

Abbildung 21: Die erste Messung der longitudinalen Proton-Strukturfunktion F_L bei kleinen x -Werten.

H1-Experiment

Beteiligte Institute: RWTH Aachen, Univ. Antwerpen, Vinca Inst. of Nucl. Sci. Belgrad, Univ. of Birmingham, NIPNE Bucharest, Inter-Univ. ULB-VUB Brussels, Rutherford Appleton Lab. Chilton, Inst. for Nucl. Phys. Cracow, Univ. Dortmund, JINR Dubna, CEA Saclay, DESY Hamburg, Univ. Hamburg, Univ. und MPI Kernphys. Heidelberg, Slovak Acad. Sci. Košice, Univ. of Lancaster, Univ. of Liverpool, QMWC London, Univ. of Lund, Univ. Marseille, CINVESTAV Merida und Mexico, ITEP und Lebedev Inst. Moscow, MPI Phys. München, Univ. de Paris-Sud Orsay, Ec. Polytech. Palaiseau, Univ. Paris VI und VII, Univ. of Montenegro Podgorica, Czech Acad. Sci. und Charles Univ. Prag, INFN und Univ. 3 Rom, Inst. for Nucl. Research and Nucl. Energy Sofia, Inst. of Phys. and Techn. Mongolian Acad. of Sci. Ulaanbaatar, Paul Scherrer Inst. Villigen, Univ. Wuppertal, Phys. Inst. Yerevan, DESY Zeuthen, ETH und Univ. Zürich.

Sprecher: Cristinel Diaconu, CPPM Marseille, Frankreich

Die nach Beendigung des HERA-Betriebs im Sommer 2007 begonnenen Abbauarbeiten am H1-Detektor wurden Anfang des Jahres abgeschlossen. Mit Ausnahme des Haupt-Solenoiden und des Eisenjochs mit integriertem Myonsystem, die gemeinsam als möglicher Teststand erhalten bleiben sollen, sind mittlerweile alle Detektorkomponenten abgebaut. Der reguläre Zugang zur Halle Nord wurde im Sommer geschlossen.

Im Berichtsjahr veröffentlichte die H1 Kollaboration insgesamt 10 Analysen, die im Folgenden näher beschrieben werden. Im Bereich der Suche nach neuer Physik wurden 5 Arbeiten publiziert und eine Reihe weiterer Analysen der gesamten HERA-Daten steht unmittelbar vor dem Abschluss. Es ist geplant, die verbleibenden Analysen auf diesem Gebiet im Laufe des Jahres 2009 noch vor dem Start des LHC abzuschließen. Der in einigen Kanälen in den HERA I-Daten beobachtete Überschuss von Ereignissen konnte mit der erhöhten HERA II-Statistik nicht bestätigt werden. Vier der Veröffentlichungen zu Studien auf dem Gebiet des hadronischen Endzustands beruhen noch auf den HERA I-Daten, deren Analyse damit weitgehend

abgeschlossen ist. Die in den letzten Betriebsmonaten des Jahres 2007 bei reduzierter Protonenergie aufgezeichneten Daten wurden für eine erste direkte Messung der longitudinalen Strukturfunktion F_L bei kleinen Werten der Skalenvariablen x verwendet. Nachdem erste vorläufige Resultate bereits auf den Frühjahrskonferenzen vorgestellt wurden, konnte die Analyse eines Teils der Daten inzwischen veröffentlicht werden (siehe Abbildung 21).

Anlässlich der im Frühjahr 2008 in London veranstalteten DIS-Konferenz konnte die H1 Kollaboration 15 neue vorläufige Resultate vorstellen. Zur ICHEP Sommerkonferenz, die in Philadelphia, USA stattfand, wurden mehr als 60 Abstracts eingereicht, von denen sich 8 auf weitere neue Resultate beziehen. Die H1-Kollaboration war auf dieser wichtigen Konferenz mit einem Plenarvortrag und 9 Vorträgen in verschiedenen Parallelsitzungen wieder sehr gut vertreten. Im September wurde unter maßgeblicher organisatorischer und wissenschaftlicher Beteiligung von H1-Mitgliedern das International Symposium on Multiparticle Dynamics bei DESY veranstaltet.

Im Bereich der QCD und der elektroschwachen Physik werden von der Auswertung der mit hoher Qualität

aufgezeichneten HERA II-Daten mit polarisierten Elektronen und Positronen weitere Präzisionsmessungen erwartet. Um höchste Genauigkeit für Schlüsselergebnisse, wie z. B. die Messung von NC- oder CC-Wirkungsquerschnitten, inklusiven oder diffraktiven Partondichteverteilungen oder der starken Kopplungskonstanten α_s zu erreichen, werden weitere sorgfältige und weitreichende systematische Studien benötigt, so dass einige dieser Analysen noch einige Jahre in Anspruch nehmen werden.

Eine Reihe von Verbesserungen im Bereich der Detektor-Kalibration und der Rekonstruktionssoftware wurden erzielt und alle HERA-II-Daten konnten innerhalb von wenigen Wochen mit dem so verbesserten Detektorverständnis neu rekonstruiert werden. Die Erzeugung von großen Mengen von Monte Carlo Ereignissen, die ebenfalls für die Auswertung der HERA II-Daten von großer Bedeutung sind, konnte durch die Verwendung der im LCG GRID verfügbaren Rechnerkapazitäten noch einmal deutlich erhöht werden. Bei einer Spitzenrate von über 350 Millionen Ereignissen pro Monat konnten im Berichtsjahr insgesamt 2.4 Milliarden Monte Carlo Ereignisse produziert werden.

Eine weitere Verbesserung der Messgenauigkeit wird von der Kombination der Resultate von H1 und ZEUS erwartet. In diesem Bereich hat es weitere Fortschritte gegeben und es findet zurzeit eine enge Zusammenarbeit auf mehreren Gebieten statt. Hervorzuheben ist hier die erste Anpassung von Partondichteverteilungen an die kombinierten HERA-I-Daten von H1 und ZEUS, die zu einer erheblichen Reduzierung der experimentellen Fehler geführt hat. Da die bei HERA bestimmten Partondichteverteilungen unter anderem auch für die Interpretation zukünftiger LHC-Daten von großer Bedeutung sein werden, wurden die neuen HERA-PDFs inzwischen unter dem Namen HERAPDF0.1 im Rahmen der Bibliothek LHAPDF allgemein zugänglich gemacht. Die Zusammenarbeit von HERA- und LHC-Experimenten im Rahmen des HERA-LHC Workshops wurde durch Bildung der neuen Arbeitsgruppe PDF4LHC weiter intensiviert.

Es ist nicht abzuschließen, dass es über die gegenwärtig geplanten Veröffentlichungen hinaus in der Zukunft

Bedarf für bisher noch nicht vorgesehene Analysen der HERA-Daten geben wird. Dieser könnte sich zum Beispiel durch unerwartete Resultate am LHC ergeben, die eine Bestätigung durch ep-Daten erfordern oder durch Fortschritte in theoretischen Rechnungen begründet sein, die in Kombination mit einer neuen Analyse zu einer deutlichen Reduktion des systematischen Fehlers führen würden. Aus diesem Grund haben die HERA-Kollaborationen damit begonnen, gemeinsam mit Vertretern von Experimenten an den anderen Beschleunigern zu diskutieren, wie Daten aufbereitet und gespeichert werden müssten, um solche Analysen zu einem späteren Zeitpunkt zu ermöglichen. Der erste von mehreren geplanten internationalen Workshops zu diesem Thema wird im Frühjahr 2009 bei DESY stattfinden.

Physikergebnisse

Inklusive Messungen

Der inklusive Wirkungsquerschnitt für tiefinelastische Streuung (DIS) wird im Bereich kleiner Werte für das Quadrat des Impulsübertrags Q^2 durch die beiden Strukturfunktionen F_2 und F_L beschrieben. Im vereinfachten Quark-Parton Modell entspricht F_2 der Summe der mit dem Quadrat der Ladung gewichteten Verteilungen des relativen Impulses x von Quark und Antiquarks, während der Wert von F_L verschwindet. In der Quantenchromodynamik (QCD) hingegen erhält F_L Beiträge sowohl von Quarks als auch von Gluonen und ist damit direkt empfindlich auf die Gluondichte im Proton. Während die Präzisionsmessung von F_2 zu den zentralen Ergebnissen von HERA zählt, konnte F_L bislang nicht direkt gemessen werden, da für eine solche Messung Daten mit unterschiedlichen Strahlenergien analysiert werden müssen. Wie bereits im letzten Jahr berichtet, wurden aus diesem Grund die letzten 3 Monate des HERA Betriebes im Jahre 2007 dazu verwendet, Daten bei reduzierter Protonstrahlenergie aufzuzeichnen. Zusätzlich zu den Daten bei nomineller Protonenergie von 920 GeV stehen der H1-Kollaboration für die F_L -Messung insgesamt 12.3 pb^{-1} bei 460 GeV und

6.5 pb^{-1} bei 575 GeV zur Verfügung. Bei gegebenem x und Q^2 kann aus der Abhängigkeit des reduzierten Wirkungsquerschnittes von der Inelastizität y der Wert für F_L bestimmt werden. Das Resultat ist für einen Teil des zugänglichen kinematischen Bereichs in Abbildung 21 dargestellt. Der Vergleich mit dem H1 PDF 2000 Fit und den Erwartungen von globalen Fits der Gruppen MSTW und CTEQ zeigt gute Übereinstimmung innerhalb der Fehler und unterstreicht somit die Gültigkeit des üblicherweise verwendeten DGLAP-Formalismus im Rahmen der perturbativen QCD (pQCD). Die Analyse der vollständigen Daten in einem erweiterten kinematischen Bereich wird fortgesetzt und wird zu einer weiteren Veröffentlichung führen.

Messungen des hadronischen Endzustands

Die Untersuchung der bei der Kollision von hochenergetischen Teilchen entstehenden Hadronen gibt Aufschluss über den Hadronisationsprozess, bei dem Quarks und Gluonen zu farblosen Hadronen werden. Da die meisten Hadronen mit kleinem Transversalimpuls produziert werden, kann die perturbative QCD hier nicht angewendet werden. Stattdessen werden phänomenologische Modelle zur Beschreibung herangezogen. In thermodynamischen Modellen für die Hadronproduktion erwartet man für kleine Transversalimpulse einen exponentiellen Verlauf für die Transversalimpulsspektren. Üblicherweise wird die Transversalimpulsverteilung durch ein Potenzgesetz beschrieben, welches für kleine Impulse einem exponentiellen Verlauf entspricht, wie er von thermodynamischen Modellen vorhergesagt wird. Abbildung 22 zeigt den inklusiven differentiellen Photoproduktions-Wirkungsquerschnitt als Funktion des Transversalimpulses für eine Reihe von Hadronen, die im H1 Detektor nachgewiesen wurden. Die Kurven sind Anpassungen an die Daten in der Form eines Potenzgesetzes. Aus dem Ergebnis der Anpassung ergibt sich, dass trotz ihrer recht unterschiedlichen Eigenschaften die untersuchten Hadronen mit etwa der gleichen mittleren transversalen kinetischen Energie produziert werden. Dies ist in Übereinstimmung mit einem thermodynami-

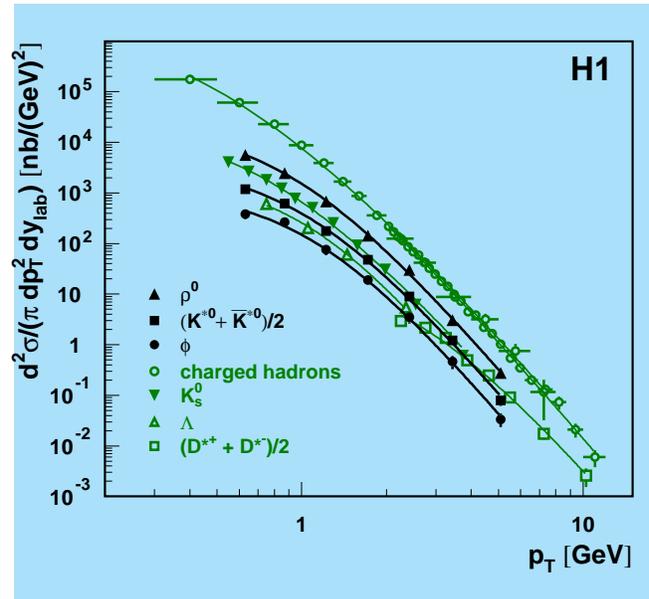


Abbildung 22: Inklusive differentielle Wirkungsquerschnitte für die Produktion von verschiedenen Teilchen als Funktion des Transversalimpulses zusammen mit einer Anpassung an ein Potenzgesetz.

sehen Bild der Hadronproduktion, in dem die primären Hadronen während der Wechselwirkung thermalisieren.

Die Untersuchung der Produktion von Hadronen, die ein Strange-Quark enthalten erlaubt eine Reihe von Studien der starken Wechselwirkung sowohl im perturbativen als auch im nicht-perturbativen Bereich. Eine der traditionellen Fragestellungen betrifft die Unterdrückung der Produktion von Strangeness relativ zu den leichteren Quark-Flavours in der Fragmentation, die in einer Vielzahl von Prozessen gemessen wurde und durch den so genannten Strangeness-Unterdrückungsfaktor λ_s charakterisiert wird. In einer weiteren Veröffentlichung wurden daher Wirkungsquerschnitte für die Produktion von K_s^0 -Mesonen und Λ -Baryonen in DIS sowie ihr Verhältnis zur Produktion von geladenen Teilchen mit den Vorhersagen von verschiedenen Monte Carlo Modellen verglichen. Keines der betrachteten Modelle ist in der Lage, gleichzeitig Form und Normierung aller untersuchten Verteilungen mit einem einheitlichen Wert für λ_s zu beschreiben. Je nach Modell und betrachtetem kinematischem Be-

reich liegt der bevorzugte Wert zwischen $\lambda_s = 0.22$ und $\lambda_s = 0.3$.

Da der Anfangszustand in der ep-Streuung bereits ein Baryon enthält, kann der Unterschied zwischen den Rapiditätsverteilungen von Λ - und $\bar{\Lambda}$ -Baryonen dazu herangezogen werden, die Hypothese vom Baryonzahl-Transfer zwischen Anfangs- und Endzustand zu überprüfen. Abbildung 23 zeigt die gemessene Asymmetrie zwischen Λ - und $\bar{\Lambda}$ -Produktion als Funktion der Pseudorapidität η . Im Rahmen der Fehler ist die Verteilung konstant und verträglich mit Null und liefert somit keine Unterstützung für diese Hypothese, die einen Überschuss von Λ s gegenüber $\bar{\Lambda}$ s in Vorwärtsrichtung, also bei großen η erwarten ließe.

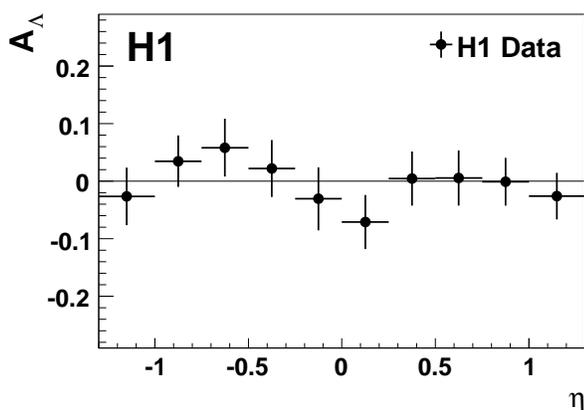


Abbildung 23: Gemessene relative Asymmetrie in der Produktion von Λ - gegenüber $\bar{\Lambda}$ -Baryonen als Funktion der Pseudorapidität η .

Um Rechnungen der pQCD anwenden zu können, muss der untersuchte Prozess mindestens eine harte Skala aufweisen. Bei der Produktion von schweren Quarks bei HERA ist dies durch deren hohe Masse gewährleistet. Der sich anschließende Übergang des Charm-Quarks in ein beobachtbares Charm-Hadron kann jedoch nicht im Rahmen der pQCD berechnet werden, sondern es bedarf phänomenologischer Modelle, um ihn zu beschreiben. Eine der wichtigsten Variablen, die diesen Übergang charakterisiert, ist der Anteil des Longitudinalimpulses z , der vom Quark auf das Hadron übertragen wird. Die Verteilung von z wird durch die so

genannte Fragmentationsfunktion beschrieben, die auf verschiedene Weisen parametrisiert werden kann. In einer Veröffentlichung wurden DIS-Ereignisse selektiert, die ein $D^{*\pm}$ Meson enthalten. Weiterhin wurden die Ereignisse danach unterschieden, ob das $D^{*\pm}$ Meson Teil eines Jets mit einer Transversalenergie grösser als 3 GeV ist $D^{*\pm}$ jet sample oder nicht *no* $D^{*\pm}$ jet sample. Experimentell kann z auf verschiedene Weise rekonstruiert werden. Abbildung 24 zeigt den normierten differentiellen Wirkungsquerschnitt getrennt für die beiden Ereignisklassen als Funktion von z , hier rekonstruiert nach der so genannten Hemisphären-Methode. Ebenfalls eingezeichnet sind jeweils die $\pm 1 \sigma$ Fehlergrenzen eines Fits an diese Daten, basierend auf der Vorhersage des Monte Carlo Programms RAPGAP. Es wird deutlich, dass die extrahierten Fragmentationsparameter für diese beiden Ereignisklassen mit $\alpha = 4.4$ bzw. $\alpha = 10.3$ innerhalb der Fehler nicht miteinander kompatibel sind. Die Untersuchungen zeigen ferner, dass das *no* $D^{*\pm}$ jet sample im Gegensatz zum $D^{*\pm}$ jet sample nicht befriedigend durch eine NLO Rechnung beschrieben werden kann. Diese Befunde deuten darauf hin, dass QCD-Modelle in Verbindung mit einfachen Parametrisierungen der Fragmentationsfunktionen nicht in der Lage sind, die Fragmentation von Charm-Quarks konsistent im gesamten Phasenraum bis hinunter zur kinematischen Schwelle zu beschreiben.

Diffraktive Physik

Im letzten Jahr wurde bereits über die Messung der exklusiven Produktion von Photonen $\gamma^* + p \rightarrow \gamma + p$ bei hohen Q^2 berichtet. Dieser als *Deeply Virtual Compton Scattering* (DVCS) bezeichnete Prozess ist von besonderem Interesse, da seine Berechnung im Vergleich zum verwandten Prozess der exklusiven Vektormesonproduktion erheblich geringere theoretische Unsicherheiten hat. Diese Messung wurde nun zum ersten Mal in den Bereich der Photoproduktion ($Q^2 < 0.01 \text{ GeV}^2$) bei hohen Werten für das Quadrat des Viererimpulsübertrags am Protonvertex ($|t| > 4 \text{ GeV}^2$), die die Anwendung von perturbativen QCD-Rechnungen ermöglicht, ausgedehnt. Hierzu wurden Ereignisse der Reaktion $e^+p \rightarrow e^+\gamma Y$ mit einer großen Rapiditätslücke zwischen

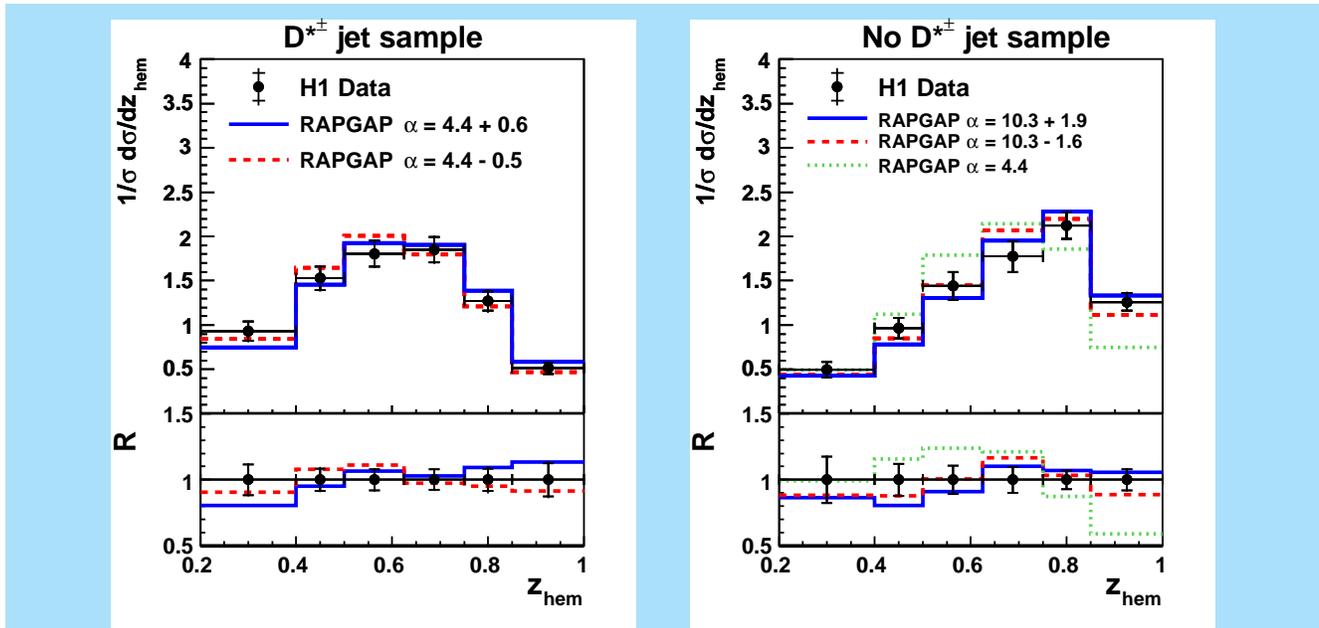


Abbildung 24: Der normierte $D^{*\pm}$ -Meson Wirkungsquerschnitt als Funktion des Anteils z_{hem} des Longitudinalimpulses, der vom Charm-Quark auf das $D^{*\pm}$ Meson übertragen wurde getrennt für Ereignisse mit (links) und ohne (rechts) $D^{*\pm}$ -Jet. Im unteren Teil ist jeweils das Verhältnis $R=MC/Daten$ dargestellt.

dem im Detektor nachgewiesenen Photon und dem Protondissoziationssystem Y selektiert. Abbildung 25 zeigt den gemessenen differentiellen γp Wirkungsquerschnitt für diffraktive Photonstreuung als Funktion des Viererimpulsquadrats $|t|$ im Vergleich mit Vorhersagen des LLA BFKL Modells, das eine zufrieden stellende Beschreibung der $|t|$ -Abhängigkeit der diffraktiven ρ und J/Ψ Produktion bei HERA liefert. Die vorliegenden Messungen zeigen demgegenüber eine deutlich härtere $|t|$ -Verteilung.

Suche nach Physik jenseits des Standardmodells

Obwohl es bisher kein etabliertes experimentelles Resultat gibt, das dem Standardmodell der Elementarteilchenphysik widerspricht, gibt es verschiedene Hinweise darauf, dass dieses Modell zu höheren Energien hin erweitert werden muss. Insofern ist die Suche nach Physik jenseits des Standardmodells (SM) bei jedem Vor-

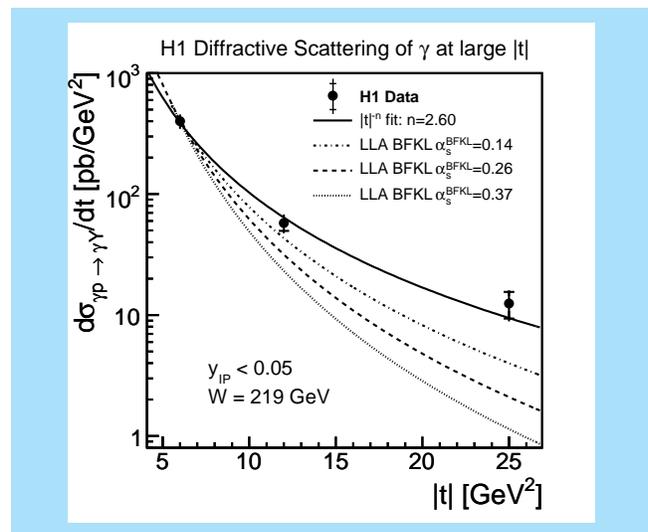


Abbildung 25: Der differentielle γp Wirkungsquerschnitt für diffraktive Photonstreuung als Funktion des Viererimpulsquadrats $|t|$ zusammen mit einer Anpassung der Form $|t|^{-n}$ an die Daten sowie Vorhersagen des LLA BFKL Modells für verschiedene Werte des Parameters α_s^{BFKL} .

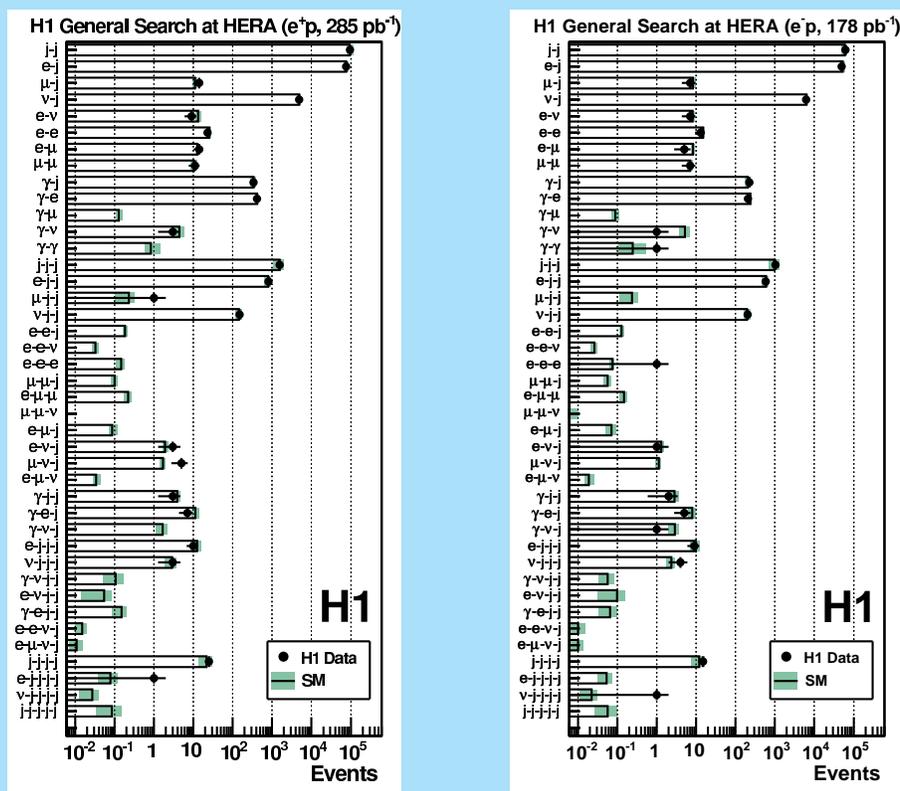


Abbildung 26: Daten und SM Erwartung in verschiedenen Ereignisklassen für e^+p (links) und e^-p (rechts).

stoß in einen höheren Energiebereich, wie er auch bei HERA gegeben ist, von großer Bedeutung. Da in diesem Zusammenhang nach seltenen Ereignissen gesucht wird, ist es wichtig eine möglichst große Datenmenge zu analysieren.

Im Berichtsjahr wurden fünf Analysen publiziert, in denen nach Physik jenseits des Standardmodells gesucht wurde. Alle Analysen benutzen die gesamte von H1 aufgenommene integrierte Luminosität. Eine Veröffentlichung beinhaltet eine generische modellunabhängige Suche, zwei beziehen sich auf die Suche nach angeregten Leptonen und zwei weitere auf Multileptonen, beziehungsweise auf Ereignisse mit Leptonen und unausgeglichener Impulsbilanz.

In vielen Suchen nach neuer Physik werden die Messdaten derart analysiert, dass nach einem spezifischen neuen Effekt (z.B. Existenz eines neuen Teilchens) ge-

sucht wird. Dagegen wird in der im Folgenden besprochenen Veröffentlichung eine allgemeine Suche nach Abweichungen von den Erwartungen des Standardmodells durchgeführt. Diese Suche ist modellunabhängig und damit sensitiv auf neue Physik, von der man möglicherweise heute noch keine konkreten Vorstellungen hat. Da neue Physik mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zuerst im Bereich hoher Teilchenenergien sichtbar werden würde, konzentriert sich diese generische Suche auf Streueignisse, in denen Teilchen (Elektronen, Myonen, Photonen, Jets oder Neutrinos) mit Transversalimpulsen grösser als 20 GeV erzeugt werden. Dabei werden alle Ereignisse klassifiziert, die wenigstens zwei dieser hochenergetischen Teilchen aufweisen, und dann die Massen und totalen transversalen Energien dieser Teilchensysteme bestimmt. In 27 Kanälen wurden Ereignisse beobachtet mit bis zu 5 Teilchen hohen Transversalimpulsen. Für jeden Kanal (z.B. Elektron und Jet

und Photon, $e\text{-}j\text{-}\gamma$) wird die Anzahl der gemessenen Ereignisse mit der Erwartung aus dem Standardmodell verglichen. Abbildung 26 zeigt, dass für alle erfassten Kanäle eine gute Übereinstimmung mit den Erwartungen des SM gegeben ist. Dies gilt sowohl für die e^+p als auch die e^-p Streuprozesse. Neben dieser integralen Suche nach Abweichungen vom SM wurden auch in allen Ereignisklassen die Massenspektren und die Verteilungen der totalen transversalen Energie differenziell untersucht. Die signifikanteste Abweichung zeigt sich dabei im e^+p Datensatz in der Zweielektronklasse ($e\text{-}e$), wo im Massenbereich $110 < M_{ee} < 120$ GeV fünf Ereignisse gefunden wurden bei einer SM Erwartung von 0.43 ± 0.04 Ereignissen. Betrachtet man jedoch die Gesamtzahl aller untersuchten Ereignisklassen, so ist die Wahrscheinlichkeit der Beobachtung einer solchen Abweichung aufgrund statistischer Fluktuationen mit 12 % nicht ungewöhnlich gering. Diese generische Analyse zeigt, dass ein sehr gutes Verständnis aller Prozesse mit hohen Transversalimpulsen bei HERA erreicht wurde, und dass in den Daten keine signifikante Abweichung vom Standardmodell beobachtet werden konnte.

Die Gruppierung der bekannten Elementarteilchen in drei Familien und die großen Massenunterschiede zwischen diesen Teilchen sind im SM unverstandene Phänomene. Eine attraktive Erklärung hierfür ist die Annahme, dass Quarks und Leptonen aus noch fundamentalen Teilchen aufgebaut sind. Eine natürliche Konsequenz wäre dann die Existenz angeregter Leptonen und Quarks. In zwei Veröffentlichungen wird nach solchen angeregten Leptonen gesucht.

Die erste Suche bezieht sich auf angeregte Elektronen e^* . Diese könnten in ep Streuung durch Austausch eines γ oder Z_0 erzeugt werden. Die massiven e^* würden dann in ein Lepton (e oder ν) und ein Eichboson (γ, W, Z_0) zerfallen. Die Existenz eines e^* würde also durch eine Resonanzüberhöhung in der invarianten Masse des Lepton-Eichboson-Systems sichtbar. In der durchgeführten Analyse werden sowohl die leptonschen, als auch die hadronischen Zerfallskanäle von W und Z_0 betrachtet, indem nach Resonanzen in den Kanälen $e\gamma, \nu q\bar{q}, e\bar{q}q, eee, e\mu\mu$ und $e\nu\nu$ gesucht wird. In keinem dieser Kanäle wurde ein Signal oberhalb der

Erwartung aus SM Prozessen gefunden. Dies erlaubte obere Grenzen auf die Kopplung der hypothetischen e^* als Funktion der e^* Masse zu setzen. Abbildung 27 zeigt diese Grenze im Vergleich mit den Resultaten von LEP und Tevatron. Im Bereich hoher e^* Massen liefern die H1 Daten die stärkste Ausschlussgrenze.

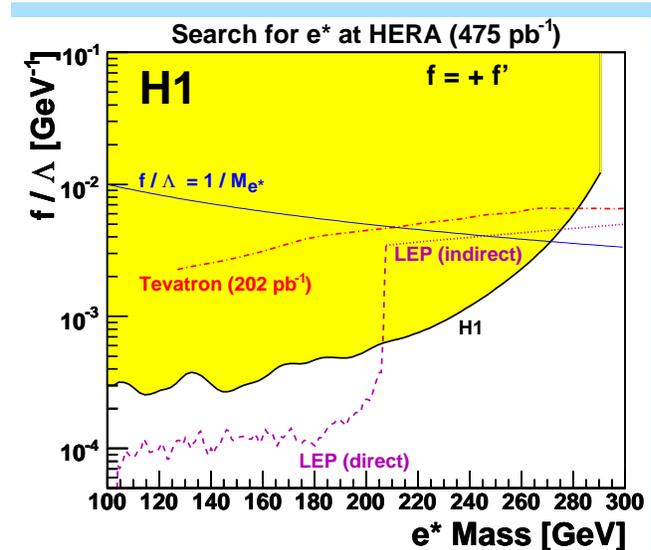


Abbildung 27: Ausschlussbereich für die e^* Kopplung als Funktion der e^* Masse verglichen mit Messungen von LEP und Tevatron.

Die zweite Suche bezieht sich auf angeregte Neutrinos ν^* . Diese könnten in ep Streuung durch Austausch eines W Bosons erzeugt werden. Dies ist ein sogenannter Charged-Current-Prozess, der aufgrund der Quark-Zusammensetzung des Targetprotons daher viel häufiger in e^-p als in e^+p Streuung stattfinden sollte. Der hier analysierte e^-p Datensatz hat eine 10-fach höhere Luminosität verglichen mit früheren H1 Analysen. Analog zur e^* Suche werden ν^* Zerfälle in ein Lepton und ein Eichboson analysiert und dann nach Resonanzüberhöhungen im Lepton-Eichboson-Massensystem gesucht. In keinem der untersuchten Kanäle wurde ein Signal oberhalb der Erwartung aus SM Prozessen gefunden. Dies erlaubt obere Grenzen auf die Kopplung der hypothetischen ν^* als Funktion ihrer Masse zu setzen. Abbildung 28 zeigt das Ergebnis verglichen mit der früheren Publikation von H1, basierend auf den HERA-I-Daten. Es ergibt sich ein

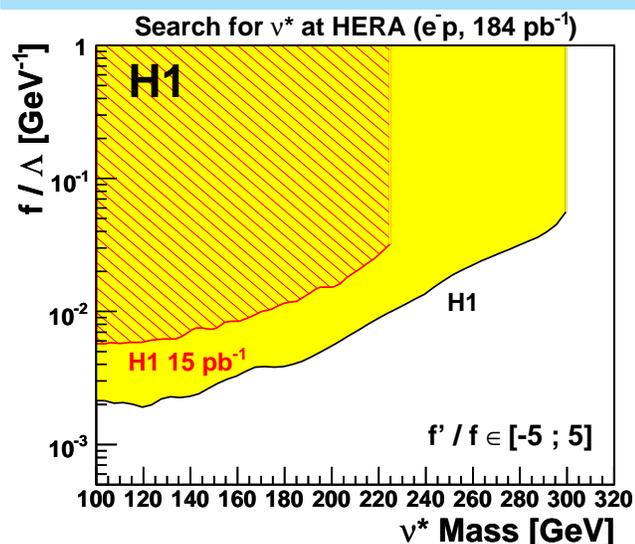


Abbildung 28: Ausschlussbereich für die ν^* Kopplung als Funktion der ν^* Masse verglichen mit früheren Messungen von H1 (schraffiert).

wesentlich erweiterter Ausschlussbereich sowohl zu kleineren Kopplungen als auch zu grösseren ν^* Massen hin.

H1 beobachtete in den HERA I-Daten in zwei Ereignisklassen (Ereignisse mit Multileptonen bzw. mit Leptonen und unausgeglichener Impulsbilanz) einen Überschuss von Ereignissen relativ zur SM Erwartung. Obgleich die statistischen Signifikanzen nicht sehr hoch waren, erregten die Beobachtungen sehr großes Interesse. Beide Beobachtungen wurden in e^+p Datensätzen gemacht. Die wesentlich erhöhte Luminosität bei HERA II und der große akkumulierte e^-p Datensatz erlauben nun, die HERA-I-Beobachtungen mit stark erhöhter Sensitivität zu überprüfen.

In der Multileptonanalyse werden Ereignisse mit mindestens zwei Leptonen (e oder μ) und hohem Transversalimpuls untersucht. Es wurden Ereignisse in den Kanälen $ee, \mu\mu, e\mu, eee, e\mu\mu, ee\mu$ und $eeee$ gefunden. Die globalen Raten der Ereignisse stimmen gut mit den Erwartungen des SM überein, die durch Photon-Photon-Streuprozesse dominiert werden. Bei HERA I wurde ein Überschuss an Ereignissen für hohe Werte des gesamten Transversalimpuls des Multileptonensys-

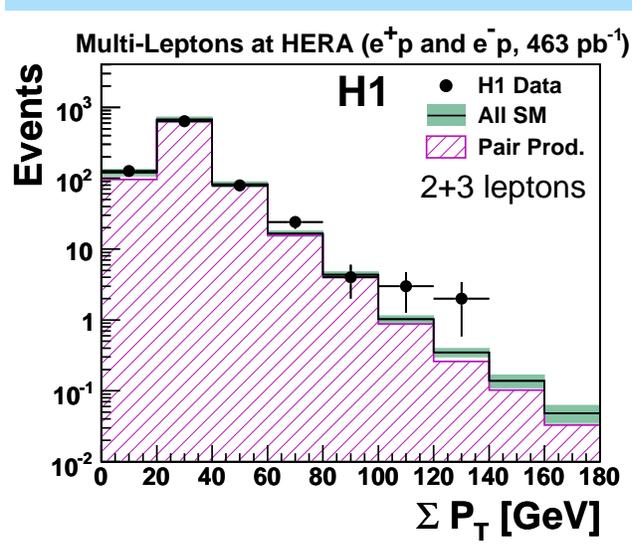


Abbildung 29: Multileptonereignisrate als Funktion des gesamten Transversalimpuls. Die Daten sind mit der SM Erwartung verglichen.

tems gefunden. Abbildung 29 zeigt diese Verteilung aus der neuen Analyse. Es wird immer noch ein Überschuss für Transversalimpulse grösser als 100 GeV gefunden, jedoch ist dieser nicht sehr signifikant (fünf gefundene Ereignisse bei einer Erwartung von einem).

Ereignisse mit Leptonen und unausgeglichener Bilanz des Transversalimpuls sind sehr sensitiv auf Physik jenseits des SM. Im Rahmen des SM werden diese Ereignisse dominant durch Produktion von W Bosonen generiert, wobei im leptonischen Zerfall des W Bosons das Lepton und das Neutrino erzeugt werden. Solche SM Ereignisse haben dominant kleine Werte des hadronischen Transversalimpuls P_T^X . Bei HERA I wurden jedoch im e^+p Datensatz für Werte von $P_T^X > 25$ GeV im e und μ Kanal zehn Ereignisse beobachtet bei einer Erwartung von nur drei Ereignissen. Die jetzige Analyse aller HERA Daten beinhaltet sowohl e^+p als auch e^-p Datensätze und umfasst alle leptonischen (e, μ, τ) Kanäle. Die Resultate für den τ Kanal ergeben in allen Aspekten eine gute Übereinstimmung mit der SM Erwartung. Dies gilt auch für den e und μ Kanal im e^-p Datensatz. Abbildung 30 zeigt die P_T^X Verteilung für den e^+p Datensatz im e und μ Kanal. Die Signifikanz des Überschusses bei hohen P_T^X ist relativ zur

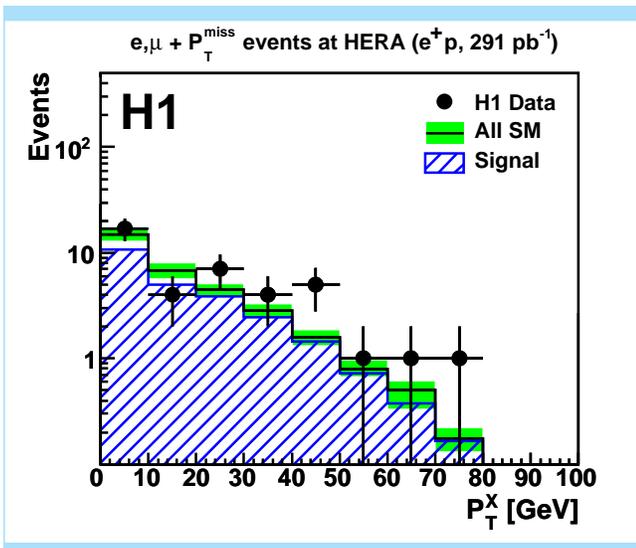


Abbildung 30: Hadronischer Transversalimpuls im e und μ Kanal für den e^+p Datensatz. Die Daten sind mit der SM Erwartung verglichen, die durch W Produktion (schraffiert) dominiert wird.

HERA-I-Analyse auf 2.4σ vermindert. Es gibt daher kein Anzeichen für eine signifikante Abweichung vom SM. Aus den Daten wurden verschiedene Parameter der W Produktion in ep Streuung bestimmt. Diese sind der totale Produktionswirkungsquerschnitt, die Kopplungsparameter der Drei-Eichboson-Kopplung $WW\gamma$ und die Polarisation der W Bosonen. Alle diese Parameter stimmen sehr gut mit den SM Vorhersagen überein.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die oben beschriebenen Analysen keine Anzeichen für Abweichungen von der Erwartungen des Standard Modells ergeben haben. Die statistisch noch nicht sehr signifikanten Hinweise aus den HERA-I-Daten auf mögliche neue Physik konnten durch die neuen, sensitiveren Analysen, die auf den gesamten von H1 aufgenommenen Datensätzen beruhen, nicht erhärtet werden.