

Schulversuchspraktikum

Thomas Polle

Sommersemester 2015

Klassenstufen 11 & 12



Fette, Öle und Tenside

Auf einen Blick:

Es werden zwei Versuche zum Thema Fette vorgestellt, welche aufeinander aufgebaut werden können. So wird zunächst im Schülerversuch Butter hergestellt werden und später im Lehrerversuch die Iodzahl dieser Butter bestimmt, wodurch ein Hinweis auf die Qualität der Butter gegeben wird. Es können auch weitere Kennzahlen bestimmt werden.

Inhaltsverzeichnis

1	<u>Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele.....</u>	<u>3</u>
2	<u>Relevanz des Themas für SuS der 11. und 12. Jahrgangsstufe.....</u>	<u>3</u>
3	<u>Lehrerversuch – Bestimmung der Iodzahl.....</u>	<u>4</u>
4	<u>Schülerversuch – Herstellung von Butter.....</u>	<u>8</u>
5	<u>Didaktischer Kommentar zum Schülerarbeitsblatt.....</u>	<u>6</u>
	<u>Erwartungshorizont (Kerncurriculum).....</u>	<u>6</u>
	<u>Erwartungshorizont (Inhaltlich).....</u>	<u>6</u>

1 Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele

Im Kerncurriculum für die Oberstufe heißt es im Basiskonzept Stoff-Teilchen, dass die SuS Naturstoffe, wie Fett, klassifizieren und die Eigenschaften dieser Naturstoffe experimentell untersuchen können sollen. Fette lassen sich zunächst in gesättigte und ungesättigte Fette unterscheiden, wobei es bei den ungesättigten Fetten Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatomen gibt und bei den gesättigten nicht. Diese ungesättigten Fette sind für den Menschen besonders wichtig, da der Körper sie (teilweise) nicht selbst herstellen kann und müssen durch die Nahrung aufgenommen werden. Außerdem gibt es drei Kennzahlen, die die Fette klassifizieren, wobei die Verseifungszahl ein Maß für die Stoffmenge aller Fettsäuren, die Esterzahl für die Stoffmenge an gebundenen Fettsäuren und die Iodzahl für die Anzahl an Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatome ist. In diesem Protokoll wird im Lehrerversuch die Iodzahl betrachtet, welche als Masse von Iod, die zur vollständigen Addition an 100 g Fett benötigt wird, definiert ist. Da das Iod nur an die Doppelbindungen addiert wird ist dies ein gutes Maß für die die Bestimmung der Anzahl an Doppelbindungen in der jeweiligen Probe (z.B. Sonnenblumenöl). Das zugehörige Lernziel ist, dass die SuS die Iodzahl als Kennzahl für Fett beschreiben und damit eine Beurteilung über die Qualität des Fetts geben können.

Um einen Anwendungsbezug herzustellen wird im Schülerversuch die Herstellung von Butter aus Frittierfett und Öl durchgeführt, was sich gut eignet, um in das Thema einzusteigen. Das Produkt kann verwendet werden, um weitere Untersuchungen durchzuführen und so auf die Qualität der hergestellten Butter zu schließen. Dieser Versuch kann auch zu Hause in der Küche durchgeführt werden, was die Möglichkeit eines späteren Geschmackstests liefert.


2 Relevanz des Themas für SuS der 11. und 12. Jahrgangsstufe

Das Thema lässt sich für SuS sehr gut im Zusammenhang mit (gesunder) Ernährung thematisieren, da sie wichtig für jeden Schüler/ jede Schülerin ist (oder sein sollte). Verschiedene Fette und Öle sollten außerdem aus dem Alltag bekannt sein. Weitere Anknüpfungspunkte in einer solchen Unterrichtseinheit wären beispielsweise Kohlenhydrate und Proteine.

Durch das Herstellen eines Produkts und die anschließende Untersuchung wird den SuS ein Einblick in die Arbeitswelt eines Chemikers gewährt, welcher solche Prozesse häufig durchläuft. Durch die Zugabe unterschiedlicher Ausgangsstoffe und anschließendem Geschmackstest bekommen die SuS zusätzlich einen Einblick in die Welt der Lebensmittelchemie. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass der Geschmackstest nur in diesem besonderen Rahmen möglich ist und auf gar keinen Fall bei anderen Versuchen durchgeführt werden darf.

3 Lehrerversuch – Bestimmung der Iodzahl

Die Iodzahl ist eine der Kenngrößen für Fette und gibt die Masse an Iod an, welche an die Doppelbindungen des ungesättigten Fetts addiert wurde. Sie ist also ein Maß dafür, wie viele ungesättigte Fettsäuren ein Fett (z. B.: Speiseöl) enthält. Für Menschen ist es besonders wichtig viele ungesättigte Fettsäuren durch die Nahrung aufzunehmen, da manche von ihnen nicht vom menschlichen Körper hergestellt werden können. Es bietet sich an, die ersten Versuchsschritte bereits vor der Unterrichtsstunde zu erledigen, damit der Zeitaufwand nicht zu groß wird.

Gefahrenstoffe		
1 - Butanol	H: 225 - 318 - 336	P: 210 - 233 - 305 + 351 +338 - 313 -280
Iod	H: 332 - 312 - 400	P: 273 - 302 + 352
Stärkelösung (1%ig)	H: -	P: -
Natriumthiosulfatlösung (0,1 M)	H: -	P: -
Salicylsäure	H: 302 - 318 -315 - 335	P: 261 - 270 - 280 - 302 + 352 - 305 + 351 + 338
Speiseöl	H: -	P: -
		

Materialien: Magnetrührer, 100 mL Erlenmeyerkolben, 300 mL Erlenmeyerkolben, Bürette, Stativmaterial, Becherglas, 10 mL Pipette

Chemikalien: 1-Propanol, Iod, Stärkelösung, Natriumthiosulfat, Salicylsäure, Speiseöl

Durchführung: Im 100 mL Erlenmeyerkolben werden 8,47 g Iod in 50 mL 1-Propanol unter Erwärmen gelöst und nach dem Abkühlen der Lösung mit 1-Propanol auf 100 mL aufgefüllt. Zur Herstellung der Stärkelösung wird 1 g Stärke in 100 mL Wasser gelöst und bis zum Sieden erhitzt, anschließend wird 0,1 g Salicylsäure hinzugegeben.

Es werden im 300 mL Erlenmeyerkolben 0,16 g des Öls in 10 mL 1-Propanol gelöst (eventuell leicht erhitzen). Nachdem die Lösung abgekühlt ist

werden 10 mL der Iodlösung hinzu-pipettiert und anschließend 2 mal 40 mL Wasser hinzugegeben. Der Kolben wird mit einer Petrischale verschlossen und ca. 7 Minuten stehengelassen.

Nun wird das überschüssige Iod gegen Natriumthiosulfatlösung zurück-titriert. Zunächst wird titriert, bis sich eine leichte Gelbfärbung ergibt, dann werden 2 mL der Stärkelösung hinzugegeben und bis zur Entfärbung weiter titriert (siehe Abbildung).

Abschließend wird die Blindprobe durchgeführt, wozu zunächst 10 mL der Iodlösung gegen Natriumthiosulfatlösung titriert werden, bis ein Aufhellen zu erkennen ist. Dann werden 80 mL Wasser und 2 mL Stärkelösung hinzugegeben und bis zur Entfärbung titriert.

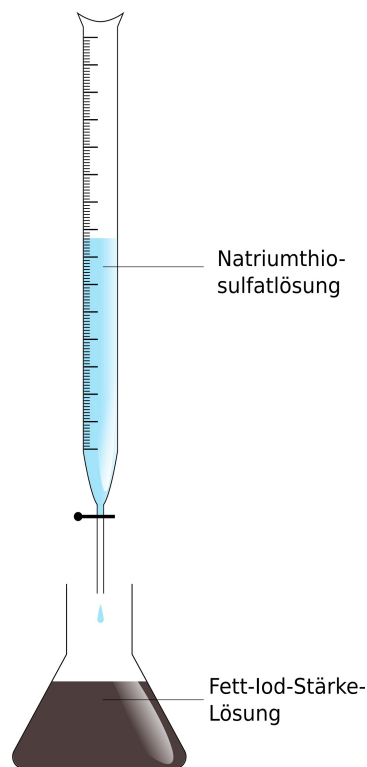
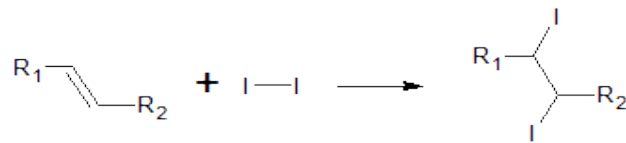


Abbildung 1: Die Titration von Natriumthiosulfatlösung zu der Probelösung.

Beobachtung: Wenn die Fettlösung mit der Iodlösung zusammen-gegeben wird entsteht eine orangefarbene Lösung, welche bei der Titration mit Natriumthiosulfatlösung gelblich wird. Nach Zugabe von Stärke wird die Lösung schwarz und entfärbt sich bei weiterer Titration mit Natriumthiosulfatlösung. In der Blindprobe werden 23,4 mL Natriumthiosulfatlösung bis zur Entfärbung hinzu-titriert und bei der Probelösung 9,1 mL.

Deutung: Das Iod wird an die Doppelbindungen des Speiseöls addiert, wobei folgende Reaktion abläuft



Die Iodzahl IZ ist definiert als die Masse Iod in Gramm, die an 100 g des jeweiligen Fettes angelagert wird. Wenn weniger als 100 g Fett verwendet werden lässt sie sich nach folgender Formel berechnen

$$IZ = \frac{m(I_2) \cdot 100}{m(\text{Fett})} \quad .$$

Um die Masse des addierten Iods zu berechnen, wird zunächst die Stoffmenge benötigt. Diese ergibt sich aus der Hälfte der Stoffmenge von Natriumthiosulfat (da pro Umsatz eines Iodmoleküls zwei Thiosulfatsmoleküle notwendig sind). Es gilt

$$n(I_2) = \frac{n(\text{Na}_2\text{SO}_3)}{2} \quad .$$

Die Stoffmenge des Natriumthiosulfats lässt sich aus der Konzentration und dem zugegebenen Volumen errechnen, es gilt

$$n(I_2) = 0,5 \cdot c(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{SO}_3) \quad .$$

Die Stoffmenge an addiertem Iod ergibt sich aus der Differenz zwischen der Stoffmenge der Blindprobe und der Probelösung. Wird die Beziehung $m = n/M$ und die obige Gleichung nacheinander eingesetzt ergibt sich

$$n(I_2)_{\text{add}} = n(I_2)_{\text{Blind}} - n(I_2)_{\text{Probe}}$$

$$m(I_2) = M(I_2) \cdot [n(I_2)_{\text{Blind}} - n(I_2)_{\text{Probe}}]$$

$$m(I_2) = 0,5 \cdot M(I_2) \cdot c(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot [V_{\text{Blind}}(\text{Na}_2\text{SO}_3) - V_{\text{Probe}}(\text{Na}_2\text{SO}_3)] \quad ,$$

Wird nun die Konzentration von 0,1 mol/L und die molare Masse von I_2 eingesetzt ergibt sich schließlich die Formel zur Errechnung der Masse an addiertem Iod

$$m(I_2)_{add} = 12,69 \text{ g/L} \cdot [V_{Blind} - V_{Probe}] ,$$

woraus sich nun die Iodzahl berechnen lässt. Für die gemessenen Werte von $V_{blind} = 23,4 \text{ mL}$ und $V_{probe} = 9,1 \text{ mL}$ ergibt sich bei einer Fettmasse von $7,23 \text{ g}$ folgende Iodzahl

$$IZ = \frac{12,69 \text{ g/L} \cdot [V_{Blind} - V_{Probe}] \cdot 100}{m_{Fett}} = \frac{12,69 \text{ g/L} \cdot [23,4 - 9,1] \cdot 0,1 \text{ L}}{0,2 \text{ g}} = 90,1 .$$

Für Sonnenblumenöl wird eine Iodzahl von ungefähr 132 angegeben^[2], was eine Abweichung des gemessenen Wertes von ungefähr 32 % bedeutet. Ein Grund dafür kann sein, dass die Iodatome noch nicht an alle Doppelbindungen addiert wurden. Dieser Fehler kann verhindert werden, indem die Lösung nach der Zugabe der Iodlösung länger stehen gelassen wird. Weitere Fehlerquellen sind Ungenauigkeiten bei der Titration.

Literatur:

[1] S. Henkel, http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0219Bestimmung_der_Iodzahl_im_Schuelerversuch.pdf (Zuletzt abgerufen am 12.08.15 um 14:20 Uhr)

[2] <http://www.lebensmittelwissen.de/lexikon/j/jodzahl.php> (Zuletzt abgerufen am 12.08.15 um 14:22 Uhr)

Der Versuch eignet sich gut, um einige bereits gelernte Fähigkeiten bei den SuS zu trainieren. So kann die Titration von SuS durchgeführt werden, wobei auf sauberes Arbeiten zu achten ist. Die Auswertung des Versuchs trainiert den Umgang mit bekannten Formeln und stellt eine gute Übung darin dar. Es können auch verschiedene Öle und Fette von verschiedenen Gruppen untersucht (Vorbereitung der Lösungen durch die Lehrkraft) und die Ergebnisse später verglichen werden. Es kann darüber diskutiert werden, wie aussagekräftig die Iodzahl überhaupt ist und ob noch weitere Informationen für eine Qualitätsbeurteilung des Öls notwendig sind, wofür Vorwissen über essentielle Fette notwendig ist. Bei der Vorbereitung des Versuchs ist es besonders wichtig darauf zu achten, dass das Fett gut gelöst wird, da sich sonst zwei Phasen bilden und nicht an alle Doppelbindungen Iod addiert wird.

4 Schülerversuch – Herstellung von Butter

In diesem Versuch sollen die SuS selbständig Butter herstellen. Der Versuch kann auch als Hausaufgabe aufgegeben werden, da keine Chemikalien oder Geräte verwendet werden, die nur im Chemielabor vorhanden sind. Es gibt auch die Möglichkeit die zugegebenen Fette und Öle zu variieren und das jeweilige Ergebnis auf verschiedene Eigenschaften zu prüfen.

- Materialien:** Kochtopf, Messbecher, Rührlöffel
- Chemikalien:** Eiswasser, Frittierfett, Speiseöl, Speisesalz, Eigelb, Dickmilch
- Durchführung:** Zunächst werden 200g des Frittierfetts im Kochtopf erwärmt und geschmolzen und anschließend 50 g Speiseöl hinzugegeben. Nun wird das Gemisch zum Abkühlen etwa 10 Minuten stehen gelassen. Anschließend werden unter ständigem Rühren 45 mL Eiswasser, 20 mL Dickmilch und ein Eigelb, sowie etwas Speisesalz hinzugefügt.
- Beobachtung:** Das Gemisch ist nach dem Erwärmen flüssig und wird erst durch die Zugabe des Eiswassers wieder fest. Am Ende entsteht eine cremige, gelbliche Masse, so wie in Abbildung 2 gezeigt.



Abbildung 2: Das Reaktionsprodukt.

- Deutung:** Damit ein Stoff als „Butter“ bezeichnet werden kann, muss er mindestens 82 % Fett und maximal 16 % Wasser enthalten, was durch die vorgegebene

nen Einwaagen erfüllt ist. Beim Schmelzen des Fetts wird die Fettkügelchenhülle zerstört und die flüssigen Fettanteile können sich zu Fettagglomeraten (Butterkörnern) verbinden. Es entsteht eine homogene, flüssige Masse. Bei der Zugabe des Eiswassers kühlt diese schnell ab, wodurch sie fest wird. Dabei wird das Wasser über die gesamte Masse fein verteilt und von den Fettmolekülen in sehr kleinen Portionen „eingeschlossen“. Es entsteht also eine Wasser-in-Fett-Emulsion, die auch als „Butter“ bezeichnet wird. Neben dem Wasser wird auch das Salz gebunden, weshalb die Butter leicht salzig schmeckt.

Literatur:

[1] Asselborn, Asselborn ; Risch, Risch: Chemie heute SI 2. Schülerband. Baden-Württemberg, Berlin, Bremen, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-Holstein, Thüringen : Organische Chemie. Braunschweig: Schroedel Verlag GmbH, .S. 89.

[2] D. Wiechoczek, <http://www.chemieunterricht.de/dc2/milch/butter.htm> (Zuletzt abgerufen am 13.08.15 um 07:55 Uhr)

Der Versuche bietet zahlreiche Möglichkeiten zur Variation und Anschlussversuche zur Untersuchung der hergestellten Butter. So können die Kennzahlen der Butter bestimmt werden, was besonders interessant ist, wenn unterschiedliche Ausgangsmaterialien verwendet werden (z.B. verschiedene Öle). Der Versuch kann alternativ auch im Labor durchgeführt werden, oder die Dickmilch durch eine Zentrifuge selbst aus normaler Milch hergestellt werden. Der Versuch eignet sich zum Einstieg in das Thema Fette und stellt einen Alltagsbezug für die SuS zu dem Thema her. Die Herstellung eines Produkts und anschließende Untersuchung auf Qualität und Eigenschaften stellt einen guten Einblick in die Berufswelt eines Chemikers dar.

Thema: ungesättigte Fette

Klassenstufe: 11/12

Bestimmung der Iodzahl

Aufgabe 1: Nennen Sie zwei Experimente zum Nachweis von Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatomen.

Um die Iodzahl zu bestimmen kann ein Versuch verwendet werden, bei dem im Überschuss Iod (gelöst in 1-Butanol) zur Probe gegeben wird und das restliche Iod dann mit Natriumthiosulfat titriert wird, bis sich die Lösung entfärbt. Anschließend wird die gleiche Masse Iod mit Natriumthiosulfat titriert (Blindprobe). Bis zur Entfärbung ergeben sich für die Probelösung 5,32 mL Natriumthiosulfatlösung ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) und für die Blindprobe 7,82 mL. Für jedes umgesetzte Iodmolekül werden 2 Thiosulfationen benötigt. In der verwendeten Probelösung sind 0,2 g des Fetts enthalten

Aufgabe 2: Berechnen Sie aus den gegebenen Informationen die Masse an addiertem Iod (in der Probelösung) und die Iodzahl.

Aufgabe 3: Diskutieren Sie, warum eine hohe Iodzahl zwar gut ist, aber noch kein endgültiges Maß für die Qualität des Öls/Fetts ist.

5 Didaktischer Kommentar zum Schülerarbeitsblatt

Die SuS erarbeiten sich mit Hilfe des Arbeitsblatts, wie die Iodzahl bestimmt werden kann. Dabei wird zunächst an das vorhandene Wissen über den Nachweis von Doppelbindungen angeknüpft und dann ein passendes Experiment beschrieben. Aus gegebenen Daten sollen die SuS die Iodzahl berechnen und abschließend beurteilen, wie aussagekräftig diese Zahl ist.

5.1 Erwartungshorizont (Kerncurriculum)

Im Kerncurriculum wird von den SuS erwartet, dass sie Fette klassifizieren können, wozu auch die Iodzahl gehört. Außerdem sollen die SuS Nachweisreaktionen kennen und anwenden können. Die Rechenaufgabe erfordert einen geschickten Umgang mit bereits bekannten Formeln.

Die erste Aufgabe gehört in den AFB I, da hier lediglich vorhandenes Wissen genannt werden soll. Aufgabe zwei ist im AFB II anzusiedeln, da hier bekannte Formeln angewendet werden müssen, um den Wert u berechnen. Die letzte Aufgabe ist im AFB III eingeordnet, da die SuS hier eine Beurteilung über den errechneten Wert abgeben sollen.

5.2 Erwartungshorizont (Inhaltlich)

Aufgabe 1: Kohlenstoffdoppelbindungen lassen sich durch die Bayerprobe und durch die Addition von Halogenen (z.B.) Brom nachweisen, wobei jeweils ein Farbumschlag stattfindet.

Aufgabe 2: (Die Herleitung der Formeln ist im Lehrerversuch beschrieben und wird auch verlangt!)

$$m(I_2)_{add} = 12,69 \text{ g/L} \cdot [V_{Blind} - V_{Probe}] = 12,69 \text{ g/L} \cdot [7,82 \text{ mL} - 5,32 \text{ mL}] \approx 0,32 \text{ g}$$

$$IZ = \frac{0,32 \cdot 100}{0,2} \approx 5$$

Aufgabe 3: Die Iodzahl ist ein Maß für ungesättigte Fettsäuren, welche wichtig für den Körper sind, weshalb eine hohe Iodzahl gut ist. Es sind jedoch nicht alle ungesättigten Fettsäure essentiell, weshalb die Iodzahl alleine nicht für eine Aussage über die Qualität des Fetts ausreicht.