

HERA-B-Experiment

Beteiligte Institute: NIKHEF Amsterdam, Univ. Texas Austin, Univ. Barcelona, IHEP Beijing, Tsinghua Univ. Beijing, Humboldt Univ. Berlin, Univ. und INFN Bologna, Univ. Cincinnati, LIP and Univ. Coimbra, Niels Bohr Inst. Copenhagen, Wayne State Univ. Detroit, Univ. Dortmund, JINR Dubna, DESY Hamburg, MPI Kernphys. und Univ. Heidelberg, Univ. of Houston, INR Kiev, LIP und Univ. Lissabon, Jozef Stefan Inst. und Univ. Ljubljana, UC Los Angeles, Univ. Mannheim, ITEP Moscow, MPI Phys. München, Univ. Oslo, Univ. Rostock, Univ. Siegen, Univ. Utrecht, DESY Zeuthen, Univ. Zürich.

Sprecher: M. Medinnis, DESY

Die HERA-B-Kollaboration untersucht Eigenschaften der Produktion schwerer Quarks in Kollisionen von Protonen mit den Atomkernen aus dünnen Drähten im Halo des HERA-Protonstrahls. Ziel der Untersuchungen ist die Messung der Wirkungsquerschnitte für die Produktion von schweren Quarks mit den Flavour-Quantenzahlen Beauty, Charm und Strangeness in Quark-Antiquark-Bindungszuständen, wobei in dem Bindungspaar entweder beide Partner schwere Quarks sind oder ein Partner ein leichtes (Up oder Down) Quark ist. Mit einer großen Akzeptanz, vorzüglicher Teilchenidentifikation und einem hochauflösendem Vertexdetektor bieten die Daten des HERA-B-Spektrometers die besten Voraussetzungen für die Rekonstruktion komplexer Vielteilchen-Endzustände, wie es für solche Studien notwendig ist.

Im Berichtsjahr sind Analysen zur Produktion von Mesonen, die Strange-, Charm- oder Beauty-Quarks enthalten, sowie eine Messung der Polarisation von Λ -Baryonen veröffentlicht worden. Die Untersuchungen basieren auf zwei großen Datensätzen, die während der letzten Datennahmeperiode von HERA-B 2002/03 aufgezeichnet wurden. Einer der Datensätze enthält insgesamt 150 Millionen Ereignisse, die mit dem Zwei-Lepton-Trigger genommen wurden, der andere enthält 200 Millionen Ereignis-

se, die mit einem einfachen *Minimum Bias* Trigger genommen wurden.

Beauty-Produktion

HERA-B hatte bereits Ergebnisse von Messungen der totalen Wirkungsquerschnitte für Beauty-Quark-Produktion (b, \bar{b}) sowohl im Kontinuum als auch als Υ -Zustände, das sind gebundene $b\bar{b}$ -Zustände, veröffentlicht. Mit einer neuen Auswertung des $b\bar{b}$ -Wirkungsquerschnitts, die auf einer anderen Methode als für die erste Veröffentlichung beruht, sind jetzt die Studien zur Beauty-Produktion abgeschlossen worden. Die erste HERA-B-Publikation basierte auf der Rekonstruktion von B-Meson-Zerfällen des Typs $B \rightarrow J/\psi X$. Dagegen nutzt die neue Analyse den relativ häufigen semileptonischen Zerfallskanal von b-Hadronen (Teilchen, die einzelne Beauty-Quarks enthalten). Die b-Hadronen werden immer in Teilchen-Antiteilchen-Paaren (ein Partner mit einem b, der andere mit einem \bar{b}) erzeugt. Gelegentlich zerfallen beide b-Hadronen semileptonisch, so dass das Ereignis zwei Leptonen aus b-Hadronzerfällen enthält. Das HERA-B-Triggersystem, das besonders sensitiv auf diese Di-Lepton-Signaturen ist, veranlasst die Registrierung dieser Ereignisse für die spätere Auswertung. Die Analyse dieser Ereignisse

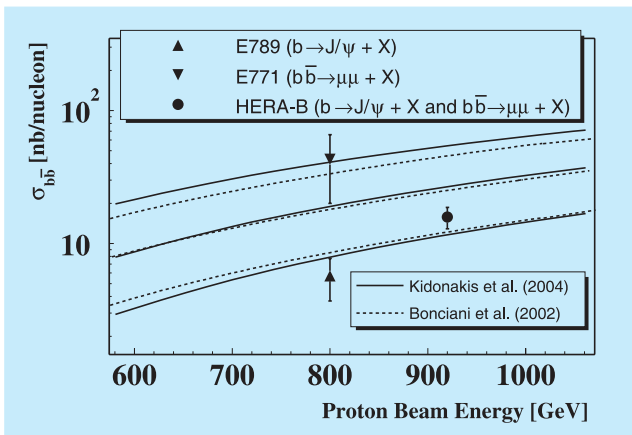


Abbildung 47: Der Wirkungsquerschnitt für inklusive $b\bar{b}$ -Produktion als Funktion der Protonenenergie in fixed target Proton-Kern-Kollisionen. Die Messungen werden mit zwei theoretischen Vorhersagen verglichen. Der Bereich der theoretischen Unsicherheit ist gezeigt.

erlaubte eine weitgehend unabhängige Messung des $b\bar{b}$ -Wirkungsquerschnitts, die in der Präzision mit der ersten Messung vergleichbar und mit dieser verträglich ist. Das kombinierte Ergebnis ist in Abbildung 47 zusammen mit den anderen verfügbaren Messungen und theoretischen Vorhersagen dargestellt. Die HERA-B-Messung ist im Schwellenbereich der $b\bar{b}$ -Produktion bei weitem die genaueste und ist mit den theoretischen Erwartungen in Übereinstimmung.

Hidden Charm: Ein Vergleich der ψ' - und J/ψ -Produktion

HERA-B hatte im letzten Jahr den J/ψ -Wirkungsquerschnitt veröffentlicht und hat nun die Messungen von Mitgliedern der Charmonium-Familie mit einer neuen Publikation zur Produktion von ψ' -Mesonen erweitert. Im Gegensatz zu der Messung des J/ψ -Wirkungsquerschnitts, für die der *minimum bias* Datensatz benutzt wurde, ist die neue Messung eine Analyse von Daten, die mit dem Di-Lepton-Trigger genommen wurden. Die möglichen systematischen Unsicherheiten, zum Beispiel durch den hochselektiven Trigger, werden minimiert, indem der ψ' -Wirkungsquerschnitt nicht di-

rekt gemessen wird, sondern das Verhältnis $R_{\psi'}$ von der ψ' - zur J/ψ -Produktion, wobei beide Teilchen über die bekannten leptonenischen Zerfälle nachgewiesen werden. Abbildung 48 zeigt eine Zusammenstellung früherer Messungen von $R_{\psi'}$, gewichtet mit dem Verhältnis der jeweiligen Wahrscheinlichkeiten für den leptonenischen Zerfall, zusammen mit der HERA-B-Messung, getrennt für verschiedene Target-Kerne. Zur Kompensation nuklearer Effekte wurden die Ergebnisse von verschiedenen Targets mit dem empirischen Faktor $A^{0.029}$ multipliziert. Die Graphik enthält auch die theoretischen Vorhersagen des *Color Evaporation Model* (CEM) und des nichtrelativistischen QCD-Modells (NRQCD). Die Messungen stimmen mit der flachen Energieabhängigkeit des CEM überein und begünstigen weniger das NRQCD-Modell, ohne es allerdings ausschließen zu können.

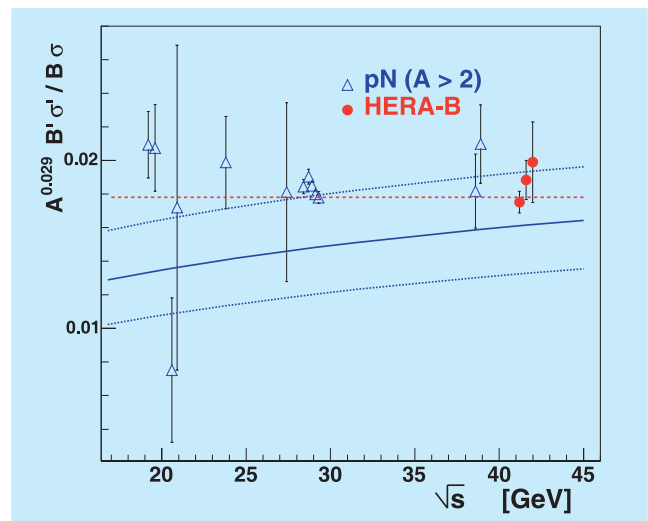


Abbildung 48: Eine Zusammenstellung der Messungen von $R_{\psi'}$ in Proton-Kern-Kollisionen als Funktion der Proton-Nukleon-Schwerpunktsenergie. Die gemessenen Verhältnisse wurden mit dem Faktor $A^{0.029}$ skaliert, um die bekannten nuklearen Effekte zu kompensieren. Die HERA-B-Ergebnisse sind getrennt für Kohlenstoff, Titan und Wolfram dargestellt. Die CEM-Erwartung entspricht der gestrichelten Linie, die des NRQCD-Modells der durchgezogenen Linie mit einem Bereich für die theoretischen Unsicherheiten, die durch die gepunkteten Linien angegeben werden.

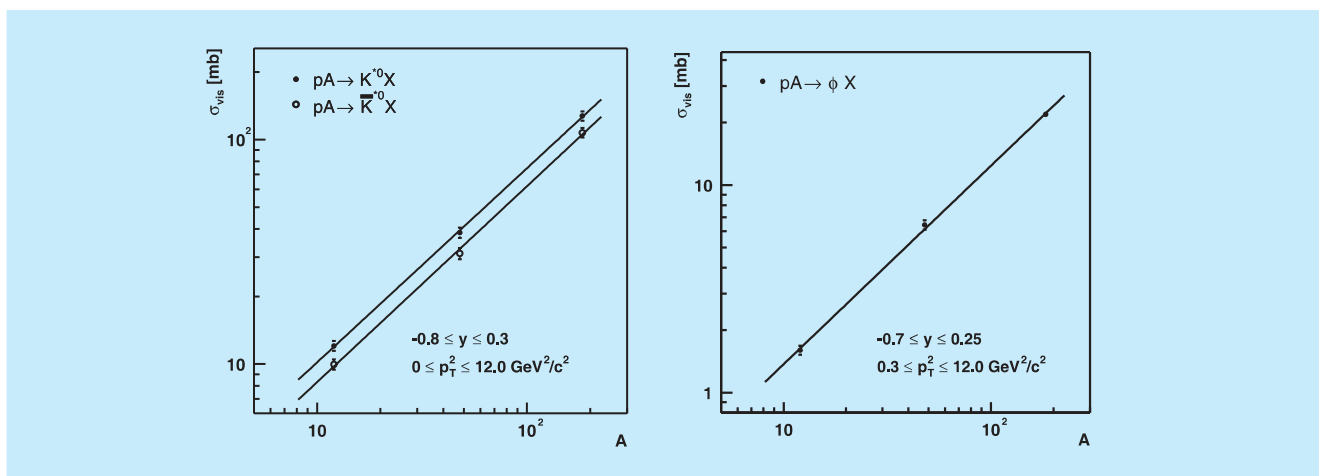


Abbildung 49: Die Abhängigkeit des inklusiven Wirkungsquerschnitts für (links) K^{*0}/\bar{K}^{*0} - und (rechts) ϕ -Produktion von der Kernmassenzahl in dem angegebenen kinematischen Bereich. Die eingezeichneten Kurven sind Anpassungen des oben angegebenen Potenzgesetzes mit den in Tabelle 4 aufgeführten Parametern.

Mesonen mit Strange-Quarks

Das leichteste der schweren Quarks, das Strange-Quark, ist nicht schwer genug, um zuverlässige Vorhersagen über die Produktions-Wirkungsquerschnitte mit Hilfe perturbativer QCD-Rechnungen zu erlauben. Dennoch sind solche Messungen sinnvoll, um experimentell ein abgerundetes Bild der Produktion schwerer Quarks in Proton-Kern-Stößen zu erhalten. Untersucht wird damit auch, ob Strangeness-Produktion als diagnostisches Werkzeug für die Auswertung von Schwerionen-Experimenten geeignet ist, weil man glaubt, dass für die Bildung eines Quark-Gluon-Plasmas in Kollisionen von schweren Kernen die erhöhte Produktion von Strangeness charakteristisch ist. Weil theoretische Vorhersagen, wie bereits erwähnt, sehr schwierig sind, sind präzise Messungen der Strangeness-Produktion in Proton-Kern-Reaktionen (in denen kein Quark-Gluon-Plasma gebildet wird) zum Vergleich mit Schwerionen-Kollisionen besonders wichtig. Die Messung des sichtbaren Produktions-Querschnitts, das heißt des Teils der in der Detektorakzeptanz liegt, für drei Vektormesonen (K^{*0} , \bar{K}^{*0} , ϕ), die Strange-Quarks enthalten, und für drei verschiedene Targets (Kohlenstoff, Titan und Wolfram) sind in Abbildung 49 gezeigt. Die Abhängigkeit des Wirkungsquerschnitts

von der Massezahl A des Targetkerns (σ_{pA}) kann beschrieben werden durch ein Potenzgesetz der Form $\sigma_{pA} = \sigma_{pN} \cdot A^\alpha$, wobei σ_{pN} der Produktions-Querschnitt in Proton-Nukleon-Reaktionen ist. Anpassungen dieser Form an die Daten sind in der Abbildung angegeben. Die Anpassungsparameter, die in der eingeschränkten Akzeptanz des Spektrometers bestimmt wurden, sind in Tabelle 4 als Extrapolation auf den gesamten kinematischen Bereich angegeben. Im Vergleich zu der Strangeness-Produktion zeigt der totale inelastische Wirkungsquerschnitt mit einem Exponenten $\alpha = 0.71 \pm 0.01$ eine viel schwächere A -Abhängigkeit. Während der inelastische Wirkungsquerschnitt etwa mit der Querschnittsfläche des Kerns skaliert, entsprechend $\alpha = 2/3$, ist die K^{*0} - und ϕ -Produktion nahezu proportional zum Kernvolumen, entsprechend $\alpha = 1$.

	$pN \rightarrow K^{*0}X$	$pN \rightarrow \bar{K}^{*0}X$	$pN \rightarrow \phi X$
α	0.87 ± 0.03	0.87 ± 0.03	0.91 ± 0.02
$\sigma_{pN}[\text{mb}]$	5.06 ± 0.54	4.02 ± 0.45	1.17 ± 0.11

Tabelle 4: Abhängigkeit von der Kernmassenzahl und extrapolierte Produktions-Wirkungsquerschnitte. Die angegebenen Fehler fassen statistische und systematische Beiträge zusammen.