GENAUER BETRACHTET: REAKTIONSGESCHWINDIGKEIT UND KONZENTRATION

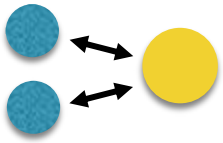
Elementarreaktionen, Geschwindigkeitsgesetz, Reaktionsordnung

M1 Ausgangsgedanke: Wie müsste es laut Modell sein?

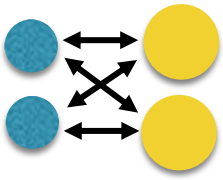
Basierend auf dem Modell der Stoßtheorie müssten alle Reaktionsgeschwindigkeiten proportional zu den Konzentrationen der beteiligen Stoffe sein:



Ein Treffer ist möglich



Verdoppelung einer Teilchenzahl – doppelte Trefferanzahl möglich



Verdoppelung beider Teilchenzahl – vierfache Trefferanzahl möglich

Für die Reaktion $A + B \rightarrow C$ sollte laut Modell stets gelten: $v = k \cdot c(A) \cdot c(B)$ *bzw.* $v = k \cdot [A] \cdot [B]$

Derartige Gleichungen bezeichnet man als **Geschwindigkeitsgesetze.**

1. Erläutern Sie mit Hilfe von M1, warum man für den Zerfall von N_2O_5 oder die Reaktion von $CHCl_3$ mit Cl_2 ein Geschwindigkeitsgesetz 2. Ordnung (s. M2) erwarten würde.
2. Bestimmen Sie für die Reaktionen in M2 die fehlenden Reaktionsordnungen und erläutern Sie bei welchen Reaktionen es sich sicher um keine Elementarreaktion (M3) handeln kann.
3. Erklären Sie die Besonderheit einer Reaktion 0. Ordnung, z. B. der Zerfall von Ammoniak (NH_3).
4. Verdeutlichen Sie beispielhaft (M4), warum in einer Folge von Zwischenreaktionen der langsamste Schritt geschwindigkeitsbestimmend ist.

M2 tatsächlich gemessene Geschwindigkeitsgesetze

Reaktionsgleichung (ausnahmsweise wird die Ziffer 1 hier notiert)	Experimentell beobachtetes Geschwindigkeitsgesetz	Reaktionsordnung
$1C_2H_4 + 1H_2 \rightarrow 1C_2H_6$	$v = k\,[C_2H_4]^1 \cdot [H_2]^1$	2
$1N_2O_5 + 1N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$	$v = k \cdot [N_2O_5]^1$	1
$1CHCl_3 + 1Cl_2 \rightarrow 1CCl_4 + HCl$	$v = k\,[CHCl_3]^1 \cdot [Cl_2]^{\frac{1}{2}}$	
$2NO + 2H_2 \rightarrow 1N_2 + 2H_2O$	$v = k \cdot [NO]^2 [H_2]^1$	
$1N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$	$v = k \cdot [N_2O_4]^1$	1
$2NH_3 \xrightarrow{\text{Katalysator}} 1N_2 + 3H_2$	$v = k$	0

Als Reaktionsordnung bezeichnet man die Summe aller Exponenten an den Konzentrationen im Geschwindigkeitsgesetz. Nicht alle Reaktionen haben eine Reaktionsordnung, die der Summe der stöchiometrischen Faktoren der Edukte in der Reaktionsgleichung entspricht. Auch wenn man das laut Modell erwarten würde.

Das bedeutet übersetzt, dass die Konzentrationen einiger Edukte mitunter weniger relevant für die Geschwindigkeit der Reaktion sind, als die anderer Edukte.

GENAUER BETRACHTET: REAKTIONSGESCHWINDIGKEIT UND KONZENTRATION

Elementarreaktionen, Geschwindigkeitsgesetz, Reaktionsordnung

M3 Erklärung für die Abweichung

In der Regel weichen die Geschwindigkeitsgesetze dann von der Erwartung ab, wenn die Reaktionen **nicht in einem Schritt** ablaufen, wenn also nicht einfach zwei Eduktteilchen aufeinanderprallen und daraus die Produkte entstehen.

Besteht eine **Gesamtreaktion** aus einer Folge von mehreren Reaktionsschritten, so bestimmt der langsamsten der Schritte, also **die langsamste Elementarreaktion**, die Geschwindigkeit der Gesamtreaktion. Damit sind nur die Konzentrationen der Stoffe relevant, die an Reaktionen bis zum langsamsten Schritt beteiligt sind.

Beispielweise handelt es sich beim Zerfall von Distickstoffpentoxid $2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$ anders als erwartet um eine Reaktion 1. Ordnung. Wir können daraus schließen, dass nicht einfach zwei Eduktmoleküle in einer Elementarreaktion aufeinanderprallen und fünf Produktmoleküle entstehen.

Aus einer Reaktionsgleichung kann man nie das Geschwindigkeitsgesetz ableiten, da man nicht weiß, ob es sich um Elementarreaktion handelt!

M4 Beispiel gefällig? Reduktion von Stickstoffmonoxid durch Wasserstoff

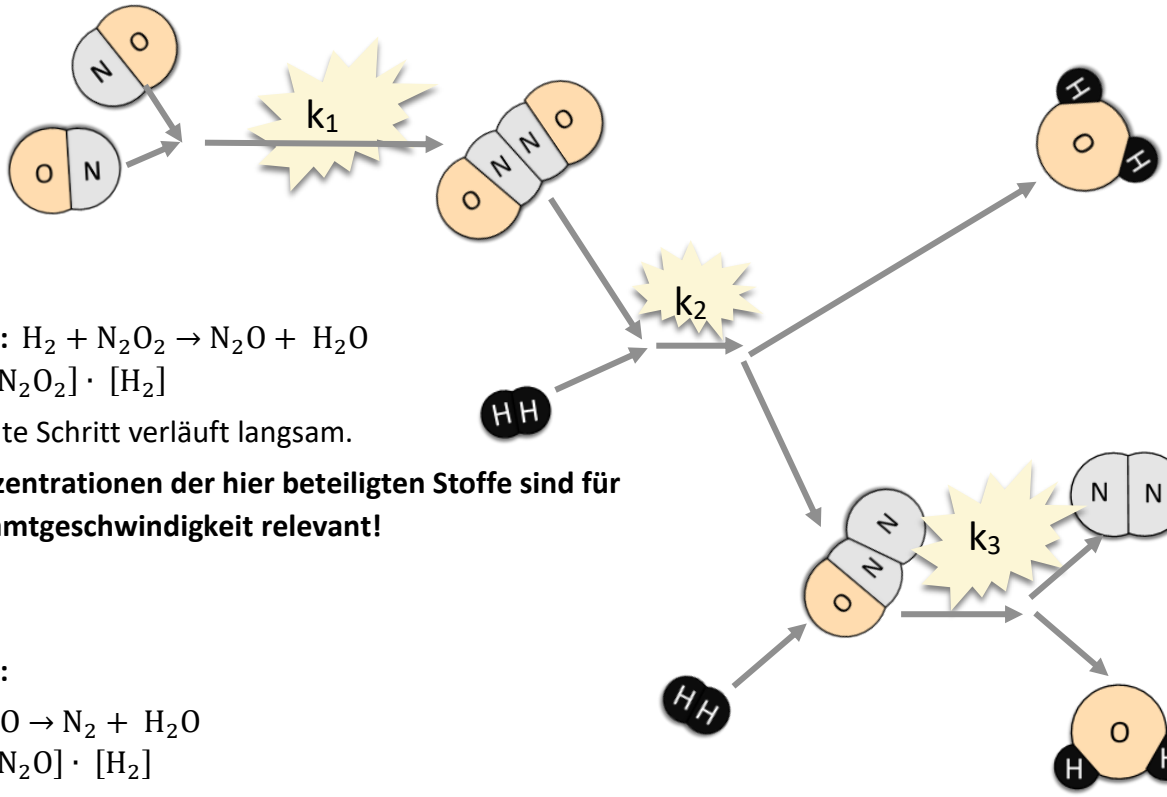
$2NO + 2H_2 \rightarrow 1N_2 + 2H_2O$ $\qquad$ $v = k \cdot [NO]^2 [H_2]^1$

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.

Schritt 1: $2NO \rightarrow N_2O_2$ $\qquad$ $v_1 = k_1 \cdot [NO]^2$ $\qquad$ Die Bildung von N_2O_2 erfolgt sehr schnell



Schritt 2: $H_2 + N_2O_2 \rightarrow N_2O + H_2O$

$v_2 = k_2 \cdot [N_2O_2] \cdot [H_2]$

Der zweite Schritt verläuft langsam.

Die Konzentrationen der hier beteiligten Stoffe sind für die Gesamtgeschwindigkeit relevant!

Schritt 3:

$H_2 + N_2O \rightarrow N_2 + H_2O$

$v_3 = k_3 \cdot [N_2O] \cdot [H_2]$

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