

Wissenschaft für die Wohlhabenden

Ahmed Zewail* und Maha Zewail



Grundlagenforschung · Neugier · Wissenschafts-
förderung · Wissenschaftsgeschichte

Vor mehr als einem Jahrzehnt verfasste einer der Autoren dieses Essays (A.Z.) einen Kommentar mit dem Titel „*Science for the Have-Nots*“.^[1] Darin äußerte der Autor seine Sorge um den krankenden Zustand von Bildung und Wissenschaft in den Entwicklungsländern, eine Sorge, die auch heute noch da ist. Es wurde ausgeführt, dass große Reformen der Regierungssysteme mit neuen Formen von Partnerschaften zwischen Entwicklungsländern und reichen Industrienationen nötig sind, um jenen 80 % der Weltbevölkerung, die als besitzlos gelten müssen, aus der Misere zu helfen. In diesem Essay, und zu diesem besonderen Anlass, äußern wir nun Bedenken über den Zustand von Bildung und Wissenschaft in den wohlhabenden Ländern. Wir glauben, dass Reformen in diesem Fall nicht mehr eine Rückkehr zur Politik des Investierens in die Grundlagenforschung erfordern.

Nur ein Fünftel der Weltbevölkerung besitzt das Privileg, in einer der reichen Industrienationen zu leben. Die Lücke zwischen den Besitzenden und den Besitzlosen wird zunehmend größer und bedroht die Stabilität in der Welt. Laut Zahlen der Weltbank leben von den 7 Milliarden Menschen auf der Erde 5.75 Milliarden in Entwicklungsländern, 2.4 Milliarden leben von weniger als \$2 pro Tag, 0.81 Milliarden haben keinen Zugang zu sauberem Wasser, und 1.28 Milliarden leben unter der absoluten Armutsgrenze von \$1.25 pro Tag. 1 Milliarde Menschen leiden an Hunger.

Es herrscht der Glaube, die Globalisierung könne den Nationen Wachstum und Fortschritt bescheren – die Wahrheit aber ist, dass zuvorderst derjenige Teil der Weltbevölkerung profitiert, der in der Lage ist, die natürlichen Ressourcen und den Markt auszubeuten. Die Ungleichverteilung ist gewaltig. Das jährliche Bruttoinlandsprodukt pro Kopf beträgt \$50 000 in einigen westlichen Ländern, verglichen mit ungefähr \$1000 in vielen Entwicklungsländern und noch einigem weniger in unterentwickelten Ländern. Laut Statistik der Weltbank lauten die Zahlen für Ägypten \$2800, für Südafrika \$8100, für Südkorea \$22 400 und für die Vereinigten Staaten \$48 400. Sicher werden kulturelle, politische und arbeitsethische Differenzen immer eine gewisse Ungleichverteilung in der Pro-

duktivität bedingen, dennoch sind neue Partnerschaftsprogramme von Nöten, die dafür sorgen, dass die Erträge der Globalisierung auch tatsächlich global verteilt werden.

Die Hürden, die es für die Entwicklungsländer zu überwinden gilt, um den Zustand der wohlhabenden Nationen zu erreichen, sind vielfältig. Die hohe Analphabetenrate in einigen Entwicklungsländern spiegelt das Versagen der Bildungssysteme wider und ist eine der Ursachen für den alarmierenden Anstieg von Arbeitslosigkeit. Ein zweiter Punkt ist der ineffektive Einsatz von Arbeitskraft: Das System der dienstzeitbezogenen Beförderung, Vetternwirtschaft und Zentralisierung sind einige der Faktoren, die freies Denken unterdrücken und viel an Potential ersticken. Ein dritter Punkt ist die Verschiedenheit nationaler Gesetzgebungen und religiöser Überzeugungen – oftmals eine große Ursache von Verwirrung und Chaos, vor allem durch den politischen Missbrauch religiöser Botschaften von Ethik und Moral. Und viertens fehlt es an einer stimmigen Vision von Bildungs- und Wissenschaftspolitik.

Die wohlhabenden Nationen sehen sich heute Problemen ähnlicher Größenordnung gegenüber – Ursprung und Lösung dieser Probleme sind indes anders. Ein kritisches Problem ist der Wandel in der Bildung und wissenschaftlichen Forschung. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden enorme Summen in die wissenschaftliche Forschung investiert, und in den 70er Jahren war nur „der Himmel die Grenze“, zuvorderst in den USA. Einer der Autoren (A.Z.) profitierte außerordentlich von den damals exzellenten Rahmenbedingungen für neugiergetriebene Forschung, und seine Zeit am Caltech begann mit einem Förderprogramm der US-amerikanischen National Science Foundation. Das im Forschungsmittelantrag beschriebene Projekt war nach heutigen Standards esoterisch – die Kohärenz von Atomen und Molekülen sollte untersucht werden, ein Thema, das aus schierer Neugier bestand. Die Wahrheit ist, dass der Antragsteller beim Planen dieser Forschung keinesfalls die Breitenwirkung auf die Gesellschaft im Sinn hatte – aus dem einfachen Grund, weil wir derartiges gar nicht vorhersehen können. Diese Forschung war die Grundlage für die Arbeiten, die 1999 zum Nobelpreis in Chemie für die Entwicklung der Femtochemie führten. Es ist zweifelhaft, ob dem gleichen Forschungsantrag heute Erfolg beschieden wäre.

Heute erleben wir eine veränderte Situation, verursacht durch einen grundlegenden politischen Wandel bei der Förderung von Grundlagenforschung und der Herangehensweise an die Suche nach neuem Wissen. Begrenzte Geldmittel haben dazu geführt, dass Universitäten und Forschungsinstitute

[*] Prof. A. Zewail
Arthur Amos Noyes Laboratory of Chemical Physics
California Institute of Technology
Pasadena, CA 91125 (USA)
E-Mail: zewail@caltech.edu
Prof. M. Zewail
Department of Chemistry and Biochemistry
Southwestern University, Georgetown, TX 78626 (USA)

gezwungen wurden, ihre Missionen stärker auf die Generierung von Profit auszurichten. Gewiss: Seinen höchsten Nutzen erreicht Wissen dann, wenn es der Gesellschaft dienlich ist. Aus der Geschichte wissen wir aber, dass die fundamentalsten Innovationen aus der Neugier von Wissenschaftlern an den Phänomenen der Natur stammen, und in vielen Fällen wurden wissenschaftliche Entdeckungen durch Zufall gemacht. Selbst der gelehrteste Forscher kann die Route zur nächsten Entdeckung oder der wichtigsten Innovation nicht vorhersagen. Unvorhersagbarkeit ist die Fabrik der wissenschaftlichen Entdeckung.^[2]

Wir sind beide am Caltech beschäftigt und haben mindestens zwei Generationen von Forschern und Studenten begleitet. Es ist klar, dass die Mehrheit derjenigen, die einen akademischen Beruf anstreben, von der Faszination für die Forschung angetrieben sind. Diese Bestrebungen werden weiter gehegt und verstärkt dank der Werte und dem Wissen, das ein gutes Bildungssystem und die politische und gesellschaftliche Anerkennung der Bedeutung wissenschaftlicher Forschung vermitteln können. Im Allgemeinen entscheiden sich junge Menschen deshalb für Wissenschaft und Ingenieurwesen als Beruf, weil sie so neue Fähigkeiten erwerben können und jenes rationale wissenschaftliche Denken erlernen, das für das Lösen von Problemen benötigt wird. Im Gegenzug erwarten sie einen anständigen Job.

Heute ist es schwierig geworden, eine Anstellung beispielsweise in der Chemie zu finden. Tatsächlich hat laut einer Erhebung der American Chemical Society die Arbeitslosenquote von Chemie-Absolventen ein Rekordhoch erreicht. Aufgrund ökonomischer Kräfte und jüngster Trends in der pharmazeutischen Industrie werden viele promovierte Chemiker zeitlich befristet oder in fachfremden Positionen eingestellt. Auch hat sich das durchschnittliche Alter, in dem Forschungsleiter ihren ersten Projektmittel (R01) von den National Institutes of Health erhalten, auf 42 Jahre erhöht.^[3] Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass Wissenschaftler zunehmend später ihre erste akademische Anstellung finden – oftmals erst, nachdem mehrere Postdokorate durchlaufen wurden. Überflüssig zu sagen, dass diese Hindernisse und Verzögerungen junge Generationen entmutigen können, eine unabhängige Laufbahn in der Forschung anzustreben.

Industrielle Forschungslabors haben einen Großteil ihrer Mittel und Anstrengungen in die angewandte Forschung mit direktem Bezug zu ihren Marktprodukten umgeleitet. Ein Juwel früherer Zeiten – vor diesem Trend – waren die Bell Laboratories. In den Bell Labs war die Grundlagenforschung so hochentwickelt, dass man von der „besten Universität in Amerika“ sprach. Unzählige Entdeckungen wurden dort gemacht, einschließlich dem Transistor, der eine ganz entscheidende Rolle in der digitalen Revolution spielte. In den Bell Labs arbeiteten einige der besten Wissenschaftler und Ingenieure der Welt, darunter die Nobelpreisträger Charles Townes, William Shockley, John Bardeen, Arno Penzias und Robert Wilson. Die Forschung war breit gestreut, von der Maser- und Laser-Technologie über die Supraleitfähigkeit bis hin zur Kosmologie. Es ist traurig, dass diese Struktur einer breit angelegten, neugiergetriebenen Forschung bei den Bell Labs nicht länger existiert.

Selbst im akademischen Bereich wird neugiergetriebene Forschung oft abschätzig betrachtet. Forschungsmittelanträge müssen eine „breite gesellschaftliche Relevanz“ belegen und – noch bevor die Forschung beginnt – „transformationsfähige Lösungen“ bieten. Heutige Anträge enthalten seitenlange Ausführungen über Dinge wie Mittelverwaltung, Breitenwirkung und gesellschaftliche Folgen, und manchmal nimmt dies mehr Raum ein als die eigentliche Wissenschaft. Für Universitäten wird es immer schwerer, laufende Kosten zu decken. Professoren jagen hinter Fördermitteln her und schreiben mehr und mehr Anträge; die verfügbare Zeit für kreatives Denken wird weniger, und immer mehr Akademiker sind in irgendeiner Form an kommerziellen Firmen beteiligt. Entscheidungen über Festanstellungen an Universitäten hängen oft davon ab, wie viel Geld junge Fakultätsmitglieder aufzubringen vermochten. In Anbetracht dieser Rahmenbedingungen und Praktiken drängt sich die Frage auf, ob sich ein junger Maxwell, Pauling oder Crick auf seinen Beruf eingelassen hätte, und ob er in der Lage gewesen wäre, seine Grundlagenforschung in einem Umfeld wie dem gegenwärtigen auszuüben.

Über Jahrhunderte hinweg hat wissenschaftliche Neugier zu Entdeckungen und Innovationen geführt, und dieser „altmodische“ Ansatz hat den Beweis erbracht, dass er echten Fortschritt in der Wissenschaft generiert. Die Quantenmechanik, die Relativitätstheorie, die Urknalltheorie und die Entschlüsselung der genetischen Codes sind Entdeckungen, die aus neugiergetriebener Forschung hervorgegangen sind, ebenso wie revolutionäre Technologien wie der Laser (beginnend mit der Frage, wie Licht verstärkt werden kann), die Kernspintomographie (aus der neugiergetriebenen Erforschung des Spins von Elektronen und Kernen) oder der Transistor (als Ergebnis von Forschungen zur Natur von Elektronen in Halbleitern); nicht zu vergessen die gewaltigen Fortschritte in der chemischen Industrie, der Pharmaindustrie und im Agrarbereich. Die Fertigungs-, Medizin- und IT-Industrien, die aus diesen Entwicklungen hervorgingen, bilden heute das Rückgrat der weltweiten Nachrichtentechnologie und Ökonomie. Ohne neugiergetriebene Forschung gäbe es kein Handy, kein Google, kein Apple.

Klar ist, dass Fortschritte in der Forschung ein Umfeld voraussetzen, das den Austausch zwischen Forschern und Kollaborationen zwischen unterschiedlichen Forschungsfeldern begünstigt. Ein solches Umfeld kann und darf jedoch nicht durch ein wuchtiges Management orchestriert werden, denn kreative Köpfe und Bürokratien vertragen sich nicht. In den Entwicklungsländern ist es heute oft so, dass Funktionäre nach Mechanismen suchen, wie sie den Grad an Innovation der Industrienationen erreichen können – die Kernprobleme jeglicher Innovation werden dabei aber oftmals falsch begriffen. Bedauerlicherweise schleicht sich der gleiche Trend auch in den Industrienationen ein.

Man muss also die Frage stellen, ob es eine Formel gibt, mit der sich das „Machen“ von Entdeckungen „verwalten“ lässt.^[4] Die Antwort liegt darin, der natürlichen Evolution von Entdeckungen ihren Lauf zu lassen, von der Grundlagenforschung über den Technologietransfer hin zum Nutzen für die Gesellschaft. Das Gedeihen von Grundlagenforschung enthält drei zentrale Elemente: Als erstes – und am wich-

tigsten – die Menschen. Eine solide Ausbildung in Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik (STEM) ist unverzichtbar, und die Suche nach den kreativsten Köpfen ist der Schlüssel zum Erfolg in der Forschung und Entwicklung. Große Gebäude und massive Fördermittel allein werden ohne die richtigen Menschen keinen signifikanten Fortschritt erbringen.

Als zweites ist es von großer Wichtigkeit, ein Umfeld zu schaffen, das einen intellektuellen Austausch zwischen Forschern ermöglicht, denn nur so können Ideen reifen. Eine Situation, in der Forscher nicht forschen, sondern nur noch Mittelanträge schreiben oder selbst zu Wissenschafts-Managern mutieren, ist der Anfang vom Ende. Es gibt zufällige Innovationen, die von einer einzelnen Person oder einer kleinen Forschungsgruppe erzielt werden, die meisten Entdeckungen und revolutionären Ideen stammen aber von Einzelpersonen, die Zeit zum Gedankenaustausch mit anderen Forschern haben. Man denke an die Quantenmechanik, die über einen Zeitraum von zwei Jahrzehnten durch große neugiergetriebene Denker wie Planck, Bohr, Einstein, de Broglie, Schrödinger und Heisenberg entwickelt wurde.

Als drittes ist zu nennen, dass auch der kreativste Kopf ohne Mittel und Ausstattung wenig erreichen kann. Natürlich erfordert das Anschaffen neuer Instrumente und das Einstellen von kompetenten Mitarbeitern Investitionen. Länder und Institutionen, die vernünftige Infrastruktur und ausreichende Fördermittel bereitstellen, werden zur Heimat neuer Entdeckungen werden. Allerdings sollte eine solche Förderung der Vision kreativer Forscher folgen und nicht auf der Entwicklung von Zentren basieren, die gebaut werden, um Geld anzulocken oder um Modeerscheinungen in der Forschung nachzulaufen. Es gibt in den Industrieländern einige Beispiele von Einrichtungen zur Grundlagenforschung, und in jedem dieser Fälle sehen wir eine Korrelation zwischen der Qualität der Forscher und den erreichten Entdeckungen. Man denke an das Cavendish Laboratory in Cambridge unter der Führung von J. C. Maxwell, J. J. Thomson und L. Bragg und die Entdeckungen, die dort gemacht wurden und die Welt veränderten: die elektromagnetische Natur des Lichts, die Entdeckung des Elektrons und die Entwicklung der Röntgenbeugung. Ein anderes Beispiel ist das Caltech; wir finden es bemerkenswert, dass ein Institut mit weniger als 300 Beschäftigten in der Lage ist, aus seinem Bestand und seinen Absolventen 35 Nobelpreisträger zu generieren. Der Schlüssel hierzu ist das die Forschung und Entwicklung fördernde Umfeld, das von der Gründung des Instituts an gepflegt wurde und das noch immer die besten Leute anzieht.

Die Korrelation zwischen Investitionen in die Grundlagenforschung und Innovationen mit Auswirkungen auf die Ökonomie und Gesellschaft ist weltweit deutlich zu sehen, von den USA nach dem Zweiten Weltkrieg bis zum heutigen China. In den 50er Jahren zeigte Robert Solow (1987 Nobelpreis für Wirtschaft), dass neue Technologien einen Großteil des Wirtschaftswachstums generieren, in den USA fast 75 %. Allein die Theorie der Quantenmechanik hat anhaltend große Auswirkungen auf die Weltwirtschaft, denn ohne sie wären viele revolutionäre Technologien nie verwirklicht worden. Man denke an den Laser und die optische Nachrichtentechnik, die Kernspintomographie und die Ge-

sundheitsindustrie, den Transistor und die IT-Branche, ganz zu schweigen von den gewaltigen Fortschritten in der Wirkstoffentwicklung, der Gentechnologie und der Miniaturisierung. Vannevar Bushs Vision von der Wissenschaft als der „Grenze ohne Ende“^[5] ist in der Tat die eine Vision, die Politiker im Gedächtnis tragen sollten, wenn sie über die Förderung der Grundlagenforschung entscheiden.

Sonntag, der 5. August 2012 war der Tag, an dem die Raumsonde Curiosity auf dem Mars landete – ein Triumph und Beleg für die Innovationskraft der USA. Es ist befriedigend, dass der eine Tonne schwere Rover den Namen „Curiosity“ trägt.^[6] In den nächsten zwei Jahren wird er Geheimnisse unseres Nachbarplaneten aufdecken. Diese Suche nach Wissen ist es, worum es in der Wissenschaft geht, und es ist diese Gesinnung, in der die Industrienationen ihre Innovationskraft erlangt haben. Einige Entwicklungsländer haben diese Macht der Wissenschaft erkannt und investieren großzügig in den Wandel ihrer Ökonomien; die Fortschritte sind nicht zu übersehen. Von ebensolcher Wichtigkeit ist ihr In-

Epilog: Das Genie der Wissenschaft

Jeder kennt den Wert des Nobelpreises, aber viele wissen vielleicht nicht, was auf der Rückseite der Medaille mit dem berühmten Konterfei Alfred Nobels eingraviert ist. Die Medaille wurde 1902 von Erik Lindberg entworfen und sollte die Natur in Gestalt der Göttin Isis repräsentieren, der ägyptischen Göttin der Fruchtbarkeit, Natur und Zauberei (Abbildung 1). Sie steigt von den Wolken herab, ein Füllhorn in ihren Armen. Der Schleier, der ihr kaltes und strenges Gesicht bedeckt, wird vom Geist der Wissenschaft gelüftet.^[8] Die Inschrift lautet: „*Inventas vitam juvat excoluisse per artes*“ – „*Erfindungen verbessern das Leben, das durch die Künste verschönert wird*“. In der Tat ist es der Geist der Wissenschaft, der die Dunkelheit der Ignoranz verjagt und das menschliche Dasein kommender Generationen erleuchtet.



Abbildung 1. Rückseite der Nobelpreismedaille.

vestieren in die wissenschaftliche Bildung. Auf der Internationalen Chemie-Olympiade 2012, die in den USA abgehalten wurde, errang das Team Südkoreas die meisten Erfolge unter 72 Ländern; C&EN kommentierte, dass „die Teilnehmer der USA eine solide Leistung boten“.^[7]

Seit der industriellen Revolution hat der Westen die weltweite Politik und Wirtschaft dank der Macht der Wissenschaft beherrscht. Es wäre aber anmaßend und naiv zu glauben, dass wir heute wissen, was für morgen wichtig ist. Investieren in die Bildung ist Investieren in die Zukunft. Über die letzten fünf Jahrhunderte hatte der Westen mit dem Investieren in die Forschung die richtige Zutat zur Hand, um Fortschritt zu generieren. Es ist nun an der Zeit, diese weise Vision wieder aufzugreifen, vielleicht mit neuen internationalen Partnerschaften zwischen Regierung, Industrie und Forschungseinrichtungen. Geschieht dies nicht, könnte ein Wandel bevorstehen – mit einer im Osten aufgehenden Sonne der Innovation.^[6]

Eingegangen am 20. August 2012

Online veröffentlicht am 3. Dezember 2012

-
- [1] „Science for the Have-nots“, A. H. Zewail, *Nature* **2001**, 410, 741.
 - [2] „Unpredictability and Chance in Scientific Progress“ J. M. Thomas, *Progress in Informatics* **2007**, 1.
 - [3] http://grants.nih.gov/grants/new_investigators/#data.
 - [4] „Curiouser and Curiouser: Managing Discovery Making“, A. H. Zewail, *Nature* **2010**, 468, 347.
 - [5] Vannevar Bush, „Science—The Endless Frontier“. A Report by Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development, to the President on a Program for Postwar Scientific Research, National Science Foundation: **1960** (Nachdruck); Erstauflage **1945**.
 - [6] „How Curiosity Begat Curiosity“, A. H. Zewail, *Los Angeles Times*, Sunday August 19, **2012**.
 - [7] „South Korea Tops Chemistry Olympiad“, *Chem. Eng. News*, August 6, **2012**, p. 8.
 - [8] A. H. Zewail, *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 1999: Nobel Prizes* (Hrsg.: T. Frängsmyr), Almqvist & Wiksell, Stockholm, **2000**, S. 103–203.
-