



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název projektu: Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/20.0060

Zpráva z účasti na stáži

Datum konání stáže:	1.9.2011 – 31.10.2011
Navštívené pracoviště:	Fakulta fyziky, Ústav kvantové optiky, kvantové nano-fyziky a kvantové informace, Univerzita Vídeň
Zahraniční garant:	prof. Časlav Brukner
Účastník stáže:	prof. RNDr. Zdeněk Hradil, CSc.

Stručný popis navštíveného pracoviště

Vídeňská univerzita patří k prestižním světovým pracovištím s dlouholetou tradicí fyzikálního výzkumu, což lze vidět již na první pohled z označení přednáškových sálů (E. Mach, L. Meitnerová, J. Stefan, L. Boltzmann ..). Kvantová informace ve Vídni je spojena především se jménem prof. Antona Zeilingera, který zde působí a který stál u zrodu několika důležitých směrů v současné kvantové informatice. Této tematice se věnuje celý ústav, který je podporován Vídeňskou univerzitou a Akademií věd. Instituce sídlí v historických budovách na Boltzmanngasse a sdružuje jak teoretická pracoviště tak i laboratoře. Ke špičkově vybaveným laboratorům patří laboratoře pod vedením prof. Zeilingera. Věnuje se mnoha problémům, např. výzkumu kompaktního zdroje entanglovaných párů fotonů určených pro kvantovou komunikaci pomocí družic, zvyšování informační kapacity kvantových kanálů s využitím orbitálního úhlového momentu fotonových párů a také možností manipulovat současně s více entanglovanými páry současně. Další významný směr zastoupený ve výzkumu Vídeňské univerzity je spojen s interferencí vysoce hmotnostních částic o hmotnosti řádově tisíců atomových jednotek a prověřování meziplatnosti kvantové mechaniky. Tuto skupinu molekulové optiky vede prof. Marcus Arndt a tento výzkum vyžaduje náročné specializované laboratorní vybavení. Z hlediska potenciálních aplikací se velice slibně rozvíjí výzkum v optomechanické laboratoři prof. Markuse Aspelmayera, který směřuje k vytvoření provázání mezi mechanickým systémem (mikro-zrcátko) a světelným polem. Tento výzkum je velice úzce vázán na optickou detekci gravitačních vln, o kterou se se v současnosti snaží několik světových laboratoří.

Na Vídeňské univerzitě je experimentální výzkum úzce propojen s teorií. Já jsem byl hostem ve skupině prof. Časlava Bruknera, který se zabývá fundamentálními aspekty kvantové teorie, teorie relativity a kvantové informatiky. Spolu s ním je ve skupině několik

PhD studnetů: Borivoje Dakic, Magda Zych, Fabio Costa and Igor Pikovski a celá řada hostů. Během mé návštěvy např. Prof. Marek Zukowski z Gdaňsku a prof. L. Sanchez Soto z Madridu. Výzkum skupiny se zaměřuje na fundamentální otázky kvantové teorie jako je stochastické modelování kvantových jevů, nelokální projevy v kvantové mechanice, narušení Bellových nerovností nebo šíření provázání pro relativistické Klein-Gordonovo pole. K často diskutovaným otázkám také patří kvantový formalismus měření a zvláště pak měření s využitím tzv „mutually unbiased basis.“ Touto tematikou jsem se zabýval i já.

Průběh stáže, semináře a výsledky rozpracované během vědeckého pobytu

V průběhu stáže jsem se zapojil do běžného univerzitního života. Pravidelná setkání v širším kruhu probíhala v rámci tzv. „tiskového klubu“ (journal club), kdy se diskutoval předem vybraný problém. V rámci takového setkání v pátek 21. října jsem přednesl neformální příspěvek **“Information, ignorance, knowledge and uncertainties in tomography“**. Vědecký pobyt se překrýval s týdnem udělování Nobelových cen a v tomto období se ve Vídni uskutečnilo několik zajímavých přednášek. Mimo to v akademickém roce probíhá výukový seminář pro postgraduální studenty [CoQuS](#) (Complex Quantum systems) a v jeho rámci jsem navštívil jsem např. přednášku věnovanou očekávaným novým poznatkům v rámci programu LHC nebo přednášku věnovanou detekci gravitačních vln. Během stáže jsem navštívil několik laboratoří a hovořil se studenty o jejich vědecké práci. Všechny náročnější experimenty se setkávají se stejným problémem spojeným s diagnostikou kvantového chování. Při těchto diskuzích jsem objasnil základní principy kvantové rekonstrukce spojené s metodou maximální věrohodnosti.

Této tematice jsem se věnoval i ve své vědecké práci. Zabýval jsem se hlouběji dvěma problémy, které mají vztah ke kvantové tomografii. Prvním z nich je otázka, jak přesně určuje ideální měření typu MUB daný kvantový stav. Taková měření jsou intuitivně považována za ideální. Na druhé straně např. pro systémy q-bitů existuje klasifikace různých typů takovýchto bází podle toho, kolik z nich je separovatelných, bi-partitních, tri-partitních atd. Dá se tedy očekávat, že jednotlivé systémy MUB budou selektivně lépe určovat např. bipartitní vlastnosti. Rozpracovaná metoda využívá charakterizaci neurčitostí pomocí Fisherovy informační matice, která určuje neurčitost libovolné veličiny odhadované z tomografických měření. Druhým problémem, kterým jsem se na vídeňském pracovišti zabýval, je tomografická metoda navržená autory Bogdanov, Kulik, Genovese na základě singulárního rozkladu matice měření (SVD, singular value decomposition). Rozpracovaná analýza ukazuje, že tomografie kvantového stavu není lineárním problémem a je proto možné lineární techniky vylepšit. Pro tuto i jinou práci jsem na vídeňském pracovišti našel skvělé inspirativní podmínky.

Navázání kontaktů

Stáž významně přispěla ke znovuobnovení a posílení spolupráce s kolegy ve Vídni. Mimo Ústav kvantové optiky, kvantové nano-fyziky a kvantové informace, jsem také navštívil Atominstitut der Oesterreichischen Universitaeten, což je pracoviště kde jsem dříve působil a kde také působí skupiny zabývající se kvantovou fyzikou, neutronovou optikou a kvantovou informací (prof. H. Rauch, dr. M. Zawisky, prof. Y. Hasegawa). Během svého pobytu jsem se setkal s celou řadou dalších kolegů, se kterými nás pojí obdobné vědecké zájmy (prof. L.

Sanchez Soto, prof. M. Zukowski, prof. U. Leonhardt). Tyto kontakty je třeba posilovat, protože významně přispívají k efektivitě vědecké práce, která je ve své podstatě mezinárodní.

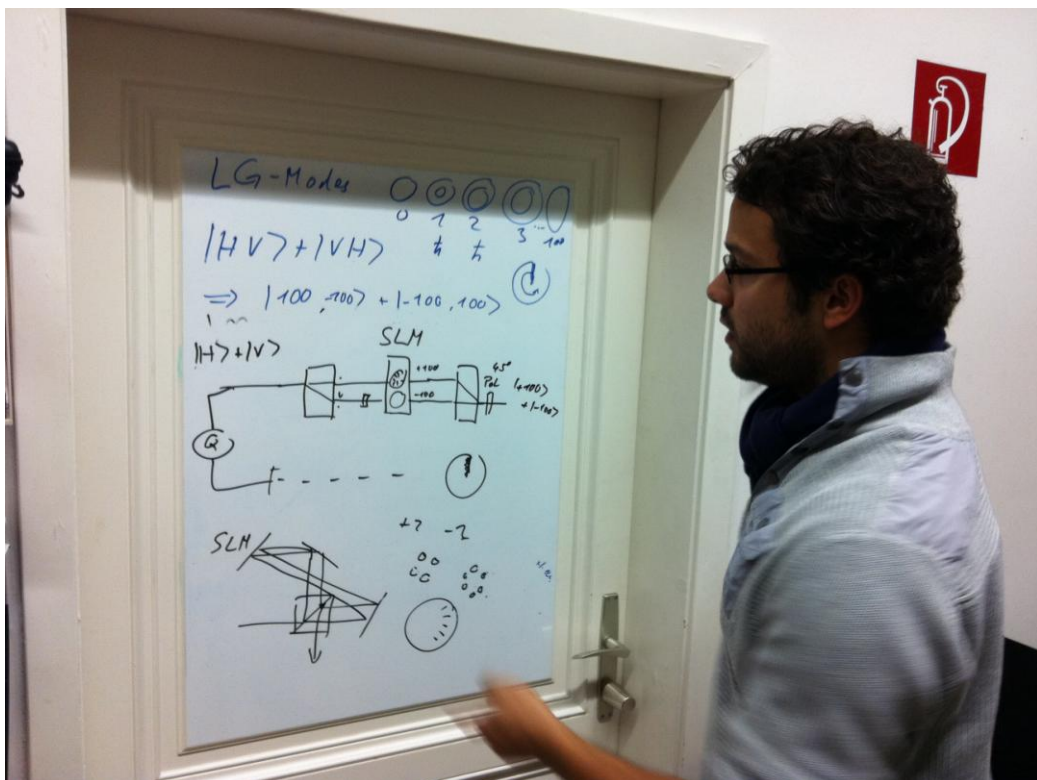
Shrnutí stáže

Stáž plně splnila svůj účel. Došlo k posílení vědecké spolupráce se špičkovým vědeckým pracovištěm v oblasti kvantové optiky a optického kvantového zpracování informace. V rámci stáže jsem získal řadu nových poznatků a doplnil si znalosti o aktuálních trendech v dané oblasti výzkumu. Tyto poznatky budou dále předány cílové skupině formou odborných seminářů.

Fotografická dokumentace



Diskuze při návštěvě laboratoří Ústav kvantové optiky, kvantové nano-fyziky a kvantové informace, prof. Z Hradil (vlevo) a prof. L. SanchezSoto(vpravo).



Pohled do Fotonové laboratoře a diskuze na téma vytváření korelovaných stavů s orbitálním momentem (dr. Schäff)

