

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitung und Anreise	2
2	Wohnungssituation und Öffentlicher Verkehr	2
3	Freizeitaktivität	3
4	Erfahrung in der Fakultät	3
5	Praktikum	4

1 Vorbereitung und Anreise

Zur Zeit meines Praktikums ist zwar das Vereinigte Königreich noch nicht die EU verlassen, brauche ich aber Visum, nämlich das „Temporary Worker - Government Authorised Exchange visa(Tier 5)“, da ich nicht aus EU Länder stamme. Zum Glück ist die Anleitung dafür auf die Webseite ^I sehr ausführlich geschrieben und ich hatte kein großartiges Problem bei der Beantragung. Ich musste erst das Akademische Auslandsamt der Uni in Gastland kontaktieren, damit sie das „Tier 5 Certificate of Sponsorship“, das ich bei Beantragung des Visums brauchte, aufstellen konnten. Danach füllte ich einfach das Antragsformular auf die Webseite. Dann musste ich die erforderlichen Dokumenten in Computer einscannen und auf die Webseite von TLS contact hochladen. Schließlich muss ich noch einen Termin bei TLS contact vereinbaren, bei dem ein Foto und der Fingerabdruck von mir gesammelt wurden. Schließlich habe ich etwa ein Monat gewartet bevor ich mein Visum bekomme. Da das Vereinigte Königreich die EU verlassen würde, ist es hochwahrscheinlich, dass die Regeln und Verfahren für die Visumbeantragung geändert würden.

Am einfachsten reist man nach Edinburgh mit Flugzeug an. Mein Flugticket inklusiv 20kg Gepäck kostet weniger als 120 Euro. Von dort kann man entweder mit Bus oder Zug nach St Andrews fahren. Vom Flughafen kann man mit dem Bus 747 nach Halbeath P&R fahren, und dort auf X59 umsteigen. Diese Fahrt dauert etwa 2 Stunden und kostet im Jahr 2019 19,00 Pfund. Mit dem Zug ist bisschen schneller aber auch bisschen teurer. Auf die zugehörigen Webseiten kann man das Fahrplan finden und Ticket buchen. ^{II}

2 Wohnungssituation und Öffentlicher Verkehr

In Vereinigtem Königreich wird die Miete manchmal pro Wochen gerechnet, darauf sollte man aufpassen. Die Wohnungen in St Andrews sind relativ teuer, kostet etwa 120 Pfund pro Woche, oder 500 bis 600 Pfund pro Monat. Man sollte auch darauf achten, dass manche studentenwohnheim nur für die Studenten sind, die an einer Uni in V.K. eingeschrieben sind. Für die Unterkunft während Sommerferien kann man noch relativ einfach eine Wohnung oder ein Zimmer finden, da die meisten Studenten nach Hause gegangen sind. Die Uni of St Andrews bietet auch Sommer Wohnungen für diese Zeit ^{III}. Die Uni bietet auch eine online Suchmaschine^{IV}. Außerdem findet man auch Angebot von privaten Anbietern von studentenwohnheim wie „Homes for Students“^V. Mehr Infomationen findet man auf die Webseite von Uni^{VI}.

Will man aber Geld sparen, könnte man auch Wohnungen in benachbarten Städten suchen.^{VII} Ich habe zum Beispiel ein Zimmer in Cupar gefunden, das nur monatlich 400 Pfund kostet. Die Busse von Cupar nach St Andrews dauern ungefähr 30 Minuten und fahren stündlich. Daneben ist Dundee auch unter den Studenten und Doktoranden sehr beliebt. Da die Sommer Wohnheime nur bis Ende August verfügbar sind, empfehle ich eine private Wohnung zu suchen, damit man nicht bei dem Anfang des Semesters (Anfang September)

^I<https://www.gov.uk/tier-5-government-authorised-exchange>

^{II} Bus, Stagecoach:<https://www.stagecoachbus.com/> und Zug: <https://www.scotrail.co.uk/>

^{III}<https://www.st-andrews.ac.uk/accommodation/>

^{IV}<https://www.standrewsstudentpad.co.uk/Accommodation>

^V<https://www.standrewsstudentpad.co.uk/Accommodation>

^{VI}<https://www.st-andrews.ac.uk/study/accommodation/>

^{VII} Die Uni Webseite empfehle ein Paar Städte:<https://www.st-andrews.ac.uk/study/accommodation/private/>

umziehen müsste. Um einen Unterkunft zu finden habe ich die Webseite „Spareroom“^{VIII} verwendet. Nun muss man auf Sicherheit achten und Betrüge meiden.

In der Regel reicht es, wenn man innerhalb Fife nur mit der Busse fahren. Ich habe das Student Ticket Fife Plus für 4 Wochen gekauft, und mit diesem kann man alle Busse von Stagecoach innerhalb Fife, Dundee Stadtmittel und Edinburgh nehmen. Es kostet 82,80 Pfund. Für Ticket billiger als 30 Pfund kann man in dem Bus mit kontaktlose Kreditkarte oder Debitkarte kaufen. Da das Student Ticket Fife Plus für eine Woche billiger als 30 Pfund ist, empfehle ich dies sofort beim Anknunft in Edinburgh kaufen, wenn man mit dem Bus 747 von Edinburgh nach St Andrews fährt. Mit dem Bus muss man selber wissen, welche die nächste Haltestelle ist. In Zweifel kann man immer BusfahrerIn fragen, und meistens würde BusfahrerIn beim Erreichen der Zielhaltestelle noch mal die Fahrgäste an Aussteigen erinnern. Ich empfehle das App „Moovit“, mit dem kann man aktuelle Fahrplan aufrufen und die Funktion Erinnerung an Aussteigen benutzen.

3 Freizeitaktivität

St Andrews ist eine sehr beliebtes Touristenziel. Sie bietet Sehenswürdigkeiten wie zum Beispiel die Kathedrale, das Schoss, die zwei Küsten und Pier.

Das Coastal Path ist ein sehr berühmte Spaziergang, der schöne Aussicht entlang der Küste anbietet. Ich bin zum Beispiel mit dem Buslinie 95 von St Andrews nach St Monans gefahren, und von dort entlang das Coastal Path durch Anstruther nach Crail spaziert.

Im August hat man die beste Chance, mit Schiff von Anstruther nach *Isle of May* zu fahren. Dort gibt es viele wilde Tiere, insbesondere beliebt ist der Papageitaucher. Die Fahrt nach Isle of May kostet ungefähr 25 Pfund und man darf zwei bis drei Stunden auf den Insel bleiben. Es ist wegen der schönen Aussicht und wilden Tiere besuchenswert für Foto-Begeisterte. In Anstruther gibt es laut Internet das beste Fish & Chips^{IX}, das definitiv empfehlenswert ist. Mit einer einstündigen Busfahrt erreicht man in Dundee, die Stadt mit dem meisten Sonnenschein in Schottland. Das V&A Musuem ist selbst eine ikonische Gebäude. Neben der ist das erste Schiff, das speziell für wissenschaftliche Forschungen in der Antarktis aufgebaut war.

Die Busse von St Andrews nach Edinburgh, die Hauptstadt von Schottland, dauert ungefähr 2 Stunden mit dem Bus linie X59 oder X24. Als eine Hauptstadt bietet sie natürlich viele Sehenswürdigkeiten, z.B. Arthur's Seat, Edinburgh Castle und Royal Mile. Im August findet hier auch das welt größte Kunst Festival, das Fringe Festival, statt. Während des Festivals werden über 3000 Theaterspiele aufgeführt, und es gibt viele Straßenkünstler, die Lache durch Varietéshow den Leuten bringen.

4 Erfahrung in der Falkutät

Die Menschen hier in Schottland sind sehr höflich, freundlich und hilfsbereit. Jeden Tag um 11 Uhr und 16 Uhr sind die Kaffee- und Teepause, bei denen die Kollegen zusammen Pause machen und chatten. Dies bietet die Möglichkeit an, Leuten aus anderen Arbeitsgruppen kennenzulernen und zu befreunden. Die Professoren und Doktoranden gehen einmal pro Woche zur Kneipe und verbringen die Nacht zusammen. Außerdem gibt es auch in der Som-

^{VIII}<https://www.spareroom.co.uk/content/info-tenants/safety-tips-for-room-seekers/>

^{IX}Anstruther's Fish Bar

merferien viele Veranstaltungen, die akademischer Austausch innerhalb der Arbeitsgruppe und zwischen Universitäten ermöglichen.

5 Praktikum

My project focused on using the TEMPO method, developed in University of St Andrews, to simulate and investigate the dynamic of a non-Markovian open quantum system. More precisely, my aim is to understand how the dynamic of the spin-boson model changes with coupling strength.

The idea of open quantum system can be understood by considering quantum dissipation. To describe how the energy dissipates from a system into the environment using Hamiltonian, for which the energy is always conserved, we must also include the environment into our picture. This is very similar to the classic thermodynamic picture of a system in a heat bath. The open quantum system I studied is the ohmic spin boson model. In this model, the environment, or bath, is described by the sum of infinite number of harmonic oscillator, which can be seen as bosons. The (sub-)system itself is a two level system, which can be mapped to a 1/2 spin model. The reason it is called “ohmic” is because the spectral density function of the system, which captures the interaction between the system and the bath, is given by:

$$J(\omega) = 2\alpha\omega^s \exp(-\omega/\omega_c) \quad , \quad (1)$$

where $s = 1$ and α is the coupling strength. For $s < 1$ it is called “subohmic” and for $s > 1$ “superohmic”. The Hamiltonian of the system is given by:

$$H = H_0 + O \sum_i \left(g_i a_i + g_i^* a_i^\dagger \right) + \sum_i \omega_i a_i^\dagger a_i \quad (2)$$

with $H_0 = S_x$, system operator $O = S_z$, with S_i being the i -component Spin Operator, in our case it's $\frac{1}{2}\sigma_i$. Here $a_i(a_i^\dagger)$, g_i and ω_i are the creation (annihilation) operators, the coupling constant between the system operator and i -th bath mode and frequencies of the i -th bath mode.

The term *non-Markovian* means that the *Born-Markov Approximation* does not work well on our model. Simply speaking, Born-Markov Approximation assumes that the Master equation is time-local, meaning to describe the dynamic of a system, we only need the information of the system's current state and not its past, i.e. the past has no or negligible influences on the future of the system. A Master equation is used to describe the dynamic of a stochastic process, similar to the equation of motion for deterministic process in Newtonian mechanics. For example of a non-Markovian system, when the system emits a photon into the environment and there is a mirror in the environment which reflects the photon back to the system after a set amount of time, we need to keep track of when our system emitted photons in order to correctly describe the physics of our system.

The TEMPO method stands for Time Evolving Matrix Product Operator. It uses Matrix Product Operator and Matrix Product State to describe the time evolution of a system.

The Hamiltonian in (2) is symmetrical between z and $-z$ direction. At zero Temperature, the system undergoes a phase transition as its density matrix changes from relax to become diagonal in the basis of σ_x at weak coupling to become diagonal in the basis of σ_z at strong coupling. The later also means that there is a symmetry breaking. My original target was to use TEMPO to simulate the system with coupling strength close to the critical coupling strength α_c , in order to understand the dynamic of the system around the phase transition.

However, at finite temperature we found that the symmetry breaking disappeared, which is unexpected. Our interest immediately shifted to investigate this and compare our model to other models for which a symmetry breaking behavior at finite temperature is predicted. During my project I used python intensively, as the developed TEMPO method is also coded in python.

6 Literatur

Strathearn, A., Kirton, P., Kilda, D. et al. Efficient non-Markovian quantum dynamics using time-evolving matrix product operators. *Nat Commun* 9, 3322 (2018) doi:10.1038/s41467-018-05617-3