

1. Ein Ester entsteht

Esterbildung schnell und langsam

- Aceto Balsamico: ein Aromastoff entsteht
- Wie kann man die Bildung von Essigsäureethylester beschleunigen?
- Die Veresterung: Alkohol + Alkansäure -> Ester + Wasser
- „Fruchtig und mehr" – die Stoffklasse der Ester





„schnell, rasant, langsam, Schneckentempo ..."

Den Begriff der Geschwindigkeit kennt man!



2. Die Geschwindigkeit von Reaktionen

Basiswissen

- Geschwindigkeit – was ist das?
- Reaktionsgeschwindigkeiten lassen sich messen: wir beobachten die Veränderung von Massen oder Volumina pro Zeit
- Durchschnitts, Anfangs- und Momentangeschwindigkeit



Nicht verwechseln:
V für Volumen
v für Geschwindigkeit



Einstieg in Kinetik und Gleichgewichte

Übersicht V_2020

weiter: **Gleichgewichte kann man stören!**

4. Esterbildung und -zerfall

Hin- und Rückreaktion

- Ein Gleichgewicht stellt sich ein
- Geschwindigkeit und Gleichgewicht



3. Faktoren, die die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflussen.

Der Zerteilungsgrad

- Feststoffe in Flüssigkeiten oder Gasen: Pulver oder Band?
- Auf die Oberfläche kommt es an.



bekannt: Verbrennungs-reaktionen

Die Konzentration

- Gilt v ~ c?
- Die Stoßtheorie
- Reaktionsordnun

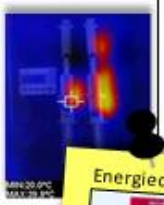
Konzentration ist Stoffmenge pro Volumen:

$$c = \frac{n}{V}$$



Die Temperatur

- Die „RGT Regel"
- Die Barriere der Aktivierungsenergie
- Stoßtheorie und die Boltzmannverteilung

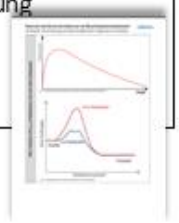


Energiediagramme



Ein Katalysator hilft

- Ein anderer Reaktionsweg
- Aktivierungsenergie und Boltzmannverteilung



Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-SA 4.0

Modul III: Estersynthese – Reaktionsgeschwindigkeit – ein erstes Gleichgewicht

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Wie kann man die Bildung eines Aromastoffes beschleunigen?		
Reifung von Balsamico – das dauert! Kann man die Entstehung von Essigsäureethylester im Labor beschleunigen? Die exemplarische Bildung eines Esters aus Ethanol und Ethansäure führt die Betrachtung organischer Stoffklassen logisch fort. Der natürliche Prozess der Entstehung von Essigsäureethylester in Balsamico dauert augenscheinlich lange. Daraus ergibt sich die Frage nach der Beschleunigung der Reaktion im Labor sowie nach zu beeinflussenden Größen oder Parametern (z. B. Temperatur, Konzentration, Katalyse). **Fruchtig, aber aus dem Labor – die Stoffklasse der Ester.** Die Veresterungsreaktion wird auf Teilchenebene genauer betrachtet. Ggf. können weitere Ester hergestellt werden.	• benennen ausgewählte Ester mithilfe der Regeln der systematischen Nomenklatur (IUPAC)) • ordnen Veresterungsreaktionen dem Reaktionstyp der Kondensationsreaktion begründet zu. • erläutern Siedetemperaturen und Löslichkeit mit Wechselwirkungen zwischen den Molekülen • planen erste [… *hier noch qualitative]* Versuche zur Untersuchung des zeitlichen Ablaufs einer chemischen Reaktion, führen diese zielgerichtet durch und dokumentieren Beobachtungen und Ergebnisse	Eine **Veresterungsreaktion** erfolgt im Essig im Beisein von Restalkohol scheinbar automatisch. Ihre exemplarische Betrachtung, ggf. weitere Syntheseversuche und die Beschreibung der Kondensationsreaktionen richten das Hauptaugenmerk auf die **Geschwindigkeit von Reaktionen** und deren Beeinflussung. Nachfolgend lässt sich am Beispiel der Veresterung gut begreifbar machen, dass **Reaktionen**, die in einer Phase stattfinden, in der Regel **nicht vollständig ablaufen**, sondern Rückreaktionen dazu führen, dass sich ein **chemisches Gleichgewicht** einstellt. *Dessen Dynamik auf Teilchenebene, das Massenwirkungsgesetz und das Prinzip von Le Chatelier sind dann Inhalte der anschließenden Unterrichtsreihen*.
Einfluss verschiedener Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit		
Die Geschwindigkeit einer Reaktion beobachten Was ist eigentlich Reaktionsgeschwindigkeit und in welcher Form kann man sie gut beobachten? Mindestens ein Versuch zu den bereits bekannten Reaktionen von Säuren mit Magnesium, Zink oder Kalk wird – nun mit Fokus auf volumetrische oder gravimetrische Messungen – erneut genutzt, um Reaktionsgeschwindigkeiten zu messen.	• stellen für Reaktionen zur Untersuchung der Reaktionsgeschwindigkeit den Stoffumsatz in Abhängigkeit von der Zeit tabellarisch und graphisch dar • erläutern den Ablauf einer chemischen Reaktion unter dem Aspekt der Geschwindigkeit und definieren die Reaktionsgeschwindigkeit als Differenzenquotient $\Delta c/\Delta t$	Bei der Reaktionsgeschwindigkeit handelt es sich um Konzentrationsänderung pro Zeit. Gut beobachten kann man neben Farbwechseln vor allem Massen- oder Volumenänderung beim Entstehen von Gasen! In die Kurvenauswertung einfließen sollte die Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit sowie Erläuterungen zu $\Delta V/\Delta t$, $\Delta m/\Delta t$, $\Delta n/\Delta t$ und $\Delta c/\Delta t$.

Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-SA 4.0

Modul III: Estersynthese – Reaktionsgeschwindigkeit – ein erstes Gleichgewicht

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Der Einfluss der Zerteilungsgrades kann direkt im Anschluss untersucht und auch mit der Stoßtheorie erklärt werden. **Konzentrationsabhängigkeit untersuchen und mit der Stoßtheorie erklären.** Der Versuch von oben wird abgewandelt mit verschieden konzentrierten Lösungen durchgeführt. Dabei wird die Stoßtheorie der Gase vereinfacht auch für Flüssigkeiten und Feststoffe übernommen. Quintessenz: ***Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentrationen der Stoffe sind (hier) proportional!*** **Nur für Fortgeschrittene: Die Reaktionsordnung** entspricht oft nicht unserer Modelleerwartung und wird immer experimentell ermittelt	• formulieren Hypothesen zum Einfluss verschiedener Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit und entwickeln Versuche zu deren Überprüfung • planen quantitative Versuche zur Untersuchung des zeitlichen Ablaufs einer chemischen Reaktion, führen diese zielgerichtet durch und dokumentieren Beobachtungen und Ergebnisse • interpretieren den zeitlichen Ablauf chemischer Reaktionen in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern (Konzentration, Oberfläche) • erklären den zeitlichen Ablauf chemischer Reaktionen auf der Basis einfacher Modelle auf molekularer Ebene (u.a. Stoßtheorie für Gase)	Die Konzentration hat einen Einfluss! Dies erklärt auch, warum die Geschwindigkeit im Laufe der Reaktion abnimmt. Erfahrungsgemäß ist die Mathematisierung der Proportionalität wichtig. Der Proportionalitätsfaktor wird im Folgenden benötigt und die „Treffererfolgswahrscheinlichkeit“ und später „K“ als Gleichgewichtskonstante mathematisch abstrakt beschreiben zu können. Basierend auf der Stoßtheorie würde man nicht erwarten, dass es nur empirisch zu ermittelnde Reaktionsordnungen gibt. Hier genügt zunächst eine kurze Betrachtung mit dem Hinweis, dass manche Reaktionen mehrschrittig ablaufen. Die Stoßtheorie dient als Grundlage der folgenden Argumentationen (Zerteilungsgrad, RGT, Katalyse).
Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur (RGT)-Regel und Boltzmannverteilung Die RGT-Regel als solche ist z. B. von biologischen Prozessen bekannt und kann als Tatsache mit oder ohne überprüfendes Experiment (z. B. verschieden warme, gleichkonzentrierte Säure mit Mg reagieren lassen) betrachtet werden.	• formulieren Hypothesen zum Einfluss verschiedener Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit und entwickeln Versuche zu deren Überprüfung • interpretieren den zeitlichen Ablauf chemischer Reaktionen in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern (Temperatur) • erklären den zeitlichen Ablauf chemischer Reaktionen auf der Basis einfacher Modelle auf molekularer Ebene (u.a. Stoßtheorie für Gase) • interpretieren ein einfaches Energie-Reaktionsweg-Diagramm	Das Modell der Stoßtheorie liefert scheinbar einfache Erklärungen, da mit einer **Temperaturerhöhung** die Geschwindigkeit der Teilchen und damit die „Anzahl möglicher Stöße“ zunimmt. Die alleinige Argumentation über die veränderte Anzahl von Stößen hält aber einer genaueren Betrachtung nicht Stand und muss erweitert werden. Wichtig ist die **Anzahl** der „molekularen **Treffer**“, **die zu einer Reaktion führen**. Hierzu werden parallel Enthalpiediagramm, Aktivierungsenergie, Boltzmannverteilung und Mindestenergie bei verschiedenen Temperaturen betrachtet und die Beziehungen zueinander in verdeutlicht.

Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-SA 4.0

Modul III: Estersynthese – Reaktionsgeschwindigkeit – ein erstes Gleichgewicht		
Inhaltliche Aspekte	**Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler**	**Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?**
Die Rolle eines Katalysators ist prinzipiell aus der Sekundarstufe 1 bekannt. Hier wird die Wirkungsweise aber über die Herabsetzung der Aktivierungsenergie und damit über die im Vergleich geringere Mindestenergie auch auf Teilchenebene erfasst. **„Auf einen Blick“** liefert eine zusammenfassende Darstellung und einen Gesprächsanlass über bisher betrachteten Faktoren. Hierfür reichen wenige Minuten im Plenum.	• beschreiben und erläutern den Einfluss eines Katalysators auf die Reaktionsgeschwindigkeit mithilfe vorgegebener graphischer Darstellungen	Die **Katalyse** im Anschluss an die RGT-Regel zu betrachten hat den Vorteil, dass alle für die Begründungszusammenhänge notwendigen Begriffe und Diagramme (u. a. Enthalpiediagramm, Boltzmannverteilung) bekannt sind. Ein parallel durchgeführter Versuch mit Wasserstoffperoxid und Katalase (Trockenhefe, Kartoffel) veranschaulicht dies nicht nur, sondern ermöglicht auch eine Verknüpfung mit den Inhalten des Biologie Unterrichts (Enzymatik).
Hin- und Rückreaktion? Ein Gleichgewicht stellt sich ein		
Ein Einstieg in das Gleichgewicht! Betrachtet man nun erneut die reale Reaktion der Veresterung, könnte man erwarten, dass die Konzentrationen der Edukte mit der Zeit auf null fallen oder zumindest minimal werden. Reale Kurven zeigen aber, dass die Konzentrationsänderung und damit die Geschwindigkeit der (Hin)reaktion viel früher als erwartet auf null sinken.	• interpretieren ein einfaches Energie-Reaktionsweg-Diagramm • erläutern die Merkmale eines chemischen Gleichgewichtszustands an ausgewählten Beispielen	Was passiert, wenn alle Stoffe in einer Phase sind und bleiben? Aus der erneuten Betrachtung des bereits bekannten Reaktionsmechanismus ergibt sich der hypothetische Gedanke einer möglichen **Rückreaktion**. Dies kann man im Versuch (Esterspaltung) zeigen. Ebenso gut ist die (nur) theoretische Auseinandersetzung mit realen Kurvenverläufen zielführend, zumal die experimentelle Messung nicht trivial ist.
… Fortsetzung: Kurs „Gleichgewichte und Le Chatelier“		

Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-SA 4.0