



Pressemitteilung 2/2005

27.01.2005

Institut für Physikalische Hochtechnologie e.V.
Albert-Einstein-Str. 9, 07745 Jena (Beutenberg)

Tel.: 03641/206 021, Fax: 03641/206 099
institut@ipht-jena.de, <http://www.ipht-jena.de>

Quantenbits für Superrechner aus dem IPHT mit Thüringer Forschungspreis ausgezeichnet

Zum 5. Mal erhält eine Forschergruppe aus dem Institut für Physikalische Hochtechnologie (IPHT) in Jena einen Thüringer Forschungspreis, diesmal in der Kategorie Grundlagenforschung. Den Wissenschaftler Dr. Evgeni Ilichev, Dr. Thomas Wagner, Prof. Miroslav Grajar und Dipl.-Phys. Andrei Izmailkov aus der Arbeitsgruppe Quantencomputing des Instituts gelang der Durchbruch bei der Entwicklung und Realisierung von Konzepten und Messverfahren für supraleitende Quantenbits („Qubits“) als grundlegenden Baustein für einen Quantenrechner. Die Preisverleihung für die insgesamt vier Forschungspreise 2004 erfolgt durch den Thüringer Kultusminister Prof. Jens. Göbel am 3. Februar 2005 an der Fachhochschule Schmalkalden.

Künftige Quantencomputer zielen auf Anwendungen, bei denen konventionelle Rechner versagen. Sie sollen insbesondere dazu dienen, hochkomplexe Systeme wie große Biomoleküle für Vorhersagen exakt zu modellieren. Mit Strukturierungsverfahren aus der Halbleitertechnologie wurden Schaltungen realisiert, mit denen unter Anwendung besonderer Kühlverfahren die Bauelemente von Mikrometergröße im supraleitenden Zustand als „künstliche Atome“ betrieben werden können. Die getesteten Qubits zeigen weltweit erstmals die für Rechenoperationen notwendigen quantenmechanischen Wechselwirkungen und die für einen technischen Einsatz unabdingbare Lebensdauer. Sie können ausgelesen werden, ohne den quantenmechanischen Zustand zu zerstören. Damit bestehen gute Aussichten, solche Qubit-Schaltungen auf eine technisch relevante Größe auszubauen.

Diese Arbeiten wurden in erstrangigen internationalen Fachzeitschriften publiziert und haben international einen großen Stellenwert. Die prämierten Arbeiten entstanden in Kooperation mit einem der führenden Unternehmen auf diesem Gebiet in Kanada, wobei die Konzepte und der experimentelle Teil der Arbeiten vollständig in Jena verankert sind.

Weitere Informationen unter <http://www.ipht-jena.de/aktuelles>



Die Preisträger des Thüringer
Forschungspreises
Prof. M. Grajar, Dr. T. Wagner,
Dr. E. Ilichev und Dipl.-
Phys. A. Izmailkov (v.l.n.r.)

[Detailinformationen zum Thüringer Forschungspreis für Superrechner aus dem IPHT:](#)

Hintergrund:

Kostengünstige Halbleiter-Rechner in Handys usw. werden auch weiterhin den Markt beherrschen, die Integration bei Superrechnern auf der Basis von Halbleitern stößt aber an physikalische und finanzielle Grenzen. Neue Ansätze und neue Prinzipien sind gefragt für Probleme, bei denen auch künftige Superrechner nicht weiterkommen, besonders das reversible Rechnen:

Ideal wäre verlustfreies Schalten.

Modellhaft ist das denkbar als „Billiardrechner“ mit idealen Kugeln. Der ist aber nicht realisierbar, da technisch doch Verluste auftreten und Fehler sich aufschaukeln. In der molekularen Welt lässt sich die Idealisierung annähern:

Reversibles Rechnen ist dort bereits erfolgreich ausgeführt als „DNA-Enzym-Rechner“ nach dem Modell der Natur. Information ist dabei gentechnisch in Molekularstruktur kodiert und stabil und fehlerfrei ablesbar und einschreibbar. Solch ein „Rechner“ ist aber „hardwaremäßig“ auf genau ein Problem begrenzt.

Konsequenz ist: Man muss noch einen Schritt weiter gehen!

Reversibles programmierbares Rechnen ist mit Quantenmechanik anzugehen, die alles molekulare und atomare Geschehen steuert. Zwischen Messungen erfolgt in der Quantenmechanik genau das ungestörte „Glasperlenspiel“, das wir suchen. Und nur wenige (N) identische Quantenobjekte genügen, um ungeheuer viele Zustände (2^N Stück) parallel „durchzurechnen“.

Dieses Prinzip kann völlig neue Möglichkeiten aufstoßen:

Für wenige Bit sind die neuen Konzepte bereits erfolgreich von einer IBM-Gruppe ausgeführt als „Kernresonanz-Quantenrechner“ (NMR) mit Kernspins in einem Molekül als „Qubits“, auf die man von außen Hochfrequenzpulse schickt. Dabei werden bereits verlustfreie Quantendynamik und die Quantenstabilität genutzt. Das ist ein fundamental wichtiger Prinzipnachweis für die Funktion von Quantenrechnern. Wenn zusätzlich die „Verschränkung“ genutzt wird, genügen einige hundert Qubits für einen technisch relevanten Quanten-Superrechner.

Das ist eine Chance für junge Leute, beim Umbruch des Superrechner-Feldes dabei zu sein, Ideen und Lösungen beizusteuern.

Prämierte Forschungsleistung:

Mit Strukturierungsverfahren, die aus der Halbleitertechnologie stammen, mit supraleitenden Materialien, mit neuen Schaltungskonzepten, mit Messverfahren der Kryoelektronik gelang hier ein Durchbruch zur Realisierung von Quantenrechnern, hochskalierbar auf eine technische Größe und Leistungsfähigkeit. Erstmals weltweit wurden Flussquanten-Qubits realisiert, als künstliche Atome von Mikrometergröße durch besondere Kühlung in den Quantenzustand gebracht, elektromagnetisch abstimmbare mit Josephsonkontakten als aktiven Elementen, charakterisiert und erstrangig publiziert, die eine „Dekohärenzzeit“ größer 2 Mikrosekunden und Arbeitszeit für mindestens tausend Rechenoperationen, die als Paar die quantenmechanische Verschränkung zeigen und somit zentrale Voraussetzungen für einen skalierbaren Quantenrechner erfüllen, in dem einige hundert Qubits durch elektromagnetische Pulse programmiert unter Ausnutzung der „Verschränkung“ zusammenwirken müssen.

Die Dekohärenzzeit entsprechender Flussquanten-Qubits konnte um mindestens eine Größenordnung gegenüber der weltweiten Konkurrenz gesteigert werden durch Verwendung spezieller Hochfrequenzresonanzkreise und gekühlter ultrarauscharmer Halbleiterelektronik. Erstmals erfolgte der Nachweis der Verschränkung solcher Qubits.

Konkurrierende Konzepte zur Realisierung von Qubits für Quantenrechner (Ionenfallen, Atomfallen, Photonen) zeigen in bestimmten Fällen sogar bessere Werte für Dekohärenzzeit und Verschränkung, wie sie hier zur Prämierung anstehen, diese Lösungsansätze der Konkurrenz sind aber aus vielen Gründen nicht hochskalierbar auf eine Zahl größer etwa 30 Qubits, was für Quantencomputing technisch uninteressant ist.

Konkurrierende Gruppen auf dem Feld der Flussquanten-Qubits haben insbesondere das für die Skalierung zentral wichtige Mooij-Qubit konzipiert, mit Nanotechnologie als Schaltung realisiert und charakterisiert, messen aber offenbar mit nachteiliger Rückwirkung auf das Qubit und erhalten entsprechend weniger gute Resultate.

Die zu prämierende Arbeit entstand in Kooperation mit einem der drei führenden Unternehmen auf diesem Gebiet, dem Unternehmen D-Wave in Vancouver/ Canada, wobei die Konzepte und der experimentelle Teil der Arbeit vollständig in Jena verankert sind.
Konkurrierende Unternehmen sind IBM und NEC.

die wichtigste Veröffentlichung hierzu:

Izmalkov, M. Grajcar, E. Il'ichev, Th.Wagner, H.-G.Meyer, A.Yu. Smirnov, M. H. S. Amin, Alec Maassen van den Brink, and A.M. Zagorskin, *Evidence for Entangled States of Two Coupled Flux Qubits*, Physical Review Letters **93**, 037003 (2004)

Internet-Links :

<http://www.ipht-jena.de/deutsch/aktuelles.html>

dort Abruf von Postern, die zur Verleihung gezeigt werden

<http://www.beutenberg.de/invitation.html>

http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_computer

Eckhardt Hoenig

Prof.

Institut für Physikalische Hochtechnologie e. V.

Leiter des Forschungsbereiches Magnetik/Quantenelektronik

Postfach 100 239

D-07702 Jena

Tel 03641 206100

FAX 03641 206199

Email hoenig@ipht-jena.de

27.01.2005