



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Veränderung ausgewählter Inhaltsstoffe und der sensorischen Eigenschaften von Kaffee während einer Lagerung von 10 bis 18 Monaten

Verfasserin
Bettina Plöderl

angestrebter akademischer Grad
Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, im August 2011

Studienkennzahl lt. Studienbalatt: A 474

Studienrichtung lt. Studienblatt: Ernährungswissenschaften

Betreuerin / Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

DANKSAGUNG

Zuerst möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak, die mir die Durchführung dieser Diplomarbeit ermöglicht hat, für die professionelle und gewissenhafte Betreuung bedanken.

Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Leopold J. Edelbauer, der mein Interesse an Kaffee geweckt hat. Weiters ermöglichte er mir die Teilnahme am Kaffee-Experten Kurs und am Fortbildungslehrgang zum „Diplom-Kaffeetastmelière“ an der VS Hietzing.

Herzlichen Dank auch an alle PanelistInnen, die an meinen sensorischen Untersuchungen teilnahmen.

Ebenso möchte ich mich bei allen StudienkollegInnen bedanken, die mit mir die Studien- und Diplomarbeitszeit durch gestanden haben und mir gute FreundInnen geworden sind.

Außerdem bedanke ich mich ganz herzlich bei meiner Familie und meinen Freundinnen, die mich während des ganzen Studiums begleitet und unterstützt haben. Mein größter Dank gilt hierbei meinen Eltern, die mir das Studium eigentlich ermöglicht haben und immer für mich da waren.

Linz, am 20. Oktober 2011

INHALTSVERZEICHNIS.....I

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....V

TABELLENVERZEICHNIS.....VII

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....VIII

1. Einleitung und Fragestellung 1

2. Literaturübersicht..... 2

2.1 Kaffeeepflanze.....2

2.2 Kaffeeanbau3

2.3 Anbaugebiete5

2.3.1 Brasilien.....6

2.3.2 Vietnam6

2.3.3 Kolumbien6

2.3.4 Indonesien.....7

2.3.5 Äthiopien7

2.3 Die Kaffeeernte und Aufbereitung7

2.3.1 Kaffeeernte7

2.3.2 Kaffeeaufbereitung8

2.3.2.1 Die trockene Aufbereitung9

2.3.2.2 Die nasse Aufbereitung.....10

2.4 Die Kaffeeröstung11

2.5 Lagerung von Kaffee12

2.6 Zubereitungsarten von Kaffee13

2.6.1 Türkischer Kaffee13

2.6.2 Filterkaffee.....13

2.6.3 Espresso14

2.8 Inhaltsstoffe15

2.8.1 Kohlenhydrate16

2.8.2 Proteine16

2.8.3 Lipide.....16

2.8.4	Wasser	17
2.8.5	Organische Säuren	17
2.8.6	Alkaloide.....	18
2.8.6.1	Koffein.....	19
2.8.6.2	Theobromin und Theophyllin	21
2.8.6.3	Trigonellin	21
2.8.7	Polyphenole.....	21
2.8.7.1	Chlorogensäure	22
2.8.8	Antioxidantien im Kaffee.....	23
2.8.9	Aromastoffe	24
2.9	Rechtliche Regelungen	25
2.9.1	Definitionen	25
2.9.1.1	Rohkaffee	25
2.9.1.2	Gerösteter Kaffee	26
2.9.2	Lebensmittelkennzeichnungsverordnung.....	27
2.9.2.1	Mindesthaltbarkeitsdatum	27
3.	Material und Methoden.....	28
3.1	Material.....	28
3.1.1	Probenumfang.....	28
3.1.2	Allgemeine Probenaufbereitung	29
3.2	Analytische Methoden	30
3.2.1	Bestimmung der Inhaltsstoffe Coffein, Chlorogensäure und Theobromin mittels HPLC.....	30
3.2.1.1	Erstellung der Eichgeraden.....	32
3.2.1.2	Durchführung der Analyse	36
3.2.1.3	Reproduzierbarkeit der Methode	37
3.2.2	Bestimmung der totalen antioxidativen Kapazität (TAC)	37
3.2.2.1	Herstellung der Lösungen für die Bestimmung der TAC.....	39
3.2.2.2	Durchführung der TAC-Bestimmung.....	41
3.2.2.3	Messung der TAC-Werte	43
3.2.2.4	Reproduzierbarkeit der Methode	44
3.3	Sensorische Analyse	44

3.3.1	Quantitative Deskriptive Analyse (QDA)	44
3.4	Methoden der statistischen Auswertung	48
4.	Ergebnisse und Diskussion	49
4.1	Die Veränderung der Inhaltsstoffe (Koffein, Chlorogensäure und Theobromin) des Arabica- und Robustakaffees während einer Lagerung von 10 bis 18 Monaten	49
4.1.1	Veränderung der Inhaltsstoffe von Arabica Kaffee	49
4.1.2	Die Veränderung der Inhaltsstoffe von Robusta Kaffee.....	51
4.1.3	Die Veränderung der Inhaltsstoffe während der Lagerung im Sortenvergleich (Arabica vs. Robusta)	54
4.1.3.1	Koffein.....	54
4.1.3.2	Chlorogensäure	54
4.1.3.3	Theobromin.....	55
4.2	Die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica und Robusta Kaffee während der Lagerung.....	56
4.2.1	Die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica	56
4.2.2	Die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität von Robusta	57
4.2.3	Die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität während der Lagerung im Sortenvergleich (Arabica vs. Robusta)	58
4.3	Quantitative Deskriptive Analyse von Arabica und Robusta	59
4.3.1	Vergleich des 12, 15 und 18 Monate gelagerten Arabica-Kaffees	59
4.3.2	Vergleich des 12, 15 und 18 Monate gelagerten Robusta Kaffees	61
4.3.3	Die Veränderungen der sensorischen Eigenschaften während der Lagerung im Sortenvergleich.....	64
4.3.3.1	Produktprofil des 12 Monate gelagerten Kaffees (Arabica vs. Robusta).....	64
4.3.3.2	Produktprofil des 15 Monate gelagerten Kaffees (Arabica vs. Robusta).....	65

4.3.3.3	Produktprofil des 18 Monate gelagerten Kaffees (Arabica vs. Robusta)	67
4.4	Diskussion der Laborchemischen Analyse	69
4.4.1	Koffein, Chlorogensäure und Theobromin (HPLC).....	69
4.4.2	Totale Antioxidative Kapazität (TAC).....	76
4.4.3	Quantitative Deskriptive Analyse	79
5.	Schlussbetrachtung	84
6.	Zusammenfassung	87
7.	Summary	89
8.	Literaturverzeichnis.....	91
9.	Anhang	97

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Kaffeeblüte [www.kaffeeteeverband.at, Zugriff: 04.06.2011].....3

Abbildung 2: Kaffeekirsche [www.kaffeeteeverband.at, Zugriff:04.06.2011]3

Abbildung 3: Schema der Kaffeeaufbereitung [nach WINTGENS, 2004].....9

Abbildung 4: Strukturformeln von Cafestol und Kahweol [EBERMANN und
ELMADFA, 2008]..... 17

Abbildung 5: Strukturformeln der Purinalkaloide [BALTES, 2007] 19

Abbildung 6: Strukturformeln der Chlorogensäure, Kaffee- und Ferulasäure
[BALTES, 2007]22

Abbildung 7: Eichgerade Standard Coffein 34

Abbildung 8: Eichgerade Standard Chlorogensäure 35

Abbildung 9: Eichgerade Standard Theobromin 36

Abbildung 10: Eichgerade Trolox-Standard 42

Abbildung 11: Arabica Kaffee: Veränderung von Koffein während der Lagerung
..... 50

Abbildung 12: Arabica Kaffee: Veränderung von Chlorogensäure während der
Lagerung 51

Abbildung 13: Arabica Kaffee: Veränderung von Theobromin währen der
Lagerung 51

Abbildung 14: Robusta Kaffee: Veränderung von Koffein währen der Lagerung
..... 52

Abbildung 15: Robusta Kaffee: Veränderung von Chlorogensäure während der
Lagerung 53

Abbildung 16: Robusta Kaffee: Veränderung von Theobromin während der
Lagerung 53

Abbildung 17: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von
Koffein während der Lagerung..... 54

Abbildung 18: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von
Chlorogensäure während der Lagerung 55

Abbildung 19: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von
Theobromin während der Lagerung..... 56

Abbildung 20: Arabica Kaffee: Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität während der Lagerung.....	57
Abbildung 21: Robusta Kaffee: Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität währen der Lagerung.....	58
Abbildung 22: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta: Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität während der Lagerung	59
Abbildung 23: Produktprofil von Arabica Kaffee: Veränderung der sensorischen Eigenschaften währen der Lagerung.....	61
Abbildung 24: Produktprofil von Robusta Kaffee: Veränderung der sensorischen Eigenschaften während der Lagerung.....	63
Abbildung 25: Sortenvergleich: Produktprofil von 12 Monate gelagerten Arabica und Robusta Kaffee.....	65
Abbildung 26: Sortenvergleich: Produktprofil von 15 Monate gelagerten Arabica und Robusta Kaffee.....	67
Abbildung 27: Sortenvergleich: Produktprofil von 18 Monate gelagerten Arabica und Robusta Kaffee.....	69
Abbildung 28: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Koffein während der Lagerung von 0 (frisch) bis 18 Monaten	70
Abbildung 29: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Chlorogensäure während der Lagerung von 0 (frisch) bis 18 Monaten	71
Abbildung 30: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Thjeobromin während der Lagerung von 0 (frisch) bis 18 Monaten.....	72
Abbildung 31: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung der TAC während der Lagerung von 0 (frisch) bis 18 Monaten	77
Abbildung 32: Produktprofil von Arabica: frisch geröstet vs. 18 Monate Lagerung	81
Abbildung 33: Produktprofil von Arabica: frisch geröstet vs. 18 Monate Lagerung	81

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Die totale Kaffeeproduktion der 5 größten Exportländer [www.ico.org, Zugriff: 05.06.2011].....	5
Tabelle 2: Die Phasen der Bohnenröstung [nach RÖHM, 2003].....	11
Tabelle 3: Die Röstgrade und deren Bezeichnungen [nach THORN, 1999]	12
Tabelle 4: Empfohlene Lagerdauer [nach FRANZKE, 1996]	13
Tabelle 5: Die Inhaltsstoffe von Kaffee [ILLY und VIANI, 1998 in SCHARF, 2001].....	15
Tabelle 6: Einteilung der organischen Säuren [modifiziert nach ILLY und VIANI, 1998].....	18
Tabelle 7: Einige Koffeinhaltige Pflanzen [KERSTING, 2003]	20
Tabelle 8: Die untersuchten Kaffeearten	28
Tabelle 9: Kaffeearbeitung für die Analysen	29
Tabelle 10: Geräte für die Probenbearbeitung	29
Tabelle 11: Verwendete Geräte für die Probenbearbeitung und Durchführung der HPLC-Analyse	31
Tabelle 12: Operative Kenngrößen der HPLC-Anlage	31
Tabelle 13: Benötigte Reagenzien für die HPLC-Analyse.....	32
Tabelle 14: Standard Coffein und Chlorogensäure	32
Tabelle 15: Standard Theobromin.....	33
Tabelle 16: Konzentration und Fläche des Standards - Coffein	33
Tabelle 17: Konzentration und Fläche des Standards - Chlorogensäure.....	34
Tabelle 18: Konzentration und Fläche des Standards - Theobromin	35
Tabelle 19: Reproduzierbarkeit der HPLC-Methode	37
Tabelle 20: Verwendete Geräte für TAC-Bestimmung.....	38
Tabelle 21: Verwendete Reagenzien für TAC-Bestimmung.....	39
Tabelle 22: Reagenzien für die Herstellung des PBS-Puffer	40
Tabelle 23: Pipettierschema der Standards für die TAC-Bestimmung	41
Tabelle 24: Konzentration und Extinktion der Trolox-Standard-Lösungen	42
Tabelle 25: Pipettierschema für TAC-Messung.....	43
Tabelle 26: Attributenliste für die Kaffeewertung (QDA)	45

Tabelle 27: Mittelwerte und Bereiche der Inhaltsstoffe 73

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AAPH	2,2'-azo-bis-(2methylpropionamide)-dihydrochloride	
ABTS	2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure]	
CGA	Chlorogenic Acid	Chlorogensäure
CQA	Caffeoylquinic Acid	Caffeoylchinasäure
diCQA	Dicaffeoylquinic Acid	Dicaffeoylchinasäure
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl	
FFA	Free Fatty Acids	Freie Fettsäuren
FFQ	Feruooylquinic Acid	Feruooylchinasäure
FRAP	Fluorescence Recovery After Photobleaching	
HPLC	High Performance Liquid Chromatography	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
IfEW	Institut für Ernährungswissenschaften	
ICO	International Coffee Organisation	
MW	Mittelwert	
NIR	Near-Infrared Spectroscopy	
Pkt.	Punkte	
STDABW	Standardabweichung	
TAC	Total Antioxidant Capacity	Totale Antioxidative Kapazität
TM	Trockenmasse	
TRAP	Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter	
VK	Variationskoeffizient	

1. Einleitung und Fragestellung

Kaffee ist nicht nur eines der beliebtesten Getränke der Welt sondern, nach Erdöl, auch die zweithäufigst gehandelte Ware.

Bisher war die hauptsächliche Verwendung für Kaffee die Bekämpfung der Müdigkeit und Erschöpfung sowie die Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit, die sich durch den Koffeingehalt ergeben. In jüngster Zeit erweckten viele Studien über das Antioxidative Potential das Interesse an Kaffee als gesundes Genussmittel. Doch nicht nur die antioxidative Kapazität sondern auch die typischen Inhaltsstoffe des Kaffees sind, meist in Zusammenhang mit den gesundheitlichen Aspekten, Subjekte vieler Untersuchungen.

Neben den gesundheitsfördernden Wirkungen des Kaffees spielen natürlich das Aroma und der Geschmack eine wesentliche Rolle des Kaffeegenusses. Wie lange kann jedoch gerösteter Bohnenkaffee gelagert werden ohne dass sich sein Genusswert verringert? Gesetzlich wird zwar vorgeschrieben dass auf verpackten Lebensmitteln ein Mindesthaltbarkeitsdatum angegeben werden muss, jedoch gibt es für Kaffee keine rechtlichen Grenzen. Auf den meisten Kaffeeverpackungen findet man eine Mindesthaltbarkeitsdauer zwischen 12 und 24 Monaten.

Wie wirkt sich jedoch eine längere Lagerung auf den Kaffee aus? Hat die Lagerung Einfluss auf die Inhaltsstoffe (Koffein, Chlorogensäure und Theobromin) und die Totale Antioxidative Kapazität? Und wenn ja, wie sehen dies Veränderungen aus? Inwiefern verändern sich Geschmack/Flavour und Geruch? Um auf diese Fragen eine Antwort zu finden, wurden in vorliegender Arbeit die Veränderungen von Kaffeegetränk, zubereitet aus 10 bis 18 Monate gelagerten Kaffeebohnen, beobachtet.

2. Literaturübersicht

2.1 Kaffeepflanze

Die Kaffeepflanze gehört zur Pflanzengattung *Coffea*, welche zur Familie der Rubiaceen, auch Krappgewächse genannt, zählt. Diese umfasst mehr als 500 Gattungen und 600 Arten. Die meisten davon sind tropische Bäume und Sträucher, in unseren Breitengraden werden diese durch das Labkraut und den Waldmeister vertreten. Es gibt zahlreiche Sorten in der Gattung *Coffea*, doch von wirtschaftlicher Bedeutung sind im Wesentlichen zwei Sorten: *Coffea arabica* mit einem Anteil von 70% der Weltkaffeeproduktion und *Coffea canephora* (Robusta) mit knapp 30% [THORN, 1999; TEUFL und CLAUSS, 1998].

Der weltweit beliebte Kaffee wächst auf Sträuchern oder Bäumen, die eine Höhe von vier Metern erreichen können. In den Kaffeepflanzungen werden die Pflanzen jedoch durch häufigen Schnitt in Strauchhöhe gehalten.

Eine botanische Besonderheit dieser Pflanze ist es, gleichzeitig zu blühen und Früchte (Kaffeekirschen) zu tragen. Die kleinen weißen Blüten (Abbildung 1) sitzen in den Achseln der Blätter als Trugdolden zusammengefasst. Sie erinnern in Duft und Aussehen an Jasminblüten und fallen nach circa drei Tagen Blütezeit wieder ab. Die glänzenden Blätter der Kaffeepflanze weisen eine dunkelgrüne Farbe auf und befinden sich gegenüberliegend gepaart am Blattstiel. Die Früchte der Kaffeepflanze sind kirschenähnliche Steinfrüchte (Kaffeekirsche), die während der Reifezeit ihre Farbe von grün über gelb zu rot wechseln. Sie enthalten in der Regel zwei Steinkerne, die mit ihren abgeflachten Seiten zueinander liegen. Wenn sich nur eine Bohne entwickelt wird diese als Perlbohne bezeichnet, da sie eine runde Form hat [THORN, 1999; TEUFL und CLAUSS, 1998; WINTGENS, 2004].

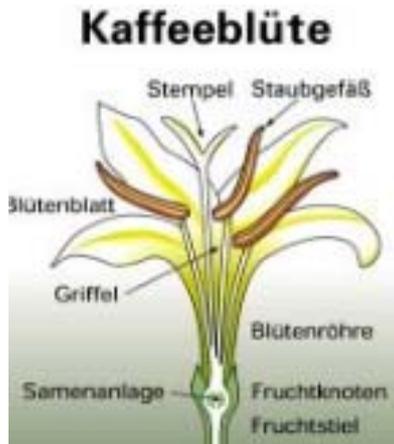


Abbildung 1: Kaffeeblüte [www.kaffeeteeverband.at, Zugriff: 04.06.2011]

Unter der Kirschhaut und dem Fruchtfleisch, auch Pulpe genannt, befindet sich der Stein, der die vom Endosperm eingeschlossenen Samen (Kaffeebohnen) enthält. Diese Samen sind von einer dünnen Samenschale, dem Silberhäutchen, umhüllt (Abbildung 2) [EDELBAUER, 2003].



Abbildung 2: Kaffeekirsche [www.kaffeeteeverband.at, Zugriff:04.06.2011]

2.2 Kaffeeanbau

Die optimale Kultivierung von Kaffeepflanzen in Plantagen ist von vielen Faktoren abhängig, da diese hohe Anforderungen an ihre Umgebung stellen. Um eine hervorragende Qualität und hohe Erträge zu erzielen, spielen

geographische und klimatische Bedingungen (Temperatur, Niederschläge, Sonnenschein, Wind) sowie die Bodenbeschaffenheit und die Höhenlage eine wichtige Rolle. Die am häufigsten angebauten Kaffeesorten (Arabica, Robusta), stellen allerdings unterschiedliche Ansprüche an die oben genannten Faktoren. Die besten geographischen Bedingungen für den Kaffeeanbau sind in einem Gürtel rund um den Äquator, zwischen dem Wendekreis des Krebses und des Steinbocks, zu finden. Auch in diesem Punkt unterscheiden sich die optimalen Voraussetzungen für Arabica- und Robusta-Sorten. Während der kälteempfindlichere Robusta am besten zwischen dem 10. Breitengrad nördlich und südlich des Äquators gedeiht, wird der Arabicakaffee zwischen dem 23. Grad nördlicher und 25. Grad südlicher Breite angebaut.

Für das Gedeihen der Kaffeepflanze spielt die durchschnittliche Jahrestemperatur eine große Rolle. Für Arabica Kaffee ist eine Durchschnittstemperatur von 15–25° Celsius optimal, während die Robusta Sorte zwar mehr Hitze verträgt, jedoch frostempfindlicher ist. Zu tiefe Temperaturen (unter 11° Celsius) gefährden das Wachstum beider Kaffeesorten und Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes richten nachhaltige Schäden an.

Für einen nutzbringenden Anbau der Kaffeepflanze ist die Höhe der durchschnittlichen Niederschlagsmenge und der Grad der Luftfeuchtigkeit ebenfalls von großer Bedeutung. Während der Arabica-Kaffee eine jährliche Niederschlagsmenge von 1.000 – 1.500 mm benötigt, bevorzugt der Robusta eine höhere Niederschlagsmenge von 2.000 mm und eine höhere Luftfeuchtigkeit als Arabica-Kaffee, da dieser bei feuchtwarmer Luft krankheitsanfällig ist.

Da die Kaffeepflanze auch gegenüber einem Übermaß an Wind und Sonnenschein empfindlich ist, werden schattenspendende Bäume und windabhaltende Hecken zwischen die Kaffeepflanzen und rund um die Plantagen gesetzt.

Auch an die Beschaffenheit des Bodens stellen beide Kaffeesorten hohe Ansprüche. Der Boden sollte tiefgründig, locker, gut belüftet, durchlässig und humusreich sein. Ehemalige Urwaldböden sowie Böden die durch Verwitterung

von vulkanischem Gestein entstanden sind, bieten der Kaffeepflanze gute Voraussetzungen.

Die Kaffeepflanze wird gerne als Hochlandgewächs bezeichnet. Dies gilt vor allem für die Kaffeesorte Arabica, da diese hauptsächlich in Lagen von 600 bis 1200 Höhenmetern über dem Meeresspiegel am besten gedeihen. Je höher die Lage ist, desto langsamer wächst die Pflanze und umso besser ist in der Regel die Qualität. Dies spiegelt sich vor allem in der feinen Säure und des hervorragenden Geschmacks wieder. Robusta-Sorten hingegen wachsen am besten in Höhenlagen zwischen 300 und 800 m über dem Meeresspiegel [EDELBAUER, 2003; TEUFL und CLAUSS, 1998; www.kaffeeteeverband.at, Zugriff: 04.06.2011].

2.3 Anbauggebiete

Kaffee wird weltweit in einem Gürtel rund um den Äquator angebaut. Von West nach Ost gereiht findet man die Kaffeepflanzungen in Süd- und Mittelamerika, Afrika, Indien, Indonesien, Südchina bis in den Norden Australiens. Die Hauptanbauggebiete von Arabica sind Brasilien, Kolumbien, Äthiopien, Mexiko sowie die Staaten Zentralamerikas. Robusta wird vor allem in Indonesien, im Nordosten Brasiliens, an der Elfenbeinküste, in Vietnam und Uganda angebaut [TEUFL und CLAUS, 1998].

Die fünf mengenmäßig größten Exportländer sind in nachfolgender Tabelle (Tabelle V) aufgelistet.

Tabelle I: Die totale Kaffeeproduktion der 5 größten Exportländer [www.ico.org, Zugriff: 05.06.2011]

Produktionsländer	Kaffeesorten	Erntezeitraum	Totale Produktion (Säcke á 60kg)
Brasilien	Arabica/Robusta	April – März	48.095.000
Vietnam	Robusta	Okt. – Sept.	18.500.000
Kolumbien	Arabica	Okt. – Sept.	9.200.000
Indonesien	Robusta/Arabica	April – März	8.500.000
Äthiopien	Arabica	Okt. – Sept.	7.450.000

2.3.1 Brasilien

Brasilien ist der größte Kaffeeproduzent der Welt mit rund vier Millionen Kaffeebäumen. Bei der Vielzahl an Kaffeesorten, die in den einzelnen Regionen erzeugt werden, gibt es große qualitative und geschmackliche Unterschiede. Es wird sowohl Robusta als auch Arabica angebaut. Die Arabica Sorten werden weiters in ungewaschene auch „Brazils“ genannt, in gewaschene auch „Milds“ genannt und in harten Kaffee eingeteilt. Die meisten Plantagen liegen in den Regionen Paraná, São Paulo, Minas Gerais und Espírito Santo. Harter Kaffee ist von karbolähnlichem Geruch und Geschmack/Flavour und stammt vorwiegend aus der Region Minas Gerais. Der qualitativ hochwertigste und im Geschmack/Flavour mildeste Arabica wird in der Region Espírito Santo angebaut [THORN, 1999; EDLBAUER, 2003].

2.3.2 Vietnam

Seit französische Missionare im 19. Jahrhundert die ersten Kaffeegewächse von Indonesien nach Vietnam brachten, hat sich eine starke Kaffeeproduktion entwickelt. Heute steht Vietnam an zweiter Stelle der kaffeeproduzierenden Länder. Erzeugt werden hauptsächlich Robusta- Sorten mit ausgewogenem Aroma und mittlerer Qualität, die vor allem für Mischungen verwendet werden [TEUFL und CLAUS, 1998; www.ico.org, Zugriff: 05.06.2011].

2.3.3 Kolumbien

Der drittgrößte Kaffeeproduzent ist Kolumbien, vor allem das größte Erzeugerland für Arabicabohnen und weltweit der größte Exporteur für gewaschenen Kaffee. In Kolumbien wird nur Arabica mit Spitzenqualität erzeugt, der ein volles Aroma und einen sehr ausgewogenen Geschmack besitzt [THORN, 1999].

2.3.4 Indonesien

Indonesien, der viertgrößte Kaffeeproduzent, liefert vor allem Robusta-Sorten von eher durchschnittlicher Qualität. Ausnahmen sind die Arabica-Sorten aus Java und Sulawes, die über einen vollen Körper und ein exzellentes Aroma verfügen [THORN, 1999; TEUFL und CLAUS, 1998].

2.3.5 Äthiopien

Äthiopien, das Geburtsland des Kaffees, ist auch heute noch eines der wichtigsten Erzeugerländer von Arabica Kaffee und Hauptexporteur der afrikanischen Staaten. Der dort angebaute Kaffee zählt zu den qualitativ besten Sorten der Welt und hat einen unverwechselbaren Geschmack [THORN, 1999; TEUFL und CLAUS, 1998].

2.3 Die Kaffeeernte und Aufbereitung

2.3.1 Kaffeeernte

Bei der Kaffeeernte werden drei verschiedene Methoden unterschieden: „Picking“, „Striping“ oder maschinelle Pflückung. Wobei die Pick-Methode, auch als selektive Pflückung bezeichnet, speziell für nass aufbereiteten Arabica Kaffee von bester Qualität verwendet wird. Bei dieser Methode werden nur die reifen Kirschen einzeln mit der Hand gepflückt, was ein anschließendes Sortieren überflüssig macht. Bei der „Strip-Pflückung“ werden die Kaffeekirschen in einem Zug von den Zweigen abgestreift, unabhängig vom Reifegrad der verschiedenen Kirschen. Deshalb müssen die Kirschen im Nachhinein sortiert werden, wobei nur die reifen Kirschen weiterverarbeitet werden und von Blättern gesäubert werden müssen. Diese Art der Ernte wird vor allem für Robusta-Kaffee und Arabica-Kaffee eingesetzt, der für die trockene Aufbereitung bestimmt ist. Die maschinelle Ernte wird nur in großen brasilianischen Plantagen eingesetzt, da an anderen Orten ein Einsatz von Maschinen durch die Lage meist nicht möglich ist.

Die Ernte findet meist einmal jährlich statt, wobei in Regionen nördlich des Äquators in der Zeit von September bis Dezember, und in Regionen südlich des Äquators von April bis August geerntet wird. In äquatornahen Ländern können die Kaffeebohnen das ganze Jahr über abgepflückt werden, wobei die Kaffeekirschen, wegen ihrer nur sehr kurzen Lagerfähigkeit, so schnell wie möglich aufbereitet werden müssen. [EDELBAUER, 2003; TEUFL und CLAUSS, 1998; www.kaffeeteeverband.at, Zugriff: 04.06.2011].

2.3.2 Kaffeeaufbereitung

Die beiden bekanntesten Methoden der Kaffeeaufbereitung sind die trockene und die nasse Aufbereitung. In manchen Produktionsländern wird seit neuestem eine Kombination von den oben genannten Methoden, die halbtrockene, angewandt (Abbildung 3). Welche Art eingesetzt wird hängt vor allem vom Wasservorrat der Region ab, aber auch vom Pflanzentyp und den Arbeitskosten. Das ältere und auch preiswertere Verfahren ist, die auch ostindisch genannte, trockene Aufbereitung. Sie wird vor allem für Robusta-Sorten verwendet, aber auch für Arabicakaffee aus Brasilien und Äthiopien. Für qualitativ hochwertige Kaffeesorten, dazu gehören fast alle Arabicasorten, ist die nasse Aufbereitung die erste Wahl [THORN, 1999; WINTGENS, 2004].

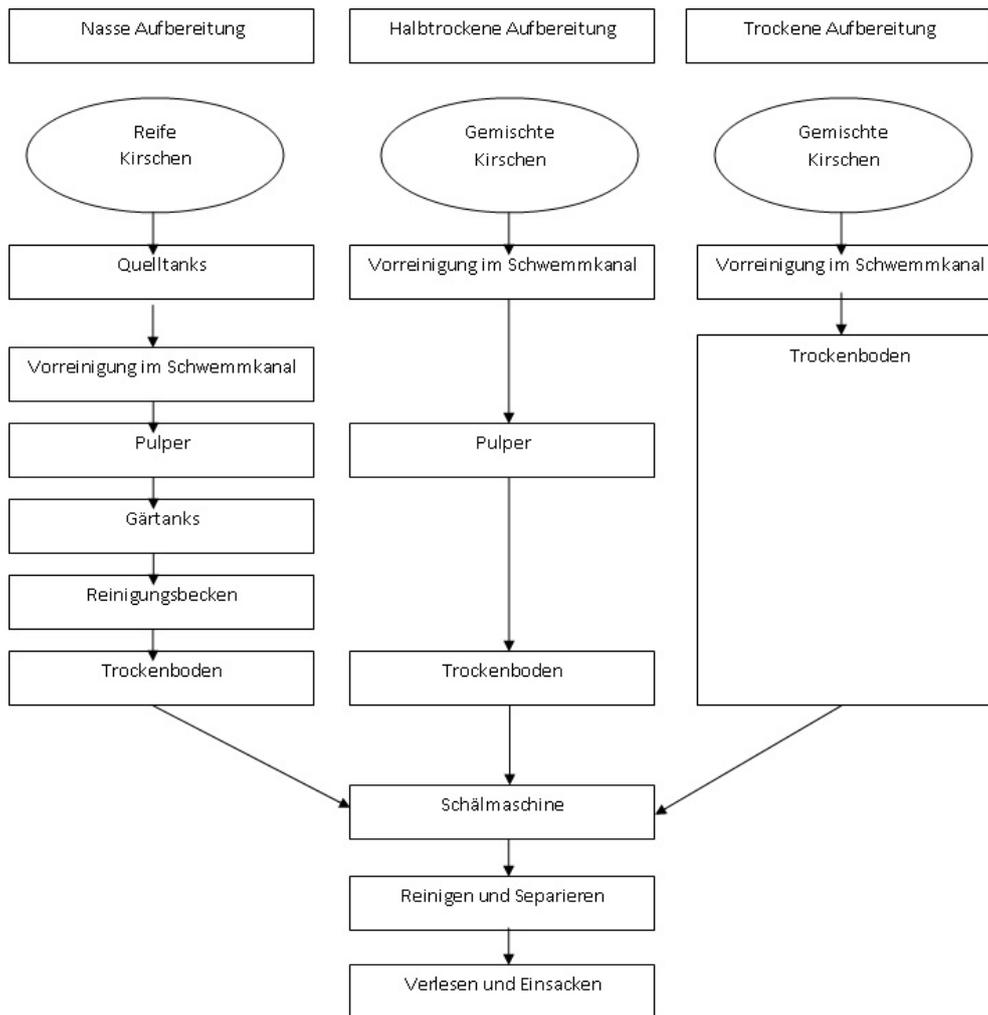


Abbildung 3: Schema der Kaffeeaufbereitung [nach WINTGENS, 2004]

2.3.2.1 Die trockene Aufbereitung

Hierbei werden die ganzen Kaffeeirschen so lange getrocknet, bis die enthaltenen Bohnen nur mehr eine Restfeuchtigkeit von circa 12 % aufweisen und sich ohne Rückstände herausschälen lassen. Oft wird der Kaffee in einem Schwemmkanal vorgereinigt, um Steine, Blätter oder Äste auszusortieren, bevor er auf Trockenböden oder Trockenhorden ausgebreitet wird. Die ausgebreitete Schicht darf nicht zu dick sein. Die Kirschen müssen nicht nur ständig bewegt und gewendet werden, sondern auch vor Regen und zu starken Temperaturschwankungen geschützt werden. Die Dauer bis die Kirschen den richtigen Trockengrad erreichen, also „rappeldürr“ sind, beläuft sich auf in etwa fünf Wochen, danach werden diese in einer Schälmaschine enthülst. Hierbei

wird das trockene Fruchtfleisch aufgerissen und durch Quetschen abgetrennt, sowie die Pergamenthaut und das Silberhäutchen entfernt [THORN, 1999; EDELBAUER, 2003].

2.3.2.2 Die nasse Aufbereitung

Wird der Kaffee nass aufbereitet, gelangt er im Idealfall innerhalb von zwölf Stunden in sogenannte Quell tanks, um das Fruchtfleisch, auch Pulpe genannt, aufgehen zu lassen. Danach werden die Kirschen über Schwemmkanäle, die auch der Vorreinigung dienen, zum Entpulper weitergeleitet. Diese Maschine arbeitet mit einem Walzensystem, wobei die Kirschen gegeneinander gepresst werden und so das Fruchtfleisch abgequetscht wird. Ebenfalls über Schwemmkanäle erreichen die Rohbohnen als nächste Station den Gärtank, in dem die Fermentation durch die im Kaffee vorhandenen Enzyme abläuft. Dieser Vorgang bestimmt die Qualität des gewaschenen Kaffees, da während der Gärung viele chemische Veränderungen vorgehen, die für die Geschmacksbildung von großer Bedeutung sind. Nach Abschluss der Fermentation (Gärprozess) muss der Kaffee in Reinigungsbecken gewaschen werden, um die Bohnen von den verbliebenen Resten des Fruchtfleisches zu säubern. Sie werden unter ständigem Wasserzufluss so lange gespült, bis sie nur noch von einer sauberen Hornschale umgeben sind. Diese Schale trägt auch den Namen Pergamino, wovon sich der Name Pergamentkaffee ableitet, wie er in diesem Stadium der Aufbereitung genannt wird. Im Anschluss daran wird der Kaffee, wie bei der trockenen Methode, auf 12% Restfeuchtigkeit herunter getrocknet. Das Trocknen dauert hierbei etwa 14 Tage und geschieht auf Trockenplätzen, Trockenhorden oder maschinell in Trockenöfen. Im nächsten Arbeitsschritt wird der Kaffee in der Schälmaschine von der Pergamenthülle und dem Silberhäutchen getrennt. Hochwertige Kaffeesorten werden zusätzlich noch poliert [WINTGENS, 2004; HESSMANN-KOSARIS, 2006; THORN, 1999; EDELBAUER, 2003].

2.4 Die Kaffeeröstung

Erst durch die Röstung erhält der Kaffee seinen typischen Charakter. Vor allem durch Maillard-Reaktionen aber auch anderen chemischen Umlagerungen, werden sein komplexes Aroma, der vollmundige Geschmack/Flavour und seine braune Farbe ausgebildet. Er wird in den Verbraucherländern in rotierenden Trommeln bei Temperaturen bis zu 220 Grad Celsius geröstet, wobei die Dauer und die Temperatur ständig kontrolliert werden muss. Der Röstvorgang wird in vier Phasen eingeteilt, in denen die Kaffeebohnen unterschiedliche Veränderungen durchlaufen (Tabelle II).

Tabelle II: Die Phasen der Bohnenröstung [nach RÖHM, 2003]

Phasen	Bezeichnung	Temperatur	Vorgänge
Phase 1	Trocknung	50-100°C	Wasserentzug
Phase2	Entwicklung	150°C	Volumenzunahme
Phase3	Zersetzung	>180-200°C	Aromaentwicklung durch Veränderung der Inhaltsstoffe
Phase 4	Vollröstung	200-220°C	

In der Trocknungsphase, bei Temperaturen bis zu 100°C, verliert die Bohne den Großteil des noch vorhandenen Wassers. Während der anschließenden Entwicklungsphase schwellen die Bohnen an, da sich im Inneren Gase bilden. Erst in der dritten Phase beginnt die Ausbildung der Aromastoffe durch komplexe chemische Umwandlungen der Inhaltsstoffe. Der Fettgehalt der Bohnen nimmt zu, während die im Rohkaffee enthaltenen Kohlenhydrate und Aminosäuren im Rahmen der Maillard-Reaktion komplexe aromatische Verbindungen bilden und auch die charakteristische Färbung entsteht. Zeitgleich kann die Bohne das doppelte Volumen erreichen, wobei die Zellen aufplatzen. In der letzten Phase ist es wichtig, die Röstung im richtigen Moment abubrechen, welcher je nach gewünschtem Röstgrad variiert (Tabelle III).

Tabelle III: Die Röstgrade und deren Bezeichnungen [nach THORN, 1999]

Röstgrade	Bezeichnungen
Helle Röstung	Zimt-Röstung
Mittlere Röstung	Frühstücks-Röstung, amerikanische Röstung
Starke Röstung	Wiener Röstung, helle französische Röstung
Doppelte Röstung	Continental-Röstung, französische Röstung
Italienische Röstung	Espresso-Röstung

Unmittelbar nach dem Rösten müssen die Bohnen auf speziellen Sieben abgekühlt werden, um ein Nachrösten zu verhindern. Dies geschieht vorzugsweise mit Luft, denn beim sogenannten „Spritzen“, also abkühlen durch Wasser, wird die Kaffeequalität beeinträchtigt [RÖHM, 2003; THORN, 1999; EDELBAUER, 2003].

2.5 Lagerung von Kaffee

Im Gegensatz zu geröstetem Kaffee, kann Rohkaffee relativ lange gelagert werden, ohne dass er durch Alterungsprozesse Qualitätseinbußen in Aroma und Geschmack erfährt. Geröstete Kaffeebohnen sind gegenüber Feuchtigkeit und Sauerstoff relativ empfindlich und sollten deshalb unter den richtigen Bedingungen und nicht zu lange gelagert werden. Bei gemahlenem Kaffee schreitet die Alterung durch die größere Oberfläche noch schneller fort. Die Wahl der richtigen Verpackung ist sehr wichtig. Diese muss den Kaffee vor der Einwirkung von Luft, Hitze, Licht und Feuchtigkeit schützen. Heutzutage werden spezielle Einweg-Schlauchtüten mit „Aromaschutz“ verwendet, worin die Bohnen so schnell wie möglich nach dem Rösten verpackt werden. Diese Vakuamtüten sind mit einem speziellen Ventil versehen, damit das aus den Bohnen frei gesetzte Kohlendioxid entweichen kann, jedoch Sauerstoff von außen nicht in die Verpackung eindringen kann. Nach dem Öffnen der Verpackung muss der Kaffee kühl (unter 20°C), trocken und Luftdicht aufbewahrt werden und sollte so schnell wie möglich verbraucht werden, um Qualitätseinbußen zu verhindern [FRANZKE, 1996; THORN, 1999; EBERMANN und ELMADFA, 2008].

Nachfolgende Tabelle (Tabelle IV) zeigt die empfohlene Lagerdauer diverser Verarbeitungsstufen von Kaffee.

Tabelle IV: Empfohlene Lagerdauer [nach FRANZKE,1996]

Rohkaffee	1 – 3 Jahre
Gerösteter Kaffee (nicht Vakuumverpackt)	8 – 10 Wochen
Gemahlener Kaffee (Vakuumverpackt)	6 – 8 Monate
Gemahlener Kaffee (angebrochene Verpackung)	1 – 2 Wochen

2.6 Zubereitungsarten von Kaffee

Je nach Zubereitungsart müssen unterschiedliche Vorbereitungen getroffen werden, um einen guten Kaffee zu erhalten. Die Kaffeesorte sollte sorgfältig gewählt werden, da dies maßgeblich zur Qualität des fertigen Getränks beiträgt. Ebenso spielen der richtige Mahlgrad, die Wasserqualität, die Dosierung des Pulvers und der Wassermenge sowie die Durchlaufzeit eine große Rolle. Vor allem der Mahlgrad variiert stark bei den verschiedenen Zubereitungsarten von sehr fein über mittel bis hin zu sehr grob [THORN, 1999; EDELBAUER, 2003].

2.6.1 Türkischer Kaffee

In der Türkei, Griechenland und vielen orientalischen Ländern wird der Kaffee noch genauso zubereitet wie das erste Kaffeegetränk. Bei dieser Methode wird sehr fein gemahlene Kaffeepulver in einem Messing- oder Kupferkännchen mit kaltem Wasser angesetzt. Diese Mischung wird danach traditionell dreimal bis zum Sieden erhitzt und nach Ziehen und Absetzen in Tassen gefüllt [THORN, 1999; EBERMANN und ELMADFA, 2008].

2.6.2 Filterkaffee

Die von dem Franzosen M. de Belloy erfundene Tröpfel- oder Filtersystem genannte Methode ist weltweit eine sehr beliebte Art der Zubereitung. Das

Prinzip dieser Methode ist relativ einfach und besteht darin, dass heißes Wasser über das körnig gemahlene Kaffeepulver gegossen beziehungsweise getropft wird. Hierbei wird zwischen manueller und maschineller Filterung unterschieden sowie Einweg- und Dauerfilter. Die typischen Einwegfilter sind Papierfilter, wie sie in den meisten üblichen Filtermaschinen vorzufinden sind. Für Dauerfilter werden die unterschiedlichsten Materialien verwendet. Sie können aus Kunststoff, Metall oder Porzellan bestehen. Letztgenanntes Material ist typisch für die Karlsbader-Kanne mit der sehr milder und bekömmlicher Kaffee zubereitet werden kann. Die gewünschte Stärke des Kaffees kann bei der Filtermethode sehr leicht über die Dosierung des Kaffeepulvers und des Wassers eingestellt werden. Eine Empfehlung lautet 10 g Kaffeepulver pro Tasse plus 6 g Kaffeepulver für jede weitere Tasse [THORN, 1999; EDELBAUER, 2003].

2.6.3 Espresso

Das Wort Espresso stammt von dem italienischen Verb „esprimere“ das ins Deutsche übersetzt „ausdrücken“ bedeutet. Mit diesem Begriff wird ein ausdrücklich für den Gast zubereitetes Gericht bezeichnet. Dies passt zu den Anfängen des Kaffeegetränks in Italien, als er nur an der Bar ausgeschenkt wurde. Im deutschen Sprachraum wird das Wort Espresso gerne mit dem Begriff „unter Druck gebracht“ übersetzt. Diese Übersetzung sagt viel über diese Methode aus, da Espresso unter großem Druck bei hohen Temperaturen von ca. 90°C zubereitet wird [www.kaffeewiki.de, Zugriff: 05.06.2011; THORN, 1999]. Dabei presst eine Maschine erhitztes Wasser unter Hochdruck durch das stark komprimierte, sehr fein gemahlene Kaffeemehl. Das Ergebnis dieses Prozesses ist ein konzentriertes Getränk mit einem starken Körper und intensivem Aroma. Um einen guten Espresso zu gewinnen, spielen viele Faktoren wie die Aufbereitung der Bohnen, die gewählte Kaffeesorte, der Röstgrad (dunkle Röstung) eine große Rolle. Außerdem wirken sich die richtige Wassertemperatur und ein gut eingestellter Druck auf die Qualität und die typische „Crema“ aus. Dies ist eine dünne Schicht aus Schaum, die ein Zeichen

für gute Qualität des Kaffeegetränks ist [TEUFL und CLAUS, 1998; ESTEBAN-DIEZ et.al, 2004].

2.8 Inhaltsstoffe

Die Menge der Inhaltsstoffe im Kaffee variiert sehr stark und hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Dazu zählen die Kaffeesorte, das Anbauland, das Alter des Kaffees, die Röstung und auch die Zubereitungsart. Deshalb kann man bei Angaben von Inhaltsstoffen immer nur von Mittelwerten ausgehen [EDELBAUER, 2003; TEUFL und CLAUS, 1998].

Nachfolgende Tabelle (Tabelle V) liefert eine Auflistung der Inhaltsstoffe der Sorten Arabica und Robusta vor und nach der Röstung.

Tabelle V: Die Inhaltsstoffe von Kaffee [ILLY und VIANI, 1998 in SCHARF, 2001]

Inhaltsstoffe (% Trockenmasse)	Arabica		Robusta	
	Grün	Geröstet	Grün	Geröstet
Kohlenhydrate	58,9	38,3	60,8	42,3
Proteine	9,8	7,5	9,5	7,5
Freie Aminosäuren	0,5	0	0,8	0
Lipide	16,2	17	10	11
Wasser	8-12	0-5	8-12	0-5
Aliphatische Säuren	1,5	2,4	1,6	2,6
Chlorogensäure	6,5	2,5	10	3,8
Koffein	1,2	1,3	2,2	2,4
Trigonellin	1	1	0,7	0,7
Mineralien	4,2	4,5	4,4	4,7
Flüchtige Aromastoffe	In Spuren	0,1	In Spuren	0,1
Karamelisierungs- und Kondensationsprodukte		25,4		25,9
Total	100	100	100	100

2.8.1 Kohlenhydrate

Die Kohlenhydrate, die mit ca. 60% den größten Anteil der Inhaltsstoffe der grünen Bohnen ausmachen, verändern sich durch die Röstung entscheidend. Geröstete Kaffeebohnen enthalten etwa 40% Kohlenhydrate, und bestehen zu einem Viertel aus wasserlöslichen und zu drei Viertel aus unlöslichen Polysacchariden (Cellulose, Arabane, Galactane, Mannane). Monosaccharide und das Disaccharid Saccharose kommen in den gerösteten Kaffeebohnen nur in Spuren vor. Die löslichen Polysaccharide werden während des Röstprozesses abgebaut oder im Rahmen der Maillard-Reaktion in farb- aroma- und geschmacksgebende Verbindungen umgewandelt [RÖHM, 2003; EBERMANN und ELMADFA, 2008; EDELBAUER, 2003].

2.8.2 Proteine

Von den ca. 10% in der Kaffeebohne enthaltenen Proteinen, liegt etwa ein Drittel in gebundener Form vor, der Rest besteht überwiegend aus gelösten Enzymen, die einen Einfluss auf die Fruchtentwicklung haben. Auch freie Aminosäuren, wie Methionin und Cystein, und biogene Amine wie Spermidin, Putrescin und Spermin sind in den Bohnen enthalten. Sie werden durch das Rösten zerstört, wobei heterozyclische Verbindungen entstehen, die für das Röstaroma wichtig sind. Ein Teil dieser Verbindungen kann bei zu langer und unsachgemäßer Lagerung entweichen und der Kaffee wird schal [RÖHM, 2003; EBERMANN und ELMADFA, 2008].

2.8.3 Lipide

Der Gehalt an Lipiden in geröstetem Kaffee liegt bei ca. 17% bei Arabica-Bohnen und etwa um 11% bei Robusta. Den größten Teil der Lipide machen mit 75% Triglyceride aus, während freie Fettsäuren nur zu etwa einem Prozent vorkommen. Am höchsten sind hierbei die Gehalte von Linolsäure, Linolensäure, Palmitinsäure und Ölsäure [VILA et. al, 2005; EBERMANN und ELMADFA, 2008].

Besonders der Anteil an Ölen und Wachsen beeinflusst die Qualität des Kaffees. Öle verleihen der Bohne ein besseres Aussehen, sind jedoch für die Haltbarkeit von Nachteil, da sie bei längerer Lagerung dem Kaffee einen

ranzigen Geschmack verleihen. Die Wachse werden beim Polieren bestmöglich entfernt, da sich anhaftende Reste beim Rösten in Indole und Kresole umwandeln, die sich negativ auf das Aroma auswirken [RÖHM, 2003].

Gemeinsam mit den Lipiden kommen auch verschiedenste Phytosterine vor. Von großer Bedeutung sind die Diterpene Cafestol und Kahweol (Abbildung 4). Sie haben zwar eine antioxidative Wirkung und können so vor Darmkrebs schützen, sind aber auch an der Erhöhung des LDL-Cholesterinspiegels beteiligt [EBERMANN und ELMADFA, 2008].

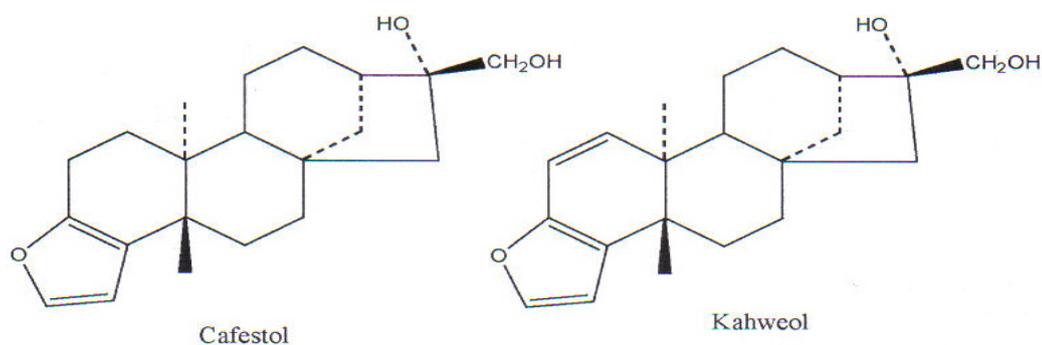


Abbildung 4: Strukturformeln von Cafestol und Kahweol [EBERMANN und ELMADFA, 2008].

2.8.4 Wasser

Der Gewichtsverlust der Bohnen während des Röstvorgangs ist in erster Linie auf das Verdunsten von Wasser zurückzuführen. Während der Wassergehalt bei grünem Kaffee zwischen 8-12% liegt, sinkt er beim Rösten auf 0,5-2,5%. Nach dem Rösten nimmt der Kaffee wieder Feuchtigkeit auf, der gesetzlich vorgeschrieben Wert von 5% Wasser darf jedoch nicht überschritten werden [EDELBAUER, 2003].

2.8.5 Organische Säuren

Die enthaltenen Säuren bestimmen die Geschmacksfülle und die Bekömmlichkeit des Kaffees. Vor allem durch den Grad der Röstung kann der Gehalt an Säuren sehr unterschiedlich sein. Röstet man zu lange wird die Säure fast vollständig verbrannt und der Kaffee schmeckt flach. Durch eine zu

kurze Röstung kann zu viel Säure im Kaffee enthalten sein. Dies wirkt sich ebenfalls negativ auf den Geschmack aus und kann sich bei empfindlichen Personen in Form von Magenbeschwerden auswirken. Neben ihrem Einfluss auf den Geschmack werden den Säuren auch verdauungsfördernde Eigenschaften nachgewiesen. Bis zu 80 verschiedene Säuren sind in der Kaffeebohne enthalten, wobei die Chlorogensäure den Hauptanteil ausmacht. Des Weiteren findet man noch Zitronen-, Essig-, Apfel- und Chinasäure im Kaffee [TEUFL und CLAUS, 1998].

Eine Einteilung der organischen Säuren im Kaffee ist in nachfolgender Tabelle (Tabelle VI) ersichtlich:

Tabelle VI: Einteilung der organischen Säuren [modifiziert nach ILLY und VIANI, 1998]

Untergruppe	Säuren
Flüchtige, aliphatische Säuren	Ameisensäure, Essigsäure
Nichtflüchtige, aliphatische Säuren	Milchsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Brenztraubensäure
Nichtflüchtige Phenolkarbonsäuren und ihre Chinasäureester	Chlorogensäure und deren Derivate

2.8.6 Alkaloide

Die in der Kaffeebohne enthaltenen Alkaloide werden in Purin- (Abbildung 5) und Pyridinalkaloide eingeteilt. Das wichtigste und mengenmäßig bedeutendste Purinalkaloid ist Koffein. Zu dieser Gruppe zählen auch Theobromin, Theophyllin und Allantoin. Das bedeutendste Pyrimidinalkaloid ist Trigonellin, daneben ist auch ein geringer Anteil an Nicotinsäure im Kaffee vorhanden [EBERMANN und ELMADFA, 2008].



Abbildung 5: Strukturformeln der Purinalkaloide [BALTES, 2007]

2.8.6.1 Koffein

Der chemisch am besten untersuchte und bedeutendste Wirkstoff im Kaffee ist Koffein. Die exakte chemische Bezeichnung lautet 1,3,7-Trimethylxanthin. Erstmals wurde Koffein 1820 von dem Chemiker F. Runge isoliert, das im Reinzustand ein farb- und geruchloses, leicht bitter schmeckendes Pulver ist. Für die Bitterkeit des Kaffeegetränks ist Koffein entgegen früheren Annahmen nur zu etwa 30% verantwortlich. Von den beiden anderen Purinalkaloiden, Theophyllin und Theobromin, unterscheidet sich das Koffein nur in der Anzahl der Methylgruppen. Arabica-Kaffee kann einen Koffeingehalt von 0,8-1,8% aufweisen, während der Gehalt bei Robusta-Kaffee zwischen 1,4-3% liegt. Im Gegensatz zu manch anderen Inhaltsstoffen der Kaffeebohne verhält sich das Koffein während des Röstvorgangs relativ stabil.

Koffein ist nicht nur in Kaffee enthalten, sondern auch in vielen, vorwiegend in tropischen Ländern beheimateten Pflanzen, nicht miteinander verwandter Familien. Zurzeit sind mehr als 60 Pflanzen, die Koffein enthalten, bekannt [KERSTING, 2003; TEUFL und CLAUS, 1998; EDLBAUER, 2003]. Einige natürliche Quellen des Koffeins sind in nachfolgender Tabelle (Tabelle VII) aufgelistet:

Tabelle VII: Einige Koffeinhaltige Pflanzen [KERSTING, 2003]

Produkt	Koffeingehalt in %
Kaffee	ca. 2,4
Tee	3 - 5
Maté	0,8 – 1,75
Guaraná	bis 5
Kolanuß	bis 3
Kakao	0,05 – 0,36

Pflanzen bilden dieses Alkaloid als Schutz vor dem Verschimmeln, da Koffein antimykotisch wirkt. Koffein ist der Inhaltsstoff des Kaffees, der für die physiologischen Wirkungen auf den Menschen verantwortlich gemacht wird. Biochemisch gesehen hemmt Koffein die Phosphodiesterase, dadurch wird die Adenylatcyclase aktiviert und somit die Zellkonzentration an cAMP erhöht. Die physiologische Wirkung als zentrales Stimulans, vor allem auf das Zentrale Nervensystem, ist durch diesen biochemischen Prozess nachgewiesen. Die Wirkung des Kaffees auf das Zentrale Nervensystem zeichnet sich dadurch aus, dass das Müdigkeitsgefühl unterdrückt wird und die Konzentrations- und Assoziationsfähigkeit gefördert wird. Der Genuss von Kaffee wirkt auch verdauungsfördernd und harntreibend, erweitert die Herzkranzgefäße und fördert die Herzkontraktion. Die beiden letztgenannten Wirkungen fördern auch eine Verbesserung der sportlichen Leistung. Bei zu hohem Kaffeekonsum treten eine Reihe von Nebenwirkungen auf, dazu zählen unter anderem Nervosität, Reizbarkeit, Angstgefühle, Schlafstörungen und Herzrasen. Die letale Dosis von Koffein liegt bei 11 g, wobei eine Aufnahme von so hohen Dosen auf natürlichen Weg nahezu unmöglich ist. Im Durchschnitt nimmt ein Mitteleuropäer täglich in etwa 200 mg Koffein, meist in Form von Kaffee, Tee, Limonaden und „Energy Drinks“, zu sich [EBERMANN und ELMADFA, 2008; KERSTING, 2003; SCHECKLMANN und RITTER, 1997].

2.8.6.2 Theobromin und Theophyllin

Theobromin ist das Hauptalkaloid in Kakao (1,5 – 3,1%) und Theophyllin ist das wichtigste Alkaloid der Blätter des Teestrauchs (ca. 0,1%). Im Kaffee kommen diese beiden Purinalkaloide nur in Spuren vor. Die stimulierende Wirkung auf das Zentralnervensystem von Theophyllin entspricht der des Koffeins. Der anregende Effekt von Theobromin ist jedoch schwächer und wirkt vor allem auf die peripheren Organe. Beide Alkaloide wirken jedoch stärker harntreibend als Koffein [BALTES, 2007; EBERMAN und ELMADFA, 2008].

2.8.6.3 Trigonellin

Das wichtigste Pyridinalkaloid im Kaffee ist das Trigonellin, ein Derivat der Nicotinsäure. Im Rohkaffee ist es in Mengen von 0,6 – 1,5% enthalten. Durch den Röstvorgang wird es um bis zu 75% abgebaut, dadurch wird unter anderem Pyridin und Niacin freigesetzt. Das Abbauprodukt Pyridin ist wesentlich für den Kaffeeduft, da es oft selektiv mit der Nase wahrnehmbar ist. Niacin ist ein Sammelbegriff für Nicotinamid und Nicotinsäure und wird auch als Vitamin B3 bezeichnet. Durch Kaffeekonsum lässt sich der Bedarf an diesem Vitamin zu ca. 10% abdecken [RÖHM, 2003; SCHECKLMANN und RITTER, 1997].

2.8.7 Polyphenole

Polyphenole sind sekundäre Inhaltsstoffe von Pflanzen, die meist als Schutz vor Umwelteinflüssen gebildet werden. Nach ihrer Struktur kann man sie in Flavonoide und Phenolcarbonsäuren einteilen und diese wiederum in Untergruppen. Den Hauptteil der Polyphenole im Kaffee macht die Chlorogensäure aus, ein Ester der Hydroxyzimtsäure, die zur Gruppe der Phenolcarbonsäuren gezählt wird. Andere phenolische Komponenten wie Tannine, Lignane, und Anthocyane sind in der Kaffeebohne nur in Spuren enthalten [FARAH und DONANGELO, 2006].

2.8.7.1 Chlorogensäure

Die im Kaffee enthaltene Chlorogensäure setzt sich zu 98% aus Chinasäure verestert mit Kaffee- oder Ferulasäure zusammen (Abbildung 6). Die verschiedenen Isomere werden wie folgt eingeteilt:

- drei Caffeeoylchinasäureisomere (CQA): 3- CQA, 4- CQA, 5- CQA
- drei Ferruoylchinasäureisomere (FQA): 3- FQA, 4- FQA, 5- FQA
- drei Dicaffeoylchinasäureisomere (diCQA): 3,4- diCQA, 3,5- diCQA, 4,5- diCQA

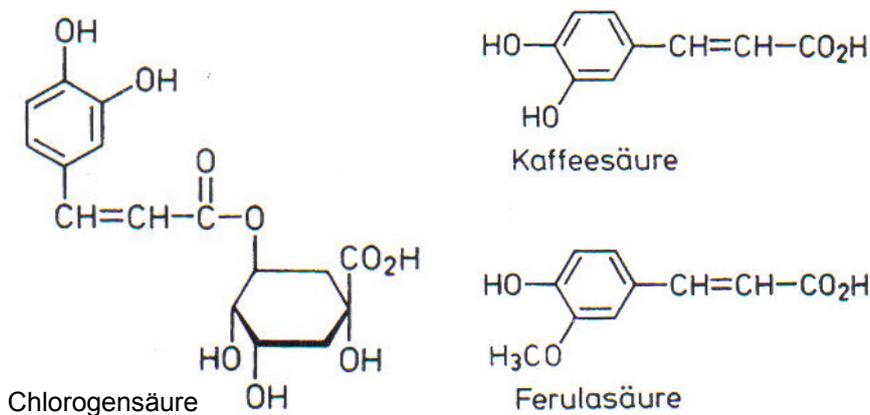


Abbildung 6: Strukturformeln der Chlorogensäure, Kaffee- und Ferulasäure [BALTES, 2007]

Sie sind in verschiedenen Konzentrationen im Kaffee enthalten. Den Hauptteil der enthaltenen Chlorogensäure, sowohl in Arabica- als auch in Robusta-Kaffee, macht mit 36 - 42% die 5-CQA aus. Der Anteil der verschiedenen Isomere im Kaffee beträgt in absteigender Reihenfolge: 5- CQA, 4- CQA, 3- CQA, 5- FQA, 4- FQA, 3- FQA, 3,4- diCQA, 4,5- diCQA, 3,5- diCQA.

Neben den positiven Eigenschaften als Antioxidans ist die Chlorogensäure auch für negative Nebenwirkungen, wie Reflux-Symptome und Magenbeschwerden, bei übermäßigem Kaffeegenuss verantwortlich [FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008; FARAH und DONANGELO, 2006].

Der Gehalt an Chlorogensäure in grünen Kaffeebohnen variiert sehr stark. Bei einer Untersuchung von CAMPA et al. (2005) von 21 verschiedenen Arabica- und Robustasorten lag die Konzentration bezogen auf das Trockengewicht zwischen 0,8 – 11,9%. In dieser Studie wurde auch ein Zusammenhang zwischen den Konzentrationen an Chlorogensäure und Koffein beschrieben. Es

zeigte sich, dass ein hoher Koffeingehalt immer mit einem hohen Chlorogensäuregehalt einhergeht. In keiner der untersuchten Kaffeesorten konnte ein hoher Chlorogensäuregehalt gefunden werden, wenn der Gehalt an Koffein niedrig war.

Wie bei geröstetem Kaffee, nimmt auch bei grünen Bohnen, die 5-CQA, mit 56 – 66%, den Hauptanteil an Chlorogensäuren ein. Durch den Röstvorgang wird die Chlorogensäure, die bis zu 14% der Trockenmasse der grünen Kaffeebohne ausmacht, isomerisiert, hydrolysiert oder in niedermolekulare Verbindungen abgebaut. Die Reduktionsrate kann durch Variieren der Dauer und Temperatur der Röstung stark beeinflusst werden. Je dunkler die Röstung ist, desto weniger Chlorogensäure ist in den Bohnen und somit auch im Kaffeegetränk enthalten [FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008; FARAH und DONANGELO, 2006].

Der Gehalt an Chlorogensäure wirkt sich auch auf die sensorischen Eigenschaften des Kaffees aus. Wie viel Chlorogensäure im fertigen Getränk enthalten ist, hängt nicht nur von der Kaffeesorte und der Röstung ab, sondern auch von der Zubereitung. Einfluss darauf haben unter anderem der Mahlgrad, das Verhältnis Kaffeepulver zu Wasser, die Zubereitungsart, die Wassertemperatur und die Extraktionsdauer. Chlorogensäure wird für die Kaffepigmentierung, die Aromabildung, die Stärke der Bitterkeit und die Adstringenz verantwortlich gemacht [MÜLLER RISSO et al., 2007]. Bei hohen Konzentrationen von Chlorogensäure steigt die Bitterkeit und somit auch die Adstringenz, die bei sensorischen Untersuchungen einen negativen Effekt auf die Qualität und das Aroma bewirkt. Das Ergebnis einer Untersuchung zeigte, dass bei Proben mit sehr hohen Konzentrationen an Chlorogensäure die Kaffeequalität am niedrigsten beurteilt wurde [FARAH et al.2005; FARAH und DONANGELO, 2006].

2.8.8 Antioxidantien im Kaffee

Die antioxidative Kapazität von Kaffee ist schon sehr lange bekannt und kann durch verschiedenste analytische Methoden ermittelt werden. Vor allem photometrische Methoden, wie die DPPH (2,2-Diephenyl-1-Picrylhydrazyl)-, ABTS (2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure])- und FRAP

(Fluorescence Recovery After Photobleaching)- Methode, werden für Untersuchung der Totalen Antioxidativen Aktivität verwendet. Die antioxidativen Eigenschaften des Kaffees spielen eine wichtige Rolle in der Prävention von Diabetes, Arteriosklerose, Neurologischen Erkrankungen und Krebs. Für das antioxidative Potential sind vor allem Polyphenole und Röstprodukte verantwortlich. Chlorogensäure, ist die Hauptkomponente der phenolischen Antioxidantien und auch der totalen antioxidativen Kapazität des Kaffees. Bei den Röstprodukten spielen vor allem die Melanoidine, die während der Röstung durch die Maillard-Reaktion gebildet werden, die größte Rolle. Der Anteil der Röstprodukte an der Radikalfängerwirkung liegt bei 25% und beruht auf verschiedenen Mechanismen. Melanoidine haben die Fähigkeit freie Radikale und Sauerstoff abzufangen sowie eine, durch Radikale ausgelöste, Kettenreaktion zu unterbrechen [CÄMMERER und KROH, 2006; DELGADO-ANDRADE et al., 2005; SANCHEZ-GONZALES et al., 2004].

2.8.9 Aromastoffe

Bisher wurden mehr als 800 flüchtige Aromastoffe im Kaffee identifiziert, von denen 20 – 30 Substanzen besonders hervorstechen. Chemisch gesehen handelt es sich um heterocyclische Verbindungen, wobei Furane und Pyrazine dominieren. Im Rohkaffee befinden sich nur Spuren von flüchtigen Aromastoffen, die erst während des Röstprozesses, durch Umwandlung und Abbau einiger Inhaltsstoffe gebildet werden [TEUFL und CLAUS, 1998; SCHECKLMANN und RITTER, 1997].

In manchen Studien werden 13 sogenannte Schlüsselsubstanzen für das Kaffeearoma benannt, die sich sowohl positiv als auch negativ darauf auswirken, und in 5 chemische Klassen eingeteilt werden können:

- **Thioverbindungen:** Methantiol
- **Aldehyde:** Acetaldehyd, Propanal, 2-methylpropanal, 2-methylbutanal, 3-methylbutanal, Hexanal
- **Ketone:** 2,3-butandion, 2,3-pentandion

- **Pyrazine:** 2-ethylpyrazin, 2-ethyl-6-methylpyrrazin, 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazin
- **Phenolverbindungen:** Guajakol

Das Zusammenspiel aller Verbindungen trägt zum typischen Kaffeearoma bei, während sie einzeln betrachtet alle erdenklichen Geruchsrichtungen aufweisen. Acetaldehyde und Propanal werden mit dem fruchtigen Geruch in Verbindung gebracht, während die anderen Aldehyde für das malzige Aroma verantwortlich gemacht werden, da diese Abbauprodukte der Maillard–Reaktion sind. Der Geruch der Ketone wird mit dem Aroma von Butter assoziiert, während die Pyrazine ein röstiges, erdiges und holziges Aroma aufweisen. Die Phenolverbindung Guajakol weist einen stechenden und verbrannten Geruch auf [MAEZTU et al., 2001; EDELBAUER, 2003].

2.9 Rechtliche Regelungen

2.9.1 Definitionen

2.9.1.1 Rohkaffee

Als Rohkaffee, beziehungsweise grüner Kaffee, werden Samen, welche aus den häufig zweisamigen Kaffeekirschen stammenden Früchten des Kaffeebaumes kommen, bezeichnet. Diese müssen von Frucht- und Pergamentschale vollständig und von der Silberhaut soweit technologisch möglich befreit sein. Aus einsamigen Kaffeekirschen gewonnener Rohkaffee wird als „Perlkaffee“ bezeichnet, da deren Samen meist eine rundliche Form hat. Für Genusszwecke kommen derzeit nur zwei Arten der Pflanzengattung „Coffea“ in Frage. Dabei handelt es sich um *Coffea arabica* L. und *Coffea canephora* (Robusta). Nach allgemein üblicher Verkehrsauffassung muss handelsüblicher Rohkaffee derart beschaffen sein, dass er durch

ordnungsgemäße Verarbeitung ein aromatisches Getränk mit einwandfreiem Geschmack ergibt. Er darf nicht verdorben, insbesondere auch nicht verschimmelt oder verunreinigt sein. Dies darf weder durch falsche Ernte oder durch Fehler in der Aufbereitung, Beförderung oder Lagerung ausgelöst werden. Rohkaffee darf maximal 14 Gewichtsprozent Wasser enthalten, der Chloridgehalt der Asche muss unter 1,1 Gewichtsprozent liegen sowie nicht mehr als 5 Gewichtsprozent „Besatz“ enthalten. Der Koffeingehalt darf in handelsüblicher Ware nicht unter 0,8 Gewichtsprozent betragen. Die Kaffekirschen werden entweder trocken oder nass aufbereitet. Nach letzterer Aufbereitungsart kann er als „gewaschener Kaffee“ bezeichnet werden [CODEX ALIMENTARIUS AUSTRIACUS, 2007].

2.9.1.2 Gerösteter Kaffee

Um Rohkaffee genussfähig zu machen, ist eine Aufschließung durch sachgemäße Röstung nötig. Die Kaffeebohnen müssen eine gleichmäßig braune Farbe aufweisen, und dürfen auch im Inneren weder zu hell noch verbrannt sein. Der Koffeingehalt liegt im Durchschnitt bei 1,25 Gewichtsprozent, wird jedoch durch die Röstung kaum beeinflusst. Korrekt gerösteter Kaffee muss mindestens 25 Gewichtsprozent wasserlösliche Stoffe enthalten. Der Wassergehalt darf 5 Gewichtsprozent, der Aschegehalt 6,5 Gewichtsprozent nicht übersteigen. Kaffee mit mehr als 2 Gewichtsprozent „Einwurf“ (Fremdkörper) darf nicht in Verkehr gebracht werden. Üblicherweise kommt Röstkaffee als Bohnenware oder gemahlen in den Handel. Bei Abgabe von ungemahlener Ware an den Endverbraucher darf der Anteil an zerbrochenen oder beschädigten Bohnen höchstens 10 Gewichtsprozent betragen [CODEX ALIMENTARIUS AUSTRIACUS, 2007].

2.9.2 Lebensmittelkennzeichnungsverordnung

Die Lebensmittelkennzeichnungsverordnung betrifft alle verpackten Lebensmittel, die ohne weitere Verarbeitung für den Letztverbraucher bestimmt sind. Die einzelnen Elemente müssen leicht verständlich, deutlich lesbar, an gut sichtbarer Stelle und dauerhaft angebracht werden. Vorgeschriebene Kennzeichnungselemente sind unter anderem die Sachbezeichnung, Name und Anschrift des Herstellers oder Vertreibers, die Nettofüllmenge, das Mindesthaltbarkeitsdatum und die Angabe der Lagerbedingungen [NATTERER, 2008]. Eine gesetzlich vorgeschriebene Regelung für die Grenze der Mindesthaltbarkeit für Kaffee ist derzeit nicht gegeben, daher findet man auf vielen Verpackungen eine Mindesthaltbarkeit zwischen 12 oder 24 Monaten. Da in vorliegender Arbeit die Veränderung der sensorischen Eigenschaften und der Inhaltsstoffe von Kaffee während der Lagerung untersucht wird ist die Definition des Mindesthaltbarkeitsdatum ein sehr interessanter Punkt der Lebensmittelkennzeichnungsverordnung.

2.9.2.1 Mindesthaltbarkeitsdatum

Laut Lebensmittelkennzeichnungsverordnung ist der Zeitpunkt, bis zu dem die Ware ihre spezifischen Eigenschaften behält anzugeben. Zu den spezifischen Eigenschaften eines Lebensmittels zählen der Nähr- und der Genusswert. Hauptbestandteile des Nährwertes sind die energieliefernden Nährstoffe sowie der Gehalt an Vitaminen und Mineralstoffen. Der Genusswert wird durch Geschmack, Geruch, Konsistenz, Frische und Aussehen beeinflusst. Wie lange ein Lebensmittel seine spezifischen Eigenschaften behält, ist grundsätzlich nach wissenschaftlichen Kriterien zu beurteilen, etwa durch Lagerversuche. [NATTERER, 2008].

3. Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Probenumfang

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss der Lagerung auf die sensorischen Eigenschaften, auf ausgewählte Inhaltsstoffe und auf die Totale Antioxidative Kapazität von zwei verschiedenen Kaffeesorten untersucht. Dabei handelte es sich um die Arabica-Sorte Limu aus Äthiopien und um eine Robusta-Sorte aus Vietnam (Tabelle VIII). Beide Rohkaffee-Sorten wurden vom Institut für Kaffee-Experten-Ausbildung (1130Wien, Hofwiesengasse 48, Volkshochschule Hietzing) zur Verfügung gestellt.

Tabelle VIII: Die untersuchten Kaffeesorten

	Arabica		Robusta
Herkunftsland	Äthiopien	Herkunftsland	Vietnam
Anbaugebiet	Limu		

Der Rohkaffee wurde am 25. März 2009 in der Kaffeerösterei Alt Wien (1040 Wien, Schleifmühlgasse 23) frisch geröstet. Als Röstgrad wurde eine mittlere Röstung gewählt, die auch Frühstücksröstung genannt wird und dem Kaffee eine goldbraune Farbe verleiht. Der geröstete Kaffee wurde in handelsüblichen Verpackungen vakuumverpackt und über einen Zeitraum von 18 Monaten dunkel und bei Raumtemperatur gelagert.

Die Analysen wurden am Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien im Zeitraum von Jänner bis September 2010, jeweils am Monatsende durchgeführt. Die Inhaltsstoffe (Koffein, Chlorogensäure, Theobromin) wurden mittels HPLC und die Totale Antioxidative Kapazität photometrisch gemessen. Die Änderungen der sensorischen Eigenschaften wurden mittels Quantitativer

Deskriptiver Analyse (QDA) im Sensorik Labor des Institut für Ernährungswissenschaften an 3 verschiedenen Zeitpunkten (März, Juni, September) ermittelt. Die erwähnten Analysen, die im Rahmen vorliegender Arbeit durchgeführt wurden, gelten als Fortsetzung der Lagerstudie von KREUML (2010), die die Veränderungen des Kaffeegetränks von frisch geröstet bis 9 Monate gelagerten Kaffeebohnen untersuchte.

3.1.2 Allgemeine Probenaufbereitung

Alle Proben wurden mittels Papierfiltermethode zubereitet und in dreifacher Bestimmung analysiert. Es wurde das Rezept leichter Frühstückskaffee verwendet, wobei aus 50 g Kaffeepulver 500 ml Kaffee (Tabelle IX) gebrüht wurden. Voraussetzung für guten Filterkaffee ist der richtige Mahlgrad und eine schonende Mahlmethode, daher wurde eine mittlere Mahlung gewählt und mit einer Handmühle gemahlen.

Tabelle IX: Kaffeezubereitung für die Analysen

Zubereitungsmethode	Kaffeepulver (g)	Gebrühter Kaffee (ml)
Papierfilter	50	500

Anschließend wurde der Kaffee bis zur Untersuchung bei 4°Celsius gekühlt. Als Referenzsubstanz wurde ein frischzubereiteter Kaffee der Marke Jacobs Monarch in Cups zu jeweils 1000 µl pipettiert und bei 80°Celsius tiefgefroren.

Für die Probenaufbereitung wurden folgende Geräte und Materialien verwendet (Tabelle X):

Tabelle X: Geräte für die Probenzubereitung

Waage	Sartorius LC4801 P
Kaffeemühle	Zassenhaus Brasilia
Kaffeemaschine	Phillips Coffeemaker HD7563/20 1000 W
Papierfilter	Melitta original 1x4

3.2 Analytische Methoden

3.2.1 Bestimmung der Inhaltsstoffe Coffein, Chlorogensäure und Theobromin mittels HPLC

Die Bestimmung der Inhaltsstoffe mittels HPLC wurde nach der Methode von ISNARDY und HERTEL (2007) modifiziert durch KREUML (2009) durchgeführt. Die Modifizierung bedeutete das Methanol statt Acetonitril in der mobilen Phase eingesetzt wird.

Die Kaffeeprobe wurde filtriert, verdünnt und mittels HPLC durch eine Trennsäule adsorptionschromatographisch aufgetrennt und mittels UV-Detektor gemessen. Durch die Analyse mittels HPLC können sowohl qualitative und quantitative Aussagen in einem Analysegang ermittelt werden. Die Identifizierung der Peaks (qualitative Aussage) von Koffein, Chlorogensäure und Theobromin erfolgte durch den Vergleich der Retentionszeiten mit dem entsprechenden Standard im Mischstandard. Die Quantifizierung erfolgte über die Peakfläche nach dem Verfahren des externen Standards und deren bekannten Konzentrationen.

Aufbau des HPLC-Systems Dionex Ultimate 3000:

- Pump
- Autosampler
- Column Compartment
- Variable Wavelength Detector

Nachfolgende Tabellen (Tabellen 11-13) zeigen die für die HPLC Methode verwendete Geräte und Reagenzien:

Tabelle XI: Verwendete Geräte für die Probenvorbereitung und Durchführung der HPLC-Analyse

Verwendete Geräte	
Waage	Sartorius LC 4801 P
pH-Meter	inoLab WTW Series pH730
Pipetten	100-1000 µl Biohit Proline
Vortex	Heidolph REAX 2000
Magnetrührer	Heidolph MR 3001 K
Gasflasche	Alphagaz 1 He (Helium)
HPLC Anlage	Dionex Ultimate 300
Gewindeflasche mit Deckel	Markus Bruckner Analysetechnik

Tabelle XII: Operative Kenngrößen der HPLC-Anlage

Operative Kenngrößen	
Detektor	UV-Detektor, 270nm
Säule	Merck50981;LiChrosphere 60 RP-selectB,Partikelgröße 5µm, Länge: 125mm, Innendurchmesser:4mm; No. 321847
Mobile Phase	85%Natriumdihydrogenphosphatpuffer (pH2,7) 15% Methanol
Modus	Isokratisch
Temperatur	Säule: 30°C Autosampler: 15°C
Injektionsvolumen	20µl und 40µl
Flussrate	1ml/min
Druck	78 bar

Tabelle XIII: Benötigte Reagenzien für die HPLC-Analyse

Reagenzien	Hersteller
Caffeine C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂	Sigma
Chlorogenic Acid C ₁₆ H ₁₈ O ₉	Sigma
Theobromine C ₇ H ₈ N ₄ O ₂	Fulka
Natriumdihydrogenphosphat NaH ₂ PO ₄	Riedel-de Haen
Ortho-Phosphorsäure H ₃ PO ₄ (85%)	
Methanol Chromosolv high-performance liquid chromatography CH ₄ O	Sigma-Aldrich

3.2.1.1 Erstellung der Eichgeraden

Es wurde ein Mischstandard aus Koffein, Chlorogensäure und Theobromin vor Beginn der Analyse hergestellt mit je einer Ausgangskonzentration von 10 mg/L. Von jeder einzelnen Substanz wurden 2,5 mg eingewogen und mit Wasser (Koffein), Ethanol (Theobromin), Methanol (Chlorogensäure) über einen Trichter in einen 250 ml Messkolben übergeführt und dieser mit Aqua dest. aufgefüllt.

Das Pipettierschema der Standards zeigen nachfolgende Tabellen (Tabelle 14-15):

Tabelle XIV: Standard Coffein und Chlorogensäure

Standard	Konzentration	Verdünnung	Verdünnungsfaktor
1	10 mg/L	Ausgangsstandard	1
2	7,5 mg/L	750 µl (1) + 250 ml H ₂ O	1,3
3	5 mg/L	500 µl (1) + 500 ml H ₂ O	2
4	2,5 mg/L	250 µl (1) + 750 ml H ₂ O	4
5	1 mg/L	100 µl (1) + 900 ml H ₂ O	10
6	0,5 mg/L	500 µl (5) + 500 ml H ₂ O	20

Theobromin ist im Kaffee nur in geringen Mengen vorhanden und durch die Verdünnung des Kaffees „schrumpft“ der Peak. Deshalb wurde die Mischstocklösung 1:10 verdünnt um eine Standardkonzentration von 1 mg/L zu erhalten.

Tabelle XV: Standard Theobromin

Standard	Konzentration	Verdünnung	Verdünnungsfaktor
1	1 mg/L	Ausgangsstandard	1
2	0,75 mg/L	750 µl (1) + 250 ml H ₂ O	1,3
3	0,5 mg/L	500 µl (1) + 500 ml H ₂ O	2
4	0,25 mg/L	250 µl (1) + 750 ml H ₂ O	4
5	0,1 mg/L	100 µl (1) + 900 ml H ₂ O	10
6	0,05 mg/L	500 µl (5) + 500 ml H ₂ O	20

Nach der Analyse des Mischstandards wurde für jede Substanz eine Eichgerade zur Berechnung der Konzentration der einzelnen Inhaltsstoffe erstellt.

Eichgerade Koffein

Für die Standardkonzentrationen (0,5 bis 10 mg/L) für Koffein wurden folgende Flächen der Peaks evaluiert und eine Eichgerade erstellt. Diese war bei einer Korrelation von $R^2 = 0,9997$ linear (Tabelle XVI, Abbildung 7).

Tabelle XVI: Konzentration und Fläche des Standards - Coffein

Konzentration des Standards [mg/L]	Area [mAU]
0,5	0,5402
1,0	1,0272
2,5	2,6008
5,0	5,4518
7,5	8,3569
10	11,0038

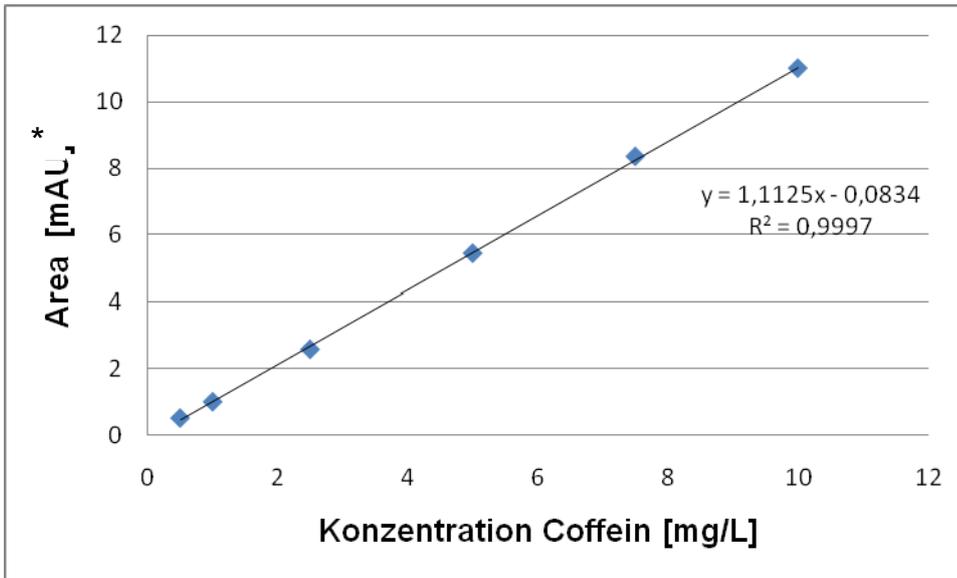


Abbildung 7: Eichgerade Standard Coffein

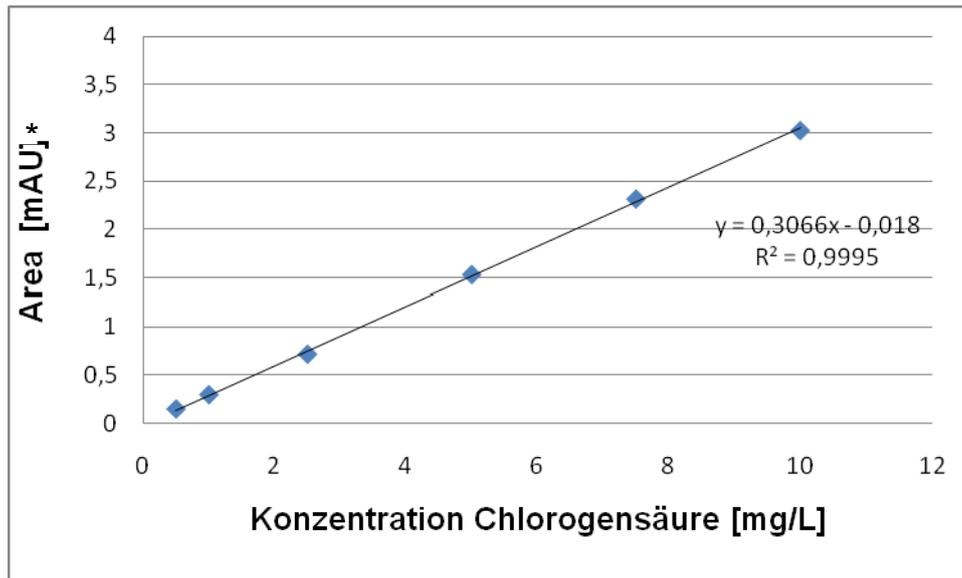
*mAU= Fläche unter dem Signal

Eichgerade Chlorogensäure

Für die Standardkonzentrationen (0,5 bis 10 mg/L) für Chlorogensäure wurden folgende Flächen der Peaks evaluiert und eine Eichgerade erstellt. Diese war bei einer Korrelation von $R^2 = 0,9995$ linear (Tabelle XVII, Abbildung 8).

Tabelle XVII: Konzentration und Fläche des Standards - Chlorogensäure

Konzentration des Standards [mg/L]	Area [mAU]
0,5	0,1439
1,0	0,2924
2,5	0,713
5,0	1,5287
7,5	2,314
10	3,0246



*mAU= Fläche unter dem Signal

Abbildung 8: Eichgerade Standard Chlorogensäure

Eichgerade Theobromin

Für die Standardkonzentrationen (0,05 bis 1 mg/L) für Theobromin wurden folgende Flächen der Peaks evaluiert und eine Eichgerade erstellt. Diese war bei einer Korrelation von $R^2 = 0,9997$ linear (Tabelle XVIII, Abbildung 9).

Tabelle XVIII: Konzentration und Fläche des Standards - Theobromin

Konzentration des Standards [mg/L]	Area [mAU]
0,5	0,3081
1,0	0,6271
2,5	1,5211
5,0	3,1936
7,5	4,8297
10	6,3264

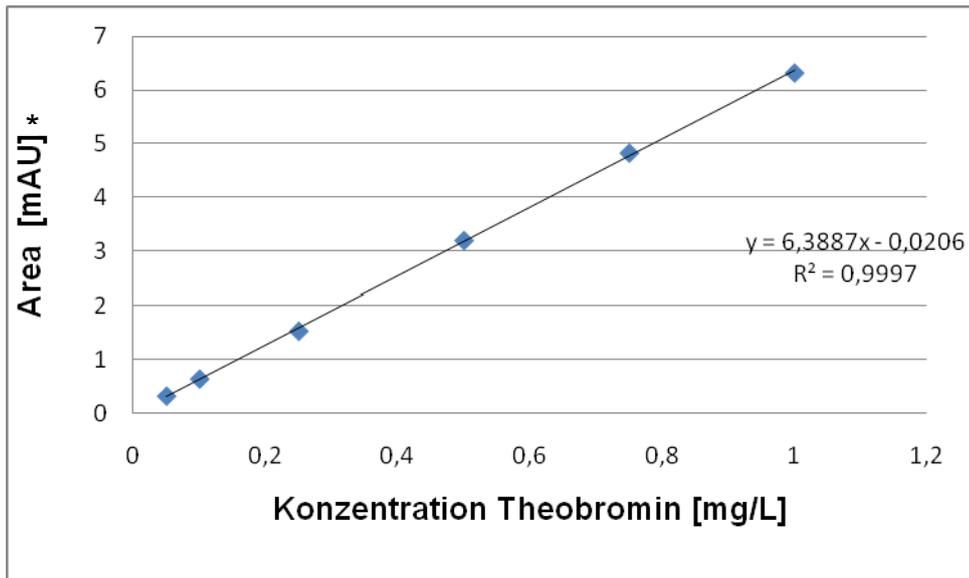


Abbildung 9: Eichgerade Standard Theobromin *mAU= Fläche unter dem Signal

3.2.1.2 Durchführung der Analyse

Die Analysen wurden von Jänner 2010 bis September 2010 einmal im Monat jeweils am Monatsende durchgeführt. Der vor jeder Analyse frisch zubereitete Kaffee wurde stets auf 4° Celsius abgekühlt und anschließend 1:100 verdünnt (100 µl Kaffee auf 100 ml Aqua bidest.).

Vor jeder Analyse musste die Säule vorbehandelt werden um zu verhindern dass der Puffer auskristallisiert. Zuerst wurde die Säule mit 100% Methanol aktiviert, danach mit Methanol:Wasser 50:50 und Methanol:Wasser 20:80 gespült. Alle Laufmittel wurden vor Verwendung mit Helium entgast damit sich keine Luftbläschen bilden konnten.

Die Kaffeeproben wurden in kleine Gewindeflaschen pipettiert und mit Plättchen und Gewindedeckel verschlossen und in einem Tray in den Autosampler gestellt. Vor Beginn der Analyse wurde im HPLC-Computer-Programm Chromeleon eine Sequenz geschrieben die Injektionsvolumen gewählt (20 µl und 40 µl) und der Batch mit einem UV-Shutdown gestartet. Die Analyse dauerte 10 Minuten pro Probe und lief immer übernacht.

Nach abgeschlossener Analyse wurde die HPLC in umgekehrter Reihenfolge zur Vorbehandlung der Säule gespült. Zuerst mit 100% Wasser danach mit Methanol:Wasser 20:80 und Methanol 50:50 und zum Schluss mit 100% Methanol.

Die Planung, Durchführung und Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels des Programms Chromeleon. Die graphische Darstellung erfolgte mittels Microsoft Excel und die statistische Auswertung mittels SPSS 17.0.

3.2.1.3 Reproduzierbarkeit der Methode

Der Intra-Variationskoeffizient (innerhalb eines Tages) der HPLC-Methode wurde, durch eine zehnmahlige Bestimmung des Referenzkaffees ermittelt. Ebenso wurde der Referenzkaffee bei den Analysen in jedem Monat mitbestimmt, um den Inter-Variationskoeffizient (von Monat zu Monat) zu ermitteln. In nachfolgender Tabelle (Tabelle XIX) sind der Intra- sowie der Inter-Variationskoeffizient für jeden untersuchten Parameter aufgelistet:

Tabelle XIX: Reproduzierbarkeit der HPLC-Methode

Parameter	Intra-VK	Inter-VK
Koffein	1,14%	3,84%
Chlorogensäure	1,10%	3,87%
Theobromin	1,24%	3,68%

3.2.2 Bestimmung der totalen antioxidativen Kapazität (TAC)

Die Bestimmung der totalen antioxidativen Kapazität basiert auf der Methode von RICE-EVANS und MILLER (1997). Das Prinzip dieser Methode beruht darauf dass Antioxidantien die Fähigkeit besitzen das Radikalkation ABTS⁺ von 2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure] (=ABTS) welches charakteristische Absorptionsmaxima aufweist, in wässriger Phase abzufangen. Das Radikalkation ABTS⁺ wird durch die Reaktion von ABTS und peroxidativ aktivem Methmyoglobin unter Anwesenheit von Wasserstoffperoxid gebildet. Das ABTS⁺-Kation wird bei der Wellenlänge $\lambda=734$ photometrisch vermessen,

wobei die Hemmung des ABTS⁺-Kation durch die Antioxidantien der Probe mit der Hemmung durch die Standardsubstanz Trolox verglichen wird. Die Ergebnisse wurden in mMol Trolox-Äquivalente pro 1L angegeben (mMolTrolox-Ä/L).

Nachfolgende Tabellen (Tabellen 20-22) zeigen die für die TAC Methode verwendeten Geräte und Reagenzien:

Tabelle XX: Verwendete Geräte für TAC-Bestimmung

Verwendete Geräte	
UV-Vis Spectrometer	UV4 ATI UNICAM
Vortex	Heidolph Relax, top
Waage	METTLER, AT 201
Wasserbad	JULABO 13
pH-Meter	inoLab WTW Series pH730
Pipetten	Fixed 100 µl Finnpipette, Labsystems J343026/4501 Fixed 1000 µl Finnpipette, Thermolabsystems N52613/4501 20-200 µl Finnpipette, Thermolabsystems S 46614/4500 100-1000 µl Finnpipette, Thermolabsystems S 32993/4500
Küvetten	STERILIN Disposable Cuvettes, semi-micro, 2,5 ml, PS, visible range 221S, Barloworld Scientific Ltd.
Hamilton-Spritzen	100 µl Gastight # 1710, Hamilton-Bonaduz, Schweiz (Myo) 100 µl Gastight # 1710, Hamilton Co, Reno Nevada (Probe)
Stoppuhr	ROTH, Model No. TR 118

Tabelle XXI: Verwendete Reagenzien für TAC-Bestimmung

Reagenzien	Hersteller
Trolox (6-Hydroxy-2,5,6,8-tetramethylchroman-2-carboxasäure)	Fluka
Myoglobin	Sigma
ABTS (2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure)	Sigma
Wasserstoffperoxid 30 Gew.% (H ₂ O ₂)	Riedel-de Haen
1 N Salzsäure (3,6%)	
Dinatriumhydrogenphosphat	Riedel-de Haen
Kaliumdihydrogenphosphat	Riedel-de Haen
Kaliumchlorid (KCl)	Riedel-de Haen
Natriumchlorid (NaCl)	Roth

3.2.2.1 Herstellung der Lösungen für die Bestimmung der TAC

1. Trolox

Vor Beginn der TAC-Bestimmungen wurde die Standardsubstanz Trolox hergestellt, indem 156,41mg Trolox in 250 ml PBS-Puffer aufgelöst wurden. Diese Lösung wurde anschließend in Cups pipettiert und bei -18° Celsius tiefgefroren.

2. PBS-Puffer

Die in Tabelle 22 angeführten Reagenzien wurden genau eingewogen und mit 800 ml Aqua bidest. in einem 1 Liter Becherglas aufgefüllt. Unter Rühren mittels Magnetrührer wurde ein pH-Wert von 7,4 mittels 1 N HCl eingestellt. Anschließend wurde der Puffer in einen 1000 ml Messkolben umgefüllt und bis

zur Marke mit Aqua bidest. aufgefüllt. Nach dem umfüllen in eine Epruvette wurde der Puffer in ein Wasserbad (30° Celsius) gestellt.

Tabelle XXII: Reagenzien für die Herstellung des PBS-Puffer

PBS-Puffer	
8,2 g	NaCl
1,2 g	Dinatriumhydrogenphosphat
0,2 g	KCl
0,2 g	Kaliumdihydrogenphosphat

3. Metmyoglobin

Lösung 1 (150,4 mg Myoglobin in 20 ml PBS-Puffer) wurde mit 10 ml von Lösung 2 (24,4 mg Ferricyanid in 100 ml PBS-Puffer) zu Metmyoglobin oxidiert. Diese Mischung wurde zur Fraktionierung des Myoglobins auf eine mit PBS-Puffer gespülte Chromatographiesäule aufgetragen und mit PBS eluiert. Jeweils 5 ml der braunen Fraktionen wurden in Epruvetten aufgefangen und mit dem Photometer bei den Wellenlängen $\lambda = 490, 560, 580$ und 700 nm gegen PBS gemessen. Die Fraktionen die weit entfernt des Mittels waren wurden verworfen, alle anderen wurden in einem Becherglas gesammelt und in Cups bei -20° Celsius eingefroren.

4. ABTS Farbstoff

Vor jeder Analyse wurden 54,86 mg ABTS eingewogen und in 20 ml PBS gelöst. Da der ABTS Farbstoff sehr lichtempfindlich ist wurde die Epruvette mit Alufolie umwickelt. Anschließend wurde der ABTS Farbstoff ebenfalls ins Wasserbad gestellt.

5. Wasserstoffperoxidlösung

Für die Herstellung der Wasserstoffperoxidlösung wurde 45 µl der Lösung A (515 µl H₂O₂ auf 10 ml mit PBS Puffer aufgefüllt) in einem 50 ml Messkolben pipettiert und mit PBS aufgefüllt (= Lösung B).

6. Standards

Vor jeder Analyse wurde ein Cup mit Trolox aufgetaut und mit nachfolgendem Pipettierschema verdünnt (Tabelle XXIII):

Tabelle XXIII: Pipettierschema der Standards für die TAC-Bestimmung

	Konzentration	Trolox (µl)	PBS (µl)
Standard 1	0,5 M	100	400
Standard 2	1,0 M	200	300
Standard 3	1,5 M	300	200
Standard 4	2,0 M	400	100
Standard 5	2,5 M	Pur (Rest des Cups)	

3.2.2.2 Durchführung der TAC-Bestimmung

Zur Berechnung der Totalen Antioxidativen Kapazität wurde mittels der Trolox-Standardlösung eine Eichgerade mit 5 Konzentrationen berechnet. Die Eichgerade war bei einer Korrelation von $R^2 = 0,999$ linear (Tabelle XXIV, Abbildung 10).

Tabelle XXIV: Konzentration und Extinktion der Trolox-Standard-Lösungen

Konzentration des Standards [mMol Trolox-Ä/L]	Extinktion der Standards [Eλ]
0,5	0,710
1	0,579
1,5	0,453
2	0,342
2,5	0,223

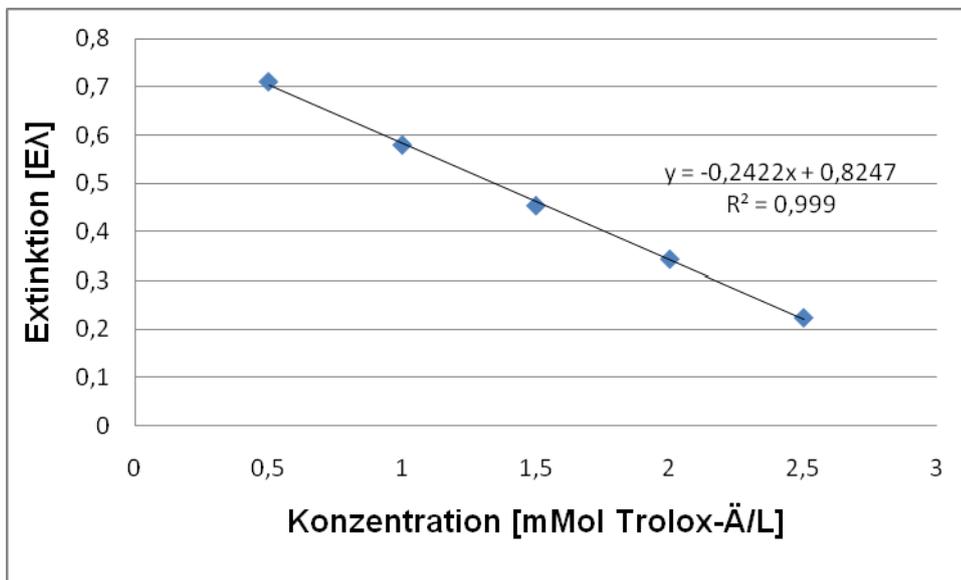


Abbildung 10: Eichgerade Trolox-Standard

Wie bei der HPLC Analyse wurde die Messung der Totalen Antioxidativen Kapazität jeden Monat am Monatsende durchgeführt. Die Probenaufbereitung wurde ebenfalls in gleicher Weise durchgeführt. Anschließend wurden in dreifacher Bestimmung bei einer Verdünnung von 1:25 die Proben mittels Photometer untersucht.

3.2.2.3 Messung der TAC-Werte

Der Blindwert, die Standards und die Proben wurden nach unten angeführtem Schema (Tabelle XXV) mit den zuvor hergestellten Reagenzien vorbereitet. Die ABTS-Lösung und die Puffer-Lösung wurden bei 30°Celsius im Wasserbad temperiert und lichtgeschützt. Nach Dauer der Messung (6 Minuten) bei $\lambda = 734$ nm wurde die Extinktion ermittelt.

Tabelle XXV: Pipettierschema für TAC-Messung

Blindwert	410 μ l PBS 400 μ l ABTS 20 μ l Metmyoglobin	
Nach 15 Sekunden	170 μ l Lösung B (H_2O_2)	Messung Starten
Standard	410 μ l PBS 400 μ l ABTS 10 μ l Standard 20 μ l Metmyoglobin	
Nach 15 Sekunden	170 μ l Lösung B (H_2O_2)	Messung Starten
Probe	400 μ l PBS 400 μ l ABTS 20 μ l Probe 20 μ l Metmyoglobin	
Nach 15 Sekunden	170 μ l Lösung B (H_2O_2)	Messung starten

3.2.2.4 Reproduzierbarkeit der Methode

Der Intra-Variationskoeffizient (innerhalb eines Tages) der ABTS-Methode wurde, durch eine zehnmahlige Bestimmung des Referenzkaffees ermittelt und lag bei 2,03%. Ebenso wurde der Referenzkaffee bei den Analysen in jedem Monat mitbestimmt, um den Inter-Variationskoeffizient (von Monat zu Monat) zu ermitteln. Dieser lag bei 4,8%.

3.3 Sensorische Analyse

Zusätzlich zu den chemischen Analysen wurde der Einfluss der Lagerdauer auf die sensorischen Eigenschaften mittels Quantitativer Deskriptiver Analyse (QDA) im März 2010, Juni 2010 und September 2010 ermittelt. Dafür wurden die beiden Kaffeesorten (Arabica, Robusta) ebenfalls mit der Papierfiltermethode nach dem Rezept Frühstückskaffee zubereitet.

3.3.1 Quantitative Deskriptive Analyse (QDA)

Die Quantitative Deskriptive Analyse wurde nach STONE et al. (1974) durchgeführt. Die QDA ist eine beschreibende (deskriptive) sensorische Prüfung die zu den Analytischen Prüfungen gezählt wird und besteht aus 2 Phasen (Qualitative Phase, Quantitative Phase). Das Produkt wird durch ein geschultes Panel (10 Personen) objektiv beurteilt.

In der ersten Phase (Qualitative Beschreibung) wurden für folgende Kategorien: Aussehen, Geruch, Flavour und Grundgeschmacksarten, Mundgefühl und Nachgeschmack des Kaffees Begriffe (Attribute) gesucht, um die charakteristischen Eigenschaften so genau wie möglich zu beschreiben.

Die Attributenliste wurde von KREUML (2009) übernommen. In nachfolgender Tabelle (Tabelle XXVI) sind die Attribute aufgeführt und definiert:

Tabelle XXVI: Attributenliste für die Kaffeebeurteilung (QDA)

Attribut	Definition
Geruch	
Kaffeegeruch allgemein	Beurteilung der Intensität des allgemeinen Kaffeegeruchs
Brew-like	Beschreibung des Geruchs von frisch aufgebriihten Röstbohnenkaffee
Röstiger Geruch	Beurteilung der Intensität des Geruchs nach frisch geröstetem Kaffee
Verbrannter Geruch	Beurteilung der Intensität von verbrannten, überbrösteten rauchigen Geruch, assoziiert mit verbrannten Lebensmitteln
Abgestanden	Geruch nach abgestandenen, alten Kaffee (Kaffeersatz)
Holziger Geruch	Beurteilung der Intensität des typischen Geruchs von Holzspänen, assoziiert mit Holzmaterialien
Erdiger Geruch	Beurteilung der Intensität des typischen Geruchs von feuchter Erde
Heuartiger Geruch	Beurteilung des typischen Geruchs von trockenem Heu oder Stroh
Fruchtiger/Aromatischer Geruch	Beurteilung des Vorhandenseins eines süßen Geruchs, erinnernd an verschiedene Früchte
Off-odor	Negativer Geruch, assoziiert mit Verderb oder Veränderung des Produkts
Ranziger Geruch	Beurteilung der Intensität des ranzigen Geruchs, assoziiert mit der Oxidation, des Produktes (Verderb)
Geschmack/Flavour	
Kaffeeflavour allgemein	Beurteilung der Intensität des allgemeinen Kaffeeflaours
Brew-like (Flavour)	Beschreibung der Intensität des Flavours von frisch

	aufgebrühten Röstbohnenkaffee
Röstig (Flavour)	Beurteilung der Intensität des Flavours erinnernd an frisch gerösteten Kaffee
Verbrannt (Flavour)	Beurteilung der Intensität von verbrannten, überrösteten, rauchigen Flavour, assoziiert mit verbrannten Lebensmitteln
Abgestanden (Flavour)	Beurteilung der Intensität des Flavours erinnernd an abgestandenen, alten Kaffee (Kaffeersatz)
Holzlig (Flavour)	Beurteilung der Intensität des typischen Flavours von Holzspänen, assoziiert mit Holzmaterialien
Erdig (Flavour)	Beurteilung der Intensität des erdigen Flavours, assoziiert mit feuchter Erde
Heuartig (Flavour)	Beurteilung des typischen Flavours von trockenem Heu oder Stroh
Fuchtig/Aromatisch (Flavour)	Beurteilung des Vorhandenseins eines süßen Flavours, erinnernd an verschiedene Früchte
Süßer Geschmack	Intensität des süßen Geschmacks; Basalqualität; Geschmack der Saccharose-Lösung
Saurer Geschmack	Intensität des sauren Geschmacks; Basalqualität; Geschmack der Zitronensäure-Lösung
Bitterer Geschmack	Intensität des bitteren Geschmacks; Basalqualität; Geschmack der Coffein-Lösung
Fremdflavour (Off Flavour)	Negatives Flavour, assoziiert mit Verderb oder Veränderung des Produktes
Ranzig (Flavour)	Beurteilung der Intensität des ranzigen Flavours assoziiert mit der Oxidation des Produkts (Verderb)
Optik/Aussehen	
Farbe	Beurteilung der Intensität der Farbe allgemein (von hellbraun bis dunkelbraun)
Trübheit	Beurteilung der Intensität der Trübheit (von klar bis trüb)
Öligkeit	Beurteilung der Intensität der Öligkeit des Kaffees

	(von nicht ölig bis sehr ölig)
Textur und Mundgefühl	
Viskosität als Mundgefühl	Beurteilung der ersichtlichen Viskosität, Fülle und Gewicht im Mund = Körper des Kaffees (von dünnflüssig bis dickflüssig)
Adstringierend	Beurteilung des Vorhandenseins eines zusammenziehenden, trockenen, speichelarmen Mundraumes (von nicht adstringierend bis stark adstringierend)
Nachgeschmack	
Nachgeschmack des Kaffee allgemein	Beurteilung der Intensität des allgemeinen Nachgeschmacks (1 Minute nach dem Hinunterschlucken des Kaffees)
Bitterer Nachgeschmack	Beurteilung der Intensität des bitteren Nachgeschmack (1 Minute nach dem Hinunterschlucken des Kaffees)

In der Quantitativen Phase wurden die einzelnen Produktattribute durch 10 geschulte PrüferInnen (Panel) in zwei Durchgängen (Session), die einmal am Vormittag und einmal am Nachmittag stattfanden, objektiv beurteilt. Die Empfindung der Intensität wurde auf einer Skala von 0 bis 10 mit zwei verbalen Ankerpunkten eingetragen. Die Ankerpunkte der Skala waren so angelegt, dass die Intensität von der linken zur rechten Seite ansteigt (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv).

Die drei Verkostungen im März, Juni und September 2010 fanden im Sensorik-Labor am Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien unter standardisierten Bedingungen statt. Die Kaffeeproben wurden vor jeder Verkostung frisch nach dem Rezept Frühstückskaffee zubereitet und in Thermoskannen aufbewahrt. Alle Proben wurden in vorgewärmten Tassen, zugedeckt und auf Wärmeplatten allen Prüfpersonen randomisiert und auf gleiche Weise in den Kabinen bereitgestellt. Alle Proben wurden mit einer dreistelligen Zufalls-Zahl versehen.

Die Durchführung und Auswertung der QDA erfolgte mittels Microsoft Excel und dem Statistik-Programm SPSS 17.0. Die Ergebnisse der QDA sind Produktprofile die graphisch als Spider Web dargestellt wurden.

3.4 Methoden der statistischen Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels des Statistikprogramms PASW 17.0.2 für Windows (SPSS Inc.)

Zunächst wurden alle Daten auf Normalverteilung mittels des Kolmogorov-Smirnoff-Tests (KS-Test) überprüft. Lag eine Normalverteilung vor wurde für die Prüfung auf Unterschiede mit dem t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Lag keine Normalverteilung vor wurde der U-Test von MANN und WHITNEY verwendet. Wurden mehr als zwei Mittelwerte verglichen kam die Varianzanalyse ANOVA zur Anwendung.

Signifikante Unterschiede der Mittelwerte waren gegeben, wenn

- $p < 0,05$ (5 %) signifikant (*),
- $p < 0,01$ (1 %) hoch signifikant (**) und
- $p < 0,001$ (0,1 %) höchst signifikant (***) war.

Für die Prüfung auf Zusammenhänge (Korrelationen) wurde bei normalverteilten Daten die Produkt Moment Korrelation nach PEARSONS und für nicht normalverteilte Daten die Rangkorrelation nach SPEARMAN berechnet. Die Höhe des Zusammenhangs wurde durch den Korrelationskoeffizienten „ r “ definiert. Wobei „ r “ = 0 keinen Zusammenhang darstellt und „ r “ = 1 bedeutet, dass ein perfekter Zusammenhang gegeben ist.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Die Veränderung der Inhaltsstoffe (Koffein, Chlorogensäure und Theobromin) des Arabica- und Robustakaffees während einer Lagerung von 10 bis 18 Monaten

4.1.1 Veränderung der Inhaltsstoffe von Arabica Kaffee

Die ermittelten Ergebnisse der Arabica Kaffee zeigten, dass sich die Gehalte aller drei untersuchten Inhaltsstoffe während der Lagerung veränderten. Der 10 Monate gelagerte Kaffee wies folgende Konzentrationen auf:

- Koffein: 738,37 mg/l
- Chlorogensäure: 556,39 mg/l
- Theobromin: 18,30 mg/l

Die Konzentrationen von Chlorogensäure (Abbildung 12) und Theobromin (Abbildung 13) stiegen an, während der Koffeingehalt (Abbildung 11) im Laufe der Lagerung sank.

Am Ende der Lagerung wurden folgende Werte ermittelt:

- Koffein: 517,43 mg/L (-43%)
- Chlorogensäure: 821,48 mg/L (+48%)
- Theobromin: 30,88 mg/L (+69%)

Vergleicht man die Unterschiede von Monat zu Monat, waren die Veränderungen nicht immer gleich konstant. Während in den ersten fünf Monaten der Lagerung die Veränderungen der Koffeinkonzentrationen eher gering waren und somit nicht signifikant, konnten ab einer 15 monatigen Lagerung jeweils höchst signifikante Unterschiede ($p=0,000$) zwischen den Monaten festgestellt werden. Die Veränderungen der

Chlorogensäurekonzentrationen zeigten zwischen dem zehnten und elften Monat höchst signifikante Unterschiede ($p=0,000$) und zwischen zwölften, dreizehnten und vierzehnten Monat der Lagerung signifikante Unterschiede ($p<0,05$). Keine Signifikanzen konnten zwischen elften und zwölften Monat und ab einer 14 monatigen Lagerung festgestellt werden. Signifikante Unterschiede ($p<0,05$) der Theobrominkonzentrationen wurden zwischen zehnten und elften Monat und am Ende der Lagerung, ab dem sechzehnten Monat, festgestellt. Zwischen den anderen Monaten waren die Veränderungen von Monat zu Monat nicht Signifikant.

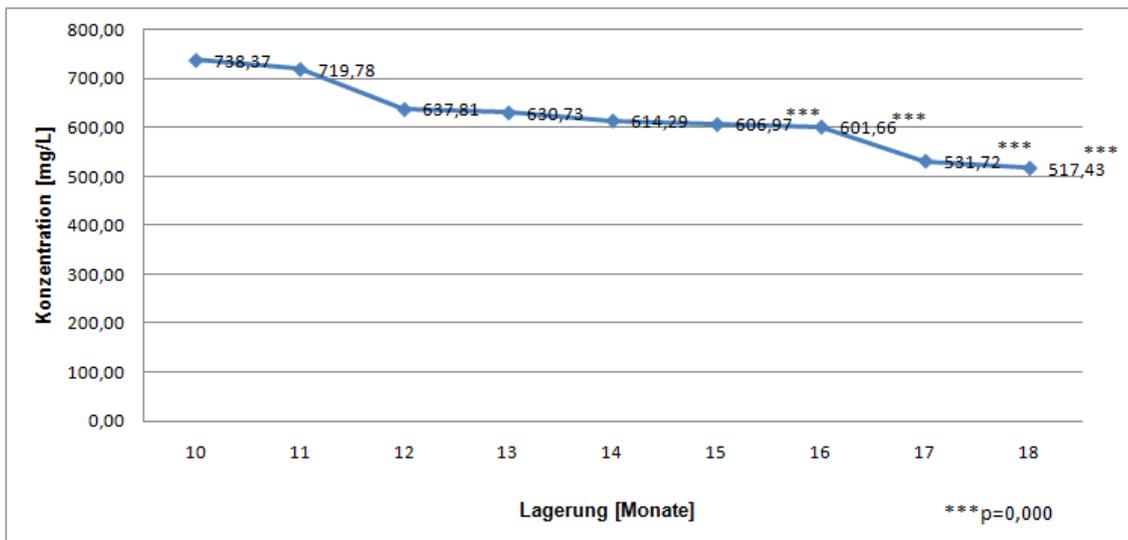


Abbildung 11: Arabica Kaffee: Veränderung von Koffein während der Lagerung

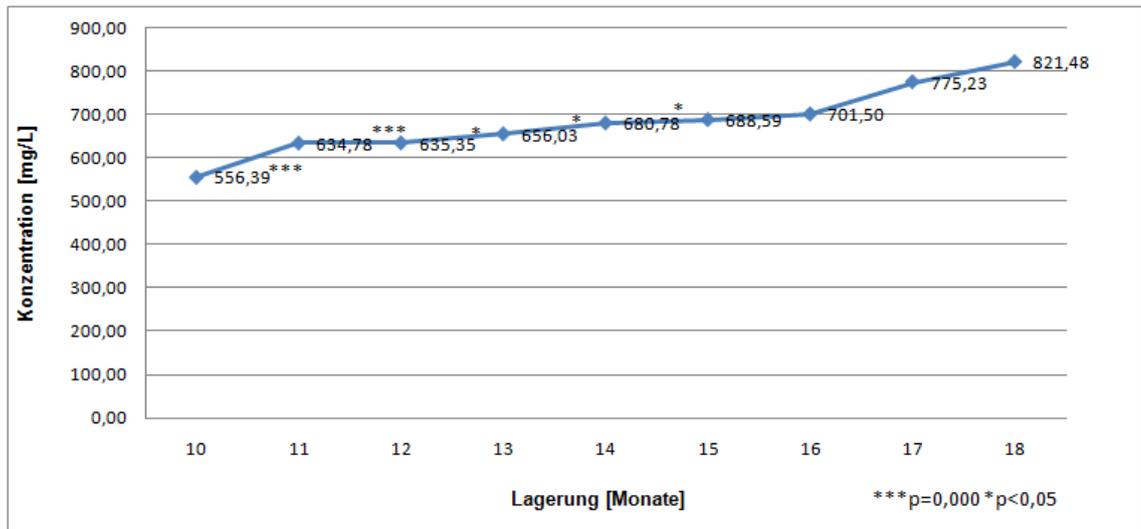


Abbildung 12: Arabica Kaffee: Veränderung von Chlorogensäure während der Lagerung

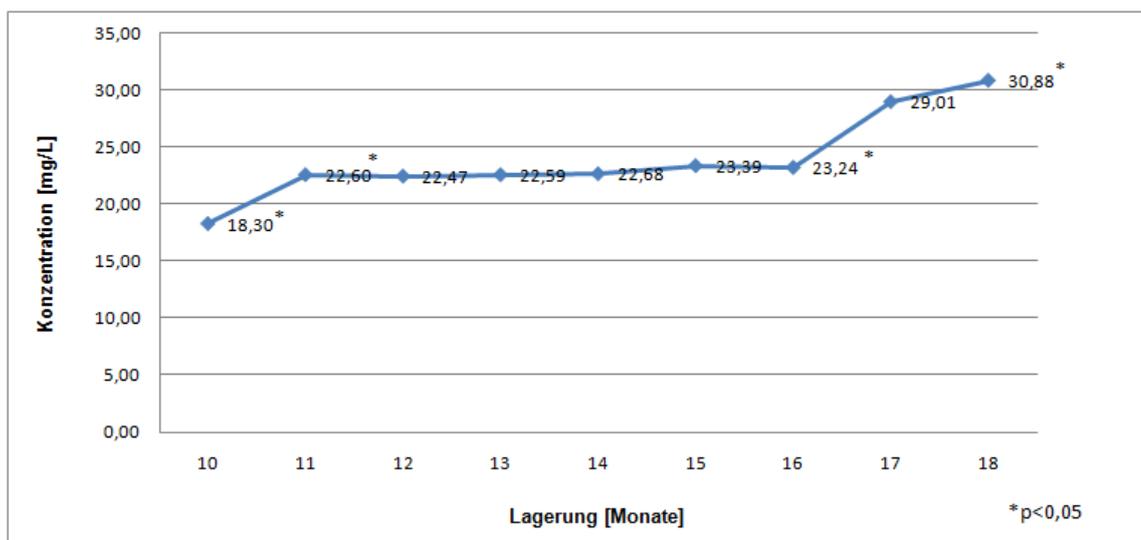


Abbildung 13: Arabica Kaffee: Veränderung von Theobromin während der Lagerung

4.1.2 Die Veränderung der Inhaltsstoffe von Robusta Kaffee

Die Veränderungen der Inhaltsstoffe des Robustakaffees zeigten ein ähnliches Bild wie die des Arabicakaffees. Der Chlorogensäuregehalt (Abbildung 15) stieg von 421,63 mg/L auf 579,82 mg/L (+38%), der Theobromingehalt (Abbildung 16) von 4,01 mg/L auf 8,63 mg/L (+115%) an, während der Koffeingehalt (Abbildung 14) von 1367,38 mg/L auf 1147,27 mg/L (-19%) abfiel. Wie auch

beim Arabica waren die Unterschiede der Konzentrationen, von Monat zu Monat, nicht immer gleich hoch. Zwischen 10. und 11., 11. und 12., sowie 12. und 13. Monat der Lagerung konnten jeweils höchst signifikante Unterschiede ($p=0,000$), zwischen 13. und 14., 14. und 15. sowie 15. und 16. Monat jeweils ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$), der Koffeinkonzentration festgestellt werden. Am Ende der Lagerung (ab dem sechzehnten Monat) waren die Unterschiede gering und statistisch nicht signifikant.

Die Veränderungen den Chlorogensäurekonzentrationen von Monat zu Vormonat zeigten ab einer 15 monatigen Lagerung höchst signifikante Unterschiede ($p=0,000$), davor waren die Unterschiede zwischen den Monaten nicht signifikant. Signifikante Unterschiede ($p=0,000$) der Theobrominkonzentrationen konnten nur zwischen dreizehnten und vierzehnten Monat sowie zwischen sechzehnten und siebzehnten Monat festgestellt werden.

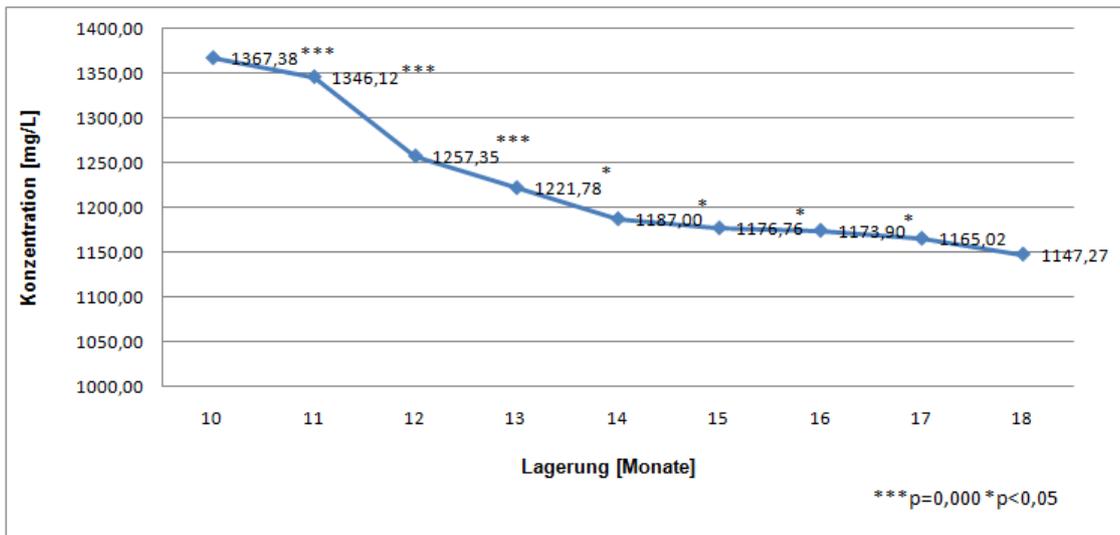


Abbildung 14: Robusta Kaffee: Veränderung von Koffein während der Lagerung

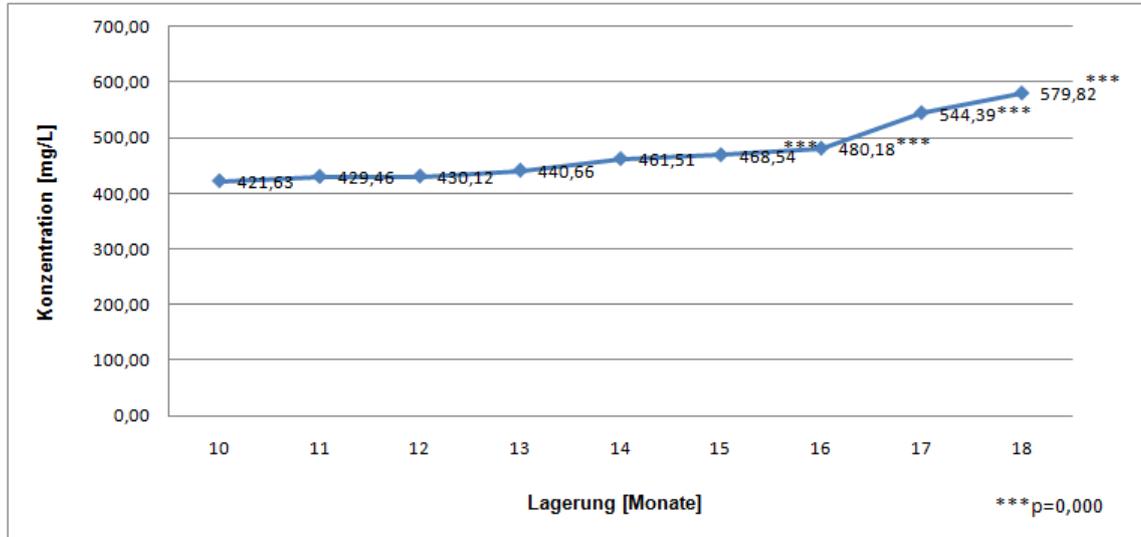


Abbildung 15: Robusta Kaffee: Veränderung von Chlorogensäure während der Lagerung

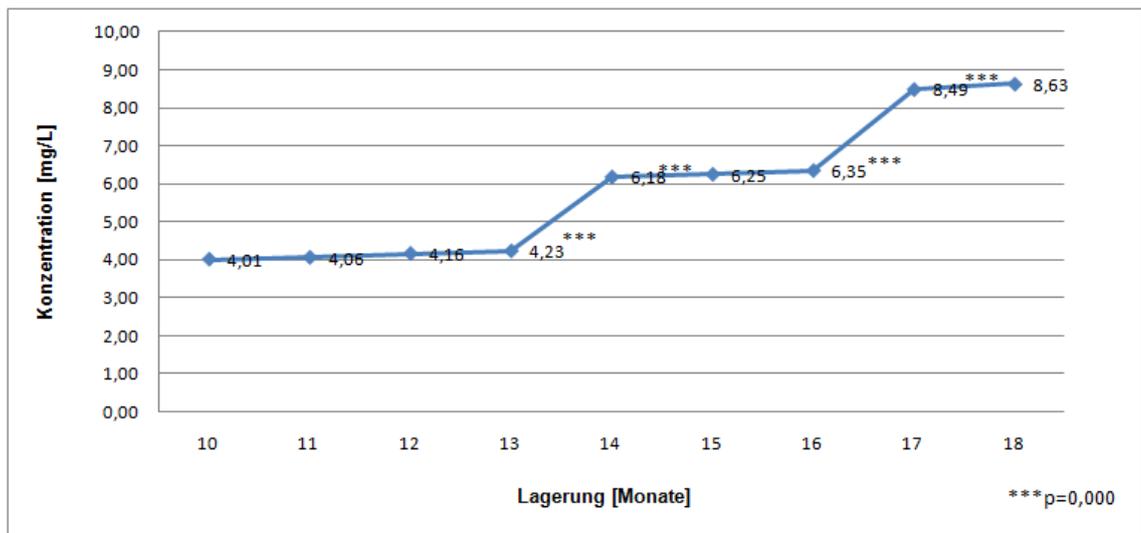


Abbildung 16: Robusta Kaffee: Veränderung von Theobromin während der Lagerung

4.1.3 Die Veränderung der Inhaltsstoffe während der Lagerung im Sortenvergleich (Arabica vs. Robusta)

Vergleicht man die ermittelten Ergebnisse der Inhaltsstoffe (Koffein, Chlorogensäure, Theobromin) von Arabica und Robusta kommt man zu folgenden Schlüssen.

4.1.3.1 Koffein

Robustakaffee zeigte über die gesamte Lagerdauer höhere Koffeinkonzentrationen als Arabicakaffee (Abbildung 17). Zehn Monate gelagerter Robusta enthielt mit 1367,38 mg/L um 629,01 mg/L (85%) mehr Koffein als Arabica. Der Koffeingehalt sank bei beiden Sorten ab, beim Arabica (-49%) jedoch deutlich mehr als beim Robusta (-19%). Am Ende der Lagerung lag die Differenz der Koffeinkonzentrationen zwischen den Sorten somit bei 629,84 mg/L (121,7%). Im Sortenvergleich wiesen die Koffeinkonzentrationen, in jedem Monat, einen höchst signifikanten Unterschied ($p=0,000$) auf.

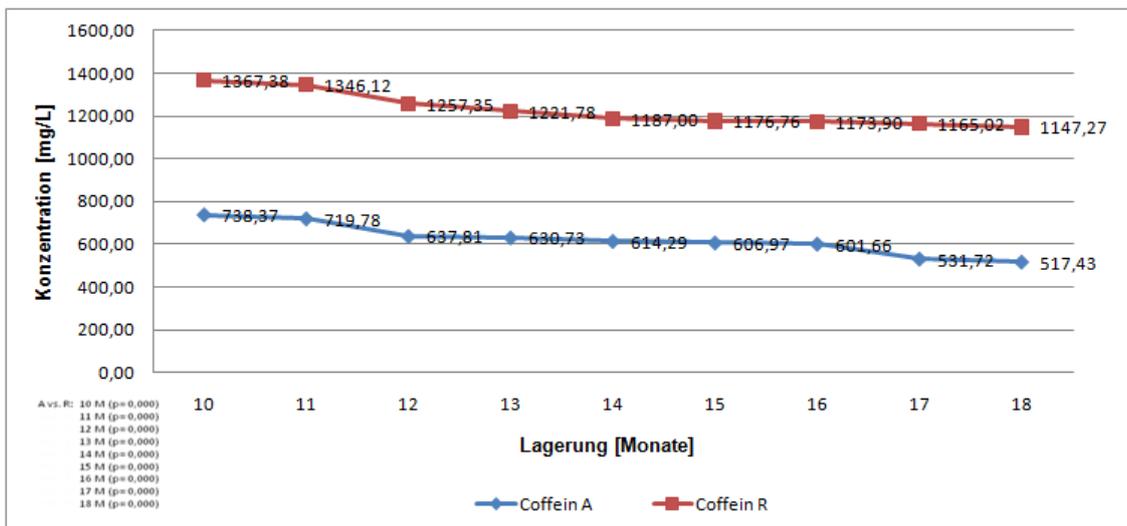


Abbildung 17: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Koffein während der Lagerung

4.1.3.2 Chlorogensäure

Beim Vergleich der Chlorogensäurewerte zeigte sich, dass die Sorte Arabica während der gesamten Lagerdauer höhere Konzentrationen als Robusta aufwies (Abbildung 18). Der 10 Monate gelagerte Arabica enthielt um 134,67 mg/L (32%) mehr Chlorogensäure als der Robustakaffee. Bei Arabica stieg die Chlorogensäurekonzentration um 48% und bei Robusta um 38%. Am Ende der Lagerung enthielt der Arabicakaffee somit um 241,66 mg/L (41%) mehr Chlorogensäure als der Robustakaffee. Bei den Chlorogensäurewerten konnte jeden Monat ein höchst signifikanter Unterschied ($p=0,000$) zwischen Arabica und Robusta festgestellt werden.

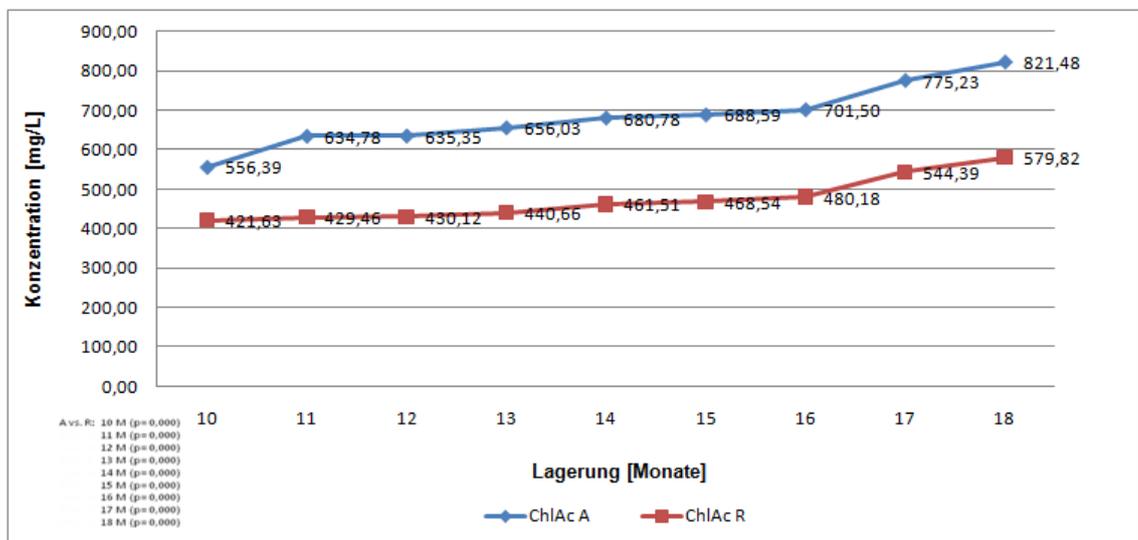


Abbildung 18: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Chlorogensäure (ChIAc) während der Lagerung

4.1.3.3 Theobromin

Der 10 Monate gelagerte Arabica enthielt 4,5-mal so viel Theobromin als Robusta. Während der Lagerung stieg die Theobrominkonzentration von Robustakaffee (+115%) viel stärker an als bei Arabicakaffee (+69%). Am Ende der Lagerung enthielt jedoch die Sorte Arabica mit einer Theobrominkonzentration von 30,88 mg/L, immer noch um 22,25 mg/l (257,8%) mehr Theobromin als Robusta (Abbildung 19). Wie auch bei den

Veränderungen der Koffein- und Chlorogensäurekonzentrationen, konnte jeden Monat ein höchst signifikanter Unterschied ($p=0,000$) zwischen den Sorten festgestellt werden.

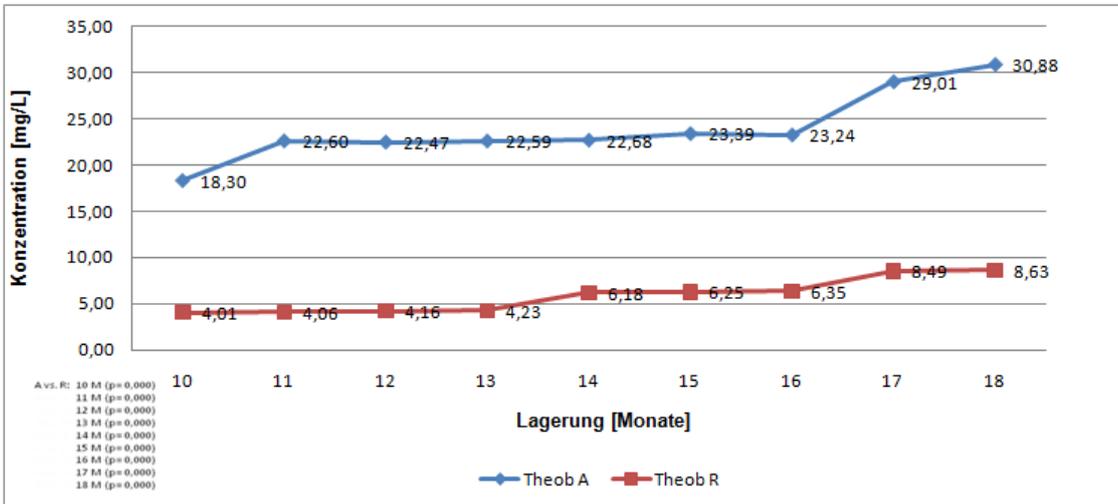


Abbildung 19: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Theobromin (Theob) während der Lagerung

4.2 Die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica und Robusta Kaffee während der Lagerung

4.2.1 Die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica

Das antioxidative Potential von 10 Monate gelagerten Arabica betrug 27,03 mMol Trolox Ä/L und stieg bis zum Ende der Lagerung um 12,76 mMol Trolox Ä/L (+475) auf 39,79 mMol Trolox Ä/L (Abbildung 20). Höchst signifikante Unterschiede ($p=0,000$) der TAC-Konzentrationen der Proben waren zwischen zehnten und elften, vierzehnten und fünfzehnten, sowie zwischen sechzehnten und siebzehnten Monat zu verzeichnen. Zwischen den anderen Monaten gab es mit einer Ausnahme jeweils signifikante Unterschiede ($p<0,05$). Keine

Signifikanz konnte zwischen dreizehn und vierzehn Monate gelagerten Arabicakaffe beobachtet werden.

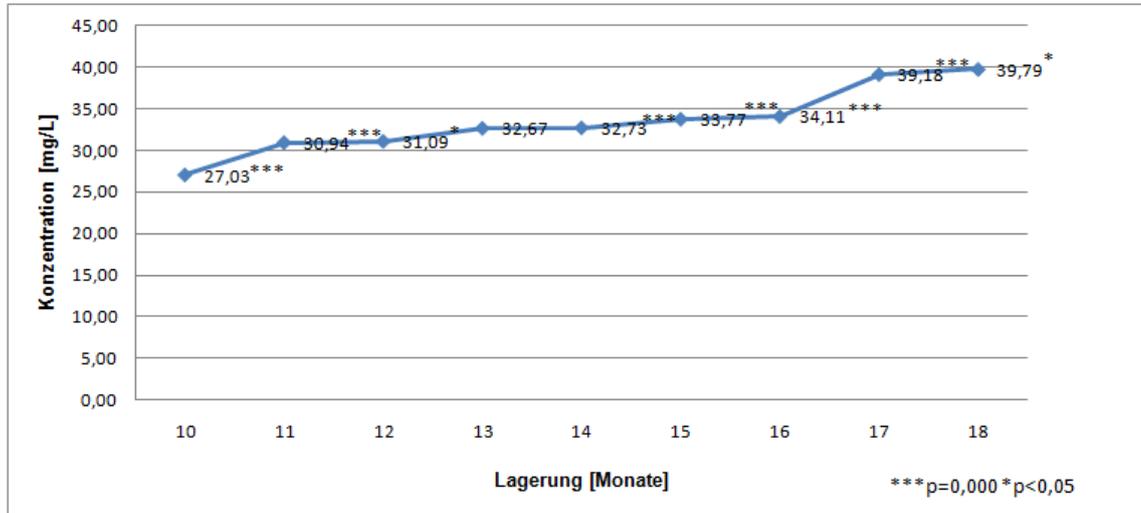


Abbildung 20: Arabica Kaffee: Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität während der Lagerung

4.2.2 Die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität von Robusta

Die Totale Antioxidative Kapazität von Robusta stieg ebenso, wie die von Arabica, während der Lagerung an. Sie betrug beim 10 Monate gelagerten Robusta 20,62 mMol Trolox Ä/L und stieg bis zum Ende der Lagerung um 7,77 mMol Trolox Ä/L (37%) auf 28,39 mMol Trolox Ä/L an (Abbildung 21). Die Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten waren jedoch eher gering und es konnten daher keine Signifikanzen gefunden werden. Nur zwischen den zehnten und elften monat, sowie zwischen zwölf und dreizehn Monate gelagerten Kaffee war ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) gegeben.

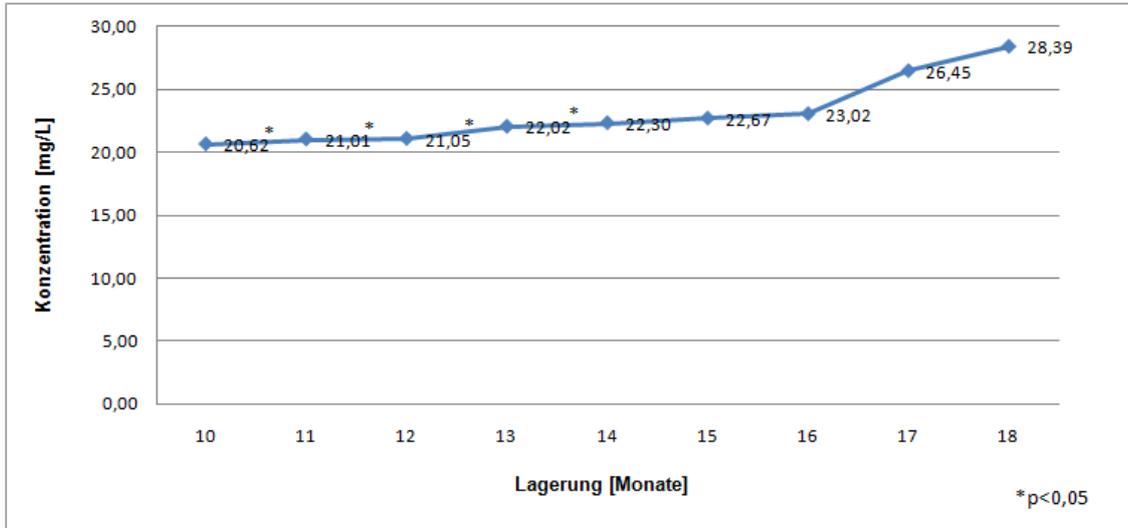


Abbildung 21: Robusta Kaffee: Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität während der Lagerung

4.2.3 Die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität während der Lagerung im Sortenvergleich (Arabica vs. Robusta)

Beim Vergleich der Totalen Antioxidativen Kapazität von Arabica und Robusta, während der Lagerung, konnten folgende Beobachtungen gemacht werden (Abbildung 22). Arabica wies im Allgemeinen ein höheres antioxidatives Potential auf als Robusta, sowohl bei 10 Monate gelagerten Kaffee als auch während der gesamten Lagerdauer. Der 10 Monate gelagerte Arabicakaffee zeigte ein um 6,41 mMol Trolox Ä/L (30%) höheres antioxidatives Potential als Robusta Kaffee. Die TAC-Werte stiegen bei Arabica um 47%, bei Robusta um 37% im Laufe der Lagerung an, sodass die Totale Antioxidative Kapazität von 18 Monate gelagerten Arabica um 40 % höher war als die von Robusta. Im Sortenvergleich konnte in jedem untersuchten Monat ein höchst signifikanter Unterschied ($p=0,000$) der Totalen Antioxidativen Kapazität festgestellt werden.

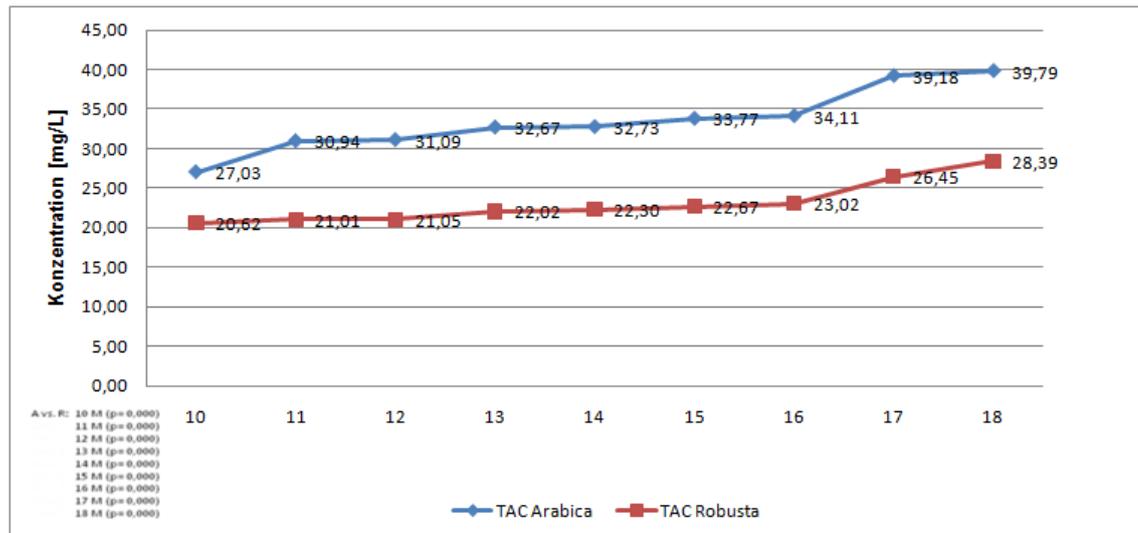


Abbildung 22: Sortenvergleich Arabica vs. Robusta: Veränderung der Totalen Antioxidativen (TAC) Kapazität während der Lagerung

4.3 Quantitative Deskriptive Analyse von Arabica und Robusta

4.3.1 Vergleich des 12, 15 und 18 Monate gelagerten Arabica-Kaffees

Vergleicht man die Produktprofile des 12, 15 und 18 Monate gelagerten Arabicakaffees, kann man deutliche Veränderungen der sensorischen Eigenschaften erkennen (Abbildung 23). Die größten Unterschiede, in der Intensität der einzelnen Attribute, sieht man zwischen 12 und 18 Monate gelagerten Kaffee. Zwischen 12 und 15 bzw. 15 und 18 Monate gelagerten Arabica konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Daher wurde ein Vergleich nur zwischen 12 und 18 Monate gelagerten Kaffee durchgeführt.

Der 12 Monate gelagerte Arabica zeigte bei den Attributen allgemeiner Kaffeegeruch, -flavour und allgemeiner Nachgeschmack (7,0 Pkt.; 7,1 Pkt.; 6,0 Pkt.) höhere Intensitäten als der 18 Monate gelagerte Arabica (5,5 Pkt., $p=0,000$; 6,4 Pkt., $p=0,057$; 5,6 Pkt., $p=0,471$). Die Unterschiede waren jedoch

nur beim Kaffeegeruch signifikant ($p < 0,05$). Auch die Eigenschaften Brew-like und röstig im Geruch und Flavour wurden beim 12 Monate gelagerten Kaffee (6,0 Pkt.; 5,8 Pkt.; 5,9 Pkt.; 6,1 Pkt.) intensiver beurteilt als bei der Verkostung am Ende der Lagerung (4,3 Pkt., $p=0,000$; 4,7 Pkt., $p=0,020$; 4,7 Pkt., $p=0,092$; 4,9 Pkt., $p=0,083$), wobei nur beim Attribut Brew-like im Geruch und Flavour signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) aufgewiesen werden konnten.

Die typischen Arabica Eigenschaften fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavour sowie der süße Geschmack wurden von den ProbandInnen bei dem 12 Monate gelagerten Kaffee (5,1 Pkt.; 4,8 Pkt.; 2,4 Pkt.) ebenfalls intensiver beurteilt als bei dem 18 Monate gelagerten Kaffee (4,3 Pkt., $p=0,285$; 3,9 Pkt., $p=0,114$; 1,7 Pkt., $p=0,217$), die Unterschiede waren jedoch nicht Signifikant.

Die Ausprägung der Eigenschaften die typisch für einen Robustakaffee sind wie verbrannt, erdig und heuartig sowohl im Geruch (3,2 Pkt.; 2,9 Pkt.; 3,4 Pkt.) als auch im Flavour (4,3 Pkt.; 3,7 Pkt.; 4,2 Pkt.) war beim 18 Monate gelagerten signifikant höher als beim 12 Monate gelagerten Kaffee (GER: 3,5 Pkt., $p=0,018$; 2,1 Pkt., $p=0,032$; 2,5 Pkt., $p=0,026$; FLA: 3,4 Pkt., $p=0,022$; 2,9 Pkt., $p=0,035$; 2,6 Pkt., $p=0,003$). Nur beim Attribut holzig im Geruch (2,9 Pkt.; 2,7 Pkt.; $p=0,265$) und Flavour (3,6 Pkt.; 2,8 Pkt.; $p=0,078$) konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Negativ behaftete Attribute, abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour sowie Fremdgeruch und -flavour, die durch die Lagerung und den Alterungsprozess beeinflusst werden, wurden beim 18 Monate gelagerten Kaffee (4,2 Pkt.; 3,7 Pkt.; 2,9 Pkt.; 2,5 Pkt.) intensiver beurteilt als bei 12 Monate gelagerten Kaffee (2,5 Pkt., $p=0,027$; 1,6 Pkt., $p=0,00$; 1,9 Pkt., $p=0,076$; 1,6 Pkt., $p=0,547$) Die Unterschiede waren jedoch nur beim abgestandenen Geruch und Flavour signifikant ($p < 0,05$).

Die Ausprägung des bitteren Geschmacks und Nachgeschmacks sowie der Adstringenz, welche von den ProbandInnen bei dem 18 Monate gelagerten Kaffee (6,1 Pkt.; 5,4 Pkt.; 5,3 Pkt.) als intensiver beurteilt wurden als beim 12 Monate glagerten Kaffee (5,6 Pkt., $p=0,832$; 4,9 Pkt., $p=0,433$; 4,7 Pkt., $p=0,446$), war nicht signifikant.

Bei den untersuchten optischen Eigenschaften Farbe, Trübheit und Öligkeit, konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Sie wurden jedoch beim 18 Monate gelagerten Kaffee (8,5 Pkt.; 6,7 Pkt.; 5,0 Pkt.) intensiver wahrgenommen als beim 12 Monate gelagerten Kaffee (8,2 Pkt., $p=0,994$; 5,7 Pkt., $p=0,098$; 4,3 Pkt., $p=0,418$).

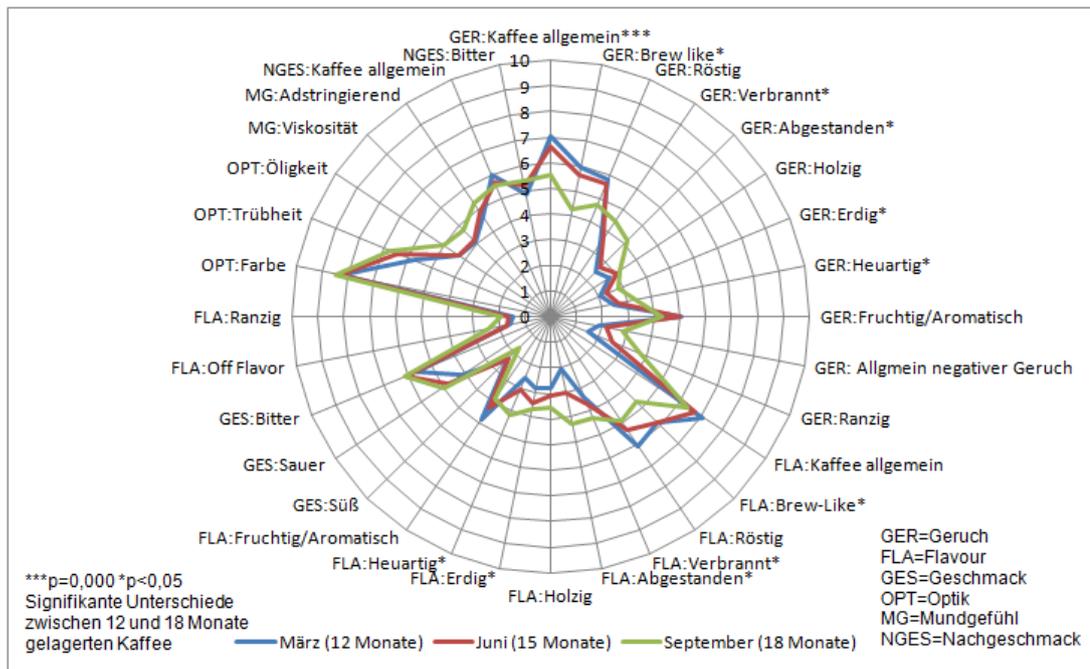


Abbildung 23: Produktprofil von Arabica Kaffee: Veränderung der sensorischen Eigenschaften während der Lagerung

4.3.2 Vergleich des 12, 15 und 18 Monate gelagerten Robusta Kaffees

Betrachtet man die Produktprofile des 12, 15 und 18 Monate gelagerten Robustakaffees, erkennt man, genauso wie bei Arabica, Veränderungen die aufgrund der Lagerung entstanden sind (Abbildung 24). Die größten Unterschiede in den Intensitäten der einzelnen Attribute waren auch hier zwischen 12 und 18 Monate gelagerten Kaffee gegeben. Daher wurde wie bei Arabica ein Vergleich nur zwischen 12 und 18 Monate gelagerten Kaffee durchgeführt.

Der 12 Monate gelagerte Robusta zeigte bei den Attributen allgemeiner Kaffeegeruch, -flavour und allgemeinen Nachgeschmack (5,8 Pkt.; 5,1 Pkt.; 5,2 Pkt.) höhere Werte als der 18 Monate gelagerte Kaffee (4,6 Pkt.; 4,0 Pkt.; 5,6 Pkt.), wobei es beim Kaffeegeruch einen signifikanten ($p=0,027$), beim Kaffeeflavour einen höchst signifikanten ($p=0,000$) Unterschied gab, beim Nachgeschmack ($p=0,189$) waren die Unterschiede jedoch nicht signifikant. Auch die Attribute Brew-like und röstig im Geruch und Flavour wurden beim 12 Monate gelagerten Kaffee (2,7 Pkt.; 3,1 Pkt.; 2,7 Pkt.; 2,6 Pkt.) intensiver beurteilt als beim 18 Monate gelagerten Kaffee (2,1 Pkt., $p=0,038$; 2,5 Pkt., $p=0,136$; 2,3 Pkt., $p=0,311$; 2,3 Pkt., $p=0,705$), signifikante Unterschiede waren jedoch nur beim Geruch Brew-like gegeben.

Die charakteristischen Robusta Eigenschaften verbrannt, holzig, erdig und heuartig sowohl im Geruch (8,2 Pkt.; 7,7 Pkt.; 7,6 Pkt.; 6,6 Pkt.) als auch im Flavour (7,8 Pkt.; 8,2 Pkt.; 7,6 Pkt.; 6,6 Pkt.) wurden beim 18 Monate gelagerten Kaffee intensiver beurteilt als beim 12 Monate gelagerten Kaffee (GER: 7,5 Pkt., $p=0,054$; 7,4 Pkt., $p=0,629$; 7,5 Pkt., $p=0,934$; 5,7 Pkt., $p=0,380$; FLA: 7,4 Pkt., $p=0,598$; 7,4 Pkt., $p=0,012$; 7,8 Pkt., $p=0,608$; 6,6 Pkt., $p=0,173$). Ein signifikanter Unterschied konnte jedoch nur im holzigen Flavour festgestellt werden.

Typische Eigenschaften von Arabica Kaffee, fruchtig im Geruch und Flavour sowie der süße Geschmack, wurden schon beim 12 Monate gelagerten Kaffee (1,3 Pkt.; 0,5 Pkt.; 0,2 Pkt.) kaum wahrgenommen, dadurch waren die Unterschiede zum 18 Monate gelagerten Kaffee (1,1 Pkt., $p=0,933$; 0,3 Pkt., $p=0,501$; 0,1 Pkt., $p=0,969$) eher gering und keine Signifikanzen konnten festgestellt werden.

Die negativ behafteten Attribute abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour sowie Fremdgeruch und -flavour wurden beim 18 Monate gelagerten Kaffee (7,4 Pkt.; 6,4 Pkt.; 7,3 Pkt.; 4,6 Pkt.; 5,9 Pkt.; 5,7 Pkt.) intensiver beurteilt als beim 12 Monate gelagerten Kaffee (6,8 Pkt., $p=0,081$; 4,7 Pkt., $p=0,000$; 7,0 Pkt., $p=0,664$; 3,7 Pkt., $p=0,009$; 5,1 Pkt., $p=0,045$; 4,8 Pkt., $p=0,01$). Alle Unterschiede, außer beim Attribut abgestanden waren signifikant ($p<0,05$).

Der bittere Geschmack und Nachgeschmack sowie das adstringierende Mundgefühl wurden ebenfalls beim 18 Monate gelagerten Kaffee (8,8 Pkt.; 8,1 Pkt.; 7,4 Pkt.) intensiver beurteilt als beim 12 Monate gelagerten Kaffee (8,5 Pkt., $p=0,766$; 7,6 Pkt., $p=0,225$; 6,6 Pkt., $p=0,224$). Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Beim 18 Monate gelagerten Kaffee waren die optischen Eigenschaften Farbe, Trübheit und Öligkeit (9,0 Pkt.; 6,4 Pkt.; 4,1 Pkt.), stärker, jedoch nicht signifikant, ausgeprägt als beim 12 Monate gelagerten Kaffee (8,5 Pkt., $p=0,090$; 5,9 Pkt., $p=0,652$; 3,5 Pkt., $p=0,302$).

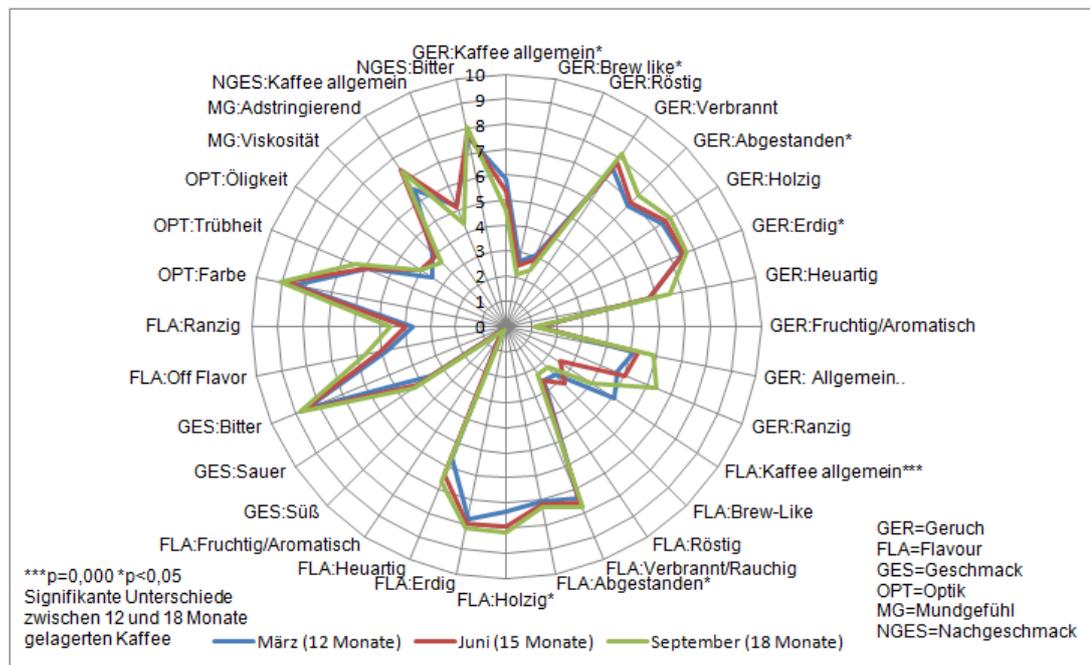


Abbildung 24: Produktprofil von Robusta Kaffee: Veränderung der sensorischen Eigenschaften während der Lagerung

4.3.3 Die Veränderungen der sensorischen Eigenschaften während der Lagerung im Sortenvergleich

4.3.3.1 Produktprofil des 12 Monate gelagerten Kaffees (Arabica vs. Robusta)

Bei dem Produktprofil des 12 Monate gelagerten Arabica- und Robustakaffees (Abbildung 25) konnte festgestellt werden, dass die charakteristischen Robusta Attribute, verbrannt, holzig, erdig und heuartig im Geruch und Flavour, bei Robusta (GER: 7,5 Pkt.; 7,4 Pkt.; 7,5 Pkt.; 5,7 Pkt.; FLA: 7,4 Pkt.; 7,4 Pkt.; 7,8 Pkt.; 6,6 Pkt.) höchst signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt waren als bei Arabica (GER: 3,2 Pkt.; 2,9 Pkt.; 2,9 Pkt.; 3,4 Pkt.; FLA: 4,3 Pkt.; 3,6 Pkt.; 3,7 Pkt.; 4,15 Pkt.). Im Gegensatz dazu wurden die typischen Arabica Eigenschaften, fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavour sowie der süße Geschmack, beim Arabica (5,1 Pkt.; 4,8 Pkt.; 2,4 Pkt.) höchst signifikant ($p=0,000$) intensiver beurteilt als beim Robusta (1,3 Pkt.; 0,5 Pkt.; 0,2 Pkt.). Der 12 Monate gelagerte Arabikakaffee zeigte bei den Attributen allgemeiner Kaffeegeruch, -flavour und im allgemeinen Nachgeschmack (7,0 Pkt.; 7,1 Pkt.; 6,0 Pkt.) deutlich höhere Intensitäten als der 12 Monate gelagerte Robustakaffee (5,8 Pkt.; 5,1 Pkt.; 5,2 Pkt.). Die Unterschiede waren, außer beim allgemeinen Nachgeschmack ($p=0,033$), höchst signifikant ($p=0,000$). Des Weiteren wurden die Eigenschaften Brew-like und röstig im Geruch und Flavour, bei Arabica (6,0 Pkt.; 5,8 Pkt.; 5,9 Pkt.; 6,1 Pkt.) als höchst signifikant ($p=0,000$) intensiver bewertet als bei Robusta (2,7 Pkt.; 3,1 Pkt.; 2,7 Pkt.; 3,2 Pkt.).

Die negativ behafteten Attribute, abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour sowie Fremdgeruch und Flavour, waren beim Robusta (6,8 Pkt.; 4,7 Pkt.; 7,0 Pkt.; 3,8 Pkt.; 4,8 Pkt.) höchst signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt als beim Arabica (2,5 Pkt.; 1,6 Pkt.; 2,1 Pkt.; 1,5 Pkt.; 1,9 Pkt.; 1,6 Pkt.). Ebenso wurden der bittere Geschmack und Nachgeschmack sowie das adstringierende Mundgefühl beim Robustakaffee (8,5 Pkt.; 7,6 Pkt.; 6,6 Pkt.) höchst signifikant

Eigenschaften, fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavour sowie der süße Geschmack bei Arabicakaffee (5 Pkt.; 4,3 Pkt.; 2,3 Pkt.) höchst signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt als bei Robustakaffee (1,2 Pkt.; 0,4 Pkt.; 0,2 Pkt.). Die Attribute allgemeiner Kaffeegeruch und –flavour sowie der allgemeine Nachgeschmack wurden beim Arabica (6,7 Pkt.; 6,7 Pkt.; 5,7 Pkt.) ebenfalls intensiver beurteilt als beim Robusta (5,4 Pkt.; 2,5 Pkt.; 5,1 Pkt.), wobei es beim Kaffeegeruch einen signifikanten ($p=0,027$), beim Kaffeeflavour einen höchst signifikanten ($p=0,000$) Unterschied gab, beim allgemeinen Nachgeschmack ($p=0,122$) jedoch nicht. Der Arabicakaffee wurde auch bei den Eigenschaften Brew-like und röstig im Geruch und Flavour (5,7 Pkt.; 5,6 Pkt.; 5,9 Pkt.; 5,3 Pkt.) als höchst signifikant ($p=0,000$) intensiver beurteilt als der Robustakaffee (2,5 Pkt.; 2,9 Pkt.; 3,2 Pkt.; 2,6 Pkt.).

Wie auch beim 12 Monate gelagerten Kaffee konnten bei den negativ behafteten Attributen, abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour sowie Fremdgeruch und –flavour, höchst signifikante Unterschiede ($p=0,000$) zwischen den Sorten festgestellt werden. Sie wurden beim Robustakaffee (6,9 Pkt.; 5,1 Pkt.; 7,2 Pkt.; 4,0 Pkt.; 5,3 Pkt.; 5,1 Pkt.) viel intensiver wahrgenommen als beim Arabicakaffee (2,7 Pkt.; 2,6 Pkt.; 3,1 Pkt.; 1,6 Pkt.; 2,2 Pkt.; 1,7 Pkt.).

Des Weiteren waren der bittere Geschmack und Nachgeschmack sowie die Adstringenz beim Robusta (8,7 Pkt.; 7,8 Pkt.; 7,5 Pkt.) höchst signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt als beim Arabica (6,1 Pkt.; 5,2 Pkt.; 4,9 Pkt.).

Bei den optischen Eigenschaften, Farbe, Trübheit und Öligkeit, sowie der Viskosität als Mundgefühl, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden.

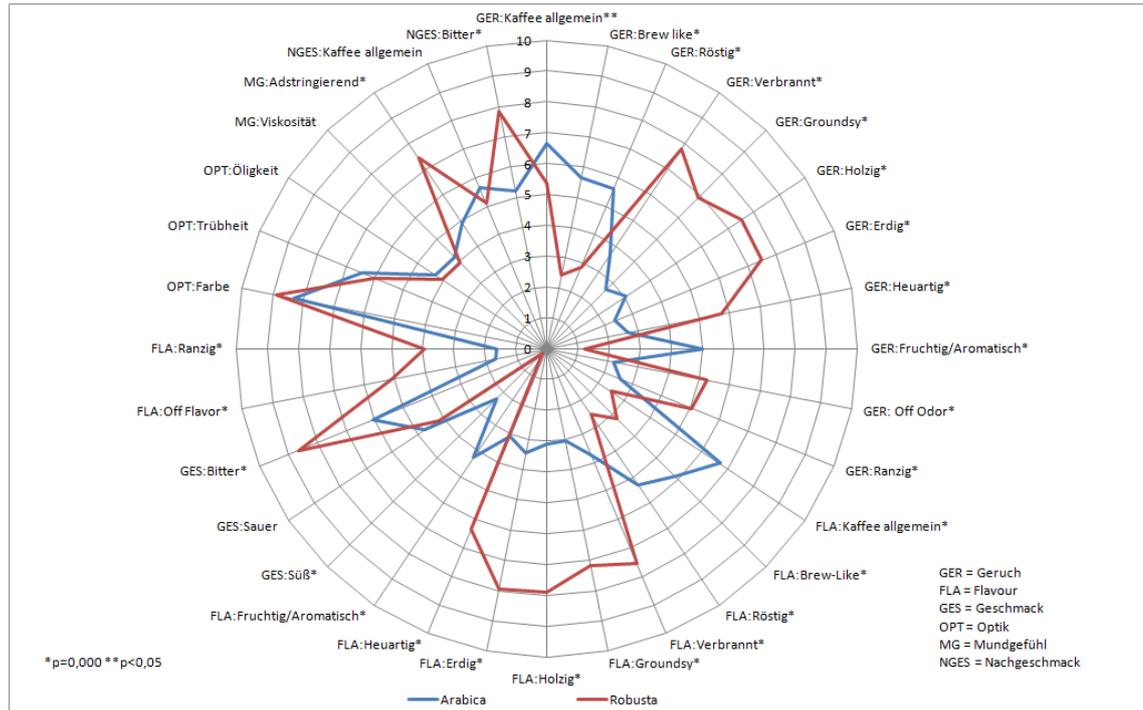


Abbildung 26: Sortenvergleich: Produktprofil von 15 Monate gelagerten Arabica und Robusta Kaffee

4.3.3.3 Produktprofil des 18 Monate gelagerten Kaffees (Arabica vs. Robusta)

Am Ende der Lagerung (18 Monate) wurden 2 weitere Produktprofile erstellt (Abbildung 27), an denen zu erkennen ist, dass die typischen Robusta Eigenschaften, verbrannt, holzig, erdig und heuartig im Geruch (8,2 Pkt.; 7,7 Pkt.; 7,6 Pkt.; 6,6 Pkt.) und Flavour (7,8 Pkt.; 8,2 Pkt.; 8,2 Pkt.; 6,7 Pkt.), beim Robustakaffee stärker ausgeprägt waren als beim Arabica (GER: 4,5 Pkt.; 3,2 Pkt.; 2,9 Pkt.; 3,4 Pkt.; FLA: 4,3 Pkt.; 3,6 Pkt.; 3,7 Pkt.; 4,2 Pkt.). Die Unterschiede zwischen den Sorten waren statistisch höchst signifikant (p=0,000).

Wie auch bei den zwei Verkostungen zuvor wurden die charakteristischen Arabica Eigenschaften, fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavour sowie der süße Geschmack beim Arabicakaffee (4,3 Pkt.; 3,9 Pkt.; 1,7 Pkt.) höchst

signifikant ($p=0,000$) intensiver beurteilt als beim Robustakaffee (1,1 Pkt.; 0,3 Pkt.; 0,2 Pkt.).

Der allgemeine Kaffeegeruch, -flavour und Nachgeschmack waren beim Arabica (5,5 Pkt.; 6,4 Pkt.; 5,6 Pkt.) ebenfalls signifikant stärker ausgeprägt als beim Robusta (4,6 Pkt., $p=0,043$; 4,0 Pkt., $p=0,000$; 4,4 Pkt., $p=0,014$). Bei den Attributen Brew-like und röstig im Geruch und Flavour konnten höchst signifikante ($p=0,000$) Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden, wobei sie beim Arabica (4,3 Pkt.; 4,7 Pkt.; 4,7 Pkt.; 4,9 Pkt.) intensiver beurteilt wurden als beim Robusta (2,1 Pkt.; 2,5 Pkt.; 2,3 Pkt.; 2,3 Pkt.).

Die negativ behafteten Attribute, abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour, sowie Fremdgeruch und -flavour, waren beim Robusta (7,4 Pkt.; 6,4 Pkt.; 7,3 Pkt.; 4,6 Pkt.; 5,9 Pkt.; 5,7 Pkt.) stärker ausgeprägt als beim Arabica (4,2 Pkt.; 3,7 Pkt.; 4,3 Pkt.; 1,9 Pkt.; 2,9 Pkt.; 2,5 Pkt.). Die Unterschiede zwischen den Sorten, in Bezug auf die oben erwähnten Attribute, waren höchst signifikant ($p=0,000$).

Wie auch bei den vorigen Produktprofilen konnten bei den optischen Eigenschaften, Farbe, Trübheit und Öligkeit sowie bei der Viskosität wahrgenommen als Mundgefühl keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden.

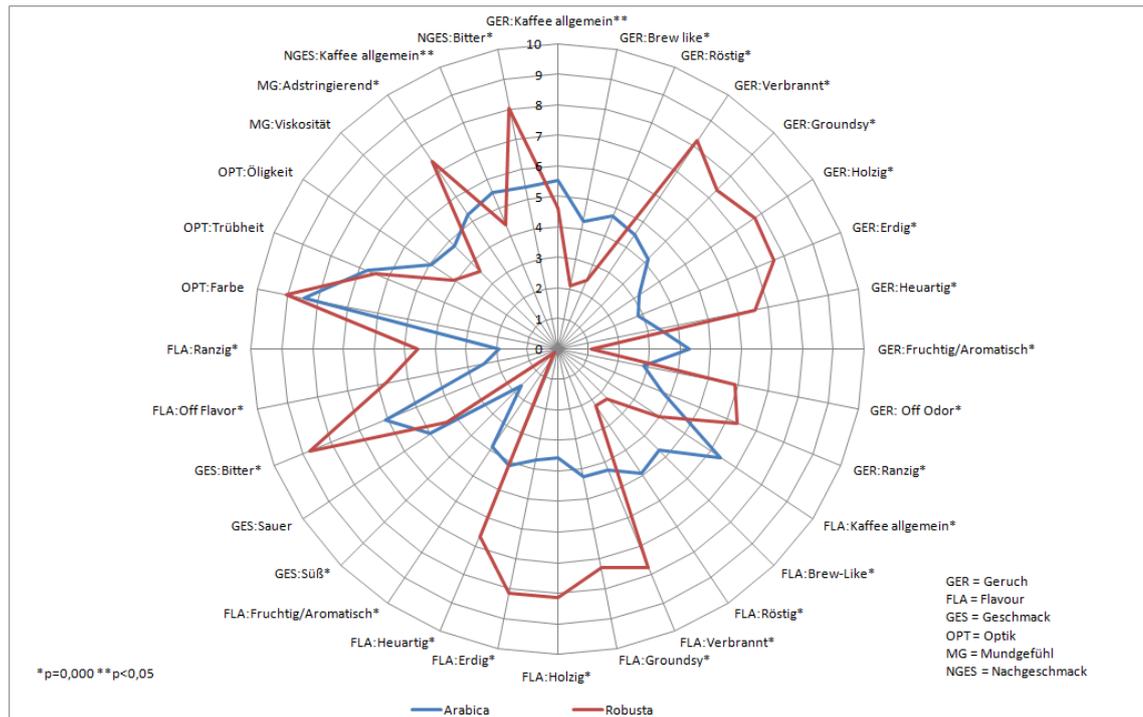


Abbildung 27: Sortenvergleich: Produktprofil von 18 Monate gelagerten Arabica und Robusta Kaffee

4.4 Diskussion der Laborchemischen Analyse

4.4.1 Koffein, Chlorogensäure und Theobromin (HPLC)

KREUML (2010) untersuchte in ihrer Lagerstudie die Veränderung der Inhaltsstoffe, Koffein, Chlorogensäure und Theobromin, zwischen frisch gerösteten bis hin zu 9 Monate gelagerten Kaffee. Sowohl das Probenmaterial (Arabica aus Äthiopien, Robusta aus Vietnam) als auch die analytische Methode (HPLC) waren mit denen der vorliegenden Arbeit ident. Ergänzt man die Ergebnisse von KREUML (2010) mit denen vorligender Arbeit, kann man die Veränderungen der Inhaltsstoffe über eine Lagerung von insgesamt 18 Monaten betrachten. Vergleicht man die Werte von Koffein (Abbildung 28), Chlorogensäure (Abbildung 29), und Theobromin (Abbildung 30) in einem dreimonatigen Intervall, kann man folgende Veränderungen beobachten.

Die Koffeinkonzentrationen von Arabica und Robusta stiegen zunächst an bis sie nach 6 Monaten ihr Maximum bei 905,99 mg/L bzw. 1605,39 mg/L erreichten. Danach sank der Gehalt an Koffein bei beiden Sorten, bis zum Ende der Lagerung (nach 18 Monaten), auf 517,43 mg/L bzw. 1147,27 mg/L ab. Vergleicht man die Werte, in einem Intervall von 3 Monaten, können mit einer Ausnahme (frisch gerösteten vs. 12 Monate gelagerten Arabicakaffee) jeweils höchst signifikante ($p=0,000$) Unterschiede zwischen den Intervallen festgestellt werden.

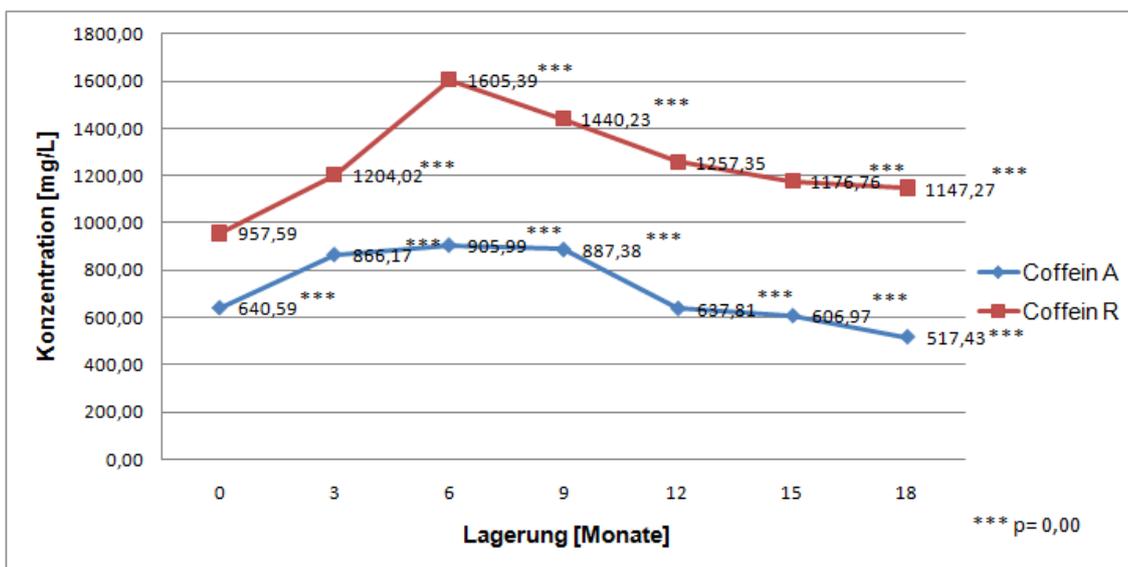


Abbildung 28: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Koffein während der Lagerung von 0 (frisch geröstet) bis 18 Monaten

In der Studie von KREUML (2010) ist ersichtlich, dass die Chlorogensäurekonzentrationen beider Sorten zuerst anstiegen, und nach einer sechsmonatigen Lagerung wieder etwas sanken. Im Gegensatz zu Coffein stiegen die Gehalte, wie in vorliegender Arbeit ersichtlich, im Verlauf der Lagerung wieder an. Betrachtet man die Veränderungen der Konzentrationen, in einem Intervall von drei Monaten, konnten jeweils signifikante ($p<0,05$) Unterschiede in jedem Intervall festgestellt werden.

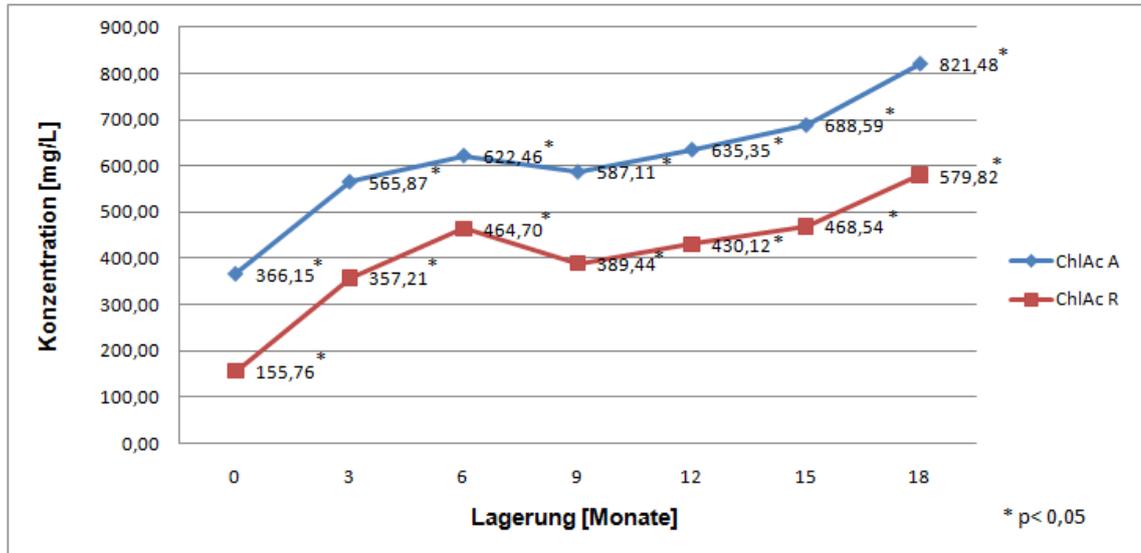


Abbildung 29: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Chlorogensäure während der Lagerung von 0 (frisch geröstet) bis 18 Monaten

Die Veränderungen der Theobrominkonzentrationen beider Sorten sind vergleichbar mit denen der Chlorogensäurekonzentrationen. Auch hier zeigt die Studie von KREUML (2010) zunächst einen Anstieg, und ab einer sechsmonatigen Lagerung einen Abfall der Theobromingehalte. Die Ergebnisse vorliegender Arbeit zeigten dass der Theobromingehalt, ebenso wie der Chlorogensäuregehalt, bis zum Ende der Lagerung wieder zunahm. Die Unterschiede der Konzentrationen, innerhalb jeder Sorte, in einem dreimonatigen Intervall waren jeweils signifikant ($p < 0,05$).

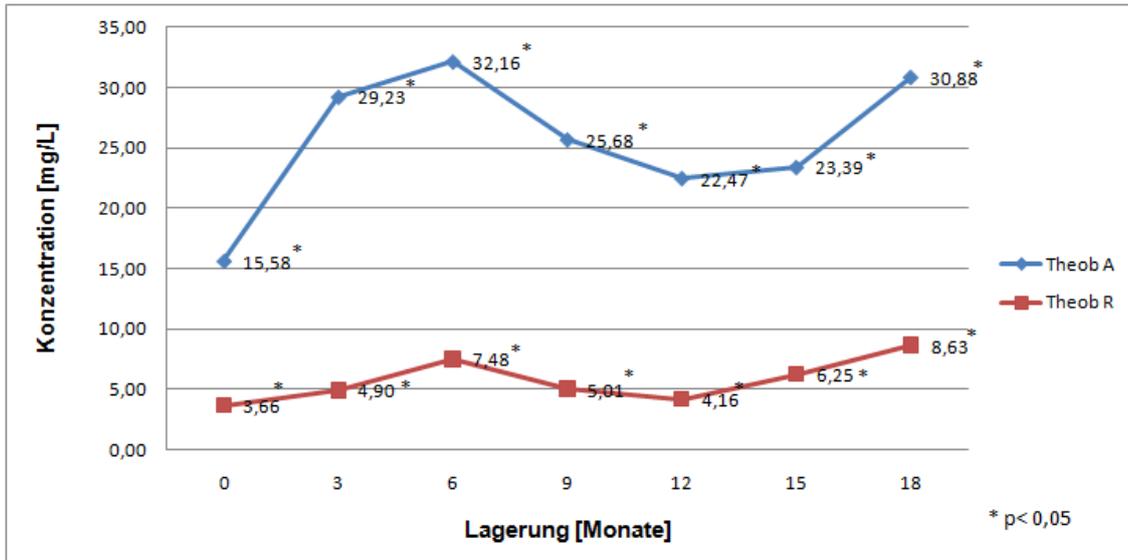


Abbildung 30: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung von Theobromin während der Lagerung von 0 (frisch geröstet) bis 18 Monaten

Um die Ergebnisse vorliegender Arbeit mit anderen Studien, in denen ebenfalls ausgewählte Inhaltsstoffe von Kaffee untersucht wurden, vergleichen zu können, wurde für jeden analysierten Inhaltsstoff der Mittelwert, sowie der Bereich zwischen kleinster gemessener Konzentration und des Maximalwerters ermittelt, und in nachfolgender Tabelle (Tabelle XXVII) angegeben.

Tabelle XXVII: Konzentrationen der Untersuchten Inhaltsstoffe während der gesamten Lagerdauer (MW; Streubreite)

Inhaltsstoffe (mg/L bzw. mg/g)	Arabica		Robusta	
	MW	Streubreite Min. – Max.	MW	Streubreite Min. – Max.
Koffein	622,09 mg/L 6,22 mg/g	515,99 – 749,76 mg/L 5,15 – 7,49 mg/g	1226,95 mg/L 12,26 mg/g	1135,36 – 1367,70 mg/L 11,35 – 13,68 mg/g
Chlorogensäure	683,33 mg/L 6,83 mg/g	555,32 – 832,27 5,55 – 8,32 mg/g	472,39 mg/L 4,72 mg/g	421,31 – 582,39 mg/L 4,21 – 5,82 mg/g
Theobromin	23,91 mg/L 0,24 mg/g	17,89 – 31,17 mg/L 0,18 – 0,31 mg/g	5,82 mg/L 0,05 mg/g	3,97 – 8,68 mg/l 0,03 mg/g – 0,09 mg/g

FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) untersuchten in ihrer Studie 12 kommerziell aufgebraute Kaffeegetränke (7 koffeinhaltige, 5 entkoffeinierte) mittels HPLC auf ihre Koffein- und Chlorogensäurekonzentrationen. Aus ihrer Studie ging nicht explizit hervor um welche Kaffeesorten es sich handelt und wie lange der Kaffee zwischen Röstung und Analyse lagerte, jedoch der verwendete Röstgrad (dunkle Röstung) war angegeben. In den koffeinhaltigen Kaffeegetränken, unabhängig von der Sorte lagen die ermittelten Koffeinkonzentrationen zwischen $10,9 \pm 0,04 - 16,5 \pm 0,024$ mg Koffein/g Kaffee. In vorliegender Arbeit, war beim äthiopischen Arabica die mittlere Koffeinkonzentration von 6,22mg /g Kaffee geringer als der angegebene Bereich. Beim vietnamesischen Robusta lag die mittlere Koffeinkonzentration von 12,27 mg/g Kaffee innerhalb des Bereichs. Aufgrund dessen kann man davon ausgehen, dass es sich bei den verwendeten Kaffees von FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) um Robustasorten oder Kaffeemischungen aus Arabica und Robusta handelt. Da man im Rahmen vorliegender Arbeit feststellte dass die Koffeinkonzentration während einer Lagerung von 10 bis 18 Monaten ständig sank, kann man ebenso annehmen dass die Analysen von FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) bei frisch gerösteten oder nur kurz gelagerten Kaffee durchgeführt wurden. Ein ähnliches Bild zeigt sich wenn man die, im Rahmen vorliegender Arbeit analysierten, Ergebnisse der Koffeinkonzentrationen mit denen von CASAL et al. (2000) und

HUCK et al. (2005) vergleicht. CASAL et al. (2000) ermittelten in ihrer Studie den Einfluss verschiedener Rösttemperaturen, unabhängig vom gewünschten Röstgrad, auf den Koffeingehalt von Arabica- und Robustakaffee. In den grünen Bohnen fanden die Autoren beim brasilianischen Arabicakaffee 12,36 mg Koffein/g Kaffee und beim, von der Elfenbeinküste stammenden, Robusta 20,84 mg Koffein/g Kaffee, das heißt um fast 70 % mehr. Der geröstete Arabica erzielte den höchsten Koffeingehalt mit 15,18 mg/g bei einer Rösttemperatur von 160°C, der höchste Koffeingehalt des Robustakaffees lag bei 22,12 mg/g bei einer Temperatur von 160°C. Die geringste Koffeinkonzentration wurde in beiden Sorten bei einer Rösttemperatur von 240° gefunden. Beim Arabica reduzierte sich der Gehalt auf 10,96 mg/g und beim Robusta auf 19,25 mg/g. In vorliegender Arbeit wurde eine Höchsttemperatur von ca. 165°C während des Röstvorgangs nicht überschritten und es wurde beim äthiopischen Arabica mittlere Koffeinkonzentrationen von 6,22 mg/g Kaffee und beim vietnamesischen Robusta von 12,26 mg/g Kaffee ermittelt und waren somit niedriger als in der Studie von CASAL et al. (2000). Die Unterschiede in den Resultaten lässt sich dadurch erklären, dass die untersuchten Kaffeesorten aus anderen Anbaugebieten stammten und durch den Abfall der Koffeinkonzentration während der Lagerung. HUCK et al. (2005) ermittelten in ihrer Studie Koffeinwerte im Bereich von 0,95 – 4,13 mg/100 g Kaffee. Sie untersuchten 83 Kaffeeproben aus verschiedenen geographischen Regionen mittels High Performance Liquid Chromatography (HPLC) und Near Infrared Spectroscopy (NIRS). Es wurden jedoch keine genaueren Angaben zu den Herkunftsländern und den verwendeten Kaffeesorten gemacht. In der gegenwärtigen Arbeit wurden beim Robustakaffee (1,14 – 1,37 mg Koffein/100 g Kaffee) Koffeinkonzentrationen, die im unteren Bereich der von HUCK et al. (2005) angegebenen Werte lagen, beobachtet. Die Koffeingehalte des äthiopischen Arabicas (0,52 – 0,75 mg Koffein/100 g Kaffee) waren jedoch niedriger. Dies lässt sich wiederum durch die Abnahme des Koffeingehalts während der Lagerung erklären.

Die in vorliegender Arbeit ermittelten Chlorogensäuregehalte (CGA) betragen zwischen 5,55 und 8,32 mg CGA/g Kaffee bei Arabica sowie zwischen 4,21 und

5,82 mg CGA/g Kaffee bei Robusta und lagen somit im unteren Bereich der von FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) bestimmten Chlorogensäuregehalte (CGA), von $5,26 \pm 0,09$ bis $17,1 \pm 0,34$ mg CGA/g Kaffee. Sie waren aber vergleichbar mit den Chlorogensäurewerten die TRUGO und MACRAE (1984) für den Kaffee mit dunkler Röstung eruierten. Sowohl TRUGO und MACRAE (1984) als auch FARAH et al. (2005) untersuchten in ihrer Studie den Chlorogensäuregehalt in grünen Bohnen sowie in gerösteten Bohnen mit verschiedenen Röstgraden. Die Ergebnisse beider Studien zeigten, dass in grünen Bohnen die höchsten Chlorogensäurekonzentrationen ermittelt wurden und dass der Gehalt an Chlorogensäure mit der Stärke des Röstgrades abnimmt. TRUGO und MACRAE (1984) berichteten von einem Chlorogensäuregehalt von 68,8 mg CGA/g Kaffee bei grünen Arabica-Bohnen und von 88,0 mg CGA/g Kaffee bei grünen Robusta-Bohnen. Mit der Stärke des Röstgrades sanken diese Werte bei Arabica auf 26,9 mg CGA/g Kaffee bei einer leichten Röstung, auf 22,2 mg CGA/g Kaffee bei einer mittleren Röstung, auf 7,71 mg CGA/g Kaffee bei einer dunklen Röstung und auf 2,42 mg CGA/g Kaffee bei einer sehr dunklen Röstung. Beim Robustakaffee wurden Konzentrationen um 35,4 mg CGA/g Kaffee bei der hellen, 20,7 mg CGA/g Kaffee bei der mittleren, 6,15 mg CGA/g Kaffee bei der dunklen und 1,76 mg CGA/g Kaffee bei der sehr dunklen Röstung ermittelt. Anzumerken ist, dass der Gehalt an Chlorogensäure in den grünen Bohnen bei Robusta deutlich höher war, ab der mittleren Röstung näherten sich jedoch die ermittelten CGA-Gehalte beider Sorten an. FARAH et al. (2005) untersuchten in ihrer Studie zwei Arabica-Sorten (Bourbon aus Brasilien, Longberry aus Äthiopien) und eine Robusta-Sorte aus Uganda, sowohl in grünen Bohnen als auch bei verschiedenen Röstgraden, mittels HPLC, auf ihren Chlorogensäuregehalt. Die Autoren berichteten dass die CGA-Werte mit zunehmenden Röstgrad abnehmen. Beim Vergleich der Kaffeesorten konnte bei der Studie von FARAH et al. (2005) festgestellt werden, dass in beiden Arabica-Sorten ($0,94 - 6,23$ mg CGA/g Kaffee), bei den Röstgraden sehr leicht bis mittel, weniger Chlorogensäure enthalten war als in der Robusta-Sorte ($1,34 - 8,00$ mg CGA/g Kaffee), wobei es aber auch zwischen den beiden Arabicas zu Unterschieden kam. In der vorliegenden Arbeit wurden jedoch beim

äthiopischen Arabica höhere Chlorogensäurewerte als beim Robusta gefunden. Die ermittelten CGA-Werte für Arabica bewegten sich zwischen 5,55 und 6,83 mg CGA/g Kaffee, das heißt im oberen Bereich der von FARAH et al. (2005) angegebenen Konzentrationen, während die ermittelten CGA-Werte des Robustas (4,21 – 5,82 mg CGA/g Kaffee) eher im mittleren Bereich der angegebenen Konzentrationen lagen.

HUCK et al. (2005) analysierten in ihrer Studie, neben dem Gehalt an Koffein, auch die Theobromin- und Theophyllinkonzentrationen der Kaffeeproben. Die Theobrominkonzentrationen bewegten sich in einem Bereich zwischen 0,07 bis 0,10 g Theobromin/100 g Kaffee und lagen somit deutlich über den in vorliegender Studie ermittelten Theobrominwerten (Arabica: 0,02 – 0,03 g Theobromin/100 g Kaffee, Robusta: 0,004 - 0,009 g Theobromin/100 g Kaffee). Da Theobromin jedoch das Hauptalkaloid der Kakaobohne ist und im Kaffee nur in Spuren vorhanden, scheinen die Ergebnisse dieser Arbeit plausibel zu sein.

4.4.2 Totale Antioxidative Kapazität (TAC)

KREUML (2010) untersuchte in ihrer Lagerstudie mit Kaffee ebenfalls die Veränderung der Totalen Antioxidativen Kapazität. Das Probenmaterial (Arabica aus Äthiopien, Robusta aus Vietnam) und die analytische Methode (ABTS) waren mit denen vorliegender Arbeit ident. Ergänzt man die Ergebnisse von KREUML (2010) mit den Resultaten vorliegender Arbeit, kann man die Veränderungen der TAC-Werte über eine Lagerung von insgesamt 18 Monaten betrachten (Abbildung 31). Die Studie von KREUML (2010) zeigt zunächst einen Anstieg, und ab einer sechsmonatigen Lagerung einen Abfall der TAC-Werte. Die Ergebnisse vorliegender Arbeit stellen dar, dass das antioxidative Potential bis zum Ende der Lagerung wieder zunahm. Die Unterschiede der Konzentrationen in einem dreimonatigen Intervall waren bei Arabicakaffee jeweils höchst signifikant ($p=0,000$). Bei Robustakaffee konnte jedoch zwischen 6 und 9 Monate gelagerten Kaffee kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

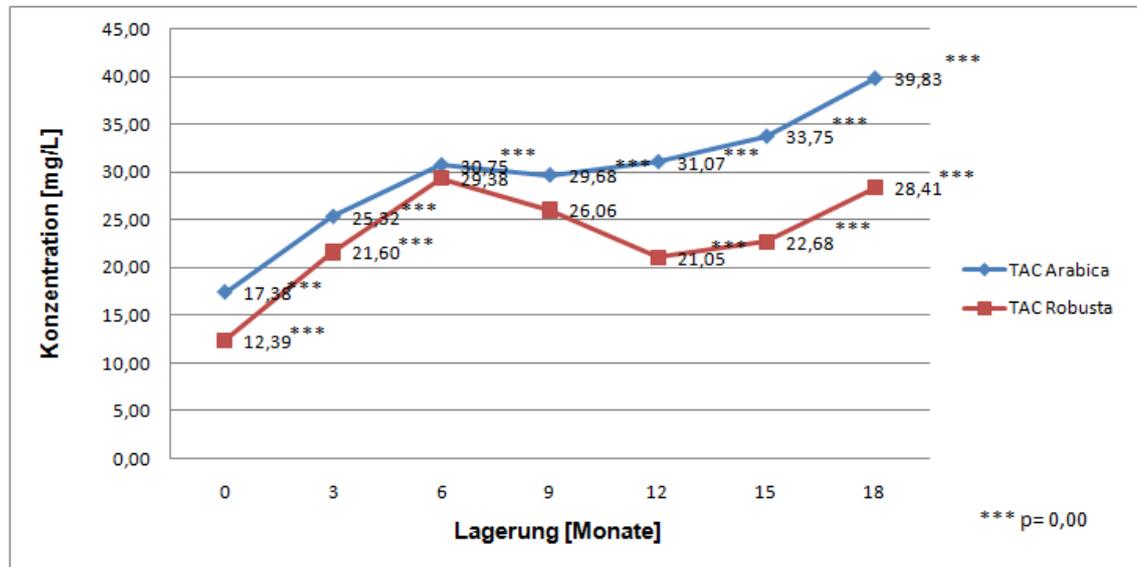


Abbildung 31: Sortenvergleich Arabica (A) vs. Robusta (R): Veränderung der TAC während der Lagerung von 0 (frisch geröstet) bis 18 Monaten

Um die Ergebnisse der Bestimmung der Totalen Antioxidativen Kapazität, die im Rahmen vorliegender Arbeit durchgeführt wurde, mit denen der Studien von PARRAS et al. (2007), SÁNCHEZ-GONZALES et al. (2005), PELLEGRINI et al. (2003) und CÄMMERER und KROH (2006) in denen die Totale Antioxidative Kapazität von Kaffee unter anderem auch mittels ABTS-Methode untersucht wurde, aber keine Ergebnisse in Bezug auf die Lagerung vorliegen, wergleichen zu können, wurden für die TAC-Werte der beiden untersuchten Kaffeesorten die Mittelwerte \pm Sd berechnet, sowie jeweils der Bereich zwischen der kleinsten gemessenen Konzentration und des Maximalwerters ermittelt. Das mittlere antioxidative Potential, das im Rahmen vorliegender Arbeit evaluiert wurde, betrug beim Arabica $33,48 \pm$ mMol Trolox \ddot{A} /L (Bereich: 27,01 – 39,88 mMol Trolox \ddot{A} /L) und beim Robusta $23,06 \pm$ mMol Trolox \ddot{A} /L (Bereich: 20,53 – 28,48 mMol Trolox \ddot{A} /L).

PARRAS et al. (2007) untersuchten in ihrer Studie 11 Arabica-Sorten und 3 Robusta-Sorten aus 12 verschiedenen Ländern, darunter ein Arabica aus Äthiopien, jedoch aus dem Anbaugebiet Sidamo, und ein Robusta aus Vietnam. Die Konzentrationen des untersuchten vietnamesischen Robustas lagen im Mittel bei 0,483 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee und die des äthiopischen *Sidamos* etwas

höher bei 0,541 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee. In der vorliegenden Studie waren die TAC-Werte des Arabicakaffeess (0,33 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee) ebenfalls höher als die des Robustas (0,23 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee), in beiden Fällen wardas Antioxidative Potential jedoch niedriger als bei PARRAS et al. (2007). Die Autoren stellten in ihrer Untersuchung ebenfalls fest, dass das antioxidatives Potential von espressokaffee signifikant ($p < 0,05$) kleiner war als von Filterkaffee und dass eine Lagerung von 28 Tagen keinen Einfluss auf das antioxidative Potential (als autooxidation von Linolsäure gemessen) hatte. In der Lagerstudie von KREUML (2010) konnten beim Arabica bereits nach einem Monat (30 Tage) signifikante Unterschiede ($p = 0,005$) zum frisch gerösteten Kaffee festgestellt werden, die Veränderungen der TAC-Werte des Robustas waren nach einer einmonatigen Lagerung nicht signifikant ($p = 0,900$). SÁNCHEZ-GONZALES et al. (2005) verglichen in ihrer Studie ebenfalls den Einfluss der Zubereitungsart auf das antioxidative Potential. Die Werte der Totalen Antioxidativen Kapazität waren, wie bei PARRAS et al. (2007), bei der Filterkaffe Zubereitung im Mittel (104 μ Mol Trolox \ddot{A} /g Kaffee) höher als bei der Espresso Zubereitung (76 μ Mol Trolox \ddot{A} /g Kaffee). Dies lässt darauf schließen dass die Art der Zubereitung von Kaffee, einen großen Einfluss auf die antioxidative Wirkung hat. PELLEGRINI et al. (2003) konnten mittels ABTS-Methode ein antioxidatives Potential von 30,29 mMol Trolox \ddot{A} /L im analysierten Kaffee eruieren, was vergleichbar mit dem unteren Bereich für Arabica (27,01 – 39,88 mMol Trolox \ddot{A} /L), und oberen Bereich für Robusta (20,53 – 28,48) der in vorliegender Arbeit ermittelt mMol Trolox- \ddot{A} /L war. CÄMMERER und KROH (2006) untersuchten in ihrer Studie die Totale antioxidative Kapazität von grünen Kaffeebohnen sowie von Proben mit verschiedenen Röstgraden (RD = roast degree 110: hell; RD 85: mittel und RD60: dunkel). Das höchste Potential wurde bei der hellen Röstung mit 0,419 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee gefunden, bei der mittleren Röstung betrug dieses 0,360 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee und die niedrigsten Werte konnten bei der dunklen Röstung mit 0,260 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee beobachtet werden. In der gegenwärtigen Arbeit lagen die TAC-Werte, bei mittlerer Röstung, beim Arabica im Durchschnitt bei 0,33 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee und beim Robusta bei 0,23 mMol Trolox \ddot{A} /g Kaffee, das bedeutet das

antioxidative Potential des Arabicas entsprach dem der mittleren Röstung, das des Robustas dem der dunklen Röstung von CÄMMERER und KROH (2006).

4.4.3 Quantitative Deskriptive Analyse

Vergleicht man die sensorischen Eigenschaften von 18 Monate gelagerten Kaffee mit denen des frisch gerösteten Kaffee von KREUML (2010), kann man deutliche Veränderungen in den Produktprofilen von Arabica (Abbildung 32) und Robusta (Abbildung 33) erkennen.

Die Unterschiede, in den Intensitäten der einzelnen Attribute, zwischen frisch gerösteten und 18 Monate gelagerten Arabica Kaffee waren meist höchst signifikant ($p=0,000$). In den Eigenschaften allgemeiner Nachgeschmack ($p=0,022$), Farbe des Kaffees ($p=0,001$) und der Adstringenz konnten signifikante Unterschiede bei $p<0,05$ zwischen frischen und gelagerten Kaffee festgestellt werden. Der frisch geröstete Arabica (8,1 Pkt.; 7,5 Pkt.; 7 Pkt.; 7,8 Pkt.; 7 Pkt.; 7,3 Pkt.; 7,1 Pkt.) wurde im allgemeinen Kaffeegeruch, -flavour und Nachgeschmack sowie bei den Attributen Brew-like und röstig im Geruch und Flavour signifikant ($p=0,000$) intensiver beurteilt als der 18 Monate gelagerte (5,5 Pkt.; 6,4 Pkt.; 5,6 Pkt.; 4,3 Pkt.; 4,7 Pkt.; 4,7 Pkt.; 4,9 Pkt.). Ebenso waren die typischen Arabica Eigenschaften, fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavour sowie der süße Geschmack, beim frisch gerösteten Kaffee (7,3 Pkt.; 6,9 Pkt.; 3 Pkt.) signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt als bei 18 Monate gelagerten Kaffee (4,3 Pkt.; 3,85 Pkt.; 1,7 Pkt.). Im Gegensatz dazu wurden die typischen Eigenschaften für Robusta wie, verbrannt, holzig erdig und heuartig im Geruch und Flavour beim 18 Monate gelagerten Arabica (4,5 Pkt.; 3,2 Pkt.; 2,9 Pkt.; 3,4 Pkt.; 4,3 Pkt.; 3,6 Pkt.; 3,7 Pkt.; 4,2 Pkt.) signifikant ($p=0,000$) intensiver beurteilt als beim frisch gerösteten Arabica (1,5 Pkt.; 0,8 Pkt.; 0,5 Pkt.; 1,2 Pkt.; 1,4 Pkt.; 1,0 Pkt.; 0,7 Pkt.; 1,1 Pkt.). Die negativ behafteten Attribute, abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour sowie Fremdgeruch und -flavour wurden bei der Verkostung des frisch gerösteten Kaffee kaum wahrgenommen, waren beim 18 Monate gelagerten Kaffee (4,2 Pkt.; 3,7 Pkt.; 4,3 Pkt.; 1,9 Pkt.; 2,9 Pkt.; 2,5 Pkt.) signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt.

Auch der bittere Geschmack und Nachgeschmack waren beim 18 Monate gelagerten Kaffee (6,1 Pkt.; 5,4 Pkt.;;) signifikant ($p=,000$) stärker ausgeprägt als beim frisch gerösteten Kaffee (3,6 Pkt.; 3,2 Pkt.; 3,4 Pkt.) (Abbildung 32).

Bis auf einige Ausnahmen waren auch beim Robustakaffee die Differenzen, der Intensitäten der einzelnen Attribute, zwischen frisch gerösteten und 18 Monate gelagerten Kaffee, höchst signifikant ($p=0,000$). Signifikante Unterschiede waren bei den Flavor Eigenschaften Brew-like ($p=0,018$), röstig ($p=0,002$) und verbrannt ($p=0,005$) sowie beim adstringierenden Mundgefühl ($p=0,007$) gegeben. Bei den typischen Eigenschaften für Arabica, fruchtig/aromatisch im Geruch ($p=0,231$) und Flavor ($p=0,053$) sowie dem süßen Geschmack ($p=0,133$), konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, sie waren jedoch beim frisch gerösteten Robusta (1,7 Pkt.; 0,9 Pkt.; 0,5 Pkt.) etwas stärker ausgeprägt als beim 18 Monate gelagerten Robusta (1,1 Pkt.; 0,3 Pkt.; 0,2 Pkt.). Die Attribute allgemeiner Kaffeegeruch, –flavour und –Nachgeschmack, sowie Brew-like und röstig im Geruch und Flavour, wurden jeweils beim frisch gerösteten Robusta (7,5 Pkt.; 6,8 Pkt.; 6,8 Pkt.; 5,2 Pkt.; 5,3 Pkt.; 4,2 Pkt.; 4,5 Pkt.) intensiver bewertet als beim 18 Monate gelagerten Robusta (4,6 Pkt.; 4,0 Pkt.; 4,4 Pkt.; 2,1 Pkt.; 2,5 Pkt.; 2,3 Pkt.; 2,3 Pkt.). Im Gegensatz dazu waren die typischen Robusta Eigenschaften, verbrannt, holzig erdig und heuartig im Geruch (8,2 Pkt.; 7,7 Pkt.; 7,6 Pkt.; 6,6 Pkt.) und Flavour (7,8 Pkt.; 8,2 Pkt.; 8,2 Pkt.; 6,7 Pkt.), beim 18 Monate gelagerten Kaffee signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt als beim frisch gerösteten Kaffee (GER: 6,5 Pkt.; 5,4 Pkt.; 5,1 Pkt.; 5 Pkt.; FLA: 6,3 Pkt.; 5,8 Pkt.; 5,2 Pkt.; 4,7 Pkt.). Die negativ behafteten Attribute, abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour sowie Fremdgeruch und –flavour konnten bei der Verkostung des frisch gerösteten Robusta Kaffee kaum wahrgenommen werden, bei 18 Monate gelagerten Kaffee (7,35 Pkt.; 6,4 Pkt.; 7,3 Pkt.; 4,6 Pkt.; 5,9 Pkt.; 5,7 Pkt.) waren diese jedoch signifikant ($p=0,000$) stärker ausgeprägt.

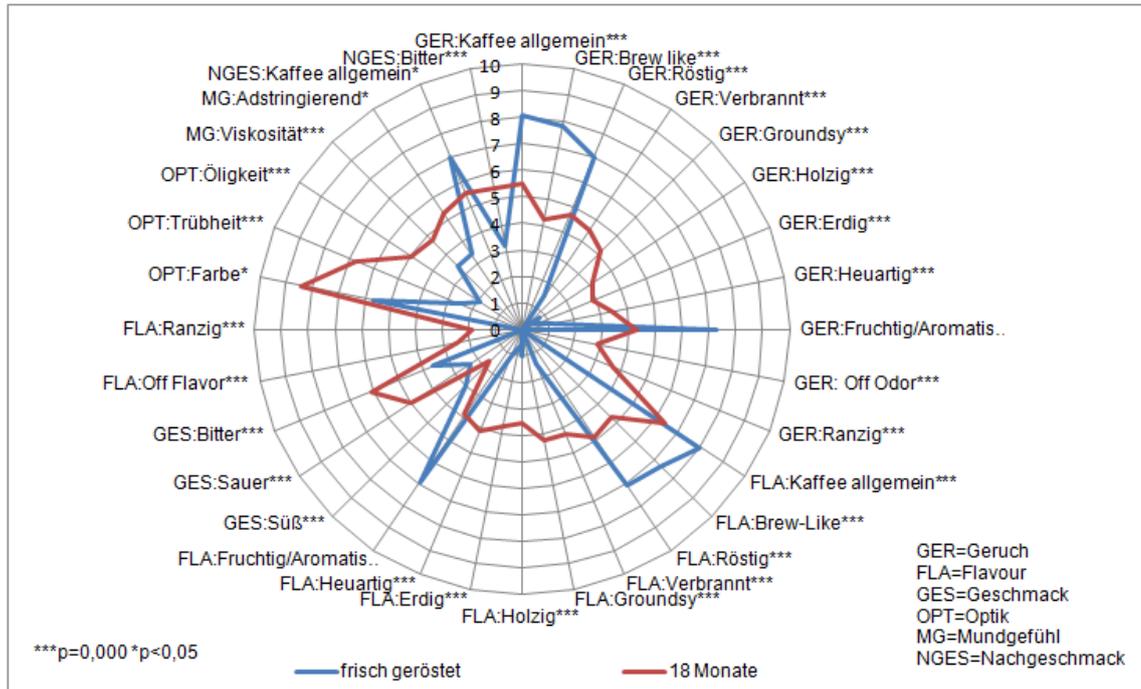


Abbildung 32: Produktprofil von Arabica-Kaffee: frisch geröstet vs. 18 Monate gelagert

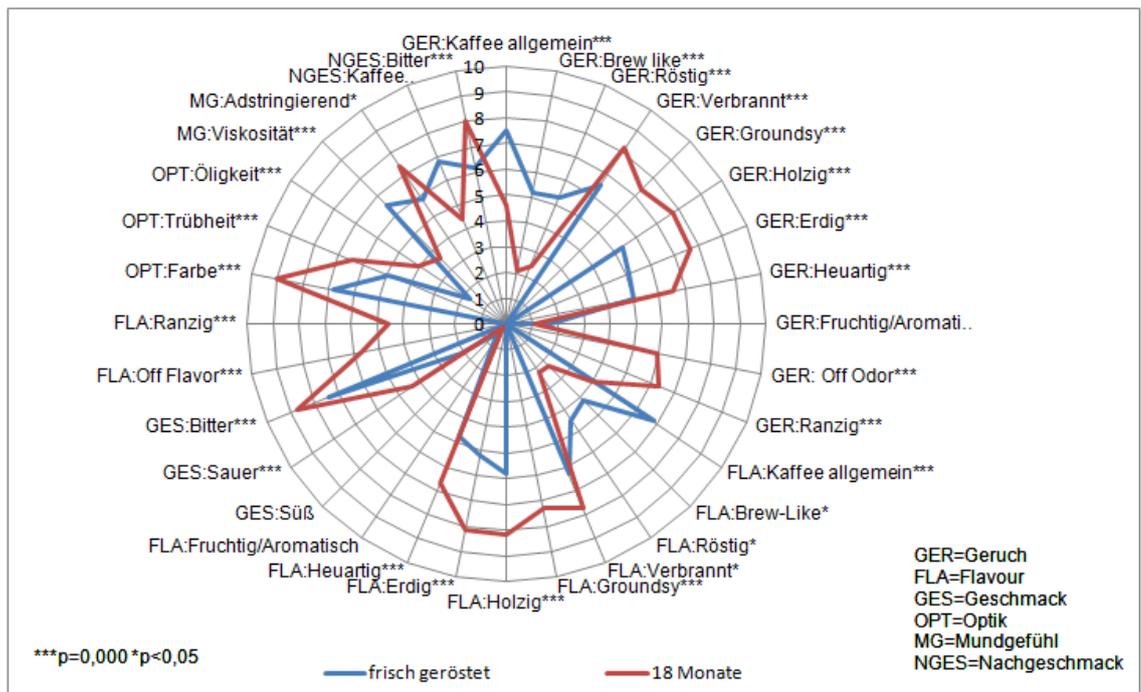


Abbildung 33: Produktprofil von Robusta-Kaffee: frisch geröstet vs. 18 Monate gelagert

Zum Einfluss der Lagerung auf die sensorischen Eigenschaften von Kaffee konnten keine Studien in der Literatur gefunden werden. NEBESNY und

BUDRYN (2006) untersuchten die sensorischen Eigenschaften von Robusta-Kaffee und gaben vor allem den verbrannten Geruch von Kaffee als charakteristisches Merkmal von Robusta an. Die sensorischen Analysen (QDA) die im Rahmen vorliegender Arbeit durchgeführt wurden bestätigen diese Beobachtung. Bei den Verkostungen im März, Juni und September 2010 wurde der verbrannte Geruch bei der Robusta-Sorte aus Vietnam (7,5 Pkt.; 7,8 Pkt.; 8,2 Pkt.) von den ProbandInnen höchst signifikant ($p=0,000$) intensiver beurteilt als beim Arabicakaffee (3,5 Pkt.; 3,7 Pkt.; 4,5 Pkt.). Sowohl NEBESNY und BUDRYN (2006) als auch ESTEBAN-DIEZ et al. (2004) konnten einen stärker ausgeprägten bitteren Geschmack und eine stärkere Adstringenz von Robustakaffee aufzeigen, während dem Arabica ein ausgeglicheneres und stärkeres Gesamtaroma zugeschrieben wurde. Der bittere Geschmack und die Adstringenz wurden auch in vorliegender Arbeit bei allen drei Verkostungen beim Robusta höchst signifikant ($p=0,000$) intensiver bewertet als beim Arabica. Im Gegensatz dazu waren die Attribute allgemeiner Kaffeegeruch und –flavour beim äthiopischen Arabica jeweils signifikant ($p<0,05$) stärker ausgeprägt als beim Robusta. KY et al. (2001) fanden in ihrer Studie heraus, dass Arabicakaffee bei den Konsumenten beliebter ist, da er eine geringere Bitterkeit und ein ausgeglicheneres Gesamtaroma aufweist, als Robusta. WODA (2009) untersuchte in ihrer Diplomarbeit einen Arabica aus Brasilien und einen Robusta aus Uganda auf ihre sensorischen Eigenschaften. Die Produktprofile, welche mittels QDA erstellt wurden, zeigten deutliche Unterschiede im Sortenvergleich. In den Ergebnissen wurde ersichtlich, dass die Robusta-Kaffeessorte, vor allem durch den erdigen, holzigen, und verbrannten Geruch und Flavour, die signifikant ($p<0,05$) intensiver als im Arabica bewertet wurden, geprägt war. Weitere Attribute die in der Robusta-Sorte intensiver beurteilt wurden als im Arabica-Kaffee, waren der bittere Geschmack und Nachgeschmack sowie die Adstringenz. Der allgemeine Kaffeegeruch und der allgemeine Nachgeschmack waren hingegen bei der Arabica-Sorte stärker ausgeprägt. Auch die Attribute röstig und fruchtig im Geruch und Flavour sowie der süße Geschmack wurden beim Arabicakaffee signifikant ($p<0,05$) intensiver bewertet. Bei den in vorliegender Arbeit erstellten Produktprofilen konnten

ähnliche bzw. gleiche Beobachtungen in der Ausprägung der sensorischen Eigenschaften gemacht werden.

5. Schlussbetrachtung

Kaffee ist nicht nur ein sehr populäres Genussmittel, sondern nach Erdöl das zweitwichtigste Handelsgut weltweit. Kaffee ist aber auch durch seine gesundheitsfördernde Wirkung Gegenstand vieler Untersuchungen, zur Lagerung von Kaffee gibt es bis jetzt jedoch keine Daten. Daher war es interessant, die Veränderungen von diesem Getränk, im Rahmen vorliegender Arbeit, zu ermitteln. Es wurde der Einfluss der Lagerung auf die sensorischen Eigenschaften, auf ausgewählte Inhaltsstoffe (Koffein, Chlorogensäure und Theobromin) und auf die Totale Antioxidative Kapazität von zwei verschiedenen Kaffeesorten analysiert (äthiopischer Arabica, vietnamesischer Robusta). Die Änderungen der sensorischen Eigenschaften, während der Lagerung, wurden mittels Quantitativer Deskriptiver Analyse (QDA) im Sensorik Labor des Instituts für Ernährungswissenschaften an 3 verschiedenen Zeitpunkten (März, Juni, September) ermittelt. Die laborchemischen Analysen wurden von Jänner 2010 bis September 2010 einmal im Monat jeweils am Monatsende durchgeführt. Die Veränderungen der Inhaltsstoffe wurden mittels High Performance Liquid Chromatography (HPLC) untersucht, die Änderungen der Totalen Antioxidativen Kapazität (TAC) wurden photometrisch mittels ABTS-Methode festgestellt.

Bei den laborchemischen Analysen (Inhaltsstoffe, TAC) konnten deutliche Veränderungen während der 10 bis 18 monatigen Lagerung eruiert werden. Der Gehalt an Koffein verringerte sich, während die Konzentrationen der Chlorogensäure und des Theobromin sowie das antioxidative Potential des Kaffees im Laufe der Lagerung anstiegen.

Im Sortenvergleich konnten beim Robusta aus Vietnam, während der gesamten Lagerung, mit 1135,36 – 1367,70 mg Koffein/L signifikant höhere Koffeinkonzentrationen festgestellt werden als beim Arabica aus Äthiopien, dessen Koffeinkonzentration im Bereich von 515,99 – 749,76 mg Koffein/L lagen. In den Ergebnissen der Studien von CASAL et al. (2000) und HUCK et al. (2005) war ebenfalls ersichtlich, dass Robusta-Kaffee zumeist mehr Koffein enthält als Arabica-Kaffee. Vergleicht man die Ergebnisse der Chlorogensäure, konnte festgestellt werden, dass Arabicakaffee mit 555,32 – 832,27 mg CGA/L

mehr Chlorogensäure enthielt als Robusta mit 421,31 – 582,39 mg CGA/L. Die TAC-Konzentrationen waren beim äthiopischen Arabica mit 27,01 – 39,88 mMol Trolox Ä/L ebenfalls höher als bei vietnamesischen Robusta mit 20,53- 28,48 mMol Trolox Ä/L. Es konnte, im Verlauf der Lagerung, ein signifikanter ($p=0,01$) Zusammenhang der Chlorogensäurekonzentrationen und den TAC-Werten bei beiden Sorten festgestellt werden (A: „ r “=0,991; R:“ r “=0,995). Vergleicht man die Ergebnisse der Studien von CÄMMERER und KROH (2006) sowie FUJIOKA und SHIBAMOTO (2008) konnte ein Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Chlorogensäure und der antioxidativen Kapazität, sowohl von Rohkaffee als auch von Bohnen mit verschiedenen Röstgraden, festgestellt werden. Je dunkler die Röstung desto weniger Chlorogensäure enthielt der Kaffee und desto geringer war seine Totale Antioxidative Kapazität. In vorliegender Arbeit konnte auch beobachtet werden dass der Abfall der Chlorogensäurekonzentrationen mit der Senkung der TAC-Werte einherging. Bei der Gegenüberstellung der beiden Kaffeesorten wurden beim Arabicakaffee (17,89 – 31,17 mg Theobromin/L), während der gesamten Lagerung, deutlich höhere Theobrominwerte als beim Robustakaffee (3,97 - 8,68 mg Theobromin/L) gefunden. Die ermittelten Produktprofile zeigten dass die Arabica-Sorte während der gesamten Lagerdauer in bestimmten Produkteigenschaften besser abgeschnitten hatte als die Robusta-Sorte aus Vietnam. Arabicakaffee wies bei den positiven Eigenschaften, allgemeiner Kaffeegeruch und -flavour, Brew-like, röstig, fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavour sowie beim süßen Geschmack, bei allen drei Verkostungen, höhere Intensitäten auf. Im Gegensatz dazu waren die typischen Robusta Eigenschaften, verbrannt, holzig, erdig und heuartig im Geruch und Flavour, und die durch die Lagerung negativ behafteten Attribute, abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour sowie Fremdgeruch und –flavour, beim vietnamesischen Robusta viel stärker ausgeprägt. Auch der bittere Geschmack und Nachgeschmack sowie die Adstringenz wurden beim Robusta intensiver beurteilt. Vergleicht man die Unterschiede der sensorischen Eigenschaften im Verlauf der Lagerung zeigt sich bei beiden Sorten ein ähnliches Bild. Die positiven Eigenschaften nahmen bei beiden Sorten in ihrer Intensität ab,

während die negativ behafteten Eigenschaften am Ende der Lagerung deutlich stärker ausgeprägt waren.

Aufgrund der Ergebnisse vorliegender Arbeit konnte beobachtet werden, dass eine 10 bis 18 monatige Lagerung von gerösteten Kaffeebohnen einen gravierenden Einfluss sowohl auf die Inhaltsstoffe und die Totale Antioxidative Kapazität als auch auf die sensorischen Eigenschaften ausübte.

6. Zusammenfassung

Kaffee zählt bekannter weise zu den weltweit wichtigsten Genussmitteln.

Wie lange kann jedoch gerösteter Bohnenkaffee gelagert werden ohne dass sich der Genusswert des Kaffeegetränkes verringert? Auf den meisten Kaffeeverpackungen findet man eine Mindesthaltbarkeitsdauer zwischen 12 und 24 Monaten, daher war es interessant, im Rahmen der vorliegenden Arbeit, die Veränderungen der Inhaltsstoffe (Koffein, Chlorogensäure und Theobromin), der Totalen Antioxidativen Kapazität (TAC) sowie der sensorischen Eigenschaften von Kaffeegetränk zubereitet aus Kaffeebohnen die zwischen 10 und 18 Monaten gelagert wurden aufzuzeigen.

Der Probenumfang umfasste 2 verschiedenen Rohkaffeesorten: Arabica aus Äthiopien und Robusta aus Vietnam. Als Kaffeezubereitungsart wurde die Papierfiltermethode verwendet. Die Inhaltsstoffe Koffein, Chlorogensäure und Theobromin wurden mittels High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) analysiert und die Totale Antioxidative Kapazität (TAC) wurde mittels der photometrischen ABTS-Methode bestimmt. Die sensorischen Eigenschaften vom Kaffeegetränk zubereitet aus 12, 15 und 18 Monate gelagerten Kaffeebohnen wurden mittels Quantitativer Deskriptiver Analyse (QDA) ermittelt. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit PASWStatistics 17.0.

Im Verlauf der Lagerung zeigten sich bei jedem einzelnen untersuchten Parameter deutliche Veränderungen. Bei beiden Kaffeesorten stiegen die Konzentrationen von Chlorogensäure und Theobromin an, während der Koffeingehalt im Laufe der Lagerung sank.

Im Sortenvergleich erzielte der vietnamesische Robusta (1135,36 – 1367,7 mg Koffein/L), über die gesamte Lagerdauer, signifikant ($p=0,000$) höhere Koffeinwerte als der äthiopische Arabica (515,99 – 749,76 mg Koffein/L). Im Gegensatz dazu enthielt der Arabica mit 555,32 – 832,27 mg CGA/L signifikant ($p =0,000$) mehr Chlorogensäure als der Robusta mit 421,31 – 582,39 mg CGA/L. Theobromin war in beiden Sorten nur in Spuren enthalten, wobei die Konzentrationen beim äthiopischen Arabica (17,89 – 31,13 mg Theobromin/L)

signifikant höher waren als beim vietnamesischen Robusta (3,97 – 8,68 mg Theobromin/L).

Die TAC-Werte von Arabicakaffee (27,01 – 39,88 mMol Trolox Ä/L), waren während der gesamten Lagerdauer, ebenfalls signifikant ($p=0,000$) höher wie die des Robustas (20,53 – 28,48 mMol Trolox Ä/L). Des Weiteren konnte ein signifikanter ($p=0,01$) Zusammenhang der Chlorogensäurekonzentrationen und der TAC-Werte, sowohl bei Arabica-Kaffee („ $r^2=0,991$) als auch bei Robusta-Kaffee („ $r^2=0,995$), festgestellt werden.

Die Produktprofile der Kaffeegetränke zubereitet aus 12, 15 und 18 Monate gelagerten Bohnen zeigten bei beiden Kaffeesorten in allen, mittels QDA untersuchten, Attributen Unterschiede. Wobei festgestellt werden konnte, dass positiv behaftete Attribute, wie der allgemeine Kaffeegeruch sowie –flavour, brew-like, röstig und fruchtig/aromatisch im Geruch und Flavour als auch der süße Geschmack, an Intensität verloren und negativ behaftete Attribute, wie verbrannt/rauchig, holzig, erdig, heuartig, abgestanden und ranzig im Geruch und Flavour sowie der bittere Geschmack und Nachgeschmack und die Adstringenz, an Intensität gewonnen haben. Die sensorischen Untersuchungen haben auch gezeigt, dass zwischen den beiden Kaffeesorten in den Kategorien Geruch Flavour/Geschmack und Nachgeschmack, signifikante Unterschiede vorliegen.

Abschließend kann man aus den Ergebnissen schließen dass sich eine 18 Monatige Lagerung negativ auf Kaffeegetränk, zubereitet aus gelagerten Bohnen, auswirkt. Darum wäre eine gesetzliche Regelung der Länge der Mindesthaltbarkeitsdauer, mit Angabe des Röstdatums erstrebenswert.

7. Summary

Coffee is known to be one of the world's major beverages. How long can roasted coffee beans be stored without reducing the perfect coffee flavour and pleasure? Most coffee packages state a best-before date from 12 to 24 months, so it was interesting in the present work to point out any changes of some ingredients (caffeine, chlorogenic acid (CGA) and theobromine), the Total Antioxidant Capacity (TAC) and the sensory properties of coffee beverages prepared from stored beans (between 10 and 18 months).

Two different coffee species (Arabica from Ethiopia and Robusta from Vietnam) prepared as filter brews were analysed. The ingredients, caffeine, chlorogenic acid and theobromine were determined by High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) and Total Antioxidant Capacity (TAC) by the photometric ABTS method. The sensory properties of coffee beverages, prepared from 12, 15 and 18 months stored coffee beans, were evaluated by Quantitative Descriptive Analysis (QDA). For statistical calculations PASWStatistics 17.0 was used.

During storage significant changes in each investigated parameter were found. In both investigated coffee species the concentrations of chlorogenic acid and theobromine increased, whereas the caffeine content decreased.

In comparison the Vietnamese Robusta (1135,36 - 1367,7 mg of caffeine/L) showed significant ($p = 0.000$) higher levels of caffeine, over the entire storage period, than the Arabica from Ethiopia (515,99 - 749,76 mg of caffeine/L). In contrast, the Arabica contained (555,32 – 832,27 mg CGA/L) significantly ($p = 0.000$) more chlorogenic acid than the Robusta (421,31 to 582,39 mg of CGA/L). Theobromine was found only in trace amounts. The concentrations in the Ethiopian Arabica (17,89 - 31,13 mg theobromine/L) were significantly higher than in the Vietnamese Robusta (3,97 - 8,68 mg theobromine /L).

During the entire storage period, the TAC-values of Arabica coffee (27,01 - 39,88 mmol Trolox \ddot{A} /L) were also significantly ($p = 0,000$) higher than those of Robusta (20,53 - 28,48 mmol Trolox \ddot{A} /L).

The sensory profiles of the Arabica and Robusta coffee beverages prepared from 12, 15 and 18 months stored beans showed significant differences in the categories odor, taste/flavour and aftertaste, between both investigated coffee species, in all investigated attributes. Positive attributes of coffee, such as the overall odor and flavour, brew-like, roasty, fruity/aromatic and the sweet taste, decreased significantly over the storage period and were more intense in Arabica. Whereas negative odor and flavour attributes, such as burnt/smoky, woody, earthy, hay-like, stale and rancid as well as the bitter taste/aftertaste and astringency, significantly increased and were more intense in Robusta.

The conclusion of the recent study is that 18-month storage of coffee beans has a negative effect on coffee beverages. For that reason the date of roasting should be declared on the package and the duration of the best-before date of roasted coffee should be regulated by law.

8. Literaturverzeichnis

BALTES W.: Lebensmittelchemie; Berlin: Springer, 2007: 398, 399, 413

BICCI C. P.; PANERO O. M.; PELLEGRINO G. M.; VANNI A. C.:
Charakterization of roasted coffee and coffee beverages by solid phase
microextraction - gas chromatography and principal component analysis.
Journal of Agricultural Food Chemistry 1997; 45: 4680-4686

CÄMMERER B.; KROH L. W.: Antioxidant activity of coffee brews. European
Food Research Technology 2006; 223: 469-474

CAMPA C.; DOULBEAU S.; DUSSERT S.; HAMON S.; NOIROT M.: Qualitative
relationship between caffeine and chlorogenic acid contents among wild *Coffea*
species. Food Chemistry 2005; 93: 135-139

CASAL S.; OLIVEIRA M. B.; FERREIRA M. A.: HPLC/diode-array applied to the
thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. Food
Chemistry 2000; 68: 481 – 485

CODEX ALIMENTARIUS AUSTRIACUS. Bundesministerium für Gesundheit,
Codexkapitel B 12, 2007

DELGADO-ANDRADE C.; RUFÍÁN-HENARES J. A.; MORALES F. J.:
Assessing the antioxidant activity of melanoidins from coffee brews by different
antioxidant methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2005; 53:
7832-7836

DERNDORFER E.: Lebensmittelsensorik; 2. Auflage, Facultas Verlags- und
Buchhandels AG, Wien 2008;

EBERMANN R.; ELMADFA I.: Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung;
Springer Verlag, Wien 2008; 475-478, 500, 613

EDELBAUER L. J.: Kaffee: Alles über ein Genussmittel, das die Welt veränderte. Inovamedia, Wien 2003: 10-16, 21-23, 36-43, 46-48, 50-52, 64, 66-69

ELMADFA I.; LEITZMANN C.: Ernährung des Menschen. 4. Auflage, Verlag Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart 2004: 301, 358

ESTEBAN-DÍEZ I.; GONZÁLEZ-SÁIZ J. M.; PIZARRO C.: Prediction of sensory properties of espresso from roasted coffee samples by near-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta* 2004; 525: 171-182

FARAH A.; DE PAULIS T.; TRUGO L. C.; MARTIN P. R.: Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2005; 53: 1505-1523

FARAH A.; DONANGELO C. M.: Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 2006; 18, No. 1: doi:10.1590/S1677-04202006000100003

FARAH A.; MONTEIRO M. C.; CALADO V.; FRANCA A. S.; TRUGO L. C.: Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry* 2006; 98: 373-380

FRANZKE C.: Kaffee. In: BUHR H.; FRANZKE C.; GASSMANN B.; GRUNERT B.; KRETSCHMANN F.; KROLL J.; KRUSEN F.; LUDWIG E.; STEINHART H.; VOGEL J.; WINTER W.; ZIMMER K.: FRANZKE – Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 3. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg 1996: 621-627

FUJIOKA K.; SHIBAMOTO T.: Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. *Food Chemistry* 2008; 106: 217-221

HESSMANN-KOSARIS A.: Kaffee - der gesunde Muntermacher; seine positiven Wirkungen auf Körper und Seele; 1. Auflage, Mosaik bei Goldmann Verlag, München 2006: 15-21, 63-65

HUCK C. W.; GUGGENBICHLER W.; BONN G. K.: Analysis of caffeine, theobromine and theophylline in coffee by near infrared spectroscopy (NIRS) compared to high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled to mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 2005; 538: 195-203

ILLY A.; VIANI R.: Espresso coffee: The chemistry of quality. Academic Press Limited. London – San Diego, 1998.

ISNARDY B.; HERTEL A.: Kaffeeanalysen mittels HPLC. Anleitung für die Durchführung der Analyse. Institut für Ernährungswissenschaften, Wien 2007

KERSTING M.: Coffein. In: KOOLMANN J.; MOELLER H.; RÖHM K.-H.: Kaffee, Käse, Karies. 1. Auflage, Biochemie im Alltag. Wiley-VCH; Weinheim 2003

KREUML M.: Veränderung ausgewählter Inhaltsstoffe und der sensorischen Eigenschaften von Kaffee während einer Lagerdauer von 9 Monaten. Diplomarbeit, Institut der Ernährungswissenschaften, Universität Wien, 2010

KY C. L.; LOUARN J.; DUSSERT S.; GUYOT B.; HAMON S.; NOIROT M.: Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. *Food Chemistry* 2001; 75: 223-230

MAEZTU L.; SANZ C., ANDUEZA S.; PAZ DE PEÑA M.; BELLO J.: Characterization of Espresso Coffee Aroma by Static Headspace GC – MS and Sensory Flavor Profile. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 2001; 49: 5437-5444

MÜLLER RISSO E.; PÉRES R. G.; AMAYA-FARFAN J.: Determination of phenolic acids in coffee by micellar electrokinetic chromatography. *Food Chemistry* 2007; 105: 1578-1582

NATTERER A.: *Lebensmittelrecht; Manz-Rechtstaschenbücher*, 2008: 88-90, 92, 99, 100

NEBESNY E.; BUDRYN G.: Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. *European Food Research Technology* 2006; 224: 159-165

PARRAS P.; MARTÍNEZ-TOMÉ M.; JIMÉNEZ A. M.; MURICA M. A.: Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chemistry* 2007; 102: 582-592

PELLEGRINI N.; SERAFINI M.; COLOMBI B.; DEL RIO D.; SALVATORE S.; BIANCHI M.; BRIGHENTI F.: Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Journal of Nutrition* 2003; 133: 2812-2819

RICE-EVANS C. A.; MILLER N. J.; PAPGANGA G.: Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science* 1997; 2, 4: 152-159

RICHELLE M.; TAVAZZI I.; OFFORD E.: Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffee, cocoa and tea) prepared per cup serving. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2001; 49: 3438-3442

RÖHM M.: Kaffee. In: KOOLMANN J.; MOELLER H.; RÖHM K.-H.: *Kaffee, Käse, Karies: Biochemie im Alltag*. 1. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim 2003: 86-87

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ I.; JIMÉREZ-ESCRIG A.; SAURA-CALIXTO F.: In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). Food Chemistry 2005; 90: 133-139

SCHARF G.: Wirkung unterschiedlicher Pflanzeninhaltsstoffe und von Kaffee auf den Glutathionmetabolismus. Dissertation, Universität Wien, 2001

SCHECKLMANN D.; RITTER M.: Kaffee aus Sicht des Chemikers. 1997. http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/kaffee1/1_kaffee1.htm (Zugriff am 18.08.2009)

STONE H.; SIDEL J. L.; OLIVERS S.; WOOSLEY A.; SINGLETON R. C.: Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. Food Technology 1974; 28: 24-33

TEUFL C.; CLAUSS S.: Kaffee: Die kleine Schule; Zabert Sandmann Verlag, München 1998: 24-25, 32-33, 34, 38-41, 44-49, 51

THORN J.: Kaffee: Das Handbuch für Genießer. Evergreen, Köln 1999: 17-20, 24-27, 32, 41-44, 46-47, 51-55, 63-66, 71-75, 118-119, 127-130, 147-149, 155, 164-165, 175-177, 181

TRUGO L. C.; MACRAE R.: A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. Food Chemistry 1984; 15, 3: 219-227

VILA M. A.; ANDUEZA S.; PAZ DE PENA M.; CID C.: Fatty acid evolution during the storage of ground, roasted coffees. Journal of the American Oil Chemists' Society 2005; 82: 639-646

WINTGENS J. N.: Coffee: growing, processing, sustainable production: a guidebook for growers, processors, traders and researchers. Wiley-WCH, Weinheim 2004: 3-24, 30, 165-177, 604-613, 810-819

WODA M.: Untersuchungen von Espresso und Filterkaffee im Bezug auf die Totale Antioxidative Kapazität und die sensorischen Eigenschaften mit und ohne Milch. Diplomarbeit, Institut der Ernährungswissenschaften, Universität Wien, 2009

www.kaffeeteeverband.at (Zugriff am 04.06.2011)

www.kaffeewiki.de (Zugriff am 05.06.2011)

http://www.ico.org/new_historical.aspsection=Statistics (Zugriff am 05.06.2011)

9. Anhang

Tabelle I: Ergebnisse der analytischen Untersuchungen: Arabica-Kaffee

	Koffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mMol Trolox-Ä/L]
10 Monate gelagert	749,76	555,32	18,68	27,01
	741,20	556,76	18,69	27,10
	737,07	556,49	17,92	27,01
	725,44	556,99	17,89	27,01
MW	738,37	556,39	18,30	27,03
STDABW	10,11	0,74	0,45	0,04
VK	1,37 %	0,13 %	2,47 %	0,16 %
11 Monate gelagert	716,80	634,53	22,59	30,90
	711,71	635,18	22,79	30,81
	724,34	634,01	22,65	31,07
	726,26	635,43	22,71	30,98
MW	719,78	634,79	22,68	30,94
STDABW	6,75	0,64	0,09	0,11
VK	0,94 %	0,10 %	0,38 %	0,36 %
12 Monate gelagert	635,29	636,10	22,35	31,07
	636,25	634,74	22,32	31,07
	639,60	634,68	22,53	31,07
	640,12	635,91	22,69	31,15
MW	637,81	635,35	22,47	31,09
STDABW	2,40	0,75	0,17	0,04
VK	0,38 %	0,12 %	0,77 %	0,14 %

ANHANG

	Koffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mMol Trolox-Ä/L]
13 Monate gelagert	630,42	653,47	22,58	32,62
	632,12	653,05	22,57	32,79
	630,22	658,90	22,58	32,71
	630,17	658,68	22,63	32,54
MW	630,73	656,03	22,59	32,66
STDABW	0,93	3,20	0,03	0,11
VK	0,15 %	0,49 %	0,11 %	0,34 %

14 Monate gelagert	605,09	685,48	22,57	32,62
	604,63	675,58	22,62	32,79
	623,71	681,33	22,94	32,71
	623,71	679,92	22,58	32,79
MW	614,29	680,58	22,68	32,73
STDABW	10,88	4,08	0,18	0,08
VK	1,77 %	0,60 %	0,78 %	0,25 %

15 Monate gelagert	606,74	691,41	23,26	33,74
	606,88	692,61	23,34	33,83
	606,85	684,71	23,67	33,83
	607,39	685,66	23,27	33,66
MW	606,97	688,59	23,39	33,77
STDABW	0,29	3,99	0,19	0,08
VK	0,05 %	0,58 %	0,83 %	0,25 %

16 Monate gelagert	601,98	702,45	23,26	34,18
	602,05	701,40	23,34	34,00
	601,05	702,08	23,08	34,18
	601,57	700,08	23,27	34,09
MW	601,66	701,50	23,24	34,11
STDABW	0,46	1,04	0,11	0,08
VK	0,08 %	0,15 %	0,48 %	0,24 %

	Koffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mMol Trolox-Ä/L]
17 Monate gelagert	532,79	756,85	28,89	39,09
	534,08	767,50	29,32	39,18
	529,84	787,92	29,23	39,27
	530,17	788,81	28,58	39,18
MW	531,72	775,27	29,01	39,18
STDABW	2,05	15,74	0,34	0,07
VK	0,39 %	2,03 %	1,16 %	0,18 %
18 Monate gelagert	519,07	825,16	31,08	39,79
	518,16	827,04	30,88	39,70
	516,00	832,27	31,17	39,79
	516,48	801,46	30,40	39,88
MW	517,43	821,48	30,88	39,79
STDABW	1,44	13,68	0,34	0,07
VK	0,28 %	1,67 %	1,11 %	0,18 %

Tabelle II: Ergebnisse der analytischen Untersuchungen: Robusta-Kaffee

	Koffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mMol Trolox-Ä/L]
10 Monate gelagert	1367,57	421,55	3,97	20,62
	1367,70	421,70	3,97	20,53
	1367,24	421,98	4,04	20,62
	1367,01	421,31	4,06	20,71
MW	1367,38	421,63	4,01	20,62
STDABW	0,31	0,28	0,05	0,07
VK	0,02 %	0,07 %	1,23 %	0,34 %
11 Monate gelagert	1345,17	429,54	4,06	21,05
	1345,42	427,63	4,06	20,88
	1346,28	430,14	4,06	21,05
	1347,62	430,54	4,05	21,05
MW	1346,12	429,46	4,06	21,01
STDABW	1,11	1,29	0,01	0,09
VK	0,08 %	0,30 %	0,20 %	0,41 %
12 Monate gelagert	1257,90	430,67	4,20	21,05
	1256,29	430,54	4,16	20,97
	1256,99	429,14	4,13	21,05
	1258,25	430,14	4,13	21,14
MW	1257,36	430,12	4,16	21,05
STDABW	0,89	0,69	0,03	0,07
VK	0,07 %	0,16 %	0,76 %	0,34 %
13 Monate gelagert	1222,02	439,49	4,23	21,92
	1221,61	440,23	4,24	22,17
	1222,34	441,44	4,26	22,00
	1221,14	441,50	4,20	22,00
MW	1221,78	440,66	4,23	22,02
STDABW	0,52	0,98	0,03	0,11
VK	0,04 %	0,22 %	0,65 %	0,49 %

	Koffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mMol Trolox-Ä/L]
14 Monate gelagert	1185,05	462,69	6,19	22,35
	1185,41	464,96	6,18	22,43
	1188,56	460,17	6,18	22,26
	1188,98	458,24	6,20	22,17
MW	1187,00	461,51	6,19	22,30
STDABW	2,06	2,93	0,01	0,11
VK	0,17 %	0,63 %	0,16 %	0,50 %
15 Monate gelagert	1177,55	468,06	6,27	22,65
	1176,02	468,16	6,22	22,67
	1176,43	469,78	6,26	22,70
	1177,05	468,15	6,27	22,67
MW	1176,76	468,54	6,25	22,67
STDABW	0,68	0,83	0,02	0,02
VK	0,06 %	0,18 %	0,38 %	0,10 %
16 Monate gelagert	1173,46	479,22	6,34	23,12
	1173,70	480,63	6,34	22,95
	1173,89	479,60	6,35	23,04
	1174,54	481,27	6,35	22,95
MW	1173,90	480,18	6,35	23,02
STDABW	0,46	0,94	0,00	0,08
VK	0,04 %	0,20 %	0,05 %	0,36 %
17 Monate gelagert	1161,70	544,14	8,47	26,64
	1161,55	544,78	8,51	25,80
	1169,89	544,50	8,47	27,53
	1166,95	544,17	8,55	25,80
MW	1165,02	544,40	8,50	26,44
STDABW	4,11	0,30	0,04	0,82
VK	0,35 %	0,06 %	0,44 %	3,12 %

	Koffein [mg/L]	Chlorogensäure [mg/L]	Theobromin [mg/L]	TAC [mMol Trolox-Ä/L]
18 Monate gelagert	1136,00	582,39	8,56	28,48
	1135,36	580,70	8,61	28,39
	1153,74	578,51	8,68	28,39
	1164,00	577,71	8,68	28,30
MW	1147,27	579,83	8,63	28,39
STDABW	14,03	2,12	0,06	0,07
VK	1,22 %	0,37 %	0,71 %	0,25 %

Tabelle III: Ergebnisse der sensorischen Evaluierung: Arabica-Kaffee

12 Monate gelagert	GER:Kaffee allgemein	GER:Brew-Like	GER:Röstig	GER:Verbrannt Rauchig	GER:Groundsy	GER:Holzig	GER:Erdig	GER:Heuartig
MW	7,03	5,95	5,80	3,48	2,45	2,70	2,05	2,50
STDABW	0,20	1,10	1,61	0,50	1,18	0,85	0,76	1,19
VK	0,03	0,18	0,28	0,14	0,48	0,31	0,37	0,48

15 Monate gelagert								
MW	6,65	5,65	5,60	3,70	2,70	3,05	2,35	2,65
STDABW	1,23	0,80	0,94	0,41	0,92	1,10	1,39	0,67
VK	0,18	0,14	0,17	0,11	0,34	0,36	0,59	0,25

18 Monate gelagert								
MW	5,50	4,25	4,70	4,50	4,18	3,20	2,85	3,40
STDABW	0,76	0,99	1,77	1,39	2,34	1,01	1,09	0,82
VK	0,14	0,23	0,38	0,31	0,56	0,31	0,38	0,24

12 Monate gelagert	GER:Fruchtig Aromatisch	GER: Off Odor	GER:Ranzig	FLA:Kaffee allgemein	FLA:Brew-Like	FLA:Röstig	FLA:Verbrannt Rauchig	FLA:Groundsdy
MW	5,05	1,90	1,60	7,08	5,88	6,08	3,40	2,10
STDABW	0,74	0,85	0,50	0,80	1,05	1,51	0,68	1,12
VK	0,15	0,45	0,31	0,11	0,18	0,25	0,20	0,53

15 Monate gelagert								
MW	5,00	2,20	2,55	6,70	5,85	5,30	3,73	3,05
STDABW	1,40	0,77	0,76	1,08	0,97	1,08	1,49	1,67
VK	0,28	0,35	0,30	0,16	0,17	0,20	0,40	0,55

18 Monate gelagert								
MW	4,30	2,85	3,70	6,40	4,70	4,90	4,30	4,25
STDABW	2,00	1,60	0,57	0,94	1,49	1,74	1,22	1,80
VK	0,46	0,56	0,15	0,15	0,32	0,36	0,28	0,42

12 Monate gelagert	FLA:Holzig	FLA:Erdig	FLA:Heuartig	FLA:Fruchtig Aromatisch	GES:Süß	GES:Sauer	GES:Bitter	FLA:Off Flavor
MW	2,80	2,85	2,60	4,80	2,43	4,13	5,60	1,60
STDABW	1,01	0,97	1,14	1,27	1,57	0,65	2,35	0,75
VK	0,36	0,34	0,44	0,26	0,65	0,16	0,42	0,47

15 Monate gelagert								
MW	3,10	3,45	3,10	4,25	2,30	4,75	6,05	1,70
STDABW	1,17	1,23	0,72	1,48	0,92	0,90	1,17	0,66
VK	0,38	0,36	0,23	0,35	0,40	0,19	0,19	0,39

18 Monate gelagert								
MW	3,55	3,70	4,15	3,85	1,70	5,00	6,10	2,45
STDABW	1,05	0,91	1,09	1,53	1,02	0,78	1,11	2,33
VK	0,30	0,25	0,26	0,40	0,60	0,16	0,18	0,95

12 Monate gelagert	FLA:Ranzig	OPT:Farbe	OPT:Trübheit	OPT:Öligkeit	MG:Viskosität	MG:Adstringierend	NGES:Kaffee allgemein	NGES:Bitter
MW	1,45	8,23	5,70	4,25	4,13	4,70	5,95	4,85
STDABW	0,51	1,09	1,78	1,33	0,79	1,39	1,09	1,35
VK	0,35	0,13	0,31	0,31	0,19	0,30	0,18	0,28

15 Monate gelagert								
MW	1,60	8,30	6,43	4,30	4,20	4,90	5,65	5,20
STDABW	0,68	0,73	1,52	1,34	1,67	1,74	0,90	0,89
VK	0,43	0,09	0,24	0,31	0,40	0,36	0,16	0,17

18 Monate gelagert								
MW	1,90	8,45	6,73	4,98	4,75	5,30	5,55	5,40
STDABW	1,17	0,90	0,91	1,81	0,77	1,38	1,04	1,14
VK	0,61	0,11	0,14	0,36	0,16	0,26	0,19	0,21

Tabelle IV: Ergebnisse der sensorischen Evaluierung: Robusta Kaffee

12 Monate gelagert	GER:Kaffee allgemein	GER:Brew-Like	GER:Röstig	GER:Verbrannt Rauchig	GER:Groundsy	GER:Holzig	GER:Erdig	GER:Heuartig
MW	5,83	2,65	3,05	7,53	6,75	7,38	7,45	5,68
STDABW	0,91	0,69	0,60	0,95	0,72	0,96	0,83	2,42
VK	0,16	0,26	0,20	0,13	0,11	0,13	0,11	0,43

15 Monate gelagert								
MW	5,35	2,45	2,85	7,80	6,90	7,53	7,50	5,73
STDABW	2,18	0,54	0,75	1,01	0,72	0,47	0,61	2,42
VK	0,41	0,22	0,26	0,13	0,10	0,06	0,08	0,42

18 Monate gelagert								
MW	4,60	2,10	2,45	8,20	7,35	7,73	7,63	6,55
STDABW	1,73	0,64	1,15	0,77	0,73	0,97	0,96	1,00
VK	0,38	0,31	0,47	0,09	0,10	0,13	0,13	0,15

12 Monate gelagert	GER:Fruchtig Aromatisch	GER: Off Odor	GER:Ranzig	FLA:Kaffee allgemein	FLA:Brew-Like	FLA:Röstig	FLA:Verbrannt Rauchig	FLA:Grounds
MW	1,25	5,10	4,70	5,08	2,70	2,60	7,38	7,03
STDABW	1,07	0,91	0,86	0,73	0,57	0,88	1,01	0,66
VK	0,86	0,18	0,18	0,14	0,21	0,34	0,14	0,09

15 Monate gelagert								
MW	1,20	5,25	5,05	2,50	3,20	2,55	7,55	7,18
STDABW	0,77	0,64	0,76	1,05	1,82	1,47	1,27	0,49
VK	0,64	0,12	0,15	0,42	0,57	0,58	0,17	0,07

18 Monate gelagert								
MW	1,10	5,90	6,35	4,00	2,30	2,25	7,75	7,30
STDABW	0,64	1,07	0,67	1,86	1,72	1,33	1,07	0,98
VK	0,58	0,18	0,11	0,47	0,75	0,59	0,14	0,13

12 Monate gelagert	FLA:Holzig	FLA:Erdig	FLA:Heuartig	FLA:Fruchtig Aromatisch	GES:Süß	GES:Sauer	GES:Bitter	FLA:Off Flavor
MW	7,35	7,80	5,65	0,45	0,20	3,55	8,53	4,80
STDABW	0,99	0,95	1,95	0,54	0,41	1,70	0,75	1,11
VK	0,13	0,12	0,35	1,19	2,05	0,48	0,09	0,23

15 Monate gelagert								
MW	7,90	7,95	6,35	0,43	0,20	4,20	8,65	5,10
STDABW	0,74	0,60	1,13	0,49	0,38	0,66	0,69	0,85
VK	0,09	0,08	0,18	1,16	1,88	0,16	0,08	0,17

18 Monate gelagert								
MW	8,15	8,15	6,65	0,30	0,15	4,35	8,75	5,70
STDABW	0,59	0,80	1,23	0,44	0,37	1,66	0,47	0,66
VK	0,07	0,10	0,18	1,47	2,44	0,38	0,05	0,12

12 Monate gelagert	FLA:Ranzig	OPT:Farbe	OPT:Trübheit	OPT:Öligkeit	MG:Viskosität	MG:Adstringierend	NGES:Kaffee allgemein	NGES:Bitter
MW	3,70	8,48	5,93	3,48	4,10	6,55	5,20	7,63
STDABW	0,73	0,82	1,73	1,09	0,74	1,66	1,06	0,67
VK	0,20	0,10	0,29	0,31	0,18	0,25	0,20	0,09

15 Monate gelagert								
MW	3,95	8,90	6,00	4,05	3,95	7,45	5,10	7,83
STDABW	0,69	0,55	1,21	2,10	1,93	1,63	0,72	0,88
VK	0,17	0,06	0,20	0,52	0,49	0,22	0,14	0,11

18 Monate gelagert								
MW	4,55	9,03	6,43	4,08	3,60	7,38	4,40	8,05
STDABW	0,94	0,62	0,99	1,17	1,29	1,06	1,57	0,83
VK	0,21	0,07	0,15	0,29	0,36	0,14	0,36	0,10

PERSÖNLICHE DATEN

Geburtsdatum: 23. Mai 1984
Geburtsort: Linz
Familienstand: ledig

SCHULBILDUNG

4 Klassen Volksschule in Urfahr
4 Klassen Hauptschule in Feldkirchen/D.
5 Klassen HBLA mit Maturaabschluss
derzeit studiere ich an der Universität Wien Ernährungswissenschaften

Berufserfahrung

3 Wochen Service im Landeserholungsheim Altmünster (2000)
3 Monate Pflichtpraktikum im SporthotelBrandhof in Saalfelden (2001)
4 Wochen Service im LandeserholungsheimSt. Wolfgang (2002)
4 Wochen Bürokräft bei der Wiener Städtischen in Linz (2003)
4 Wochen Bürokräft bei der Wiener Städtischen in Linz (2004)
1 Monat Praktikum im IWA Labor Linz (2008)
1 Monat Praktikum in der QSE der Brau Union Österreich AG (2009)
1 Monat Praktikum in der QSE der Brau Union Österreich AG (2010)

TÄTIGKEITEN WÄHREND DES STUDIUMS

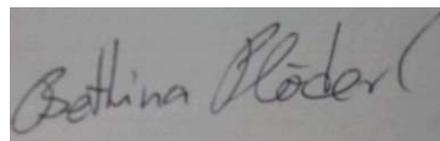
Dezember 2009 bis Juni 2011 Durchführung der sensorischen Beurteilungen für die Firma Nestlé am Institut für Ernährungswissenschaften

ZUSÄTZLICHE AUSBILDUNGEN

Juli 2010 Ausbildung zur Kaffee-Expertin an der VHS Hietzing
August 2010 Ausbildung zum Diplom-Kaffeesommelière an der VHS Hietzing

BESONDERE KENNTNISSE

EDV Microsoft Word, Excel, Powerpoint und Access; Statistikprogramm SPSS
Sprachen Englisch und Französisch



Wien, am 20. Oktober 2011

Bettina Plöderl