

1 Einleitung

Im Jahr 2009 konsumierte jeder deutsche Bundesbürger durchschnittlich 38,9 kg Frischobst (Fruchtportal 2010). Die beliebteste Obstsorte ist dabei mit einem jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch von durchschnittlich 9,0 kg (2009) der Apfel. Auch in flüssiger Form erfreut sich Obst großer Beliebtheit. Seit Anfang der 1990er-Jahre liegt der Gesamt-Pro-Kopf-Verbrauch an Fruchtsäften und –nektaren in Deutschland recht konstant bei ca. 40 Litern im Jahr (Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie 2010). In den letzten Jahren wurde eine leicht rückläufige Tendenz des Konsums von Säften und Nektaren beobachtet. Im Jahr 2009 lag der durchschnittliche Gesamt-Pro-Kopf-Verbrauch an Fruchtsäften bei 37,0 Litern. Apfelsaft galt viele Jahre lang als der mit Abstand beliebteste Fruchtsaft der Deutschen. In der Statistik des Jahres 2009 rangiert Apfelsaft mit einem Pro-Kopf-Verbrauch von durchschnittlich 8,5 Litern im Jahr allerdings erstmals hinter Orangensaft (9,0 l) nur auf Rang zwei der Liste der beliebtesten Fruchtsäfte der Deutschen. Großer Beliebtheit erfreuen sich aber auch weitere, in dieser Statistik nicht erfasste Produkte, die unter Verwendung von Apfelsaft hergestellt werden, wie etwa Apfelschorlen und Apfelsaft-Erfrischungsgetränke.

Apfelsaft und Apfelsaftprodukte sind Naturprodukte, die natürlichen Schwankungen unterliegen. Ihre Beschaffenheit und Qualität werden im Wesentlichen durch die charakteristischen Inhaltsstoffe wie Zucker, Säuren und flüchtige Geruchsstoffe (Aromastoffe) bestimmt. Während der Verbraucher die Qualität der Produkte rein sensorisch über Aussehen, Geruch und Geschmack beurteilt, stehen Analytikern zahlreiche weitere Möglichkeiten zur Beurteilung der Authentizität und Qualität von Fruchtsäften zur Verfügung. Die stetige Weiterentwicklung der lebensmittelanalytischen Methoden führt dazu, dass immer neue Aspekte in die Beurteilung einfließen. Seit einigen Jahren stehen im Produktsegment der Fruchtsäfte die Aromaqualität und Aromastoffgehalte im Fokus der Bewertung. Die Stiftung Warentest, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, im Handel befindliche Produkte und Leistungen objektiv zu vergleichen und den Verbraucher über Qualität und Beschaffenheit aufzuklären, untersucht im Rahmen ihrer Studien regelmäßig auch Fruchtsäfte und verwandte Produkte. In den Untersuchungen von Säften und Fruchtsaftgetränken der letzten Jahre wurde häufig Kritik am Aroma der untersuchten Produkte geübt (Stiftung Warentest 2006; Stiftung Warentest 2007). Die Überschrift des Warentestes 09/2009 (Stiftung Warentest 2009) „Das Aroma macht den

Unterschied“ zeigt deutlich, welche große Bedeutung der Beurteilung des Aromas zugemessen wird. Bei der Bewertung von Apfelsäften aus Apfelsaftkonzentrat wurden darin unter anderem folgende Beurteilungen geäußert: „riecht vergleichsweise wenig nach reifem Apfel“, „schwacher Apfelgeruch“, „nur ausreichende Aromaqualität“, „Das Apfelaroma wurde bei der Rückverdünnung nicht wieder hergestellt“.

Da Fruchtsäfte aus Fruchtsaftkonzentrat gemäß Anlage 1 Nr. 1 b FruchtsaftV derart aus Konzentrat, Wasser und Aroma zu restaurieren sind, dass das Erzeugnis im Vergleich zu einem durchschnittlichen Direktsaft zumindest gleichartige organoleptische und analytische Eigenschaften aufweist, vertreten einige Lebensmittelanalytiker die Meinung, dass Fruchtsäfte aus Fruchtsaftkonzentrat, die einen unterdurchschnittlichen Aromastoffgehalt aufweisen, nicht den Anforderungen der Fruchtsaftverordnung entsprechen und damit nicht verkehrsfähig sind. Will man den absoluten Aromastoffgehalt von Fruchtsäften bewerten, wie es unter anderem in den Untersuchungen der Verbraucherinformationsorganisationen getan wird, ist es zwingend erforderlich, der Beurteilung eine valide Datenbasis zu Grunde zu legen und natürliche Schwankungsbreiten zu berücksichtigen.

Für das Beispiel des Apfelsaftes sollen in dieser Arbeit die Voraussetzungen für eine wissenschaftlich fundierte Beurteilung des Saftaromas gelegt werden. Ziele sind es, eine repräsentative Datengrundlage des durchschnittlichen Apfelsaftaromas zu erstellen, natürliche Schwankungsbreiten abzuschätzen und einen aussagekräftigen Bewertungsparameter zu erstellen, der die Vielfältigkeit der Zusammensetzung des Apfelsaftaromas widerspiegelt. Zudem werden mit dem Ziel, eine einheitliche, gut vergleichbare Analysenmethode vorzuschlagen, verschiedene Aufarbeitungsmethoden miteinander verglichen.

Fruchtsafthersteller sind bestrebt, die Qualität ihrer Produkte sicherzustellen und sich von unlauteren Wettbewerbsteilnehmern abzugrenzen. Da in der Beurteilung von Fruchtsäften immer mehr Wert auf das Aroma und die Gehalte bestimmter Aromastoffe gelegt wird, muss die Industrie sich mit Möglichkeiten auseinandersetzen, wie das Aroma von Fruchtsäften im Herstellungsprozess bestmöglich erhalten werden kann. Untersuchungen technologischer Verfahren in dieser Arbeit zeigen, welchen großen Einfluss durch Wahl der Herstellungsmethoden und Einstellung der technischen Anlagen auf das Aroma genommen werden kann.

2 Grundlagen

2.1 Lebensmittelrechtliche Regelungen zu Fruchtsäften

Die lebensmittelrechtlichen Vorschriften und Begriffsbestimmungen von Apfelsaft, seiner Herstellung, Zusammensetzung und seinen sensorischen Eigenschaften sind in den Rechtsvorschriften der EU und den darauf basierenden Vorschriften der einzelnen Mitgliedsstaaten festgelegt. Die EU-Richtlinie 2001/112/EG über Fruchtsäfte und bestimmte gleichartige Erzeugnisse für die menschliche Ernährung wurde durch die Fruchtsaftverordnung (FruchtsaftV) in nationales deutsches Recht umgesetzt. Zusätzlich wurden von der Deutschen Lebensmittelbuchkommission Leitsätze für Fruchtsäfte erarbeitet, die die allgemeine Verkehrsauffassung hinsichtlich dieser Produktgruppe beschreiben.

In EU-Richtlinie 2001/112/EG wie auch in der nationalen Fruchtsaftverordnung werden durch unterschiedliche Herstellungsanforderungen zwei Verkehrsbezeichnungen für Fruchtsäfte definiert: Fruchtsaft und Fruchtsaft aus Fruchtsaftkonzentrat.

„Fruchtsaft“ ist gemäß Anlage 1 Nr. 1 a) FruchtsaftV *das gärfähige, jedoch nicht gegorene, aus gesunden und reifen Früchten einer oder mehrerer Fruchtarten gewonnene Erzeugnis, das die für den Saft dieser Frucht/ Früchte charakteristische Farbe, das dafür charakteristische Aroma und den dafür charakteristischen Geschmack besitzt.* In Deutschland hat sich für die auf diese Weise erzeugten Produkte die Bezeichnung Direktsaft durchgesetzt, um den Unterschied in der Herstellungsweise noch besser hervorzuheben.

„Fruchtsaft aus Fruchtsaftkonzentrat“ bezeichnet laut Anlage 1 Nr. 1 b FruchtsaftV *das Erzeugnis, das gewonnen wird, indem das dem Saft bei der Konzentrierung entzogene Wasser dem Fruchtsaftkonzentrat wieder hinzugefügt wird und die dem Saft verlorengegangenen Aromastoffe (...), die beim Prozess der Herstellung des betreffenden Fruchtsafts oder von Fruchtsaft derselben Art zurückgewonnen wurden, zugesetzt werden.* Ein Fruchtsaft aus Fruchtsaftkonzentrat muss im Vergleich zu einem durchschnittlichen, aus Früchten derselben Art gewonnenen Direktsaft zumindest gleichartige organoleptische und analytische Eigenschaften aufweisen.

Die geforderte organoleptische Gleichartigkeit des Fruchtsaftes aus Fruchtsaftkonzentrat zu einem Direktsaft bezieht sich, wie in der Definition des Direktsaftes genannt, auf Farbe, Aroma und Geschmack. Zur Beurteilung der analytischen Gleichartigkeit haben sich die RSK-Werte des deutschen Fruchtsaftverbandes (Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie 1987) bzw. in der Folge die im Code of Practice (CoP) des Europäischen Fruchtsaftverbandes AIJN (AIJN 2010) genannten Richtwerte als Beurteilungskriterien und Interpretationshilfen bewährt. Darin sind Mindest- und Maximalwerte sowie Schwankungsbreiten für charakteristische Inhaltsstoffe wie Zucker, Säuren und Mineralstoffe definiert, anhand derer die Qualität, Identität und Authentizität von Fruchtsäften beurteilt werden kann. Zur weitergehenden Authentifizierung wurden auch Minorbestandteile wie Aminosäuren in die Bezugswerte-Sammlungen aufgenommen. Über die Bestimmung von Isotopenverhältnissen ist eine Unterscheidung von Direktsaft und rekonstituiertem Fruchtsaft aus Fruchtsaftkonzentrat möglich (Belitz et al. 2008, Roßmann und Christoph 2009, Wrolstad und Durst 2007).

Auch die Beurteilung des Aromastoffgehalts ist inzwischen Bestandteil der analytischen Überprüfung von Fruchtsäften. Bei Direktsäften darf das Aroma ausschließlich aus dem frisch gepressten Saft stammen. Aus dem Saft stammendes, bei der Verarbeitung abgetrenntes Aroma darf demselben Saft wieder zugesetzt werden. Nicht zulässig ist jedoch ein Zusatz weiteren Aromas, auch nicht natürlichen Restaurationsaromas. Für Fruchtsäfte aus Fruchtsaftkonzentrat fordert die Fruchtsaftverordnung, dass die dem Saft bei der Konzentrierung verlorengegangenen und im weiteren Prozessverlauf zurückgewonnenen Aromastoffe wieder zugesetzt werden müssen. Das Restaurationsaroma (AIJN 2001) muss nicht unbedingt aus demselben Saft stammen, aus dem das Konzentrat gewonnen wurde. Gefordert wird jedoch eine Aromarestauration in dem Maße, dass das Produkt im Vergleich zu einem durchschnittlichen Direktsaft gleichartige organoleptische und analytische Eigenschaften aufweist.

2.2 Herstellung von Apfelsaft

2.2.1 Rohware Apfel

Zur industriellen Safftherstellung werden Äpfel aus Mostobstplantagen, Tafelobstplantagen und Streuobstbeständen verwertet. Diese Rohwaren können aufgrund der Zielsetzungen des jeweiligen Anbaus unterschiedliche Qualitäten aufweisen.

Bei den Streuobstbeständen findet man meist undefinierte Sorten auf hochstämmigen Unterlagen. Der Erntetermin richtet sich im Wesentlichen nach der optimalen Fallreife. Die Äpfel werden häufig durch Bewegen der Äste mit Seilen vom Baum geschüttelt und manuell oder mit speziellen Sammelmaschinen (Degenbeck 2006) aufgelesen. Es ist teilweise mit Zeitspannen von mehreren Tagen zwischen Ernte und Vermostung zu rechnen. Dieser Zeitraum kann positiv für die Aromaentwicklung sein, ist aber auch problematisch für die hygienische Qualität des Obstes, da je nach Wetterlage mit mehr oder weniger starken mikrobiologischen Beeinträchtigungen zu rechnen ist.



Abbildung 2-1 Apfelernte auf einer Mostobstplantage in Mecklenburg-Vorpommern

Bei Äpfeln aus Tafelobstplantagen steht die optimale Lagerungseignung im Vordergrund. Apfelsorten und Sensorik richten sich vorrangig nach Markttrends für den Frischfruchtmarkt, der makellose und zunehmend mildsaure Früchte bevorzugt. Die Ernte erfolgt überwiegend durch Pflücken und Sammeln in Großkisten, wobei für die Obstlagerung frühe Erntetermine mit hoher Gewebefestigkeit bevorzugt werden (Höhn et al. 1999). Für die Fruchtsafftherstellung werden während der Ernte Früchte mit unzureichender Lagereignung, z. B. zu große und zu kleine Früchte oder Früchte mit optischen Makeln, aussortiert. Aufgrund ihrer guten Lagerungseigenschaften können Äpfel auch über den Erntezeitraum hinaus ganzjährig verarbeitet

werden. Gelagertes Obst wird aufgrund der hohen sensorischen Qualität, die aus der zusätzlichen Bildung von Aromastoffen während der Lagerung resultiert, auch außerhalb des Erntezeitraumes zu hochwertigen Apfeldirektsäften verarbeitet.

Neben Äpfeln aus Streu- und Tafelobstplantagen gewinnen Äpfel aus Mostobstplantagen für die Herstellung von Fruchtsäften zunehmend an Bedeutung (Aendekerk 2003). Die Obstqualität kann optimal auf die Verarbeitungserfordernisse abgestimmt werden und die untergeordnete Bedeutung eines makellosen Aussehens zusammen mit der Auswahl resistenter Sorten ermöglicht einen geringen Pflanzenschutz Aufwand. Weitere Anforderungen sind ein für Fruchtsaft optimales Brix/Säure-Verhältnis sowie die Bevorzugung hochsauriger Sorten zum Ausgleich fehlender Säure der Apfelsäfte aus dem Tafelobstanbau.

Niederwüchsige Grundlagen gewährleisten eine geringe Fallbeschädigung. Das Obst wird durch Rütteln der Bäume mit speziellen Erntemaschinen möglichst ohne Bodenkontakt geerntet (s. Abbildung 2-1 und 2-2).



Abbildung 2-2 Maschinelle Apfelernte auf einer Mostobstplantage in Mecklenburg-Vorpommern

Dementsprechend ist der Erntezeitpunkt vor Erreichen der Fallreife anzusetzen. Da Äpfel maschinell nur in einem engen Zeitfenster geerntet werden können, sind zur Nutzung des gesamten Erntezeitraumes Sorten mit unterschiedlichen Reifeterminen erforderlich.

2.2.2 Apfelsaftherstellung

Apfelsäfte werden durch Entsaftung der Maische der zerkleinerten Früchte hergestellt. Abbildung 2-3 zeigt schematisch die Prozessschritte der industriellen Apfelsaftherstellung.

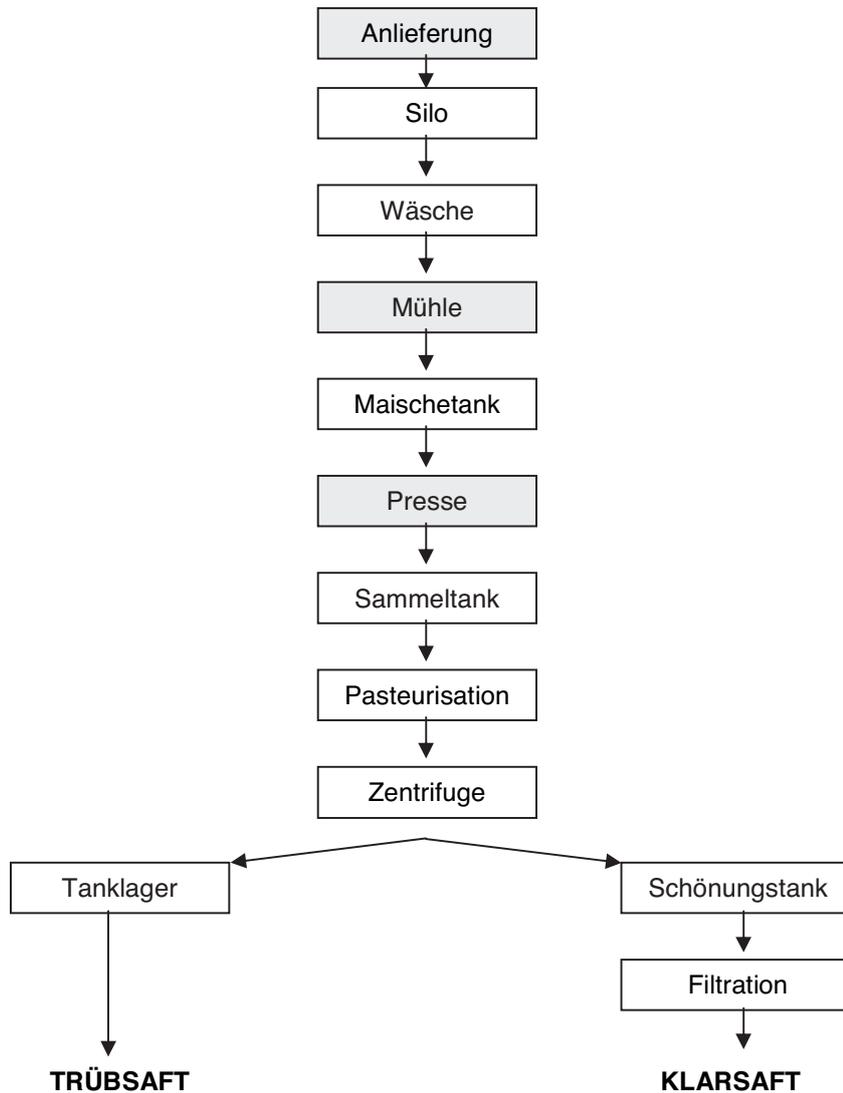


Abbildung 2-3 Prozessschritte der industriellen Herstellung von Apfelsaft – trüb und klar

Zu Apfelsaft werden ausschließlich gesunde und reife Früchte verarbeitet, die frisch oder durch Kälte haltbar gemacht angeliefert werden. Vor der industriellen Verarbeitung werden die angelieferten Äpfel von anhaftenden Verunreinigungen und Fremdmaterialien wie Erde, Laub und Steinen befreit (Abbildungen 2-4 und 2-5), sortiert und gewaschen (Ziegler 1982).



Abbildung 2-4 und Abbildung 2-5 Entfernung anhaftenden Laubes und Grases bei Anlieferung vor der Weiterverarbeitung der Äpfel

Zur Zerkleinerung der Früchte stehen verschiedene, vornehmlich mechanische, Verfahren zur Auswahl. In der Apfelsaftherstellung finden zumeist Rätzmühlen Anwendung. In diesen werden die Äpfel durch einen mehrflügeligen Rotor gegen die Wand des zylindrischen Mahlraums geschleudert, wo sie mit hoher Fliehkraft über die Rätzmesser geschoben werden. Der Zerkleinerungsgrad kann durch die Wahl der Rätzmesser gut an die Rohwarenqualität (u.a. unterschiedliche Härten im Ernte- und Jahresverlauf) angepasst werden (Schobinger 2001). Die erzeugte Maische verlässt den Mahlraum durch Schlitze und wird weiter zur Entsaftung transportiert. Vor der Entsaftung findet häufig eine enzymatische Behandlung der Maische statt, um die Saftausbeute zu verbessern. Dies geht in der Regel mit einer Maischeerwärmung einher. Eine Ascorbinsäure-Zugabe vor oder nach der Entsaftung verhindert Oxidationsreaktionen des Saftes bzw. der Maische, wie z.B. Polyphenoloxidationen (Schobinger und Dürr 1974, Schieberle 2006).

Die Mehrzahl der technologischen Entsaftungsverfahren beruht auf einem klassischen Pressvorgang. Durch Druck, Zerkleinerungsgrad, Vorentsaffung und Schichthöhe kann Einfluss auf die Saftgewinnung genommen werden. Sowohl kontinuierliche Pressverfahren wie Schneckenpressen oder Dekanter als auch diskontinuierliche Verfahren wie Packpressen und horizontale Korbpressen haben sich bewährt und finden in der industriellen Apfelsaftherstellung Anwendung. Am häufigsten werden Horizontalpressen eingesetzt, wie sie von der Firma Bucher entwickelt wurden (Abbildung 2-6).



Abbildung 2-6 Horizontal-Korbpresse Bucher- HPX (Bucher 2010) mit flexiblen Drainage-Elementen (rechts)

Die anschließende Pasteurisation erfüllt als klassisches Verfahren zur Haltbarmachung zwei Aufgaben. Zum einen werden Mikroorganismen, die zum Verderb des Produktes führen könnten, abgetötet und zum anderen werden Enzyme inaktiviert. Hinsichtlich der Enzyme gilt es in erster Linie, die Phenoloxidasen, die bei Zerstörung des Zellverbandes in Gegenwart von Luftsauerstoff die enzymatische Bräunung verursachen, zu inaktivieren. Pasteurisationstemperatur und –dauer müssen den jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden (Heiss und Eichner 2002). Die verwendeten Temperaturen und Erhitzungszeiten sind jedoch dadurch begrenzt, dass bei zu intensiver Einwirkung unerwünschte chemische Nebenreaktionen, wie etwa die Maillard-Reaktion, einsetzen können. Durch Zentrifugation und Grobtrub-Abtrennung wird eine weitestgehende Trubstabilisierung naturtrüber Apfelsäfte erreicht (Zimmer et al. 1996). Diese können in Steriltanks eingelagert und ganzjährig abgefüllt werden.

Um stabile, blanke Apfelsäfte zu erzeugen, genügt es nicht, nur die Trubstoffe abzutrennen. Es müssen darüber hinaus alle Substanzen abgetrennt oder auf ein Mindestmaß reduziert werden, die zu einem späteren Zeitpunkt zu Trübungen führen können (Schobinger 2001). Typische Trubstoffe sind Proteine, Pektin, Polyphenole, Lipide, Polysaccharide und Mineralstoffe (Dietrich et al. 1996). Die Entfernung der unerwünschten Trubstoffe erfolgt durch Einsatz von Enzympräparaten (Pektinasen, Amylasen), Schönungsmitteln (Bentonit, Gelatine, Kieselsol), Adsorptionsmitteln

(Aktivkohle, Adsorberharze) und Filtration. Ein gängiges Filtrationsverfahren ist die Vakuumdrehtrommelfiltration mit einem kontinuierlich arbeitenden Drehfilter (Abbildung 2-7). Mittels Unterdrucks wird der Saft durch die sich kontinuierlich drehende Filterfläche nach innen gesaugt. Auf der Außenseite der Trommel bildet sich ein Filterkuchen, der die Klärung verbessert und konstant abgeschabt wird.



Abbildung 2-7 Vakuum-Drehtrommelfilter

Durch Ultrafiltration können neben Feststoffteilchen auch Mikroorganismen und gelöste Makromoleküle entfernt werden. Die geklärten Säfte werden als klare Direktsäfte eingelagert und abgefüllt oder weiter zu Apfelsaftkonzentrat verarbeitet.

2.2.3 Herstellung von Apfelsaftkonzentrat

Ein Großteil des weltweit produzierten Apfelsaftes wird zu Apfelsaftkonzentrat weiterverarbeitet. Apfelsaftkonzentrate sind durch den erhöhten Trockensubstanzgehalt und die damit abgesenkte Wasseraktivität mikrobiologisch weitestgehend stabilisiert (Dittrich 1978) und gewährleisten eine sichere ganzjährige Produktion und eine gewisse Unabhängigkeit von der Rohwarenverfügbarkeit. Gleichzeitig reduzieren sich die Transport- und Lagervolumina beträchtlich (Schobinger 2001).

Das wirtschaftlichste und gegenwärtig gebräuchlichste Verfahren zur Herstellung von Apfelsaftkonzentrat ist die Abtrennung von Wasser durch Verdampfen bei reduziertem Druck (Bolenz 1993). Weitere Verfahren der Saftkonzentrierung durch Wasserentzug

sind u.a. Gefrierkonzentrierung (Schreier et al. 1981) und Membrantrennverfahren (Dialyse, Ultrafiltration, Umkehrosmose). Während bei Gefrierkonzentrierung und Umkehrosmose Trockensubstanz und Aromastoffe gemeinsam konzentriert werden, wird bei der Verdampfung das Aroma mit dem Wasser abgetrennt und muss durch weitere Verfahren (Verdampfung mit Rektifikation) wiederum aus diesem isoliert werden (Bolenz 1993). Dazu werden den Konzentratanlagen in der Regel Aromagewinnungsanlagen (s. 2.2.4) vorgeschaltet. Übliche Verdampferbauarten sind Fallstromverdampfer, Plattenverdampfer, Dünnschichtverdampfer und Zentrifugalverdampfer (Bolenz 1993, Kessler 1996).

2.2.4 Herstellung von Apfelsaftaroma (Restaurationsaroma)

Um bei der Apfelsaftkonzentrat-Herstellung durch Verdampfung die flüchtigen Aromastoffe nicht zu verlieren, werden den Konzentratanlagen Aromagewinnungsanlagen angeschlossen bzw. vorgeschaltet. Dabei schließt sich der Abtrennung der Aromastoffe aus dem Saft eine Anreicherung der Aromastoffe in der abgetrennten wässrigen Phase („Brüden“) an. Das gebräuchlichste Verfahren zur Brüdenkonzentrierung ist die Rektifikation und wird im Folgenden ausführlicher beschrieben. Als weitere Methoden der Anreicherung nach Verdampfung sind das Gas- und Dampfstripp-Verfahren (Buchli 1983), die Spinning Cone Column-Technik (Menzi 1988, Menzi und Emch 1989, Christmann 2006) sowie diverse Adsorptions- und Extraktionsmethoden entwickelt worden (Di Cesare und Polesello 1987, Schultz et al. 1967).

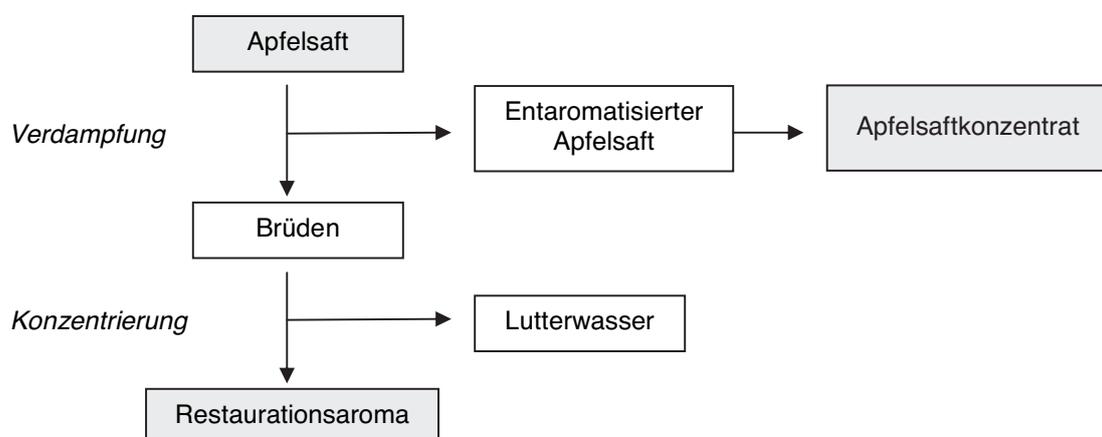


Abbildung 2-8 Herstellung von Apfelsaftkonzentrat und Apfelsaftrestaurationsaroma

Destillative Aromagewinnungsanlagen können wahlweise bei Atmosphärendruck oder unter Vakuum betrieben werden. Meist wird zur Reduzierung der Verdampfungstemperatur zumindest ein gewisses Vakuum angelegt. Einstufige Destillationsanlagen eignen sich gut bei kleinen Saftdurchsätzen (max. 5.000 l/h) und niedrigen Abdampfraten (Schobinger 2001). Vorteilhaft ist dabei die relativ geringe Temperaturbelastung, eine Aufkonzentrierung jedoch nicht möglich. Bei der mehrstufigen Destillation mit Rektifikation sind höhere Abdampfraten realisierbar. Der Wirkungsgrad einer Aromagewinnungsanlage bzw. die Aromaausbeute ist u.a. stark von der Abdampfrate abhängig (Bolenz 1993). In der Rektifikationssäule steigen die leicht flüchtigen Stoffe nach oben, schwer flüchtige Substanzen werden mit dem Lutterwasser abgetrennt. Durch den Gegenstrom von aufsteigendem Dampf und herunter fließender kondensierter Flüssigkeit wird ein intensiver Austausch ermöglicht und eine mehrfache Destillation mit Anreicherung der leichter siedenden Komponenten im Dampf und der schwerer siedenden Stoffe in der abfließenden Flüssigkeit erreicht. Für einen besonders intensiven Kontakt von Dampf und kondensierter Flüssigkeit wurden verschiedene Bauformen von Rektifikationskolonnen entwickelt. Weite Verbreitung finden Füllkörper-, Glockenboden- und Siebbodenkolonnen. Aus Glocken- und Siebbodenkolonnen ist eine Entnahme von Fraktionen auf allen Böden möglich, da sich jeweils ein Flüssigkeitsfilm ausbildet. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn leicht- und schwererflüchtige Komponenten nebeneinander vorkommen. Mit den gebräuchlichen Aromagewinnungsanlagen wird eine 100-200fache Aufkonzentrierung erreicht (Schobinger 2001).

2.3 Apfelsaftaroma

2.3.1 Aromastoffe

In Äpfeln (*Malus domestica*) sind bisher über 300 flüchtige Substanzen nachgewiesen worden, die mehr oder weniger zum typischen Aroma des Apfels und Apfelsaftes beitragen. Mengenmäßig überwiegen im Aromastoffspektrum des Apfelsaftes die Substanzklassen Ester, Alkohole und Aldehyde (Dimick und Hoskin 1983; Herrmann 2001). Eine ebenfalls große Bedeutung wird Spurensstoffen mit sehr niedrigen Geruchsschwellenwerten zugeschrieben (Steinhaus et al. 2005, Schieberle 2006).