

## **Lernaufgabe zum Thema: Van der Waals-Kräfte**

Fach: Chemie

Schultyp: Gymnasium

Maturarichtung: alle

Voraussetzung der Adressaten: 1. Jahr Chemieunterricht

Bearbeitungsdauer: Hinführung: 10 Min; Bearbeitung: 15 Minuten

Autor: Stefan Frey

Betreuer: Kurt Pfefferkorn

Überarbeitung: Kurt Pfefferkorn

Fassung vom: 23.5.99

Schulerprobung : noch nicht erprobt.

## Phase A      **Lerntätigkeiten und Leistungen der Schülerinnen in den vorangegangenen Stunden**

Im Rahmen des Kapitels "Atombau" wird das **Kimballmodell** eingeführt. Die entsprechenden Darstellungen des Wasserstoff-, Helium-, Lithium-, Beryllium-, Bor-, Kohlenstoff- und Sauerstoffatoms werden eingehend erläutert.

Am Beispiel des Sauerstoffatoms wird mitgeteilt, dass *zwei* Elektronen in einer Elektronenwolke mit einem *Strich* in der **Lewis-Schreibweise** symbolisiert werden. *Ein* Elektron in einer Elektronenwolke wird mit einem *Punkt* dargestellt. Der Atomrumpf wird durch das Atomsymbol des entsprechenden Elementes wiedergegeben.

In einer Übungsaufgabe zeichnen die Schülerinnen die Lewisformeln von 10 verschiedenen Atomen. Als Hilfsmittel steht das Periodensystem zur Verfügung.

Im Kapitel „**Die chemischen Bindungen**“ wird zuerst die Kovalenzbindung behandelt. Am Beispiel des Chlormoleküls wird der Zusammenhalt der Atome durch bindende Elektronenpaare erklärt. An diesem Beispiel wird auch die Beschreibung der Moleküle mit Lewisformeln eingeführt. Es wird gezeigt, wie sich die Lewisformeln von Molekülen aus den Lewisformeln der Atome herleiten lassen und welche Regeln dabei zu beachten sind. Zur Festigung dieser Regeln lösen die Schüler verschiedene Übungsaufgaben.

**Räumlicher Bau der Moleküle.** Die Lehrperson zeigt den Schülern geeignete Baumodelle (z.B. Molymod-Modelle<sup>1</sup>) des CH<sub>4</sub>- und des H<sub>2</sub>O-Moleküls. Es wird gezeigt, wie sich die Molekülgeometrie mit Hilfe des **Kimballmodells** ableiten lässt.

Anhand mehrerer Aufgaben üben die Schüler die Herleitung der Molekülgeometrie. Dazu steht minimal **ein** Modellbaukasten für zwei Personen zur Verfügung (enaktive Phase). Alle Aufgaben werden anschliessend ausführlich besprochen.

**Kohlenwasserstoffe.** Ausgehend vom Methan werden einige weitere Alkane vorgestellt. Der Begriff Alkan wird allerdings nicht verwendet. Die Lehrperson schreibt die Lewisformeln folgender Moleküle an die Tafel: Methan, Ethan, Propan, Butan und Pentan. Bei dieser Gelegenheit führt die Lehrperson zwanglos den Begriff Kohlenwasserstoffe ein. Die Schüler erkennen, dass diese Namensgebung anhand der Beispiele naheliegend ist.

Am Beispiel des Pentans wird die Beschreibung der Alkanmoleküle mit **Gruppenformeln** CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> und **Summenformeln** C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> vorgestellt. Die Schülerinnen lösen mehrere Aufgaben, in denen es darum geht, ausgehend von Summen- und Gruppenformeln die Lewisformeln von Molekülen zu zeichnen.

Hier schliesst sich nun das Kapitel „Zwischenmolekulare Kräfte“ an. Als Erstes wird die van der Waals-Kraft besprochen. Das geschieht in der Stunde mit der Lernaufgabe.

---

<sup>1</sup> Siehe unter 5. Materialien und Dokumentation.

## Phase B      Vorschlag für eine Hinführung zur Lernaufgabe

### a) Schriftlich ausformulierter IU an die Schülerinnen

Ausformulierter Text für den IU, (Folie: Siehe Beilage)

(Thema und Gründe)

„Ich begrüße Sie recht herzlich zu dieser Stunde. Sie sehen hier eine Flasche Benzin. Warum ist Benzin bei Raumtemperatur eigentlich flüssig? Es könnte doch auch gasförmig sein. Offenbar wirken zwischen den Molekülen des Benzins Anziehungskräfte. Diese Kräfte verhindern, dass die Moleküle des Benzins voneinander weg fliegen. Sie halten das Benzin als Flüssigkeit zusammen. Man bezeichnet sie als **zwischenmolekulare Kräfte**. Wenn wir Benzin etwas erwärmen, werden die Kräfte zwischen den Molekülen überwunden. Benzin wird gasförmig. Untersuchungen haben gezeigt, dass es je nach Art der Moleküle verschiedene Typen von zwischenmolekularen Kräften gibt. Heute beschäftigen wir uns nur mit derjenigen Kraft, welche zwischen **allen** Molekülen wirkt. Diese Kraft trägt den Namen ihres Entdeckers. Sie heisst van der Waals-Kraft. Johannes van der Waals war ein holländischer Physik-Professor in Amsterdam. 1910 erhielt er den Physik-Nobelpreis für seine Entdeckung.

(Lernziele)

Was lernen Sie heute?

Sie erfahren, welche Stoffeigenschaften von dieser Kraft bestimmt werden und Sie entdecken den Zusammenhang zwischen dem Bau der Moleküle und der Grösse dieser Kraft.

(Stundenablauf)

Wie läuft die Stunde ab? Zuerst zeige ich Ihnen ein kleines Experiment. Das Experiment führt zu einer Frage. Sie bearbeiten dann eine Lernaufgabe, die auch zur Beantwortung der Frage führt. Anschliessend werden wir die Lernaufgabe zusammen diskutieren.

(Machen Sie deutlich, wie Sie dieses Thema finden)

Unser heutiges Thema zeigt exemplarisch, wie wir mit Hilfe einfacher Modellvorstellungen einige Eigenschaften von Stoffen gut erklären können.

(Verbinden Sie das Thema mit Themen in künftigen Stunden)

Später, wenn wir die zwischenmolekularen Kräfte besser kennen, werden wir auch verstehen, weshalb sich verschiedene Stoffe unterschiedlich gut mischen lassen.

### b) Material

- Kleine Flasche mit 50 ml Hexan (ca. halbvoll)
- Kleine Flasche mit 50 ml Hexadecan (ca. halbvoll)
- Molymod-Modelle folgender Moleküle (möglichst mit Kurzbindungen):  
Hexadecan, Hexan, Pentan, Butan, 1-Methylbutan, 2,2-Dimethylpropan
- Blätter mit Lernaufgabe

### **c) Beschreibung der Sequenz bis zur Lernaufgabe**

#### **Demonstrationsexperiment mit je einer Flasche Hexan und Hexadecan.**

"Ich habe hier zwei Flaschen. Eine Flasche enthält Hexan, die andere Hexadecan. Die Kalottenmodelle eines Hexan- und eines Hexadecan-Moleküls liegen hier auf dem Tisch."

Die Lehrperson schwenkt die beiden Flaschen gleichzeitig etwa gleich stark und stellt sie zur Beobachtung auf den Tisch.

Lehrperson: "Was beobachten Sie?"

Meistens kommt dann eine Antwort im Stile von: "Die eine Flüssigkeit bleibt länger in Bewegung als die andere."

Information durch die Lehrperson: Der Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass sich die Moleküle in den beiden Flaschen unterschiedlich stark anziehen.

"Welche Flasche enthält welche Flüssigkeit?"

"Sie werden die Antwort selber finden, wenn Sie die Lernaufgabe lösen."

"Ich verteile Ihnen jetzt die Lernaufgabe."

### **Phase C      Lernaufgabe zum Thema "van der Waals-Kräfte"**

(vgl. folgende Seite)

## Lernaufgabe

*Was ist das Ziel dieser Aufgabe?*

Das Deuten stofflicher Phänomene auf der Ebene der Teilchen (Modellebene) ist typisch für die Chemie. Beim Lösen der Lernaufgabe entdecken Sie, wie sich das Fließverhalten und die Siedetemperatur eines Stoffs mit dem Bau seiner Moleküle in Beziehung setzen lassen.

*Teil 1*

Frage: In welcher Flasche befindet sich Hexan, in welcher Hexadecan? Hilfe: Stellen Sie sich vor, was auf der Modellebene abläuft, wenn sich die Flüssigkeiten bewegen. Sollten Sie mit diesem Teil Schwierigkeiten haben, dann versuchen Sie zuerst Teil 2 zu lösen. Kehren Sie dann zurück zu Teil 1.

*Teil 2*

Studieren Sie nebenstehende Tabelle. Formulieren Sie den Zusammenhang zwischen den Siedepunkten der aufgeführten Kohlenwasserstoffe und dem Bau ihrer Moleküle? Versuchen Sie, den Zusammenhang anschaulich zu erklären.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	69 °C
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	36 °C
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	- 1 °C

*Teil 3*

Studieren Sie nebenstehende Tabelle. Die drei Kohlenwasserstoffe haben die gleiche Summenformel. Worin unterscheiden sich die drei Moleküle? Tipp: Betrachten Sie die Molymod-Modelle der drei Moleküle. Die Modelle liegen auf dem Tisch. Sehen Sie einen Zusammenhang zwischen den Siedepunkten der Kohlenwasserstoffe und dem Bau ihrer Moleküle? Versuchen Sie, den Zusammenhang anschaulich zu erklären.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	36 °C
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	28 °C
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	10 °C

*Hilfsmittel*

Als Hilfsmittel können Sie Ihre Unterlagen benutzen.

*Organisatorisches*

- Ich schätze, dass Sie für diese Aufgaben 10 bis 15 Minuten benötigen. Spätestens nach 15 Minuten werde ich abbrechen.
- Diese Aufgaben lösen Sie zu zweit. Am Schluss werden wir die Aufgaben gemeinsam besprechen. Die Aufgaben werden nicht benotet.

## Das Neue

### **(1) Fachlicher Aspekt**

Die Schüler finden folgendes heraus:

*Aufgaben 1:*

Sie erkennen den Zusammenhang zwischen der Molekülgrösse und der Viskosität der beiden Kohlenwasserstoffe.

*Aufgabe 2:*

Sie erkennen den Zusammenhang zwischen der Molekülgrösse und dem Siedepunkt der Kohlenwasserstoffe.

*Aufgabe 3:*

Die SchülerInnen erkennen den Zusammenhang zwischen der Grösse der Moleküloberfläche und dem Siedepunkt der Kohlenwasserstoffe.

### **(2) Methodischer Aspekt**

- 1) Sie lernen den überaus wichtigen Zusammenhang Modellebene/Wirklichkeitsebene besser verstehen.
- 2) Sie lernen an diesem Beispiel die Denkweise des Chemikers und der Chemikerin kennen.

## Richtiges Ergebnis

### Teil 1 (Viskosität)

Anschaulich formuliert: Je länger die Kohlenwasserstoffmoleküle sind, desto stärker haften sie aneinander. Die langen Hexadecanmoleküle gleiten folglich schlechter aneinander vorbei als die kurzen Hexanmoleküle. Damit lässt sich verstehen, weshalb sich im Demonstrationsexperiment Hexadecan zähflüssiger verhält als Hexan: Nach dem Schütteln wird Hexadecan stärker abgebremst als Hexan. (1 Punkt).

### Teil 2 (Siedepunkt/Molekülgrösse)

Je grösser die Moleküle in sind, umso höher liegen die Siedepunkte der Stoffe  
Anschaulich gesprochen gilt analog zu Aufgabe 1: Die Moleküle haften umso stärker aneinander, je länger sie sind. Es braucht also mehr Energie, damit diese Haftkraft überwunden wird. Das ist die Erklärung für den höheren Siedepunkt (1 Punkt).

### Teil 3

Je kleiner die Oberfläche der Moleküle ist, umso tiefer ist der Siedepunkt des Stoffs. Offenbar hat die Haftkraft zwischen den Molekülen mit deren Form zu tun. Je kugliger die Form, umso schwächer haften die Moleküle aneinander. (2 Punkte).

Maximale Punktzahl: 4 Punkte.

## Materialien und Dokumentation

**1. Hexan und Hexadecan** können zum Beispiel bei der Firma Fluka bezogen werden.

Fluka Chemie AG  
Industriestrasse 25  
CH-9470 Buchs  
Tel: 085/6 95 11

1 Liter Hexan-Fraktion (Hexan rein)  
kosten um die 20 Franken.  
100 ml Hexadecan *rein* kosten gegen  
30 Franken.

**2. Modellbaukasten**

Bezugsquelle für den **Molymod-Modellbaukasten**:

Awyco AG  
Ziegelfeldstrasse 23  
4600 Olten  
Tel: 062/212 84 60

## Anhang

Vom Autor benutzte Quellen:

- Script: Wuthier, U.: Erste Schritte in Chemie, Band 1 und 2: Organische Chemie. Ebikon 1994 (Eigenverlag).
- Baars G., Christen H.R.: Allgemeine Chemie: Theorie und Praxis. Aarau 1995 (Sauerländer).