

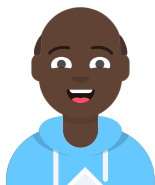
Vom Modell zur Wirklichkeit?

Vorsicht beim Umgang mit Modellen



LNCU.de
ID 32471
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

M1 Ausgangsgedanken



Basierend auf dem Modell der Stoßtheorie müssten doch logischerweise alle Reaktionsgeschwindigkeiten direkt proportional zu den Konzentrationen aller beteiligten Stoffe sein.

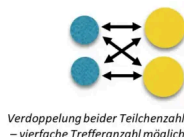


Abb. 1: Die Verdopplung einer Teilchenzahl führt zur Verdopplung der Treffermöglichkeiten. ¹

Das stimmt eigentlich! Sehen wir uns noch einmal die folgende allgemeine Reaktion an:



Für diese Reaktion sollte die **Reaktionsgeschwindigkeit** v wie folgt mathematisch ausgedrückt werden können:

$$v = k \cdot [A] \cdot [B]$$

Solche Formeln nennt man ein **Geschwindigkeitsgesetz**.

Und für andere Reaktionen könnte ein Geschwindigkeitsgesetz dann so aussehen:



$$v = k \cdot [A] \cdot [A] \text{ bzw. } v = k \cdot [A]^2$$



$$v = k \cdot [A] \cdot [B] \cdot [C]$$

Aufgaben

- Vollziehen** Sie die Gedanken in **M1** nach und **erklären** Sie die mathematische Darstellungen.
- Klären** Sie in **M2** alle Fachbegriffe und ergänzen Sie die noch fehlenden Reaktionsordnungen.
- Benennen** Sie eine Reaktion, in welcher die Erwartung aus dem Modell **M1** von den Messungen in der Wirklichkeit **M2** abweichen.
- Erklären** Sie basierend auf **M3** die dort gezeigte Abweichungen von Erwartung laut Modell zu gemessener Realität.
- Modelle helfen beim Verständnis der Wirklichkeit. **Beschreiben** Sie einen falsche Nutzung von Modellen und einen korrekten Umgang mit Modellen, der sich aus der heutigen Betrachtung ergibt.

M2 Messungen ergeben mitunter andere Geschwindigkeitsgesetze

Als **Reaktionsordnung** bezeichnet man die Summe aller **Exponenten** der Konzentrationen im **Geschwindigkeitsgesetz**. Nicht alle Reaktionen haben eine Reaktionsordnung, die der Summe der **stöchiometrischen Faktoren der Edukte** in der Reaktionsgleichung entspricht, obwohl man dies nach dem einfachen **Modell der Stoßtheorie** erwarten würde. Dies bedeutet, dass die Konzentrationen einiger Edukte mitunter

Reaktionsgleichung (ausnahmsweise wird die Ziffer 1 hier notiert)	Experimentell beobachtetes Geschwindigkeitsgesetz	Reaktionsordnung
$1\text{C}_2\text{H}_4 + 1\text{H}_2 \rightarrow 1\text{C}_2\text{H}_6$	$v = k [\text{C}_2\text{H}_4]^1 \cdot [\text{H}_2]^1$	2
$1\text{N}_2\text{O}_5 + 1\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$	$v = k [\text{N}_2\text{O}_5]^1$	1
$1\text{CHCl}_3 + 1\text{Cl}_2 \rightarrow 1\text{CCl}_4 + \text{HCl}$	$v = k [\text{CHCl}_3]^1 \cdot [\text{Cl}_2]^{\frac{1}{2}}$	
$2\text{NO} + 2\text{H}_2 \rightarrow 1\text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$v = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]^1$	
$1\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{NO}_2$	$v = k [\text{N}_2\text{O}_4]^1$	1
$2\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{Katalysator}} 1\text{N}_2 + 3\text{H}_2$	$v = k$	0

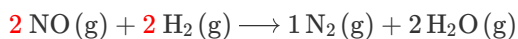
Abb. 2: Reaktionsgleichungen, tatsächliches Geschwindigkeitsgesetz und Reaktionsordnung. ²

M3 Eine durchdachte Erklärung für die Abweichung

Chemische Reaktionen laufen nämlich selten in einem einzigen Schritt ab. Eine **Gesamtreaktionsgleichung** zeigt uns nur den Anfangs- und Endzustand einer chemischen Reaktion – also was wir hineingeben und was am Ende herauskommt. Die **Elementarreaktionen** dagegen beschreiben, was tatsächlich auf molekularer Ebene Schritt für Schritt passiert.

In der Regel weichen die Geschwindigkeitsgesetze von der Erwartung ab, wenn die Reaktionen nicht in einem Schritt ablaufen. Das bedeutet, dass es nicht immer so ist, dass zwei Edukteilchen einfach aufeinanderprallen und daraus die Produkte entstehen. Besteht eine Gesamtreaktion aus mehreren Reaktionsschritten, so bestimmt der langsamste Schritt – also die langsamste Elementarreaktion – die Geschwindigkeit der Gesamtreaktion. Damit sind nur die Konzentrationen der Stoffe relevant, die an den Reaktionen bis zum langsamsten Schritt beteiligt sind.

Beispiel:

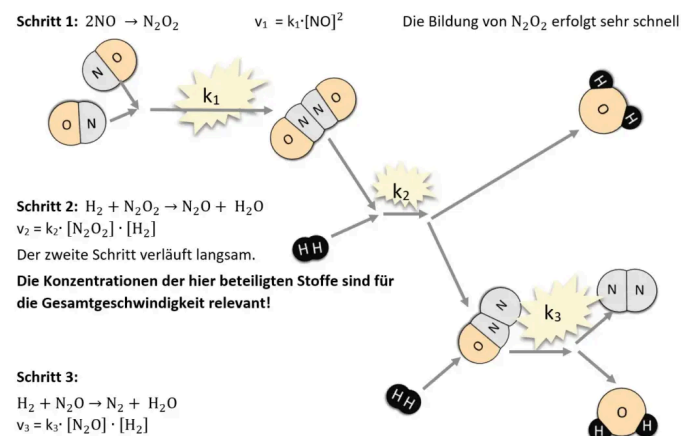


Experimentell ermitteltes **Geschwindigkeitsgesetz:**

$$v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{H}_2]^1$$

weniger Einfluss auf die Geschwindigkeit der Reaktion haben als die Konzentrationen anderer Edukte.

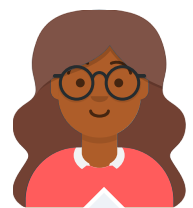
Die Reaktion ist **nicht** insgesamt **4. Ordnung** bzw. **2. Ordnung** bezüglich der Konzentration von H_2 . Sie verläuft daher sicherlich über einen mehrschrittigen Mechanismus. Die drei Elementarreaktionen könnten wie folgt aussehen:



Der dritte Schritt verläuft sehr schnell. Letztlich wird N_2 so schnell gebildet, wie N_2O auftritt!

Abb. 3: Modellhafte Darstellung der Reaktion ³

Aus einer **Gesamtreaktionsgleichung** kann man niemals das **Geschwindigkeitsgesetz** ableiten, da man nicht sicher weiß, ob es sich um eine **Elementarreaktion** handelt!



Ausblick auf den späteren Chemieunterricht

Mitunter hat die Konzentration der einen Edukte weniger Einfluss auf die Geschwindigkeit der Reaktion als die Konzentrationen anderer Edukte. Die experimentell bestimmte Reaktionsordnung kann dann Hinweise über den tatsächlichen **Reaktionsmechanismus** geben.

Weitergedacht

6 Beschreiben Sie eine Vorgehensweise, mit der man in der Realität ein Geschwindigkeitsgesetz für eine beliebige Reaktion prinzipiell bestimmen könnte.

Einzelnachweise

- 1 Team LNCU, 2025
- 2 Gregor von Borstel und Andreas Böhm, 2020
- 3 Gregor von Borstel 2021 in Anlehnung an eine Darstellung in Dickerson, R. E.; Geis, I. (1981): Chemie – eine lebendige und anschauliche Einführung. Berichtigter Nachdruck. Weinheim: VCH