

Sphärisifikation – Bläschenexplosion in der Molekularküche

Ein Beitrag von Janina Neukirch, Bremen, und Silvija Markic, Ludwigsburg

Mit Illustrationen von Wolfgang Zettlmeier, Barbing

Niveau: Sek. II

Dauer: 4–6 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Die Schüler¹ können ...

- Aufgrund der Kenntnisse zum Thema „Kohlenhydrate“ Erfahrungen aus dem Alltag (Molekularküche) erläutern
- Unterschiede zwischen der herkömmlichen und molekularen Küche nennen
- Gesetzmäßigkeiten vermuten, Hypothesen bilden, Prognosen wagen
- Versuche planen und durchführen
- Experimente, Erkenntnisse und Fakten in angemessener Fachsprache präsentieren

Der Beitrag enthält Materialien für:

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

Hintergrundinformationen

Der Unterschied zwischen der modernen Molekularküche und der traditionellen Küche ist dadurch gekennzeichnet, dass die Molekularküche mithilfe von naturwissenschaftlichen Überlegungen und zugrunde liegenden chemischen, physikalischen und biologischen Kenntnissen spektakuläre und ungewöhnliche Geschmackserlebnisse zu erzeugen versucht. Eine gut ausgestattete Molekularküche unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht von einer Küche, die die meisten Schüler kennen. Neben der Nutzung ungewöhnlicher technischer Geräte, wie beispielsweise dem Rotationsverdampfer und Vakuumgeräte, spielen Texturgeber eine wichtige Rolle in der Molekularküche. Das Ziel der modernen Molekularköche in der Arbeit mit den Texturgebern besteht darin, die Textur einer Speise zu verändern und den Speisen ein eher ungewöhnliches, aus dem Alltag unbekanntes Aussehen zu geben. Neue Geschmackserlebnisse sollen dabei entstehen.

Eines der bekanntesten dieser texturgebenden Verfahren in der Molekularküche ist die Sphärisifikation. Unter der Sphärisifikation versteht man das Einschließen von Flüssigkeiten in einer Hülle aus Gel. Die Bildung der Gelhülle erfolgt dabei durch das Zusammenwirken des Texturgebers Alginat mit Calcium.

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

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Der Kontext der vorliegenden Unterrichtseinheit liegt auf dem texturgebenden Verfahren der **Sphärisifikation**. Dieses ist eines der wichtigsten Verfahren in der molekularen Küche. Zunächst werden **experimentell Untersuchungen** zur Sphärisifikation angestellt, die im Anschluss durch weiterführende Arbeitsmaterialien theoretisch begründet werden sollen. Hier wird das **Löslichkeitsverhalten von Natriumalginat**, einem **Polysaccharid**, behandelt und damit eine Verknüpfung zum Thema der **Kohlenhydrate** hergestellt. Die Schüler lernen außerdem den Begriff der „**Hydrokolloide**“ kennen.

Durchführung

Zum Thema der Molekularküche kann eine kurze Einleitung gegeben werden. Dies kann mithilfe der **Folie M 1 Sphärisifikation – Bläschenexplosion in der Molekularküche** stattfinden. Die Folie kann im Sinne eines stummen Impulses verstanden werden. Die Schüler können gefragt werden, was sie auf den Fotos erkennen und was dies überhaupt mit der Chemie zu tun hat. Ziel ist hier, dass die Schüler die Beschriftung der Bilder mit dem vergleichen, was sie sich darunter vorstellen würden und was tatsächlich auf dem Bild zu sehen ist. Es sollte thematisiert werden, dass sich die Molekularküche naturwissenschaftliche Überlegungen, zum Beispiel aus der Chemie und der Physik, zunutze macht, um neue Geschmackserlebnisse zu kreieren. Dabei sollte deutlich unterschieden werden, dass es sich bei der molekularen Küche nicht um „kleinere Portionen“ von etwas handelt, sondern dass Texturen verändert und ungewöhnliche Zubereitungsweisen genutzt werden – in diesem Fall die Sphärisifikation, also das Einschließen einer Flüssigkeit in einer Hülle aus Gel. Somit kann der Übergang auch auf die Texturgeber geschaffen werden.

Zur Orientierung 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.

Die Schüler steigen in die Unterrichtseinheit mit dem Arbeitsblatt **M 3 Die Sphärisifikation mit Alginat** ein. Ein Bericht über einen bekannten Chefkoch der molekularen Küche bildet die Basis dieser Arbeit. Die Schüler sollen den Text über Ferran Adria lesen. Dabei erfahren sie nicht nur Informationen über die Person selbst, sondern auch das Geheimnis einer seiner Kochrezepte: den Melonenkaviar. Die Schüler sollen mithilfe des Informationstextes eine Materialienliste für die Herstellung von Sphären herausarbeiten und einen Versuchsaufbau zeichnen. Des Weiteren sollen die Schüler selbstständig mithilfe des Informationstextes eine Versuchsdurchführung aufschreiben.

Diese allgemeine Anleitung zur Herstellung von Sphären soll dann im nächsten Material **M 4 Alginat und seine Wirkung** genutzt werden. Hier sollen die Schüler die Eigenschaften der Sphären am Beispiel des Problems eines molekularen Spiegeleis untersuchen. Mithilfe der Kenntnisse aus M 3 und weiteren Informationen sollen die Schüler untersuchen, wie man in der Molekularküche ein hartes oder weiches Spiegelei kocht. Die Schüler sollen die Sphären hinsichtlich des zeitlichen Faktors im Calcium-Bad und des Calcium-Gehalts untersuchen und ihre Beobachtungen notieren. Die letzte Aufgabe bezieht sich gezielt auf die Hypothese bezüglich des Zusammenhangs zwischen den betrachteten Faktoren (Zeit, Calcium-Gehalt) und der Dicke der Hülle. Das Versuchsprotokoll ist auf **M 5 Versuchsprotokoll: Alginat und seine Wirkung** zu notieren.

Die Hypothese leitet zu den Informationen auf dem Blatt **M 6 Weiterführende Aufgaben zu Sphärisierung und zu Polysacchariden (Alginat)** über. Hier beschäftigen sich die Schüler mit dem theoretischen Hintergrund der Sphärisierung aus chemischer Sicht. Sie bearbeiten mithilfe verschiedener Informationstexte und dazugehörigen Aufgaben den fachlichen Hintergrund zum Thema Polysaccharide. Dabei werden verschiedene Kompetenzbereiche (Fachwissen und Erkenntnisgewinnung vordergründlich) und Anforderungsbereiche angesprochen. Es ist zu empfehlen, dass die Schüler das Material in Zweier-Teams bearbeiten. Eine Besprechung des Materials kann im Plenum oder anhand einer Musterlösung stattfinden. Eine der letzten Aufgaben beschäftigt sich mit einem weiteren texturgebenden Verfahren der Molekularküche, der Gelifikation (siehe RAAbits Chemie Ausgabe 63, Beitrag II/H/32). Falls dieser den Schülern nicht bekannt ist, stehen Hilfekarten mit **M 7 Hilfekarte – Die Gelifikation** zur Verfügung.

Neben der Durchführung der Einheit im Unterricht besteht die Möglichkeit, das Material im Rahmen eines **Projekttages** einzusetzen.

In den Erläuterungen und Lösungen ist eine „Einkaufsliste“ beigefügt. Hier sind die Mengenangaben und weitere praktischen Hinweise zu finden. Die Angaben gelten für eine Schülergruppe für den Versuch **M 4**.

Hinweise zum fachübergreifenden Unterricht

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

Auf der einen Seite bietet sich die Möglichkeit an, einen Bezug zu dem Fach **Hauswirtschaft** herzustellen. Die Schüler können hier 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, welches sie z. B. für am kreativsten oder für gesund halten. Dies kann in der Klasse diskutiert und anschließend zusammen gekocht 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.

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

Eine weitere Möglichkeit für einen fächerübergreifenden Ansatz bieten die Fächer **Wirtschaft, Politik und Ethik**. 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.

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit Fo = Folie

Die **Gefährdungsbeurteilung** finden Sie auf  **CD 64**.

M 1	Fo	Sphärisierung – Bläschenexplosion in der Molekularküche	
M 2	Ab	Glossar – Begriffe aus der Molekularküche	
M 3	Ab	Die Sphärisierung mit Alginat	
M 4	#SV	Alginat und seine Wirkung	
	⌚ V: 5 min	<input type="checkbox"/> Natriumalginat	<input type="checkbox"/> Schutzbrille
	⌚ D: 45 min	<input type="checkbox"/> Calciumchlorid ⚠	<input type="checkbox"/> pH-Papier
		<input type="checkbox"/> Mango-Maracuja-Saft	<input type="checkbox"/> Schneebesen
		<input type="checkbox"/> stilles Wasser	<input type="checkbox"/> 2 Wiegeschalen
		<input type="checkbox"/> Naturjoghurt	<input type="checkbox"/> Präzisionswaage
		<input type="checkbox"/> Vanillezucker	<input type="checkbox"/> große Schale (400 ml)
			<input type="checkbox"/> 8 mittlere Schalen (250 ml)
			<input type="checkbox"/> Esslöffel
			<input type="checkbox"/> Teelöffel
			<input type="checkbox"/> Messbecher
			<input type="checkbox"/> Stoppuhr
M 5	Ab	Versuchsprotokoll: Alginat und seine Wirkung	
M 6	Ab	Weiterführende Aufgaben zur Sphärisierung und zu Polysacchariden (Alginat)	
M 7	Ab	Hilfekarte – Die Gelifikation	

Minimalplan

1./2. Stunde (M 1–M 3)	Geben Sie eine kurze Einführung anhand der Folie (M 1) und teilen Sie das Glossar (M 2) aus. Steigen Sie mit dem Arbeitsblatt (M 3) ein. Im Anschluss lassen Sie die Schüler den Schülerversuch M 4 durchführen. Geben Sie gleichzeitig das Versuchsprotokoll (M 5) aus, um die Beobachtungen und Ergebnisse notieren zu können. Die Materialien sollten bereits für alle Gruppen bereitliegen.
3./4. Stunde (M 4)	Beginnen Sie mit einer kurzen Wiederholung der Ergebnisse aus den letzten Stunden. Fahren Sie dann mit der selbstständigen Bearbeitung der weiterführenden Aufgaben (M 6) , beispielsweise in Gruppen- oder Partnerarbeit, fort. Eine Hilfekarte zum Verfahren der Gelifikation steht den Schülern mit Material (M 7) Hilfekarte – Die Gelifikation zur Verfügung. Ist der zeitliche Rahmen eng, kann der Rest als Hausaufgabe erledigt werden.
5./6. Stunde (M 4)	Sollten Sie noch eine Doppelstunde zur Verfügung haben, lässt sich weiter an den weiterführenden Aufgaben (M 6) arbeiten. Nutzen Sie den Rest der Stunde als Sicherungsphase.

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 19.

M 3 Die Sphärisifikation mit Alginat

Ein bekanntes und für die Molekularküche typisches Verfahren ist die Sphärisifikation – das kugelförmige Einschließen einer Flüssigkeit in einer Hülle aus Gel. Fast jeder kennt die Kugeln mit dem flüssigen Kern, die sich z. B. auch im Bubble Tea wiederfinden lassen. Der spanische Koch Ferran Adrià gilt als Vorreiter der molekularen Gastronomie und hat mit seinem Rezept des Melonenkaviars einen großen Beitrag zum Einsatz der Sphärisifikation in der Molekularküche geleistet.

Aufgabe

Lesen Sie den Text über den spanischen Koch Ferran Adrià und **vervollständigen** Sie auf Grundlage des Rezeptes für Adriàs Melonenkaviar die Versuchsvorschrift für die Herstellung von Sphären auf dem folgenden Arbeitsblatt.

Ferran Adrià:

Ferran Adrià wird als Spitzenkoch auf dem Gebiet der Molekulargastronomie gehandelt. Er zählt zu den einflussreichsten Köchen des späten 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts. Doch gleichzeitig gilt Adrià auch als ein kontrovers diskutierter Koch aufgrund seines neuartigen Kochstils und der zum Einsatz kommenden Mittel. 1983 übernahm Ferran Adrià das Restaurant elBulli an der Costa Brava, nördlich von Barcelona, und baute es zu einer Mischung aus Labor und Küche um. Ferran entwickelte mit seinem Bruder Albert Adrià sogar eigene Texturgeber, die „Texturas“, die durch die Firma Solé Graells produziert und verkauft werden. (nach Antoniewicz & Dahlbeck, 2008)



Wikipedia. Generalitat de Catalunya

Zu Ferran Adriàs erfolgreichsten Kreationen zählt der Melonenkaviar, ein Geschmackserlebnis beruhend auf dem Verfahren der Sphärisifikation:

Für den Melonensaft püriert er das Fleisch einer Cantaloupe-Melone mit einem Mixer und misst dabei 125 ml zur weiteren Verarbeitung ab. Adrià verrührt etwa 1 Drittel des Melonensaftes mit 1 g Alginat mithilfe eines Schneebesens oder einem elektrischen Handrührgerät, um sicherzustellen, dass sich keine Klumpen bilden. Anschließend wird die Masse mit dem restlichen Melonensaft verrührt. Sollten immer noch Klumpen vorhanden sein, kann sie zusätzlich durch ein Sieb passiert werden. Anschließend wird die Masse bei Raumtemperatur für 15 min ruhen gelassen. Während dieser Zeit bereitet er das Calciumbad vor, indem er 3 g Calciumchlorid in 0,5 Liter Wasser löst. Mit einer Spritze saugt er die vorbereitete Alginat-Melonen-Masse ein und lässt diese vorsichtig in das Calciumbad tropfen, sodass kleine Kugeln entstehen. Das Ganze funktioniert auch mit einem Löffel. Die Kugeln entnimmt er nach 1 min aus dem Calciumbad und spült sie kurz in einer mit kaltem, calciumarmem Wasser gefüllten Schale ab, bevor er sie für den Verzehr anrichtet.

Der Kaviar lässt sich auch aus anderen Fruchtsäften herstellen, wobei darauf geachtet werden muss, dass dieser nicht zu sauer ist. Ist der pH-Wert des verwendeten Saftes zu gering, sollte das eine Drittel, das mit dem Alginat angerührt wird, durch stilles Wasser ersetzt werden.

M 4 Alginat und seine Wirkung

Auch die Molekularküche hat sich der Schwierigkeit, ein Spiegelei auf den Punkt zu braten, angenommen. Sie entwickelte hierzu verschiedene Möglichkeiten, ein Ei hart oder weich zu kochen.

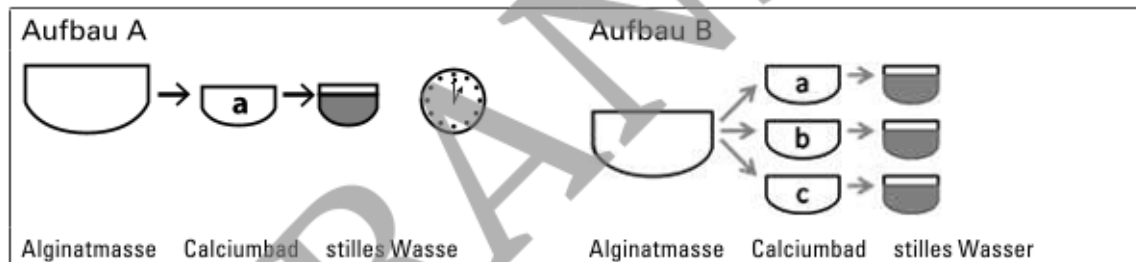
Schülerversuch: Das molekulare Spiegelei

Schutzbrille tragen!

🕒 Vorbereitung: 5 min 🕒 Durchführung: 45 min

<p>Texturgeber:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Natriumalginat <input type="checkbox"/> Calciumchlorid ⚠️ <p>Zutaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mango-Maracuja-Saft <input type="checkbox"/> stilles Wasser <input type="checkbox"/> Naturjoghurt <input type="checkbox"/> Vanillezucker 	<p>Geräte</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Schutzbrille <input type="checkbox"/> pH-Papier <input type="checkbox"/> Schneebesen <input type="checkbox"/> 2 Wiegeschalen <input type="checkbox"/> Präzisionswaage <input type="checkbox"/> große Schale (400 ml) <input type="checkbox"/> 8 mittlere Schalen (250 ml) <input type="checkbox"/> Esslöffel <input type="checkbox"/> Teelöffel <input type="checkbox"/> Messbecher <input type="checkbox"/> Stoppuhr
<p>Achtung: Calciumchlorid wirkt reizend. ⚠️</p>	
<p>Entsorgung: in den Hausmüll</p>	

Versuchsaufbau



Versuchsdurchführung

Die Alginat-Fruchtsaft-Masse wird laut der selbst erstellten Versuchsvorschrift (**M 3**) in doppelter Menge (250 ml) hergestellt. Achten Sie auf den pH-Wert des Saftes und die richtige Herstellung. Das Anrichten des Spiegeleis erfolgt nach dem unten stehenden Rezept.

Die Herstellung des Eigelbs soll nun genauer untersucht werden. Hierzu sollen die folgenden zwei Versuchsaufbauten nacheinander durchgeführt werden.

Aufbau A: Zeit

Das Calcium-Bad wird nach der selbst erstellten Versuchsvorschrift (**M 3**) angesetzt. Das Eigelb wird nach Rezept je dreimal mit unterschiedlichen Verweilzeiten im Calciumbad hergestellt: 3 min, 5 min, 10 min. Sofortiges Abspülen nach Ablauf der Zeit nicht vergessen!

Aufbau B: Calcium-Konzentration

Das Eigelb wird nach Rezept je dreimal hergestellt. Dabei sollen die drei Eigelbe jeweils in ein Calciumbad unterschiedlicher Konzentration für je 3 min eingetaucht werden (a: 1,5 g / 250 ml, b: 3 g / 250 ml, c: 0,75 g / 250 ml). Achtung: Abspülen!

Rezept

1. Herstellung des Eiweißes

Für das Eiweiß der Spiegeleier eine Grundmasse von etwa 200 g Joghurt anrühren. Diesen mit einem halben Beutel Vanillezucker verrühren.

2. Herstellung des Eigelbs

Für die Herstellung der großen Sphären benutzt man einen Esslöffel, mit dem man die Alginat-Saft-Masse auf einen weiteren Esslöffel gibt. Anschließend wird die Masse mithilfe des Löffels vorsichtig in das vorbereitete Calciumbad gegeben (seitlich über den Rand des Esslöffels langsam hineingießen), sodass große Kugeln entstehen. Dies erfordert ein wenig Übung! Die Kugeln werden je nach Bedarf für einige Minuten im Calciumbad ruhen gelassen.

Warum benutzt man zwei getrennte Löffel?

3. Das Abspülen

Die Kugeln werden nach Ablauf der Zeit mit einem Esslöffel vorsichtig aus dem Calciumbad entnommen. Hierbei sollte die überschüssige Calcium-Lösung vom Esslöffel so gut wie möglich abgegossen werden. Die Kugel wird in ein Bad aus stillem Mineralwasser gegeben, welches einen niedrigen Calcium-Gehalt aufweist.

Warum soll die überschüssige Calcium-Lösung vom Esslöffel abgegossen werden?

4. Das Anrichten

Den Joghurt in Form von spiegeleigroßen Klecksen auf einem Teller verteilen. Auf jeden Joghurtkleck eine Eigelb-Sphäre platzieren. Fertig!

II/H

Aufgaben

1. **Untersuchen** Sie die Möglichkeiten mittels der Versuchsvorschrift (Aufbau A und B), das Ei hart oder weich zu kochen. **Dokumentieren** Sie anschließend Ihre Beobachtungen in dem Versuchsprotokoll **M 5**.
2. **Beschreiben** Sie im Versuchsprotokoll **M 5**, wie die Kugeln schmecken und wie deren Konsistenz ist.
3. **Stellen** Sie im Versuchsprotokoll **M 5** eine Hypothese **auf**, weshalb die beiden betrachteten Faktoren (Zeit, Calcium-Gehalt) die unterschiedliche Dicke der Hülle beeinflussen.