

Einfluss des Quenchprozesses auf das Mahlverhalten von Röstkaffee

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Technische Universität Hamburg-Harburg Arbeitsbereich Verfahrenstechnik II AG Wärme- und Stofftransport 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 Projektkoordinatoren: C. Kuhrt Deutscher Kaffee-Verband e.V., Hamburg Dr. J. Wilkens Tchibo GmbH, Hamburg
Laufzeit:	2002 – 2005
Zuwendungssumme:	€ 316.500,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Am Ende der Röstung von Kaffeebohnen, wenn der gewünschte Röstgrad erreicht ist, wird die Kaffeecharge gekühlt. Diese erzwungene Kühlung, die als Quenchen (Abschrecken) bezeichnet wird, ist notwendig, um den Röstkaffee in dem momentanen Röstzustand zu erhalten, indem die in der Bohne bei hohen Temperaturen ablaufenden exothermen Röstreaktionen durch Temperaturabsenkung abgebrochen werden. Industriell wird mit kalter Luft oder mit Wasser verschiedener Temperaturen gequencht. Der Quenchprozess beeinflusst die Kaffeequalität dadurch, dass der geringen Wärmeleitfähigkeit in der Kaffeebohne große Wärmeübergänge an ihrer Oberfläche entgegenstehen, was zu Inhomogenitäten bezüglich des Röstzustandes und damit zu einer inhomogenen Röstqualität führen kann. Darüber hinaus findet bei Quenchung mit Wasser ein Stofftransport in die Kaffeebohne hinein statt, der zu einer begrenzten Erhöhung des Wassergehaltes der Kaffeebohne führt.

Die Homogenität und der Feuchtegehalt bzw. die Feuchteverteilung in einer Kaffeebohne beeinflussen die Mahlbarkeit des Röstkaffees. Da bei

unterschiedlichen Feuchtebereichen in der Kaffeebohne stark abweichendes Bruchverhalten mit dementsprechend unterschiedlichen Korngrößen auftreten kann, wird eine in Röstkreisen als Ruhezeit benannte Verweilzeit zwischen dem Quench- und dem Mahlprozess eingehalten, in der sich Feuchtegradienten innerhalb der Kaffeebohne wieder ausgleichen können. Die Korngrößenverteilung des aus dem Mahlprozess hervorgehenden Kaffeemehls ist ein wichtiges Qualitätskriterium hinsichtlich der nachfolgenden Extraktion.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, den Zusammenhang zwischen dem Quenchprozess, der Feuchte- und Fettverteilung bzw. dem Feuchte- und Fettgehalt, der Ruhezeit und dem Mahl- und Bruchverhalten bzw. der erhaltenen Korngrößenverteilung aufzuklären. Hierzu wurden sowohl die physikalischen Vorgänge während des Quenchprozesses, vor allem der Temperaturverlauf, als auch die Auswirkungen der Eigenschaften unterschiedlich gekühlter Röstkaffeechargen auf die Bruchfestigkeit und die Korngrößenverteilung des gemahlten Kaffees untersucht.

Forschungsergebnis:

Beim Immersionsquenchen findet bei den industriell relevanten Parametern der Röstung und Quenchkühlung an der Oberfläche der Kaffeebohnen eine Siedekühlung durch Blasensieden statt. Infolge eines intensiveren Kontakts mit flüssigem Quenchmedium sind bei der Tauchkühlung mit kälterem Wasser höhere Wärmeübertragungsraten zu erzielen. Die Abkühlung durch spray quenching erfolgt deutlich schneller aufgrund immer wieder auftretender und an der Oberfläche verdampfender Tropfen. So führt auch warmes, damit schneller verdampfendes Wasser zu schnellem Abkühlen des Röstkaffees. Die Temperaturen sinken im Bohnenzentrum von ca. 230 °C auf 100 °C innerhalb einer Sekunde. Dann kommt es zum Verharren bzw. zu einer kurzzeitigen, leichten Erwärmung der Kaffeebohne infolge deutlich geringeren Wärmeübergangs ohne Verdampfung unterhalb 100 °C sowie exothermer Kondensation von Feuchte. Eine Luftkühlung führt im Bohneninneren erst nach etwa 15 s zum Unterschreiten des Temperaturbereichs exothermer Röstvorgänge. Die während der Quenchkühlung auftretenden Effekte und das sich ergebende instationäre Temperaturfeld in der Kaffeebohne konnten durch Berechnungen mit entsprechenden Modellansätzen aufgezeigt und nachvollzogen werden.

Sowohl für den Wärmeübergang als auch für die Befeuchtung des Kaffees sind die Benetzungseigenschaften auf der Bohnenoberfläche entscheidend. Die Untersuchung der Benetzung von erkalteten Röstkaffeebohnen mit Wasser zeigt deutlich den Einfluss von Fett- und Wassergehalt in Oberflächennähe. Der Stofftransport von Wasser in die Kaffeebohne hinein ist in teilentfetteten Kaffeebohnen verbessert. Die Benetzbarkeit hängt hingegen stark von der Feuchte ab. So ist die Oberfläche kalt gequenchter Kaffeebohnen besser benetzbar als die trockenere Oberfläche luft- und heißwassergekühlten Kaffees. Während des Quenchprozesses selbst erhöhen hohe Umgebungs- und Wassertemperaturen die Benetzbarkeit, so dass deren geringeres Kühlvermögen partiell kompensiert wird.

Auch die Wiederbefeuchtung des Röstkaffees, durch Stofftransport dampfförmigen und/oder flüssigen Wassers in die Kaffeebohnen hinein, wird bei gleichen Wassermengen durch die Temperaturerhöhung des Wassers begünstigt. Masse, Feuchtegehalt, Dichte und in geringem Maße das Volumen von Kaffeebohnen nehmen während der Quenchkühlung mit zunehmender Menge aufgegebenen Wassers zu. Der Einfluss

der Wassermenge auf das Bruchverhalten und die Korngröße frisch gemahlener Röstkaffees ist gegenüber dem grundsätzlich feiner und mit weniger Aufwand zu zerkleinernden luftgekühlten Kaffee gering. In der dem Quenchprozess folgenden Ruhezeit jedoch sind die Veränderungen der mechanisch-physikalischen Eigenschaften von wassergekühltem Röstkaffee umso geringer, je höher die Wassertemperatur ist.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Kaffee ist nach Rohöl das zweitwichtigste Welthandelsgut. Die Umsätze allein der deutschen Kaffeewirtschaft lagen im Jahr 2000 bei ca. 4 Milliarden €, der Import von Rohkaffee bei 548.520 Tonnen. Die Kaffeewirtschaft ist stark von mittelständischer Struktur geprägt: Allein im Deutschen Kaffeeverband sind 57 mittelständische Kaffeeröstereien organisiert.

Auf der Grundlage der Forschungsergebnisse ergeben sich Kostenersparnisse aufgrund einer möglichen Steigerung der Kapazität des Produktionsprozesses durch eine Minimierung der Ruhezeit und aufgrund geringeren spezifischen Energieverbrauches im Mahlprozess. Die resultierende enge Korngrößenverteilung des Kaffeemehls erleichtert die nachfolgende Extraktion. Durch Anpassung der Parameter des Quenchprozesses sind die gewünschte Endfeuchte über die Menge und die Feuchteverteilung über die gewählte Temperatur des Quenchwassers steuerbar. Die sichere und homogene Wiederaufbefeuchtung der Bohne im Rahmen gesetzlich vorgegebener Grenzen ($\leq 5\%$ w/w) ist in Hinblick auf Ruhezeit und Mahlbarkeit des Kaffees ein Aspekt von hoher wirtschaftlicher Bedeutung. Die Ruhezeit, die nach dem Quenchen eingehalten werden muss, um durch den Mahlprozess zu einer günstigen Korngrößenverteilung zu kommen, lag bisher im Bereich von 5-8 Stunden. Zum einen braucht man für den zwischenzulagernden Kaffee erhebliche Lagerkapazität, zum anderen ist der gelagerte, feuchte Röstkaffee sehr oxidationsempfindlich. Eine mögliche Verringerung der Ruhezeit vermindert somit die notwendige Lagerkapazität und stabilisiert zudem den Kaffee, d.h. die Kaffequalität wird verbessert. Homogen geröstete und wiederbefeuchtete Kaffeebohnen ermöglichen zudem eine Optimierung der Korngrößenverteilung bei der Vermahlung, wodurch nachfolgend die Anpassung von Extraktionssystemen an das Produkt erleichtert wird.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2005.
2. Blittersdorff, M. von und Eggers, R.: Heat Transfer Effects in Roast and Quench Processing of Coffee Beans. 21st ASIC Conf. Proc. (2006).
3. Eggers, R., von Blittersdorff, M., Fischer, C. und Cammenga, H.K.: Temperature Field during Roasting and Cooling of Coffee Beans, Euroth. Sem. 77 Conf. Proc. (2005).
4. Eggers, R.: Röstkaffee. In: Kaffee - die Zukunft (eds. Rothfos, J.B. und Lange, H.), Behr's Verlag, Hamburg, ISBN 13-9783899472363, Hamburg (2005).
5. 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
AG Wärme- und Stofftransport
Eissendorfer Str. 38, 21073 Hamburg
Tel.: 040/42878-3191, Fax: 040/42878-2859
E-Mail: r.eggers@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-braunschweig.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