



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Bereich Prozess- und Betriebsoptimierung
In Zusammenarbeit mit der Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW)

PILOTPHASE II PINCH-METHODIK

2008/09 Schlussbericht



PINCH-ANALYSE
HERO

Ausgearbeitet durch

Reto Keller / Lemon Consult GmbH

Pascal Fotsch / Lemon Consult GmbH

Hofstrasse 1, 8032 Zürich

keller@lemonconsult.ch, www.lemonconsult.ch

Fachliche Begleitung

Raymond Morand / Helbling Beratung + Bauplanung AG



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Bereich Prozess- und Betriebsoptimierung
In Zusammenarbeit mit der Energie-Agentur der Wirtschaft
(EnAW)

Impressum

Datum: 27. Januar 2009

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, Bereich Prozess- und Betriebsoptimierung
Industrie und Dienstleistungen
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen
Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00
www.bfe.admin.ch

BFE-Projektleiter: Bereichsleiter, martin.stettler@bfe.admin.ch

Projektnummer: **102621**

Bezugsort der Publikation: www.bfe.admin.ch unter EnergieSchweiz - Unternehmen -
Prozessintegration PI

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.



Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung.....	1
2.	Ausgangslage	2
3.	Ziel der Arbeit	2
4.	Lösungsweg.....	3
5.	Grundlagen.....	4
6.	Prozess der Portionenkonfitüre Linie 64.....	6
7.	Modellierung und Prozessanforderung	8
8.	Ablauf der Pinch-Analyse	9
9.	Durchgeführte Messungen	11
10.	Netzwerk Vorschläge	13
10.1.	Variante 1 für die Kochlinie 64	13
10.2.	Variante 2 für die Kochlinie 64	17
11.	Idee Brüdenverdichtung	19
12.	Resultate / Einsparungen	21
12.1.	Variante 1 für die Kochlinie 64	21
12.2.	Variante 2 für die Kochlinie 64	22
12.3.	Hochrechnung auf die gesamte Produktion	24
13.	Empfehlung / Weiteres Vorgehen für Hero.....	24
14.	Schlussfolgerungen.....	25
15.	Referenzen	25
	Anhang	26



1. Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit dem Neubauprojekt der Produktion im Hornerfeld sollen für die Hero durch Einsatz der Pinch-Methodik Energieoptimierungsmassnahmen innerhalb der Konfitürenkochlinien ermittelt werden. Stellvertretend für alle Kochlinien dient die Portionenkochlinie Nr. 64 als geeignetes Analyseobjekt. Die weiteren Produktionslinien wurden entsprechend hochgerechnet.

Die Untersuchung zeigt, dass speziell die Kondensation der Brüden aus dem Vakuum Kochprozess ein grosses Abwärmepotential aufweist. Dieses kann einerseits für den vorgelagerten Vorkochprozess eingesetzt werden und andererseits zur Erwärmung der Zutaten. Weitere interessante Abwärmemengen stehen beim CIP-Abwasser und der Portionenkühlung zur Verfügung. Die Analyse bringt zwei Varianten hervor, mit welchen der extern zugeführte Energieeinsatz so tief wie möglich gehalten wird. Die zeitlichen Rahmenbedingungen an den Kochprozess führen bei den heute verwendeten Wärmetauschsystemen zu erhöhten Systemtemperaturen und in der Folge zu einem spürbar reduzierten Abwärmenutzungsgrad. Daraus resultiert eine deutliche schlechtere Wirtschaftlichkeit. Der Energiegewinn durch die Optimierung beträgt bei der vorgeschlagenen Variante ca. 362'600 kWh thermisch und ca. 145'100 kWh elektrisch. Das entspricht einer Effizienzverbesserung von 21 % thermisch und 23 % elektrisch, gegenüber dem bisher beschrittenen Weg von Hero.

Energiekosteneinsparungen von jährlich CHF 38'500 erlauben bei der Einhaltung der geforderten 5 Jahre Pay-Back-Time eine max. Investition von rund CHF 192'500 zur Realisierung der vorgeschlagenen Systemoptimierungen. Kostenschätzungen seitens Anlagebauer zeigen grössere Gesamtkosten auf. Daraus resultieren bei den vorgeschlagenen Massnahmen Pay-Back-Times von 6.6 Jahren, respektive 12 Jahren. Die Wirtschaftlichkeit der aufgezeigten Optimierung an den bestehenden Prozessanlagen ist unter diesen Umständen nicht gegeben. Einzelne Komponenten wie die Wärmerückgewinnung im CIP-Prozess jedoch sind weiter zu ziehen und verlangen eine vertiefte Betrachtung.

Deutlich positiver sieht die Situation bei der Planung und Installation einer komplett neuen Kochlinie aus. Hier können von Beginn weg optimale Bedingungen zur Abwärmenutzung geschaffen werden. Seien das tiefere erforderliche Systemtemperaturen oder parallel geführte Anlagen. Dann wird auch die in der Analyse betrachtete mech. Brüdenverdichtung im Vakuumprozess wieder aktuell. Gegenüber einem klassischen, kontinuierlichen Prozess stehen die Vorzeichen für eine wirtschaftliche Abwärmenutzung bei einer Chargenproduktion unter Zeitdruck, wie sie bei Hero bis heute Standard ist, nicht so gut. Die Einschränkungen sind zu gross. Trotzdem ist das Projektteam zuversichtlich, dass die eine oder andere Idee die Gesamteffizienz der Konfitürenproduktion in Zukunft steigern wird.



2. Ausgangslage

Der Bund hat sich zum Ziel gesetzt, die Pinch-Analyse in der Industrie möglichst breit zu verankern. Als Anreiz zur Umsetzung bildet er Ingenieure auf dieser Analysemethode aus und fördert eine Anzahl von Pilotprojekten. Zusätzlich stellt der Bund Experten zur Verfügung, um die Betriebe fachlich zu beraten.

Der Umzug der Hero Produktionsstätte bietet gute Voraussetzungen für eine Pinch-Analyse, da die resultierenden Massnahmen bei der Erstellung der Produktion am neuen Ort einfacher umgesetzt werden können, als in einem bestehendem, historisch gewachsenen Werk. Die Potenzialanalyse, welche finanziell vollumfänglich vom BFE getragen wurde, zeigte ein erhebliches Einsparpotenzial, welches dazu führte die Prozesse der Hero als Pilotprojekt zu unterstützen.

3. Ziel der Arbeit

Mit dem Einsatz der Pinch-Methode sollen der Hero Schweiz wirtschaftliche Optimierungsmassnahmen für den Neuaufbau der Anlagen aufgezeigt werden, damit einerseits die Gesamtenergieeffizienz und andererseits der CO₂-Ausstoss verbessert werden können. Die Firma will durch die Umsetzung der daraus resultierenden Projekte die mit dem Bund vereinbarten Klimaschutzziele erreichen und die Energiekosten der Produktion reduzieren.

Die Pinch-Methode bildet einen alternativen Weg zur traditionellen Prozessanalyse, welche unter den Ingenieuren weitverbreitet ist. Dabei werden vielerorts interessante Wärmequellen mit naheliegenden Wärmesenken mit Tauschersystemem verknüpft, ohne zu wissen ob im Prozesssystem aus wirtschaftlich-physikalischer Sicht nicht noch interessantere Verknüpfungen bestehen.

Durch den integrativen und systematischen Ansatz der Pinch-Methode soll dieses Potential ausgeschöpft werden. In einem weiteren Schritt sollen die technische Umsetzbarkeit und der Einfluss auf den neuen Betrieb aller Vorschläge bewertet werden, damit in der Folge ein entsprechendes Vorgehenspapier erstellt werden kann.

Das Pilotprojekt soll neben den Vorzügen der Methodik auch die Einsatzgrenzen, Besonderheiten und Hürden der Pinch-Analyse aufzeigen, damit der künftige Einsatz optimiert werden kann.



4. Lösungsweg

Die zeitintensivste Arbeit bei der Pinch-Analyse ist die Definition der Prozesse und die Datenaufnahme (Abb. 1). In dieser Phase ist das Prozesswissen des Personals stark gefragt, damit aufgrund dieser Daten das Modell mit möglichst fundierten Grundlagen gebildet werden kann.

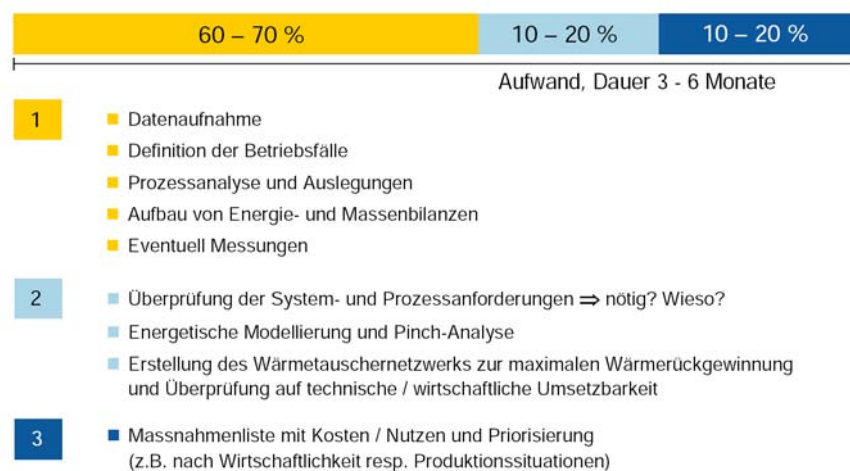


Abbildung 1: Schematische Vorgehensweise bei der Pinch - Analyse (BFE, 2008).

Der Prozess der Portionenkonfitüren Linie 64 wurde stellvertretend für alle Prozesse simuliert und auf die Produktionsprognosen des MOVE-Projektes¹ hochgerechnet. Das Wärmetauschernetzwerk und die entsprechende praktische Umsetzung werden anhand von zwei Varianten aufgezeigt. Auf diesen Grundlagen resultiert die Massnahmenliste mit Investitionskosten und entsprechenden Einsparungen. Anhand dieser Liste ist es für den Anlagenplaner nach der Überarbeitung der Kostenschätzung möglich Massnahmen für die Umsetzung detailliert auszuarbeiten und umzusetzen.

¹ Das MOVE-Projekt ist die Bezeichnung für den Umzug der Produktion an den Neuen Standort in Hornerfeld. Dieses Projekt schliesst die Neugestaltung der Produktion mit ein.



5. Grundlagen

Von der im Jahr 2007 gesamthaft produzierte Menge ist rund ein Drittel der Portionenkonfitüre zuzuordnen, welche im Zentrum der Untersuchung steht. Der neue Produktionsstandort Hornerfeld sieht vor, künftig nur noch Portionenkonfitüre zu produzieren. Da der heutige Energiebedarf nicht auf die einzelnen Produkte zugeordnet werden kann, stehen deshalb pro Produkt keine spezifischen Verbrauchswerte zur Verfügung (Abb. 2-4).

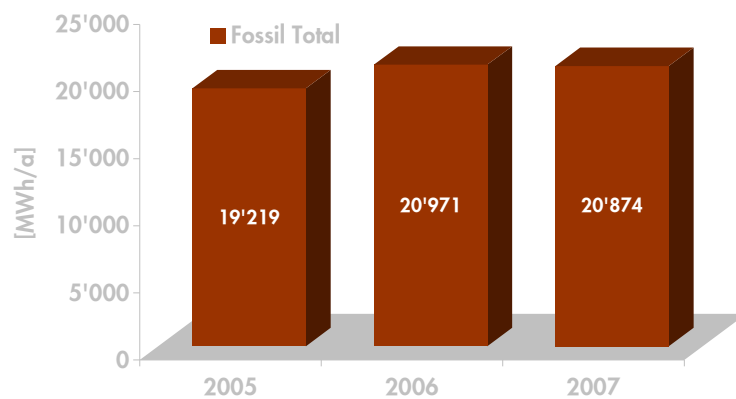


Abbildung 2: Endenergie Fossil Wärme in MWh pro Jahr für die Produktion und das Gebäude.

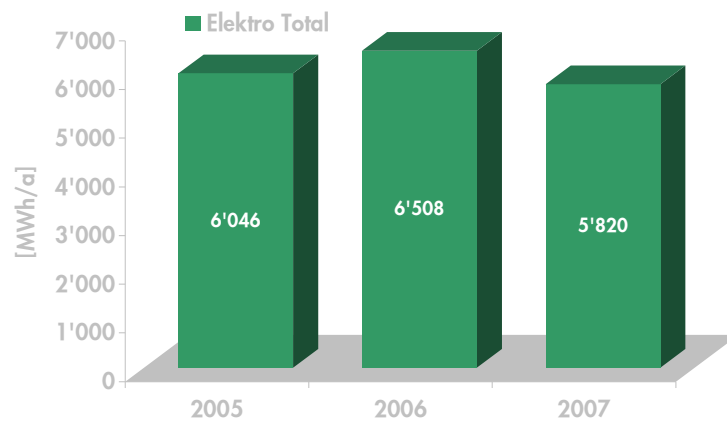


Abbildung 3: Endenergie Elektro in MWh pro Jahr für die Produktion und das Gebäude.



Eine einigermaßen verlässliche Hochrechnung des Energieverbrauches anhand der gesamten Produktionsmengen ist infolge fehlender spezifischer Kenndaten nur mit grossen Unsicherheiten möglich (Abb. 4).

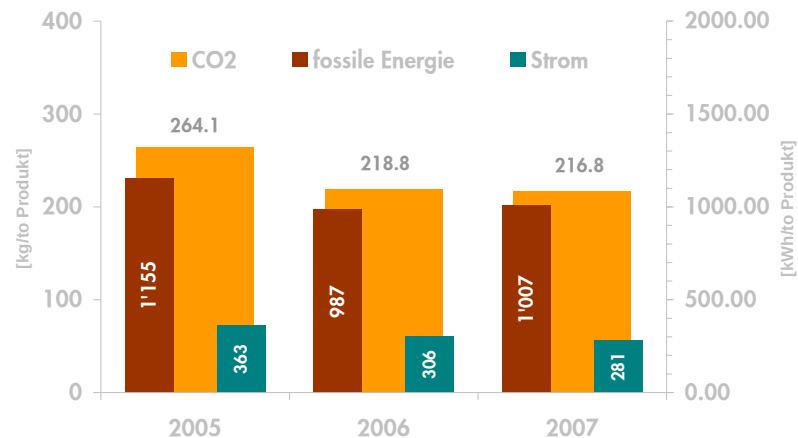


Abbildung 4: Spezifische Energie- und Emissionskennzahlen in kg respektive kWh pro Tonnen Produkt für die Produktion und das Gebäude.

In einer ersten Annäherung wird die Energienachfrage deshalb aus der vorhandenen Benchmark-Berechnung MOVE der Hero übernommen.

Elektro: 1'765 MWh/a (253 kWh/t)
158'890 CHF/a

Endenergie Wärme: 6'259 MWh/a (897 kWh/t)
456'930 CHF/a

Dabei wurde sowohl im Bereich Elektro wie auch im Bereich der Wärmeenergie eine Effizienzsteigerung durch Flächenkonzentration, massive Reduktion der Verteilverluste, Beschaffung von Neuanlagen, usw. berücksichtigt.

Elektro: -10%
Endenergie Wärme: -11%



6. Prozess der Portionenkonfitüre Linie 64

Als Modellprozess für die Simulation mit der Pinch-Analyse wurde die Portionenproduktion Konfitüre mit Vor- und Vakuumkocher der Linie 64 verwendet (Abb. 5).

In einem ersten Prozessschritt werden die Früchte aufgetaut. Durch zeitliche Engpässe und hygienische Aspekte wird die Auftauung heute zu wenig konsequent durchgeführt. Deshalb werden die Früchte oft im gefrorenen Zustand in den Kocher gegeben.

Im Vorkocher werden die Früchte mit den Zutaten vermischt und vorgekocht. Der Hauptkochvorgang findet im Vakuumkocher statt. Die von der Vakuumpumpe entzogene Brüde wird im Kondensator mit Frischwasser gekühlt und auskondensiert, wobei das heisse Kondensat direkt in den Abfluss gelangt. Im darauf folgenden Mischer wird Zitronensäure beigegeben. Die dampfgespiesene Pasteurstrecke erhitzt die Konfitüre auf die vorgeschriebene Abfülltemperatur. Die heissen Portionen werden nach dem Abfüllen mittels Wasserbesprühung und einem luftgekühlten Paternoster oder einer Wasserkühlstrecke auf die Verpackungstemperatur gekühlt.

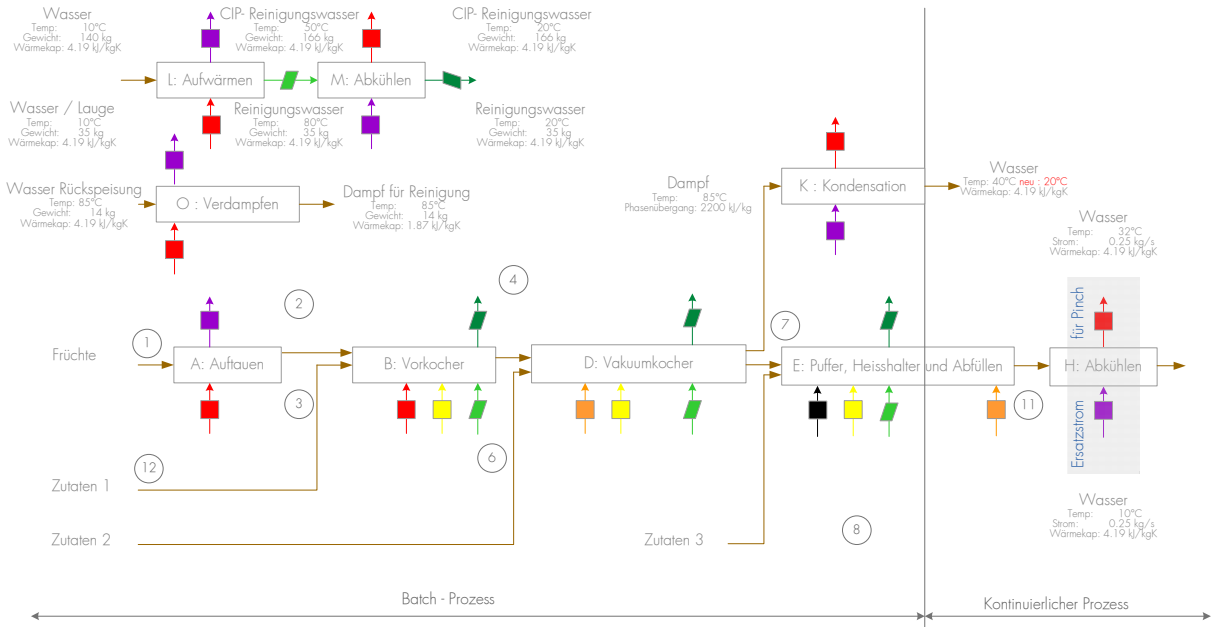


Abbildung 5: Prozess für die Portionenproduktion der Linie 64 mit der Datenaufnahme für die Pinchmodellierung. Alle Gewichtsangaben beim Batchprozess sind kg pro Batch.

Der zeitliche Ablauf eines Prozesses ist für die Wärme- oder Kälterückgewinnung sehr entscheidend. Falls die Anlagen nicht gleichzeitig in Betrieb sind, muss mit entsprechenden Energiespeichern gearbeitet werden.

Die Prozesse der Hero haben die Eigenheit, dass Batchprozesse² mit kontinuierlichen Prozessen verbunden sind.

Der Fruchtkonfitürenprozess der Line 64 wird rund 10 bis 20-mal pro Tag durchlaufen. Neben den Hauptprozessschritten, wie Auftauen, Aufwärmen und Kochen, werden zur Sicherstellung der Hygiene und der Gewährleistung der Produktereinheit Reinigungs durchgeführt. Grundsätzlich wird darauf geachtet, dass möglichst wenige Reinigungs stattfinden. Dies wird im Produktionsprogramm entsprechend geplant.

Die Reinigung findet rund 2-mal täglich mit Wasser statt, wobei auch Dampf für das thermische Rührwerk benötigt wird. Zusätzlich wird rund 1-mal pro Woche mit Lauge gereinigt.

Der zeitliche Verlauf der Reinigungs ist nicht jeden Tag derselbe. Es wurde mit einem Szenario gerechnet, welches nach Angaben der Hero am häufigsten vorkommt.

² Ein Batchprozess oder auch Chargenprozess genannt ist ein diskontinuierlicher Prozess. Ein solcher Prozessschritt dauert eine gewisse Zeit, danach ist dieser abgeschlossen und der Prozessschritt wird neu beschickt. Ein typischer Batchprozess ist das Kochen, wobei das Produkt im Kocher gemischt wird und dann mit dem vorgeschriebenen Temperaturverlauf eine bestimmte Verweilzeit hat, bis der Prozessschritt abgeschlossen ist.



7. Modellierung und Prozessanforderung

Das Pinch-Modell basiert auf dem Prinzip, dass möglichst viele aufzuwärmende Ströme mit abzukühlenden durch Wärmetauscher verbunden werden können. Dabei spielen nicht nur die Leistung und das Temperaturniveau eine Rolle, sondern auch die Temperaturübergänge und die Zeiten. Weiter sind für die Bestimmung der Jahreskosten und der Rentabilität die wirtschaftlichen Vorgaben mitentscheidend (Anhang A)

Eine besondere Herausforderung stellt bei der Hero der Auftauvorgang dar. Es ist schwierig bei einem tiefgefrorenen Block die Wärme gleichmässig bis in den Kern zu bringen.

Die Pinch-Methode wird bei kontinuierlichen Prozessen auf die Leistung ausgelegt, da diese Leistungen im Gegensatz zum Batchprozess vorhanden sind, sobald der Prozess läuft. Im Batchprozess wird die Energie pro Charge betrachtet, da auch grosse Leistungen nur eine gewisse Zeit vorhanden sind, wie zum Beispiel der Kondensationsprozess im Vakuumkocher.

Sämtliche Prozessschritte wurden in Batchprozesse umgerechnet, um eine einheitliche Basis für das Modell zu erlangen. Die Datenaufnahme und die Umrechnung der kontinuierlichen Prozesse in einen Batchprozess (kWh/Charge) wurde in einer separaten Tabelle verarbeitet. Diese Tabelle bildet die Grundlage für die Eingabe in die Pinch Software (Pinch Leni, Ausg. 1995 - 1999). Dabei wurde auch die Massenbilanz der Ströme zusammen gestellt.



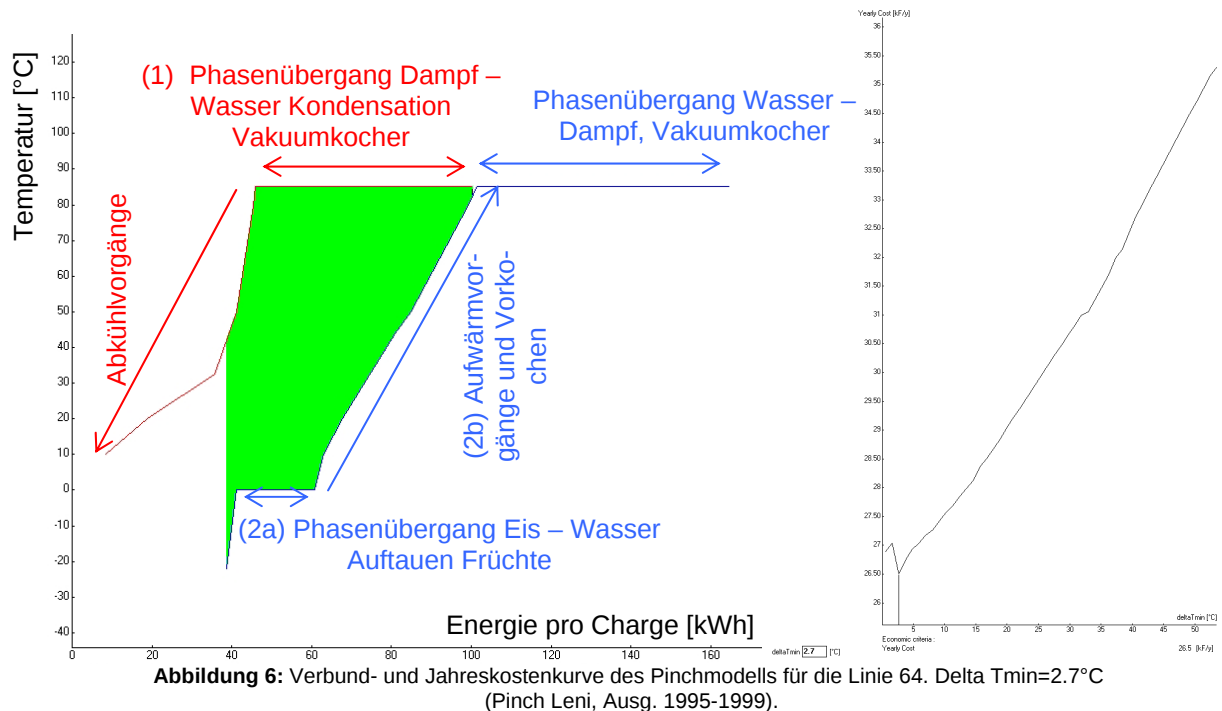
8. Ablauf der Pinch-Analyse

Die Pinch-Analyse wurde in der folgenden Reihenfolge durchgeführt:

1. Aus Prozessanforderungen wurden anhand der Pinch-Software (Pinch Leni, Ausg. 1995 - 1999) die Verbundkurven gebildet.
2. Zusammen mit den Wirtschaftlichkeitsdaten, welche aus Investitionskosten und Betriebskosten bestehen, wurde mittels Targeting das Delta T min beim Pinch-Punkt berechnet.
3. Anschliessend wurde mit Hilfe der Pinch-Software das Netzwerk des modellierten Systems generiert.
4. Danach wurden gezielt kritische Grössen durch Messungen verifiziert.
5. Mit dem MER-Design (Maximum Energy Recovery), sprich dem Einbau von Wärmeaustauschsystemen, wurde dann das Minimum von zugeführter Wärme- und Kälteenergie gesucht.
6. In einem iterativen Prozess wurde danach die Anzahl von Tauschern reduziert, damit einerseits die Komplexität und andererseits Betriebsaufwand der Anlage abnimmt, ohne dass ein wesentlicher Mehrverbrauch an Energie resultiert.

Die ersten Anhaltspunkte für eine Nutzung der Abkühlvorgänge für die Aufwärmvorgänge und umgekehrt, liefert die Verbundkurve (Abb. 6). Da es sich bei diesem Modell um Batchprozesse und kontinuierliche Prozesse handelt, wurde das Modell nicht wie gewohnt auf die Leistung berechnet, sondern auf die Energie pro Charge. Damit lassen sich die kontinuierlichen zusammen mit den Batchprozessen abbilden. Entscheidend ist, dass bei der Lösungsfindung auf diesen Umstand geachtet wird und die zeitlichen Abhängigkeiten der Prozesse berücksichtigt werden.

Die Kostenkurve zeigt das Delta T min in Abhängigkeit der Jahreskosten (Abb. 6). Dies dient der Zielwertfindung. Das Delta T beim tiefsten Punkt der Jahreskosten ist ein wichtiges Resultat für die Verbundkurve und die anschliessende Berechnung der Wärmetauscher.



Die Verbundkurve zeigt klar auf, dass der grösste Abwärmeeinfall bei der Kondensation der Brüde aus dem Vakuumkochprozess vorhanden ist (1) und für die Aufwärmvorgänge und das Vorkochen (2a und 2b) genutzt werden könnte. Die erwähnten Prozessschritte sind Batchprozesse. Entsprechend muss die zeitliche Abhängigkeit genau betrachtet werden.

Der Zeitfaktor beeinflusst auch das Prozesstemperaturniveau. Umso kürzer die Prozessdauer ist, desto höher müssen die Temperaturen sein, falls die Wärmetauscherfläche nicht verändert werden kann, um möglichst viel Energie in kurzer Zeit zu übertragen. Bei einem kontinuierlichen Prozess könnte der Vorkochprozess auf tieferem Niveau mit den entsprechenden Wärmetauchern gespiesen werden.

Die Batchprozesse in diesem Prozess müssen in der vorgegebenen Zeit abgeschlossen sein, damit sich die Produktivität der Linie nicht reduziert. Da im Vorkocher die Tauscherfläche gegeben ist, muss das Temperaturniveau einiges höher sein als der Pinchpoint. Aus diesem Grund wurden zusätzlich Messungen durchgeführt.



9. Durchgeführte Messungen

Die durchgeführte Pinch-Analyse zeigt, dass das Potenzial in der Nutzung der Kondensation der Brüde beim Vakuumkochen liegt. Die entsprechende Senke für die Abwärme ist das Vorkochen. Um die Rahmenbedingungen genauer zu analysieren, wurden Messungen durchgeführt.

Die Messungen sollen folgende Fragen klären:

- Entspricht die berechnete Energiemenge der Praxis?
- Wie ist der zeitliche Verlauf der beiden Prozesse (Vorkochen und Vakuumkochen)?
- Welches sind die geforderten Temperaturniveaus, um die zeitlichen Vorgaben einhalten zu können?

Um verbesserte Abwärmenutzungsbedingungen zu erhalten wurde der Vorkochprozess möglichst lange auf tiefem Temperaturniveau durchgeführt (Abb. 7). Danach wurde die Vorlauftemperatur erhöht, um die zeitlichen Vorgaben so gut wie möglich einzuhalten. Die im Modell eingesetzte Zeit für das Vorkochen entspricht einer kleineren Chargengrösse und eine Eintrittstemperatur der Früchte von 6°C. Der Versuch wurde mit einer Eintrittstemperatur der Früchte von -0.9°C gefahren. Die Reduktion der Vorlauftemperatur hat eine Zeitverzögerung von +29% zur Folge.

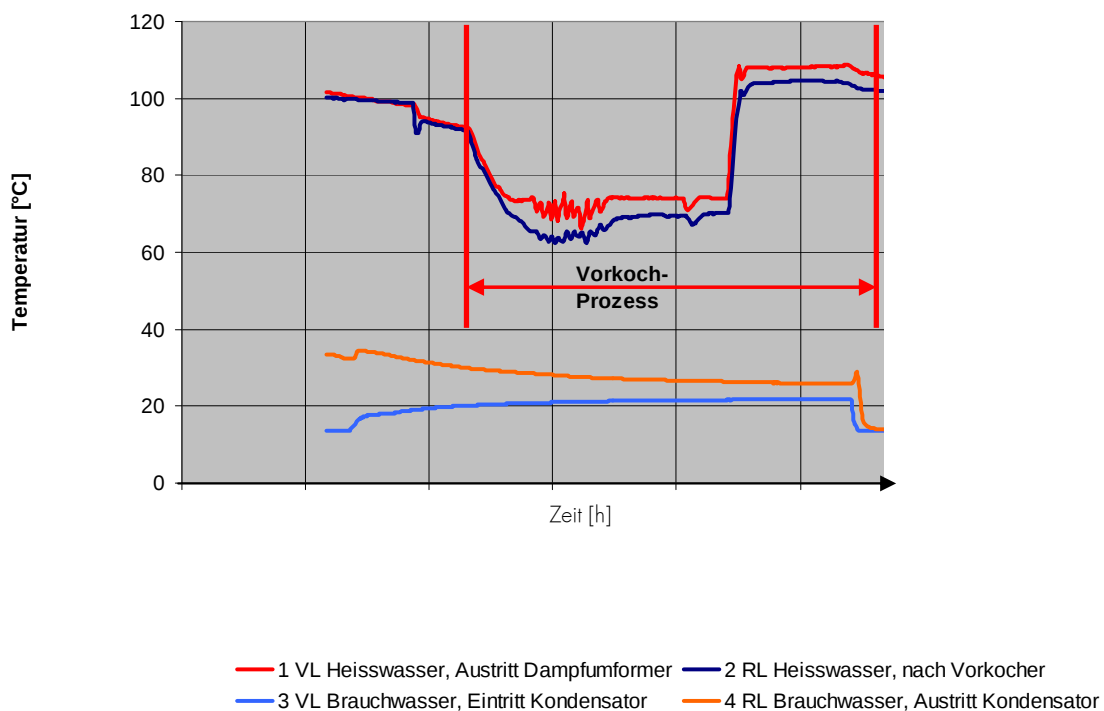


Abbildung 7: Messung der Vor- und Rücklauftemperaturen des Vorkochprozesses.



Die im Pinchmodell berechnete Energiemenge liegt mit 50 kWh/Charge unter der im Versuch nachgewiesenen 54 kWh/Charge. Der Vorkochprozess wurde im Versuch mit -0.9°C kalten Früchten beschickt, was bei der Berechnung für diesen Vergleich angepasst wurde. Die Abweichung von 7%, kann mit den, in der Modellrechnung nicht berücksichtigten Verluste erklärt werden. Es konnten 40% der Energie auf dem gewünschten tiefen Temperaturniveau beigesteuert werden.

Auch das Vakuumkochen wurde untersucht (Abb. 8). Dabei interessierte die Nutzung der Abwärme aus der Brüdenkondensation, welche als grösste Quelle eruiert wurde. Zurzeit wird das Kühlwasser direkt aus der eigenen Grundwasserquelle bezogen und erwärmt in den Abfluss gespült. Der Prozess wurde zeitlich nicht verändert, das heisst, dass auch das Temperaturniveau nicht verändert wurde.

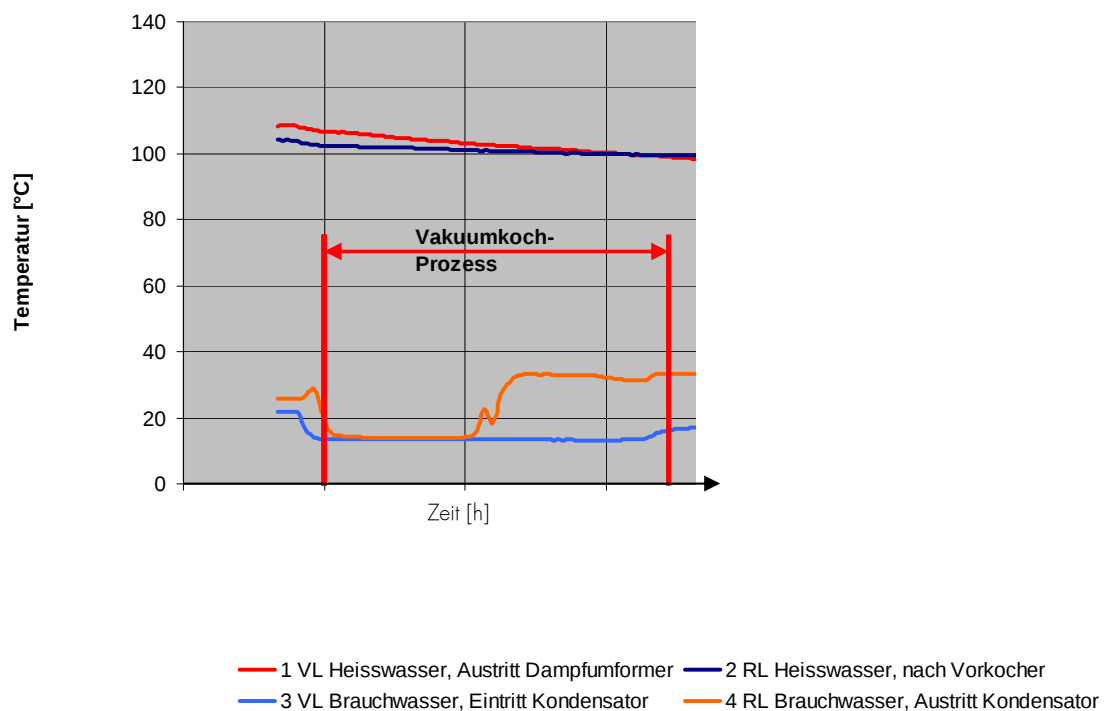


Abbildung 8: Messung der Vor- und Rücklauftemperaturen des Kühlwassers (Brauchwasser) für die Abkühlung der Brüde.

Die Abwärme aus der Brüdenkondensation liegt nur eine kurze Zeit an. Mit dem jetzigen Kondensator wird eine Vorlauftemperatur von 13°C für die Kühlung benötigt. Die im Modell berechnete Energiemenge von 54 kWh/Charge wurde durch den Messversuch mit 52.6 kWh/Charge bestätigt (Abweichung rund 3%).



10. Netzwerk Vorschläge

Es gibt oft mehrere Möglichkeiten für das zu bildende Wärmetauschernetzwerk. Das aus der Pinch-Analyse generierte Netzwerk bildet die Grundlage, doch müssen die in der Praxis bestehenden zeitlichen und räumlichen Abhängigkeiten berücksichtigt werden. Im Folgenden werden zwei Varianten vorgeschlagen, welche energetisch nahezu identisch sind, jedoch wurden verschiedene Ströme für das Auftauen der Früchte verwendet.

10.1. Variante 1 für die Kochlinie 64

Die erste Variante benutzt grundsätzlich drei verschiedene Abwärmequellen und entsprechende Senken (Abb. 9, markierte Bereiche):

- ① Nutzung der Abwärme des Prozessschrittes der Abkühlung der Portionen, welche für das Auftauen der Früchte benutzt werden kann.
- ② Nutzung der Abwärme aus der Kondensation der Brüde beim Vakuumkochen, die für das Vorkochen eingesetzt werden kann.
- ③ Die CIP-Reinigung kann prozessintern die Abwärme des verbrauchten Wassers zur Aufwärmung des für die nächste Reinigung benötigten Wassers nutzen.

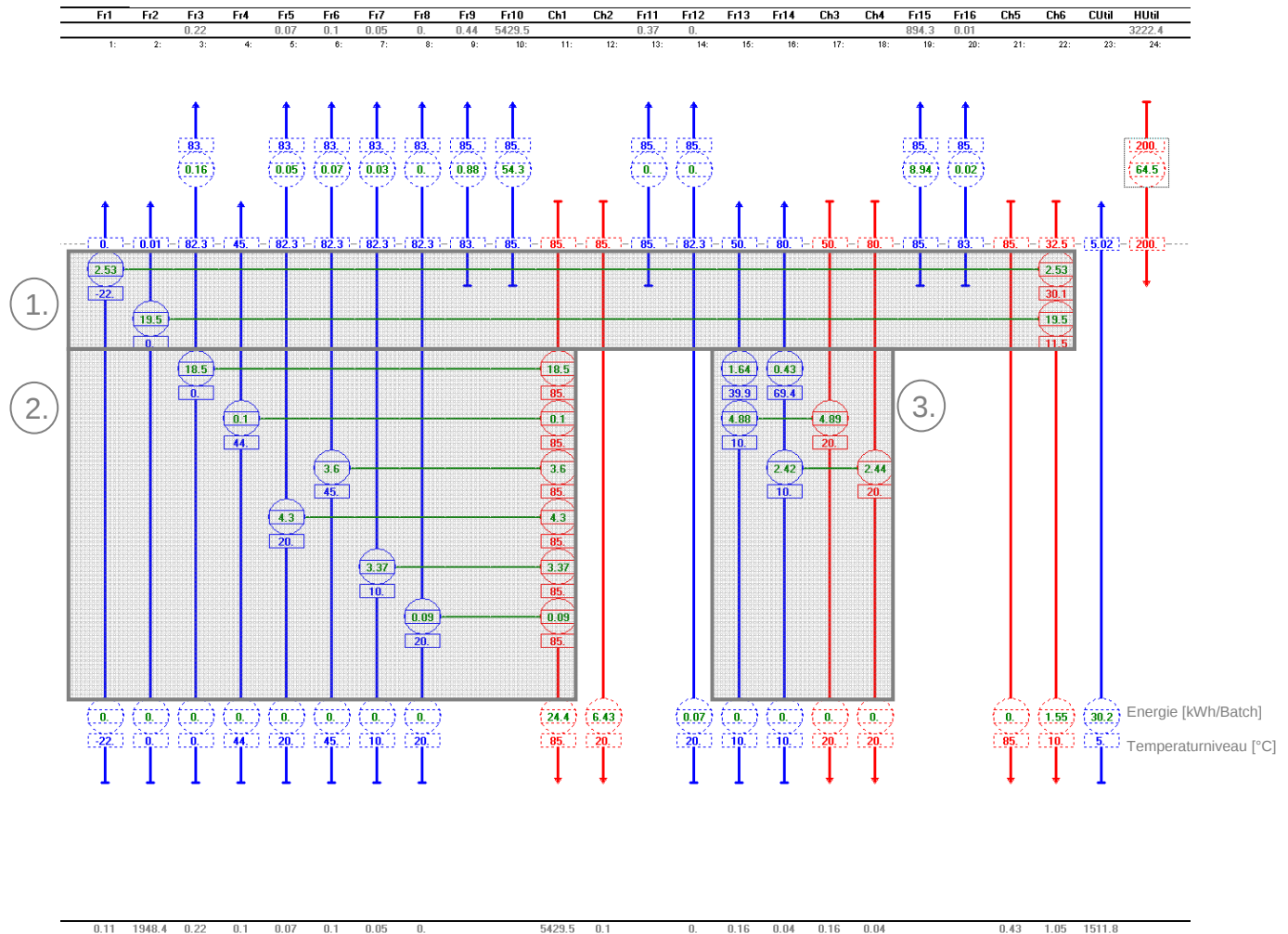


Abbildung 9: Wärmetauschernetzwerk. Variante 1: Nutzung der Abkühlung der Portionen fürs Auftauen (Pinch Leni, Ausg. 1995 - 1999).

Die Abwärme zur Abkühlung der Portionen kann bei den wasserbetriebenen Abkühlungen einfacher genutzt werden, als bei den luftbetriebenen (Abb. 10). Bei der Firma Hero sind beide Systeme geplant. Die durch einen Wärmetauscher gewonnene Wärme kann zum Auftauen der Früchte genutzt werden. Dies setzt aber voraus, dass die Früchte in doppelwandigen, rollenden Gefässen mit einer genügend grossen Vorlaufzeit bereitgestellt werden. Die zweite Möglichkeit bildet ein Bad worin die Gefässe eingelassen würden und somit die doppelwandigen Gefässe entfallen.

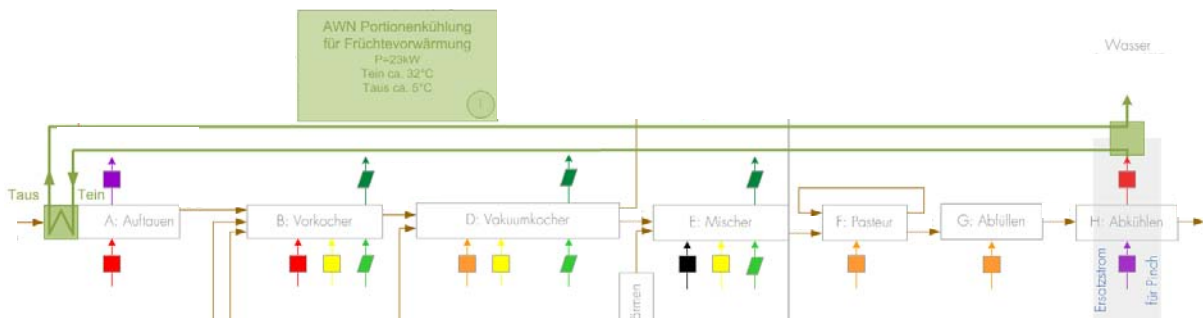


Abbildung 10: Ausschnitt aus dem Prozessschema mit der Umsetzung der Massnahme 1 der Variante 1.

Die Nutzung der Kondensation der Brüde für das Vorkochen birgt das grösste Potenzial. Dazu soll ein zusätzlicher Wärmetauscher die Brüde kondensieren (Abb. 11). Der bestehende Kondensator soll weiterhin für die restliche Abkühlung sorgen, wobei am neuen Standort kein Grundwasser mehr zur Kühlung vorhanden ist. Beim Vorkochen besteht das Problem, dass aus zeitlichen Gründen mit hohen Temperaturen in den Kochkessel gefahren wird. Die Messungen (Kap. 9) haben aufgezeigt, dass die Temperaturen eine gewisse Zeit reduziert werden können, dies aber eine Verzögerung des Prozesses von rund 29% nach sich zieht und damit nur 40% der Abwärme ausgenutzt werden kann. Durch ein konsequentes Auftauen der Früchte mittels Abwärme vorgängig zum Vorkochen kann diese Einschränkung jedoch behoben werden. Dies setzt aber eine gute Planung der Abläufe voraus.

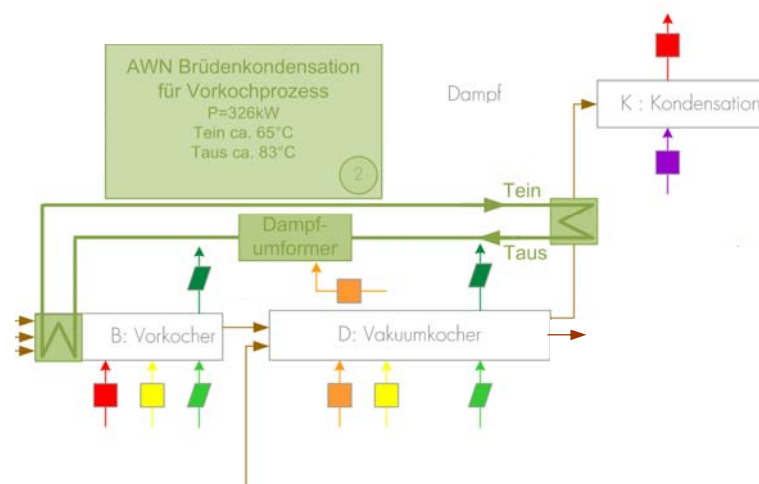


Abbildung 11: Ausschnitt aus dem Prozessschema mit der Umsetzung der Massnahme 2 der Variante 1 und 2.



Die Vorwärmung des kalten Wassers für die CIP-Reinigung mit dem Abwasser aus der CIP-Reinigung ist zeitlich kein Problem, da der Warmwasserboiler zur selben Zeit mit kaltem Wasser gespeisen wird, wie das warme Abwasser als Wärmequelle zur Verfügung steht (Abb. 12).

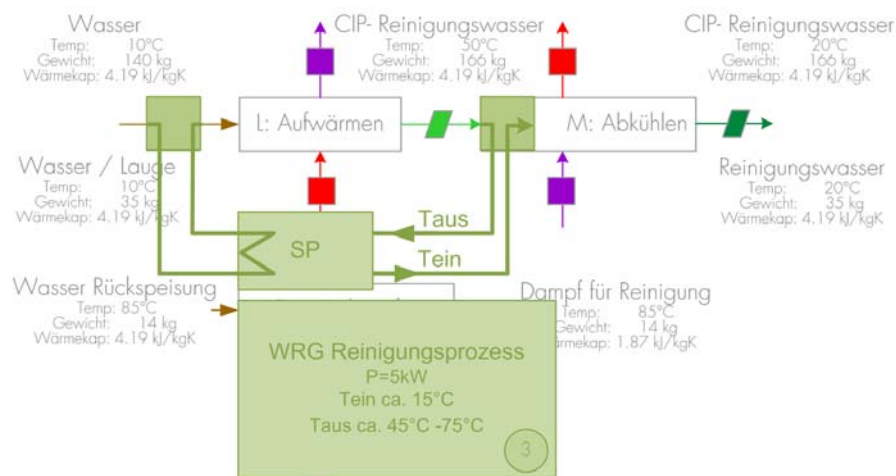


Abbildung 12: Ausschnitt aus dem Prozessschema mit der Umsetzung der Massnahme 3 der Variante 1 und 2.

Die Abwärme des unbenutzten Stromes der Abkühlung der bereits kondensierten Brüde aus dem Vakuumkochprozess kann unter Umständen für die Infrastruktur gebraucht werden, wie beispielsweise die Vorwärmung des Brauchwarmwassers oder eine Zuluftvorwärmung.



10.2. Variante 2 für die Kochlinie 64

Die zweite Variante benutzt grundsätzlich zwei verschiedene Abwärmequellen und entsprechende Senken (Abb. 13, markierte Bereiche):

- ① Nutzung der Abwärme aus der Kondensation der Brüde beim Vakuumkochen, die für das Vorkochen inklusive der Auftauung der Früchte eingesetzt werden kann.
- ② Die CIP-Reinigung kann prozessintern die Abwärme des verbrauchten Wassers zur Aufwärmung des für die nächste Reinigung benötigten Wassers, nutzen.

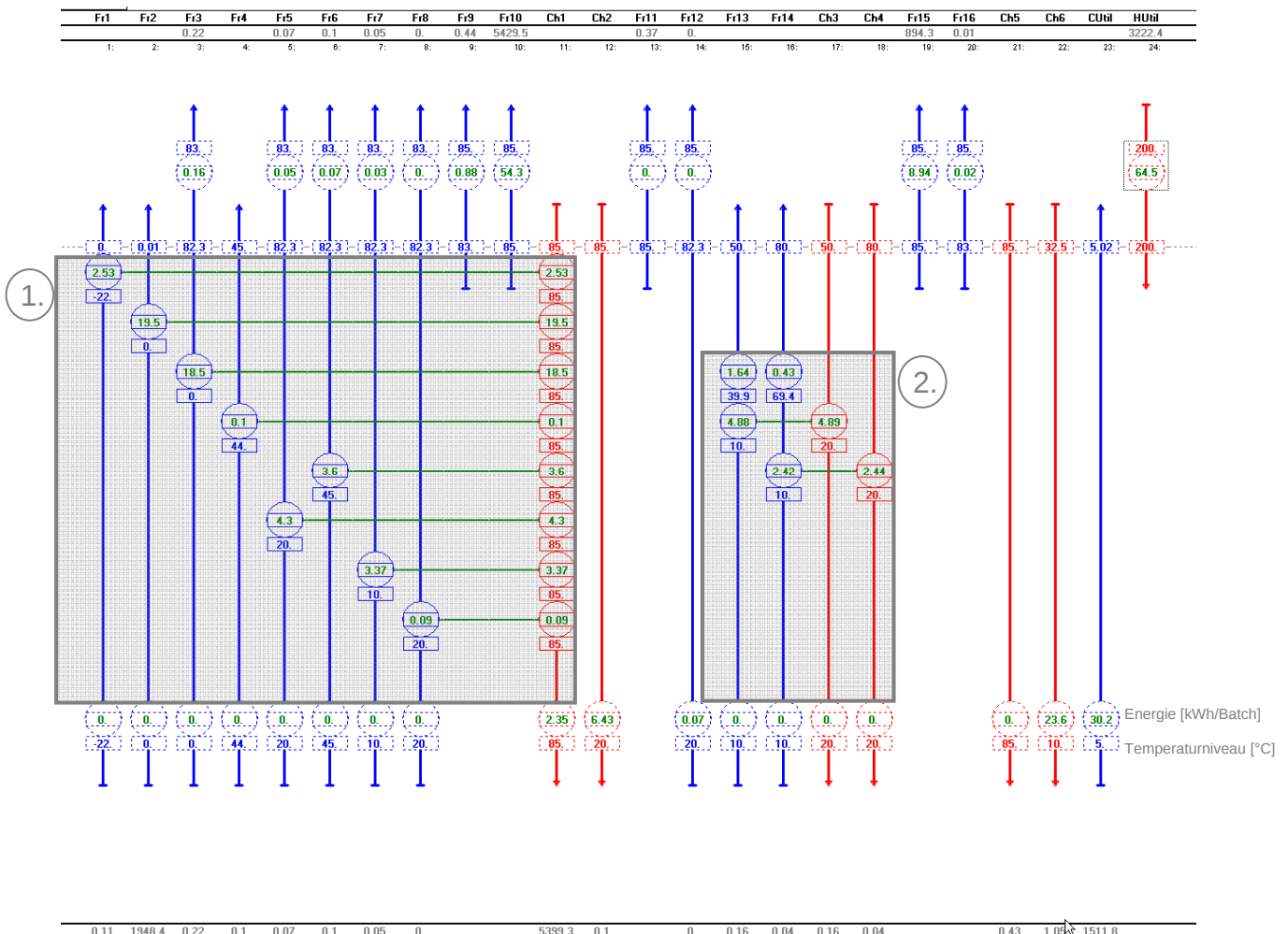


Abbildung 13: Wärmetauschernetzwerk. Variante 2: Nutzung der gesamten Abwärme aus der Brüdenkondensation für das Vorkochen (Pinch Leni, Ausg. 1995 - 1999).



Die Nutzung der Kondensation der Brüde für das Vorkochen birgt das grösste Potenzial. Dazu soll ein zusätzlicher Wärmetauscher die Brüde kondensieren, wie dies auch bei der Variante 1 vorgeschlagen wurde. Der Unterschied zur Variante 1 besteht darin, dass die Wärme für den gesamten Vorkochprozess inklusive das Auftauen genutzt wird, das heisst, dass der Vorkocher mit gefrorenen Früchten beschickt wird. Die Verzögerung des Vorkochprozesses um 29%, die durch die Nutzung tieferer Temperaturen bei den Messungen, kann durch den Einsatz eines zweiten Vorkochers gelöst werden. Dadurch entsteht auch genügend Zeit, 100% der Energie aus der Abwärme zu nutzen. Diese zwei parallelen Vorkochprozesse können dann direkt mit den tiefgekühlten Früchten beschickt werden. Somit kann der Vakuumprozess weiterhin im selben zeitlichen Zyklus mit vorgekochter Konfitüre gespiesen werden. Bei dieser Massnahme braucht es zusätzlich einen Wärmespeicher, da die Abwärme der Brüdenkondensation nicht zur selben Zeit anfällt, wie die Nachfrage der Wärme des Vorkochers.

Die Vorwärmung des kalten Wassers für die CIP-Reinigung mit dem Abwasser aus der CIP-Reinigung wird wie bei der Variante 1 vorgeschlagen und ist unabhängig der Nutzung der Brüde.

Die Abwärme der unbenutzten Ströme der Abkühlung der bereits kondensierten Brüde aus dem Vakuumprozess und die Abkühlung der Portionen können unter Umständen für die Infrastruktur gebraucht werden, wie beispielsweise die Vorwärmung des Brauchwarmwassers oder eine Zuluftvorwärmung.



11. Idee Brüdenverdichtung

Bei der Betrachtung der Verbundkurve (Abb. 6, Kap. 8) liegt die Vermutung nahe, dass eine mechanische Brüdenverdichtung eine erhebliche Einsparung bringen würde. Die mechanische Brüdenverdichtung beim Vakuumkochprozess würde die Abwärme aus der Kondensation der Brüde (1) durch die Erhöhung des Druckes mit dem Einsatz elektrischer Energie auf ein höheres Temperaturniveau heben. Dadurch könnte diese Abwärme gemäss dem Modell für den Phasenübergang des Wassers zu Dampf im Vakuumkocher verwendet werden (2) (Abb. 14).

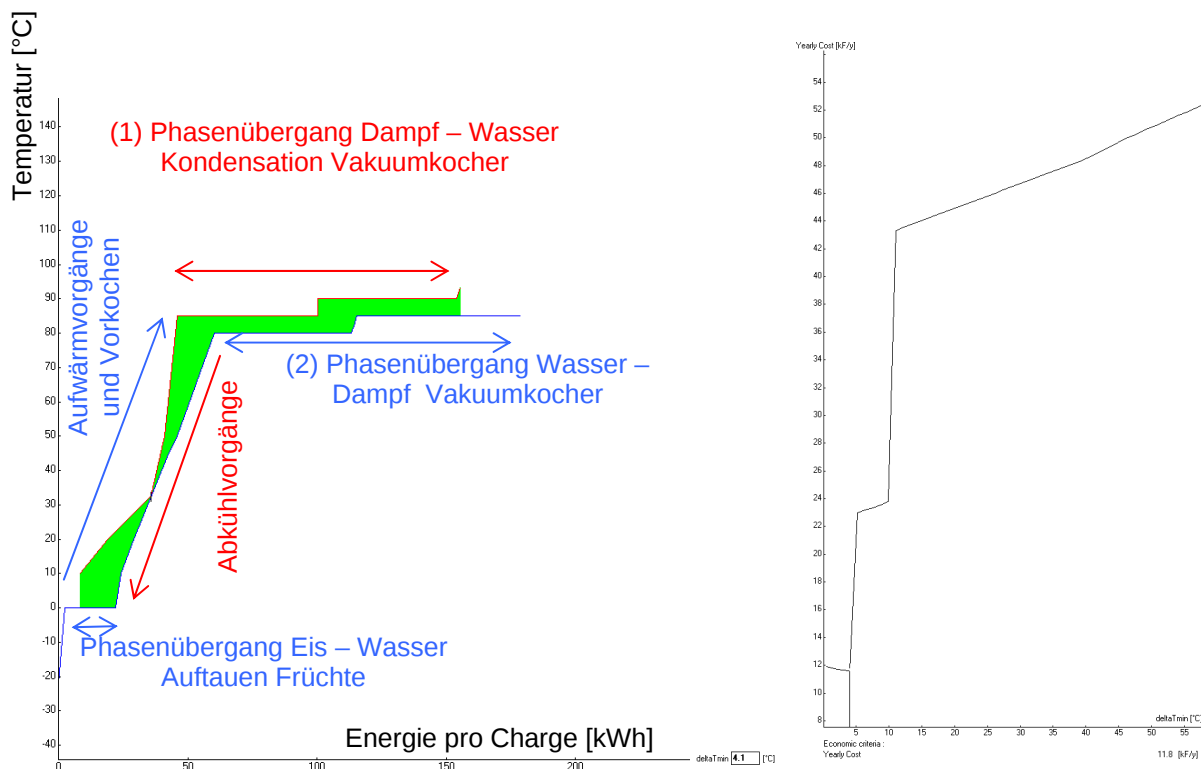


Abbildung 14: Verbund- und Jarheskostenkurve mit einer Brüdenverdichtung aus dem Vakuumkochprozess. Delta Tmin=4.1°C (Das Delta Tmin ist auf der Grafik aus Darstellungsgründen kaum sichtbar) (Pinch Leni, Ausg. 1995 - 1999).

Das Pinch-Modell ist jedoch, wie bereits erwähnt, auf kontinuierliche Prozesse ausgerichtet und das Vakuumkochen ist ein Batchprozess. Die Zeitkomponente ist dadurch ausgeblendet. Beim Vakuumkochen ist es aber wichtig, diesen in der vorgegebenen Zeit durchzuführen. Der zusätzlich vorgegebene Vakuumkocher – nicht veränderbare Tauscherfläche – erfordert eine Vorlauftemperatur von 120°C an Dampf. Diese Verdichtung der Brüde kann nur mit sehr teuren Apparaturen erreicht werden und ist wirtschaftlich nicht tragbar.



Ein weiteres Kriterium für den Ausschluss dieser Möglichkeit bei den gegebenen Voraussetzungen ist, dass die Brüde nur kurze Zeit zur Verfügung steht. Weiter müsste die Brüdenverdichtung oft ein- und ausgeschaltet werden, was die Lebensdauer des Kompressors reduziert und die Energieübertragung negativ beeinflusst. Auch die momentane Entwicklung der Energiepreise spricht nicht für die Brüdenverdichtung, da aktuell teure elektrische Energie eingesetzt wird, um heute günstigere thermische Energie einzusparen. Diese Verhältnisse können sich jedoch rasch wieder ändern.

Bei einer Neukonzeption der Anlage, wobei auch der Vakuumkocher neu gestaltet werden kann, ist die Brüdenverdichtung wieder zu prüfen. Wenn der Vakuumkochprozess von Grund auf neu gestaltet werden kann, fallen einige der oben genannten Kriterien weg. Dies sind einerseits die Tauscherflächen, mit der damit verbundenen Vorlauftemperatur und andererseits der Einsatz von Dampf, welcher möglicherweise durch Heisswasser ersetzt werden kann.

Aus den beiden Verbundkurven ist aber ein erhebliches theoretisches Potenzial ersichtlich, dabei handelt es sich um eine Einsparung von rund 50% bei den Aufwärmvorgängen und 100% bei den Abkühlvorgängen. Dieses Potenzial kann in der Praxis bestimmt nicht ganz genutzt werden, doch sollten diese Werte eine vertiefte Prüfung im Fall einer Beschaffung einer neuen Kochlinie herausfordern.



12. Resultate / Einsparungen

Die Pinch-Analyse zeigt einige interessante Einsparmöglichkeiten auf (Anhang B). Es kann jedoch nicht das in der Verbundkurve erwartete theoretische Potenzial ausgeschöpft werden. Die Messungen haben aufgezeigt, dass auf Grund der zeitlichen Vorgaben des Vorkochens sowie des Vakuumkochens bestimmte Vorlauftemperaturen benötigt werden. Beim Vorkochen wurde ein Versuch gefahren, in welchem die Vorlauftemperatur möglichst lange auf tiefem Niveau gehalten wurde. Nur diese Anpassung des Prozesses ermöglicht die Nutzung der Abwärme aus der Brüdenkondensation des Vakuumkochers.

12.1. Variante 1 für die Kochlinie 64

Die Einsparung bei der Umsetzung aller vorgeschlagenen Massnahmen bringt eine Energiekosteneinsparung von rund CHF 37'700 pro Jahr für die Fruchtkonfitüreproduktion der Linie 64. Die folgende Tabelle errechnet die maximalen Investitionskosten aufgrund der Einsparungen und der geforderten Pay-Back-Time von 5 Jahren (Tab. 1). Daraus erfolgt eine maximale Investition von rund CHF 188'500.

1. Variante								
Nr.	Massnahme	Max. Investition [CHF] <i>Material Arbeit Planung IBS</i>	Einsparung Fossil [kWh/a]	Einsparung Elektro [kWh/a]	Kosten-einsparung [CHF/a]	Nutzungs-dauer [Jahre]	Pay-Back-Time [Jahre] <i>Vorgabe durch Kunde</i>	jähr. Kapital-kosten [CHF/a]
1	Senke: Auftauen Früchte inkl. Phasenübergang Quelle: Abkühlung Portionen	38'500	70'800	28'300	7'700	10	5	4'750
2	Senke: Vorkochen Früchte und Zucker Quelle: Kondensation Dampf Vakuumkocher	59'000	107'900	43'200	11'800	10	5	7'280
3	Senke: Zutatenaufbereitung Quelle: Kondensation Dampf Vakuumkocher	8'000	14'700	5'900	1'600	10	5	990
4	Senke: Aufwärmen CIP - Reinigungswasser Quelle: CIP - Reinigungswasser	11'500	31'200	12'500	2'300	10	5	1'420
5	Senke: Infrastruktur Quelle: Abkühlen Kondensation (85°C auf 20°C)	71'500	131'600	52'600	14'300	10	5	8'820
Pinch Massnahmenpaket Total		188'500	356'200	142'500	37'700	10	5	23'260

Tabelle 1: Energie- und Kosteneinsparung bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen. Die maximalen Investitionskosten wurden aufgrund der Einsparung und der geforderten Pay-Back-Time gerechnet.



Die separate Nutzung der Abwärme aus der Abkühlung der Portionen darf rund CHF 38'500 an Investitionen erfordern, um eine Pay-Back-Time von 5 Jahre einzuhalten. Nur die Beschaffung von Muldenwagen mit Doppelmantel wird vom Anlagenbauer bereits auf rund CHF 200'000 geschätzt (Anhang C).

Die energetische Nutzung der Brüdenkondensation ist auf rund CHF 108'600 geschätzt, wobei die Einsparungen rund CHF 13'400 pro Jahr betragen (Anhang C). Dabei resultiert eine Pay-Back-Time von 8 Jahren. Damit die Produktion nicht verlangsamt wird, muss jedoch auch die erste Massnahme umgesetzt werden, damit die Früchte bereits aufgetaut in den Vorkocher gelangen. Nimmt man diese zwei Massnahmen zusammen, resultiert eine Energieeinsparung von rund CHF 21'100 pro Jahr, bei einer Investition von rund CHF 308'600. Daraus ergibt sich eine Pay-Back-Time von 14.6 Jahren.

Die Nutzung der Abwärme der CIP-Reinigung (Massnahme 4) wurde durch den Anlagenbauer auf rund CHF 98'000 geschätzt. Falls diese Massnahme für alle Linien genutzt werden kann, erreicht die Kosteneinsparung rund CHF 8'200 pro Jahr erreicht. Dabei resultiert eine Pay-Back-Time von 12 Jahren resultiert.

Die Brüde wird durch die beschriebenen Massnahmen noch nicht ganz genutzt. Die Abkühlung des Kondensates auf 20°C birgt ein weiteres Potenzial, welches möglicherweise bei der Infrastruktur eingesetzt werden kann. Dadurch könnten weitere CHF 14'300 pro Jahr eingespart werden. Bei 5 Jahren Pay-Back-Time können für die Nutzung dieses Potenzials maximal CHF 71'500 investiert werden.

12.2. Variante 2 für die Kochlinie 64

Die Variante 2 birgt ein etwas grösseres Einsparpotenzial als die Variante 1, welches bei der Umsetzung aller vorgeschlagenen Massnahmen rund CHF 38'500 pro Jahr beträgt. Die folgende Tabelle errechnet die maximalen Investitionskosten aufgrund der Einsparungen und der geforderten Pay-Back-Time von 5 Jahren (Tab. 2). Daraus erfolgt eine maximale Investition von rund CHF 192'500.



2. Variante								
Nr.	Massnahme	Max. Investition [CHF] <i>Material Arbeit Planung IBS</i>	Einsparung Fossil [kWh/a]	Einsparung Elektro [kWh/a]	Kosten- einsparung [CHF/a]	Nutzungs- dauer [Jahre]	Pay-Back- Time [Jahre] <i>Vorgabe durch Kunde</i>	jähr. Kapital- kosten [CHF/a]
1	Senke: Vorkochen der gefrorenen Früchte und Zucker Quelle: Kondensation Dampf Vakuumkocher	97'500	178'700	71'500	19'500	10	5	12'030
2	Senke: Zutatenaufbereitung Quelle: Kondensation Dampf Vakuumkocher	8'000	14'700	5'900	1'600	10	5	990
3	Senke: Aufwärmen CIP - Reinigungswasser Quelle: CIP - Reinigungswasser	11'500	31'200	12'500	2'300	10	5	1'420
4	Senke: Infrastruktur Quelle: Abkühlen Kondensation (85°C auf 20°C)	20'500	37'200	14'900	4'100	10	5	2'530
5	Senke: Infrastruktur Quelle: Abkühlen Portionen (32°C auf 10°C)	55'000	100'800	40'300	11'000	10	5	6'780
Pinch Massnahmenpaket		192'500	362'600	145'100	38'500	10	5	23'750
Total								

Tabelle 2: Energie- und Kosteneinsparung bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen. Die maximalen Investitionskosten wurden aufgrund der Einsparung und der geforderten Pay-Back-Time gerechnet.

Der Unterschied dieser Variante zur Variante 1 ist, dass für das Auftauen und den Vorkochprozess inklusive der Aufwärmung des Pektins die Abwärme aus der Brüdenkondensation genutzt werden kann. Der Vorteil ist vor allem, dass weniger Wärmetauscher benötigt werden.

Wie im Kapitel 10.2 erläutert wurde, entsteht eine Verzögerung des Vorkochprozesses von 10 min. Falls diese nicht in Kauf genommen werden kann, muss der Vorkochprozess parallel ausgeführt werden. Die Kosten dazu müssen noch errechnet werden, wobei diese Idee bereits aus anderen Gründen diskutiert wird.

Rechnet man die Kosten des zusätzlichen parallelen Vorkochers nicht als energetische Massnahme, kann die Einsparung der Nutzung der Brüdenkondensation von CHF 21'100 pro Jahr mit einer Investition von rund CHF 140'000 in 6.6 Jahren zurück bezahlt werden (Kostenschätzung Lemon aufgrund Informationen Anhang C).



12.3. Hochrechnung auf die gesamte Produktion

Die untersuchte Fruchtkonfitürenproduktion der Linie 64 bringt bei der Umsetzung der Variante 2 ein Einsparpotenzial von rund CHF 38'500 pro Jahr. Es sind aber noch weitere Linien und Produkte in der neuen Produktion geplant. Rechnet man die Einsparungen auf die gesamte Produktion anhand der geplanten Produktionsmengen hoch, würde eine Einsparung von rund CHF 137'000 erreicht werden. Diese Einsparung entspricht rund 22% der prognostizierten Energiekosten am neuen Standort.

Die Massnahmen bei den zusätzlichen Linien müssen etwas angepasst werden, da der Vorkoch- und der Vakuumprozess im selben Gefäss stattfinden. Es müssen aber auch bei der Linie 64 Speicher benutzt werden, da die Gleichzeitigkeit nicht gegeben ist, somit sind die Abweichungen gering.

13. Empfehlung / Weiteres Vorgehen für Hero

Die, von der Hero geforderte Pay-Back-Time von 5 Jahren konnte bei keiner Massnahme erreicht werden. Die Massnahme 1 der Variante 2 erreicht eine Pay-Back-Time von 6.6 Jahren und die Massnahme 2 der Variante 2 von 12 Jahren. Diese Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert auf einer Kostenschätzung des Anlagenbauers, welche zu einem Zeitpunkt gemacht wurde, an welchem noch nicht alle Resultate der Pinchanalyse vorlagen. Dieser Bericht liefert nun detaillierte Grundlagen für die Anlagenkonstruktion, so dass der Anlagenbauer die Kostenschätzung noch verfeinern kann, um danach die Wirtschaftlichkeit besser bestimmen zu können.

Die Abwärmepotenziale, welche nicht innerhalb des Prozesses genutzt werden konnten sind von grosser Bedeutung. Diese Potenziale muss man bei der Planung der Infrastruktur unbedingt beachten und nach Möglichkeit nutzen.

Aus energetischer Sicht ist es zu empfehlen die zweite Variante umzusetzen, welche bei der Umsetzung aller Massnahmen inklusive der Infrastrukturprojekte eine Energiekosteneinsparungen von rund 22% bringen kann.



14. Schlussfolgerungen

Da die Pinch-Analyse auf das Produkt bezogen ist und die genauen Kenntnisse der Temperaturniveaus, Zeiten und Wärmekapazitäten benötigt werden, wird eine andere Denkweise als üblich verlangt. Normalerweise wird der Prozess von der Infrastruktur aus betrachtet. Es ist deshalb sehr wichtig von Anfang an die Prozesskenner einzubeziehen, welche auch über das Produkt genaue Kenntnisse haben.

Die Pinchanalysemethode ist einfacher auf kontinuierliche Prozesse anzuwenden. Die Schwierigkeit bei der Modellierung der Batchprozesse ist, dass Wärmetauscher gemäss Verbundkurve und Netzwerk sehr sinnvoll sind, aber praktisch schwierig einsetzbar sind. Für die Batchprozesse kann nicht die Leistung betrachtet werden. Es muss auf die Einheit die Energie pro Batch umgerechnet werden.

Ein Beispiel für die Schwierigkeit der Batchmodellierung: Die Nutzung der Brüdenkondensation kann gemäss Pinchmodell einfach für das Vorkochen eingesetzt werden. Das Vorkochen erwärmt die Konfitüre, was bei einem kontinuierlichen Prozess mit einer genügend grossen Wärmetauscherfläche kein Problem wäre. Da aber dieser Prozess in einer gewissen Zeit durchgeführt werden muss und die Tauscherflächen nicht verändert werden können, wird eine massiv höhere Vorlauftemperatur benötigt. Dies kann nur durch eine schwerwiegende Prozessänderung angepasst werden.

Die Pinch-Analyse hat aber auch in diesem Fall mit den Batchprozessen einige wichtige Einsparpotenziale identifizieren und quantifizieren können. Ein grosser Vorteil der Pinchanalyse ist, dass das Vorgehen klar definiert ist und Potenziale kaum übersehen werden können. Klar ist, dass die Effizienzsteigerung eines Prozesses nur durch fundiertes Wissen der Prozesseigner und des Energieingenieurs möglich ist.

15. Referenzen

Bundesamt für Energie (BFE) (2008), Vortrag R. Morand, Ausbildung Pinch Analyse

Logiciel PinchLENI-Version 2.2 Windows (1995-1999), F. Staine, BFE & EPFL

R. Morand, R. Bendel, Dr. Robert O. Brunner, H.P. Pfenninger (2006),
Prozessintegration mit der Pinch-Methode, Handbuch zum BFE-Einführungskurs



Anhang

A. Wirtschaftlichkeitsangaben für das Pinchmodell

Hot utility	Dampf	0.073	CHF/kWh
Cold utility	KM (Strom)	0.036	CHF/kWh
Electricity		0.090	CHF/kWh
A	0.00		
Cr	120000.00		
S	1.00	Wärmetauscherfläche	
Sr	100.00		
m	0.71		
C	4562.27		
pay off period	5.00		
interest rate	5.00		
operating time	3480.00		

B. Zusammenfassung der Massnahmen der beiden Varianten

1.	Variante	Separates Auftauen der Früchte	
Nr.	Massnahme	Beschrieb	Eingriffe
1	Senke: Auftauen Früchte Quelle: Abkühlung Portionen	Das Auftauen der Früchte birgt ein grosses Potenzial, speziell der Phasenübergang (Eis - Wasser).	Wärmetauscher beim Abkühlen der Portionen. Doppelwandgefäss mit Rührwerk für das Auftauen der Früchte.
2	Senke: Vorkochen Früchte und Zucker Quelle: Kondensation Dampf Vakuumkocher	Das gesamte Vorkochen kann durch die Abwärme des Kondensierens des Vakuumkochprozesses gespiesen werden.	Wärmetauscher für die Brüdenkondensation. Wärmespeicher und Wärmetauscher für die Erhöhung der Rücklauftemperatur des Heisswassers inkl. Anpassung der Steuerung
3	Senke: Zutatenaufbereitung Quelle: Kondensation Dampf Vakuumkocher	Die Zutatenaufbereitung kann durch die Wärme der Dampfkondensation gespiesen werden.	Wärmetauscher für das Aufwärmen des Wassers
4	Senke: Aufwärmen CIP - Reinigungswasser Quelle: CIP - Reinigungswasser	Das abfliessende Reinigungswasser kann für die Vorwärmung des aufzuwärmenden Reinigungswasser verwendet werden.	Wärmetauscher für das Reinigungswasser.
5	Senke: Infrastruktur Quelle: Abkühlen Kondensation (85°C auf 20°C)	Diese Wärmemenge ist für möglicherweise für die restliche Infrastruktur nutzbar.	
Pinch Massnahmenpaket			
Total			



2. Variante		Auftauen der Früchte im Vorkocher	
Nr.	Massnahme	Beschrieb	Eingriffe
1	Senke: Vorkochen der gefrorenen Früchte und Zucker Quelle: Kondensation Dampf Vakuumkocher	Das gesamte Vorkochen inklusive Auftauen kann durch die Abwärme des Kondensierens des Vakuumkochprozesses gespiesen werden.	Wärmetauscher beim Abkühlen der Portionen. Wärmetauscher für die Erhöhung der Rücklauftemperatur des Heisswassers inkl. Anpassung der Steuerung.
2	Senke: Zutatenaufbereitung Quelle: Kondensation Dampf Vakuumkocher	Die Zutatenaufbereitung kann durch die Wärme der Dampfkondensation gespiesen werden.	Wärmetauscher für das Aufwärmen des Wassers
3	Senke: Aufwärmen CIP - Reinigungswasser Quelle: CIP - Reinigungswasser	Das abfliessende Reinigungswasser kann für die Vorwärmung des aufzuwärmenden Reinigungswasser verwendet werden.	Wärmetauscher für das Reinigungswasser.
4	Senke: Infrastruktur Quelle: Abkühlen Kondensation (85°C auf 20°C)	Diese Wärmemenge ist möglicherweise für die restliche Infrastruktur nutzbar.	
5	Senke: Infrastruktur Quelle: Abkühlen Portionen (32°C auf 10°C)	Diese Wärmemenge ist möglicherweise für die restliche Infrastruktur nutzbar.	
Pinch Massnahmenpaket			
Total			

C. Investitionskosten der Massnahmen (Kostenschätzung Tec IT, W. Aebi, 15.10.2008)

1. Wärmeückgewinnung Brüdenwasser Kocher 64

Auffangen der Brüde in einem isolierten Behälter, Verwendung als Erhitzung des Rücklaufes
Kocherheizung (Mantel oder Rührwerk)

Auffangbehälter 3m ³ isoliert	CHF	12'000.00
Wärmetauscher für Heizung Rücklauf Vorkocher	CHF	11'000.00
Pumpen + Ventile	CHF	20'000.00
Steuerung	CHF	40'000.00
Engineering	CHF	20'000.00
IBS	CHF	5'600.00
Gesamt		CHF 108'600.00



2. Wärme + Wasserrückgewinnung Kühlwasser Vakuumkocher

Auffangen des Kühlwassers in 3 unterschiedlichen Behältnissen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus. D.h. das Kühlwasser wird während des Kühlprozesses gemessen und je nach Temperatur in einen der 3 Tanks geleitet.

Aus diesen 3 Tanks können z.B. folgende Verbraucher gespeist werden:

1. 60 - 80°C: Erhitzung Früchte in Muldenwagen, Erhitzung CIP, Waschwasser usw.
2. 30 - 50°C: Erhitzung Muldenwagen mit Früchten, Waschwasser
3. < 22°C: Zum weiter kühlen des Vakuumkochers und danach mit höherem Temp. Niveau für Pos. 1 und 2 verwenden
4. Weitere Mehrfachnutzungen des aufgefangenen Wassers (kühlen waschen usw.)

Temperaturmessung	CHF	1'500.00
Umschaltventile, Armaturen + Pumpen	CHF	50'000.00
1 Auffangbehälter à 1x 10m ³ , hohe Temperatur 60-80°C	CHF	25'000.00
1 Auffangbehälter à 1x 20m ³ , tiefe Temperatur < 22°C	CHF	30'000.00
1 Auffangbehälter à 1x20m ³ mittlere Temp. 30-50°C	CHF	30'000.00
Steuerung	CHF	50'000.00
Engineering	CHF	25'000.00
IBS	CHF	10'000.00

Gesamt	CHF	221'500.00
--------	-----	------------

3. Wärmetauscher Wasser/Wasser für CIP

Warmes Wasser wird aus den Behältern Pos. 1 und oder 2 verwendet

um über einen Wärmetauscher warmes Wasser für die CIP - Anlage herzustellen.

Das abgekühlte Wasser kann dann für ein tieferes Temp. Niveau nochmals eingesetzt, oder als Waschwasser genutzt werden.

WT	CHF	10'000.00
Armaturen	CHF	25'000.00
Leitungen	CHF	28'000.00
Steuerung	CHF	25'000.00
IBS	CHF	10'000.00

Gesamt	CHF	98'000.00
--------	-----	-----------



4. Umrüsten bzw. beschaffen von Muldenwagen (Doppelmantel)

Zurückgewonnenes Wasser aus Behälter Pos. 1 oder 2 kann zur Auftauung von gefrorenen Früchten genutzt werden. Dazu müssen ca. 50 - 100 Muldenwagen mit einem Doppelmantel ausgerüstet werden.

Das dabei abgekühlte Wasser kann wieder als Kühlwasser für den Vakuumkocher genutzt werden.

50 Stk. à CHF 2 '000	CHF	100'000.00
Armaturen	CHF	20'000.00
Leitungen	CHF	25'000.00
Steuerung	CHF	40'000.00
IBS	CHF	15'000.00
Gesamt	CHF	200'000.00