

schen Raum als Ordnungs- und Gestaltungsaufgabe gesteuert werden, eminent wichtig. So war es naheliegend, ein übergreifendes Entwurfsprojekt zu konzipieren, das den gesamten Raum in den Blick nimmt. Die ideenreichen studentischen Arbeiten zu diesem Thema werden derzeit in einer umfassenden Dokumentation zusammengestellt.

Ingrid Krau

Schwierige Phänomene durch Spielzeuge begreifbar gemacht

## Pendel simulieren Quantenmechanik

**Die Quantenmechanik gehört nicht gerade zu den leicht verständlichen Kapiteln der Naturwissenschaften. Doch jetzt haben zwei Forscher der TUM ein einfaches Modell entwickelt, das die wenig anschaulichen Gesetze dieser Disziplin »begreifbar« machen kann: Mit einfachen Metall-Pendeln stellen Prof. Steffen Glaser und Dr. Raimund Marx aus dem Institut für Organische Chemie und Biochemie in Garching magnetische Quantenphänomene nach. Sie benutzen mit Stahlfedern - bei einfachen Modellen mit Gummibändern - verbundene Metall-Pendel, um den Austausch von Magnetisierung zwischen den Kernspins von Atomen zu verstehen.**

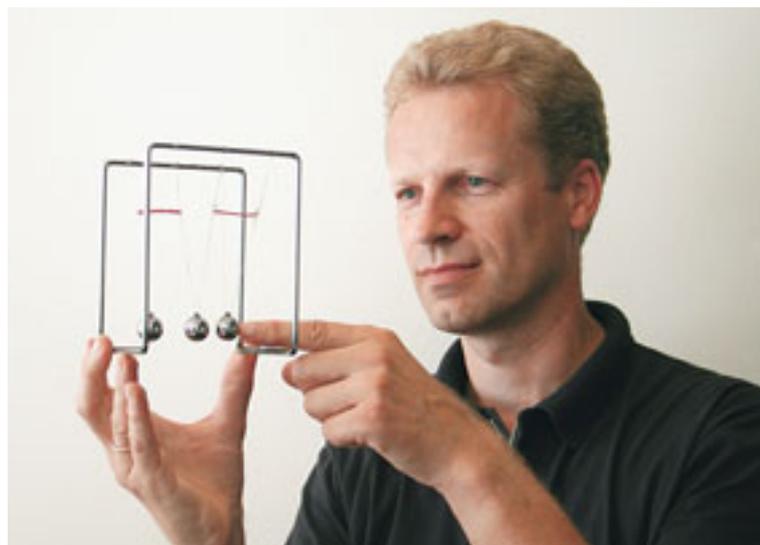
Durch ihren Spin (oder Drall) werden Atomkerne zu kleinen Magneten. Der Austausch dieser Magnetisierung steht im Interesse der Wissenschaftler, da er eine entscheidende Rolle in der Kernresonanz-Spektroskopie spielt. Diese Technik gehört zu den modernsten Untersuchungsmethoden, mit denen Chemiker die räumliche Struktur von Molekülen entschlüsseln können. Die TUM-Wissenschaftler haben, wie das renommierte Journal of Magnetic Resonance 2003 berichtet, das Verhalten von drei magnetischen Kernspins durch die Schwingungen von drei gekoppelten Pendeln simuliert. Dies macht die Berechnung komplizierter Formeln oder die Simulation mit spe-

ziellen Computerprogrammen überflüssig. Solche mechanischen Modelle, von denen bisher nur sehr wenige für quantenmechanische Phänomene gefunden wurden, können dazu dienen, Studierenden die Gesetze der Quantenwelt verständlich zu machen. Außerdem helfen sie den Experten, einen intuitiven Zugang zur Quantenmechanik zu finden und so beispielsweise spektroskopische Methoden zu verbessern.

Bei der Suche nach quantenmechanischen Fällen, die sie mit den einfachen Pendeln simulieren können, stellten Glaser und Marx fest, dass die Vorhersage maximal für Systeme mit drei untereinander gekoppelten Spins funk-

tioniert. Da bei mehr Spins die Quanten-Oszillationen viel komplexer werden als die mechanischen Schwingungen, lassen sich für größere Spin-Kopplungsnetzwerke mit dem einfachen »Spielzeug« keine Vorhersagen mehr machen. Das Modell ist aber keineswegs nur auf kleine Moleküle aus drei Atomen beschränkt. Denn komplexe Moleküle können mehrere voneinander unabhängige Atomgruppen mit je drei gekoppelten Kernspins enthalten. Das gilt beispielsweise für die drei Wasserstoff-Kernspins der Aminosäure Glycin in einem Protein. Da die Wasserstoffkerne jeder Aminosäure in einem Protein ein isoliertes Spin-

relation Spectroscopy) genutzt, bei denen der Austausch von Magnetisierung zwischen Kernspins eine wichtige Rolle spielt. Diese spezielle Technik der Kernresonanz-Spektroskopie (Nuclear Magnetic Resonance, NMR) wurde von dem Nobelpreisträger Prof. Richard Ernst entwickelt, um die Struktur großer Moleküle mit Hunderten oder Tausenden von Atomen zu untersuchen. Mit Hilfe dieser Methode ist es möglich, jede der Tausende von NMR-Resonanzen eines Proteins einem bestimmten Atom des Proteins zuzuordnen. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung, um schließlich die



**Manchmal nutzen auch Wissenschaftler Spielzeug, um die Welt zu begreifen: Mit Hilfe dieser Pendel erklärt Prof. Steffen Glaser die Gesetze der Quantenmechanik.**  
*Foto: Raimund Marx*

system bilden, kann das Pendelsystem das magnetische Verhalten etwa aller Glycin-Spinsysteme in einem bestimmten Protein simulieren, das insgesamt aus Tausenden von Atomen besteht.

Die TUM-Wissenschaftler haben ihr Modell zum Verständnis so genannter TOCSY-Experimente (TOtal Cor-

räumliche Struktur und dreidimensionale Faltung eines Proteins bestimmen zu können.

**Prof. Steffen Glaser**  
**Institut für Organische Chemie und Biochemie**  
**Tel.: 089/289-13759**  
**glaser@ch.tum.de**