

# Manchmal muss man etwas nachhelfen – Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

Ein Beitrag von Dr. Leena Bröll, Gundelfingen

Mit Illustrationen von Dr. Leena Bröll, Gundelfingen, und Katja Rau, Berglen

Im Chemie-Anfangsunterricht sind chemische Reaktionen ein großes Thema. Damit verbunden sollte man auch einen Blick auf den Energieumsatz bei chemischen Reaktionen werfen.

Anhand von alltagsnahen Schülerversuchen erforschen Ihre Schüler Gesetzmäßigkeiten über den Energieumsatz bei chemischen Reaktionen und wenden sie an Beispielen an. Motivierendes Übungsmaterial sorgt dafür, dass Begriffe wie exotherm, endotherm, Aktivierungsenergie oder Katalysator nachhaltig gelernt werden.

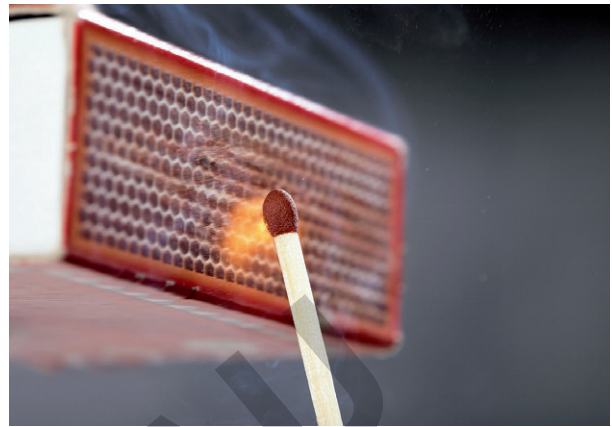


Foto: Colourbox

Das Entzünden eines Streichholzes ist ein Beispiel für eine exotherme Reaktion im Alltag.

Mit Übungsmaterial zur  
Aktivierungsenergie und zum Erstellen  
von Energiediagrammen!

## Das Wichtigste auf einen Blick

**Klasse:** 8/9

**Dauer:** 7 Stunden (Minimalplan: 3)

**Kompetenzen:** Die Schüler ...

- beschreiben exotherme und endotherme Reaktionen und unterscheiden sie voneinander.
- definieren den Begriff der Aktivierungsenergie.
- erläutern die Funktion und die Wirkung eines Katalysators.
- nennen Beispiele für Katalysatoren in unserem Alltag

**Versuche:**

- Wir lernen eine endotherme/exotherme Reaktion kennen (SV)
- Wie bringt man einen Zuckerwürfel zum Brennen? (SV)
- Katalysatoren in unserem Körper (LV)

**Übungsmaterial:**

- Die Aktivierungsenergie – bist du fit?
- Alles auf einen Blick – der Energieumsatz von chemischen Reaktionen
- Jetzt weiß ich's! – Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

## Was Sie zum Thema wissen müssen

### Exotherme und endotherme Reaktionen

Bei einer chemischen Reaktion findet immer auch ein **Energieumsatz** statt. Bei vielen chemischen Reaktionen wird Energie z. B. in Form von Licht oder Wärme frei. Und auch im Energiestoffwechsel unseres Körpers finden chemische Reaktionen statt, die uns die lebensnotwendige Energie liefern. Um eine chemische Reaktion zu starten, muss man oft erst Energie zufügen. Diese Energie heißt **Aktivierungsenergie**. Damit z. B. eine Kerze brennt, muss man sie zunächst anzünden. Danach brennt sie von alleine weiter und liefert so lange Energie, bis sie abgebrannt ist.

Wird bei einer chemischen Reaktion mehr Energie frei als durch die Aktivierungsenergie hinzugefügt wurde, spricht man von einer **exothermen Reaktion**. Die Ausgangsstoffe (Edukte) befinden sich zunächst in einem metastabilen Zustand. Durch kurze Zufuhr der Aktivierungsenergie wird das System in einen instabilen Zustand gehoben. Die Reaktion kommt in Gang und läuft ohne weitere Energiezufuhr selbstständig ab. Die Produkte befinden sich jetzt in einem stabilen Zustand.

Muss einer chemischen Reaktion mehr Energie zugefügt werden als anschließend frei wird, so spricht man von einer **endothermen Reaktion**. Wie auch bei exothermen Reaktionen erfolgt der Ablauf in zwei Schritten. Zunächst muss eine bestimmte Aktivierungsenergie aufgebracht werden; anschließend wird ein Teil dieser Energie wieder frei. Der Unterschied zur exothermen Reaktion liegt darin, dass die frei werdende Energie geringer als die Aktivierungsenergie ist und daher nicht ausreicht, die Reaktion weiter voranzutreiben. Daher muss während der Reaktion kontinuierlich von außen Energie zugeführt werden.

### Katalysatoren und chemische Reaktionen

Ein **Katalysator** ist ein Stoff, der die Aktivierungsenergie einer chemischen Reaktion herabsetzt und dadurch die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht. Der Katalysator wird dabei selbst nicht verbraucht: Er nimmt an der Reaktion teil, wird aber bei der Entstehung des Reaktionsprodukts unverändert wieder freigesetzt. Katalysatoren sind auch für das Leben extrem wichtig: Bei chemischen Reaktionen in Lebewesen kommen Katalysatoren zum Einsatz, z. B. bei der Photosynthese, der Atmung oder der Energiegewinnung aus der Nahrung. Die verwendeten Katalysatoren sind meist bestimmte Eiweiße (Enzyme).

In der **Industrie** ist die Herabsetzung der Aktivierungsenergie chemischer Reaktionen durch Katalysatoren von großer kommerzieller Bedeutung. Ohne die Anwesenheit des Katalysators würde die jeweilige chemische Reaktion sehr viel langsamer oder gar nicht erfolgen. Und auch aus ökologischer Sicht sind Katalysatoren wichtig: Durch den Einsatz von Katalysatoren wird Energie eingespart und die Menge an gefährlichen Nebenprodukten reduziert (z. B. in Pkws). So reagieren im Autoabgaskatalysator das Atemgift Kohlenstoffmonooxid und unverbrannte Kohlenwasserstoffe mit Stickoxiden und Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und Wasser.

### Wie funktioniert ein Taschenwärmer?

**Taschenwärmer** werden auch als Latentwärmespeicher bezeichnet, d. h., es wird thermische Energie aufgenommen, die eine lange Zeit gespeichert werden kann. In Taschenwärmern ist die leicht lösliche Substanz **Natriumacetat-Trihydrat** enthalten. Das Natriumsalz der Essigsäure liegt also als sogenanntes Salzhydrat vor: In das Kristallgitter der Substanz sind neben Natrium- und Acetat-Ionen pro Formeleinheit drei Wassermoleküle eingebaut. Natriumacetat-Trihydrat wird bei einer Schmelztemperatur von 58 °C verflüssigt. Auch wenn die Substanz danach unter 58 °C abkühlt, bleibt das Material als unterkühlte Schmelze in einem metastabilen Zustand flüssig. Wird ein Metallplättchen im Taschenwärmer gedrückt, bilden sich an diesem Druckpunkt erste kristalline Strukturen. Die ganze Flüssigkeit kristallisiert nun schlagartig aus. Die im System gespeicherte Wärme („latente Wärme“) wird freigesetzt. Eine chemische Reaktion im Sinne einer Stoffumwandlung findet beim Taschenwärmer aber nicht statt.

## Vorschläge für Ihre Unterrichtsgestaltung

### Voraussetzungen der Lerngruppe

Folgende Inhalte sollten bereits im Unterricht behandelt worden sein:

- Die **chemische Reaktion**: Edukte (Ausgangsstoffe) reagieren miteinander zu den Produkten (Endstoffe). Es findet eine Stoffumwandlung statt.
- Aufstellen der **Wortgleichung** einer chemischen Reaktion
- **Energie** kann in verschiedenen Energieformen vorkommen, z. B. Wärme oder Licht. Die Energieformen können beliebig ineinander umgewandelt werden.

### Aufbau der Reihe

Zum Einstieg in die Einheit betrachten die Schülerinnen und Schüler\* die **Farbfolie M 1** und überlegen, welcher übergeordnete Begriff gesucht sein könnte. Schnell wird der Begriff „Energie“ fallen. Informieren Sie die Schüler darüber, dass bei chemischen Reaktionen grundsätzlich ein Energieumsatz stattfindet. Teilen Sie dann das **Arbeitsblatt M 2** aus. Hier betrachten die Schüler ein Alltagsbeispiel, den Taschenwärmer, unter dem Aspekt der Energie. Dabei werden die Begriffe „exotherme Reaktion“, „endotherme Reaktion“ und „Aktivierungsenergie“ eingeführt.

In der folgenden Doppelstunde lernen die Schüler nun jeweils ein Beispiel einer endothermen Reaktion (**Arbeitsblatt M 3**) und einer exothermen Reaktion (**Arbeitsblatt M 4**) kennen. Ausgehend davon wird die Schreibweise des Energiediagramms eingeführt.

#### Üben

Um die gelernten Inhalte zu festigen, dient die 4. Stunde als reine Übungsstunde: Mithilfe der **Arbeitsblätter M 5 und M 6** wird der wichtige Begriff der Aktivierungsenergie und das Erstellen von Energiediagrammen wiederholt.

In der nächsten Doppelstunde kommt der Aspekt des Katalysators hinzu. Zunächst lernen die Schüler mithilfe von **Schülerversuch M 7** ein Beispiel für einen Katalysator kennen. Anschließend führen Sie den **Lehrerversuch „Katalysatoren in unserem Körper“** durch, der demonstriert, dass sich auch in unserem Körper Katalysatoren befinden. Die Versuchsbeobachtungen und -ergebnisse dokumentieren die Schüler auf dem **Versuchsprotokoll M 8**. Mithilfe von **Arbeitsblatt M 9** lernen die Jugendlichen weitere wichtige Beispiele von Katalysatoren kennen, die in der Industrie eine große Rolle spielen.

#### Üben

Der **Selbst-Test M 10** dient als **Lernerfolgskontrolle** zum Abschluss der Unterrichtseinheit.

\* Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet.

### Angebote zur Differenzierung

Schüler bzw. Klassen mit viel Erfahrung beim Protokollieren können das **Versuchsprotokoll M 8** zum Lehrerversuch „Katalysatoren in unserem Körper“ **frei und ohne Vorlage** verfassen.

### Ideen für die weitere Arbeit

Im Anschluss an die Einheit können Sie mit **Platin** einen weiteren wichtigen Katalysator einführen. Darauf aufbauend kann sich eine Einheit zu den **Edelmetallen** anschließen.

Basierend auf den Schülerversuch M 7 wäre das Thema **„Reaktionen mit Sauerstoff“** ein weiteres mögliches Anschlusssthema.

## Diese Kompetenzen trainieren Ihre Schüler

### Die Schüler ...

- beschreiben exotherme und endotherme Reaktionen und unterscheiden sie voneinander.
- definieren den Begriff der Aktivierungsenergie.
- erläutern die Funktion und die Wirkung eines Katalysators.
- nennen Beispiele für Katalysatoren in unserem Alltag.
- lesen Versuchsanleitungen, führen Versuche selbstständig durch und protokollieren ihre Beobachtungen und Ergebnisse.

## Medientipps

### Filme

**Chemische Reaktionen und Energie**, DVD, ca. 21 min, 2005, FWU-Nr. 4610521

Drei Kurzfilme demonstrieren anhand von verschiedenen Versuchen, welche Rolle Energie bei chemischen Reaktionen spielt und welchen Einfluss Katalysatoren haben. Daraus leiten sich die Begriffe „exotherm“ und „endotherm“ ab.

### Internetadressen

[www.youtube.com/watch?v=knZWAcE9sjA](http://www.youtube.com/watch?v=knZWAcE9sjA)

Der Film zeigt schülergerecht die Funktionsweise eines Taschenwärmers. Er kann auch als Ersatz zum Info-Text von Arbeitsblatt M 2 eingesetzt werden.

[www.youtube.com/watch?v=1LFXYQej8\\_c](http://www.youtube.com/watch?v=1LFXYQej8_c)

Dieser Film der Max-Planck-Gesellschaft erklärt anhand von verschiedenen Beispielen aus dem Alltag die Funktionsweise eines Katalysators. Der Film kann als Alternative zum Info-Text auf Arbeitsblatt M 9 genutzt werden.

## Die Einheit im Überblick

⌚ V = Vorbereitung

FO = Folie

AB = Arbeitsblatt



⌚ D = Durchführung

SV = Schülerversuch


LEK = Lernerfolgskontrolle

LV = Lehrerversuch

Stunde 1: Einstieg ins Thema	
M 1 (FO)	Um welches Thema geht es?
M 2 (AB)	Wie funktioniert eigentlich ein Taschenwärmer?

Stunden 2–3: Eigenschaften chemischer Reaktionen	
<b>M 3 (SV)</b> ⌚ V: 5 min ⌚ D: 10 min Exemplar(e) pro Gruppe	<b>Wir lernen eine endotherme Reaktion kennen</b> <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille pro Schüler <input type="checkbox"/> 1 Spatel <input type="checkbox"/> 1 Gasbrenner <input type="checkbox"/> Kupfersulfat-Pentahydrat <input type="checkbox"/> 1 Reagenzglashalter <input type="checkbox"/> 1 Packung Streichhölzer 
<b>M 4 (SV)</b> ⌚ V: 5 min ⌚ D: 10 min Exemplar(e) pro Gruppe	<b>Wir lernen eine exotherme Reaktion kennen</b> <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille pro Schüler <input type="checkbox"/> Leitungswasser <input type="checkbox"/> 1 Einmalpipette <input type="checkbox"/> Kupfersulfatpulver im Reagenzglas aus dem Vorversuch <input type="checkbox"/> 1 Reagenzglashalter 

Stunde 4: Wiederholung	
M 5 (AB)	Die Aktivierungsenergie – bist du fit?
M 6 (AB)	Alles auf einen Blick – der Energieumsatz von chemischen Reaktionen

Stunde 5–6: Katalysatoren	
<b>M 7 (SV)</b> ⌚ V: 5 min ⌚ D: 10 min Exemplar(e) pro Gruppe	<b>Wie bringt man einen Zuckerwürfel zum Brennen?</b> <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille pro Schüler <input type="checkbox"/> 1 Porzellanschale <input type="checkbox"/> 1 Drahtnetz <input type="checkbox"/> 2 Zuckerwürfel <input type="checkbox"/> 1 Gasbrenner <input type="checkbox"/> 1 Petrischale <input type="checkbox"/> frische Pflanzenasche <input type="checkbox"/> 1 Dreifuß
<b>LV</b> ⌚ V: 5 min ⌚ D: 15 min Exemplar(e) pro Gruppe	<b>Katalysatoren in unserem Körper</b> <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille <input type="checkbox"/> 1 rohe Kartoffel <input type="checkbox"/> 1 Messzylinder (10 ml) <input type="checkbox"/> 1 Paar Schutzhandschuhe <input type="checkbox"/> 1 gekochte Kartoffel <input type="checkbox"/> 1 Laborkittel <input type="checkbox"/> 2 Reagenzgläser <input type="checkbox"/> 1 Glimmspan <input type="checkbox"/> Wasserstoffperoxidlösung $c \approx 5\%$  <input type="checkbox"/> 1 Reagenzglasständer <input type="checkbox"/> 1 Küchenmesser <input type="checkbox"/> 1 Küchenbrett
M 8 (VP)	Versuchsprotokoll: Katalysatoren in unserem Körper
M 9 (AB)	Ein wahres Multitalent! – Katalysatoren im Alltag

<b>Stunde 7:</b>	<b>Lernerfolgskontrolle</b>
<b>M 10 (LEK)</b>	<b>Jetzt weiß ich's! – Energieumsatz bei chemischen Reaktionen</b>

Die Gefährdungsbeurteilungen zu den Versuchen finden Sie auf CD 19 .

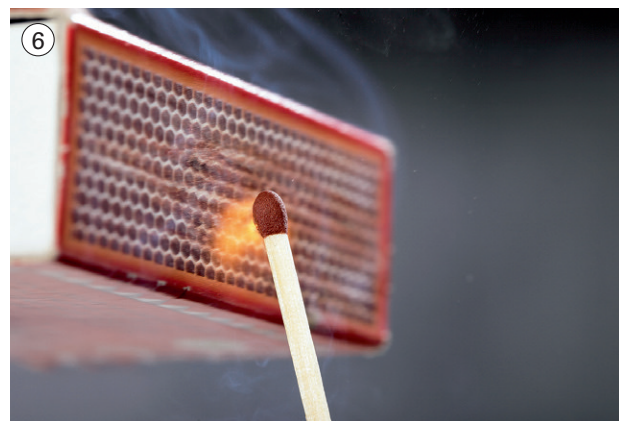
## Minimalplan

Die Zeit ist knapp? Dann reduzieren Sie die Einheit auf **drei Stunden**. Führen Sie in diesem Fall die 1. Stunde mithilfe von **Farbfolie M 1** und **Arbeitsblatt M 2** durch. Damit haben Sie die Begriffe Aktivierungsenergie, exotherme und endotherme Reaktion angesprochen. Führen Sie schließlich den Aspekt des Katalysators mithilfe von **Schülerversuch M 7** und **Arbeitsblatt M 9** ein. Die Lernerfolgskontrolle M 10 entfällt.

VORSCHAU

## Um welches Thema geht es?

M 1



otos: 1, 3-7: Colourbox; 2, 8: Thinkstock/iStock

## M 3

## Wir lernen eine endotherme Reaktion kennen

Chemische Reaktionen sind immer mit einem Energieumsatz verbunden: Entweder wird Energie freigesetzt (exotherme Reaktion), oder es wird Energie benötigt, damit die Reaktion abläuft (endotherme Reaktion). In diesem Versuch lernt ihr eine endotherme Reaktion kennen.



Schülerversuch in Vierergruppen

⌚ Vorbereitung: 5 min

⌚ Durchführung: 10 min

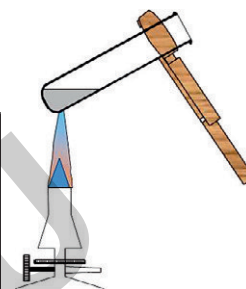
## Aufgabe

Führt den folgenden Versuch durch.

## So führt ihr den Versuch durch

1. Stellt die folgenden Materialien bereit.

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille pro Schüler   | <input type="checkbox"/> 1 Reagenzglashalter     |
| <input type="checkbox"/> Kupfersulfat-Pentahydrat   | <input type="checkbox"/> 1 Gasbrenner            |
| <input type="checkbox"/> 1 Spatel   | <input type="checkbox"/> 1 Packung Streichhölzer |
| <input type="checkbox"/> 1 Reagenzglas  |  |



2. Füllt das Reagenzglas mit 3 Spatelspitzen Kupfersulfat-Pentahydrat.

3. Haltet das Reagenzglas mit dem Reagenzglashalter leicht waagrecht in die rauschende Gasbrennerflamme.



## Beobachten und Auswerten

1. Notiert eure Beobachtungen.

---



---

2. Vervollständigt die Lücken im Text mit den folgenden Begriffen:

verdampft – Kupfersulfat – Umgebungswärme – Wasser – Kupfersulfat-Pentahydrat – höheren – zugeführt – Wasser – Kupfersulfat

**Erklärung:** Kupfersulfat-Pentahydrat besteht aus \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_. Beim Erhitzen wird das Wasser aus den Kristallen gelöst und \_\_\_\_\_.

**Endotherme Reaktion:** Es muss ständig Energie \_\_\_\_\_ werden. Diese Energie ist in ihrer Form und Stärke sehr verschieden. Bei manchen Reaktionen reicht sogar die \_\_\_\_\_. Die Endstoffe befinden sich in einem energetisch \_\_\_\_\_ Zustand, d. h., sie sind nicht so stabil wie die Ausgangsstoffe.

**Reaktionsgleichung:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_





## Ein wahres Multitalent! – Katalysatoren im Alltag

M 9

*Katalysatoren sind wahre Multitalente, die aus unserer modernen Welt nicht mehr wegzudenken sind. Vor allem in der Industrie sind Katalysatoren unverzichtbar geworden. Erfahre hier mehr darüber.*

### Aufgabe 1

Lies dir den folgenden Info-Text durch.

In der Landwirtschaft benötigt man eine große Menge an Dünger. Dünger werden oft aus Ammoniak hergestellt. Die großindustrielle Herstellung von Ammoniak erfolgt durch das **Haber-Bosch-Verfahren**. In diesem Verfahren wird aus Stickstoff und Wasserstoff Ammoniak gewonnen. Dabei spielen Katalysatoren eine große Rolle.

Um die starken innermolekularen Kräfte in Stickstoffmolekülen aufzubrechen, ist nämlich sehr viel Energie nötig. **Katalysatoren** ermöglichen es den Reaktionspartnern, diesen enormen Energieberg zu umgehen. Mithilfe der Katalysatoren wird die benötigte Energie verringert, sodass die Reaktion beschleunigt wird. Hierbei wird der Katalysator nicht verbraucht und kann immer wieder neu verwendet werden.

Katalysatoren spielen auch in der **Automobilindustrie** eine wichtige Rolle. Sie werden eingesetzt, um die Autoabgase zu entgiften, d. h. die giftigen Stoffe Stickoxide, Kohlenstoffmonooxide und unverbrannte Kohlenwasserstoffe in die ungiftigen Stoffe Kohlenstoffdioxid, Wasser und Stickstoff umzuwandeln. Dadurch kann der Schadstoffausstoß drastisch reduziert werden.



In der Landwirtschaft spielen Dünger eine große Rolle.



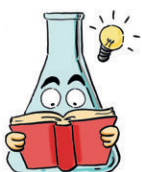
Dank Fahrzeugkatalysatoren konnte die Schadstoffemission von Autos stark verringert werden.

Fotos: Thinkstock/istock

### Aufgabe 2

Beantworte die folgenden Fragen.

- Nenne drei Beispiele von Vorgängen, die ohne Katalysator nicht möglich wären.
- Was ist der Vorteil beim Einsatz von Katalysatoren?
- Welche ökologischen und wirtschaftlichen Faktoren spielen beim Einsatz von Katalysatoren eine Rolle?
- Fallen dir weitere Bereiche ein, in denen Katalysatoren eingesetzt werden?



#### Wusstest du schon, ...

... dass auch in der Natur Katalysatoren vorkommen? Durch **Biokatalysatoren** in Form von Enzymen wird das Überleben aller Organismen gesichert. In unseren Zellen laufen jederzeit katalytische Vorgänge ab, die überlebensnotwendig sind.

## Jetzt weiß ich's! – Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

M 10

Bist du fit, wenn es um das Thema Energieumsatz bei chemischen Reaktionen geht? Teste hier dein Wissen.



### Aufgabe 1

Fülle die folgende Tabelle aus.

Fachbegriff zum Energieumsatz	Energiediagramm	Beispiel
exotherme Reaktion		
endotherme Reaktion		

### Aufgabe 2

a) Definiere in einem Satz die folgenden beiden Begriffe:

Aktivierungsenergie: \_\_\_\_\_

Katalysator: \_\_\_\_\_

b) Einen Zuckerwürfel kann man mithilfe von Pflanzenasche zum Brennen bringen. Erläutere an diesem Beispiel die Begriffe „Aktivierungsenergie“ und „Katalysator“:

### Aufgabe 3

Nenne zwei Beispiele von chemischen Vorgängen in der Industrie, die ohne Katalysatoren nicht möglich wären.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

### Aufgabe 4

Vervollständige die folgenden Sätze:

Kartoffeln enthalten das Enzym Katalase, welches die Zersetzung von \_\_\_\_\_ zu Wasser und Sauerstoff \_\_\_\_\_.

Das Enzym senkt die \_\_\_\_\_ der Reaktion so weit, dass die \_\_\_\_\_ für die Reaktion ausreicht.