

Physik-Nobelpreis: Warum Quarks nie allein sind

Der Physik-Nobelpreis 2004 wird verliehen für „die Entdeckung der asymptotischen Freiheit in der Theorie der starken Wechselwirkung“



David J. Gross



H. David Politzer



Frank Wilczek

und geht zu gleichen Teilen an die theoretischen Physiker David J. Gross, H. David Politzer und Frank Wilczek. Mit dieser Entscheidung vergibt die Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften den Nobelpreis zum zehnten Mal innerhalb der vergangenen 25 Jahre für Arbeiten zur Teilchenphysik.

Seit den 60er-Jahren ist bekannt, dass Protonen und Neutronen keine elementaren Bestandteile der Natur sind, sondern aus punktförmigen Quarks zusammengesetzt sind. Rätselhaft blieb jedoch, warum sich keine freien Quarks beobachten lassen, sondern diese nur als Quark-Antiquark-Paar (Mesonen) oder im Dreierpack (Baryonen) vorkommen. Nach Vorarbeiten des deutschen Theoretikers Kurt Symanzik und anderen gelang den diesjährigen Preisträgern 1973 der Durchbruch bei der Auflösung dieses Rätsels. In zwei aufeinander folgenden Arbeiten in *Physical Review Letters* zeigten sie, wie eine theoretische Beschreibung der starken Wechselwirkung beschaffen sein muss, um asymptotische Freiheit aufzuweisen. Darunter versteht man die Tatsache, dass sich die Quarks bei kleinen Abständen (oder hohen Energien) quasifrei innerhalb der Hadronen bewegen können, dass sie bei großen Abständen (oder geringen Energien) aber wie durch ein Gummiband immer stärker aneinander gebunden sind. Unmittelbar im Anschluss an die preisgekrönten Veröffentlichungen arbeiteten Gross, Wilczek und andere eine Eichfeldtheorie der starken Wechselwirkung aus, die Quantenchromodynamik (QCD). So wie Photonen die elektromagnetische Kraft zwischen elektrischen Ladun-

gen vermitteln, führt der Austausch von Gluonen demnach zur starken Kraft zwischen den Quarks, die neben der elektrischen Ladung auch eine so genannte Farbladung tragen. Im Gegensatz zu den elektrisch neutralen Photonen tragen die Gluonen jedoch selbst eine Farbladung und können daher mit sich selbst wechselwirken. Die Vorhersagen der QCD wurden in den vergangenen 30 Jahren präzise bestätigt. Die Gluonen wurden 1979 am PETRA-Beschleuniger bei DESY in Hamburg entdeckt.

Alle drei Preisträger sind amerikanische Staatsbürger. Frank Wilczek (Jahrgang 1951) hatte 1973 seine Doktorarbeit bei David Gross noch nicht abgeschlossen, und die preisgekrönte Arbeit steht an erster Stelle seiner umfangreichen Publikationsliste. Wilczek ist heute Professor am MIT, der 63-jährige Gross ist Professor an der University of California in Santa Barbara. David Politzer (Jahrgang 1949) kam ebenfalls während seiner Doktorarbeit und unabhängig von Gross und Wilczek zu vergleichbaren Ergebnissen. Er ist Professor am California Institute of Technology und gilt als öffentlichkeitsscheu. Wenig Freunde machte er sich, als er zu einer ihm zu Ehren anberaumten Pressekonferenz am Caltech nicht erschien. (SJ)

Mehr Licht aus Berlin-Adlershof

Spatenstich für Willy-Wien-Laboratorium / 25 Jahre BESSY / Freie-Elektronen-Laser auf dem Weg.

Mit dem ersten Spatenstich begannen Ende September in Berlin-Adlershof die Bauarbeiten an einer in Europa einzigartigen Präzisionslichtquelle. Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) errichtet mit dem Willy-Wien-Laboratorium eine Synchrotronstrahlungsquelle speziell für metrologische Zwecke, die Strahlung im UV und extremen UV (EUV) bei Wellenlängen zwischen 1 und 1000 nm liefern wird. Kernstück der Quelle wird ein Elektronenspeicherring mit einem Umfang von 48 Metern sein, in dem Elektronen auf 200 bis 600 MeV beschleunigt werden. Da sich die elektromagnetische Strahlung, die beschleunigte Elektronen emittieren, präzise berechnen lässt, eignet sich eine solche Quelle zur Eichung von Strahlungsdetektoren, wie sie beispielsweise auf dem europäisch-amerikanischen Sonnenobservatorium SOHO eingesetzt werden. Industrieunternehmen, die Messtechnik für die EUV-Lithographie entwickeln, sind ebenfalls auf ein Strahlungsnormal angewiesen.

KURZGEFASST...

■ EU-Alleingang bei ITER?

Nachdem die Entscheidung über den Standort noch immer nicht gefallen ist, hat die EU-Kommission nun darüber beraten, den internationalen Fusionsforschungsreaktor ITER notfalls auch ohne Beteiligung der USA und Japans in Cadarache zu bauen. Die USA, Japan und Südkorea befürworten das japanische Kernenergiezentrum Rokkasho-Muro, die beteiligten EU-Staaten jedoch den Standort Cadarache bei Marseille. Über den möglichen Alleingang will der EU-Forschungsministerrat im Laufe des Novembers entscheiden. Frankreich hat die Bereitschaft signalisiert, seinen finanziellen Anteil auf 914 Millionen Euro zu verdoppeln.

■ Ungeregelte Befristung

Da das Bundesverfassungsgericht die Novellierung des Hochschulrahmengesetzes für nichtig erklärt hat, wurden auch die darin enthaltenen Befristungsregeln gekippt. Eine Allianz der großen deutschen Forschungsorganisationen hat deshalb Bund und Länder aufgefordert, schnellstmöglich für Rechtssicherheit zu sorgen und wissenschaftsadäquate Befristungsregeln für Arbeitsverhältnisse zu schaffen. Die Forschungsorganisationen befürchten ansonsten eine Klagewelle durch die befristet

beschäftigten wissenschaftlichen Mitarbeiter, die nun ein unbefristetes Arbeitsverhältnis einklagen könnten.

■ Bachelor nicht die Regel

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft spricht sich dagegen aus, den Bachelor als Regelabschluss im Fach Physik zu etablieren und tritt damit aktuellen Bestrebungen seitens der Kultusminister entgegen. Gleichzeitig lehnt sie die von der Politik geforderte Zulassungsquote für die Aufnahme eines Master-Studiums ab. Das könne, so DPG-Präsident Knut Urban, schon kurzfristig zu einem Minderangebot an qualifizierten Fachkräften führen.

■ Optische Technologien wachsen

Nach Umsatzeinbrüchen im Jahr 2002 von über 30 % und einem schwachen 2003 erwartet die optische Industrie ein großes Wachstum für den Weltmarkt. Darauf deutet der Weltmarkt-Index des Industrieverbandes SPECTARIS hin, der auf der Bilanzanalyse von 15 internationalen Schlüsselunternehmen für optische Technologien beruht. Demnach lagen die Umsätze in diesem Bereich im ersten Halbjahr 2004 weltweit um rund 19 % über dem Ergebnis des entsprechenden Vorjahreszeitraumes.

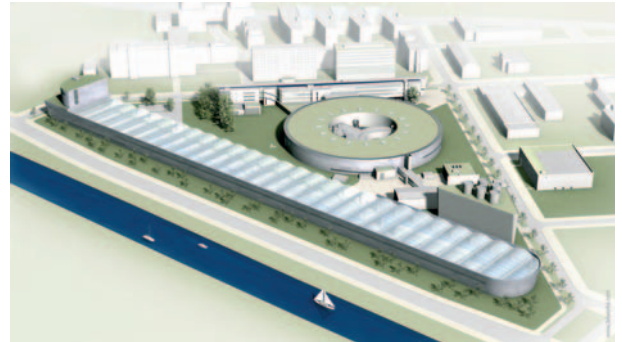
Nach der derzeitigen Roadmap der Halbleiterindustrie wird die EUV-Lithographie voraussichtlich 2009 die optische Lithographie bei Chipstrukturen von 32 nm ablösen. Das Willy-Wien-Laboratorium soll 2008 in Betrieb gehen. Die Kosten von 16,5 Millionen Euro trägt das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, in dessen Zuständigkeitsbereich die PTB fällt. „Mit dieser Quelle wird die PTB weltweit konkurrenzlos bei metrologischen Radiometrienormalen sein“, sagte PTB-Präsident Ernst Göbel bei der Feierstunde. Der Namensgeber Willy Wien hat zwischen 1890 und 1896 an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt seine Experimente zur Schwarz-Körper-Strahlung durchgeführt, für die er 1911 den Nobelpreis für Physik erhielt.

Das Willy-Wien-Labor entsteht in unmittelbarer Nähe zur Synchrotronstrahlungsquelle BESSY-II, die 1998 eingeweiht wurde und Keimzelle für den Wissenschaftsstandort Adlershof war. Seit der Gründung der BESSY GmbH vor 25 Jahren, der im Anschluss an den Spatenstich in einer Festveranstaltung gedacht wurde, pflegen BESSY und PTB enge Verbindungen. So unterhält die PTB an BESSY-II ein eigenes Radiometrielabor, und Experten von BESSY werden den neuen Beschleuniger für das Willy-Wien-Labor bauen. Ende der 70er-Jahre hatte die PTB Pläne für eine eigene Synchrotronstrahlungsquelle zugunsten einer nationalen Quelle aufgegeben. Die daraufhin gebaute

und 1981 eingeweihte Quelle BESSY-I in Berlin-Wilmersdorf war die erste deutsche dedizierte Synchrotronstrahlungsquelle und eine der ersten in Europa. Sie lieferte bis Ende 1999 weiche Röntgenstrahlung im VUV- und XUV-Bereich (Vakuum-Ultraviolett bzw. weiche Röntgenstrahlung) und legte den Grundstein für „die beispiellose Erfolgsgeschichte der Synchrotronstrahlung in Berlin“, so der technische Geschäftsführer von BESSY, Eberhard Jaeschke. Ihr Nachfolger BESSY-II, deren zentraler Bestandteil ein 1,7-GeV-Speicherring mit einem Umfang von 240 Meter ist, liefert im gleichen Spektralbereich eine um fünf Größenordnungen höhere Brillanz¹⁾ und wird jährlich von rund 1000 Forschern aus In- und Ausland genutzt. Zu dem reichhaltigen Forschungsprogramm gehören neben reiner Grundlagenforschung u. a. Untersuchungen zu magnetischen Datenspeichern, zur Katalyse oder zur Struktur von Proteinen.

Eine verglichen mit BESSY-II sogar um bis zu zehn Größenordnungen höhere Brillanz soll das Zukunftsprojekt von BESSY liefern, ein Freie-Elektronen-Laser (FEL) für weiche Röntgenstrahlung zwischen 1,2 und 60 nm.²⁾ Herzstück dieses Projekts soll ein Linearbeschleuniger mit supraleitenden Beschleunigerstrukturen sein, die am DESY in Hamburg von der TESLA-Kollaboration, an der BESSY beteiligt ist, entwickelt wurden. Diese Technologie wurde

auch kürzlich für den künftigen International Linear Collider für die Teilchenphysik ausgewählt.³⁾ Der BESSY-FEL soll reproduzierbare Pulse mit Dauern unter 20 Femtosekunden und mit einer Leistung im Gigawatt-Bereich liefern. „Mit den ultrakurzen, superhellen Röntgenblitzen des FEL lassen sich die



Der geplante Freie-Elektronen-Laser von BESSY in Berlin-Adlershof soll bis zum Ende des Jahrzehnts in Betrieb gehen und hochqualitative weiche Röntgenstrahlung liefern. (Grafik: BESSY)

Details beim Ablauf einer chemischen Reaktion ebenso minutiös beobachten wie der Energie- oder Materialtransport in lebenden Zellen oder die Speicherung und Verarbeitung von Daten in einem Computer“, sagt der wissenschaftliche Geschäftsführer von BESSY, Wolfgang Eberhardt.

Bei der vor zwei Jahren durchgeführten Evaluierung der geplanten Großgeräte hatte der Wissenschaftsrat dem BESSY-FEL keine Förderempfehlung ausgesprochen, da zu diesem Zeitpunkt nur ein

1) Die Brillanz gibt die Zahl der Photonen innerhalb eines schmalen Energiebereichs pro Fläche, Raumwinkel und Zeit an und ist ein Maß für die „Qualität“ der emittierten Strahlung.

2) vgl. Physik Journal, März 2002, S. 6

3) vgl. Physik Journal, Oktober 2004, S. 6

Konzept, aber noch kein technischer Projektvorschlag vorlag. In seiner Stellungnahme hatte der Wissenschaftsrat dem Projekt in internationalem Maßstab „höchstes wissenschaftliches Niveau“ bescheinigt und die „hervorragende Expertise“ von BESSY im VUV und weichen Röntgenbereich anerkannt. Zugleich hatte der Wissenschaftsrat aber auch eine „überzeugende Begründung“ für die Notwendigkeit der Errichtung von zwei FELs an zwei Standorten angemahnt. Am zweiten deutschen Standort für Synchrotronstrahlung bei DESY in Hamburg wird mit der European XFEL Facility ein FEL für harte Röntgenstrahlung mit Wellenlängen unter 1 nm vorangetrieben.

Inzwischen hat BESSY mit 2,4 Millionen Euro aus Berliner Landesmitteln einen detaillierten Technical Design Report erstellt, den Berlin im Juli mit der Bitte um eine abschließende Begutachtung beim Wissenschaftsrat eingereicht hat. DESY und BESSY betonen in einem gemeinsamen Papier von diesem Frühjahr die Komplementarität der geplanten Quellen. Eberhard Jaeschke bringt es auf den Punkt: „Wenn man wissen will, wie etwas aussieht, braucht man harte Röntgenstrahlung, wenn man wissen will, wie etwas funktioniert, braucht man weiche Strahlung“. Diese Komplementarität lasse sich mit nur einem FEL nicht erreichen. Da der BESSY-FEL auf dem HGHG-Prinzip (high gain harmonic generation) beruht, bei dem die Emission der Synchrotronstrahlung mithilfe eines intensiven Femtosekunden-Lasers getriggert wird, sei die Nähe des BESSY-FEL zum Max-Born-Institut in Adlershof mit Know-how zu Kurzpulslasern von großem Vorteil.

Mit einer Stellungnahme des Wissenschaftsrats ist nicht vor nächstem Frühjahr zu rechnen. Fällt sie positiv aus und finden sich Geldgeber für die benötigten rund 200 Millionen Euro, so könnte der BESSY-FEL gegen Ende des Jahrzehnts in Betrieb gehen. Gemeinsam mit dem Willy-Wien-Labor und BESSY-II stünde damit in Berlin-Adlershof eine weltweit einmalige Infrastruktur zur Verfügung.

STEFAN JORDA

Zufriedene Physiker

„Meine Ausbildung, meine berufliche Zufriedenheit, mein Einkommen“, das sind einige der Karten, die die insgesamt 6200 Teilnehmer der Hochschulabsolventenbefragung durch die Hochschul-Informationssysteme GmbH (HIS) auf den Tisch legen mussten. Fünf Jahre nach dem Abschluss untersuchte HIS in einer vom BMBF in Auftrag gegebenen Studie detailliert den Berufsverlauf und die aktuelle Situation der Hochschulabsolventinnen und Hochschulabsolventen aller Fachrichtungen des Prüfungsjahrganges 1997.¹⁾ Ein positives Fazit: Physiker sind, ebenso wie Chemiker und Mathematiker, und verglichen mit den Absolventen anderer Fächer überdurchschnittlich zufrieden mit ihrer erreichten beruflichen Situation.

Auch bei der Erwerbsquote liegen die Physiker im Spitzenbereich: 91 % der Physikabsolventen sind fünf Jahre nach ihrem Abschluss erwerbstätig²⁾, besser sieht es nur bei den Informatikern, Wirtschaftswissenschaftlern und Ingenieuren aus, wobei hier speziell die Elektrotechniker mit 97 % an der Spitze liegen. Diese und folgende Zahlen beziehen sich auf die Absolventen mit Uni-Abschlüssen. Bei den Angaben für die Fachhochschulabsolventen, die ebenfalls in der Studie aufgeschlüsselt sind, ergibt sich bei den hier genannten Fächern meist ein ähnliches Bild.

Beim Einkommen zeigt sich ein vergleichbares Bild (Tab. 1). Im Vergleich zum Absolventenjahrgang 1993 sind die Einkommen in den ingenieurwissenschaftlichen Be-

Tab. 1: Brutto-Jahreseinkommen in € fünf Jahre nach dem Abschluss

Fachrichtung	Mittelwert	
	1993	1997
Elektrotechnik	43000	55400
Maschinenbau, VT ^{*)}	43800	54900
Physik	44300	52500
Chemie	40700	48400
Mathematik	43500	55600
Informatik	44800	55200
alle Fächer insg.	41600	46800

*) VT = Verfahrenstechnik

reichen und der Informationstechnologie besonders stark gestiegen sind. Auch die Physiker weisen mit durchschnittlich 52500 Euro mit die höchsten Einkommen aus. Zum Vergleich: Bei den befragten Biologieabsolventen liegt das Jahreseinkommen nur bei 37500 Euro.

Die HIS-Studie untersucht auch, inwieweit die Absolventen ihre aktuelle Beschäftigung als adäquat in Bezug auf verschiedenen Aspekte ansehen (Tab. 2). Hier fällt auf, dass nur 48 % der Physiker ihre aktuelle Beschäftigung als adäquat in Bezug auf ihre fachliche Qualifikation ansehen. Dabei wirkt sich sicherlich aus, dass etwa im Vergleich zu den Ingenieurwissenschaften das Berufsbild des Physikers weniger stark ausgeprägt ist. Vielfach sind Physiker in Bereichen wie z. B. Softwareentwicklung oder Unternehmensberatung beschäftigt, wo physikspezifische Fachkenntnisse kaum gefordert sind. Mit dem Niveau der Arbeitsaufgaben sind sie jedenfalls hochzufrieden, nur 6 % finden dieses nicht angemessen.

Tab. 2: Adäquatheit der aktuellen/letzten Beschäftigung

Fachrichtung	berufliche Position		Niveau der Arbeitsaufgaben		fachliche Qualifikation	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Elektrotechnik	80	8	79	4	62	21
Maschinenbau, VT	85	4	77	6	58	19
Physik	74	14	82	6	48	41
Chemie	74	11	79	7	63	23
Mathematik	75	16	79	6	46	30
Informatik	82	7	75	8	83	8
alle Fächer insg.	76	13	72	11	64	19

Skala von 1 (= auf jeden Fall) bis 5 (= auf keinen Fall), Skalenwerte 1+2 (ja) sowie 4+5 (nein) zusammengefasst, in %

1) Die rund 200-seitige Studie findet sich unter www.bmbf.de/pub/his_projektbericht_10_04.pdf

2) Der Rest befindet sich z. B. in kurzfristigen Beschäftigungsverhältnissen (Jobben), Praktika, Erziehungsurlaub oder ist arbeitslos (5 %).

3) Die Prozentzahlen geben an, welcher Anteil der Befragten ihre Zufriedenheit den jeweiligen Aspekt der Berufssituation mit 1 = sehr gut bzw. 2 = gut (bei einer Skala von 1 bis 5) einschätzten.