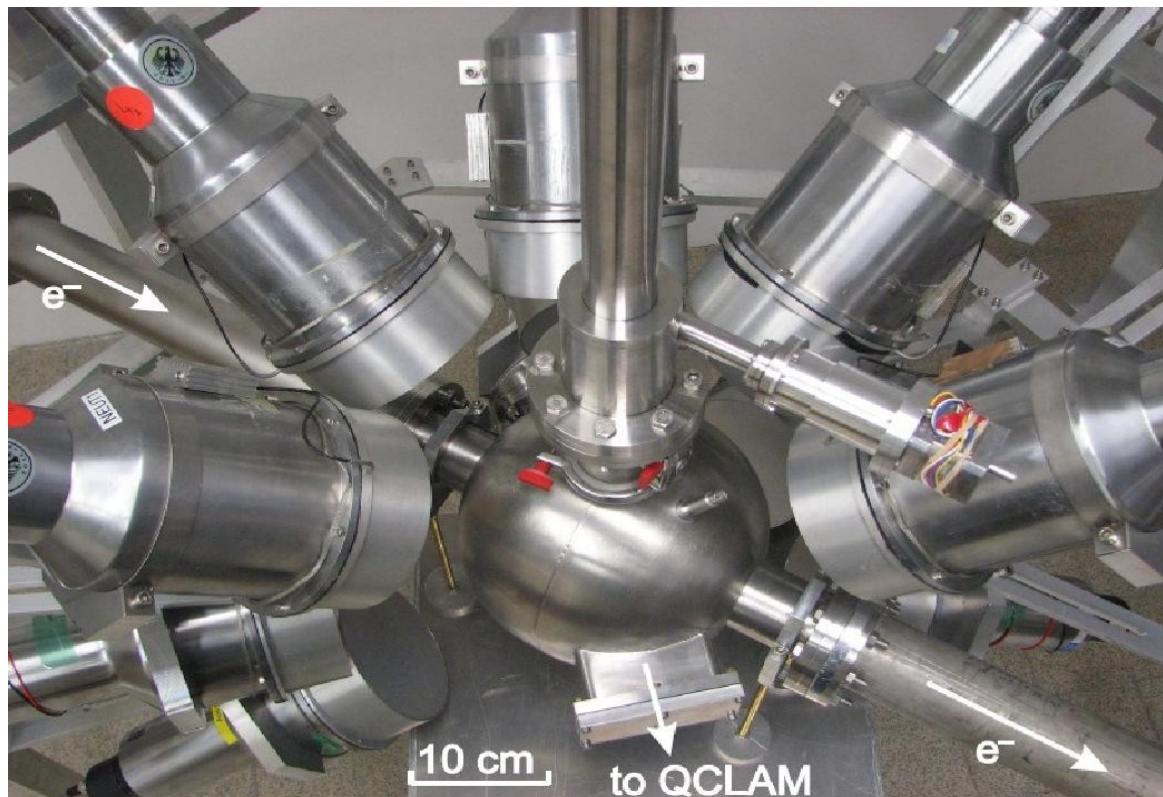


# Simulation von Flüssigszintillatoren mit GEANT4 für den Nachweis von Neutronen und Photonen



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Bachelorarbeit von Joachim M. Tscheuschner  
Arbeitsgruppe Prof. Dr. P. von Neumann-Cosel



- Physikalische Motivation und experimenteller Aufbau
- Monte-Carlo-Simulation mit GEANT4
  - Programmaufbau
  - Simulation der Wechselwirkung der Gamma-Strahlung
  - Simulation der Wechselwirkung der Neutronen
- Zusammenfassung und Ausblick

- **Warum werden Riesenresonanzen untersucht?**
  - Gewinn an Information über
    - exotische Moden des Kerns
    - die nukleare Kompressibilität  $k_\infty$
    - die Wechselwirkungen der Kerne
    - Neutronensterne
- **Warum wird die Messung mit Elektronen durchgeführt?**
  - Unabhängigkeit von Modellen, bisher mit  $\alpha$ -Strahlung

# Experimente am QClam-Spektrometer

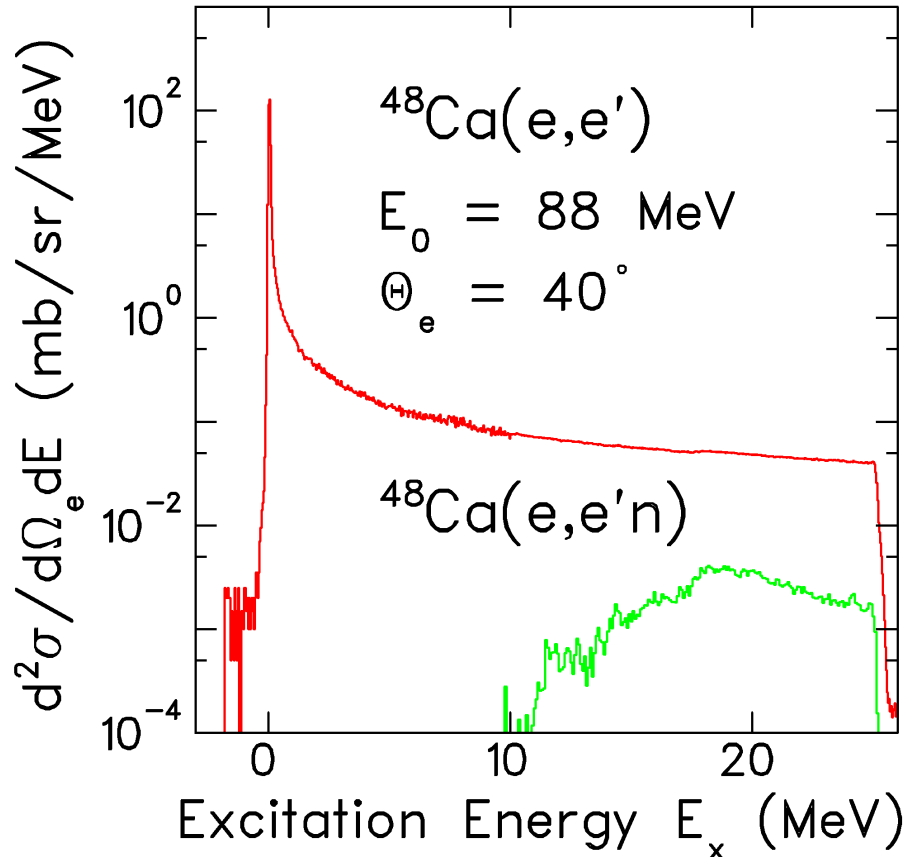


QClam-Spektrometer

- Ablenkung der gestreuten Elektronen durch ein Magnetfeld
- Ermöglicht Impulsbestimmung der gestreuten Elektronen
- Aus der Impulsbestimmung kann die Anregungsenergie bestimmt werden
- Verschiedene Positionen des QClam ermöglichen selektive Anregungen

Unterdrückung des  
Untergrund

Messung von  
Zerfallseigenschaften



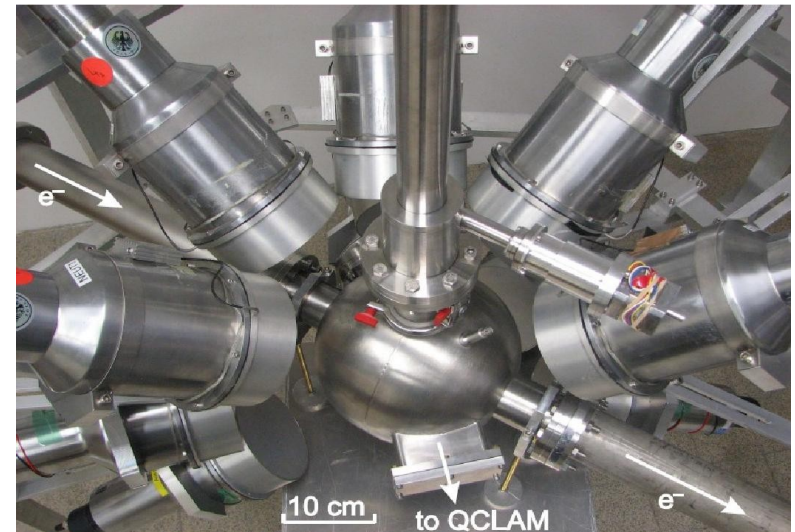
Vorteil einer Koinzidenzmessung

Dissertation S. Strauch, (1998)

# Detektoranforderungen

- Hohe Neutroneneffizienz
- Hohe Zeitauflösung
- Unterscheidung zwischen Neutronen und Gammas
- kompakte Geometrie
- Energieauflösung von geringerer Bedeutung

## Aufgebauter Detektorball



13 Detektoren

Raumwinkel von  $1,3 \text{ Pi}$

Neutronenenergien von 0,5 - 20 MeV

Dissertation M. Chernykh, (2008)



Basiert auf Monte-Carlo-Methoden

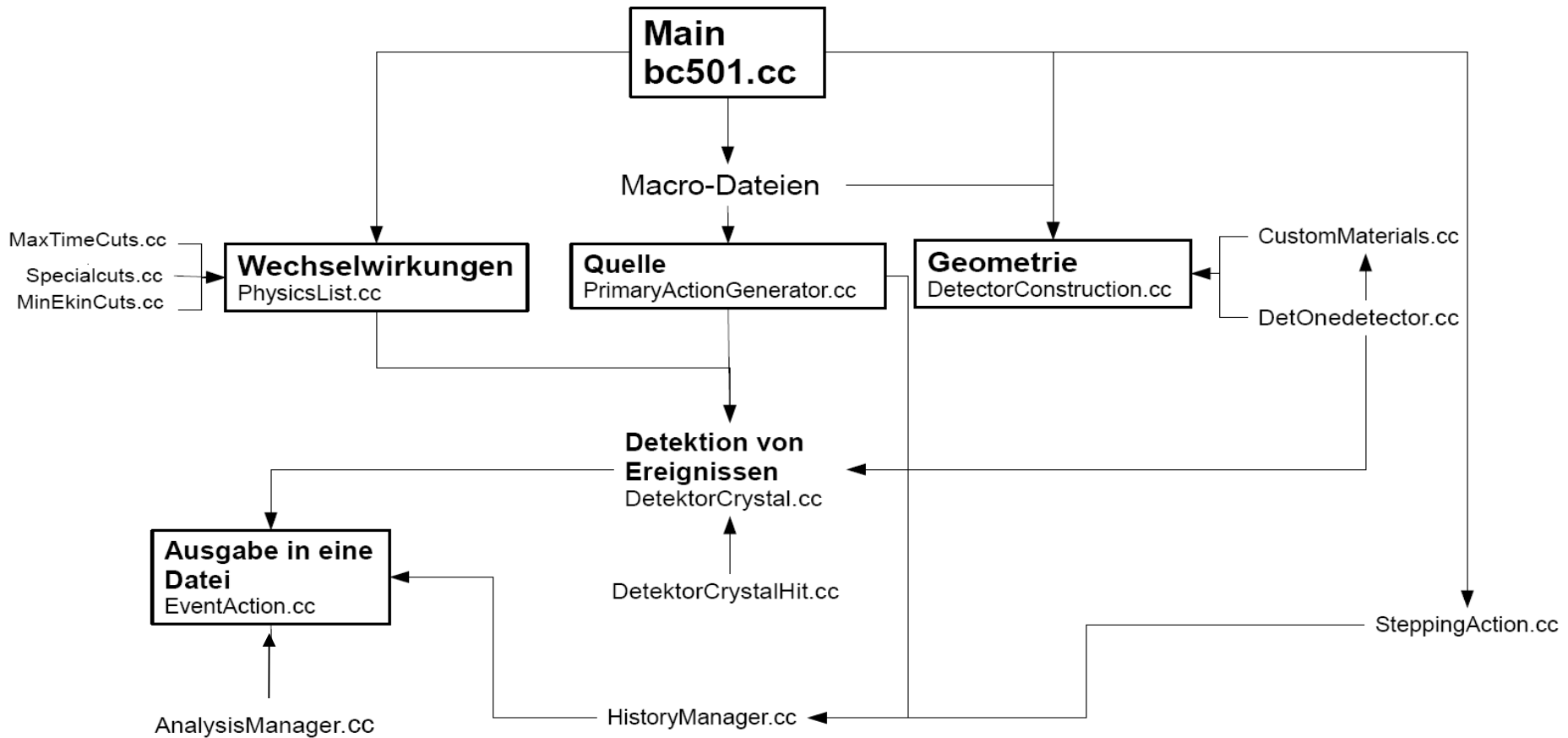
Nachbildung von Materialien und Elementen

Konstruktion beliebiger Aufbauten

Verschiedene Modelle für Teilchenwechselwirkung



# Programmaufbau





# Wechselwirkung der Gamma - Strahlung



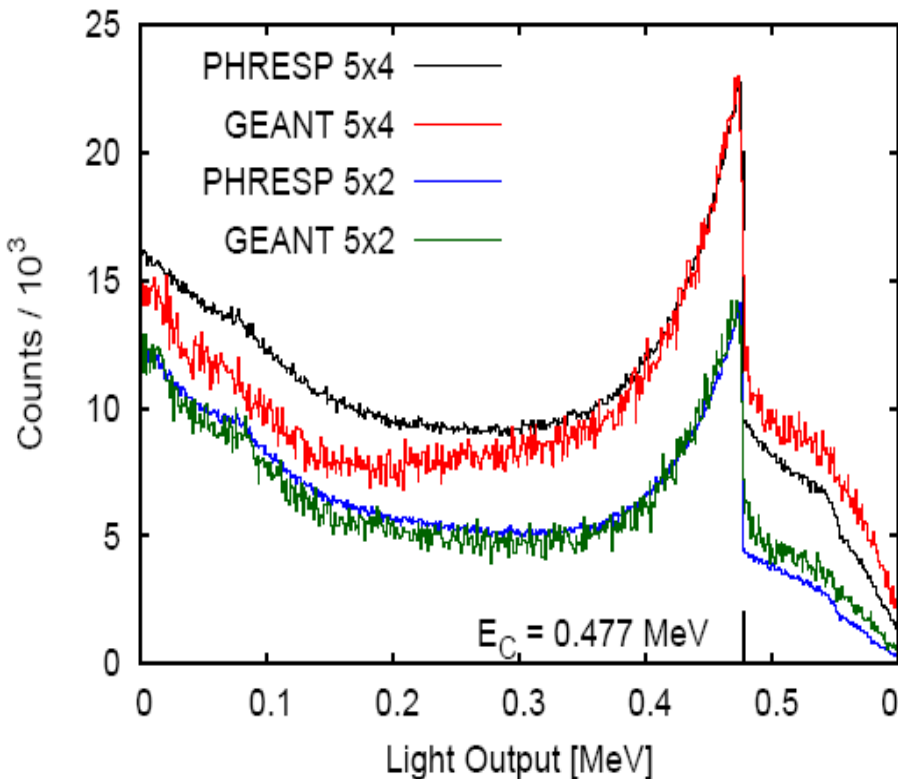
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Berücksichtigte Prozesse:

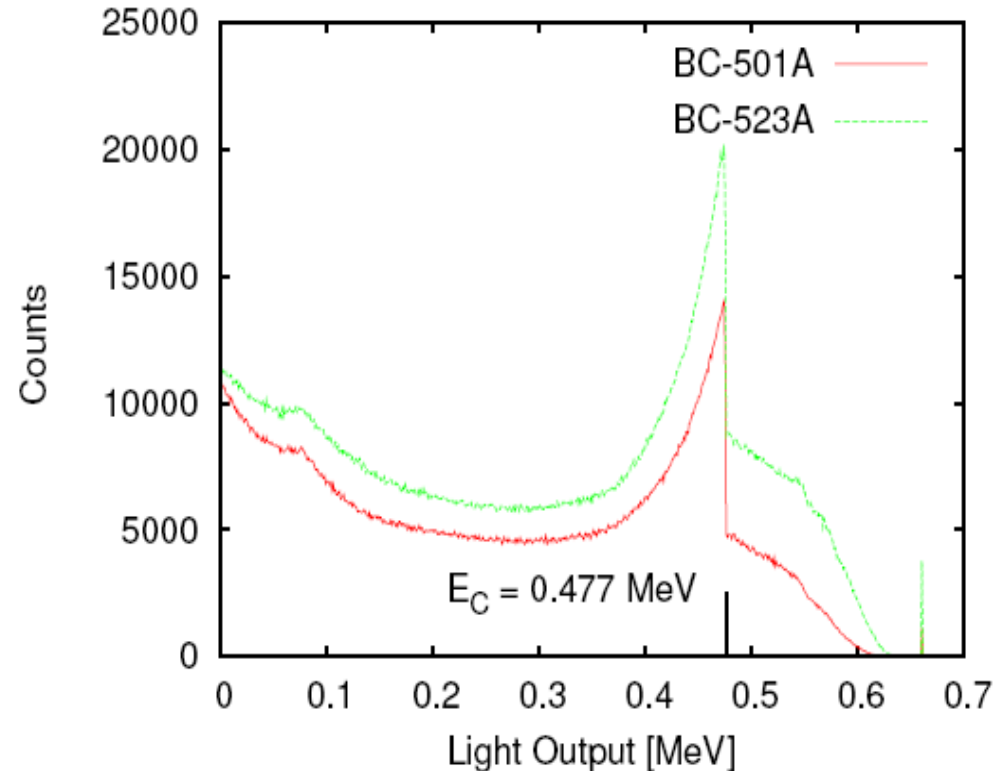
- Comptonstreuung
- Photoeffekt
- Paarbildung



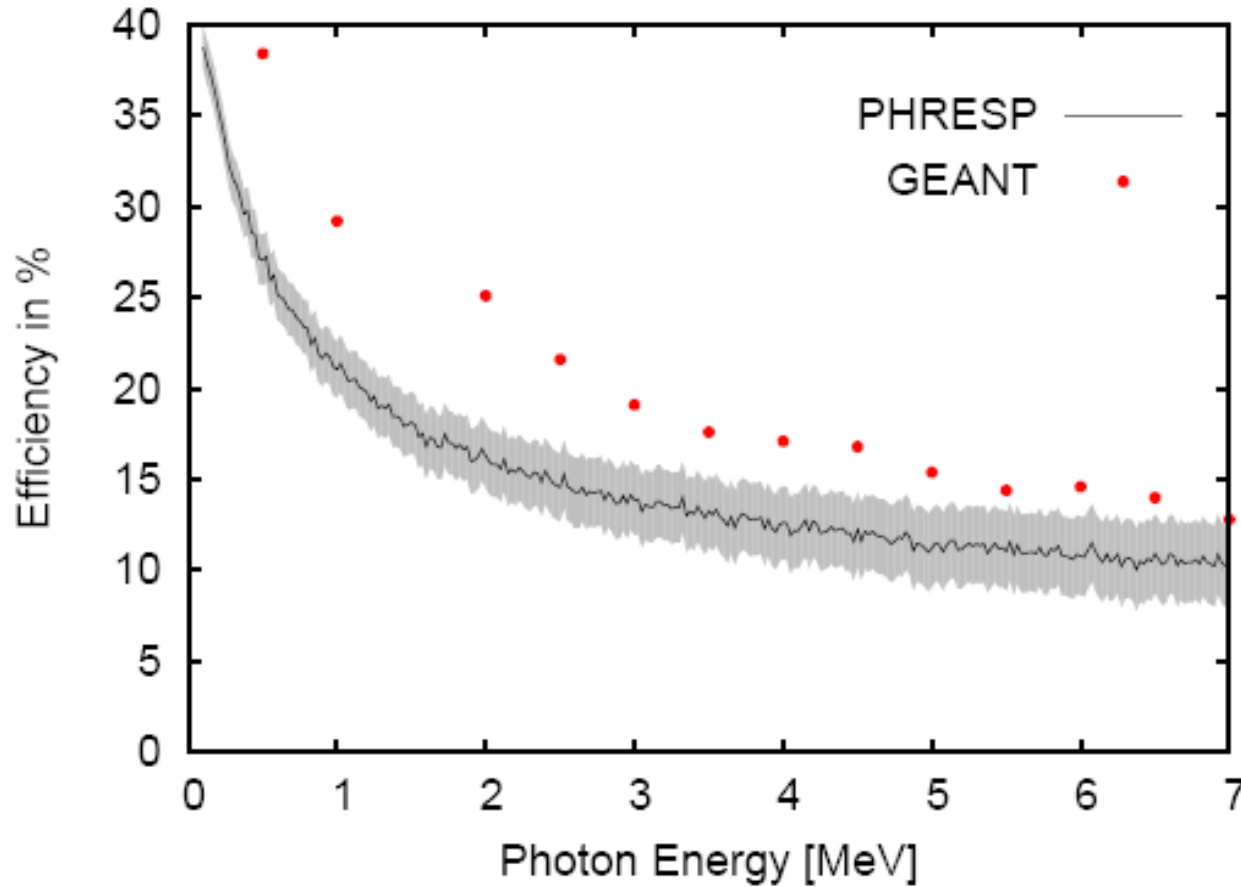
# Vergleich zwischen den Detektoren



Vergleich zwischen PHRESP (Ne-213)  
und GEANT4 (BC-501A)

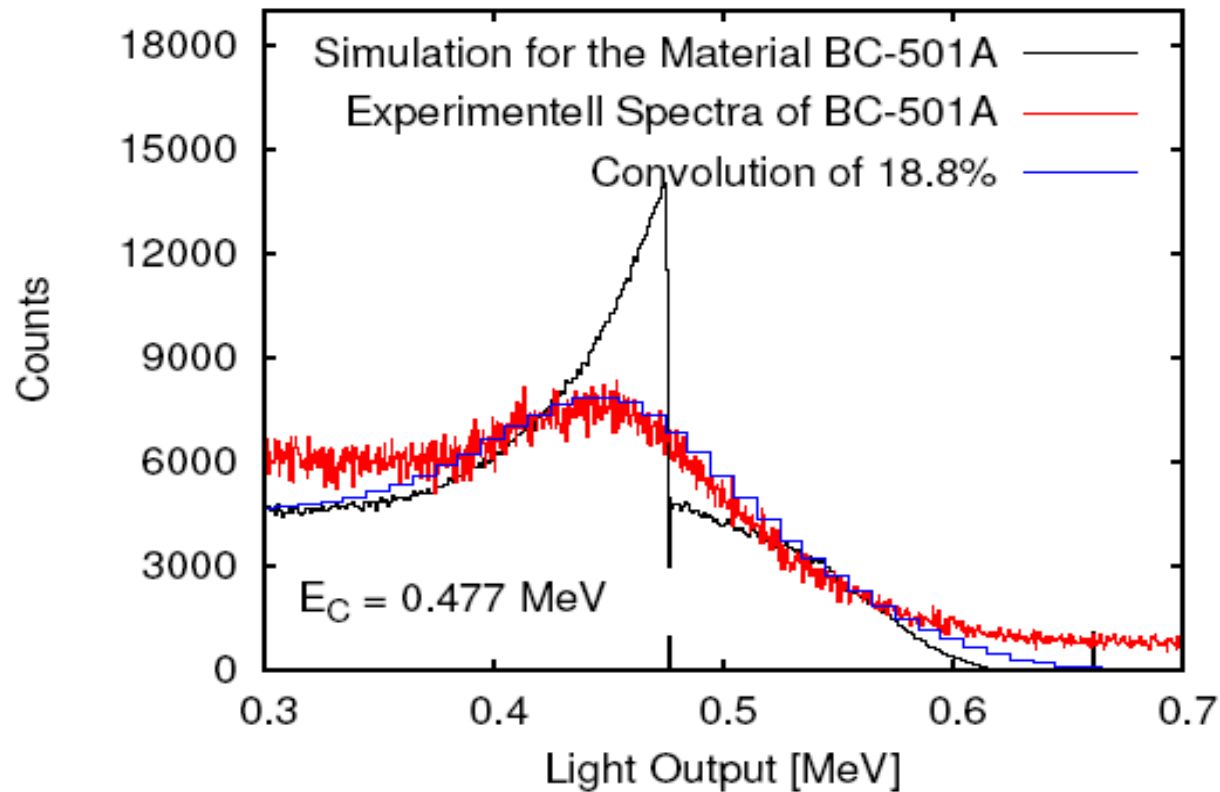


Vergleich zwischen BC-523A  
und BC-501A



Effizienzvergleich zwischen  
PHRESP und GEANT4

# Vergleich von Simulation mit Experiment



Anpassung der simulierten Daten an die  
experimentell bestimmten

# Simulation der Neutronwechselwirkung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Eingebundene Prozesse:

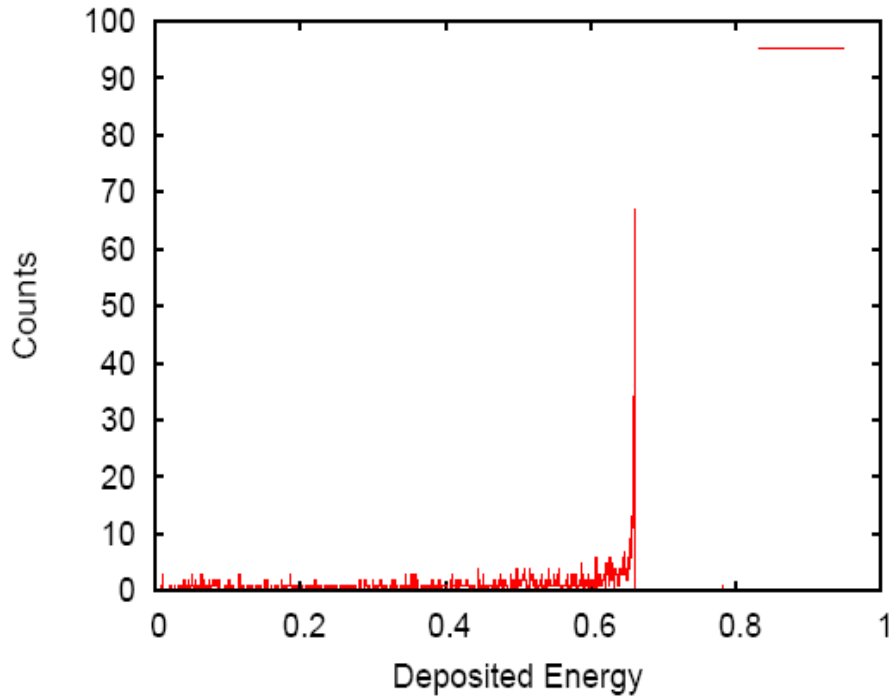
- Elastischer Stoß
- Inelastischer Stoß
- Neutroneneinfang

## Nachweis der Neutronen:

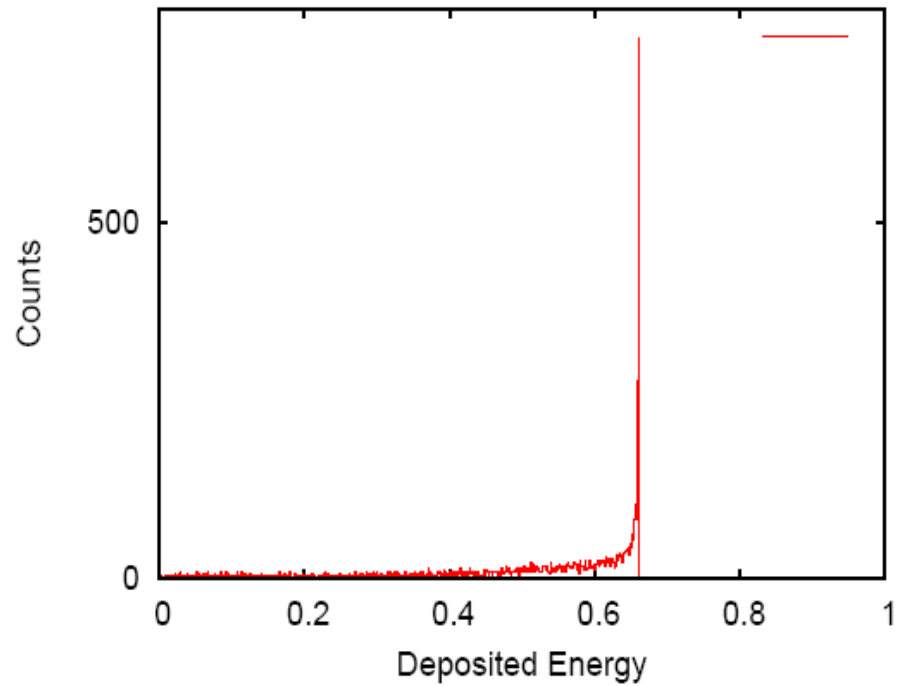
- meist durch elastischen Stoß mit einem Proton
- ab etwa 10 MeV auch Stöße mit Kohlenstoff zu berücksichtigen



# Deponierte Energie der Neutronen im Detektor

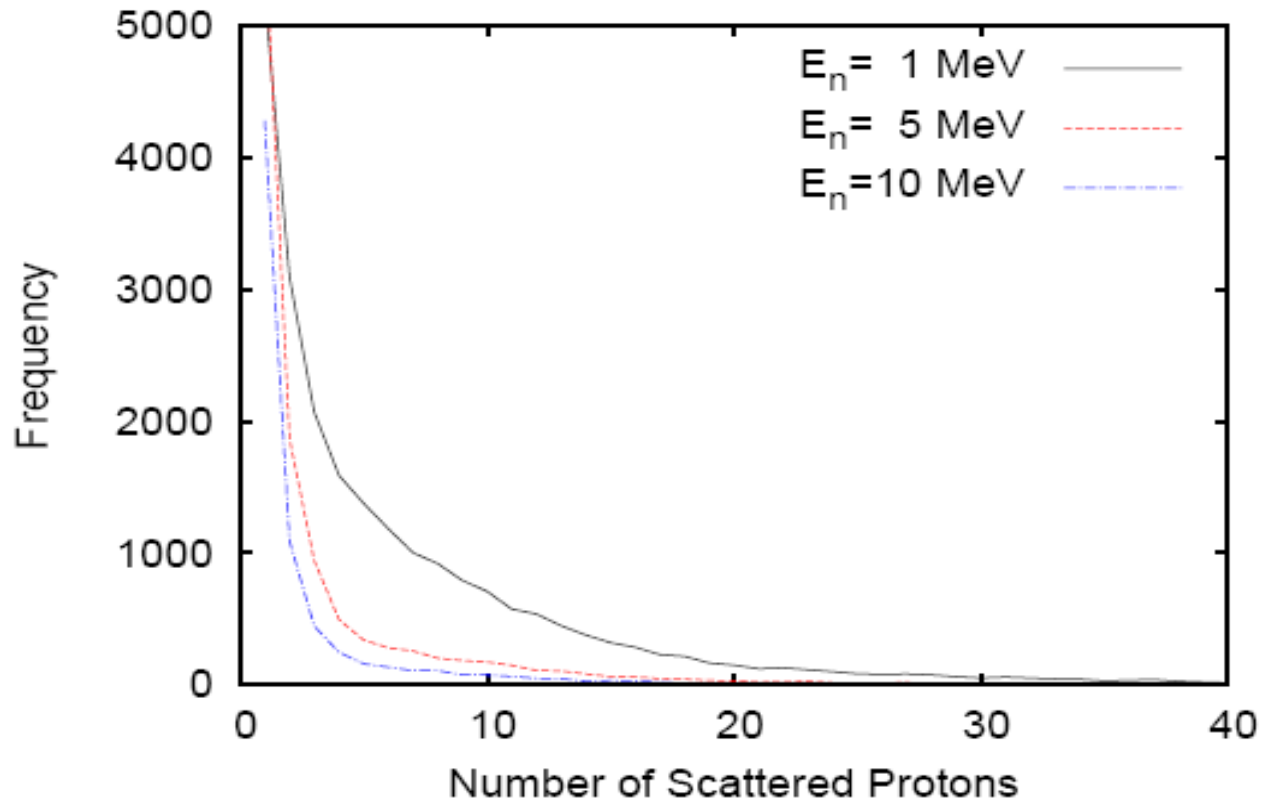


Deponierte Energie der Neutronen



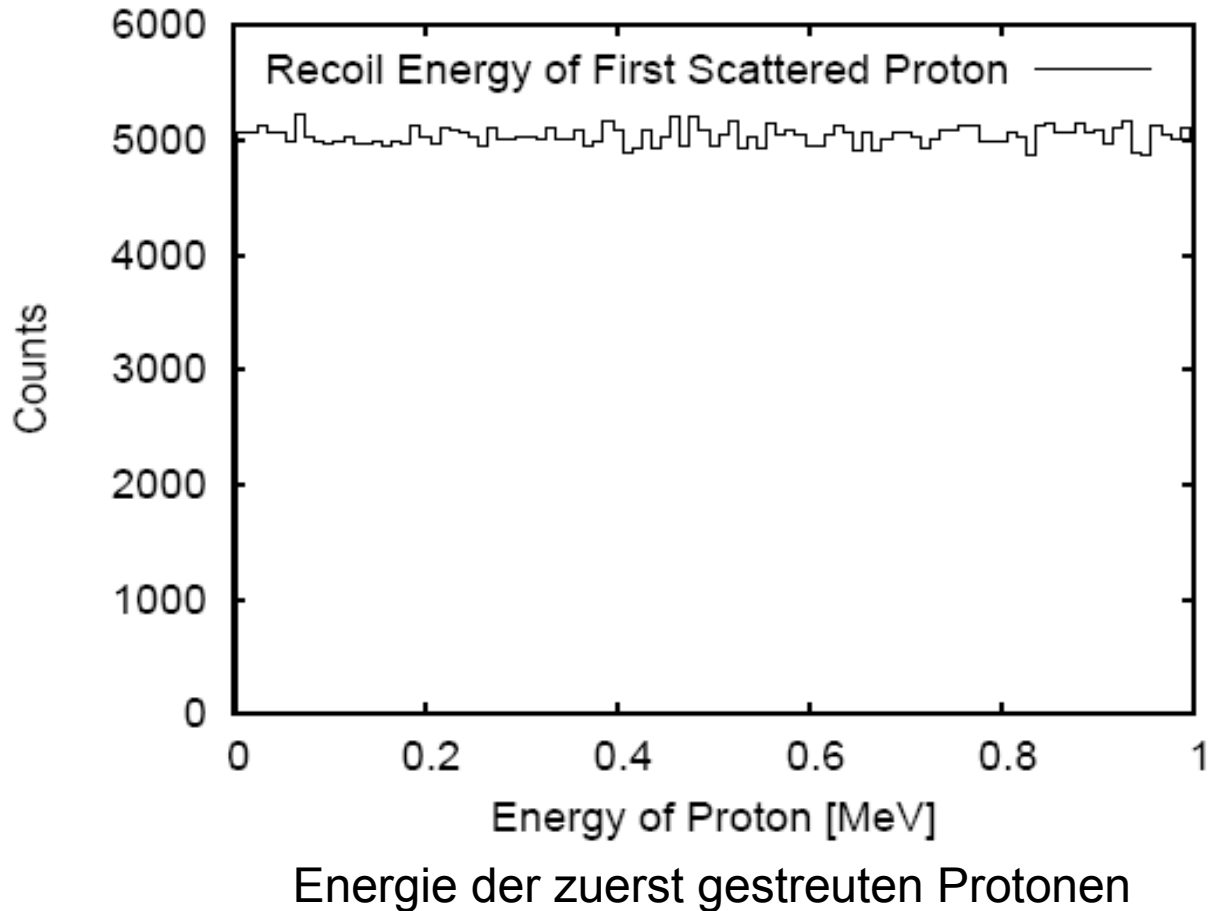
Energie der gestreuten Protonen

# Anzahl der gestreuten Protonen



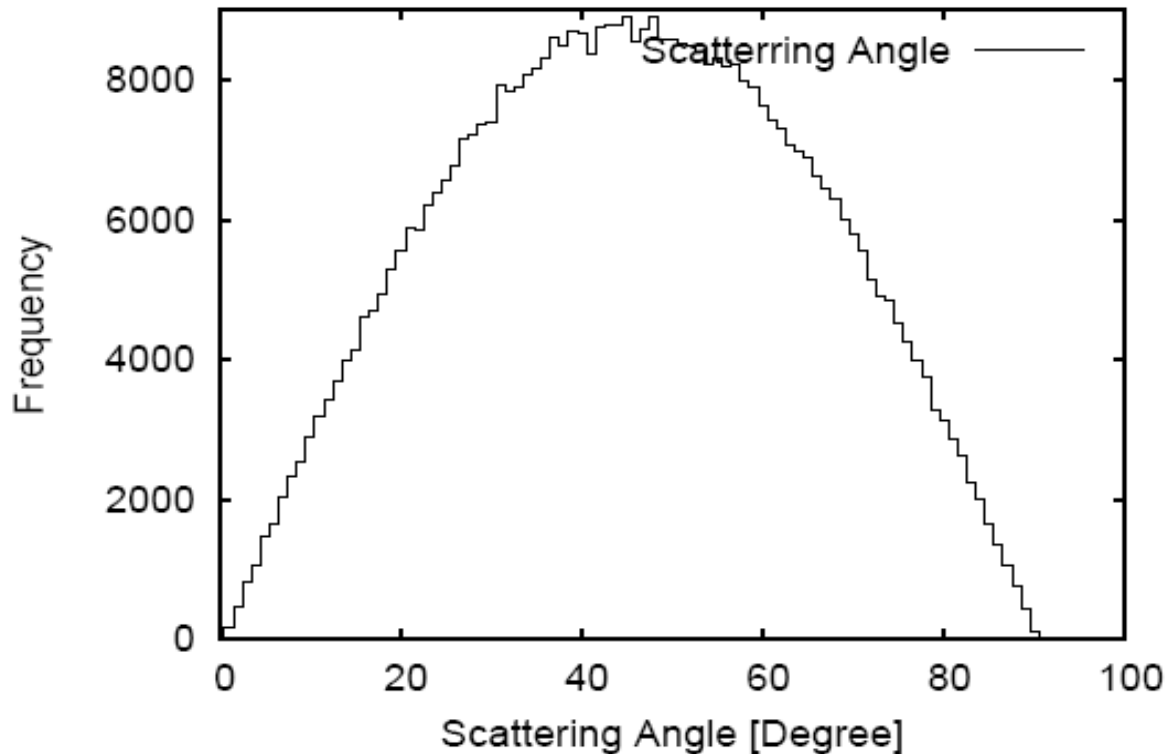
Anzahl der gestreuten Protonen je Neutron

# Energieverteilung der gestoßenen Protonen



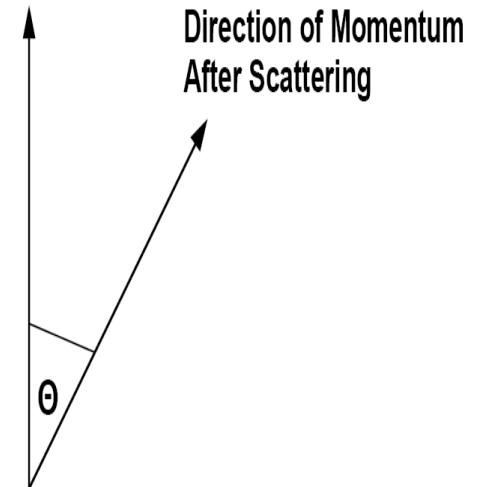


# Streuwinkelverteilung der sekundären Protonen



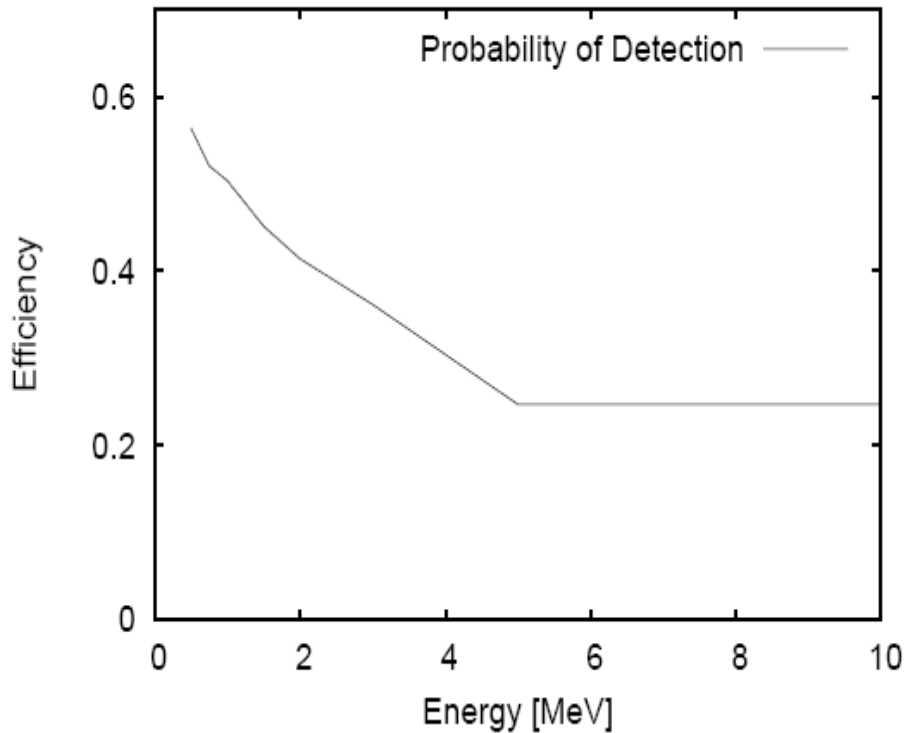
Streuwinkelverteilung der Protonen

Direction of Momentum  
Before Scattering

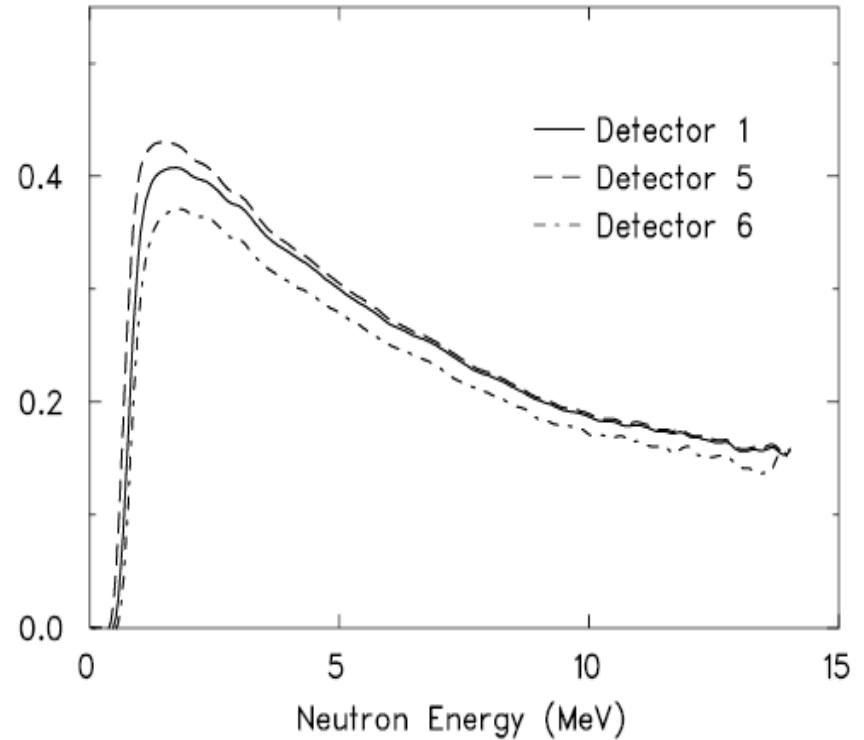


Winkel des  
gestreuten Protons

# Nachweiswahrscheinlichkeit der Neutronen



Simulierte Nachweiswahrscheinlichkeit



experimentelle  
Nachweiswahrscheinlichkeit

K. Schweda, Dissertation (2000)

## Simulation der Gamma - Wechselwirkung

Erfolgreich: mit anschließender Faltung der Simulationsdaten erhält man ein gutes Spektrum → kann weiterverwendet werden zur Datenanalyse

## Simulation der Neutronenwechselwirkung

Es kann noch kein Spektrum präsentiert werden

Simulation prinzipiell möglich

Wichtigstes Resultat aus der Simulation: Nachweiswahrscheinlichkeit eines Neutrons liegt bei über 25%

---

# Danke

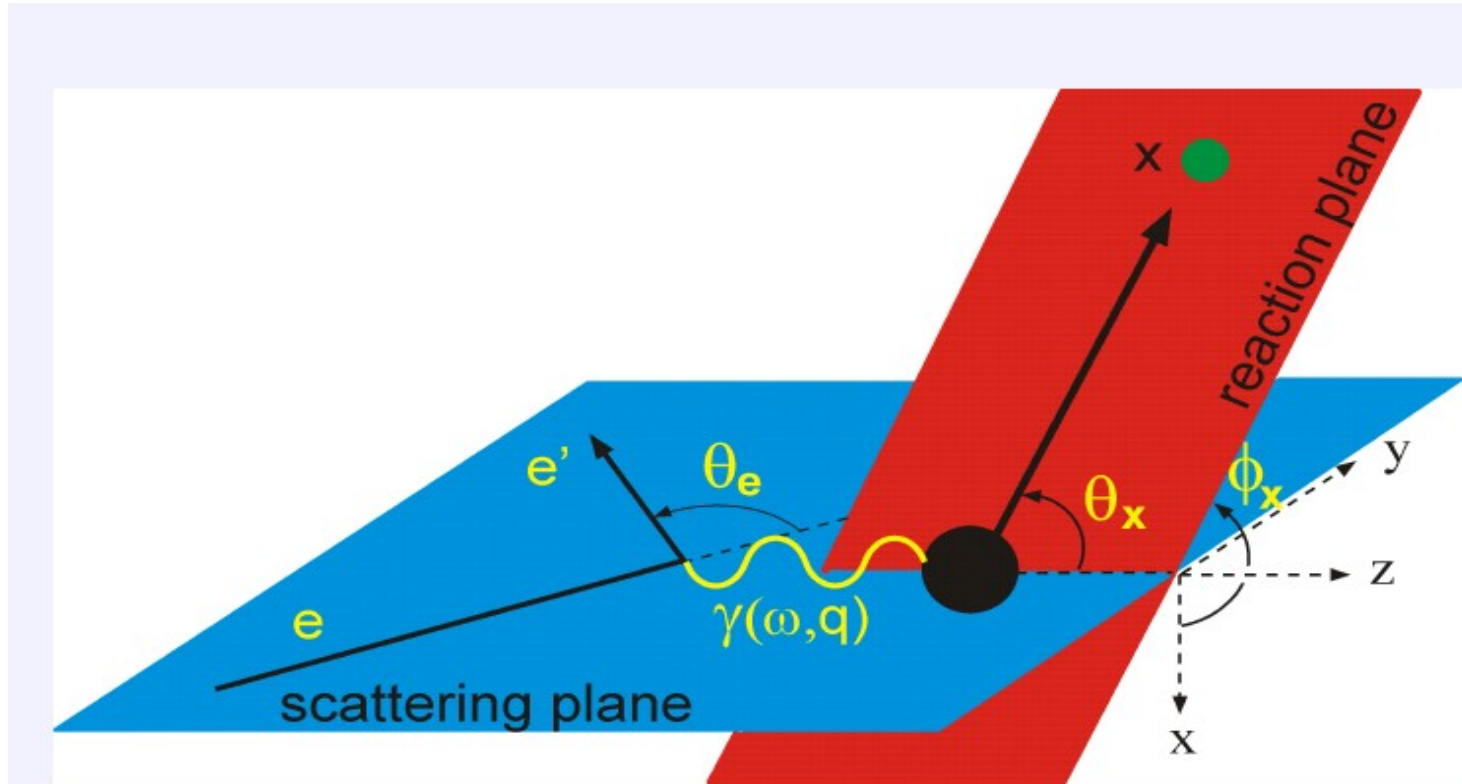
---



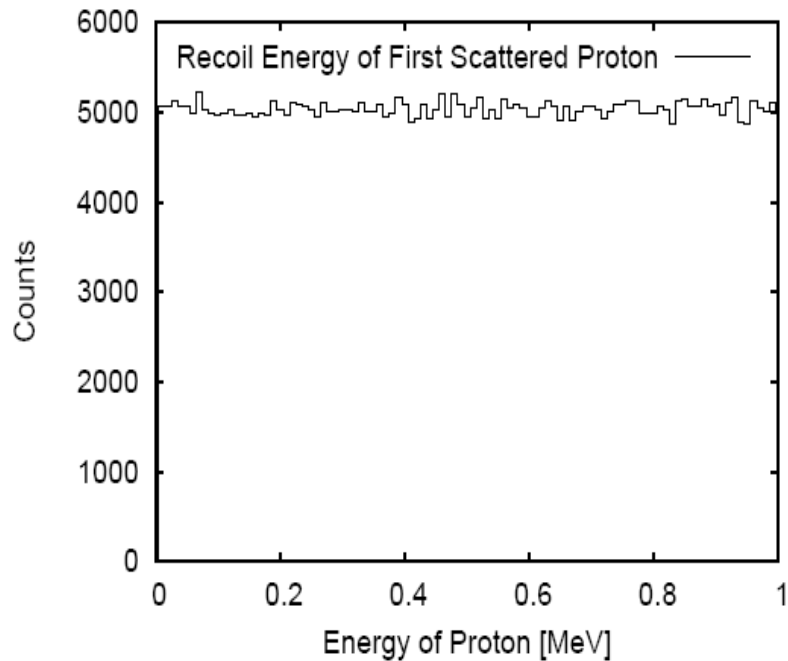
Für Ihre Aufmerksamkeit

Und für Ihre Fragen

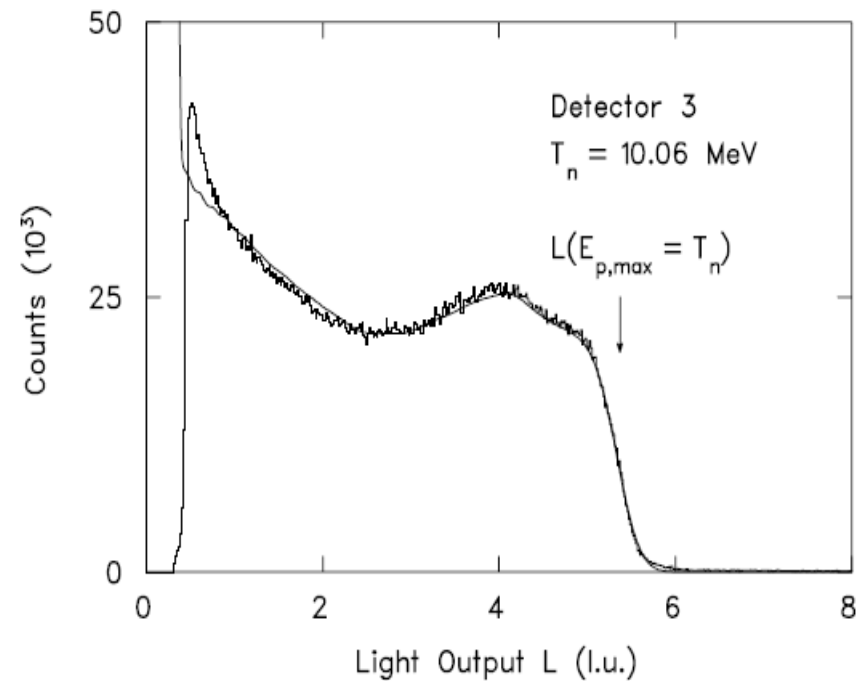




## Energie der gestoßenen Protonen



## Experimentell bestimmte Detektorantwort



Anzahl der  
durchschnittlichen Stoßzahl  
je Neutron

$$m(E) = u + 1 \\ = \ln \frac{E_0}{E} + 1,$$

Lichtausgabefunktion

$$L = A \cdot E_p - B(1 - \exp -0.25E_p) + \sum_i c_i E_i,$$



# Materialeigenschaften von den Detektoren

## BC-501A

Dichte	0,874 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Brechungsindex bei 425 nm	1,530
Lichtausbeute	78%
Atomarer Anteil an Wasserstoff	54,8%
Atomarer Anteil an Kohlenstoff	45,2%
kurze Komponente	3,2 ns
langsame Komponente	270 ns

## BC-523A

Dichte	0,916 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Brechungsindex bei 425 nm	1,415
Lichtausbeute	65%
Atomarer Anteil an Wasserstoff	55,82%
Atomarer Anteil an Kohlenstoff	32,06%
Atomarer Anteil an Sauerstoff	9,09%
Atomarer Anteil an $^{10}\text{B}$	2,72%
Atomarer Anteil an $^{11}\text{B}$	0,03%
kurze Komponente	3,7 ns
durchschnittliche Einfangzeit	0,5 $\mu\text{s}$





# Die Physikliste



```
theParticleIterator->reset();  
while ((*theParticleIterator)())  
  G4ParticleDefinition* particle = theParticleIterator->value();  
  G4ProcessManager* pmanager = particle->GetProcessManager();  
  G4String particleName = particle->GetParticleName();
```

...

```
  else if (particleName == "neutron")
```

