

Maria Schuld
TU Berlin WS 2011
7. Fachsemester

Praktikum im Bachelor “Naturwissenschaften in der Informationsgesellschaft”

Centre for Quantum Technology
Durban, Südafrika
(Teilpraktikum I: 20.2.-26.4.2011)



Kontakt Praktikumsstelle: Prof. Francesco Petruccione
School of Physics - Quantum Research Group
University of KwaZulu-Natal
Private Bag X54001 Durban 4000, South Africa
Tel: +27 (0)31 260 2770
E-mail: petruccione@ukzn.ac.za
<http://quantum.ukzn.ac.za/>

1 Ziel des Teilpraktikums

Ein Berufspraktikum am *Centre for Quantum Technology* (im Folgenden CQT) bot die Möglichkeit, verschiedene Interessen und Anforderungen in einem Praktikum zu vereinen. Zum einen hat eine wissenschaftliche Karriere als Physikerin durchaus eine Berufsmöglichkeit für mich dargestellt. Es ist deshalb sinnvoll gewesen, den Arbeitsalltag “hinter den Kulissen” einer Arbeitsgruppe einmal näher kennenzulernen.

Zum anderen habe ich im Studiengang Politikwissenschaft einen Schwerpunkt auf das Thema Entwicklungszusammenarbeit mit Afrika gelegt und betrachte insbesondere die wissenschaftliche Kooperation mit Afrika als einen Stützpfeiler für dessen Fortschritt im Bereich der Bildungspolitik. Das Praktikum konnte also sowohl einen Einblick in den Alltag an einem physikalischen Institut als auch einen ersten Kontakt mit afrikanischen wissenschaftlichen Netzwerken und Universitäten bieten.

Ein weiterer Grund für ein Praktikum im universitären Umfeld war die Möglichkeit, Studieninhalte zu vertiefen. Der Fachbereich Quantenmechanik ist dabei nicht nur als Grundlage vieler moderner Forschungsgebiete interessant, sondern verlangt auch viele Jahre der Beschäftigung, bis man ein tiefes Verständnis erreicht. Quanteninformation ist zusätzlich ein Thema mit hoher Zukunftsperspektive, seitdem der so genannte “Quantencomputer” seiner Realisierung immer näher rückt. Dies waren Gründe, die fachlich für ein Praktikum am CQT sprachen.

Darüber hinaus bringt ein Auslandsaufenthalt in einem afrikanischen Land eine Reihe wertvoller Erfahrungen mit sich. Südafrika ist – obwohl in vielerlei Hinsicht nicht mit anderen afrikanischen Ländern vergleichbar – eines der schillerndsten Länder der Welt, wie auch der Spitzname “Regenbogennation” andeutet. Das Zusammenleben verschiedener Kulturen mit afrikanischen, europäischen und indischen Wurzeln in einem Land, das vor 15 Jahren noch von einem Apartheidsregime regiert wurde, ist einzigartig. Dies wird begleitet von einer unvergleichbaren Diversität der Natur, die von afrikanischen Steppen bis hin zu rauen Gebirgszügen und weißen Sandstränden reicht.

Insgesamt sprachen also viele Gründe für die gewählte Praktikumsstelle.

2 Die Praktikumsstelle

2.1 Was ist das CQT?

Das *Centre for Quantum Technology* ist eine Arbeitsgruppe der physikalischen Fakultät an der University of KwaZulu-Natal in Durban, Südafrika. Dort ist es wie die anderen AGs

in Lehre und Strukturen der Universität eingebunden. Es ist außerdem Teil des *National Institute for Theoretical Physics* (NiTheP), dem südafrikanischen Netzwerk für Forschung im Bereich der theoretischen Physik. Das CQT wird aus Drittmitteln finanziert, die zum größten Teil von der Universität bzw. der südafrikanischen Regierung kommen und zum Teil aus internationalen Töpfen stammen.

Das CQT ist dank seines Leiters, Francesco Petruccione, stark in internationale Netzwerke eingebunden. So finden 1–2 mal im Jahr Konferenzen oder Workshops statt, und viele Gastwissenschaftler besuchen das CQT.

Das CQT besteht aus einer theoretischen und einer experimentellen Einheit, in denen insgesamt 10 Forscher bzw. Dozenten, 2 Postdoktoranden und 15 Doktoranden beschäftigt sind. Darüber hinaus schreiben einige Studenten Masterarbeiten in der Arbeitsgruppe. Die Mitarbeiter kommen aus Russland, Europa, Australien, Indien und Afrika, wobei (wie im gesamten Institut) nur sehr wenige südafrikanische PhysikerInnen zu finden sind. Es gibt jedoch eine nationale Quote für die Zulassung südafrikanischer Masterstudenten, so dass die Zusammensetzung der Studierenden weniger international ist.

Die Forschungsthemen des CQTs sind in den Bereichen Quanteninformation, offene Quantensysteme und Quantenkorrelation angesiedelt, zeigen aber eine große Variation bis hin zu Bereichen wie Quantenbiologie oder Quantenfeldtheorie. Ein Schwerpunkt liegt auf dem Bereich der Quanteninformationsübertragung. Zur Fussball-Weltmeisterschaft 2010 hat das CQT im so genannten “Quantum Stadium Project” die Kommunikation des neu gebauten Fussballstadions in Durban zu diversen TV-Stationen und Sicherheitsstellen per Quantenkryptographie übertragen können und Durban somit inoffiziell zur “Quantum City” ausgerufen. Dieses Projekt hat dazu beigetragen, dass die südafrikanische Quanteninformationsforschung international bekannt wurde. Es veranschaulicht die Bemühungen von Prof. Petruccione, die Arbeit des Instituts auch in einen lokalen Kontext einzubinden und populär zu machen.

2.2 Wie bin ich auf das CQT aufmerksam geworden?

An den Praktikumsplatz gelangt bin ich durch eine Internetrecherche zu den Stichworten “Afrika” und “Physik”. Vor einigen Jahren hatte sich die “Afrikanische Physikalische Gesellschaft” gegründet, auf deren Webseite eine Email-Adresse zu finden war. Ich habe eine kurze Anfrage nach möglichen Praktikumsplätzen an diese Adresse gesendet, die von einem Mitarbeiter an afrikanische physikalische Institute weitergeleitet wurde. Dies hatte zahlreiche Antworten aus afrikanischen Universitäten zur Folge, von denen die meisten

sogar von den Institutsdirektoren persönlich verfasst waren. Dabei hat sicher geholfen, dass ich im (naiven) Glauben an das begrenzte Budget der afrikanischen Universitäten angeboten hatte, auf Bezahlung zu verzichten.

Unter den Antwortenden befand sich eine sehr interessante Email von Prof. Petruccione. Nachdem ich mich für das CQT entschieden hatte, waren keine weiteren Formalitäten wie etwa eine Bewerbung oder ein Interview mehr notwendig.

3 Meine Tätigkeitsfelder

Es war mein eigener Wunsch, eine Forschungsaufgabe zu bekommen, an der ich eigenständig arbeiten konnte. Dieser Aufgabe habe ich fast meine gesamte Zeit am CQT gewidmet, während ich nebenbei Einblick in die verschiedenen wissenschaftlichen und menschlichen Dimensionen des Instituts gewinnen konnte. Für diese Aufgabe stand mir ein Betreuer zur Seite, mit dem ich täglich Rücksprache über den Fortschritt halten konnte und der meine Arbeit angeleitet hat. Obwohl das zu bearbeitende Problem in der Literatur wohlbekannt ist, legte er Wert darauf, mich die Lösungswege mit wenigen Hinweisen selbst finden zu lassen. Oft fanden wir Herleitungen, die über die Lehrbücher der Quantenoptik weit hinausgehen.

Darüber hinaus konnte ich an den Aktivitäten des physikalischen Instituts teilhaben, wie etwa dem Workshop über relativistische Quantenmechanik vom 28.2.–5.3.2011. Diese Erfahrungen waren wertvolle Einblicke in die Welt der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft und boten mir die Chance, einige bekannte Physiker persönlich kennenzulernen. Ich habe es auch als Teil meiner Aufgabe verstanden, zur Betreuung und Unterhaltung der Gäste beizutragen. Dabei habe ich gelernt, dass auch dies eine Funktion ist, die in einer international vernetzten Forschungsgruppe erfüllt werden muss.

Der Aufenthalt am CQT wurde abgerundet durch eine Präsentation meiner Ergebnisse vor dem physikalischen Institut am letzten Tag des Praktikums.

3.1 Arbeitsalltag am CQT

Die Arbeitszeiten am CQT sind sehr flexibel, wie es in der akademischen Welt üblich ist. In Durban besteht die Problematik, dass es keinen öffentlichen Verkehr gibt, sodass ich in vielen Situationen davon abhängig war, von Kollegen mitgenommen zu werden. Als sehr hilfreich hat sich auch der universitätseigene Shuttle-Service zwischen dem Campus nahe meiner Unterkunft und dem Westville Campus herausgestellt. So fing der Tag meistens um halb neun an. Im Tagesverlauf gab es mehrere gemeinsame Kaffeepausen und eine

Mittagspause, in denen selten über physikalische Themen gesprochen wurde. Die meisten meiner Kollegen verließen das Institut um 5 Uhr.

Ich hatte meinen Arbeitsplatz in einem Büro, in dem zwei Postdoktoranden und eine Doktorandin saßen, denen ich meine Fragen stellen konnte. Mit meinem Betreuer Dr. Ilia Synayskiy habe ich täglich mehrere Rücksprachen gehalten, in denen er mir Hilfestellungen gab, wenn ich nicht eigenständig weiterkam.

Der Arbeitsalltag an der University of KwaZulu-Natal ist auch geprägt von den jährlich auftretenden Studentenprotesten. Auch diese Seite der Universität durfte ich erschreckerweise kennenlernen. Der so genannte “Toi-Toi”, die Zulu-Variante des Streiks, besteht aus lauten Gesängen, Tanz und Sprechchören. Wie anscheinend jedes Jahr wurden von Seiten der Regierung harte Geschütze in Form von bewaffneten Einsatzkräften, Tränengas und Wasserwerfern vorgefahren, die die Situation zum Eskalieren brachten. Die Reaktion einer Gruppe von Studenten war die gewalttätige Zerstörung von universitärem Eigentum, Autos und Fensterscheiben. Eine Vielzahl von Menschen wurde von Gummigeschossen und Tränengas verletzt und mehrere Studenten verhaftet.

Die genauen Ursachen der Eskalation sind mir bis heute nicht ganz bekannt. Auch wenn diese Seite der Universität sehr erschreckend war, hat sie mir einige Erkenntnisse über die gesellschaftlich-politische Situation der Region offenbart. Insgesamt dauerten die Proteste jedoch nur eine Woche und wurden am Institut kaum wahrgenommen.

3.2 Der gedämpfte getriebene harmonische Oszillator

Meine Forschungsaufgabe, anhand derer ich die Grundlagen der Forschung am CQT kennenlernen konnte, war der gedämpfte getriebene harmonische Quanten-Oszillator. Das quantenmechanische Modell beschreibt einen Oszillator in einem thermischen Bad, der gleichzeitig von einem schwachen E-Feld getrieben wird.

Die Oszillator-Bad-Wechselwirkung wird als offenes Quantensystem modelliert, dessen Dynamik durch die Dichtematrix des Systems beschrieben wird. Diese folgt wegen des Bads keiner unitären Zeitentwicklung, so dass statt der gewöhnlichen Heisenberg’schen Bewegungsgleichung so genannte Mastergleichungen angewendet werden müssen. Meine Aufgabe war es, die Mastergleichung in Lindblad-Form aufzustellen und zu lösen. Dies habe ich zunächst ohne treibende Kraft durchgeführt, um daraufhin die Ergebnisse mit einem aus einer Mode bestehenden E-Feld zu erweitern. Der Vollständigkeit halber habe ich daneben auch den Fall des getriebenen ungedämpften Quantenoszillators untersucht.

Die Lösung der Mastergleichung erfolgte mit der Darstellung der Dichtematrix durch ko-

härente Zustände. Diese führt auf eine Gleichung für die zugehörige P-Distribution, die ihrerseits zu lösen war. Es war außerdem entscheidend, dass die Lösung unabhängig vom Anfangszustand war, damit im Anschluss verschiedene Anfangszustände miteinander verglichen werden konnten. Die Lösungsmethoden selbst wichen von den im Bachelor gelernten Standardmethoden ab.

Das Ergebnis der zweimonatigen Rechnungen war schließlich eine Lösung, die das Verhalten der Dichtematrix des Oszillators beschreibt. Diese Lösung habe ich in einer Abschlusspräsentation meinen Kollegen vorstellen können. Mit einigen weiteren Wochen Arbeit an dem gestellten Problem könnten die Ergebnisse laut Prof. Petruccione in einer Publikation zusammengefasst werden. Ob ich dies weiter verfolge, wird noch zu entscheiden sein.

4 Persönlicher Eindruck

Das Praktikum war sehr lehrreich und hat meine Erwartungen mehr als übertroffen. Meine ursprünglichen Ziele, Erfahrungen über einen Institutsalltag zu gewinnen, Wissenschaft in Afrika kennenzulernen und fachlich weiterzukommen, wurden alle erfüllt. Darüber hinaus habe ich tolle Menschen kennengelernt, mit denen der Kontakt auch über das Praktikum erhalten sein wird.

Das CQT habe ich kennengelernt als ein hochmodernes, gut organisiertes Forschungsinstitut, das auf hohem fachlichen Niveau forscht. Die Forschung in Südafrika scheint sehr gut finanziert zu sein. Es wäre interessant, dies mit anderen Staaten Afrikas zu vergleichen. Im Laufe meines Aufenthalts wurden natürlich auch die gruppeninternen Konflikte und Probleme offenbar, die man wohl in fast jeder Arbeitsgemeinschaft finden kann. Auch das ist eine Erfahrung, die ich von dem Praktikum mitnehme. Insgesamt hatte ich aber tolle Kollegen, die mich sehr unterstützt haben.

Das Praktikum wird meine Zukunftsorientierung beeinflussen. Obwohl mir meine Aufgabe Spaß gemacht hat und ich morgens gerne zur Arbeit gegangen bin, war es erschreckend zu sehen, wie kleinschrittig und spezialisiert sich die Forschung gestaltet. Eine wissenschaftliche Karriere in der Physik bedeutet, viele Jahre lang an Problemen zu arbeiten, deren Bedeutung nur sehr begrenzt sichtbar ist. Die Freude an neuen Erklärungen über die Natur des Universums, die im Studium noch zu spüren ist, weicht einem Leistungs- und Publikationsdruck, in dem kaum mehr ein grundlegendes Erkenntnisinteresse zu finden ist. Aus diesen Beobachtungen habe ich gelernt, dass eine wissenschaftliche Karriere kaum für mich in Frage kommt.

Insgesamt ist mein Eindruck aber sehr positiv. Das *Centre for Quantum Technology* kann ich als Praktikumsstelle, aber auch für Bachelor- und Masterarbeiten im Bereich der Quantenphysik wärmstens empfehlen.