

Analyse von $\gamma p \rightarrow p \pi^0 \pi^0 \eta$ bei CBELSA/TAPS

Michael Bichow

Seminar zu Experimentellen Methoden in der Kern- und Teilchenphysik

02.07.2010

Fakultät für Physik

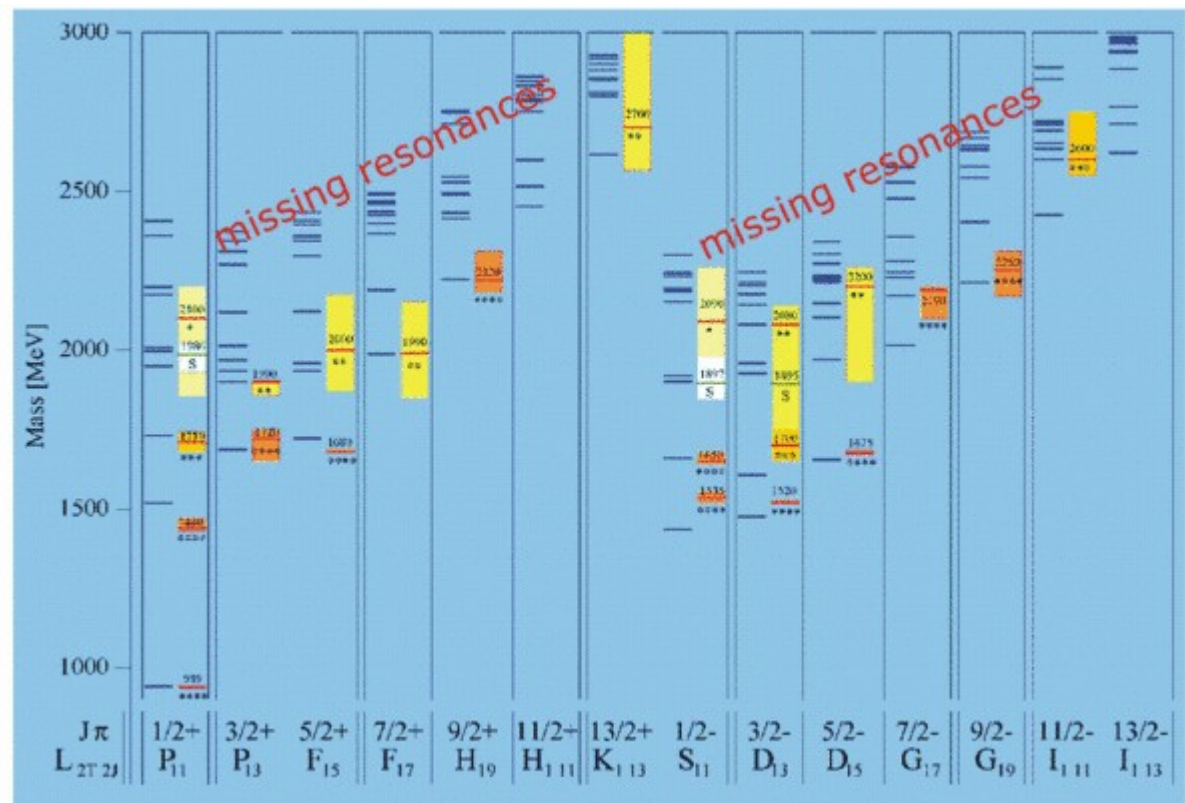
Lehrstuhl für Experimentalphysik I

- Einleitung
- CBELSA/TAPS Experiment
- Motivation für die Analyse des Kanals $\gamma p \rightarrow p \pi^0 \pi^0 \eta$
- Status der Analyse
- Zusammenfassung
- Outlook

Einleitung

Physikalische Motivation:

Theorie sagt mehr Baryonen voraus, als bisher experimentell gefunden wurden



Einleitung

Gründe:

- Möglicherweise Diquark-Struktur der Baryonen (weniger interne Freiheitsgrade als durch Quark-Modell vorhergesagt)

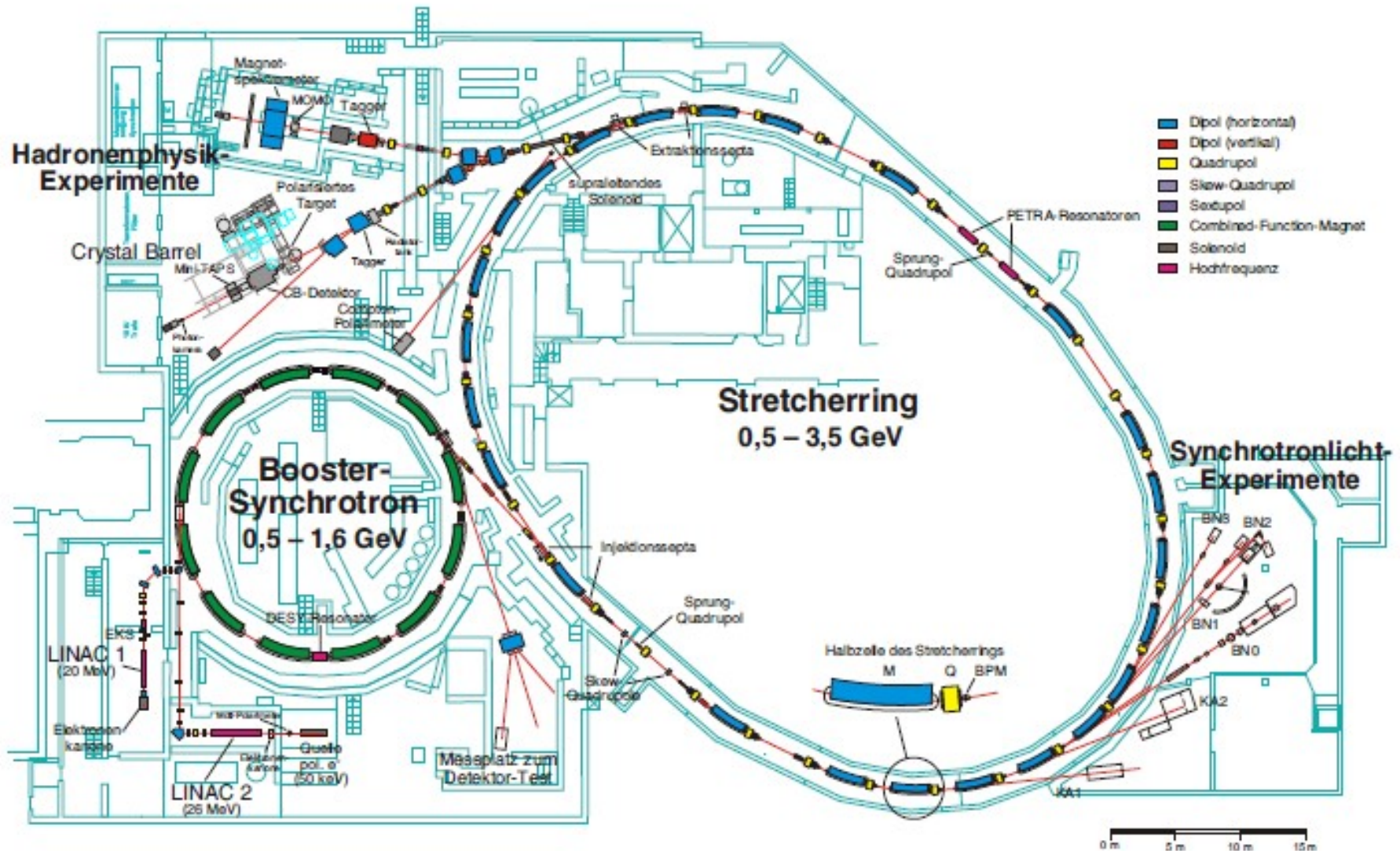


- bisher hauptsächlich Reaktionen wie z.B. NN oder π N untersucht, möglicherweise keine Kopplung an die fehlenden Resonanzen, deshalb keine Beobachtung möglich
- Reaktion γ N bisher nur wenig untersucht

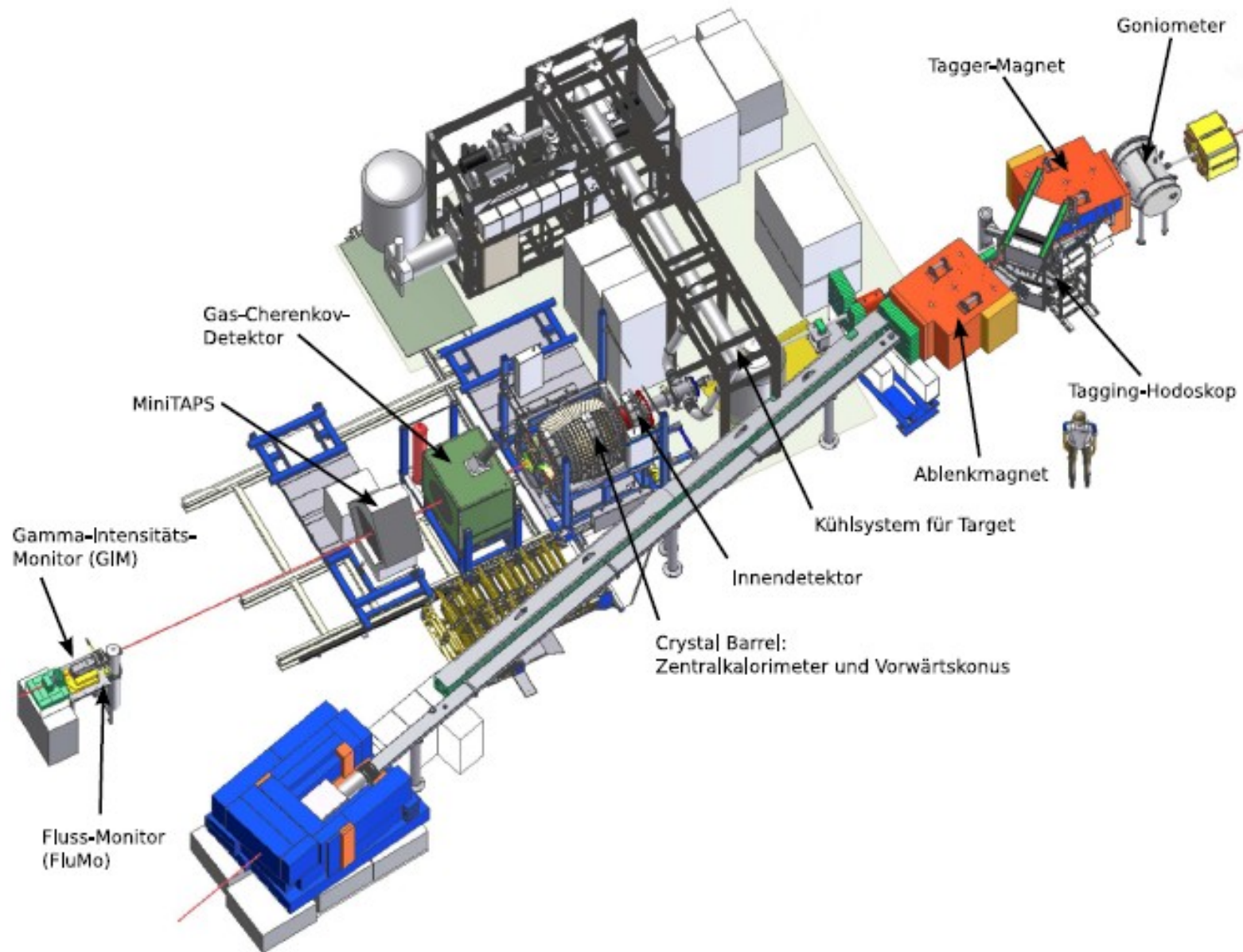
CBELSA/TAPS:

- Suche nach Baryonenresonanzen und Mesonen mit Hilfe elektromagnetischer Anregung des Protons
- Photoproduktion ($\gamma p \rightarrow N^* (\Delta^*) \rightarrow p X$)
- geeignet zur Untersuchung von Reaktionskanälen mit neutralen Mesonen

Die Beschleunigeranlage ELSA

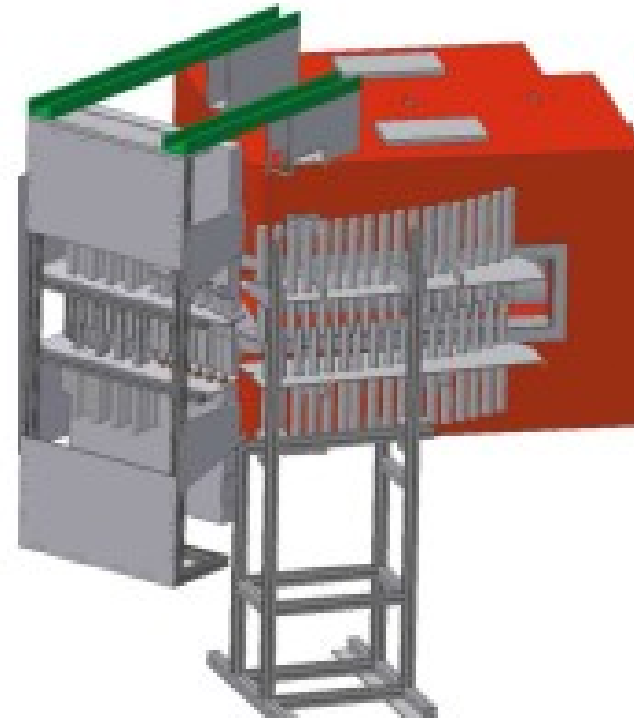


Experimenteller Aufbau



Tagger

- Bestimmung der Energie der Strahlphotonen ($E_\gamma = E_0 - E_e$)
- Dipolmagnet lenkt Elektronen ab
- Ortsmessung der Elektronen durch 96 Szintillatorlatten und 480 szintillierenden Fasern für niedrige Photonenenergien



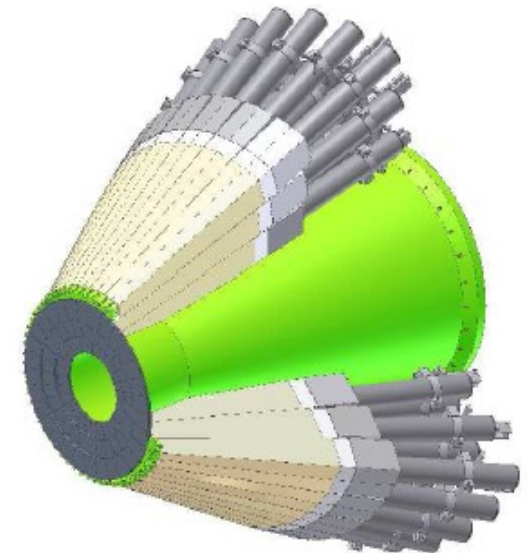
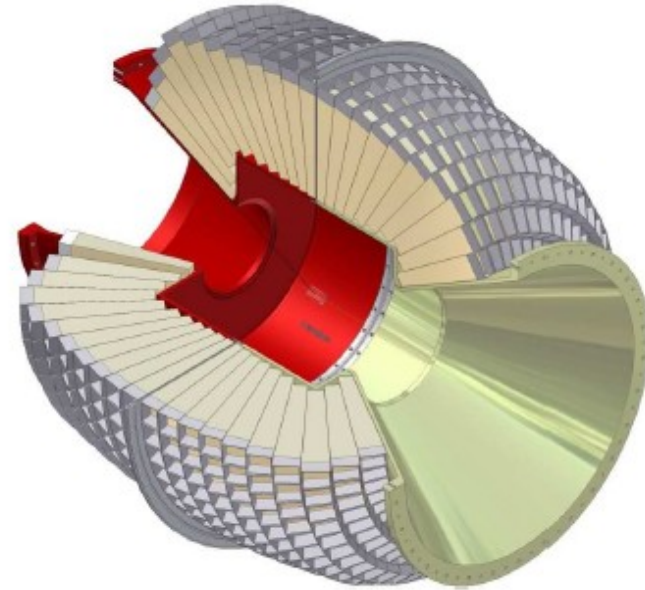
Innendetektor

- Spurrekonstruktion geladener Teilchen
- 513 szintillierende Fasern, 40 cm Länge, angeordnet in drei unterschiedlich zueinander orientierten Lagen (parallel, $-24,5^\circ$, $+25,7^\circ$)
- Winkelabdeckung von $23,1^\circ < \theta < 166^\circ$
- Winkelauflösung bis zu $1,8^\circ$



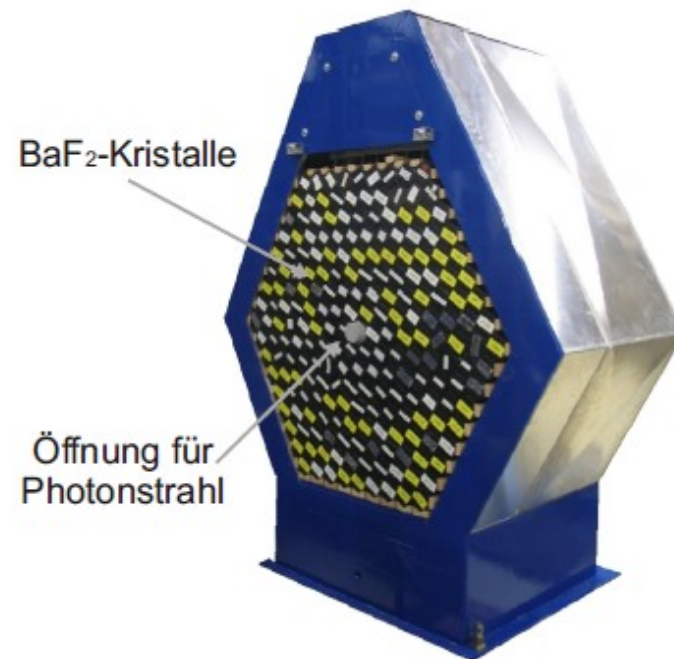
Crystal-Barrel-Kalorimeter

- Bestehend aus zwei Teilen:
Zentralkalorimeter und Forward Plug
- Zentralkalorimeter:
1230 CsI(Tl) Kristalle, 30 cm Länge (16 Strahlungslängen),
 $30^\circ < \theta < 156^\circ$
- Forward Plug:
90 Kristalle mit vorgelagerten
Plastikszintillatorplättchen (180
Stück, angeordnet in zwei
Lagen), $11,2^\circ < \theta < 27,5^\circ$

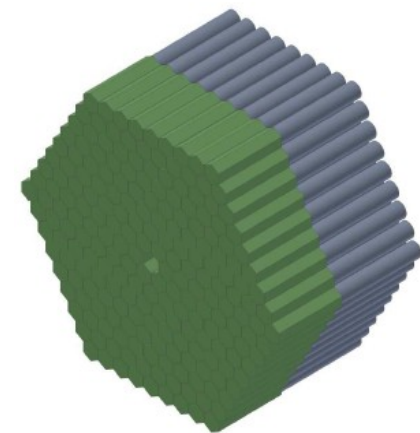


MiniTAPS

- Abdeckung des vorderen Winkelbereiches $1^\circ < \theta < 12^\circ$
- 216 hexagonale BaF_2 Kristalle (12,2 Strahlungslängen) mit vorgelagerten hexagonalen Plastiksintillatoren



Insgesamt Raumwinkelabdeckung von 94,6% von 4π



- Heute: Bekanntes Spektrum der η -Zustände beinhaltet mehr Zustände als die 'normalen' η und η'
- Hinweis für angeregte η -Zustände mit größerer Masse, nicht durch das Quark-Modell erklärbar
 - PDG: drei Zustände zwischen 1250 und 1500 MeV
 $\eta(1295)$, $\eta(1405)$ und $\eta(1475)$
- QCD erlaubt exotische Materie:
 - Hybride: quark, antiquark, gluon
 - Glueballs: angeregte gluonische Zustände
 - ...

→ mögliche Lösung?

- Argumente für und gegen die Glueball-Hypothese
 - Pro:
L3 Kollaboration \longrightarrow $\eta(1440)$ ist im Gegensatz zu η' gluonisch
 - Contra: BES \longrightarrow $J/\psi \rightarrow \eta(1405/1475)\gamma \rightarrow (\rho\gamma)\gamma$
Glueball sollte nicht radiativ in ein ρ -Meson zerfallen
 \longrightarrow Natur der angeregten η -Zustände nicht klar

- Beobachtung von angeregten Zuständen in mehreren Produktionsmechanismen, z.B.:
 - Radiative $J/\psi(1S)$ Zerfälle (MARK III)
 - $\bar{p} p$ Annihilation (CB@LEAR)
 - $\pi^- p$ (BNL E852)
- Bisher keine Beobachtung in Photoproduktion
→ Aufgabe dieser Arbeit

Analyse Übersicht

- PDG: $\eta(1405)$ 'seen' in $\pi\pi\eta$ (mit signifikanter Kopplung an $a_0(980)\pi^0$)

→ Kanal zur Suche nach $\eta(1405)$ bei CB-ELSA

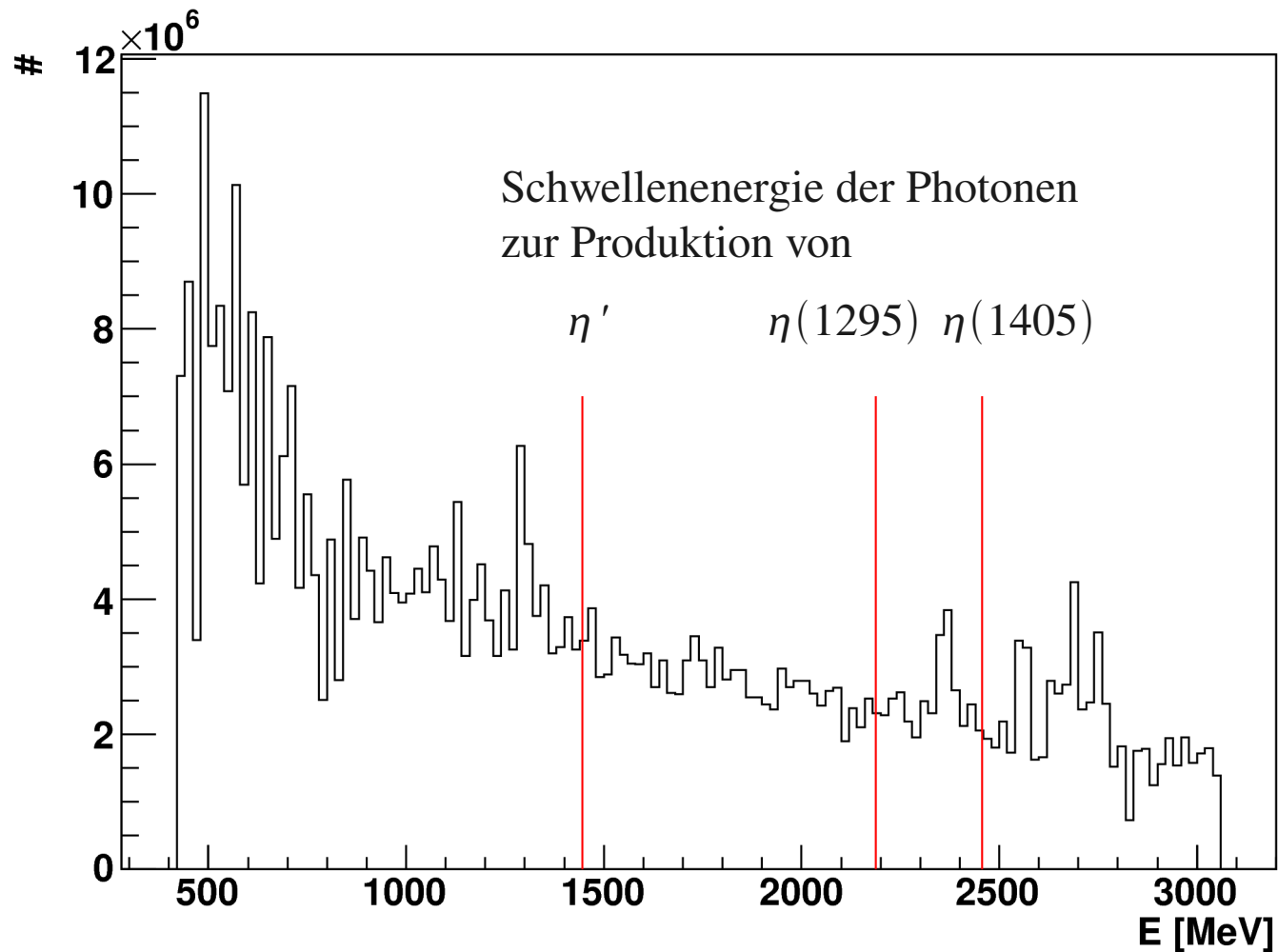
$$\gamma p \rightarrow p (\pi^0 \pi^0 \eta) \rightarrow p 6\gamma$$

- Wichtig: hohe Photonenenergien benötigt, Analyse von Daten genommen bei max. ELSA Strahlenergie

→ Oct 08: unpolarisierte Photonen, LH2 Target

Aug 08: linear pol. Photonen, pol. Butanol Target

Energieverteilung der Strahlphotonen im Oct 08



Analyse der Oktober 08 Daten

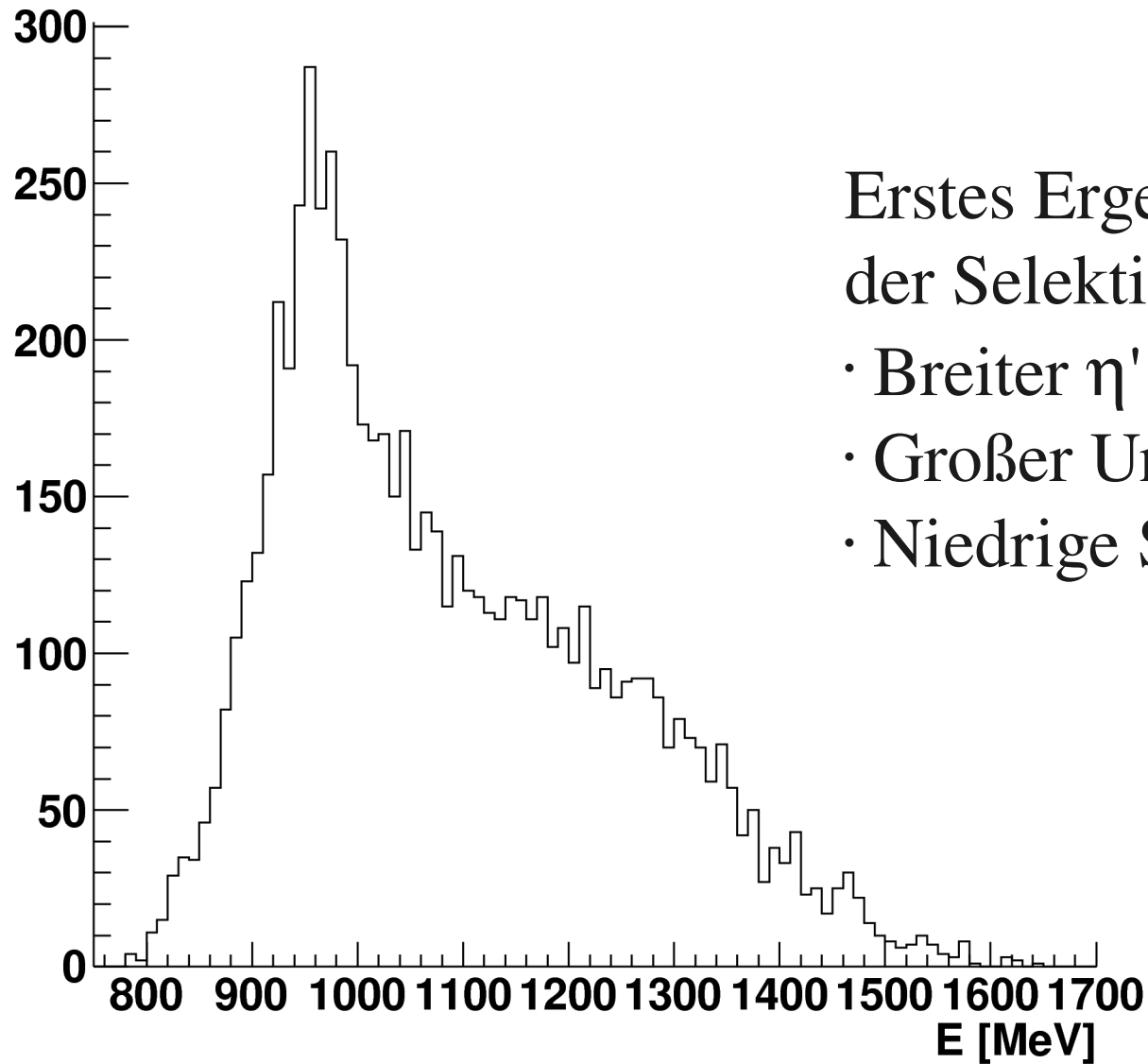
- Data sample: 6 Tage (22. - 27.10.08)
- Grundlegende Selektionskriterien:
 - Massen Cuts: proton ($850 \text{ MeV}/c^2 < m_p < 1050 \text{ MeV}/c^2$)
 π^0 ($110 \text{ MeV}/c^2 < m_{\pi^0} < 160 \text{ MeV}/c^2$)
 η ($500 \text{ MeV}/c^2 < m_{\eta} < 600 \text{ MeV}/c^2$)
 - Koplanaritäts-Cut (max. Abweichung von 20 Grad)
 - Fokus auf 7-ped Events (6 ungeladene + 1 geladenes Photon)
 - Auswahl des besten Strahlphotonen-Kandidaten über die missing proton mass

Wichtig

Oktober 08:

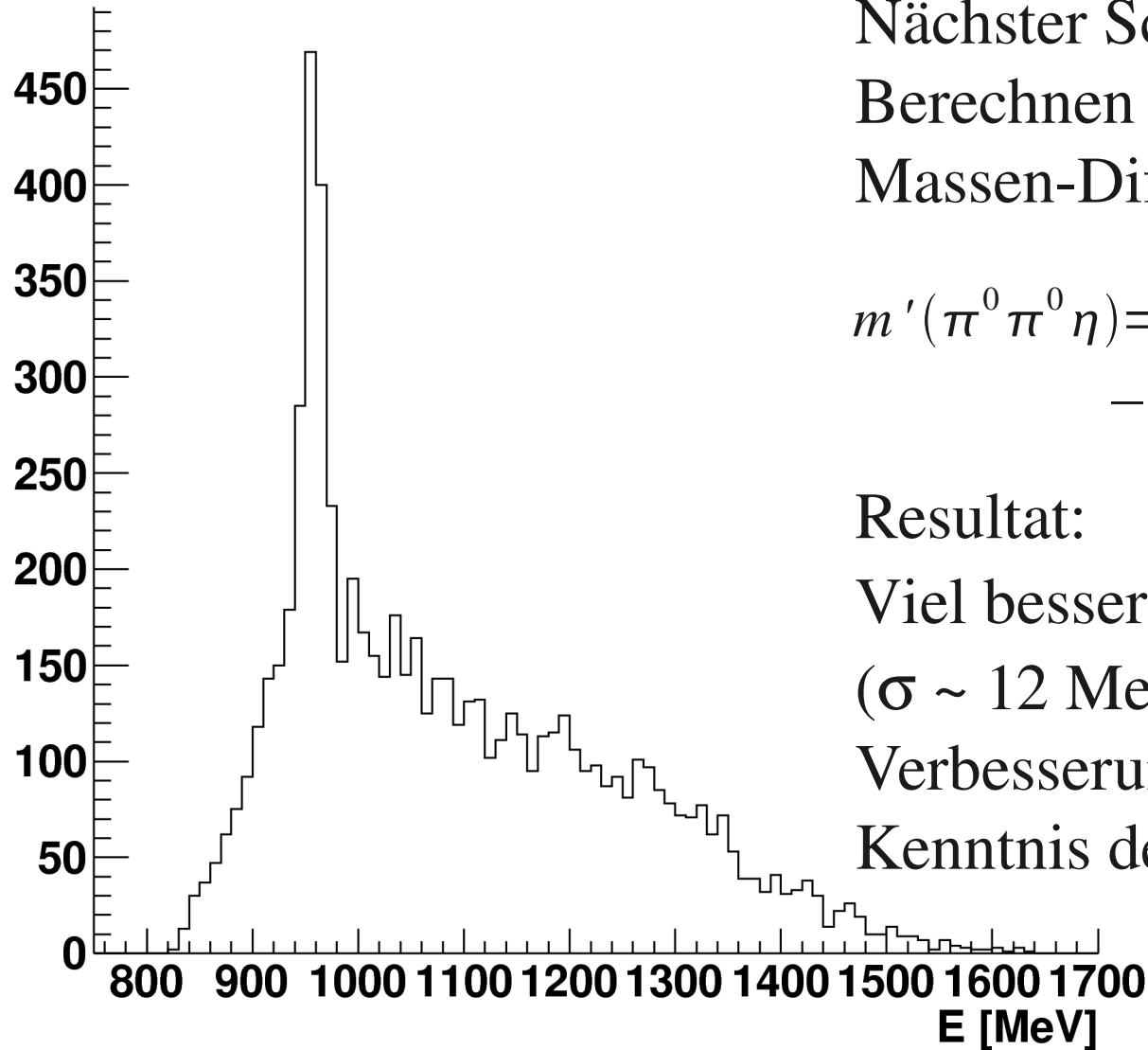
- Abweichung der Detektorgeometrie vom Standardsetup (Distanz MiniTAPS – Target, Energiekorrekturfunktion für korrekten Abstand) ist in Analysesoftware nicht berücksichtigt
- Daten noch nicht final kalibriert

 Ergebnisse nur vorläufiger Natur

Invariant mass $\pi^0 \pi^0 \eta$ 

Erstes Ergebnis nach Anwendung
der Selektionskriterien:

- Breiter η' Peak ($\sigma \sim 40$ MeV)
- Großer Untergrund
- Niedrige Statistik bei 1405 MeV

Invariant mass $\pi^0 \pi^0 \eta$ 

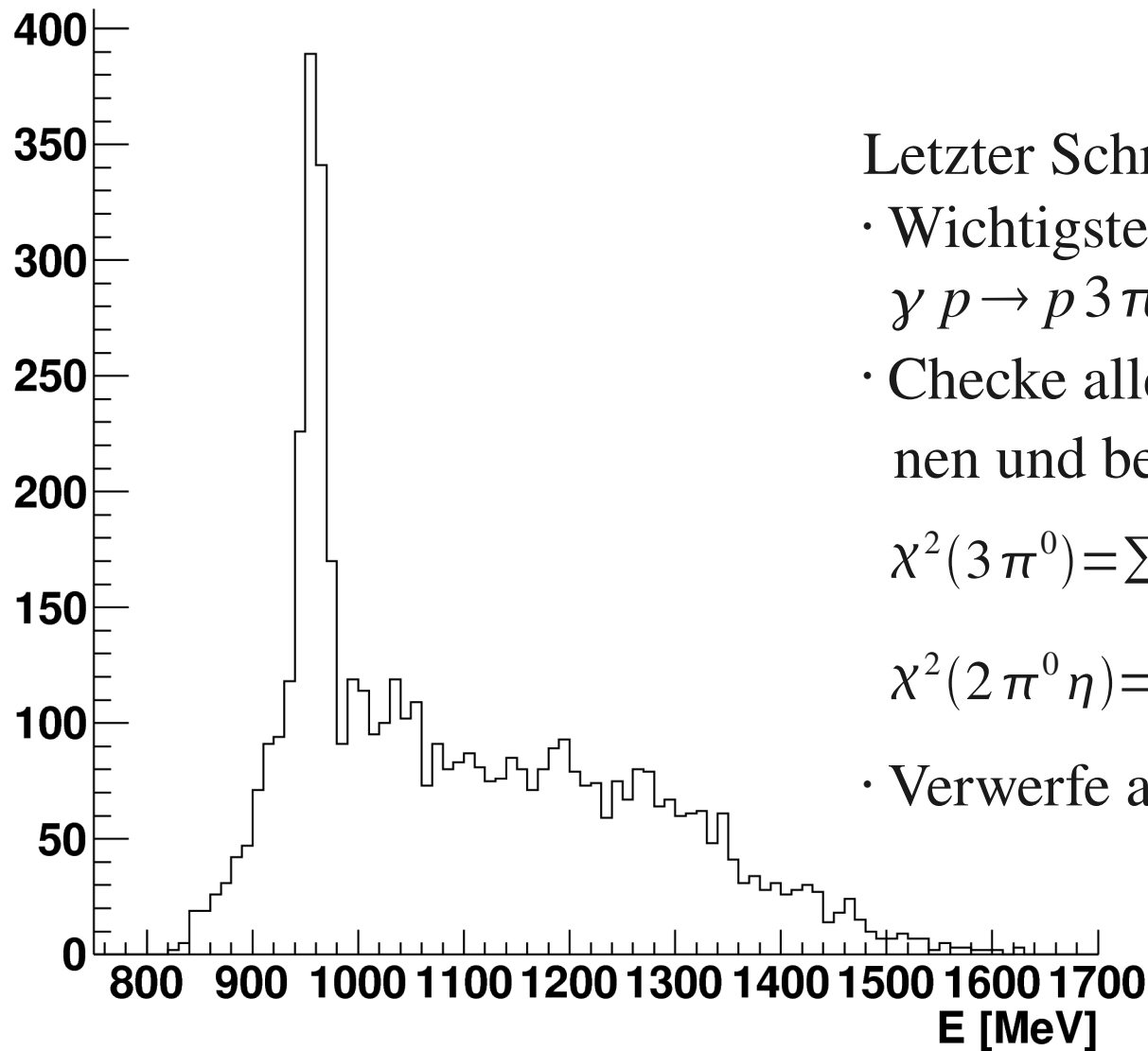
Nächster Schritt:

Berechnen der inv. Masse mit der Massen-Differenz-Methode

$$m'(\pi^0 \pi^0 \eta) = m(\pi^0 \pi^0 \eta) - m(\pi_1^0) - m(\pi_2^0) - m(\eta) + 2m(\pi^0)_{PDG} + m(\eta)_{PDG}$$

Resultat:

Viel bessere Auflösung im η' Peak ($\sigma \sim 12$ MeV), besseres s/b-Verhältnis, Verbesserung der Auflösung ohne Kenntnis der Fehlermatrix

Invariant mass $\pi^0 \pi^0 \eta$ 

Letzter Schritt:

- Wichtigster Untergrundkanal ist $\gamma p \rightarrow p 3 \pi^0$
- Checke alle möglichen $\gamma\gamma$ -Kombinationen und berechne χ^2 definiert durch

$$\chi^2(3 \pi^0) = \sum_{i=1}^3 \frac{(m(\pi^0)_i - m(\pi^0)_{PDG})^2}{\sigma_{\pi^0}^2}$$

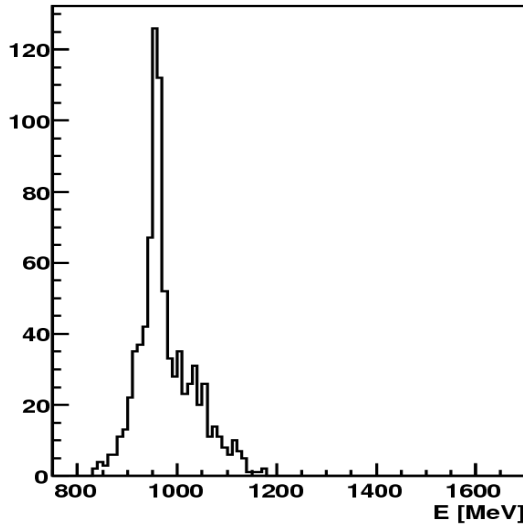
$$\chi^2(2 \pi^0 \eta) = \sum_{i=1}^2 \frac{(m(\pi^0)_i - m(\pi^0)_{PDG})^2}{\sigma_{\pi^0}^2} + \frac{(m(\eta) - m(\eta)_{PDG})^2}{\sigma_{\eta}^2}$$

- Verwerfe alle Events mit

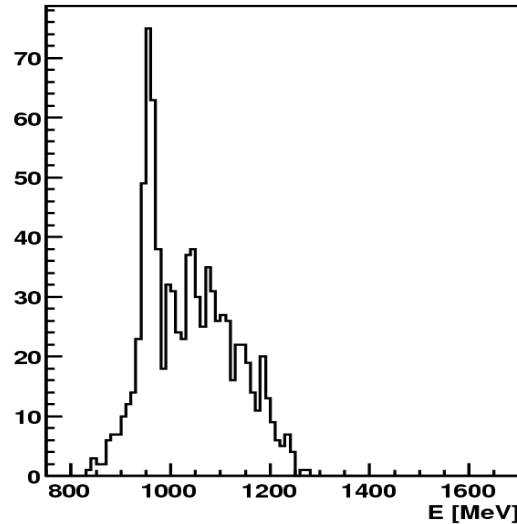
$$\chi^2(3 \pi^0) > \chi^2(2 \pi^0 \eta)$$

Invariante Masse für verschiedene Energien ($E_{CM} - m_p$)

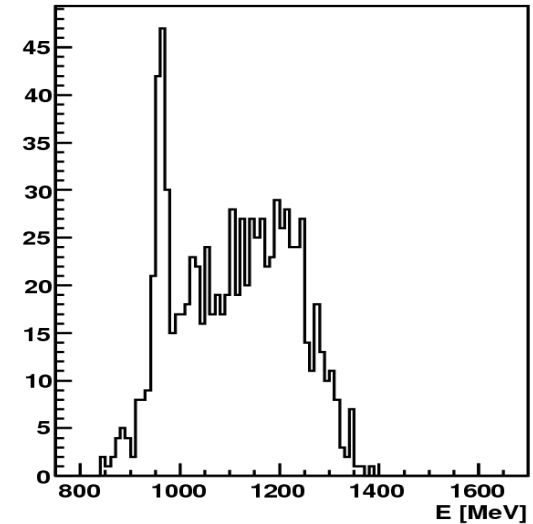
($1050 < (E_{CM} - m_p) < 1150$)



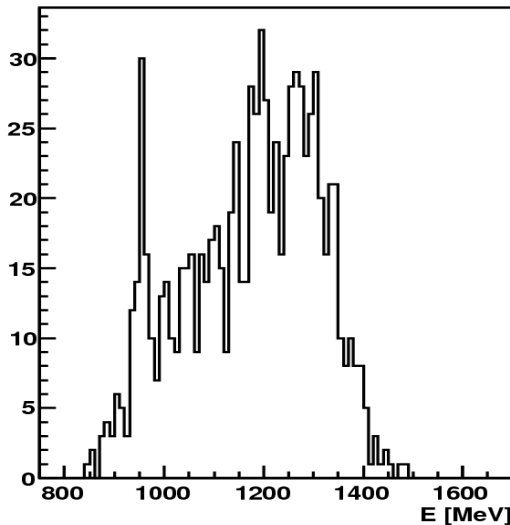
($1150 < (E_{CM} - m_p) < 1250$)



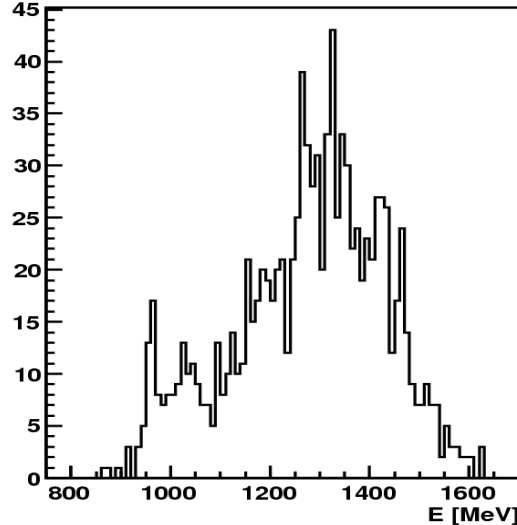
($1250 < (E_{CM} - m_p) < 1350$)



($1350 < (E_{CM} - m_p) < 1450$)



($(E_{CM} - m_p) > 1450$)

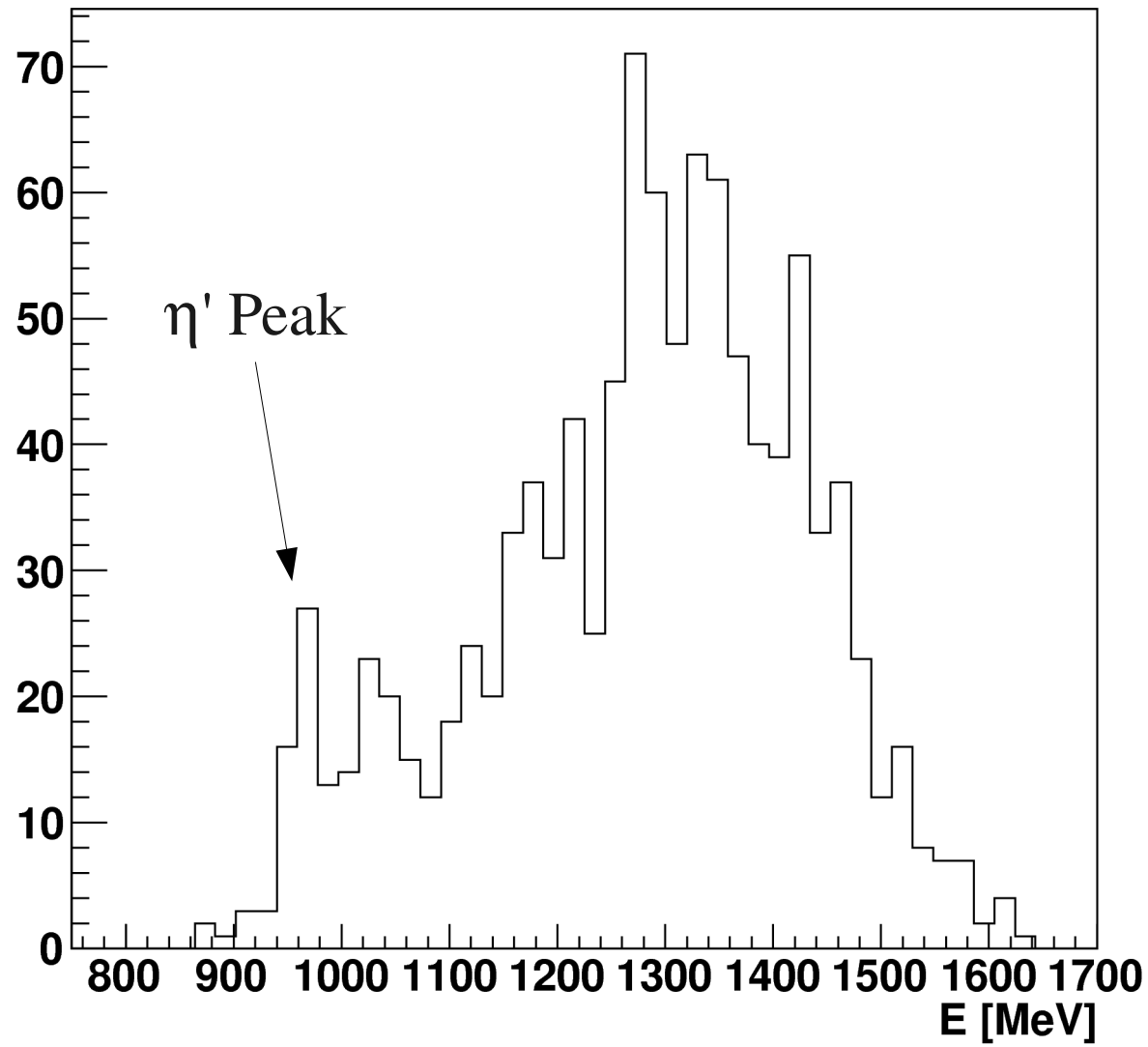


Bei höheren Energien:

- η' Peak wird kleiner
- Breite Struktur oberhalb 1100 MeV bildet sich aus

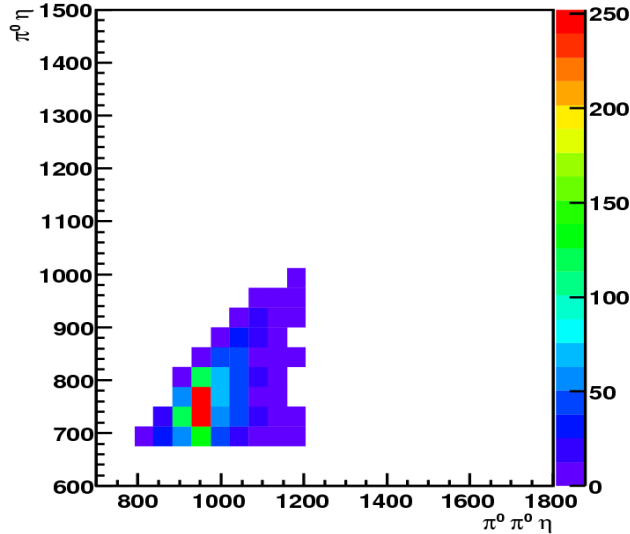
Invariant mass $\pi^0 \pi^0 \eta$ for $(E_{\text{CM}} - m_p) > 1450$ MeV

Entries 1058

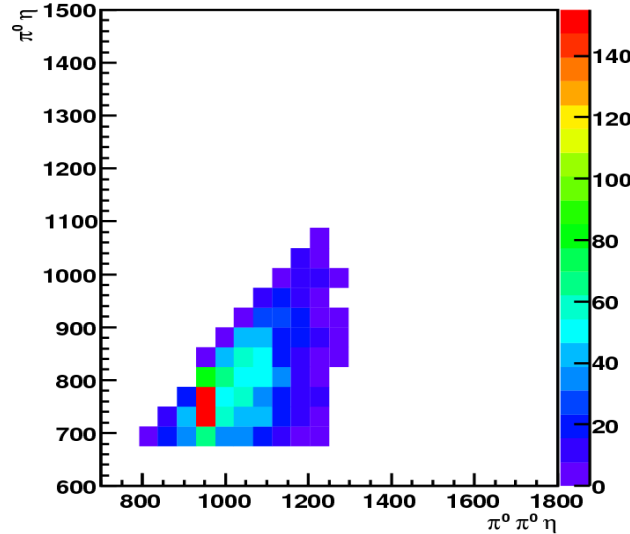


2d-Plot der invarianten Masse $m(\pi^0\eta)$ vs. $m(\pi^0\pi^0\eta)$

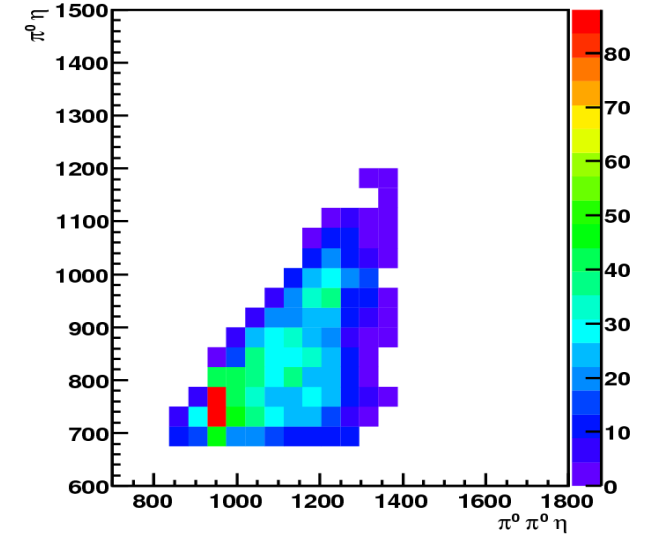
(1050 < (E_{CM} - m_p) < 1150)



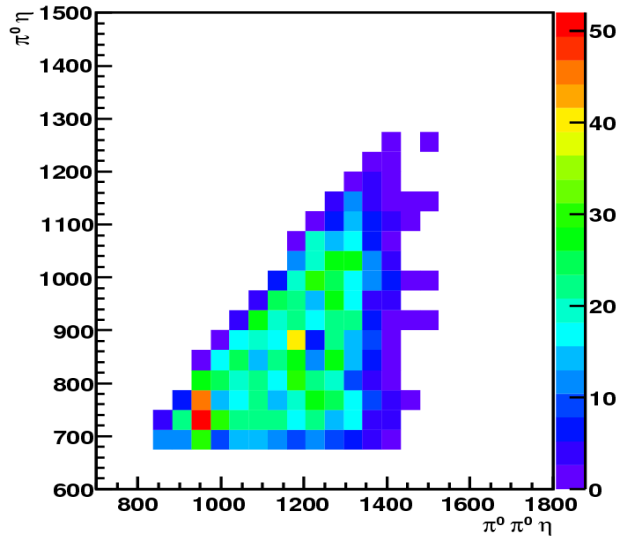
(1150 < (E_{CM} - m_p) < 1250)



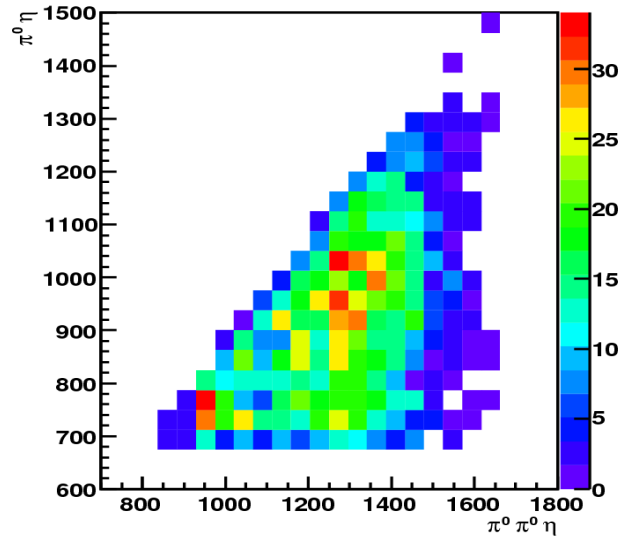
(1250 < (E_{CM} - m_p) < 1350)



(1350 < (E_{CM} - m_p) < 1450)

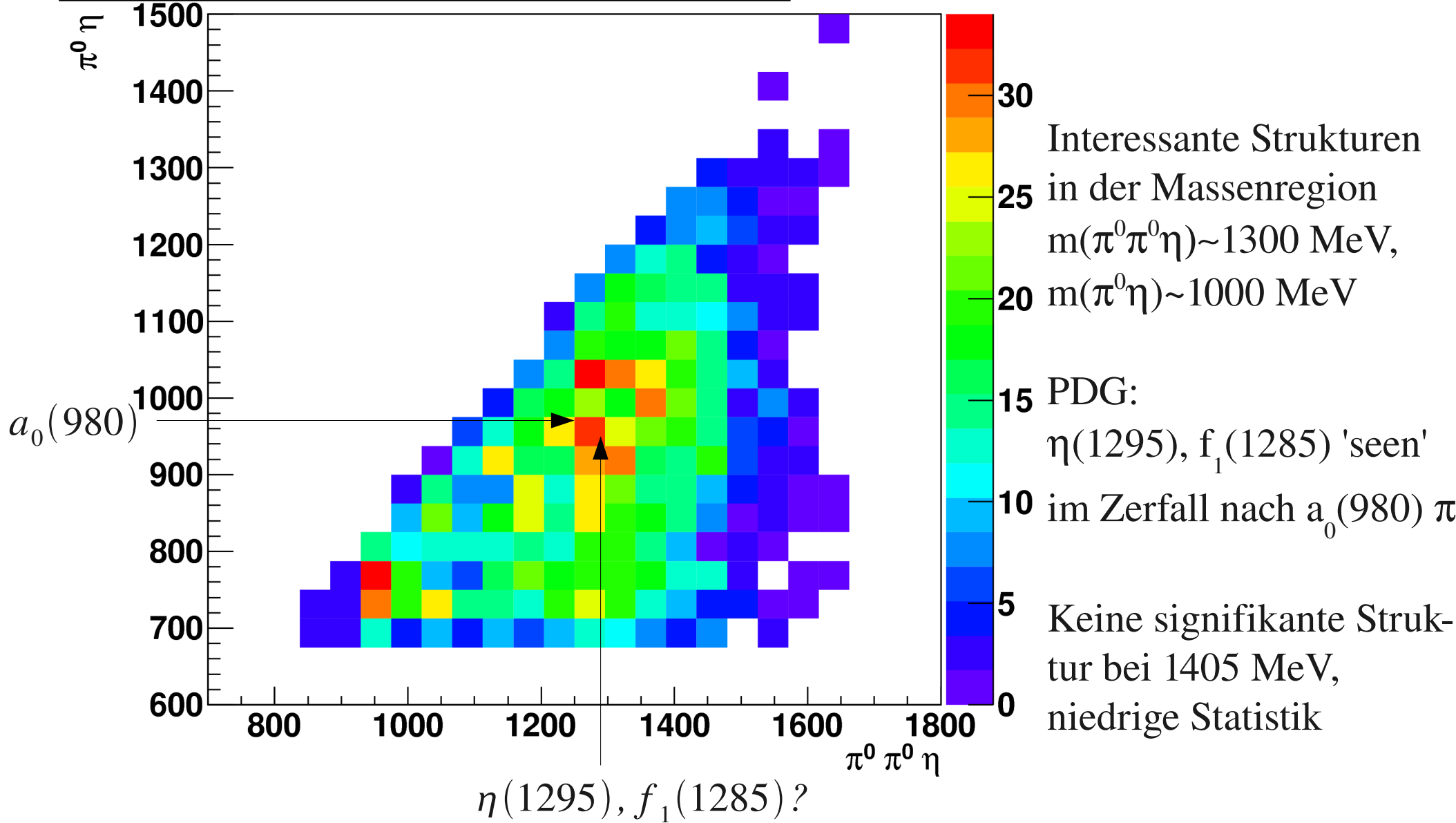


((E_{CM} - m_p) > 1450)

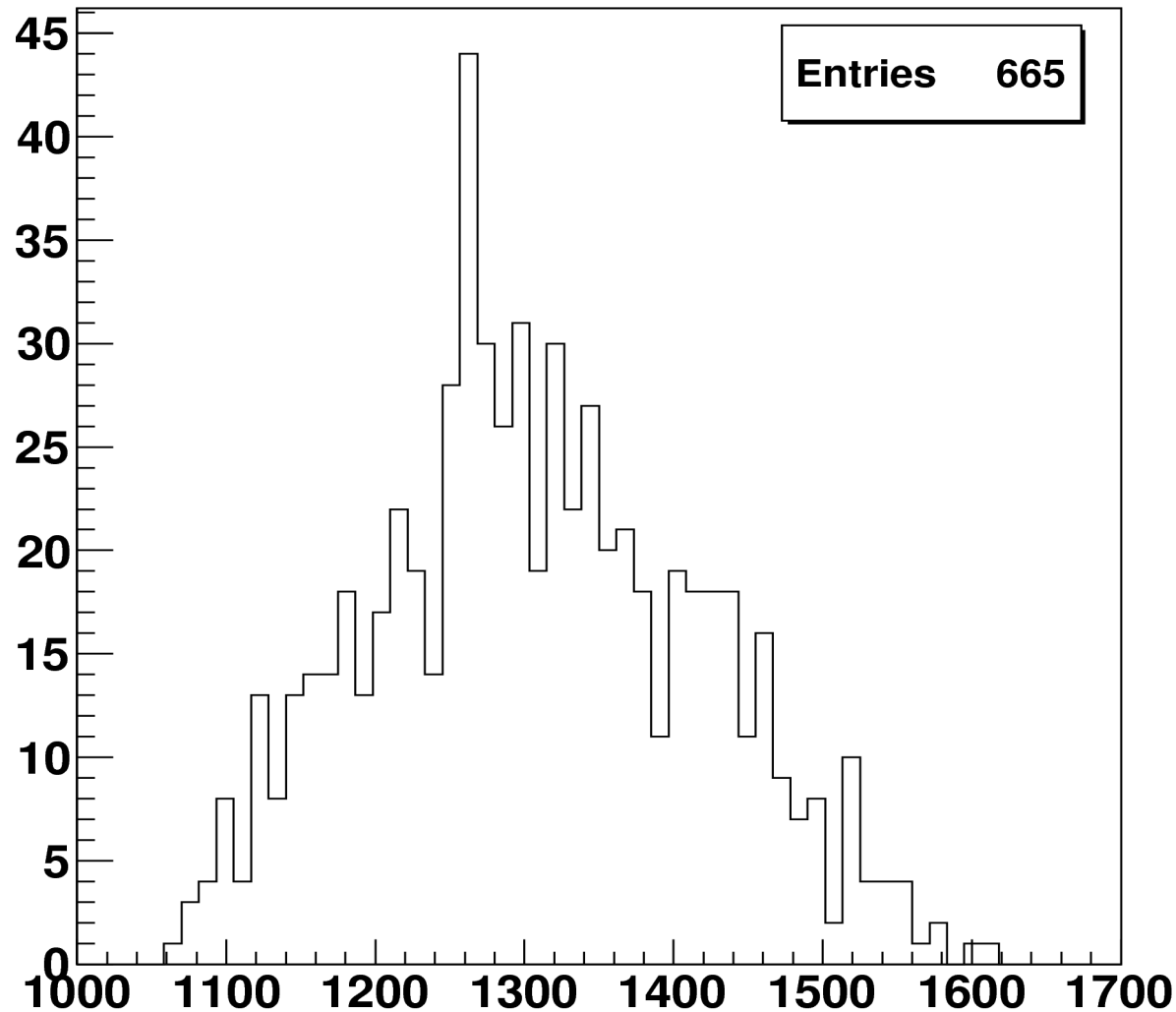


Suche nach sequentiellen
Zerfällen über $X\pi^0$ mit
 $X \rightarrow \pi^0\eta$

$\pi^0 \eta$ vs. $\pi^0 \pi^0 \eta$ for $(E_{\text{CM}} - m_p) > 1450$ MeV



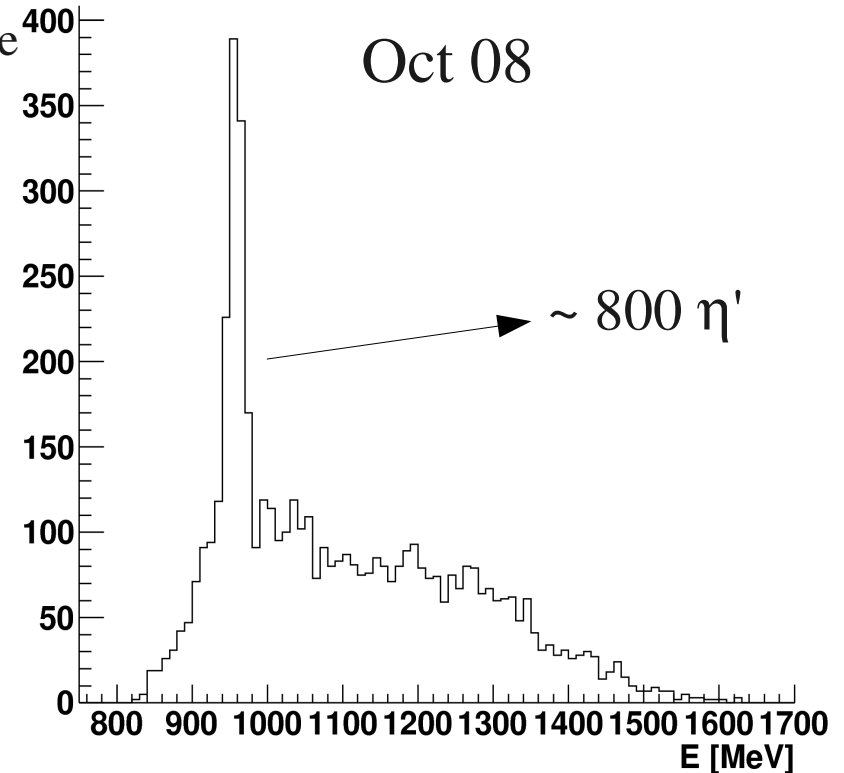
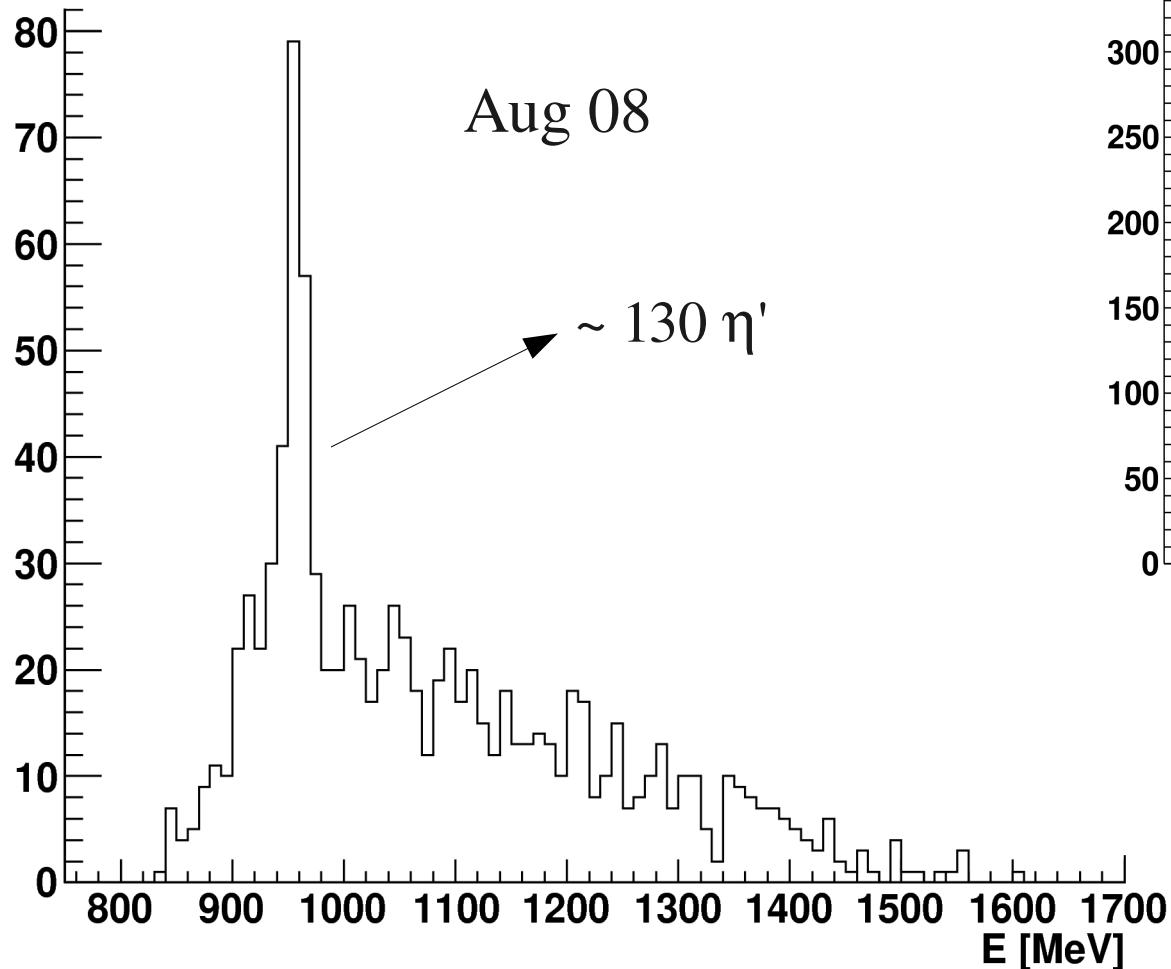
Invariante Masse $m(\pi^0\pi^0\eta)$ für $(E_{C M} - m_p) > 1450$ MeV und
 $900 \text{ MeV} < m(\pi^0\eta) < 1100$ MeV



Sehr geringe Statistik,
Peak Struktur bei
1300 MeV erkennbar

Vergleich der Oct 08 und Aug 08 Daten

- August Data sample: 14 Tage (05.-18.08.08)
- Benutzung der gleichen Selektionskriterien und Cuts wie für Oktober Daten → Selektion der freien H-Atome im Butanol



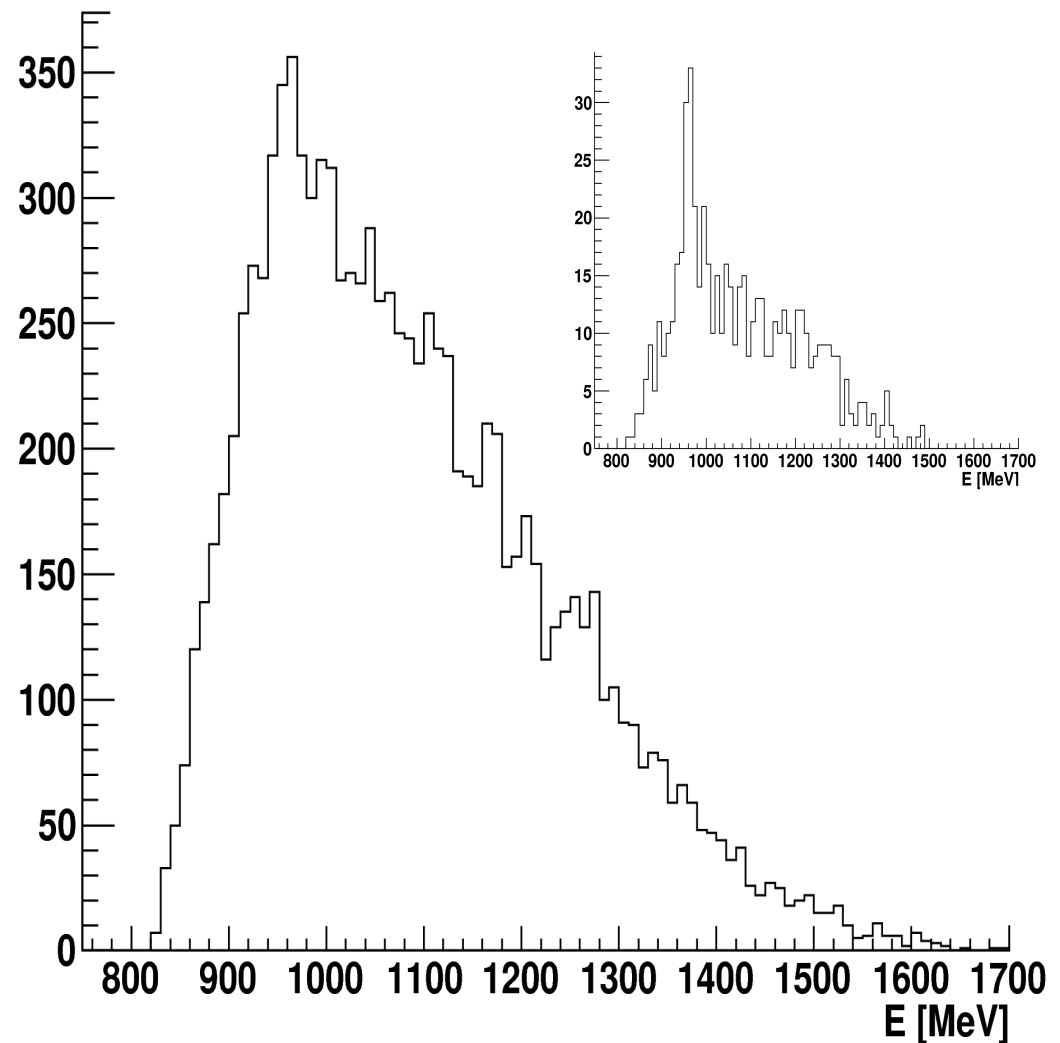
Abschätzung:

- 14 Tage im Aug 08, 130 η'
- Sechs Tage im Oct 08, 800 η'
- Das Oct 08 Setup liefert grob einen Faktor 14 mehr Statistik als das Aug 08 Setup

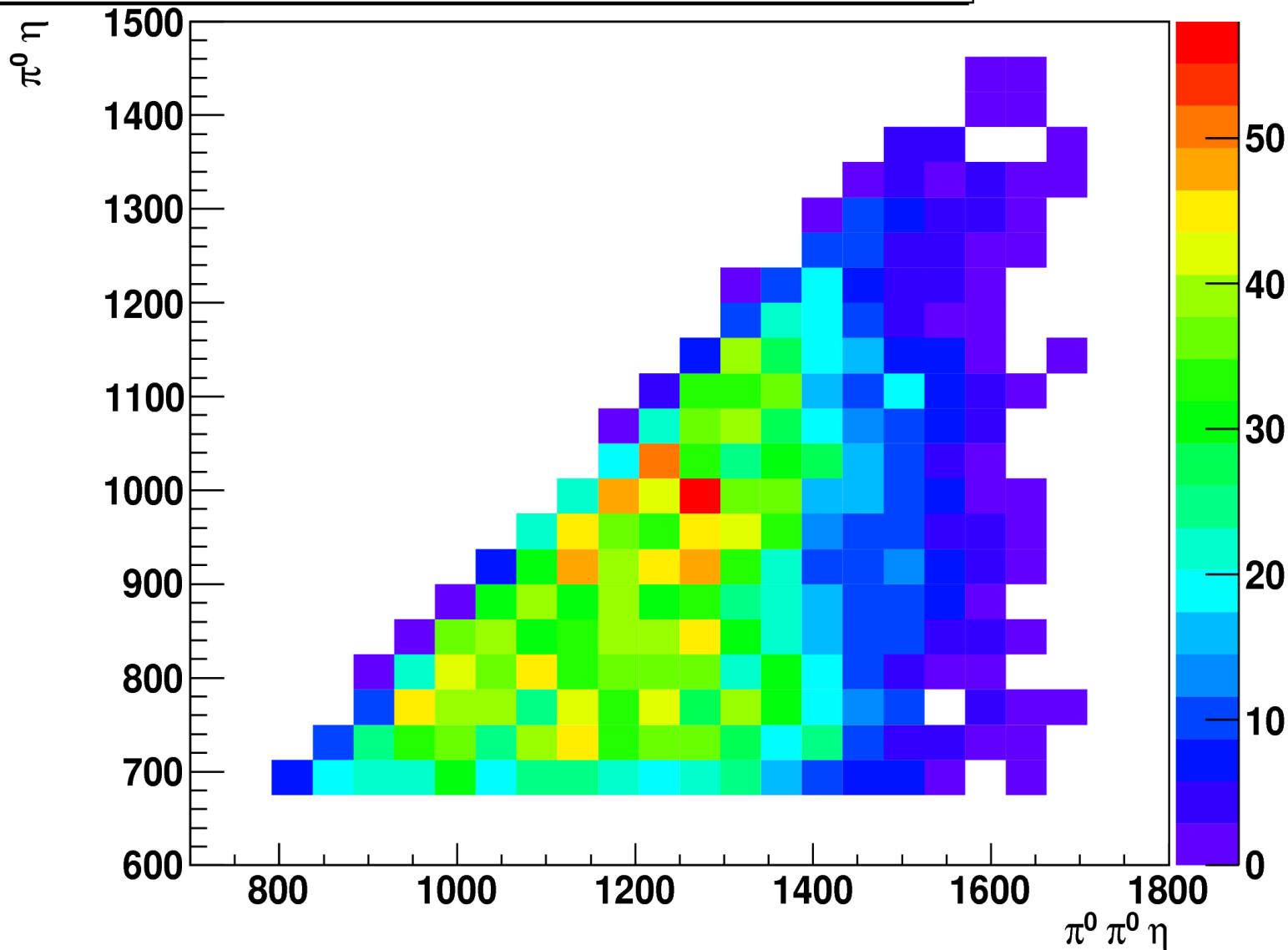
Ergebnis von den 6-ped Events

- Benutzung der gleichen Selektionskriterien wie für 7-ped Events, außer Koplanaritätscut
- Resultat: weniger constraints führen zu viel mehr Untergrund im Vergleich zu 7-ped Events

Invariant mass $\pi^0 \pi^0 \eta$



$\pi^0 \eta$ vs. $\pi^0 \pi^0 \eta$ for $(E_{\text{CM}} - m_p) > 1450$ MeV



Auch für 6-ped
Events:
bei höheren Ener-
gien ($E_{\text{CM}} - m_p$)
Andeutung einer
Struktur in der
Massenregion
(1300/1000) MeV

η' nicht sichtbar

Zusammenfassung

- Analyse der Oct 08 Daten (LH2 Target) liefert erste Hinweise für Strukturen in der Massenregion bei 1300 MeV
- Keine Aussage über die Existenz von $\eta(1405)$ möglich, aufgrund niedriger Statistik
- Erste Untersuchungen der Aug 08 Daten (Butanol Target) bestätigen LH2 Ergebnisse
- Datennahme mit dem Oct 08 Setup scheint grob um ein Faktor 14 effektiver zu sein als mit dem Aug 08 Setup

Outlook

- Seit dieser Woche: Neue Version der Analysesoftware berücksichtigt Abweichungen der Detektorgeometrie, Wiederholung der Analyse
- Optimierung der benutzten Analyseparameter
- Monte Carlo Studien
- Analyse der 'alten' Daten (2003), um die Statistik zu erhöhen