PHYSIK

Maß für die Ewigkeit

Wie schwer ist ein Kilogramm? Metrologen liefern sich einen Wettstreit um die genaueste Messmethode.

Das Maß aller Massen ruht unter drei Glasglocken in einem Gewölbe des Pavillon de Breteuil bei Paris. Nur rund 3,9 Zentimeter beträgt sein Durchmesser. Es ist aus Platin und Iridium gefertigt. Etwa alle 50 Jahre wird es sorgsam mit Ether abgeledert und mit doppelt destilliertem Wasser abgedampft.

Nur dreimal – 1889, 1946 und 1989 – verglichen Offizielle des Internationalen Büros für Maße und Gewichte (BIPM) die Masse der Pretiose mit der von Kopien. Das Ergebnis war erschütternd.

„Le Grand K“, das Urkilogramm, verliert offenbar an Masse. Was früher ein Pfund Butter war, ist heute keines mehr.

Der französische Metallzylinder ist gleichsam der Großvater aller Gewichte und die Referenz jeder Waage der Erde. Zwar hat sich seine Masse in den vergangenen 120 Jahren nur um etwa 50 Mikrogramm verändert. Doch das reicht aus, um die Zunft der Metrologen, der Forscher an Maßen und Gewichten, in Aufruhr zu versetzen. Ein Gelehrtenwettstreit ist entbrannt, wie das Kilogramm künftig festgelegt werden soll. Das Finale des gewichtigen Disputs steht unmittelbar bevor.

„Das Kilo muss endlich mit Hilfe einer unverrückbaren Naturkonstante definiert werden und nicht mehr durch diesen Batzen Metall“, fordert Dave Inglis vom kanadischen National Research Council in Ottawa. Inglis verfolgt den derzeit populärsten Ansatz, die wankelmütige Masseneinheit zu bändigen. Auf einer sogenannten Wattwaage will er das Kilo mit Hilfe einer elektromagnetischen Kraft ermitteln, die sich physikalisch exakt beschreiben lässt. „Dann haben wir eine Definition für die Ewigkeit“, sagt Inglis.

Sechs der sieben bekannten physikalischen Grundeinheiten sind längst auf Naturphänomene zurückgeführt. Der Meter etwa ist als jene Strecke festgelegt worden, die Licht im Vakuum in einer 299 792 458stel Sekunde zurücklegt. Die Sekunde wiederum ist als jene Zeitspanne definiert, in der die Strahlung eines auf bestimmte Weise angeregten Cäsium-Atoms 9 192 631 770-mal schwingt.

Allein das Kilogramm widersetzt sich beharrlich einer solchen exakten Definition. Dabei ist sie bitter nötig. In der Pharmabranche etwa werden mittlerweile winzigste Stoffmengen verquirlt. Ihr genaues Gewicht bedingt, ob die Rezepturen gelingen oder nicht. „Oder denken Sie an Gold“, sagt Inglis, „kleinste Gewichtsabweichungen können für die Banken langfristig große Verluste bedeuten.“

Der Kanadier will mit seiner Wattwaage Abhilfe schaffen. Die etwa zwei Meter hohe Apparatur steht in einem unterirdischen Labor. An einem Querbalken hängt auf der einen Seite eine Kopie des Urkilogramms, auf der anderen eine Kupferspule, die einem starken Magnetfeld ausgesetzt ist. Wird ein Strom an die Spule angelegt, entsteht eine abwärtsgerichtete elektromagnetische Kraft, die das Kilogramm austariert.

Ist die Wattwaage erst einmal über ein kompliziertes Formelwerk geeicht, zeigt sie mit höchster Genauigkeit an, ob ein Gewicht einem Kilo entspricht oder nicht. Der altertümliche Pariser Metallzylinder wäre damit überflüssig.

Bis auf rund 36 millionstel Gramm genau ist das Kilogramm mit der Apparatur bereits vermessen worden. Die besten Ergebnisse erzielte dabei bislang der Metrologe Richard Steiner vom US-amerikanischen National Institute of Standards and Technology.

Ähnlich erfolgreich ist Peter Becker von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig – allerdings mit einem völlig anderen messtechnischen Ansatz: Seiner Arbeitsgruppe gelang es, die Atome in kiloschweren (und über eine Million Euro teuren) Kugeln aus hochreinem Silizium zu zählen. Das Ergebnis: Rund 22 Quadrillionen Siliziumatome sind ein Kilogramm. Auch die Atomzählung könnte einen Standard für die Ewigkeit liefern.

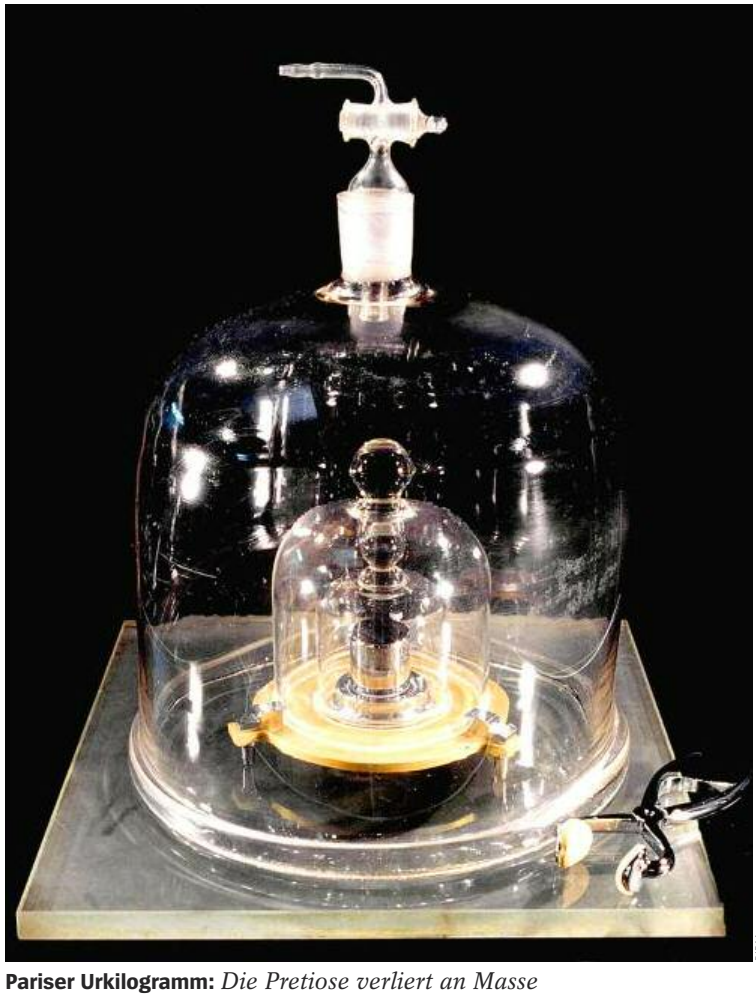
Noch streiten die Forscher um die beste Messmethode. Die Fans der Wattwaage mäkeln, dass die Siliziumkugeln prinzipiell dem Urkilo in Paris glichen, weil es sich wiederum um physische Objekte handle. „Die Versuche sind schwer reproduzierbar“, bemängelt Inglis. Seine Messungen dagegen seien leicht wiederholbar und über jeden Zweifel erhaben. Sie fußen auf dem Planckschen Wirkungsquantum, einer fundamentalen Naturkonstante.

Allerdings hat auch die Wattwaage Tücken. Feinste Vibrationen, Temperaturschwankungen und den Einfluss von Magnetfeldern muss Inglis bannen, damit das Gerät exakt arbeitet. Zudem muss er den Apparat im Vakuum betreiben, weil Luft unerwünschte Auftriebskräfte erzeugt.

In dieser Woche nun tagt in Paris das Internationale Komitee für Maße und Gewichte. Die Experten sprechen auf Basis der neuesten Messwerte vermutlich eine Empfehlung aus, wie das Kilogramm künftig definiert werden soll. Ein Jahr später könnte das BIPM eine endgültige Entscheidung fällen.

Dann wird Erleichterung herrschen im sonderbaren Reich der Metrologen. Denn Sorgen machen sich die Forscher schon über die bestehenden Unsicherheiten. Steiner: „Es muss ja nur jemand auf das Urkilogramm niesen; schon wären alle Gewichte der Welt plötzlich falsch.“

PHILIP BETHGE



BIPM

Pariser Urkilogramm: *Die Pretiose verliert an Masse*