

**ZfsL Köln/Engelskirchen
Gymnasium/Gesamtschule
Schriftlicher Unterrichtsentwurf im Fach Chemie**

1. Datenvorspann

Studienreferendar/in:

Schule:

Fach:

Lerngruppe:

Datum:

Uhrzeit:

Stunde:

Raum:

Fachlehrer/in:

Fachleiterin:

Besucher:

Inhaltsfeld 1: *Stoffe und Stoffveränderungen*

Fachlicher Kontext: *Speisen und Getränke – alles Chemie?*

Unterrichtsreihe: *Stoffe erkennen, Stoffeigenschaften nutzen –
wir untersuchen Lebensmittel, Getränke und ihre Bestandteile*

Thema der Unterrichtsstunde:

Rotkohl oder Blaukraut – Was macht den Unterschied? Hypothesenbildung, Planung und experimentelle Überprüfung des Einflusses der Zutaten auf die Farbe des Rotkohls

Thema der Vorstunde:

Warum ist es interessant, Äpfel mit Birnen zu vergleichen? Schwimmen oder Sinken – Anwendung des Dichte-Begriffs zur Einschätzung des Sink-Schwimm-Verhaltens

Thema der Folgestunde:

Was kann der Rotkohlsaft noch? – Untersuchung verschiedener Lösungen mit Rotkohlsaft zur Einführung des Indikator-Begriffs

2. Längerfristige Unterrichtszusammenhänge

2.1. Lerngruppenanalyse und Lernausgangslage

Die Klasse 7a setzt sich aus 32 Schülerinnen und Schülern zusammen. Die Lerngruppe zeigt eine normale Leistungsheterogenität. Sie ist am Chemieunterricht interessiert und arbeitet gut mit.

Ich gehe davon aus, dass einige der Schülerinnen und Schüler – je nach familiärem oder kulturellem Hintergrund -das Gemüse kennen, das im Rheinischen als „Rotkohl“, im Süddeutschen als „Blaukraut“ oder überregional als „Rotkohlsalat“ – z.B. als Füllung von Döner Kebab – gegessen wird. Im „Warming up“ können sich die Schülerinnen und Schüler über ihre wahrscheinlich unterschiedlichen Vorerfahrungen austauschen. Unabhängig von der Art der Vorerfahrungen wird den Schülerinnen und Schüler die eigentliche Problemstellung spätestens durch einen kurzen Lehrervortrag und ein Foto verdeutlicht. Im Zusammenhang mit dem heutigen Stundenschwerpunkt ist es bedeutsam, dass im vorangegangenen Unterricht aus dem Bereich der Erkenntnisgewinnung folgende

Kompetenzen bereits angebahnt wurden:

Die Schülerinnen und Schüler haben ...

1. einfache qualitative und quantitative Experimente und Untersuchungen *auf der Grundlage von schriftlichen bzw. mündlichen Anleitungen durch den Lehrer* durchgeführt und ihre Ergebnisse in einem vorstrukturierten Kurzprotokoll festgehalten (beinhaltet Aspekte von PE4).

2. einfache Hypothesen aufgestellt, geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung vorgeschlagen, unter Anleitung durch den Lehrer und unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchgeführt und unter Rückbezug auf die Hypothesen ausgewertet. (beinhaltet Aspekte von PE7)

zu 1. Die Schülerinnen und Schüler haben bereits verschiedene Stoffeigenschaften in qualitativen und einfachen quantitativen Experimenten untersucht: Aussehen, Löslichkeit, Verhalten beim Erhitzen und elektrische Leitfähigkeit im trockenen bzw. gelösten Zustand verschiedener Stoffe aus der Küche, Dichtermittlung bzw. –vergleich von Cola/Cola light, Eindampfen von Cola/Cola light und Schmelz- und Siedetemperaturermittlung von Wasser.

zu 2. Hypothesenbildung und Vorüberlegungen zur Planung von Experimenten fand insbesondere bei der Unterscheidung der 5 weißen Pulver aus der Küche, der Unterscheidung von Cola und Cola light statt.

Heute arbeiten die Schülerinnen und Schüler zum ersten Mal mit einer Experimentierbox, die bestimmte Geräte und Chemikalien enthält, mit deren Hilfe sie selbstgeplante Experimente durchführen sollen. Vor dem Experimentieren sollen die Schülerinnen und Schüler auf der Basis der zur Verfügung gestellten Informationen (2 Zutatenlisten) und des Experimentiermaterials Hypothesen/Vermutungen aufstellen, verschriftlichen und das dazu geplante Experiment skizzieren. Um bei der Hypothesenbildung und der Planung des Experiments eine Überforderung der Schülerinnen und Schüler zu vermeiden wurde das Unterrichtsmaterial entsprechend ausgewählt (s. Erläuterungen zu den didaktisch-methodischen Entscheidungen) und darauf geachtet, dass die Gruppen aus vier Schülerinnen und Schüler leistungsheterogen zusammengesetzt sind. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten bereits seit einigen Wochen in leistungs- und geschlechtsheterogenen Zufallsgruppen zusammen. Sie wissen, dass eine entsprechende Sitzordnung jeweils nach einer Phase von ca. 7- 8 Wochen – jeweils nach den Ferien – vom Lehrer neu ausgelost wird. Zudem sind sie es gewohnt, dass zur Präsentation die handschriftlichen Ergebnisse mit der Dokumentenkamera projiziert und von einem per Zufallslos ermittelten Schülerinnen und Schüler in einem Kurzvortrag vor der Klasse vorgestellt werden.

2.2. Reihenkontext:

2.2.1. Strukturierung der Unterrichtsreihe für die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe einer Agenda

Um den Schülerinnen und Schüler den Zusammenhang mit dem Kontext „Speisen und Getränke“ und den „Roten Faden“ der Reihe zu verdeutlichen, haben alle Schülerinnen und Schüler die im Anhang befindliche Agenda in ihrem Chemiehefter. Zudem hängt ein Plakat mit einer vergrößerten Darstellung der Agenda im Chemieraum, um sich jederzeit vergewissern zu können, wo man im Lernprozess steht.

2.2.2. Tabelle mit Unterrichtsthemen und Schwerpunktkompetenzen

Std.	Unterrichtsthema:	Kompetenzschwerpunkt Schülerinnen und Schüler ...
	Was ist ein Stoff? - der Stoffbegriff als Teekesselchen Hinführung zum chemischen Stoffbegriff und zur Unterscheidung zwischen Stoff und Gegenstand	PE 3 ...analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede durch kriteriengeleitetes Vergleichen KM 1 I a ... unterscheiden zwischen Gegenstand und Stoff
	Fünf Stoffe – gleich oder verschieden? Experimentelle Unterscheidung fünf weißer Stoffe aus der Küche anhand verschiedener Eigenschaften (Aussehen, Löslichkeit in Wasser, Verhalten beim Erhitzen, ...)	KM2 I a ... identifizieren Stoffe aufgrund ihrer Eigenschaften PE 4 ... führen qualitative und einfache quantitative Experimente und Untersuchungen durch und protokollieren diese
	Ist jeder Stoff einzigartig? Hinführung zur Darstellung der spezifischen Eigenschaften im Steckbrief	PE 3 ...analysieren Ähnlichkeiten und Unterschiede durch kriteriengeleitetes Vergleichen
	Was ist ein Modell? Erarbeitung charakteristischer Merkmale anhand vertrauter Modelle und Ausschärfung des „Modell“-Begriffs durch die Erstellung eigener Modelle mit Hilfe von Blackbox-Versuchen	PB 7 ...nutzen Modelle und Modellvorstellungen zur Bearbeitung, Erklärung und Beurteilung (chemischer) Fragestellungen und Zusammenhänge
	50 ml + 50 ml = 97 ml? – Einführung des Kugelteilchenmodells mit Hilfe mit Hilfe der Volumenverminderung beim Mischen von Alkohol und Wasser	KM 6 I b ... nutzen einfache Modelle zur Beschreibung von Stoffeigenschaften
	Schmelzendes Eis, verdampfendes Wasser – Was passiert dabei? Betrachtung von Aggregatzustandsänderungen mit Hilfe des Teilchenmodells und unter energetischen Aspekten	KM 6 I b ... nutzen einfache Modelle zur Beschreibung von Stoffeigenschaften KE 3 I a/b ...setzen Energie gezielt ein, um den Übergang von Aggregatzuständen herbeizuführen; ... beschreiben Siede- und Schmelzvorgänge energetisch
	Aufgelöst in Wasser – Wo ist der Zucker? Nutzung des Kugelteilchenmodells zur Erklärung des Lösungsvorgangs	KM 7 I b ... beschreiben Lösevorgänge [...] auf der Ebene einer einfachen Teilchenvorstellung
	Was befindet sich im Glas: Cola oder Cola light? Beantwortung durch die experimentelle Bestimmung der Dichte und durch Eindampfen	KM 2 I a ... identifizieren Stoffe aufgrund ihrer Eigenschaften
	Warum ist es interessant, Äpfel mit Birnen zu vergleichen? Schwimmen oder Sinken – Anwendung des Dichte-Begriffs zur Einschätzung des Sink-Schwimm-Verhaltens	PE 8: ... stellen Hypothesen auf, planen geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung, führen sie unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durch und werten sie unter Rückbezug auf die Hypothesen aus
	Rotkohl oder Blaukraut – Was macht den Unterschied? Hypothesenbildung, Planung und experimentelle Überprüfung des Einflusses der Zutaten auf die Farbe des Rotkohls	PE 8: ... stellen Hypothesen auf, planen geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung, führen sie unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durch und werten sie unter Rückbezug auf die Hypothesen aus
	Was kann der Rotkohlsaft noch? – Untersuchung verschiedener Lösungen mit Rotkohlsaft zur Einführung des Indikator-Begriffs	KCR 9 I ... saure und alkalische Lösungen mit Hilfe von Indikatoren nachweisen

P Prozessbezogene Kompetenzen: E Erkenntnisgewinnung K Kommunikation B Bewertung	K Konzeptbezogene Kompetenzen : M Struktur der Materie CR Chemische Reaktion E Energie
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2.3 Darstellung besonderer Lernchancen und möglicher Schwierigkeiten im Rahmen der Reihe

Die vorliegende Unterrichtsreihe stellt – nach der Durchführung des Laborführerscheins - die Einführung in den Chemieunterricht zu Beginn der Klasse 7 dar. Das zugehörige Inhaltsfeld "Stoffe und Stoffveränderungen" ist durch den Kernlehrplan (Kernlehrplan Chemie, MSW 2008)¹ vorgegeben und der zugehörige und im Kernlehrplan vorgeschlagene Kontext "Speisen und Getränke - alles Chemie?" wurde durch die Fachkonferenz Chemie ausgewählt und im Schulcurriculum verbindlich verankert. In der Unterrichtsreihe werden demnach anhand verschiedener Lebensmittel und Getränke der Stoffbegriff eingeführt, Stoffeigenschaften erarbeitet und eine erste einfache Teilchenvorstellung vermittelt. Leitgedanken bei der Planung der Reihe sind, dass ein "behutsamer", schülernaher Einstieg in das neue Fach erfolgt, bei dem an Alltagserfahrungen im Zusammenhang mit dem Kontext „Speisen und Getränke“ angeknüpft wird, aber dennoch grundlegende Fachbegriffe geklärt werden (Unterschied Gegenstand - Stoff, Stoffeigenschaften, Aggregatzustände und deren Übergänge, ...) und die Schülerinnen und Schüler zu der Erkenntnis geführt werden, dass Stoffe sich durch charakteristische Stoffeigenschaften auszeichnen (Steckbriefe). Im weiteren Verlauf der Reihe werden unterschiedliche Eigenschaften bzw. Phänomene wie die verschiedenen Aggregatzustände und der Lösevorgang in Wasser auf der Teilchenebene erklärt, nachdem das Kugelteilchenmodell eingeführt wurde. Auf der Ebene der **konzeptbezogenen Kompetenzen** liegt der Fokus dabei eindeutig im Bereich des Basiskonzeptes "Struktur der Materie", daneben werden auch Kompetenzen aus dem Bereich des Basiskonzeptes "Energie" gefördert (wenn es um die Erarbeitung der Aggregatzustände geht), während das Basiskonzept "Chemische Reaktion" hier noch nicht zum Tragen kommt.

Das Hauptanliegen der Reihe gilt neben dem Aufbau der genannten konzeptbezogenen Kompetenzen der Förderung der **prozessbezogenen Kompetenzen** mit besonderem Schwerpunkt im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Dabei geht es insbesondere um das Beobachten und Beschreiben von Phänomenen und der Unterscheidung von Beobachtungen und Erklärungen. Die Schülerinnen und Schüler erkennen und entwickeln aufgrund ihrer Beobachtungen Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer und naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind. Auf der Basis der Hypothesen planen die Schülerinnen und Schüler geeignete Untersuchungen und qualitative und einfache quantitative Experimente und führen sie unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durch.

Eine besondere Herausforderung stellt sicherlich die Einführung einer ersten **Modellvorstellung** im Chemieunterricht dar. Der Modellbegriff ist den Schülerinnen und Schüler aus dem Alltag bekannt, wobei es sich bei den Modellen im Alltag i. d. R. um verkleinerte und/oder vereinfachte Nachbildungen der Realität handelt (Autos, Eisenbahn, Puppen). Diesen alltäglichen Modellbegriff gilt es um Modellvorstellungen zu erweitern, mit denen beobachtete Phänomene auf der – nicht sichtbaren - Teilchenebene erklärt werden können. Die Tatsache, dass es sich hierbei um Denkmodelle handelt, für die es keine vergleichbaren submikroskopischen Originale gibt, stellt eine Schwierigkeit für die Schülerinnen und Schüler dar.

¹ Kernlehrplan für das Gymnasium -Sekundarstufe I in NRW Chemie, Ministerium für Schule und Weiterbildung, Ritterbach Verlag, Frechen 2008, S. 31ff

Diesen zu erwartenden Schwierigkeiten kann man durch die Arbeit mit Black-Box-Modellen begegnen. Sie helfen zu verstehen, wie man zu Vorstellungen einer der Anschauung nicht zugänglichen Wirklichkeit kommt (Mikelskis-Seifert, Euler, 2009)². Nachdem so ein wissenschaftlicher Modellbegriff angemessen angebahnt wurde, wird das Kugelteilchenmodell über die Volumenkontraktion beim Mischen von Alkohol und Wasser eingeführt. Im Modellversuch verhalten sich Erbsen und Senfkörner scheinbar analog dem Originalsystem, folglich sind Wasser und Alkohol aus Teilchen aufgebaut, die kugelförmig sind und verschiedene Größen besitzen. Die Einführung des Teilchenmodells in der beschriebenen Weise ist fachdidaktisch nicht unumstritten, da hier eine Vereinfachung zugrunde liegt, die (fachlich) nicht stimmt; die Volumenkontraktion kommt nicht durch unterschiedlich große kugelförmige Teilchen zustande, sondern im Wesentlichen durch zwischenmolekulare Wechselwirkungen zwischen Alkohol- und Wasserteilchen (Rossa, E., 2005)³. Ein weiterer Nachteil des Kugelteilchenmodells liegt darin, dass die Schülerinnen und Schüler im späteren Verlauf des Chemieunterrichts umdenken müssen, wenn das Atommodell eingeführt wird (da nun die Kugelgestalt für einzelne Atome und nicht mehr für Moleküle gewählt wird, was häufig zu Verwirrungen bzw. zu Fehlvorstellungen führt). Trotz der genannten fachdidaktischen Bedenken und Nachteile wird die Modellvorstellung der Kugelteilchen gewählt, da die Volumenkontraktion und der Modellversuch mit Erbsen und Senfkörnern anschaulich und einprägsam sind, makroskopische Effekte sich "scheinbar" mit dem mikroskopischen Teilchenkonzept erklären lassen, das Vorgehen dem eingeführten Schulbuch entspricht und die Vorgehensweise in der Fachkonferenz so beschlossen wurde. In vielen anderen Zusammenhängen im Verlaufe der Klasse 7 und teilweise auch später stellt das Kugelteilchenmodell eine einfache und brauchbare Modellvorstellung dar.

Schülerfehlvorstellungen, oder besser gesagt, *Präkonzepte*, die Schülerinnen und Schüler mitbringen, stellen ebenfalls eine besondere Herausforderung, aber auch besondere Lernchancen, dar. Die Kenntnis und Berücksichtigung dieser Präkonzepte durch die Lehrkraft ist für eine nachhaltige Lernprogression gerade im Anfangsunterricht unabdingbar. Aus empirischen Studien ist bekannt, dass Präkonzepte nur dann dauerhaft durch wissenschaftlich fundierte Konzepte ersetzt werden können, wenn sie den Schülerinnen und Schüler zum Einen bewusst gemacht werden, und wenn die Schülerinnen und Schüler zum Anderen selbstständig erkennen, dass sie beobachtete Phänomene mit ihren Präkonzepten nicht mehr erklären können, wenn also z. B. kognitive Konflikte aufgebaut und von den Schülerinnen und Schüler erfahren werden können (Marohn, Egbers, 2011)⁴ (Schmidt, Parchmann, 2011)⁵. Bei der vorliegenden Unterrichtsreihe ist in folgenden Bereichen mit solchen Präkonzepten zu rechnen: Im Bereich des Aufbaus der Materie/ der Einführung des Teilchenmodells ist mit dem sog. "*Horror vacui*" zu rechnen, der Vorstellung, dass zwischen den Teilchen eines Stoffes ja nicht Nichts sein könne. Bei der Erarbeitung der Löslichkeit ist mit dem "*Vernichtungskonzept*" zu rechnen, d. h., ein Stoff der "ver"-dunstet oder "ver"-dampft ist in der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler gleichermaßen "ver"-nichtet. Diese Formulierungen werden mit den Schülerinnen und Schüler reflektiert und durch

² Mikelskis-Seifert, S., Euler, M.: Eine Reise in die Mikrowelt, Einführung in die Modellierung submikroskopischer Phänomene, in: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Heft 114, Friedrich Verlag, Seelze 2009

³ Rossa, Eberhard (Hrsg.): Chemie Didaktik, Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Cornelsen Scriptor, Berlin 2005, S. 92 f.

⁴ Marohn, A., Egbers, M.: Vorstellungen verändern - Lernmaterialien zum Thema *Verdampfen* im Rahmen der Unterrichtskonzeption *choice2learn*, in: Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, Heft 3/60, Aulis Verlag 2011

⁵ Schmidt, S., Parchmann, I.: Schülervorstellungen - Lernhürde oder Lernchance? in: Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, Heft 3/60, Aulis Verlag 2011

Experimente veranschaulicht, dass keine "Vernichtung" von Materie stattfindet (Barke, Harsch, 2001)⁶. Wichtig sind in diesem Zusammenhang Visualisierungen durch den Einsatz von **Animationen**, um möglichst viele Lernkanäle der Schülerinnen und Schüler anzusprechen und verschiedenen Lerntypen auch verschiedene Zugänge, u. a. visuelle Zugänge, zu ermöglichen. In der konkret vorliegenden Reihe werden Animationen zu den Übergängen der Aggregatzustände sowie zum Lösevorgang eingesetzt.

Auch im Bereich der Energie liegt bei den Schülerinnen und Schüler oftmals eher ein "Vernichtungskonzept" als ein "Erhaltungskonzept" vor, da im Alltag ja häufig davon die Rede ist, Energie werde "ver"-braucht, Batterien seien "leer" oder "man habe keine Energie mehr, Schokolade bringe verbrauchte Energie zurück" (Barke, Harsch, 2001)⁷. Mit diesen Fehlvorstellungen ist zu rechnen, wenn die Übergänge der Aggregatzustände thematisiert werden. Hier erfahren die Schülerinnen und Schüler z. B. im Experiment, dass beim Schmelzen von Wasser Energie in Form von Wärme aufgenommen wird, beim Gefrieren von Wasser Energie jedoch in Form von Wärme wieder freigesetzt wird.

Die Einführung der Stoffeigenschaft **Dichte** stellt erfahrungsgemäß eine besondere Schwierigkeit für die Schülerinnen und Schüler dar, da die mathematischen Voraussetzungen häufig noch nicht gegeben sind (Umstellen einer Gleichung). Die Reihe ist daher so angelegt, dass es vordringlich um ein qualitatives Verständnis des Dichtebegriffs geht, sehr anschaulich und durch die Schülerinnen und Schüler erfahrbar an Cola- und Cola light-Dosen. Die zugehörigen Versuche sind für die Schülerinnen und Schüler sehr motivierend und beeindruckend, führen über die nähere Untersuchung der beiden Getränke zu einer nachhaltigen Vorstellung bzgl. der Dichte, die auch in einer einfachen Formel ausgedrückt werden kann. Umfangreiche Berechnungen zur Dichte sollen im Rahmen der vorliegenden Reihe jedoch nicht durchgeführt werden, vielmehr soll der so angelegte Dichtebegriff zur Erklärung des Schwimm- oder Sinkverhaltens verschiedener Körper in verschiedenen Flüssigkeiten angewendet werden (z. B. Äpfel und Birnen in Wasser).

Am Ende Unterrichtsreihe werden die intendierten Kompetenzen – auch unter Berücksichtigung gängiger Schülervorstellungen – diagnostiziert. Die Schülerinnen und Schüler sollen sich dazu im ersten Schritt selbst einschätzen, um im zweiten Schritt ihre Einschätzung mit Hilfe entsprechender Diagnoseaufgaben zu überprüfen. Um dies korrekturfreundlich zu gestalten und um den Schülerinnen und Schüler eine schnelle, genaue Rückmeldung über ihren Lernstand zu ermöglichen, wurde hierzu ein Kompetenztest in Multiple-Choice-Form erstellt (s. Anhang).

3. **Planung der Unterrichtsstunde**

3.1. **Kompetenzorientierte Zielsetzungen**

Hauptintention: Die Schülerinnen und Schüler stellen allgemeine und auf der Basis zweier Zutatenlisten konkretisierte Hypothesen zum Farbunterschied von „Rotkohl“ bzw. „Blaukraut“ auf, planen geeignete Experimente zur Überprüfung und führen diese durch.

.... damit wird insbesondere die folgende, aus dem KLP zitierte Kompetenz gefördert:

Schwerpunktkompetenz:

⁶ Barke, H.-D., Harsch, G.: Chemiedidaktik Heute, Lernprozesse in Theorie und Praxis, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2001, S. 9-24

⁷ Barke, H.-D., Harsch, G.: Chemiedidaktik Heute, Lernprozesse in Theorie und Praxis, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2001, S. 135f

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung:

„Schülerinnen und Schüler stellen Hypothesen auf, planen geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung, führen sie unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durch und werten sie unter Rückbezug zu den Hypothesen aus.“

Ziele in den Kompetenzbereichen

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen a) allgemeine und b) spezielle Hypothesen auf der Basis der Zutatenlisten zum Farbunterschied von Rotkohl und Blaukraut auf. (Erkenntnisgewinnung)
- planen unter Berücksichtigung des Inhalts der Experimentierbox geeignete Experimente zur Überprüfung der selbstaufgestellten Hypothese, führen diese durch und werten sie unter Rückbezug zur Hypothese aus. (Erkenntnisgewinnung)
- stellen fest, dass Natron und Essig für die Blau- bzw. Rotfärbung des Rotkohlfarbstoffs verantwortlich sind. (Erkenntnisgewinnung)
- stellen ihre Überlegungen und Vorgehensweise den Mitschülern mit Hilfe ihres Arbeitsblattes und der Dokumentenkamera vor. (Kommunikation)
- vergleichen ggf. unterschiedliche Hypothesen und Überprüfungsexperimente und diskutieren das logische und zielführende Vorgehen bei der Untersuchung des Einflusses der Zutaten auf die Rotkohlfarbe. (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation)

Maximalziel:

- untersuchen den Einfluss des Zitronensaftes auf die Farbe des Rotkohls, stellen die Hypothese auf, dass saure Lösungen Rotkohlsaft rot färben und planen ein weiteres Experiment zur Überprüfung. (Erkenntnisgewinnung)

3.2. Erläuterungen zu den didaktisch-methodischen Entscheidungen

Die vorliegende Stunde mit dem o.g. Thema bietet den Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit im Kontext „Speisen und Getränke – alles Chemie?“ eine alltagsrelevante Fragestellung selbstständig zu untersuchen und zu beantworten – in einer dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess ähnlichen Vorgehensweise. Zudem werden die Schülerinnen und Schüler bereits an den Begriff des Indikators herangeführt, der in den folgenden Inhaltsfeldern aufgegriffen und vertieft werden kann. Der Schwerpunkt dieser Stunde liegt hier nicht auf den fachlichen Inhalten, sondern im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Hierbei soll insbesondere die Handlungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler ausgebaut werden, indem naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen geschult werden⁸. Im Folgenden werden die wichtigsten Entscheidungen, die bei der Konzeption dieser Stunde getroffen wurden, erläutert.

Der zentrale prozessbezogene Kompetenzschwerpunkt der Stunde liegt auf dem eigenständigen Planen und Durchführen von Experimenten. Hierzu stehen den Schülerinnen und Schüler ein Arbeitsblatt mit zwei verschiedenen Zutatenlisten, sowie eine Experimentierbox zur Verfügung. Da die Schülerinnen und Schüler die gefahrlos

⁸ Vgl. Kernlehrplan für das Gymnasium – SI Chemie, S. 16.

durchzuführenden Experimente eigenständig planen, ist die Durchführung auf dem Arbeitsblatt nicht vorgegeben. Die Versuchsplanung soll in den Gruppen nach einer ersten Formulierung der Hypothesen besprochen und anhand beschrifteter Skizzen veranschaulicht werden. Um den Fokus auf die Zutaten zu legen, wurden die „Rezepte“ didaktisch reduziert (keine Angaben zu den Mengen oder zur Zubereitungsweise) und in Zutatenlisten umbenannt. In den Zutatenlisten wurde die Reihenfolge der Zutaten bewusst variiert, um einem Vergleich auf den ersten Blick zu erschweren und eine intensivere Auseinandersetzung zu bewirken. Die Zutatenlisten bedingen den Inhalt der Experimentierbox, d.h. dass auch Stoffe enthalten sind, die keine Farbänderung bewirken. Die Experimentierbox beinhaltet einen Beutel mit gefrorenem und wieder aufgetautem Rotkohl, Tropfflaschen mit Natronlösung, Essig, Öl, Wasser sowie kleine Vorratsbehälter mit Salz und Zucker. Des Weiteren werden den Gruppen ein Reagenzglasständer, 6 Reagenzgläser mit Stopfen sowie Spatel zur Verfügung gestellt. Gehen die Schülerinnen und Schüler logisch vor, untersuchen Sie als erstes jene Zutaten, bezüglich derer sich die Zutatenlisten unterscheiden. Machen Sie das nicht, untersuchen sie (auch) den Einfluss der nicht relevanten Zutaten. Dadurch können die Schülerinnen und Schüler jedoch die farbverändernde Wirkung einiger Stoffe auf den Rotkohlsaft begründet ausschließen. Die Anzahl der in der Experimentierbox enthaltenen Reagenzgläser ist bewusst deutlich größer gewählt als unbedingt notwendig und könnte die Schülerinnen und Schüler dazu verleiten evtl. alle Zutaten zu untersuchen.

Aus methodischer Sicht liegt ein weiterer Schwerpunkt der Unterrichtsstunde auf der Förderung des kooperativen Lernens. Die Schülerinnen und Schüler wurden per Zufallsverfahren in leistungs- und geschlechtsheterogene Gruppen eingeteilt. Die Sitzordnung der Schülerinnen und Schüler (einander zugewandt) begünstigt die Kommunikation in den Gruppen und fördert die Teamfähigkeit der Schülerinnen und Schüler. Die herausfordernde, experimentelle Aufgabenstellung regt die Kommunikation untereinander an und fördert ihre Kommunikationskompetenz. Aufgrund der geschützten Rahmenbedingungen, die während einer Gruppenarbeit vorherrschen, werden auch ruhigere und schwächere Schülerinnen und Schüler aktiviert. Die sich an die Erarbeitungsphase anschließende Präsentation dient der Förderung der Präsentationstechniken und des Feedbackgebens. Ein (ausgelostes) Gruppenmitglied einer (ausgelosten) Arbeitsgruppe präsentiert das Ergebnis im Schülervortrag - unterstützt durch die Projektion des Arbeitsblattes. Die nicht präsentierenden Gruppen erhalten die Aufgabe, die Präsentation anhand zweier Kriterien einzuschätzen: erstens sollen sie die Nachvollziehbarkeit des Erkenntnisgangs und zweitens das zielgerichtete Vorgehen beurteilen. Sie fungieren daher als Kontrollgruppen, die die Ergebnisse ihrer Mitschüler – d.h. den vorgestellten Erkenntnisweg - nicht unter dem Aspekt richtig oder falsch, sondern logisch bzw. zielführend einordnen sollen. Das bedeutet, dass in einer fehlerfreundlichen Atmosphäre auch der Ausschluss von Zutaten als ein – wenn auch mittelfristiges – Ergebnis anzusehen und wertzuschätzen ist.

3.3. Geplanter Unterrichtsverlauf (s. nächste Seite)

4. Verwendete Literatur

Barke, H.-D., Harsch, G.: Chemiedidaktik Heute, Lernprozesse in Theorie und Praxis, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2001

Kernlehrplan für das Gymnasium -Sekundarstufe I in NRW Chemie, Ministerium für Schule und Weiterbildung, Ritterbach Verlag, Frechen 2008

Marohn, A., Egbers, M.: Vorstellungen verändern - Lernmaterialien zum Thema Verdampfen im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice2learn, in: Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, Heft 3/60, Aulis Verlag 2011

Mikelskis-Seifert, S., Euler, M.: Eine Reise in die Mikrowelt, Einführung in die Modellierung submikroskopischer Phänomene, in: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Heft 114, Friedrich Verlag, Seelze 2009

Rossa, Eberhard (Hrsg.): Chemie Didaktik, Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Cornelsen Scriptor, Berlin 2005

Schmidt, S., Parchmann, I.: Schülervorstellungen - Lernhürde oder Lernchance? in: Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, Heft 3/60, Aulis Verlag 2011

5. Anhang

5.1. Arbeitsblatt

5.2. Geplantes Tafelbild

5.3. Agenda

5.4. Selbsteinschätzungsbogen

5.5. Diagnoseaufgaben

3.3. Geplanter Stundenverlauf

Phase	Unterrichtsgeschehen	Aktions-/ Sozialform	Material/ Medien	Did.-method. Kommentar
Warming up	<ul style="list-style-type: none"> • L. zeigt Rotkohl • L.: Tauscht Euch in Dreiergruppen darüber aus, <i>ob und wenn ja, woher ihr das „Gemüse“ kennt.</i> • SuS tauschen sich zu dritt aus. 	<ul style="list-style-type: none"> • L.-Impuls • Murmelphase • Meldekette • Lehrer fasst zusammen 	<ul style="list-style-type: none"> • Rotkohl 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorwissen/Alltagserfahrungen werden gesammelt;
Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgreifen Schüleraussage „regionale Besonderheit: Rotkohl bzw. Blaukraut“ - alternativ: kurzer Lehrervortrag dazu, Veranschaulichung mit einem Bild; • L: Rotkohl oder Blaukraut – was macht den Unterschied? • SuS tauschen sich aus und stellen Hypothesen auf – L. sammelt und hält sie im Überblick stichwortartig an der Tafel fest 	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrervortrag • GA-UG-L.zusfassung 	<ul style="list-style-type: none"> • Bild: Rotkohl u. Blaukraut • Tafel 	<ul style="list-style-type: none"> • Verdeutlichung der Problemstellung: ein Gemüse – zwei Farben • Hypothesen sammeln, offen auch für nicht im CU zu untersuchende Aspekte
Gelenkstelle	<ul style="list-style-type: none"> • L: Welche der genannten Hypothesen können wir in unserem Unterricht mit dem vorhandenen Rotkohl überprüfen? → Untersuchung des Einflusses der Zutaten auf die Farbe des Rotkohls 	<ul style="list-style-type: none"> • UG 	<ul style="list-style-type: none"> • Tafel 	<ul style="list-style-type: none"> • Fokussierung auf den für den CU wesentlichen Aspekt
Erarbeitung	<p>L: Mit Hilfe einer Experimentierbox und zwei auf dem Arbeitsblatt vorgegebenen Zutatenlisten sollt ihr eine Hypothese aufstellen, entsprechende Experimente dazu planen, durchführen und eure Hypothese bestätigen oder widerlegen;</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS: Lesen AB, stellen ggf. Fragen, verbalisieren den AA und Zeitvorgabe; • SuS/GA: Hypothesenbildung, Experimentplanung, -durchführung, -auswertung mit Rückbezug auf die Hypothese; • besonders schnelle SuS: Beschäftigung mit einer Zusatzaufgabe (Zugabe von Zitronensaft) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrervortrag • UG • GA 	<ul style="list-style-type: none"> • AB • Exp.box • OHP-Folien/ Dok.-kamera 	<ul style="list-style-type: none"> • Hypothesenbildung „Welche Zutat(en) bewirken den Farbunterschied?“ Plan., Durchf. und Auswertung – Steuerung durch die Infos und das Exp.material in der Box; • Differenzierung nach Lern- bzw. Arbeitstempo durch Zusatzaufgabe
Sicherung 1	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung und Diskussion der – wenn möglich unterschiedlicher - Erkenntniswege • Schriftliche Fixierung der Auswertung/zum Beispiel: Die Zugabe von Essig ist für die Rotfärbung und die Zugabe von Natron für die Blau-Violett-Färbung des Rotkohls/Rotkohlsaftes verantwortlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Schülervortrag • UG • L. als Moderator 	<ul style="list-style-type: none"> • OHP-Folie/ Dok.-kamera 	<ul style="list-style-type: none"> • Präsentation der eigenen Vorgehensweise und Ergebnisse • SuS: Rückmeldung über Nachvollziehbarkeit des Erkenntnisweges und Stringenz; • L: Atmosphäre der Fehlerfreundlichkeit gewährleisten
	möglicher Stundenausstieg			
Sicherung 2	<ul style="list-style-type: none"> • Maximalziel: Auswertung der Zusatzaufgabe/Formulierung neuer Hypothese: Saure Stoffe färben den Rotkohlsaft rot. Planung weiterer Überprüfungsexperimente • L:Ausblick nächste Stunde: Untersuchung versch. Lösungen mit dem Rotkohlsaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Schülervortrag 		<ul style="list-style-type: none"> • Anbahnung der Verallgem. der Wirkung von sauren Lösungen auf den Rotkohlfarbstoff
	möglicher Stundenausstieg			
Didaktische Reserve	<ul style="list-style-type: none"> • Lernweg zusammenfassen und reflektieren: Wie sind wir vorgegangen, um unsere Ausgangsfrage (Rotkohl oder Blaukraut – was macht den Unterschied) zu beantworten? 	<ul style="list-style-type: none"> • EA • UG 	<ul style="list-style-type: none"> • Tafel • OHP/Dok.-kamera 	<ul style="list-style-type: none"> • Erkenntnisweg der NW nachvollziehen; Frage/Probl.-Hypothese- Exp. – ggf. neue Hypothese etc.

5.1. Speisen und Getränke: Rotkohl oder Blaukraut – Was macht den Unterschied?

Thema: Untersuchung des Einflusses der Zutaten auf die Farbe des Rotkohls

Arbeitsauftrag:

1. Schaut Euch die beiden Zutatenlisten an und schreibt konkrete Hypothese/n auf.

Zutatenliste 1

- Öl
- Salz
- Natron
- Zucker
- Wasser
- Lorbeerblätter
- Zwiebeln

2. Plant Experimente zur Überprüfung der Hypothesen. Euch stehen nur folgende Geräte und Zutaten zur Verfügung.

Zutaten:

Beutel mit Rotkohl und Rotkohlsaft
Zucker, Salz, Öl, Essig, Natronlösung

Geräte:

Reagenzglasständer
Reagenzgläser

Zutatenliste 2

- Zwiebeln
- Öl
- Lorbeerblätter
- Zucker
- Wasser
- Essig
- Salz

Info: Achtet darauf, zielgerichtet und materialschonend zu arbeiten. Beachtet die Zeitvorgabe.

Fertigt zu euren Planungen immer zuerst eine beschriftete Versuchsskizze an, in der die beteiligten Stoffe klar zu erkennen sind. Führt dann die Versuche durch und notiert dazu stichwortartig eure **Versuchsbeobachtungen**. Falls der Platz in der Tabelle nicht genügt, nutzt bitte die Rückseite.

beschriftete Versuchsskizze	Beobachtungen

3. Zieht Schlussfolgerungen aufgrund eurer Versuchsbeobachtungen im Hinblick auf eure oben formulierte/n Hypothese/n:

Zusatzaufgabe: Untersucht in gleicher Weise die Wirkung von Zitronensaft auf die Farbe des Rotkohls und formuliert eine weitergehende Hypothese. Überlegt Euch in diesem Zusammenhang ein weiteres Experiment mit Rotkohl und anderen, dazu geeigneten Stoffen zur Überprüfung der neuen Hypothese.

5.2. geplantes Tafelbild:

Rotkohl oder Blaukraut – Was macht den Unterschied?

Datum:

Hypothesen zur unterschiedlichen Farbgebung des Rotkohls:

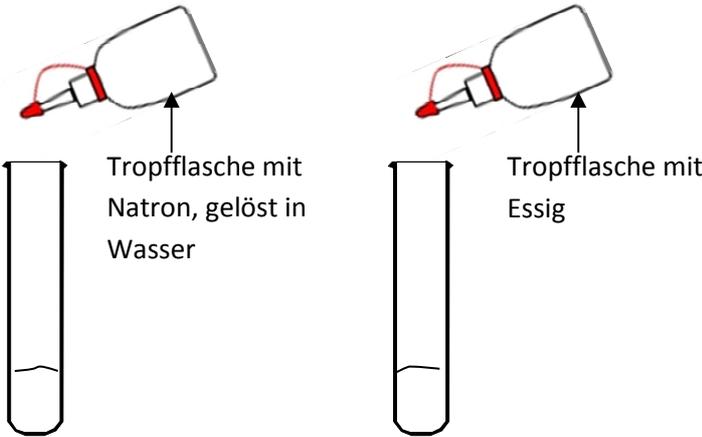
- verschiedene Zutaten im Rezept
- Kochdauer
- Bodenbeschaffenheit (je nach Region)
-

Untersuchung des Einflusses der Zutaten auf die Rotkohlfarbe

1. Konkretisierte Hypothese:

Natron und Essig sind für den Farbunterschied verantwortlich.

2. Geplante Experimente und Versuchsbeobachtungen:

beschriebene Versuchsskizze	Beobachtungen
 <p>Tropfflasche mit Natron, gelöst in Wasser</p> <p>Tropfflasche mit Essig</p>	Bei Zugabe von Natronlösung: Blaufärbung Bei Zugabe von Essig: Rotfärbung

3. Schlussfolgerung im Hinblick auf die Hypothesen:

Natron und Essig sind für die Farbgebung des Rotkohlsafts verantwortlich.

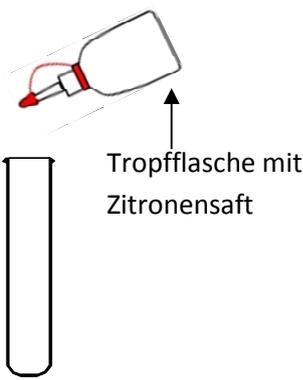
Natronzugabe: Blaukraut

Essigzugabe: Rotkohl

→ Hypothese wurde bestätigt.

4. Untersuchung des Einflusses des Zitronensafts auf die Farbe des Rotkohls

(Maximalziel)

beschriftete Versuchsskizze	Beobachtungen
 <p>Tropfflasche mit Zitronensaft</p>	<p>Zugabe von Zitronensaft: Rotfärbung</p>

Formulierung einer neuen Hypothese

Stoffe, die sauer sind bzw. Säuren enthalten, färben den Rotkohlsaft rot.

Planung Überprüfungsexperiment:

beschriftete Versuchsskizze	Beobachtungen

5.3. Agenda

Speisen und Getränke

Stoffe erkennen - Stoffeigenschaften nutzen

6. Rotkohl oder Blaukraut – was macht den Unterschied?



5. a Cola oder Cola light?



5. b Äpfel mit Birnen vergleichen?



1. a Was ist ein Stoff? - der Stoffbegriff als Teekesselchen!



1. b Unterschied: Gegenstand – Stoff?



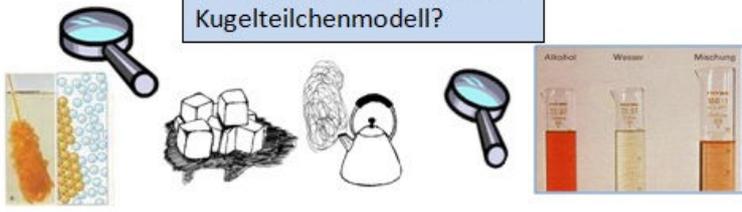
2. Fünf Stoffe gleich oder verschieden?



3. Ist jeder Stoff einzigartig?



4. Wie erklären wir uns Stoffeigenschaften mit dem Kugelteilchenmodell?



5.4. Selbsteinschätzungsbogen zum Thema: Speisen und Getränke

Kompetenzbereiche v.a. Struktur der Materie und Erkenntnisgewinnung:

Lies dir in Ruhe die folgenden Aussagen durch und kreuze an, was für dich zutrifft!

Überprüfe Deine Einschätzung, indem du die dazugehörige Aufgabe auf der Rückseite des Blattes löst.

Wie schätzt du dich ein?	trifft zu	trifft nicht zu
1. Ich kann Stoffe aufgrund ihrer Stoffeigenschaften voneinander unterscheiden.		
2. Ich kann das Kugelteilchenmodell zur Beschreibung von Stoffeigenschaften (Aggregatzustände bzw. Aggregatzustandsänderungen) nutzen.		
3. Ich kann Lösevorgänge mit Hilfe des Kugelteilchenmodells beschreiben.		
4. Ich kann Siede- und Schmelzvorgänge beschreiben und Siede- und Schmelzkurven entsprechend auswerten.		
5. Ich kann den Begriff Dichte anwenden, um das Sink- bzw. Schwimmverhalten von Feststoffen in Flüssigkeiten zu erklären.		
6. Ich kann zu einer Hypothese/Vermutung ein Experiment planen, mit dessen Hilfe man die Hypothese/Vermutung überprüfen kann.		
7. Ich kann aus Versuchsbeobachtungen geeignete Schlussfolgerungen ziehen.		

5.5. Diagnoseaufgaben:

Überprüfe Deine Selbsteinschätzung, indem du folgende Aufgaben bearbeitest.

Bei verschiedenen Antwortmöglichkeiten, bitte nur ein eine Antwort ankreuzen!

1. Du findest in einem unbeschrifteten Gefäß einen weißen Feststoff. Nähere Untersuchungen liefern folgende Beobachtungen:
- Aussehen: weiß und kristallin
 - Der Stoff löst sich in Wasser.
 - Nach dem starken Erhitzen mit dem Bunsenbrenner ist eine farblose Flüssigkeit entstanden.
 - Die wässrige Lösung des Stoffes leitet den elektrischen Strom.

Um welchen der im Folgenden genannten Stoffe könnte es sich handeln?

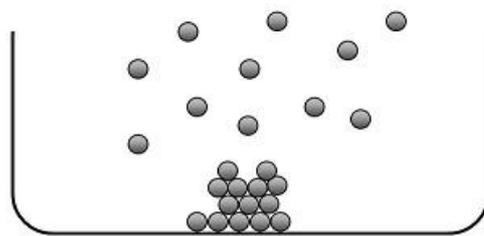
- Zucker
- Kochsalz
- Zucker und Kochsalz
- weder Zucker noch Kochsalz

2. Ordne den Aggregatzustandsänderungen die angemessene Darstellung im Kugelteilchenmodell zu.

Schmelzendes Wasser

Abbildung Buchstabe:

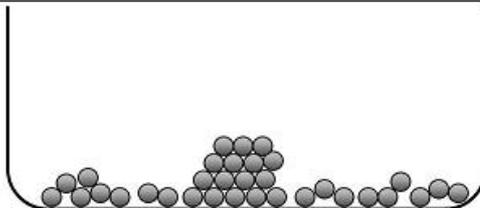
A



Verdampfendes Wasser

Abbildung Buchstabe:

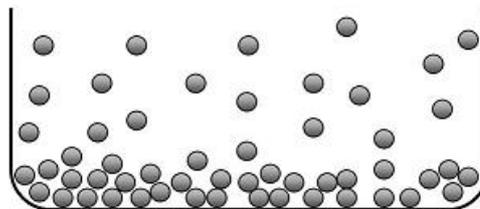
B



Sublimierendes Wasser

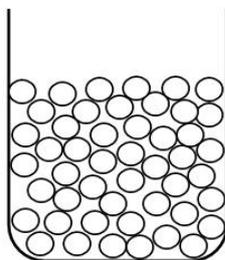
Abbildung Buchstabe:

C

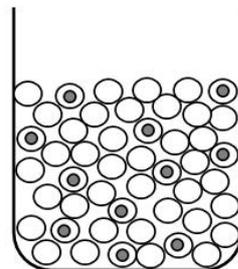


3. Wie erklärst du dir den Lösungsvorgang von Kochsalz in Wasser?

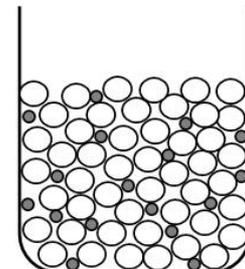
Die Teilchen des Kochsalzes verschwinden im Wasser durch das Umrühren.



Jedes Salzteilchen wird von einem Wasserteilchen vollständig eingeschlossen.



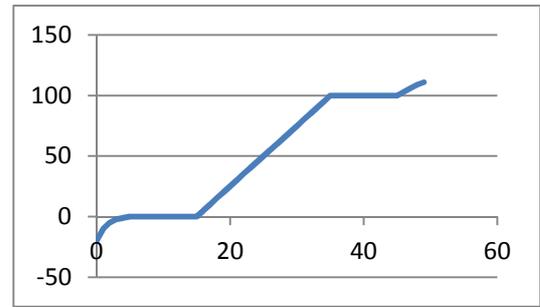
Die Kochsalzteilchen verteilen sich gleichmäßig zwischen den Wasserteilchen.



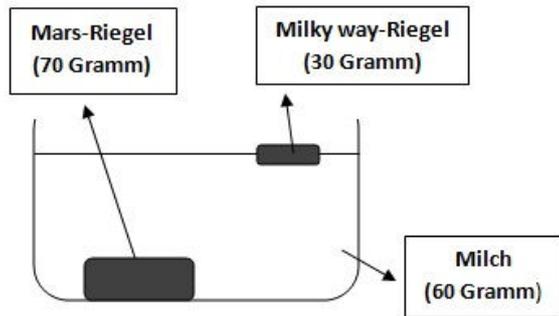
Ich kann mir den Vorgang des Auflöserns von Kochsalz in Wasser nicht erklären.

4. Welche der Aussagen stimmen mit der abgebildeten Schmelz- und Siedekurve von Wasser überein?

- Die höchste im Experiment gemessene Wassertemperatur betrug 100°C.
- Durch das Erhitzen mit Hilfe des Gasbrenners stieg die Temperatur des Wassers durchgehend von 0. Minute bis zum Ende des Experimentes.
- Zwischen der 5. und 15. sowie der 35. und 45. Minute kam es trotz ständiger Energiezufuhr zu keinem Temperaturanstieg.
- Das Eis hat bei ca. -20°C begonnen zu schmelzen.
- Mir gelingt es nicht, einen Zusammenhang zwischen dem Temperaturverlauf und den Aggregatzuständen des Wassers herzustellen.



5. Du hast in der Werbung gehört, dass einige Schokoriegel in Milch schwimmen. Um das zu überprüfen, legst du einen Mars-Schokoriegel und einen Milky way-Schokoriegel in Milch. Welche Erklärung ist die in der Abbildung dargestellte Beobachtung zutreffend?



- Der Mars-Riegel geht unter, weil er größer ist als der Milky way-Riegel ist.
- Der Milky way-Riegel schwimmt, weil er eine geringere Masse hat als der Mars-Riegel.
- Der Mars-Riegel geht unter, weil er eine größere Masse hat als die Milch.
- Der Milky way-Riegel schwimmt, weil 1 cm³ Milkyway eine geringere Masse hat als 1 cm³ Milch.
- Der Mars-Riegel geht unter, weil 1 cm³ Mars eine größere Masse hat als 1 cm³ Milky way.

6. Du hast mehrfach beobachtet, dass es unterschiedlich lange dauert verschiedene Zuckerformen (Puderzucker, Kristallzucker, Zuckerwürfel, Kandiszucker) in verschieden warmen Flüssigkeiten zu lösen. Du stellst folgende Hypothese/ Vermutung auf: **Je kleiner die Körnung des Zuckers ist, desto schneller löst er sich auf, d.h. desto größer ist die Lösegeschwindigkeit.** Als Geräte stehen Dir Reagenzgläser mit 10 ml Wasser, Stopfen und eine Uhr zur Verfügung. Welches Experiment führst du durch, um deine Hypothese zu überprüfen?

- Ich gebe jeweils einen Teelöffel Puderzucker, Kristallzucker und Kandiszucker in je ein Reagenzglas und messe nacheinander die Schüttelzeit bis zum vollständigen Lösen aller drei Stoffe.
- Ich gebe 5g Puderzucker in 20° warmes Wasser, 5g Kristallzucker in 40° warmes Wasser, 5g Kandiszucker in 60° warmes Wasser und messe die Schüttelzeit bis zum vollständigen Lösen.
- Ich gebe jeweils 5g Puderzucker, 5g Kristallzucker und 5g Kandiszucker in je ein Reagenzglas, schüttele alle gleichzeitig und messe die Zeit bis sich der erste Stoff vollständig gelöst hat.
- Ich gebe jeweils 5 g Puderzucker, 5g Kristallzucker und 5g Kandiszucker in je ein Reagenzglas und messe nacheinander die Schüttelzeit bis zum vollständigen Lösen der drei Stoffe.
- Ich gebe jeweils 5 g Puderzucker, Kristallzucker und Kandiszucker in das Reagenzglas und messe die Schüttelzeit bis zum vollständigen Lösen aller drei Stoffe. Dabei achte ich darauf, beim Kandiszucker besonders stark zu schütteln.
- Mit keinem der geschilderten Experimente kann man die Hypothese überprüfen.

7. In einem Experiment soll die Wasserlöslichkeit in Abhängigkeit von der Wassertemperatur von zwei verschiedenen weißen, kristallinen Stoffen untersucht werden. Dazu nimmt man jeweils 100 mL Wasser unterschiedlicher Temperatur und gibt - unter Rühren - portionsweise den Stoff hinzu, bis sich die ersten Kristalle nicht mehr lösen. Rechts siehst du die Ergebnisse der Untersuchung von Kochsalz und Salpeter. Welche der unten genannten Schlussfolgerungen ist **nicht** richtig

Maximale Löslichkeit von Kochsalz in 100 mL Wasser bei verschiedenen Temperaturen:

Temperatur	10°C	20°C	30°C	40°C
max. gelöste Menge Kochsalz	38g	38g	38g	38g

Maximale Löslichkeit von Salpeter in 100 mL Wasser bei verschiedenen Temperaturen:

Temperatur	10°C	20°C	30°C	40°C
max. gelöste Menge Salpeter	22g	35g	45g	60g

- Die Löslichkeit von Salpeter ist bei allen Temperaturen höher als die Löslichkeit von Kochsalz.
- Die Löslichkeit von Kochsalz ist temperaturunabhängig.
- Die Löslichkeit von Salpeter steigt mit steigender Temperatur.
- Die Löslichkeit beider Stoffe ist bei ca. 22°C ungefähr gleich groß.