

Kaffeeröstaromastoffe und Duft im Klassischen Wiener Kaffeehaus: Analyse mittels HS-SPME-GC-MS

FOLIE 1

Vorstellung

FOLIE 2: Inhaltsverzeichnis

FOLIE 3

Was ist ein Aroma?

Aroma ist eine äußerst komplexe Mischung von vielen Einzelsubstanzen verschiedenster chemischer Natur. Diese Einzelsubstanzen können natürlich oder künstlich sein und aus pflanzlicher, tierischer oder mikrobiologischer Herkunft stammen.

Sinneswahrnehmung, die direkt über die Nase (nasaler Geruch), oder auch indirekt beim Verzehr einer Speise über die Rachenhöhle (retronasaler Geruch) wahrgenommen werden.

Was sind Aromastoffe?

Definierte chemische Verbindungen mit aromatisierenden Eigenschaften, die für sich alleine nicht zum Verzehr bestimmt sind.

Sie müssen flüchtig sein, das heißt kleine Moleküle ($MG < 300$) und sie sind lipophil. Es gibt welche, die für das Aroma relevanter sind und einen erheblichen Beitrag zum Gesamtaroma beitragen – sie prägen das Aroma. Diese werden als „Character Impact Compounds“ bezeichnet. Diesbezüglich gibt es große Unterschiede zwischen den Kaffeesorten Robusta-Madagaskar, auf die ich später näher eingehen werde!

FOLIE 4

Wie entstehen Röstaromastoffe?

Maillard-Reaktion = nicht enzymatische Bräunung – Hitzebedingte Aromabildung

Bei der Erhitzung (>100 °C) von Lebensmitteln (Fleisch, Brot, Kaffee, Bier) färben sich diese braun und gleichzeitig entweichen die charakteristisch riechenden Aromastoffe. Dieser Umsetzung liegt die Maillard-Reaktion zugrunde. Sie wird eingeleitet durch die Umsetzung reduzierender Kohlenhydrate und Aminosäuren. Bei dieser Umwandlung treten Zersetzungen des Zucker-Restes auf, wobei in erster Linie Hydroxymethylfurfural sowie charakteristische α -Dicarbonyl-Verbindungen gebildet werden. Diese können unter weiteren Umsetzungen braune Melanoidine bilden (daher der Name: „nichtenzymatische Bräunung“), die den gerösteten bzw. erhitzten Lebensmitteln ihre charakteristische Farbe verleihen.

Typische Vertreter für die sog. „Karamellnote“ sind bestimmte Furanone (z.B. Sotolon – welches in meiner Arbeit nur im hochwertigen Arabica Santos gefunden wurde). Außerdem resultiert eine Palette von röstigen Pyrazinen, die im Kaffeearoma eine bedeutende Rolle spielen.

Da viele verschiedene AS und Zucker vorhanden sind, können natürlich viele Maillard-Produkte daraus entstehen. Es resultiert ein Aroma mit vielen Aromastoffen, aber nicht alle sind aromawirksam.

FOLIE 5:

Betrachtet man diese Tabelle sieht man anhand ausgewählter Aromastoffe die Konzentrationsunterschiede: Die Tabelle zeigt, dass sich viel Kaffeearomastoffe erst während des Röstvorgangs bilden bzw. während der Röstung enorm zunehmen. Zum Beispiel die Konzentrationen an phenolischen Verbindungen, wie Vinyl- oder Ethylguajakol sowie die Carbonylverbindung β -Damascenon und Vanillin nehmen während des Röstvorganges kontinuierlich zu.

Andere sind während des Röstvorgangs äußerst stabil und verändern während der Röstung ihren Gehalt kaum. Beispielsweise 3-Isobutyl-2-methoxypyrazin und Nonenal.

<i>Konzentrationsvergleich ausgewählter Aromastoffe in Roh- und Röstkaffee derselben Sorte</i>		
Substanzen	Gehalt in $\mu\text{g}/\text{kg}$ ¹	
	Rohkaffee	Röstkaffee
3-(Methylmercapto)-propionaldehyd	22	213
2-Methoxy-3,5-dimethylpyrazin	0,5	1,1

Sotolon	0,7	1.870
(Z)-2-Nonenal	<0,3	<0,3
3-Isobutyl-2-methoxypyrazin	97	97
Ethylguajakol	21	4.060
Vinylguajakol	117	39.000
Vanillin	82	3.290
β -Damascenon	<0,3	255
¹ Mittlerer Röstgrad, <i>Coffea arabica</i> var. <i>tippica</i>		

FOLIE 6

Wir haben schon gehört, dass das Kaffeearoma aus 835 Aromastoffen besteht und dass sich das Aroma während des Röstvorgangs ändert! Und ist somit das aromareichste Getränk.

Ein großer Unterschied besteht auch zwischen dem Aroma des Röstkaffees und dem des daraus hergestellten Kaffeegetränk. Allerdings kommt es nicht zur Bildung neuer Aromastoffe, sondern es findet lediglich eine Verschiebung des Geruchseindrucks von schwefelig-röstig in eine mehr karamellartige-phenolische und butterartige Note statt. Das heißt, es kommt zu einer Konzentrationsverschiebung der vorhanden aromapotenten Verbindungen durch den Extraktionvorgang.

FOLIE 7

Diese Kaffeeröstaromastoffe können im Großen und Ganzen folgendermaßen eingeteilt werden:

Das Aromaprofil des Kaffees setzt sich aus den Noten süß/karamellartig, erdig, schwefelig/röstig und rauchig/phenolisch zusammen. Natürlich gibt es Konzentrationsunterschiede bei *Arabica*- und *Robusta*-Varietäten, die im nachfolgenden Kapitel behandelt werden. Die oben dargestellte Tabelle zeigt, dass die meisten Aromastoffe diesen Noten zugeordnet werden können. Die restlichen Aromastoffe riechen fruchtig bzw. würzig.

FOLIE 8

Natürlich differenzieren sich einzelne Kaffee-Varietäten signifikant in ihren Aromaprofilen, was die Kaffee-Industrie durch Mischungen zum Erreichen des gewünschten Aromas auch nutzt.

Diese Tabelle zeigt die Schlüsselaromen, welche für die Sorten charakteristisch sind und *Robusta*- und *Arabica*-Varietäten durch höhere Konzentrationen das vorherrschende Aromaprofil verleihen.

Konzentrationen und Aromawerte von geruchspotenten Aromastoffe im Kaffeegetränk unterschiedlicher Arabica Robusta-Varietäten.

Aromastoffe	Konzentration		Geruchseigenschaften
	Arabica	Robusta	
2-Furfurylthiol	19,1	39	röstig, nach
Guajakol	170	1.230	phenolisch, an Leder er
Vinylguajakol	1.640	5.380	rauchig, nach
Ethylguajakol	51,0	635	würzig, süß phenolisch
Vanillin	220	740	nach Vanille
Furaneol	4.510	2.480	karamellarti
Sotolon	77	31	würzig
Abhexon	8,7	4,4	würzig
Ethylfuraneol	840	670	karamellarti
Diacetyl	2.750	2.400	nach Butter
2,3-Pentandion	1.570	750	nach Butter
Methanthiol	210	600	muffig

Demzufolge enthalten *Robustas* Phenole, vor allem Guajakol und seine Abkömmlinge in signifikant höheren Konzentrationen als *Arabica*-Sorten. Auch des Methanthiol kommt in fast dreifacher Konzentration in Robusta-Sorten vor. Diese Komponenten tragen einen erheblichen Teil zum eher negativen Aroma des Robustas bei. Eine Ausnahme zeigt das Furfurylthiol – mit einem Aroma – das an Kaffee erinnert, kommt im Robusta in etwa doppelt so hoher Konzentration im Arabica vor.

Arabica-Kaffee lässt sich eher über die Aromanoten karamellartig beschreiben. Beispielsweise Furaneol und Ethylfuraneol, welche nur im Arabica-Getränk zum Nachweis kamen. Die beiden Verbindungen – Diacetyl und Pentandion, welche ein butterartiges Aroma aufweisen, kommen in deutlich höheren Konzentrationen in Arabica-Sorten vor und wirken sich auch positiv auf das Gesamtaroma aus.

FOLIE 9:

Zusammenfassend: Entsprechend intensiver sind die schwefeligen und rauchigen Noten im Aromaprofil des *Robusta*-Kaffeegetränks. Auch der Gehalt an erdigen

Aromakomponenten überwiegt in Robusta-Sorten. Es kann zudem gesagt werden, dass sich in *Robusta*-Sorten höhere Gehalte an phenolischen Aromastoffen befinden. Diese werden durch seine im Vergleich zum *Arabica* höheren Konzentrationen an Chlorogensäure, speziell an Feruloyl-Chinasäuren, den Vorgängern für Guajakol und seinen Abkömmlingen hervorgerufen.

FOLIE 10:

Bei Arabica-Sorten kann gesagt werden, dass die Aromanoten karamellartig und süßlich dominieren, sowie Gruppen mit grün/erbsenartig und die butterartig riechenden Aromaprofil. Diese Tatsache konnte im Rahmen meiner Arbeit bestätigt werden.

FOLIE 11:

Wie kommt man zum einzelnen Aromastoff? Wie „fängt“ ein Aroma?

Hierzu gibt es natürlich mehrere Möglichkeiten, in meiner Arbeit habe ich die so genannte Festphasenmikroextraktion genutzt.

Probenanreicherung – Solid Phase Microextraction (SPME, Festphasenmikroextraktion)

Ähneln einer Injektionsspritze und vom Anwendungsprinzip auch dieser sehr ähnlich.

à Vorführung (an der Spitze befinden sich die so genannte PDMS-Faser, an der sich die Substanzen anreichern und anschließen in zur Analyse in den Injektor eines GC eingespritzt werden)

SPME integriert Probennahme durch Anreicherung der Analyten an eine mit Polymer beschichteten *Fused-Silica*-Faser (Extraktion), und anschließende thermische Desorption. Routinemäßig angewendet werden dabei Gaschromatographie (GC), Gaschromatographie in Kopplung mit Massenspektrometrie (GC-MS). Näheres dazu später.

Hierbei handelt es sich um eine Adsorptions-/Desorptionstechnik, die ihren Einsatz zur Anreicherung von mehr oder weniger flüchtigen Verbindungen direkt aus wässrigen und gasförmigen Proben oder aus dem Dampfraum über wässrigen oder festen Proben findet.

Die Methode ist eine einfache, leistungsfähige und innovative Extraktionsmethode. Positiv: Die SPME-„Sampling“-Methode erfordert keine

Lösungsmittel oder schwierige Apparatur, zudem gibt es die Möglichkeit der Automatisierung.

FOLIE 12:

Wie trennt man das Aroma in seine Einzelkomponenten?

Wenn man das Aroma „eingefangen“ hat, muss man diese in seine Einzelkomponenten zerlegen! Die Methode der Wahl ist hier die Gaschromatographie.

Definition

Unter dem Begriff Chromatographie werden physikalische Methoden zusammengefasst, bei denen die Stofftrennung eines Gemisches durch Verteilung zwischen einer stationären und einer mobilen Phase erfolgt. Dabei stellt ein inertes Gas, das so genannte Trägergas, die mobile Phase dar, welches ein Rohr – in dem sich die stationäre Phase befindet – durchströmt. Als stationäre Phase kann ein Feststoff oder eine Flüssigkeit eingesetzt werden, an dem die zu trennenden Komponenten adsorbiert werden.

FOLIE 13:

Schematischer Aufbau und Prinzip eines Gaschromatographen

Ein GC-Gerät besteht aus einem Ofen (Heizthermostat), in dem sich die aufgespulte Trennsäule befindet. Am Probeneingabesystem oder Einspritzblock beginnt die Trennsäule. An dieser Stelle wird einerseits das Trägergas geleitet, andererseits auch die Substanzmischung durch Präzisionsinjektionsnadeln eingespritzt. Durch die hohe Temperatur des Einspritzblocks verdampft die zu analysierende Substanzmischung augenblicklich. Der Dampf wird durch das Trägergas in der thermostatisierten Trennsäule transportiert, wo der chromatographische Vorgang z.B. bei einer festgelegten Temperatur stattfindet. Anschließend passieren die in der Säule getrennten Substanzen nacheinander einen Detektor, der jeden einzelnen Bestandteil über ein Auswertsystem aufzeichnet.

FOLIE 14:

Wie identifiziert man den einzelnen Aromastoff vom Aroma?

Die in der Säule des GC getrennten Substanzen gelangen nacheinander in einen Detektor – auch hier gibt es genügend verschiedene Möglichkeiten, die einzelnen Substanzen zu identifizieren. Ich habe einen Massenspektrometer als Detektoreinheit eingesetzt, denn dieser gilt als geeignetste Methode, um flüchtige Stoffe zu identifizieren.

Hierbei werden bei der aufgrund eines Ionisationsprozesses entstehenden Molekülionen bzw. Fragmente zur Analyse von Stoffen herangezogen. Dabei handelt es sich um Bruchstücke, die dann zur Identifizierung herangezogen werden. Die aufgetrennten Substanzen werden mit hoher Energie beschossen und zerfallen sozusagen. Die entstehenden Ionen werden adäquat ihrem Verhältnis Masse/Ladung (m/z) in einem Analysator durch ein magnetisches oder elektrisches Feld aufgetrennt. Das Massenspektrum spiegelt die Auftrennung der Ionen wieder und gibt Aufklärung der Struktur von organischen Molekülen zudem die Bestimmung ihrer Molmasse.

FOLIE 15:

Probenauswahl

Arabica- und *Robusta*-Sorten unterscheiden sich nicht nur optisch voneinander, sondern auch im Aroma und Geschmack. Ziel meiner Messungen war es, die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale der flüchtigen Aromasubstanzen von *Arabica*- und *Robusta*-Kaffee zu analysieren und zu dokumentieren. Welche Aromakomponenten sind charakteristisch für die jeweiligen Sorten. Welche Substanzen geben der Rohbohne ihr Aroma und wie verändert sich das Aromaprofil während der Röstung. Mit Herrn Professor *Edelbauer* vom Kaffeeinstitut wurden folgende für diese Arbeit relevanten Kaffeesorten ausgewählt:

FOLIE 16:

ROBUSTA MADAGASKAR 2006 aus Madagaskar

Die *Robusta Madagaskar* zählt zu den minderwertigen Kaffee-Qualitäten und unterscheidet sich optisch von den *Arabica*-Sorten unter anderem durch ihre Bohnengröße. *Robusta*-Varietäten sind schmaler und runder als *Arabica*-Sorten. Sie werden meist in Mischungen – bevorzugt in italienischen – verwendet. *Robusta Madagaskar* zeigt einen erdigen und raueren Geschmack und Duft; verantwortlich dafür sind die höheren Gehalte an Gerb- und Bitterstoffen.

FOLIE 17:

ARABICA SANTOS 2006 aus Brasilien

Die brasilianische *Santos* zeichnet sich durch ihren weichen, naturmilden Geschmack und ihren äußerst geringen Säuregehalt aus. Sie ist im Gegensatz zum *Sidamo* ungewaschen. Der geringe Säuregehalt ist das Resultat der bei der trockenen Aufbereitung nicht eintretender Fermentation.

FOLIE 18:

Probenvorbereitung:

à Anschließend wurden diese Sorten in dem Probenröster auf mittleren Röstgrad geröstet und zur Analyse ins Riechstoff-Labor gebracht. Am darauf folgenden Tag wurde mit der Messserie begonnen.

à Für jede Messung wurden 30 g Kaffeebohnen eingewogen und mit einer *Zassenhaus-Original*-Handmühle gemahlen. Die Verwendung einer mechanischen Kaffeemühle verhindert größere Aromaverluste, da die Erwärmung durch die Reibung minimiert ist. Das nachfolgende Zubereitungsschema wurde nacheinander bei allen drei Kaffeesorten angewandt. Es ist darauf zu achten, dass mit konstanten Standardbedingungen, wie beispielsweise „Sample“-Dauer, Wassertemperatur und –menge sowie Mahlgrad gearbeitet wird, um normierte Ergebnisse zu erhalten und diese vergleichen zu können.

à Die Zubereitung erfolgte mit einer herkömmlichen Filtermaschine der Marke *Krups*, Type *Duothek Plus F*. Für diese Versuchsserie wurden jeweils 30 g gemahlene *Santos*- und *Madagaskar*-Bohnen in einen *Melitta*-Kaffeefilter eingewogen. Dabei ist in dem Wassertank der Filtermaschine 200 ml kaltes Wiener Hochquellwasser eingefüllt worden. Die Auslauftemperatur betrug bei jeder Messung etwa 85°C, was dem Optimum entspricht.

à Das gewonnene heiße Kaffeegetränk ist in ein *Sample Vial* gefüllt worden. Die Verschluss-Vorrichtung mit Silikondichtung ist mit einer dafür vorgesehenen Zange absolut luftdicht verschließbar. Dies ist notwendig, um Fremdgerüche abzugrenzen und um frei gewordene Aromakomponenten zu erhalten.

à Um akzeptable Resultate zu erzielen, mussten einige Versuchsreihen durchgeführt werden, da es noch keine tatsächlich anwendbaren Erfahrungswerte bezüglich der Kaffee-Einwirkzeit auf die beschichtete SPME-Faser gibt. Die im Rahmen dieser Arbeit optimale Nachweisgrenze erwies sich bei 24 Stunden.

FOLIE 19:

Der SPME-Faserhalter mit eingebauter Faser ist an eine dafür vorgesehene Apparatur per Epruvettenhalter befestigt worden. Damit man den kaffeebefüllten *Sample Vial* darunter platzieren konnte, wurde die Apparatur vertikal – etwa fünfzehn Zentimeter – über der Tischfläche fixiert. Mit der Fasernadel wird das *Septum* des *Vials* durchstoßen und die beschichtete Faser mittels „Plunger“ durch Hinunterdrücken ausgefahren. Die Quarzfaser darf nicht in das Kaffeegetränk eintauchen, sondern sollte in Dampfphase zur 24-stündigen Anreicherung gehalten werden.

FOLIE 20:

Man fixiert die Faser mit dem Gewinde, das man händisch in die dafür vorgesehene Verankerung gibt. Die flüchtigen Komponenten der zu messenden Kaffeesubstanzen bleiben auf der beschichteten Vorderspitze haften. Nach Anreicherung der flüchtigen Bestandteile werden die gesammelten Substanzen in zur gaschromatographischen Trennung in den GC eingespritzt, hier im Bild – roter Pfeil. Das Verbindungsstück (Interface) zum Massenspektrometer ist hier rot eingekreist, hier gelangen die in der Säule des GC getrennten Substanzen zur Identifizierung in den Massenspektrometer.

FOLIE 21:

Für alle im Rahmen dieser Arbeit getätigten Messungen wurde dieselbe Versuchsanordnung angewendet, damit die Resultate jeder einzelnen Analyse zum Vergleich herangezogen werden können.

CHROMATOGRAMM UND SEINE AUSSAGE

à Nach dem die Proben so identifiziert worden sind, erhält man ein so genanntes Chromatogramm:

à Hier im Bild – das Chromatogramm vom Robusta Madagaskar- und Arabica Santos-Kaffeegetränk.

à Heute werden die Chromatogramme mittels moderner Datenverarbeitung ausgewertet – dadurch wird die Interpretation der deutlich bequemer.

à Die einzelnen Aromastoffe werden als so genannte Gaußkurven dargestellt. Die Retentionszeit bei der eine Substanz als Peak zum Vorschein kommt ist für jede einzelne Substanz charakteristisch. Das heißt jede aufgefundene Substanz kommt im Chromatogramm immer zur selben Zeit, wenn man die Rahmenbedingungen wie zum Beispiel Temperaturprogramm beim „Einspritzen“ der Probe einhält. Die Höhe der Peaks zeigt die Intensität der einzelnen Substanz an.

Zusammenfassung der Ergebnisse Robusta Madagaskar Kaffeegetränk und Arabica Santos

à Es wurden eindeutige Merkmale der Sorten detektiert – mit welchen folglich die Identifizierung der einzelnen Sorten erfolgen kann. Natürlich werde ich nur die wichtigsten besprechen, da es erstens die Zeit nicht erlaubt und zudem auch zu spezifisch werden könnte.

à In jeder Messung konnten etwa 300 Substanzen nachgewiesen werden. Jetzt stellt sich vielleicht die Frage: Wieso nicht alle 835 Aromastoffe?

à Weil viele Röstaromastoffe in so geringen Mengen im Kaffee vorkommen, sodass sie nicht nachgewiesen werden können. Sie „gehen quasi unter“ bzw. werden von höher konzentrierten Aromastoffen „übertönt“, denn die Aromastoffe stehen in Relation zueinander. Das heißt, wenn eine Substanz sehr konzentriert ist, schlägt eine, mit geringerer Konzentration weniger aus – obgleich sie aromawirksam ist. Das heißt, auch Aromastoffe mit kleinen Peaks können einen wesentlichen Teil zum Gesamtaroma beitragen. Darum ist auch deren Analyse sehr wichtig!

FOLIE 22:

Qualitative Auswertung des *Robusta Madagaskar* Kaffeegetränk

Die Aromakonstellation des Kaffeegetränks aus *Robusta Madagaskar*-Röstbohnen (trocken aufbereitet) unterscheidet sich deutlich jenen *Arabica*-Sorten.

à Das Chromatogramm des *Robusta Madagaskar* Kaffeegetränks zeigt diese Unterschiede, denn es weist im Gegensatz zum Arabica-Getränk hohe Peaks am ab der Hälfte des Chromatogramms auf, welche beim Arabica am ersten Blick fehlend

sind.

FOLIE 23:

à *Robusta* zeigt im Gegensatz zu *Arabica* wesentlich höhere Gehalte an Alkylpyrazine und vor allem Phenole. Das wurde auch in dieser Arbeit bestätigt. Diese beiden Substanzklassen geben den *Robusta*-Sorten die erdigen und rauchig/phenolischen Geruchsnoten und wirken sich auch negativ auf das Gesamtaroma aus.

FOLIE 24:

Guajakole, die in *Robusta*-Sorten Schlüsselaromastoffe darstellen, konnten auch im *Robusta* Rohkaffee nachgewiesen, doch mit sehr geringer Intensität, da sie erst während des Röstvorgangs gebildet werden. Im *Robusta*-Getränk ist der Gehalt an Guajakol, Ethyl- und Vinylguajakol um das Vier- bis Zehnfache höher, verglichen mit dem *Arabica*-Getränk.

28,45	o-Guajakol	2-Methoxyphenol	rauchig, phenolisch, süß
37,88	Ethylguajakol	2-Methoxy-4-ethylphenol	süß, phenolisch, brenzlich
39,77	Vinylguajakol	2-Methoxy-4-vinylphenol	rauchig, nach Nelke

Diese Phenole, Guajakol, Vinyl- und Ethylguajakol, die ein unangenehmes rauchiges, phenolisches – an Leder erinnerndes Aromaprofil aufweisen – liefern das eindeutigste Indiz, sie sind in den *Robusta*-Sorten in wesentlich höheren Konzentrationen enthalten als in *Arabica*-Sorten. In keinem anderen Chromatogramm ist die Intensität der Peaks von Guajakol und seinen Abkömmlingen so hoch. Das Aromaprofil von *Robusta Madagaskar* wird vielfach von diesen unangenehmen phenolischen Verbindungen geprägt.

FOLIE 25:

Ein weiteres Merkmal liefert **2-Methylisoborneol**, welches nur im *Robusta* aufzufinden war. MIB, mit seiner muffigen und erdigen Geruchsqualität wird als

weiterer Schlüsselaromastoff im *Robusta*-Getränk gehandelt, da auch hier die Konzentrationen signifikant höher sind als in *Arabica*-Sorten.

Die Forscher *Blank* und *Grosch* ermittelten 10 bis 20-fach höhere Werte in *Robusta*-Röstkaffee verglichen mit *Arabica*-Sorten.

38,43	2-Methylisoborneol	MIB	muffig, erdig
-------	--------------------	-----	---------------

Des Weiteren sind im *Robusta*-Kaffeegetränk eine Vielzahl von **Alkylpyrazinen** detektiert worden. Diese sind unter anderem auch verantwortlich für das unangenehme erdige Aroma des *Robusta*-Getränks. Zum Beispiel **Trimethylpyrazin**.

38,82	Trimethylpyrazin		erdig, röstig
-------	------------------	--	---------------

FOLIE 26:

Unter anderem spricht auch das muffig riechende **Methanthiol**, welches nur im *Robusta*-Getränk nachgewiesen wurde, für die minderwertige Qualität. Die Konzentration im *Robusta* ist um den Faktor 3 höher als in *Arabica*-Sorten.

Auch die Ausbeute bei der Zubereitung des Getränks ist sehr hoch und liegt bei etwa 70%

27,83	Methanthiol		muffig
-------	-------------	--	--------

Im *Robusta*-Getränk kam es auch zur Aufzeichnung von **Propionsäure**, welche eine ranzige Geruchsnote besitzt. Weitere Säuren mit äußerst unangenehmen Geruchsempfinden konnten im 24h-Chromatogramm des *Robusta*-Getränks aufgezeichnet werden: Die mit schweißig riechende **Valeriansäure**, **Buttersäure** und **3-Methylbuttersäure**. Diese vier Säuren sprechen wohl eher für minderwertige *Robusta*-Sorten.

9,10	Propionsäure		ranzig
12,13	Valeriansäure	Pentansäure	schweißig
12,15	Buttersäure	Butansäure	schweißig
17,62	3-Methylbuttersäure	Isovaleriansäure	schweißig

FOLIE 27:

Das in höheren Konzentrationen vorkommende, im Aromaprofil angenehm riechende **2-Furfurylthiol** und **Vanillin** kommen im *Robusta* in höheren Konzentrationen vor.

à **2-Furfurylthiol**, welches durch seine röstige – an Kaffee erinnernde – Aromanote charakterisiert ist, wird in der Literatur auch als „character impact compound“ des Kaffees beschrieben. In *Robusta*-Sorten ist die Konzentration um etwa das Zweifache höher als bei *Arabica*-Sorten. Das röstige Aroma von 2-Furfurylthiol kommt aufgrund der strengen erdigen und rauchigen Noten des *Robustas* nicht wesentlich zum Vorschein. Die Ausbeute bei der Bereitung eines Kaffeegetränks beträgt für 2-Furfurylthiol nur 19%

à Das mit einem typischen Vanillegeruch ausgestattete **Vanillin** ist in *Robusta*-Sorten etwa dreimal mehr enthalten wie in *Arabica*-Sorten. Das erklärt sich dadurch, dass Vanillin als Nebenprodukt bei der Pyrolyse von Ferulasäure (Abkömmling der Chlorogensäure) gebildet wird und Ferulasäure in *Robusta*-Sorten in deutlich höherer Konzentration vorhanden ist. Die Extraktionsausbeute bei der Herstellung eines Kaffeegetränks ist sehr hoch und beträgt 95%.

Diese Aromakomponenten, mit angenehmer Aromaqualität werden von den dominierenden Phenolen und Pyrazine „übertönt“.

27,58	Vanillin	4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyd	nach Vanille
35,03	2-Furfurylthiol		röstig, nach Kaffee

Die Chlorogensäure ist ein Inhaltsstoff des Kaffees mit harntreibender Wirkung. Aufgrund ihrer recht hohen Säurestärke verursacht sie bei magenempfindlichen Personen Irritationen und Unwohlsein.

FOLIE 28:

Qualitative Auswertung des *Arabica Santos* Kaffeegetränk

Da wir bereits an den Proben geschnuppert haben – lässt sich sagen, dass sich *Arabica*-Kaffee in der Aromakonstellation deutlich von der des *Robusta*-Kaffees unterscheidet.

FOLIE 29:

Die wesentlichen Merkmale liegen dabei in den deutlich höheren Gehalten an süß-karamellartigen Aromanoten. Zudem dominieren im *Arabica*-Getränk die erbsig-grünen und butterartig riechenden Aromagruppen. Einen wesentlichen Beitrag dazu

liefern Furanone und Diketone. Diese Aromagruppen wirken sich positiv auf das Gesamtaroma aus.

FOLIE 30:

Beim *Arabica Santos* wurden auffällig viele Furanone aufgezeichnet; diese sind in *Arabica*-Sorten grundsätzlich konzentrierter und geben dem hochwertigen *Santos* auch das typisch röstig-karamellartige und leicht würzige Aroma.

à An diesem Punkt sollen, mit ihrem röstig-karamellartigen – auch fruchtiger Aromaqualität – die 2(5H)-Furanone **Abhexon** und **Sotolon** bzw. die 3(2H)-Furanone **Furaneol** und **Ethylfuraneol**, erwähnt werden. Diese für das Aroma des *Arabica*-Getränks wichtigen Aromastoffe konnten im *Robusta*-Kaffee nicht verzeichnet werden. Furanone sind Folgeprodukte der *Maillard*-Reaktion und entstehen im Verlauf der Röstung beim Abbau von Kohlenhydraten. Die Konzentrationen im *Arabica*-Getränk sind um das Zweifache höher als im *Robusta*-Getränk

à Die Extraktionsausbeute bei der Herstellung eines Kaffeegetränks beträgt für **Sotolon** und **Abhexon** etwa 80%.

Die Ausbeute von **Ethylfuraneol** und **Furaneol** bei der Zubereitung eines Kaffeegetränks ist sehr hoch und beträgt etwa 95%

11,05	Ethylfuraneol	4-Hydroxy-2-ethyl-5-methyl-3(2H)-furanon	fruchtig, nach Karamell
12,86	Abhexon	3-Hydroxy-5-ethyl-4-methyl-2(5)-furanon	röstig, würzig, nach Karamell
12,95	Sotolon	3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanon	röstig, würzig, nach Karamell
20,58	Furaneol	4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon	fruchtig, nach Karamell

Auch die schokoladartig riechenden **2-** und **3-Methylfuran** tragen einen wesentlichen Beitrag zum Aroma des *Arabica Santos* bei.

5,55	2-Methylfuran	schokoladartig
5,59	3-Methylfuran	schokoladartig

FOLIE 31:

Zwei Diketone, **2,3-Pentandion** und **2,3-Butandion** (Diacetyl) mit angenehmem Butteraroma, kommen im *Arabica*-Getränk in höherer Konzentration als in minderwertigen *Robusta*-Kaffees vor.

Die Ausbeute bei der Zubereitung eines Kaffeegetränks beträgt für Diacetyl etwa 80% und für 2,3-Pentandion 85%. Beide tragen mit ihrem angenehmen Aromaprofil positiv zum Arabica-Gesamtaroma bei.

8,09	2,3-Pentandion	Acetylpropionyl	butterartig
12,30	Diacetyl	2,3-Butandion	butterartig

Beim Rösten von Kaffee entstehen zahlreiche Pyrazinverbindungen, die einen großen Beitrag zum Kaffee Aroma liefern. Im Santos wurden einige **Alkylpyrazine** mit röstig-nussigem Charakter qualifiziert, die im *Robusta* nicht zum Nachweis kamen.

13,83	Dimethylpyrazin	röstig
18,66	2-Methylpyrazin	röstig-nussig

Zum Beispiel wurde das **Dimethylpyrazin** detektiert, welches eine röstige und nussige Geruchsnote aufweist, ebenso das **2-Methylpyrazin**. Beide Verbindungen liefern einen erheblichen Beitrag zum Röstkaffee Aroma.

FOLIE 32:

Wir haben schon festgestellt, dass – wenn man das *Santos*-Chromatogramm mit dem des *Robusta*-Kaffees vergleicht, vor allem im letzten Bereich (ab R_t 28.00) deutliche Differenzen feststellbar sind. Die hohen Peaks, die im letzten Abschnitt des *Robusta*-Kaffeegetränks detektiert wurden, sind im Chromatogramm des *Arabica Santos* augenmerklich verschwunden.

Das **Guajakol**, **Ethylguajakol** und **Vinylguajakol** sind in den *Arabica*-Sorten in wesentlich geringeren Konzentrationen enthalten. Der Gehalt im Kaffeegetränk ist von Guajakol um das 7-fache, die des Vinylguajakol um das 3-fache und die des Ethylguajakol um das 12-fache geringer, verglichen mit *Robusta*-Kaffee. Diese drei Phenole, mit ihrer unangenehmen Geruchsqualität, wirken sich in diesen Konzentrationen nicht mehr, wie es beim *Robusta*-Kaffee der Fall ist, negativ auf das Gesamtaroma aus.

FOLIE 33:

à Die Phenole, **Guajakol** und seine Abkömmlinge spielen im Getränk der *Arabica*-Varietäten eine untergeordnete Rolle.

28,28	o-Guajakol	2-Methoxyphenol	rauchig, phenolisch, süß
37,73	Ethylguajakol	2-Methoxy-4-ethylphenol	süß, phenolisch, brenzlich
39,64	Vinylguajakol	2-Methoxy-4-vinylphenol	rauchig, nach Nelke

Das **2-Furfurylthiol**; welches eigentlich in *Robusta*-Sorten höher konzentriert ist, konnte auch beim *Santos* nachgewiesen. Es weist eine angenehme, an Röstkaffee erinnernde Aromaqualität auf.

FOLIE 34:

FAZIT

à Unterschiede der einzelnen Kaffeearietäten sind in allen Formen der Zubereitung olfaktorisch wahrzunehmen.

à Die Analysen mittels HS-SPME-GC-MS geben Aufschluss über die jeweiligen Differenzen und ermöglichen somit auch eine Unterscheidung zwischen *Robusta*- und *Arabica*-Sorten.

à Abschließend lässt sich sagen, dass das Zusammenspiel aller bisher aufgefundenen 835 Aromakomponenten das herrliche Röstaroma ausmacht.

Jede einzelne Substanz trägt einen Teil dazu bei – die eine mehr die andere weniger – da nicht jede Substanz aromaaktiv ist.

Auch die Konzentrationen der einzelnen Aromastoffe sind wichtig für das Gesamtaroma.

FOLIE 35:

Zum Beispiel ist die Konzentration der im Aromaprofil penetranten Guajakole im *Robusta*-Kaffee um einiges höher als bei hochwertigen *Arabica*-Sorten, was sich somit negativ auf das Gesamtaroma des Kaffeegetränks niederschlägt.

FOLIE 36:

Das war mal eine kleine Zusammenfassung meiner Arbeit. Da sehr viele Aromastoffe aufgefunden wurden, habe ich versucht, nur die wesentlichsten Aromastoffe, welche u.a. die großen Unterschiede zwischen den Sorten ausmachen.

http://othes.univie.ac.at/4395/1/2009-03-29_0100931.pdf