



www.ag-chemieschulen.de

Dies ist eine gemeinsame Website privater und staatlicher Chemieschulen Baden-Württembergs.

Mitmachen

Möchten Sie sich mit Ihrer Schule in die AG Chemieschulen einbringen? Nehmen Sie [Kontakt](#) mit uns auf!

[Schulen](#) » [Beispiele für Projektarbeiten](#)

Coffein- und Gesamtgerbstoffgehalte in Tee

von Michaela Hiermann und Stefanie Jobs, Institut Dr. Flad



Vorwort

1 [Zusammenfassung](#)

2 [Summary](#)

3 [Über Tee](#)

3-1 [Geschichte des Tees](#)

3-2 [Die Teepflanze](#)

3-3 [Anbaugebiete](#)

3-4 [Vom Teeblatt zum Tee](#)

3-5 [Teesorten](#)

3-6 [Charakteristische Inhaltsstoffe des Tees](#)

4 [Experimenteller Teil](#)

4-1 [Bestimmung des Härtegrades](#)

4-2 [Bestimmung des Coffeingehaltes](#)

4-3 [Bestimmung des Gesamtgerbstoffgehaltes](#)

5 [Fazit](#)

5-1 [Vergleich der Ergebnisse](#)

5-2 [Fehlerquellen](#)

5-3 [Aussichten](#)

6 [Historischer Exkurs](#)

7 [Quellenangaben](#)



Vorwort



Im Rahmen unserer Ausbildung zu Chemisch-Technischen Assistentinnen am Institut Dr. Flad wird uns die Möglichkeit gegeben, ein Projekt auszuarbeiten.

Wir sind beide große Teeliebhaber und möchten gern chemische Aspekte in den Alltag einbringen. Dieses Thema gibt uns die Möglichkeit, dem geeigneten Zuhörer Zusammenhänge zwischen Naturwissenschaft und Alltag zu erklären.

Die Bearbeitung des Themas "Coffein- und Gesamtgerbstoffgehalte in Tee" hat unseren Blick für wichtige Schwerpunkte in solch einer Arbeit geschärft.

Danksagung

Wir möchten uns beim Institut Dr. Flad für die Ermöglichung dieser Projektarbeit bedanken. Ganz besonders hat uns die Unterstützung im Hinblick auf Chemikalien und Geräte gefreut.

Herrn Professor Georg Schwedt danken wir für die freundliche Betreuung während unserer Arbeit.

Auch Frau und Herr Memarzadeh vom Tee Gschwendner in Esslingen sollen hier erwähnt werden. Ihnen danken wir für das zur Verfügung stellen der Tees und Fachliteratur.

1. Zusammenfassung



Diese experimentelle sowie theoretische Abhandlung zum Thema "Coffein- und Gesamtgerbstoffgehalte in Tee" beschäftigt sich mit den Zusammenhängen zwischen Brühzeit beziehungsweise Wasserhärte und den Gehalten an Coffein und Gerbstoffen beim Aufbrühen eines Tees.

Wir haben feststellen können, dass bei einer längeren Ziehzeit unabhängig von der Teesorte Coffein- und Gesamtgerbstoffgehalt extrem erhöht werden. Weil das antagonistische Verhalten der Molekülgruppen der Xanthine und Polyphenole nachgewiesen ist, kann man der Behauptung, Tee wirke anregend bei längerer Ziehzeit, stattgeben. Die Gerbstoffe vermindern die Aufnahme des Coffeins im Magen-Darm-Trakt und beeinflussen so maßgeblich die Auswirkungen nach dem Genuss von Tee.

Der Einfluss des Härtegrades ist weniger einfach nachzuvollziehen, jedoch ist ein Zusammenhang erkennbar.

Als verantwortlich für die Unterschiede haben wir das Fehlen der Metallkationen im filtrierten Wasser ausgemacht.

2. Summary



This experimental and theoretical essay about "content of caffeine and tanning agents in tea" is concerned about the correlation between brewing time, which is related to water hardness, and the content of caffeine and tanning agents during tea preparation.

We could determine that the caffeine and tanning agents content increases drastically with longer preparation time, independent of the kind of tea. Because the antagonistic behaviour of the molecule groups of xanthine and polyphenols is verified, the statement that tea acts as a stimulant after long preparation time can be granted. The tanning agents reduce the caffeine absorption in the gastrointestinal tract and influence thus the effects after tea consumption.

The influence of the water hardness is not really clear; however a correlation can be recognized.

We account the removal of metal cations after water filtration for the different behaviour.

3. Über Tee



3-1. Geschichte des Tees



Laut einer Legende wurde Tee 2737 vor Christus von Kaiser Shen Nung, der Botaniker und Gelehrter war, entdeckt. Einige Blätter eines Teestrauches sollen dem Kaiser ins Wasser gefallen sein, als dieser in seinem Garten einen großen Kessel auf offenem Feuer kochte. Das Wasser verfärbte sich goldbraun und erweckte das Interesse des Kaisers. Dieser kostete von dem Sud und fühlte sich von dem wohlschmeckenden Getränk wunderbar belebt.

Eine andere Legende besagt, dass ein Aufguss von Teeblättern buddhistischen Mönchen half bei der Meditation wach zu bleiben.

China gilt als Heimat des Tees, die ersten Teepflanzen sind dort kultiviert worden. Den Namen erhielt der Tee vom mandarin Wort *chá* (ursprünglich *chá yè* "Teeblätter"). Hieraus leitet sich das indische Wort *chai* ab, dessen Ableitungen in einigen Sprachen heute noch zu finden ist.

Seit dem dritten Jahrhundert vor Christus wurde Tee in China sowohl als geschätztes Getränk als auch als Medizin angesehen. Mit der Zeit entwickelte sich daraus in China und mit den Nachbarstaaten ein reger Handel. Zu diesem Zweck wurde Tee zu Ziegeln gepresst um ihn leichter transportieren und besser lagern zu können. Von diesen Teeziegeln brach man sich zum Gebrauch dann ein Stück ab.

Im siebten und achten Jahrhundert entstanden in einigen für ihre Tees heute noch bekannten Provinzen (Yunnan, Anhui, Fujian und andere) die ersten Teeplantagen, vornehmlich in der Nähe von Klöstern. Der Anbau der Pflanzen war meist sehr mühsam, da die meisten Gärten an hoch gelegenen Berghängen lagen, wo Nebel und Feuchtigkeit die Pflanzen stets versorgten. Aus diesen Gegenden stammen heute noch die bekannten *Nebeltees*.

Durch buddhistische Mönche gelangte der Tee nach Japan, wo sich eine eigenständige Teekultur mit den bekannten Teezeremonien entwickelte. Neben Japan begann China mit Korea, Persien, Indien, Afghanistan und Arabien mit Tee zu handeln. Über diese Länder und über England, Holland und Portugal,

die Kolonien besetzten, verbreitete sich Tee in der ganzen Welt, wobei viele Länder eigene Teezeremonien entwickelten. Ende des 18. Jahrhunderts entwickelte sich England zum Zentrum des weltweiten Teehandels.

Ein bekanntes Ereignis, in der Tee eine Rolle spielte, war 1773 die *Boston Tea Party*. Einige Bostoner Männer verkleideten sich als Indianer und warfen Tee von einem Frachter aus Protest gegen die britische Steuerpolitik und die hohen Teepreise ins Hafenbecken.

[\[1\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[4\]](#) [\[5\]](#)

3-2. Die Teepflanze

Die Teepflanze ist ein immergrüner Strauch und gehört zu den Kamelienarten. Die beiden Urpflanzen sind die *Camellia sinensis* aus China und die *Camellia assamica* aus Indien. Es gibt zahlreiche Hybriden, die aus diesen Ursorten gezüchtet wurden um sie an Umweltbedingungen wie Klima und Boden anzupassen. Für diese Hybriden verwendet man meist die Bezeichnung *jat* (indisch für Kaste).

Ohne Beschneiden entwickelt sich die Pflanze zu baumartigen Sträuchern von 10 bis 15m Höhe, in Kulturen wird die Pflanze durch Schnitt auf eigener Höhe von 1m gehalten.

Von den immergrünen Blättern werden lediglich die jungen Blätter und die Knospe (*two leaves and a bud*) zur Teeherstellung verwendet.

Für den Anbau der Pflanze sind bestimmte klimatische Bedingungen notwendig, wie warme Tage, lange Sonnenscheindauer, hohe Luftfeuchtigkeit, ausreichend Regen. Demnach ist ein lohnender Anbau zwischen dem nördlichen 42. und dem südlichen 27. Breitengrad auf einer Höhe von 0 bis 2200 m möglich. Je nach Anbauart, Bodenbeschaffenheit, Breitengrad, Höhenlage und anderen Faktoren variiert die Konzentration von einigen Teebestandteilen.

[\[1\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[4\]](#) [\[5\]](#)

3-3. Anbauggebiete

Tee wird hauptsächlich in den Hochlagen der Tropen und Subtropen angebaut. Aber auch in der Türkei und auf den Azoren gelingt der Teeanbau. Der wohl ungewöhnlichste Ort für eine Teeplantage sind die Brissago-Inseln auf dem Lago Maggiore in der Schweiz. Die sechs größten teeproduzierenden Länder sind aber Indien, China, Kenia, Sri Lanka, die Türkei und Japan.

[\[1\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[4\]](#) [\[5\]](#)

3-4. Vom Teeblatt zum Tee

Tee wird im Gegensatz zu Kaffee direkt im Herstellungsland zu genussfertigem Tee verarbeitet. Die herkömmlichste Methode ist die orthodoxe Teeproduktion, die aus den Prozessen Welken, Rollen, Fermentieren und Trocknen besteht.

a. Welken

Nachdem das Gewicht des frischen Blattguts ermittelt wurde, werden den Teeblättern in Welkhäusern oder Welktrommeln etwa 30% Feuchtigkeit entzogen. Dadurch wird das Teeblatt für das anschließende Rollen geschmeidig. Die bei der Welkung ablaufenden Vorgänge sind wichtig für den späteren Geschmack des Tees. Teeproteine werden durch Abbau in Aminosäuren und Ketosäuren umgewandelt, die bei der späteren Fermentation einen Teil der Aromastoffe bilden.

b. Rollen

Das Rollen erfolgt heutzutage meist maschinell in großen Maschinen einmal unter Druck und anschließend ohne Druck. Dadurch tritt der Zellsaft aus dem Blatt aus und legt sich als Film um die Oberfläche des Blattes, wo er mit dem Luftsauerstoff in Berührung kommen kann. Dadurch werden die im Blatt normalerweise ablaufenden biochemischen Prozesse unterbrochen und andere chemische Prozesse aktiviert. Es laufen zum Beispiel hier schon Fermentationsprozesse ab; Polyphenole und Enzyme reagieren. Dieser Schritt ist ebenfalls wichtig für die Entwicklung des Aromas eines Tees. Der Rollprozess ist ausschlaggebend für die späteren Blattgrade. Langes Rollen bringt einen höheren Anteil an kleinen Blattgraden hervor, während kurzes Rollen die Blätter nicht so stark beschädigt und die Anteile der Blattgrade Broken und Pekoe erhöht.

c. Fermentieren

Die Fermentation ist ein Schritt, der gezielt bei der Schwarzteeherstellung angewendet wird. Grüntee hingegen wird nicht fermentiert. Beim Fermentieren handelt es sich nicht um eine mikrobielle, sondern um eine oxidativ enzymatische Reaktion, die schon während des Welkens und des Rollens begonnen hat, hier jedoch gezielt angestrebt wird. Dieser Vorgang ist ebenfalls ausschlaggebend für das Aroma des Tees und dauert im Durchschnitt etwa 2 bis 5 Stunden. Dazu ist unter Luftzufuhr eine Luftfeuchtigkeit von 90-98 % bei Raumtemperatur notwendig. Bei der Fermentation werden Polyphenole oxidiert, die sonst zum bitteren Geschmack des Tees beitragen; dieser verschwindet dadurch. Ebenso wird ein Teil von löslichen Substanzen in unlösliche überführt.

d. Trocknen

Beim Trockenvorgang werden die Blätter in Heißlufttrocknern Temperaturen zwischen 90 bis 95 °C ausgesetzt. Dadurch wird der Fermentationsprozess unterbrochen und der Feuchtigkeitsgehalt des Teeblattes von etwa 50% auf etwa 3 bis 4% reduziert. Unter dem Einfluss der Hitze verfärben sich die Teeblätter braun.

[\[1\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[4\]](#) [\[5\]](#)

3-5. Teesorten

Im nachfolgend experimentellen Teil untersuchen wir Schwarzen und Grünen Tee sowie Oolong auf ihren Coffein- und Gerbstoffgehalt. Deswegen möchten wir hier kurz auf die grundsätzlichen Unterschiede dieser Teesorten zu sprechen kommen.

- Grüner Tee:** Grüner Tee besteht hauptsächlich aus Blättern der Sorte *Camellia sinensis*. Er wird im Gegensatz zum Schwarzen Tee gedämpft, was die Fermentation verhindert. Deswegen bleiben fast alle im frischen Blatt enthaltenen Wirkstoffe erhalten, wie zum Beispiel die Catechine, denen gesundheitsfördernde Wirkung zugeschrieben wird. Außerdem enthält er viele Gerbstoffe.
- Schwarzer Tee:** Fermentierte Teeblätter (siehe Kapitel "Verarbeitung von Tee")
- Oolong:** Oolong ist eine traditionelle chinesische Teesorte; der Name bedeutet "Schwarzer Drache" oder "Schwarze Schlange". Bezüglich der Fermentationszeit liegt der Oolong zwischen Grünem und Schwarzem Tee.

[\[1\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[4\]](#) [\[5\]](#)

Unterschiede im Herstellungsprozess von Grünem und Schwarzem Tee



Tabelle 1

3-6. Charakteristische Inhaltsstoffe des Tees

Durch den Verarbeitungsprozess des frischen Teeblattes verändern sich die Inhaltsstoffe teilweise erheblich. Beim Schwarztee werden durch den Fermentationsprozess Substanzen abgebaut und neue gebildet. Hingegen bleibt beim Grüntee die Zusammensetzung des frischen Blattes abgesehen vom Wassergehalt weitestgehend erhalten.

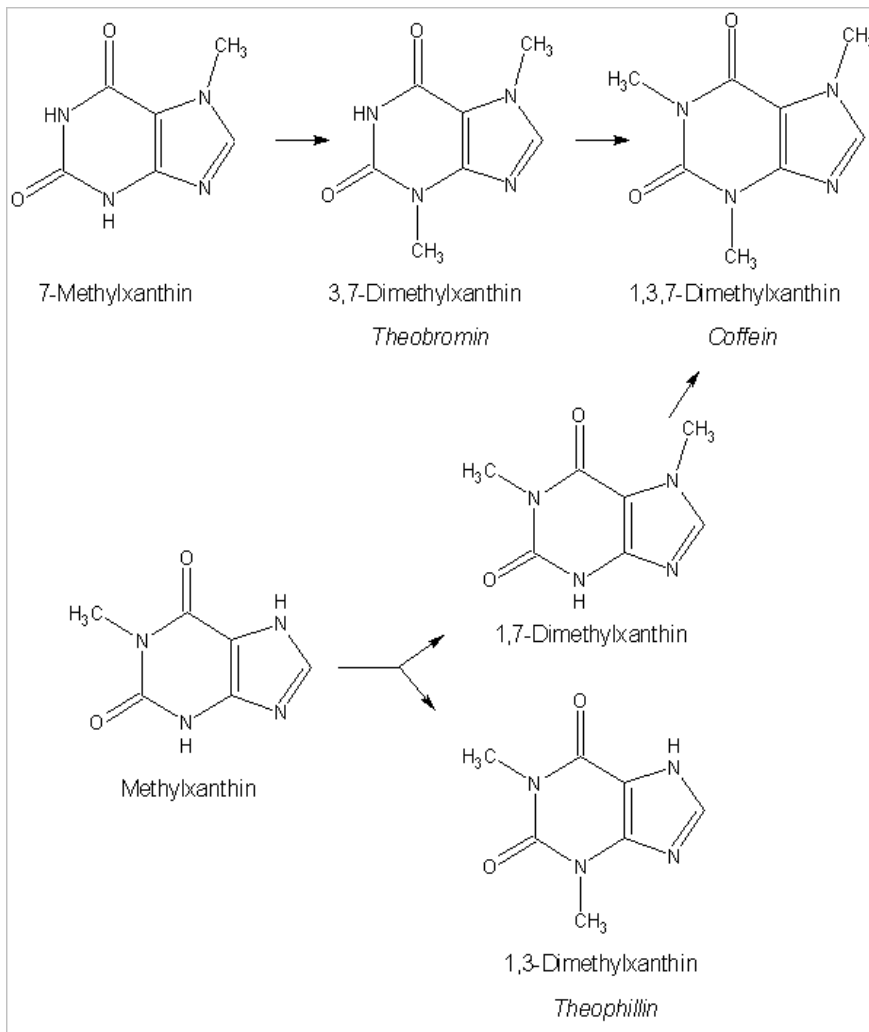
Allgemeine Zusammensetzung von Schwarzem Tee

<i>Wasserlösliche Substanzen</i>	<i>(g/100 g Tee)</i>
Flavonole und ihre Glycoside	insgesamt 30
Leucoanthocyanine; phenolische Säuren	
Aminosäuren	4
Alkaloide	3-4
<i>Teilweise wasserlösliche Substanzen</i>	
Polysaccharide	14-17
Proteine	15
Asche	5
<i>Wasserunlösliche Substanzen</i>	
Cellulose	7
Lignin	6
Lipide	3

Tabelle 2

Alkaloide

Für die belebende Wirkung im Tee sind die Abkömmlinge des Xanthins verantwortlich, die in der Pflanze unter Beteiligung von diversen Enzymen gebildet werden. Das 1,3,7-Trimethylxanthin wurde 1827 in Tee nachgewiesen und daraufhin Thein genannt. Später stellte man fest, dass das durch RUNGE entdeckte Coffein im Kaffee identisch mit dem Thein war. 1880 wurden von KOSSEL die Alkaloide Theophyllin (1,3-Dimethylxanthin) und Theobromin (3,7-Dimethylxanthin) nachgewiesen. Durch spätere Untersuchungen fand man heraus, dass Theophyllin nicht in Tee enthalten ist.



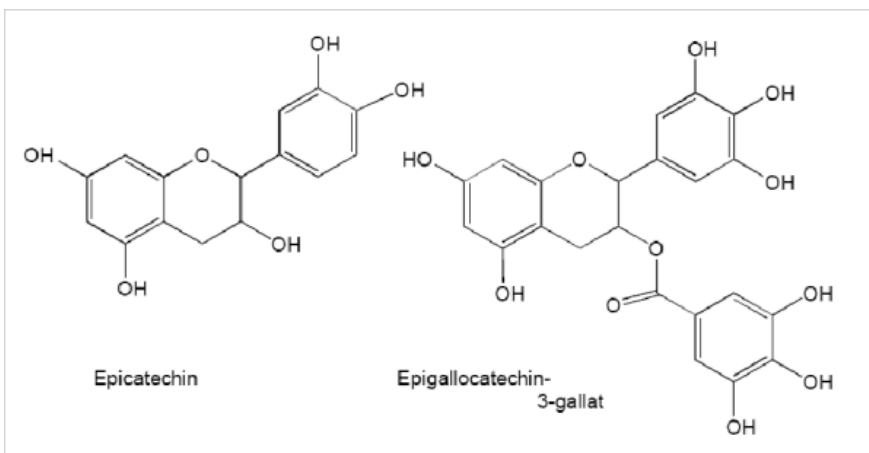
Beispiele für Xanthinderivate im Tee

Der Coffeingehalt eines Teegetränkes ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Die unterschiedlichen Teearten weisen natürlich auch unterschiedlichen Coffeingehalt auf. Des weiteren enthalten jüngere Blätter mehr Coffein als die älteren; Stängel enthalten weniger Coffein als Blätter. Ein Grüntee wie Kukicha ist ein sehr vollmundiger, leuchtend grüner Tee. Er kann auch gut abends getrunken werden, da er aufgrund der mitverwendeten Stängel wenig Coffein enthält. Der höchste Coffeingehalt befindet sich in der Knospe und dem ersten Blatt. Die Ziehzeit ist ebenfalls entscheidend für den Coffeingehalt des fertigen Getränks. Bei einer Brühzeit von 3 Minuten enthält der Aufguss 65% des gesamten im Blatt vorhandenen Coffeins im Blatt, nach 5 Minuten 80% und nach 20 Minuten nahezu das gesamte Coffein.

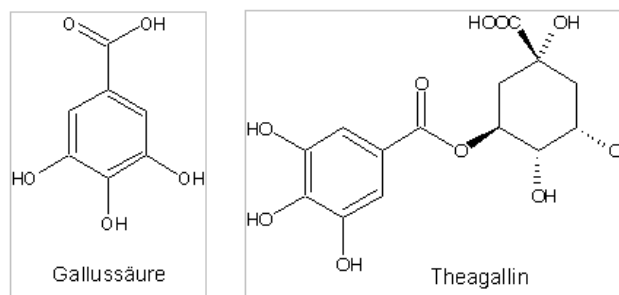
Polyphenole

Polyphenole machen bis zu 30% der Blattrockensubstanz aus, im Aufguss können sie bis zu 20% ausmachen. Pflanzengerbstoffe haben hauptsächlich die Aufgabe, die Pflanze gegen Fäulnis und Schädlinge sowie gegen Fraß zu schützen.

Die im Tee vorkommenden Gerbstoffe kann man im Prinzip in zwei Gruppen aufteilen; in die Catechine, die 95% der Gerbstoffe ausmachen und in die Tannine, die die übrigen 5% ausmachen. Hier einige Beispiele für im Tee vorkommende Gerbstoffe.



Beispiele für Catechine



Beispiele für Tannine

Gerbstoffe sind verantwortlich für die Färbung des Tees und für die Geschmacksintensität. Sie haben beruhigende und antimikrobielle Wirkung auf den Magen-Darm-Trakt.

[\[1\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[4\]](#) [\[5\]](#)

4. Experimenteller Teil



Im Alltag trifft man immer wieder auf die Aussage, dass eine längere Ziehzeit des Grünen oder Schwarzen Tees eine beruhigende Wirkung nach sich zieht. Dies wollen wir mit von uns ermittelten Werten des Coffein- und Gesamtgerbstoffgehaltes nachvollziehen.

Alle nachfolgend beschriebenen Versuche wurden aus einem wässrigen Auszug der verschiedenen Tees gemacht. Dafür wurden jeweils 3g Tee eingewogen und mit 250 mL kochendem Wasser überbrüht. Da die Auswirkungen der Brühzeit betrachtet werden sollen, haben wir je 1 Probe der Tees nach vorgeschriebener Zeit ziehen lassen, die 2. Probe wurde 10 Minuten stehen gelassen.

Alle 3 Tees können bei der Firma Tee Geschwendner gekauft werden.

Schwarzer Tee:

Nr. 215 Darjeeling Nr. 9 TGFOP 1 Himalaya First Flush

Zubereitungsempfehlung: 12g Teeblätter (ca. 6 gestrichene Teelamaß) auf 1 Liter weiches, kochendes Wasser; 2 Minuten ziehen lassen.

Grüner Tee:

Nr. 505 China Gunpowder

Zubereitungsempfehlung: 12 g Teeblätter (ca. 5 gestrichene Teelamaß) auf 1 Liter gefilterte, beziehungsweise weiches, 90 °C heißes Wasser; 1 Minute ziehen lassen.

Oolong:

Nr. 528 China Fancy Oolong

Zubereitungsempfehlung: 11 g Teeblätter (ca. 7 gehäufte Teelamaß) auf 1 Liter gefiltertes beziehungsweise weiches, kochendes Wasser; 2 Minuten ziehen lassen.

Um die Versuche so alltagsnah wie möglich zu gestalten, haben wir Leitungswasser und mit einem gewöhnlichen Haushaltsfilter filtriertes Wasser verwendet, weil auch die Abhängigkeit vom Härtegrad des Wassers untersucht werden soll.



verwendete Teesorten

4-1. Bestimmung des Härtegrades

In dieser Projektarbeit wollen wir unter anderem den Einfluss des Härtegrades vom verwendeten Wasser untersuchen. Aus diesem Grund haben wir den Härtegrad vom Leitungswasser und vom filtrierten Wasser bestimmt.

Die Gesamthärte gibt die Stoffmengenkonzentrationen an Calcium- und Magnesiumionen an; die Bestimmungsmethode ist aus dem Quantitativen Praktikum-Technische Untersuchungen bekannt.

[11]

Chemikalien:

- konzentrierter Ammoniak ($c = 13 \text{ mol/L}$)
- Titriplex III-Lösung ($c = 0,02 \text{ mol/L}$)
- Indikatorpuffertabletten

Materialien:

- 3 Erlenmeyerkolben (300 mL)
- Vollpipette (25 mL)
- Messpipette (10 mL)
- Bürette (25 mL)

Durchführung:

25 mL Wasser werden mit 2 mL Ammoniak und einer Indikatorpuffertablette versetzt. Nach dem Verdünnen auf etwa 150 mL mit demineralisiertem Wasser wird mit einer Titriplex III-Lösung bis zum Farbumschlag von rot nach grün titriert.

Bei einer Vorlage von 25 mL filtriertem Wasser hatten wir folgenden Verbrauch an Titriplex III-Lösung:

→ 0,75 mL
 → 0,79 mL
 → 0,80 mL
 $\bar{\varnothing} = 0,76 \text{ mL}$

Mit Leitungswasser verbrauchten wir

→ 3,01 mL
 → 2,97 mL
 → 2,96 mL an Titriplex III-Lösung.
 $\bar{\varnothing} = 2,98 \text{ mL}$

Zur Berechnung des Härtegrades muss der Verbrauch auf einen Liter umgerechnet werden. Anschließend erfolgt die Umrechnung auf CaO.

$$0,76 \text{ mL} \cdot 40 \text{ L}^{-1} \cdot 1,12 \text{ mg/mL} = 34,0 \text{ mg/L CaO} = 3,4^\circ\text{d}$$

$$2,98 \text{ mL} \cdot 40 \text{ L}^{-1} \cdot 1,12 \text{ mg/mL} = 133,5 \text{ mg/L CaO} = 13,4^\circ\text{d}$$

Das filtrierte Wasser hat einen Härtegrad von $3,4^\circ\text{d}$, Leitungswasser $13,4^\circ\text{d}$.

4-2. Bestimmung des Coffeingehaltes



Weil die Bestimmung des Coffeingehaltes nicht aus einer wässrigen Lösung gemacht werden kann, haben wir das Coffein nach einer Vorschrift aus dem Physikalisch-Chemischen Praktikum am Institut Dr. Flad aufkonzentriert.

[12]

4.2.1. Durchführung

Chemikalien:

- Methanol
- Coffein p.a.

Materialien:

- mehrere Bechergläser (500 mL, 25 mL)
- Schnelllauf-Trichter
- Filter
- DreifüÙe
- Tondreiecke
- C18-Festphasensäule
- 2 Vollpipetten (5 mL, 25 mL)
- mehrere Schnappdeckelgläser
- Eppendorf Mikropipette (bis 1000)
- Reservoir mit Adapter
- Shimadzu UV-160

Die Probenvorbereitung beginnt mit dem AufgieÙen des Tees wie oben beschrieben. Mittels einer C₁₈-Festphasensäule wird das Coffein aus 25 mL Probe aufkonzentriert.



Apparatur zur Coffeinextraktion

Die Festphasensäule muss vor der Aufkonzentration mit Methanol konditioniert und mit demineralisiertem Wasser 3 mal gespült werden. Danach werden 25 mL Teeprobe über die Säule gesaugt, mit 3 Säulenfüllungen demineralisiertem Wasser gespült und mit 5 mL Methanol langsam eluiert (kein volles Vakuum).



Coffeinextrakte

Die Bestimmung des Gehaltes an Coffein erfolgt photometrisch. Für die Messung muss zuerst eine Kalibrierung vorgenommen werden.

Die Verdünnungsreihe haben wir aus einer Stammlösung mit 375mg reinem Coffein auf 500mL Methanol hergestellt. Aus Tabelle 1 sind die verwendeten Konzentrationen ersichtlich. Wir haben mehrere Anläufe gebraucht, um die passenden Konzentrationen für das Gerät und unsere Messungen zu finden. Mittels der Kalibriergeraden (Diagramm 1) sind nun die Konzentrationen aus dem Teeaufguss ermittelbar.

Zur Messung der Proben wurde je 1 mL vom Eluat mit der 1000Eppendorf Mikropipette mit Methanol auf 100 mL aufgefüllt und bei 276 nm im UV-Photometer Shimadzu UV-160 gemessen.

[11]

Konzentration [mg/100mL]	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Absorption	0,000	0,098	0,185	0,280	0,390	0,488	0,586	0,635	0,733	0,831	0,929
Konzentration [mg/100mL]	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	
Absorption	1,027	1,125	1,223	1,321	1,419	1,517	1,615	1,713	1,811	1,909	

Tabelle 3

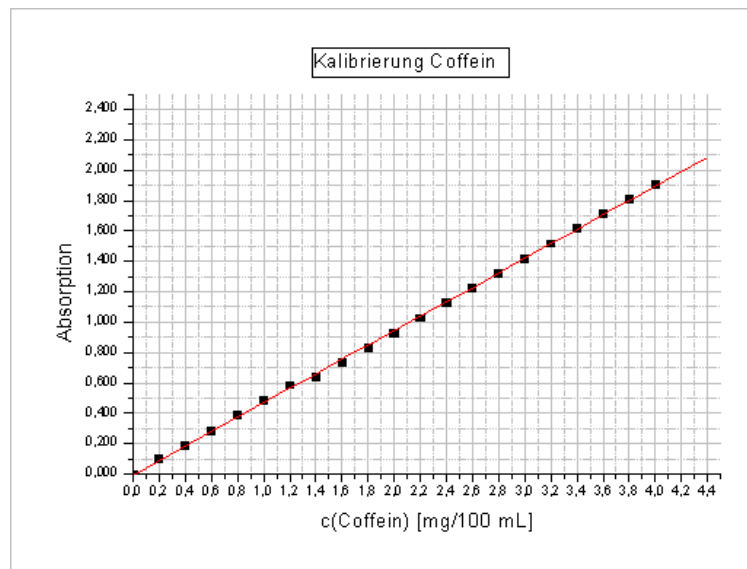


Diagramm 1

■ Messwerte — Linearisierung

4.2.2 Ergebnis

Tee mit Ziehzeit & Wasser	Absorption
Oolong, reguläre Ziehzeit, Leitungswasser	0,459
Oolong, reguläre Ziehzeit, filtriertes Wasser	0,825
Oolong, 10 min Ziehzeit, filtriertes Wasser	1,266
Darjeeling, reguläre Ziehzeit, Leitungswasser	1,201
Darjeeling, reguläre Ziehzeit, filtriertes Wasser	1,270
Darjeeling, 10 min Ziehzeit, filtriertes Wasser	1,680
Gunpowder, reguläre Ziehzeit, Leitungswasser	0,831
Gunpowder, reguläre Ziehzeit, filtriertes Wasser	0,913
Gunpowder, 10 min Ziehzeit, filtriertes Wasser	1,404

Tabelle 4

Da die Messung im Photometer nur für 1 mL des Eluats steht und dieses aus nur 25 mL der eigentlichen Probe gemacht wurde, muss der aus der Kalibriergeraden abgelesene Wert noch mit 50 multipliziert werden.

Daraus ergeben sich folgende Werte für einen Teeaufguss von 250 mL:

Oolong, reguläre Ziehzeit, Leitungswasser	49,0 mg	→	1,6%
Oolong, reguläre Ziehzeit, filtriertes Wasser	87,5 mg	→	2,9%
Oolong, 10 min Ziehzeit, filtriertes Wasser	133,5 mg	→	4,5%
Darjeeling, reguläre Ziehzeit, Leitungswasser	127,0 mg	→	4,2%
Darjeeling, reguläre Ziehzeit, filtriertes Wasser	134,5 mg	→	4,5%
Darjeeling, 10 min Ziehzeit, filtriertes Wasser	177,5 mg	→	5,9%
Gunpowder, reguläre Ziehzeit, Leitungswasser	88,5 mg	→	3,0%
Gunpowder, reguläre Ziehzeit, filtriertes Wasser	91,5 mg	→	3,1%
Gunpowder, 10 min Ziehzeit, filtriertes Wasser	148,0 mg	→	4,9%

4.2.3. Diskussion

Die ermittelten Werte zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen regulärer und erweiterter Ziehzeit. Auch kann man bei allen Tees in etwa gleichem Maße Unterschiede zwischen Leitungswasser und filtriertem Wasser beobachten.

Das hier photometrierte Coffein ist ein Xanthin-Derivat und macht mit den beiden anderen Derivaten Theobromin und Theophyllin zwischen 1,5% und 5% der Trockensubstanz aus. Je nach Anbaugelände, Trocknungsverfahren und natürlichen Schwankungen kann allein der Coffeingehalt bei bis zu 5% liegen.

Die von uns ermittelten Coffeingehalte beziehen sich aber auf wässrige Auszüge und können bei längerer Ziehzeit diesen Wert überschreiten, da das Coffein gut wasserlöslich ist. Dass Trocknungs- und Fermentationsprozesse während der Produktion ursächlich für Unterschiede zwischen Schwarzem, Grünem und halbfermentiertem Tee sind, sollte man nicht annehmen. Die Tees sind in ihrer Stärke sehr verschieden und können daher unterschiedlich hohe Gehalte an Coffein aufweisen.

4-3. Bestimmung des Gesamtgerbstoffgehaltes



Der Gehalt an Gerbstoffen erfolgte nach dem Prinzip einer Rücktitration nach G. Bonifaci und E. Capt. Das Verfahren ist eine iodometrische Kupfer-Bestimmung.

[9]

4.3.1. Durchführung

Chemikalien:

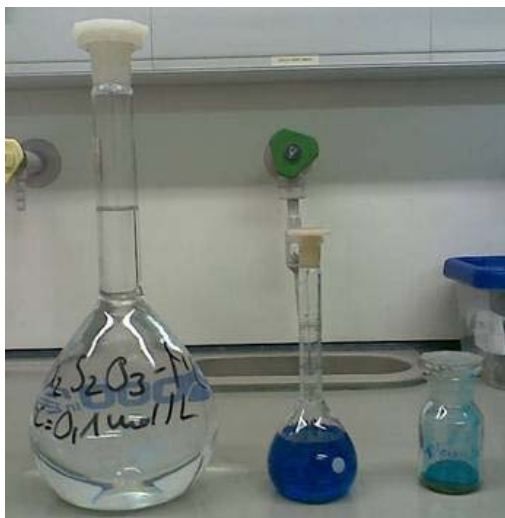
- Kupferacetat-Lösung (4%ig)
- Kaliumiodid p.a.
- Essigsäure (50%ig)
- Natriumthiosulfat-Lösung (c = 0,1mol/L)
- Stärke-Lösung (~ 1%ig)

Materialien:

- mehrere Bechergläser (500 mL)

- Schnelllauf-Trichter
- Filter
- DreifüÙe
- Tondreiecke
- Erlenmeyer-Kolben (300 mL)
- 2 Vollpipetten (10 mL, 25 mL)
- Bürette (25 mL)
- Wasserfilter

Zuerst wird ein Teeaufguss mit entsprechender Ziehzeit und Wasser hergestellt. Die Teeblätter werden abfiltriert. In den erkalteten Aufguss gibt man 20 mL einer 4%igen Kupferacetatlösung um die Gerbstoffe zu fällen.



links Natriumthiosulfatlösung, rechts Kupferacetatlösung und Kupferacetat als Feststoff

Nach dem Abfiltrieren des Niederschlags werden 25 mL halbkonzentrierte Essigsäure sowie 3g Kaliumiodid p.a. hinzugefügt und etwa 1 Minute gerührt.

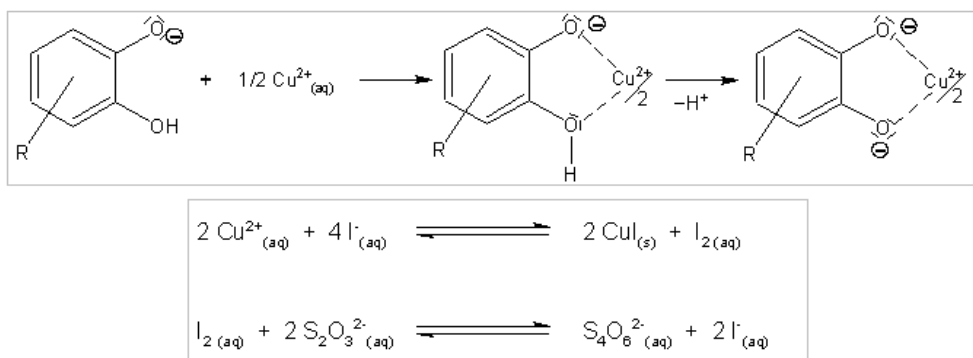
Die Rücktitration erfolgt mit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, $c = 0,1\text{M}$ bis die Lösung heller wird; nach der Zugabe von 1 mL Stärke-Lösung wird bis zum Farbumschlag nach rosa titriert.

Zur Berechnung des Gesamtgerbstoffgehaltes ist außerdem eine Blindprobe erforderlich. Dazu werden 20 mL Kupferacetatlösung auf etwa 150 mL mit demineralisiertem Wasser aufgefüllt, mit 25 mL halbkonzentrierter Essigsäure angesäuert und 3 g Kaliumiodid p.a. dazu gegeben.



Abfiltrieren der Gerbstofffällungen

Folgendes Schema zeigt eine Überlegung zum Reaktionsmechanismus:



In einem vergleichenden Versuch haben wir feststellen können, dass keine Unterschiede zwischen der Titration der ganzen Probe und der Titration von 2 100 mL-Proben auszumachen sind. Wir haben daher die Titrations mit den ganzen Proben durchgeführt.

[6] [9]

4.3.2 Ergebnis

$w(\text{Gerbstoffe}) = [V(\text{Blindprobe}) - V(\text{Analyse})] \cdot \text{stöchiometrischer Faktor}$

Beispiel Darjeeling (2 Minuten Ziehzeit/Leitungswasser)

$w(\text{Gerbstoffe}) = [25,36\text{mL} - 16,81\text{mL}] \cdot 0,010392 = 0,089 = 8,9\%$ (1. Probe)

$w(\text{Gerbstoffe}) = [25,38\text{mL} - 16,51\text{mL}] \cdot 0,010392 = 0,089 = 9,2\%$ (2. Probe)

→ 9,1%

Tee mit Ziehzeit/Leitungswasser	Gerbstoffanteil in %
Oolong, reguläre Ziehzeit	5,6
Oolong, 10 min Ziehzeit	8,9
Darjeeling, reguläre Ziehzeit	9,1
Darjeeling, 10 min Ziehzeit	12,2
Gunpowder, reguläre Ziehzeit	6,0
Gunpowder, 10 min Ziehzeit	10,8

Tabelle 5

Tee mit Ziehzeit/filtriertes Wasser	Gerbstoffanteil in %
Oolong, reguläre Ziehzeit	4,9
Oolong, 10 min Ziehzeit	9,0
Darjeeling, reguläre Ziehzeit	8,4
Darjeeling, 10 min Ziehzeit	15,0
Gunpowder, reguläre Ziehzeit	5,8
Gunpowder, 10 min Ziehzeit	12,1

Tabelle 6

4.3.3. Diskussion

Aus den Tabellen 5 und 6 ist der Gesamtgerbstoffanteil in einem wässrigen Auszug der verschiedenen Tees bei unterschiedlicher Ziehzeit und mit 2 Wässern unterschiedlichen Härtegrades ersichtlich.

Bei längerer Ziehzeit als empfohlen ist generell zu beobachten, dass mehr Gerbstoffe aus den Teeblättern extrahiert werden konnten.

Bei der Arbeit mit filtrierte Wasser haben wir festgestellt, dass der Niederschlag aus Kupferionen und Gerbstoffen viel feiner war als mit normalem Leitungswasser. Wir vermuten, der entstehende Komplex aus Kupfer und Gerbstoffen kann sich im Leitungswasser an andere Metallkationen (zum Beispiel Mg^{2+}) anlagern und so größere Agglomerationen bilden. Im filtrierte Wasser sind diese Metallkationen nicht mehr oder je nach Qualität des Filters nur noch wenig vorhanden und können somit keine Grundlage für Zusammenballungen mehr bilden.

Vergleicht man die Werte genauer, kann man feststellen, dass bei empfohlener Ziehzeit und mit filtrierte Wasser weniger Gerbstoffe bestimmt werden konnten. Mit der zuvor geäußerten Vermutung geht vielleicht auch eine schlechtere Ausfällung einher. Bei der Titration werden freie Kupfer(II)-Ionen bestimmt. Sind diese aber komplex mit den Gerbstoffen gebunden und können wegen der nicht vorhandenen Metallkationen nicht agglomerieren und ausfallen, ist eine Bestimmung des Kupfer(II)-Ionen-Überschusses nicht möglich.

Wird der Aufguss mit filtrierte Wasser länger stehen gelassen als nötig, fallen mehr Gerbstoffe aus als bei gleicher Ziehzeit mit Leitungswasser.

[6] [9]

5. Fazit



5-1. Vergleich der Ergebnisse



Die Zielsetzung für unsere Projektarbeit war, herauszufinden, ob und wie Coffein- und Gesamtgerbstoffgehalt von der Art des Wassers und der Brühzeit abhängen. Des Weiteren wollten wir versuchen, die kontroverse Diskussion, ob längere Ziehzeiten beim Tee eine beruhigende Wirkung haben, experimentell untersuchen.

In den vorhergehenden Diskussionen haben wir bereits feststellen können, dass es Unterschiede bei den Gesamtgerbstoffgehalten gibt, wenn das Wasser variiert wird. Bei der Betrachtung der Coffeingehalte ist an dieser Stelle nur eine geringfügige Erhöhung zu erkennen.

In welchem Zusammenhang der Gerbstoffanteil und der Härtegrad des Wassers stehen, haben wir versucht mit Komplexbildungen zu erklären.

Wird die Ziehzeit variiert, sind deutliche Veränderungen bei Coffein und Gerbstoffen auszumachen. Hier ist die Erklärung leicht zu finden. Das Xanthin-Derivat Coffein und die polyphenolischen Gerbstoffe sind sehr gut wasserlöslich. Eine bessere, quantitativ ermittelbare Erhöhung der Ausbeute bei der Extraktion ist so nachvollziehbar.

Um nun einen Zusammenhang herstellen zu können, sind einige physiologische Aspekte zu berücksichtigen.

Die pharmakologische Wirkung des Coffeins ist zum Einen dosisabhängig, 50-200 mg wirken anregend und leistungsfördernd. Höhere Dosen rufen zum Beispiel Herzrasen und Schlaflosigkeit hervor.

Zum Anderen hat der Gerbstoffanteil sehr großen Einfluss auf die Wirkung des Coffeins.

Die etwa 20 verschiedenen Gerbstoffe in Grün- und Schwarztees wirken beruhigend auf den Magen-Darm-Trakt, zentral anregend auf das Nervensystem, harntreibend und verstopfend. Außerdem ist eine antioxidative Wirkung nachgewiesen.

Wird nun ein Tee aufgebrüht, werden Gerbstoffe und Coffein aus den Teeblättern gelöst. Das antagonistische Verhalten ist mit der beruhigenden Wirkung der Gerbstoffe zu begründen. Die Resorption des Coffeins im Magen-Darm-Trakt wird durch sie erschwert.

Bei einem Tee mit längerer Ziehzeit kann man ein zum Coffein proportional besseres Herauslösen der Gerbstoffe beobachten. Es sind also effektiv mehr Gerbstoffe als Coffein vorhanden. Die Gerbstoffe binden das Coffein und vermindern so die Aufnahme des Coffeins vermutlich wegen der extrem gesteigerten Größe des Moleküls.

[\[4\]](#) [\[6\]](#)

5-2. Fehlerquellen



Auch bei diesen Experimenten muss eine Fehlerbetrachtung gemacht werden. Allerdings ist die Einschätzung von Fehlern hier relativ schwierig.

Tee ist ein natürliches Produkt und unterliegt dementsprechend natürlichen Schwankungen.

Die im Einzelhandel erhältlichen Tees sind Zusammenstellungen verschiedener Plantagen. Je nach Wetter, Zusammenstellung oder Trocknungsverfahren unterscheiden sich die Gehalte an Coffein und Gerbstoffen extrem, auch wenn der Geschmack gleich scheint.

Das Anliegen der Produzenten ist, dem Kunden möglichst immer den gleichen Geschmack in gleicher Qualität zu bieten. Auch wenn Unterschiede beim Trinken eines Tees nicht erkennbar sind, ist er quantitativ sehr wohl auszumachen.

Sieht man von diesen sehr großen Schwankungen ab, können bei allen Bestimmungen Fehler beim Erstellen der Lösungen auftreten.

Ein weiterer grober Fehler tritt bei der Bestimmung des Gerbstoffgehaltes auf. Nach der Fällung der Gerbstoffe, müssen diese abfiltriert werden. Da der Niederschlag sehr voluminös ist, folgt dort eine Adsorption der freien Kupfer(II)-Ionen in hohem Maße. Durch Waschen des Rückstandes haben wir versucht, diesen Fehler so klein wie möglich zu halten.

Auch bei der photometrischen Bestimmung des Coffeins können Fehler auftreten. Zum Beispiel kann die Konditionierung der Säule nicht ausreichend gewesen sein. Des Weiteren ist es möglich, dass wir bei den Verdünnungen Fehler gemacht haben.

5-3. Aussichten



Um die angewendeten Methoden und Ergebnisse zu validieren, kann der Coffein- und der Gerbstoffgehalt noch auf anderem Wege bestimmt werden.

Das Coffein kann mit Chloroform aus dem Teeaufguß extrahiert werden, nachdem störende Stoffe mit Kupfer(II)sulfat, Natronlauge und Blei(II)acetat gefällt und abfiltriert werden. Die Chloroformextrakte werden am Rotationsverdampfer eingedampft und das erhaltene Trockenextrakt in destilliertem Wasser gelöst. Anschließend können die Proben im UV-Photometer vermessen werden und die Konzentration anhand einer erstellten Eichkurve bestimmt werden.

Ebenfalls anwendbar ist die maßanalytische Schnellbestimmung nach G. Prange und H. Walther.

Auch hier wird das Coffein wieder mit Chloroform und Natronlauge extrahiert und als Coffeinperiodid gefällt, welches anschließend mit Methanol aufgelöst und mit einer Thiosulfatmaßlösung unter Verwendung von Stärke titriert wird.

Eine weitere Analysenmöglichkeit bietet die HPLC (high performance/pressure liquid chromatography). Hierzu stellt man die zu analysierende Probe, wie in unserer Arbeitsmethode, mittels Festphasenextraktion her. Der Coffeingehalt kann dann mit der HPLC bestimmt werden, wozu ebenfalls eine Kalibrierung mit einer Verdünnungsreihe notwendig ist.

Die Festphasenextraktion und die Messung mittels HPLC oder UV-Photometrie stellen hierbei Methoden dar, die mit äußerst wenig Chemikalien, insbesondere unchlorierten, auskommen. Dafür lassen sich nasschemische Methoden auch in Laboratorien durchführen, die keine große Analysengeräteausstattung besitzen.

Eine vereinfachte Bestimmung des Gerbstoffgehaltes besteht darin, die zu untersuchende Probe mit Essigsäure und Ethanol zu behandeln. Nach anschließender Ammoniakzugabe verfärbt sich die Probe aufgrund von Chinonbildung rot. Diese Rotfärbung kann in einem Photometer gemessen werden und die Konzentration ebenfalls wieder an einer Kalibriergeraden abgelesen werden. Problem bei dieser Methode ist, dass Tee eine Mischung aus vielen Gerbstoffen enthält. Man müsste nun die genaue Zusammensetzung kennen um einen geeigneten Standard zur Kalibrierung zu verwenden oder man muss eben gezielt auf einen Gerbstoff hin untersuchen.

[\[7\] \[8\]](#)

6. Historischer Exkurs

Eisengallustinte wird seit dem 3. Jahrhundert v. Chr. hergestellt; sie ist tiefschwarz und dokumentenecht.

Prinzipiell kann Eisengallustinte aus sämtlichen gerbstoffhaltigen Substanzen hergestellt werden, wie zum Beispiel aus Galläpfeln, Eichenrinde oder eben auch Tee.

Dazu gibt man 5 g Tee in 200 mL siedendes Wasser und lässt den Tee weiter fünf Minuten kochen um einen hohen Anteil an Gerbstoffen zu erhalten. Zum erhaltenen Extrakt gibt man 5 g Eisen(II)sulfat, worauf sich ein schwarzer Niederschlag bildet, die Tinte. Anschließend gibt man noch 2 g fein gepulvertes *Gummi arabicum* zur Tinte, welches als Bindemittel fungiert und ein Ausflocken der Tinte verhindert.

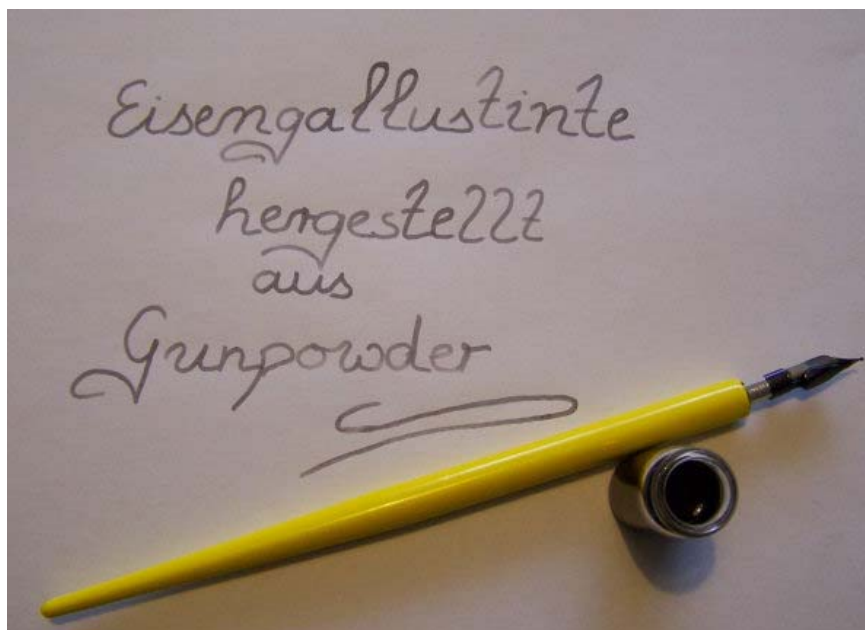
Gerbstoffe sind aromatische Polyhydroxyverbindungen, die mit Eisen(II)-Ionen schwerlösliche blauschwarze Komplexe bilden. Die eigentliche Tinte bildet sich erst auf dem Papier durch Oxidation mit dem Luftsauerstoff. Dadurch haftet die Tinte noch besser auf dem Papier, ist daher dokumentenecht. Man benutzt heute noch gerne solche Tinten für Dokumente, die dauerhaft erhalten bleiben sollen, wie zum Beispiel bei Staatsverträgen.

Eisengallustinten sind nicht für Füllfederhalter geeignet, da sie die Feder schnell verstopfen würden. Man benutzt zum Schreiben deswegen besser eine Stahlfeder. Außerdem verursacht Eisengallustinte Tintenfraß im Dokument. Das Sulfation reagiert über die Jahre hinweg mit Luftfeuchtigkeit zu Schwefelsäure, von der die Papierfasern angegriffen werden und sich dann schließlich Löcher im Papier bilden.

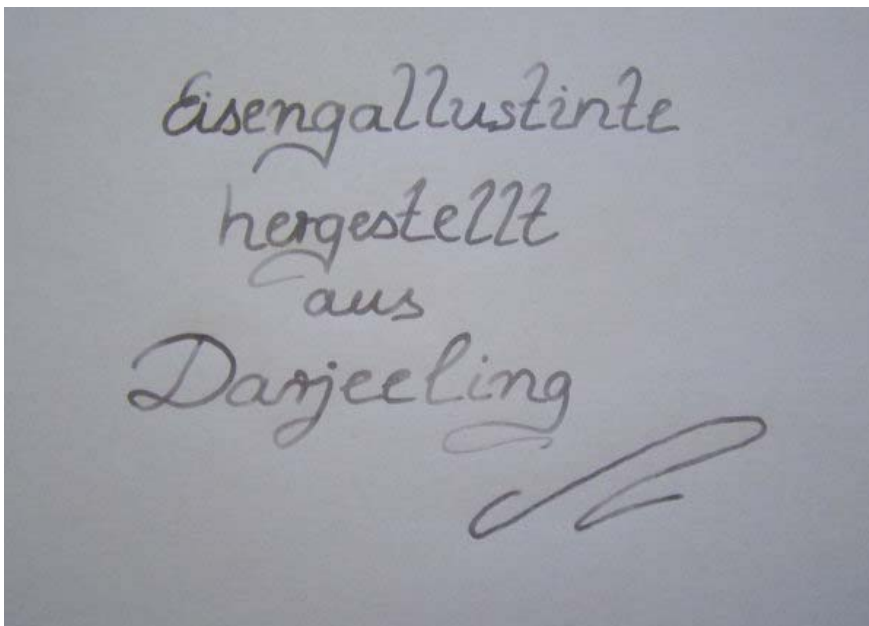
Gedankenhintergrund unseres Experimentes ist die Frage, ob man über die Intensität eine Aussage über den Gerbstoffgehalt treffen kann. Der Grüntee müsste am meisten Gerbstoffe enthalten und somit die dunkelste Tinte ergeben. Oolong hat von den drei Tees den geringsten Gerbstoffgehalt und sollte demnach eine hellere Tinte hervorbringen.

Vergleichen wir die Schriftproben der drei Tinten, können wir tatsächlich einen Unterschied feststellen. Die Tinte aus Grüntee ist am dunkelsten, gefolgt von der Darjeeling-Tinte und der Oolong-Tinte.

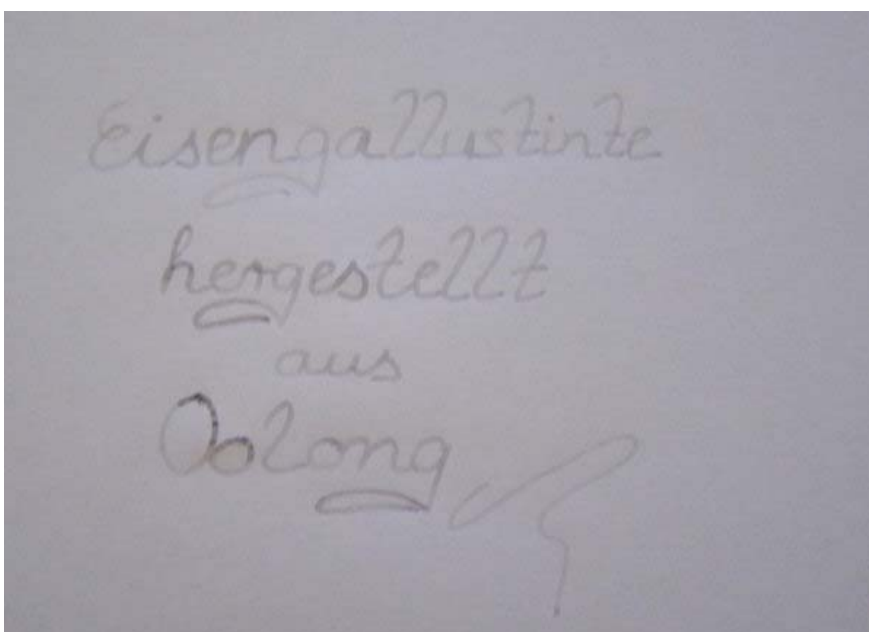
[\[10\]](#)



Schriftprobe mit Gunpowder



Schriftprobe mit Darjeeling



Schriftprobe mit Oolong

7. Quellenangaben

- [1] Feldheim, W: Tee und Teeerzeugnisse. Blackwell - Wissenschaftsverlag, Berlin 1994
- [2] Grösser, H.: Tee für Wissensdurstige. E. Albrecht Verlags-KG, Gräfling bei München 1994
- [3] Pettigrew, J: Tee. Kennen und genießen. Gondolino (1999)
- [4] Groß, A.: Tee, Übungen im Experimentalvortrag, Uni Marburg 1999
- [5] Walter, A.: Ein Buch über Tee, 2002; [13.05.2009, 00.50Uhr]
- [6] Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, Heft 6, 1997 (46), Seiten 23 ff.
- [7] [24.01.2010, 20.43 Uhr]
- [8] Rauscher, K.: Untersuchung von Lebensmitteln, VEB Fachbuchverlag Leipzig (1963) Kapitel 18.2.1.8 b, Seite 301
- [9] Rauscher, K.: Untersuchung von Lebensmitteln, VEB Fachbuchverlag Leipzig (1963) Kapitel 19.2.8, S. 316f
- [10] http://www.deutschepost.de/mlm.nf/dpag/images/p/post_und_schule/klasse_5_8/5_8_projekt_briefpapier.pdf
- [11] Quantitatives Praktikum - Technische Untersuchungen am Institut Dr. Flad



[12] Physikalisch-Chemisches Praktikum am Institut Dr. Flad

[<< zurück zur Übersicht "Beispiele für Projektarbeiten"](#)

Impressum