

FWU - Schule und Unterricht

DVD 46 02531 16 min, Farbe



FWU-Klassiker

Einfache Chemie in der Industrie

2 Kurzfilme

**FWU -
das Medieninstitut
der Länder**



Lernziele – nach Lehrplänen und Schulbüchern

Die Schüler sollen:

- eine chemische Gleichung herleiten können;
- die Produktionsschritte der Schwefelsäureherstellung kennen;
- die Produktionsschritte der Düngersynthese kennen;
- einen Einblick in das Haber-Bosch-Verfahren und die Problematik der reversiblen Reaktion haben.

Vorkenntnisse

Die Schüler sollten:

- das Teilchenmodell kennen;
- ein Konzept von den Vorgängen bei einer Verbrennung haben.

Zum Inhalt

1. Schwefel und Schwefelsäure

Reiner Schwefel kommt in der Natur in großen Lagerstätten in der Erde vor. Wie kann man aus ihm die industriell meist genutzte Chemikalie, die Schwefelsäure, herstellen? Der Film zeigt in kurzen Versuchen, dass beim schwachen Erhitzen Schwefel zu einer gelben Flüssigkeit schmilzt. Erhitzt man ihn stärker, so wird er dunkelbraun und zähflüssig. Verbrennt man ihn, so reagiert er mit dem Sauerstoff aus der Luft – er oxidiert. Hängt man den brennenden Schwefel in ein Gefäß mit reinem Sauerstoff, so läuft die Oxidation heftiger ab. Der Schwefel brennt mit einer blauen Flamme. Es entsteht ein weißer Rauch aus Schwefeldioxid.

Animationen zeigen das Geschehen auf Teilchenebene: Es reagiert ein Schwefelatom mit Sauerstoff, der in der Luft als O_2 vorkommt. Durch das Verbrennen wird eine Reaktion ausgelöst, bei der sich die Atome neu kombinieren. Es entsteht ein Mole-

kül, das aus einem Schwefelatom und zwei Sauerstoffatomen besteht.

Auch in der chemischen Industrie ist diese Reaktion der erste Schritt zur Herstellung der Schwefelsäure. Der Schwefel kommt flüssig und heiß in großen Tanks an. Er wird in einen Ofen gesprüht und darin in einem Strom trockener Luft verbrannt, also oxidiert. Schwefel reagiert mit Sauerstoff zu Schwefeldioxid (Reaktionsgleichung).

Durch große Rohre wird das Schwefeldioxid vom Ofen in den so genannten Kontaktkessel geleitet, wo das Schwefeldioxid weiter oxidiert werden soll. An jedes Schwefeldioxid-Molekül muss noch ein Sauerstoffatom angelagert werden. Sauerstoff kommt in der Luft aber als O_2 vor. Bei der Reaktion wird das O_2 -Molekül aufgebrochen, so dass ein einzelnes Sauerstoff-Atom sich an das Schwefeldioxid anlagern kann.

Was passiert mit dem übrigen Sauerstoffatom, das ja nicht einfach einzeln vorliegen kann? Es lagert sich an ein weiteres Schwefeldioxidmolekül an. Die Animation zeigt, dass immer zwei Schwefeldioxidmoleküle mit einem Sauerstoffmolekül reagieren müssen, damit Schwefeltrioxid entsteht. Von allein läuft diese Reaktion nicht ab. Man erzwingt sie durch eine hohe Temperatur von $450^\circ C$ und einen Katalysator aus Vanadiumpentoxid. Eine Animation zeigt, wie an seiner Oberfläche zwei Schwefeldioxidteilchen mit einem Sauerstoff-Molekül zu zwei Schwefeltrioxid-Molekülen reagieren. Der Film erklärt, dass die Reaktion bei zu hoher Temperatur auch in die andere Richtung verlaufen kann und führt den Begriff „reversibel“ ein. In der Steuerzentrale der Fabrik wird darauf geachtet, dass stets die optimale Reaktionstemperatur herrscht, damit möglichst viel Schwefeltrioxid entsteht. Dies wird dann im letzten Schritt in einen

Reaktionsturm eingeleitet. Hier strömt das Schwefeltrioxidgas durch eine wässrige Lösung aus bereits gebildeter Schwefelsäure. Die Animation zeigt die beteiligten Teilchen: Ein Schwefeltrioxid-Molekül reagiert formal mit einem in der Lösung enthaltenen Wasserteilchen und bildet ein Schwefelsäuremolekül: H_2SO_4 .

Schwefelsäure besteht zu 98 % aus Schwefelsäuremolekülen und kommt als konzentrierte Schwefelsäure in den Handel. Schwefelsäure ist die meist verwendete Chemikalie in der chemischen Industrie. Der Film führt verschiedene Beispiele auf, wie die Erdölverarbeitung, die Kunststoffindustrie und die Herstellung von Farben. Sie findet auch Anwendung als Entwässerungsmittel für andere Chemikalien, da sie ein großes Bestreben hat, Wasser zu binden. Es wird die Verkohlung von Zucker durch Schwefelsäure gezeigt. Wegen dieser entwässernden Wirkung und da sie als starke Säure selbst Metalle verätzt, ist im Umgang mit Schwefelsäure besondere Vorsicht geboten.

2. Ammoniak und Dünger

Pflanzen benötigen Stickstoff, um wachsen zu können. Der Stickstoff, den die Pflanzen dem Boden entzogen haben, muss ihm wieder zugeführt werden. Eine Möglichkeit hierfür ist, ein stickstoffhaltiges Salz als Dünger auszubringen, das Ammoniumnitrat. Die großen Mengen, die in der konventionellen Landwirtschaft benötigt werden, stellt man heute industriell her. Ausgangsstoffe für diese Synthese sind Ammoniak und Salpetersäure. Wie erhält man diese Ausgangsstoffe?

Ammoniak ist ein farbloses, stechend riechendes Gas mit der chemischen Formel NH_3 . Der Film erläutert, dass die einzelnen Moleküle aus einem Atom Stickstoff, an

das drei Atome Wasserstoff gebunden sind, bestehen. Für die Herstellung von Ammoniak werden also die Elemente Stickstoff und Wasserstoff benötigt.

Stickstoff bildet vier Fünftel unserer Luft und besteht aus N_2 -Molekülen. In jedem Molekül sind also zwei Stickstoffatome fest miteinander verbunden. Wasserstoff ist ein sehr flüchtiges Gas, das ebenfalls aus zweiatomigen Molekülen, H_2 , besteht.

Um Ammoniak herzustellen, lässt man das Gas Stickstoff und das Gas Wasserstoff in einem Druckbehälter miteinander zu Ammoniakgas reagieren: $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$.

Eine Animation zeigt die Teilchen und es wird offensichtlich, dass die Gleichung so nicht stimmen kann. Es müssen immer drei Wasserstoffmoleküle mit einem Stickstoffmolekül reagieren, damit Ammoniak entsteht: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$.

Für das industrielle Verfahren ergibt sich das Problem, das Ammoniak wieder leicht in Wasserstoff und Stickstoff zerfällt. Wie kann man die Ausbeute an Ammoniak erhöhen? Der Film stellt das Haber-Bosch-Verfahren vor, bei dem bei einer Temperatur von 450°C und einem Druck von 200 atm die maximale Ausbeute erreicht wird.

Um schließlich Ammoniumnitrat und damit den Dünger für die Landwirtschaft zu erhalten, wird Salpetersäure benötigt. Sie wird aus Ammoniak durch Verbrennen in einem Ofen gewonnen. Dabei findet eine Oxidation, eine Reaktion mit Sauerstoff, statt. Auch hierfür wird ein Katalysator benötigt, dessen Wirkung mit einem Versuch verdeutlicht wird: Ein heißer Platindraht hängt über einer Ammoniaklösung. Sein Aufglühen zeigt die Reaktion des verdampfenden Ammoniaks mit Sauerstoff an. Dieses Glühen ist ebenso im Ofen zu sehen, wobei man dort

ein mit einer Platinverbindung beschichtetes Netz verwendet.

Über eine Animation wird an dem Geschehen auf Teilchenebene deutlich gemacht, dass es sich um eine Reaktion mit einer komplexeren Gleichung handelt, bei der auch Wasser entsteht. Am Ende wird die komplette Gleichung $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ eingeblendet.

Die weitere Oxidation zu Stickstoffdioxid wird gleich auf Teilchenebene gezeigt und die Reaktionsgleichung entwickelt. Ein Versuch, bei dem zu dem farblosen Stickstoffmonooxid in einer Flasche Sauerstoff eingeleitet wird, wobei das braune Stickstoffdioxid entsteht, zeigt die Reaktion, wie sie das menschliche Auge sieht.

Auch die Reaktion von Stickstoffdioxid mit Sauerstoff und Wasser zu Salpetersäure wird erst auf Teilchenebene gezeigt und dann im Laborversuch nachvollzogen. Abschließend wird Salpetersäurelösung aus einem Tropftrichter in eine Ammoniaklösung getropft, wobei weißer Rauch aus Ammoniumnitrat entsteht.

Zur Verwendung und didaktische Hinweise

Mit diesen zwei Filmen soll dem Lehrer eine Möglichkeit an die Hand gegeben werden, das Formulieren von chemischen Gleichungen am konkreten Beispiel im Unterricht einzuführen. Dabei kann der Film, was im Unterricht sonst nur schwer möglich ist: das Geschehen auf Teilchenebene zeigen und so eine unmittelbare Verknüpfung zwischen realer und modellhafter Ebene herstellen. Gedanklich werden dabei die Modellvorstellungen von den Teilchen direkt und logisch

verknüpft mit der chemischen Formelsprache, die so selbst erklärend wird.

Schwefel und Schwefelsäure

Auf jeder Schwefelsäure-Flasche steht auch die chemische Formel „ H_2SO_4 “. Mit Hilfe der Flasche wird die Frage aufgeworfen, wie man Schwefelsäure herstellen kann. Schwefelpulver und Wasser gehören wegen ihrer Ungefährlichkeit meist zu den ersten Chemikalien, die die Schüler in die Hand bekommen. Die Formeln für diese Stoffe sind ihnen daher meist früh bekannt und sie können so das „S“ in H_2SO_4 als Schwefel identifizieren und sehen, dass „ H_2 “ und „ O “ auch hier zu finden sind. Hiervon abgeleitet sollen die Schüler versuchen, aus Schwefel und Wasser durch Mischen Schwefelsäure herzustellen, was offensichtlich nicht funktioniert. Eine Rückkehr zur Formel „ H_2SO_4 “ zeigt, dass außerdem nicht genügend Sauerstoff im H_2O vorhanden wäre - weiterer Sauerstoff wird gebraucht.

Den Schülern ist in diesem Unterrichtsstadium die Reaktion mit Sauerstoff als Verbrennung in der Regel bekannt. Somit kann direkt mit dem Film eingesetzt und das schrittweise Erhitzen des Schwefels bis hin zur Verbrennung, bei der Schwefeldioxid entsteht, gezeigt werden.

Tatsächlich liegt Schwefel bei den im Ofen herrschenden Temperaturen von über 444°C als S_2 -Moleküle vor. Häufig wird die Reaktionsgleichung auch als $\frac{1}{8} \text{S}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ angegeben. Dies scheint für das angestrebte Niveau irreführend, weshalb die einfache Variante im Film verwendet wurde.

Die weitere Oxidation des Schwefeldioxid fordert eine neue Kompetenz im Umgang mit chemischen Gleichungen: Es werden Faktoren notwendig, d. h. es muss ein Ausgleich zwischen den Teilchen vor und nach

dem Reaktionspfeil stattfinden. Kleinschrittig leitet der Film die Reaktionsgleichung aus den Kalottenmodellen ab.

Die im Film gezeigten Versuche mit Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid sind im Unterricht wegen der Giftigkeit der Gase nicht leicht durchzuführen. Der Film assistiert hier, indem er dem Lehrer die Möglichkeit gibt, den Versuch im Film nochmals zu zeigen oder - notfalls - auch anstelle des Versuches vorzuführen.

Die Reversibilität der Reaktion macht es möglich, den Schülern aufzuzeigen, dass Reaktionen in der Regel auch in die andere Richtung ablaufen können, und die entsprechende Reaktionsgleichung zu formulieren. Das Einführen des Hin-Rück-Pfeiles ist ein nächster Schritt beim Erlernen der chemischen Gleichungs-Sprache.

Beim letzten Reaktionsschritt, der Reaktion des Schwefeltrioxid zur Schwefelsäure, stellt der Film bewusst dem Lehrer frei, ob er das an sich komplexere Reaktionsgeschehen als $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ formulieren will, oder nicht. Auf diesem chemischen Niveau scheint es sinnvoll, die Schüler zwar darüber zu informieren, dass die Reaktion eigentlich komplexer abläuft, ihnen aber das Erfolgserlebnis, zum Stundenabschluss endlich die Herstellung der Schwefelsäure als chemische Gleichung erstellen zu können, nicht zu nehmen.

Schwefeltrioxid würde, wenn es einfach durch Wasser geleitet wird, zum größten Teil entweichen und nicht reagieren. Man leitet es daher in konzentrierte Schwefelsäure ein, wo es völlig aufgenommen wird und zur Bildung von Dischwefelsäure $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ und höheren Polyschwefelsäuren führt. Diesen leitet man Wasser zu, so dass sie dissoziieren und insgesamt die Konzentration der Schwefelsäure konstant bleibt.

Ammoniak und Dünger

Wurde in der vorhergehenden Stunde mit Hilfe des obigen Filmes das Formulieren einer chemischen Gleichung eingeführt, so bietet dieser Film die Möglichkeit der Vertiefung und Erweiterung.

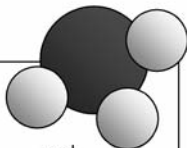
Die Reaktionsgleichung für die Ammoniak-synthese wird wieder an Kalottenmodellen unmittelbar hergeleitet. Die Reversibilität einer Reaktion wird wiederholt, wobei die Schüler ein historisch und technisch wichtiges Verfahren kennen lernen, die Haber-Bosch-Synthese. In diesem Zusammenhang sei darauf aufmerksam gemacht, dass die korrekte chemische Gleichung schrittweise hergeleitet wird, es am Anfang dieses Abschnittes also eine Einblendung gibt, die „ $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_2$ “ lautet, also nicht richtig ist, wenn man sie aus dem Kontext herausnimmt.

Die Oxidation des Ammoniaks mit Sauerstoff zu Stickstoffmonooxid bietet die Möglichkeit, eine kompliziertere Reaktionsgleichung herzuleiten, bei der als vorher nicht bekanntes Produkt Wasser entsteht. Der Film ist so gestaltet, dass es dem Lehrer offenbleibt, ob er die Gleichung formulieren lässt, oder nicht. Ansonsten bietet die Reaktion von Stickstoffdioxid mit Sauerstoff weitere Möglichkeit zum Üben.

Die Reaktion von Stickstoffdioxid zu Salpetersäure bietet formal die Möglichkeit einer Reaktionsgleichung, bei der mit einem weiteren Edukt ausgeglichen werden muss (NO_2 kann nicht nur mit H_2O reagieren, es muss auch O_2 beteiligt sein) und bei der schließlich drei Edukte zu einem Produkt reagieren.

Auch hier wurde der Film so gestaltet, dass der Lehrer diesen Reaktionsschritt als Gleichung

Vom Ammoniak zum Dünger



1. Synthese des Ammoniak

Ammoniak hat die chemische Formel _____,

besteht also aus den Elementen _____ und

_____, die als Gase in der Luft vorkommen.

Im _____-Verfahren läuft bei einer Temperatur von

_____°C und mit Hilfe eines _____ die folgende

Reaktion ab:

2. Herstellung der Salpetersäure:

2a. Oxidation des Ammoniak zu Stickstoffmonooxid

Reaktionsgleichung:

2b. Oxidation des Stickstoffmonooxid zu Stickstoffdioxid

Reaktionsgleichung:

2c. Reaktion zur Salpetersäure

Reaktionsgleichung:

3. Synthese des Ammoniumnitrat

Zur Herstellung des Ammoniumnitrat wird eine _____

-Lösung in _____-Lösung getropft. Hierbei entsteht

_____, der aus Ammoniumnitrat besteht.

Dieses wird zu Kügelchen geformt und als Dünger auf den Acker ausgebracht.

chung formulieren kann, aber nicht muss. Tatsächlich läuft auch nicht diese Reaktion ab, sondern zwei Schwefeldioxid dimerisieren zu N_2O_4 , das dann mit Wasser und Sauerstoff reagiert.

Die vielfachen Reaktionsschritte, die hintereinander ablaufen, bergen für den Schüler die Gefahr, den Überblick zu verlieren. Dem kann zum Beispiel mit Hilfe des nebenstehenden Arbeitsblattes abgeholfen werden, das auch als Wiederholung oder zur Lernzielkontrolle eingesetzt werden kann.

Natürlich eignen sich die beiden Filme auch, um zwei wichtige industrielle Prozesse im Unterricht der Hauptschule, Realschule oder der Sekundarstufe I des Gymnasiums zu erarbeiten.

Anschließend sei bemerkt, dass der Genitiv in den Zwischentiteln absichtlich nicht ganz korrekt verwendet wurde, um zu vermeiden, dass die Schüler sich falsche Substanznamen einprägen (z. B. „Ammoniaks“).

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

Verkauf durch FWU Institut für Film und Bild,
Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren
öV zulässig

© 2008

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
vertrieb@fwu.de
Internet 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
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

Laufzeit: 16 min
Kapitelwahl auf DVD-Video
Sprache: Deutsch

Systemvoraussetzungen

bei Nutzung am PC
DVD-Laufwerk und
DVD-Player-Software,
empfohlen ab Windows 98

GEMA

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

**LEHR-
Programm
gemäß
§ 14 JuSchG**

FWU - Schule und Unterricht

46 02531 DVD mit Kapitelwahlpunkten

16 min, Farbe

FWU-Klassiker

Einfache Chemie in der Industrie

2 Kurzfilme

Alltagsbezug, möglichst wenig Formeln und ein schrittweises Heranführen an die Reaktionsgleichung kennzeichnet diese zwei Kurzfilme. Beginnend mit der Ausgangssubstanz werden die einzelnen Schritte im industriellen Prozess zunächst durch einen Laborversuch vorgestellt. Es folgt die Betrachtung auf Teilchenebene, aus der die Formeln und z. T. die Reaktionsgleichungen hergeleitet werden. Am Ende stehen die Produkte Dünger und Schwefelsäure, deren Bedeutung in unserem modernen Leben kurz beleuchtet wird.

1. Schwefel und Schwefelsäure 7:10 min
2. Ammoniak und Dünger 8:50 min

Schlagwörter

Schwefel, Schwefelsäure, Ammoniak, Dünger, chemische Gleichung, Haber-Bosch-Verfahren, Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Salpetersäure, Ammoniumnitrat, Industrie, Katalysator, reversible Reaktion, Säure-Base-Reaktion, Redox-Reaktion

Chemie

Anorganische Chemie • Verbindungen, Redoxreaktionen
Angewandte Chemie • Technische Chemie, Chemie in Alltag und Umwelt
Allgemeine Chemie • Chemisches Gleichgewicht und seine Beeinflussung

Allgemeinbildende Schule (8-13)
Erwachsenenbildung