

II.F.22

Energetik – chemisches Gleichgewicht – Kinetik

Reaktionsgeschwindigkeiten – Einführung in die Kinetik von Reaktionen

Ein Beitrag von Dr. Detlef Eckebrecht



Foto: Dr. Detlef Eckebrecht

Oben: Manche chemischen Reaktionen, wie die Korrosion bei Metallen, verlaufen sehr langsam.

Schnecken bewegen sich langsam fort, Vögel fliegen schnell. Analog zum Geschwindigkeitsbegriff in der Mechanik kann man langsame Reaktionen wie das Durchrosten eines Metallgegenstandes und den extrem schnellen Reaktionsablauf bei einer Explosion unterscheiden. Diese Unterrichtseinheit führt Schülerinnen und Schüler zu einem Verständnis von Reaktionsgeschwindigkeit und klärt die Parameter, die Einfluss auf die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen haben. Die Anwendung der Stoßtheorie unterstützt sie bei der Entwicklung eines Verständnisses für die Zusammenhänge zwischen den Ursachen und ihren Wirkungen.

KOMPETENZ

Klassenstufe/Lernjahr: 12

Dauer: 2 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Durchführung und Auswertung von Experimenten, grafische Darstellung von Messergebnissen, Nutzung von Modelldarstellungen zur Stoßtheorie, Zusammenarbeit in Gruppen

Thematische Bereiche: Reaktionsgeschwindigkeit, mittlere Geschwindigkeit, momentane Geschwindigkeit, Reaktionen in heterogenen und homogenen Systemen, Stoßtheorie, Aktivierungsenergie

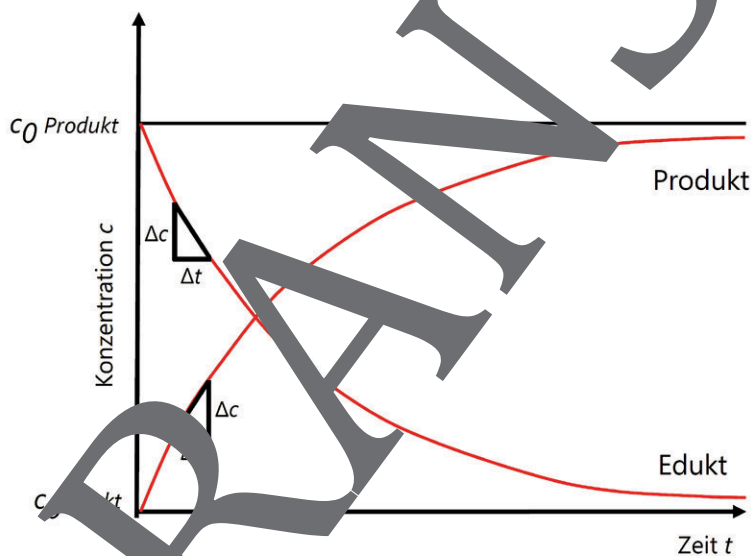
Medien: Experimente, Arbeitsblätter, Modelle, Bilder, Hilfekarten

Zusatzmaterialien: Anleitung zur Herstellung eines Teilchenmodells

Hintergrundwissen

Zu den für den Schulunterricht relevanten Teilgebieten der physikalischen Chemie gehört neben der Thermodynamik und der Elektrochemie die Kinetik oder Reaktionskinetik. Unter der Reaktionskinetik im engeren Sinne werden alle Aspekte des zeitlichen Ablaufs von Reaktionen zusammengefasst. Dieser Bereich wird auch als Mikrokinetik bezeichnet. Zur Reaktionskinetik im weiteren Sinne bzw. der Kinetik gehören zusätzlich die Themen Transportvorgänge und Oberflächenphänomene (z. B. Stoffabscheidungen an Oberflächen, Katalyse und Diffusion). Sie werden auch unter dem Begriff Makrokinetik zusammengefasst.

Thema dieser Unterrichtseinheit ist die Reaktionskinetik im engeren Sinne, also die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen und der Parameter, die sie beeinflussen. Von den makrokinetischen Aspekten werden Zerteilungsgrad und Katalyse behandelt. Die Reaktionsgeschwindigkeit gibt an, wie viele Teilchen pro Zeit bei einer chemischen Reaktion umgesetzt werden. Zur Messung der Reaktionsgeschwindigkeit kann der Verbrauch eines Edukts oder die Bildung eines Produkts herangezogen werden, indem die zeitliche Änderung der Masse, des Volumens oder der Konzentration eines beteiligten Stoffes gemessen wird. Über die Reaktionsgleichung können aus der zeitlichen Veränderung der gemessenen Größe bezüglich eines der Stoffe Rückschlüsse auf die Geschwindigkeiten der Reaktionen der anderen Stoffe gezogen werden. Zusätzlich geht mit der Abnahme der Konzentration der Edukte eine Zunahme der Konzentration der Produkte einher.



Zur Ermittlung der Reaktionsgeschwindigkeit wird in der Regel eine Größe herangezogen, die einfach quantitativ bestimmt werden kann, wie z. B. das Volumen eines Gases, das bei der Reaktion entsteht. Die Angabe der Reaktionsgeschwindigkeit kann dann über den Quotienten $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ erfolgen. Wird die Konzentrationsänderung eines Stoffes bestimmt, lautet der Quotient entsprechend $\frac{\Delta c}{\Delta t}$.

Aus zwei Messungen in definiertem zeitlichem Abstand ergibt sich dann für die Produkte:

$$\bar{v} = \frac{c(t_2) - c(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

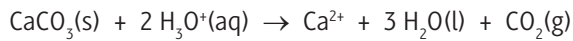
Für die Edukte wird das Vorzeichen geändert, damit v einen positiven Wert erhält: $\bar{v} = -\frac{\Delta c}{\Delta t}$

Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion

M 1

In der Physik wird der Quotient aus zurückgelegter Strecke und dem dafür benötigten Zeitraum als Geschwindigkeit bezeichnet. Wie schnell sich ein Objekt bewegt, kann aus den Differenzen von Ort und Zeit errechnet werden. Analog ist die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen definiert als Quotient aus der erfolgten Konzentrationsänderung in einem Zeitintervall.

Im folgenden Versuch wird Calciumcarbonat, der Hauptbestandteil von Marmor, mit Salzsäure zur Reaktion gebracht.



Für jede Gruppe werden folgende Materialien benötigt:

Vorbereitung: 5 min, **Durchführung:** 15 min

| Chemikalien | Geräte |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Marmor (granuliert) | <input type="checkbox"/> Becherglas 100 ml |
| <input type="checkbox"/> Salzsäure (w = 5 %)  | <input type="checkbox"/> Messzylinder 25 ml |
| | <input type="checkbox"/> Waage (digital) |
| | <input type="checkbox"/> Stoppuhr |
| | <input type="checkbox"/> Glaswanne |
| | <input type="checkbox"/> Schutzbrille |
| Entsorgung: Säurereste ggf. neutralisieren, neutrale Rückstände in den Abfluss. | |



Versuchsdurchführung

Bauen Sie die Versuchsanordnung entsprechend der Abbildung auf. Geben Sie 10 g Marmor in das Becherglas und 25 ml Salzsäure in den Messzylinder. Platzieren Sie beide Gefäße in die Glaswanne auf der Waage. Stellen Sie die Anzeige der Waage durch das Betätigen der Tara-Taste auf 0. Gießen Sie dann die Säure über den Marmor und starten Sie gleichzeitig die Stoppuhr. Stellen Sie den Messzylinder wieder in die Schale. Notieren Sie den Anfangswert und den Wert nach jeweils einer Minute in folgender Tabelle:

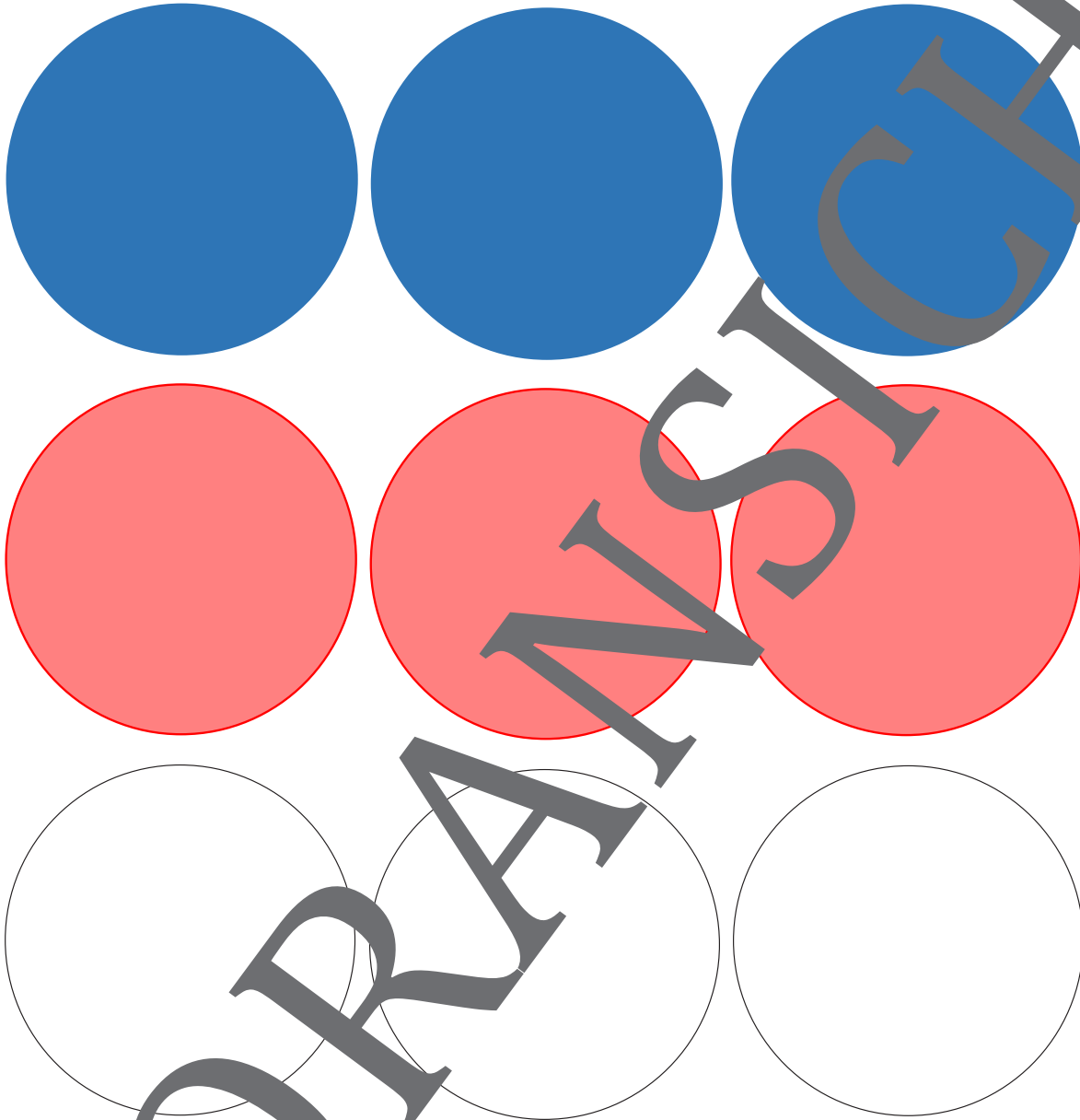
| Zeit [min] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Masse [g] | | | | | | | | | | |
| Masse CO ₂ [g] | | | | | | | | | | |

Aufgaben

1. Berechnen Sie die Masse des jeweils in einer Minute entstandenen Kohlenstoffdioxids und **tragen** Sie die Werte in die Tabelle **ein**.
2. **Stellen** Sie die Messwerte grafisch dar.
Leiten Sie aus Ihrer Darstellung eine Schlussfolgerung **ab**.

M 3 Anfertigen eines Modells zur Stoßtheorie

Es soll ein Modell aus Pappscheiben hergestellt werden, mit dem Atome und Moleküle dargestellt werden können sowie Ereignisse entsprechend der Stoßtheorie.



© RAABE 2021

Aufgabe

1. **Schneiden** Sie die Kreise aus und **kleben** Sie sie mit Folie und bringen Sie auf der Rückseite einen Magneten an.

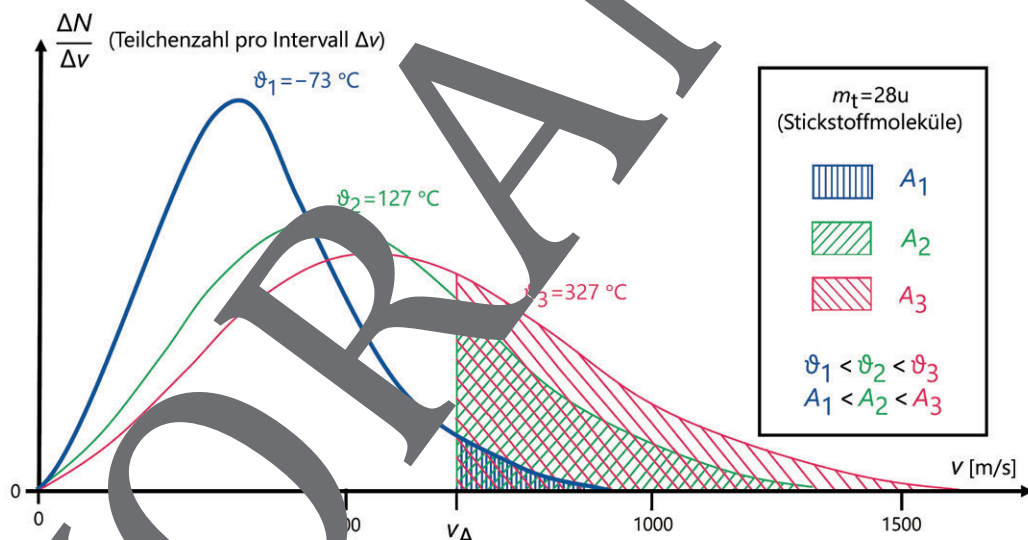
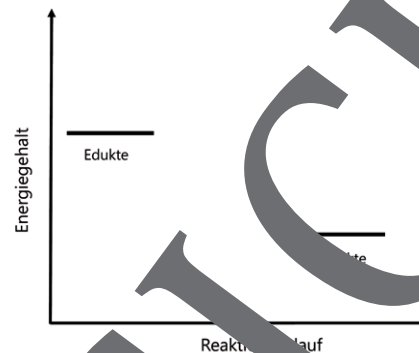
Energieverteilung und Geschwindigkeitskonstante

M 6

Die Geschwindigkeitskonstante k steht in Geschwindigkeitsgesetzen für diejenigen Faktoren, die unabhängig von Konzentrationen in homogenen Systemen oder von der Oberfläche in heterogenen Systemen sind. Ein solcher Faktor kann aus der Tatsache abgeleitet werden, dass viele freiwillig ablaufende, also Energie freisetzende Reaktionen bei niedrigen Temperaturen langsam ablaufen, bei höheren Temperaturen jedoch sehr viel schneller.

Berechnungen zeigen, dass dieser Effekt nicht allein dadurch erklärt werden kann, dass Teilchen sich bei temperaturbedingt höherer Geschwindigkeit mit höherer Wahrscheinlichkeit treffen. Entscheidenden Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit hat die für die Reaktion notwendige Aktivierungsenergie.

Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Energieverteilung in einer Stoffportion wurde von J. C. Maxwell und L. Boltzmann für Gase theoretisch hergeleitet. Die kinetische Energie eines Teilchens errechnet sich nach der Formel $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$, wobei m die Masse und v die Geschwindigkeit ist. Erhöht sich die Geschwindigkeit eines Teilchens durch eine Temperaturerhöhung auf das Doppelte, so steigt der Wert für den Energiegehalt auf das Vierfache an. Ab einer Mindestgeschwindigkeit v_A verfügt ein Teilchen über hinreichend Aktivierungsenergie für eine Reaktion. In einer Stoffportion kommen bei einer bestimmten Temperatur Teilchen mit verschiedenen Geschwindigkeiten jeweils in einer bestimmten Häufigkeit vor. Maxwell und Boltzmann haben deren Anteile für verschiedene Temperaturen.

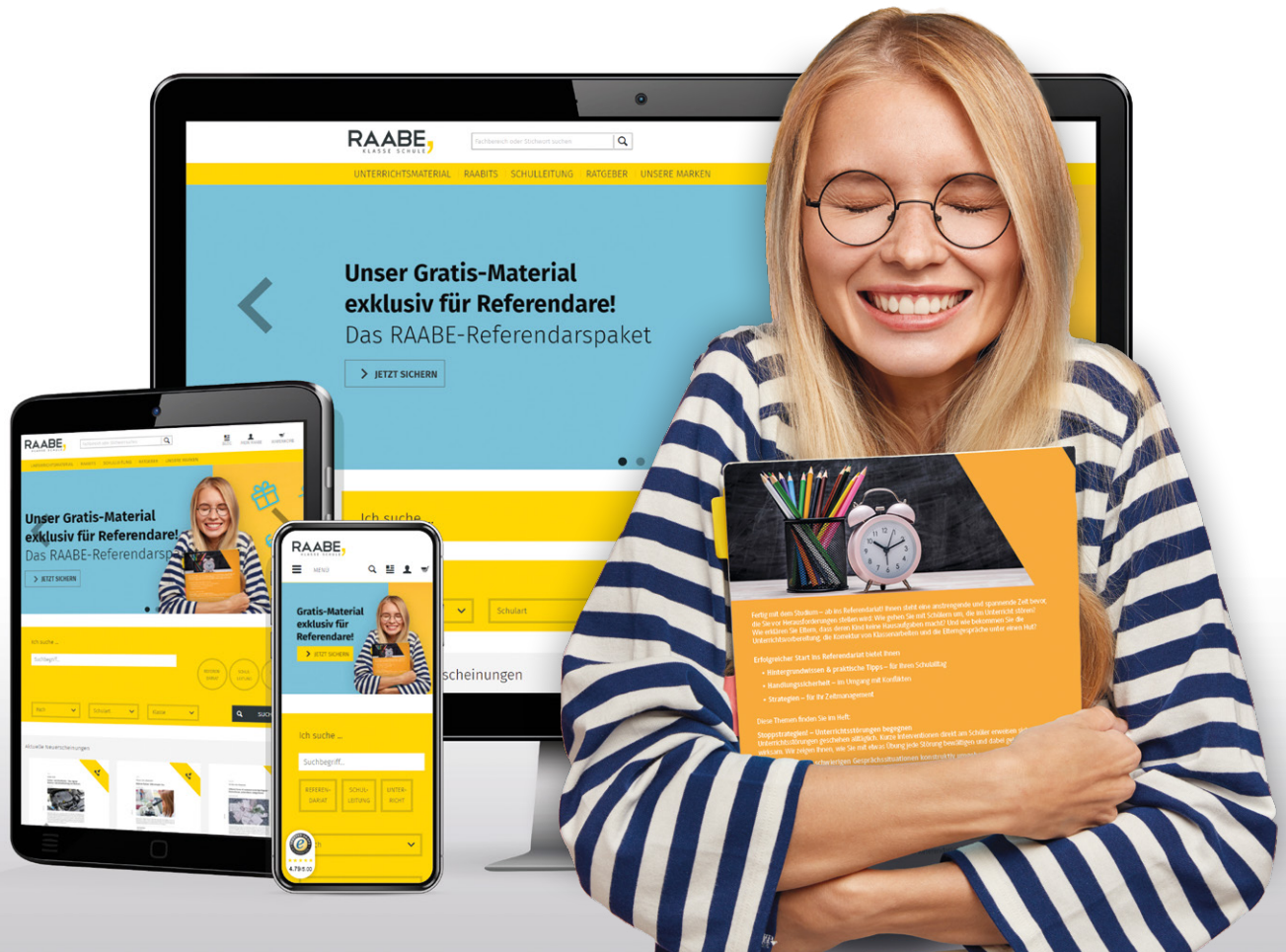


Aufgaben

1. **Erläutern** Sie anhand der oberen Abbildung so, dass die Begriffe Aktivierungsenergie und freiwerdende Energie erkennbar werden.
2. **Erläutern** Sie anhand der unteren Abbildung den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit.

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 4.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Sichere Zahlung per Rechnung,
PayPal & Kreditkarte



Exklusive Vorteile für Abonnent*innen

- 20% Rabatt auf alle Materialien für Ihr bereits abonniertes Fach
- 10% Rabatt auf weitere Grundwerke



Käuferschutz mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de