Herbstschule für Hochenergiephysik
Maria Laach

Vortragender: Frieder Kleefeld

Institut (e-mail): Institut für Theoretische Physik III,
Friedrich–Alexander–Universität Erlangen–Nürnberg,
Staudtstr. 7, D–91051 Erlangen,
e–Mail: kleefeld@theorie3.physik.uni–erlangen.de

Thema: Protoninduzierte Schwellenproduktion von schweren/seltsamen Mesonen an Protonen und Kernen: Physik im Grenzbereich zwischen effektiven Freiheitsgraden und Quarks.

Die protoninduzierte Schwellenproduktion von Mesonen an Nukleonen und Kernen ist zur Zeit Gegenstand immer zahlreicherer experimenteller Untersuchungen an verschiedensten Protonenbeschleunigern. Von besonderer Bedeutung sind hierbei folgende Produktionsprozesse:

$$\begin{aligned} NN &\rightarrow NB\lambda \\ NA &\rightarrow (A+1)\,\lambda \quad (\lambda = \text{produziertes Meson}) \end{aligned}$$

Einige „Mesonfabriken“ seien hier mit den jeweils untersuchten Produktionsprozessen beispielhaft aufgezählt:

$$\begin{aligned} p+p &\rightarrow p+p+(\pi^0,\eta,\rho,\omega,\eta',\Phi) \\ &\quad\ \text{(IUCF, TRIUMF, COSY, SATURNE, WASA)} \\ p+p &\rightarrow p+\Lambda+K^+ \\ p+p &\rightarrow p+p+\Phi \\ &\quad\ \text{(Strangeness–Produktion: COSY, SATURNE, WASA)} \\ p+n &\rightarrow d+\pi^0 \quad \text{(TRIUMF)} \\ p+d &\rightarrow p+d+\pi(\pi\pi) \quad \text{(IUCF, COSY)} \\ p+A &\rightarrow {}_\Lambda(A+1)\,K^+ \quad \text{(COSY, SATURNE)} \\ &\ \ \vdots \end{aligned}$$

Die hierbei untersuchten exklusiven Produktionsprozesse ermöglichen eine detaillierte theoretische Beschreibung, die zu einer tieferen Verständnis der mittel– und hochenergetischen Wechselwirkungsmechansimen im nichtperturbativen Bereich der starken Wechselwirkung in der Nähe des Phasenübergangs zwischen Freiheitsgraden der QCD und den effektiven Freiheitsgraden der Mittelenergiephysik führt. Über die Produktion von Mesonen mit Strangeness bekommt man auch Aufschluß über den Anteil und die Bedeutung von s–Quarks im Proton und anderen Baryonen.
Die für die Produktion von schweren Mesonen notwendigen hohen Impuls– und Energieüberträge zwischen den kollidierenden Nukleonen führen in der Regel

zur Anregung von Nukleonresonanzen, über deren Kopplungseigenschaften an normale Nukleonen und Mesonen man heute immer noch sehr wenig weiß, d.h. die jeweiligen Kopplungskonstanten zwischen Nukleonen und Resonanzen sind im allgemeinen in Betrag und Phase unbekannt, können aber mit den oben genannten Produktionsprozessen vermessen werden. Auch Mischungswinkel zwischen verschiedenen Spinanteilen der untersuchten Resonanzen können durch obige Prozesse festgelegt werden.

Die im Bereich der Mittelenergiephysik verwendeten nichtrelativistischen Mesonaustauschmodelle stoßen insbesondere bei der Produktion von schweren Mesonen auf ihre Grenzen. Fehlende Resonanzen bei hohen Energien und sehr kurzreichweitigen Wechselwirkungsmechanismen erfordern nichtstatische, relativistische Erweiterungen der Mesonaustauschmodelle bzw. die Beschreibung der Produktionsprozesse im Rahmen von kovarianten Quark–Gluon–Modellen (Der von uns untersuchte Prozeß $pp \to p\Lambda K^+$ ist im Meson– und im Zwei–Gluon–Austauschbild in Abbildung 1 beispielhaft aufgezeigt). Die hierbei zur Berechnung von Meson– und Baryon–Wellenfunktionen im Quark–Antiquark– und Quark–Diquark–Bild verwendeten Bethe–Salpeter–Gleichungen werden in normalen oder Lichtkegelkoordinaten auf 3–dimensionale Quasipotentialgleichungen reduziert und mit Ein–, Zwei– und Mehr–Gluon–Austauschkernen analytisch bzw. numerisch gelöst.

Schwierigkeiten bei der theoretischen Untersuchung von exklusiver Schwellenproduktion von Mesonen an Kernen bereiten vor allem die Berechnung von kovarianten, antisymmetrisierten Kernwellenfunktionen, die Auswertung der bei Mehrstufenprozessen, d.h. der Anregung mehrerer Resonanzen im Kern, auftretenden Integrale in den Produktionsamplituden, die korrekte Diskussion von Absorptionsprozessen in Kernen, die Behandlung der Fermibewegung in Kernen (die zur Mesonproduktion unter der eigentlichen Produktionsschwelle führt), die Unkenntnis über die Eigenschaften von effektiven Freiheitsgraden bei endlicher Dichte und endlicher Temperatur.

Erste berechnete Observablen sind die totalen Produktionsquerschnitte von Mesonen als Funktion der CM–Energie der einfallenden Nukleonen und Kerne, Ziel weiterer Untersuchungen sind differentielle Wirkungsquerschnitte, Assymmetrien und Spintransferkoeffizienten.

Außerdem wird die numerische Lösung von 4-dimensionalen Bethe–Salpeter–Gleichungen angestrebt.

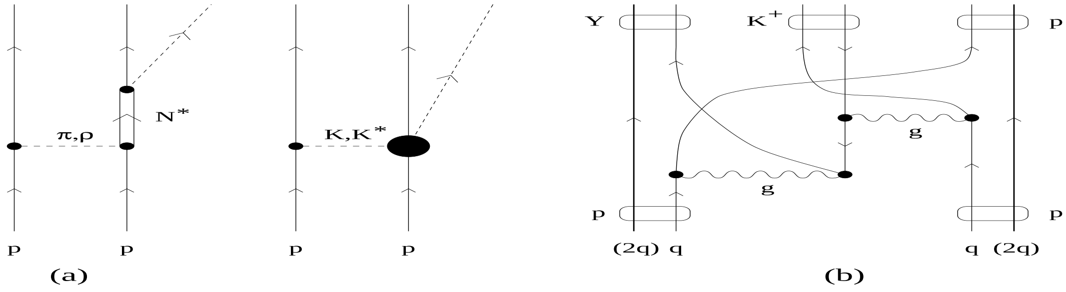

Abbildung 1: Meson–Austausch–Modell (a) und Quark–Gluon–Modell (b) für die pp–induzierte K^+ Schwellenproduktion