

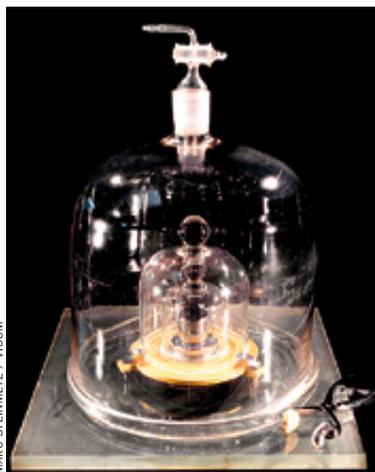
PHYSIK

Schwindsucht der Masse

Das Pariser Ur-Kilogramm, das Maß aller Waagen auf Erden, wird leichter. Deshalb wollen die Forscher jetzt nachzählen, wie viele Atome ein Kilo Silizium hat.

Will man einen Physiker aus der Fassung bringen, reicht eine kurze Frage: Wie viel wiegt ein Kilo? Er wird es nicht wissen – zumindest nicht genau. Für die Physik, den Hort von Präzision und letzter Gewissheit, ist das blamabel.

Zwar tat in diesem Frühjahr Arnold Nicolaus die bislang präziseste Antwort kund:



Braunschweiger Silizium-Kilo, Pariser Ur-Kilo: Wie viel wiegt ein Kilogramm?

„Ein Kilo“, verkündete er stolz, „wiegt so viel wie 21,5076264 Quadrillionen Silizium-Atome.“ Doch auch das, so muss der Metrologe der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig der Ehrlichkeit halber sagen, ist reichlich ungenau: „Es könnten auch ein paar Billionen Atome mehr oder weniger sein.“

Nicolaus arbeitet in einer von weltweit fünf Forschergruppen, die darum wetteifern, das Kilo endlich als eine universelle, auf der Natur fußenden Größe festzulegen – etwa als Masse einer ganz bestimmten Anzahl von Atomen.

Sechs der sieben physikalischen Grundeinheiten sind längst auf Naturphänomene zurückgeführt. Die Sekunde etwa ist definiert als die Zeitspanne, in der eine bestimmte Resonanzstrahlung des Cäsium-Atoms exakt 9 192 631 770-mal schwingt. Oder der Meter: Er ist festgelegt als jene Strecke, die Licht im Vakuum in einer 299 792 458stel Sekunde zurücklegt. „Nur die Masse hat sich bislang beharrlich einer genauen Definition widersetzt“, klagt Nicolaus.

Bis zum heutigen Tag existiert nur ein Referenzgewicht, nach dem alle Waagen der Welt geeicht sind. Es ist das berühmte Ur-Kilo, das seit 1889 unter drei Glaszylindern in einem Tresor des Internationalen Büros der Maße und Gewichte bei Paris lagert. Dreimal haben Metrologen es seitdem nachgewogen – und zu ihrem Schrecken für zu leicht befunden.

Um 50 Mikrogramm ist das Maß aller Massen in den vergangenen 100 Jahren leichter geworden. Warum, ist auch der Fachwelt unbekannt.

Das ist ein untragbarer Zustand. Zwar entspricht der Schwund des Kilos nur der Masse eines halben Salzkorns. Auf die Weltjahresproduktion von Reis hochgerechnet (576 280 153 Tonnen) macht die Ungenauigkeit aber immerhin eine ganze Schwerlastladung (29 Tonnen) aus.

Vor allem in der Pharmaindustrie, in der Mikro- und Nanotechnik könnte die Schwindsucht des Ur-Kilos bald ernsthafte

Methode Geduld: Erst wenige Gramm Gold hat Gläser im Lauf der Jahre durchgezählt.

Wie Gläser sucht auch Nicolaus ein atomares Äquivalent zum Ur-Kilo. Dabei entschied sich der Physiker und Ingenieur allerdings für Silizium. Einzeln abzählen kann auch er die Atome allerdings nicht. „Der Aufwand würde mein Forscherleben um Jahrmilliarden überschreiten“, sagt er.

Stattdessen bedient sich der Maßhüter einer Eigenart des Siliziums: Das Halbmetall bildet ein besonders robustes, äußerst regelmäßiges Kristallgitter. Die Abstände der Atome darin sind extrem genau bekannt.

„Man muss sich dieses Ding hier vorstellen wie einen Stapel Getränkekisten“, erklärt Nicolaus und zeigt eine anthrazit schillernde Kugel aus Silizium. „Wenn wir wissen, wie viele Kisten in dem Stapel stehen, wissen wir auch, wie viele einzelne Atome darin enthalten sind.“

Das Problem allerdings ist damit nur verschoben. Denn um die Kisten zu zählen, muss Nicolaus wissen, wie groß genau die Kugel ist. Bis auf Nanometer genau, etwa eine siebzigtausendstel Haaresbreite, ist das den Braunschweiger Physikern inzwischen gelungen. Doch langsam stoßen sie an die Grenzen ihres Messgeräts, das selbst auf winzige Störquellen äußerst sensibel reagiert – besonders auf Temperaturschwankungen.

Deshalb herrschen im luftleeren Messkasten, in dem die Kugel auf einer Bühne hoch- und runtergefahren werden kann, 20 Grad Celsius – konstant und auf ein zehntausendstel Grad genau.

Auch Erschütterungen stören, weswegen der Kasten mit dem Silizium-Kilo auf einem zwei Tonnen schweren gusseisernen Tisch lagert. Der wiederum fußt auf einem Betonfundament, das von einem Luftkissen abgefedert wird. „Nur zwei Kilometer von hier verläuft die Autobahn nach Berlin“, begründet Nicolaus sein penibles Vorgehen. „Jeden Lkw könnte ich andernfalls in meinen Messprotokollen wiederfinden.“

Präzise muss auch der Schliff der Silizium-Kugel sein. Jene, die momentan vermessen wird, hat noch Hubbel von bis zu 26 Nanometer Höhe. „Wäre die Erde ähnlich präzise gefertigt, wäre der höchste Berg gerade mal 174 Zentimeter hoch“, entschuldigt sich Nicolaus. Das aber ist Ungenauigkeit genug; deshalb muss die Kugel nun noch einmal möglichst präzise abgetastet werden. Nicolaus nimmt Maß an 60 000 Stellen.

Und das kostet Zeit. Allein acht Jahre hat der im Rang eines Oberregierungsrates forschende Physiker an der Apparatur gesessen, mit der er bis zur siebten Stelle hinter das Komma des Kilos gelangt ist. Die notwendige Dezimalstelle mehr will er in drei Jahren erreicht haben.

Das sei der Preis der Präzision, sagt Nicolaus. „Hätte ich ihn vorher gekannt, hätte ich mit der Suche nach dem neuen Ur-Kilo wohl nie angefangen.“

GERALD TRAUFFETTER

Probleme aufwerfen. Zunehmend wird es dort darauf ankommen, winzige Mengen von Substanzen auch auf 0,00000001 Kilogramm genau ordern zu können. „Und da beginnt die Schwäche des Ur-Kilos“, sagt Nicolaus und fordert: „Ein Mikrogramm muss in Deutschland genauso viel sein wie in Amerika oder auf dem Mond.“

Drei Ansätze konkurrieren derzeit. Britische, Schweizer und US-Forscher experimentieren mit einer so genannten Watt-Waage: Sie wiegen ein Standardkilo gegen eine elektromagnetische Kraft auf. Die Apparatur ist allerdings drei Stockwerke hoch und äußerst anfällig für die Schwerkraft der Gestirne: „Während der Messungen müssen die immer genau wissen, ob gerade Ebbe oder Flut ist“, sagt Nicolaus nicht ohne einen Anflug von Schadenfreude.

Ein zweiter Ansatz wird nur ein paar Gebäude neben Nicolaus' eigenem Labor verfolgt: Sein Kollege Michael Gläser zählt dort Gold-Atome. Er zerstäubt das Edelmetall zu einem Strahl aus Ionen und misst die Menge der Gold-Ionen anhand ihrer elektrischen Ladung. Allerdings fordert die