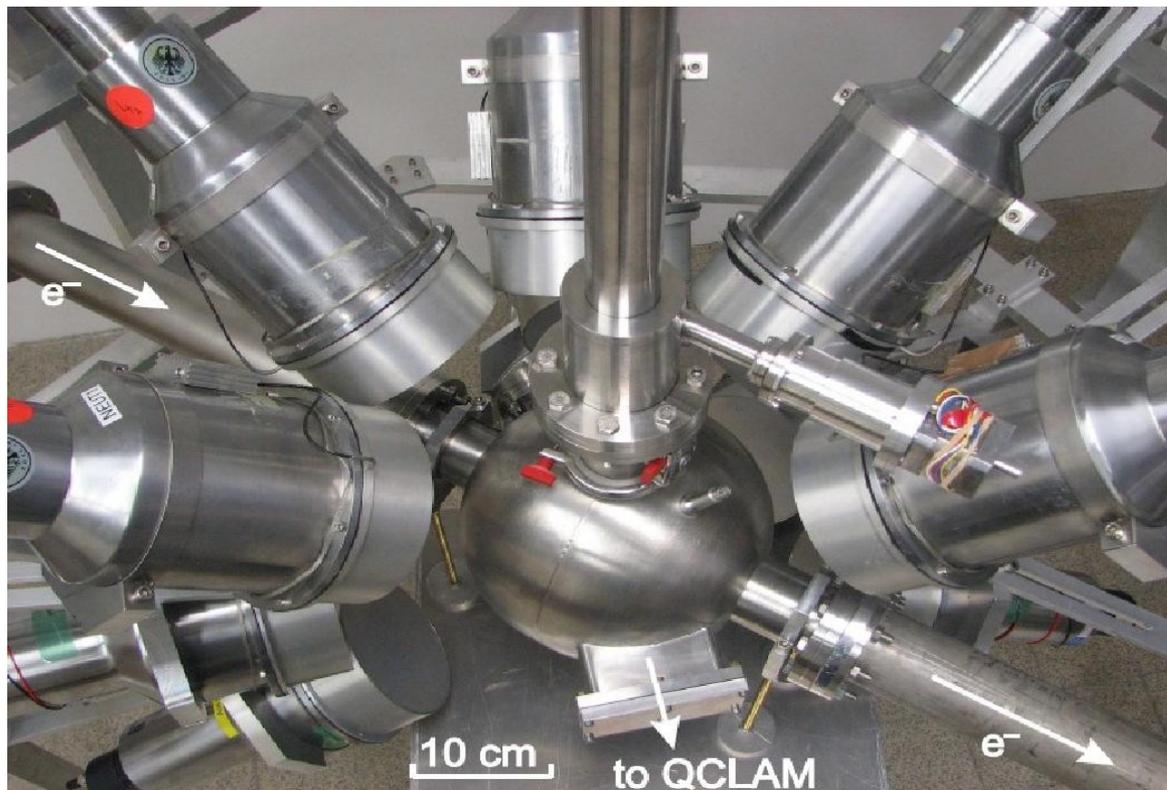


Simulation von Flüssigszintillatoren mit GEANT4 für den Nachweis von Neutronen und Photonen



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_∞
 - die Wechselwirkungen der Kerne
 - Neutronensterne
- **Warum wird die Messung mit Elektronen durchgeführt?**
 - Unabhängigkeit von Modellen, bisher mit α -Strahlung

Experimente am QClam-Spektrometer

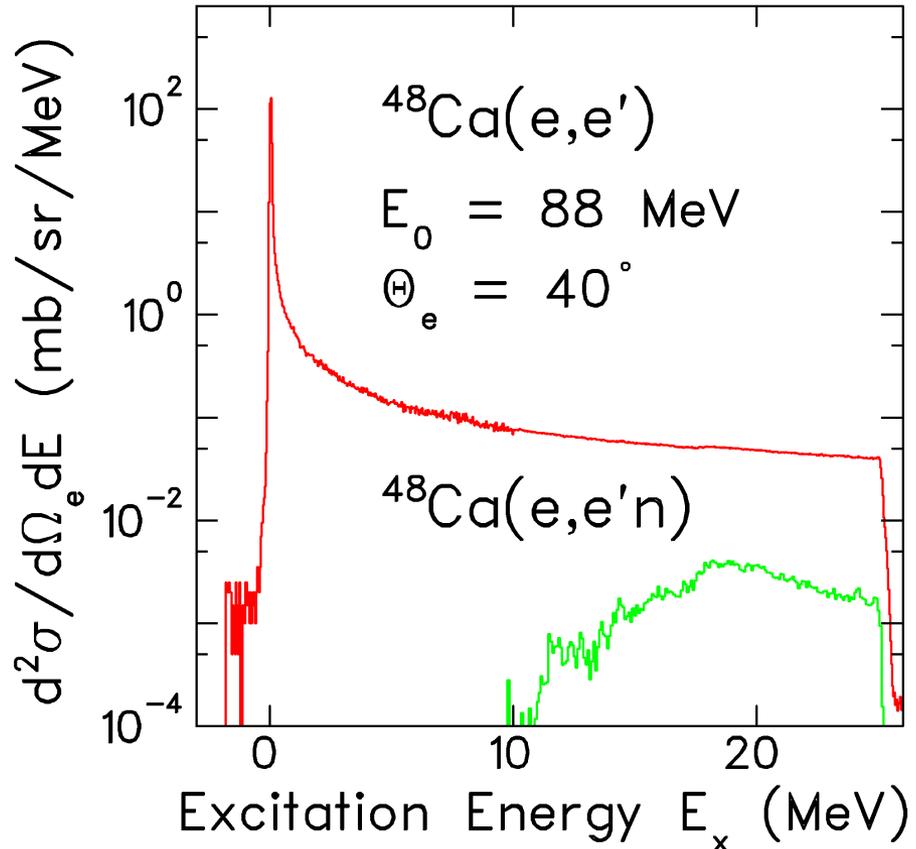


QClam-Spektrometer

- 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



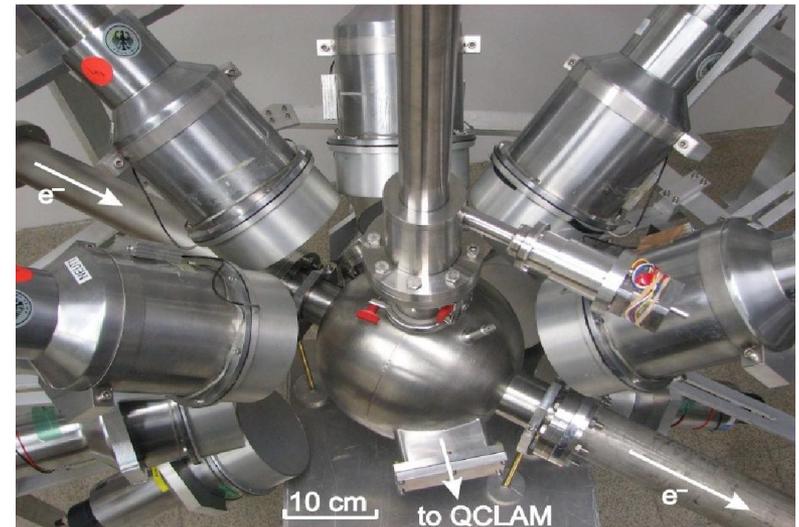
Vorteil einer Koinzidenzmessung

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

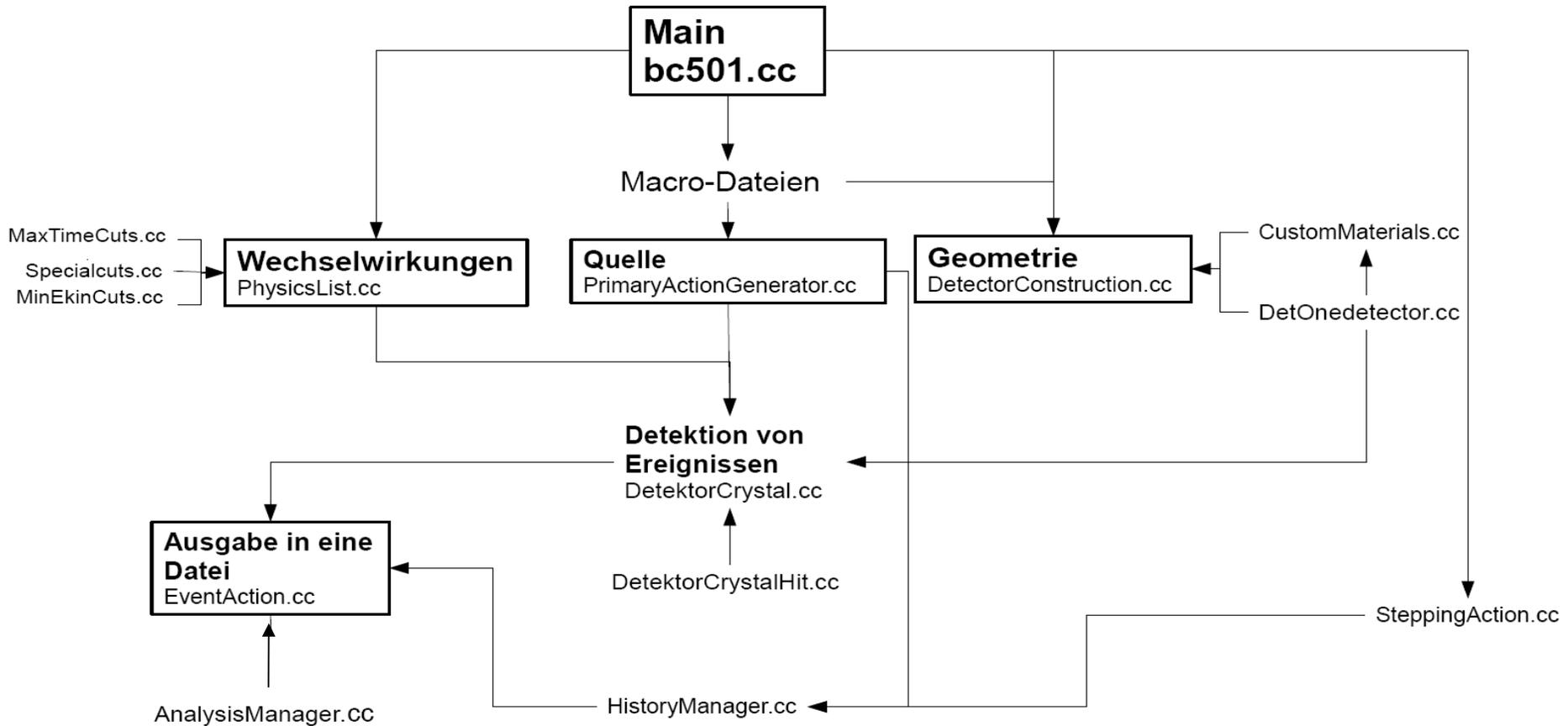
Nachbildung von Materialien und Elementen

Konstruktion beliebiger Aufbauten

Verschiedene Modelle für Teilchenwechselwirkung



Programmaufbau



Wechselwirkung der Gamma - Strahlung



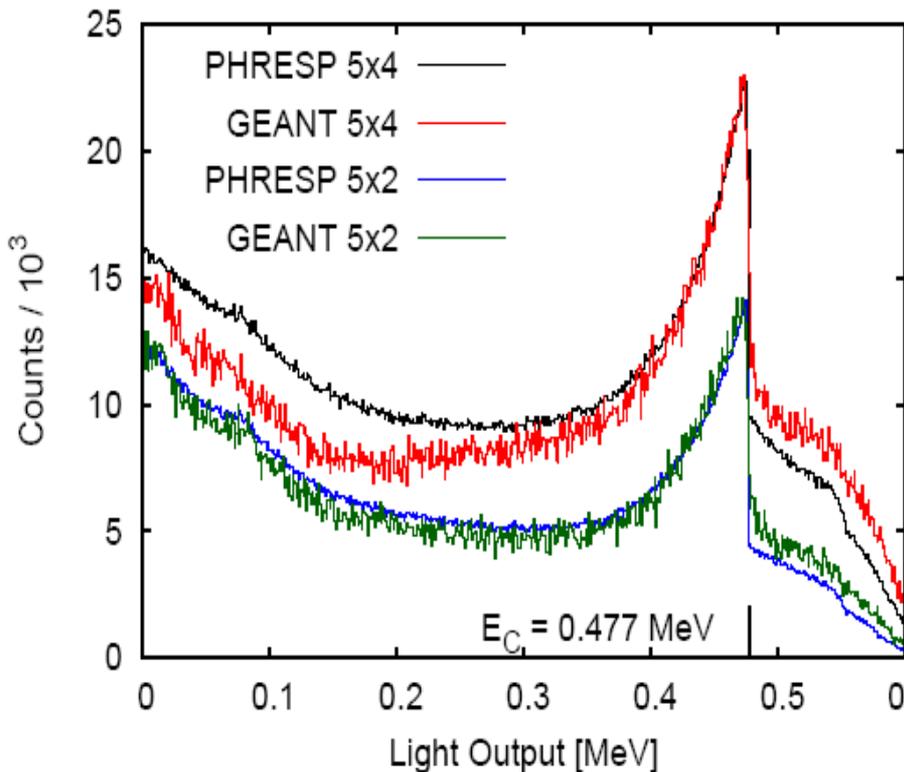
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Berücksichtigte Prozesse:

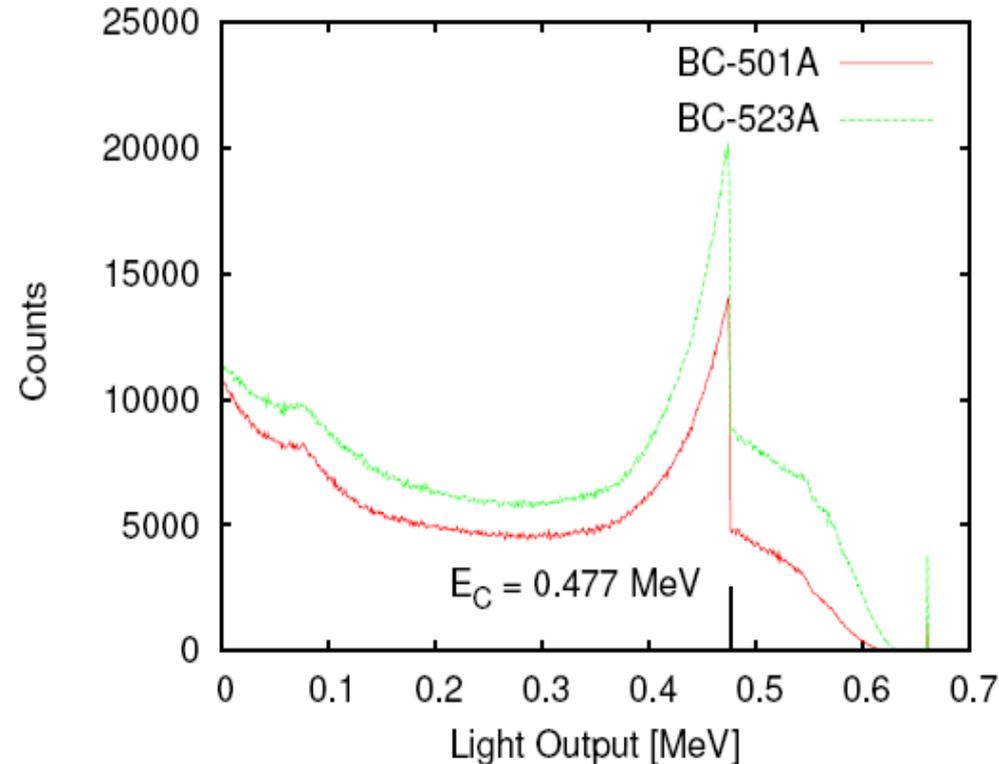
- Comptonstreuung
- Photoeffekt
- Paarbildung



Vergleich zwischen den Detektoren

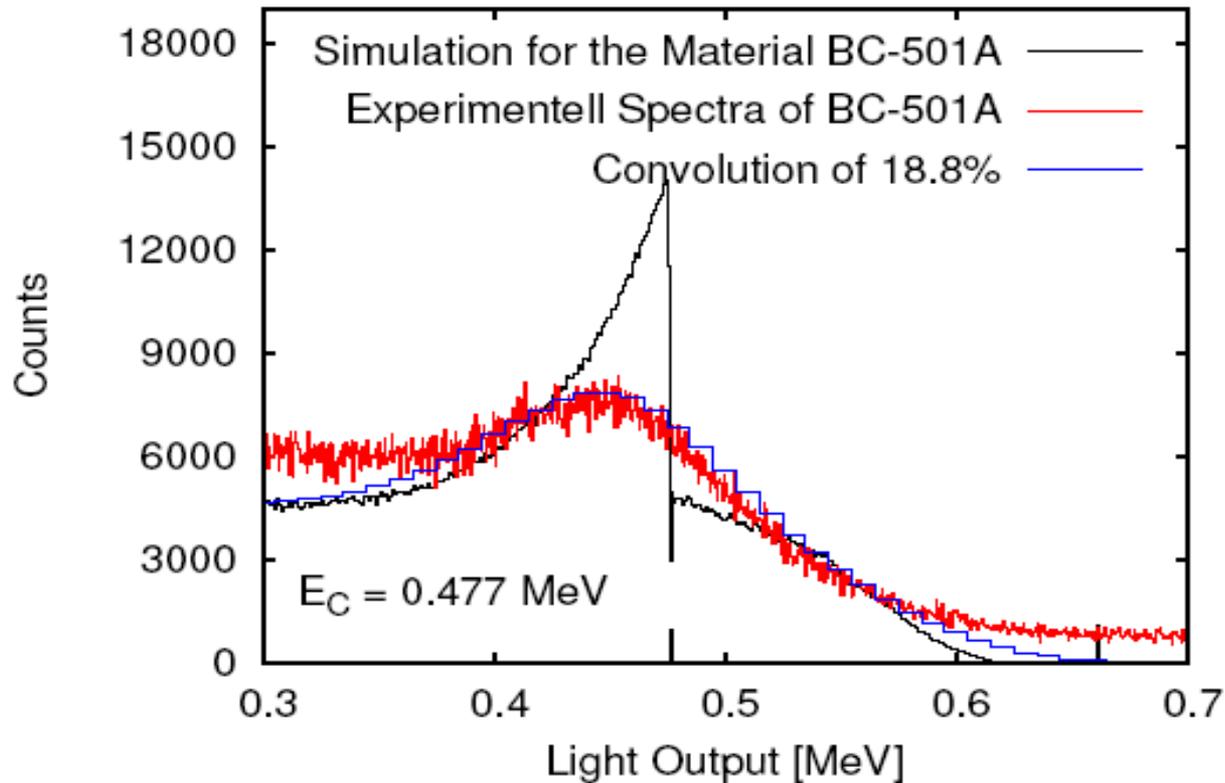


Vergleich zwischen PHRESP (Ne-213)
und GEANT4 (BC-501A)



Vergleich zwischen BC-523A
und BC-501A

Vergleich von Simulation mit Experiment



Anpassung der simulierten Daten an die
experimentell bestimmten

Simulation der Neutronwechselwirkung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Eingebundene Prozesse:

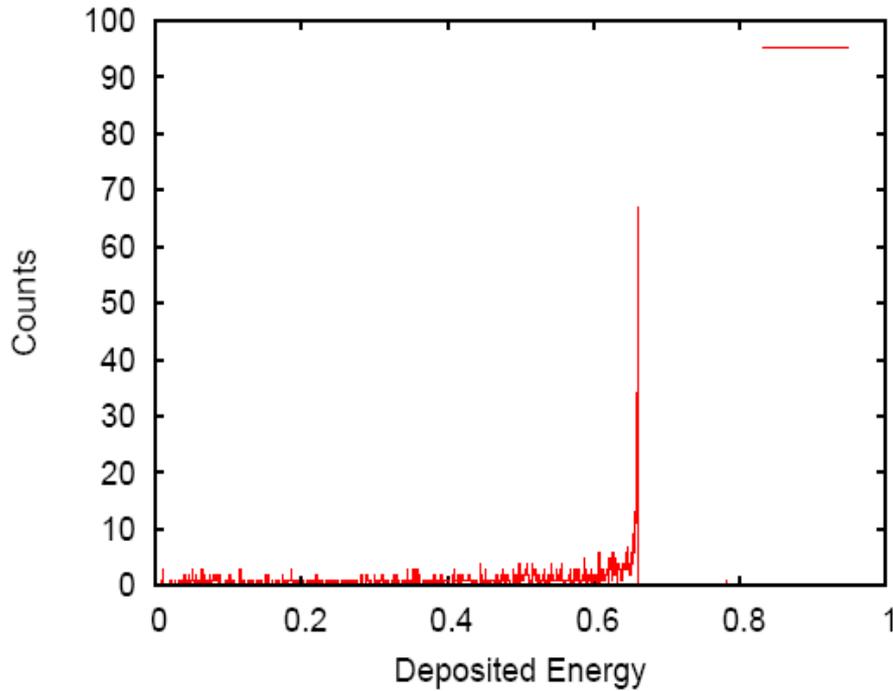
- Elastischer Stoß
- Inelastischer Stoß
- Neutroneneinfang

Nachweis der Neutronen:

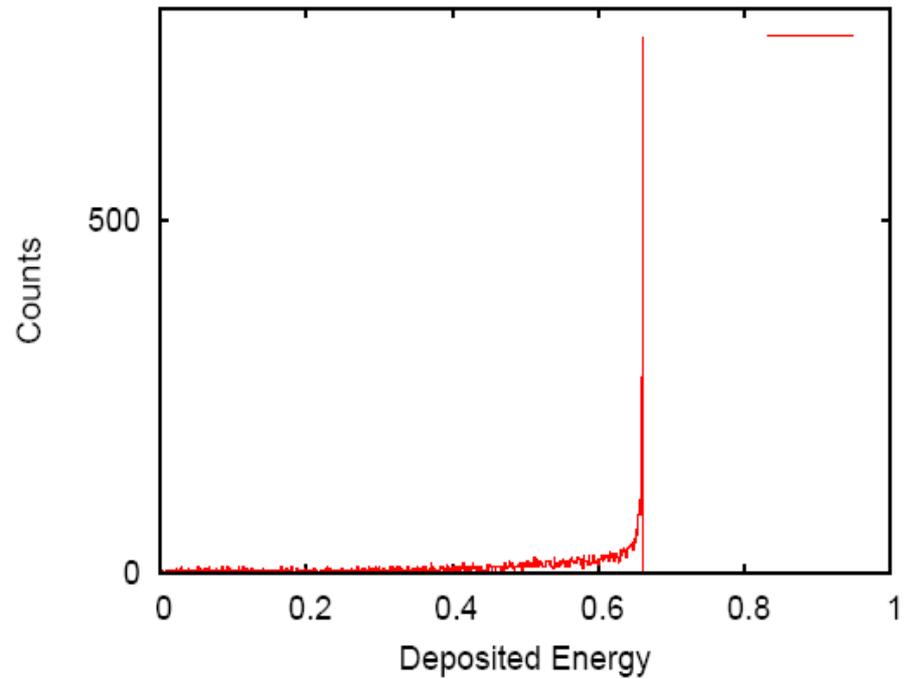
- meist durch elastischen Stoß mit einem Proton
- ab etwa 10 MeV auch Stöße mit Kohlenstoff zu berücksichtigen



Deponierte Energie der Neutronen im Detektor

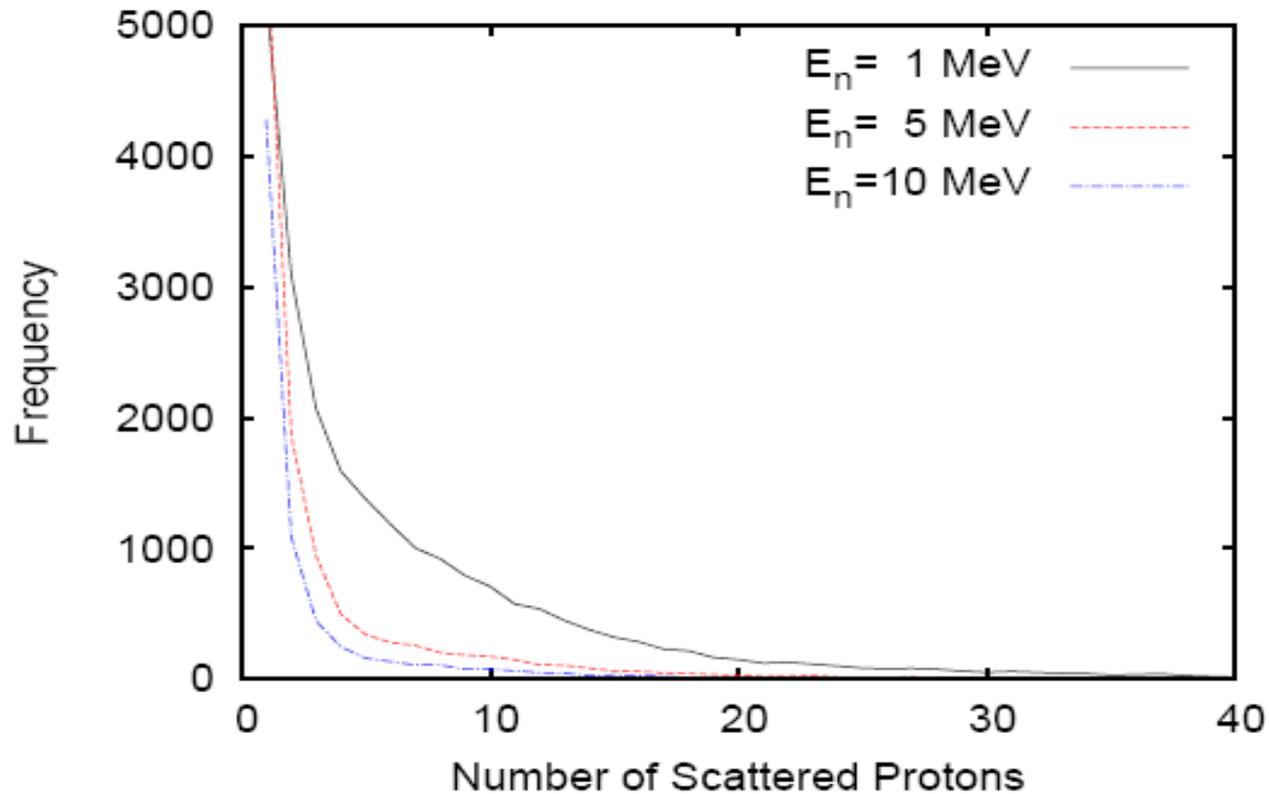


Deponierte Energie der Neutronen



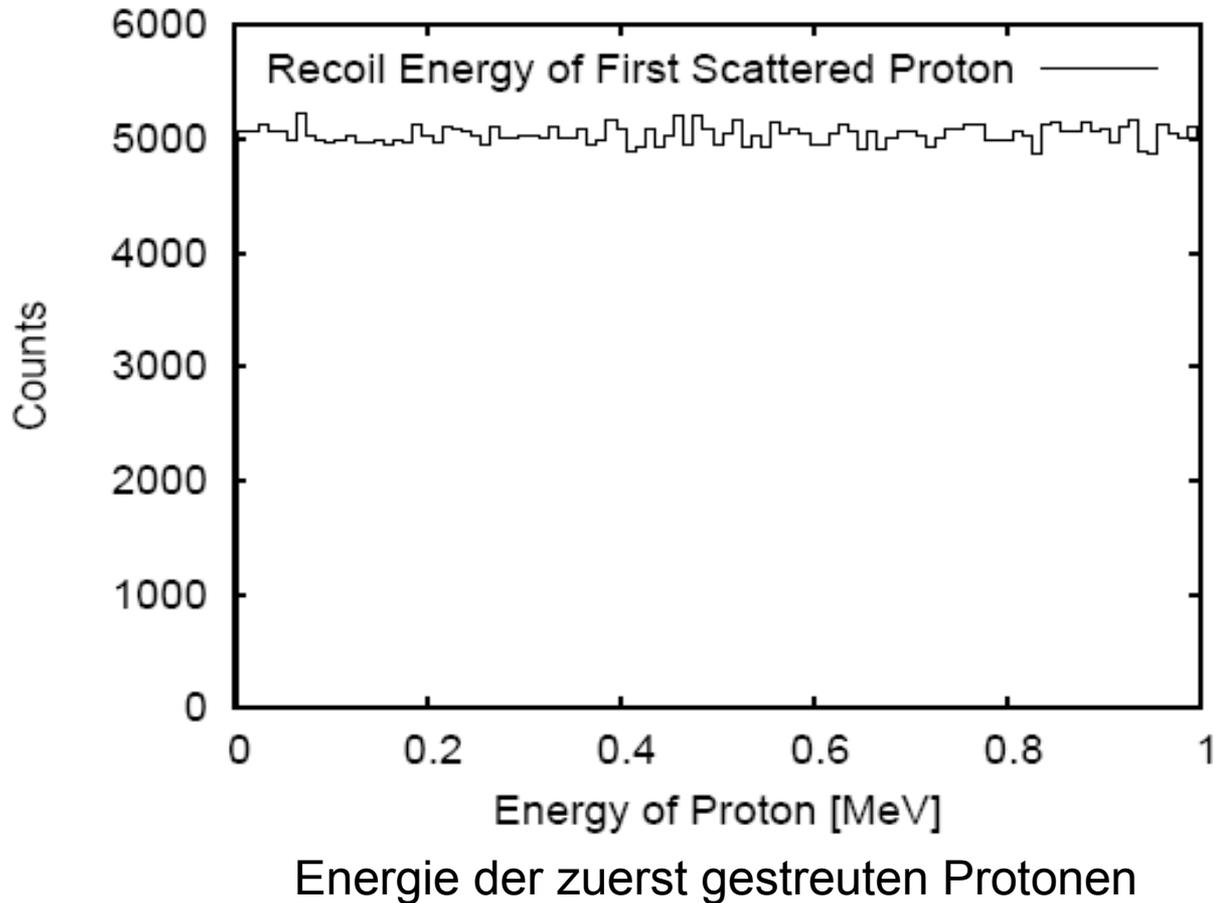
Energie der gestreuten Protonen

Anzahl der gestreuten Protonen

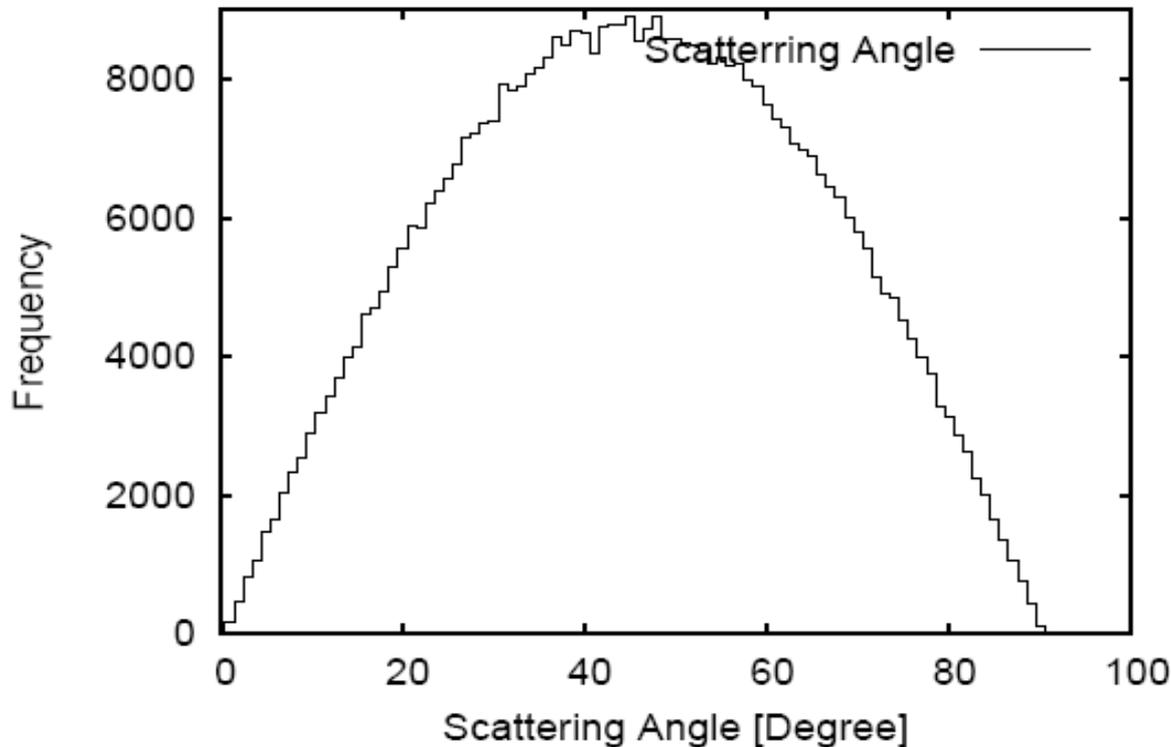


Anzahl der gestreuten Protonen je Neutron

Energieverteilung der gestoßenen Protonen

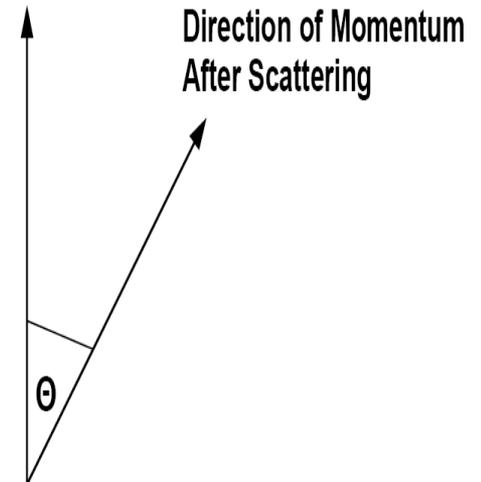


Streuwinkelverteilung der sekundären Protonen



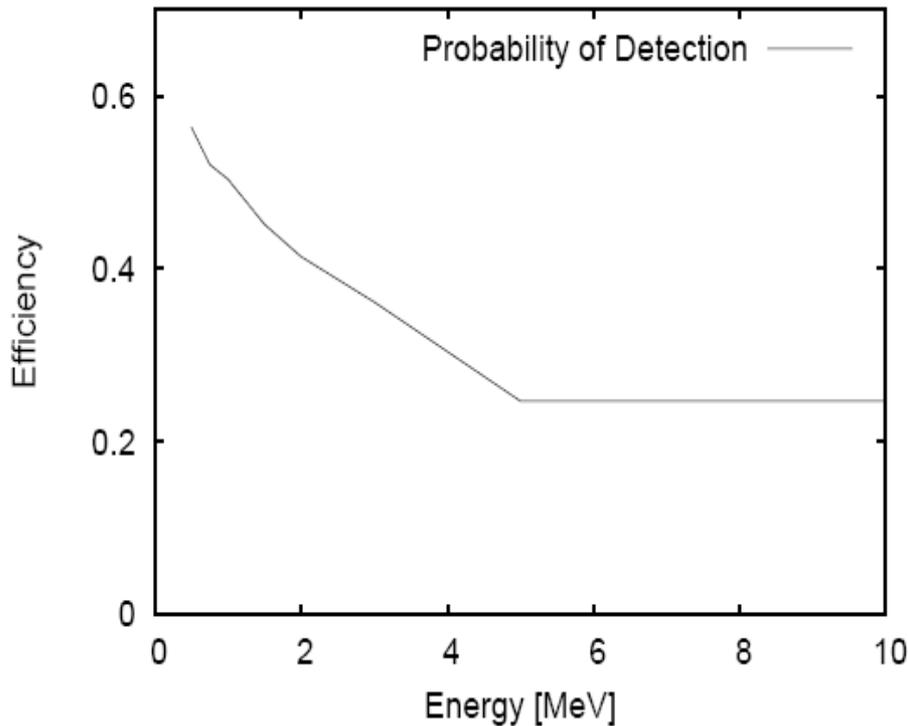
Streuwinkelverteilung der Protonen

Direction of Momentum
Before Scattering

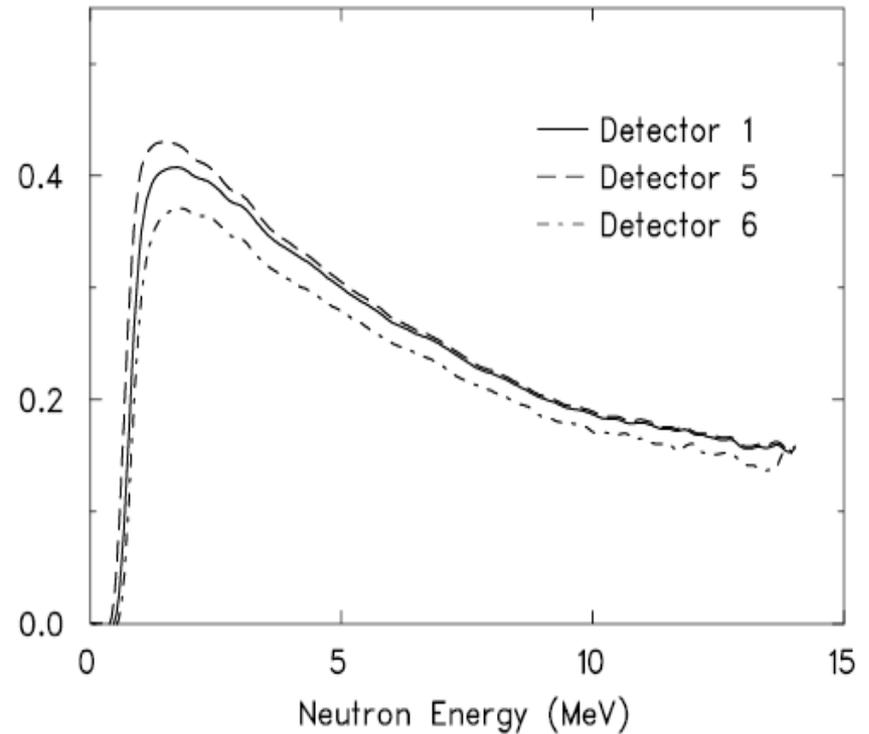


Winkel des
gestreuten Protons

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

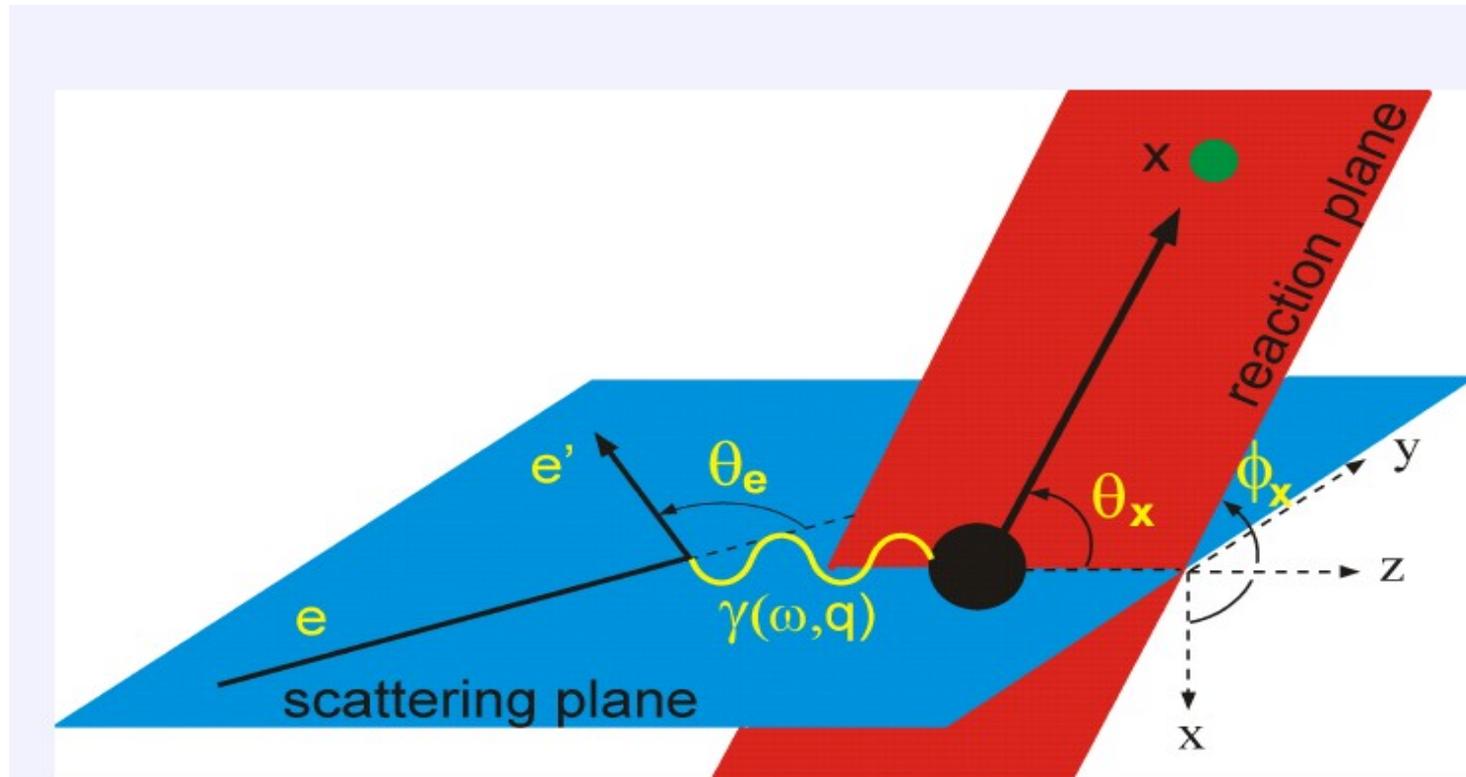


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

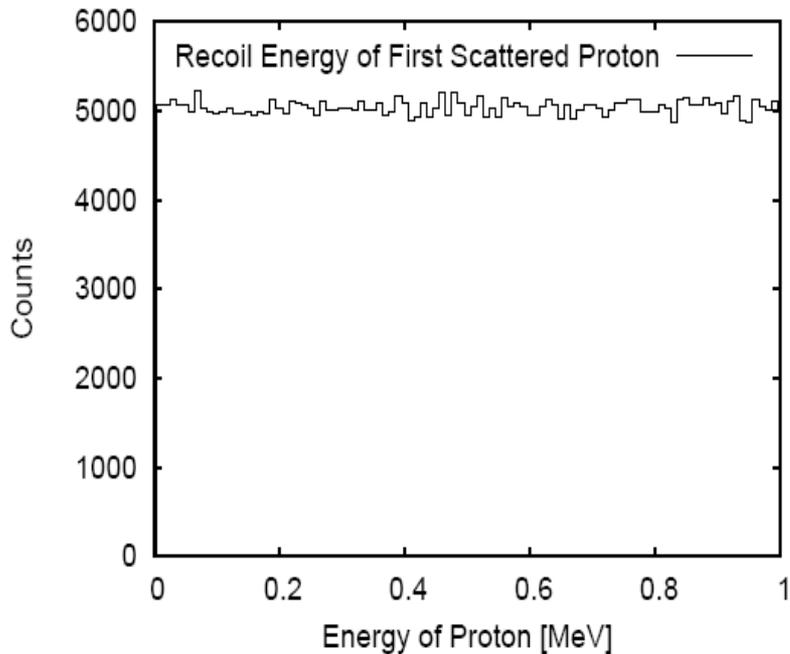
Für Ihre Aufmerksamkeit

Und für Ihre Fragen

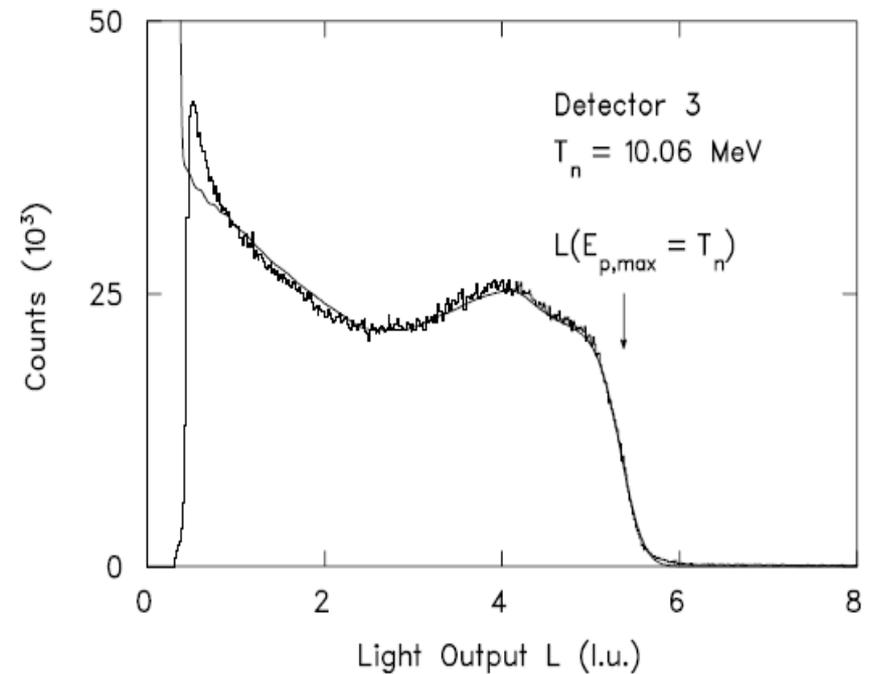




Energie der gestoßenen Protonen



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}B	2,72%
Atomarer Anteil an ^{11}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")
```

