

Gluonen hin. Eine präzise Messung der Gluonspinanteile im Nukleon ist eine der Hauptaufgaben des COMPASS-Experiments am CERN und des Spinprogramms am RHIC-Kollider des Brookhaven National Laboratory.

Eine besondere Herausforderung besteht darin, die Bahndrehimpulse der Quarks im Nukleon zu messen. Lange Zeit war weder klar, wie die Bahndrehimpulse des relativistischen Quarksystems in der QCD überhaupt konsistent definiert werden sollen, noch gab es Ideen, wie sich die Bahndrehimpulse experimentell bestimmen lassen. Um so erfreulicher ist es, dass in einer Messung der Spinstrukturfunktion des Neutrons durch die Hall-A-Kollaboration am Jefferson Lab in Newport News, Virginia, jetzt erste indirekte Hinweise auf signifikante Beiträge der Bahndrehimpulse der Quarks gefunden worden sind [3]. In dem Experiment wurde die Spinstrukturfunktion des Neutrons bei großen Werten von x gemessen. Die SkalenvARIABLE x gibt an, welchen Bruchteil des Nukleonimpulses das gestreute Quark vor dem Streuvorgang getragen hat. Bei Werten von $x > 0,3$ sind Seequarkanteile verschwindend gering, und das Nukleon wird durch die drei up- und down-Valenzquarks dominiert. Durch Vergleich der gemessenen Neutronenspinstrukturfunktion mit der früher gemessenen Protonenspinstrukturfunktion lässt sich die Polarisation der up- und down-Quarks separieren. Die Abbildung zeigt, dass bei großem x die Polarisation der up-Quarks Werte von über 70% erreicht, während die down-Quarks entgegengesetzt zum Nukleon polarisiert sind und bei großem x Werte von etwa 30% erreichen.

Unter der Annahme, dass die Bahndrehimpulse der Quarks verschwinden, lässt sich im Rahmen einer störungstheoretischen Behandlung der QCD zeigen, dass Quarks, welche den gesamten Impuls des Nukleons tragen ($x \rightarrow 1$), auch den Spin des Nukleons tragen müssen und somit einen Polarisationswert von +1 haben [4]. Die durchgezogene Linie in der Abbildung entstammt einer unter der obigen Prämisse durchgeführten Berechnung. Während die gemessene Polarisation für die up-Quarks mit der Berechnung übereinstimmt, zeigen sich bei den down-Quarks Diskrepanzen. Die berechnete Kur-

ve nimmt für $x \rightarrow 1$ den geforderten Polarisationswert +1 an, die gemessene Polarisation der down-Quarks bleibt jedoch auch für große x negativ und widerspricht somit der Vorhersage. Die gestrichelten Linien zeigen die Ergebnisse von verschiedenen Modellrechnungen, die nicht von der Annahme ausgehen, dass die Bahndrehimpulse der Quarks verschwinden müssen. Diese Modelle stimmen mit den Messwerten qualitativ überein.

Die Messungen am Jefferson Lab geben also einen ersten indirekten modellabhängigen Hinweis auf nicht-verschwindende Bahndrehimpulse der Valenzquarks im Nukleon, sie erlauben es jedoch nicht, die Bahndrehimpulse quantitativ zu bestimmen. Xiangdong Ji hat vor einigen Jahren eine ganz neue Methode zur Bestimmung der Bahndrehimpulse aufgezeigt [5]. In seinem Verfahren werden Quarks im Proton durch harte Elektronenstreuung dazu gebracht, einzelne Photonen auszusenden, ohne dass dabei das Proton zerstört

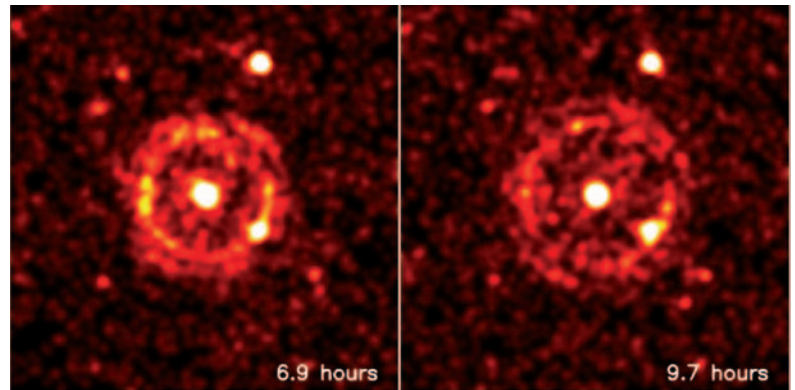
wird. Das HERMES-Experiment hat mit ersten Messungen dieser so genannten DVCS-Spin- und Ladungsasymmetrien [6, 7] und einem bevorstehenden Detektor-Upgrade eine Vorreiterrolle in diesem Feld übernommen. Erst jetzt, nach 40 Jahren Quarkmodell, haben wir die theoretischen und experimentellen Handwerkszeuge, die Dynamik der Quarks in den Bausteinen unserer Welt, den Nukleonen, zu studieren.

MICHAEL DÜREN

Prof. Dr. Michael Düren, II. Physikal. Institut, Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 16, 35392 Gießen

- [1] M. Düren und K. Rith, Phys. Bl., Oktober 2000, S. 41
- [2] A. Airapetian et al., Phys. Rev. Lett. **92**, 012005 (2004)
- [3] X. Zheng et al., Phys. Rev. Lett. **92**, 012004 (2004)
- [4] G. R. Farrar und D. R. Jackson, Phys. Rev. Lett. **35**, 1416 (1975)
- [5] X. Ji, Phys. Rev. Lett. **78**, 610 (1997); Phys. Rev. D **55**, 7114 (1997)
- [6] A. Airapetian et al., Phys. Rev. Lett. **87**, 182001 (2001)
- [7] K. Rith, Progress in Particle and Nuclear Physics **49**, 245 (2002)
- [8] K. Ackerstaff et al., Phys. Lett. B **464**, 123 (1999)

Röntgenecho im All



Anfang Dezember hat der europäische Röntgensatellit XMM-Newton spektakuläre Ringe aufgenommen, die sich scheinbar mit tausendfacher Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Vorangegangen war ein sog. *Gammy Ray Burst* (GRB), das plötzliche und kurzzeitige Aufleuchten einer extrem starken Gammastrahlenquelle am Himmel, das das europäische Gammaobservatorium Integral registriert hat. Sechs Stunden später war XMM-Newton auf den GRB ausgerichtet, dessen Nachleuchten im Röntgenbereich als heller Punkt zu sehen ist. Die beiden eng beieinander liegenden Ringe entstehen jedoch erst in unserer

Galaxis als „Echo“ oder Halo, wenn die bei dem 30 Sekunden langen GRB freigesetzte Röntgenstrahlung an zwei Staubwolken gestreut wird. Da die Röntgenstrahlen, die unter einem größeren Winkel gestreut werden (entsprechend einem größeren Radius des Ringes), einen längeren Weg zur Erde zurückzulegen haben, erreichen sie uns später – daher die scheinbare Ausdehnung der Ringe, die einen Durchmesser von rund vier Bogenminuten haben. Aus der Ausdehnungsgeschwindigkeit der Ringe ergibt sich, dass die Staubwolken 2900 bzw. 4500 Lichtjahre von der Erde entfernt sind. (Quelle: ESA, Universität Leicester)