

Ortssensitiver Nachweis von kosmischer Höhenstrahlung in einem segmentierten HPGe-Detektor



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



**David Schneiders, Benedikt Birkenbach, Jürgen Eberth, Herbert Hess,
Gheorghe Pascovici, Peter Reiter, Andreas Vogt**

Institut für Kernphysik, Universität zu Köln

Ortssensitiver Nachweis von kosmischer Höhenstrahlung in einem segmentierten HPGe-Detektor



- **Motivation**
- **Kosmische Höhenstrahlung**
- **AGATA-Detektor & Dual-Gain-Preamplifier**
- **Analyse der Messdaten**
- **Ausblick & Zusammenfassung**

Motivation

Energiedepositionen bis 200 MeV mit neuer Elektronik direkt messbar

Neuer Vorverstärker kann hochenergetische geladene Teilchen (aus radioaktiven Ionenstrahlen) unterdrücken, Zählratenfestigkeit



Höhenstrahlung als Eichquelle, Energiebereich sonst nicht zugänglich

Ortsaufgelöstes Tracking der Teilchentrajektorien durch Segmentierung möglich

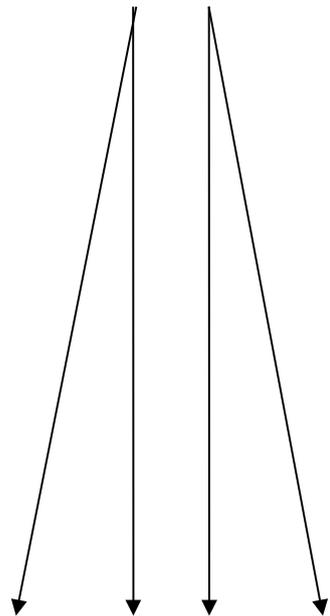
Kosmische Höhenstrahlung

Inklination
Höhenstrahlung:
~ 50°

Primäre Höhenstrahlung

Wechselwirkung mit Luftmolekülen

π^+ , π^-



μ^+ ν_μ ν_μ μ^-

Myonische Komponente
~ 70 %

Hadronen-
kaskade

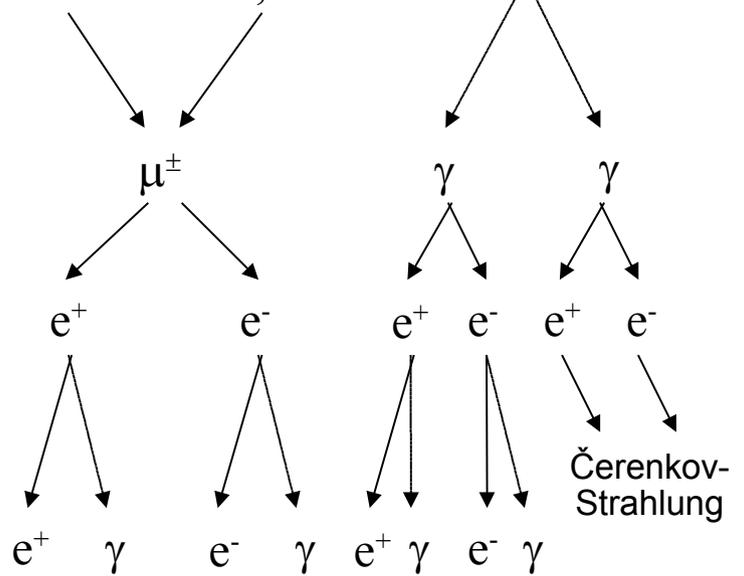
p, n, π^\pm , K^\pm

Hadronische Komponente
~ 1 %

π^\pm

K^\pm, K^0

π^0



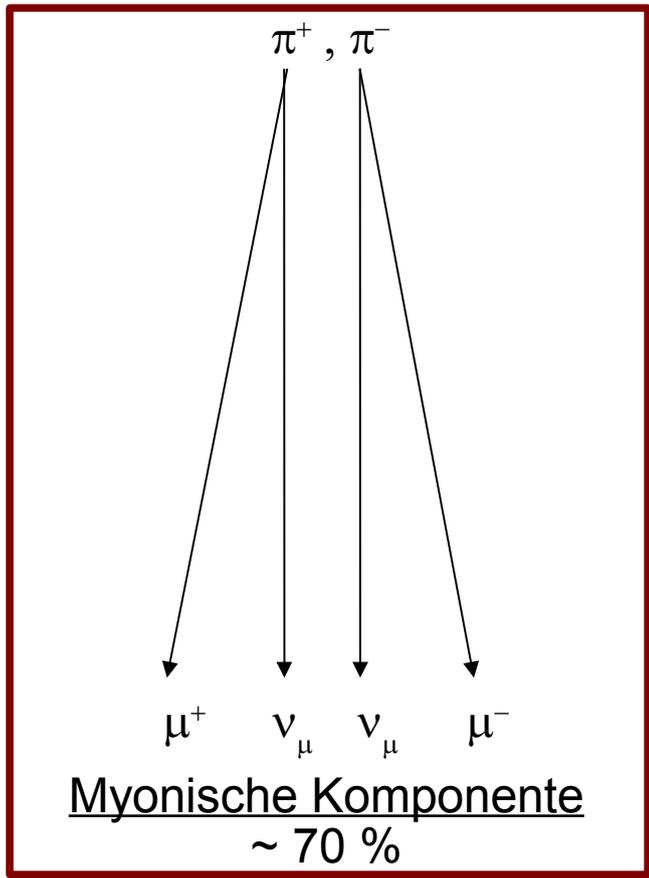
Elektromagnetische Komponente
~ 29 %

Kosmische Höhenstrahlung

Inklination
Höhenstrahlung:
~ 50°

Primäre Höhenstrahlung

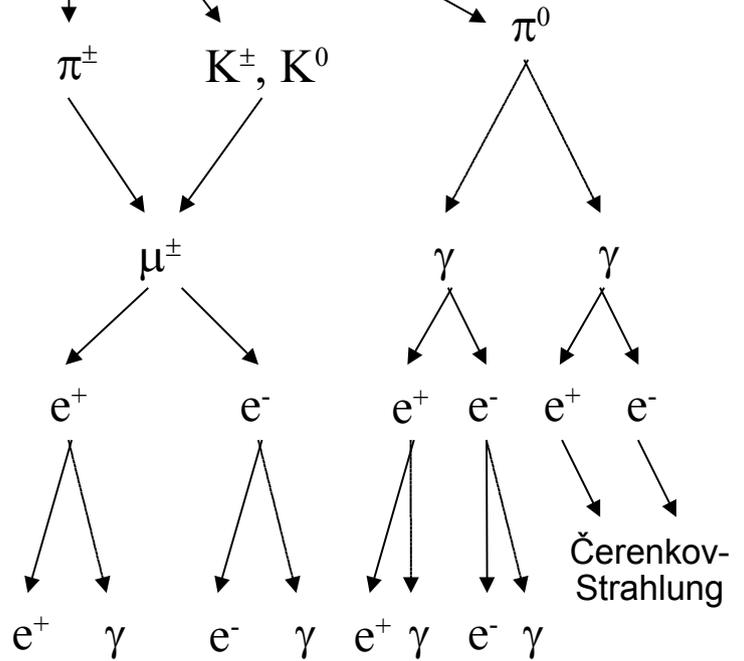
Wechselwirkung mit Luftmolekülen



Hadronen-
kaskade

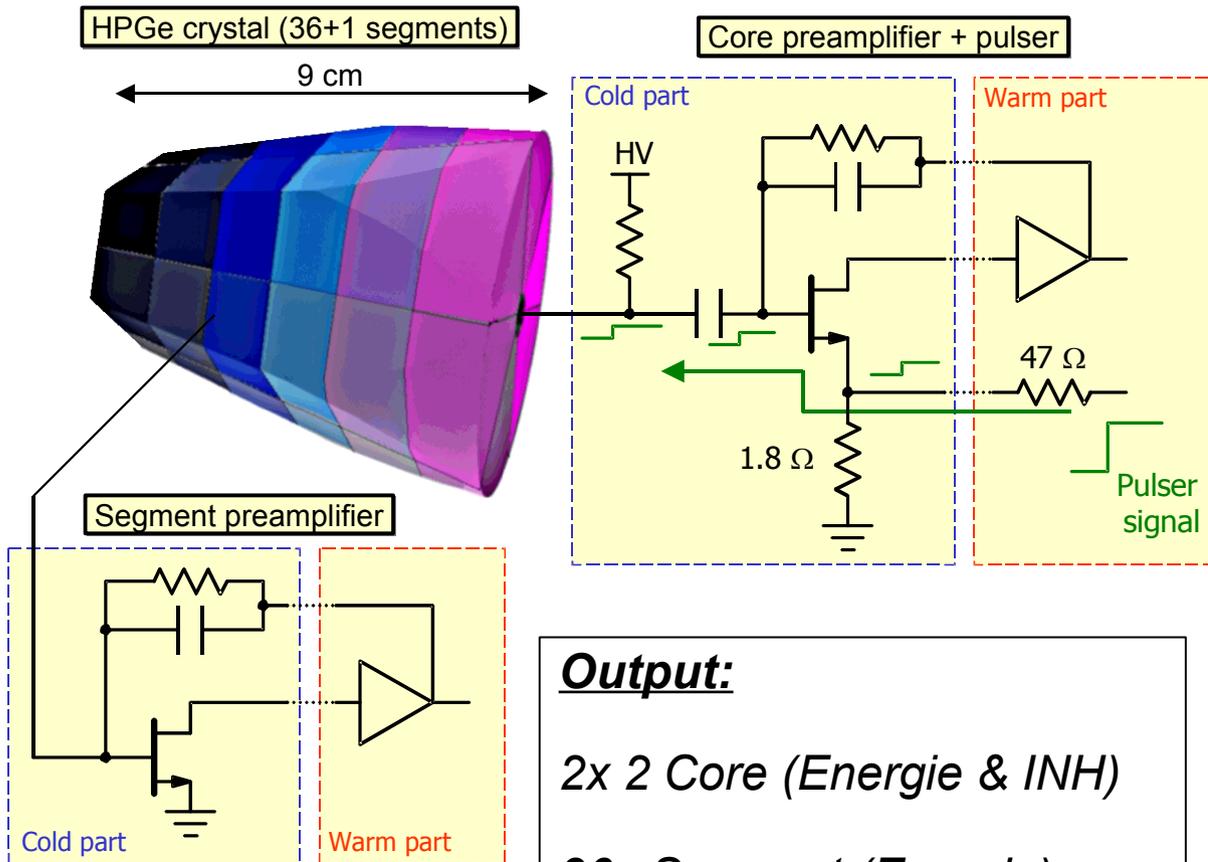
p, n, π^\pm, K^\pm

Hadronische
Komponente
~ 1 %



Elektromagnetische Komponente
~ 29 %

Messaufbau



Output:

2x 2 Core (Energie & INH)

36x Segment (Energie)

Trigger: High Gain Core

Aufbau 1 (bis 160 MeV)

segmentierter HPGe-Detektor
(alle Kanäle)

Converter Boxen

'DGF Pixie-4'-Module

Messrechner

Aufbau 2 (bis 200 MeV)

segmentierter HPGe-Detektor
(nur Cores)

Converter Boxen

4-Kanal-Digital-Oszilloskop

Messelektronik

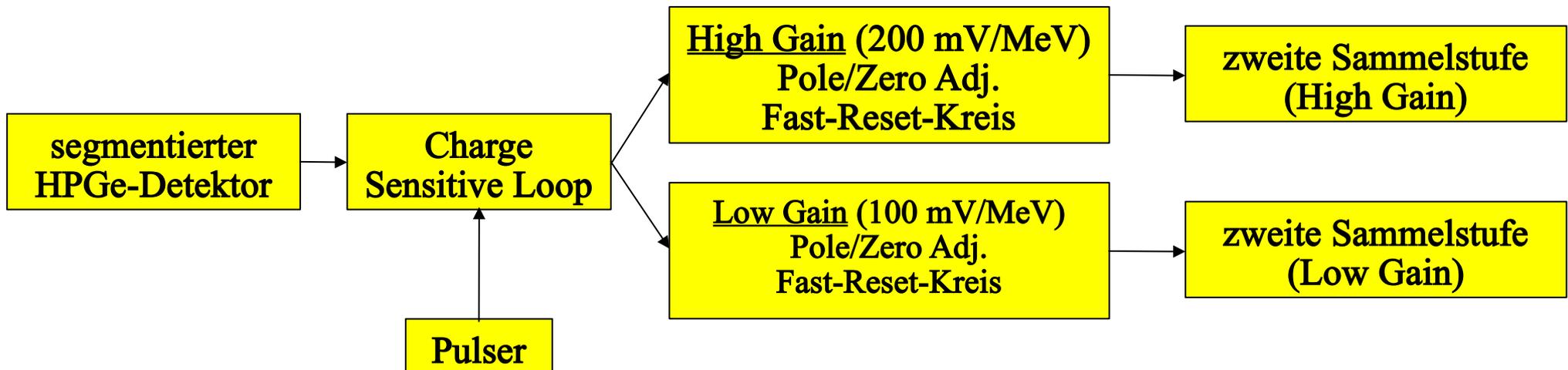
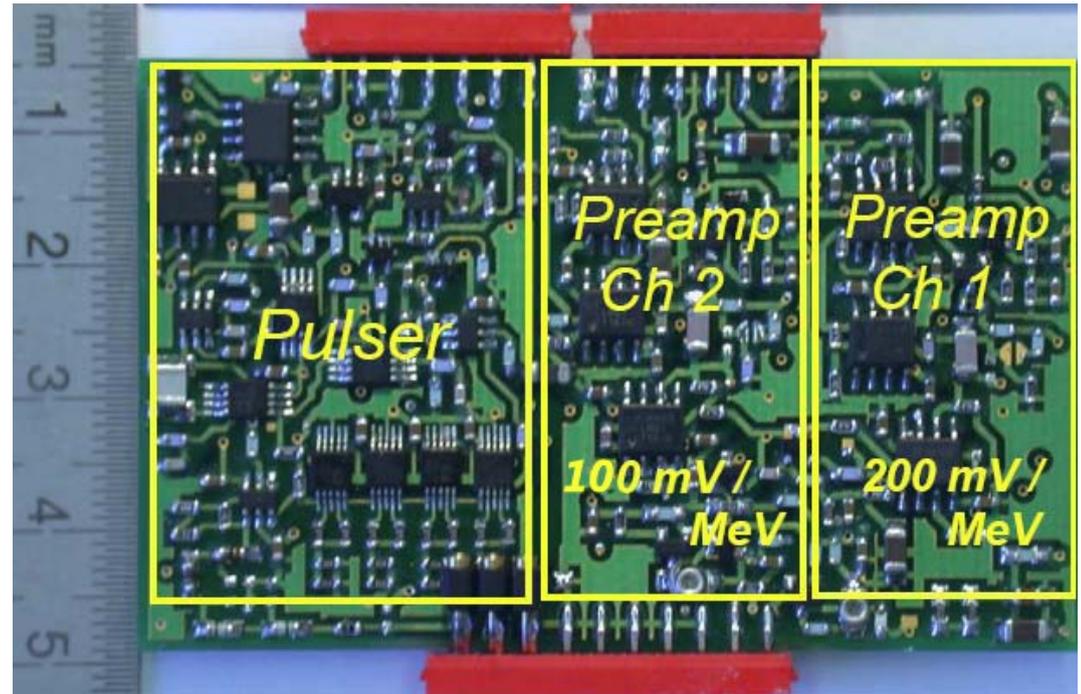
Neuartiger Dual-Gain-Preamplifier:

zwei verschiedene Verstärkungsfaktoren

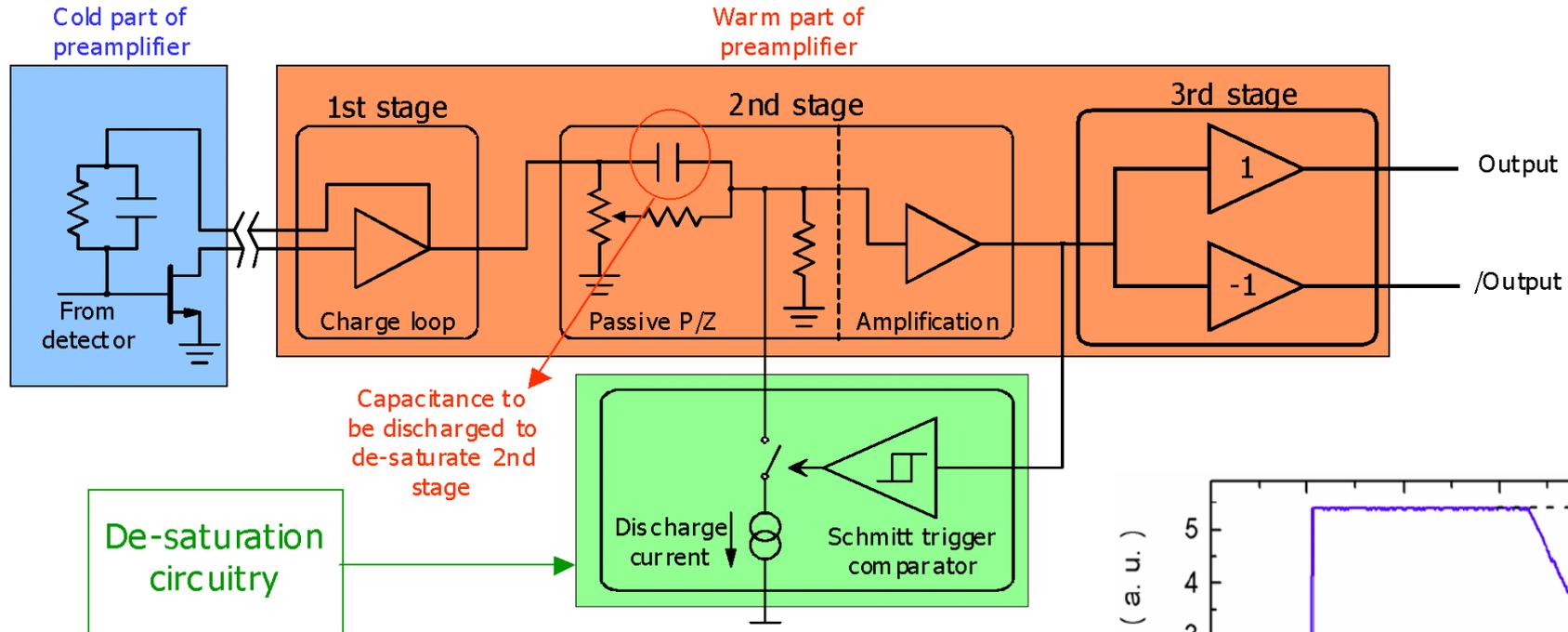
Fast-Reset-Schaltkreis:

Reduzierung zu einer sehr kurzen
Abfallzeit

exponentiell mit $\tau=50 \mu\text{s}$ \rightarrow linear $\sim 5\text{-}15 \mu\text{s}$



Neues Detektionsverfahren

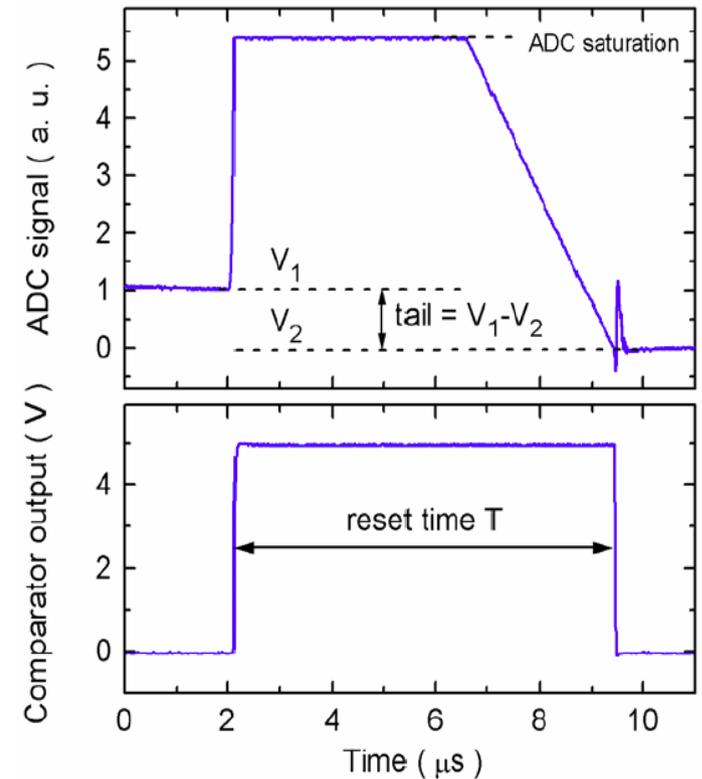


A. Pullia et al., „Active Reset of Digitized Preamplifiers for Ionizing-Radiation Sensors“, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, 51(3), 2004

Time-over-Threshold-Methode (ToT)

Energie des eingehenden Signals direkt abhängig von der Länge des Inhibitsignals

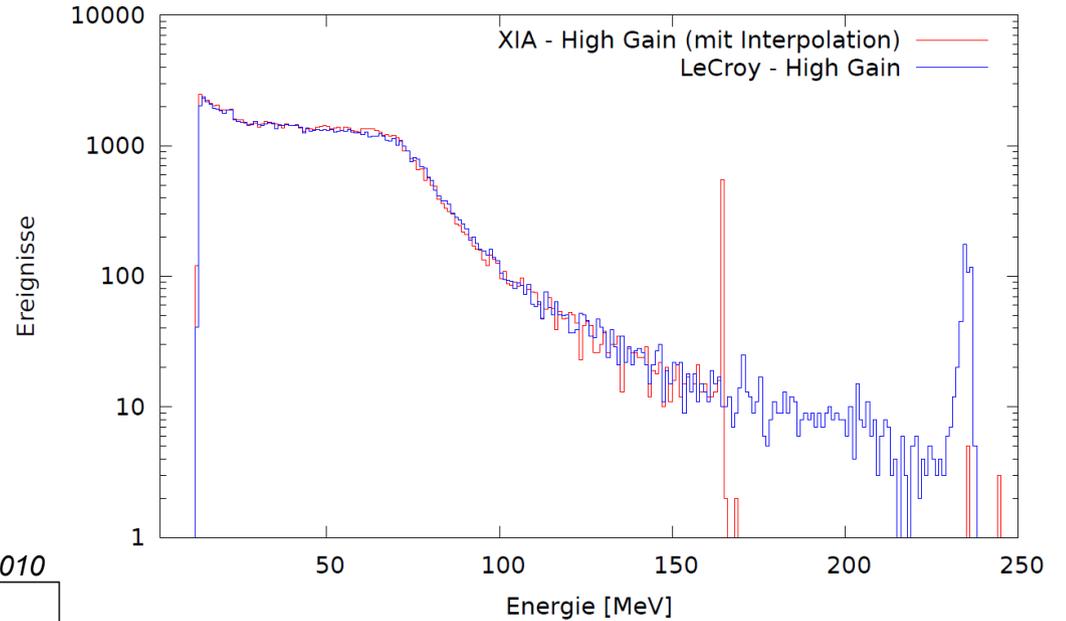
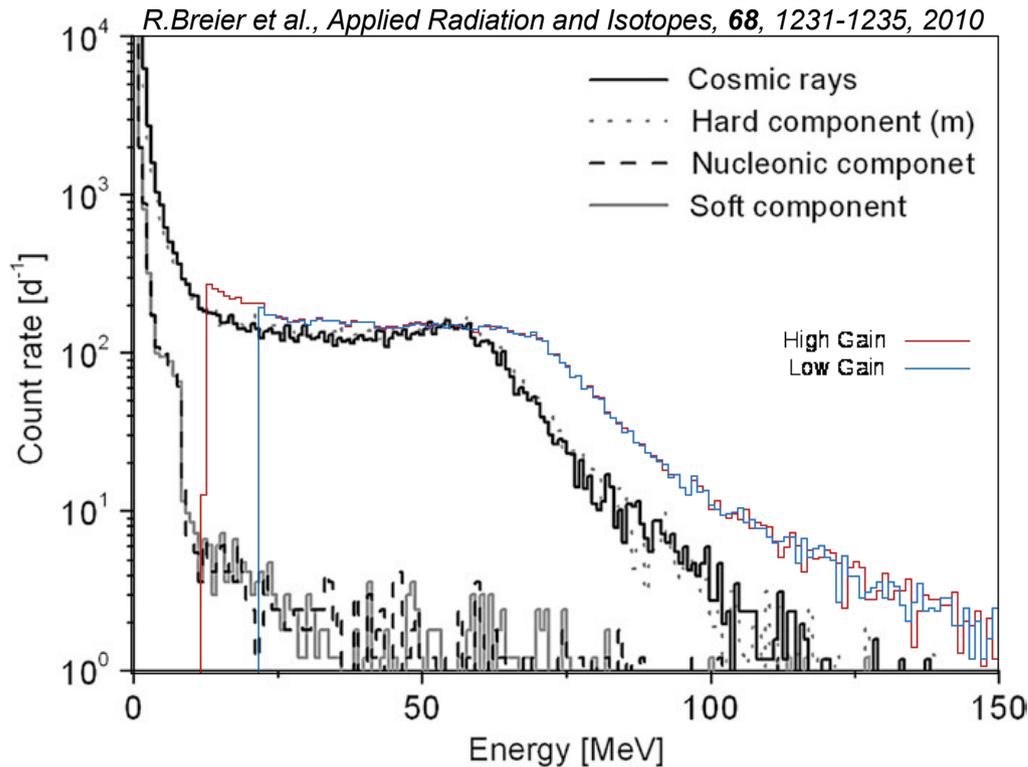
$$E = b_1 T + b_2 T^2 - (V_1 - V_2)/G + E_0$$



Analyse - Energiespektrum

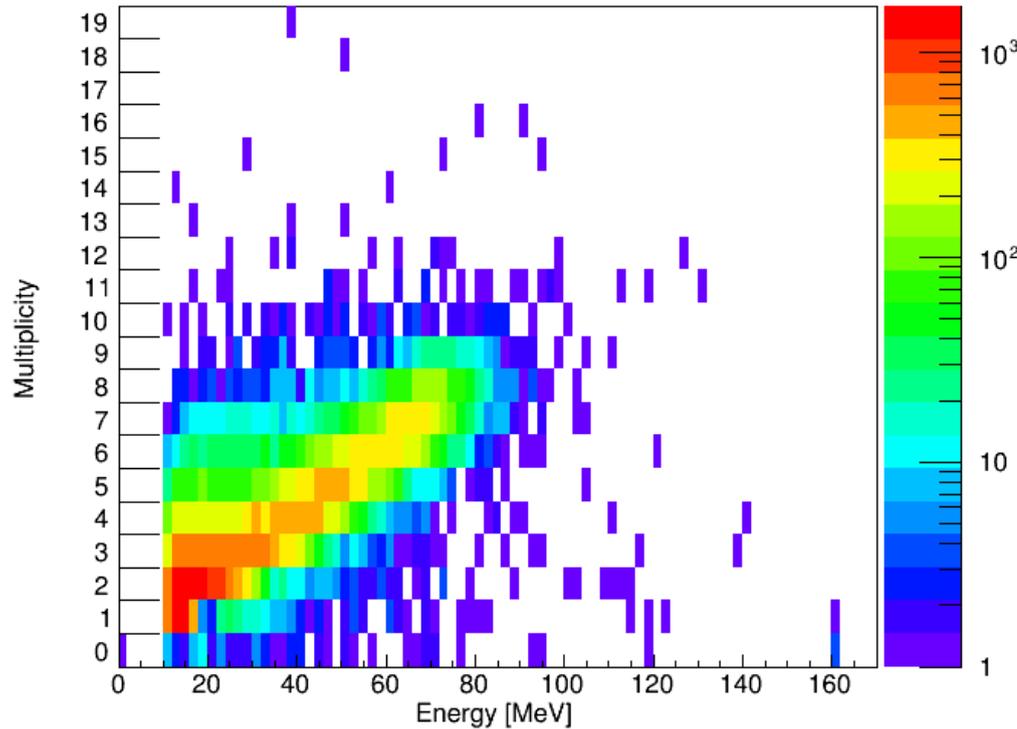
DGF durch Bufferlänge limitiert
(max. 25 μs)

Oszilloskop kann Segmentierung
nicht ausnutzen



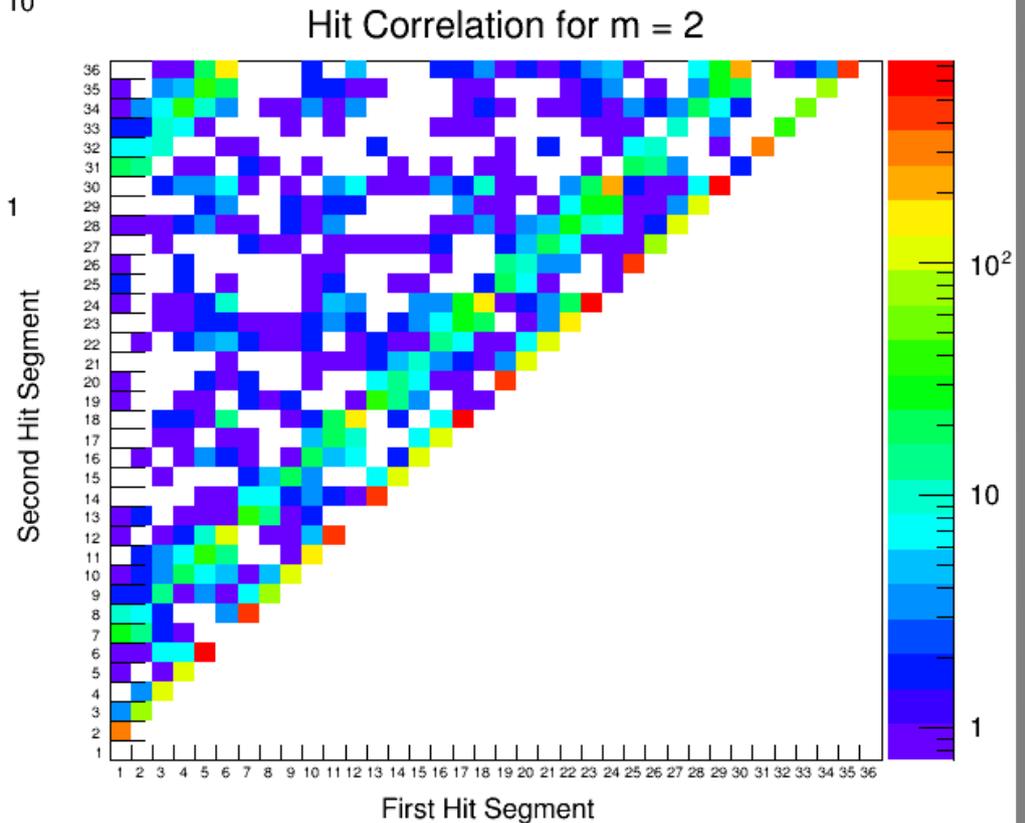
	Experiment	Simulation
Form	konisch	zylindrisch
Länge [mm]	90	70
Durchmesser [mm]	80	72
längste Gerade [mm]	120,42	100,42
Kuppenposition [MeV]	70	60

Analyse - Multiplizität



Energiedeposition steigt mit Weglänge, also auch Multiplizität

Korrelationsplot: nebeneinander liegende Segmente bevorzugt

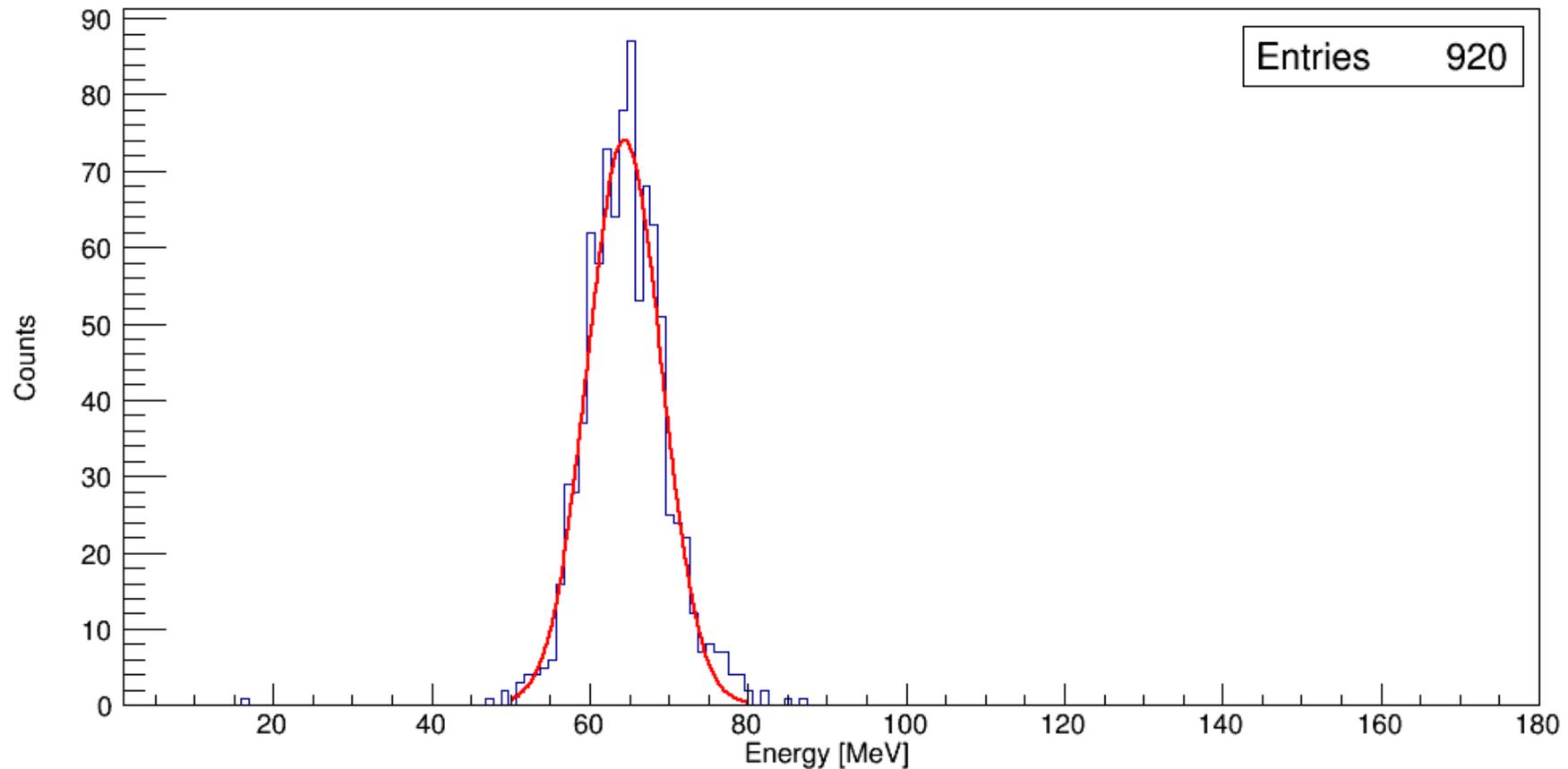
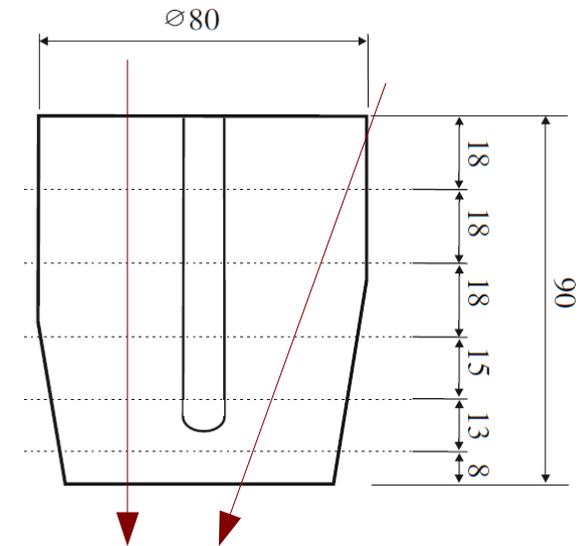


Energieverlustrechnung

$$\frac{dE}{dx} \hat{=} \frac{\text{Peakposition}}{\text{Strecke} \cdot \text{Dichte}} = \frac{64,5 \text{ MeV}}{9 \text{ cm} \cdot 5,32 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 1,35(10) \frac{\text{MeV cm}^2}{\text{g}}$$

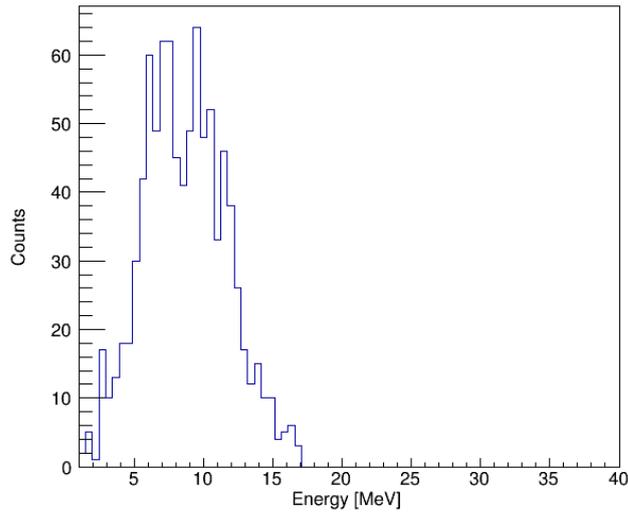
tabellierter Literaturwert für
minimalionisierende Myonen: $\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\min} = 1,37 \frac{\text{MeV cm}^2}{\text{g}}$

Energy high gain, vertical hit

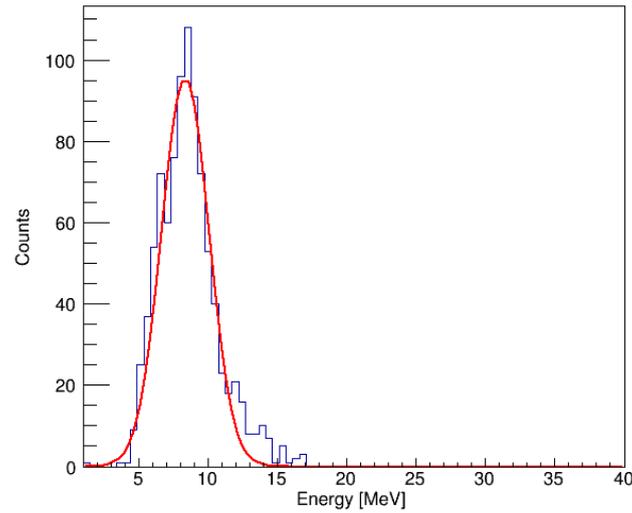


Energieverlustrechnung

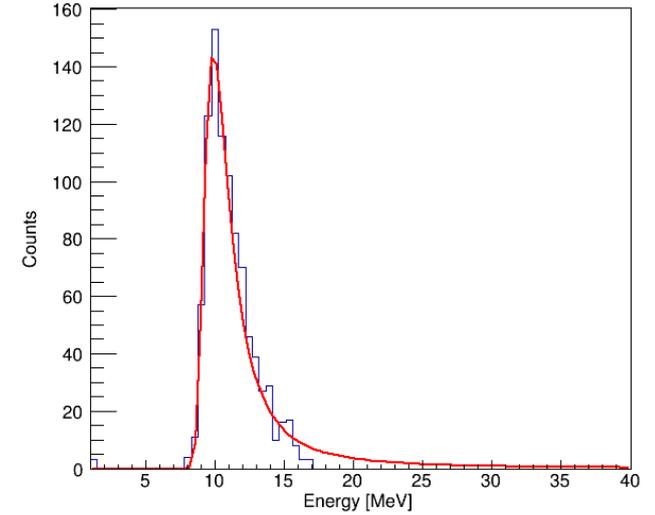
Energy Ring 1, vertical hit



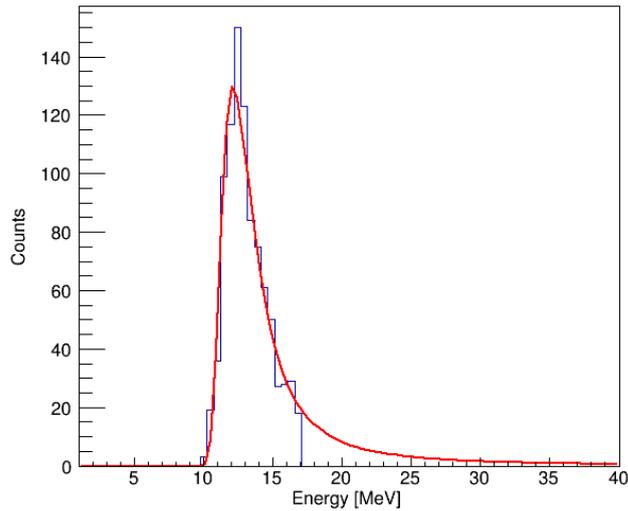
Energy Ring 2, vertical hit



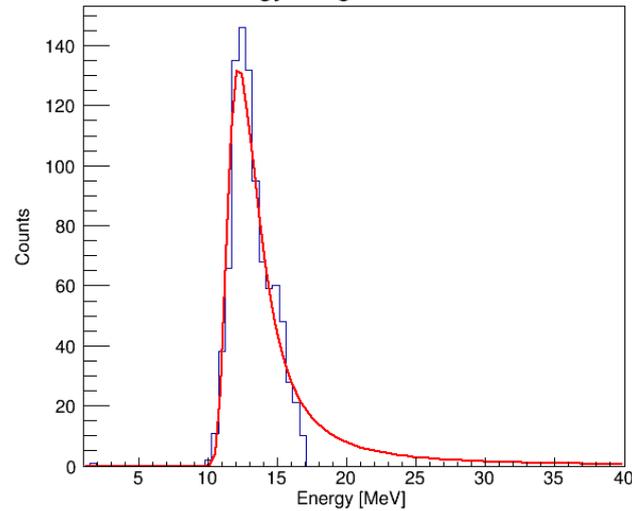
Energy Ring 3, vertical hit



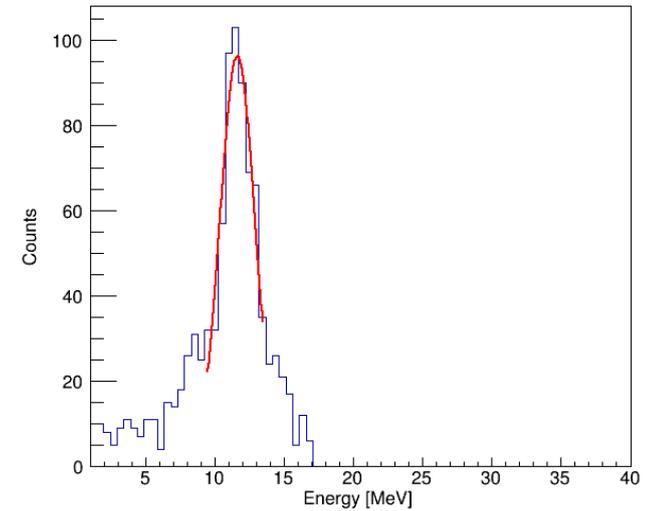
Energy Ring 4, vertical hit



Energy Ring 5, vertical hit



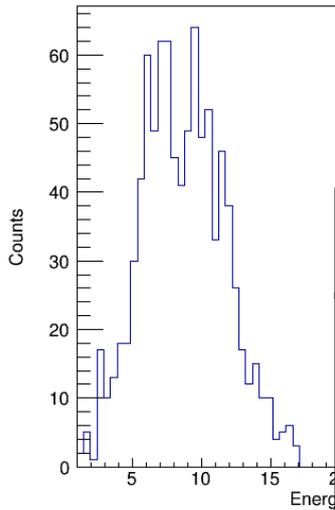
Energy Ring 6, vertical hit



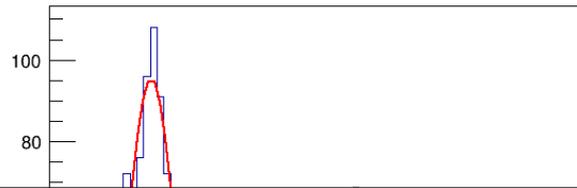
Ringe 1 und 6: Abweichungen durch Geometrie erklärbar

Energieverlustrechnung

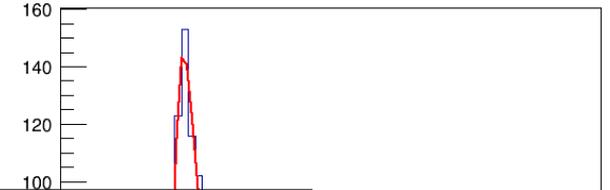
Energy Ring 1, vertical hit



Energy Ring 2, vertical hit

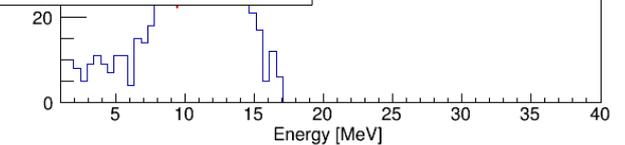
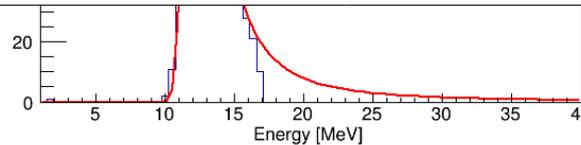
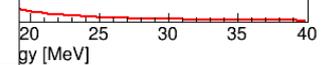
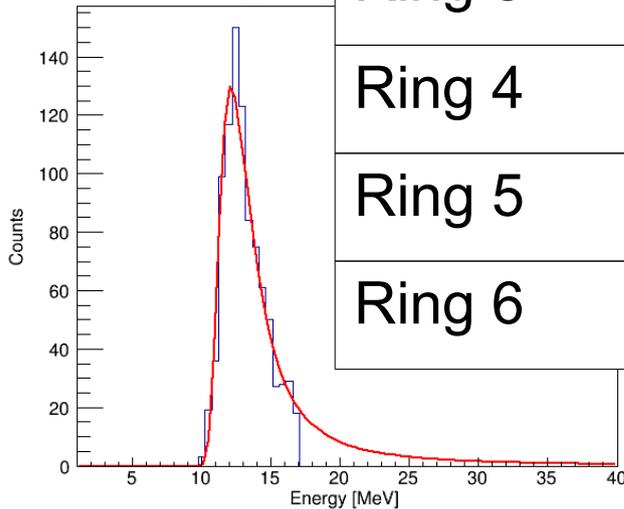


Energy Ring 3, vertical hit



Spektrum	Energie [MeV]	Experiment	Angabe
Ring 1	-	-	0,8 cm
Ring 2	8,4(1,7)	1,18(25) cm	1,3 cm
Ring 3	9,9(6)	1,41(13) cm	1,5 cm
Ring 4	12,4(7)	1,73(17) cm	1,8 cm
Ring 5	12,4(7)	1,74(17) cm	1,8 cm
Ring 6	11,7(1,3)	1,63(22) cm	1,8 cm

Energy Ring 6, vertical hit

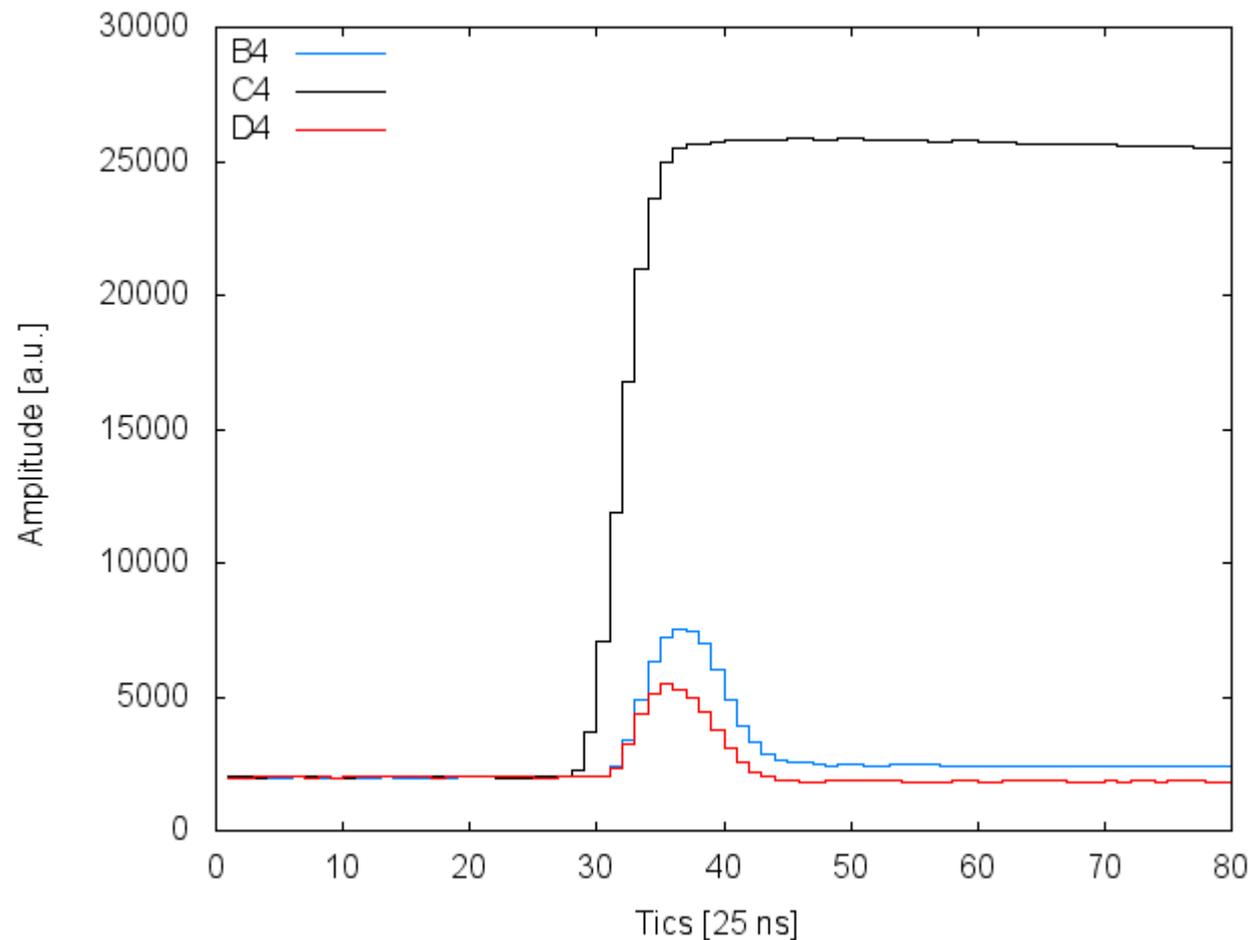


Ringe 1 und 6: Abweichungen durch Geometrie erklärbar

Analyse - Ausblick

Ortsaufgelöstes Tracking: nicht getroffene Segmente zeigen induzierte Ladungen

Gewichtung der Transientenhöhe gibt Hinweis auf Teilchenspür



Zusammenfassung

Partielle Energiedepositionen bis 200 MeV konnten hochauflösend direkt gemessen werden

Totzeit des Messsystems wird effektiv reduziert

Energieverlustrechnungen bestätigen Charakter der Höhenstrahlung

Segmentierung des Detektors erlaubt erstes grobes Tracking – Ortsaufgelöstes Tracking im Prozess

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Eichung – High Gain

