

Philipps-Universität Marburg
FB 15: Chemie
Experimentalvortrag in der Organischen Chemie
SS 09



Protokoll zum Experimentalvortrag in der Organischen Chemie

Chemie am Frühstückstisch

angefertigt von:

Teresa Maria Albrecht

Inhaltsverzeichnis

Seite

I.	Einleitung – Der Ernährungskreis	- 2 -
II.	Die zehn Regeln der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE)	- 3 -
III.	Der Energiebedarf	- 4 -
IV.	Verteilung des Energiebedarfs auf die einzelnen Malzeiten	- 5 -
V.	Zusammensetzung des 1. Frühstücks	- 5 -
VI.	Experimente, Demonstrationen und Rezepte	- 7 -
	1. Rezept: Apfelgelee	- 7 -
	1. Versuch: Fructose-Nachweis im Apfel	- 9 -
	2. Versuch: Klebstoff aus Magerquark	- 12 -
	2. Rezept: Naturjoghurt	- 15 -
	3. Versuch: Bestimmung des Milchsäuregehalts im Joghurts	- 16 -
	4. Versuch: Brombeersaft – ein natürlicher Indikator	- 19 -
	5. Versuch: Proteinnachweis in Weizenkleie	- 23 -
	1. Demo: Ei chemisch geschält	- 27 -
	2. Demo: Sublimation von Coffein aus schwarzen Tee	- 29 -
VII.	Literatur/Quellen	- 32 -

I. Einleitung – Der Ernährungskreis

Der Mensch muss täglich eine bestimmte Menge an verschiedenen Nährstoffen zu sich nehmen.

Zu den Nährstoffen zählen Eiweiße, Fette, Kohlenhydrate, Mineralstoffe, Vitamine, Ballaststoffe und Wasser. Es existiert kein Lebensmittel, das alle Nährstoffe in sich vereint, außer die Muttermilch. Daher sollten Säuglinge, wenn möglich, auch in den ersten Lebensmonaten gestillt werden.

Um sich ausgewogen und gesund zu ernähren, bedarf es einiger Richtlinien. Der Ernährungskreis (s. Abb. 1) der DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) bietet ein schnelles und einfaches Leitbild für eine gesunde Lebensmittelauswahl.

Folgende Kernaussagen des Ernährungskreises können anhand der Abbildung 1 festgestellt werden. Man sollte aus allen 7 Lebensmittelgruppen unter Nutzung der jeweiligen Lebensmittelvielfalt die tägliche Nahrung zusammenstellen und dabei die visualisierten Mengenverhältnisse beachten.

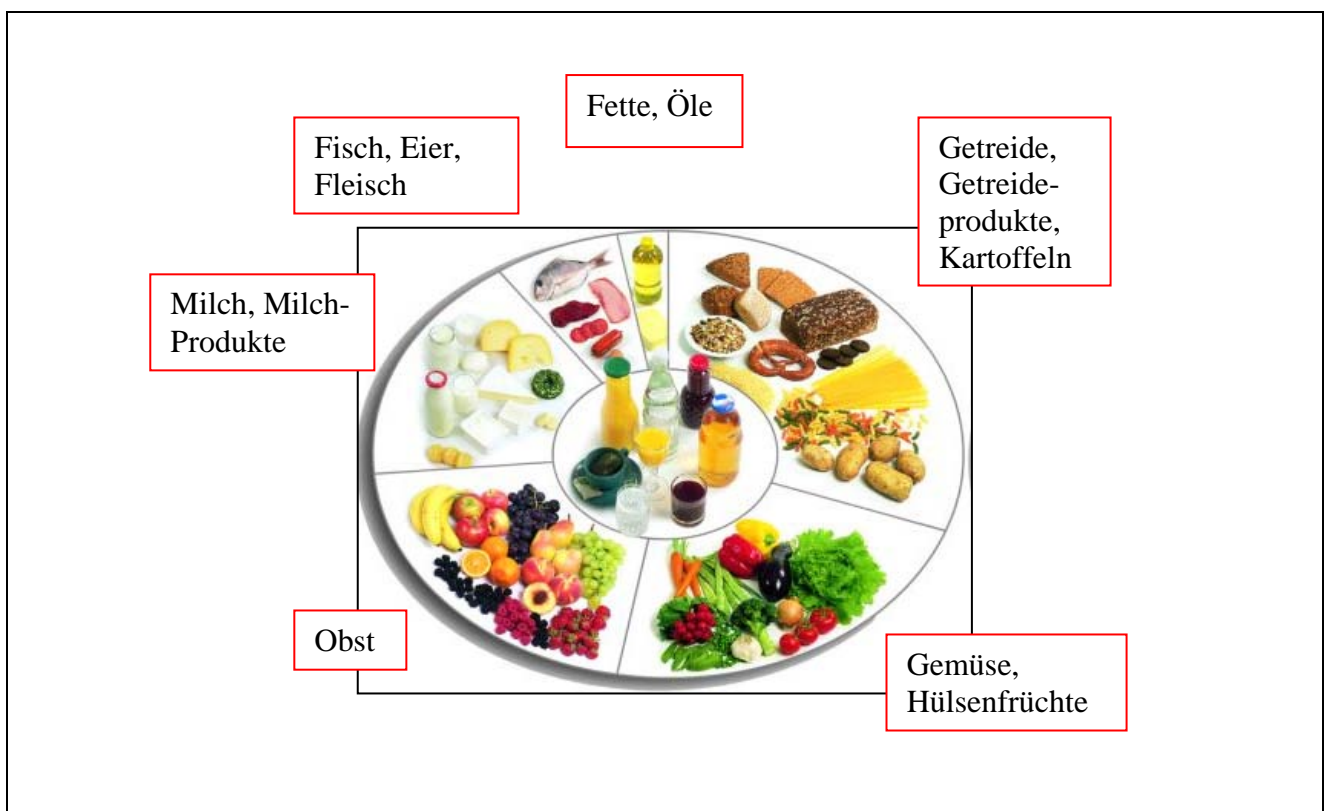


Abb. 1: Der Ernährungskreis¹

Diese Empfehlung stellt eine vollwertige Ernährung dar und wird durch die zehn Regeln der DGE ergänzt.

¹ siehe www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de, bearbeitet

II. Die zehn Regeln der DGE

1. Regel: Vielseitig essen
2. Regel: Reichlich Getreideprodukte – und Kartoffeln
3. Regel: Gemüse und Obst – Nimm „5“ am Tag ...
4. Regel: Täglich Milch und Milchprodukte: ein- bis zweimal in der Woche Fisch; Fleisch, Wurstwaren sowie Eier in Maßen
5. Regel: Wenig Fett und fettreiche Lebensmittel
6. Regel: Zucker und Salz in Maßen
7. Regel: Reichlich Flüssigkeit
8. Regel: Schmackhaft und schonend zubereiten
9. Regel: Nehmen Sie sich Zeit, genießen Sie Ihr Essen
10. Regel: Achten Sie auf Ihr Gewicht und bleiben Sie in Bewegung²

Noch 1999 hatte die 9. Regel eine divergente Formulierung. So hieß es lange Zeit, dass „Regel 9: Öfters kleinere Mahlzeiten empfiehlt [...]“³. Abbildung 2 zeigt den Vergleich zwischen der menschlichen Leistungskurve im Tagesverlauf mit und ohne Zwischenmahlzeiten. Nach dieser Abbildung wird die Leistungsbereitschaft nur mit vielen kleineren Mahlzeiten optimiert. Die nächtliche Periode zwischen 22 Uhr und 6 Uhr morgens dient der Erholung. Die Dimensionen der einzelnen Mahlzeiten werden bestimmt durch den erforderlichen, individuellen Energiebedarf.

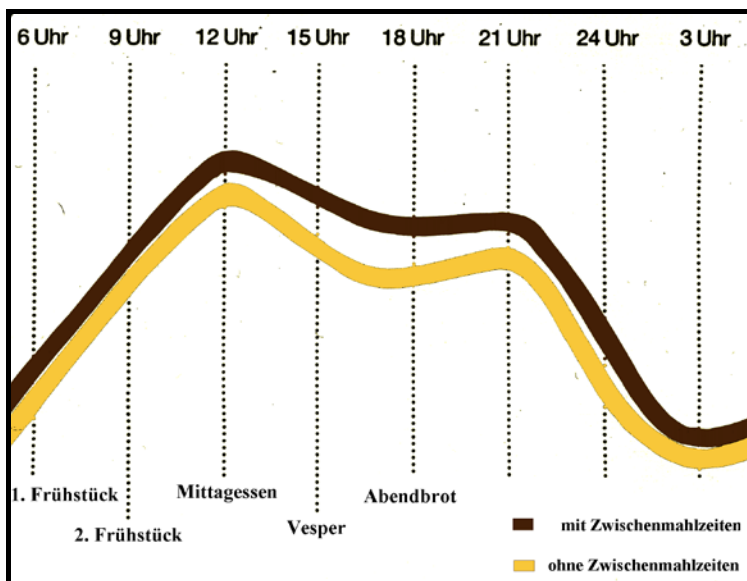


Abb. 2: Leistungskurve

² siehe www.dge.de/pdf/10-Regeln-der-DGE.pdf

³ siehe Dtv-Atlas, Ernährung, S. 159

III. Der Energiebedarf

Der Energiebedarf ist u. a. abhängig vom Geschlecht, Alter, Größe, Körpergewicht, Beruf und Freizeitaktivität. Er setzt sich aus dem Grundumsatz und dem Leistungsumsatz zusammen. Der Grundumsatz ist diejenige Energiemenge, die ein Mensch im Ruhezustand zur „[...] Aufrechterhaltung der lebensnotwendigen Funktionen [...]“⁴ benötigt. Der Leistungs- bzw. Arbeitsumsatz beschreibt einen zusätzlichen Energiebedarf hervorgerufen beispielsweise durch Aktivität in Freizeit und Beruf, Verdauungsarbeit, Wachstum und Krankheit.

Tabelle 1 beschreibt den Energiebedarf bei mittelschwerer Arbeit (Lehrer/in, Sekretär/in, Laborant/in) in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht. Deutlich festzustellen ist, dass der Energiebedarf unabhängig vom Geschlecht mit steigendem Alter sinkt. Zusätzlich haben Frauen einen geringeren Energiebedarf als gleichaltrige Männer. Die Differenz zwischen dem Energiebedarf der Geschlechter sinkt im fortgeschrittenen Alter.

Tabelle 1: Richtwerte für den Energiebedarf pro Tag bei leichter Arbeit (DGE)

Alter in Jahren	Energiebedarf in kcal	
	Frauen	Männer
15 bis 19	2400	3000
19 bis 25	2200	2600
25 bis 51	2000	2400
51 bis 65	1800	2200
über 65	1700	1900

Um eine mittelschwere Arbeit (Briefträger/in, Verkäufer/in) zu integrieren, muss dem jeweiligen Energiebedarf eine Energiemenge von 600 kcal hinzugefügt werden. Schwerarbeit (Leistungssportler/in, Masseur/in) hingegen benötigt ein Zuschlag von 1200 kcal, Schwerstarbeit (Waldarbeiter, Hochleistungssportler) sogar 1600 kcal.

⁴ siehe dtv-Atlas, Ernährung, S. 29

IV. Verteilung des Energiebedarfs auf die einzelnen Mahlzeiten

Alle folgenden Ausführungen beziehen sich auf eine fiktive Person. Sie, Melissa, 28 Jahre alt, ist normalgewichtig und arbeitet als Laborantin. Um ihren Grund- und Leistungsumsatz zu decken, sollte sie pro Tag 2000 kcal (nach Tabelle 1) aufnehmen. Angenommen sie konsumiert täglich 6 Mahlzeiten, so sollte sich die Gesamtenergiemenge wie in Tabelle 2 aufgelistet auf die einzelnen Mahlzeiten verteilen.

Tabelle 2: Verteilung des Energiebedarfs pro Tag auf die jeweiligen Mahlzeiten

	Anteil an Gesamtenergiemenge in %	Energiemenge in kcal
1. Frühstück	20	400
2. Frühstück	10	200
Mittagessen	30	600
Vesper	10	200
Abendbrot	20	400
„Spätstück“	10	200
Summe	100	2000

V. Zusammensetzung des 1. Frühstücks

Das 1. Frühstück enthält 20 % des Gesamtenergiebedarfs. Damit sollte es nach Tabelle 2 eine Energiemenge von 400 kcal nicht überschreiten. Um eine ausgewogene und gesunde Mahlzeit zu sich zu nehmen, könnte Melissa folgende Zusammensetzung für ihr 1. Frühstück (siehe Tabelle 3) wählen.

Tabelle 3: Zusammensetzung des 1. Frühstücks

Lebensmittel	Gewicht in g	Energiewert in kcal
Mehrkornaufbackbrötchen	75	153,00
Toastbrot	20	47,20
Margarine	5	36,10
Apfelgelee	10	25,60
Magerquark mit frischen Kräutern	20	14,40
Joghurt (3,5 %) mit	50	30,50
Brombeeren	25	11,00
Weizenkleie	3	5,34
Apfelspalte	15	8,10
Ei	48	67,00
Gesamt		398,24

Bei der Zusammenstellung des Frühstücks wurde nicht nur auf den Gesamtenergiewert geachtet, sondern auch auf den Fett-, Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Ballaststoffanteil.

Das 1. Frühstück ist Mittelpunkt des Experimentalvortrages. Ausgehend von den aufgeführten Lebensmitteln können folgende Experimente und Rezepte durchgeführt werden.

VI. Experimente, Demonstrationen und Rezepte

1. Rezept: Apfelgelee

Zutaten:

- ca. 1,5 kg Äpfel
- ca. 1,0 L Wasser
- ca. 1,5 kg Zucker

Durchführung:

Zur Herstellung von Apfelgelee müssen ca. 1,5 kg Äpfel erst abgewaschen werden. Außerdem entfernt man faulige Teile und Stiele und schneidet die Äpfel in kleinere Stücke. Das Kerngehäuse und die Kerne sollten nicht entfernt werden, da diese zum Geschmack des Apfelgelees beitragen. Die Apfelstücke werden anschließend 30 Minuten im Wasser gekocht. Danach die Masse durch ein Leinentuch abseihen und den gewonnenen Saft 1 bis 2 Stunden weiterkochen. Beim Kochvorgang sollten pro kg Saft 1 bis 1,5 kg Zucker zugesetzt werden. Um zu prüfen, ob das Gelee dick genug ist, gibt man einen Tropfen auf einen Porzellanteller. Verläuft dieser nicht mehr, kann man das heiße Gelee in Einmachgläser füllen.

Bebachtung:

Die Farbe des Apfelgelees ist abhängig von der Apfelsorte und deren Schalenfarbe.

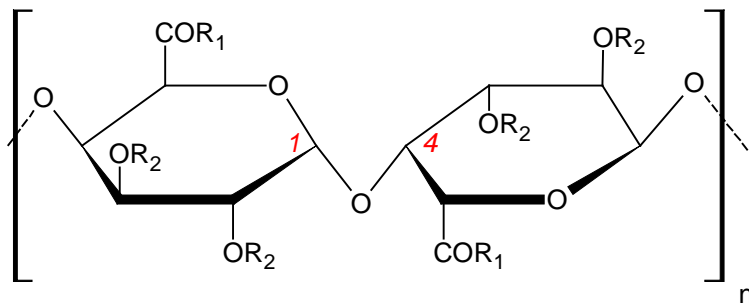
Drückt man die Äpfel nach dem Abseihen aus, kann es zur Eintrübung des Gelees kommen.

750 mL bzw. 800 g Saft wurden insgesamt gewonnen. Dem Saft wurden im weiteren Kochvorgang 1,1 kg Zucker zugesetzt.

Fachliche Erläuterungen:

Die Bildung des Gelees ist begründet auf die Wirkung von Pektinen als Geliermittel. Sie bilden ein dreidimensionales Netz, welches Zucker, Wasser und andere gelöste Stoffe einschließt. Pektine befinden sich vorwiegend in unverholzten, jungen Pflanzenteilen. Diese hochmolekularen Pflanzenstoffe bestehen aus Ketten bis zu 1000 α -1,4-Galacturonsäure-Einheiten, die an ihrer Säuregruppe verestert oder amidiert sind.

Allgemeine Strukturformel von Pektin:



R ₁ :	OH oder OCH ₃	Pektin
R ₂ :	H oder COCH ₃	Acetylpektin
R ₁ :	OH oder NH ₂	Amidpektin

Der Veresterungsgrad (in %) bestimmt die Geliergeschwindigkeit, der Polymerisationsgrad (in %) die Gelierkraft. Pektin gilt als Lebensmittelzusatzstoff und ist mit der Nummer E 440 gekennzeichnet.




Orangen enthalten beispielsweise 3,5 bis 5,5 % Pektin, Zitronen 2,5 bis 4,0 % und reife Äpfel 1,5 bis 2,5 % Pektin⁵. Unreife Äpfel eignen sich besonders zur Geleherstellung, da sie einen höheren Pektingehalt als reife Äpfel aufweisen.

Der Zusatz von Säuren, beispielsweise von Zitronensäure, beschleunigt zusätzlich die Gelierung. Gerade bei pektin- und säurearmen Früchten (Kirschen, Pflaumen) wurde früher „Opekta“ (Opekta-GmbH, Köln-Riehl) zugesetzt, welches 3 bis 6 % Pektin enthielt. Das Wort „Opekta“ leitet sich von „**Obstpektin** aus dem **A**pfel“ ab. Heute wird meist „Gelfix“ (Dr. Oetker) verwendet. Es enthält neben Pektin noch Weinsäure und Traubenzucker.

⁵siehe Römpp/Raaf: Chemie des Alltags, S. 126

1. Versuch: Fructose-Nachweis im Apfel

Chemikalien:

Bezeichnung	Gefahrensymbol	R- und S-Sätze	benötigte Menge	Zulässigkeit in der Schule
Resorcin (1,3-Dihydroxybenzol)	 	R 22-36/38-50 S 26-61	10 mg	keine Einschränkung SV Sek. I und II
konz. Salzsäure (HCl)		R 34-37 S 26-45	20 mL	keine Einschränkung SV Sek. I und II
Apfelstücke	-	-	¼ Apfel	-
ent. Wasser	-	-		-

Seliwanoff-Reagenz:

10 mg Resorcin werden in 40 mL entionisiertem Wasser gelöst und mit 20 mL konzentrierter Salzsäure versetzt.

Geräte:

- Enthalsschliffflasche mit Tropfeinsatz
- Demoreagenzglas
- Reagenzglasständer
- Reagenzglasklammer
- Bunsenbrenner
- Gasschlauch
- Feuerzeug
- Messer
- Becherglas (50 mL)

Durchführung:

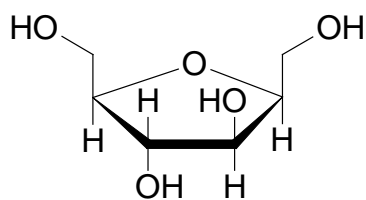
Ein Teil des Apfelstücks wird mit dem Messer weiter zerkleinert und in das Becherglas gegeben. Die Apfelstückchen werden anschließend mit ca. 20 mL Wasser überschichtet und 5 Minuten stehen gelassen. Ungefähr 10 mL des „Apfelwassers“ können nun in das Demoreagenzglas überführt und mit 10 mL Seliwanoff-Reagenz versetzt werden. Zuletzt wird die Lösung über dem Bunsenbrenner erhitzt.

Beobachtung:

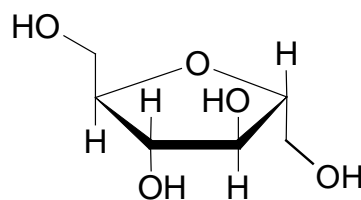
Die Lösung färbt sich in der Siedehitze rot.

Fachliche Analyse:

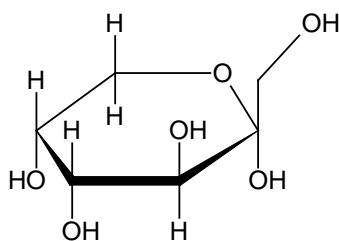
Die Ketohehexose Fructose ist der süßeste natürlich vorkommende Zucker. Das Monosaccharid kommt in vielen Früchten und im Honig vor. 100 g eines frischen Apfels enthalten durchschnittlich 5738 mg Fructose, aber nur 2035 mg Glucose.



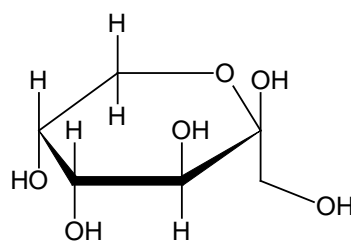
α -D-Fructofuranose



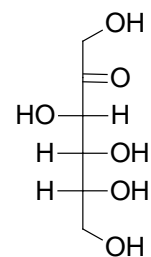
β -D-Fructofuranose



α -D-Fructopyranose



β -D-Fructopyranose



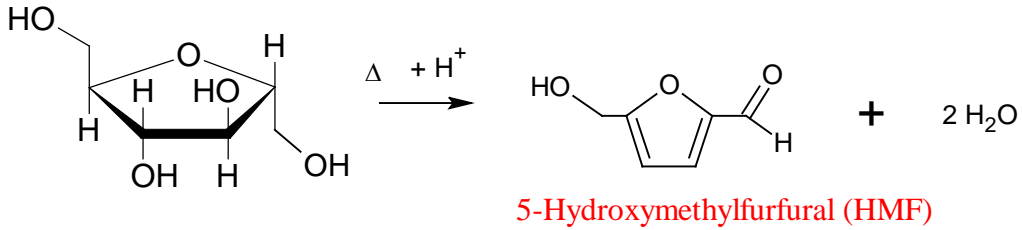
D-Fructose

In kristalliner Form liegt die Ketose hauptsächlich als β -Fructopyranose vor. In wässriger Lösung kommt sie zu 76 % als β -Fructopyranose, zu 20 % als β -Fructofuranose und zu 4 % als α -Fructofuranose vor.⁶

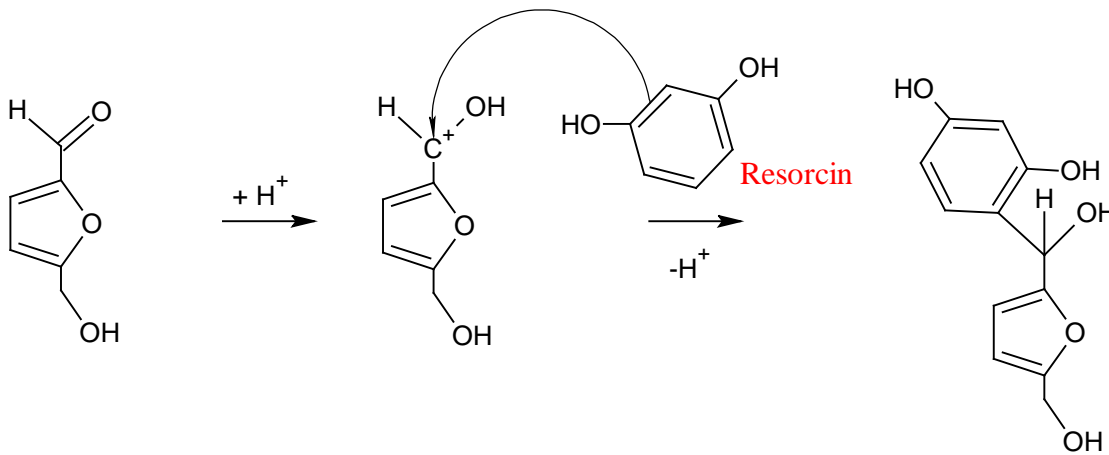
Fructose kann in Anwesenheit konzentrierter Säure zum Fünfering zyklisieren. Beim Erhitzen in saurer Lösung bildet sich ein Furfural.

⁶ vgl. Hans-Dieter Belitz, Werner Grosch und Peter Schieberle: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, S. 259

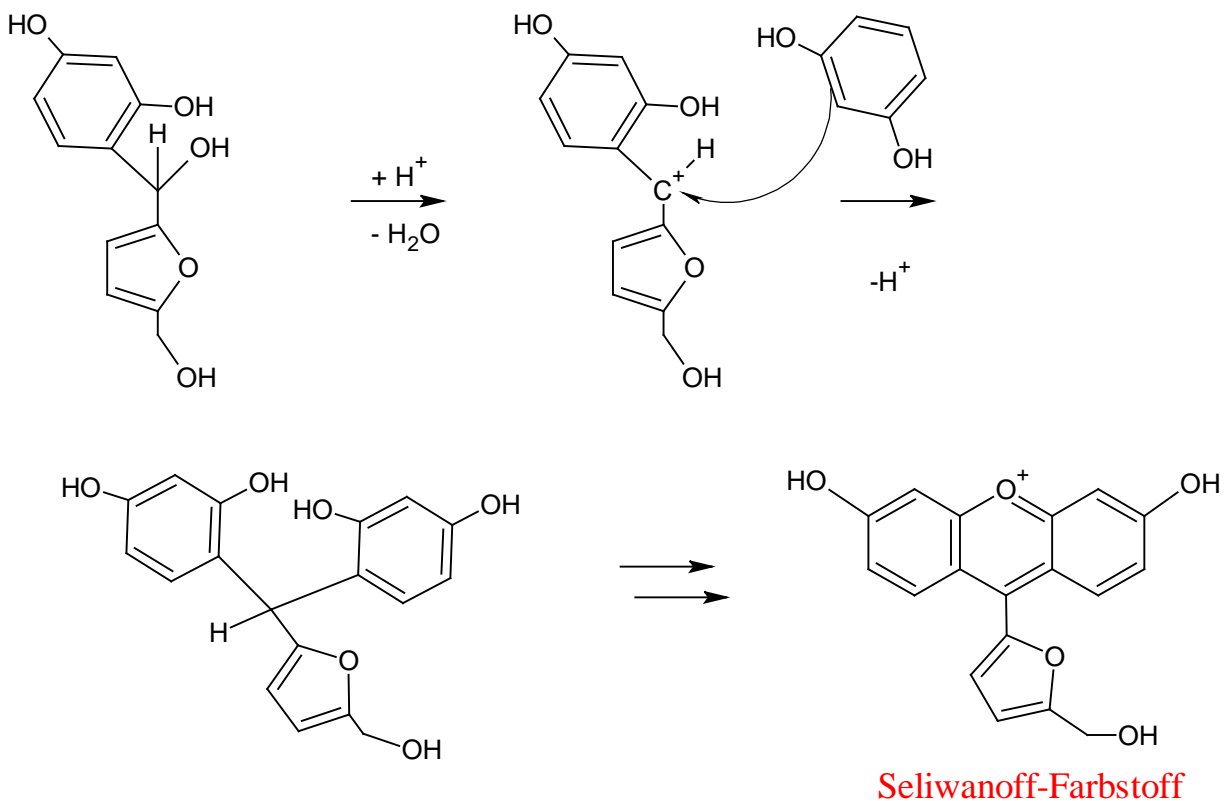
Schritt 1: Bildung von HMF



Schritt 2: Das 5-Hydroxymethylfurfural wird protoniert, reagiert anschließend mit einem Molekül Resorcin und wird wieder deprotoniert.



Das Zwischenprodukt wird daraufhin ebenfalls protoniert und reagiert mit einem zweiten Molekül Resorcin unter Wasserabspaltung und Elektronenverschiebungen zu dem roten Seliwanoff-Farbstoff.



Didaktische Anmerkungen:

Nach G8-Lehrplan kann der Versuch innerhalb des Themenkomplexes „Kohlenhydrate“ in Jahrgangsstufe 11 sowohl im Leistungs- als auch im Grundkurs angesiedelt werden. Er bietet sich auch fächerübergreifend mit der Biologie an. Allerdings sollte dabei beachtet werden, dass die erforderlichen, chemischen Kenntnisse für den Reaktionsmechanismus beachtlich sind. Daher liegt es nahe, die Reaktionsschritte, vor allem die Bildung des Seliwanoff-Farbstoffs aus 5-Hydroxymethylfurfural und Resorcin, didaktisch zu reduzieren.

Der Versuch ist mit ca. 5 Minuten Vorbereitungszeit für einen Handversuch mit Vorbereitung in der Pause geeignet. Das Seliwanoff-Reagenz kann noch mehrere Wochen verwendet werden, wenn es im Kühlschrank aufbewahrt wird. Der apparative und finanzielle Aufwand ist für diesen Versuch gering. Die Durchführung weist keine besonderen Schwierigkeiten auf. Aufgrund der Chemikalienauswahl ist der Versuch schon ab der Sekundarstufe I in der Schule durchführbar.

2. Versuch: Klebstoff aus Magerquark

Chemikalien:

Bezeichnung	Gefahrensymbol	R- und S-Sätze	benötigte Menge	Zulässigkeit in der Schule
Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$	The symbol consists of a black 'X' on an orange square background. Above the 'X' is the hazard code 'XI'. Below the 'X' is a white box with the word 'Reizend' in black text.	R 41 S 22-24-26-39	2,5 g	keine Einschränkung SV Sek. I und II
Magerquark	-	-	100 g	-

Geräte:

- Porzellanschale
- Becherglas
- Spatel
- Glasstab
- Papier

- Schaschlikspieß
- Leinentuch

Durchführung:

Zuerst werden 100 g Magerquark in ein Leinentuch gegeben und durch vorsichtiges Ausdrücken entwässert. Die entstehende, bröselige Substanz wird in eine Porzellanschale überführt und mit 2,5 g Calciumhydroxid versetzt. Anschließend muss mit dem Glasstab einige Minuten kräftig gerührt werden, bis eine klebrige Masse entsteht. Nun können verschiedene Klebetests beispielsweise mit Papier, Kunststoff und Holz durchgeführt werden.

Beobachtung:

Der Caseinleim klebt nur Papier und Holz. Die Klebekraft tritt erst nach einigen Minuten ein. Nach einer Stunde ist der Caseinleim so fest geworden, dass er nicht mehr verarbeitet werden kann.

Fachliche Analyse:

In dem entwässerten Magerquark sind Eiweiße, Kohlenhydrate, Mineralstoffe, organische Säuren (z. Bsp. Milchsäure) und Fette enthalten. Der Hauptbestandteil, nachdem das Wasser weitgehend entfernt wurde, sind mit 10 bis 20 % die Proteine. Unter ihnen bildet das charakteristische Milchprotein Casein das Haupteiweiß. Durch Zugabe des Calciumhydroxids quillt der Quark schon bei Raumtemperatur auf. Die gleiche Wirkung hätte die Zugabe von verdünnter Natronlauge.

Dabei entstehen um die Carboxylat-Ionen und die Hydroxylgruppen in den Seitenketten Hydrathüllen, die durch ihre räumliche Ausdehnung die Caseinmoleküle auseinander drängen; in die entstehenden Hohlräume können weitere Wassermoleküle eingelagert werden.⁷

Auf Wasserstoffbrückenbindungen und auf van-der-Waals-Kräfte zwischen den unpolaren Kohlenwasserstoff-Abschnitten ist die Klebekraft des Leims begründet.

Innerhalb einer Stunde trocknet der Caseinleim und ist zur weiteren Verarbeitung nicht mehr geeignet. Es findet das so genannte Abbinden statt. Während der Trocknungsphase werden andere Bindungskräfte ausgebildet. Der Zusammenhalt des Klebstoffes ist auf Kohäsionskräfte zurückzuführen. Diese Kräfte wirken zwischen den Klebstoffmolekülen und sind beispielsweise für Viskosität und Rheologie des zu verarbeitenden Klebstoffs verantwortlich. Adhäsionskräfte wirken zwischen dem Caseinleim und dem zu verklebenden Material (hier Papier und Holz).

⁷ vgl. <http://www.uni-giessen.de/~ge1016/skripte/MakroSept06.pdf>

Der hergestellte Caseinleim klebt nur Papier mit Papier, Holz mit Papier und Holz mit Holz. Es können auch andere Klebstoffe hergestellt werden, die sich entweder in den Klebetests oder in der Haltbarkeit unterscheiden können. Eine kleine Auswahl ist in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4 : Klebstoffe im Vergleich⁸

Klebstoff	Klebetest				Haltbarkeit
	Papier	Holz	Metall	Kunststoff	
Caseinleim	+	+	-	-	nicht haltbar
Stärkekleister	+	+	-	-	nicht haltbar
Klebstoff aus Polystyrol	+	+	-	+	kann aufbewahrt werden
Klebstoff aus Polyvinylalkohol	+	+	-	-	kann aufbewahrt werden

Ägyptische und chinesische Tischler sollen Caseinleim schon im Altertum genutzt haben. Die Leime aus Casein werden noch heute im Bauwesen beispielsweise im Außenbereich für Fenster verwendet. Casein eignet sich auch zum Verkleben von Linoleum-, Teppich- und Korkböden. Allerdings kann der Klebstoff Bakterien- und Pilzbefall begünstigen. Daher werden oft Konservierungsmittel zugesetzt. Im Baustoffwesen wird die Klebekraft von Caseinleim mit der von Kunstharzleim gleichgestellt. Doch ist Letztgenannter billiger.

Didaktische Anmerkungen:

Die Herstellung des Klebstoffes kann im Gymnasialunterricht bei dem Thema „Naturstoffe“ (11 G.2) oder auch bei „Nahrungsmittel-Milchverarbeitung“ (12 G.2) durchgeführt werden. Es bietet sich auch an, den Versuch im Wahlthema „Angewandte Chemie“ in „Natürliche und synthetische Makromoleküle“ (12 G.2) einzufügen.

Die Vorbereitungszeit für den Lehrenden ist minimal. Auch der finanzielle Aufwand ist gering. Die Klebetests können im Vergleich auch mit anderen selbst hergestellten Klebern durchgeführt werden.

⁸ vgl. Unterricht Chemie, 15, 2004, Nr. 80, S.15

2. Rezept: Naturjoghurt

Zutaten:

- 1 L H-Milch (3,5 % Fett)
- 125 g Naturjoghurt (3,5 % Fett)

Durchführung:

Zu Beginn wird 1 L H-Milch (3,5 % Fett) mit 125 g Naturjoghurt (3,5 % Fett) vermischt. Der Joghurt muss lebende Bakterien enthalten und sollte daher nicht wärmebehandelt sein. Das Gemisch aus Joghurt und Milch wird in verschließbare Gläser gefüllt. Die erforderliche Startwärme kann mit einem Backofen, der zuvor auf 50 °C erwärmt und anschließend ausgeschaltet wurde, erreicht werden. Am Einfachsten ist die Verwendung eines elektrischen Joghurtbereiters. Die verschlossenen Gläser werden optimal in dem Joghurtbereiter bei 42 °C bis 45 °C ungefähr acht Stunden bebrütet. Danach stellt man den noch halb flüssigen Joghurt in den Kühlschrank. Dort wird er fest und lässt sich ca. zwei Wochen lagern.

Für folgende Ansätze kann man anstatt des gekauften Naturjoghurts auch den zuvor zubereiteten Joghurt verwenden.

Beobachtung:

Das Gemisch aus Joghurt und H-Milch wurde nach mehrfachem Ausprobieren 10 Stunden bebrütet, damit nach Kühlung annähernd die Konsistenz eines gekauften Joghurts erreicht wurde.

Fachliche Analyse:

Während dem Bebrüten kommt die Milchsäuregärung erst langsam in Gang. Die in dem Naturjoghurt enthaltenen Milchsäurebakterien müssen sich zuerst anpassen und vermehren. Milch besitzt einen pH-Wert von ungefähr 6,7. Bei der industriellen Joghurtherstellung fällt der pH-Wert durch die verstärkte Produktion von Milchsäure nach ungefähr 3 Stunden auf 4,6. Für die Herstellung eines milden Joghurts wird zu diesem Zeitpunkt die Milchsäureproduktion durch Abkühlung des Joghurts auf 5 °C unterbrochen.

Würde eine direkte Zugabe der Milchsäure erfolgen, müsste die Milch während des Bebrütens gerührt werden. Da aber bei Zusatz von Milchsäurebakterien (z. Bsp.: *Streptococcus thermophilus* und *Lactobacillus bulgaricus*) die Säure langsam gebildet wird, kann diese sich homogen verteilen.

Für die Bildung des Joghurts sind die Proteine der Milch ausschlaggebend. Das Casein ist mit einem Massenanteil von $w = 75 - 85 \%$ der Hauptbestandteil der Milchproteine. Es liegt in der Milch hauptsächlich als Caseinmicelle, ein kugelförmiges Polymer mit anorganischen Bausteinen, vor. Die Micellen sind bei einem pH-Wert von 6,7 „[...] vielfach negativ geladene Anionen [...]“⁹. „Zwei Gruppierungen in den Proteinen sind hierfür verantwortlich: die mit Hydroxyl-Gruppen (aus der Aminosäure Serin) veresterten Phosphat-Reste; sowie die Carboxylat-Gruppen von Aminosäuren mit sauren Seitenketten.“¹⁰

Zwei Prozesse kann man bei der kontinuierlichen Säuerung unterscheiden:

Protolysereaktionen:

Protonenaufnehmende Gruppen (wie beispielsweise ein negativ geladenes Sauerstoffatom des Phosphatrestes der Aminosäure Serin) reagieren mit den Protonen der Milchsäure. Die „Entladung“ der Caseinmicellen erfolgt durch die kontinuierliche Säuerung homogen verteilt. Die reaktiven Gruppen entstehen außerdem in beschränkter Anzahl auf der Caseinoberfläche.

Aggregationsreaktion:

Nun stoßen sich die Micellen nicht mehr ab und können zusammenballen. Die Verknüpfung erfolgt aber auch hier nur in begrenztem Maße, da die Gefäße des Joghurtbereiters, wie zuvor schon erwähnt, nicht bewegt werden. Daher kann sich eine lockere Gelform bilden.


3. Versuch: Bestimmung des Milchsäuregehalts im Joghurts

Chemikalien:

Bezeichnung	Gefahrensymbol	R- und S-Sätze	benötigte Menge	Zulässigkeit in der Schule
Natronlauge, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$ (Titraxol)	-	-	20 mL	keine Einschränkung SV Sek. I und II
Phenolphthalein, $w = 0,001$	-	-	0,1 g	keine Einschränkung

⁹ siehe PdN-Ch. 7/44, 1995, S.23

¹⁰ ebd.

in Ethanol		R 11 S 7-16	100 g	SV Sek. I und II
Joghurt aus Rezept 2	-	-	60 g	-
entionisiertes Wasser	-	-		-

Geräte:

- 3 Erlenmeyerkolben mit je 20 g Joghurt (2 Vergleichsproben + Analyse)
- Magnetrührer mit Rührfisch
- Messzylinder mit 50 mL Wasser
- Spritzflasche
- Bürette mit Stativmaterial
- Glasstab
- Pipette

Durchführung:

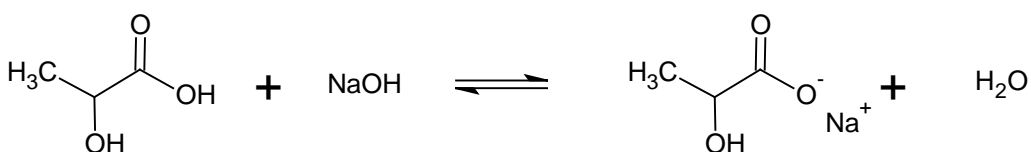
20 g des selbst hergestellten Joghurts werden in einen Erlenmeyerkolben eingewogen und mit 20 mL entionisiertem Wasser verdünnt. Anschließend wird die Lösung mit ca. 3 Tropfen Phenolphthalein versetzt und mit Natronlauge ($c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$) bis zur bleibenden schwachen Rosafärbung titriert. Der Verbrauch an Natronlauge wird abgelesen und notiert.

Beobachtung:

Um die Joghurtprobe bis zur bleibenden Rosafärbung zu titrieren, wurden 15,3 mL Natronlauge ($c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$) verbraucht.

Fachliche Analyse:

Die Titration dient der Bestimmung des Milchsäuregehalts des selbst hergestellten Joghurts. Dabei reagiert die zugegebene Natronlauge mit der Milchsäure zum Lactat und Wasser.



Der Verbrauch von 1 mL Natronlauge, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$ entspricht einer Masse von 9 mg Milchsäure.¹¹

$$\frac{V(\text{NaOH}) \cdot 0,009 \text{ g}}{1 \text{ mL} \cdot 20 \text{ g}} \cdot 100 = w$$

$$\frac{15,3 \text{ mL} \cdot 0,009 \text{ g}}{1 \text{ mL} \cdot 20 \text{ g}} \cdot 100 = 0,00689 \Rightarrow \underline{\underline{0,69 \%}}$$

Die Milchsäure im Joghurt wird von den Milchsäurebakterien durch Gärung produziert. Abhängig von den Startkulturen und den Bedingungen bei der Joghurtherstellung enthält der fertige Joghurt zwischen 0,7 und 1,3 % Milchsäure. Der Joghurt besitzt sowohl R-(-)- als auch S-(+)-Milchsäure. Der jeweilige Anteil der Enantiomere wird bestimmt durch die Verwendung unterschiedlicher Bakterienkulturen. So bildet *Streptococcus thermophilus* (S)-(+)-Milchsäure, *Lactobacillus bulgaricus* R-(-)-Milchsäure. *Lactobacillus acidophilus* hingegen liefert (S)-(+)- und R-(-)-Milchsäure im Verhältnis 1 : 1.

S-(+)-Milchsäure kann der menschliche Organismus selbst bilden und schnell wieder umsetzen. Das andere Enantiomer wird über fermentierte Lebensmittel aufgenommen oder durch die Bakterien des Dickdarms gebildet und in den Stoffwechsel eingeschleust. R-(-)-Milchsäure kann hingegen früherer Auffassungen vom menschlichen Körper durch bestimmte Enzyme der Leber und Nieren verwertet werden. Man dachte, dass das Blut durch zu viel R-(-)-Milchsäure übersäuere und diese außerdem eine autonome Toxizität¹² besäße. Die von der WHO (World Health Organisation) empfohlene Tagesmenge an R-(-)-Milchsäure belief sich damals auf maximal 100 mg pro kg Körpergewicht.

Milchsäure als Lebensmittelzusatzstoff wird mit der E-Nummer E 270 beziffert. Sie dient als Konservierungsstoff, Säuerungsmittel und Geschmacksverstärker. Die Salze der Milchsäure dienen beispielsweise als Säureregulatoren, Stabilisatoren, Feuchthaltemittel und Konservierungsmittel. Natrium-Lactat wird mit E 325, Kalium-Lactat mit E 326 und Calcium-Lactat mit E 327 gekennzeichnet.

¹¹ vgl. PdN-Ch. 7/44, 1995, S.22

¹² vgl. PdN-Ch. 7/48 Jg. 1999, S. 8

Didaktische Anmerkungen:

Auch die titrimetrische Bestimmung des Milchsäuregehalts im Joghurt fügt sich im Lehrplan in den Themenkomplex „Naturstoffe“ (11 G.2) ein. Ein zusätzliches Einsatzgebiet des Versuches ist bei dem Wahlthema „Angewandte Chemie“ innerhalb des Unterthemas Nahrungsmittel (LK/GK 12 G.2). Sowohl die Joghurtherstellung als auch die Milchverarbeitung sollen hier thematisiert werden. Es bietet sich an, den benötigten Joghurt für den Versuch, wie im 2. Rezept beschrieben, von den Schülerinnen und Schülern im Rahmen experimenteller Hausaufgaben selbst herstellen zu lassen.

Die theoretischen Kenntnisse für die Bestimmung des Milchsäuregehalts sollten aus der Mittelstufe hinlänglich bekannt sein. Eine Titration zählt als Standardversuch in der Chemie. Sowohl die Apparatur als auch die Chemikalien müssten in der Schule zur Verfügung stehen. Das Experiment unterliegt aufgrund der verwendeten Chemikalien keinen Einschränkungen für den Einsatz im Schulalltag.

4. Versuch: Brombeersaft – ein natürlicher Indikator

Chemikalien:

Bezeichnung	Gefahrensymbol	R- und S-Sätze	benötigte Menge	Zulässigkeit in der Schule
Natronlauge, $c(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ mol/L}$	-	-	20 mL	keine Einschränkung SV Sek. I und II
Salzsäure, $c(\text{HCl}) = 0,2 \text{ mol/L}$	-	-	20 mL	keine Einschränkung SV Sek. I und II
Brombeeren	-	-	5 g	-
deionisiertes Wasser	-	-		-

Geräte:

- Tropfpipette
- 4 Demoreagenzgläser
- Reagenzglasständer
- Mörser und Pistill
- Erlenmeyerkolben
- Glasrichter
- Faltenfilter
- pH-Papier

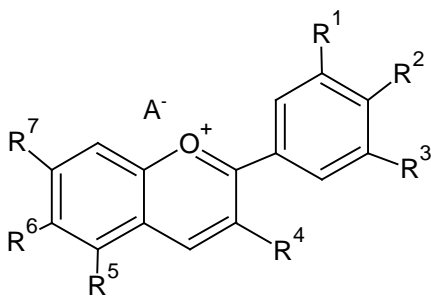
Durchführung:

Die frischen oder tiefgekühlten Brombeeren werden mit etwas Wasser versetzt und mittels Pistill im Mörser zerkleinert. Anschließend wird der Saft abfiltriert. Der Filterkuchen kann entsorgt werden. Mit Natronlauge, Salzsäure und entionisiertem Wasser werden 4 Lösungen mit unterschiedlichen pH-Wert (pH = 1; pH = 7; pH = 10; pH = 14) hergestellt und in verschiedene Reagenzgläser gefüllt. Zuletzt werden den 4 verschiedenen Lösungen jeweils 10 Tropfen des Brombeersaftes zugefügt.

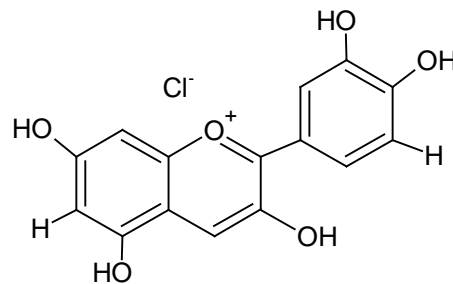
Beobachtung:

Abhängig vom pH-Wert ändert sich die Farbe des Brombeersaftes. Außer bei pH = 7 bleibt die Saftfarbe unverändert. Im stark sauren pH-Bereich (pH = 1) wird der Brombeersaft rot, im stark basischen (pH = 14) gelb. Bei pH = 10 erhält der Brombeersaft eine grünliche Färbung.

Fachliche Analyse:

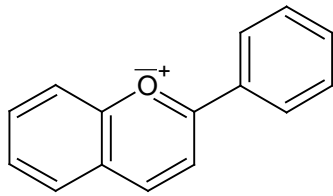


Grundstruktur der Anthocyanidine



Rubrobrassin
(Cyanidin)

Das Cyanidin ist hauptsächlich verantwortlich für die Fruchtfarbe der Brombeere. Dieser Stoff gehört zur Gruppe der Anthocyane (griech. von den Worten für „blaue Blume“). Diese Stoffgruppe kann man in Anthocyanidine (Aglykone, zuckerfrei) und die Anthocyane (Glykoside) nochmals unterteilen.



Flavylium-Kation

Chemisch betrachtet sind Anthocyane Flavonderivate. Diese, auch Flavonoide genannte Gruppe, ist gekennzeichnet durch zwei aromatische Ringe und einem mittleren, sauerstoffhaltigen, heterocyclischen Ring.

Der Grundkörper der Anthocyanidine, die nicht frei in der Pflanze vorkommen, ist das Flavylium-Kation.

In den Pflanzen treten die Anthocyanidine als sekundäre Pflanzenstoffe in Form ihrer Glykoside als Anthocyane auf. Diese befinden sich hauptsächlich in Epidermis- und Subepidermiszellen höherer Pflanzen. Auch finden Anthocyane Anwendung in der Lebensmittelindustrie als Lebensmittelzusatzstoff unter der E-Nummer E 163.

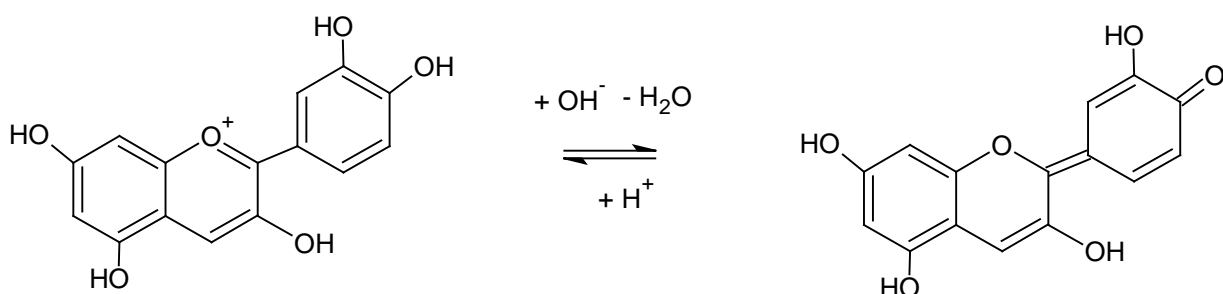
Brombeeren besitzen einen hohen Gehalt an Anthocyanen. So enthalten 100 g frische Brombeeren im Durchschnitt 115 mg Anthocyane (siehe Tabelle 5). Auch Him-, Heidel- und Johannisbeeren besitzen einen hohen Anthocyangehalt in ihren Früchten.

Tabelle 5: Anthocyangehalt in verschiedenen Lebensmitteln¹³

Lebensmittel	Anthocyangehalt in mg/100 g Frischgewicht
Brombeeren	115
Himbeeren	10 - 60
Heidelbeeren	83 - 420
Schwarze Johannisbeeren	130 - 400
Süßkirschen	2 - 450
Weintrauben	30 - 750
Blutorangen	200
Rote Zwiebeln	0 - 25
Rotkohl	25
Auberginen	750
Rhabarber	0 - 200
Rotwein	24 - 35
Portwein, rot	14 - 110

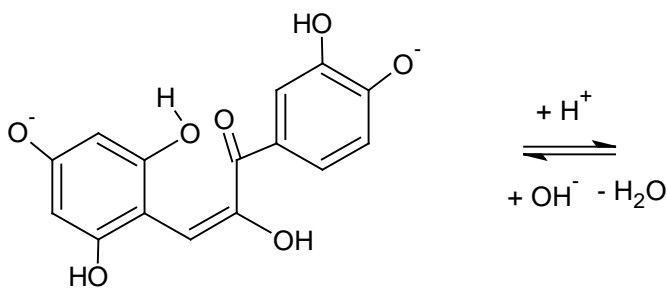
¹³ vgl. http://www.mri.bund.de/nm_1187686/SharedDocs/Publikationen/ka__pflanzenstoffe/Anthocyane,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Anthocyane.pdf

Abhängig vom umgebenden pH-Wert ändert sich die Struktur und Farbe der Anthocyane. Sie können aufgrund ihrer pH-Abhängigkeit als Säure-Base-Indikatoren angesehen werden. Bei pH = 7 liegt das Cyanidin als ungeladenes Flavenol in der neutralen Lösung vor. Sobald die Lösung einen pH-Wert unter 5,8 annimmt, reagiert das Flavenol durch Protonierung zu dem Flavylum-Kation. Wird allerdings der pH-Wert erhöht, bildet sich aus der Anhydrobase bei pH = 7 durch Deprotonierung im schwach alkalischen (pH = 7,2 bis 10,8) das blaugrüne Flavenolat-Anion. Erhöht man den pH-Wert auf über 10,8 bildet sich eine Pseudobase, aus der nach Aufbrechen des Pyranrings durch Umlagerung ein gelbliches Chalkon entsteht.

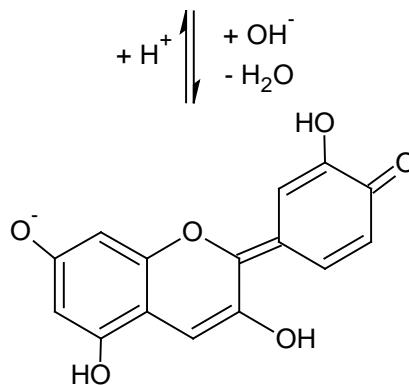


Farbe: rot
 pH < 5,8 (sauer)
 Flavylum-Kation

Farbe: violett
 pH = 5,8 - 7,2 (neutral)



Farbe: gelblich - farblos
 pH > 10,8 (stark alkalisch)
 Chalkon



Farbe: blaugrün
 pH = 7,2 - 10,8 (schwach alkalisch)
 Flavenolat-Anion



Didaktische Anmerkungen:

Dieser Schülerversuch ist Vielen mit Rotkohlsaft bekannt. Er kann sowohl als experimentelle Hausaufgaben als auch im Unterricht bei dem Thema „Prüfen von Stoffen mit natürlichen Indikatoren“ (fakultativ, 7 G.1) eingesetzt werden. Allerdings rückt die Theorie dabei in den Hintergrund.

Diese kann erst bei „Farbstoffe – pH-Indikatoren“ (GK/LK 12 G.2) ausführlich behandelt werden. Natürlich können die unterschiedlichen pH-Werte auch mit Säuren und Laugen aus dem Haushalt hergestellt werden.

5. Versuch: Proteinnachweis in Weizenkleie

Chemikalien:

Bezeichnung	Gefahrensymbol	R- und S-Sätze	benötigte Menge	Zulässigkeit in der Schule
Ninhydrin		R 22-36/37/38 S 26-36	1 g	keine Einschränkung SV Sek. I und II
2-Propanol		R 11 S 2-7-16	99 g / 127 mL	keine Einschränkung SV Sek. I und II
Wasser	-	-		-
Weizenkleie	-	-	2 Teelöffel	-

Ninhydrinreagenz: 1 g Ninhydrin werden in 99 g 2-Propanol gelöst, um eine 1 %-ige Ninhydrinreagenz herzustellen.

Geräte:

- Becherglas
- Magnetrührer
- Uhrglas
- Erlenmeyerkolben
- Glastrichter
- Faltenfilter

- 1 Demoreagenzglas
- Reagenzglasständer
- Bunsenbrenner
- Gasschlauch
- Feuerzeug
- Reagenzlashalter
- Pipette

Durchführung:

2 Teelöffel voll Weizenkleie werden mit ca. 60 mL entionisiertem Wasser bis zum Sieden erhitzt. Dabei wird das Becherglas mit einem Uhrglas abgedeckt. Daraufhin filtriert man das heiße Gemisch ab und überführt ungefähr 10 mL des Filtrats in ein Demoreagenzglas. Nachdem dem Filtrat noch 5 Tropfen der Ninhydrinreagenz zugefügt wurden, wird das Gemisch über dem Bunsenbrenner kurz erhitzt. Ein Siedeverzug ist dabei durch Schwenken des Reagenzglases zu vermeiden.

Beobachtung:

Beim Kochvorgang der Weizenkleie in Wasser bildet sich Kochschaum. Das Filtrat ist leicht bräunlich verfärbt. Durch Zugabe der Ninhydrinreagenz und anschließendem Erhitzen über dem Bunsenbrenner verfärbt sich die Lösung nach 2 Minuten violett.

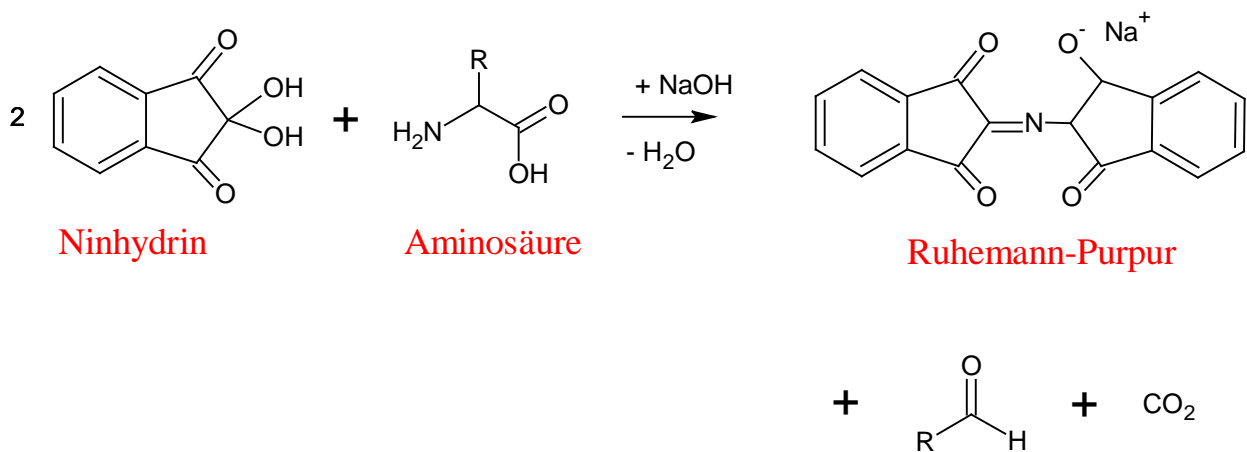
Fachliche Analyse:

Vor dem Mahlprozess können dem Weizenvollkorn verschiedene Bestandteile entfernt werden. Dazu zählen Frucht- und Samenschale, Aleuronschicht und Keimling. Diese Bestandteile bilden zusammen die Kleie. Demgegenüber steht der Mehlkörper. Dieser enthält den Hauptteil der in einem Vollkorn vorkommenden Stärke.

Die Kleie enthält hingegen eine große Menge an Ballaststoffen, Eiweißen, Vitaminen und Mineralstoffen. Als Speisekleie findet sie in der Diätetik als Ballaststoffpräparat Anwendung. Sie kann in Knäcke- und Müsliarten als auch als Einzelprodukt in Supermärkten und Bioläden angetroffen werden.

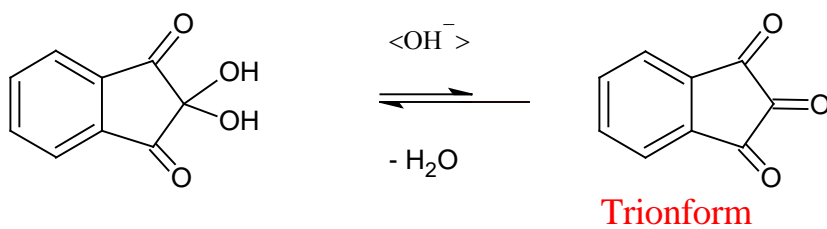
Eiweiße kann man nach ihrer Löslichkeit (Osborne-Fraktionierung) unterscheiden. Wasserlöslich (auch an ihrem isoelektrischen Punkt) sind die so genannten Albumine. Sie bilden den beim Kochvorgang beobachteten Kochschaum. Ninhydrin dient zum Nachweis von Proteinen und Aminosäuren. Dabei bildet sich aus den Aminosäuren in basischer Lösung mit dem Ninhydrin das Ruhemann-Purpur.

Gesamtreaktion:

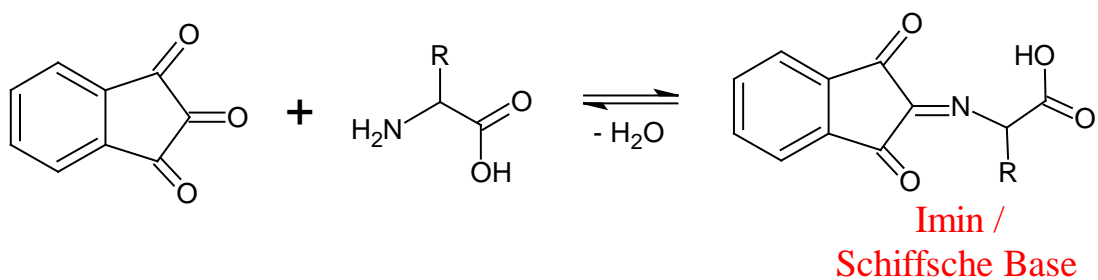


Einzel Schritte¹⁴:

Schritt 1: basenkatalysierte Dehydratisierung

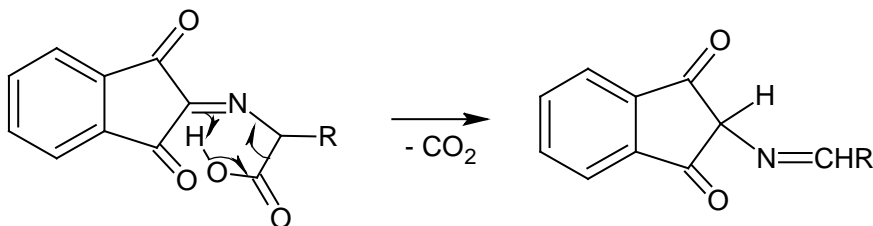


Schritt 2: Kondensation der Aminosäure mit der Trionform des Ninhydrins zum Imin

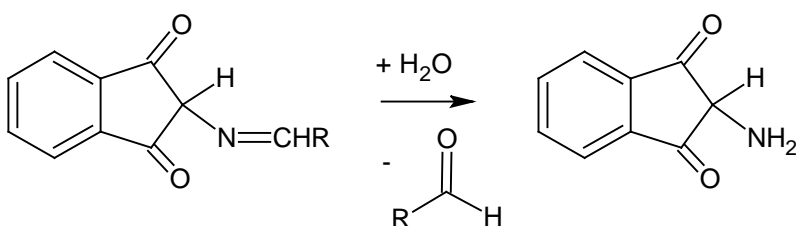


¹⁴ vgl. K. Peter C. Vollhardt, Neil E. Schore: Organische Chemie, 4. Auflage, 2005, S. 1422

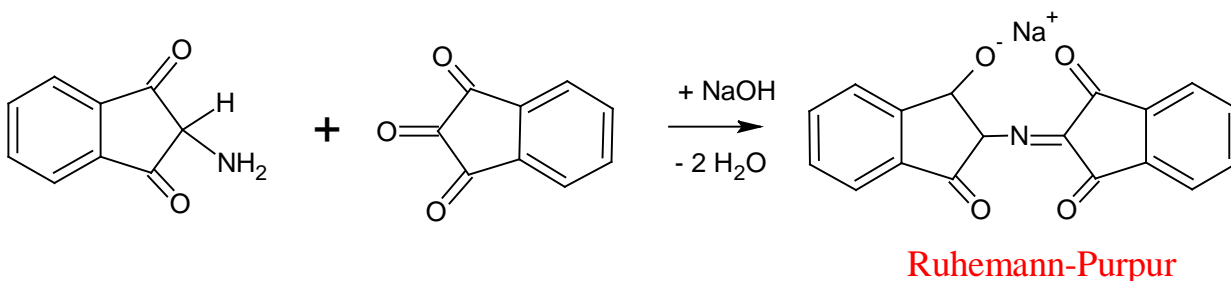
Schritt 3: das Imin spaltet spontan über einen aromatischen Übergangszustand Kohlenstoffdioxid ab



Schritt 4: Hydrolyse; ein Aldehydgruppe spaltet sich ab



Schritt 5: das Produkt aus Schritt 4 kondensiert mit einem weiteren Ninhydrin (Trionform) unter basischen Bedingungen zum Ruhemann-Purpur



Didaktische Anmerkungen:

Die einfach herzustellende Ninhydrin-Lösung dient als „Nachweisreagenz für Aminosäuren und Eiweiße“. Daher kann sie innerhalb des Themas „Naturstoffe“ (LK/GK 11 G.2) eingebettet werden. Mit dem Reagenz können nicht nur schnell Aminosäuren in Lebensmitteln, sondern auch beispielsweise Aminosäuren im Schweiß nachgewiesen werden. Aus diesem Grund sollten bei der Arbeit mit der Ninhydrin-Lösung Handschuhe getragen werden.

Alle Teilschritte der Reaktion sind ausführlich bekannt. Allerdings müssen diese meist didaktisch reduziert werden. Gerade die Teilschritte der Iminbildung können nur in leistungsstarken Oberstufenkursen behandelt werden.

1. Demo: Ei chemisch geschält

Chemikalien:

Bezeichnung	Gefahrensymbol	R- und S-Sätze	benötigte Menge	Zulässigkeit in der Schule
Essigessenz	-	-	ca. 100 mL	
Hühnerei	-	-	1	

Geräte:

- Ei
- Becherglas
- Petrischale
- Knete
- Esslöffel

Durchführung:

Das frische Hühnerei wird vorsichtig in das Becherglas gelegt und mit Essigessenz vollständig bedeckt. Das Becherglas sollte an die Eigröße angepasst sein, da sonst zu viel Essigessenz verbraucht wird. Nachdem sich die Eierschale aufgelöst hat, kann man das Hühnerei mit einem Löffel aus dem Essigbad nehmen und mittels Knete auf einer Petrischale fixieren.

Beobachtung:

Schon zu Beginn der Reaktion beobachtet man Gasblasen aufsteigen, zusätzlich bildet sich ein Schaum. Nach 24 Stunden ist die Eierschale komplett aufgelöst.

Fachliche Analyse:

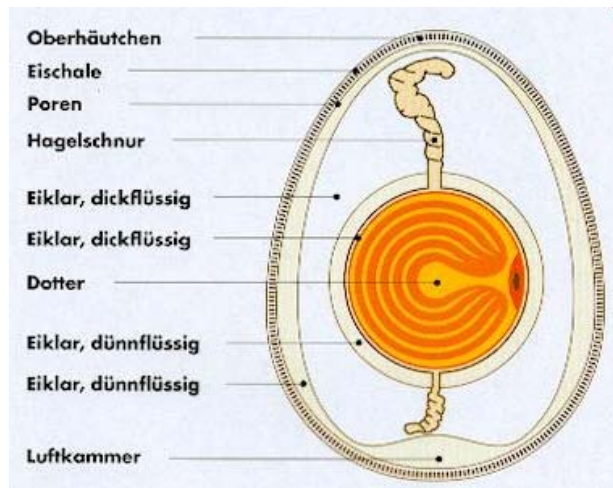


Abb. 3: Aufbau des Hühnereis

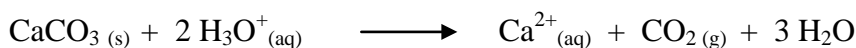
Körper bis zu 97 % des Eiweißes nutzen. Die schützende Kalkschale ist ungefähr 0,2 bis 0,4 mm dick und für Gase durchlässig.

Ein Hühnerei besteht aus 57 % Eiklar, 33 % Eigelb und 10 % Kalkschale.¹⁵ Nachdem die Schale durch die Essigessenz aufgelöst wurde, kann man deutlich den Eidotter erkennen. Dieser setzt sich aus 48,7 % Wasser, 32,6 % Fett, 16,6 % Eiweiß 1,1 % Kohlenhydraten und 1 % Mineralstoffe zusammen.¹⁶ Das Eigelb hat aus ernährungswissenschaftlicher Sicht ein gutes Verhältnis von essentiellen und nicht essentiellen Aminosäuren. Deshalb kann der

Sie setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- | | | |
|--------------------------------|---|------|
| • Calciumcarbonat | | 95 % |
| • $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | } | 2 % |
| • $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ | | |
| • MgCO_3 | | |
| • organische Substanzen | | 3 % |

Der Hauptbestandteil der Schale, das Calciumcarbonat, löst sich in Gegenwart von Säure unter Freisetzung von Kohlenstoffdioxid. Die Gasentwicklung kann direkt an der Schale nach Zugabe der Essigessenz anhand aufsteigender Blasen beobachtet werden.



Sobald die Schale aufgelöst ist, sieht man das Oberhäutchen, welches als sehr dünne, durchsichtige Cuticula sonst die Kalkschale im Inneren umgibt und für die Schaumbildung bei diesem Versuch verantwortlich ist. Diese Schleimschicht würde beim Schälen eines gekochten Eis zerstört werden.

¹⁵ Georg Schwedt: Wenn das Gelbe vom Ei blau macht, S. 54

¹⁶ ebd., S. 54

Didaktische Anmerkungen:

Der Versuch wird meist zur Anorganischen Chemie unter dem Themenkomplex „Säuren und Laugen“ (9 G.2) eingeordnet. Er kann aber auch als Einstiegsversuch zum Thema „Nahrungsmittel – Herstellung, Analyse und Struktur“ (GK/LK 12 G.2) genutzt werden. Da der Versuch schnell und einfach durchzuführen ist und Chemikalien und Geräte im Haushalt zu finden sind, bietet es sich an das Ei als experimentelle Hausaufgabe schälen zu lassen. Untersuchungen des Eiklars und Eigelbs können sich anschließen. Auch ein Proteinnachweis kann im Anschluss angefügt werden.

2. Demo: Sublimation von Coffein aus schwarzen Tee

Chemikalien:

Bezeichnung	Gefahrensymbol	R- und S-Sätze	benötigte Menge	Zulässigkeit in der Schule
Schwarzer Tee (Blatttee)	-	-	5 g	
Wasser	-	-		
Eis	-	-	200 mL	

Geräte:

- Møser und Pistill
- Dreifuß mit Tondreieck
- Bunsenbrenner und Glasschlauch
- Feuerzeug
- Porzellanschale
- Einhalsrundkolben (500 mL)
- Stativmaterial
- Pinzette
- Objektträger mit Deckgläschen
- Mikroskop

Aufbau und Durchführung:

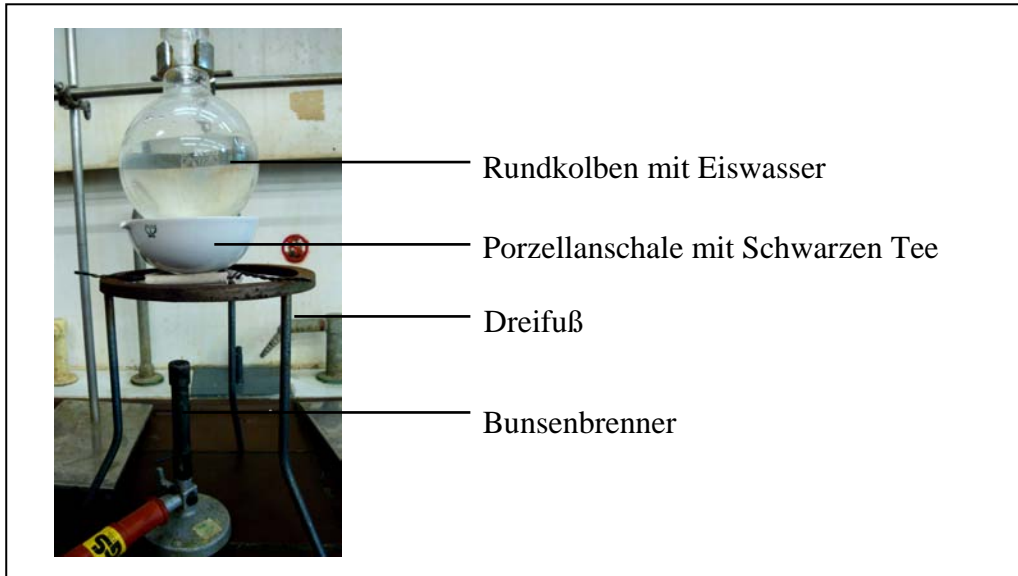


Abb. 4: Versuchsaufbau: Sublimation von Coffein aus Schwarzen Tee

Die Apparatur wird gemäß Abb. 4 aufgebaut. In den Rundkolben füllt man eine Wasser-Eis-Mischung und in die Porzellanschale 5 g Schwarzen Tee, der zuvor im Mörser zerkleinert wurde. Die Porzellanschale wird anschließend ungefähr 15 Minuten über dem Bunsenbrenner erhitzt, dabei sollte der Rundkolben so nah wie möglich über der Porzellanschale angebracht sein. Sobald sich genügend Coffeinnadeln am Rundkolben abgeschieden haben, kann der Versuch abgebrochen werden. Mit Hilfe einer feinen Pinzette können die Nadeln auf einen Objektträger überführt und unter dem Mikroskop betrachtet werden.

Beobachtung:

Leider setzen sich die weißen Nadeln nicht an der Außenseite des Rundkolbens, sondern auf dem Tee selbst ab.



Abb. 5: Coffeinnadeln auf dem schwarzen Tee

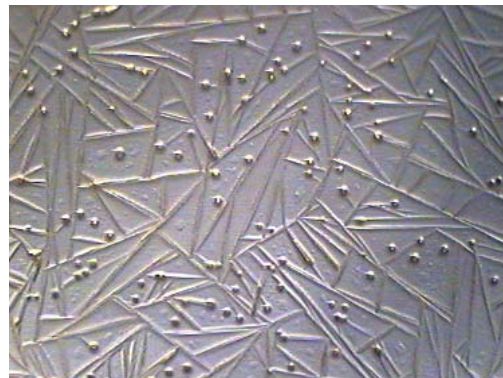


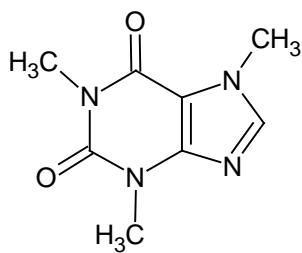
Abb. 6: nadelförmige Coffeinkristalle¹⁷

¹⁷ Abb. von beigelegter CD von Schwedt, G.: Experimente mit Supermarktprodukten, Experiment Coffeinkristalle

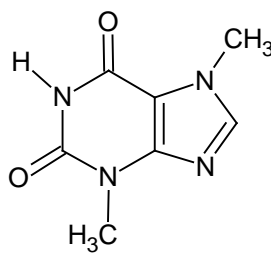
Fachliche Analyse:

China gilt als Ursprungsland des Tees, der schon 2700 v. Chr. bekannt gewesen sein soll. Im 6. Jahrhundert wurde die Teepflanze als Heilmittel weit verbreitet. Erst im 9. Jahrhundert kam der Tee nach Europa. Nachdem dieser ab dem 17. Jahrhundert als Handelsware galt, etablierte sich im 19. Jahrhundert das Teetrinken auch in Deutschland.

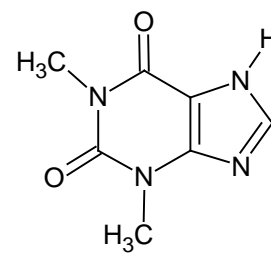
Tee enthält Xanthine, Aminosäuren, Polyphenole, Mineralstoffe und Vitamine. Die Purin-Alkaloide Coffein, Theobromin und Theophyllin besitzen stimulierende Wirkung und finden Anwendung als Arznei- und Genussmittel.



Coffein
(1,3,7-Trimethylxanthin)



Theobromin
(3,7-Dimethylxanthin)



Theophyllin
(1,3-Dimethylxanthin)

Der Coffeingehalt im Schwarzen Tee beläuft sich auf 1 bis 4,5 %. Theophyllin hingegen kommt nur zu ungefähr 0,03 % in den Teeblättern vor, Theobromin zu 0,05 %.

Das Alkaloid Coffein bildet farblose und geruchslose Kristalle. Bei einer Temperatur von 238 °C schmilzt es, bei 178 °C fängt es an zu sublimieren.

Coffein steigert die Leistungsbereitschaft und Aufmerksamkeit. Außerdem wirkt es Ermüdungserscheinungen entgegen, da es die beruhigende Wirkung von Adenosin im Körper verhindert. Eine Überdosierung an Coffein kann zu Schlaflosigkeit, Händezittern und übermäßiger Erregung führen. Die letale Dosis, oral eingenommen, liegt bei einem Erwachsenen bei ungefähr 10 g, bei Kindern ca. 5g.

Didaktische Anmerkungen:

Die Sublimation von Coffein eignet sich gut als Schülerversuch, die Durchführung beansprucht ca. 20 Minuten. Die Vorbereitung für den Lehrer beläuft sich auf ungefähr 5 Minuten. Im Lehrplan kann der Versuch bei „Nahrungsmittel – Herstellung, Analyse, Struktur“ (GK/LK 12 G.2) eingefügt werden. Allerdings setzen sich Coffeinnadeln nur auf dem Tee selbst und nicht am Rundkolben ab. Die Coffeinnadeln können auch für weitere Versuche verwendet werden. Beispielsweise kann mittels einer Dünnschichtchromatographie überprüft werden, ob es sich wirklich um Coffein handelt.

VII. Literatur/Quellen:

Bücher und Zeitschriften:

- Cornelia A. Schlieper: Grundfragen der Ernährung, 12. überarbeitete Auflage, Hamburg, Verlag Dr. Felix Büchner – Verlag Handwerk und Technik, 1992
- Gaby Hauber-Schwenk, Michael Schwenk: dtv-Atlas Ernährung, München, Deutscher Taschenbuch Verlag, 2000
- Prof. Dr. I. Elmadfa, Prof. Dr. E. Muskat: Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle, 2002/2003
- K. Peter C. Vollhardt, Neil E. Schore: Organische Chemie, 4. Auflage, Weinheim, WILEY-VCH, 2005
- Römpp/Raaf: Chemie des Alltags, 24., Neubearb. Aufl. d. von Hermann Römpp begr. Werkes, Stuttgart, Franckh, Kosmos 1979
- Georg Schwedt: Wenn das Gelbe vom Ei blau macht, Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2008
- Hans-Dieter Belitz, Werner Grosch und Peter Schieberle: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 6., vollständig überarbeitete Auflage, Berlin, Springer, 2008
- Schwedt, Georg: Experimente mit Supermarktprodukten. Eine chemische Warenkunde, 2. korr. u. akt. Aufl., Weinheim, Wiley-VCH, 2003
- Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, Heft 7/44, Halbergmoos, Aulis, Jahrgang 1995, S.23
- Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, Heft 8/47, Halbergmoos, Aulis, Jahrgang 1998, S. 38 - 42
- Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, Heft 7/48, Halbergmoos, Aulis, Jahrgang 1999, S.8
- Raabits II/C (9 von 24)
- Unterricht Chemie, 15, Nr. 80, Jahrgang 2004, S.15

Gefahrensymbole und R- und S-Sätze

- Hessisches Gefahrstoff-Infomations-System-Schule (HessGISS)
- http://www.ebalu.de/unsere_leistungen/schadstoffsammlung/ Gefahrensymbole.gif (letzter Zugriff: 20.10.2009)

Internetadressen:

- Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum Baden-Württemberg, Ernährungskreis www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de (letzter Zugriff: 20.10.2009)
- Bernhard Watzl, Karlis Briviba und Gerhard Rechkemmer: Anthocyane, in: Ernährungs-Umschau 49 (2002) Heft 4
http://www.mri.bund.de/nn_1187686/SharedDocs/Publikationen/ka__pflanzenstoffe/Anthocyane,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Anthocyane.pdf (letzter Zugriff: 20.10.2009)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.: 10 Regeln der DGE, 2009
www.dge.de/pdf/10-Regeln-der-DGE.pdf (letzter Zugriff: 20.10.2009)
- <http://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/00/00H217/t3.pdf> (letzter Zugriff: 20.10.2009)
- Dr. A. Geuther, H. Barth: Chemische Schulexperimente zu makromolekularen Stoffen, Justus-Liebig-Universität Gießen; Didaktik der Chemie, September 2006
<http://www.uni-giessen.de/~ge1016/skripte/MakroSept06.pdf> (letzter Zugriff: 20.10.2009)
- Lehrplan Gymnasium Chemie (G8)
www.kultusministerium.hessen.de (letzter Zugriff: 20.10.2009)