

DRS 2  
Wissenschaft

## **Atome in der Falle**

Ein Besuch im Labor des Physiknobelpreisträgers David Wineland

Autor: Ralf Krauter  
Redakteur: Odette Frey  
Länge: 6'10"  
Sendedatum: 13. 10. 2012  
Gesprächspartner: Dr. David Wineland,  
Physiker,  
Group Leader Ion Storage,  
Division for Time and Frequency Measurements,  
National Institute of Standards and Technology NIST,  
Boulder, Colorado

Dr. Didi Leibfried, NIST,  
Physiker,  
Mitarbeiter von David Wineland

Prof. Dr. Dominik Zumbühl,  
Institut für Physik,  
Universität Basel

## **Moderation**

Die beiden Physiker Serge Haroche und David Wineland haben den Nobelpreis dafür bekommen, dass sie Methoden entwickelt haben, um Quantensysteme wie Atome und Lichtteilchen ultragenau zu kontrollieren. Die laseroptischen Präzisionsmessverfahren, die beide in jahrzehntelanger Arbeit verfeinert haben, kommen heute in Physiklabors rund um den Globus zum Einsatz. Meistens im Dienste der Grundlagenforschung. Doch es gibt auch praktische Anwendungen. Präzisere Atomuhren zählen ebenso dazu wie neuartige Computer, die sich die Gesetze der Quantenwelt zunutze machen. Solche Quantencomputer könnten Rechenaufgaben einmal hochparallel lösen – und heutige Superrechner alt aussehen lassen. Der Wissenschaftsjournalist Ralf Krauter hat das Labor des frisch gebackenen Nobelpreisträgers David Winelands vor einiger Zeit besucht und sich den aktuellen Stand in Sachen Computer der Zukunft angeschaut. Hier seine Reportage.

## Beitrag

**Zuspiel 1:** Atmo auf dem Weg ins Labor, MD 1, Track 1, 00s  
*Lüfterrauschen, Schritte im Gang...*

### Reporter: Darüber

Der Physiker Didi Leibfried arbeitet seit vielen Jahren in der Forschergruppe um David Wineland. Am US-Institut für Standards und Technologie in Boulder, Colorado, am Fuß der Rocky Mountains gelegen, betreibt er Grundlagenforschung für den Bau eines Quantencomputers. Auf dem Weg ins Labor erklärt er, wie alles begann.

### Regie: Zuspiel wieder hochziehen (Didi Leibfried erklärt auf englisch)

*...So everything started in the smaller lab. And that's where we still have this trap...*

### Reporter: Darüber

Studiert hat Didi Leibfried in München, aber weil ihm die deutschen Fachwörter oft gar nicht mehr einfallen, spricht er lieber englisch. Der Physiker ist Experte für Laser und kalte Atome.

### Regie: Zuspiel wieder hochziehen

*Tür geht auf... Atmowechsel... So you can hear it's mostly fans and air-conditioning. The real beauty of these labs are actually our laser beams that you unfortunately can't see in the radio...*

### Reporter: Darüber

Der Anblick ist atemberaubend. In dem abgedunkelten Raum steht ein riesiger Tisch vom Format eine Squash-Courts, darauf ein Gewirr aus Linsen und Spiegeln. Lüfter kühlen mächtige Laser, die rote, hell- und dunkelgrüne Strahlen im Zickzack über die Platte schießen.

### Regie: Zuspiel wieder hochziehen

*... so in this lab, we work with aluminium ions, magnesium ions and also beryllium ions. And you need lasers for each of that species...*

### Reporter: Darüber

Der Aufbau der Laser und Präzisionsoptiken hat Jahre gedauert. Die Forscher um den Nobelpreisträger David Wineland verwenden sie, um Ionen, also elektrisch geladene Atome, einzufangen und zu manipulieren. Sie arbeiten unter anderem mit Aluminium- und Magnesiumionen. Didi Leibfried zeigt auf einen Monitor am vorderen Rand des Laser-Spektakels.

### Zuspiel 2: O-Ton Leibfried, Track 4

*So this is actually a single ion that's trapped in the trap...*

### Übersetzer: Darüber

Der helle Punkt dort ist ein Ion, das sich gerade in unserer Falle befindet. Um es sichtbar zu machen, strahlen wir mit einem Laser darauf. Dadurch beginnt es hell zu leuchten. Es ist, als ob sie einen Leuchtturm aus großer Ferne

betrachten. Seine Struktur können sie nicht erkennen, aber das Licht, das er aussendet, ist deutlich zu sehen.

*...that's the fluorescence from a single ion that's trapped in the trap that's on the table here...*

**Reporter: Darüber**

Das gefangene Ion befindet sich in einem luftleeren Stahlzylinder. Winzige Elektroden halten es in Position, Laserstrahlen können es anschubsen und zum Leuchten anregen. Damit nicht genug. Die Ionen haben zwei stabile Energieniveaus, die sich mit einem Laserpuls gezielt anregen lassen. Während der Experimente befinden sie sich gleichzeitig ein Bisschen in beiden davon - Schrödingers Katze lässt grüßen. Quantenbits, kurz Qubits heißen solche Sowohl-als-Auch-Zustände im Fachjargon.

**Regie: Zuspil wieder hochziehen**

*... This is a very simple array. But we need a lot of feedthroughs to get all the electronics hooked up. In the long run you can't do it that way...*

**Reporter: Darüber**

Noch können die Forscher nur rund ein Dutzend Atome in ihre Falle laden und manipulieren. Für einen künftigen Quantenrechner, bräuchte man möglichst viele Qubits. Ihr Zusammenspiel erlaubt in der Theorie nämlich ultraschnelle Berechnungen. Während ein PC mit 10 Bits jeweils nur eine von 1024 Zahlen verarbeiten kann, könnte ein Quantenrechner mit 10 Qubits all diese 1024 Werte gleichzeitig verarbeiten. Ein Ensemble von 250 Qubits könnte bereits mehr Zahlen gleichzeitig speichern, als es Atome im Universum gibt. Das verspricht enorme Geschwindigkeitsvorteile beim Lösen bestimmter Rechenaufgaben – etwa beim Knacken von Geheimcodes. Nobelpreisträger David Wineland sagt später in seinem Büro.

**Zuspil 4: O-Ton Wineland, Track 28, 45s**

*I think most scientists would say: Yes we've only begun to scrape the surface of what a device might be useful for...*

**Übersetzer: Darüber**

Die meisten Wissenschaftler sind sich einig, dass wir derzeit nur ahnen können, wofür ein Quantencomputer am Ende gut wäre. Wir kennen derzeit nur ein paar Killer-Anwendungen wie die Faktorisierung großer Zahlen. Aber in der Wissenschaft ist es doch immer so: Wenn es eine neue Technologie gibt, finden sich immer auch neue Anwendungen dafür, an die keiner gedacht hatte. Bei Quantencomputern wird es sicher genauso sein.

*... undoubtedly, we will find other things that are unanticipated at this point. Based on all the examples in the past, we can be optimistic.*

**Reporter**

Experten schätzen, dass man für einen Quantenrechner, der konventionelle Supercomputer in den Schatten stellt, einige hundert bis tausend Qubits bräuchte. Doch mehr als ein Dutzend hat bislang noch keiner gezähmt – trotz weltweiter Bemühungen. Das Problem dabei: Die

Sowohl-als-Auch-Zustände sind so fragil, dass sie im Nu zerfallen. Viele Jahre galt der Bau eines Quantencomputers deshalb als Hirngespinnst. Doch der Quantencomputer-Pionier David Wineland ist überzeugt: Es ist machbar – und nur noch eine Frage der Zeit.

**Zuspiel 5:** O-Ton Wineland, Track 24, 30s

*I would say it's at least a decade away. But maybe not a lot longer than that...*

**Übersetzer: Darüber**

Es wird noch mindestens 10 Jahre dauern, bis Quantencomputer genauso leistungsfähig sind wie klassische Computer. Vielleicht aber nicht viel länger. Ich bin optimistisch, dass es innerhalb von 10 bis 20 Jahren gelingen könnte. Zum Glück bin ich dann in Rente und muss dieses Versprechen nicht mehr einlösen.

*... I'm lucky because I won't be around or at least won't be working in 20 years to have to own up to that prediction.*

**Reporter**

Neben gefangenen Ionen, mit denen David Wineland und seine Leute arbeiten, gibt es andere viel versprechende Ansätze. An der Universität Basel zum Beispiel tüfteln die Physikprofessoren Daniel Loss und Dominik Zumbühl an winzigen Halbleiterpunkten, in denen einzelne Elektronen eingesperrt sind. Weil sich diese Strukturen wie künstliche Atome verhalten, taugen sie ebenfalls als Quantenbits, erklärt Dominik Zumbühl.

**Zuspiel 6:** O-Ton Zumbühl, Track 6, 20s

*Das sind Nanostrukturen, die mit Fabrikationsmethoden hergestellt werden, sehr vergleichbar mit den Methoden der Halbleitertechnik und -industrie. Von daher denkt man eigentlich, dass es möglich sein sollte, solch ein System zu skalieren. Das heißt nicht nur ein, zwei, sondern in der Zukunft vielleicht auch 20, 50 oder 100 solche Quantenbits realisieren zu können.*

**Reporter**

Und damit eine kritische Masse, die mit im Vakuum schwebenden Ionen wohl schwer zu schaffen sein wird. Gut möglich, dass die eingesperrten Elektronen den Ionenfallen einmal den Rang ablaufen. Aber noch stecke man in den Kinderschuhen, räumt Dominik Zumbühl ein. Ionen-Dompteure wie David Wineland in Boulder haben derzeit die Nase vorn.