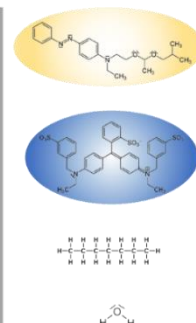


Gleiches mischt sich mit Gleichem?

Genauer hingeschaut!



Sprüh Wisch &weg

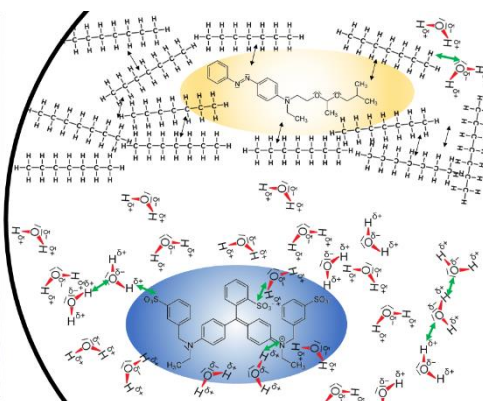


UNIVERSALREINIGER-SPRAY



- ! BESEITIGT** ☒ Edding ☒ White-Board Stifte ☒ Permanent Marker ☒ Non Permanent Marker
- nahezu alles**

Für alle glatten, weißen
Flächen, Tafeln und
Boards



Inhalt

Die Experimente	3
Schlagworte	3
Didaktisch-methodische Entscheidungen	3
Zentrales Anliegen	3
Versuchsbeschreibungen	5
Einbettung der Experimente und Stunden in einen Reihenkontext	9
Didaktisch-methodische Erläuterungen zum Aufbau der Lerneinheiten	11
1. Modellversuch zur Mischbarkeit von Heptan und Wasser	11
Im Lernkontext ankommen und Bewusstwerdung des Problems	11
Lernmaterial bearbeiten / Lernprodukt erstellen	11
Lernprodukt präsentieren, diskutieren/verhandeln und sichern	12
2. Wasser oder Heptan als Lösemittel für einen polaren und unpolaren Farbstoff	12
Planung der Handlungen	12
Durchführung der Handlungen und erste Konstruktion von Bedeutung	12
Präsentation, Generalisierung der Erfahrung und Reflexion von ähnlichen Erfahrungen	13
3. Ethanol - ein universales Lösemittel?!	13
Im Lernkontext ankommen und Bewusstwerdung des Problems	13
Lernmaterial bearbeiten / Lernprodukt erstellen	13
Lernprodukt präsentieren, diskutieren/verhandeln und sichern	14
4. Anwendung: Der Louche-Effekt beim Verdünnen von Anisschnaps	14
Erfahrungen	15
Anhang	16
Materialien für Schülerinnen und Schüler	16
Exemplarische Vorlagen	16
Materialbasierte Übung zum Louche-Effekt (Ouzo)	17
Beispielhafte Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung (GefBU) nach GefStoffV	18
Literatur, Quellen	20
Advance Organizer	21
Vollständige Übersicht Modul 1 als Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens	22

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Polare, unpolare und grenzflächenaktive Lösemittel im Vergleich

Die Experimente

Schlagworte

polar, unpolar, Wasser, Heptan, Ethanol, (non) permanente Farbstoffe, Phase, Phasengrenze, hydratisieren, Kunststoff, Van-der-Waals-Kräfte, Wasserstoffbrückenbindung, Dipol-Dipol-Wechselwirkung, Anethol, Anisschnaps, Ouzo-Effekt, Louche-Effekt

Didaktisch-methodische Entscheidungen

Zwischenmolekulare Wechselwirkungen werden an vielen Stellen des Chemie- und auch Biologieunterrichts zur Erklärung von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen benötigt und in der Regel in der Sekundarstufe I eingeführt.

Aufgrund ihrer Bedeutsamkeit in Argumentationen wiederhole ich sie zu Beginn der Sekundarstufe II zunächst bei der vergleichenden Erläuterung der Siedetemperaturen von Wasser, Ethanol und Methanol. Anders als bei der Löslichkeit oder Mischbarkeit von Flüssigkeiten betrachtet man hier nur jeweils eine Sorte von Molekülen im alleinigen Wechselspiel. Dies vereinfacht notwendige Argumentationsketten für Schülerinnen und Schüler.

Unterstehende Experimente greifen wenig später das Gelernte zielgerichtet und kontextual wieder auf, um das Zustandekommen schrittweise komplexerer, mehrphasiger Systeme zu erläutern.

Zentrales Anliegen

Anders als häufig üblich, wird die Löslichkeit direkt an einem für die Schülerinnen und Schüler motivierenden Beispiel untersucht: dem **Entfernen von non permanenten bzw. permanenten Farbstoffen von einer Whiteboard-Tafel**.

Ein großer Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der Farbigkeit der zu lösenden Substanzen, deren Verteilung im Modellexperiment damit gut zu beobachten ist.

Durch die Abfolge der Experimente wird es möglich, dass die Lernenden die zu beobachtenden Vorgänge zunehmend eigenständig auf der submikroskopischen Ebene erläutern können:

- **Versuch 1 - Wasser und Heptan bilden zwei Phasen**¹ klärt, warum sich polare und unpolare Stoffe nicht dauerhaft mischen,
- **Versuch 2 - Wasser, Heptan und Farbstoffe** aus permanent und non permanent Marker **bilden zwei Phasen mit eindeutiger Farbstoffverteilung** – nimmt in den Blick, warum sich polare Farbstoffe in polaren Lösemitteln besser lösen als in unpolaren und umgekehrt,
- **Versuch 3 – Ethanol und die Farbstoffe** aus permanent und non permanent Marker **bilden eine Phase** prüft, inwiefern Ethanol ein universelles Lösemittel ist und stellt exemplarisch einen grenzflächenaktiven Stoff vor.

Daran schließt sich die vernetzende Betrachtung einer wässrigen, ethanolischen Lösung und des Louche-Effekts an, mit der gezeigt wird wie stabile Emulsionen entstehen. Es handelt sich hierbei um

¹ Der nur scheinbar triviale erste (Vor)versuch ist m. E. notwendig, um die oberflächlichen Aussagen „*Gleiches mischt sich mit Gleichem*“ und „*Es liegt an der Dichte, dass sich zwei Phasen bilden*“ auf Teilchenebene deutlicher zu erläutern. Hier wird herausgestellt, warum es zu einem Entmischen der Flüssigkeiten kommt. Zugleich fungieren Versuchsaufbau, Vorgehen und die Notation als Prototyp für die nachfolgenden Experimente.

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Polare, unpolare und grenzflächenaktive Lösemittel im Vergleich

eine Gleichgewichtsverschiebung in mehrphasigen Systemen am Beispiel von Pastis oder Ouzo [Versuch 4: Eintrübung von Ouzo bei Zugabe von Wasser]².

² Der Versuch ist unter „Louche- oder Ouzo-Effekt“ bereits vielfach beschrieben und wird hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Im Anhang befindet sich aber ein selbst erstelltes Material, mit dessen Hilfe die Schülerinnen und Schüler die zu beobachtenden Vorgänge in einer Argumentationskette erläutern lernen.

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Polare, unpolare und grenzflächenaktive Lösemittel im Vergleich

Versuchsbeschreibungen

Bei den Experimenten handelt es sich um eine Abfolge mehrerer aufeinander aufbauender, einfacher Schülerversuche, die in Schnappdeckelgläsern durchgeführt und dabei zur späteren Auswertung auch fotografiert oder gefilmt werden. Ausgewählte Beobachtungen bzw. Momentaufnahmen im Prozess der Mischungs- und Lösevorgänge gilt es dann im Teilchenmodell zu erklären.

Sachanalyse

Für angestrebten Lernziele soll eine der Farben wasserlöslich sein, die andere nicht, so dass sich bei Zugabe von Wasser und Heptan zwei deutlich unterschiedlich gefärbte Phasen (z. B. gelb und blau) bilden, die ethanolische Lösung hingegen die Mischfarbe (dann grün) annimmt.

Die deutlichsten Versuchsergebnisse ließen sich in diversen Vorversuchen beim Einsatz eines gelben, permanenten und eines blauen non-permanenten Stifts erzielen.³

Für die Auswertung der Versuche auf Teilchenebene müssen den Lernenden zwingend die Strukturformeln der Farbstoffe mitgeteilt werden. Recherchen zu permanenten und non permanenten Folienstiften ergaben folgende engere Auswahl:

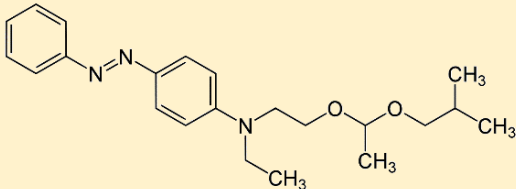
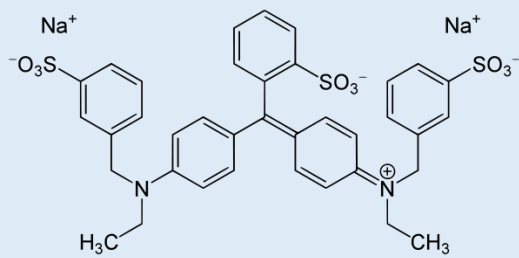
permanent/wasserunlöslich	non permanent/wasserlöslich
Solvent Yellow 162 (Neptun®Yellow 075) nach Auskunft der Fa. STAEDTLER Mars GmbH & Co. KG auf Anfrage vom 22.11.2018 enthalten z. B. in Lumocolor, Struktur nicht eindeutig zu recherchieren, möglicherweise: [Quelle https://www.guidechem.com/reference/dic-283108.html] Solvent Yellow 124, gelber Farbstoff zur Kennzeichnung von Heizöl Struktur: 	C.I. Acid Blue 9 (Brillantblau FCF, E 133)⁴ nach Auskunft der Fa. STAEDTLER Mars GmbH & Co. KG auf Anfrage vom 10.10.2018 neben C.I. Acid Violet 17 enthalten z. B. in Lumocolor. Struktur: 

Tabelle 1: Auswahl in Frage kommender Farbstoffe

Solvent Yellow 124 ist für Unterrichtszwecke kaum zu erhalten. Daher habe ich mich entschieden, mit dem simpel zu handhabenden gelben Stift zu arbeiten - didaktisch vereinfachend an Stelle der nicht eindeutig belegbaren Strukturformel von Solvent Yellow 162 in den Materialien für die Schülerinnen und Schüler aber die Strukturformel von Solvent Yellow 124 anzugeben, da dieser Stoff in vielen Quellen als gelber unpolarer Farbstoff bestätigt und zudem von Lernenden eindeutig als unpolar zu klassifizieren ist.

³ Die umgekehrten Tests mit permanenten blauen Stifts lieferten nur wenig blau gefärbte Suspensionen in der Heptanphase.

⁴ Da es sich hier gleichzeitig um einen Lebensmittelfarbstoff handelt, ist er mit Blick auf das Gefährdungspotential hervorragend für Schülerversuche geeignet.

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Polare, unpolare und grenzflächenaktive Lösemittel im Vergleich

Versuch 1: Warum mischen sich polare und unpolare Stoffe nicht dauerhaft?

Geräte und Chemikalien: Schnappdeckelglas (V ca. 8 mL), Pipetten, ggf. Smartphone oder anderes Aufnahmegerät, Heptan (GHS 02, GHS 07, GHS 08, GHS 09, Gefahr), Wasser

Durchführung: Im Abzug werden in ein Schnappdeckelglas ca. 2 mL Heptan und Wasser gefüllt. Das Glas wird verschlossen, am Platz kräftig geschüttelt und dann für ca. 20 s ruhig hingestellt. Der Vorgang kann mehrfach wiederholt und fotografiert oder per Video aufgezeichnet werden.

Erwartete Beobachtung: Wasser und Heptan bilden zwei Phasen mit der wässrigen Phase unten (Abb. 1a). Direkt nach dem Schütteln erkennt man eine Bildung von Schlieren (Abb. 1b). Es folgt aber eine zügige Entmischung, bei der sich einzelne Tröpfchen schnell sammeln (Abb. 1c). Nach kurzer Zeit haben sich wieder zwei Phasen gebildet (Abb. 1d).



Abbildung 1: (von links) vor dem Schütteln, direkt danach, wenige Sekunden später, 20 s später

Erklärung: Zwischen den Wassermolekülen herrschen starke Anziehungskräfte (Wasserstoffbrückenbindungen), zwischen den Heptanmolekülen vergleichsweise schwächere Van-der-Waals-Kräfte. Das mechanische Schütteln führt zu einer kurzzeitigen Vermischung kleiner Tropfen der jeweiligen Flüssigkeit. Allerdings sortieren sich die Wassertropfen aufgrund der unterschiedlichen Dichten der Stoffe schnell wieder im unteren Glasbereich. Die starke Anziehung zwischen den Wassermolekülen führt diese zusammen und verhindert so eine dauerhafte Vermischung der Stoffe, da es nur zu schwachen Wechselwirkungen mit den Heptanmolekülen und damit zu keiner Einlagerung kommt.

Versuch 2: Wie entfernt man diese Schrift? Lösen von Farbstoffen aus einem permanent und einem non permanent Farbstift in Wasser und Heptan.

Geräte und Chemikalien: Schnappdeckelglas mit Heptan (GHS 02, GHS 07, GHS 08, GHS 09, Gefahr) und Wasser aus Versuch 1, gelber permanent Marker (z. B. Edding oder Lumocolor), blauer non permanent Folienstift (z. B. Stabilo oder Lumocolor), weißes Kunststoffplättchen passend zur Glasöffnung ca. 1cmx2cm (z. B. Ausschnitt aus PP Kunststoffbecher), Pinzette

Durchführung: Eine Hälfte des Kunststoffplättchens wird gelb, die andere blau angemalt. Mit der Pinzette wird das Plättchen zunächst mit der gelben Seite nach unten in das mit Heptan und Wasser gefüllte Glas gegeben und dieses verschlossen. Nach kurzer Beobachtung wird das Glas umgedreht, so dass nun die blau angemalte Seite in die wässrige Phase kommt und die gelb angemalte Seite in die Heptanphase. Das Glas kann geschüttelt werden. Der Vorgang sollte fotografiert oder per Video aufgezeichnet werden.

Erwartete Beobachtung: Zunächst löst sich keiner der Farbstoffe ab. Bringt man die blaue Seite durch Umdrehen des Glases in die wässrige Phase, erkennt man direkt blaue Schlieren (Abb. 2b). Der gelbe

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Polare, unpolare und grenzflächenaktive Lösemittel im Vergleich

Farbstoff hingegen löst sich erst nach längerer Zeit (Abb. 2c), teils unter Schütteln und dann in der Regel auch nicht vollständig in Heptan (Abb. 2d).

Unterschiede in den Füllhöhen der Flüssigkeiten (z. B. Abb. 2c zu 2d) stören nicht. Sie belegen vielmehr im Vergleich der Experimente, dass sich der blaue Farbstoff, selbst wenn er in die Heptanphase kommt, besser in der wässrigen Phase löst und umgekehrt.

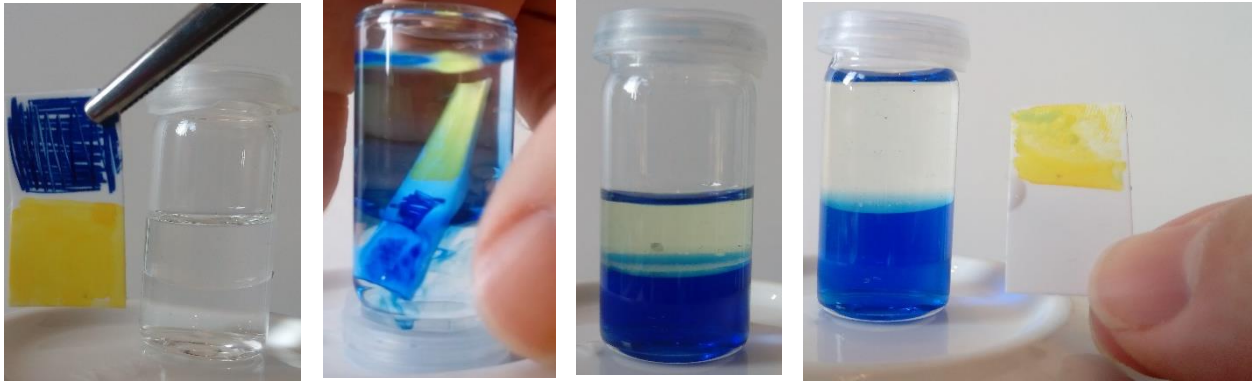


Abbildung 2: Farbstoffe in Wasser und Heptan

Erklärung: Anfänglich haften beide Farbstoffe vor allem über Van-der-Waals-Kräfte an den unpolaren Kunststoffmolekülen. Zwischen den Wassermolekülen und den polaren Farbstoffmolekülen (vor allem deren geladenen Resten) des non permanenten blauen Farbstoffes kommt es dann zu starken Anziehungskräften, die für eine vollständige Ablösung und Hydratisierung sorgen. Zwischen den Heptanmolekülen und den unpolaren Molekülen des gelben Farbstoffes herrschen Van-der-Waals-Kräfte, die aber nicht in jedem Fall zu einer Überwindung der Anziehung zum Kunststoff führen.

Versuch 3: Gibt es ein Universal-Lösemittel? (Non) Permanente Farbstifte in Ethanol.

Geräte und Chemikalien: Schnappdeckelglas mit Brennspritus oder Ethanol (GHS 02, GHS 07, Gefahr), gelber permanent Marker, blauer non permanent Folienstift auf weißem Kunststoffplättchen wie in Versuch 2, Pinzette

Durchführung: Mit der Pinzette wird das teils gelb, teils blau angemalte Plättchen in das mit Ethanol bzw. Brennspritus gefüllte Glas gegeben und dieses verschlossen. Nach kurzer Beobachtung wird das Glas geschüttelt. Der Vorgang soll fotografiert oder per Video aufgezeichnet werden.

Erwartete Beobachtung: Direkt nach dem Hineingeben, spätestens aber beim Schütteln lösen sich beide Farbstoffe vom Kunststoff ab und färben die Flüssigkeit grün (Abb. 3b).

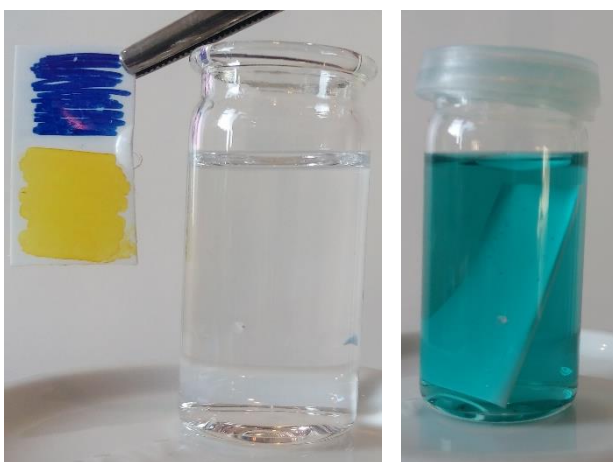


Abbildung 3: Die beiden Farbstoffe in Ethanol

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Polare, unpolare und grenzflächenaktive Lösemittel im Vergleich

Erklärung: Anfänglich haften beide Farbstoffe vor allem über Van-der-Waals-Kräfte an den unpolaren Kunststoffmolekülen. Die teils polaren, teils unpolaren Ethanolmolekülen können Wechselwirkungen zu beiden Sorten von Farbstoffmolekülen aufbauen. Es kommt letztlich zu einer nahezu vollständigen Ablösung und Verteilung der Farbstoffmoleküle in der Lösung. In Summe entsteht damit der grüne Farbeindruck.

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Einordnung in den Reihenkontext

Einbettung der Experimente und Stunden in einen Reihenkontext.

Zu Beginn der Sekundarstufe II werden in der Reihe "Vom Alkohol zum Aromastoff"⁵ in der Sekundarstufe II passend zum Kernlehrplan NRW [1] viele bekannte Konzepte neu verknüpft und erweitert, z. B.

- Stoffklassen und homologe Reihen
- **Struktur-Eigenschafts-Beziehung zur Erklärung von Siedetemperaturen oder Löslichkeit**
- Oxidation organischer Verbindungen
- Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht

Die hier vorgestellten Experimente und Fachinhalte bilden den abschließenden Baustein des ersten von drei Modulen⁶ zu den Stoffklassen und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen.

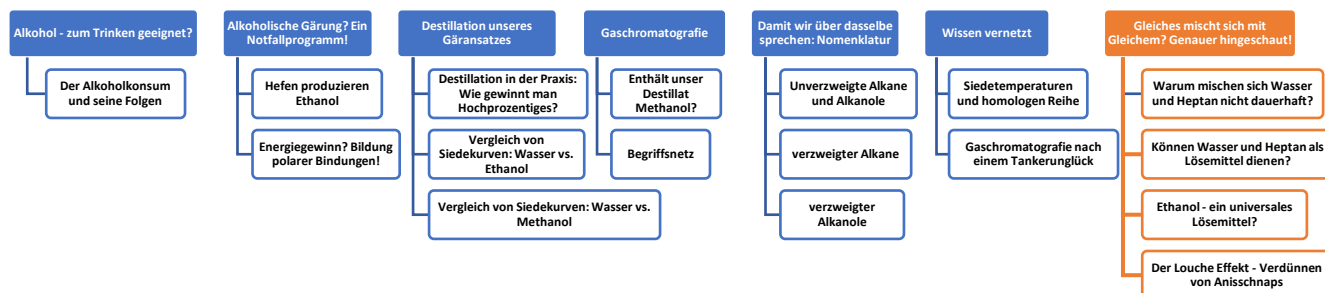


Abbildung 4: Übersicht Modul 1 „Alkanole und Alkane - Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“

Unter der Überschrift „Gleiches mischt sich mit Gleichem? Genauer hingeschaut!“ werden zunehmend komplexere Mehrphasensysteme mit Ethanol als Lösemittel betrachtet und auf Teilchenebene erläutert. Basierend auf ihren Vorkenntnissen zu zwischenmolekularen Wechselwirkungen setzen sich die Schülerinnen und Schüler mit folgenden plakativen Fragen auseinander:

- Warum mischen sich Wasser und Heptan nicht dauerhaft?
- Kann Heptan als Lösemittel für die Farbe dienen, die sich in Wasser nicht löst?
- Ethanol – ein universales Lösemittel für polare und unpolare Farbstoffe?
- Der Louche Effekt – was passiert beim Verdünnen von Anisschnaps?

Die vier Experimenten samt ihrer kontextuellen Einbettung lassen sich fachdidaktisch dem Basismodell „Konzeptbilden“⁷ nach Oser [3] zuordnen, wobei darin z. B. die Experiment 2 und 3 ein „Lernen durch Eigenerfahrung“ ermöglichen.

Anschließend wird in den zwei weiteren Modulen die Oxidation von Alkoholen bis hin zu Alkansäuren näher betrachtet, bevor am Beispiel der Veresterung das Chemische Gleichgewicht eingeführt und mit Hilfe anderer lebensnaher Kontexte das Prinzip von Le Chatelier in den Mittelpunkt rücken.

⁵ Eine vollständige Übersicht des Moduls findet sich im Anhang.

⁶ Diese wie auch die weiteren Module sollen als „Steinbruch“ über die Ländergrenzen NRWs allen Interessierten nützlich sein. Daher haben wir große Teile davon gemeinsam im Team LNCU weiterentwickelt und unter www.lncu.de zur freien Verwendung veröffentlicht. Einen QR Code zum schnelleren Auffinden dieses Moduls finden Sie unter [2].

⁷ Unterteilt in die Abfolge „Bewusstmachung des Vorwissens, Durcharbeiten eines Prototyps, Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts, Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept, Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten“ [3]

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Einordnung in den Reihenkontext

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Aufbau der Lerneinheiten mit den Experimenten

Didaktisch-methodische Erläuterungen zum Aufbau der Lerneinheiten

1. Modellversuch zur Mischbarkeit von Heptan und Wasser⁸

Im Lernkontext ankommen und Bewusstmachung des Problems⁹

Ein bereits vorab im Rahmen der Gaschromatografie behandeltes, fiktives Tankerunglück wirft die Fragestellung auf, warum Benzin stets oben auf dem Wasser schwimmt.

Erste Äußerungen und ggf. auch Erklärungsansätze (Dichte, Polarität, verschiedene zwischenmolekulare Wechselwirkungen verhindern ein Vermischen) werden gesammelt und münden im zentralen Arbeitsauftrag, dieses Phänomen zum einen nachzustellen und zu dokumentieren und zum anderen auf Teilchenebene zu erläutern.

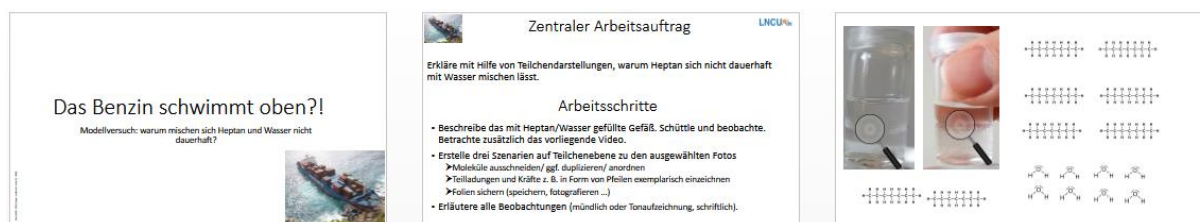


Abbildung 5: Übersicht Einführung der Materialien zum 1. Modellversuch

Lernmaterial bearbeiten / Lernprodukt erstellen

Am Modellversuch¹⁰ mit Heptan als Reinstoff statt Benzin sollen die Schülerinnen und Schüler

- beobachten und beschreiben,
 - dass die Flüssigkeiten in zwei Phasen übereinander liegen und
 - dass die beiden Phasen auch nach heftigem Schütteln nicht dauerhaft vermischt bleiben, sondern sich zügig wieder ausbilden.
- auf Teilchenebene erklären,
 - dass in den einzelnen Phasen Heptanmoleküle untereinander durch Van-der-Waals Kräfte und Wassermoleküle untereinander durch Wasserstoffbrückenbindungen zusammenhalten,
 - dass es nach dem Schütteln keine dauerhaft wirksamen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen polaren Molekülen gibt,
 - sondern dass sich die Wassermoleküle aufgrund der starken Wechselwirkungen erneut anziehen und alle Heptanmoleküle in eine eigene Phase verdrängen, die aufgrund der geringen Dichte des Stoffes auf der wässrigen Phase schwimmt.

Für die Bearbeitung wichtig sind neben dem Realversuch auch ein Video¹¹ des Versuchs, Standbilder aus dem Video sowie Teilchenmodelle der Moleküle.

Mit Blick auf das Gefährdungspotenzial von Heptan wird jeder Schülergruppe ein verschlossenes Reagenzglas oder Schnappdeckelglas mit wenigen Millilitern Heptan/Wasser zur



Abbildung 6: Videofilm zum Experiment 1

⁸ Diese an sich simple Einheit dient wie oben beschrieben in jeglicher Hinsicht als Prototyp für die Darstellung und Erläuterung der Phänomene. Sie ist deshalb unerlässlich und zugleich relativ eng geführt.

⁹ Die Notation orientiert sich am Lehr-Lernmodell von Leisen [4].

¹⁰ Der Modellversuch muss im Prototyp noch vorgegeben werden, später nicht mehr.

¹¹ Das Video sowie alle Materialien stehen z. B. in einem Schülerkurs unter www.lncu.de bereit.

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Aufbau der Lerneinheiten mit den Experimenten

Verfügung gestellt, welches im nachfolgenden Experiment weiterverwendet werden kann.

Aus zeitökonomischen Gründen erhalten die Schülerinnen alle nötigen Abbildungen als zu füllende Matrix (digital oder analog).¹²

Diverse Hilfestellungen erwiesen sich als sinnvoll, z. B.:

- Betrachten des Videos im Plenum vorab, Einführung des Phasenbegriffs und Benennung der Stoffe
- Vorauswahl von relevanten Standbildern aus dem Video durch die Lehrkraft

Lernprodukt präsentieren, diskutieren/verhandeln und sichern

Mit Hilfe der erstellten bzw. gefüllten Abbildungen erläutern die Lernenden prozesshaft die Phasenbildung in den ausgewählten Momenten unter Beschreibung der zwischen den Molekülen wirksamen, verschieden starken Kräfte. Die Erläuterungen dienen als Grundlage für die nachfolgenden Inhalte. Wichtig ist der Fokus auf die zwischenmolekularen Wechselwirkungen.

2. Wasser oder Heptan als Lösemittel für einen polaren und unpolaren Farbstoff

Planung der Handlungen

Die Strukturformeln eines blauen (non permanenten) und gelben (permanenten) Farbstoffs werden per Trickfilm präsentiert. Der Film wird kurz vor Ende angehalten, um zu diskutieren, ob es sich um polare oder unpolare Moleküle handelt.

Der blaue Farbstoff wird aufgrund der geladenen Sulfonat-Gruppen als polar klassifiziert, der gelbe als unpolar. Dies wird im Film verifiziert.



polar_unpolar.mp4

Abbildung 7: Videotrickfilm zu den Folienstiften

Die Fortsetzung des Filmes zeigt dann, wie mit einem feuchten Tuch die blaue Schrift entfernt werden kann, die gelbe hingegen nicht. Erste Vermutungen und Gedanken werden gesammelt (Lösemittel Wasser, blauer Farbstoff polar und daher wasserlöslich, gelber Farbstoff unpolar und daher nicht wasserlöslich, ggf. in Heptan löslich).

Der zentrale Arbeitsauftrag und die einzelnen Arbeitsschritte werden transparent gemacht. Mindestens die Strukturformeln müssen als Matrix analog oder digital zur Verfügung gestellt werden.

Durchführung der Handlungen und erste Konstruktion von Bedeutung

Mit Hilfe eines weiteren Versuchs, eines nun ggf. selbst erstellen Videos sowie ggf. selbstausgewählten Standbildern und vorgegebenen Strukturformeln gilt es, die Vermutungen und Beobachtungen in der submikroskopischen Ebene zu erklären. Für den Versuch erhalten die SuS neben dem bereits bekannten Gefäß mit Heptan und Wasser ein zuvor bemaltes, passendes Stück Kunststoff. Auch wenn die Heptan-Phase nach dem Versuch nur schwach gelb eingefärbt ist, sind die Beobachtungen dennoch eindeutig.

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- ihre Vermutungen dahingehend prüfen,
 - dass sich der gelbe Farbstoff nicht in Wasser löst, der blaue Farbstoff hingegen schon
 - dass sich der gelbe Farbstoff aber in Heptan löst und der blaue Farbstoff nicht.
- auf Teilchenebene erklären,
 - dass die Heptanmoleküle und die unpolaren gelben Farbstoffmoleküle sich untereinander durch Van-der-Waals-Kräfte anziehen und so die Farbstoffmoleküle in Lösung gehen,
 - dass die Wassermoleküle hingegen die polaren Farbstoffmoleküle solvatisieren.

¹² Sowohl die analogen als auch die digitalen Vorlagen erwiesen sich als gut einsetzbar und gewinnbringend, nachdem sie einmal grundlegend erläutert wurden.

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Aufbau der Lerneinheiten mit den Experimenten

Sie könnten zudem beobachten, dass der gelbe Farbstoff sich wesentlich schlechter vom Kunststoff löst als der blaue und dies damit erläutern, dass die Farbstoffe in beiden Fällen über Van-der-Waals Kräfte an die Kunststoffmoleküle gebunden sind, Heptan diese Kräfte aber wesentlich schlechter überwinden kann, als Wasser.

Präsentation, Generalisierung der Erfahrung und Reflexion von ähnlichen Erfahrungen

Nach dem bekannten Verfahren präsentieren und erläutern ausgewählte Gruppen ihre Ergebnisse. Abb. 8 zeigt eine erste Lösung, die im Laufe der Verhandlung noch mit einer Legende versehen wurde:

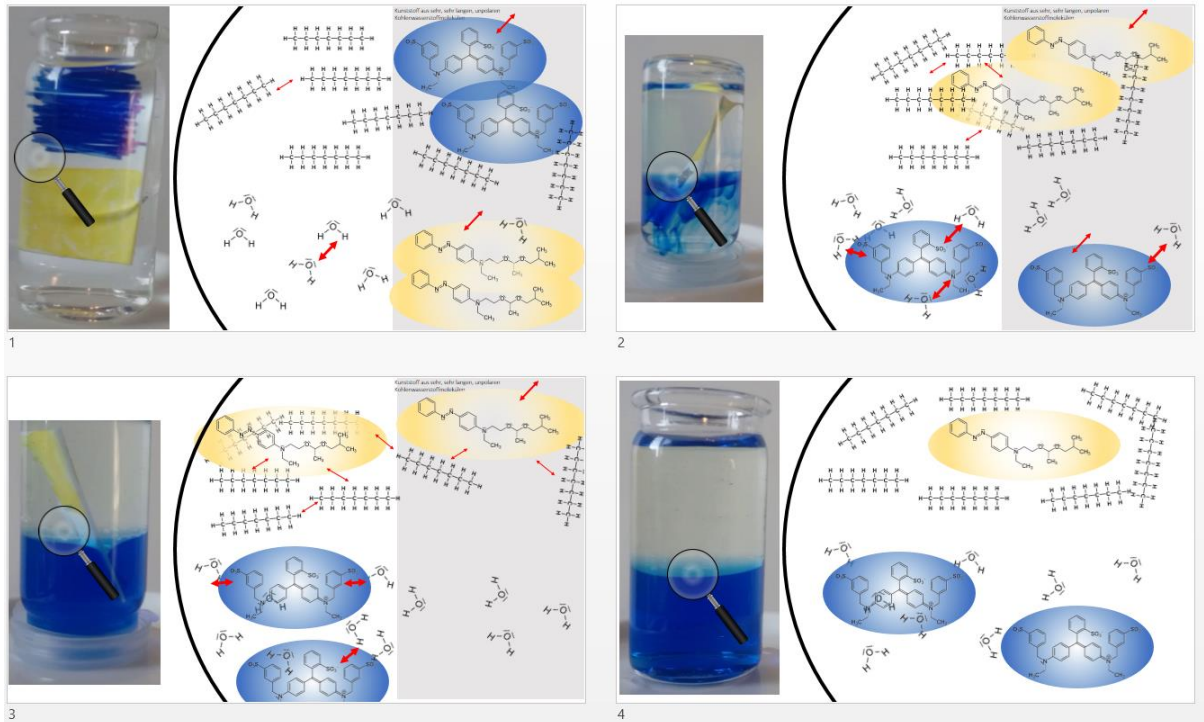


Abbildung 8: mögliche Zwischenlösung, welche den Prozess auf Teilchenebene erläutert

Die Ergebnisse werden mit denen des ersten Experiments verglichen und verallgemeinert.

3. Ethanol - ein universales Lösemittel?!

Im Lernkontext ankommen und Bewusstwerdung des Problems

Ein fiktiver Universalreiniger (Abb. 9) wird gezeigt, der alles lösen können soll!

Schnell lässt sich klären, dass ein Heptan-Wasser-Gemisch sowohl aufgrund der Phasenbildung in der Sprühflasche als auch der vom Heptan ausgehenden Gefahren eher ungeeignet wäre.

Ethanol wird als Alternative ins Spiel gebracht und hypothetisch diskutiert (polar, unpolar)

Lernmaterial bearbeiten / Lernprodukt erstellen

Mit Hilfe eines dritten Versuchs wird auf die nun bekannte Weise die mögliche Verwendung von Ethanol geprüft.

Entsprechend dem zentrale Arbeitsauftrag (Abb. 10) sollen die Lernenden



Abbildung 9: Fiktiver Universalreiniger samt Etikett

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Aufbau der Lerneinheiten mit den Experimenten

- ihre Vermutungen prüfen, dass sich sowohl der gelbe Farbstoff als auch der blaue Farbstoff lösen.
- auf Teilchenebene erklären, dass sich nur eine Phase bildet, die aber nun grün gefärbt ist.

Die Schülerinnen und Schüler können zudem beobachten, dass der gelbe Farbstoff sich wesentlich besser vom Kunststoff löst als zuvor und dies erläutern.

Zentraler Arbeitsauftrag

Prüfe und erkläre, ob Ethanol als Universal-Lösemittel für den *permanenten bzw. unpolaren Farbstoff* und den *non permanenten bzw. polaren Farbstoff* funktioniert.

Arbeitsschritte

Gib das eingefärbte Plastikstück in das mit Brennspritus (Ethanol) gefüllte Gefäß. Schüttle und **beobachte**.

Betrachte zudem das Video oder **erstelle** ein eigenes samt Fotos.

Erstelle Szenarien auf Teilchenebene zu den ausgewählten Fotos bzw. deinen Fotos. Dazu

- „Kunststoff“ und alle Moleküle ausschneiden/ ggf. duplizieren/ anordnen
- Teilladungen und Kräfte z. B. in Form von Pfeilen exemplarisch einzeichnen
- Folien sichern (speichern, fotografieren ...)

Erläutere unter Verwendung von Fachbegriffen die Beobachtungen auf der Teilchenebene.

Abbildung 10: Folie mit Arbeitsaufträgen

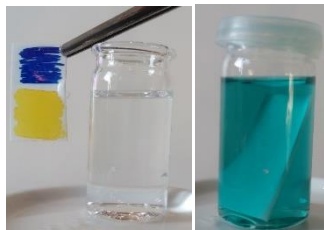


Abbildung 10: Video zum Experiment 3



Abbildung 12: Video zur Entfernung

Lernprodukt präsentieren, diskutieren/verhandeln und sichern

Die Lernenden präsentieren und erläutern ihre Ergebnisse. Abschließend kann in einem Video (Abb. 12) die Entfernung der gelben und blauen Schrift gezeigt werden.

4. Anwendung: Der Louche-Effekt beim Verdünnen von Anisschnaps

Die Trübung von Ouzo oder Pastis beim Verdünnen mit Wasser ist mit der unterschiedlichen Löslichkeit des Anethols (Anisaroma) in Wasser und Ethanol sowie der Verteilung der Ethanolmoleküle zu erklären.

Die Problemstellung ergibt sich aus dem Realversuch oder einem Video. Da der Versuch bereits mannigfaltig beschrieben ist, hier der Hinweis auf die von uns im Team LNCU erstellte abschließende Arbeitsumgebung mit Material und Tippkarten.



Abbildung 11: Link auf Arbeitsmaterial zum Louche-Effekt

GLEICHES MISCHT SICH MIT GLEICHEM? GENAUER HINGESCHAUT!

Aufbau der Lerneinheiten mit den Experimenten

Erfahrungen

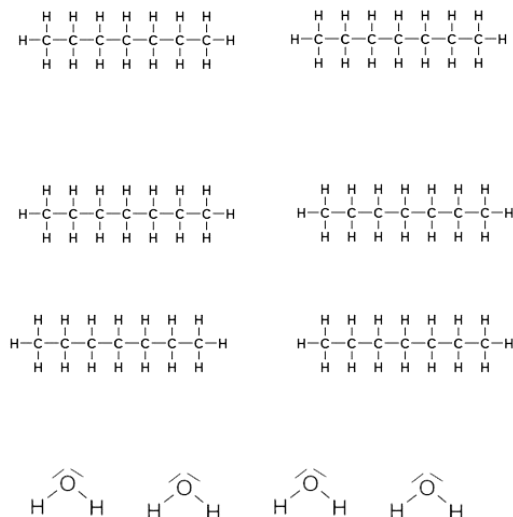
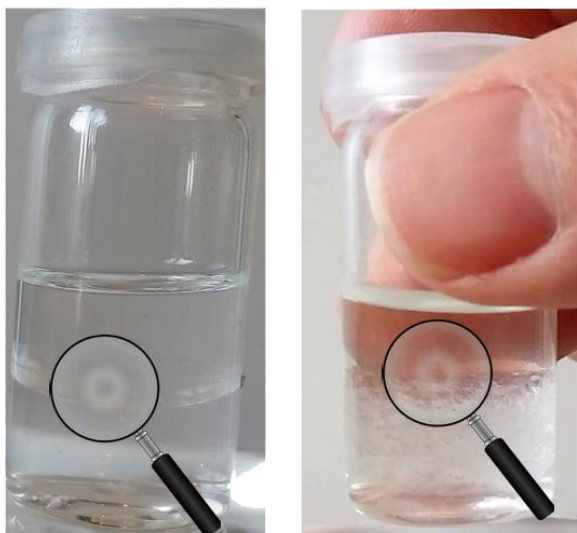
Die Experimente und Materialien wurden im ersten Schulhalbjahr 2018/19 entwickelt und in zwei Kursen in der Einführungsphase¹³ in sechs Unterrichtsstunden¹⁴ zeitversetzt und teils optimiert erprobt. In beiden Kursen standen den Schülerinnen und Schülern iPads u. a. mit „Explain everything“ und Office Anwendungen zur Verfügung¹⁵. Parallel dazu hatten die Lernenden die Möglichkeit, analoge Vorlagen in Form eines „Bastelbogens“ zu nutzen. Die Schülerinnen und Schüler haben in den Stunden sowohl basierend auf der digitalen Vorlage Abbildungen der Modellebenen am iPad erstellt als auch mit Hilfe der zerschnittenen Papiervorlage Szenarien gelegt, beschriftet und fotografiert. Beide Varianten waren unseres Erachtens lernförderlich. Erstere erwies sich nach anfänglichen Schwierigkeiten im Umgang mit der Technik als weniger aufwändig und damit letztlich funktionaler. Den inhaltlichen Abschluss bildete jeweils die materialgebundene Aufgabe zum Louche-Effekt. Diese stellte in gewisser Weise auch eine Diagnose des Erlernten dar, da die Schülerinnen und Schüler hier alle zuvor erarbeiteten Darstellungen der makroskopischen und submikroskopischen Ebene in einer neuen, komplexeren Argumentationskette zusammenführen mussten. Für diese Stunde konnte ich idealerweise auf bereits mehrfach erprobte Materialien meiner Kollegen David Weninger und Andreas Böhm zurückgreifen, die beide zuvor unabhängig voneinander für ihre Lerngruppen an ihren Schulen entwickelt hatten und die ich lediglich zusammenführen und für meine Zwecke optimieren musste. Die Beobachtungen von Herrn Kaiser und mir zeigten, dass dem ersten Experiment tatsächlich die erwartet wichtige Stellung zukam. Am Beispiel von Wasser und Heptan wiederholten die Lernenden nach unserer Wahrnehmung die wichtigsten Fachbegriffe und Zusammenhänge oder lernten neue kennen. Sie lernten die Vorlage für die Darstellung auf submikroskopischer Ebene zu erweitern und damit die Notation kennen und machten sich mit der dann immer ähnlichen Lernumgebung (Experiment, Video, Fotos, Teilchenebene, Argumentationsketten) vertraut. Basierend darauf waren in beiden Kursen nachfolgend auch fachlich schwächere Schülerinnen und Schüler in der Lage, die Farbstoffverteilung in den beiden Phasen zu erläutern sowie treffende Vorhersagen für das Experiment mit Ethanol zu machen und zu verifizieren. Das Material zum Louche-Effekt stellte abschließend für viele Schülerinnen und Schüler eine lösbare Herausforderung dar und zeigte uns, dass es sich gelohnt hatte, derart kleinschrittig Argumentationsketten einzuführen. Die Schülerinnen und Schüler nannten in einer kurzen gemeinsamen Reflexion als einzige Verbesserungswünsche einen reibungsloseren Einsatz der iPads, der sich meines Erachtens aber in Zukunft automatisch ergeben wird. Wesentlicher waren für mich die positiven Rückmeldungen bezüglich der gut verständlichen Verknüpfung von Experiment und Teilchenebene sowie der gewonnenen Sicherheit im Erläutern von Sachverhalten.

¹³ Jahrgangsstufe 10 in NRW, im jetzigen G8 Modell 1. Schuljahr in der Sekundarstufe II

¹⁴ Zwei Einzelstunden, zwei Doppelstunden. In NRW gibt es keine Trennung von Praxis- und Theoriestunden. Die experimentellen Phasen sind jederzeit Teil des Chemieunterrichts.

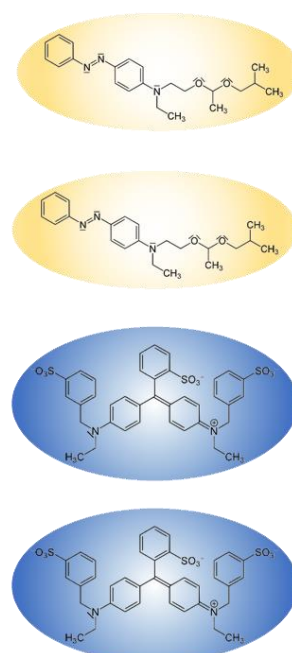
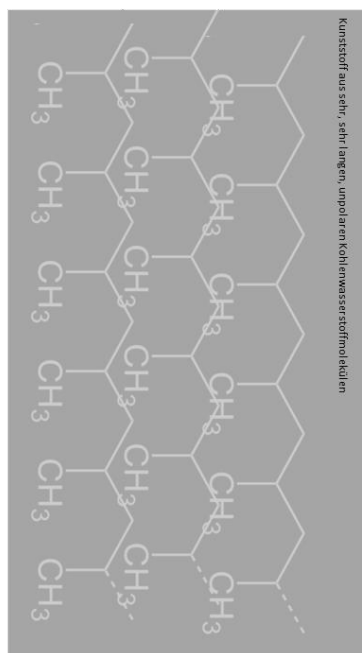
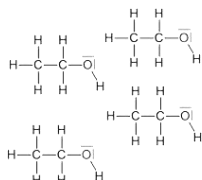
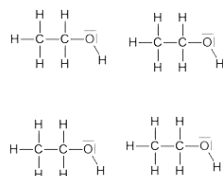
¹⁵ Am Alexander-von-Humboldt Gymnasium wird seit dem Schuljahr 2017/2018 gezielt der Einsatz digitaler Medien erprobt. Dafür stehen u. a. drei Klassensätze iPads bereit. Lehrer wie Schüler gleichermaßen müssen sich allerdings im Alltag an vielen Stellen noch mit deren Einsatz vertraut machen und es gilt häufig, kleine Hürden zu überwinden, die dann aber mitunter den Zeitrahmen der Unterrichtsstunde sprengen. Dies war mit ein Grund dafür, die Materialien parallel analog bereit zu halten.

für Versuch 1



für Versuch 2 siehe Titelblatt oben rechts

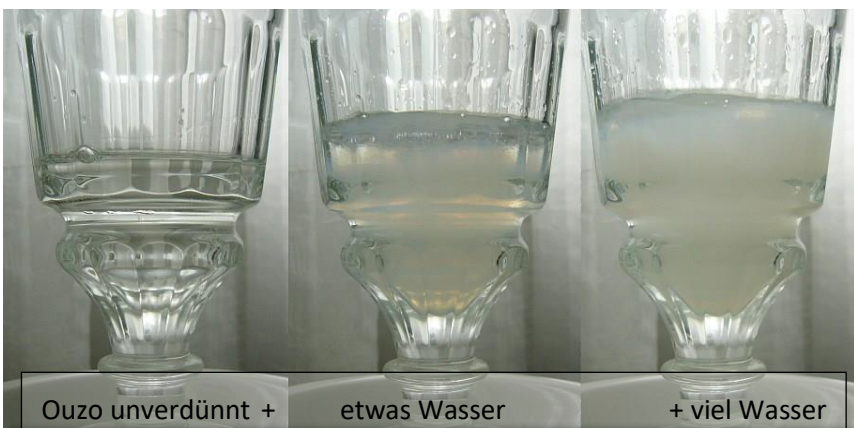
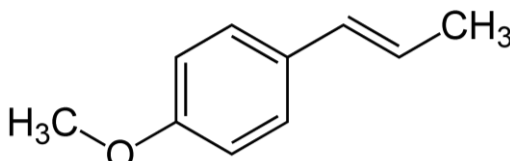
für Versuch 3



ANHANG

Materialien für die Schülerinnen und Schüler

Materialbasierte Übung zum Louche-Effekt (Ouzo)

Aufgabenstellung	1. Begründen Sie die unterschiedliche Löslichkeit von Athenol in Ethanol und in Wasser (M2) mit Hilfe der Molekülstruktur. 2. Erklären Sie auf molekularer Ebene, weshalb im klaren Ouzo das Anethol durch den hohen Ethanolgehalt in Lösung gehalten wird. 3. Verdeutlichen Sie in einer zweiten Skizze zeichnerisch die neue Anordnung der Moleküle nach Zugabe von immer mehr Wasser zu dem zuvor klaren Ouzo. 4. Erstellen Sie abschließend eine vollständige Argumentationskette, mit der Sie erläutern, wie es durch die Wasserzugabe zu einer Trübung kommt. 5. Im Experiment oder auch im Video (https://www.youtube.com/watch?v=6eUo0-dk9Wo, QR-Code s. u.) wird gezeigt, wie die Trübung von Ouzo wieder rückgängig gemacht werden kann. Erklären Sie auch dies.										
M1 Verdünnen von Anisschnaps	Anis-Schnäpse wie „Pastis“ oder „Ouzo“ bestehen hauptsächlich aus Wasser und 40 Vol% Alkohol. Fügt man zu den klaren Schnäpsen weiteres Wasser hinzu, entstehen milchig-trübe Mischungen. Für die Eintrübung, auch Louche-Effekt genannt, sind ätherischen Öle im Anis-Gewürz verantwortlich. Bilden sich größere Tröpfchen dieser Öle innerhalb der Flüssigkeit, bricht sich an ihnen das Licht. Derartige Mischungen von Flüssigkeiten bezeichnet man mit dem Fachbegriff Emulsion.  Abb. 1, Pastis mit Wasser, Peng, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pastis1.jpg, CC BY-SA 3.0  Ouzo unverdünnt + etwas Wasser + viel Wasser Abb. 2, Verdünnung von Anisschnaps, Phoney, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blanche_absinthe_louche.jpg CC BY-SA 3.0										
M2 Anethol	Der Hauptbestandteil des Anisöls (80-90%) ist Anethol, eine farblose, nach Anis riechende, süßlich schmeckende Substanz. In 1L Ethanol sind 500mL Anethol löslich. In Wasser ist Anethol dagegen nur sehr schlecht löslich. 										
Hilfen	Alle Materialien auch unter https://www.lncu.de -> Schülerzugang -> Kurs „Vom Alkohol zum Aromastoff“ <table><tr><td>Skizze der molekularen Ebene - Lösung</td><td>Erstellen einer Argumentationskette</td><td>Beginnen Sie mit ...</td><td>Mögliche Argumente</td><td>Link zum Video letzter Zugriff 1.12.2018</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Skizze der molekularen Ebene - Lösung	Erstellen einer Argumentationskette	Beginnen Sie mit ...	Mögliche Argumente	Link zum Video letzter Zugriff 1.12.2018					
Skizze der molekularen Ebene - Lösung	Erstellen einer Argumentationskette	Beginnen Sie mit ...	Mögliche Argumente	Link zum Video letzter Zugriff 1.12.2018							
											

ANHANG

Gefährdungsbeurteilung

Beispielhafte Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung

Schulname, Ort: Alexander-von-Humboldt Gymnasium Bornheim Erstelldatum: 26.11.2018

1. Tätigkeit / Experiment: Löslichkeit von Farbstoffen in Heptan, Wasser oder Ethanol

Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒

2. Versuchsdurchführung

Wenige mL Heptan und Wasser werden in einem verschlossenen Schnappdeckelglas geschüttelt.

Ein Kunststoffplättchen wird mit einem non permanenten blauen Folienstift und einem permanenten gelben Marker bemalt und mit einer Pinzette in das Schnappdeckelglas mit den beiden Flüssigkeiten gegeben.

Der letzte Versuch wird mit Ethanol anstelle von Heptan und Wasser wiederholt.

3. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Piktogramme	Signalwort	H-Sätze	P-Sätze
n-Heptan		☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H225 H304 H315 H336 H410	P210 P273 P301+P310 P331 P302 + P353 P403 + P235
Ethanol		☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H225 H319	P210
Solvent Yellow 162	Das Produkt ist nach GHS-Kriterien nicht kennzeichnungspflichtig.		-	-
C.I. Acid Blue 9 (Brillantblau FCF)	Das Produkt ist nach GHS-Kriterien nicht kennzeichnungspflichtig.		H412	P273

4. Entsorgung

Phasen trennen, Heptan und Ethanol samt Farbstoffen in flüssige org. Abfälle halogenfrei, wässrige Phase in Kunststoffbehälter eintrocknen lassen und über Hausmüll entsorgen

5. Gefahren (vor Anwendung der Schutzmaßnahmen)

durch	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	☒	☐
Einatmen	☒	☐
Brand, Explosion	☒	☐
Sonstige Gefahren	☐	☒

Substitutionsprüfung durchgeführt?

☒ Ja ☐ Nein

Das Ergebnis der Prüfung und der Verzicht auf Substitution müssen bei hohen und sehr hohen Gefahren schriftlich begründet werden.

Substitution wurde geprüft. In dieser Form risikoarmer Standardversuch.

6. Tätigkeitsbeschränkungen

Als Schüler- und Lehrerversuch ab Jahrgangsstufe 5 möglich

7. Schutz-Maßnahmen

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	 Schutzbrille	 Handschuhe	 Abzug	 Geschl. System	 Lüften	 Brandschutz	Weitere Maßnahmen: Schnappdeckelgläser mit Heptan im Abzug befüllen. Nur noch zum Hineingeben des Kunststoffplättchens öffnen und direkt wieder verschließen. Versuch kann dann ohne Handschuhe außerhalb des Abzuges durchgeführt werden
☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☐

8. ☐ Die Gefährdungen wurden geprüft, beurteilt.

☐ Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen ist gegeben.

ANHANG

Gefährdungsbeurteilung

Datum: 30.01.2019 Unterschrift: _____

ANHANG

Literatur und Quellen

Literatur, Quellen

[1] Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014), Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen im Fach Chemie

[2] Kurs mit den Lehrermaterialien zu finden unter:

LNCU  <https://www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=library&action=show&categoryId=23>

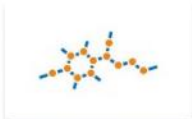
spritzige Experimente Kleine Entdecker Sekundarstufe 1 **Sekundarstufe 2** Aus- und Fortbildung Vernetzt Highlights intern

Kohlenstoffverbindungen

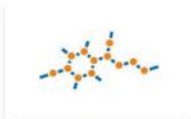




OC 1: Alkanole und Alkane - Struktur-Eigenschafts-Beziehungen



OC 2: Oxidation - Alkanale und Alkansäuren



OC 3: Ester - Kinetik und Gleichgewicht

[3] Heiko Krabbe, Simon Zander, Hans E. Fischer (o. J.), Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht Materialien zur Lehrerfortbildung, online frei zugänglich unter <http://www.ganzin.de/wp-content/uploads/2015/10/Lernprozessorientierte-Gestaltung-von-Physikunterricht.pdf>.

[4] Leisen, J. (2015), Was Lehrkräfte brauchen – Ein praktikables Lehr-Lern-Modell. Online abrufbar unter <http://www.josefleisen.de/downloads/lehrenlernen/100%20Was%20Lehrkr%C3%A4fte%20brauchen%20-%20Ein%20praktibles%20Lehr-Lern-Modell.pdf>

[5] Fachschaft Chemie, schulinterner Lehrplan Chemie SII am Alexander-von-Humboldt Gymnasium Bornheim, o. J., online frei zugänglich unter <https://www.avh-gymnasium.de/wir-ueber-uns/fachcurricula/>

Advance Organizer: Inhalte – Schlagworte – Bekanntes - Neues

LNCU Team: G. von Borstel, Stand 2018. Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-NC-SA 4.0



VOM ALKOHOL ZUM AROMASTOFF

Vollständige Übersicht Modul I: Herstellung, Untersuchung, Benennung und Verwendung von Alkanolen und Alkanen

Vollständige Übersicht Modul 1 als Konkretisierung des Unterrichtsvorhabens

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Alkohol - zum Trinken geeignet?		
Der Alkoholkonsum und seine Folgen Der offene Einstieg über „Genussmittel vs. Krankmacher“ ist sinnvoll, denn viele Jugendliche erleben oder beobachten in ihrem Alter die Folgen des Alkoholkonsums. Das Material zu Kenn-dein-Limit erschließt dieses Themenfeld sehr gut. Die SchülerInnen bearbeiten es parallel auch zu Hause.	beschreiben Zusammenhänge zwischen Vorkommen, Verwendung und Eigenschaften wichtiger Vertreter der Stoffklassen der Alkohole (hier Ethanol als Trinkalkohol)	Neben der „chemisch“ stofflichen oder molekularen Betrachtung birgt das Themenfeld viele weitere Aspekte, Problemfragen oder Annäherungsmöglichkeiten! Eine erschöpfende Bearbeitung des Internetauftrittes der BzGA ist nicht intendiert. Vielmehr soll der offene Einstieg zur Beschäftigung und zum gezielten Fragen anregen.
Alkoholische Gärung? Ein Notfallprogramm!		
Hefen produzieren Ethanol Wie entsteht Alkohol, was ist Gärung, warum macht Hefe dies? Ein Gärungsversuch wird praktisch angesetzt, der ca. 1-3 Wochen parallel zum Unterricht betrachtet wird.	führen qualitative Versuche (hier Gärversuche samt Bestimmung des entstehenden Gases) unter vorgegebener Fragestellung durch und protokollieren die Beobachtungen.	Federweißer lenkt den Blick auf die Hefe als Produzenten und die Gärungsbedingungen . Der Gäransatz ist wichtig, da das Produkt später destilliert werden kann. Der Aufbau des Versuchs mit Gärröhrchen ergibt sich daraus, dass entstehendes Gas entweichen können muss, Sauerstoff aber nicht hineingelangen darf.
Energiegewinn? Bildung polarer Bindungen! Über den Nachweis des entstehenden Kohlenstoffdioxids, den Geruch und die Dichteveränderung (materialbasiert) wird zunächst die stoffliche Veränderung betrachtet. Eine weitere Auswertung erfolgt dann mit Blick auf den aeroben und anaeroben Stoffwechsel sowie ATP und wird mit der chemischen Reaktion und der Bildung von polaren Elektronenpaarbindungen verknüpft. Der Concept Cartoon bildet einen Redeanlass, der als Diagnose eingesetzt werden kann, um zu schauen, ob sprachlich alle Inhalte verbunden werden können.	- nutzen chemiespezifische Tabellen zur Auswertung von Experimenten und zur Ermittlung von Stoffeigenschaften (Dichte) - beschreiben und visualisieren anhand geeigneter Anschauungsmodelle die Strukturen organischer Verbindungen	Aus der Frage nach der Sinnhaftigkeit des anaeroben Stoffwechsels ergibt sich ein Wechsel auf die molekulare Ebene . Der Energiegewinn wird mit der Bildung kleinerer Moleküle und der Neuknüpfung polarer Bindungen begründet, ohne die Begriffe Entropie und Enthalpie explizit zu nutzen. Immanent werden dabei fachliche Aspekte wie Elektronegativitätsdifferenzen und polare Elektronenpaarbindungen wiederholt , die wenig später bei den zwischenmolekularen Wechselwirkungen wichtig werden!

VOM ALKOHOL ZUM AROMASTOFF

Vollständige Übersicht Modul I: Herstellung, Untersuchung, Benennung und Verwendung von Alkanolen und Alkanen

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Destillation unseres Gäransatzes		
Destillation in der Praxis: Wie gewinnt man Hochprozentiges? Die Hefe stirbt bereits bei max. 18 Vol% Alkohol ab. Durchführung einer Destillation mit dem eigenen Gäransatz unter Messung der Temperatur. Aufbewahren des Destillats für weitere Untersuchungen!	• führen eine Destillation unter vorgegebener Fragestellung durch und protokollieren die Beobachtungen.	Das in der Regel bereits aus der SI bekannte Verfahren wird exemplarisch aufgebaut, die Funktion der Geräte und Vorgehensweise geklärt und dann von allen Gruppen durchgeführt. Die Differenz der Siedetemperaturen (Stoffeigenschaft) muss klar sein und begründet auch die Temperaturmessung.
Vergleich von Siedekurven: Wasser vs. Ethanol Am Beispiel und unter Verwendung von Literaturkurven wird der Blick auf den „Nachlauf“ gerichtet. Auf molekularer Ebene werden erneut polare Elektronenpaarbindungen betrachtet und die nahe beieinanderliegenden Siedetemperaturen mit ähnlich starken aber nicht gleichen Anziehungskräften zwischen den Molekülen mit permanenten Dipolen (oder genauer Wasserstoffbrückenbindungen) erläutert.	• erläutern ausgewählte Eigenschaften (Siedetemperaturen im Vergleich) mit Wechselwirkungen zwischen den Molekülen (Wasserstoffbrücken)	Hier zählt es sich aus, wenn die Polarität von Bindungen zuvor wiederholt wurde. Nun rücken daraus resultierende Betrachtungen von Kräften zwischen Molekülen in den Blick. Die Einführung von zwischenmolekularen Wechselwirkungen anhand der Siedetemperaturen (und nicht der Löslichkeit) ist deutlich leichter, da hier nur Kräfte zwischen jeweils gleichen Molekülen betrachtet werden. Der Fokus auf die permanenten Dipole macht Sinn, da ihre Bildung bereits bekannt ist.
Vergleich von Siedekurven: Methanol vs. Ethanol Mit Hilfe von Zeitungsmeldungen rücken dann Methanol und der Vorlauf in den Fokus der Betrachtung. Nun müssen sachlogisch die unpolaren Reste der Moleküle Ethanol und Methanol verglichen und die Van-der-Waals-Kräfte zur Erläuterung der verschiedenen Siedetemperaturen genutzt werden.	• erläutern ausgewählte Eigenschaften (Siedetemperaturen im Vergleich) mit Wechselwirkungen zwischen den Molekülen (Van-der-Waals-Kräfte)	Methanol - ein Gefahrstoff! Was ist die letale Dosis? Was bedeuten die angegebenen Werte und wieso haben Methanol und Ethanol ähnliche aber nicht gleiche Siedetemperaturen ? Temporäre Dipole und induzierte Dipole werden als Erklärungsansatz benötigt - und sind nach der Einführung permanenter Dipole leicht zu verstehen. Die höhere Wahrscheinlichkeit der Ungleichverteilung bei größeren Molekülen erklärt die Zunahme der v.-d.-W. Kräfte mit zunehmender Größe der Moleküle.
Gaschromatografie		
Enthält unser Destillat Methanol?	• erläutern die Grundlagen der Entstehung eines Gaschromatogramms und	Das neue Verfahren wird am realen Beispiel vorgestellt.

VOM ALKOHOL ZUM AROMASTOFF

Vollständige Übersicht Modul I: Herstellung, Untersuchung, Benennung und Verwendung von Alkanolen und Alkanen

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Im Destillat lässt sich neben Ethanol nach Methanol forschen, z. B. mit einem Low Cost GC. Parallel werden die Grundlagen der Chromatografie an einer Simulation, Animation oder mit Texten erarbeitet und die Zusammenhänge in einem Begriffsnetz verknüpft und gesichert.	entnehmen diesem Informationen zur Identifizierung eines Stoffes	Retentionszeiten und Flächen unter den Peaks werden explizit in den Blick genommen und lassen qualitative und quantitative Aussagen zu.
Damit wir über dasselbe sprechen: Nomenklatur		
Unverzweigte Alkane und Alkanole Spätestens an dieser Stelle ist es klar, dass es mehrere Vertreter der Stoffklasse der „Alkohole“ (ab hier treffend als Alkanole bezeichnet) gibt. Bei deren systematischer Benennung können weitere funktionelle Gruppen und Stoffklassen in den Blick genommen werden. Es folgt die Nomenklatur verzweigter Alkane als Basis der Nomenklatur verzweigter Alkanole.	• ordnen organische Verbindungen aufgrund ihrer funktionellen Gruppen in Stoffklassen ein • beschreiben den Aufbau einer homologen Reihe und die Strukturisomerie am Beispiel der Alkane und Alkohole • erklären an Verbindungen aus den Stoffklassen der Alkane und Alkene das C-C-Verknüpfungsprinzip • benennen ausgewählte organische Verbindungen mithilfe der Regeln der systematischen Nomenklatur (IUPAC)	Zwei Dinge müssen verstanden werden: • Die verschiedenen Darstellungsformen von der Summenformel bis hin zur Skelettformel • Der Zusammenhang von Formel und Name Die Zerlegung in den Wortstamm und die funktionelle Gruppe leuchtet schnell ein und es bedarf nur einiger Übung. Oft gilt es z. B. die Skelettformel richtig zu interpretieren. Die Regeln der Benennung verzweigter Alkane kann arbeitsteilig erfasst werden - hier steht ganz am Anfang die Klärung der freien Drehbarkeit um Einzelbindungen. Sind die Regeln klar und haben die SuS die beiderseitige Übersetzung (Name – Formel) geübt, sind die wenigen Abweichungen bei der Benennung von Alkanolen (z. B. namensgebend ist die längste Kette, welche die funktionelle Gruppe trägt) schnell erkannt.
Wissen vernetzt		
Materialien zu Siedetemperaturen und homologen Reihe führen die Benennung von Vertretern homologer Reihen und bereits bekannte Argumentationsketten zum Zusammenhang von Siedetemperaturen und Molekülaufbau zusammen.	• benennen ausgewählte organische Verbindungen mithilfe der Regeln der systematischen Nomenklatur • erläutern ausgewählte Eigenschaften mit Wechselwirkungen zwischen den Molekülen (Van-der-Waals-Kräfte, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen,	Die Grundlagen für Argumentationen bei den Siedetemperaturen ist auf molekularer Ebene gelegt: • homologe Reihen und deren Vertreter können benannt und ihre Strukturen gezeichnet werden, • basierend darauf kann erklärt werden, warum die Kräfte zwischen den Molekülen von der Kettenlänge und der funktionellen Gruppe abhängen ...

VOM ALKOHOL ZUM AROMASTOFF

Vollständige Übersicht Modul I: Herstellung, Untersuchung, Benennung und Verwendung von Alkanolen und Alkanen

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Ähnliche Argumente werden bei der Löslichkeit wieder wichtig!	Wasserstoffbrückenbindungen)	... und warum daher die Siedetemperaturen von Stoffen innerhalb einer Stoffklasse mit zunehmender Kohlenstoffanzahl ihrer Moleküle steigt, manche Stoffe immer höhere Siedetemperaturen haben als andere mit ähnlicher Molekülgröße und sich die Siedetemperaturen aller Stoffe bei sehr großer Molekülgröße annähern.
Die Gaschromatografie nach einem Tankerunglück fordert die SuS heraus, ihr Wissen anzuwenden. Bevor die Chromatogramme entschlüsselt werden können, müssen die Stoffgemische (Diesel, Kerosin, Schmieröl, Benzin) zunächst einmal als solche erkannt und ihre Bereitstellung per fraktionierter Destillation verstanden werden. Auch hier sind Kettenlängen, Van-der-Waals-Kräfte und Siedetemperaturen Argumentationsbestandteile.	- benennen ausgewählte organische Verbindungen mithilfe der Regeln der systematischen Nomenklatur - erläutern ausgewählte Eigenschaften mit Wechselwirkungen zwischen den Molekülen (Van-der-Waals-Kräfte) - entnehmen einem Gaschromatogramm Informationen zur Identifizierung eines Stoffes	Das Szenario scheint komplex, ist aber bei genauer Betrachtung durch strukturierte Bearbeitung zu entschlüsseln und damit herausfordernd: Welche Chromatogramme stehen für welche Gemische? Eine Argumentation erfolgt über die Zusammensetzung, die wiederum aus dem Material zur fraktionierten Destillation folgt. Welche Stoffgemische wiederum könnten in der Probe zusammen untersucht worden sein?
Gleiches mischt sich mit Gleichem? Genauer hingeschaut!		
Anders als in vielen Schulbüchern steht hier nicht die unterschiedliche Mischbarkeit verschiedener Alkanole mit Wasser im Mittelpunkt, sondern sukzessiv komplexere Mehrphasensysteme mit Ethanol als Lösemittel: Warum mischen sich Wasser und Heptan nicht dauerhaft? Wasser und Heptan als Lösemittel Ethanol als universales Lösemittel? Der Louche Effekt - Verdünnen von Anisschnaps	- beschreiben und visualisieren anhand geeigneter Anschauungsmodelle die Strukturen organischer Verbindungen - erläutern ausgewählte Eigenschaften organischer Verbindungen (hier die Löslichkeit) mit Wechselwirkungen zwischen den Molekülen (Wasserstoffbrücken, Van-der-Waals-Kräfte)	Die Betrachtung von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen am Beispiel der Mischbarkeit/Löslichkeit ist ans Ende der Reihe gerückt, um den Spannungsbogen „Destillation - Methanol? - Gaschromatografie!“ nicht zu deutlich zu unterbrechen. Am Prototyp Wasser/Heptan wird der Phasenbegriff eingeführt und der Wechsel auf die molekulare Ebene geübt. Das Lösen von polaren und unpolen Farbstoffen in eben diesen Lösemitteln ist gut sichtbar und bringt je eine weitere Komponente hinzu. Das Lösen der beiden Farbstoffe in dann nur einer Phase macht klar, dass Ethanol polare wie unpolare Eigenschaften vereint und als grenzflächenaktiver Stoff wirkt. Die letzte Stunde zeigt auf, wie stabile Emulsionen etc. entstehen.