

Interner Bericht  
DESY F33-79/02  
März 1979

VORTRÄGE AUF DER DPG  
FRÜHJAHRSTAGUNG, BONN, 28.2.-2.3.1979  
(Transparente)

PLUTO-Kollaboration

**DESY-Bibliothek**  
19. APR. 1979



# Inhaltsverzeichnis :

Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung, Bonn 1979, Transparente  
PLUTO-Kollaboration

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Y-Mesonen und Jets in $e^+e^-$ - Wechselwirkungen Plenarvortrag, J.Bürger, DESY .....	1
Messung des totalen hadronischen Wirkungsquerschnittes in der $e^+e^-$ - Annihilation bei 9.4 GeV. Ch.Gerke, DESY .....	55
$q\bar{q}$ - Jets zwischen 3 und 17 GeV K.Derikum, DESY .....	67
Jet Analyse des Y-Zerfalls in geladene Hadronen. H.J.Meyer, GHS Siegen .....	83
Energieflußanalyse zur Struktur der Ereignisse der Y-Resonanz. H.J.Daum, GHS Wuppertal .....	115
Inklusive $K_S^0$ - Erzeugung in der $e^+e^-$ -Vernichtung bei 9.4 GeV und beim Y- Zerfall. K.Wacker, GHS Wuppertal .....	127
Untersuchung des Zerfalls $Y \rightarrow \psi + X$ mit dem Detektor PLUTO: O.Meyer, GHS Wuppertal .....	135
$J^P$ - Analyse von $\rho\pi$ in $\tau \rightarrow \nu\rho^0\pi$ . E.Lehmann, DESY .....	145
Untersuchungen an Zwei-Photon Ereignissen (PLUTO an PETRA) F.Raupach, RWTH Aachen .....	161
Ergebnisse der PLUTO-Kollaboration bei PETRA, $\sigma_{tot}$ unter besonderer Berücksichtigung der Luminositätsmessung. W.Lackas, RWTH Aachen .....	179

# $\Upsilon$ -Mesonen und Jets in $e^+e^-$ -Wechselwirkungen

Jochen Bürger  
DESY, Hamburg

Plenarvortrag auf der DPG-Frühjahrstagung  
Hochenergiephysik  
vom 28.2 - 2.3.1979 in Bonn

## Kurzfassung

Der Vortrag beschäftigt sich mit den jüngsten Ergebnissen, die mit den  $e^+e^-$ -Speicherringen DORIS und PETRA am Deutschen Elektronen Synchrotron DESY in Hamburg gewonnen wurden.

Die Messung einer neuen Familie von schweren mesonischen Resonanzen, den sog. T - Mesonen, in der  $e^+e^-$ -Annihilation wird erläutert und ihre Interpretation als gebundene Zustände eines neuen fünften Quarks und seines Antiteilchens diskutiert.

Die Bestimmung des totalen hadronischen Wirkungsquerschnitts im Energiebereich von ca. 9 bis 17 GeV, der z.Zt. höchsten mit PETRA erreichbaren Schwerpunktsenergie, wird vorgestellt.

Bei der Untersuchung der Topologie hadronischer Ereignisse außerhalb der T - Resonanzen zeigen diese eine charakteristische Struktur. Ihre Teilchen sind typisch in zwei sog. Jets gebündelt, die als Hinweis auf zwei fragmentierende Quarks gedeutet werden können. Die Ereignisse auf der  $\Upsilon$  - Resonanz zeigen eine andere Struktur, die von der Theorie der starken Wechselwirkung, der Quantenchromodynamik, durch die Fragmentation von drei "Gluonen", den Austauscheteilchen der starken Wechselwirkung, erklärt wird.

# $\Upsilon$ -Mesonen und Jets

in  $e^+e^-$ -Wechselwirkungen

$\hat{=}$   $e^+e^-$ -Physik 78/79

•  $\Upsilon, \Upsilon'$  in  $e^+e^-$  (DORIS)

• JET-Struktur  
had. Ereignisse (DORIS ( $\sqrt{s} \leq 10 \text{ GeV}$ ),  
( $\sqrt{s} \leq 17 \text{ GeV}$ ) PETRA ( $\sqrt{s} > 10 \text{ GeV}$ )

## Übersicht

1.) Totaler hadr. Wirkungsquerschnitt  
bis  $\sqrt{s} = 17 \text{ GeV}$

2.) Resonanzparameter der  $\Upsilon$ -Resonanzen

3.) Jets

3a. von kontinuierlichen

3b. von den  $\Upsilon$ -Resonanzen

Beteiligte Detektoren

bei DORIS (bis 10 GeV)

DASP 2 (DESY, Dortmund, Heidelberg, Lund)

Na 3 - Bleiglas - Detektor (ehem. DESY-4D)  
(DESY, Hamburg, Heidelberg, München)

PLUTO (Aachen, DESY, Hamburg, Siegen, Wuppertal)

bei PETRA (13 und 17 GeV)

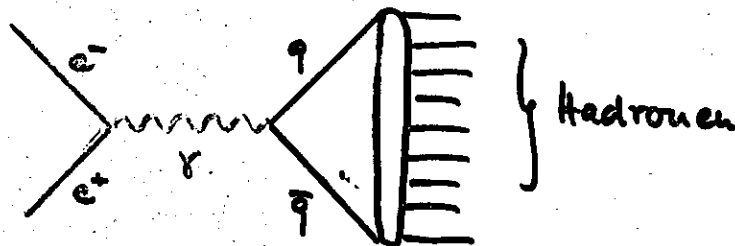
HARK J (Aachen, DESY, LEP, HIT, NIKHEF,  
Peking)

PLUTO (s.o. + Maryland + Bergen)

TASSO (Aachen, Bonn, DESY, Hamburg,  
London, Oxford, Rutherford,  
Wisconsin, Wisconsin)

Totaler hadronischer

Wirkungsquerschnitt



$e^+e^-$  - Annihilation

$\sigma_{tot} \propto \sigma_{\mu\mu} \propto \frac{1}{s} \quad Ts = E_{cm}$

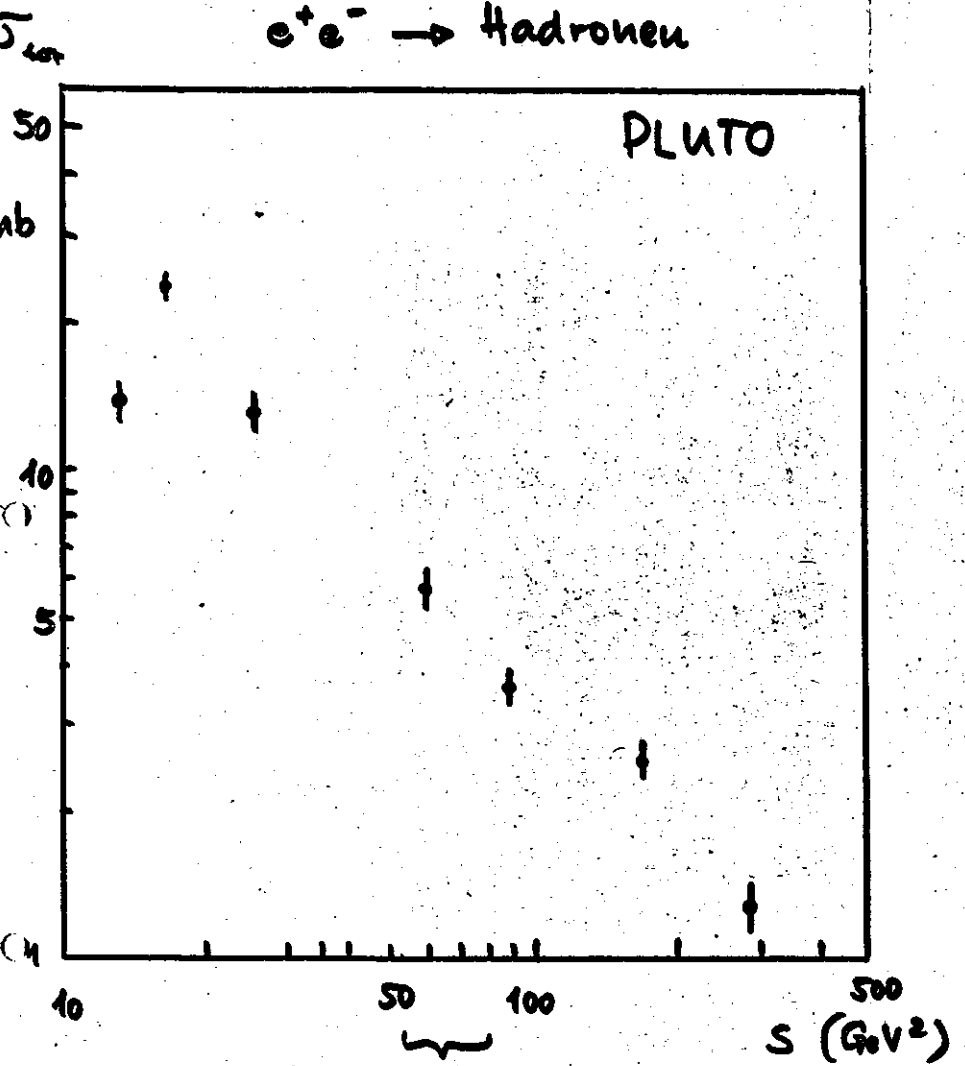
$R = \frac{\sigma_{tot}}{\sigma_{\mu\mu}} = \sum_i (Q_i^2)^2$

$Q_i^2$  = Quarkladung  
Summe über alle  
Flavours  
+ Colours

Exp. Probleme

- Untergrund ( QED einsch.  $\tau\tau$ , Cosmic )
- Detektor Akzeptanz + Auflösung
- Monitor (Messung des QED Blaustrahlungs u. a.)
- Strahlungskorrektur

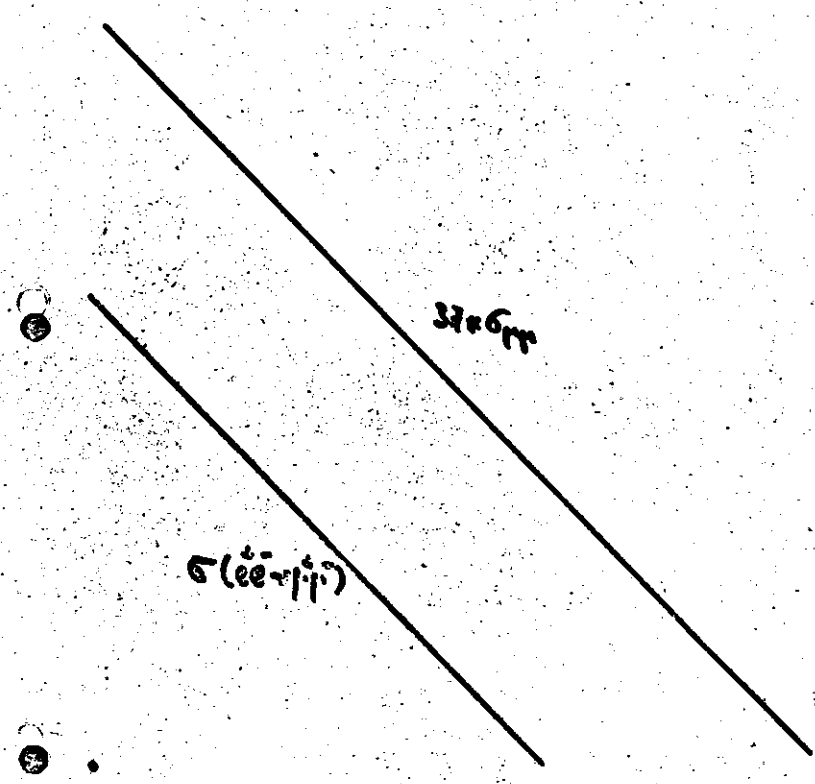
- 5 -  
 $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$



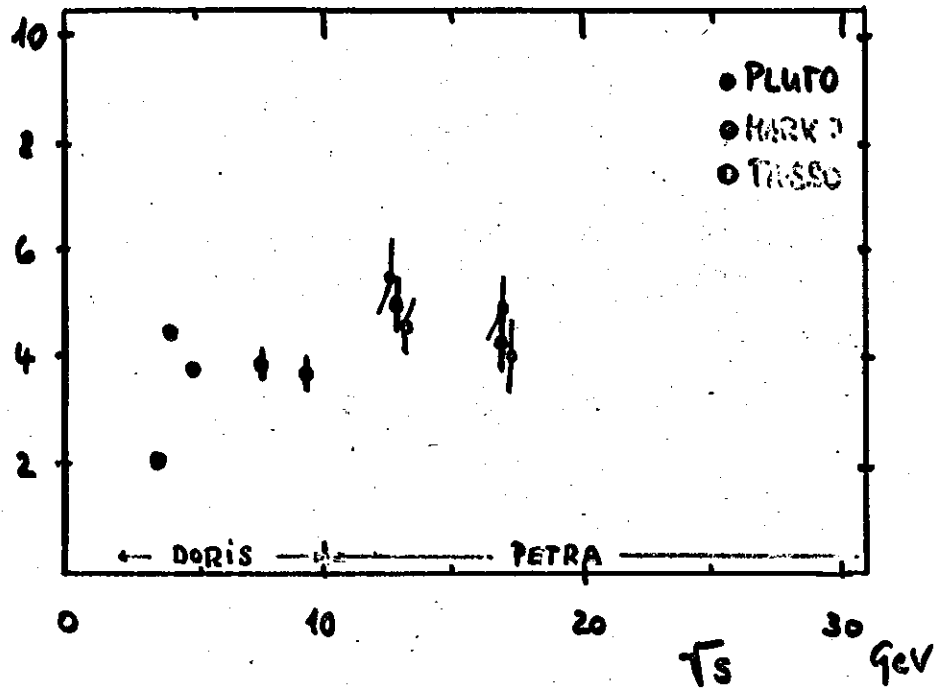
DORIS

PETRA Dec. '78 + Jan '79  
je Punkt  
ca 100 ev.

- 6 -



$$R = \sigma_{tot} / \sigma_{MH}$$



Nur statistische Fehler!

Systematische Fehler:

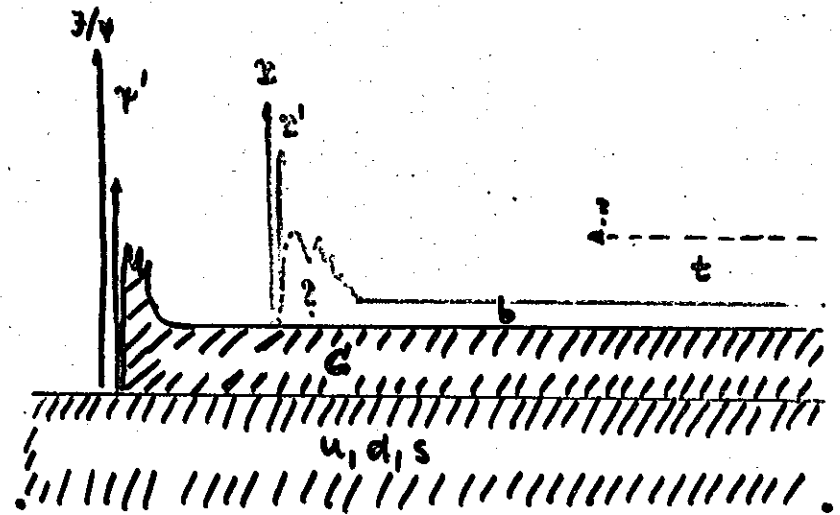
PLUTO :  $> 10 \text{ GeV} \sim 20\%$        $< 10 \text{ GeV} \sim 15\%$

MARK J :  $\sim 20\%$

TASSO :  $\sim 20\%$

$|e_2| = 1/2$  ...

$|e_1| = 1/2$  ...



QCD Korrekturen  $R^{corr} = R(1 + \frac{ds}{s} + \dots)$

$$\frac{R^{corr} - R}{R} < 10\%$$

Folgerungen

- $\sigma_{tot}$  zeigt über einen sehr großen Energiebereich den erwarteten  $1/s$  Abfall
- Das Verhalten von R ist mit einfachen Voraussagen (Flavour- & Colour-Zählen) in guter Übereinstimmung, insbesondere ist für  $\sqrt{s} \geq 13 \text{ GeV}$  für ein neues (5.) Quark-Platz.
- Wegen großer systematischer Fehler kann oberhalb von  $13 \text{ GeV}$  nichts über den Beitrag eines zusätzlichen Quarks (6.) ausgesagt werden.

Eigenschaften der  $\Upsilon$ -Resonanzen

Entdeckung: Juni 77 in FNAL  
(Columbia, FNAL, Stony Brook)

$$pN \rightarrow \underbrace{\mu^+ \mu^-}_X + X$$

Inv. Masse: Peak bei  $9.5 \text{ GeV}$

⇒ Vermutung mehrer Zustände

⇒ Fragen:

Analoge ( $q\bar{q}$ )-Zustände  
wie  $\Upsilon/\psi$ -Familie

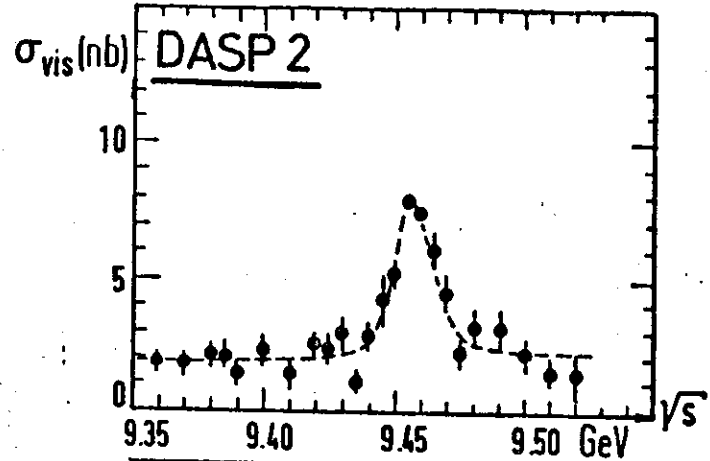
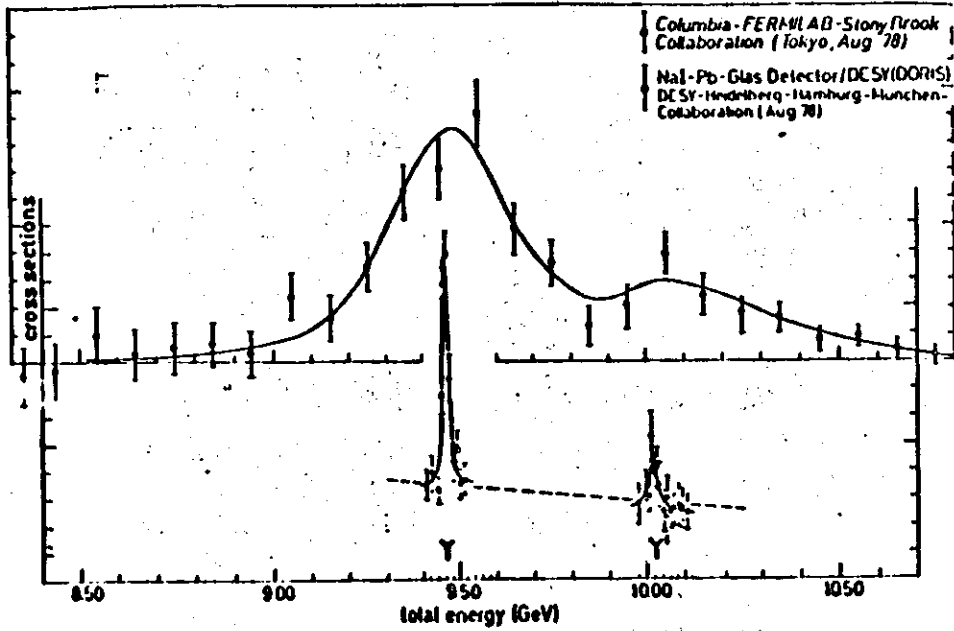
⇒ enge Resonanz(en) in  $e^+e^-$

Frühjahr 78: Denis erreicht den  $\Upsilon$ -Energiebereich

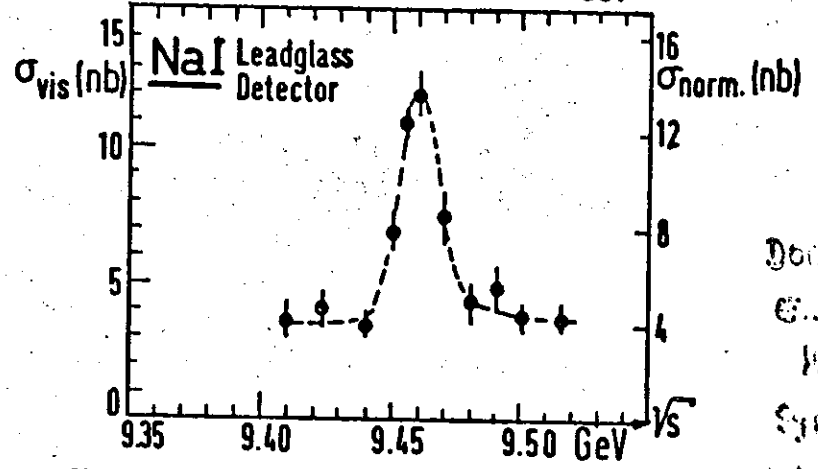
Ende April '78:  $\Upsilon$  gefunden

August '78:  $\Upsilon'$  gefunden

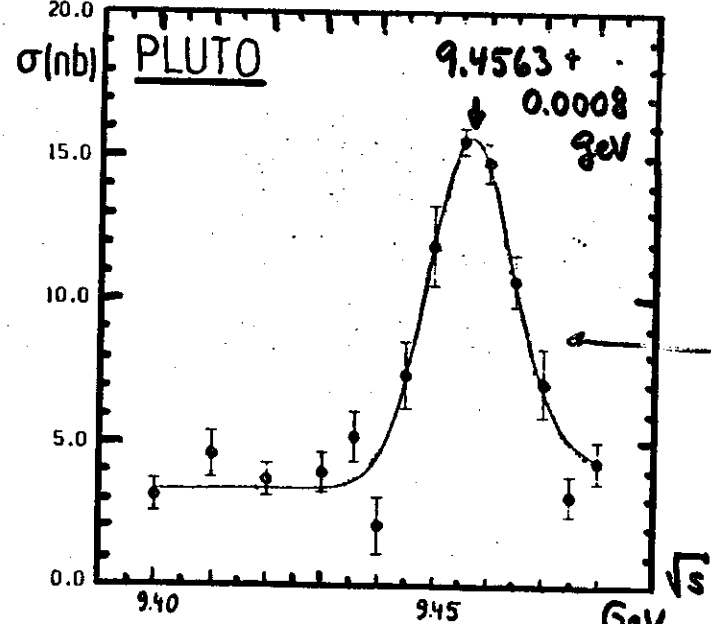




$\Upsilon(9.46)$

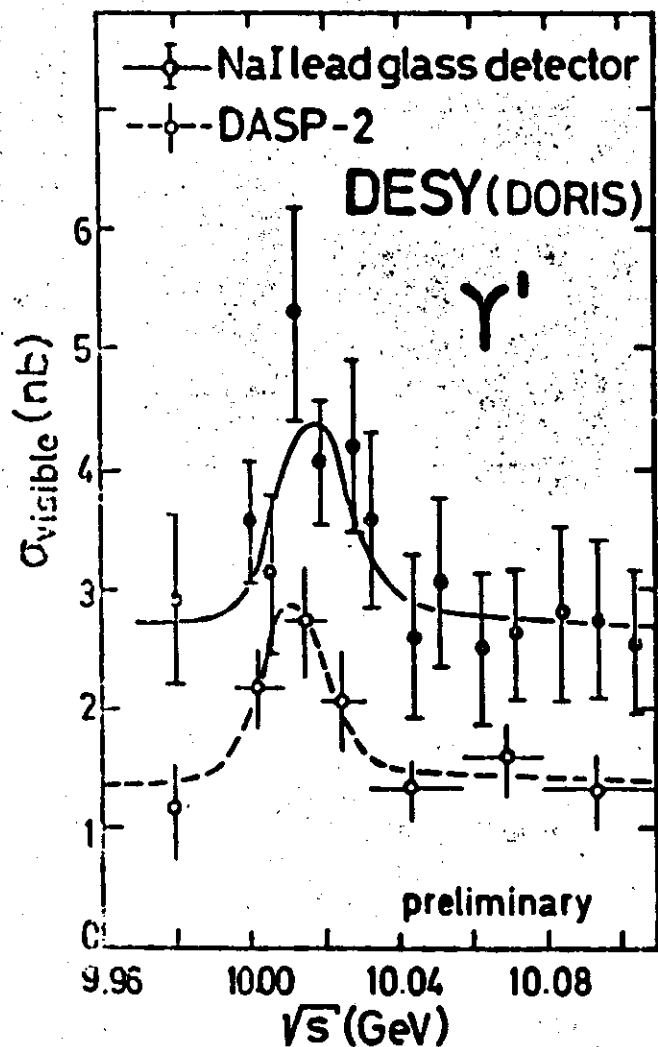


Doris -  
Energy  
Mode:  
Synchrotron  
3: 10:1



$\sigma = \sigma_{Doris}$   
 $= 2.3 \pm 1$   
nb

$\Upsilon'$  (40.02)



## Bestimmung der Resonanzparameter

• Masse

Breit-Wigner-Fit  
(einschl. Strahlungskorr.)

Breite: Maschinenauflösung  
(Gaußverteilung)

•  $\Gamma_{ee}$

Resonanzintegral

$$\int_{\mathcal{R}} \sigma_{\text{tot}} d\sqrt{s} = \frac{6\pi^2}{M_{\Upsilon'}^2} \cdot \frac{\Gamma_{ee} \Gamma_h}{\Gamma_{\text{tot}}} \approx \frac{6\pi^2}{M_{\Upsilon'}^2} \cdot \Gamma_{ee}$$

$$\Gamma_{ee} \ll \Gamma_h, \quad \Gamma_h \approx \Gamma_{\text{tot}}$$

•  $B_{\mu\mu} = BR(\Upsilon \rightarrow \mu\mu)$

$$= \frac{\sigma_{\mu\mu}^{\text{on}} - \sigma_{\mu\mu}^{\text{off}}}{\sigma_{\text{tot}}}$$

•  $\Gamma_{\text{tot}} = \frac{\Gamma_{\mu\mu}}{B_{\mu\mu}} = \frac{\Gamma_{ee}}{B_{\mu\mu}}$

Erggebnisse  $\Upsilon$

MASSE : (GeV) (einschl. Syst. Fehler)

DASP 2	9.46 ± 0.01	
Na 3	9.46 ± 0.01	
PLUTO	9.46 ± 0.01	9.46 ± 0.01

$\Gamma_{ee}$  : (keV)

DASP 2	1.5 ± 0.4	
Na 3	1.04 ± 0.28	
PLUTO	1.53 ± 0.14	1.32 ± 0.09

$B_{\mu\mu}$  : (%)

DASP 2	2.5 ± 2.1	
Na 3	1.0 ± 3.4 1.0	
PLUTO	2.2 ± 2.0	2.3 ± 1.4

$\Gamma_{tot}$  : (keV) untere Grenze (2 St. Abw.)

DASP 2	> 20	} obere Grenze: $\Gamma_{\text{total}} = 7 \text{ keV}$ $\Rightarrow \Gamma_{\text{tot}} < 18 \text{ keV}$
Na 3	> 15	
PLUTO	> 21	

"beste" Wert:  $\Gamma_{\text{tot}} = 57 \text{ keV}$

Erggebnisse  $\Upsilon'$

Masse : (GeV)

Na 3	10.02 ± 0.02	
DASP 2	10.012 ± 0.020	10.016 ± 0.020

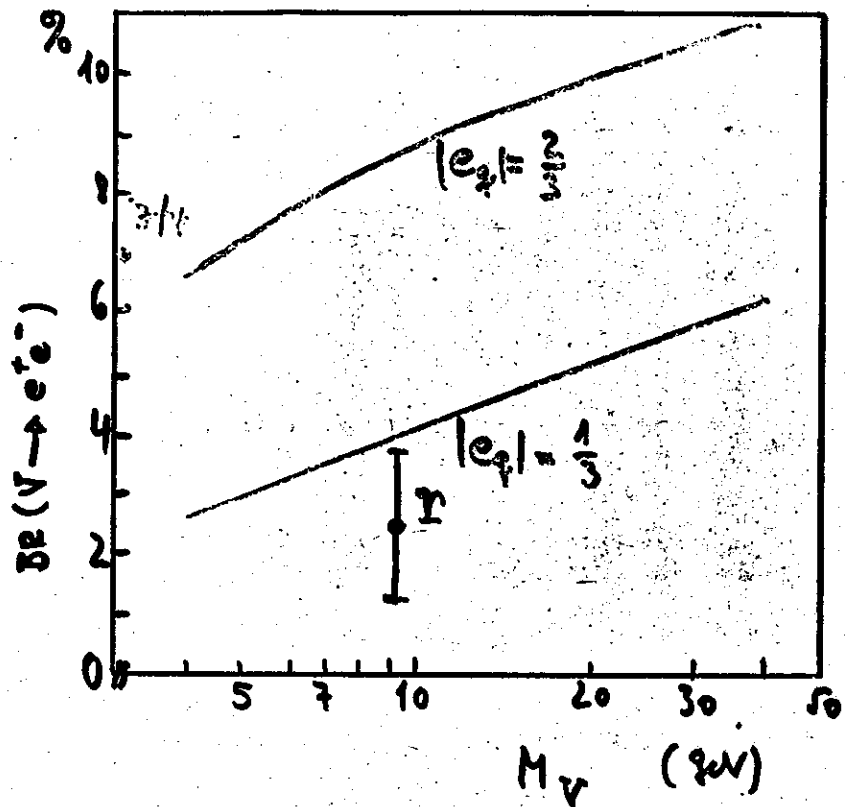
$\Gamma_{ee}$  : (keV)

Na 3	0.32 ± 0.13	
DASP 2	0.35 ± 0.14	0.33 ± 0.10

$\Rightarrow$  Massenaufspaltung  $M(\Upsilon') - M(\Upsilon)$   
 $= 558 \pm 10 \text{ MeV}$

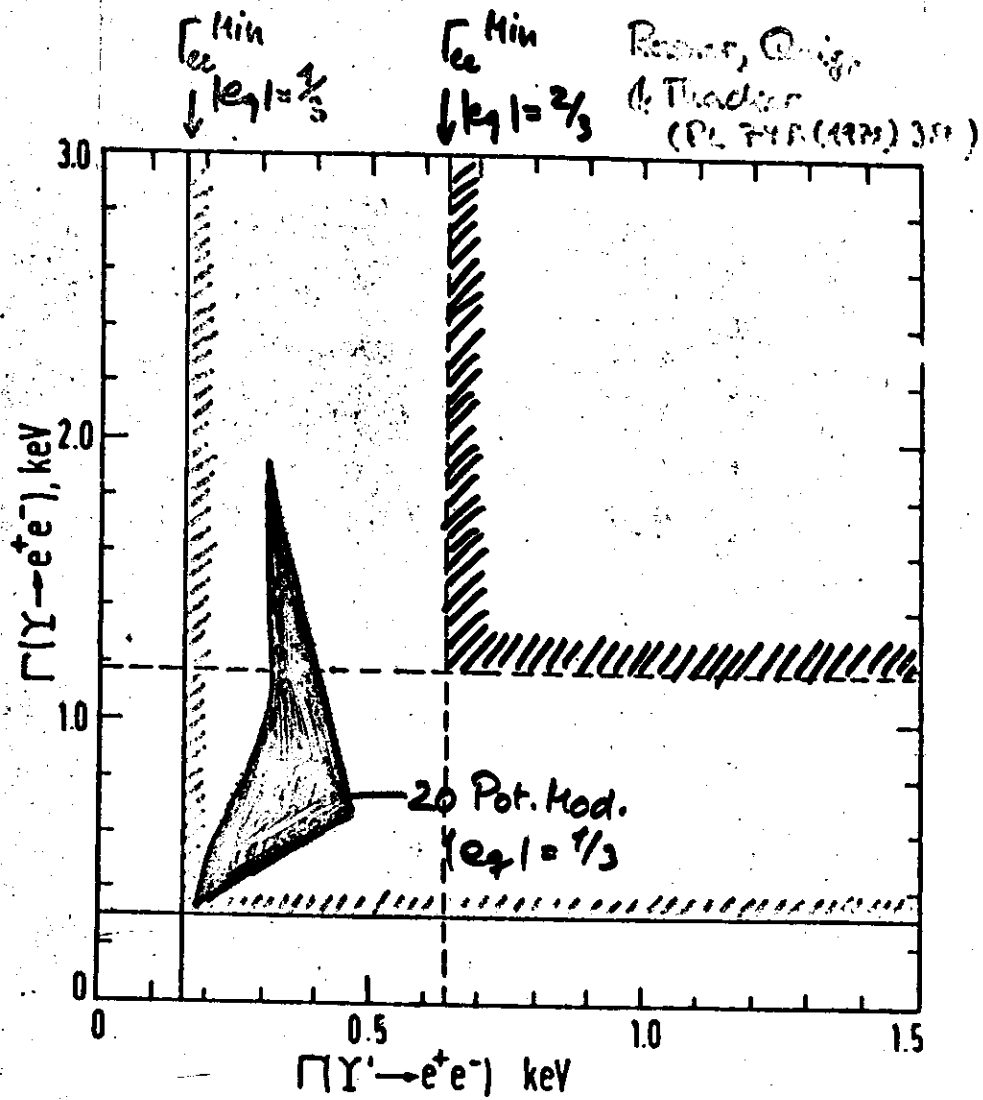
Vergleichen:  $M_{\Upsilon'} - M_{3/4} = 594 \text{ MeV}$  ist größer

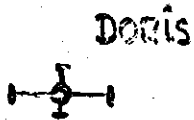
$\Gamma_{ee}(\Upsilon') \approx \frac{1}{4} \Gamma_{ee}(\Upsilon)$



$$BR(\pi/\rho \rightarrow \begin{matrix} \mu^+\mu^- \\ e^+e^- \end{matrix}) = (7 \pm 1)\%$$

$$BR(\rho \rightarrow \begin{matrix} \mu^+\mu^- \\ e^+e^- \end{matrix}) = (2.3 \pm 1.4)\%$$





- $\Upsilon, \Upsilon'$  =  $(b\bar{b})$  Zustände
- $|e_b| = 1/3$  bevorzugt
- Massenaufspaltung  $(c\bar{c}) \approx (b\bar{b})$

# Jets in $e^+e^-$ -Annihilation

## Vorbemerkung:

- (Quark)-Parton-Modell  
(1972) Feynman et al.

Bei allen Prozessen in denen ein Quark in Hadronen fragmentiert ist diese Fragmentation unabhängig von der Vorgeschichte des Quarks

$$\Rightarrow D_q^h \left( \frac{E_{hadron}}{E_{quark}} \right) \quad \underline{\text{Scaling}}$$

$\Rightarrow \langle p_{\perp} \rangle$  beschränkt  
(bezüglich Quark-Richtung!)

$\Rightarrow$  Hadronen sind kollimiert um die Quark-Richtung

$\Rightarrow$  "Jet"                      "Jetachse"

• QCD

Verletzung des Skalarchaltens  
Gluonen als Austauschteilchen  
der starken W.W.

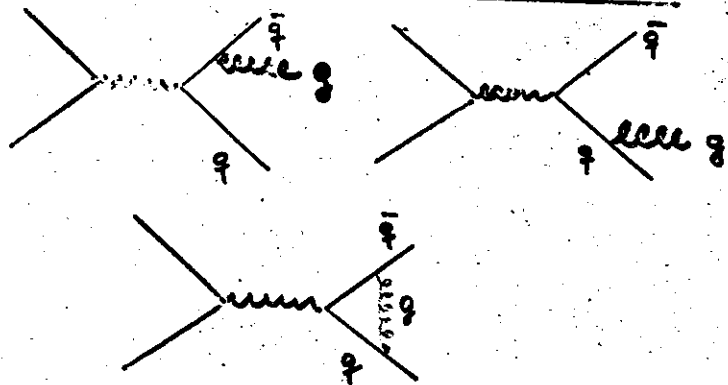
Q. Order  $\equiv$  Quark-Parton-Modell

Höhere

Ordnungen  $\equiv$  Prozesse bei denen  
Gluonen auftreten

$\Rightarrow$  Berechenbar in Ordnung von  $\alpha_s$

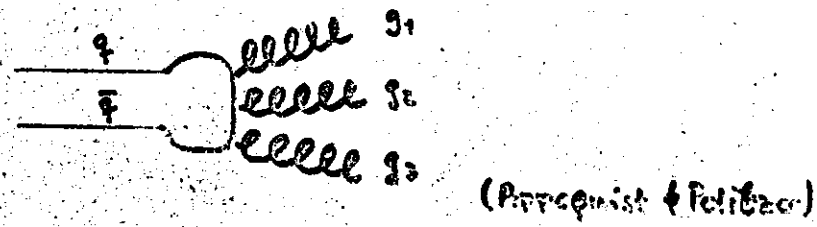
$\Rightarrow$  "Strahlungs"-korrekturen  
Gluon Bremsstrahlung



Weitere Quelle für Gluonen:

Resonanzen mit  $J^P = 1^-$  (z.B.  $\mathbb{I}$ )

zerfallen in 3 Gluonen



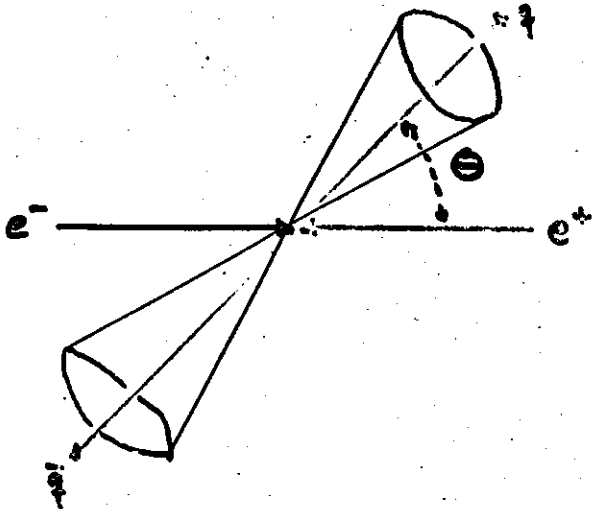
EXPERIMENTELL:

- Sind die Jets nicht trennbar
  - $\Rightarrow$  Aufweitung der Jets  
(KEINE  $\langle PL \rangle$  - Bestimmung)
- Sind sie trennbar:
  - $\Rightarrow$  n-jet-Struktur ( $n > 2$ )

JETS in  $e^+e^-$ -Annihilation

- Quarks als punktförmige Konstituenten mit Spin  $\frac{1}{2}$
- ⇒ Richtungsverteilung der Quarks ( $\equiv$  Jetachsen) wie für andere Spin  $\frac{1}{2}$  Teilchen (z.B.  $\mu^\pm$ )

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto 1 + \cos^2 \Theta$$



2-JET - Struktur

(ausgewählte der Experimente)

Daten:

5.0 - 7.7 GeV	} Spear	SPEAR - LBL
3.6 - 5.0 GeV		PLUTO
7.7 GeV		PLUTO
9.4 GeV	} DORIS	PLUTO, Na3
10 GeV		Na3
13 GeV	} PETRA	{ PLUTO, TASSO
17 GeV		

Experimentell

- Bestimmung der Jetachse (meist nur aus geladenen T.)
- Messung von Verteilung bezüglich dieser Achse  $P_\perp, P_\parallel$ , Öffnungswinkel
- Methode zur geladenen Energieverteilung

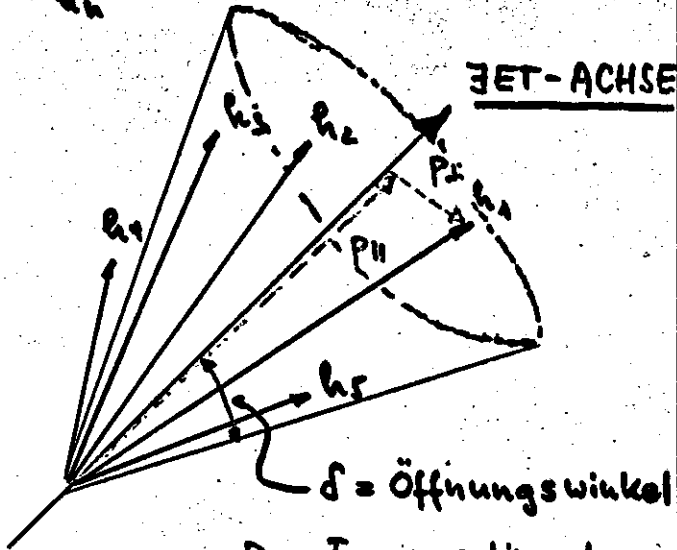
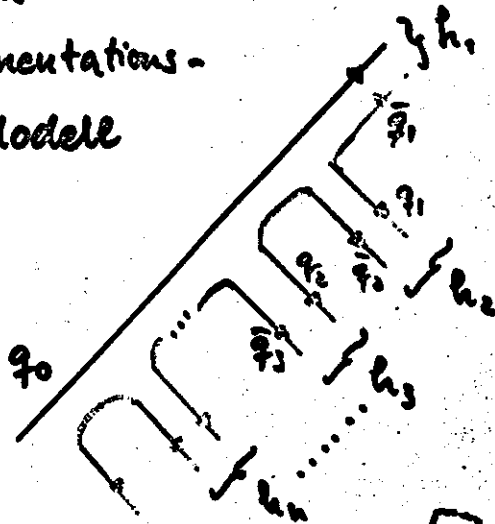
Vergleich: mit 2-Jet-Modell (Monte Carlo)

Quark -  
Fragmentations-  
Modell

2-jet-M.C.

(Feynman, Field 1979)

$q = u, d, s$



$\delta = \text{Öffnungswinkel}$

$p_{\perp} = \text{Transversalimpuls}$

$p_{\parallel} = \text{Längsimpuls}$

(bezüglich Zentralse)

JET - Maße

SPHERICITY

THRUST

Def.:

$$S = \frac{3}{2} \frac{\sum_i p_{\perp i}^2}{\sum_i p_i^2}$$

$$T = \text{Max} \frac{\sum_i |p_i^{\parallel}|}{\sum_i |p_i|}$$

(max. directed momentum)

Berechn.

Eigenwert des  
"Trägheitstensors"

$$T^{\alpha\beta} = \sum_i (p_i^{\alpha} p_i^{\beta} - p_i^{\parallel} p_i^{\parallel})$$

$$\lambda_2 \leq \lambda_3 \leq \lambda_1$$

$$S = \frac{3\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$$

Kombination des  
Verfahrens

Wertebereich

isotrop

$$S = 1$$

$$T = 0.5$$

extr. "jetty"

$$S = 0$$

$$T = 1$$

• Thrust u. Sphericity Achse zeigen in  
gleiche Richtung (inw. Auflöser) (PLUTO)

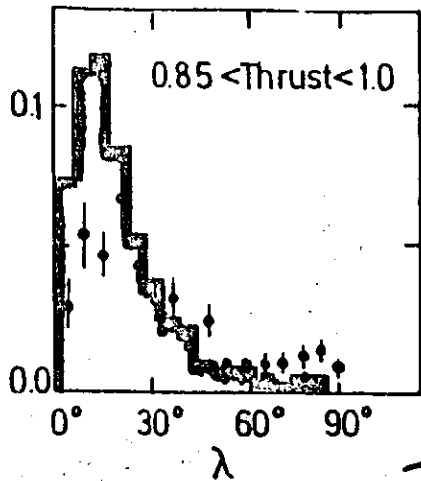
⇒ meist nur 1 Größe diskutiert



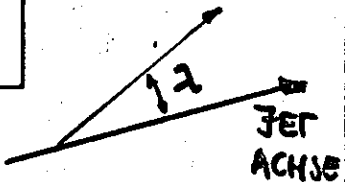
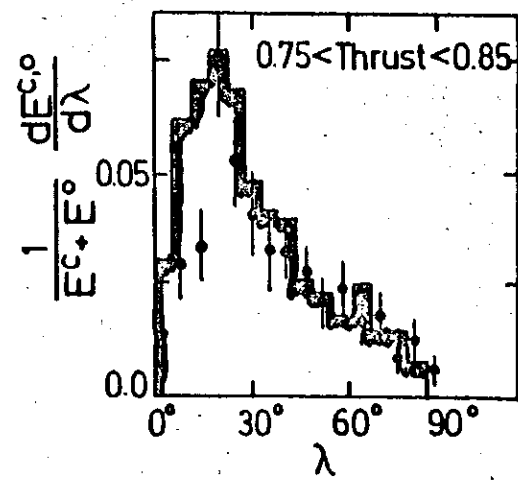
VERGLEICH

-27-

neutrale E.  $\bullet$   
 und  
 geladene E.  $\blacksquare$

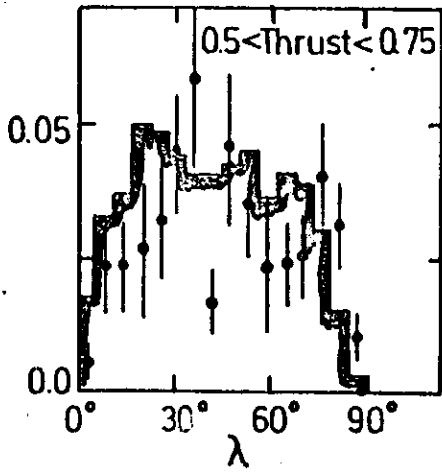


PLUTO  
 9.4 GeV



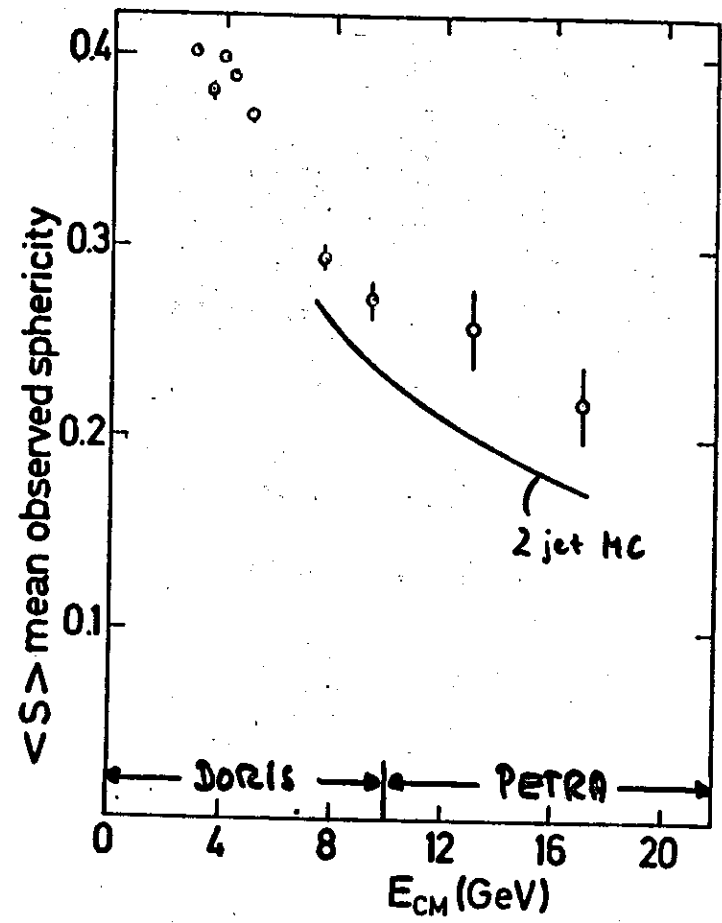
↑ größer  
 JET-  
 artigkeit  
 ↓ kleiner

NEUTRALE  
 Energie geht  
 in die gleiche  
 Richtung wie  
 die geladenen  
 Teilchen.

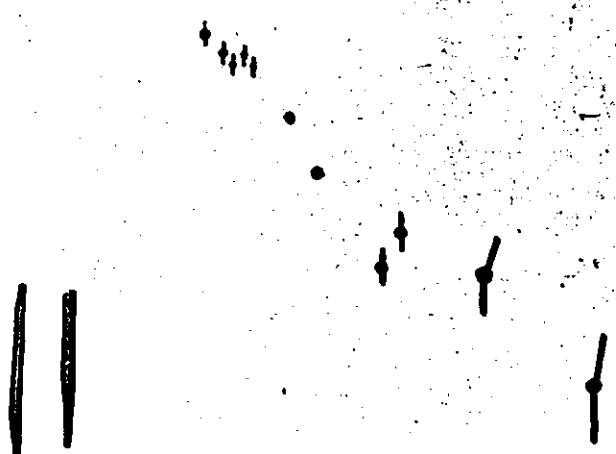


-28-

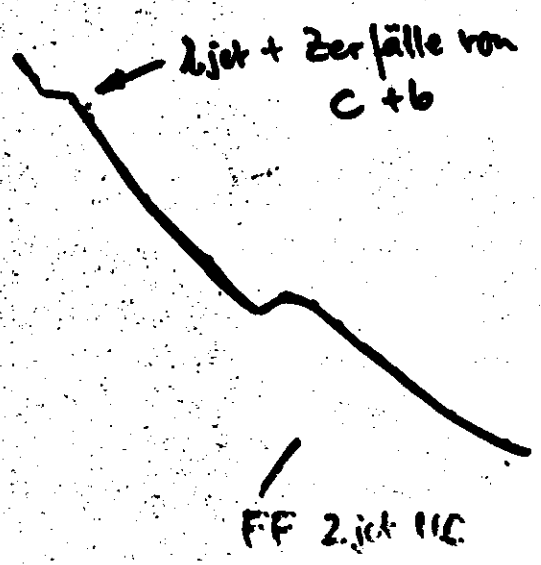
o PLUTO

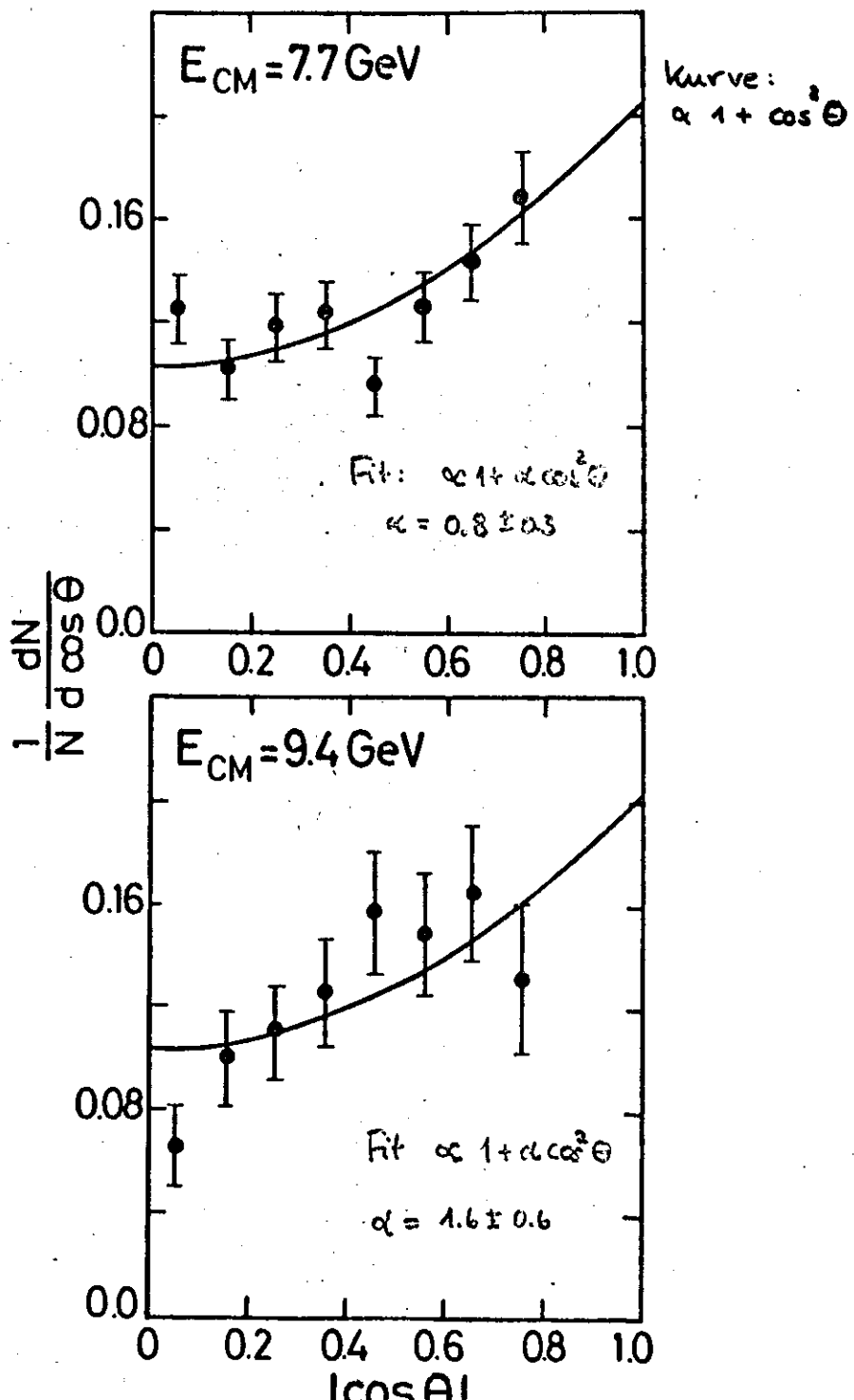
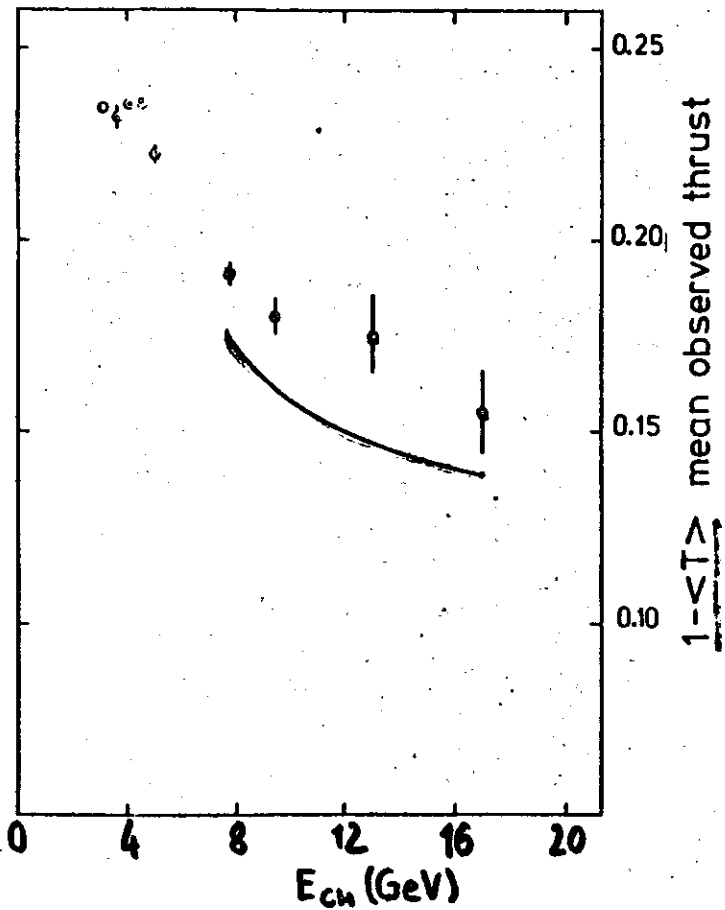


- SLAC-LBL
- Na 3
- TASSO

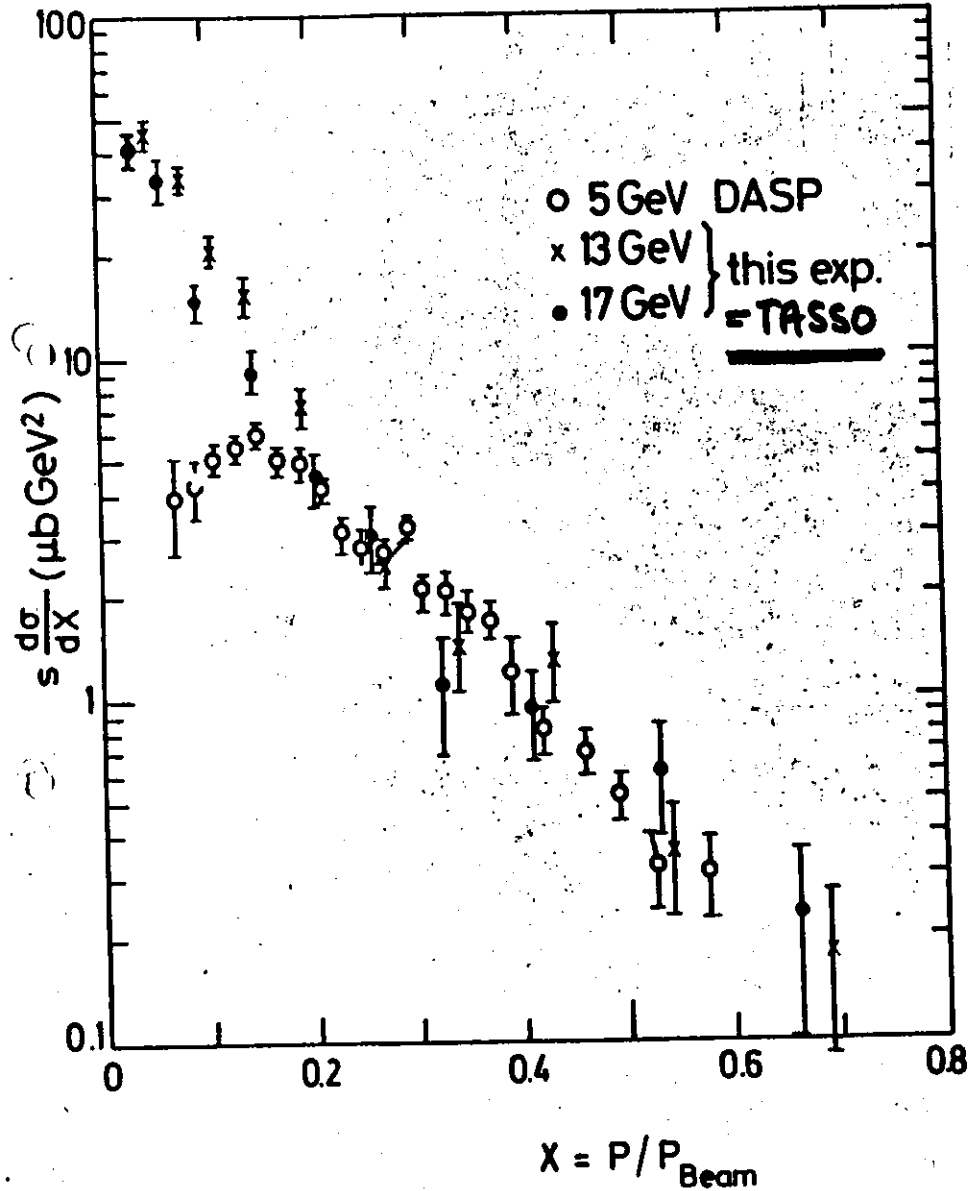


- Ali et al.

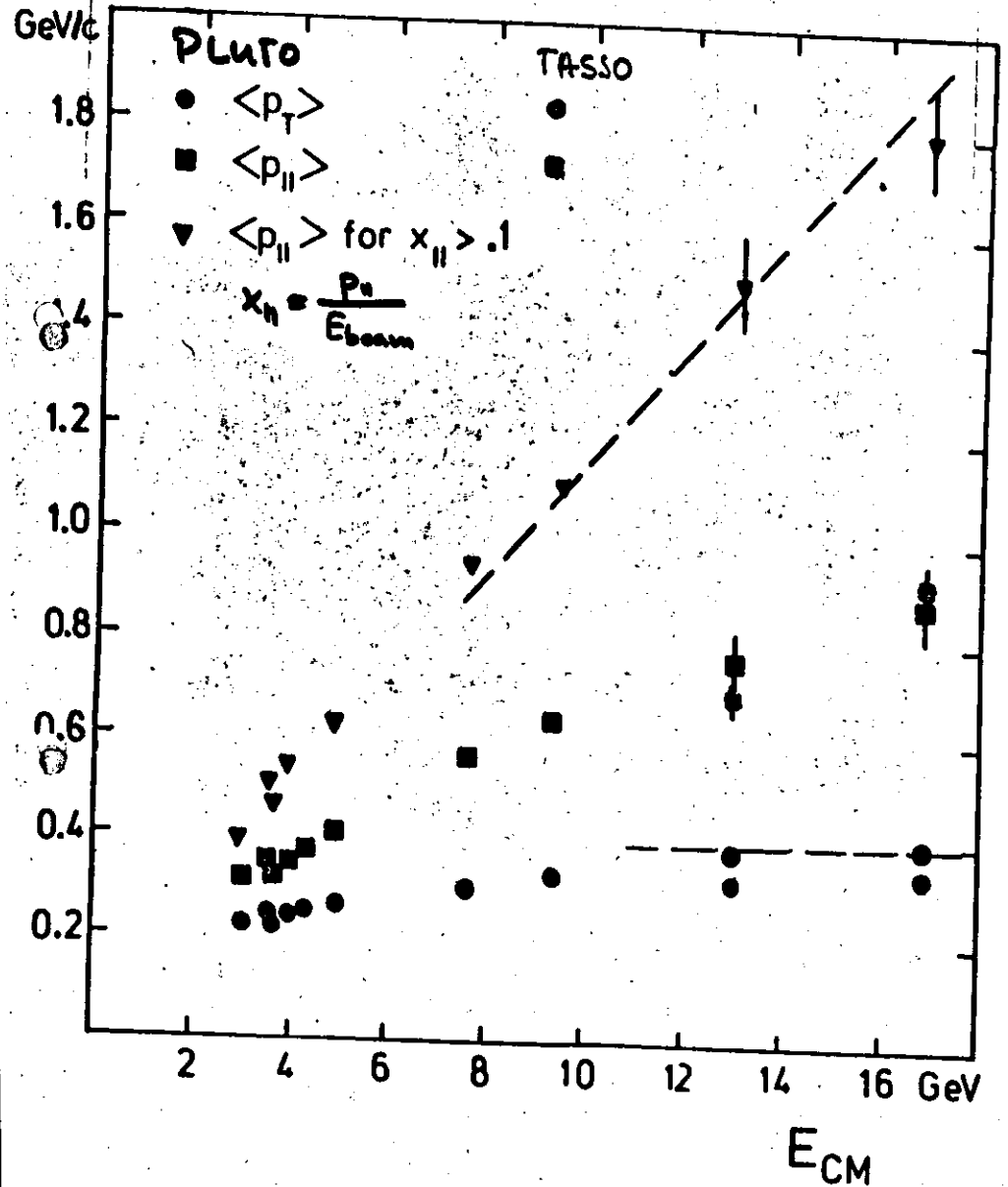


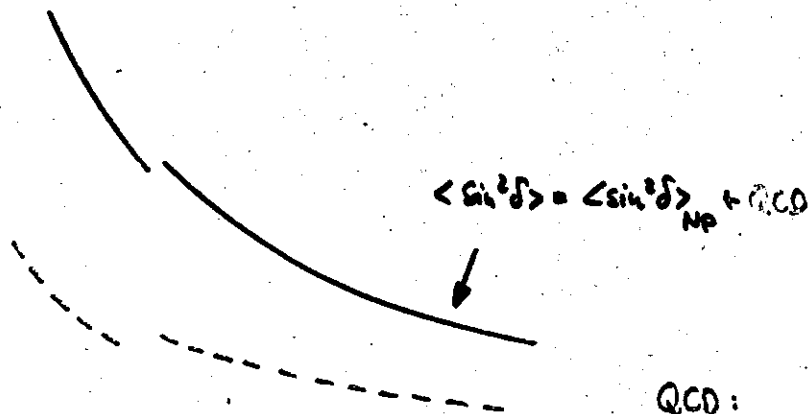


### INKLUSIVE 1-Teilchen-Spektren



### $\langle p_{\perp} \rangle$ und $\langle p_{\parallel} \rangle$ - Verteilungen (beobachtet)





QCD:  

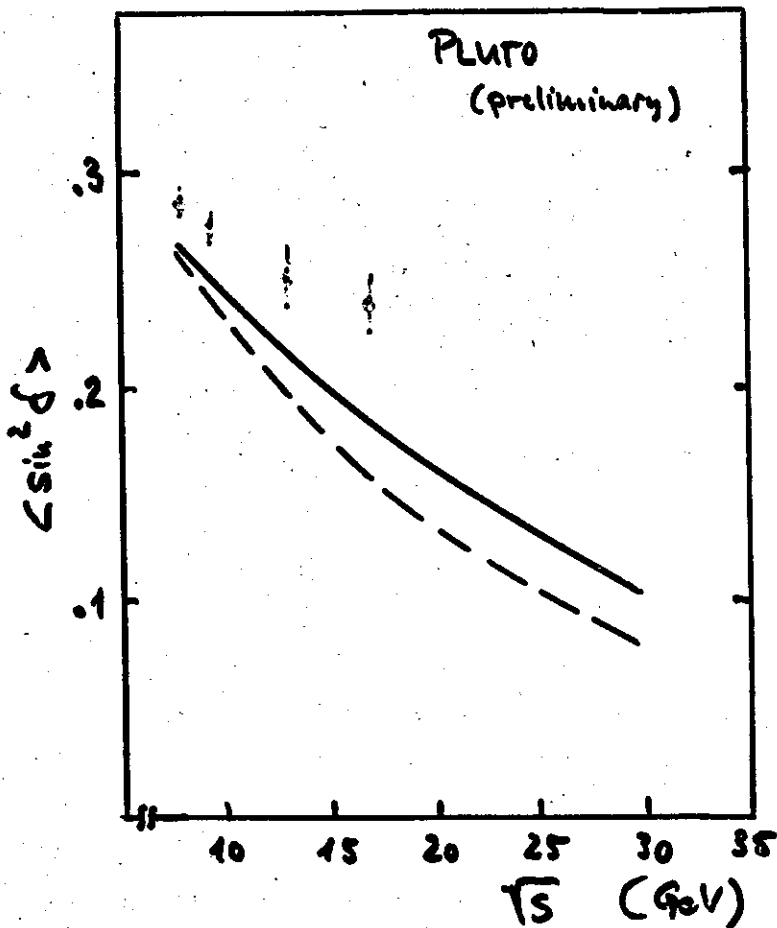
$$\langle \sin^2 \delta \rangle = \frac{2\alpha_s}{3}$$

$$\langle \sin^2 \delta \rangle_{NP} = \frac{C \cdot \langle P_2 \rangle}{2\sqrt{s}}$$

- Kurve ist Theorie
- Effekte des b-Quark-Schwelle nicht berücksichtigt!

○ PLUTO (preliminary)

— } FF-2jet MC {  $\neq$  bez. Thrusta.  
 - - - } " " Quarker.



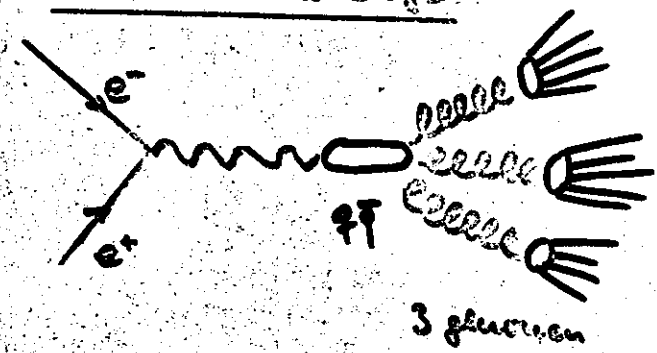
Folgerungen (2-jets)

- Hadronische Jets werden oberhalb  $\sqrt{s} = 5 \text{ GeV}$  beobachtet.
- Qualitative Übereinstimmung mit Vorhersagen des Quark-Parton-Modells
  - $\langle p_T \rangle \rightarrow \text{konst.}$
  - Öffnungswinkel wird klein
  - Winkelverf. für Spin  $\frac{1}{2}$  Teilchen.
- Differenzen Daten - MC erklärbar (c, b, ... Quarks, rad. Korrekturen, Schwellen u.s.w.)  
 Anteile von QCD-jets können nicht ausgeschlossen werden.  
 (QCD-jets können erst mit einem entspr. H.C. untersucht werden!)

Zerfälle von  $q\bar{q}$ -Resonanzen

(Quarkonium)

QCD - Vorhersage



$e^+e^- \rightarrow (q\bar{q}) \rightarrow 3 \text{ Gluonen} \rightarrow 3 \text{ Jets}$   
 Kandidat für diesen Zerfall ( $b\bar{b}$ ) =  $J/\psi$

Vorhersagen (z.B. Koller, Krausemann & Walch)

- 3 Jet - Ereignisstruktur
- flache Ereignisse
- Winkelverteilung etc Thrust-Achse
- $\langle T \rangle$
- u.v.a.m.

### Experimentell

- Bestimmung Jetachse und Verteilungen analog 2-Jets
- Zusätzlich:  
Untersuche ob Topologie des Ereignis flach ist

### Vergleich der Ergebnisse mit


- 3-Gluon MC
- 2-Jet MC
- Multiphon Phasenraum MC

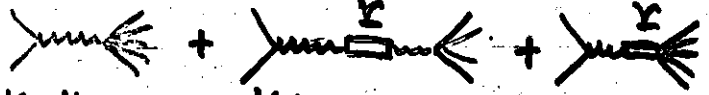
### 3-Gluon Monte-Carlo

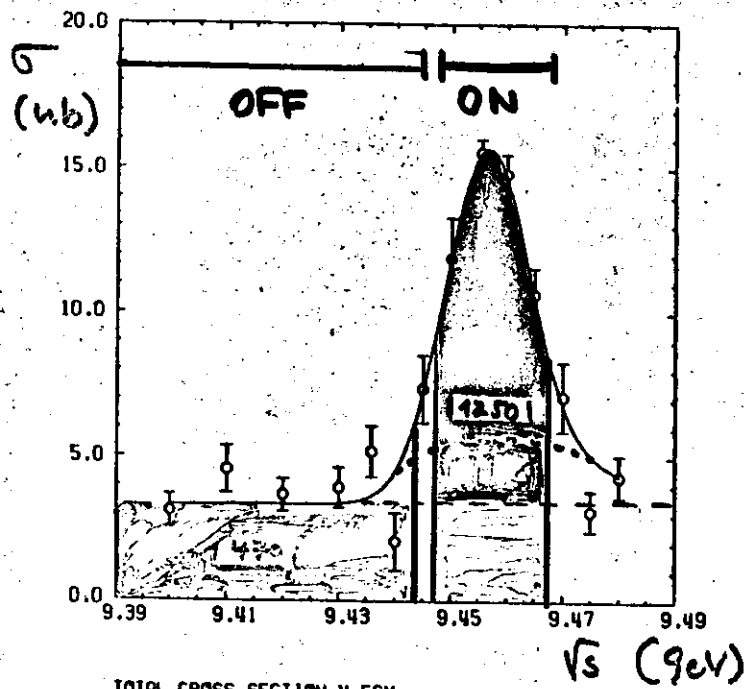
- Matrixelement  $2 \rightarrow 3$  Gluonen  
(unabhängig von Polarisationen - entspricht in 3. Ordnung)
- Fragmentation Gluon  $\rightarrow$  Jet (Hadronen)

### Probleme

- Fragmentation von Gluonen unbekannt
- Gluonen haben niedrige Energien  
(Das niedrigenergetischste Gluon hat im Mittel nur 2 GeV)
- Adjustierung von Energie- und Impulserhaltung des Gesamt-ereignisses.

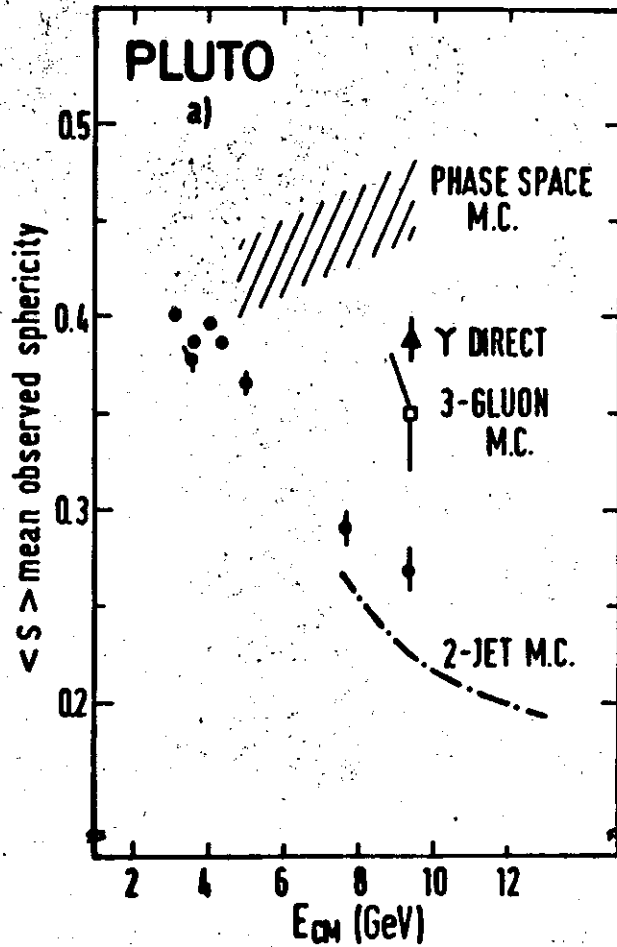
OFF =   
470 ev.

ON =   
1872 ev =  $\underbrace{622}_{\text{Kontinuum}} + \underbrace{\text{Vacuum-Polarisation}}_{\text{Z direkt}} + 1250 \text{ ev}$



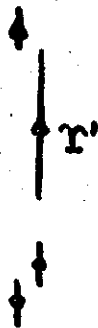
TOTAL CROSS SECTION V ECH

$$\sigma^{dir} = \sigma^{on} - \sigma^{off} \left( 1 + \frac{\sigma_{\mu\mu}^{on} - \sigma_{\mu\mu}^{off}}{\sigma_{\mu\mu}^{off}} \right)$$





• } Na<sup>3+</sup>  
▲



Messungen des Na<sup>3+</sup>-  
Detektors beruhen  
hauptsächlich auf der  
Verwendung zentraler  
Teilchen

# Messung der "Flachheit"

PLUTO : Q-Parameter

→ Trägheitstensor zur Be-  
stimmung der Sphericity

3 Eigenvektoren  $\vec{p}^k$

3 Eigenwerte  $\lambda_k$

$$Q_k = 1 - \frac{2\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$$

$$= \frac{\sum_i (p_{ii}^k)^2}{\sum_i p_i^2}$$

$p_{ii}^k$  = Impulskompo-  
nente zu  $\vec{p}^k$

$$\Rightarrow \sum_k Q_k = 1$$

=> "Dalitz" Plot

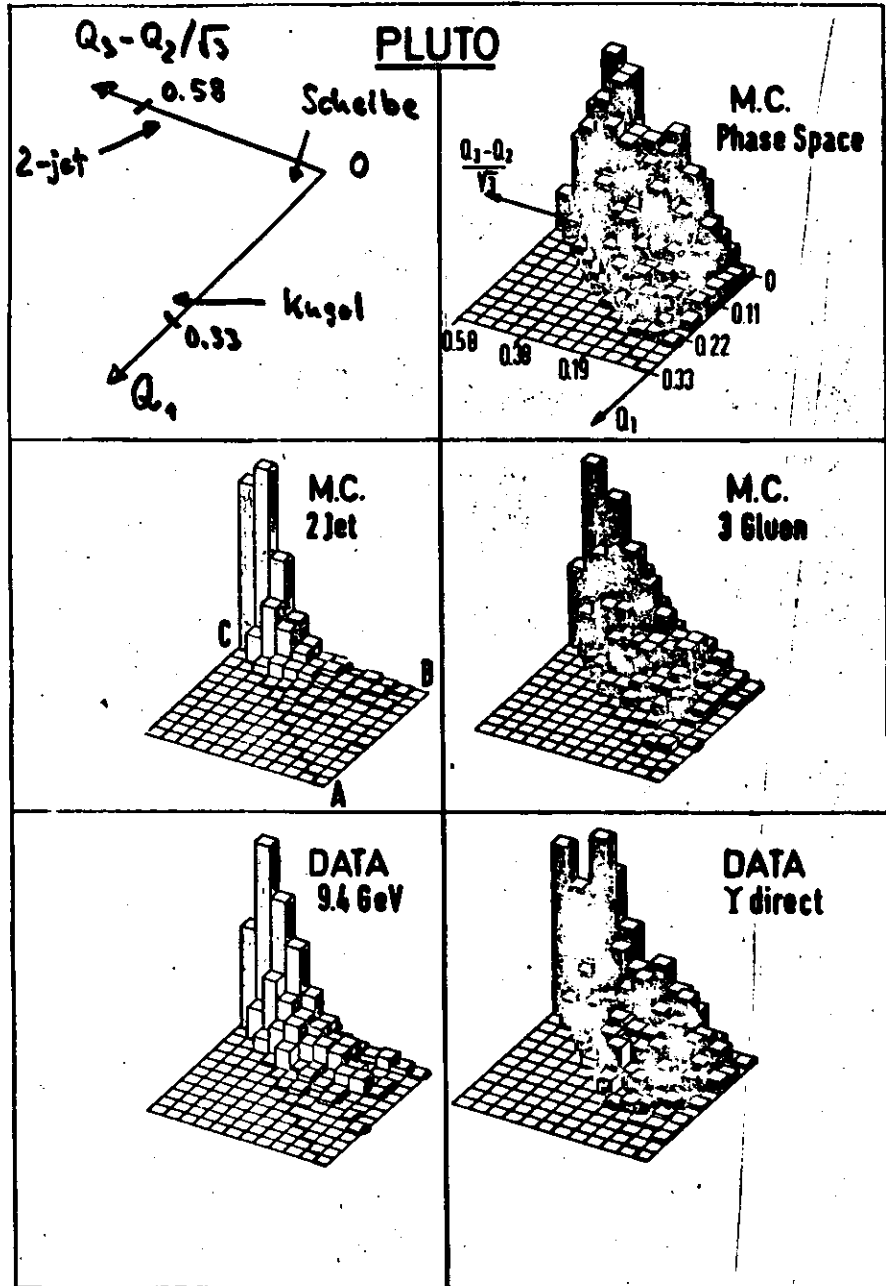
$$Q_1 \leftrightarrow (Q_2 - Q_3) / |Q_2 - Q_3|$$

für  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$

$Q_1 \Rightarrow$  Maß für "Flachheit"

$Q_1 = 0 \hat{=}$  ebene Konfig.

$Q_1 = 1/3 \hat{=}$  isotrope Konf.



Kann man aus der räumlichen Verteilung der Energie auf die Quon - Richtungen schließen?

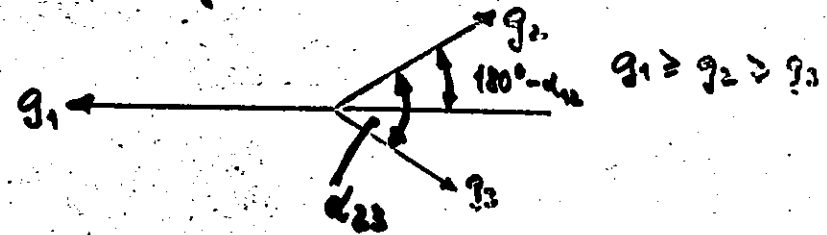
**PLUTO (vorläufig)**

• Untersuchung des Energieflusses geladener + neutraler Ereignisse

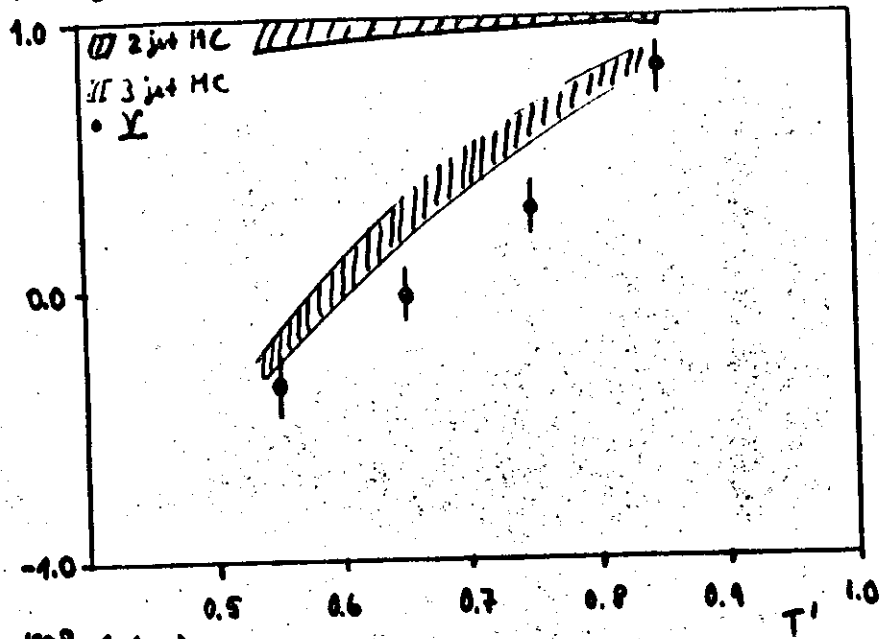
Bestimme • Richtung des schnellsten flusses

• Ebene des Ereignisses

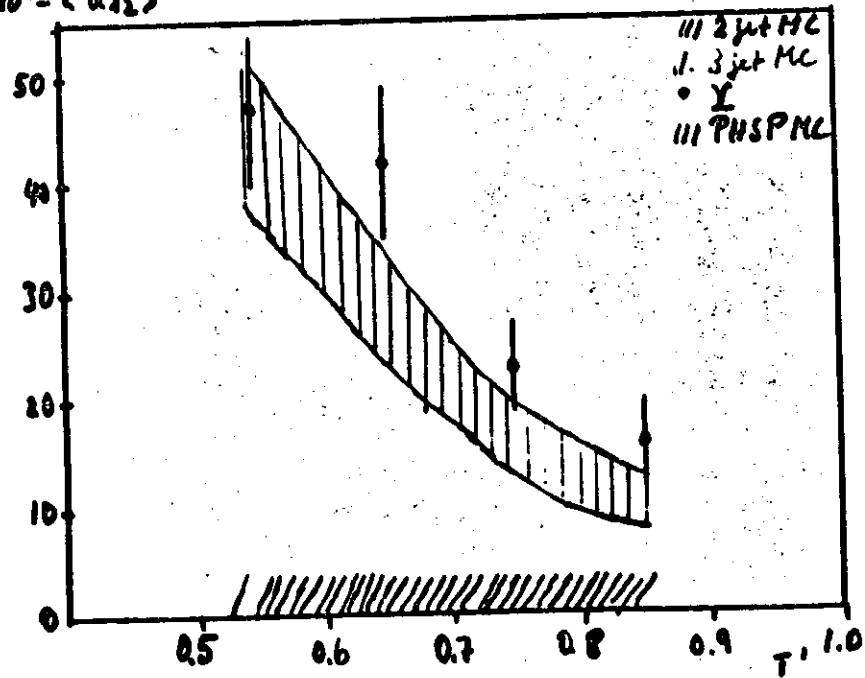
• Richtung der anderen beiden flüssen



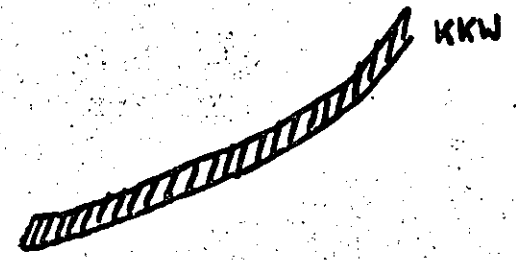
$\langle \cos \alpha_{23} \rangle$



$180^\circ - \langle \alpha_{12} \rangle$



KKW = Koller, Kraemann, Walsh

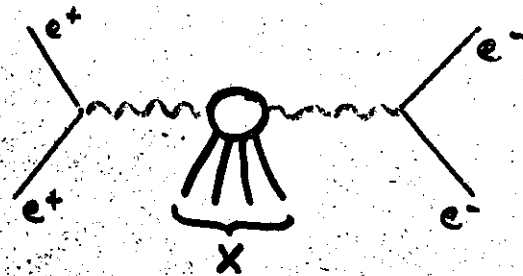


### Folgerungen ( $I \rightarrow$ Hadronen)

- $I$ -Daten zeigen anderes Verhalten als die Daten außerhalb der Resonanz:  
 größere Sphericity  
 größere Multiplicity
- Die Energieverteilung geladener und neutraler Teilchen ist gleich
- $I$ -Daten stimmen qualitativ und quantitativ gut mit einem einfachen 3-Gluon-MC überein, aber nicht mit einem (Multi-Pion)-Phasenraum MC. (Übereinstimmung mit anderen Phasenräumen (mit Resonanzen) sind damit nicht ausgeschlossen)

Eine neue Perspektive der  $e^+e^-$  Physik:

### 2 $\gamma$ - Wechselwirkungen



$$e^+e^- \rightarrow e^+e^- + X$$

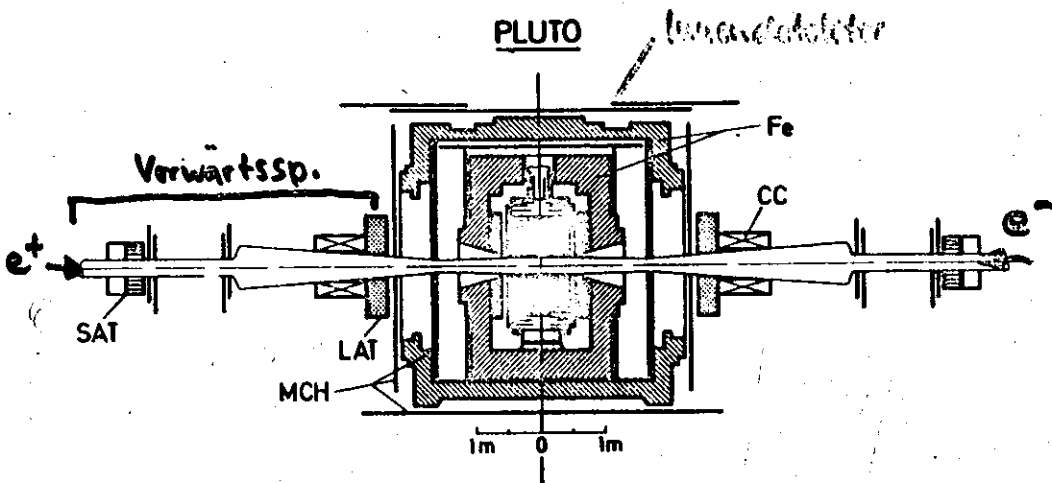
$$X = \left. \begin{array}{l} e^+e^- \\ \mu^+\mu^- \\ \tau^+\tau^- \end{array} \right\} \text{QED}$$

Hadronen  
Resonanzen  
( $C = +1$ , z.B.  $\eta_c$ !)

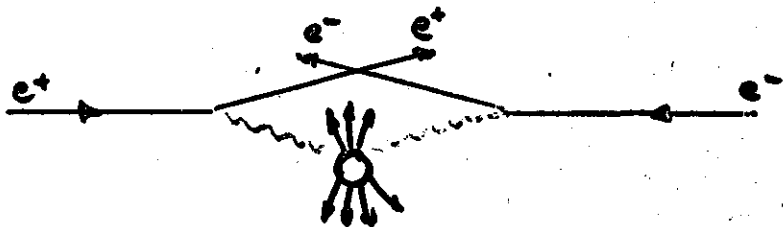
Wirkungsquerschnitt  $\propto \log s$

$\Downarrow$   
 $2\gamma$  Prozeß wird dominant  
 (Untergrund für Annihilation)

$\Downarrow$   
 interessant als Prozeß  
 (z.B. Streuung von Bosonen)

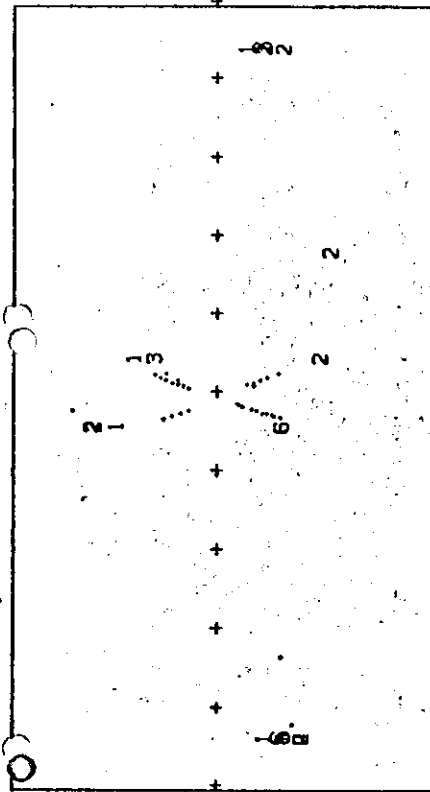


Kinematik des  $Z_0$ -Prozess:



- Messung von  $e^+$  und/oder  $e^-$  im Vorwärtsspektrometer
- mit gleichzeitigen "Ereignis" im Innendetektor (wobei  $E_{vis} \ll E_{cm}$ )

Von oben



$e^+$

R U N  $\pm$  18994

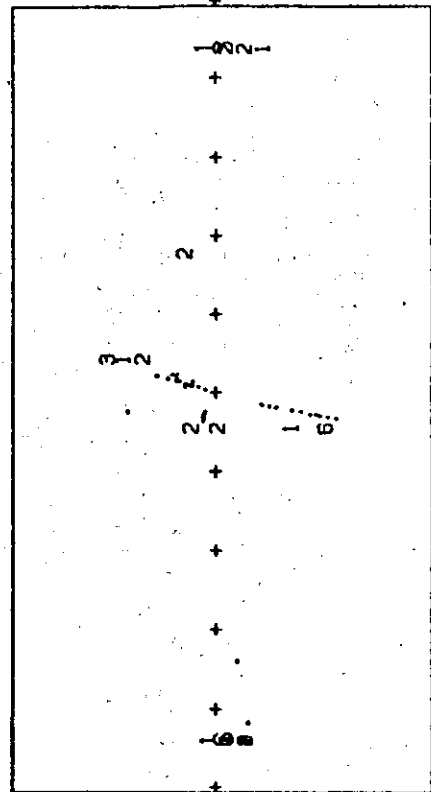
E V E N T  $\pm$  1867

X-VERSUS-Z AND  
Y-VERSUS-Z VIEW

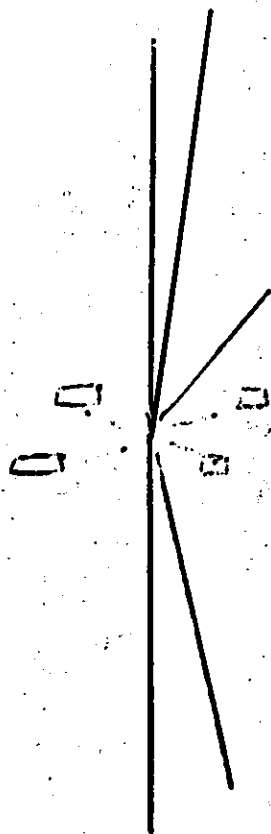
-7500. < Z < 7500.

-750. < X < 750.

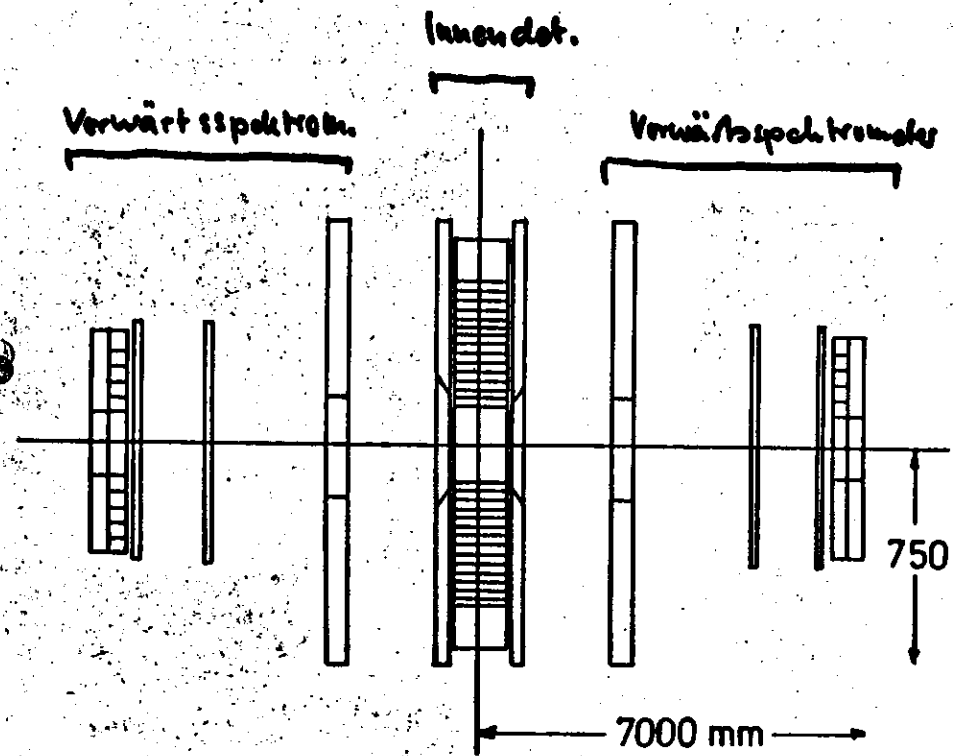
Von der Seite



$e^+$



$e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \text{hadronen}$



Messung des totalen hadronischen Wirkungsquerschnittes in der  $e^+e^-$ -Annihilation bei 9.4 GeV

Christian Gerke  
DESY, Hamburg

Messung des totalen hadronischen Wirkungsquerschnittes in der  $e^+e^-$ -Annihilation bei 9.4 GeV

PLUTO Collaboration

Ch. Berger, W. Lackas, F. Raupach, W. Wagner  
I. Physikalisches Institut der ~~Universität Hamburg~~

G. Alexander<sup>1</sup>, L. Criegee, H. C. Dehne, K. Derikum, R. Devenish,  
G. Flügge, G. Franke, Ch. Gerke, E. Hackmack, P. Harms, G. Horlitz,  
Th. Kahl<sup>2</sup>, G. Knies, E. Lehmann, B. Neumann, R. L. Thompson<sup>3</sup>, U. Timm,  
P. Waloschek, G. G. Winter, S. Wolff, W. Zimmermann  
Deutsches Elektronen-Synchrotron ~~DESY Hamburg~~

O. Achterberg, V. Blobel, L. Boesten, H. Daumann, A. F. Garfinkel<sup>4</sup>,  
H. Kopitz, B. Koppitz, W. Lührs, R. Maschuw, H. Spitzer,  
R. van Staa, G. Wetjen

II. Institut für Experimentalphysik der ~~Universität Hamburg~~

A. Bäcker, J. Bürger, C. Grupen, H. J. Meyer, G. Zech  
~~Deutsches Elektronen-Synchrotron~~

H. J. Daum, H. Meyer, O. Meyer, M. Rössler, K. Wacker  
~~Deutsches Elektronen-Synchrotron~~

Hamburg, May 8, 1978

Submitted to Physics Letters

<sup>1</sup>On leave from Tel-Aviv University, Israel

<sup>2</sup>Now at Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, München

<sup>3</sup>On leave from Humboldt University, Arcata, California, USA

<sup>4</sup>On leave from Purdue University, W. Lafayette In., USA

Warum?

-57-

Pluto Proposal: 8.7.77

Juni 1977: Eine FNAL-Kollaboration entdeckt das  $\Upsilon$  in der Reaktion



Masse  $M(p^{*}) \approx 9.5 \text{ GeV}$ , Breite Maschinenauflösung

$$\text{FNAL: } \Gamma_{\text{FWHM}} = (500 \pm 100) \text{ MeV}$$

$$\text{DORIS: } \Gamma_{\text{FWHM}} = 18 \text{ MeV}$$

Problem: kann DORIS Luminosität bei 10 GeV liefern?  $\rightarrow$  Degré

Wie?

$$\sigma(e^{+}e^{-} \rightarrow \text{Hadronen}) = N \cdot \frac{1}{E} \cdot \frac{1}{L} \cdot (1 + \delta)$$

- 1) Finden der hadronischen Ereignisse
- 2) Bestimmung der Detektor-Akzeptanz
- 3) Messung der Luminosität
- 4) Strahlungskorrekturen
- 5) Interpretation

Der Pluto-Detektor

-58-

Supraleitende Spule 1.7 Tesla

10 zylindrische Prop. Kammern 90% von  $\Upsilon$

Schauerzähler 94% von  $\Upsilon$

Trigger

Spurelemente in den Prop. Kammern

Energie in den Schauerzählern

Rate  $\approx 10 \text{ Hz}$  80% Strahl-Residual-WW  
20% Höhenstrahlung

Hadronische Ereignisse  $\approx 100 / \text{Tag}$

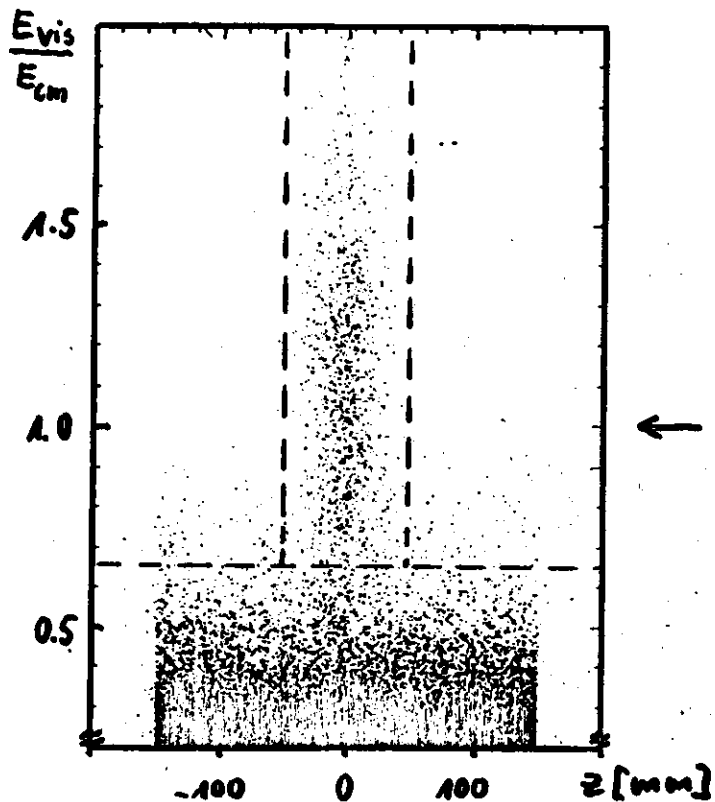
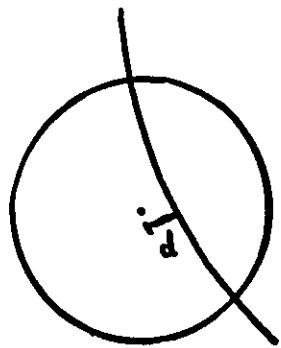


-59-

Reduktion der Ereignisse  
aus der Höhenstrahlung

$$d < 10 \text{ mm}$$

$$\Delta z < 20 \text{ mm}$$

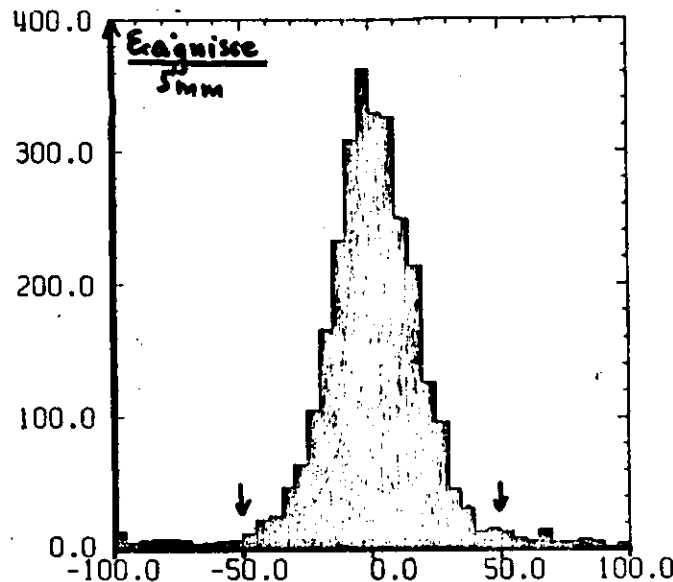


Reduktion der Ereignisse aus Strahl-Gas-WW

$$E_{vis} > \frac{2}{3} E_{cm}$$

$$\Delta z < 50 \text{ mm}$$

-60-



Ereignisse aus der  $e^+e^-$ -Wechselwirkung

Endzustand

Schnitt

QED

$\mu^+\mu^-$

$\varphi > 30^\circ$



$\gamma\gamma$

$\varphi > 30^\circ$



$e^+e^-, e^+e^-\gamma$

Schauerenergie zur Spur  $< \frac{1}{3} E_{cm}$

$\tau\bar{\tau}$

Monte Carlo

$\gamma\gamma$ -Reaktionen

E gemessen  $> \frac{2}{3} E_{cm}$

$e^+e^- \rightarrow e^+e^- X$

Hadronen aus

$e^+e^-$ -Vernichtung

524 Ereignisse neben dem  $\mathcal{I}$

1361

auf dem  $\mathcal{I}$

# Bestimmung der Abzeplanz -61-

3 Monte Carlo Programme

Pionen - Phasenraum

Input: Mittlerer Multiplizität geladen  
neutral

2 jet Monte Carlo nach Field & Feynman  
nur  $u, d, s$

keine freien Parameter

3 Gluon Monte Carlo

Input: Mittlerer Transversalimpuls  
neutral: geladene

Abzeplanz für PLUTO 80%  
systematischer Fehler  $\pm 10\%$

Multiplizitätsaufaltung

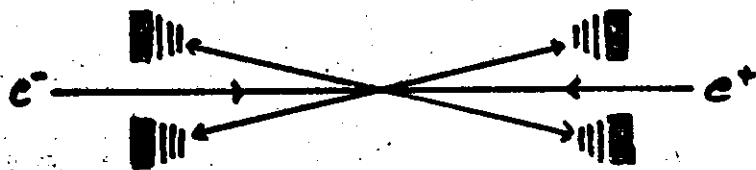
$$\begin{pmatrix} n_1^{obs} \\ \vdots \\ n_m^{obs} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \vdots \\ \epsilon_m \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \end{pmatrix}$$

# Messung der Luminosität -62-

Def.:  $L = \frac{\text{Rate}}{\sigma}$

Bhabha - Kleinwinkelstreuung  $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{16\alpha^2}{s \cdot \theta^4}$

PLUTO bei DORIS:



$\langle \theta \rangle = 180 \text{ mrad}$

Rate = 1 Ereignis / Minute  $\hat{=} L = 5 \cdot 10^{29} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

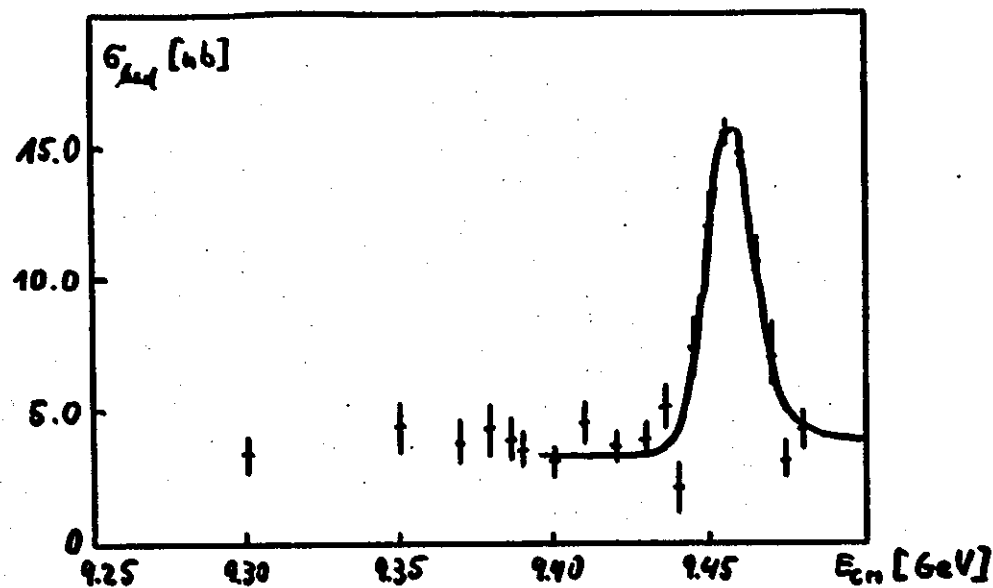
$\int L dt [\text{nb}^{-1}] = N \cdot \frac{E_0^2 [60V]^2}{2560} \cdot 1,09$

Fehler  $\approx \pm 10\%$

Überprüfung mit Bhabha-Weitwinkelstreuung  
im Innendetektor.

Ergebnis:  $\int L dt = 177 \text{ nb}^{-1}$  neben der Res.  
 $= 190 \text{ nb}^{-1}$  auf der Res.

hadronisches Wirkungsquerschnitt bei 9.4 GeV



Fit zur Bestimmung der Resonanzparameter

- Breit Wigner für Anregung
- Gaußverteilung für Maschinenauflösung
- Strahlungskorrektur nach Greco et al.

$$M(\Upsilon) = (9.4563 \pm 0.0008) \text{ GeV} \pm 0.01 \text{ (Maschine)}$$

$$\Gamma(\Upsilon \rightarrow e^+e^-) = (1.33 \pm 0.05) \text{ keV} \pm 0.13 \text{ syst. Fehler}$$

$$\Gamma_{\text{strahl}} = (7.3 \pm 0.1) \text{ MeV}$$

$$\Gamma_{\text{tot}}(\Upsilon) < 18 \text{ MeV}$$

Zusammenfassung der Messung

	nebon $\Upsilon$	$\Upsilon$
gesehene Ereignisse	524	1361
Akzeptanz	76%	80%
$\int \mathcal{L} dt$	$177 \text{ nb}^{-1}$	$190 \text{ nb}^{-1}$
Strahlungskorrekturen	-10%	Fit nach Greco
$R = \frac{\sigma_{\text{had}}}{\sigma_{\mu\mu}}$	$3.6 \pm 0.3$	
$\langle n_c \rangle$	$6.3 \pm 0.4$	$8.0 \pm 0.3$

Systematischer Fehler aus Monte-Carlo und Luminositätsmessung  $\pm 15\%$

$$\text{Masse } M(\Upsilon) = 9.46 \pm 0.01 \text{ GeV}$$

$$\Gamma_{ee} = 1.33 \pm 0.14 \text{ keV}$$

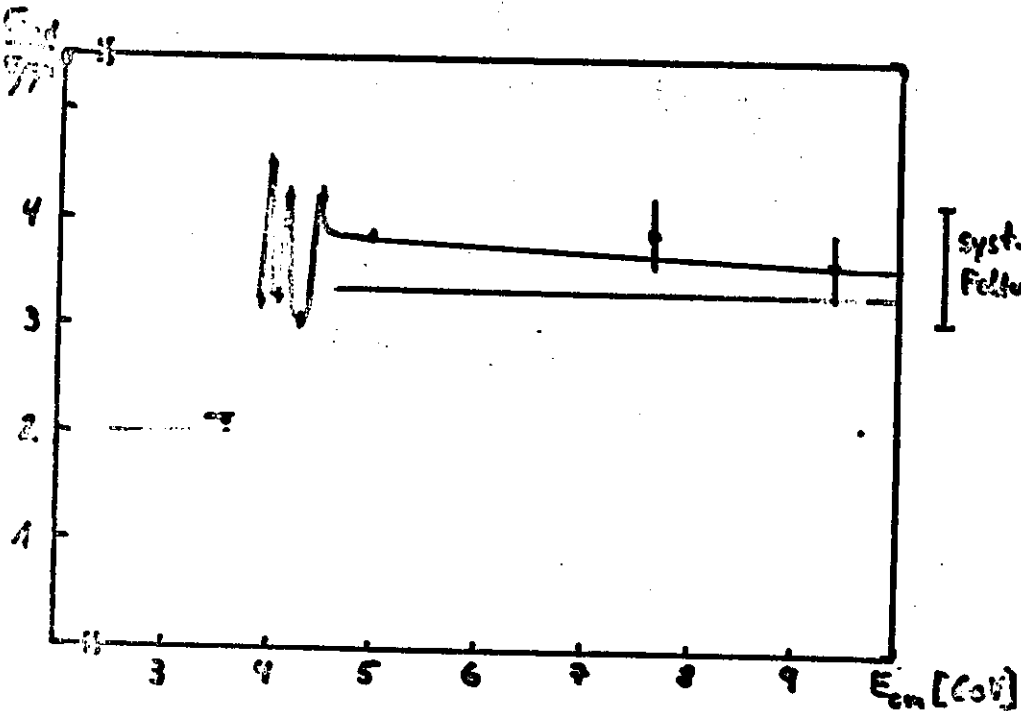
$$\Gamma_{\text{tot}} < 18 \text{ MeV (Maschinenauflösung)}$$

$$B_{\mu\mu} = (2.2 \pm 2.0)\%$$

$$\Rightarrow \Gamma_{\text{tot}} = \frac{\Gamma_{ee}}{B_{ee}} = \frac{\Gamma_{ee}}{B_{\mu\mu}} > 21 \text{ keV [95\%cl]}$$

me-Universalität

B: schmale Resonanz mit hoher Masse  
 Analogie zum J/ψ: gebundenes System aus einem neuen Quark mit seinem Antiquark.



$R = 3 \cdot \frac{7}{8} = 2.625$   
 = 2 unter Charmoniumbereich  
 =  $3 \frac{1}{2}$  oberhalb

BSO:  $R = 3 \cdot \frac{7}{8} (1 + \frac{1}{3})$   
 2/10%  
 ⇒ Genauigkeit 5% nötig

Zusammenfassung:

DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT E.V.



Bestimmung des totalen hadronischen Wirkungsquerschnittes in der  $e^+e^-$ -Annihilation um 9.4 GeV

PLUTO-Kollaboration, Ch. Gerke (DESY)

Der  $e^+e^-$ -Speicherring DORIS bei DESY wurde auf einen Ein-Ring-ein-Bunch-Betrieb umgestellt. An der umgebauten Maschine konnte der totale hadronische Wirkungsquerschnitt der  $e^+e^-$ -Annihilation bei Schwerpunktsenergien um 9.4 GeV mit dem magnetischen Detektor PLUTO gemessen werden. Dabei gelang der Nachweis des  $\Upsilon$ -Mesons in der  $e^+e^-$ -Annihilation. Es wird interpretiert als der gebundene Zustand eines neuen schweren Quark-Antiquark-Paares.

q $\bar{q}$ -Jets zwischen 3 und 17 GeV

Klaus Derikum

Gesamthochschule Siegen

q $\bar{q}$ -Jets zwischen 3 und 17 GeV

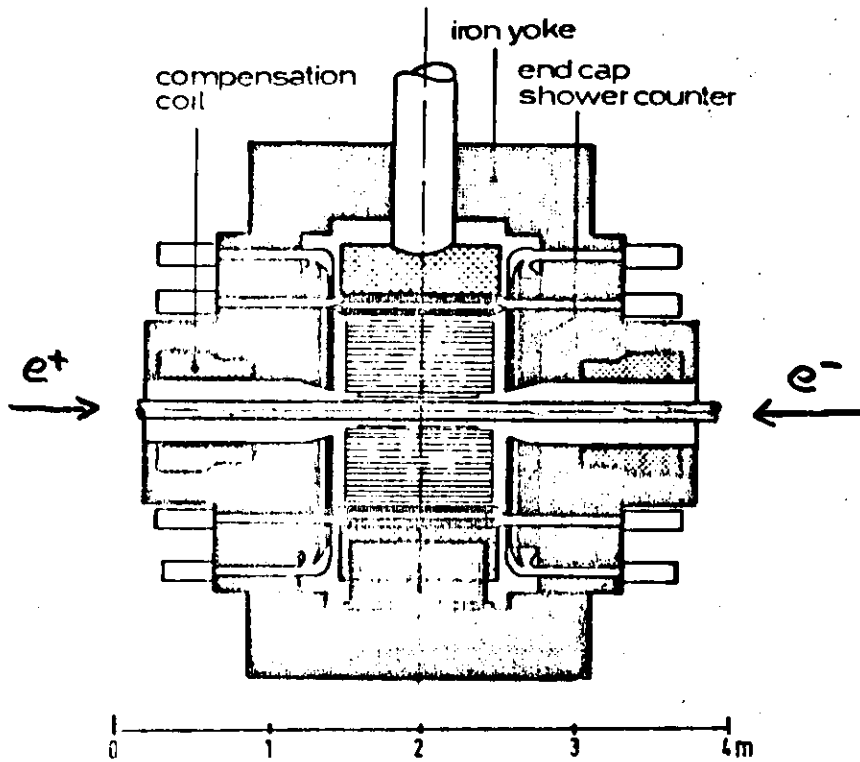
PLUTO - Kollaboration

---

- - Detektor
- Definition der Größen
- Datenauswahl
- Ergebnisse

# PLUTO - Detektor

-69-



Akzeptanz geladen  $0.90 \times 4\pi$

Akzeptanz neutral  $0.94 \times 4\pi$

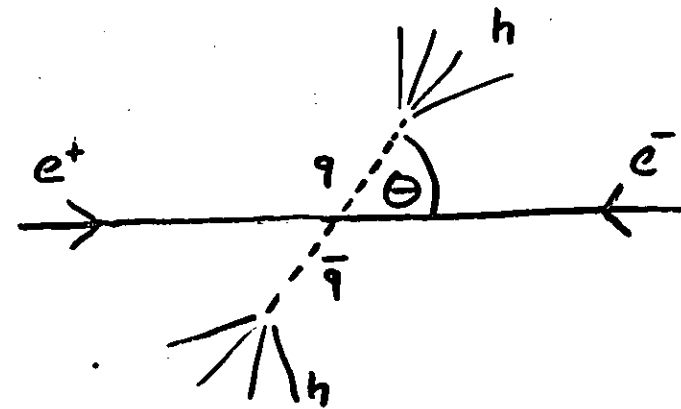
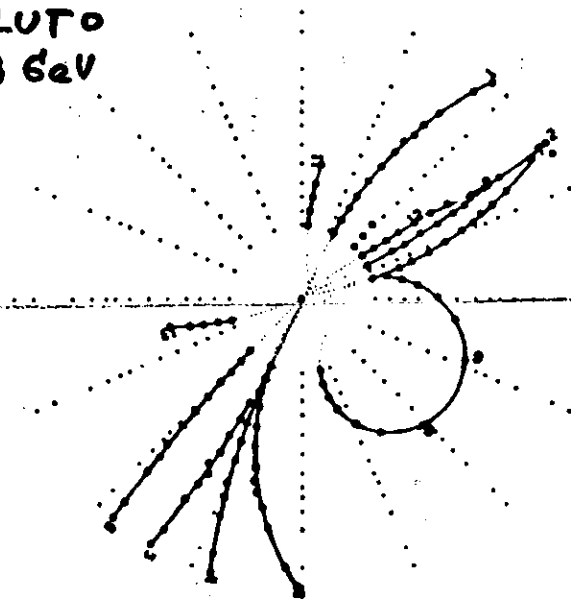
$$\sigma_p / p^2 = 6\%$$

$$\sigma_E / \sqrt{E} = 25\%$$

# 99-jets

-70-

PLUTO  
13 GeV



Jet - Maße

Sphericity	Thrust
$S = \frac{3}{2} \min \left( \frac{\sum p_{\perp}^2}{\sum p^2} \right)$	$T = \max \left( \frac{\sum  p_{i1} }{\sum  p_i } \right)$
Isotropie: $S = 1$	Isotropie: $T = 0.5$
Kollinearität: $S = 0$	Kollinearität: $T = 1.0$
Berechnung über Eigenwertproblem	Berechnung über Kombinationsverfahren

Datenauswahl

1. Abtrennung von  
Kosmischer Strahlung  
QED  
Strahl-Gas-Wechselwirkung

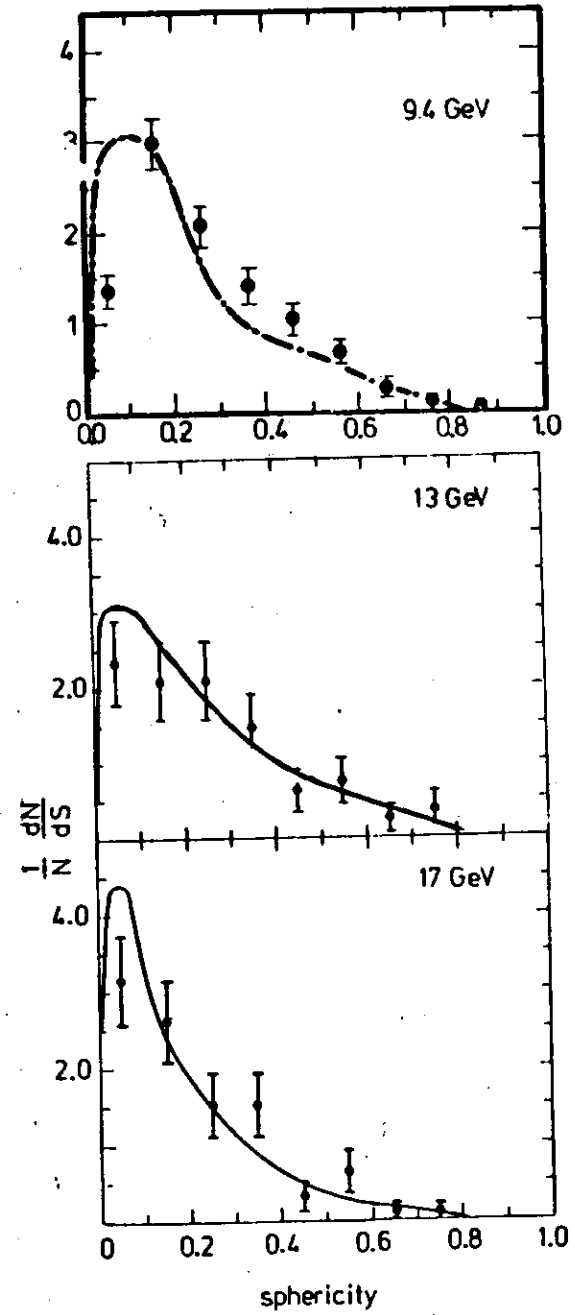
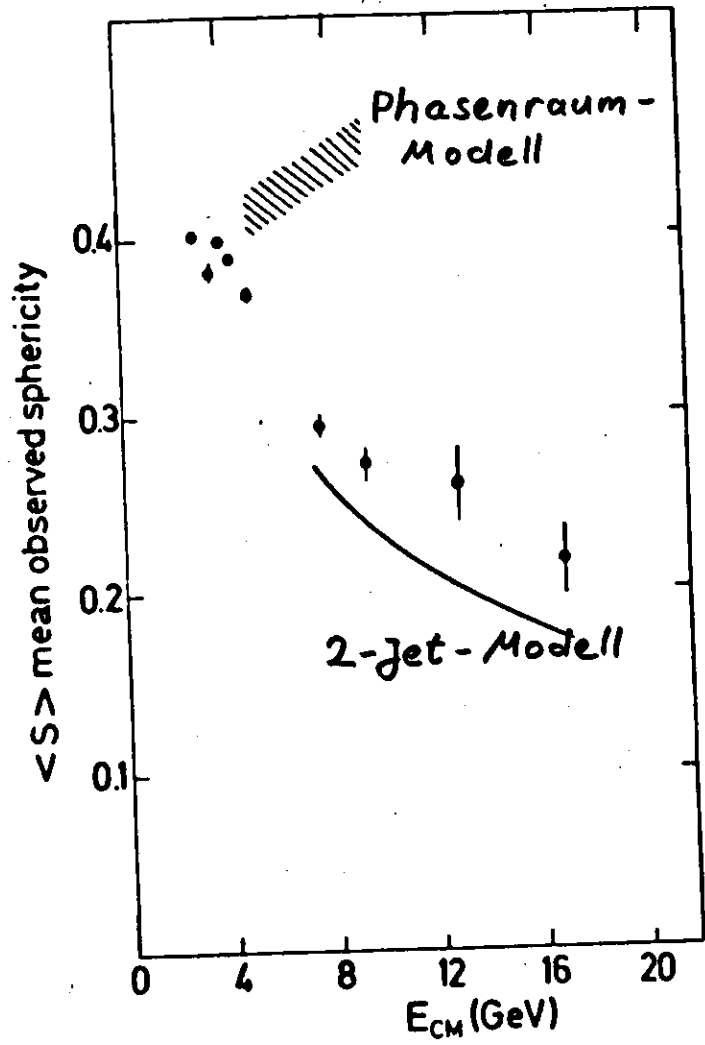
durch gleiche Schritte wie bei  
Bestimmung des totalen hadronischen  
Wirkungsquerschnitts.

2. Mindestens 4 geladene Teilchen  
vom Wechselwirkungspunkt

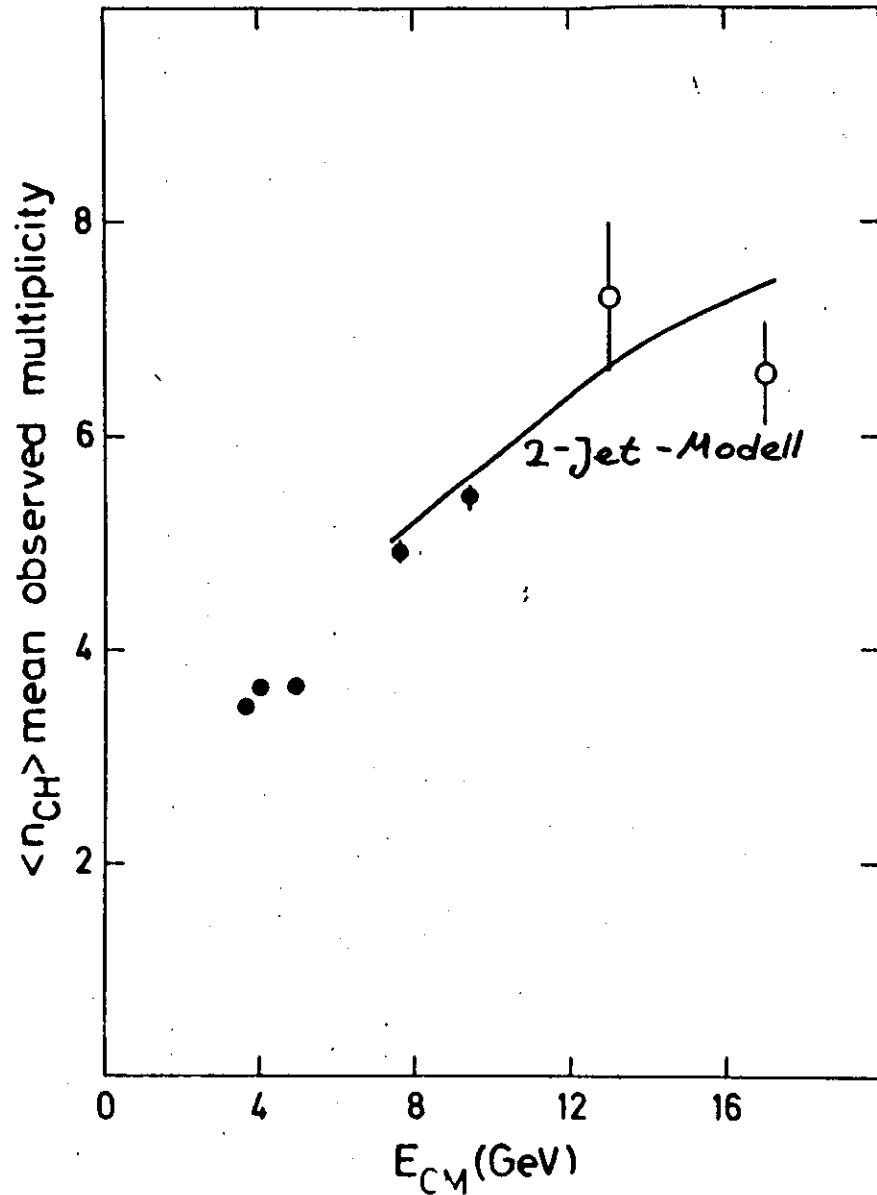
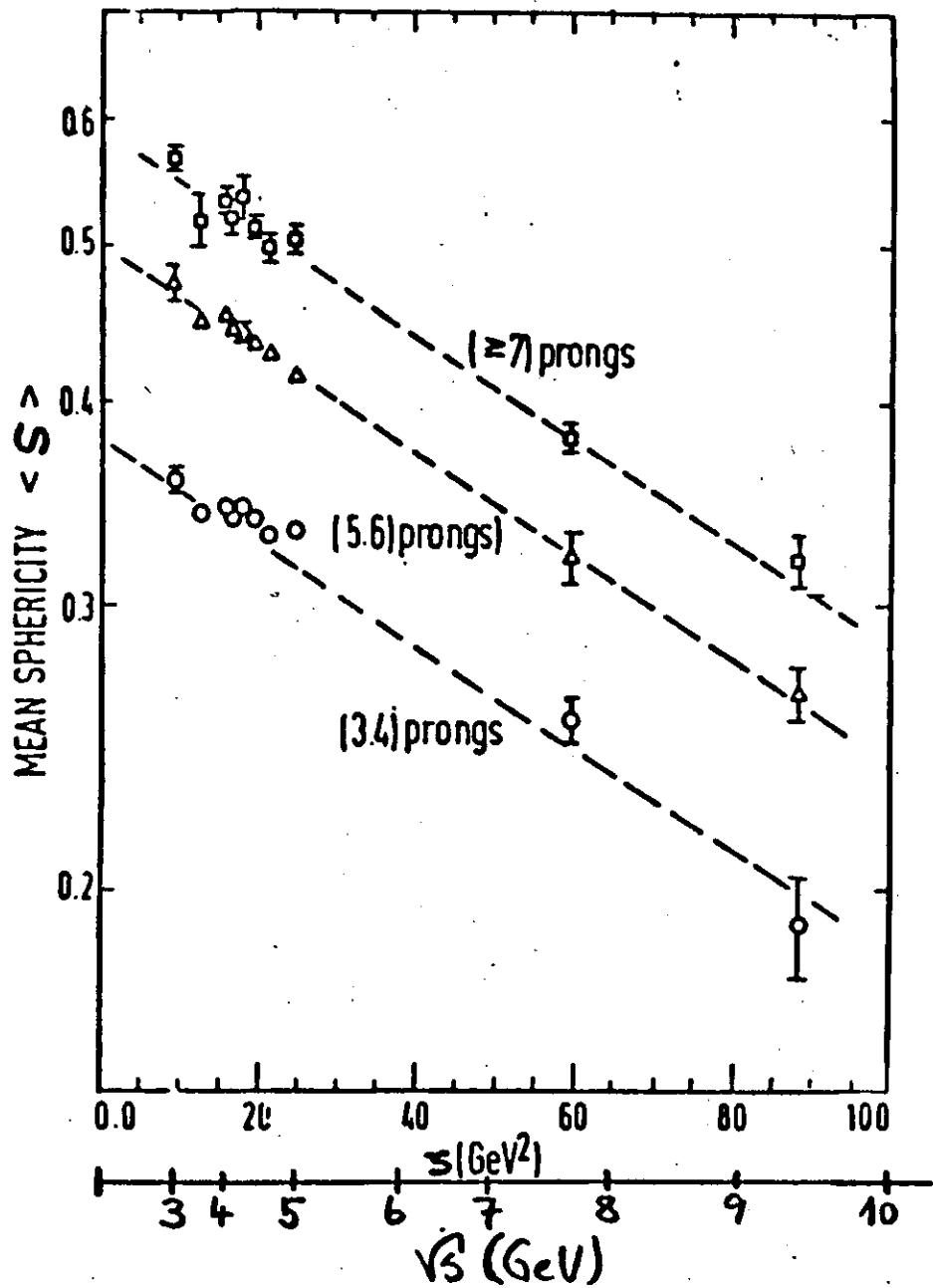
Verbleibender Untergrund  $< 5\%$

- (einschließlich  $\tau$ -Zerfälle,  $\gamma\gamma$ -Prozesse)

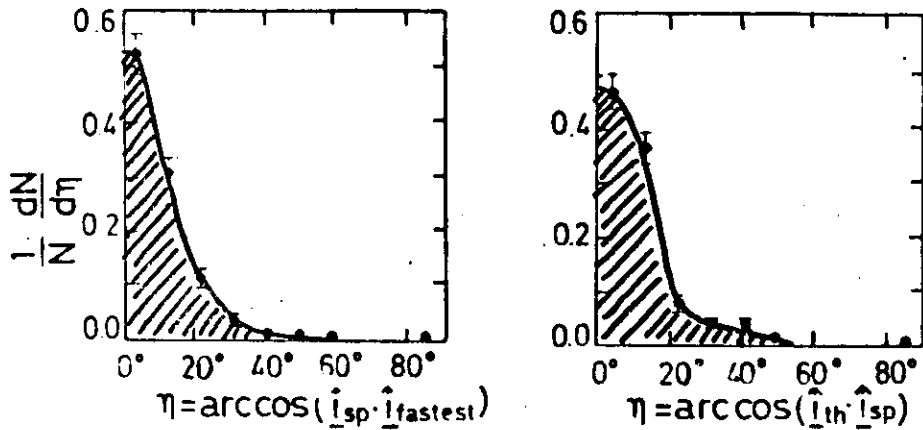
Alle Ergebnisse unkorrigiert!  
(bezüglich Akzeptanz, Strahlungskorrekturen)





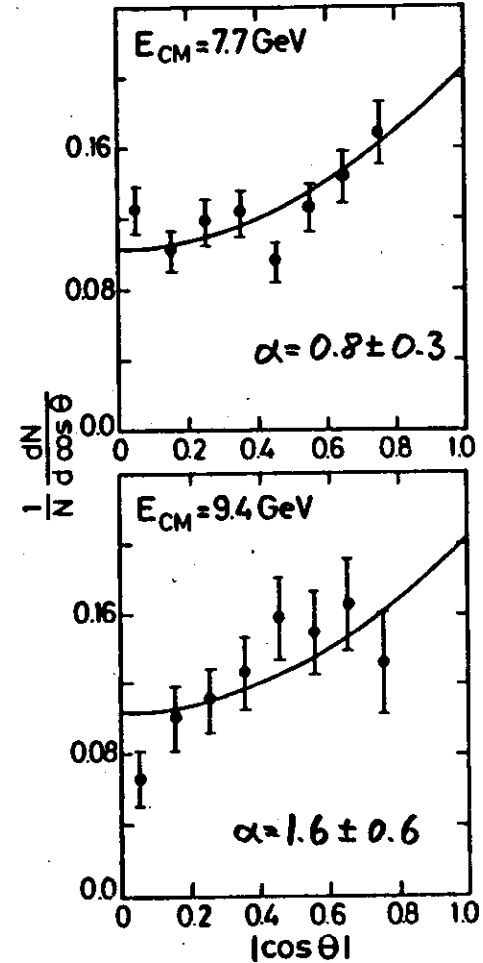


Bestimmung der Jet-Achse



HWHM  $\approx 15^\circ$

Thrust Axis Distribution

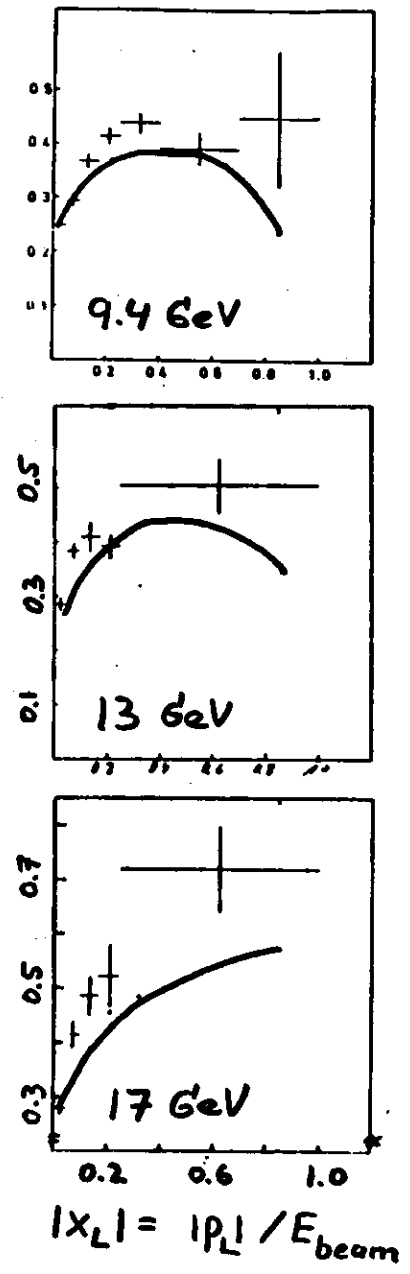
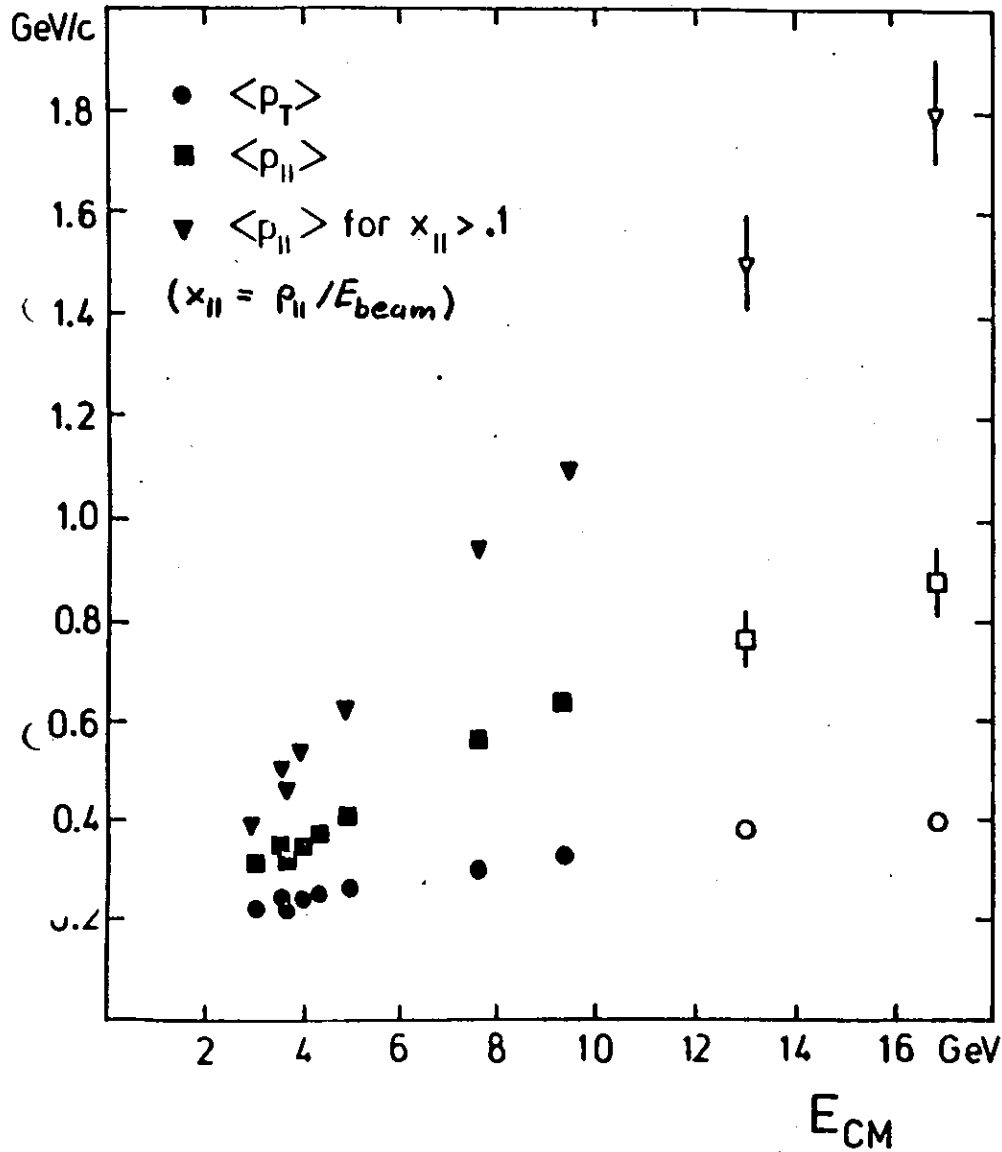


$$W = 1 + \alpha \cdot \cos^2 \theta$$

Eingezeichnete Linien:  $\alpha = 1.0$

wie für Spin =  $\frac{1}{2}$  erwartet

Mittlere Impulse



## Zusammenfassung

Eine klare 2-Jet-Struktur wird  
beobachtet

Die Daten sind verträglich mit dem  
 $q\bar{q}$ -Bild

Zu QCD-Effekten sind z.Zt. keine  
Aussagen möglich

---

## Zusammenfassung:

DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT E.V.



Untersuchung von Jets in der  $e^+e^-$ -Annihilation bei Schwerpunktenenergien  
zwischen 3.1 und 9.5 GeV.

PLUTO-Kollaboration, K. DERIKUM (Gesamthochschule Siegen)

Am Speicherring DORIS ist mit dem magnetischen Detektor PLUTO eine  
Zwei-Jet-Struktur von hadronischen Ereignissen der  $e^+e^-$ -Annihilation  
beobachtet worden. Aus den geladenen Spuren werden topologische Größen  
wie mittlere Sphericity, mittlerer Thrust, die Winkelverteilung der  
Jet-Achse sowie Parallel- und Longitudinalimpuls bezüglich der  
Jet-Achse bestimmt.

Jet Analyse des  $\Upsilon$ -Zerfalls  
in geladene Hadronen

Hans-Jürgen Meyer  
Gesamthochschule Siegen

Jet Analyse des  $\Upsilon$ -Zerfalls  
in geladene Hadronen

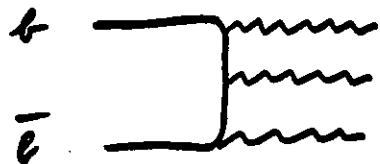
PLUTO - Kollaboration

Bonn Vortrag

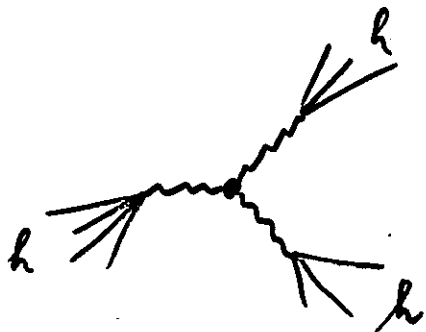
H. J. Meyer

Gesamthochschule Siegen

(noch ungekürzte Version)

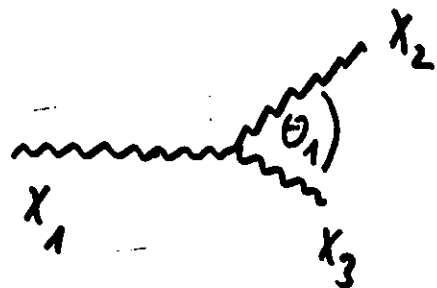


QCD:  
3-gluon Zerfall



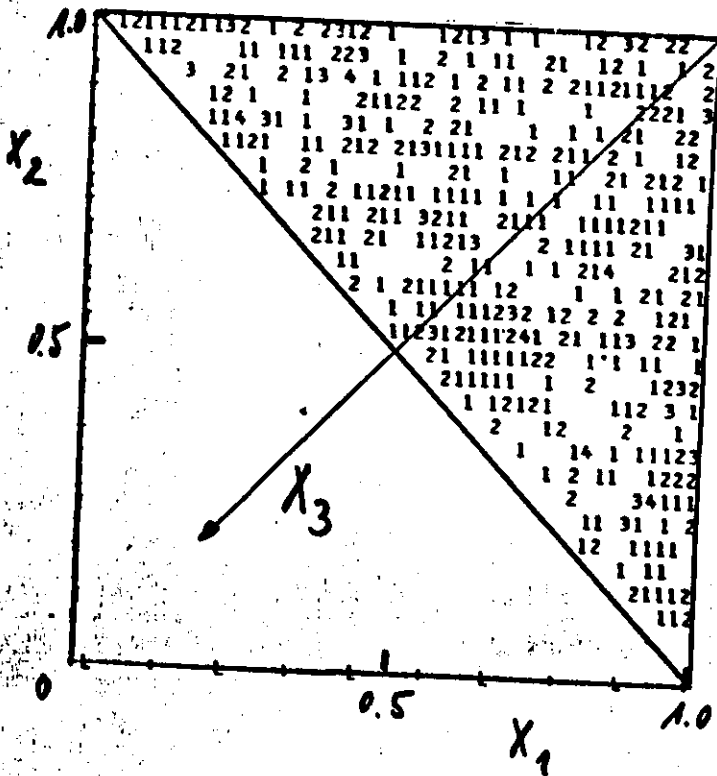
Voraussetzungen:

- 3-jet - Struktur
- flache Konfiguration
- Winkelverteilung der Thrust-Achse:  
 $\sim 1 + 0.38 \cos^2 \theta$
- Winkelverteilung der Normalen zur 3-g-Ebene:  
 $\sim 1 - \frac{1}{3} \cos^2 \theta$



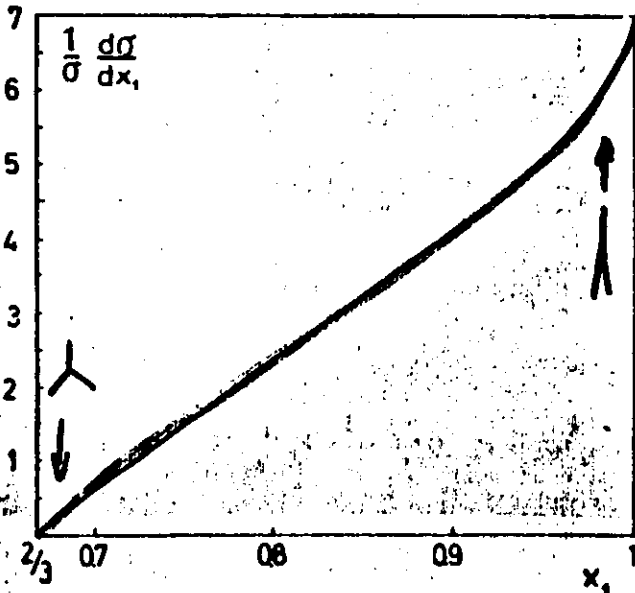
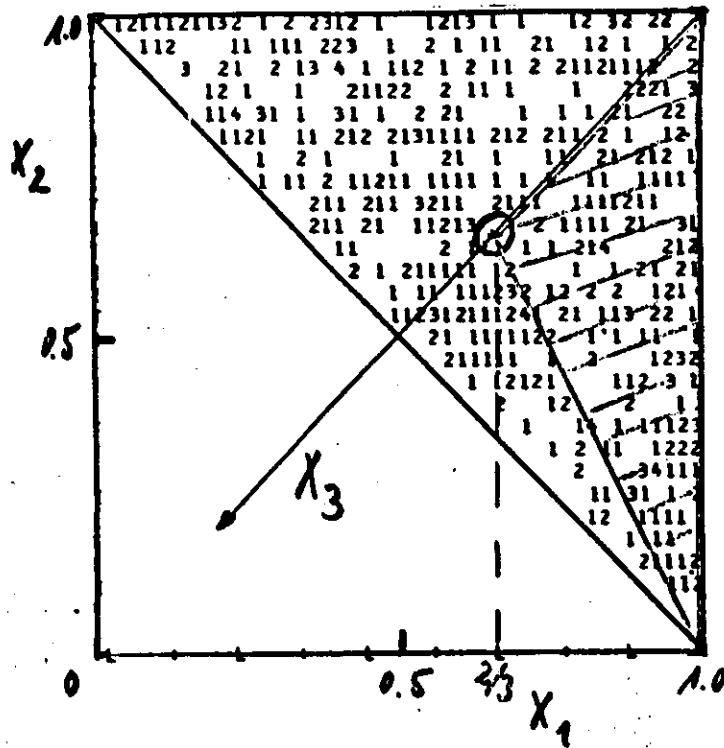
Koller,  
Kraussmann,  
Walsh

$X_i = 2 P_{gluon} / M_Z$



$$x_1 > x_2 > x_3$$

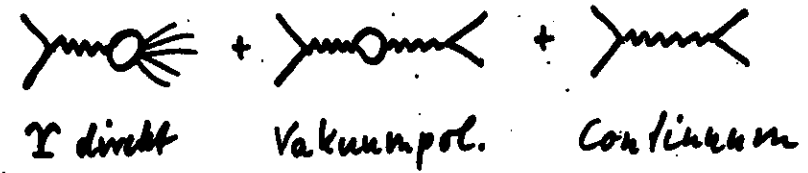
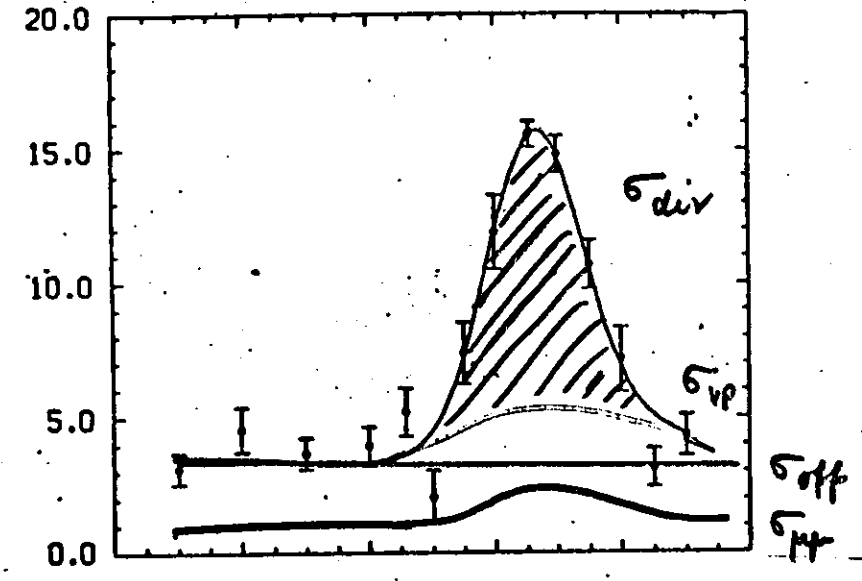
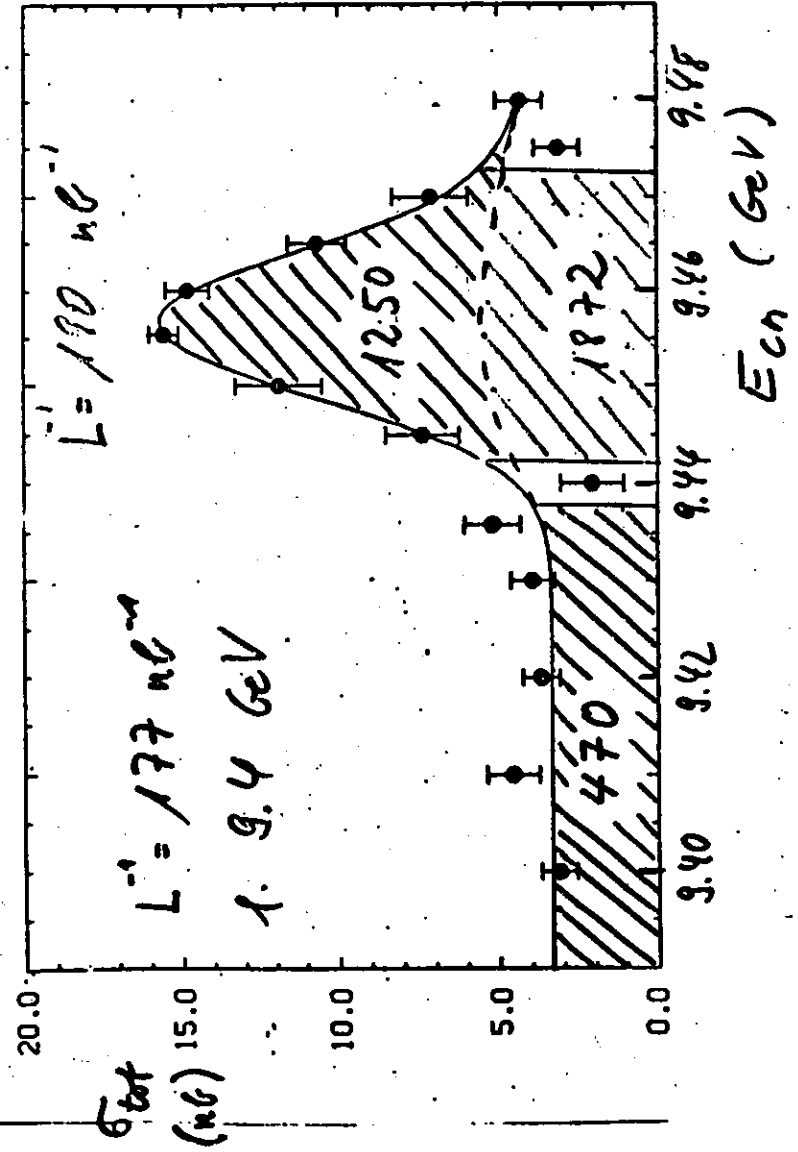
-87-



-88-

Modelle:

- 2 g - Jet M.C. (Field + Feynman)
- Multi Pionen Phasenraum M.C.
- 3 g - M.C.
- Erzeugung:
  - 3 g - Dalitz Plot
- Fragmentation:
  - g - jets bei entsprechender Energie



$$\sigma_{div} = \sigma_{on} - \sigma_{off} - \sigma_{off} \left( \frac{\sigma_{\pi^0}^{on} - \sigma_{\pi^0}^{off}}{\sigma_{\pi^0}^{off}} \right)$$

Subtraktion erfolgt differentiell:

$$\left. \frac{dN}{dX} \right|_{div} = \left. \frac{dN}{dX} \right|_{on} - 1.32 \left. \frac{dN}{dX} \right|_{off}$$



3 verschiedene Messmöglichkeiten:

1. 2-jet Kaste: Sphericity Thrust

2. Größen, die die 'Flachheit' eines Events messen:

$Q_1$   
Acoplanarity

3. Größen, die eine 3-jet-Struktur messen oder erkennen:

Triplanarity

a) Sphericity:

$$S = \min \frac{3}{2} \frac{\sum p_{Ti}^2}{\sum p_i^2}$$

Methode:

$$T^{\alpha\beta} = \sum_{i=1}^N (p_i^\alpha \delta^{\alpha\beta} - p_i^\alpha p_i^\beta) \quad \alpha, \beta = 1, 2, 3$$

→ Eigenwerte  $\lambda_i$  mit  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$

$$S = \frac{3 \lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} \begin{cases} 0 & \text{collinear} \\ 1 & \text{Kugel} \end{cases}$$

2.) Thrust:

(maximum directed momentum)

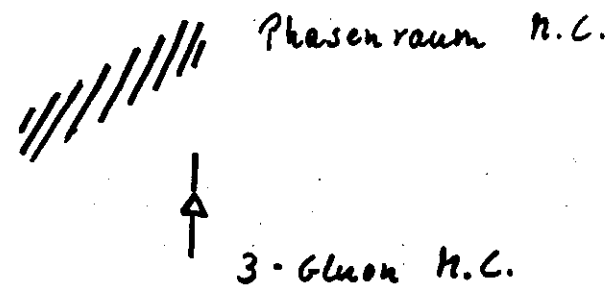
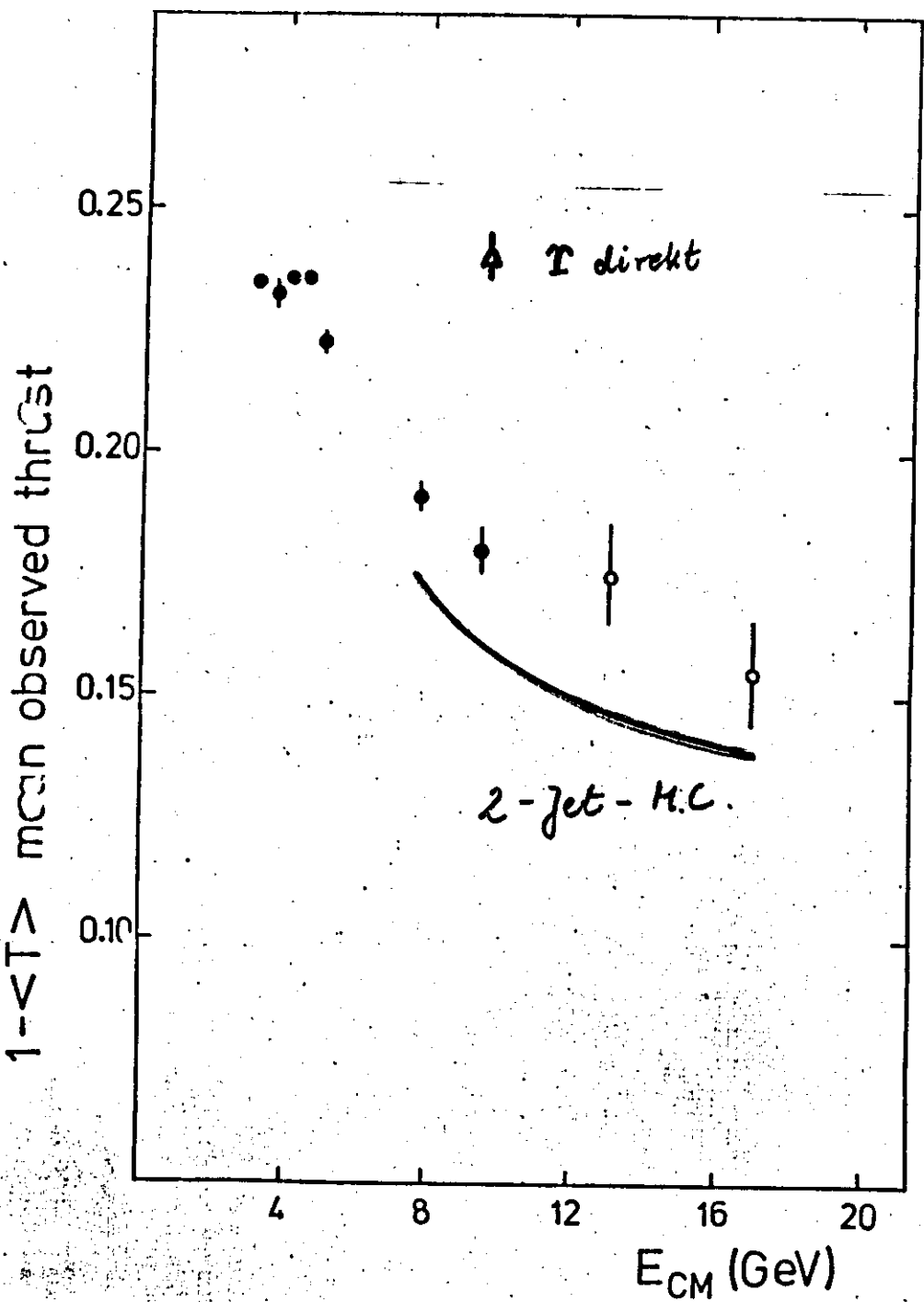
$$T = 2 \max \frac{\sum |p_{Ti}|}{\sum |p_i|} \quad \left( = \frac{\sum |p_{Ti}|}{\sum |p_i|} \right)$$

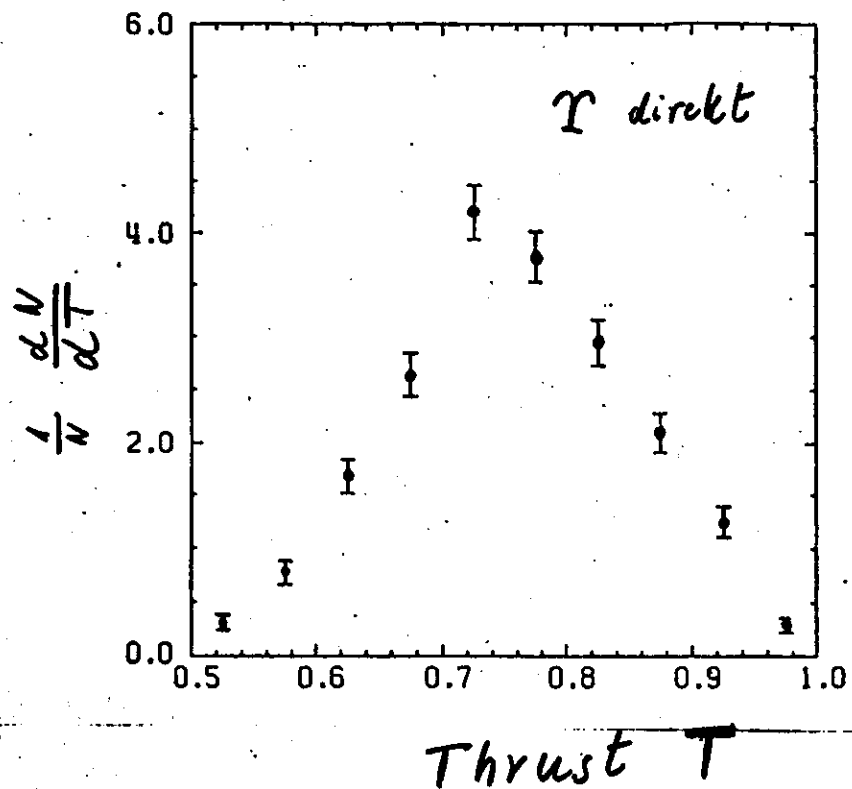
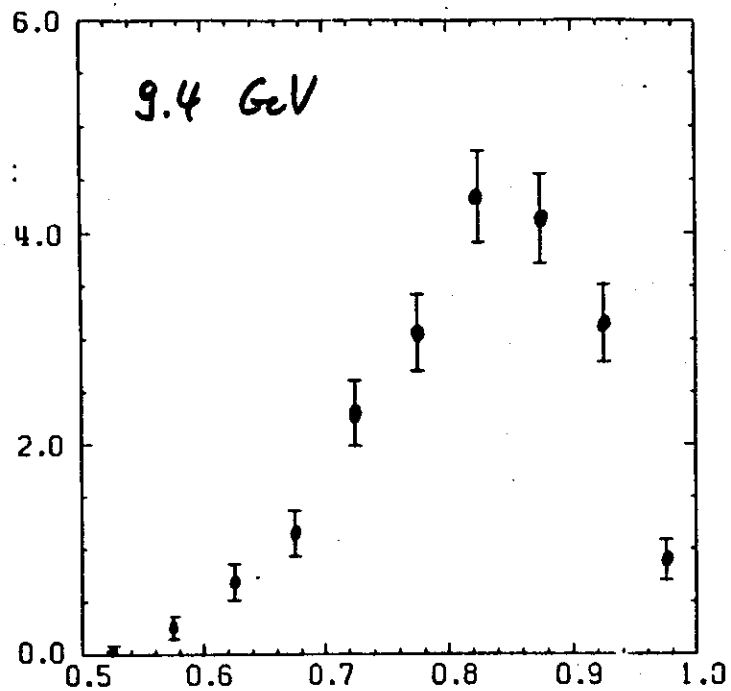
Methode: Kombinationsverfahren ( $2^{N-1}$ )

→ Suche:  $\max |\sum p_i|$

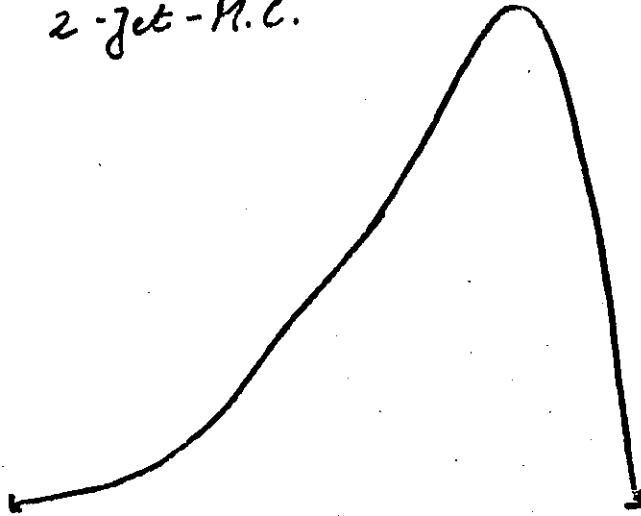
$$T \begin{cases} 1 & \text{collinear} \\ 0.5 & \text{Kugel} \end{cases}$$

$$1 - \langle \bar{T} \rangle \hat{=} \langle S \rangle \quad 0.3 \text{ als } f(S)$$

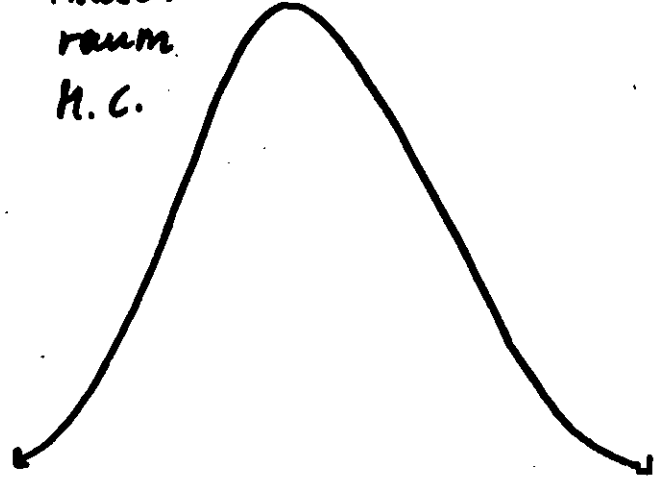




2-Jet-H.C.



Phasen-  
raum  
H.C.



3-Gluon M.C.

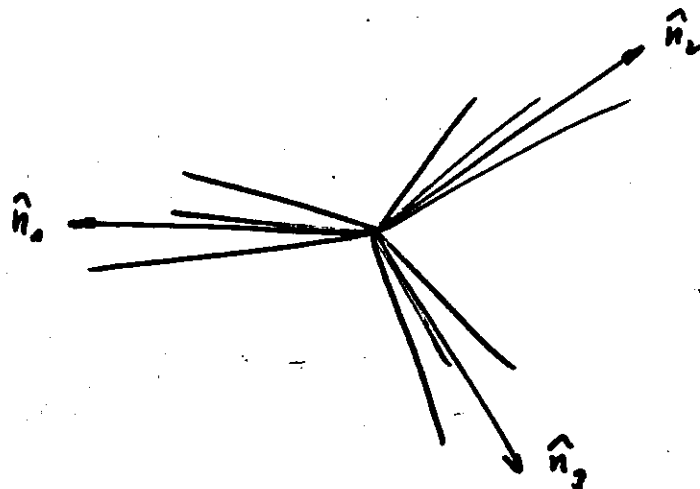


Triplicity :

$$T_3 = \max \frac{|\sum_{i \in C_1} \vec{p}_i| + |\sum_{i \in C_2} \vec{p}_i| + |\sum_{i \in C_3} \vec{p}_i|}{\sum_{i=1}^N |\vec{p}_i|}$$

Methode: Kombinationsverfahren

Klassen  $C_i$ : disjunkt, nicht leer



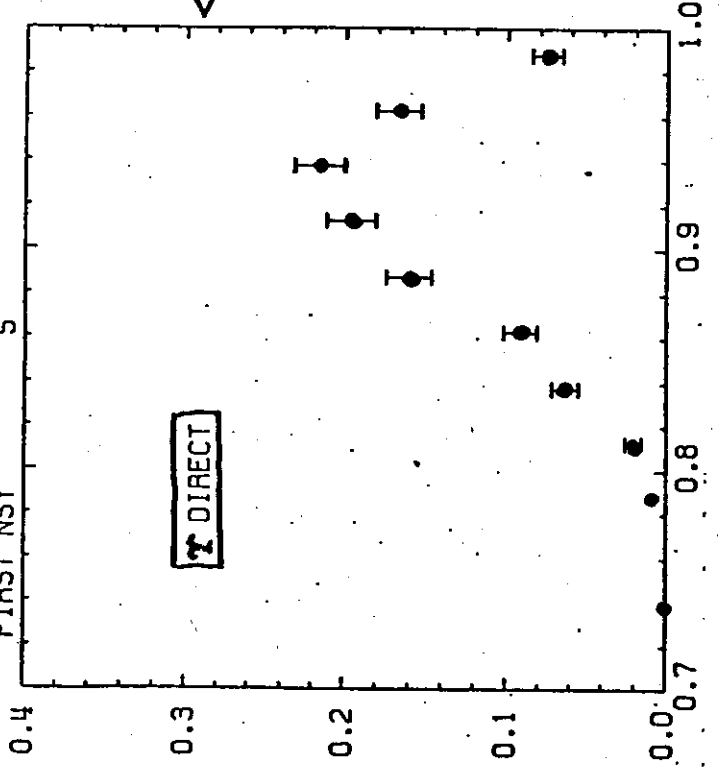
Im Prozedur findet per Def. immer  
3 Achsen  $\hat{n}_i$ .

Anzahl d. Komb. =  $\frac{1}{2} (3^{N-1} + 1) - 2^{N-1}$

e. B.  $N=10 \rightarrow 9330$   
Rechenzeit  $\approx 7$  sec.

02/11/78 KA 929  
12.14.38 KB 201  
KC 5  
FIRST NSY

$\langle T_3 \rangle = 0.915 \pm 0.003$



$\frac{dN}{dT_3}$

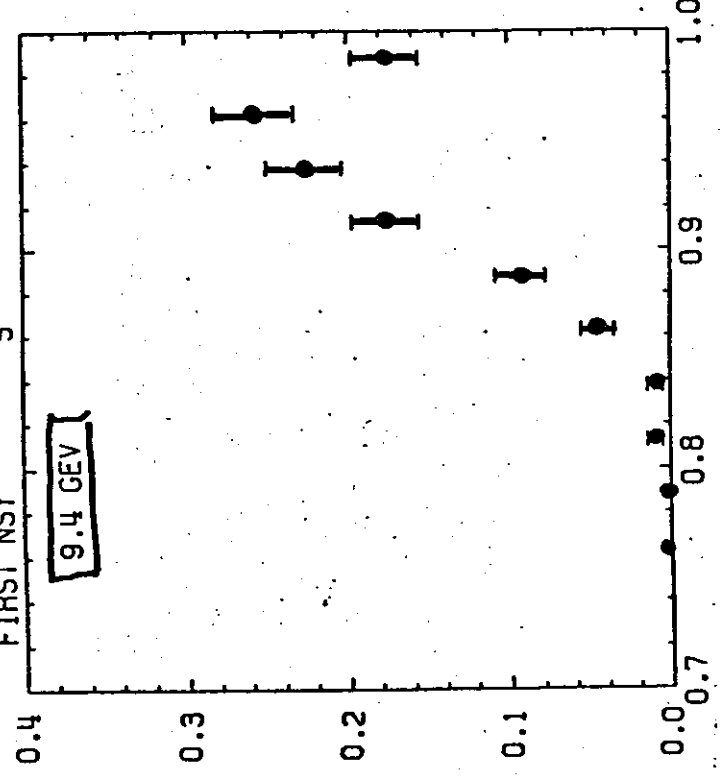
$\frac{1}{N}$

T<sub>3</sub>

TRIPPLICITY BAL.

02/11/78 KA 929  
12.11.51 KB 201  
KC 5  
FIRST NSY

$\langle T_3 \rangle = 0.937 \pm 0.002$



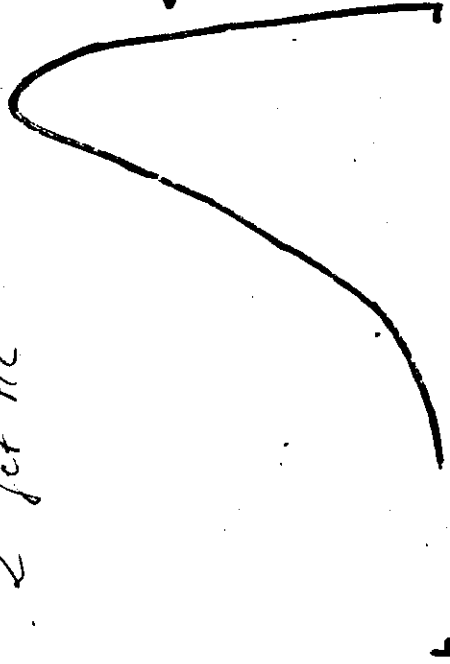
$\frac{dN}{dT_3}$

$\frac{1}{N}$

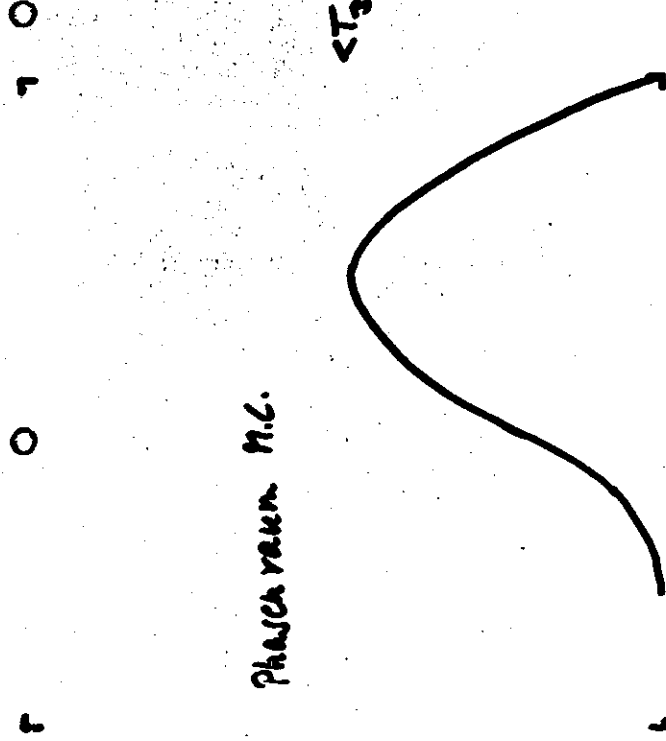
T<sub>3</sub>

TRIPPLICITY BAL.

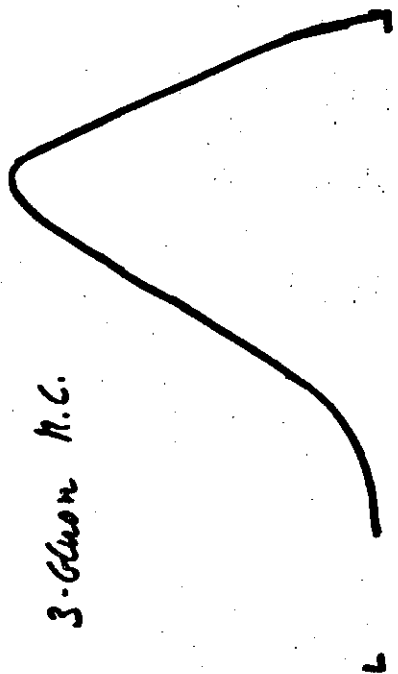
2 jet MC



Phaseraum N.C.

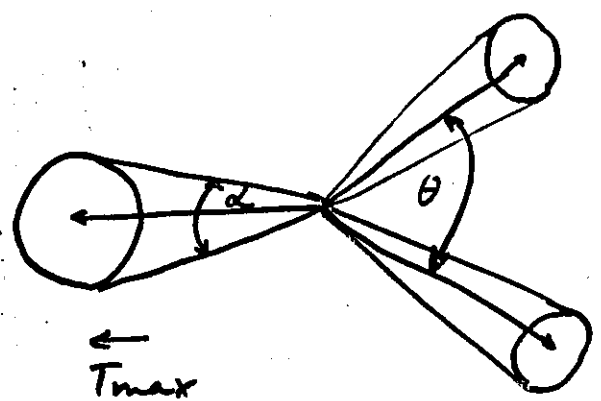


$\langle T_3 \rangle = 0.944 \pm 0.001$

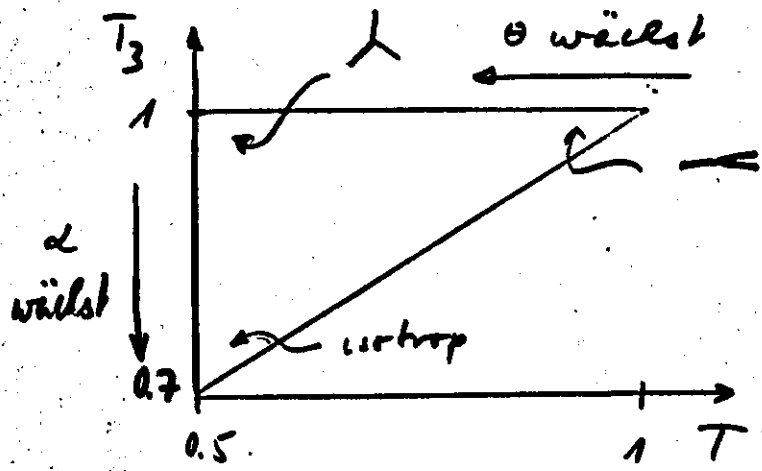


3-Glaxon N.C.

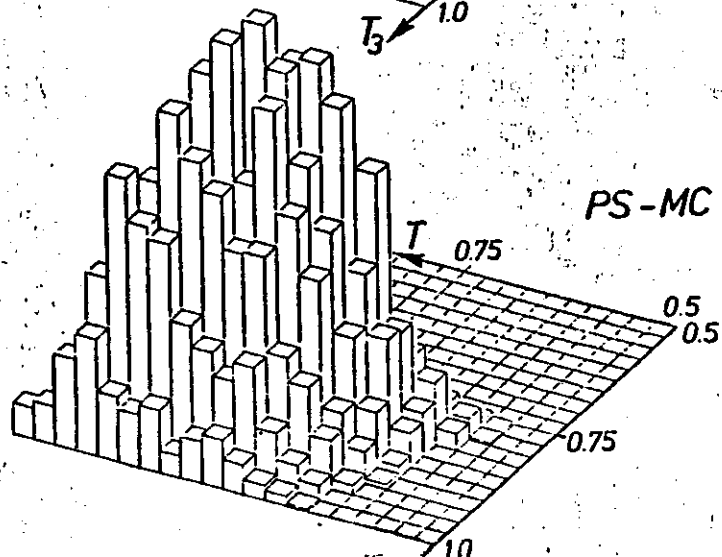
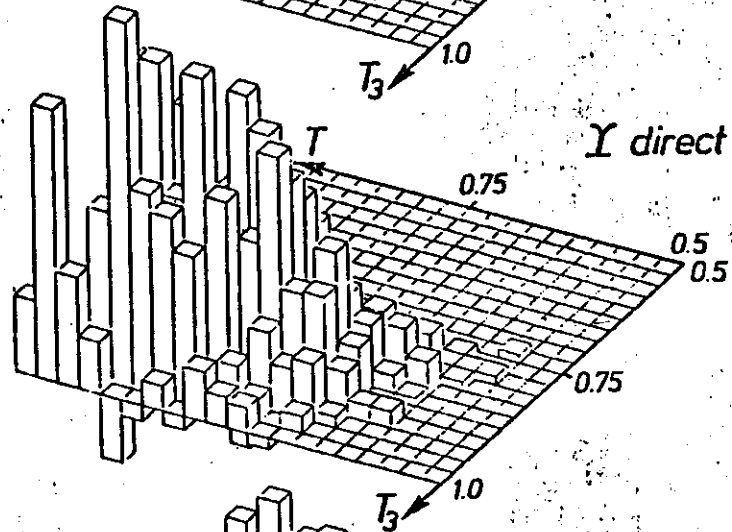
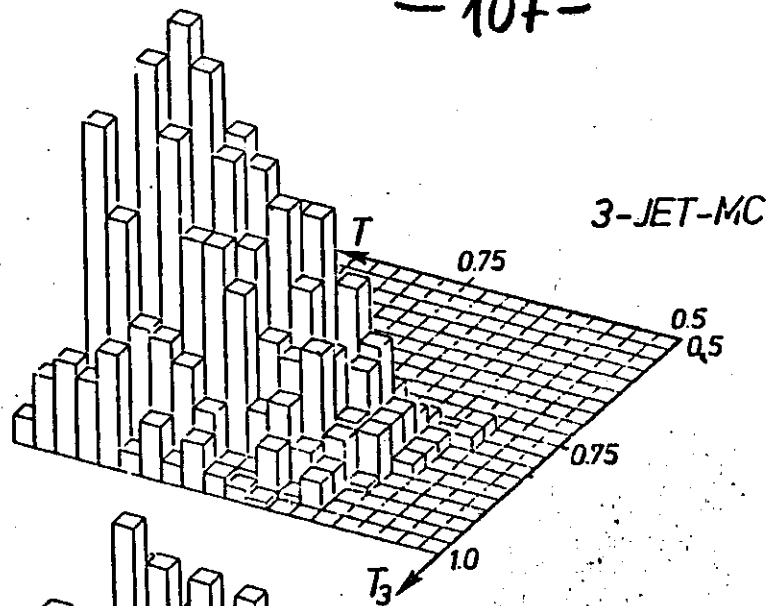
$T_3$  in Verbindung mit Thrust  $T$



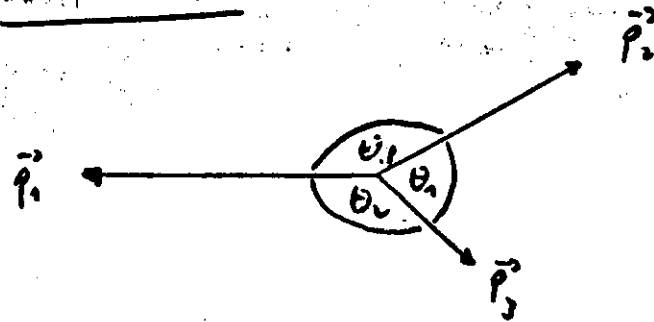
$T$  'misst' den Öffnungswinkel der Bohren  
 $T_3$  'misst' den Öffnungswinkel der Kegel







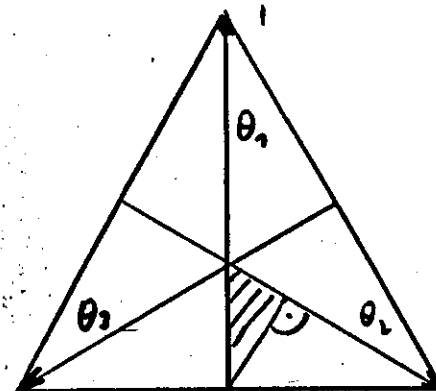
$P_1 \neq P_2 \neq P_3$

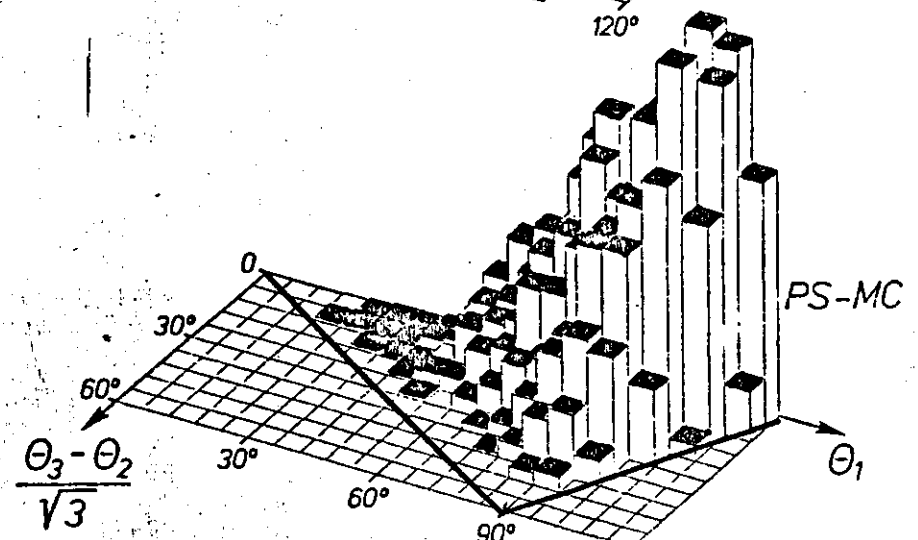
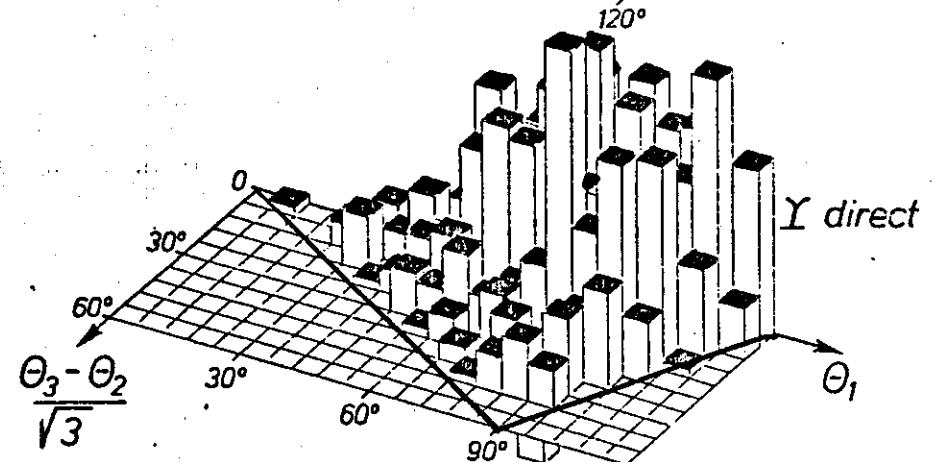
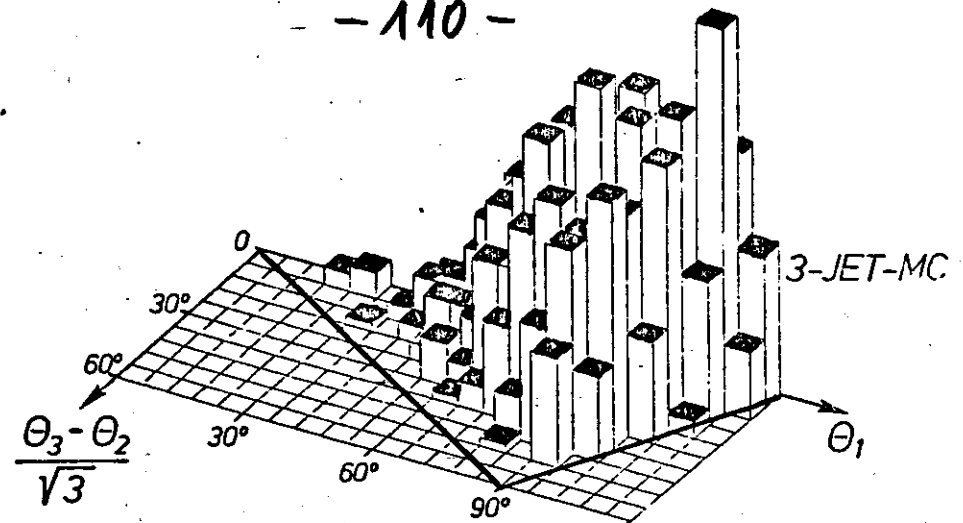
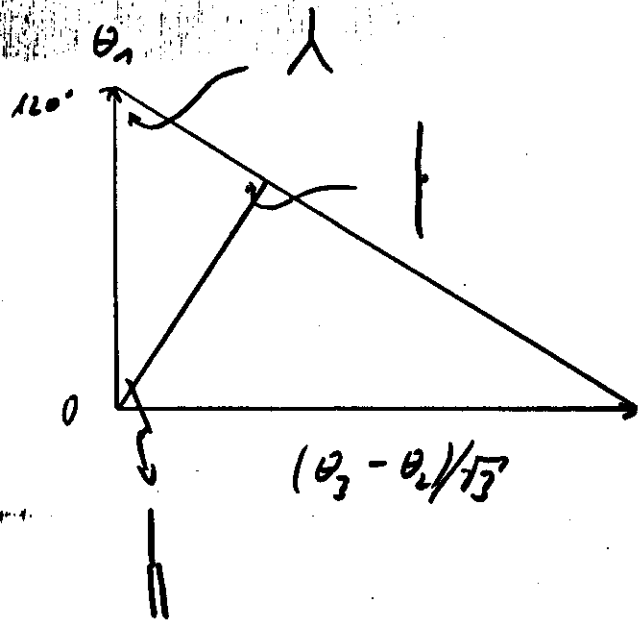


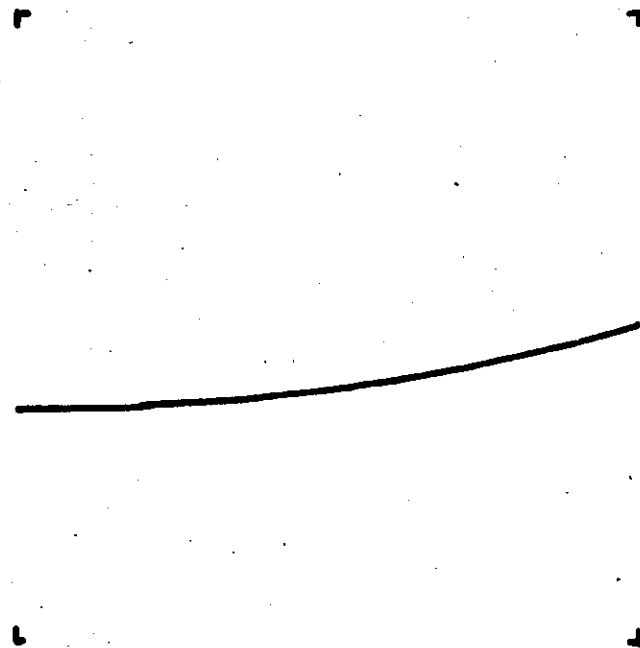
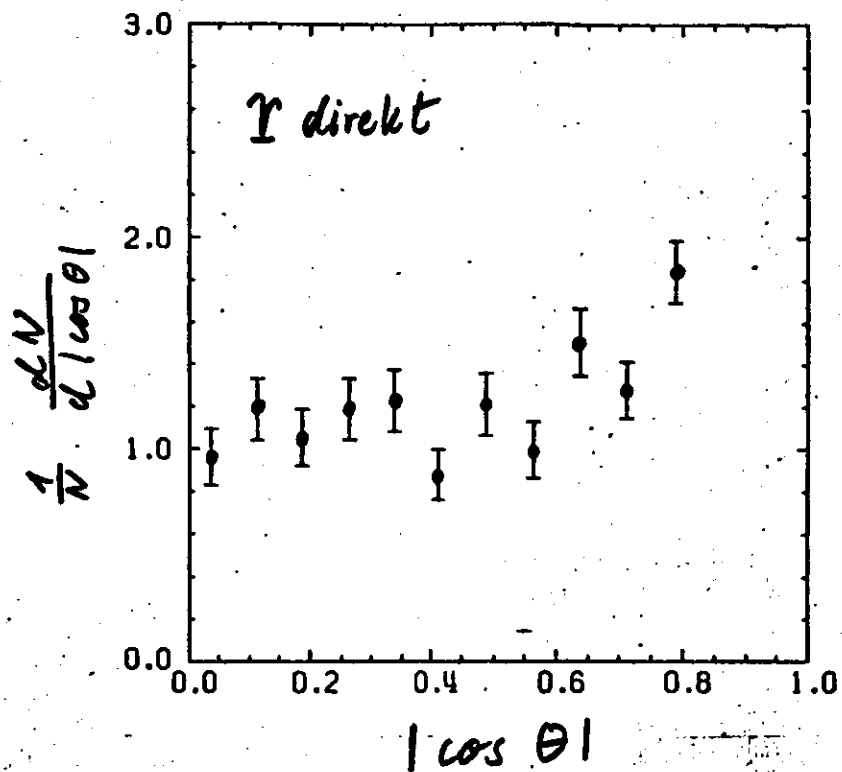
$$\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = 360^\circ$$

$$110^\circ > \theta_2, \theta_L > 90^\circ, \theta_3 > \theta_L$$

$$\theta_1 < 120^\circ$$







Kurve :  $1 + 0.39 \cos^2 \theta$

Fit :  $0.83 \pm 0.23$

## Zusammenfassung:

- 113 -

- alle Größen sind deutlich vom Phasenraum und der Erwartung von 2-Jets verschieden, aber sind konsistent mit den Vorhersagen des 3-Gluon Zerfalls

- andere Möglichkeiten wie ein modifizierter Phasenraum, der Resonanzen oder eine 2-Jet Beimischung enthält, können nicht ausgeschlossen werden.

Bessere Klärung mit größerer Statistik und Einbeziehung der neutralen Impulse.

- 114 -

## Zusammenfassung:

DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT E.V.



Untersuchung der Jet-Struktur des Zerfalls des  $\Upsilon(9.46)$ -Mesons  
in geladene Hadronen

PLUTO-Kollaboration, H.-J. Meyer (Gesamthochschule Siegen)

Der Analyse liegen Daten zu Grunde, die mit dem magnetischen Detektor PLUTO an dem  $e^+e^-$ -Speicherring DORIS im Schwerpunktsenergiebereich 9.3 - 9.5 GeV gewonnen wurden.

Der direkte Zerfall des  $\Upsilon(9.46)$ -Mesons in vier und mehr geladene Hadronen wird auf seine Jet-Struktur hin untersucht. Die Ergebnisse werden verglichen mit den Erwartungen des Phasenraums, eines 2-Quark-Jet-Modells und des in der QCD vorhergesagten 3-Gluon-Zerfalls des  $\Upsilon$ -Mesons. Die Ergebnisse in allen hier gezeigten Meßgrößen sind mit dem 3-Gluon-Bild verträglich.

Energieflußanalyse zur Struktur der Ereignisse der  $\Upsilon$ -Resonanz

Hans-Jürgen Daum  
Gesamthochschule Wuppertal

Energieflußanalyse zur Struktur der Ereignisse

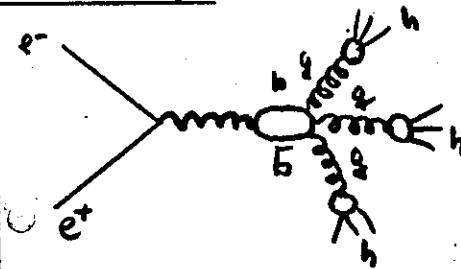
im Bereich der  $\Upsilon$ -Resonanz

PLUTO - Collaboration

Fragestellung: Ist es durch eine detaillierte Topologieuntersuchung möglich, beim  $\Upsilon$ -Resonanz Hinweise auf eine 3-jet Struktur zu erhalten?

Voraussetzung: Nachweis geladener und neutraler Hadronen.

Erwartung: 3-Gluonen  $x_i = \frac{2E_{gi}}{M_{\Upsilon}}$   $x_1 > x_2 > x_3$

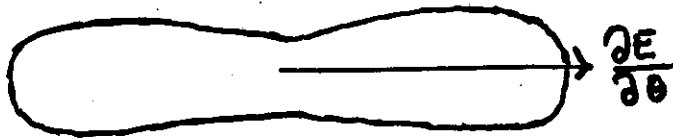
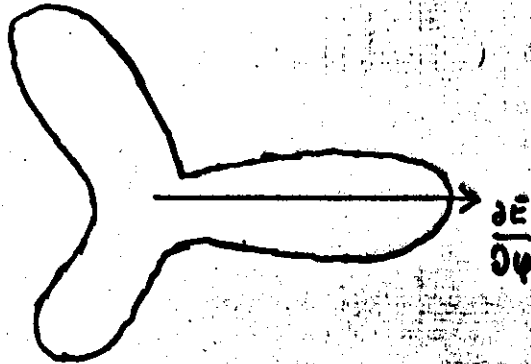


Gluonen: 3-Teilchen kinematik  
 $\Rightarrow$  bilden eine Ebene

Hadronen: 3-jet Struktur in einer Ebene

Aufgabenstellung: Nachweis der 3-jet Struktur und Ebenenstruktur, besonders Unterschiede zum Phasenraum-Modell.

alle Ereignisse orientiert!

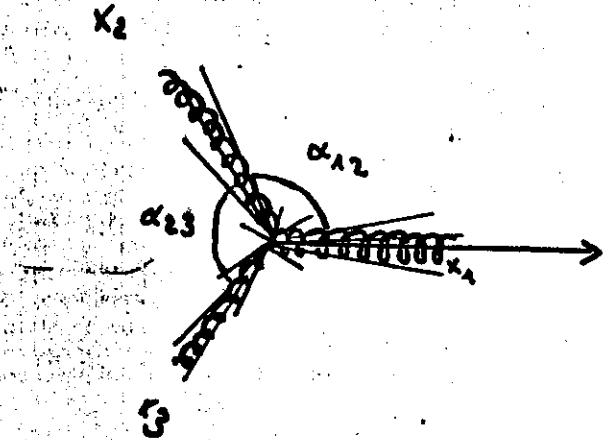


Methode: Der mittlere Energiefluß

$$\langle \phi_E(\varphi, T) \rangle = \frac{1}{E_{cm}} \left\langle \frac{\partial E}{\partial \varphi} \right\rangle \Big|_{T=const}$$

Wird als Funktion des Thructs untersucht.

in der 3-gluon-Ebene:



Senk recht zur 3-gluon-Ebene



Problem: Findung der  $x_1$ -Achse  
 Findung der Ebene  
 Entscheidung nach  $x_1 - x_2$  und  $x_3$   
 Entscheidung nach  $x_2 - x_3$

Achsen definition: Mit Hilfe des Thrusts

Forderung eines minimalen  
 Teilchenimpulses  
 $p_i > 8 \text{ GeV}!$

$$T' = \max \frac{\sum_{p_i > 8} |p_i|}{\sum_{p_i > 8} |p_i|}$$

3 jet Hc zeigt gute Rekonstruktion der  $x_1$ -Achse

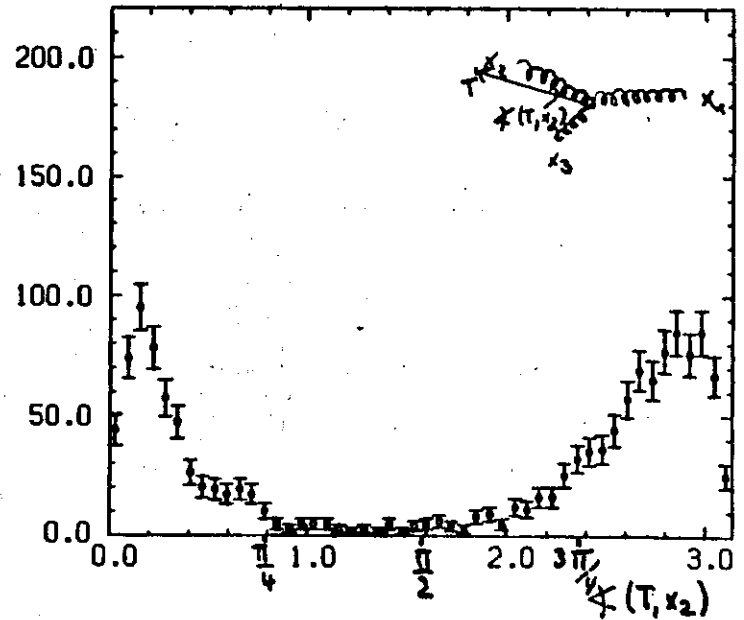
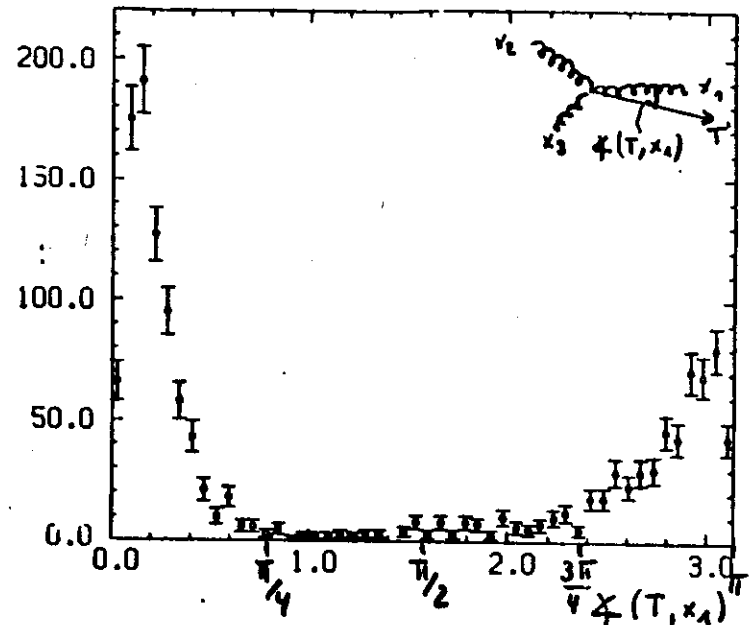
$$\alpha_R(x_1, T) = 9^\circ$$

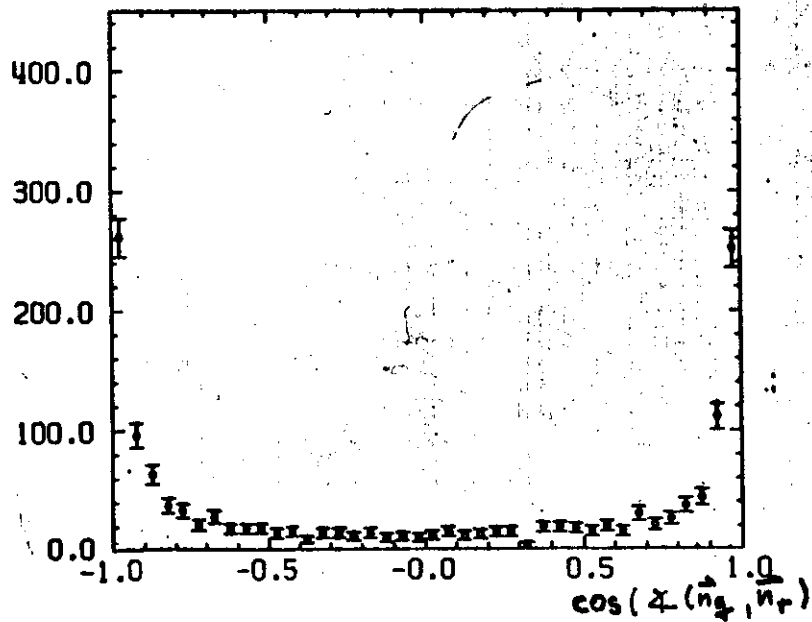
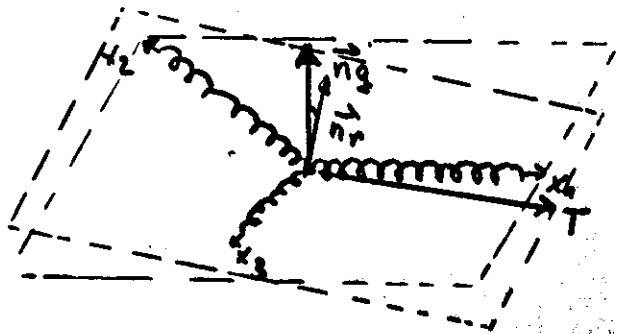
$$\alpha_R(x_2, T) = 11^\circ$$

Ebenen definition 1 Thrust 2-dimensional in der Ebene  
 senkrecht zur  $T'$  Achse  
 Teilchenimpuls  $p_i > 5 \text{ GeV}$

Vorwärts-Rückwärts:  $x_1$  in der Hemisphäre in der  $T'$   
 maximal

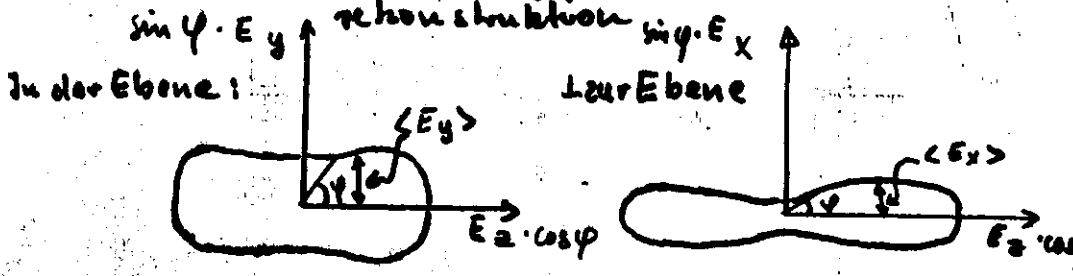
$x_2 - x_3$  Entscheidung:  $x_2$  liegt in dem rückwärtigen Quadranten  
 in dem  $\Sigma E_i$  maximal ist.





Ergebnisse: 1) Ebenenstruktur

Orientierung nur bis zur Ebenenrekonstruktion  $\sin \psi \cdot E_x$



Bildet man die Verhältnisse

$$\alpha_y = \frac{\langle E_y \rangle_{MC}}{\langle E_y \rangle_{\chi}} \quad \text{und} \quad \alpha_x = \frac{\langle E_x \rangle_{MC}}{\langle E_x \rangle_{\chi}}$$

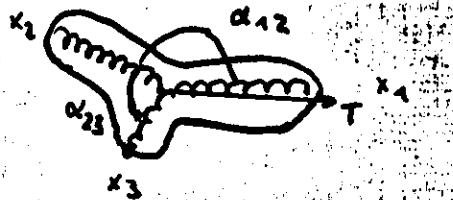
$\Rightarrow \alpha_y$  und  $\alpha_x \approx 1$  für 3-jet-MC

$\alpha_y$  und  $\alpha_x > 1$  für Phasenraum MC

$\Rightarrow$  gute Übereinstimmung der Ypsilon-Daten mit dem 3-jet-MC.  
Keine Übereinstimmung mit dem Phasenraum. Phasenraum ist in beiden Koordinaten zur T'-Achse breiter (keine  $P_{\perp}$ -Beschränkung)

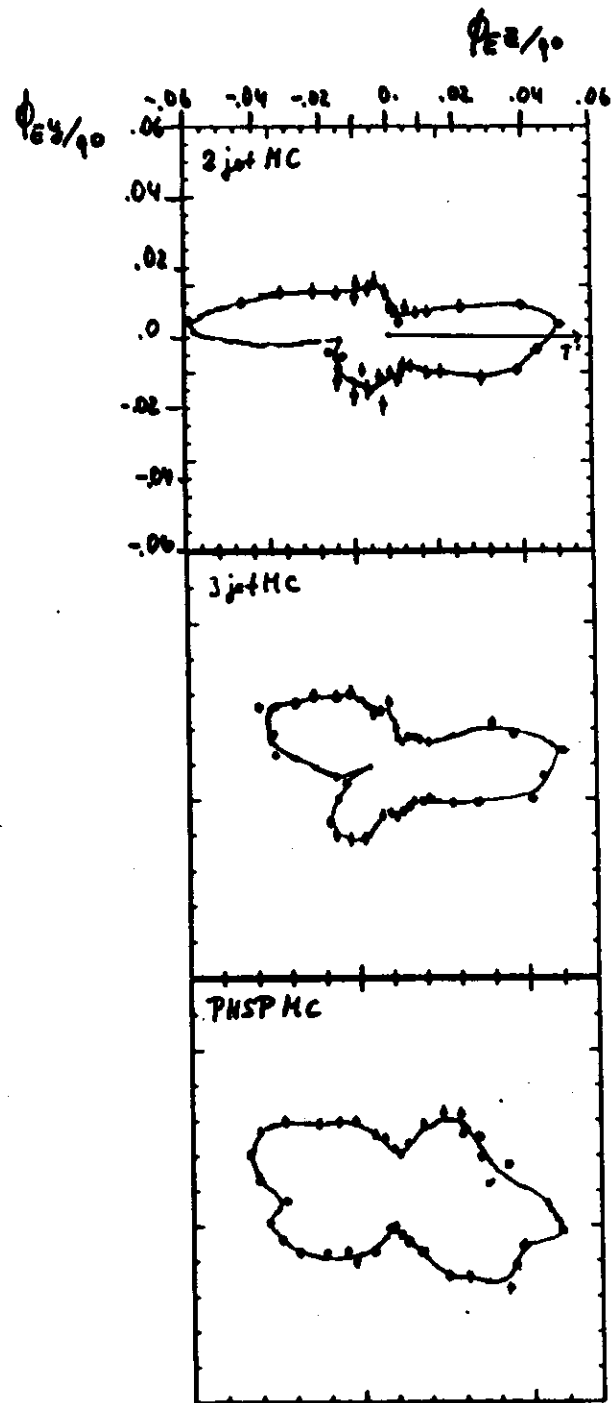


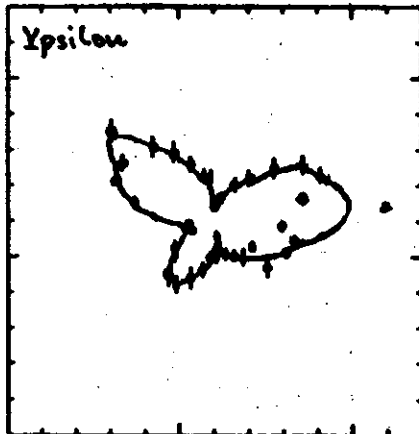
2) Messung der Winkel  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{23}$  als Funktion des Thrusts.



- 3 gluon MC zeigt Variation des Winkel  $\alpha_{12}, \alpha_{23}$
- 2 jet MC zeigt keine Variation in  $\alpha_{12}, \alpha_{23}$
- Phasenraum zeigt keine Variation in  $\alpha_{12}$   
der Winkel  $\alpha_{23}$  kann nicht definiert werden
- Ypsilon Daten zeigen gleiche Variation wie das 3 gluon - MC

⇒ Daten zeigen Übereinstimmung mit dem 3-gluon-MC  
Es gibt keine Übereinstimmung mit dem 2-jet MC  
und dem Phasenraummodell.





# Zusammenfassung:

DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT E.V.



Energieflußanalyse zur 2- und 3-Jetstruktur in der  $e^+e^-$ -Annihilation bei 9.4 GeV und im Bereich der Ypsilon Resonanz

PLUTO Collaboration Sprecher H.-J. Daum (Gesamthochschule Wuppertal)

Die dieser Untersuchung zugrunde liegenden Daten wurden 1978 mit dem Detektor PLUTO am Speicherring DORIS in einem Energiebereich von 9.25 GeV bis 9.47 GeV genommen. Der Nachweis geladener und neutraler Endzustandsteilchen ergibt für diesen Detektor eine gesehene Energie  $\langle E_{\text{seen}} \rangle = .89 \pm .01 E_{\text{cm}}$ . Der Energiefluß  $\langle \phi_E(\phi_j, T) \rangle = \frac{1}{E_{\text{cm}}} \langle \frac{\partial E}{\partial \phi_j} \rangle_T$  für den Winkel  $\phi_j$  wird als Funktion der Thrust  $T$  untersucht. Die Ergebnisse der  $e^+e^-$ -Annihilation bei 9.4 GeV und im Bereich der Ypsilon Resonanz werden mit 2-Jet-, 3-Jet- und Phasenraummodellen verglichen.

Inklusive  $K_S^0$ -Erzeugung  
in der  $e^+e^-$ -Vernichtung bei  
9.4 GeV und beim  $\Upsilon$ -Zerfall

Klaus Wacker

Gesamthochschule Wuppertal

DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT E.V.

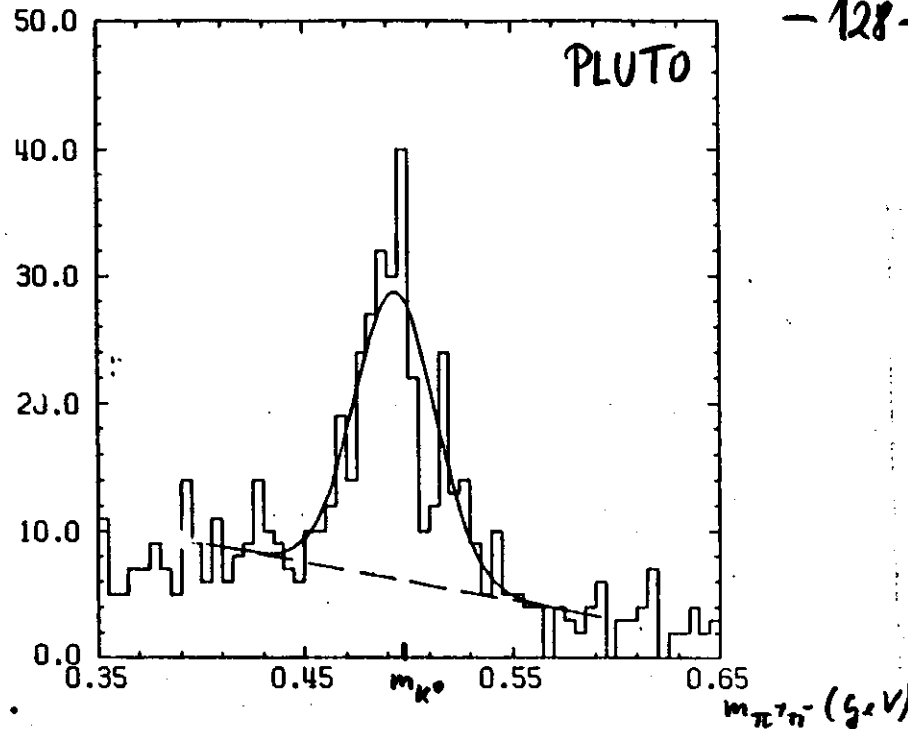


Inklusive  $K_S^0$ -Erzeugung durch  $e^+e^-$ -Vernichtung bei 9.4 GeV und beim Zerfall des  $\Upsilon$ .

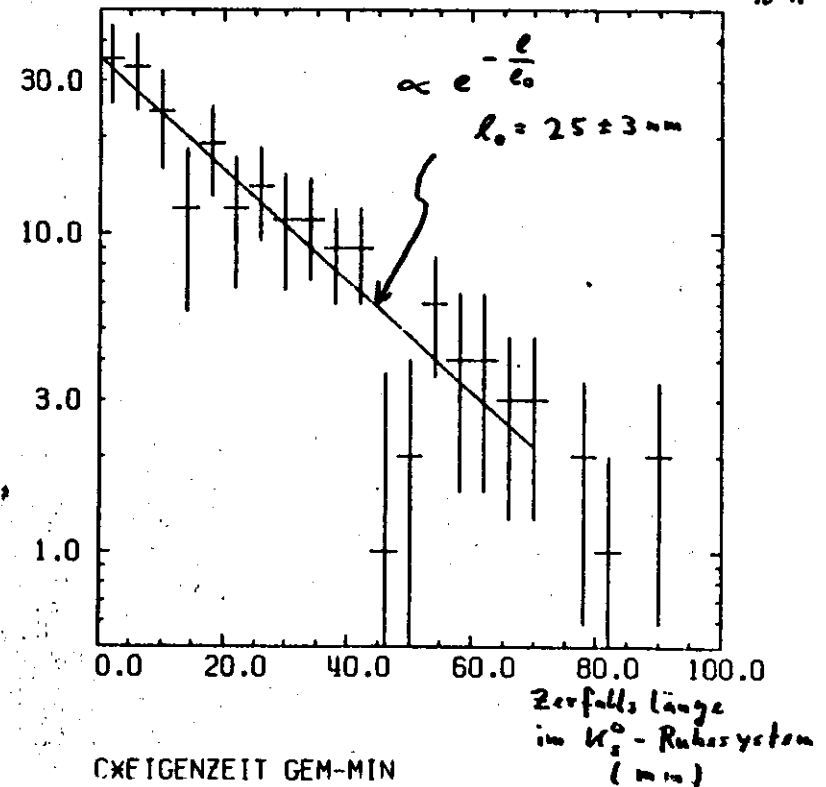
Pluto Collaboration    Sprecher: K. Wacker

Mit dem magnetischen Detektor Pluto wurde am Speicherring Doris die  $e^+e^-$ -Vernichtung bei Schwerpunktsenergien um 9.4 GeV untersucht. Dabei wurden die Formation und Zerfall der  $\Upsilon$ -Resonanz sowie die Erzeugung von Hadronen im Kontinuum beobachtet.  $K_S^0$ -Mesonen im Endzustand können durch ihren Zerfall in  $\pi^+\pi^-$  nachgewiesen werden. Der inklusive  $K_S^0$ -Wirkungsquerschnitt im Kontinuum ergibt Aussagen über Charm-Produktion und Fragmentation weit oberhalb der Schwelle. Der Zerfall des  $\Upsilon$  in  $K_S^0 + X$  läßt im Rahmen der QCD auf Eigenschaften der Gluon - Fragmentation schließen.

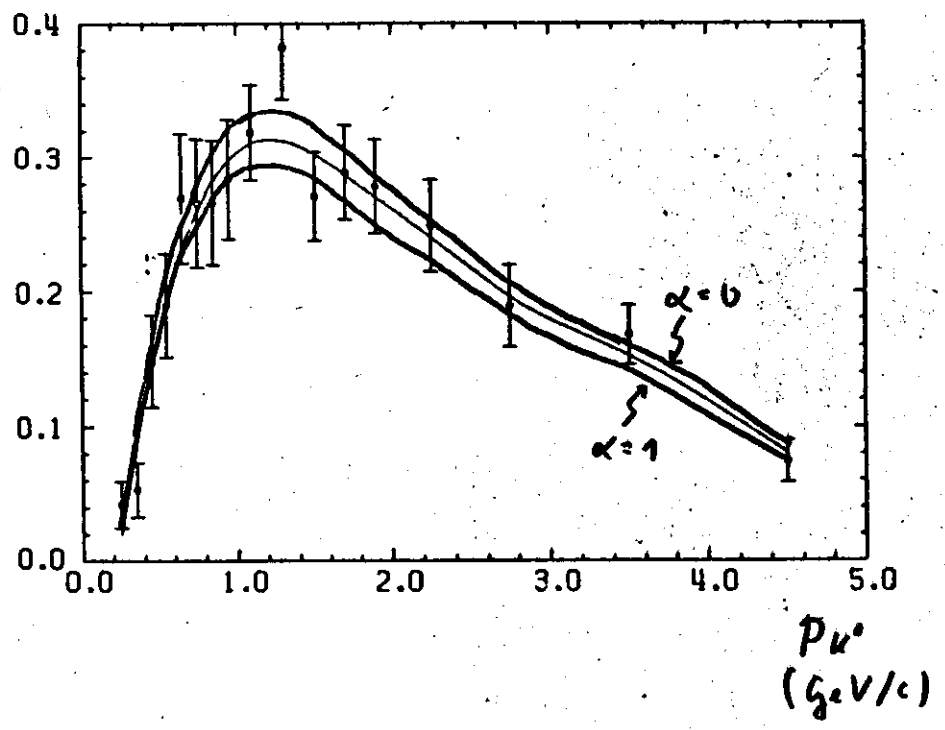
$\frac{dN}{5M_{\pm V}}$



$\frac{dN}{4nn}$



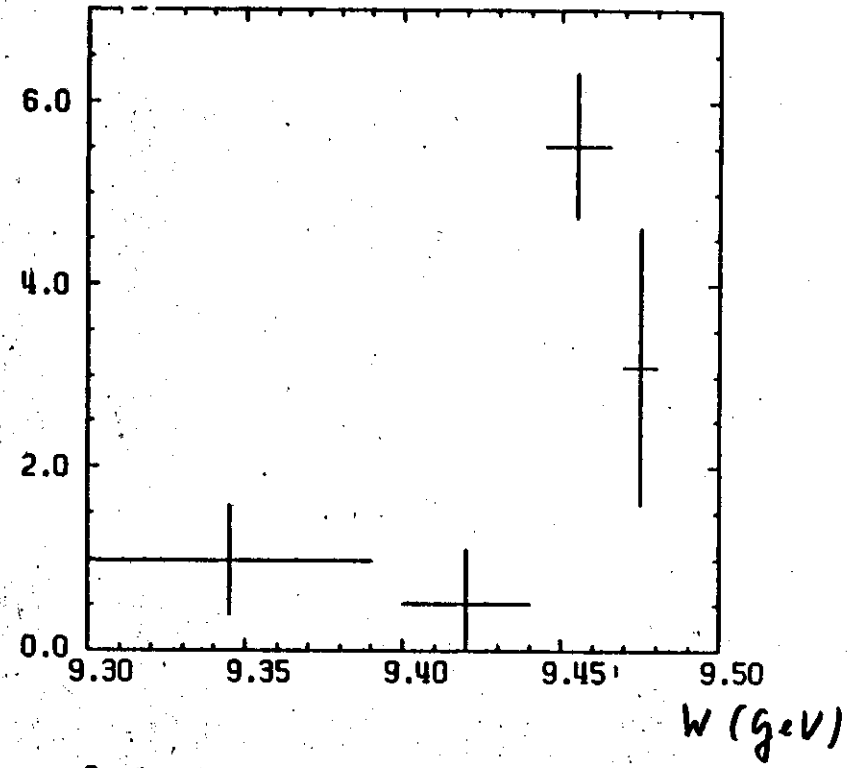
Nachweis wahrscheinlichkeit  
für  $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$

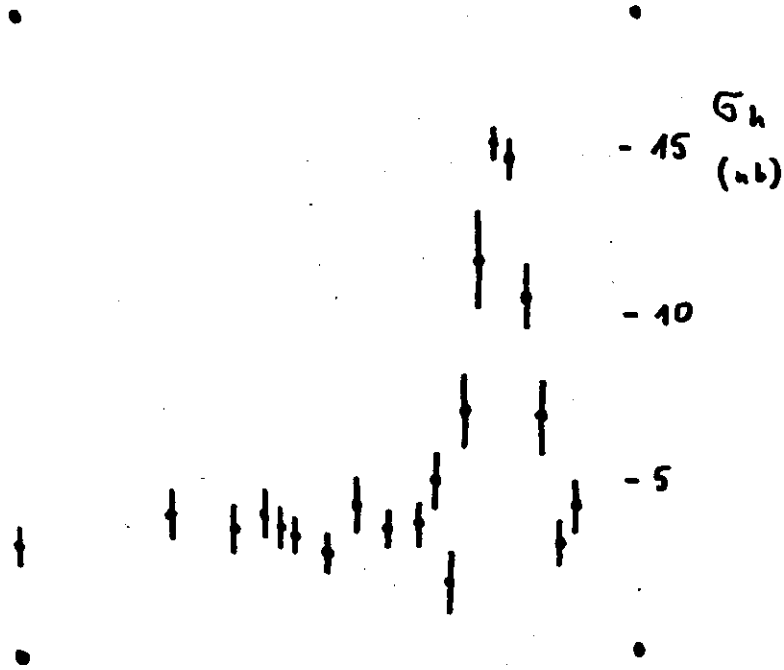


Erzeugung mit  $\frac{d\sigma}{d\cos\theta} \propto 1 + \alpha \cos^2\theta$   
 $\alpha = 0.5$

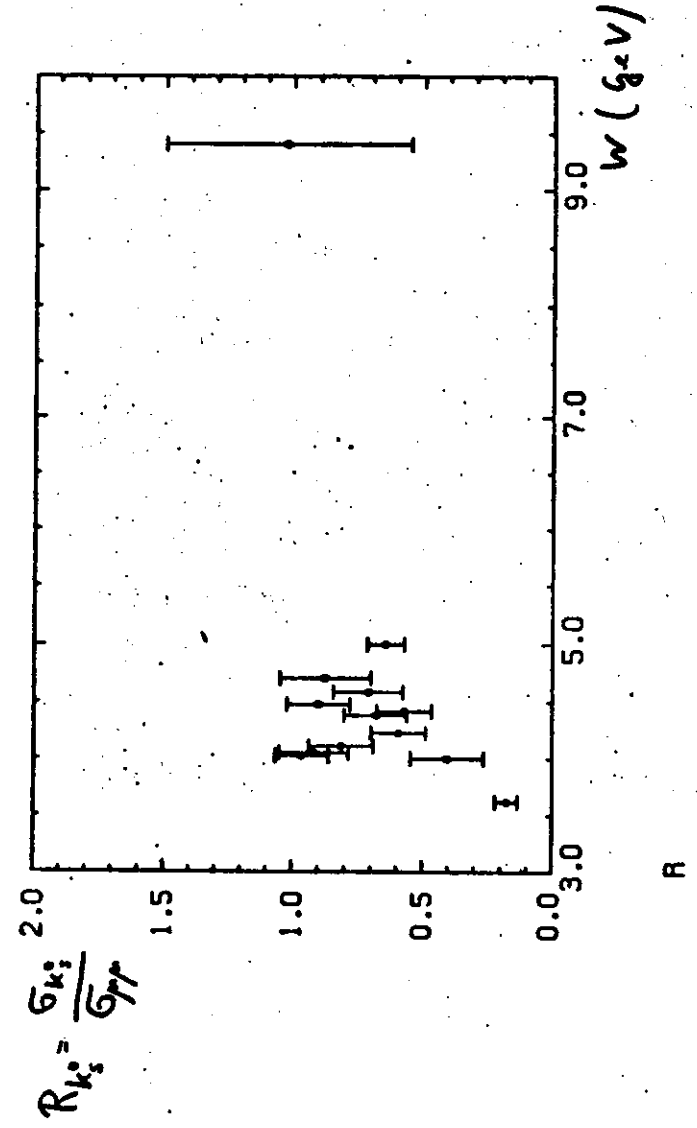
$e^+e^- \rightarrow K_S^0 + X$

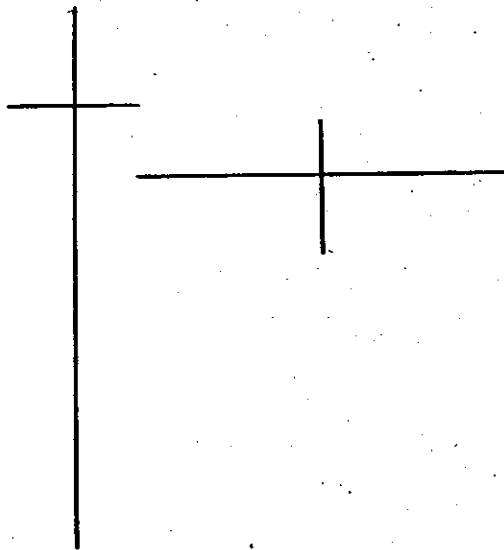
(3)



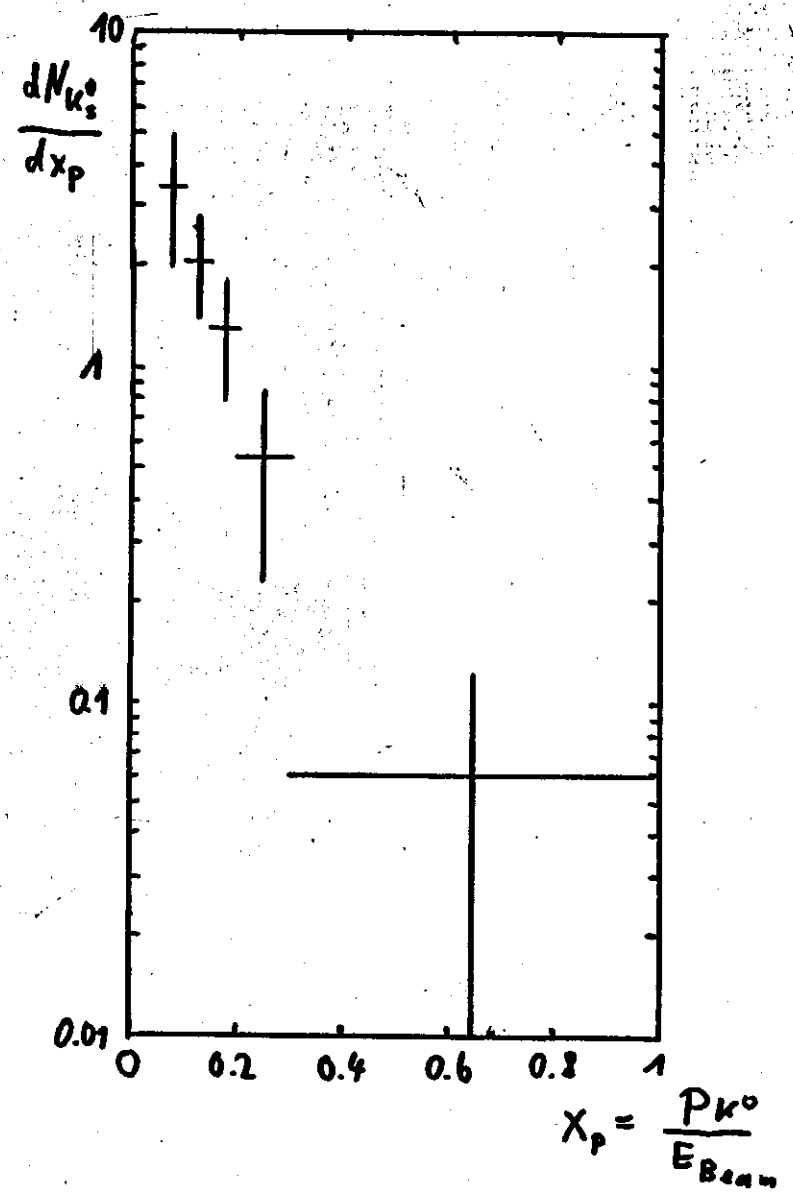


$e^+e^- \rightarrow \nu_s^0 + X$





$$\gamma \rightarrow K_s^0 + X$$



Untersuchung des Zerfalls  $I \rightarrow \psi + X$   
mit dem Detektor PLUTO

Olivia Meyer

Gesamthochschule Wuppertal

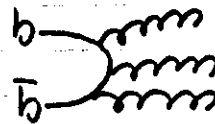
Untersuchung des Zerfalls  $\Upsilon \rightarrow \psi + X$   
mit dem Detektor PLUTO

Motiv: Produktion schwerer Quarkpaare ist nach QCD stark unterdrückt  $\Rightarrow$  Evidence für überhöhte  $\psi$ -Produktion wäre mit QCD schwer verträglich.

Abschätzung v. H. FRITZSCH u. K. H. STRENG

QCD - Annahmen:

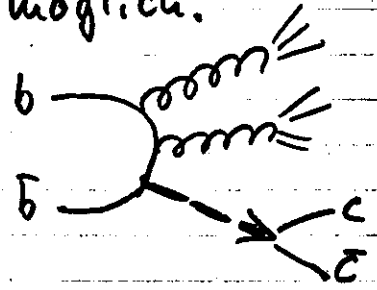
1.  $\Upsilon \rightarrow 3$  "masselose" Gluonen



2. Gluonen  $\rightarrow$  aus "leichten" Quarks ( $u, d, s$ ) aufgebaute Hadronen

3. Die mittlere Energie d. Gluonen beträgt ca. 3 GeV.

4. Produktion eines "schweren" Quarkpaares ( $c\bar{c}$ ) ist nur über "massive" Gluonen möglich.



5. Wegen (3.)  $\Rightarrow$  Wahrscheinlichkeit für  $[M_{\text{min}}(\text{gluon})]^2 > [3.1 \text{ GeV}]^2$  ist sehr klein.

Ergebnis d. Abschätzung:

$$\frac{\Gamma(Y \rightarrow \psi + \chi)}{\Gamma(Y \rightarrow \text{Hadronen})} \approx 1\%$$

Datenanalyse

	Lumi ( $\text{nb}^{-1}$ )	Events
ON-RESONANZ:	a. 190	a. 1200
OFF-RESONANZ:	a. 180	a. 400

Detektor: Myonerkennung in  $\Delta\Omega = 0.623 \cdot 4\pi$   
Punchthrough: 3-4%

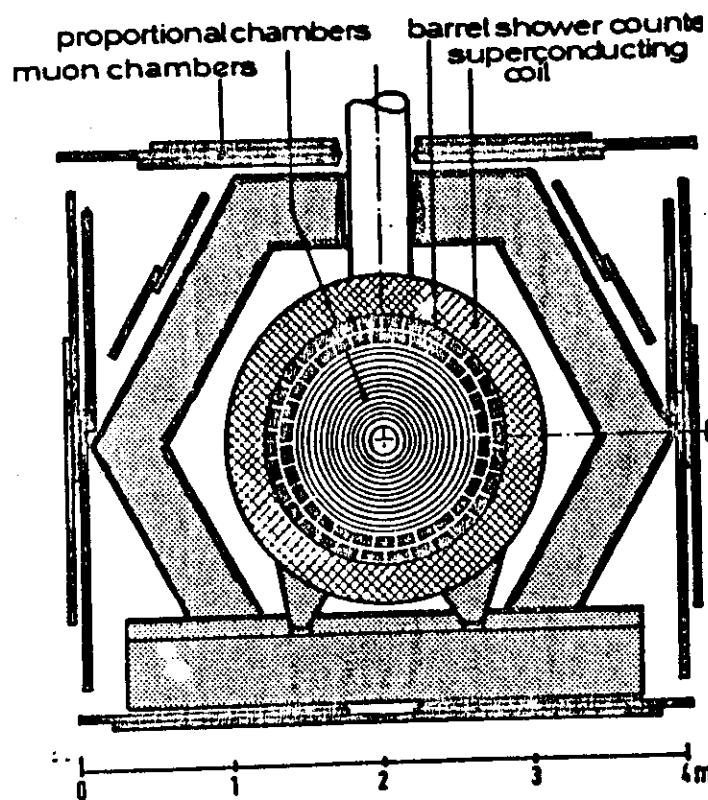
Untersucht wird:

$$Y \rightarrow \psi + \chi$$

$$\downarrow$$

$$\mu\mu$$





### Eventselektion

1. mindestens 1 identifiziertes  $\mu$  pro event
2.  $p_{iong}$ zahl  $\geq 3$
3.  $N^+ - N^- \leq 2$  [beaungas]
4. cosmic-cut

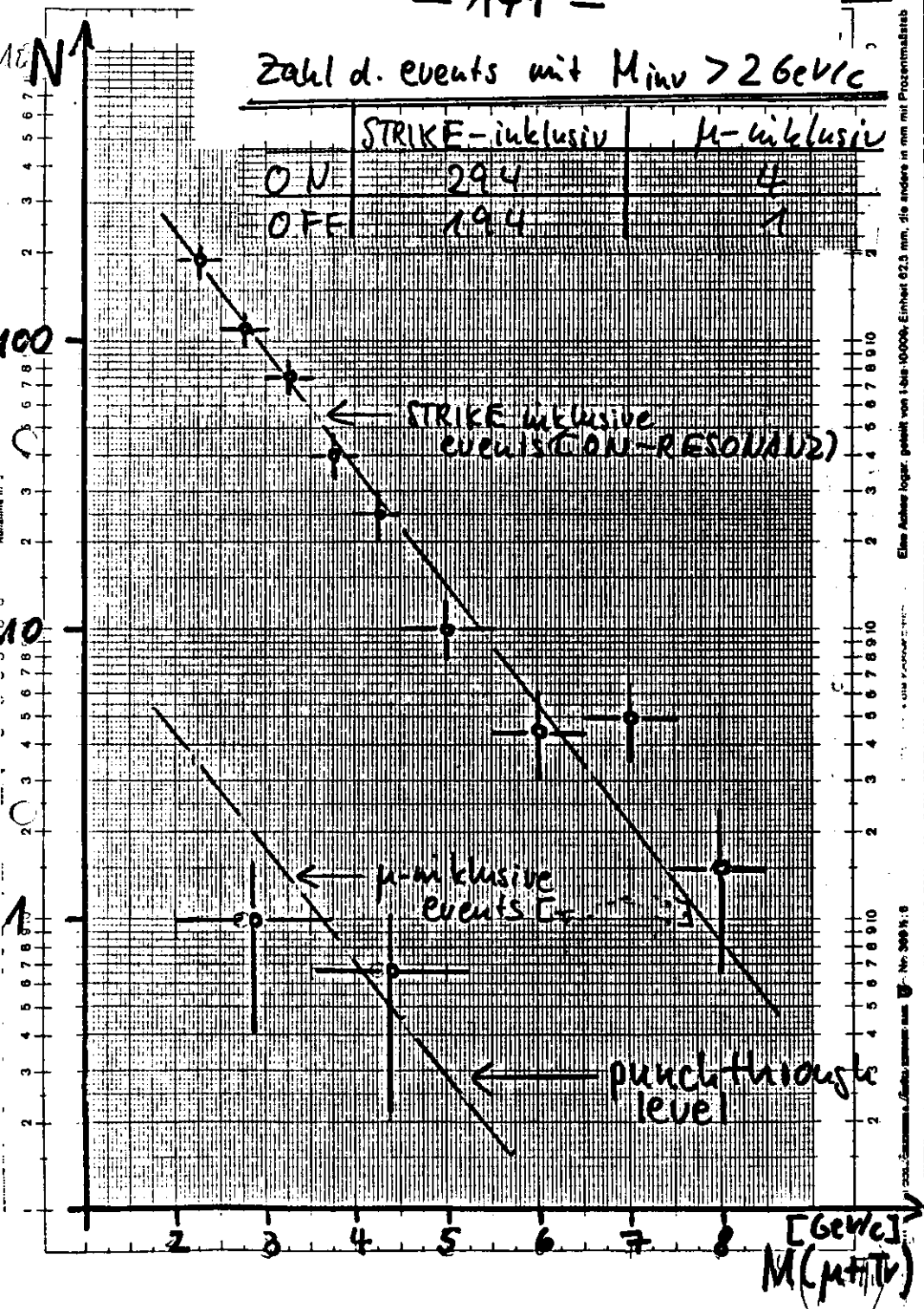
- Gefragt: Minu ( $\mu$  + track) mit  
 $|\vec{p}(\mu)| > 0.9 \text{ GeV}, |\vec{p}(\text{tr})| > 0.9 \text{ GeV}$

Abschätzung des durch Punchthrough hervorgerufenen Untergrundes

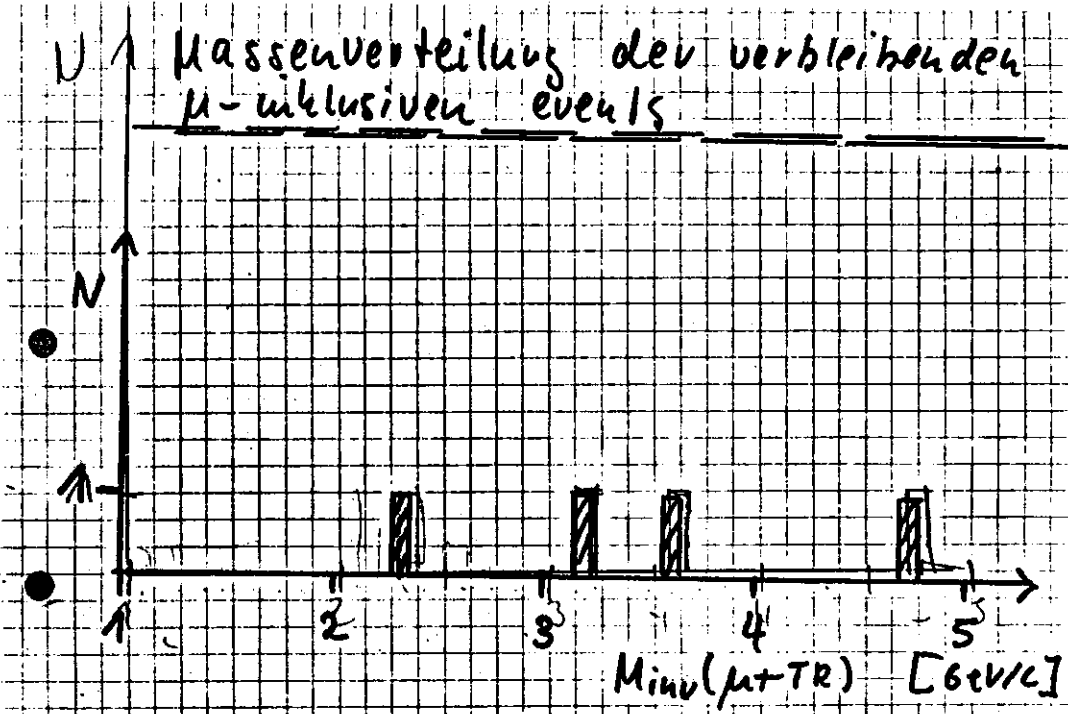
- Eventselektion und Bildung von Minu erfolgt nach den gleichen Kriterien wie oben.  
Unterschied:  
Statt eines identifizierten  $\mu$ 's wird ein STRIKE verlangt.

Zahl d. events mit  $M_{inv} > 2 \text{ GeV}/c^2$

	STRIKE-inklusiv	$\mu$ -inklusive
ON	294	4
OFF	194	1



Massenverteilung der verbleibenden  $\mu$ -inklusive events



ERGEBNIS:

-143-

ON + OFF Res: kein event

Anzahl der nach QCD ON-Res.  
erwarteten events:

Mit:  $BR(\psi \rightarrow \mu\mu) = 0.07$

Akzeptanz =  $0.63 \times 0.87 \approx 0.5$

Zahl d. had. events:  $\approx 1200$

$\implies BR(\psi \rightarrow \psi + x) \approx 1\%$  entspricht 0.5 events

FOLGERUNG:

Experiment + QCD-Abschätzung sind  
kompatibel.

Das "upper limit" ist eine Frage  
der Statistik.

- 144 -

J<sup>P</sup>-Analyse von gπ  
in τ → ν g<sup>0</sup>π

Egbert Lehmann

DESY, Hamburg

J<sup>P</sup>-Analyse von gπ in τ → ν g<sup>0</sup>π

E. Lehmann

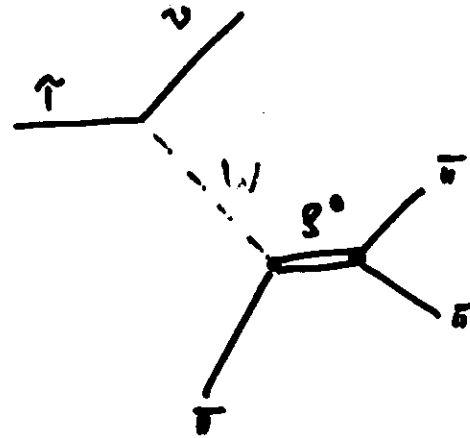
G-Parität  $\eta(g\pi) = -1$

Schwacher hadronischer Strom:

Axialvektorstrom 1. Klasse:  $J^P = 0$

Vektorstrom 2. Klasse:  $J^P = 1$

A<sub>1</sub> ?



Ereignisauswahl

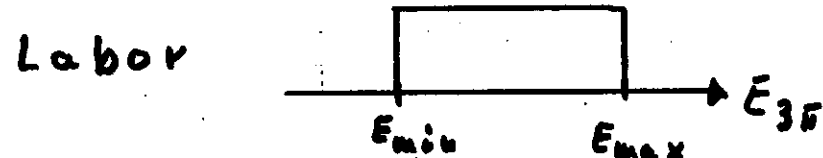
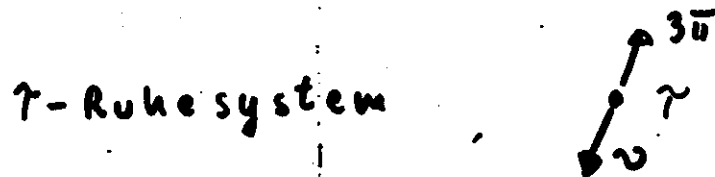
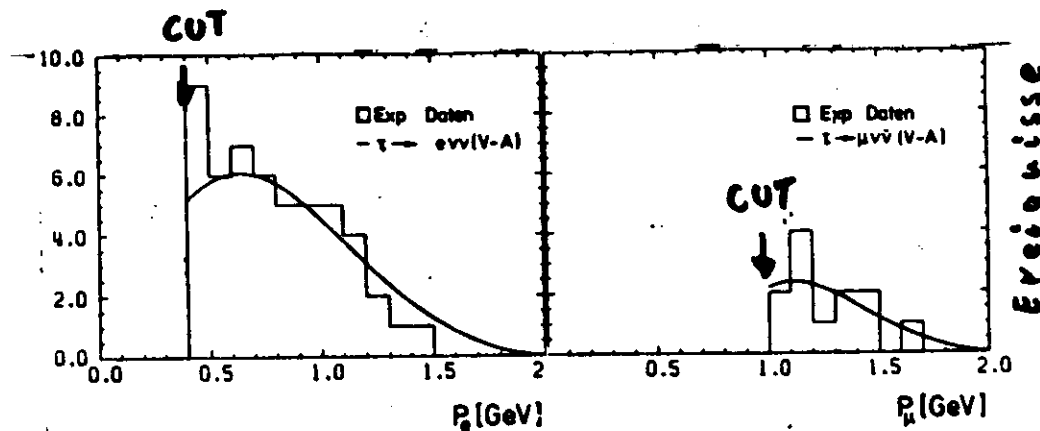
$E_{CM} = 4 \dots 5 \text{ GeV}$

- 1 lepton + 3 gel. Teilchen +  $0 \gamma$
- $p_e > 400 \text{ MeV}/c$ ,  $p_\mu > 1 \text{ GeV}/c$
- Elektron: Schauer hinter Block
- Myon:  $\mu$ -Kammer hinter  $\sim 70 \text{ cm}$  Eisen

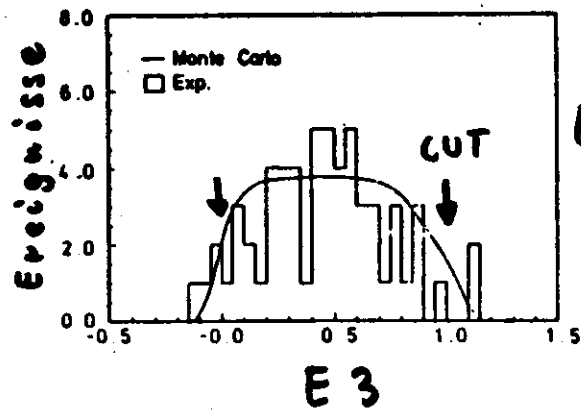
- $P(h \rightarrow e) = 1.2\%$
- $P(h \rightarrow \mu) = 2.8\%$
- $W(\pi^0) = 78\%$

- $M_H^2$ -Schritt bei  $0.8 \text{ GeV}^2/c^4$
- $3\pi_s$  verträglich mit  $\tau$ -Perfo

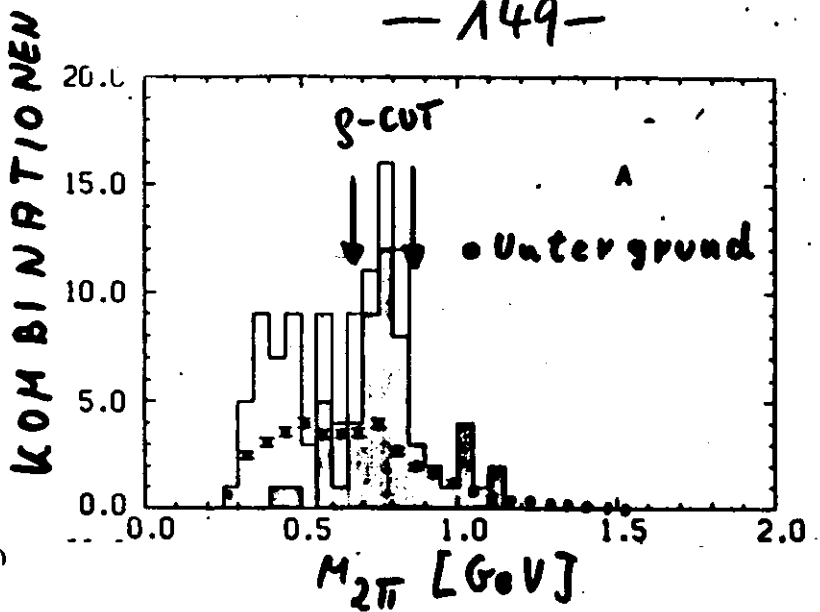
- $E_{3\pi} < E_{\text{STRAHL}}$
- $m_{3\pi} < m_\tau$  ( $1.8 \text{ GeV}/c^2$ )
- $E_{\text{min}} < E_{3\pi} < E_{\text{max}}$



$E_{\text{min}}, E_{\text{max}} = f(m_{3\pi}, E_{\text{STRAHL}}, m_\tau)$



$$E_3 = \frac{E_{3\pi} - E_{\nu}}{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}$$



	DATEN	hadr. Untergrund
KONSIST.	54	18
NICHT KON.	13	11
<hr/>		
KONSISTENT im $\gamma$ -Band	40	8.5
ausser $\gamma$	14	9.5

Verhältnis  $\gamma/\gamma\pi : 7/1$

$\Rightarrow$  100%  $\gamma\pi$  (durch Vergleich mit MC)

Oberer Grenze

$$\frac{\Gamma(\tau \rightarrow \nu \bar{u} \bar{d})}{\Gamma(\tau \rightarrow (\nu \gamma \pi + \nu \pi \pi))} \leq 0.27 \text{ (95\% C)}$$

	e	$\mu$
beob. Ereignisse	34	6
Untergrund had.	6.5	2
" $\gamma$	4.5	0
Signal	23	4
Nachweis- wahrscheinlichk.	0.054 $\pm 0.009$	0.034 $\pm 0.004$

$\bullet$  e- $\mu$  Universalität angenommen  
 $B(\tau \rightarrow e \nu \nu) \cdot B(\tau \rightarrow \nu \gamma \pi) = 0.093 \pm 0.004$   
 mit  $B(\tau \rightarrow e \nu \nu) = 0.16$  ;  $B(\tau \rightarrow \nu \gamma \pi) = 5.8 \pm 2.0$   
 + 20% syst. Fehler

für  $I=1$   
 $B(\tau^+ \rightarrow \nu \gamma \pi) = 2 B(\tau^+ \rightarrow \nu \gamma \pi^+)$

$\bullet$  Annahme über rel. Stärke von Vektor- und Axialvektoranteil (Weinberg Summenregel):

$$\frac{\Gamma(\tau \rightarrow A_1 \nu)}{\Gamma(\tau \rightarrow e \nu \nu)} = \frac{3\pi}{4} \cos^2 \theta_c (1 - \Delta^2) \cdot (1 + 2\Delta^2) \Delta^2$$

$$\Delta = M_{A_1} / M_\tau$$

$\sim B(\tau \rightarrow A_1 \nu) = 9\% \text{ Theorie}$   
 $11.6 \pm 2.6\% \text{ Experiment}$

Dreidimensionale Dichteverteilung  
für versch.  $J^P$ -Zuordnungen

$$D(M_{3\pi}, s_1, s_2; J, \ell) = A(m_{3\pi}) \cdot H(s_1, s_2; J, \ell; M_{3\pi})$$

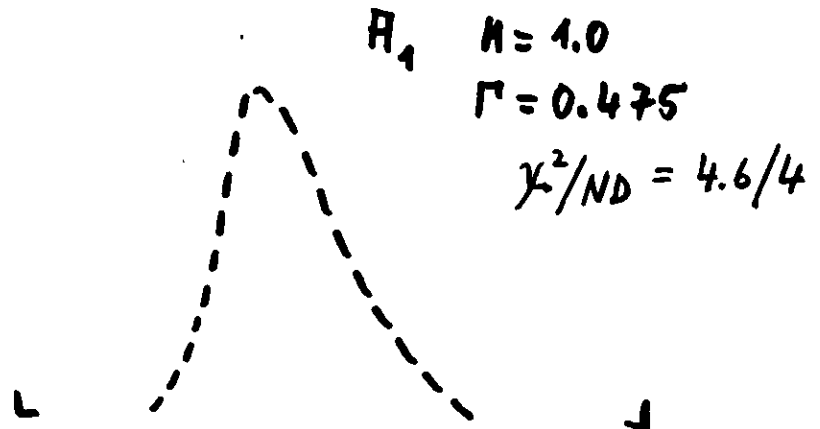
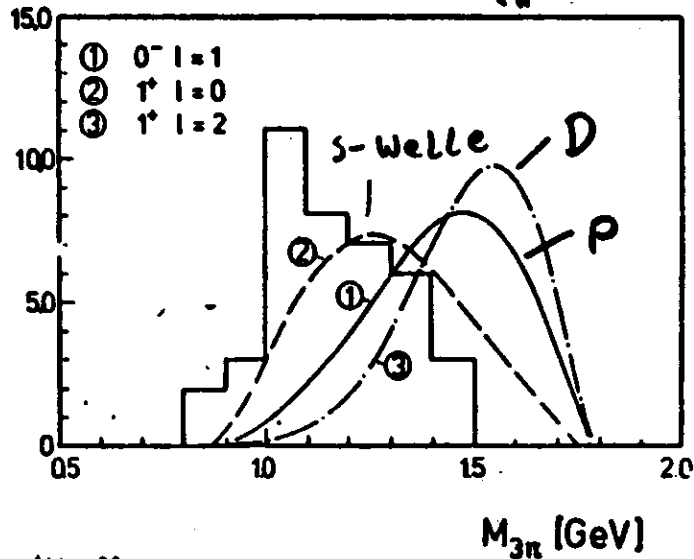
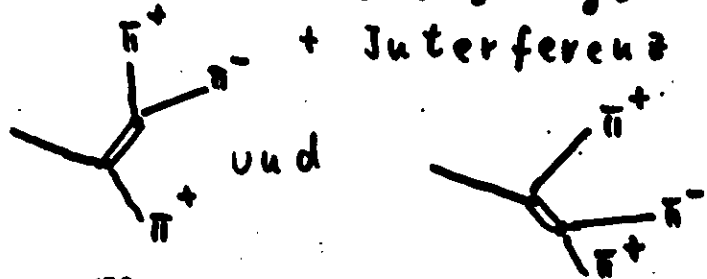
$A(m_{3\pi})$ : - kinematische Faktoren  
vom  $\pi$ - $\nu$ - $W$ -Vertex

(Rok, Kawano) - Schwellenfaktoren von  
 $\ell$  zwischen  $g\pi$

- (Resonanzfaktoren f.  $A_1$ )

$H(s_1, s_2, J, \ell)$ : Symmetrie eigenschaften  
(Frazer et al) des  $g\pi$ -Systems in  $J, \ell$

+ Interferenz



Partialwellen des  $\pi\pi$ -Systems

G-Parität = -1  $J \leq 1$  (wegen W)

Axielvectorstrom 1. Art  $J^P = 0^-, 1^+, 1^0$

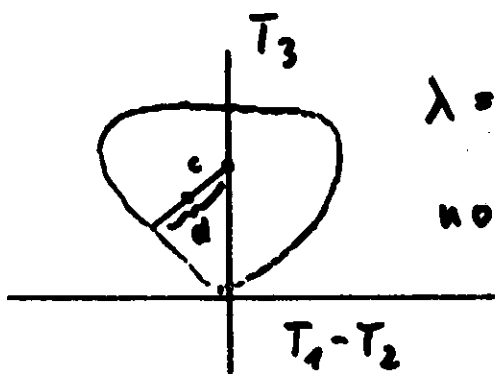
Vektorstrom 2. Art  $J^P = 1^-$

$$f(M_{3\pi}) \equiv \iint ds_1 ds_2 D(M_{3\pi}, s_1, s_2; J, \ell)$$

Experiment

3D  $\rightarrow$  2D Darstellung

- Dalitz plot ( $\int D d m_{3\pi}$ )

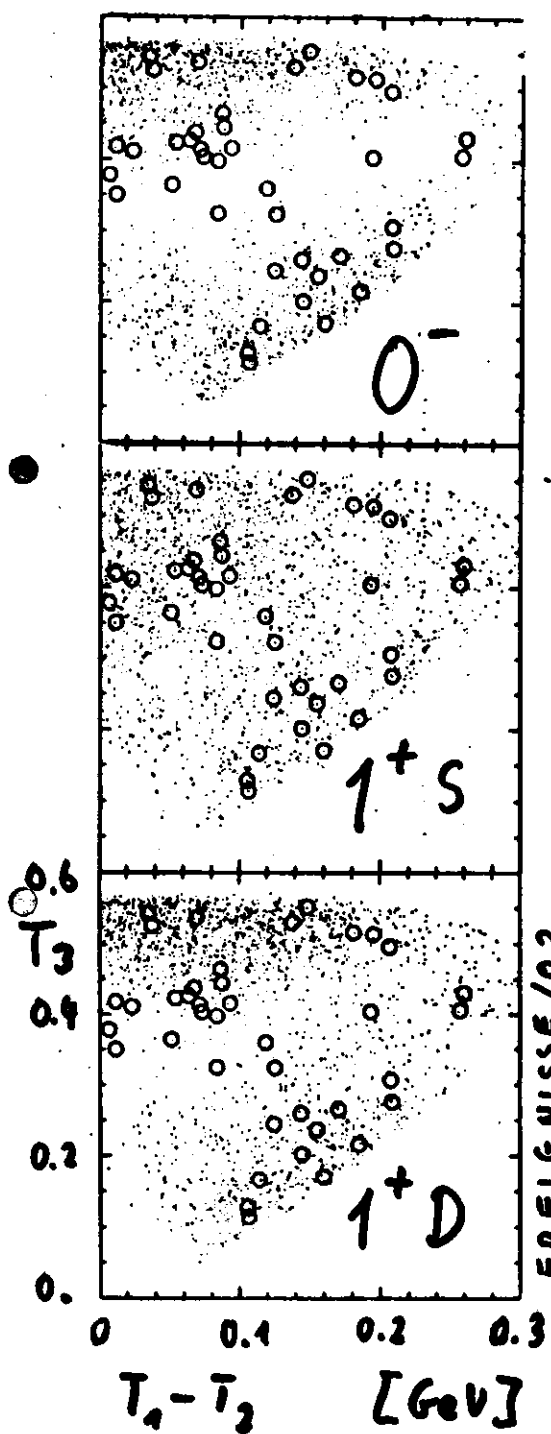


$$\lambda = \frac{c}{d}$$

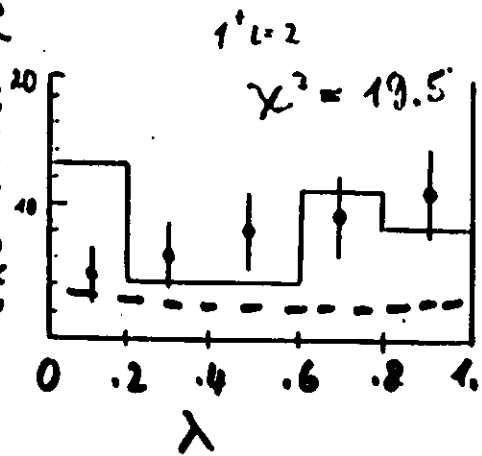
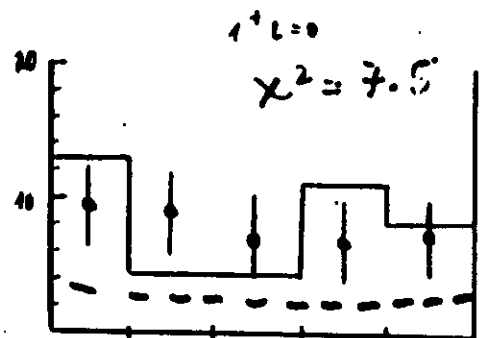
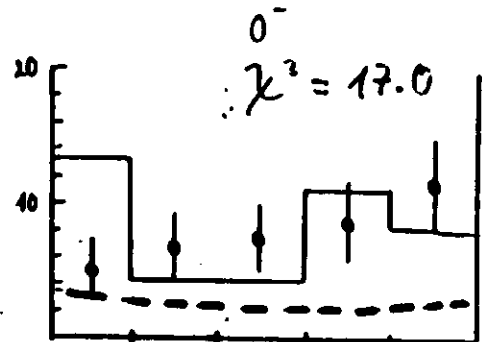
norm. Abstand  
von der Mitte

Grenzen abhängig von  $M_{3\pi}$  (breit)

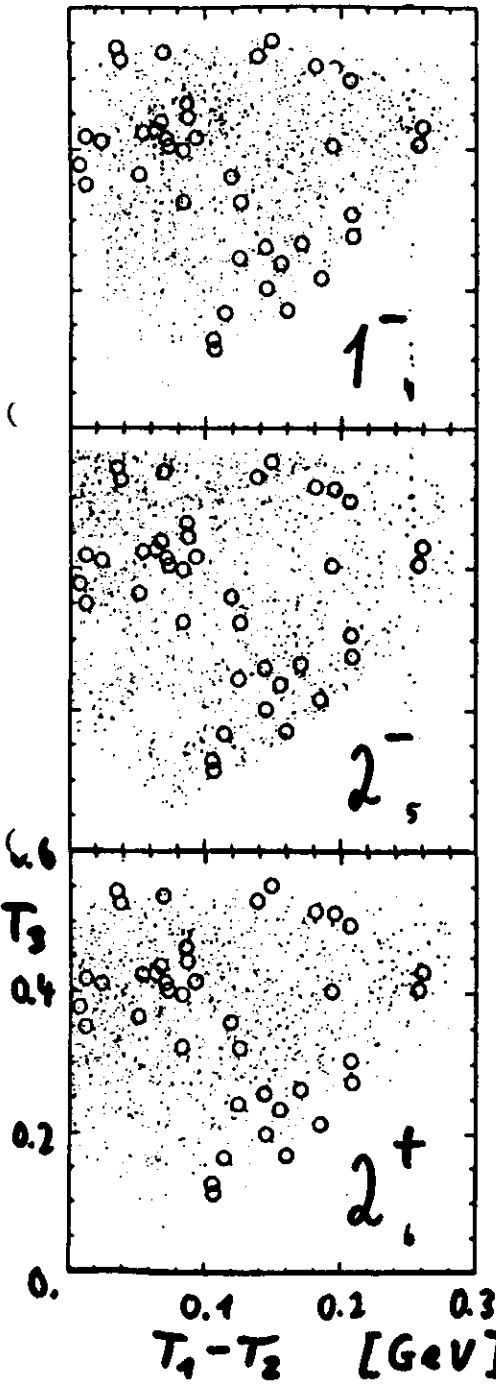
$\rightarrow$  Überlagerung von versch. Dalitz  
plots mit unterschiedlichen  
Grenzen



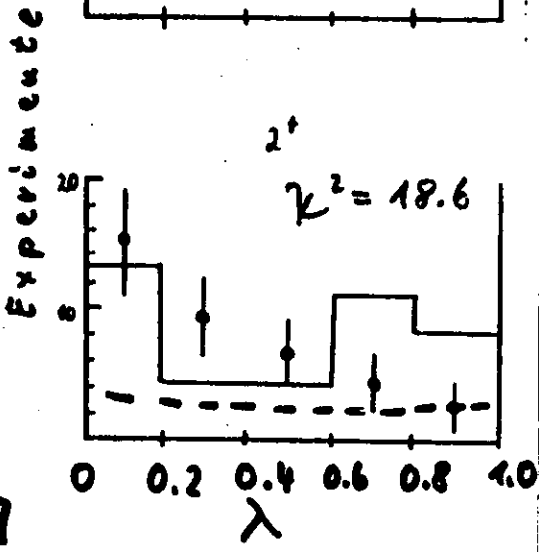
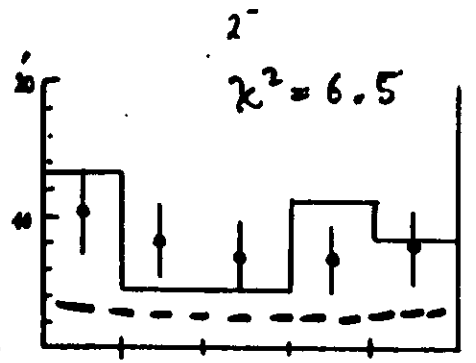
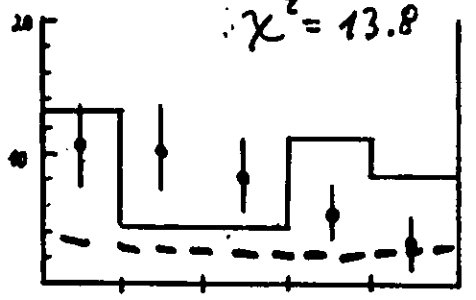
$\square$  DATEN  
 $\downarrow$  MC + Untergrund  
--- Untergrund







$\square$  Daten  
 $\downarrow$  MC + Untergrund  
 $---$  Untergrund



Bilder

$$L(M_{3\pi}, s_1, s_2; \lambda, \epsilon) = \ln D(M_{3\pi}, s_1, s_2; \lambda, \epsilon)$$

als Funktion von  $M_{3\pi}$

wieder

3 D  $\longrightarrow$  2 D

$$D(M_{3\pi}, s_1, s_2; \lambda, \epsilon) \longrightarrow L(\dots), M_{3\pi}$$

vergleiche

Monte Carlo mit Daten

Mittelwerte:

$$\langle L_T \rangle = \frac{40 \langle L_{exp} \rangle - 13 \langle L_{ug} \rangle}{27}$$

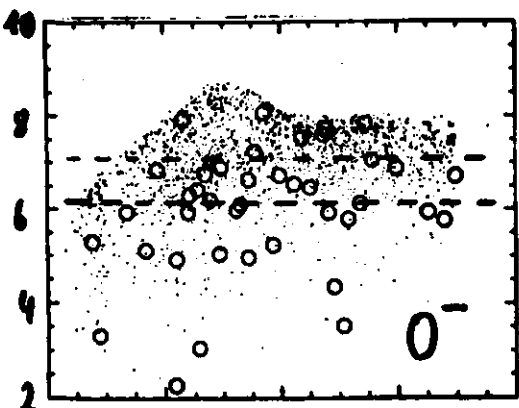
**NICHT NORMIERT !**

--- (MC) --- (Daten)

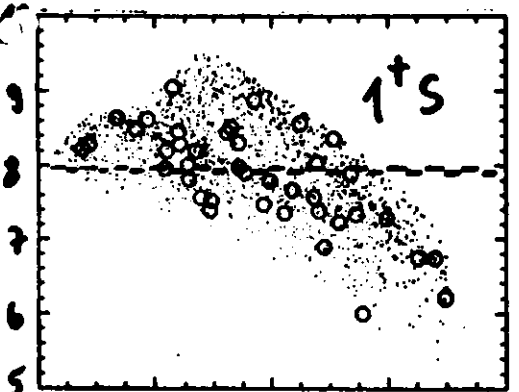
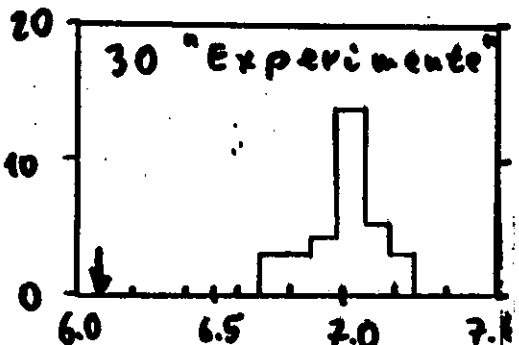
-157-

--- (MC) --- (Daten)

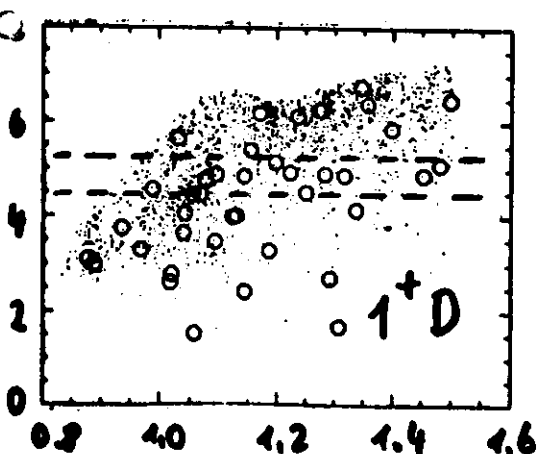
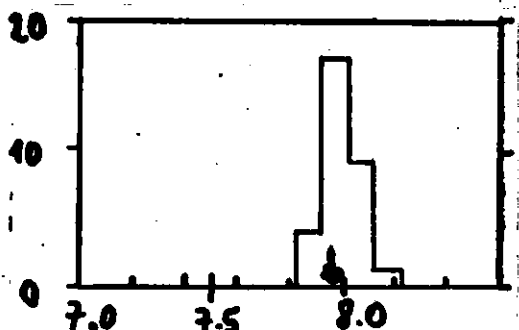
-158-



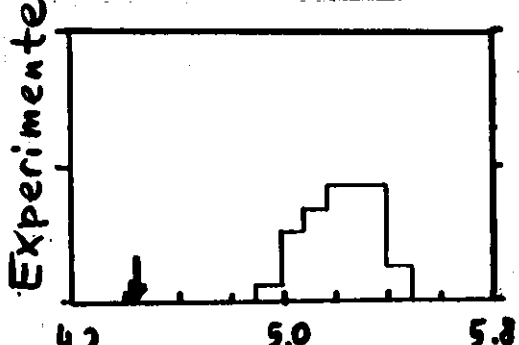
↓ DATEN □ Monte Carlo



1+ L=0

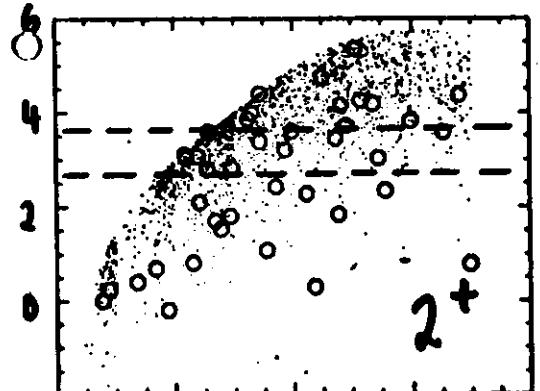
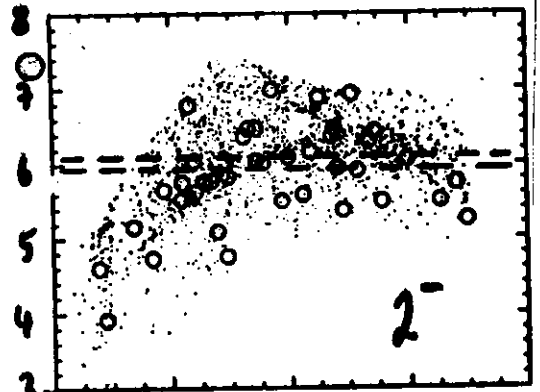
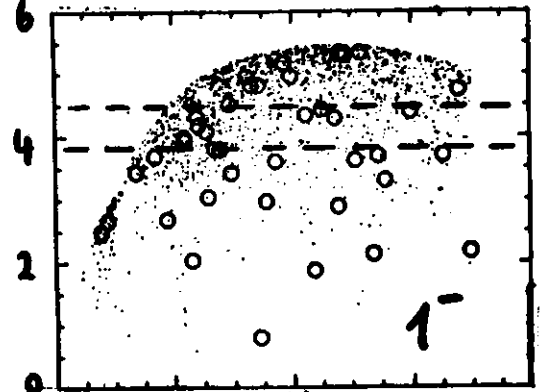


1+ L=2



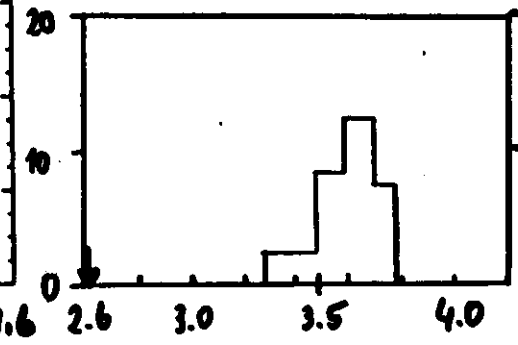
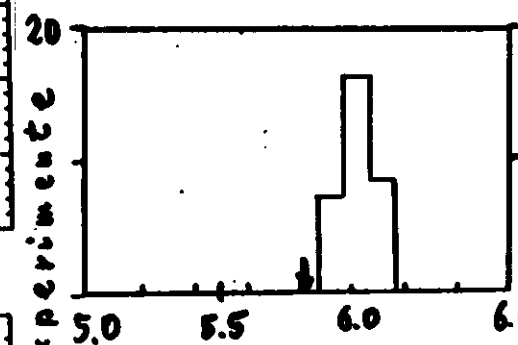
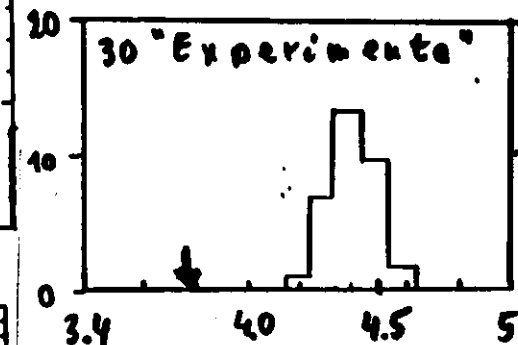
$M_{3\pi}$  [GeV]

$\langle L(j, \ell) \rangle$   
[willk. Einheiten]



$M_{3\pi}$  [GeV]

↓ DATEN □ MONTE CARLO



$\langle L(j, \ell) \rangle$   
[willk. Einheiten]

### Zusammenfassung

- $\tau \rightarrow \nu \rho \pi$  etabliert
- $1^+$  S wahrscheinlich Axialvektorstrom 1. Art
- $A_1$  mit  $M = 1 \text{ GeV}$   $\Gamma = 0.475$  gibt gute Anpassung
- $B(\tau \rightarrow \nu \rho \pi)$  stimmt mit Theorie überein

### Zusammenfassung:

DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT E.V.



Partialwellenanalyse des  $\rho\pi$ -Systems im Zerfall  $\tau \rightarrow \nu \rho \pi$   
PLUTO Collaboration Sprecher E. Lehmann (DESY)

Anhand von  $e^+ e^-$ -Annihilationsereignissen wurde der Partialwellenzustand des  $\rho\pi$ -Systems vom Zerfall  $\tau \rightarrow \nu \rho \pi$  im Dalitzplot analysiert. Die Analyse ist unabhängig von kinematischen Effekten des schwachen Zerfallsprozesses oder Resonanzeffekten ( $A_1$ -Meson) auf das  $\rho\pi$ -System. Partialwellen, die Strömen 2. Art entsprechen, sind mit den Daten inkonsistent. Die S-Wellenzuordnung (Axialer Strom 1. Art,  $A_1$ -Quantenzahlen) stimmt gut mit den Daten überein.

Untersuchungen an  
Zwei-Photon Ereignissen  
(PLUTO an PETRA)

Franck Raupach  
RWTH Aachen

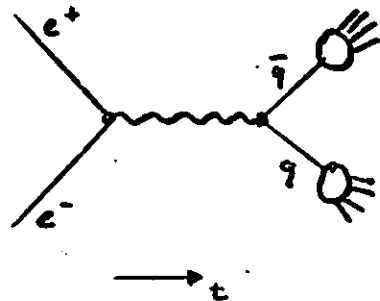
Jan 1978

UNTERSUCHUNGEN AN

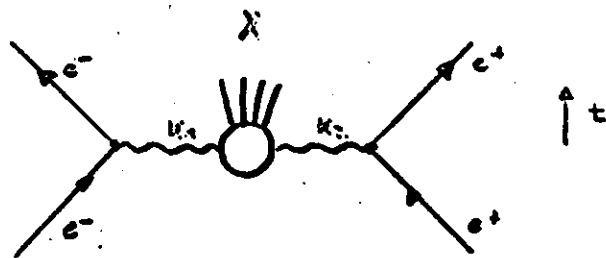
ZWEI - PHOTON - EREIGNISSEN  
( PLUTO AN PETRA )

1. PHYSIKALISCHE MOTIVATION
2. DETEKTORBESCHREIBUNG
3. ERGEBNISSE

I. EIN-PHOTON-GRAPH



II. ZWEI-PHOTON-PROZESS



$$W^2 = 4 k_1 k_2, \quad \sigma \sim \frac{1}{k_1^2 k_2^2} \frac{E^2}{m_e^2}$$

1. UNTERGRUND

2. Physikalische Aspekte

EPR:

$$N(k) = \frac{2\alpha}{\pi} \ln \left\{ \frac{E \cdot \sin \Theta_{\max}}{m_e} \right\}$$

a) W KLEIN

i) SUCHE NACH RESONANZEN

( f (1270), ... )

ii) DIFFRAKTIVER WIRKUNGS-

QUERSCHNITT

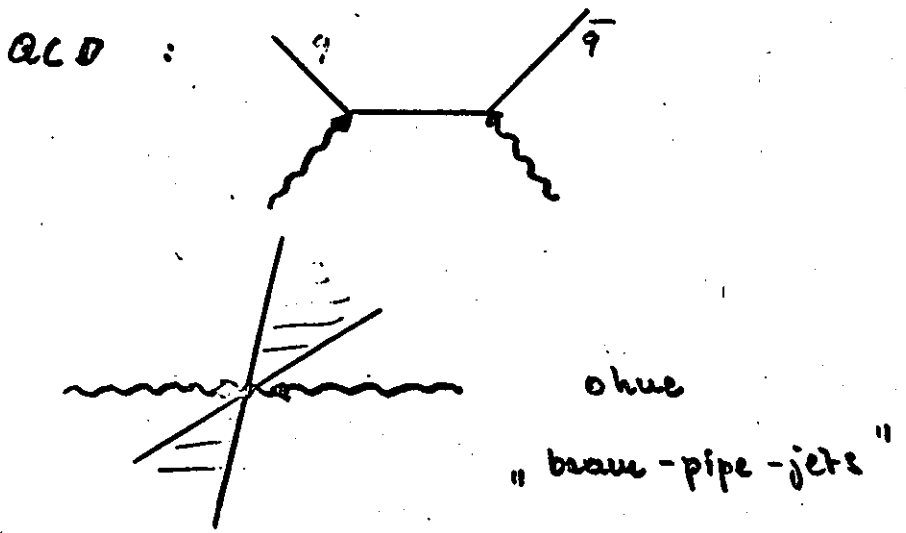
$$\sigma_{\text{eff}} \approx \frac{\sigma_{\text{EP}}^2}{\sigma_{\text{FP}}} \approx 300 \text{ nb}$$

b) größere  $N$   $\downarrow$

i) PRODUKTION VON HADRONEN

ii) ERZEUGUNG VON JETS  
MIT GROßEM  $P_T$   $\downarrow$

$$ee \rightarrow ee q\bar{q} \rightarrow ee + \text{JETS}$$



NEUES R :

$$R_{\text{jet}} = \frac{d\sigma(ee \rightarrow ee X)}{d\sigma(ee \rightarrow ee \mu\mu)}$$

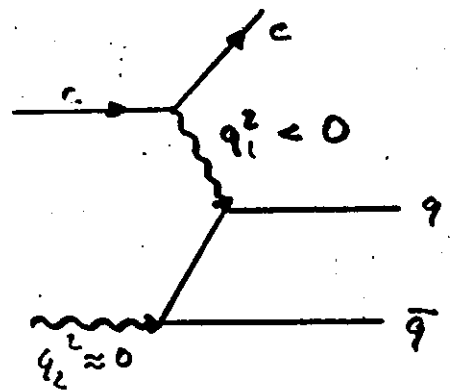
QCD : ( 3-COLOR )

$$R_{\text{jet}} = 3 \sum_{q=u,d,s} e_q^4$$

$\Rightarrow$  TEST VON QCD

iii) PHOTON - STRUKTUR - FUNKTIONEN

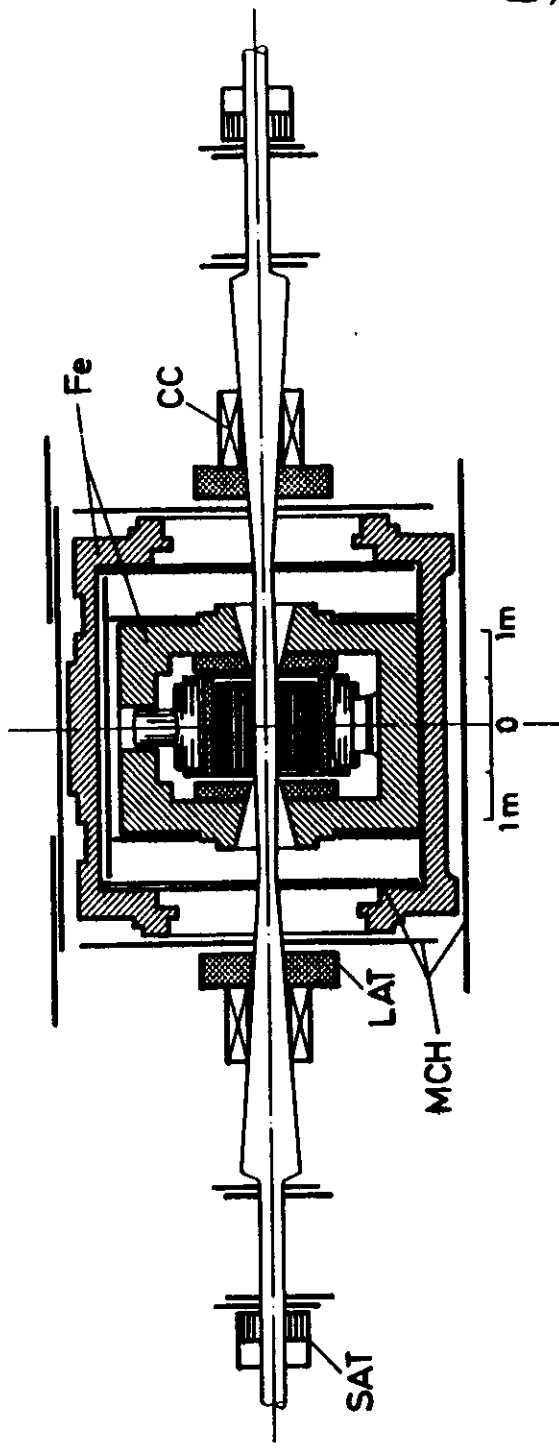
ein virtuelles Photon



$\Rightarrow$  QCD - TEST

$$(g_{q1} \vec{q}^2 f(x))$$

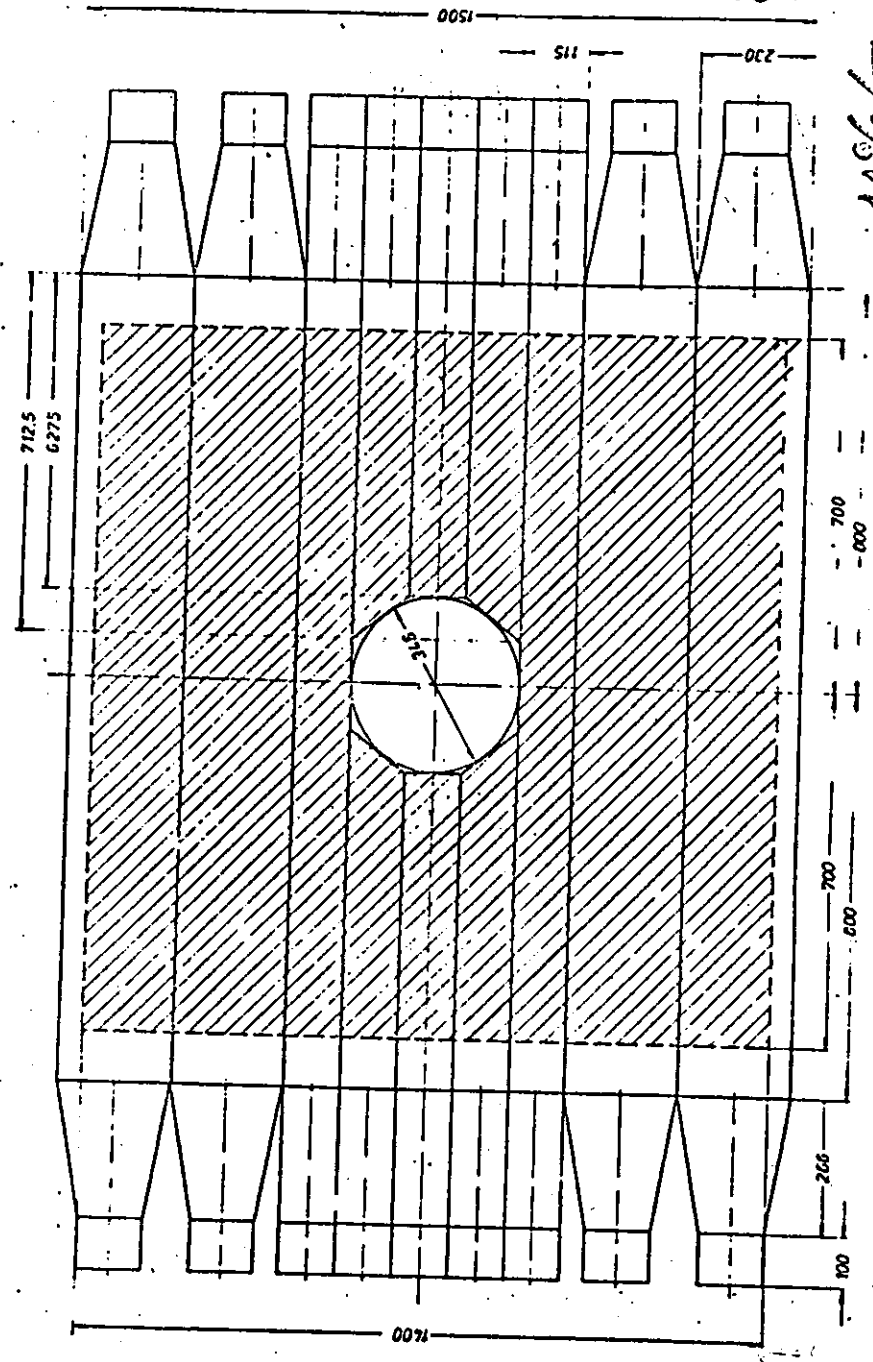
# PLUTO



SAT	20	<	0	<	70	mrad
LAT	70	<	0	<	250	mrad
ENDCAP	15	<	0	<	58°	
BARREL	58	<	0	<	90°	

-167-

Sandwich - Shower Counter  
 Prop. Tube number



-168-

21/9/52

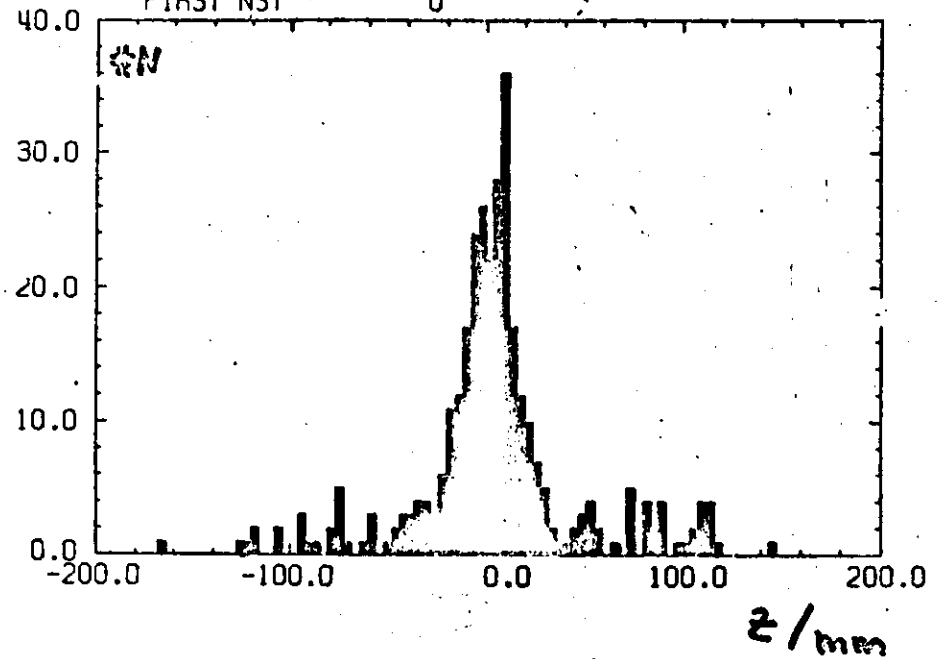
00 00

VERTEX - VERTEILUNG

- 169 -

( getagzte EVENTS )

21/02/79 KA 98  
19.26.04 KB 00  
FIRST KC 00  
NSY 0

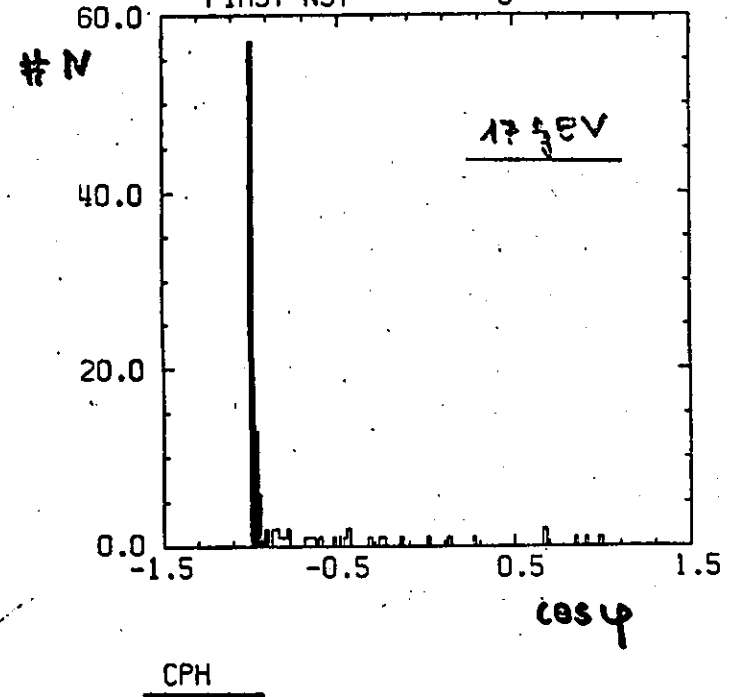


- 170 -

IMPULSSUMME VON EVENTS

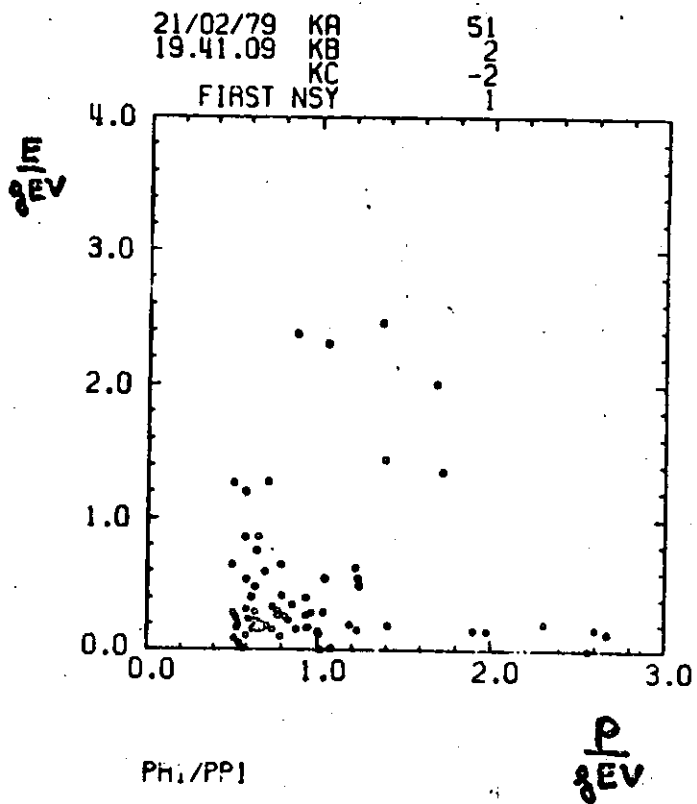
KIT TRQ ( r - y - PROJEKTION )

22/02/79 KA 75  
16.44.17 KB 303  
FIRST KC 00  
NSY 0



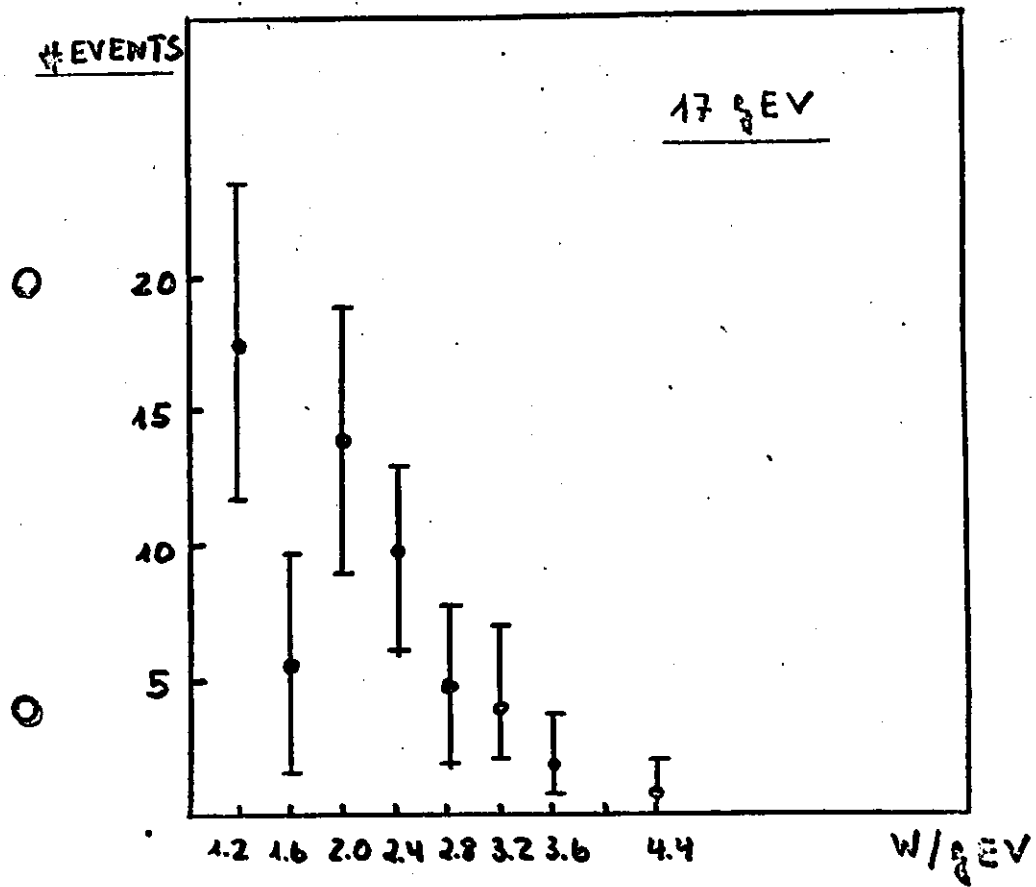


ENERGIE ÜBER IMPULS -171-  
(INVEN)



-172-

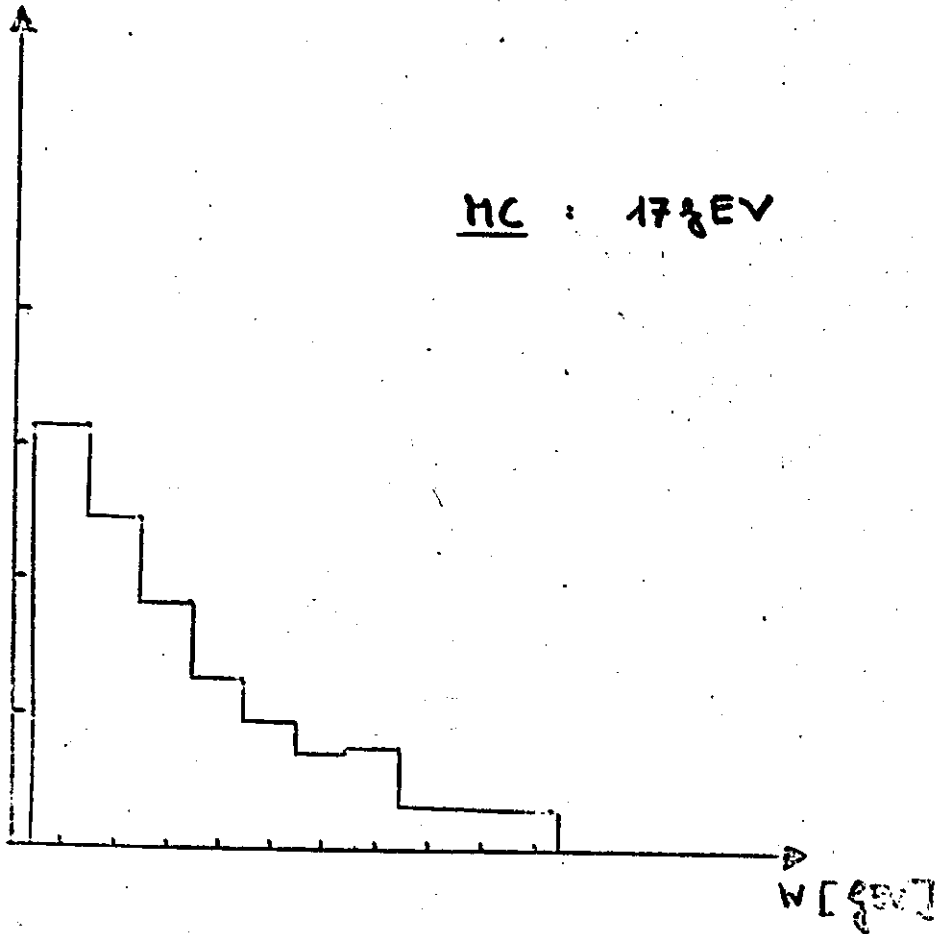
SINGLE TRAJ : DATEN



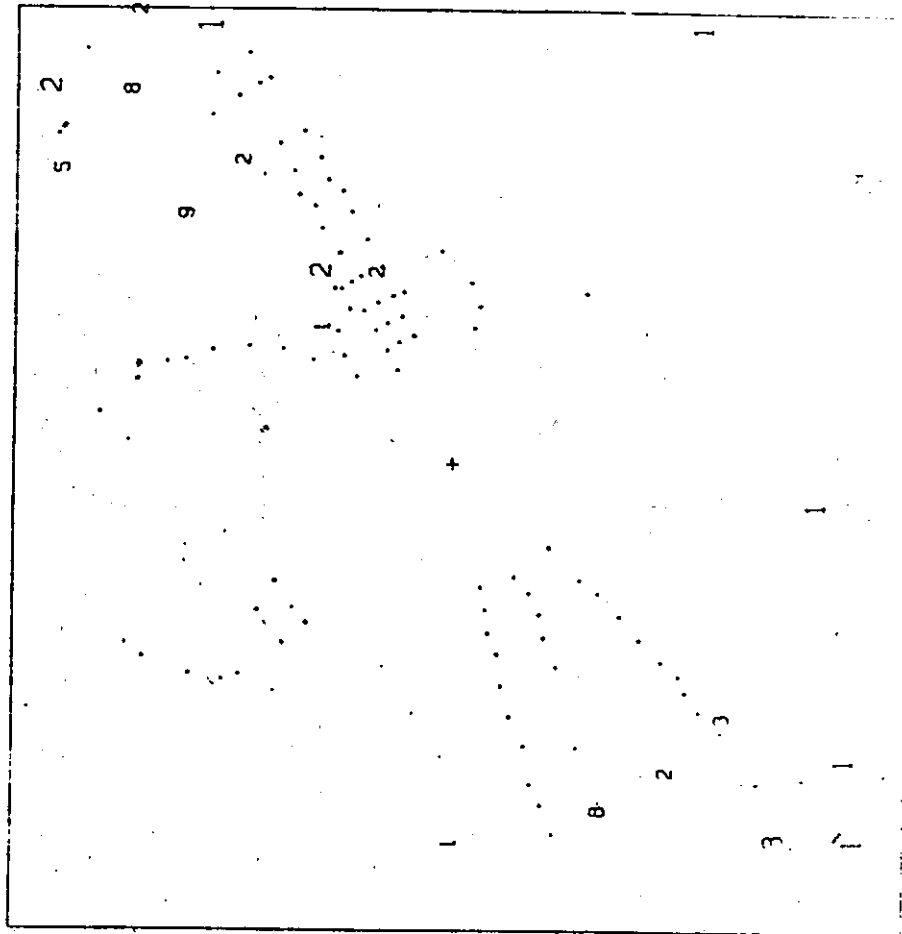
- 173 -

SINGLE TRG : MC

MC : 178 EV



- 174 -



R U N = 1918E

E V E N T = 4897

Y-V E R S U S - X V I E W

- 7000. < Z < 7000.

- 550. < X < 550.

- 550. < Y < 550.

R U N ± 18994

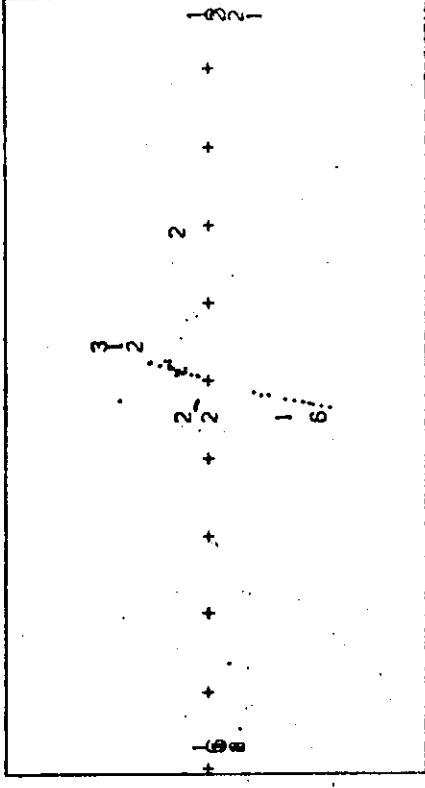
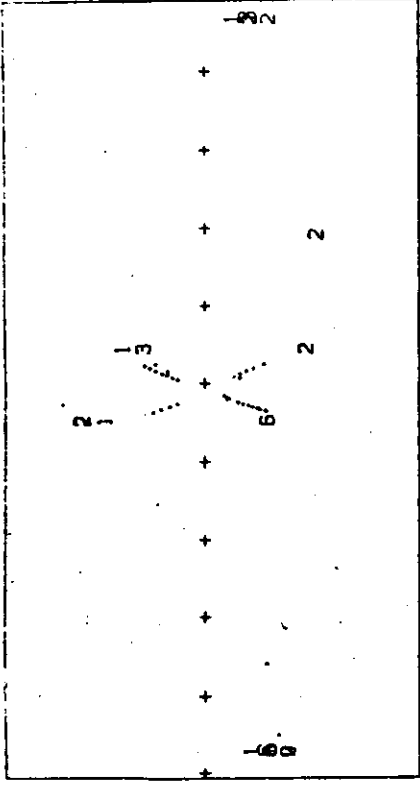
E V E N T ± 1867

X-VERSUS-Z AND

Y-VERSUS-Z VIEW

-7000. < Z < 7000.

-750. < X < 750.



R U N ± 19182

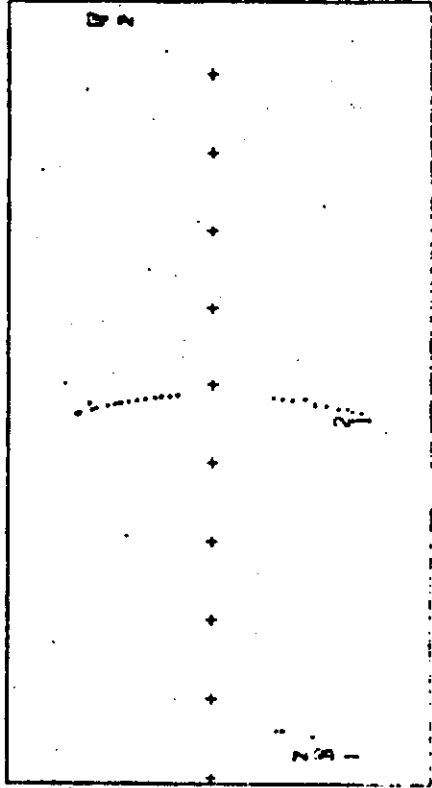
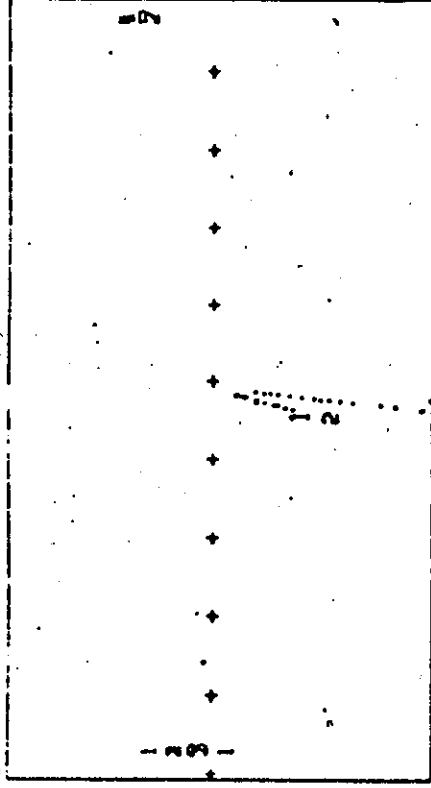
E V E N T ± 1643

X-VERSUS-Z AND

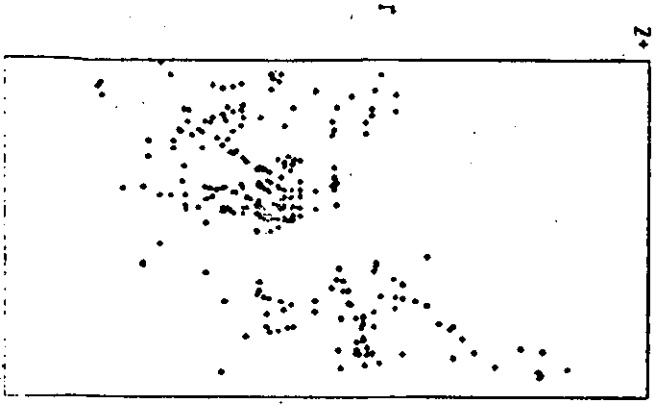
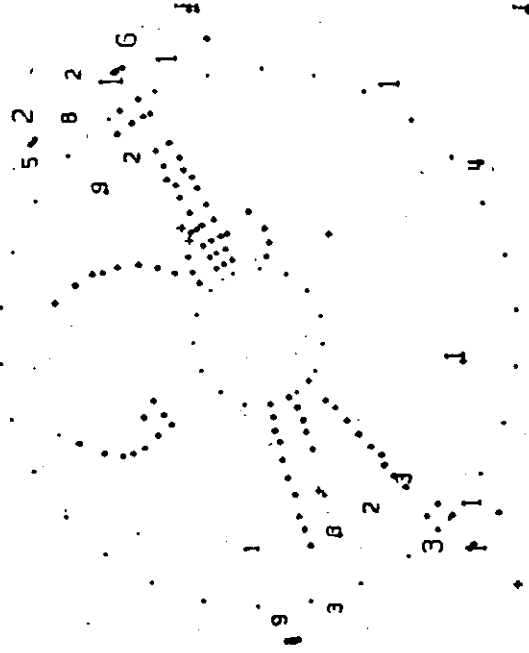
Y-VERSUS-Z VIEW

-7000. < Z < 7000.

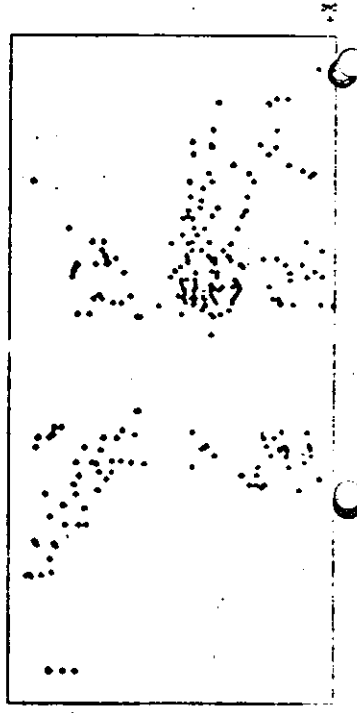
-550. < X < 550.



IN 19188  
EVT 4897  
SHOWER ADCS.SUM  
CUTS=( 1. 999 )



-177-



-178-

Ergebnisse der PLUTO-Kollaboration  
bei PETRA,  $\sigma_{TOT}$  unter besonderer  
Berücksichtigung der Luminositäts-  
Messung

Werner Lackas  
RWTH Aachen

ERGEBNISSE DER  
PLUTO - Collaboration Lackas  
Jan 1973  
BEI PETRA

$\sigma_{TOT}$

unter besonderer Berücksichtigung  
der Luminositätsmessung

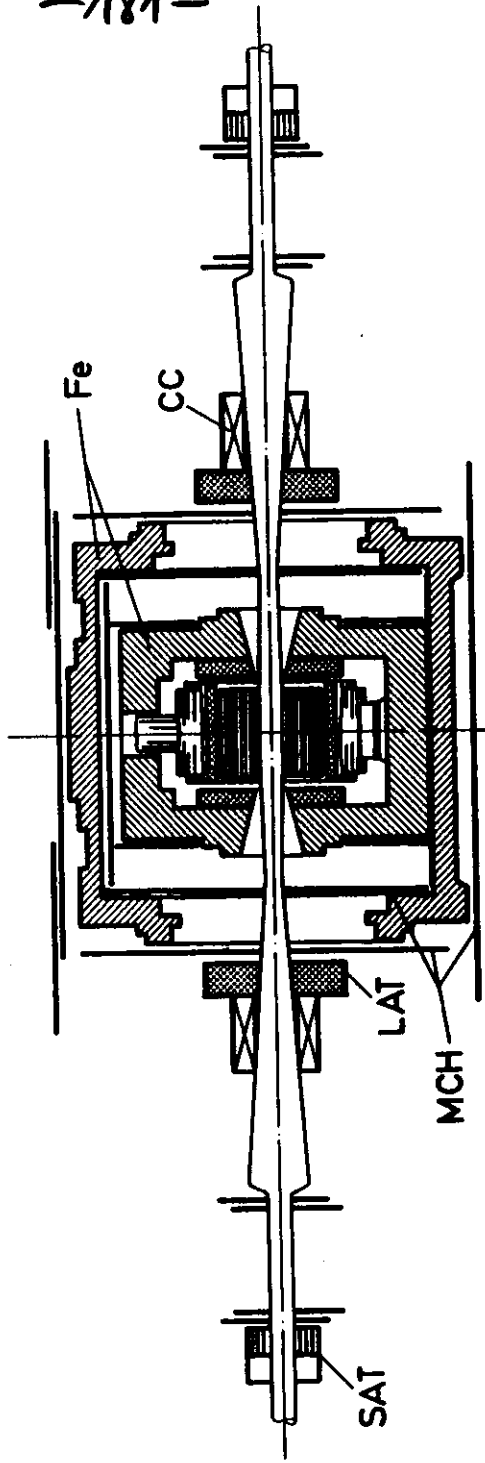
1. Detektorbeschreibung

2.  $\sigma_{TOT}$

a) Hadronselektion

b) Luminositätsbestimmung

PLUTO

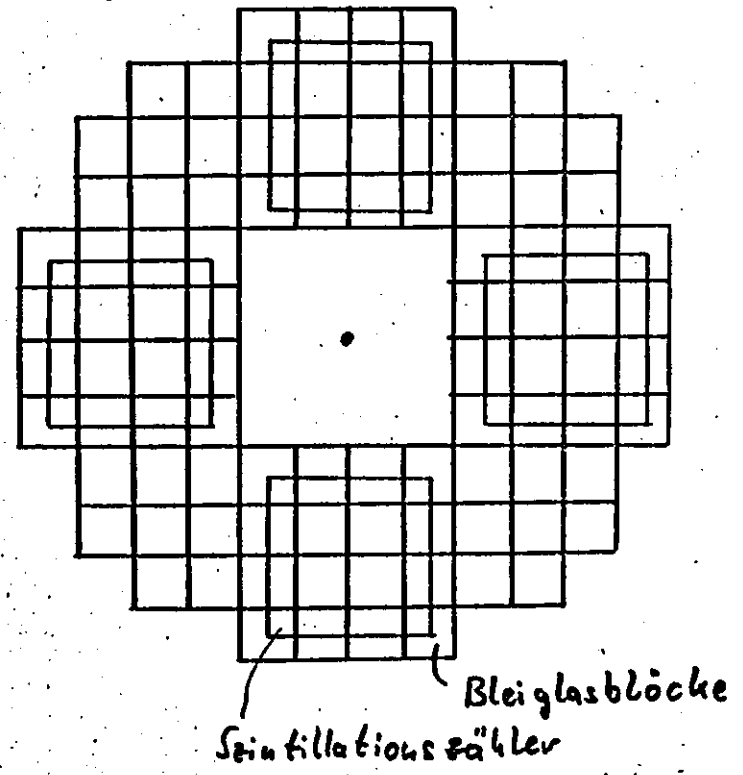


Barrel  $58^\circ < \theta < 90^\circ$   
 Endcap  $15^\circ < \theta < 58^\circ$   
 LAT  $4^\circ < \theta < 15^\circ$   
 SAT  $1.1^\circ < \theta < 4^\circ$

neutrale Akzeptanz  $\hat{=} 99\%$  von  $4\pi$

Innen detektor Drahtkammern  
 $30^\circ < \theta < 90^\circ \Rightarrow$   
 geladenen Akzeptanz  $\hat{=} 86\%$  von  $4\pi$

SAT



- 183 -

Sandwich-Shower Counter  
Prop. Tube Chamber

LAT

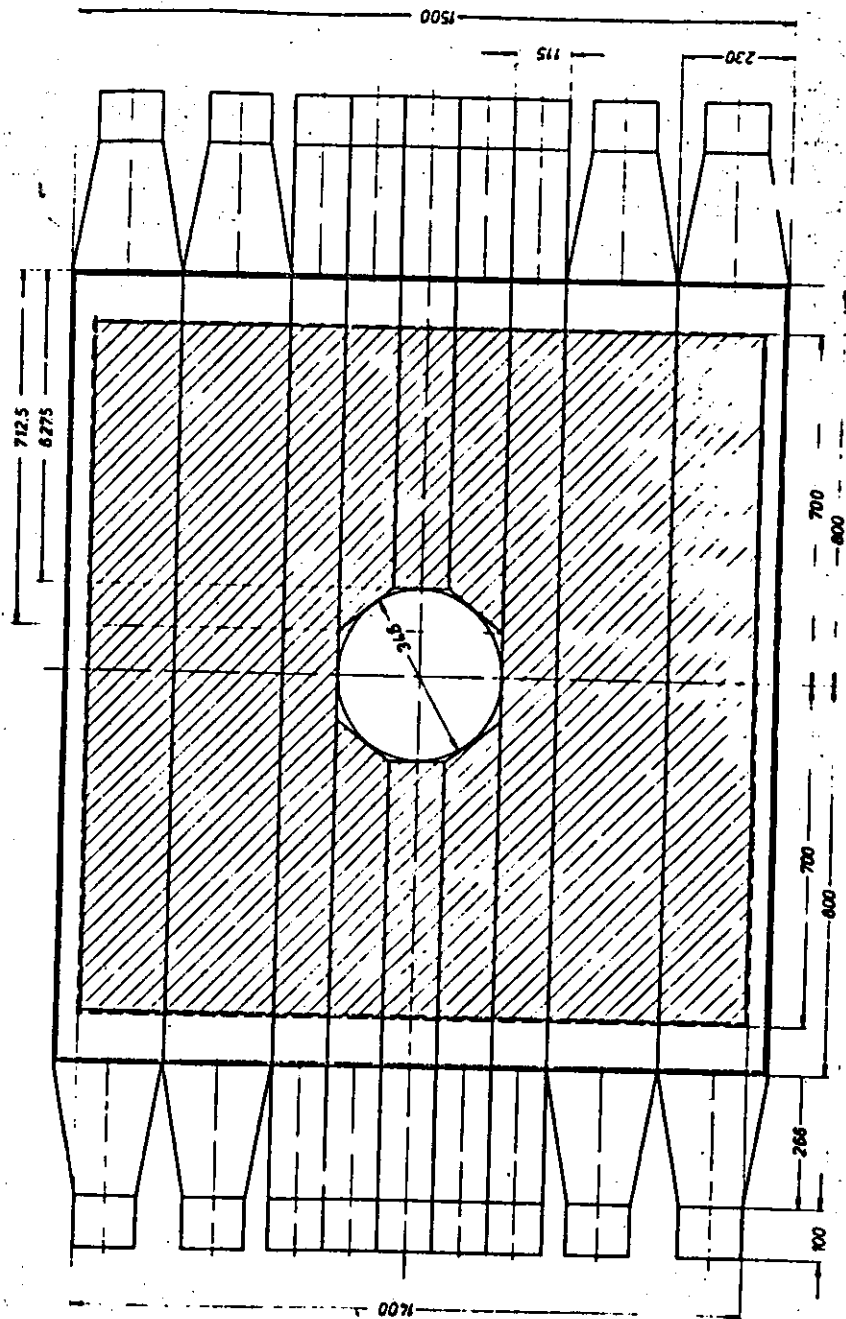


Fig.

- 184 -

Vorwärtsspektrometer  
(Luminositätsmonitor)

SAT 'Small Angle Tagger'

$\ominus \rightarrow 23 - 70 \text{ mrad}$

01 Bleiglas-Matrix aus je 96 Elementen

6.6 x 6.6 cm, 12.5 Str. L.

01 4 Szintillations Zähler

01 4 Ebenen Propkammern

LAT 'Large Angle Tagger'

$\ominus \rightarrow 70 - 260 \text{ mrad}$

01 Blei-Szintillator Schauerzähler  
13.5 Str. L.

01 5 Ebenen Prop.-Rohrkammern

$$\sigma_{TOT} = \frac{N_{Had}}{\mathcal{L}}$$

Hadronenselektion
Luminositätsbestimmung

TRIGGER

- 1) 2 coplanare oder 3 beliebige  
Spur kandidaten im Innendetektor  
( Hadronen + QED , Geladenen Trigger )
- 2) Mehr als 3 GeV in den inneren  
Schauer zählern  
( Hadronen + QED , Neutralen Trigger )
- 3) Mehr als 3 GeV in beiden Vorwärts-  
spektrometern  
( Luminositätstrigger )
- 4) 2 x 0.5 GeV oder 1 x 3 GeV im  
Vorwärtsspektrometer +  
1 GeV Schauerenergie oder 1  
Spur kandidat im Innendetektor  
( 2 γ Trigger )

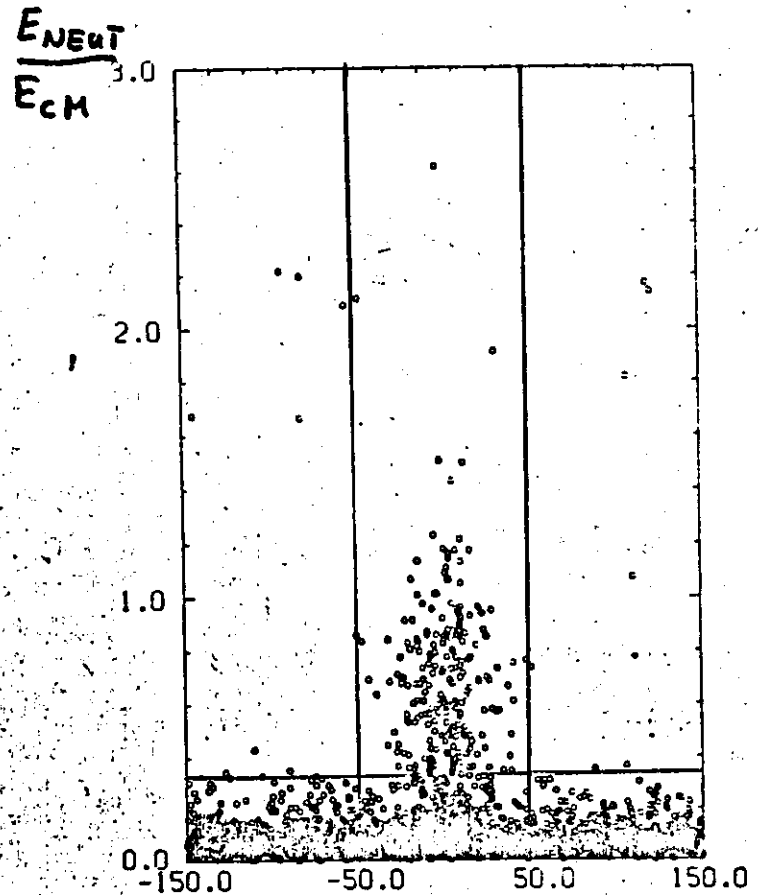


≈ 5 Hz Trigger rate

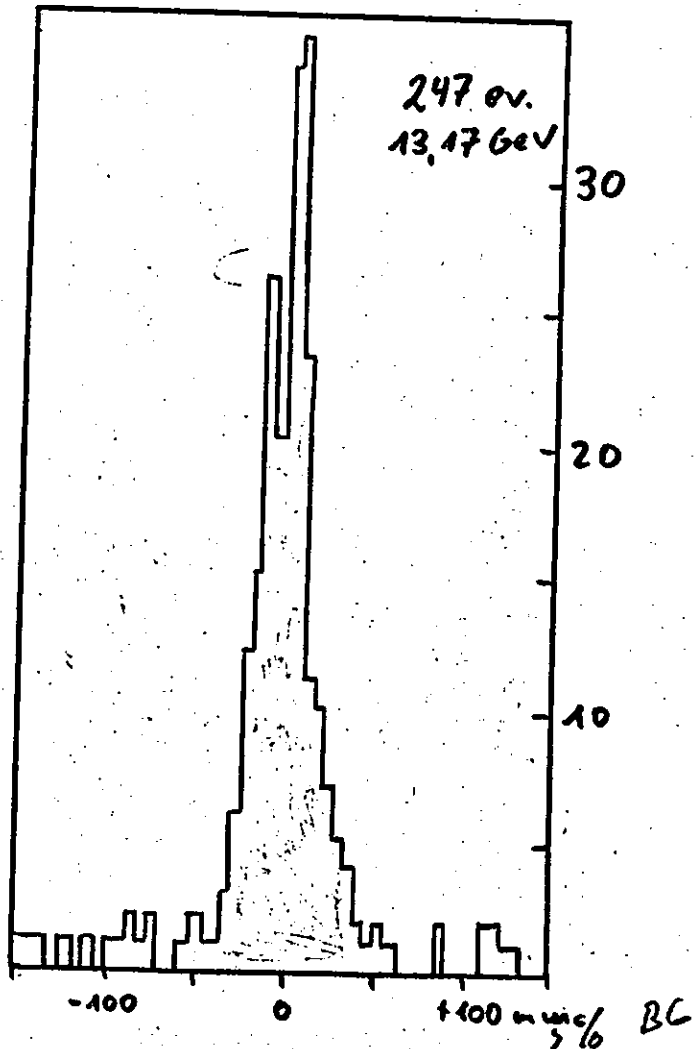


### Hadronen selektion

- 1) Anzahl der geladenen Spuren  $\geq 2$
- 2) Winkelschnitt für 2 Spur Ereignisse  
 $30^\circ < \Delta\phi < 150^\circ$   
( QED + Cosmics )
- 3) Energieschnitt in der neutralen Energie  
 $E_{\text{neut}} > .33 * E_{\text{CM}}$



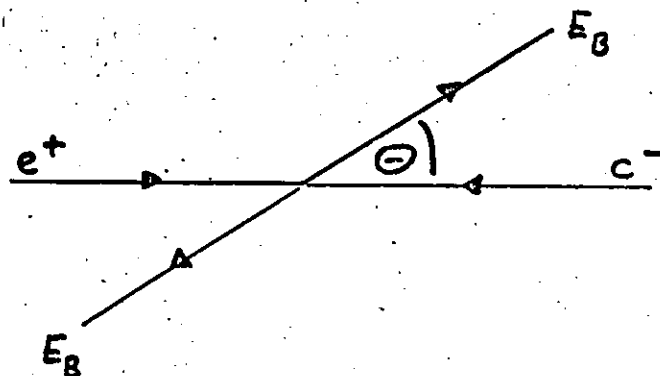
### $\beta$ -Verteilung der Hadronen



### LUMINOSITÄTSBESTIMMUNG

Eichprozess

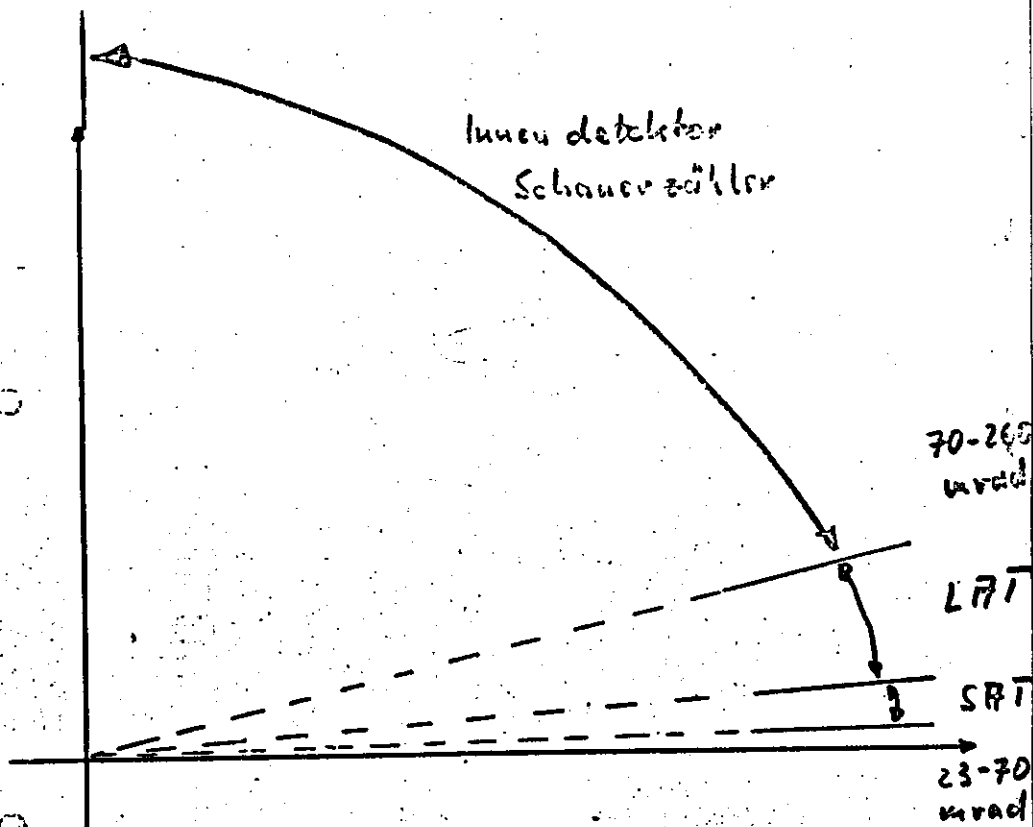
Bhabha



Erwartung:

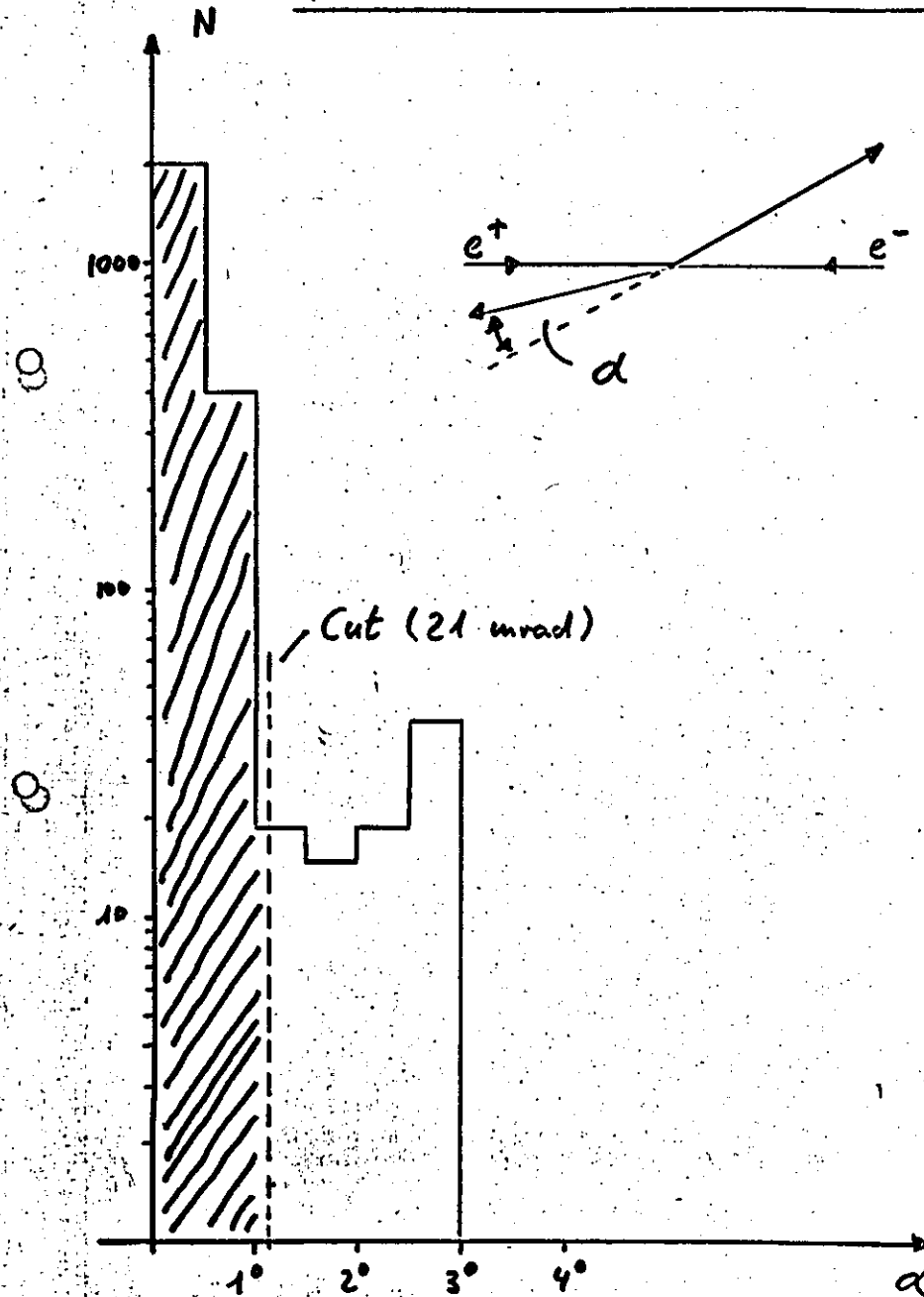
a) kollineare Ereignisse

b) hohe Energie in Schauerzählern



Akzeptanz für  
Elektronen und Photonen

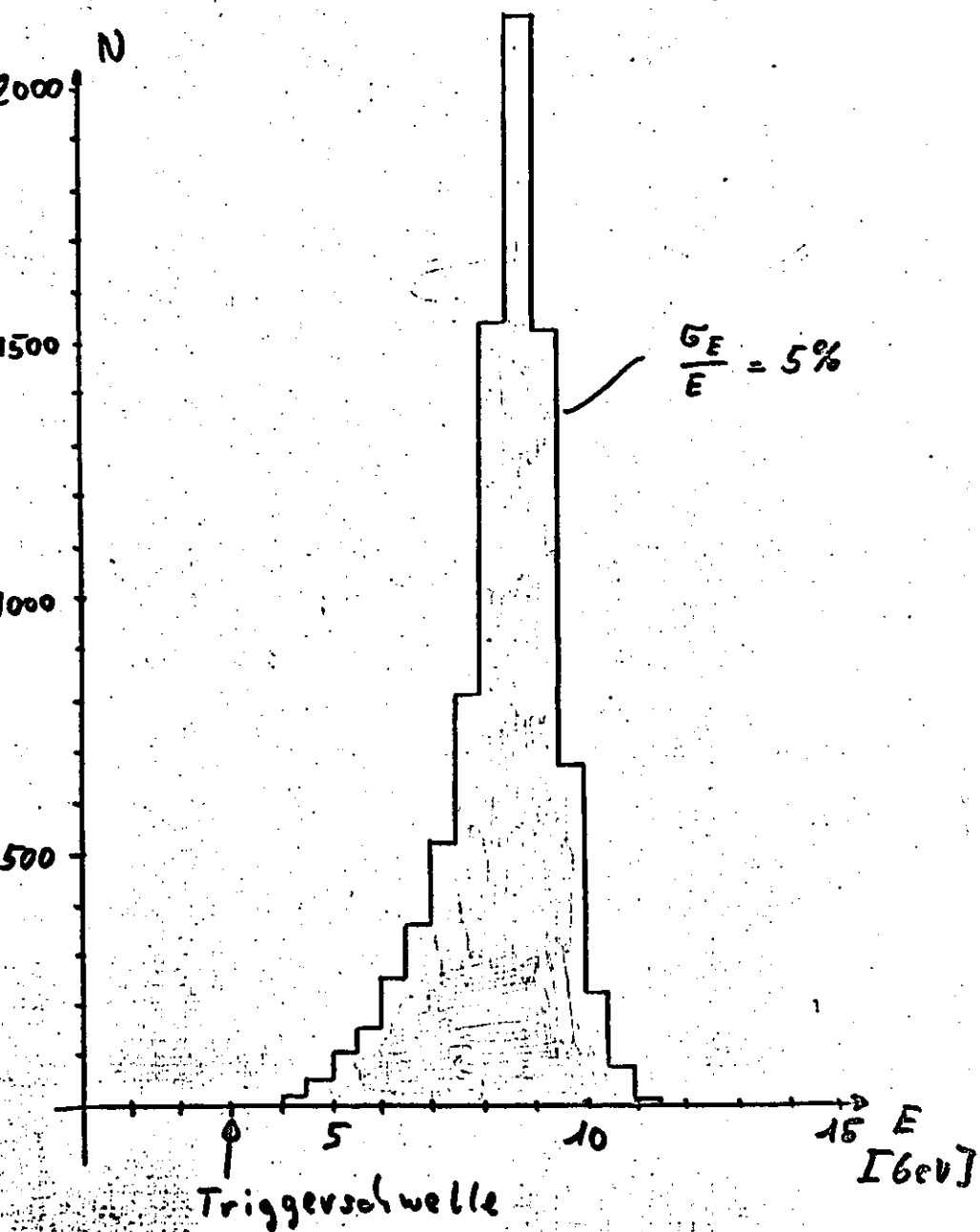
Abkollinearitätswinkel SAT



-193-

ENERGIE IM STP

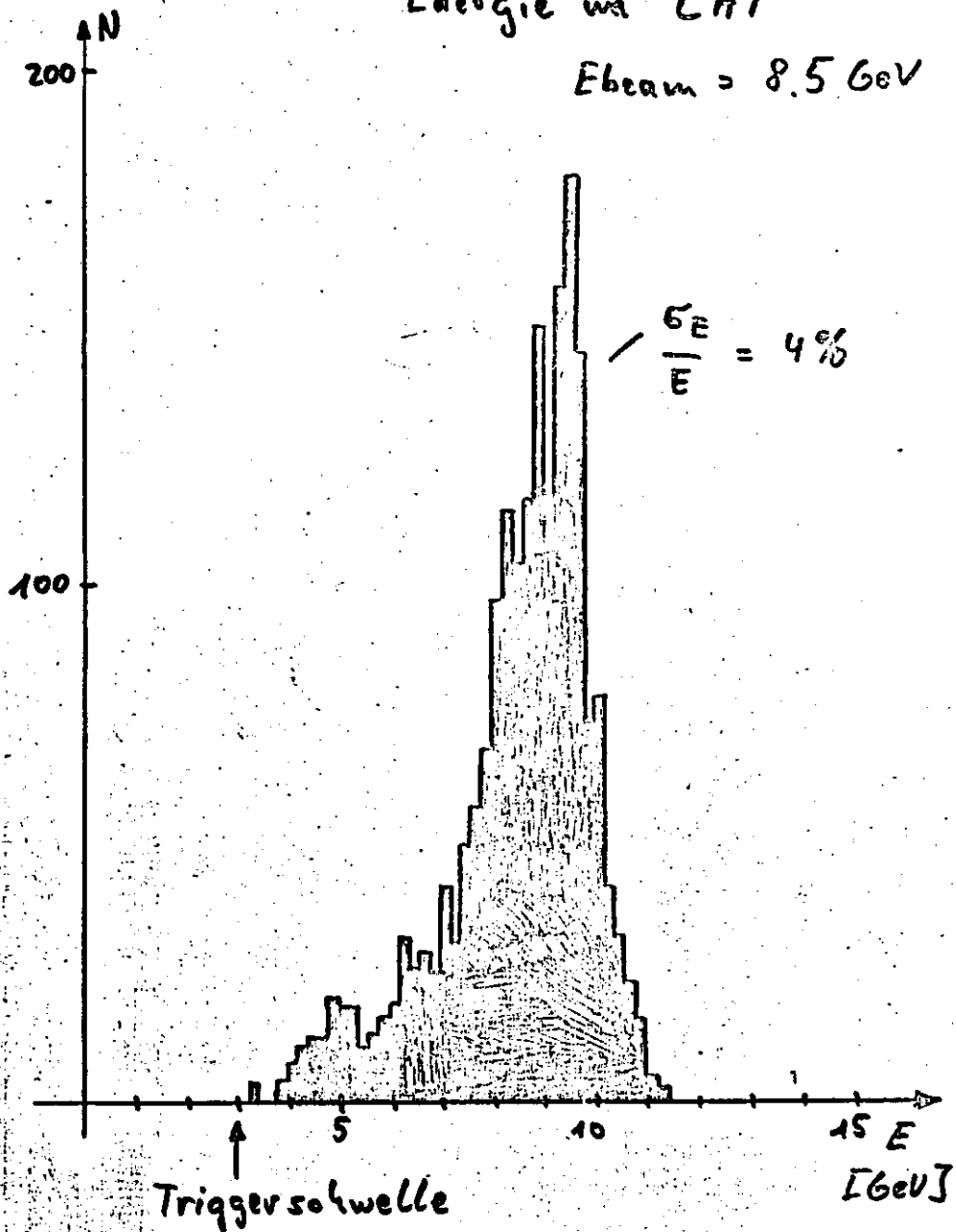
$E_{\text{beam}} = 8.5 \text{ GeV}$

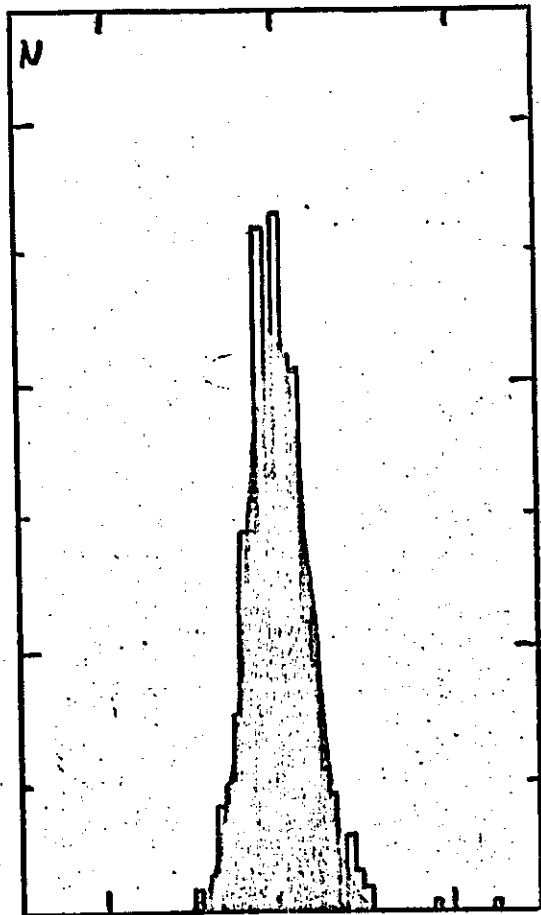


-194-

Energie im LAT

$E_{\text{beam}} = 8.5 \text{ GeV}$





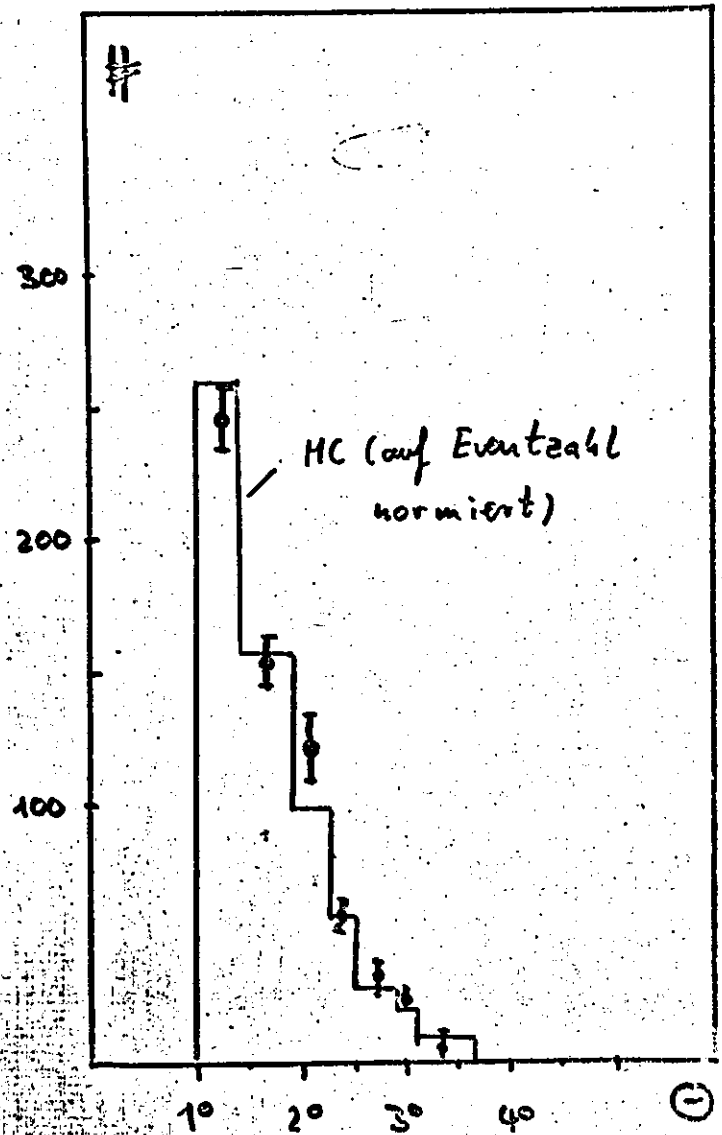
Z-Verteilung der Innendetektor-  
Bhabhas

Gaußfit  $\rightarrow$  Bunchlänge  $\sigma_b$

$$\sigma_b = 11.8 \pm 0.5 \text{ mm}$$

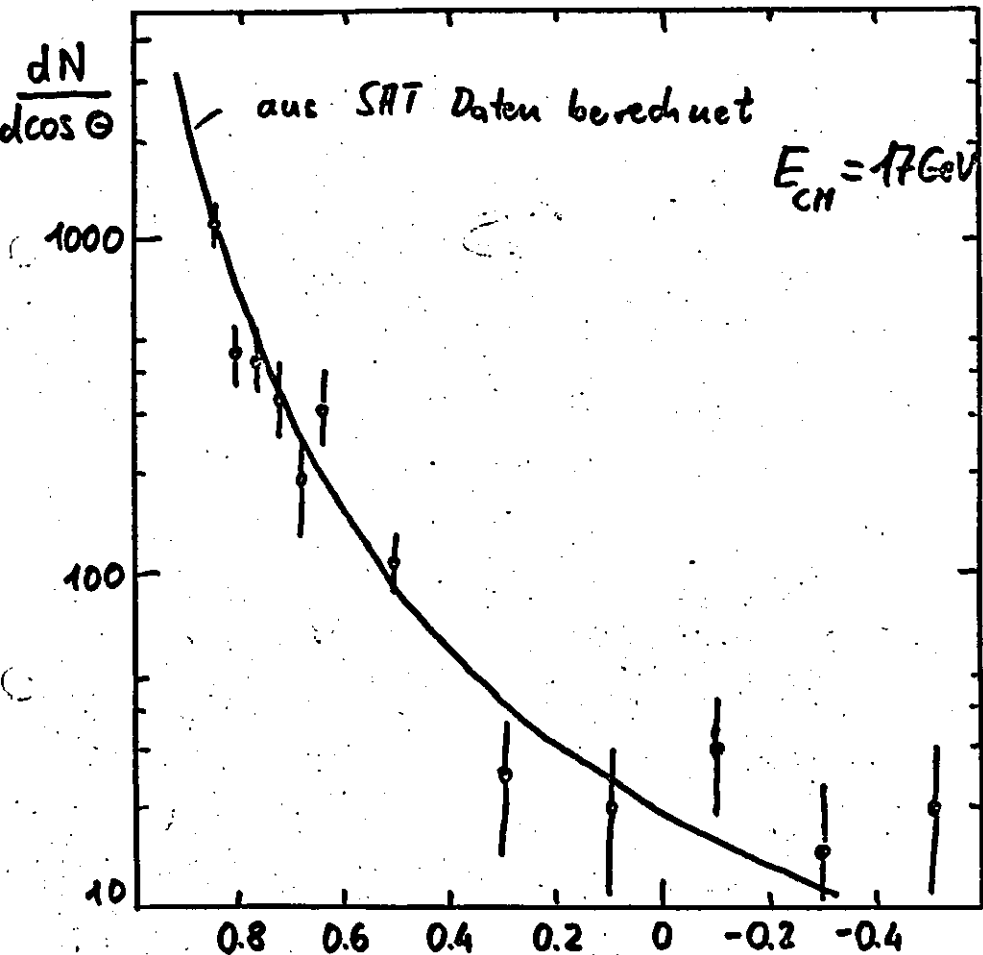
(erwartet 11.4 . PETRA Masch. Studien)

Winkelverteilung BHABHA  
ECM = 17 GeV SAT



MC (auf Eventzahl  
normiert)

$e^+e^- \rightarrow e^+e^-$  Juwendetektor



— entspricht einer Erwartung  
 von 170 Ereignissen

↓ beob. 173 " "

Berechnung von R

$$R = \left( \frac{N_{\text{Had}} - N_{\gamma\gamma} - R_{\text{vis}}^{\tau\tau}}{\mathcal{L} \cdot \sigma_{\mu\mu}} - R_{\text{vis}}^{\tau\tau} \right) \cdot \frac{1 + \Delta^{\text{Str.}}}{E}$$

Korrektur auf

: Strahlungskorr  $\Delta^{\text{Str.}} = -10\%$

: Akzeptanz  $\epsilon = 78\%$  } MC

:  $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^- \rightarrow \text{Hadr.}$   $R_{\text{vis}}^{\tau\tau} = 0.12$

:  $2\gamma$ -Prozesse  $N_{\gamma\gamma} = 13$   $E_{CM} = 17$

= 6  $E_{CM} = 13$

$N_{\text{Had}} = 108$   $E_{CM} 17 \text{ GeV}$

= 96  $E_{CM} 13 \text{ GeV}$

$\mathcal{L} = 88.3 \text{ nb}^{-1}$   $E_{CM} 17 \text{ GeV}$

= 42.6  $\text{nb}^{-1}$  " 13 GeV

$\Rightarrow R_{13 \text{ GeV}} = \underline{5.0 \pm 0.5}$

$R_{17 \text{ GeV}} = \underline{4.3 \pm 0.5}$

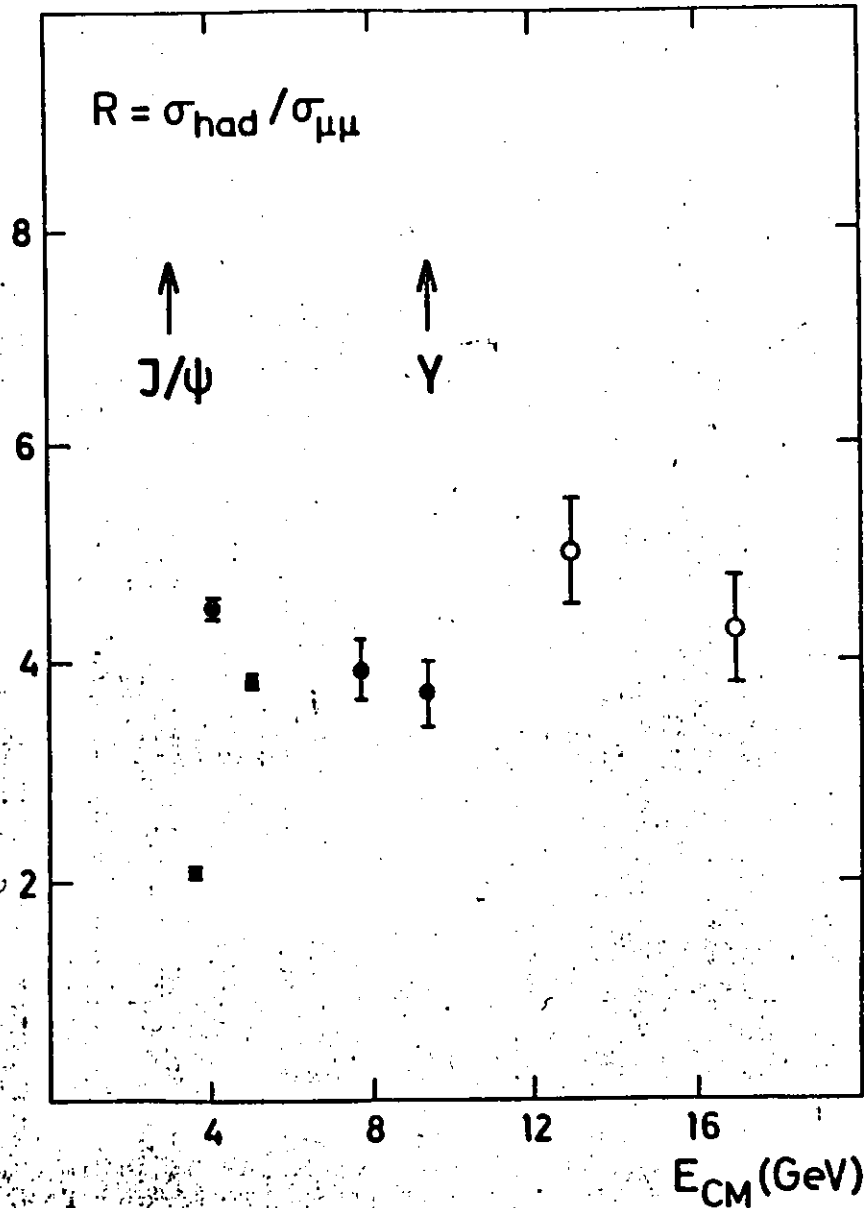


Fig. 5

Zusammenfassung:

Messung des totalen hadronischen Wirkungsquerschnitts bei 17 GeV Schwerpunktsenergie

PLUTO Collaboration (Sprecher W. Lackas, 1. Physikalisches Institut der RWTH Aachen)

Mit dem magnetischen Detektor Pluto wurden hadronische Reaktionen in der  $e^+ e^-$  Paarvernichtung am Speicherring PETRA untersucht.

Es werden die ersten Ergebnisse bei 17 GeV Schwerpunktsenergie diskutiert. Insbesondere wird auch die Normierung durch Messung der Kleinwinkel Bhabha Streuung behandelt.

