

Protokoll zum Experimentalvortrag Organische Chemie



Abb. 0

Tee

Abwarten und
Tee trinken...

Jasmin Schulte

Philipps-Universität Marburg
Fachbereich Chemie

SoSe 07

Leitung: Dr. Reiß

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Allgemeines und Geschichtliches	3, 4
2. Produktionsverfahren	4-7
3. Eigenschaften	7-12
Demo 1: Bestimmung des pH-Werts im Tee	
Demo 2: Tee mit Milch?	
4. Inhaltsstoffe	12-29
1. Alkaloide	
Versuch 1: Extraktion von Coffein	14
Versuch 2: Dünnschichtchromatographie von Xanthin-Derivaten	15
2. Polyphenole	
Versuch 3: Indikatorverhalten von Tee	17-19
Versuch 4: Herstellung von Tinte aus schwarzem Tee	19-21
Versuch 5: Nachweis von Antioxidantien	21-25
3. Pigmente	
Versuch 6: Extraktion von Chlorophyll	26, 27
4. Aromastoffe	
Demo 3: Destillation von Aromastoffen	28, 29
5. Schulrelevanz	29-33
6. Literaturangaben	33, 34

„Abwarten und Tee trinken“ sagten früher schon oft die Ärzte zu ihren Patienten, die etwas kleinere Beschwerden hatten - das allein zeigt ja schon, dass der Tee nicht nur ein Genussmittel ist, sondern auch eine Wirkung auf die Gesundheit des Menschen hat.

1. Allgemeines und Geschichtliches

Angesichts der vielen Angebote im Supermarkt ist die erste Frage, die sich mir stellte: „Was ist denn jetzt eigentlich Tee?“ Eine Fülle von verschiedenen Teesorten treten einem entgegen, worunter sich Sorten wie Pfefferminz, einige Früchtearten, Rotbusch, Kamille, Fenchel und noch viele verschiedene Kräutertees, sowie grüner Tee und schwarzer Tee befinden.

Der ursprüngliche Tee allerdings ist derjenige, der aus einer bestimmten Tee-Pflanze gewonnen wurde, die restlichen Sorten werden alle als „teeähnliche Getränke“ bezeichnet (PdN 2003).

Klasse: Rosopsida
Unterklasse: Asterdae
Ordnung: Ericales
Familie: Theaceae
Gattung: Camellia
Arten:

Camellia sinensis
(China, Darjeeling)
Camillia assamica
(Indien, Sri Lanka)



Abb.1

Die wohltuende Wirkung des Tees ist nunmehr schon seit ca. 5000 Jahren bekannt. Der Sage nach entdeckte der chinesische Kaiser Cheng Nung den Tee durch Zufall. Aufgrund seines sehr empfindlichen Magens trank der Kaiser nur abgekochtes Wasser, in das eines Tages ein Blatt von Camillia sinensis fiel. Er war so begeistert von dem Geschmack, dass er den Tee kultivierte. 552 n. Chr. brachten buddhistische Mönche den Tee von China nach Japan.

Dort entwickelten sie Tee-Zeremonien. Der Tee war zu dieser Zeit hauptsächlich im Klerus und im Adel vertreten und somit nur für die höheren Gesellschaftsschichten erhältlich. Ab

1618 wurde der Tee dann zur Handelsware und nun auch für alle erschwinglich. 1610 kam der Tee erstmals per Schiff nach Europa. In Amsterdam wurde der Tee bekannt, bis die Holländer dann auch Tee nach Großbritannien exportierten. Parallel gelangte Tee auch über den Landweg von China nach Russland zum Zaren. Karawanen mit mehreren Tonnen Tee brachten so das Geschenk zum weit entfernten Ziel. Am 16.12.1773 ergab sich ein einschneidendes Ereignis, welches man als „Boston Tea Party“ bezeichnet. bei der Tee zu einem Politikum wurde und das als einer der Auslöser für den amerikanischen Unabhängigkeits-Krieg gilt.



Abb.2



Abb. 3



Abb. 4

Die Eröffnung des Suez-Kanals (1869) verkürzte die Handelswege deutlich, was in vielen Ländern zu einer Steigerung der Teeproduktion bzw. des Teeanbaus führte. (vgl. Iq 4; PdN 1997)

2. Produktionsverfahren

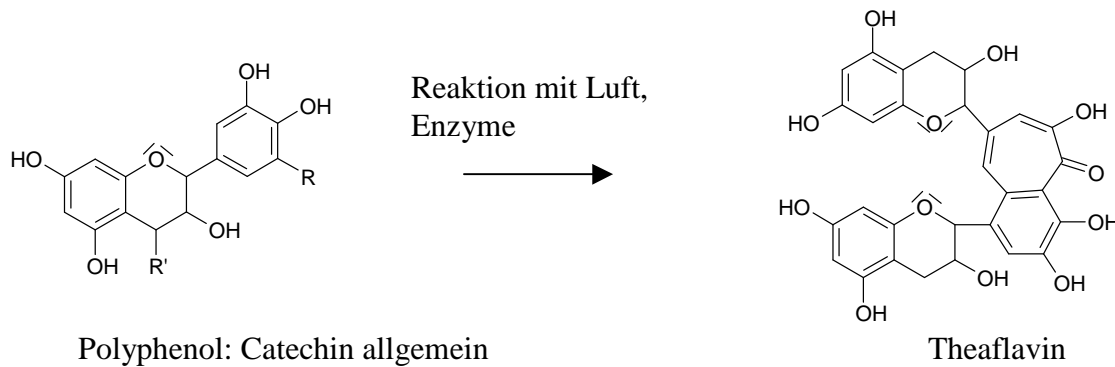
Auf großen Plantagen wird die Teepflanze angebaut und entweder per Hand oder maschinell gepflückt. Die beste Qualität hat dabei der handgepflückte Tee, wobei üblicherweise die jüngsten oberen Triebe und die Blattknospe genommen werden („two leaves and a bud“). Es folgt nun ein Welkprozess, bei dem die frischen Tee-Blätter auf großen Tischen ausgebreitet werden, um ihnen einen



Abb. 5

Teil des Wasser zu entziehen. Ist der Wassergehalt auf ca. 60 % reduziert, so kann der Rollprozess beginnen. Durch einen rotierenden Zylinder wird dabei Zellmaterial aufgebrochen und Zellsaft kann austreten.

Das Rollen dauert ca. 20 Minuten und leitet die Fermentation ein, die bis zu 5 Stunden in Anspruch nimmt. Hierbei finden enzymatische Oxidationen bzw. Reaktionen mit dem Luftsauerstoff statt. Während der Fermentation werden unter anderem Polyphenole zu Theaflavinen und Thearubigenen oxidiert.



Außerdem wird durch bei der Fermentation aktiv werdenden Chlorophyllasen Chlorophyll in Pheaphytin umgewandelt und Aromastoffe werden gebildet.

Ist die Fermentation abgeschlossen, so wird der Tee getrocknet und per Hand oder auch von maschinell betriebenen Sieben sortiert, wobei die Qualität bei handsortiertem Tee durch die schonende Verarbeitung wesentlich besser ist. Anhand der Fermentationsgrade unterscheiden sich auch die verschiedenen Teesorten. Grüner Tee ist z. B. nicht fermentierter Tee. Dies ist gleichzeitig der einzige Unterschied zum schwarzen Tee, der recht lang fermentiert wurde (vgl. Iq 6). In der folgenden Tabelle sind einige Sorten nach den Fermentationsgraden eingeteilt:



Abb.6

nicht fermentierter Tee	Grüner Tee
leicht fermentierter Tee	Weißer Tee
anfermentierter Tee	Gelber Tee
halb fermentierter Tee	Klassischer Oolong
stärker fermentierter Tee	Yen Cha Oolong
fermentierter Tee	Schwarzer Tee
postfermentierter Tee	Pu-Errh-Tee

Tab. 1 (vgl Iq 6)

Anbaugebiete:



Indien:	820.000 t
China:	785.000 t
Kenia:	324.000 t
Sri Lanka:	320.000 t
Türkei:	185.000 t
Indonesien:	165.000 t
Japan	100.000 t

Exporteure: Kenia, Sri Lanka, China

Importeure: Großbritannien, Russland, USA

Abb. 7

Teepflanzen gedeihen in tropischen und subtropischen Gebieten rund um den Äquator in einer Höhe von 500 bis 2200 m am besten. Der Teekenner unterscheidet hauptsächlich drei nach ihren Anbaugebieten benannte Teesorten: Assam, Ceylon und Darjeeling. Der ostindische Assam-Tee stammt aus dem größten Anbaugebiet der Welt und ist ein typischer Hochlandtee mit kräftigem Aroma. Der herbe und kräftige Ceylon stammt aus Sri Lanka, dem weltweit drittgrößten Anbaugebiet.

Beide Sorten finden sich oft in Teemischungen und sind gegen hartes Wasser unempfindlich. Der zarte, gelbe Darjeeling wächst an den Südhängen des Himalaya.

Die Hauptexporteure sind die Länder Kenia und Sri Lanka, die den Hauptteil des Tees im Wesentlichen nach Großbritannien, Russland und an die USA verkaufen. In Indien wird zwar der meiste Tee angebaut, jedoch wird nur ein Bruchteil exportiert – fast alles ist für den Eigenbedarf der Inder. (vgl. Iq 2)

3. Eigenschaften

Teezubereitung:

Tee sollte am besten mit weichem, kochendem Wasser übergossen werden. Es empfehlen sich außerdem großvolumige Kannen aus Porzellan. Da der Tee sehr empfindlich ist, sollte er kühl und trocken und möglichst in einem geschlossenen Behälter aufbewahrt werden, damit er sein Aroma nicht verliert und auch nicht die Gefahr besteht, dass er andere Aromen aufnimmt. Die Ziehzeit lässt sich nicht einheitlich definieren; sie liegt sortenabhängig in einem Bereich zwischen 20 Sekunden und 5 Minuten, bei weißen Tees bis 10 Minuten.

Je nach Dauer wirkt der Tee unterschiedlich stark anregend. Die alte Regel, dass bis zu drei Minuten gezogener Tee anregend wirkt, er ab fünf Minuten aber beruhigt, ist nur bedingt richtig. Tatsächlich geht in den ersten zwei bis drei Minuten vor allem das Coffein in Lösung und sorgt so für den anregenden Effekt. Die im Teeblatt enthaltenen Gerbstoffe lösen sich erst danach zu einem Großteil und binden dabei das Coffein, so dass es schonender und langsamer im Körper aufgenommen werden kann als z. B. im Kaffee. Der 5-Minuten-Tee wirkt also höchstens für den Magen-Darm-Trakt beruhigend, ansonsten ist die Wirkung lediglich herausgezögert oder lediglich nicht anregend.

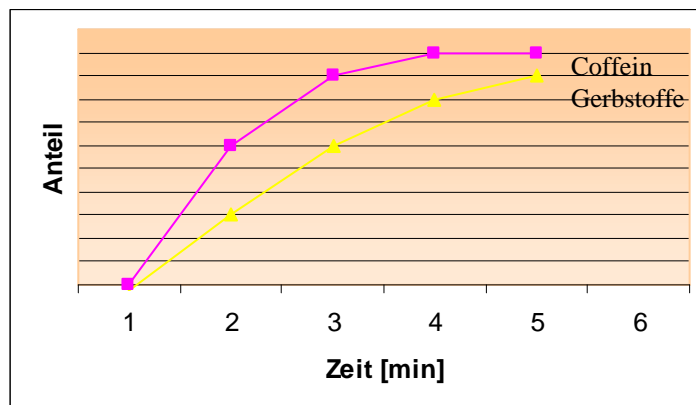


Abb. 8

Um zu zeigen, dass sich die Gerbstoffe erst nach einiger Zeit lösen und ihre Menge auch in Abhängigkeit mit der Wassertemperatur im Zusammenhang stehen, kann man sich ihre

Eigenschaften zu Nutze machen. Sie reagieren mit Wasser leicht sauer, d.h., dass je mehr Gerbstoffe sich in der Lösung befinden, desto saurer wird sie. Dazu Demo 1:

Demo 1: Bestimmung des pH-Werts im Tee

Geräte:

- pH-Meter
- 4 Bechergläser 100 mL

Chemikalien:

- Schwarzer Tee
- dest. Wasser

Durchführung:

4 Versuchsansätze werden hergestellt:

1. 2 g Tee mit 100 mL dest. Wasser bei Raumtemperatur
2. 2 g Tee mit 100 mL dest. Wasser bei 70 °C
3. 5 g Tee mit 100 mL dest. Wasser bei Raumtemperatur
4. 5 g Tee mit 100 mL dest. Wasser bei 70°C

Sofort wird 10 Minuten lang der pH-Wert in 15 sekündigem Abstand gemessen und die Messergebnisse notiert. Diese werden dann in eine Grafik übertragen und ausgewertet.

Menge	Temperatur	Anfangs pH-Wert	End pH-Wert	Δ pH
2 g	20 °C	7,61	5,00	2,61
	70 °C	7,42	4,67	2,75
5 g	20 °C	7,52	4,86	2,66
	70 °C	7,46	4,58	2,88

An der Tabelle kann man erkennen, dass der Anfangs-pH-Wert bei allen Proben ungefähr gleich ist. Den niedrigsten pH-Wert mit 4,58 erreicht Probe 4 mit 5g und 70 °C heißem Wasser. Diese Probe hat somit auch die größte pH-Wert-Änderung mit einer Differenz von 2,88. Am wenigsten pH-Wert-Änderung zeigt Probe 1 mit 2,61. Aus meinen Ergebnissen kann man schlussfolgern, dass je größere Mengen eingesetzt werden, je heißer das Wasser ist, und je länger der Tee zieht, desto niedriger wird der pH-Wert. Der pH-Wert im Tee ist also abhängig von der Menge, der Temperatur und der Zeit.

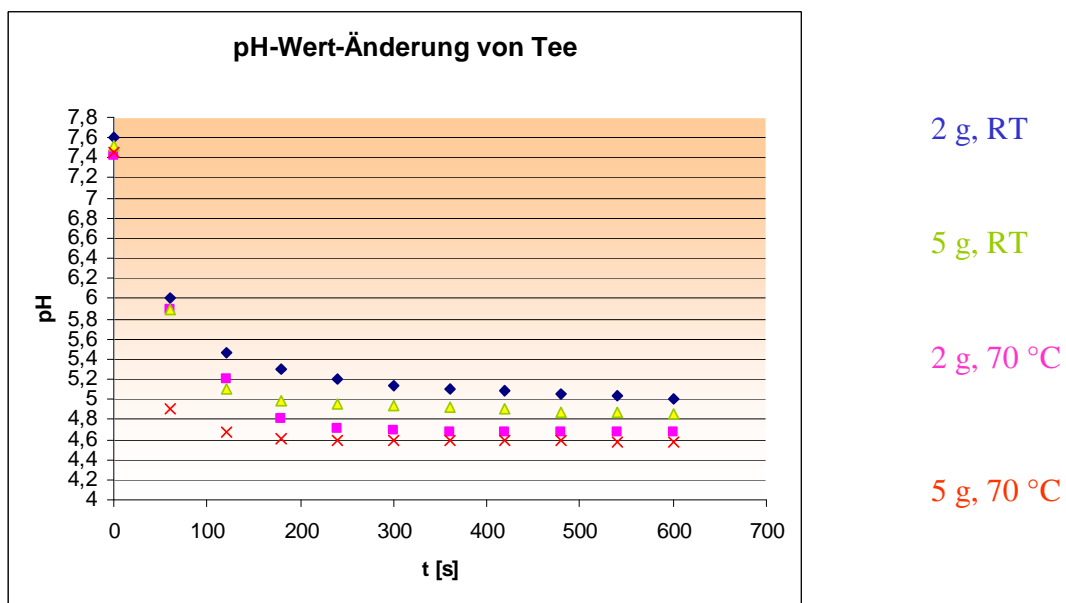
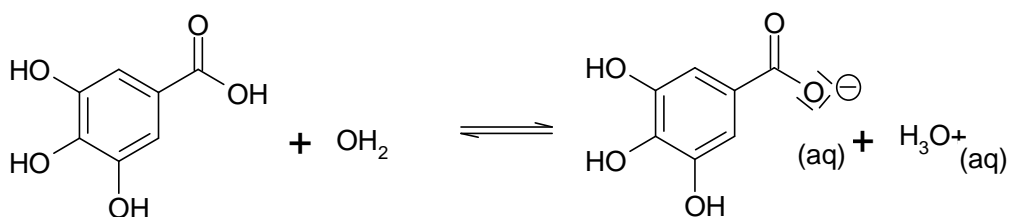


Abb. 10

In der Grafik kann man sehen, dass in allen Proben der pH-Wert zunächst sehr stark sinkt und sich dann ca. 350 Sekunden langsam einpendelt und sich nach 600 Sekunden gar nicht mehr ändert (PdN 1997).

Gerbstoffe reagieren mit dem Wasser in einer leicht sauren Reaktion. Außerdem sind sie in warmem Wasser besser löslich als in Wasser bei Raumtemperatur. Hier ein Beispiel mit Gallussäure:



In vielen asiatischen Ländern wird Tee anders zubereitet und genossen: Man verwendet keine Beutel oder Siebe, sondern gießt das heiße Wasser direkt zu dem Tee. Die nassen, in der Regel unzerkleinerten Teeblätter sind schwerer als das Wasser und setzen sich am Grund des Gefäßes ab. Er wird bis zu dreimal aufgegossen, bevor man neue Teeblätter verwendet. In Russland stellt man Tee unter Nutzung von Samowaren her. Dabei wird ein Teekonzentrat ('Zavarka') mit heißem Wasser zum Tee verdünnt. Als Süßungsmittel wird oft Marmelade dazu löffelweise gelutscht. In Ostfriesland trinkt man starken Tee mit flüssiger Sahne und Kluntjes. Dabei wird nicht umgerührt. In Tibet wird Buttermilch getrunken. In diesen salzigen Schwarztee gibt man Butter, die von Yak-Kühen gewonnen wird. Der Tee wird in einem Rohr zubereitet und schmeckt für Europäer wohl eher gewöhnungsbedürftig. Allerdings enthält dieser Buttermilch viele Fette und Proteine, die benötigt werden, um die Körpertemperatur aufrecht zu erhalten. In England wird der Tee gerne mit Milch oder auch mit Zitrone genossen. Der britische Earl Grey war der erste aromatisierte Tee, dem inzwischen unzählige Aromavarianten gefolgt sind. Auf der ganzen Welt sind Aromazusätze sowie das Süßen mit Honig oder Zucker weit verbreitet. Es werden z. B. Fruchtaromen, Vanille, Jasmin und Rose, Kakao und auch eine Vielzahl von Gewürzen zugesetzt. Allerdings muss man bei manchen Dingen, die man dem Tee zusetzt auch etwas aufpassen, da diese durch chemische Vorgänge den Tee ungenießbar machen können. Dazu Demo 2:

Demo 2: Tee mit Milch?

Geräte:

- 3 Bechergläser 250 mL

Chemikalien:

- Milch
- Schwarzer Tee
- Früchtetee
- Zitronensaft

Durchführung:

3 Bechergläser werden vorbereitet, wobei das Erste und das Zweite mit lange gezogenem schwarzen Tee gefüllt werden. In das dritte gibt man den Früchtetee.

In das zweite wird zusätzlich noch Zitronensaft gegeben. Dann werden alle drei Proben mit einem Schuss Milch versetzt.

Auswertung:

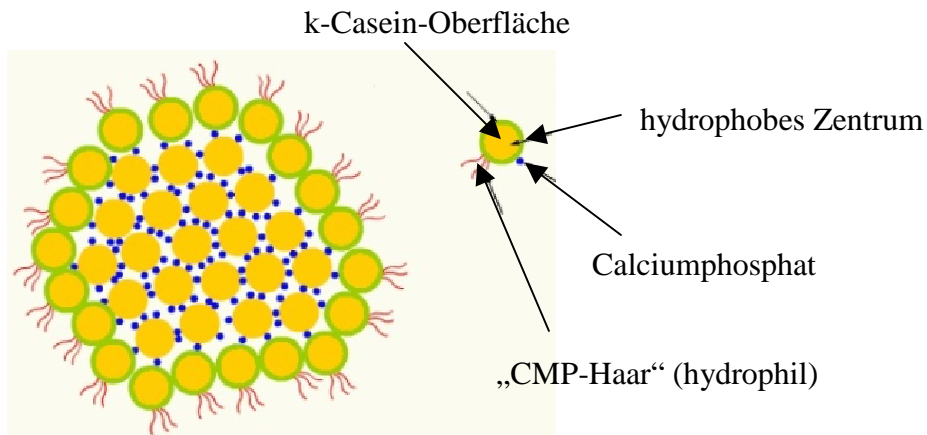


Abb. 11

Nach dieser Vorstellung sind jeweils 10 bis 100 Submicellen in Form kleiner Aggregate organisiert. Submicellen haben ein hydrophobes Zentrum und sind mit einer hydrophilen Oberfläche ummantelt, die bei einigen Submicellen von den hydrophilen Anteilen des κ -Caseins (CMP oder Caseino-Makropeptid) gebildet ist. Das κ -Casein schützt durch seine hydrophile Eigenschaft die α - und β -Caseine, die bei der gegebenen Calciumkonzentration nicht löslich in der Milch sind und sonst ausfallen würden (Iq 10). Außerdem halten Calcium-Phosphat-Gruppen die Micellen als eine Art Kittsubstanz zusammen, was man sich wie folgt vorstellen kann:

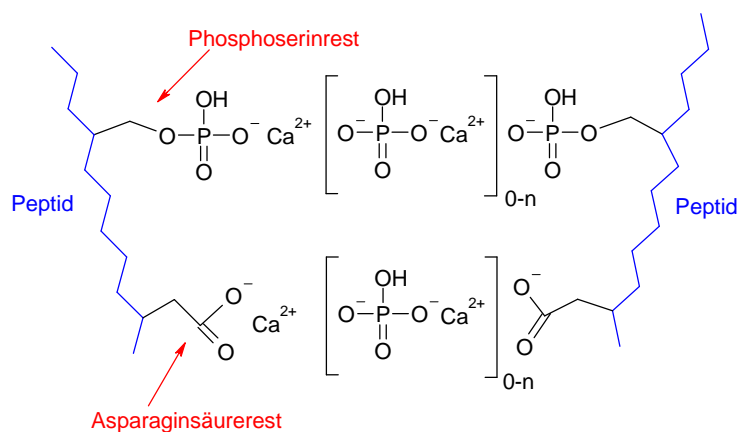


Abb. 12

Durch das Vorhandensein einer Säure wird der isoelektronische Punkt (IEP) von Casein überschritten und es wirken die Protonen auf die Calciumphosphatbrücken und protonieren die negativ geladenen Reste der Peptide.

Die Brücken werden somit getrennt. Caseinmicellen werden nicht mehr zusammengehalten und aggregieren. Casein fällt also in dem Tee, der mit Zitrone versetzt wurde, aber auch im Früchtetee, der Fruchtsäuren enthält, aus.

4. Inhaltsstoffe:

Zu folgenden Prozentteilen sind die Stoffe in trockenen Teeblättern enthalten:

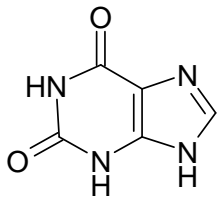
• Polyphenole ("Gerbstoffe")	ca. 20-35 %
• Proteine, Aminosäuren	ca. 20-30 %
• Kohlenhydrate (Zellstoff)	ca. 20-25 %
• organische Fette	ca. 8 %
• Alkaloide (Coffein)	ca. 3-5 %
• organische Säuren	ca. 3 %
• Pigmentstoffe (Chlorophyll)	ca. 1 %
• Vitamine (A, B1, B2, C, D)	ca. 0,6 %
• Aromastoffe	ca. 0,03 %
• Enzyme	ca. 0,005 %

4.1. Alkaloide:

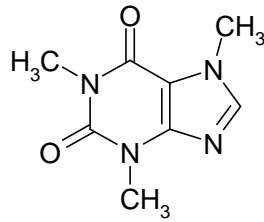
Alkaloide sind Stoffwechselprodukte der Pflanze. Sie enthalten Stickstoff und dienen auch als Stickstoffspeicher. Die meisten Alkaloide reagieren basisch. Für die Pflanze haben Alkaloide noch meistens eine Abwehrfunktion, denn durch ihren oft bitteren Geschmack halten sie Tiere davon zurück, die Pflanze zu fressen.

Auch im Tee befinden sich Alkaloide, nämlich mehrere Xanthin-Derivate. Diese zeichnen sich durch ein Purin-Grundgerüst aus:

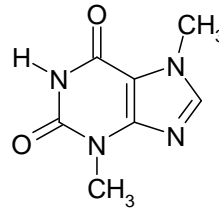
Xanthin



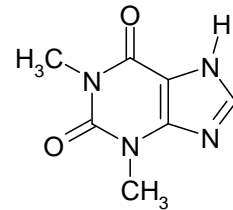
Coffein



Theobromin



Theophyllin



Die drei Xanthin-Derivate Coffein, Theobromin und Theophyllin sind zu bis zu 5 % im Tee enthalten. Die Stoffe haben besondere Wirkungen auf den Menschen.

Herztätigkeit, Stoffwechsel und Atmung werden durch Coffein angeregt. Der Blutdruck und die Körpertemperatur steigen, die Blutgefäße im Gehirn erweitern sich, die der Eingeweide verengen sich, weshalb die Müdigkeit verschleudert wird, sich die Stimmung hebt und die Leistungsfähigkeit gesteigert wird. Coffein ist auch bekannt für seine diuretische (harntreibende) Wirkung. Es wirkt außerdem als Antagonist von Adenosin, was eine gesteigerte Freisetzung von Neurotransmittern bewirkt. Auch kann pharmazeutisch gegen Kopfschmerz, Asthma, Herzschwäche und Morphinvergiftung eingesetzt werden.

Das Coffein kann durch seine Struktur die Blut-Hirnschranke fast ungehindert passieren und entfaltet seine anregende Wirkung hauptsächlich im Zentralnervensystem.

Coffein besitzt auch negative Wirkungen, allerdings erst in höheren Dosen. So können leichte Abhängigkeitserscheinungen bei Missbrauch auftreten. Z.B. kann der Coffeinentzug zu Kopfschmerzen führen. Außerdem verursachen höhere Dosen Händezittern, Druck in der Herzgegend, Herzrasen und Blutdrang zum Kopf. Die letale Dosis liegt mit 5-30 g sehr hoch. (vgl Iq 7)

Theobromin und Theophyllin haben ähnliche Wirkungen wie das Coffein. Die drei Stoffe kann man aus dem Tee zunächst extrahieren und dann qualitativ mit einer Dünnschichtchromatographie nachweisen. Dazu Versuche 1 und 2:

Versuch 1: Extraktion von Coffein

Geräte:

- Scheidtrichter
- Stativmaterial
- Trichter
- Filterpapier
- Spatel
- Mörser
- Schraubdeckelgläschen

Chemikalien:

- Schwarzer Tee
- MgO
- Petrolether
- Chloroform
- dest. Wasser

Durchführung:

2 g schwarzer Tee wird im Mörser zerkleinert und in einem Scheidtrichter mit 10 mL Petrolether ca. eine Minute geschüttelt, um ihn zu entfetten. Nach dem Abfiltrieren wird der Tee getrocknet. Anschließend wiegt man zu 1 g MgO 1 g des Tees, gibt 1 mL dest. Wasser dazu und füllt alles in ein Schraubdeckelgläschen. Es werden jetzt noch 10 mL Chloroform hinzugegeben und eine Minute geschüttelt. Nun wird abfiltriert.

Auswertung:

Die Extraktionsmethode kommt von *ex* (*lat.*; „heraus“) und *trahere* (*lat.*; „ziehen“) und ist ein Stofftrennverfahren, bei dem eine Komponente aus einem Gemisch herausgelöst wird.

Coffein löst sich besser in Chloroform als z.B. in Wasser, daher geht es aus dem Tee in Chloroform über. Die eher niedrige Wasserlöslichkeit von Coffein kommt daher, dass es schlecht Wasserstoffbrücken zu Wassermolekülen ausbilden kann. Es enthält zwar negativ polarisierte Sauerstoffatome, an denen Wasserstoffbrücken gebildet werden können, aber keine positiv polarisierten H-Atome, ist demnach nicht protisch polar wie das Wasser. Chloroform ist ein polares Lösungsmittel, das wie Coffein keine positiven H-Atome enthält, es ist dem Coffein daher ähnlicher als Wasser und löst es besser. Durch die Extraktion von Coffein mit Chloroform kann man gut die Xanthine herauslösen, denn die meisten weiteren Inhaltsstoffe des Tees sind in Chloroform nicht gut löslich.

MgO bindet erstens Trübstoffe an der Oberfläche, aber zweitens bildet es mit vielen gelösten Gerbstoffen unlösliche Komplexe (PdN 1997).

Versuch 2: Dünnschichtchromatographie von Xanthin-Derivaten

Geräte:

- DC-Kammer
- Kieselgelplatte mit Fluoreszenzindikator
- Bleistift
- Glas-Kapillaren
- UV-Lampe
- Messzylinder
- 3 Schraubdeckelgläschen

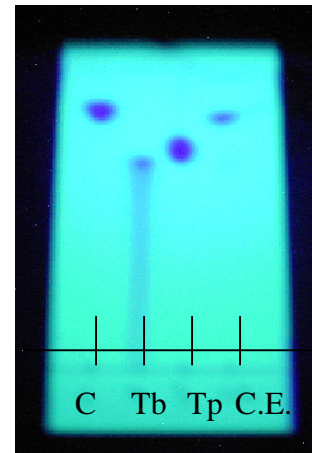


Abb.13

Chemikalien:

- Fließmittel: Chloroform-Ethanol 9:1
- Coffein-Standardlösung: C 0,01g in 5 mL Chloroform
- Theobromin-Standardlösung: Tb 0,01g in 5 mL Chloroform
- Theophyllin-Standardlösung: Tp 0,01g in 5 mL Chloroform
- Extrakt aus Versuch 1 C.E.

Durchführung:

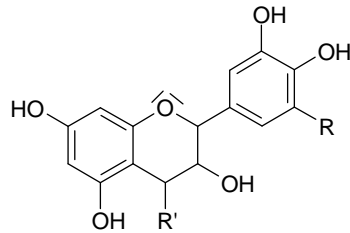
Zunächst wird das Fließmittel angesetzt und schon einige Zeit vor dem Versuch in die DC-Kammer gefüllt, um diese zu sättigen. Es wird auf der Kieselgelplatte ein Strich mit dem Bleistift gezogen, um die Startlinie zu markieren. Dann werden vier Startpunkte markiert, die sich nicht zu nah am Rand befinden sollten und die vier Lösungen aufgetragen. Dabei trägt man jede Lösung 10 mal auf und föhnt zwischendurch, wobei sich das Chloroform leicht verflüchtigt. Man kann schon jetzt an der UV-Lampe die Startpunkte kontrollieren, die durch Fluoreszenzlöschung sichtbar sein sollten. Man stellt nun die DC-Platte in die Kammer und lässt das Chromatogramm ca. 20 Minuten laufen. Danach wird die DC-Platte herausgenommen und kurz getrocknet, um dann unter der UV-Lampe die einzelnen Stoffe nachzuweisen (Lehramts-Skript Organische Chemie).

Ergebnis:

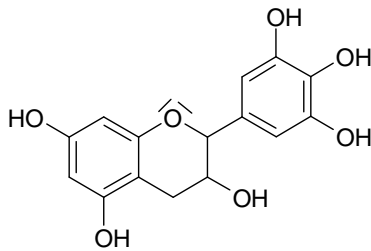
Auf Abb. 13 ist das Ergebnis der DC abgebildet. Bei C.E. kann man deutlich anhand des blauen Flecks erkennen, dass sich Coffein in der Probe befindet. Die Dosis an Tp und Tb war in diesem Fall wahrscheinlich zu gering, um sie mit dieser Methode nachzuweisen.

4.2. Polyphenole

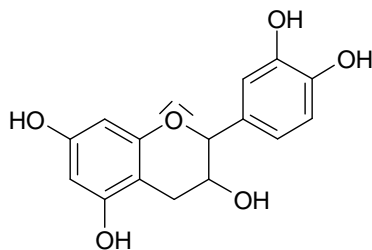
Polyphenole sind Verbindungen mit mehr als einer an den aromatischen Ringen gebundenen Hydroxylgruppe. Natürliche Polyphenole kommen in Pflanzen als bioaktive Substanzen wie Farbstoffen, Geschmackstoffen und Gerbstoffen vor. Sie sollen die Pflanze einerseits vor Fraßfeinden schützen oder aber auch durch ihre Farbe Insekten zur Bestäubung anlocken. Die im Tee enthaltenen Polyphenole werden als Catechine bezeichnet. Sie haben folgendes Grungerüst (vgl. Iq 5):



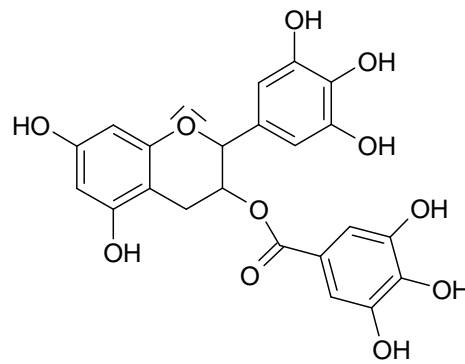
Catechine wirken sich auf die Teefarbe und den Geschmack aus und haben auf den Menschen eine harntreibende und eine antioxidative Wirkung. Es folgen nun einige Beispiele der im Tee vorhandenen Catechine:



Epicatechin



Epigallocatechin



Epigallocatechingallat

Für die Farbgebung sind hauptsächlich Theaflavine und Thearubigene verantwortlich. Durch des pH-Werts der Tee-Lösung kann die Farbe der Lösung verändert werden. Der schwarze Tee zeigt also ein Indikatorverhalten. Dazu Versuch 3:

Versuch 3: Indikatorverhalten von Tee

Geräte:

- 3 Demoreagenzgläser
- Demoreagenzglasständer
- Bechergläser

Chemikalien:

- Zitronensaft
- NaOH c(1 mol/L)
- Schwarzer Tee



Abb.14

Durchführung:

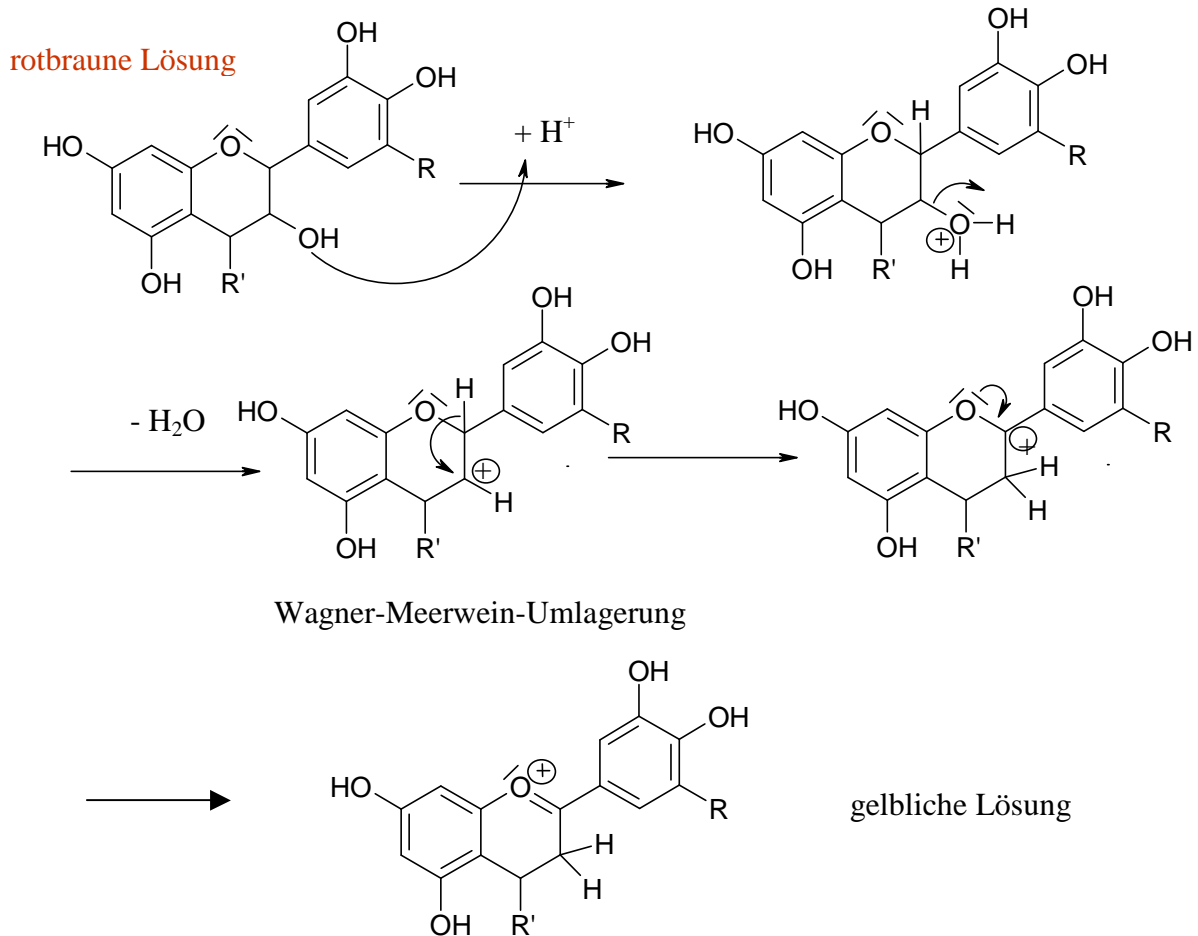
Ein Teebeutel wird mit 200 mL kochendem Wasser übergossen und 10 Minuten ziehen gelassen, damit sich ein Großteil der Gerbstoffe lösen. Der Tee kann nun abgekühlt in die Demoreagenzgläser gefüllt werden. Die erste Probe gilt als Vergleich, die zweite wird mit Zitronensaft versetzt und die dritte mit Natronlauge.

Auswertung:

Durch den Zitronensaft gibt man Protonen in den Tee, welcher sich dann im sauren Millieu befindet. Hier findet dann folgende Reaktion statt:

Die Hydroxylgruppe im vereinfacht dargestellten Gerbstoff (z. B. Theaflavin) wird zunächst protoniert. Es entsteht ein Kation. Wasser wird im nächsten Schritt abgespalten und es findet eine Wagner-Meerwein-Umlagerung statt, wobei ein H-Atom umgelagert wird. Die positive Ladung befindet sich nun durch Elektronenverschiebung am Sauerstoffatom. Es entsteht ein konjugiertes π -System, bei dem das Absorptionsmaximum in den kurwelligen Bereich verschoben wurde und der Eindruck einer gelben Farbe gelangt an unser Auge.

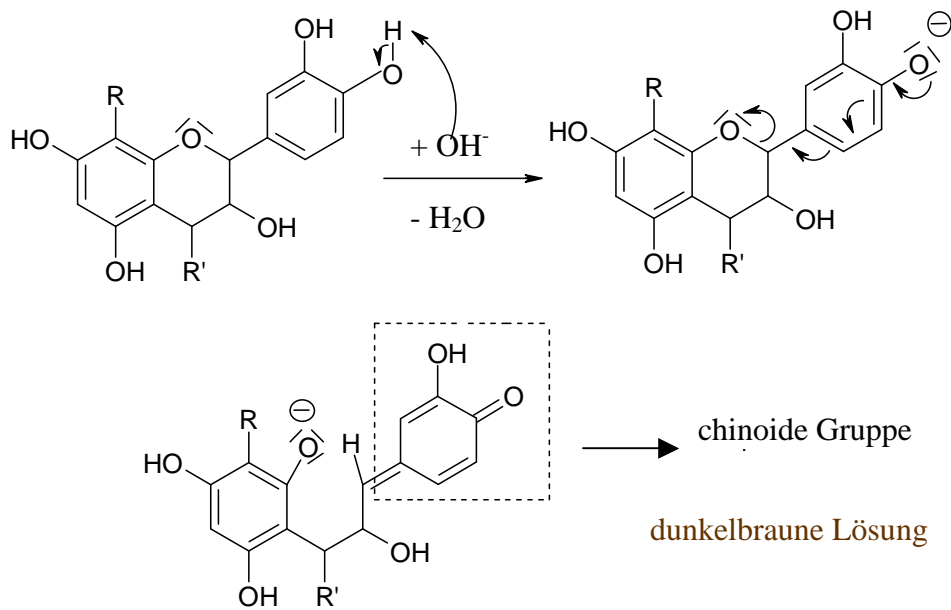
Im sauren Bereich:



Durch die Natronlauge gibt man OH^- Ionen in den Tee, welcher sich dann im basischen Milieu befindet. Hier findet folgende Reaktion statt.

Eine Hydroxylgruppe des Gerbstoffes wird durch die Base deprotoniert und Wasser wird abgespalten. So entsteht ein Anion, in dem Elektronendichte so verschoben wird, dass unter Öffnung eines Rings eine chinoide Gruppe entsteht. Chinoide Gruppen sind wichtige chromophore Gruppen und verantwortlich für die dunkelbraune Farbe der Tee-Lösung im basischen Milieu.

rotbraune Lösung



Aus Gerbstoffen des Tees oder auch aus den Inhaltsstoffen der Galläpfel ist eine seit dem 3. Jahrhundert v. Chr. gebräuchliche dokumentenechte schwarze Tinte zu gewinnen, die sich gut mit Stahlfedern schreiben lässt. Dazu Versuch 4:

Versuch 4: Herstellung von Tinte aus schwarzem Tee

Geräte:

- Demoreagenzglas
- Demoreagenzglasständer
- Bechergläser

Chemikalien:

- FeSO₄
- Gummi arabicum
- schwarzen oder grünen Tee



Abb. 15



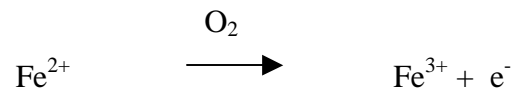
Abb. 16

Durchführung:

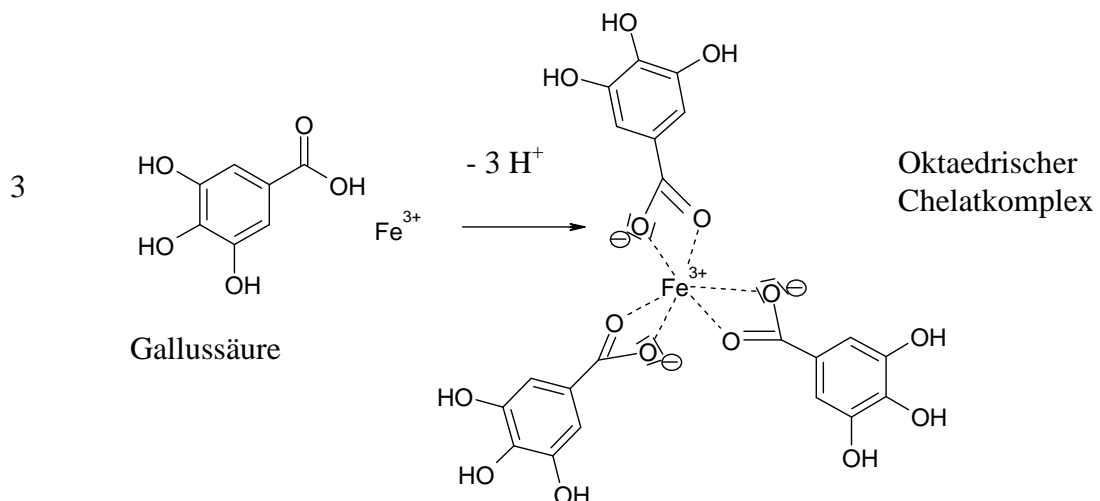
Ein Teebeutel wird mit 200 mL kochendem Wasser übergossen und 10 Minuten ziehen gelassen, damit sich ein Großteil der Gerbstoffe lösen. Nach dem Abkühlen werden einige Spatelspitzen Eisensulfat dazugegeben. Eventuell kann man noch 2-3 g Gummi arabicum dazugeben.

Auswertung:

Die Fe^{2+} -Ionen werden am Luftsauerstoff zu Fe^{3+} oxidiert.



Die Gerbsäure Gallussäure, die im Tee enthalten ist, reagiert nun mit den Fe^{3+} -Ionen unter Bildung eines oktaedrischen Trigallateisen-Komplexes. Dieser hat eine schwarze Farbe. Das Gummi arabicum dient der besseren Schreibbarkeit und gegen Ausflockungen (Lehrerinformation; Schwedt).



Gerbstoffe haben allerdings nicht nur praktischen Wert, sondern sie können noch wesentlich mehr. Der gesundheitlicher Wert einiger Polyphenole, ganz besonders von Epigallocatechingallat, ist nicht zu unterschätzen. So hat man durch Untersuchungen an der Prostata EGCG in den Zellen nachgewiesen und herausgefunden, dass dieser Stoff das Wachstum von Krebszellen hemmen kann. Außerdem bewirken Polyphenole eine

Erweiterung von Blutgefäßen, was zu einer Durchblutungssteigerung und Blutdrucksenkung beiträgt. Bewiesen ist auch die antioxidative Wirkung von Polyphenolen, die vielfach effektiver als bei Vitaminen ist. Antioxidantien sind Stoffe, die die freien Radikale, die in unserem Körper bei Stoffwechselprozessen entstehen, für den Körper unschädlich machen. Freie Radikale wie das Hydroperoxidradikal oder das Hydroxylradikal wirken auf Zellen krebserregend und können unter anderem auch die Beweglichkeit von Spermien einschränken, also unfruchtbar machen. Polyphenole sind solche Antioxidantien, die die freien Radikale durch Absättigung der mit einem Wasserstoff-Atom unschädlich machen können (PdN 2003).

Versuch 5: Nachweis von Antioxidantien

Geräte:

- 2 Magnetrührer
- 2 Bechergläser 100 mL
- Schraubdeckelgläschen

Chemikalien:

- Wasserstoffperoxid H_2O_2
- Mangansulfat $MnSO_4$
- Natriumiodat
- Malonsäure
- Dest. Wasser
- Stärkelösung
- Tee-Lösung 0,02 mol/L



Abb. 17

Durchführung:

Herstellung der Teelösung:

1,75 g Tee im Beutel wird in ein Becherglas gegeben und mit 100 mL kochendem Wasser übergossen. Nach genau 5 min wird der Teebeutel oder –filter entfernt.

Es werden nun 2 mL in einen 100 mL-Messkolben gegeben und auf 100ml mit destilliertem Wasser aufgefüllt.

Die weiteren Lösungen werden nun hergestellt und könne, mit Ausnahme der Stärkelösung, auch über längere Zeit aufbewahrt werden.

In je zwei 100 mL Bechergläser werden nun die Lösungen in folgender Reihenfolge und Menge hinzugegeben:

1. 1 mL dest. Wasser
2. 2 mL Stärke-Lsg. (0,5 g auf 100 mL dest. Wasser)
3. 10 mL Wasserstoffperoxid $w(\text{H}_2\text{O}_2) = 30 \%$
4. 5 mL Malonsäure-Lsg. ($c(\text{CH}_2(\text{COOH})_2) = 0,3 \text{ mol/L}$)
5. 10 mL Natriumiodat-Lsg. ($c(\text{NaIO}_3) = 0,2 \text{ mol/L}$, in Schwefelsäure
 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,077 \text{ mol/L}$)

Die Bechergläser werden auf den Magnetrührer gestellt, bevor folgendes dazugegeben wird:

6. 2 mL Mangansulfat-Lsg. ($c(\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,04 \text{ mol/L}$)

Es setzt an dieser Stelle eine oszillierende Reaktion ein, wobei man kurz bevor eine blaue Farbe auftritt in eines der beiden Ansätze noch die letzte Komponente zufügt:

7. 1mL Tee-Lsg.

Die oszillierende Reaktion wird dabei unterbrochen. während der zweite Ansatz weiterreagiert.

Auswertung:

Es handelt sich bei dieser Reaktion um die Briggs-Rauscher-Reaktion oder die sogenannte Iod-Uhr. Um die Vorgänge zu verstehen, ist es unnötig, die mehr als 30 Einzelreaktionen aufzuzeigen, die am Prozess beteiligt sind. Der Farbumschlag lässt sich zunächst durch verschiedene Iod- und Iodid-Konzentrationen erklären:

farblos: $c(\text{I}_2)$ und $c(\text{I}^-)$ klein

gelb: $c(\text{I}_2)$ groß und $c(\text{I}^-)$ klein; Iod ist in wässriger Lösung gelb

blau: $c(\text{I}_2)$ groß und $c(\text{I}^-)$ groß; Polyiodid-Ionen bilden CT-Komplex mit der Stärke

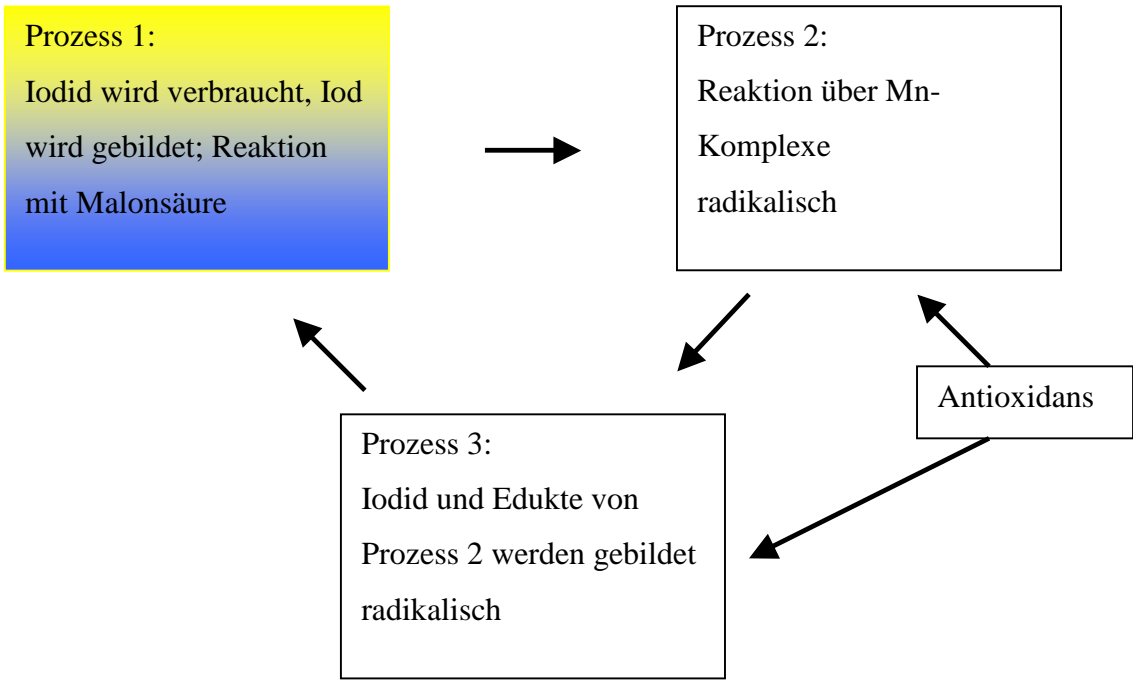
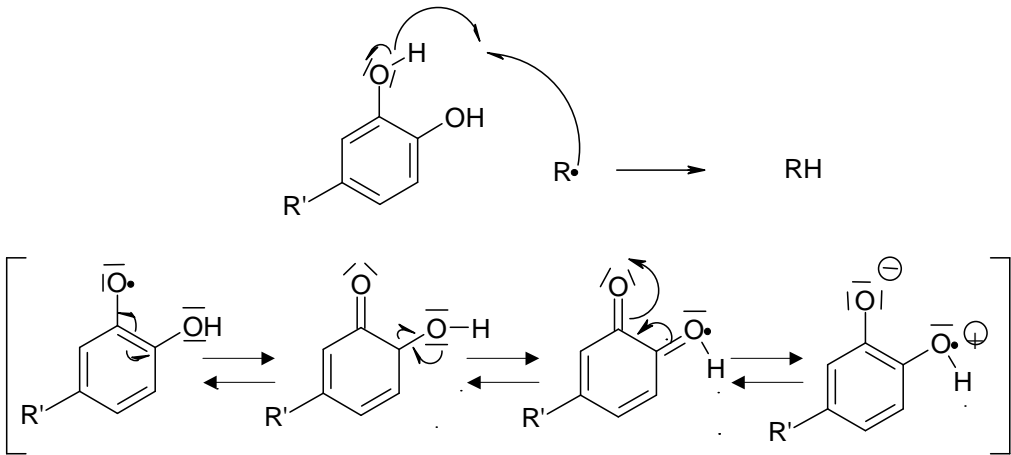


Abb. 18

Um die Wirkung des Antioxidans' zu beschreiben, ist es sinnvoll, die Vorgänge in drei Prozesse zu unterteilen, wobei Prozess 1 für die Farbgebung verantwortlich ist.

Das Antioxidans wirkt sich auf Prozess 2 und 3 aus, welche radikalisch ablaufen, sättigt die Radikale ab und verhindert somit, dass in Prozess 3 neue Iodid-Ionen gebildet werden können, wodurch Prozess 1 nicht erneut starten kann. Somit findet auf keine Farbveränderung statt und die Lösung bleibt so lange farblos, bis alle Antioxidantien reagiert haben. Erst dann kann die Iodid-Konzentration wieder steigen und Prozess 1 einsetzen. Die Reaktion des Antioxidans' ist wie folgt: (R = Radikal)



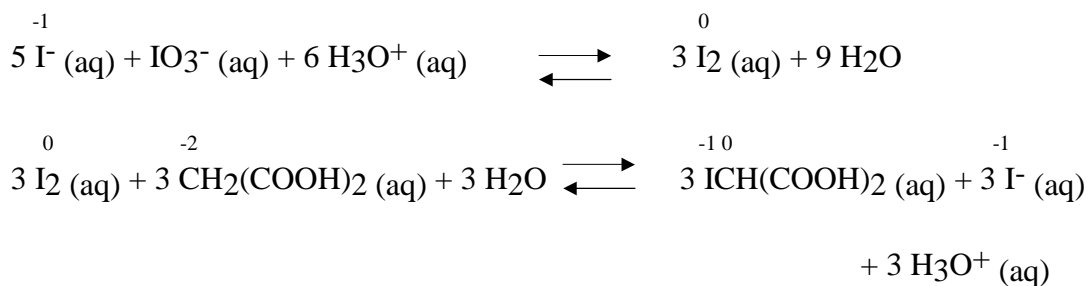
Ein freies Radikal wird vom Polyphenol mit einem Wasserstoffatom, das aus der Hydroxylgruppe stammt abgesättigt. Dadurch wird das Polyphenol selbst zum Radikal. Wie man an den mesomeren Grenzformeln erkennen kann, ist dieses allerdings so gut stabilisiert, das es reaktionsträge ist und somit für unseren Körper nicht mehr gefährlich werden kann (PdN 2003). Für die Briggs-Rauscher Reaktion bedeutet dies, dass die radikalisch verlaufenden Prozesse 2 und 3 so lange aufgehalten werden, bis das Antioxidans vollständig reagiert hat.

In den drei Prozessen sind nun die für die Farbgebung wichtigen Reaktionen aufgeführt:

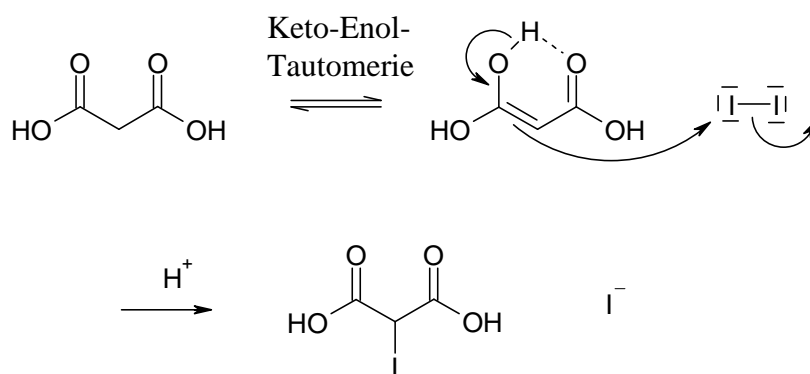
Prozess 1:

Dieser kann nur stattfinden wenn die Iodid-Konzentration ($c(\text{I}^-)$) über einem bestimmten kritischen Wert ($c(\text{I}^-)$ krit.) liegt.

Zunächst wird Iod gebildet, welches aber mit Malonsäure weiterreagiert. Dieser Prozess ist für die Farbgebung verantwortlich, denn zunächst befindet sich eine hohe Iodkonzentration in der Lösung, sie ist also gelb. Das Iod reagiert dann weiter und es entsteht Iodid. Die Konzentration der Iodidionen steigt demnach und die Iodkonzentration ist noch so groß, dass jetzt Polyiodidionen in die Stärke eingelagert werden und sich die Lösung blau färbt:



Die Malonsäure reagiert wie folgt mit Iod:

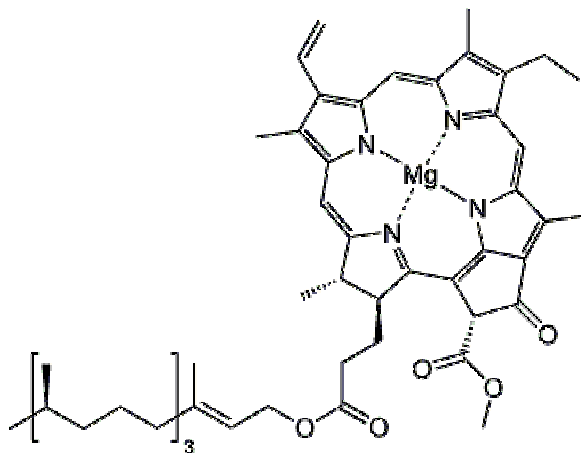


Carotin besonders bekannt ist. Es gibt allerdings auch wasserlösliche Carotinoide wie z.B. Lutein, Xanthin und Neoxanthin. Im Tee befinden sich wie schon erwähnt außerdem Polyphenole, die für die Farbe des Tees verantwortlich sein können. Während der Fermentation reagieren einige dieser genannten Stoffe, sodass sich die Farbe von grünem und schwarzen Tee unterscheidet. Dazu Versuch 6:

Versuch 6: Extraktion von Chlorophyll

Geräte:

- 4 Schraubdeckelgläschen
- Stativmaterial
- 4 Filtrierringe
- 4 Trichter
- 4 Filter
- 4 Reagenzgläser



Chemikalien:

- Petroleumbenzin
- dest. Wasser
- Grüner Tee
- Schwarzer Tee

Durchführung:

In 4 Schraubdeckelgläschen wird Tee, den man vorher sorgfältig im Mörser zerkleinert hat, eingefüllt. Folgende Ansätze werden hergestellt:

1. 2 g grüner Tee mit 5 mL Petroleumbenzin
2. 2 g grüner Tee mit 5 mL dest. Wasser
3. 2 g schwarzer Tee mit 5 mL Petroleumbenzin
4. 2 g schwarzer Tee mit 5 mL Wasser

Die Schraubdeckelgläschen werden nun verschlossen und eine Minute lang geschüttelt, bevor der Inhalt filtriert wird. Mit einem Reagenzglas wird das Filtrat aufgefangen.

Ansatz 1.: Das Extrakt hat eine kräftige grüne Farbe

Das im grünen Tee enthaltene Chlorophyll ist grün und hat sich im Benzin gelöst. Chlorophyll ist hydrophob, also gut in unpolaren Substanzen wie Petroleumbenzin löslich.

Ansatz 2.: Das Extrakt hat eine leichte gelblich bis orangene Farbe

Im grünen Tee befinden sich als Pigmente nicht nur Chlorophylle, sondern auch die gelb, orange oder auch rot gefärbten Carotinoide. Einige Carotinoide (z.B. Lutein) sind in Wasser gut löslich und verantwortlich für die leichte Farbe dieser Lösung.

Ansatz 3.: Das Extrakt ist farblos bis leicht grünlich

Nach der Fermentation befindet sich kaum noch Chlorophyll in den Teeblättern. Leichte Spuren sind für eine sehr leichte grünliche Farbe verantwortlich.

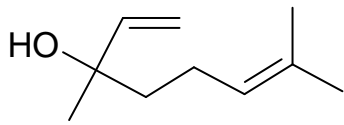
Ansatz 4.: Das Extrakt hat eine rotbraune Farbe

Die Catechin-Oxidationsprodukte Theaflavin und Thearubigen haben eine charakteristisch rotbraune Farbe und lösen sich relativ gut im Wasser.

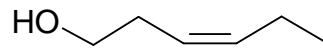
Anhand dieses Versuches kann der Unterschied zwischen dem schwarzen, fermentierten, chlorophyllarmen Tee und dem grünen, nicht fermentierten, chlorophyllhaltigen Tee gezeigt werden (vgl Schwedt).

4.4. Aromastoffe

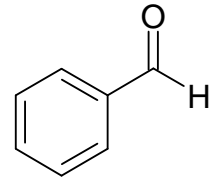
Den guten Geschmack von Tee verdanken wir den zahlreichen Aromastoffen, die sich vor allem während der Fermentation bilden. So ist dies auch der Grund, weswegen der schwarze Tee die fünffache Menge an Aromastoffen wie der grüne Tee enthält. Durch Oxidationen von ungesättigten Fettsäuren und Carotinoiden und Reaktionen von Aminosäuren und Flavonolen entstehen eine Vielzahl an flüchtigen Verbindungen, darunter zum Großteil Aldehyde und Alkohole, wovon über 600 verschiedene Stoffe nachgewiesen wurden. Bei Grünem Tee dominieren nach Heu riechende Carbonylverbindungen, im Schwarzen Tee werden diese Carbonylverbindungen maskiert und das durch die Fermentation blumig riechende, an Maiglöckchen erinnernde auch zitronig duftende Linalool zum dominierenden Aromastoff. Gleichzeitig wird die Bildung von karamellartigem Furaneol und von β -Damascenon gefördert. Es folgen nun einige Beispiele der Duftstoffe, die zu einem hohen Prozentanteil im Tee vorhanden sind.



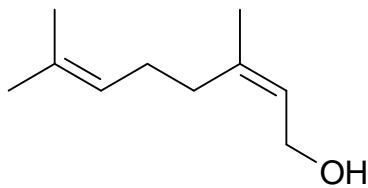
Linalool (Zitrus)



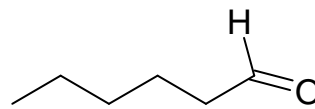
(Z)-3-Hexen-1-ol



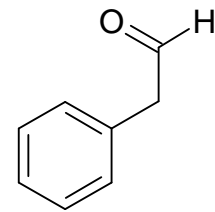
Benzaldehyd



Geraniol (Rose)



Hexanal



Phenylacetaldehyd (Honig)

Demo 3: Destillation von Aromastoffen

Geräte:

- Erlenmeyerkolben
- Glasrohr mit durchbohrtem Stopfen
- Bunsenbrenner
- Drahtnetz
- Dreifuß
- Feuerzeug
- Reagenzglas
- Eisbad

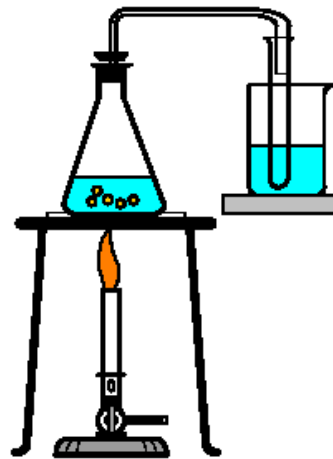


Abb. 20

Chemikalien:

- schwarzer Tee
- dest. Wasser

Durchführung:

10 g schwarzer Tee wird abgewogen und in dem Erlenmeyerkolben mit 80 mL dest. Wasser versetzt. Der Kolben wird mit dem Stopfen, durch den ein Glasrohr verläuft, verschlossen. Am anderen Ende gelangt das Glasrohr zu einem Reagenzglas, das sich in einem Wasserbad befindet. Der Bunsenbrenner wird eingeschaltet und der Inhalt des Erlenmeyerkolbens wird erhitzt.

Auswertung:

Im schwarzen Tee sind bis zu 600 verschiedene flüchtige Verbindungen enthalten, etwa das fünffache wie im grünen Tee. Die Duftstoffe entstehen während der Fermentation durch enzymatische Reaktionen. Das Destillationsverfahren ist ein Stofftrennverfahren, das auf der Flüchtigkeit der Verbindungen beruht. In Wasser gut lösliche Stoffe werden mit dem entstehenden Wasserdampf mitgerissen. Beim Erhitzen werden die Stoffe und das Wasser gasförmig, bis sie in dem Glasrohr abgekühlt werden und kondensieren. Sie werden in das vom Eisbad gekühlte Reagenzglas geleitet, wo sich die Stoffe in flüssiger Form sammeln. Die Flüssigkeit ist farblos, denn die Duftstoffe wurden von anderen Stoffen, z. B. Gerbstoffen und Pigmenten abgetrennt.

5. Schulrelevanz

Das Thema Tee ist direkt nicht Lehrplan verankert, jedoch kann mit Sicherheit jeder einzelne Versuch bei verschiedenen Themen in der Schule angewandt werden. Nicht nur für den Chemie-Unterricht ist Tee interessant, sondern auch fächerübergreifend in Geschichte oder Biologie. Das Thema hat einen starken Alltagsbezug und weckt somit das Interesse der Schüler. Sie verstehen so, dass Chemie nicht nur etwas Abstraktes ist, das ausschließlich in der Schule existiert, sondern dass sie auch zu Hause von Chemie umgeben sind, nur dies bis jetzt nicht in der Form realisieren. Tee als Thema hat auch den Vorteil, dass man besonders auf die gesundheitlichen Aspekte eingehen kann, was ja heutzutage in unserer teilweise sehr ungesund lebenden Gesellschaft ein wichtiger Aspekt ist. Das Thema Tee ist außerdem sehr vielseitig in den Versuchen, die man machen kann. Dies gilt für die organische Chemie, aber auch für die anorganische Chemie. Hier wären z. B. quantitative Bestimmungen vom Coffeinanteil oder Gerbstoffanteil interessant. Aber nun zur Eingliederung in der organischen Chemie:

Demo 1: Bestimmung des pH-Werts im Tee

Dass die Löslichkeit von Stoffen von verschiedenen Parametern abhängt, kann anhand dieses Versuches gezeigt werden. Verankert ist dies im Lehrplan z.B. in der 7 G.1. bei „Lösen von Stoffen in Lösungsmittel wie Wasser, Alkohol und Benzin“. Da es hier 4 verschiedene Ansätze gibt, kann man diesen sehr ungefährlichen Versuch leicht in Gruppenarbeit von den Schülern durchführen lassen, so dass die Schüler sogar wählen können welchen Ansatz sie machen. In der Klasse könnte man jeden Ansatz zwei mal in Dreier- bis Vierergruppen durchführen lassen und kann somit die Ergebnisse vergleichen. Daher sind die 4 Ansätze, die jeweils ja 10 Minuten dauern in der aufgeteilten Form auf jeden Fall in einer Schulstunde zu schaffen.

Demo 2: Tee mit Milch?

In der 11 G.2 ist im Lehrplan das Thema „Aminosäuren, Peptide, Polypeptide“ vorgeschrieben. Wenn man hier das Thema alltagsnah in der Schule behandeln möchte, ist es sinnvoll, auf Proteine in Lebensmitteln einzugehen. Besonders gut eignet sich hierfür das Ei oder Milchprodukte. Es ist immer günstig, ein großes Thema anhand eines Exempels durchzusprechen und wenn man Milch als Beispiel wählt, kann man anhand von Versuchen mit diesem Produkt das Wissen über Proteine erweitern. Die Grundkenntnisse über Proteine könnten bereits vorhanden sein, um die Vorgänge dieses Versuches zu verstehen, aber auch als Einstieg ist er geeignet, um eine Problemfrage in den Raum zu werfen. Die Säurefällung von Casein halte ich sinnvoll für die Schule, da die Schüler den Versuch ohne Gefahr selbst durchführen können und er sogar als „chemische Hausaufgabe“ angewandt werden kann. Man kann bei der Gelegenheit auch auf einige Fragen des Alltags eingehen, z. B. warum nun die Milch nach einiger Zeit sauer wird und was genau dort passiert. Dabei kann man außerdem auf die Herstellung einiger Milchprodukte zu sprechen kommen. Der Tee mit Zitronensaft und auch der Früchtetee in dem Versuch ist ein Beispiel dafür, dass uns die Säurefällung auch im Alltag begegnen kann und mit dem Zusammenhang der Briten und ihren Teetrinkgewohnheiten zur Auflockerung des Themas beiträgt und mit Sicherheit das Interesse der Schüler weckt. Man könnte den Versuch auch als Einstieg für das Thema wählen indem man z. B. die Fragestellung gibt: Warum trinken die Briten denn Tee nicht mit Milch und Zitrone? Einen Versuch, bei dem man durch gefälltes Casein Leim herstellt, könnte man außerdem gut anschließen.

- Versuch 1: Extraktion von Coffein
- Versuch 2: Dünnschichtchromatographie von Xanthin-Derivaten
- Versuch 6: Extraktion von Chlorophyll
- Demo 3: Destillation von Aromastoffen

In der 9 G.1 ist im Lehrplan das Thema „Stoffe, Stoffeigenschaften und Stoffgruppen“ vorgeschrieben. Dabei sind auch die „Methoden der Stofftrennung“ als Punkt aufgeführt. Außerdem steht in der 7 G.1 „Trennverfahren für Stoffgemische an Beispielen aus dem Alltag“ und „Labortechniken im Alltag: Destillation, Filtration, Extraktion, Chromatographie“ als Thema im Lehrplan. Versuch 1, 2 und 6, sowie Demo 3 repräsentieren gleich 3 Stofftrennungsmethoden, wobei Versuch 2 in dem Zusammenhang eher als Nachweis fungiert. Bei Versuch 1 und 2 ist der Nachteil aufzuführen, dass mit Chloroform gearbeitet werden muss, was für Schüler der 9. Klasse nicht unbedingt geeignet ist. Als Schülerversuche sind diese also eher nicht zu empfehlen. Als Lehrerversuch eignet er sich jedoch gut, um den Stofftrennungsvorgang vorzuführen. Mit der Extraktion von Coffein aus Tee hat man wieder ein Beispiel aus dem Alltag ergriffen, um chemische Vorgänge daran zu verdeutlichen, was das Interesse der Schüler weckt und ihre Motivation fördert. Da man das Resultat allerdings nicht einfach sehen kann, ist es notwendig, auch zu beweisen, dass sich Coffein im Extrakt befindet, was durch die Dünnschichtchromatographie gut möglich ist. Dieser Nachweis hat den Vorteil, dass er in einer Schulstunde gut zu schaffen ist. Man könnte zusätzlich noch den Coffeingehalt bestimmen oder auch mit Kaffee und/oder Cola vergleichen. In dem Zusammenhang geht man am besten auch auf die Wirkung von Coffein auf den Menschen ein.

In der 7 G.1. ist das Thema „Trennverfahren für Stoffgemische“ und dabei „Lösen von Stoffen in Lösungsmittel wie Wasser, Alkohol und Benzin“ im Lehrplan vorgeschrieben. Versuch 6 eignet sich besonders gut, anhand von den Inhaltsstoffen von Tee in einem bunten Versuch diese Aspekte zu behandeln. Er eignet sich ebenfalls, um auf das biologische Wissen der Schüler aufzubauen und auf die chemischen Eigenschaften der Pflanzeninhaltsstoffe einzugehen. Man kann hierbei auf Polaritäten und Löslichkeit der Stoffe eingehen, dabei Begriffe wie hydrophil und Hydrophob einführen und den Schülern mit relativ ungefährlichen, schnell durchzuführenden Versuchen, die wenig teure Gerätschaften benötigen an einem alltagsnahen Beispiel diese Eigenschaften der verschiedenen Stoffe nahe bringen.

Auch die Destillation von Aromastoffen repräsentiert ein Stofftrennungsverfahren, das mit der unkomplizierten Apparatur gut vom Schüler selbst durchgeführt werden kann. In der 11 G.1 ist beim Thema „Alkanale und Alkanone“ auch „Aroma und Duftstoffe“ im Lehrplan aufgeführt, bei dem man an dem Beispiel Tee einige Strukturen aufzeigen kann und auch ein Verfahren der Gewinnung der Stoffe im kleinen Maßstab darstellen kann.

Versuch 3: Indikatorverhalten von Tee

Im Lehrplan ist in der 11 G.2 das Thema „Farbstoffe“ und in der 12 G.2 „Komplexchemie oder Farbstoffe“ und dabei auch „pH-Indikatoren“ aufgeführt. Dabei lohnt es sich sicher, nicht nur auf die üblichen Indikatoren einzugehen, sondern auch einen Alltagsbezug herzustellen. Dabei eignet sich natürlich der Versuch mit dem Tee, der auch ein Indikatorverhalten zeigt, was bestimmt für die meisten Schüler überraschend ist. Die Theorie des Versuchs ist auch in diesem Zusammenhang in der Komplexität für die Schüler dieser Jahrgangsstufe geeignet und auch die Durchführung ist in kurzer Zeit zu schaffen, was für einen Versuch im Unterricht ja auch eine große Rolle spielt. Die Stoffe sind auch nicht gefährlich, da man keine konzentrierte, sondern stark verdünnte Natronlauge verwenden kann.

Versuch 4: Herstellung von Tinte aus schwarzem Tee

In der Jahrgangsstufe 12 G.2 ist das Thema „Komplexchemie“ im Lehrplan verankert. Als historisches Beispiel kann man hier den Versuch der Herstellung der Gallustinte aus Tee wählen. Der Chelatkomplex ist ein weiteres Beispiel für Komplexe, wo die Schüler doch sonst eher einzähnige Komplexe kennen lernen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die selbst hergestellte Tinte auch selbst zu verwenden, was sicher einen Motivationsschub bei den Schülern bewirkt.

Versuch 5: Nachweis von Antioxidantien

In der 10 G.2 ist das Thema „radikalische Reaktionen“ und in der 11 G.2 „Mesomerie“ im Lehrplan vorgeschrieben. Bei der Briggs-Rauscher-Reaktion steht sicher nicht das Ziel im Vordergrund, alle Reaktionen zu verstehen, die dort aufgeführt sind. Vielmehr ist die Reaktion wegen ihrer Anschaulichkeit für die Schule geeignet, nicht wegen der viel zu komplexen Theorie.

Jedoch lässt sich die Farbreaktion gut didaktisch reduzieren, indem man lediglich auf die sich ändernden Iod und Iodidkonzentrationen eingeht, was die Schüler sicher schon nachvollziehen können. Im Schwerpunkt geht es bei dem Versuch ja außerdem um die Reaktion mit dem Antioxidans im Tee. Diese ist ein Beispiel für eine radikalische Reaktion die außerdem noch Alltagsbezug hat. Sicher interessiert es die Schüler mehr, wenn es um Vorgänge geht, die ähnlich in ihrem eigenen Körper ablaufen als die trockene Radikalchemie an abstrakteren, nicht so schön bunten Exempeln durchzunehmen.

5. Literaturangaben:

- PdN-Ch. 6/46 Jg. 1997
- PdN-ChiS 4/52. Jg. 2003
- PdN-Ch. 3/37. Jg. 1988
- Lehrerinformation: Arzneimittel und Chemie, Bayer Health Care, Wechselwirkungen von Arzneistoffen
- H. W. Roesky, K. Möckel: Chemische Kabinettstücke – Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate, Wiley-VCH 1996
- Georg Schwedt: Chemische Experimente in Schlössern Klöstern und Museen – Aus Hexenküche und Zauberlabor, Wiley-VCH
- K. Peter C. Vollhardt, Neil e. Schore: Organische Chemie, 4. Auflage, Wiley-VHC, 2005, Weinheim
- Lehramts-Skript Organische Chemie, S. 282, V. 10.5.1.4.: DC-Nachweis von Coffein.

Internetquellen (Iq):

- 1 <http://www.benjowskitea.de/fasz/fasz.htm>
- 2 <http://www.netzwissen.com/getraenke/tee/index.php>
- 3 <http://www.teesorten.de/geschichte.htm>
- 4 <http://www.teesorten.de/plantagen.htm>
- 5 <http://www.teesorten.de/gesundheit.htm>
- 6 <http://www.benjowskitea.de>
- 7 http://www.ginko-ev.de/suchtmittel/sucht_coffein.aspx
- 8 <http://www.chids.de/dachs/expvotr/592/node6.html>
- 9 <http://www.chempage.de/versuche/AC/AC%20057/AC%20057.htm>
- 10 <http://www.foodsci.uoguelph.ca/deicon/casein.gif>

Bilderquellen (Bq):

Abb. 0 http://www.teagschwendner.com/DE/de/upload/tasse_darjeeling_2221.jpg

Abb.1 <http://www.fromleaftocup.com/index21.jpg>

Abb.2 <http://www.modellbahnecke.de/bilder/revell/05401.jpg>

Abb. 3 <http://www.mabaso.de/Karawane%203.jpg>

Abb.4 http://www.defenseindustrydaily.com/images/MISC_Boston_Tea_Party_lg.jpg

Abb. 5 <http://www.benjowskitea.de/fasz/herst2.htm>

Abb. 7 <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Teaproductingcountries.svg>

Abb. 11 <http://www.foodsci.uoguelph.ca/deicon/casein.gif>

Abb. 15 <http://www.uni-muenster.de/>

[Forum-Bestandserhaltung/pics/fotos/boehrenz3.jpg](#)

Abb. 16 http://www.skriptorium.at/catalog/images/eiseng_t.jpg

Abb. 17 <http://www.xtec.es/~xcifuent/matracas.gif>

Abb. 19 http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/16/oc/glos_gifs/

[chlorophyll_a.gif](#)