



# „Ich versuche, mit intuitiven Bildern zu arbeiten“

Interview mit dem Pionier der Laserspektroskopie Theodor W. Hänsch

Stefan Jorda

In über 45 Jahren hat Theodor W. Hänsch (68) den Laser als Werkzeug für die Wissenschaft weiterentwickelt und damit wegweisende Arbeiten in der Laserspektroskopie durchgeführt. Nach Studium und Promotion in Heidelberg arbeitete er über ein Jahrzehnt in Stanford, bevor er 1986 nach Deutschland zurückkehrte. Seither ist er Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik und Professor an der LMU München. 2005 erhielt er den Nobelpreis für Physik, insbesondere für die Entwicklung des Frequenzkamms.

**Wann fand Ihre erste Begegnung mit einem Laser statt?**

In Heidelberg sah ich 1964 zum ersten Mal einen roten He-Ne-Laser. Das war in der Arbeitsgruppe von Peter Toschek am Institut für Angewandte Physik unter Christoph Schmelzer, in der ich meine Diplomarbeit machte.

**Um welche wissenschaftlichen Fragen ging es dabei?**

Professor Schmelzer, der spätere Gründer der GSI in Darmstadt, hatte die Vision eines universellen Linearbeschleunigers für schwere Ionen, der aus vielen Einzelresonatoren bestehen sollte. Er hoffte, mit Laserlicht diese Resonatoren synchronisieren zu können.

**Sie haben nach Ihrer Diplomarbeit auch in Heidelberg promoviert und sind 1970 nach Stanford zu Arthur Schawlow gegangen.**

Stanford war das Mekka der Physiker, da gab es berühmte Leute wie Felix Bloch oder Robert Hofstadter. Außerdem war das mitten im Silicon Valley mit Firmen wie Hewlett Packard, die ich nur aus Prospekten kannte. Dort herrschte eine Aufbruchsstimmung, die ich zum Teil mit verbrochen habe.

**Inwiefern?**



Theodor Hänsch (rechts) in seinem Büro am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching im Gespräch mit Stefan Jorda.

Bereits in Heidelberg war ich überzeugt davon, dass Laserlicht ein fantastisches Werkzeug für die hochauflösende Spektroskopie sein könnte, nur waren die Gaslaser halt nicht abstimmbare. Als ich im April 1970 nach Stanford kam, war ich mir sicher, abstimmbare Farbstofflaser so schmalbandig machen zu können, dass sich die für Gaslaser entwickelten Techniken auf beliebige atomare und molekulare Resonanzlinien anwenden lassen. Im Dezember hatte ich tatsächlich einen schmalbandigen Farbstofflaser entwickelt. Das war eine Revolution in der Spektroskopie, und in Windeseile hatten hunderte von Labors solche Laser.

**Haben Sie sich diese Ideen patentieren lassen?**

Leider nicht. Recht schnell sind Firmen entstanden, die das vermarktet haben; in Stanford die Firma Moletron, in Göttingen Lambda Physik. Andere Leute haben damit Geld verdient. Ich hatte dann zwar andere Patente, die haben aber nie viel Geld gebracht.

**Sie haben seit dieser Zeit mehrfach Maßstäbe in der Laserspektroskopie gesetzt und zum**

**Beispiel die 1s-2s-Aufspaltung des Wasserstoffatoms immer genauer gemessen. Was fasziniert Sie daran?**

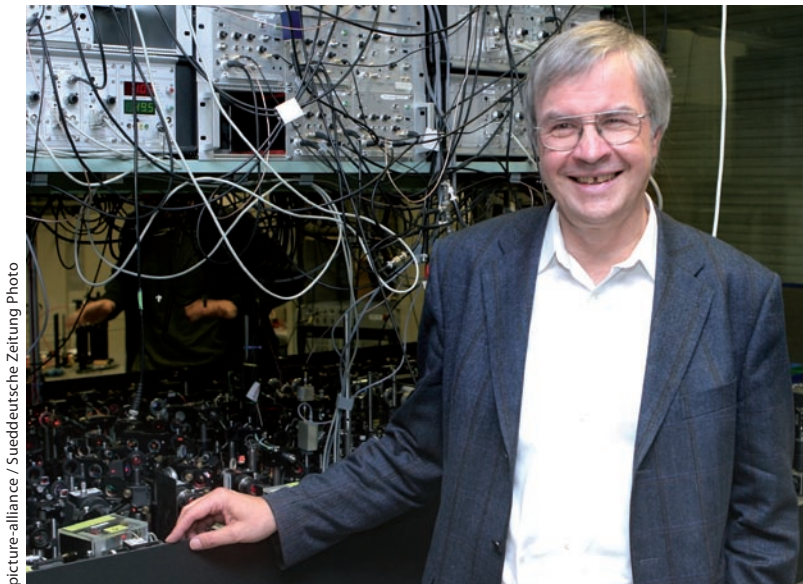
Die Frage ist, wie man etwas grundlegend Neues entdecken kann. Professor Schmelzer sagte immer, dass man da schauen muss, wo noch nie jemand geschaut hat. In der Teilchenphysik baut man dazu immer größere Beschleuniger wie den Large Hadron Collider. Das ist aufregend, aber ein Stil der Physik, der mir persönlich nicht liegt.

**Warum nicht?**

Ich kann mir nicht vorstellen, in Teams mit hunderten oder tausenden von Kollegen zu arbeiten. Mein Stil ist es, mit zwei, drei Leuten ein kleines Experiment auf einem Tisch aufzubauen. Mein Weg, Neues zu entdecken, bestand darin, einfach genauer zu schauen, mit höherer Auflösung und Messgenauigkeit.

**Standen dabei die Möglichkeiten des Lasers am Anfang oder eine konkrete physikalische Frage?**

Fragen zu stellen, für deren Beantwortung ich kein Werkzeug habe, finde ich müßig. Wenn ich ein neues Werkzeug erfinde, dann überlege



picture-alliance / Sueddeutsche Zeitung Photo

Theodor Hänsch ist auch heute noch ein begeisterter Experimentator, der „kleine“ Experimente bevorzugt. Dieses Foto ent-

stand unmittelbar nach der Bekanntgabe des Nobelpreises 2005 in einem seiner Labors.

ich mir natürlich auch, ob ich damit wissenschaftlich etwas Wichtiges erkunden kann. Dabei stellt sich vielleicht heraus, dass das Werkzeug noch nicht gut genug ist, dann muss ich mich wieder als Erfinder betätigen. Das ist ein Wechselspiel.

**Sie haben damals in Stanford gemeinsam mit Schawlow die Laserkühlung vorgeschlagen, das aber nicht weiter verfolgt.**

Den Vorschlag haben wir 1974 gemacht, das war angesichts des Stands der Lasertechnologie vielleicht ein bisschen früh. Wir haben uns daher mit anderen Fragen beschäftigt, für die wir die Werkzeuge schon hatten. Richtig losgegangen ist das Laserkühlen erst zehn Jahre später, als ich schon fast auf dem Absprung nach München war und in Stanford nichts Großes mehr anfangen wollte. So haben wir das verschlafen.

**Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji und William Phillips haben dann 1997 den Nobelpreis für die Laserkühlung erhalten.**

Ausgelöst hat den Nobelpreis sicher der Erfolg von Eric Cornell und Carl Wieman mit der Bose-Einstein-Kondensation. Daran hatte ich gar nicht gedacht, das lag mir fern. Wir dachten bei der Laserkühlung an ein Hilfsmittel, um in der Spektroskopie noch höhere Auflösung zu erzielen. Auch bei den Cäsium-Atomuhren ist das zentral.

**Ihr Mentor Schawlow hat bereits 1981 den Nobelpreis für die Spektroskopie bekommen, ihr ehemaliger Doktorand Wieman dann 2001 für die Bose-Einstein-Kondensation. War das eine späte Genugtuung für Sie, 2005 selbst diese Auszeichnung zu erhalten?**

Ich habe auf jeden Fall nicht protestiert (lacht). Schawlows Preis wurde mit Arbeiten zur hochauflösenden Spektroskopie am Wasserstoff begründet, die alle ich gemacht hatte, das hat er ja auch zugegeben. Er war allerdings leer ausgegangen bei dem allerersten Nobelpreis für Maser und Laser, den Townes, Basov und Prokhorov erhielten. Daher war es für Schawlow wahrscheinlich eine späte Genugtuung, den Preis 1981 zu erhalten, auch wenn die Begründung ein bisschen Kopfschütteln verursacht hat. Beim Laserkühlen war die Kontroverse, ob man den Preis für den Vorschlag oder für die späteren Verbesserungen vergeben sollte, und das Komitee hat sich für die Verbesserungen entschieden.

**Sie haben den Preis ja insbesondere für die Entwicklung des Frequenzkamms erhalten. Wie würden Sie einem Laien dessen Prinzip erklären?**

Licht ist eine Form von elektromagnetischen Wellen, die so un-

gläublich schnell schwingen, dass wir überhaupt keine Möglichkeit haben, den Schwingungen direkt zu folgen. Der Frequenzkamm erlaubt es nun, die Zahl der Schwingungen pro Sekunde abzuzählen.

**Wie geht das?**

Der Frequenzkamm besteht aus einem Laser, der sehr kurze Lichtpulse aussendet. Mithilfe von Tricks kann ich es schaffen, dass ich genau nach einer Million Schwingungen eines Lasers, den ich messen will, einen solchen Blitz bekomme. Diesen Blitzen kann ich mit schnellen Stoppuhren oder elektronischen Zählern folgen. Die Zahl der Blitze muss ich dann nur mit einer Million multiplizieren.

**Wie entstand der Frequenzkamm? War das eine brillante simple Idee oder die Arbeit von vielen Jahren?**

Die Prinzipien sind simpel und jeder Anfänger kann das mathematisch nachvollziehen, wenn er ein bisschen Fourier-Analyse beherrscht.

**Man braucht einen kurzen Puls, der ein breites Spektrum besitzt.**

Wenn ich viele solcher Pulse habe, die regelmäßig aufeinander folgen, dann ist das Spektrum ein Kamm. Aber selbst wenn das Prinzip klar war, glaubten alle, dass es sich nicht umsetzen ließe. Wir hatten uns über Jahre hinweg die richtigen Werkzeuge geschaffen, sodass wir nicht nur zeigen konnten, dass die Kammlinien da waren, sondern dass sie auch unglaublich gleichförmig sind, auf 15, 16, inzwischen 20 Dezimalstellen genau.

**Welche Rolle spielte dabei die Intuition?**

Ich verlasse mich nicht gern auf mathematische Formalismen, obwohl man die natürlich auch braucht, sondern versuche, mit intuitiven Bildern zu arbeiten. Das ist einfach, solange es um Nichtlineare Optik und Wellenoptik geht, aber viel schwieriger in der Quantenphysik. Aber wenn ich das dauernd übe, kann ich mir fast im Schlaf überlegen, was funktioniert und was nicht, während es Wochen oder Monate dauern könnte, mathematische Modelle zu schaffen.



**Dieses intuitive Verständnis setzt sicher auch voraus, dass Sie noch viel im Labor stehen und auch selbst an Knöpfen drehen?**

Das hilft natürlich, nicht zuletzt weil sich die Technologie rasant wandelt. Unser erster Frequenzkamm steht inzwischen im Deutschen Museum, wir setzen jetzt auf ganz andere Techniken.

**Sie begeistern sich für „gadgets“, was ist denn derzeit Ihr technisches Lieblingsspielzeug?**

(lacht) Ich habe es leider nicht dabei, es ist ein blauer Laserzeiger, der bei 405 nm 150 mW emittiert. Fürs Auge ist das nicht mehr sicher, aber man kann alles Mögliche zur Fluoreszenz bringen, und zum Beispiel einfach mal schauen, ob verschiedene Mineralwasser unterschiedlich fluoreszieren.

**Sie haben an der LMU ein privates kleines Labor. Was machen Sie dort?**

Improvisieren, neue Ideen ausprobieren, insbesondere auf dem Gebiet der Optik. Im Augenblick experimentiere ich mit einem Polarisator, der Lichtstrahlen erzeugen kann, deren Polarisation entweder überall radial oder tangential ist. Damit kann man schnell optische Anisotropien aufspüren. Das ist zunächst eine Spielerei, aber wenn ich verinnerlicht habe, wie das geht, kann ich damit vielleicht in einem anderen Zusammenhang ein Problem lösen.

**Sie haben vorhin schon gesagt, dass Sie an kleinen Apparaturen und mit einer Handvoll Mitarbeiter arbeiten.**

Ja, mich hat immer gereizt, irgendwas Neues zu machen, wo ich vorher nicht Riesenprojekte planen muss, sondern eher mit pfiffigen Ideen die Welt verändern kann.

**Dann ist die Auswahl der Mitarbeiter essenziell.**

Unbedingt.

**Nach welchen Kriterien suchen Sie z. B. Doktoranden aus?**

Aus Bequemlichkeit versuche ich Doktoranden einzustellen, von denen ich hoffe, dass sie sehr schnell selbstständig arbeiten, dass ich ihnen nicht lange die Hand führen muss. Mir ist wichtig zu

spüren, dass sie begeisterungsfähig sind, dass sie sich voll engagieren können.

**Wenn Ihnen die Laborarbeit so wichtig ist, dann hat Sie die Rolle des Wissenschaftsmanagers vermutlich nicht gereizt?**

Nein, und man muss sich aktiv dagegen wehren. Die Versuchung, aus der Wissenschaft ins Management zu fliehen, kann durchaus groß sein, denn Forschung ist sehr mühsam und ohne Erfolgsgarantie. Aber wir haben eine Gesellschaft mit Arbeitsteilung, und ich sehe mich eben auf der Seite der Forscher.

**Sie haben dennoch 2001 eine Firma gegründet, um den Frequenzkamm zu vermarkten.**

**Sind Sie exklusiver Lieferant?**

Wir haben exklusive Patente und sind bisher weltweit der einzige Anbieter. Die größte Konkurrenz sind Leute, die sich die Frequenzkämme selbst bauen, das ist letztendlich nicht so schwer. Das kommerzielle Gerät muss daher einen Mehrwert liefern, inzwischen sind die Geräte voll automatisiert und laufen über Monate, ohne nachjustieren zu müssen. Bei den ersten Frequenzkämmen konnten wir uns freuen, wenn sie eine Stunde stabil liefen.

**Welche der zahlreichen Anwendungen des Frequenzkamms finden Sie am überraschendsten?**

Ich hatte das Potenzial für die Astronomie nicht realisiert. Mit dem Frequenzkamm könnte es zum Beispiel möglich sein, direkt zu beobachten, wie sich der Raum selbst mit der Evolution des Universums weiter ausdehnt.

**Wie geht das?**

Zwischen den Galaxien gibt es Gaswolken aus Wasserstoff, die zu ganzen „Wäldern“ von Lyman-alpha-Linien im Absorptionsspektrum ferner Quasare führen. Wenn man diese Absorptionsbanden heute und in zwanzig Jahren sehr genau misst und absolut vergleicht, dann würde man sehen, wie sich die Rotverschiebung ändert. Darüber hinaus erproben wir gemeinsam mit der ESO an einem Teleskop in La Silla, ob sich Frequenzkämme nutzen lassen, um nach erdähnlichen Planeten zu suchen. Dabei sucht

man nach winzigen periodischen Doppler-Verschiebungen im Licht des Muttersterns.

**Woran arbeiten Sie momentan?**

Wir versuchen mit verschiedenen Ansätzen, die Frequenzkammtechnik in den Infrarotbereich auszudehnen, um zum Beispiel an Molekülen ganze Schwingungsbanden in sehr kurzer Zeit mit hoher Empfindlichkeit aufzunehmen. Damit ließe sich Spurengasanalyse machen – ohne bewegte Teile und ohne Fourier-Spektrometer. In unseren bisherigen Experimenten haben wir schon sechs Größenordnungen an Messgeschwindigkeit oder Auflösung gewonnen verglichen mit herkömmlicher Fourier-Spektroskopie.

**Ich möchte noch mal auf den Geburtstag des Lasers zurückkommen. Man hat das Gefühl, die wichtigen Lasertypen sind alle seit Jahrzehnten bekannt. Gibt es keine grundsätzlich neuen Ideen mehr?**

Es gibt wahrscheinlich zehntausende Laser oder Laserübergänge, die in allen möglichen Materialien unter allen möglichen Umständen demonstriert worden sind. Die Frage ist, wo gibt es Verbesserungsbedarf? Die besten Laser haben eine Effizienz von 50 oder 60 Prozent von der Steckdose in den Lichtstrahl, sehr viel besser geht das nicht. Natürlich geht es noch einfacher und preiswerter. Bei den Festkörperlasern geht der Trend dazu, die Kristalle durch Keramikmaterialien zu ersetzen, die man leichter und zuverlässiger in großen Scheiben herstellen kann. Halbleiterlaser haben ein sehr großes Verbesserungspotenzial im Hinblick auf Leistung und andere Wellenlängen. Mit Faserlasern lassen sich inzwischen so erstaunliche Lichtleistungen erzeugen, dass man fast den Kopf schüttelt. Das ist aufregend.

**Welche Erfindung ist überfällig, was fehlt Ihnen?**

Ich würde sofort einen Laser kaufen, der in eine Schuhschachtel passt und sich vom UV bei 200 nm bis zu 10  $\mu\text{m}$  im Infrarot abstimmen lässt, das wäre gut. Am besten kontinuierlich und als Femtosekunden-Laser, ich würde beides kaufen.