

Anziehende Wirkung? – Eine Selbstlerneinheit zu zwischenmolekularen Wechselwirkungen

Ein Beitrag von Natalie Mann, Lauf
Mit Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing

Redewendungen wie „Übung macht den Meister“ oder „Ohne Fleiß kein Preis“ haben nicht umsonst Einzug in unsere Sprache gehalten. Kontinuierliches Üben führt zu Sicherheit und Routine. Durch die beim Üben erworbene Sicherheit können Erfahrungen ausgebildet werden, die schnell zur Lösung eines Sachverhalts oder Problems führen.

In dieser Selbstlerneinheit zu zwischenmolekularen Wechselwirkungen frischen Ihre Schüler ihr Wissen zu Wasserstoffbrücken, Van-der-Waals-Kräften und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen anhand von vielseitigen Übungsaufgaben auf. Hierbei wird auf den individuellen Leistungsstand jedes Schülers besondere Rücksicht genommen.



Foto: Thinkstock/Stock

Übung macht den Meister! Das gilt insbesondere für grundlegende Themen der Chemie wie zwischenmolekulare Wechselwirkungen.

Mit Anleitung zum Erstellen einer Conceptmap!

Das Wichtigste auf einen Blick

Klasse: 9/10

Dauer: 3–5 Stunden (Minimalplan: 2)

Kompetenzen: Die Schüler ...

- definieren die Begriffe zwischenmolekulare Wechselwirkungen, Wasserstoffbrücken, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Van-der-Waals-Kräfte.
- formulieren chemische Gesetzmäßigkeiten.
- strukturieren ihr Fachwissen.
- interpretieren Diagramme.

Übungsmaterial:

- Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – was weißt du noch?
- Ein Interview mit Herrn van der Waals
- Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – allgemeine Regeln
- Ist Wasser etwas Besonderes?
- Hilfe für Professor Pechvogel
- Dem Geheimnis zart schmelzender Schokolade auf der Spur
- Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – ein Lerntandem

Was Sie zum Thema wissen müssen

Zwischenmolekulare Wechselwirkungen

Unter zwischenmolekularen bzw. intermolekularen Wechselwirkungen versteht man die Wechselwirkungen zwischen den Teilchen eines Stoffes. Sie sind viel schwächer als die chemischen Bindungen zwischen den Atomen innerhalb eines Moleküls (innermolekulare bzw. intramolekulare Wechselwirkungen).

Man kann die folgenden Typen zwischenmolekularer Wechselwirkungen unterscheiden:

1. Bei den **Van-der-Waals-Kräften** handelt es sich um die schwächste Form zwischenmolekularer Wechselwirkungen. Sie treten bei nach außen hin unpolaren Molekülen auf. Sie entstehen durch eine kurzzeitige unsymmetrische Verteilung der Elektronenwolken innerhalb eines Moleküls, sodass kurzzeitig ein Dipolmoment induziert wird. Es entstehen weitere temporär induzierte Dipolmomente benachbarter Moleküle, sodass es zu einer schwachen Anziehung kommt. Je größer das Elektronensystem von Atomen oder Molekülen ist, desto wahrscheinlicher taucht eine unsymmetrische Verteilung auf. So treten z. B. bei Octan stärkere Van-der-Waals-Kräfte auf als bei Ethan.
2. **Dipol-Dipol-Wechselwirkungen** treten zwischen Molekülen mit polarer Atombindung auf, z. B. Chlorwasserstoff. Die Dipole richten sich entsprechend der elektrostatischen Anziehung ihrer Ladungsschwerpunkte aus.
3. Bei **Wasserstoffbrücken** handelt es sich um die stärkste Form zwischenmolekularer Wechselwirkungen. Sie entstehen zwischen Molekülen, in denen Wasserstoffatome an besonders stark elektronegative Atome gebunden sind, z. B. bei Fluorwasserstoff, Wasser oder Ammoniak. Die Atombindung zwischen Wasserstoffatomen und stark elektronegativen Atomen ist besonders stark polarisiert. Die Wasserstoffatome sind durch Elektronenmangel partiell positiv geladen und treten in Wechselwirkung mit den freien Elektronenpaaren der elektronegativen Atome benachbarter Moleküle.

Das Struktur-Eigenschafts-Konzept

Die zwischenmolekularen Wechselwirkungen können dem **Struktur-Eigenschafts-Konzept** untergeordnet werden. Denn kennt man die Strukturformel eines Moleküls, kann anhand dessen eine Vorhersage über diverse physikalische Eigenschaften eines Stoffes getroffen werden.

Durch die Einordnung in dieses Basiskonzept wird eine aktive **Verknüpfung einzelner Lerninhalte** angestrebt. Zugleich soll eine Hierarchisierung des Wissens durch Strukturieren stattfinden. Diese beiden Prozesse gelten als entscheidend für den Lernerfolg bei Schülern und machen das erworbene (Grund-)Wissen deshalb anschlussfähig.

Vorschläge für Ihre Unterrichtsgestaltung

Voraussetzungen der Lerngruppe

Die Einheit setzt das folgende Vorwissen der Schülerinnen und Schüler* voraus:

- Sie haben bereits Van-der-Waals-, Dipol-Dipol-Kräfte und Wasserstoffbrückenbindungen kennengelernt.
- Sie sind bereits geübt im Unterscheiden zwischen Stoff- und Teilchenebene.
- Sie haben bereits die Stoffklasse der Alkane, Alkohole, Aldehyde und Carbonsäuren kennengelernt.
- Sie haben sich schon mit dem Elektronenpaarabstoßungsmodell beschäftigt.
- Sie können den Begriff Elektronegativität erläutern.

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



Aufbau der Einheit

In dieser Selbstlernarbeit frischen die Schüler ihr Wissen zu zwischenmolekularen Wechselwirkungen auf. Hierfür bearbeiten sie die **Stationsarbeitsblätter 1–6 (M 2–M 8)** entsprechend ihres individuellen Leistungsstandes gemäß **Laufzettel M 1**. Die Stationsarbeitsblätter holen sich die Schüler selbstständig vom Lehrerpult ab, bearbeiten sie, kontrollieren ihre Ergebnisse (außer bei Station 1) mithilfe der **Lösungskarten** vom Lehrerpult und haken die Station anschließend auf Laufzettel M 1 ab.

Üben

Zum Abschluss der Einheit bearbeiten die Schüler in Partnerarbeit das **Lerntandem M 9**, mit dem sie kooperativ die Inhalte der Selbstlerneinheit wiederholen.

Angebote zur Differenzierung

Die Lehrkraft steht den Schülern als **Lernberater und -begleiter** zur Seite. Die Rolle des **Experten** kann an leistungsstarke Schüler übergeben werden. So werden für den Lehrer Freiräume geschaffen, um sich spezifischen Problemen einzelner Schüler zu widmen. Die zu Beginn getroffene Lernstandsdiagnose gibt bereits über Fehlvorstellungen sowie mangelnde horizontale und vertikale Verknüpfungen des Lernstoffs Auskunft.

Auch gute Schüler werden durch das Material gefördert: Sie erstellen **Lernplakate**, mit denen sie ihr Wissen verknüpfen, visualisieren und übersichtlich zusammenstellen. Durch das Handeln als Experten überprüfen sie darüber hinaus ihre Vorstellungen und ihr Wissen (Lernen durch Lehren).

Diese Kompetenzen trainieren Ihre Schüler

Die Schüler ...

- definieren die Begriffe zwischenmolekulare Wechselwirkungen, Wasserstoffbrücken, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Van-der-Waals-Kräfte.
- wenden das Struktur-Eigenschafts-Konzept an, indem sie einen Zusammenhang zwischen Stoffbeschaffenheit und Moleküleigenschaft herstellen.
- formulieren chemische Gesetzmäßigkeiten.
- strukturieren ihr Fachwissen.
- interpretieren Diagramme.
- erweitern ihre Lesekompetenz.

Die Einheit im Überblick

AB = Arbeitsblatt

LEK = Lernerfolgskontrolle

Stunden 1–4: Selbstlerneinheit „Zwischenmolekulare Wechselwirkungen“	
M 1 (AB)	Der Dschungel der zwischenmolekularen Wechselwirkungen – ein Wegweiser
M 2 (AB)	Station 1: Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – was weißt du noch? <input type="checkbox"/> Kärtchen (DIN A 8) <input type="checkbox"/> Stifte <input type="checkbox"/> laminierte Lösung (DIN A 3)
M 3 (AB)	Station 2: Ein Interview mit Herrn van der Waals
M 4 (AB)	Station 3: Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – allgemeine Regeln <input type="checkbox"/> gebaute Molekülmodelle passend zu den Karten M 5 <input type="checkbox"/> laminierte Karten M 5
M 5 (AB)	Station 3: Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – Molekül- und Atomkärtchen
M 6 (AB)	Station 4: Ist Wasser etwas Besonderes?
M 7 (AB)	Station 5: Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – Hilfe für Professor Pechvogel
M 8 (AB)	Station 6: Dem Geheimnis zart schmelzender Schokolade auf der Spur
Stunde 5: Lernerfolgskontrolle	
M 9 (LEK)	Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – ein Lerntandem

Minimalplan

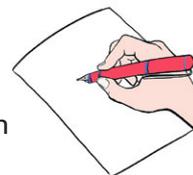
Die Zeit ist knapp? Dann führen Sie die Einheit in einer **Doppelstunde** durch. Verzichten Sie in diesem Fall auf die **Stationen 4 und 5 (M 6/M 7)** und führen Sie die **Lernerfolgskontrolle M 9** im Plenum durch. **Station 6 (M 8)** kann als Hausaufgabe erledigt werden oder ebenfalls entfallen.

M 4

Station 3: Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – allgemeine Regeln

Aufgabe 1

Ergänze die folgenden Regeln über zwischenmolekulare Wechselwirkungen.



Tipp Anhand der Molekülmodelle kann die Kontaktoberfläche verglichen werden.

- a) Je kleiner die Elektronenwolken der Edelgas-Atome einer Stoffportion, desto _____ sind auch die Anziehungskräfte zwischen den Atomen.
- b) Moleküle mit ähnlichem Bau: Je größer die Elektronenwolken der einzelnen Moleküle einer Stoffportion sind, desto _____ sind die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen.
- c) Moleküle mit gleicher Molekülformel: Je kleiner die Ausdehnung der Molekülelektronenwolke oder die Kontaktoberfläche der Moleküle ist, desto _____ sind die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen.
- d) Moleküle mit gleicher Molekülformel: Je größer der Dipolcharakter der Moleküle ist, desto _____ sind die zwischenmolekularen Anziehungskräfte.
- e) Moleküle vergleichbarer Masse: Die Anziehungskräfte zwischen unpolaren Molekülen sind _____ als die polarer Moleküle (permanenter Dipole) vergleichbarer Masse.
- f) Faustregel: Die Siedetemperatur / Schmelztemperatur eines Stoffes ist umso kleiner, je _____ die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen der Stoffportion sind.
- g) Bei ähnlichen zwischenmolekularen Anziehungskräften zwischen den Teilchen zweier Stoffportionen sind beide Stoffe _____ ineinander löslich.
- h) Ein hydrophiler bzw. lipophober Stoff ist in _____ gut löslich, in _____ nicht. Ein hydrophober bzw. lipophiler Stoff ist in _____ gut löslich, in _____ nicht.

Aufgabe 2

Ordne den unterschiedlichen Regeln a)–h), falls möglich, mindestens zwei Atome oder Molekülmodelle mit Kärtchen zu.



Station 3: Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – Molekül- und Atomkärtchen

M 5



<p>Methan</p> <p>CH_4</p> <p>$m_a = 16,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $-162 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>Ethan</p> <p>$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$</p> <p>$m_a = 30,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $-98 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>Propan</p> <p>$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$</p> <p>$m_a = 44,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $-42 \text{ }^\circ\text{C}$</p>
<p>n-Pentan</p> <p>$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$</p> <p>$m_a = 72,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $36 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>iso-Pentan</p> <p>$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$</p> <p>$m_a = 72,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $28 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>neo-Pentan</p> <p>$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$</p> <p>$m_a = 72,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $9,5 \text{ }^\circ\text{C}$</p>
<p>Methanol</p> <p>$\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$</p> <p>$m_a = 32,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $65 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>Methansäure</p> <p>$\text{H}-\text{COOH}$</p> <p>$m_a = 46,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $101 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>Propan-1-ol</p> <p>$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$</p> <p>$m_a = 60,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $97 \text{ }^\circ\text{C}$</p>
<p>Propan-2-ol</p> <p>$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$</p> <p>$m_a = 60,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $82 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>Ethanal</p> <p>$\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}$</p> <p>$m_a = 44,1 \text{ u}$ Siedepunkt = $20 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>Ethanol</p> <p>$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$</p> <p>$m_a = 46,1 \text{ u}$ Siedepunkt = $78,3 \text{ }^\circ\text{C}$</p>
<p>Neon</p> <p>Ne</p> <p>$m_a = 20,2 \text{ u}$ Siedepunkt = $-246,0 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>Argon</p> <p>Ar</p> <p>$m_a = 39,9 \text{ u}$ Siedepunkt = $-186 \text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>Helium</p> <p>He</p> <p>$m_a = 4,0 \text{ u}$ Siedepunkt = $-269 \text{ }^\circ\text{C}$</p>

Zwischenmolekulare Wechselwirkungen – ein Lerntandem

M 9

Bist du fit, wenn es um zwischenmolekulare Wechselwirkungen geht? Teste hier dein Wissen!



Aufgabe

Arbeitet zu zweit. Derjenige, der als Erster das Arbeitsblatt erhalten hat, ist Partner A. Der andere Schüler ist Partner B.

Partner A:

Kreuze die richtigen Aussagen in der ganz rechten Spalte an (○). Falte dann das Blatt an den beiden gestrichelten Linien nach hinten (erst 1., dann zur Sicherheit 2.). Gebe es nun deinem Mitschüler.

Partner B:

Falte das Arbeitsblatt nicht auf! Kreuze die richtigen Aussagen in der rechten Spalte an (◇).

Partner A und B gemeinsam:

- Faltet das Arbeitsblatt gemeinsam auf, diskutiert miteinander über die Ergebnisse und tragt zusammen die Kreuze bei den richtigen Aussagen in der linken Spalte ein (□).
- Korrigiert die falschen Aussagen in ein bis zwei Sätzen.



Gemeinsames Ergebnis	Kreuze die richtigen Aussagen an.	hier falten	
		Partner B	Partner A
		Falten: 2.	1.
<input type="checkbox"/>	1. Zwischen langkettigen einwertigen Alkohol-Molekülen eines Stoffes wirken nur Van-der-Waals-Kräfte.	◇	○
<input type="checkbox"/>	2. Im Vergleich ist die Mischbarkeit von Octan-1-ol mit Heptan höher als die von Ethanol mit Heptan.	◇	○
<input type="checkbox"/>	3. Ethanol und Octan-1-ol sind jeweils mit Wasser mischbar.	◇	○
<input type="checkbox"/>	4. Die Siedetemperatur von Ethanol ist höher als die von Octan-1-ol.	◇	○
<input type="checkbox"/>	5. Die Viskosität von Octan-1-ol ist höher als die von Ethanol, da die zwischenmolekularen Wechselwirkungen der jeweiligen Stoffportion unter den Octan-1-ol-Molekülen stärker sind als die zwischen den Ethanol-Molekülen.	◇	○