

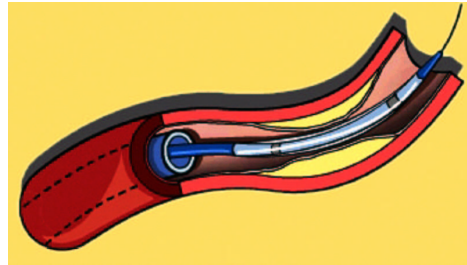
# MODELLIERUNG UND SIMULATION IN DER TEILCHEN- UND MEDIZINPHYSIK

1. Medizinphysik
2. Teilchenphysik
3. Zusammenfassung

**D. Wegener**  
Forschungsband  
Modellbildung und Simulation  
Universität Dortmund  
10. Juni 2002

# 1. MEDIZINPHYSIK

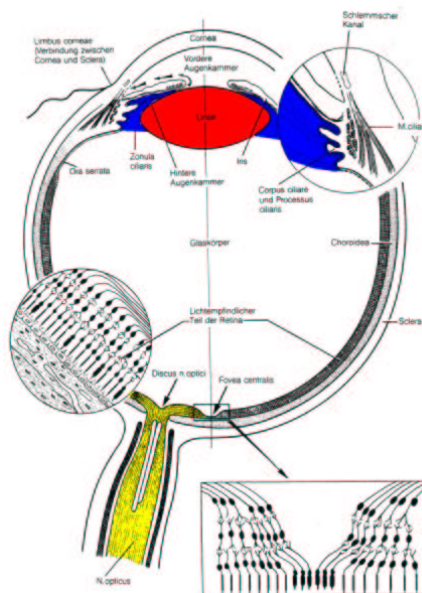
Beispiele aus der angewandten Forschung:  
Angiographie                      Ballondilatation



Endovasale Brachytherapie



Hier: Augentumorthherapie

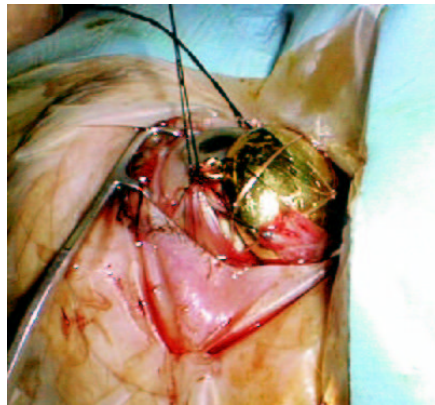


## Behandlung

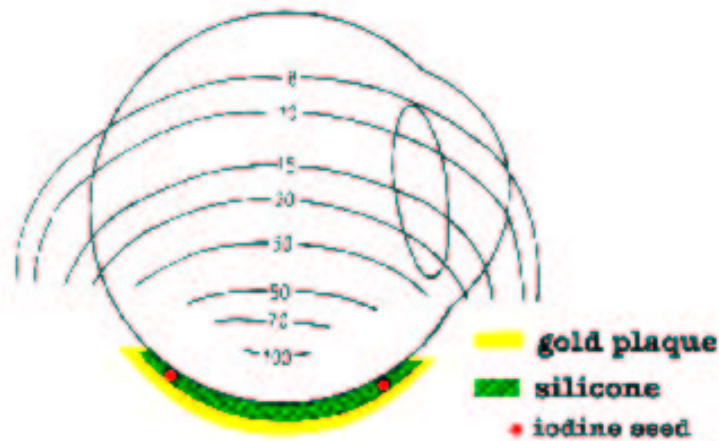
**Früher:** Enukeation

**Heute:** Radiotherapie mit  $^{125}\text{I} + \beta$ -Quelle  
Karzinome von 5 – 10 mm Ausdehnung  
Lokale Dosis am Karzinomapex:

$$D = 100 \text{ Gy} \quad \dot{D} = 10^{-2} \text{ Gy/min}$$

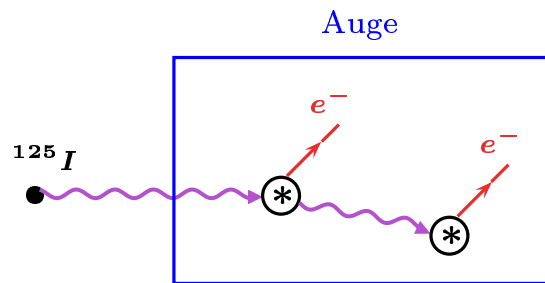


**Problem:** Hohe Belastung sensitiver Strukturen



**Aufgabenstellung:** Optimierung des Applikators

## Simulation :



Monte Carlo Technik

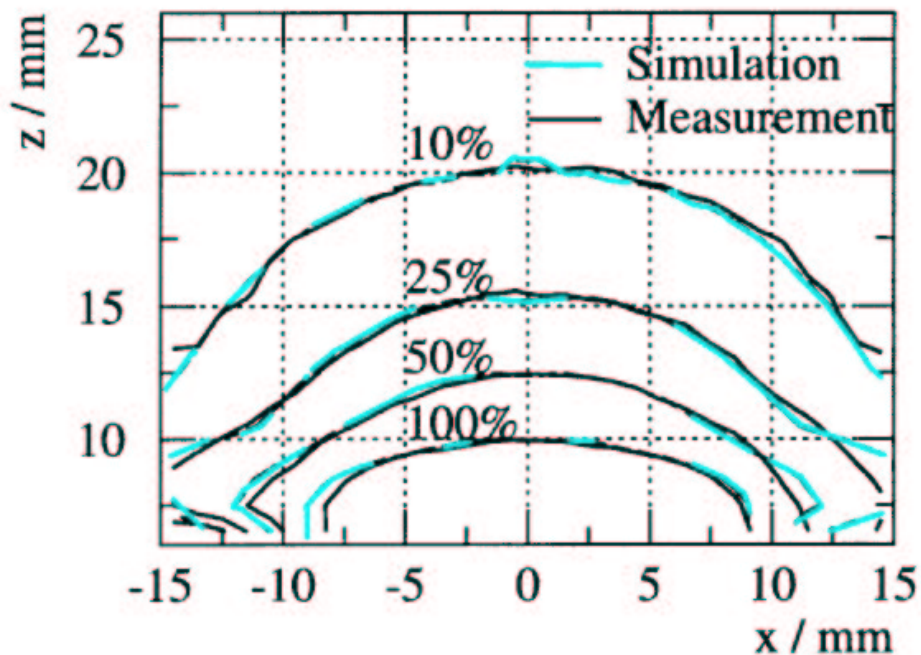
Photoeffekt	$w(E_\gamma, Z)$
Compton-Effekt	$w(E_\gamma, \theta, Z)$
Auger-Effekt	$w(E_\gamma, Z)$
Fluoreszenzausbeute	$w(E_\gamma, Z)$
Thomson-Streuung	$w(Z)$
Rayleigh-Streuung	$w(Z)$

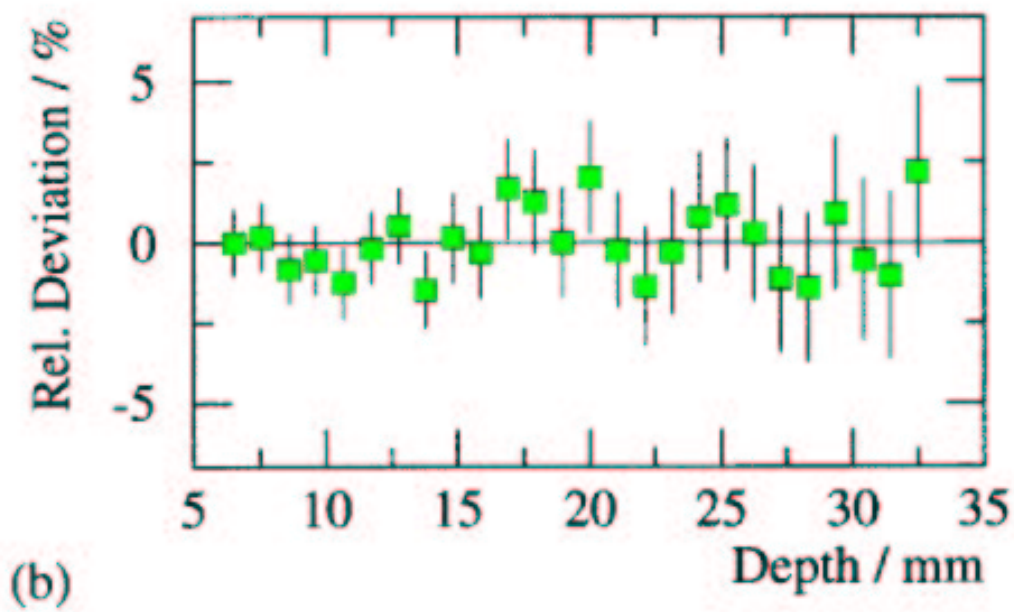
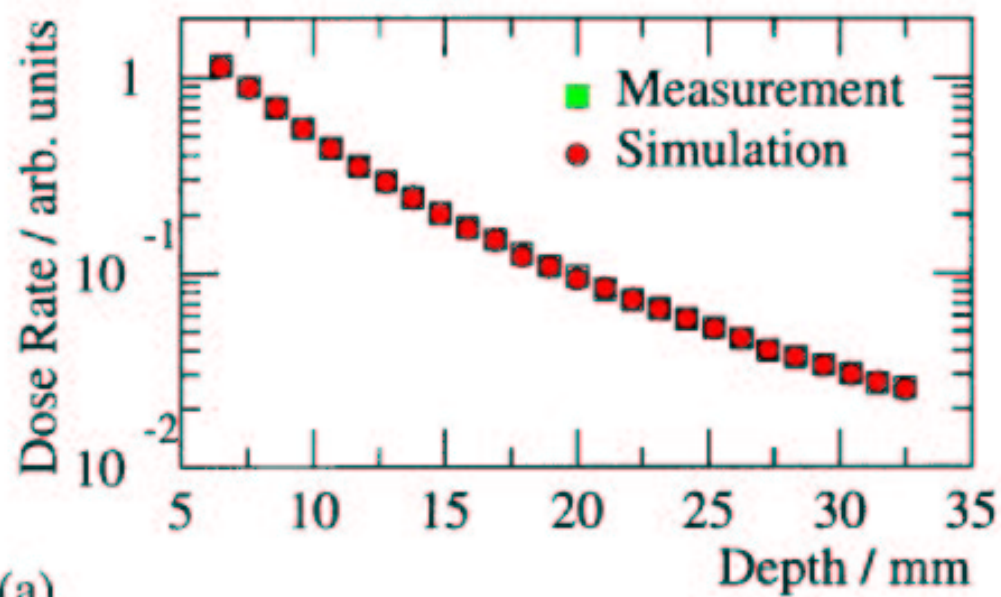
**Ursprünglich :** Eigenentwicklung aus Elementarteilchenphysik übertragen

**Heute :** EGSnrc(EGS4) + spezif. Modellierungen

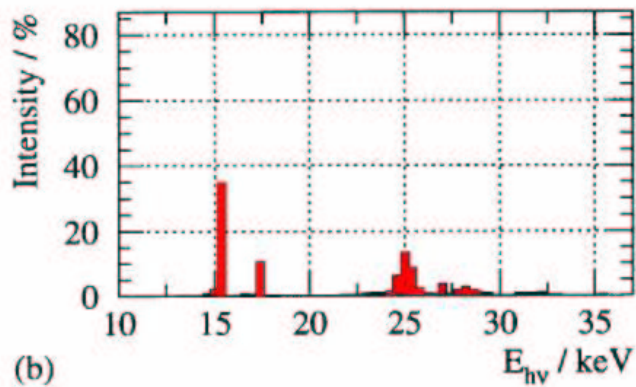
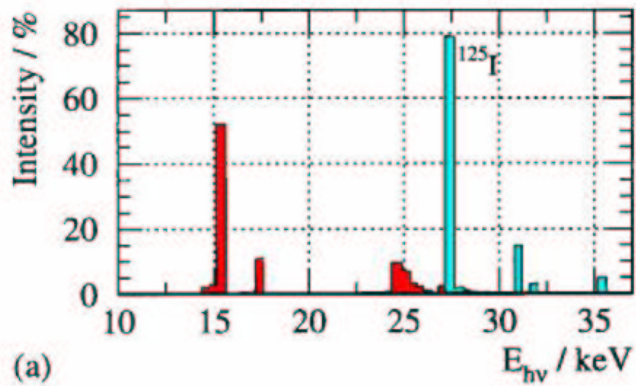
**Resultate :** Gute Übereinstimmung

## Simulation – Meßdaten





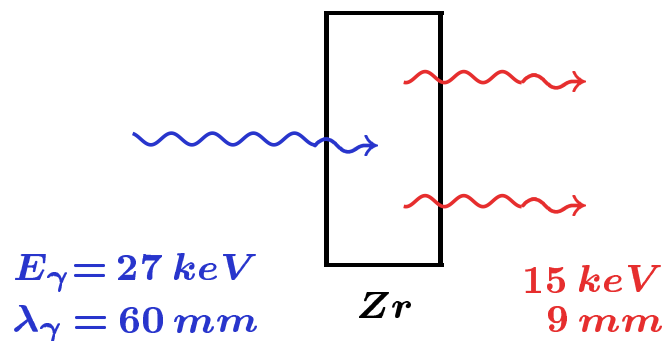
## Zusatzinformation: Energiespektrum

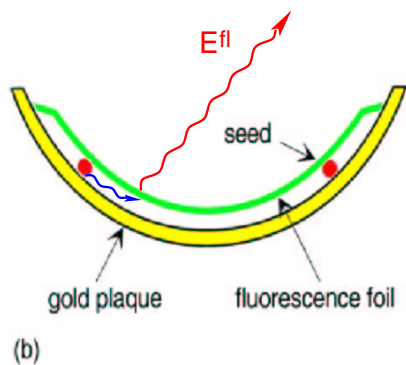
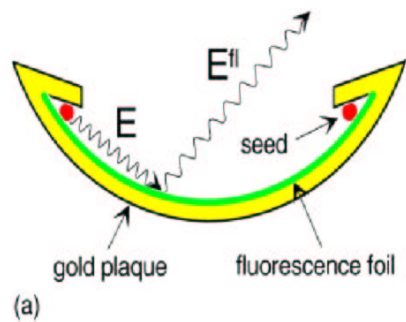


Weitere Verbesserungen möglich

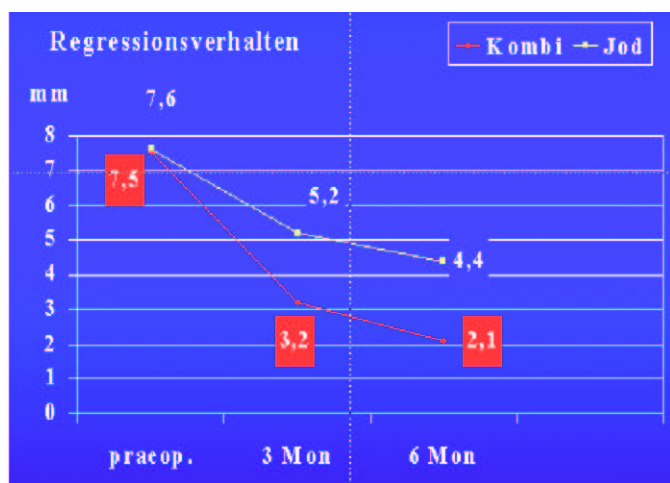
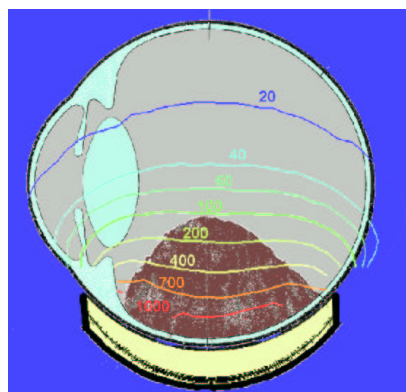
Nutze **Simulation**

Idee: **Abschirmung** Risikostrukturen





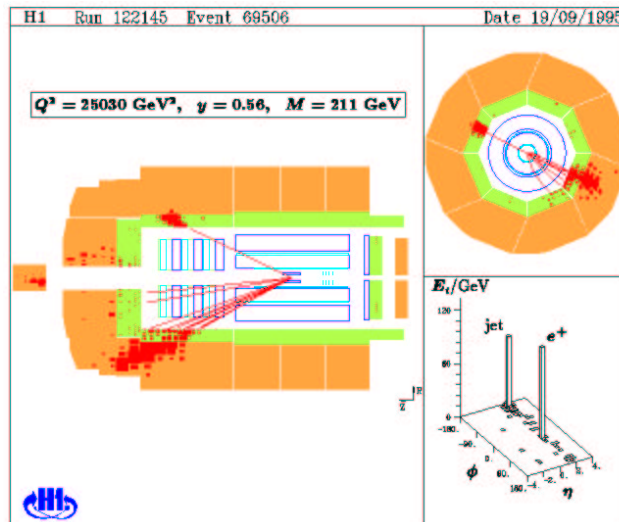
Erfolg:



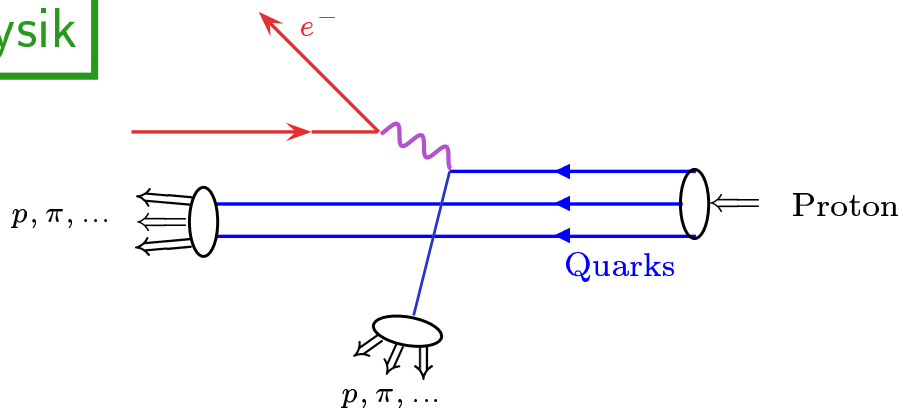


## 2. TEILCHENPHYSIK

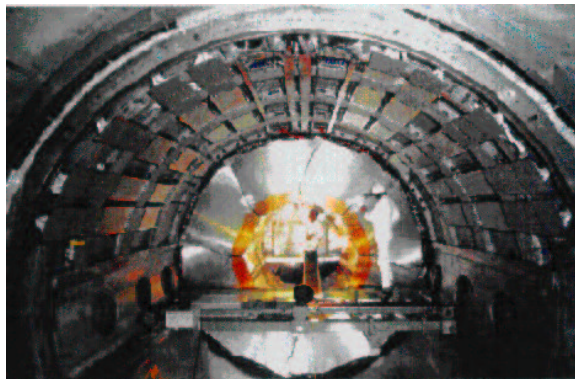
Fragestellung:  $ep \rightarrow eX$



Physik

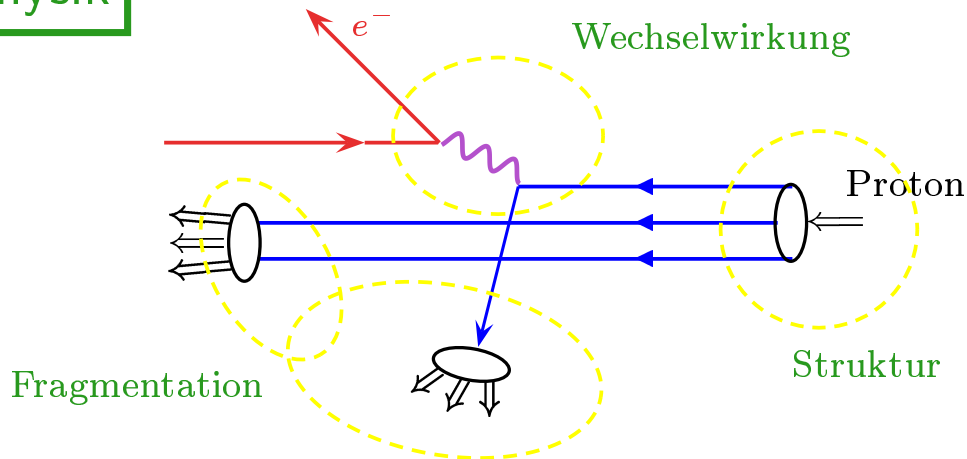


Detektor





# Physik



**Wechselwirkung:** Theorie

**Struktur:** Proton  $\rightarrow$  Quarks, Gluonen

**Fragmentation:** Quarks, Gluonen  $\rightarrow$  Hadronen

} Theorie +  
Daten

**Probleme**, die **Simulation** erzwingen:

- Teilchenzahl variabel



- Quantenfeldtheorie  
Teilchenzahl abhängig von Auflösung
- nichtlineare Feldtheorie  
Exakte Analytische Lösungen unmöglich
- beobachtete Teilchen  $\neq$  wechselwirkende Teilchen
- Umwandlung wechselwirkende  $\rightarrow$  beobachtete Teilchen

**Phänomenologische** Ansätze notwendig  
(Zuschauerteilchen)

## MODELLE zur Simulation physikalischer Probleme

- Wechselwirkung

Spezifisch für Fragestellung

Beiträge von  $\sim 300$  Gruppen

Dortmund:

R. Stamen      *TINTIN*      DVCS-Generator

V. Lenderman   *COMPTON*   Compton-Generator

T. Lohse        *DIQUARK*      Diquark-Generator

- Strukturfunktionen

Theoriegruppen + exp. Resultate

- Fragmentation

Exp. Resultate + Theoriegruppen

### Entwicklung:

1975–1980 eigene Modelle (ABCDHW-Modell)

$\geq 1977$  Theoriegruppen Feynman-Fields-Wolfram

Lund-Gruppe

Rome-Gruppe

⋮

### Wachstum:

1978 Lund 200 Zeilen

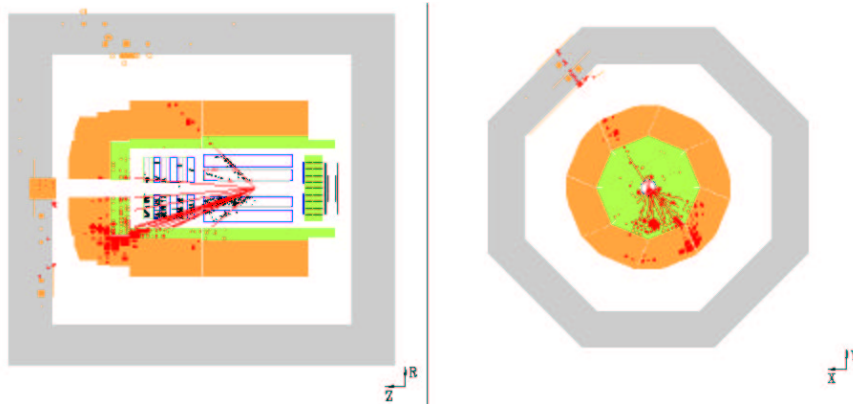
$\sim 2000$  Lund 30 000 Zeilen

## Notwendigkeit/Nutzen der Ereignisgeneratoren

- Komplexe **Vielteilchenendzustand** simulierbar
- Experimentelle Resultate **iterativ** berücksichtigt
- Meßgrößen direkt berechenbar
- Realistische **Planung** von Experimenten:  
Optimierung der Auslegung, Trigger
- Konkurrierende Prozesse simulierbar:  
Optimierung von **Signal/Untergrund**

$$e^+ p \rightarrow \mu^+ X$$

Run 84295 Event 3645 Class: 2 4 6 8 16 17 20 22 24 28 Run date 12/08/94



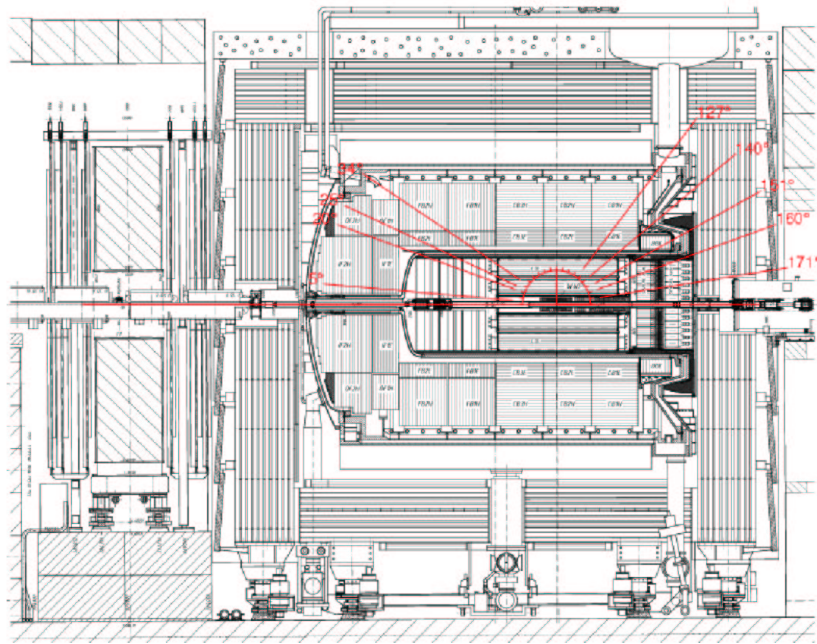
**Fluktuation** bekannter Physik ?  $< 1\%$   
**Mißidentifikation** ( $\pi^+$  mit  $\mu^+$ ) ?  
**Neue** Physik ?

- Einfluß von Detektorineffizienzen  
(**Akzeptanz**-Korrekturen)  
**Physikmodellierung** + **Detektor**-Modellierung/  
Simulation

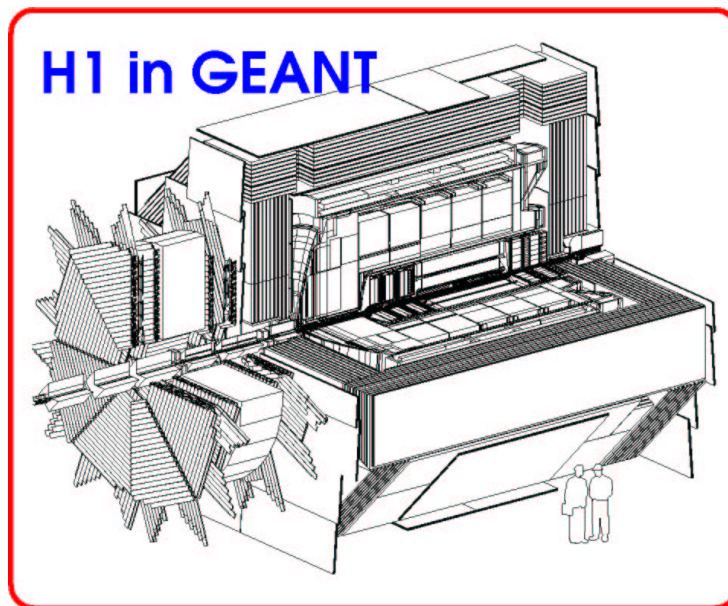
# Detektor

## Modellierung des Detektors

Technische Zeichnung

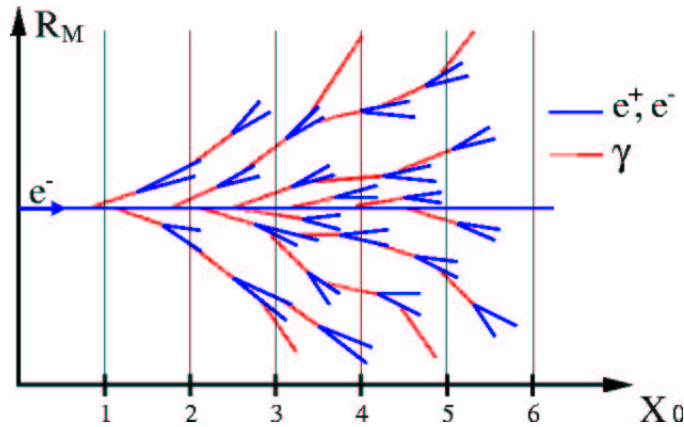


Stark vereinfachtes Geometriemodell (Rechenzeit !)

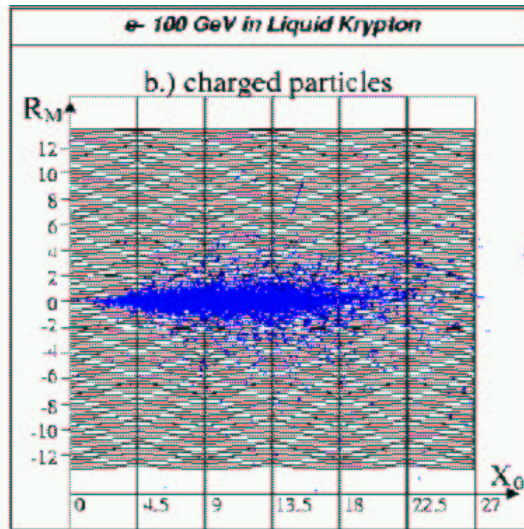
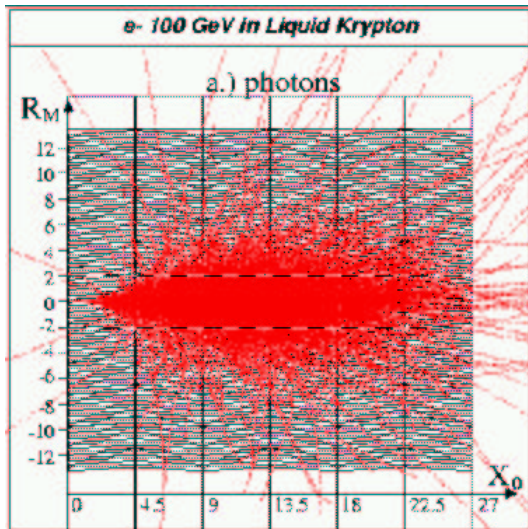


z. Zt. weltweite Kooperation (GEANT 4)  
CAD-Zeichnung → Detektorgeometrie

# Wechselwirkung $e^-, \gamma$ im Detektor



- Photoeffekt
- Compton-Effekt
- Paarbildung
- Bremstrahlung
- Vielfachstreuung
- Ionisation/Anregung



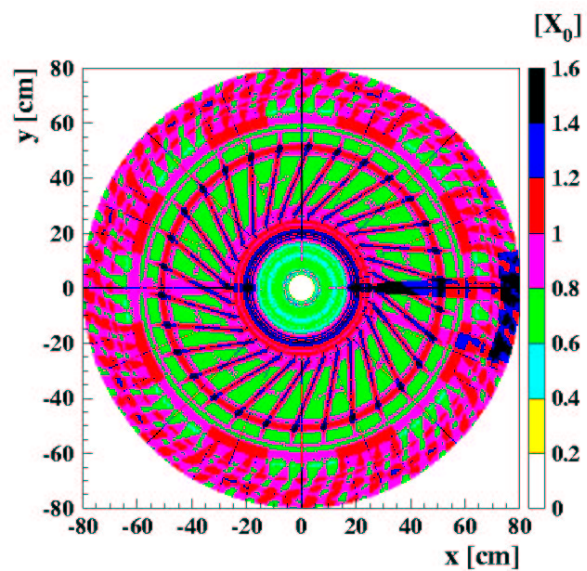
Analytische Theorien (Fermi, Heisenberg, Heitler, ...):

Gekoppeltes System von Integro-Dgl für  $e\gamma$ -Feld  
 Lösungen: Größenordnungen

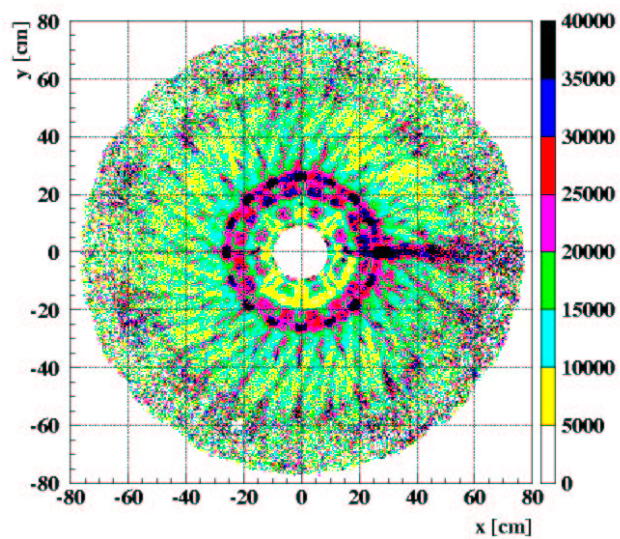




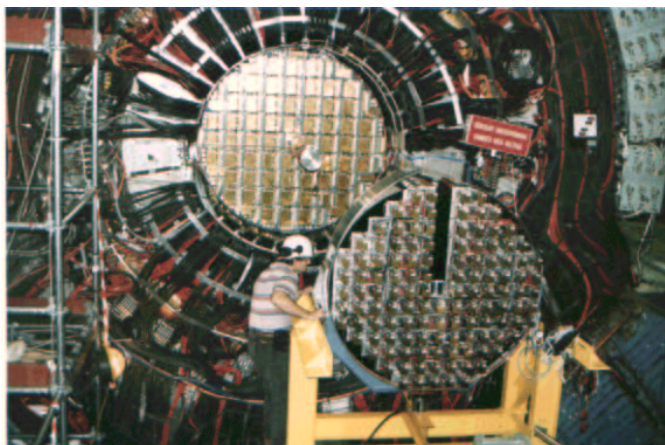
Modell :



Daten :



Realität :



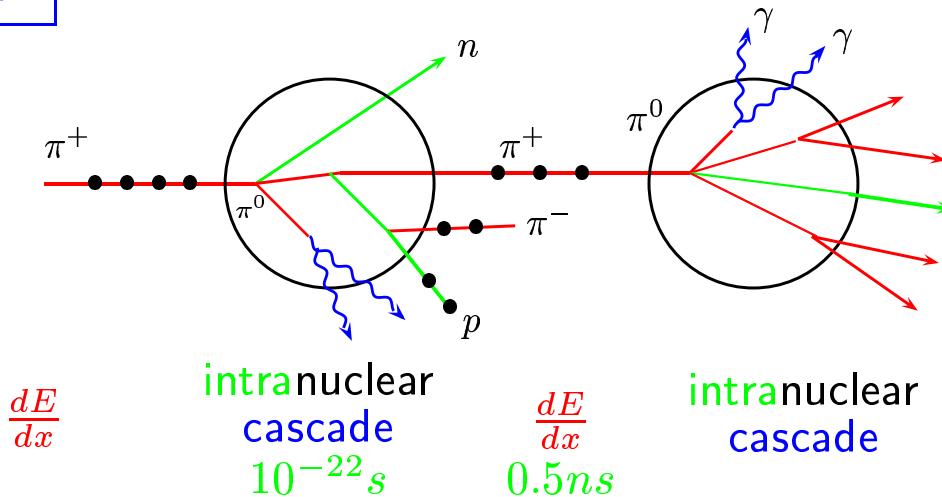


# Wechselwirkung von $p, n, \pi$ mit Detektor

Jede Wechselwirkung extrem komplex

Step I

internuclear cascade

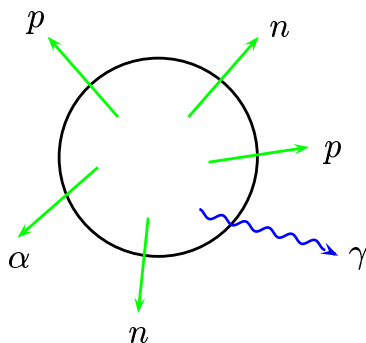


Step II

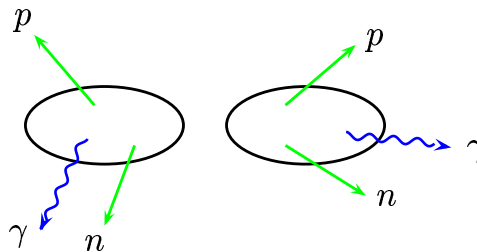
highly excited nuclei

evaporation

$10^{-18} s$



fission followed by evaporation



Teilchengenerator:

Stoß von  $p$  mit (gebund.)  $p, n$

Generator für Kernphysik: Spallation

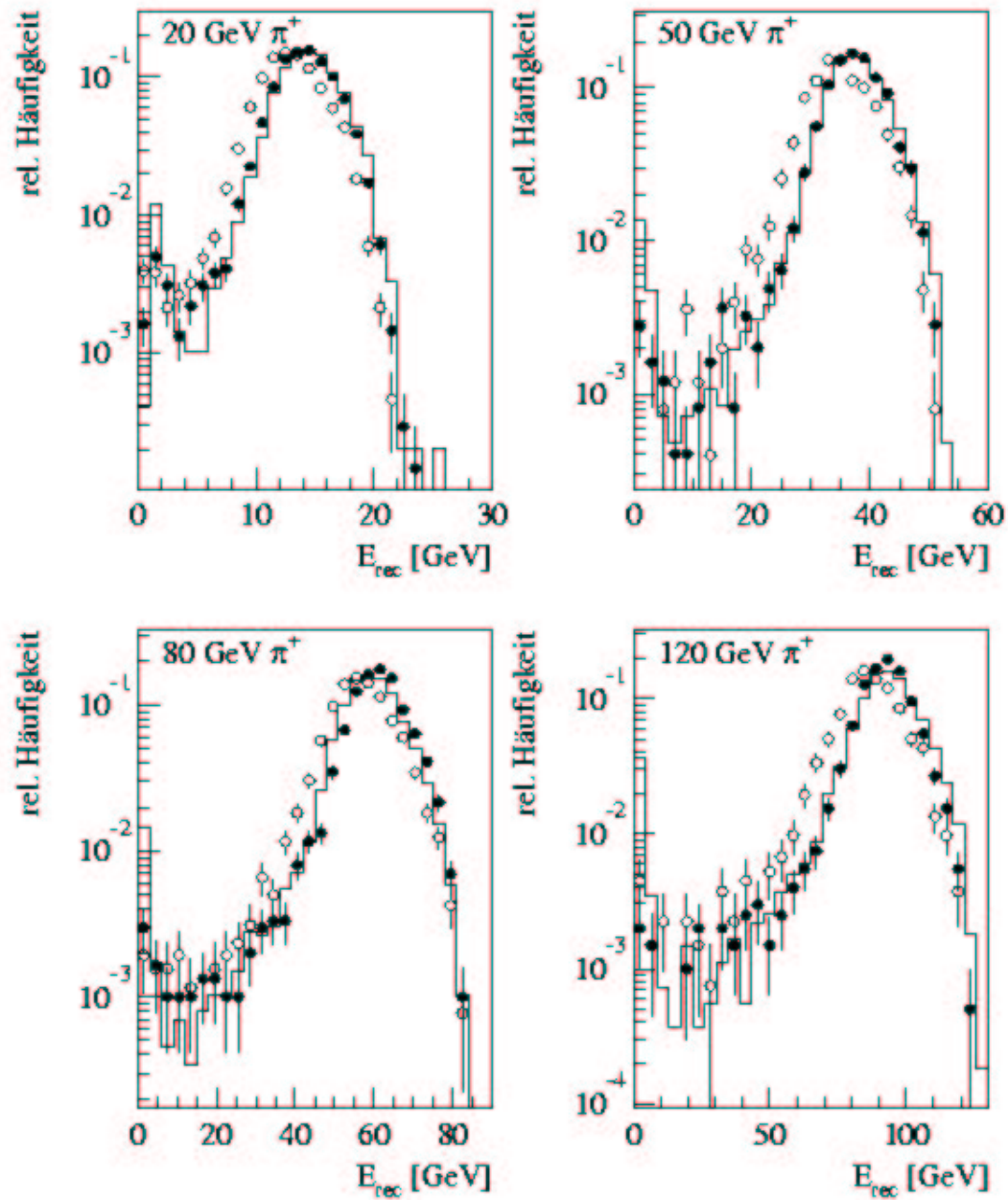
Abdampfen von  $n, p, {}^4_2He, \dots$

Kernspaltung + Abdampfen

Neutronen in Materie:

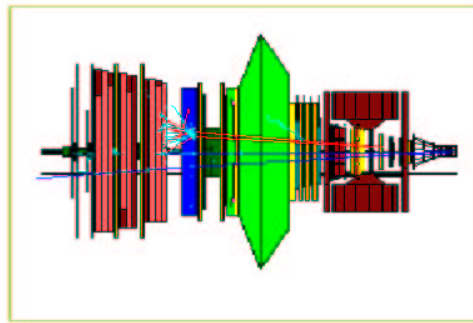
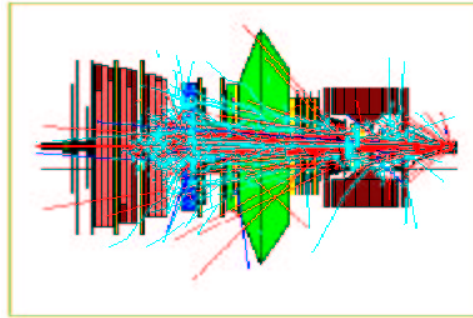
Reaktorphysik

Beispiel:  $\pi^+$  in H1 Detektor

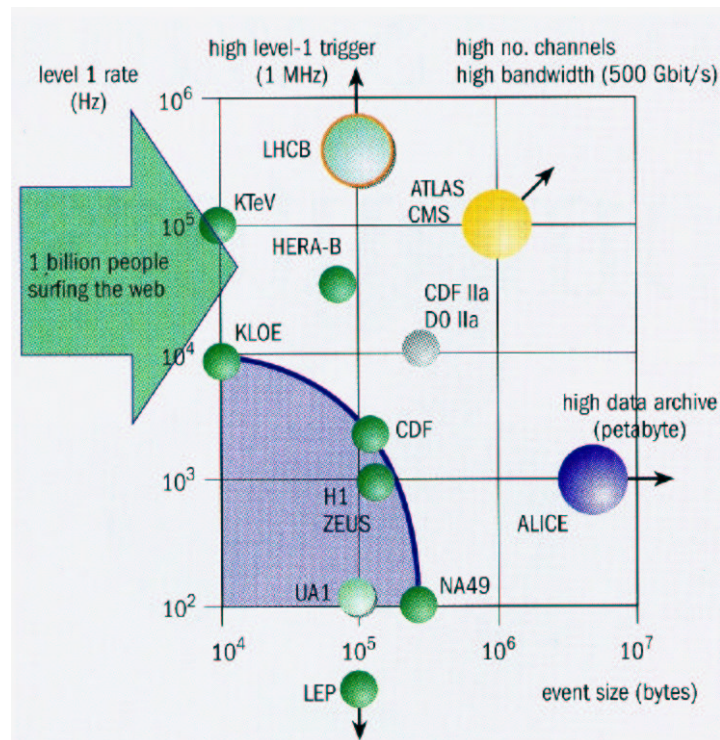


- CALOR
- GEISHA
- Daten H1 Test

## Entwicklung von Analyse-Software



## Austesten hochselektiver Trigger



- Realistische Datensätze (Größe, Zeitaufwand)
- Funktionsfähigkeit
- Fehlersuche

### 3. ZUSAMMENFASSUNG

- Modellierung und Simulation – unverzichtbares Handwerkszeug
- Simulationstechnik: Monte Carlo
- Entwicklung der Software in internationaler Kooperation  
Gruppen tragen Module bei
- Simulation und Modellierung genutzt bei Ereignisgenerierung (Physik)  
Detektorgeometrie und Antwortverhalten (inkl. Zeitinf.)  
Entwicklung von Selektionskriterien  
Entwicklung, Austesten, Überwachung der Triggerelektronik
- Übertragen auf Medizinphysik  
Endovasale Brachytherapie,  
Augentumorthherapie
- Zusammenarbeit in DOMUS  
Endovasale Brachytherapie Informatik VII  
Zerstörungsfreie Materialforschung