

Ξ -Produktion in Pb+Pb Stößen bei 40 A GeV am CERN SPS

Christine Meurer für die NA49 Kollaboration

E-mail: Christine.Meurer@cern.ch

Forschungszentrum Karlsruhe, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1,
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Zusammenfassung. Ergebnisse zur Produktion des seltsamen Ξ^- -Teilchens in Pb+Pb-Stößen bei einer Energie von 40 A GeV werden vorgestellt. Aus dem transversalen Massenspektrum bei mittlerer Rapidity erhält man einen inversen Steigungsparameter von $T_{\Xi^-} = (210 \pm 11 \pm 21) MeV$. Die Integration des Rapidityspektrums liefert eine totale Anzahl der Ξ^- s im gesamten Phasenraum von $(2.41 \pm 0.15 \pm 0.24)$ Teilchen pro Kollision. Desweiteren wird die Anregungsfunktion des Ξ^- -Hyperons sowie seine Zentralitätsabhängigkeit bei 40 A GeV diskutiert.

1. Einführung

Aus der Messung mehrfach seltsamer Teilchen erhält man Informationen über die Hadronisierungseigenschaften stark wechselwirkender Materie, wie sie in Schwerionenkollisionen produziert wird. Unter der Annahme, dass es in einer Kern-Kern-Reaktion zu einem Phasenübergang kommt, muss man nach qualitativen Änderungen suchen, die sich zeigen, wenn man externe Parameter wie die Systemgröße oder die Energiedichte verändert. Daher wird im Rahmen dieser Arbeit [1] die Ξ^- -Produktion als Funktion der Kollisionszentralität und Strahlenergie betrachtet.

2. Das NA49-Experiment

Das NA49-Experiment [2] befindet sich in der "north area" am Super-Proton-Synchrotron (SPS) am europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf. Es ist in der Lage, über einen weiten Akzeptanzbereich in Rapidity und Transversalimpuls 70% aller erzeugten geladenen Teilchen in einer Reaktion gleichzeitig zu detektieren. Die Hauptbestandteile des Experiments sind vier große, mit Gas gefüllte Spurdriktkammern (TPC). Die beiden Vertex-TPCs (VTPC)(siehe Abbildung 1) befinden sich in einem starken Magnetfeld, das von zwei supraleitenden Dipolmagneten erzeugt wird. Aus der Bahnkrümmung geladener Teilchen im Magnetfeld lässt sich der Impuls der Teilchen bestimmen.

Zwei größere Main-TPCs (MTPC) sind hinter den Magneten platziert, um möglichst genau den spezifischen Energieverlust der Teilchen zu messen, den sie beim Durchqueren des Kammerngases erfahren. Dieser Energieverlust stellt eine Möglichkeit zur Bestimmung der Teilchengeschwindigkeit dar. Eine weitere Möglichkeit hierzu bieten die “time of flight”-Wände (TOF). Dahinter befindet sich das Ringkalorimeter (RCAL), das aus einer Blei- und einer Eisenzintillatorsektion besteht. Den Abschluss bilden ein Kollimator (COLL) und das Vetokalorimeter (VCAL), mit dessen Hilfe eine Selektion auf die Reaktionszentralität möglich ist.

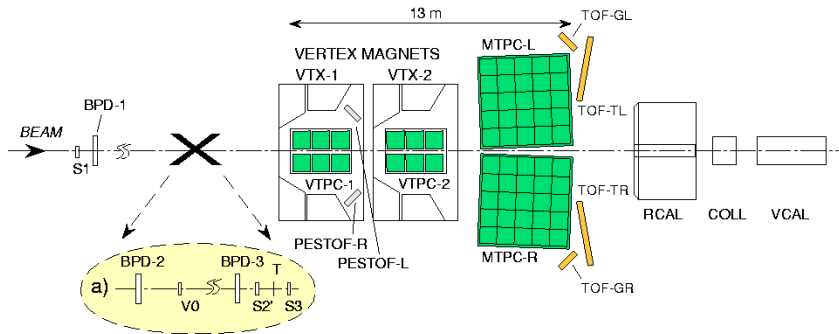


Abbildung 1. Schematische Darstellung des NA49-Experiments

3. Die Ξ^- -Analyse

Das zweifach seltsame Ξ^- wird wegen seiner kurzen Lebensdauer von $(1.639 \pm 0.0015) \cdot 10^{-10} s$ [3] nicht direkt detektiert, sondern über seinen schwachen Zerfall in ein Λ und ein π^- identifiziert. In einem ersten Schritt sucht man nach der charakteristischen Zerfallstopologie des Λ -Zerfalls in ein Proton und π^- . Die gefundenen Λ -Kandidaten werden mit allen negativ geladenen Teilchenspuren kombiniert, um mögliche Ξ^- -Kandidaten zu finden. Der dabei auftretende kombinatorische Untergrund wird mit Hilfe geometrischer Schnitte und einer Teilchenmassenbestimmung, basierend auf der Energieverlustmessungen in den TPCs, reduziert. Dieses Verfahren ist nicht 100% effizient. Die entstehenden Verluste werden unter Verwendung einer Monte Carlo-Simulation von Ξ^- -Zerfällen quantifiziert. Dabei wird je ein simulierter Ξ^- -Zerfall in ein im Detektor gemessenes Ereignis eingebettet und anschließend rekonstruiert. Aus dem Vergleich dieser Rekonstruktion mit dem Simulationsinput errechnen sich Korrekturfaktoren sowie eine Abschätzung des systematischen Fehlers.

4. Spektren

4.1. Transversales Massenspektrum und inverser Steigungsparameter

In Abbildung 2 (links) ist das transversale Massenspektrum des Ξ^- -Hyperons bei 40 A GeV bei mittlerer Rapidity in einer Pb+Pb-Kollision zu sehen. Aufgrund des guten Signal-zu-Untergrund-Verhältnisses bei 40 A GeV erstreckt sich das Spektrum fast über den gesamten m_t -Bereich. Im niedrigen und hohen m_t -Bereich weicht das Spektrum von einer exponentiellen Form ab. Daher wird es nur in einem eingeschränkten Bereich ($0.2\text{GeV}/c^2 < m_t - m_0 < 1.4\text{GeV}/c^2$) mit einer einfachen Exponentialfunktion beschrieben. Aus diesem Fit ergibt sich ein inverser Steigungsparameter von $T_{\Xi^-} = (210 \pm 11 \pm 21)\text{MeV}$ [4].

4.2. Rapidityspektrum und gesamte Anzahl der Ξ^-

Der NA49-Detektor ist in der Lage, Teilchen in einem weiten Rapiditybereich zu messen. In Abbildung 2 (rechts) wird die Rapidityverteilung der Ξ^- in zentralen Pb+Pb-Kollisionen bei einer Energie von 40 A GeV gezeigt. Das Spektrum kann gut mit einer Gaussfunktion beschrieben werden, wie die durchgezogene Linie zeigt. Aus der Integration dieses Spektrums lässt sich die totale Anzahl der Ξ^- im gesamten Phasenraum zu $(2.41 \pm 0.15 \pm 0.24)$ Ξ^- s pro Kollision bestimmen [4].

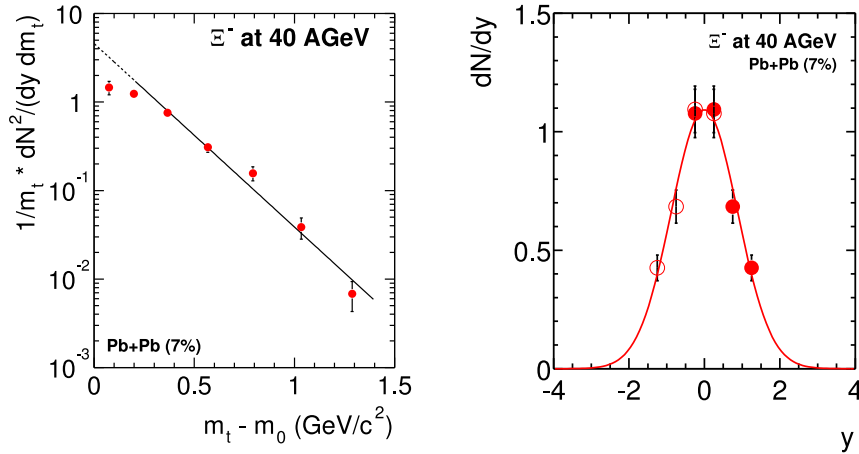


Abbildung 2. links: Transversales Massenspektrum bei mittlerer Rapidity, rechts: Rapidityspektrum (Beide Spektren bei 40 A GeV [4])

5. Energie- und Zentralitätsabhängigkeit der Ξ^- -Produktion

Die Gesamtzahl der Ξ^- ist als Funktion der Schwerpunktsenergie in Abbildung 3 (links) dargestellt. Die Werte sind auf die totale Anzahl der

negativ geladenen Pionen normiert. Diese Anregungsfunktion zeigt ein schwach ausgeprägtes Maximum. Die gestrichelte Linie beschreibt eine Vorhersage eines großkanonischen Hadron-Gas-Modells [5], das die Variation des Baryochemischen Potentials und der Temperatur mit der Strahlenergie erlaubt. Die durchgezogene Linie ist eine Vorhersage des mikroskopischen UrQMD-Modells [6]. Die gestrichpunktete Kurve ist das Resultat einer Berechnung mit dem Hadron-Gas-Modell nach Becattini. Dieses besitzt einen freien Parameter (γ_s) mehr, als die beiden anderen Modelle. Der Vergleich der Messung mit diesen drei Modellen zeigt, dass das Modell nach Becattini am besten mit den Daten vereinbar ist. Es wäre aber wünschenswert, weitere Messungen bei anderen Energien zu haben. In Abbildung 3 (rechts) ist die Zentralitätsabhängigkeit der Ξ^- -Produktion bei mittlerer Rapidity bei 40 A GeV zu sehen. Die Werte sind mit der Anzahl der an der Reaktion beteiligten Nukleonen (berechnet mit dem Glauber-Modell [8]) normiert. Die Ξ^- -Produktion zeigt einen deutlichen Anstieg von peripheren zu halbzentralen Stößen und anschließend ein Saturationsverhalten zu zentralen Stößen hin.

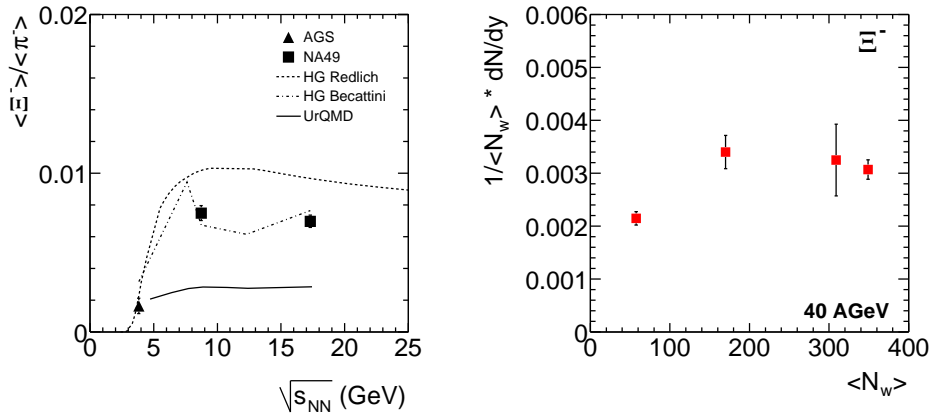


Abbildung 3. links: Anregungsfunktion der Ξ^- -Produktion, rechts: Zentralitätsabhängigkeit der Ξ^- -Produktion bei mittlerer Rapidity [4]

References

- [1] C. Meurer, Diplomarbeit Frankfurt, 2003
- [2] S.V. Afanasiev *et al* (NA49 collaboration) 1999 *Nucl. Instrum. Methods A* **430** 210
- [3] S. Eidelman *et al* (Particle Data Group) 2004 *Phys. Lett. B* **592** 1
- [4] C. Meurer (for the NA49 collaboration) 2004 *J. Phys. G Nucl. Part. Phys.* **30** 1325
- [5] P. Braun-Munzinger, J. Cleymans, H. Oeschler, K. Redlich 2002 *Nucl. Phys. A* **697** 902
- [6] M. Bleicher *et al* 1999 *J. Phys. G* **25** 1859 and private communication.
- [7] F. Becattini, M. Gaździcki, A. Keränen, J. Manninen, R. Stock 2004 *Phys. Rev. C* **69** 024905
- [8] R.J. Glauber, G. Matthiae 1970 *Nucl. Phys. B* **21** 135