

Von der Kronkolonie zur Atommacht

Der Aufstieg der Physik in Indien im 19. und 20. Jahrhundert

Rajinder Singh und Falk Rieß

Die moderne Physik in Indien entwickelte sich aus bescheidenen Anfängen im 19. Jahrhundert, zunächst angetrieben von herausragenden Forscherpersönlichkeiten. Seit dem ersten Atombombentest „Smiling Buddha“ im Jahr 1974 gehört Indien zu den Atommächten und seit 2009 zu den sechs Nationen, die eigene nukleargetriebene Unterseeboote besitzen. Ein Jahr zuvor sandte Indien den Satelliten Chandrayaan-1 mit eigener Rakete auf seine Mondmission.

Indien besaß zwar schon vor der Ankunft der Europäer eine wissenschaftliche Tradition in Mathematik, Astronomie und Medizin, doch erst im 18. Jahrhundert entstanden nationale wissenschaftliche Gesellschaften, denen im 19. Jahrhundert regionale folgten. Diese förderten die Volksbildung, indem sie wissenschaftliche Werke vom Englischen beispielsweise in Urdu übersetzten.

Das Schul- und Bildungssystem Indiens wandelte sich im 19. Jahrhundert radikal. Nachdem noch zu Beginn dieses Jahrhunderts viele religiös geprägte und von regionalen Herrschern finanzierte Schulen existierten, entstanden in den großen Städten Schulen nach englischem Vorbild, die das Interesse der indischen Mittelschicht und den kolonialstaatlichen Bedarf an Bildung nach westlichen Maßstäben befriedigen sollten. Nach heftigen Auseinandersetzungen um Schul- und Bildungspolitik setzte sich die englische Sprache als Standard im Unterricht durch, und seit 1854 erhielten nur noch staatlich anerkannte Institutionen finanzielle Unterstützung. Damit verschwanden die lokalen Bildungsträger fast vollständig. Die Universitäten, die in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts entstanden (Chennai,



Mumbai, Kolkata)¹⁾, folgten in der Regel den Lehrplänen des Mutterlandes; sie dienten der Ausbildung, nicht der Wissenschaft.

Erste Forschungsarbeiten in der Physik entstanden am Presidency College in Kolkata und bei der Indian Association for the Cultivation of Sciences (IACS). Jagadish Chandra Bose (1858–1937) erwarb seinen Studienabschluss am St. Xavier's College in Kolkata, das zu den besten seiner Zeit zählte und ein gutes Physiklabor besaß. Seine weitere Ausbildung erhielt er im britischen Cambridge, wo er Naturwissenschaftler wie Lord Rayleigh, Francis Darwin und James Dewar kennenlernte. Nach vier Jahren kehrte er nach Indien zurück und lehrte am Presidency College. Während seiner häufigen Europabesuche entwickelte er gute Kontakte zu schwedischen und deutschen Kollegen. Da er nicht über ein eigenes Labor verfügte, musste er den Nebenraum einer Toilette entsprechend einrichten. Die meisten seiner Geräte entwarf er selbst; die Handwerker, die für ihn Instrumente bauten, bildete er aus.

Von 1895 bis 1898 forschte er über die Eigenschaften der elektromagnetischen Strahlung. Seine Motivation war, die Analogie zwischen

Elektromagnetismus und Licht im Hinblick auf die Polarisation zu verstehen. Mit seinem Wellenapparat (den später die deutsche Lehrmittelfirma Kohl in Chemnitz für Lehrzwecke fertigte und vertrieb) untersuchte er die Gesetze der Reflexion, der Brechung und Doppelbrechung, Absorption und Interferenz. Später wandte sich J. C. Bose der Botanik zu und studierte die Wirkung elektromagnetischer Strahlung auf Pflanzen. Für seine pflanzenphysiologischen Experimentiergeräte erhielt er weltweite Anerkennung. Allerdings wurden seine Theorien kontrovers diskutiert, zumal er Pflanzen Herzschlag und Puls zuschrieb. Vor allem in den USA entstand so der Eindruck, dass indische Forscher stark religiös oder philosophisch orientiert seien.

Finanziert durch private Spenden entstand 1914 in Kolkata das University College of Sciences mit Lehrstühlen für Physik, Chemie und Mathematik. Sie sollten mit indischen Wissenschaftlern besetzt werden und J. C. Boses Schüler Satyendra Nath Bose (1894–1974, bekannt durch die Bose-Einstein-Statistik) und Meghnad Saha (1893–1956, Urheber der Saha-Eggert-Ionisationsgleichung) erhielten entsprechende Rufe.²⁾ Saha

In Indien gab es bereits in vorkolonialer Zeit eine astronomische Forschung (Sternwarte in Delhi 1724, links). Doch erst im 20. Jahrhundert etablierten Wissenschaftler wie Raman (Mitte) die Physik in Indien, das heute Atommacht und Raumfahrtnation ist.

1) Chennai, Mumbai und Kolkata sind die heutigen Namen von Madras, Bombay und Kalkutta.

2) Biografisches findet sich auf www.dpg-physik.de/dpg/gliederung/fv/p/info/plasmaphysiker/saha.html.

Dr. Rajinder Singh, Dr. Falk Rieß, Arbeitsgruppe „Didaktik und Geschichte der Physik“, Institut für Physik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 26111 Oldenburg

3) Vorgeschlagen hatten ihn unter anderem Louis de Broglie, Johannes Stark, Ernest Rutherford, Charles T. R. Wilson, Niels Bohr und Jean Perrin.

und Bose gehörten zu einer neuen Generation von Forschern, die moderne Physik betreiben wollten. Dafür übersetzten sie z. B. Originalschriften von Albert Einstein und Hermann Minkowski ins Englische.

Indiens erster Nobelpreisträger

Zu den zentralen Persönlichkeiten der modernen Physik in Indien gehört Chandrasekhara Venkata Raman (1888–1970), der am Presidency College in Chennai studierte. Mit 16 Jahren erhielt er seinen BA-Grad als Jahrgangsbester und wurde mit einer Goldmedaille in Physik ausgezeichnet. Im Januar 1907 erreichte er den Master-Abschluss mit den „highest honors“. Bereits ein Jahr zuvor hatte er im *Philosophical Magazine* seine erste wissenschaftliche Arbeit über Lichtbeugung veröffentlicht. Sein Professor erkannte Ramans Begabung für die Forschung und riet ihm, das Studium in England fortzusetzen, was aber an einem ärztlichen Verbot scheiterte. Daraufhin schlug Raman eine Laufbahn in der Finanzver-

waltung in Kolkata ein. Dort wurde er Mitglied der IACS und widmete sich seinen physikalischen Studien in der Freizeit; darüber hinaus gab er das *Bulletin* und die *Proceedings* des Instituts heraus (ab 1926 *Indian Journal of Physics*). Bis 1917 arbeitete er praktisch allein und schrieb zahlreiche Artikel für indische und internationale Zeitschriften.

1917 wurde Raman auf den Physik-Lehrstuhl des University College of Sciences in Kolkata berufen; seine Forschungsarbeiten an der IACS, denen er schon seit 1907 nachging, setzte er fort. Raman wählte seine Forschungsgebiete mit Bedacht im Hinblick auf seine finanziellen Möglichkeiten. Seine ersten physikalischen Arbeiten befassten sich mit der Akustik von Musikinstrumenten und der Optik, wobei er die im College-Labor vorhandenen Geräte benutzte. Er wechselte sein Arbeitsgebiet, weil er die Lichtstreuung vom Standpunkt der Atom- und Molekülstruktur erklären wollte. Dabei kamen ihm die inzwischen stark verbesserten Arbeitsbedingungen in der experimentellen Forschung entgegen. Die IACS hatte eine eigene Metall- und Holzwerkstatt, in denen örtliche Handwerker arbeiteten. Optische Instrumente wie Teleskope und Spektrographen wurden aus dem Ausland importiert. Ein Blick in die Akten der Bibliothek zeigt, dass die naturwissenschaftlichen Standard-Lehrbücher und auch die wichtigsten Zeitschriften vorhanden waren. Nachdem Raman 1924 zum Fellow der Royal Society in London gewählt worden war, erhielt die Indian Association fünf Jahre lang große Zuschüsse für die Renovierung der Laboratorien. Auch die Personalsituation war günstig: Im Jahr der Entdeckung des Raman-Effekts (1928) hatte er 32 forschende Mitarbeiter, davon 21 in Vollzeit. Raman erhielt 1930 den Nobelpreis „for his work on the scattering of light and for the discovery of the effect named after him“³⁾

Ein weiteres Arbeitsfeld Ramans war die Gitterdynamik; die von ihm gemachten experimentellen Beobachtungen ließen sich aber mit der damals führenden Theorie

von Max Born nicht erklären. Dies führte zu einer jahrelangen, heftig geführten Kontroverse. Unglücklicherweise gelang es nicht, diese Differenzen auszuräumen. Hauptgrund dafür war eine typische Auffassung der indischen Physiker über das Verhältnis von Theorie und Experiment; für sie stand das Experiment im Zentrum, und schon 1932 betonte Raman in einem Brief an Niels Bohr: „Theories must stand or fall according to as they agree or disagree with the facts, and not *vice versa*.“

Internationale Kontakte

Raman besuchte 1921 zum ersten Mal England, um indische Universitäten beim Kongress der britischen Universitäten in Oxford zu vertreten. Es gelang ihm in der Folgezeit, ein enges Netz von wissenschaftlichen Kontakten mit Kollegen u. a. aus England, Schweden, Italien, Deutschland, USA und der Sowjetunion zu knüpfen. Zu diesem Kreis gehörten Niels Bohr, Ernest Rutherford, Robert Millikan, Arnold Sommerfeld, Max Born und Erwin Schrödinger. Den beiden letztgenannten bot Raman Professuren in Indien an. Indische Wissenschaftler schickten ihre Studenten zu Forschungszwecken nach Europa. Sommerfeld initiierte 1932 ein Stipendienprogramm, das indischen Studierenden einen Studienaufenthalt in Deutschland ermöglichen sollte. Nach dem Zweiten Weltkrieg besuchten viele europäische Wissenschaftler Indien, und einige beteiligten sich sogar am indischen Atomprogramm.

Die westliche „scientific community“ außerhalb Großbritanniens begann in den Zwanzigerjahren, die Fortschritte der indischen Naturwissenschaft wahrzunehmen. Obwohl die Arbeit der indischen Wissenschaftler in gewissem Maße anerkannt wurde, fehlte es doch nicht an Kritik und Skepsis, vor allem in Deutschland. So musste Sommerfeld häufig Raman gegenüber Bedenken und Vorbehalten hinsichtlich der Qualität und Verlässlichkeit seiner Arbeiten und der



Jagadish Chandra Bose (1858–1937), hier mit seinem Wellenapparat am Royal Institute London, gehört zu den Pionieren der Physik in Indien.

seiner Kollegen in Schutz nehmen. Kurz nach der Entdeckung des Raman-Effekts misslang eine Wiederholung von Ramans Versuchen in München. Der theoretische Physiker Georg Joos berechnete, dass die Intensität des Streulichts zu schwach sei, um beobachtet werden zu können, und war deshalb sehr skeptisch. Am 9. Juni 1928 schrieb Sommerfeld an Joos: „Raman halte ich für richtig und wichtig: Er schreibt mir, dass er die Linienabstände genau mit den ultraroten Oscillationen der betreffenden Moleküle identifizieren kann.“ Insgesamt war Sommerfelds Einschätzung seiner indischen Kollegen sehr wohlwollend, wie man dem ausführlichen Bericht über seine Indienreise im Jahre 1928 entnehmen kann: Das Land „musste mich besonders reizen, da auf diesem uralten Kulturboden in den letzten Jahren kräftige Schösslinge moderner Physik gewachsen sind, mit denen die indische Forschung plötzlich in gleichberechtigten Wettbe-



Niels Bohr Archiv, Kopenhagen

Nachdem er den Nobelpreis erhalten hatte, hielt Chandrasekhara Venkata Raman (dritter von links) einen Vortrag am Institut von Niels Bohr (links neben Raman).

werb neben ihre europäischen und amerikanischen Schwestern tritt. Keine physikalische Entdeckung des letzten Jahres hat so viel Aufsehen und bewundernde Mitarbeit in der ganzen Welt hervorgerufen als der spektroskopische Effekt, den Professor C. V. Raman in Kalkutta gefunden und musterhaft ausgearbeitet hat; und keine astrophysikalische Entdeckung hat sich so fruchtbar für das Verständnis des Sternsystems erwiesen, als die

Theorie, die Meghnad Saha, jetzt Professor in Allahabad, aufgestellt hat. Die internationale Bedeutung beider Männer wird auch dadurch unterstrichen, dass sie beide zum Mitglied der Royal Society in London, der altherwürdigen englischen Akademie der Wissenschaften, gewählt worden sind“ [1].

Die höchste wissenschaftliche Ehre, den Nobelpreis, erhielten bislang nur wenige indische Wissenschaftler, neben Raman sein Neffe

Bei seiner Indienreise 1928 traf Arnold Sommerfeld (Mitte) auch auf die beiden Entdecker des Raman-Effekts Kariamanikkam Srinivasa Krishnan (links) und Chandrasekhara Venkata Raman.

Archiv Raman Research Institute, Bangalore



Subrahmanyan Chandrasekhar 1983 (allerdings als amerikanischer Staatsbürger). 2009 erhielt der in Indien geborene Venkatraman Ramakrishnan (USA) den Preis für Chemie. Saha wurde in den Dreißiger- und Homi Jehangir Bhabha (1909–1966) in den Fünfzigerjahren mehrfach für den Preis vorgeschlagen, ohne Erfolg [2]. Ein weiterer Gradmesser für die Qualität der indischen Physik ist die Aufnahme von Inder in der Royal Society London. 1920 wurde J. C. Bose ernannt, 1924 Raman. Nicht immer verlief der Auswahlprozess reibungslos: Sahas Ernennung 1927 ging eine Kontroverse voraus, die sich u. a. auf seine politischen Aktivitäten und seine Verbindungen zu antibritischen Kreisen stützte [3].⁴⁾

Die Versuche, frühzeitig aus der wachsenden und erfolgreichen indischen Forschungslandschaft eine einheitliche Fachvertretung zu schaffen, scheiterten aus persönlichen Gründen (Saha, S. N. Bose und Raman wollten wegen fachlicher Differenzen nicht kooperieren) und regionaler, politischer Konkurrenz zwischen Chennai und Kolkata. Illustrativ hierfür ist die Gründung der indischen Akademien der Wissenschaft. Im Januar 1930 versammelten sich Wissenschaftler in Allahabad und gründeten probenhalber die United Provinces Academy of Sciences (heute National Academy of Sciences, Allahabad). Bei der geplanten Umwandlung zur Indian Academy of Sciences 1933–34 wurde wegen der

Tradition als Wissenschaftsstandort Kolkata als Sitz vorgeschlagen; die Umbenennung scheiterte schließlich am Widerstand der Association of the South Indian Scientists. Im April 1934 wurde dann unter Ramans Leitung die Indian Academy of Sciences, Bangalore gegründet. Ein Jahr später folgte die Gründung des National Institute of Sciences in Kolkata, später umbenannt in Indian National Science Academy (INSA). Die Akademien sollten Konferenzen organisieren, Zeitschriften herausbringen und die Regierung beraten.

Diese parallelen Gründungen führten zu einer tiefen Spaltung der indischen Wissenschaftler, zumal der Versuch einer Zusammenführung 1946 scheiterte. Die drei verschiedenen Akademien existieren noch heute und hängen stark von Regierungszuschüssen ab. Die INSA gilt als die für internationale Beziehungen zuständige Organisation. Der Herausgeber der Zeitschrift *Current Science* betont 1999, dass die Vielzahl der Akademien eine fragmentierte und nur schlecht organisierte Wissenschaft in Indien widerspiegeln [4]. Offensichtlich behindert dies die Forschung und die Forschungspolitik.

Die Institutionalisierung der indischen Forschung begann früh im 20. Jahrhundert: 1909 richtete die Regierung mit der Unterstützung lokaler Eliten das Indian Institute of Sciences in Bangalore ein, zunächst nur für Chemie und Ingenieurwissenschaften. Raman, 1933 zum Di-

rektor ernannt, erweiterte das Institut um eine Abteilung für Physik.

Institutionalisierte Forschung

Im September 1942 wurde als Nachfolger des Industrial Intelligence and Research Bureau das Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) eingerichtet, das wissenschaftliche Arbeitskraft konzentrieren und nationale Forschungslaboratorien gründen sollte. Heute betreibt das CSIR mit 4500 Wissenschaftlern aus diverse Zweigen der „Science and Engineering“ 37 Forschungseinrichtungen und ist verantwortlich für die effektive Nutzung der natürlichen Ressourcen des Landes. Für die strategische Forschung sind die Defence Research & Development Organisation (DRDO), das Department of Space (DOS) und das Department of Atomic Energy (DAE) zuständig. Dieses enge Verhältnis von R&D für die Landesverteidigung und die nationale Entwicklung geht auf den britischen Physiker Patrick M. S. Blackett zurück, der Premierminister Jawaharlal Nehru (1889–1964) in Verteidigungsfragen beriet.

Am Beispiel des indischen Atomenergieprogramms lässt sich gut nachvollziehen, wie die außeruniversitären Forschungsinstitute (z. B. das Tata Institute of Fundamental Research, TIFR, Mumbai) fast unbegrenzte staatliche Unterstützung erhielten. Schon 1945 wurde Uran in Süd-Indien gefunden; 1948 wurde eine dreiköpfige Atomenergie-Kommission (AEC) mit dem Strahlenphysiker Homi J. Bhabha an der Spitze gegründet, die direkt dem Premierminister unterstellt war. 1954 erfolgte die Gründung des Department of Atomic Energy (DAE), in dem 1958 die AEC aufging. Bhabha fürchtete, dass die Universitäten die dringend benötigten Wissenschaftler nicht schnell genug ausbilden könnten und setzte darauf, Inder von ausländischen Universitäten zu verpflichten sowie Forscher durch ausländische Wissenschaftler am TIFR auszubilden, vor allem in Mathematik und theoretischer Physik [5].

4) Insgesamt nahm die Royal Society im 20. Jahrhundert 39 Inder auf, davon 13 aus der Physik und benachbarten Gebieten.

5) Auch das CSIR strebt – trotz der Kritik aus der scientific community – seit 2005 diesen Status an; im Juni 2010 genehmigte die indische Regierung einen entsprechenden Antrag, der die Gründung einer Academy of Sciences and Innovative Research mit dem Recht zur Vergabe akademischer Titel vorsieht.

Das Hauptziel indischer Atompolitik waren Atomkraftwerke zur Stromerzeugung. Der erste „eigene“ Reaktor namens Apsara wurde 1956 kritisch, wesentliche Komponenten stammten allerdings aus Großbritannien ([6], S. 155). Inzwischen wurde die Forderung nach kompletter technologischer Eigenständigkeit fallen gelassen, und Reaktoren werden im Ausland gekauft, z. B. in Russland [7]. Trotz der langjährigen hohen Aufwendungen erzeugt Indien heute nur zwei bis drei Prozent seiner Elektrizität aus Kernkraft.

Wenn man die aktuellen staatlichen Ausgaben für die nationalen Forschungsinstitute mit denen für die Universitäten vergleicht, ergibt sich ein Bild des Ungleichgewichts: Die zwölf größten wissenschaftlichen Agenturen wie CSIR, DRDO, DAE, DOS erhalten 86 % der Mittel (davon entfällt mehr als ein Drittel auf die Militärforschung im DRDO), und der geringe Rest wird auf nur wenige, große Universitäten [8] verteilt. Aber nicht nur die Universitäten werden gegenüber den zentralen Forschungseinrichtungen vernachlässigt, sondern auch die Zusammenarbeit mit der privaten Industrie.

Die wissenschaftlichen Erfolge in den Kernforschungs- und Raumfahrt-Programmen der Nationalen Forschungsinstitute wurden durch eine verringerte Forschungsqualität an den Universitäten erkaufte. Diese Entwicklung, die derjenigen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entgegengerläuft, gerät seit einigen Jah-

ren in die Kritik: Es sei falsch, Forschung und Lehre auf diese Weise zu trennen und damit den Universitäten die besten Köpfe zu entziehen sowie das Niveau der Universitätsforschung zu verringern ([9], S. 1). Allerdings scheint die Zukunft der Zusammenarbeit zwischen Universitäten und zentralen Einrichtungen weiterhin düster, da es TIFR und DAE gelungen ist, den Status von Universitäten zu erlangen und sie damit akademische Titel an ihre Forscher vergeben können.⁵⁾

Wenn weiterhin außeruniversitäre Institutionen den Großteil der staatlichen Förderungsmittel erhalten, dann droht der physikalischen Forschung an den indischen Universitäten eine untergeordnete Rolle, mit auf Dauer negativen Auswirkungen auf die Qualität der Physik in Indien insgesamt.

Literatur

- [1] A. Sommerfeld, Indische Reiseeindrücke, *Zeitwende* 5, 289 (1929)
- [2] R. Singh, Notes and Records of the Royal Society London 61, 333 (2007)
- [3] D. H. DeVorkin, *Journal of History of Astronomy* 25, 155 (1994)
- [4] P. Balaram, *Current Science* 77, 5 (1999)
- [5] K. N. Kapur, *Indian Journal of History of Science* 27, 389 (1992)
- [6] I. Abraham, *The Making of the Indian Atomic Bomb*, London (1998)
- [7] *Frontline* 27, Issue 7 (2010); www.flonnet.com/fl2707/stories/20100409270704400.htm
- [8] *Indian S&T Landscape* (2009), www.newindigo.eu/attach/Indian-STLandscape.pdf
- [9] P. N. Srivastava, Excellence and accountability – an overview of emerging perceptions, in: P. N. Srivastava (Hrsg.), *Science in India*, Delhi (1994)

DIE AUTOREN

Rajinder Singh

(FV Didaktik und Geschichte der Physik) absolvierte ein Lehramtsstudium in Indien und diplomierte im Bereich „Physik regenerativer Energiequellen“ an der Universität Oldenburg. Seit 1995 gehört er der AG „Didaktik und Geschichte der Physik“ an. Seit seiner Promotion 2004 über C. V. Raman arbeitet er als Postdoc in der AG; seit 2006 unterrichtet er an der Ganztagschule im niedersächsischen Syke.



Falk Rieß (FV

Didaktik und Geschichte der Physik) studierte Physik in Darmstadt und promovierte 1977 an der Universität Oldenburg. 1982 gründete er dort die AG „Didaktik und Geschichte der Physik“, die er bis zu seiner Pensionierung 2009 leitete. Für seine Arbeiten zur Geschichte des physikalischen Experiments und zur Nutzung der Physikgeschichte im Unterricht erhielt er 2004 den Joseph H. Hazen Education Prize der *History of Science Society*, USA.

