

Chemische Gleichgewichte sind dynamisch

Der sogenannte Stechhebersversuch zeigt uns dies modellhaft

LNCU.de
ID 33727
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

M1 Ein kurzer historischer Rückblick

Schon in den Jahren ab **1861** untersuchten die Franzosen **Marcelin Berthelot und Péan de Saint-Gilles** die Reaktion von Säuren mit Alkoholen zu Estern und umgekehrt und erkannten, dass beide Systeme auf einen gemeinsamen Gleichgewichtszustand hinauslaufen.

Wenig später formulieren die Norweger **Cato Guldberg und Peter Waage** die Idee des chemischen Gleichgewicht und bestimmten die Konzentrationen der Stoffe im Gleichgewicht, die sie damals noch „*wirkende Massen*“ nannten. ¹

Zunächst deutete man diesen Zustand allerdings als eine Art **Stillstand**. Man dachte, die Reaktionen kommt zum Erliegen.

Erst durch die Arbeiten von **Jacobus Henricus van 't Hoff**, setzte sich die heute zentrale Vorstellung durch: **Ein chemisches Gleichgewicht ist dynamisch**. Auch im Gleichgewicht laufen Hin- und Rückreaktion weiter ab – allerdings mit gleicher Geschwindigkeit.

Wie man sich einen solchen Zustand vorstellen kann, ist auf den ersten Blick vielleicht nicht leicht zu erkennen. Gerade weil sich äußerlich nichts zu verändern scheint, bleibt die zugrunde liegende Dynamik zunächst unsichtbar. Ein **Modellversuch mit zwei Messzylindern** kann dabei helfen, das dynamische chemische Gleichgewicht anschaulich begreifbar zu machen.

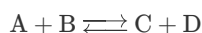


Aufgaben

- 1 Führen Sie den Modellversuch gemäß der Anleitung in Partnerarbeit durch.
- 2 Notieren Sie Ihre Ergebnisse in der Auswertungshilfe.
- 3 Verschieben Sie die senkrechte Linie und markieren Sie im Grafen auf diese Weise die Stelle, an der ihrer Meinung nach das Gleichgewicht erreicht ist.
- 4 Machen sie einen Screenshot der Auswertung.
- 5 Erklären Sie unter Verweis auf das Modellexperiment, was man unter einem **dynamischen** Gleichgewicht versteht.

V1 Modellversuch zur Dynamik des chemischen Gleichgewichts

Viele Reaktionen verlaufen hin und zurück:



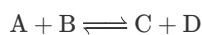
Die Geschwindigkeiten der Hin- und Rückreaktion

$$v_{(\text{hin})} = k_{(\text{hin})} \cdot c(A) \cdot c(B)$$

$$v_{(\text{rück})} = k_{(\text{rück})} \cdot c(C) \cdot c(D)$$

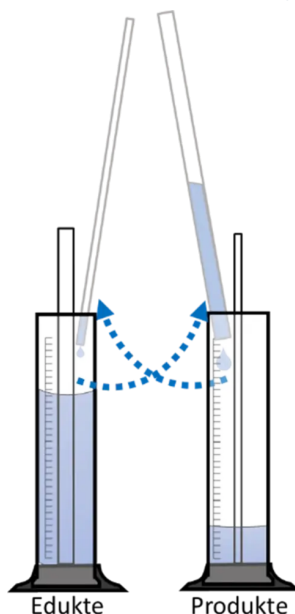
unterscheiden sich zunächst. Aber irgendwann verlaufen Hin- und Rückreaktion gleich schnell. Es stellt sich ein sogenanntes dynamisches Gleichgewicht ein.

$$v_{(\text{hin})} = v_{(\text{rück})}$$



Warum man dies ein **dynamisches Gleichgewicht** nennt, soll in einem Modellversuch veranschaulicht werden.

Aufbau und Durchführung



1. Der Messzylinder, der modellhaft für die „Edukte“ steht, wird mit 50 mL gefärbtem Wasser befüllt.
2. Nun wird 20 Mal aus diesem Messzylinder mit einem Glasrohr Flüssigkeit entnommen, indem man das Glasrohr **auf den Boden** des Messzylinders stellt und das obere Ende des Glasrohrs mit dem Daumen verschließt. Die Flüssigkeit wird in den Messzylinder „Produkte“ überführt.
3. **Gleichzeitig(!)** wird 20 Mal mit dem zweiten Glasrohr die Flüssigkeit vom zunächst leeren Messzylinder „Produkte“ in den Messzylinder „Edukte“ befördert.
4. **Wichtig** ist, dass für jeden „Flüssigkeitsaustausch“ immer das **gleiche Rohr in den gleichen Zylinder** gestellt wird. Beispielsweise wird immer das Rohr mit dem größeren Durchmesser im Zylinder „Edukte“ gefüllt und im Zylinder „Produkte“ entleert.

Entsorgen und Aufräumen



Reste in den **Ausguss** geben und mit viel Wasser nachspülen.

Materialien

 2 Messzylinder 50 mL

2 Glasrohre

mit unterschiedlichem Durchmesser

Chemikalien



Wasser

mit Lebensmittelfarbe eingefärbt

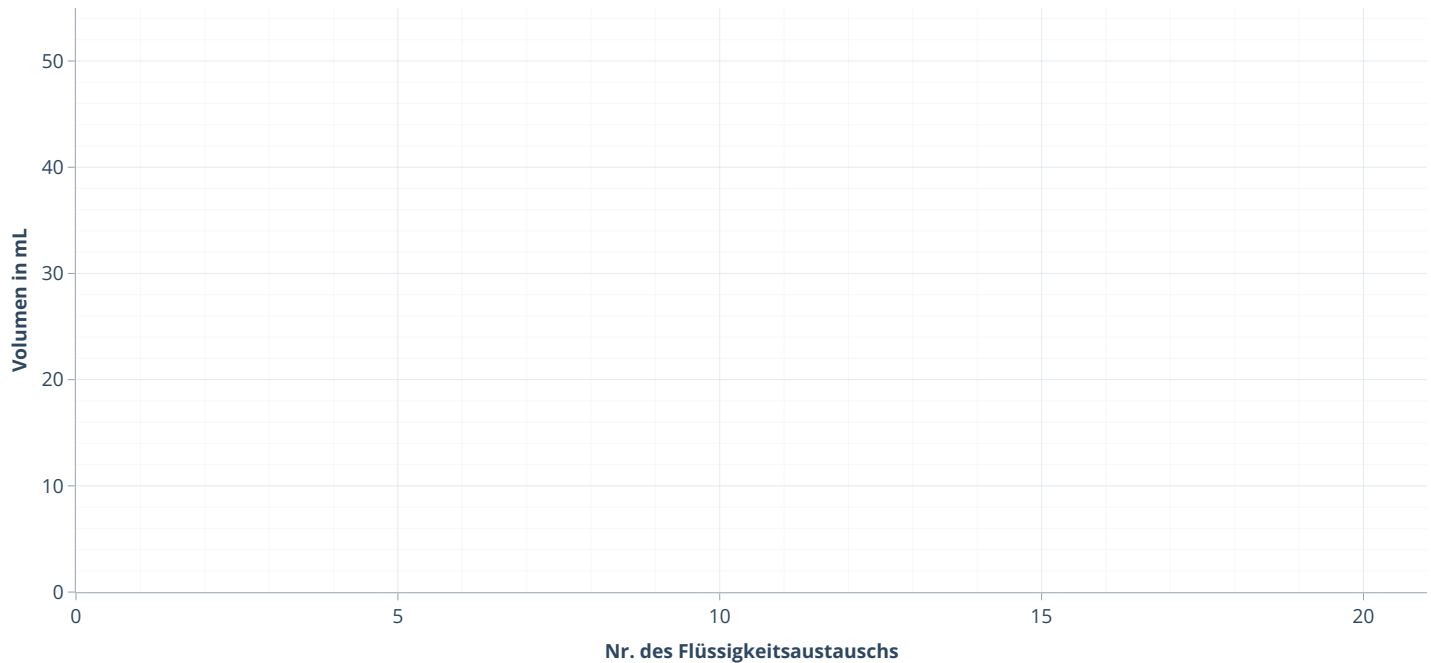


Alle verunreinigte **Labormaterialien** spülen.



Alle Materialien an ihren **Ursprungsort** zurückstellen.

M2 Auswertungshilfe



X

Y

Hinzufügen

<

>



X

Y

Hinzufügen

<

>



Tieferegehende Auswertung

- 6 Übertragen Sie das Modell auf den Versuch zur Veresterung bzw. Esterspaltung. Ergänzen Sie dazu folgende Satzanfänge:
- a Der Flüssigkeitsspiegel in Messzylinder Edukte steht für ...
 - b Der Flüssigkeitsspiegel im Messzylinder Produkte steht für ...
 - c Die Flüssigkeitsmenge in den Rohren entspricht ...
 - d Der Durchmesser des ... Rohres symbolisiert ...
- 7 Erklären Sie, warum im Gleichgewichtszustand die Konzentration der Edukte und Produkte nicht gleich sein kann. Nutzen Sie dafür **M3**.
- 8 Stellen Sie begründete Vermutungen auf, welche Versuchsergebnisse man erhält, wenn man die Glasrohre vertauscht nutzen würden. Prüfen Sie Ihre Vermutung ggf. anhand von Messergebnissen anderer Gruppen.

M3 Weitergehende Gedanken



Ist dir das Wort
Enthalpie noch
unbekannt, kannst du
es hier durch Energie



Dann vergleiche die
Höhen und die farbig
markierten Flächen
unter den Kurven und



ersetzen, ohne einen Fehler zu machen.

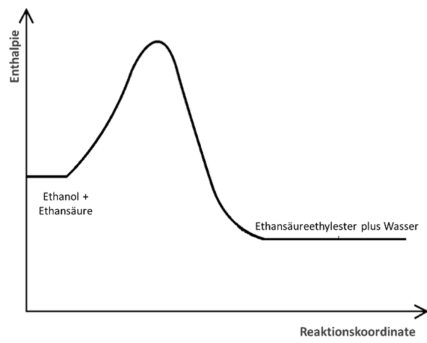


Abb. 1: Enthalpiediagramm Hinreaktion

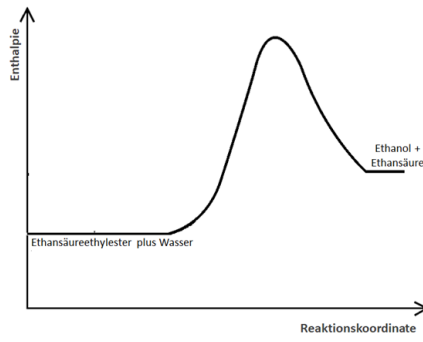


Abb. 2: Enthalpiediagramm Rückreaktion



Vergleiche die Höhe der Aktivierungsenergien in beiden Diagrammen.



erläutere ihre Bedeutung.

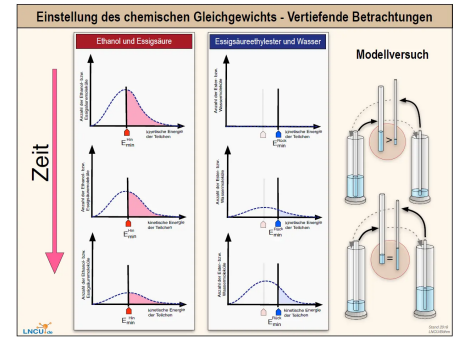


Abb. 3: Boltzmann-Verteilung und Stechhebersversuch im Zusammenhang ²

Einzelnachweise

¹ Jansen, W. (2021): Zur Geschichte von Gaskinetik und Reaktionskinetik. CHEMKON, 28(2), 57–63. <https://doi.org/10.1002/ckon.202000048>

² Andreas Böhm, 2018