

# I.D.19

## Grundlagen: chemische Reaktionen

# Aktivierungsenergie und Katalyse – Verstehen von Stabilität und Veränderung

Ein Beitrag von Dr. Detlef Eckebrecht

Mit Illustrationen von Wolfgang Zettlmeier



© RAABE 2020

© Ade Deployed/E+/Getty Images

Stoffe können verbrennen, im Boden verrotten oder von selbst zerfallen. Neben hinreichend niedrigen Temperaturen ist die Aktivierungsenergie der entscheidende Grund für die Stabilität von Stoffen. Katalysatoren sind der Schlüssel für die Beeinflussung dieser Barriere gegen den Zerfall. Die Unterscheidung von Stoff- und Teilchenebene ermöglicht es den Lernenden, viele Reaktionen in ihrer Alltagswelt, in der chemischen Industrie und in Lebewesen besser zu verstehen.

---

### KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	9
<b>Dauer:</b>	10 Unterrichtsstunden
<b>Kompetenzen:</b>	1. Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten, 2. Kooperation im Rahmen von Gruppenarbeit, fachsprachlich angemessenes Beschreiben von Naturphänomenen
<b>Thematische Bereiche:</b>	Energetik chemischer Reaktionen, Steuerung des Ablaufs chemischer Reaktionen
<b>Medien:</b>	Experimente, Arbeitsblätter, Bilder

---

## Hintergrundinformationen

Warum kann man eigentlich brennbare Stoffe wie Magnesium ohne Luftabschluss aufbewahren, aber muss Natrium unter Luftabschluss lagern? Und wenn man nun einen Blick auf die Natur wirft, kommt hier die Frage auf, wie Pflanzen Nährstoffe herstellen und speichern können und sie dann bei Bedarf für die Bereitstellung von Energie nutzen können? Die Antwort auf diese Fragen liefert uns die Aktivierungsenergie. Sie verhindert das spontane Ablaufen endergonischer Reaktionen bzw. führt zu einer sehr geringen Reaktionsgeschwindigkeit. Lebewesen können die Geschwindigkeit solcher Reaktionen auf zwei Weisen beeinflussen: Zum einen führt eine höhere Körpertemperatur zu einer höheren Reaktionsgeschwindigkeit, da der Anteil der Moleküle mit ausreichender Aktivierungsenergie steigt (Maxwell-Boltzmann-Verteilung). Zum anderen ermöglicht die Produktion substratspezifischer Enzyme die kontrollierte Beschleunigung einzelner Reaktionen. Diese beschleunigen den Ablauf von Reaktionen, indem sie die hierfür notwendige Aktivierungsenergie herabsetzen. Dadurch steigt der Anteil von Teilchen, die bei einem Zusammentreffen der Reaktionspartner die für den Reaktionsablauf notwendige Aktivierungsenergie mitbringen.

Durch die Steuerung der Enzymaktivität kann so, je nach Bedarf, der Abbau von Nährstoffen zur Energiebereitstellung erfolgen. Die industrielle Nutzung von Katalysatoren folgt im Prinzip den biologischen Beispielen. Chemische Reaktionen zur Herstellung von Produkten können durch den Einsatz von Katalysatoren bei geringerer Temperatur ablaufen.

## Hinweise zur Didaktik und Methodik

Um adäquate Vorstellungen zum Thema Aktivierungsenergie erwerben zu können, benötigen die Schülerinnen und Schüler Grundlagen zum Energiebegriff, zu chemischen Bindungen auf der Teilchenebene und zum Energieumsatz auf Stoffebene. Die Unterrichtseinheit ist so konzipiert, dass sie im ersten Teil schrittweise die Grundlagen schafft bzw. möglicherweise reaktiviert, falls diese bereits im Anfangsunterricht thematisiert wurden. Während und nach der Auseinandersetzung mit den zentralen Themen **Aktivierungsenergie** und **Katalysatorwirkung** soll den Lernenden die enorme Bedeutung dieser Phänomene für die Stabilität von Verbindungen verdeutlicht werden. Dann können sie erkennen, dass die Aktivierungsenergie und die Katalysatorwirkung zentrale Voraussetzungen für die Existenz von Lebewesen darstellen und wichtige Aspekte der Produktion von Stoffen in der chemischen Industrie sind. Vorschläge für Einzel- bzw. Doppelstunden sind aus didaktischer Perspektive gewählt, können jedoch angepasst werden.

**Didaktische Reduktion.** Für den Unterricht in der Mittelstufe werden aus didaktischen Gründen zwei Vereinfachungen vorgeschlagen:

1. Entsprechend des Sprachgebrauchs im Alltag werden Aussagen wie die folgende zugelassen: Wasserstoff ist ein Energieträger. Fachlich korrekt wäre die Aussage, dass das System aus Wasserstoff und Sauerstoff oder aus Wasserstoff und einem anderen Reaktionspartner zur Energiebereitstellung genutzt werden kann. Die Energie ist ein Resultat der Reaktion und nicht in einem Reaktionspartner enthalten.
2. Die Begriffe Energie oder Reaktionsenergie unterscheiden nicht zwischen der Reaktionsenthalpie  $\Delta H_R$  und der Freien Reaktionsenthalpie  $\Delta G_R$ . In dieser Einheit werden nur freiwillig ablaufende Reaktionen betrachtet. Es werden Reaktionen unterschieden, bei denen Wärmeenergie abgegeben wird von solchen, bei denen sie von den Ausgangsstoffen aufgenommen wird.

# Auf einen Blick

Lv = Lehrerversuch

Sv = Schülerversuch

Ab = Arbeitsblatt

## 1. Stunde

**Thema:** Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

**M 1** (Ab, Lv) Wasserstoff reagiert an der Luft

### Knallgasreaktion mit einem Luftballon

**Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 5 min

**Chemikalien:**  Wasserstoff    
 Wunderkerze  

**Geräte:**  Luftballon  
 Gummischlauch  
 Stab ca. 1 m  
 Feuerzeug  
 Klebeband  
 Schutzbrille



Die GBUs finden Sie auf der CD 72.

## 2. Stunde

**Thema:** Energieänderungen bei chemischen Reaktionen

**M 2** (Ab, Lv) Blaues und weißes Kupfersulfat

### Versuche mit blauem und weißem Kupfersulfat

**Dauer:** Vorbereitung: 10 min Durchführung: 10 min

**Chemikalien:**  Kupfersulfat-Pentahydrat    
 wasserfreies Kupfersulfat  

**Geräte:**  Reagenzglas mit Reagenzglashalter  
 Brenner  
 Uhrglas  
 Pipette  
 Demonstrationsthermometer  
 Schutzbrille



Die GBUs finden Sie auf der CD 72.

## 3./4. Stunde

**Thema:** Aktivierungsenergie

**M 3** (Ab) Start und Ablauf von chemischen Reaktionen

**M 4** (Ab) Energieänderungen auf Teilchenebene

**5. Stunde****Thema:** Katalysatoren**M 6** (Ab, Sv) Helfer beim Start und Ablauf chemischer Reaktionen**Schülerversuch: Verbrennung von Würfelzucker****Dauer:** Vorbereitung: 10 min Durchführung: 15 min**Chemikalien:**  Würfelzucker  
 Asche (z.B. aus abgebrannten Streichhölzern)**Geräte:**  Porzellantiegel  
 Gasbrenner  
 Anzünder für den Brenner  
 Tiegelzange  
 feuerfeste Unterlage  
 Schutzbrille**6./7. Stunde****Thema:** Katalysatoren setzen die Aktivierungsenergie herab**M 6** (Ab, Lv) Wasserstoff zünden ohne Zündung**Knallgasreaktion mit Platin-Katalysator****Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 5 min**Chemikalien:**  Wasserstoff    
 Platin-Katalysatorperlen**Geräte:**  Gummischlauch  
 Pipette  
 Uhrglas  
 Schutzbrille**M 7** (Ab) Wirkungsweise von Katalysatoren

Die GBUs finden Sie auf der CD 72.

**8. Stunde****Thema:** Biokatalysatoren und deren Bedeutung**M 8** (Ab, Sv) Lebewesen stellen Katalysatoren her**Schülerversuch: Stärkeabbau im Mund I****Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 10 min**Chemikalien:**  Brot (z. B. Roggenbrot)**Geräte:**  keine Geräte notwendig

**Schülerversuch: Stärkeabbau im Mund II****Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 15 min**Chemikalien:**  stark verdünnte Stärkelösung  
 Iod-Kaliumiodid-Lösung **Geräte:**  Becherglas  
 Reagenzglas  
 PasteurpipetteDie GBUs finden Sie  
auf der CD 72.**9./10. Stunde****Thema:** Katalysatoren im Haushalt und in der Industrie**M 9 (Ab)** Katalysatoren in Technik und Haushalt**Minimalplan**

Ihre Zeit ist knapp? Dann planen Sie die Unterrichtseinheit für acht Stunden. Das Thema der 8. Stunde kann auch dem Biologieunterricht vorbehalten bleiben. Das Thema der 9./10. Stunde können Sie durch die Einschränkung der Vielfalt auf eine Stunde verkürzen.

VORSCHAU

## M 1

## Wasserstoff reagiert an der Luft



## Lehrerversuch: Knallgasreaktion mit einem Luftballon

Vorbereitung: 5 min Durchführung: 5 min

## Chemikalien

- Wasserstoff  
- Wunderkerze  

## Geräte

- Luftballon
- Gummischlauch
- Stab ca. 1 m
- Feuerzeug
- Klebeband
- Schutzbrille

**Achtung:** In geschlossenen Räumen darf der Ballon auf keinen Fall mit einem Gemisch aus Wasserstoff und Luft oder Sauerstoff gefüllt werden!

Entsorgung: Die Entsorgung der Abfälle kann über den normalen Müll erfolgen.

## Aufgaben

1. **Beschreibe** die Durchführung des Versuchs und **notiere** deine Beobachtungen.

---



---



---



---



---



---

2. **Deute** deine Beobachtungen und **formuliere** eine Reaktionsgleichung.

---



---



---



---



---

3. **Formuliere** zwei Sätze, die zu dem gezeigten Versuch passen und die den Begriff „Energie“ enthalten.

---



---



---



---

## M 2

## Blaues und weißes Kupfersulfat



Es werden zwei Versuche vorgeführt.

**Lehrerversuch: Versuche mit Kupfersulfat**

Vorbereitung: 10 min Durchführung: 10 min

**Chemikalien**

- Kupfersulfat-Pentahydrat  
- wasserfreies Kupfersulfat  

**Geräte**

- Reagenzglas mit Reagenzglashalter
- Brenner
- Uhrglas
- Pipette
- Demonstrationsthermometer
- Schutzbrille

**Achtung:** Beim Erhitzen von festem Kupfersulfat muss darauf geachtet werden, dass eine Temperatur von 560 °C nicht überschritten wird, da sonst das wasserfreie Kupfersulfat zu Kupferoxid, Schwefeldioxid und Sauerstoff reagiert.

Entsorgung: Behälter für (giftige) anorganische Salzlösungen mit Schwermetallen

**Durchführung:**

- A. Blaues Kupfersulfat (Kupfersulfat-Pentahydrat) wird vorsichtig im waagrecht gehaltenen Reagenzglas mit kleiner Brennerflamme erhitzt.
- B. Etwas weißes, wasserfreies Kupfersulfat wird auf ein Uhrglas gegeben und mit einer Pipette langsam tropfenweise mit Wasser beträufelt.

**Aufgaben**

1. **Nenne** die bei den Versuchen gemachten Beobachtungen.  
zu A)

---



---



---



---

zu B)

---



---



---



---

2. **Ordne** die beiden folgenden Diagramme den Reaktionen bei den Versuchen A und B **zu** und **begründe** deine Entscheidung.

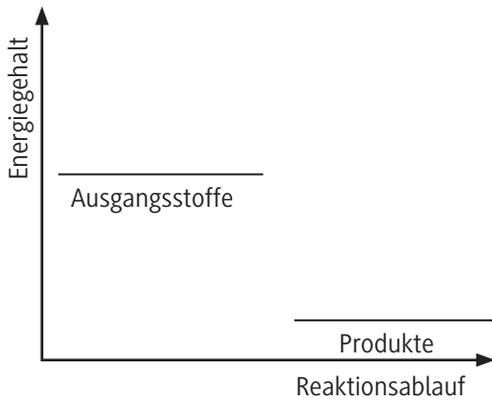


Abb. 1

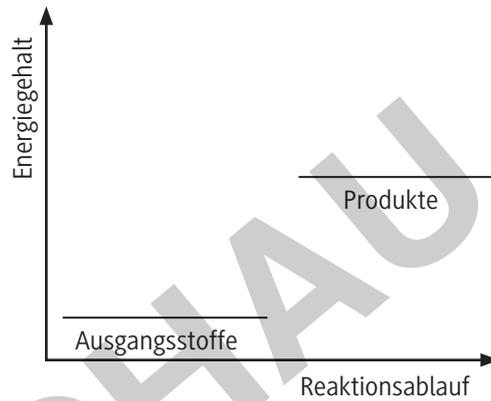


Abb. 2

---



---



---



---



---



---

© RAABE 2020

VORSCHAU