

# Optimale Ressourcen- und Energienutzung bei der Fruchtsaftextraktion

Übersetzung von E. Zimmer: Optimal use of resources and energy during fruit juice extraction; FRUIT PROCESSING 1/2017, Seiten 12-16

▮ Direktsafterstellung ▮ Fruchtsaftextraktion ▮ HPX-Technologie ▮ Konzentratherstellung ▮ Saftausbeute ▮

## 1 Einleitung

Der Fruchtsaftkonsum in Deutschland ist 2015 nach jahrelangem Rückgang erfreulicherweise erstmalig wieder leicht gestiegen auf 33 Liter pro Kopf (Quelle: VdF). Gleichwohl ist der Wettbewerb auf dem Fruchtsaftmarkt nach wie vor hart und das Erzielen auskömmlicher Margen eine Herausforderung für alle Produzenten. Die Grundvoraussetzung, um am Markt dauerhaft erfolgreich zu sein, sind natürlich erstklassige, hochqualitative Produkte. Damit die Margen nachhaltig stimmen, ist die optimale Nutzung der eingesetzten Ressourcen, v.a. Rohware, Energie und Wasser, entscheidend.

In einem kürzlich erschienen Beitrag wurden die Möglichkeiten der energetisch optimierten Aufkonzentrierung von Fruchtsäften detailliert erläutert (1). Der vorliegende Beitrag beschreibt nun, wie die eingesetzten Ressourcen im Bereich der Saftgewinnung (Extraktion) optimal genutzt werden und welche aktuellen Entwicklungen zur Optimierung der Ressourceneffizienz beitragen können. Wegen der grossen Bedeutung für den deutschen Markt wird insbesondere die Herstellung von hochqualitativen Apfel-Direktsäften betrachtet.

## 2 Ressourcenverbrauch bei der Fruchtsafterstellung

Die wesentlichen Ressourcen, welche bei der Herstellung von Fruchtsaft verbraucht werden, sind das Rohmaterial (Früchte), Wasser, Energie (elektrischer Strom, Dampf), Prozesshilfsstoffe (Enzyme, Schönungsmittel, Filterhilfsmittel), Zusatzstoffe (z.B. Vitamin C) und Reinigungschemikalien.

### Früchte

Die wichtigste Ressource zur Fruchtsafterstellung in Bezug auf Volumen und Kosten sind die verarbeiteten Früchte. Es ist offensichtlich, dass die Menge des extrahierten Saftes pro Fruchteinheit (= Saftausbeute) der entscheidende Faktor für die Ressourceneffizienz ist. In der

industriellen Apfelsaftextraktion liegen die erzielten Ausbeuten zwischen 70 und 95 % w/w, abhängig von Qualität und Grösse der Früchte, Maischebereitung (Mahlen, mit/ ohne Maischeenzymierung, Temperatur), Art des Extraktionssystems und eingesetzte Nachwässerungsschritte. Die Saftausbeute wird durch Messung der extrahierten Saftmasse oder der verbleibenden Trestermasse im Verhältnis zur verarbeiteten Fruchtmasse bestimmt. Wenn Nachwässerung (NW) eingesetzt wird, muss die Saftverdünnung mittels Korrekturfaktor berücksichtigt werden.

### Wasser

Wasser wird hauptsächlich zur Reinigung der Früchte und der Prozessanlage benötigt. Der Verbrauch zur Fruchtreinigung ist stark von der Sauberkeit der Früchte abhängig. Die Schmutzfrachten können extrem variieren: von sehr



Abb. 1: Schwemmkantäle

75-80 oder 80-85 % w/w beträgt, ist für die Wirtschaftlichkeit des Prozesses ganz entscheidend; jeder Liter zusätzlicher Saft ist bares Geld für den Produzenten.

Die hellen trüben Apfelsäfte, die mit den HPX-Pressen in Kombination mit der innovativen Direktbefüllung hergestellt werden, sind in Bezug auf Saftqualität, Farbe und Vitamin C-Bedarf zumindest gleichwertig zu den entsprechenden Säften von kontinuierlich arbeitenden Entsaftungssystemen. Ein führender deutscher Direktsaft-Hersteller hat deshalb in einem Werk seine gesamte Produktion auf HPX-Pressen mit Direktbefüllung umgestellt. Die Entscheidung fiel aufgrund der positiven Erfahrungen, die während mehrjährigem parallelem Betrieb von kontinuierlicher Entsaftung und HPX-Direktbefüllungstechnologie gesammelt wurden. Weitere namhafte Hersteller planen derzeit substantielle Investitionen in diese Technologie.

## 5 Zusammenfassung

Die optimale Nutzung der Ressource „Rohware“ erfordert bei der Entsaftung von Früchten eine maximale Saftausbeute. Besonders für die Wirtschaftlichkeit der Direktsafterstellung ist der Saftertrag der ersten Pressung („A-Saft“) entscheidend. In Kombination mit der innovativen Technologie der Direktbefüllung werden mit Bucher HPX-Pressen hervorragende helle Direktsäfte bei maximalem Saftertrag gewonnen.



**Autor:**  
**Dr. Edgar Zimmer,**  
Leiter Technologie und Entwicklung  
Bucher Unipektin AG

(1) Zimmer E, Haverland H, Latz M: Energetisch optimierte Aufkonzentrierung von Fruchtsäften; FLÜSSIGES OBST 7-2016, S. 256-261

hat den Vorteil, dass die Maische besser pressbar ist und wenig Vitamin C mit dem Trester verloren geht.

Beim Pressen mit HPX-Pressen wird während den ersten 20 min ca. 70-80 % des gesamten Saftes einer Presscharge extrahiert. Selbst wenn für maximale Saftausbeute die Gesamtzeit einer Presscharge 60 min beträgt, ist die mittlere Verweilzeit des Saftes in der Presse deshalb nur ca. 15 min. Die Hauptzugabe an Vitamin C erfolgt jetzt direkt in die Saftleitung nach der Presse. Eine leichte Bräunung des Saftes gegen Ende der Presscharge wird dadurch sofort wieder rückgängig gemacht, weil die Oxidationsreaktion zu diesem Zeitpunkt noch weitgehend reversibel ist.

Tabelle 4 zeigt die Entwicklung von Vitamin C-Gehalt und Saftfarbe im Verlauf einer Presscharge (HPX 6007) mit Direktbefüllung. Verarbeitet wurden sehr gut pressbare, frische Äpfel. Es erfolgte keine Vitamin C-Dosierung zur Maische. Die inline Vitamin C-Dosierung zum Saft betrug ca. 350 mg/L. Die Säfte wurden 10 min nach der Probenahme pasteurisiert. Die gezeigten Werte sind Mittelwerte über drei Presschargen.

15 min nach Chargenbeginn waren bereits über 70 % des Saftes extrahiert; nach 45 min wurde eine Saftausbeute von 85 % w/w erreicht und die Presscharge beendet. Von den zugesetzten ca. 350 mg/L Vitamin C wurden mit zunehmender Pressdauer erwartungsgemäss steigende Anteile verbraucht. In der Durchschnittsprobe über die gesamte Charge waren aber immer noch 251 mg/L vorhanden. Die mittlere Vitamin C-Zehrung von ca. 100 mg/L kann als sehr gering beurteilt werden und belegt die geringe Oxidation durch den Direktbefüllungsprozess. Auch die Saftfarbe war mit Lovibond 4 sehr hell. Die etwas dunklere Farbe des Saftes nach > 30 min Presszeit hat wegen der dann nur noch geringen Saftmenge keinen wesentlichen Einfluss auf die Saftfarbe der gesamten Charge.

In Bezug auf die Saftqualität sind „normale“ Presschargezeiten von 50-60 min also unproblematisch, wenn die Direktbefüllung eingesetzt wird. Der Ausbeutegewinn in den späteren Pressphasen ist dagegen sehr wohl von hoher wirtschaftlicher Bedeutung: ob die A-Saftausbeute

weisen, werden heute am Markt zunehmend sehr helle Säfte nachgefragt. Die klassische gelblich-braune Apfelsaftfarbe entsteht durch die natürliche Oxidation der Polyphenole des Apfels durch das fruchteigene Enzym Polyphenoloxidase (PPO). Dieser Prozess setzt sofort nach dem Mahlen der Äpfel ein, weil dann die Substrate Polyphenole und Luftsauerstoff mit dem Katalysator PPO in Kontakt gebracht werden. Die Oxidationsreaktion dauert so lange an, bis die PPO durch einen Hitzeschritt (Pasteurisation) inaktiviert wird. Um die Bräunung zu verhindern muss der gesamte Prozess von Mahlen bis zur Pasteurisation also möglichst schnell sein. Zusätzlich wird Ascorbinsäure (Vitamin C) als Oxidationsschutz zum Saft und/oder zur Maische zugegeben.

### Direktbefüllung: Apfelpuffer statt Maischepuffer

Da die Bucher HPX-Pressen chargenweise, also diskontinuierlich arbeiten, wird die Maische nach dem Mahlen üblicherweise in grossen Maischetanks gepuffert, damit die Pressen schnell und mit hoher Leistung befüllt werden können. Wenn helle Trübsäfte hergestellt werden sollen, ist die Maischepufferung aber von Nachteil, weil sie die Standzeit und damit die Bräunung bzw. die Vitamin C-Zehrung erhöht.

Deshalb hat Bucher den Prozess der Direktbefüllung entwickelt, der die Maischestandzeit eliminiert. Das Konzept dabei ist die Verwendung eines Apfelpuffers an Stelle eines Maischepuffers: oberhalb der Mühle wird ein Puffertank für ca. 3 t Äpfel installiert, unterhalb der Mühle nur ein kleiner Maischepuffertank mit ca. 2 m<sup>3</sup> Volumen. Von dem kleinen Puffertank wird die Maische nahezu ohne Standzeit direkt in die Presse(n) gepumpt (Direktbefüllung) und abgepresst. Die Mahlleistung der eingesetzten Bucher CM 50-Mühle ist so hoch (bis 50 t/h), dass auch bei sehr kleinem Maischepuffer keine Leistungseinbussen auftreten. Neben der hohen Mahlleistung hat die CM 50 den Vorteil, dass sie viel weniger Luft in die Maische einbringt als andere Mahlssysteme, wodurch sich das Oxidationspotential deutlich reduziert. Die Bucher Prozesssteuerung sorgt dafür, dass immer nur so viel Maische vorgehalten wird, wie momentan für den Füllprozess benötigt wird. Im Mittel dauert es nur ca. eine Minute vom Mahlen bis zum Eintritt der Maische in die HPX-Pressen.

### Vitamin C: Zugabe zum Saft statt zur Maische

Durch diese sehr kurze Verweilzeit kann entweder komplett auf die Zugabe von Vitamin C zur Maische verzichtet oder aber der Zusatz auf sehr kleine Mengen, z.B. 100-200 mg/kg beschränkt werden. Kein oder wenig Vitamin C in der Maische

Tabelle 4: Entwicklung von Vitamin C und Saftfarbe im Verlauf einer Presscharge; HPX 6007 mit Direktbefüllung; Vitamin C Zugabe: 350 mg/L Saft

Zeit ab Start Charge min	Ausbeute % w/w	Saftanteil %	Saftanteil, kumuliert %	Vitamin C mg/L	Farbe Lovibond
5	36	41,9	41,9	305	4
15	61	29,5	71,4	212	4
30	80	22,7	94,1	175	4-5
45	85	5,9	100,0	134	5
Ø-Probe				251	4



Abb. 2: Schwemmwasserabtrennung

sauber (z.B. aussortierte Tafeläpfel aus Lagerhäusern) bis sehr schmutzig (z.B. Fallobst von offenen Böden). Die meisten Apfelverarbeiter nutzen Schwemmsysteme für Transport und Vorreinigung der Früchte (Abb. 1, Abb. 2). Das Schwemmwasser wird kontinuierlich zirkuliert. Siebfilter im Wasserkreislauf entfernen dabei die grob partikuläre Schmutzfracht. Trotzdem steigt die Verschmutzung kontinuierlich an und das Wasser muss regelmässig, z.B. einmal täglich, ausgetauscht werden. Bei täglichem Wechsel beträgt der Schwemmwasserverbrauch ca. 25 L pro t Früchte. Zur Endreinigung werden die Äpfel mit sauberem Wasser in nachgeschalteten Förder- oder Sortieranlagen überbraust (Sprühleisten, Sprühdüsen). Für ein gutes Reinigungsergebnis sollte das Wasser an mindestens zwei räumlich getrennten Stellen aufgegeben werden. Zur Endreinigung werden typischerweise 50 - 100 L pro t Früchte eingesetzt. Dabei wird das Sprühwasser der Endreinigung zusammen mit dem Schwemmwasser gesammelt und sorgt somit für eine

kontinuierliche „Auffrischung“ im Schwemmkreislauf. In Summe werden zur Fruchtreinigung üblicherweise ca. 75 - 125 L Wasser pro t Äpfel verbraucht.

Für die letzte Sprühstelle sollte Trinkwasserqualität verwendet werden. Bei Konzentratherstellung kann Brüdenkondensat in vorgelagerten Sprühschritten und für den Schwemmwasserkreis genutzt werden. Dadurch reduziert sich der Frischwasserverbrauch um mehr als 50 %.

Der Wasserverbrauch zur Reinigung der Prozessanlagen und für sonstige Reinigungsaufgaben kann stark variieren. Er hängt ab von Faktoren wie: Anlagentypen, Anzahl und Ausführung von Prozesstanks und -leitungen sowie die Art und Häufigkeit der eingesetzten CIP-Sequenzen. Grundsätzlich gilt: gutes „Hygienic Design“ der Prozessanlagen vermeidet grosse Mischzonen zwischen Produkt und Wasser bzw. Wasser und CIP-Fluiden und ist somit die Voraussetzung für einen geringen Wasserverbrauch. Durch geeignete Sensoren an Ventilknoten (z.B. Leitfähigkeits- oder Trübungssensoren) zusammen mit automatisierten Reinigungssequenzen können übermässige Produkt- und Wasserverluste vermieden werden. Moderne CIP-Anlagen recyceln einen Grossteil der eingesetzten alkalischen Reinigungslösungen sowie einen Teil des letzten Spülwassers, welches in nachfolgenden Reinigungen zur Vorspülung verwendet wird. Bei Konzentratherstellung kann Brüdenkondensat für die meisten Reinigungsaufgaben ausser zur Desinfektion und zur Endspülung eingesetzt werden.

#### Energie: Elektrischer Strom und Dampf

In Tabelle 1 sind typische Energieverbrauchswerte für die einzelnen Prozessschritte einer Bucher Prozesslinie zur Verarbeitung von 30 t/h Äpfel zu Apfelsaftkonzentrat (ASK) zusammengefasst. Die Aufstellung berücksichtigt nicht die Verbräuche für Utilities und CIP.

Prozessschritt	kWh / t Äpfel	kg Dampf / t Äpfel	Bemerkung
Schwemmsystem	0,5	-	überwiegend Pumpen
Fruchttransport	0,3	-	Elevatoren, Bänder, Auslesetische
Mahlen	0,5	-	mit Bucher CM50 Rätzscheibenmühle
Maischebehandlung	0,2 <sup>1)</sup> 0,8 <sup>2)</sup>	- <sup>1)</sup> 26 <sup>2)</sup>	<sup>1)</sup> : ohne Maischeerwärmung <sup>2)</sup> : mit Maischeerwärmung (12 auf 27°C)
Pressen	1,8	-	mit Bucher HPX Pressen, 1x NW
Filtration	1,9	-	mit Ultrafiltration (Rohrmembranen)
Verdampfung	4,0	195	6-stufiger Verdampfer, incl. Kühlwasser- und Kältemittelkreislauf
Saft- und Wasserhandlung	0,5	-	Transferpumpen, Rührwerke
<b>Total</b>	<b>9,5 - 10,1</b>	<b>195 - 221</b>	<b>ohne CIP</b>

In Summe werden ca. 10 kWh elektrische Energie und 200 kg Dampf benötigt, um eine t Äpfel zu ASK zu verarbeiten. Ca. 40% der elektrischen Energie werden für die Verdampfung benötigt, gefolgt von Filtration und Pressen. Der Dampfverbrauch resultiert ebenfalls überwiegend aus der Verdampfung, welche die Pasteurisation, Vorkonzentrierung, Aromagewinnung und die Endkonzentrierung umfasst. Der Dampfverbrauch kann zu einem grossen Teil durch elektrische Energie ersetzt werden, wenn ein Verdampfer mit mechanischer Brüdenverdichtung verwendet wird (1).

Da Pumpen die Hauptverbraucher von elektrischer Energie sind, sollten diese hohe Wirkungsgrade aufweisen und korrekt dimensioniert sein. Wenn wechselnde Kapazitäten abgedeckt werden müssen, empfiehlt es sich, die entsprechenden Pumpen über Frequenzumformer anzusteuern. Grundsätzlich werden die guten Verbrauchswerte gemäss Tabelle 1 nur dann erreicht, wenn die Prozessanlage kontinuierlich betrieben wird. Häufiges An- und Abfahren resultiert in signifikant höheren Wasser- und Stromverbräuchen und sollte deshalb vermieden werden. Eine gute Produktionsplanung und -überwachung ist deshalb ebenso entscheidend zum Erreichen maximaler Ressourceneffizienz wie die Verwendung von hoch effizienten Komponenten.

#### 3 Bucher HPX-Pressen für optimale Ressourcennutzung

##### 3.1 Bedeutung der Saftausbeute

Bucher hydraulische Fruchtpressen vom Typ HPX sind seit Jahrzehnten der Benchmark in Bezug auf die erzielten Saftausbeuten. Im Vergleich zu Bandpressen wird i.d.R. 4 - 8 % w/w mehr Direktsaft extrahiert. Durch den geringen Anteil an sedimentierbarem Trub im Saft ist der Verlust durch die nachgeschaltete Zentrifuge ebenfalls geringer als bei Bandpressen, was die „Netto-Saftausbeute“ im Vergleich zu letzteren weiter erhöht. Die optimale Rohstoffausnutzung durch die HPX-Technologie ist ein ganz entscheidender wirtschaftlicher Vorteil für Direktsafthersteller, lassen sich doch dadurch im Vergleich zu Bandpressen bei gleichem Saftertrag die Kosten für die Rohware um 5 - 10 % senken (Tabelle 2).

	Saftausbeute % w/w	Rohware pro 100 kg Saft	Rohware, relativ %
HPX	84,0	119,0	100,0
Bandpresse	80,0	125,0	105,0

	A-Saftausbeute % w/w	Wasser für Tresterwässerung % von Rohware	kg Rohware pro kg ASK	kg Wasserverdampfung pro kg ASK	Wasserverdampfung, relativ %
HPX	87,0	15,0	7,0	6,3	100,0
Bandpresse	82,0	25,0	7,2	7,0	111,1

Bei der Herstellung von Apfelsaftkonzentrat ist eine enzymatische Behandlung der ggfls. auf 25-30°C erwärmten Maische Stand der Technik. Dadurch ergeben sich auf den Pressen deutlich höhere „A-Saft“-Ausbeuten als für Direktsaft und auch der Durchsatz steigt signifikant an. Der Trester der ersten Pressung wird üblicherweise mit Wasser im Verhältnis 1:1 bis 1:1.5 vermischt und ein zweites Mal abgepresst (Nachwässerung, Bandpressenkaskade). Durch die entsprechend der Wasserverdünnung reduzierte im Trester verbleibende lösliche Trockensubstanz wird der Verlust durch den Trester verringert und die Konzentratausbeute entsprechend erhöht. Insgesamt reduziert sich durch das zweistufige Pressen mit Trester-Wässerung der Ausbeutevorteil der HPX-Pressen gegenüber Bandpressen im Vergleich zur Direktsaftherstellung, beträgt aber üblicherweise immer noch 2-3 % w/w. Weil bei den HPX-Pressen der zu wässernde Trester, bezogen auf die Apfelmenge, nur ca. 10-14 % w/w gegenüber 16-22 % bei Bandpressen beträgt, ist der Wasserbedarf zur Trester-Wässerung entsprechend geringer. Durch die höhere Trubmenge wird bei der Filtration von Bandpressensaft für die Diafiltration ebenfalls mehr Wasser benötigt als für HPX-Saft. In Summe ist die erforderliche Wasserverdampfung pro kg Apfelsaftkonzentrat bei Bandpressenkaskaden um ca. 11 % höher als bei Linien mit HPX-Pressen (Tabelle 3).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Apfelsaftextraktion mit Bucher HPX-Pressen gegenüber Bandpressen insbesondere für Direktsafthersteller grosse Vorteile bzgl. Rohwarenausnutzung erzielt. Für ASK-Hersteller ist die Rohwarenausnutzung immer noch ca. 3 % besser. Zugleich ist die erforderliche Wasserverdampfung signifikant geringer mit entsprechend niedrigeren Energiekosten für den Eindampfschritt.

##### 3.2 Energie- und Wasserverbrauch: Effizienzsteigerung durch neue Power Hydraulik HE

Um den Ressourcenverbrauch bei der Saftextraktion weiter zu reduzieren, hat die Bucher Unipektin AG für die HPX-Pressen eine neue Generation von Hydraulikaggregaten entwickelt mit signifikant reduziertem Strom- und Wasserverbrauch: die Power Hydraulik HE (high efficiency). Das neue Aggregat verwendet eine hocheffiziente, elektronisch geregelte Pumpe für das Verfahren des Hauptzylinders. Eine zweite, frequenzgeregelte Pumpe ist zuständig für das Bewegen des Pressman-



Abb. 3: Hydraulik-Aggregat Power Hydraulik HE

tels und für den Ölfiltrations- und -kühlkreislauf. Im geschlossenen Zustand stellt eine spezielle Druckluftschaltung die erforderliche Schliesskraft für den Pressmantel nahezu ohne Stromverbrauch zur Verfügung. Grosszügig dimensionierte Ventile und Leitungen sorgen für minimale Verlustleistung und damit geringe Erwärmung des Hydrauliköls. In Summe konnte der Stromverbrauch für die hydraulischen Antriebe durch die Optimierungsmassnahmen im Vergleich zum bisherigen Modell um mehr als 30 % gesenkt werden!

Da sich die zu verrichtende mechanische Arbeit für das eigentliche Pressen ja nicht geändert hat, resultiert der reduzierte Energieverbrauch praktisch vollständig aus verringerter Verlustleistung. Als Konsequenz muss ca. 40%

weniger Wärme abgeführt werden. Das neue Aggregat wird deshalb als Standard mit einem Öl-/Luftkühler ausgestattet, welcher bis zu einer Umgebungstemperatur von 40°C die erforderliche Kühlleistung liefert. Auf einen Wasser-/Ölkühler kann komplett verzichtet werden und es wird kein Kühlwasser mehr verbraucht.

Für die Power Hydraulik HE werden hochqualitative Komponenten von renommierten Hydraulikspezialisten eingesetzt. Besonderes Augenmerk wurde bei der Entwicklung auf ein wartungsfreundliches Konzept gelegt. So sind alle Komponenten gut zugänglich und die Hydraulikströme sind für eine einfache Diagnose konsequent getrennt (Abb. 3). Maximale Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit sind das Resultat.

Die Power Hydraulik HE wird 2017 für die Pressenmodelle HPX 6007 und HPX 7507 im Markt eingeführt. Der Stromverbrauch der Maschinen beträgt ca. 1,3 kWh pro t Äpfel beim Pressen enzymierter Apfelmehlsche mit Nachwässerung bzw. ca. 1,8 kWh pro t Apfel-Direktsaft.

#### 4 Direktsaftherstellung: Spitzenqualität und -ausbeute mit Direktbefüllung

Während die traditionellen „naturtrüben“ Apfelsäfte v.a. in Süddeutschland eine typische gelblich-braune Farbe auf-

## From nature to taste ... ... mit moderner Technologie zur Herstellung von Getränke- und Instant-Produkten



**Bucher Unipektin AG**  
Murzlenstrasse 80  
CH-8166 Niederweningen  
Tel. +41 44 857 23 00  
Fax +41 44 857 23 41  
info@bucherunipektin.com  
www.bucherunipektin.com

**BUCHER**  
unipektin