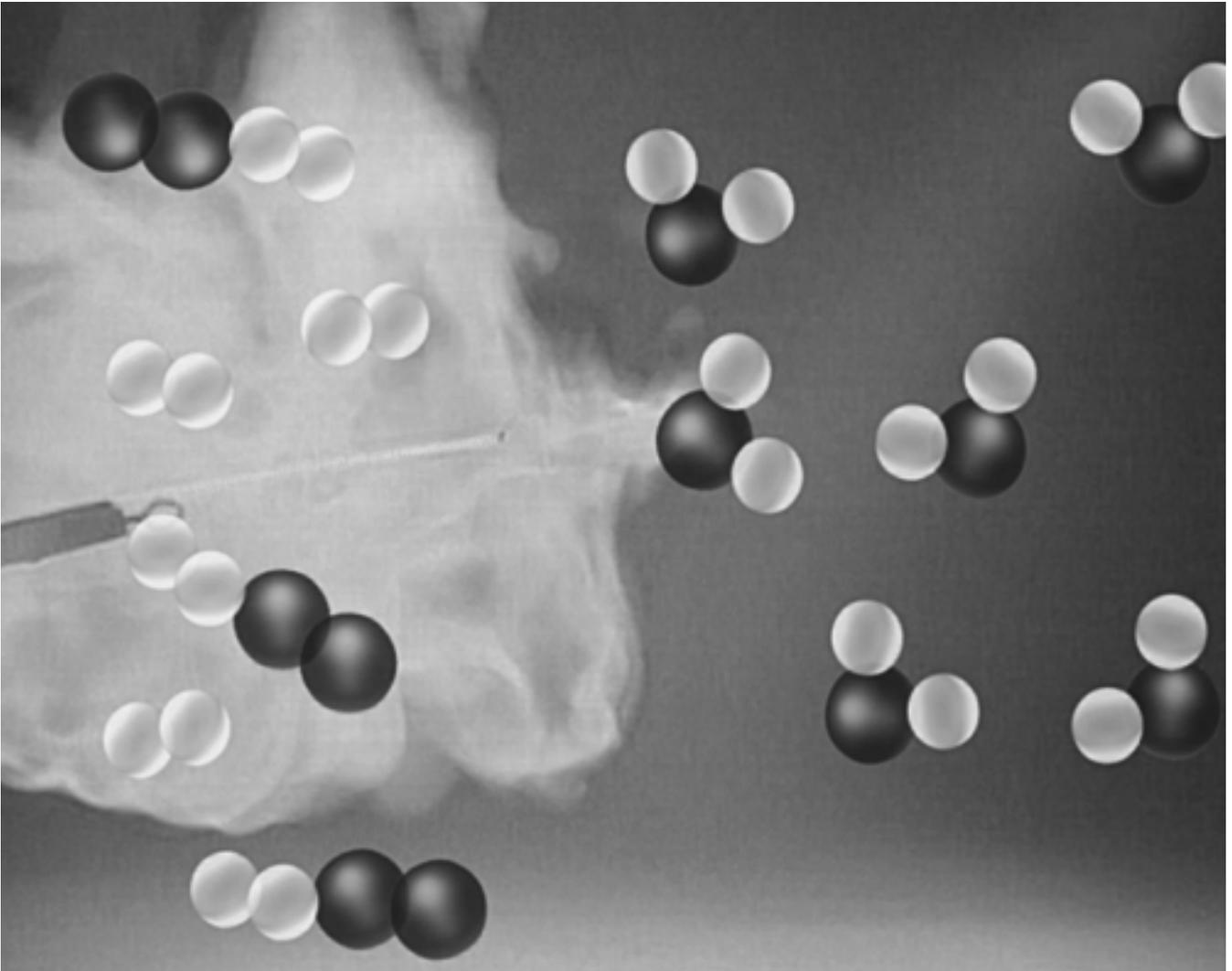


**FWU – Schule und Unterricht**

VHS 42 10521 / DVD 46 10521 21 min, Farbe



# **Chemische Reaktionen und Energie**

Eine Einführung

FWU –  
das Medieninstitut  
der Länder



## **Lernziele**

Die Schüler sollen:

- Wissen, dass bei chemischen Reaktionen Energie beteiligt ist;
- Die Begriffe exotherm und endotherm zuordnen und definieren können;
- Wissen, dass die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen beeinflussbar ist;
- Eine Idee davon haben, warum eine Temperaturerhöhung eine Reaktion beschleunigt;
- Definieren können, was einen Katalysator ausmacht.

## **Vorkenntnisse**

Die Schüler sollten:

- Vertraut sein mit Teilchenkonzept und Kalottenmodell;
- Kenntnis der Namen gängiger Elemente haben;
- Kenntnis der Aggregatzustände haben;
- Chemischen Experimenten begegnet sein;
- Einen Begriff von Konzentrationen haben;
- Das Prinzip von Koordinatensystem und Kurve kennen.

## **Zum Inhalt**

### **1. Exotherme und endotherme Reaktionen**

Zunächst wird an drei Beispielen die Energiebeteiligung bei chemischen Reaktionen demonstriert. Energie kann bei chemischen Reaktionen in verschiedenen Formen in Erscheinung treten, wovon im Folgenden v.a. die Wärmeenergie behandelt werden soll: Kippt man verdünnte Natronlauge in verdünnte Schwefelsäure, so ist erst mit Hilfe einer Wärmebildkamera zu sehen, dass die Reaktion Energie in Form von Wärme freisetzt. Dadurch erhöht sich die Temperatur der Chemikalien und des Gefäßes, was mit einem Thermometer messbar ist. Reaktionen, bei denen Energie in Form von Wärme abgegeben wird, nennt man „exotherme Reaktionen“.

Bei einer zweiten Reaktion werden Bariumhydroxid und Ammoniumthiocyanat gemischt. Die Betrachtung mit der Wärmebildkamera zeigt, dass diesmal die Umgebung abkühlt. Reaktionen, die Wärme aus ihrer Umgebung aufnehmen, nennt man „endotherme Reaktionen“. Warum finden diese Energieänderungen statt?

An der Knallgasreaktion (Reaktionsgleichung) wird mit animierten Kalottenmodellen gezeigt, dass die Teilchen mit ausreichender Energie aufeinander prallen müssen, wenn sie reagieren sollen. Damit sie stark genug aufeinander treffen und die Bindungen der Ausgangsstoffe Wasserstoff und Sauerstoff gebrochen werden können, muss von außen Energie zugeführt werden, die Aktivierungsenergie. Die Bindungsenergie, die die Teilchen im Wasserstoff und Sauerstoff zusammen gehalten hat, ist höher als die Bindungsenergie im Wasser. Außerdem bewegen sich die Wasserteilchen weniger als die Gasteilchen. Die überschüssige Energie wurde daher explosiv freigesetzt als Hitze, Licht und Schallwellen, die wir hören können.

### **2. Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentration**

Natriumthiosulfatlösung und Salzsäure einer bestimmten Konzentration, die in Mol pro Liter angegeben wird, werden zusammen gekippt. Es entsteht elementarer Schwefel, der die Lösung schließlich eintrüben wird. Betrachtet man die Reaktion auf Teilchenebene, so wird sichtbar, dass die Teilchen aufeinander prallen müssen, um reagieren zu können. Je mehr Teilchen zusammen stoßen, umso mehr Reaktionen finden statt. Die Anzahl der Reaktionen pro Zeit nennt man die Reaktionsgeschwindigkeit (Wortgleichung). Da man die Zusammenstöße nicht zählen kann, verwendet

man eine messbare Größe, die Konzentration (Wortgleichung). Die Konzentration kann bei dieser Reaktion leicht gemessen werden, indem man bestimmt, wie lange ein Kreuz durch die trüber werdende Lösung noch erkennbar ist.

Eine genauere Bestimmung kann mit Hilfe eines Photometers erfolgen. Mit einem Datensreiber kann man die Informationen aufzeichnen und als Kurve darstellen (Graph).

Der gleiche Versuch wird mit einer Salzsäure der Konzentration 2 mol/l durchgeführt und eine Kurve erstellt. In der Animation wird gezeigt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Teilchen aufeinander treffen, mit höherer Konzentration steigt. Die zugehörige Kurve verläuft steiler, die Reaktionsgeschwindigkeit ist also bei größerer Konzentration größer.

Wie wird sich die Reaktionsgeschwindigkeit ändern, wenn man eine Salzsäure der Konzentration 0,5 mol/l verwendet? Die Kurve wird flacher sein, die Reaktion also langsamer ablaufen. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist geringer.

### **3. Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur**

Zwei farblose Flüssigkeiten werden bei Raumtemperatur zusammen geschüttet und ab diesem Moment die Zeit gemessen. Nach 21 Sekunden schlägt die Farbe in ein tiefes Schwarzblau um. Die Reaktion wird mit Lösungen wiederholt, die 10 Grad wärmer sind. Wird die Reaktion schneller, langsamer oder genau so schnell ablaufen wie vorher? Je höher die Temperatur ist, umso schneller bewegen sich die Teilchen im Reaktionsgefäß und um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie zusammen stoßen und reagieren. Die Reaktion wird also bei höherer Temperatur schneller ablaufen.

Die Reaktion wird mit gekühlten Lösungen wiederholt. Die Reaktion läuft langsamer ab, da sich die Teilchen langsamer bewegen.

### **4. Katalyse**

In eine farblose Lösung wird rosafarbene Cobaltchloridlösung gekippt. Die Lösung verändert ihre Farbe und eine starke Gasentwicklung lässt die Flüssigkeit aufschäumen. Am Ende kehrt die rosa Farbe des Cobaltchlorid zurück. Stoffe wie das Cobaltchlorid, die Reaktionen auslösen, aber am Ende unverändert aus der Reaktion hervorgehen, nennt man Katalysatoren.

Wasserstoffperoxid zersetzt sich auch ohne Katalysatoren in Wasser und Sauerstoff (Animierte Kalottenmodelle, Formeln). Bei Raumtemperatur ist die Reaktion jedoch so langsam, dass keine messbaren Gasmenge entstehen. Gibt man Braunstein zu, so zersetzt sich das Wasserstoffperoxid so schnell, dass der entstehende Sauerstoff den Kolben verschiebt. Gibt es noch andere Katalysatoren für diese Reaktion und wirken sie alle gleich gut?

Gleiche Mengen Eisenoxid, Bleioxid und Braunstein werden in Messzylinder gegeben. Ein leerer Zylinder dient als Vergleich. In alle Messzylinder wird Spülmittel und schließlich das Wasserstoffperoxid gegeben. Das entstehende Gas schäumt das Spülmittel auf. Je mehr Schaum entsteht, desto besser funktioniert der Katalysator. Bleidioxid wirkt am besten, wobei im Schaum der unveränderte Katalysator sichtbar ist. Der Katalysator hat die Reaktion beschleunigt, ist aber selber unverändert geblieben.

Wie funktioniert ein Katalysator? Ein Körnchen Braunstein wird so stark vergrößert betrachtet, dass man das Geschehen auf Teilchenebene beobachten kann. Der Katalysator erleichtert die Reaktion, indem er

die Wasserstoffperoxid-Teilchen in eine energetisch besonders günstige Position zueinander bringt. Er setzt dadurch die für die Reaktion notwendige Aktivierungsenergie herab.

In der chemischen Industrie werden bei fast allen Prozessschritten Katalysatoren eingesetzt und der Autoabgaskatalysator hilft dabei, schädliche Stoffe in den Abgasen schneller zu zersetzen.

### **Zur Verwendung und didaktische Hinweise**

Die Physikalische Chemie ist für das Verständnis chemischer Zusammenhänge unabdingbar. Thermodynamische und kinetische Inhalte lassen sich aber nur schwer didaktisch so reduzieren, dass sie Schülern leicht einsichtig sind, und dennoch exakt und richtig bleiben. So sind sie in der Schule oft zum „notwendigen Übel“ geworden, das halbwegs mit behandelt wird, oder haben - leider nicht nur in der Vergangenheit - zu ausführlichen Exkursen in die physikalische Formelwelt geführt, die die Schüler oft überfordern, meist langweilen und selten zum Verständnis der Zusammenhänge beitragen.

Die vorliegenden Filme versuchen, physikalisch-chemische Zusammenhänge phänomenologisch zu behandeln und so leicht zugänglich zu machen, dass eine gründliche und dennoch schülergemäße Behandlung im Unterricht möglich wird. Natürlich gerät dies zum didaktischen Balanceakt: Die vorgestellte, im Unterricht übliche endotherme Reaktion läuft eben nicht nur ab, weil Wärmeenergie aufgenommen wird, sondern auch, weil dabei ein Übergang vom festen zum flüssigen Zustand stattfindet, also die Entropie als treibende Kraft eine Rolle spielt. Bewusst wurde auf diese Differen-

zierung weitgehend verzichtet.

Die Schüler sollen die Energiebeteiligung als für eine chemische Reaktion notwendige Komponente kennen lernen. Die Unterscheidung nach verschiedenen Zustandsgrößen wird selbst in Gymnasial-Lehrplänen nur bedingt erwartet und wurde hier bewusst vermieden, um die Thematik auch dem Chemie-Unterricht auf grundlegender Ebene zugänglich zu machen.

Der Blick durch die Wärmebildkamera zeigt dem Schüler viel unmittelbarer, dass Wärmeenergie abgegeben wird, als ein Messgerät - und sei es ein einfaches Thermometer - dies kann. Legt man auf eine nicht nur qualitative sondern auch quantitative Betrachtung wert, so könnte man zunächst den Anfang des ersten Kurzfilmes zeigen und im Anschluss die Schüler dann die Versuche selbst durchführen und die Temperatur messen lassen (Vorsicht mit Säuren und schädlichen Salzen!). Nach einer gemeinsamen Sammlung der Ergebnisse kann zur Vertiefung und Erweiterung der zweite Teil mit den Definitionen von „exotherm“ und „endotherm“ gezeigt und so dem Phänomen ein Name gegeben werden.

Die Reaktion von Natriumthiosulfat mit Salzsäure kann ebenfalls von den Schülern selbst durchgeführt und die Extinktion mit der im Film beschriebenen einfachen Methode gemessen werden (Sichtbarkeit eines Kreuzes durch die Lösung).

#### **Versuchsbeschreibung:**

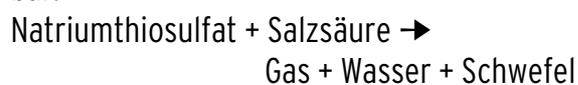
Weißer Karton mit Kreuz, Stoppuhr, Messzylinder 50 ml, Messzylinder 10 ml oder Spritze oder Pipette, Becherglas 100 ml.

Um schnell Werte zu verschiedenen Konzentrationen zu erhalten, empfiehlt es sich, arbeitsteilig vorzugehen. Hierzu bereitet man eine Natriumthiosulfatlösung der Konzen-

tration  $c=0,2 \text{ mol/l}$  und eine Salzsäure mit  $c=2 \text{ mol/l}$  vor (Warnung vor der Säure! Schul-übliche Sicherheitsvorkehrungen!). Jede Gruppe erhält eine Versuchsanleitung, nach der sie zunächst die Natriumthiosulfatlösung, dann verschiedene Mengen Wasser (10 ml, 20 ml, 30 ml, etc.) und dann 5 ml der Salzsäure zugeben soll. Ein Schüler stoppt die Zeit, zwei beobachten die Eintrübung und ein Schüler protokolliert das Ergebnis. Aus Zeitgründen kann man natürlich den verschiedenen Gruppen verschiedene Wassermengen, also Konzentrationen zuordnen und zum Schluss im Plenum die Werte zusammen tragen.

Will (oder darf) man den Schülern keine so stark konzentrierte Salzsäure in die Hand geben, so kann man natürlich die verschiedenen konzentrierten Lösungen bereits vorbereiten.

Mit Hilfe der Animationen im Film wird das an sich komplexere Reaktionsgeschehen (Oxoniumionen aus der Salzsäure reagieren in einer Disproportionierungsreaktion mit dem Thiosulfatanion zu Schwefeldioxid, elementarem Schwefel und Wasser) leicht verständlich und auch ohne Vorkenntnis der Säure-Base-Reaktionen oder zusammengesetzter Ionen als Wortgleichung formulierbar:



Die aufwändigere Versuchsanordnung mit Lux-Meter wird man nur in Ausnahmefällen im Unterricht aufbauen und kann stattdessen auf den Film zurückgreifen.

Die Landoldt-Zeitreaktion, die im Film die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur belegt, ist als Demonstrationsexperiment nur wenig geeignet, da sie ungewöhnliche Chemikalien voraussetzt und recht „heikel“ ist. Da sich mit ihr aber

das Phänomen besonders schön zeigen und so das Thema „Reaktionsgeschwindigkeit“ abrunden lässt, steht sie mit diesem Kurzfilm dem Lehrer zur Verfügung.

Natürlich kann auch die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur mit Hilfe des o.a. Schülerversuches (Natriumthiosulfat und Salzsäure) aufgezeigt werden: Man lässt die Schüler die gleichen Reaktionen nochmals durchführen, wobei die Ausgangslösungen in einem Wasserbad der Temperatur  $10^\circ\text{C}$  (Eiswürfel) und  $40^\circ\text{C}$  (Heizquelle) aufbewahrt werden. Die Schüler benötigen zusätzlich ein Thermometer, um die genaue Temperatur des Reaktionsgemisches zu bestimmen.

Die Wirkungsweise eines Katalysators kann im Schülerversuch nur mit viel Aufwand quantitativ festgestellt werden. Mit einer verdünnten Wasserstoffperoxid-Lösung und Braunstein bietet sich aber eine Möglichkeit, die Schüler in der Petrischale das Versuchsgeschehen zunächst phänomenologisch erkunden zu lassen. Die Gasentwicklung ist dabei gut zu beobachten. Dass der Katalysator unverändert bleibt, ist besonders schön zu erkennen, wenn man eine Braunsteintablette verwendet. Im Anschluss kann der Film zur Einführung der Definition eines Katalysators hergenommen werden.

Der Vergleich verschiedener Katalysatoren in ihrer Wirkungsweise kann eindrücklich mit der Zersetzung von Wasserstoffperoxid-Lösung im Demonstrationsexperiment gezeigt werden. Da man aber auch als Lehrer das giftige Bleioxid gern vermeidet und das Herausschäumen der Mischung aus dem Reaktionsgefäß und damit eine ausführliche Putzarbeit schwer zu verhindern ist, wird der Versuch im Film gezeigt.

Die Zersetzungsreaktion des Wasserstoffperoxids wird dabei mit Hilfe von Kalotten-

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_

# Chemische Reaktionen und Energie



Reaktionen, die **Wärmeenergie**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

nennt man

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Reaktionen, die **Wärmeenergie**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

nennt man

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Katalysatoren**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Je \_\_\_\_\_ die

Konzentration der  
reagierenden Teilchen ist,

desto \_\_\_\_\_

stoßen sie zusammen und

desto \_\_\_\_\_ ist

die

**Reaktionsgeschwindigkeit.**

Je \_\_\_\_\_ die

Konzentration der  
reagierenden Teilchen ist,

desto \_\_\_\_\_

stoßen sie zusammen und

desto \_\_\_\_\_ ist

die

**Reaktionsgeschwindigkeit.**

modellen für den Schüler transparent gemacht. Bewusst wurde auf das Einblenden einer Reaktionsgleichung verzichtet. So steht es dem Lehrer frei, ob er eine Wortgleichung oder eine chemische Gleichung aus der Animation her leitet.

Schließlich macht der Film sichtbar, was im Versuch nicht unmittelbar zu beobachten ist: Das Geschehen an der Katalysatoroberfläche auf Teilchenebene. Diese komplexen Vorgänge werden hier stark vereinfacht dargestellt. Wollte man das genaue Geschehen besprechen, so käme man um Begriffe wie „Adsorption“ oder die Elektronenstruktur von Verbindungen nicht herum.

Heterogene Katalysatoren können mit anderen Molekülen in Wechselwirkung treten, da die Atome an der Oberfläche im Gegensatz zu den Atomen im Gitter freie Aufenthaltsmöglichkeiten für weitere Elektronen besitzen. Je nach Art der Wechselwirkung bilden sie mit sich anlagernden Molekülen Bindungen (van-der-Waals- oder Atombindungen) aus. Dies führt dazu, dass sich die Bindungsverhältnisse im angelagerten Molekül so ändern, dass ein Umsortieren der Atome und damit eine Reaktion erleichtert wird. Bei manchen Reaktionen liegen die Atome des angelagerten Moleküls dabei für kurze Zeit einzeln vor, bei anderen scheint es ein fließender Übergang zu sein.

### **Produktion**

FWU Institut für Film und Bild, 2005  
unter Verwendung von Material aus  
„Reactions and energy changes“ von  
Video Education Australasia VEA / Benchmark

### **Animationen**

snag multimedia, München

### **Realisation**

Katja Weirauch

### **Fachberatung**

Dr. Christa Plaß

### **Begleitkarte**

Katja Weirauch

### **Bildnachweis**

snag multimedia, München

### **Pädagogische Referentin im FWU**

Katja Weirauch

**Verleih** durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen,  
Medienzentren und konfessionelle Medienzentren

**Verkauf** durch FWU Institut für Film und Bild,  
Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2005

FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiseltalsteig  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-2 40  
E-Mail [info@fwu.de](mailto:info@fwu.de)  
Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiseltalstraße  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-300  
E-Mail [info@fwu.de](mailto:info@fwu.de)  
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für  
unseren Vertrieb:**

**Telefon (0 89) 64 97-4 44**  
**Telefax (0 89) 64 97-2 40**  
**E-Mail [vertrieb@fwu.de](mailto:vertrieb@fwu.de)**

Laufzeit: 21 min  
Kapitelanwahl auf DVD-Video  
Sprache: deutsch

**Systemvoraussetzungen  
bei Nutzung am PC**  
DVD-Laufwerk und  
DVD-Player-Software,  
empfohlen ab WIN 98

GEMA

Alle Urheber- und  
Leistungsschutzrechte  
vorbehalten.  
Nicht erlaubte/genehmigte  
Nutzungen werden zivil- und/oder  
strafrechtlich verfolgt.

**LEHR-  
Programm  
gemäß  
§ 14 JuSchG**

## FWU - Schule und Unterricht

- VHS 42 10521
- DVD-VIDEO 46 10521
- ■ **Paket 50 10521** (VHS 42 10521 + DVD 46 10521)

21 min, Farbe

### Chemische Reaktionen und Energie

Eine Einführung

Physikalische Chemie anschaulich und am Phänomen erklärt bieten diese drei Kurzfilme zu endothermen und exothermen Reaktionen, zur Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit durch Konzentration und Temperatur und zur Wirkungsweise von Katalysatoren. Realaufnahmen von Versuchen, die im Unterricht nicht immer so durchgeführt werden können, wechseln ab mit Animationen, die das Geschehen auf Teilchenebene erläutern. Auf eine einfache Sprache und die minimale Verwendung von Formeln wurde besonderen Wert gelegt.

### Schlagwörter

Exotherm, endotherm, Reaktionsgeschwindigkeit, Katalyse, Physikalische Chemie, Energie, Thermodynamik, Kinetik

### Chemie

Allgemeine Chemie • Gesetzmäßigkeiten chemischer Reaktionen, Chemisches Gleichgewicht und seine Beeinflussung

### Chemie

Physikalische Chemie • Chemische Thermodynamik, Chemische Kinetik, Arbeitsmethoden, Untersuchungsmethoden

Allgemeinbildende Schulen  
Erwachsenenbildung

### Weitere Medien

46 02319 Basiswissen Chemie. Didaktische FWU-DVD 2005  
66 00540 Chemie 2: Chemische Prozesse 1. CD-ROM 2003  
42/46 10446 Teilchenbewegung. VHS-Kassette bzw.  
DVD-Video 2004  
42 01885 Chemische Reaktionen. VHS-Kassette 1994