



KURIOS, SPANNEND, ALLTÄGLICH...

Espresso, ein Fest der Sinne

Nach der Herstellung des „Dreistufenpräparats Espresso“, dessen Vorschrift im letzten Heft ausführlich beschrieben wurde, beginnt die Vorfreude mit einem prüfenden Blick auf die Crema, die schaumige, geschlossene Deckschicht des Espressos. Sie entsteht durch das Zusammenspiel von emulgierten Fetten, denaturierten Proteinen und oberflächenaktiven Inhaltsstoffen.



Die Oberflächenspannung im Espresso ist nur halb so groß wie in reinem Wasser (Tabelle 2). Die Struktur der dafür verantwortlichen

Tenside ist nicht bekannt, möglich wären Umsetzungsprodukte zwischen Sacchariden und Proteinen (Glykoproteine) bzw. Lipiden (Glycolipide). Die Textur der Crema ist ein Gütezeichen: sie muss fest, mittelbraun und von feinen helleren Streifen durchzogen sein (Tigerfelleffekt). Auch nach kräftigem



Rühren muss sich die Crema wieder schließen. Eine helle, dünne und wenig stabile Crema deutet auf eine Unterextraktion hin, verursacht durch grobes Mahlen oder zu niedrige Wassertemperatur



Abb. 3 Die Crema des Espressos; oben: bei zu grober Mahlung oder zu wenig Kaffeepulver entsteht eine helle, wenig beständige Crema; mitte: die hellgestreifte, haselnussbraune Crema mit fester Konsistenz lässt auf das Beste hoffen; unten: Über-Extraktion durch zuviel Kaffeepulver oder zu feine Mahlung verrät sich durch ein Loch in der zu dunklen Crema.

(Abbildung 3). Ist die Crema dunkelbraun mit einem Loch in der Mitte, dann war das Kaffeepulver zu wenig porös oder die Kaffeemenge zu groß. Eine feste Crema hält die flüchtigen Aromastoffe zurück, sie verhindert ein zu schnelles Abkühlen und die im Fett gelösten Aromastoffe sind vor einer möglichen Hydrolyse geschützt.

Bevor wir den ersten Schluck nehmen können, streicht bereits das Kaffeearoma mit seinen bisher 800 identifizierten Verbindungen an unseren 30 Millionen Riechsinneszellen in beiden Nasenhöhlen vorbei. Diese Sinneszellen leiten ihre Erregung auf kürzestem Weg an die Hirnrinde zur Verarbeitung weiter. Viele der im

Kaffeeduft enthaltenen Verbindungen kommen auch in anderen Röstaromen (Malz, Grillfleisch) vor [13]. Mit der strukturellen Vielfalt der Aromastoffe des Kaffees könnte man ein organisch-chemisches Lehrbuch füllen [14]. Viele Verbindungen davon treten aber nur in Spuren unterhalb der Geruchsschwelle auf und tragen wohl nicht maßgeblich zum Aroma bei. Die Top-Ten des Kaffeeduftes sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Die Crema hat eine weitere gute Seite, ihren Körper. Darunter versteht man die mit Zunge und Gaumen erastbare cremige Konsistenz. Verdeutlichen kann man sich den Körper einer Flüssigkeit beim Trinken von Milch und Wasser. Auch mit verschlossenen Augen und bei zugehaltener Nase würde man den Unterschied, nämlich den Körper, spüren.

Die Fließeigenschaft des Espressos ist tatsächlich einzigartig. Zum einen verdreifachen die Lipide und gelösten Polysaccharide [15] die Viskosität von 0,61 für reines Wasser auf etwa 1,7 mPa·s, zum anderen erniedrigen Tensid-Inhaltsstoffe die Oberflächenspannung von 73 auf 46 mN·m⁻¹, so dass Gaumen- und Zungenoberfläche leichter benetzbar werden. Nach dem ersten Schluck ist der Mundraum mit Crema belegt, mit zwei wichtigen Konsequenzen: die im hinteren Zungenbereich häufiger vorhandenen Rezeptoren für Bitterkeit werden teilweise bedeckt, so dass die subjektiv empfundene Bitterkeit gemildert wird, und die im Mundraum fest haftende Crema gibt die in ihr gelösten Duft- und Geschmacksstoffe verzögert ab. Einen getrunkenen Espresso mit guter

TAB. 2 EIGENSCHAFTEN

Parameter	Espresso
Dichte	1,02 g/ml
Viskosität bei 45°C	1,70 mPa · s
Oberflächenspannung bei 20 °C	46 mN m ⁻¹
Fester Rückstand nach Eindampfen	1 560 mg
Gesamtfettgehalt	75 mg
pH	5,2
Chlorogensäuren	130 mg
Lösliche Saccharide	240 mg
Gesamtstickstoff	54 mg
Koffein	78 mg
Aschegehalt	216 mg
Kalium	96 mg

Physikalische Eigenschaften und chemische Zusammensetzung eines 30 ml Espressos [3]

Crema riecht und schmeckt man noch 20–30 Minuten danach.

Espresso spricht auf der Zungenoberfläche die Sinneszellen in den 3000 Geschmacksknospen in allen vier Geschmacksqualitäten (sauer, salzig, süß und bitter) an.

Sauer: Espresso ist wie jeder Kaffee leicht sauer. Die pH-Erniedrigung wird von Phosphorsäure und über 60 weiteren organischen Säuren verursacht, wobei Essig- und Zitronensäure am häufigsten auftreten. Eine feine Säure ist jedoch Qualitätsmerkmal, denn ohne Säure schmeckt Kaffee schal und bitter. Davon unterschieden werden muss das langsame Absinken des pH-Werts beim Stehenlassen von heißem Kaffee. Dabei werden Ester gespalten und die freiwerdenden Säuren erniedrigen den pH-Wert weiter. Die Unbekömmlichkeit des in vielen deutschen Büros stundenlang auf beheizten Platten stehenden Kaffees findet so eine rationale Erklärung. Beim Espresso kann das nicht passieren, denn der wird immer erst auf Bestellung hergestellt, d.h. man wartet immer auf den Espresso, nie umgekehrt!

Süß: Die im Espresso enthaltenen löslichen Saccharide führen zu der geschätzten leicht süßlichen Note.

Salzig: Beim Extrahieren werden die im Kaffeemehl enthaltenen Salze



zu einem großen Teil herausgelöst. Etwa 40% davon sind Kaliumsalze, daneben Magnesium-, Eisen- und Kupfersalze. Diese geringen Salzmengen verstärken den Geschmack des Espressos positiv [16].

Bitter: Der bittere Geschmack des Espressos hat viele Ursachen. Koffein, verschiedene Phenole und das während des Röstens nicht abgebaute Trigonellin tragen zum bitteren Geschmack bei. Die Hauptmenge der bisher nicht charakterisierten Bitterstoffe wird beim Rösten erzeugt. Sehr kurzes Rösten (< 2 Minuten) mit sehr heißem Gas (300–400 °C) führt zu stärker bitteren Bohnen. Ob die Bitterkeit als unangenehm empfunden wird, hängt von der Lebenskultur ab. In den USA und in Nordeuropa wird Espresso fast nur aus feinen *Arabica*-Bohnen hergestellt. Im Mittelmeerraum wird dem *Arabica* ein gewisser Anteil *Robusta* zugemischt. Espresso aus diesen Mischungen schmeckt bitterer. Italienischer Espresso in Italien schmeckt eben anders als in der deutschen Pizzeria um die Ecke. In nördlichen Breiten wird häufig versucht, einen Espresso durch Wassermengen oberhalb 50 ml weniger stark (= bitter) zu machen. Diese Versuche müssen scheitern, da eine Überextraktion zu einer unangenehmen holzigen und zusammenziehenden (häufig verwechselt mit bitter) Note führt.

Einen Sinn sollten wir nicht vergessen, den Hörsinn. Da ein guter Espresso in vorgewärmten Tassen serviert und unmittelbar danach getrunken wird, ist er relativ heiß und wird mit leisem, nur für das eigene Ohr bestimmtem Schlürfen in den Mund gesaugt. Im Grunde ist Schlürfen eine Wasserdampfdestillation des Espressos, bei der auch schwerer flüchtige Aromastoffe mit dem Wasserdampf im gesamten Atemtrakt niedergeschlagen und dann verzögert ausgeatmet und dabei in den Nasenhöhlen erneut gerochen werden.

Physiologische Wirkung:

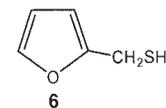
Das Koffein, 1,3,7-Trimethylxanthin ist der physiologische Wirkstoff des Kaffees. Ein Tasse Espresso enthält etwa 60–70 mg, eine Tasse gebrühten Kaffees 100–150 mg und ein Glas Cola 40–60 mg Koffein. Seine stimulierende Wirkung des Kaffees begründet die große Popularität, die fast schon in Verehrung übergehen kann. Die Vermutung des schottischen Philosophen James McKintosh, dass „die Leistung des Gehirns proportional zur Menge des getrunkenen Kaffees ist“, muss allerdings angezweifelt werden, obwohl viele Geistesgrößen wie Johann Sebastian Bach, Balzac, Kant, Hemingway, Baudelaire, Voltaire, Thomas Mann etc. nach eigener Auffassung nur mit Kaffee ihre Meisterwerke vollenden konnten.

Physiologisch wirkt Koffein durch sein Eingreifen in den Regelmechanismus der Aktivität von Neuronen [17]. Langanhaltende Neuronenaktivität während der Wachphase führt zu einer Zunahme der lokalen Adenosin-Konzentration. Spezielle Rezeptoren binden das Adenosin und über eine Reaktionskaskade wird die Neuronenaktivität gedämpft, man wird müde. Dies ist ein klassischer Regelkreis, bei dem das Reaktionsprodukt Adenosin seine eigene Produktion verlangsamt [18] – dadurch bleibt die Adenosin-Konzentration in gewissen Grenzen konstant. Koffein kann an die Rezeptoren binden und sie für den Angriff des Adenosins blockieren, die dämpfende Wirkung bleibt aus, die Müdigkeit verschwindet und der Mensch bleibt in einem aufmerksamen Gesamtzustand. Koffein wirkt also indirekt stimulierend, indem die dämpfende Wirkung von Adenosin ausgeschaltet wird. Viel Koffein hilft aber nicht viel. Aus Tierversuchen ist bekannt, dass die Aufnahme von Koffeinmengen, die 1–4 Tassen starken Kaffees beim Menschen entsprechen, zu der gewünschten Aktivitätssteigerung führen [19]. Bei Aufnahme höherer Mengen kehrt sich die Wirkung des Koffeins aber um: nach Aufnahme einer Koffeinmenge, die 10 Tassen Kaffee beim Menschen entsprechen, werden Mäuse sogar ruhiger und müder als ohne Koffein.

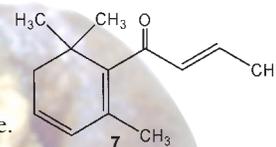
Fazit

Ein Espresso ist ein Sinnesfest: die Crema betrachten, das unvergleichliche Aroma riechen, die Konsistenz auf der Zunge fühlen und den Geschmack entwickeln lassen. Die Strukturen vieler Inhaltstoffe sind noch unbekannt, ja wir wissen nicht einmal, wie viele noch fehlen. Von den chemischen Reaktionen während des Röstens und Zubereitens haben wir erst ungefähre Vorstellungen. Aber seien wir ehrlich: mit unserem bescheidenen Wissen und dem Wissen um unser Unwissen steigert sich doch noch die Hochach-

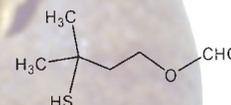
AROMASTOFFE



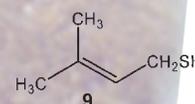
6



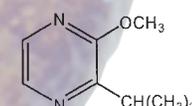
7



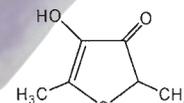
8



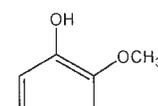
9



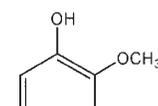
10



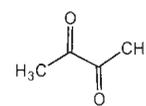
11



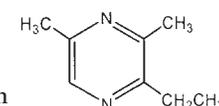
12



13



14



15

TAB. 3 | AROMASTOFFE VON FRISCHGERÖSTETEM ARABICA-KAFFEE

Verbindung	Geruch	Aromawert
2-Furfurylthiol 6	röstig	110 000
(E)-β-Damascenon 7	Honig, fruchtig	100 000
3-Mercapto-3-methylbutylformiat 8	Katzenurin, röstig	37 000
3-Methyl-2-butenthiole 9	raubtierähnlich	27 000
2-Isobutyl-3-methoxy-pyrazin 10	Paprika	17 000
4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3[2H]-furanon 11	Karamel	11 000
Guajacol 12	rauchig, phenolisch	3 400
4-Vinylguajacol 13	würzig-phenolisch	3 200
2,3-Butandion 14	Butter	2 100
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazin 15	erdig, röstig	1 700

Die Top-Ten der Aromastoffe von frischgeröstetem *Arabica*-Kaffee [14]. Die Verbindungen sind nach ihrem Aromawert geordnet, wobei der Aromawert als das Verhältnis von vorkommender Menge und Geruchsschwellenwert in einem wässrigen Extrakt definiert wird.



tung vor diesem Getränk. Papst Klemens VIII hatte schon Recht, Kaffee und vor allem Espresso sind Geschenke des Himmels. Auch für Chemiker!

Danksagung: Prof. W. Tressl, Berlin, danke ich für seine hilfreiche Unterstützung, der Firma Illy, Triest (www.illy.com) für die großzügige Überlassung des Fotomaterials.

- [13] R. Tressl und D. Rewicki in *Flavor Chemistry. Thirty Years of Progress* (R. Teranishi, E.L. Wick and I. Hornstein, eds.) **1999**, 305, Kluwer/Plenum.
- [14] W. Gosch, *Chem. unserer Zeit* **1996**, 30, 126.

- [15] M.Coimbra und F. Nunes, *J. Agric. Food Chem.* **1997**, 45, 3238.
- [16] Auch der Geschmack von konventionellem Filterkaffee lässt sich durch Zugabe einer kleinen Menge Tafelsalz verbessern.
- [17] Verständliche Darstellung der physiologischen Wirkung von Kaffee: S. Braun, *Buzz – The Science and Lore of Alcohol and Caffeine*, Oxford University Press, 1996, Oxford
- [18] D.G. Rainnie, H.C.R. Grunze, R.W. McCarty und R.W. Greene, *Science* **1994**, 263, 689.
- [19] Kürzlich konnte nachgewiesen werden, dass Koffeineinnahme auch zu einer Erhöhung des Adenosinpiegels im Plasma führt. L.A. Conlay, J.A. Conant, F. de Bros und R. Wurtmann, *Nature* **1997**, 389, 136.

KAFFEEGESCHICHTEN

Die wohl umfangreichste Sammlung Deutschlands zur Kaffeekulturgeschichte und die Methoden der Kaffe Zubereitung vom 17. bis 20. Jahrhundert befindet sich am Überseering in Hamburg. Hier lagern in der Tchibo-Unternehmenszentrale rund 1.400 Kaffeemühlen aus mehreren Jahrhunderten sowie eine Kaffee- und Espresso-Maschinen-Kollektion (ca. 450 Stück). Mit den historischen Grafiken (350 Kupferstiche, Holzstiche und Lithografien aus dem Zeitraum 1650 bis 1900) besteht die Sammlung aus über 2.000 Einzelobjekten.

Die Sammlung bietet auch skurrile Einblicke in die Geschichte des

Kaffeetrinkens: Ende des 17. Jahrhunderts setzte sich Kaffee während der Aufklärung als „Getränk der Vernunft“ in Europa durch. Reisende des 18. Jahrhunderts hatten spezielle Mühlen für die Zubereitung unterwegs im Gepäck. Und Kursächsische Soldaten sollen sich sogar geweigert haben, in den Kampf zu ziehen, weil Ihnen der Kaffee ausgegangen war.

Vom 11. Mai bis 19. Oktober 2003 können circa 80 Exponate in der Ausstellung „Jederzeit Kaffeezeit! Porzellan, Mühlen und Maschinen“ des Europäischen Industriemuseums in Selb-Plössberg bewundert werden. Für Rückfragen steht J. Klähn unter Tel. 040/6387-2935 zur Verfügung.

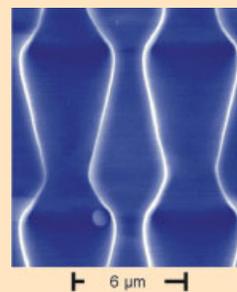


Stilistisch reicht die Sammlung der Kaffeemühlen von Barock über Rokoko, Biedermeier, Klassizismus und Jugendstil bis hin zu Art déco und Moderne. [Bild: Tchibo Frisch-Röst-Kaffee]

RANDNOTIZ

Brownsche Motoren wandeln die Wärmeenergie der ungerichteten Brownschen Molekularbewegung in mechanische Arbeit um. Man benutzt dazu ein bekanntes Prinzip, bei dem ein asymmetrischer Sperrhaken die Bewegung in eine Richtung erlaubt und in die andere verhindert. Am Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik in Halle wurde nun eine Siliziummembran mit Millionen asymmetrischen Poren entwickelt, die die chaotische Brownsche Bewegung von zu separierenden Objekten in einen gerichteten Teilchenstrom umwandelt. Dies könnte sich in der Biotechnologie und Medizintechnik von Interesse sein, um Viren oder Zellbestandteile sehr schnell zu transportieren und nach Größe oder Masse zu trennen.

Dieses System, das scheinbar verlustfrei Wärmeenergie in mechanische Arbeit umformt, ist jedoch kein *perpetuum mobile*. Denn es funktioniert nur dann, wenn den Brownschen Motoren Energie von außen – über die periodische Störung des Systems – zugeführt wird. Brownsche Motoren erzeugen also keine Bewegung, sondern verhindern nur, dass sich die Teilchen zurück bewegen. Aber anders als bei herkömmlichen Motoren sind für eine gerichtete Bewegung weder eine Nettokraft noch ein chemisches Konzentrationsgefälle oder ein Temperaturgradient erforderlich. (*Nature* **2003**, 423, 3. Juli).



In einem photo-elektrochemischen Prozess werden Poren mit einem sägezahnförmigen Profil in eine Siliziumscheibe geätzt. Die Gitterkonstante beträgt 6 μm . [Bild: MPI für Mikrostrukturphysik]