

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Hauptseminar: Schulorientiertes Experimentieren
Prof. Dr. Harsch, Verena Köper
Referenten: Jens Schmitz, Victor M. D. Sendas, Bianca Fulde
Wintersemester 2005/2006

Thema der Unterrichtsreihe:

Zum Verfahren der Chromatographie

Eingliederung der Unterrichtsreihe in den Unterrichtsverlauf der Klasse 7 **(laut Lehrplan)**

Vorkenntnisse:

Stoffe und Stoffeigenschaften:

- Untersuchung von Stoffen aus dem Alltag der Schüler, Einteilung in Reinstoffe und Gemische, Charakterisierung von Reinstoffen durch Aussehen, Farbe, Siede- und Schmelztemperatur, Löslichkeit, Dichte
- Gefahrstoffe und deren umweltschonende Entsorgung

Misch- und Trennverfahren:

- Lösen, Filtrieren, Destillieren, Eindampfen, Dekantieren

Thema der Unterrichtsreihe: Zum Verfahren der Chromatographie

1. Stunde: Chromatographie von Filzstiften
2. Stunde: „Smarties-Chromatographie“
3. Stunde: Löslichkeit von Schokoladenbestandteilen in unterschiedlichen Lösungsmitteln
4. Stunde: Trennen von Schokolade in ihre Bestandteile: Fett
5. Stunde (optional): Trennen von Schokolade in ihre Bestandteile: Zucker, Kakao

Ziele zum Thema der 1. Stunde: Chromatographie von Filzstiften

Groblernziele:

- Kennen lernen des Verfahrens der Chromatographie
- Übertragung des Phänomens der Chromatographie auf Alltagssituationen
- Einüben des bislang wenig vertrauten Umgangs mit einfachen Laborgeräten
- Praktizierung des häufig angewandten methodischen Ganges bei Problemen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Problem, Überlegungen zur Problemlösung, Durchführung eines Lösungsvorschlages, Falsifizierung oder Verifizierung, Erklärung)

Feinlernziele:

- Aufstellung eigener Formulierungen von Vermutungen und Lösungsideen zum Versuch
- Selbstständiges Durchführen des Trennverfahrens der Chromatographie
- Eigenständige Fixierung der Beobachtungen
- Einüben von Gedankenaustausch und Diskussionsbereitschaft

Sachliche Grundlagen:

Mit Hilfe chromatographischer Verfahren werden Stoffgemische getrennt. Das Wort „Chromatographie“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet Farbenschriften (chromos:

Farbe, graphisch: schreiben). Bei chromatographischen Verfahren nutzt man die unterschiedliche Verteilung der Komponenten eines Stoffgemisches zwischen zwei Phasen aus. Dabei wird die so genannte stationäre Phase von einer mobilen Phase durchwandert. Die in der mobilen Phase gelösten Stoffe werden von der stationären Phase in unterschiedlichem Maße aufgehalten, wodurch schließlich die Trennung erfolgt.

Es gibt eine Reihe verschiedener chromatographischer Verfahren. Das vorwiegende Trennprinzip ist bei allen Verfahren gleich: Eine mobile Phase, in der sich das aufzutrennende Gemisch befindet, wird an einer stationären Phase vorbeigeführt. Die Gemengebestandteile wandern aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften verschieden schnell, weil sie mit der stationären Phase mehr oder weniger wechselwirken.

Begründung der didaktischen Reduktion:

Trotz der Fülle der chromatographischen Techniken (Säulen-, Dünnschicht-, Gaschromatographie etc.) ist für diese Unterrichtseinheit aufgrund des Alters der Schüler (7. Klasse) vorgesehen, lediglich die Papierchromatographie als ein Beispiel chromatographischer Verfahren zu behandeln. Zudem liegt allen Techniken dasselbe Prinzip zugrunde.

Didaktische/methodische Überlegungen:

Die Unterrichtseinheit ist für die Durchführung in einer 7. Klasse konzipiert worden. Da diese Stunde der Beginn einer neuen Unterrichtsreihe ist, gilt es also, die Schülerinnen und Schüler bereits zu diesem Zeitpunkt zu motivieren.

Insgesamt ist die komplette Stunde in 5 Denkstufen nach Schmidkunz/Lindemann unterteilt worden.

Die Einführung in den Themenkomplex der Chromatographie geschieht mittels des Textes „So eine Gemeinheit!“ Gleichzeitig wirft der Text ein für die Schülerinnen und Schüler zu lösendes Problem auf (1. Denkstufe: Problemgewinnung): Der Schüler Lutz möchte herausfinden, wer ihm einen mit schwarzem Filzstift beschriebenen Zettel auf den Rücken geklebt hat. Der Text ist so aufgebaut, dass die Schülerinnen und Schüler durch ihn hoffentlich motiviert werden, das dargestellte Problem zu lösen (2. Denkstufe: Überlegungen zur Problemlösung). Es bietet sich an, den Text vorlesen zu lassen und anschließend im Unterrichtsgespräch gemeinsam nach einem Lösungsansatz zu suchen. Da die Schülerinnen und Schüler noch keinerlei Vorwissen zu diesem Thema haben (induktives Vorgehen), ist es unter Umständen möglich, dass sie keinen Vorschlag nennen, der das Problem lösen könnte. Mögliche Antworten könnten sein: „Unterschiedliche Schriftarten bei Jungen und Mädchen, unterschiedliche Dicke der Stifte usw.“ An dieser Stelle kann der Lehrer eine Hilfestellung geben, indem er auf Phänomene aus anderen Fächern aufmerksam macht, zum Beispiel auf das Farbmischen im Kunstunterricht: „Ist schwarz gleich schwarz? Kann man diese Farben auch wieder trennen? Was meint ihr?“

Das Arbeitsblatt „Chromatographie eines wasserlöslichen, schwarzen Filzstiftes“ wird im Anschluss an das Unterrichtsgespräch ausgeteilt. Ein kleiner Einführungstext zu Beginn soll das Prinzip der Chromatographie auf anschauliche Weise darstellen. Der dann folgende beschriebene Versuch stellt eine Möglichkeit dar, einen Versuch zur Problemlösung durchzuführen (3. Denkstufe). Der Versuch soll in Einzelarbeit durchgeführt werden. Das ist gut möglich, weil der Aufwand an Geräten und Chemikalien nicht sehr groß ist. Alternativ zu Petrischalen bzw. Rundfiltern und für den Fall, dass die Schülerinnen und Schüler motiviert sind, den Versuch zu Hause erneut durchzuführen, können der Halter eines Teelichtes und ein Kaffeefilter verwendet werden. Ein weiterer Vorteil der Einzelarbeit ist, dass das manuelle

Geschick gefördert wird, da in Gruppenarbeiten die Rollen meist strikt verteilt sind. So sind die Jungen sehr oft dafür zuständig, den Bunsenbrenner anzuzünden, während die Mädchen die Zeichnungen anfertigen oder das Protokoll schreiben müssen. Natürlich darf während des Versuches der „Rote Faden“ zum „Fall Lutz“ nicht verloren gehen. Deshalb ist es die Aufgabe des Lehrers, den Bogen vom Versuch zum eigentlichen Problem zu spannen. „Warum machen wir das hier überhaupt?“ Es ist vorgesehen, dass jeder Schüler/jede Schülerin ein eigenes Chromatogramm erstellt und dieses im Anschluss mit dem des Sitznachbarn vergleicht, um Unterschiede festzustellen. So soll deutlich werden, dass das entstehende Chromatogramm vom verwendeten Filzstift abhängt. Dem Experimentierteil schließt sich ein Verschriftlichungsteil an. Hier sollen die Beobachtungen notiert und im 2. Schritt (4. Denkstufe: Abstraktion der gewonnen Erkenntnisse, Transfer) die Überlegungen zum „Fall Lutz“ dargestellt werden. Mögliche Antworten: „Die schwarze Farbe wird in ihre Bestandteile zerlegt. Unterschiedliche Stifte ergeben unterschiedliche Chromatogramme. Demnach könnte Lutz Papierchromatogramme mit den schwarzen Filzstiften seiner Sitznachbarn erstellen. Gleichzeitig gibt er einige Wassertropfen auf das Löschpapier. Gleicht nun eines der Chromatogramme farblich dem Löschblatt, hat Lutz den Übeltäter entlarvt.“ Die Frage, wie Lutz das Problem lösen kann, ist nicht mehr nur Ergebnissicherung und Auswertung, sondern beginnende Analyse und Transfer, d. h. die Schülerinnen und Schüler sollen ihr gerade erarbeitetes Wissen auf eine andere Sache übertragen.

Die Hausaufgabe, die aus einem Lückentext besteht, dient ebenfalls der Abstraktion der gewonnen Erkenntnisse, dem Transfer und der Wissenssicherung (4. Denkstufe und 5. Denkstufe). Der Lückentext gibt Informationen zur Definition und zum Prinzip des Verfahrens der Chromatographie, greift das alte Fluss-Beispiel auf und gibt Hinweise zum „Fall Lutz“. Das ist sinnvoll, sofern bei manchen Schülerinnen oder Schülern der Transfer in der vergangenen Stunde noch nicht geschehen ist.

Fazit: Das Hauptanliegen der Stunde liegt auf der eigenständigen Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler, bei der es um das Entdecken von Phänomenen geht. Der Weg von der genauen Beobachtung zur Auswertung mittels Lückentext erfordert ein hohes Abstraktionsvermögen. Das Ziel der gewünschten Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler birgt das Risiko, dass letztlich der Zeitbedarf in der Planung nicht genau abgeschätzt werden kann.

Diskussion:

→ Wie kann man den Schülerinnen und Schülern das Prinzip zum Entstehen der Farbringe plausibel machen, damit es nicht nur akzeptiert, sondern auch verstanden wird? Schließlich ist es nicht das Ziel, dass ein Unterrichtsgegenstand schlicht und einfach auswendig gelernt wird. Eine mögliche Antwort, wie sie in dieser Unterrichtseinheit verwendet wurde, lautet:

*„Die schwarze Filzstiftfarbe ist ein **Farbstoffgemisch**. Die Auftrennung bzw. die Farbringe kommen dadurch zustande, dass die einzelnen **Farbstoffe** an den Papierfasern unterschiedlich fest haften. Je geringer die Haftfestigkeit des einzelnen Farbstoffes an den Papierfasern ist und je besser er sich im Wasser löst, desto weiter wird er vom Ausgangspunkt weg befördert.“*

- Ist diese Antwort für eine Schülerin/einen Schüler zufrieden stellend?
- Wie kann sich eine Schülerin/ein Schüler in der 7. Klasse einen **Farbstoff** vorstellen?
- Inwiefern ist die Schülerin/der Schüler in der Lage, zu abstrahieren?

Diese aufgeführten Fragen haben sich während der Bearbeitung des Referates gestellt und konnten, zumindest bis jetzt, nicht beantwortet werden. Wie in vielen Beispielen, so sind Antworten auf die Fragen wahrscheinlich nur in der Praxis zu finden.

Unterrichtsentwurf:

Unterrichtsphase	geplantes Lehrerverhalten	erwartetes Schülerverhalten	Medien/ Unterrichtsform
Einstiegsphase	→ Einführung in den Themenkomplex mittels Text „So eine Gemeinschaft!“	→ Text von Schülern vorlesen lassen.	→ Arbeitsblatt
1. Denkstufe (Problemgewinnung)	→ Text wirft Problem auf.	→ Aufgabe der Schüler, nach Problemlöse- vorschlägen suchen.	→ Unterrichts- gespräch
2. Denkstufe (Überlegungen zur Problemlösung)	→ Hilfestellung durch den Lehrer: „Ist schwarz gleich schwarz? Kunstunterricht – Farbenmischen: Sind solche Farbgemische auch wieder zu trennen?“	→ Schüler haben kein Vorwissen, kommen u. U. nicht zum richtigen Lösevorschlag.	→ induktives Vorgehen
Experimentierphase	→ Lehrer gibt Arbeitsblatt aus: „Chromatographie eines wasserlöslichen, schwarzen Filzstiftes“	→ Ein einzelner Schüler liest das Arbeitsblatt vor.	→ Arbeitsblatt
3. Denkstufe (Durchführung eines Problemlösevorschlages)	→ Aufgabe des Lehrers: Bogen spannen zum „Fall Lutz“: Roten Faden beibehalten.	→ Schüler suchen sich die Materialien zusammen und experimentieren.	→ Einzelarbeit/ Petrischalen, Rundfilter, Wasser, Filzstift
Auswertung / Sicherung Zum Teil: 4. Denkstufe (Abstraktion der gewonnen Erkenntnisse, Transfer)	→ Auswertung des Arbeitsblattes und anfängliche Analyse: Was kann Lutz tun?	→ Schüler geben ihre Beobachtungen wieder: „Schwarze Farbe wird in ihre Bestandteile zerlegt, unterschiedliche Stifte = unterschiedliche Chromatogramme	
Schlussphase 4. Denkstufe (Abstraktion der gewonnen Erkenntnisse, Transfer) und 5. Denkstufe (Wissenssicherung)	→ Hausaufgabe: Lückentext (gibt Informationen zur Definition des Stundenthemas, greift Beispiel des Flusses noch einmal auf und gibt Hinweise zum „Fall Lutz“.		

Anhang zur 1. Stunde: Chromatographie von Filzstiften

So eine Gemeinheit!

Das musste ja ausgerechnet ihm passieren – Lutz! Kaum hatte er sich in der neuen Klasse eingelebt, war er auch schon zum Gespött seiner Mitschüler geworden. Da hat ihm doch jemand einen Zettel auf den Rücken geklebt und Lutz hat nichts gemerkt – ein mit schwarzem Filzstift beschriebenes Löschblatt: „Tritt mich!“ So eine Gemeinheit! Wer kann das gewesen sein? Ein Löschblatt trägt doch nun wirklich jeder mit sich und einen schwarzen Filzstift auch. Seine Entdeckungslust wird geweckt. Lutz beschließt, zunächst in seiner näheren Umgebung nach dem „Täter“ zu suchen: Da wären seine linke Sitznachbarin Carolin und sein rechter Sitznachbar Daniel.

- Kannst du Lutz helfen, den Übeltäter zu stellen?

Chromatographie eines wasserlöslichen, schwarzen Filzstiftes

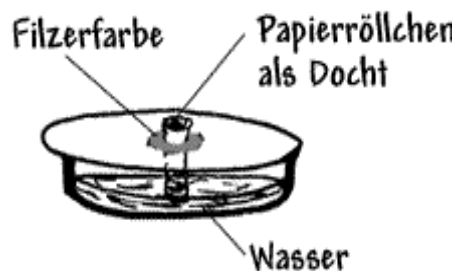
Die Chromatographie lässt sich folgendermaßen erklären: Eine Gruppe von Booten bricht gleichzeitig auf, um eine Flussfahrt zu unternehmen. Am Flussrand befinden sich in unterschiedlichen Abständen Denkmäler. Je nach dem, welche Leute in den Booten sitzen, legen die Boote verschieden oft am Flussufer an, um ein Denkmal zu besichtigen. Dadurch benötigen die Boote verschieden lange für die Strecke und kommen somit zu verschiedenen Zeiten am Ende des Flusses an.

Führe den folgenden Versuch zur Papierchromatographie durch:

Geräte und Chemikalien:

- 1 Petrischale
- 2 Rundfilter
- 1 wasserlöslichen, schwarzen Filzstift
- Wasser

Versuchsaufbau:



Versuchsdurchführung:

- Bohre ein kleines Loch in die Mitte eines Rundfilters.
- Male mit einem schwarzen Filzstift einen Kreis von 1 cm Durchmesser um das Loch.
- Rolle einen weiteren Rundfilter zu einem Docht zusammen und stecke ihn in das Loch des durchbohrten Rundfilters.
- Fülle die Petrischale zur Hälfte mit Wasser und lege den Rundfilter darauf, so dass der Docht ins Wasser taucht.
- Lass die Fließmittelfront nicht bis zum Rand laufen. Nach ein paar Minuten wird der Docht entfernt und das Filterpapier getrocknet.

Notiere deine Beobachtungen!

Vergleiche dein Chromatogramm mit dem deines Sitznachbarn. Was fällt auf? Welchen Tipp kannst du Lutz nun geben, um sein Problem zu lösen?

Chromatographie eines wasserlöslichen, schwarzen Filzstiftes

Das Wort _____ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Farbenschreiben“ (chromos: Farbe, graphein: schreiben). Weil wir in unserem Versuch mit Filterpapier gearbeitet haben, sprechen wir von *Papierchromatographie*. Das Prinzip lässt sich wie folgt erklären:

Durch den _____ wird das Wasser hochgesaugt und der Filzstiftstrich auf dem Rundfilter zerfließt langsam. Nach einer gewissen Zeit lassen sich unterschiedliche Farbringe erkennen. Die schwarze Filzstiftfarbe ist demnach ein aus verschiedenen Farben zusammengesetztes _____. Sollten die Zusammensetzungen zweier schwarzer Filzstifte unterschiedlich sein, dann unterscheiden sich die Papierchromatogramme. Die Auftrennung und die Farbringe kommen dadurch zustande, dass die einzelnen Farbstoffe an den _____ unterschiedlich fest haften. Je geringer die _____ des einzelnen Farbstoffes an den Papierfasern ist und je besser er sich im Wasser löst, desto weiter wird er vom Ausgangspunkt wegbefördert.

Übertragen auf das Beispiel der vorangegangenen Stunde bedeutet das: Die Substanzgemische (_____) werden in der so genannten *Mobilen Phase* (_____) an einer *Stationären Phase* (_____ mit _____) vorbeibewegt. Auf Grund von Wechselwirkungen zwischen Substanzen und stationärer Phase halten sich die Substanzen verschieden lange an der _____ Phase auf und können somit nicht von der _____ Phase weitertransportiert werden. Dadurch erreichen sie zu unterschiedlichen Zeitpunkten das Ende der Trennstrecke.

Lutz könnte also folgendermaßen vorgehen, um den Übeltäter zu stellen:

Er erstellt ein Papierchromatogramm mit den schwarzen Filzstiften seiner beiden Sitznachbarn. Parallel dazu gibt er einige Wassertropfen auf das beschriebene Löschpapier, damit die schwarze Farbe in ihre _____ zerläuft. Gleicht nun eines seiner Chromatogramme farblich dem Löschblatt, hat Lutz den Übeltäter entlarvt.

Boote	Papierfilterdocht	Denkmälern	mobilen
stationären	Flussrand	Papierfasern	Fluss
Chromatographie	Bestandteile	Stoffgemisch	Haftfestigkeit

Lösungsschlüssel zum Lückentext:

Chromatographie eines wasserlöslichen, schwarzen Filzstiftes

Das Wort „Chromatographie“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Farbenschreiben“ (chromos: Farbe, graphein: schreiben).

Weil wir in unserem Versuch mit Filterpapier gearbeitet haben, sprechen wir von Papierchromatographie. Das Prinzip lässt sich wie folgt erklären:

Durch den Papierfilterdocht wird das Wasser hochgesaugt und der Filzstiftstrich auf dem Rundfilter zerfließt langsam. Nach einer gewissen Zeit lassen sich unterschiedliche Farbringe erkennen. Die schwarze Filzstiftfarbe ist demnach ein aus verschiedenen Farben zusammengesetztes Stoffgemisch. Sollten die Zusammensetzungen zweier schwarzer Filzstifte unterschiedlich sein, dann unterscheiden sich die Papierchromatogramme. Die Auftrennung und damit die Farbringe kommen dadurch zustande, dass die einzelnen Farbstoffe an den Papierfasern unterschiedlich fest haften. Je geringer die Haftfestigkeit des einzelnen Farbstoffes an den Papierfasern ist und je besser er sich im Wasser löst, desto weiter wird er vom Ausgangspunkt wegbefördert.

Übertragen auf das Beispiel der vorangegangenen Stunde bedeutet das: Die Substanzgemische (Boote) werden in der so genannten *Mobilen Phase* (Fluss) an einer *Stationären Phase* (Flussrand mit Denkmälern) vorbeibewegt. Auf Grund von Wechselwirkungen zwischen Substanzen und stationärer Phase halten sich die Substanzen verschieden lange an der stationären Phase auf und können somit nicht von der mobilen Phase weitertransportiert werden. Dadurch erreichen sie zu unterschiedlichen Zeitpunkten das Ende der Trennstrecke.

Lutz könnte also folgendermaßen vorgehen, um den Übeltäter zu stellen:

Er erstellt ein Papierchromatogramm mit den schwarzen Filzstiften seiner beiden Sitznachbarn. Parallel dazu gibt er einige Wassertropfen auf das beschriebene Löschpapier, damit die schwarze Farbe in ihre Bestandteile zerläuft. Gleicht nun eines seiner Chromatogramme farblich dem Löschblatt, hat Lutz den Übeltäter entlarvt.

Ziele zum Thema der 2. Stunde: „Smarties-Chromatographie“

Groblernziele:

- Vertiefen des Chromatographie-Verfahrens (Papierchromatographie)
- Übertragung des Trennverfahren auf einen weiteren Alltagsgegenstand
- Wiederholung bereits bekannter Trennverfahren (Lösen und Dekantieren) in Kombination mit der Papierchromatographie
- Sicherung des Umgangs mit den Laborgeräten

Feinlernziele:

- Aufstellung eigener Formulierungen von Vermutungen und Lösungsideen zum Versuch
- Selbstständiges Durchführen des Trennverfahrens der Papierchromatographie
- Arbeitsteilige Versuchsdurchführung in Partnerarbeit (eigenständige Planung bzw. Aufteilung der Arbeitsschritte)

Sachliche Grundlagen:

Die sachlichen Grundlagen des Trennverfahrens der Chromatographie wurden bereits in Bezug auf die erste Unterrichtsstunde erörtert, und sollen deshalb an dieser Stelle nicht noch einmal wiederholt werden.

Begründung der didaktischen Reduktion:

In der ersten Unterrichtsstunde dieser Reihe haben die Schülerinnen und Schüler bereits die Papierchromatographie kennen gelernt, ohne dass ihnen bewusst wurde, dass spezielle Eigenschaften des Löschpapiers (kapillarer Aufbau bzw. hohe Saugfähigkeit) näher erläutert wurden. Da bereits die Papierchromatographie als Trennverfahren in der ersten Stunde besprochen wurde, soll ihre Bedeutung auch in anderen Alltagszusammenhängen betont werden; die Schülerinnen und Schüler soll so mit Hilfe eines ihnen bekannten Verfahrens die Auftrennung mehrerer unterschiedlicher Stoffe durchführen können, anstatt viele Chromatographieverfahren nur punktuell oder lediglich exemplarisch nutzen zu können.

Didaktische/methodische Überlegungen:

Diese Unterrichtsstunde ist wie bereits die vorher beschriebene auch dem Unterrichtsplan der Klasse 7 zuzuordnen. Die nun folgende Stunde soll methodisch an die gesammelten Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler mit dem Trennverfahren der Papierchromatographie anknüpfen. Es wird mit Ausblick auf die folgenden Stunden und aus Motivationsgründen mit „Smarties“ gearbeitet, die jedem Jugendlichen bekannt sein dürften. Das Thema und der Versuch der Unterrichtsstunde wurden zudem auch ausgewählt, um zu verdeutlichen, dass man im Alltag ständig, selbst oder gerade beim Essen, Stoffgemischen begegnet, die man mit den Trennverfahren der Chemie voneinander unterscheiden und miteinander vergleichen kann.

Eingeleitet wird diese Unterrichtsstunde nach der Überprüfung der Hausaufgaben (siehe dazu Unterrichtsstunde 1) durch ein Brainstorming zum Begriff „Farbstoffe“; der Lehrer oder die

Lehrerin stellen die Frage, was den Schülerinnen und Schülern diesem Begriff alles einfällt und zu welchen Alltagsgegenständen dieser Begriff passt. Hierbei werden die geäußerten Begriffe (z.B. Stifte, Kleidung, Lebensmittel / Nahrungsmittel) auf einer Folie (Overhead-Projektor) festgehalten. Sollten der Begriff „Süßigkeiten“ bereits in diesem Zusammenhang fallen, so können Vermutungen seitens der Schülerinnen und Schüler geäußert werden, anhand welcher Süßigkeiten man Farbstoffe am Besten untersuchen könnte. Sollten die Schülerinnen und Schüler jedoch nicht direkt auf das Stichwort „Süßigkeiten“ kommen, so muss der Lehrer oder die Lehrerin entweder durch weiteres, gezieltes Fragen („Was esst Ihr denn alle am Liebsten?“) oder durch Setzung die anstehende Untersuchung von „Smarties“ bezüglich ihrer Farben einleiten (der Lehrer oder die Lehrerin hat natürlich die „Smarties“ dabei).

In einem zweiten Unterrichtsschritt sollen die Schülerinnen und Schüler Idee dazu äußern, wie man die Farbe von den „Smarties“ entfernen bzw. isolieren kann (Problemlösendes Denken). Hierbei können sie auf das bereits bekannte Trennverfahren des Lösen und ihre eigenen Erfahrungen im Umgang mit diesem Lebensmittel (Farbe löst sich im Mund) zurückgreifen, um zu dem Entschluss zu gelangen, dass die Farbe wasserlöslich ist. Der Lehrer oder die Lehrerin kann diese Vermutung durch eine kurze Überprüfung im Reagenzglas als Demonstrationsversuch stützen.

Das Problem der Farbauftrennung kann nun thematisiert werden; in Anlehnung an die letzte Stunde sollen die Schülerinnen und Schüler Überlegungen zur Methode der Trennung anstellen. Da jedoch im Allgemeinen nicht damit zu rechnen ist, dass sie auf Anhieb eine Lösung finden werden, muss der Lehrer oder die Lehrerin durch Setzung und mit Hilfe des Arbeitsblattes „V2: „Smarties“-Chromatographie“ das Trennverfahren vorgeben.

Darauf kann der eigentliche Versuchsteil beginnen, der genauesten auf den ausgeteilten Arbeitsblatt in den Punkten Durchführung, Aufgaben und Entsorgung beschrieben ist (s.u.). Die Durchführung des Experimentes erfolgt in 2er Gruppen, maximal in 4er Gruppen, je nach Raum-, Material- und Zeitkapazität; die Gruppen arbeiten zum Teil arbeitsteilig, d.h. es werden nicht jeweils die gleichen Farben oder Farbmischungen untersucht, jede Gruppe bearbeitet an anderen Farben, soweit sich das aufgrund der begrenzten Anzahl an Farben umsetzen lässt. Die Ergebnisse der einzelnen Gruppen können im Folgenden im Plenum vorgestellt und miteinander verglichen werden.

Zum Schluss sollen die Schülerinnen und Schüler ihrer Ergebnisse an der Tafel festhalten, indem sie die Laufstrecken und die Zusammensetzung der einzelnen Farben vergleichend gegenüberstellen. In Form eines zusammenfassenden Satzes sollen an der Tafel die Aspekte der Farbmischung (einige Farben sind Mischung der Grundfarben) und der unterschiedlichen Fließgeschwindigkeit verdeutlicht werden. Diese Auswertungs- und Schlussfolgerungsaufgabe kann natürlich mit einer unterstützenden Fragestellung den Schülerinnen und Schülern als Hausaufgabe aufgegeben werden.

Die Durchführung des Versuches kann als problemlösender Vorgang im Verlauf der Unterrichtsstunde angesehen werden, wobei im Vergleich zur ersten Unterrichtsstunde die Problemstellung vordergründig durch den Lehrer oder die Lehrerin vorgegeben wird. Die Problemlösung, das Verifizieren und Falsifizieren bzw. das Vergleichen, Erklären und Deuten der Ergebnisse obliegt jedoch (im Sinne eines problemlösenden, naturwissenschaftlichen Unterrichts) den Schülerinnen und Schülern.

Diskussion:

Die Verwendung von anderen Schokolinsen-Marken kann an dieser Stelle nicht empfohlen werden, da sich „Smarties“ aufgrund ihres (intensiven) Farbstoffes am Besten eignen. Mit anderen Produkten kann keine optisch so eindeutig vergleichbare Farbauftrennung der Farbbestandteile nicht erreicht werden.

Anhang zur 2. Stunde: „Smarties-Chromatographie“

Viele Lebensmittel werden von den Herstellern mit Farbstoffen versetzt, damit sie bunt und lustig aussehen. Das gilt auch für „Smarties“, die wir nun in Partnerarbeit untersuchen wollen.

Materialien

Chromatogr.

rpipetten,

;

Chemikalie

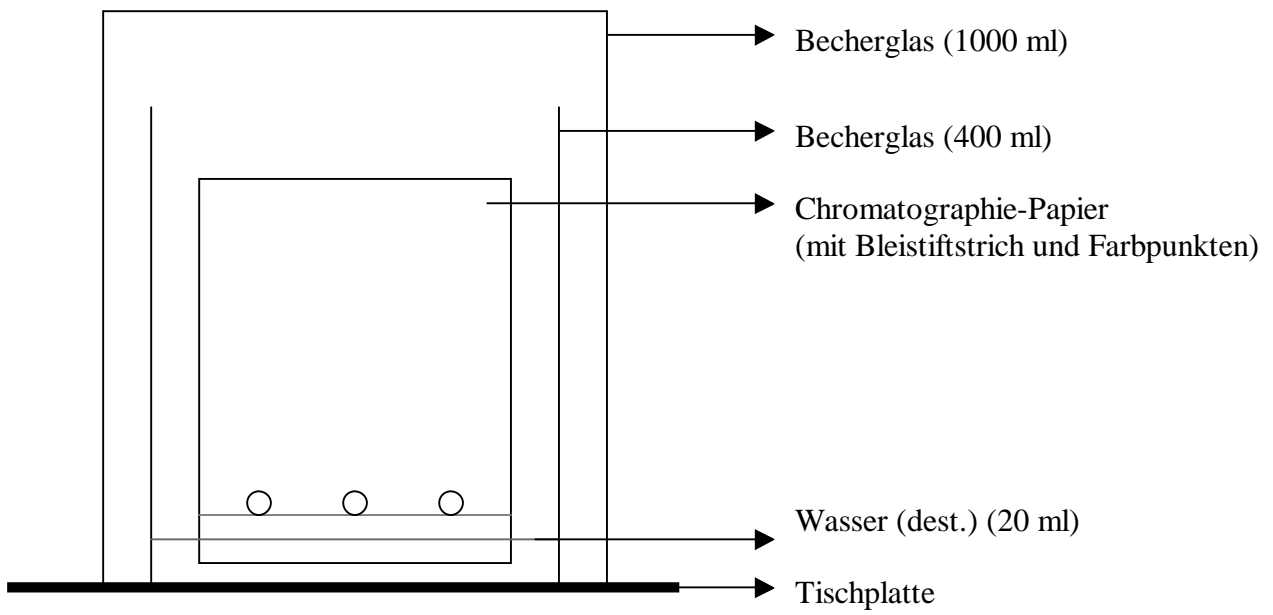
Durchführu

1. Gib Wasser (dest.) ein, der Farbstoff von ents 2. Dek 3. Verflösung ist 4. Stel zu aus den Rea noch leere Rea 5. Ber (neal) 2 cm vom unteren Rand entfernt auf dem Papier von links nach rechts. 6. Nun trage mit Hilfe der Pasteurpipette jeweils einen ganz kleinen Tropfen der Farrockne die Flec es Mal. 7. Mes Becherglas (400 8. Stel nde zuerst in d t über das kleir 9. Der Rand des Chrom Becherglas, mar trocken es mit 10. Par durchführen: Giel erbliebene Bec

Aufgabe: Notiere Deine Beobachtungen.

Entsorgung: Die entfärbten „Smarties“ können in den Müll geworfen werden; die Reagenzgläser, Bechergläser und die Pipette werden, nachdem Du sie mit Wasser durchgespült hast, in den entsprechenden Sammelbehälter gestellt.

Versuchsanordnung beim Chromatographievorgang:



Ziele zum Thema der 3. Stunde: Löslichkeit von Schokoladenbestandteilen in unterschiedlichen Lösungsmitteln

Groblernziele:

- Vorbereitung der beiden folgenden Unterrichtsstunden in Verknüpfung mit der zuvor stattgefundenen („Smarties“ = Schokolade)
- Übertragung des Trennverfahren auf einen weiteren Alltagsgegenstand (Schokolade)
→ erster Schritt in die Lebensmittelchemie
- Wiederholung bereits des bereits bekannten Trennverfahrens „Lösen“
- Sicherung des Umgangs mit den Laborgeräten

Feinlernziele:

- Aufstellung eigener Formulierungen von Vermutungen und Lösungsideen zur Trennung der Schokoladenbestandteile
- Selbstständiges Durchführen des bekannten Trennverfahrens „Lösen“
- Arbeitsteilige Versuchsdurchführung in Gruppenarbeit (eigenständige Planung bzw. Aufteilung der Arbeitsschritte und Förderung der so genannten Sozialkompetenz)

Sachliche Grundlagen:

Das Trennverfahren des „Lösens“ orientiert sich an den unterschiedlichen Eigenschaften von Stoffen, sich in unterschiedlichen Lösungsmitteln mehr oder weniger gut zu lösen. Die maximale Menge eines Stoffes, die sich bei einer bestimmten Temperatur in einem Lösungsmittel, z.B. Wasser, Ethanol oder Aceton, löst, ist eine charakteristische Eigenschaft dieses Stoffes, die unter dem Begriff Löslichkeit beschrieben wird (vgl. RIEDEL 1999, S. 309). Die Löslichkeit eines Stoffes kann auch durch sein Löslichkeitsprodukt L vergleichend betrachtet werden, dieser Sachverhalt steht jedoch nicht im Mittelpunkt der beschriebenen Unterrichtsstunde.

Die unterschiedliche Löslichkeit der Schokoladenbestandteile Fett (in Aceton löslich), Zucker (in Wasser löslich) und Kakao können mit Hilfe ihrer verschiedenen Löseeigenschaften voneinander getrennt werden.

Begründung der didaktischen Reduktion:

Im folgenden Versuch soll es lediglich darum gehen, dass unterschiedliche Schokoladenbestandteile durch verschiedenen Lösungsmittel qualitativ voneinander getrennt werden können. Es geht (auch aus Gründen der Altersgruppe bzw. der Jahrgangsstufe) nicht darum, Löslichkeiten quantitativ (vgl. Löslichkeitsprodukt) zu ermitteln und zu vergleichen. Zunächst soll ein qualitativer Vergleich bezüglich unterschiedlicher Lösungsmittel vorgenommen werden, bevor anschließend in der darauf folgenden Unterrichtsstunde quantitativ die Anteile der einzelnen Schokoladenbestandteile in einer Schokolade ermittelt werden sollen.

Aus einer breiten Palette von Lösungsmitteln sollen drei zum Teil bekannte und alltagsbezogene Lösungsmittel (hier: Wasser, Ethanol und Aceton) der folgenden Untersuchung dienen, die im weiteren Unterrichtsverlauf des Faches Chemie immer wieder eine Rolle spielen werden.

Didaktische/methodische Überlegungen:

Diese Unterrichtsstunde ist wie bereits die vorher beschriebene auch dem Unterrichtsplan der Klasse 7 zu zuordnen. Die nun folgende Stunde soll methodisch auf die darauf folgende vorbereiten, in der die Bestandteile von Schokolade quantitativ aufgetrennt werden sollen; somit stehen in dieser Stunde qualitative Trennmethoden im Vordergrund.

Einleitend soll in dieser Unterrichtsstunde die Frage gestellt werden, welcher Teil der „Smarties“ (vgl. Unterrichtsstunde 2) noch nicht untersucht wurde, und ob es sich bei dem noch nicht untersuchten Teil um ein Gemisch oder einen Reinstoff handelt. Der Lehrer oder die Lehrerin tritt, ähnlich wie in der zweiten Unterrichtsstunde mit diesen Frage an die Schülerinnen und Schüler, er oder sie gibt also wieder ein Problem vor, dass sich anhand des noch nicht zuende untersuchten Gegenstandes ergibt. Die Schülerinnen und Schüler werden schnell darauf kommen, dass sie das Innere der „Smarties“ noch nicht untersucht haben. Bezüglich der Frage nach Gemisch oder Reinstoff kann die Verpackung einer Schokolade zu Rat gezogen werden, die von dem Lehrer mitgebracht wird; auf ihr werden die Bestandteile (meistens prozentual) aufgelistet. Die Schülerinnen und Schüler finden auf diesem Wege heraus, dass Schokolade aus den Bestandteilen Zucker, Fett, Kakao und einem nicht genauer definiertem Rest besteht.

Darauf folgend stellt sich die Frage, wie diese Bestandteile auch wirklich nachgewiesen, d.h. voneinander getrennt werden können. Es sollen Problemlöseansätze vorgeschlagen werden, die nötigenfalls (d.h. je nach Fülle der Vorschläge) auf einer Folie (Overhead-Projektor) festgehalten werden können. Mit Hilfe der ihnen bekannten Methoden (Trennverfahren) haben sie bereits die Möglichkeit, Bekanntes an dieser Stelle anzuwenden; gegebenenfalls muss der Lehrer oder die Lehrerin den Stoff Aceton durch Setzung einführen, der er weniger bekannt sein dürfte als beispielsweise Wasser und Alkohol (hier: Ethanol). Diese Setzung kann durch den Versuch selbst erfolgen (siehe Versuchsanleitung V3).

Nun kann der Versuch von den Schülerinnen und Schülern in Gruppenarbeit (Tischgruppen mit maximal vier Personen) durchgeführt werden (praktisches Problemlösen). Die Schülergruppen arbeiten dabei arbeitsteilig, indem jede Gruppe die Stoffe Zucker (Haushaltszucker), Kakao und Fett („Palmin“) mit einem Lösungsmittel untersucht. Die Ergebnisse der Reagenzglasversuche sollen anschließend von den Schülerinnen und Schülern protokolliert (d.h. Auswertung der Beobachtungen) werden, so dass am Ende der praktischen Arbeitsphase an der Tafel alle Ergebnisse tabellarisch gesammelt und ausgewertet werden können (vgl. hierzu Versuchsanleitung V3 – Abschnitt „Auswertung“). Die Tabelle, die an der Tafel zwecks Ergebnissammlung und Versuchsauswertung vom Lehrer oder von der Lehrerin vorgezeichnet werden sollte, beinhaltet in der Kopfzeile nebeneinander die unterschiedlichen Lösungsmittel, in der linken Spalte untereinander die zu untersuchenden Stoffe. Unter der Tabelle sollte bezüglich der Auswertung und Ergebnissicherung ein Merksatz entstehen, der die unterschiedlichen Löslichkeiten der Schokoladenbestandteile zusammenfassen darstellt.

Diskussion:

Bei diesem Versuch ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler von den zu untersuchenden Schokoladenbestandteilen jeweils nur eine Spatelspitze in die jeweiligen Reagenzgläser geben, damit der Lösevorgang schnell und gut sichtbar ablaufen kann.

Des Weiteren ist es wichtig, „reinen“ Kakao zu verwenden. Löslicher Kakao („Trinkkakao“) würde das zu erwartende Ergebnis aufgrund seine löslichen Bestandteile und Eigenschaften verfälschen.

Anhang zur 3. Stunde: Löslichkeit von Schokoladenbestandteilen in unterschiedlichen Lösungsmitteln

Die unterschiedlichen Bestandteile von Schokolade sind im Allgemeinen Fett, Zucker und Kakao. Wir wollen diese nun auf ihre Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln untersuchen.

Material: Reagenzglasständer, 3 Reagenzgläser, 3 Reagenzglasstopfen, Spatel, Pasteurpipette;

Chemikalien: Wasser (dest.), Alkohol (Ethanol), Aceton, Haushaltszucker, Fett („Palmin“), Kakao;

Vorsicht: Ethanol und Aceton sind brennbare bzw. leicht brennbare und reizende Stoffe. Deshalb solltest Du neben dem Tragen von Kittel und Schutzbrille auch vorsichtig mit den Stoffen umgehen und (Haut-)Kontakt mit ihnen vermeiden!

Durchführung:

1. Fülle die drei Reagenzgläser mit 1-2 Spatelspitzen einer Untersuchungssubstanz, 1x mit Fett („Palmin“), 1x mit Haushaltszucker und 1x mit Kakao.
2. Fülle nun eine „Daumenbreite“ von dem Lösungsmittel, das Dir vom Lehrer zugeteilt wurde, in die drei Reagenzgläser.
3. Setze jeweils einen Stopfen auf jedes Reagenzglas und schüttle dieses kurz.

Auswertung: Trage Deine Beobachtungen in die Tabelle an der Tafel ein. Ein ‘+’-Zeichen bedeutet hierbei „Der Stoff löst sich gut in dem Lösungsmittel“, ein ‘+/-’-Zeichen bedeutet „Der Stoff löst sich nicht so gut oder kaum in dem Lösungsmittel“, ein ‘-’-Zeichen bedeutet „Der Stoff löst sich gar nicht in dem Lösungsmittel“.

Entsorgung: Die Reagenzgläser mit dem Lösungsmittel Wasser (dest.) können in den Abfluss des Waschbeckens entleert werden. Nach dem Durchspülen werden sie in den entsprechenden Sammelbehälter gelegt. Der Inhalt der Reagenzgläser mit dem Alkohol (Ethanol) und dem Aceton wird in den Entsorgungsbehälter („org. Lösungsmittelabfälle“) gegeben. Nach dem Durchspülen am Waschbecken werden auch sie in den entsprechenden Sammelbehälter gesammelt.

Ziele zum Thema der 4. / 5. Stunde: Trennen von Schokolade in ihre Bestandteile Fett, Zucker und Kakao

Groblernziele:

- Wiederholung der Löslichkeitseigenschaften aus der vorherigen Stunde
- Wiederholung / Vertiefung des Trennverfahrens der Filtration
- Sicherung des Umgangs mit den Laborgeräten
- Einüben des Umgangs mit komplexeren Versuchapparaturen und Versuchskonzepten
- Übertragung des Phänomens der Filtration auf Alltagssituationen bzw. -stoffe

Feinlernziele:

- Selbstständiges Durchführen des Trennverfahrens des Lösens und der Filtration
- Eigenständige Fixierung der Beobachtungen
- Förderung der Sozialkompetenz durch Gruppenarbeit (eigenständige Planung bzw. Aufteilung der Arbeitsschritte)

Sachliche Grundlagen:

Die sachlichen Grundlagen des Trennverfahrens des Lösens wurden bereits in Bezug auf die 3. Unterrichtsstunde erörtert.

Die Filtration gehört zu den mechanischen Trennverfahren. Das zu trennende Gemisch läuft durch einen Filter, der zum Beispiel aus Papier oder Textilgewebe besteht. Die Partikel, die größer sind als die Porengröße des Filters, werden vom Filter zurückgehalten. Die Flüssigkeit - das Filtrat - fließt durch den Filter hindurch.

Begründung der didaktischen Reduktion:

Im Gegensatz zu den vorherigen Versuchen soll nun auch quantitativ bestimmt werden, wie sich die einzelnen Bestandteile in den verschiedenen Lösungsmitteln lösen, damit lässt sich dann auch deren prozentualer Anteil an der Schokolade bestimmen.

In der Lebensmitteltechnik werden die von den Schülerinnen und Schülern benutzten Verfahren jedoch nicht eingesetzt, da sie für eine exakte Bestimmung zu ungenau sind. Die benötigten Geräte sind viel zu kostspielig und für die Schule nicht einsetzbar, da weder die Altersgruppe passend ist noch das technische Geschick bei den Schülerinnen und Schülern vorliegt.

Den Schülerinnen und Schülern soll dies zwar klar gemacht werden, jedoch lassen sich die Ergebnisse innerhalb einer gewissen Fehlertoleranz mit Literaturwerten vergleichen.

Didaktische/methodische Überlegungen:

Mit Hilfe der Kenntnisse aus den vorherigen Versuchen sollte den Schülerinnen und Schülern klar geworden sein, auf welche Art und Weise die verschiedenen Bestandteile der Schokolade zu lösen und zu trennen sind. Je nachdem, wie schnell die Klasse mit den voran gegangenen Versuchen zurecht gekommen ist, lässt sich dieser letzte Teil der Unterrichtsreihe an die Gegebenheiten anpassen:

Sind die Schülerinnen und Schüler im Schnitt leistungsschwach und zeitlich nicht gut mit den Versuchen fertig geworden, so sollte nur die Bestimmung des Fettgehalts von Schokolade (Versuch A) durchgeführt werden. Dieser Teil ist für eine solche Klasse schon aufwendig genug, ein Misserfolg bei den weiteren Trennungen würde nur Unmut bei den Schülern hervorrufen, schlechte Motivation würde ein Erarbeiten der Ergebnisse nur behindern, schlechte Messergebnisse wären die Folge. Die fehlenden Bestandteile Zucker und Kakao sind in ihrer Bearbeitung relativ zeitintensiv und erfordern ein höheres Maß an „Laborgeschick“, die Ergebnisse sollten in diesem Fall vom Lehrer vorgegeben werden, auf jeden Fall aber im Gespräch mit der Klasse besprochen werden, vielleicht auch im Lehrerversuch vorgeführt werden.

Bei einer leistungsstärkeren Klasse bzw. wenn der zeitliche Rahmen es zulässt sollten alle Versuchsteile durchgeführt werden, gegebenenfalls kann noch eine weitere, 6. Stunde hinzugenommen werden. Dies erhöht der Charakter der Unterrichtsreihe als ein „Projekt“, bei genauer Planung des Lehrers lässt sich dies bereits zu Beginn der Unterrichtsreihe mit den Schülerinnen und Schülern erörtern, was zu einer erhöhten Motivation führen könnte.

Die Durchführung der Versuche sollte aufgrund der Schwierigkeit und aufwendigen Bearbeitung in Gruppen erfolgen. Die Gruppengröße sollte bei 4 Schülerinnen und Schülern liegen, was sich häufig schon durch die Sitzvorgaben in Chemieräumen ergibt. Vorteil bei einer solchen Gruppengröße ist es, dass alle Gruppenmitglieder noch aktiv am Versuch beteiligt sind, die Arbeitsaufteilung selbst fördert die Sozialkompetenz und gibt auch schwächeren Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit sich zu beteiligen. Sehr wichtig hierbei ist auch die Wahl eines Protokollanten der die Ergebnisse sichert. Durch die Vorgabe der Tabelle lässt sich eine bessere Ergebnissicherung erzielen, die Daten der einzelnen Gruppen lassen sich besser vergleichen.

Wenn möglich oder im Gespräch mit der Klasse erwünscht können auch verschiedene Schokoladensorten für die Untersuchung herangezogen werden. Dann ließe sich ein Vergleich z.B. zwischen Vollmilch und Zartbitterschokolade ziehen. Dabei sollte aber in Betracht gezogen werden, dass sich dadurch die Anzahl der Gruppen pro Schokolade verringert und mögliche Messungenauigkeiten stärker ins Gewicht fallen, da sich nicht mehr ein Durchschnittswert der Gruppen bestimmen lässt. Auch hier wieder wird die Entscheidung bei der Lehrperson liegen, die die Leistungsfähigkeit der Klasse einschätzen können sollte.

Da es sich um die 7. Jahrgangsstufe handelt, gibt das Arbeitsblatt am Ende sehr genaue Aufgaben vor.

Fächerübergreifend lässt sich direkt im Laufe der Auswertung der Bezug zur Mathematik ziehen (Berechnung der Anteile, Prozentrechnung, tabellarische und grafische Darstellung der Ergebnisse), im Anschluss an die Unterrichtsreihe kann vielleicht noch die Zahnpflege/Aufbau der Zähne thematisiert werden, was zum einen den Bezug zur Biologie ermöglicht, zum anderen eine Überleitung zu Säuren ermöglicht (Umwandlung von Zucker in Milchsäure, Auflösen des Zahnschmelzes, etc.).

Diskussion:

Bei diesen Versuchen ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler dazu angeleitet werden, sauber und genau zu arbeiten. Da es sich um eine Einwaage von 10g handelt sind die Berechnung der Bestandteile und der Bezug zum prozentualen Anteil vereinfacht.

In Vorversuchen hat sich gezeigt, dass sich Milka-Schokolade hervorragend für diesen Versuch eignet, andere Schokoladensorten sind zwar auch geeignet, es sollte jedoch in der Vorbereitung der Lehrperson darauf geachtet werden, dies zu testen und die Versuche durchzuführen, um Schülerinnen und Schüler bei eventuellen Schwierigkeiten helfen zu können.

Anhang zur 4./ 5. Stunde: Trennen von Schokolade in ihre Bestandteile

Schokolade besteht aus vielen Zutaten. In den vorherigen Versuchen hast du gelernt, wie sich die Hauptbestandteile (Zucker, Fett und Kakao) in den verschiedenen Lösungsmitteln lösen. Dieses Wissen hilft dir dabei, die verschiedenen Stoffe aus der Schokolade zu trennen und deren Anteil zu bestimmen.

Bestimmung des Fettgehalts von Schokolade (Versuch A)

- Wiege 10 g einer Tafel Schokolade ab und zerkleinere sie grob.
- Fülle die Schokolade in einen Erlenmeyerkolben.
- Füge nun unter stetigem Rühren / Schwenken 30ml Aceton zu der Schokolade hinzu, bis sie sich ganz löst. Erwärme dabei im Wasserbad.
- Wiege eine leere Petrischale. Filtriere die erwärmte Lösung in die Petrischale. Spüle danach den Erlenmeyerkolben mit 20ml erwärmten Aceton aus und filtriere diese Lösung ebenfalls in die Petrischale.
- Stelle die Petrischale bis zur nächsten Stunden in den Abzug, damit das Aceton verdampfen kann.
- Durch Wägung der Petrischale mit Fett kann der Fettanteil der Schokolade errechnet werden.

Bestimmung des Zuckeranteils (Versuch B)

- Wasche den Filtrerrückstand aus Versuch 1 in 80 ml warmen Wasser (ca. 60 °C).
- Wiege ein leeres Becherglas. Rühre das Gemisch fünf Minuten und filtriere es in das Becherglas.
- Dampfe die Lösung vorsichtig mit dem Bunsenbrenner ein, stelle dabei einen Glasstab in die Lösung (Schutz vor Siedeverzug!). Wiege danach das Becherglas erneut.

Bestimmung des Kakaogehalts (Versuch C)

- Trockne den Filter aus Versuch 3 (im Trockenschrank) bis zum nächsten Tag / zur nächsten Stunde.
- Für die Bestimmung der Differenz nimmst du einen unbenutzten Filter, den du mit Wasser befeuchtest und ihn ebenfalls trocknest. Bilde dann die Differenz aus dem „Rückstand-Filter“ und dem „Wasser-Filter“.

Aufgaben:

- a) Notiere deine Messwerte (Gewichte der Rückstände, Filter, Petrischalen, usw.) in der Tabelle.
- b) Notiere deine Versuchsbeobachtungen und fertige eine Versuchsskizze zu Versuch A an.
- c) Berechne den Fettanteil und den Zuckeranteil in der Schokolade in Gramm (siehe Tabelle).
- d) Berechne die Massenanteile an Fett und Zucker in Prozent (siehe Tabelle).
- e) Welche Eigenschaften haben die Stoffe des Filtrerrückstandes?
- f) Ermittle aus den Ergebnissen aller Arbeitsgruppen Durchschnittswerte und vergleiche mit den Angaben auf der Schokoladenverpackung.
- g) Erstelle eine Tabelle mit den Gehaltsangaben verschiedener Schokoladensorten.

	Versuch A (Petrischale)		Versuch B (Becherglas)		Versuch C (Filter)	
	leer	gefüllt	leer	gefüllt	Rückstand	Wasser
Gewicht in Gramm						
Differenz in Gramm						
Untersuchter Stoff						
Anteil des Stoffes in Prozent						
Durchschnitt aller Gruppen						

Literatur:

ASSELBORN, W.; JÄCKEL, M.; RISCH, K. T. (Hrsg.) (unveränderter Nachdruck 2005): Chemie heute, Sekundarbereich 1 - Gesamtband. Schroedel Verlag, Hannover.

DUVINAGE, B. (Hrsg.) (2001): Zeus Materialien Chemie, Band 1 - Alltagsstoffe, Stoffe, Reaktionen. Klasse 7 - 10. Köln.

BEZLER, H.; DÜNTSCH, A.; HÖFLING, E. et al. (Hrsg.) (2000): Amino, Chemie S1. Diesterweg Verlag,

MINISTERIUM FÜR SCHULE , JUGEND UND KINDER DES LANDES NORDRHEIN – WESTFALEN (Hrsg.) (unveränderter Nachdruck 2003): Richtlinien und Lehrpläne für die Realschule in Nordrhein- Westfalen - Chemie. Ritterbach Verlag, Frechen.