Achim G. Denig
Laboratori Nazionali di Frascati

DPG Frühjahrstagung 2001
Bonn, 28. März 2001

STATUS UND ERSTE ERGEBNISSE DES KLOE - EXPERIMENTES

- Physik an der ϕ - Fabrik DAΦNE
- Der KLOE Detektor
- Messung des Hadronischen Wirkungsquerschnitts

Der DAΦNE Komplex

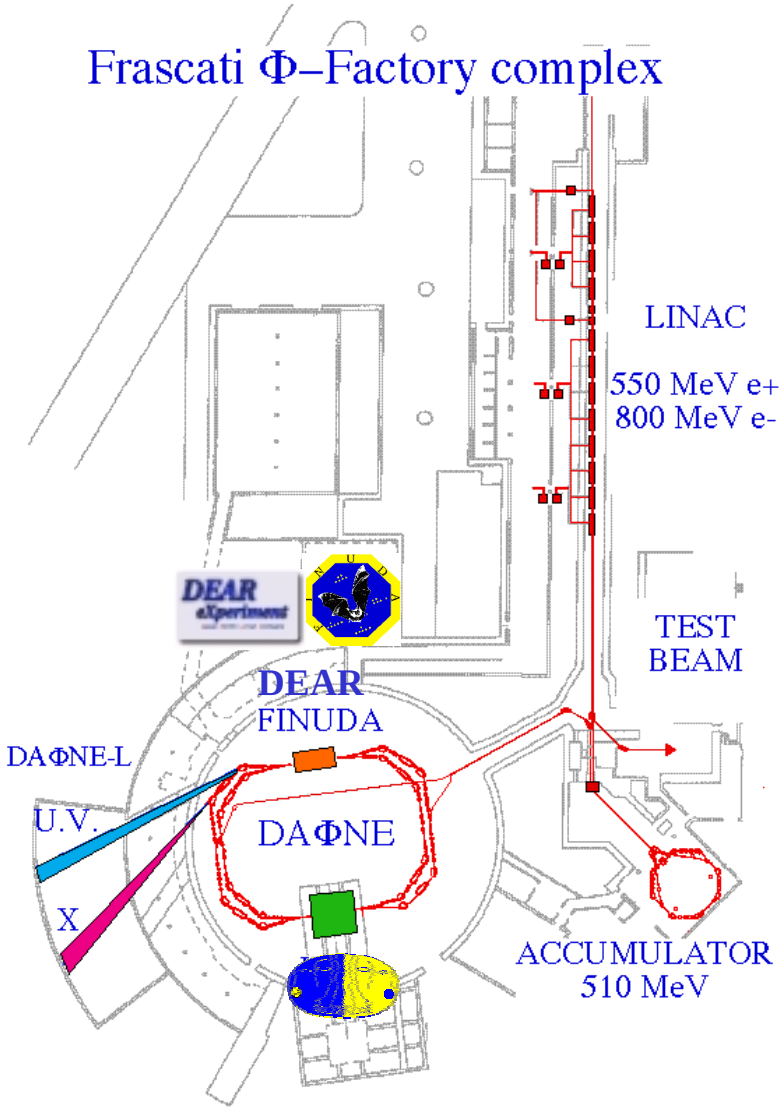
- Elektron - Positron - Collider auf ϕ - Masse
  $\sqrt{s} = 1.02$ GeV

- Design Philosophie:

Moderate Einzel - Bunch - Luminosität	*	Große Anzahl Bunches
$5 \cdot 10^{30}$ (VEPP-2M)	*	120 Bunches 2.7 ns spacing

- Beam - Beam - Streuung (5A/beam) verlangt
  2 unabhängige Strahlrohre für e^-, e^+

- Zwei Wechselwirkungszonen für
  FINUDA / DEAR (Kaon-Nukleon-WW
  und Hypernuclear Physik) auf einer Seite und
  KLOE - Detektor auf der anderen Seite



Physik an einer ϕ - Fabrik

$p_S = - p_L$ $\quad$ p_K=110 MeV

λ_S = 0.6 cm $\quad$ λ_L = 340 cm

ϕ Meson (1^{--}) zerfällt haupts. in Kaonen

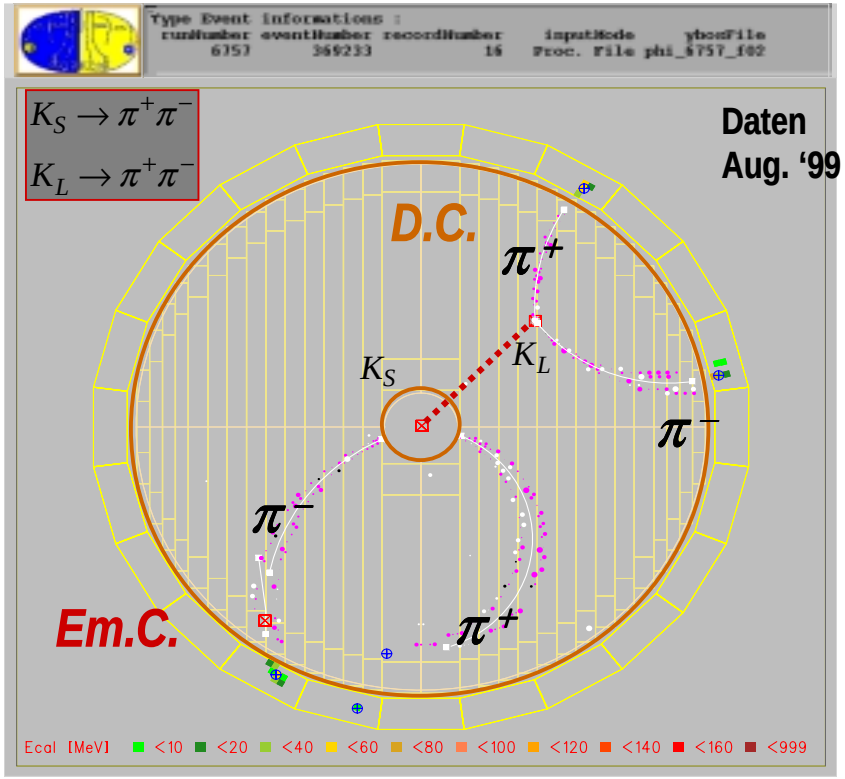
BR ($\phi \rightarrow K^+K^-$) = *49.1* %

BR ($\phi \rightarrow K_L K_S$) = *34.1* %

Eine Phi Fabrik produziert einen reinen and monochromatischen KK Strahl " back to back "

$$e^+e^- \rightarrow \phi \rightarrow K_S \; K_L$$

⇨ Tagging der Kaon - Paare



CP - Verletzung $\Re(\varepsilon'/\varepsilon)$ Double Ratio, Interferenz

CPT - Verletzung Semileptonische Asymmetrie, Interferenz

K_S Semilepton. Zerfälle, Kaon Formfaktoren, Kaon Regeneration, ...

Erste Studien für ε'/ε

Erste Messung der direkten CP-Verletzung @ KLOE wird nach der Standard-Methode "Double - Ratio" durchgeführt werden

$$R = \frac{BR(K_L \to \pi^+\pi^-) / BR(K_S \to \pi^+\pi^-)}{BR(K_L \to \pi^0\pi^0) / BR(K_S \to \pi^0\pi^0)} = 1 + 6 \cdot \Re(\varepsilon'/\varepsilon)$$

$\delta\Re(\varepsilon'/\varepsilon) \approx 10^{-4}$ $\sigma_{syst}(R) = 2 \ldots 3 \times 10^{-4}$ und 4×10^6 $K_L \to \pi^0\pi^0$ Events

Die Daten '99 und '00 wurden benutzt, um die Systematiken dieser Messung zu untersuchen:

- Tagging - Strategien
- Untergrund - Unterdrückung
- Vertex - Rekonstruktion
- Definition des "Fiducial Volume"

Anhand des '99 - Datensatzes gelang eine Messung eines Teils des Double-Ratios, nämlich des Verhältnisses:

$BR(K_s \to \pi^+\pi^-)/BR(K_s \to \pi^0\pi^0)$

Bei KLOE liegen vollkommen verschiedene Systematiken vor als bei NA48 und KTEV

$BR(K_s \to \pi^+\pi^-)/BR(K_s \to \pi^0\pi^0)$

MC

$$\frac{\Gamma(K_S \to \pi^+\pi^-)}{\Gamma(K_S \to \pi^0\pi^0)} = \frac{N^{+-}_{CR}}{N^{00}_{CR}} \frac{\varepsilon^{+-}_{tag}}{\varepsilon^{00}_{tag}} \frac{\varepsilon^{+-}_{rec}\varepsilon^{+-}_{sel}}{\varepsilon^{00}_{rec}\varepsilon^{00}_{sel}} \frac{\varepsilon^{+-}_{geo}}{\varepsilon^{00}_{geo}} \frac{\varepsilon^{+-}_{trig}}{\varepsilon^{00}_{trig}}$$

Effizienzen ausschließlich unter Verwendung von Daten

Resultat (1999 Daten = 2.4p^{-1}):

$N(K_L$ crash) = 697331
$N(K_S \to \pi^+\pi^-)$ = 294517
$N(K_S \to \pi^0\pi^0)$ = 102761

Selektion:

$K_s \to \pi^+\pi^-$

2 Tracks von I.P. (d_{xy} < 10cm)

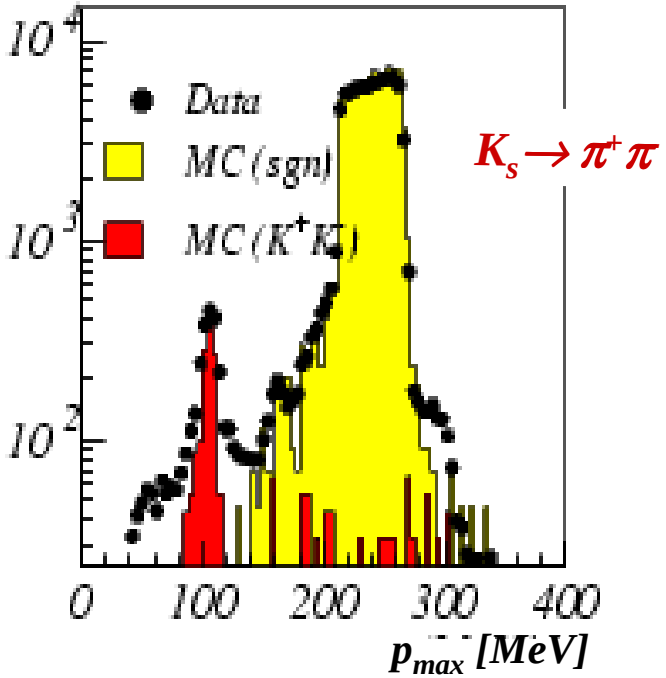
$|\cos\theta| \leq 0.9$

$K_s \to \pi^0\pi^0$

 # prompt EmC - Clusters ≥ 4

$\delta t = |t_{cl} - R_{cl}/c| \leq 5\sigma_t$

$|\cos\theta| \leq 0.9$



$BR(K_s \to \pi^+\pi^-)/BR(K_s \to \pi^0\pi^0) = 2.237 \pm 0.009(stat) \pm 0.016(syst)$

PDG: *2.197 ± 0.026*

Nicht-Kaon-Physik

Andere ϕ - Zerfälle:

$BR(\phi \to \rho\pi) = 12.9\ \%$

$BR(\phi \to \pi^-\pi^+\pi^0) = 1.9\ \%$

$BR(\phi \to \eta\gamma) = 1.28\ \%$

$BR(\phi \to \eta' \gamma) \approx 0.01\ \%$

$BR(\phi \to f_0/a_0\ \gamma) \lesssim 0.01\ \%$

Messung des $\pi^+\pi^-\pi^0$ Endzustandes

ρ - Parameter (Masse, Breite)

erste Messung des direkten ϕ - Zerfalls

Radiative ϕ Zerfälle:

$\phi \to \eta\gamma$, $\phi \to \eta'\gamma$, η-η' Mischung,

$\phi \to a_0\gamma$, $\phi \to f_0\gamma$, …

➡ **Natur der leichtesten skalaren Mesonen**
Test der χPT

Messung des hadronischen Wirkungsquerschnitts unterhalb 1 GeV:

$$\frac{d\sigma}{ds}\,(e+e- \to \pi^+\pi^-) \quad by \quad \frac{d\sigma}{dQ^2}\,(e+e- \to \pi^+\pi^-\gamma)$$

Initial State Radiation

➡ **Beitrag Hadronische Vakuumpolaristion zu $(g-2)_\mu$ und $\alpha_{em}(m_Z)$**

KLOE - Ergebnisse (1999 Daten)

ϕ radiative decays

$\sigma(e^+e^- \to \phi)$ via $\phi \to \eta\gamma$

KLOE : $(3.19 \pm 0.02 \pm 0.26)\ \mu b$

CMD-2 : $(3.114 \pm 0.034 \pm 0.048)\ \mu b$

$\sigma(e^+e^- \to \omega\pi^0 \to \pi^0\pi^0\gamma)$

KLOE : $(0.67 \pm 0.04 \pm 0.05)\ nb$

SND : $(0.64 \pm 0.08)\ nb$

BR $(\phi \to f_0\gamma \to \pi^+\pi^-\gamma)$

KLOE : $< 1.6 \cdot 10^{-4}$ @ 95% C.L.

CMD-2 : $(1.93 \pm 0.68) \cdot 10^{-4}$

BR $(\phi \to f_0\gamma \to \pi^0\pi^0\gamma)$

KLOE : $(0.81 \pm 0.09 \pm 0.06) \cdot 10^{-4}$

SND: $(1.14 \pm 0.10 \pm 0.12) \cdot 10^{-4}$

CMD-2 : $(1.06 \pm 0.09 \pm 0.06) \cdot 10^{-4}$

BR $(\phi \to a_0\gamma \to \eta\pi^0\gamma \to 5\gamma)$

KLOE : $(0.77 \pm 0.15 \pm 0.10) \cdot 10^{-4}$

SND: $(0.89 \pm 0.14 \pm 0.06) \cdot 10^{-4}$

CMD-2 : $(0.83 \pm 0.23) \cdot 10^{-4}$

η-η' mixing angle θ_p

$$\vartheta_p = (-18.9^{+3.6}_{-2.8} \pm 0.6)^o$$

$\phi \to \pi^+\pi^-\pi^0$

$M(\rho^0)$ (MeV)

KLOE : 776.1 ± 1.0

PDG : 776.0 ± 0.9

$M(\rho^0) - M(\rho^\pm)$ (MeV)

KLOE : -0.5 ± 0.7

PDG : 0.1 ± 0.9

$\Gamma(\rho)$ (MeV)

KLOE : 145.6 ± 2.2

PDG : 150.9 ± 2.0

A(direct term)/A($\rho\pi$)

KLOE : 0.10 ± 0.01

PDG : $-0.15 \div 0.11$

Phase(direct term)-Phase($\rho\pi$)

KLOE : $(114 \pm 12)^o$

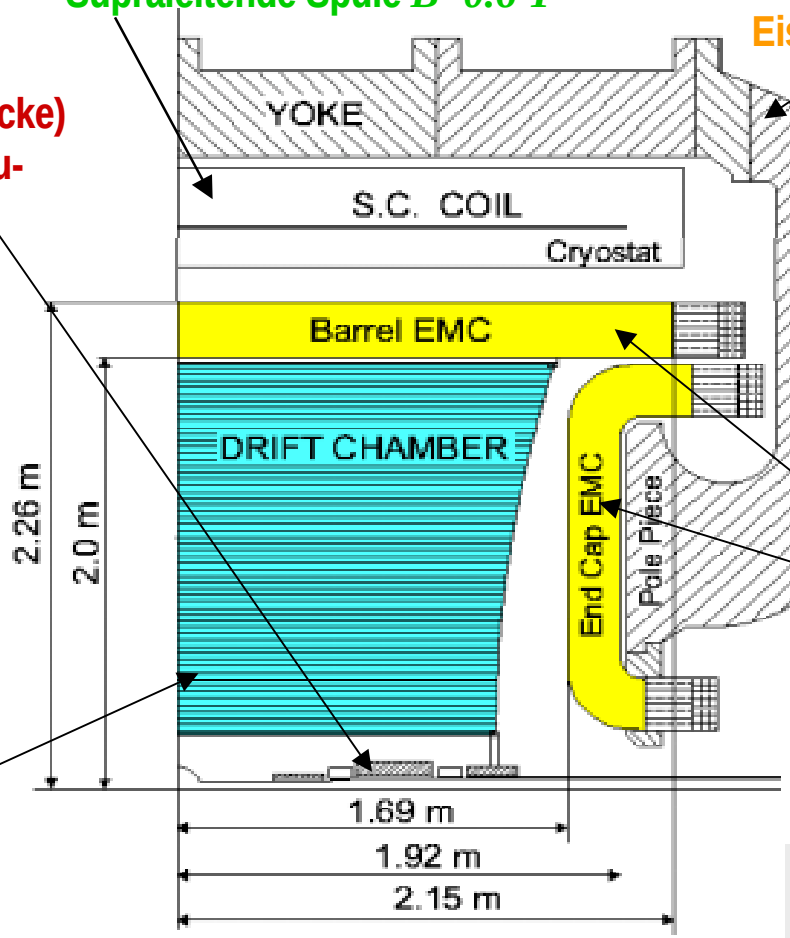
Der KLOE Detektor

⇨ **Design**: Messung von Ereignissen wie $K_L \to \pi^+\pi^-$ $K_S \to \pi^0\pi^0$

Supraleitende Spule $B=0.6\ T$

Eisenjoch

Be Strahlrohr (0.5 mm Dicke)
Permanente Quad's Instru-
mentierung (32 PMTs)



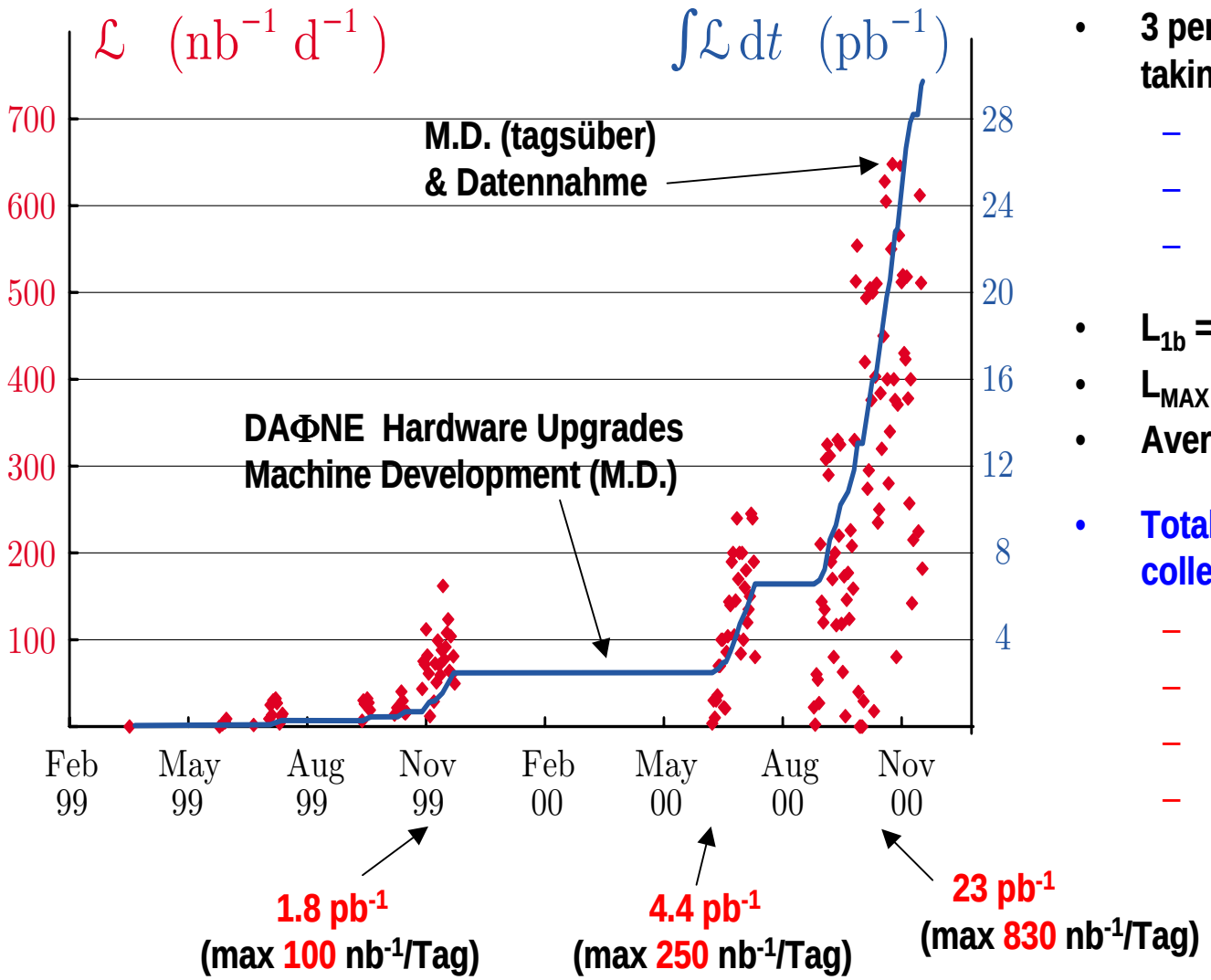
Zylindrische Driftkammer
4 m ∅, *3.3 m* Länge
90% Helium, *10%* Isobutan
12582 Signal - *52140* Drähte
volle Stereo-Geometrie

$\sigma_p / p < 0.4\%$
$\sigma_z = 2\ mm$

Elektromagnet. Kalorimeter
Blei / Szintillierende Fasern
(4880 PMTs)
Endkappen - Barrel - Module

$\sigma_E / E = 5.7\% / \sqrt{E(GeV)}$
$\sigma_t = 57\ ps / \sqrt{E\ (GeV)} + 50\ ps$

DAΦNE & KLOE Geschichte



- 3 periods of continuous data taking:
  - Dec. 1999
  - July 2000
  - Sept.-> Dec. 2000
- $L_{1b} = 4 \times 10^{29}$ @ 25 mA/bunch
- $L_{MAX} = 1.8 \times 10^{31}$ @ 600 mA/beam
- Average beam lifetime ~1h
- Total integrated luminosity collected: L~28 pb^{-1}
  - 130 M Bhabhas
  - 67M ϕ decays
  - 25M $K_S K_L$ tagged events
  - 19.5M K^+K^- events w/ vertex

$\sigma(e^+ e^- \to \pi^+ \pi^- \gamma)$

Anomales Magnetisches Moment des Myons

$$a_\mu = (g_\mu - 2)/2 = a_\mu^{QED} + a_\mu^{hadr} + a_\mu^{weak} \; [\, + a_\mu^{else} \,]$$

$a_\mu^{QED} = (11\,658\,470.6 \pm 0.03) \times 10^{-10}$

$a_\mu^{hadr} = (673.9 \pm 6.7) \times 10^{-10}$

$a_\mu^{weak} = (15.1 \pm 0.4) \times 10^{-10}$

Hadronische Vakuumpolarisation nicht berechenbar
Dispersionsintegrals mit $\sigma(e^+e^- \to Hadronen)$
Niederenergiebeitrag besonders wichtig, da $\sim 1/s^2$

Davier Höcker '98 (τ data)
Jegerlehner '01 ± 10.2

! $a_\mu^{exp} - a_\mu^{theor,SM} = (43 \pm 16) * 10^{-10}$!

E821 (BNL) :
Febr. 2001 $\delta a_\mu^{exp} = 15 \times 10^{-10}$

↓

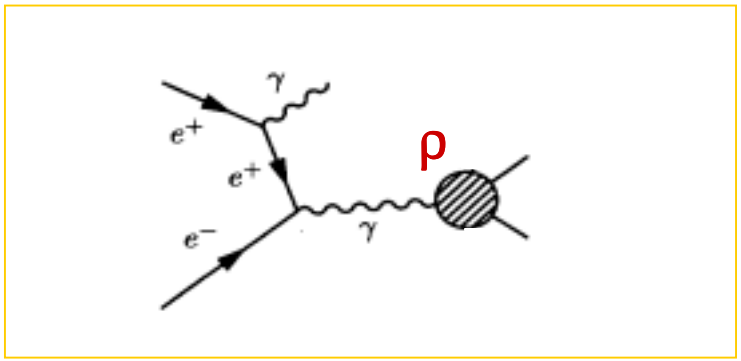
Goal: $\delta a_\mu^{exp} = 4 \times 10^{-10}$

Energie-Scan bei DAΦNE (wie z.B. in Novosibirsk) vorerst nich möglich , ABER .....

$\sigma(e^+ e^- \to \pi^+ \pi^- \gamma)$

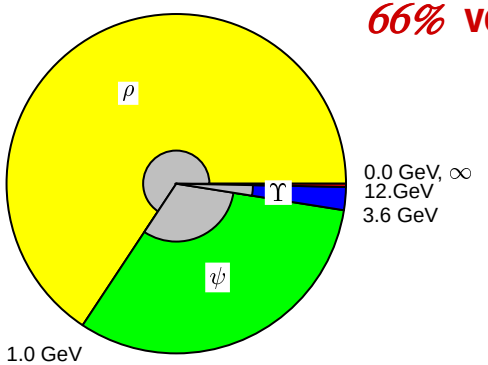
$\frac{d\sigma}{ds}$ ($e+e- \to \pi^+ \pi^-$) via

$\frac{d\sigma}{dQ^2}$ ($e+e- \to \pi^+ \pi^- \gamma$)

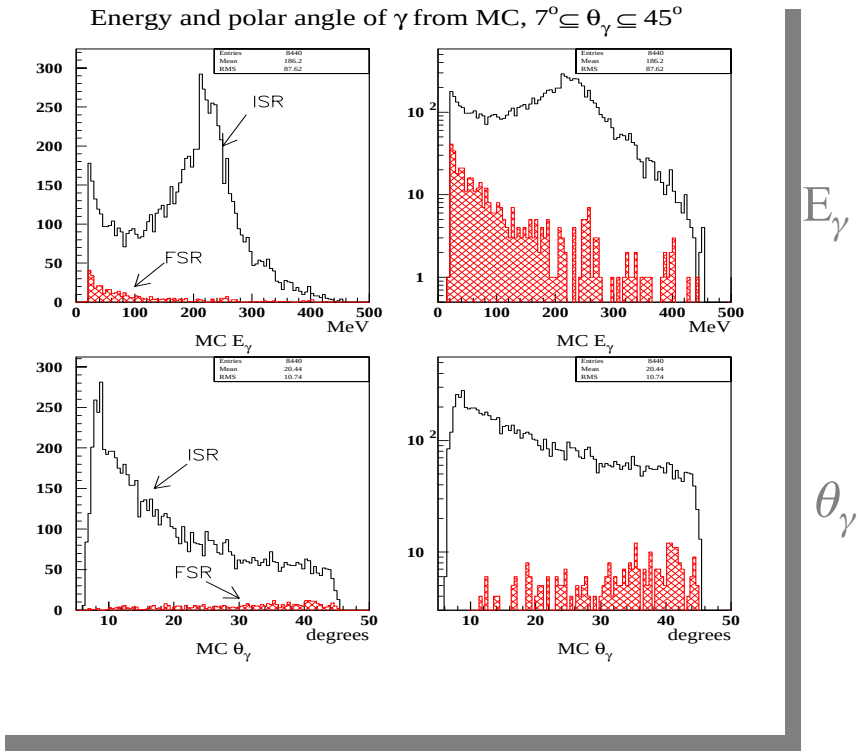


für $(2m_\pi)^2 < Q^2 < m^2_\phi$ (ρ - Resonanz)

66% von $\delta\alpha_\mu$



FSR Unterdrückung, da Untergrund :



Events unter möglichst kleinem Θ_γ

$10° < \theta_\gamma < 40°$, $E_\gamma > 50$ MeV **FSR < 1%**

KOMPLEMENTÄRER ANSATZ bei fester c.m. Energie !

Selektion :

Detektorakzeptanz EmC < 21° gering

⇨ **verwende ausschließlich Driftkammer zur Ereignisselektion, berechne Θ_γ via DC**

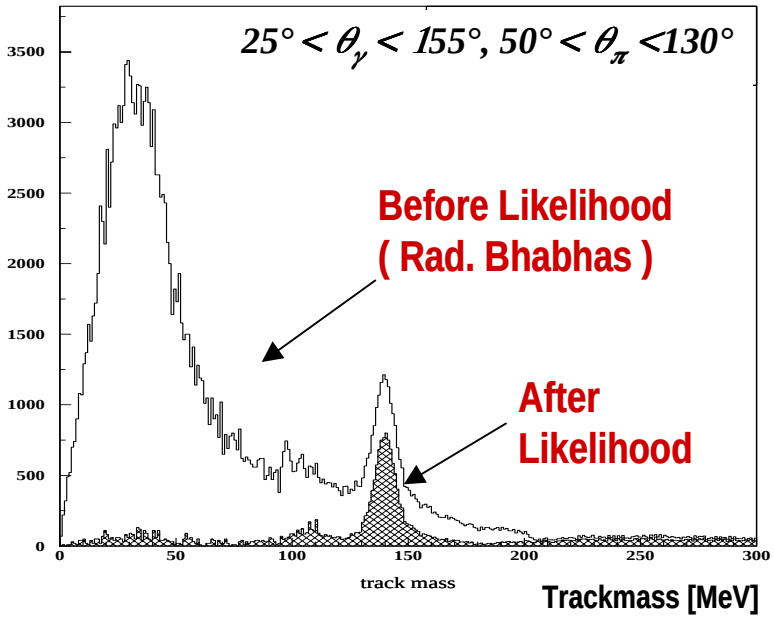
- **1 geladener Vertex nahe I.P. mit 2 Tracks**
- **Schnitt auf kinemat. Variable "Track Mass"**

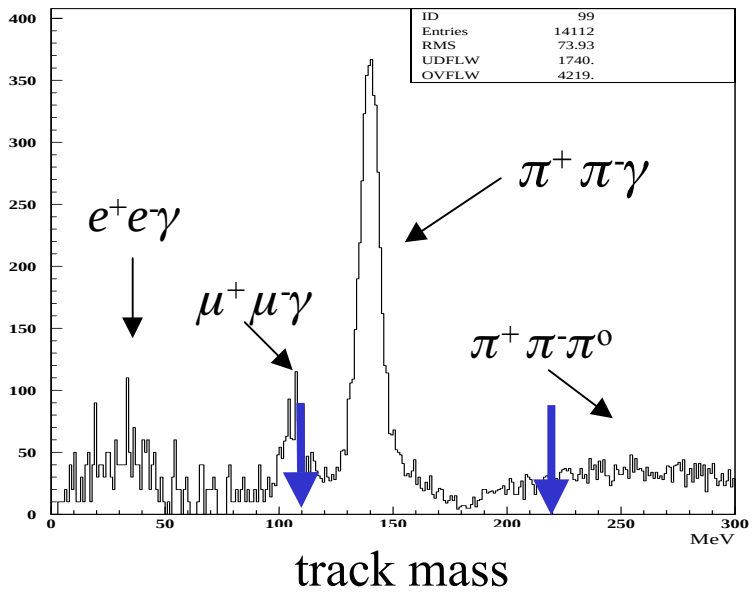
Likelihood - Methode

zur Separierung rad. Bhabhas:

– TOF der Tracks

– Energie und Signatur der "geladenen" Cluster





$\sigma(e^+ e^- \to \pi^+ \pi^- \gamma)$

Detektionseffizienz:

Trigger:

- Problem "Cosmic Veto" bei hohem Q^2
  Ineffizienz für $Q^2 > 0.7$ GeV^2

Untergrund Filter:

- Filter für Maschinen Untergrund + Cosmics
- Effizienz relativ unabhängig von Q^2

Event Selektion:

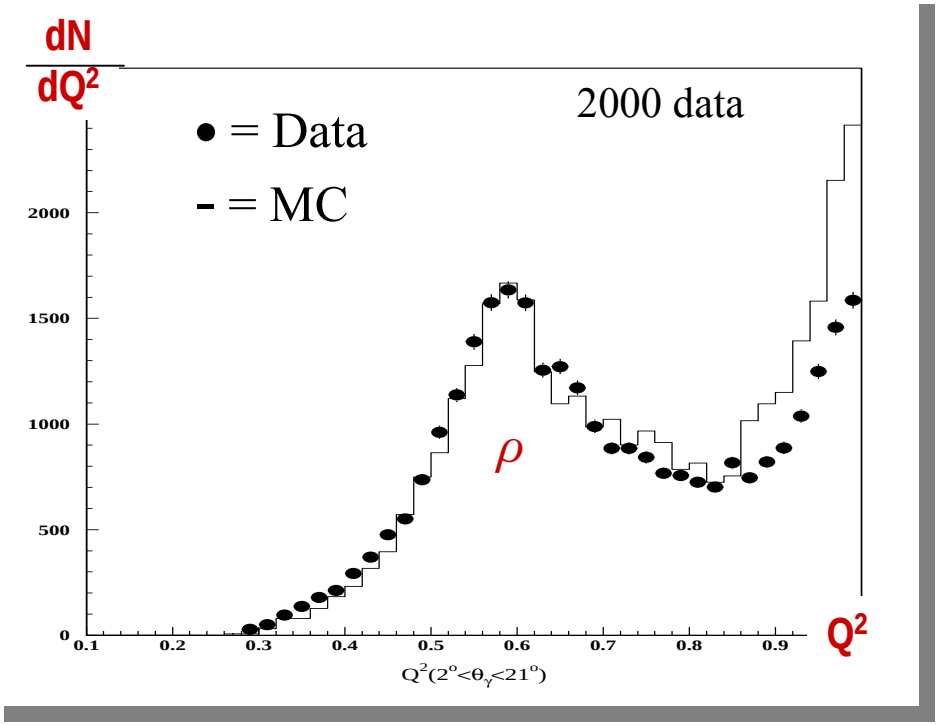
- Vertex und Cluster Effizienz

Analyse:

- weitere kinematische Cuts
- introduces a loss in efficiency at low Q^2
- Likelihood Methode

Alle Beiträge werden z.Zt. unter Verwendung von Daten untersucht (min. MC - Abhängigkeit)

$2° < \theta_\gamma < 21°$



Luminositäts Messung

DAΦNE bestizt keine dedizierten Lumi= nositäts-Monitore bei kleinen Winkeln

benutze KLOE selbst zur Messung :
Large Angle Bhabhas (σ_{eff} = 425nb)

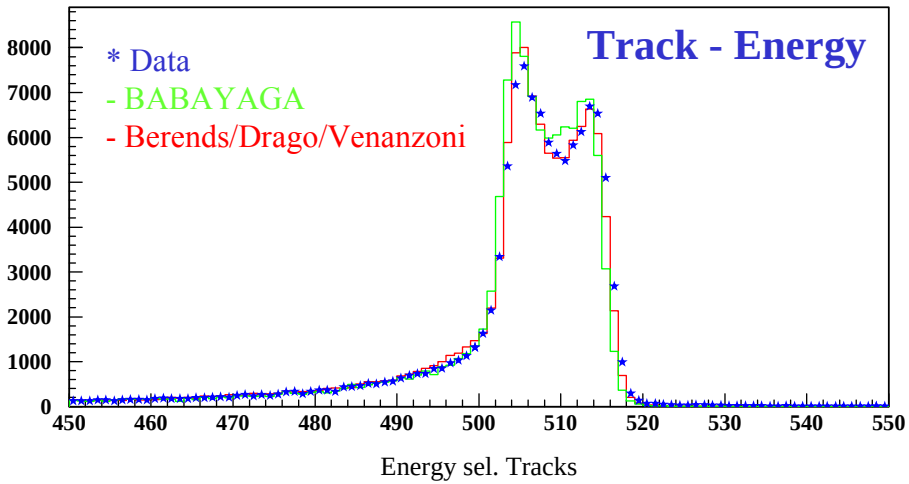
- $55° < \theta_{+-} < 125°$
- Acoll. < 9 °
- $E_{+-} \geq$ 400 MeV

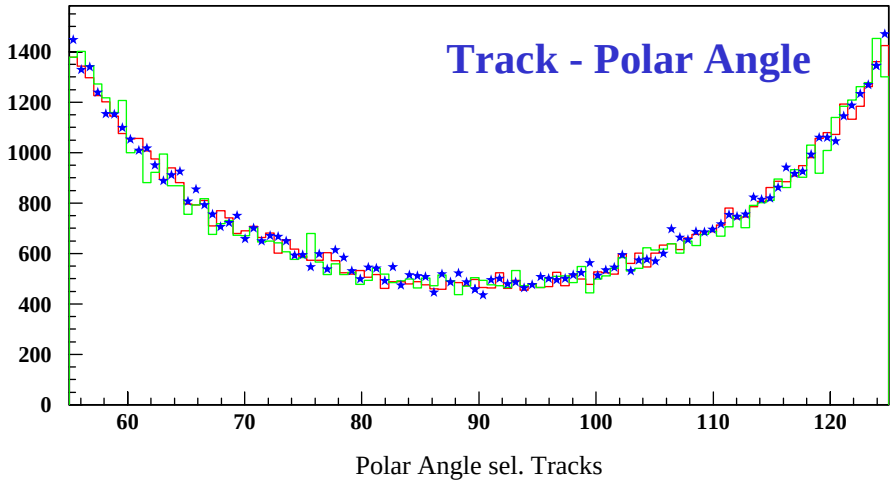
$$Ldt = \frac{N_{LAB}(\Theta)\cdot(1-\delta_{Background})}{\sigma^{MC}_{LAB}(E)}$$

LAB - Kandidaten (Systemat., Akzept.)

Theoret. Generatoren mit radiativer Korrektur

Untergrund (γγ, ππγ, ...)





Luminositäts - Messung im Prozentbereich

Zusammenfassung

- KLOE Detektor arbeitet gemäß Design - Spezifikationen
  DAΦNE erhöht seine Luminosität, Datennahme hat begonnen.

- Analyse der 1999 Daten ($2.4\ pb^{-1}$) erlaubte :

  erste Resultate im Bereich radiativer ϕ - Zerfälle

- Analyse der 2000 Daten ($27\ pb^{-1}$) ist in Bearbeitung:

  Verbesserung der Resultate radiativer ϕ - Zerfälle
  ausführliche Untersuchung der Systematiken zur CP-Verletzung
  Kaon - Programm (semileptonische K_S - Zerfälle, ……)

- Messung des WQ's $\sigma\ (e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma)$ (ISR - Methode) im Bereich einiger Prozent (2000 Daten) möglich! Analyse ist im Gange und erste Resultate werden zum Sommer erwartet ……..