

Anregungsfunktionen und Winkelverteilungen der Analysierstärke der elastischen Proton-Proton-Streuung bei mittleren Energien

Karsten Büßer, Dissertation, Fachbereich Physik, Universität Hamburg

Abstract

The aim of the EDDA experiment is the measurement of excitation functions and angular distributions of elastic proton-proton scattering in the energy range of $500 \text{ MeV} \leq T \leq 2600 \text{ MeV}$. The detector is installed at an internal target station of the proton synchrotron COSY of the Forschungszentrum Jülich where data can be taken during the acceleration of the recirculating beam.

The detector consists of a double layer cylindrical scintillator hodoscope covering an angular range of $30^\circ \leq \theta_{cm} \leq 90^\circ$ in the center of mass system. Kinematic fitting of the trajectories of both scattered protons allows to reconstruct the vertex with a spatial resolution of less than 2 mm full width at half maximum (FWHM). The resulting angular resolution is $\Delta\theta_{cm} \approx 1.3^\circ$.

During the first phase of the experiment the differential cross section $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ has been measured using the unpolarized COSY beam and thin CH_2 fiber targets. This phase of the experiment is finished, the data have been partially published [Alb97].

This work covers the second phase of the EDDA experiment where excitation functions and angular distributions of the analyzing power A_N have been measured in three beam times in 1998 and 1999. A polarized atomic beam target provides a beam of atomic hydrogen with an effective polarization of 70% and a particle density of $1.8 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$. The intense COSY beam with typically $3 \cdot 10^{10}$ stored protons has been used during acceleration and deceleration resulting in about 35 mio. accumulated elastic scattered events.

The analyzing powers have been determined using asymmetries measured in the detector. The normalization has been done using an angular distribution $A_N(\theta_{cm})$ from a high precision experiment [McN90] at a fixed energy of $T = 730 \text{ MeV}$. The normalization uncertainty is 4.2 % at the normalization energy. The absolute statistical errors are $0.005 \leq \Delta A_N \leq 0.028$ at an angular binning of $\Delta\theta_{cm} = 5^\circ$ and a momentum binning of $\Delta p = 60 \text{ MeV}/c$.

The resulting analyzing powers fit well to existing data. The predictions of the phase shift analysis SAID [Arn97], solution SP99, differ significantly from our data in the momentum region $1800 \text{ MeV}/c \leq p \leq 2400 \text{ MeV}/c$.

The third phase of the EDDA experiment is dedicated to measure the spin observables A_{NN} , A_{SS} and A_{SL} using the polarized COSY beam and the polarized target. A polarimeter has been developed which can measure the beam polarization independent of the EDDA experiment fast and with high precision.

Kurzfassung

Das EDDA-Experiment ist ein Experiment zur Vermessung von Anregungsfunktionen und Winkelverteilungen von Observablen der elastischen Proton-Proton-Streuung im Energiebereich von $500 \text{ MeV} \leq T \leq 2600 \text{ MeV}$. Es ist an einem internen Targetplatz des Protonensynchrotrons COSY des Forschungszentrums Jülich installiert. Die Datennahme geschieht während der Beschleunigung des rezirkulierenden Protonenstrahls.

Der Detektor besteht aus einem zweischaligen zylindrischen Szintillatorrhodoskop, das im Schwerpunktsystem einen Streuwinkelbereich von $30^\circ \leq \theta_{cm} \leq 90^\circ$ abdeckt. Durch kinematische Anpassung der Trajektorien beider Protonen an die Durchstoßpunkte beider Detektorschalen wird der Vertex der Reaktion mit einer Auflösung von weniger als 2 mm (FWHM) rekonstruiert. Die Winkelauflösung liegt bei $\Delta\theta_{cm} \approx 1.3^\circ$.

In einer ersten Phase des Experiments wurde der differentielle Wirkungsquerschnitt $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ mit dem unpolarisierten COSY-Strahl und dünnen CH_2 -Fädchentargets vermessen. Diese Phase des Experiments ist abgeschlossen, die Daten wurden teilweise veröffentlicht [Alb97].

In der in dieser Arbeit behandelten zweiten Phase des EDDA-Experimentes wurden in drei Meßzeiten in den Jahren 1998 und 1999 Anregungsfunktionen und Winkelverteilungen der Analysierstärke A_N gemessen. Dazu wurde ein polarisiertes Atomstrahltarget verwendet, das einen Wasserstoff-Atomstrahl mit einer effektiven Polarisation von 70% und einer effektiven Teilchenflächendichte von $1.8 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ erzeugen kann. Der intensive COSY-Strahl mit im Schnitt $3 \cdot 10^{10}$ gespeicherten Protonen wurde während der Be- und Entschleunigungsphase genutzt, so daß insgesamt etwa 35 Mio. elastische Ereignisse akkumuliert werden konnten.

Die Analysierstärken wurden aus Asymmetriemessungen im Detektor ermittelt, wobei die Polarisation im Target in verschiedene Raumrichtungen geschaltet wurde. Die Normierung der Daten geschieht auf eine Winkelverteilung $A_N(\theta_{cm})$ eines Experiments hoher Präzision [McN90] bei einer festen Energie von $T = 730 \text{ MeV}$. Die Normierungsunsicherheit beträgt 4.2% bei der Normierungsenergie. Bei einem Impulsbinning von $\Delta p = 60 \text{ MeV}/c$ und einem Winkelbinning von $\Delta\theta_{cm} = 5^\circ$ liegen die absoluten statistischen Fehler für die Analysierstärke im Bereich von $0.005 \leq \Delta A_N \leq 0.028$.

Die Daten zeigen im Vergleich mit Fremddaten gute Übereinstimmung. Die Vorhersage der SAID-Streuphasenanalyse, Lösung SP99 [Arn97], weicht vom Verlauf der Daten im Impulsbereich von $1800 \text{ MeV}/c \leq p \leq 2400 \text{ MeV}/c$ signifikant ab.

Die dritte Phase des EDDA-Experimentes sieht die Messung der Spinobservablen A_{NN} , A_{SS} und A_{SL} vor. Zur Diagnose des dabei benötigten polarisierten COSY-Strahls wurde ein Polarimeter entwickelt, das unabhängig von EDDA die Polarisation der Protonen schnell und mit hoher Präzision bestimmen kann.

Literatur

- [Alb97] D. Albers et al. Proton-proton elastic scattering excitation functions at intermediate energies. *Phys. Rev. Lett.*, 78:1652, 1997.
- [Arn97] R. A. Arndt et al. Nucleon-nucleon elastic scattering analysis to 2.5 GeV. *Phys. Rev.*, C 56:3005, 1997.
- [McN90] M. W. McNaughton et al. Three-spin measurements in $pp \rightarrow pp$ at 730 MeV. *Phys. Rev.*, C 41:2809, 1990.