

Offline-Analyse

Seminar Teilchendetektoren und Experiment an ELSA

Karsten Koop

19.12.2007



Gliederung

- 1 **Analyseschritte**
 - Rekonstruktion
 - Softwarefilter
 - Beispiele

- 2 **ROOT**
 - Software
 - Beispiele



Rekonstruktion

- Einzelne Ereignisse, *Events*
- Bestimmung detektierter Teilchen aus Daten
StudExp: Photonen, *CB*: Photonen, Proton, Elektronen
- Clustering (\Rightarrow *PED*)
- Energiebestimmung \Rightarrow Kalibration
- Impuls über Position, wo Detektor getroffen wurde



Kalibration

Energieeichung

- Detektor liefert Digitalwert (ADC) proportional zur Energie
- Bestimmung der Proportionalität:
 - Präparat
 - Höhenstrahlung (MIPs)
 - Beschleunigerstrahl (niedrige Intensität)
 - Pionen, η -Mesonen
- für jede Detektorkomponente einzeln



Tagger-Kalibration

- Theoretische Berechnung des Magnetfelds
- Beschleunigerstrahl bei fester Energie, Magnetfeld durchfahren

TDC-Kalibration

- Zeiteichung, Bestimmung von Gleichzeitigkeit
- *grob*: anpassen an Kabellängen; *fein*: Aufnahme von gleichzeitigen Ereignissen



Impulsbestimmung

Photonen

- Photonen erzeugen Schauer, über mehrere Kristalle
- Schwerpunkt führt zu Mittelpunkt
- \Rightarrow Auflösung besser als Kristallgröße

Proton

- Kaum Schauer \Rightarrow schlechte Ortsauflösung
- Keine Energiebestimmung in Kristallen



Analyse

Studentenexperiment

$$\gamma + p \rightarrow \Delta \rightarrow p + \pi^0 \rightarrow p + 2\gamma$$

- Photon-Energie und -Richtung gemessen
 \Rightarrow 4-Vektoren bekannt
- \Rightarrow 4-Vektor des Pions und damit Masse
- Proton nicht detektiert



Analyse

Crystal Barrel

$$\gamma + p \rightarrow X \rightarrow p + \pi^0, \eta, \omega \dots \rightarrow p + n\gamma$$

- 4-Vektoren der einzelnen Photonen gemessen
- Zuordnung zu Mesonen \Rightarrow Kombinatorik
- Proton wird detektiert, aber schlechte Ortsauflösung und keine Energieinformation

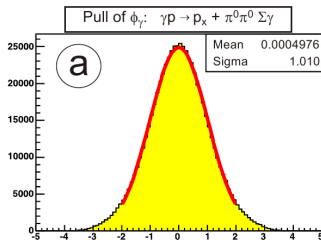


kinematischer Fit

- 4-Vektoren von ein- und auslaufenden Teilchen gemessen
- Energie- und Impulserhaltung: 4 *Constraints*
- Energie- und Impulserhaltung wegen Messfehler nicht sofort erfüllt
- bei fehlendem Proton: 3 Unbekannte, 4 Gleichungen überbestimmtes Gleichungssystem, 1 *Constraint*



- Variation der Messwerte im Rahmen der Messfehler, um Erhaltungssätze zu erfüllen
- Variation in Einheit des Messfehlers: *Pull*
- Verteilung der Pulls ist gaußförmig, Mittelwert 0, $\sigma = 1$



Softwarefilter

- einzelne Events wurden rekonstruiert
- jetzt: Betrachtung der gesamten Datenmenge,
⇒ Statistik



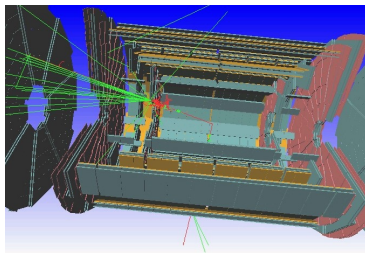
Schnitte

- Gute Daten, schlechte Daten
- Ziel: Untergrund minimieren, aber keine guten Daten verlieren
- deshalb: Schnitte auf die Daten
- Prüfung der Schnitte an Monte Carlo Daten



Monte Carlo

- Simulation des Experiments (idealisiert)
- Berücksichtigung stochastischer Prozesse
- erwartete Messdaten aus Simulation
- Software: *GEANT* (CERN), *CBGEANT*



Schnitte

- Anzahl PED
- koplanar (3 Teilchen), *z-Cut*
- Energie- und Impulserhaltung (CB: *missing mass*)
- Meson-Masse (Pionen, η -Mesonen)
- Zeiten (*TDCs*)
- kinematischer Fit, *Confidence Level*
- weitere je nach Experiment



Confidence Level

- kinematischer Fit: Pull führt zu

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sigma_i^2}$$

- gute Anpassung: $\chi^2 = \text{Anzahl Freiheitsgrade}$
- definiere

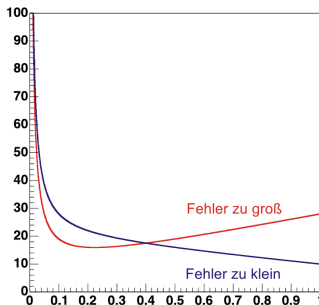
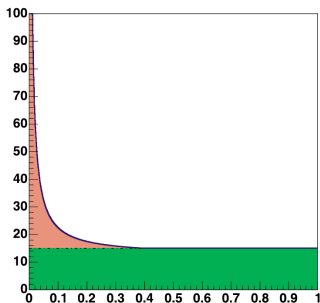
$$CL = \int_{\chi^2}^{\infty} f(z, n_d) dz$$

mit $f(z, n_d)$ der χ^2 -Verteilung für n_d Freiheitsgrade

- CL: *Confidence Level*, zwischen 0 und 1

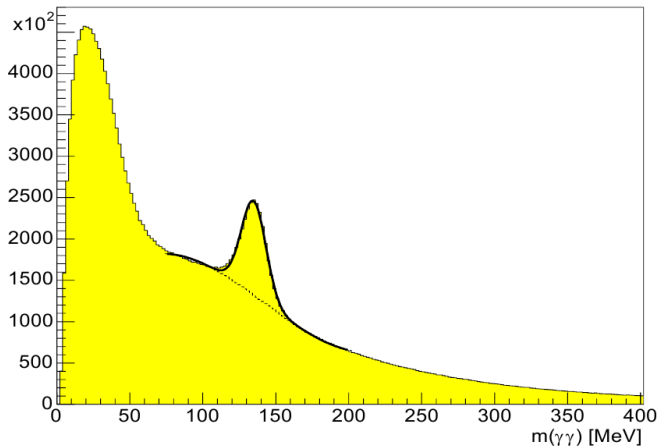


- CL: *Confidence Level*, zwischen 0 und 1
- Daten gleichverteilt zwischen 0 und 1
- Untergrund nahe der 0



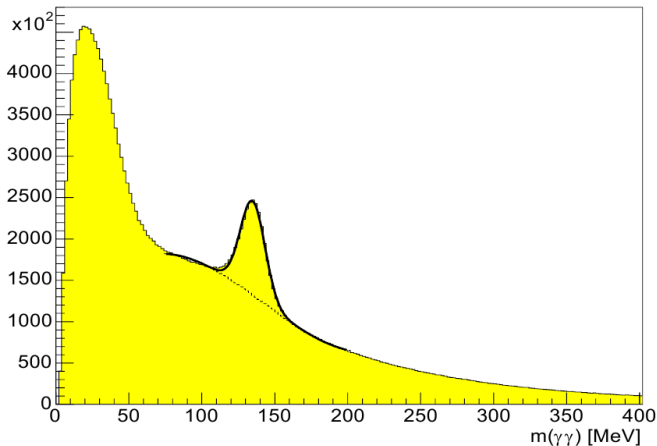
Schnitte - Beispiel 1

4/5 PEDs: invariante Masse $\gamma\gamma$, keine weiteren Schnitte



Schnitte - Beispiel 1

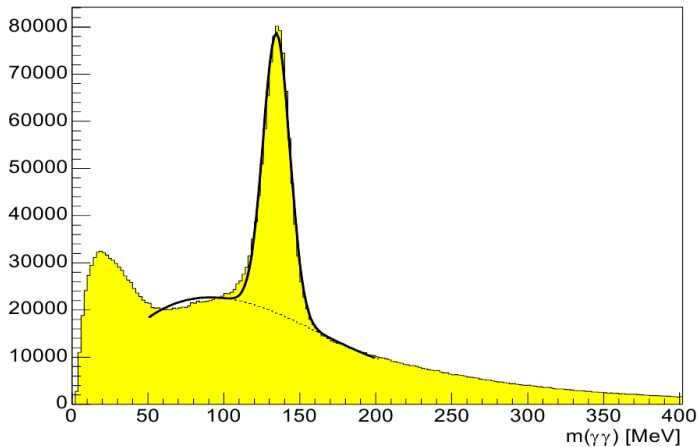
4/5 PEDs: invariante Masse $\gamma\gamma$, keine weiteren Schnitte



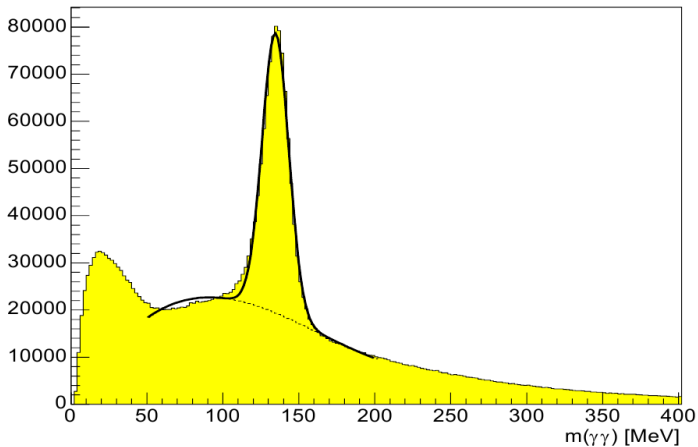
jetzt: Schnitt auf Pion-Masse



invariante Masse $\gamma\gamma$, Schnitt auf Pion-Masse



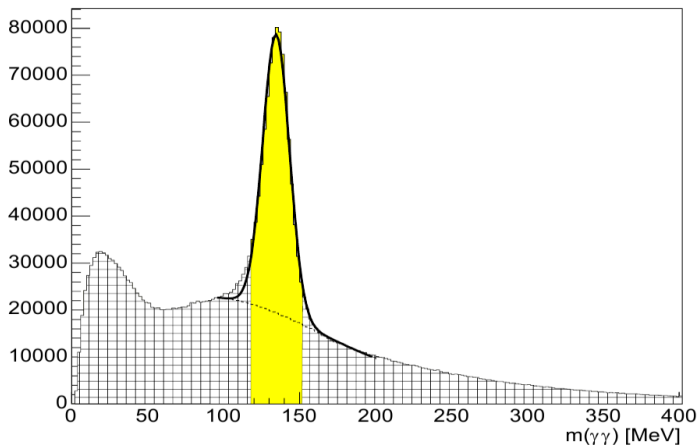
invariante Masse $\gamma\gamma$, Schnitt auf Pion-Masse



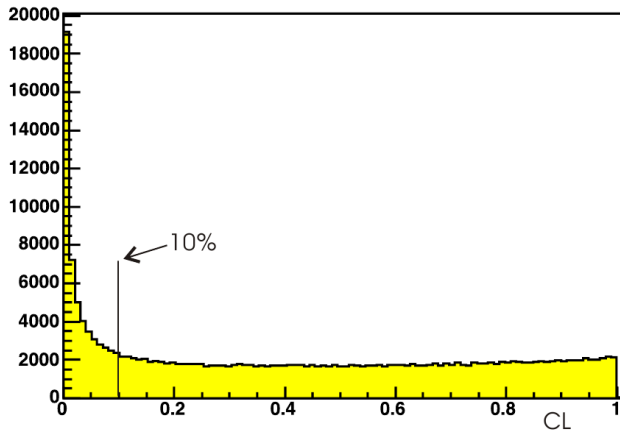
jetzt: Schnitt auf 2 Pionen



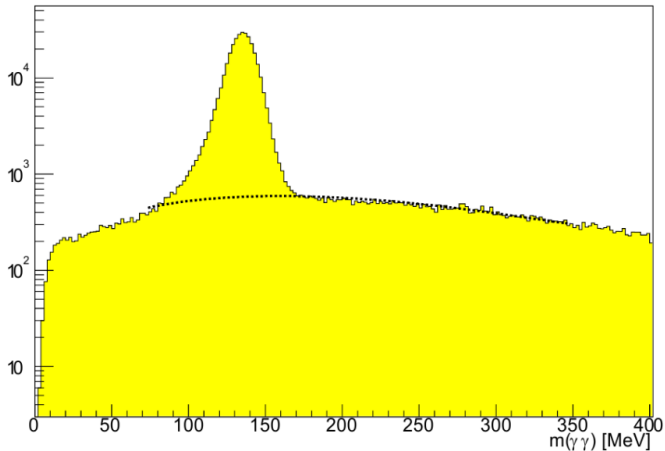
invariante Masse $\gamma\gamma$, Schnitt auf 2 Pionen



Confidence Level für Hypothese $\gamma p \rightarrow p \pi^0 \pi^0$

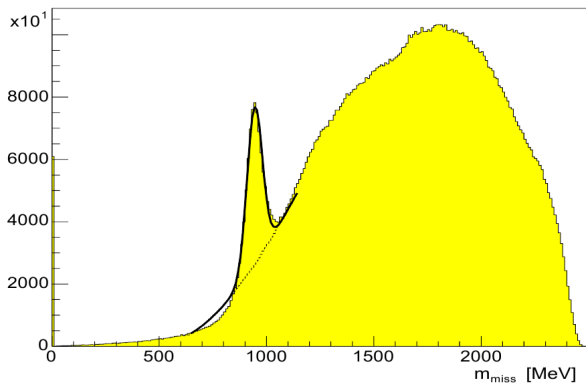


invariante Masse $\gamma\gamma$, Schnitt auf Pion-Masse, z-Cut und CL



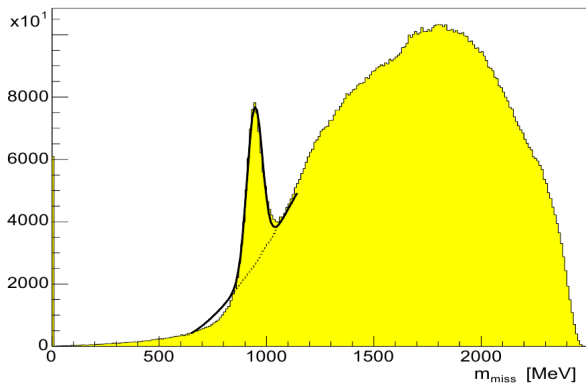
Schnitte - Beispiel 2

missing mass, 4/5 PED, keine weiteren Schnitte



Schnitte - Beispiel 2

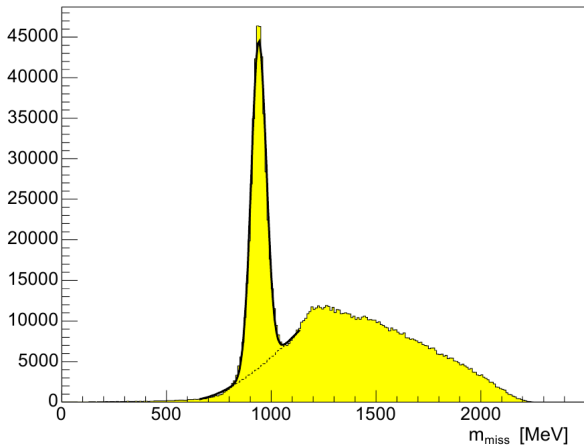
missing mass, 4/5 PED, keine weiteren Schnitte



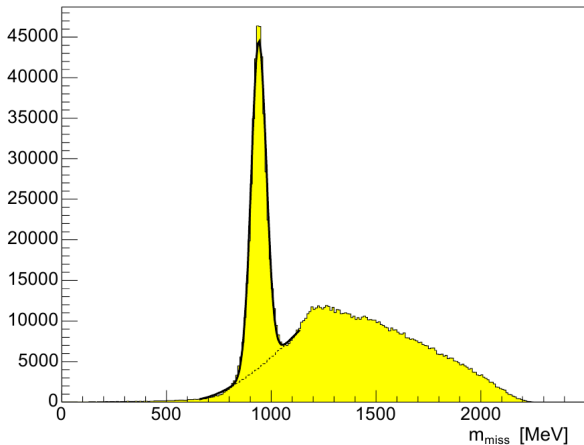
jetzt: Schnitt auf Pion-Masse



missing mass, Schnitt auf Pion-Masse



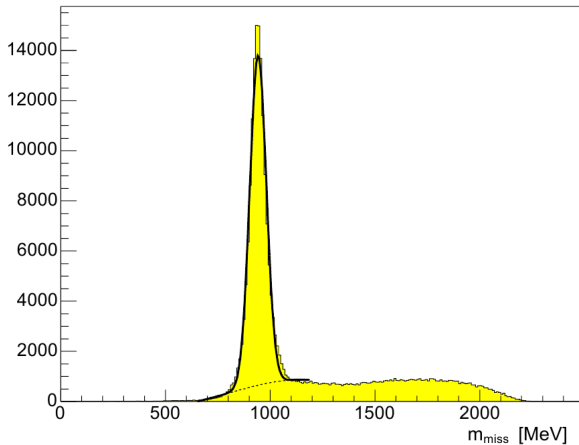
missing mass, Schnitt auf Pion-Masse



jetzt: Schnitt auf 2 Pionen und z-cut



missing mass, Schnitt auf 2 Pionen und z-cut



- Nächste Schritte: Auswertung der nun übriggebliebenen, guten Daten
- Klassisch: Messung von Wirkungsquerschnitten, dazu Korrekturen:
 - Akzeptanz
 - Verlust guter Ereignissen durch Schnitte \Rightarrow Monte Carlo
 - Lücken im Detektor
 - Fluss
- Hier:
 - Pion-Masse aus invarianter Masse 2γ -System
 - Δ -Masse aus π^0 und p , p aus missing mass

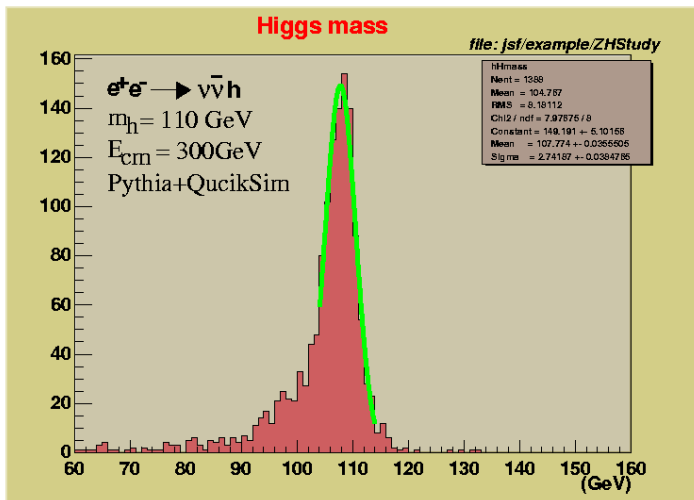


ROOT

- ROOT wird am CERN entwickelt (<http://root.cern.ch>), zur Auswertung der Experimente dort
- für große Datenmengen
- C++ Interpreter
- Diagramme aller Art
- Schnitte mit ROOT
- (fast) alles mit ROOT



ROOT - Beispiele



ROOT - Beispiele

Next

Previous

Top View

Side View

Front View

All Views

OpenGL

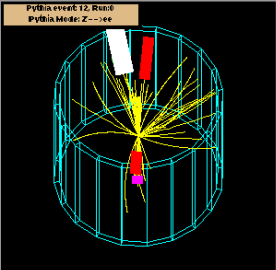
X3D

ROOT
ATLAST

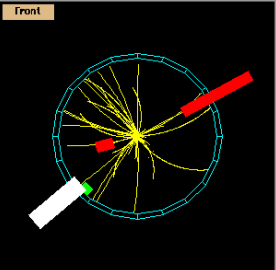
Trigger

- EM1 ●
- PH1 ●
- EM2 ●
- MU1 ●
- MU2 ●
- EMU ●
- JT1 ●
- JT2 ●
- JT3 ●
- ALL ●

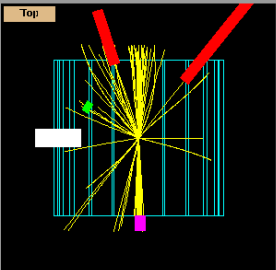
Pythia event 12, Run0
 Pythia Mode: Z---ee



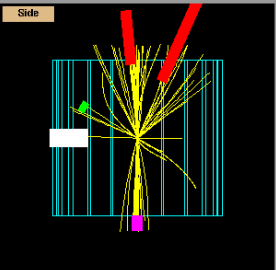
Front



Top

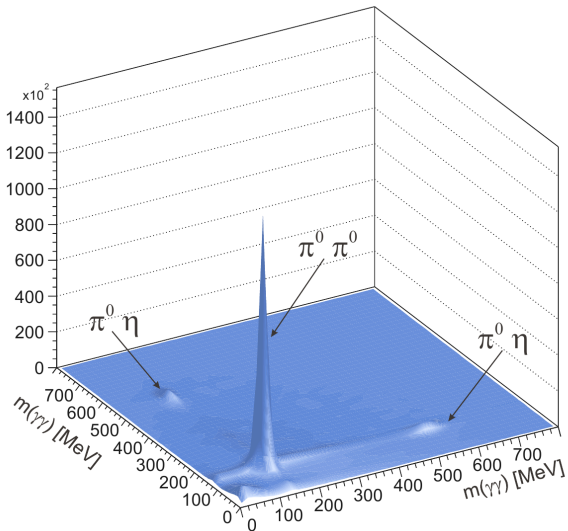


Side





ROOT - Beispiele



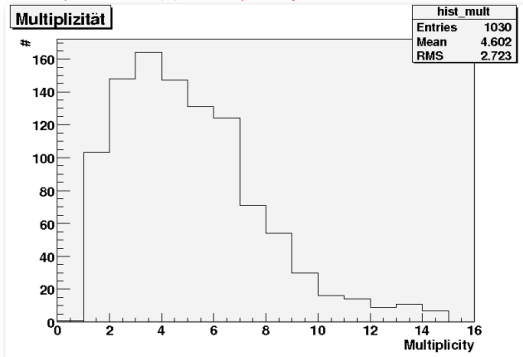
ROOT beim Studentexperiment

```
// open files
FILE* pFile = fopen ("/disk/daq/001/studexp/SS07/run22.csv", "r");
// create histograms
hist_mult = new TH1D("hist_mult", "Multiplizität#t; Multiplicity;#", 16, 0, 16);
// read file
Int_t lineNr=0, buffer;
while(!feof(pFile))
{
    lineNr++;
    // coincidence register
    fscanf(pFile, "%i", &buffer);
    // [...]
    // multiplicity
    Int_t multipl = 0;
    for(int i=0; i <=16; i++)
    {
        if(buffer & (1 << i))
        {
            multipl++;
        }
    }
    hist_mult->Fill(multipl);
}
hist_mult->Draw();
```



ROOT beim Studentenexperiment

```
// open files
FILE* pFile = fopen ("/disk/daq/001/studexp/SS07/run22.csv", "r");
// create histograms
hist_mult = new TH1D("hist_mult", "Multiplizität#ddot{a}t;Multiplicity;#", 16, 0, 16);
// read file
// read file
Int_t lineNr=0, buffer;
while(!feof(pFile))
{
    lineNr++;
    // coincidence register
    fscanf(pFile, "%i", &buffer);
    // [...]
    // multiplicity
    Int_t multipl = 0;
    for(int i=0; i <=16;i++)
    {
        if(buffer & (1 << i))
        {
            multipl++;
        }
    }
    hist_mult->Fill(multipl);
}
hist_mult->Draw();
```



Zusammenfassung

- *Rekonstruktion* von Ereignissen, Kalibration
- Daten müssen vor der Auswertung aufbereitet werden:
Schnitte
- geeignete Software: *ROOT*

