

Bestimmung von veränderlichen Stoffeigenschaften in der Kaffeebohne während des Röstprozesses

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Technische Universität Hamburg-Harburg Arbeitsbereich Verfahrenstechnik II Prof. Dr. R. Eggers
Forschungsstelle II:	Technische Universität Braunschweig Institut für Physikalische und Theoretische Chemie Abt. Angewandte Physikalische Chemie Prof. Dr. H. K. Cammenga
Industriegruppe:	Deutscher Kaffee-Verband e.V., Hamburg
	Projektkoordinator: Dr. J. Wilkens, Tchibo Frisch-Röst-Kaffee, Hamburg
Laufzeit:	1999 – 2002
Zuwendungssumme:	€ 255.240,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Für grüne Kaffeebohnen gibt es keine Verwendung als Genuss- oder Lebensmittel. Erst durch den Röstprozess der grünen Bohnen entstehen das gewünschte Kaffeearoma, die braune Färbung und die Zusammensetzung der wasserlöslichen Substanzen des Röstkaffees. Beim Rösten werden die grünen Bohnen je nach Prozess 2-12 min auf Temperaturen von 200–300°C erhitzt. Das Röstverhalten ist abhängig sowohl von den Prozessparametern als auch von den Feststoffeigenschaften.

Während über die Bildung bzw. den Abbau bestimmter Verbindungen während des Röstprozesses viele Arbeiten publiziert wurden, ist über den Wärmetransport und die Temperaturverteilung in den Bohnen bzw. im Bett sehr wenig bekannt. Die Daten für die Kapazität und Leitfähigkeit der Wärmeenergie ändern sich während des Röstprozesses für die Kaffeebohne. Im Mittel stehen hohen Wärmekapazitäten niedrige Wärmeleitfähigkeiten gegenüber. Für den Röstprozess bedeutet dies, dass einerseits viel Energie nötig ist, um den Kaffee auf Rösttemperatur aufzuheizen, andererseits treten hohe Temperaturunterschiede über den Bohnenquerschnitt auf. Es gibt Hinweise, dass die zeitlichen Tempera-

turprofile an jedem einzelnen Punkt des Bohneninneren einen wesentlichen Einfluss auf die Aromabildung und damit den Geschmack des Produktes haben.

Der Temperaturverlauf in der Bohne und dem umgebenden Röstgas wird durch den Wärmeübergang, sowie durch Wärmeleitung, Wärmequellen und -senken und Stofftransport in der Kaffeebohne, ferner deren veränderliche Stoffdaten einschließlich der Geometrie beeinflusst. Insbesondere die auftretenden endothermen und exothermen Vorgänge sowie die sich verändernde Bohnengröße erschweren eine Berechnung.

Forschungsergebnis:

Ziel des Forschungsvorhabens war die Bestimmung des Temperaturfelds und des Wärmetransports in der Kaffeebohne beim Röstvorgang. Hierzu wurden experimentell Stoffdaten (effektive Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Emissionsvermögen) sowie der Einfluss verschiedener Röstparameter auf den Wärmetransport und das Röstergebnis bestimmt. Der Röstvorgang wurde durch Bestimmung der zeitlichen Verläufe der Masse, des Volumens, des Feuchtegehalts, der Färbung sowie der Kern- und

Oberflächentemperatur untersucht. Die veränderlichen Stoffeigenschaften wurden für die Provenienzen Brasil Santos, Columbia und Kenia der botanischen Art *Coffea arabica* sowie für die Provenienzen Indien und Vietnam (*Coffea robusta*) bestimmt und verglichen. Dabei wurden verschiedene Röstarten (Wärmeübertragung mit und ohne erzwungene Konvektion) angewendet. Die Messdatenerfassung erfolgte online (Masse, Ausdehnung, Temperatur) bzw. nach Röstabbruch zu verschiedenen Röstzeiten zwischen 40 Sekunden und 10 Minuten.

Der Wassergehalt der Kaffeebohnen sinkt während der Röstung von 10-12 % auf 1-3 %. Der Einbrand insgesamt beträgt etwa 20 %. Es ändern sich die Struktureigenschaften; die geometrischen Abmessungen der Kaffeebohnen nehmen im Verlauf der Röstung zu. Bei Annahme einer halbellipsoidalen Geometrie beträgt die Volumenexpansion ca. 100 %. Die Scheindichte der Bohnen sinkt dadurch von anfangs 1,2 bis 1,3 g/cm³ auf ca. 0,6 bis 0,7 g/cm³. Ein unterschiedlicher Röstverlauf verschiedener Provenienzen wird aufgezeigt. Die Änderungen in Masse, Volumen und Dichte erfolgen bei flacheren, weicheren Kaffeebohnen (Columbia) gleichmäßiger, bei den runderen und härteren Bohnensorten zeitverzögert, dann aber schneller. Die Wärmeleitfähigkeit nimmt im Verlauf der Röstung von 0,18 W/(m·K) auf etwa 0,11 W/(m·K) ab. Auch die Wärmekapazität sinkt mit steigender Temperatur. Die "wahre" spezifische Wärmekapazität wird durch zunächst endotherme und später exotherme Reaktionen während der Röstung überlagert und als "effektive" spezifische Wärmekapazität angegeben. Aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit kommt es während der Röstung bei 240 °C in Abhängigkeit des Röstverfahrens bzw. der Art der Wärmeübertragung zu Temperaturunterschieden von mindestens 50 K in der Kaffeebohne.

Auf der umfangreichen Stoffdatenbasis aufbauend wurde das instationäre Temperaturfeld während des Röstprozesses mit numerischen Methoden berechnet und mit einfachen Modellrechnungen verglichen. Der Einfluss der latenten Energien auf den Temperaturverlauf wird aufgezeigt.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Ergebnisse des vorliegenden Forschungsvorhabens verbessern das verfahrenstechnische Verständnis des Röstprozesses und ermöglichen

erstens Schritte zur Optimierung der Röstzeit sowie zweitens zur gezielten Steuerung der Produktqualität. Durch die Optimierung der Röstzeit kann bei der Verkürzung der Röstzeit eine direkte Senkung des Energiebedarfs und der Personalkosten pro Röstcharge erreicht werden. Hierdurch wird den Röstereien die direkte Einsparung von Betriebskosten ermöglicht.

Genauere Kenntnisse über die Temperaturverteilung und den Wärmetransport innerhalb der Bohne ermöglichen über gezielte Einflussgrößenveränderung eine erheblich bessere Steuerung des Röstprozesses hinsichtlich der Aromabildung und damit der Produktqualität. Hierfür schafft das Projekt die erforderlichen Grundlagen durch die Bestimmung der veränderlichen Stoffdaten verschiedener Provenienzen. Damit ist die Voraussetzung für die Berechnung des Wärmetransports und des Temperaturfelds in Kaffeebohnen während der Röstung gegeben. Ein Modell für die Berechnung des Temperaturfelds ermöglicht die Bestimmung des Temperaturfelds in Abhängigkeit der Rohstoffeigenschaften und der Prozessparameter. Umfangreiche und kostenintensive Testreihen für die Produktoptimierung auf Seiten der Röstereien und die Prozessauslegung auf Seiten des Röstanlagenbaus können dadurch reduziert werden.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2002.
2. Eggers, R.: Heat and Mass Transfer during Roasting – New Process Developments. ASIC 2001, ISBN 2-90012-18-9 (2001).
3. Eggers, R. und Pietsch, A.: Coffee: Recent Developments. Technology I: Roasting (eds. Clarke, R.J. et al.), Blackwell Science (2001).
4. Fischer, C. und Cammenga, H. K.: When are coffee beans just right? Development of physico-chemical properties during roasting. Proc. IXX Int. Coll. on Coffee Science ASIC, Trieste, Italia (2001), ISBN 2-90012-18-9, CD-ROM (2001).
5. Eggers, R., Blittersdorff von, M. und Hobbie, M.: Wärme- und Stofftransport bei der Röstung von Kaffeebohnen. Chemie, Ingenieur, Technik 74 (91), 1317-1321 (2002).
6. Eggers, R.: Zum Wärme- und Stofftransport bei der Röstung von Kaffeebohnen. Tagungsband 62. Diskussionstagung des Forschungskreises der Ernährungsindustrie, 11-28 (2004).

Weiteres Informationsmaterial:

Technische Universität Hamburg-Harburg
Arbeitsbereich Verfahrenstechnik II
Eißendorfer Str. 38, 21073 Hamburg
Tel.: 040/42878-3191, Fax: 040/42878-2859
E-Mail: r.eggerts@tu-harburg.de

Technische Universität Braunschweig
Institut für Physikalische und Theoretische
Chemie
Abt. Angewandte Physikalische Chemie
Hans-Sommer-Str. 10, 38106 Braunschweig
Tel.: 0531/391-5333, Fax: 0531/391-7308
E-Mail: agcammenga@tu-bs.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: 0228/372031, Fax: 0228/376150
E-Mail: fei@fei-bonn.de