



Heike Scharnhop (Autor)

**Anwendung der High-Speed Countercurrent  
Chromatography zur Fraktionierung und Isolierung  
von Koffeinhaltstoffen**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/1648>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# 1 EINLEITUNG

*Coffea* L. ist eine Gattung aus der Familie der *Rubiaceae* (Rötegewächse). Von den ca. 70 bekannten *Coffea*-Arten sind nur zwei von wirtschaftlicher Bedeutung: *Coffea arabica* liefert etwa zwei Drittel der Weltproduktion und *Coffea canephora* var *robusta* (kurz: Robusta) rund ein Drittel. Andere Arten wie z.B. *Coffea liberica* machen weniger als 1 % der weltweiten Produktion aus (MAIER, 1981; VON BRUCHHAUSEN ET AL., 1999). Die Heimat von *Coffea* L. ist Afrika (Äthiopien, Abessinien). Von dort aus kam er über Arabien und Konstantinopel nach Venedig und verbreitete sich trotz zahlreicher behördlicher Verbote und ärztlicher Warnungen seit Mitte des 17. Jahrhunderts über ganz Europa (BELITZ ET AL., 2001).

Unter dem Begriff Kaffee (Bohnenkaffee) versteht man die von der Fruchtschale vollständig und von der Samenschale (Silberhaut) soweit möglich befreiten, rohen oder gerösteten, ganzen oder zerkleinerten Samen der Kaffeepflanze, sowie auch das daraus bereitete Getränk.

## 1.1 KAFFEEPFLANZE UND IHR ANBAU

Als Strauch oder Baum kann die Kaffeepflanze je nach Art eine Höhe von 3 – 12 m erreichen. Zur Erleichterung der Ernte wird sie aber meist auf 2 m gestutzt. Der Kaffeebaum besitzt lederartige, immergrüne, kurzstielige, gegenständige Blätter. Die 1 – 2 cm langen weißen Blüten duften jasminartig. Aus ihnen entwickeln sich kirschenähnliche Steinfrüchte. Diese so genannten Kaffeekirschen (Abbildung 1) färben sich mit zunehmender Reife von grün über rot bis violett und enthalten normalerweise 2 Samen, die Kaffeebohnen. Sie liegen, mit ihren Innenseiten flach aneinander gepresst, im süßen, weißgelblichen Fruchtfleisch (Mesokarp, Pulpa). Charakteristisch ist die Furche an der flachen Seite der Bohne. Jeder Samen wird von einer dünnen, fest anhaftenden Schale, dem Silberhäutchen, geschützt. Beide Kaffeebohnen sind weiterhin von einer locker aufsitzenden, dünnen und blass gelben Hülle, der Pergamenthaut, umgeben (BELITZ ET AL., 2001; DEUTSCHER KAFFEEVERBAND, 2004).



Abbildung 1: Morphologische Zeichnung einer Kaffeepflanze (KÖHLER, 1890) und Aufbau einer Kaffeekirsche (DEUTSCHER KAFFEEVERBAND, 2004)

Der Anbau von Kaffee ist praktisch nur in den Tropen möglich, weil Kaffeepflanzen frostempfindlich sind. Am günstigsten sind mittlere Jahrestemperaturen zwischen 15 und 25° C. Temperaturen unter 11° C sind auf längere Zeit kritisch, nahe dem Gefrierpunkt wird die Pflanze dauerhaft geschädigt (MAIER, 1981). Arabica-Kaffees sind auch empfindlich gegenüber großer Hitze, zu viel Feuchtigkeit und Wind. Daher liegen die idealen Anbauggebiete in den Hochlagen ab 900 m über NN. Robusta-Sorten sind weniger anspruchsvoll in ihren Wachstumsbedingungen. Sie vertragen mehr Hitze und Feuchtigkeit, was sich auch in der Namensgebung widerspiegelt. Folgende Tabelle zeigt die Anbaubedingungen der beiden Sorten im Vergleich:

Tabelle 1: Anbaubedingungen im Vergleich

	Arabica	Robusta
Anbauggebiet	25° N - 23° S Breite 900-2000 m 15-24 °C	10° N - 10° S Breite 0-800 m 26 °C
Niederschlag pro Jahr	1500-2000 mm	2200-3000 mm
Reifung	6-8 Monate	9-11 Monate
Erntedauer	7-9 Monate	9-11 Monate
Anteile an Weltproduktion <sup>1</sup>	64 %	36 %
Erlös (2006)	114 US-cts/lb	68 US-cts/lb

<sup>1</sup>(2006: 122 Millionen Säcke à 60 kg)

**1.2 IM URSPRUNGSLAND: ERNTE UND AUFBEREITUNG**

Die Ernte der Kaffeekirschen erfolgt meist per Hand. Nur auf den großen Kaffeefarmen in Brasilien machen die Geländeform und die Bepflanzung der Plantagen eine maschinelle Ernte möglich. Die Pflückung kann auf zwei verschiedene Weisen erfolgen und ist meist eng auf die vorgesehene Nacherntebehandlung abgestimmt. Für die nasse Aufbereitung, die vornehmlich bei Arabicasorten angewandt wird, werden ausschließlich die reifen Früchte von Hand gepflückt („picking“). Die zweite Methode ist das so genannte „stripping“. Hierbei werden die Kaffeefrüchte unabhängig ihres Reifegrades komplett vom Ast abgestreift. Diese inhomogene Mischung aus unreifen, reifen und überreifen Früchten kann zur Qualitätssteigerung noch weiter sortiert werden. Anschließend erfolgt eine trockene Aufbereitung der Kaffeekirschen. Diese Art der Ernte und Aufbereitung wird in erster Linie für Robusta und einige brasilianische und äthiopische Arabicakaffees durchgeführt. Abbildung 2 zeigt die nasse und die trockene Aufbereitung schematisch gegenübergestellt.

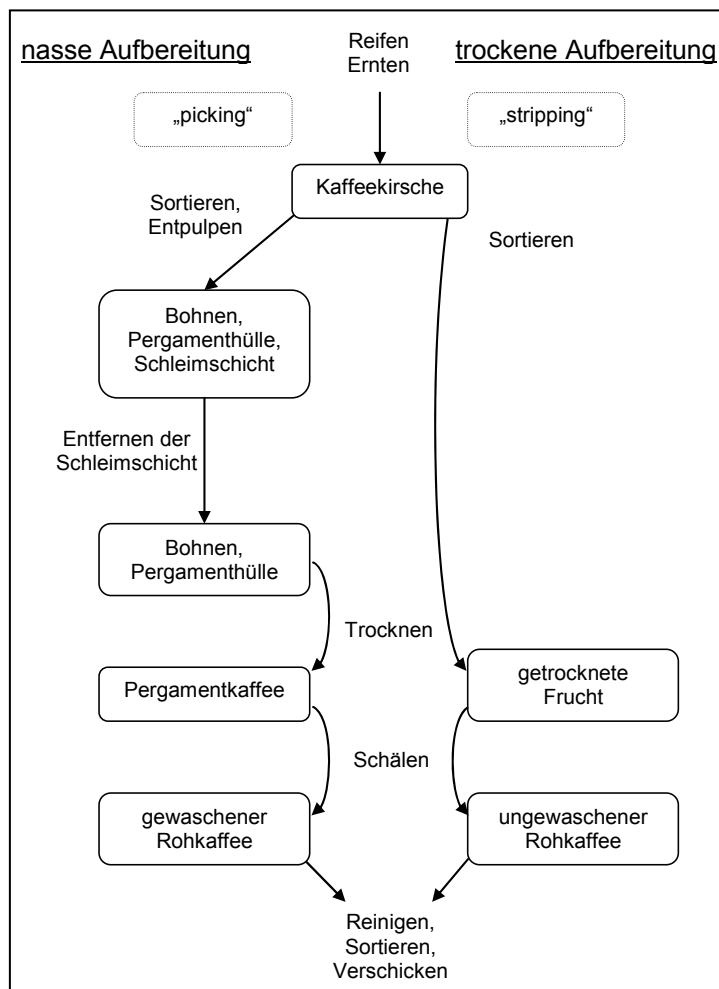


Abbildung 2: Technologie des Rohkaffees nach MAIER (1981)

Die Aufbereitung muss so schnell wie möglich nach der Ernte beginnen, um Fehlnoten (off-flavour) durch beginnende Fermentation zu verhindern (ILLY und VIANI, 2005).

### **1.2.1 Nasse Aufbereitung**

Notwendige Voraussetzung für diese Art der Kaffeeaufbereitung ist das Vorhandensein von Wasser. Trotz steter Bemühungen zur Entwicklung von wassersparenden Methoden werden bei der traditionellen Nassaufbereitung über 100 L Wasser je kg Rohkaffee verbraucht (DEUTSCHER KAFFEEVERBAND, 2004).

Nach dem Waschen in Schwemmkanälen werden die Kaffeekirschen in einem Pulper von ihrem äußeren Fruchtfleisch befreit. Die Pergamentschicht muss dabei unbeschädigt bleiben um Qualitätseinbußen zu vermeiden. Während der anschließenden Fermentation werden die schleimigen Fruchtfleischanteile innerhalb von 12 bis 36 Stunden enzymatisch zersetzt und können dann mit Wasser abgewaschen werden. Der so gewonnene Pergamentkaffee wird auf Trockenplätzen oder in Trockenöfen auf ca. 12 % Restfeuchte herunter getrocknet. Die anschließende Schälung dient zur Entfernung der noch anhaftenden Pergamenthaut und des Silberhäutchens.

Der aus der nassen Aufbereitung hervorgehende so genannte „gewaschene“ Kaffee zeichnet sich geschmacklich durch eine ausgeprägte Säure und ein volles Aroma aus (ILLY und VIANI, 2005).

### **1.2.2 Trockene Aufbereitung**

Diese Art der Nacherntebehandlung ist typisch für Robustakaffees und wird vor allem in Regionen praktiziert, in denen es gesicherte Sonnenverhältnisse bzw. nicht genügend Frischwasser für die nasse Aufbereitung gibt. Die trockene Aufbereitung ist die ältere und weitaus kostengünstigere Methode.

Nach der Ernte und einer eventuellen Sortierung der Kaffeekirschen folgt eine Sontrocknung meist auf Betonterrassen. Dabei wird das Erntegut in einer nicht zu dicken Schicht auf dem Boden ausgebreitet. Für eine gleichmäßige Trocknung ist der Kaffee ständig zu wenden und zu bewegen sowie vor Regen und starken Temperaturschwankungen zu schützen. Es dauert zwischen drei und fünf Wochen bis der Wassergehalt der Kaffeekirschen von bis zu 65 % auf etwa 12 % reduziert ist. Die Entfernung der getrockneten Schale, des Fruchtfleisches und der Pergamenthaut erfolgt dann in einem Schälvorgang.

Der Geschmack des so gewonnenen „ungewaschenen“ Kaffees wird mit einer gewissen Süße („sweetness“), einem mildem Aroma und einer ausgeprägten Vollmundigkeit („body“) beschrieben (ILLY und VIANI, 2005).

### 1.2.3 Weitere Aufbereitungsmethoden

Das Streben nach Effektivität, Zeit-, Energie- und damit auch Kostenersparnis bei gleich bleibender oder verbesserter Qualität bringt immer wieder neue Methoden und Technologien der Kaffeeaufbereitung hervor. Ein gutes Beispiel hierfür ist das so genannte „semi-wash“- oder „semi-dry“-Verfahren. Dabei werden die entpulpten Kaffeebohnen nicht fermentiert, sondern direkt getrocknet. Nach ILLY und VIANI (1995) liegt der Geschmackseindruck, analog der Methode, zwischen gewaschenem und ungewaschenem Kaffee.

Des Weiteren werden die gängigen Methoden z.B. durch den Einsatz von Trocknungsmaschinen oder Enzymgemischen zur schnelleren Fermentation stetig weiterentwickelt.

## 1.3 IM VERBRAUCHERLAND: RÖSTUNG, BEHANDLUNG UND KONSUM

Kaffee ist noch vor Bier das beliebteste Getränk der Deutschen. Im Jahr 2006 konsumierte jeder Deutsche 6,2 kg bzw. trank 146 L Kaffee (DEUTSCHER KAFFEE-VERBAND, 2006). Um aus Rohkaffee den Ausgangsstoff für ein aromatisches Getränk zu gewinnen, müssen die Bohnen zunächst geröstet werden.

### 1.3.1 Röstung

Der Röstprozess kann grob in drei Phasen gegliedert werden (ILLY und VIANI, 2005). Zunächst findet eine Trocknung der Kaffeebohnen statt, bei der anhaftende Feuchtigkeit verdampft. Der zweite Schritt ist die eigentliche Röstphase, in der der Kaffee durch zahlreiche pyrolytische Prozesse die braune Farbe sowie den typischen Geschmack und das unverkennbare Aroma bildet. Als letztes erfolgt die Abkühlung („quenching“) auf Raumtemperatur, um ein weiteres Fortschreiten der Röstung zu verhindern.

Während des Röstvorganges werden in den Kaffeebohnen Temperaturen von 200 °C bis 250 °C erreicht (MAIER, 1981). Dies kann durch unterschiedliche Röstverfahren erfolgen, wobei der Wärmeübergang meist durch Kontakt bzw. Konvektion erfolgt (ROTHFOS, 1984).

In den vergangenen Jahrhunderten wurde die so genannte Kontaktröstung ausschließlich angewandt. Hierbei findet die Wärmeübertragung durch Kontakt der Kaffeebohnen mit heißen Wandungen des Rösters statt. Durch die runde Form der Bohnen kann sich diese Berührungsstelle unter Umständen nur auf einen kleinen Teil der Bohne beschränken.

Bei der Konvektionsröstung erfolgt das Erhitzen durch heiße Gase (Luft, Heizgase). Hierbei ist die Wärmeübertragung sehr gleichmäßig und gut kontrollierbar.

Abbildung 3 zeigt beide Arten des Wärmeübergangs auf das Röstgut. Die heutige Technik kombiniert meist beide Methoden.

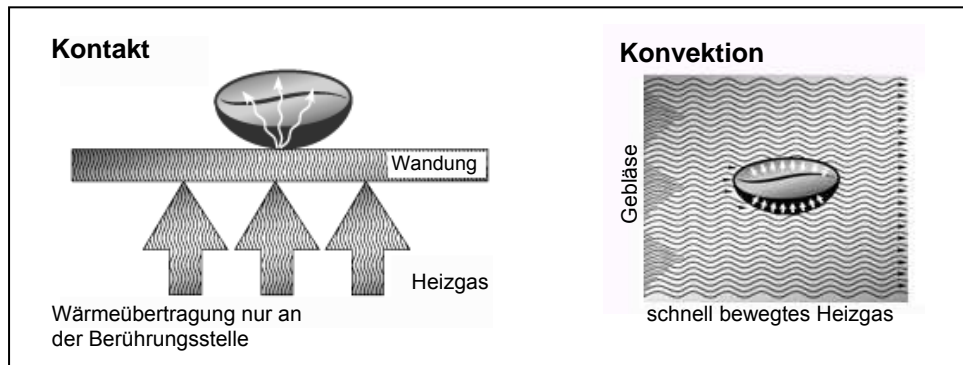


Abbildung 3: Wärmeübergang bei Kontakt- und Konvektionsröstung (DEUTSCHER KAFFEEVERBAND, 2004)

Die Röstdauer liegt zwischen 6 und 15 min (Kurzzeit-Röstverfahren 2 – 5 min durch kürzere Aufheizphase) (BELITZ ET AL., 2001) und wird mit dem Quenching beendet. Zur Abkühlung der gerösteten Kaffeebohnen werden entweder Luft oder fein vernebelte Wassertröpfchen eingesetzt (ILLY und VIANI, 2005).

Die Röstung erfolgt entweder in Portionen (Chargenröstung) oder kontinuierlich (Abbildung 4). Der Endpunkt einer Röstung wird vornehmlich anhand der Farbe der Bohnen elektronisch oder durch einen erfahrenen Röstmeister bestimmt (helle Röstung 200 – 220 °C, Espresso-Röstung 230 °C). Auf Grundlage physikalisch begründeter Modelle und experimentell ermittelter Stoffeigenschaften ist es EGGERS ET AL. (2002) gelungen, eine Formel zur Berechnung von Röstprozessen zu erstellen.

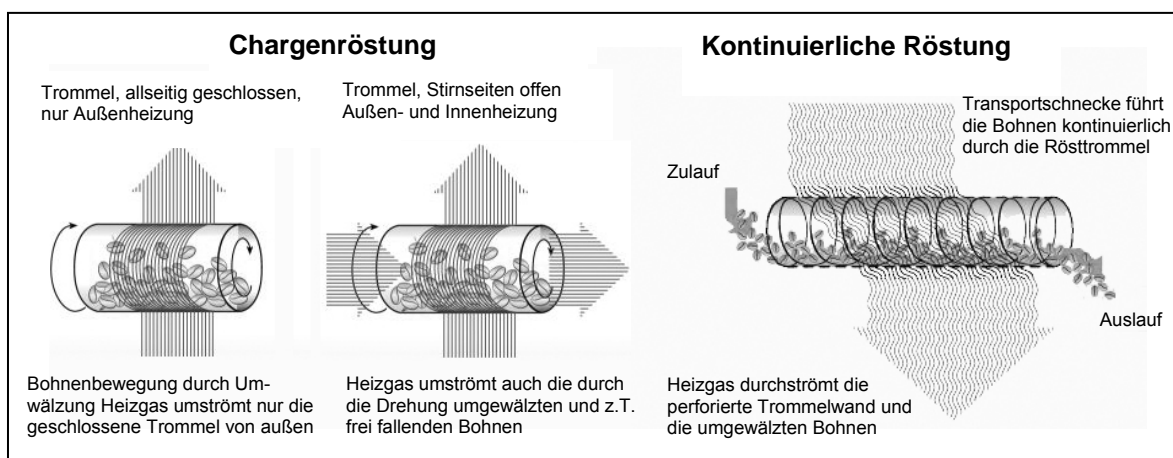


Abbildung 4: Verschiedene Röstprozesse (DEUTSCHER KAFFEEVERBAND, 2004)

Auch wenn sich in den letzten Jahren ein Trend zu sorten- bzw. provenienzreinen Kaffees entwickelt hat, ist der Großteil der vermarkteten Kaffees eine Mischung von Arabica und Robusta verschiedener Anbauggebiete. Diese Mischung, das so genannte Blending, kann sowohl vor als auch nach der Röstung erstellt werden. Um einen gleich bleibenden Geschmack und gute Qualität zu erzeugen werden die Mischungen ständig variiert, da das Naturprodukt Kaffee selbst ständig Schwankungen in Geschmack, Aroma und Beschaffenheit aufweist.

### 1.3.2 Veränderungen während der Röstung

Sowohl physikalisch als auch chemisch erfährt der Kaffee während der Röstung eine Vielzahl von Veränderungen.

Physikalisch gesehen ändert die Bohne während des Röstvorganges ihre Farbe, das Volumen sowie die Form und das Gewicht (ROTHFOS, 1984). Die ersten Änderungen erkennt man an der Bohnenfarbe. Diese wechselt von grün über gelb zu beige und dann zu dunkelbraun. Durch den Innendruck, den das gebundene Wasser sowie die erhitzungstypischen Gase CO und CO<sub>2</sub> in der Bohne aufbauen, bläht sich diese auf. Das Volumen vergrößert sich (50 – 100 %), die Zellwände werden unelastisch und reißen auf. Bei mittlerer Röstfarbe hat der Kaffee gegenüber dem Rohzustand zwischen 15 und 18 % an Gewicht verloren (EGGERS ET AL., 2002, vgl. Tabelle 2). Dieser so genannte Einbrand setzt sich zur Hälfte aus dem Wasserverlust und zur anderen Hälfte aus dem Entweichen von Zersetzungsprodukten sowie dem verlorenen Silberhäutchenanteil zusammen (ROTHFOS, 1984).

Tabelle 2: Stoffdaten von Kaffeebohnen *Coffea arabica* (EGGERS ET AL., 2002)

		grün	mittlerer Röstgrad
Masse	[g]	0,15	0,13
Feuchte	[Gew.-%]	10 – 12	2 – 3
Röstverlust	[Gew.-%]	0	15 – 18
TS-Verlust	[Gew.-%]	0	5 – 8
Dichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,2 – 1,4	0,7 – 0,8
Volumen	[cm <sup>3</sup> ]	0,11 – 0,13	0,16 – 0,19

Die chemischen Änderungen während der Röstung sind weitaus komplexer als die rein physikalischen. Bereits ab einer Temperatur von 50 °C beginnen die Proteine zu denaturieren. Bei höheren Temperaturen setzen sich dann die Aminosäuren in der so