

„Mischen Impossible“ – Schäume und Emulsionen in der Molekularküche

Ein Beitrag von Janina Neukirch, Bremen, und Silvija Markic, Ludwigsburg
Mit Illustrationen von Ralf Baumgartner, Stuttgart

Niveau: Sek. II

Dauer: 4–6 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler¹ können ...

- Lecithin als grenzflächenaktives und schaumstabilisierendes Lipid beschreiben
- den Prozess der Schaumbildung auf Teilchenebene erklären, wodurch notwendige Kenntnisse über Emulgatoren, Polarität und Grenzflächenaktivität miteinbezogen werden
- Unterschiede zwischen der herkömmlichen und der molekularen Küche nennen
- Gesetzmäßigkeiten vermuten, Hypothesen bilden, Prognosen wagen
- Versuche durchführen
- Experimente, Erkenntnisse und Fakten in angemessener Fachsprache präsentieren

Der Beitrag enthält Materialien für:

- ✓ Offene Unterrichtsformen
- ✓ Schülerversuche
- ✓ Hausaufgaben
- ✓ selbstständiges Arbeiten in Gruppen
- ✓ Fachübergreifenden Unterricht
- ✓ Projektarbeit

Hintergrundinformationen

Die moderne Molekularküche ist in der Welt sehr bekannt, jedoch zählt sie immer noch zu einer Art exotischen und oft teuren Küche. Die Molekularküche ist dadurch gekennzeichnet, dass sie im Gegensatz zur traditionellen Küche mithilfe von naturwissenschaftlichen Überlegungen und zugrunde liegenden chemischen, physikalischen und biologischen Kenntnissen spektakuläre und ungewöhnliche Geschmackserlebnisse zu erzeugen versucht.

Eine solche Küche unterscheidet sich jedoch auch optisch stark von einer traditionellen Küche, wie man sie aus den Restaurants kennt. Es sind viele technische Geräte in einer Molekularküche zu finden, die eher an ein gut ausgestattetes Labor erinnern, z. B. den Rotationsverdampfer und Vakuumgeräte. Die Molekularküche verfolgt das Ziel, durch verschiedene Verfahren die Textur der traditionellen Speisen zu verändern und dadurch neue Geschmackserlebnisse zu erzeugen. Solch ein Verfahren ist auch die **Emulsifikation**. Hier geht es insbesondere um die Herstellung von schaumartigen und „luftigen“ Speisen. Der Fokus liegt dabei auf der Verbindung von Flüssigkeiten wie z. B. von Wasser und Fetten.

¹ Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Die Schüler lernen hier den **Texturgeber Lecithin als grenzflächenaktives und schaumstabilisierendes Lipid** kennen. Im Fokus steht der **Prozess der Schaumbildung auf Teilchenebene**, wodurch notwendige **Kenntnisse über Emulgatoren, Polarität und Grenzflächenaktivität** miteinbezogen werden. Das Material bietet die Möglichkeit, das Thema **Emulgatoren** zu wiederholen oder neu aufzubereiten und **in einem anderen Kontext** erfahrbar zu machen. Genutzt wird hierbei das **Basiskonzept der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen**, das zu den **Struktur-Eigenschafts-Geschmacks-Beziehungen** erweitert wird.

Durchführung

Als Einstieg in die Thematik dient die **Folie M 1 Badeschaum zum Essen?**, die auf den ersten Blick etwas provokativ klingen kann. Auf den Bildern sind Speisen dargestellt, die zu erkennen sind, jedoch von einer Art Badeschaum bedeckt sind. Auf der anderen Seite ist bekannt, dass solch ein Badeschaum nicht von Dauer ist, sondern sich schnell auflöst. Somit stellt sich die Frage, wie es möglich ist, so eine Speise im Restaurant anzubieten und zu servieren. Das Geheimnis des Schaumes soll in den nächsten Stunden gelöst werden.

Zur Orientierung in der Thematik kann den Schülern vorab das **M 2 Glossar der molekularen Küche** mit den wichtigsten Begriffen aus der Molekularküche ausgehändigt werden.

Achtung: Die Experimente sollten in der Schulküche stattfinden. Bitte ausschließlich Geräte aus der Küche verwenden und keine Geräte aus der Chemie-Sammlung. Die Experimente können auch zu Hause durchgeführt werden.

Mithilfe des ersten **Versuches M 3 – Zauberhafte Schoko-Mousse** findet der erste Kontakt zu dem Thema dieser Einheit statt. Es ist davon auszugehen, dass die Schüler eine Verbindung zur Schoko-Mousse haben, womit die Motivation gesteigert werden kann. Die Schüler sollen aus Schokolade und Wasser eine Schokoladen-Mousse selbst herstellen und diesen Schaum anschließend untersuchen. Die Erklärung dafür, weshalb aus reiner Schokolade ohne Sahne bereits ein Schaum entstehen kann, sollen sie anschließend mit dem **Material M 4 – Aufgaben zur Schaumbildung** herausfinden.

Das **Arbeitsblatt M 4** sollte erst nach **M 3** ausgeteilt werden. Hier sind diverse fachliche Informationen zu finden, mit denen die Schüler das Lecithin als Texturgeber ausfindig machen können. Dieses ist in der Schokolade enthalten. Diese Phase bietet die Möglichkeit, das Thema der Lipide, der Emulgatoren, der Polarität und der Grenzflächenaktivität zu wiederholen. Zusätzlich wird in Aufgabe 2 ein Fokus auf den Geschmack gelegt, der durch die Struktur-Eigenschafts-Geschmacks-Beziehungen erklärt werden soll.

Die folgende Stunde ist als Vertiefungsstunde zu sehen, jedoch auch als eine Möglichkeit für die Schüler, sich in der Molekularküche auszuprobieren. Mithilfe von **M 5 – Schaumiges Dessert-Roulette** sind zunächst die **Materialien M 3 und M 4** zu bearbeiten, damit die Schüler mit dem richtigen Texturgeber arbeiten können. Die Schüler sollen sich anschließend eine Spalte oder Zeile aus dem Zutaten-Kästchen aussuchen, zu der sie dann in der nachfolgenden Tabelle das richtige Rezept finden.

In dem darauffolgenden und letzten Aufgabenteil **M 6 – Weiterführende Aufgaben zur Stabilisierung von Schäumen** sollen sich die Schüler weiter mit der Rolle von Emulgatoren zur Bildung von Schäumen in der Molekularküche auseinandersetzen. Weiter liegt der Fokus auf der Stabilisierung und Destabilisierung von Schäumen durch äußere Einflüsse.

Alle hier genannten Experimente können auch zu Hause durchgeführt werden. Es empfiehlt sich, dass die Schüler in 3er-Gruppen arbeiten.

Hinweise zum fachübergreifenden Unterricht

In dieser Unterrichtseinheit lassen sich verschiedene Möglichkeiten für einen fächerübergreifenden Unterricht finden.

Sehr naheliegend ist es, einen Bezug zu dem Fach **Hauswirtschaft** herzustellen. Es ist vorstellbar, dass die Schüler verschiedene Speisen auf die herkömmliche Art und Weise und entsprechend der Molekularküche vorbereiten und diese auch probieren und vergleichen. Des Weiteren können die Schüler am Ende der Unterrichtseinheit ein Menü zusammenstellen und kochen, welches sie z. B. für am kreativsten oder für gesund halten. Ein Vergleich zwischen traditionell zubereiteten Speisen und in der Molekularküche zubereiteten Speisen wäre sicherlich spannend. Dies kann in der Klasse diskutiert werden. Es ist zu vermuten, dass dies für einige Schüler auch eine erste Möglichkeit bietet, sich mit der molekularen Küche auseinanderzusetzen. Darüber hinaus ist es vorstellbar, dass ein Kochabend vorbereitet wird, bei dem die Schüler evtl. mithilfe der Eltern ein Menü nachkochen.

Ausgehend von einer solchen Diskussion, ist ein weiterer Fachübergreifung zu den Fächern **Wirtschaft, Politik und Ethik** denkbar. Die Schüler können sich dabei mit den Kostenunterschieden zwischen der Essenszubereitung nach der herkömmlichen Küche und nach der molekularen Küche beschäftigen. Hierbei kann auch auf die verschiedenen, mit einer E-Nummer gekennzeichneten Zusatzstoffe in Lebensmitteln eingegangen werden und über jene sowohl naturwissenschaftlich als auch ethisch und wirtschaftlich diskutiert werden.

Ein fächerübergreifender Unterricht mit dem Fach **Biologie** ist ebenfalls denkbar. Die Schüler beschäftigen sich dabei mit Themen wie Lipide. Zu thematisieren wäre auch, welche Funktionen diese im menschlichen Körper haben und was z. B. eine gesunde und ausgewogene Ernährung bedeutet.

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt
 ⌚ D = Durchführungszeit Fo = Folie

M 1	Fo	Badeschaum zum Essen?
M 2	Ab	Glossar – Begriffe aus der Molekularküche
M 3	SV	Emulsionen und Schäume: Zaubermousse
	⌚ V: 5 min ⌚ D: 30 min	<input type="checkbox"/> 50 g Vollmilch- oder Zartbitterschokolade <input type="checkbox"/> Wasser <input type="checkbox"/> Eiswürfel <input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> Kochtopf <input type="checkbox"/> kleine Metallschale zum Erwärmen der Schokolade im Wasserbad <input type="checkbox"/> Löffel <input type="checkbox"/> Rührbecher <input type="checkbox"/> Eisbad <input type="checkbox"/> Messbecher (100 ml) <input type="checkbox"/> Handrührgerät
M 4	Ab	Aufgaben zur Schaumbildung
M 5	SV	Schaumiges Dessert-Roulette
	⌚ V: 5 min ⌚ D: 20 min	<input type="checkbox"/> Weiße Schokolade <input type="checkbox"/> Vollmilch- oder Zartbitterschokolade <input type="checkbox"/> Smarties <input type="checkbox"/> Schokostreusel <input type="checkbox"/> Waffelbecher <input type="checkbox"/> Mango-Maracuja-Nektar <input type="checkbox"/> Banane <input type="checkbox"/> Kiwi <input type="checkbox"/> Kekse <input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> Kochtopf <input type="checkbox"/> kleine Metallschale zum Erwärmen der Schokolade im Wasserbad <input type="checkbox"/> Löffel <input type="checkbox"/> Rührbecher <input type="checkbox"/> Eisbad <input type="checkbox"/> Messbecher (100 ml) <input type="checkbox"/> Handrührgerät
M 6	Ab	Weiterführende Aufgaben zur Stabilisierung von Schäumen

Minimalplan

1./2. Stunde (M 1–M 4)	Steigen Sie mit der Folie M 1 in die Unterrichtseinheit ein. Bei Bedarf teilen Sie bereits jetzt das Glossar M 2 aus. Beginnen Sie mit dem Schülerversuch M 3 . Geben Sie erst im Anschluss das Arbeitsblatt M 4 aus. Am Ende der Unterrichtsstunde sollte das Ergebnis des Arbeitsblattes im Zusammenhang mit dem Schülerversuch besprochen werden. Sollte noch viel Zeit übrig sein, kann der Schülerversuch M 5 bearbeitet werden. Dieser kann bei wenig Unterrichtszeit auch zu Hause durchgeführt oder ganz ausgelassen werden. Das Arbeitsblatt M 6 kann bei Zeitknappheit ebenfalls als Hausaufgabe dienen.
3./4. Stunde (M 5–M 6)	Sollten Sie genug Zeit haben, kann der Schülerversuch M 5 zu Beginn der Stunde durchgeführt und im Anschluss das Arbeitsblatt M 6 bearbeitet werden.

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 17

M 3 Emulsionen und Schäume: Zauberhafte Schoko-Mousse

Fast jeder kennt sie und fast genauso viele lieben sie: die Mousse au Chocolat. Doch in den meisten Rezepten wird neben der Schokolade auch eine große Menge an Sahne verwendet, um die Mousse cremig und schaumig zu bekommen. Die Kalorienzahl steigt damit aber gleichermaßen in die Höhe. Die Molekularköche haben sich diesem Problem gestellt und herausgefunden, dass eine kalorienärmere Variante auch ganz ohne Sahne, nur bestehend aus Schokolade und Wasser, funktionieren kann – nur welche „Zauberkräfte“ sind dafür vonnöten? Dies sollen Sie mit den folgenden Materialien herausfinden.

🕒 Vorbereitung: 5 min ⌚ Durchführung: 30 min

<p>Texturgeber:</p> <p><input type="checkbox"/> _____ (noch herauszufinden)</p> <p>Zutaten:</p> <p><input type="checkbox"/> 50 g Vollmilch- oder Zartbitterschokolade</p> <p><input type="checkbox"/> Wasser</p> <p><input type="checkbox"/> Eiswürfel</p>	<p>Geräte</p> <p><input type="checkbox"/> Schutzbrille</p> <p><input type="checkbox"/> Kochtopf</p> <p><input type="checkbox"/> kleine Metallschale zum Erwärmen der Schokolade im Wasserbad</p> <p><input type="checkbox"/> Löffel</p> <p><input type="checkbox"/> Rührbecher</p> <p><input type="checkbox"/> Eisbad</p> <p><input type="checkbox"/> Messbecher (100 ml)</p> <p><input type="checkbox"/> Handrührgerät</p>
<p>Entsorgung: in den Hausmüll</p>	

Versuchsdurchführung

Rezept

1. Die Vorbereitung

Die Schokolade in Stücke brechen. 50 ml Wasser mit einem Messbecher abmessen. Für das Eiswasserbad eine große Schale wählen, in die der Kochtopf problemlos hineinpasst. Die Schale mit Wasser füllen und die Eiswürfel darin verteilen.

2. Die Schokoladen-Masse

Die Schokoladenstücke mit dem Wasser in einen kleinen Becher (Metall) geben und im Wasserbad (Kochtopf mit Wasser) erhitzen. Die Schokolade und das Wasser zu einer homogenen Masse verrühren. Anschließend die Masse in einen gut gereinigten Rührbecher geben.

3. Das Schlagen

Den Rührbecher in die Schale mit Eiswasser stellen und mit dem Handrührgerät 3 min auf höchster Stufe aufschlagen. Die Masse ist fertig, sobald sie heller wird und die gewünschte Festigkeit erreicht hat. **ACHTUNG:** Nicht zu lange rühren, sonst wird die Masse brockig!

4. Das Servieren

Die Schoko-Mousse kann mit Streuseln oder Ähnlichem dekoriert und serviert werden.

Warum muss der Topf gut geputzt sein?

M 4 Aufgaben zur Schaumbildung

Aufgabe 1

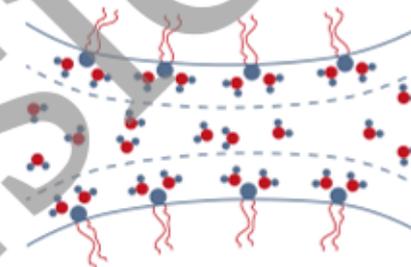
Ermitteln Sie die verantwortlichen Texturgeber, mit deren Hilfe die Schaumbildung bei der Schokolade (**Schülerversuch M 3**) auch ganz ohne Hinzutun von Sahne funktionieren kann, und **begründen** Sie Ihre Entscheidung. Tragen Sie das Ergebnis in die Versuchsvorschrift (**M 3**) ein. **Nutzen** Sie dazu die **Infotexte und Abbildungen 1–3** und **schauen** Sie auch **nach**, welche Zutaten in Schokolade enthalten sind.

Schäume in der Molekularküche

Schäume gelten als besonders gute Binder von Aromen und Geschmacksstoffen. Die Aromen und Geschmacksstoffe können in den Luftbläschen festgehalten und erst durch das Zerplatzen der Bläschen im Mund freigesetzt werden. Diese Eigenschaft macht sie für die Molekularküche sehr interessant. Damit besonders viele Aromen festgehalten werden können, besteht das Ziel eines Koches immer darin, möglichst großporige Schäume herzustellen. Aufgrund der Servier-Problematik ist es jedoch auch sinnvoll, stabile Schäume zu produzieren, die eine lange Lebensdauer haben und nicht auf dem Teller des Gastes schon in sich zusammengesunken sind. Auch Schäume, deren Bläschen unterschiedliche Größen aufweisen, stellen sich für den Geschmack als interessant heraus. Hierdurch werden die Geschmacksrezeptoren unterschiedlich angeregt. (nach Vilgis, 2013)

Emulgatoren

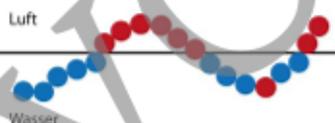
Emulgatoren sorgen für die Stabilisierung von Emulsionen (Flüssig-flüssig-Dispersion) und Schäumen (Gasförmig-flüssig-Dispersion). Ihr besonderer Molekülaufbau sorgt für die Verbindung von hydrophilen und lipophilen Stoffen, wie im Falle der Öl-Wasser-Emulsionen, sodass keine Auftrennung in zwei kontinuierliche Phasen erfolgt. Emulgatoren besitzen einen hydrophilen und einen hydrophoben Molekülteil, die sich jeweils in Richtung des Wassers und des Öls ausrichten. Dadurch ordnen sie sich an der Grenzfläche zwischen dem Öl und dem Wasser an und verringern somit die Grenzflächenspannung. Das gleiche Phänomen ist auch bei Schäumen zu beobachten. Hier lagern sie sich an der Grenzfläche zwischen Luft und Flüssigkeit (Wasser) an und stabilisieren die Bläschen des Schaumes, indem sie ein Zusammenschießen der einzelnen Bläschen verhindern. (nach Belitz, Grosch & Schieberle, 2013)



▲ Abbildung 1:

Schematische Darstellung eines Schaumes, der durch grenzflächenaktive Stoffe in den Flüssigkeitslamellen stabilisiert wird.

(nach Vilgis, 2011, S. 139)



▲ Abbildung 2:

Schematische Struktur der emulgierenden Eiweiße.

Bei den für die Stabilisierung verantwortlichen Proteinketten des Eischnees handelt es sich vorwiegend um Ovalbumine, dessen Aminosäuresequenz relativ blockartig aufgebaut ist.

(nach Vilgis, 2011, S. 140)

Schaumbildung des Eiweißes

Zu den bekanntesten Schäumen, die in der Küche eines jeden Haushalts zum Einsatz kommen, zählt der Eischnee. Hierbei wird das Eiweiß per Hand oder mit einem Handrührgerät steif geschlagen. Der Eischnee kann problemlos zum Überbacken genutzt und im Ofen zu „Meringen“ verarbeitet werden. Doch was ist der Grund für seine Stabilität, die ihn so vielschichtig einsetzbar macht?

Neben dem Wasser, das zu 90 % im Eiweiß enthalten ist, verfügt das Eiweiß über 10 % an langen, gefalteten, globulären Proteinketten, die durch das mechanische Aufschlagen entfaltet werden. Die Proteinketten bestehen aus einzelnen Aminosäuren, die über hydrophobe und hydrophile Bereiche verfügen. Das Protein wirkt demnach grenzflächenaktiv und stabilisiert den Schaum.

(nach Vilgis, 2013)

