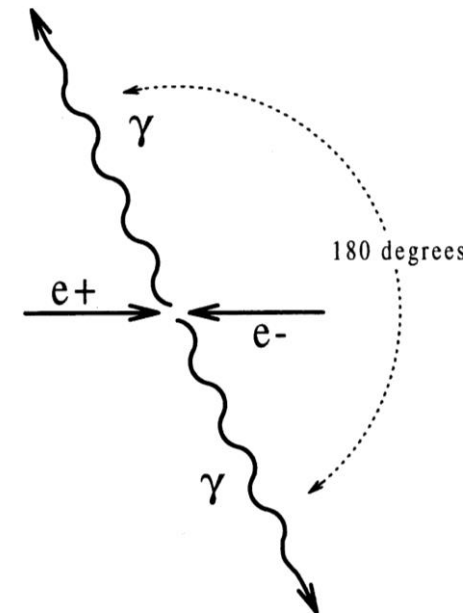
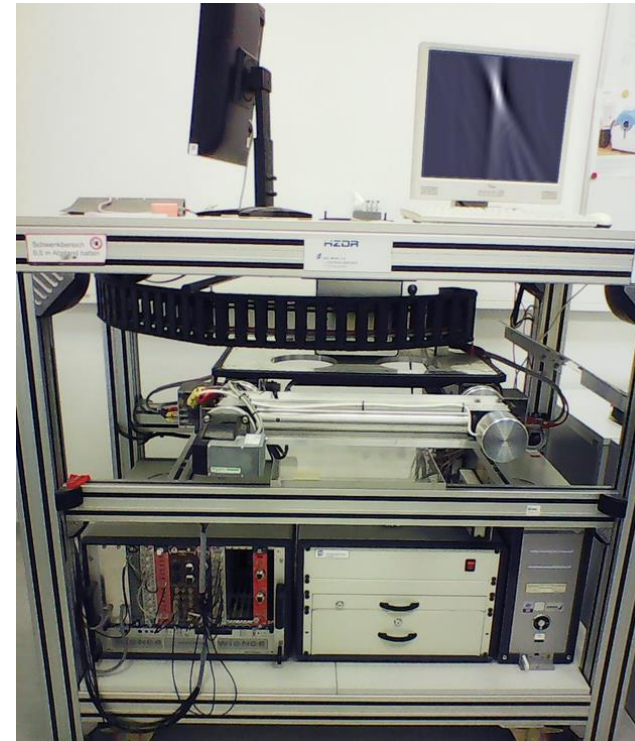


# Positronen-Emissions-Tomografie (PET)

(Erik Bachmann)



- **Detektorphysik – Medizinphysik – Teilchenphysik**
- **Wesentliche Inhalte:**
  - Kalibrierungsmessungen am Detektorsystem
  - Aktivitätsbestimmung
  - Photon-Koinzidenzmessungen von  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$
  - tomografische Rekonstruktion
  - tomografische Messungen an Phantomen
  - Theorie der DV und Tomografie, Bildrekonstruktion





# Reaktor (RE)

- Kernphysik – Detektorphysik – Medizinphysik – Festkörperphysik
- **Wesentliche Inhalte:**
  - Kennenlernen einer kerntechnischen Anlage
  - Erfassung des typischen Steuerverhaltens eines Kernreaktors am Beispiel des Nullleistungsreaktors
  - Messung von charakteristischen Größen an einem Reaktor (“Forschungsreaktor”)
  - Ermittlung der Reaktivitätskennwerte der Steuerstäbe des Reaktors durch Kalibrierung

(Carsten Lange, Daniel Gehre,  
Pauer-Bau)



# Wechselwirkung thermischer Neutronen (TR)

- Kernphysik – Detektorphysik – Medizinphysik – Festkörperphysik
- **Wesentliche Inhalte:**
  - Bestimmung totaler Wirkungsquerschnitte für die Wechselwirkung thermischer Neutronen mit den Atomkernen: H, C, Al, Fe
  - Erzeugung und Nachweis thermischer Neutronen
  - Messung von Transmissionskoeffizienten
  - Wechselwirkungsquerschnitte

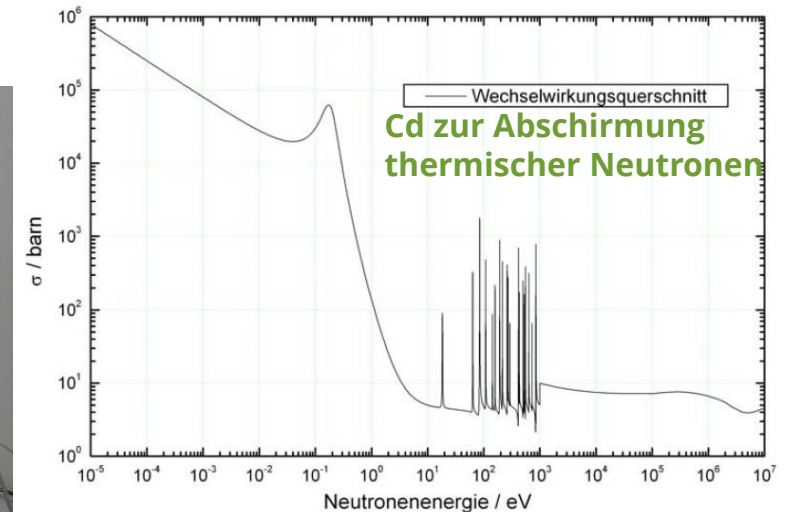
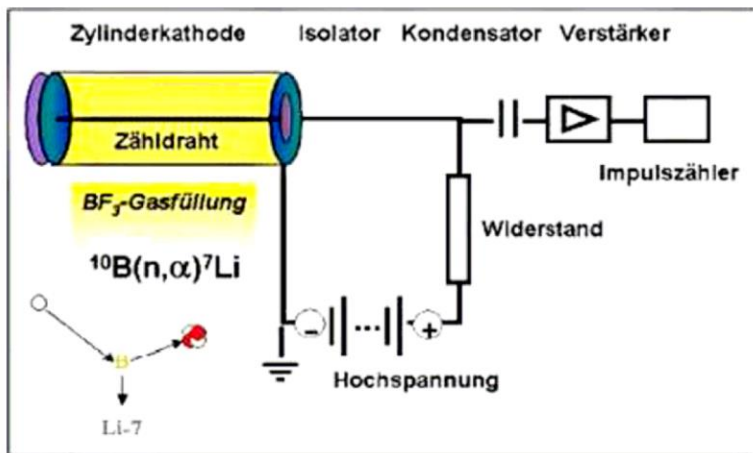


Abbildung 2: totaler Wechselwirkungsquerschnitt für Cadmium [1]

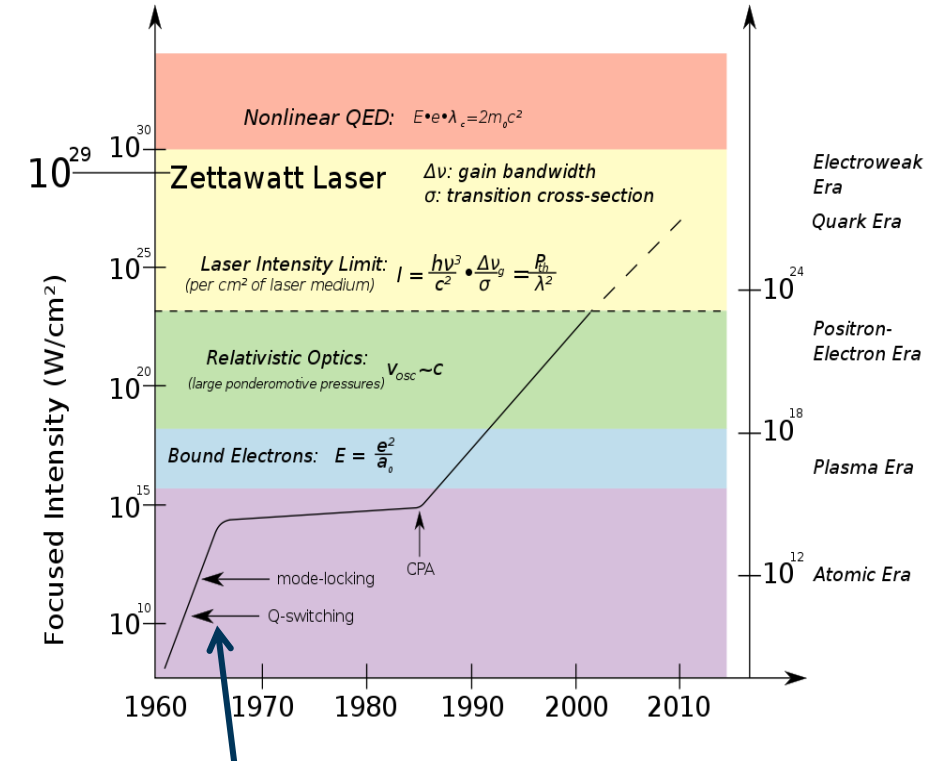
# Gaslaser (GL)

- Medizinphysik – Lasertechnik – Beschleunigerphysik

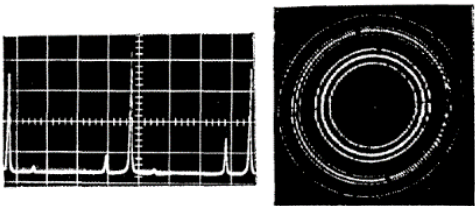
- Wesentliche Inhalte:

- Grundeigenschaften eines Lasers
- Eigenschaften von Hohlraum-Resonatoren
- Präzisionsinterferometrie

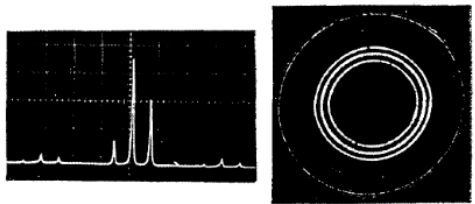
(Milenko Vescovi, Stefan Assenbaum, HZDR)



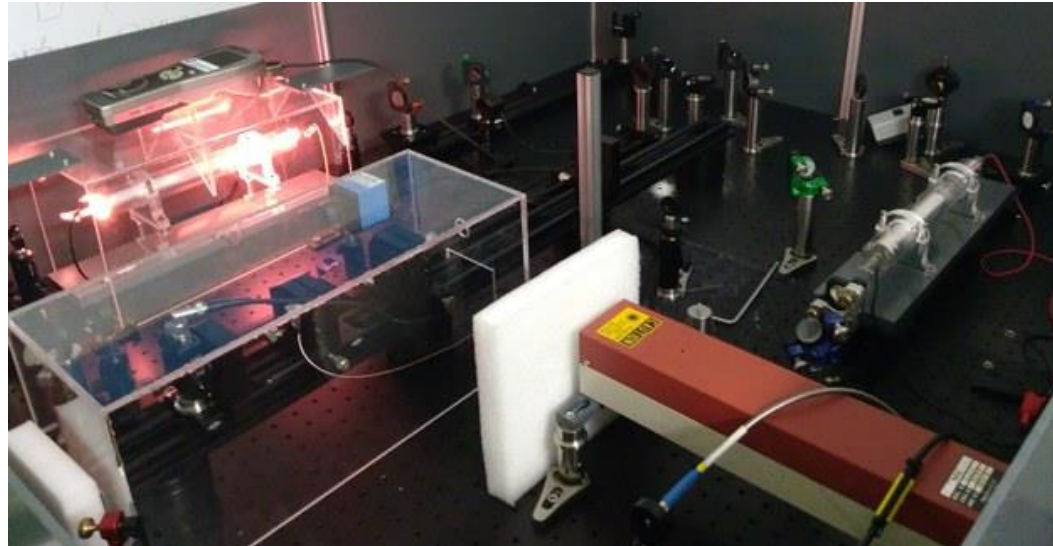
HeNe-Laser des Praktikums



(a)



(b)





# Versuche im F-Praktikum

Aktivitätsbestimmung radioaktiver Proben (AK)

[ Beta-Zerfall (BE) nicht im WiSe 24/25 ]

Compton-Streuung (CS)

Gammaspektrometrie (GA)

Lebensdauer von Myonen (LM)

Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

Reaktor (RE)

Wechselwirkungsquerschnitt thermischer Neutronen (TR)

Gaslaser (am HZDR) (GL)

# Beta-Umwandlung (BE)

- Kernphysik – Detektorphysik – Medizinphysik – Teilchenphysik

- **Wesentliche Inhalte:**

- Kernumwandlung durch  $\beta$ -Zerfall
- Energiespektrum der Elektronen, Grenzenergie
- Innere Konversion und Comptonelektronen
- Wechselwirkung von  $\beta$ -Strahlung mit Materie
- Energieverlust und Absorption

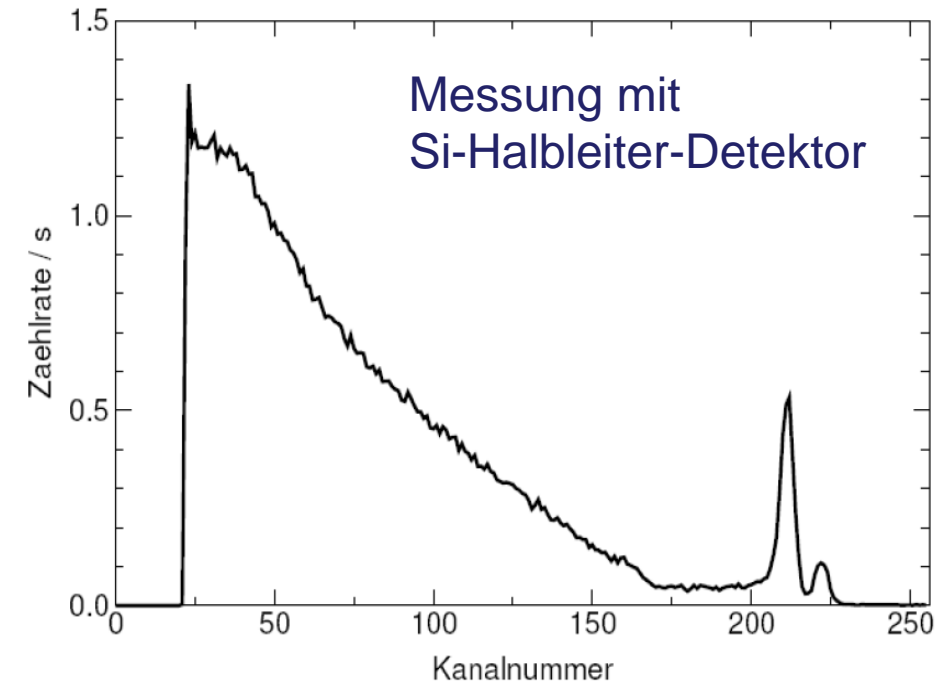
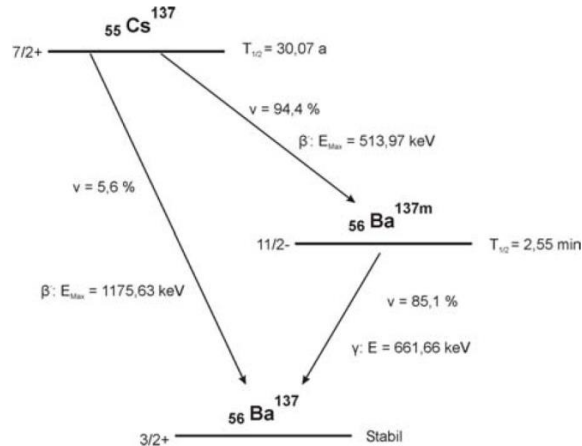


Abbildung 2: Typisches Beta-Spektrum für  $^{137}\text{Cs}$