

Quantenphysik in Österreich

Peter Zoller

Der Österreichische Wissenschaftstag 2005 befasst sich mit Bilanzen und Perspektiven der Wissenschaft in Österreich. Dabei geht es um Fragen der Exzellenz in der Forschung, wie Exzellenz entsteht und welche Rahmenbedingungen zu schaffen sind, um sie entstehen zu lassen. Diese Fragen sind nicht neu, haben aber in Zusammenhang mit der laufenden Diskussion um neu zu schaffende Forschungs- und Lehrinrichtungen in Österreich besondere Aktualität. Der vorliegende Beitrag soll diese Fragen vom Standpunkt der Quantenphysik, oder präziser ausgedrückt der Quantenoptik und Quanteninformation, beleuchten – einem jener Gebiete, in denen es Österreich gelungen ist, an der Vorfront der internationalen Forschung einen Platz einzunehmen, weshalb die Quantenphysik gelegentlich als ein Beispiel aktueller österreichischer Spitzenforschung genannt wird. Im Folgenden soll zuerst das Forschungsgebiet vorgestellt, dabei insbesondere die Einbettung und interdisziplinären Querverbindungen betont und anschließend auf wissenschaftspolitische Aspekte eingegangen werden.

Quantenoptik und Quanteninformation – fachliche und wissenschaftliche Aspekte

Quanteninformation ist ein neues Fachgebiet, das während der letzten zehn Jahre entstanden und an der Schnittstelle von Quantenphysik, Mathematik und Informatik angesiedelt ist. Ihr Gegenstand ist die Quanteninformationsverarbeitung (Quantencomputing und Quantenkommunikation), d.h. die Datenverarbeitung nach den Regeln der Quantenphysik, was im Sinne eines neuen Paradigmas der Informationsverarbeitung einen qualitativ neuen Schritt über die uns wohl bekannte „klassische Informatik“ hinaus darstellt.

Quanteninformation ist als Teil der Entwicklung unseres Verständnisses und der Anwendung der Quantenmechanik zu verstehen. Im Rückblick waren die Formulierung der Quantentheorie und der Relativitätstheorie die Schlüsselerkenntnisse der Physik des 20. Jahrhunderts. Mit der Quanteninformation und ihrer experimentellen Realisierung hat die Quantenphysik als ein Beispiel der Grundlagenforschung des 20. Jahrhunderts die Chance, die Basis einer neuen Technologie des 21. Jahrhunderts zu bilden. Ausgehend von der Geburtsstunde der Quantentheorie mit Planck im Jahr 1900 und dem Erfolg des Bohrschen Atommodells erreichte die Formulierung der Quantenmechanik nach Heisenberg und Schrödinger in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts ihre heute noch gültige Form. Die darauf folgenden Diskussionen um die seltsam anmutenden und erstaunlichen Züge und Vorhersagen der Quantenmechanik, wie sie durch das Einstein-Podolski-Rosen Paradoxon, die Verschränkung und das Schrödinger-Katzenmodell illustriert werden, waren anfänglich eher im Sinne von Gedankenexperimenten und zum Teil philosophisch anmutenden Diskussionen geführt worden, die aber letztlich insbesondere mit den Bellschen Ungleichungen quantifiziert und damit einem direkten Test im Labor zugänglich gemacht wurden. Experimente der letzten zwanzig Jahre haben diese Grundlagen der Quantenmechanik in verschiedensten Facetten hinterfragt und glänzend bestätigt. Als Paradoxa diskutierte Aspekte der Quantenmechanik wurden Teil der physikalischen Realität im Verständnis der Physiker und führten schließlich als Quantencomputing und Quantenkommunikation zu neuen Anwendungen der Quantenmechanik. Der Entwicklung des Quantencomputing wurde insbesondere durch die Entdeckung von Quantenalgorithmen wie dem Shor Algorithmus zum effizienten Faktorisieren großer Zahlen oder dem Grover Algorithmus zur Datenbanksuche ein Motivationsschub verliehen, der einen Quantencomputer als effizienter als einen nach den Regeln der klassischen Physik arbeitenden Computer erscheinen ließ. Quantenkommunikation garantiert darüber hinaus eine sichere Datenübertragung, da eine Entschlüsselung auf dem Übertragungsweg nicht möglich ist.

Die Entdeckung von Quantenalgorithmen und Protokollen zur sicheren Datenübertragung hat Fragen nach der experimentellen Realisierung eines Quantenprozessors bzw. von Quantenkommunikation in den Vordergrund des Interesses gerückt. Diese Fragen dürfen aber nicht nur in direktem Zusammenhang mit Quanteninformation gesehen werden: Computer werden immer schneller, indem sie auch immer kleiner werden. Dieser Entwicklung ist jedoch eine offensichtliche natürliche Grenze gesetzt, dort wo die Speicherzelle eines Bits einem Atom oder einem Elektron entspricht und die Zustände und die Dynamik dieser Systeme letztlich nach den Regeln der Quantenphysik und nicht der klassischen Physik zu beschreiben sind. Damit stellt sich generell die Frage, inwieweit man Systeme aus einzelnen Atomen auf der Ebene von einzelnen Quanten manipulieren kann. Das Gebiet der Quantenoptik hat während der letzten vierzig Jahre die experimentellen Werkzeuge und das theoretische Verständnis solcher Quantensysteme bestehend aus einzelnen Atomen und Photonen entwickelt. Schlüssel dieser Entwicklung war die Präparation einzelner Atome, z.B. das Laserkühlen einzelner gespeicherter

Atome, d.h. die experimentelle Realisierung von entarteten Quantengasen bei extrem niedriger Temperatur in magnetischen und optischen Fallen in Form von Bose Einstein Kondensaten oder suprafluiden Fermigasen. Besondere Merkmale dieser Systeme sind die Kontrolle der Quantensysteme mit Hilfe von Laserlicht und generell externen Feldern sowie die nahezu perfekte Isolierung von störenden Einflüssen der Umgebung, die als Dekohärenz die spezifisch quantenmechanischen Signaturen solcher Systeme zerstören würden. Analoge Entwicklungen haben während der letzten Jahre mit einer gewissen Zeitverzögerung auch auf dem Gebiet der mesoskopischen Festkörperphysik mit Supraleitern, Quantenpunkten oder Störstellen eingesetzt. Somit sieht man auch hier auf historisch disjunkten Gebieten wie der Quantenoptik, der Festkörperphysik usw. ein Zusammenwachsen im Hinblick auf eine gemeinsame Fragestellung der experimentellen Realisierung (kleiner) quantenmechanischer Systeme im Labor, die eine kohärente Kontrolle auf der Ebene einzelner Quanten erlaubt, deren gemeinsames Ziel letztlich auch der Bau eines Quantencomputers ist.

Ein Quantencomputer besteht aus einer Reihe von Quantenbits oder Qubits, die die Rolle des Quantenspeichers übernehmen. Während die klassische Physik nur 0 und 1 kennt und manipuliert, erlaubt die Quantenmechanik Überlagerungszustände dieser 0 und 1 und die kohärente Manipulation dieser Zustände. Eine Anordnung mehrerer Quantenbits in Form eines Quantenregisters erlaubt Überlagerungen aller möglichen Zustände, die wir nach Schrödinger als verschränkte Zustände bezeichnen. Ein Quantenregister ermöglicht in diesem Sinne nicht nur wie ein klassischer Computer eine Zahl in seinem Register zu speichern, sondern in Sinne verschränkter Zustände ein – vereinfacht ausgedrückt – „gleichzeitiges“ Speichern aller Zahlen, was letztlich zu einem Quantenparallelismus in der Quanteninformationsverarbeitung führt. Diese Qubits und Quantenregister werden nach den Regeln der Quantenmechanik in Form von Quantengattern manipuliert, die einer Folge von Operationen auf das einzelne Qubit in Form sogenannter Ein-Qubit Gatter bzw. einer Verschränkungsoperation von Paaren von Qubits entsprechen, aus denen sich eine allgemeine Transformation der Qubits zusammensetzen lässt. Diese Abfolge von Gattern entspricht dem „Programm“. Eine Rechnung wird durch Auslesen der Quantenregister abgeschlossen, was einer Messung der einzelnen Qubits entspricht. Der an Details interessierte Leser sei an dieser Stelle auf populärwissenschaftliche Darstellungen verwiesen, die auch entsprechende Referenzen auf die aktuelle Fachliteratur enthalten.¹

Die Realisierung eines Quantencomputers erfordert die Identifikation von Quantenbits und kohärenter Quantendynamik entsprechend den Ein- und Zweiqubitgattern in einem realen physikalischen System zusammen mit Werkzeugen zum Auslesen von Qubits wie auch zur vollständigen Isolation von einer störenden Umgebung. Die Quantenoptik liefert mit der Präparation und Manipulation einzelner Atome die ideale Voraussetzung für solche Erfordernisse. In Innsbruck wurde ein Modell eines Quantencomputers basierend auf einer Ionenkette vorgeschlagen, bei dem als Quantenspeicher langlebige interne Zustände von Atomen Verwendung finden. Einqubitgatter werden als eine Abfolge von Laserpulsen auf einzelne Ionen erzeugt, während Verschränkung über die Kontrolle der kollektiven Oszillationen der Ionenkette erreicht wird. In einer bemerkenswerten Folge von Experimenten ist es Rainer Blatt und seiner Gruppe in Innsbruck gelungen, einen solchen Quantencomputer in kleinem Maßstab zu realisieren, wobei die Realisierung von 2 Qubitgattern, die Demonstration der Teleportation mit 3 Qubits und schließlich die kontrollierte Verschränkung von 8 Qubits in einem Ionenquantenprozessor die Höhepunkte darstellten. Die Gruppe um D. Wineland in Boulder, Colorado, ist dabei als ernsthafte Konkurrenz in diesem Wettlauf zu werten. Die nächsten Schritte dieser Entwicklung sind der Bau skalierbarer Quantenrechner basierend auf Ionen, die in segmentierten Fallen transportiert werden können, was eine Erweiterung auf eine große Zahl von Qubits erlauben soll. Aus heutiger Sicht scheint auf dem Weg zum skalierbaren Quantenrechner mit Ionen kein fundamentales physikalisches Hindernis in Sicht, wobei aber natürlich die technischen Probleme der Realisierung eine mehr als große Hürde darstellen.

Ähnlich bemerkenswerte Entwicklungen hat es auch im Bereich kalter Atome gegeben, wo z.B. mit kalten Quantengasen in optischen Gittern Quantensimulatoren für Festkörpersysteme gebaut werden können. In diesem Zusammenhang sei besonders auf die Arbeiten von R. Grimm, Innsbruck, verwiesen.

Die Realisierung von Quantenkommunikation, bei welcher die Quantentheorie die sichere Datenübertragung gewährleistet, basiert auf verschränkten Photonen. Österreich hat hier mit den ersten Teleportationsexperimenten der Gruppe von A. Zeilinger in Wien eine Vorreiterrolle übernommen. Neue Ergebnisse betreffen auch Schritte in Richtung eines Quantenrepeaters, der ausgehend von einer Zustandsreinigung von verschränkten Photonenpaaren Quantenkommunikation über große Distanzen gewährleisten soll. Dieselben Methoden liegen auch dem sogenannten Linear Optics Quantum Computing zugrunde, bei welchem Quantengatter mit entsprechenden Messungen erzeugt werden.

Ergänzend sei hier erwähnt, dass Experimente mit Neutronen, die untrennbar mit Namen wie H. Rauch, Wien, verbunden sind, als Vorläufer der heutigen Quantenoptik zu sehen sind.

Ähnlich den Entwicklungen im ersten Drittel des letzten Jahrhunderts, welche die mathematischen Grundlagen der heutigen Informationstechnologien schufen, werden wir heute im Bereich der Quantenalgorithmen oder dem

Verstehen von Verschränkung Zeugen der Entwicklung einer Quanteninformationstheorie. Österreich ist hier durch H. Briegel, Innsbruck, führend vertreten.

Die spezielle Rolle des österreichischen Beitrages in den geschilderten Bereichen der Quantenphysik ist nicht nur auf wissenschaftlicher Seite zu sehen, sondern spiegelt sich auch darin wider, dass Österreichische Gruppen an prominenter Stelle in internationale Aktivitäten eingebunden sind. Dies reicht von der Teilnahme an internationalen Projekten oder auch deren Leitung bis hin zum Verfassen einer EU Strategic Roadmap für Quanteninformation (<http://www.cordis.lu/ist/fet/qipc-sr.htm>) als Grundlage für die Förderung im kommenden 7. EU-Rahmenprogramm.

Struktur und Organisation der „Quantenphysik“ in Österreich

Auf Grund der erzielten wissenschaftlichen Leistungen in einem breiten Spektrum von Aktivitäten auf dem Gebiet der Quantenoptik und Quanteninformation und der internationalen Sichtbarkeit der österreichischen Forschung in diesem Themenfeld wird die Quantenphysik in Österreich, vertreten durch die Gruppen in Innsbruck und Wien, mit zu den Aushängeschildern österreichischer Spitzenforschung gerechnet. Bemerkenswert ist dabei, dass hier eine kritische Masse von Forschern über mehrere Generationen hinweg gewachsen ist, die auch die Fähigkeit zu kohärenter Zusammenarbeit mitbringt – wobei es als Ausgangspunkt mehrere, anfangs voneinander unabhängige Nukleationspunkte gab, die eher spontan entstanden, aber durch Wachsen und gegenseitiges Kennen- und Schätzenlernen zu einer kritischen Masse heranwachsen. Bemerkenswerte Züge sind weiters die österreichweite Kohärenz im Auftreten über die einzelnen Standorte hinaus sowie eine Vernetzung, die sich nicht nur im nationalen sondern auch im internationalen Auftreten widerspiegelt. Beispiele dafür sind der gemeinsame Spezialforschungsbereich (SFB) Innsbruck-Wien sowie das gemeinsame Akademieinstitut. Forschung im Bereich Quantenoptik und Quanteninformation in Österreich wird vor allem durch Drittmittel gefördert, was einer dynamischen Form der Forschungsförderung entspricht, die direkt mit den erbrachten Forschungsleistungen korreliert.

In diesem Zusammenhang ist der Spezialforschungsbereich (SFB) Coherent Control and Measurement (<http://www2.uibk.ac.at/exphys/sfb>) zu sehen, der u.a. eine Kooperation der Experimentalphysiker R. Blatt und R. Grimm und ihren Mitarbeitern sowie den Mitarbeitern der Theoretischen Physik in Innsbruck mit der experimentellen Gruppe von A. Zeilinger an der Universität Wien und H. Rauch an der TU Wien und am Atominstitut darstellt – das erste Beispiel eines österreichischen SFBs mit zwei Standorten. Dieser SFB ist der größte (und wohl auch teuerste) Spezialforschungsbereich in der Geschichte des Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (FWF), was nur durch entsprechende wissenschaftliche Leistungen – objektiviert durch entsprechende Evaluationsverfahren des FWF – gerechtfertigt werden kann.

An der Innsbrucker Universität mit einem eher kleinen Fachbereich Physik (physik.uibk.ac.at) stellt die Quantenoptik und Quanteninformation einen Gutteil der Physikaktivitäten dar. Innerhalb der Universität gehört die Physik zu den anerkannten Aushängeschildern der akademischen Forschung und trägt damit zur Sichtbarkeit der Universität bei. An Leistungen der Quantenphysik an der Universität Innsbruck sind bezogen auf den Zeitraum 2000-2005 beispielsweise zu nennen: ca. 260 in referierten Journalen publizierte Arbeiten, wovon 20 in Science/Nature (Gesamtuniversität: 29) und 73 in Physical Review Letters (Gesamtuniversität: 89) erschienen sind. Weiters wurden sieben Wissenschaftler aus den Reihen der Innsbrucker Quantenphysiker wegberufen. Es gab acht Preise (u.a. 2 Wittgenstein-, 3 START-Preise, Max Planck Preis, Wissenschaftler des Jahres 2005). Weiters wurden 35 Dissertationen und 32 Diplomarbeiten betreut und abgeschlossen. Im genannten Zeitraum besuchten mehr als 250 internationale Gäste die Innsbrucker Quantenphysik. Weiters wurden eine Reihe von internationalen Konferenzen veranstaltet: ICOLS (International Conference on Laser Spectroscopy), eine Serie von Obergurgler Quantenoptikkonferenzen, EU-Tagungen und Workshops, Young Atom Opticians Workshops, ICAP (International Conference on Atomic Physics), als die Spitzentagung der Atomphysik, das Gordon Quanteninformation Symposium etc. Die Anerkennung dieser Leistungen spiegelt sich in der Profilbildung der Universität Innsbruck wider, wo die Quantenphysik ein sogenanntes Forschungszentrum bildet und die Universität (entsprechend einer Forderung des FWF) finanzielle Beiträge für Geräte im Rahmen des SFBs leistet. Weiters gibt es Unterstützung von Seiten des Ministeriums bzw. des Rats für Forschung und Technologieentwicklung (FTE) z.B. im Rahmen der Forschungsmilliarde und der Strukturmittel. Diese Forschungsmittel werden ergänzt durch eine Vielzahl von EU Projekten und die Teilnahme an EU Netzwerken, wie auch EU Stipendien (Marie Curie) und letztlich auch durch Projektmittel aus den USA. Besonders hervorzuheben ist auch die lokale Unterstützung sowohl von Seiten der Industriellenvereinigung als auch durch das Land Tirol und die Stadt Innsbruck, mit analoger Unterstützung auch auf Wiener Seite.

Im November 2003 wurde das Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Österreichischen Akademie der Wissenschaften IQOQI (<http://www.iqoqi.at>) gegründet. Das Institut besteht aus einer Abteilung in Innsbruck

mit Arbeitsgruppen um die wissenschaftlichen Direktoren R. Blatt und R. Grimm (Experimentalphysik, Universität Innsbruck), H. Briegel und P. Zoller (Theoretische Physik, Universität Innsbruck) und einer Abteilung in Wien mit A. Zeilinger (Experimentalphysik, Universität Wien) als wissenschaftlichem Direktor. Die Finanzierung wurde zu Beginn durch Mittel des Rates für Forschung und Technologieentwicklung bzw. des Wissenschaftsministeriums sichergestellt, wobei das Land Tirol (über die Zukunftsstiftung) und die Stadt Innsbruck bzw. die Stadt Wien Erstausrüstungsmittel bereitstellten. Ziel war es, ein unabhängiges Forschungsinstitut der Akademie mit direkter Querverbindung zur Universität zu schaffen, in dessen Rahmen sich Akademieinstitut und Universität in Forschung und Lehre ergänzen. Vorbild für das Akademieinstitut waren, sowohl vom Anspruch der Forschungsleistungen als auch der Struktur (soweit mit Akademiestrukturen kompatibel), die Max Planck Institute in Deutschland – mit einem deutlich stärkeren Standbein auf eingeworbenen Forschungsmitteln. Durch die Anbindung an die Universität, insbesondere auch durch die (gewollte) räumliche Nähe, soll ein enger Austausch besonders auf Studenten- und Postdoc Ebene induziert und eine Integration der Mitglieder des Akademieinstitutes in den Lehrbetrieb der Universität erreicht werden. Das neue Institut gibt einen Rahmen für fokussierte Forschung, besonders auch für langfristige Projekte mit großem Zeithorizont, als Ergänzung zur universitären Forschung und als Plattform für international geförderte Forschung. Dazu gehören auch Querverbindungen zur Industrie zur Entwicklung von Quantentechnologien. Ein zentraler Aspekt ist die Jungforscherförderung: innerhalb der Arbeitsgruppen soll es jungen Forschern ermöglicht werden, sich in hochkarätiger Umgebung wissenschaftlich zu profilieren. Wunschziel und Plan für die nächsten Jahre ist die Errichtung von unabhängigen, jedoch zeitlich begrenzten Jungforschergruppen, bei welcher das Akademieinstitut sowohl personell als auch räumlich eine Grundausrüstung bereitstellt, die durch eingeworbene Drittmittel ergänzt werden soll.

Folgerungen für die österreichische Forschungslandschaft

Vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Diskussion in Österreich über Exzellenz in der Forschung kann die Quantenphysik als ein Beispiel gesehen werden, wie Forschungsexzellenz in Österreich entsteht und sich Strukturen gibt. Entscheidend war dabei, dass in einer Achse Innsbruck-Wien mit einer Gruppe von guten Forschern ein Nukleus entstand, der sich generationenübergreifend zu einer kritischen Masse von Forschern auf einem breiten und aktuellen Gebiet in der Physik geformt hat. Die Gruppe baut auf traditionellen österreichischen Strukturen (Universitäten, Akademieinstitut) auf, die Forschung wird vor allem aus eingeworbenen Mitteln (SFB, EU Projekte etc.) finanziert. Wie die Beispiele des nichtlokalen SFBs und des nichtlokalen Akademieinstitutes mit enger Anbindung an Universitäten zeigen, wurden dabei neue Wege innerhalb etablierter Strukturen gegangen. Es ist von Wert, diese Erfahrungen mit den zurzeit diskutierten Ideen zur Errichtung von neuen Forschungseinrichtungen zu vergleichen.

Gleichzeitig sei hervorgehoben, dass Österreich die Errichtung neuer Forschungsinstitute (bzw. Universitäten) mit dem Anspruch der „Exzellenz“ guttun würde. Jede Idee und Initiative in diese Richtung ist grundsätzlich zu begrüßen. Konkurrenz belebt das Geschäft – innerhalb Österreichs aber auch mit dem Ausland. Neue Einrichtungen haben den Vorteil, frei von historischem Ballast zu sein. Andererseits fehlen ihnen die Wurzeln. Als Vorbild für Exzellenzuniversitäten werden häufig Harvard und das MIT genannt. Bei diesem Vergleich wird oft vergessen, dass beide Universitäten privat finanziert werden und dass sie über einen langen Zeitraum zu Exzellenzzentren gewachsen sind. Die österreichische Diskussion des vergangenen Jahres hat als Ansatz eine Schaffung von Exzellenz am Reißbrett, deren Erfolg oder Misserfolg letztlich von einer Reihe von Faktoren abhängt, ganz besonders auch den (zu identifizierenden) Gründerpersönlichkeiten. Aus der Tatsache, dass die neuen Einrichtungen zu einem Gutteil vom Steuerzahler finanziert werden, ergeben sich zwei unmittelbare Folgerungen: erstens, dass (wie in der Öffentlichkeit bereits häufig erwähnt) dazu „neues Geld“ erforderlich ist und dass die Umsetzung dieser Pläne nicht auf Kosten der existierenden Einrichtungen gehen darf; zweitens die Sicherstellung der a priori Chancengleichheit aller bereits existierenden Institutionen, die das Potential zur Entwicklung von Exzellenzzentren hätten. Chancengleichheit betrifft dabei sowohl den Wettstreit um finanzielle Mittel als auch die gesetzlichen Randbedingungen.

Chancengleichheit im Wettbewerb um die Finanzierung von Grundlagenforschung ist gegeben, wenn die Grundausrüstung von Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen (Akademieinstituten etc.) spartanisch gehalten wird und aus zentralen Töpfen, die allen zugänglich sind, Gelder für Projekte eingeworben werden können. Diese Gelder sollten nicht nur das unmittelbare Projekt finanziell ermöglichen, sondern durch einen Overhead-Anteil auch Strukturmittel für die jeweilige Institution bereitstellen. Tatsächlich sollte auf diesem Wege auch ein Gutteil der momentan über das Ministerium direkt an die Universitäten fließenden Mittel vergeben werden. Damit würde einerseits ein leistungsabhängiger und dynamischer Wettbewerb der bestehenden Einrichtungen um die vorhandenen Forschungsgelder initiiert. Andererseits würde innerhalb der jeweiligen Einrichtung ein Mechanismus etabliert, bei welchem jene Forscher, die sich in einem solchen System bewähren,

als die Träger der jeweiligen Institution Anerkennung und Förderung fänden – und damit in diesen Einrichtungen auch Strukturreformen in Gang gesetzt, die ein positives Abschneiden im geschilderten Wettbewerb begünstigten. Voraussetzung für das Funktionieren eines solchen Verfahrens wäre eine faire Evaluation der Anträge, wobei dem FWF hier Vorbildwirkung zukommt. Es ist offensichtlich, dass ein solches System, den Naturwissenschaften auf den Leib geschneidert ist, während eine solche Kultur in den geisteswissenschaftlichen Fächern sich erst etablieren müsste. Besonderes Augenmerk sollte in einem solchen System der Jungforscherförderung zukommen, was sich in einem entsprechenden Programm widerspiegeln müsste. Vor dem Hintergrund eines solchen Förderschemas wäre eine Exzellenzinstitution jene, die in diesem Wettbewerb gut abschneidet, wobei sich dies im Laufe der Zeit durchaus ändern kann und Exzellenz sich auf Forschergruppen bezieht und nicht auf bestimmte Einrichtungen.

Obige Struktur der kompetitiven und dynamischen Forschungsförderung ist in einer deutlich extremeren Version in den USA verwirklicht: Exzellenzinstitutionen wie das MIT und Harvard verdienen sich ihren Titel in diesem Wettbewerb. Aus dem US Modell kann man aber (mit Abstrichen) auch lernen, wie ein Karrieremodell für Jungforscher aussehen sollte – wobei man sich vor einer naiven Übertragung amerikanischer Strukturen auf europäische Verhältnisse hüten muss. Im amerikanischen Modell werden junge Forscher vergleichsweise früh unabhängig, was im Sinne eines Tenure Track Modells mit harter Selektion, Evaluierung, Leistungsbezug und drittmittelorientierter Finanzierung der Forschung verbunden ist. Was man aber definitiv von den USA abschauen sollte, ist das head hunting nach guten Wissenschaftlern (was ja auch für die neue geplante Eliteinstitution in Österreich vorgesehen ist – wobei sich die Frage stellt, ob dies einer der Gründe ist, warum sie außerhalb des für alle Universitäten geltenden Universitätsorganisationsgesetzes stehen soll). Eine weitere überlegenswerte Neuerung wäre ein Neun-Monate-Gehalt, bei welchem man sich aus seinen Forschungsprojekten sein Sommergehalt finanziert.

An österreichischen Einrichtungen sollten gezielt Anstrengungen unternommen werden, um Jungforschergruppen einzurichten. Die Idee dahinter wäre, besonders ausgewiesene junge ForscherInnen als Leiter unabhängiger kleiner Gruppen bestehend aus ca. 2 Doktoranden und 1 Postdoc zu etablieren. Eine solche Jungforschergruppe sollte zeitlich limitiert auf etwa 6 Jahre eingesetzt werden und als Sprungbrett (und nicht als Tenure Track) für eine Karriere an einer anderen Universität oder Forschungseinrichtung verstanden werden. Die Gastinstitution sollte dabei im Sinne eines fund matching extern eingeworbene Mittel durch Grundstrukturen (Stellen für Mitarbeiter, Laborplatz etc.) ergänzen. Ein solches Modell wurde konkret im Rahmen des letzten Antrages des IQOQI für die Forschungsfinanzierung der kommenden Jahre an das Wissenschaftsministerium und den Rat für Forschung und Technologie im Wege der Akademie vorgeschlagen. Vermutlich stellen solche Jungforschergruppen auch die richtige Antwort dar, um eine neue Forschungseinrichtung in Österreich zu starten – anstelle von (nur) etablierten Gruppen um etablierte Seniorwissenschaftler, wobei man die tatsächlich exzellenten Köpfe ja (ausnahmsweise) in eine permanente Anstellung überführen könnte.

Fazit

Es ist erfreulich zu beobachten, dass sich Österreich in Spitzenforschung in einer Reihe von Forschungsgebieten während der letzten Jahre an die internationale Spitze vorgearbeitet hat, wobei Quantenphysik als eines der Beispiele gelten kann. Ein wesentlicher Faktor dieser Entwicklungen ist, dass spontan Forschergruppen um den Nukleus guter Wissenschaftler entstehen, die letztlich eine kritische Masse bilden und die sich das Attribut „exzellent“ erarbeiten. Die von der Politik zu schaffenden Rahmenbedingungen für das Entstehen und zur Förderung von (mehr) Spitzenforschung in Österreich sind (neben der offensichtlichen Forderung einer ausreichenden gesamten Finanzierung) der freie Wettbewerb um Forschungsmittel verbunden mit Chancengleichheit und objektiver Evaluation der Forschungsvorhaben, d.h. unabhängig von der Heimatinstitution der jeweiligen Bewerber. Die von Seiten des FWF dieser Tage vorgeschlagene Einrichtung sog. Exzellenzcluster als eine Art „SFB Plus“ ist als eine Initiative zu sehen, die in die richtige Richtung geht. Die Gründung neuer Einrichtungen ist zu begrüßen, falls die Gesamtfinanzierung der Forschungsförderung aufgestockt wird und sie insbesondere den genannten Regeln des freien Wettbewerbs bei Chancengleichheit unterworfen werden. Exzellenz definiert sich dynamisch.

¹ J. I. Cirac and P. Zoller, Qubits, Gatter und Register, Physik Journal, Heft 11, S. 31, November 2005