

# Lebensraum Kaffeehaus aus der Sicht eines Verfahrenstechnikers – Einfluss der Partikelgröße auf das Extraktionsverhalten von Kaffee

Michael C. Martinetz, basierend auf dem Referat gehalten am 24.05.18 in Graz

## Einführung in die Kaffeebraumethoden

Es sind mehrere Kaffeebraumethoden bekannt, die sich grundsätzlich in Verhältnis Wasser zu Kaffee (Dosierung), Kontaktzeit der wässrigen Phase mit dem Kaffeemehl, sowie der mittleren Größe der verwendeten Kaffeepartikel (Partikelgrößenverteilung (engl. Particle Size Distribution/PSD) unterscheiden. Mehrere Baumethoden für den Hausgebrauch werden in einschlägiger Fachliteratur beschrieben (Kienreich, 2015).

Das wird im Folgenden nun anhand zweier bekannter Braumethoden (French press und Espresso) gezeigt und gemäß ihrer typischen Prozess- und Materialparameter gegenüber gestellt und analysiert. Die Espressozubereitung zeichnet sich durch eine kurze Verweilzeit von Kaffeemehl mit Wasser/bzw. heißem Dampf (~26 Sekunden) sowie einer kleinen durchschnittlichen Partikelgröße (250-500 $\mu$ m), und einem Kaffee/Wasser- Verhältnis von 1:2 aus. Im Gegensatz dazu wird bei der French-Press-Methode eine lange Kontaktzeit von dem Kaffeemehl mit dem Wasser (~10 min), eine größere mittlere durchschnittliche Partikelgröße (600-1000  $\mu$ m), sowie ein Kaffee/Wasser-Verhältnis von 1:13 angestrebt.

## Theorie: Extraktion am Einzelkorn

Die Extraktion am Einzelkorn ist ein theoretisches Modell der Wärme- und Stoffübertragung und basiert unter anderem auf der Diffusionstheorie, welche den Übergang von einem Feststoff in ein Medium beschreibt. Der Extraktionsvorgang kann in die folgenden verschiedenen Subvorgänge (siehe in Abbildung 1) unterteilt werden:

1. Auflösung von hydrophilen Bestandteilen bzw. hydrolytische Spaltung von primär nicht hydrophilen Substanzen
2. Diffusion der gelösten Stoffe an die Partikeloberfläche (dies ist der geschwindigkeitbestimmende Reaktionsschritt)
3. Konvektiver Stoffstrom  $\dot{m}_c$  von Partikeloberfläche  $A_p$  an die

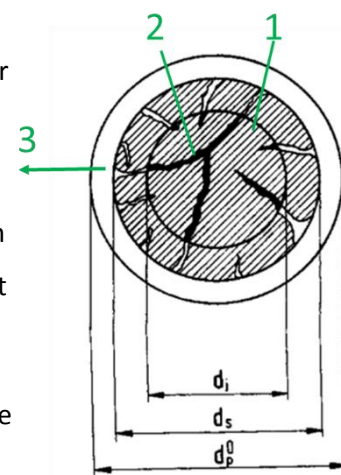


Abbildung 1: Theoretisches Modell zum Beschreiben des Stoffüberganges von einem Partikel in ein umgebendes Fluid

vorbeiströmende Lösung. Weitere beeinflussende Parameter sind Fluidichte  $\rho_w$ , Stoffübergangskoeffizient  $k$  sowie Lösemittelgleichgewichtsbeladung  $Y_{eq}$  und tatsächliche Lösemittelbeladung  $Y$ .

$$\dot{m}_c = kA_p\rho_w(Y_{eq} - Y) \text{ Formel 1}$$

Die Stoffaustauschfläche  $A_p$  ändert sich mit Fortschreiten der Extraktion. Des Weiteren kann ein Wandern der Extraktionsfront (Grenze zwischen dem bereits extrahierten Teilen des Kaffeepartikels und dem noch nicht an der Reaktion teilgenommen Partikelanteil) mit Fortschreiten der Extraktion und der Annäherung an die Gleichgewichtsbeladung des Kaffeemehls beobachtet werden. In der nachfolgenden Diskussion, wird jedoch näherungsweise von einer konstanten Partikeloberfläche ausgegangen.

## Experiment

Im Rahmen des Vortrages wurde ein empirisches Experiment mit freiwilligen GeschmackstesterInnen aus der ZuhörerInnenschaft durchgeführt. Mit der French Press Methode wurden drei Kaffeeproben zubereitet. Es wurden jeweils 50 g Kaffee mit drei unterschiedlichen Mahlgraden gemahlen. Mit jeweils 12 g des gemahlene Kaffees wurde die Partikelgröße mittels Laserbeugung (QICPIC (QP0112) & RODOS, Sympatec GmbH, Clausthal-Zellerfeld, Germany) bestimmt. Die kumulative Partikelgrößenverteilung gezeigt in Abbildung 2 zeigt eine mittlere Partikelgröße  $x_{50}$  von rund 600  $\mu\text{m}$  für die Probe „fein“, 960  $\mu\text{m}$  für Probe „mittel“ und 2760  $\mu\text{m}$  für die Probe „grob“.

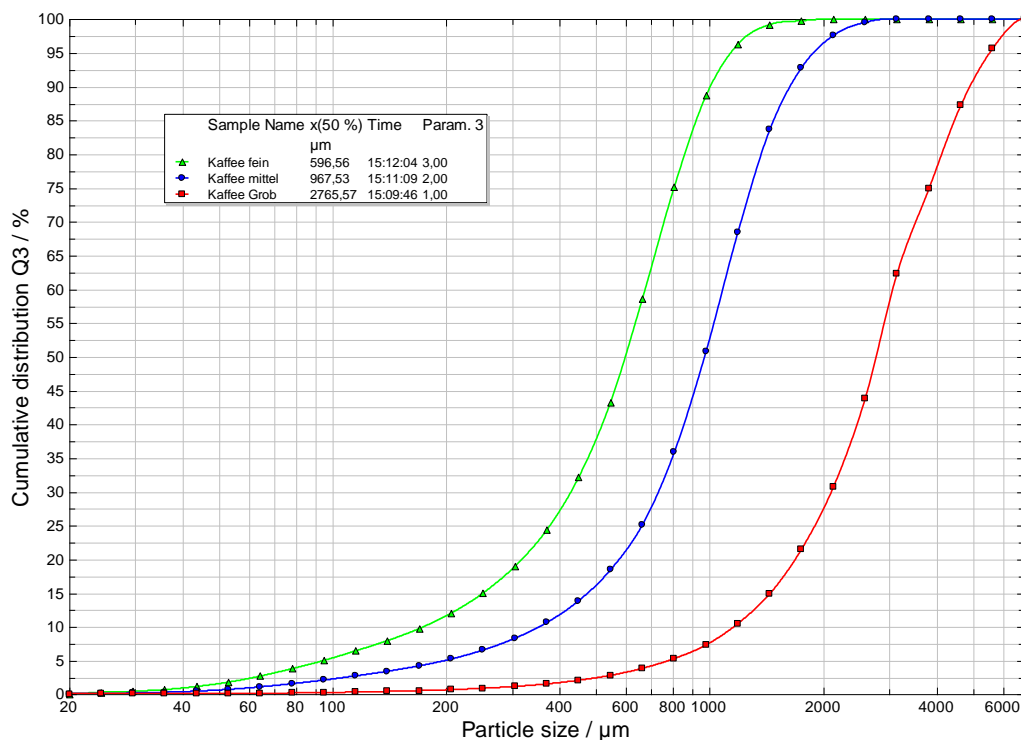


Abbildung 1: Kumulative Partikelgrößenverteilung der Kaffeeproben mit dem Mahlgrad fein (grün), mittel (blau) und grob (rot)

Das empfohlene Verhältnis von Kaffee zu Wasser von 1:13 wurde eingehalten, indem 38,5 g Kaffeepulver 500 ml kochendes Wasser zugesetzt wurden. Durch Dekantieren, sowie anschließendes Anwenden von handelsüblichen Kaffeefiltern wurden die Grob- und Feianteile des erschöpften Kaffeemehls von der wässrigen Phase abgetrennt. Die zubereiteten Kaffeeprouben, wurden an die TesterInnen ausgegeben und von ihnen blind verkostet. Die TesterInnen mussten basierend auf ihrem persönlichen Erfahrungsschatz die geschmackliche Intensität des getesteten Kaffees beurteilen und auf einer Skala von einer Bohne (schwach) bis fünf Bohnen (sehr stark) bewerten.

Die Gesamtbewertung  $\bar{X}$  wurde mit der Einzelbewertungen  $X_i$  (in \* bis \*\*\*\*\*), entsprechend quantifiziert als eine bis fünf Bohnen), den jeweiligen Stimmen  $n_i$  sowie den total abgegeben Stimmen  $N$  in der Versuchsreihe durch Formel 1 berechnet.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i X_i}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad \text{Formel 1}$$

## Resultate und Diskussion

Ein grundsätzlicher Trend konnte eindeutig von den Versuchsteilnehmern befunden werden. Die Abstimmungsergebnisse der Versuchsteilnehmer sind in Tabelle 1 zusammengefasst und in Abbildung 3 graphisch dargestellt. Abbildung 1Abbildung 3 zeigt, dass bei sinkender Partikelgröße die Geschmacksintensität zunimmt. Dieser Trend kann wie folgt erklärt werden: bei geringerer Partikelgröße wird die verfügbare Oberfläche gesteigert. Bei einem Vergleich der empirischen Studie mit Formel 1 kann man erkennen, dass sich die Vergrößerung der Partikeloberfläche  $A_p$  proportional auf den Stoffstrom  $\dot{m}_c$  auswirkt. Da die Kontaktzeit zwischen Kaffee und Wasser bei allen vorgenommenen Versuchen gleich (also konstant) war, kann man unter der Annahme, dass der Kaffeepartikel nicht vollständig erschöpft werden kann (eine Kaffeerestbeladung des Partikel am Abschluss des Kaffeebrauvorganges noch vorhanden ist; siehe weiterführende Literatur (Hinz, Steer, Waldmann, Cammenga, & Eggers, 1997)) schlussfolgern, dass mit höherem Mahlgrad mehr Geschmacksstoffe in dem Lösungsmittel gelöst sind. Diesem Grundgedanken folgend könnte eine gesteigerte Geschmacksintensität durch eine längere Kontaktzeit, stärkere Konvektion (Umrühren des aufgebrühten Kaffees), oder dem Einsatz von intensiverem, also stärker geröstetem Kaffeemehl erreicht werden, welche sich auf die tatsächliche Lösemittelbeladung  $Y$  auswirkt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Verkostung, Geschmacksintensität ist von wenig (\*) bis sehr stark (\*\*\*\*\*) bewertet worden, des Weiteren ist eine graphische Darstellung der Ergebnisse in Abbildung 1 vorhanden.

		Probe 1	Probe 2	Probe 3
PSD ( $x_{50}$ )		600	960	2760
Bewertete Geschmacksintensität $X_i$	*	0	1	5
	**	1	1	3
	***	0	4	0
	****	3	2	0
	*****	4	0	0
Gesamtbewertung $\bar{X}$		4.3	2.9	1.4

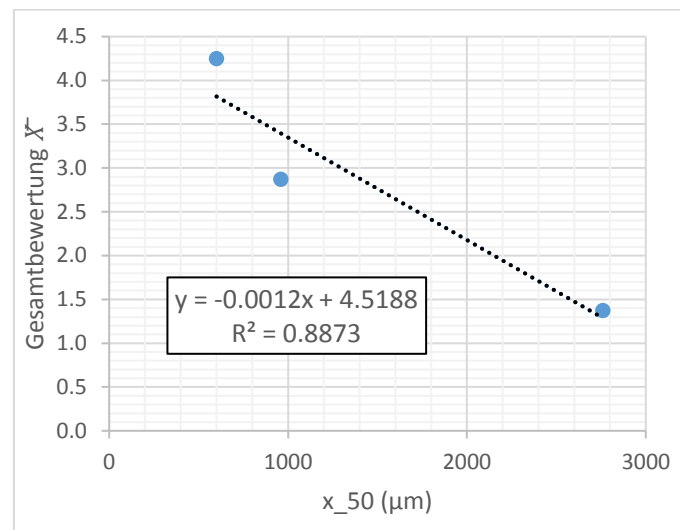


Abbildung 1. Gemittelte Geschmacksbewertung dargestellt über mittlerer Partikelgröße  $x_{50}$

## Schlussfolgerung

Durch die Identifikation beeinflussender Prozess- und Materialparameter kann eine Produktoptimierung unter wirtschaftlichen oder auch rein genusstechnischen Gesichtspunkten vorgenommen werden. In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass die durchschnittliche Partikelgröße des Kaffeemehls einen wesentlichen Einfluss auf das Geschmackserlebnis hat. Weitere potentielle Einflussfaktoren, welche in folgenden Arbeiten berücksichtigt werden könnten, wäre Einfluss der verwendeten Sorte sowie Röstgrad der Kaffeebohnen, Wasserhärte und -temperatur.

## Danksagung

Der Autor dankt Michael Piller für das Vermessen des Proben, sowie Lydia Stach für das Korrekturlesen der vorliegenden Arbeit.

## Literatur

Hinz, T., Steer, A., Waldmann, C., Cammenga, H. K., & Eggers, R. (1997). Röstkaffee-Extraktion: Einflussparameter und Modellierung. *Chemie Ingenieur Technik*, S. 686-690.

Kienreich, M. (2015). *FAQ Kaffee: Fragen, Antworten, Quintessenzen*. EDITION FAQ Medien UG.