

Alles in einem Gefäß

Ein Gedankenexperiment zur Estersynthese mit realen Daten

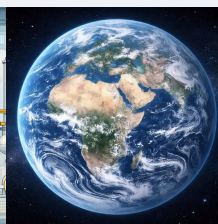
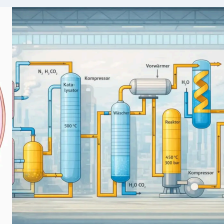
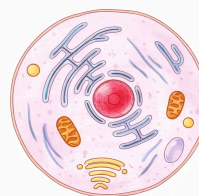


LNCU.de
ID 33552
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

M1 Reaktionen in vorübergehend geschlossenen Systemen



Was geschieht eigentlich mit den Konzentrationen von Stoffen, wenn man mehrere **Edukte** in **einem geschlossenen Gefäß reagieren lässt** und zunächst einmal **kein Produkt entweicht**?



Galerie 1: Zelle, Anlage, Erde – alles keine ganz geschlossenen Systeme – aber dennoch mit einen „Deckel“ versehen **1**



Warum fragst du das?



Es interessiert mich, denn in einer **Zelle** oder einer **Fabrikanlage** kann der Zufluss der Edukte oder der Abfluss der Produkte ja auch gesteuert werden.



Wir werden sehen, dass diese Frage interessante Antworten bereit hält. Vor allem, wenn wir ab und zu das Gefäß aufmachen, etwas verändern und die Prozesse damit beeinflussen.

Aufgaben

- 1 Machen** Sie sich mit dem Szenario des Experiments in **M2 vertraut**.
- 2 Stellen** Sie eine Hypothese **auf**, wie sich die Konzentrationen der Ethansäure in dem Szenario mit der Zeit nach unserem bisherigen Kenntnisstand vermutlich verändert.

M2 Estersynthese im geschlossenen Gefäß



Alle 10 Minuten stechen wir mit einer Kanüle durch den Stopfen, entnehmen eine winzige Probe und bestimmen die noch vorhandene Konzentration der Ethansäure. **4**

Wir stellen noch einmal gedanklich Ethansäureethylester her. Der **Unterschied zum letzten Mal**: Wir machen sofort nach dem Zusammengeben der Edukte einen **festen Stopfen auf das Gefäß** und starten einen Timer.

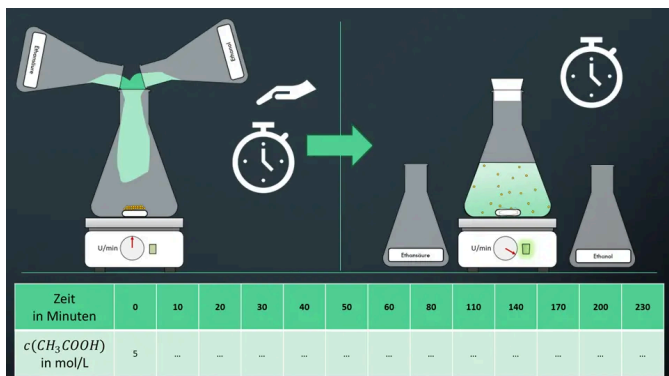
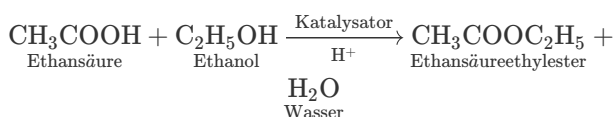


Abb. 1: Versuchsaufbau ²

Die **Anfangskonzentration** der **Ethansäure** und die **Anfangskonzentration** von **Ethanol** sind gleich. Sie beträgt jeweils **5 mol/L**. ³ Damit ist sichergestellt, dass die gesamte Ethansäure reagieren kann.

Die gelben Kugeln in **Abb. 1** stellen den sauren Ionenaustauscher dar, der die H^+ -Ionen liefert, die als Katalysator wirken.

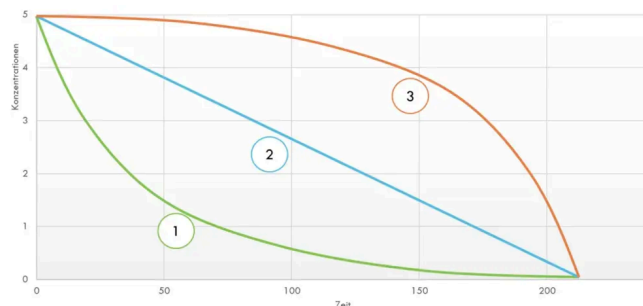


Abb. 2: Denkbare Kurvenverläufe für die gemessene aktuelle Konzentration der Essigsäure. ⁵



Was erwartest Du für einen Kurvenverlauf in **Abb. 2** ? 1, 2 oder 3? Oder eine andere Kurve?

Aufgaben

- 3** Stellen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Kurven in **M2** und dem realen Verlauf in **M3** heraus.
- 4** Entwickeln Sie Erklärungsansätze für die Abweichungen.
- 5** Nutzen Sie **M3** als Informationsquelle zum Abgleich ihrer Erklärungen.

M3 Reale Daten und ein Erklärungsansatz

Abgleich mit den realen Daten

Kommentar



Du merkst schon, der Versuch ist etwas aufwändig, fehleranfällig und dauert sehr lange. Daher haben wir ihn auch nicht selbst gemacht. Aber andere Forscherinnen und Forscher haben dies getan, die Ergebnisse veröffentlicht und wir nutzen ihre realen Messdaten.

Ein Erklärungsansatz

1



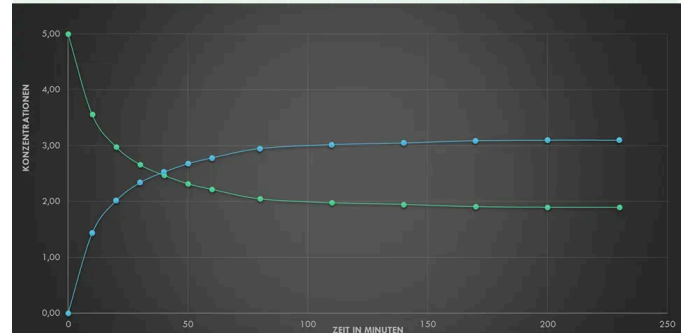
Wieso konvergiert die Konzentration der Salzsäure nicht gegen 0 mol/L?

2

Zunächst läuft die Reaktion wie gedacht ab. Die Konzentration der Ethansäure fällt erwartungsgemäß.

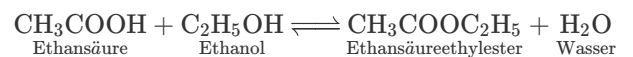
Schau einmal in die Wertetabelle und in das Diagramm. Ab einem gewissen Zeitpunkt verändern sich die Konzentrationen der Stoffe nicht mehr. Dann sind **Hinreaktion und Rückreaktion gleichschnell**.

Zeit in Minuten	0	10	20	30	40	50	60	80	110	140	170	200	230
c(Ethansäure) in mol/L	5	3,56	2,98	2,66	2,47	2,32	2,24	2,05	1,98	1,95	1,91	1,90	1,90
c(Ester) in mol/L	0	1,44	2,02	2,34	2,53	2,68	2,78	2,95	3,02	3,05	3,09	3,1	3,1



Im Gefäß laufen eine Hinreaktion und eine Rückreaktion ab.

Ein sogenanntes **chemisches Gleichgewicht** hat sich eingestellt. Dies bringt man durch einen besonderen Pfeil zum Ausdruck: den doppelten Harpunenpfeil.



Alles klar bis hierher?

- 6 **Verschieben** Sie den Schieberegler in **M4** auf folgende Zeitpunkte im Verlauf der Reaktion und machen Sie ein Bildschirmaufnahme:
- Die Konzentration an Ethansäure ist genauso groß wie die Konzentration an Ethansäureethylester.
 - Pro Zeiteinheit werden genauso viele Essigsäure- und Alkoholmoleküle bei der Hinreaktion umgesetzt wie bei der Rückreaktion gebildet werden.
 - Ein chemisches Gleichgewicht hat sich eingestellt.

M4 Kurvenverläufe und Zeitpunkte



Im Gefäß laufen eine Hinreaktion und eine Rückreaktion ab.

Einzelnachweise

- 1 Gregor von Borstel mit ChatGPT 5.2, 2026
- 2 Gregor von Borstel, 2026
- 3 Im Moment unwichtig, aber für alle, die es genau nehmen: damit wir zu Beginn überhaupt kein Wasser in dem Gefäß haben, wurden beide Stoffe in der entsprechenden Menge Aceton statt Wasser gelöst. Aceton nimmt nicht an der Reaktion teil.
- 4 Sie entspricht in diesem Augenblick logischerweise exakt der Konzentration von Ethanol
- 5 Gregor von Borstel, 2021