

Chemie

Atommodelle

18.8.25

historische Zeitachse



Demokrit

- es gibt verschieden 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 O, 2 H) → Verbinden sich mit verschiedenen Zahlenverhältnissen

Thomson

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

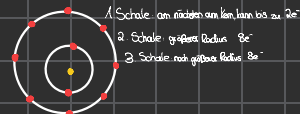
Rutherford

- Streuversuch durch Alphateilchen und Goldfolie
- nachweis eines kleinen, positiv geladenen Atomkerns
- e^- bewegen sich in einer großen Hülle um den Kern
- Widerlegung des Rosinenkuchenmodells

Bohrsches Atommodell (= Schalenmodell)

Absorption: Atom nimmt Energie in Form von Licht auf

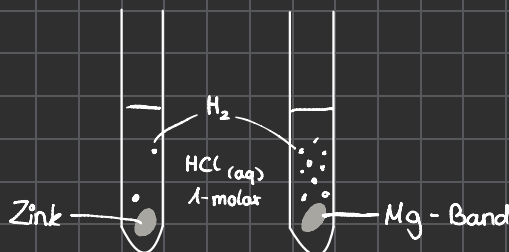
Emission: Atom nimmt Energie ab



A. Reaktionsgeschwindigkeit

21.08.25

Definition



O: Metall vorgelegt; $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ wird zugegeben

B: In beider 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.

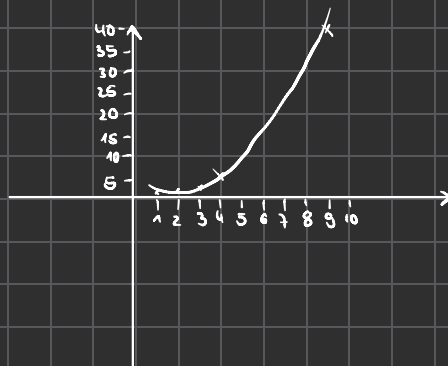
E: Die Reaktion von Mg mit HCl verläuft **schneller**. Die **Reaktionsgeschwindigkeit** der Reaktion mit Zn ist deutlich geringer.

=> chemische Reaktionen können unterschiedlich schnell ablaufen

V: Messung des entstehenden Gasvolumens

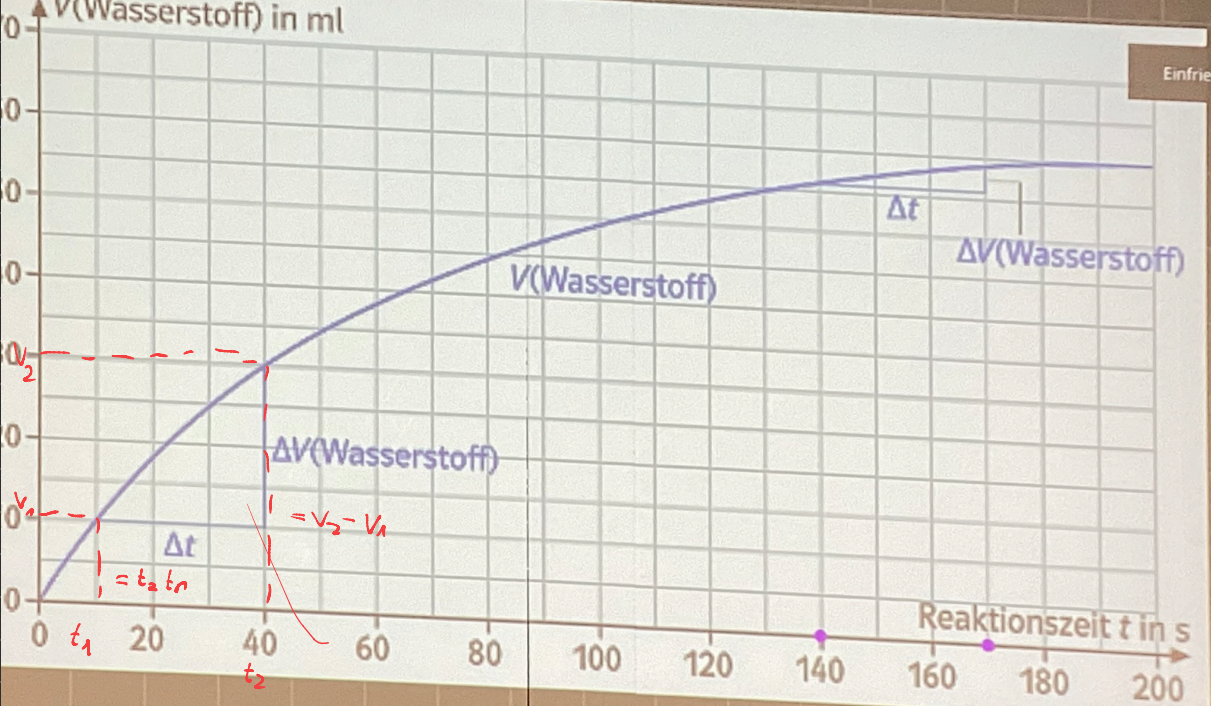


0,64g 10ml 32%

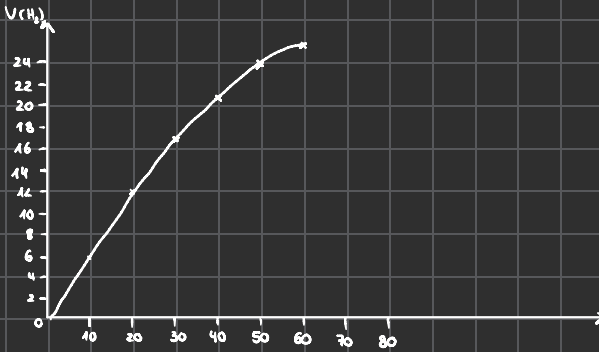


t [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

V(H ₂) [ml]	0	0,5	2	4,5	8	12,5	18	25	31,5	39
-------------------------	---	-----	---	-----	---	------	----	----	------	----



1) 3 a)

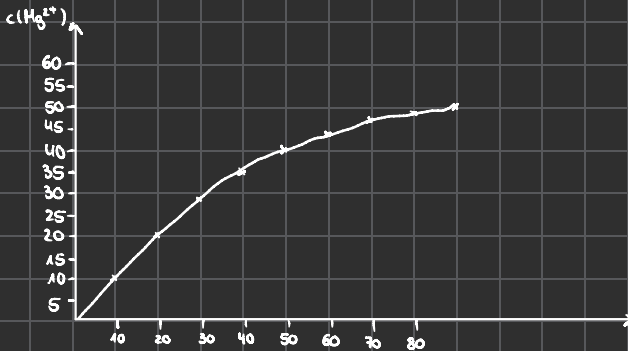
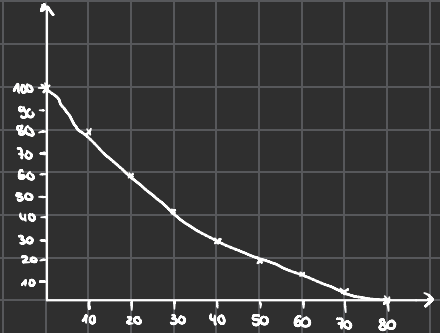


$$\bar{v}(t=10s) = \frac{6,6 \text{ ml} - 5,4 \text{ ml}}{11s - 9s} = 0,60 \text{ ml/s}$$

$$\bar{v}(t=30s) = \frac{17,4 \text{ ml} - 16,5 \text{ ml}}{31s - 29s} = 0,45 \text{ ml/s}$$

$$\bar{v}(t=50s) = \frac{24,2 \text{ ml} - 23,7 \text{ ml}}{51s - 49s} = 0,45 \text{ ml/s}$$

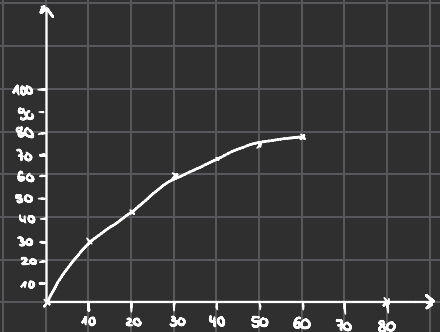
c(H₃O⁺)



$$\bar{v}(t=10s) = \frac{11,0 \text{ mmol/l} - 9,0 \text{ mmol/l}}{11s - 9s} = 1,00 \text{ mmol / (l·s)}$$

$$\bar{v}(t=30s) = \frac{28,7 \text{ mmol/l} - 27,2 \text{ mmol/l}}{31s - 29s} = 0,75 \text{ mmol / (l·s)}$$

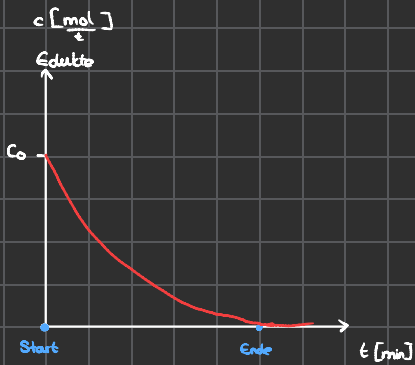
$$\bar{v}(t=50s) = \frac{40,3 \text{ mmol/l} - 39,5 \text{ mmol/l}}{51s - 49s} = 0,40 \text{ mmol / (l·s)}$$



A 1.2. Reaktionsgeschwindigkeitsdiagramme

1.9.25

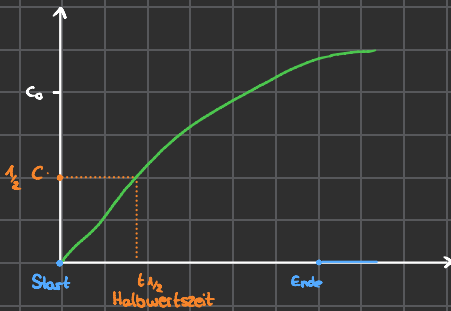
• c - t - Diagramm



c_0 = Anfangskonzentration

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Die Konzentration der Edukte nimmt im Laufe der Reaktion ab.

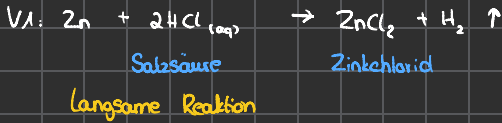


zum Zeitpunkt ist die
Hälfte des Stoffes umgesetzt

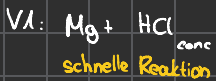
- Produkte

c_0 = Anfangskonzentration Edukte

2.1. Art der Stoffe (= Stoffspezifität)



2.2 Konzentration



\Rightarrow 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

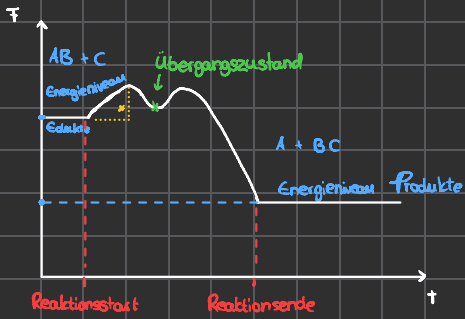
Wirtungsvollen

Zusammenstoß



Energie - (Zeit) - Diagramm / Energieverlaufdiagramm

1.9.25



► E_A (Aktivierungsenergie)

entspricht v_{\min} Zusammenstoß

Je höher die Temperatur desto schneller ist die Reaktion

-10°C	$35^{\circ}\text{C} \rightarrow 50\text{s}$	$\cdot 2$
	$25^{\circ}\text{C} \rightarrow 100\text{s}$	
-10°C	$15^{\circ}\text{C} \rightarrow 200\text{s}$	$\cdot 2$

Bei einer Erhöhung der Temperatur um 10°C halbiert 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 wenige 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)

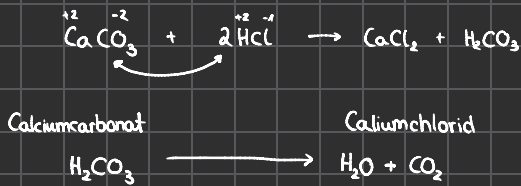
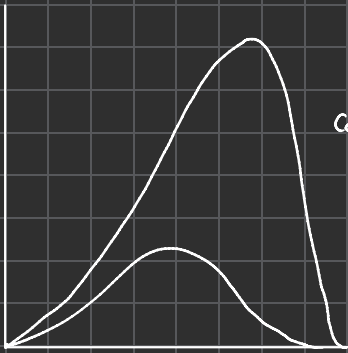
- Es gibt mehr Teilchen, die langsam sind
- Es gibt auch mehr Teilchen, mit mittlerer Geschwindigkeit
- Es gibt weniger schnelle Teilchen

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 ($\frac{1}{2}$ größere Fläche unter Kurve)

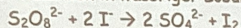
Es kommt zu mehr wirkungsvollen Zusammenstoßen



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

Entwerfen

2. Bei der Reaktion in wässriger Lösung

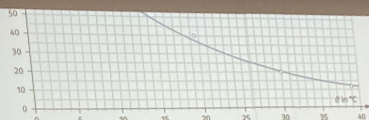


wurde die Geschwindigkeit der Iodbildung in Abhängigkeit von der Konzentration der Edukte bestimmt:

$c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ 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?



Entwerfen

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



Katalyse

18.09.25

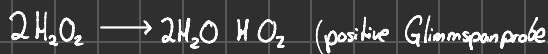
Energetische Betrachtungen

1. Positive und negative Katalyse

1.1. Positive Katalyse

Versuch: (Durchführung und Beobachtung)

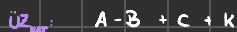
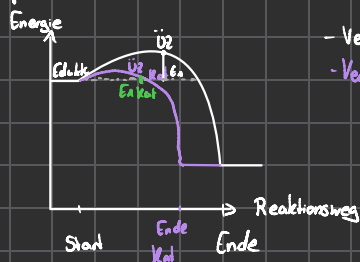
Mangan(IV)-oxid
 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Braunstein (MnO}_2\text{)}: \text{Zufall}$



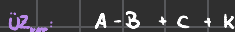
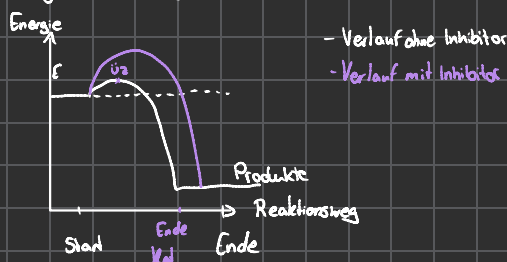
2.6. Katalyse

Einteilung nach Art des Einflusses auf die E_A

positive Katalyse

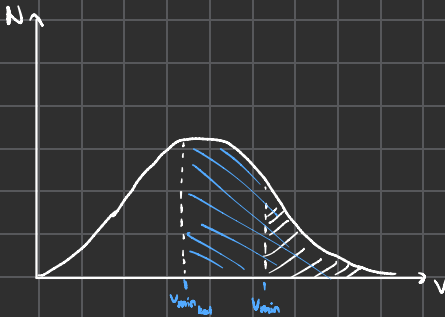


negative Katalyse



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

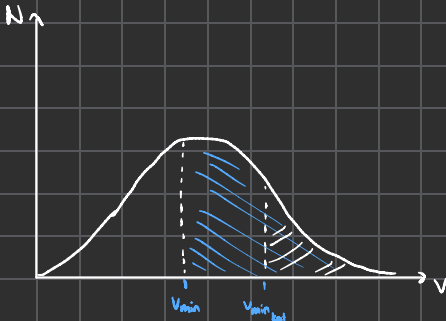
Durch die Senkung der Mindestgeschwindigkeit steigt die Anzahl an zur Reaktion fähigen Teilchen. Dies geht aus der Maxwell - Boltzmann Verteilung hervor.

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 geringere Reaktionsgeschwindigkeit.

- Einleitung nach der Phase des Katalysators

heterogene Katalyse

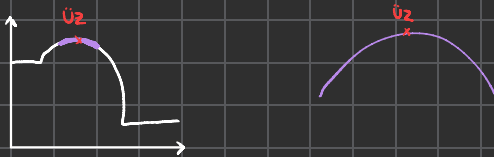
Liegen Edukte und Katalysator in verschiedenen Phasen vor, so spricht man von **heterogener Katalyse**.

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 der Kat eingebaut ist.

Ausschnitt Energieverlaufsdiagramm



⇒ Das Zwischenprodukt ist metastabil

⇒ lokales Energieminimum

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	

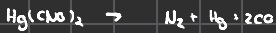
2.1.1.

-

Merke: $\rightarrow \text{HNO}_3$

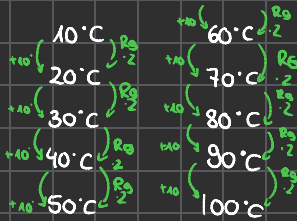
$\text{Hg}(\text{CNO})_2$

Reaktionsgleichung bzgl. Quecksilber
↓
 $\text{Hg}(\text{CNO})_2$



153 / 1

Temperatur erhöht sich von 10 auf 100°C

5/12 (9²)

Vervielfachung der R_g um ein 18 Faches

153 / 2

- Erhöhter Druck senkt im Topf den Siedepunkt von Wasser, wodurch Garreaktionen bei höherer Temperatur schneller ablaufen
↳ Reaktionsgeschwindigkeit steigt um das 1,5 - 3 Fache (kann)
- Wasserdampf kondensiert an Oberfläche des Lebensmittels → 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 diese Reaktion viele Male unterstützen.

↳ Sehr 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 Katalysators (Bsp. Pt-Draht) erzielen. Durch Herabsetzen des v_{\min} kommt es zur Reaktion.

178 / 1

a) R_G steigt

\Rightarrow höherer Zerteilungsgrad

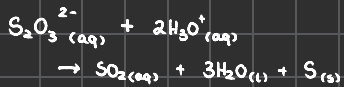
\Rightarrow größere Oberfläche

\Rightarrow mehr wirkungsvolle Zusammenstöße

\Rightarrow höhere R_G

b) mehr Teilchen mit v_{\min}

178 / 2



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

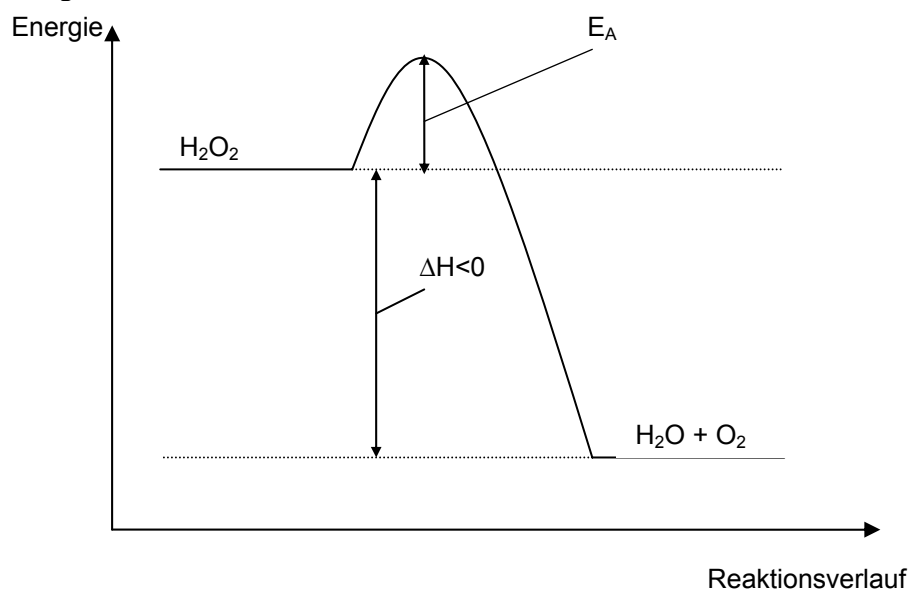
Nach Maxwell-Boltzmann: mehr Teilchen mit $v_{\min} \Rightarrow$ mehr w.Z. \Rightarrow höhere $R_G \Rightarrow$ kleinere R_Z

1. Positive und negative Katalyse

1.1 Positive Katalyse

Versuch: (Durchführung und Beobachtung)

Erklärung:

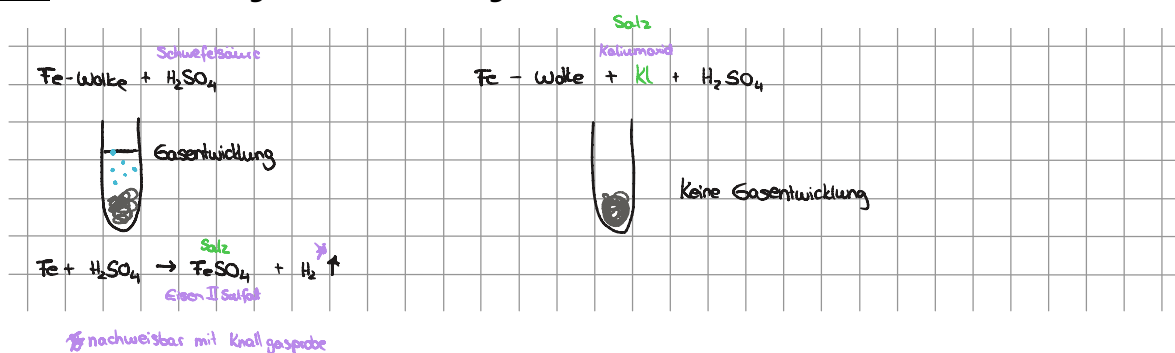


Merke:

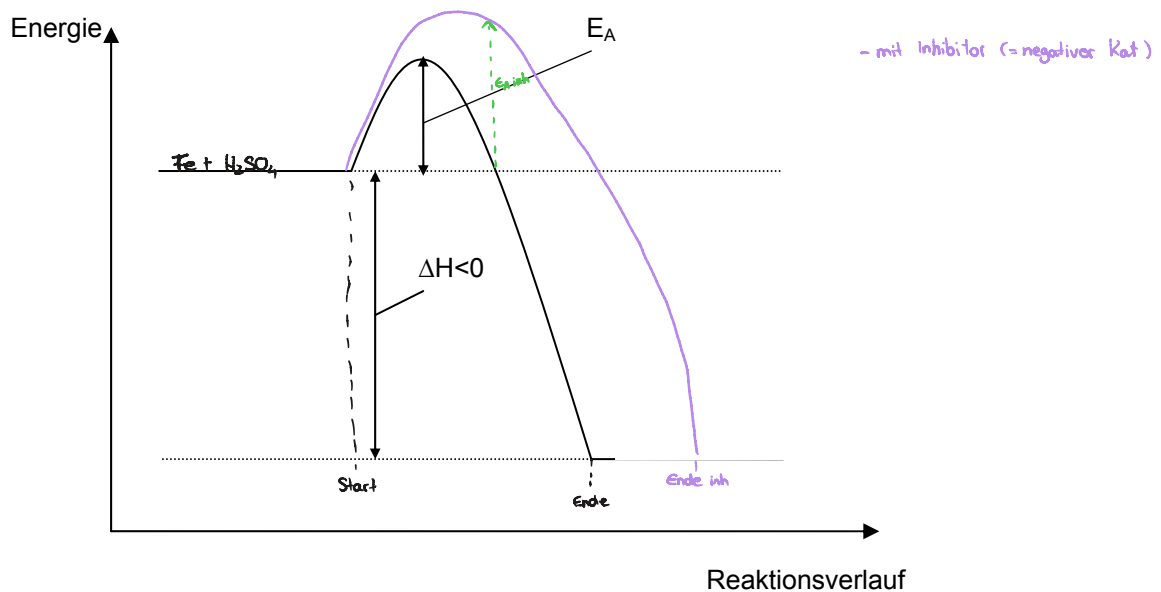
Ein (positiver) Katalysator ist ein Stoff, der die E^{\ddagger} einer Reaktion herabsetzt, indem er einen anderen ÜZ (bzw. Reaktionsweg) ermöglicht. Dadurch beschleunigt er die Reaktion. Der Katalysator geht aus der Reaktion unverbraucht hervor.

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. längster Reaktionsweg) erzwingt. Dadurch verlangsamt er die Reaktion.
Der Katalysator geht aus der Reaktion unverändert hervor.

Definition:

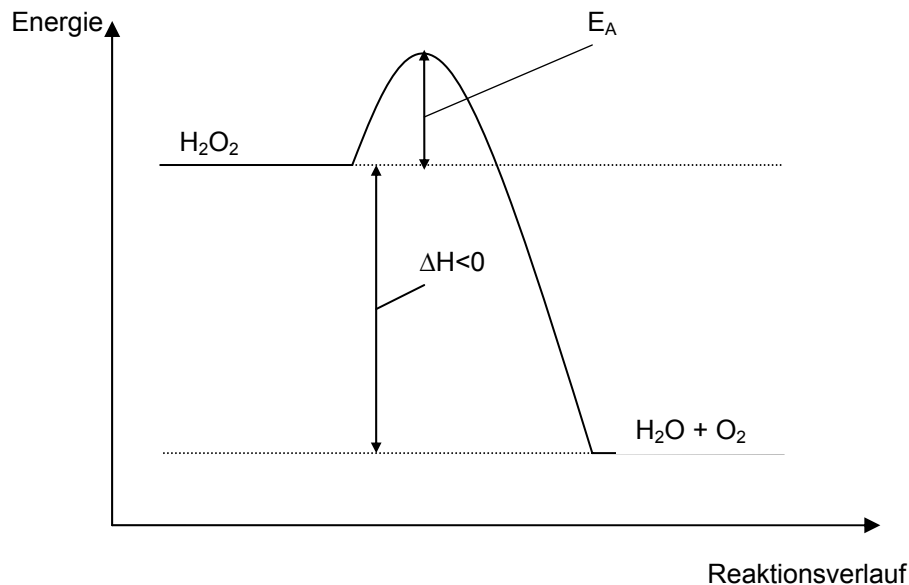
Ein Kat ist ein Stoff, der die E_A einer Reaktion verändert indem er einen anderen ÜZ (bzw. Reaktionsweg) ermöglicht. Dadurch verändert er die Reaktionsgeschwindigkeit.
Der Katalysator geht aus der Reaktion unverändert hervor.

2. Homogene und heterogene Katalyse

Versuch: (Durchführung und Beobachtung)

Zerfall von H_2O_2 (l) kann beschleunigt werden durch		(l) liquid (s) solid
V1: Zugabe von MnO_2 (s) Braunstein Mangan(IV)-Oxid	V2: Zugabe von $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (aq) 2^+CrO_4^{2-} Kaliumchromat-Lösung	
3: Es entsteht Sauerstoff (unterschiedliche Phase (Aggregatzustand)) wie Edukt => Heterogene Katalyse	Gleiche Phase wie Edukt => Homogene Katalyse	

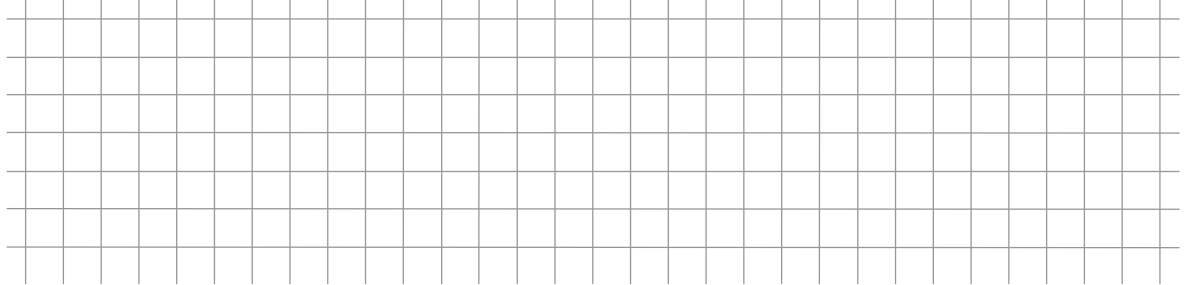
Erklärung:



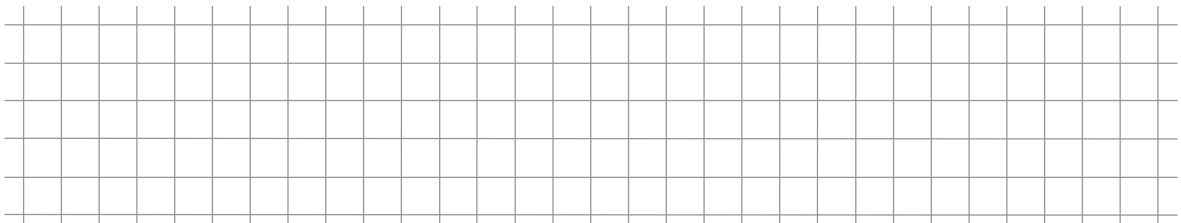
Homogene Katalyse	Heterogene Katalyse
<p>Merke: Katalysator und Reaktanden liegen in der gleichen Phase vor.</p>	<p>Merke: Katalysator und Reaktanden liegen in verschiedenen Phasen vor.</p>
<p>Homogene Katalysen verlaufen über Zwischenverbindungen. allgemein: $A + B + K \rightarrow [AK + B] \rightarrow AB + K$ <div style="text-align: center;">Zwischenverbindung</div> </p>	<p>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></p> <div style="text-align: center;"> </div>
<p>Weiteres Beispiel: Zersetzung von H_2O_2 mit Kaliumchromat</p>	<p>Weiteres Beispiel: Wasserstoff entzündet sich in Gegenwart eines Platinkatalysators an der Luft von selbst.</p>

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).