

Cristina Verde / Rolando Carrera

**WISSENSCHAFT UND TECHNOLOGIE
IM MEXIKO DER GEGENWART**

Ein Rückblick

Mexiko wird in der Regel als Land außergewöhnlicher Gegensätze beschrieben, und dieses Bild bestätigt sich, verglichen mit den herausragenden Leistungen von Wissenschaft und Technik der präkolumbischen Kulturen mit denen des heutigen Mexiko. Gegensätze zeigen sich auch, wenn man den gegenwärtigen Entwicklungsstand der verschiedenen Wissenschaftsbereiche und ihre Leistungen analysiert. Als Beispiel seien die Medizin und die Ingenieurwissenschaften genannt: Während die Forschung in den Bereichen Medizin und Biologie internationalen Standards entspricht und weltweit Anerkennung findet, gibt es in den Ingenieurwissenschaften so gut wie keine festen Arbeitsgruppen, können sich folglich auch keine neuen Forschergenerationen herausbilden, die die für die Entwicklung einer stabilen Wissenschaftslandschaft dringend benötigte Initiative entwickeln könnten.

In diesem ersten Abschnitt soll eine kurze Beschreibung der Situation Mexikos seit der Ankunft der Spanier gegeben werden, wobei wissenschaftliche, ökonomische und soziale Aspekte im Vordergrund stehen werden. Dieser kurze historische Überblick wird die Ursachen für die langsame und ungleichgewichtige Entwicklung in den Bereichen Wissenschaft und Technik aufzeigen. Ausgehend von diesem allgemeinen Bezugsrahmen wird sich die Analyse dann auf die aktuelle Situation konzentrieren. Die Darstellung mag teilweise einen Eindruck von Unvollständigkeit und Einseitigkeit erwecken; da der vorliegende Band aber eine kurze allgemeine Übersicht über das Thema im heutigen Mexiko geben soll, wurde, wo möglich, auf Details verzichtet. Zum besseren Verständnis der intellektuellen Probleme und der Mentalität des Mexikaners sei bereits an dieser Stelle daran erinnert, daß von der Ankunft des Cortés bis zum Sieg der *Reforma* in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Kirche in der Neuen Welt über außerordentli-

che ökonomische und politische Macht verfügte. Das Bildungswesen und die Wissenschaft waren somit ganz ihrem Einfluß unterworfen.

Für eine Zusammenfassung der Geschichte der mexikanischen Wissenschaft und Technologie seit der Eroberung muß im wesentlichen von drei Phasen ausgegangen werden.

In einer ersten Phase von 1521 bis 1790 orientiert sich die Wissenschaft im kolonialen Neuspanien an dem Gedankengut und den Paradigmen des europäischen Mittelalters, doch entwickelt sie sich stetig, und es gelingt ihr nach und nach, eine auf das Land bezogene Orientierung zu entwickeln. Die europäische Wissenschaft wiederum profitiert von traditionellem indianischem Wissen besonders in den Bereichen der Biologie und der Arzneimittellehre.¹ So ist bekannt, daß für bestimmte Leiden die Heilmittel der Naha wirksamer waren als die der Alten Welt. Europäische Techniken wurden u. a. in der Landwirtschaft, in der Mineralogie, im Bauingenieurwesen, in der Münzprägung und im Städtebau übernommen. So bewirkte das 1556 durch den Sevillaner Bartolomé de Medina entwickelte Verfahren der Amalgamation grundlegende Veränderungen im Bergbau. Folge des mit europäischer Technologie erzielten Aufschwungs im Bergbau und in der Textilproduktion war das wirtschaftliche Aufblühen von Städten wie Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Oaxaca u. a. Umgekehrt griff die Chemie auf prähispanische Techniken zurück, wie zum Beispiel auf die Herstellungskunst mineralischer Farbstoffe und Pigmente, die für die Fresken verwendet wurden. Nach der Eroberung fanden sie weltweit Anwendung und wurden erst Ende des 19. Jahrhunderts durch die synthetischen Farben ersetzt.²

Von großer Bedeutung für die Förderung der Hochschulbildung in Neuspanien waren die Ankunft der Jesuiten (1572) und ihr Wirken in den von ihnen eingerichteten Schulen, wo vor allem die linguistischen und historischen Studien³ wertvolle Beschreibungen der Indianersprachen und der Geschichte lieferten und das spätere wissenschaftliche Denken maßgeblich beeinflussten. Der Zugang zur Bildung war jedoch allein den Kreolen und Spaniern vorbehalten. Außerdem hatte ein Bewerber für die *Real y Pontificia Universidad* den Nachweis zu erbringen, daß weder er noch seine Vorfahren durch das Inquisitionsgericht verurteilt worden waren, daß er einen guten Leumund besaß und weder von Schwarzen oder Asiaten abstammte noch Sklave gewesen war.⁴

1 Trabulse 1982.

2 Léon 1974: 112.

3 UNAM 1975.

4 Gortari 1980: 185.

Eine zweite bedeutende Phase beginnt mit der Gründung der *Real Escuela de Cirugía* (1768) und des *Real Seminario de Minería* (1792);⁵ ihr Ende kann mit der Unabhängigkeit Mexikos 1830 angesetzt werden. Eine der zentralen Figuren der Wissenschaft in dieser Zeit war der Priester José Antonio Alzate. Durch seine Arbeit als Geograph und Naturforscher trug er dazu bei, daß die Förderung der Wissenschaft wie auch ihre Anwendung in Wirtschaft und Politik einen großen Stellenwert errang.

Vielen Besuchern von Mexiko-Stadt ist der *Palacio de Minería* allein als ein wunderschöner von Manuel Tolsá errichteter Bau in Erinnerung. Dieses Gebäude beherbergte einst das *Real Seminario de Minería*, eine der Stützen der Wissenschaften und des Ingenieurwesens des Landes und Vorläufer der *Facultad de Ingeniería* der *Universidad Nacional*. Alexander von Humboldt, der 1803 am *Real Seminario de Minería* lehrte, versicherte, das Mathematikstudium an dieser Institution übertreffe das der Universität, und erklärte zudem, keine Stadt der Neuen Welt, einschließlich der Vereinigten Staaten, besäße derart bedeutende Forschungszentren wie die mexikanische Hauptstadt.⁶ Die Bedeutung des Seminars lag nicht nur in den Bereichen Forschung und Lehre, sondern auch auf politischem und gesellschaftlichem Gebiet, denn mehrere seiner Absolventen nahmen 1810 am Aufstand für die Unabhängigkeit teil.

In der *Real Escuela de Cirugía* konnte die Medizinforschung an den Standard der Zeit anschließen; gestärkt wurde sie des weiteren durch die ersten Ärztevereinigungen, die 1790 gegründet wurden. Hier wurden Seuchenkrankheiten unter Berücksichtigung physikalischer und chemischer Vorgänge erforscht, und schließlich wurde der erste Lehrstuhl für moderne Botanik eingerichtet.

Aufgrund der protektionistischen Politik der spanischen Krone war während der gesamten Kolonialzeit in Neuspanien die Rohstoffförderung ebenso wie die Gründung von Manufakturen Restriktionen unterworfen. Obgleich die oben erwähnten ausgezeichneten Institutionen im Lande existierten, wurden aus diesem Grunde zur Deckung des Bedarfs der Kolonie Rohstoffe und Werkzeuge aus der Alten Welt importiert, was den technologischen Fortschritt des kolonialen Mexiko erheblich verzögerte, ein Faktor und ein Muster, die noch heute nachwirken. Medizin und Biologie waren hingegen keinen protektionistischen Restriktionen unterworfen; daher konnten sich diese beiden Wissenschaftsbereiche im Einklang mit den Erfordernissen der neuspanischen Gesellschaft ungehinderter entwickeln.

5 Trabulse 1982.

6 Díaz 1992.

In der dritten und letzten Phase von 1830 bis 1870 war keinerlei wissenschaftlicher oder technologischer Fortschritt in Mexiko zu verzeichnen. Hauptursachen dafür waren die allgemeine politische, soziale und ökonomische Instabilität Mexikos in dieser Zeit, Kriege mit anderen Ländern und territoriale Verluste. Darüber hinaus erschwerte die im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung niedrige Schüler- und Studentenzahl ebenso wie der geringe Anteil der Bevölkerung, der über ausreichende finanzielle Mittel verfügte, die Heranbildung von Forschern und qualifizierten Fachleuten. In den Gebieten fern der Hauptstadt, die kaum über ausgebaute Verkehrswege verfügten, traten diese Probleme noch krasser zutage. In dem 1870 von Ignacio Ramírez herausgegebenen Bericht über das kulturelle Niveau des Landes heißt es, daß nur 500.000 der acht Millionen Einwohner sich als des Lesens und Schreibens kundig bezeichneten. Heute spricht man von einer Analphabetenrate von rund 5 Prozent.

Dennoch wurden in dieser Zeit die Grundlagen für die Wissenschaftsentwicklung im Mexiko des 20. Jahrhunderts geschaffen. Ausschlaggebend waren hier die *Leyes de Reforma*, vornehmlich das Gesetz über das staatliche Schulwesen, das 1861 der vom positivistischen Denken geprägte Gabino Barreda entwarf, sowie das Gesetz zur landesweiten Einführung der kostenlosen Grundschulbildung. Die liberale Partei versuchte, mit dem in Mexiko jener Zeit starken Einfluß ausübenden positivistischen Gedankengut den Einfluß der Kirche einzudämmen. Die nachfolgenden Generationen erhielten so eine auf den positivistischen Methoden basierende Ausbildung, die von jeglicher Metaphysik und Theologie befreit war.⁷

Ab 1870 bewirkte das Interesse ausländischer Firmen, in Mexiko ihre Dienstleistungen zu verkaufen und für sich einen lukrativen Absatzmarkt zu gewinnen, den Bau von Eisenbahnlinien, die Wiederbelebung der Textilindustrie, sowie die ersten Ansätze zur Elektrifizierung des Landes und zur Mechanisierung der Erdölförderung. Mit der damit verbundenen Einführung von modernen Technologien verbesserten sich allerdings nicht die Lebensbedingungen der Mehrheit der Mexikaner, denn Dienstleistungen und Produktion waren abhängig vom ausländischen Kapital. Die ausländischen Unternehmen waren an Arbeitskräften und Rohstoffen interessiert, nicht aber daran, finanzielle Mittel in das Erziehungs- und Ausbildungssystem zu investieren, um das Niveau dieser Einrichtungen sowie den Lebensstandard der Mexikaner zu verbessern. Demzufolge befand sich 1910 die Rohstoffgewinnung fest in Händen nordamerikanischer Unternehmen. Die Konzession für die Erdölförderung war steuerfrei, die Stromgewinnung ausschließlich in Händen englischer und nordamerikanischer Firmen. Diese Beispiele machen deutlich,

7 De Gortari 1980.

daß es während der 35jährigen Diktatur von Porfirio Díaz (1875 - 1910) keine Politik gab, die eine langfristige und zukunftsorientierte universitäre, wissenschaftliche und technologische Infrastruktur hätte schaffen können.

Der soziale Druck vor allem auf dem Lande und die Bestrebungen einer kleinen Gruppe von Intellektuellen, die nach einer selbstbestimmten Nation verlangten, waren Auslöser für die große revolutionäre Bewegung, die 1910 einsetzte.

Voraussetzungen von Forschung und Lehre

Mit dem Beginn der Revolution im Jahre 1910 sahen Hochschullehrer und Intellektuelle die Chance, endlich das zu verwirklichen, was sie erstrebten: die Bildung und die Erziehung der mexikanischen Gesellschaft zu verbessern. Kritische Masse war bereits in ausreichendem Maße vorhanden, so daß die Revolution in einigen Punkten den universitären und kulturellen Entwicklungsprozeß des Landes veränderte und bereicherte. Mexiko geht aus der Revolution mit einer gefestigteren nationalen Identität hervor. Das Vertrauen der Arbeiter und Bauern in die Intellektuellen, die Bemühungen der Forscher und die Unterstützung des Bildungswesens durch die Regierungen waren wichtige Faktoren, die gemeinsam zum Aufbau eines unabhängigen Mexiko beitrugen.

Die ersten Schritte einer wissenschaftlich und technologisch ausgerichteten Bildungspolitik wurden noch während der Revolution unternommen. 1912 wurde die *Universidad Nacional de México* wiedereröffnet; die Leitung wurde einer ausgewählten Gruppe Intellektueller, darunter José Vasconcelos, Ezequiel A. Chávez und Antonio Caso, anvertraut. Da Mexiko eine eigene Technologie und eigene Einrichtungen im Gesundheitswesen benötigte, wurde 1915 die *Escuela de Artes y Oficios* in die *Escuela Práctica de Ingeniería Mecánica y Eléctrica* umgewandelt und 1917 die *Escuela Médico Militar* eingerichtet. 1925 wurde dann die *Facultad de Filosofía* gegründet; 1935 folgten die *Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas* und die *Facultad de Ciencias Médico-Biológicas*.

Im Bewußtsein der technologischen Bedürfnisse ihres Landes, das seine Eigenständigkeit anstrebte, schufen in den dreißiger Jahren einige Forscher unter der Führung des Astronomen Luis E. Herro und des Ingenieurs Juan de Dios Batiz die Grundlagen für die Gründung einer neuen staatlichen Einrichtung speziell für technische Studiengänge. Gegen den Widerstand und die Zweifel anderer Institutionen, die weitere Techniker- und Ingenieursschulen

als unnötig erachteten, wurde daraufhin 1937 das *Instituto Politécnico Nacional* (eine Art Technischer Hochschule) in Form eines Zusammenschlusses verschiedener, bisher unabhängig von einander arbeitenden Schulen gegründet.

Die gewaltsamen Veränderungen und kriegerischen Auseinandersetzungen in den Industrieländern während der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bewirkten, daß Industrie und Regierungen dieser Länder Mexiko zumindest zeitweise als wichtigen Verbündeten betrachteten, mit dem es gute Beziehungen zu unterhalten galt, da diese für sie von Nutzen sein konnten. Dieser Umstand erleichterte es den in der Tradition der Revolution stehenden Regierungen, eine wissenschaftliche Infrastruktur aufzubauen, in der das Interesse der mexikanischen Wissenschaftler nicht mehr allein darauf gerichtet war, den neuesten wissenschaftlichen Stand zu kennen, sondern Anstrengungen zu unternehmen, aktiv zur wissenschaftlichen Entwicklung beizutragen. Die Revolutionsregierung und die neu entstandene einheimische Industrie stellten sich außerdem Problemen der Technologie und ihrer Anwendung, die sie vor Ort lösen mußten. Dadurch wurde der Ausbau eines abgestuften Systems von Bildungseinrichtungen sowie der Bau von Krankenhäusern und technologischen Unternehmen in Gang gesetzt, letztere besonders im Bereich des Bauingenieurwesens. Enteignung und Verstaatlichung der wichtigsten im Land niedergelassenen privaten ausländischen Unternehmen waren Ausdruck der politischen Souveränität wie ökonomischen Autonomie. 1937 wurde die Eisenbahn verstaatlicht, 1938 die Erdölindustrie. 1948 wurde durch die Fusion einheimischer und ausländischer Konzessionäre die staatliche Telefongesellschaft gegründet, und 1956 wurde schließlich das System der Stromversorgung verstaatlicht.⁸

Obwohl sich die Regierung seit der Revolution um eine grundlegende Förderung der Hochschulbildung bemühte, wurde der erste Postgraduiertenstudiengang erst 1935 an der *Facultad de Ciencias* der *Universidad Nacional* eingerichtet. In den fünfziger Jahren wurde schließlich die Kategorie des Vollzeitprofessors und -forschers an Universitäten und Forschungszentren geschaffen. Dies war ein großer Fortschritt, da sich die Hochschullehrer nun ganz Lehre und Forschung widmen und zumindest teilweise finanzielle Probleme vergessen konnten.

Ende der fünfziger Jahre mußte die Lehr- und Forschungstätigkeit an den Hochschulen wegen schwerwiegender Konflikte mit den Gewerkschaften wiederholt eingestellt werden. Dies war für die Forschung insgesamt nicht gerade förderlich, überdies kostspielig und zermürbend. Die Tatsache, daß es im *Instituto Politécnico Nacional* (IPN) einen Postgraduiertenstudiengang

8 León 1974.

allein für Biologie gab, bewog den Direktor, Eugenio Méndez Ducurro, eine spezielle Institution für Postgraduierte zu gründen, die so gestaltet wurde, daß sie von gewerkschaftlichen und studentischen Konflikten unberührt arbeiten konnte. 1959 wurde dementsprechend ein vom IPN unabhängiges Institut ins Leben gerufen: das *Centro de Investigación y de Estudios Avanzados* (CINVESTAV). Dank des hohen wissenschaftlichen Anspruchs seines ersten Leiters, Arturo Rosenblueth, war dieses Zentrum von Anfang an mehr als nur eine Institution für Postgraduierte, da die Forschungsarbeit mit der beruflichen Qualifizierung einherging. Die Forscher erhielten außerdem angemessen vergütete Zeitverträge, und zum ersten Mal war an einer mexikanischen Hochschule die Zulassung ausschließlich auf Vollzeitstudenten beschränkt.

Die erste Wissenschaftlervereinigung wurde - mit der *Academia de la Investigación Científica* - erst 1959 gegründet. Ihre Aufgaben sind die Forschungsförderung, die Verbreitung der im Land selbst erzielten Forschungsergebnisse und die Ausbildungsförderung herausragender Forscher. 1974 folgte die Gründung der *Academia de Ingeniería*. Selbstverständlich gibt es Ausbildungsstätten für das Militär, aber die mexikanische Wissenschaftspolitik zeichnet sich dadurch aus, daß die Forschung nie direkt militärischen Zwecken unterworfen war. Kadettenschulen wie die *Escuela Militar del Aire*, die *Escuela Médico Militar* und die *Escuela Militar de Transmisiones* bieten keine Postgraduiertenkurse an. Die besten und deshalb bekanntesten Institutionen sind die *Escuela Médico Militar* und das *Hospital Militar*. Dieses steht übrigens nicht nur dem Militär, sondern auch der einkommensschwachen Zivilbevölkerung zur Verfügung.

Entwicklungsstrategien

In den sechziger und siebziger Jahren erlebte Mexiko eine positive wirtschaftliche Konjunktur, begünstigt durch die kurz zuvor entdeckten weiteren Erdölvorkommen und den hohen Umfang ausländischer Kredite. Die Probleme der Unterentwicklung schienen nun weniger virulent zu sein. In dieser Situation wurden den Intellektuellen, die den Mangel einer klaren politischen Linie in der mittel- und langfristigen Planung zur Schaffung einer universitären und technologischen Infrastruktur beklagten, dadurch entsprochen, daß die Regierung Organe schuf und Gesetze verabschiedete, die auf eine den Erfordernissen des Landes entsprechende wissenschaftliche und technologische Infrastruktur abzielten. Hinzu kam, daß internationale Orga-

nisationen wie die UNO sich in den sechziger Jahren Problemen der Wissenschafts- und Technologieentwicklung zuwandte, so daß Entwicklungsländer wie Mexiko über die UNESCO und die OAS finanzielle Unterstützung erhielten, die es ermöglichte, die Infrastruktur in den Bereichen Hochschule und Forschung zu verbessern.

1971 wurde der *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (CONACYT), eine der Deutschen Forschungsgemeinschaft ähnelnde Einrichtung, geschaffen mit dem Ziel, die Regierung bei der Formulierung, Koordinierung, praktischen Umsetzung und Evaluierung einer Wissenschafts- und Technologiepolitik zu unterstützen. Die Hauptaufgabe des *Consejo* besteht darin, die vom Staat bereitgestellten Mittel auf die verschiedensten Projekte zu verteilen: Unterstützung von technologischen Forschungs- und Entwicklungsprojekten, Schaffung einer wissenschaftlichen und technischen Infrastruktur, Konsolidierung der Postgraduiertenprogramme und Bereitstellung von Postgraduiertenstipendien im In- und Ausland. Um das vorhandene Potential noch weiter zu bündeln und effektiver zu gestalten, wurde während der Präsidentschaft von Miguel de la Madrid (1983 - 1988) das *Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico* verabschiedet, in dem die Richtlinien für das wissenschaftliche und technologische Wachstum in den verschiedenen Produktionsbereichen, in denen Industrie und Forschung gleichermaßen beteiligt waren, aufgestellt wurden.

Die Wirtschaftskrise von 1982 hatte für Hochschule und Forschung schwerwiegende Folgen, denn die ersten Haushaltskürzungen trafen besonders den öffentlichen Sektor und dabei den Wissenschafts- und Forschungsbereich. Durch Inflation und ausbleibende ausreichende Lohnerhöhungen wurde die Finanzkraft der Forscher und Professoren drastisch gesenkt. Durch Abwanderung in die Industrie und ins Ausland wurde die Zahl der Forscher in den Arbeitsgruppen reduziert, einige Arbeitsgruppen wurden sogar ganz aufgelöst. Die Forscher organisierten sich über ihre Akademien und übten auf die Regierung Druck aus, um zu erreichen, daß zumindest die Gehälter der herausragendsten unter ihnen unabhängig von der jeweiligen Institution, der sie angehörten, durch Ausgleichszahlungen erhöht wurden. Das Erziehungsministerium schuf daraufhin das *Sistema Nacional de Investigadores* (SNI) mit dem Ziel, den besten Forschern finanzielle Anreize zur Fortsetzung ihrer Forschungsarbeiten zu geben und nach Möglichkeit ihre Abwanderung ins Ausland zu verhindern. Bei der hierzu durchzuführenden Leistungsbegutachtung bedient sich das SNI eines einheitlichen Bewertungsschemas, das die Institutszugehörigkeit unberücksichtigt läßt und die Arbeit eines Forschers anhand einheitlicher objektiver Kriterien zu beurteilen ermöglicht. Seit seinem Bestehen hat das SNI in den Reihen der Wissenschaftler allerdings zu heftigen Polemiken geführt. Seine Daseinsberechtigung wird in Frage ge-

stellt, da es nach Meinung der Kritiker als Notbehelf die niedrigen Einkünfte der Forscher verschleiern hilft.

Das 1985 verabschiedete Gesetz zur Koordinierung und Förderung der wissenschaftlichen und technologischen Entwicklung ermächtigt den Kongreß, Gesetze zu erlassen, die die Erarbeitung, Verbreitung und Anwendung der für die Entwicklung Mexikos wichtigen wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisse stimulieren sollen. Teil dieses Gesetzes ist die Verpflichtung jeder Regierung, während der jeweiligen Legislaturperiode ein mittelfristiges Wissenschafts- und Technologieprogramm aufzustellen.⁹

Doch trotz aller in den letzten 20 Jahren erlassenen Gesetze und geschaffenen Institutionen kann bei einer Geburtenrate von 3,5 Prozent kurzfristig nur wenig erreicht werden, solange weniger als 0,5 Prozent des Bruttosozialprodukts für Bildung und Forschung ausgegeben werden.

Leistungen von Forschung und Praxis

Nach der Revolution waren es die Medizin und die angrenzenden Fachgebiete, die im Bereich der Forschung eine führende Rolle übernahmen. Gastón Melo leitete die vom *Hospital General* in Mexiko-Stadt ausgehende Modernisierung des Medizinstudiums ein. Der Kardiologe Ignacio Chávez spielte eine ausschlaggebende Rolle in der Konsolidierung der Forschungsgruppen; er organisierte die ersten Ärztetage, richtete 1933 27 neue Postgraduiertenkurse ein und war zeit seines Lebens als der große Erneuerer ein Vorbild für nachfolgende Generationen. Gegenwärtig konzentriert sich die Forschung in der Medizin und den angrenzenden Fachgebieten auf die vom Staat verwalteten Universitäten und Kliniken. Sie genießt international höchstes Ansehen, was bereits dadurch deutlich wird, daß das mexikanische Medizinstudium (u. a.) in Deutschland anerkannt wird. Ein Vergleich der staatlichen Aufwendungen für die medizinische Forschung mit denen für die Forschung in der Land- und Forstwirtschaft läßt überdies erkennen, daß die Medizin nicht nur ein ausgezeichnetes Forschungsniveau besitzt, sondern auch mit sehr begrenzten finanziellen Mitteln auskommt.¹⁰

Das Interesse der prähispanischen Gesellschaft an der Biologie und verwandten Fachgebieten setzte sich offenbar trotz der 400jährigen Bevormundung durch die religiöse Orthodoxie fort. Nach der Revolution konsolidierten

9 Reséndiz 1985.

10 *Indicadores* 1991.

sich diese Wissenschaftsbereiche schnell. Herausragende Forschungsergebnisse erzielten Fernando Ochoperena für die Physiologie sowie Arturo Rosenblueth, der das zentrale Nervensystem und die mathematische Biologie erforschte und zusammen mit Norbert Wiener die Kybernetik entwickelte.

Der unter entscheidender Mitwirkung von Luis E. Herro 1942 zustande gekommene Bau des Teleskops von Tonantzintla in Puebla bewirkte, daß sich auch auf dem Gebiet der Astronomie eine anerkannte Forschergruppe etablieren konnte. Ihr Schwerpunkt ist die Erforschung der morphologischen Struktur unserer Galaxis.

In der Mathematik wurde seit der Revolution vornehmlich unter der Leitung von Sotero Prieto eine intensive Forschungstätigkeit entwickelt. 1930 wurde innerhalb der Philosophischen Fakultät der *Universidad Nacional* die *Sección de Ciencias* gegründet. Die Zahl der Mathematiker verschiedener Fachrichtungen nahm beständig zu, und so wurde zehn Jahre später die *Facultad de Ciencias* ins Leben gerufen. Mit der Einrichtung dieser Fakultät und der Gründung der *Sociedad Matemática Mexicana* 1943 war eine solide Grundlage für Lehre und Forschung geschaffen. Herausragende ausländische Persönlichkeiten wie Solomon Lefschetz, Norbert Wiener und viele andere kamen nach Mexiko und suchten die Zusammenarbeit mit den mexikanischen Mathematikern. Es wurden weitere Institutionen gegründet, deren Beiträge zur Forschung sich ohne weiteres mit denen der Industrieländer vergleichen lassen. Ein Unterschied liegt jedoch in der Quantität. Denn zur Beibehaltung des hohen universitären Niveaus ist eine hinreichend große Zahl von Forschern unerlässlich, was in Mexiko noch nicht gegeben ist.

Einen ersten herausragenden mexikanischen Beitrag zur Entwicklung der Physik lieferten die Forschungsarbeiten von Manuel Sandoval, die er 1930 am *Massachusetts Institute of Technology* durchführte und die dem Einfluß des Erdmagnetismus auf die kosmische Strahlung galten. Nach seiner Rückkehr nach Mexiko gab Sandoval einer Forschergruppe neuen Schwung, und 1938 wurde das *Instituto de Física* an der *Universidad Nacional* gegründet. Seitdem hat sich insbesondere in der Atomphysik der Kreis der Forscher beständig erweitert, so daß heute zahlreiche herausragende Forschergruppen bestehen, die sich auf verschiedene Institutionen des Landes verteilen. Die beiden produktivsten Forscher sind zweifelsohne Marcos Mazari und Marcos Moshinsky.

Die Ingenieurwissenschaften sahen sich seit 1926 mit der Notwendigkeit konfrontiert, die Infrastruktur des Landes neu zu gestalten und zu erweitern. Hier wurden viele Probleme zweifellos sehr gut gelöst, doch liegt die Qualität der Technologie gegenwärtig weit unter dem Standard, den sie besitzen könnte oder müßte. Die Entwicklung der Technologie war überdies (mit Ausnahme des zivilen Bereichs) vielen Schwankungen unterworfen; es wur-

den zeitweise Forschergruppen gebildet und Institutionen gegründet, doch lösten sich diese aufgrund der instabilen universitären Strukturen häufig sehr schnell wieder auf. Dies gilt beispielweise für die *Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica*, die in den fünfziger Jahren großes internationales Ansehen genöß. Ihr Leiter, Manuel Cerrillo, führte 1948 Untersuchungen zur Herstellung hoher elektrischer Spannungen durch und erzeugte einen künstlichen elektrischen Bogen mit der höchsten Voltspannung jener Zeit.

Trotz der Leistungen von Forschern wie Cerrillo beschränkt sich die technologische Entwicklung im Bereich der Elektroingenieurtechnik heute auf die Installation von fertigen Anlagen, deren Ausstattung größtenteils nicht in Mexiko hergestellt wird. So wurden das Kernkraftwerk in Laguna Verde (Veracruz), die Telefonzentralen, das Mikrowellennetz und die Turbinen der Wasserkraftwerke von mexikanischen Technikern installiert, die Technologie aber kam aus dem Ausland. Hier besteht ein direkter Zusammenhang mit dem allgemeinen Entwicklungsstand des Landes, denn zur industriellen Fertigung technologisch hochwertiger und teurer Geräte fehlen die erforderlichen Mittel. Allerdings wird ein Großteil der integrierten Schaltungen (*chips*) und elektronischen Geräte mit niedriger Leistung durch internationale Konsortien mit ausländischen Patenten in Mexiko hergestellt.

Aufgrund der äußerst geringen Belastbarkeit des Baugrunds im Hochland von Mexiko sahen sich die mexikanischen Ingenieure gezwungen, moderne Systeme von Stützfeilern und Zementfundamentierungen zu entwickeln. Nabor Carrillo Flores suchte bei Problemen der Bodenmechanik nach neuen Wegen für die Statik in Erdbebengebieten. Ein Beispiel für die Leistungen der mexikanischen Ingenieurtechnik sind die höchsten Gebäude in Mexiko-Stadt wie die 1951 eingeweihte *Torre Latinoamericana* und das *Hotel de México*, die durch das Erdbeben im Hochtal von Mexiko 1985 nicht beschädigt wurden. Beim Bau der Metro in Mexiko-Stadt traten angesichts der extremen Tunnellänge andere Probleme auf. Wissenschaftler des *Instituto de Ingeniería* der *Universidad Nacional* entwickelten für den Bau der ersten Linie geeignete Lösungen. Weitere anschauliche Beispiele für die Leistungsfähigkeit des mexikanischen Bauingenieurwesens finden sich in den verschiedenen Bereichen der Hydraulik und im Straßen- und Gleisbau. Diese Fortschritte sind zweifelsohne das Ergebnis der guten Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Consulting-Unternehmen. Die mexikanische Gesellschaft *Ingenieros Civiles y Asociados* (ICA) genießt großes internationales Ansehen und hat in mehreren Ländern Amerikas und Afrikas bedeutende Bauprojekte realisiert.

Die Entwicklung der chemischen Industrie setzte Ende des letzten Jahrhunderts mit der Herstellung von Säuren und Sprengkörpern ein. Infolge des Rückgangs der Importe von Stahl und Eisen während des Zweiten Weltkriegs

mußte die Metallindustrie ihre Produktion diversifizieren und verbessern. Dies führte 1942 in Monterrey zur Gründung des Unternehmens *Hojalata y Lámina* (HYLSA). 1957 gelang die Herstellung des sogenannten Eisenschwamms; das hierbei angewandte Verfahren der direkten Reduktion ist einzigartig auf der Welt. Im *Instituto de Materiales* der *Universidad Nacional* wurde vor kurzem eine Zink-Aluminium-Kupfer-Legierung (ZINALCO) gewonnen, die auch als Ersatz für das teure und in Mexiko nicht vorkommende Aluminium verwendet werden kann.

Die Probleme der mexikanischen Technologieentwicklung

Einer der für den Fortschritt Mexikos wichtigsten Industriezweige ist die Erdölproduktion, von der der größte Teil des Energieverbrauchs abhängig ist. Das Erdöl mit seinen Derivaten bringt Mexiko außerdem die meisten Devisen: nach Castillo (1984) im Jahre 1981 85 Prozent der gesamten Deviseneinnahmen; inzwischen ist der Anteil allerdings wieder beträchtlich gesunken. Als Lázaro Cárdenas 1936 die Erdölindustrie verstaatlichte, war die Lage daher äußerst kritisch, denn die ausländischen Techniker hatten das Land verlassen, und es mußten behelfsmäßig ungeschulte Arbeitskräfte eingesetzt werden, damit der Industriezweig auch weiterhin produktiv blieb. Die aktuelle Situation ist nicht viel besser; die bei der Förderung, Raffinierung und Gewinnung von Derivaten angewandte Technologie kommt auch weiterhin zum größten Teil aus dem Ausland. Die mexikanischen Techniker führen nach wie vor nur die Installation der Anlagen aus, obgleich seit 1924 an mehreren Universitäten ein Studiengang für Erdölingenieurtechnik eingerichtet wurde. Dieses Faktum macht deutlich, daß für den technologischen Fortschritt eine Institution, die Diplome verleiht, nutzlos ist, solange eine Industrie fehlt, die daran interessiert ist, die vermittelten Kenntnisse für sich nutzbar zu machen und Projekte zur Entwicklung neuer Technologien zu fördern.

Ein für den technologischen Fortschritt weltweit als wesentlich erachteter Faktor ist die Zusammenarbeit von Hochschule und Industrie. In Mexiko waren praktisch bis in die Gegenwart Industrie und Ausbildungszentren getrennt. Infolge der 1982 einsetzenden Wirtschaftskrise, sah sich die einheimische Industrie nun aber nicht mehr in der Lage, ausländische Technologie einzukaufen, so daß sie zum ersten Mal ein Interesse daran hatte, zu den einheimischen technologischen Institutionen Verbindung aufzunehmen. Auch der 1986 erfolgte Beitritt Mexikos zum *General Agreement on Tariffs and Trade* (GATT) führte zu einer beginnenden Kooperation beider Sektoren.

Auch der wirtschaftliche Protektionismus früherer Regierungen zugunsten der einheimischen Industrie hatte bis dahin verhindert, daß die mexikanischen Unternehmer ihre Produktionsstätten modernisierten, denn schließlich hatten ihre Produkte im eigenen Land keine Konkurrenz zu fürchten. Doch trotz dieser ersten Annäherung war die Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Industrie auch Anfang der neunziger Jahre noch unbefriedigend. Mit dem neuen Freihandelsabkommen zwischen den Vereinigten Staaten, Kanada und Mexiko hat sich die Lage erneut gewandelt. Der mexikanische Industrielle erkennt, daß seine Produktionsmittel veraltet sind, und daß er gegenüber der Industrie der anderen Unterzeichnerländer im Nachteil ist. Aus diesem Grunde nehmen mehr Unternehmer Verbindung zu Universitäten und Forschungszentren auf, um verschiedene Studiengänge zu fördern und Forschungsprojekte zu finanzieren, die für ihre Industrieanlagen von Nutzen sind. Bislang wurden nur die ersten Schritte in diese Richtung unternommen, doch die Perspektiven sind durchaus vielversprechend.

Zur Lösung der spezifischen Probleme in den verschiedenen staatlichen Dienstleistungsbetrieben gründeten die Regierungen in den vergangenen 30 Jahren mit fest umrissenen Zielsetzungen mehrere Institutionen für Technologieforschung und -entwicklung in verschiedenen Sektoren: etwa das *Instituto de Investigaciones Eléctricas*, das *Instituto Mexicano del Petróleo*, das *Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares* und das *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias*. Diese vier Institutionen werden von der Regierung subventioniert und erhalten insgesamt 27 Prozent des Wissenschafts- und Technologiebudgets. Doch stammt der größte Teil der Subventionen und Zuschüsse für die Ingenieurtechnik nicht von den genannten Institutionen.

Als Folge des politischen und ökonomischen Zentralismus sind auch die Forschungseinrichtungen für Wissenschaft und Technologie in Mexiko-Stadt konzentriert. An der *Universidad Nacional* sind, entsprechend der gigantischen Größe der Stadt, 500 000 Studenten eingeschrieben. Das erschwert natürlich nicht nur den verwaltungstechnischen Ablauf, sondern auch die akademische Arbeit, etwa die Aktualisierung von Lehrplänen, die Einrichtung neuer Studiengänge und die Weiterbildung des Lehrpersonals. An denselben Problemen krankt auch das *Instituto Politécnico Nacional*, die zweitwichtigste Hochschule des Landes, die ebenfalls in Mexiko-Stadt angesiedelt ist.

Abschließend sei noch auf die Problematik im Primarschulbereich hingewiesen, der für das Projekt einer angemessenen Entwicklung Mexikos von zentraler Bedeutung ist. Bildung ist bekanntlich ein sehr langsamer Prozeß, und die Auswirkungen von Veränderungen in einem Bildungssystem sind erst lange, nachdem sie eingeführt wurden, zu erkennen. Dieser Umstand so-

wie das hohe Bevölkerungswachstum (3,5 %) und der alle sechs Jahre erfolgende Regierungswechsel mit seinen radikalen Veränderungen in der Bildungspolitik erschweren die Reform und die Durchsetzung einer für den Primarschulbereich angemessenen Struktur. Die erst kürzlich durchgeführten Erhebungen sind alarmierend. Die beiden schwerwiegendsten Probleme des Bildungssystems sind die hohe Anzahl der Schüler ohne Grundschulabschluß - laut Domínguez (1989) waren dies 1987 55 Prozent% - und die mangelhafte Beherrschung eines unerläßlichen Grundwissens.¹¹ So ist Mexiko noch sehr weit davon entfernt, ein angemessenes Grundschulsystem zu besitzen, das die Basis für den wissenschaftlichen und technologischen Fortschritt darstellen könnte, ohne den das Land im 21. Jahrhundert nicht bestehen kann.

Literatur

Castillo, Heberto/Naranjo, Rogelio (1984):

Cuando el petróleo se acaba, México D. F.

De Gortari, Eli (1980):

La Ciencia en la Historia de México, México D. F.

Díaz y de Oviedo, Clementina (1992):

"El Real Seminario de Minería", *Revista Ingeniería* [Facultad de Ingeniería der Universidad Nacional Autónoma de México] 62, 1, 23 - 32.

Domínguez, Héctor/Ponce, Dolores (1989):

"Sistema educativo nacional. Evolución cuantitativa reciente y perspectivas", *Ciencia* [Academia de la Investigación Científica, México D. F.] 40, 137 - 145.

Indicadores. Actividades Científicas y Tecnológicas (1991),

México D. F. [Secretaría de Educación Pública/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología].

León López, Enrique G. (1974):

La Ingeniería en México, México D. F.

López Revilla, Rubén T./Reynoso, Rebeca (1990):

"La génesis del CINVESTAV: Entrevista con Eugenio Méndez Docurro", *Avance y Perspectiva* [Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, México D. F.], 9.

11 Tirado 1990.

Reséndiz, Daniel (1985):

"Infraestructura e instrumentos de la política mexicana de ciencia y tecnología", *Ciencia y Tecnología* [Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F.], 11, 63, 101 - 105.

Tirado, Felipe (1990):

"La calidad de la educación básica en México", *Ciencia y Desarrollo* [Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F.], 16, 91, 59 - 69.

Trabulse, Elías (1982):

"La ciencia y la técnica en el México Colonial", *Ciencia* [Academia de la Investigación Científica, México D. F.], 33, 125 - 134.

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (1975):

Síntesis Histórica de la Universidad de México, México D. F.