

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 länger bekannt

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 bestimmten die Norweger **Cato Guldberg und Peter Waage** die Konzentrationen von Stoffe im Gleichgewicht, die sie damals noch „*wirkende Massen*“ nannten und belegten den Gedanken des sich einstellenden Gleichgewichts. ¹

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

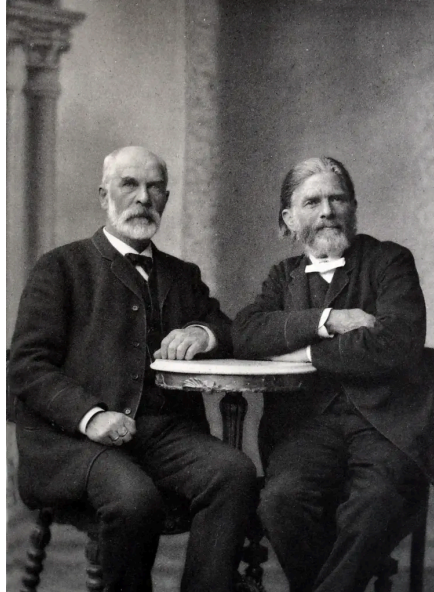


Abb. 1: Zwei norwegische Chemiker sprechen von **wirkenden Massen**. ²

Erst Ende des 19 Jahrhunderts setzte sich die Vorstellung durch: **Ein chemisches Gleichgewicht ist dynamisch**. Hin- und Rückreaktion laufen weiter ab – allerdings mit gleicher Geschwindigkeit.



Ein **Modellversuch mit zwei Messzylindern** kann dir das dynamische chemische Gleichgewicht begreifbar machen.

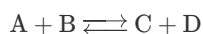
Aufgaben

- Führen** Sie den Modellversuch gemäß der Anleitung in Partnerarbeit **durch**.
- Notieren** Sie Ihre Ergebnisse in der Auswertungshilfe.
- Erstellen** Sie einen Screenshot der Grafen und **markieren** Sie im Diagramm die Stelle, an der ihrer Meinung nach das Gleichgewicht erreicht ist.
- Erklären** Sie unter Verweis auf das Modellexperiment, was man unter einem **dynamischen** Gleichgewicht versteht.

V1 Modellversuch zur Dynamik des chemischen Gleichgewichts

Was wir schon wissen

Viele Reaktionen verlaufen hin und zurück:



Die Geschwindigkeiten der Hin- und Rückreaktion unterscheiden sich zunächst:

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

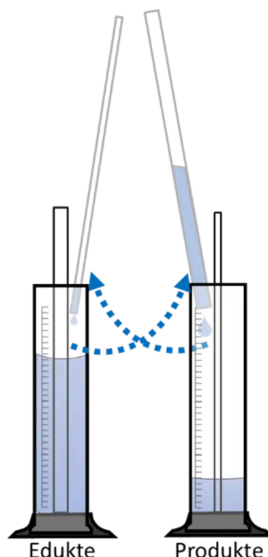
$$v_{(\text{rück})} = k_{(\text{rück})} \cdot c(C) \cdot c(D)$$

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

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




Aufbau und Durchführung



- Der Messzylinder, der modellhaft für die **Edukte** steht, wird mit 50 mL gefärbtem Wasser befüllt.
- 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.
- Gleichzeitig(!)** wird 20 Mal mit dem zweiten Glasrohr die Flüssigkeit vom zunächst leeren Messzylinder **Produkte** in den Messzylinder **Edukte** befördert.
- 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.

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


Materialien

 2 Messzylinder 50 mL

2 Glasrohre

mit unterschiedlichem Durchmesser

Chemikalien

 Wasser

mit Lebensmittelfarbe eingefärbt



Entsorgen und Aufräumen



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



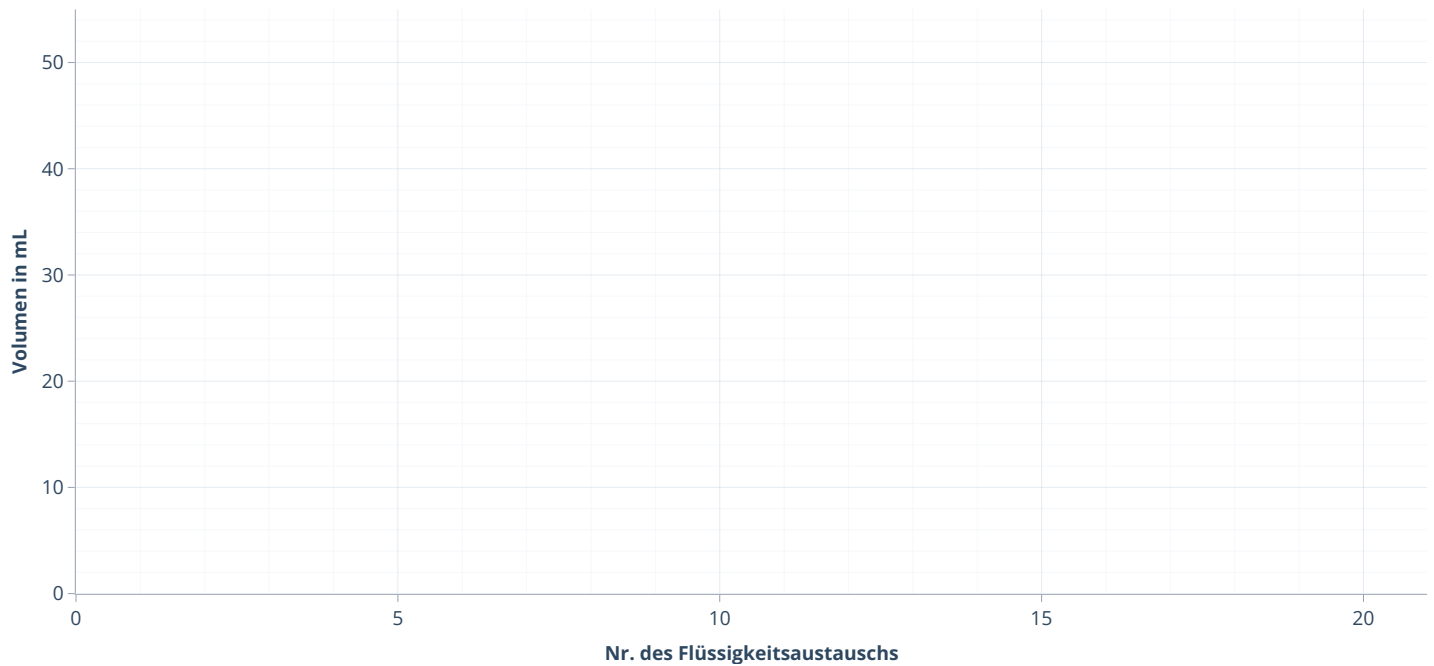
Alle verunreinigten **Labormaterialien** spülen.



Alle Materialien an ihren **Ursprungsort** zurückstellen.

M2

Auswertungshilfe



X

Y

Hinzufügen



X

Y

Hinzufügen





Tieferegehende Auswertung

- 5 **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 ...
- 6 **Erklären** Sie, warum im Gleichgewichtszustand die Konzentration der **Edukte** und **Produkte** nicht gleich sein kann. Nutzen Sie dafür **M3**.
- 7 **Stellen** Sie begründete Vermutungen auf, welche Versuchsergebnisse man erhält, wenn man die Glasrohre vertauscht nutzen würde. **Prüfen** Sie Ihre Vermutung ggf. anhand von Messergebnissen anderer Gruppen.
- 8 **Fassen** Sie die Erkenntnisse der heutigen Einheit **zusammen**.

M3 Weitergehende Gedanken



Ist dir das Wort **Enthalpie** noch unbekannt, kannst du es hier durch **Energie** ersetzen, ohne einen Fehler zu machen.

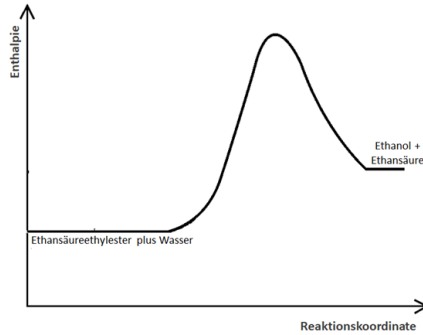


Abb. 3: Enthalpiediagramm Rückreaktion.



Dann vergleiche in **Abb. 4** die Höhen und die farbig markierten Flächen unter den Kurven und erläutere ihre Bedeutung. Stelle einen Zusammenhang zum Modellversuch her – **Tipp: dort sind nur zwei von drei Momenten** gezeigt.

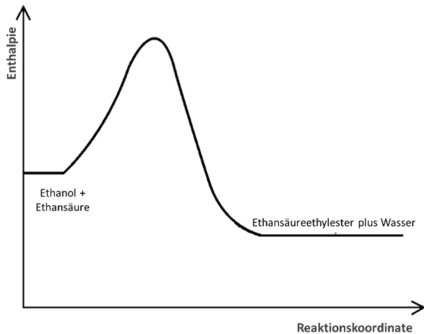


Abb. 2: Enthalpiediagramm Hinreaktion.



Vergleiche die Höhe der Aktivierungsenergien in beiden Diagrammen **Abb. 2** und **Abb. 3**.

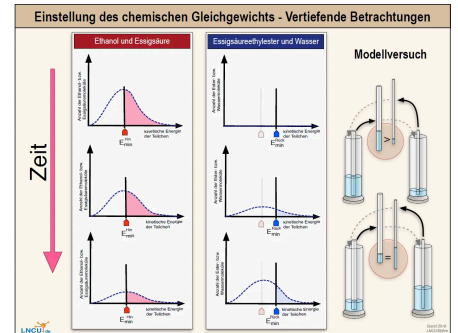


Abb. 4: Boltzmann-Verteilung und Stechheberversuch im Zusammenhang. ³

Einzelnachweise

- 1 Jansen, W. (2021): Zur Geschichte von Gaskinetik und Reaktionskinetik. CHEMKON, 28(2), 57–63. <https://doi.org/10.1002/ckon.202000048>
- 2 Photogravure by H. Riffart, Berlin. Scanned, image processed and uploaded by Kuebi = Armin Kübelbeck, Public domain, via Wikimedia Commons
- 3 Andreas Böhm, 2018