

Die RGT-Regel für besonders Interessierte

Wir gucken einmal deutlich über den Tellerrand hinaus



LNCU.de
ID 33140
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen



Aufgaben

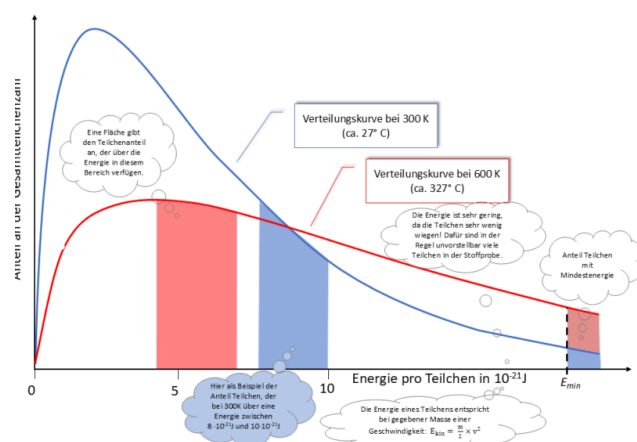
- 1 Erklären Sie mithilfe von **M1**, warum die erste Abbildung in **Galerie 1** die relevanten Teilchen eigentlich gar nicht zeigt.
- 2 Fassen Sie die wesentlichen Aussagen von Dr. Thorwirth in **M2** zusammen und erläutern Sie die **Abb. 4**.

M1 Ein genauerer Blick auf die Verteilungskurve

Typisch für chemische Reaktionen sind Mindestenergien im Bereich von 10^{-19} J pro Teilchen. Häufig entsteht in grafischen Darstellungen entsprechend **Galerie 1** ein falscher Eindruck bezüglich des Anteils der Teilchen mit Mindestenergie, da man die Auswirkungen einer Temperaturerhöhung oftmals übertrieben darstellt.

Hier einmal eine Darstellung, welche die tatsächlichen Daten besser darstellt. Nur ein sehr kleiner Teil aller Teilchen verfügt über die für die Reaktion notwendige Mindestenergie. Dieser Anteil wächst stark mit der Erhöhung der Temperatur.

Wird in einem Teilbereich einer Stoffprobe die Temperatur so hoch, dass viele Teilchen die Mindestenergie überschreiten, setzt die Reaktion ein. Bei exothermen Reaktionen sorgt die zusätzlich freiwerdende Wärme dafür, dass die Reaktion dann vollständig abläuft.



Galerie 1: Vereinfachte Darstellung der Boltzmann-Verteilung bei zwei verschiedenen Temperaturen ¹ und die entscheidende Stelle unter der Lupe. ²

M2 Wissenschaftler kommen zu Wort

Auch im Weltraum gibt es Moleküle

Auszüge aus einem Gespräch mit Herr Dr. Thorwirth über seine Arbeit am I. Physikalischen Institut der Universität zu Köln, Arbeitsgruppe für Laborastrophysik:

Im Weltraum ist es überwiegend sehr kalt! Wir müssen für diese Erkenntnis die Erde zu Messungen gar nicht verlassen, denn Radioteleskope können Strahlung von sehr weit entfernten Orten empfangen. Aus den Messdaten der Teleskope entnehmen wir u. a. Informationen über die Rotation von Molekülen und wissen, dass die Temperaturen z. B. in der Taurus Molecular Cloud-1 (TMC-1) im Sternbild Stier nur um 10 K liegen. In dieser sogenannten Dunkelwolke gibt es jedoch große Mengen

Wie können einfache Moleküle entstehen?

Wie können solche Moleküle entstehen? Nach irdischen Maßstäben sollten dort kaum Reaktionen stattfinden, denn bei den dort herrschenden Temperaturen verfügen keine Teilchen über ausreichend Energie, um die Barriere der Aktivierungsenergie zu überwinden. Und wenn eine Reaktion nicht stattfinden kann, hilft es auch nicht, dass Zeit auf astronomischen Skalen eine eher untergeordnete Rolle spielt.

Da in Dunkelwolken aber viele Moleküle zu beobachten sind, gibt es folglich Reaktionen mit wenig oder keiner Aktivierungsenergie. Ein möglicher Reaktionstyp ist der zwischen Ionen und neutralen Molekülen oder Atomen. So wird H_2 , das astronomisch häufigste Molekül überhaupt, dort zunächst durch Ionisation

Reaktionen ohne Aktivierungsenergie

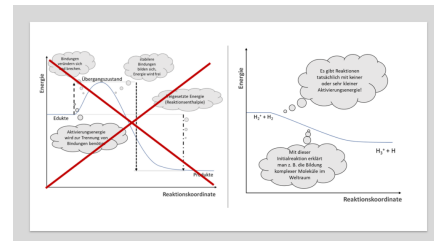


Abb. 2: Aktivierungsenergien im Vergleich. ¹

Und noch etwas

Wie entstehen dort eigentlich Wasserstoff-Ionen? Eine Ionisierung durch UV-Licht scheidet praktisch aus, denn die Materiewolken sind im Inneren zu dicht. Aber kosmische Materiestrahlung aus Sternen oder auch Supernova-Explosionen besteht aus sehr schnellen Teilchen wie

von Molekülen wie C₃S oder HC₃N, die uns auf der Erde exotisch vorkommen würden.

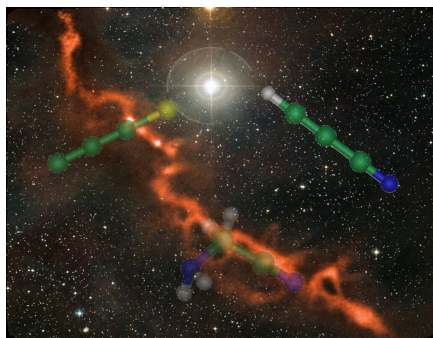


Abb. 1: Aufnahme der Staubemission (Wärmestrahlung) mit dem APEX Teleskop im Sternbild Stier, 450 Lichtjahre entfernt sowie Ball & Stick Modelle dort nachgewiesener Moleküle. ³

teilweise zu H₂⁺ gewandelt. Das Molekül-Ion H₂⁺ gibt es tatsächlich und es kann mit neutralem Wasserstoff weiterreagieren:



Das so gebildete H₃⁺-Ion fungiert nun seinerseits als Protonendonator und ist damit Initiator für viele Folgereaktionen. Es protoniert bspw. Sauerstoffatome oder auch Moleküle und so entstehen Ionen, die selbst entweder unter Abgabe eines Protons reagieren oder auch ein freies Elektron einfangen können. Bei letzterem Prozess wird so viel Energie frei, dass die Molekül-Ionen in zwei oder mehr ungeladene Atome oder Moleküle fragmentieren. So kann eine wahre Vielzahl an unterschiedlichen Substanzen entstehen.

Protonen oder Heliumkernen. Und diese ionisieren die Moleküle über entsprechende Stöße! Noch komplexere organische Substanzen (wie bspw. Ethansäure, Ameisensäuremethylester oder auch Dimethylether) können auch auf dem dort vorhandenen Staub entstehen. Bei den tiefen Temperaturen frieren viele Substanzen zunächst auf dem Staub regelrecht aus. Wenn dann irgendwann aus der Dunkelwolke ein Stern entsteht, wird das umliegende Material aufgewärmt und die Stoffe können sich vom Staub lösen. Schaut man nun mit Radioteleskopen in entsprechende Gebiete, wo es schon wärmer ist, findet man diese komplexen Moleküle. Dies ist von großer Relevanz, weil sich auf diese Weise prinzipiell sogar so etwas Komplexes wie Aminosäuren, die Bausteine des Lebens, bilden könnten. Ob Leben so entstanden ist, weiß man nicht. Man hat bisher erfolglos versucht, über Radioastronomie z. B. die Aminosäure Glycin zu finden. Das bedeutet aber nicht, dass es astrochemisch nicht gebildet wird. Je komplexer ein Molekül ist, desto schwieriger ist es nämlich, „seinen spektroskopischen Fingerabdruck“ in der Radiostrahlung zu identifizieren.

M3 Tec-Science.com

Zahlreiche interessante Hintergründe zur **Maxwell-Boltzmann-Verteilung** und auch zu sehr vielen anderen Themen stellt Dipl.-Ing.-Päd. Andreas Höfler gemeinsam mit vielen anderen Autoren dankenswerterweise unter tec-science.com bereit. Dort ist auch der Link zu folgendem Video entnommen.



Mit dem Klick auf diesen Hinweis aktivierst du Inhalte von einem Drittanbieter. Dabei wird eine Verbindung zu dessen Servern hergestellt und deine IP-Adresse übertragen. Der Anbieter nutzt ggf. Cookies und Tracking-Tools, um dein Nutzungsverhalten zu analysieren.

Video 1:

Einzelnachweise

- ¹ Gregor von Borstel, 2020
- ² Gregor von Borstel, 2020 angelehnt an M. Binnewies et. al, allgemeine und anorganische Chemie, München 2004, S. 297
- ³ A. Hacar et al., Part of the Taurus Molecular Cloud, CC-BY 4.0, online verfügbar unter <https://www.eso.org/public/images/eso1209a/>, letzter Zugriff 02.03.2025.