



ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

German translation of OECD Policy Brief:

Science and Innovation Policy: Key Challenges and Opportunities, January 2004

© OECD 2004

Policy Brief

Wissenschafts- und Innovationspolitik: Zentrale Herausforderungen und Chancen

Einführung

Wissenschaft und Technik üben einen immer größeren Einfluss auf Gesellschaft und Wirtschaft aus. Wissenschaftliche Errungenschaften sorgen dafür, dass sich unser Wissenshorizont ständig erweitert, und tragen zunehmend zum technologischen Fortschritt bei, der unser Lebens- und Arbeitsumfeld prägt. Neue wissenschaftsbasierte Technologien helfen, die Umwelt zu schützen, sicherere Wohnhäuser, Schulen und Fabriken zu bauen und energiesparende Verkehrssysteme zu entwickeln. Fortschritte in der Genforschung helfen Leben retten und heben weltweit den Gesundheitsstandard an. Auf neue Technologien gestützte Wirtschaftszweige beschäftigen Millionen von hoch qualifizierten Arbeitskräften im OECD-Raum wie in aller Welt. Dank Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) konnten Produktivitätsfortschritte erreicht und einer größeren Zahl von Menschen, Unternehmen und Ländern die Teilnahme an der Wissensgesellschaft ermöglicht werden.

Der kontinuierliche Fortschritt in der Biotechnologie, der Nanotechnologie und den IKT dürfte in einer weiteren Anhebung des Lebensstandards und der Wirtschaftsleistung resultieren. Ohne ein nachdrückliches Bekenntnis zur Forschung wird sich diese Art von Nutzeffekten jedoch nicht einstellen. Die gleichen Entwicklungen, die Leben retten und Arbeitsplätze schaffen helfen, können sich für andere Bevölkerungsgruppen als schädlich erweisen und Wirtschaftssysteme aus dem Gleichgewicht bringen. Diese Art von Befürchtungen löst gesellschaftliche Debatten über Themen aus, die von genetisch veränderten Lebensmitteln und Kernenergie bis hin zu biometrischen Identifikationsmethoden mittels Netzhaut-Scanning reichen. Zudem müssen beträchtliche Anstrengungen unternommen werden, um zu gewährleisten, dass die Forschungsergebnisse vom Unternehmenssektor in neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen umgesetzt werden.

Was können die OECD-Regierungen tun, um sicherzustellen, dass wissenschaftliche und technologische Fortschritte der Gesellschaft insgesamt zugute kommen? Wie kann die staatliche Forschung die Innovationstätigkeit und das Wirtschaftswachstum am besten fördern? Inwieweit sollten Ergebnisse von öffentlich finanzierten Forschungsarbeiten in einer Zeit, in der Wissen für die Wettbewerbsfähigkeit von entscheidender Bedeutung ist und der Schutz geistigen Eigentums den Innovatoren zunehmend Marktmacht über ihre Konkurrenz verleiht, frei zugänglich bleiben, und wer sollte auf sie Zugriff erhalten? Wie kann die Gesellschaft vor dem Hintergrund der in der Öffentlichkeit zunehmenden Befürchtungen im Zusammenhang mit dem wissenschaftlichen Fortschritt sowie angesichts des schwindenden Interesses der jungen Generation an der Wissenschaft dafür sorgen, dass eine hinreichende Zahl von Wissenschaftlern und Ingenieuren zur Verfügung steht, um die Wissensgesellschaft in Bewegung zu halten? Auch die Globalisierung hat Einfluss auf den wissenschaftlichen Fortschritt – und wird ihrerseits von ihm geprägt. Es bedarf zunehmend der internationalen Zusammenarbeit, um den wissenschaftlichen Kenntnisstand und die technologischen Kapazitäten auszubauen, sei es im Rahmen wissenschaftlicher Großprojekte wie des *Large Hadron Collider* am CERN oder in neuen Feldern wie der Neuroinformatik. Wie können die OECD-Länder diese Kooperation so gestalten, dass die entsprechenden Lasten und Nutzeffekte von allen geteilt werden?

In diesem *Policy Brief* wird untersucht, was die OECD-Regierungen derzeit unternehmen und was sie in Zukunft tun sollten, um zu gewährleisten, dass Wissenschaft und Technik auch weiterhin Lösungen für wirtschaftliche und soziale Probleme finden. Dabei sollten zugleich die potenziellen Risiken auf ein Mindestmaß beschränkt und den Belangen und Interessen der wachsenden Zahl von interessierten Akteuren auf staatlicher Ebene, im Hochschulsektor sowie in Wirtschaft und Zivilgesellschaft allgemein Rechnung getragen werden.

Wie kann die Wissenschaft in den Dienst der Gesellschaft gestellt werden?

Wissenschaftliche Entdeckungen können enorme Auswirkungen auf die Gesellschaft und das tägliche Leben haben. Die Zusammenhänge zwischen einem Forschungsbereich oder sogar einer bestimmten wissenschaftlichen Entdeckung einerseits und neuen Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen andererseits sind jedoch zuweilen nur schwer erkennbar. In einer sich rasch wandelnden wissensbasierten Wirtschaft kommt es aber ganz besonders auf Systeme an, die eine Verbindung zwischen der Arbeit der Wissenschaftler und jenen Innovatoren im Unternehmenssektor herstellen, die in der Lage sind, potenzielle kommerzielle Nutzungsmöglichkeiten der Forschungsergebnisse zu identifizieren.

In den OECD-Ländern sind es die Unternehmen, auf die der größte Anteil an Forschung und Entwicklung (FuE) entfällt, wobei in der Regel Aktivitäten mit klaren kommerziellen Zielen im Vordergrund stehen. Es wird leicht übersehen, dass viele technologische Entwicklungen, die heute als selbstverständlich betrachtet werden, das Resultat öffentlich finanzierter Forschungsarbeiten waren, die nicht auf eine direkte kommerzielle Nutzung abzielten.

Das war beispielsweise beim Internet der Fall. Viele der grundlegenden Technologien, auf denen das Internet in seiner heutigen Form aufbaut – World Wide Web, Web Browser, E-Mail –, gehen auf öffentlich finanzierte Forschungsarbeiten zurück (vgl. Kasten).

Öffentliche Forschung als Antriebskraft der industriellen Innovation

Von den Unternehmen mag zwar der Antrieb für die Entwicklung neuer Produkte ausgehen, viele der wesentlichen Innovationen, die von der Gesellschaft heute als selbstverständlich betrachtet werden, gehen jedoch auf Forschungsarbeiten zurück, die mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Internet und alles, was daraus hervorgegangen ist, vom E-Mail bis zum E-Commerce.

Das Internet war nicht das Resultat wettbewerbsorientierter Marktprozesse, sondern ging weitgehend auf staatlich finanzierte verteidigungsbezogene Forschungsarbeiten zurück, die an Hochschulen bzw. in industriellen und staatlichen Forschungslabors durchgeführt wurden. Damit nicht genug: Bei wichtigen IKT-Innovationen wie Computer-Timesharing, Workstations und sogar E-Mail spielten öffentlich finanzierte FuE für neuartige Rechnersysteme eine signifikante Rolle. Viele dieser FuE-Anstrengungen wurden im Rahmen staatlicher Programme unternommen, nachdem der Markt z.T. die Forschung in den betreffenden Bereichen aufgegeben hatte.

Die anschließende Entwicklung des World Wide Web ruft uns ebenfalls eine Tatsache ins Gedächtnis, die uns als heilsame Lehre dienen sollte, nämlich dass zwischen dem erklärten Ziel eines bestimmten Forschungsvorhabens und dessen Endergebnis häufig kaum ein direkter Zusammenhang besteht. Das Web wurde für einen bestimmten wissenschaftlichen Zweck entwickelt, nämlich Hunderten von Wissenschaftlern in verschiedenen Ländern den Zugriff auf die Daten des Europäischen Laboratoriums für Elementarteilchenphysik (CERN) und deren Austausch zu ermöglichen. Es war dann der privatwirtschaftliche Sektor, der die der Öffentlichkeit zugänglichen Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten zur Entwicklung des heutigen universellen Kommunikationsinstruments nutzte.

Ebenso waren viele der bahnbrechendsten Entwicklungen in den Lebenswissenschaften, darunter die Kartierung des menschlichen Genoms, die den Weg für eine Reihe völlig neuer Forschungsarbeiten und Entdeckungen im Gesundheitsbereich bereitete, u.a. der Mitwirkung öffentlicher Forschungsinstitute zu verdanken. Die auf diesen Entdeckungen aufbauenden Forschungsaktivitäten zur Entwicklung neuer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen werden zwar vom privaten Sektor durchgeführt, ohne öffentliche Forschung wären diese Aktivitäten aber kaum möglich gewesen.

Diese ganz wesentliche Verbindung zwischen wissenschaftlichen Entdeckungen und praktischen Nutzenanwendungen gewinnt umso mehr an Bedeutung, als der Wissenschaft zunehmend die Rolle eines Innovationsmotors zukommt. Zwischen Wissenschaft und Innovation bestehen seit jeher gewisse Wechsel-

wirkungen, wobei die Innovation häufig der wissenschaftlichen Erklärung vorausging (so wurde die Dampfmaschine beispielsweise schon lange vor der Entdeckung der thermodynamischen Gesetze erfunden, auf denen sie basiert). Obwohl dies z.T. auch heute noch der Fall ist, bilden wissenschaftliche Entdeckungen doch zunehmend den Ausgangspunkt für Innovationen. In dynamischen, expandierenden Bereichen wie Elektronik, Datenverarbeitung und in jüngster Zeit auch Biotechnologie sind Wissenschaft und Technik eng miteinander verzahnt. Die Frage lautet, wie diese Verknüpfungen am besten gesteuert werden können und wie das Potenzial der Wissenschaft voll für Innovationen in der Gesellschaft genutzt werden kann.

Die Verbindung zwischen öffentlicher und privatwirtschaftlicher Forschung ist von größter Bedeutung, um zu gewährleisten, dass das Ineinandergreifen von Wissenschaft und Innovation möglichst produktiv für die Gesellschaft ist. Bei der Bewältigung der zentralen Herausforderungen im öffentlichen Bereich – Gesundheitsversorgung, Bereitstellung von Sozialdiensten für eine alternde Bevölkerung, nachhaltige Verkehrsmöglichkeiten, Sicherheit der Datenübertragung und Datenschutz – bieten sich vielversprechende Möglichkeiten zur Mobilisierung des kreativen Potenzials in der Privatwirtschaft durch Partnerschaften zwischen öffentlichem und privatem Sektor mit dem Ziel, Produktivitätssteigerungen und Verbesserungen des Dienstleistungsangebots zu erzielen, die der Gesellschaft insgesamt zugute kommen.

Außerdem dürfte die aus öffentlichen Mitteln finanzierte Forschung auch in Zukunft als Anstoß für die Entwicklung neuer bahnbrechender Technologien in Bereichen wie IKT, Biotechnologie und Nanotechnologie unerlässlich sein. Das ist nicht zuletzt dadurch bedingt, dass die Arbeit in diesen und anderen für die Gesellschaft wichtigen Bereichen in der Regel pluridisziplinär ausgerichtet ist und für Innovationen häufig die sich ergänzenden Kompetenzen der öffentlichen und der privatwirtschaftlichen Forschung genutzt werden müssen.

In einigen Bereichen nähern sich die Arbeiten der öffentlichen und der privatwirtschaftlichen Forschung in der Tat insofern einander an, als sich die Zeitspanne zwischen der wissenschaftlichen Entdeckung und deren praktischer Umsetzung in der Industrie zunehmend verkürzt. Ein erheblicher Teil der Arbeit, die in großen industriellen Forschungslaboren oder im Hightech-Bereich tätigen Startups durchgeführt wird, bewegt sich im Grenzbereich zur Suche nach neuen Erkenntnissen, während an Hochschulen beschäftigte Wissenschaftler u.U. fast zeitgleich mit der eigentlichen Entdeckung kommerzielle Nutzungsmöglichkeiten für ihre Forschungsergebnisse erkunden.

Öffentliche Forschungseinrichtungen werden dazu angehalten, enger mit dem privaten Sektor zusammenzuarbeiten, um sowohl die Nutzeffekte ihrer Forschungsergebnisse zu verbessern als auch deren Umsetzung durch die Industrie zu erleichtern. Auf diese Weise haben sich weitreichende Allianzen wie auch formelle, marktbasierende Beziehungen zwischen Hochschulen und Unternehmen herausgebildet. Hochschulen steigen selbst in den Wachstumsmarkt für Technologien ein, indem sie ihre Entdeckungen patentieren lassen und Lizenzen für deren Nutzung vergeben, Auftragsforschung für den privaten Sektor durchführen oder sich an Forschungspartnerschaften zwischen öffentlichem und privatem Sektor beteiligen.

Es gibt (auch von Seiten der OECD) signifikante Belege für die positiven Wachstums- und Produktivitätseffekte der öffentlichen FuE-Arbeiten wie auch dafür, dass hiervon eine stimulierende Wirkung auf die privatwirtschaftlichen Investitionen in die Forschung ausgeht. Wenn der staatliche Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben in den OECD-Ländern auch rückläufig ist (Abb. 1), wird die öffentliche Forschung doch voraussichtlich eine zunehmend wichtige Rolle bei der Förderung der Innovationstätigkeit in wissensbasierten Volkswirtschaften spielen. Insofern sich die Innovationen heute vermehrt auf wissenschaftliche Erkenntnisse stützen und die Unternehmen ihr wissenschaftliches und technisches Know-how zunehmend aus externen Quellen beziehen, greift der Unternehmenssektor in der Tat immer stärker auf die öffentliche Forschung zurück. Diese wird denn auch häufiger als früher direkt von den Unternehmen finanziert, und zugleich arbeiten die Firmen verstärkt mit öffentlichen Forschungseinrichtungen zusammen. Die Entstehung neuer Beziehungsgefüge zwischen Wirtschaft und Wissenschaft wird zudem in vielen OECD-Ländern durch die Expansion der Partnerschaftsprogramme zwischen öffentlichem und privatem Sektor gefördert.

Abbildung 1 Öffentlicher und privater Anteil an den FuE-Gesamtfinanzierungsmitteln, 1990-2001

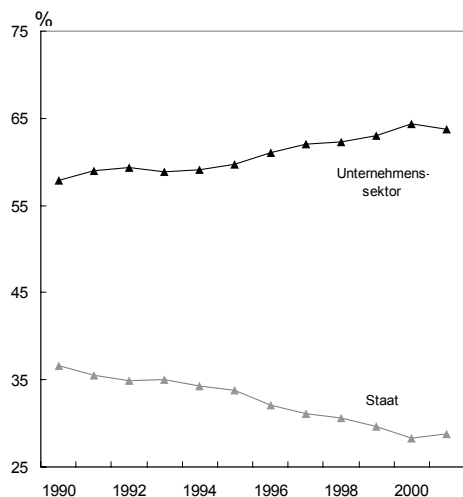
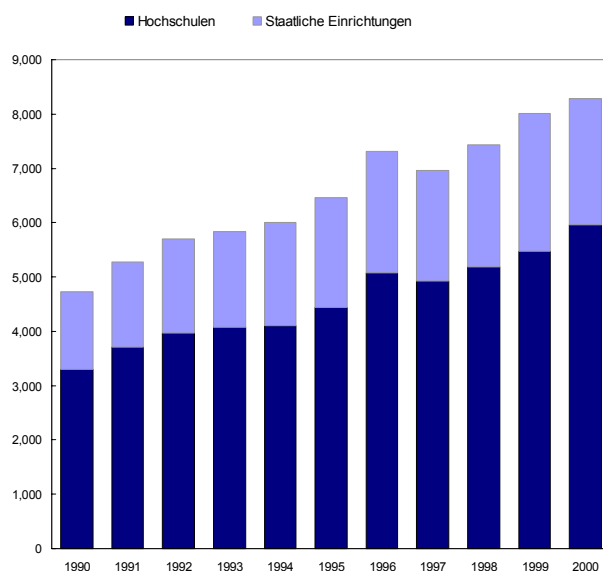


Abbildung 2 Finanzierung öffentlicher FuE durch den Unternehmenssektor, 1990-2000, in Mio. US-Dollar-KKP von 1995



Quelle: OECD, *Main Science and Technology Indicators*, September 2003.

Die öffentliche Forschung selbst kann jedoch keine Nachfrage des Markts nach Wissenschaft und Technik generieren. Die Entwicklung eines innovationsfördernden Umfelds für die Unternehmen hängt von einem breiten Spektrum politischer Parameter ab, das von makroökonomischen Rahmenbedingungen wie stabilen Preisen bis hin zu einer Wettbewerbspolitik reicht, die hinreichend flexibel ist, um Kooperationen zu gestatten, zugleich aber auch hinreichend streng, um wettbewerbsschädliche Absprachen zu verhindern. Viele Regierungen suchen nach neuen Wegen, um sicherzustellen, dass ihr Land größtmöglichen Nutzen aus einem Verbundsystem zwischen Industrie und Wissenschaft zieht, in das auch globaler denkende industrielle Partner einbezogen sind.

Der öffentlichen Forschung kommt ferner eine maßgebliche Rolle zu, wenn es darum geht, zu den potenziellen Risiken und Vorteilen bestimmter Forschungsbereiche und -ergebnisse ausgewogene und unparteiische Stellungnahmen abzugeben. Das ist ganz besonders wichtig in einer Zeit, da der rasante wissenschaftliche Fortschritt kritische Fragen in Bereichen aufwirft, die sich von gentechnisch veränderten Lebensmitteln über die Gentherapie bis hin zum Online-Datenschutz erstrecken können. Außerdem sind die Regierungen einem starken Druck ausgesetzt, sich mit den verschiedensten Sicherheitsbedenken der Öffentlichkeit auseinander zu setzen und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Dabei geht es nicht nur um den physischen Schutz vor Angriffswaffen, sondern auch um die „Bio-Sicherheit“ gegenüber Infektionskrankheiten – die angesichts des Ausbruchs neuer Epidemien, wie in jüngster Zeit der SARS-Epidemie, an Bedeutung gewonnen hat – sowie die „Cyber-Sicherheit“, die durch die rasche Verbreitung von Computerviren über das Internet bedroht wird.

Warum ist der Schutz geistigen Eigentums so wichtig?

Geistige Eigentumsrechte, insbesondere Patente, gewinnen für Wissenschaft und Innovation zunehmend an Bedeutung, insofern sie Einfluss auf die Verteilung der finanziellen Erträge aus Innovationen haben und sich auf die Möglichkeiten Dritter auswirken, Zugriff auf neue technologische Entdeckungen zu erhalten und diese zu nutzen. Die Zahl der weltweit erteilten Patente ist in den vergangenen zehn Jahren drastisch gestiegen, was großenteils auf Entwicklungen im Bereich neuer Technologien zurückzuführen war, namentlich den IKT, die für

nahezu die Hälfte des beobachteten Anstiegs ausschlaggebend waren und auf die derzeit rund ein Drittel aller Patentanmeldungen entfällt. 2002 wurden in den Vereinigten Staaten, Europa und Japan insgesamt mehr als 850 000 neue Patente angemeldet, gegenüber nur 600 000 im Jahr 1992.

Die Patentrechte wurden in den letzten zwanzig Jahren verstärkt und ausgedehnt. Patente gibt es heute für Software, Gen-Codes und innovative Geschäftsmethoden, wobei allerdings immer noch Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern und Regionen bestehen; zudem wurden die Patentanmeldungsverfahren insbesondere auf internationaler Ebene flexibler und weniger kostspielig gestaltet. Die Einrichtung neuer Aufsichtsinstanzen, die zumeist mit größeren Rechtsdurchsetzungsbefugnissen ausgestattet sind, wie z.B. die Welthandelsorganisation und die Weltorganisation für geistiges Eigentum (*World Intellectual Property Organisation* – WIPO), ging mit einer energischeren Durchsetzung der Patentinhaberrechte vor Gericht einher.

Die OECD-Länder haben sich für die Nutzung und Durchsetzung von Patenten stark gemacht, um Investitionen in Innovationen zu fördern und die Wissensverbreitung zu verbessern. Die Ausweitung des Patentschutzes hat aber auch die Befürchtung aufkommen lassen, Patente könnten Innovation und Wirtschaftsleistung hemmen, z.B. wenn Unternehmen Patente in unbilliger Weise dazu einsetzen, Konkurrenten am Zutritt zu bestimmten Märkten zu hindern. Probleme stellen sich ferner auch in Bezug auf die Qualität der erteilten Patente, die Nutzbarkeit patentierter Erfindungen für Forschungszwecke und die Erschließung von Technologiemarkten. Da Patente sowohl im privaten wie im öffentlichen Sektor eine zunehmend wichtige Rolle für den Innovationsprozess spielen, muss die Patentpolitik einer genaueren Prüfung unterzogen werden.

Die internationale Dimension

Viele der Kernbereiche, in denen die Wissenschaft für die Gesellschaft von Nutzen ist, etwa Gesundheit, nachhaltige Entwicklung und Sicherheit, weisen ihrer Natur nach eine internationale Dimension auf, und daher ist es zwingend erforderlich, bei der Suche nach Lösungen die unterschiedlichen Fähigkeiten vieler Nationen zu mobilisieren. Die internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit beflügelt durch die gemeinsame Nutzung finanzieller Ressourcen, Informationen und Einrichtungen die Entstehung neuer Ideen und steigert die Effizienz. Die Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern kann den Aufbau von Forschungskapazitäten unterstützen helfen, indem sie den Ländern Zugang zu Ausbildung und Wissen auf Weltniveau bietet und mithin dazu beiträgt, die Abwanderung von Spitzenkräften einzudämmen.

In der Regel sind die Verknüpfungen zwischen Wissenschaft und Innovation auf nationaler Ebene im Rahmen von Strukturen um nationale Forschungseinrichtungen und inländische Unternehmen entstanden. Die internationalen Verbindungen wurden hauptsächlich durch die wissenschaftliche Fachwelt geschaffen. Dieser Zustand änderte sich nach und nach in den siebziger und achtziger Jahren, als sich die vom Staat geförderte internationale Zusammenarbeit im Bereich der technologischen Entwicklung vor allem in Europa intensivierte. Die in jüngerer Zeit beobachtete Globalisierung der FuE-Strategien der Unternehmen und Öffnung des Zugangs zu öffentlicher Forschung führen im Verein mit der verstärkten Mobilität der knappen hoch qualifizierten Arbeitskräfte nunmehr zu wesentlich grundlegenden Veränderungen.

Die internationale Zusammenarbeit unter Wissenschaftlern hatte stets auch einen Austausch von Forschungserkenntnissen zur Folge. Allerdings war dieser traditionell auf ein sehr eng geknüpftes Netz von Wissenschaftlern, genau abgegrenzte Forschungsthemen und ganz bestimmte Wissenschaftlergruppen begrenzt. Wer nicht zu einem derartigen Netzwerk oder einer solchen Gruppe gehörte, hatte Schwierigkeiten, Kenntnis von existierenden Daten zu erhalten oder Zugang zu diesen zu bekommen. Die moderne Kommunikationstechnologie hat das geändert und es ermöglicht, mehr Daten zu gewinnen und zu verarbeiten, diese problemlos zugänglich zu machen und über das Internet zu verbreiten.

Es stellt sich dann die Frage, ob mit öffentlichen Mitteln finanzierte Forschungsergebnisse in größerem Maße frei verfügbar gemacht werden sollten. Viele Akteure vertreten die Auffassung, dies bringe die Wissenschaft voran und ermögliche es Forschern, die Qualität der Forschungsergebnisse wie auch die Qualität der Wissenschaftlerausbildung zu verbessern, und sei für Wirtschaft und Gesellschaft mit Vorteilen verbunden. Allerdings schränkt die nationale Gesetzgebung auf den Gebieten Schutz der Privatsphäre, Geschäftsgeheimnisse, Rechte an geistigem Eigentum sowie nationale Sicherheit den offenen Zugang zu Forschungsdaten häufig ein.

Internationale Richtlinien und Grundsätze für eine erfolgreiche Regelung des Datenzugangs und Datenaustauschs in Bereichen wie standardisierte Verfahren, Qualitätskontrolle, Schutz der Privatsphäre und Schutz der Rechte an geistigem Eigentum könnten in diesem Zusammenhang von Nutzen sein. Die OECD verfügt über eine gewisse Erfahrung bei der Erarbeitung von Leitsätzen auf ähnlichen Gebieten und könnte ein geeignetes Forum bieten, um Optionen für Leitsätze und Grundsätze für den Zugang zu mit öffentlichen Mitteln gewonnenen digitalen Forschungsdaten zu untersuchen.

Die Regierungen haben sich bisher zurückhaltend gezeigt, wenn es darum ging, Ausländern Zugang zu staatlich finanzierten FuE-Programmen zu gewähren, und dies nicht nur aus Gründen der nationalen Sicherheit, sondern auch wegen der technischen und wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit. Dennoch wird die öffentliche Forschung in einer Reihe von Ländern durch ausländische Unternehmen derzeit intensiver genutzt als durch inländische, und nationale Maßnahmen sind effizienter, wenn die Empfänger staatlicher Unterstützungsleistungen einem dynamischen internationalen Netzwerk angehören. Außerdem sind auf internationaler Ebene eingegangene Politikverpflichtungen und die Zusammenlegung öffentlicher und privater Mittel oft notwendig, um Probleme von gemeinsamem oder weltweitem Interesse zu lösen, wie Umweltschutz oder die Bekämpfung von Infektionskrankheiten.

Ein Bereich, der schon immer von der internationalen Zusammenarbeit profitiert hat, ist die Hochenergiephysik (HEP) oder Teilchenphysik, ein Bereich, in dem die Forschung bei einer Vielzahl von Anwendungen Fortschritte ermöglicht, die von den Halbleitern über die Lebensmittelsterilisierung bis zur Krebstherapie reichen. Jedoch wurde die Mehrzahl der großen Teilchenbeschleuniger, die zur Durchführung von Forschungsprojekten in diesem Bereich notwendig sind, auf nationaler Basis konzipiert, finanziert und gebaut bzw. in dem hervorzuhebenden Fall der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN) im Rahmen eines regionalen Kooperationsprojekts.

Heute tritt die Hochenergiephysik in eine neue Phase ein, in der die für die modernsten Beschleuniger benötigten finanziellen und intellektuellen Ressourcen selbst die auf regionaler Ebene verfügbaren Mittel um ein Vielfaches übersteigen werden. Als eines der vordringlichsten Projekte haben Wissenschaftler und politische Entscheidungsträger, die unter dem Dach des weltweiten OECD-Wissenschaftsforums zusammenarbeiten, die Entwicklung einer neuen Generation des linearen Elektron-Positron-Beschleunigers (LC) identifiziert. Wissenschaftliche Gemeinschaften in Europa, Asien und Nordamerika haben ihre Regierungen aufgefordert, auf internationaler Ebene bei der Entwicklung dieses ehrgeizigen Projekts zu kooperieren, das darauf abzielt, große Fortschritte auf dem Gebiet der Physik zu erbringen.

Eine weitere entscheidende internationale wissenschaftliche Herausforderung für das 21. Jahrhundert ist das Verständnis des menschlichen Gehirns. Fortschritte auf diesem Gebiet werden Umwälzungen bei der Prävention und Heilung von Störungen des Nervensystems sowie Verbesserungen der Lebensqualität für Millionen von Menschen nach sich ziehen. Neurowissenschaftler haben bereits anspruchsvolle Methoden für die Untersuchung des Gehirns bis in seine feinsten Details entwickelt. Sie sehen sich aber nun der Herausforderung gegenüber, den enormen Fundus an Rohinformationen zu verarbeiten, die über dieses 1,5 kg schwere Gebilde mit seinen 100 Mrd. Nervenzellen, 5,1 Mio. km Nervenfasern und 1 Million Milliarden neuronaler Verbindungen verfügbar sind.

Die enorme Menge an verfügbaren Informationen und die Komplexität des Themas haben zur Schaffung einer neuen Disziplin, der Neuroinformatik, geführt, die sich mit der Verarbeitung, Speicherung und Verwendung dieser Daten befassen wird. Im Rahmen des weltweiten OECD-Wissenschaftsforums hat eine internationale Gruppe von Neurowissenschaftlern und Verantwortlichen der Wissenschaftspolitik die Vorteile einer verstärkten internationalen Koordination der Forschung herausgearbeitet, zusammen mit ganz konkreten Maßnahmen, die von interessierten Ländern in Angriff genommen werden könnten, namentlich im Hinblick auf die Standardisierung, gemeinsame Nutzung und laufende Aktualisierung von Neuroinformatik-Datenbanken.

Ganz allgemein gesehen bleibt eine wirksame internationale Zusammenarbeit bei anderen Aspekten der Lebenswissenschaften für viele Länder ebenfalls von vorrangiger Bedeutung. Die bessere Nutzung der vorhandenen Ressourcen sowie der Austausch von Erkenntnissen und Materialien, die in biologischen Forschungsprojekten gewonnen wurden, dürften raschere Fortschritte im Kampf gegen Krankheiten, bei der Erhaltung biologischer Ressourcen sowie der Erschließung des in den uns umgebenden biologischen

Systemen latent vorhandenen Nutzens ermöglichen. Im Jahr 2000 einigten sich die OECD-Länder auf einen Katalog von Aktionen, die für die Einrichtung eines koordinierten internationalen Netzes von Zentren erforderlich sind, deren Aufgabe die Sammlung und Aufbewahrung von Daten über biologische Ressourcen sein soll. Diese Länder entwickeln nunmehr die notwendigen detaillierten Normen und Standards, um ein derartiges Netzwerk Realität werden zu lassen.

Eine dauerhaft tragfähige internationale wissenschaftliche Infrastruktur ist unerlässlich, wenn die lebenswissenschaftliche Forschung und die Biotechnologie einen umfassenden Beitrag zu Wirtschaftswachstum und weltweiter nachhaltiger Entwicklung leisten sollen. Beispielsweise sind bald neue Generationen von Enzymen verfügbar, mit denen die Verwendung erneuerbarer Biomasse als Energieträger für industrielle Prozesse erleichtert werden könnte. Inwieweit diese oder andere Technologien dann wirklich eingeführt und genutzt werden – wie auch deren etwaige spätere Effekte auf die Nachhaltigkeit – hängt von den Entscheidungen der Regierungen, der Industriezweige sowie der jeweiligen Öffentlichkeit ab. Internationale Anstrengungen werden notwendig sein, um eine klare Vision für den Übergang zu einer biobasierten Wirtschaft mitsamt den Vorteilen zu entwickeln, die diese in Bezug auf die Nachhaltigkeit verspricht.

Wie lässt sich die Zahl der Wissenschaftler und Ingenieure erhöhen?

Qualifizierte Wissenschaftler und Ingenieure sind für wissenschaftliche Fortschritte, Innovationen und Produktivitätswachstum von wesentlicher Bedeutung, doch gibt es derzeit Besorgnis erregende Anzeichen dafür, dass junge Menschen in vielen OECD-Ländern das Interesse an den Naturwissenschaften verlieren. So geht die Zahl der Absolventen von natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen zurück, und dies zu einem Zeitpunkt, da die Nachfrage nach neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen und technologischen Innovationen steigt. Wenn die EU beispielsweise ihr Ziel einer Anhebung der FuE-Ausgaben auf 3% des BIP bis 2010 erreichen soll, benötigt sie dafür schätzungsweise 700 000 neue Forscher. Aber wo sollen diese herkommen?

Es gibt viele potenzielle Gründe für die schwindende Attraktivität der Naturwissenschaften, darunter unattraktive oder ungeeignete Lehrpläne an Schulen und Universitäten, der Mangel an talentierten Lehrkräften, das Ansehen von Wissenschaftlern und Ingenieuren in der Gesellschaft wie auch soziale Befürchtungen über die Auswirkungen des wissenschaftlichen und technologischen Fortschritts.

Viele OECD-Länder haben Initiativen in Angriff genommen, um das allgemeine Interesse an den Naturwissenschaften zu steigern, wie die Veranstaltung wissenschaftlicher Ausstellungen und die Renovierung naturwissenschaftlicher Museen. Ferner arbeiten sie mit Forschungseinrichtungen, Unternehmen, NRO und Wissenschaftlern zusammen, um auf gesellschaftliche Befürchtungen über die mit dem technologischen Fortschritt verbundenen Risiken einzugehen, indem sie sich für öffentliche Debatten zu wissenschaftlichen Themen wie Kernenergie, gentechnisch veränderte Lebensmittel oder medizinische Ethik engagieren.

Diese Aktivitäten allein werden aber nicht ausreichen, um der rasch steigenden Nachfrage nach ausgebildeten Wissenschaftlern und Forschern in Unternehmen und an den Hochschulen begegnen zu können. In den vergangenen Jahren ist die Beschäftigung von wissenschaftlichen und technischen Fachkräften stärker gestiegen als die aller anderen Kategorien von Arbeitskräften im Verarbeitenden Gewerbe und bei den Dienstleistungen. In einer Reihe von OECD-Ländern machen Personen mit derartigen Qualifikationen 20-35% der Erwerbsbevölkerung aus, und zwischen 1991 und 2000 stieg die Zahl der Forschenden in OECD-Ländern von 2,4 Millionen auf 3,4 Millionen.

Das Angebot an neuem wissenschaftlichen und technologischen Personal hängt in großem Maße von der Zahl der Neuimmatrikulationen an den Hochschulen ab. In den OECD-Ländern erwerben derzeit mehr Personen denn je einen Hochschulabschluss, und mehr als jeder fünfte Absolvent hat einen natur- bzw. ingenieurwissenschaftlichen Studiengang abgeschlossen, wobei der Anteil in den einzelnen Ländern aber sehr unterschiedlich ausfällt. In der EU und in Japan wurde im Jahr 2000 rund ein Viertel der Hochschuldiplome in Naturwissenschaften und Ingenieurwesen verliehen, in den Vereinigten Staaten betrug der entsprechende Anteil aber nur rund ein Sechstel der Hochschulabschlüsse.

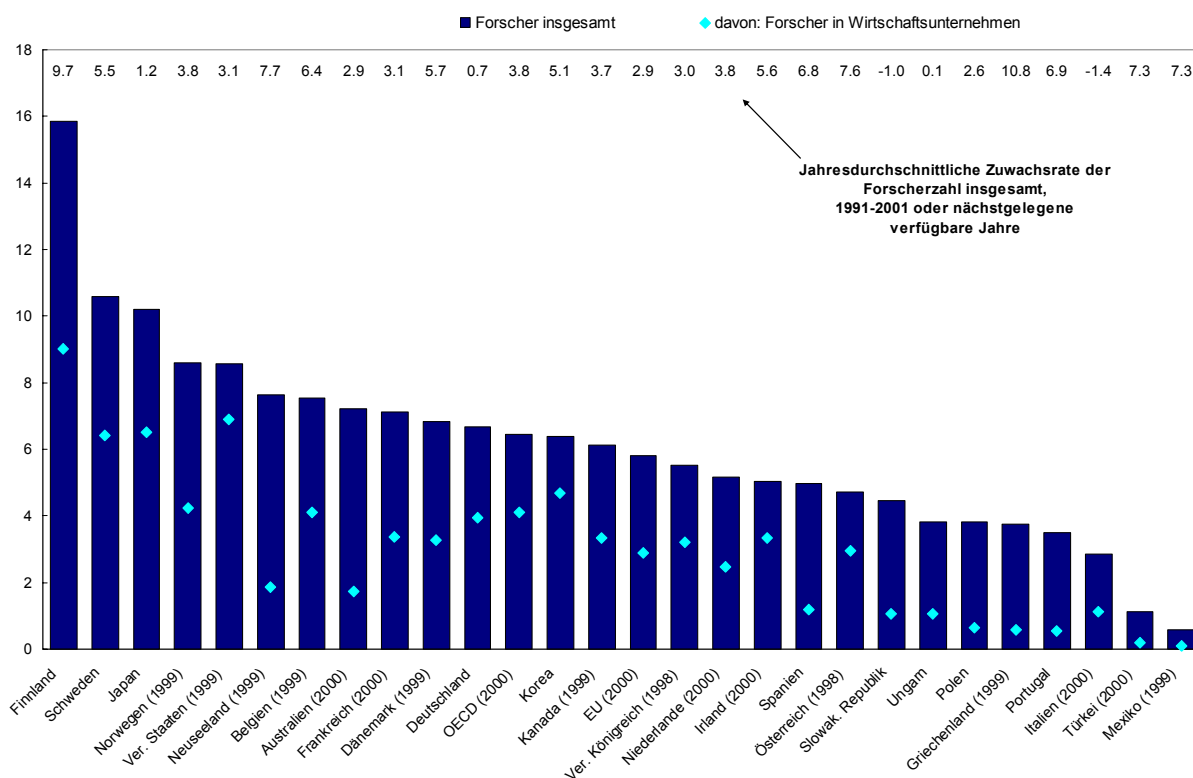
Frauen könnten das Angebot an Absolventen natur- und ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge erhöhen. Zwar erwerben mehr Frauen als Männer einen Hochschulabschluss, doch sind sie in natur- bzw. ingenieur-

wissenschaftlichen Studiengängen nach wie vor unterrepräsentiert, vor allem auf Promotionsniveau. Jüngste Forschungsarbeiten legen den Schluss nahe, dass Bemühungen, mehr Schülerinnen und Schüler, und insbesondere Frauen, für naturwissenschaftliche Studien zu begeistern, bereits ganz früh in der Schule ansetzen müssen.

Die Qualität des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts spielt für die Leistungen der Schülerinnen und Schüler in diesen Fächern und ihr Interesse daran natürlich eine wichtige Rolle. Zu den in OECD-Ländern ergriffenen Initiativen zählen u.a. spezifische Lehrprogramme, die oft in Partnerschaft mit der Industrie durchgeführt werden, wie auch Maßnahmen zur Einstellung von promovierten Wissenschaftlern für den Unterricht im Sekundarbereich. Auf Hochschulebene wurden in vielen OECD-Ländern die Lehrpläne in der Vorgraduiertenausbildung überarbeitet und die Promotionsstudiengänge reformiert, indem beispielsweise auf die wachsende Nachfrage nach Forschern eingegangen wurde, die interdisziplinär tätig sein können. Jedoch ist der Abbau traditioneller disziplinärer Schranken keine einfache Aufgabe, und Hochschuleinrichtungen sind häufig auf neue Gelder angewiesen, u.a. auch aus der Privatwirtschaft, um multidisziplinäre Programme, wie die Neuroinformatik, entwickeln zu können.

Ein weiteres Problem besteht darin, das Angebot an Naturwissenschaftlern und Ingenieuren mit der Nachfrage nach deren jeweiligen spezifischen Qualifikationen am Arbeitsmarkt in Einklang zu bringen. So koexistiert ein Arbeitskräftemangel in bestimmten Bereichen mit einem Überschuss bzw. Missverhältnis bei den Qualifikationen in anderen Disziplinen. Bei vielen Hochschulabschlüssen gibt es ein Überangebot, und viele Absolventen verfügen nicht über die notwendigen nicht technischen Qualifikationen (z.B. Kommunikation, interpersonelle oder betriebswirtschaftliche Kompetenzen), oder es mangelt ihnen an der notwendigen Berufserfahrung, die es ihnen erleichtern würde, in der Wirtschaft einen Arbeitsplatz zu finden, wo die meisten Hochschulabsolventen eingestellt werden. Rund 80% der amerikanischen Naturwissenschaftler und Ingenieure suchen einen Arbeitsplatz in der Industrie, während diese Zahl in vielen europäischen OECD-Ländern näher an 50% liegt.

Abbildung 3 **Zahl der Forscher je tausend Erwerbstätige, 2001**



Quelle: OECD, MSTI-Datenbank, Mai 2003.

Die künftige Nachfrage nach Forschungskräften lässt sich auf kurze Sicht nur schwer vorhersagen, insbesondere für spezifische Kategorien wie Chemieingenieure oder IT-Experten. Auf lange Sicht wird aber damit gerechnet, dass die Nachfrage nach Hochschulabsolventen und wissenschaftlichem bzw. technologischem Personal in den OECD-Ländern weiter steigt, zumal ein Großteil der heute tätigen Forschungs- und Lehrkräfte in den nächsten Jahren in den Ruhestand treten wird. Schätzungen der US National Science Foundation zufolge wird die Beschäftigung in Naturwissenschaft und Ingenieurswesen im Zeitraum 2000-2010 dreimal so rasch steigen wie die Beschäftigungsquote insgesamt.

Ab- oder Zuwanderung von Spitzenkräften?

Eine Möglichkeit, der Nachfrage nach wissenschaftlichem und technologischem Personal gerecht zu werden, besteht darin, das Netz für die Suche nach Arbeitskräften über die nationalen Grenzen hinaus auszudehnen. OECD-Länder, die einen Verlust an Wettbewerbsvorteilen befürchten, bemühen sich derzeit um die Anwerbung ausländischer Studenten für ihre Hochschul- und Forschungssysteme und erleichtern qualifizierten Experten für Wissenschaft und Technologie die Einwanderung. Die internationale Mobilität von Studenten und hoch qualifizierten Arbeitskräften hat in den vergangenen zehn Jahren zugenommen, wobei die entsprechenden Ströme hauptsächlich zwischen Asien, insbesondere China und Indien, sowie den OECD-Ländern, aber auch innerhalb der EU zu beobachten sind. In den Vereinigten Staaten ist ein Viertel aller Inhaber von Dokortiteln in Naturwissenschaft und Technik im Ausland geboren.

Der derzeitige Konjunkturabschwung in den OECD-Ländern legt indessen im Verein mit den verstärkten Sicherheitsbedenken seit dem 11. September 2001 den Schluss nahe, dass ausländische Experten zwar Angebotslücken in OECD-Ländern überbrücken helfen können, auf keinen Fall aber ein bleibender Ersatz für nationale Investitionen in wissenschaftliches und technisches Fachpersonal darstellen. Hinzu kommt, dass die Ursprungsländer, vor allem in Asien, dabei sind, selbst Ausbildungs- und Beschäftigungsmöglichkeiten in Wissenschaft und Technologie zu schaffen.

Wenn in den Herkunftsländern auch die Gefahr einer Expertenflucht besteht, so profitieren diese Länder doch gleichzeitig von den zurückkehrenden Auswanderern, da diese neue Kompetenzen mitbringen, neue Unternehmen gründen und Kontakte zu globalen Forschungs- und Innovationsnetzen etablieren.

Zur Förderung der Mobilität sowohl innerhalb der nationalen Grenzen als auch darüber hinaus müssen die Regierungen regulierungsbedingte Hindernisse beseitigen und entsprechende Anreize schaffen. Ein Problem ist die mangelnde Mobilität zwischen öffentlichem und privatem Sektor. Viele OECD-Länder ermutigen derzeit ihre Wissenschaftler dazu, verstärkt zwischen öffentlichen Forschungsinstituten und Unternehmen hin- und herzupendeln. Der Wettbewerb um Forschungsmittel kann indirekt die Mobilität der Forscher erhöhen, da diese dazu tendieren, den Mittelzuteilungen zu folgen. Wichtig ist auch eine Personalpolitik in Unternehmen und öffentlichen Forschungseinrichtungen, die Mobilität als Teil eines beruflichen Karriereplans honoriert.

Es hat keinen Zweck, Forscher zur Mobilität anzuhalten, wenn ihre Qualifikationen in einem anderen Land, das eigentlich ihre spezifischen Kompetenzen benötigt, nicht anerkannt werden. Die EU befasst sich derzeit mit diesem Problem, indem sie die Mitgliedsländer dazu auffordert, die Hochschulabschlüsse im Rahmen des Bologna-Prozesses zu harmonisieren. Die Mobilitätsprogramme speziell für junge Forscher ermöglichen es diesen, mit unterschiedlichen beruflichen Umfeldern in Kontakt zu treten. Die Förderung der Mobilität von Wissenschaftlern und Hochschullehrern, die sich in der Mitte ihrer Karriere befinden, stellt hingegen weiterhin eine große Herausforderung dar.

Im Verein mit allgemeineren arbeitsmarkt- und bildungspolitischen Maßnahmen kann die Wissenschafts- und Technologiepolitik dazu beitragen, Probleme wie beispielsweise den Mangel an wissenschaftlichen Lehrkräften und Forschern zu beseitigen und Mobilitätshindernisse abzubauen. Allerdings müssen die richtigen Voraussetzungen geschaffen werden, um Unternehmensinvestitionen in Innovationen zu fördern und Studenten Anreize für wissenschaftliche bzw. technische Bildungsgänge und Berufe zu bieten. Dazu gehören effektive Risikokapitalmärkte, Regulierungen, die den Marktzugang und -abgang von Unternehmen erleichtern, wie auch allgemeiner betrachtet ein Unternehmensklima, das Risikobereitschaft belohnt. Auf Unternehmensebene umfassen die notwendigen Rahmenbedingungen eine Managementpolitik, die Mobilität belohnt und den Forschern nicht nur eine interessante Bezahlung, sondern auch echte berufliche Aufstiegschancen bietet.

Ein Problem bei der Planung der Bildungs- und Berufsbildungspolitik für Forscher ist der Mangel an Daten, mit deren Hilfe sich der potenzielle künftige Bedarf an wissenschaftlichem und technischem Fachpersonal antizipieren ließe. Es könnte mehr zur Auswertung des verfügbaren Datenmaterials, wie Umfragen, Arbeitskräfteerhebungen, Bevölkerungsregister und Statistiken über die Beschäftigung in der Industrie, getan werden. Notwendig wäre auch eine bessere Analyse der beruflichen Entwicklung junger Absolventen wissenschaftlicher und technischer Studiengänge, um Trends zu ermitteln und die für die politische Entscheidungsfindung Verantwortlichen über die verschiedenen Berufswege dieser jungen Menschen zu informieren.

WEGEN WEITERER INFORMATIONEN

Wegen weiterer Informationen über OECD-Arbeiten zu den Themen Wissenschaft und Innovation wenden Sie sich bitte an Daniel Malkin, E-Mail: daniel.malkin@oecd.org, Tel. 0033 1 45 24 93 43.

HINWEISE AUF WEITERE EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN

www.oecd.org/sti/stpolicy
www.oecd.org/cstp2004min

OECD Science, Technology and Industry Scoreboard, 2003

Governance of Public Research: Towards Better Practices, 2003

OECD Science, Technology and Industry Outlook, 2002

Drivers of Growth, Information Technology, Innovation and Entrepreneurship, Special Edition of the OECD Science, Technology and Industry Outlook, 2001

Turning Science into Business: Patenting and Licensing at Public Research Organisations, 2003

Benchmarking Industry-Science Relationships, 2002

Report of the Neuroinformatics Working Group, 2002

Introductory Paper on High-Energy Physics, 2002

Biotechnology and Sustainability: The Fight Against Infectious Disease, 2003