

Leonardo - Wissenschaft und mehr
Sendedatum: 09. Februar 2010

Schwerpunkt: Das Maß aller Dinge

2. Der Lord und die Reinheit des Wassers - Das Temperaturmaß Kelvin wird neu definiert

von Sascha Ott

Brisbane:

„Hmmm, ja, bitte...“

Thomson:

„Mr. Brisbane, Sir...“

Brisbane:

„Aah, Thomson, schön, Sie zu sehen! Nur zu, nehmen Sie Platz! Haben sie sich gut eingelebt hier bei uns in Glasgow?“

Thomson:

„Ehrlich gesagt, habe ich seit meiner Ankunft aus Paris das Labor kaum verlassen.“

Brisbane:

„Tüchtig, tüchtig! Und zeitigen Ihre Studien Ergebnisse?“

Thomson:

„So ist es, Sir. Ich würde den ehrenwerten Kollegen der Royal Society auf der nächsten Versammlung gerne etwas zum Vortrage bringen. Und da hielt ich es für angebracht, zunächst bei Ihnen, als unserem Präsidenten – „

Brisbane:

„Ganz Recht, Thomson. Nun, was wollen sie uns denn zu Gehör bringen?“

Thomson:

„Die absolute Temperatur!“

Erzähler:

Die Welt ist maßlos. Der Mensch hingegen liebt es, Maß zu halten.

O-Ton Buck:

„Alles, was man nicht messen kann, darüber kann man letztlich auch keine

Aussage machen. In den Naturwissenschaften ist es letzten Endes so.“

Erzähler:

Dr. Wolfgang Buck, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin.

O-Ton Buck:

„Die Temperatur hat über lange, lange Phasen wenig als Messgröße eine Rolle gespielt.“

Erzähler:

Wenn Wasser blubbert, kann man damit kochen. Wenn draußen Schnee liegt, zieht man die Fellmütze an. Mehr musste man lange Zeit nicht wissen.

O-Ton Buck:

„Da gab es einen Arzt Galen kurz nach Christi Geburt, der gemerkt hat, dass mit der Körpertemperatur Krankheitsbilder zusammenhängen.“

Erzähler:

38, 39 oder 40 Grad? Eine Frage von Leben und Tod. Dennoch dauerte es noch anderthalb Jahrtausende bis zum ersten Maß für die Temperatur.

O-Ton Buck:

„Alle Maße und Gewichte zunächst mal, das sind alles Dinge, die vom Menschen ausgehen. Der Mensch sucht in seiner unmittelbar begreifbaren Umwelt irgendwelche Möglichkeiten.“

Erzähler:

Der Herzschlag ist eine Sekunde. Die Armlänge ist ein Yard.

O-Ton Buck:

„So hat Fahrenheit zwei Fixpunkte festgelegt: nämlich die Temperatur einer Salz-Wasser-Mischung und die Körpertemperatur.“

Erzähler:

Andere Länder, andere Maße: von Celsius, Newton, Rømer, Réaumur, Rankine, Delisle...

Brisbane:

“For God’s Sake, Thomson! Ich bitte Sie! Wir schreiben das Jahr 1848. Und Sie kommen mir mit einer Temperaturskala? Eine weitere Temperaturskala?”

Thomson:

„Die absolute Temperaturskala, Sir!“

Brisbane:

„Es misst doch heute schon jeder etwas anderes. Wir haben die Skala von Anders Celsius. Die Franzosen und Preußen messen nach Réaumur. In Übersee messen sie nach Fahrenheit.“

Thomson:

„Aber, Sir. Wir beginnen gerade erst, das Phänomen der Wärme in seiner Tiefe zu verstehen. Wärme ist Energie! Wärme leistet Arbeit! Das hat Carnot in seiner –“

Brisbane:

„Wie alt sind Sie, Thomson?“

Thomson:

„24, Sir.“

Brisbane:

„Und bekleiden schon das Amt eines honorablen Professors für Naturphilosophie. Sie geben Anlaß zu großen Hoffnungen! Aber glauben Sie mir: Eine weitere Temperaturskala brauchen wir in etwa so dringend wie eine weitere dieser illegalen Whisky-Destillieren. Ich habe übrigens einen fantastischen Glengoyne hier. Den müssen Sie kosten, Thomson...“

O-Ton Fischer:

„Warum reicht es nicht mehr aus? Also, im Grunde ist es so, dass die von Menschen eingeführten Einheiten und Maßstäbe zeitabhängig sind.“

Sprecherin:

Dr. Joachim Fischer sucht an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Berlin nach einer neuen Definition für das Kelvin. Nach einer, die ausreicht.

O-Ton Fischer:

„Wir wollen für alle Basiseinheiten weg von diesen menschengemachten Einheiten und zu Fundamentalkonstanten, die sich zeitlich nicht ändern. Und deshalb vielleicht die Neudefinition.“

Sprecherin:

Wer zu Joachim Fischer kommt, braucht etwas Geduld. Denn man gelangt nicht geradewegs zur Temperatureinheit der Zukunft. Das gilt im übertragenen Sinne für die Berechnungen. Aber auch ganz wörtlich für den Weg zum Experiment.

O-Ton Fischer:

„Dann gehen wir mal rein...“

Sprecherin:

Denn betritt man das Labor, steht man gleich vor der nächsten Tür. Wie bei einer russischen Puppe, ist in den ersten Raum noch ein zweiter, kleinerer hineingebaut.

O-Ton Fischer:

„Also, was wir hier aufgebaut haben, ist eine magnetisch geschützte Kabine, die das Magnetfeld der Erde und das Magnetfeld von elektrischen Verbrauchern abschirmt gegen das Experiment.“

Sprecherin:

Deshalb ist die Kabine rundherum mit silbrig glänzenden Metallplatten verkleidet.

O-Ton Fischer:

„Wir wollen sehr genau kleine elektrische Größen messen. Und das geht nur durch diese starke 10 hoch sechsfache Abschirmung des äußeren Magnetfelds gegen das Experiment.“

Sprecherin:

Elektrische Größen? Magnetfeld? Aber wo bleibt die Temperatur?

O-Ton Fischer:
„Gehen wir einen Schritt weiter. Türe auf!“

Sprecherin:
Vielleicht ist das Innenleben der Kabine erhellender.

O-Ton Fischer:
„Erst mal Licht! Ja, das ist also unser Experimentraum hier. Erfreulicherweise ist das Experiment jetzt im Moment zerlegt, so dass ich Ihnen einige Details zeigen kann.“

Sprecherin:
Endlich das erste Zeichen, dass es hier um Temperatur geht: ein riesiger Topf, glänzendes Stahl, eins sechzig hoch, etwa achtzig Zentimeter Durchmesser. Aber sobald Joachim Fischer zu einer Erklärung ansetzt, wird klar: In diesem Topf wird alles Mögliche gemessen. Nur nicht die Temperatur.

O-Ton Fischer:
„Wir messen also die Kapazitätsänderung des Kondensators bei Einfüllen von Heliumgas.“

Sprecherin:
Da fragt man sich natürlich:

O-Ton Fischer:
„Was hat das mit der Temperatur zu tun?“

Sprecherin:
Oder noch grundsätzlicher: Was ist das überhaupt, Temperatur?

Brisbane:
„So, Thomson, und jetzt werden Sie sehen: Die einzige absolute Temperatur, um die wir uns kümmern müssen, ist die absolut richtige Temperatur unseres

Whiskys. Er darf nicht zu kühl –“

Thomson:

„Aber, Mr. Brisbane, alle Skalen für die Temperatur, die wir bisher kennen, sind völlig willkürlich!“

Brisbane:

„Junger Freund, Sie erheben da –,“

Thomson:

„Fahrenheit orientiert sich an der Körpertemperatur des Menschen. Und sein Nullpunkt ist die Winterkälte vor seinem Haus in Danzig.“

Brisbane:

„Well, Fahrenheit, damit sollen sich die Amerikaner herumschlagen. Aber Celsius...“

Thomson:

„Celsius wählt als Nullpunkt das Gefrieren des Wassers. Aber das ist nicht der Nullpunkt. Der Nullpunkt liegt viel tiefer. Der absolute Nullpunkt ist dort, wo alle Energie aus der Materie gewichen ist.“

Brisbane:

„Nun gut, und wie tief soll dieser absolute Nullpunkt Ihrer werten Meinung nach liegen? Also, bezogen auf unsere Celsius-Skala. Bei Minus 20 Grad? Minus 30? Wohlan, Professor Thomson, machen Sie Ihr Gebot!“

Thomson:

„Bei exakt minus 273 Grad.“

Brisbane:

„Jesus Christ!“

Erzähler:

„Temperatur ist, was das Thermometer anzeigt. Die Quecksilbersäule dehnt sich aus, wenn es wärmer wird.“

O-Ton Buck:

„Was ist eigentlich das, was diese Ausdehnung dort verändert?“

Erzähler:

Wird es wärmer, dann bewegen sich die Atome schneller und der Stoff dehnt sich

aus.

O-Ton Buck:

„Ach so! Dann muss es doch eine Art Geschwindigkeit – oder genauer gesagt ist es die kinetische Energie dieser Teilchen – geben, die etwas mit der Temperatur zu tun haben muss.“

Erzähler:

Der Physiker nennt das die thermodynamische Temperatur. Ihre Einheit wurde benannt nach dem britischen Physiker William Thomson, dem späteren Lord Kelvin. „Ein Kelvin ist der 273,16-te Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers.“

O-Ton Buck:

„Der Tripelpunkt ist genau der Punkt, wo alle drei Phasen des Wassers im Gleichgewicht vorliegen.“

Erzähler:

Also alle drei Aggregatzustände gleichzeitig: Eis, Wasser und Dampf. Dieser so genannte Tripelpunkt benötigt ganz bestimmte Bedingungen: 0,1 Grad Celsius, 6 Millibar Druck und perfekt reines Wasser.

O-Ton Buck:

„Wenn sie fast reines Wasser haben und ein bisschen Verunreinigung drin haben, dann ist die Temperatur des Schmelzpunktes von dem vom absolut reinen Wasser verschoben.“

Erzähler:

Absolut reines Wasser muss genau die richtige Menge von Wasserstoff und Sauerstoff in der richtigen Form enthalten. Sonst ist ein Kelvin nicht genau ein Kelvin. Eine ermüdende Wasserspalterei. Deshalb wird das Kelvin neu definiert.

Brisbane:

„Mein lieber Thomson. Welcher wilde Traum hat Ihnen denn diese Zahl

eingegeven? Minus 273...“

Thomson:

„Ich habe in Paris einen Vortrag des ehrwürdigen Joseph Gay-Lussac gehört.“

Brisbane:

„Pah, die Franzosen...“

Thomson:

„Seine Gesetze zeigen, es kann keine tiefere Temperatur geben. Und Benoît Clapeyron hat erkannt –“

Brisbane:

„Noch ein Franzose!“

Thomson:

„– dass auch die 100-Grad-Marke der Celsius-Skala ungenau ist. 100 Grad hier in Glasgow sind etwas Anderes als 100 Grad oben auf dem Gipfel des Ben Nevis. Der obere Fixpunkt meiner Skala hingegen ist unveränderlich: der Tripelpunkt des Wassers. Dabei handelt es sich um genau den Punkt –“

Brisbane:

„Schon zwölf Uhr! Machen Sie mir die Freude, Thomson, und begleiten sie mich zum Lunch. Lassen Sie uns durch den Park hinüber zum „Golden Dragon“ gehen. Dort bekommen Sie einen Haggis, wie Sie ihn selbst in Paris nicht besser gegessen haben.“

Thomson:

„In Paris ißt man keinen Haggis, Sir.“

Brisbane:

„Keinen Haggis, tsss, diese Franzosen...“

Sprecherin:

An der Tür zum Labor von Joachim Fischer steht: „Boltzmann-Experiment“. Ludwig Boltzmann war ein österreichischer Physiker. Er verstand im 19. Jahrhundert als erster, wie die Bewegung der Atome mit der Temperatur zusammen hängt. Daher wurde nach ihm eine universelle Konstante der Physik benannt: die Boltzmann-Konstante.

O-Ton Fischer:

„Die gewährleistet einfach, dass man eine bekannte Proportionalität hat zwischen der Energie und der Temperatur.“

Sprecherin:

Das ist der Schlüssel zu den verwirrenden Aufbauten hinter der Labortür: Um eine Neudefinition der Einheit Kelvin zu finden, messen die Forscher nicht die Temperatur, sondern die Konstante, die Energie und Temperatur verbindet. Die Boltzmann-Konstante soll möglichst präzise gemessen und dann bei diesem Wert offiziell festgeschrieben werden. Dann könnte sich eine neue Definition auf diesen konstanten Wert beziehen.

O-Ton Fischer:

„Ein Kelvin ist diejenige Temperaturänderung, bei der die Änderung der thermischen Energie genau dem Wert der Boltzmann-Konstanten entspricht.“

Sprecherin:

Zugegeben: Für den Laien klingt die neue Definition nicht besonders eingängig. Aber für Laien wird sie auch nicht gemacht. Sondern für Forscher, die in ihrer täglichen Arbeit Temperaturen bis auf Millionstel Kelvin genau messen und diese Ergebnisse mit den Messungen ihrer Kollegen vergleichen müssen. Für uns normale Thermometer-Benutzer ändert sich gar nichts. Bei 39 Grad haben wir Fieber und unter Null kann es draußen glatt werden.

O-Ton Fischer:

„Wir würden natürlich die Neudefinition so gestalten, dass für den täglichen Nutzer kein Unterschied festzustellen ist.“

Sprecherin:

Und das Experiment? Was messen Joachim Fischer und seine Kollegen denn nun eigentlich? Die Details würden hier den Rahmen sprengen. Daher vereinfacht: Die Boltzmann-Konstante hängt nicht nur mit Temperatur und Energie zusammen, sondern auch mit grundlegenden Eigenschaften von Gasen, zum Beispiel dem Druck

und der elektrischen Leitfähigkeit. Um zur Boltzmann-Konstante zu gelangen, wollen die Forscher diese Eigenschaften messen. Mit bisher ungekannter Präzision.

O-Ton Fischer:

„Wir müssen also Druck messen auf 10 hoch minus sechs relativ genau. Und zwar bis zu Drucken von 70 bar. Und das ist also wirklich mindestens einen Faktor fünf mehr als was bisher möglich war. Und da ist unsere größte Herausforderung.“

Sprecherin:

Die andere Herausforderung ist, besser zu sein als die anderen. Weltweit versucht ein halbes Dutzend Forschergruppen die Boltzmann-Konstante präzise zu messen. Die Methoden sind völlig unterschiedlich. Das Ziel ist dasselbe: Am Ende den entscheidenden Beitrag zur Neudefinition des Kelvin zu liefern.

Erzähler:

Maße teilen die maßlose Welt in zählbare Stückchen. Handliche Stücke für uns. Winzige oder gigantische für die Wissenschaft.

O-Ton Buck:

„Wer kann sich die Ausdehnung des Universums vorstellen? Also, unsere Wissenschaft dringt natürlich in ganz andere Räume als den alltäglichen Lebensraum vor. Und da braucht sie auch das Handwerkszeug dafür.“

Erzähler:

Die Gralshüter dieser Werkzeuge treffen sich regelmäßig, um sozusagen die Maße neu zu eichen.

O-Ton Buck:

„Da gibt's ein Gremium, das ist die Generalkonferenz der Meterkonvention, die alle vier Jahre tagt. Und die kann so was dann allgemein verbindlich festlegen.“

Erzähler:

2011 trifft sich diese Konferenz wieder. Dann könnte das Kelvin neu definiert werden.

O-Ton Buck:

„Dann haben wir das Kelvin so definiert, dass es eine Ableitung dieser Naturkonstanten ist.“

Erzähler:

Wahrscheinlich dauert es aber bis 2015. Aber was sind schon ein paar Jahre.

O-Ton Buck:

„Es wird sich dann – so hoffen wir jedenfalls – die nächsten, nun ja, Millionen Jahre nicht mehr verändern.“

Brisbane:

Wissen sie, Thomson, ich liebe diesen Weg am Fluß entlang. Was wäre die University of Glasgow ohne den Kelvin? Der Fluß macht aus unserer grauen Studieranstalt ein Paradies.

Thomson:

Ganz recht, Sir. Ich sehe den Fluß von meinem Labor aus. Und manchmal denke ich: Mit der Temperatur ist es wie mit dem Kelvin. Auch er hat einen absoluten Anfang, eine Quelle, einen Nullpunkt.

Brisbane:

Thomson! Selbst hier am Kelvin können Sie sich nicht von ihren Temperaturen lösen. Wenn sie weiterhin mit einer solchen Leidenschaft zu Werke gehen, mein Lieber, dann wird Sie unsere hochehrwürdige Queen Victoria zu guter letzt noch adeln. Zum Lord of Glasgow!

Thomson:

Lord of Kelvin würde mir genügen. Mehr habe ich ja noch nicht von Glasgow gesehen.

Brisbane:

Lord Kelvin! Das ist wunderbar! Das ist wirklich köstlich, Thomson...