

# INTERDISZIPLINÄRE PROJEKTARBEIT

Verfahren zur Herstellung von Bohnenkaffee und  
Kaffeessurrogaten

Ausgehändigt am: 21.11.2005

Eingereicht am: 09.05.2006

Bearbeiter: Stefan Nöbel<sup>1</sup>

Fachbetreuer: Dr.-Ing. Christoph Kluge

---

<sup>1</sup>stefan.noebel@mailbox.tu-dresden.de

## Inhalt

<b>1 Kaffee - der Wein des Islam</b>	<b>1</b>
1.1 Begriffserklärung . . . . .	1
1.2 Rausch der Nüchternheit . . . . .	1
1.3 Ankunft aus Übersee . . . . .	2
<b>2 Rösten</b>	<b>5</b>
2.1 Zielsetzung und Verfahrensführung . . . . .	5
2.2 Entkoffeinierter und reizstoffarmer Kaffee . . . . .	6
2.3 Röstmaschinen . . . . .	9
2.4 Nachbehandlung . . . . .	11
<b>3 Mahlen und Verpacken</b>	<b>12</b>
3.1 Röstkaffee . . . . .	12
3.2 Sondersorten . . . . .	16
<b>4 Instant-Kaffee</b>	<b>17</b>
4.1 Von der Armeeration zu Modegetränken . . . . .	17
4.2 Extraktion . . . . .	17
4.3 Stripping - Auszug der Aromakomponenten . . . . .	20
4.4 Trocknung und Agglomeration . . . . .	20
<b>5 Kaffeesurrogate</b>	<b>22</b>
5.1 Muckefuck und Merkantilismus . . . . .	22
5.2 Aufbereitung der Rohstoffe . . . . .	23
5.3 Extraktion und Trocknung . . . . .	25
<b>Literatur</b>	<b>27</b>

# 1 Kaffee - der Wein des Islam

## 1.1 Begriffserklärung

Kaffee bezeichnet sowohl das Kaffeegetränk, als auch den Samen, aus dem das Getränk gewonnen wird. Ergänzend dazu sind Zusätze möglich, z.B. Rohkaffee und Röstkaffee. Im Weiteren sollen einige Begriffe geklärt werden, um eine einheitliche Bezeichnung zu gewährleisten.

**Kaffee (Kaffeebohnen, Bohnenkaffee)** ist «der von Frucht- und Samenschale befreite ungeröstete Samen von Pflanzen der Gattung *Coffea*» (KaffeeV, 2001).

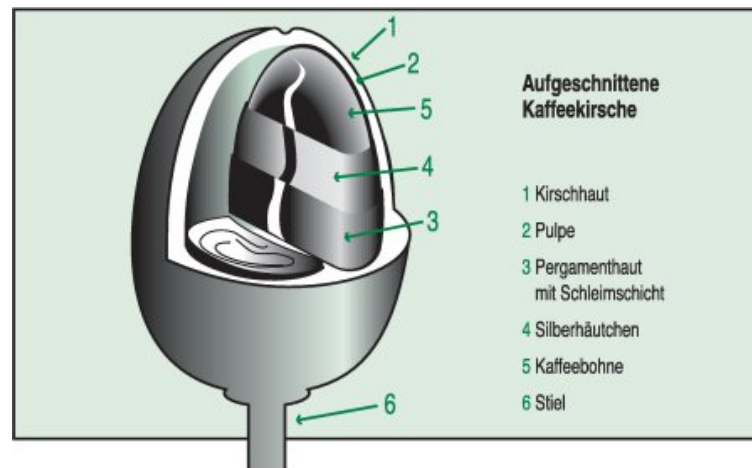
**Instantkaffee (löslicher Kaffee)** ist ein «konzentriertes Erzeugnis, das durch Extraktion aus gerösteten Kaffeebohnen gewonnen wird, wobei lediglich Wasser als Extraktionsmittel Verwendung findet und alle Verfahren der Hydrolyse durch Zusatz von Säuren oder Laugen ausgeschlossen sind» (1999/4/EG, 1999).

**Kaffeessurrogat (Kaffee-Ersatz, Kaffeemittel)** ist «ein Erzeugnis aus gereinigten gerösteten Pflanzenteilen, außer aus Bohnenkaffee, das durch Ausziehen mit heißem Wasser ein kaffeeähnliches Getränk liefert und dazu bestimmt ist, als Ersatz des Kaffees zu dienen» (Maier, 1981).

## 1.2 Rausch der Nüchternheit

Der Ursprung der Kaffeessorte *Coffea arabica*, die auch heute noch die größte Bedeutung auf dem internationalen Kaffeemarkt hat, liegt in der Provinz Kaffa, einer Hochebene Äthiopiens, und im südlichen Sudan. In diesen Gebieten wächst der Kaffeebaum in Höhen zwischen 1 370 – 1 830 m. Wie die Pflanze aus ihrem Ursprungsraum in das Gebiet, in dem sie zuerst kultiviert wurde, dem heutigen Jemen, gelangte, ist nicht geklärt (Wrigley, 1988). Der Name des Kaffees leitete sich nicht von der Ursprungsregion ab. Arabisch «Kahwa» oder «gahwa» bezeichnet ein anregendes, weinähnliches Getränk, das vermutlich aus Kaffee gewonnen wurde.

Die Araber kultivierten die Pflanze seit dem 11. Jh. an den Küstenhängen des Roten Meers, da die Nachfrage in den ersten Kaffeehäusern, z.B. in Mekka stetig anstieg. Hier liegen auch die damals bedeutensten Ausfuhrhäfen für den Kaffee Jiddah bei Mekka und Mocca am Roten Meer. Pilger und Reisende brachten das Getränk aus dem vorderen Orient nach Europa. Bis zu seiner Bekanntheit als modisches Luxusgetränk an europäischen Höfen hatte es sich im osmanischen Reich schon längst als Alltagsgetränk durchgesetzt.



**Abbildung 1:** Schematische Darstellung der aufgeschnittenen Kaffeekirsche (Müller, 2005)

Besonders unter den höfischen Damen erfreute sich Kaffee zuerst großer Beliebtheit, weniger des Geschacks wegen, sondern aufgrund des recht prächtigen Zeremonials, das mit der Zubereitung einherging und einen Hauch von Orient vermittelte. Dies kippte mit der Eröffnung der ersten Kaffeehäuser ab Ende des 17. Jh. in Venedig, London, Marseille, Paris und Hamburg. Während der Aristokratie Kaffee der Zurschaustellung und Inszenierung diente, verband sich damit für das Bürgertum ein ökonomischer und sozialer Aufstieg. Die anregende Wirkung des Koffeins, die damals auch mit der «Rausch der Nüchternheit» bezeichnet wurde, stand im Gegensatz zu der Lähmung, den der verbreitete und häufige Genuss von Alkohol während des Mittelalters auslöste.

Kaffee hat sich zu *dem* Lieblingsgetränk der Deutschen entwickelt (144<sup>1/a</sup>), noch weit vor Bier (115<sup>1/a</sup>) (Anonymous, 2006d; b). Die Arten des Kaffeegetränks gehen dabei vom Alltagsgetränk Brühkaffee bis hin zu besonderen Genuss- und Mischformen wie Espresso oder Latte macchiato.

### 1.3 Ankunft aus Übersee

Als Strauch zurückgeschnitten entwickelt der Kaffeebaum Früchte, die äußerlich mit einer Kirsche verglichen werden können (Kaffeekirsche). In der Frucht sind jeweils zwei Samen (Kaffeebohnen) enthalten. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung der Kaffeekirsche mit den angelegten Samen.

Es gibt eine Vielzahl von Kaffeesorten, von denen aber nur ein kleiner Teil für den Welthandel interessant ist. Rund 98 % wird allein von *Coffea arabica* und *Coffea canephora* ausgemacht. Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick über die wichtigsten Sorten.

Die Ernte der vollreifen Frucht erfolgt manuell oder maschinell durch Abstreifen,

**Tabelle 1:** Übersicht über die ökonomisch bedeutensten Kaffeesorten (Maier, 1981; Wrigley, 1988; Charrier & Berthaud, 1985)

Blütezeit	Gewichtsverhältnis Schale + Fruchtfleisch : Pergamenthülle : Kaffeebohne	Heimat	Varietäten
<i>Coffea arabica</i> LINNÉ			
2–3 mal jährlich	80:6:14	Äthopien	typica, nacional bourbon, maragotype
<i>Coffea canephora</i> PIERRE EX FROEHNER var. <i>robusta</i>			
ganzes Jahr	75:6:19	Kongo	typica, robusta, uganda bucobensis, quillou, niaouli
<i>Coffea liberica</i> BULL EX HIERN.			
	keine Angaben	Angola u. Tschad	liberica, dewevrei
<i>Coffea arabusta</i> CAPOT ET AKE ASSI			
	keine Angaben	Kreuzung aus <i>C. arabica</i> und <i>C. canephora</i>	

wobei auch unreife Früchte mit geerntet werden. Der Samen wird in der nassen oder trockenen Aufbereitung vom Fruchtfleisch getrennt. Bei der Nassaufbereitung, die höherwertigen Rohkaffee liefert, wird nach der Entpulpung die anhaftende Schleimschicht mittels Fermentation angelöst und dann entfernt. Durch maschinelles oder Sonnentrocknen wird der Wassergehalt auf handelsübliche 12 % eingestellt. Mit Schälmaschinen wird zuletzt die Pergamenthülle entfernt, möglichst ohne die Kaffeebohne zu beschädigen, da diese sonst anfällig für mikrobiellen Befall wird. Bei der trockenen Aufbereitung wird die Frucht zuerst getrocknet und dann das Fruchtfleisch und die Hülle in einem Arbeitsgang entfernt. Wasser entweicht während des Trocknens langsam; der Wassergehalt schwankt und die Gefahr mikrobiellen Verderbs steigt.

Die botanischen Einordnung bestimmt neben der Aufbereitung die Klassifizierung im Welthandel. Es werden nass aufbereitete *C. arabica* als «Colombian Milds» oder «Other Milds» bezeichnet, trocken aufbereitet als «Brazilian & Other Arabicas». *C. canephora* var. *robusta* wird zumeist trocken aufbereitet und nicht noch einmal unterteilt.

Die Ursprungsländer des Kaffees sind zwischen 23. Grad n.B. und 25. Grad s.B. zu finden. Die Anbauggebiete der beiden Sorten *C. arabica*, genannt *Arabica*, und *C. canephora* var. *robusta*, genannt *Robusta*, unterscheiden sich. *Arabica* ist empfindlicher gegen Hitze und zuviel Feuchtigkeit. Ideale Bedingungen finden sich bei Temperaturen

um 20°C und Niederschlagsmengen um 1 300 mm. Bei Pflanzungen höher als die ideale Lage zwischen 600 und 1 500 m wächst die Frucht langsamer; umso besser wird die Qualität des Samens. Die bedeutendsten Anbaugeländer sind heute Lateinamerika und Ostafrika.

Im Gegensatz dazu ist *Robusta* kälteempfindlich und wird nur in einem Streifen bis zum 10. Breitengrad angebaut. Die idealen Wachstumsbedingungen sind bei 25°C und 2 000 mm Jahresniederschlag. Die Sorte kann bis ins Flachland angebaut werden. Die größte Verbreitung findet sie in Westafrika und Uganda.

Für viele der exportierenden Länder, z.B. Äthiopien und Ruanda, ist Kaffee das wichtigste Handelsgut. Mit einem Handelsvolumen von jährlich 14 Milliarden US-\$ ist Rohkaffee nach Erdöl Welthandelsgut Nummer zwei. Um Preisstabilität zu gewähren wurde 1962 ein Handelsabkommen zwischen den meisten Erzeuger- und Verbraucherländern geschlossen, das von der Internationalen Kaffee-Organisation (ICO) überwacht wird. Momentan sind jedoch die Quotenbeschränkungen nicht aktiv, sodass es rein administrativen Charakter hat (Müller, 2005).

Nach den USA ist Deutschland das bedeutendste Abnehmerland für Rohkaffee. Der Nettoimport im Jahr 2004 betrug rund 1 Million Tonnen, entsprechend 15 % des Welt Handels (Anonymous, 2005a). Jedoch wird ein Teil davon in Deutschland veredelt und wieder exportiert. Aus den wichtigsten Herkunftsländern Brasilien, Vietnam und Kolumbien werden hauptsächlich *Arabicas* eingeführt.

## 2 Rösten

### 2.1 Zielsetzung und Verfahrensführung

Das Ziel des Röstens ist eine thermische Behandlung der Bohnen. Das Aroma von Rohkaffee ist nur schwach ausgeprägt und das erwartete Kaffeearoma fehlt. Durch Wärmezufuhr werden eine Vielzahl chemischer und physikalischer Umwandlungen initialisiert: Verlust an Trockenmasse, Freisetzung von Kohlenstoffdioxid, Wasser und flüchtigen organischen Verbindungen. Der Fortschritt des Röstens wird anhand des Röstgrads beurteilt. Er spiegelt die Farb-, Aroma- und weitere chemische Änderungen wider und wird im einfachsten Fall in helle, mittlere und dunkle Röstung unterteilt.

Der Trockenmasseverlust liegt in einem Bereich von 1–12 % und hängt vom Röstgrad ab. Verursacht wird dieser durch die Pyrolyse von wasserlöslichen Verbindungen, wie Zucker, Aminosäuren und Alkaloiden. Dart & Nursten (1989) zählen eine Vielzahl von Abbaureaktionen auf, deren Produkte verschiedenste organische Verbindungen, welche das Kaffeearoma ausprägen, und  $\text{CO}_2$  sind. Des Weiteren sind nach dem Rösten mehr Verbindungen in Wasser löslich. Der Anteil der löslichen Trockenmasse liegt bei ca. 30 % und nimmt mit steigendem Röstgrad zu.

Wie in Tabelle 2 mit aufgeführt, ist die auffälligste physikalische Veränderung die Bräunung der Kaffeebohne. Als Farbstoffe werden Abbauprodukte der Maillard-Reaktion ausgemacht. Ziel des Röstens ist eine gleichmäßige Färbung, welche in der Praxis aufgrund unterschiedlicher Bohnengrößen nicht erreicht wird.

**Tabelle 2:** Veränderung der Kaffeebohne während der Röstung (Bonnländer et al., 2005)

Rösttemperatur °C	Veränderungen
20 – 130	Wasserdiffusion und -verdampfung; Verblassen der Farbe
130 – 140	Erstes endothermes Reaktionsmaximum; Gelbfärbung und Anschwellen der Bohnen mit Beginn der nichtenzymatischen Bräunung; Röstgas gebildet und freigesetzt
140 – 160	Serie endo- und exothermer Maxima; Farbveränderung zu hellbraun; starke Volumenvergrößerung und Porenbildung; Reste der Silberhaut entfernt; Bohne wird brüchig; Rissbildung an der Oberfläche; Start der Aromaausbildung
160 – 190	Röstreaktion laufen im Bohneninneren fort
190 – 220	Mikrorisse in der Bohne; Rauchentwicklung; Freisetzung großer Mengen $\text{CO}_2$ ; sehr poröse innere Struktur; typisches Röstaroma tritt auf

Der Fortschritt der Röstung wird anhand der Farbänderung der Bohnen festgestellt. Dafür muss eine Probe entnommen, gemahlen und gepresst werden, um eine homogene Färbung zu erreichen. Die Beurteilung kann nach verschiedenen Farbwerten erfolgen, die reflektiv gemessen werden. Spezielle an die Aufgabe angepasste Fotometer erfassen durch einen Filter nur einen einzigen Farbwert, der mit dem Röstgrad korreliert.

Der Rösttemperatur-Zeit-Verlauf wird durch zwei Faktoren bestimmt. Zum einen die Temperatur des Heißluftstroms. Diese kann gleichbleibend bei durchschnittlich 250 °C gehalten oder in Stufen gesteigert werden. Der zweite Faktor ist die Wärmefreisetzung in der Kaffeebohne. Nach dem Verdampfen des Wassers aus der Kaffeebohne setzen im Temperaturbereich von 160 bis 250 °C exotherme Reaktionen ein, die zu einer nochmaligen Beschleunigung der Röstung führen. Die Röstdauer liegt zwischen 5 und 15 Minuten.

## 2.2 Entkoffeinierter und reizstoffarmer Kaffee

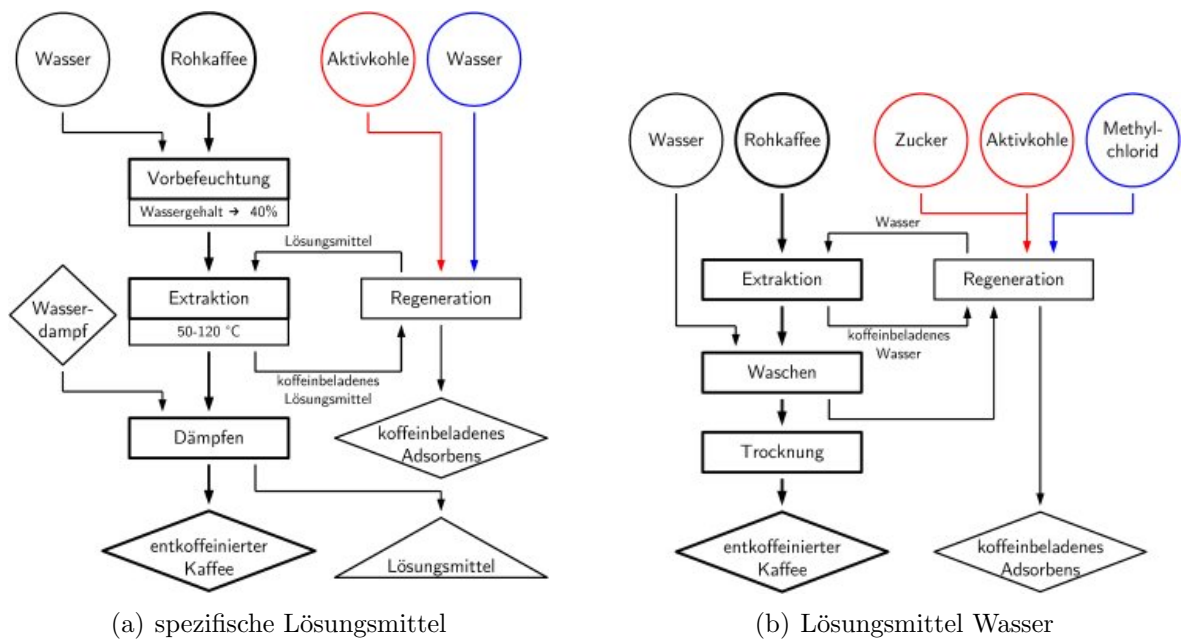
### 2.2.1 Vorbehandlung des Röstkaffees

Durch Kaffeegenuss können subjektiv als unangenehm empfundene Unverträglichkeitssymptome auftreten. Diese sind laut Maier (1981) auf die Erregung des Zentralnervensystems, des Magen-Darm-Trakts oder der Galle zurückzuführen. Hervorgerufen wird die Anregung durch Koffein und Chlorogensäuren, deren Kaliumsalze zusammen mit dem Koffein als Komplex vorliegen. Als «entkoffeinierter Kaffee» darf in den EU-Staaten Kaffee mit einem Anteil an Koffein kleiner 0,1 % i.Tr. bezeichnet werden. Der durchschnittliche Koffeingehalt des Rohkaffees beträgt zwischen 0,8 und 2,2 %, je nach Sorte und Anbaugebiet.

Fast allen Verfahren ist gemein, dass immer der Rohkaffee behandelt wird. Dadurch wird die geringste geschmackliche Beeinträchtigung gewährt und weniger Aromakomponenten mit extrahiert oder abgebaut.

Neben der nahezu vollständigen Entfernung können die Reizstoffe auch nur reduziert werden. Die Wirkstoffe, die eine Unbekömmlichkeit hervorrufen, können nicht genau benannt werden. Sie werden zu großen Teilen im Silberhäutchen (siehe Abbildung 1) und dem Endosperm vermutet (Maier, 1981). Im Bach-Verfahren wird mit flüssigem Kohlendioxid durch Sprödbbruch das Silberhäutchen entfernt, oder im Thum-Verfahren mechanisch nass abgebürstet. Weiterhin kann durch Einwirken von Säuren, Alkalien und Chlorkohlenwasserstoffen eine subjektive Verbesserung der Bekömmlichkeit erreicht werden.





**Abbildung 2:** Vergleich der Entkoffeinierungsverfahren unter atmosphärischem Druck; Variante Adsorptionsmittel 1 und 2

### 2.2.2 Entkoffeinierung mit spezifischen Lösungsmitteln

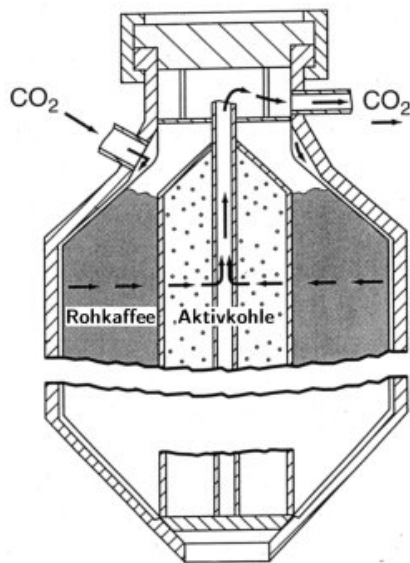
Grundsätzlich besteht die Entkoffeinierung aus fünf Schritten.

1. Einweichen des Rohkaffees mit Wasser
2. Extraktion mit einem Lösungsmittel
3. Dämpfen und Entfernung des restlichen Lösungsmittels
4. Regeneration des Lösungsmittels
5. Trocknung der entkoffeinerten Bohnen

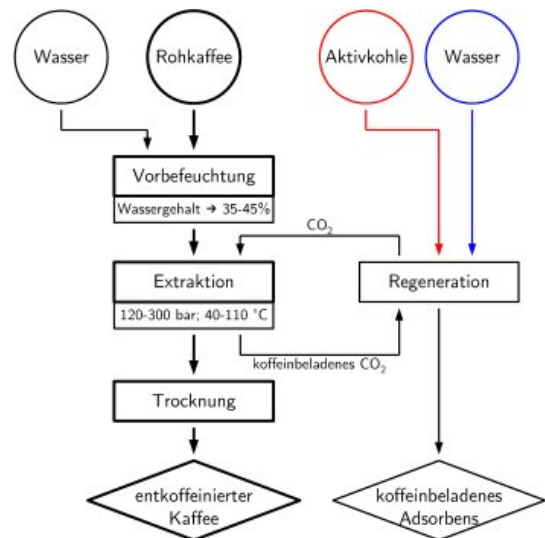
Abbildung 2(a) zeigt das allgemeine Verfahrensschema der Entkoffeinierung mit spezifischen Lösungsmitteln. Als Lösungsmittel werden heute zu 98 % Dichlormethan (DCM) und Ethylacetat verwendet.

### 2.2.3 Wasser als Lösungsmittel

In Abbildung 2(b) ist eine weitere Möglichkeit der Entkoffeinierung mit Wasser als Lösungsmittel dargestellt. Um zu verhindern, dass neben dem Koffein alle anderen wasserlöslichen Komponenten der Kaffeebohne entfernt werden, müssen diese Komponenten im Gleichgewichtsanteil (ca. 20 Massen-%) dem Wasser zugesetzt werden. Die



(a) Zylindrischer Hochdruck-CO<sub>2</sub>-Entkoffeinierungskessel (Heilmann, 2001)



(b) Verfahrensschema

**Abbildung 3:** Entkoffeinierung mittels überkritischem Kohlenstoffdioxid; Variante Adsorptionsmittel 1 und 2

Vorteile des Verfahrens sind höhere Diffusionsraten, Fernhalten von wasserunlöslichen Wachsen aus dem Lösungsmittel und reineres Koffein.

### 2.2.4 Überkritisches Kohlenstoffdioxid

Der Hauptvorteil der Verwendung vom inertem CO<sub>2</sub> liegt in der spezifischen Löslichkeit von Koffein darin. Keine anderen Komponenten werden gelöst oder verändert. Auf der anderen Seite steht der hohe ökonomische Aufwand den die Kompression und chargenweise Behandlung, wie sie in Abbildung 3(b) dargestellt ist, mit sich bringt. Die Qualität des entkoffeinierteren Kaffees übertrifft andere Verfahren. Es bleiben mehr Aromastoffe erhalten.

Abbildung 3(a) zeigt eine der verschiedenen möglichen Bauformen der diskontinuierlich arbeitenden Anlagen. Der Kessel in dem sowohl der Rohkaffee als auch das Adsorbens vorgelegt werden, wird von CO<sub>2</sub> durchströmt.

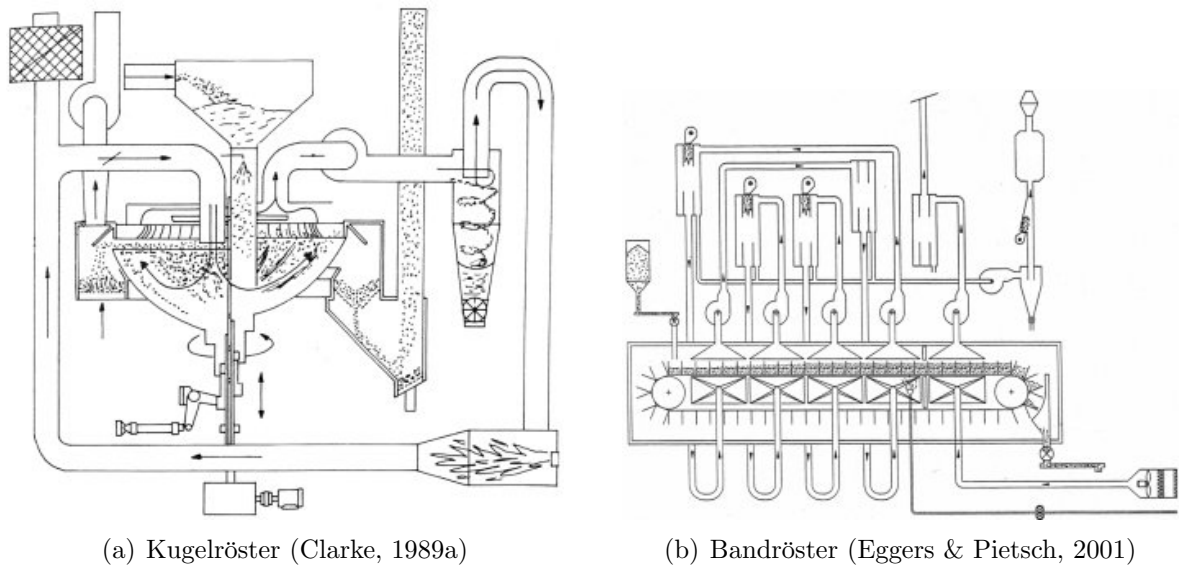


Abbildung 4: Röstmaschinen mit Gas als Heizmedium

## 2.3 Röstmaschinen

### 2.3.1 Horizontale Trommelröstmaschinen

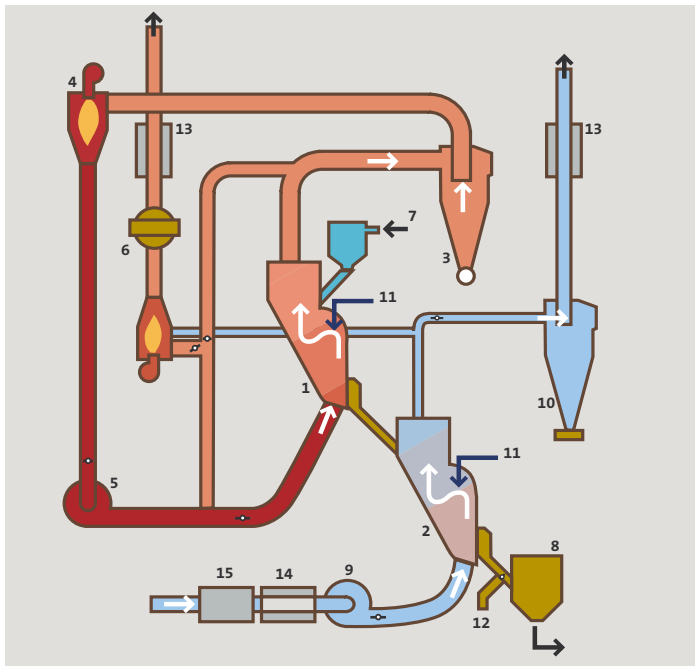
Die Bauformen von Röstmaschinen für Rohkaffee unterscheiden sich in den mechanischen Prinzipien, wie Bohnen und Heißluft miteinander in Kontakt gebracht werden. In den meisten Röstern geschieht dies durch feste Einbauten oder durch die Strömung der Heißluft selbst.

Traditionelle Röstmaschinen sind zumeist als horizontale Trommelröster, vertikale Röster mit rotierenden Einbauten oder als Kugelröster, wie in Abbildung 4(a) dargestellt, ausgeführt. Abbildung 8(a) auf Seite 24 zeigt eine chargenweise arbeitende Trommelröstmaschine, wie sie auch für Kaffee eingesetzt wird.

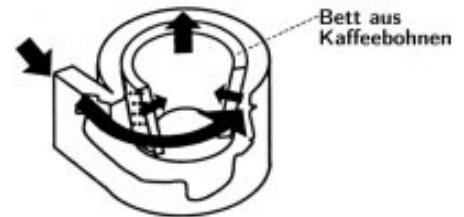
### 2.3.2 Fließbett

Im Fließbett-Röster dient heißes Gas sowohl als Medium zur Wärmeübertragung als auch als Transportmedium. Die Kaffeebohnen schweben im Röster in einem Heißluftstrom, der zumeist von unten auf die Bohnen trifft. Die Hauptvorteile sind eine genaue Prozesskontrolle und hohe Gleichmäßigkeit der Produkteigenschaften. Es sind keine mechanischen Einbauten vorhanden, welche gereinigt werden müssen, und die Kaffeebohnen selbst werden weniger belastet, sodass der Bruchanteil sinkt (Eggers & Pietsch, 2001).

Das meist umgesetzte Konzept ist der Rotations-Fließbett-Röster (RFB), wie es Ab-



(a) Rotations-Fließbett-Röster: 1 Röst-; 2 Kühlkammer; 3 Rezirkulationszyklon; 4 Kanalbrenner; 5 Rezirkulationsventilator; 6 Katalytische Nachverbrennung; 7 Rohkaffeevorbehälter; 8 Röstkaffeebehälter; 9 Kühlventilator; 10 Kühlerzyklon; 11 Wasseraufgabe; 12 Klappkasten; 13 Schalldämpfer; 14 Auslassschalldämpfer; 15 Filter (Anonymous, 2006a)



(b) Festbettröster (Eggers & Pietsch, 2001)

**Abbildung 5:** Röstmaschinen mit Gas als Heiz- und Transportmedium

Abbildung 5(a) illustriert. Die Form der Röst- und Kühlkammer lässt das Gut gegen die geneigte Wand prallen und wieder nach unten rutschen. Es werden auch bei hohen Luftmassenströmen keine Kaffeebohnen mitgerissen, wodurch eine sehr schnelle Röstung möglich ist. Durch direkte Befuerung können in der chargenweise arbeitenden Anlage verschiedenste Temperaturprofile realisiert werden. Eine quasi-kontinuierliche Röstung ist nach einem von Nepro vorgestellten und in Abbildung 4(b) gezeigten Prinzip möglich. Der Rohkaffee wird ähnlich wie in einem Bandofen transportiert und in verschiedenen Zonen beheizt oder gekühlt. Die Luftgeschwindigkeiten sind variabel und können an die Größenverteilung angepasst werden. Dadurch ist ein aufliegendes bis fließähnliches Verhalten des Röstguts erreichbar.

### 2.3.3 Festbett

Der Rohkaffee wird chargenweise in einer konischen Kammer mit einem sehr schnell rotierenden Gastrom geröstet. Der Heißluftstrom tritt tangential ein und wird so um-

gelenkt, dass er ein sich drehendes Festbett aus Kaffeebohnen erzeugt. Durch die Zentrifugalkraft wird das Gut auch noch bei sehr hohen Geschwindigkeiten zusammen auf einer Bahn gehalten. Der Wärmeübergang ist sehr intensiv, sodass die Heißlufttemperatur und Röstzeit niedrig gehalten werden können. Das Verfahren ist für empfindlichen und hochwertigen Rohkaffee geeignet.

## 2.4 Nachbehandlung

Die Abgase des Röstens enthalten im hohen Maße organische Verbindungen. Um die gesetzlich vorgeschriebenen Höchstwerte für die Belastung der Abluft nicht zu überschreiten, müssen diese nachbehandelt werden. Zwei Wege führen zur Reduktion der ausgestoßenen Mengen. Die Abluft aus der Röstmaschine kann, wie in Abbildung 5(a) zu sehen, wieder dem Primärbrenner zugeführt werden. So wird der Nettoabgasstrom reduziert und ein Teil der organischen Verbindungen verbrannt.

In jedem Fall folgt eine Abgasnachverbrennung. Der Energiebedarf dafür liegt wesentlich höher als für den eigentlichen Röstvorgang. Clarke (1989a) gibt an, dass erst ab Temperaturen über 350 °C eine zufriedenstellende Verbrennung der betreffenden organischen Verbindungen erreicht wird.

## 3 Mahlen und Verpacken

### 3.1 Röstkaffee

#### 3.1.1 Mahlvorgang und -grad

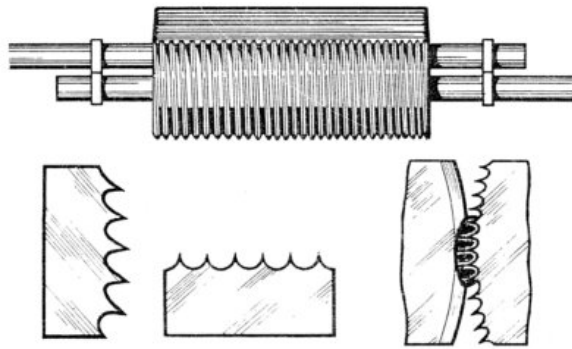
Gerösteter Kaffee gelangt ungemahlen oder gemahlen in den Handel. Gemahlener Kaffee ist vor allem zur Verwendung im Haushalt beliebt, da nur noch der Schritt des Aufbrühens notwendig ist. Die ungemahlene Form wird zumeist in größeren Packungseinheiten für den Gastronomiebereich vertrieben. Dort wird dieser in Kaffeemaschinen mit integriertem Mahlwerk zubereitet.

Das Mahlen der Bohnen sollte eher einem Schneidvorgang und weniger ein Zerbrechen oder Zerdrücken ähneln. Dadurch wird ein kleines Korngrößenspektrum der richtigen Größe und Form der Partikel erreicht, das auf das jeweilige Brühverfahren abgestimmt ist (Clarke, 1989a). Die Einordnung des Mahlprodukts erfolgt anhand des Mahlgrads (Mahlfeinheit), in sehr fein (0,15 mm), normal (0,3 mm), grob (0,5 mm) und sehr grob (0,8 mm). Er charakterisiert den mittleren Korndurchmesser in mm. Der Mahlgrad richtet sich nach der Verwendung des Kaffees, z.B. sehr fein für türkischen Kaffee und Espresso bis sehr grob für Siebfilter im gewerblichen Umfeld (Maier, 1981). Es existiert jedoch kein internationaler Standard zur Bezeichnung des Mahlgrads. Die Röstereien stimmen ihn auf das jeweilige Anwendungsfeld des Röstkaffees ab.

#### 3.1.2 Bauformen von Kaffeemühlen

Obwohl schneidende Werkzeuge am besten zum Mahlen geeignet wären, gibt es eine Vielzahl von Bauformen, die zu einem geometrisch nicht definierten Brechen der Kaffeebohnen führen. Diese Prallmühlen werden zur Erzeugung sehr feiner Körnungen genutzt. Sie bestehen aus schnell rotierenden Scheiben, auf die das Mahlgut durch Schwerkraft fällt und zerschlagen wird. Am häufigsten wird diese Bauform als elektrische Haushaltskaffeemühlen verwendet.

Die in der Industrie Verwendung findende Bauform ist das Walzenmahlwerk. Die Kaffeebohnen kommen in einem in der Breite veränderlichen Spalt mit zwei unterschiedlich schnell rotierenden und geometrisch verschieden geformten Walzen, wie sie in Abbildung 6 dargestellt sind, in Kontakt. Das Mahlen kann in zwei Phasen unterteilt werden: eine Kompressionsphase, bei der die Struktur der Kaffeebohne zu rund einen Millimeter großen Partikeln zerstört wird und eine Scherphase, in der die eigentliche Mahlfeinheit erreicht wird (Petracco, 2005a). Dafür werden zwei bis drei Walzenpaare genutzt, mit absteigender Spaltbreite und Messerabstand.



**Abbildung 6:** Gefurchte Walzen für Kaffeemühlen (Clarke, 1989a)

Dem Mahlen wird ein Normalisierungsschritt angeschlossen. Das Pulver aus mehreren Walzenstühlen wird in Mischbehältern mit rotierenden Einbauten miteinander verschnitten. Damit kann das gewünschte Schüttgewicht und eine Vereinheitlichung im Röstgrad erreicht werden.

### 3.1.3 Verpackung

Die Verpackung von Röstkaffee muss nach Maier (1981) zwei Anforderungen gerecht werden: einerseits das Eindringen von Sauerstoff und Wasser stoppen und andererseits das Entweichen von Aromastoffen verhindern und dem Druck der freiwerdenden Röstgase standhalten.

Der Gasdiffusion von außen durch den Verpackungstoff kann man durch eine geschickte Wahl von Verbundstoffen begegnen. Das größte Problem stellt jedoch die Abgabe von  $\text{CO}_2$  während der Lagerung dar. Gemahlener Kaffee wird kurz offen zwischengelagert, da ein großer Teil des Gases mit dem Mahlen und in den ersten Stunden danach entweicht. Durch Sauerstoffeinwirkung beeinträchtigt die Zwischenlagerung aber auch die Qualität des Produkts.

Tabelle 3 vergleicht die von Nicoli & Savonitti (2005) aufgezählten, für Kaffee günstigen konventionellen Verpackungstechniken. Neben diesen können «aktive» Verpackungen genutzt werden. Dies sind Verpackungen, welche die Bedingungen für das verpackte Lebensmittel verändern, um eine längere Lagerfähigkeit, verbesserte Lebensmittelsicherheit oder sensorische Qualität des Lebensmittels zu erreichen. Im Fall der Verpackung für Kaffee sind dies spezielle Verpackungstoffe die Adsorbens für Sauerstoffe, z.B. feinste Eisenspäne, oder für Kohlenstoffdioxid, z.B. Calciumhydroxid, enthalten. Eine wesentliche höhere Produktstabilität wird so durch einen Sauerstoffgehalt unter 0,01 % erzielt. Die  $\text{CO}_2$ -Adsorption verhindert ein Platzen der Packung bei unzurei-

**Tabelle 3:** Vergleich der konventionellen Verpackungstechniken (Nicoli & Savonitti, 2005)

O <sub>2</sub> -Gehalt	Lagerfähigkeit	Vorteile	Nachteile	CO <sub>2</sub> -Entfernung
%	Monate	–	–	–
<b>einfache Versiegelung</b>				
10 – 18	1 – 3	einfache Handhabung; kostengünstig	Aromaverlust bei Entweichen von CO <sub>2</sub>	Entgasung; Sicherheitsventil
<b>Vakuumverpackung</b>				
4 – 6	4 – 36	flexible Verpackungsmaterialien	Aromenverdunstung durch Partialdruckunterschied	Entgasung
<b>Verpackung unter Inertgasatmosphäre</b>				
1 – 2	6 – 8	flexible Verpackungsmaterialien	technisch aufwendig; Einsatz von Hilfsstoff	Entgasung; Sicherheitsventil
<b>Überdruckverpackung</b>				
< 1	> 18	Geschmacksverbesserung durch «Reifung»; längeres Frischhalten nach Öffnen	starre Verpackungsmaterialien	Sicherheitsventil

chend entgastem Kaffee und ersetzt das Sicherheitsventil.

Der verpackte Röstkaffee wird vom Konsumenten aufgebrüht. Einen Überblick über die kulturell und regional verschiedenen Brühverfahren gibt Tabelle 4.



**Tabelle 4:** Übersicht über verschiedene manuelle und mechanische Brühverfahren (Steer, 2003)

Verfahren	Prinzip	Bezeichnungen
<b>Manuelle Verfahren</b>		
Filtration (Perkolation)	Kochendes Wasser wird durch einen Filter gegossen, in dem sich das Kaffeemehl befindet	GB: filter cones; USA: drip-pots
Ziehen lassen (Aufbrühen, Infusion)	Kochendes Wasser wird über das Kaffeemehl gegeben, dann einige Zeit stehengelassen und dekantiert oder filtriert	Presstempelkanne («Plunger») GB: jugs; USA: open pots
Aufkochen (Dekokt)	Wasser und Kaffeemehl werden zusammen gekocht	GB: saucepan method
Türkischer Kaffee	Spezialfall von Aufkochen, mit sehr feinem Kaffeemehl, mit Zucker gekocht; keine weitere Trennung	
<b>Maschineller Aufguss</b>		
Filtration unter Schwerkraft	Perkolation mit Filtration	Haushaltskaffeemaschinen; automatic filter machines or brewers
Filtration unter Druck Filtration mit Rezirkulation		Kolbenmaschinen GB, USA: percolators
kontinuierliche Wasserzirkulation	Das Kaffeemehl wird durch kochendes Wasser aus einem zweiten Behälter ständig in Suspension gehalten. Wird die Heizung des zweiten Behälters unterbrochen entsteht ein Vakuum, wodurch der Kaffee durch einen Filter in den zweiten Behälter gesogen wird	«Santos»-Methode GB: Cona; USA: vacuum-maker
Vaporisation unter Druck	Espresso	
<b>Catering-Ausrüstung</b>		
Urns	große Kaffeemaschinen	
Vending Machines	Jede Tasse wird erst bei Anforderung zubereitet, evtl. wird das Kaffeemehl zuvor gemahlen	Kaffee-Automat

## 3.2 Sondersorten

### 3.2.1 Espresso

Espresso ist eine spezielle Zubereitungsform von Röstkaffee. Er definiert sich über die Art der Extraktion. Jedoch kann nicht aus jedem Röstkaffee Espresso hergestellt werden. Auch die Röstung und die Mahlfeinheit sind für die Zubereitung ausschlaggebend (Petracco, 2005b).

Die Röstung von Rohkaffee erfolgt dunkler, als für den in Deutschland am häufigsten konsumierten Röstkaffee. Ein optimales Ergebnis ergibt sich bei feiner Mahlung. Die Partikelgrößenverteilung sollte durch eine logarithmische Normalverteilung beschrieben werden können, deren Mittelwert bei ca. 200  $\mu\text{m}$  liegt.

Zur Zubereitung werden spezielle Espresso-Maschinen genutzt. Die eingestellten Parameter variieren nur in einem sehr kleinen Bereich. Die extrahierte Portionsgröße von 5 bis 8 g wird von Wasser mit einer Temperatur von 90 °C bei einem Druck von 9 bar durchströmt. Petracco (2005b) gibt eine empirisch ermittelte, optimale Durchflusszeit für das Fassenvolumen 25 – 30 ml von 25 – 35 s an.

### 3.2.2 Türkischer Kaffee

Für die Zubereitung des Türkischen Kaffees (Türkischer Mokka) wird sehr fein gemahlener Kaffee verwendet. Der mittlere Korndurchmesser liegt bei  $\leq 100 \mu\text{m}$ . Er wird in einem speziellen Kupferkännchen (Ibrik, Cezve) zusammen mit Zucker bis zu dreimal aufgekocht. Die Spezialität wird trüb, ohne Filtration genossen.

## 4 Instant-Kaffee

### 4.1 Von der Armeeration zu Modegetränken

Die Grundidee des Instant-Kaffees ist die Trennung der löslichen Substanzen vom Kaffeesatz. So kann eine erhebliche Konzentration der maßgebenden Inhaltsstoffe erreicht werden. Darüber hinaus ist löslicher Kaffee einfacher zu lagern und länger haltbar als Röstkaffee.

Dass die Umsetzung dieser Idee mit einigem technologischen Wissen einher geht, zeigt die erst späte Umsetzung in den 1930-ern. Ursache war der erhebliche wirtschaftliche Druck bei der Entwicklung. Brasilien erzielte zu dieser Zeit Rekordernten an Rohkaffee. Es traten Transport- und Vermarktungsschwierigkeiten auf. Um den Weltmarktpreis stabil zu halten, wurden große Mengen Kaffee vernichtet. Es wurde der schweizerische Nahrungsmittelkonzern Nestlé mit der Entwicklung eines Verfahrens zur Extraktion und Trocknung von löslichem Kaffee beauftragt. Die ersten befriedigenden Produkte erhielt man 1938.

Den Durchbruch erzielte Instant-Kaffee nach dem zweiten Weltkrieg. Großbritannien und die USA führten löslichen Kaffee als Armeeration ein. Damit erfuhr er seine Verbreitung in großen Teilen Europas. Den deutschen Markt erreichte er auch in Form der «Care-Pakete».

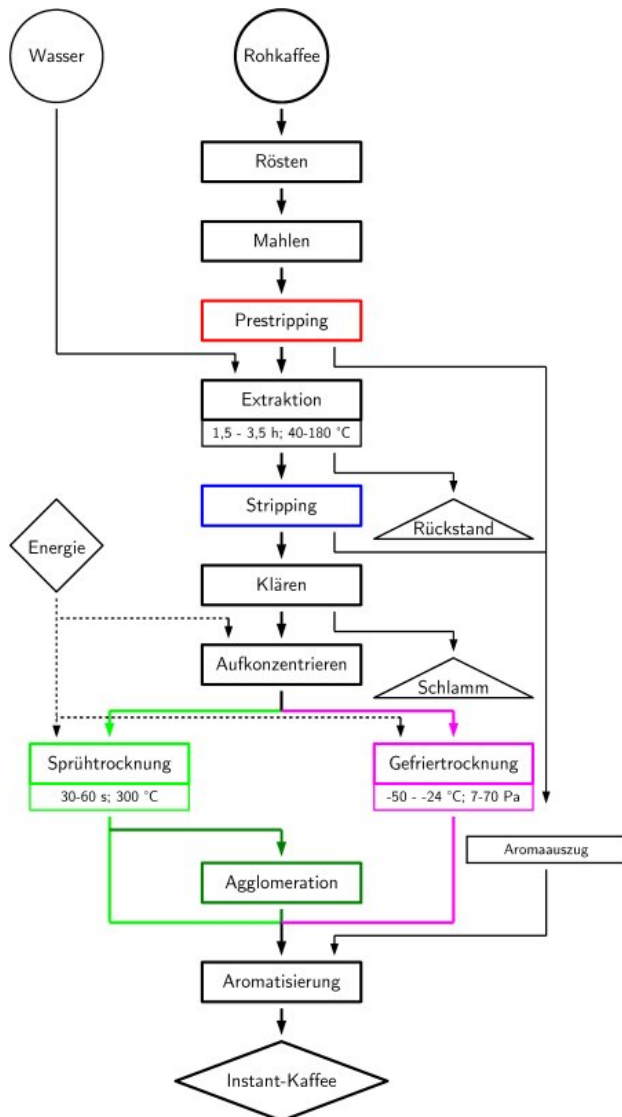
Es folgte eine stetige Verbesserung der Technologie und Produkteigenschaften. Insbesondere die Einführung der Gefriertrocknung Mitte der 60-er Jahre führte zu geschmacklichen Verbesserungen. Spühgetrockneter Kaffee wurde durch die Einführung der Agglomeration besser löslich.

Ab den 80-er Jahren wurde eine völlig neue Produktsparte eingeführt: Misch-Getränke mit löslichem Kaffee, Milchpulver und Zucker als Grundlage. Sie vergrößerten den Markt für löslichen Kaffee erheblich und trieben die Entwicklung der Zubereitung im Kaffee-Automaten (vending machines) voran (Anonymous, 2005b). Den Verbrauch, gemessen am Marktanteil, führen Großbritannien (95 %) und Japan (50 %) an. In Deutschland liegt er bei 11 % (Müller, 2005).

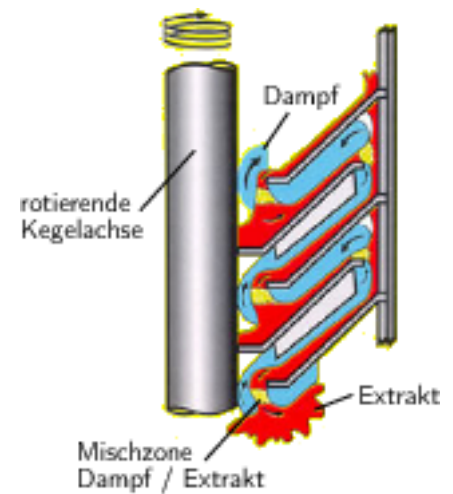
### 4.2 Extraktion

#### 4.2.1 Übersicht und Rohstoffe

Das Schema in Abbildung 7(a) zeigt das gesamte Herstellungsverfahren von Instant-Kaffee.



(a) Verfahrensschema; Variante Stripping **vor** oder **nach** Extraktion; Variante **Sprühtrocknung** mit/ohne Agglomeration oder **Gefriertrocknung**



(b) Schleuderkegelkolonne (Anonymus, 2006c)

**Abbildung 7:** Herstellung von löslichem Bohnenkaffee

Für die Extraktion geeignete Kaffeemischungen enthalten zumeist einen höheren Anteil *Robustas* als in Röstkaffee üblich. Deren mögliche Extraktionsausbeute liegt höher als die von *Arabicas*. Auch der Mahlgrad unterscheidet sich vom Röstkaffee. Feinere Mahlungen erhöhen die Extraktionsrate, wobei gleichzeitig der Druckverlust steigt. Bei größeren Anlagen wird gröber gemahlen, um einen genügenden Widerstand gegenüber Kompression und Zusammenbrechen der Strömung zu gewähren.

#### 4.2.2 Extraktionsmethoden

Es gibt drei Hauptextraktionsmethoden

1. kontinuierliche Gegenstromextraktion in Förderschnecken
2. diskontinuierliche Gegenstromextraktion in Percolatoren (Kolonnen, Extraktionszellen)
3. diskontinuierliche «Slurry»-Extraktion im Rührbehälter.

Percolatoren sind die am häufigsten genutzten Extraktionsanlagen. Der gemahlene Röstkaffee wird in feste Extraktionszellen mit Siebböden gefüllt. Eine Extraktionsanlage besteht aus vier bis zehn solcher in Reihe geschalteten Kolonnen. Das Frischwasser trifft zuerst auf die schon am längsten extrahierte Zelle. Frisch befüllte Zellen kommen so schonend mit dem bereits abgekühlten Extrakt in Kontakt. Es sind verschiedene Schaltungen denkbar, bei denen die Kolonnen häufig in Zonen bestimmter Verweilzeit und Temperatur eingeteilt werden (Maier, 1981).

Kontinuierliche Extraktionsanlagen arbeiten mit Förderschnecken, die den Kaffee im Gegenstrom zum Extrakt durch einen Behälter drücken. Dieses System, wie in Abbildung 8(b) dargestellt, ist jedoch bei der Herstellung von Kaffeersatzmitteln verbreiteter.

«Slurry»-Anlagen nutzen in Reihe geschaltete Rührbehälter, um den gemahlene Röstkaffee und Wasser in Kontakt zu bringen. Zwischen den Extraktionsstufen wird der Rückstand mit Klärzentrifugen abgetrennt. Es können vorteilhaft auch ungleichmäßige oder feine Mahlungen verwendet werden. Dem entgegen stehen steigende Investitions- und Betriebskosten bei steigender Kapazität der Anlage (Clarke, 1989b).

#### 4.2.3 Konzentrierung des Extrakts

Je höher der Feststoffgehalt des Extrakts ist, desto besser ist die Aromaerhaltung. Aus diesem Grund und um den Energiebedarf während der Trocknung zu minimieren wird

das Extrakt auf Feststoffgehalte um 35 % aufkonzentriert. Es erfolgt in Vakuumverdampfern oder als Gefrierkonzentrierung (Maier, 1981).

### 4.3 Stripping - Auszug der Aromakomponenten

Um die Aromakomponenten des Röstkaffees zu bewahren, werden diese vor der Trocknung entzogen. Der Auszug kann vor der Extraktion erfolgen (Prestripping; in Abbildung 7(a) rot gekennzeichnet). Wasserdampf unter verschiedensten Bedingungen wird hier als Medium genutzt. Auch Inertgas, wie CO<sub>2</sub>, ist als Medium geeignet. Meist wird jedoch das Extrakt teilweise verdampft (Stripping; in Abbildung 7(a) blau gekennzeichnet). Ein neuerer Ansatz ist die in Abbildung 7(b) gezeigte Schleuderkegelkolonne (Spinning Cone Column). Das oben aufgebene Extrakt fließt durch Zentrifugalkraft auf den rotierenden, inneren Kegeltellern in einem dünnen Film nach außen. Dampf strömt im Gegenstrom von unten nach oben. In diesem System ist durch den turbulenten Fluss das Verhältnis zwischen verdunstetem Wasser und Aromakomponenten besonders niedrig (Clarke, 2001).

Das gewonnene Kondensat enthält dann die flüchtigen Aromakomponenten. Es wird kurz vor der Verpackung wieder auf den Instant-Kaffee gesprüht oder in, aus gehärtetem Kaffeeöl hergestellten, Kapseln unter das Pulver gemengt.

Weiterhin ist die Zugabe von Zusatzstoffen möglich, um die Aromabindung zu erhöhen. In Deutschland darf ausschließlich Kaffeeöl verwendet werden, das durch Auspressen von Röstkaffee oder aus Extraktionsrückständen gewonnen wird (KaffeeV, 2001).

## 4.4 Trocknung und Agglomeration

### 4.4.1 Sprühtrocknung

Eine Sprühtrocknungsanlage, wie sie auch für Kaffee genutzt wird, ist in Abbildung 9(b) gezeigt. Das Extrakt wird unter Druck einer Düse zugeführt. Über den Druck, Düsenform und -durchmesser können die Eigenschaften des Pulvers variiert werden. Für hochkonzentrierte Extrakte werden Zentrifugalzerstäuber genutzt. Das Extrakt wird auf eine schnell drehende Scheibe geleitet. Am Rand zerreißt der Flüssigkeitsfilm in Tröpfchen. Die entstandenen Tröpfchen trocknen im Heißluftstrom zu Hohlkugeln, welche die Aromakomponenten einschließen. Im Turmkonus kann das getrocknete Extrakt ausgeschleust werden. Der Feinanteil wird von der Abluft in Zyklonen getrennt.

Der größte Teil des sprühgetrockneten Extrakts wird agglomeriert. Auf einem Band oder in einer Drehtrommel wird das Pulver durch Wasserdampf, Wasser oder Extrakt

befeuchtet. Die entstehenden, größeren Partikel lösen sich schneller in Wasser und sehen dem Röstkaffee ähnlicher (Clarke, 1989c).

#### **4.4.2 Gefriertrocknung**

Die Gefriertrocknung besteht aus zwei Schritten: dem Gefrieren des Extrakts und dem Sublimieren des Wassereises in die Gasphase. Auf Bändern oder in Trommeln wird das Wasser im Extrakt gefroren. Nun kann es in die gewünschte Partikelgröße granuliert werden. Das Granulat wird kontinuierlich auf einem Band oder in Transportwagen in eine Vakuumkammer eingeschleust. Bei niedrigem Druck und unter Wärmezuführung sublimiert das Wasser in die Gasphase – das Granulat trocknet. Die Wärmezufuhr kann durch Wärmeleitung erfolgen. Das Granulat liegt oder fließt dabei auf einer beheizten Oberfläche. Durch die inhomogene Oberflächenstruktur des Granulats ist die Wärmeleitung und damit auch die Trocknung ungleichmäßig. Die favorisierte Möglichkeit ist die Wärmezuführung durch Wärmestrahlung, da sie die gesamte Oberfläche erreicht (Clarke, 1989c).

## 5 Kaffeesurrogate

### 5.1 Muckefuck und Merkantilismus

Maier (1987) führt an, dass das Kaffeegetränk nicht immer die Stellung besaß wie heutzutage. Durch den hohen Verbrauch und niedrigen Preis ist es allzeit verfügbar. Schon weit vor der Einführung des Kaffees waren ähnliche Getränke bekannt, die sich im Nachhinein als ähnlich zum Kaffee darstellten. Ihnen allen ist gemein, dass sie nach dem Rösten ein Getränk mit einer braunen bis schwarzen Farbe ergeben (Schmutzler & Völker-Janssen, 1994). Die Ersatzstoffe werden aus Pflanzenteilen, hauptsächlich den Früchten oder Wurzeln, mit einem hohen Anteil an Kohlenhydraten hergestellt. Dazu werden Gerste, Roggen, Eicheln, Feigen, Kastanien, Erbsen und Zichorie verwendet.

Wohl wurden schon vor der Einführung des Kaffees in Europa Suppen und Getränke aus Früchten und Wurzeln hergestellt, doch die Bedeutung war bis ins 18. Jahrhundert hinein gering. Erst mit dem Kontinentalsystem Napoleon I. und dem Merkantilismus unter Friedrich II. von Preußen stieg die Produktion an. Da vor allem Zichorie, gefolgt von Gerste und Roggen auch gut in Deutschland kultiviert werden konnte, erlebten die daraus hergestellten Getränke einen Boom. Insbesondere in Deutschland sind Kaffeezusatzstoffe beliebt, die nicht als vollständiger Ersatz sondern als Zugabe zum Bohnenkaffee dienen. Viele Konsumenten bevorzugen den explizit bitteren Geschmack des Zichorienzusatzes.

Aufgrund der Unterschiede zwischen den Rohstoffen sollen einige beispielhaft aufgegriffen und dargestellt werden. Eine Übersicht zu Rohstoffen, die nur in geringen Mengen als Zusatz benutzt werden, gibt Maier (1987).

*Zichorie* als Kaffeeersatz ist die Wurzel von *Cichorium intybus var. sativum*. Die ursprüngliche Wildform ist die wilde Zichorie, gemeine Wegwarte oder Ackerblume. Ausgangs des 16. Jh. wird erstmals von einem Getränk aus Zichorie berichtet. Danach setzte es sich vor allem als Getränk in Kriegszeiten für die Versorgung der Armee und Bevölkerung durch. Große Plantagen wurde in Frankreich und Preußen angelegt. Das Wissen über die Herstellung eines Kaffeeersatzes wurden ab dem Ende des 18. Jh. zuerst im handwerklichen Maßstab umgesetzt. Es kam zu einer Gründungswelle von Röstereien und Kaffeeersatzmittel-Marken. Die bekannteste und später auch größte Fabrik wurde 1828 von Johann Heinrich Franck in Vaihingen(Enz) gegründet.

*Geröstetes Getreide* bildet ein weiteren Rohstoff für viele Kaffeesurrogate. Für Getränke kommt häufig Roggen und Gerste zum Einsatz, Weizen nur in geringen Mengen. Der Geschmack vom rein gerösteten Getreidekorn ist abstringierend, verbrannt und



sehr bitter. Dies ist bedingt durch die hohen Rösttemperaturen bis 220°C und die sich bildenden karamelisierten Zucker. Vorbefeuchtet kann die Rösttemperatur abgesenkt werden, resultierend in einem milderem, leicht bitteren bis süßen Aroma, dass an Malz erinnert.

*Braumalz*, besonders *Hordeum distichon var. nudum* ist am besten als Kaffeeersatzmittel geeignet. Es ist der Hauptbestandteil der meisten Kaffeesurrogatmischungen, da es einen sehr mild, süßen und vollen Geschmack beiträgt. Durch das Keimen der Gerste werden Enzyme gebildet, die Stärke zu Maltose und weitere Zucker spalten, welche das typische Malzaroma ausmachen.

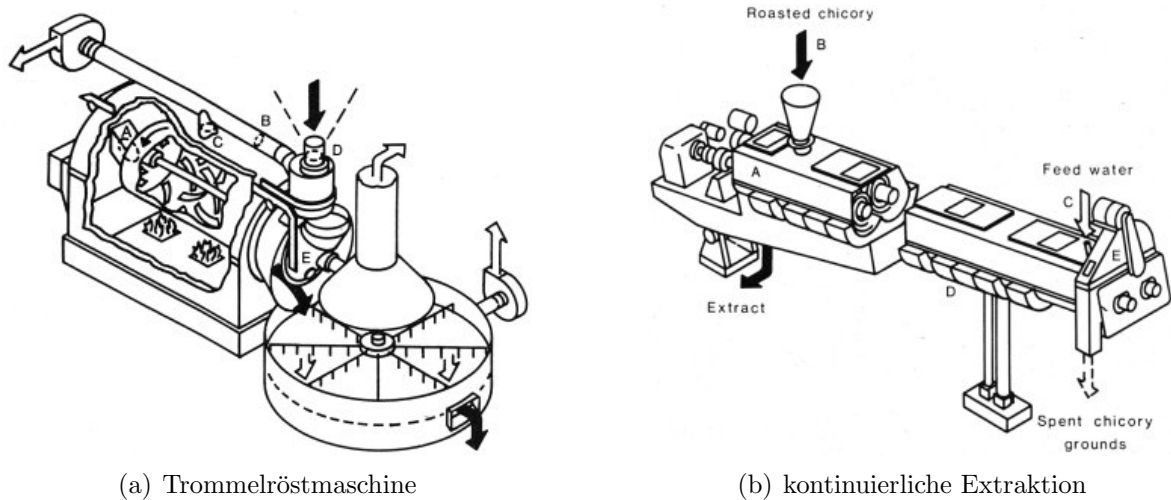
Die meisten der früheren Kaffeesurrogate haben heute ihre Bedeutung verloren. Da die Kaffeepreise mit denen von Kaffeesurrogaten gleich auf oder sogar niedriger liegen, ist der ökonomische Drang nach einem Ersatz nicht mehr gegeben. Die Zielgruppe für kaffeeähnliche Getränke, abgesehen von Konsumenten, die diese noch aus Tradition nutzen, ist eher durch funktionale Argumente zu erschließen. Die Zielgruppen sind vor allem Kinder, Schwangere und ältere Menschen, die kein Koffein konsumieren können oder sollten und trotzdem nicht auf den kaffeeähnlichen Geschmack und Aussehen des Getränks verzichten möchten. Kaffeezusatzmittel haben, auch aufgrund der gestiegenen Kaffequalität und -auswahl, kaum noch ihre frühere Bedeutung.

## 5.2 Aufbereitung der Rohstoffe

### 5.2.1 Zichorie

Wie beim Rohkaffee wird davon ausgegangen, dass auch die Zichorie und die anderen Bestandteile einer Kaffeeersatzmischung schon vorbehandelt sind. Bei Zichorie bedeutet dies, dass sie im Anbaugelände gereinigt, geschnitten oder gewürfelt und gedarrt wird. Da Zichorie nur in den Monaten Oktober bis Dezember geerntet werden kann, wird sie durch die Vorbehandlung lagerfähig.

Das Rösten findet chargenweise in Trommelröstern, wie in Abbildung 8(a) dargestellt, statt. Die Trommel wird bei geöffneten Schiebern A, C und geschlossenen B auf eine Lufttemperatur von ca. 160°C vorgeheizt. Nach der Zufuhr der abgewogenen Zichorie durch Schieber D wird die meiste Feuchtigkeit durch den Heißluftstrom, durch Öffnen von B und Schließen von C, entfernt. Während des Röstens wird ca. 2% Speiseöl zugegeben, um Staub zu binden. Das Öl hat keinen Einfluss auf den Geschmack des späteren Produkts. Durch Schließen von A und Öffnen von C wird das Röstgut nur noch über die Trommelwand beheizt bis eine Endtemperatur um 130°C des Röstguts erreicht ist. Die Wärmezufuhr wird unterbrochen und das Röstgut in den Kühlkasten,



(a) Trommelröstmaschine

(b) kontinuierliche Extraktion

**Abbildung 8:** Ausrüstungen zur Herstellung von Kaffeesatzmitteln und -extrakt (Stoltze, 1987)

durch den Umgebungsluft strömt, vor der Rösttrommel entleert. Die Gesamtrostzeit beträgt eine bis eineinhalb Stunden. Ein kürzeres Rösten bei höheren Temperaturen führt zu einer geschmacklichen Beeinträchtigung. Der Gesamtrostverlust beträgt bei guter Verfahrensführung 20 – 21 %.

### 5.2.2 Cerealien

Gerste für Kaffeesatzmittel wird wie Braumalz hergestellt. Das Malz kann nun direkt verarbeitet oder wieder getrocknet werden. Eine andere Variante der Vorbehandlung ist das Weichen des Getreides, z.B. Roggen, vor dem Rösten, was einen milderen und weniger bitteren Geschmack hinterlässt.

Das Rösten der Cerealien findet ebenfalls in einem Trommelröster statt. Dabei sind die ganze Zeit die Schieber C und B geöffnet, sodass auch eine Wärmezufuhr über den Luftstrom erfolgt. Es wird ebenfalls eine Stunde langsam bis zu einer Temperatur von ca. 200°C geröstet. Diese Temperatur, die je nach Getreideart und gewünschtem Röstgrad variiert, liegt höher als bei Zichorie, da weniger freie Zucker enthalten sind, die karamelisieren können. Durch Einsprühen von Wasser, das sofort wieder verdunstet, wird der Röstprozess schlagartig unterbrochen und den Cerealien wieder Feuchte zurück geführt. Der Gesamtrostverlust liegt zwischen 20 und 25 %.

### 5.2.3 Mahlen und Mischen der gerösteten Materialien

Die individuell gerösteten Bestandteile werden nach dem Abkühlen pneumatisch in Silos transportiert. Eine zentrale Staubabsaugung entfernt den durch das Rösten und Bruch beim Transport auftretenden Staub. Die Getreideprodukte können mit den aus der Müllerei bekannten Walzenstühlen gemahlen werden. Die Temperatur während der Zerkleinerung darf nicht zu hoch liegen. Die dazu verwendete Rollmühle hat ein spezielles Profil, das zu einem eher groben Bruch führt. Erst nach diesem Schritt erfolgt ein chargenweises Einwiegen und eventuell Abfüllen von Mischprodukten. Diese werden entweder zur Extraktion weiter transportiert oder als Endprodukte abgepackt. Manche Endprodukte passieren noch einmal einen Siebtrichter um den Feinanteil abzutrennen und nur eine bestimmte Korngrößenverteilung zu erhalten.

Ähnlich zum Röstkaffee endet für rein geröstete Produkte hier die Produktionskette. Der Konsument brüht diese Produkte selber auf. Das Brühen, z.B. von reinem Malzkaffee im Infusionsverfahren erfolgt wie in Tabelle 4 auf Seite 15 schon aufgeführt.

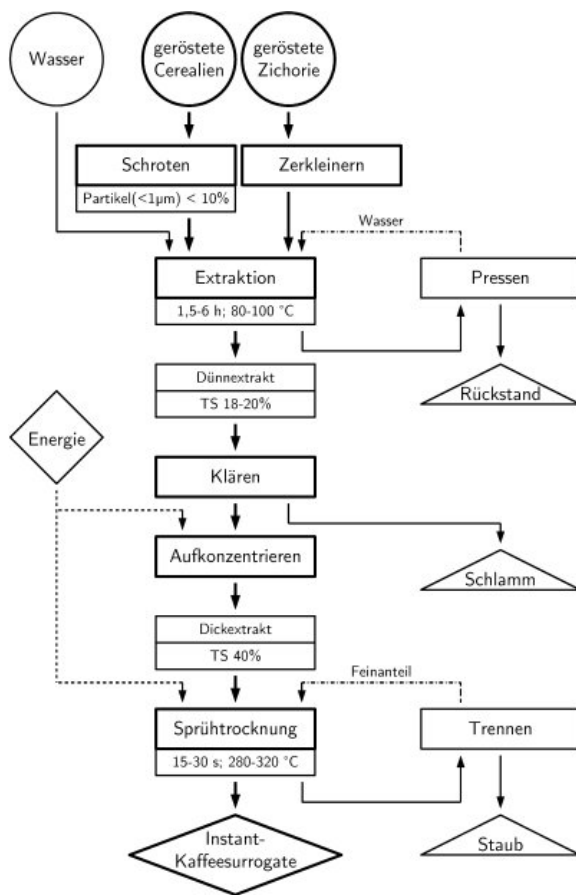
## 5.3 Extraktion und Trocknung

Der größere Teil der Kaffeesurrogate wird als Instant-Variante, sofort löslich in warmem Wasser, angeboten. Die Verfahren sind denen von Instant-Kaffee ähnlich und an die speziellen Eigenschaften der zuckerhaltigen Produkte angepasst.

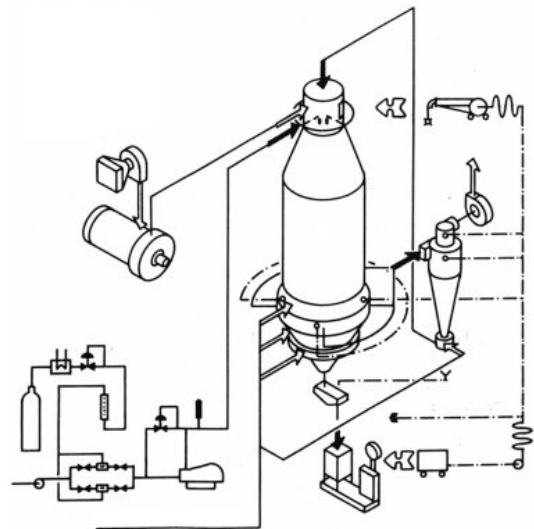
Das Verfahrensschema in Abbildung 9(a) fasst die notwendigen Schritte zusammen. Zichorie und die weiteren Bestandteilen eines Kaffeesurrogats werden gemeinsam extrahiert. Die semikontinuierliche Extraktion läuft in Extraktionskolonnen (Diffuseur, Percolator) ab. Wasser wird im Gegenstrom zum Feststoff durch die Kolonne geführt. Ein besser automatisierbares Verfahren ist die kontinuierliche Extraktion, mit einer Extraktionsanlage wie sie in Abbildung 8(b) zu sehen ist. Unter atmosphärischem Druck und bei Temperaturen unter 100°C befördert sie das Röstgut nach oben, wobei der Extraktstrom nach unten durch das Gefälle frei fließen kann.

Vom Extrakt werden in einem Separator die suspendierten, unlöslichen Partikel entfernt, da diese vom Konsumenten später als Bodensatz in der Tasse als Qualitätsmangel empfunden werden. Für alle Extrakte lohnt sich eine Aufkonzentration in einem Verdampfer, sodass bei der späteren Trocknung weniger Wasser entfernt werden muss.

Die Glasübergangstemperatur des Pulvers ist geringer als die erreichten Austrittstemperaturen in der Sprühtrocknung. Daraus kann eine ungenügende Partikelstruktur und ein Verkleben des Produkts und des Sprühtrockenturms folgen. Abbildung 9(b) zeigt einen im Gleichstrom betriebenen Sprühtrocknungsturm für Kaffeeersatzmittel.



(a) Verfahrensschema



(b) Sprühtrocknungsanlage (Stoltze, 1987)

**Abbildung 9:** Herstellung von Instant-Kaffeesurrogaten

Der Heißluftstrom trocknet den eingesprühten Nebel und transportiert das Wasser ab.

Nach der Trocknung sollte das Abfüllen in hermetisch abgeschlossene Gebinde schnell erfolgen. Zichorienhaltige Pulver sind sehr hygroskopisch. Auch bei normalen Raumbedingungen überschreiten sie schnell den maximalen Wassergehalt von 5%, ab dem ein Verklumpen beginnt.

## Literatur

- 1999/4/EG (1999). Richtlinie 1999/4/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Februar 1999 über Kaffee- und Zichorien-Extrakte. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 66.
- Anonymous (2005a). *Jahresbericht 2004*. Deutscher Kaffeeverband e.V.. Hamburg.  
<http://www.kaffeeverband.de>
- Anonymous (2005b). *Kaffee-Digest 2. Löslicher Kaffee*. 2. edn. Deutscher Kaffeeverband e.V.. Hamburg.  
<http://www.kaffeeverband.de>
- Anonymous (2006a). *Chargen-Röster RFB*. Neuhaus Neotec GmbH. Ganderkesee.  
<http://www.neuhaus-neotec.de>
- Anonymous (2006b). *Die Deutsche Brauwirtschaft in Zahlen*. Deutscher Brauer-Bund e.V.. Berlin.  
<http://www.brauer-bund.de>
- Anonymous (2006c). *How does the Spinning Cone Column work?*. Flavourtech Pty. Ltd.. Killara, Australia.  
<http://www.flavourtech.com.au>
- Anonymous (2006d). *Kaffee ist nach wie vor in allen Varianten beliebt*. Deutscher Kaffeeverband e.V.. Hamburg.  
<http://www.kaffeeverband.de>
- Bonnländer, B., Eggers, R., Engelhardt, U. H. & Maier, H. G. (2005). *Roasting*. In: *Espresso Coffee. The Science of Quality* (A. Illy & R. Viani, eds.). 2. edn. Elsevier. London, 179 – 214.
- Charrier, A. & Berthaud, J. (1985). *Botanical Classification of Coffee*. In: *Coffee. Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage* (M. N. Clifford & K. C. Willson, eds.). Croom Helm. Kent, 13 – 47.
- Clarke, R. J. (1989a). *Roasting and Grinding*. In: *Technology* (R. J. Clarke & R. Macrea, eds.). Vol. 2 of *Coffee*. Elsevier. London, 73 – 107.
- Clarke, R. J. (1989b). *Extraction*. In: *Technology* (R. J. Clarke & R. Macrea, eds.). Vol. 2 of *Coffee*. Elsevier. London, 109 – 145.
- Clarke, R. J. (1989c). *Drying*. In: *Technology* (R. J. Clarke & R. Macrea, eds.). Vol. 2 of *Coffee*. Elsevier. London, 147 – 199.
- Clarke, R. J. (2001). *Technology III: Instant Coffee*. In: *Coffee. Recent developments* (R. J. Clarke & O. G. Vitzthum, eds.). World agriculture series. Blackwell Science. Oxford, 125 – 139.

- Dart, S. K. & Nursten, H. E. (1989). *Volatile Components*. In: *Chemistry* (R. J. Clarke & R. Macrea, eds.). Vol. 1 of *Coffee*. Elsevier. London, 223 – 265.
- Eggers, R. & Pietsch, A. (2001). *Technology I: Roasting*. In: *Coffee. Recent developments* (R. J. Clarke & O. G. Vitzthum, eds.). World agriculture series. Blackwell Science. Oxford, 90 – 107.
- Heilmann, W. (2001). *Technology II: Decaffeination of Coffee*. In: *Coffee. Recent developments* (R. J. Clarke & O. G. Vitzthum, eds.). World agriculture series. Blackwell Science. Oxford, 108 – 124.
- KaffeeV (2001). Verordnung über Kaffee, Kaffee- und Zichorien-Extrakte. Bundesgesetzblatt Teil I 2001 Nr. 60.
- Maier, H. G. (1981). *Kaffee*. Grundlagen und Fortschritte der Lebensmitteluntersuchung und Lebensmitteltechnologie. Parey. Berlin.
- Maier, H. G. (1987). *Introduction*. In: *Related Beverages* (R. J. Clarke & R. Macrea, eds.). Vol. 5 of *Coffee*. Elsevier. London, 1 – 18.
- Müller, H.-G. (2005). *Kaffee-Digest 1. Daten und Hintergründe. Welt, Europa und Deutschland*. 11. edn. Deutscher Kaffeeverband e.V.. Hamburg.  
<http://www.kaffeeverband.de>
- Nicoli, M. C. & Savonitti, O. (2005). *Storage and Packaging*. In: *Espresso Coffee. The Science of Quality* (A. Illy & R. Viani, eds.). 2. edn. Elsevier. London, 230 – 258.
- Petracco, M. (2005a). *Grinding*. In: *Espresso Coffee. The Science of Quality* (A. Illy & R. Viani, eds.). 2. edn. Elsevier. London, 215 – 229.
- Petracco, M. (2005b). *Percolation*. In: *Espresso Coffee. The Science of Quality* (A. Illy & R. Viani, eds.). 2. edn. Elsevier. London, 259 – 289.
- Schmutzler, B. & Völker-Janssen, W. (1994). *Kaffee, Mocca, Muckefuck*. Landesmuseum Koblenz. Koblenz. Begleitpublikation zur gleichnamigen Sonderausstellung des Landesmuseums Koblenz in Zusammenarbeit mit der Nestlé Erzeugnisse GmbH.
- Steer, A. G. (2003). *Physikalisch-chemische Parameter des Kaffeegetränkes und Untersuchung zur Röstkaffee-Extraktion*. Dissertation. TU Braunschweig. Braunschweig.
- Stoltze, A. (1987). *The Manufacture of Chicory Products and Other Beverages*. In: *Related Beverages* (R. J. Clarke & R. Macrea, eds.). Vol. 5 of *Coffee*. Elsevier. London, 121 – 148.
- Wrigley, G. (1988). *Coffee*. Tropical agriculture series. Longman. Essex.

## Abbildungsverzeichnis

1	Schematische Darstellung der aufgeschnittenen Kaffeekirsche . . . . .	2
2	Vergleich der Entkoffeinierungsverfahren unter atmosphärischem Druck	7
	(a) spezifische Lösungsmittel . . . . .	7
	(b) Lösungsmittel Wasser . . . . .	7
3	Entkoffeinierung mittels überkritischem Kohlenstoffdioxid . . . . .	8
	(a) Zylindrischer Hochdruck-CO <sub>2</sub> -Entkoffeinierungskessel . . . . .	8
	(b) Verfahrensschema . . . . .	8
4	Röstmaschinen mit Gas als Heizmedium . . . . .	9
	(a) Kugelröster . . . . .	9
	(b) Bandröster . . . . .	9
5	Röstmaschinen mit Gas als Heiz- und Transportmedium . . . . .	10
	(a) Rotations-Fließbett-Röster . . . . .	10
	(b) Festbettröster . . . . .	10
6	Gefurchte Walzen für Kaffee nach einem Patent von LePage . . . . .	13
7	Herstellung von löslichem Bohnenkaffee . . . . .	18
	(a) Verfahrensschema . . . . .	18
	(b) Schleuderkegelkolonne . . . . .	18
8	Ausrüstungen zur Herstellung von Kaffeeersatzmitteln und -extrakt . .	24
	(a) Trommelröstmaschine . . . . .	24
	(b) kontinuierliche Extraktion . . . . .	24
9	Herstellung von Instant-Kaffe surrogaten . . . . .	26
	(a) Verfahrensschema . . . . .	26
	(b) Sprühtrocknungsturm . . . . .	26

## Tabellenverzeichnis

1	Übersicht über die ökonomisch bedeutensten Kaffeearten . . . . .	3
2	Veränderung der Kaffeebohne während der Röstung . . . . .	5
3	Vergleich der konventionellen Verpackungstechniken . . . . .	14
4	Übersicht über verschiedene manuelle und mechanische Brühverfahren .	15