Die AVOGADRO-Konstante

Gegenstand:

Die Anzahl der Stoffteilchen (der gedachten kleinsten Baueinheiten eines Stoffes), die in einer Stoffportion von 1 mol enthalten ist, heißt AVOGADRO-Konstante N_A. Anders ausgedrückt, $N_A = N/n$, wenn N die Teilchenzahl und n die Stoffmenge einer Stoffportion bedeutet.

Mängel:

Eine physikalische Größe ist eine Variable, die durch ihre Werte ein in der Natur vorhandenes Merkmal quantifiziert. Größen G mit reellen, aber diskret liegenden und daher abzählbaren scharfen Werten, nennt man gequantelt und eine ganze Zahl, die die Werte nummeriert, Quantenzahl g. Sind die G-Werte nicht nur diskret, sondern auch äquidistant, heißt die Größe ganzzahlig gequantelt. Im einfachsten Fall sind dann die Werte ganze Vielfache g eines universellen Quants γ: $G = \gamma\, g$. Die Ladung Q, die Wirkung H, der Drehimpuls L, der magnetische Fluss ϕ sind Beispiele für Größen, die unter Bedingungen, die scharfe Werte liefern, ein solches Wertespektrum zeigen, nicht jedoch die Energie, für die es kein universelles Quant gibt. Die ganzzahlige Quantelung der auf einem Stoffteilchen, einem Ion, sitzenden Ladung, $Q = ze$ mit der Ladungszahl z in der Rolle der Quantenzahl und der Elementarladung e in der des Ladungsquants, wurde schon im vorigen Jahrhundert bei der Untersuchung von Elektrolytlösungen erkannt. In den Anfängen des 20. Jahrhunderts kam die Einsicht hinzu, dass sich verschiedene Befunde der Atomphysik und Thermodynamik mittels der Annahme deuten lassen, dass bei einer periodischen Bewegung die Werte der Wirkung H für jeden Freiheitsgrad ganzzahlig gestaffelt sind[1], wobei die PLANCKsche Konstante h als universelles Wirkungsquant auftritt. Eine mittelbare Folge davon ist, dass der Drehimpuls L eines umlaufenden Teilchens, und zwar nicht dessen Betrag, sondern die Drehimpulskompente L_z in irgendeiner Vorzugsrichtung z, scharfe Werte besitzt, die diskret und äquidistant sind, $L_z = l\hbar$ mit $\hbar = h/(2\pi)$ als universellem Drehimpulsquant und l als zugehöriger Quantenzahl. Der magnetische Fluss ϕ durch eine Fläche, die durch eine supraleitende Schleife berandet ist und dadurch den Fluss gleichsam in der Fläche gefangen hält, erweist sich ebenfalls als ganzzahlig gequantelt, wobei das magnetische Flussquant den Wert $\phi_0 = h/(2e)$ besitzt.

Hinsichtlich der Struktur ihres Wertebereiches fällt die Stoffmenge n in dieselbe Kategorie wie die besprochenen Größen Q, H, L und ϕ. Für eine Stoffportion in einem geschlossenen Gefäß, das keinen Stoffaustausch zulässt, kann die Größe n nur diskrete Werte annehmen, und zwar genauer nur solche Werte, die ein ganzzahliges Vielfaches N einer kleinsten Einheit τ sind[2]. Kurz gesagt, n ist hier ganzzahlig gequantelt mit N als Quantenzahl und $\tau = N_A^{-1}$ als zugehörigem universellen Quant: $n = N \cdot N_A^{-1} = N \cdot \tau$.

Es ist jedoch üblich, statt des Stoffmengenquants τ selbst stets den Kehrwert, die AVOGADRO-Konstante $N_A = \tau^{-1}$, zu benutzen. Dadurch verschleiert man eine formale und begriffliche Symmetrie, die das Erlernen und die Handhabung des physikalischen Kalküls erleichtert. Wenn wir in den Begriff Quantelung über die genannten mathematischen Eigenschaften hinaus nichts hineingeheimnissen, sind keine sachlichen Gründe erkennbar, die eine derartige Sonderstellung der Größe n rechtfertigen. Im Gegenteil, hierdurch entsteht erst im physikalischen Kalkül eine Kuriosität, zu der es sonst keine Entsprechung gibt. Wie absonderlich diese Vorgehensweise ist, fällt erst auf, wenn man umgekehrt, etwa statt der Elementarladung e, ihren Kehrwert $Z_M = e^{-1}$ verwenden würde. Die Naturkonstante Z_M, nennen wir sie "MILLIKAN-Konstante", wäre dann zu definieren als die Anzahl kleinster Teile oder Quanten, in die sich eine Ladungsmenge von 1 As aufteilen lässt. Anders ausgedrückt, es ist $Z_M = z/Q$, wenn z die Ladungszahl und Q die Ladungsmenge eines geladenen Probekörpers bedeutet.

---

[1] Im Falle einer eindimensionalen Bewegung – z. B. ein schwingendes oder zwischen elastischen Wänden pendelndes Teilchen – ist H einfach der Flächeninhalt des von der geschlossenen Bahnkurve berandeten Gebietes in dem durch Ort und Impuls des Teilchens aufgespannten Phasenraum.

[2] Formelzeichen τ vorgeschlagen von G. FALK in "Konzepte eines zeitgemäßen Physikunterrichts", Heft 2, Schroedel 1978, S.9ff

Herkunft:

Solange Masse und Materiemenge noch identifiziert wurden, fehlte der Grund, beide Begriffe zu trennen und gesonderte Maße dafür einzuführen. Der aus der Chemie stammende Begriff Stoffmenge galt vielen Physikern lange Zeit nicht nur als überflüssig, sondern als ziemlich suspekt. Dazu hat der lässige Umgang der Chemiker mit diesem Begriff, der in vielen Spielarten mit eigenen Einheiten wie g-Atom, g-Molekül g-Äquivalent, Tom, Mol, Val usw. benutzt wurde, das Seinige beigetragen. Die Einheit, die heute einheitlich mol heißt, betrachtete man zunächst als stoffspezifische Masseneinheit und empfand sie daher als ähnlich grotesk wie eine ortsspezifische Längeneinheit. In der mechanischen Wärmetheorie und der statistischen Physik tritt die Teilchenzahl N als der primäre Begriff auf, neben dem die Stoffmenge n nur als bequemes, aber entbehrliches Maß für eine große Stückzahl erscheint. Alle diese Umstände trugen dazu bei, eine ähnliche Entwicklung wie bei der Ladung zu unterdrücken mit der Konsequenz, dass die Größe n in der Physik, wenn überhaupt, dann höchstens in Nebenrollen auftaucht und ihr kleinstes Quant τ – anders als das Ladungsquant e – als Kehrwert zu einer Art Zähleinheit verkümmert.

Entsorgung:

Dass es zweckmäßig ist, analoge Sachverhalte durch analoge Formeln darzustellen, scheint unmittelbar einleuchtend. Der Gewinn wird allerdings oft erst im größeren Zusammenhang deutlich und kaum an einem solch kleinen Detail wie dem oben besprochenen. Der Verzicht auf die Größe N_A zu Gunsten von τ wäre aber ein erster Schritt in die richtige Richtung.

Georg Job