

Nachwuchsgruppe VH-NG-004
QCD in exklusiven Processen bei HERA

Tätigkeitsbericht 2005

Zusammensetzung der Gruppe

DESY	Universität Regensburg
Dr. M. Diehl (Leiter)	Prof. Dr. A. Schäfer
Dipl.-Phys. W. Kugler	Dr. A. Manashov
Dipl.-Phys. D. Brömmel	
Dipl.-Phys. D. Amrath	

Eingeladene Gäste in 2005

Dr. Ph. Hägler (Amsterdam) und Dr. C. Weiss (Jefferson Lab, USA) am DESY
Dr. D. Yu. Ivanov (Novosibirsk) am DESY und in Regensburg

Aktivitäten in 2005

Für das detaillierte Studium der Quark-Gluon Struktur des Protons sind exklusive und semi-inklusive Prozesse von besonderer Bedeutung: sie gewähren Zugang zu verschiedenen Typen von Partondichten, die komplementäre Information insbesondere über die Impuls- und Spinverteilung von Quarks und Gluonen enthalten. In exklusiven Prozessen ist der gesamte Endzustand der Reaktion spezifiziert, während in semi-inklusive Prozessen nur eine Teil der Reaktionsprodukte beobachtet wird und andere Teilchen unbeobachtet bleiben.

In laufenden Experimenten, insbesondere am HERMES Detektor bei HERA, hat sich herausgestellt, dass in bestimmter Kinematik einzelne exklusive Reaktionskanäle einen bedeutenden Teil der semi-inklusive Prozesse ausmachen können. Die theoretische Interpretation von semi-inklusive Daten in solchen Fällen ist problematisch, so dass es wichtig ist, die entsprechenden Endzustände und kinematischen Bereiche zu identifizieren. Dafür wurden in der Studie [1] systematisch verschiedene Produktionskanäle für Mesonen betrachtet und die entsprechenden Wirkungsquerschnitte und ihre theoretische Unsicherheit abgeschätzt. Dabei wurde gleichzeitig untersucht, auf welche der verallgemeinerten Partondichten für verschiedene Quark-Flavours und Gluonen die einzelnen exklusiven Kanäle sensitiv sind. Die Arbeit [1] schließt den ersten Teil der Promotion von W. Kugler ab, der seit Sommer 2005 die Beschreibung der Mesonproduktion zur nächstführenden Ordnung (NLO) in der Störungstheorie untersucht. In der semi-inklusive und exklusiven Elektron-Proton Streuung gibt es eine große Anzahl von Polarisations-Observablen, die detaillierte Information über die Proton-Spinstruktur enthalten. In der Arbeit [2] wurde gezeigt, wie aus der zum Teil recht komplizierten Polarisations- und Winkelabhängigkeit die physikalisch relevanten Größen extrahiert werden können.

Zu den am wenigsten bekannten Aspekten der Proton-Spinstruktur gehört die Verteilung der Quarkpolarisation *transversal* zur Bewegungsrichtung der Quarks. Insbesondere die räumliche Verteilung dieser Polarisation im Proton ist im Experiment äußerst schwer zugänglich. Die diese Verteilung beschreibenden Matrixelemente sind hingegen gut geeignet für eine Berechnung in der Gitter-QCD. In der Studie [3] wurden diese Matrixelemente klassifiziert und ihre allgemeinen Eigenschaften und physikalische Interpretation diskutiert. Erste Gitterrechnungen in diesem Sektor wurden von der QCDSF-Kollaboration durchgeführt, der A. Schäfer angehört [4].

Die räumliche Verteilung *unpolarisierter* Quarks im Proton war Gegenstand einer umfassenden phänomenologischen Studie in 2004 (M. Diehl et al., Eur. Phys. J. C39 (2005) 1, siehe den Vorjahresbericht), deren Ergebnisse auf mehreren Konferenzen in 2005 vorgetragen wurden [5, 6, 7].

Die Berechnung verallgemeinerter Partondichten des Pions in der Gitter-QCD ist Thema der Doktorarbeit von D. Brömmel. Erste Ergebnisse wurden auf der Gitter-Konferenz in Dublin gezeigt [8]. Die bisherige Auswertung der Resultate hat sich auf den elektromagnetischen Formfaktor des Pions konzentriert. Die durchgeführten Gitterrechnungen schließen die Effekte dynamischer Quarks mit ein und liefern für diesen Formfaktor Resultate mit relativ kleinen statistischen Fehlern. Wegen des erforderlichen Aufwands müssen diese Rechnungen jedoch für unphysikalisch große Pionmassen durchgeführt werden. Eine naive lineare Extrapolation der Ergebnisse in [8] zur physikalischen Pionmasse liefert gute Übereinstimmung mit den im Experiment gemessenen Werten. Eine realistischere Extrapolation muss im Bereich kleiner Pionmassen dynamische Effekte berücksichtigen, die im Rahmen der chiralen Störungstheorie beschrieben werden. Die für die Momente verallgemeinerter Partondichten im Pion notwendigen Rechnungen in der Ein-Schleifen Näherung wurden abgeschlossen und in [9] publiziert.

Letztlich möchte man Gitter-Resultate und experimentelle Messungen kombinieren, um die verallgemeinerten Partondichten so weit festzulegen, dass man aus ihnen z.B. die Spinstruktur von Hadronen in der transversalen Ebene extrahieren kann. Da man die verallgemeinerten Dichten nicht direkt als Funktionen mehrerer Variablen messen kann, muss man sie indirekt durch Fits an die Daten gewinnen, wobei insbesondere ihre Q^2 -Evolution zu berücksichtigen ist. In zwei Arbeiten haben A. Manashov et al. eine Methode entwickelt, die erlaubt, dies in führender Ordnung (LO) auf sehr effiziente Weise zu tun [10, 11].

Als neues Mitglied der Gruppe hat Daniela Amrath im Januar 2005 eine Doktorarbeit begonnen. Nach einer Einarbeitungsphase in die Physik verallgemeinerter Partondichten und die Theorie exklusiver Prozesse hat sie sich beschäftigt mit der tiefvirtuellen Comptonstreuung an verschiedenen hadronischen Targets. Erste Ergebnisse ihrer Arbeit sind im ersten Quartal 2006 zu erwarten.

Publikationen und publizierte Konferenzvorträge

- [1] M. Diehl, W. Kugler, A. Schäfer and C. Weiss, *Exclusive channels in semi-inclusive production of pions and kaons*, Phys. Rev. D **72** (2005) 034034 [hep-ph/0506171].
- [2] M. Diehl and S. Sapeta, *On the analysis of lepton scattering on longitudinally or transversely polarized protons*, Eur. Phys. J. C **41** (2005) 515 [hep-ph/0503023].

- [3] M. Diehl and Ph. Hägler, *Spin densities in the transverse plane and generalized transversity distributions*, Eur. Phys. J. C **44** (2005) 87 [hep-ph/0504175].
- [4] M. Göckeler *et al.* [QCDSF Collaboration], *Quark helicity flip generalized parton distributions from two-flavor lattice QCD*, Phys. Lett. B **627** (2005) 113 [hep-lat/0507001];
M. Göckeler *et al.* [QCDSF-UKQCD Collaboration], *Moments of generalized tensor parton distributions*, Vortrag von A. Schäfer auf dem 23rd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2005) Dublin, Irland, 25.–30.7.2005, PoS LAT2005 (2005) 055;
M. Diehl *et al.* (QCDSF Collaboration), *Soffer bound and transverse spin densities from lattice QCD*, Vortrag von Ph. Hägler auf dem International Workshop on Transverse Polarization Phenomena in Hard Processes (Transversity 2005), Como, Italien, 7.–10.9.2005, hep-ph/0511032.
- [5] M. Diehl, *On the distribution of partons in the transverse plane*, Vortrag auf der International Conference on QCD and Hadronic Physics, Peking, China, 16.–20.6.2005, hep-ph/0509170.
- [6] M. Diehl, *Generalized parton distributions from form factors*, Vortrag auf dem Workshop on Light-Cone QCD and Nonperturbative Hadron Physics 2005 (LC 2005), Cairns, Australien, 7.–15.7.2005, hep-ph/0510221.
- [7] M. Diehl, *Generalized parton distributions: Recent results*, Vortrag auf der Particles and Nuclei International Conference (PANIC 05), Santa Fe, USA, 24.–28.10.2005, hep-ph/0512201.
- [8] D. Brömmel *et al.* (QCDSF Collaboration), *Structure of the pion from full lattice QCD*, Vortrag von D. Brömmel auf dem 23rd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2005) Dublin, Irland, 25.–30.7.2005, PoS LAT2005 (2005) 360 [hep-lat/0509133].
- [9] M. Diehl, A. Manashov and A. Schäfer, *Generalized parton distributions for the pion in chiral perturbation theory*, Phys. Lett. B **622** (2005) 69 [hep-ph/0505269].
- [10] A. Manashov, M. Kirch and A. Schäfer, *Solving the leading order evolution equation for GPDs*, Phys. Rev. Lett. **95** (2005) 012002 [hep-ph/0503109].
- [11] M. Kirch, A. Manashov and A. Schäfer, *Evolution equation for generalized parton distributions*, Phys. Rev. D **72** (2005) 114006 [hep-ph/0509330].