

Interner Bericht
DESY F33-77/04
Dezember 1977

Multiprong-Ereignisse ohne neutrale Teilchen
bei Schwerpunktsenergien von 3.1, 3.6 und 4.0-5.0 GeV
Stand der Auswertung Ende November 1977

von

Christian Gerke

DESY-Bibliothek
9. JAN. 1978

1. Einleitung

Das Verhalten exklusiver Kanäle aus der e^+e^- -Annihilation bei hohen Energien ist bisher wenig untersucht worden. Es gibt eine Messung der Kanäle $e^+e^- \rightarrow 2(\tau^+\tau^-)$ und $e^+e^- \rightarrow 3(\tau^+\tau^-)$ (1). Danach fällt der Wirkungsquerschnitt steil mit der Schwerpunktsenergie ab und hat keine Strukturen. Die meisten theoretischen Modelle sagen einen Abfall voraus, der stärker ist als s^{-1} , dem Abfall des Wirkungsquerschnittes für $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$.

Seit bekannt ist, daß der totale Wirkungsquerschnitt für die e^+e^- -Vernichtung bei $E_{cm} \gtrsim 4.0$ GeV resonante Strukturen aufweist, ist ein glatter Verlauf des Wirkungsquerschnittes für einzelne Kanäle nicht mehr selbstverständlich. Er deutet darauf hin, daß die Teilchen des Endzustandes nur quarks enthalten, die zu den Resonanzen nicht beitragen.

Der Detektor PLUTO eignet sich wegen seiner großen Raumwinkelüberdeckung (90° von 4π) besonders gut zur Untersuchung solcher Reaktionen mit vielen Teilchen im Endzustand. Hier werden die vorläufigen Ergebnisse von Untersuchungen der 4-, 6- und 8-prongs aus den PLUTO-Daten von 1976 beschrieben.

Multiprong-Ereignisse ohne neutrale Teilchen
bei Schwerpunktsenergien von 3.1, 3.6 und 4.0-5.0 GeV,
Stand der Auswertung Ende November 1977

von

Christian Gerke

2. Abtrennung der exklusiven Kanäle

Von den Daten bei 3.1, 3.2 und 4.0-5.0 GeV werden zunächst durch einen Vertexfit diejenigen mit der richtigen Zahl von Spuren vom Wechselwirkungspunkt ausgewählt; dann bleiben zwei Probleme zu lösen:

- 1) Die Abtrennung der Ereignisse mit neutralen Teilchen, insbesondere π^0 's und dann
- 2) bei den Ereignissen ohne neutrale Teilchen die Unterscheidung der Ereignisse mit ausschließlich Pionen von denen mit Pionen und Kaonen.

2.1 Eliminierung von Ereignissen mit π^0 's

Zur Unterdrückung der Ereignisse mit π^0 's werden zwei Eigenschaften dieser Ereignisse ausgenutzt:

- 1) Die γ 's aus dem Zerfall $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ schauern in Materie, im PLUTO besonders im Strahlrohr und den beiden Bleizylindern. Hieraus ergibt sich beim Scannen eine Nachweiswahrscheinlichkeit von $\approx 80\%$. Im Programm nutzen die folgenden Schritte diesen Effekt aus:

- a) Zahl der Koordinaten, die keiner Spur zugeordnet werden
NPNACH < 9
- b) Zahl der Spuren, die nicht vom Wechselwirkungspunkt kommen
NINU = 0
- c) Zahl der nach Paarbildung erkannten γ 's (Bank 'PHOT')
ING = 0.

Das Scannen von 83 6-prong-Ereignissen bei nichtresonanten Energien zeigt, daß durch diese Schritte 49 von 78 Ereignissen mit Schauern, aber nur 3 von 35 guten Ereignissen ohne Schauer ausgeschlossen werden.

Da neutrale Teilchen nicht gemessen werden, stimmt bei Ereignissen mit neutralen Teilchen i.A. die Impulsbilanz nicht. Deshalb wird ein Schnitt im fehlenden Impuls

$$|\vec{P}_{\text{miss}}| = \left| \sum \vec{P}_i^{e^+e^-} - \sum \vec{P}_i^{\text{RMS}} \right|$$

angebracht.

Aus folgenden Gründe werden hierbei die Impulskomponenten p_z parallel zu den Strahlen und die Transversalimpulse getrennt behandelt: Wenn e^+ oder e^- im Anfangszustand Bremsstrahlung machen, nimmt das abgestrahlte Photon einen Impuls in z-Richtung auf. Dann stimmt die Impulsbilanz des im Detektor gemessenen Ereignisses also dann nicht, wenn anschließend z.B. $e^+e^- \rightarrow 2\pi^+\pi^-$. Der Energieverlust durch Bremsstrahlung beträgt bei $E_{\text{cm}}=3.1$ GeV im Mittel 3.5% und steigt logarithmisch mit der Schwerpunktsenergie an (2). Daher wird der fehlende Impuls in z-Richtung als der eines abgestrahlten Photons angesehen, falls er nicht größer als p_z ist.

In der Ebene senkrecht zu den Strahlen wird ein Schnitt in $P_{\perp \text{miss}}$ angebracht; er ist energieabhängig, weil die Auflösung für die Impulsmessung mit wachsender Schwerpunktsenergie schlechter wird:

$$P_{\perp \text{miss}}^2 < \begin{cases} -0.04 + 0.02 \cdot E_{\text{cm}} & (4\text{-prongs}) \\ -0.02 + 0.01 \cdot E_{\text{cm}} & (6, 8\text{-prongs}) \end{cases}$$

Zur Verbesserung der Auflösung wird zum Schluß noch ein Fit auf die Erhaltung des Transversalimpulses gemacht.

3. Wirkungsquerschnitte

Wegen der angeführten Schwierigkeiten ist es ratsam, zunächst auf eine Trennung der Kanäle zu verzichten und den Wirkungsquerschnitt für

$$e^+e^- \rightarrow 4-, 6-, 8\text{prongs}$$

anzugeben.

Für die Korrektur auf verlorengegangene Ereignisse braucht man die Nachweiswahrscheinlichkeit im Detektor. Sie ist von der Teilchenmasse praktisch unabhängig und kann aus Monte-Carlo-Ereignissen

$$e^+e^- \rightarrow 2, 3, 4 (\pi^+\pi^-)$$

bestimmt werden. So ergeben sich die Wirkungsquerschnitte in

Abb. 3.

Um trotz der genannten Schwierigkeiten ein Ergebnis für die Wirkungsquerschnitte der einzelnen Kanäle zu erhalten, wird ein Fit der Monte-Carlo-Verteilungen für $E_{\text{seen}}/E_{\text{cm}}$ der verschiedenen Kanäle an die experimentelle Verteilung für $E_{\text{seen}}/E_{\text{cm}}$ versucht. Für die Resonanz $J/\psi(3.1)$ ergeben sich aus dem Fit die Verzweigungsverhältnisse in Tabelle 1; soweit auch Ergebnisse von SLAC/LBL vorliegen (3), ist die Übereinstimmung gut.

Bei den nichtresonanten Energien ergibt sich ein neues Problem: die Statistik reicht eigentlich nicht aus, um aus den Fits Wirkungsquerschnitte mit annehmbaren Fehlern auszurechnen; oft lassen sich nur obere Grenzen angeben (95% c.l.). Bei den 6-prongs müßten drei Kanäle berücksichtigt werden, weil kein Schnitt gegen K_S^0 angebracht wird. Es ist aber immer ein Kanal mit $\sigma=0$ verträglich. Deshalb werden hier nur die beiden anderen Kanäle berücksichtigt. So ergeben sich die Wirkungsquerschnitte in Abb. 4. Trotz der genannten Schwierigkeiten ist die Übereinstimmung in den Kanälen die SLAC/LBL auch gemessen hat (1), nicht schlecht (Abb. 5).

Keiner der Wirkungsquerschnitte zeigt signifikante Strukturen. Nimmt man für alle einen glatten Verlauf wie

$$\sigma(s) = A \cdot s^{-B}$$

an, so ergibt sich für alle Kanäle ein Abfall mit der Energie, der stärker ist als für $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ ($B=1$). Tabelle 2 führt die Parameter B auf, zum Vergleich auch die Werte von SLAC/LBL (1).

Heute wird allgemein angenommen, daß die resonanten Strukturen bei $E_{\text{cm}} \approx 4.0$ GeV durch charm verursacht werden. Da das c-quark bevorzugt in das s-quark zerfallen soll, müßten sich die Strukturen an der charm-Schwelle in Kanälen bemerkbar machen, die seltsame Teilchen enthalten, also z.B. Kaonen. Ohne charm sollten die Wirkungsquerschnitte für Endzustände mit und ohne seltsame Teilchen den gleichen Verlauf haben. Abb. 6 zeigt die Verhältnisse der Wirkungsquerschnitte mit und ohne Kaonen bei gleicher prong-Zahl. Die großen Fehler lassen keine Schlußfolgerung zu.

3. Vorschläge zur Verbesserung der beschriebenen Ergebnisse

1) Abb. 7 zeigt die Verbesserung die dadurch möglich ist, daß statt der Standardbänder F33DEV.HADFIT.GooonVoo, n=1,3,4,5,7,8,9 die Bänder F33FRA.HADFITn verwendet werden. Hier sind die Spurparameter genauer bestimmt worden, indem Vielfachstreuung, Feldinhomogenitäten und Energieverlust berücksichtigt wurden. Es wird sowohl die Auflösung verbessert als auch die Statistik erhöht.

2) Durch eine verbesserte K_S^0 -Erkennung sollte eine sauberere Abtrennung von Kanälen mit K_S^0 auch bei den 6-prongs möglich sein.

3) Der Schnitt

$$|p_{z,miss}| < 0.035 \cdot E_{cm}$$

gegen die Abstrahlung ist noch nicht variiert worden. Wahrscheinlich sollte er energieabhängig gemacht werden

4) Hier sind zunächst die 8-prongs wie die 6-prongs behandelt worden; weichere Schnitte könnten hier möglicherweise die Statistik noch erhöhen.

5) Die Resonanz (3.7) könnte in die Untersuchungen einbezogen werden.

6) Man kann versuchen, auch die Kanäle

$$e^+e^- \rightarrow 2,3,4 (\pi^+\pi^-) \pi^0$$

zu finden. Für die Resonanz $\psi(3.1)$ gibt es schon Ergebnisse (4). Bei den nichtresonanten Energien wird aber die Auflösung wegen des Verlustes an Zwangsbedingungen schlecht.

7) SLAC/LBL (3) ist wegen seines kleineren Raumwinkels gezwungen, auch (n-1)-prongs zu den n-prongs zu zählen. Bei PLUTO würden wahrscheinlich aus den gleichen Gründen wie bei 6) die Nachteile die Vorteile aus der höherer Statistik überwiegen.

8) Die Suche nach Zwischenresonanzen ist nicht aussichtslos: Abb. 8 zeigt die effektive Masse zweier Pionen für die nichtresonanten Energien. Eine Anhäufung von Einträgen bei der Masse des ρ -Mesons ist zu erkennen.

Zusammenfassung

Es wird beschrieben, wie die Multiprong-Ereignisse ohne neutrale Teilchen in den PLUTO-Daten von 1976 untersucht werden können. Für einige Verzweigungsverhältnisse der Resonanz $J/\psi(3.1)$ und einige Wirkungsquerschnitte $e^+e^- \rightarrow$ Multiprongs bei den nicht-resonanten Energien 3.6 und 4.0-5.0 GeV werden vorläufige Ergebnisse angegeben.

Literatur

- (1) B. Jean-Marie et al., SLAC-Pub 1711 (Feb 1976)
- (2) B.H. Wiik, G. Wolf, DESY 77/01 (Jan 1977)
- (3) F. Vannucci et al., SLAC-Pub 1862 (Dec 1976)
- (4) Ch. Gerke, Interner Bericht DESY F33-77/01 (April 1977)

Tabelle 1 Verzweigungsverhältnisse $J/\psi(3.1) \rightarrow$ geladene Teilchen

Kanal	Verzweigungsverhältnis in % *	zum Vergleich Ref. (3)
$4\pi^{\pm}$	0.31 ± 0.03	0.4 ± 0.1
$K_S^0 K^{\pm} \pi^{\mp}$	0.26 ± 0.16	0.26 ± 0.07
$2K^{\pm} 2\pi^{\pm}$	0.50 ± 0.03	0.72 ± 0.23
$6\pi^{\pm}$	0.36 ± 0.06	0.04 ± 0.02
$K_S^0 K^{\pm} \pi^{\mp} 2\pi^{\pm}$	0.31 ± 0.14	-
$2K^{\pm} 4\pi^{\pm}$	0.13 ± 0.05	0.31 ± 0.13
$8\pi^{\pm}$	0.03 ± 0.06	-

*) Es ist der statistische Fehler angegeben.

Tabelle 2 Der Parameter B aus der Anpassung von

$$\sigma(s) = A \cdot s^{-B}$$

an den Wirkungsquerschnitt über der Energie.

Kanal	B mit statistische Fehler	zum Vergleich Ref. (1)
4-prongs	3.0 ± 0.3	-
$4\pi^{\pm}$	3.2 ± 0.3	2.8 ± 0.5
$2K^{\pm} 2\pi^{\pm}$	2.0 ± 0.2	-
6-prongs	1.8 ± 0.4	-
$6\pi^{\pm}$	2.1 ± 0.1	2.3 ± 0.6

Liste der Abbildungen:

- Verteilung $E_{\text{seen}}/E_{\text{cm}}$ für 6-prongs bei nichtresonanten Energien vor und nach der Korrektur auf Abstrahlung im Anfangszustand
- Verteilungen $E_{\text{seen}}/E_{\text{cm}}$ für alle Schwerpunktsenergien nach allen Schritten:
 - 4-prongs
 - 6-prongs
 - 8-prongs
- Wirkungsquerschnitte für $e^+e^- \rightarrow$ Multiprongs ohne neutrale Teilchen:
 - 4-prongs ($E_{\text{seen}}/E_{\text{cm}} > 0.78$)
 - 6-prongs
 - 8-prongs
- Wirkungsquerschnitte für einzelne Kanäle:
 - $2(\pi^+\pi^-)$
 - $K^+K^-\pi^+\pi^-$
 - $3(\pi^+\pi^-)$
 - $K^+K^-2(\pi^+\pi^-)$
- Vergleich der Wirkungsquerschnitte PLUTO - Ref. (1)
 - $2(\pi^+\pi^-)$
 - $3(\pi^+\pi^-)$
- Verhältnis der Wirkungsquerschnitte mit und ohne Kaonen:
 - $\sigma(e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-) / \sigma(e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-))$
 - $\sigma(e^+e^- \rightarrow K^+K^-2(\pi^+\pi^-)) / \sigma(e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+\pi^-))$
- Verteilung $E_{\text{seen}}/E_{\text{cm}}$ für $J/\psi(3.1) \rightarrow$ 4-prongs von Standard-Datenbändern und von F33FRA.HADFITn
- Verteilung der effektiven Masse zweier Pionen bei nichtresonanten Energien für 4- und 6-prongs

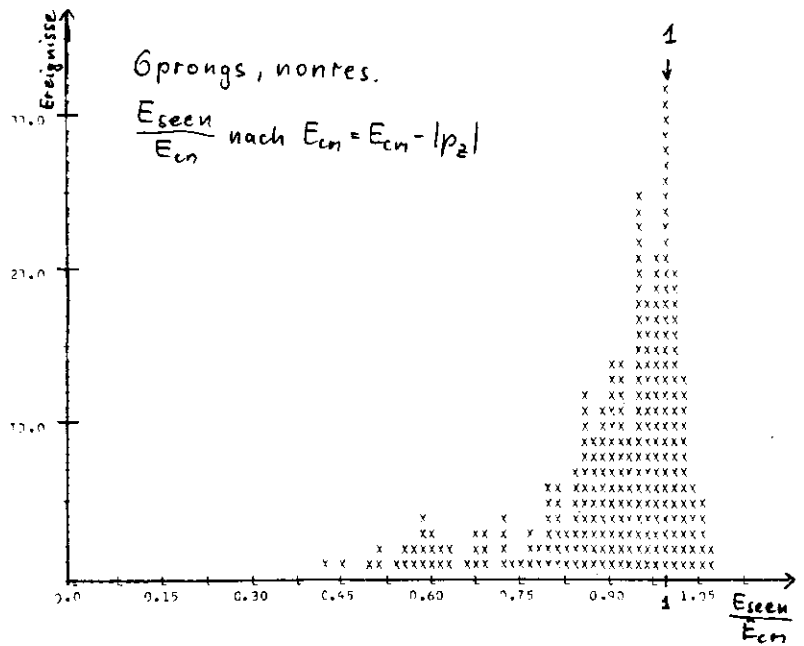
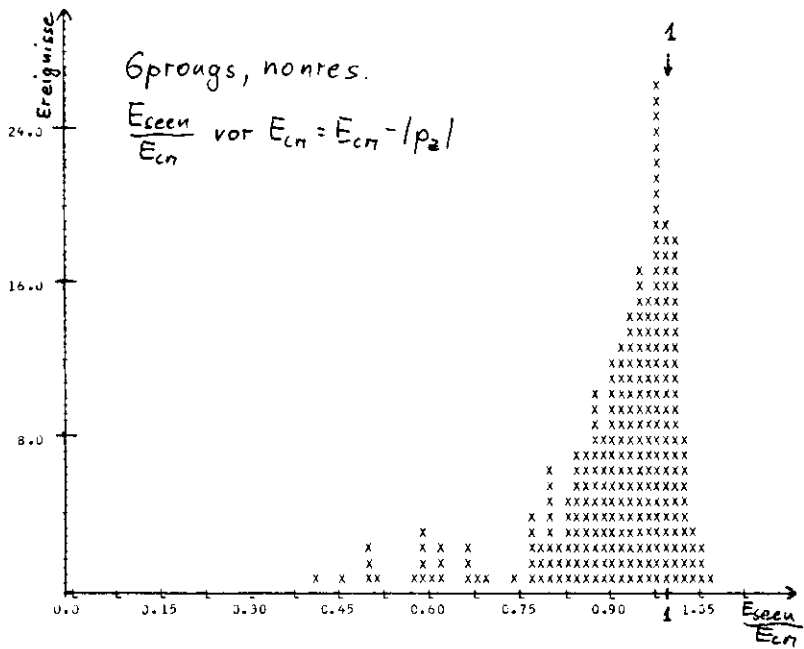
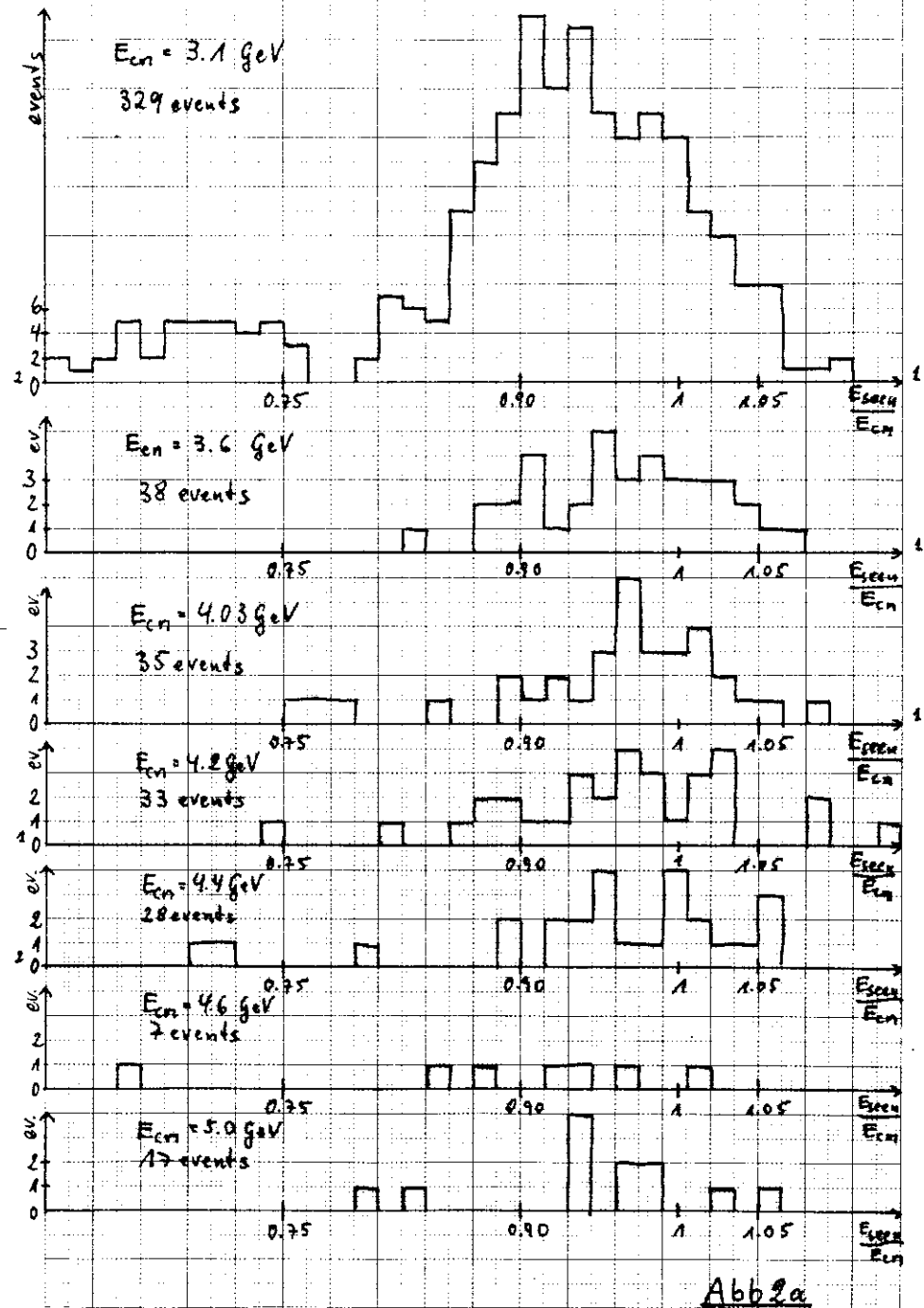
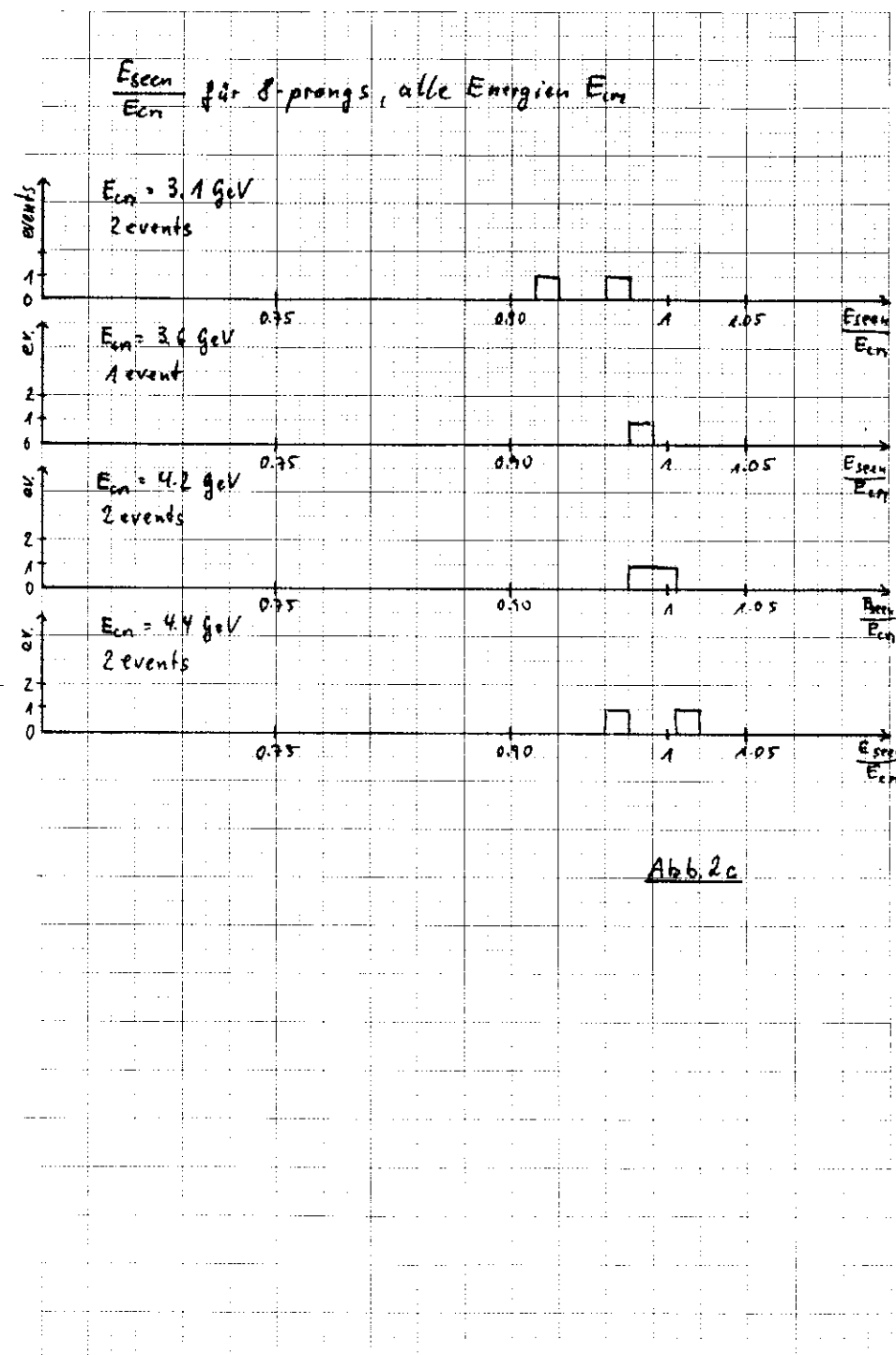
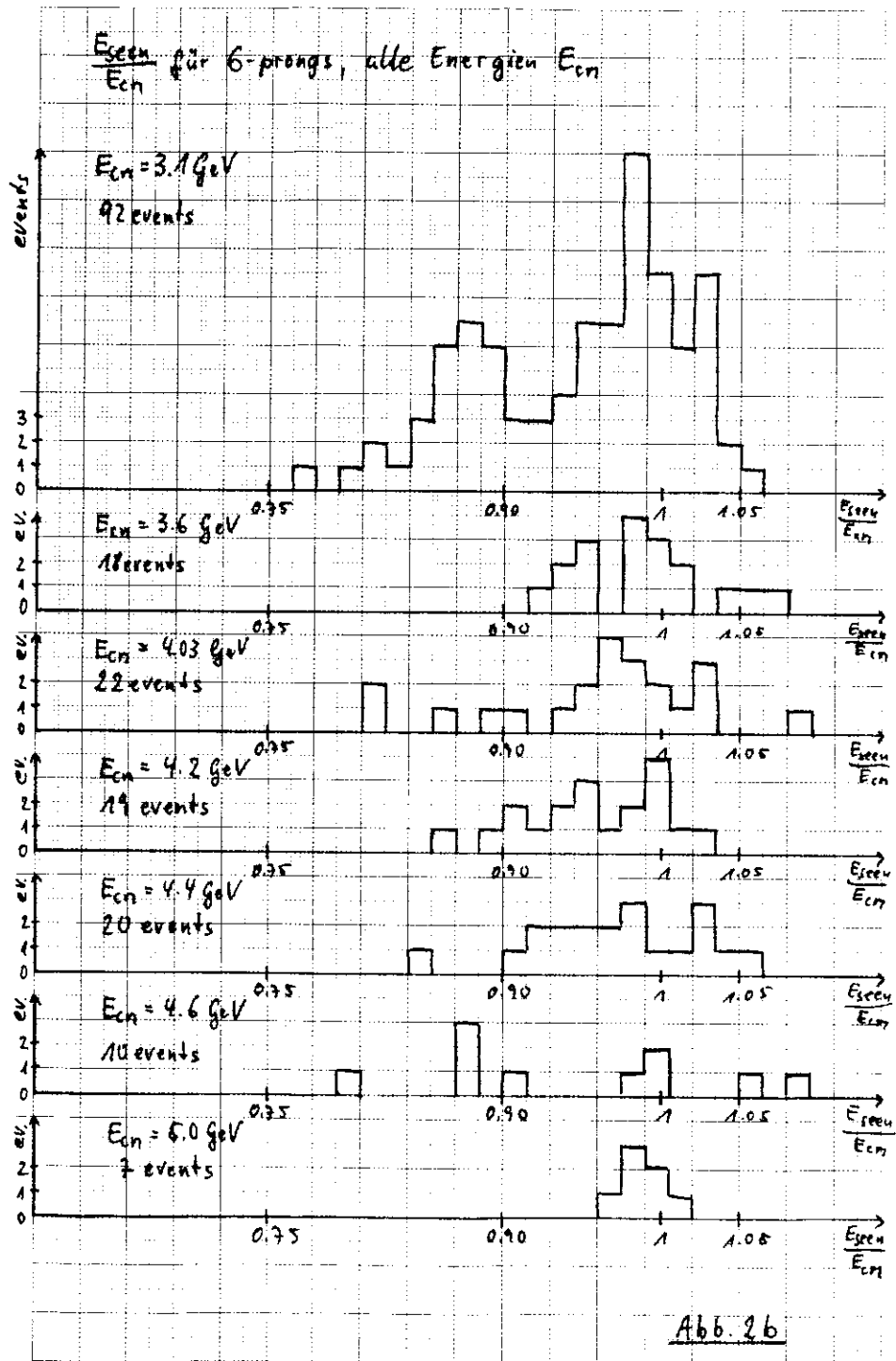


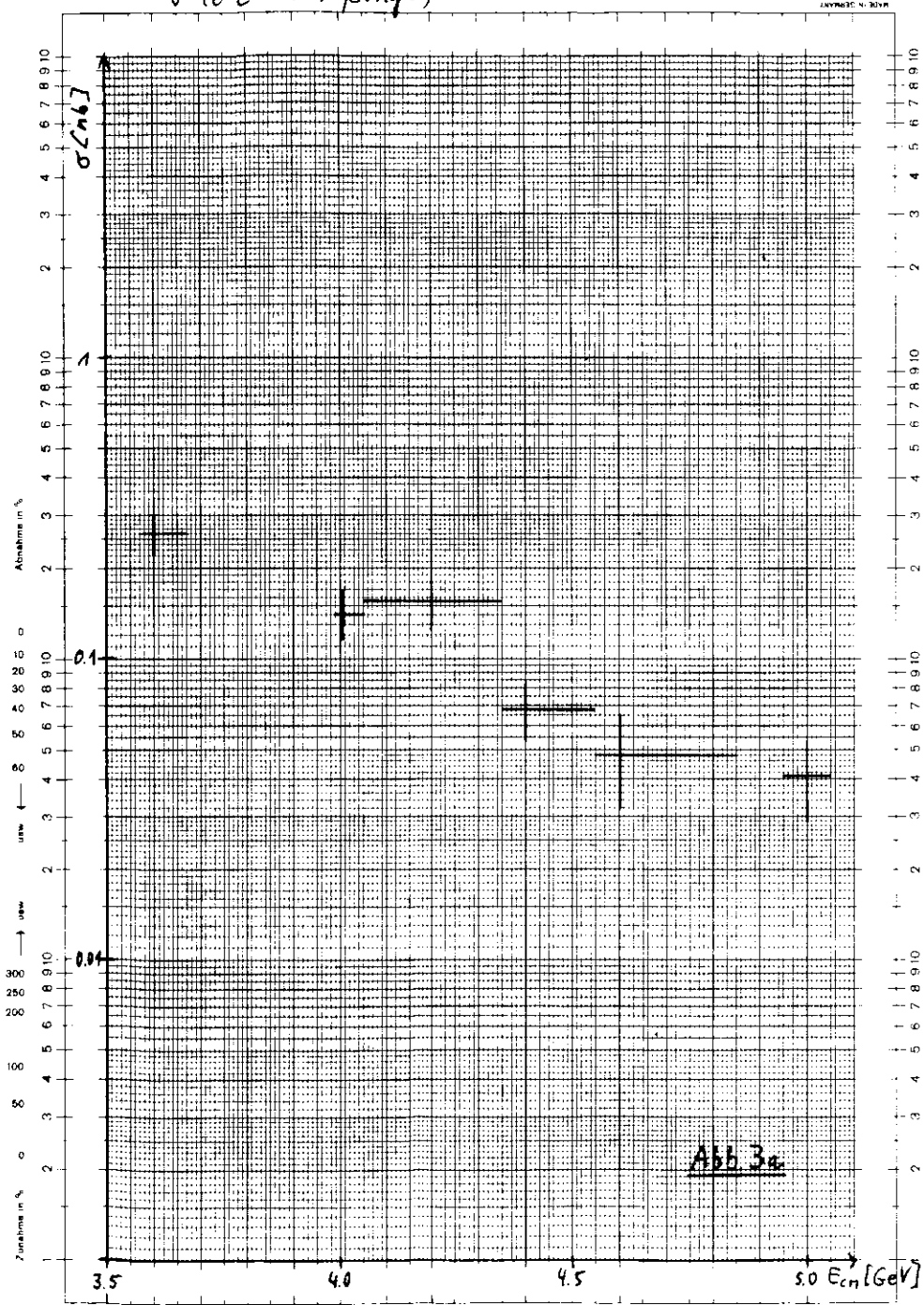
Abb. 1

$\frac{E_{seen}}{E_{cn}}$ für 4-prongs, alle Energien E_{cn}





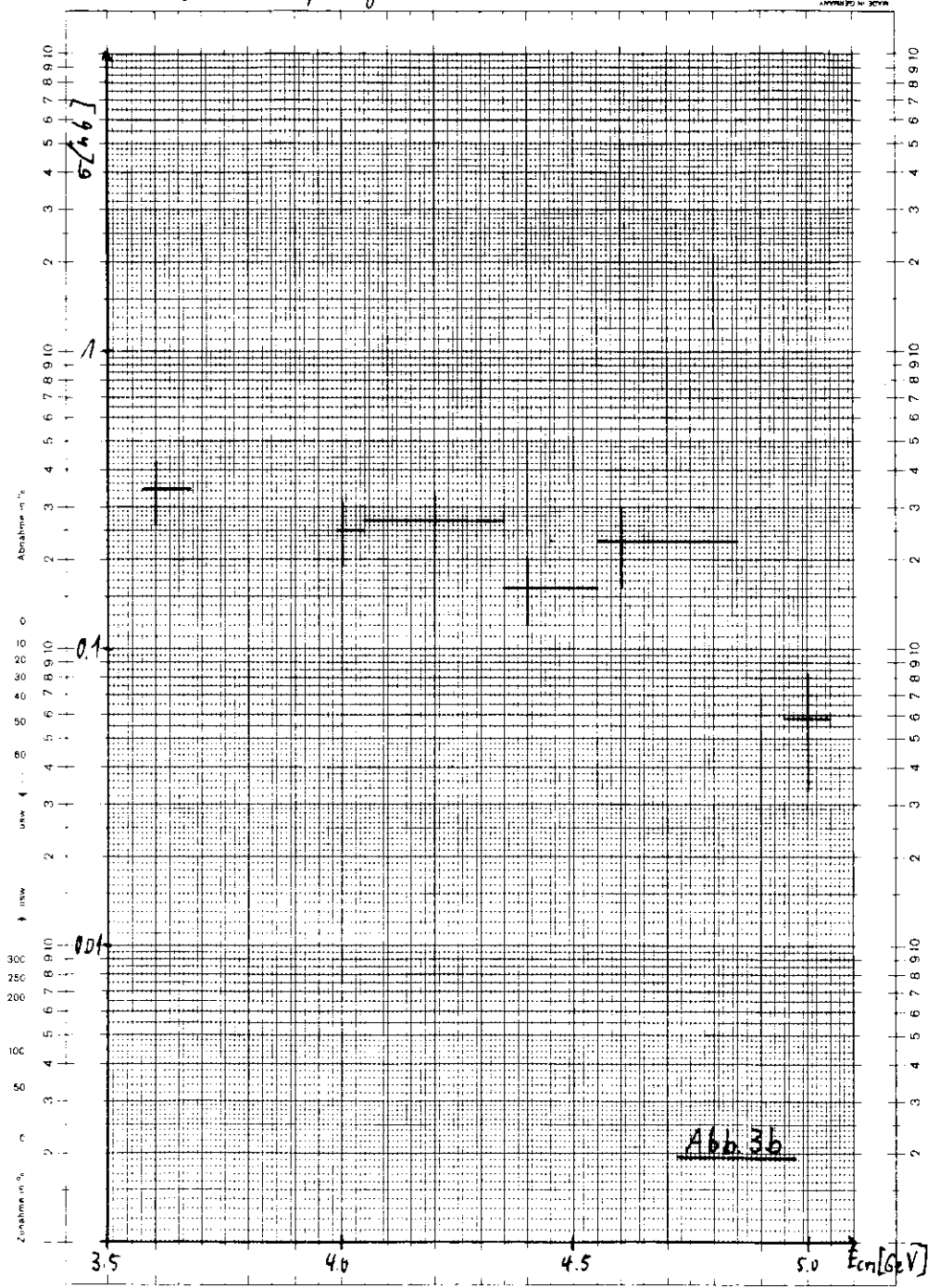
$\sigma(e^+e^- \rightarrow 4\text{-prongs})$



Nr. 369, 6 P.

Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 0,25 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab

$\sigma(e^+e^- \rightarrow 6\text{-prongs})$



Nr. 369, 6 P.

Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 0,25 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab

$$\sigma(e^+e^- \rightarrow 8\mu\text{ons})$$

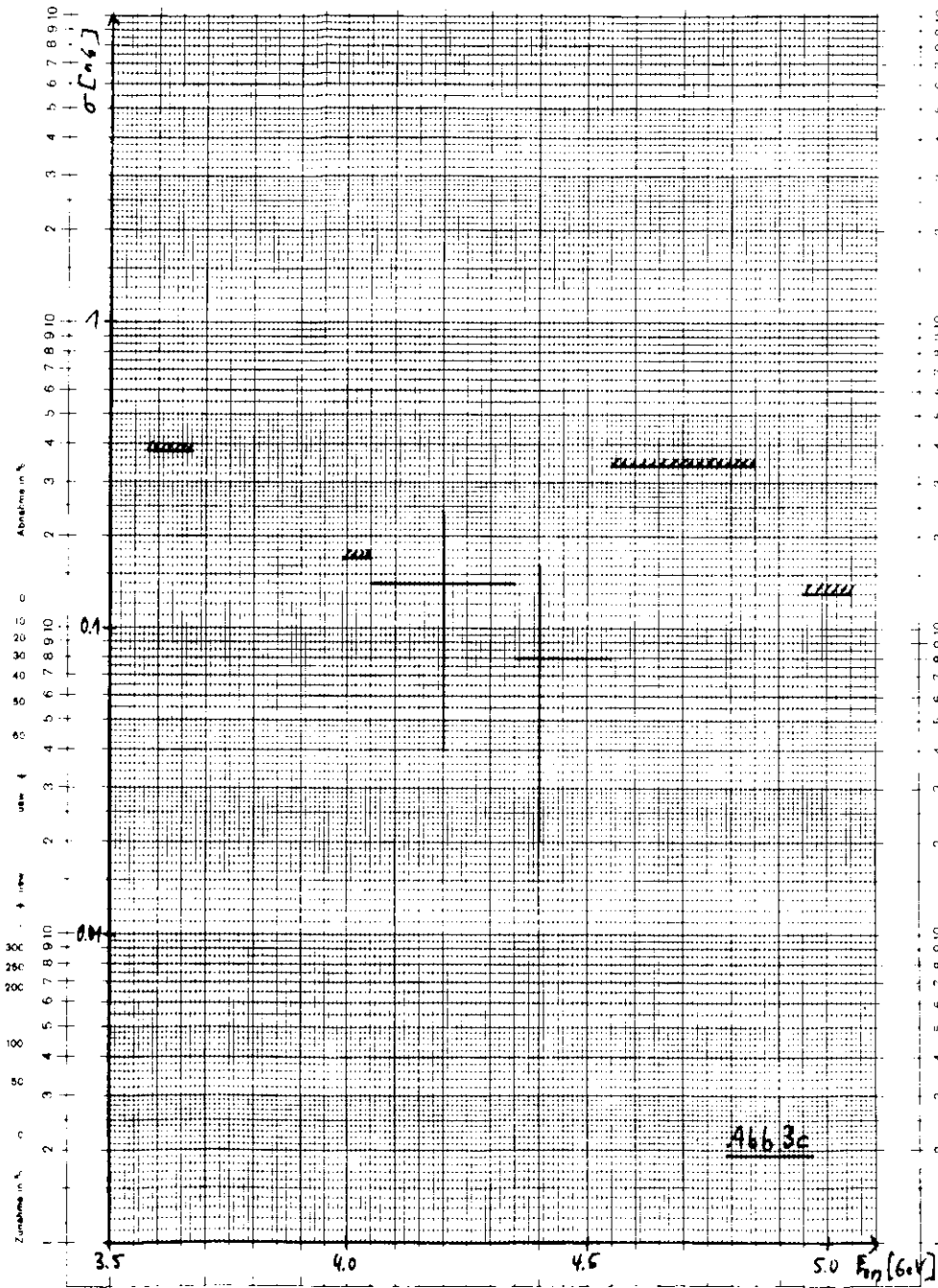


Abb 3c

$$\sigma(e^+e^- \rightarrow 2(\pi+n^-))$$

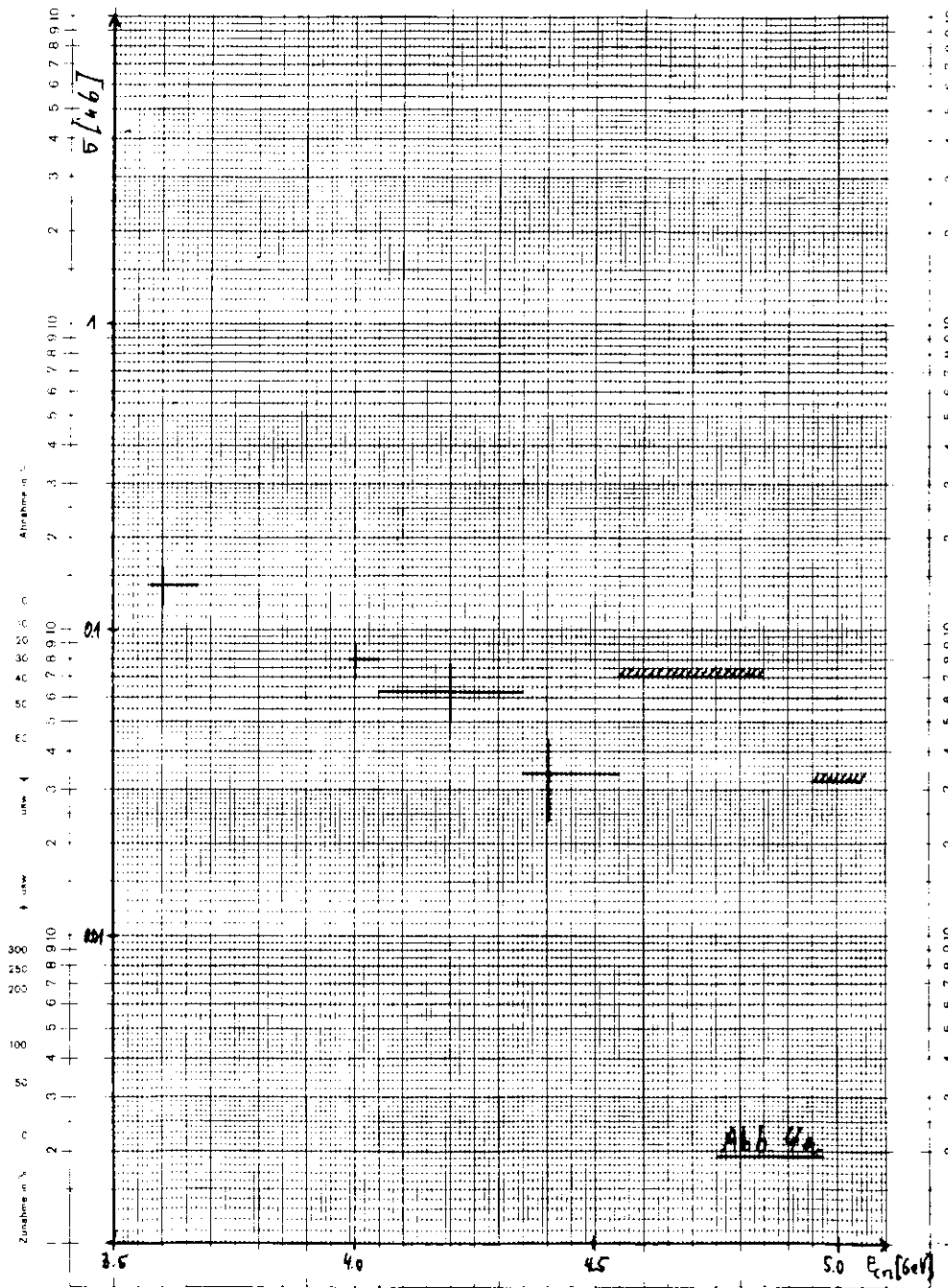
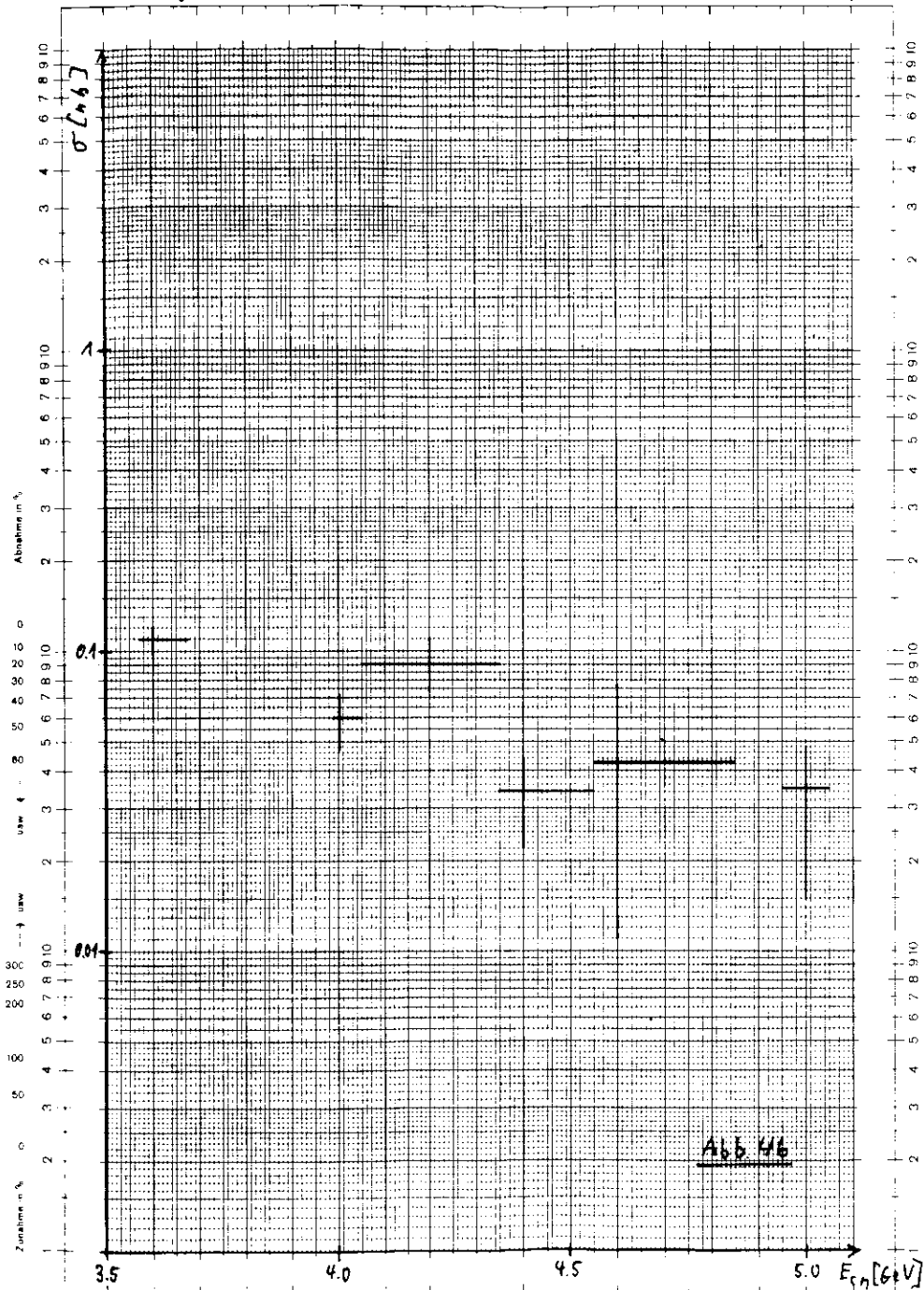


Abb 4a

Line A has logar. scale 1 cm = 10000 Einheiten 62.5 mm die andere ist eine mit Prozentmaßstab

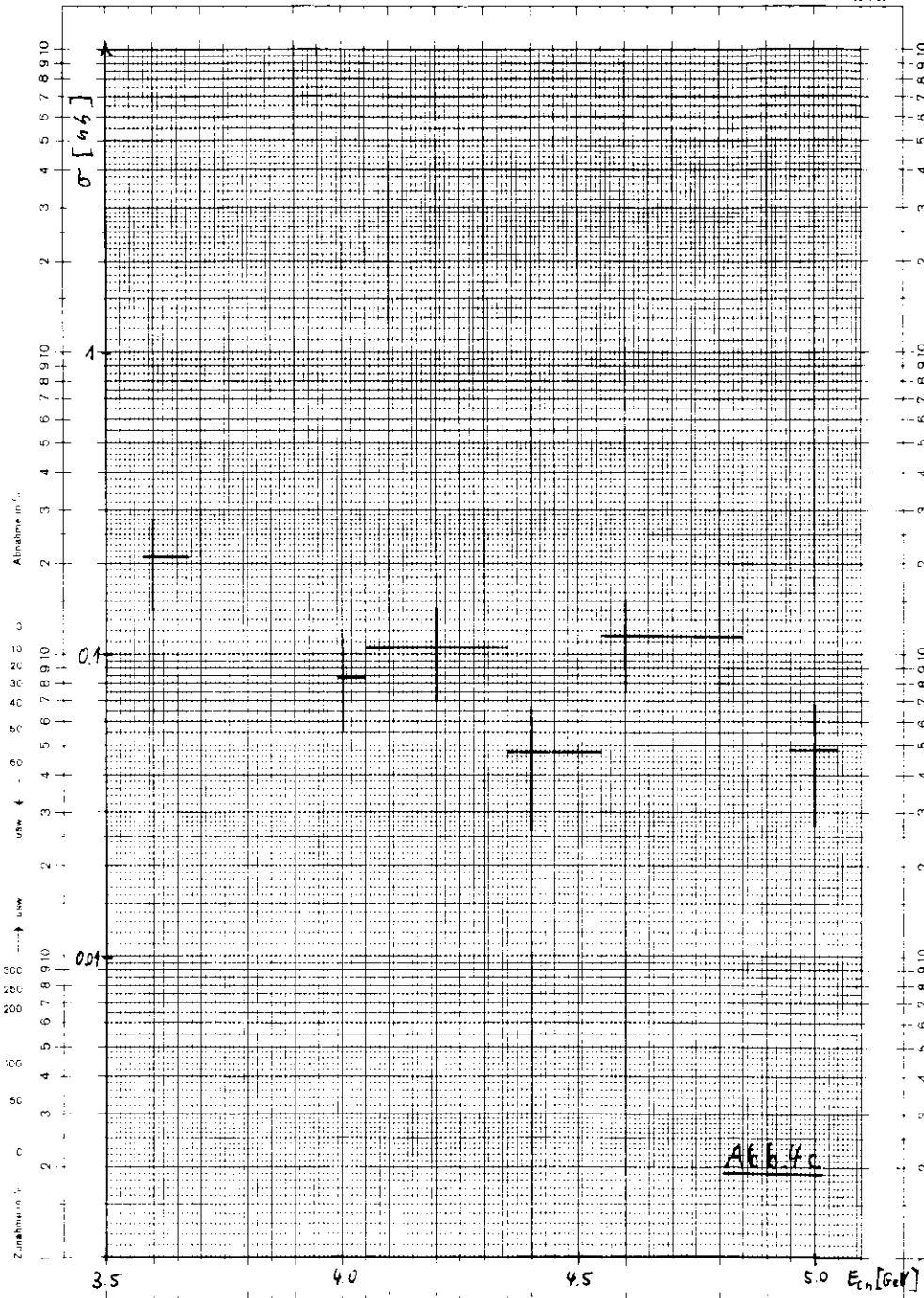
Line A has logar. scale 1 cm = 10000 Einheiten 62.5 mm die andere ist eine mit Prozentmaßstab

$$\sigma(e^+e^- \rightarrow k^+k^-\pi^+\pi^-)$$



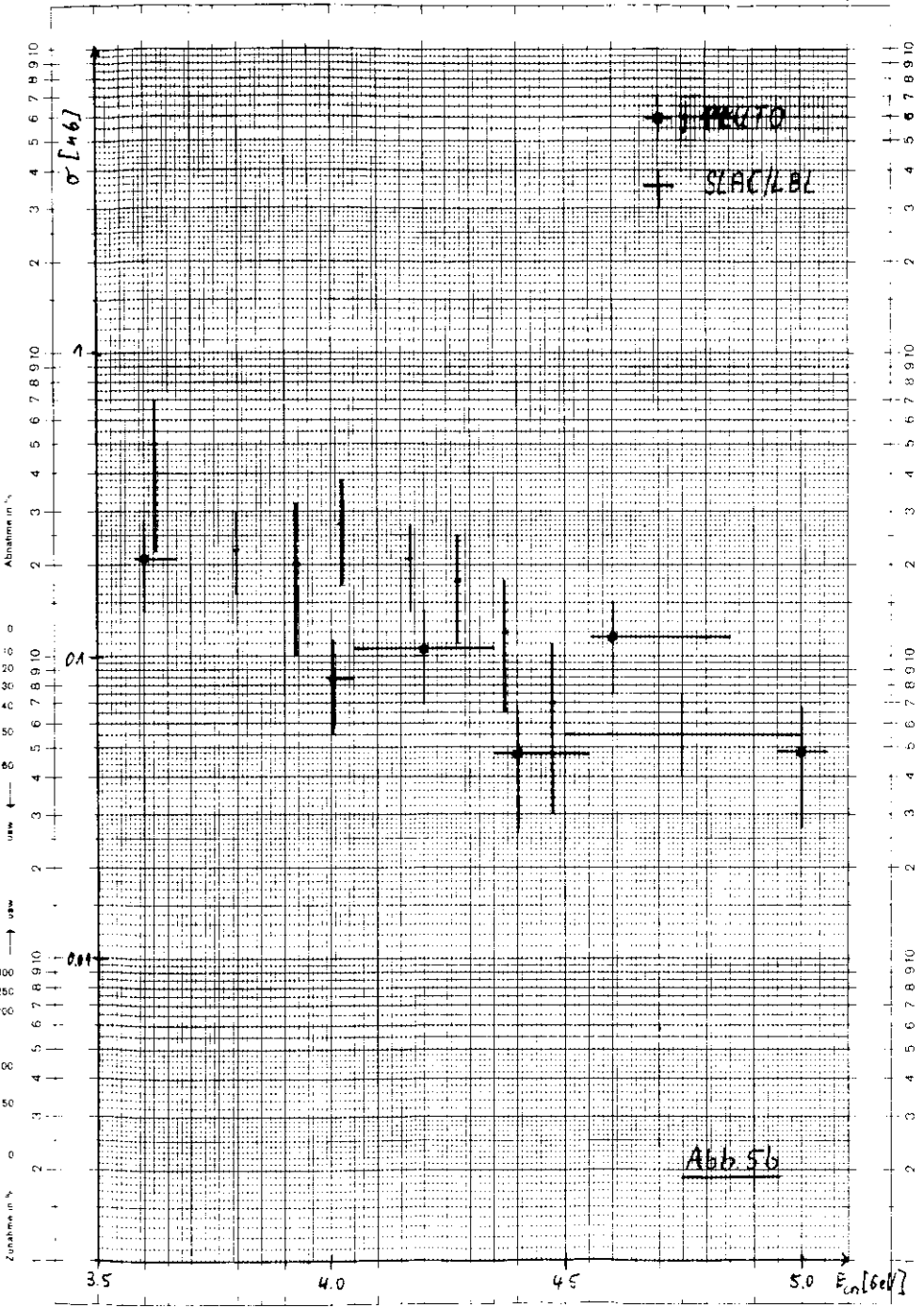
Einzelwerte des σ sind in mm mit einem Maßstab von 1 bis 10000. Einheitslinie ist in mm mit einem Maßstab von 1 bis 10000.

$$\sigma(e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+\pi^-))$$



Einzelwerte des σ sind in mm mit einem Maßstab von 1 bis 10000. Einheitslinie ist in mm mit einem Maßstab von 1 bis 10000.

$$\sigma(e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+\pi^-))$$



Eine Achse liegt speziell von 1 bis 100000 Einheiten 1/2; von die andere in mm mit Prozentmaßstab

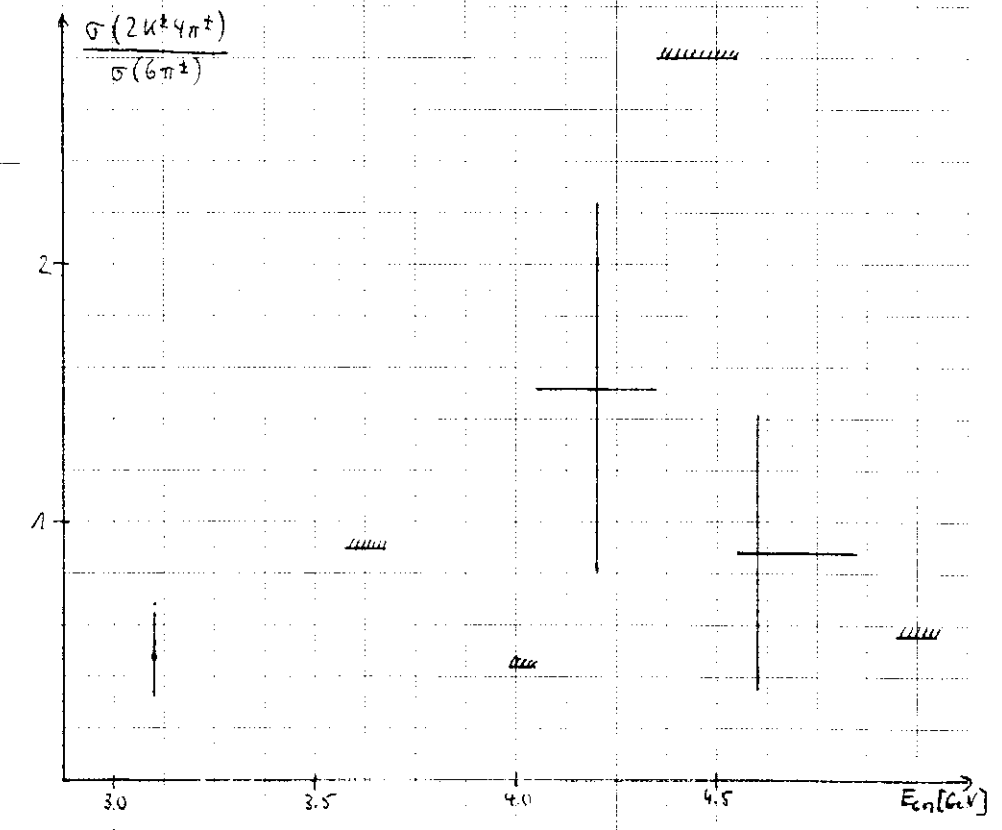
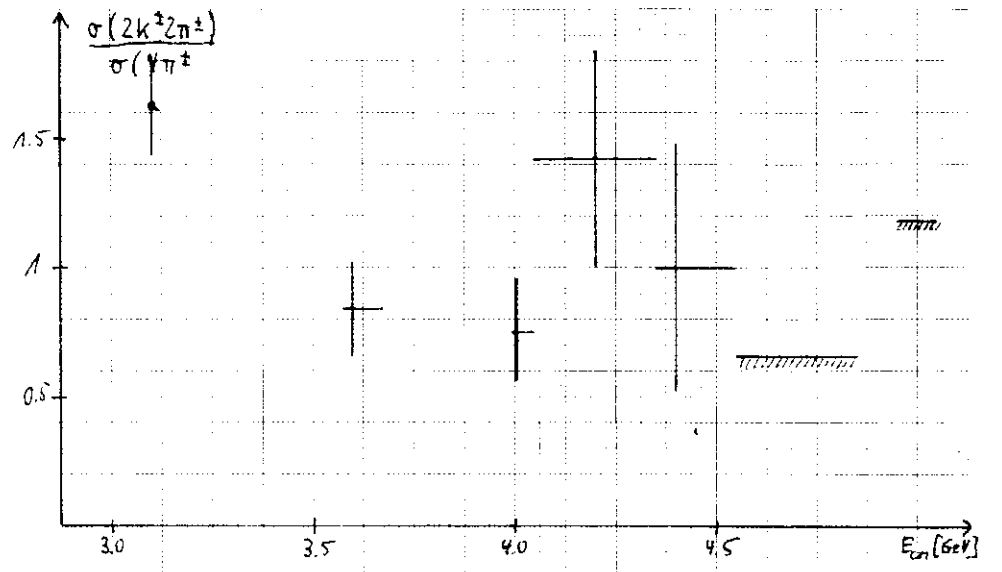


Abb. 6

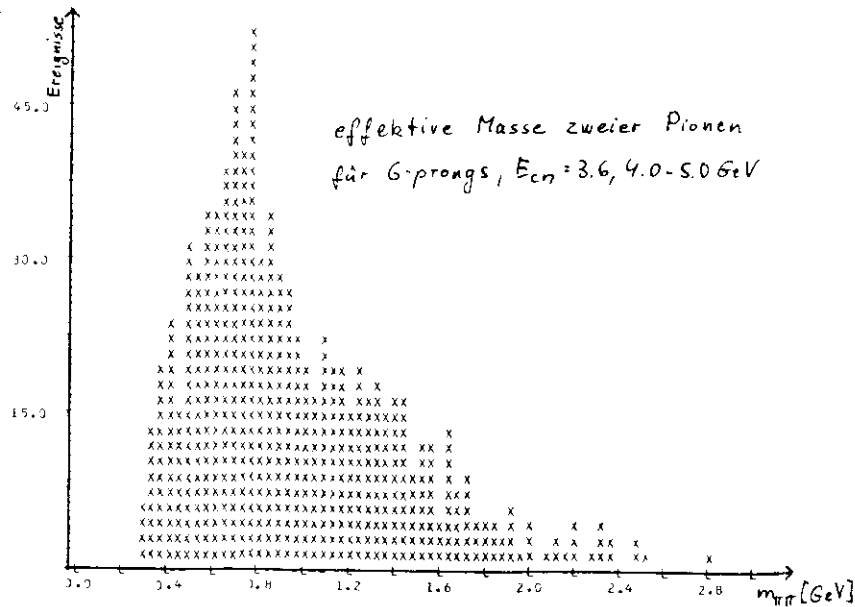
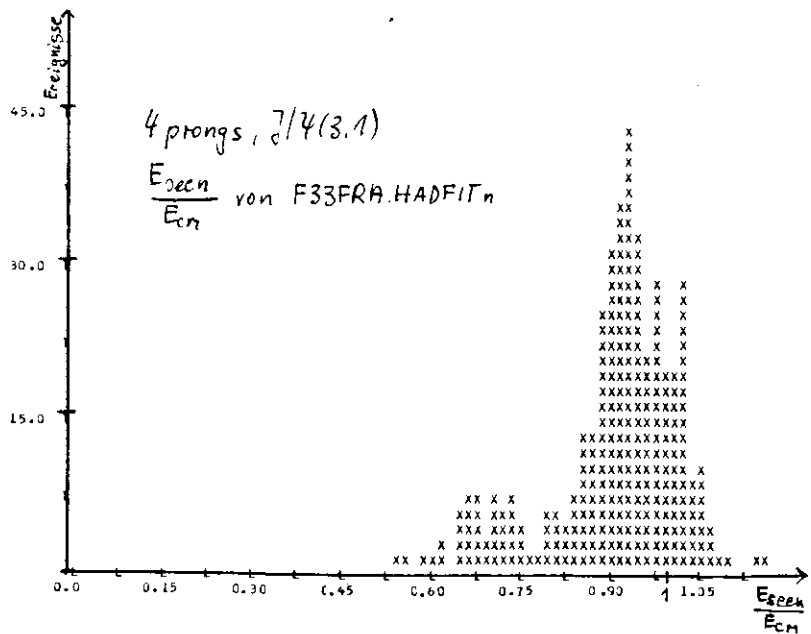
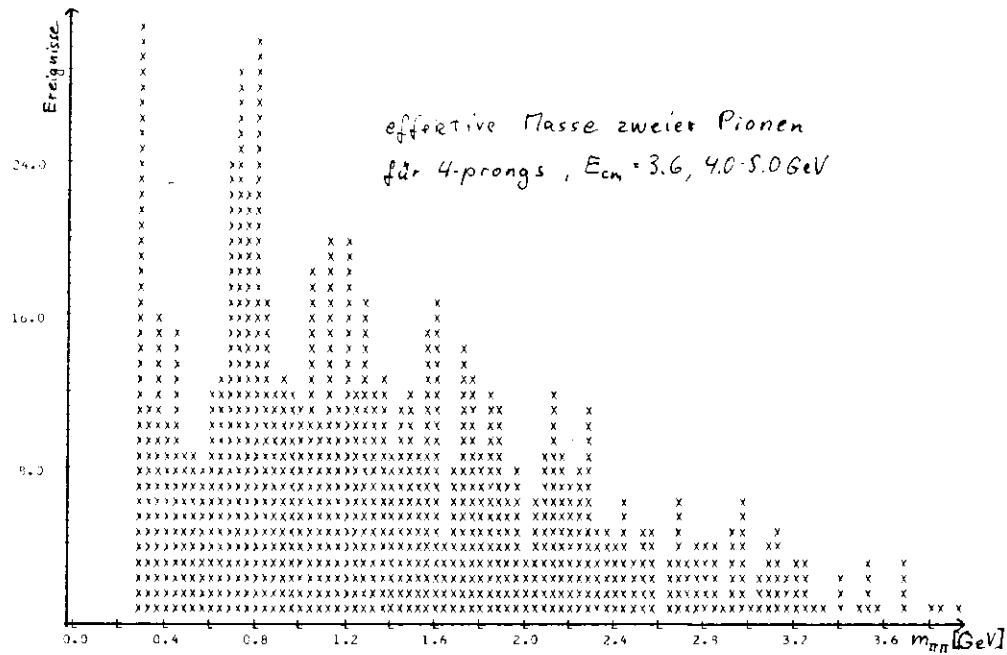
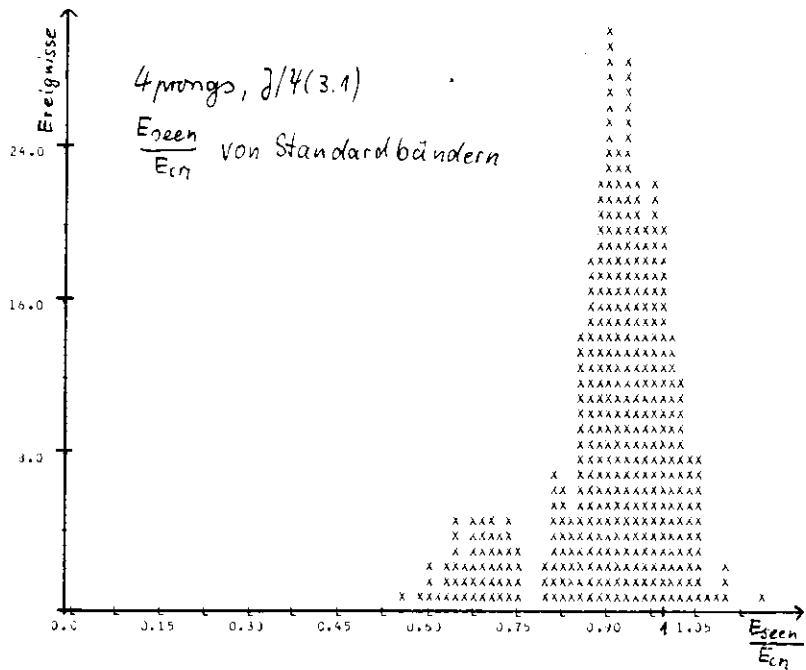


Abb. 7

Abb. 8