

Das chemische Potenzial

Gegenstand:

In der Physik klafft an dieser Stelle eine Lücke. Der Begriff, der unsere Überschrift bildet, kommt in einem normalen Schul- oder Hochschul-Physikbuch nicht vor. Nur der Theoretiker kennt ihn und nur in der Thermodynamik oder der statistischen Physik taucht er als Bestandteil eines komplizierten, abstrakten Kalküls auf.

Mängel:

Im Gegensatz zu dem Ruf, der der Größe anhängt, ist das chemische Potenzial μ geradezu harmlos, harmloser etwa als die Vektorgrößen Kraft oder Beschleunigung aus der Mechanik. Es genügen schon wenige, unschwer begreifbare, an Alltagsbeispielen leicht zu erläuternde Angaben, um die Größe nicht nur qualitativ zu beschreiben, sondern sie vollständig zu definieren. Nur die Wahl der Einheit und einiger Skalennullpunkte ist noch frei, wenn man etwa auf die folgende Begriffsbestimmung zurückgreift:

- Jedem Stoff B lässt sich eine Größe μ_B zuordnen, genannt sein chemisches Potenzial, die seine Neigung ausdrückt, sich irgendwie umzubilden, das heißt etwa
 - sich mit irgendwelchen anderen Stoffen umzusetzen,
 - sich in irgendeine andere Zustandsart umzuwandeln,
 - sich im Raume irgendwie umzuverteilen.
- μ_B hängt vom Umfeld ab, in dem B sich befindet, (das heißt von den Mischungspartnern, dem Mischungsverhältnis, dem Aggregatzustand, der Temperatur, dem Druck, den Feldstärken usw.), aber nicht davon, mit wem und zu was der Stoff B reagiert.
- Eine Stoffumbildung kann freiwillig eintreten, wenn die Neigung hierzu im Ausgangszustand stärker ausgeprägt ist als im Endzustand, das heißt etwa bei einer
 - Umsetzung $B' + B'' + \dots \rightarrow D' + D'' + \dots$, falls $\mu_{B'} + \mu_{B''} + \dots > \mu_{D'} + \mu_{D''} + \dots$,
 - Umwandlung $B(\alpha) \rightarrow B(\beta)$, falls $\mu_\alpha > \mu_\beta$,
 - Umverteilung $B(\text{Ort } 1) \rightarrow B(\text{Ort } 2)$, falls $\mu_1 > \mu_2$ gilt.

Noch bildhafter ausgedrückt, können wir sagen: Jeder Stoff, ganz gleich welcher Art, hat ein Bestreben zur Umsetzung, Umwandlung, Umverteilung usw., kurz gesagt, eine Art "Umtrieb". μ ist ein Maß für die Stärke dieses Umtriebs, je größer μ , desto "umtriebiger, aktiver, forscher", je kleiner, desto "schlaffer, passiver, lascher" ein Stoff. Bei einer Umsetzung, Umwandlung, Umverteilung setzt sich stets die Seite mit dem größeren Umtrieb durch: – "Umtriebiger" Stoffe gehen in "phlegmatischere" über, – "forscher" Zustandsarten wandeln sich in "laschere" um, – von "betriebsamen" Stellen weichen Stoffe nach "geruhsameren" Orten aus. Kurz, die Materie stiebt einem Zustand größter Schlawheit zu.

In gröbster Näherung kann man μ_B als konstant betrachten, insbesondere unabhängig von Temperatur oder Druck, ähnlich wie man es in der Mechanik mit der Länge einer Stange, eines Hebels, eines Seiles tut. Dem starren Körper entspricht der Stoff mit "starrem" μ . Man kann ferner, etwa um den Chemikern nicht vorzugreifen, Umsetzungen vorerst ausklammern. Klug ist dies jedoch nicht, da sich viele physikalische Vorgänge wie chemische Reaktionen schreiben und behandeln lassen:

– Ionisierung eines Atoms: $B \rightarrow B^+ + e^-$,

– α -Zerfall: ${}^A_Z B \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} B + \alpha$,

– Emission eines Photons: $B^* \rightarrow B + \gamma$,

– induzierte Emission: $B^* + \gamma \rightarrow B + 2\gamma$,

– Adsorption an einer Oberfläche: $\square + B \rightarrow \boxed{B}$

– Bildung von Gitterfehlstellen: $\boxed{B} \rightarrow \square + B$ usw.

Erheblich ergiebiger wird die Diskussion, wenn man Druck-, Temperatur- und Konzentrationsabhängigkeit qualitativ oder quantitativ berücksichtigt. Dabei führen vielfach schon lineare Ansätze, wie man sie Mittelstufenschülern z. B. bei der Erörterung des HOOKEschen Gesetzes oder der thermischen Ausdehnung bedenkenlos zumutet, zu nützlichen Ergebnissen. Aber auch so verschiedenartige Erscheinungen wie Osmose, Diffusion, Randschichten in Halbleitern, Löcherbildung im Leitungsband, Sedimentation in Zentrifugen, Flüssigkeitsströmung durch Rohre, Dichteschichtung in der Atmosphäre, Glühemission von Elektronen, Geschwindigkeitsverteilung in Gasen, Laseremission, Einfrieren einer Molekelschwingung, Photosynthese, Energiegewinnung in Brennstoffzellen und natürlich chemische Reaktionen aller Art lassen sich auf diese Weise nach einheitlichem Muster behandeln. Hier lässt die herkömmliche Physik ein begriffliches Loch, das, mit den üblichen Mitteln gestopft, nur lückiges Flickwerk liefert.

Herkunft:

Wer die Gutartigkeit der Größe μ kennt, fragt sich unwillkürlich, wie die Größe zu einem derart verhängnisvollen Ruf gelangt sein kann, der sie so völlig ins Abseits des physikalischen Interesses gebracht hat. Dafür gibt es mehrere Gründe. Schon der Schöpfer dieses Begriffes, J. W. GIBBS, beging 1876 den Fehler, seine Gedanken in einer kaum zugänglichen Zeitschrift und für die damaligen Hauptadressaten, die Chemiker, unverständlichen Sprache zu veröffentlichen. Atom-, Kern-, Molekül-, Festkörperphysik, in die ja viele der oben genannten Anwendungen fallen, waren damals so gut wie nicht vorhanden, so dass sich die Physiker nicht besonders angesprochen fühlten, ein Missverständnis, das das Beiwort *chemisch* im heutigen Namen der Größe μ noch fördert. Zudem hat GIBBS 1876 seine Definition der Größe ganz auf die klassische Thermodynamik gegründet, die Physiker zwar hoch schätzen, der sie aber wegen ihrer begrifflichen Schwierigkeit am liebsten aus dem Wege gehen. Die GIBBSsche Abhandlung wurde dadurch erst viel zu spät bekannt, zu einer Zeit als bereits vielerlei Ersatzerklärungen im Schwange waren.

Entsorgung:

Eine Lücke lässt sich nicht einfach entsorgen, schon gar nicht nach üblichem Muster mit ein paar guten Worten. Zudem ist die Lücke nicht wirklich leer, sondern besonders in der Chemie, aber auch in Physik, Biologie, Medizin, Meteorologie usw. mit vielerlei Ersatzstücken angefüllt. Dass sich die Lücke tatsächlich schließen lässt und das grundsätzlich schon von der Mittelstufe an, ist durch langjährige Schulversuche nachgewiesen. Wie das zu machen ist, kann wegen der Vielfalt der Anwendungen und Behelfslösungen nicht mit wenigen Worten gesagt werden, aber einiges lässt sich sofort tun, sich von dem Vorurteil zu lösen, das chemische Potenzial sei ein höchst schwieriger und allenfalls für Chemiker relevanter Begriff.

Georg Job