

Genussmittel im Chemieunterricht:

Kaffee, Tee, Kakao/Schokolade



Einleitung	3
Kaffee	4
Zur Geschichte, Biologie und Produktion des Kaffees	4
Inhaltsstoffe des Kaffees	4
Tee	6
Zur Geschichte des Tees	6
Zur Biologie und Produktion des Tees	6
Inhaltsstoffe des Tees	7
Kakao und Schokolade	8
Zur Geschichte des Kakaos und der Schokolade	8
Zur Biologie des Kakaobaums und Schokoladenproduktion	9
Inhaltsstoffe und ernährungsphysiologische Aspekte (Gesundheit)	10
Sublimation von Coffein aus Teeblättern und Kaffee	11
Bestimmung von Coffein, Theophyllin und Theobromin	12
Stärkenachweis in Kakao und Schokolade	13
Cellulosenachweis in Kaffee	14
Zuckernachweis in Kakao und Schokolade	15
Zuckernachweis in Roh- und Röstkaffee	16
Proteinnachweis	17
Gerbstoffnachweis	18
Herstellung einer Eisengallustinte aus Tee, Kaffee oder Kakao	19
Die Bildung von Haut auf schwarzem Tee	20
Tee und Kaffee als Säure-Base-Indikatoren	21
Nachweis von Chlorophyll in grünem und schwarzem Tee	22
Untersuchung der bei der Kaffeeröstung entstehenden Gase	23
Brennwert von Schokolade	24

Einleitung

Genusmittel (Stimulantien) sind Lebensmittel, die vom Menschen nicht wegen ihres Nährwertes, sondern wegen ihrer anregenden Wirkung oder auch ihres Geschmackes konsumiert werden. Sie nehmen in allen menschlichen Kulturen seit alters sowohl auf individueller als auch auf sozialer Ebene eine wichtige Stellung ein. Als Wirkstoffe treten hauptsächlich Alkaloide in Erscheinung, die vor allem auf das Herz-Kreislauf-System und auf das Nervensystem anregend (stimulierend) wirken. Entscheidend für die positive oder negative Wirkung ist dabei die Dosis. Die Grenzen vom Genusmittel zum Rauschmittel bzw. zur Suchtdroge sind oftmals fließend.

Neben den Wirkstoffen enthalten Genusmittel natürlich noch weitere Inhaltsstoffe, z. B. Nährstoffe, Vitamine, Enzyme, Farb-, Aroma- und Ballaststoffe, die sich als Gegenstand chemischer Untersuchungen für unterschiedlichste Unterrichtsthemen (RS Kl. 8 Punkte 3.2 und 3.4 bzw. Gym. Kl. 9 Punkt 2.1 - Verhalten von Indikatoren in sauren und alkalischen Lösungen; RS Kl. 9 Punkte 2.1 und 3.1 bzw. Gym. Kl. 9 Punkte 4.1-4.4 - Alkohole, Aldehyde, Carbonsäuren; RS Kl. 9 Punkt 4.1 bzw. Gym. Kl. 11 3.2 - Eiweiße, Fette, Kohlenhydrate; Kl. 10 Punkt 3 - Stickstoffverbindungen; Kl. 11 Punkt 3.4 - Farbstoffe, Punkt 5.1 - Wirkstoffe) eignen.

Darüber hinaus bietet diese Thematik mit ihren Bezugspunkten zu Biologie, Geographie, Geschichte, Wirtschaft, Kunst, Ethik u.a. ideale Voraussetzungen für eine fächerübergreifende und problemorientierte Behandlung.

Weltweit verbreitete Stimulantien sind z. B. Alkohol, Kaffee, Tee, Kakao, Tabak; eher regionale Bedeutung haben Mate, Kola, Koka, Betel, Qat, Opium, Kawa Kawa u.a. In diesem Heftchen beschränken wir uns auf die in unserem Kulturkreis traditionell gebräuchlichen und bekannten Genusmittel Kaffee, Tee und Kakao/Schokolade, die hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe einige Gemeinsamkeiten aufweisen.

Es wurden solche Experimente ausgewählt, die sich ohne größeren apparativen und zeitlichen Aufwand und unter Vermeidung besonders giftiger oder krebserregender Reagenzien einfach in der Schule durchführen lassen. Daher wurde z. B. auf quantitative Analysen komplett verzichtet.

Kaffee

Der Kaffee ist in Deutschland - noch vor dem Bier - das Volksgetränk Nummer 1. Jeder Deutsche trinkt statistisch gesehen pro Jahr ca. 140 Liter¹ dieses Muntermachers. Damit stehen wir weltweit an achter Stelle. Gemessen an der Gesamtmenge sind wir nach den USA sogar das zweitwichtigste Einfuhrland. In Nordeuropa wird der Kaffee in noch größeren Mengen konsumiert, dafür trinkt man ihn im Süden zwar in kleineren Portionen, aber wesentlich stärker - man denke nur an den italienischen Espresso.

Zur Geschichte, Biologie und Produktion des Kaffees

Der Kaffeebaum (Gattung *Coffea*) stammt ursprünglich aus Ostafrika, speziell der Region Kaffa im abessinischen Hochland in Äthiopien, wird heute aber in nahezu allen tropischen Regionen angebaut, wobei Brasilien und Vietnam die Weltproduktion anführen. Der Name soll sich vom altarabischen Wort „qahwah“ ableiten. Archäologische Ausgrabungen beweisen, dass Röstkaffee in Arabien schon im 12. Jahrhundert hergestellt wurde². Über die Türken gelangte er im 16. Jahrhundert nach Europa, wo er, von den Hafenstädten ausgehend, trotz seines hohen Preises und bald erhobener Steuern sämtliche Bevölkerungsschichten eroberte.

Hauptsächlich 2 *Coffea*-Arten spielen heute als Kaffeelieferanten eine Rolle: *Coffea arabica* und *Coffea canephora* var. *Robusta*. Die Bäume können in der Natur bis 15 m hoch werden, im Anbau schneidet man sie aber auf maximal 3 m Höhe zurück, um sie besser beernten zu können. Geerntet werden die reifen Früchte, die roten Kaffeekirschen. Diese werden durch verschiedene Verfahren von Fruchtfleisch und Samenschale befreit, getrocknet und schließlich geröstet und gemahlen.

Inhaltsstoffe des Kaffees

Für die bekannte belebende, den Stoffwechsel anregende Wirkung des Kaffees ist der Hauptwirkstoff Coffein verantwortlich, ein Purin-Alkaloid, welches in Kaffeebohnen zu 1-1,5 % enthalten ist. Im menschlichen (und tierischen) Organismus beeinflusst es die Funktionsweise einiger Neurotransmitter, dadurch wird das Zentralnervensystem erregt und Blutdruck, Herzschlag und Körpertemperatur steigen. Die bessere Durchblutung des Großhirns hat eine vorübergehende Verscheuchung der Müdigkeit, Besserung der Arbeitsleistung und Hebung der Stimmung zur Folge.³ Bei Dauergebrauch tritt allerdings Gewöhnung ein. Chronischer Missbrauch kann eine

¹ <http://www.mocino.de/kaffee-allgemein/markt.htm>

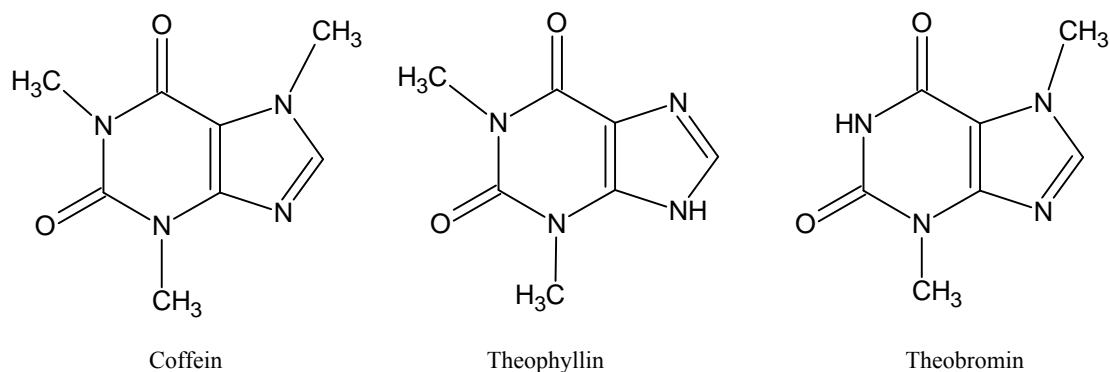
² <http://www.kaffeeverband.de/pdf/kt1-98.pdf>

³ Römpp Chemielexikon. Georg-Thieme-Verlag Stuttgart-New York 9. Auflage 1995

leichte Form der Abhängigkeit erzeugen, die sich bei Entzug z. B. in Kopfschmerzen äußert. Bei höherer Dosierung (400-500mg) treten unerwünschte Symptome wie Händezittern und Herzrasen auf, die letale Dosis liegt beim Menschen bei etwa 10 g⁴. Dass Coffein die Wirkung von Alkohol aufhebt, ist ein Irrglaube. Man fühlt sich vielleicht hellwach, die Benebelung durch den Alkohol bleibt jedoch erhalten⁵.

Außerdem enthält die Kaffeebohne Wasser, Kohlenhydrate, Lipide, Proteine, Mineralstoffe, weitere Alkaloide und Chlorogen- sowie andere organische Säuren⁶. Beim Röstvorgang finden Karamelisierungs- und Maillard-Reaktionen statt, durch die Inhaltsstoffe des Rohkaffees abgebaut und in neue Verbindungen umgewandelt werden - so kommt Röstkaffee zu seinem Aroma.

Entcoffeinierter Kaffee stellt man durch Extraktion des Coffeins mit organischen Lösungsmitteln (Dichlormethan oder Ethylacetat), heißem Wasser oder überkritischem Kohlendioxid⁷ her, das extrahierte und gereinigte Coffein findet vielfältige Anwendung in Pharmazie und Lebensmittelindustrie z. B. zur Herstellung coffeinhaltiger Getränke wie Cola⁸.



In Kaffee, Tee und Kakao vorkommende Purinalkaloide

⁴ Schröder: Die Wirkungen von Coffein in Tee. In: www.teeverband.de 1-1999, S.11

⁵ Hessmann-Kosaris, A.: Kaffee: Nicht die Bohne ungesund. Mosaik-Verlag München-Bad Aibling 2000

⁶ Maier, H. G.: Chemie des Kaffees. In: NiU – Chemie. Friedrich-Verlag Stuttgart 1998, 9 Nr. 43, S. 9

⁷ bei Drücken von 150-250 bar und Temperaturen von 60-80 °C

⁸ Steiner, R.: Von der grünen Bohne zum Kaffeegetränk. In: NiU – Chemie, Friedrich-Verlag Stuttgart 1998, Nr.43

Tee

Tee, ein Getränk aus den Blättern, Blattknospen und jungen Stielen des Teestrauches *Thea sinensis*⁹, ist das nach Wasser meistkonsumierte Getränk der Welt¹⁰. Vor allem in Asien, Irland, England, Russland und Südamerika hat er bis heute einen hohen kulturellen Stellenwert. In Deutschland nimmt allgemein der Kaffee den Rang des beliebtesten Getränkes ein, gäbe es jedoch eine offizielle regionale Statistik - die Ostfriesen wären mit einem jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 3-3,5 kg Teetrink-Weltmeister noch vor den Iren und Engländern¹¹.

Zur Geschichte des Tees

Sowohl die Bezeichnung „Tee“ als auch das in Asien und Osteuropa verbreitete „čaj“ gehen auf chinesische Wörter zurück.

In China ist Tee schon seit einigen Tausend Jahren bekannt. Einer Legende nach soll dem Kaiser Sheng Nung im Jahre 2737 v. Chr. vom Teebaum, unter welchem er saß, zufällig ein Blatt in seine Schale mit heißem Wasser gefallen sein. Er nahm einen Schluck und fühlte sich angenehm erfrischt und munter - der Tee als Getränk war entdeckt¹².

Buddhistische Mönche brachten den Tee im 8. Jahrhundert n. Chr. nach Japan, wo er solche Beliebtheit erlangte, dass die japanische Teezeremonie seit dem 15. Jahrhundert fester Bestandteil des Zen-Buddhismus ist.

Über die Seidenstraße gelangte der Tee auf dem Landweg nach Europa; auf dem Seeweg wurde er ab ca. 1600 von den Holländern und später den Engländern eingeführt.

Zur Biologie und Produktion des Tees

Tee wird ausschließlich von den Arten *Thea sinensis* und *Thea assamica* sowie deren Kreuzungen gewonnen. Zur gleichen Gattung gehört auch die wegen ihrer Blütenpracht als Zierpflanze beliebte Kamelie (*Camellia japonica*). Die Teepflanzen sind in Südostasien (Südchina, Burma, Bangladesh, Assam) beheimatete Büsche oder kleine Bäume, die in Plantagen allerdings wegen der besseren Erntbarkeit auf Hüfthöhe gestutzt werden. Die Ernte der Blätter erfolgt in Handarbeit, teilweise auch maschinell, das führt aber zu mindererer Qualität.

⁹ Deutsche Lebensmittelleitsätze 2000. Köln: Bundesanzeiger-Verlagsgesellschaft mbH, S. 315

¹⁰ Koolmann, J., Möller, H., Röhm, K.-H. (HRSG.): Kaffee, Käse, Karies – Chemie im Alltag. Weinheim: Wiley-VCH 1998, S. 66

¹¹ <http://teeverband.at/sitemap.htm>

¹² Oppliger, P.: Der grüne Tee: Genuss und Heilkraft aus der Teepflanze. Augsburg, Weltbild-Verlag 1997, S. 18

Schwarzer Tee entsteht, indem die Teeblätter nach der Ernte und einer kurzen Welkephase gerollt werden. Dadurch wird die Zellstruktur zerstört, der Zellsaft tritt aus und kann mit dem Luftsauerstoff reagieren. Dabei bilden sich neue Aromastoffe und auch die dunkle Farbe. Da dieser Prozess unter Beteiligung von Enzymen (alter Name: Fermente) abläuft, wird er als Fermentation bezeichnet. Anschließend wird der Tee getrocknet.

Bei der Herstellung von grünem Tee wird die Fermentation durch Inaktivierung der Enzyme unterbunden. Das geschieht durch Wasserdampfbehandlung oder Anrösten¹³.

Oolong-Tee ist halbfermentierter Tee, hierbei wird die Fermentation frühzeitig abgebrochen.

Die Weltproduktion beträgt heute ca. 3 Millionen Tonnen Grün- und Schwarztee pro Jahr, mehr als die Hälfte davon wird in Indien und China geerntet.

Inhaltsstoffe des Tees

Hauptwirkstoff ist wie im Kaffee das Coffein (1-5 % im Blatt), das hier früher, in Unkenntnis der Identität, als Thein bezeichnet wurde. Am höchsten ist der Gehalt in den jüngsten Blättern. Theophyllin, Theobromin und Adenin sind ebenfalls Purin-Alkaloide und kommen in Tee in geringeren Mengen vor.

Wie auch Kaffee enthalten Teeblätter Wasser, phenolische Verbindungen (Gerbstoffe, Flavonoide), Kohlenhydrate, Proteine und Aminosäuren, Lipide, Mineralstoffe, außerdem Chlorophyll und Carotinoide sowie Vitamine (Vitamin C). Eine besondere Rolle spielen die Polyphenole: Flavonoide wirken im Körper als Antioxidantien und senken so das Risiko koronarer Herzerkrankungen und das Krebsrisiko. Vor allem Gerbstoffe sind für den bitteren Geschmack verantwortlich. Reaktionsprodukte der Gerbstoffe geben dem Schwarztee seine dunkle Farbe.

¹³ Engelhard: Grüner und schwarzer Tee – Gemeinsamkeiten und Unterschiede. In: www.deutscher-teeverband.de 1-1999, S. 2

Kakao und Schokolade

"Kein zweites Mal hat die Natur eine solche Fülle der wertvollsten Nährstoffe auf einem so kleinen Raum zusammengedrängt wie gerade bei der Kakaobohne." Alexander von Humboldt (1769-1859)¹⁴

Kakao ist ein Hauptbestandteil in den meisten Schokoladen. Schokolade ist ein Genussmittel, dem viele Menschen regelgerecht verfallen sind. Der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch eines Bundesbürgers lag 2005 bei knapp 9 kg.¹⁵ Der Schokolade wird dabei nachgesagt, dass das mit ihrem Genuss verbundene Lustgefühl auf ihren Gehalt an Phenylethylamin zurückgehe. Phenylethylamin wird auch vom menschlichen Körper freigesetzt, wenn man verliebt ist, vielleicht ein Grund, warum Menschen mit Kummer so gern zur tröstlichen Praline greifen. Auch der Zusammenhang zwischen Schokolade und Glücksgefühl ist relativ einfach zu erklären. Zucker, ein Hauptbestandteil der Schokolade, hebt über die Insulinausschüttung den Serotoninspiegel im Gehirn. Das Serotonin sorgt für eine gute Stimmung. Schokolade hat aber aufgrund des hohen Fett-, Kohlenhydrat- und Eiweißanteils auch ihre Schattenseiten.

Zur Geschichte des Kakaos und der Schokolade

Die Begriffe Schokolade und Kakao stammen beide vom altmexikanischen Wort Xocolatl oder Kakuatl¹⁶.

Bereits 250 v. Chr. pflanzten die Mayas Kakaobäume. Sie verwendeten die Kakaobohnen als Tauschmittel und bereiteten ein Getränk aus gerösteten und zerriebenen Kakaobohnen, das mit Vanille, Chili, Honig und Maismehl verfeinert wurde. Die Azteken übernahmen die Kultur des Kakaos.

Im Zuge der spanischen Eroberung entdeckte *Columbus* die Kakaobohnen, schenkte ihnen aber nur wenig Aufmerksamkeit. Erst der spanische Eroberer *Hernando Cortez* erkannte ihren Wert und ließ sie nach Europa transportieren. Das bittere Getränk, das aus ihnen zubereitet wurde, fand zunächst nur geringen Anklang. Erst durch den Zusatz von Rohzucker wurde es zu einer süßen Köstlichkeit, die zunächst nur für Adelskreise bestimmt war. Im 17. und 18. Jahrhundert wurde Schokolade in so genannten Schokoladenstuben auch vom einfachen Volk getrunken. Bis zu diesem

¹⁴ Homborg, A. (2004a): Schokolade & Kakao. <http://www.theobroma-cacao.de/index.htm>.

¹⁵ <http://www.infozentrum-schoko.de/izs.html>.

¹⁶ Juchelka, S. & H.J. Bader (1998): Schokolade aus der Sicht der Chemie. In: Bader, H.J. & A. Flint (Hrsg.): Frankfurter Beiträge zur Didaktik der Chemie, Bd. 1, Seite 43-74. S. 59.

Zeitpunkt war mit dem Ausdruck „Schokolade“ das Getränk und nicht etwa Schokoladentafeln oder dergleichen gemeint. Die wurden nämlich erst im 19. Jahrhundert erfunden, nachdem technische Neuerungen die industrielle Verarbeitung des Kakaos ermöglichten¹⁷.

Zur Biologie des Kakaobaums und Schokoladenproduktion

Der Kakaobaum ist eine Pflanze der feuchtwarmen Tropen. Ursprünglich in Süd- und Mittelamerika beheimatet, wird er heute weltweit in der Zone der tropischen Regenwälder angebaut. Es sind etwa 22 verschiedene botanische Arten des Kakaos bekannt, von denen aber nur *Theobroma cacao* eine wirtschaftliche Bedeutung für die Kakaoerzeugung besitzt¹⁸. Er kann in Wildform 10 bis 15 m Höhe erreichen, wird auf der Plantage aber auf 4 bis 8 m gehalten. Die Blüten wachsen direkt aus dem Stamm („Cauliflorie“), aus ihnen entwickeln sich nach Befruchtung die ovalen, gelblichen bis rotbraunen, 15 bis 20 cm langen Kakaofrüchte



Abb. 1: *Theobroma cacao*¹⁹

Das aus den reifen Kakaofrüchten gewonnene Fruchtmus (Pulpa) mit den Samen wird einer mehrtägigen Fermentation unterzogen. Diese dient dem Abbau der sonst schwierig zu beseitigenden Pulpa und der Bildung von Farb- und Aromastoffen bzw. deren Vorstufen²⁰. Danach erfolgen Trocknung und Röstung, dabei wird das Aroma voll ausgebildet. Die gerösteten Kakaobohnen werden zerkleinert, bis sich eine dickflüssige Masse gebildet hat. Die Masse wird alkalisch aufgeschlossen, neutralisiert, dann in Kakaopressen die Kakaobutter abgepresst, die vorwiegend zur Schokoladenherstellung

¹⁷ Röhlein, B. (1997): Süße Sünde. Schokolade: High-Tech auf süße Tour. In: Bild der Wissenschaft 12, 100-106. S. 104 und Emsley, J. (1999): Sonne, Sex und Schokolade. Chemie im Alltag II. Weinheim. S. 7.

¹⁸ Bickel-Sandkötter, S. (2003): Nutzpflanzen und Inhaltsstoffe. Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co. Wiebelsheim. S. 422.

¹⁹ Homborg (2004c), <http://www.theobroma-cacao.de/pflanze/pflanze.htm>.

²⁰ Infozentrum Schokolade (Hrsg.): Über die Natur eines Genusses – Vom Kakaobaum zur Schokolade. Begleitheft zur Folienmappe. St. Augustin. S. 4.

verwendet wird. Der zurückbleibende Presskuchen wird zu Kakaopulver zermahlen²¹.

Zur Herstellung von Schokolade werden Kakaomasse, Zucker, Kakaobutter und Aromastoffe zu einer homogenen, sehr feinen Masse vermischt, gewalzt und dann conchiert, also viele Stunden bei erhöhten Temperaturen gerührt. Die flüssige Schokoladenmasse wird in Formen gegossen und abgekühlt.

Inhaltsstoffe und ernährungsphysiologische Aspekte (Gesundheit)

Schokolade besteht zu ca. 30% aus Fett und bis zu 60% aus Kohlenhydraten und besitzt demzufolge einen hohen physiologischen Energiegehalt. Eine 100-g-Milchschokolade mit 550 kcal (2300 kJ) deckt je nach körperlicher Tätigkeit ein Fünftel bis ein Achtel des täglichen Kalorienbedarfs eines Erwachsenen. Die Sättigung setzt schnell ein und ist lang anhaltend, da der Zucker beinahe sofort und später auch das Fett als Energielieferanten zur Verfügung stehen. Das bedeutet aber auch, dass zu viel Schokolade zu Übergewicht führen kann²².

Schokolade wird zu den Genussmitteln zugeordnet, da sie geringe Mengen Theobromin und Coffein enthält. Von allen Purin-Alkaloiden hat Theobromin (Gehalt in Kakaobohnen ca. 1,2 %) die geringste Wirkung auf das Herz und steigert die Erregbarkeit des zentralen Nervensystems nur unwesentlich. Es wirkt harntreibend und erweitert die Blutgefäße. Der Anteil an Coffein ist sehr gering. Im Vergleich zu Kaffee und Tee enthält 1 Tasse Kakao gar kein Coffein bis max. 25 mg, 1 Tasse gefilterter Kaffee 50-175 mg und 1 Tasse Tee 25-100 mg²³.

Weitere wichtige Inhaltsstoffe der Schokolade sind Anandamid und Phenylethylamin. Beide Substanzen wirken ähnlich wie Haschisch und Morphin auf bestimmte Regionen des Gehirns, in denen Lust- und Glücksempfinden ausgelöst wird. Da ihr Anteil in der Schokolade nur sehr gering ist, müsste ein erwachsener Mensch ca. 20 kg Vollmilchschokolade essen, um nur annähernd eine berauschende Wirkung zu erfahren. Durch den hohen Zuckergehalt von Schokolade steigt aber im Körper der Serotoninspiegel und damit hebt sich unsere Stimmung.

Ähnlich wie Tee und Kaffee enthält Kakao auch Polyphenole (Gerbstoffe), Proteine, Mineralstoffe und verschiedenste Aromastoffe.

²¹ Franzke, C. (Hrsg., 1996): Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Behrs Verlag. Hamburg. S. 636

²² Maid-Kohnert, U. (2002): Lexikon der Ernährung: in 3 Bänden. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg/Berlin. Bd. 3. S.249 und VOLLMER, G., JOSST, G. SCHENKER, D. STURM, W. & N. VREDEN (1995): Lebensmittelführer: Inhalte, Zusätze, Rückstände. Bd. 1. Obst, Gemüse, Getreide, Brot, Gebäck, Knabberartikel, Honig, Süßwaren. Thieme Verlag. Stuttgart. S.246.

²³ Homborg, A. (2004f): Schokolade und Gesundheit. <http://www.theobroma-cacao.de/gesund/gesund.htm>.

Sublimation von Coffein aus Teeblättern und Kaffee

Chemikalien: gemahlener Röstkaffee, pulverisierte Teeblätter

Geräte: Abdampfschale, Uhrglas, Heizplatte oder Bunsenbrenner mit Dreifuß und Drahtnetz, Spatel, Waage,

Durchführung (im Abzug):

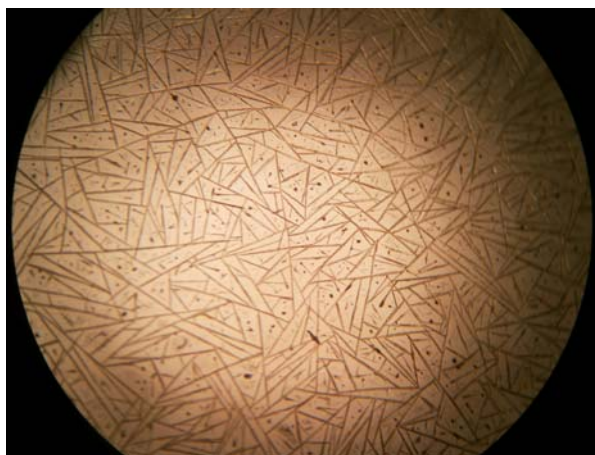
Hinweise:

- 1. Empfohlen wird die Heizplatte als Hitzequelle, da Kaffee und Tee nicht durch übermäßige Hitzezufuhr geröstet werden dürfen!*
- 2. Eine hohe Luftfeuchte kann die Rekristallisation der Coffein-Nadeln verhindern. Trocknung des Uhrglases im Exsikkator oder im Trockenschrank im Anschluss an das Experiment bei Misslingen des Versuchs empfohlen.*
- 3. Der Coffeingehalt im Tee ist in der Regel noch höher als der im Kaffee, weshalb der Versuch mit Tee am besten gelingt. Außerdem enthält Tee weniger Wasser, welches vorher ausgetrieben werden muss.*

- Etwa 5 g des fein gemahlene Kaffees bzw. Tees werden in die Abdampfschale gegeben.
- Die Schale wird auf der Heizplatte vorsichtig (!) erhitzt um zunächst das Wasser aus der Probe zu verdampfen. Das Pulver ab und zu umrühren.
- Das Uhrglas wird mit Hilfe der Reagenzglasklammer ab und zu über die Abdampfschale gehalten, um zu kontrollieren, ob sich noch Wasserdampf abscheidet.
- Wenn sich am Uhrglas kein Kondenswasser mehr bildet, wird die Oberfläche trockengewischt. Anschließend wird das Uhrglas einige Augenblicke auf die Abdampfschale gelegt.

Beobachtung:

Zunächst kondensieren am Uhrglas Wassertröpfchen. Ist das Wasser aus der Probe verdampft, bilden sich am Uhrglas kleine farblose Nadelchen. Diese sind besonders unter Vergrößerung (Mikroskop, Lupe) gut zu erkennen.



Erklärung:

Coffein sublimiert bei ca. 180 °C und scheidet sich am Uhrglas wieder ab. Bei zu starkem Erhitzen zersetzt es sich allerdings, außerdem entstehen dann teerartige Niederschläge höherer organischer Verbindungen.

Bestimmung von Coffein, Theophyllin und Theobromin durch Dünnschichtchromatographie

Chemikalien: Ammoniak-Lösung (10%), Chloroform-lösungen von Coffein, Theophyllin und Theobromin, Chloroform, Methanol, Kaffee, Tee und Kakao

Geräte: Reagenzgläser mit Stopfen, Mikrokapillaren, DC-Fertigplatte (Kieselgel 60 mit Fluoreszenzindikator F-254), DC-Kammer, 10-ml-Messzylinder, UV-Lampe (254 nm)



<u>R- und Sätze:</u> Ammoniak-Lösung:	R: 34	S: (2)-26
Theobromin:	R: 20-40	S: 22-36/37
Coffein:	R: 22	S: (2)
Chloroform:	R: 22-38-40-48/20/22	S: (2)-36/37
Methanol:	R: 11-23/24/25-39/23/24/25	S: 7-16-36/37-45

Durchführung:

- Einige Gramm Kaffee, Tee und Kakao werden in einem Reagenzglas mit einigen Millilitern Chloroform extrahiert und anschließend filtriert.
- Die Extrakte werden mit Mikrokapillaren auf die DC-Platte etwa 1 cm vom unteren Rand entfernt aufgetragen, dabei lässt man den Fleck mehrmals trocknen und trägt erneut auf, um eine möglichst große Menge auf einem möglichst kleinen Fleck unterzubringen.
- Neben die Extraktflecke werden zum Vergleich sehr sparsam die Coffein-, Theophyllin- und Theobrominlösungen aufgetragen.
- Vor der Entwicklung wird die Chromatographieplatte zusammen mit einem kleinen Becherglas mit Ammoniak-Lösung in die Laufkammer gestellt und diese abgedeckt.
- Nach 20 min entfernt man das Becherglas und füllt das Laufmittel (Chloroform/Methanol 99:1) vorsichtig in die Laufkammer. Die aufgetragenen Flecken dürfen nicht in das Laufmittel eintauchen.
- Kurz bevor das Laufmittel den oberen Rand der DC-Platte erreicht hat, wird diese herausgenommen und getrocknet.
- Das fertige Chromatogramm wird unter der UV-Lampe betrachtet, die erkennbaren Flecken werden mit einem weichen Bleistift markiert und verglichen, der Quotient aus der Wanderstrecke des Fleckes und der Laufmittelfront ist der R_f-Wert.

Stärkenachweis in Kakao und Schokolade

Chemikalien: Kakaopulver, Schokolade (Bitter-, Vollmilch- und Weiße Schokolade), Iod-Kaliumiodid-Lösung, destilliertes Wasser, Haushaltsreibe,

Geräte: 8 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Bunsenbrenner, Holzgabel

Durchführung:

- Die mit einer Haushaltsreibe geraspelten Schokoladenproben sowie die Kakaoprobe werden mit je ca. 5 ml Wasser in einem Reagenzglas bis zum Sieden erhitzt und unter fließendem Wasser abgekühlt
- Ist die Lösung zu dunkel, wird sie gegebenenfalls mit etwas Wasser verdünnt
- Anschließend werden von jeder Lösung 2ml als Vergleichsprobe abgetrennt und zur Seite gestellt.
- Die ursprünglichen Proben werden nun mit je 2-3 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung versetzt.
- Es wird mit den Vergleichsproben verglichen.

Beobachtung:

Nach Zugabe des Nachweisreagenzes färben sich die Lösungen der Vollmilch- und Bitterschokolade sowie die der Kakaobohnen intensiv blau. Die Lösung der Weißen Schokolade färbt sich braun.

Erklärung:

Die Blaufärbung wird durch eine Einlagerung von Iod-Atomen in die Stärkemoleküle hervorgerufen. Die nachgewiesene Stärke ist kakaoeigene Stärke und demzufolge nur in solcher Schokolade enthalten, der Kakaomasse zugesetzt wurde. In Weißer Schokolade kann keine Stärke nachgewiesen werden, da sie keine Kakaomasse enthält.

Der Nachweis kann ebenso an Kaffee- und Kakaoproben durchgeführt werden.

Cellulosenachweis in Kaffee

Chemikalien: gemahlener Roh- und Röstkaffee,

Iod-Zinkchlorid-Lösung

(Herstellung: 20 g $ZnCl_2$ werden in 10 ml dest. Wasser gelöst und mit einer Lösung von 2,1 g KI und 0,5 g Iod in 5 ml dest. Wasser gemischt, dekantiert und mit einigen Iodkristallen versetzt.)

Geräte: Uhrglas, Tropfpipette, Spatel

Durchführung:

- Zu einer Spatelspitze der jeweiligen Kaffeeprobe werden einige Tropfen Iod-Zinkchlorid-Lösung gegeben, danach einige Minuten gewartet.

Beobachtung:

Bei Anwesenheit von Cellulose ist eine Blauschwarzfärbung zu beobachten.

Erklärung:

Die Iod-Atome lagern sich in die Molekülketten der Cellulose ein, zusätzlich bilden sich mit den Hydroxidgruppen der Cellulose und den $[I_3]^-$ -Einheiten Zink-Komplexverbindungen, die für die Färbung verantwortlich sind.

Ebenso können Tee und Kakao auf Cellulose getestet werden.

Zuckernachweis in Kakao und Schokolade

Chemikalien: 3 g geraspelte Schokolade (Bitter-, Vollmilch- und Weiße Schokolade),
 Kakaopulver,
 Fehlingsche Lösung I (Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat),
 Fehlingsche Lösung II (Kaliumnatriumtetrat-Tetrahydrat und Natriumhydroxid)

Geräte: Bechergläser, Trichter, Faltenfilter, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipetten, Wasserbad, Heizplatte oder Bunsenbrenner

R- und Sätze: Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat: R: 22-36/38 S: (2)-22
 Natriumhydroxid: R: 35 S: (1/2)-26-37/39-45

Durchführung:

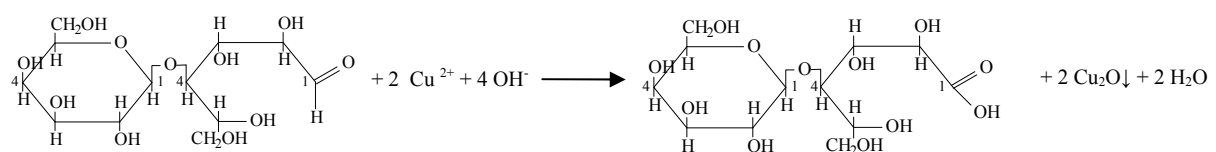
- Ca. 3 g der Schokoladen- bzw. Kakaoproben werden im Becherglas in ca. 30 ml heißem Wasser gelöst und anschließend in Reagenzgläser filtriert, bis die Reagenzgläser maximal zur Hälfte gefüllt sind.
- Ist das Filtrat zu dunkel, wird es gegebenenfalls mit etwas Wasser verdünnt
- Nun wird von jedem Filtrat etwa die Hälfte als Vergleichsprobe abgetrennt und zur Seite gestellt.
- Anschließend werden die Ausgangslösungen mit jeweils 1 ml Fehling I und 1 ml Fehling II-Lösung versetzt und einige Minuten im Wasserbad erhitzt.
- Es wird mit den Vergleichsproben verglichen.

Beobachtung:

Die Proben der Vollmilchschokolade und der Weißen Schokolade verfärben sich kräftig hellrot, ein roter Niederschlag fällt aus. Die Proben von Bitterschokolade und Kakao bleiben blau.

Erklärung:

Reduzierende Zucker wie Lactose werden durch Cu^{2+} -Ionen zu Gluconsäuren oxidiert, dabei fällt rotes Cu_2O aus. Vollmilchschokolade und Weiße Schokolade werden unter Zugabe von Milchpulver, welches Lactose enthält, hergestellt. Kakao und Bitterschokolade enthalten keine reduzierenden Zucker, es findet keine Reaktion statt.



β -D-Galactopyranosyl-(1 \rightarrow 4)-D-Glucose (Lactose)

β -D-Galactopyranosyl-(1 \rightarrow 4)-D-Gluconsäure

Zuckernachweis in Roh- und Röstkaffee

Chemikalien: gemahlener Roh- und Röstkaffee, Salzsäure (5 %), Natriumcarbonat
Fehlingsche Lösung I (Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat),
Fehlingsche Lösung II (Kaliumnatriumtetrat-Tetrahydrat und
Natriumhydroxid), Unitest-Papier (pH 1-14)

Geräte: Becherglas, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipetten, Spatel,
Wasserbad, Heizplatte oder Bunsenbrenner

R- und Sätze: Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat: R: 22-36/38 S: (2)-22
Natriumhydroxid: R: 35 S: (1/2)-26-37/39-45

Durchführung Versuchsteil 1:

- Ein Spatel des jeweiligen Kaffeepulvers und 3 ml des Fehling-I/II-Gemisches werden in ein Reagenzglas gegeben.
- Die Probelösungen werden im Wasserbad erhitzt und die Beobachtungen notiert.

Durchführung Versuchsteil 2:

- Nun wird ein Spatel des jeweiligen Kaffeepulvers in einem Reagenzglas jeweils mit 3 ml Salzsäure 10 min im Wasserbad gekocht,
- Anschließend wird die Lösung mit einem Spatel Natriumcarbonat neutralisiert (pH-Prüfung mit Unitest-Papier)
- Die neutralisierten Lösungen werden nun im Wasserbad mit 3 ml Fehling I/II erhitzt.
- Die Beobachtungen werden mit Versuchsteil 1 verglichen.

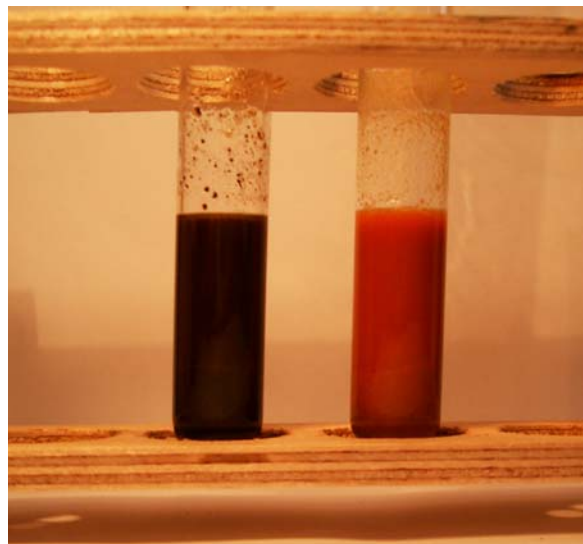
Beobachtung:

Die Röstkaffeeproben färben sich dunkel (kaffeefarben). Nur die zuvor durch Kochen mit Salzsäure hydrolysierte Rohkaffeeprobe färbt sich nach Erhitzen mit Fehlingscher Lösung kräftig hellrot, ein roter Niederschlag fällt aus.

Erklärung:

Durch Hydrolysieren wird der im Rohkaffee enthaltene Zucker zu reduzierenden Momoacchariden gespalten, die mit Cu^{2+} -Ionen zu Gluconsäuren reagieren, wobei rotes

Cu_2O ausfällt. In Röstkaffee sind sowohl Mono- als auch Disaccharide durch den Röstprozess zerstört worden und lassen sich folglich nicht mehr nachweisen. Ein dennoch eventuell zu beobachtender Niederschlag könnte durch Reaktion mit beim Röstvorgang entstandenen Brenzcatechinen hervorgerufen werden.



Zuckernachweis nach Hydrolyse in Röstkaffee (links) und Rohkaffee (rechts)

Proteinnachweis

Chemikalien: 5 g geraspelte Schokolade (Bitter-, Vollmilch- und Weiße Schokolade), Kakaopulver, gemahlener Roh- und Röstkaffee, Tee, Ninhydrin-Lösung (2 %)

Geräte: 4 Faltenfilter & Trichter, 4 Bechergläser, 8 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Heizplatte oder Bunsenbrenner

R- und Sätze: verdünnte Ninhydrin-Lösung: R: 22-36/37/38 S: 22-24/25

Durchführung:

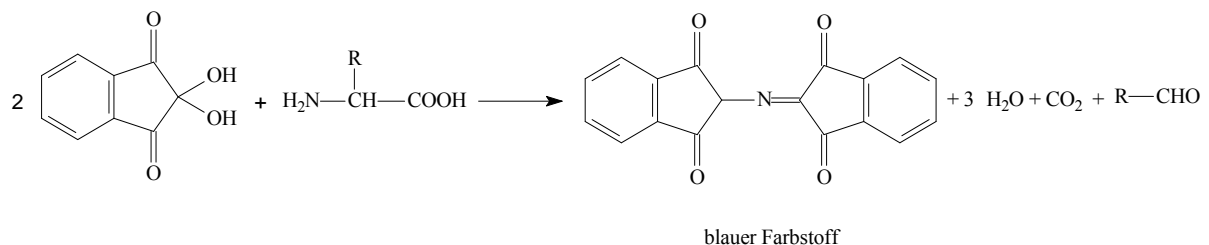
- Ca. 3 g der Schokoladen- bzw. Kakaoproben werden im Becherglas in ca. 30 ml heißem Wasser gelöst und anschließend in Reagenzgläser filtriert, bis die Reagenzgläser maximal zur Hälfte gefüllt sind.
- Ist das Filtrat zu dunkel, wird es gegebenenfalls mit etwas Wasser verdünnt.
- Nun wird von jedem Filtrat etwa die Hälfte als Vergleichsprobe abgetrennt und zur Seite gestellt.
- Anschließend werden die Ausgangslösungen mit jeweils 1 ml Ninhydrin-Lösung versetzt und einige Minuten im Wasserbad erhitzt.
- Es wird mit den Vergleichsproben verglichen.

Beobachtung:

Alle Proben färben sich beim Erhitzen blau bis tief blauviolett.

Erklärung:

Ninhydrin (1,2,3-Indantrion-Hydrat) reagiert mit α -Aminosäuren, Polypeptiden und Proteinen, dabei entsteht unter Desaminierung und Decarboxylierung der Aminocarbonsäure aus 2 Ninhydrin-Molekülen und dem Amino-Stickstoff ein blaues Kondensationsprodukt. Sowohl in Tee als auch in Kaffee, Kakao und Schokolade können somit Aminosäuren bzw. Proteine nachgewiesen werden.



Gerbstoffnachweis

Chemikalien: Kakaopulver, gemahlener Roh- und Röstkaffee,
ethanolische Eisen(III)-chlorid-Lösung (1g/20 ml), Ethanol

Geräte: Faltenfilter & Trichter, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Pipetten,
Messzylinder, Gummistopfen

R- und Sätze: Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat: R: 22-38-41 S: 26-39
Ethanol: R: 11 S: 7-16

Durchführung:

- Ein Spatel Roh- und Röstkaffee werden jeweils mit 5 ml Ethanol in ein Reagenzglas gegeben, welches mit einem Gummistopfen verschlossen wird.
- Anschließend wird mehrere Minuten lang intensiv geschüttelt und anschließend filtriert.
- Ist das Filtrat zu dunkel, wird es gegebenenfalls mit etwas Ethanol verdünnt.
- Nun wird von jedem Filtrat etwa die Hälfte als Vergleichsprobe abgetrennt und zur Seite gestellt.
- Die Filtrate werden mit einem Tropfen ethanolischer Eisen(III)-chlorid-Lösung versetzt und erneut geschüttelt.
- Es wird mit der Vergleichslösung verglichen.

Beobachtung:

Die farblosen (Rohkaffee), oder hellgelben bis hellbraunen (Röstkaffee) Lösungen färben sich bei Zugabe der gelben Eisen(III)-chloridlösung dunkelgrün.

Erklärung:

Schwermetall-, insbesondere F^{3+} -Ionen bilden mit Polyphenolen (Gerbstoffen) charakteristisch gefärbte Chelatkomplexe. Gerbstoffe sind im Pflanzenreich weit verbreitet und so auch in Tee, Kaffee und Kakao reichlich enthalten.

Der Versuch ist folglich auch mit Tee und Kakao durchführbar.



Gerbstoffnachweis mit Eisen(III)-chlorid (links jeweils die unbehandelte Kaffeelösung zum Vergleich)

Herstellung einer Eisengallustinte aus Tee, Kaffee oder Kakao

Chemikalien: Kakao- und Kaffeepulver, Tee,
Eisen(II)-sulfat,
Gummi arabicum

Geräte: zwei Bechergläser (200 ml),
Glasstab, Spatel, Heizplatte,
Waage, Trichter & Faltenfilter,
Pinsel (oder Feder),
Schreibpapier



R- und Sätze: Eisen(II)-sulfat: R:22 S:24/25
Gummi arabicum: R:36 S:26

Durchführung:

- 5 g Tee, Kaffee- oder Kakaopulver werden in 100 ml Wasser 10 min gekocht und danach filtriert.
(Hinweis: Die Schwierigkeit Kakao mittels eines Falten- bzw. Rundfilters zu filtrieren, kann mit Hilfe eines herkömmlichen Filterbeutels umgangen werden.)
- Unter Rühren mit dem Glasstab werden 3 g Eisen(II)-sulfat und 1,5 g Gummi arabicum hinzugefügt.
- Mit Pinsel oder Feder wird die entstandene Lösung auf das Papier aufgetragen.

Beobachtung:

Durch Zugabe des Eisensulfates bildet sich eine schwärzliche, durch Gummi arabicum angedickte Lösung, die zum Schreiben genutzt werden kann. Innerhalb weniger Tage dunkelt die damit geschriebene Schrift sogar noch weiter nach.

Erklärung:

Eisen-Ionen, vor allem die durch Oxidation an der Luft entstehenden Eisen(III)-Ionen, bilden mit Gerbstoffen (Tannin, Gallussäure) schwarze, sehr haltbare Komplexverbindungen. Schon seit Jahrhunderten wird dieses Prinzip zur Herstellung von Tinte genutzt. Früher erhielt man sie allerdings, wie der Name schon sagt, aus Eisen und dem gekochten Sud von Galläpfeln, das sind sehr tanninreiche Wucherungen z. B. an Eichenblättern, die durch den Stich von Gallmücken oder -wespen verursacht werden.

Die Bildung von Haut auf schwarzem Tee

Chemikalien: 1 Beutel Schwarztee, Calciumchlorid-Hexahydrat, Natriumhydrogencarbonat, destilliertes Wasser

Geräte: Becherglas (250 ml), Spatel, 2 Reagenzgläser, Spatel, Wasserkocher

Durchführung:

- Ein Beutel Schwarztee wird mit 100 ml kochendem Wasser überbrüht.
- Nach 5 Minuten Ziehzeit wird der Beutel herausgenommen.
- Je eine Spatelspitze Calciumchlorid und Natriumhydrogencarbonat werden in wenigen Millilitern Wasser gelöst und nacheinander zum Teeaufguss hinzugegeben.
- Nach einer halben Stunde wird die Teeoberfläche erneut untersucht.

Beobachtung:

Nach Zugabe beider Lösungen wird der Tee trüb, es bildet sich eine schillernde Haut.

Erklärung:

Diese Haut, die man auch beobachten kann, wenn man Tee mit hartem Wasser kocht, bildet sich durch Reaktion der im Tee enthaltenen Polyphenole mit Calcium- oder Magnesium-Ionen bei Anwesenheit von Hydrogencarbonat-Ionen und Luftsauerstoff zu unlöslichen Verbindungen. Diese Reaktion kann man durch Säurezugabe (Zitronensaft) unterbinden.



Tee und Kaffee als Säure-Base-Indikatoren

Chemikalien: Schwarzer Tee, Kaffee, verdünnte Natronlauge, verdünnte Salzsäure

Geräte: Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipetten

R- und Sätze: Natriumhydroxid: R: 35 S: (1/2)-26-37/39-45

Durchführung:

- Je 3 Reagenzgläser werden mit Tee und mit Kaffee zur Hälfte gefüllt.
- In jeweils ein Reagenzglas werden einige Tropfen Salzsäure, in das andere einige Tropfen Natronlauge gegeben.

Beobachtung:

Die Farbe der Lösungen verändert sich: bei Säurezugabe hellt sie sich in Richtung gelb auf, bei Basezugabe wird sie dunkler.

Erklärung:

Die Farbe von Tee und auch Kaffee wird wesentlich durch die phenolischen Verbindungen bestimmt. Diese reagieren mit Säuren und Basen und ändern dabei ihre Lichtabsorption.

Nachweis von Chlorophyll in grünem und schwarzem Tee

Chemikalien: Grüner und schwarzer Tee, Ethanol

Geräte: 2 Reagenzgläser, UV-Lampe, Spatel, Mörser, Pistill, 2 Gummistopfen, Messzylinder

R- und Sätze: Ethanol: R: 11 S: 7-16

Durchführung:

- Ein Spatel schwarzer oder grüner Tee wird fein gemörsert.
- Jede der Proben wird in einem Reagenzglas mit 5 ml Ethanol geschüttelt.
- Nachdem sich die Feststoffe abgesetzt haben wird die Lösung unter abgedunkelten Bedingungen im UV-Licht betrachtet.

Beobachtung:

Die grüne Lösung leuchtet im UV-Licht rot.



Erklärung:

Chlorophyll löst sich leicht in Ethanol. Durch UV-Licht wird es angeregt und gibt diese Energie als sichtbares Licht wieder ab.

In schwarzem Tee wird das Chlorophyll durch Fermentationsprozesse teilweise abgebaut, dennoch ist auch hier die Fluoreszenz noch zu beobachten.

Untersuchung der bei der Kaffeeröstung entstehenden Gase

Chemikalien: Rohkaffeebohnen, Universalindikatorlösung, Kalkwasser, ammoniakalische Silbernitratlösung

Geräte: 4 Reagenzgläser mit seitlichem Ansatz und durchbohrtem Stopfen mit Glasrohr (Pipette), Schlauchstücke, Stativmaterial, Bunsenbrenner

R- und Sätze: AgNO₃: R: 34-50/53, S: 26-45-60-61
Ca(OH)₂: R: 41, S: 22-24-26-39
NH₃: R: 34-50, S: 26-36/37/39-45-61

Durchführung:

Hinweise:

- 1. Die Lösungen dürfen nur etwa 2 cm hoch eingefüllt werden, damit kein Übergang der Flüssigkeiten über die seitlichen Ansätze erfolgt. Die Gaseinleitungsrohre müssen entsprechend lang sein.*
- 2. Vor Abkühlen der Apparatur muss der oberste Stopfen entfernt werden, damit nicht durch sich bildenden Unterdruck Lösung in das noch heiße Glas gezogen wird!*



- Die Versuchsanordnung wird wie in der Abbildung **im Abzug** aufgebaut.
- In das oberste Reagenzglas der Kaskade werden einige Rohkaffeebohnen gefüllt, in das zweite von oben Universalindikatorlösung, in das dritte Kalkwasser und in das unterste Silbernitratlösung. Die Gaseinleitungsrohre müssen in die Lösung hineinreichen.
- Das Reagenzglas mit den Rohkaffeebohnen wird **vorsichtig (!)** mit der Brennerflamme erhitzt, bis die Kaffeebohnen geröstet sind.
- Anschließend wird das Reagenzglas mit der Indikatorlösung erwärmt.

Beobachtung:

Die Indikatorlösung färbt sich rot, die rote Farbe bleibt auch beim Erwärmen bestehen. Im Kalkwasser bildet sich ein weißer, in der Silbernitratlösung ein braunschwarzer Niederschlag.

Erklärung:

Während des Röstens verlieren die Kaffeebohnen nicht nur ihren Wassergehalt. Es verdampfen auch Säuren, die den Universalindikator rot färben. Um auszuschließen, dass es sich dabei nicht nur um aus Kohlendioxid gebildete Kohlensäure handelt, wird die Lösung erwärmt, dabei muss die rote Farbe bestehen bleiben. Beim Rösten freiwerdendes Kohlendioxid bildet mit Kalkwasser einen weißen Niederschlag von Calciumcarbonat. Außerdem entsteht beim Rösten Kohlenmonoxid, welches Silber-Ionen zu Silber reduziert, das feinverteilt als braunschwarzer Niederschlag ausfällt.

Brennwert von Schokolade

Alltagschemikalien: 2 Stück Schokolade

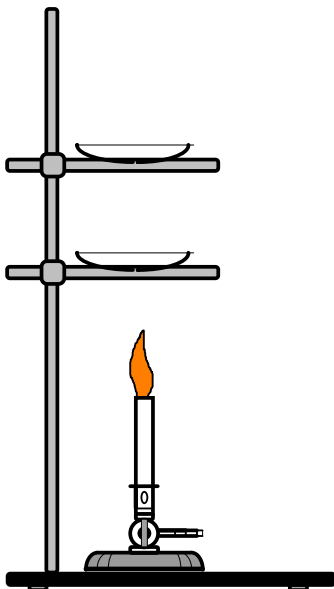
1 rohes Ei

Speiseöl

Geräte: Stativmaterial, 2 Abdampfschalen, Bunsenbrenner

Durchführung:

- Zwei Eisenringe werden in ca. 5 cm Abstand am Stativ befestigt
- In eine Abdampfschale wird etwas Speiseöl geben und das Ei darin aufschlagen.
- In die zweite Abdampfschale werden zwei Stück Schokolade gegeben, die Abdampfschale wird auf den unteren Stativring gestellt.
- Die Schokolade wird mit dem Bunsenbrenner erhitzt (Brenner direkt auf die Schokolade halten), bis sie sich entzündet und von alleine weiterbrennt.
- Die Abdampfschale mit dem Ei wird auf den oberen Eisenring gestellt.



Kopiervorlagen
(Anleitungen ohne Beobachtung und Erklärung)

Sublimation von Coffein aus Teeblättern und Kaffee

Chemikalien: gemahlener Röstkaffee, pulverisierte Teeblätter

Geräte: Abdampfschale, Uhrglas, Heizplatte oder Bunsenbrenner mit Dreifuß und Drahtnetz, Spatel, Waage,

Durchführung (im Abzug):

Hinweise:

4. *Empfohlen wird die Heizplatte als Hitzequelle, da Kaffee und Tee nicht durch übermäßige Hitzezufuhr geröstet werden dürfen!*
5. *Eine hohe Luftfeuchte kann die Rekristallisation der Coffein-Nadeln verhindern. Trocknung des Uhrglases im Exsikkator oder im Trockenschrank im Anschluss an das Experiment bei Misslingen des Versuchs empfohlen.*
6. *Der Coffeingehalt im Tee ist in der Regel noch höher als der im Kaffee, weshalb der Versuch mit Tee am besten gelingt. Außerdem enthält Tee weniger Wasser, welches vorher ausgetrieben werden muss.*

- Etwa 5 g des fein gemahlenden Kaffees bzw. Tees werden in die Abdampfschale gegeben.
- Die Schale wird auf der Heizplatte vorsichtig (!) erhitzt um zunächst das Wasser aus der Probe zu verdampfen. Das Pulver ab und zu umrühren.
- Das Uhrglas wird mit Hilfe der Reagenzglasklammer ab und zu über die Abdampfschale gehalten, um zu kontrollieren, ob sich noch Wasserdampf abscheidet.
- Wenn sich am Uhrglas kein Kondenswasser mehr bildet, wird die Oberfläche trockengewischt. Anschließend wird das Uhrglas einige Augenblicke auf die Abdampfschale gelegt.

Beobachtung:

Erklärung:

Bestimmung von Coffein, Theophyllin und Theobromin durch Dünnschichtchromatographie

Chemikalien: Ammoniak-Lösung (10%), Chloroform-lösungen von Coffein, Theophyllin und Theobromin, Chloroform, Methanol, Kaffee, Tee und Kakao

Geräte: Reagenzgläser mit Stopfen, Mikrokapillaren, DC-Fertigplatte (Kieselgel 60 mit Fluoreszenzindikator F-254), DC-Kammer, 10-ml-Messzylinder, UV-Lampe (254 nm)



<u>R- und Sätze:</u> Ammoniak-Lösung:	R: 34	S: (2)-26
Theobromin:	R: 20-40	S: 22-36/37
Coffein:	R: 22	S: (2)
Chloroform:	R: 22-38-40-48/20/22	S: (2)-36/37
Methanol:	R: 11-23/24/25-39/23/24/25	S: 7-16-36/37-45

Durchführung:

- Einige Gramm Kaffee, Tee und Kakao werden in einem Reagenzglas mit einigen Millilitern Chloroform extrahiert und anschließend filtriert.
- Die Extrakte werden mit Mikrokapillaren auf die DC-Platte etwa 1 cm vom unteren Rand entfernt aufgetragen, dabei lässt man den Fleck mehrmals trocknen und trägt erneut auf, um eine möglichst große Menge auf einem möglichst kleinen Fleck unterzubringen.
- Neben die Extraktflecke werden zum Vergleich sehr sparsam die Coffein-, Theophyllin- und Theobrominlösungen aufgetragen.
- Vor der Entwicklung wird die Chromatographieplatte zusammen mit einem kleinen Becherglas mit Ammoniak-Lösung in die Laufkammer gestellt und diese abgedeckt.
- Nach 20 min entfernt man das Becherglas und füllt das Laufmittel (Chloroform/Methanol 99:1) vorsichtig in die Laufkammer. Die aufgetragenen Flecken dürfen nicht in das Laufmittel eintauchen.
- Kurz bevor das Laufmittel den oberen Rand der DC-Platte erreicht hat, wird diese herausgenommen und getrocknet.
- Das fertige Chromatogramm wird unter der UV-Lampe betrachtet, die erkennbaren Flecken werden mit einem weichen Bleistift markiert und verglichen, der Quotient aus der Wanderstrecke des Fleckes und der Laufmittelfront ist der R_f-Wert.

Stärkenachweis in Kakao und Schokolade

Chemikalien: Kakaopulver, Schokolade (Bitter-, Vollmilch- und Weiße Schokolade), Iod-Kaliumiodid-Lösung, destilliertes Wasser, Haushaltsreibe,

Geräte: 8 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Bunsenbrenner, Holzzange

Durchführung:

- Die mit einer Haushaltsreibe geraspelten Schokoladenproben sowie die Kakaoprobe werden mit je ca. 5 ml Wasser in einem Reagenzglas bis zum Sieden erhitzt und unter fließendem Wasser abgekühlt
- Ist die Lösung zu dunkel, wird sie gegebenenfalls mit etwas Wasser verdünnt
- Anschließend werden von jeder Lösung 2ml als Vergleichsprobe abgetrennt und zur Seite gestellt.
- Die ursprünglichen Proben werden nun mit je 2-3 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung versetzt.
- Es wird mit den Vergleichsproben verglichen.

Beobachtung:

Erklärung:

Cellulosenachweis in Kaffee

Chemikalien: gemahlener Roh- und Röstkaffee,

Iod-Zinkchlorid-Lösung

(Herstellung: 20 g $ZnCl_2$ werden in 10 ml dest. Wasser gelöst und mit einer Lösung von 2,1 g KI und 0,5 g Iod in 5 ml dest. Wasser gemischt, dekantiert und mit einigen Iodkristallen versetzt.)

Geräte: Uhrglas, Tropfpipette, Spatel

Durchführung:

- Zu einer Spatelspitze der jeweiligen Kaffeeprobe werden einige Tropfen Iod-Zinkchlorid-Lösung gegeben, danach einige Minuten gewartet.

Beobachtung:

Erklärung:

Zuckernachweis in Kakao und Schokolade

Chemikalien: 3 g geraspelte Schokolade (Bitter-, Vollmilch- und Weiße Schokolade),
Kakaopulver,
Fehlingsche Lösung I (Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat),
Fehlingsche Lösung II (Kaliumnatriumtetrat-Tetrahydrat und Natriumhydroxid)

Geräte: Bechergläser, Trichter, Faltenfilter, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipetten, Wasserbad, Heizplatte oder Bunsenbrenner

R- und Sätze: Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat: R: 22-36/38 S: (2)-22
Natriumhydroxid: R: 35 S: (1/2)-26-37/39-45

Durchführung:

- Ca. 3 g der Schokoladen- bzw. Kakaoproben werden im Becherglas in ca. 30 ml heißem Wasser gelöst und anschließend in Reagenzgläser filtriert, bis die Reagenzgläser maximal zur Hälfte gefüllt sind.
- Ist das Filtrat zu dunkel, wird es gegebenenfalls mit etwas Wasser verdünnt
- Nun wird von jedem Filtrat etwa die Hälfte als Vergleichsprobe abgetrennt und zur Seite gestellt.
- Anschließend werden die Ausgangslösungen mit jeweils 1 ml Fehling I und 1 ml Fehling II-Lösung versetzt und einige Minuten im Wasserbad erhitzt.
- Es wird mit den Vergleichsproben verglichen.

Beobachtung:

Erklärung:

Zuckernachweis in Roh- und Röstkaffee

Chemikalien: gemahlener Roh- und Röstkaffee, Salzsäure (5 %), Natriumcarbonat
Fehlingsche Lösung I (Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat),
Fehlingsche Lösung II (Kaliumnatriumtetrat-Tetrahydrat und
Natriumhydroxid), Unitest-Papier (pH 1-14)

Geräte: Becherglas, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipetten, Spatel,
Wasserbad, Heizplatte oder Bunsenbrenner

R- und Sätze: Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat: R: 22-36/38 S: (2)-22
Natriumhydroxid: R: 35 S: (1/2)-26-37/39-45

Durchführung Versuchsteil 1:

- Ein Spatel des jeweiligen Kaffeepulvers und 3 ml des Fehling-I/II-Gemisches werden in ein Reagenzglas gegeben.
- Die Probelösungen werden im Wasserbad erhitzt und die Beobachtungen notiert.

Durchführung Versuchsteil 2:

- Nun wird ein Spatel des jeweiligen Kaffeepulvers in einem Reagenzglas jeweils mit 3 ml Salzsäure 10 min im Wasserbad gekocht,
- Anschließend wird die Lösung mit einem Spatel Natriumcarbonat neutralisiert (pH-Prüfung mit Unitest-Papier)
- Die neutralisierten Lösungen werden nun im Wasserbad mit 3 ml Fehling I/II erhitzt.
- Die Beobachtungen werden mit Versuchsteil 1 verglichen.

Beobachtung:

Erklärung:

Proteinnachweis

Chemikalien: 5 g geraspelte Schokolade (Bitter-, Vollmilch- und Weiße Schokolade), Kakaopulver, gemahlener Roh- und Röstkaffee, Tee, Ninhydrin-Lösung (2 %)

Geräte: 4 Faltenfilter & Trichter, 4 Bechergläser, 8 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Heizplatte oder Bunsenbrenner

R- und Sätze: verdünnte Ninhydrin-Lösung: R: 22-36/37/38 S: 22-24/25

Durchführung:

- Ca. 3 g der Schokoladen- bzw. Kakaoproben werden im Becherglas in ca. 30 ml heißem Wasser gelöst und anschließend in Reagenzgläser filtriert, bis die Reagenzgläser maximal zur Hälfte gefüllt sind.
- Ist das Filtrat zu dunkel, wird es gegebenenfalls mit etwas Wasser verdünnt.
- Nun wird von jedem Filtrat etwa die Hälfte als Vergleichsprobe abgetrennt und zur Seite gestellt.
- Anschließend werden die Ausgangslösungen mit jeweils 1 ml Ninhydrin-Lösung versetzt und einige Minuten im Wasserbad erhitzt.
- Es wird mit den Vergleichsproben verglichen.

Beobachtung:

Erklärung:

Gerbstoffnachweis

Chemikalien: Kakaopulver, gemahlener Roh- und Röstkaffee,
ethanolische Eisen(III)-chlorid-Lösung (1g/20 ml), Ethanol

Geräte: Faltenfilter & Trichter, Reagenzgläser, Reagenzglasstände, Spatel, Pipetten,
Messzylinder, Gummistopfen

R- und Sätze: Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat: R: 22-38-41 S: 26-39
Ethanol: R: 11 S: 7-16

Durchführung:

- Ein Spatel Roh- und Röstkaffee werden jeweils mit 5 ml Ethanol in ein Reagenzglas gegeben, welches mit einem Gummistopfen verschlossen wird.
- Anschließend wird mehrere Minuten lang intensiv geschüttelt und anschließend filtriert.
- Ist das Filtrat zu dunkel, wird es gegebenenfalls mit etwas Ethanol verdünnt.
- Nun wird von jedem Filtrat etwa die Hälfte als Vergleichsprobe abgetrennt und zur Seite gestellt.
- Die Filtrate werden mit einem Tropfen ethanolischer Eisen(III)-chlorid-Lösung versetzt und erneut geschüttelt.
- Es wird mit der Vergleichslösung verglichen.

Beobachtung:

Erklärung:

Herstellung einer Eisengallustinte aus Tee, Kaffee oder Kakao

Chemikalien: Kakao- und Kaffeepulver, Tee,
Eisen(II)-sulfat,
Gummi arabicum

Geräte: zwei Bechergläser (200 ml),
Glasstab, Spatel, Heizplatte,
Waage, Trichter & Faltenfilter,
Pinsel (oder Feder),
Schreibpapier



R- und Sätze: Eisen(II)-sulfat: R:22 S:24/25
Gummi arabicum: R:36 S:26

Durchführung:

- 5 g Tee, Kaffee- oder Kakaopulver werden in 100 ml Wasser 10 min gekocht und danach filtriert.
(Hinweis: Die Schwierigkeit Kakao mittels eines Falten- bzw. Rundfilters zu filtrieren, kann mit Hilfe eines herkömmlichen Filterbeutels umgangen werden.)
- Unter Rühren mit dem Glasstab werden 3 g Eisen(II)-sulfat und 1,5 g Gummi arabicum hinzugefügt.
- Mit Pinsel oder Feder wird die entstandene Lösung auf das Papier aufgetragen.

Beobachtung:

Erklärung:

Die Bildung von Haut auf schwarzem Tee

Chemikalien: 1 Beutel Schwarztee, Calciumchlorid-Hexahydrat, Natriumhydrogencarbonat, destilliertes Wasser

Geräte: Becherglas (250 ml), Spatel, 2 Reagenzgläser, Spatel, Wasserkocher

Durchführung:

- Ein Beutel Schwarztee wird mit 100 ml kochendem Wasser überbrüht.
- Nach 5 Minuten Ziehzeit wird der Beutel herausgenommen.
- Je eine Spatelspitze Calciumchlorid und Natriumhydrogencarbonat werden in wenigen Millilitern Wasser gelöst und nacheinander zum Teeaufguss hinzugegeben.
- Nach einer halben Stunde wird die Teeoberfläche erneut untersucht.

Beobachtung:

Erklärung:

Tee und Kaffee als Säure-Base-Indikatoren

Chemikalien: Schwarzer Tee, Kaffee, verdünnte Natronlauge, verdünnte Salzsäure

Geräte: Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipetten

R- und Sätze: Natriumhydroxid: R: 35 S: (1/2)-26-37/39-45

Durchführung:

- Je 3 Reagenzgläser werden mit Tee und mit Kaffee zur Hälfte gefüllt.
- In jeweils ein Reagenzglas werden einige Tropfen Salzsäure, in das andere einige Tropfen Natronlauge gegeben.

Beobachtung:

Erklärung:

Nachweis von Chlorophyll in grünem und schwarzem Tee

Chemikalien: Grüner und schwarzer Tee, Ethanol

Geräte: 2 Reagenzgläser, UV-Lampe, Spatel, Mörser, Pistill, 2 Gummistopfen, Messzylinder

R- und Sätze: Ethanol: R: 11 S: 7-16

Durchführung:

- Ein Spatel schwarzer oder grüner Tee wird fein gemörsert.
- Jede der Proben wird in einem Reagenzglas mit 5 ml Ethanol geschüttelt.
- Nachdem sich die Feststoffe abgesetzt haben wird die Lösung unter abgedunkelten Bedingungen im UV-Licht betrachtet.

Beobachtung:

Erklärung:

Untersuchung der bei der Kaffeeröstung entstehenden Gase

Chemikalien: Rohkaffeebohnen, Universalindikatorlösung, Kalkwasser, ammoniakalische Silbernitratlösung

Geräte: 4 Reagenzgläser mit seitlichem Ansatz und durchbohrtem Stopfen mit Glasrohr (Pipette), Schlauchstücke, Stativmaterial, Bunsenbrenner

R- und Sätze: AgNO₃: R: 34-50/53, S: 26-45-60-61
Ca(OH)₂: R: 41, S: 22-24-26-39
NH₃: R: 34-50, S: 26-36/37/39-45-61

Durchführung:



Hinweise:

- 3. Die Lösungen dürfen nur etwa 2 cm hoch eingefüllt werden, damit kein Übergang der Flüssigkeiten über die seitlichen Ansätze erfolgt. Die Gaseinleitungsrohre müssen entsprechend lang sein.*
- 4. Vor Abkühlen der Apparatur muss der oberste Stopfen entfernt werden, damit nicht durch sich bildenden Unterdruck Lösung in das noch heiße Glas gezogen wird!*

- Die Versuchsanordnung wird wie in der Abbildung **im Abzug** aufgebaut.
- In das oberste Reagenzglas der Kaskade werden einige Rohkaffeebohnen gefüllt, in das zweite von oben Universalindikatorlösung, in das dritte Kalkwasser und in das unterste Silbernitratlösung. Die Gaseinleitungsrohre müssen in die Lösung hineinreichen.
- Das Reagenzglas mit den Rohkaffeebohnen wird **vorsichtig (!)** mit der Brennerflamme erhitzt, bis die Kaffeebohnen geröstet sind.
- Anschließend wird das Reagenzglas mit der Indikatorlösung erwärmt.

Beobachtung:

Erklärung:

Brennwert von Schokolade

Alltagschemikalien: 2 Stück Schokolade

1 rohes Ei

Speiseöl

Geräte: Stativmaterial, 2 Abdampfschalen, Bunsenbrenner

Durchführung:

- Zwei Eisenringe werden in ca. 5 cm Abstand am Stativ befestigt
- In eine Abdampfschale wird etwas Speiseöl gegeben und das Ei darin aufschlagen.
- In die zweite Abdampfschale werden zwei Stück Schokolade gegeben, die Abdampfschale wird auf den unteren Stativring gestellt.
- Die Schokolade wird mit dem Bunsenbrenner erhitzt (Brenner direkt auf die Schokolade halten), bis sie sich entzündet und von alleine weiterbrennt.
- Die Abdampfschale mit dem Ei wird auf den oberen Eisenring gestellt.

