

Auf Feynmans Spuren

Physik in Brasilien

Klaus Capelle

Dass in Brasilien auch Physik betrieben wird, wissen viele spätestens seit Richard Feynmans Darstellung seiner Abenteuer in diesem Land. Diese spielten sich allerdings in den Fünfzigerjahren ab und haben mit der Realität ein halbes Jahrhundert später nicht mehr viel zu tun. Brasilien hat heute eine vielseitige akademische Landschaft und eine lebendige Forschungsszene in der Physik.

Brasilien – ist das nicht das Land der Fußballweltmeister, der endlosen Strände, des Karnevals und des Amazonasdschungels? Ein begehrtes touristisches Ziel, geprägt von landschaftlicher Schönheit und wirtschaftlichen Problemen? All dies ist in der Tat Brasilien, aber man kann auch ein ganz anderes Bild dieses faszinierenden Landes zeichnen:

Brasilien ist die vierzehntgrößte Volkswirtschaft der Welt; ein Land, das eigene Satelliten in der Erdumlaufbahn hat, das größte Wasserkraftwerk der Welt gebaut hat, und einen der weltweit größten Märkte für Handys und Hubschrauber bildet. Die brasilianische Erdölgesellschaft Petrobras ist weltführend im Tiefseebohren, und Embraer, der drittgrößte Flugzeughersteller der Welt, exportiert erfolgreich nach Europa. In diesem Land wird auch Wissenschaft betrieben: Brasilien ist durch Autoren in über 1,7 % aller weltweit publizierten wissenschaftlichen Arbeiten vertreten und verfügt z. B. seit 1997 über eine selbst konstruierte und von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt genutzten Synchrotronstrahlungsquelle (s. Abb. auf S. 24), die einzige derartige Quelle auf der Südhalbkugel.

Brasilien ist ein sehr inhomogenes Land, das angesichts seiner Größe und Vielfalt eher einem Kontinent gleicht und kaum mit einem einzigen europäischen Land vergleichbar ist. Während der trockene Nordosten und der tropisch-feuchte Norden relativ arm sind und hauptsächlich von Landwirtschaft und Tourismus leben, sind der Süden und Südosten moderner, industrial-



Zwei Seiten eines Landes, von der landschaftlichen Schönheit der Iguazu-Wasser-

fälle, eines der meistbesuchten touristischen Ziele Brasiliens, ... (Foto: R. Jahn)

sierter und in vielerlei Hinsicht mit Südeuropa vergleichbar. Armut und Reichtum existieren dabei aber in allen Teilen des Landes nebeneinander. Fernando Henrique Cardoso, Präsident Brasiliens von 1995 bis 2002, bemerkte einmal, Brasilien mache einen Spagat mit einem Fuß im neunzehnten und einem im einundzwanzigsten Jahrhundert. Sein Amtsnachfolger Luiz Ignácio Lula da Silva führt zwar die konservative Wirtschaftspolitik seines Vorgängers weitgehend fort, hat aber auch eine Reihe ehrgeiziger Sozialprogramme gestartet, deren letztendlicher Erfolg noch nicht absehbar ist.

Trotz der großen geographischen, wirtschaftlichen und kulturellen Diversität Brasiliens wird in allen Teilen des Landes wissenschaftliche Forschung betrieben. Aus wirtschaftlichen Gründen findet allerdings der bei weitem größte Anteil davon im reichen südöstlichen Bundesstaat São Paulo statt. Die dortige staatliche Gesellschaft zur Förderung der Forschung in São Paulo FAPESP¹⁾ erhält per Gesetz jedes Jahr 1 % der Steuereinnahmen des Staates São Paulo. Mit diesem Geld

werden Stipendien für Studenten, Forschungsmittel für Professoren und Investitionen in die Infrastruktur bezahlt. Bewusst gesetzte Schwerpunkte dieser Förderung liegen im Bereich der Genetik und in der Zusammenarbeit zwischen akademischer und industrieller Forschung, die in Brasilien weniger entwickelt ist als in Europa. Die FAPESP funktioniert also im Wesentlichen wie die DFG, aber mit Aktivitäten, die auf einen Bundesstaat begrenzt sind.

Andere Bundesstaaten haben ähnliche Förderorganisationen, die aber typischerweise über weniger Mittel verfügen. Hinzu kommen Organisationen wie die CAPES²⁾, die z. B. gemeinsam mit dem DAAD Austauschprogramme für deutsche und brasilianische Wissenschaftler finanziert, oder das CNPq³⁾, das landesweit Stipendien, Forschungsmittel und Infrastrukturmaßnahmen finanziert. Die CAPES führt auch regelmäßig Evaluierungen aller Fachbereiche durch. Auf einer Skala von eins bis sieben werden hier vor allem die Qualität des Hauptstudiums (Diplom und Promotion)

1) Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), www.fapesp.br/english/index.php

2) Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, www.capes.gov.br/capes/portal/

3) Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, www.cnpq.br/english/aboutcnpq/index.htm

Prof. Dr. Klaus Capelle, Departamento de Física e Informática, Instituto de Física de São Carlos (IFSC), Universidade de São Paulo (USP), 13560-970 São Carlos, SP Brasilien

und die Forschungsproduktivität gewertet (vgl. Tabelle).

Innerhalb der Physik unterscheiden sich die gesetzten Forschungsschwerpunkte heutzutage nicht wesentlich von denen in Europa oder den USA. Die Brasilianische Physikalische Gesellschaft⁴⁾ hat ähnliche Zielsetzungen und Aktivitäten wie die DPG, ist aber erheblich jünger (gegründet 1966). Traditionell tun sich brasilianische Physiker eher in der Grundlagenforschung als in der angewandten, industrienahen Forschung hervor, aber das Verhältniss von Grundlagen- zu angewandter Forschung wird auch in Brasilien kontrovers diskutiert. Obwohl praktisch alle Bereiche der Physik in Brasilien vertreten sind, ist heute eine gewisse Konzentration auf die Festkörperphysik, die statistische Physik und die Optik zu beobachten. Das zahlenmäßige Verhältnis von Theoretikern zu Experimentatoren unterscheidet sich allerdings deutlich von dem in Europa oder den USA. Obwohl zwar auch in Brasilien ein typisches Institut einer großen Universität mehr Experimentatoren als Theoretiker hat, ist der relative Anteil der Theoretiker viel höher, was vielleicht – vor dem Hintergrund insgesamt knapper finanzieller Ressourcen – auf die geringeren Kosten einer Theoriegruppe zurückzuführen ist. Ein anderer soziologischer Unterschied lässt sich in der relativen Anzahl von Studentinnen und Professorinnen beobachten. So studieren, im Vergleich mit Deutschland, wesentlich mehr Frauen Physik (obgleich immer noch weniger als Männer), und der Anteil von Professorinnen im Lehrkörper eines typischen Physikalischen Institutes ist in Brasilien ebenfalls höher.

Staatliche und private Unis

Zu beachten ist, dass sich alle diese Einschätzungen auf die staatlichen Universitäten beziehen. Schulen und Universitäten können in Brasilien staatlich oder privat sein. Während unter den Schulen die privaten normalerweise die besseren sind (und entsprechend hohe Gebühren verlangen), sind bei Universitäten die großen staatlichen im Durchschnitt besser. Die größte staatliche Universität Brasiliens, die Universität São Paulo (USP) im gleichnamigen Bundesstaat, wurde 1934 unter Mitwirkung europäischer Emigranten gegründet, und steht heute europäischen Universitäten in Infrastruktur und Forschungsquali-



... zur Hochtechnologie des Itaipu-Wasserkraftwerks, mit einer Leistung von 14 Gigawatt das größte der Welt. (Foto: Itaipu Binacional)

tät nicht nach. Laut einer kürzlich durchgeführten Evaluierung der USP hat eine von 250 weltweit publizierten wissenschaftlichen Arbeiten einen oder mehrere Koautoren der USP. Trotz des schnellen Wachstums der akademischen Landschaft Brasiliens ist die USP seit Jahrzehnten unverändert für knapp ein Viertel aller von Brasilianern publizierten Arbeiten verantwortlich. Sie erreicht dies mit einem Lehrkörper von ca. 5000 Professoren (34 % davon Frauen, 66 % Männer), verteilt auf zehn Campusse, mit ca. 46000 Studenten im Grundstudium und weiteren ca. 24000 im Hauptstudium. Alle anderen brasilianischen staatlichen Universitäten sind erheblich kleiner.

Neben den staatlichen Universitäten findet man kleinere private Universitäten – an denen allerdings nicht alle Fächer unterrichtet werden und fast keine Forschung betrieben wird –, sowie mehrere Universitäten der katholischen Kirche (Pontifícia Universidade Católica, PUC, z. B. in Rio de Janeiro und in São Paulo), an denen Forschung betrieben und ein breites Fächerspektrum, unter anderem auch Physik, unterrichtet wird. Weiterhin gibt es eine kleine Anzahl von Forschungszentren, von denen das Brasilianische Zentrum für Physikalische Forschung (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF) in Rio de Janeiro wohl das bekannteste ist. Die eingangs erwähnten Abenteuer Feynmans in den Fünfzigerjahren spielten sich übrigens dort ab. Zu Zeiten von Feynmans Aufenthalten am CBPF lag ein wesentlicher Forschungsschwerpunkt Brasiliens im Bereich der Teilchenphysik. Einer von Feynmans Gastgebern am CBPF, der kürzlich verstorbene brasilianische Teilchenphysiker César

Lattes, war maßgeblich an der Entdeckung des π -Mesons beteiligt, und wird oft als der Brasilianer angesehen, der dem Nobelpreis am nächsten kam.

Vor dem Hintergrund derzeit aktueller Diskussionen in Deutschland und anderen europäischen Ländern ist es sicherlich interessant zu bemerken, dass staatliche Universitäten in Brasilien keine Studiengebühren verlangen. Allerdings muss man, um dort studieren zu können, eine Aufnahmeprüfung bestehen, die an den besseren Universitäten mehr Allgemeinbildung als das deutsche Abitur verlangen kann. Schüler bereiten sich oft monate- oder gar jahrelang in speziellen (privaten) Drillschulen auf diese Aufnahmeprüfungen der staatlichen Universitäten vor. In der persönlichen Er-

4) Sociedade Brasileira de Física (SBF), www.sbfisica.org.br/

Universität	Bundesstaat	Physik Professoren	Physik Diplomanden und Doktoranden
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	Minas Gerais	50	79
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Pernambuco	34	47
Universidade Federal de Rio de Janeiro (UFRJ)	Rio de Janeiro	75	54
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Rio Grande do Sul	64	80
Universidade de São Paulo Campus São Paulo (USP)	São Paulo	144	273
Universidade de São Paulo Campus São Carlos (USP/SC)	São Paulo	63	132
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	São Paulo	110	167

Von 45 brasilianischen Physikfachbereichen erreichten sieben bei der letzten externen Evaluierung durch die CAPES (www.capes.gov.br/capes/portal/conteudo/10/ProgramasReconhecidos.htm) die Höchstnote sieben. Die Zahlen der Physikprofessoren, Diplomanden und Doktoranden stammen vom Bildungsministerium (www.mec.gov.br) und beziehen sich auf das Jahr 2004. Die Anzahl der Studenten im Grundstudium (vergleichbar mit dem Bachelor Studiengang) ist erheblich höher.

An der Synchrotronstrahlungsquelle in Campinas (Staat São Paulo) wird seit 1997 ein unter brasilianischer Federführung gebauter 1,37-GeV-Speicherring betrieben und von Physikern aus aller Welt für Experimente in der Biophysik, Festkörperphysik und Materialforschung verwendet. (Foto: LNLS)



fahrung des Autors, als ehemaliger Student in Deutschland und heutiger Hochschullehrer in Brasilien, ist das durchschnittliche Niveau der brasilianischen Studenten an den großen staatlichen Universitäten dem deutscher Studenten vollkommen vergleichbar. Brasilianische Studenten haben aber, insbesondere während des Grundstudiums, eine wesentlich höhere Anzahl von Lehrveranstaltungen pro Woche als ihre deutschen Kollegen.

Ein anderer interessanter Vergleich mit dem deutschen akademischen System bietet sich bei der Habilitation an. Diese wird im Ausland oft für eine typisch deutsche oder mitteleuropäische Eigenart gehalten. Interessanterweise kennen aber einige der besten brasilianischen Universitäten, wie die USP oder die Universität Campinas, ebenfalls eine derartige Prüfung. Allerdings ist die Habilitation, hier „Livre Docência“ (wörtlich „freie Dozentur“) genannt, nicht notwendig, um eine akademische Karriere zu beginnen, sondern wird typischerweise von Professoren einige Jahre nach ihrem Diensteintritt abgelegt. Mit dieser Habilitation sind Status- und Einkommensgewinn verbunden, sie ist aber keine notwendige Voraussetzung für eigenständige Forschung und Lehre. Während der ersten sechs Jahre als Hochschullehrer wird man, wie etwa auch in amerikanischen Hochschulsystem, regelmäßig begutachtet, und steht, an den besseren Universitäten, unter erheblichem Druck, zu publizieren und Drittmittel einzuwerben. Vom Ergebnis dieser Begutachtungen hängt allerdings, anders als beim amerikanischen „tenure track“, nicht die Festeinstellung ab, sondern nur die

Position in der akademischen Hierarchie und das Gehaltsniveau.

Insgesamt ist es durchaus typisch für die besseren brasilianischen Universitäten, Elemente des amerikanischen und des europäischen (insbesondere des deutschen) Hochschulsystems zu übernehmen und zu kombinieren. Ein anderes Beispiel ist der Verlauf des Studiums. Der Abschluss des Grundstudiums ist berufsqualifizierend und daher vergleichbar mit dem Bachelor-Abschluss, nicht mit dem traditionellen deutschen Vordiplom. Das Hauptstudium („pós-graduação“) zerfällt in zwei Jahre für das Diplom („mestrado“) und drei bis vier für die Doktorarbeit und ist wieder eher mit dem traditionellen deutschen Hauptstudium vergleichbar als mit den amerikanischen „Graduate Studies“. Neuerdings ist eine Tendenz zum vier- bis fünfjährigen „Doutorado Direto“ zu beobachten, welches keine vorhergehende Diplomarbeit verlangt und stärker dem amerikanischen Ph.D. ähnelt.

Im Forschungsalltag in Brasilien machen sich manchmal die knappen finanziellen Ressourcen bemerkbar, aber die daraus resultierende Beeinträchtigung der wissenschaftlichen Produktivität ist wesentlich geringer, als man befürchten könnte. Ein russischer Kollege, der in Deutschland gearbeitet hat und seit Jahren in Brasilien experimentelle Tieftemperaturphysik betreibt, sagte mir kürzlich, es sei im Staate São Paulo leichter Mittel zum Kauf teurer experimenteller Apparate zu bekommen als in Europa.

Ein größeres Handicap sind die mangelhaften Sprachkenntnisse vieler brasilianischer Studenten. Während ihre fachspezifischen Kenntnisse denen ihrer deutschen Kollegen

im Durchschnitt gleichwertig sind, bleibt die Fähigkeit zur effizienten Kommunikation auf Englisch deutlich zurück. Die meisten Studenten haben keine Probleme, ein Paper in „Physical Review“ zu lesen, wären aber oft nicht in der Lage, mit dem Autor der Arbeit einen wissenschaftlichen Dialog darüber zu führen. Viele talentierte Studenten und auch mancher kreative Forscher haben daher keine internationale Perspektive. Dieses Problem ist den brasilianischen Universitäten vollkommen bewusst, kann aber auf Universitätsniveau nur gemindert und nicht gelöst werden, da seine Wurzeln in der Schulausbildung liegen.

Der akademische Lehrbetrieb in brasilianischem Portugiesisch (das dem Spanischen nicht so ähnlich ist, wie man das in Deutschland oft annimmt) stellt natürlich auch gewisse Anforderungen an ausländische Professoren, die hier unterrichten. In der persönlichen Erfahrung des Autors werden solche Schwierigkeiten allerdings bei weitem aufgewogen durch große Vorteile. Harte Arbeit und viel Dynamik, kombiniert mit Flexibilität, Improvisationstalent und Lebensfreude, sind dabei charakteristisch nicht nur für brasilianische Physiker, sondern für die Bevölkerung insgesamt. Spezifisch im akademischen Bereich ist hervorzuheben, dass man hier Lehr- und Forschungsverantwortung in einer wesentlich früheren Phase der Karriere übernehmen kann. So ist es z. B. möglich, in einem Alter Professor an einer großen Universität zu sein und eigene Studenten und Postdoktoranden zu haben, in dem man in Deutschland typischerweise noch selbst Postdoktorand mit sehr begrenzter Autonomie wäre.

Um für die nächste Generation von Studenten und Forschern die Arbeitsbedingungen weiter zu verbessern, ist es zu wünschen, dass der wissenschaftliche Austausch zwischen Brasilien und dem Ausland weiter intensiviert wird. Eine steigende Zahl brasilianischer Physiker geht nach der Promotion für ein paar Jahre als Postdoktorand ins Ausland, meist in die USA, leider sehr selten nach Deutschland. Sprachbarrieren mögen da sicherlich ein Hindernis sein, aber die diversen Förderprogramme des DAAD und der brasilianischen Institutionen können bei weiterer Intensivierung viel zum deutsch-brasilianischen Austausch beitragen.