

Kinetik – Geschwindigkeit chemischer Reaktionen im Stationenlernen

Nach einer Idee von Adrian Russek



© cooperr007/iStock/Getty Images Plus

Diese Unterrichtsmaterialien zeigen eine überwiegend experimentelle Herangehensweise an die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen. Die verschiedenen Einflussfaktoren Temperatur, Zerteilungsgrad oder Molekülgröße können separat behandelt und inhaltlich betrachtet werden. Die Methoden Stationenlernen und Portfolioarbeit schulen dabei die Eigenverantwortlichkeit des Lernens in der gymnasialen Oberstufe und leisten einen wesentlichen Beitrag zum wissenschaftspropädeutischen Arbeiten.

Kinetik – Geschwindigkeit chemischer Reaktionen im Stationenlernen

Niveau: einführend, grundlegend

Klassenstufe: 11–13

Nach einer Idee von Adrian Russek

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M1: Beschleunigen chemischer Reaktionen	3
M2: Laufzettel „Geschwindigkeit chemischer Reaktionen“	10
M3: Bestimmung von Reaktionsgeschwindigkeiten	10
M4: Reaktionsgeschwindigkeit und Zerteilungsgrad	20
M5: Reaktionsgeschwindigkeit und Molekülgröße	20
M6: Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur	44
M7: Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentration	44
M8: Katalysatoren	44
M9: Benotung	45

© RAABE 2023

Kompetenzprofil:

Niveau	einführend, grundlegend
Fachlicher Bezug	Reaktionsgeschwindigkeit chemischer Reaktionen
Methode	Schülerversuche, Internetrecherche, Stationenlernen, Protokollieren
Basiskonzepte	Energiekonzept, chemische Reaktion
Erkenntnismethoden	die Reaktionsgeschwindigkeit und ihre Abhängigkeit von der Konzentration und der Temperatur beschreiben
Kommunikation	den Einfluss eines Katalysators auf die Reaktionsgeschwindigkeit erläutern (Katalyse), recherchieren zu chemischen Sachverhalten in analogen und digitalen Medien und wählen Quellen zielgerichtet aus.
Bewertung/Reflexion	Beschreiben den Einfluss auf Mindestenergie und Aktivierungsenergie, heterogene und homogene Katalyse; Autoabgaskatalysator, Verminderung von Emissionen
Inhalt in Stichworten	Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von den Reaktionsbedingungen: Einfluss von Konzentration, Druck, Temperatur (RGT-Regel), Zerteilungsgrad, Katalysator

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

AB Arbeitsblatt, **GBU** Gefährdungsbeurteilung, **TX** Informationstext,
SV Schülerversuch

Thema	Material	Materialart
Comic zum Beschleunigen chemischer Reaktionen, Merksätze zu Reaktionskinetik und Reaktionsgeschwindigkeit	M1	AB
Laufzettel „Geschwindigkeit chemischer Reaktionen“	M2	AB
Bestimmung von Reaktionsgeschwindigkeiten (Station 1)	M3	AB
Reaktionsgeschwindigkeit und Zerteilungsgrad (Station 2) inklusive Experiment	M4a M4b	AB SV, GBU
Reaktionsgeschwindigkeit und Molekülgröße (Station 3) inklusive Experiment und Infoblatt zur Reaktion von Alkalimetallen mit Alkoholen	M5a M5b M5c	AB SV, GBU TX
Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur (Station 4) inklusive Experiment	M6a M6b	AB SV, GBU
Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentration (Station 5) inklusive Experiment	M7a M7b	AB SV, GBU
Katalysatoren (Station 6) inklusive Experiment	M8a M8b	AB SV, GBU
Beurteilung der Protokollmappe	M9	Benotung

Methodisch-didaktische Hinweise

Die Lernenden erhalten in diesem Stationenlernen verschiedene Lernangebote zum Thema „Reaktionsgeschwindigkeiten“, die sie weitestgehend selbstständig bearbeiten können.

Zur **Einführung in die Thematik** dient das **Comic M1**. Die Schülerinnen und Schüler sehen darin, dass ein Abteilungsleiter vor dem Problem steht, die Produkte seiner Chemiefirma möglichst schnell umzusetzen, da ein Großauftrag vorliegt. Die Schülerinnen und Schüler werden durch diesen Zugang direkt eingebunden und können verschiedene Hypothesen äußern, wie eine chemische Reaktion beschleunigt werden kann. Die Vermutungen sollten hierbei an der Tafel notiert werden. Der untere Teil sollte zunächst abgedeckt werden. Die Begriffe „Reaktionsgeschwindigkeit“ und „Reaktionskinetik“ sollen erst nach der Hypothesenphase eingeführt werden. Die Schülerinnen und Schüler können die Definitionen anschließend in ihr Heft übernehmen.

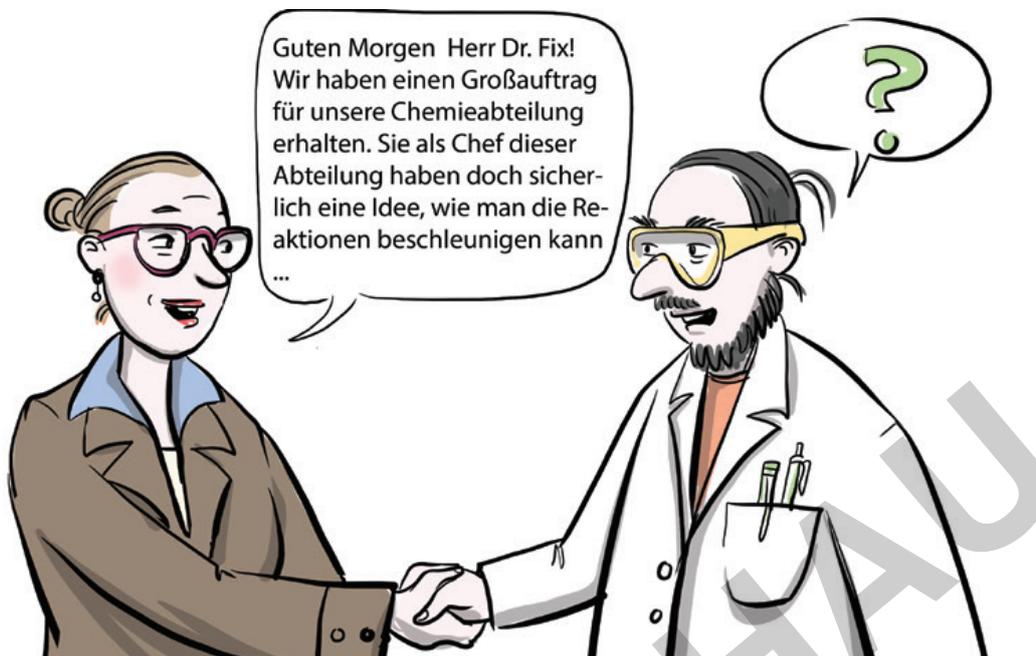
Anschließend wird die Methode des **Stationenlernens** eingeführt und die Organisation mit den Schülerinnen und Schülern besprochen. Kopieren Sie hierzu das Arbeitsmaterial **M2** auf eine Folie und klären Sie es gemeinsam mit den Lernenden gemeinsam. Jede und jeder Lernende erhält zu Beginn des Stationenlernens den **Laufzettel M2**. Hierauf kann das Datum vermerkt werden, an dem eine Station bearbeitet wurde, und welche Aufgabe/n im Unterricht nicht erledigt werden konnten und somit zu Hause durchgeführt werden müssen.

Das Stationenlernen gliedert sich in sechs Stationen mit der **Theoriestation 1 (M3)** und den **experimentellen Stationen 2–6 (M4–M8)**. Jede Station ist innerhalb einer Unterrichtsstunde (45 min) durchführbar. Lediglich Station 5 benötigt durch Einstellen verschiedener Temperaturen etwas mehr Zeit. Je nach Gruppengröße des Chemiekurses sollte diese Station doppelt vorhanden sein. Das Stationenlernen kann idealerweise in Kleingruppen à vier bis fünf Lernenden durchgeführt werden. Es empfiehlt sich, die einzelnen experimentellen Stationen in Form von **Experimentierboxen** vorzubereiten und diese am Lehrerpult vor Beginn der Stunde aufzubauen.

Das Arbeitsmaterial gliedert sich in der Regel in zwei Arbeitsblätter. Das erste Arbeitsblatt enthält die Arbeitsaufträge und einen Informationstext. Das zweite Arbeitsblatt beinhaltet einen Schülerversuch (Ausnahme: Theoriestation 1). Es obliegt Ihnen, ob die einzelnen Arbeitsblätter immer komplett in Kursgröße kopiert werden sollen, oder ob Sie lediglich die Experimentieranleitungen an die Schülerinnen und Schüler aushändigen. In dem Fall sollen die Schülerinnen und Schüler eine eigene Versuchsauswertung schreiben. Viele Schulbücher liefern bereits eine ideale Ergänzung zu den hier dargestellten Schülerversuchen. Auch die Recherche im Internet hilft bei der Auswertung oftmals weiter.

Beschleunigen chemischer Reaktionen

M1



© Julia Lenzmann

Merke

Reaktionskinetik: Lehre von der Geschwindigkeit chemischer Reaktionen

Reaktionsgeschwindigkeit: Die Reaktionsgeschwindigkeit v ist definiert als Quotient aus dem Betrag der Konzentrationsänderung eines Stoffes und dem zugehörigen Zeitintervall:

$$\text{Reaktionsgeschwindigkeit} = \frac{\text{Konzentrationsänderung}}{\text{Zeit}}$$

$$v = \frac{c(t + \Delta t) - c(t)}{\Delta t}$$

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

M8a Katalysatoren

Aufgaben

1. **Führen** Sie den Versuch (M8b) **durch** und **notieren** Sie die Beobachtungen.
2. **Formulieren** Sie eine Versuchsauswertung mit Energiediagramm und Rolle des Katalysators bei chemischen Reaktionen. Nutzen Sie die Informationen aus dem Text.
3. Welche Arten der Katalyse gibt es? **Informieren** Sie sich mithilfe des Textes und einer Internetrecherche.
4. **Recherchieren** Sie, welcher Stoff in der Zigarettenasche als Katalysator wirkt.



Katalyse

Chemische Reaktionen, die unter der Einwirkung von Katalysatoren ablaufen, werden auch Katalysen genannt. Sie sind in der Technik (z. B. Minderung der Schadstoffemissionen durch Abgaskatalysatoren in Kraftfahrzeugen) sowie in der Industrie (z. B. Herstellung wichtiger Grundchemikalien), aber auch in lebenden Organismen von großer Bedeutung. Katalysatoren kommen häufig dann zum Einsatz, wenn für eine chemische Reaktion eine hohe Aktivierungsenergie benötigt wird. So können beispielsweise in der Industrie hohe Temperaturen vermieden und somit Kosten eingespart werden. Liegen Stoffgemische vor, können Katalysatoren bei einer Vielzahl von möglichen Reaktionen eine spezielle Reaktion beschleunigen, sodass hauptsächlich die gewünschte Reaktion abläuft. Ein Katalysator ist ein bei einer chemischen Reaktion beteiligter Reaktionspartner, der aber nach der Reaktion in unveränderter Form wieder vorliegt. Oft genügt eine kleine Portion des Katalysators, um die Umsetzung großer Portionen der Edukte zu beeinflussen.

Doch wie wirkt ein Katalysator im Reaktionsverlauf? Nähern sich Eduktteilchen einander an, muss zur Lockerung oder Spaltung vorhandener Bindungen Aktivierungsenergie aufgewendet werden. Sie ist häufig so groß, dass keine oder nur wenige Teilchen diese Energiebarriere überwinden können. Die Wirkung eines Katalysators beruht meist darauf, dass er mit einem der Edukte eine oder mehrere Zwischenverbindungen bildet, sodass damit ein neuer Reaktionsweg mit einer niedrigen Aktivierungsenergie ermöglicht wird. Bei der Bildung des Produkts aus den Zwischenverbindungen wird der Katalysator wieder freigesetzt.

Experiment zu Katalysatoren

M8b

Schülerversuch: Wie funktioniert ein Katalysator?

Vorbereitung: 5 min, **Durchführung:** 10 min

Chemikalien

- Würfelzucker
- Zigarettenasche

Geräte

- Tiegelzange
- Laborbrenner
- Abdampfschale
- Feuerzeug

Entsorgung: Die Lösungen können im Abguss entsorgt werden.

Achtung! Es dürfen keine Geschmacksproben durchgeführt werden! Schutzbrille tragen!



Versuchsdurchführung

1. Entzünden Sie den Laborbrenner.
2. Halten Sie das Stück Würfelzucker in die Brennerflamme und versuchen Sie es zu entzünden. Notieren Sie Ihre Beobachtungen (Beobachtung I).
3. Wälzen Sie ein weiteres Stück Würfelzucker in Zigarettenasche und versuchen Sie erneut, es zu entzünden. Notieren Sie auch hier Ihre Beobachtungen (Beobachtung II).



Versuchsbeobachtung

Beobachtung I: _____

Beobachtung III: _____



M9 Beurteilung der Protokollmappe

Name(n): _____

Station 1: Bestimmung von Reaktionsgeschwindigkeiten

Definition Durchschnittsgeschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit (2 P.),
Bestimmung der Durchschnittsgeschwindigkeit (2 P.), Bestimmung der Momentan-
geschwindigkeit (2 P.)

_____ von 6 Punkten

Station 2: Reaktionsgeschwindigkeit und Zerteilungsgrad

Versuchsaufbau (1 P.), Beobachtung des Versuchs (2 P.), Auswertung des Versuchs
(2 P.), Aufgabe 3: Oberflächenvergrößerung (2 P.)

_____ von 7 Punkten

Station 3: Reaktionsgeschwindigkeit und Molekülgröße

Versuchsaufbau (1 P.), Beobachtung des Versuchs (2 P.), Auswertung des Versuchs (3 P.),
Aufgabe 3: Energiediagramm, Reaktionskoordinate und Aktivierungsenergie (4 P.)

_____ von 10 Punkten

Station 4: Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur

Versuchsaufbau (1 P.), Beobachtung des Versuchs (2 P.), Auswertung des Versuchs
(2 P.), Aufgabe 3: Stoßtheorie (3 P.)

_____ von 8 Punkten

Station 5: Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentration

Versuchsaufbau (1 P.), Beobachtung des Versuchs (2 P.), Auswertung des Versuchs
(2 P.), Aufgabe 3: Berechnung der Stoffmengenkonzentration (3 P.)

_____ von 8 Punkten

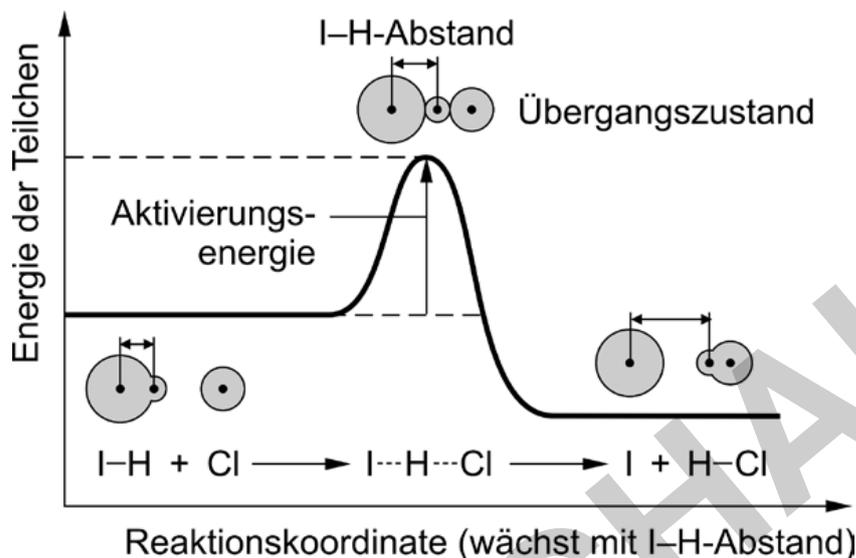
Station 6: Katalysatoren

Versuchsaufbau (1 P.), Beobachtung des Versuchs (2 P.), Auswertung des Versuchs
(3 P.), Aufgabe 3: Katalyse-Arten (2 P.), Aufgabe 4: Recherche Katalysator (inklusive
Quellenangabe) (2 P.)

_____ von 10 Punkten

Petroleumbenzin wird als Schutzflüssigkeit für Alkalimetalle verwendet. Eine Reaktion ist daher nicht zu beobachten. Die Reaktionsgeschwindigkeit nimmt von Methanol über Ethanol zu Propanol hin ab. Je „größer“ das Alkoholmolekül ist, desto langsamer reagiert Lithium damit. Die Reaktionszeit nimmt daher zu.

3.



Die **Reaktionskoordinate** beschreibt die Anordnung der Atome vor, während und nach der Reaktion der Teilchen.

Die **Aktivierungsenergie** ist der Unterschied der (potenziellen) Energie des Übergangszustands und der (potenziellen) Energie der Teilchen vor der Reaktion

Lösungen M6, Station 4

- Die Schülerinnen und Schüler werden je nach Einstellung der Temperatur leicht unterschiedliche Ergebnisse erzielen. Es sollte die Tendenz erkennbar sein, dass mit zunehmender Temperatur die Lösung schneller klar wird.
- $$Na_2S_2O_3 + 2 HCl \rightarrow H_2S_2O_3 + 2 NaCl$$

Thioschwefelsäure ist nicht beständig, daher erfolgt folgende weitere Reaktion:

$$H_2S_2O_3 \rightarrow H_2SO_3 + S$$

Die einsetzende Trübung entsteht durch die Bildung von Schwefel.
- Individuelle Lösungen. Folgende Punkte sollten berücksichtigt werden:
 - Die Stoßtheorie erklärt die Arten der Zusammenstöße.
 - Die Teilchen müssen eine günstige räumliche Lage zueinander haben, damit sie miteinander reagieren können. Das bedeutet, dass die reaktiven Zentren beim Stoß zusammentreffen müssen.

3. Arten der Katalyse:

Die Lösung gibt einen groben Überblick über die möglichen Katalysearten und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es können teilweise sehr individuelle Schülerantworten und Beispiele erwähnt werden.

Heterogene Katalyse	Homogene Katalyse	Enzymatische Katalyse
<p>Die reagierenden Stoffe und der Katalysator liegen in unterschiedlichen Phasen vor. Beispiel: verschiedene Aggregatzustände oder zwei Flüssigkeiten, die nicht mischbar sind. Meistens handelt es sich hierbei um einen festen Katalysator und gasförmige Edukte. Die gasförmigen Ausgangsstoffe strömen hier an dem Feststoff vorbei. Die chemische Reaktion findet an der Katalysatoroberfläche statt. Andere Bezeichnungen: Oberflächenkatalyse oder auch Kontaktkatalyse.</p>	<p>Edukte und Katalysator befinden sich in demselben Aggregatzustand. Oftmals befinden sich Edukte und Katalysator in einer Lösung. Ein Beispiel wäre die Säurekatalyse, wobei Protonen als Katalysator wirken. Die Protonierung der Edukte führt zur Bildung eines Zwischenprodukts und damit zu einem veränderten Reaktionsmechanismus mit geringerer Aktivierungsenergie. Problematisch ist meist die Abtrennung des Katalysators nach der Reaktion.</p>	<p>Enzymatische Vorgänge laufen in lebenden Systemen (z.B. Zellen) ab und sind an allen Lebensvorgängen beteiligt. Enzymatische Katalysen finden auch in vitro (z.B. in Waschmitteln) statt. Die Enzyme katalysieren die ablaufenden biochemischen Reaktionen. Sie werden daher auch Biokatalysatoren genannt. Enzyme gehören zu den Proteinen. Auch Hormone und Vitamine können als Katalysatoren wirken. Enzyme können auch außerhalb von Zellen wirken. Ein vor allem für den Menschen sehr wichtiges Enzym ist Katalase. Katalase katalysiert die Zersetzung von Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff.</p>

Auch der Sonderfall der Autokatalyse kann von den Lernenden erwähnt werden

4. Metallkationen wie K^+ -Ionen sind für die katalytische Wirkung der Asche zuständig.

Auflistung der vorkommenden Gefahrstoffe:

Name des Gefahrstoffes	Kennzeichnung (Piktogramm)	Signalwort	H-Sätze	P-Sätze	EUH-Sätze	AGW in $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$
Silbernitrat	  	Gefahr	H272 H290 H314 H410	P210, P260, P273, P280, P308+P310, P303+P361+ P353		0,01
Methanol	  	Gefahr	H225 H301+ H311+ H331 H370	P210; P233, P280, P301+P310, P303+P361+ P353, P304+P340+ P311		130
Ethanol	 	Gefahr	H225, H319	P210, P240, P305+P351+ P338, P403+P233		380
1-Propanol	  	Gefahr	H225 H318 H336	P210, P240, P280, P313, P305+P351+ P338, P403+P233		

© RAABE 2023