

Interner Bericht
DESY F1-75/1
März 1975

Suche nach exotischer Resonanzerzeugung
in pp-Wechselwirkungen bei Strahlimpulsen von 12 und 24 GeV/c

von

Henning Randow

DESY-Bibliothek
28. JULI 1975

Suche nach exotischer Resonanzerzeugung
in pp-Wechselwirkungen bei Strahlimpulsen von 12 und 24 GeV/c

v o n

Henning Randow

Experimentelle physikalische Diplomarbeit
des Fachbereiches Physik der Universität
Hamburg

Hamburg

1974

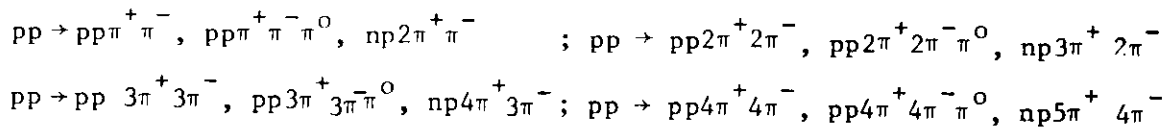
<u>INHALTSVERZEICHNIS</u>		Seite
	Zusammenfassung	1
I	Einleitung	3
II	Das einfache Quarkmodell und exotische Zustände	5
III	Experimentelles Verfahren	10
	1.) Strahl und Blaskammer	10
	2.) Auswertung der Blaskammerereignisse	12
	3.) Die Reaktionskanäle	14
	4.) Effektive Massenverteilungen und Polynomannpassung	15
	5.) Untersuchungsmethode	20
IV	Die untersuchten exotischen Massenverteilungen und Ergebnisse	23
	1.1.a) Die mesonischen Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen	23
	b) Ergebnisse	25
	1.2.a) Die mesonischen Massenverteilungen zu quasi- inklusive Reaktionen	28
	b) Ergebnisse	29
	1.3.) Übersicht (Tafel A) und Vergleich	31
	1.4.) Literaturvergleich	38
	2.1.a) Die baryonischen (B=1) Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen	42
	b) Ergebnisse	43
	2.2.a) Die baryonischen (B=1) Massenverteilungen zu quasi-inklusive Reaktionen	46
	b) Ergebnisse	47
	2.3.) Übersicht (Tafel B) und Vergleich	49
	2.4.) Literaturvergleich	53
	3.) Die baryonischen (B=2) Massenverteilungen zu exklu- siven Reaktionen und Ergebnisse (Tafel C)	54
	Literaturverzeichnis	56
	Danksagung	58
	Abbildungsverzeichnis	59
	Tabellen	ab 66
	Abbildungen	



ZUSAMMENFASSUNG

Mit hoher statistischer Genauigkeit werden pp-Wechselwirkungen bei Strahlimpulsen von 12 und 24 GeV/c auf exotische Resonanzzeugung hin untersucht. Das Experiment wurde mit der 2 m-Wasserstoffblasenkammer am CERN-Protonensynchrotron durchgeführt.

Folgende Reaktionskanäle sind für beide Energien gleichermaßen in die systematische Suche einbezogen:



Die effektiven Massenverteilungen in allen sich somit ergebenden mesonischen und baryonischen (B=1) Teilchenkombinationen exotischer Ladungszahlen, sowie eine Auswahl doppelbaryonischer (B=2) Massenverteilungen werden sowohl nach Kanälen und Energien (in Einzelverteilungen) getrennt als auch in den jeweiligen Kombinationstypen (zu Gesamtverteilungen für 12 GeV/c, 24 GeV/c, 12 und 24 GeV/c) zusammengefaßt betrachtet.

Die Untersuchungen werden ergänzend auf quasi-inklusive Reaktionen ausgedehnt.

Mittels Polynomannpassung (Maximum-Likelihood-Methode) an die effektiven Massenverteilungen wird versucht, mögliche resonante Strukturen über einem glatt verlaufenden Untergrund abzutrennen. Es fällt auf, daß die stärksten Effekte - sind sie in den Einzelverteilungen bei notwendig geringerer Statistik überhaupt deutlich beobachtbar - ausnahmslos in den Gesamtverteilungen zu exklusiven bzw. quasi-inklusive Reaktionen gefunden werden. - Um abzuschätzen, wie viele dieser Effekte allein bereits durch statistische Fluktuationen erklärbar sind, wurde die Häufigkeit der oberhalb von der Untergrundkurve auftretenden Abweichungen (Maxima) verglichen mit der Häufigkeit der unterhalb auftretenden (Minima, die ausschließlich Zufallseffekte sein sollten).

Die in III.4 beschriebene Untersuchung zeigt, daß nur etwa 50 % der mit 3 und mehr Standardabweichungen beobachteten Effekte (Maxima) zufallsbedingt sein sollten. Dieses Ergebnis stimmt mit einer von K. Wacker (WAK 73) mittels Monte-Carlo-Verfahren durchgeführten statistischen Untersuchung überein. Somit ist für unsere signifikantesten Effekte zusätzliche Evidenz anzunehmen.

Die innerhalb gewisser Massenbereiche übereinstimmend in den verschiedenartigen Massenverteilungen beobachteten Effekte werden vergleichend zusammengestellt; insbesondere ist bemerkenswert, daß gerade die signifikantesten Effekte zugleich auch innerhalb der prägnantesten Häufungsbereiche liegen und somit in z.T. auffälliger Verbindung zu anderen Effekten stehen.

Regelmäßigkeiten außerdem in den Differenzen der Massenquadrate für die meisten der mit 3 und mehr Standardabweichungen gefundenen Effekte ermöglichen ihre Anordnung auf "Trajektorien". Die für die mesonischen Effekte sich ergebende χ^2 -Kurve verläuft überraschend parallel zur Leading- ρ -Trajektorie. Hypothetische Spinzuordnungen darüberhinaus führen insbesondere für die signifikantesten, relativ schmalen Effekte bei Massen > 1.5 GeV auf genau die Werte, wie sie nach einer von Jacob und Weyer angegebenen Masse-Spin-Beziehung gerade für solche exotischen Mesonresonanzen gelten sollten, die bei Massen > 15 GeV und als schmale Effekte erwartet werden (JAC 70). - Die Massenwerte der baryonischen (B=1)-Effekte andererseits stehen in auffallend guter Übereinstimmung mit den Werten, die einer von Faïman theoretisch vorgegebenen exotischen Leading-Trajektorie nicht-seltsamer Baryonen entsprechen (FAI 73).

Als mögliche Resonanzeffekte - allein bereits ihrer statistischen Signifikanz wegen erwähnenswert - sind insbesondere die folgenden zu nennen:

In der $(\pi^+ \pi^+)$ -Gesamtverteilung für 12 und 24 GeV/c am signifikantesten beobachten wir einen Effekt von 4.0 Standardabweichungen bei 700 MeV mit einer (maximalen) Breite von 60 MeV (obere Grenze des Produktionswirkungsquerschnitts: $73 \mu\text{b}$). In der gleichen Massenkombination (zur Reaktion $\pi^+ p \rightarrow 3\pi^+ \pi^- \chi^0$ bei 11.7 GeV/c), bei der gleichen Masse, mit gleicher Breite fand K. Wacker (WAK 73) ein Maximum von 4.5 Standardabweichungen. Insgesamt steigt somit die statistische Signifikanz des Effekts auf etwa 5.5 Standardabweichungen. - Mit 4.2 Standardabweichungen fällt ein anderes, ebenfalls höchstens 60 MeV breites Maximum bei 1950 MeV in der $(3\pi^+ \pi^- \pi^0)$ -Gesamtverteilung (24 GeV/c) auf (obere Grenze des Produktionswirkungsquerschnittes : $18.7 \mu\text{b}$). - Der absolut signifikanteste Effekt wird quasi-inklusiv (gemäß der Reaktion $pp \rightarrow pp 3\pi^-$ (+ eventuell weiterer Mesonen der Gesamtladung $Q = 0$) χ^{+++} bei 24 GeV/c) in der effektiven Massenverteilung zu einem 3-fach positiv geladenen, mesonischen Restsystem mit 4.8 Standardabweichungen bei 2230 MeV wiederum höchstens 60 MeV breit gesehen (obere Grenze des Produktionwirkungsquerschnittes: $16.5 \mu\text{b}$). Minder signifikant wird er zugleich in Massenverteilungen zum ladungsgespiegelten Restsystem sowie in den meisten 3-fach geladenen Kombinationstypen zu exklusiven Reaktionen ge-

funden; wäre somit eine Resonanz in ihren verschiedenen Zerfallskanälen beobachtet worden, wäre im Zerfall die G-Parität verletzt. - Die auffälligsten baryonischen ($B=1$) Effekte zu exklusiven Reaktionen werden in der $(p\pi^+\pi^+)$ - Gesamtverteilung (12 und 24 GeV/c) mit 4.2 Standardabweichungen 200 MeV breit bei 3400 MeV (obere Grenze des Erzeugungswirkungsquerschnittes: 60.2 μb) und in der $(p4\pi^+)$ -Gesamtverteilung bei 3800 MeV mit 3.9 Standardabweichungen und einer Breite von 80 MeV gesehen (obere Grenze des Erzeugungswirkungsquerschnittes: 11.5 μb). - Quasi-inklusiv, der Reaktion $pp \rightarrow n\pi^-$ (+ eventuell weitere Mesonen der Gesamtladung $Q=0$) X^{+++} entsprechend, beobachten wir in der M_X -Verteilung (12 und 24 GeV/c) zu dem 3-fach positiv geladenen Restsystem ein 160 MeV breites Maximum von 4.3 Standardabweichungen bei 4280 MeV (obere Grenze des Erzeugungswirkungsquerschnittes: 86.1 μb), das wenigstens noch in allen dem Restsystem nach möglichen Zufallskanälen gesehen wird.

Die gezielte Suche etwa nach möglichen Isospinpartnern, eine weitergehende Analyse und das Verhalten gewisser Effekte bei demnächst erhöhter nutzbarer Statistik könnten weitere Aufschlüsse vermitteln.

I EINLEITUNG

In Ermangelung einer brauchbaren, geschlossenen Theorie der starken Wechselwirkung stehen Bemühungen, ihrem Verständnis aufgrund gewisser Symmetriebetrachtungen näher zu kommen. Der erfolgreichste Versuch führte für die in bereits verwirrender Anzahl entdeckten Teilchen (Resonanzen eingeschlossen) zu einem Klassifikationsschema, das eine bemerkenswerte experimentelle Tatsache wiedergibt: Alle gegenwärtig bekannten Hadronen haben solche Quantenzahlen, daß eine Klassifizierung in wenige SU(3)-Multipletts möglich ist: Singulett, Oktett für Mesonen, Singulett, Oktett, Dekuplett für Baryonen. Diese Selektion der SU(3)-Repräsentationen wird "erklärt" durch das einfache Quarkmodell, in dem Mesonen als Quark-Antiquark- $(q\bar{q})$, Baryonen als 3-Quark-Systeme (qqq) dargestellt werden (GEL. 64), (ZWE 64). Teilchen, die nicht in dieser einfachen Weise (als $q\bar{q}$, qqq) aus Quarks (q) aufgebaut werden können, heißen Exoten. Sie (d.h. ihre Existenz oder Nicht-Existenz) sind von großem theoretischen Interesse (vergl. z.B. Abschnitt II). - Trotz eifriger Suche konnte bisher keine exotische Resonanz mit ausreichender Evidenz je experimentell nachgewiesen werden. Dieser Tatbestand ist neben der faszinierenden Ordnungskraft eine der experimentell nachprüfbarsten Hauptstützen des einfachen Quarkmodells. Andererseits wird nicht wirklich verstanden, warum es beispielsweise nicht auch exotische $qqq\bar{q}$ -, $qqqq\bar{q}$ -

Systeme geben sollte; die Suche wird fortgesetzt (vergl. z.B. COH 74).
Zumindest gibt es heute unzweideutige Evidenz für das Auftreten exotischer
Austauschreaktionen, deren Fehlen einst als indirekte Evidenz
gegen die Existenz von Exoten genannt wurde (ROF 68), (COH 74).

Exoten wurden bisher in Meson-Nukleon-, Antiproton-Proton-Wechselwirkungen
gesucht, beschränkt zumeist auf bestimmte Prozesse, niedrige Ladungszustände,
kleine effektive Massen, häufig mit geringer Statistik bei kleinen Energien
(vergl. Abschnitte III 1.4, 2.4). Theoretische Abschätzungen dagegen legen nahe,
gerade bei höheren Massen (>1.5 GeV) zu suchen (vergl. IV 1.4, 2.4); hier jedoch
ist ohnehin mit größeren Schwierigkeiten zu rechnen: die Resonanzen werden
breiter (Überlappungen), die Erzeugungswirkungsquerschnitte nehmen rasch ab.
Exotische (mesonische) Resonanzen - ihre Erzeugungswirkungsquerschnitte werden
allgemein klein vermutet - sollten sich allerdings als relativ schmale Effekte
in den effektiven Massenverteilungen zeigen (vergl. genauer IV 1.4); somit
haben vielleicht überhaupt nur Experimente mit guter Ereignisstatistik (hin-
reichender Energie) eine wirkliche Chance, Exoten zu finden.

Unser Experiment, in dem pp-Wechselwirkungen bei 12 und 24 GeV untersucht wer-
den, ist ein Experiment mit guter Statistik (zur Zeit vollständig ausgewertet:
183 890 Ereignisse bei 12 GeV/c, 222 100 Ereignisse bei 24 GeV/c) bei relativ
hoher Energie. Es wurde in einer Kollaboration zusammen mit der Universität Bonn
und dem Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik München am CERN-Protonen-
synchrotron mit der 2 m - Wasserstoffblasenkammer durchgeführt und ausgewertet.
Dieses Experiment ist insbesondere für die Suche nach exotischen Baryonen ge-
eignet. Exoten werden vorteilhaft in effektiven Massenverteilungen in Teilchen-
kombinationen mit exotischen Ladungszahlen gesucht (vergl. Abschnitte II, III 4):
In exklusiven Reaktionen haben wir systematisch nach nicht-seltsamen Meson- und
Baryonresonanzen ($B=1$) in den Ladungszuständen $Q=^+2, ^+3, ^+4, +5$ bzw. $Q=-2, ^+3,$
 $^+4, +5$ gesucht. Baryonen mit $B=2$ wären für jede Ladung exotisch, sie wurden für
 $Q=0, ^+1, +2, +3, +4$ (mit $S=0$) gesucht (vergl. Abschnitte III 5, IV 1.1, 2.1, 3).
Außerdem haben wir in quasi-inklusiv betrachteten Reaktionen nach nicht-seltsamen
Meson- und Baryonresonanzen ($B=1$) für $Q=^+2, ^+3, ^+4$ bzw. $Q= -2, ^+3, ^+4$ gesucht
(vergl. Abschnitte III 5, IV 1.2, 2.2). - Die wichtigsten Ergebnisse werden kurz
diskutiert (vergl. Abschnitte IV 1.1b, 1.2b, 1.3, 1.4, 2.1b, 2.2b, 2.3, 2.4).
Alle Ergebnisse sind in Tabellen und Tafeln zusammengefaßt, die meisten werden in
Abbildungen gezeigt.

II. DAS EINFACHE QUARKMODELL UND EXOTISCHE ZUSTÄNDE ^{+))}

In Erweiterung der Teilchenklassifikation nach Ladungs- bzw. Isospin-Multi-pletts (SU(2)) sind für die Hadronen umfassendere, mehrere SU(2)-Multi-pletts enthaltende Gruppierungen möglich. Innerhalb derartiger Multi-pletts - es handelt sich für die bekannten, beobachtbaren Teilchen (Resonanzen eingeschlossen) ausschließlich um Singulets, Oktetts, Nonetts (Singulett + Oktett), Dekupletts - variieren Hyperladung (Y = Baryonenzahl (B) + Seltsamkeit (S)) so- wie Isospin (I) und I_3 -Isospinkomponente, während Spin (J), Parität (P), Bary- onenzahl (B) für alle Teilchen jeweils gleich sind. In einer Darstellung Y gegen I_3 ergeben sich beispielsweise die folgenden Multi-pletts (Abb. 1):

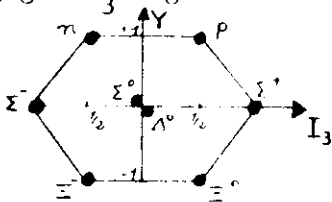
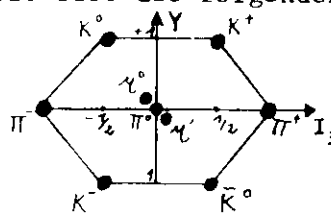
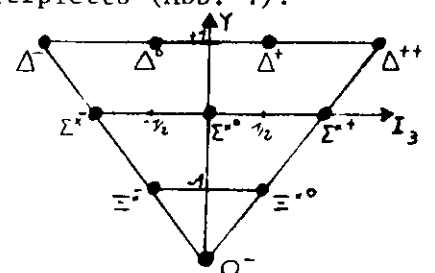


Abb. 1:

Oktett der $J^P=1/2^+$ -
Baryonen



Nonett der $J^P=0^-$ (pseu-
doskalaren) Mesonen



Dekuplett der $J^P=3/2^+$
Baryonresonanzen

Durch die 3-zählige Symmetrie (Rotation um 120°) der geometrischen Multi-plettdarstellungen nahegelegt, läßt sich mit gruppentheoretischen Methoden (Darstellungstheorie) zeigen, daß Struktur und Multiplizität solcher Multi-pletts bestimmt sind durch die Algebra ⁺⁺⁾ der symmetrischen Gruppe SU(3) (Gruppe aller unitären, unimodularen 3x3 Matrizen), deren irreduzible Darstellungen ⁺⁺⁺⁾ gerade von der Dimension 1, 3, 6, 8, 10, 15, 27, 35 usw. (allgemein: $N = \frac{1}{2}(n+1)(n+m+2)(m+1)$; $n = 0, 1, 2, \dots$, $m = 0, 1, 2, \dots$) sind. Identifiziert man nämlich die n Mitglieder eines Multi-pletts mit den n Basiszuständen des Darstellungsraumes einer n-dimensionalen irreduziblen Darstellung der Gruppe SU(3), so sind Multi-plitzität und Struktur der jeweiligen Teilchenmulti-pletts gegeben durch Dimension und Gewichtsdiagramm ⁺⁺⁺⁺⁾ der entsprechenden irreduziblen Darstellung (1961: Gell- Mann, Ne' mann (Voraussage des Ω^-)).

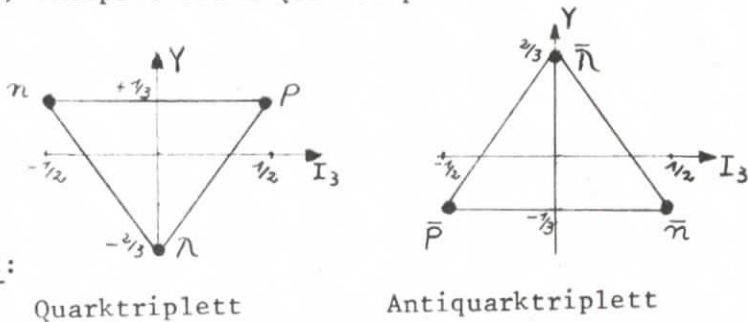
^{+))} allgemeine Literatur (KOK69, SÖD73)

⁺⁺⁾ Kommutationsregeln, denen die Elemente der SU(3)-Gruppe genügen. z.B. die Kommu- tationsregeln der Pauli-Matrizen stellen die Algebra der Gruppe SU(2) dar.

⁺⁺⁺⁾ Zur Gruppe SU(3) homomorphe Matrizen Gruppen G, deren Darstellungsräume E keine (invarianten) Unterräume E' besitzen, die unter Anwendung von G auf E lediglich in sich selbst überführt werden, heißen irreduzible Darstellungen. Ihre Dimension ist gleich der des Darstellungsraumes (vgl. z.B. (MES70)).

⁺⁺⁺⁺⁾ Die irreduziblen Darstellungen G enthalten 2 miteinander kommutierende Ma- trizen, die mit den Operatoren J_3, Y identifizierbar sind. Ihre Anwendung auf die Basiszustände führt zu Eigenwerten, die, zu zweikomponentigen Vektoren (Gewichten) zusammengestellt, ein zweidimensionales Gewichtsdiagramm er- geben (vgl. z.B. (BRA73)).

Zur Einschränkung der vielen, theoretisch möglichen SU(3)-Multipletts auf die wenigen in der Natur tatsächlich vorkommenden führte die Entwicklung über den "achtfachen" Weg (Aufbau aller Multipletts durch Kombinationen von Oktetts (GEN64)) zur Quarkhypothese, zur Lösung des Problems durch das Quarkmodell (GEL64, ZWE64): Ausgehend von 3 hypothetischen Grundbausteinen (p,n, λ), die die verschiedenen Zustände des Quarks q darstellen, und den Antiteilchen ($\bar{p}, \bar{n}, \bar{\lambda}$), wird ein Quarkmodell postuliert, demzufolge alle Mesonen aus $q\bar{q}$, alle Baryonen aus qqq , alle Antibaryonen aus $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$ aufgebaut sein sollen. Die Struktur des Quark- (Antiquark)-Basis-Tripletts wird bestimmt durch das Gewichtsdiagramm der (3-dimensionalen) Fundamentaldarstellung^{+) der Gruppe SU(3), und so wie Dimension und Gewichtsdiagramm aller weiteren irreduziblen Darstellungen aus Kombinationen von Fundamentaldarstellungen hervorgehen, lassen sich Multiplizität und Struktur der Teilchenmultipletts darstellen durch Kombinationen (Addition von Y und J_3 der Quarks) entsprechender Quarktripletts:}



Aus der Gell-Mann-Nishijima-Beziehung $Q = I_3 + \frac{Y}{2}$ lassen sich die anderen Eigenschaften der Quarks folgern (drittelzahlige Ladungs- und Baryonenzahlen), wenn für das Isospindublett (n,p) die Seltsamkeit $S=0$, für das Isospinsingulett (λ) $S = -1$ gesetzt werden (vgl. Abb. 2). Außerdem wird für die Quarks Spin 1/2 angenommen.

Diese Grundbausteine ergeben in den angegebenen Kombinationen, der SU(3) Algebra genügend, genau nur jene Multipletts, in die sich, der Beobachtung entsprechend, alle bisher bekannten Teilchen einordnen lassen: Singulett, Oktetts bzw. Nonetts für Mesonen, Singulett, Oktetts, Dekupletts für Baryonen.

Formal läßt sich die Kombination $q\bar{q}$, die einfachste, die zu den Quantenzahlen der Mesonen ($B=0$, Spin ganzzahlig) und außerdem nur zu Oktetts, Singulett führt, also die Multiplizitäten der beobachtbaren Multipletts erklärt, schreiben als:

$3 \otimes \bar{3} = 9 + 108$ (3 Basiszustände jeweils miteinander kombiniert ergeben 9, zerlegbar in einen Basiszustand und in 8, die ihrerseits Darstellungsräume irreduzibler Darstellungen entsprechender Dimension aufspannen). Der Gesamtspin des $q\bar{q}$ -Systems ist entweder 0 oder 1, sein relativer Bahndrehimpuls im Grundzustand gleich null; für angeregte Zustände (Rotationsanregung, ℓ -angeregtes Quarkmodell) kann $\ell = 1, 2, \dots$ sein; außerdem können Vibrationsanregungen möglich sein. Ferner gilt

+) irreduzible Darstellung G niedrigster Dimension (abgesehen von der trivialen eindimensionalen).

für ein $q\bar{q}$ -System: $P = (-1)^{\ell+1}$ ($C = (-1)^{\ell+S}$, $G = (-1)^{\ell+S+I}$).

Somit lassen sich die auftretenden Meson-Nonetts und ihr relatives Energiespektrum erklären: z.B.

Quantenzahlen des $q\bar{q}$ -Systems	Multipletts	J^P
$\ell = 0$, Gesamtspin = 0, $J=0, P = -1$:	Nonett der pseudoskalaren Mesonen	0^-
$\ell = 0$, Gesamtspin = 1, $J=1, P = -1$:	Nonett der Vektormesonen	1^-
$\ell = 1$, Gesamtspin = 1, $J=2, P = +1$:	Nonett der Tensormesonen	2^+ usw.

Anders als bei den Mesonen sind für Baryonen Teilchen und Antiteilchen getrennt geordnet. Die einfachste Kombination zum Aufbau der Baryonen ($B=1$, Spin halbzahlig), die zugleich außerdem die Multiplizitäten der vorkommenden $SU(3)$ -Multipletts erklärt, wird - dem Quarkmodell entsprechend - aus 3 Quarks gebildet:

~~303~~ $3 \times 3 = 27 = 1 + 8 + 8 + 10$. Der Gesamtspin des qqq -Systems kann entweder $3/2$ oder $1/2$ sein. Ist der relative Bahndrehimpuls des Systems gleich null, dann $P=1$. Derartig sind das Oktett der stabilen Baryonen ($J^P = 1/2^+$) und das Dekuplett der $J^P = 3/2^+$ Baryonresonanzen als die niedrigsten Baryonenzustände erklärt. Im Fall von Rotationsanregung kann $\ell = 1, 2, 3, \dots$ sein; für $\ell = 1$ würden Resonanzen negativer Parität mit $J = 1/2, 3/2, 5/2$ erwartet; gerade solche Zustände werden bei etwas höheren Massen gefunden. Ferner gibt es gewisse Kandidaten für Vibrationsanregungen.

Unter der Annahme, daß die Wechselwirkungen der Quarks (auch) von ihrer Spinorientierung unabhängig und Spin-Bahn-Kopplungen unbedeutend sind, hat man insgesamt 6 Quarkzustände, die zu einer 6-fachen Symmetrie gemäß der Gruppe $SU(6)$ führen und zu umfassenderen Multipletts aus $SU(3)$ - und Spinzuständen. Es gilt als besonderer Erfolg des Quarkmodells, daß aus dem $SU(6)$ -Quarkaufbau der beiden Nukleonen unter einfachen Annahmen das experimentell sehr genau bekannte Verhältnis ihrer magnetischen Momente bestimmt werden kann: $\mu_n/\mu_p = -\frac{2}{3}$ (experimenteller Wert: -0.68).

Das quantitative Verständnis der Massenaufspaltungen innerhalb der $SU(3)$ -Multipletts, die auf Symmetrie verletzende Anteile der starken Wechselwirkung hinweisen, ermöglicht an Hand der Gell-Mann-Okubo-Massenformel ($m = m_0 + aY + b(I(I+1) - 1/4 Y^2)$ für Baryonen, für Mesonen ist m durch m^2 zu ersetzen) Massenvorausagen über fehlende Mitglieder noch unvollständiger Multipletts und im Rahmen des Quarkmodells darüber hinaus Vorhersage der Werte aller anderen bekannten, erhaltenen Quantenzahlen.

Andererseits schließt das einfache Quarkmodell die sogenannten "exotischen" Teilchen aus und gibt somit die bisher einzige überzeugende Erklärung dafür, daß exotische Resonanzen bisher in noch keinem Fall mit ausreichender, direkter Evidenz gefunden wurden (vgl. PDG73). Exotisch werden alle Teilchen genannt, die nicht in der angegebenen Weise aus $q\bar{q}$ (Mesonen) oder qqq (Baryonen) aufgebaut werden können⁺). Die entsprechenden Auswahlregeln ergeben sich aus den Eigenschaften der Quarks mit Hilfe der Gell-Mann-Nishijima-Beziehung $Q = I_3 + Y/2$. Somit sind alle Mesonen mit $I > 1$, $|Q| \geq 2$ exotisch (Exoten 1. Art)⁺⁺) und passen ebensowenig in die genannten Multipletts wie (exotische) Baryonen mit $I > 3/2$, $Q = -2$, $|Q| \geq 3$.

Ein 2-fach geladenes Meson etwa (mögliche Zerfälle z.B.: $\pi^+\pi^+$, $\pi^+\pi^0$ oder $\pi^-\pi^-$ usw.) hätte im SU(3)-Quarkbild im einfachsten Falle die Zusammensetzung $qqq\bar{q}$; es wäre einem 27-plett einzuordnen. Theoretischen Überlegungen (Dualitätskonzept) zufolge sollten derartige Resonanzen in Baryon-Antibaryon-Reaktionen beobachtbar sein (ROS68). Sie sollten stark an Baryon-Antibaryon-, schwach an Meson-Meson-Systeme koppeln, bezüglich ihrer Massen relativ hohe Spins haben und als schmale Effekte in den Massenspektren auftreten (vgl. Abschnitt IV.1.4). (ROS68, JAC70). Sie hätten im Grundzustand ($\ell=0$) positive Parität und werden den meisten Voraussagen nach bei Massen ≥ 1.5 GeV erwartet, in einem Bereich also, wo Resonanzen sonst breiter werden und Erzeugungswirkungsquerschnitte rasch abnehmen (JAC70, FGZ73, ARN74). Außerdem könnten $qqq\bar{q}$ -Mesonen (M_4) diffraktiv mit normalen Quantenzahlen I, Y erzeugt werden und anschließend in einen exotischen Zustand übergehen: $M_4 \rightarrow M'_4 M_2$ (ROS71).

Exotische Baryonen sind im SU(3)-Quarkbild am einfachsten als $qqqq\bar{q}$ darstellbar. Eine z.B. in $p\pi^+\pi^+$ zerfallende Resonanz paßte in ein 35-plett. Die niedrigsten exotischen Baryonzustände ($qqqq\bar{q}$) sollten negative Parität haben; positive Parität, wie andere Modelle sie voraussagen (vgl. z.B. ROS74), aber scheint für die $Z^*(\ell^{*++})$ beobachtet zu werden (PDG73). Gäbe es Exoten, so könnte ihre Paritätsbestimmung zu einer Auswahl unter den verschiedenartigen Quarkmodellen verhelfen. Wir erwähnen das 3-Triplett Modell (HAN65): Jedes Quarktriplett t_i ist durch eine neue Quantenzahl, die "Farbe", vom anderen unterschieden. Aus den somit 9 Grundzuständen lassen sich - dem

+) Es gibt jedoch Modelle exotischer Resonanzen (z.B. Greenberg, 1969), die komplizierter auf $q\bar{q}$ - oder qqq -Systemen basieren, vgl. (ROS74).

++) Man unterscheidet außerdem Exoten 2. Art: Teilchen mit $J^{PC} = 0^{--}$, (ungerade)⁻⁺, (gerade)^{+ -} ("abnormales C")

+++ Bisher einzige ernsthafte Kandidaten mit exotischen Quantenzahlen: $K^+ N, J^P = 1/2^+, 3/2^+$; $Y=2$.

einfachen Quarkmodell vollkommen äquivalent - die Mesonen als $t_i \bar{t}_i$ aufbauen. die Baryonen als $t_i t_j t_k$ ($i \neq j \neq k \neq i$)⁺. Exoten könnten aus $t_i \bar{t}_j$ ($i \neq j$) (Mesonen) bzw. $t_i t_i t_j$ (Baryonen) gebildet werden; sie hätten - anders als oben - im Grundzustand negative bzw. positive Parität.

Das 3-Triplett-Modell läßt außerdem Quarks ganzzahliger Ladung zu und behebt ferner durch Einbeziehung der Quantenzahl "Farbe" die für das einfache Quarkmodell hingenommene Verletzung des Pauli-Prinzips (Bildung z.B. des Δ^{++} aus 3 gleichen Fermionen gleicher Spineinstellung). Andere offene Fragen - etwa warum neben $q\bar{q}$, qqq nicht auch qq , $qq\bar{q}$, $qqq\bar{q}$, $qqqq\bar{q}$ usw. aneinander koppeln sollten, warum keine freien Quarks beobachtet werden - könnten womöglich durch langreichweitige Kräfte, vermittelt durch farbenaustauschende Gluonen, im Rahmen des 3-Tripletts-Modells beantwortet werden, zur Zeit jedoch nur rein spekulativ (vgl. z.B. FEY73).

Exoten - ihre Existenz oder Nichtexistenz - sind somit von großem, theoretischem Interesse: Im Rahmen des Dualitätskonzeptes als notwendig gefordert, vom einfachen Quarkmodell verboten, wichtig schließlich als Entscheidungshilfe bei der Auswahl unter verschiedenartigen Modellen.

^{α}
 +) Genauer: Seien q die 9 Zustände, i bezeichne die Farbe, α die herkömmlichen Quarkzustände, so ist ein Meson als $M^{\alpha\beta} = \sum_i q_i^\alpha \bar{q}_i^\beta$, ein Baryon als $B^{\alpha\beta\gamma} = \sum_{ijk} \epsilon_{ijk} q_i^\alpha q_j^\beta q_k^\gamma$ darstellbar (vgl. z.B. LIP73).

III. EXPERIMENTELLES VERFAHREN

III. 1. Strahl und Blasenkammer

Unser Experiment, in dem pp-Wechselwirkungen bei Laborimpulsen von 12 und 24 GeV/c untersucht werden, wurde am CERN-Protonensynchrotron mit der 2 m Wasserstoffblasenkammer unter Benutzung des Strahlsystems U5 durchgeführt.

Das Strahlsystem, dessen Aufbau für beide Strahlimpulse etwas unterschiedlich ausfällt, soll zunächst für den 12 GeV/c Protonenstrahl skizziert werden. (Technische Details werden beschrieben in (LAZ 68), (LAZ 74), (HEL 73)).

Die Auslenkung der im Synchrotron bündelweise umlaufenden Protonen geschieht mittels zweier Magnete, dem Kickermagneten, der die zirkulierenden Protonen zu Schwingungen um ihre Gleichgewichtsbahn anregt, und dem Ejektionsmagneten, der die schwingenden Protonen aus dem Magnetfeld des Synchrotrons heraus in das 181,6 m lange Strahlsystem auf ein externes Kupfertarget ($\emptyset 2 \times 1 \text{ mm}^2$, Länge 150 mm) lenkt; etwa 20-40% der einfallenden Protonen wechselwirken mit dem Kupfer. Die dabei unter 0° erzeugten Teilchen werden weiter im Strahl verwandt und mit Hilfe horizontaler Ablenkmagnete in Verbindung mit einem Kollimator (Impulsspalt) der Impulsanalyse unterworfen. Bei einer Öffnung des Impulsspaltes um $\pm 1.5 \text{ mm}$ wird die Impulsauflösung von $\pm 0.25\%$ erreicht. Zur Reinigung von unliebsamen positiven Teilchen (π^+ , k^+) durchläuft der impulsanalytisierte Strahl 3 zylinderförmige Hohlraumresonatoren, an die linearpolarierte, bezüglich der Strahlrichtung rotationssymmetrische Hochfrequenzfelder für die Dauer von $\sim 4 \mu\text{sec}$ mit einer Wiederholrate von ~ 10 Pulsen/sec angelegt werden. Die unterschiedliche transversale Ablenkung der verschiedenartigen Teilchen - abhängig von den Amplituden der Felder, ihren relativen Phasen und der Flugzeit der Teilchen zwischen den Separatoren - ermöglicht die Massentrennung. Die unerwünschten Teilchen treffen auf einen Beamstopper, die Protonen passieren. Weitere Ablenkmagnete erlauben die mittlere Höhe und den Winkel des Strahleintritts in die Blasenkammer zu justieren. Vor Erreichen der Kammer wird der gereinigte Strahl mittels einer Quadrupolanordnung noch vertikal aufgefächert, so daß sich auf den photographischen Aufnahmen möglichst keine Strahlspuren überdecken.

Der im Strahlaufbau für Protonen mit 24 GeV/c Impuls bestehende Unterschied, resultiert aus der Benutzung eines im Vakuumrohr des Synchrotrons befindlichen internen Targets, auf das die umlaufenden Protonen mit einem Impuls wenig über 24 GeV/c durch einen Magneten gelenkt werden. Alle dabei mit 24 GeV/c Impuls erzeugten Sekundärteilchen sind aus kinematischen Gründen bereits ausnahmslos Protonen, so daß nach der Impulsanalyse im Strahlssystem U5 die Massentrennung entfällt.

Anschließend wird für die benutzte CERN 2 m-Blasenkammer ein kurzer Überblick gegeben (weitergehende Einzelheiten findet man z.B. in (HBC 72)).

Der flüssige Wasserstoff ($\sim 26^{\circ}\text{K}$) der kolbenbetriebenen 1000 l Blasenkammer (sichtbares Volumen ≈ 500 l) wird durch adiabatische Expansion-Druckabsenkung von etwa 4 auf 2 at - überhitzt: die Kammer ist empfindlich. In der sich im metastabilen Zustand befindenden Flüssigkeit erzeugen ionisierende (d.h. geladene) Teilchen durch lokale Erhitzung längs ihres Weges eine dem Teilchennachweis dienende Bläschenkette, deren Dichte (d.h. Größe und Anzahl der Bläschen pro Längeneinheit) von der Teilchengeschwindigkeit, der Temperatur und vom Flüssigkeitsdruck abhängt. Für den Bläschenbildungsprozeß werden von minimal-ionisierenden Teilchen etwa 20 MeV/m aufgebracht. Die über das sichtbare Volumen homogene Betriebstemperatur wird mittels Wärmeaustauscher bis auf etwa 0.05° stabil gehalten. - Durch 2 dem Edelstahlgehäuse der eigentlichen Kammer ($200 \times 60 \times 50 \text{ cm}^3$) längsseitig eingesetzte Glasfenster (Länge $\approx 2,2$ m, Höhe ≈ 77 cm, Dicke ≈ 17 cm) wird das Geschehen im Innern von der einen Seite her beleuchtet, von der anderen aus photographiert. Für eine intensive Beleuchtung sorgen 3 Kurzzeit-Entladungslampen (Krypton, Blitzdauer = $200 \mu\text{sec}$). Ihr Licht, durch Filter auf einen Spektralbereich zwischen 4200 und 4600 Å eingeschränkt, wird durch Kondensorlinsen gut gebündelt auf eine kleine Fläche zwischen den Kamerapositionen konzentriert. Um eine räumliche Rekonstruktion zu ermöglichen, wird mit 3 Kameras (Brennweite $\approx 18,25$ cm, Verkleinerungsfaktor etwa 1:13.4) aus verschiedenen Blickwinkeln photographiert. Die Bezugsmarken zur Bestimmung der Geometrie der Ereignisse in der Blasenkammer befinden sich auf dem kameraseitigen Fenster (15 innen, 5 außen) und auf dem blitzseitigen Fenster (9 innen). Das in die Kameras gelangende Blasenstreulicht nimmt in seiner Intensität - bei einem H_2 -Brechungsindex $n = 1.1010$ für $\lambda = 4450 \text{ Å}$, $T = 26^{\circ}\text{K}$ - rasch mit dem Streuwinkel ab. - Das durch einen Strom von 10 KA erzeugte auf $+2,7\%/-1.5\%$ homogene Magnetfeld von ca. 17.4 KG in der Kammermitte ist senkrecht zum Strahl, parallel zu den optischen Achsen ausgerichtet. - Der Strahleintritt durch ein Al-Fenster in die Kammer ist derartig auf den Expansionszyklus des Wasserstoffs abgestimmt,

daß unmittelbar vor dem Minimum des Kammerdruckes die Wechselwirkungen in der Blaskammer stattfinden. Wenige msec später, kurz nachdem der Druck minimal war, sind die Bläschen zu einer für die Photographie brauchbaren Größe (\emptyset 300 ..) gewachsen: die Blitze werden ausgelöst. - Die optische Abbildung wird infolge Turbulenzen (Wärmeaustausch, Expansion) in der Kammerflüssigkeit, die Variation des Brechungsindex im H_2 , andere optische Fehlerquellen und Filmverzerrungen verschlechtert.

Durch sofortige Kompression wird der Ausgangszustand nach insgesamt ca. 20 msec wiederhergestellt. Um einen Strahlimpuls mehr als einmal nutzen zu können, muß die Kammer innerhalb eines Intervalls \sim 300 msec 2 mal expandiert werden, dieses "double-pulsing" wurde bei der Datennahme für den 12 GeV/c -Protonstrahl angewandt.

Vorteile der Blaskammer gegenüber anderen Nachweisgeräten bestehen darin, daß sie die umfassendste Information über ein Ereignis liefert: über den gesamten Raumwinkel empfindlich zeigt sie den Wechselwirkungspunkt und alle geladenen Teilchen. Nachteilig dagegen ist, daß zum Nachweis nur bestimmter Ereignistypen die Expansion der Blaskammer durch Zähler nicht getriggert werden kann; außerdem ist die Daten-Gewinn-Rate relativ gering verglichen mit der Funkenkammer.

III. 2. Auswertung der Blaskammerereignisse

Die Auswertung der Blaskammerbilder erfolgt in 5 Hauptschritten. Wir wollen hier nur eine Übersicht geben und verweisen auf Referenzen, die Einzelaspekte ausführlicher beschreiben: (FES 73), (HEL 73), (MÖN 72), (SCH 74).

1. Musterung und Vormessen: Bei der Musterung werden die Ereignisse ihrer Topologie nach eingestuft. In der Vormessung - abhängig von der anschließend zu nennenden genauen Ausmessung - werden entweder
 - a) die Koordinaten des Ereignis-Vertex allein oder
 - b) zusätzlich noch die zweier Meßpunkte pro Spur ermittelt.
2. Ausmessen der Ereignisse: Die exakte Ausmessung der Ereignisse entweder nach dem "road guidance"-System (Vormessen b) oder nach dem "minimum guidance"-System (Vormessen a) geschieht mittels einer Meßmaschine des Typs HPD. (GER 69), (NAG 71), (SEL 72). Zugleich werden Informationen über die Ionisation der Spuren erhalten (MÖN 72).
3. Geometrische Rekonstruktion der Ereignisse: Hierzu wird eine den Energieverlust der Teilchen massenabhängig berechnende Version des CERN-Programmes THRESH benutzt (THR 65).

4. Kinematische Anpassung: Jedes Ereignis wird mit Hilfe des CERN-Programmes GRIND (GRI 68) kinematisch rekonstruiert, indem unter Beachtung von Energie- und Impulserhaltung die möglichen Massenzuordnungen zu den Spuren geprüft werden. Wurden danach in einer Reaktion keine neutralen Teilchen erzeugt, so gibt es - gemäß der (E, \vec{P}) -Erhaltung- 4 Zwangsbedingungen für die kinematische Anpassung der Massenhypothesen an das Ereignis (4C-Fit). Führt erst die Annahme eines neutralen Teilchens (π^0, n) zu einem annehmbaren Anpassungsergebnis - wurde also zu den geladenen auch ein neutrales Teilchen erzeugt - so erhält man Hypothesen mit nur einer Bedingungsgleichung, der Energie oder einer der 3 Impulskomponenten entsprechend (1C-Fit); bei Miterzeugung zweier oder mehrerer neutraler Teilchen ist keine Anpassung mehr möglich (0C-Fit). - Ist die Massenzuordnung nicht eindeutig, so liefert die kinematische Anpassung mehrere Hypothesen mit verschiedenen Wahrscheinlichkeiten bzw. χ^2 -Werten als Maß der Übereinstimmung mit Energie- und Impulserhaltung.
5. Hypothesenauswahl: Mit dem Programm SELDEC (BLO 71) schließlich wird unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Kinematikanpassung und der gemessenen Ionisation (neben weiteren Kriterien) über die einem Ereignis verbleibenden Massenhypothesen entschieden. In etwa 10% der Fälle ist eine Nachentscheidung nötig; es zeigt sich ferner, daß die Durchgangswahrscheinlichkeit topologieabhängig ist.
Beim derzeitigen Stand des Experiments wurden in der angedeuteten Weise 183 890 Ereignisse bei 12 GeV/c , 222 100 Ereignisse bei 24 GeV/c Strahlimpuls vollständig ausgewertet. Sie sind die Grundlage unserer Arbeit.

III.3 Die Reaktionskanäle

In unsere Suche nach exotischen Resonanzen wurden die folgenden - für 12 und 24 GeV/c Strahlimpuls gemeinsam aufgeführten - 12 Reaktionskanäle einbezogen:

	Kanalbezeichnung	Anzahl der Hypothesen		
		12 GeV/c	24 GeV/c	
1.	$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$	(4 Spur-4C)	10409	8900
2.	$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$	(4 Spur-1C π^0)	13154	15466
3.	$pp \rightarrow np\pi^+\pi^+\pi^-$	(4 Spur-1Cn)	15041	17807
4.	$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$	(6 Spur-4C)	2593	2757
5.	$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^0$	(6 Spur-1C π^0)	5766	12451
6.	$pp \rightarrow np\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$	(6 Spur-1Cn)	4886	11960
7.	$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-$	(8 Spur-4C)	416	691
8.	$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-\pi^0$	(8 Spur-1C π^0)	794	5275
9.	$pp \rightarrow np\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-$	(8 Spur-1Cn)	531	4458
10.	$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-$	(10 Spur-4C)	21	177
11.	$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-\pi^0$	(10 Spur-1C π^0)	28	1068
12.	$pp \rightarrow np\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-$	(10 Spur-1Cn)	26	852

Die jeweiligen Kanalbezeichnungen verweisen auf die Anzahl der geladenen Teilchen, ferner auf die Zahl der kinematischen Zwangsbedingungen, sowie zur Vermeidung von Doppeldeutigkeiten auf ein charakteristisches Teilchen im Endzustand.

Für die später in Abschnitt IV zu behandelnden Massenverteilungen haben wir im Entscheidungsfalle immer die Hypothesen mit der größten Zahl der Zwangsbedingungen gewählt und davon nur diejenige akzeptiert, die in der Anpassung den kleinsten χ^2 -Wert erhalten hat. Der Erfolg dieser Methode wird wesentlich durch eine gute Kenntnis der Meßfehler bestimmt; die χ^2 -Werte der falschen Hypothesen sollten im allgemeinen groß sein.

Auf eine weitergehende Kanalreinigung wurde verzichtet. Um eine Beurteilungsgrundlage für jeden Kanal zu haben, wurden die Longitudinalimpulsverteilungen von p und π^+ sowie ihre doppeldifferentiellen Verteilungen in den Transversal- und Longitudinalimpulsen - alle Betrachtungen im CMS - herangezogen, außerdem die Verteilungen der fehlenden Masse $(MM)^2$.

III.4 Effektive Massenverteilungen und Polynomannpassung

Einige (i) der im Endzustand einer Reaktion eines Produktionsexperimentes vorzufindenden Teilchen mögen kurzzeitig einen angeregten Zwischenzustand, eine Resonanz, bilden mit definierter Masse und festen Quantenzahlen; dann ist die effektive (Lorentz-invariante) Masse des resonanten i-Teilchensystems gegeben durch die i 4-Impulse: $M_{\text{eff}}^2 = (p_1 + \dots + p_i)^2$. Resonanzen mit hinreichend großem Produktionswirkungsquerschnitt lassen sich als statistisch signifikante Maxima, als resonante Strukturen über einem nichtresonanten Untergrund in den Häufigkeitsverteilungen der effektiven Masse entsprechender Teilchenkombinationen nachweisen (vgl. etwa Abb. 10). Die Halbwertsbreite Γ einer Resonanz und ihre mittlere Lebensdauer τ sind durch die Unschärferelation $\Gamma \sim \frac{1}{\tau}$ miteinander verknüpft.

Zur Bestimmung des Wirkungsquerschnitts einer Resonanz oder überhaupt auch nur zur gesicherteren Beurteilung der statistischen Signifikanz einer resonanten Struktur wird ihre Abtrennung vom nicht-resonanten Untergrund notwendig.

Wir machen uns das Phasenraumkonzept zunutze (vgl. etwa SÖD73): Die statistische Verteilung der möglichen, quantenmechanisch unterscheidbaren Zustände, die ein in einer Reaktion mit mehreren Teilchen zugleich erzeugtes im $3n$ -dimensionalen Phasenraum einnehmen kann, ist lediglich durch die für Anfangs- und Endzustand der Reaktion geltende Energie-Impulserhaltung eingeschränkt. Läßt sich entsprechend die Verteilung der effektiven Masse einer i-Teilchenkombination (gebildet aus einem n-Teilchen-Endzustand ($n > i$)) als eine statistische - lediglich durch Energie-Impulserhaltung eingeschränkte - Verteilung beschreiben, so spricht man von einer Phasenraumverteilung. Die Form derartiger Verteilungen läßt sich qualitativ durch Phasenraumkurven wie in Abb. 3 (aus BYC73) beschreiben.

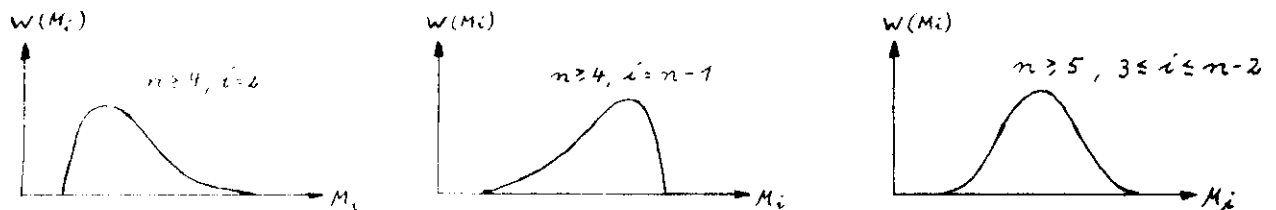


Abb. 3:

Phasenraumverteilung $W(M_i)$ einer i-Teilchen-Massenkombination ($M_i^2 = (p_1 + \dots + p_i)^2$) aus einem n-Teilchen-Endzustand

Allgemein gilt für den Wirkungsquerschnitt σ einer Reaktion:

$$\sigma \sim \int \dots \int \frac{d^3 \vec{p}_1}{2 E_1} \dots \frac{d^3 \vec{p}_n}{2 E_n} \delta^4(p_i - p_f) |M_{fi}^{inv}|^2. \quad (\otimes)$$

Darin enthält das (lorentz-invariante) Übergangsmatrixelement $|M_{fi}^{inv}|$ die "Dynamik", der (lorentz-invariante) Phasenraumfaktor $\int \dots \int \frac{d^3 \vec{p}_1}{2 E_1} \dots \frac{d^3 \vec{p}_n}{2 E_n} \delta^4(p_i - p_f)$ die "Kinematik" der Reaktion. Führt sie lediglich zu Phasenraumverteilungen, so ist ihr Wirkungsquerschnitt allein nur durch den Phasenraumfaktor bestimmt; das Matrixelement ist dann konstant.- Es ist jedoch zu bemerken, daß allein bereits wegen der in allen hadronischen Experimenten stets relativ kleinen Transversalimpulse eigentlich keine wirkliche Phasenraumverteilung vorliegt.- Ist das Matrixelement dagegen eine Funktion der Endzustandsimpulse wie im Falle von Resonanzzeugung, so wird der Wirkungsquerschnitt einer Reaktion von den Phasenraumeigenschaften abweichend durch das Matrixelement bestimmt. Die effektiven Massenverteilungen lassen sich dann in erster Näherung als Überlagerung von Phasenraumverteilungen und Resonanzbeiträgen beschreiben.

Auf dieser Annahme beruht das Verfahren, den Phasenraumanteil einer effektiven Massenverteilung durch Anpassung eines Polynoms niedriger Ordnung mit glattem Verlauf- qualitativ den Mustern der Abb. 3 entsprechend - zu beschreiben und somit resonante Strukturen als Anhäufungen von Massenkombinationen oberhalb der Polynomkurve vom nicht-resonanten Untergrund abzutrennen.

Es folgen, knapp zusammengefaßt, die wichtigsten Angaben zu dem von uns angewandten Anpassungsverfahren, dem dabei benutzten Polynom und an Hand einiger Daten eine Diskussion des Ergebnisses.

Einer experimentell gegebenen Verteilung sei ein Polynom $f(x, \underline{a})$, abhängig von n Parametern a_1, \dots, a_n , anzupassen. Mit Hilfe des Programmes MLFIT(BLO71₂) werden die n Parameter in einem iterativen Anpassungsverfahren so bestimmt, daß die Likelihood-Funktion $L(\underline{a}) = \prod_i P(x_i, \underline{a})$ maximal wird.

(X) Notation: $P_j = (E_j, \vec{p}_j)$: 4-Impuls des j -ten Teilchens eines n -Teilchen-Endzustandes ($j=1, \dots, n$); $-p_i, p_f$: Summe der 4-Impulse im Anfangs- bzw. Endzustand der betrachteten Reaktion; $\delta^4(p_i - p_f)$: δ -Funktion für Energie-Impulserhaltung

Dabei ist

$$P(x_i, \underline{a}) = \frac{f(x_i, \underline{a})^{y_i}}{y_i!} \exp(-f(x_i, \underline{a}))$$

die Poisson-Verteilung, die die Wahrscheinlichkeit angibt, für das i-te Massenintervall unserer Häufigkeitsverteilung eine Zählrate (Kombinationsanzahl) y_i zu beobachten, wenn der Erwartungswert der Zählrate $f(x_i, \underline{a})$ ist.

Wir benutzen orthogonale Polynome $\tilde{P}_j(x)$ der Form: $\sum_{j=1}^n a_j P_j(\tilde{x})$ mit der Nebenbedingung $\sum a_j P_j(\tilde{x}) = 0$ für $\tilde{x} = 0$, wobei a_j ($j=1, \dots, n$) die anzupassenden Parameter sind; $x = x - x_A$ bzw. $\tilde{x} = x_E - x$, worin x_A die untere, x_E die obere kinematische Grenze der jeweiligen Massenverteilung ist; die Angabe der oberen bzw. unteren kinematischen Grenze sollte als zusätzlich gegebene

Information die Anpassung verbessern. Die $P_j(\tilde{x})$ sind gegeben durch:

$P_j(x) = \sum_{k=1}^j b_{kj} x^k$. Die Koeffizienten b_{kj} werden durch ein nachfolgend angegebene Rekursionsverfahren für $j > 2$ sukzessiv bestimmt. - Die Orthogonalität der P_j wird erzwungen durch die Bedingung (1): $\sum_i w_i P_j(\tilde{x}_i) P_k(\tilde{x}_i) = \delta_{jk}$, worin $w_i = (\Delta y_i)^{-2} = \frac{1}{y_i}$ das Gewicht, $\Delta y_i = \sqrt{y_i}$ der statistische Fehler der experimentell gegebenen Zählrate (Kombinationsanzahl) y_i für das i-te Massenintervall einer effektiven Massenverteilung ist. Die Orthogonalitätsbedingung verschafft den Vorteil, daß die Anpassung der n Parameter unabhängig voneinander geschieht und somit (theoretisch) eine beliebig genaue Anpassung gelingt, wenn das Polynom $f(x, \underline{a})$ nur genügend hoher Ordnung ist; andererseits wird man die Ordnung des Polynoms möglichst niedrig wählen, um den Phasenraum einer effektiven Massenverteilung zur Abtrennung resonanter Strukturen durch einen glatten Kurvenverlauf zu beschreiben.

Da $P_1(x) = b_{11} \tilde{x}$ folgt aus (1): $b_{11} = \frac{1}{\sqrt{\sum_i w_i \tilde{x}_i^2}}$;
 da ferner $P_2(x) = b_{12} \tilde{x} + b_{22} \tilde{x}^2$ folgt aus (1) $b_{12} = - \frac{b_{22} \sum_i w_i \tilde{x}_i^3}{\sum_i w_i \tilde{x}_i^2}$
 $b_{22} = \frac{1}{(\sum_i w_i \tilde{x}_i^4 - \frac{(\sum_i w_i \tilde{x}_i^3)^2}{\sum_i w_i \tilde{x}_i^2})^{1/2}}$

Es läßt sich nun die sukzessive Konstruktion eines jeden $P_j(\tilde{x})$, $j > 2$ angeben:

$$\gamma_j P_j(x) = (x - \alpha_j) P_{j-1}(x) - \beta_j P_{j-2}(x), \text{ wobei}$$

$$\alpha_j = \frac{\sum_i w_i x_i P_{j-1}^2(x_i)}{\sum_i w_i \tilde{x}_i P_{j-1}(x_i) P_{j-2}(x_i)}$$

$$\text{Der Faktor } \gamma_j \text{ folgt aus der Bedingung: } \sum_i w_i P_j^2(\tilde{x}_i) = 1$$

Versuche zunächst mit Polynomen etwa der Form: $\sum_{j=1}^n a_j (x - x_0)^j$, $\sum_{j=1}^n a_j \sin(2\pi \frac{x_i - x_A}{x_E - x_A})$, wobei $x_A = x_i \leq x_E$, führten zu unbefriedigenden Anpassungsergebnissen bzw. zu numerischen Schwierigkeiten

Die Anpassung wurde mit Polynomen der Ordnung $n \approx 10$ durchgeführt; gewählt wurde jeweils der höchste Grad n , der noch signifikant war, also die Anpassung, deren χ^2 -Wert ($= \chi_n^2$) der Bedingung $\chi_{n+1}^2 + 1 \geq \chi_n^2 \leq \chi_{n-1}^2 - 1$ genügte, wobei die Indizes die Ordnung der angepaßten Polynome bezeichnen. Ferner blieben die ersten und letzten Massenintervalle einer Verteilung wegen ihres dort durch die Schwellen (eventuell) verursachten Fehlers bei der Anpassung unberücksichtigt, eine Maßnahme, die für einige schwieriger anzupassende Massenverteilungen (vergl. z.B. Abb. 1.1.1) zur Erreichung vernünftiger Ergebnisse ohnehin notwendig wurde.

Für die Abweichungen der experimentellen Daten von der glatt verlaufenden Untergrundkurve läßt sich die Anzahl der Standardabweichungen (σ) berechnen; Effekte mit $\sigma > 2$ wurden registriert. Statistische Schwankungen innerhalb der betrachteten effektiven Massenverteilungen sollten bezüglich der Untergrundkurve gleich häufig zu Abweichungen nach unten (Minima) wie nach oben (Maxima) führen, während die gesuchten Resonanzeffekte nur Abweichungen nach oben sein können.

Fehlerhafte, wesentliche systematische Benachteiligung der Minima den Maxima gegenüber sehen wir im benutzten Anpassungsverfahren keine; einer möglichen Unterbewertung der Minima an den Phasenraumschwellen wurde weitgehend durch Aussparung dieser Bereiche bei der Polynomanpassung begegnet. Daher sollte die Häufigkeit der Minima - alle ausschließlich Zufallseffekte - Aufschluß geben über die Häufigkeit der nur zufallsbedingten Maxima.

Die Anzahl womöglich vorhandener dynamischer Effekte (Resonanzen, Reflexionen) wird gering sein; ihre Existenz könnte sich deshalb überhaupt erst bei erhöhter statistischer Signifikanz (etwa $\sigma > 3$) als deutlichere Überzahl der Maxima gegenüber den Minima bemerkbar machen.

Gruppiert nach Standardabweichungen (σ), umfaßt nachfolgende Tabelle 1 für einen Teil der hier untersuchten statistisch voneinander unabhängigen Massenverteilungen - es handelt sich um die in Abschnitt IV 1.1a,b diskutierten 45 mesonischen ($B=0$)-Gesamtverteilungen - alle Minima und Maxima mit $\sigma \geq 2$:

2 bis 2.4		2.5 bis 2.9		3 bis 3.4		Standardabweichungen (σ)	2 bis 2.4		2.5 bis 2.9		3 bis 3.4		3.5 bis 3.9		4 bis 4.4	
12	24	12	24	12	24	Strahlimpuls (GeV/c)	12	24	12	24	12	24	12	24	12	24
13	57	4	15	1	3	Anzahl der ← Minima Maxima →	19	50	5	15	2	6	1	3	0	4
70		19		4			69		20		8		4		1	
89							89				13					
I	II			III		Bereich	I	II			III					

Einer guten Anpassung gemäß stellen wir fest, daß für die Bereiche I, II ($\sigma \leq 3$) (wo Zufallseffekte ohnehin bei weitem überwiegen sollten) Maxima und Minima einander ausgewogen entsprechen. Im Bereich III ($\sigma > 3$) dagegen finden sich Maxima in signifikanter Überzahl.

Auf insgesamt 93 statistisch voneinander unabhängige Massenverteilungen erweitert - die 45 (B=0)- und 48 (B=1)-Gesamtverteilungen einschließend - zeigt Tabelle 2 alle mit $\sigma > 2$ gefundenen Abweichungen - die Häufigkeit der Minima wurde aus Tabelle 1 extrapoliert - in folgender Zuordnung:

Tabelle 2

Minima			Maxima		
$\sigma \geq 2$	$\sigma \geq 3$	$\sigma \geq 4$	$\sigma \geq 2$	$\sigma \geq 3$	$\sigma \geq 4$
186	8	0	186	21	1

Beste Übereinstimmung in der Gesamtzahl also, d.h. (im Rahmen unserer Genauigkeit) gute Übereinstimmung zwischen Minima und Maxima im Bereich bis zu 3 Standardabweichungen; darüber hinaus jedoch, für $\sigma > 3$, wird der Unterschied, wie bereits oben bemerkt, signifikant.

Zusammenfassend ziehen wir aus den hier angestellten Betrachtungen den Schluß, daß nur etwa 50% der mit 3 und mehr Standardabweichungen beobachteten Effekte zufallsbedingt sein sollten.

Ein Vergleich außerdem mit einer von K. Wacker (Wak 73) mittels Monte-Carlo-Verfahren durchgeführten Untersuchung zur Frage der Häufigkeit bloßer Zufallseffekte zeigt, daß der Größenordnung nach unsere Erwartungen (Anzahl der Minima als Richtwert) mit seinen Angaben kompatibel sind (wenn berücksichtigt wird, daß einerseits unsere durchschnittliche Statistik wesentlich höher (mindestens um das 5-fache), andererseits die zu berücksichtigende Intervallzahl kleiner (etwa um 30%) ist als der jeweils von ihm angenommene Ausgangswert). Wir finden somit für unsere signifikantesten Effekte, über die Abschnitt IV handelt, zusätzliche Evidenz.

III. 5 Untersuchungsmethode

Grundlage unserer Untersuchungen sind die Häufigkeitsverteilungen der effektiven Masse exotischer Teilchenkombinationen.-Die Untersuchungen zu exklusiven Reaktionen werden ergänzend auf quasi-inklusiv \oplus betrachtete ausgedehnt.

Zunächst wurde systematisch so vorgegangen, daß alle Massenverteilungen zu einem bestimmten (in der Ladungszahl) exotischen Kombinationstyp - gebildet aus den Endzuständen exklusiver Reaktionen der Art $ab \rightarrow c_1 c_2 \dots c_n$ mit fester Teilchenzahl n - nach Reaktionskanälen (III.3) und Energien getrennt, vergleichend nach Resonanzstrukturen abgesucht wurden.

Zusammenfassend läßt sich dazu feststellen:

In keiner dieser untersuchten Einzelverteilungen waren Kombinationsanhäufungen von 4 oder mehr Standardabweichungen oberhalb der der Massenverteilung angepaßten Polynomkurve beobachtbar. Abgesehen von wenigen Ausnahmen wurden die jeweils auffälligsten Effekte in der Größenordnung von lediglich 2 bis 3 Standardabweichungen gefunden. Exotische Resonanzproduktion hätte folglich in den einzelnen Reaktionskanälen einen nur so geringen Anteil, daß er schwerlich zu unterscheiden wäre von den durch statistische Fluktuationen hervorgerufenen Zufallseffekten - insbesondere dann, wenn ihr störender Einfluß infolge mangelnder Statistik (Anzahl der Kombinationen je Einzelverteilung oft wesentlich kleiner als 3000) zu grob strukturierten Massenverteilungen führt und somit eine sinnvolle Polynomannäherung oft erschwert ist.

Anfängliche Versuche, gewisse Effekte - unter Ausnutzung der für pp-Wechselwirkungen im CMS gültigen Symmetrie bzgl. des vorwärtigen und rückwärtigen Halbraumes - durch einen Symmetrietest womöglich eher als resonanzartige spezifizieren zu können, bleiben hauptsächlich wegen unzureichender Statistik ohne Aussagekraft. Da ferner einander entsprechende Effekte auch in Massenverteilungen für Kombinationstypen unterschiedlicher Ladungs- oder Teilchenzahl gesucht wurden, führte die steigende Zahl der untereinander zu vergleichenden Verteilungen bei Abwesenheit wirklich prägnanter Effekte schließlich zur Unübersichtlichkeit.

Zur Untersuchung waren deshalb Massenverteilungen mit möglichst hoher Statistik anzustreben und eine übersichtliche Zusammenfassung der zu vergleichenden Verteilungen. In der Absicht ferner einander entsprechende Effekte in den verschiedenen Massenverteilungen eines bestimmten Kombinationstyps zu verstärken, wurden die nach Reaktionskanälen und Energien unterschiedenen Einzelverteilungen eines exotischen Kombinationstyps additiv zu Gesamtverteilungen - je eine für 12 GeV/c, für 24 GeV/c und für 12 und 24 GeV/c - zusammengefaßt. - Diese Gesamtverteilungen bilden nunmehr die Grundlage unserer Suche nach exotischen Resonanzen. Alle Anhäufungen oberhalb der einer Massenverteilung angepaßten Polynomkurve wurden registriert, wenn sie nicht kleiner als 2 Standardabweichungen waren. Aus der Anzahl der jeweils in ihnen enthaltenen Kombinationen erhalten wir nach Addition des statischen Fehlers des zuge-

hörigen Untergrundes sowie des Fehlers des Wirkungsquerschnittsäquivalentes eine obere Grenze für den Produktionswirkungsquerschnitt exotischer Resonanzen in der entsprechenden Massenkombination.

Um einander zuzuordnende Effekte bei der Vielzahl der statistisch voneinander unabhängigen Massenverteilungen für die verschiedenen Teilchenkombinationen nicht zu übersehen (z.B. Isospinmultipletts), wurden Übersichtstafeln angefertigt für alle Effekte mit zwei und mehr Standardabweichungen (vgl. IV .1.3, 2.3,3).

Daß es jedoch nicht genügt, allein von den Gesamtverteilungen einer gewissen Kombination auszugehen, sondern daß unbedingt auch die Einzelverteilungen zu beachten sind, mag ein Beispiel illustrieren: Die Abbildungen 3.0a-c zeigen Verteilungen in der nicht-exotischen Massenkombination $p\pi^+\pi^-$ (lediglich zum anschaulichen Vergleich den baryonisch-exotischen Massenverteilungen vorangestellt). Die Abbildungen 3.0b, c zeigen die jeweiligen Gesamtverteilungen, Abb. 3.0a dagegen beschränkt sich - nur unter Zusammenfassung für beide Energien - auf die entsprechende Massenverteilung für den Reaktionskanal $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$. Die in der Einzelverteilung deutlich hervortretenden Resonanzstrukturen sind in der Gesamtverteilung infolge Überlagerung von Verteilungen mit und ohne Resonanzstrukturen kaum noch erkennbar.

Das bisherige Augenmerk unserer Suche nach exotischen Resonanzen war auf deren Zerfallsmechanismus gerichtet, indem versucht wurde, statistisch signifikante Resonanzstrukturen in Verteilungen der effektiven Masse exotischer Mehrteilchen-Endzustände zu finden.

Wenn eine Resonanz jedoch mehrere Zerfallskanäle hat und die relativen Verzweigungswahrscheinlichkeiten einen der angekoppelten Zerfallskanäle nicht besonders auszeichnen, dann könnte eine wirklich vorhandene Resonanz in jedem ihrer Zerfallskanäle wegen zu geringer statistischer Signifikanz unentdeckt bleiben, zumal ihr totaler Produktionswirkungsquerschnitt ohnehin schon klein sein könnte. Deshalb wurden quasi-inklusiv betrachtete Reaktionen in die Untersuchung einbezogen, und wir suchen jetzt nach exotischen Resonanzen mit Blick auf ihren Erzeugungsmechanismus.

Sei $ab \rightarrow CX$ eine quasi-inklusiv betrachtete Reaktion, wobei C stellvertretend für genau spezifizierte Teilchenkombinationen steht, X, die fehlende Masse, dagegen für einen mit C zugleich erzeugten Rest, der die nicht durch C repräsentierten sonstigen in der Reaktion erzeugten Teilchen zusammenfassend bezeichnet.

Die geltenden Erhaltungssätze für Ladungs- und Baryonenzahl ermöglichen es, X nach Ladung und Baryonenzahl zu klassifizieren. Hätten wir es demnach mit einem exotischen Rest zu tun, könnten dessen Häufigkeitsverteilungen in der effektiven Masse M_x wie bisher analysiert werden. X würde dann alle exotischen Massenkombinationen unterschiedlicher Teilchenzahl aber gleicher Ladung, gleicher Baryonenzahl umfassen. - C und ebenso das Restsystem X bleiben nach Gesamtladung und Baryonenzahl wie zuvor klassifizierbar, wenn C zugleich auch für die Teilchenkombinationen steht, die sich durch Hinzufügen der jeweils möglichen neutralen Meson-Systeme (z.B. π^+ , π^- , π^0 usw.) zur ursprünglichen durch C repräsentierten Teilchenkombination zusätzlich ergeben. Der nun etwas allgemeiner betrachteten Erzeugung von X zugleich mit C entsprechen M_x -Massenverteilungen weit größerer Kombinationsanzahl.

Beide Betrachtungsweisen wurden für die Untersuchung quasi-inklusive Massenverteilungen berücksichtigt.

Schließlich werden wir in den Abschnitten IV.1.4, 2.4 kurz auf das Verhalten der Massenquadrate der mit 3 und mehr Standardabweichungen beobachteten Effekte eingehen.-

Es sollen abschließend noch einige Gründe angeführt werden, deretwegen positive Aussagen über Resonanzproduktion nur vorsichtig gemacht werden können:

Der gefundene Effekt könnte eine Zufallsanhäufung sein. Wie in Abschn. III.4 (vgl. etwa dortige Tab. 2) erörtert, erwarten wir in 100 statistisch voneinander unabhängigen Massenverteilungen etwa 8-12 Zufallseffekte von mindestens 3 Standardabweichungen über dem mittels Polynomannpassung bestimmten Untergrund.

Selbst ein dynamischer Effekt braucht noch keine Resonanz zu sein; es könnte sich z.B. um eine Reflexion einer Resonanz in einer anderen Massenkombination handeln oder etwa um ein Schwellenmaximum.

Die Untergrundbestimmung könnte unzureichend sein. Für die Polynomannpassung erweisen sich besonders die Gebiete nahe der oberen bzw. unteren kinematischen Grenze einer Verteilung als problematisch, wenn dort, wie etwa in Abb. 1.1.1, ein Phasenraummaximum liegt. Die ersten und letzten Massenintervalle einer Verteilung bleiben wegen ihres dort durch die Schwellen (eventuell) verursachten Fehlers ohnehin bei der Polynomannpassung unberücksichtigt.

Infolge falscher Massenzuordnung zu Spuren könnten in den Verteilungen resonante Strukturen vorgetäuscht werden. Im wesentlichen sind es Ver-

wechselungen zwischen p und π^+ , die zu falschen Massenhypothesen für ein Ereignis führen. Beispielsweise wird für Laborimpulse ≥ 1.5 GeV/c eine Teilchenspezifizierung durch Ionisationsentscheidung wegen der schwindenden Unterschiede zwischen π - und p -Ionisation unmöglich (MÖN72).

IV. DIE UNTERSUCHTEN EXOTISCHEN MASSENVERTEILUNGEN UND ERGEBNISSE

Zur Bestimmung oberer Grenzen für die Produktionswirkungsquerschnitte exotischer Resonanzen (vgl. III.5) wurden die folgenden Wirkungsquerschnittsäquivalente (d.h. die jeweils einem Ereignis entsprechenden Wirkungsquerschnitte) benutzt:

- (0.204 \pm 0.001) μb /Ereignis für 12 GeV/c
- (0.166 \pm 0.001) μb /Ereignis für 24 GeV/c
- (0.183 \pm 0.001) μb /Ereignis für 12 und 24 GeV/c

Sie wurden errechnet aus den totalen, auf Musterungsverluste an 2-Spur-Ereignissen und auf Dalitz-Paare korrigierten, sichtbaren Wirkungsquerschnitten ((37.5 \pm 0.2) mb für 12 GeV/c, (36.8 \pm 0.2) mb für 24 GeV/c (SCHW72, BL073)) und den nach dem derzeitigen Stand der Auswertung vorliegenden Ereigniszahlen: 183890 Ereignisse bei 12 GeV/c, 222100 Ereignisse bei 24 GeV/c.

Die oben angegebenen statistischen Fehler der Wirkungsquerschnittsäquivalente sind vernachlässigbar klein (kleiner als 1 %); die später in den Tabellen für die gefundenen Wirkungsquerschnitte σ eingetragenen Fehler $\Delta\sigma$ wurden berechnet aus dem Produkt des jeweiligen Wirkungsquerschnittsäquivalentes mit dem statistischen Fehler des durch Polynomannpassung bestimmten Untergrundes. $\sigma + \Delta\sigma$ bilden eine obere Grenze des Wirkungsquerschnittes für Resonanzproduktion.

IV.1.1 a Die mesonischen Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen

Ausgehend von den in Abschn. III.3 aufgeführten Reaktionskanälen sind 28 exotische Kombinationstypen möglich. Aufgegliedert nach ihrem Vorkommen in den Kanälen, getrennt für 12 und 24 GeV/c, sind somit 180 verschiedene Einzelverteilungen zu berücksichtigen, die - wie in Abschn. III.5 ausgeführt - zu 84 Gesamtverteilungen in den jeweiligen Kombinationstypen zusammengefaßt und nach Kombinationen gleicher Ruhemasse zu Gruppen geordnet wurden.

Die nachfolgende Übersicht zeigt die 28 exotischen Kombinationstypen in 7 Gruppen gegliedert; die den Teilchenkombinationen in Klammern nachgestellten Zahlen verweisen auf die Ordnungszahlen der Kanäle (III.3), in denen diese Kombinationen vorkommen (Die Angaben gelten für 12 und 24 GeV/c gemeinsam). Derartig wird noch einmal die Zusammensetzung der Gesamtverteilungen aus den Einzelverteilungen zu einem bestimmten Kombinationstyp deutlich.

2-Teilchenkombinationen: $\pi^+ \pi^+$ (3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) $\pi^- \pi^-$ (4,5,6,7,8,9,10,11,12)

3-Teilchenkombinationen: $\pi^+ \pi^+ \pi^0$ (5,8,11) $\pi^- \pi^- \pi^0$ (5,8,11)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+$ (6,7,8,9,10,11,12) $\pi^- \pi^- \pi^-$ (7,8,9,10,11,12)

4-Teilchenkombinationen: $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^-$ (6,7,8,9,10,11,12) $\pi^+ \pi^- \pi^- \pi^-$ (7,8,9,10,11,12)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^0$ (8,11) $\pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$ (8,11)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+$ (9,10,11,12) $\pi^- \pi^- \pi^- \pi^-$ (10,11,12)

5-Teilchenkombinationen: $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^0$ (8,11) $\pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$ (8,11)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^-$ (9,10,11,12) $\pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^-$ (10,11,12)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^0$ (11) $\pi^- \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$ (11)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+$ (12)

6-Teilchenkombinationen: $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^-$ (9,10,11,12) $\pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^-$ (10,11,12)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^0$ (11) $\pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$ (11)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^-$ (12)

7-Teilchenkombinationen: $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^0$ (11) $\pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$ (11)
 $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^-$ (12)

8-Teilchenkombinationen: $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^-$ (12)

Die zugehörigen Gesamtverteilungen der invarianten Masse für 12 GeV/c, 24 GeV/c und für 12 und 24 GeV/c mit den angepaßten Polynomkurven sind in den Abb. 1.1.1 bis 1.6.1 gezeigt. Die Tabellen 1.1 bis 1.6 enthalten die Anpassungsergebnisse. Unter Berücksichtigung nur der statistisch voneinander unabhängigen Gesamtverteilungen gibt Tafel A (Abb. 6) eine Zusammenstellung aller registrierten Effekte und deren Häufigkeitsverteilung wieder (vergl. IV. 1.3).

IV. 1.1.b Ergebnisse

Für die statistisch voneinander unabhängigen 45^{+}) Gesamtverteilungen exotisch-mesonischer Massenkombinationen wurden insgesamt 13 Effekte von 3 und mehr Standardabweichungen gefunden, darunter einer über 4. Eine kleine Auswahl wird im folgenden kurz angesprochen; für alle Ergebnisse verweisen wir auf die im vorausgegangenen Abschnitt angegebenen Tabellen, Abbildungen und auf Tafel A.

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichung.	Obere Grenze des Wirkungsquerschn.	Tabelle	Abb.
$\pi^+ \pi^+$ (12 GeV/c)	0.66 - 0.68	3.8	26.4 μb	1.1	1.1.1a
$\pi^+ \pi^+$ (24 GeV/c)	0.68 - 0.72	3.0	34.5 μb	1.1	1.1.1b

Am signifikantesten - mit 4 Standardabweichungen, entsprechend 320 Kombinationen und einem Wirkungsquerschnitt von 58.5 μb (obere Grenze: 73 μb) - tritt der Effekt über einem Massenbereich von 0.66-0.72 GeV bei höchster Statistik (100278 Kombinationen) in der Gesamtverteilung für 12 und 24 GeV/c auf (Abb. 1.1.1c). Vergleichbare Senken unterhalb der den Verteilungen angepaßten Polynomkurven finden sich nicht.

Die Einzelverteilungen in der $(\pi^+ \pi^+)$ -Massenkombination erlauben keine eindeutige klare Zuordnung; alle Erhebungen über dem Untergrund in dieser Massenregion bleiben unter 3 Standardabweichungen: bevorzugt scheint der Effekt in den 4- und 6-Spur - 1Cn - Kanälen aufzutreten; nicht beobachtet dagegen wurde er für die folgenden Kanäle:

6-Spur-1C π^0 (12 GeV/c, 24 GeV/c), 8-Spur-1C π^0 (24 GeV/c), 10-Spur-4C (12 GeV/c).

Erwähnenswert ist, daß auch in den $(\pi^- \pi^-)$ -Gesamtverteilungen (Abb. 1.1.1d-f, Tab. 1.1) im Massenbereich um 0.7 GeV Kombinationsanhäufungen über 2 Standardabweichungen vorkommen. Die Suche in den Einzelverteilungen ermöglichte auch hier keine deutlichere Spezifizierung.

Verteilung	Lage d. Effektes	Standardabw.	obere Grenze	Tab.	Abb.
$\pi^- \pi^- \pi^0$ (24 GeV/c)	1.03 - 1.09 (GeV)	3.1	21.2 μb	1.2	1.2.1e

Diese Kombinationsanhäufung liegt unmittelbar über dem Phasenraummaximum der Massenverteilung - in einem für die Untergrundbestimmung nicht unproblematischen Bereich also - einer Senke von 2.1 Standardabweichungen benachbart.

Wir erwähnen diesen Effekt jedoch, weil sich in den Verteilungen aller 3-Teilchenkombinationen $(\pi^+ \pi^+ \pi^0, \pi^- \pi^- \pi^0, \pi^+ \pi^+ \pi^+, \pi^- \pi^- \pi^-)$ zumindest für 24 GeV/c im an-

+) Es hätten 56 sein sollen, 11 Verteilungen für 12 GeV/c bleiben jedoch wegen mangelnder Statistik im weiteren unberücksichtigt.

gegebenen Massenbereich Maxima zeigen (vgl. Tab. 1.2; Abb. 1.2.1, 1.2.2). In der zusammenfassenden Gesamtverteilung aller exotischen 3-Teilchenkombinationen für 24 GeV/c wird der Effekt bei nun erheblich gesteigerter Statistik (64 300 Kombinationen) mit leicht erhöhter Signifikanz beobachtet (3.3 Standardabweichungen, entsprechend 219 Kombinationen und einem Wirkungsquerschnitt von 34.8 μb (obere Grenze: 45.5 μb); Tab. 1.2).

In den zugehörigen Einzelverteilungen fehlen für den beobachteten Massenbereich auffällige Erhebungen (Standardabweichungen < 3). Vergleichend läßt sich lediglich erkennen, daß der Effekt für die $(\pi^+\pi^+\pi^0)$ -, $(\pi^-\pi^-\pi^0)$ -Verteilungen bevorzugt im 6-Spur- $1C\pi^0$ Kanal für 24 GeV/c auftritt. Für die $(\pi^+\pi^+\pi^-)$ -, $(\pi^-\pi^-\pi^-)$ -Verteilungen zeigt sich deutlichere Übereinstimmung nur für den 8-Spur- $1C\pi^0$ Kanal bei 12 GeV/c.

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsqu. (μb)	Tabelle	Abbildung
$\pi^+\pi^+\pi^0$ (24 GeV/c)	1.64 - 1.76	3.8	14.3	1.3	1.3.2b

Dies ist der prägnanteste Effekt innerhalb der Gruppe der 4-Teilchenkombinationen. Den 69 in der Anhäufung enthaltenen Kombinationen entspricht ein Wirkungsquerschnitt von 11.3 μb (obere Grenze 14.3 μb). Die Massenverteilung ist - wie bei vergleichbarer Statistik überhaupt beobachtbar - gröber strukturiert als beispielsweise die bei hoher Statistik nahezu glatten $(\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-)$ -, $(\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-)$ -Verteilungen; Senken entsprechender Signifikanz jedoch finden sich nicht.

Die ladungsgespiegelte Verteilung zeigt keinen derartigen Effekt, ebenso nicht die Gesamtverteilungen bei 12 GeV/c.

In den Einzelverteilungen zur $(\pi^+\pi^+\pi^+\pi^0)$ -Massenkombination beobachteten wir sowohl im 8-Spur- $1C\pi^0$ - als auch im 10-Spur- $1C\pi^0$ -Kanal bei 24 GeV/c jeweils Maxima von 2.8 bzw. 2.9 Standardabweichungen im Massenbereich um 1.7 GeV, außerdem noch ein kleineres Maximum im 8-Spur- $1C\pi^0$ -Kanal bei 12 GeV/c.

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsqu. (μb)	Tabelle	Abbildung
$\pi^+\pi^+\pi^+\pi^0$ (24 GeV/c)	1.92 - 1.98	4.2	18.7	1.4	1.4.2b

Das 60 MeV breite Maximum in der Gesamtverteilung für 24 GeV/c - der tiefsten

Senke entsprechen 2.5 Standardabweichungen - enthält 93 Kombinationen. Mit geringerer Signifikanz (2.3 Standardabweichungen), um ein Intervall (30 MeV) nach höherer Masse hin verschoben, ist in der Gesamtverteilung für 12 GeV/c ebenfalls eine Kombinationsanhäufung beobachtbar.

In den Einzelverteilungen - es handelt sich hier nur um die 8- und 10-Spur- $1C\pi^0$ -Kanäle - erscheint der Effekt am deutlichsten im 10-Spur-Kanal bei 24 GeV/c (≈ 3.4 Standardabweichungen), sichtbar auch im 8-Spur-Kanal bei 12 GeV/c.

In der ladungsgespiegelten Verteilung sehen wir diesen Effekt nicht. Auffällig dagegen ist hier ein anderes, 89 Kombinationen enthaltendes Maximum:

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsquerschnitts (μb)	Tabelle	Abb.
$\pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$ (24 GeV/c)	1.73-1.79	3.9	16.9	1.4	1.4.2 1

Die Verteilung weist keine der Erhebung gleichwertigen Senken auf. Mit geringerer Signifikanz sehen wir den Effekt in den Einzelverteilungen bei 24 GeV/c in 8- und 10 Spar- $1C\pi^0$ Kanal.

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsquerschnitts (μb)	Tabelle	Abb.
$\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^-$ (24 GeV/c)	2.35-2.38	3.5	1.3	1.6	1.3.3 c

Mit 1428 Kombinationen ist die Statistik dieser Verteilung nicht besonders repräsentativ; wir erwähnen diesen Effekt hauptsächlich wegen seiner Lage zu Beginn des langsam ansteigenden Phasenraumes der grob strukturierten Verteilung, da im Falle einer Resonanz der extrem niedrige Impuls der Zerfallsteilchen aufschlußreich wäre.

IV. 1.2.a Die mesonischen Massenverteilungen zu quasi-inkluisiven Reaktionen

Der anschließenden Aufstellung sind die (51) untersuchten Verteilungen in der fehlenden Masse M_X für 12 GeV/c, 24 GeV/c und für 12 und 24 GeV/c zu entnehmen.

- M_X (mesonisch, $Q = +2$) aus: $pp \rightarrow pp\pi^-\pi^- X$
 : $\rightarrow A X$ ($A(Q=0, B=2)$ repräsentiert neben $pp\pi^-\pi^-$ auch $pp\pi^-\pi^- +$ weitere Mesonen der Gesamtladung $Q = 0$)
 : $pp \rightarrow np\pi^- X$
 : $\rightarrow B X$ ($B(Q=0, B=2)$ repräsentiert neben $np\pi^-$ auch $np\pi^- +$ weitere Mesonen der Gesamtladung $Q=0$)
- M_X (mesonisch, $Q = -2$) aus : $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+ X$
 : $\rightarrow C X$ ($C(Q=+4, B=2)$ repräsentiert neben $pp\pi^+\pi^+$ auch $pp\pi^+\pi^+ +$ weitere Mesonen der Gesamtladung $Q = 0$)
 : $pp \rightarrow np\pi^+\pi^+\pi^+ X$
- M_X (mesonisch, $Q = +3$) aus : $pp \rightarrow pp\pi^-\pi^-\pi^- X$
 : $\rightarrow D X$ ($D(Q=-1, B=2)$ repräsentiert neben $pp\pi^-\pi^-\pi^-$ auch $pp\pi^-\pi^-\pi^- +$ weitere Mesonen der Gesamtladung $Q=0$)
 : $pp \rightarrow np\pi^-\pi^- X$
 : $\rightarrow E X$ ($E(Q=-1, B=2)$ repräsentiert neben $np\pi^-\pi^-$ auch $np\pi^-\pi^- +$ weitere Mesonen der Gesamtladung $Q=0$)
- M_X (mesonisch, $Q = -3$) aus : $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^+ X$
 : $\rightarrow F X$ ($F(Q=+5, B=2)$ repräsentiert neben $pp3\pi^+$ auch $pp3\pi^+ +$ weitere Mesonen der Gesamtladung $Q=0$)
 : $pp \rightarrow np\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+ X$
- M_X (mesonisch, $Q=+4$) aus : $pp \rightarrow pp\pi^-\pi^-\pi^-\pi^- X$
 : $pp \rightarrow np\pi^-\pi^-\pi^- X$
- M_X (mesonisch, $Q=-4$) aus : $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+ X$

Das Restsystem X mit der Masse M_X ist jeweils mesonisch und in den angegebenen Ladungszuständen Q exotisch (vergl. II). Wie in Abschnitt III.5 u.a. ausgeführt, werden ergänzend zu den quasi-inkluisiven Prozessen der Art $pp \rightarrow pp\pi^-\pi^- X$ auch die etwas verallgemeinerten Reaktionen $\textcircled{\otimes} pp \rightarrow AX$ betrachtet. Die obige Aufstellung

$\textcircled{\otimes}$ Sie blieben in obiger Auführung und der tabellarischen Auswertung unberücksichtigt, wenn ihre Verteilungen in M_X keine ergänzenden Aspekte enthielten.

gibt in nachgestellten Klammern die zur Kennzeichnung von A bzw. B,C,D,E,F jeweils nötigen Erläuterungen.

Die Abb. 2.1.1 bis 2.5.1 zeigen die Verteilungen in M_x mit den angepaßten Polynomkurven; in den Tabellen 2.1 bis 2.5 sind die zugehörigen Anpassungsergebnisse wiedergegeben. Tafel A (Abb. 6) enthält eine Zusammenstellung aller in den statistisch voneinander unabhängigen Verteilungen registrierten Effekte und ihre Häufigkeitsverteilung; damit ist ein übersichtlicher, ergänzender Vergleich mit den aus exklusiven Reaktionen gewonnenen Ergebnissen möglich (vergl. IV. 1.3)

IV. 1.2.b Ergebnisse

Alle (8) Effekte von 3 und mehr Standardabweichungen (darunter einer über 4) in den statistisch voneinander unabhängigen (20)^N Verteilungen in M_x wurden ausschließlich in Massenverteilungen für 24 GeV/c Strahlimpuls beobachtet (vergl. Tabellen 2.1 - 2.5).

Wiederum wird eine kleine Ergebnisauswahl in knapper Form vorgestellt; zur Vervollständigung wird auf die zuvor genannten Tabellen und Abbildungen hingewiesen.

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsquerschnitts	Tabelle	Abb.
M_x aus $pp \rightarrow pp \pi^+ \pi^- X$ (24 GeV/c)	3.40-3.56	3.3	19.1 μb	2.1	2.1.1.b

Der mesonische Rest X ist 2-fach positiv geladen und damit exotisch. Die Anhäufung enthält 92 Kombinationen. Aus den zugehörigen Einzelverteilungen lassen sich keine auffälligen Maxima dem Effekt zuordnen (vergl. jedoch IV. 1.3.). - Für die zuvor erwähnten Maxima bei 2-fach positiv geladenen Teilchenkombinationen zu exklusiven Reaktionen (IV.1.1.b) finden sich keine vergleichbar signifikanten Anhäufungen in den M_x -Verteilungen zu X aus $pp \rightarrow pp \pi^+ \pi^- X$, AX.

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsquerschnitts	Tabelle	Abb.
M_x aus $pp \rightarrow B X$ (24 GeV/C)	0.68-0.72	2.9	27.1 μb	2.1	2.1.2.e
$pp \rightarrow n p \pi^+ X$ (24 GeV/c)	3.0 -3.04	3.0	11.7 μb	2.1	2.1.1.e

^N Es hätten 22 sein sollen, 2 wurden wegen zu geringer Statistik nicht weiter berücksichtigt

X, hier als der zugleich mit $n p \pi^-$ (und zusätzlichen Mesonen) erzeugte Rest betrachtet, ist wiederum 2-fach positiv geladen. Alle hierher gehörigen quasi-inklusiven Verteilungen zeigen durchgängig bei 0.7 GeV auffällige schmale Maxima (die Angaben für ein Beispiel wurden oben herausgeschrieben). Am signifikantesten mit 3 und mehr Standardabweichungen werden sie in den M_x -Verteilungen für 12 und 24 GeV/c beobachtet.

Die Untergrundsbestimmung mittels Polynomannpassung ist für das hier interessierende Gebiet schwierig (vgl. III. 5) (die im Verlauf der angepaßten Kurven sichtbaren Maxima und Minima rühren von den Phasenräumen der aufsummiert betrachteten Einzelverteilungen her).

Da für die Massenregion um 0.7 GeV ohnehin nur die $\pi^+ \pi^+$ -Verteilungen wesentlich beitragen, sind quasi-inklusive Verteilungen zur Untersuchung des in Frage stehenden Effektes nicht so geeignet. Immerhin zeigt sich aber, daß der in den $\pi^+ \pi^+$ -Gesamtverteilungen exklusiver Reaktionen gesehene Effekt (vgl. IV.1.1b) - zumindest bevorzugt - den 1Cn-Kanälen zuzuordnen ist.

Wegen der insbesondere in 1Cn-Kanälen vorkommenden Ambiguitäten (vgl. III.2), sind hier beobachtete Effekte zurückhaltend zu beurteilen (vgl. III.5); angesichts jedoch der geringen Massenbreite und der Lage der Kombinationsanhäufungen bei relativ hoher Masse (~ 0.7 GeV) (vgl. Abb. 2.1.1d-f, 2.1.2d-f) scheinen falsch zugeordnete Massenhypothesen den Effekt nicht zu erklären.

Zu dem anderen oben angeführten Effekt bei 3.0 GeV liefern die $\pi^+ \pi^+$ -Verteilungen keine Beiträge mehr; signifikanter mit 3.4 Standardabweichungen, entsprechend 109 Kombinationen und einem Wirkungsquerschnitt von 19.1 μb , erscheint der Effekt in der M_x -Verteilung zu $pp \rightarrow np \pi^- X$ für 12 und 24 GeV/c. Der stärkste Anteil stammt aus der $3\pi^+ \pi^-$ -Verteilung (6-Spur-1Cn-Kanal), dort als ein Maximum von 3.5 Standardabweichungen sichtbar; sonstige Beiträge aus Einzelverteilungen sind unbedeutender.

Verteilung (24 GeV/c)	Lage des Effektes (GeV)	Standardab- weichungen	Obere Grenze des Wirkungsqu. (μb)	Tabelle	Abbildung
$\left\{ \begin{array}{l} pp \rightarrow pp \pi^- \pi^- \pi^- X \\ \rightarrow DX \end{array} \right.$	2.2-2.26	3.5	8.9	2.3	2.3.1b
	2.2-2.26	4.8	16.5	2.3	2.2.2c
$pp \rightarrow DX$	1.6-1.75	3.2	21.4	2.3	2.2.2c

aus

Der statistisch signifikanteste Effekt innerhalb der mesonischen Massenverteilungen wurde in der quasi-inklusiven Verteilung (24 GeV/c) zu einem 3-fach positiv geladenen mesonischen Rest X - gemäß der Reaktion $pp \rightarrow DX$ (vgl. IV.1.2a) - bei 2.23 GeV gefunden: 4.8 Standardabweichungen, 83 Kombinationen und einem Wirkungsquerschnitt von 13.7 μb entsprechend. Auch in den M_X -Verteilungen zu X aus $pp \rightarrow pp3\pi^- X$ tritt der Effekt deutlich hervor (3.5 Standardabweichungen, 43 Kombinationen, bei wesentlich geringerer Statistik).

Im ladungsgespiegelten Falle jeweils, in den Verteilungen der fehlenden Masse zu $pp \rightarrow pp3\pi^+ X$ bzw. $pp \rightarrow FX$ (24 GeV/c), fallen im gleichen Massenbereich ebenfalls Kombinationsanhäufungen, wenngleich auch geringerer Signifikanz, auf (Tab. 2.4, Abb. 2.4.1b, 2.2.2f). In der Gesamtverteilung in M_X zu X aus $pp \rightarrow pp3\pi^+ X$, $pp3\pi^- X$ zeigt sich der Effekt mit leicht erhöhter Signifikanz (3.7 Standardabweichungen, entsprechend 80 Kombinationen).

Wird X erzeugt zusammen mit $n\pi^+\pi^-$ (oder allgemeiner zusätzlich mit weiteren Mesonen der Gesamtladung 0) betrachtet, so lassen die zugehörigen Massenverteilungen in M_X für den Bereich um 2.23 GeV keinerlei Anhäufungen erkennen. Die Verteilungen der fehlenden Masse für 12 GeV/c zeigen den Effekt schon aus kinematischen Gründen (obere Phasenraumgrenze) nicht.

In den Einzelverteilungen (24 GeV/c) zu den Massenkombinationen $3\pi^+$, $3\pi^+\pi^0$, $4\pi^+\pi^-$, $4\pi^+\pi^-\pi^0$ bleiben alle dem oben genannten Effekt entsprechenden Anhäufungen (am deutlichsten noch im 8- und 10-Spur- $1C\pi^0$ Kanal beobachtbar), klar unter 3 Standardabweichungen.

In den Gesamtverteilungen zu exklusiven Reaktionen fällt jedoch auf, daß fast alle zu 3-fach-geladenen Teilchenkombinationen gehörigen Massenverteilungen mit kleinen Maxima zu dem Effekt beitragen (eine entsprechende Zusammenstellung findet sich im nächsten Abschnitt).

Abschließend erwähnen wir noch einen Effekt, der bereits in der $3\pi^+\pi^0$ -Massenverteilung (24 GeV/c) auffiel (IV.1.1b), und der nun in der quasi-inklusiven Massenverteilung zu X aus $pp \rightarrow DX$ mit 3.2 Standardabweichungen (bei 1.7 GeV) beobachtet wird.

IV.1.3 Übersicht (Tafel A) und Vergleich

Nachfolgend wird eine Zusammenstellung jener Effekte gegeben, die innerhalb gewisser Massenbereiche übereinstimmend in den verschiedenartigen Massenverteilungen gefunden wurden. Wir benutzen dazu die Tafel A (Abb. 6) und beziehen uns somit nur auf die statistisch voneinander unabhängigen Massenver-










teilungen, wobei die exklusiven Gesamtverteilungen (IV.1.1a) getrennt von den quasi-inklusiven Verteilungen (IV.1.2a) betrachtet werden.

Zuvor einige Erläuterungen zur Tafel (Abb. 6) selbst: auf die soeben bezeichneten mesonischen Massenverteilungen eingeschränkt, faßt Tafel A alle registrierten Effekte - hinab bis zu 2 Standardabweichungen - zu einer Übersicht zusammen:

102 Effekte (Maxima) aus den Gesamtverteilungen in exklusiven Reaktionen,

57 Effekte aus den Massenverteilungen zu quasi-inklusiven Reaktionen.

Links auf der Tafel, senkrecht untereinander, sind für exklusive Reaktionen die Teilchenkombinationen angeführt, darunter die quasi-inklusiven Reaktionen, denen das jeweilige Restsystem X zu entnehmen ist (s. IV.1.2a). Die in den zugehörigen Massenverteilungen für 12 und 24 GeV/c (in dieser Reihenfolge untereinander) beobachteten Effekte sind in Richtung der horizontalen Massenskala als Kästchen eingetragen, deren Breite gleich dem Massenintervall ist, über das hinweg die Kombinationsanhäufung gesehen wurde; die Kästchenhöhe entspricht den Standardabweichungen (s. Vergleichsmaßstab in der Tafel selbst). Bedeutung der Zeichen im einzelnen:

-  : Erhebungen über dem Untergrund in exklusiven Massenverteilungen
-  : Erhebungen von 3 und mehr Standardabweichungen (exklusive Reaktionen)
-  : Senken unterhalb der angepaßten Polynomkurve (exklusive Reaktionen)
-  : Erhebungen über dem Untergrund in Massenverteilungen für X aus quasi-inklusiven Reaktionen des Typs: $pp \rightarrow pp\pi^-\pi^+X$
-  : wie vorher, jedoch für Reaktionen des Typs $pp \rightarrow AX$
-  : Erhebungen in den Verteilungen beider quasi-inklusiven Reaktionstypen zugleich.
-  : Erhebungen von 3 und mehr Standardabweichungen (quasi-inklusive Reaktionen).
-  : Verweis auf geringe Statistik der Verteilung
-  : Verweis auf ein zweifelhaftes Anpassungsergebnis

Vertikal sind unter N die zu den Massenkombinationen gehörigen Teilchenzahlen eingetragen, unter Q die jeweiligen Ladungen; horizontale, gestrichelte Linien grenzen Gebiete für Kombinationen gleicher Teilchen- bzw. Ladungszahl gegeneinander ab.

Am rechten Rand der Tafel sind in Spalten nebeneinander Abbildungshinweis, Kombinationsanzahl der betrachteten Massenverteilung und Nummer der die Anpassungser-

gebnisse enthaltenden Tabelle angegeben. -Außerdem zeigt die Tafel Histogramme (I, II, III), die Häufigkeitsverteilungen für die beobachteten Effekte längs der Massenskala darstellen: Projektionen also der eingetragenen Effekte - alle gleich gewichtet (d.h. als Kästchen gleicher Höhe) - auf die Massenachse. Histogramm I bezieht sich auf die Maxima (■), Histogramm II auf die Minima (□) in den Gesamtverteilungen zu exklusiven Reaktionen; Histogramm III ist die Häufigkeitsverteilung für Maxima in Massenverteilungen zu quasi-inklusive Reaktionen (●, ○); schwarz sind die Maxima von 3 und mehr Standardabweichungen herausgehoben worden.

Beim Vergleich zwischen den Häufigkeitsverteilungen I und II fallen die stärkere Strukturierung, die höheren und zugleich schmalere Maxima in I auf, während die Verteilung für die Senken (II) mit breiteren, niedrigeren Maxima den Massenbereich (statistisch) gleichmäßiger ausfüllt. Außerdem liegen in den Häufungsbereichen (I) meistens auch die stärksten Effekte; in der Häufigkeitsverteilung III finden sich am gleichen Orte ebenfalls die auffälligsten Effekte; die genaue Zuordnung von Effekten zu Häufungen in den Histogrammen (I, II, III) sind unmittelbar der Tafel zu entnehmen.

Die anschließende, eingangs erwähnte Zusammenstellung von Effekten, die sich in gewissen Massenbereichen häufen, versucht zu ordnen und womöglich Übereinstimmungen festzustellen, die den reinen Zufallscharakter der Effekte in Frage stellen könnten.

Massenbereich: 0.66 - 0.70 GeV; (Zentralwert: 0.68 GeV)

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	(τ Parität)	Teilchenzahl
a $\pi^+ \pi^+$ (12 GeV/c)	0.66 - 0.68	3.8	+ 2	+ 1	2
b $\pi^+ \pi^+$ (24 GeV/c)	0.68 - 0.72	3.0	+ 2	+ 1	2
c $\pi^- \pi^-$ (12 GeV/c)	0.66 - 0.70	2.3	- 2	+ 1	2
d $\pi^- \pi^- \pi^0$ (12 GeV/c)	0.70 - 0.73	2.3	- 2	- 1	3

Massenbereich: 0.67 - 0.73 GeV; Zentralwert 0.7 GeV

X aus

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung
e pp → AX (24 GeV/c)	0.64 - 0.72	2.3	+ 2
f pp → BX (12 GeV/c)	0.64 - 0.68	2.5	+ 2
g pp → BX (24 GeV/c)	0.64 - 0.72	2.9	+ 2
h { pp → pp3π ⁻ X (24 GeV/c)	0.73 - 0.76	3.0	+ 3
pp → DX (24 GeV/c)	0.70 - 0.76	2.3	+ 3
i pp → FX (24 GeV/c)	0.70 - 0.73	3.4	- 3

Die Effekte a, b, c und e, f, g wurden bereits in IV. 1.1.b bzw. IV. 1.2.b auch in ihrem möglichen Zusammenhang zueinander kurz diskutiert; erwähnt wurde die gesteigerte statistische Signifikanz der Effekte in den Gesamtmassenverteilungen für 12 und 24 GeV/c. - Die Lage dieser 6 Effekte um 0.68 GeV, die gleiche Ladungszahl (bzw. deren Betrag), sowie die für a, b, c übereinstimmende Teilchenzahl (d.h. gleiche G Parität) vermitteln ein einheitliches Bild. (Die Effekte d, h, i passen nicht in den gemeinsamen Rahmen: sie sind alle leicht nach höherer Masse hin verschoben; der Effekt d unterscheidet sich in der Teilchenzahl (und G Parität); die Effekte h, i- aus zueinander ladungsgespiegelten Massenverteilungen - gehören anderen Ladungszuständen an, für die in den exklusiven Massenverteilungen entsprechende Effekte fehlen).

Massenbereich: 1.03 - 1.09; (Zentralwert: 1.06)

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	G Parität	Teilchenzahl
a π ⁺ π ⁺ π ⁰ (24 GeV/c)	1.03 - 1.12	2.3	+ 2	- 1	3
b π ⁻ π ⁻ (24 GeV/c)	1.04 - 1.08	2.0	- 2	+ 1	2
c π ⁻ π ⁻ π ⁰ (24 GeV/c)	1.03 - 1.09	3.1	- 2	- 1	3
d π ⁺ π ⁻ π ⁻ π ⁻ π ⁰ (12 GeV/c)	1.01 - 1.04	2.2	-2	-1	5
e π ⁺ π ⁺ π ⁺ (24 GeV/c)	1.06 - 1.12	2.1	+ 3	- 1	3
f π ⁻ π ⁻ π ⁻ (12 GeV/c)	1.0 - 1.06	2.4	- 3	- 1	3
g π ⁻ π ⁻ π ⁻ π ⁰ (12 GeV/c)	0.98 - 1.04	2.3	-3	+ 1	4 *)

*) geringe Statistik

X aus

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung
h $pp \rightarrow CX$ (24 GeV/c)	1.04 - 1.08	3.0	- 2
i $pp \rightarrow np3\pi^+X$ (12 GeV/c)	1.08 - 1.16	2.4	- 2
j $pp \rightarrow np3\pi^+X$ (24 GeV/c)	1.08 - 1.12	2.3	- 2
k $pp \rightarrow np\pi^-\pi^+X$ (24 GeV/c)	1.0 - 1.04	2.5	+ 3
l $pp \rightarrow pp3\pi^+X$ (24 GeV/c)	1.09 - 1.12	2.2	- 3
m $pp \rightarrow np3\pi^-X$ (24 GeV/c)	1.02 - 1.08	2.7	+ 4

Bereits in IV. 1.1.b war-auffällig für alle 3-Teilchensysteme - die gut übereinstimmende Lage der Effekte a, c, e, f bei etwa 1.06 GeV ($A_1(1100)$) angesprochen worden. Die Ladungszustände sind verschieden: +3(e), +2(a), -2(c), -3(f); d wurde im Gegensatz zu c in einem 5-Teilchenendzustand (gleiche G Parität) beobachtet. (Den Effekten b, g wäre positive G Parität zuzuordnen, sie stehen somit abgesondert). In Verbindung zu den exklusiv beobachteten Effekten a, c, d, e, f könnten die in quasi-inklusiven Massenverteilungen gefundenen Effekte h,k,l gesehen werden (Den Effekten i, j könnte der Effekt b entsprechen, Effekt m ist durch seine Ladung von allen anderen isoliert).

Massenbereich: 1.73 - 1.79 (Zentralwert: 1.76)

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	G Parität	Teilchenzahl
a $3\pi^+\pi^-\pi^0$ (12 GeV/c)	1.68 - 1.74	2.0	+2	-1	5
b $4\pi^+2\pi^-$ (12 GeV/c)	1.77 - 1.80	2.3	+2	+1	6
c $\pi^+3\pi^-\pi^0$ (24 GeV/c)	1.73 - 1.79	3.9	-2	-1	5
d $2\pi^+4\pi^-$ (12 GeV/c)	1.74 - 1.77	2.3	-2	+1	6
e $3\pi^+\pi^0$ (24 GeV/c)	1.64 - 1.76	3.8	+3	+1	4
f $5\pi^+2\pi^-$ (24 GeV/c)	1.75 - 1.78	2.9	+3	-1	7
g $3\pi^-$ (24 GeV/c)	1.72 - 1.78	2.1	-3	-1	3
h $5\pi^+\pi^-$ (24 GeV/c)	1.71 - 1.77	2.1	+4	+1	6
X aus					
i $pp \rightarrow DX$ (24 GeV/c)	1.60 - 1.75	3.2	+3		

Auf die Effekte c,e,i wurde einzeln in IV.1.1b bzw. 1.2b eingegangen. Nach der in der starken Wechselwirkung erhaltenen G Parität getrennt (vorausgesetzt es lägen Resonanzeffekte vor), ergeben sich 2 Gruppierungen: a (+2), c(-2), f(+3), g(-3) und b(+2), d(-2), e(+3), h(+4). (In Klammern sind die Ladungszustände angegeben.) Der Effekt i ist dem Effekt e in der 2. Gruppe zuzuordnen, a und c

bzw. b und d sind einander entsprechende Effekte in der jeweils ladungsgespiegelten Kombination.

Massenbereich: 1.91 - 1.97 GeV; (Zentralwert: 1.94 GeV)

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	G-Parität	Teilchenzahl
a $\pi^+ \pi^+ \pi^0$ (12 GeV/c)	1.93 - 1.96	2.1	+2	-1	3
b $\pi^+ \pi^+ \pi^0$ (24 GeV/c)	1.96 - 1.99	2.1	+2	-1	3
c $3\pi^+ \pi^- \pi^0$ (24 GeV/c)	1.92 - 1.98	4.2	+2	-1	5
d $4\pi^+ 2\pi^-$ (24 GeV/c)	1.92 - 1.95	2.1	+2	+1	6
e $\pi^+ 3\pi^-$ (24 GeV/c)	1.91 - 1.94	2.4	-2	+1	4
f $4\pi^+ \pi^0$ (24 GeV/c)	1.92 - 1.95	2.1	+4	-1	5 *)
g $5\pi^+$ (24 GeV/c)	1.95 - 1.98	2.1	+5	-1	5 *)
X aus					
h $pp \rightarrow np 3\pi^+ X$ (12 GeV/c)	1.92 - 1.96	2.7	-2		
i $pp \rightarrow pp 4\pi^- X$ (24 GeV/c)	1.92 - 1.95	2.5	+4		*)

*) geringe Statistik

Von dem Effekt c war bereits in IV.1.1b die Rede gewesen; hier bleibt festzustellen, daß er mit den Effekten a,b, in ein einheitliches Ordnungsschema paßt. Beachtet man die Effekte f,g,i weniger, da sie in Verteilungen geringer Statistik gesehen wurden und ihre Ladungszustände von den anderen unterschieden sind, so bleiben nur Effekte zu 2-fach geladenen Teilchenkombinationen übrig; von diesen stehen - durch gerade Teilchenzahl (positive G-Parität) abgeordnet - die Effekte d,e (und h) für sich.

Von den insgesamt 13 2-fach geladenen mesonischen Kombinationstypen sind 7 geradzahlig (4 positiv, 3 negativ geladen), 6 ungeradzahlig (3 positiv, 3 negativ geladen); die Effekte a,b,c wurden also in zwei von den drei hier möglichen zweifach positiv geladenen ungeradzahlig Kombinationstypen gefunden.

Massenbereich: 2.20 - 2.26 GeV; (Zentralwert: 2.23)

	Verteilung		Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	G Parität	Teilchenzahl
a	$\pi^+ \pi^+ \pi^+$	(12 GeV/c)	2.20 - 2.23	2.8	+3	-1	3
b	$3\pi^+ \pi^0$	(24 GeV/c)	2.21 - 2.24	2.0	+3	+1	4
c	$4\pi^+ \pi^-$	(24 GeV/c)	2.21 - 2.27	2.5	+3	-1	5
d	$4\pi^+ \pi^- \pi^0$	(24 GeV/c)	2.22 - 2.25	2.1	+3	+1	6
e	$3\pi^-$	(24 GeV/c)	2.17 - 2.20	2.3	-3	-1	3
f	$3\pi^- \pi^0$	(24 GeV/c)	2.21 - 2.24	2.2	-3	+1	4
g	$\left[\pi^+ \quad 4\pi^- \pi^0 \right]$	(24 GeV/c)	2.16 - 2.25	1.7	-3	+1	6

X aus

h	{	$pp \rightarrow pp3\pi^-$	X(24 GeV/c)	2.20 - 2.26	3.5	+3
		DX	(24 GeV/c)	2.20 - 2.26	4.8	+3
i		$pp \rightarrow pp3\pi^+$	X (-"-)	2.17 - 2.23	2.6	-3

Auffälligerweise häufen sich im hier betrachteten Massenbereich - einem relativ schmalen Massenintervall: vgl. Histogramm I - nur Effekte zu 3-fach geladenen Teilchenkombinationen; und zwar finden sich die Effekte in den exklusiven Massenverteilungen zu 7 von 9 (hier) möglichen Kombinationstypen dieser Ladung, von denen - genauer aufgeschlüsselt - 4 geradzahlig (2 positiv, 2 negativ geladen) und 5 ungeradzahlig (3 positiv, 2 negativ geladen) sind. Den 4 geradzahlig (positive G-Parität) entsprechen die Effekte b,d und - jeweils ladungsgespiegelt - die Effekte f,g. Zu den ungeradzahlig Kombinationstypen gehören die Effekte a,c und - im Kombinationstyp zu a ladungsgespiegelt - der Effekt e.

Die statistische Signifikanz der Effekte a bis g ist nur mäßig; quasi-inklusiv zusammengefaßt jedoch (h,i) treten sie z.T. erheblich verstärkt hervor, insbesondere in der Massenverteilung zu X aus $pp \rightarrow DX$ (24 GeV/c) (h) . Man vergleiche Abschn. IV.1.2b, wo die hierher gehörigen quasi-inklusiv gefundenen Effekte näher besprochen wurden. Sollte hier eine Resonanz ($I=3, Q=\pm 3$) in ihren verschiedenen Zerfallskanälen beobachtet worden sein, so wäre im Zerfall die G-Parität nicht erhalten; beschränkte man sich hingegen nur auf positive G-Parität, so wäre eine Resonanz in allen ihren hier möglichen Zerfallskanälen gesehen worden.

Massenbereich: 3.43 - 3.47; (Zentralwert: 3.45)

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	G Parität	Teilchenzahl
a $3\pi^+ \pi^- \pi^0$ (24 GeV/c)	3.45 - 3.48	2.3	+2	-1	5
b $4\pi^+ 2\pi^-$ (24 GeV/c)	3.42 - 3.45	2.7	+2	+1	6
c $4\pi^+ 2\pi^- \pi^0$ (24 GeV/c)	3.40 - 3.43	3.0	+2	-1	7 +)
d $2\pi^+ 4\pi^- \pi^0$ (24 GeV/c)	3.46 - 3.49	3.1	-2	-1	7
e $3\pi^+ \pi^0$ (24 GeV/c)	3.44 - 3.47	2.1	+3	+1	4

X aus

e $pp \rightarrow pp\pi^+ \pi^- X$ (24 GeV/c)	3.40 - 3.56	3.3	+2		
---	-------------	-----	----	--	--

Effekte zu 2-fach geladenen Teilchenkombinationen dominieren. Den Effekten a,b,c läßt sich die quasi-inklusiv beobachtete Kombinationsanhäufung e (vgl. IV.1.2b) zuordnen. c,d erscheinen in Massenverteilungen zueinander ladungsgespiegelter Kombinationen. Aus einem gemeinsamen Ordnungsschema für die in 2-fach geladenen Teilchenkombinationen gesehenen Effekte fällt - infolge geradzahlgiger Teilchenzahl (positive G-Parität) - der Effekt b heraus.

IV.1.4 Literaturvergleich

Spektroskopische Evidenz exotischer Mesonen wird in aufeinanderfolgenden Konferenzberichten durchgängig verneint (ROF68,ROS70,COH74). Bezogen auf 2-fach geladene Zustände werden als typische obere Grenze für den Wirkungsquerschnitt exotischer Mesonproduktion 10-15 μb gesetzt (COH74). Wir finden 73 μb bzw. 17 μb für unsere signifikantesten Effekte in 2- bzw. 3-fach geladenen Teilchenkombinationen.

Andererseits gibt es nunmehr eindeutige Evidenz für das Auftreten exotischer Austauschreaktionen (COH74), deren Fehlen einst als indirekte Evidenz gegen die Existenz exotischer Resonanzen angeführt wurde (ROF68).

+) optimistisches Anpassungsergebnis

Exoten - wir betrachten hier nur solche mit Hyperladung $Y = 0$ - wurden bisher in πp^- , πd^- , kd^- , $\bar{p}p$ -Experimenten zumeist niedriger Energie (typische Strahlenimpulse : 2-8 GeV/c) gesucht. Die Bevorzugung insbesondere von $\bar{p}p$ -Experimenten und die Suche in der Rückwärtsstreuung bei Meson-Baryon-Wechselwirkungen (Baryon-austausch, Baryon-Antibaryon-Meson-Vertex) wurde nahe gelegt durch Rosners Annahme, daß - dem Dualitätskonzept gemäß - in Baryon-Antibaryon-Wechselwirkungen mesonischen Austausch (qq-Austausche im t-Kanal) exotische Mesonen (qqqq-Mesonen im s-Kanal) entsprechen müßten; sie sollten stark an Baryon-Antibaryon-, relativ schwach an Meson-Meson-Systeme koppeln (ROS 68), (Jac 70). - Unsere Untersuchungen für pp -Wechselwirkungen sind nicht an derartig favorisierten Reaktionsmechanismen orientiert; ohne Spezifizierung zunächst werden summarisch alle Reaktionsmechanismen der in die Suche einbezogenen Reaktionen erfaßt.

Wir beobachten insbesondere in der $\pi^+ \pi^+$ -Gesamtverteilung für 12 und 24 GeV/c (100278 Kombinationen) einen Effekt von 4 Standardabweichungen bei 0.7 GeV mit einer maximalen Breite von 60 MeV. Bei der gleichen effektiven Masse, mit gleicher Breite fand K. Wacker ein Maximum mit 4.5 Standardabweichungen am deutlichsten in der $\pi^+ \pi^+$ -Massenverteilung (40210 Kombinationen, für die nur das jeweils schnellste π^+ mit den beiden langsamen kombiniert wurde) zur Reaktion $\pi^+ p \rightarrow 3\pi^+ \pi^- X^0$ (X^0 enthält ein n) bei 11.7 GeV/c sichtbar (WAK 73). Das beide Massenverteilungen zusammenfassende Histogramm zeigt den Effekt mit 5.5[⊕] Standardabweichungen (vergl. Abb. 1.1.2) - Aus anderen Experimenten (πp , kd , $\bar{p}p$) ist der Effekt bisher nicht bekannt, obgleich $\pi^+ \pi^+$ -Massenspektren - immer jedoch zu andersartigen Reaktionen - reichlich untersucht wurden (ROF 68), (ROS 70), (LYS 70), (GIA 70), (COH 74). - Von einer Erhebung bei 0.53 GeV in $\pi^+ \pi^+$ -Massenverteilungen zu $\bar{p}p$ -Wechselwirkungen (3.6 und 5.7 GeV/c) berichtete kürzlich French (FRE 73). Wir beobachten im gleichen Massenbereich lediglich in der $\pi^- \pi^-$ -Gesamtverteilung bei 12 GeV/c ein kleines Maximum von 2.3 Standardabweichungen. Andererseits zeigt diejenige von French untersuchte Massenverteilung, in der das $\pi^+ \pi^+$ -System zugleich mit einem n erzeugt wird, (insbesondere unter Δ -Selektion) eine deutliche Erhebung bei 700 MeV, übereinstimmend mit der früher (IV. 1.2.b) begründeten Vermutung, der resonante Effekt (0.7 GeV) werde vornehmlich zugleich mit einem n (womöglich einem Δ) erzeugt.

⊕ Dieser Wert wurde - in Ermangelung genauer Angaben - bezüglich einer selbst vorgenommenen pessimistischen Untergrundsabschätzung (u_2) für den von K. Wacker beobachteten Effekt ($\sigma_2=4.5$) (gemäß

$$\sigma = \sqrt{\frac{u_1}{u_1+u_2}} \quad \sigma_1 + \sqrt{\frac{u_2}{u_1+u_2}} \quad \sigma_2) \text{ berechnet.}$$

(u_1 bezeichnet den Untergrund unter dem von uns gefundenen Effekt ($\sigma_1=4.0$); statt $\sigma_2=4.5$ wurde - der pessimistischen Untergrundsabschätzung entsprechend - 3.9 gesetzt)

Vor geraumer Zeit war über eine mutmaßliche Resonanz (von 3 Standardabweichungen) bei 1.32 GeV im $\rho^-\pi^--$ -Massenspektrum eines π^-d -Experiments bei 5 GeV/c berichtet worden (VAN 67), (ROF 68). Ähnliche Experimente (π^-d bei 3.2, 3.7, 7 GeV/c, K^-d bei 3 GeV/c) mit teilweise erheblich gesteigerter Statistik konnten diesen Effekt allerdings nicht bestätigen. (BEN 68), (ROF 68), (KAT 70), (GIA 70), (COH 74). - Ohne auf den ρ -Bereich eingeschränkt zu haben, sehen wir und entsprechend andere Autoren im fraglichen Massenbereich keine auffälligen Kombinationsanhäufungen (LYS 70), (ROS 70), (COH 74). Dagegen beobachten wir übereinstimmend für alle 3 π -Systeme ($\pi^+\pi^+\pi^0$, $\pi^+\pi^+\pi^+$) bei 1.06 GeV einen Effekt, der mit 3.3 Standardabweichungen in der gemeinsamen Gesamtverteilung (24 GeV/c) eine maximale Breite von 90 MeV hat. Cohen et al. analysierten das $\rho^-\pi^-$ -System ($\pi^-n \rightarrow \rho^-\pi^-p$); sie fanden nahe 1.1 GeV einen Effekt (COH 72).

Weitere exotische Kandidaten, womöglich auch solche in höheren Ladungszuständen, mit größerer Masse, nennt die Literatur nicht. - Es scheint typisch für die bisherige experimentelle Situation zu sein, daß Exoten vornehmlich bei kleinen Massen (≤ 2 GeV) und in speziellen Reaktionen gesucht wurden in Experimenten zumeist geringer Energie mit niedriger Statistik, beschränkt hauptsächlich auf zweifach geladene Teilchensysteme aus nur wenigen Kombinationspartnern (≤ 3). - Damit fehlen uns weitere experimentelle Vergleichsmöglichkeiten für die in höheren Ladungen oder bei größeren effektiven Massen beobachteten Effekte. - Theoretische Abschätzungen lassen exotische Mesonproduktion überhaupt erst für Massen ≥ 1.5 GeV erwarten (JAC 70), (FGZ 73), (ARN 74). Oberhalb dieser Schwelle wurden auch die meisten unserer signifikantesten Effekte gefunden. - Erwartet wird ferner, daß exotische Mesonen sich als relativ schmale Effekte in den Massenverteilungen zeigen sollten (JAC 70), (LYS 70), (ROS 71), (FRE 73). - Genauer gesagt, sollten insbesondere diejenigen Exoten, die - wie bereits erwähnt - Rosners Annahme entsprechend in $B-\bar{B}$ -Reaktionen auftreten sollten, als schmale Effekte erscheinen mit relativ hohem Spin bzgl. ihrer Masse. ($J \approx \alpha' M^2 - 1$, worin $\alpha' \approx 1$ die Steigung der leading ρ -Trajektorie und M^2 gleich dem Massenquadrat ist); andere Exoten, die ohne Konsequenzen für das Dualitätskonzept wären, hätten sie niedrige Spins für ihre Massen, würden als breite und deshalb wesentlich schwieriger nachweisbare Effekte erwartet (JAC 70). Die Wirkungsquerschnitte werden klein vermutet. Somit hätten vielleicht überhaupt nur Experimente mit guter Ereignisstatistik (und guter Massenauflösung) in der Suche nach Exoten eine Erfolgschance (ROS 71), (FRE 73). Unser Experiment erfüllt diese Voraussetzung; wir beobachten bei höheren Massen (> 1.5 GeV) insbesondere in den Gesamtverteilungen in den angegebenen Teilchenkombinationen die folgenden Effekte:

Massenkombination	Lage (MeV)	Breite (MeV)	Ladung	Standardabweichungem (σ)	Wirkungs- quer- schnitt (μb)
3) $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^0$	1700	120	+3	3.8	11.3
4) $\pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$	1760	60	-2	3.9	13.5
5) $\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^0$	1950	60	+2	4.2	15.1
6) X^{+++} aus	2230	60	+3	4.8	13.7

pp \rightarrow DX (wobei D neben $pp3\pi^-$ auch $pp3\pi^+$ weitere Mesonen der Gesamtladung Q = 0 repräsentiert)

Unsere 4 signifikantesten Effekte ($\sigma \geq 3.9$) sind also relativ schmal: beobachtete maximale Breite: 60 MeV (bei einer experimentellen Massenauflösung von etwa 20 MeV). Die Wirkungsquerschnitte - verglichen mit nicht-exotischer Resonanzzeugung - sind klein. Die statistische Signifikanz in den zugehörigen Einzelverteilungen (mit zwangsläufig z.T. erheblich geringerer Statistik) ist, wenn überhaupt auffällig, geringer. - Wäre der im X^{+++} -Massenspektrum gefundene Effekt eine echte Resonanz, so zerfiel sie unter Verletzung der G-Parität; denkbar wäre auch die Überlagerung zweier Effekte entgegengesetzter G-Parität bei nahezu gleicher Masse. Mit dergleichen Möglichkeiten wird durchaus gerechnet (FRE73).

Abschließend sei eine Beobachtung erwähnt, die zuvor noch nicht genannt war: Regelmäßigkeiten in den Differenzen der Massenquadrate für die meisten der mit $\sigma \geq 3$ gefundenen Effekte (insbesondere der signifikantesten) ermöglichen ihre Anordnung auf einer "Trajektorie" (Gerade b), deren Parallelität zur leading- ρ -Trajektorie (Gerade a) überrascht (vgl. Abb. 9.1, 9.2; Geraden a,b). Ordnet man ferner insbesondere den auf der Trajektorie b liegenden Effekten 2,3,4,5,6 (den besten also nur unter Auslassung von Effekt 1) probeweise die Spins zu, die ihnen - den Abbildungen 9.1, 9.2 entsprechend - in einem wirklichen Chew-Frautschi-Diagramm zukämen, so sind es gerade die Werte, die sich unabhängig auch aus der oben angegebenen Spin-Masse-Beziehung $J = \alpha' M^2 - 1$ ergeben. - Abbildung 9.1 enthält außerdem eine für exotische Mesonen ($Y=0$, niedrigster Zustand $J=2$) berechnete leading Trajektorie (Gerade c) (FAI73,FGZ73). Die Übereinstimmung der vorausgesagten Trajektorie mit den für eine entsprechende Auswahl unter unseren Effekten möglichen (Geraden d,e) ist grob (Abweichungen in den Massen <10%).

IV.2.1 Die baryonischen (B=1) Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen

Es soll wiederum ein Überblick gegeben werden (vgl. IV.1.1a):
 gruppiert nach Teilchenzahl sind unten die baryonischen (B=1) Kombinations-
 typen (Anzahl: 31) zusammengestellt, deren Massenverteilungen - Gesamt-
 verteilungen (Anzahl: 93), die mitzuberücksichtigenden Einzelverteilungen
 (Anzahl: 176) zusammenfassend (vgl. III.5, IV.1.1a) - nach exotischen Re-
 sonanzen abgesucht wurden. - Die den Kombinationen in Klammern nachge-
 stellten Zahlen verweisen (vgl. IV.1.1a) auf die in III.3 angegebenen Reak-
 tionskanäle, in denen diese Massenkombination vorkommt.

3-Teilchenkombination:	$p\pi^+\pi^+$ (3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)	$n\pi^-\pi^-$ (6,9,12)
4-Teilchenkombinationen:	$p\pi^+\pi^+\pi^0$ (5,8,11)	$p\pi^-\pi^-\pi^-$ (7,8,9,10,11,12)
	$n\pi^+\pi^+\pi^+$ (6,9,12)	$n\pi^-\pi^-\pi^-$ (9,12)
	$p\pi^+\pi^+\pi^+$ (6,7,8,9,10,11,12)	
5-Teilchenkombinationen:	$p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ (6,7,8,9,10,11,12)	$p\pi^-\pi^-\pi^-\pi^0$ (8,11)
	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^0$ (8,11)	$n\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-$ (9,12)
	$n\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+$ (9,12)	$p\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-$ (10,11,12)
	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+$ (9,10,11,12)	$n\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-$ (12)
6-Teilchenkombinationen:	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^0$ (8,11)	$p\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-$ (10,11,12)
	$n\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ (9,12)	$p\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-\pi^0$ (11)
	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ (9,10,11,12)	$n\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-\pi^+$ (12)
7-Teilchenkombinationen:	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-$ (9,10,11,12)	$p\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-\pi^0$ (11)
	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^0$ (11)	$n\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-$ (12)
	$n\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ (12)	
	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ (12)	
8-Teilchenkombinationen:	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^0$ (11)	
	$n\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ (12)	
	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ (12)	
9-Teilchenkombination:	$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-$ (12)	

Die Abbildungen 3.1.1 bis 3.6.1 zeigen die Gesamtverteilungen in der effektiven Masse der baryonischen Teilchenkombinationen für 12 GeV/c, 24 GeV/c und für 12 und 24 GeV/c mit den jeweils angepaßten Polynomkurven. Den Tabellen 3.1 bis 3.6 sind die Anpassungsergebnisse zu entnehmen. Tafel B (Abb. 7) enthält eine zusammengefaßte Darstellung aller registrierten Effekte und ihre Häufigkeitsverteilung - eingeschränkt auf die statisch voneinander unabhängigen Massenverteilungen (vgl. IV.2.3).

IV.2.1b Ergebnisse

In 48 ⁺⁾ statistisch voneinander unabhängigen Gesamtverteilungen exotischer, baryonischer (B=1) Massenkombinationen wurden insgesamt 9 Effekte (nur 2 davon in Verteilungen für 12 GeV/c) von 3 und mehr Standardabweichungen (darunter keiner über 4) gefunden.

Zu diesen Effekten werden nachfolgend einige Anmerkungen gemacht; für alle Ergebnisse sei auf die im vorhergehenden Abschnitt angegebenen Tabellen und Abbildungen verwiesen; ferner auf Tafel B (IV.2.3).

Massenverteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsquerschnittes (μb)	Tabelle	Abb.
a: $n\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-$ (12 GeV/c)	2.40-2.44	3.0	5.3	3.1	3.1.1d
b: $n\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-$ (24 GeV/c)	3.16-3.20	3.7	6.5	3.1	3.1.1e

Dem Effekt a von 3 Standardabweichungen entsprechen 20 Kombinationen und ein Wirkungsquerschnitt von 4.0 μb ; weniger signifikant werden bei gleicher effektiver Masse Kombinationsanhäufungen in den Gesamtverteilungen für 24 GeV/c und für 12 und 24 GeV/c (2.7 Standardabweichungen, 46 Kombinationen, Wirkungsquerschnitt: 8.4 μb) beobachtet.

In den zugehörigen Einzelverteilungen zeigt sich der Effekt mit etwa 3.4 Standardabweichungen im 6 Spur-1Cn-Kanal für 12 GeV/c, mit geringerer statistischer Signifikanz im 6- und 8 Spur-1Cn-Kanal für 24 GeV/c.

Die Erhebung b (unmittelbar neben einer Senke gelegen) enthält 30 Kombinationen, einem Wirkungsquerschnitt von 5.1 μb entsprechend; in der Gesamtverteilung für 12 GeV/c kann der Effekt nicht gesehen werden, da der kinematische Bereich bereits vorher endet.- Aus den Einzelverteilungen lassen sich dem Effekt Kombinationsanhäufungen von etwa 3 Standardabweichungen im 6- und 8 Spur-1Cn-Kanal zuordnen.

Massenverteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze d. Wirkungsq. (μb)	Tabelle	Abb.
$n\pi^+\pi^-\pi^-\pi^+$ (12 GeV/c)	2.40-2.56	3.1	14.2	3.3	3.3.1d

Zu diesem Maximum (53 Kombinationen, Wirkungsquerschnitt: 10.7 μb) werden auch in den Gesamtverteilungen für 24 GeV/c und 12 und 24 GeV/c kleinere Maxima gesehen.

+) Es hätten 62 sein sollen, 14 Massenverteilungen bleiben wegen geringer Statistik für die weitere Auswertung unberücksichtigt.

Die Einzelverteilungen für 12 GeV/c (8- und 10 Spur-1Cn-Kanal) zeigen den Effekt zwar deutlich, allerdings ist die Statistik mangelhaft; bei 24 GeV/c sehen wir ein kleines Maximum ($\sigma < 2$) im 8 Spur-1Cn-Kanal). - (Man vergleiche den zuvor in der $n\pi^+\pi^-$ -Massenverteilung behandelten Effekt bei 2.42 GeV.)

Massenverteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsqu. (μb)	Tab.	Abb.
$p\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+$ (24 GeV/c)	3.76-3.84	3.8	10.5	3.3	3.3.3e

Innerhalb der hier untersuchten Gesamtverteilungen exotischer, baryonischer Massenkombinationen ist dies die signifikanteste Erhebung; ihr entsprechen 50 Kombinationen und ein Wirkungsquerschnitt von $8.3\mu\text{b}$. Der Effekt - bereits außerhalb der oberen kinematischen Grenze der Gesamtverteilung für 12 GeV/c - wird als auffälliges Maximum von 3.5 Standardabweichungen in der Einzelverteilung (24 GeV/c) zum 8 Spur-1Cn-Kanal gesehen (Abb. 3.3.4f, Tab. 3.3); aus den 10 Spur-Kanälen ergeben sich keine wesentlichen Hinweise.

Massenverteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsqu. (μb)	Tabelle	Abb.
$n\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-$ (24 GeV/c)	3.84-3.92	3.0	15.4	3.4	3.4.1e

Auch dieser Effekt, eine Anhäufung von 69 Kombinationen (Wirkungsquerschnitt: $11.5\mu\text{b}$) ist aus kinematischen Gründen nur in der Gesamtverteilung für 24 GeV/c zu sehen; in den beiden zugehörigen Einzelverteilungen (8- und 10 Spur-1Cn-Kanal) erscheint er jeweils als kleineres Maximum unter 3 Standardabweichungen.

Massenverteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsqu. (μb)	Tabelle	Abb.
a: $n5\pi^+\pi^-\pi^-$ *)	3.80-3.84	3.1	3.3	3.6	3.6.1
b: - " - *)	4.20-4.24	3.0	4.5		
c: - " - *)	5.08-5.16	3.9	7.8		

*) für 24 GeV/c

Die $(n5\pi^+2\pi^-)$ -Massenverteilung zum 10 Spur-1Cn-Kanal ist grob strukturiert, die Statistik ist mäßig (2124 Kombinationen). - Der Effekt c wird infolge unzureichender Untergrundsbestimmung deutlich überschätzt; zu den Erhebungen gibt es Senken vergleichbarer Größenordnung; somit ist die Vermutung, es handele sich hier lediglich um rein statistische Fluktuationen, naheliegend.

Abschließend erwähnen wir noch zwei Effekte, die durch ihre statistische Signifikanz ($\sigma > 4$) lediglich in den Gesamtverteilungen für 12 und 24 GeV/c auf-
fielen:

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsqu. (μb)	Tabelle	Abb.
a: $p2\pi^+$ (12 <u>und</u> 24 GeV/c)	3.36-3.56	4.2	60.2	3.1	3.1.1c
b: $p4\pi^+2\pi^-$ (- " -)	3.40-3.60	4.1	40.1	3.5	3.5.1c

Beide Effekte, beide 3-fach positiv geladen, werden im gleichen, relativ großen Massenbereich (200 MeV) beobachtet. - Dem Maximum a (266 Kombinationen) entspricht ein Wirkungsquerschnitt von 48.6 μb . - Folgende der zugrunde liegenden Einzelverteilungen zeigen im beobachteten Massenbereich kleinere Erhebungen (Größenordnung: 2.5 Standardabweichungen): 4 Spur-1Cn-Kanal (12 GeV/c), die beiden 6 Spur-4C,1C π^0 -Kanäle (24 GeV/c), die beiden 8 Spur-4C,1C π^0 -Kanäle. - Dem Effekt b (Wirkungsquerschnitt: 32.2 μb , 176 Kombinationen), lassen sich aus den zugehörigen Einzelverteilungen keine nennenswerten Maxima zuordnen; er ist außerdem zurückhaltender zu beurteilen, da der Beitrag aus der Gesamtverteilung für 12 GeV/c zu dem Effekt wesentlich dem Phasenraummaximum der zum 8 Spur-1Cn-Kanal gehörigen Einzelverteilung entstammt.

IV.2.2a Die baryonischen (B=1) Massenverteilungen zu quasi-inklusiven Reaktionen

Zu folgenden quasi-inklusiven Reaktionen wurden die (36) Häufigkeitsverteilungen in der fehlenden Masse M_x exotischer, baryonischer Restsysteme für 12 GeV/c, 24 GeV/c und für 12 und 24 GeV/c auf Resonanzen hin untersucht: (Erläuternde Ausführungen finden sich bereits in den Abschnitten IV.1.2a und III.5).

M_x (baryonisch, Q=-2) aus:	$pp \rightarrow p\pi^+\pi^+\pi^+X$	
	$\rightarrow BX$	(B(Q=+4, B=1) repräsentiert neben $p3\pi^+$ auch $p3\pi^+$ + weitere Pionen der Gesamtladung Q=0)
M_x (baryonisch, Q=+3) aus:	$pp \rightarrow p2\pi^-X$	
	$\rightarrow AX$	(A(Q=-1, B=1) repräsentiert neben $p2\pi^-$ auch $p2\pi^-$ + weitere Pionen der Gesamtladung Q=0)
M_x (baryonisch, Q=-3) aus:	$pp \rightarrow p4\pi^+X$	
	$\rightarrow DX$	(D(Q=5, B=1) repräsentiert neben $p4\pi^+$ auch $p4\pi^+$ + weitere Pionen der Gesamtladung Q=0)
M_x (baryonisch, Q=+4) aus:	$pp \rightarrow p3\pi^-X$	
	$\rightarrow CX$	(C(Q=-2, B=1) repräsentiert neben $p3\pi^-$ auch $p3\pi^-$ + weitere Pionen der Gesamtladung Q=0)
M_x (baryonisch, Q=+3) aus:	$pp \rightarrow n\pi^-X$	
	$\rightarrow EX$	(E(Q=-1, B=1) repräsentiert neben $n\pi^-$ auch $n\pi^-$ + weitere Pionen der Gesamtladung Q=0)
M_x (baryonisch, Q=+4, B=1) aus:	$pp \rightarrow n2\pi^-X$	
	$\rightarrow FX$	(F(Q=-2, B=1) repräsentiert neben $n2\pi^-$ auch $n2\pi^-$ + weitere Pionen der Gesamtladung Q=0)

Die zugehörigen Massenhistogramme in M_x mit den angepaßten Kurven sind in den Abb. 4.1.1 bis 4.3.2 gezeigt. Die Tabellen 4.1 bis 4.3 enthalten die Anpassungsergebnisse. In Tafel B (Abb. 7, vgl. IV.2.3) sind die registrierten Effekte und ihre Häufigkeitsverteilung (Histogramm II) eingezeichnet; beachtet wurden wiederum nur die statistisch voneinander unabhängigen Massenverteilungen.

IV.2.2b Ergebnisse

Eingeschränkt auf die (12) statistisch voneinander unabhängigen Massenverteilungen zu X aus quasi-inklusiven Reaktionen der Art $pp \rightarrow p\pi^-\pi^-X$, ergänzt durch die M_x -Verteilungen zu den allgemeiner betrachteten Reaktionen vom Typ $pp \rightarrow AX$ (vergl. IV.2.2a), wurden insgesamt 4 Effekte - alle wiederum in Verteilungen für 24 GeV/c - von 3 und mehr Standardabweichungen gefunden. - Zu diesen Effekten schließen einige Bemerkungen an; alle sonstigen Effekte und Anpassungsergebnisse lassen sich den im Abschnitt zuvor angegebenen Tabellen und Abbildungen entnehmen.

Massenverteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze d. Wirkungsqu. (μb)	Tabelle	Abbildung
M_x aus $pp \rightarrow BX$	3.16-3.20	3.0	16.1	4.1	4.1.2e

Das hier betrachtete Restsystem X ist baryonisch ($B=1$), 2-fach negativ geladen und somit exotisch (vergl. IV.2.2a; II). Der Anhäufung von 91 Kombinationen entspricht ein Wirkungsquerschnitt von 15.1 μb . Im gleichen Massenbereich war bereits in der $(n2\pi^-)$ -Gesamtverteilung für 24 GeV/c (vergl. IV.2.1b) ein Maximum von 3.7 Standardabweichungen aufgefallen; in der M_x -Verteilung zu X aus $pp \rightarrow p3\pi^+X$ ist der Effekt nur schwach zu sehen.

Nennenswerte Beiträge, d.h. Effekte zwischen 2 und 3 Standardabweichungen, wurden nur in den Einzelverteilungen zu $n2\pi^-$ im 6- und 8 Spur-1Cn-Kanal (24 GeV/c) und in der $(n\pi^+3\pi^-)$ -Verteilung im 10 Spur-1Cn-Kanal (24 GeV/c) gesehen.

Massenverteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze d. Wirkungsqu. (μb)	Tabelle	Abbildung
M_x aus :					
a: $pp \rightarrow AX$	2.64-2.72	3.2	49.5	4.1	4.1.2a
b: $pp \rightarrow p2\pi^-X$	3.72-3.84	3.4	36.0	4.1	4.1.1b

Der baryonische Rest X, erzeugt zugleich mit $p2\pi^-$ bzw. A (IV.2.2a), ist 3-fach positiv geladen. Das Maximum a - unmittelbar neben einer Senke von 3 Standardabweichungen gelegen - enthält 227 Kombinationen, der Wirkungsquerschnitt beträgt 37.6 μb . Die zugehörige M_x -Verteilung für 12 GeV/c zeigt überhaupt keine nennenswerten Erhebungen; ein nur schwaches Maximum sehen wir im genannten Massenbereich in der zu X aus $pp \rightarrow p2\pi^-X$ (24 GeV/c) gehörigen Massenverteilung. - In den exklusiven Einzelverteilungen finden sich entsprechende Maxima von 2 bis 3 Standardab-

weichungen zu folgenden Kombinationen: $p\pi^+\pi^+$ (6-Spur-1 $C\pi^0$ -Kanal (12 GeV/c); 10 Spur-1 $C\pi^0$ -Kanal, 24 GeV/c), $p\pi^+\pi^-$ (6 Spur-1 $C\pi^0$ -Kanal, 24 GeV/c). Im wesentlichen tritt der Effekt also in $1C\pi^0$ -Kanälen auf.

Der Effekt b - 3.4 Standardabweichungen, 167 Kombinationen, Wirkungsquerschnitt: $27.8 \mu\text{b}$ - wird auch in den Massenverteilungen zu X aus $pp \rightarrow AX$ für 24 GeV/c und 12 und 24 GeV/c (3 Standardabweichungen, 254 Kombinationen, Wirkungsquerschnitt: $46.5 \mu\text{b}$ (obere Grenze: $61.9 \mu\text{b}$)) beobachtet. - In den exklusiven Einzelverteilungen finden wir nur in der ($n\pi^+\pi^-$)-Massenverteilung für 24 GeV/c (vergl. IV. 2.1.b) ein zugehöriges Maximum über 3 Standardabweichungen, ansonsten noch ein kleineres in der ($p\pi^+\pi^0$)-Verteilung (8 Spur-1 $C\pi^0$ -Kanal, 24 GeV/c).

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	obere Grenze des Wirkungsquerschnitts (μb)	Tabelle	Abb.
M_x aus $pp \rightarrow EX$ (24 GeV/c)	4.20-4.36	3,3	62.8	4.2	4.3.1.d

Das baryonische Restsystem X ist exotisch, da 3-fach geladen. Das Maximum enthält 289 Kombinationen, der Wirkungsquerschnitt beträgt $48 \mu\text{b}$. Signifikanter - bei höchster Statistik: 304 108 Kombinationen - wird der Effekt in der M_x -Verteilung für 12 und 24 GeV/c beschrieben (Abb. 4.3.1.e) : 4.3 Standardabweichungen, 379 Kombinationen und einem Wirkungsquerschnitt von $69.4 \mu\text{b}$ (obere Grenze $86.1 \mu\text{b}$) entsprechend. (Die χ^2 -Werte der Polynom-Anpassung liegen in beiden Fällen um etwa 20% über dem Sollwert). Die Massenverteilung zu X aus $pp \rightarrow n\pi^-X$ (24 GeV/c) zeigt den Effekt als ein schmaleres Maximum von 2.7 Standardabweichungen ebenfalls. (Die entsprechenden Massenverteilungen für 12 GeV/c haben bereits bei 3.9 GeV eine obere Phasenraumgrenze). - In den Einzelverteilungen erscheint der Effekt deutlich (≈ 2.6 Standardabweichungen) nur in der ($p4\pi^+2\pi^-$)-Massenverteilung (24 GeV/c, 8-Spur-1 Cn -Kanal); Beiträge jedoch aus verschiedenen Gesamtverteilungen finden sich zahlreicher; die entsprechenden Effekte werden im nächsten Abschnitt zusammengestellt.

IV.2.3 Übersicht (Tafel B) und Vergleich

Tafel B (Abb. 7) vermittelt in Analogie zur Tafel A (vergl. IV.1.3) eine Übersicht über die in exotischen, baryonischen ($B=1$) Massenverteilungen registrierten Effekte. Insgesamt wurden für die 48 statistisch voneinander unabhängigen Gesamtverteilungen zu exklusiven Reaktionen (vergl. IV.2.1b) 84 Effekte von 2 und mehr Standardabweichungen gefunden. Für die 12 statistisch voneinander unabhängigen quasi-inklusive Massenverteilungen zu X aus Reaktionen der Art $pp \rightarrow p\pi^-\pi^-X$, ergänzt durch die Massenverteilungen in X zu den allgemeiner betrachteten quasi-inklusive Reaktionen (IV.2.2.b), ergaben sich 35 derartige Effekte.

Im Unterschied zur Tafel A wurden in Tafel B die negativen Effekte (Minima unterhalb der den Massenverteilungen angepaßten Kurven) nicht aufgenommen, desgleichen auch nicht die zu den Senken gehörige Häufigkeitsverteilung; somit entspricht dem Histogramm III in A das Histogramm II in B. Ansonsten gilt die in IV.1.3 für Tafel A gegebene Beschreibung ebenso für Tafel B.

Mit Hilfe der Tafel geben wir wieder in einer kleinen Auswahl eine Zusammenstellung jener Effekte, die innerhalb gewisser Massenbereiche übereinstimmend in den verschiedenartigen Massenverteilungen gefunden wurden, in der Absicht wiederum, derartig womöglich auf Übereinstimmungen hinzuweisen, die den reinen Zufallscharakter der Effekte in Frage stellen könnten.

Massenbereich: 2.4 - 2.44 GeV

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	Teilchenzahl
$n\pi^-\pi^-$ (12 GeV/c)	2.40-2.44	3.0	-2	3
$n\pi^+3\pi^-$ (12 GeV/c)	2.40-2.56	3.1	-2	5

Anmerkungen zu beiden Effekten wurden bereits in Abschnitt IV.2.1b gemacht. - In zwei von insgesamt drei Kombinationstypen der Ladung $Q=-2$, in denen das Nukleon ein Neutron ist, wird der Effekt gesehen. - Die entsprechenden quasi-inklusive Verteilungen in M_x zu X aus $pp \rightarrow p3\pi^+X, BX$ lassen lediglich kleinere, den beiden Effekten zuzuordnende Maxima knapp unter 2 Standardabweichungen erkennen (vergl. auch III.5).

Massenbereich: 2.92 - 2.96 GeV

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	Teilchenzahl
a: $n3\pi^+$ (12 GeV/c)	2.92-2.96	2.5	+3	4
b: $p3\pi^+\pi^-$ (24 GeV/c)	2.92-2.96	2.4	+3	5
c: $n\pi^+4\pi^-$ (24 GeV/c)	2.92-3.0	2.2	-3	6
d: $p4\pi^+2\pi^-$ (12 GeV/c)	2.92-3.08	2.2	+3	7
X aus:				
e: $pp \rightarrow p3\pi^+ X, BX$ (12 GeV/c)	2.92-2.96	2.6	-2	
f: $pp \rightarrow EX$ (24 GeV/c)	2.92-2.96	2.1	+3	
g: $pp \rightarrow AX$ (12 und 24 GeV/c)	2.92-2.96	2.2	+3	

Alle Effekte - außer e - wurden in Massenverteilungen zu 3-fach geladenen Teilchensystemen gesehen, exklusiv jedoch nur in 4 von 14 derartigen Kombinationstypen. Weder in den Massenverteilungen der jeweils ladungsgespiegelten Teilchenkombinationen wurde der Effekt beobachtet noch für eine der Massenverteilungen bei beiden Energien zugleich. Die Maxima a,c lassen sich dem Effekt g, die Maxima b,d auch dem anderen quasi-inklusiv gesehenen Effekt f zuordnen.

Massenbereich: 3.16 . 3.20 GeV

Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	Teilchenzahl
a: $n\pi^-\pi^-$ (24 GeV/c)	3.16-3.20	3.7	-2	3
b: $p3\pi^-\pi^0$ (24 GeV/c)	3.12-3.20	2.6	-2	5
c: $p3\pi^+\pi^-$ (24 GeV/c)	3.16-3.20	2.1	+3	5
d: $p\pi^+4\pi^-$ (12 u. 24 GeV/c)	3.12-3.20	2.0	-2	6
X aus:				
e: $pp \rightarrow BX$ (24 GeV/c)	3.16-3.20	3.0	-2	

Abgesehen von einer Ausnahme (c) fallen alle Effekte übereinstimmend in Massenverteilungen zu 2-fach negativ geladenen Teilchenkombinationen auf; die M_X -Verteilung zum 2-fach negativ geladenen Restsystem X aus $pp \rightarrow BX$ zeigt den Effekt - neben der

($n\pi^+\pi^-$)-Massenverteilung - am deutlichsten. Die beiden signifikantesten Maxima a und e wurden bereits in den Abschnitten IV.2.1b und IV.2.2b vorgestellt. Effekt e ist die quasi-inklusive Entsprechung der exklusiv gesehenen Effekte a,b,d.

Massenbereich: 3.80 - 3.88 GeV

	Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	Teilchenzahl
a:	$p2\pi^+\pi^0$ (24 GeV/c)	3.76-3.84	2.4	+3	4
b:	$p4\pi^+$ (24 GeV/c)	3.76-3.84	3.8	+5	5
c:	$n4\pi^+\pi^-$ (24 GeV/c)	3.84-3.92	3.0	+3	6
d:	$n5\pi^+2\pi^-$ (24 GeV/c)	3.80-3.84	3.1	+3	8
X aus					
e:	$pp \rightarrow p\pi^-\pi^-X, AX$ (24 GeV/c)	3.72-3.84	3.4	+3	

Auffällig ist hier die Häufung relativ starker Effekte. Der Effekt b, dem ein fünffach positiver Ladungszustand entspricht, steht abgesondert; alle anderen Effekte stammen aus Verteilungen gleich geladener Massenkombinationen mit jeweils einem neutralen Teilchen. Läge somit eine Resonanz ($Q=3$) in ihren verschiedenen Zerfallskanälen vor, so würde sie im wesentlichen zugleich mit $p\pi^-\pi^-$ erzeugt werden (e), denn die M_X -Verteilung zu X aus $pp \rightarrow n\pi^+X$ zeigt keinen entsprechenden Effekt. Zu den Maxima b,c,d,e finden sich kurze Darstellungen in den Abschnitten IV.2.1b und IV.2.2a.

Massenbereich: 4.23 - 4.33 GeV

	Verteilung	Lage des Effektes (GeV)	Standardabweichungen	Ladung	Teilchenzahl
a:	$p2\pi^+$ (24 GeV/c)	4.20-4.24	2.3	+3	3
b:	$p2\pi^+$ (24 GeV/c)	4.28-4.32	2.5	+3	3
c:	$p2\pi^+\pi^0$ (24 GeV/c)	4.32-4.36	2.0	+3	4
d:	$n3\pi^+$ (24 GeV/c)	4.20-4.24	2.6	+3	4
e:	$p3\pi^+\pi^-$ (24 GeV/c)	4.24-4.28	2.0	+3	5
f:	$p4\pi^+2\pi^-$ -"-	4.28-4.36	2.5	+3	7
g:	$n5\pi^+2\pi^-$ -"-	4.20-4.24	3.0	+3	8
h:	$p5\pi^+3\pi^-$ -"-	4.20-4.32	1.9	+3	9
i:	$p\pi^+4\pi^-\pi^0$ -"-	4.20-4.32	2.3	-2	7
j:	$n2\pi^+4\pi^-$ -"-	4.28-4.36	2.7	-2	7

X aus				
k:	$(pp \rightarrow n\pi^-, EX(24 \text{ GeV/c})$	4.20-4.36	3.3	+3
	$(pp \rightarrow EX (12 \text{ u. } 24 \text{ GeV/c})$		4.3	+3

Von den insgesamt 14 hier untersuchten dreifach geladenen baryonischen Kombinationstypen sind 4 negativ, 10 positiv geladen; grob unterteiltgliedern sich die hier vornehmlich interessierenden positiv geladenen in zwei Gruppen: die erste enthält die vier Kombinationen ausschließlich geladener Teilchen, die zweite die 6 Kombinationen mit einem neutralen Teilchen (n, π^0).

In den Massenverteilungen (24 GeV/c) zu Kombinationen der ersten Gruppe finden wir für alle 4 Vertreter Effekte (a, b, e, f, h), die zur Häufung im angegebenen Massenbereich beitragen. Ihnen entsprechen die Maxima (k) in den quasi-inklusive Massenverteilungen (besprochen in IV. 2.2.b); am auffälligsten ist der Effekt von 4.3 Standardabweichungen in der M_x -Verteilung (12 und 24 GeV/c) zu X aus $pp \rightarrow EX$. - Dagegen beobachten wir keine derartigen Maxima in den M_x -Verteilungen des mit $p\pi^+\pi^-$ bzw. A zugleich erzeugten Restsystems X, wo zumindest für die 3 Effekte c, d, g (2. Gruppe) Entsprechungen zu erwarten wären; allerdings finden sich kleinere Maxima (unter 2 Standardabweichungen) in den Massenverteilungen zu X aus $pp \rightarrow AX$ bei 24 GeV/c und 12 und 24 GeV/c (vergl. III. 5).

Abgesondert stehen die Effekte i, j aus Verteilungen zu zweifach negativ geladenen Teilchenkombinationen; die Effekte j, f (gleiche Massenbereiche!) stammen jedoch aus Massenverteilungen zu solchen Kombinationen, deren teilchenweise betrachteten I_3 -Isospinkomponenten zueinander gespiegelt sind ($p4\pi^+ 2\pi^-$, $n 2\pi^+ 4\pi^-$).

Sollte hier eine exotische Resonanz vorliegen - im betrachteten Massenbereich wurden Effekte in exklusiven Gesamtverteilungen (24 GeV/c) zu 7 von 10 hier möglichen Kombinationstypen registriert -, so wird sie quasi-inklusive als statistisch signifikantester Effekt innerhalb aller hier untersuchten baryonischen Massenverteilungen am deutlichsten in der M_x -Verteilung zu X aus $pp \rightarrow EX$ (12 und 24 GeV/c) gesehen - und zusätzlich (wenn auch minder signifikant, jeweils jedoch leicht verstärkt in den Gesamtverteilungen für 12 und 24 GeV/c) wenigstens noch in allen, dem Restsystem X nach möglichen, exotischen Zerfallskanälen (24 GeV/c).

IV. 2. 4 Literaturvergleich

Das gegenwärtige Hauptinteresse scheint sich im wesentlichen auf die exotischen Z^* , e ($\Upsilon=2$) zu konzentrieren. (Mit dem Z_0^* (1780) ließe sich ein vollständiges $1/2^+$ - Antidekuplett, mit dem Z_1^* (1900) ein nahezu vollständiges $3/2^+$ -27-plet aus sonst relativ gut bestimmten Teilchen aufbauen (GRA 73)).

Untersuchungen zu nicht-seltsamen exotischen Baryonen sind dagegen kaum veröffentlicht. Einziger Kandidat scheint ein von Benvenuti et al. vor geraumer Zeit im $n\pi^-\pi^-$ - Massenspektrum eines π^-d - Experimentes bei 2.26 GeV/c beobachtetes Maximum bei 1630 MeV (3.8 Standardabweichungen) zu sein (BEN 69). Wir sehen diesen Effekt nicht.

Wie zuvor (vergl. Abschnitt 1.4) wurde auch hier versucht, die mit $\sigma \geq 3$ gefundenen Effekte auf einer "Trajektorie" (b) möglichst dicht und regelmäßig besetzt und möglichst parallel zur leading Δ -Trajektorie (a) anzuordnen (vergl. Abb. 10, Geraden a, b). Die so erhaltene "Trajektorie" (b), auf der nahezu alle Effekte liegen, verläuft flacher als a, ähnlicher bereits der Geraden c, die die von Faiman vorausgesagte exotische leading Trajektorie für Baryonen (S=0, niedrigster Zustand $J = 5/2$) darstellt (berechnet unter der Annahme, daß die qq-Wechselwirkung einem harmonischen Oszillator potential in einer Schrödingergleichung entspricht), (FAI 73), (FGZ 73). Die Anordnung unserer Effekte mag etwas willkürlich sein. Jedoch unabhängig davon stellen wir fest, daß sich die beobachteten Massenwerte mit den vorhergesagten in guter, teilweise sogar bester Übereinstimmung befinden (vergl. Abb. 10). Somit fielen im wesentlichen nur dort Effekte (mit $\sigma \geq 3$) auf, wo sie der Masse nach vorausgesagt waren.

Abschließend geben wir die Effekte (mit $\sigma \geq 3$) an, die K. Wacker - den unsrigen entsprechend - in seiner Diplomarbeit aufführt (π^+p -Experiment bei 11.7 GeV/c). (Zu berücksichtigen ist, daß seine Angaben für Standardabweichungen (σ) unter "optimistischen" Annahme gewonnen wurden; (WAK 73). S. 22, 40).

(Die eigenen Effekte, vergl. IV. 2.1.b, 2.2.b, sind in Klammern angegeben)

Massenkombination	Lage (GeV)	σ	Kanal
a) $p\pi^+\pi^+$	2.5 -2.6	3.5	$p\pi^+\pi^+\pi^- X^0$
($n3\pi^+\pi^-$ (12 GeV/c)	2.4- 2.56	3.1)	
($n\pi^-\pi^-$ (12 GeV/c)	2.4- 2.44	3.0)	
b) $p\pi^+\pi^+$	3,16-3,3	4,0	$p\pi^+\pi^+\pi^-$
($n\pi^-\pi^-$ (24 GeV/c)	3.16 -3.20	3.7)	
c) $p\pi^+\pi^+ X^0$	4.34-4.45	5.7	$p\pi^+\pi^+\pi^- X^0$
($pp \rightarrow \underline{EX}^{+++}$ (12/24 GeV/c)	4.2 -4.36	4.3)	

IV. 3 Die baryonischen (B=2) Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen
und Ergebnisse (Tafel C)

Zur Vermeidung der besonders in den hierher gehörigen Massenverteilungen sich störend auswirkenden Ambiguitäten - verursacht im wesentlichen durch Verwechslung zwischen p und π^+ (III.5) - wurden nur Ereignisse mit eindeutigen Hypothesen akzeptiert.

Der nachfolgenden Aufstellung sind - wie in IV. 1.1.a, 2.2.a beschrieben - die untersuchten Gesamtverteilungen \oplus sowie ihre Zusammensetzung aus den jeweiligen Einzelverteilungen zu entnehmen.

2-Teilchenkombinationen:

pp (1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11)
np (3, 6, 9, 12)

3-Teilchenkombinationen:

pp π^+ (1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11)
pp π^- (1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11)
pp π^0 (2, 5, 8, 11)
np π^+ (3, 6, 9, 12)
np π^- (3, 6, 9, 12)

4-Teilchenkombinationen:

pp $\pi^+ \pi^+$ (4, 5, 7, 8, 10, 11)
pp $\pi^+ \pi^0$ (2, 5, 8, 11)
pp $\pi^+ \pi^-$ (2, 4, 5, 7, 8, 10, 11)
pp $\pi^- \pi^-$ (4, 5, 7, 8, 10, 11)
pp $\pi^- \pi^0$ (2, 5, 8, 11)
np $\pi^+ \pi^+$ (3, 6, 9, 12)
np $\pi^+ \pi^-$ (3, 6, 9, 12)
np $\pi^- \pi^-$ (6, 9, 12)

Die Gesamtverteilungen mit den angepaßten Kurven sind in den Abb. 5.1.1 bis 5.3.3 gezeigt; die Ergebnisse der Anpassung finden sich in den Tabellen 5.1 bis 5.3. In Tafel C (Abb. 8) sind alle Effekte hinab bis zu zwei Standardabweichungen zusammengefaßt; das eingetragene Histogramm stellt eine Häufigkeitsverteilung der (gleichgewichteten) Effekte dar. Die für die Tafeln A (IV. 1.3), B (IV. 2.3) gegebenen Beschreibungen gelten auch für Tafel C (Abb. 8), eingeschränkt lediglich auf Effekte in statistisch voneinander unabhängigen Massenverteilungen nur zu exklusiven Reaktionen.

\oplus Gesamtverteilungen für 12 und 24 GeV/c bleiben wegen der für beide Energien jeweils sehr unterschiedlichen kinematischen Bereiche unberücksichtigt.

Insgesamt wurden in den 30 untersuchten statistisch voneinander unabhängigen Gesamtverteilungen bei 12 und 24 GeV/c 72 (7) Effekte von 2 (3) und mehr Standardabweichungen gefunden. - Die in den $(pp\pi^+\pi^-)$ -Massenverteilungen (Abb. 5.3.2 e, f) nahe der oberen Phasenraumschwelle auffallenden Erhebungen sind reine Phasenraumeffekte, die allein den Phasenraummaxima der $(pp\pi^+\pi^-)$ -Massenverteilungen im $4\text{ Spur- } 1\text{ C } \pi^0$ -Kanal bei 12 bzw. 24 GeV/c entsprechen.

Überhaupt treten in den hier betrachteten Gesamtverteilungen die getrennt voneinander liegenden Phasenraummaxima der Einzelverteilungen betonter hervor; dieser Umstand erschwert zuweilen die Polynomannpassung und führt - zumindest vereinzelt - zu unbefriedigenden Anpassungsergebnissen. So wurde etwa der in der $(pp\pi^-)$ -Massenverteilung für 12 GeV/c (Abb. 5.2.1 a) mit 3.4 Standardabweichungen bei 4.18 GeV registrierte Effekt - der statistisch signifikanteste unter den hier gefundenen Effekten - auf Grund einer schlechten Anpassung überbewertet. Da außerdem Tafel C wegen der geringeren Anzahl der untersuchten baryonischen (B=2) Gesamtverteilungen ohnehin leichter überschaubar ist, interessante Häufungen vielzahliger Effekte mit auffälligen Gemeinsamkeiten innerhalb gewisser Massenbereiche fehlen, die statistische Signifikanz selbst der maximalen Effekte relativ gering ist, verzichten wir hier auf detailliertere Ausführungen und verweisen für alle Ergebnisse auf die zuvor genannten Tabellen, Abbildungen sowie auf die Tafel C (Abb. 8)

Literaturverzeichnis

- ARN74 R.A. Arndt, L.D. Roper; Possibility of an Exotic I=2 Nonstrange Meson, Preprint (1974)
- BEN69 A. Benvenuti et al., Phys. Rev. Letters 22 (1969),970
- BLO71₁ V. Blobel und D. Mönkemeyer, Interner Bericht (pp.-Exp.), Hamburg, 1971
- BLO71₂ V. Blobel, MLFIT: A Program to find Maxima of Likelihood Functions, DESY 71/18 (1971)
- BLO73 V. Blobel et al., Interner Bericht (pp-Exp.), Hamburg, 1973
- BRA73 B.H. Bransden , D. Evans, J.V. Major; The Fundamental Particles, Van Nostrand Reinhold, London, 1973
- BUH70 T. Buhl et al., Nucl. Phys. B37 (1972), 421-428
- BYC73 E. Byckling, K. Kajantie; Particle Kinematics, Wiley, New York, 1973
- COH72 D. Cohen et al., Phys. Rev. Letters 28 (1972),1601
- COH74 D. Cohen, Review of exotic Mesons, Preprint (1974)
- FAI73 D. Faiman, CERN-TH.1678 (1973)
- FES73 H. Fesefeldt, Dissertation, Hamburg, 1973 (DESYF1-73/11)
- FEY73 R.P. Feynman; Structure of the Proton, Preprint (1973)
- FRE73 B.R. French, CERN/ D. Ph. II/Phys. 73-28, Genf, 1973
- FGZ73 D. Faiman, G. Goldhaber und Y. Zarmi, Phys. Letters 43B, 307 (1973)
- GEL64 M. Gell-Mann, Phys. Letters 8 (1964),214
- GEN64 M. Gell-Mann, Y. Ne'eman; The Eightfold Way, W.A. Benjamin, Inc., New York, 1964
- GER69 Gerard, FSD bubble chamber programs manual (Minimum Guidance), Genf, 1969
- GIA70 G. Giacomelli et al., Phys. Letters 33B, 373 (1970)
- GRA73 R.H. Graham, J.W. Moffat, Lettre Nuovo Cimento 6 (1973),673-674
- GRI68 Programm GRIND, CERN TC program library manual, Vol. 2, Genf, 1968
- HAN65 M.Y. Han und Y. Nambu, Phys. Rev. 139,B1006 (1965)
- HBC72 Handbuch der CERN-2m-Wasserstoff-Blasen-kammer, Genf, 1972
- HEL73 B.W. Hellwig, Dissertation, Hamburg, 1973 (DESY F1-73/2)
- JAC70 M. Jacob, J. Weyers, Nuovo Cimento 69A (1970),521-528

- KAT70 W.M. Katz et al., Phys. Letters 31B, 329 (1970)
- KOK69 J.J.J. Kokkedee; The Quark Model, W.A. Benjamin Inc., New York, 1969
- LAZ68 P. Lazeyras, CERN/D. PHII/BEAM/68-9, Genf, 1968
- LAZ74 P. Lazeyras, CERN, Yellow Report 74-1 (1974)
- LIP73 H.J. Lipkin; Quarks For Pedestrians, WIS-73/8-PH (1973)
- LYS70 J. Lys, J.W. Chapman, Phys. Rev. D2 (1970), 2525-2528
- MES70 A. Messiah; Quantum Mechanics, 2 Bde. North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 1973
- MÖN72 D. Mönkemeyer, Dissertation, Hamburg, 1972 (DESY F1-72/2)
- NAG71 H.H. Nagel, Habilitationsschrift, Bonn, 1972
- PDG73 Particle Data Group, Review of Particle Properties, Review of Modern Physics, Vol. 45 No. 2, PART II, April 1973
- ROF68 A. Rosenfeld; Meson Spectroscopy, Ed. C. Baltay and A. Rosenfeld, New York, 1968, p.455
- ROS68 J.L. Rosner, Phys. Rev. Lett. 21,950 (1968)
- ROS70 J.L. Rosner; Philadelphia 1970 Conference, Experimental Meson Spectroscopy, New York, 1970, 499-533
- RÖS71 J.L. Rosner, Preprint, 1971 Caltech Workshop, UCRL-20655
- ROS74 J.L. Rosner; The Classification and Decays of Resonant Particles, Preprint (1974)
- SCH72 B. Schwarz, Diplomarbeit, Hamburg, 1972
- SCH74 B. Schwarz, Dissertation, Hamburg 1974 (DESY F1-74/4)
- SEL72 P. Selonke, Dissertation, Bonn 1972
- SÖD73 P. Söding, H. Spitzer; Elementarteilchenphysik II, Interner Bericht DESY F1-73/7, Hamburg, 1973
- THR65 THRESH-Programmbeschreibung, TC-Handbook, CERN 1965
- VAN67 R. Vanderhagen et al., Phys. Letters 24B, 493 (1967)
- WAK73 K. Wacker, Diplomarbeit, Hamburg 1973 (DESY F1-73/9)
- ZWF64 G. Zweig, CERN preprints, TH-401 and TH-412 (1964)

Danksagung

Herrn Dr. P. Söding und Herrn Prof. M.W. Teucher danke ich für die mir innerhalb der Blasenammergruppe ermöglichte Arbeit.

Für ständige Hilfsbereitschaft und tatkräftige Unterstützung bedanke ich mich bei Herrn Dr. V. Blobel und Herrn Dr. P. Söding.

Dankend sei außerdem das stets freundliche Entgegenkommen aller am Experiment Beteiligten erwähnt; besonders möchte ich Herrn Dr. B. Schwarz nennen; ihm oblag meine Betreuung, der er sich engagiert und sehr zu meinem Nutzen angenommen hat.

Schließlich bedanke ich mich sehr herzlich bei Frau H. Siegner für die sorgfältige Anfertigung der zahlreichen Zeichnungen, bei Frau J. Saß und Frau K. Schmöger für das mühevollen Schreiben der Arbeit, sowie bei allen an der Planung, Durchführung und Auswertung unseres Experimentes Beteiligten.

Ich versichere, diese Arbeit selbständig und unter ausschließlicher Benutzung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Abbildungsverzeichnis

Die Abbildungen zu den untersuchten effektiven Massenverteilungen werden anschließend an die folgende Übersicht genauer (in Tabellenform) bezeichnet.

- Abb. 1.0a-1.6.1c Mesonische ($B=Y=0$)-Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen (bei 12 GeV/c, 24 GeV/c und 12 und 24 GeV/c), nach Massenkombinationen zunehmender Teilchenzahl geordnet.
- Abb. 2.1.1a-2.5.1c Mesonische ($B=Y=0$)-Massenverteilungen zu quasi-inklusive Reaktionen (bei 12 GeV/c, 24 GeV/c und 12 und 24 GeV/c), nach zunehmender Ladungszahl des Restsystems (X) geordnet.
- Abb. 3.1.1a-3.6.1c Baryonische ($B=Y=1$)-Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen (bei 12 GeV/c, 24 GeV/c und 12 und 24 GeV/c), nach Massenkombinationen zunehmender Teilchenzahl geordnet.
- Abb. 4.1.1a-4.3.2e Baryonische ($B=Y=1$)-Massenverteilungen zu quasi-inklusive Reaktionen (bei 12 GeV/c, 24 GeV/c und 12 und 24 GeV/c), nach zunehmender Ladungszahl des Restsystems (X) geordnet.
- Abb. 5.1.1a-5.3.3f Baryonische ($B=Y=2$)-Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen (bei 12 GeV/c, 24 GeV/c), nach Massenkombinationen zunehmender Teilchenzahl geordnet.
- Abb. 6 (Tafel A) Tafel A faßt alle in statistisch voneinander unabhängigen Gesamtverteilung zu exklusiven Reaktionen sowie entsprechend die in quasi-inklusive Massenverteilungen gefundenen Effekte mit 2 und mehr Standardabweichungen zusammen. Die Histogramme (I,II,III) stellen Häufigkeitsverteilungen der eingetragenen Effekte längs der Massenachse dar; man vergleiche die in IV.1.3 gegebene ausführliche Beschreibung der Tafel.
- Abb. 7 (Tafel B) Tafel B zeigt die zu Tafel A analoge Zusammenfassung aller mit 2 und mehr Standardabweichungen in den entsprechenden baryonischen ($B=1$)-Massenverteilungen gefundenen Effekte und ihre Häufigkeitsverteilungen längs der Massenachse; man vergleiche die in IV.2.3 gegebene ausführliche Beschreibung der Tafel.

- Abb. 8 (Tafel C) Tafel C (analog zu den Tafeln A und B) faßt die mit 2 und mehr Standardabweichungen gefundenen Effekte in den ($B=2$)-Massenverteilungen zu exklusiven Reaktionen zusammen (vergl. ausführlichere Beschreibung in IV.3).
- Abb. 9.1 Für die mit 3 und mehr Standardabweichungen beobachteten Effekte (aufgeführt in der Abbildung selbst), die in mesonischen Gesamtverteilungen zu exklusiven und quasi-inklusive Reaktionen gefunden wurden, sind Trajektorien (b,d,e) gezeigt; zum Vergleich sind die ρ -, π -Trajektorien (a,f) und eine von Faiman angegebene (berechnete) leading-Trajektorie (c) für nicht-seltene exotische Mesonen eingezeichnet.
- Abb. 9.2 In Einschränkung der in Abb. 9.1 angegebenen Effekte wird für eine Auswahl der besten - aufgeführt in der Abbildung selbst - die sich ergebende Trajektorie (b) neben der ρ -Trajektorie (a) gezeigt.
- Abb. 10 Für die mit 3 und mehr Standardabweichungen beobachteten Effekte (aufgeführt in der Abbildung selbst), die in baryonischen ($B=1$)-Gesamtverteilungen zu exklusiven und quasi-inklusive Reaktionen gefunden wurden, ist eine sich ergebende Trajektorie (b) eingezeichnet neben der Δ -Trajektorie sowie der von Faiman angegebenen (berechneten) Leading-Trajektorie (c) für nicht-seltene exotische Baryonen.

Es folgt das oben erwähnte detailliertere Abbildungsverzeichnis der effektiven Massenverteilungen. Die den angegebenen Teilchenkombinationen in Klammern nachgestellte Zahlen verweisen auf die Ordnungszahlen derjenigen Reaktionskanäle (vgl. III.3), deren Massenverteilungen in dieser Teilchenkombination in der abgebildeten (Gesamt-) Verteilung zusammengefaßt sind. Die in den Abbildungen zu sehenden Kurven sind Ergebnis der Polynomannäherung.

Abbildung	Strahlimpuls:			Teilchenkombination/Reaktion
	12 GeV/c	24 GeV/c	12 und 24 GeV/c	
1.0	a	b		$\pi^+ \pi^-$ (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)
	c	d		$\pi^+ \pi^- \pi^0$ (2,5,8,11) (den exotischen Massenverteilungen lediglich zum anschaulichen Vergleich vorangestellt)
1.1.1	a	b	c	$2\pi^+$ (3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)
	d	e	f	$2\pi^-$ (4,5,6,7,8,9,10,11,12)
1.1.2				$2\pi^+$ (Enthält die in 1.1.1c gezeigte Massenverteilung sowie die zur Reaktion $\pi^+ p \rightarrow 3\pi^+ \pi^- X$ (für 11.7 GeV/c) aus 40164 Kombinationen, für die nur das jeweils schnellste π^+ mit den beiden langsamen kombiniert wurde)
1.2.1	a	b	c	$2\pi^+ \pi^0$ (5,8,11)
	d	e	f	$2\pi^- \pi^0$ (5,8,11)
1.2.2	a	b	c	$3\pi^+$ (6,7,8,9,10,11,12)
	d	e	f	$3\pi^-$ (7,8,9,10,11,12)
1.3.1	a	b	c	$3\pi^+ \pi^-$ (6,7,8,9,10,11,12)
	d	e	f	$\pi^+ 3\pi^-$ (7,8,9,10,11,12)
1.3.2	a	b	c	$3\pi^+ \pi^0$ (8,11)
	d	e	f	$3\pi^- \pi^0$ (8,11)
1.3.3.		a		$4\pi^+$ (9,10,11,12)
		b		$4\pi^-$ (10,11,12)
		c		$5\pi^+ 3\pi^-$ (12)
1.4.1		a		$4\pi^+ \pi^0$ (11)
		b		$4\pi^- \pi^0$ (11)
		c		$5\pi^+$ (12)
1.4.2	a	b	c	$3\pi^+ \pi^- \pi^0$ (8,11)
	d	e	f	$\pi^+ 3\pi^- \pi^0$ (8,11)
1.4.3	a	b	c	$4\pi^+ \pi^-$ (9,10,11,12)
	d	e	f	$\pi^+ 4\pi^-$ (10,11,12)
1.5.1	a	b	c	$4\pi^+ 2\pi^-$ (9,10,11,12)
	d	e	f	$2\pi^+ 4\pi^-$ (10,11,12)

Abbildung	Strahlimpuls:			Teilchenkombination/Reaktion
	12 GeV/c	24 GeV/c	12 und 24 GeV/c	
1.5.2		a		$4\pi^+ \pi^- \pi^0$ (11)
		b		$\pi^+ 4\pi^- \pi^0$ (11)
		c		$5\pi^+ \pi^-$ (12)
1.6.1		a		$4\pi^+ 2\pi^- \pi^0$ (11)
		b		$2\pi^+ 4\pi^- \pi^0$ (11)
		c		$5\pi^+ 2\pi^-$ (12)
2.1.1	a	b	c	$pp \rightarrow pp \pi^- \pi^- X^{++}$
	d	e	f	$pp \rightarrow np \pi^- X^{++}$
2.1.2	a	b	c	$pp \rightarrow AX^{++}$ (A repräsentiert neben $pp 2\pi^-$ auch $p 2\pi^+$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
	d	e	f	$pp \rightarrow BX^{++}$ (B repräsentiert neben $np \pi^-$ auch $np \pi^-$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
2.2.1	a	b	c	$pp \rightarrow pp 2\pi^+ X^{--}$
	d	e	f	$np 3\pi^+ X^{--}$
2.2.2		a		$pp \rightarrow CX^{--}$ (C repräsentiert neben $pp 2\pi^+$ auch $pp 2\pi^+$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
	b	c		$pp \rightarrow DX^{+++}$ (D repräsentiert neben $pp 3\pi^-$ auch $pp 3\pi^-$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
	d	e		$pp \rightarrow EX^{+++}$ (E repräsentiert neben $np 2\pi^-$ auch $np 2\pi^-$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
		f		$pp \rightarrow FX^{----}$ (F repräsentiert neben $pp 3\pi^+$ auch $pp 3\pi^+$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
2.3.1	a	b	c	$pp \rightarrow pp 3\pi^- X^{+++}$
	d	e	f	$pp \rightarrow np 2\pi^- X^{+++}$
2.4.1	a	b	c	$pp \rightarrow pp 3\pi^+ X^{----}$
2.5.1		a		$pp \rightarrow np 4\pi^+ X^{----}$
		b		$pp \rightarrow pp 4\pi^- X^{++++}$
		c		$pp \rightarrow np 3\pi^- X^{++++}$

Abbildung	Strahlimpuls:			Teilchenkombination/Reaktion
	12 GeV/c	24 GeV/c	12 und 24 GeV/c	
3.0			a	$p\pi^+\pi^-$ (1)
	b	c	d	$p\pi^+\pi^-$ (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)
			e	$p\pi^-$ (1)
				$p\pi^+$ (1)
				(Den exotischen (B=1) Massenkombinationen zum anschaulichen Vergleich vorangestellt.)
3.1.1	a	b	c	$p2\pi^+$ (3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)
	d	e	f	$n2\pi^-$ (6,9,12)
3.2.1	a	b	c	$p3\pi^+$ (6,7,8,9,10,11,12)
	d	e	f	$p3\pi^-$ (7,8,9,10,11,12)
3.2.2	a	b	c	$n3\pi^+$ (6,9,12)
	d	e	f	$n3\pi^-$ (9,12)
3.2.3	a	b	c	$p2\pi^+\pi^0$ (5,8,11)
3.3.1	a	b	c	$n\pi^+3\pi^-$ (9,12)
3.3.2	a	b	c	$p3\pi^-\pi^0$ (8,11)
	d	e	f	$p3\pi^+\pi^0$ (8,11)
3.3.3	a	b	c	$p3\pi^+\pi^-$ (6,7,8,9,10,11,12)
	d	e	f	$p4\pi^+$ (9,10,11,12)
3.3.4		a	d	$p4\pi^-$ (10,11,12)
		b	e	$n4\pi^+$ (9,12)
		c		$n4\pi^-$ (12)
		f		$p4\pi^+$ (9)
3.4.1	a	b	c	$p3\pi^+\pi^-\pi^0$ (8,11)
	d	e	f	$n4\pi^+\pi^-$ (12)
3.4.2	a	b	c	$p4\pi^+\pi^-$ (9,10,11,12)
		d		$p\pi^+4\pi^-$ (10,11,12)
		e		$p4\pi^-\pi^0$ (11)
		f		$n\pi^+4\pi^-$ (12)
3.5.1	a	b	c	$p4\pi^+2\pi^-$ (9,10,11,12)
		d		$p4\pi^+\pi^-\pi^0$ (11)
		e		$p\pi^+4\pi^-\pi^0$ (11)
		f		$n2\pi^+4\pi^-$ (12)

Abbildung	Strahlimpuls:			Teilchenkombination/Reaktion
	12 GeV/c	24 GeV/c	12 und 24 GeV/c	
3.5.2		a		$n5\pi^+\pi^-$ (12)
		b		$p5\pi^+\pi^-$ (12)
		c		$p4\pi^+2\pi^-\pi^0$ (11)
3.6.1		a		$n5\pi^+2\pi^-$ (12)
		b		$p5\pi^+2\pi^-$ (12)
		c		$p5\pi^+3\pi^-$ (12)
4.1.1	a	b		$pp \rightarrow p2\pi^- X^{+++}$
	c	d	e	$pp \rightarrow p3\pi^+ X^{---}$
4.1.2	a	b	c	$pp \rightarrow AX^{+++}$ (A repräsentiert neben $p2\pi^-$ auch $p2\pi^-$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
	d	e	f	$pp \rightarrow BX^{---}$ (B repräsentiert neben $p3\pi^+$ auch $p3\pi^+$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
4.2.1	a	b	c	$pp \rightarrow p3\pi^- X^{++++}$
	d	e	f	$pp \rightarrow p4\pi^+ X^{----}$
4.2.2	a	b	c	$pp \rightarrow CX^{++++}$ (C repräsentiert neben $p3\pi^-$ auch $p3\pi^-$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
	d	e	f	$pp \rightarrow DX^{----}$ (D repräsentiert neben $p4\pi^+$ auch $p4\pi^+$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
4.3.1	a	b		$pp \rightarrow n\pi^- X^{+++}$
	c	d	e	$pp \rightarrow EX^{+++}$ (E repräsentiert neben $n\pi^-$ auch $n\pi^-$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
4.3.2	a	b		$pp \rightarrow n2\pi^- X^{++++}$
	c	d	e	$pp \rightarrow FX^{++++}$ (F repräsentiert neben $n2\pi^-$ auch $n2\pi^-$ + weitere Mesonen der Gesamtladung 0)
5.1.1	a	b		np (3,6,9,12)
	c	d		pp (1,2,4,5,7,8,10,11)
	e	f		$np\pi^-$ (3,6,9,12)

Abbildung	Strahlimpuls:			Teilchenkombination/Reaktion
	12 GeV/c	24 GeV/c	12 und 24 GeV/c	
5.2.1	a	b		$pp\pi^-$ (1,2,4,5,7,8,10,11)
	c	d		$pp\pi^0$ (2,5,8,11)
	e	f		$np\pi^+$ (3,6,9,12)
5.3.1	a	b		$pp\pi^+$ (4,5,7,8,10,11)
	c	d		$np2\pi^-$ (6,9,12)
	e	f		$pp2\pi^-$ (4,5,7,8,10,11)
5.3.2	a	b		$pp\pi^-\pi^0$ (2,5,8,11)
	c	d		$np\pi^+\pi^-$ (3,6,9,12)
	e	f		$pp\pi^+\pi^-$ (2,4,5,7,8,10,11)
5.3.3	a	b		$pp\pi^+\pi^0$ (2,5,8,11)
	c	d		$np2\pi^+$ (3,6,9,12)
	e	f		$pp2\pi^+$ (4,5,7,8,10,11)

Tabelle 1.1: Zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen 2-Teilchenkombinationen

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)						
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)		
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	
$\pi^+ \pi^+$ (1.1.1a-c)	32741	67537	100278	0.66-0.68	0.68-0.72	0.66-0.72	3.8	3.0	4.0	20.9	5.5	26.0	8.5	58.5	14.5	
					1.12-1.16	1.10-1.16		2.6	3.2				14.5	5.6	29.0	9.0
					1.32-1.34	1.32-1.34		2.5	2.6				8.2	3.3	10.9	4.3
					1.86-1.88	1.86-1.88		3.4	3.2				7.3	2.1	8.0	2.5
$\pi^- \pi^-$ (1.1.1d-f)	13782	36015	49797	0.50-0.54			2.3			14.1	6.2					
				0.66-0.70		0.66-0.72	2.3		2.2	11.2	4.9			22.5	10.4	
					0.90-0.94			2.1					10.5	5.0		
					1.04-1.08	1.06-1.08		2.0	2.1				8.0	4.0	7.3	3.5
					1.18-1.20	1.18-1.20		2.3	2.1				5.3	2.3	6.1	2.9
						1.86-1.88									2.2	1.0

Tabelle 1.2: Zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen 3-Teilchenkombinationen

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)															
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)											
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$										
$\pi^+ \pi^+ \pi^0$ (1.2.1a-c)	5804	16778	22582	1.3-1.36	1.03-1.12	1.03-1.12	2.1	2.3	2.9	6.1	2.9	12.5	5.4	21.7	7.4										
					1.84-1.9											2.6		9.6	3.8						
					1.93-1.96	1.96-1.99										1.93-1.99	2.1	2.1	2.0	1.9	0.9	4.4	2.1	7.0	3.5
$\pi^- \pi^- \pi^0$ (1.2.1d-f)	5804	16778	22582	0.7 -0.73 0.82-0.85	0.7 -0.73	0.7 -0.73	2.3	2.0	2.0	5.8	2.5	7.4	3.6												
					0.79-0.85									2.9		2.1	8.3	2.8			7.4	3.6			
					1.03-1.09	1.06-1.09										3.1	2.8			14.6	4.6	12.6	4.5		
					1.24-1.27											2.6				6.8	3.2				
					2.11-2.14	2.95-2.98								2.95-2.98	2.3			1.2	0.5						
$\pi^+ \pi^+ \pi^+$ (1.2.2a-c)	5859	22974	28833	0.58-0.64 0.88-0.94		0.88-0.94	2.1	3.0	2.6	6.0	2.8	11.4	3.9	17.3	6.7										
					1.06-1.12	1.06-1.09											2.1	2.6			10.8	5.2	12.3	4.8	
					2.08-2.11													2.0		1.3	0.6				
					2.20-2.23													2.8		1.3	0.5				
$\pi^- \pi^- \pi^-$ (1.2.2d-f)	1458	8586	10044	1.0 -1.06	0.7 -0.73	0.7 -0.73	2.4		2.2	4.3	1.9	7.2	3.2												
					1.03-1.06											1.9				5.9	3.2				
					1.72-1.78	1.72-1.78										2.1	2.2			4.1	1.9	4.7	2.5		
					2.17-2.20	2.17-2.20										2.3	2.2			1.7	0.7	1.8	0.8		
$2\pi^\pm \pi^0$ u. $3\pi^\pm$	18923	64283	83206	0.58-0.64 0.82-0.85	0.70-0.73	0.70-0.73	2.3	2.5	2.0	14.3	5.1	26.4	10.9												
					0.79-0.85									2.8		2.4									
					1.03-1.12	1.03-1.09										3.3	3.1			34.8	10.7	35.6	11.4		
					1.84-1.87	1.84-1.87										2.0	2.6					12.7	4.9		
					3.43-3.46	3.43-3.46										2.5	2.4								

Tabelle 1.3: Zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen 4-Teilchenkombinationen

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
$\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^-$ (1.3.1a-c)	14537	68436	82992	1.65-1.68	1.80-1.89 2.79-2.85 3.00-3.06	1.29-1.32 2.79-2.85 3.00-3.06	2.1	2.2 2.4 2.1	2.0	7.7	3.6	22.4 11.8 9.0	10.0 4.9 4.2	14.3 11.6 9.7	7.1 5.5 4.7
$\pi^+ \pi^- \pi^- \pi^-$ (1.3.1d-f)	4965	32800	37765	1.49-1.52	1.91-1.94	1.91-1.94	2.4	2.4	2.2	5.3	2.3	9.2	3.8	9.6	4.4
$\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^0$ (1.3.2a-c)	642	4122	4764	1.37-1.40	1.22-1.25 1.64-1.76 2.21-2.24 3.44-3.47	0.83-0.86 1.61-1.73 2.21-2.24 3.44-3.47	2.6	2.1 3.8 2.0 2.1	2.1	2.5	0.9	2.6 11.3 2.6 1.0	1.3 3.0 1.3 0.5	1.7 11.7 3.0 1.1	0.8 3.5 1.4 0.5
$\pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$ (1.3.2d-f)	642	4122	4764	0.98-1.04	1.52-1.55 2.21-2.24 2.57-2.66	2.21-2.24	2.3	2.0 2.2 2.2	2.6	2.9	1.2	3.1 2.8 3.6	1.6 1.3 1.6	3.5	1.4
$\pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+$ (1.3.3 a)	(444)	4333	(4777)	1.64-1.67	0.77-0.80 1.13-1.16 2.27-2.30 2.72-2.78 3.29-3.32		2.0	2.1 2.2 2.7 2.3 2.0				1.1 2.6 3.5 3.1 1.0	0.5 1.2 1.3 1.3 0.5		
$\pi^- \pi^- \pi^- \pi^-$ (1.3.3 b)	(49)	903	(952)	1.25-1.31				2.7				3.1	1.2		

Tabelle 1.6: Zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen 7- und 8-Teilchenkombinationen

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)						
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)		
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	
$4\pi^+ 2\pi^- 1\pi^0$ (1.6.1 a)	(126)	2562	(2688)		2.56-2.65 3.4 -3.43 3.64-3.67			2.0 3.0 2.3					3.4	1.7		
$2\pi^+ 4\pi^- 1\pi^0$ (1.6.1 b)	(126)	2562	(2688)		2.38-2.41 3.46-3.49			2.1 3.1					1.8	0.9		
$5\pi^+ 2\pi^-$ (1.6.1 c)	(78)	2142	(2220)		1.75-1.78 2.65-2.71			2.9 2.6					0.7	0.2		
$5\pi^+ 3\pi^-$ (1.3. c)	(52)	1428	(1480)		2.35-2.38 3.76-3.82 4.0 -4.06			3.5 2.3 1.9					1.0	0.3		
													3.0	1.2		
													3.0	1.3		
													2.6	1.3		

Tabelle 2.1: Zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen fehlenden Masse der Ladung $Q = 2$

Definition (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
$pp \rightarrow pp \pi^- \pi^- X$ (2.1.1a-c)	9381	21381	30762			1.92-2.0 2.80-2.84 3.40-3.56	(<2)		2.1 2.0 2.7					10.5 5.9 13.5	4.9 2.9 5.0
$pp \rightarrow A X$ (2.1.2a-c)	20869	75971	96840			0.64-0.72 1.44-1.48 3.40-3.48	(<2)	2.3 2.6 2.4	2.5 2.9 2.8		18.8 15.3 8.9	8.0 5.8 3.7	27.4 21.3 15.8	11.1 7.4 5.0	
$pp \rightarrow np \pi^- X$ (2.1.1d-f)	18958	31084	50042	1.12-1.20 1.60-1.68		0.64-0.72 2.32-2.36 2.96-3.08 3.0-3.04	2.0 2.5	2.5	3.1		10.3 13.2	5.0 5.2		11.0 7.9 19.1	4.5 3.8 5.6
$pp \rightarrow B X$ (2.1.2d-f)	36054	114838	150892	0.64-0.68	0.68-0.72	0.64-0.72	2.5	2.9	3.0	16.7	6.6	20.1	7.0	41.6	14.0

Tab. 2.2: Zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen fehlenden Masse der Ladung $Q = -2$

Defi- nition (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
pp \rightarrow pp $\pi^+\pi^+$ X (2.2.1a-c)	9381	21381	30762	0.44-0.48			2.2			5.3	2.4				
					0.72-0.76				2.5			5.7	2.3		
					0.8-0.88		2.3		10.3	4.5					
					0.88-0.96				2.5			8.6	3.5		
					1.04-1.08				2.3			5.9	2.6		
											2.4				15.2
pp \rightarrow CX (2.2.2a)	20869	75971	96840	0.8-0.88			2.8			9.1	6.7				
					1.04-1.08			3.0	2.2			18.0	5.9	17.5	7.8
pp \rightarrow np $3\pi^+$ X (2.2.1d-f)	4796	17590	22386	1.08-1.16	1.08-1.12	1.08-1.12	2.4	2.3	3.0	6.8	2.8	5.6	2.5	9.8	3.3
					1.92-1.96		2.7			1.9	0.7				
					2.52-2.56	2.44-2.56		2.8	3.1			6.0	2.2	13.1	4.2

Tab. 2.3: Zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen fehlenden Masse der Ladung $Q = +3$

Defini- tion (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)														
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)										
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$									
pp \rightarrow pp $3\pi^+X$ (2.3.1a-c)	1063	5090	6153	1.15-1.18	0.73-0.76	0.73-0.76	2.5	3.0	2.4	2.8	1.1	1.5	0.5	2.3	0.9									
					1.24-1.30							2.2	3.2	1.4										
					1.6 - 1.66							2.5	4.4	1.7										
					2.2 - 2.26	2.2-2.26						3.5	3.4	6.9	2.0	7.3	2.2							
					2.86-2.89	2.86-2.89						2.3	2.3	3.0	1.3	3.2	2.2							
					3.28-3.31	3.28-3.31						2.6	2.5	2.4	0.9	2.6	1.0							
pp \rightarrow DX (2.2.2b-c)	1933	13170	15103	0.94-0.97 1.15-1.18	0.7-0.76	0.73-0.76	2.3 2.4	2.3	2.5	3.6 3.5	1.5 1.5	5.8	2.5	6.0	2.4									
					1.39-1.48	1.39-1.48						2.5	2.8	10.2	4.0	13.5	4.9							
					1.60-1.75	1.60-1.75						3.2	2.4	16.3	5.1	14.2	6.1							
					2.20-2.26	2.20-2.26						4.8	4.6	13.7	2.8	14.5	3.2							
					2.86-2.89	2.86-2.89						2.0	2.0	2.9	1.5	3.3	1.6							
					3.28-3.31	3.28-3.31						2.5	2.4	2.5	1.0	2.7	1.1							
pp \rightarrow np $2\pi^+X$ (2.3.1d-f)	4401	14199	18600	0.60-0.64	0.60-0.64	2.5	2.5	2.0	3.2	1.3	6.6	3.1	4.3	1.7	3.0	1.5								
				0.92-1.0	1.0-1.04												2.1	2.5	4.3	2.1	4.4	2.2	7.0	2.8
				2.04-2.12	2.04-2.08												2.1	2.0	2.5	4.3	2.1	4.4	2.2	7.0
pp \rightarrow EX (2.2.2d-e)	6163	33106	39269	0.56-0.60		2.6	2.6	2.0	4.1	1.7	9.0	4.4	11.7	4.6	11.7	4.6								
				0.76-0.84													2.0	2.6	9.0	4.4	11.7	4.6		
				1.24-1.36	0.88-0.92												2.4	2.6	11.3	4.7	11.7	4.6		
				2.04-2.12	2.04-2.08												2.1	2.6	4.3	2.1	9.7	3.8	13.4	4.4

Tab. 2.4: Zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen fehlenden Masse der Ladung $Q = -3$

Defini- tion (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
pp \rightarrow pp3 π^+ X (2.4.1a-c)	1063	5090	6153		0.82-0.85	0.79-0.85		2.0	2.2			1.3	0.6	3.2	1.5
				0.97-1.0			2.0		2.1	1.0					
				1.09-1.12				2.2				2.1	1.0		
				1.87-1.90	1.87-1.90		2.0	2.0				2.9	1.4	3.2	1.7
				2.17-2.23	2.17-2.23		2.6	2.4				5.2	2.0	5.4	2.3
				2.53-2.56			2.0					2.6	1.3		
				2.86-2.89			2.4	2.4				2.8	1.2	3.0	1.3
pp \rightarrow FX (2.2.2f)	1933	13170	15103	0.58-0.61			2.4			2.7	1.1				
				0.70-0.73	0.70-0.73		3.4	3.7			6.5	1.9	9.2	2.5	
				0.76-0.82			2.1			4.4	2.0				
			1.42-1.48			2.2			3.7	1.7					
pp \rightarrow np4 π^+ X (2.5.1a)	408	3745	4153				(kleiner als 2)								

Tab. 2.5: zu den Verteilungen der exotisch-mesonischen fehlenden Masse der Ladung $|Q|=4$

Defini- tion (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
		(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ
pp \rightarrow pp4 π^- X (2.5.1b)	36	538	574		1.35-1.41			2.3				1.2	0.6		
					1.92-1.95			2.5					1.3	0.5	
pp \rightarrow np3 π^- X (2.5.1c)	395	3391	3786	1.02-1.08			2.7			2.0	0.7				
				1.29-1.32			2.0		1.5	0.7					
pp \rightarrow pp4 π^+ X	36	538	574		3.51-3.54	3.51-3.54		2.0	2.0			1.4	0.7	1.5	0.7
					1.80-1.83			2.2				1.1	0.5		
					3.0-3.03			2.5				0.7	0.3		

Tab. 3.1: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen 3-Teilchenkombinationen (B=1)

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
$p\pi^+\pi^+$ (3.1.1a-c)	42123	89164	131287	1.48-1.52					2.4					22.0	9.3
				2.16-2.20			2.0			13.2	6.7				
					3.36-3.44	3.36-3.56		2.2	4.2			14.4	6.4	48.6	11.6
					4.20-4.24	4.20-4.24		2.3	2.5			6.9	3.0	8.1	3.3
					4.28-4.32	4.28-4.32		2.5	2.7			7.1	2.8	8.3	3.1
$n\pi^-\pi^-$ (3.1.1d-f)	4401	14388	18789	1.48-1.56		1.48-1.52	2.1		2.5	9.1	4.3			11.4	4.5
				2.40-2.44		2.40-2.44	3.0		2.7	4.0	1.3			8.4	3.1
					2.56-2.60			2.1				4.7	2.3		
				3.00-3.04			2.2			0.9	0.4				
					3.16-3.20	3.16-3.20		3.7	3.5			5.1	1.4	5.3	1.5
						3.60-3.64			2.1					2.1	1.0
					3.76-3.80	3.76-3.80		2.1	2.0			1.7	0.8	1.8	0.9

Tab. 3.3: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen 5-Teilchenkombinationen (B=1)

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)										
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u.24	12 (GeV/c)		24(GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)						
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$					
$p3\pi^-\pi^0$ (3.3.2a-c)	1284	8244	9528	2.08-2.12	2.12-2.16	2.84-2.88	2.6	2.4	2.1	3.1	1.2	2.4	1.0	4.9	2.2	5.4	2.6			
					2.84-2.88			2.3				4.9	2.2							
					3.12-3.20			2.6				8.7	3.3							
					3.96-4.00			2.4				4.3	1.8					4.6	1.8	
					4.88-4.92			2.7				1.4	0.5					1.7	0.6	
$n\pi^+3\pi^-$ (3.3.1a-c)	1632	15148	16780	1.84-1.88	1.84-1.88	1.84-1.88	2.0	2.1	2.4	2.5	1.3	2.1	1.0	3.1	1.3	13.6	5.2			
					1.96-2.00			2.0				2.1	1.0							
					2.40-2.56			3.1				10.7	3.5							
					3.88-3.96			2.1				5.7	2.7							
					2.44-2.52			2.6				13.8	6.0					16.9	8.5	
$p3\pi^+\pi^-$ (3.3.3a-c)	17890	86088	103978	2.20-2.28	2.20-2.28	2.20-2.28	<2	2.3	2.0	2.3	1.3	13.8	6.0	16.9	8.5	15.9	6.7			
					2.12-2.16			2.4				14.1	6.8							
					3.16-3.20			2.1				10.1	5.0					12.8	5.5	
					4.24-4.28			2.0				2.4	2.2					1.1	4.9	2.1
					2.48-2.52			2.4				2.4	2.0					2.4	2.1	
$p4\pi^-$ (3.3.4a,d)	(85)	1449	1534	2.48-2.52	2.40-2.52	2.40-2.52	<2	2.0	2.4	2.0	2.0	3.9	1.5	4.3	2.1	2.2	0.8			
					2.48-2.52			2.0				2.0	2.9					1.5	3.2	1.6
$p3\pi^+\pi^0$ (3.3.2d-f)	1284	8244	9528	4.00-4.04	4.00-4.04	4.00-4.04	<2	2.0	2.0	2.2	0.8	2.9	1.5	3.2	1.6	2.9	1.5			
					3.48-3.52			2.0				2.0	2.9					1.5	3.2	1.6
$n4\pi^+$ (3.3.4b,e)	408	3787	4195	2.32-2.36	3.48-3.52	3.48-3.52	2.7	2.0	2.0	2.2	0.8	2.9	1.5	3.2	1.6	2.9	1.5			
					3.48-3.52			2.0				2.0	2.9					1.5	3.2	1.6
$n4\pi^-$ (3.3.4c,f)	(13)	357	370	2.32-2.36	2.32-2.44	2.32-2.44	2.7	2.8	2.8	2.2	0.8	2.8	1.0	1.8	0.9	2.8	1.0			
					2.72-2.80			2.4				2.1	1.8					0.8	1.8	0.9

Tab. 3.3: Fortsetzung

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
$p4\pi^+$ (3.3.3d-f)	480	4879	5359	2.20-2.32 2.80-2.88			2.0 2.8			3.1 3.0	1.5 1.1				
$p4\pi^+$ (3.3.4f)		1975			3.0-3.04 3.76-3.84	3.0-3.04 3.76-3.84		2.0 3.8 3.5	2.2 3.9			3.3 8.3 5.6	1.7 2.2 1.6	4.2 9.3	1.9 2.4

Tab. 3.4: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen 6-Teilchenkombinationen (B = 1)

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u.24	12 (GeV/c)		24(GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
$p\pi^+4\pi^-$ (3.4.2d)	(353)	6074	6427		2.20-2.24	2.20-2.24 3.12-3.20		2.3	2.2 2.0			1.5	0.6	2.3	1.0 0.6 3.3
$p3\pi^+\pi^-\pi^0$ (3.4.1a-c)	4020	27712	31732	2.80-2.84		4.80-4.84	4.80-4.84	2.3			6.2	2.8			
$p4\pi^+\pi^0$ (3.4.2e)	(42)	838	(880)					(<2)						7.2	3.0 8.0 3.3
$n4\pi^+\pi^-$ (3.4.1d-f)	1289	13005	14294		2.28-2.32	2.28-2.40		2.0	2.4			1.4	0.7	4.8	2.0
				2.52-2.56		3.84-3.92	3.84-3.92	2.2			2.5	1.1		11.5	3.9 13.5 4.3
						4.92-4.96	4.92-4.96		3.0	3.2				4.0	1.7 4.7 1.8
$n\pi^+4\pi^-$ (3.4.2f)	(65)	1770	(1835)		2.92-3.00			2.2						3.4	1.6
					3.64-3.72			2.4						3.4	1.4
$p3\pi^+\pi^-$ (3.4.2a-c)	1577	17309	18886	2.56-2.60				2.3			3.5	1.5			
				2.64-2.68				2.3			3.5	1.5			
					3.04-3.12	3.04-3.12			2.3	3.0				8.6	3.7 13.5 4.5
				3.32-3.36				2.0			2.3	1.1			
					3.60-3.64	3.60-3.64		2.6	2.1					8.3	3.2 7.6 3.6

Tab. 3.5: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen 7-Teilchenkombinationen (B = 1)

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)						
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)		
		(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
$p\pi^+ 4\pi^- \pi^0$ (3.5.1e)	(168)	3352	(3520)		3.52-3.64 3.92-3.96 4.20-4.32			2.0 2.9 2.3					4.7 4.7 6.3	2.4 1.6 2.8		
$n2\pi^+ 4\pi^-$ (3.5.1f)	(130)	3540	(3670)		3.00-3.08 4.24-4.36			2.0 2.7					3.0 6.5	1.6 2.4		
$p4\pi^+ 2\pi^-$ (3.5.1a-c)	1851	23001	24852	2.76-2.80 2.92-3.08 3.56-3.60	2.72-2.80 3.40-3.48 4.28-4.36 4.60-4.64	2.72-2.80 3.40-3.60 4.28-4.36 4.60-4.64	2.0 2.2 2.6	2.1 2.8 2.5 2.0	3.3 4.1 2.7 2.0	2.9 7.1 4.0	1.5 3.3 1.5	3.4 11.0 13.6 7.6	1.6 4.0 5.4 3.5	8.3 32.2 16.2 7.9	2.5 7.9 6.0 3.9	
$p4\pi^+ \pi^- \pi^0$ (3.5.1d)	(168)	3352	(3520)		(< 2)											
$n5\pi^+ \pi^-$ (3.5.2a)	(52)	1416	(1468)		2.84-2.88 4.56-4.68			2.1 2.1					0.7 3.4	0.3 1.6		
$p5\pi^+ \pi^-$ (3.5.2b)	(52)	1416	(1468)		3.32-3.40			2.9					2.4	0.8		

Tab. 3.6: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen 8- und 9-Teilchenkombinationen ($B = 1$)

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μb)						
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u.24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)		
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	
$p4\pi^+2\pi^-\pi^0$ (3.5.2c)	(252)	5028	5280						< 2)							
$n5\pi^+2\pi^-$ (3.6.1a)	(78)	2124	(2202)		3.80-3.84 4.20-4.24 5.08-5.16				3.1 3.0 3.9			2.5 3.4 6.2	0.8 1.1 1.6			
$p5\pi^+2\pi^-$ (3.6.1b)	(78)	2124	(2202)		3.60-3.68 4.52-4.56 4.76-4.88				2.0 2.1 2.5			1.4 2.8 6.3	0.7 1.4 2.6			
$p5\pi^+3\pi^-$ (3.6.1c)	(52)	1416	(1468)		4.20-4.32 5.48-5.60				1.9 2.0			1.6 3.8	0.9 1.9			

Tab. 4.1: Fortsetzung

Defini- tion (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)							
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)			
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$		
pp \rightarrow BX (4.1.2d-f)	10029	58675	68704	1.88-1.92			2.0			6.9	3.5	13.8	6.8				
					2.00-2.08			2.0			5.1	1.9					
						3.16-3.20	3.16-3.20			3.0	3.0			15.1	5.0	16.9	5.6
						3.92-3.96	3.92-3.96			2.3	2.2			9.1	3.9	9.4	4.3

Tab. 4.2: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen fehlenden Masse der Ladung
 $Q = +4$ und $Q = -3$

Defini- tion (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
pp \rightarrow p3 π^- X (4.2.1a-c)	2521	13571	16092	3.08-3.16	1.68-1.76	1.68-1.76	2.0	2.1	2.6	3.1	1.6	0.9	0.4	2.7	1.0
					1.80-1.84			2.2				1.0	0.4		
					3.48-3.52	3.48-3.52		2.4	2.7			6.4	2.6	7.7	2.8
					4.00-4.04	4.00-4.04			2.0					6.3	3.2
					4.68-4.72	4.68-4.72			2.0					4.6	2.4
pp \rightarrow CX (4.2.2a-c)	4326	31117	35443	3.08-3.16	3.48-3.52	3.48-3.52	2.2	2.7	2.7	3.4	1.6	10.3	3.8	11.5	4.2
					4.68-4.72	4.68-4.72		2.1	2.2			4.5	2.2	5.1	2.4
pp \rightarrow p4 π^+ X (4.2.1d-f)	480	4821	5301	2.60-2.64	2.52-2.68	2.52-2.68	2.2	2.1	2.1	1.5	0.7			8.0	3.7
					3.44-3.48	3.44-3.48		2.2	2.3			3.4	1.6	3.9	1.7
pp \rightarrow DX (4.2.2d-f)	574	7075	7649	2.60-2.64	1.88-1.92		2.2	2.1		1.5	0.7	3.3	1.6		
					3.44-3.48										

Tab. 4.3: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen fehlenden Masse der Ladung $Q = + 3$ und $Q = + 4$

Defini- tion (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u.24	12 (GeV/c)		24(GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
$pp \rightarrow n\pi^- X$ (4.3.1a,b)	18958	31084			2.40-2.44		< 2	2.0				4.4	2.2		
					4.20-4.24			2.7			8.8	3.3			
					4.80-4.84			2.3			9.1	3.9			
$pp \rightarrow EX$ (4.3.1c-e)	73520	230588	304108		2.68-2.72		< 2	2.2				21.2	9.6		
					2.92-2.96			2.1			20.7	9.7			
					4.20-4.36	3.36-3.48 4.20-4.36		3.3	2.9 4.3		48.0	14.8	55.4 69.4	18.9 16.7	
$pp \rightarrow n2\pi^- X$ (4.3.2a,b)	4401	14199		2.28-2.32	2.28-2.32		2.3			4.6	2.0				
				2.64-2.68	2.64-2.68		2.3			5.5	2.4				
					3.56-3.64	3.56-		2.7			8.4	3.1			
					3.96-4.00			2.8			7.3	2.6			
$pp \rightarrow FX$ (4.3.2c-e)	8577	47203	55780	2.28-2.32			2.4			8.0	3.3				
					2.44-2.52			2.6			15.2	5.8			
						3.24-3.28			2.2				11.9	5.3	
					3.56-3.64	3.60-3.64		2.7	2.2		17.2	6.4	11.2	5.0	
	3.96-4.00	3.96-4.00		2.1	2.4		8.7	4.2	10.9	4.6					

Tab. 5.1: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen (B = 2) 2-Teilchenkombinationen

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
np (5.1.1a,b)	4046	1630		3.28-3.32	2.28-2.36		2.3	2.0		4.9	2.1	1.3	0.6		
					3.64-3.68			2.4				1.6	0.7		
					3.84-3.96			3.0				3.8	1.3		
					4.68-4.72			3.1				2.8	0.9		
pp (5.1.1c,d)	16640	12417		2.56-2.60	4.76-4.84		2.3	2.6		6.6	2.9	8.2	3.2		
					5.56-5.60			2.3				5.5	2.4		

Tab. 5.2: Zu den Verteilungen der exotisch-baryonischen (B=2) 3-Teilchenkombinationen

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
$np\pi^-$ (5.1.1e,f)	4986	2242	2.16-2.20		4.04-4.08		2.1			1.6	0.8				
					5.28-5.44			2.5					2.0	0.8	
					5.72-5.84			2.2					4.1	1.9	
								2.0					3.3	1.7	
$pp\pi^-$ (5.2.1a,b)	21118	16431	2.44-2.52		3.28-3.40		2.1			6.2	3.0				
					3.44-3.56		2.0		12.3	6.1					
							2.6		15.9	6.2					
					3.80-3.84			2.5					3.9	1.6	
					3.92-3.96			2.1					3.5	1.6	
					4.08-4.28		3.4		33.4	9.8					
					4.52-4.60			2.2					6.1	2.8	
					4.80-4.84			2.5					5.0	2.0	
					4.88-4.92			3.1					6.4	2.1	
					5.68-5.72			2.5					6.1	2.5	
$pp\pi^0$ (5.2.1c,d)	4285	1822			2.92-3.00		<2								
					3.40-3.48			2.1					0.7	0.3	
					3.76-3.80			2.2					1.3	0.6	
					6.12-6.20			2.0					1.1	0.6	
$np\pi^+$ (5.2.1e,f)	9032	3872	2.52-2.56												
					2.80-2.92		2.3					1.0	0.5		
					4.12-4.16		2.9		9.0	3.9					
				5.12-5.16					8.9	3.0					
													3.2	1.2	

Tab. 5.2: Fortsetzung

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24(GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
pp π^+ (5.3.1a,b)	21118	16431		2.56-2.68			2.0			9.0	4.6				
					2.92-2.96			2.0			2.0	1.0			
				3.96-4.00	4.64-4.68			2.3	3.2			9.3	4.1	6.8	2.2

Tab. 5.3: Zu den Verteilungen der exotisch-baronischen (B=2) 4-Teilchenkombinationen

Teilchen- kombina- tionen (Abb.)	Anzahl der Kombinationen			Lage der größten Effekte (GeV)			Standardabweichungen			Wirkungsquerschnitt (μ b)					
	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12	24	12 u. 24	12 (GeV/c)		24 (GeV/c)		12 u. 24 (GeV/c)	
	(GeV/c)			(GeV/c)			(GeV/c)			σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$	σ	$\Delta\sigma$
pp $2\pi^-$ (5.3.1e,f)	5058	4865			6.08-6.16		< 2	2.5				4.3	1.7		
pp $\pi^-\pi^0$ (5.3.2a,b)	5908	2708		2.80-2.84		2.4			3.3	1.4					
				3.56-3.68		2.3			1.9	0.8					
				4.36-4.44		2.6			3.0	1.1					
			4.72-4.76		2.6			6.7	2.6						
np $\pi^+\pi^-$ (5.3.2c,d)	12086	6032		3.08-3.20		< 2	2.1				2.8	1.3			
				3.36-3.40		2.5			2.2	0.9					
				4.16-4.24		2.9			5.0	1.8					
				5.44-5.52		2.5			4.9	2.0					
np $2\pi^-$ (5.3.1e,f)	1057	774		2.48-2.56		2.6			2.1	0.8					
				3.48-3.52		3.3			3.9	1.2					
				4.96-5.04		2.5			2.1	0.8					
			5.44-5.48		3.0					1.5	0.5				
pp $\pi^+\pi^-$ (5.3.2e,f)	21407	18129		2.68-2.80		2.1	2.1				3.2	1.5			
				2.96-3.00		2.1			7.1	3.4					
				3.64-3.68		2.3			3.9	1.7					
				4.08-4.12		2.0			9.3	4.7					
				4.20-4.28		2.9			9.4	3.2					
			5.16-5.20		2.4					6.9	2.8				
			5.28-5.40		2.4					12.1	5.0				

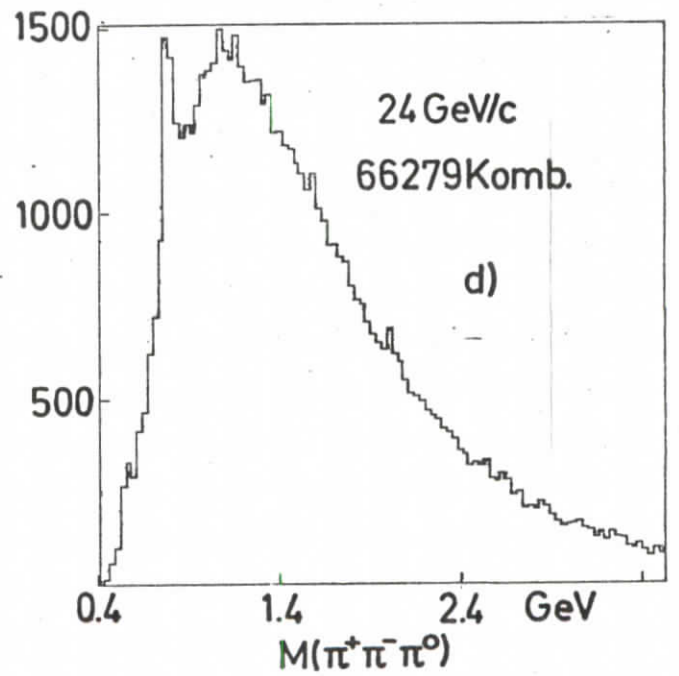
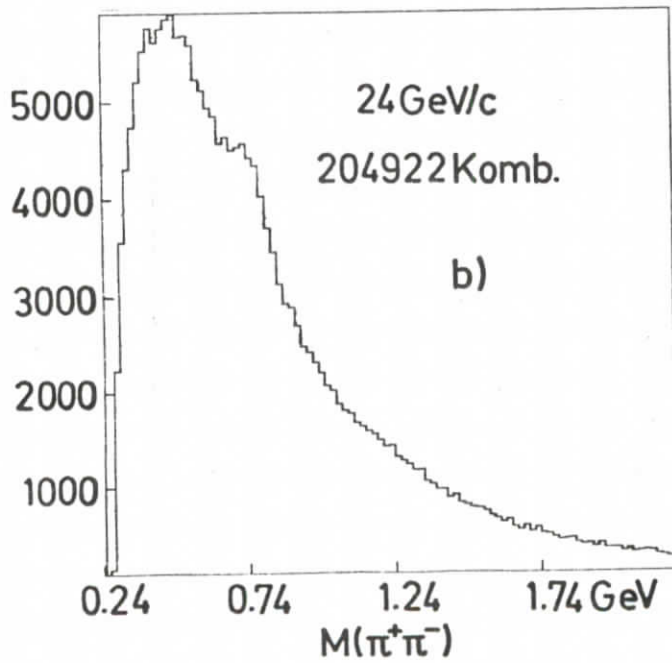
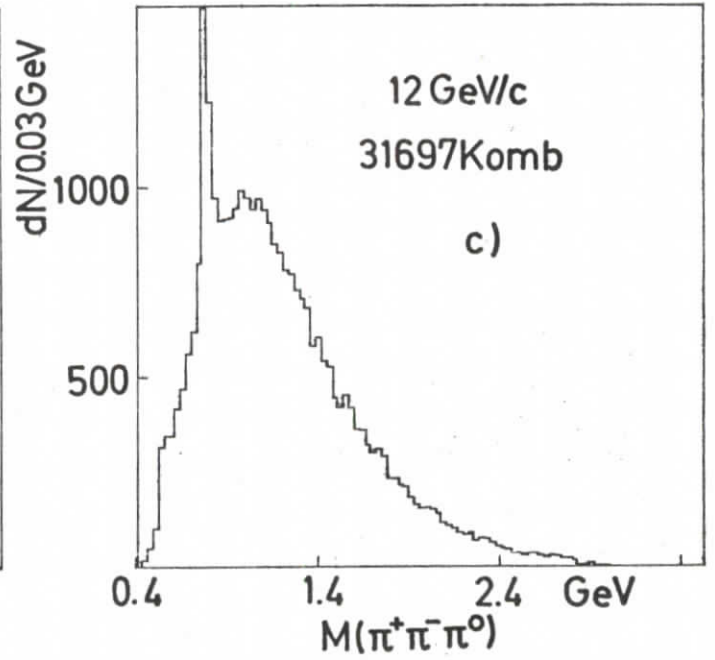
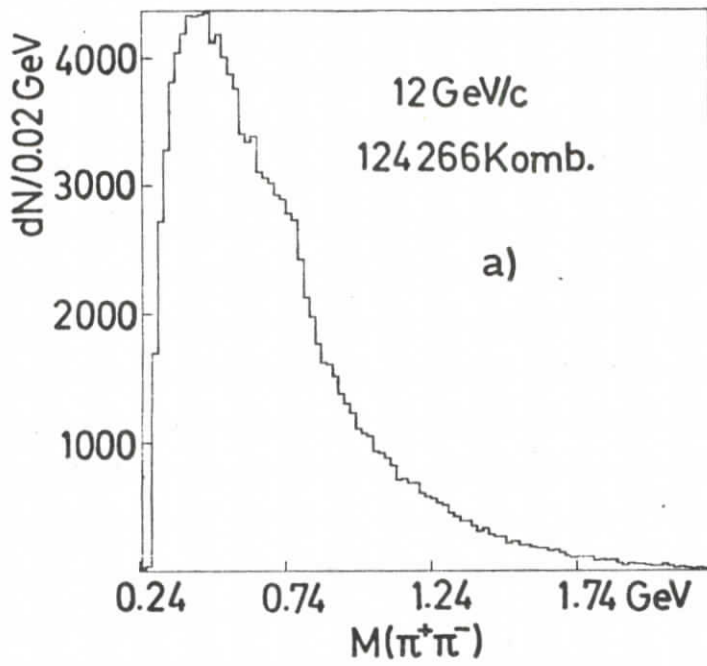


Abb.1.0

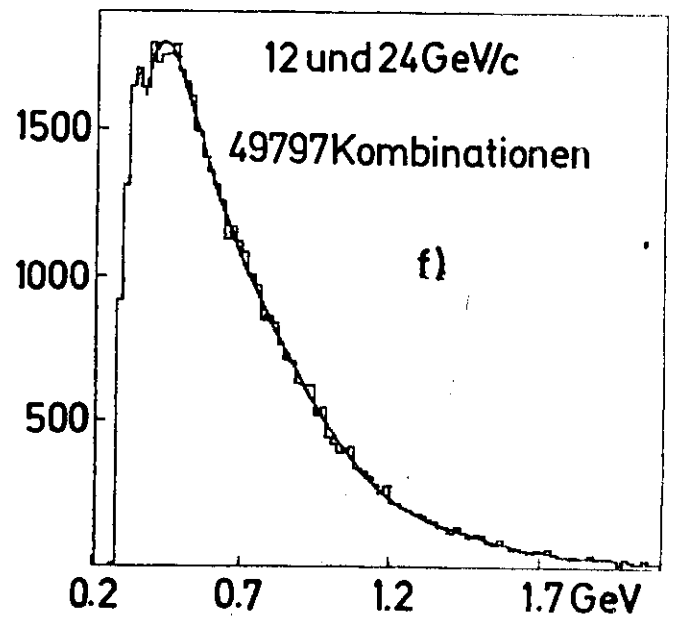
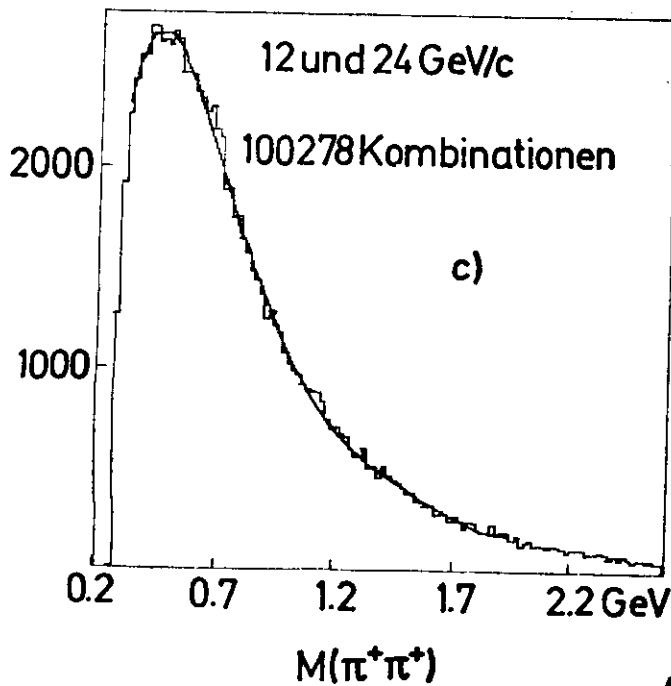
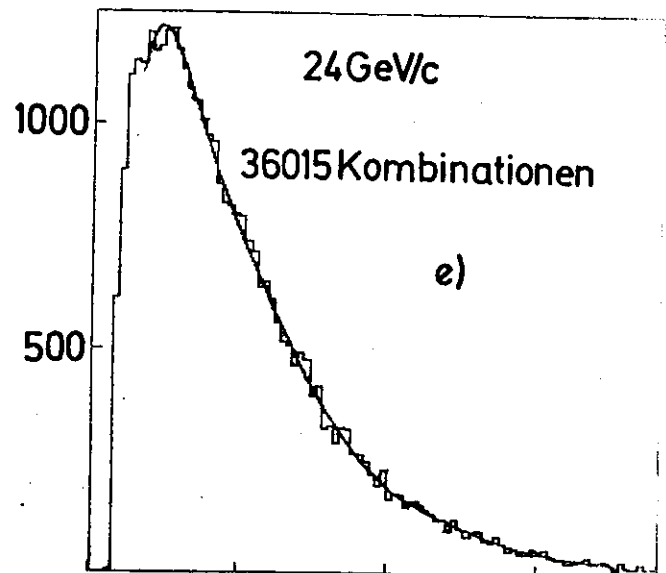
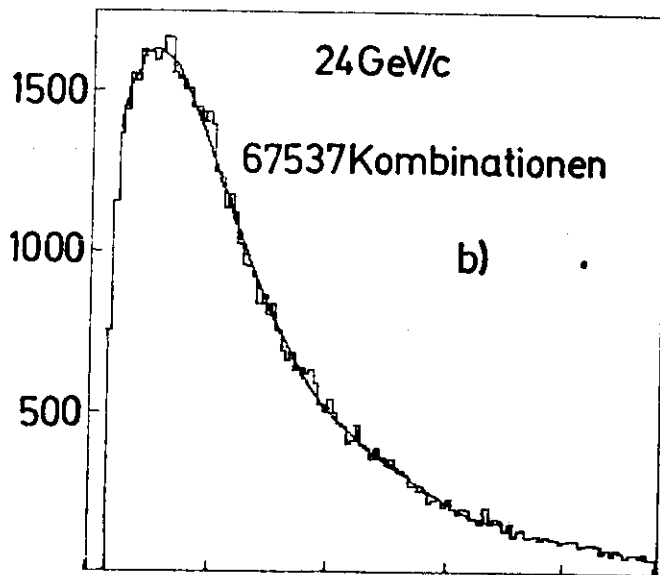
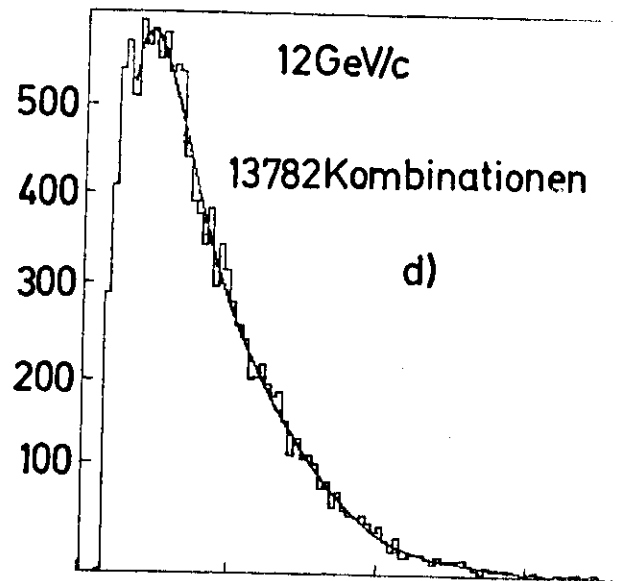
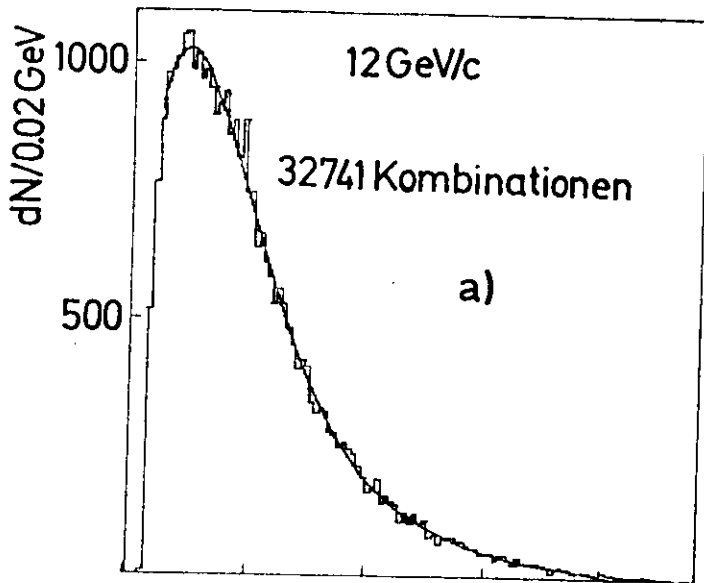


Abb.1.11

$M(\pi^-\pi^-)$

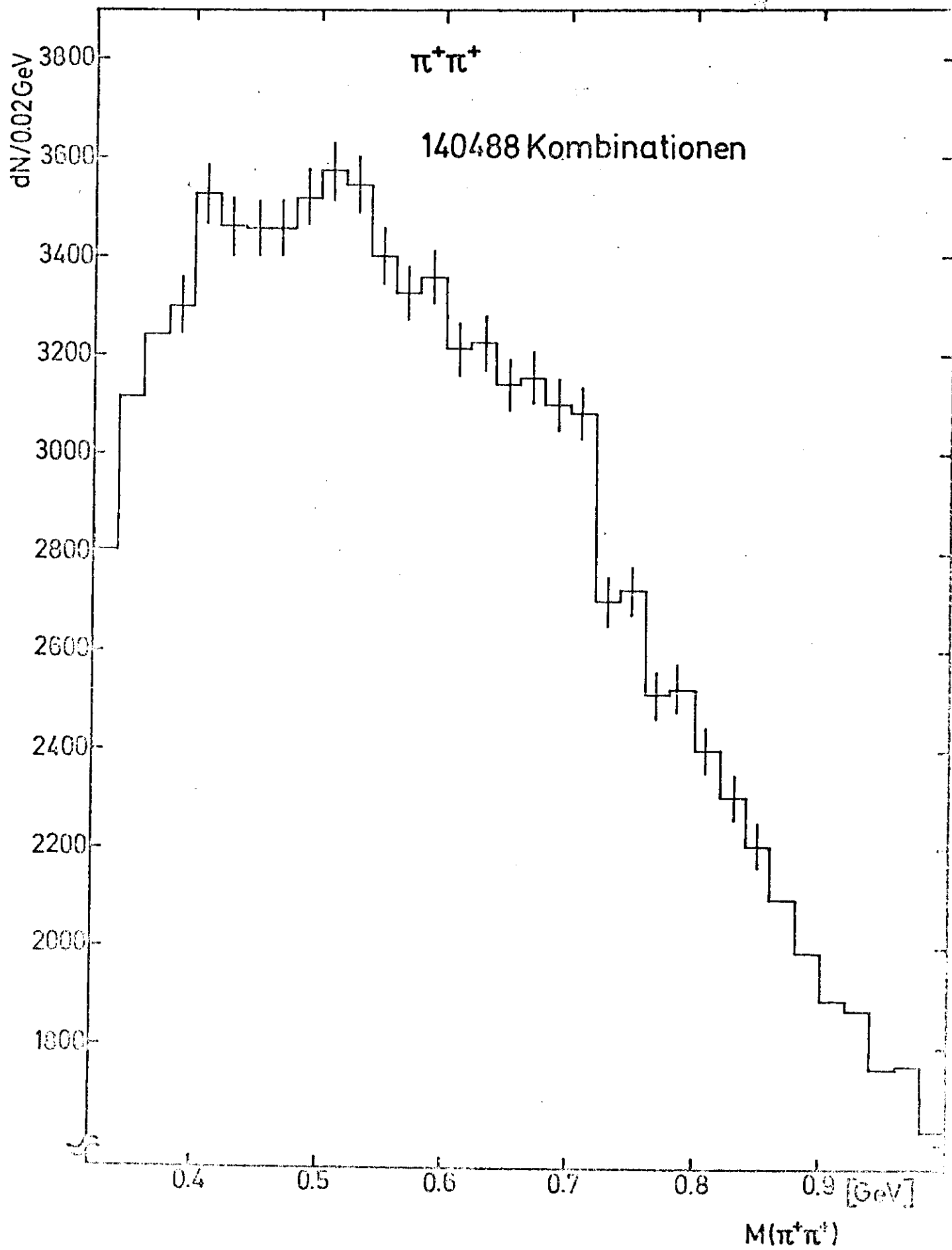


Abb.11.2

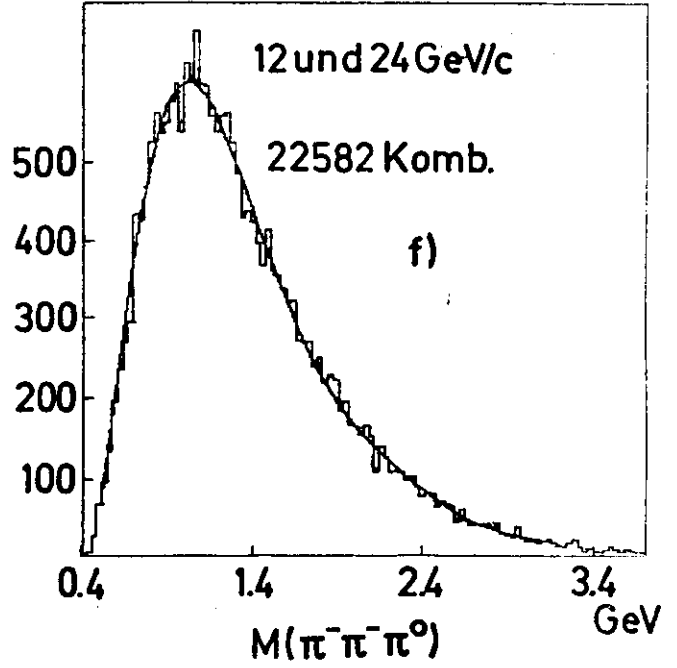
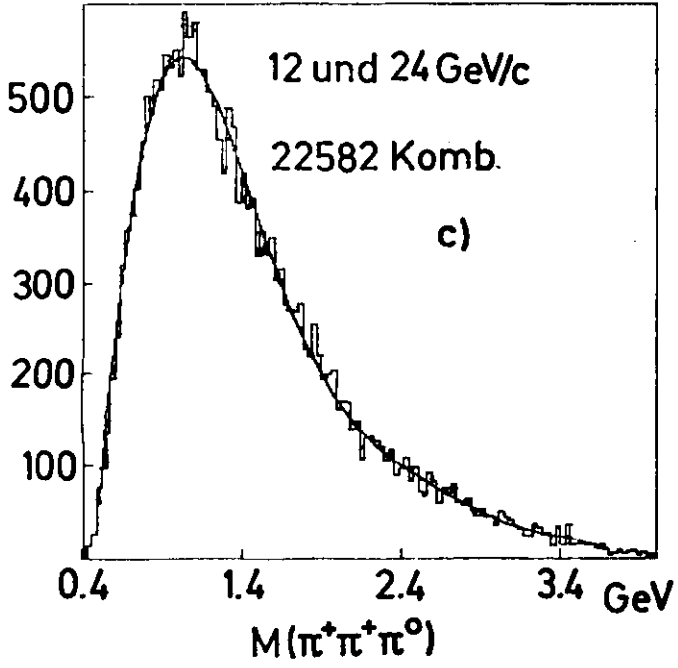
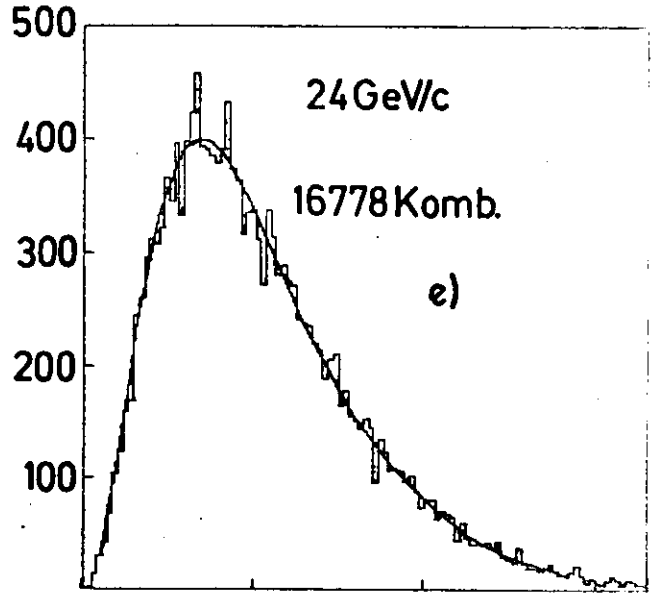
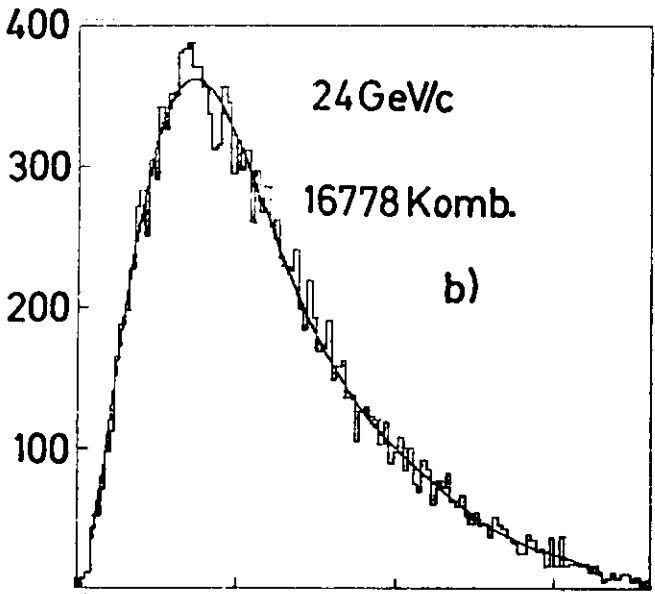
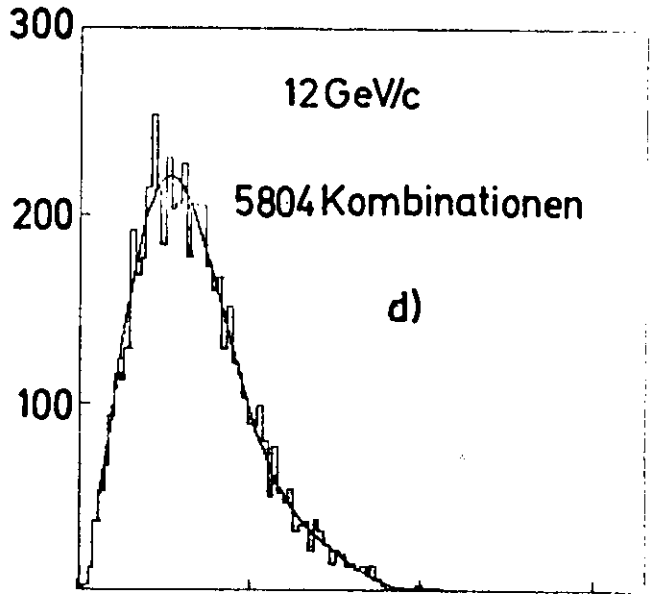
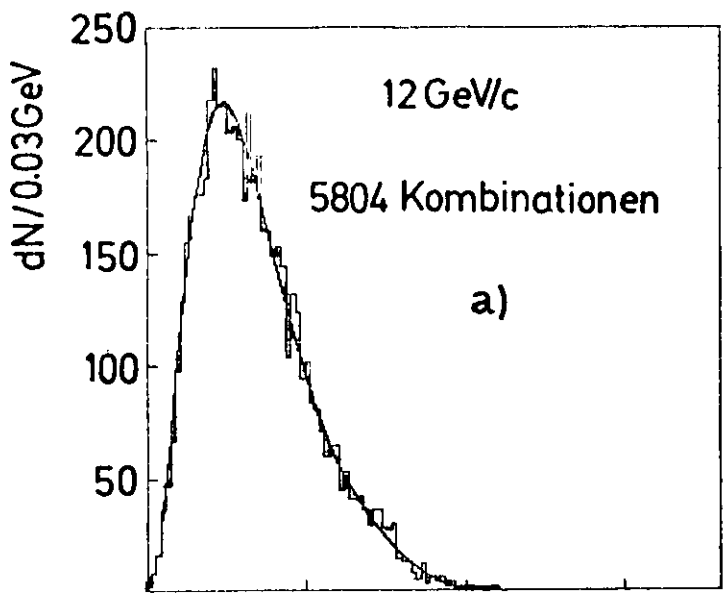


Abb.12.1

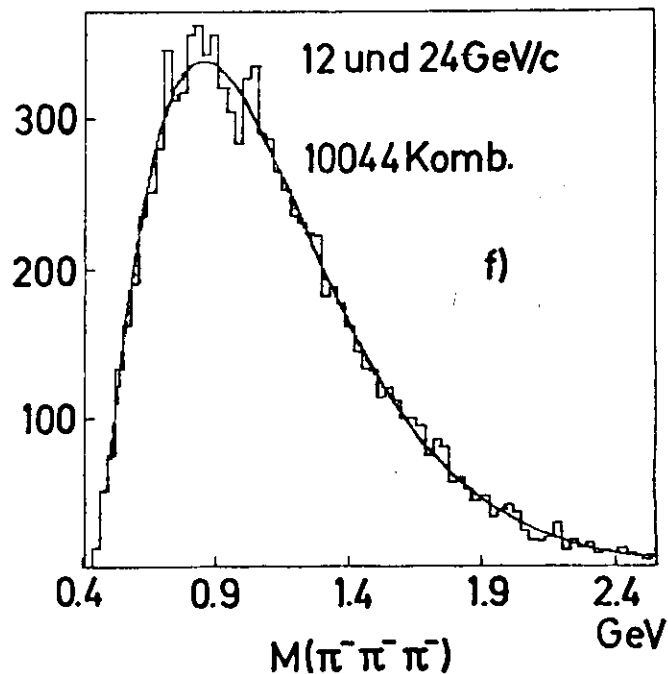
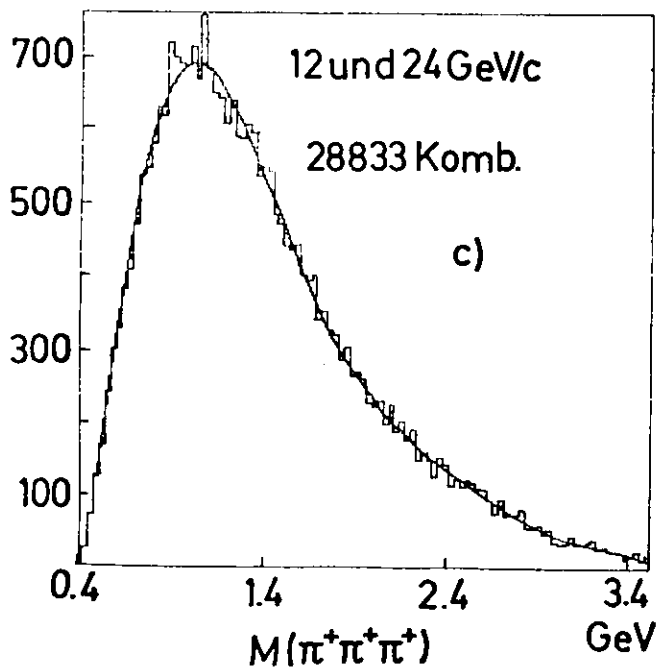
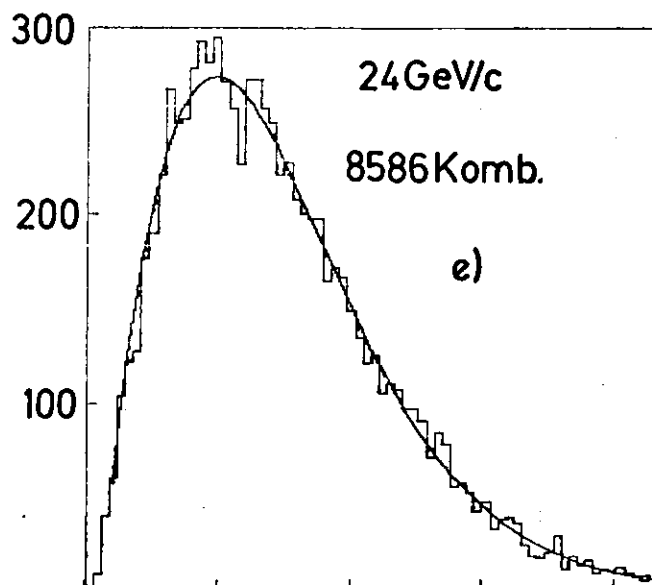
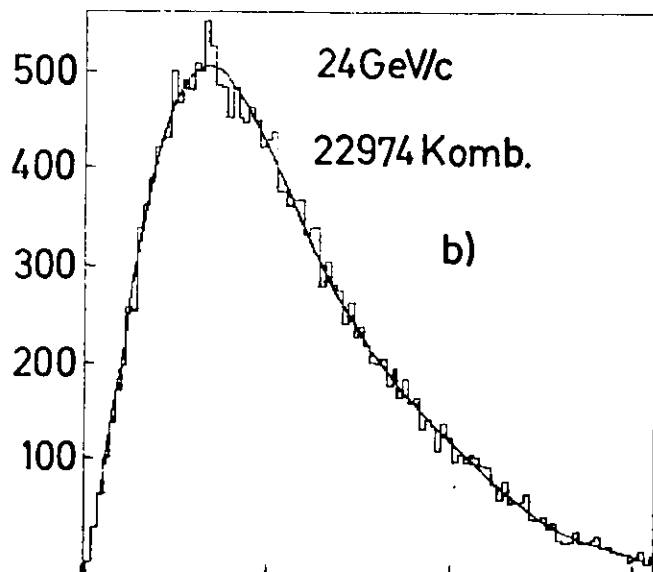
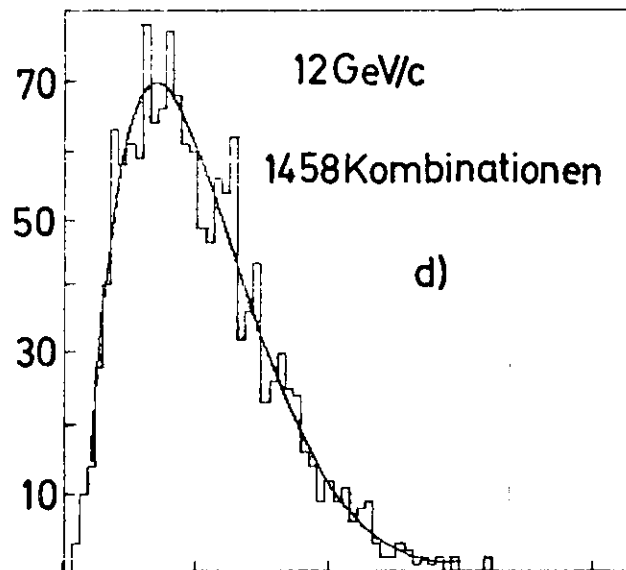
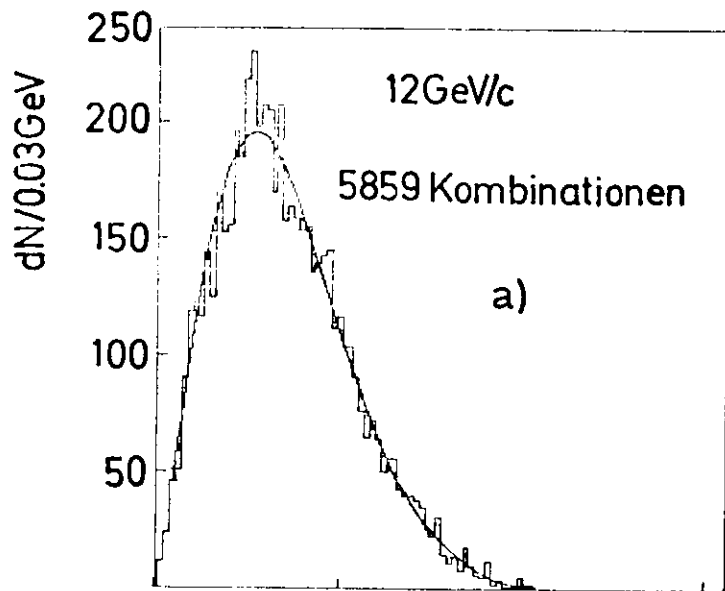


Abb.1.2.2

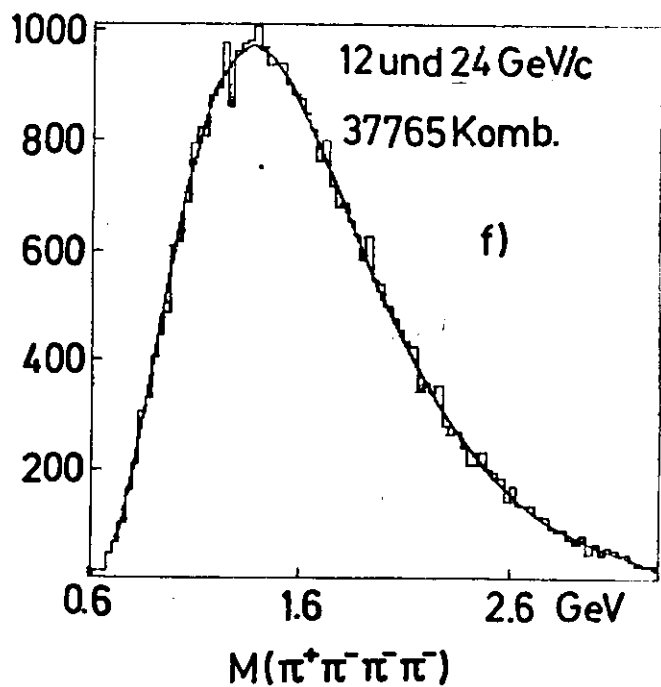
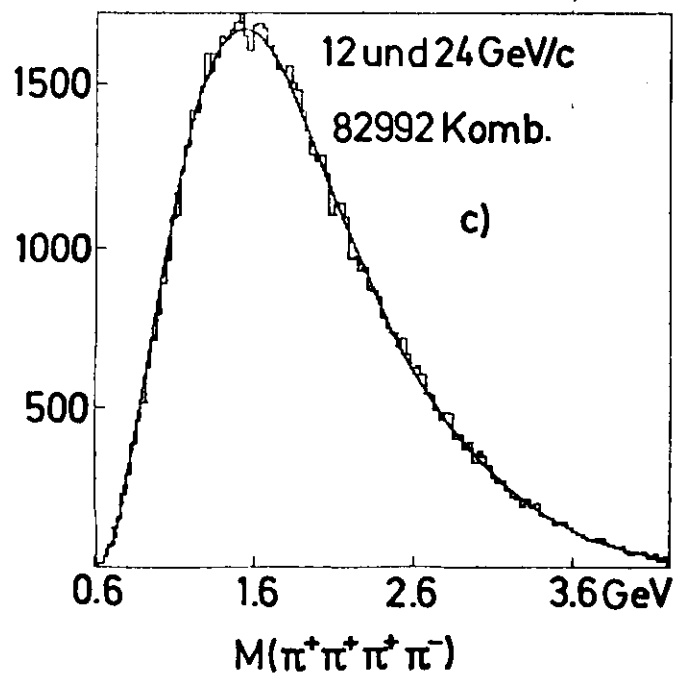
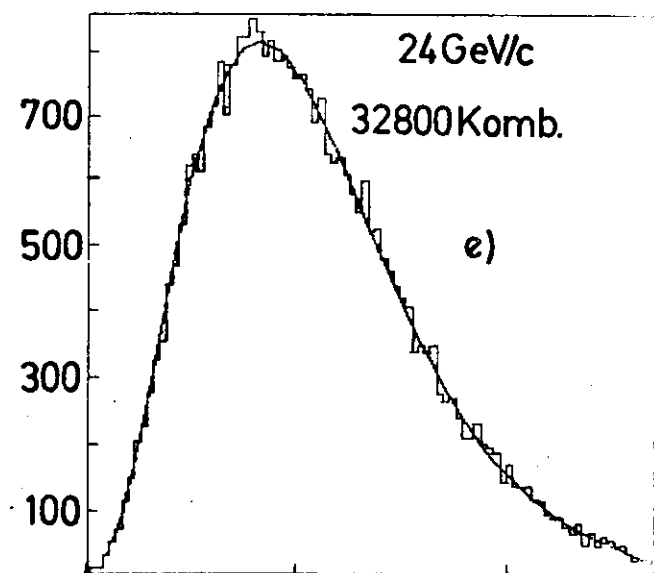
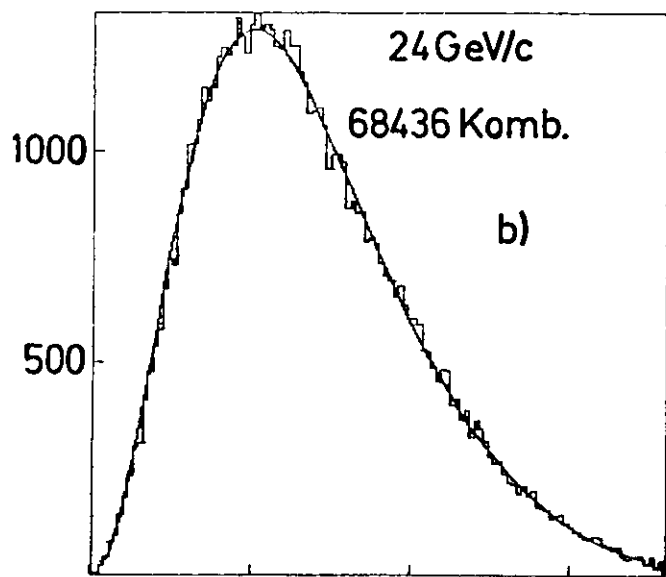
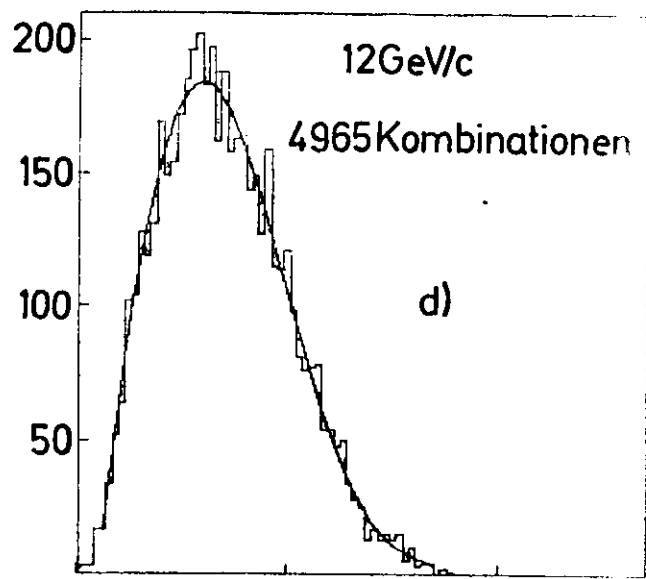
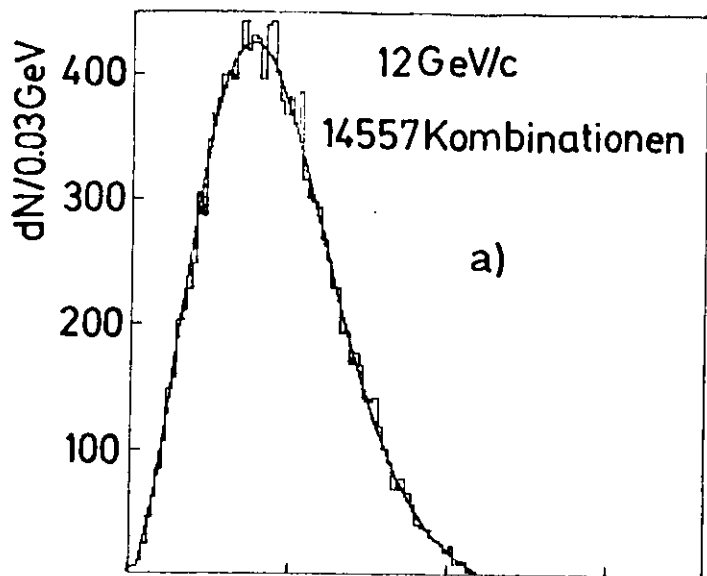
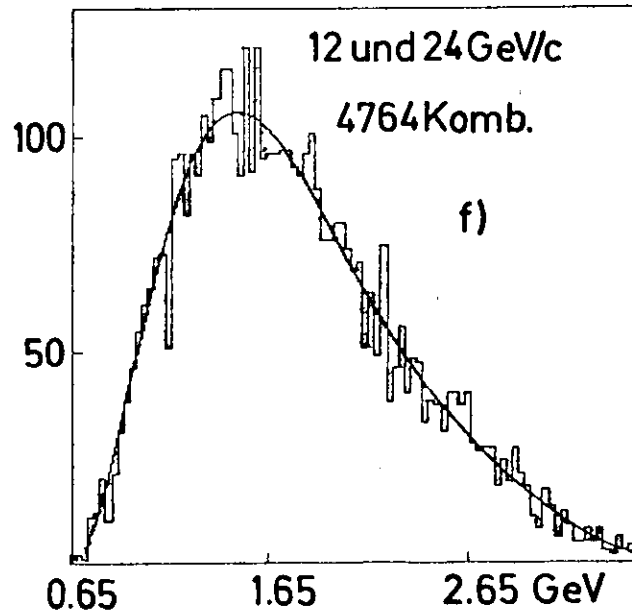
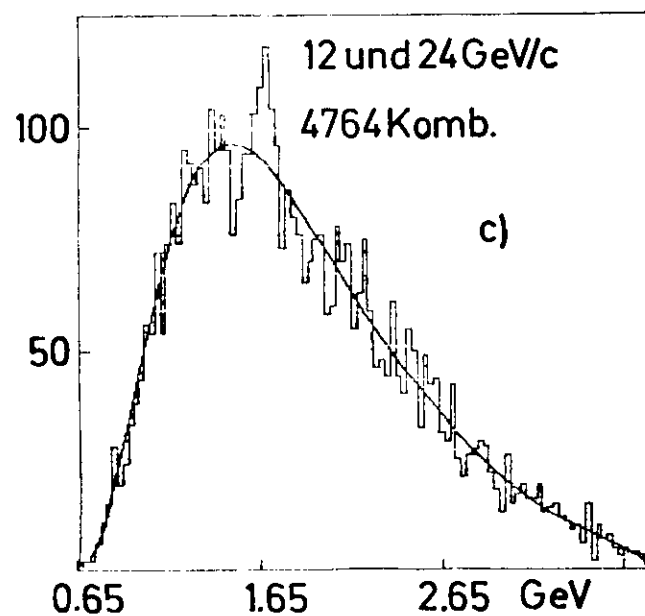
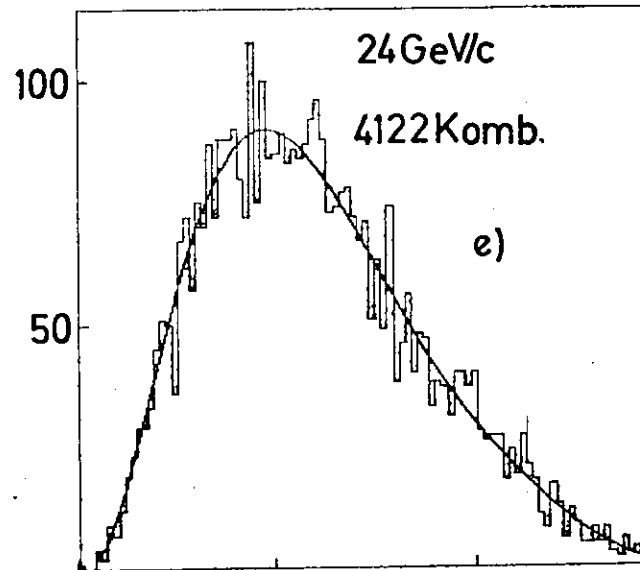
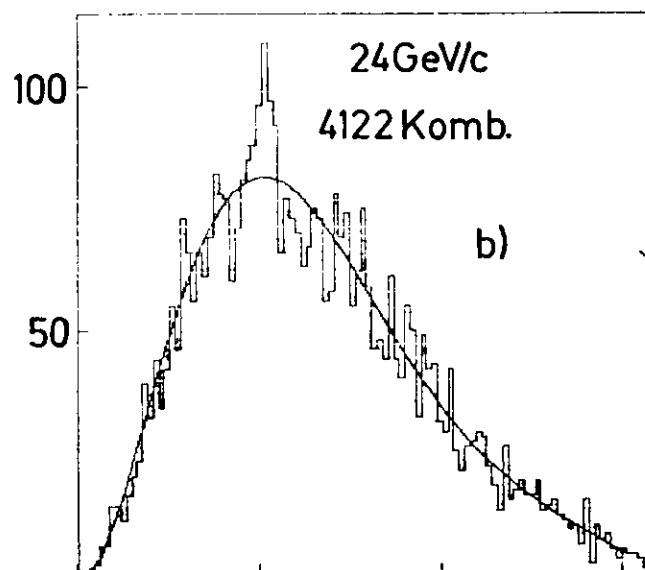
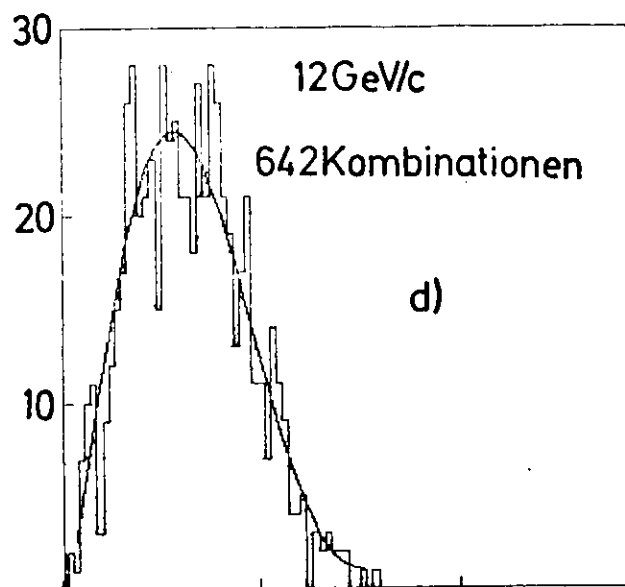
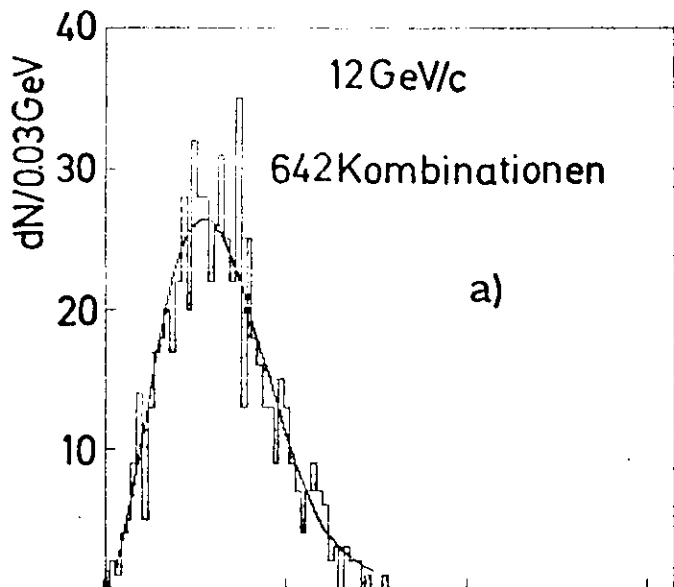


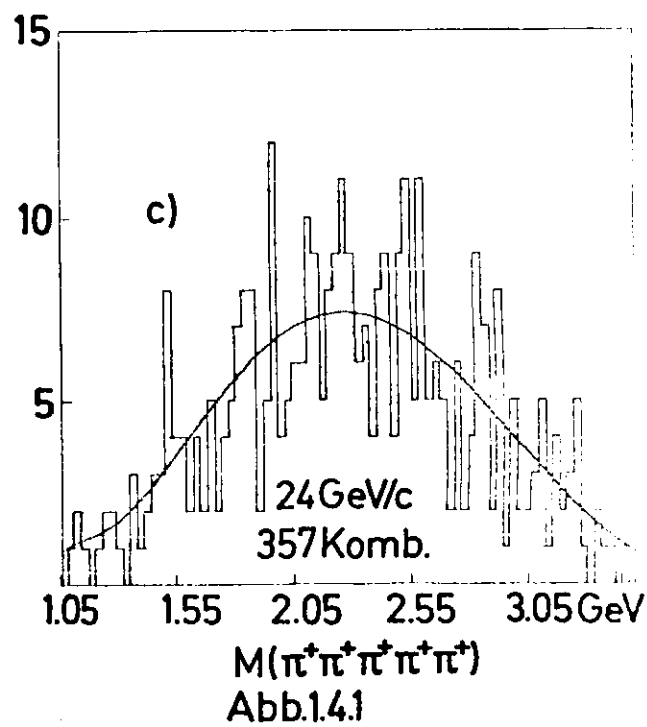
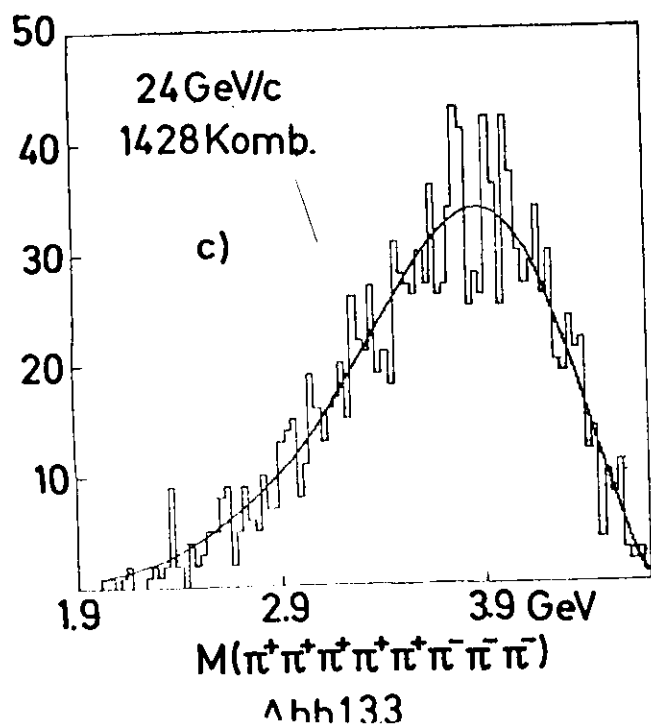
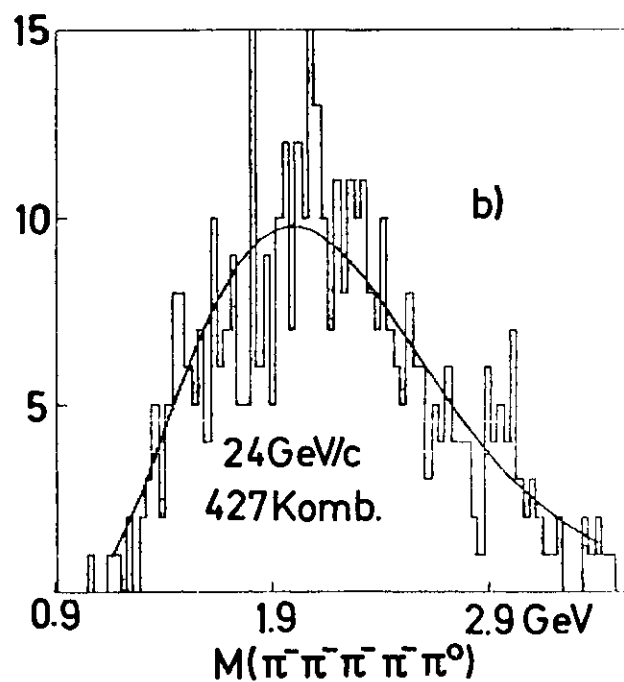
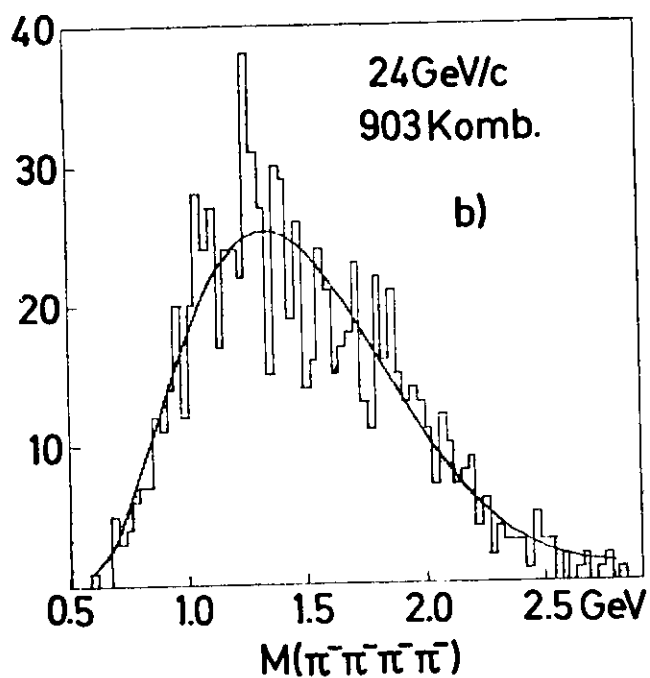
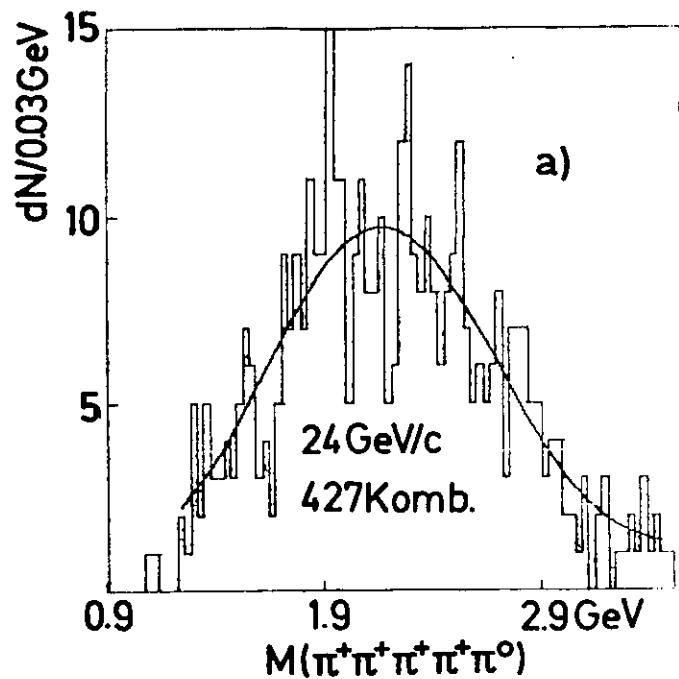
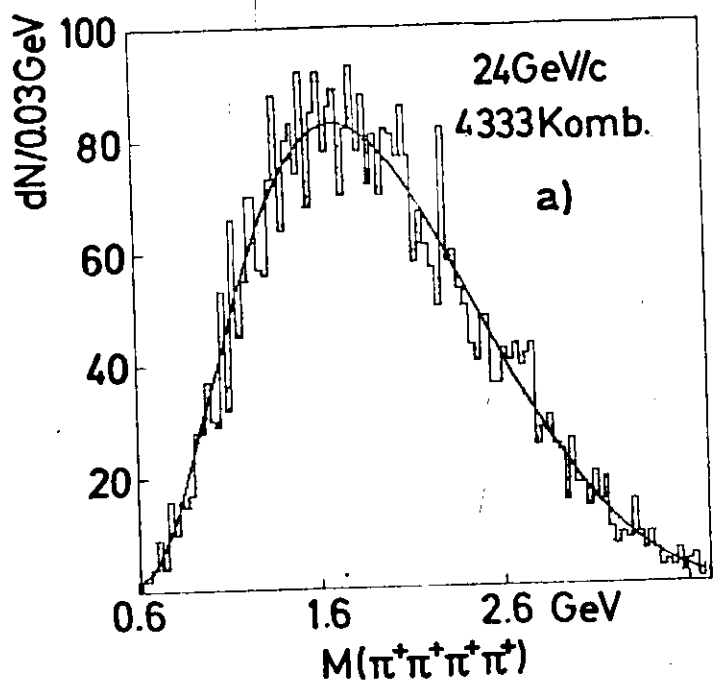
Abb.13.1



$M(\pi^+\pi^+\pi^+\pi^0)$

$M(\pi^-\pi^-\pi^-\pi^0)$

Abb.13.2



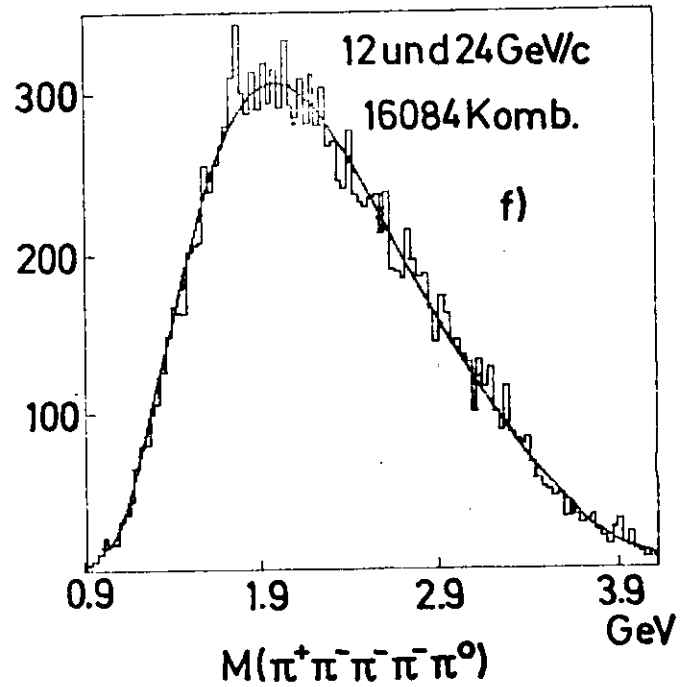
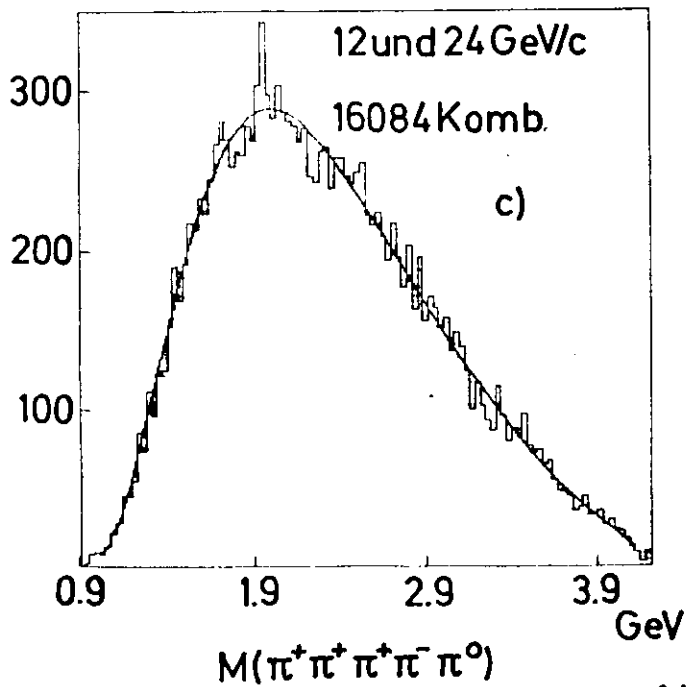
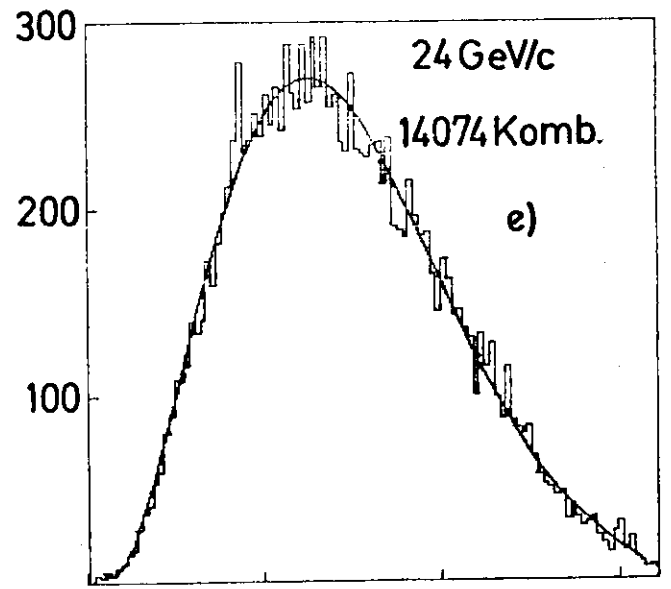
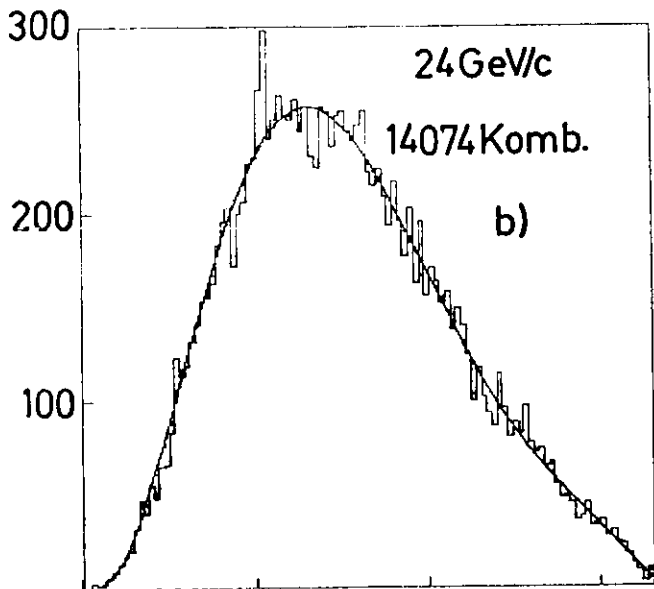
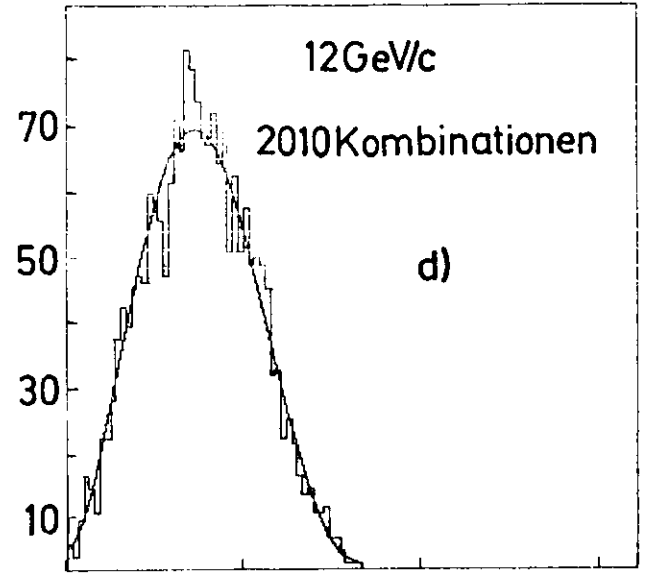
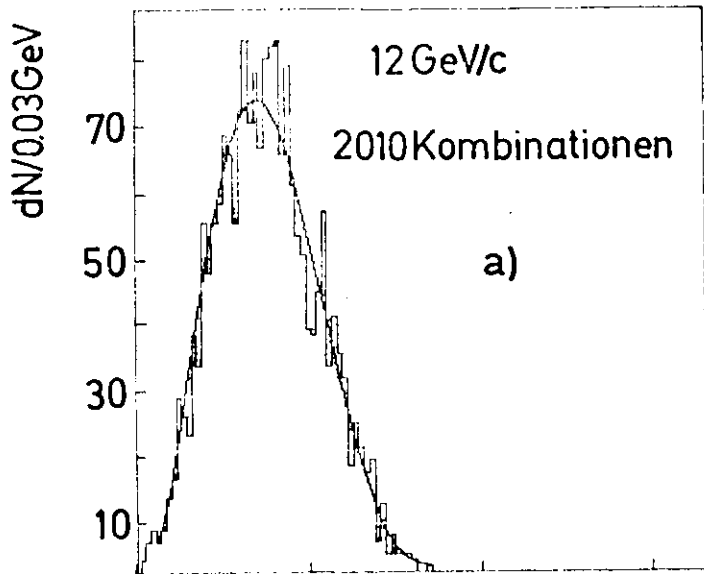


Abb.14.2

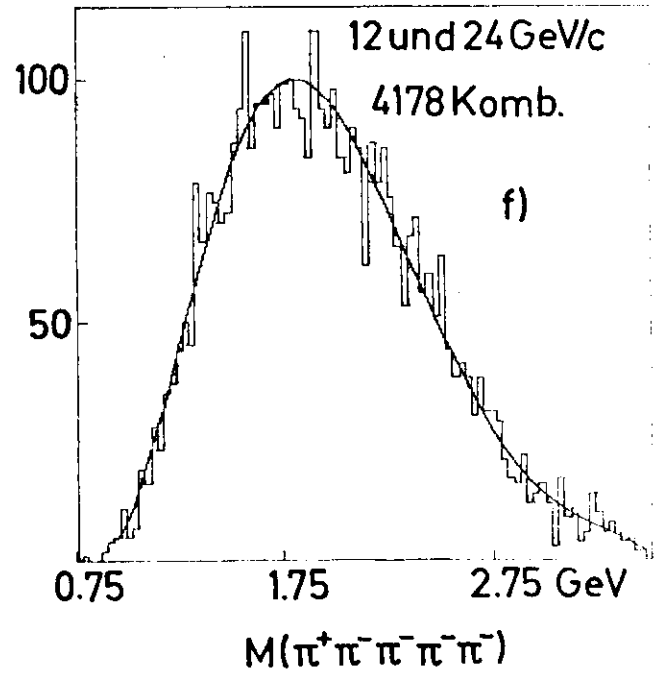
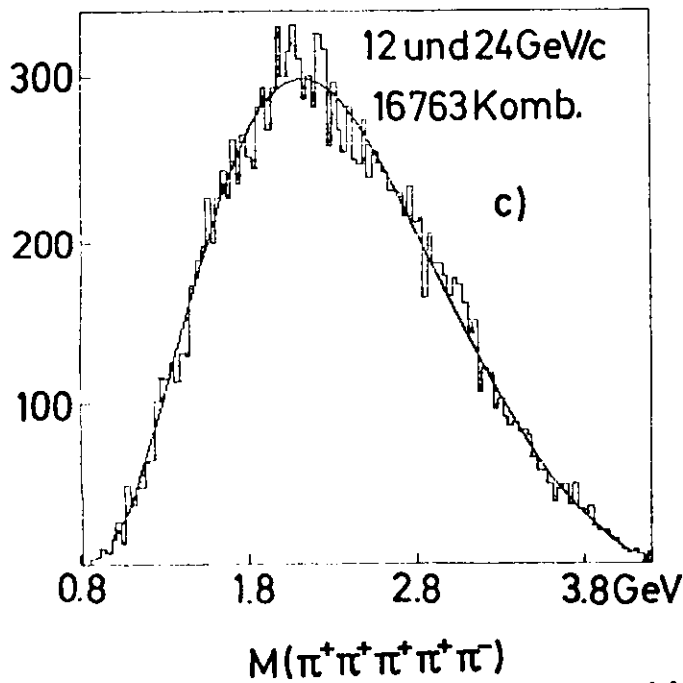
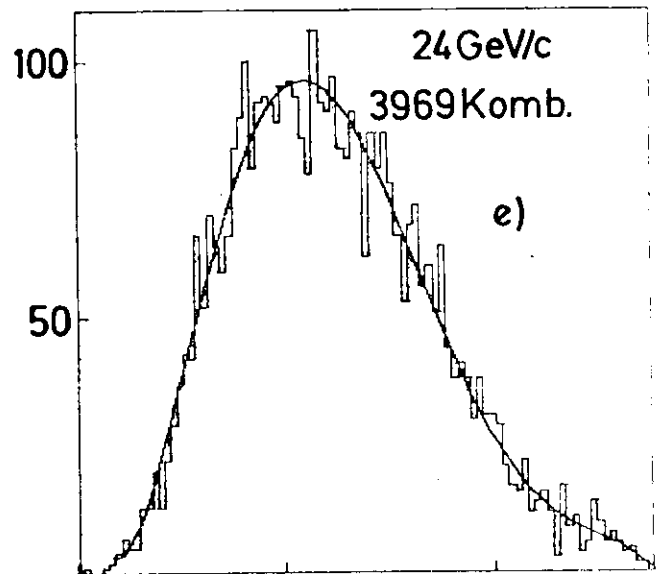
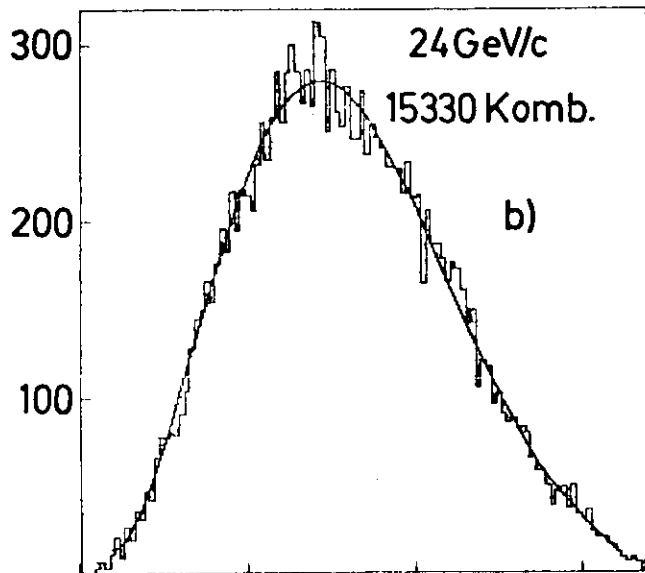
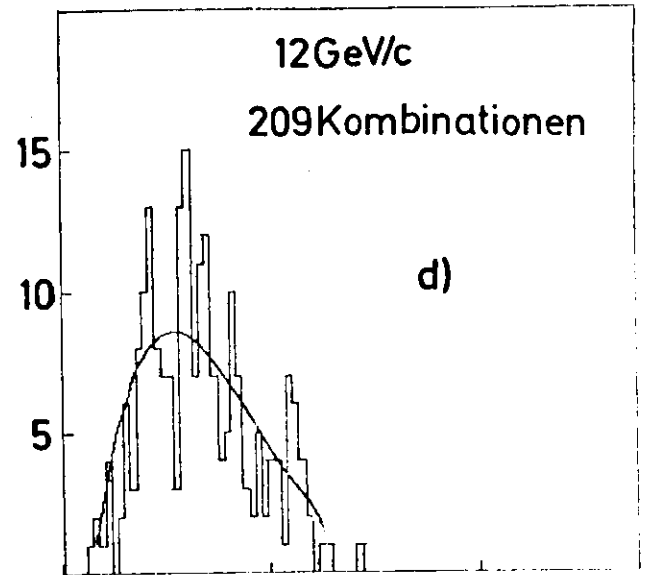
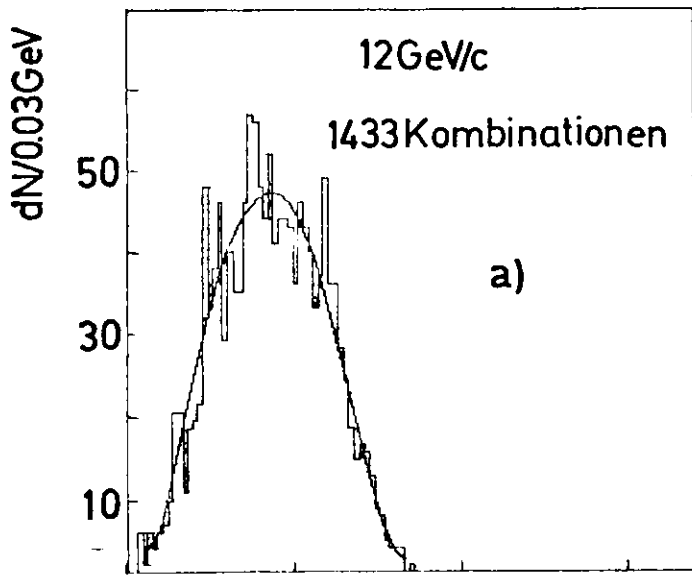
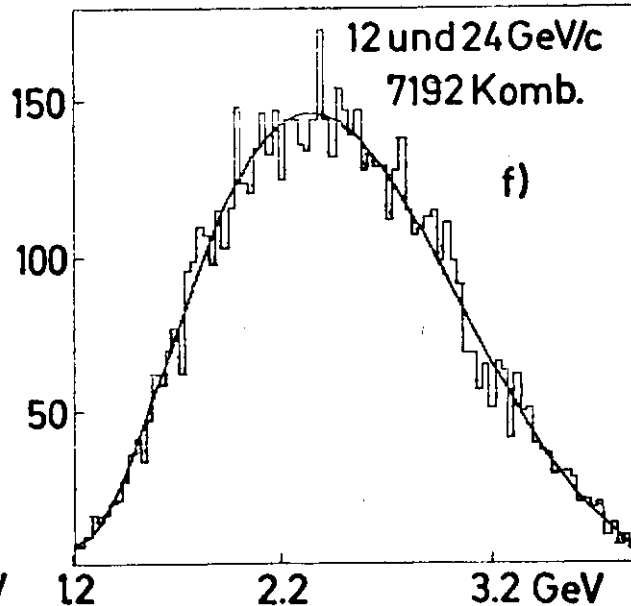
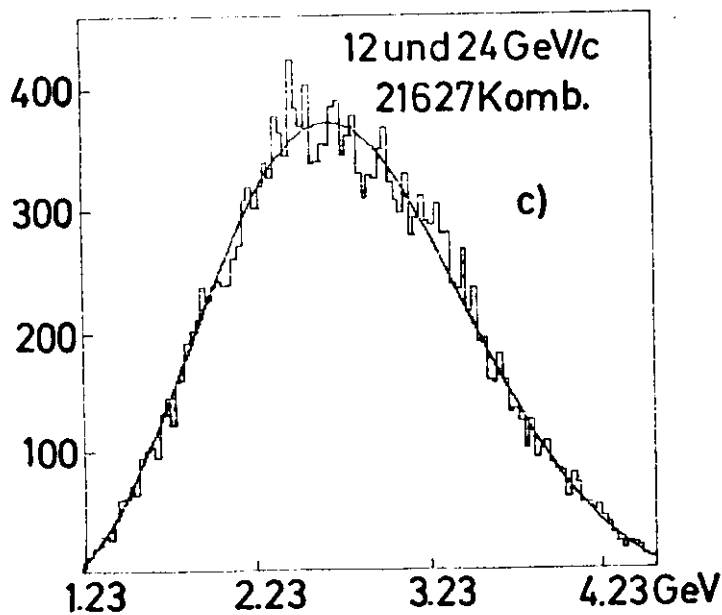
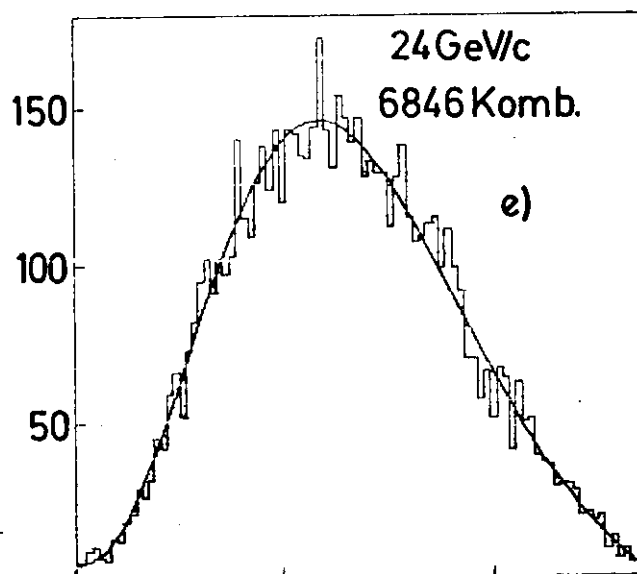
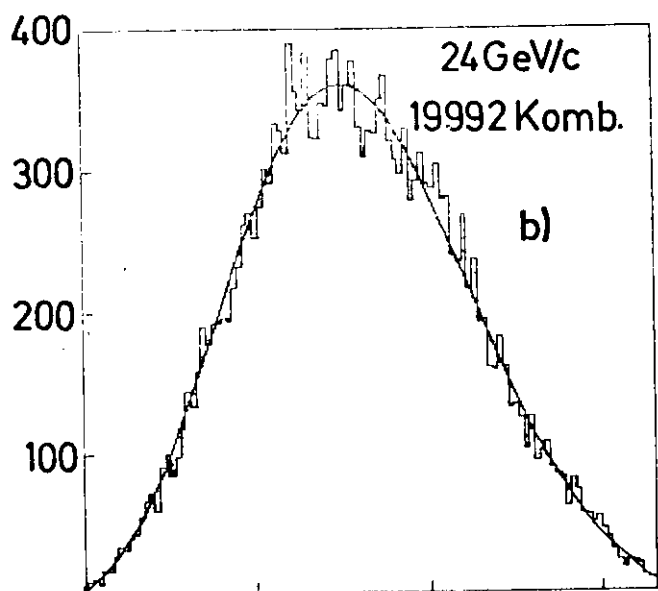
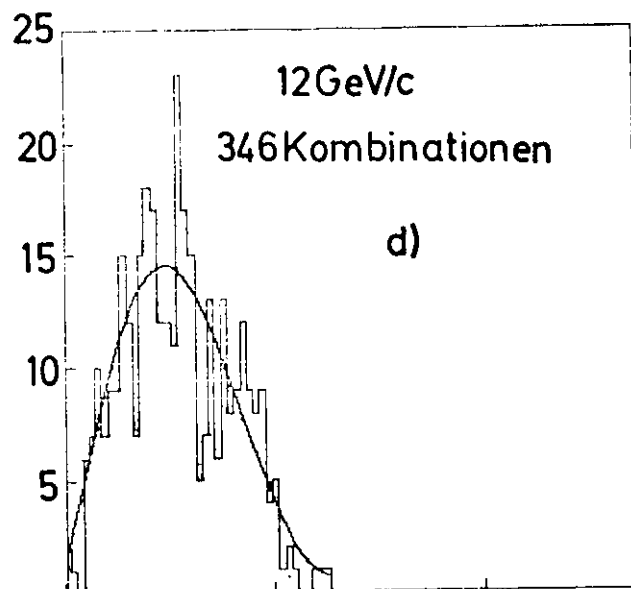
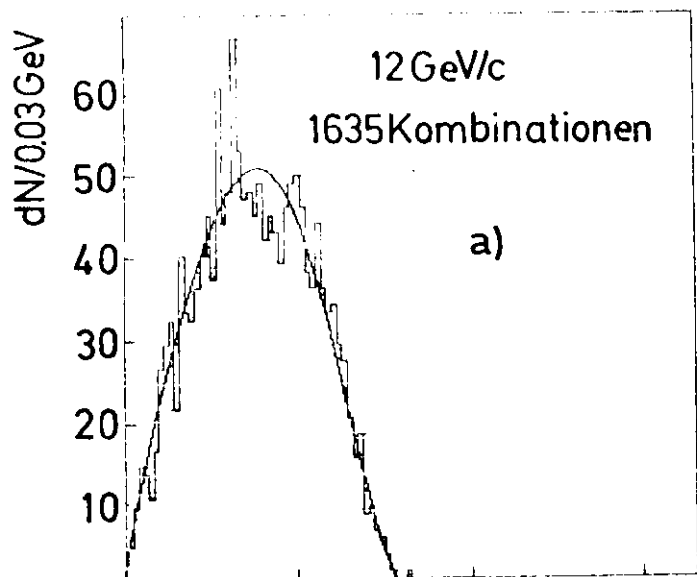


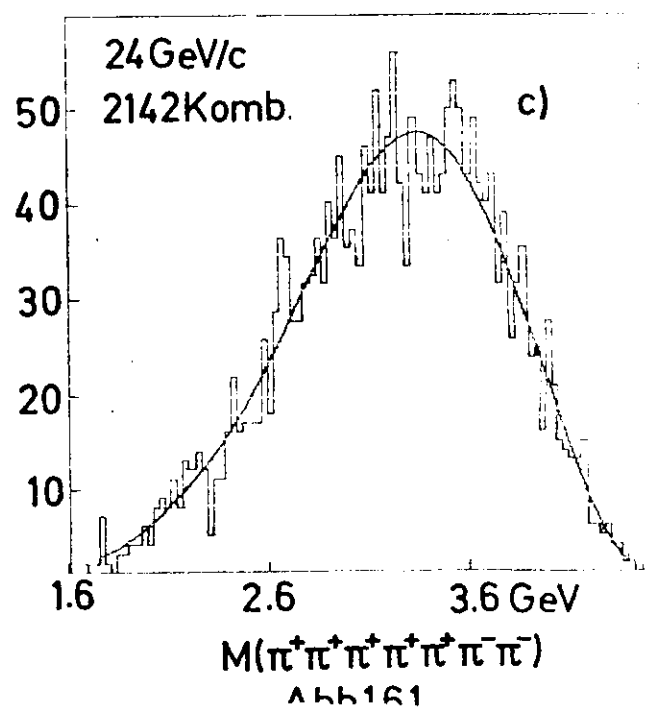
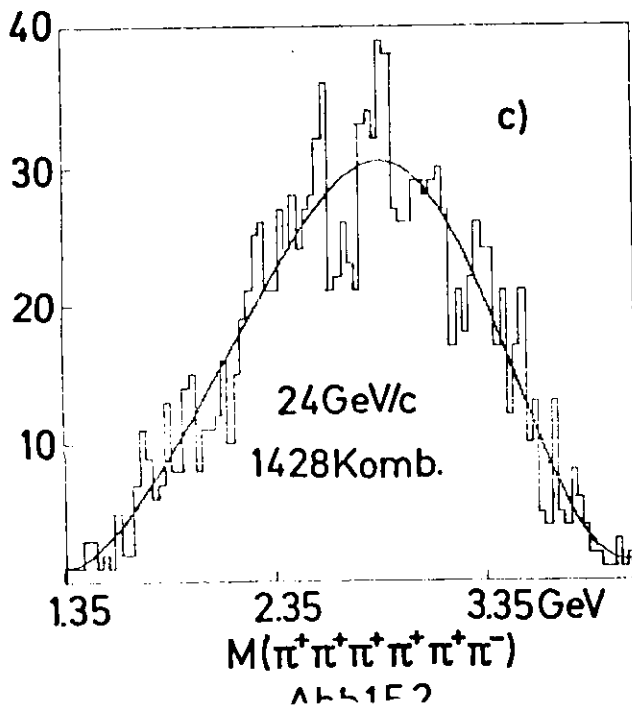
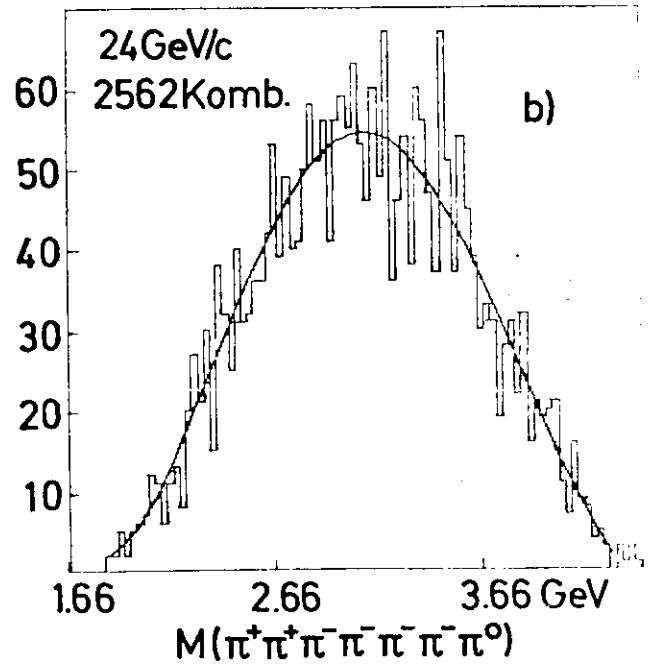
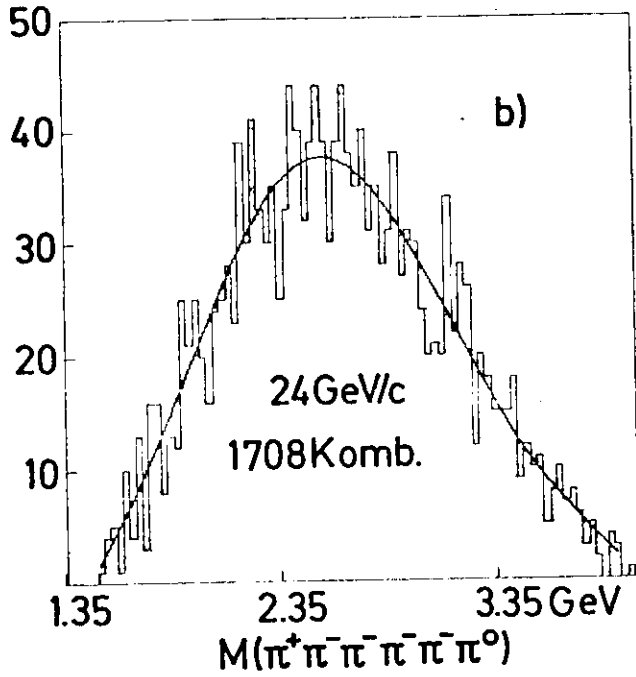
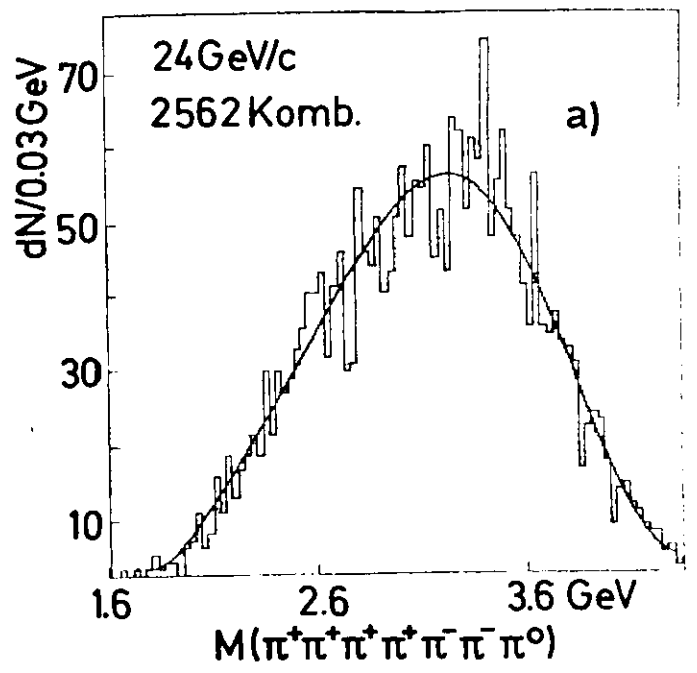
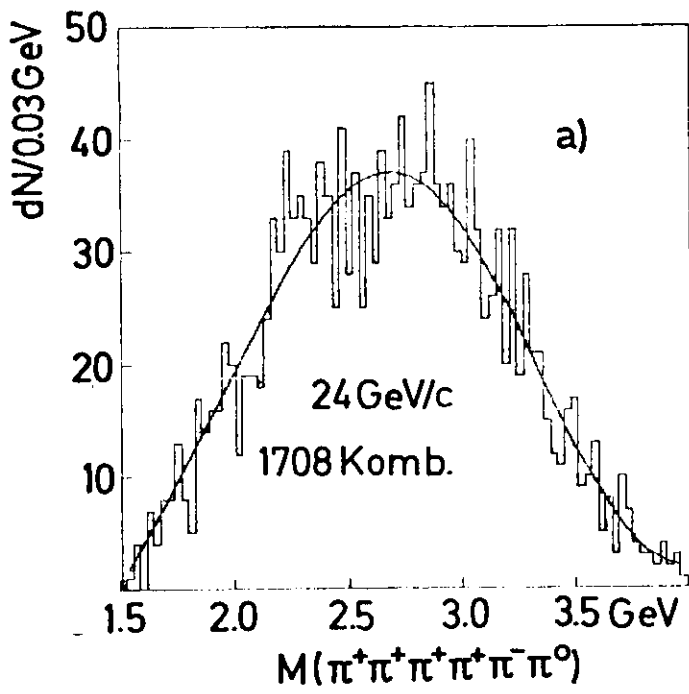
Abb.14.3



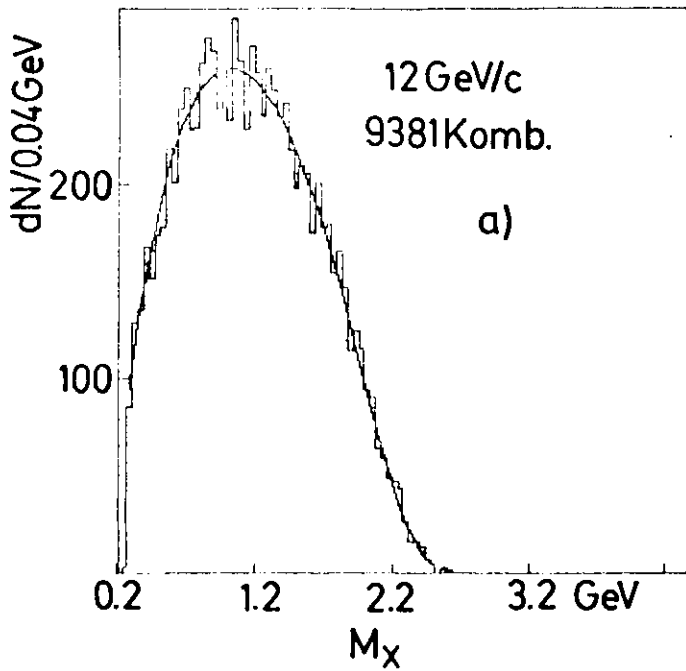
$M(\pi^+\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-)$

Abb.15.1

$M(\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-)$



$pp \rightarrow pp\pi^-\pi^-X$



$pp \rightarrow n p \pi^- X$

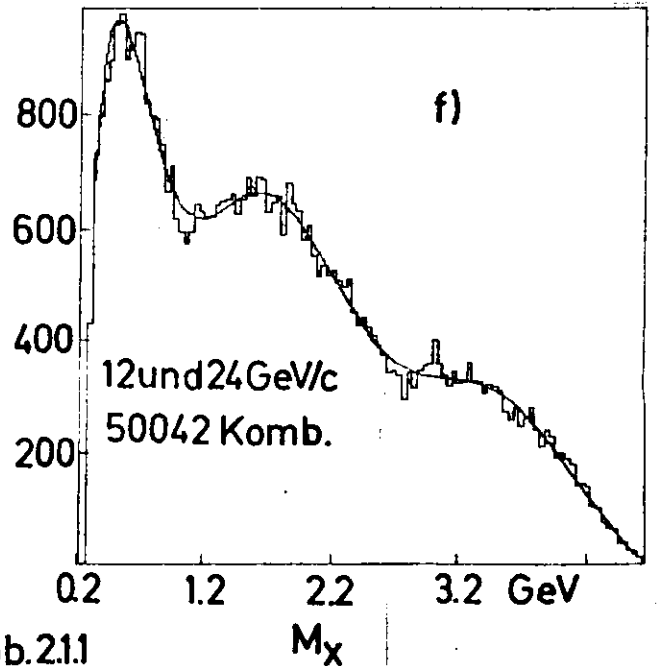
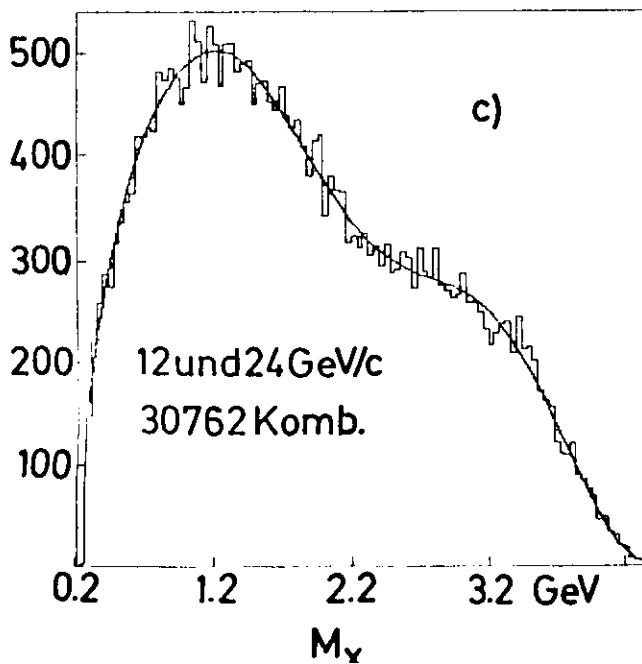
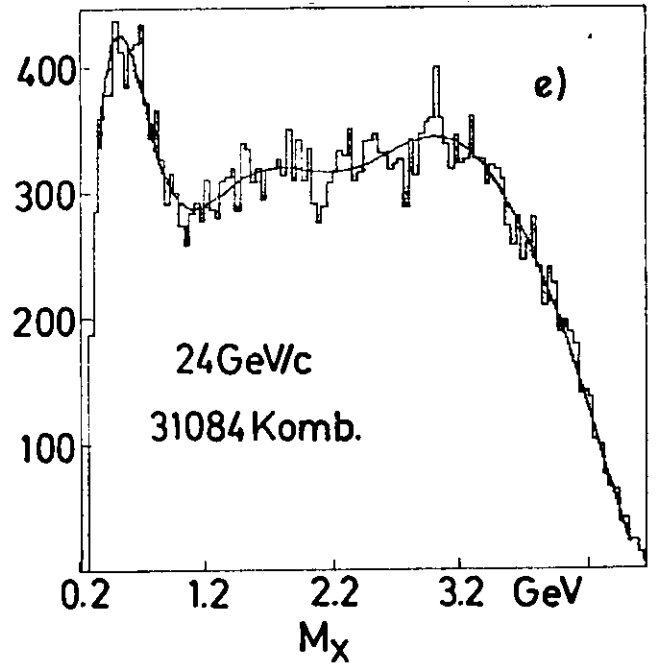
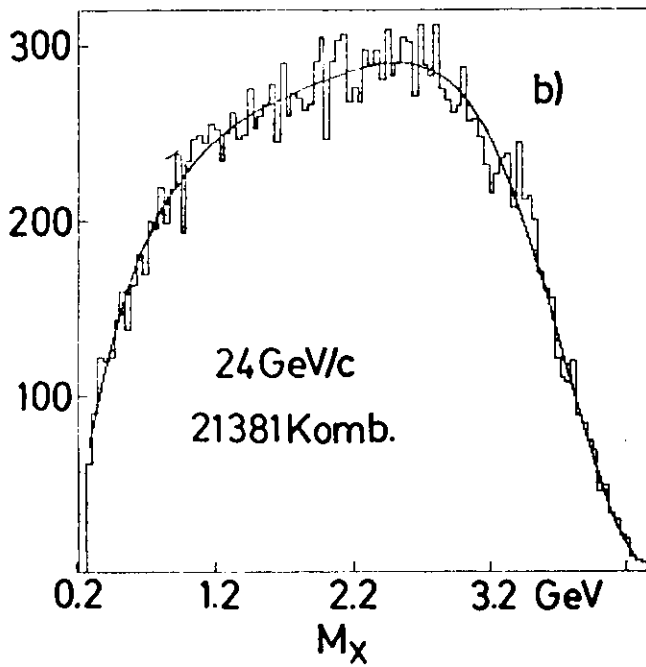
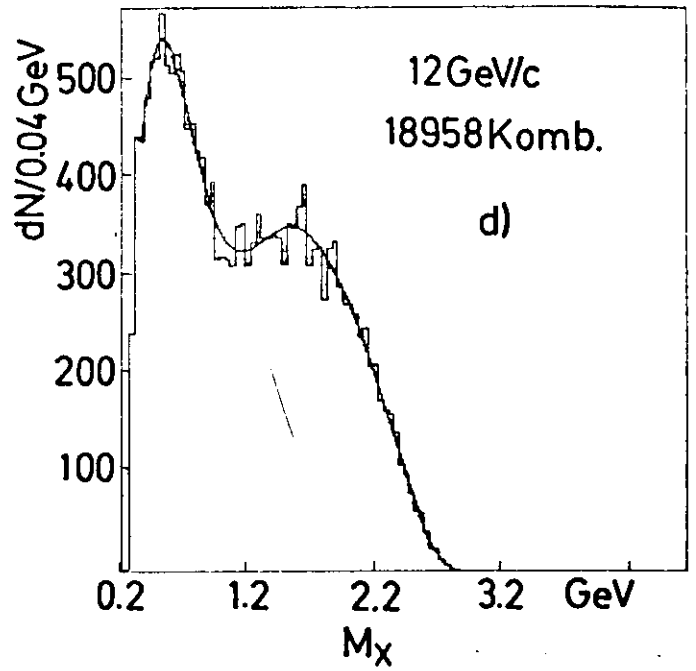
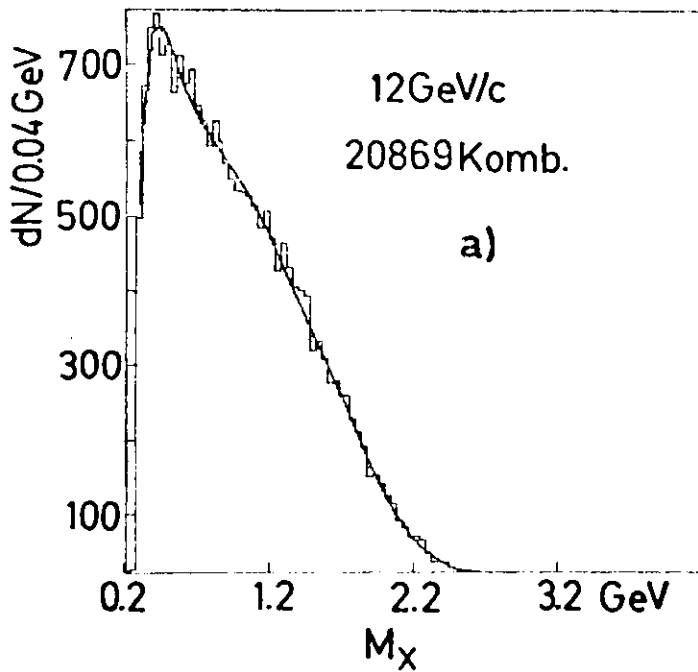
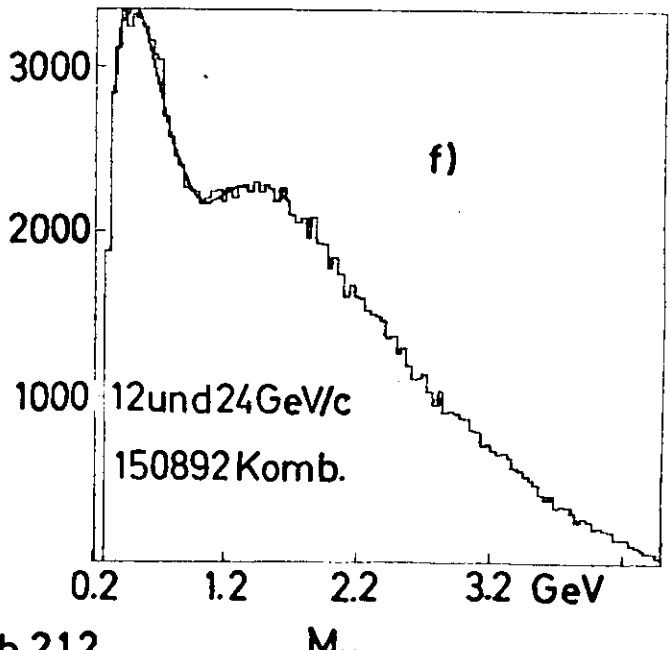
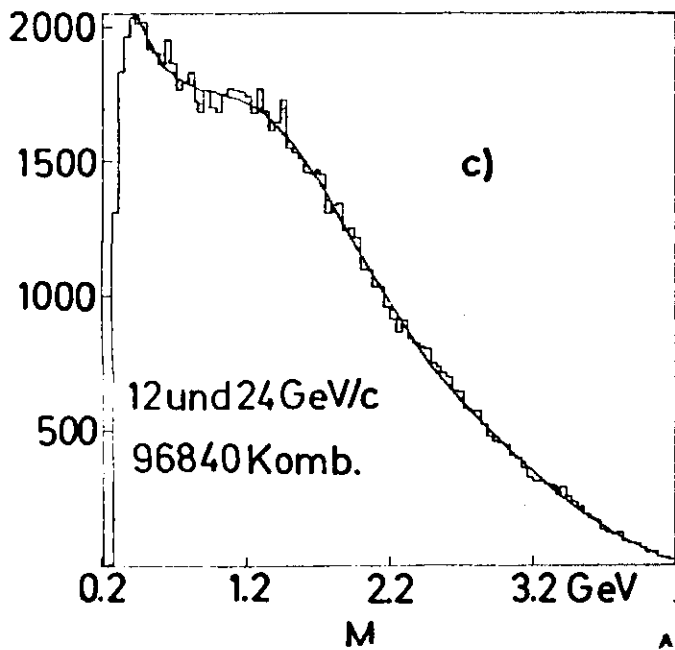
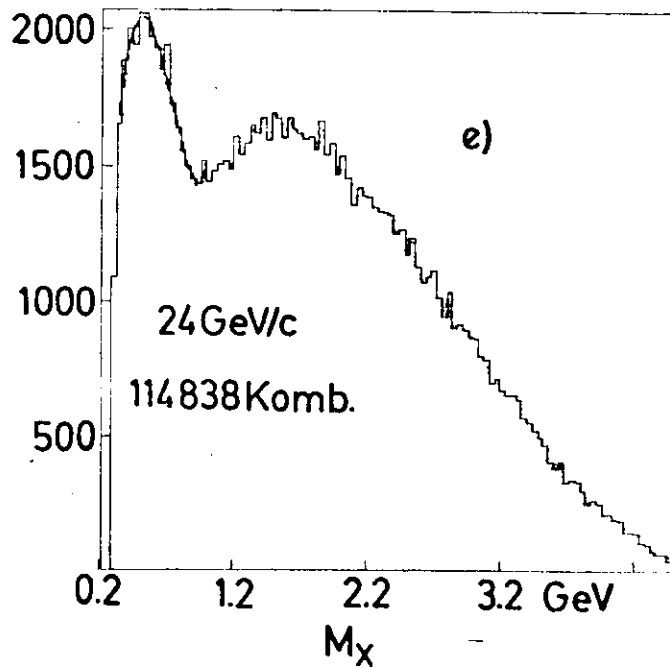
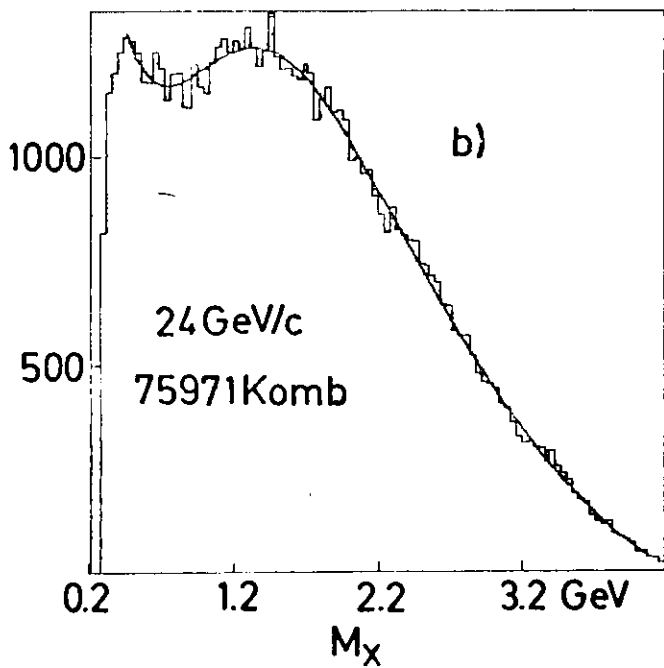
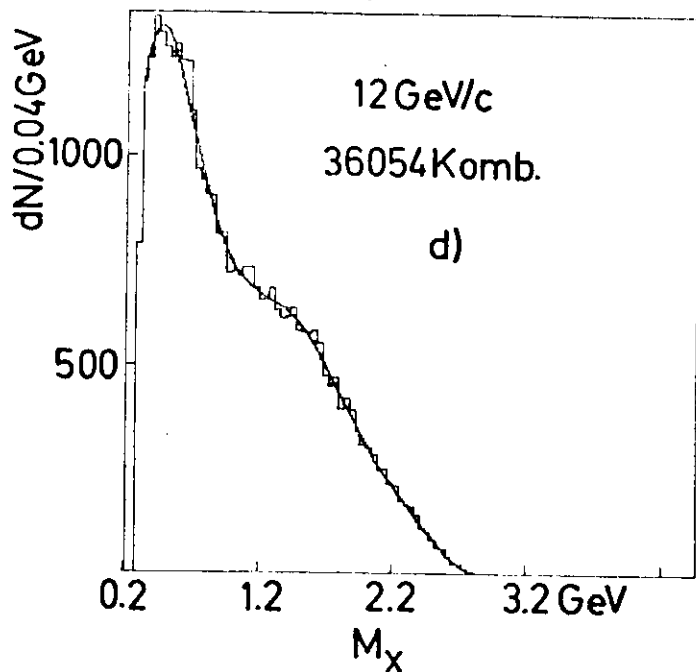


Abb.21.1

pp → AX



pp → BX



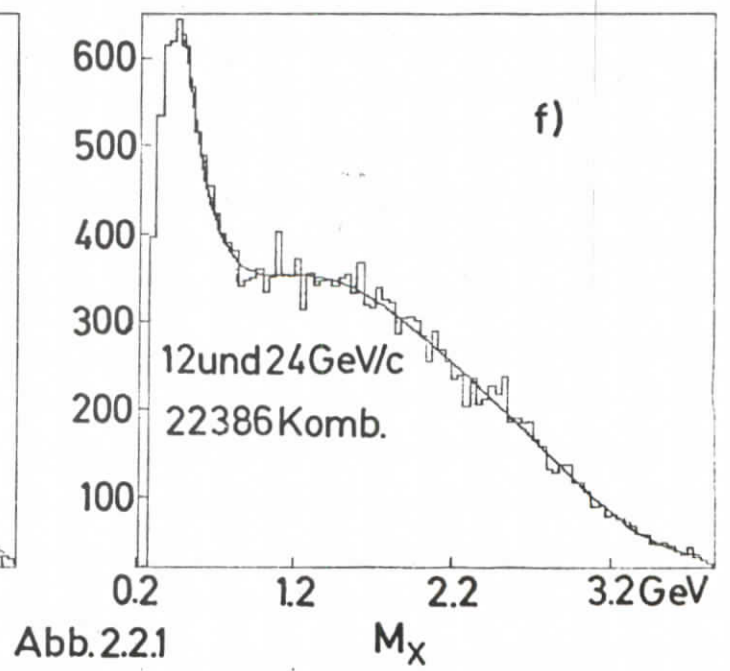
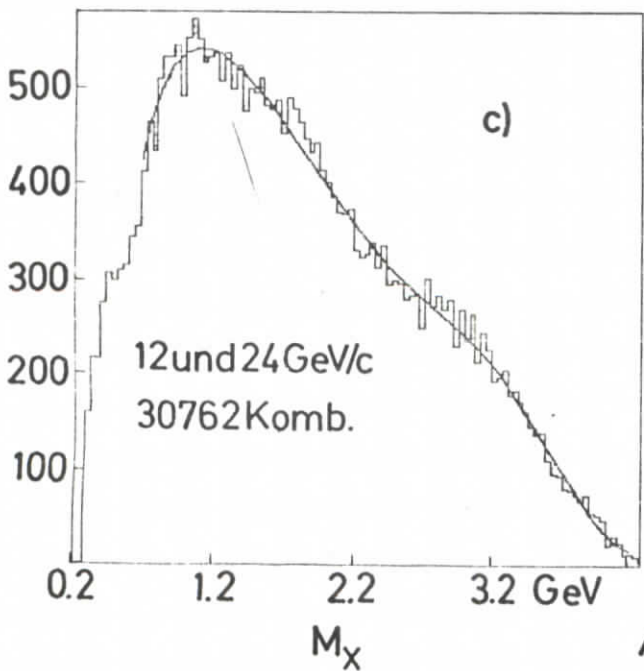
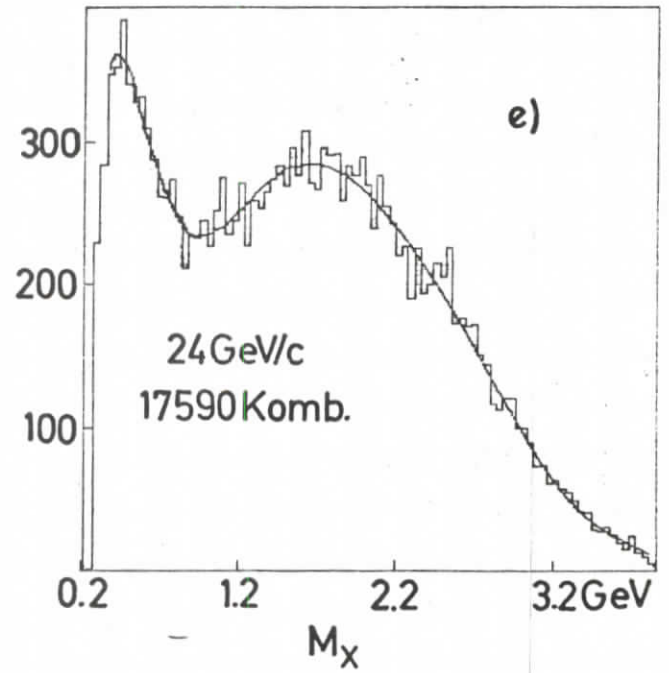
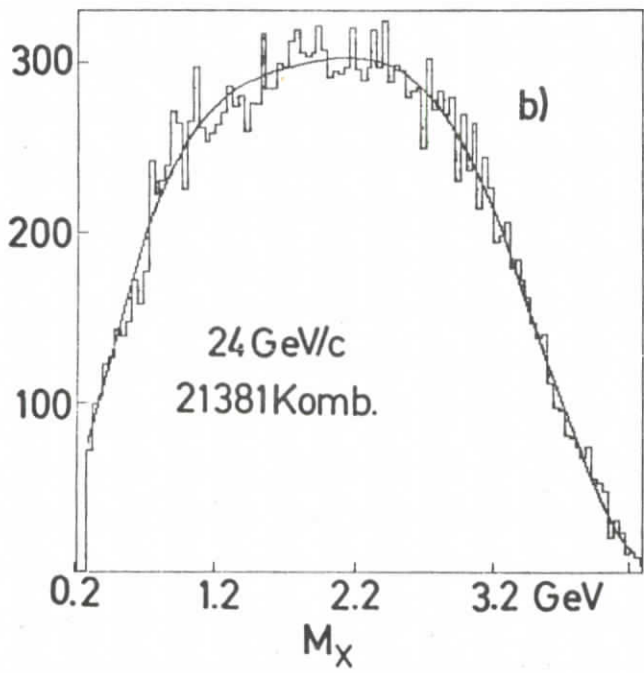
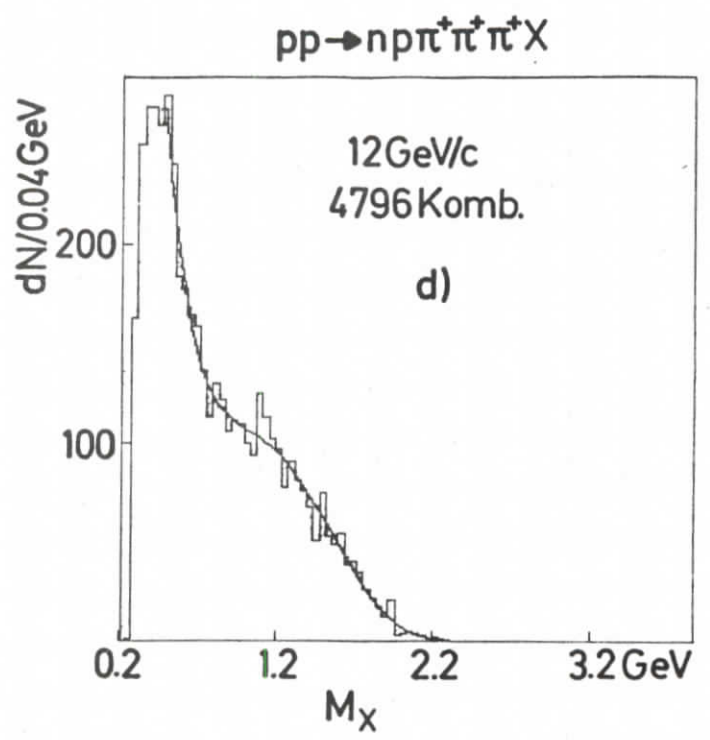
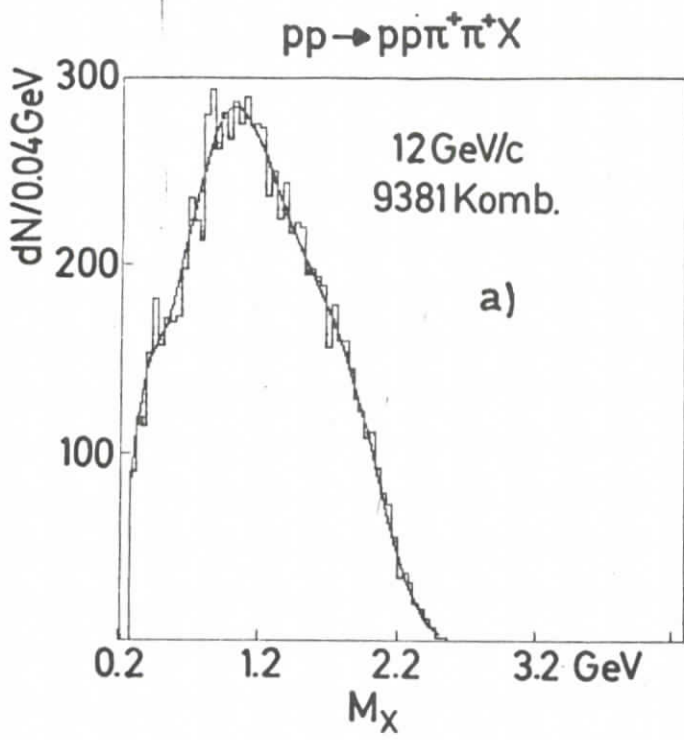
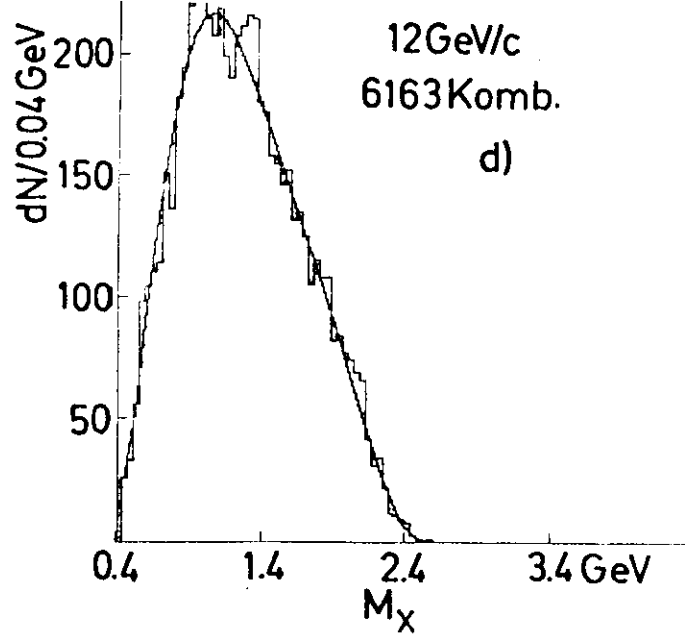
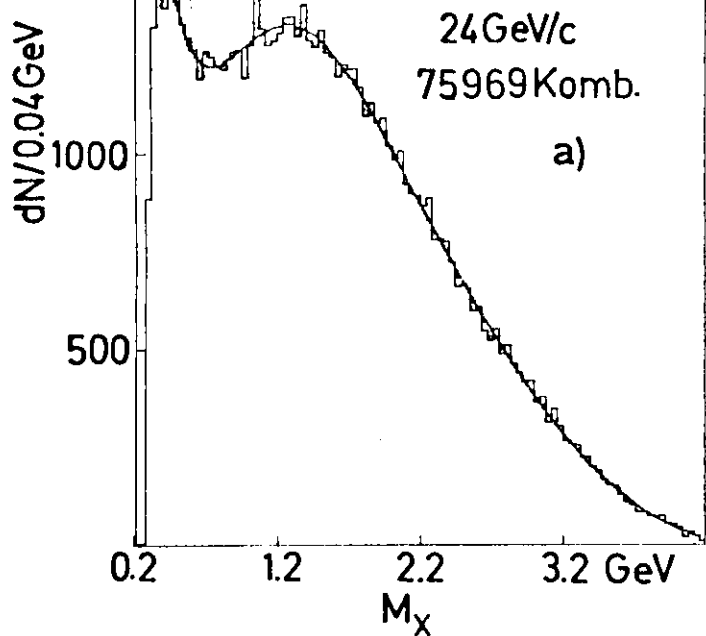
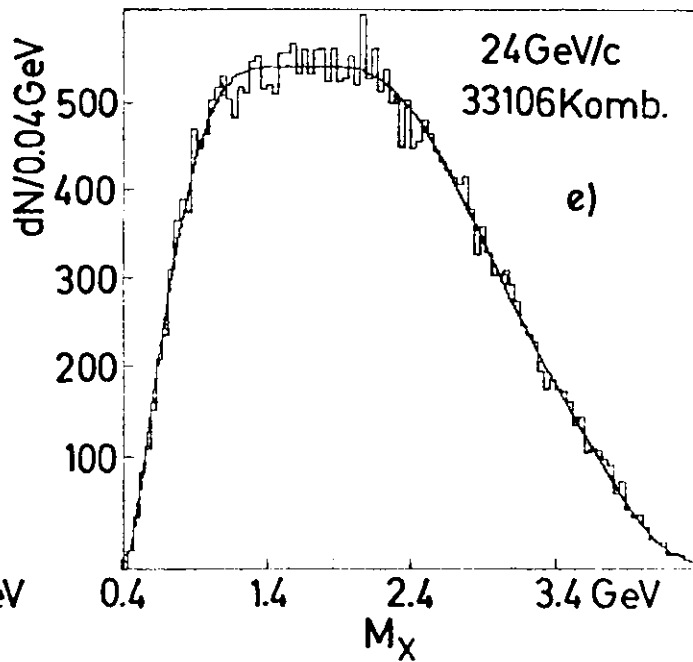
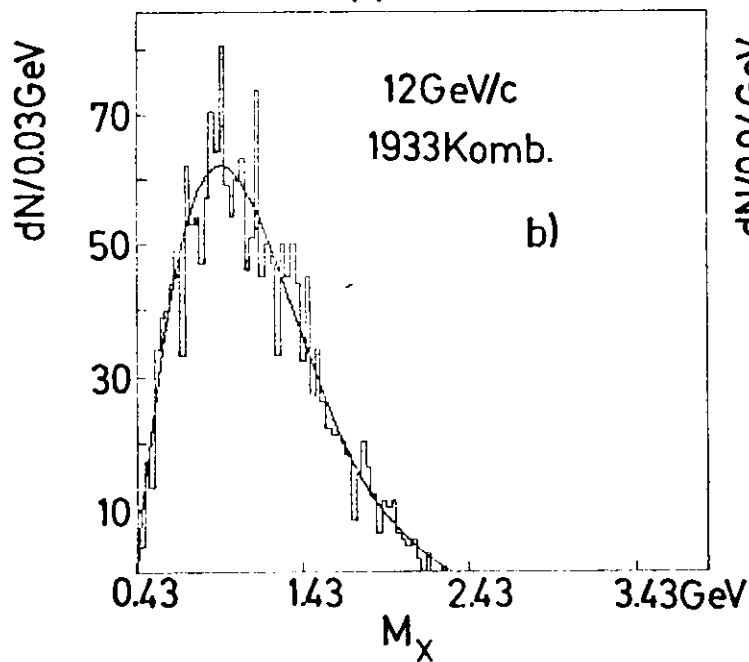


Abb. 2.2.1



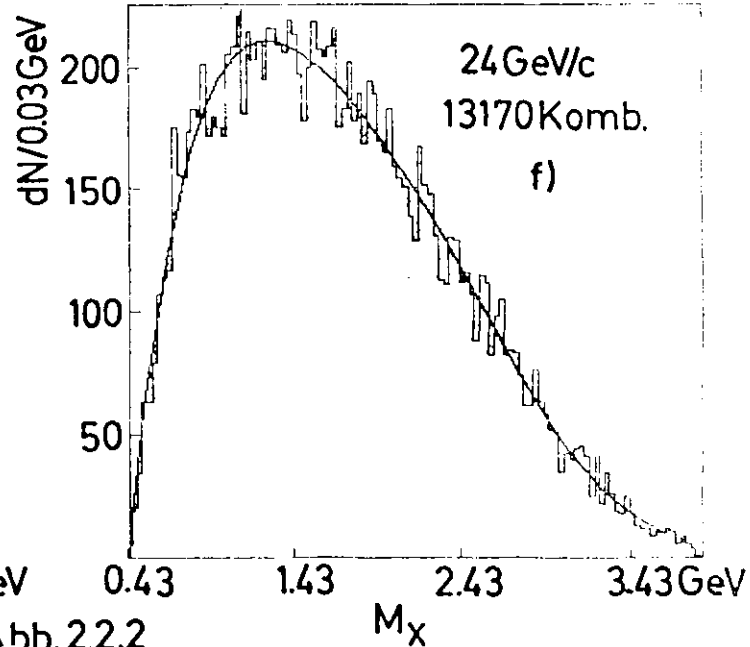
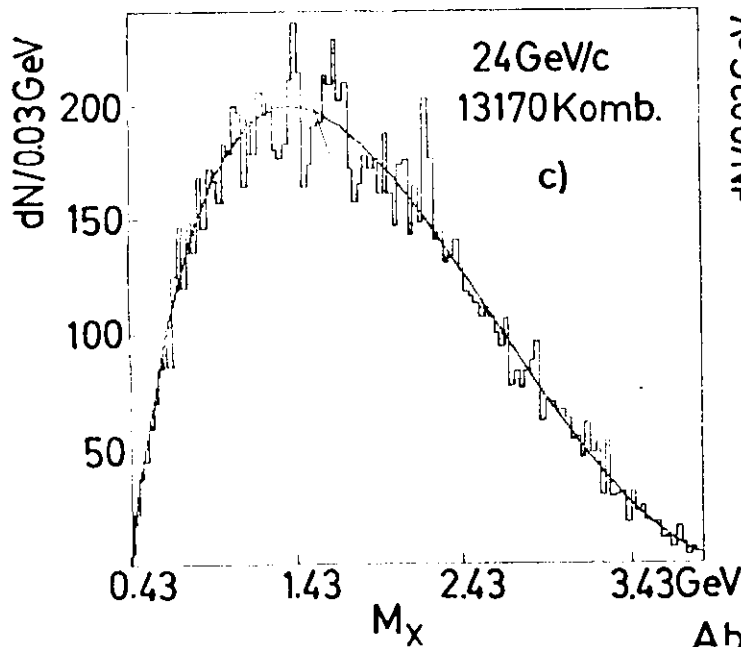
pp → DX

pp → EX



pp → DX

pp → FX



$pp \rightarrow pp\pi^-\pi^-\pi^-X$

$pp \rightarrow n\rho\pi^-\pi^-\pi^-X$

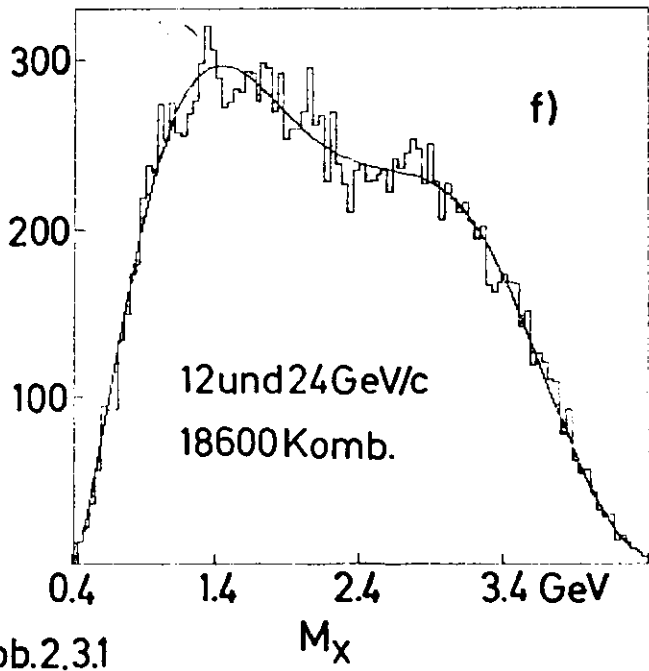
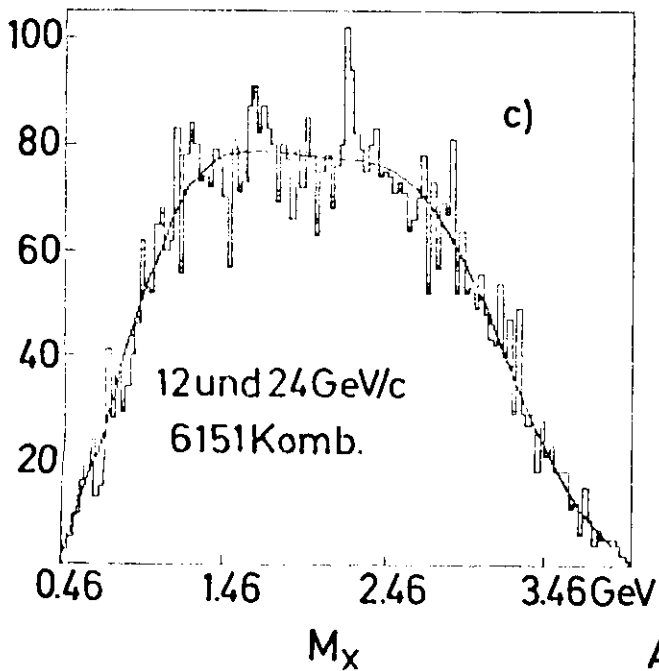
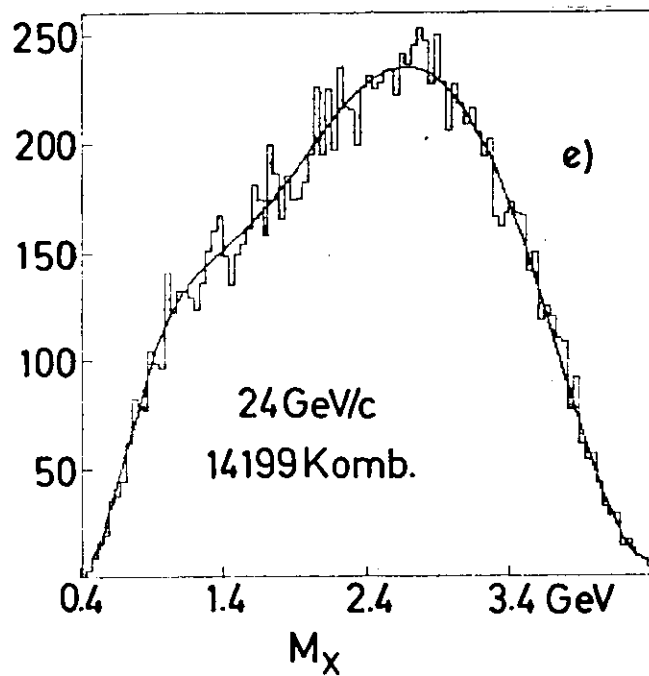
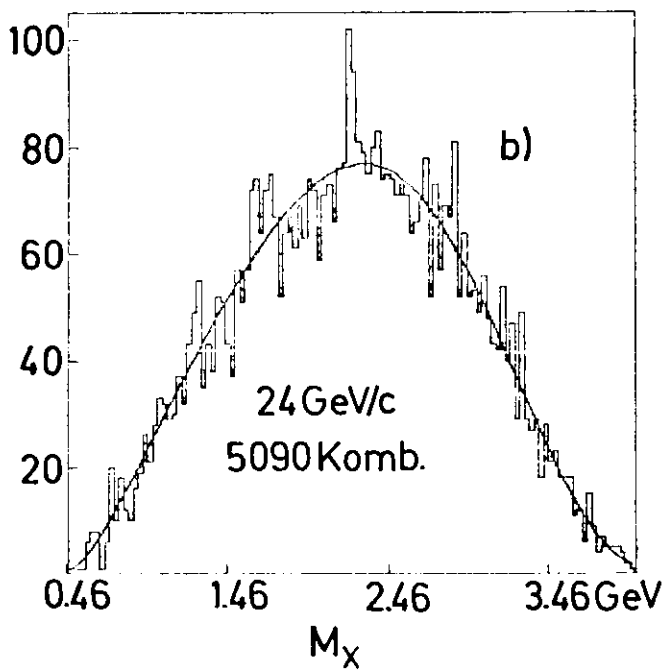
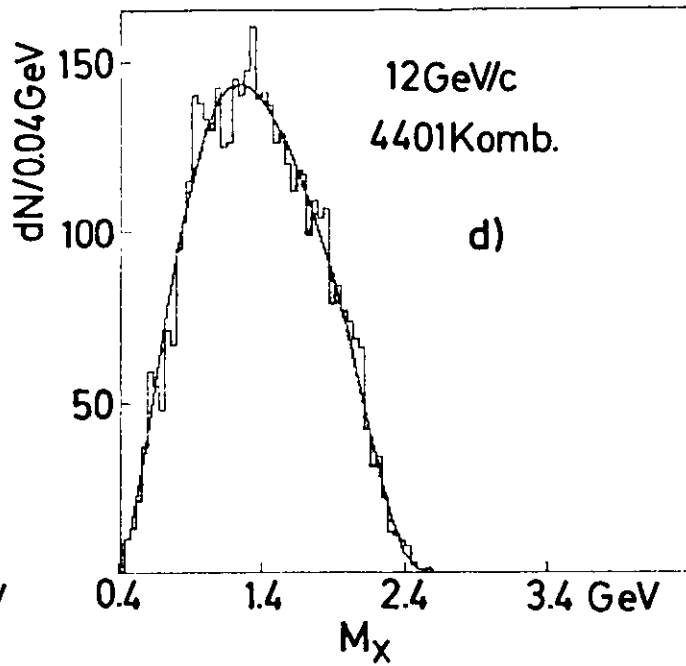
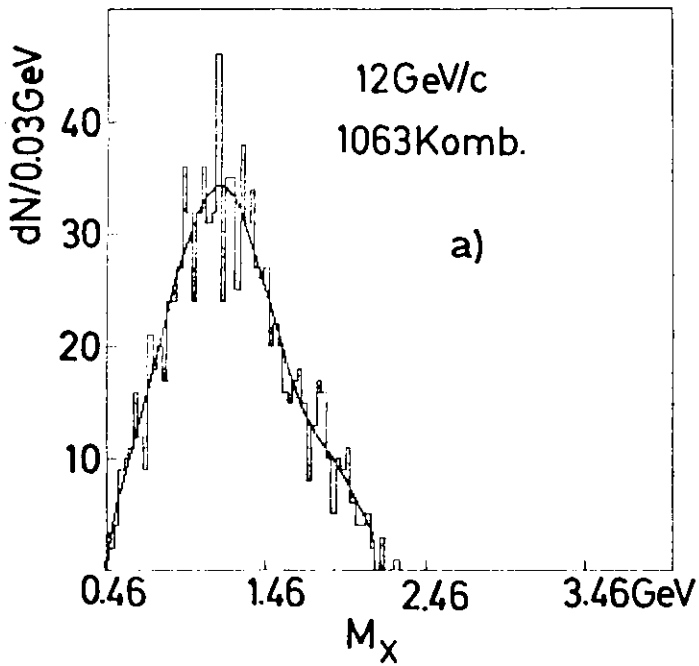
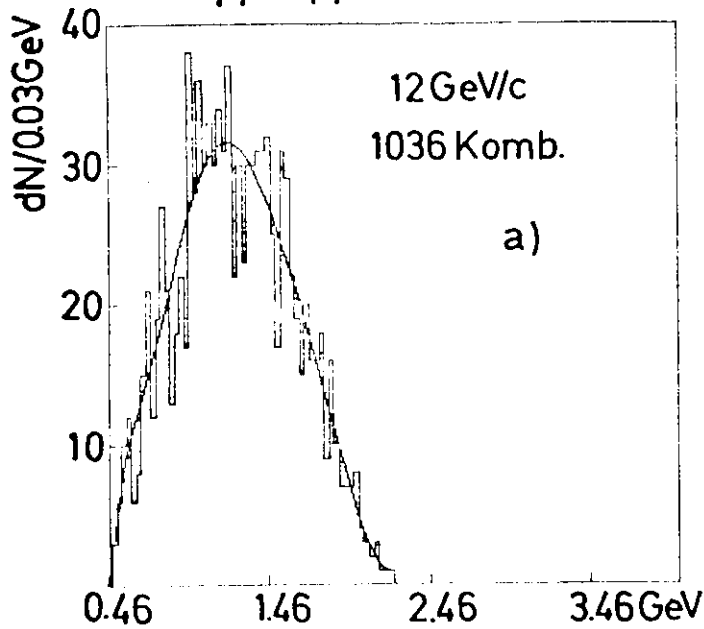
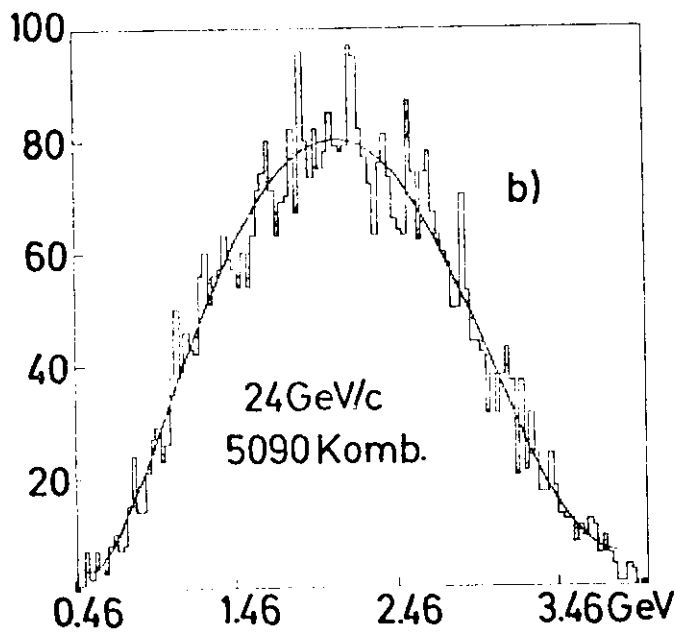
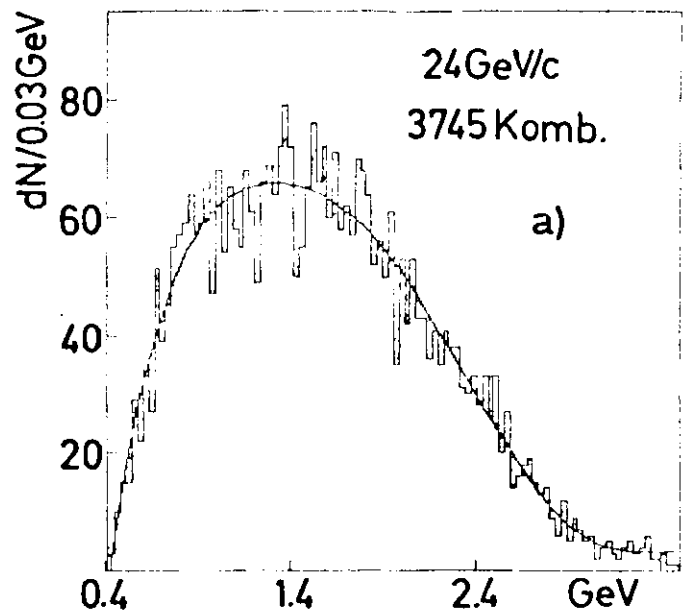


Abb.2.31

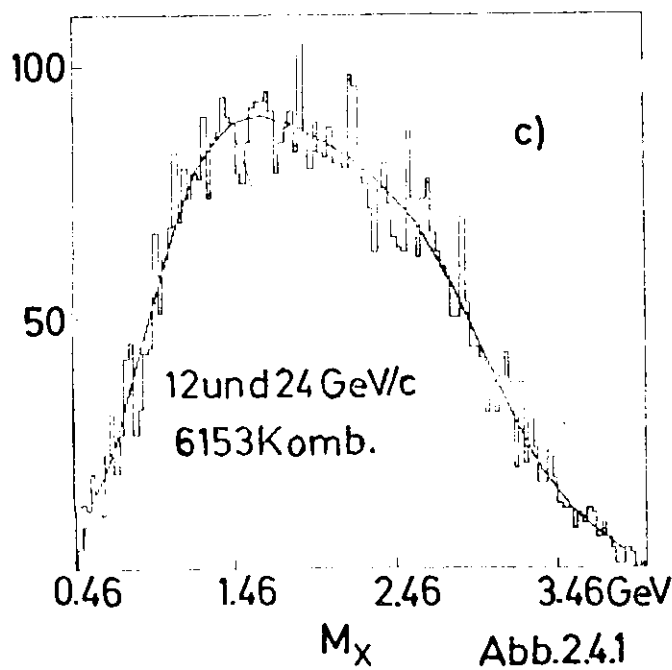
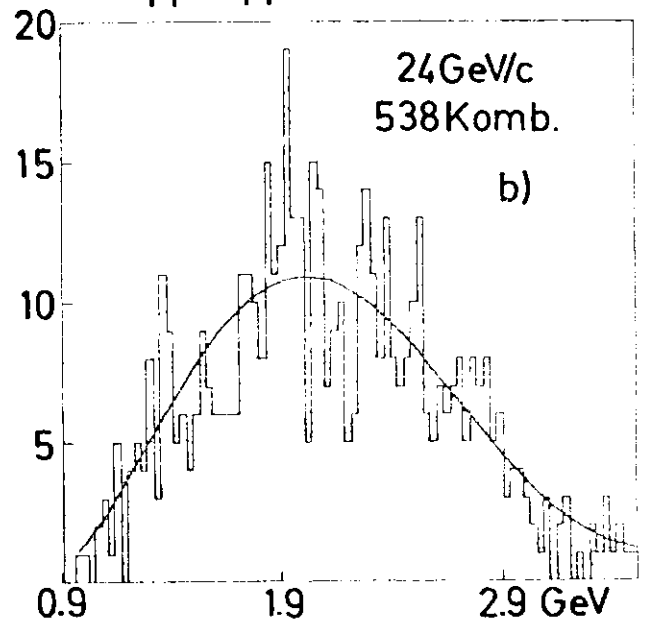
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^+X$



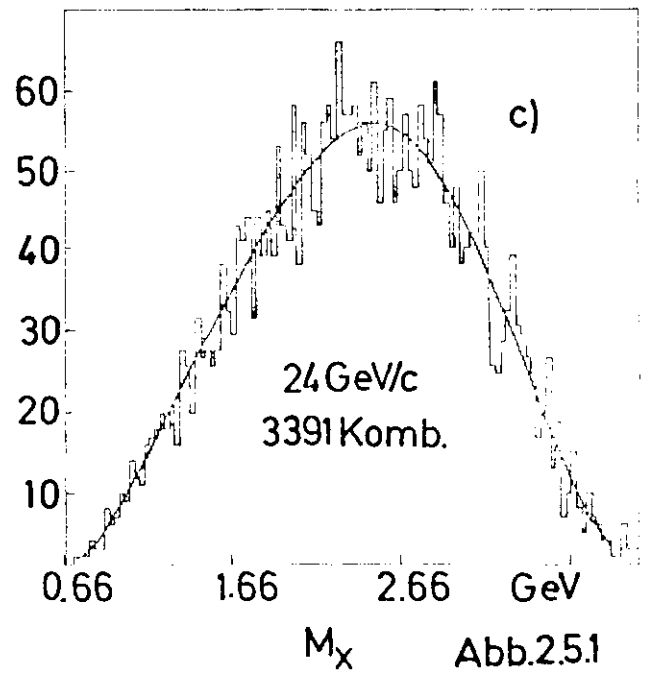
$pp \rightarrow np\pi^+\pi^+\pi^+\pi^+X$



$pp \rightarrow pp\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-X$



$pp \rightarrow np\pi^-\pi^-\pi^-\pi^-X$



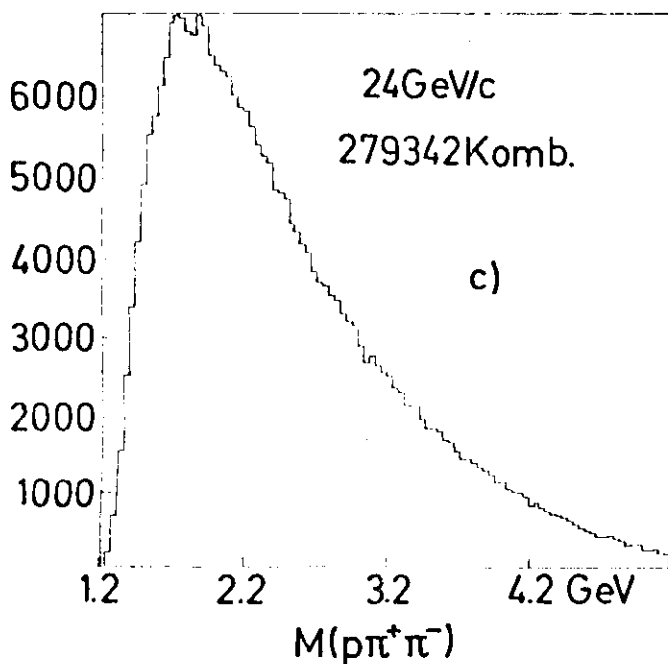
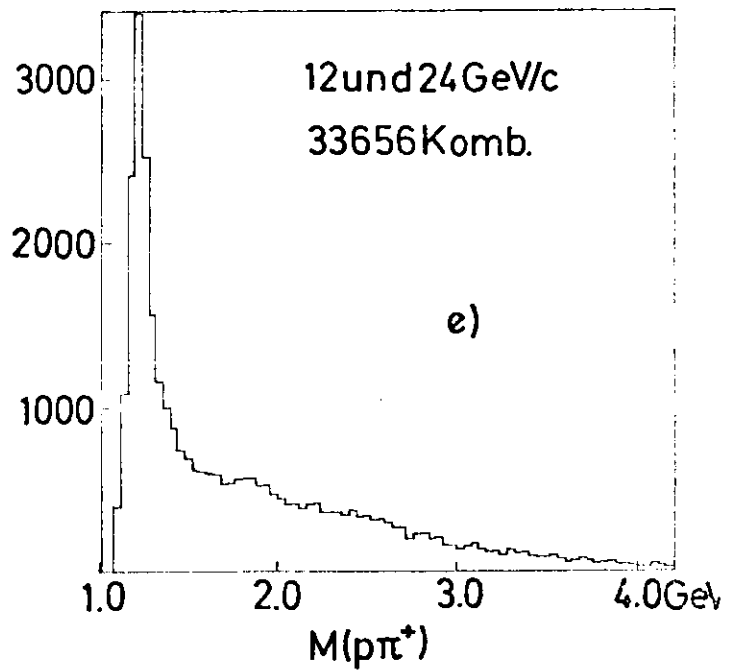
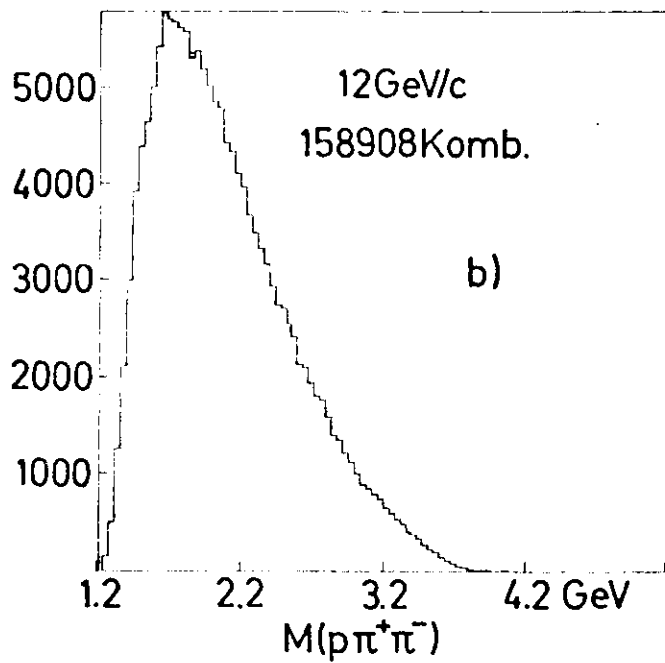
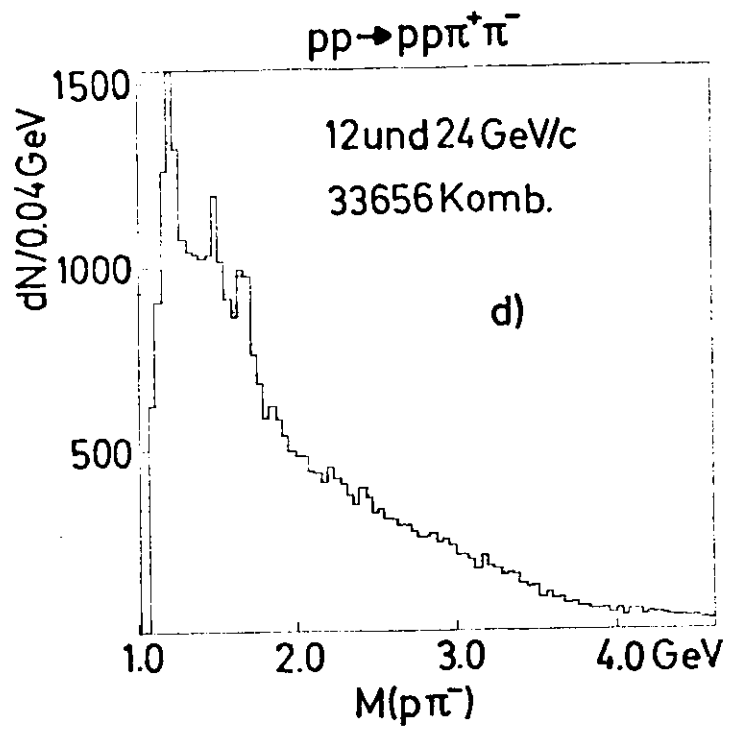
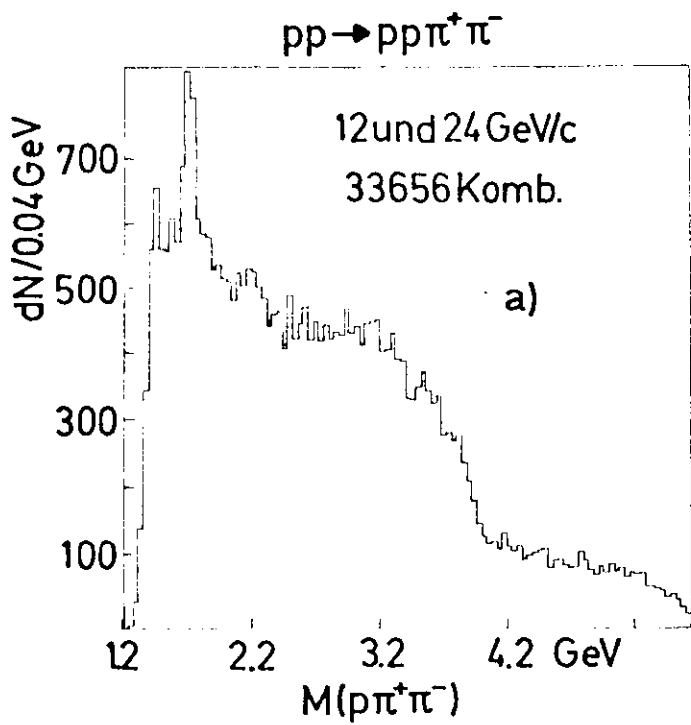


Abb. 3.0

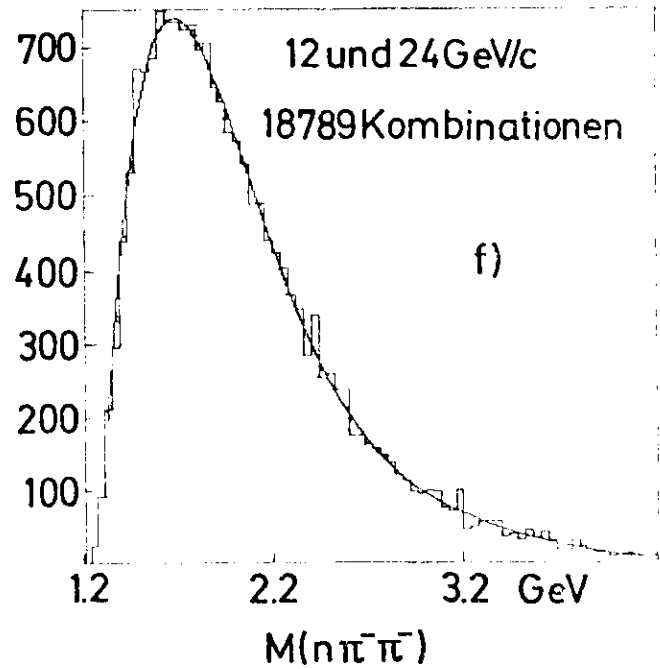
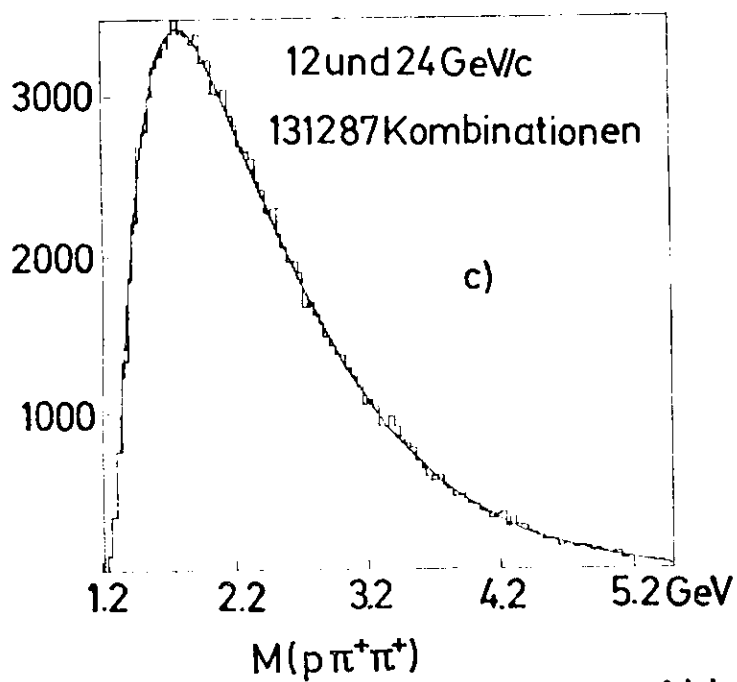
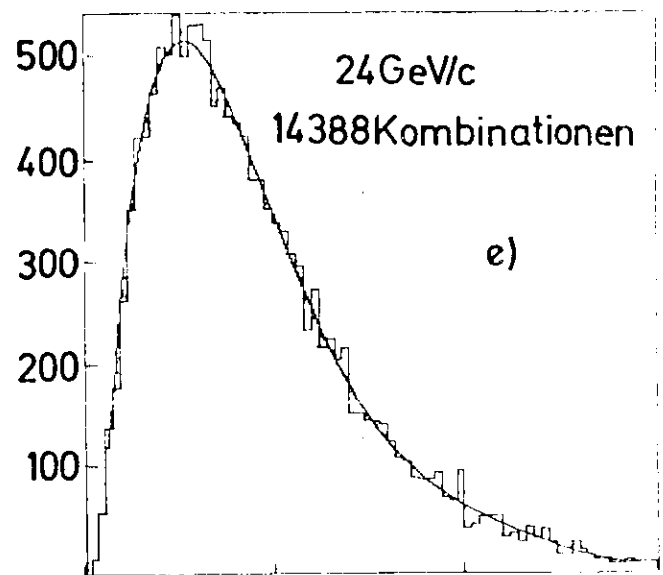
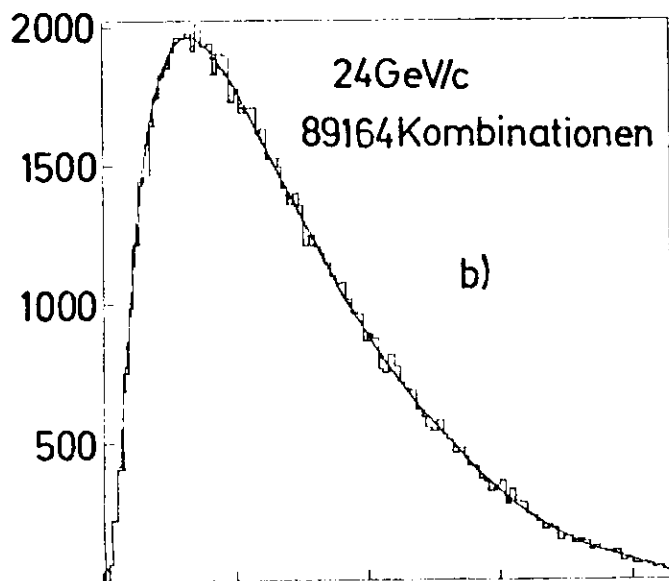
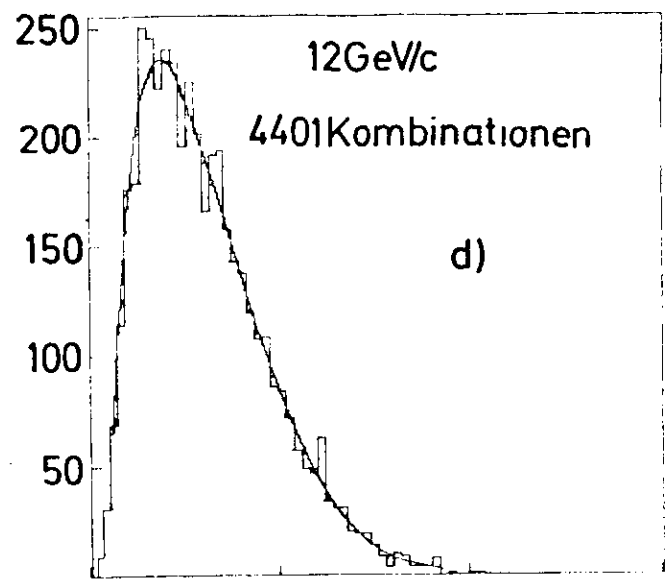
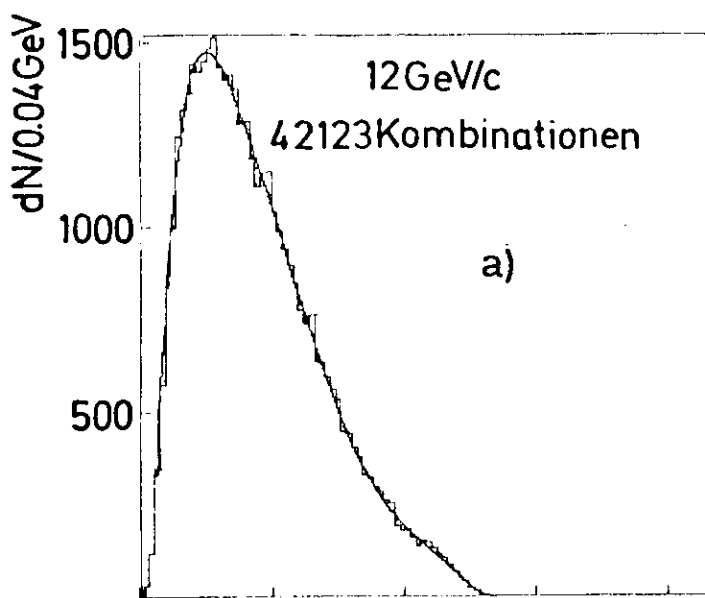


Abb. 3.11

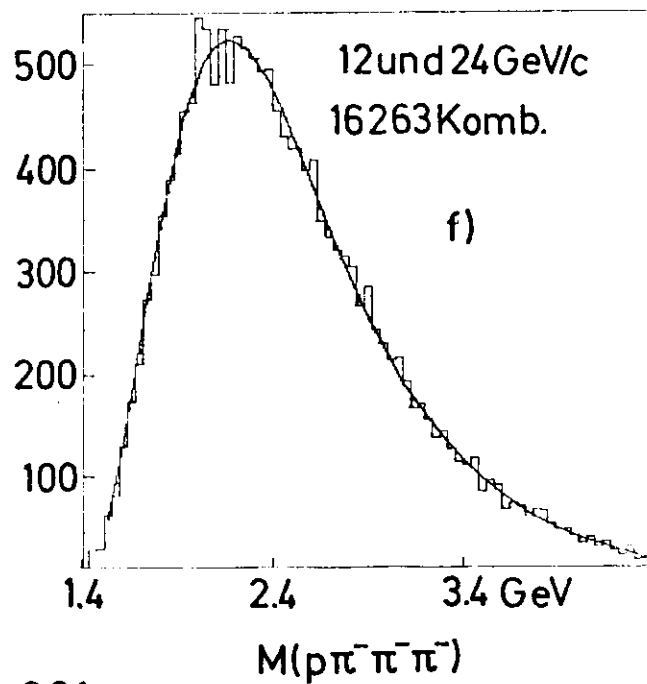
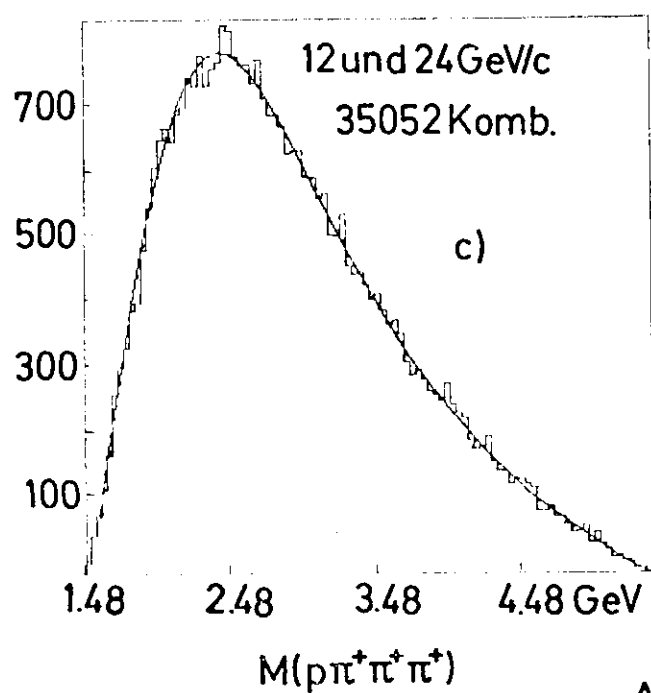
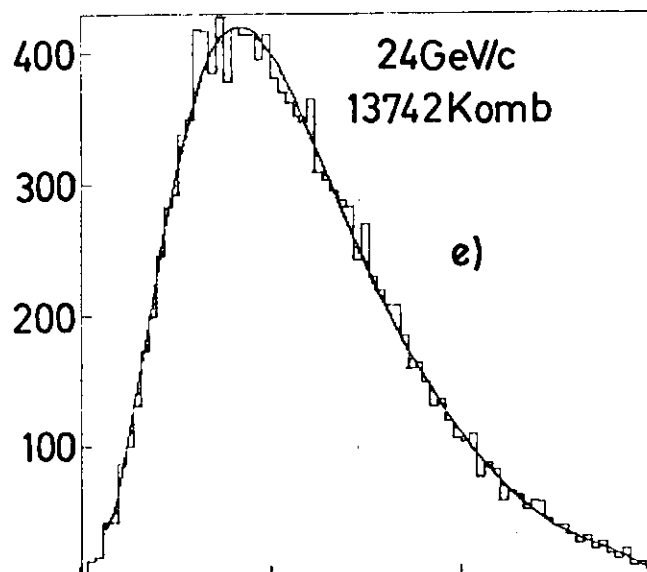
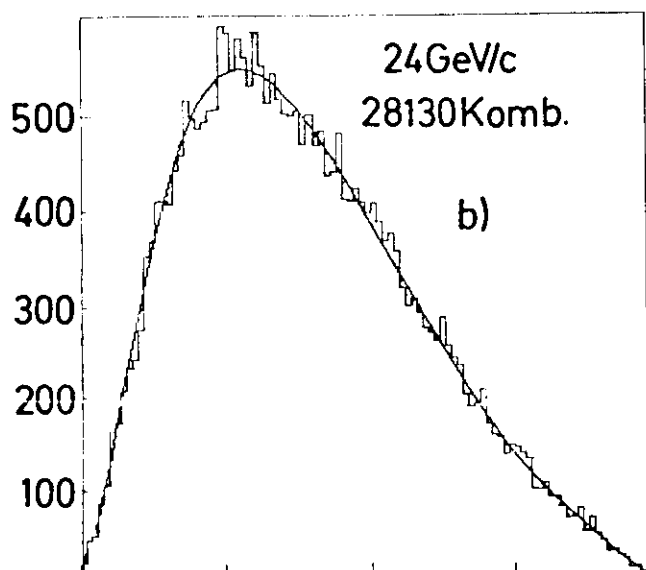
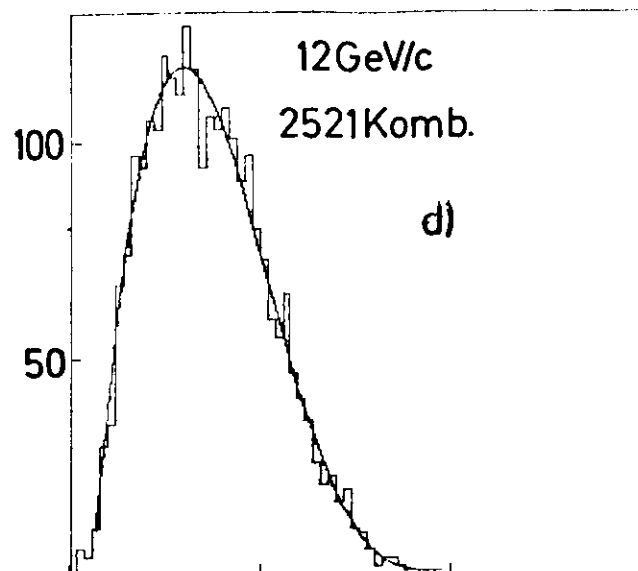
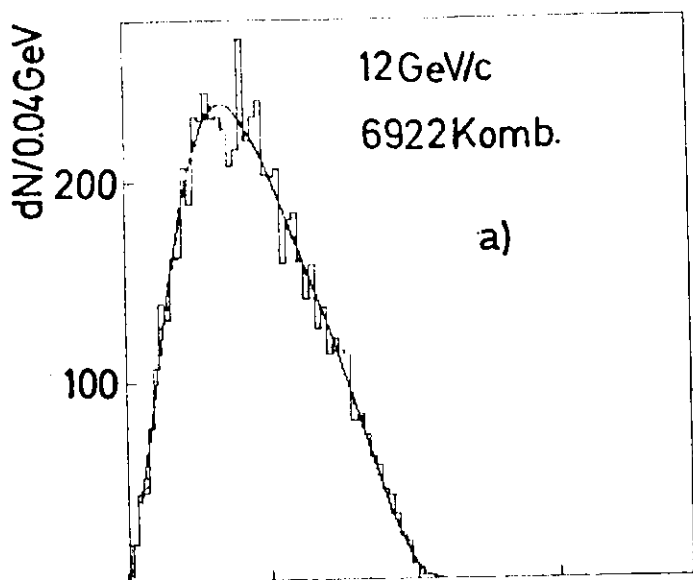


Abb. 3.21

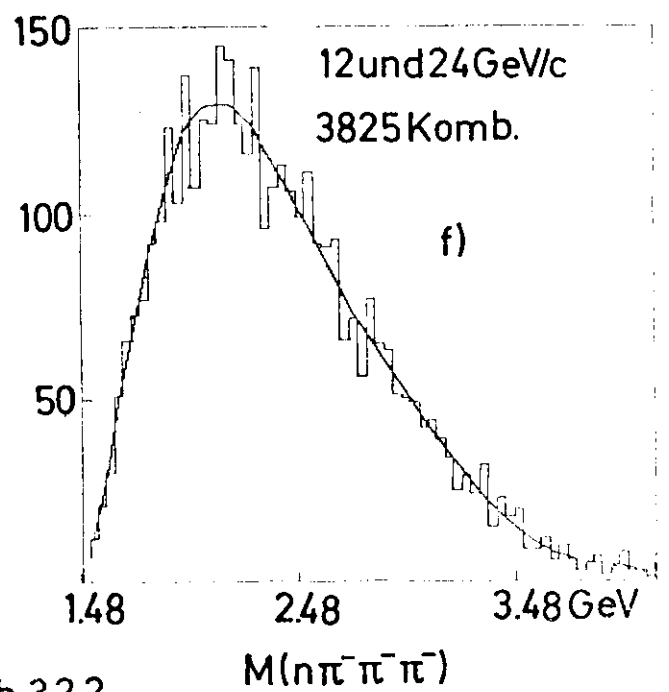
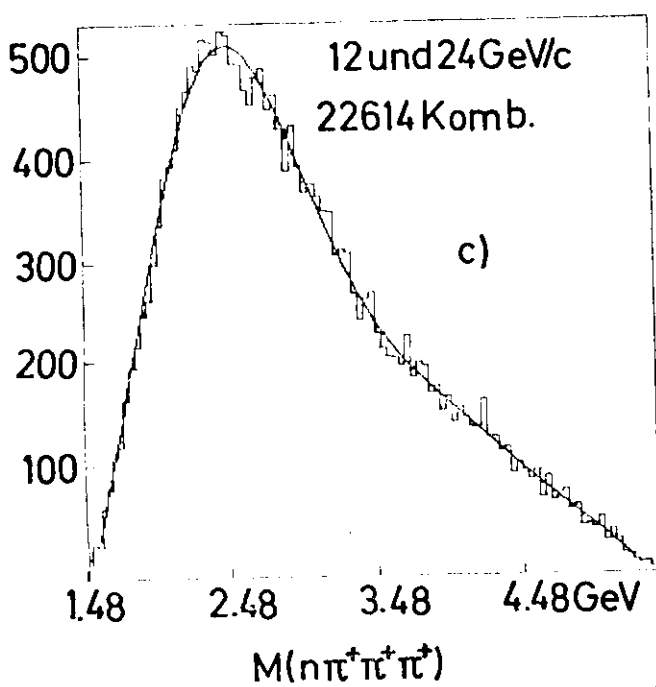
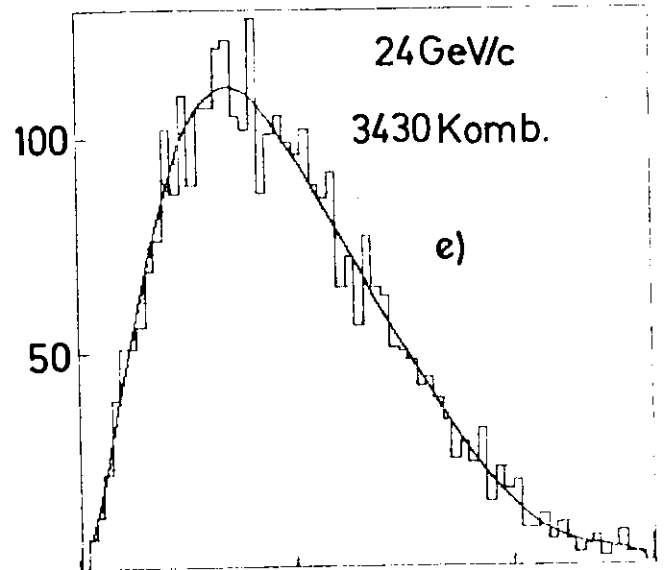
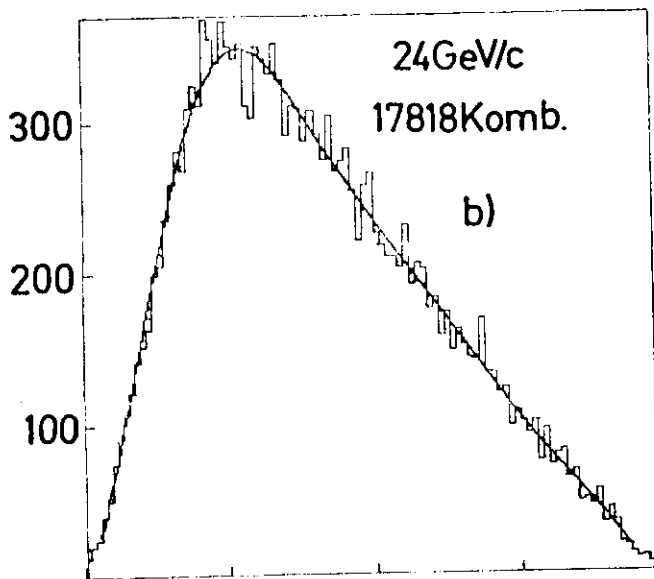
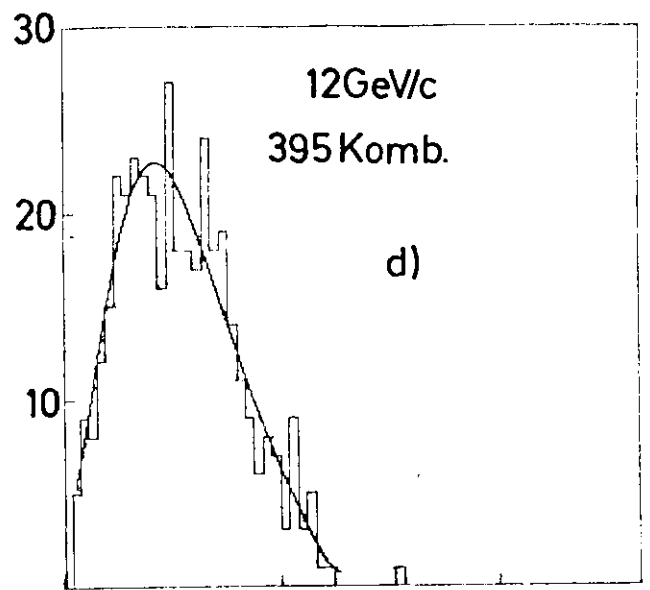
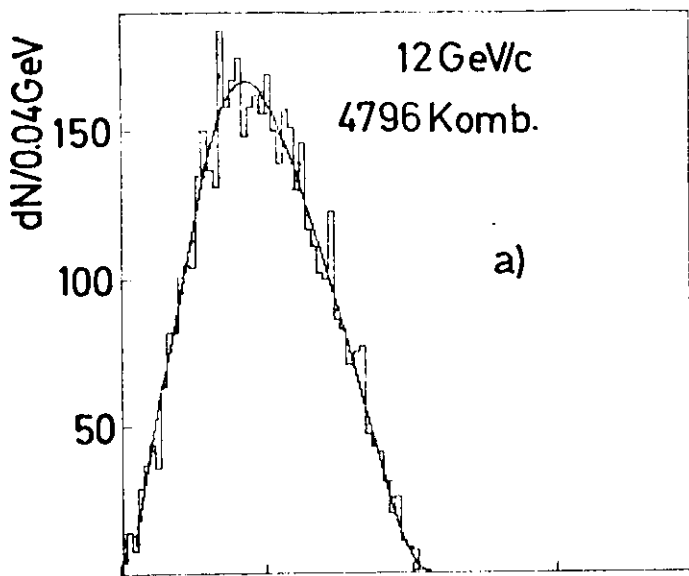
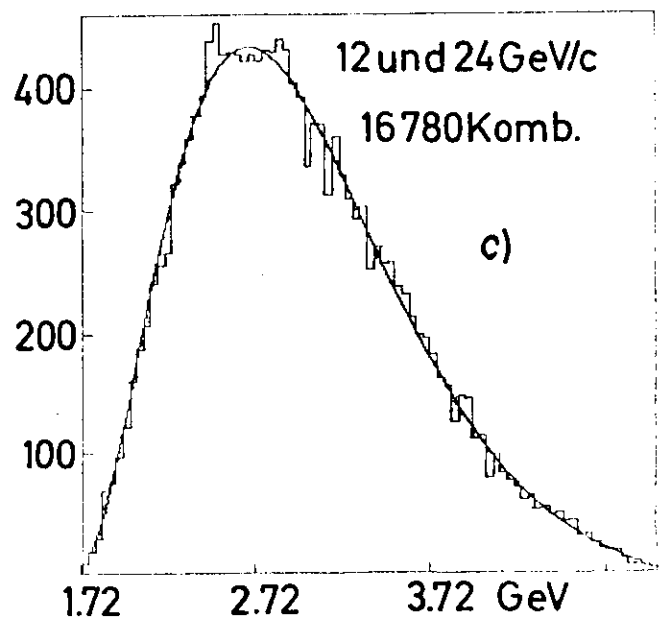
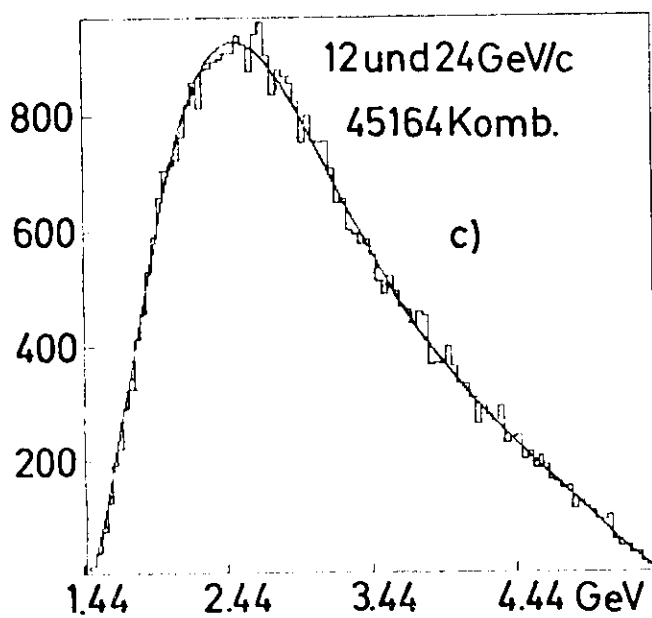
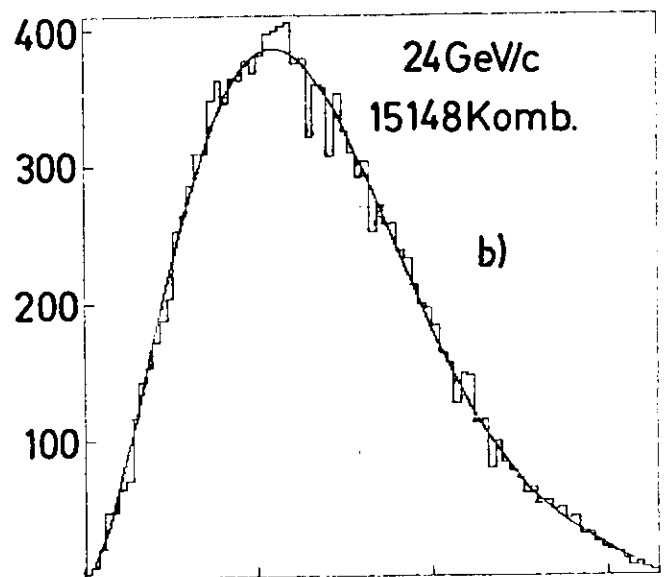
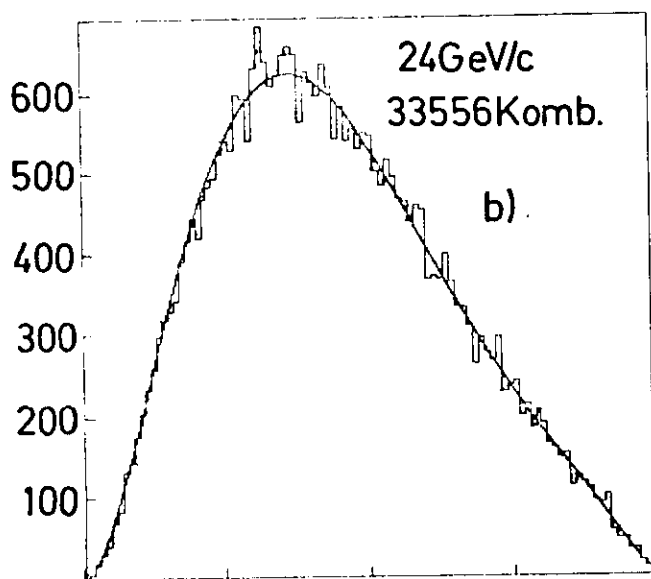
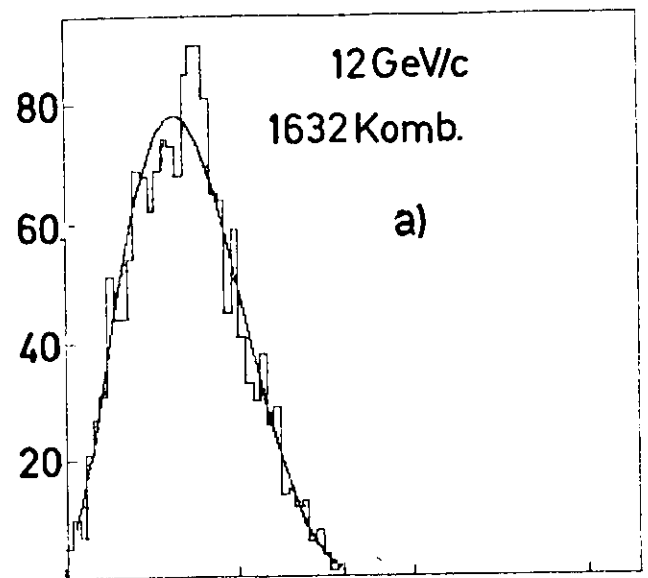
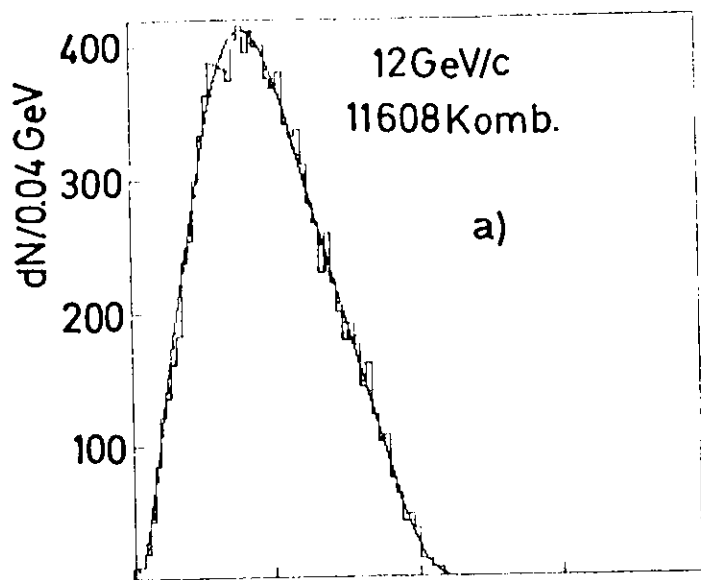


Abb. 32.2



$M(p\pi^+\pi^+\pi^0)$
Abb. 3.2.3

$M(n\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-)$
Abb. 3.3.1

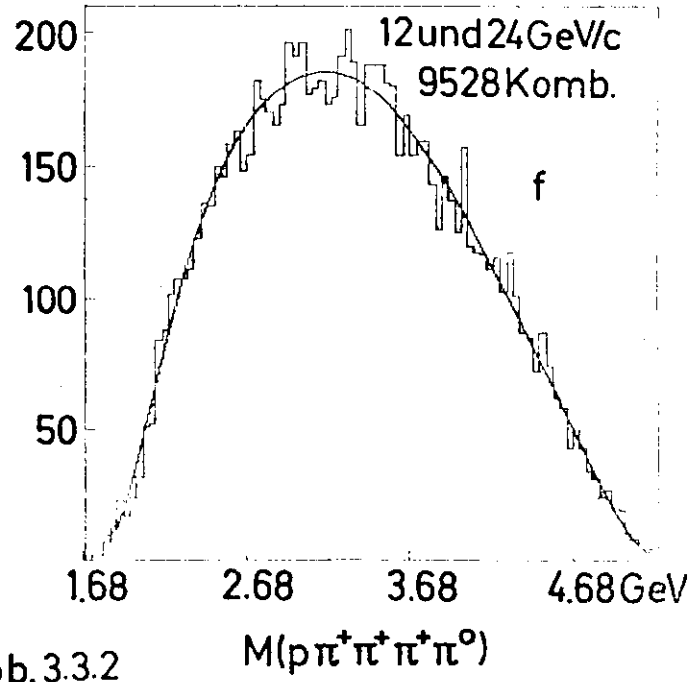
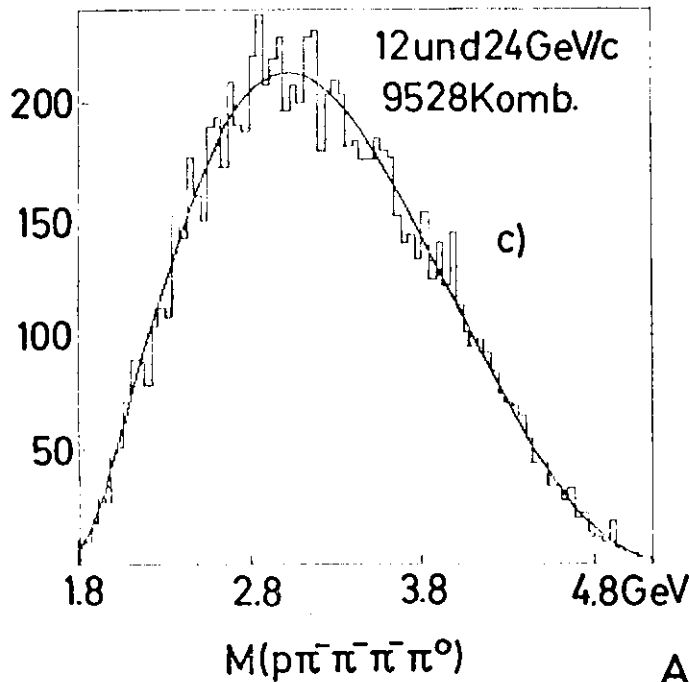
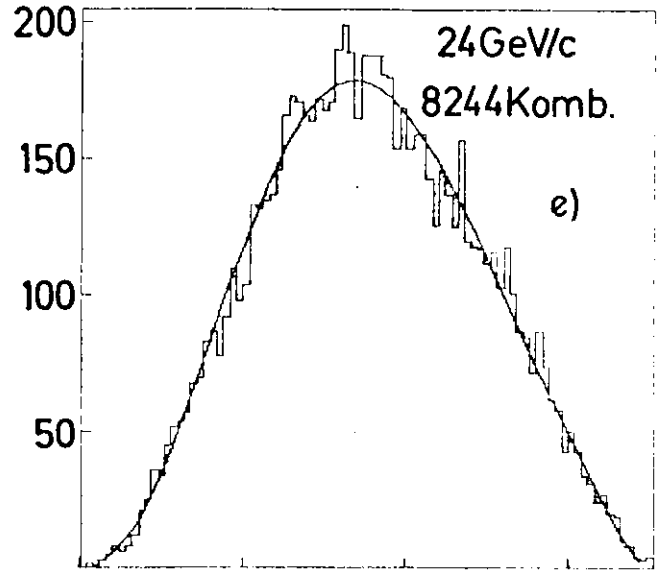
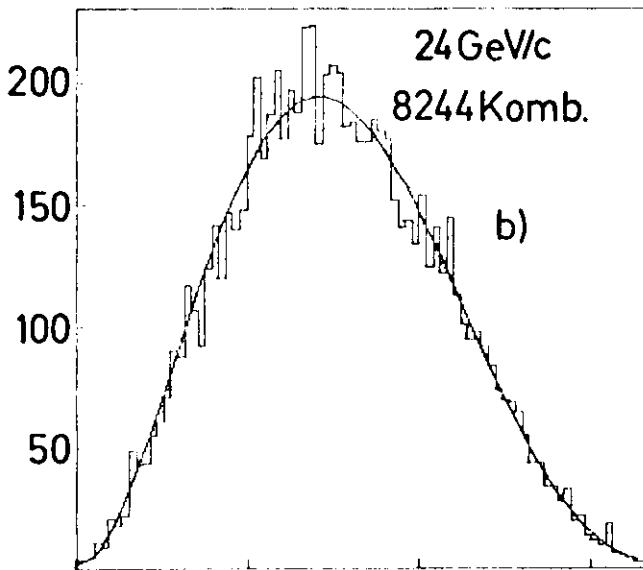
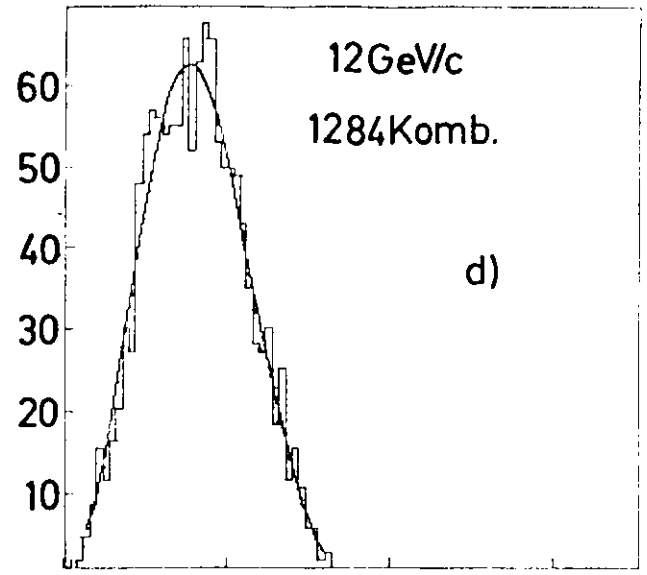
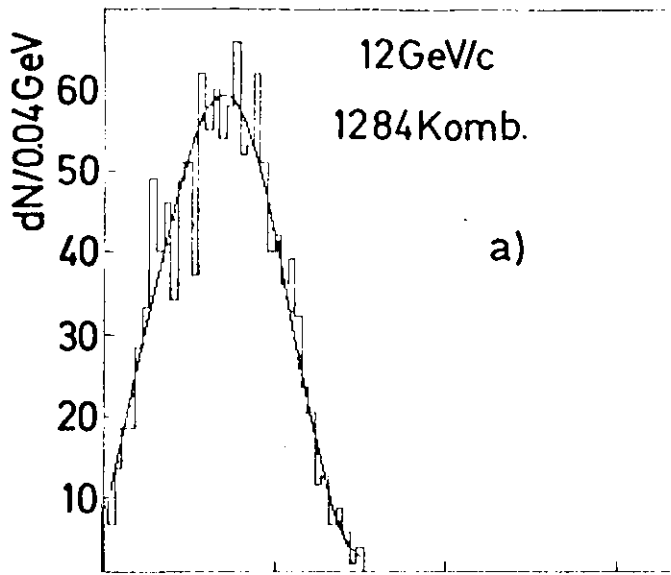


Abb. 3.3.2

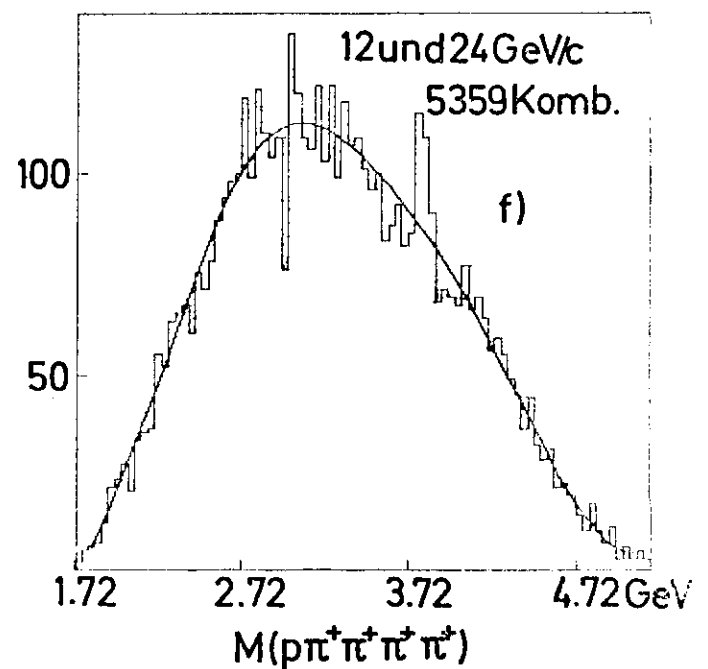
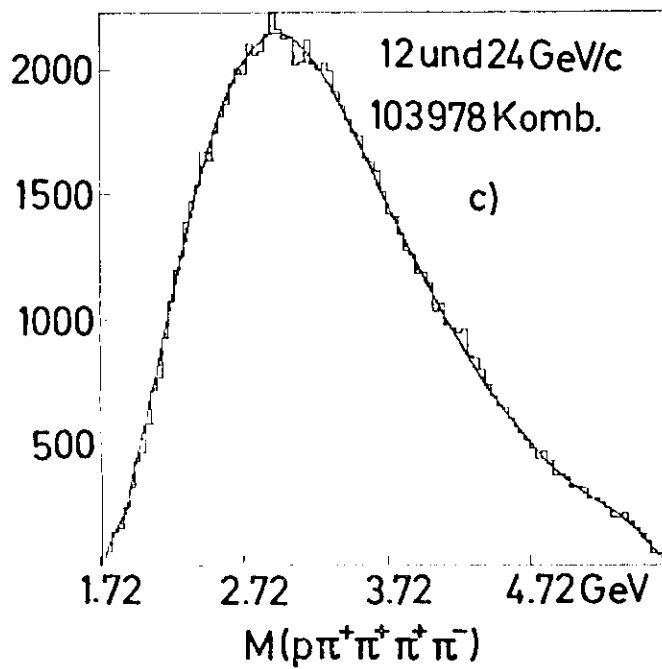
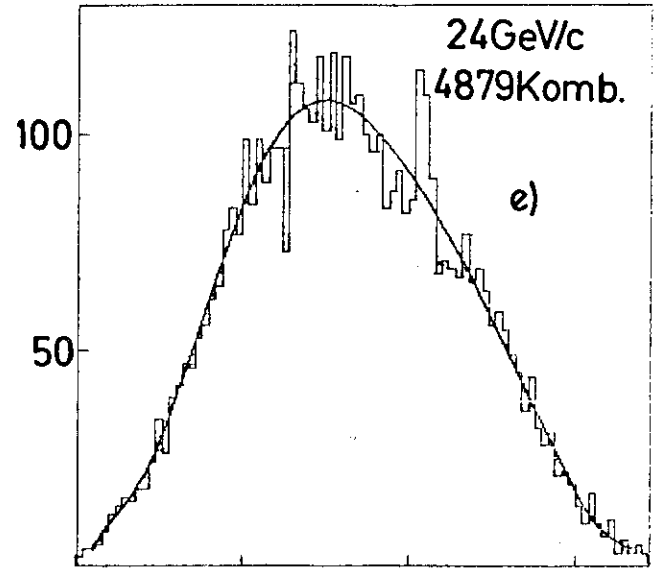
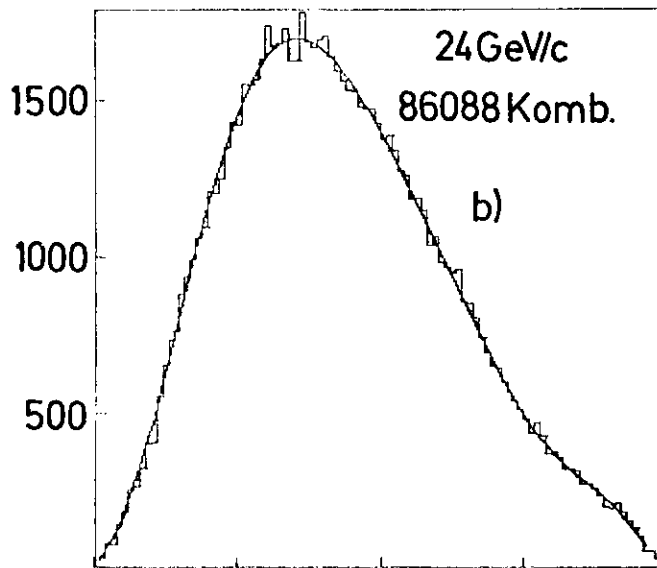
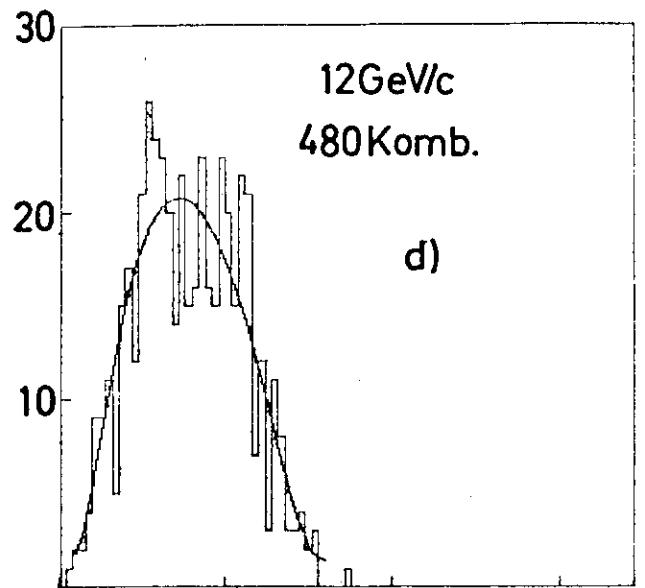
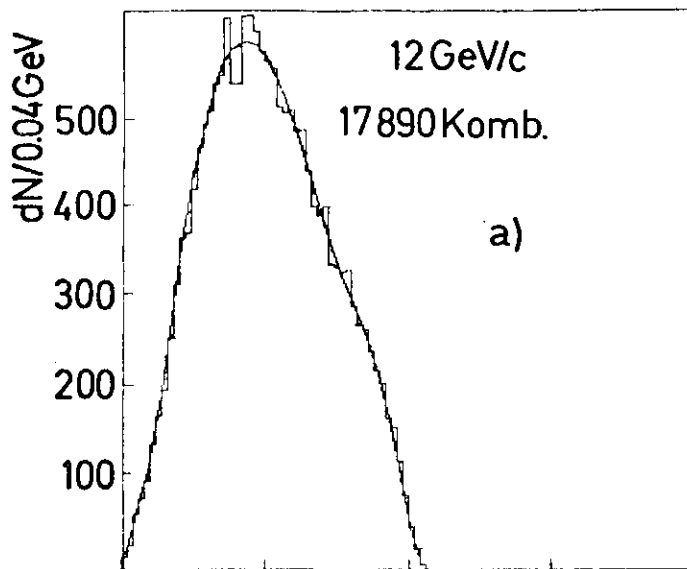


Abb.3.3.3

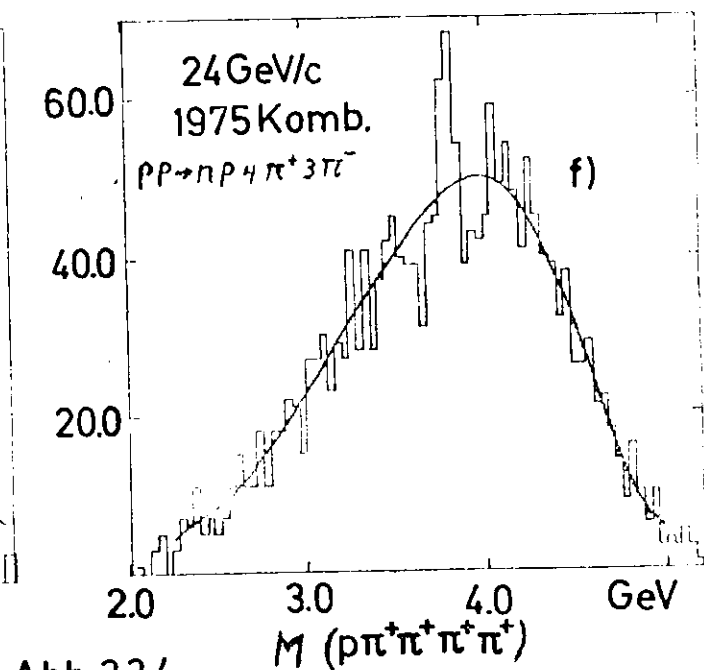
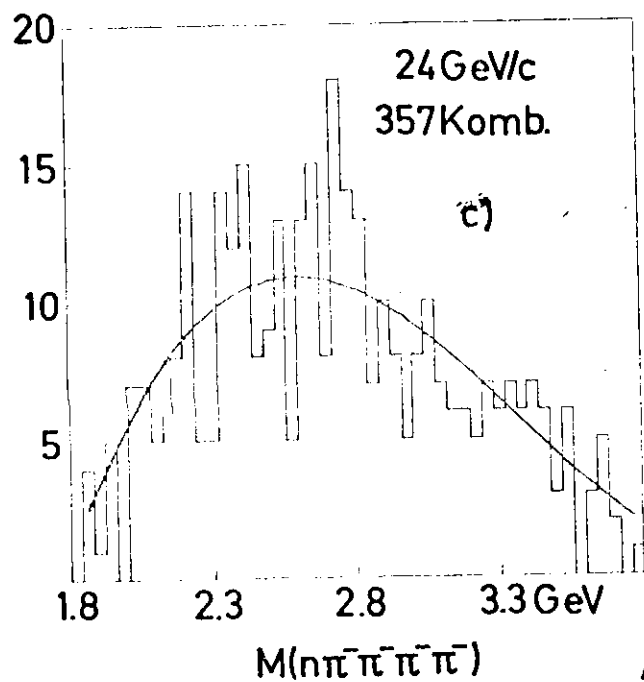
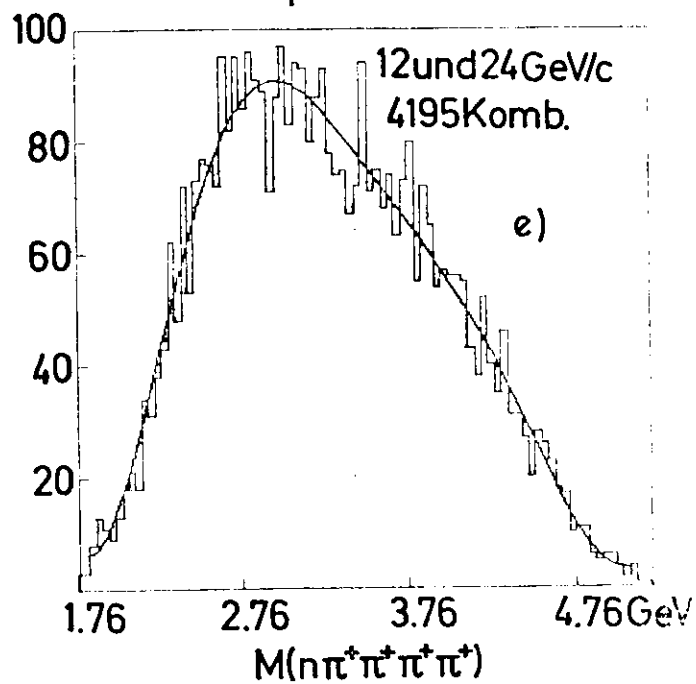
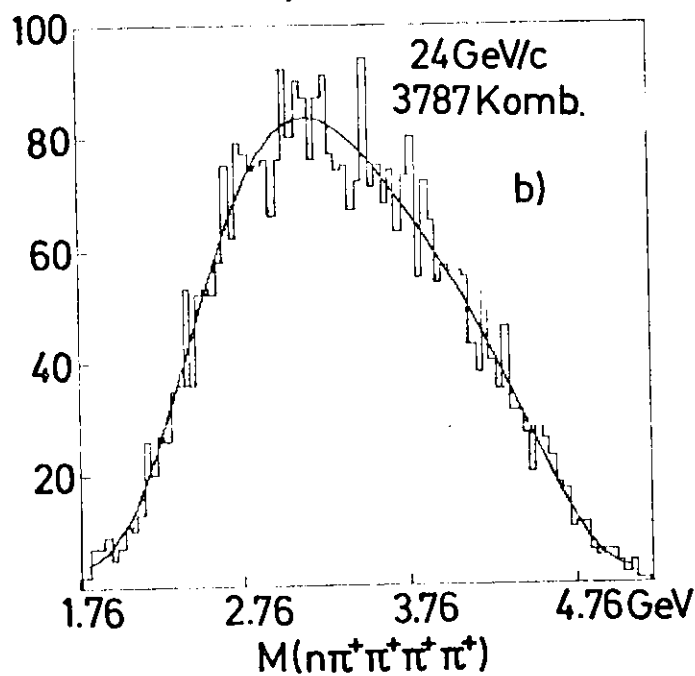
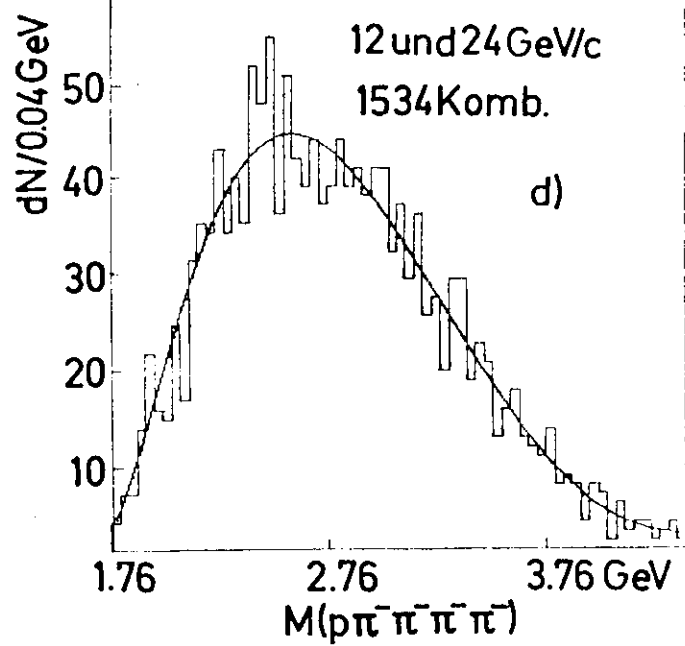
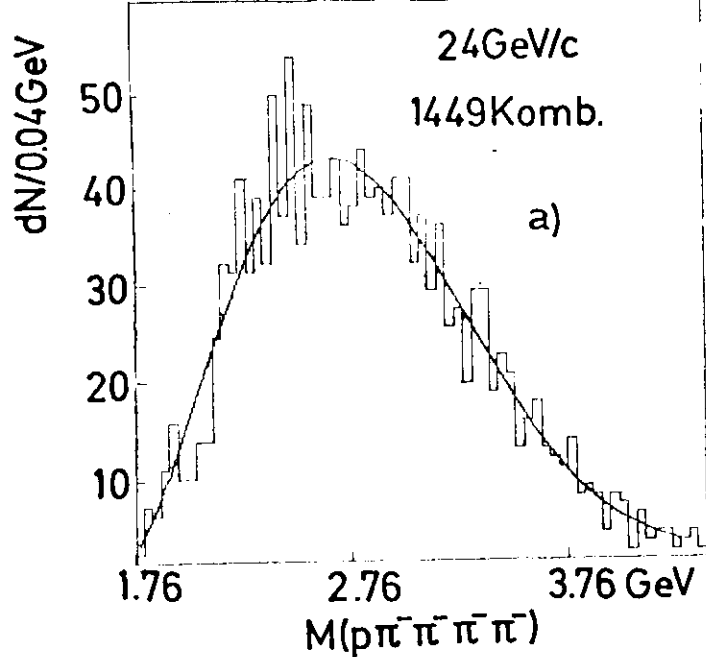


Abb. 3.3.4

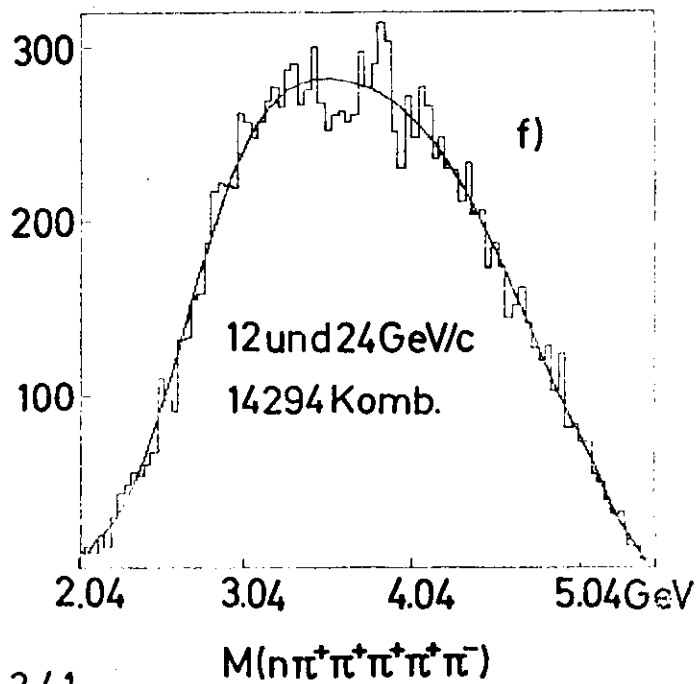
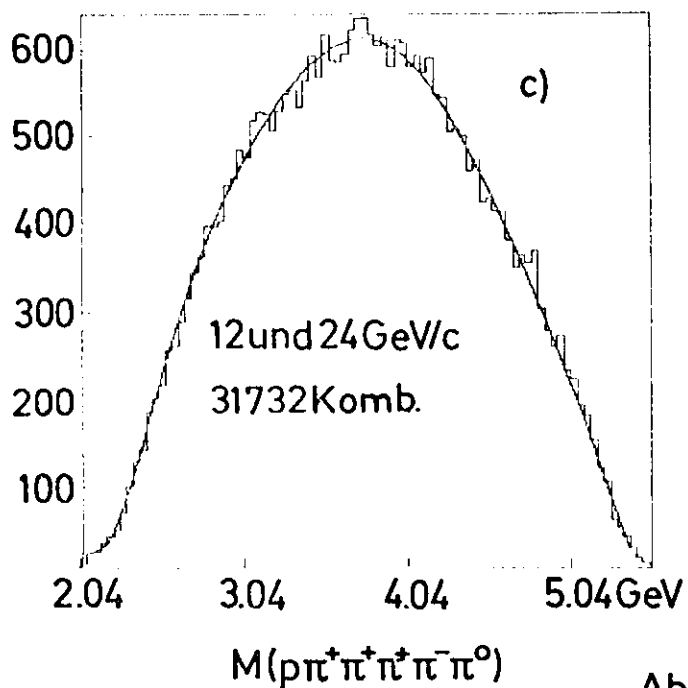
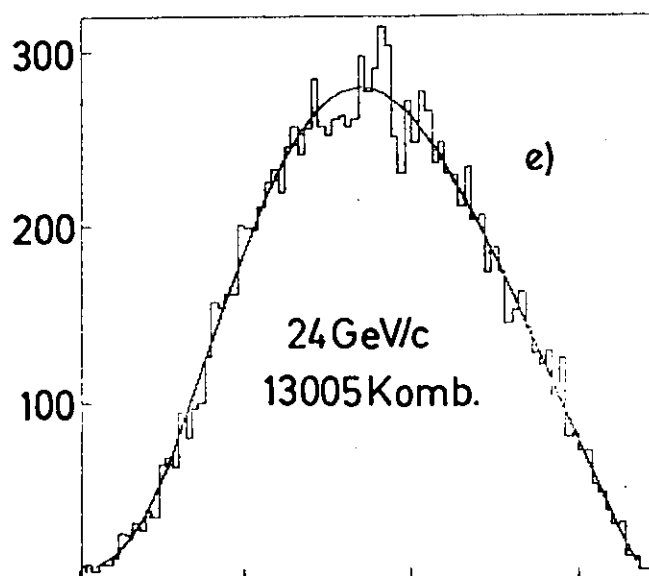
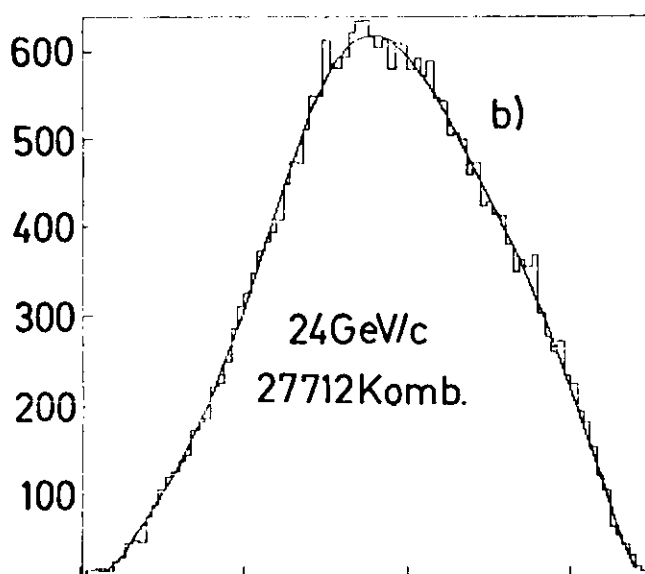
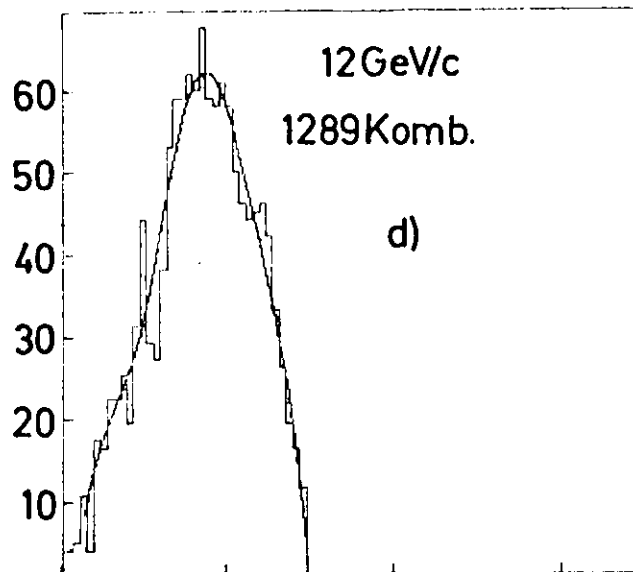
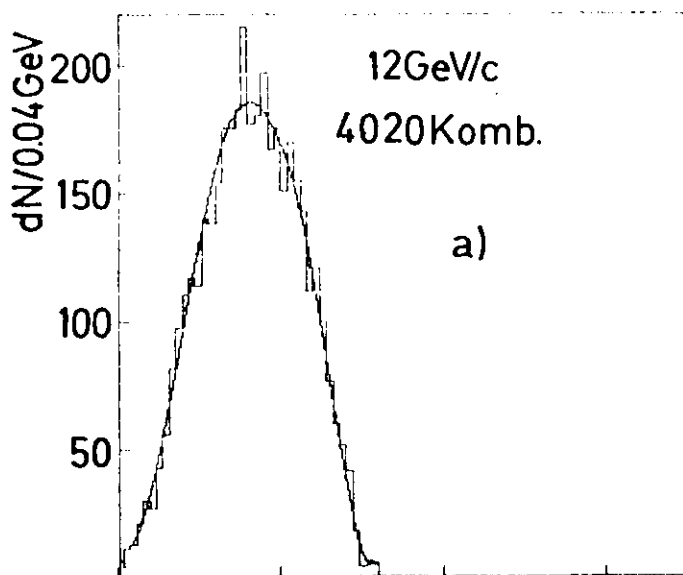


Abb. 3.4.1

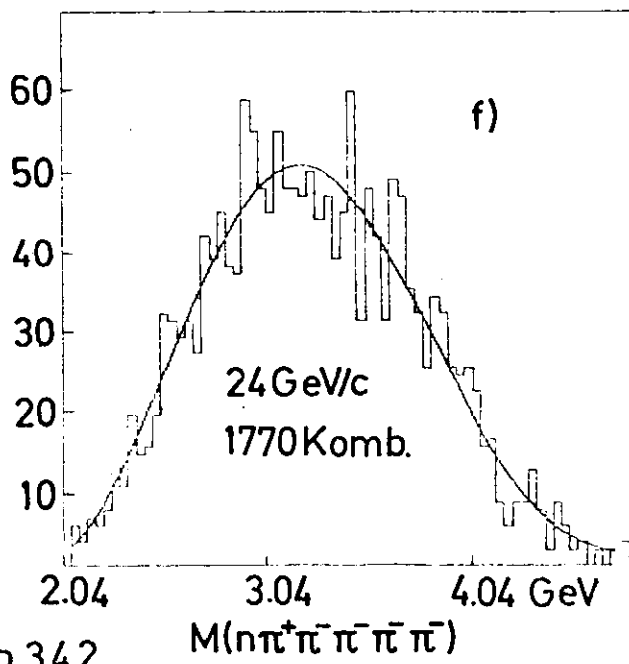
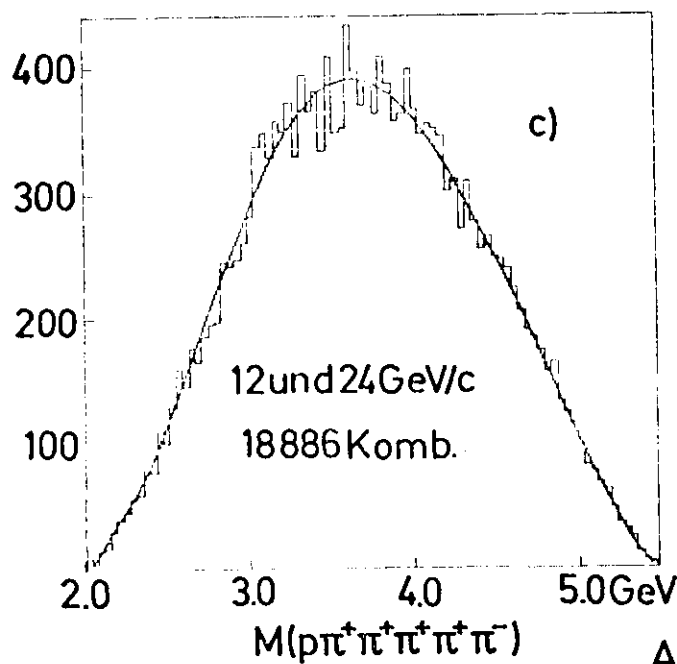
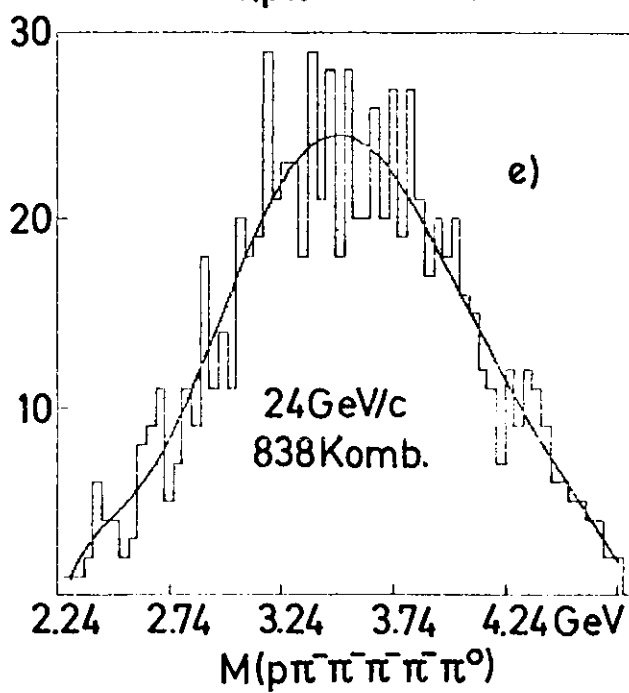
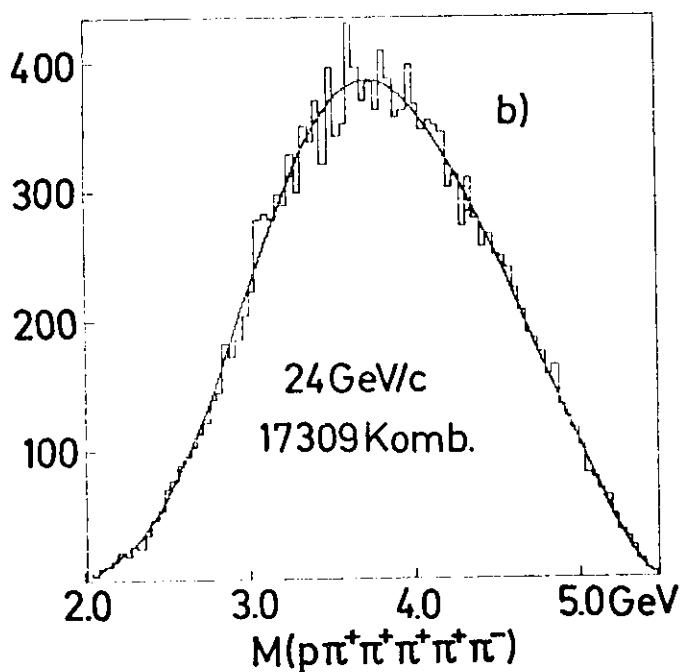
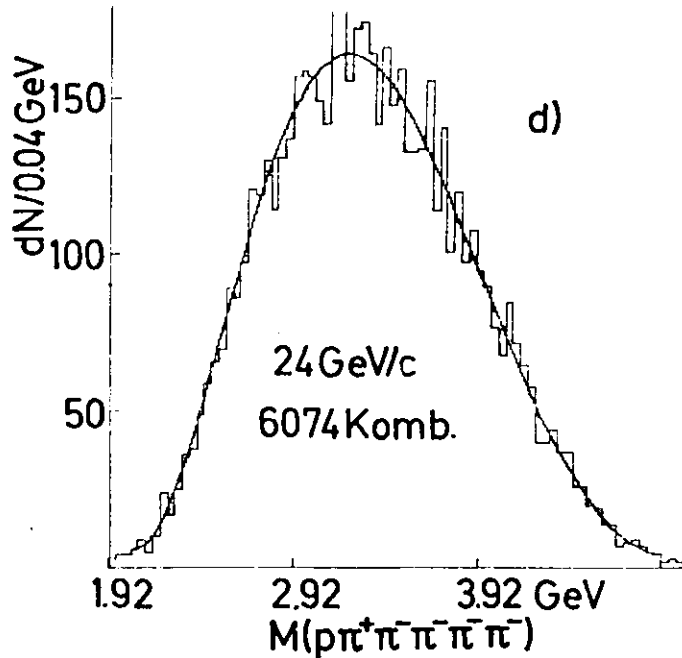
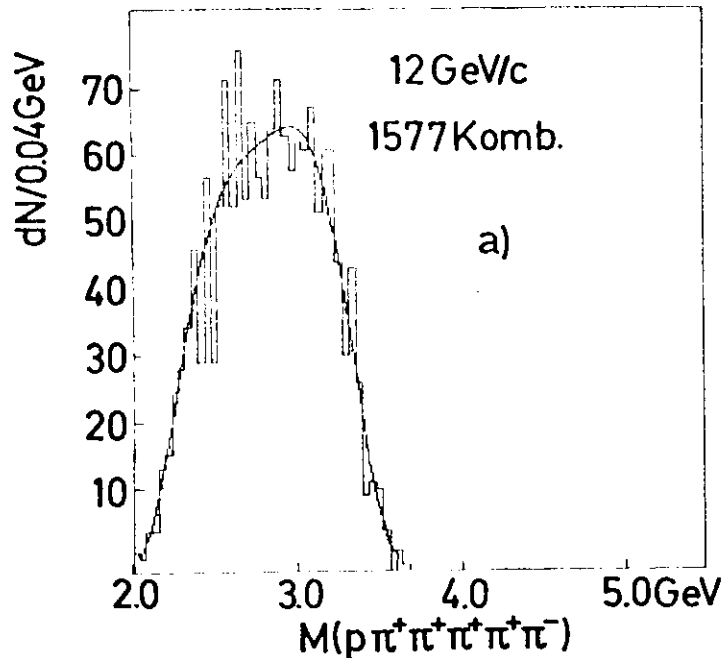


Abb. 3.4.2

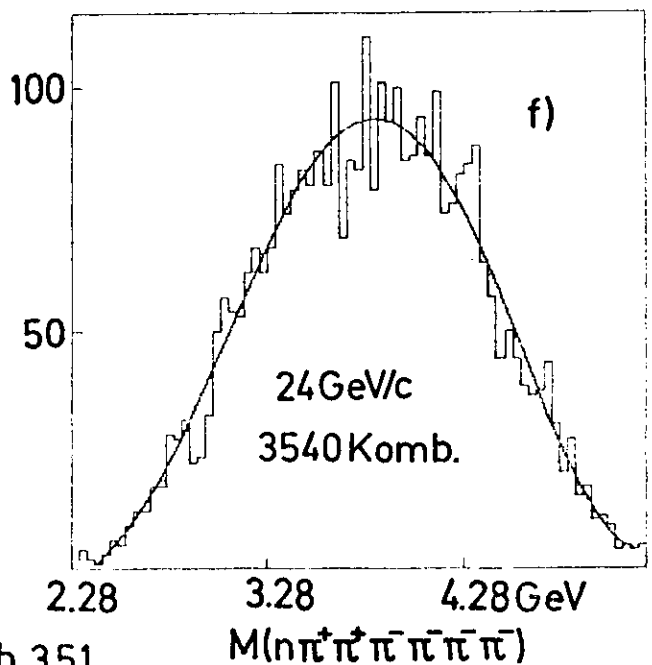
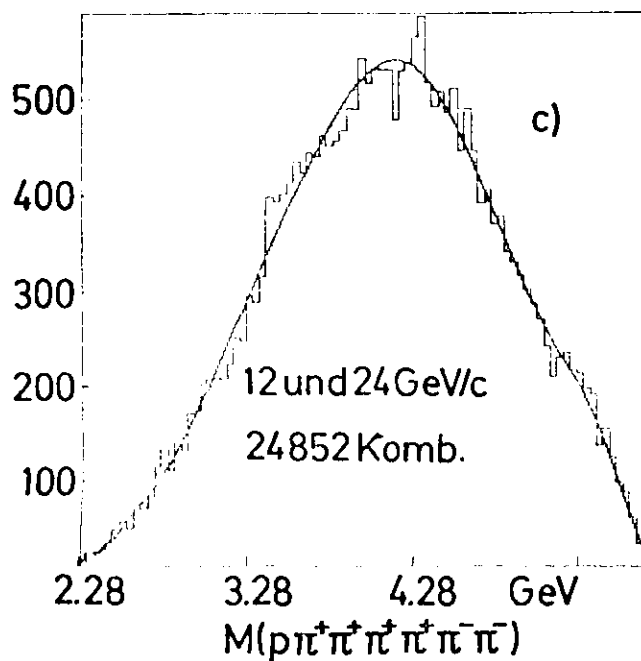
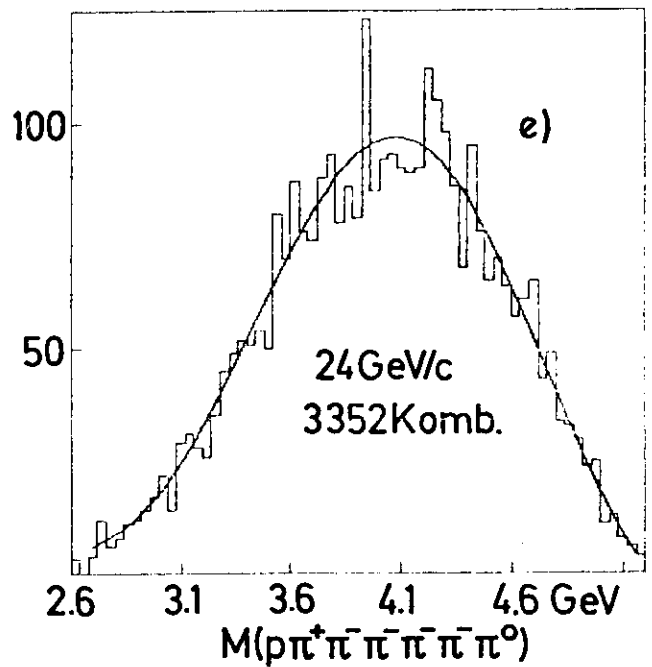
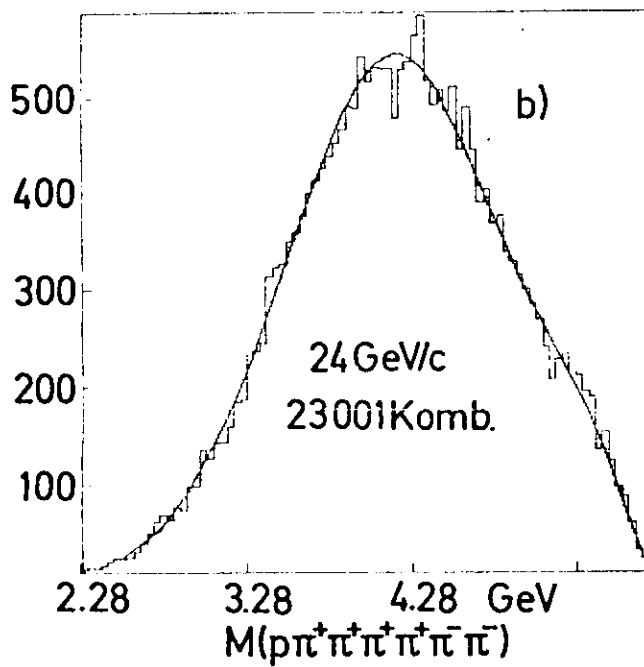
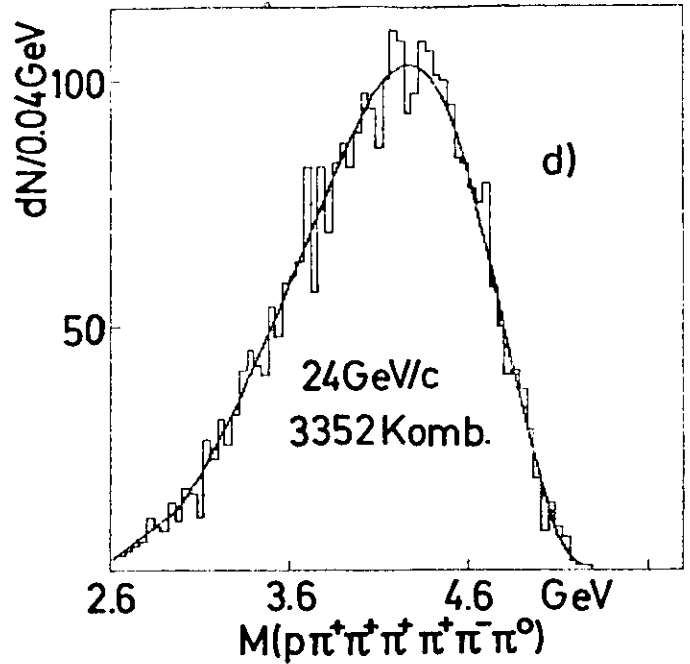
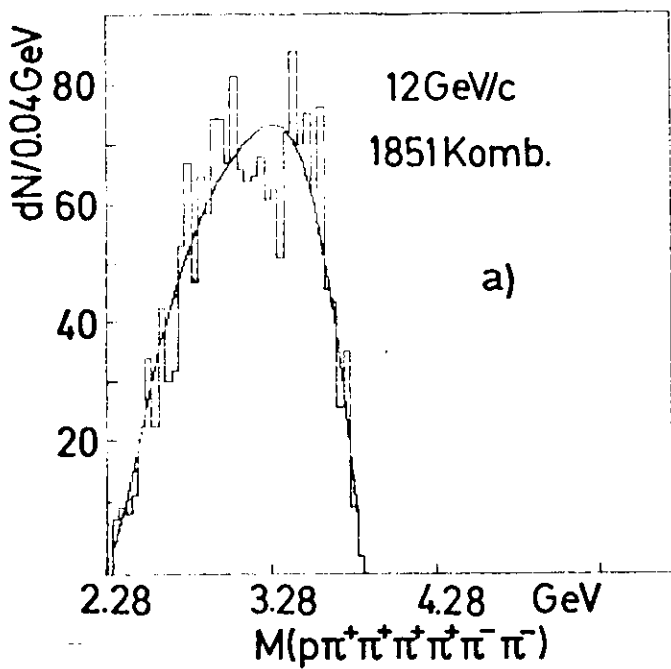
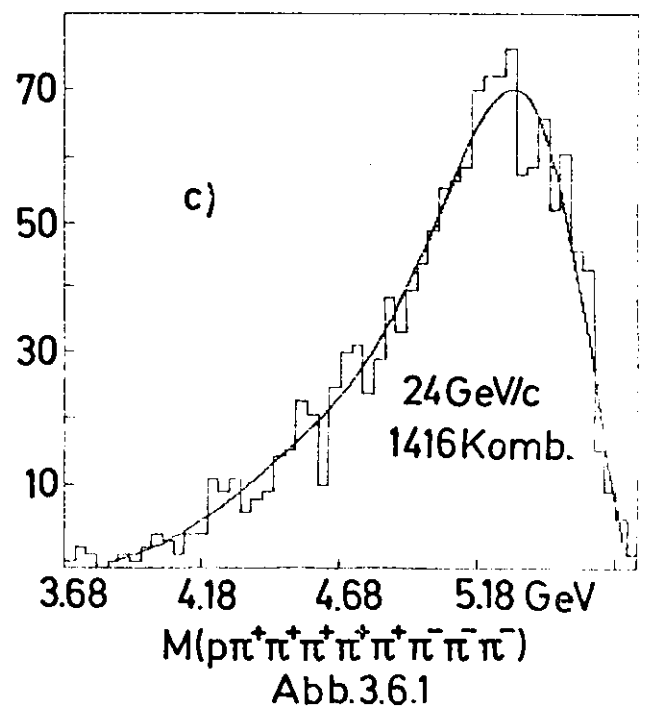
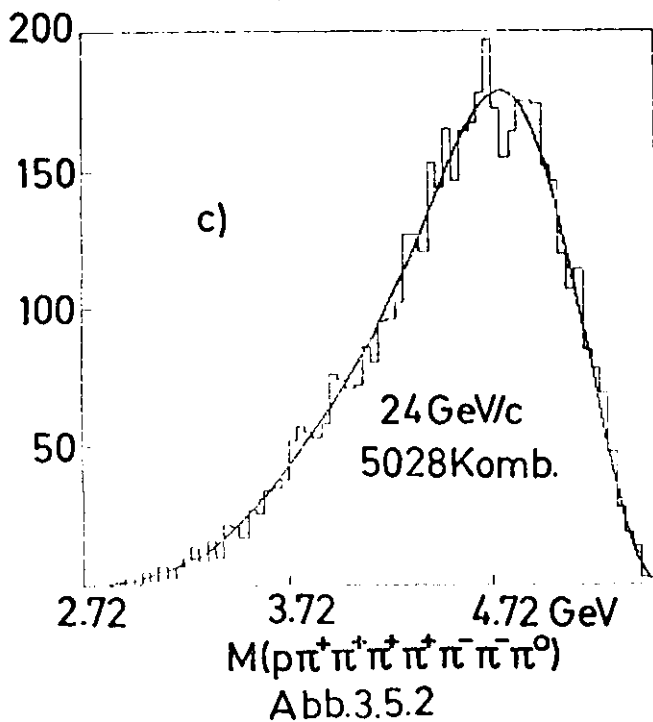
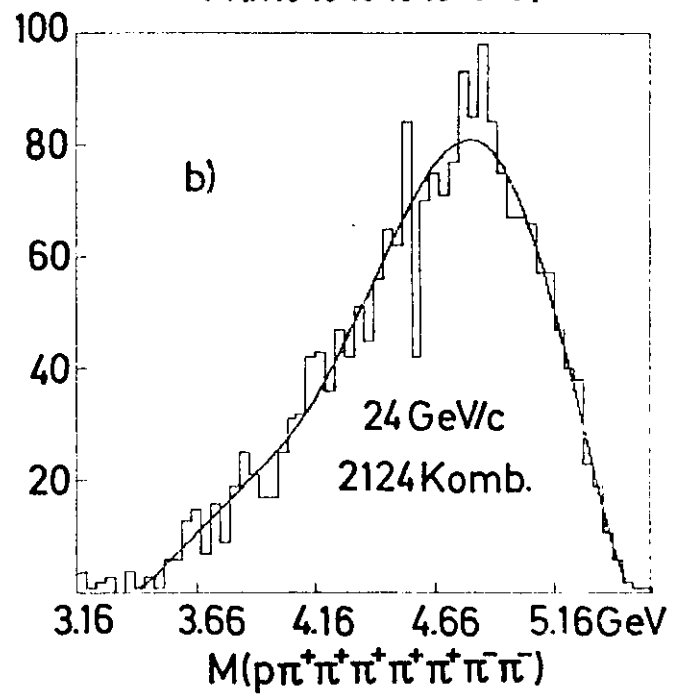
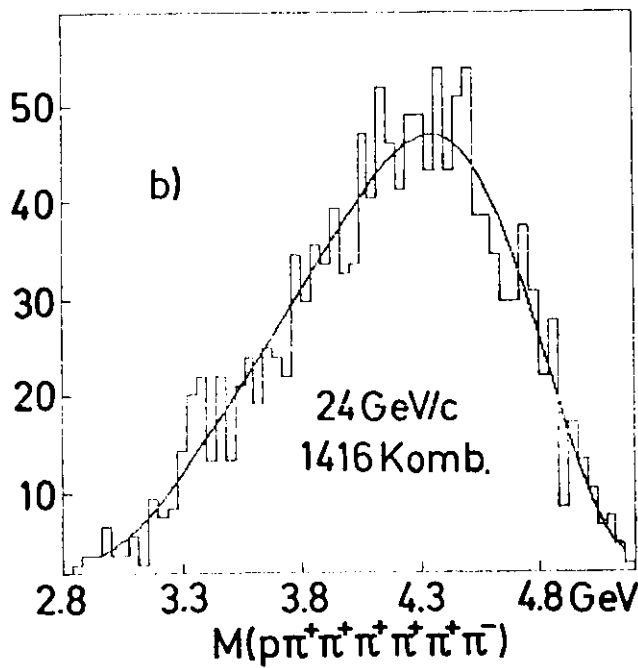
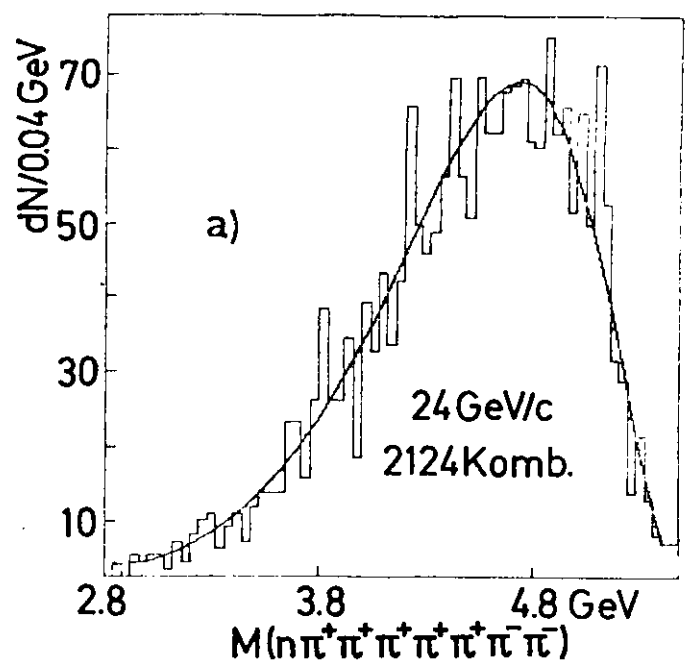
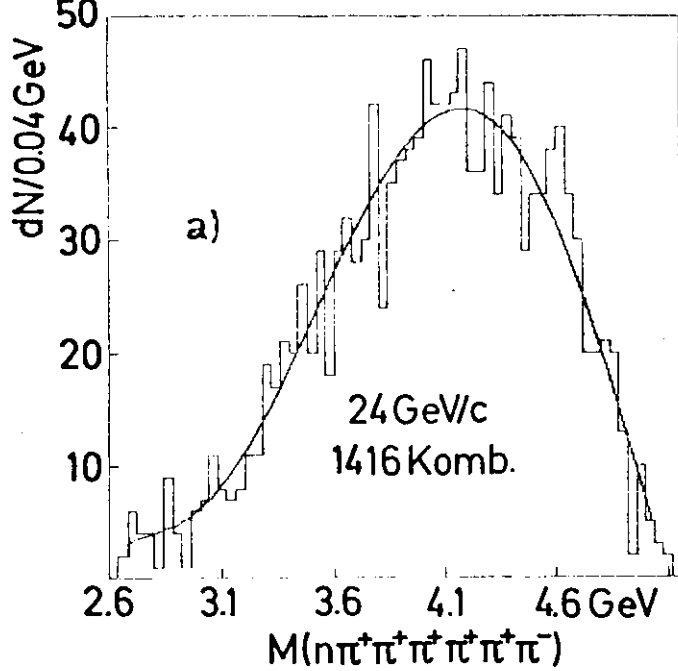
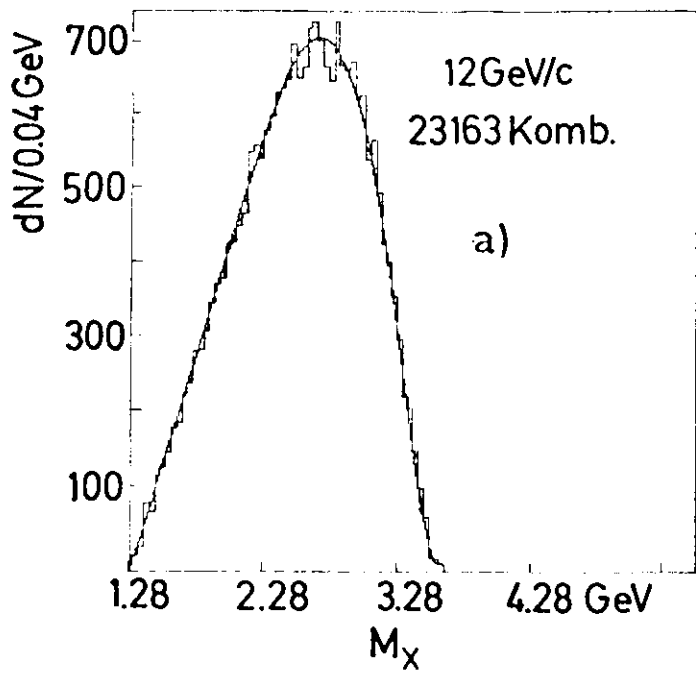


Abb. 3.51



$pp \rightarrow \rho \pi^- \pi^- X$



$pp \rightarrow \rho \pi^+ \pi^+ X$

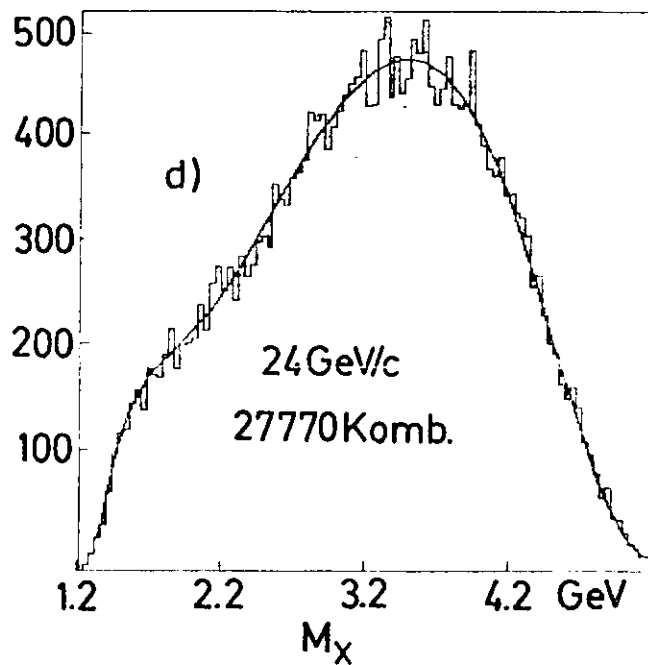
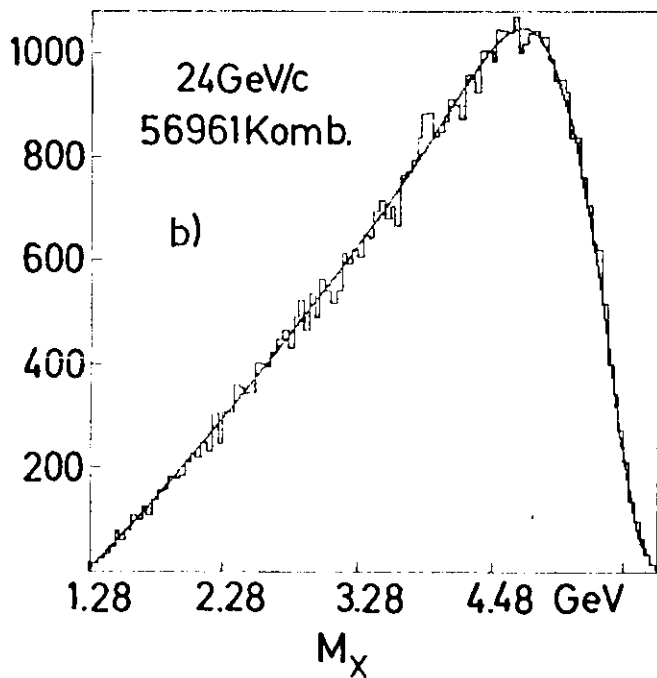
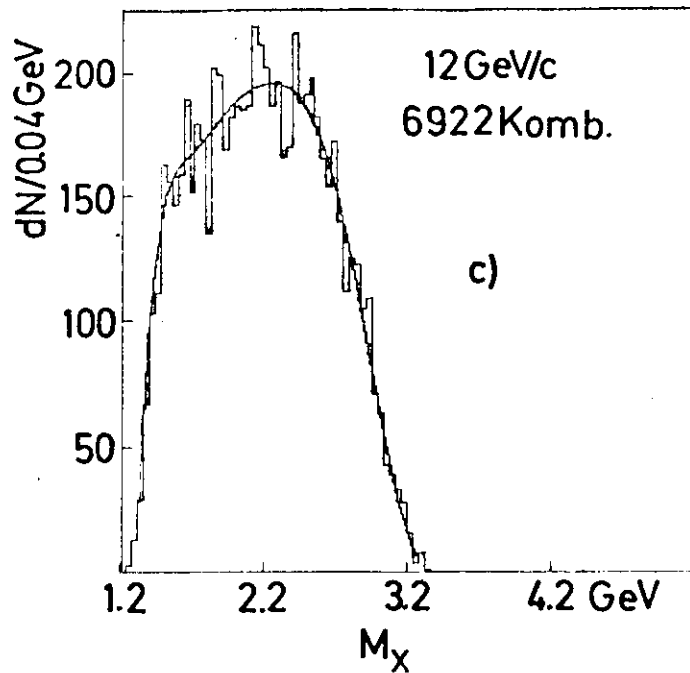
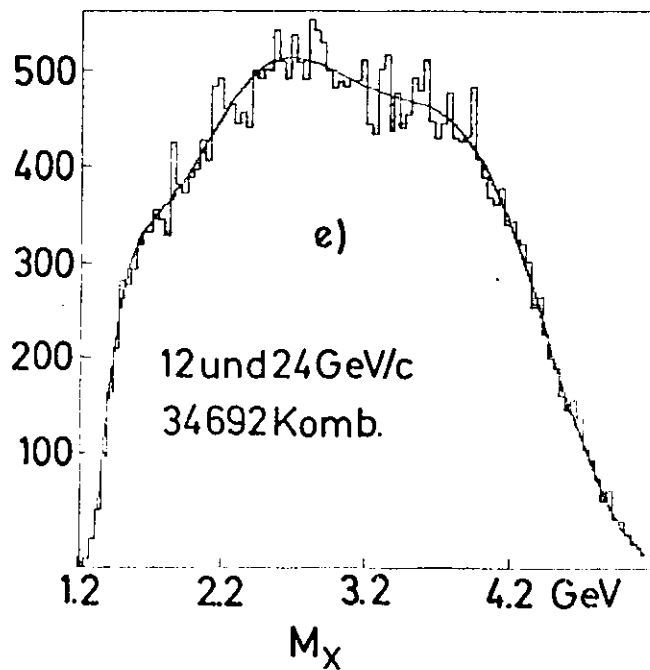
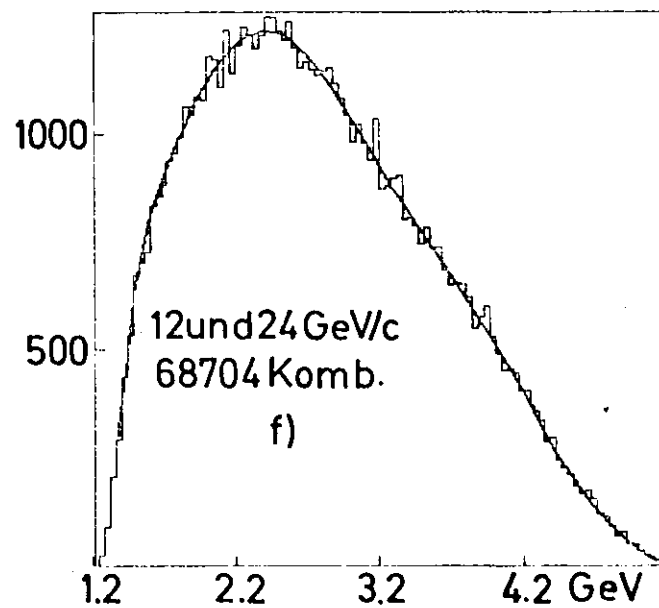
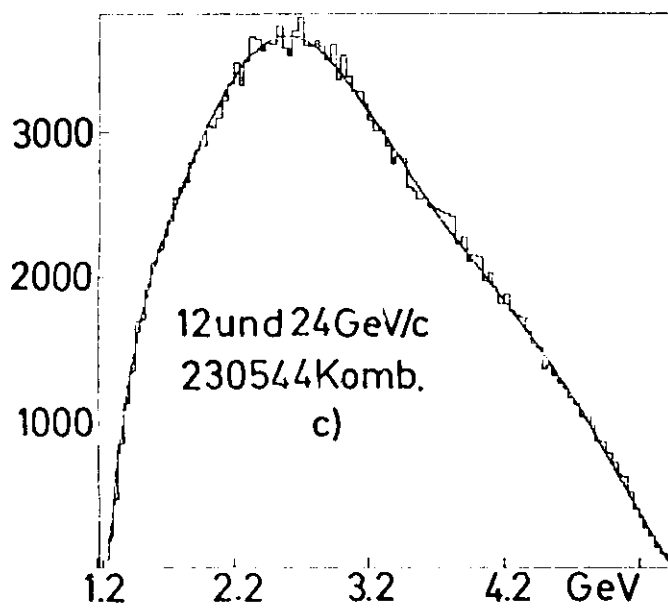
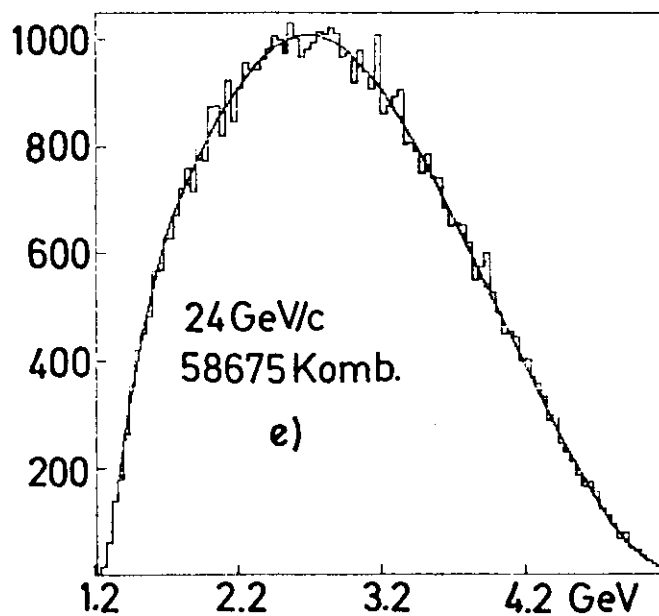
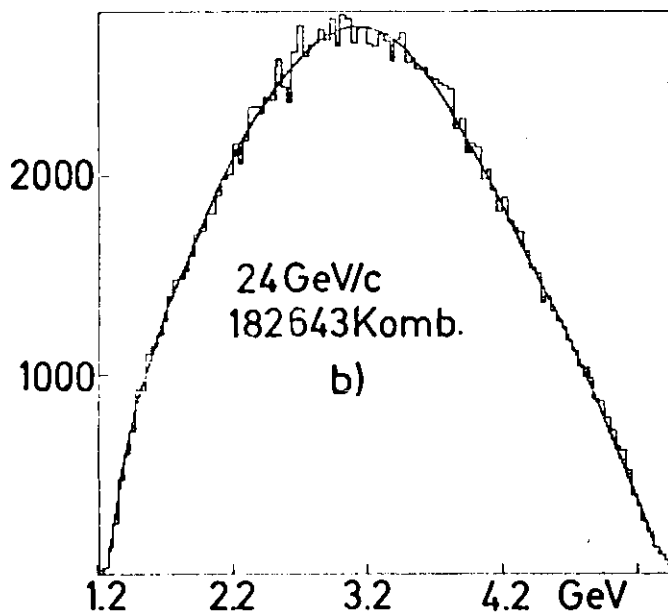
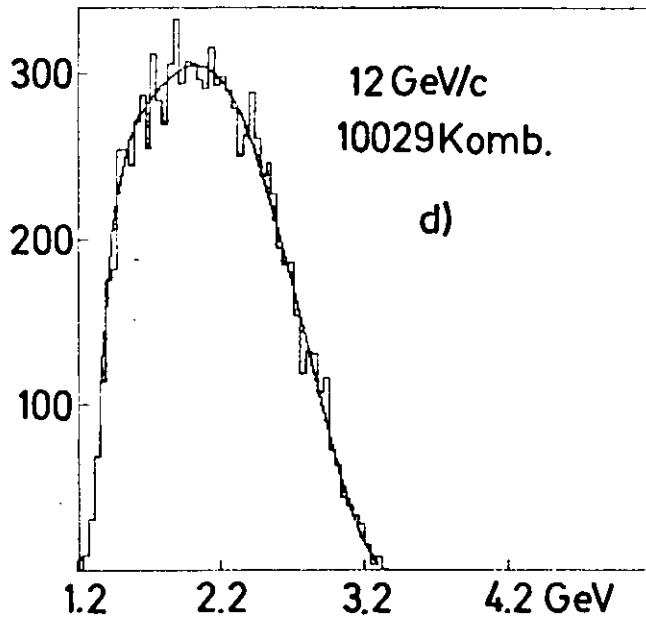
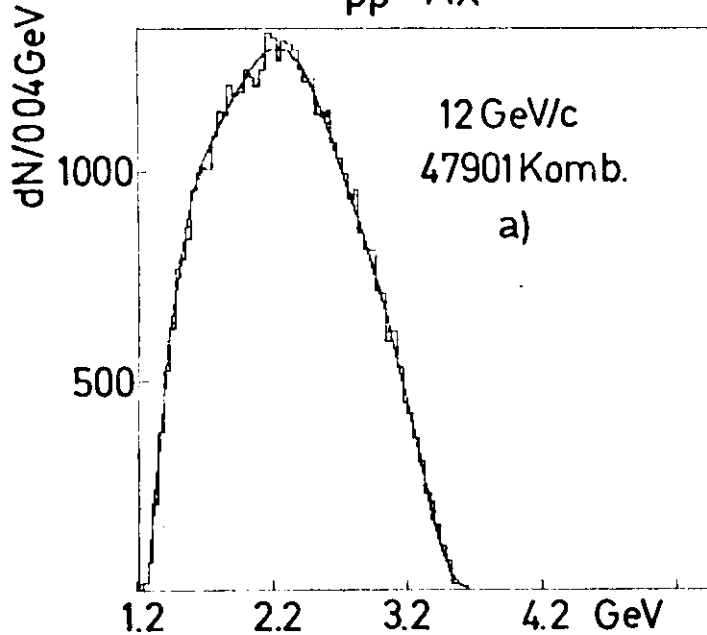


Abb.4.11



$pp \rightarrow \Lambda\Lambda$

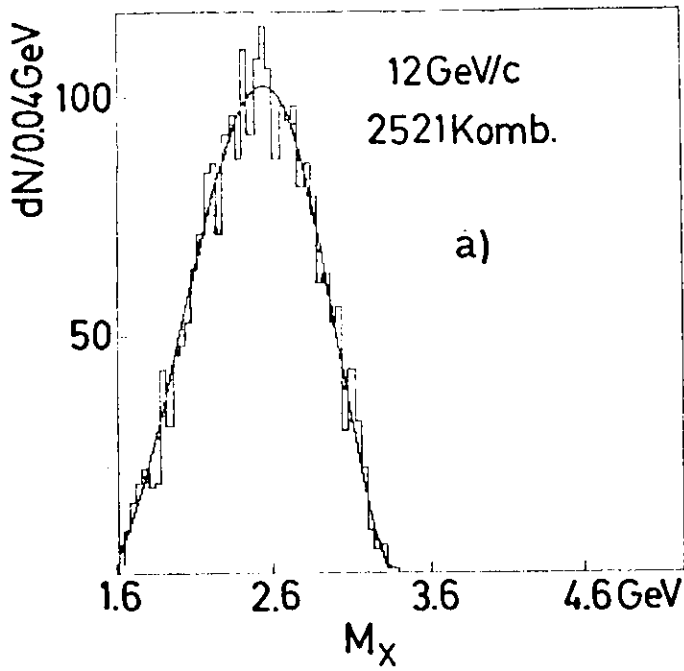


M_X

Abb.4.1.2

M_X

$pp \rightarrow \rho \pi^- \pi^- \pi^- X$



$pp \rightarrow \rho \pi^+ \pi^+ \pi^+ X$

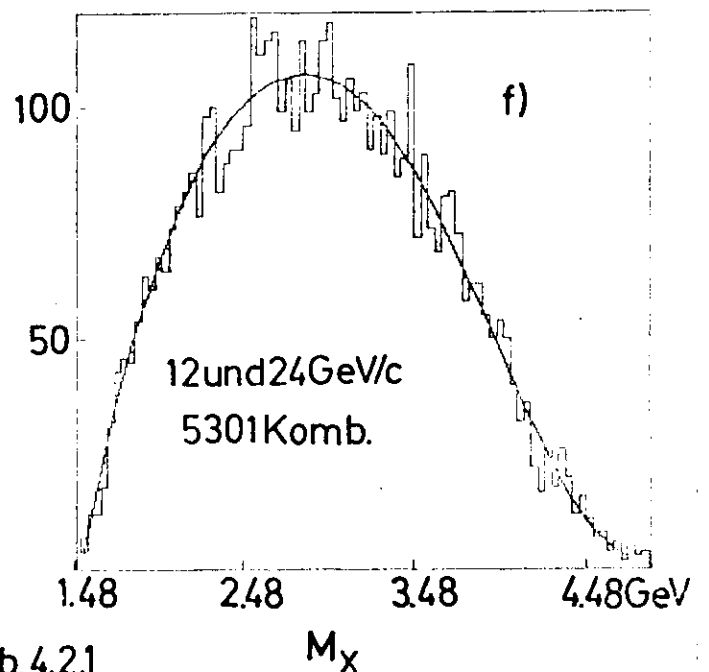
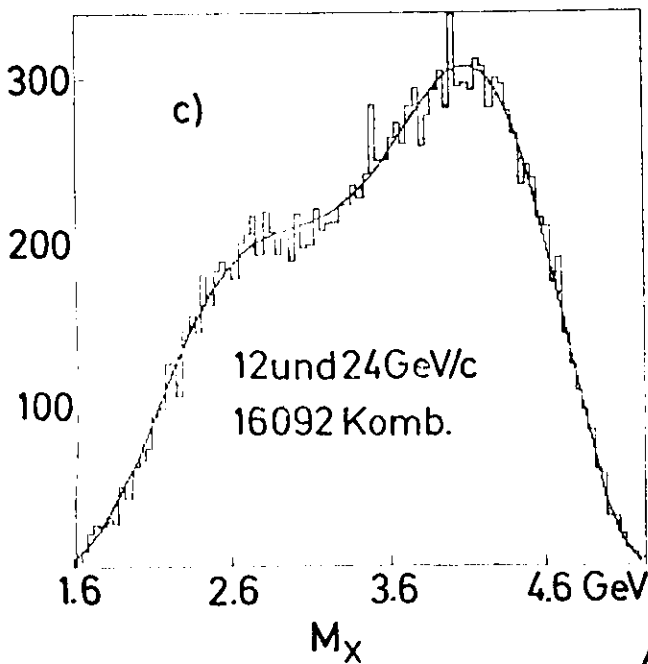
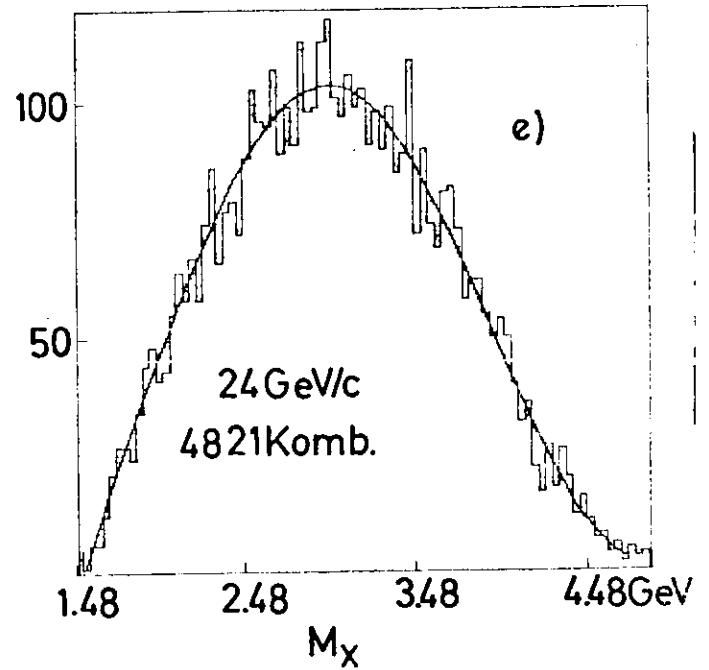
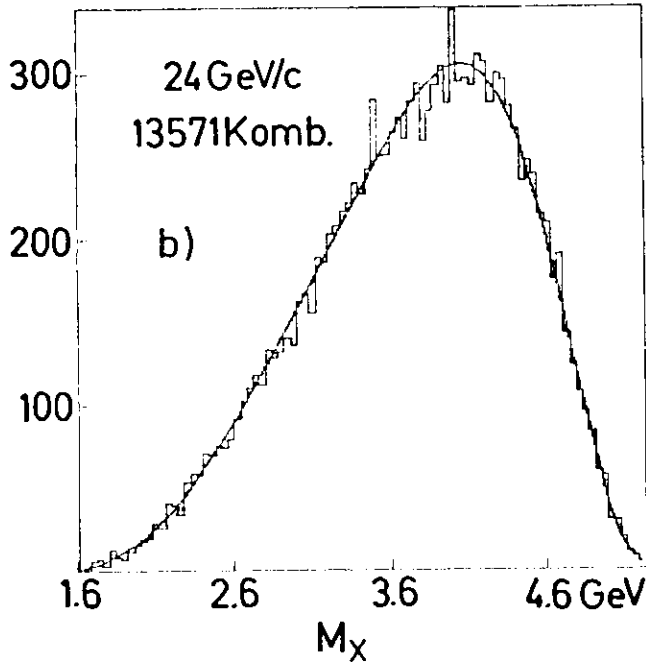
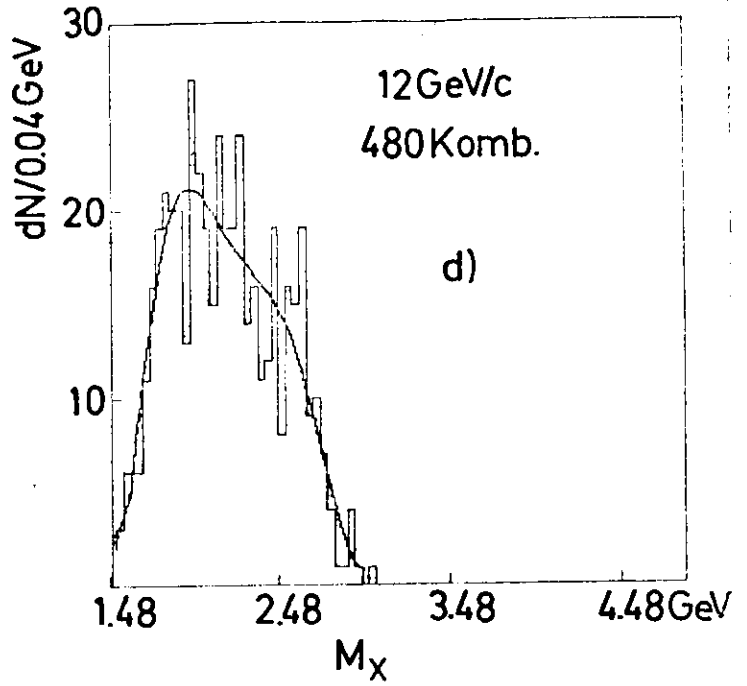


Abb. 4.2.1

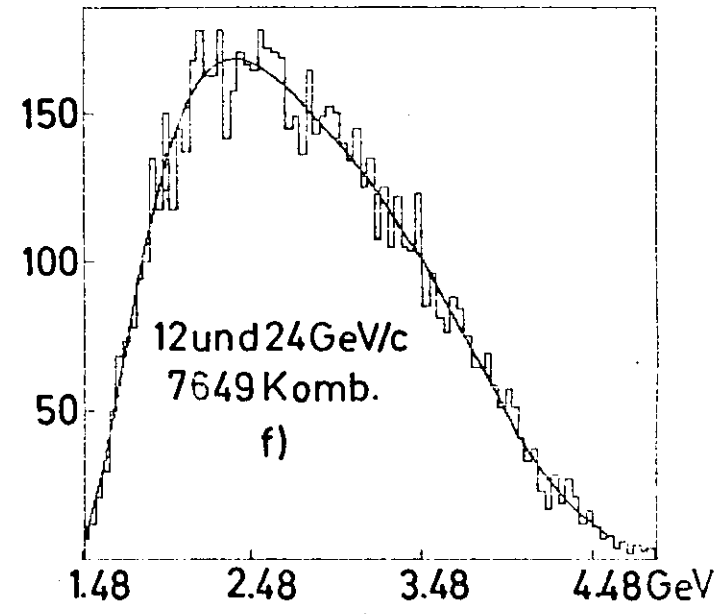
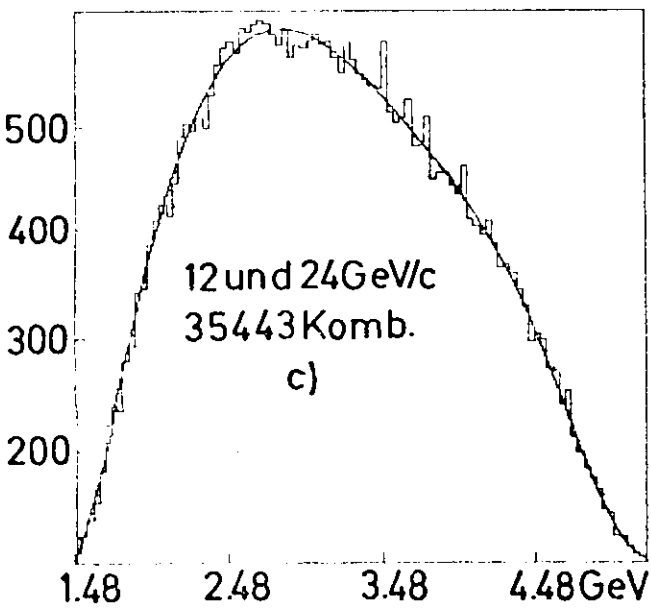
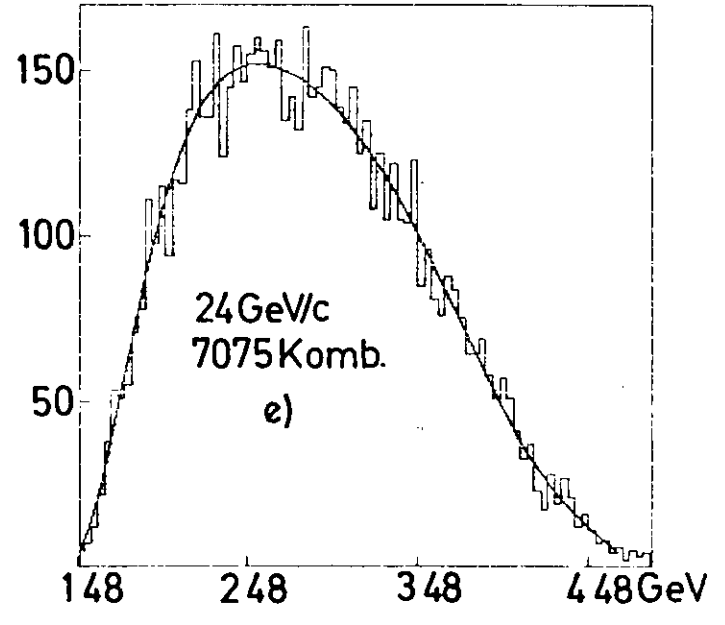
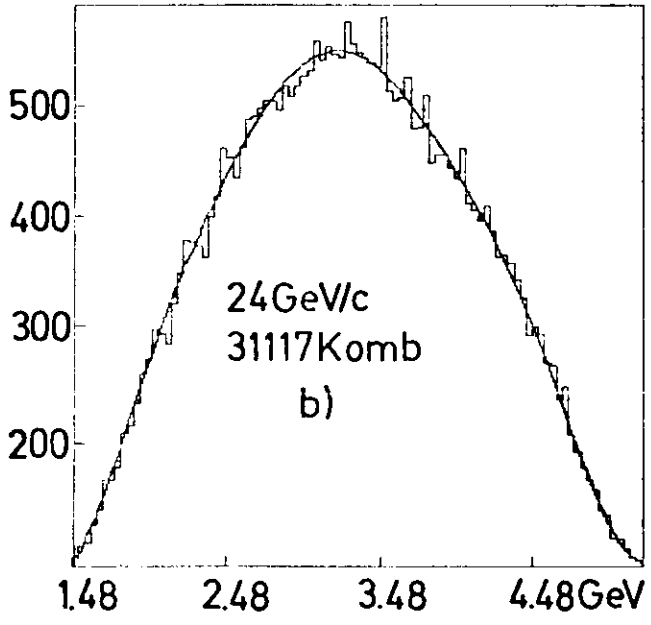
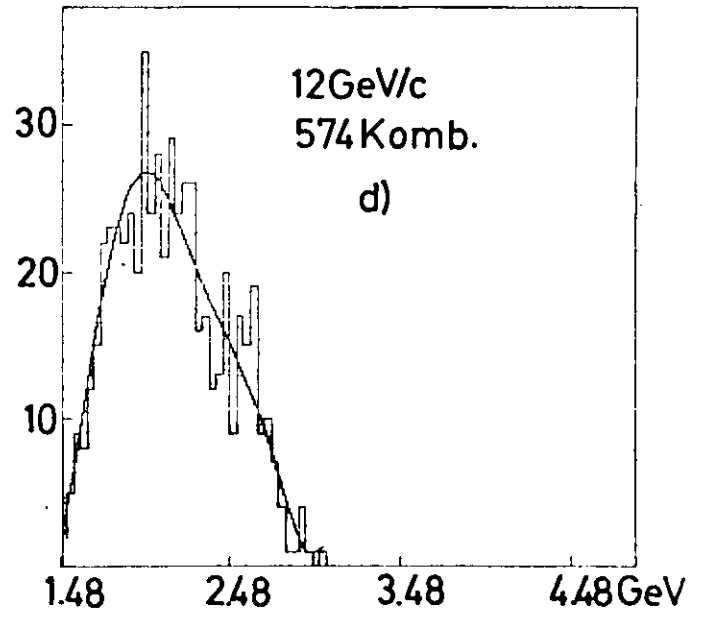
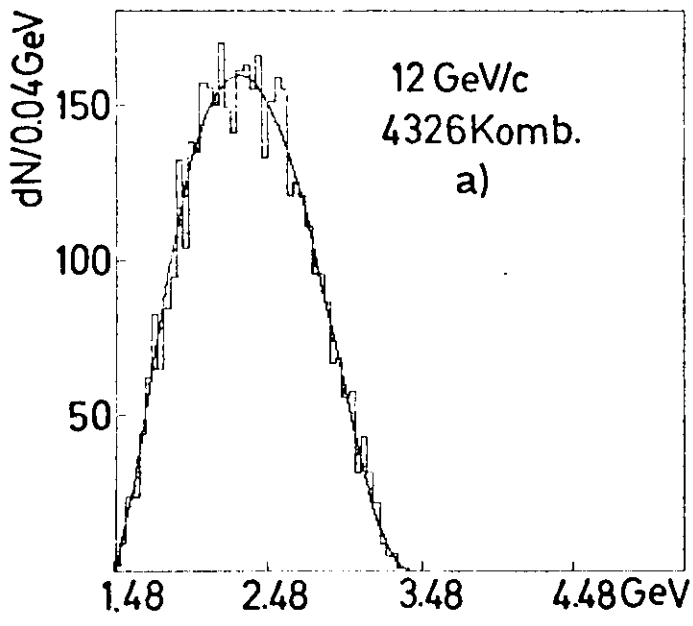
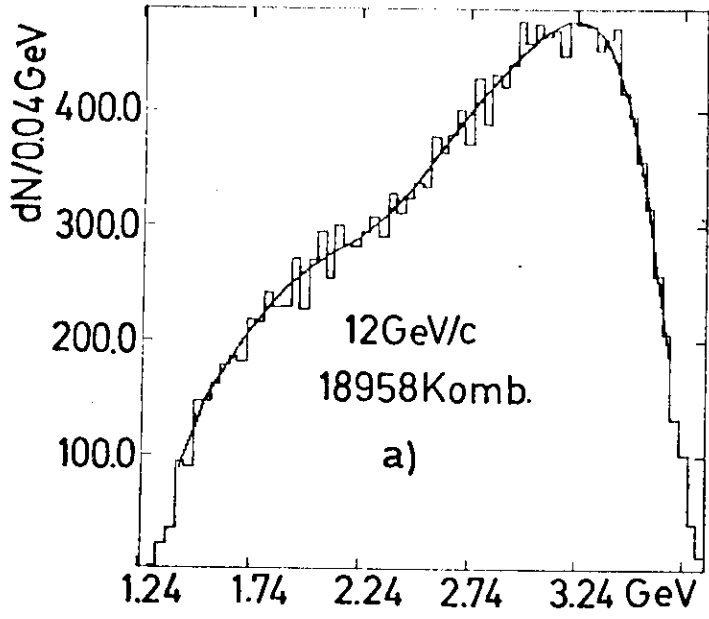


Abb.4.2.2

pp → $\pi^+ \pi^- X$



pp → $E X$

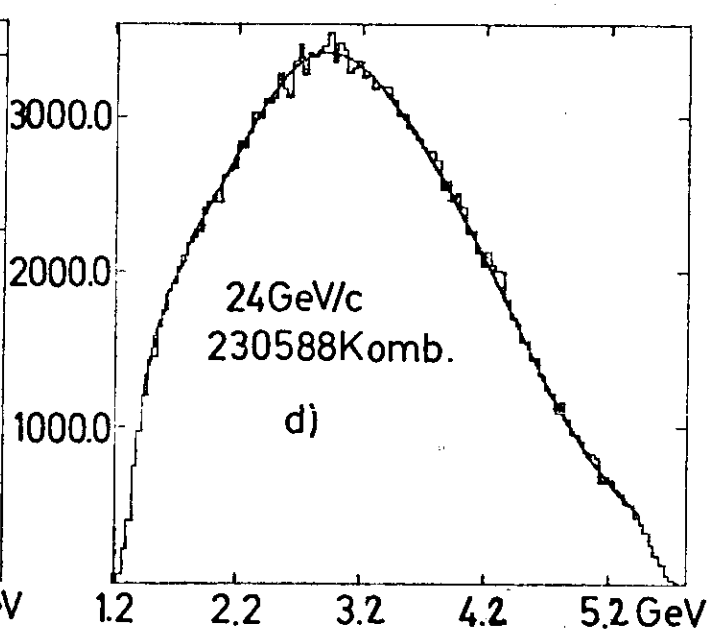
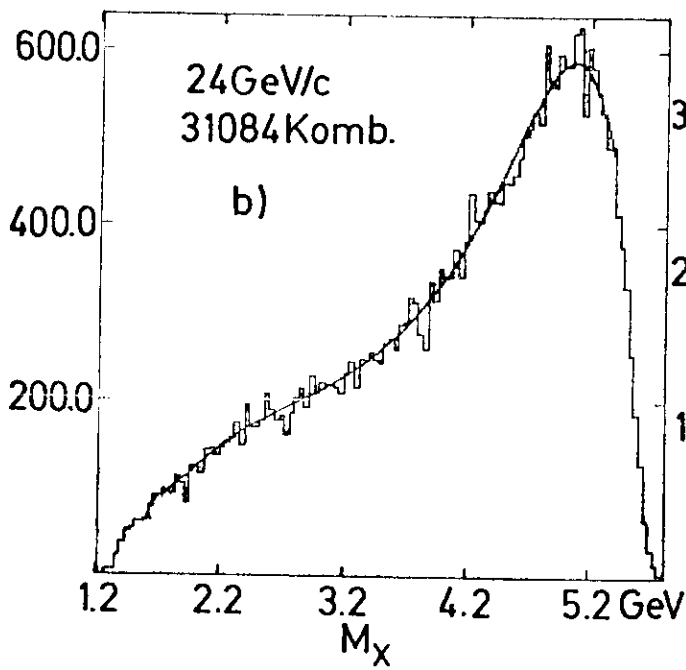
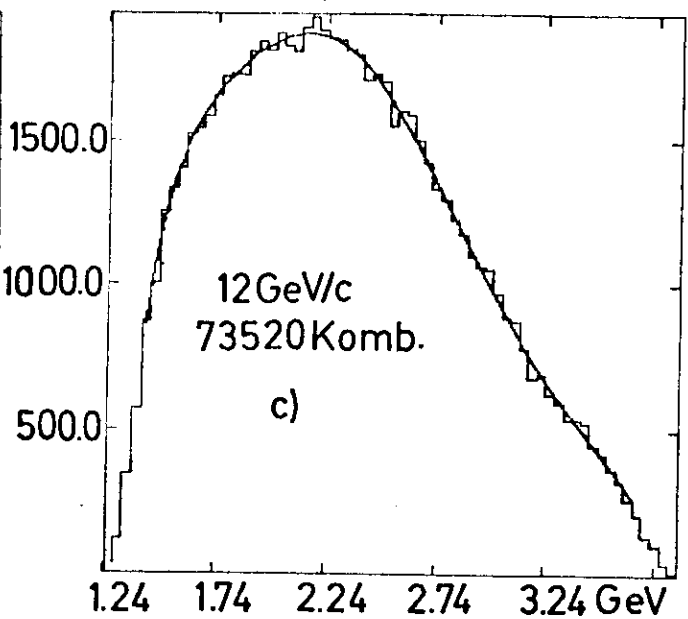
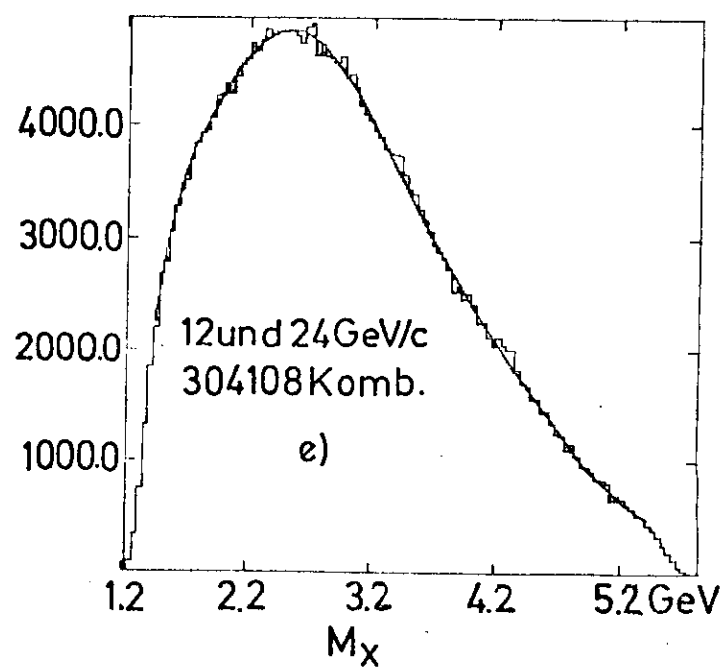


Abb.4.31



pp → $\mu\mu$ $\mu\mu$

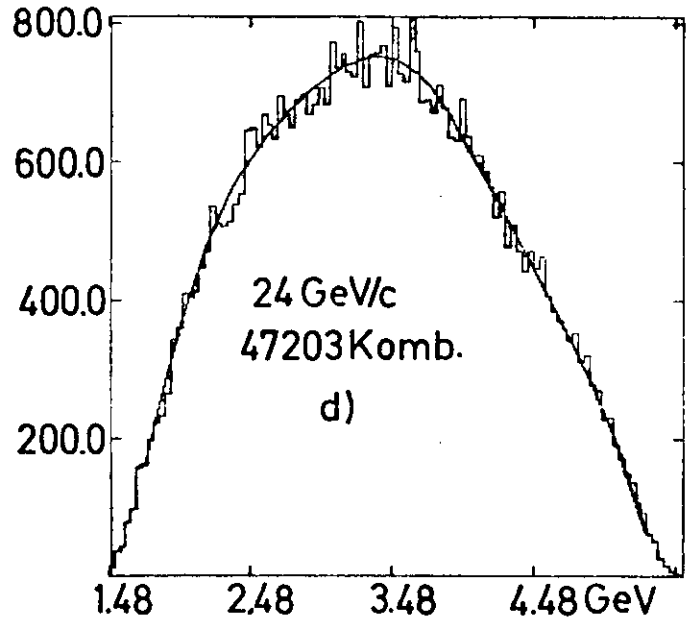
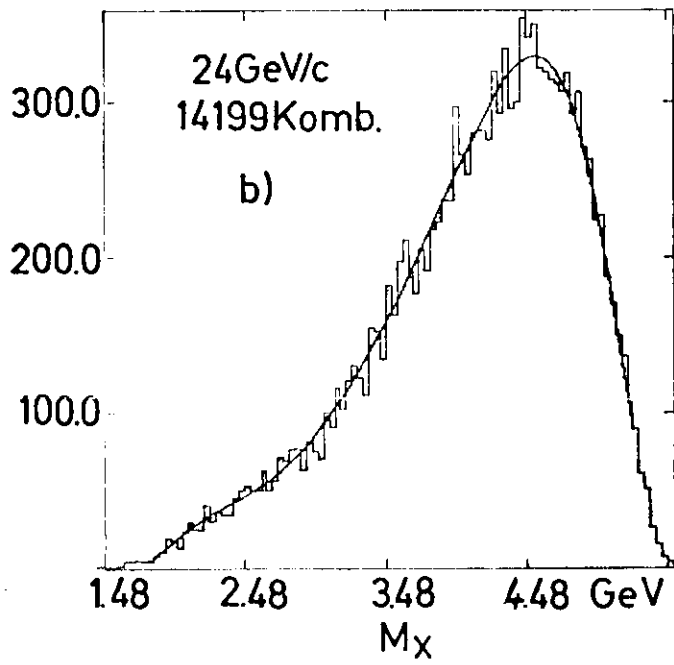
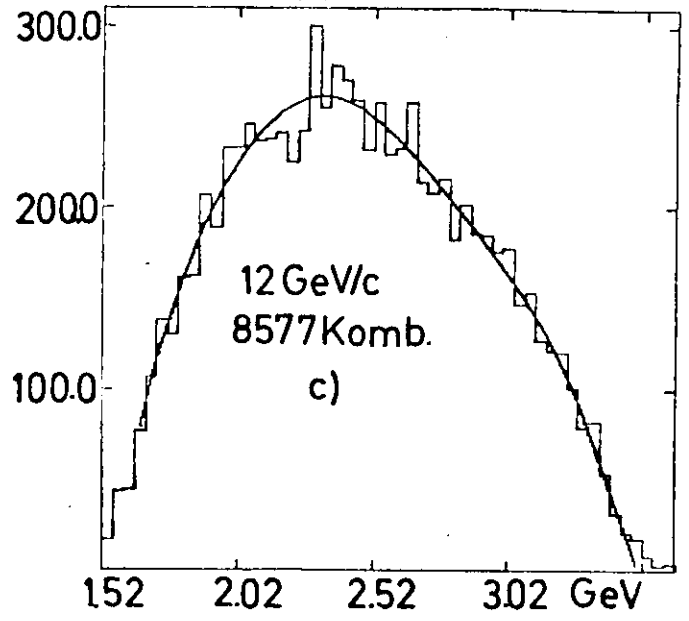
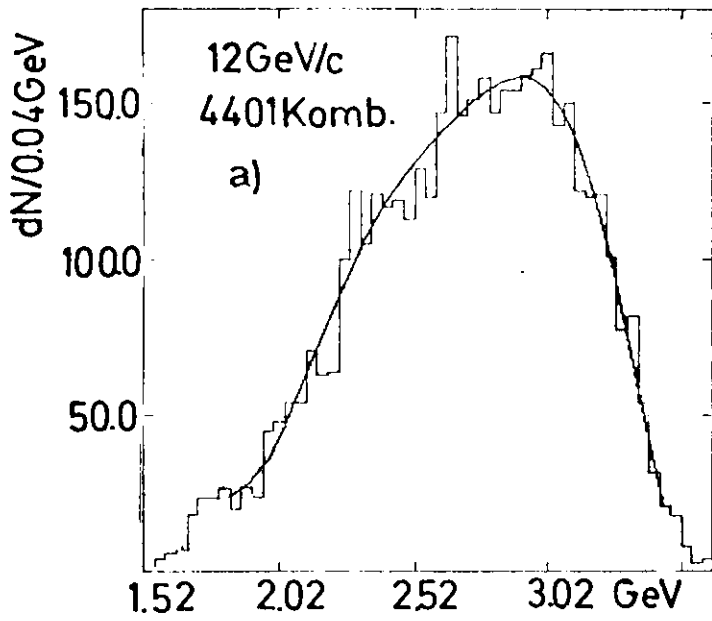
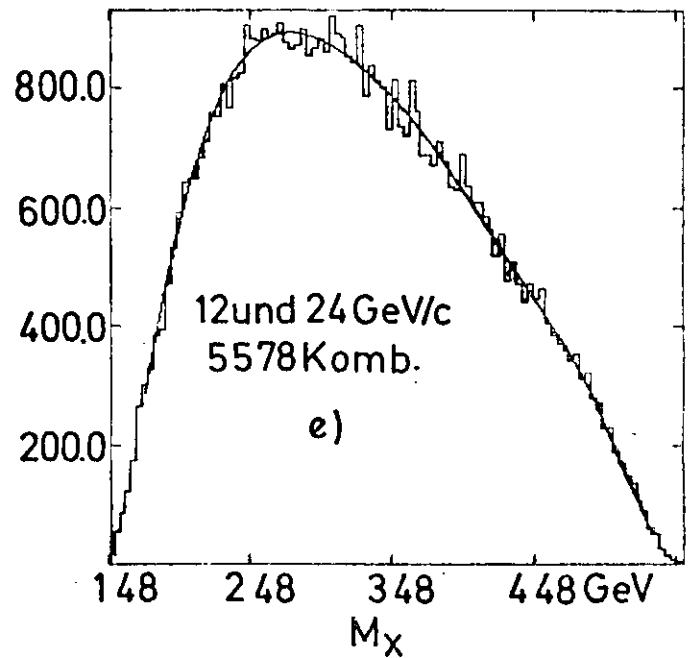


Abb.4.3.2



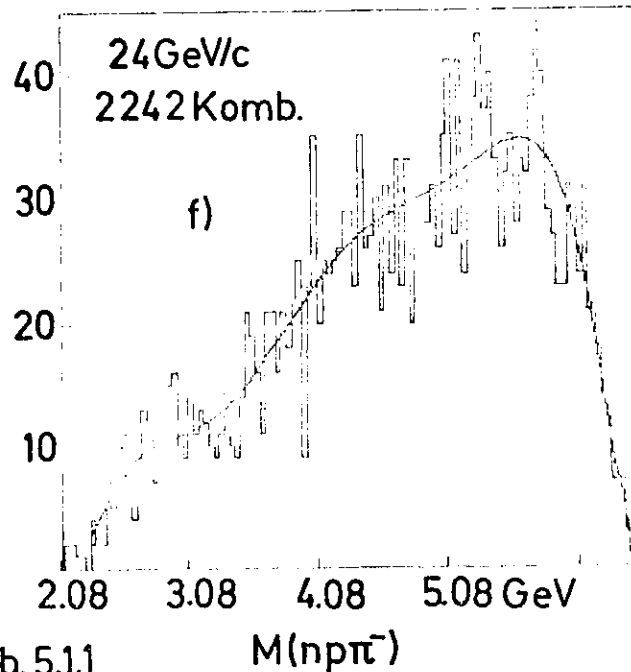
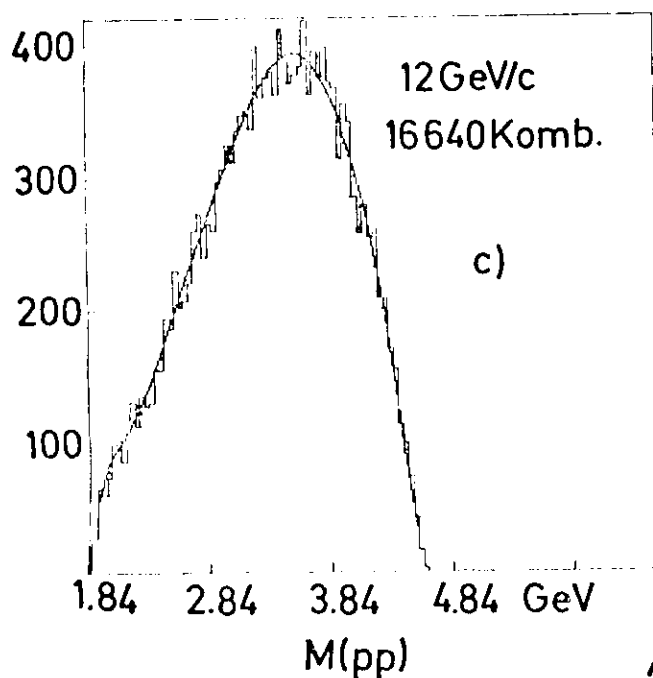
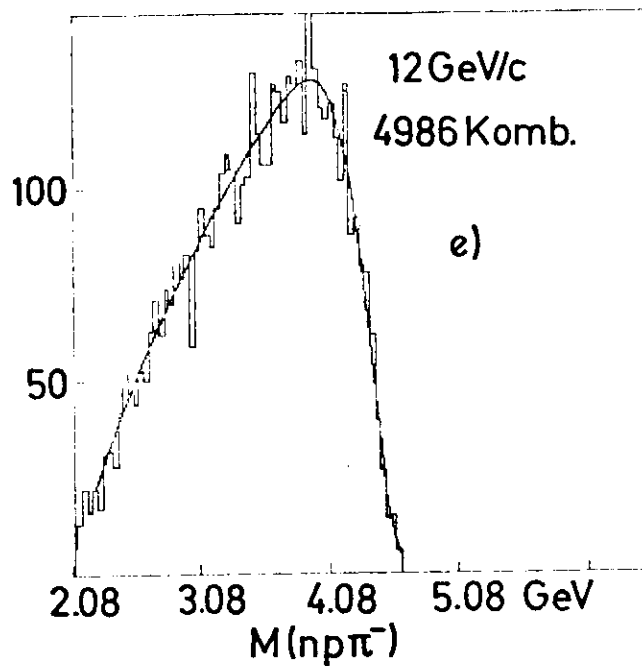
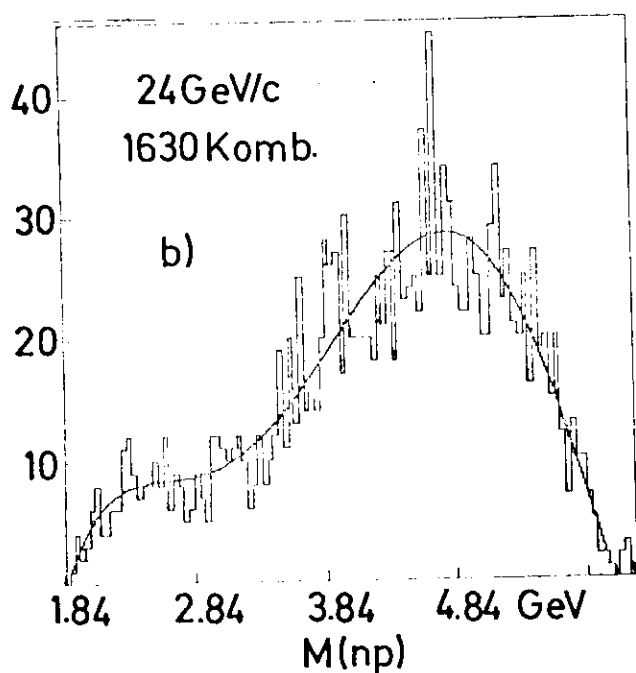
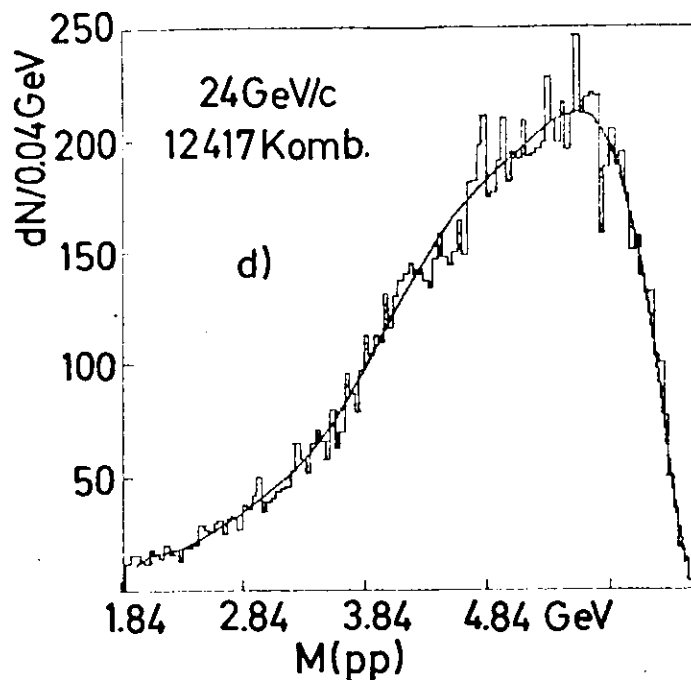
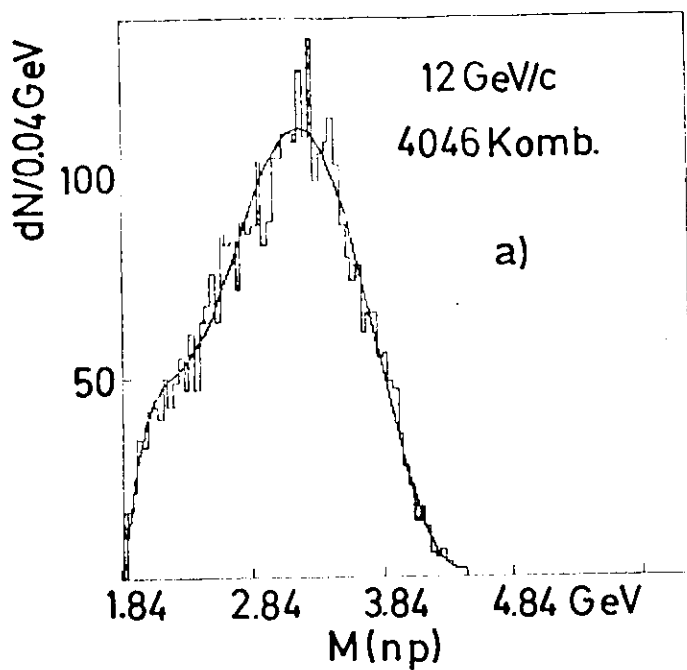


Abb. 5.11

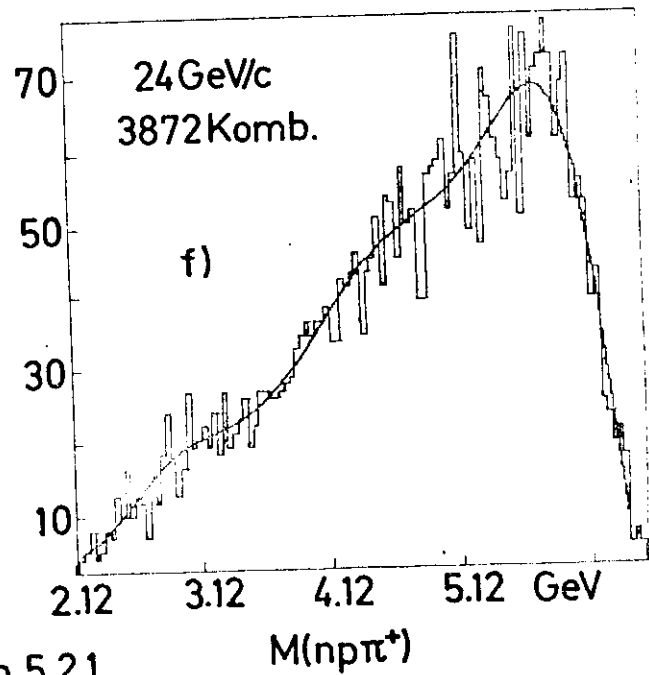
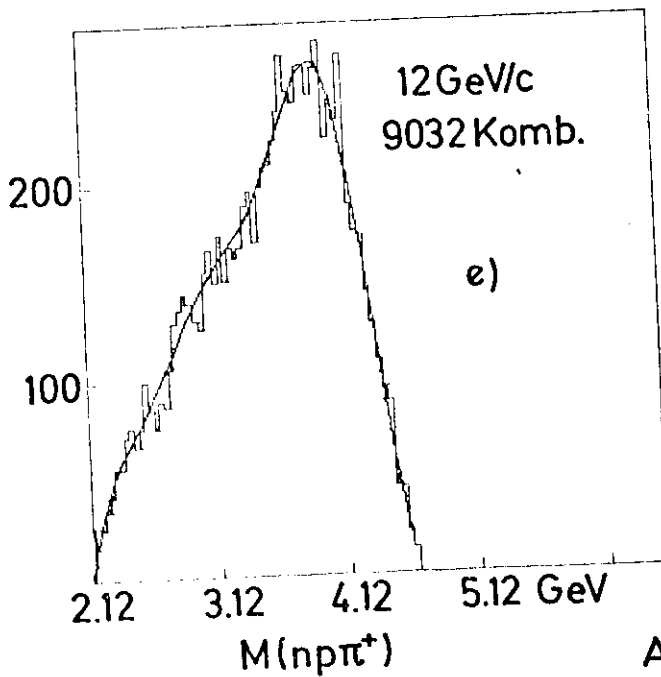
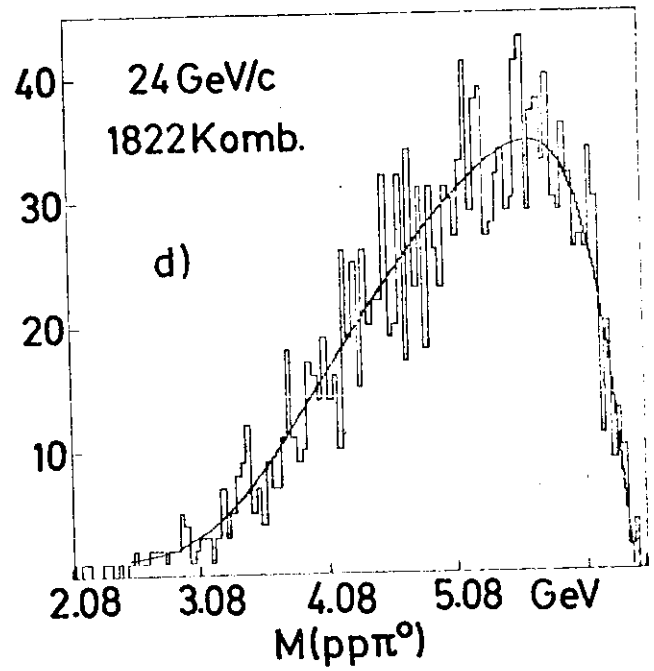
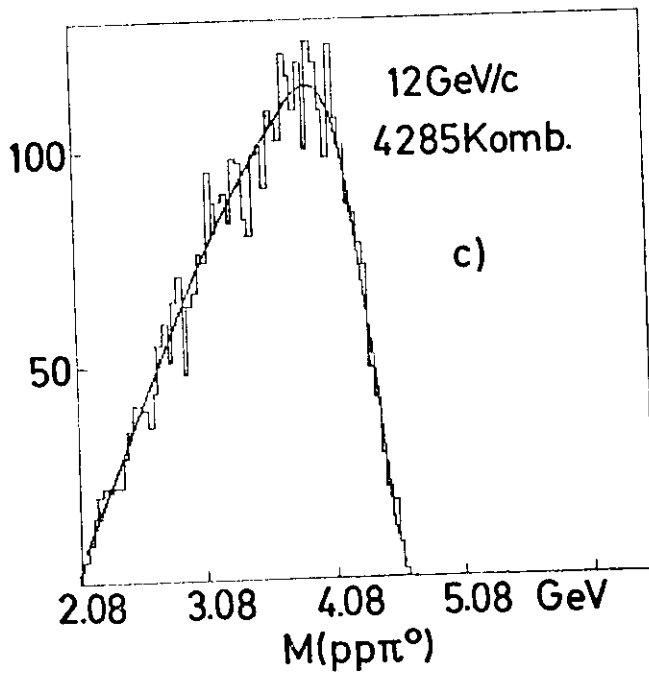
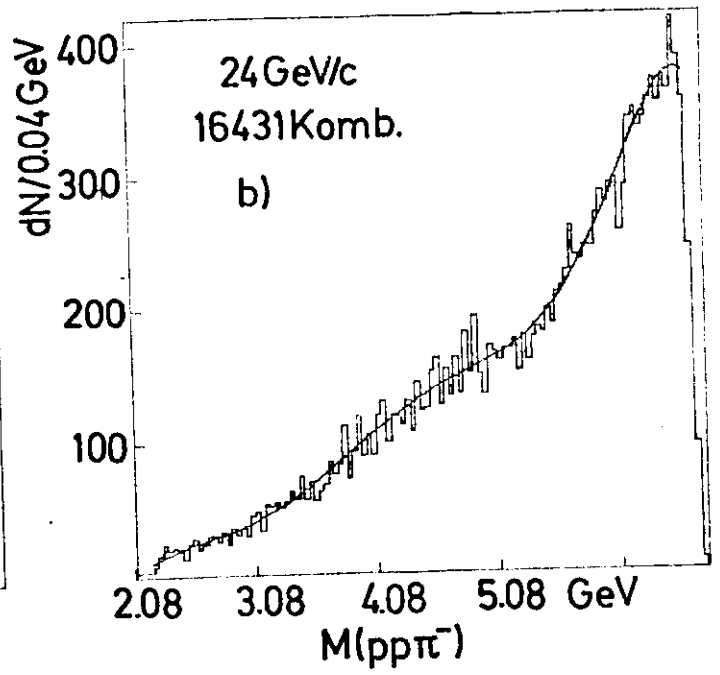
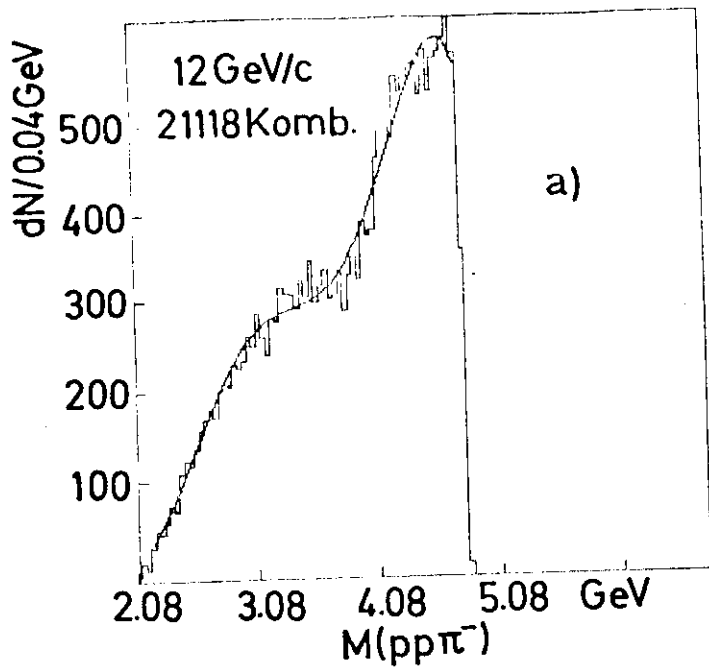


Abb. 5.2.1

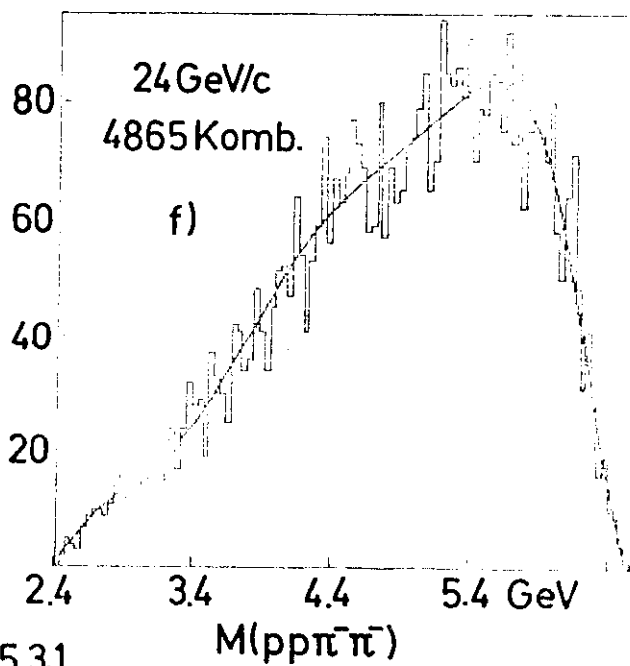
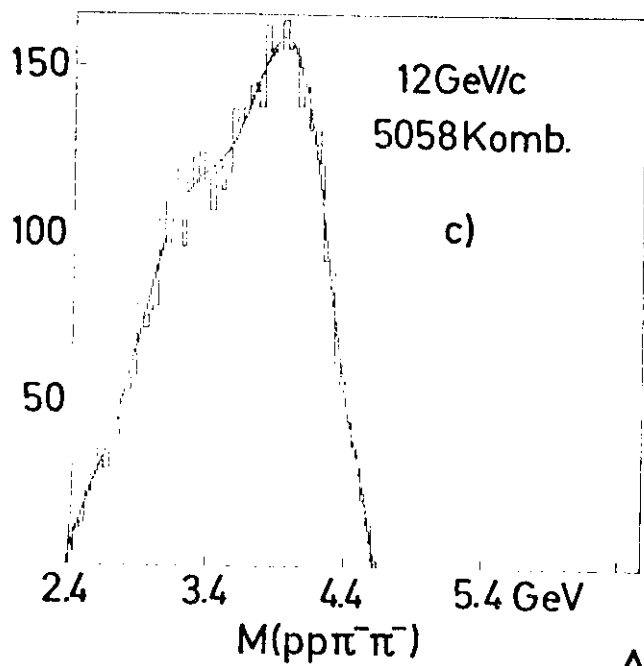
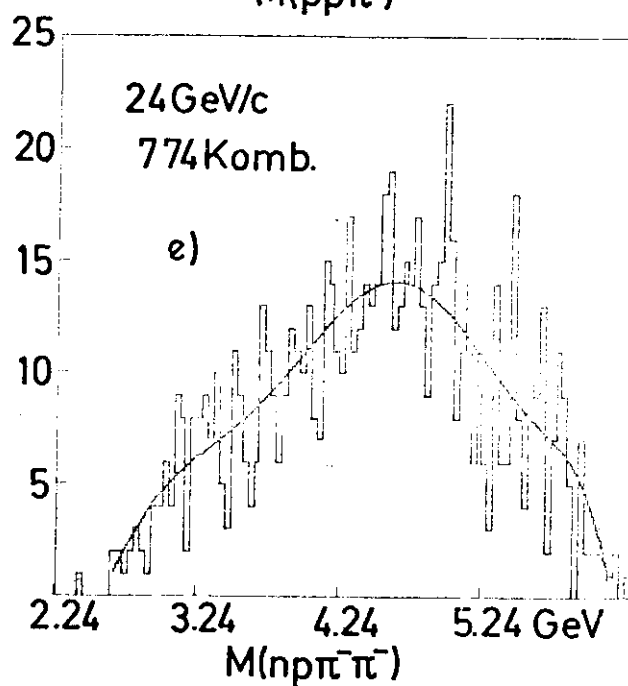
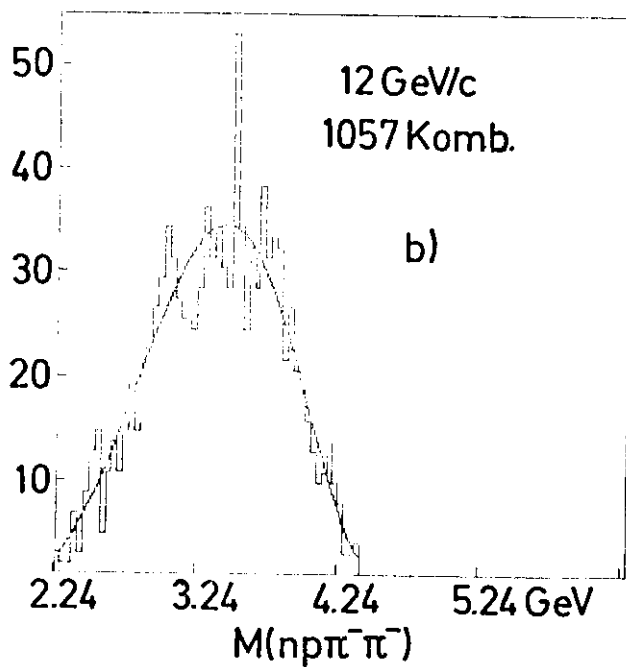
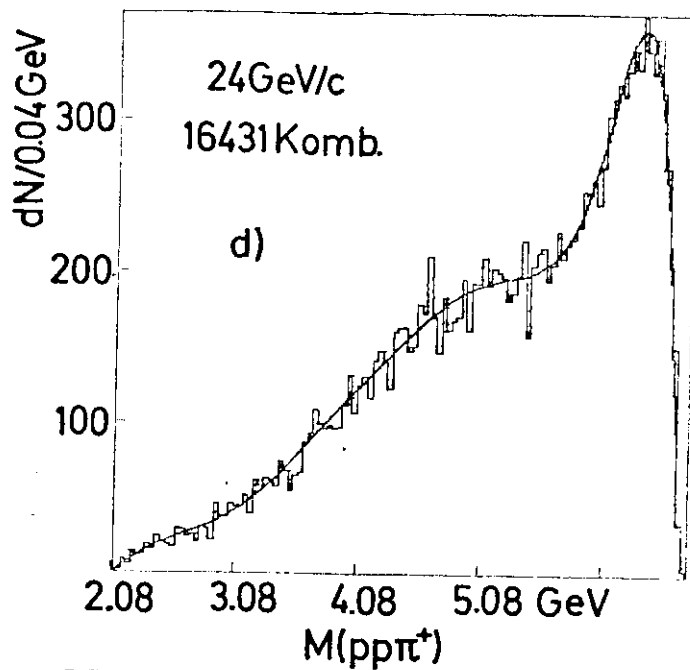
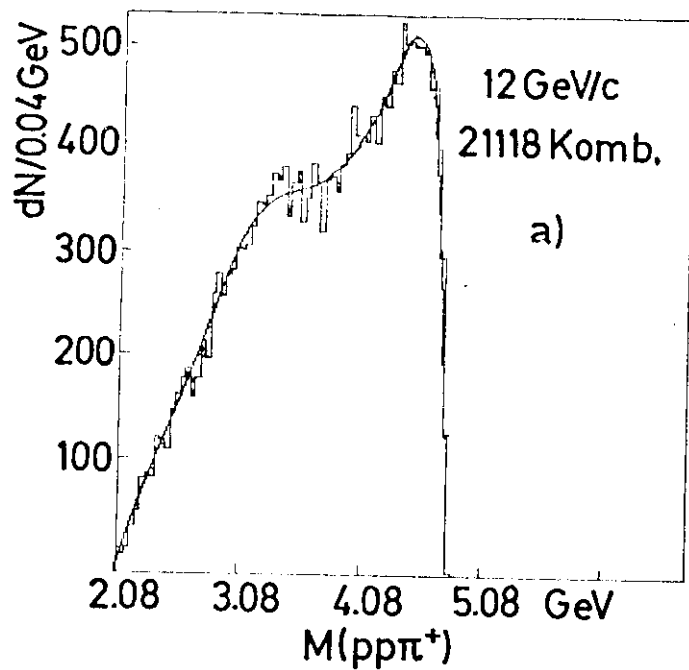


Abb.5.31

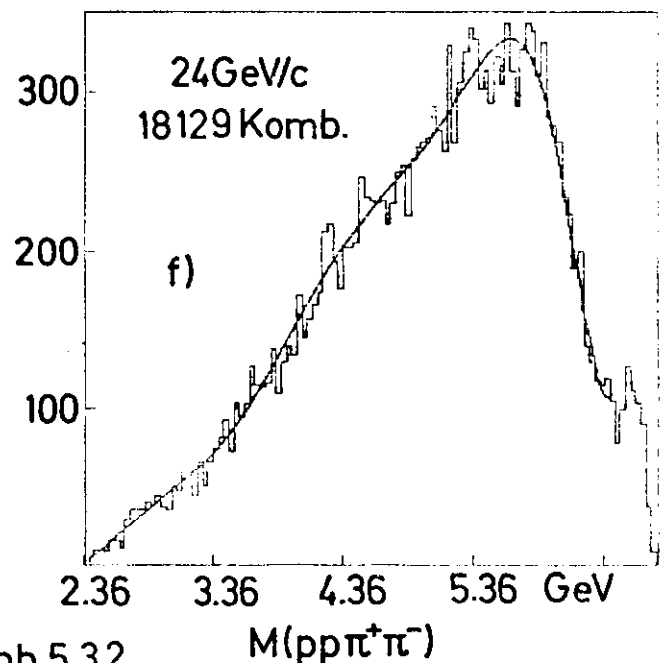
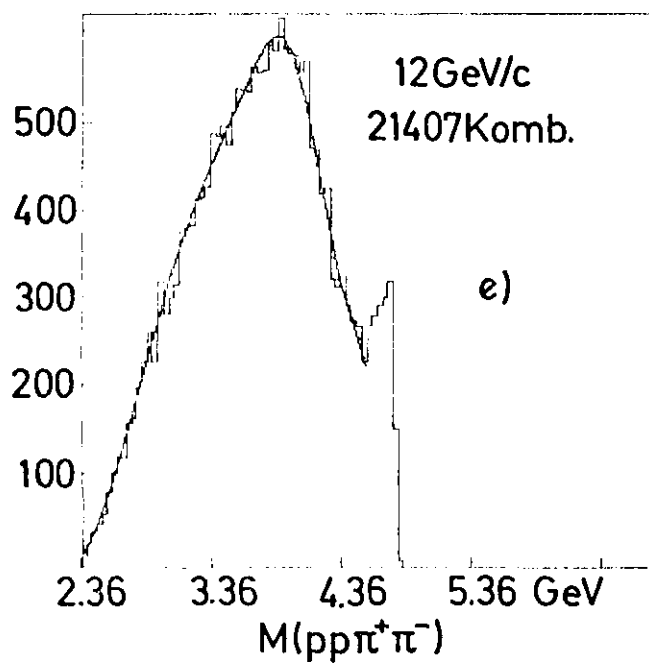
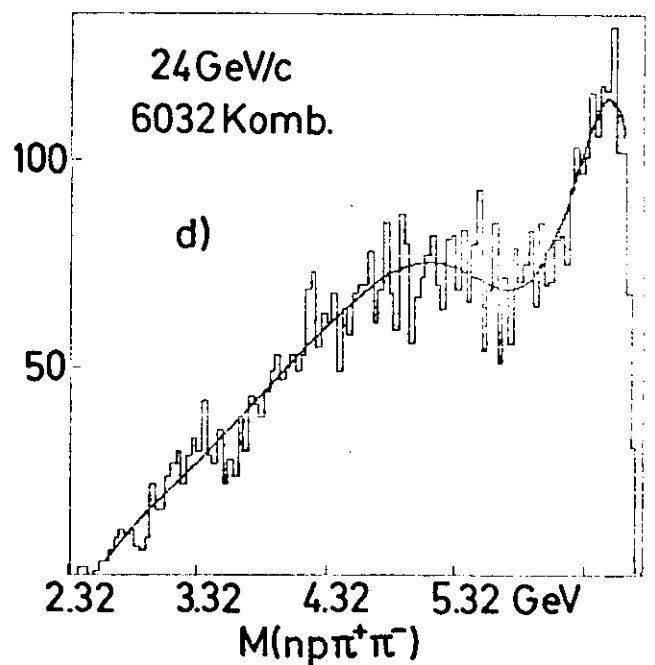
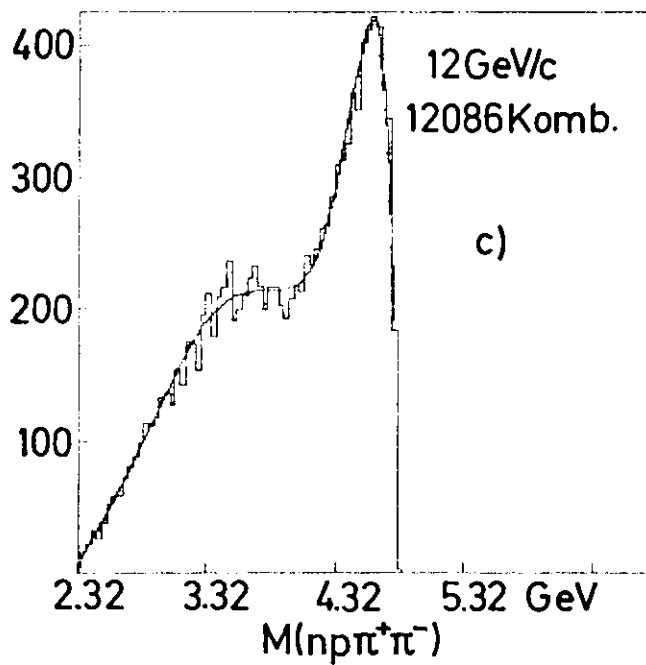
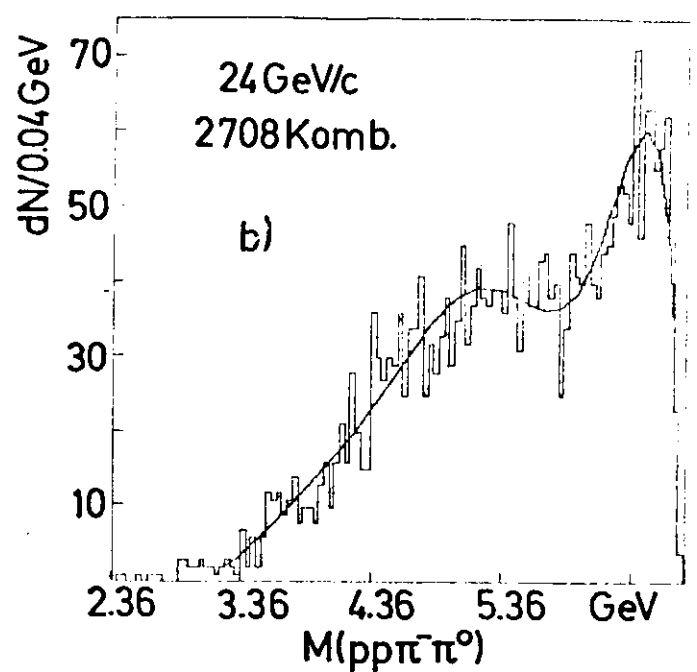
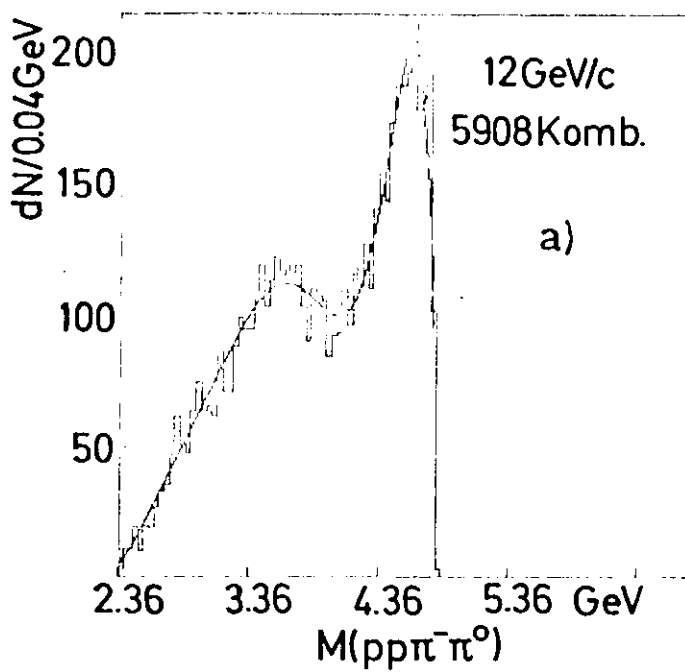


Abb. 5.32

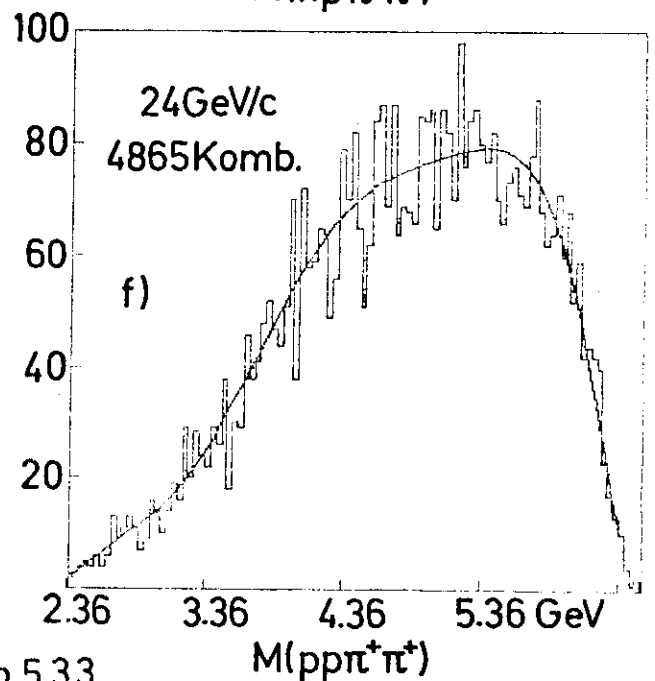
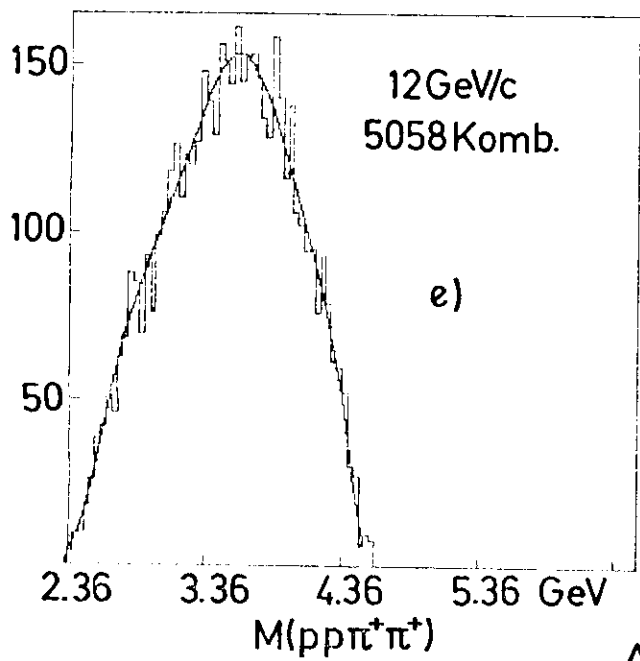
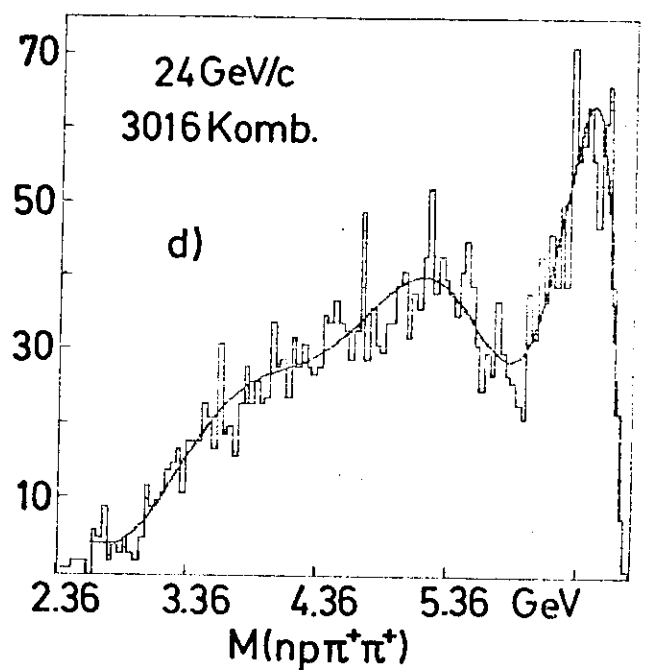
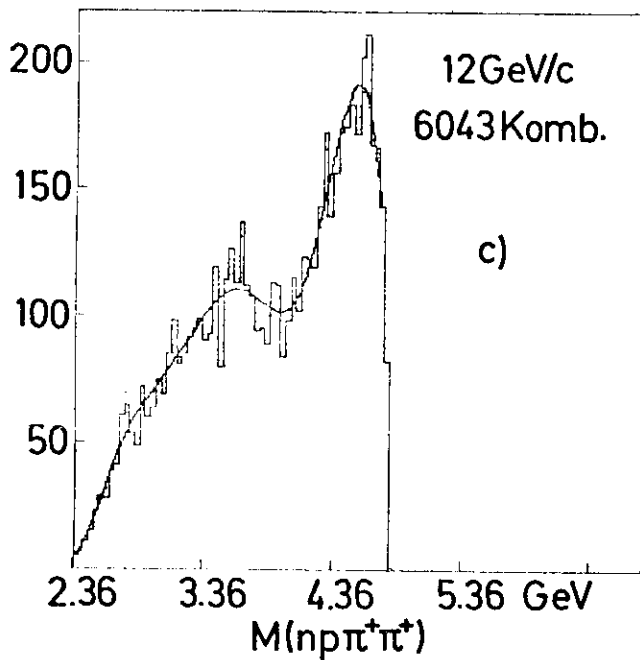
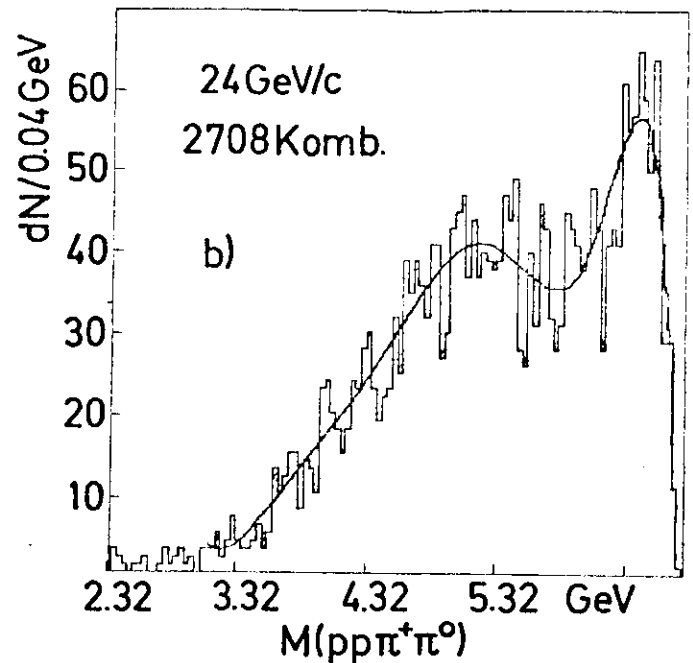
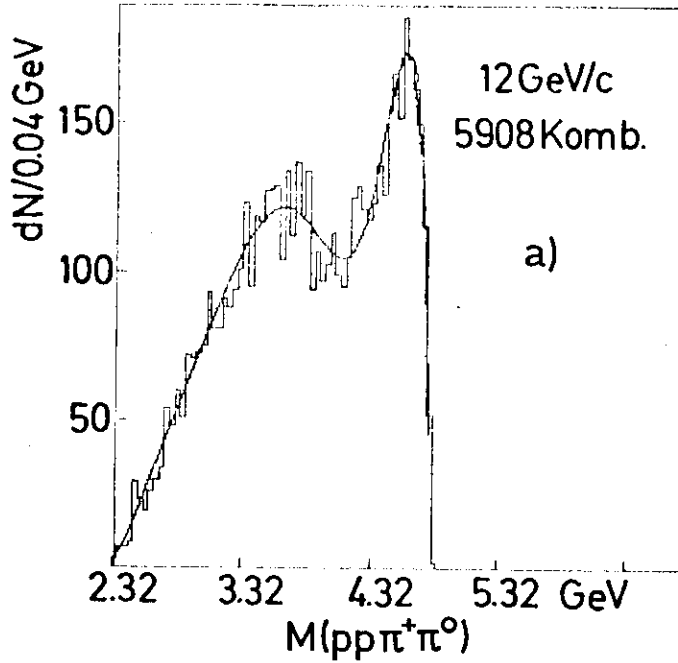
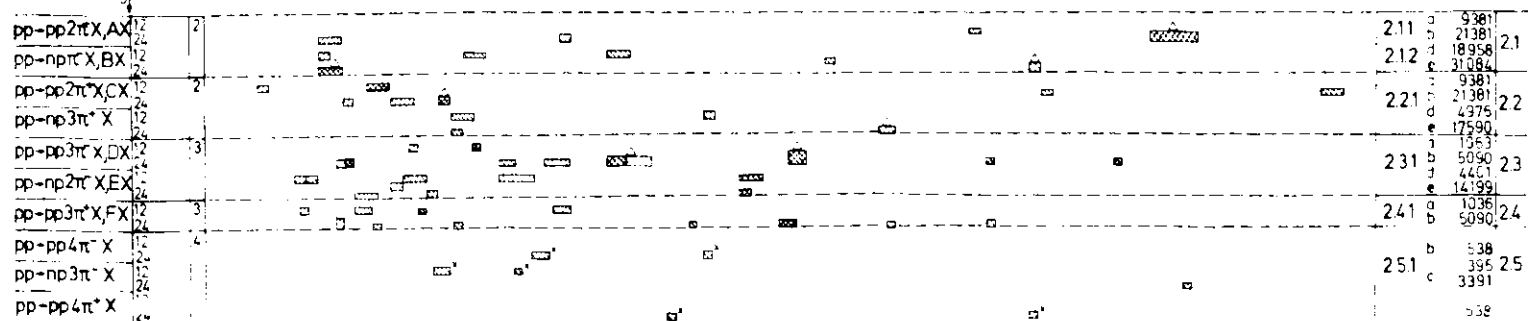
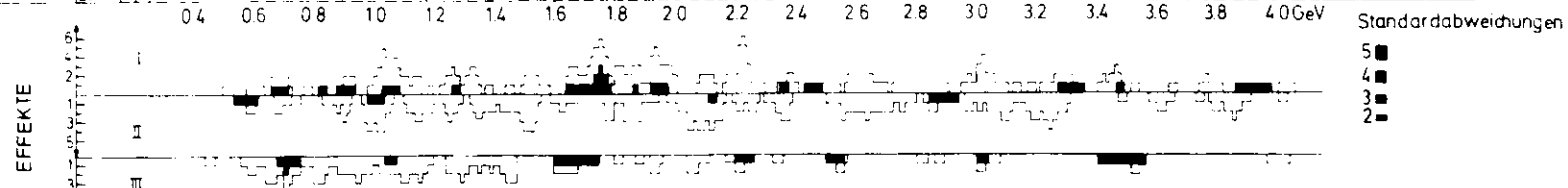
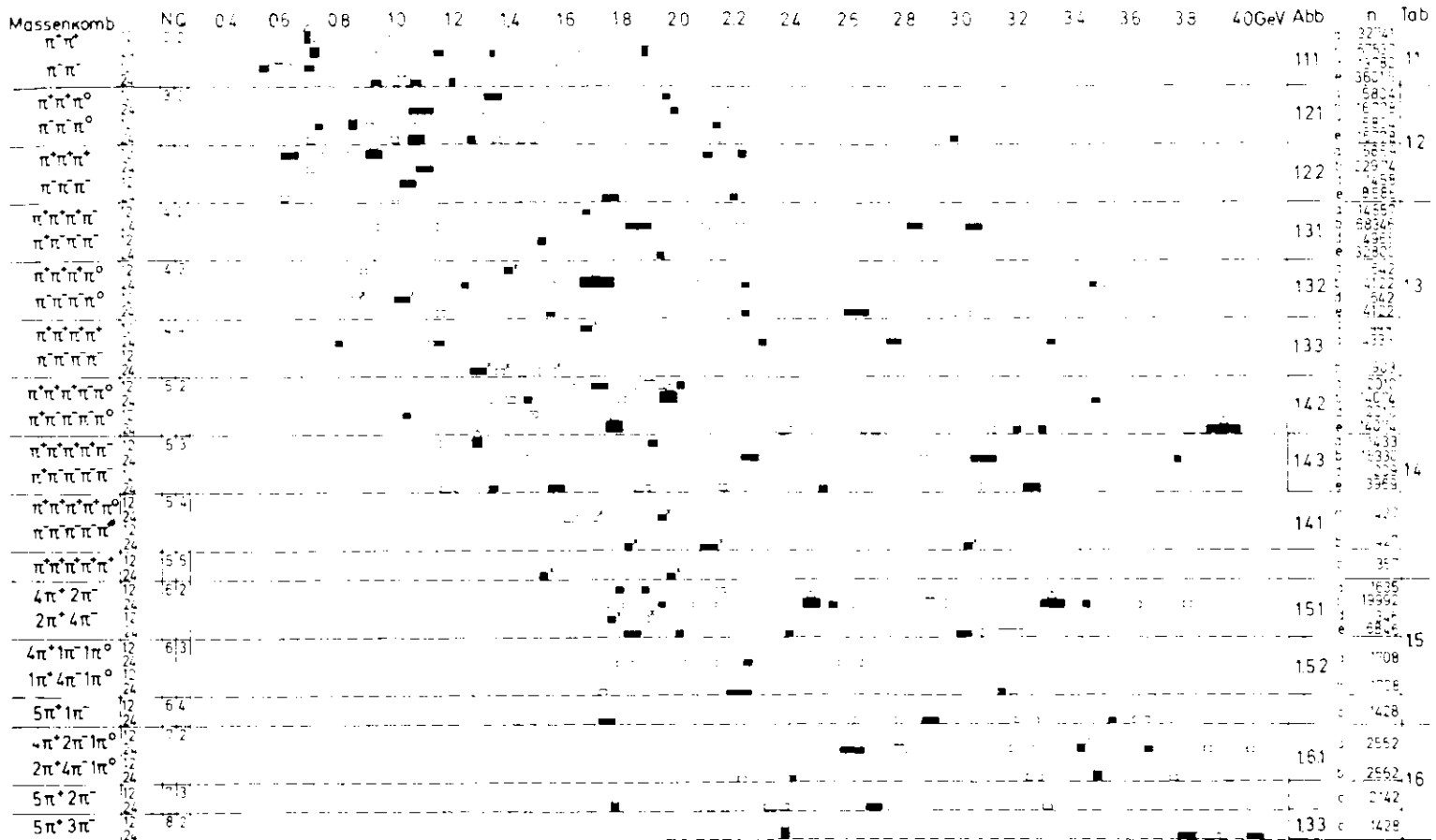


Abb.5.33



TAFEL A

Abb.6

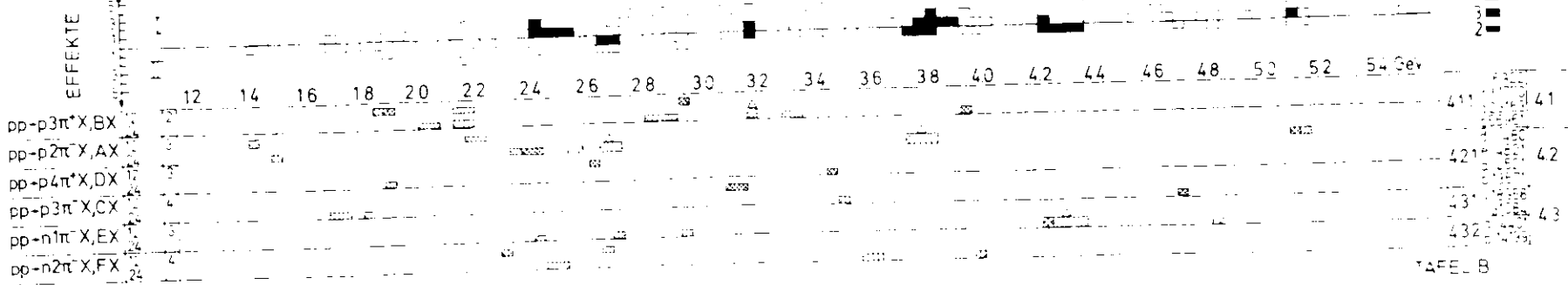
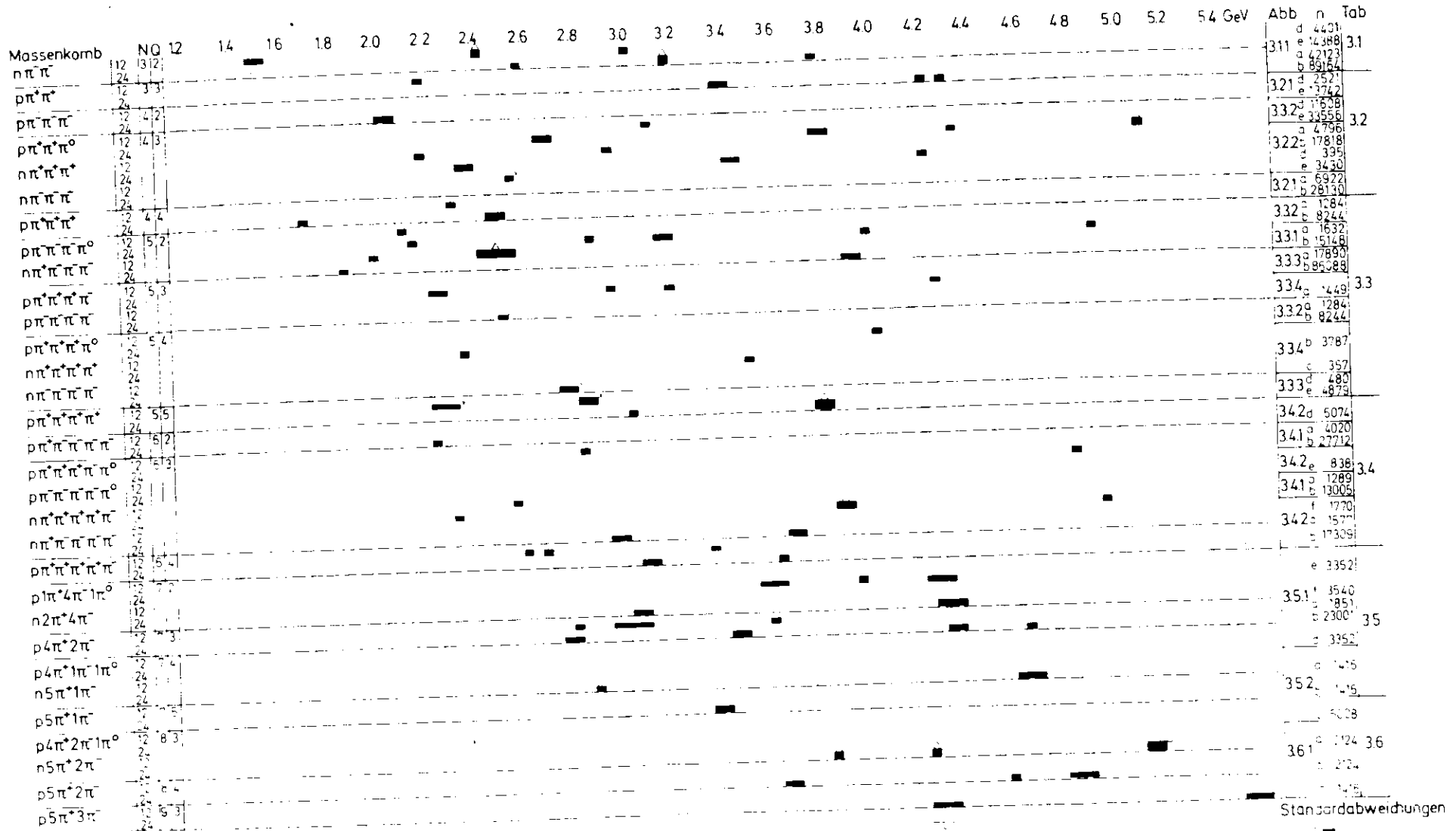
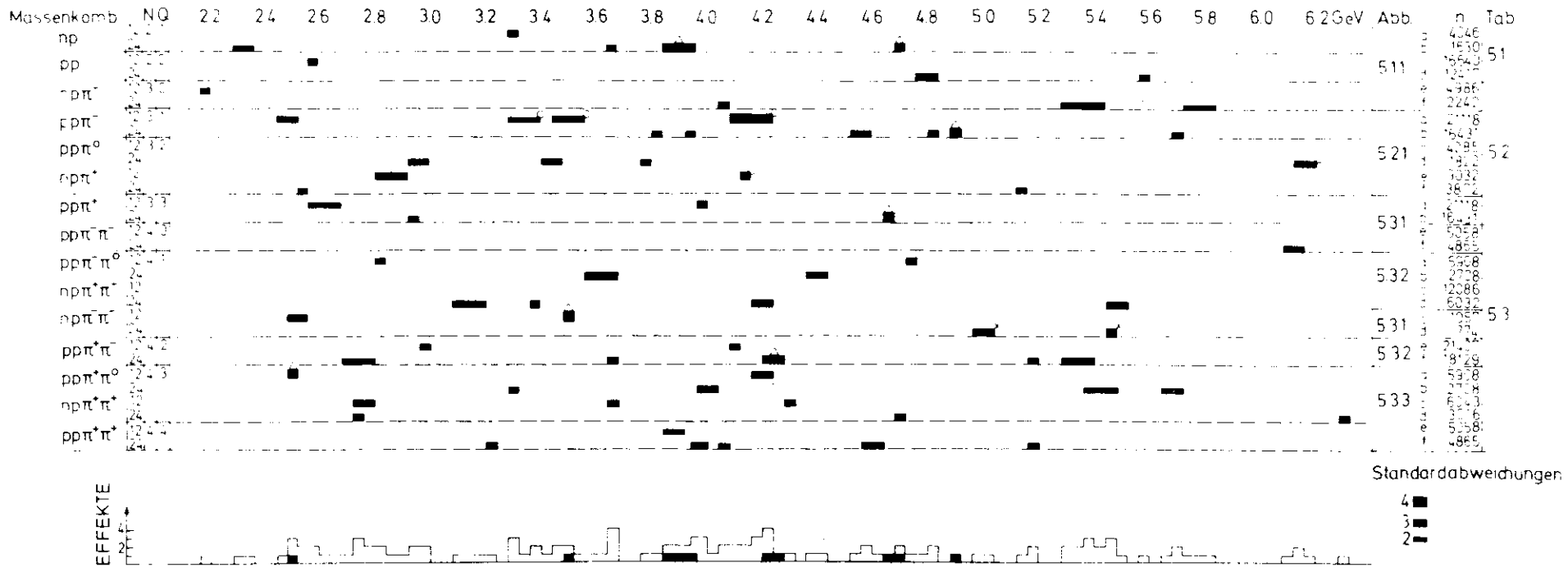


Abb.7



TAFEL C

Abb.8

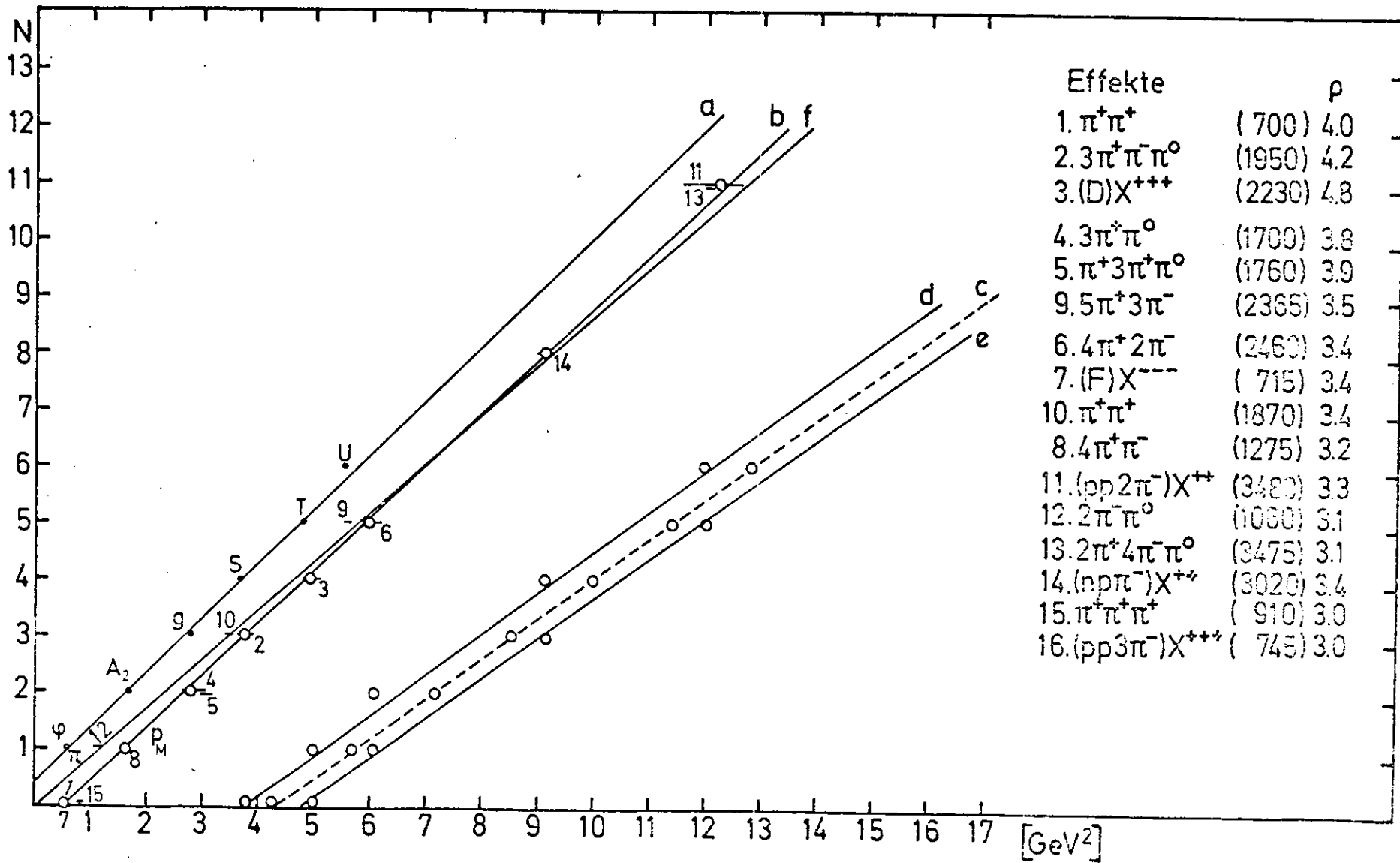


Abb.9.1

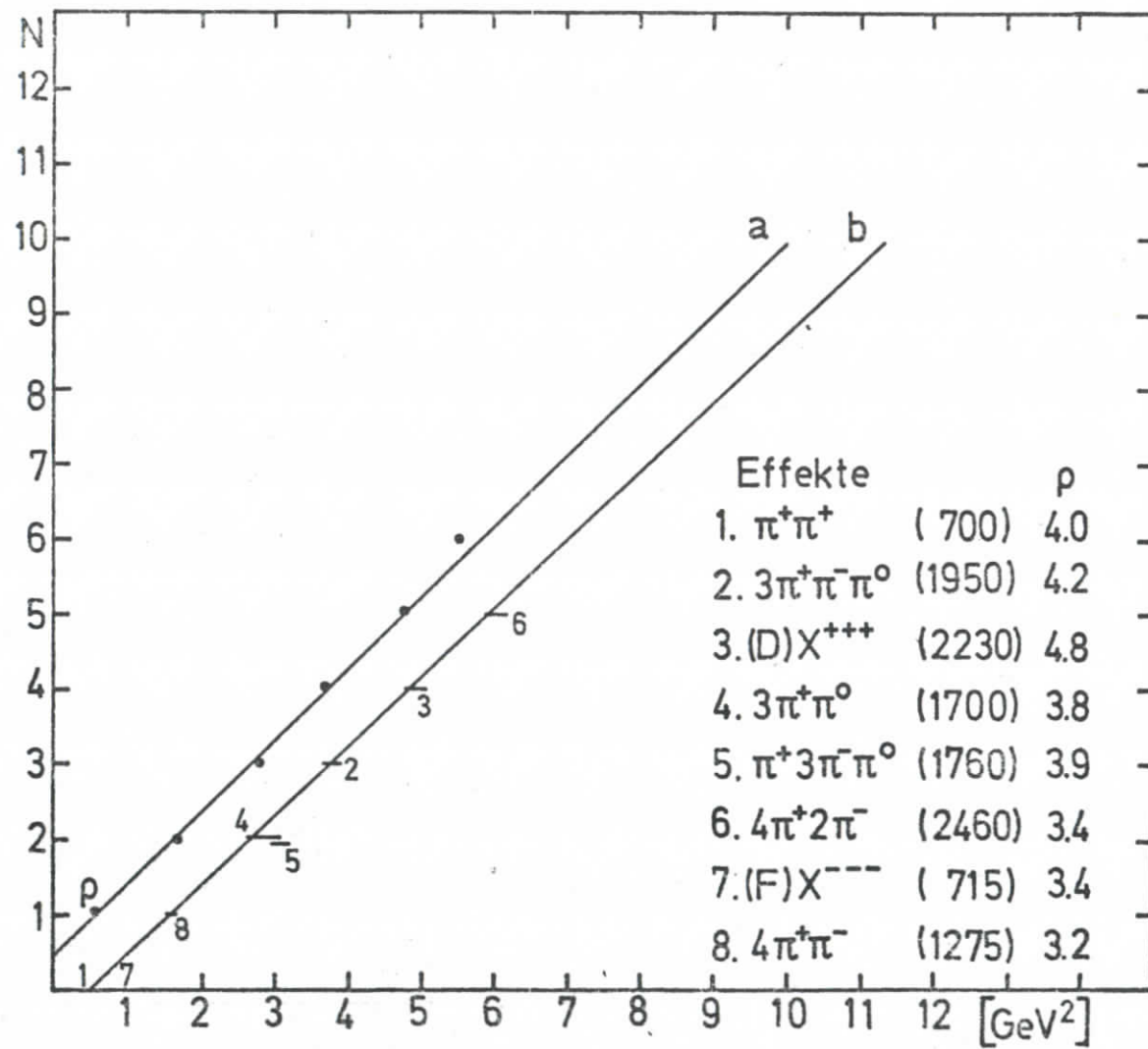


Abb.9.2

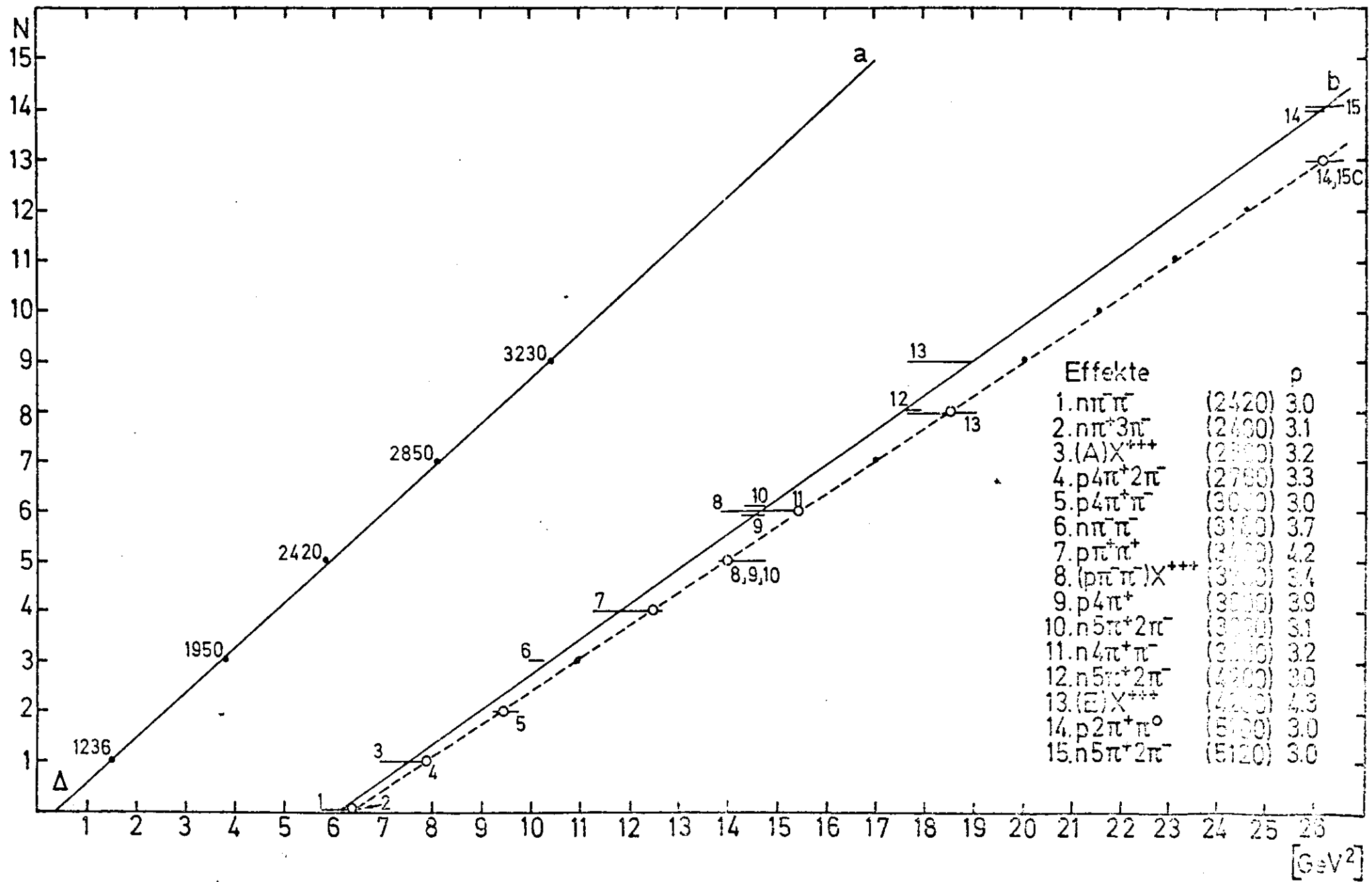


Abb.10