

Chehmieh

Atommodelle

18.8.25

- historische Zeitachse



- Demokrit

- es gibt verschiedene Artige Teile
- diese Teile sind fest und unteilbar
- zusammen kombiniert bilden diese bekannte Substanzen

- Dalton

- unzerstörbare Teilchen
- unterscheiden sich in Masse und Volumen
- Atome des gleichen Elements haben immer die gleiche Masse und das gleiche Volumen
- Elemente haben unterschiedlich viele Teilchen
- Teilchen können durch chemische Reaktionen verknüpft werden (bsp: $1\text{ O}, 2\text{ H}$) \rightarrow Verbinden sich mit verschiedenen Zahlenverhältnissen

- Thomson

- Entdeckung der Elektronen als negativ geladene Teilchen
- Rosinenkuchenmodell: negative Elektronen sind in einer positiv geladenen Masse verteilt

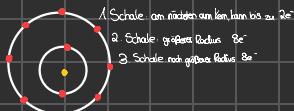
- Rutherford

- Streuversuch durch Alpha-Teilchen und Goldfolie
- Nachweis eines kleinen, positiv geladenen Atomkerns
- e^- bewegen sich in einer großen Hölle um den Kern
- Widerlegung des Rosinenkuchenmodells

- Bohrsches Atommodell (= Schalenmodell)

Absorption: Atom nimmt Energie in Form von Licht auf

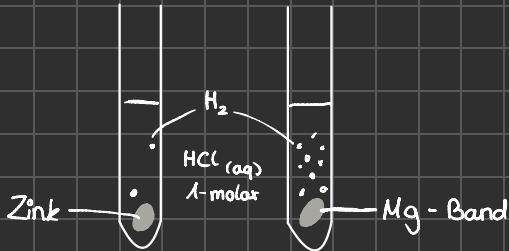
Emission: Atom nimmt Energie ab



A. Reaktionsgeschwindigkeit

21.08.25

Definition



D: Metall vorgelegt: $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ wird zugesetzt

B: In beiden Reagenzgläsern entsteht H_2 , der durch die Knallgasprobe nachgewiesen wird.



Die Reaktion mit Mg verläuft jedoch viel schneller ab. Die Gasbildung ist zunächst sehr heftig, endet aber auch nach kürzerer Zeit. Die Reaktion mit Zn ist weniger heftig, dauert aber wesentlich länger an.

E: Die Reaktion von Mg mit HCl verläuft **schneller**. Die **Reaktionsgeschwindigkeit** der Reaktion mit Zn ist deutlich geringer.

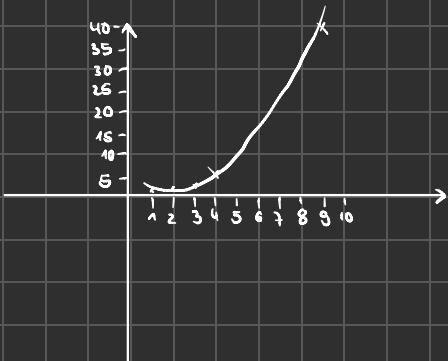
⇒ Chemische Reaktionen können unterschiedlich schnell ablaufen

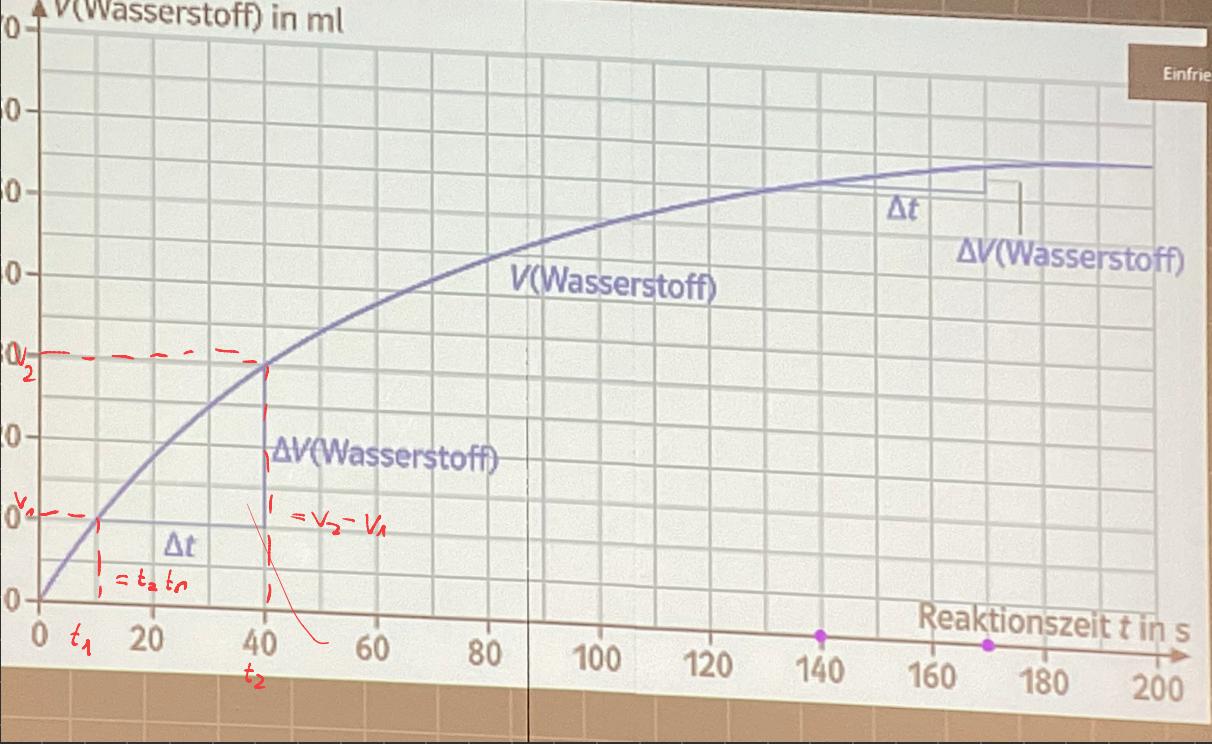
V: Messung des entstehenden Gasvolumens



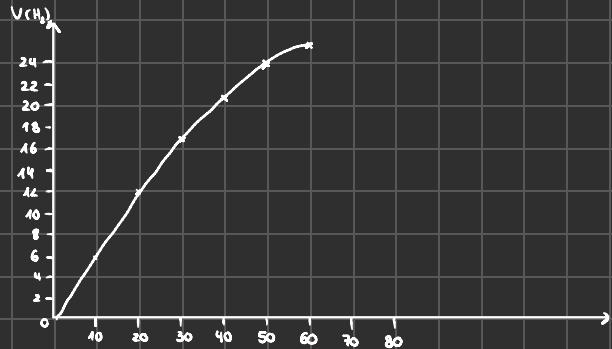
0,64g 10ml 32%

| $t [\text{min}]$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------|---|-----|---|-----|---|------|----|----|------|----|
| $V(\text{H}_2) [\text{ml}]$ | 0 | 0,5 | 2 | 4,5 | 8 | 12,5 | 18 | 25 | 34,5 | 39 |





1) S 2)

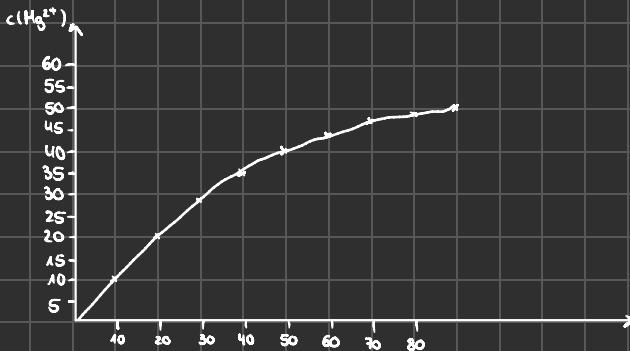
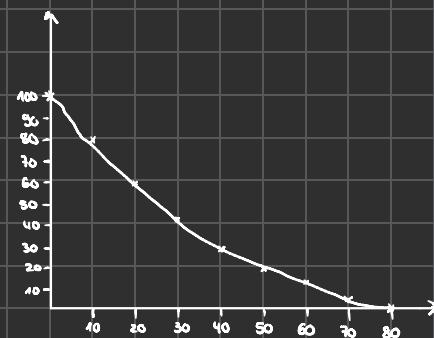


$$\bar{v}(t=10s) = \frac{6,6\text{ ml} - 5,4\text{ ml}}{11s - 9s} = 0,60 \text{ ml/s}$$

$$\bar{v}(t=30s) = \frac{13,4\text{ ml} - 16,5\text{ ml}}{31s - 29s} = 0,145 \text{ ml/s}$$

$$\bar{v}(t=50s) = \frac{24,2\text{ ml} - 28,7\text{ ml}}{34s - 29s} = 0,45 \text{ ml/s}$$

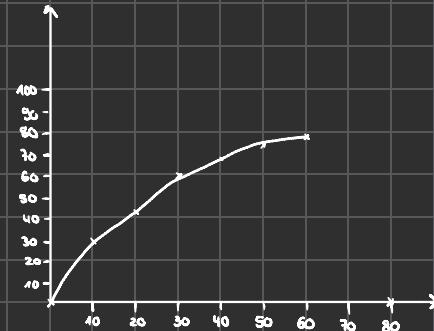
$c(H_3O^+)$



$$\bar{v}(t=20s) = \frac{11,0 \text{ mmol/l} - 9,0 \text{ mmol/l}}{11s - 9s} = 1,00 \text{ mmol / (l.s)}$$

$$\bar{v}(t=30s) = \frac{26,7 \text{ mmol/l} - 27,2 \text{ mmol/l}}{31s - 29s} = 0,75 \text{ mmol / (l.s)}$$

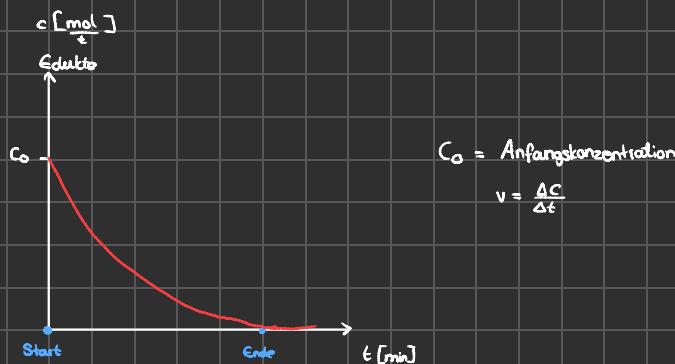
$$\bar{v}(t=50s) = \frac{40,3 \text{ mmol/l} - 38,5 \text{ mmol/l}}{51s - 49} = 0,40 \text{ mmol / (l.s)}$$



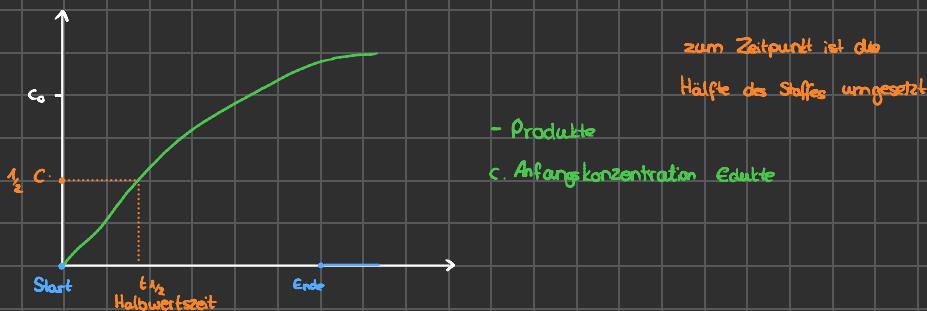
A 1.2 Reaktionsgeschwindigkeitsdiagramme

19.25

- c - t - Diagramm



Die Konzentration des Eduktes nimmt im Laufe der Reaktion ab.



4.2 Einflussgrößen

1.9. 25

2.1 Art der Stoffe (= Stoffspezifität)



Salzsäure

Zinkchlorid

langsame Reaktion



schnelle Reaktion

⇒ Die Reaktionsgeschwindigkeit ist von der Art der Edukte abhängig.

2.2 Konzentration



schnelle Reaktion



langsame Reaktion

⇒ die RG ist von der Konzentration der Edukte abhängig.

Erklärung:

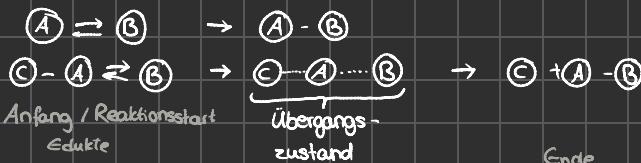
Kollisionstheorie

Voraussetzungen für chemische Reaktion zwischen 2 Teilchen

- Aufeinandertreffen
- mit genügend großer Geschwindigkeit
- richtige räumliche

Wirkungsvollen

Zusammenstoß



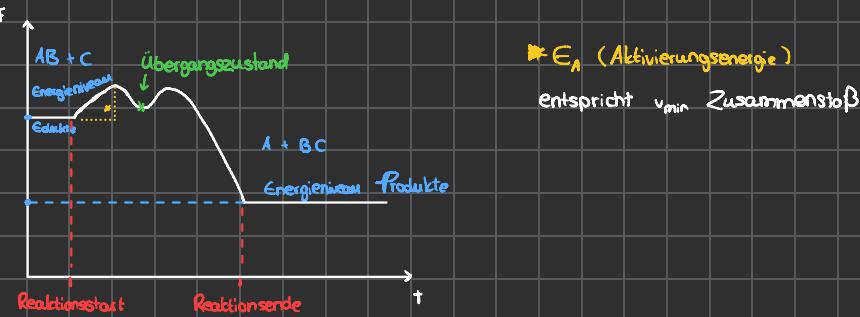
Anfang / Reaktionsstart
Edukte

Ende
Produkte

- alle Bindungen werden gelöst
- neue Bindungen werden angelegt

Energie - (Zeit) - Diagramm / Energieverlaufsdiagramm

19.25



Je höher die Temperatur desto schneller ist die Reaktion

$$\begin{array}{l}
 35^\circ\text{C} \rightarrow 50\text{s} \\
 \text{---} 10^\circ\text{C} \\
 25^\circ\text{C} \rightarrow 100\text{s} \\
 \text{---} 10^\circ\text{C} \\
 15^\circ\text{C} \rightarrow 200\text{s}
 \end{array}
 \quad \left. \begin{array}{l} \downarrow \cdot 2 \\ \downarrow \cdot 2 \end{array} \right.$$

Bei einer Erhöhung der Temperatur um 10°C verdoppelt sich die Reaktionszeit bzw.:

RGT - Regel: Reaktionsgeschwindigkeit \rightarrow Temperatur - Regel

Bei einer Temperaturerhöhung von 10°C verdoppelt sich die Reaktionsgeschwindigkeit

Maxwell - Boltzmann - Verteilung

(Abbildung)

Die Maxwell - Boltzmann Verteilung zeigt die Anzahl an Teilchen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit

Man erkennt an der Kurve, dass bei einer Temperatur von 127°C nicht alle Teilchen gleich schnell sind:

- Es gibt einige wenige Teilchen, die langsam sind
- Es gibt viele Teilchen, die eine mittlere Geschwindigkeit haben
- Es gibt wenige Teilchen, die sehr schnell sind

(Die Geschwindigkeit der Teilchen im entsprechenden Geschwindigkeitsbereich entspricht der Fläche unter der Kurve)

- Bei hoher Temperatur (327°C) zeigt sich eine andere Verteilung.
 - Es gibt noch weniger Teilchen, die langsam sind
 - Es gibt auch weniger Teilchen mit mittlerer Geschwindigkeit
 - Es gibt mehr schnelle Teilchen

(Die Fläche unter der Kurve ändert sich allerdings nicht, da die Gesamtanzahl konstant bleibt)

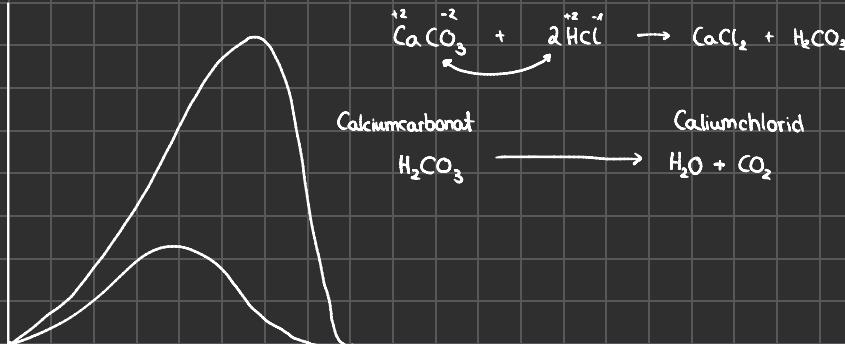
- Es gibt mehr Teilchen, die langsam sind
 - Es gibt auch mehr Teilchen, mit mittlerer Geschwindigkeit
 - Es gibt weniger schnelle Teilchen

Die Geschwindigkeit v_{\min} soll hier die Mindestgeschwindigkeit zeigen, die zu einer wirkungsvollen Kollision notwendig ist.

Erkenntnis:

Bei höherer Temperatur haben mehr Teilchen, die zur Reaktion erforderliche Geschwindigkeit (die größere Fläche unter Kurve)

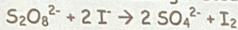
Es kommt zu mehr wirkungsvollen Zusammenstaben



1. Geben Sie für folgende Reaktionen jeweils die Reaktionsgleichung, die Geschwindigkeitsgleichung und die Einheit der Geschwindigkeitskonstante k für diese Reaktionen an!
- Sulfurylchlorid (SO_2Cl_2) zerfällt in Schwefeloxid und Chlor.
 - Die Bildung von Ammoniak aus den Elementen
 - Ammoniak (NH_3) reagiert mit Sauerstoff zu Stickstoffmonoxid und Wasser.

Einfüren

2. Bei der Reaktion in wässriger Lösung



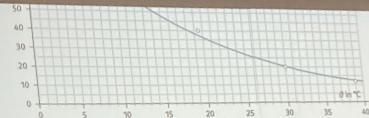
wurde die Geschwindigkeit der Iodbildung in Abhängigkeit von der Konzentration der Edukte bestimmt:

| $c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ in mol/l | $c(\text{I}^-)$ in mol/l | v in mol/l*min |
|---|--------------------------|----------------------|
| 0,0001 | 0,010 | $0,65 \cdot 10^{-6}$ |
| 0,0002 | 0,010 | $1,30 \cdot 10^{-6}$ |
| 0,0002 | 0,005 | $0,65 \cdot 10^{-6}$ |

Formuliere das Geschwindigkeitsgesetz für diese Reaktion und berechne die Geschwindigkeitskonstante k !

3. Eine chemische Reaktion läuft bei 150°C in 2 s ab. Welche Zeit nimmt die Reaktion bei einer Zimmertemperatur von 20°C in Anspruch?

Einfüren



2. Nach der Stoßtheorie ist für eine erfolgreiche Reaktion der Zusammenprall der reagierenden Teilchen nötig. Damit eine Reaktion abläuft, müssen dabei zwei Punkte zutreffen:

- Die räumliche Orientierung der Teilchen zueinander muss stimmen und
- die Teilchen müssen mit ausreichender Energie aufeinanderprallen, um die Aktivierungsenergie zu erreichen.

Die Geschwindigkeit der Teilchen und damit die Energie ist wiederum von der Temperatur abhängig (Maxwell-Boltzmann-Verteilung, B2). Wenn die Temperatur erhöht wird, verfügen mehr Teilchen über die notwendige Aktivierungsenergie (Mindestgeschwindigkeit). Damit steigt die Reaktionsgeschwindigkeit.

3. Eine Halbierung der Zeit bis zur Trübung entspricht einer Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit. Die Werte in B2 zeigen, dass dazu eine Temperaturerhöhung von mehr als 10°C nötig ist. Die grafische Auswertung (mit Anpassung einer Exponentialfunktion) ergibt eine Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit durch eine Temperaturerhöhung um 12°C .

Keine Ahnung

18.925



Mn(IV) oxid



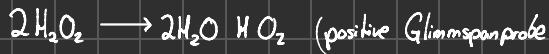
Energetische Betrachtungen

1. Positive und negative Katalyse

1.1 Positive Katalyse

Versuch: (Durchführung und Beobachtung)

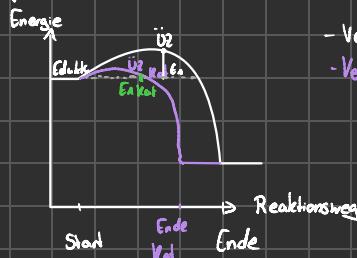
Hanauer(IV)-oxid
 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Braunstein}(\text{HgO}_2)$: **Zufall**



2.6. Katalyse

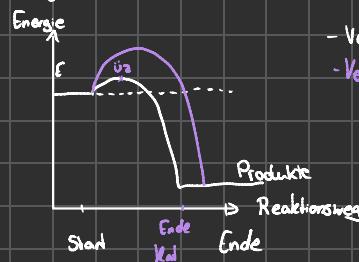
Einteilung nach Art des Einflusses auf die E_A

positive Katalyse



- Verlauf ohne Kat
- Verlauf mit Kat

negative Katalyse

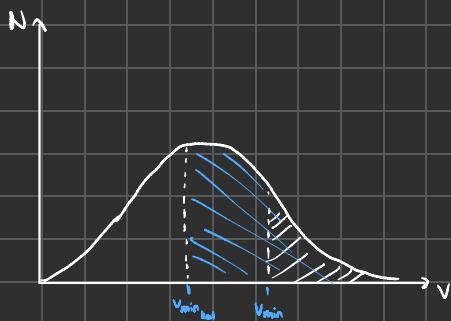


- Verlauf ohne Inhibitor
- Verlauf mit Inhibitor



Positive Katalyse

Der Katalysator ermöglicht einen energieärmeren Übergangszustand. Dadurch sinkt die Aktivierungsenergie E_A , denn die Edukte benötigen weniger Energie um in diesen Zustand zu kommen. Weniger benötigte Energie bedeutet auch, dass die Reaktion benötigte Mindestgeschwindigkeit v_{min} herabgesetzt wird.



Maxwell - Boltzmann -

Verteilung

///zur Reaktion befähigte Teilchen

/// " " " " " nach Zugabe des Kats

Durch die Senkung der Mindestgeschwindigkeit steigt die Anzahl an zur Reaktion fähigen Teilchen.

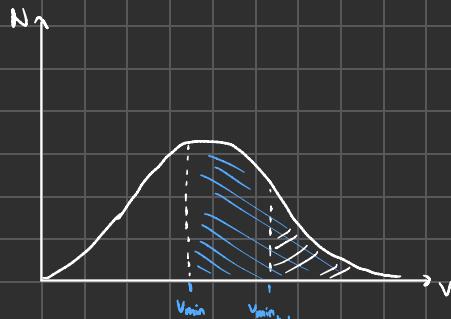
Dies geht aus der Maxwell - Boltzmann Verteilung hervor.

Mehr Teilchen bedeuten eine höhere Wahrscheinlichkeit für wirkungsvolle Zusammenstöße, die nach der Kollisionstheorie Voraussetzung für eine chemische Reaktion sind.

Mehr Zusammenstöße bewirken eine höhere Reaktionsgeschwindigkeit.

Negative Katalyse

Der Katalysator ermöglicht einen energieärmeren Übergangszustand. Dadurch steigt die Aktivierungsenergie E_A , denn die Edukte benötigen mehr Energie um in diesen Zustand zu kommen. Mehr benötigte Energie bedeutet auch, dass die Reaktion benötigte Mindestgeschwindigkeit v_{min} heraufgesetzt wird.



Maxwell - Boltzmann -

Verteilung

///zur Reaktion befähigte Teilchen nach Zugabe Inhibitor

/// " " " " " nach Zugabe des Kats

Durch die Erhöhung der Mindestgeschwindigkeit sinkt die Anzahl an zur Reaktion fähigen Teilchen.

Dies geht aus der Maxwell - Boltzmann Verteilung hervor.

Weniger Teilchen bedeuten eine geringere Wahrscheinlichkeit für wirkungsvolle Zusammenstöße, die nach der Kollisionstheorie Voraussetzung für eine chemische Reaktion sind.

Mehr Zusammenstöße bewirken eine geringe Reaktionsgeschwindigkeit.

• Einleitung nach der Phase des Katalysators

heterogene Katalyse

Liegen Edukte und Katalysator in verschiedenen Phasen vor, so spricht man von **heterogener Katalyse**.

Dies ist oft bei Reaktionen in der **Gasphase** (-gasförmige Edukte) die Katalyse der Wahl.

Aus technischer Sicht ist nämlich ein Feststoffkatalysator am einfachsten umzusetzen. (Kat verbleibt an einem festen Ort; Edukte werden daran vorbeigeleitet)

Wirkungsweise: Bei der heterogenen Katalyse erfolgt der Übergang in den Übergangszustand durch physikalische Wechselwirkungen an der Oberfläche des Kats. Es wird kein Zwischenprodukt gebildet.

Ausschnitt Energieverlaufsdiagramm



Bsp: Autokatalysator, Haber - Bosch - Verfahren, Kontaktverfahren

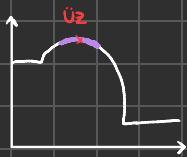
homogene Katalyse

Liegen Edukte und Katalysator in der gleichen Phase vor, so spricht man von **homogener Katalyse**.

Dies ist zum Beispiel bei Reaktionen im Körper oder allgemein biologischen Prozessen die Katalyse der Wahl.

Wirkungsweise: Bei der homogenen Katalyse erfolgt der Übergang in den Übergangszustand durch die Bildung eines Zwischenprodukts in dem das Kat eingebaut ist.

Ausschnitt Energieverlaufsdiagramm



⇒ Das Zwischenprodukt ist metastabil
⇒ lokales Energienimum

Bsp: Enzyme

Sieden: Steigt die Temperatur einer Flüssigkeit an, weil Energie (z.B. in Form von Wärme) zugeführt wird, dann beginnen die Teilchen sich stärker zu bewegen. Erreicht die Temperatur einen Stoffspezifischen Wert, so verlassen die Teilchen nach und nach ihre lose Ordnung.

2.4

1.6.1

T

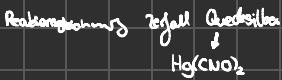
| | |
|--------------|------|
| Ausgangslage | 25°C |
| 1 | 0°C |
| 2 | 45°C |
| 3 | 25°C |
| 4 | |

2.1.1.

-

Wasser + Hg(NO₃)₂

Hg(CNO)₂



153 / 1

Temperatur erhöht sich von 10 auf 100°C



153 / 2

- Erhöhter Druck senkt im Topf den Siedepunkt von Wasser, wodurch Gareaktionen bei höherer Temperatur schneller ablaufen
 - ↳ Reaktionsgeschwindigkeit steigt um das 1,5-3 Fache (kann)
- Dampfdruck kondensiert an Oberfläche der Lebensmittel → überträgt effiziente Wärme
- höherer Druck fördert Eindringen von Wasser in Gewebe und Hülsenfrüchte

155 / 1

Ein Katalysator ist ein Stoff, der eine chem. Reaktion schneller macht, da die Aktivierungsenergie verringert wird. Der Katalysator wird dabei nicht verbraucht, kann derselbe Reaktion viele Male unterstützen.

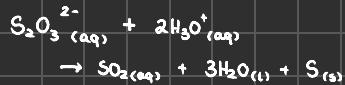
↳ Dehr schnelle & stark exotherme Reaktion → Raumtemperatur ist unter der Aktivierungsenergie

Durch Zündung werden einige Teilchen stark genug beschleunigt, damit es zu einem wirksamen Zusammenstoß kommen kann. Die freiwerdende Reaktionsenergie beschleunigt dann weitere Teilchen. Es kommt zu einer Kettenreaktion. Die dabei entstehende Wärmeenergie beschleunigt die Reaktion stark.

Den gleichen Effekt kann man durch den Einsatz eines positiven Katalysator (Bsp. Pt-Draht) erzielen. Durch herabsetzen des v_{min} kommt es zur Reaktion.

- a) RG steigt
 => höherer Zer teilungsgrad
 => größere Oberfläche
 => mehr wirkungsvolle Zusammenstöße
 => höhere RG

- b) mehr Teilchen mit v_{\min}



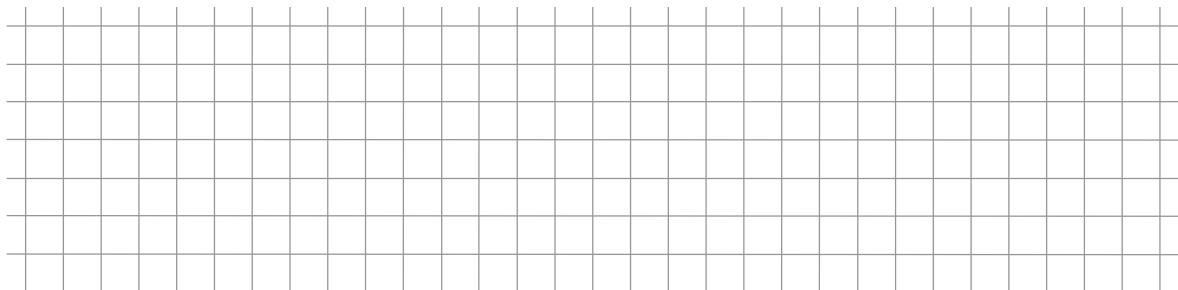
Mit steigender Temperatur nimmt die Reaktionszeit ab, d.h. die RG wird größer

Nach Maxwell - Boltzmann: mehr Teilchen mit $v_{\min} \Rightarrow$ mehr $w_2 \Rightarrow$ höhere RG \Rightarrow kleinere R2

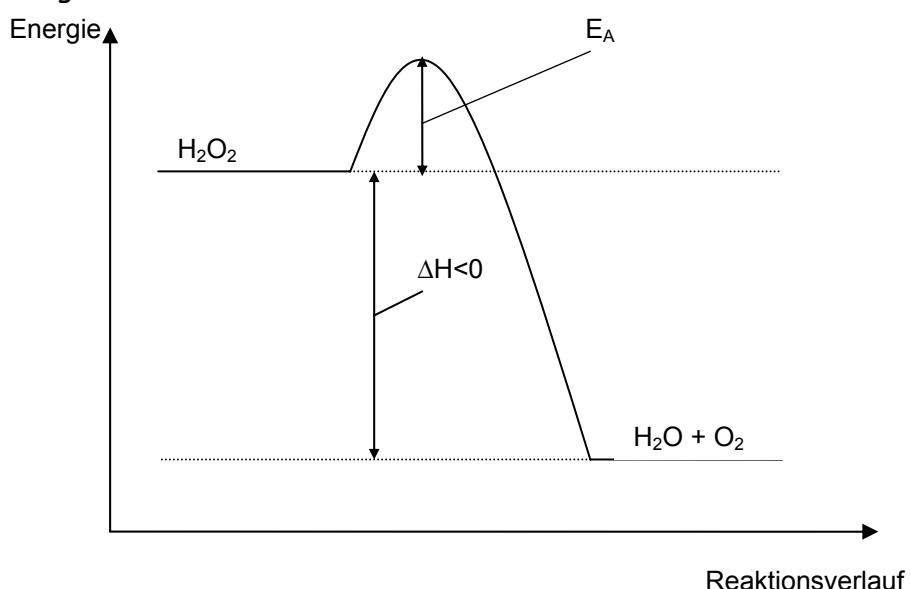
1. Positive und negative Katalyse

1.1 Positive Katalyse

Versuch: (Durchführung und Beobachtung)



Erklärung:

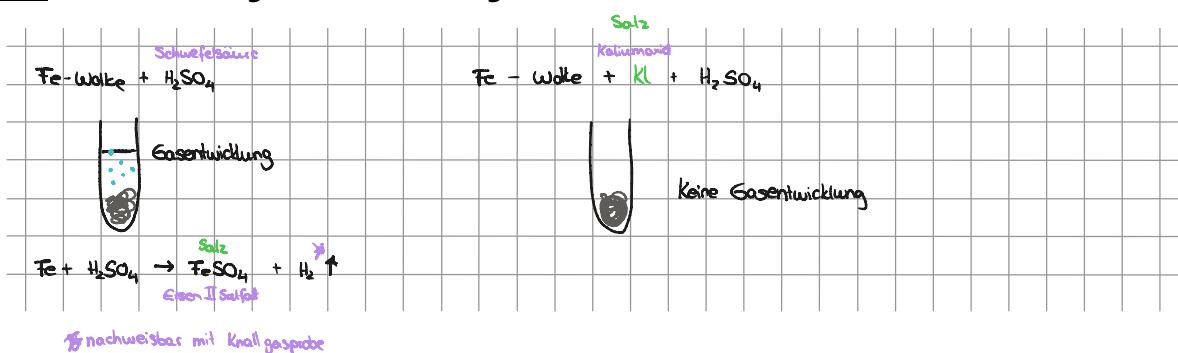


Merke:

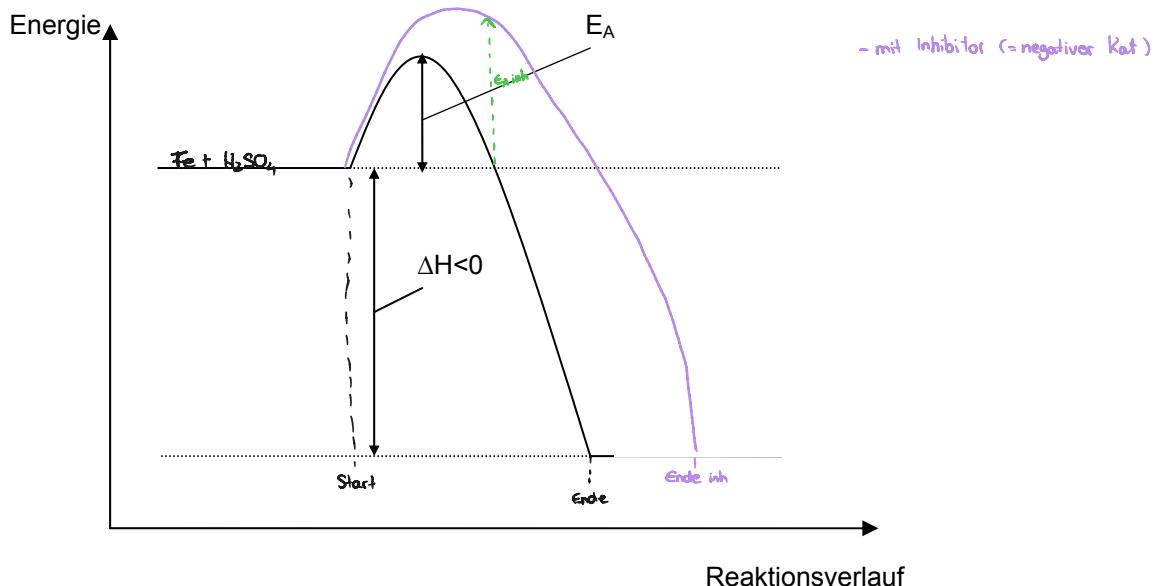
Ein (positives) Katalysator ist ein Stoff, der die E^\ddagger einer Reaktion herabsetzt, indem er einen anderen ÜZ (bzw. Reaktionsweg) ermöglicht. Dadurch beschleunigt er die Reaktion. Der Katalysator geht aus der Reaktion unverbraucht hervor.

1.2 Negative Katalyse

Versuch: (Durchführung und Beobachtung)



Erkläre die Beobachtung über den energetischen Verlauf der Reaktion.



Merke:

Ein (negativer) Kat ist ein Stoff, der die E_A einer Reaktion heraufsetzt in dem er einen energiereichen ÜZ (bzw langerer Reaktionsweg) erzwingt. Dadurch Verlangsamt er die Reaktion.
Der Katalysator geht aus der Reaktion unverbrannt hervor

Definition:

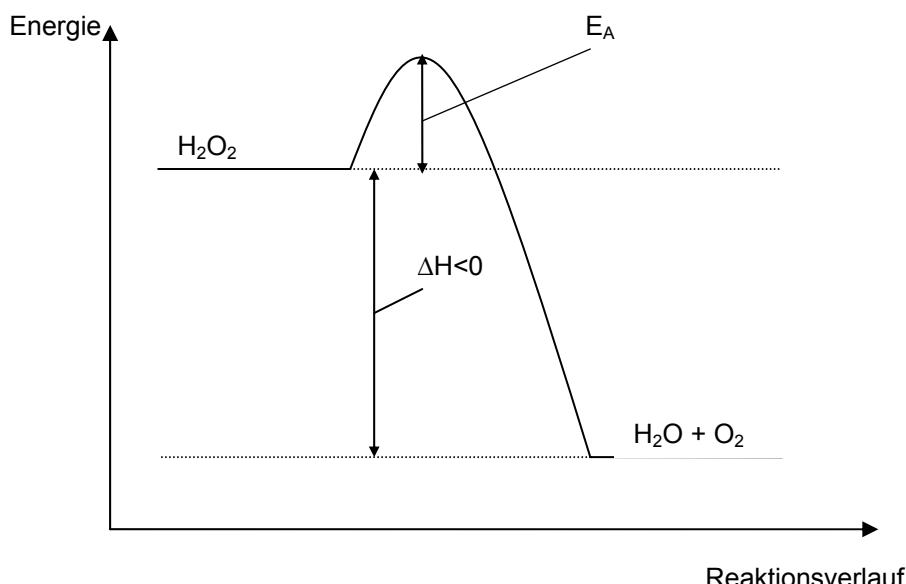
Ein Kat ist ein Stoff, der die E_A einer Reaktion verändert indem er einen anderen ÜZ (bzw Reaktionsweg) ermöglicht. Dadurch verändert er die Reaktionsgeschwindigkeit.
Der Katalysator geht aus der Reaktion unverbrannt hervor.

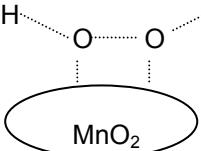
2. Homogene und heterogene Katalyse

Versuch: (Durchführung und Beobachtung)

| | | (l) Liquid | (s) solid |
|--|-------------------|---------------------------------|------------------------|
| Zerfall von H_2O_2 | „Braunstein“ | | |
| V1: Zugabe von MnO_2 | (s) | | |
| | Kaliumchromat (s) | $K^+ CrO_4^-$ | |
| V2: Zugabe von | K_2CrO_4 (aq) | | Kaliumchromat - Lösung |
| 3: Es entsteht Sauerstoff | | | |
| (Unterschiedliche Phase (Aggregatzustand)) | | | |
| wie Edukt | | | |
| \Rightarrow Heterogene Katalyse | | | |
| | | Gleiche Phase | |
| | | wie Edukt | |
| | | \Rightarrow Homogene Katalyse | |

Erklärung:



| Homogene Katalyse | Heterogene Katalyse |
|--|---|
| <u>Merke:</u> Katalysator und Reaktanden liegen in der gleichen Phase vor. Homogene Katalysen verlaufen über Zwischenverbindungen. allgemein: $A + B + K \rightarrow [AK + B] \rightarrow AB + K$ Zwischenverbindung | <u>Merke:</u> Katalysator und Reaktanden liegen in verschiedenen Phasen vor. Stoffe lagern sich an die Oberfläche des Feststoffs an, werden aktiviert oder deaktiviert, die Reaktion also beschleunigt oder gehemmt. <i>Der Ablauf einer heterogenen Katalyse wird verdeutlicht am Beispiel Wasserstoffperoxid mit Braunstein. Es wird auf die Adsorption an der Feststoffoberfläche kurz eingegangen. Dieser Sachverhalt kann mit einer Skizze besser erläutert werden.</i> <div style="text-align: center;">  <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Bindungen sind leichter aufzubrechen MnO₂ </div> </div> |
| Weiteres Beispiel: Zersetzung von H ₂ O ₂ mit Kaliumchromat | Weiteres Beispiel: Wasserstoff entzündet sich in Gegenwart eines Platin-Katalysators an der Luft von selbst. |

3. Autokatalyse

Versuch: (Durchführung und Beobachtung)

Merke:

4. Biokatalysatoren und Industriekatalysatoren**4.1 Biokatalysatoren (=Enzyme)**

Das Enzym Katalase beschleunigt im Körper die Zersetzung des Gifts Wasserstoffperoxid. allgemein:

Enzyme sind besonders wichtig für die Lebenstätigkeit des Organismus. Für jede Stoffwechselreaktion benötigt der Körper spezielle Enzyme die dort als Katalysator wirken.

4.2 Industriekatalysatoren

Industriekatalysatoren sind von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Meist bestehen sie aus einer oberflächenreichen Trägersubstanz (z.B. Aluminiumoxid, Silicagel oder Kieselgur), dem Katalysator und einem Promotor (Oft kann die Wirkung eines Katalysators durch einen „Promotor“ verstärkt werden („Mischkatalysatoren“)).

Großtechnisch durchgeführte katalytische Prozesse sind außer dem Kontaktverfahren z.B. die Fetthärtung (Herstellung von Margarine durch Hydrierung von Pflanzenölen mit Nickel als Katalysator) und das Haber-Bosch-Verfahren zur Ammoniaksynthese (Mischkatalysator: Fe mit Al_2O_3 , K_2O und CaO als Promotoren).