



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 Pinch-Methodik 2006/07

Projekt: Bell AG

SCHLUSSBERICHT

Ausgearbeitet durch

Daniel Meier, Encontrol GmbH

Bremgartenstrasse 2, 5443 Niederrohrdorf, daniel.meier@encontrol.ch, www.encontrol.ch

fachliche Begleitung

Raymond Morand, Helbling AG

Impressum

Datum: 16. Juli 2007

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: 101'775

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

Zusammenfassung	3
1 Ausgangslage	3
2 Ziele der Arbeit	4
3 Lösungsweg	4
3.1 Theorie zur Pinch-Analyse	4
3.2 Prozessarten	4
3.3 Anwendung der Pinch-Methode bei der Bell AG	4
3.4 Vorgehensweise	5
3.5 Zusammenfassung von gleichgelagerten Prozessen zu Batch-Cluster	6
3.6 Schwierigkeiten bei der erstmaligen Anwendung der Pinch-Analyse	6
4 Ergebnisse	7
4.1 Analyse des Energieverbrauches	7
4.2 Energieflussdiagramm	8
4.3 Analyse der Prozesse	9
4.4 Pinch-Analyse	13
4.5 Analyse Netzwerk	18
4.6 Erkenntnisse aus der Pinch Analyse	22
4.7 Massnahmen	23
4.8 Konzeptionelle energietechnische Anforderungen für Neubau	33
5 Schlussfolgerungen	36

Verzeichnis der Grafiken

Grafik 1 Typischer Batch-Prozess Cervelat / Wienerli	5
Grafik 2 Elektrizitätsverbraucher Bell AG	7
Grafik 3 Dampfverbraucher Bell AG	8
Grafik 4 Energieflussdiagramm Bell AG	9
Grafik 5 Wärmeverbrauchsentwicklung Bell Charcuterie 2005 und 2006	11
Grafik 6 Composite Curves Bell AG ohne HD-Wärmepumpe	14
Grafik 7 Konfiguration einer Wärmepumpe in der Pinch-Software	15
Grafik 8 Composite Curves Bell AG mit HD-Wärmepumpe	15
Grafik 9 Composite Curves Bell AG mit HD-Wärmepumpe optimiert	16
Grafik 10 Grand Composite Curves Bell AG mit HD-Wärmepumpe	17
Grafik 11 mit der Pinch-Software generiertes Wärmetauscher-Netzwerk	18
Grafik 12 Massnahmenübersicht aus der Pinch-Analyse	23
Grafik 13 Abwärmenutzung Kondensationsabwärme Kältemaschinen	24

Grafik 14	Konzept mit zentraler Luftaufbereitung.....	25
Grafik 15	Istsituation in Druckluftzentrale.....	26
Grafik 16	mögliche Massnahme: Nutzung der Druckluftkompressor-Abwärme	27
Grafik 17	mögliche Massnahme: Nutzung der TNV-Abwärme für die Salami Reifekammern	28
Grafik 18	Istsituation; 7 Vemag-Anlagen mit individuellem Zu- und Abluftsystem	29
Grafik 19	Massnahme: 7 Vemag-Anlagen mit gemeinsamem Zu- und Abluftsystem mit WRG.....	29
Grafik 20	Energiekonzept Neubau Rauch- Kochanlagen Pökelware im UG	31
Grafik 21	Prinzip der optimalen Abwärmenutzung in Fleischverarbeitungsbetrieben	34
Grafik 22	Räumliche Anordnung Neubau	35

Zusammenfassung

Das *Bundesamt für Energie* hat sich zum Ziel gesetzt, an 5 Pilotprojekten die praktische und vereinfachte Anwendbarkeit der Pinch-Analyse zu testen. Die *Bell AG Charcuterie* an der Elsässerstrasse in Basel hat sich bereit erklärt, an diesem Pilotprojekt mitzuwirken. Die Arbeiten wurden zwischen Dezember 2006 und Juni 2007 ausgeführt.

Erstmals wurde für die *Bell AG* in Basel ein Energieflussdiagramm erstellt, aus welchem die Energieflüsse und die approximativen Energiemengen hervorgehen. Dieses Energieflussdiagramm verdeutlicht, wo grosse Energiemengen umgesetzt werden und wo Optimierungspotenziale liegen.

Gemäss Pinch-Analyse ergibt sich mit dem idealen Wärmetauscher-Netzwerk und zusammen mit der bereits installierten Hochdruck-Wärmepumpe ein theoretisch minimaler Energieumsatz von 9'240 MWh Wärme und 9'290 MWh Kälte pro Jahr. Der tatsächliche Energieumsatz der *Bell AG* liegt heute bei mehr als dem Doppelten. Mit dem idealen Wärmetauscher-Netzwerk könnten somit jährlich mehr als 50% der heutigen Wärme- und Kälteenergie eingespart werden.

Die Überprüfung auf Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Massnahmen führt zu einem realistischen Einsparpotenzial zwischen CHF 300'000.- und CHF 500'000.-. Das sind 15 - 30% der Wärmekosten. Die einfache Rückzahlzeit der vorgeschlagenen Massnahmen liegt zwischen 0.3 und 4.2 Jahren. Konkret soll die Hochdruck-Wärmepumpe optimal ausgelastet werden. Weitere Massnahmen sind die Vorwärmung der Zuluft in der Lüftungszentrale mit Kondensationsabwärme der Kältemaschinen sowie die Nutzung der Abwärme der Druckluftkompressoren und der thermischen Nachverbrennung. Gute Chancen auf Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit haben auch Wärmerückgewinnungsanlagen bei den *Vemag*- und *Atmos*- Koch- und Rauchanlagen.

Mit Ausnahme der Vorwärmung der Zuluft in der Lüftungszentrale waren die Massnahmen bereits vor Beginn der Pinch-Analyse bekannt, jedoch noch nicht klar quantifiziert.

Die Pinch-Analyse hat diverse weitere Vorschläge ergeben, die aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen nicht realisierbar sind (zu lange Distanzen, fehlende Gleichzeitigkeit, zu hohe Risiken).

Die Pinch-Analyse bestätigt jedoch die richtige Dimensionierung der Ende 2006 in Betrieb genommenen Hochdruck-Wärmepumpe, welche einen Teil der Kondensationsabwärme der Kältemaschinen auf ein höheres Temperaturniveau bringt und die Substitution erheblicher Dampfmengen ermöglicht. Die Analyse deckt auch auf – und das ist eine wesentliche Erkenntnis –, dass der Einsatz einer zweiten Hochdruck-Wärmepumpe, wie von der *Bell AG* in Betracht gezogen, nicht sinnvoll ist, da genügend andere Abwärme zur Verfügung steht.

Das Schlussgespräch mit der *Bell AG* beschäftigte sich auch mit der Frage, wie ein Neubau auf der „grünen Wiese“ energietechnisch zu konzipieren wäre, um dem idealen Wärmetauscher-Netzwerk gemäss Pinch-Analyse möglichst Nahe zu kommen. Mit Hilfe der Erkenntnisse aus der Pinch-Analyse konnten für die Beantwortung dieser Frage konkrete Lösungsansätze vorgeschlagen werden.

Der *Bell AG* wird aufgrund der Ergebnisse der Pinch-Analyse empfohlen, 3 Massnahmen sofort und weitere 3 Massnahmen nach Klärung der prinzipiellen Machbarkeit in Vorprojekte zu überführen.

1 Ausgangslage

Das *Bundesamt für Energie* hat sich zum Ziel gesetzt, an 5 Pilotprojekten die praktische und vereinfachte Anwendbarkeit der Pinch-Analyse zu testen. Die *Bell AG Charcuterie* an der Elsässerstrasse in Basel hat sich bereit erklärt, an diesem Pilotprojekt mitzuwirken.

Encontrol GmbH Daniel Meier, Energieingenieur und Moderator bei der *Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW)* hat dieses Pilotprojekt umgesetzt mit Unterstützung von Herrn Max Ryser, Prozessingenieur bei der *Bell AG*.

2 Ziele der Arbeit

Hauptziele des Pilotprojektes sind:

- Kennen lernen der vereinfachten und standardisierten Anwendung der Pinch-Methode
- Erarbeiten von Massnahmenvorschlägen mit Angaben bzgl. Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit

3 Lösungsweg

3.1 Theorie zur Pinch-Analyse

Die Pinch-Analyse hat zum Ziel, Produktionsprozesse und deren Energieflüsse systematisch zu analysieren. Die Prozessanforderungen (v.a. Temperatur und Dauer eines Teilprozesses) werden hinterfragt und – theoretisch - auf ein Minimum optimiert. Durch optimale Nutzung der Prozess- und Infrastrukturabwärme über Wärmetauschernetzwerke lässt sich der theoretisch minimale Energiebedarf eines Produktionsbetriebes bestimmen.

Über den Vergleich dieses Minimalbedarfes mit dem effektiven Verbrauch erhält man eine Aussage über das maximal mögliche Einsparpotenzial.

Die Pinch-Software berechnet nach Eingabe aller Prozesse das ideale Wärmetauschernetzwerk. Durch Plausibilisierung und Überprüfung auf Machbarkeit ergeben sich danach die in der Praxis umsetzbaren Massnahmen unter Angabe einer Abschätzung bzgl. Kosten und Wirtschaftlichkeit.

3.2 Prozessarten

Bei der Anwendung der Pinch-Analyse sind unterschiedliche Prozesstypen zu berücksichtigen:

Kontinuierliche Prozesse: Das sind Produktionsprozesse, in welchen ein einheitliches Produkt kontinuierlich während der gesamten Arbeitszeit hergestellt wird, Prinzip „Förderband“. Produkte, Stoffe, Maschinen und Standorte bleiben unverändert. Beispiele: Herstellung von Zellulose, Flüssigkeiten, Schokoladenmasse, usw.

Multifunktionale Prozesse: Das sind Produktionsprozesse, in welchen verschiedene Produkte auf denselben Anlagen kontinuierlich hergestellt werden. Je nach Produktgestaltung müssen die Parameter der Anlagen verändert werden. Beispiel: Druckereien für verschiedene flexible Verpackungen.

Batch-Prozesse: Das sind Produktionsprozesse, in welchen verschiedene Produkte in zeitlich begrenzten Teilprozessen hergestellt werden. Die Teilprozesse werden diskontinuierlich (Batches) je nach Bestellungseingang und Art des gewünschten Produktes auf mehreren verschiedenen oder gleichartigen Produktionsanlagen durchlaufen. Die Beschickung erfolgt von Hand oder automatisch. Beispiele: Fleischverarbeitung, Kleinteileproduktion, Härterei, usw.

3.3 Anwendung der Pinch-Methode bei der Bell AG

Die *Bell AG Charcuterie* in Basel ist ein Betrieb mit einer Vielzahl von Batch-Prozessen. Für die Pinch-Analyse wurden mehrere hundert verschiedene Einzelprodukte mit eigenen Rezepten aus Aufwands- und Übersichtsgründen in Produktgruppen (Pökelware, Cervelat / Wienerli, Salami, Schinken, Diverse) zusammengefasst.

Die nachfolgende Grafik (*Grafik 1*) zeigt ein Beispiel eines typischen Batch-Prozesses.

Rohstoff Cervelat / Wienerli		Arbeitsdauer	Zeit	Medium Wärmezugabe
↓	2 °C			
Standardisierung		9 h	0400 - 1300	---
↓	2 °C			
kühlen			dauernd	---
↓	2 °C			
hacken		9 h	0400 - 1300	mech. Energie
↓	5 °C			
binden		9 h	0600 - 1500	mech. Energie
↓	10 °C			
umröten		total 4 h	07:00 - 17:00	Luft mit HDD-Register
trocknen				Luft mit HDD-Register
räuchern				mit Raucherzeuger
kochen				Dampf-Einspritzung NDD
↓	74 °C			
duschen		10 min	08:00 - 18:00	Abkühlen mit Wasser auf ca. 45°C
abkühlen		40 min	08:00 - 18:00	Abkühlen mit Luft
↓	2 °C			
verpacken		18 h	0600 - 2400	mech. Energie Druckluft
↓	5 °C			
kühl lagern			dauernd	Kühlen mit Luft
	2 °C			

Grafik 1 Typischer Batch-Prozess Cervelat / Wienerli

3.4 Vorgehensweise

Zur Erreichung der Ziele wurde folgender Lösungsweg gewählt:

1. Teilnahme an einer 2-tägigen Schulung
2. Analyse der Energieverbraucher und der Energieflüsse bei der *Bell AG*
3. Darstellung der Energieflüsse in einem Energieflussdiagramm
4. Analyse der Produktionsprozesse
5. Definieren von Produktgruppen resp. Anlagengruppen mit ähnlichen Produktionsprozessen, Zuteilung der Mengen
6. Definieren von Teilprozessen mit Angabe von Temperaturen, Mengen und Batch-Dauer
7. Überprüfung und Definition der Prozessanforderungen dieser Produktionsprozesse
8. Definieren von kontinuierlichen Infrastrukturprozessen (Rückkühlung Kälteerzeugung, Druckluftabwärme, thermische Nachverbrennung, Luftvorwärmung, BWW-Aufbereitung)
9. Zusammenfassung der Teilprozesse (Reduktion von über 100 auf 52 Prozesse) als Folge von Schritt 6-8.
10. Erstellen der Inputtabelle für die Eingabe in die Pinch-Software
11. Eingabe der Inputtabelle in die Pinch-Software, Erstellen des Netzwerkes
12. Einfügen der bereits bestehenden HD-Wärmepumpe in die Pinch-Software
13. Überprüfung der Machbarkeit der Wärmetauscher, Vornahme von Korrekturen

14. Ausarbeitung und Beschreibung möglicher Massnahmen unter Berücksichtigung der Machbarkeit, der Wirtschaftlichkeit und der Kompatibilität zu Sanierungs- resp. Ausbauvorhaben des Unternehmens
15. Darstellung der Massnahmen je mit Kostenschätzung, Betriebskostenreduktion und Rentabilität
16. Erstellen eines Projektberichts inkl. Massnahmenblätter

3.5 Zusammenfassung von gleichgelagerten Prozessen zu Batch-Cluster

Bei der Zusammenfassung gleichgelagerter Prozesse zu Batch-Cluster waren folgende Aspekte zu beachten:

- Die Teilprozesse (Batches) weisen verschiedene Laufzeiten auf (z.B. 1h, 3h, 4h, 6h oder dauernd).
- Pro Tag werden einzelne Batches mehrmals durchlaufen.
- Temperatur und Laufzeit pro Batch sind bekannte Prozessanforderungen.
- Die durchschnittliche Dauer eines Batches wurde auf 4 Stunden festgelegt.
- Pro Jahr werden 250 Tage à 16 Stunden gearbeitet. Das ergibt 1'000 Batches pro Jahr.
- Über den abgeschätzten Jahresenergieverbrauch des jeweiligen Hauptprozesses, die Temperaturen, die Wärmeübertragungskoeffizienten und die technischen Daten der Anlagen liessen sich die Mengen pro Batch bestimmen (z.B. Luftmengen, Wassermengen, Dampfmengen, Abwärmengen, Verluste)

Als Ergebnis dieser Vereinheitlichungen ergibt sich eine auf 4 Stunden bezogene Energieflussbilanz, welche hochgerechnet auf das ganze Jahr dem effektiven Energieverbrauch entspricht.

Die Prüfung auf Praxistauglichkeit und der Entscheid, ob ein Speicher als Ausgleich zeitlicher Unterschiede erforderlich ist, wird erst nach Vorliegen des Wärmetauscher-Netzwerkes untersucht.

3.6 Schwierigkeiten bei der erstmaligen Anwendung der Pinch-Analyse

Eine erste Schwierigkeit war der relativ grosse zeitliche Abstand von ca. 4 Monaten zwischen Schulung und Anwendung der Pinch-Methode. Bei der *Bell AG* beanspruchte die Analyse des Betriebes rund 80% des Zeitaufwandes, was der Pinch-Theorie entspricht. Die Erkenntnisse der Schulung konnten erst ab März 2007 verwendet werden. Sie mussten deshalb mit Coach-Unterstützung wieder erneuert werden.

Eine zweite Schwierigkeit stellte das Medium Fleisch als Energieträger dar. Die Darstellung der Prozesse mit dem Produkt „Fleisch“ als Wärme- oder Kältequelle in aufzuheizende und abzukühlende Prozesse könnte theoretisch zwar dargestellt werden, ist in der Praxis aber nicht umsetzbar. Es ist z.B. nicht möglich, Wärme von gekochtem Fleisch direkt an tiefgefrorenes Fleisch zu übertragen, um dieses aufzutauen. Es braucht dazu Ersatzstoffe wie Dampf, Wasser, Luft oder Kälte.

Beispiele von aufzuheizenden Prozessen

- Fleisch wird in Kochanlagen mit direkt eingespritztem Dampf auf 70°C erwärmt. Für die Pinch-Software ist nun die Direktdampfeinspritzung (113°C) und nicht das Fleisch ein aufzuheizender Prozess.
- Fleisch wird mit heisser Luft getrocknet. Für die Pinch-Software ist die Zufuhr von heisser Luft und nicht der Gewichtsverlust des Fleisches ein aufzuheizender Prozess.

Beispiele von abzukühlenden Prozessen

- Fleisch muss nach dem Kochen wieder abgekühlt werden. Das geschieht z.B. mit Duschwasser. Für die Eingabe in die Pinch-Software wird anstelle des Fleisches der Ersatzstoff Wasser abgekühlt.

- Die Erzeugung von Kälte mit Kältemaschinen zur Abkühlung des Fleisches in Kälteräumen erzeugt Abwärme. Auch in diesem Fall wird anstelle des Fleisches der Ersatzstoff Abwärme der Kältemaschinen abgekühlt.

Ein weiteres Problem verursachte die grosse Anzahl von Batch-Prozessen, welche die Pinch-Software auf handelsüblichen Personalcomputern zum Erliegen brachte. Die Arbeit musste vor Ort bei der *Helbling AG* auf einem eigens für diese Software geeigneten PC verrichtet werden, was aber mit der Unterstützung von Herrn Morand gut funktionierte.

4 Ergebnisse

4.1 Analyse des Energieverbrauches

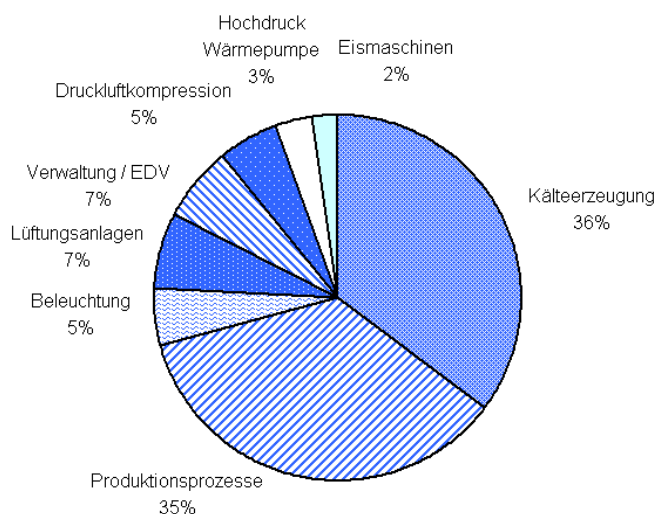
Das ganze Werk besitzt nur 2 Wärmezähler für die Messung der Dampfeinspeisung ab Fernwärmenetz der IBB und die Messung der Kondensatrückführung. Für die Messung des Elektrizitätsverbrauches stehen neben dem Hauptzähler einzelne Unterzähler zur Verfügung.

Die Energieverbräuche wurden über Berechnungen mit Plausibilitätskontrollen zusammen mit dem technischen Dienst in Kleinarbeit erhoben.

Die Energiebilanz ist dargestellt im Energieflussdiagramm. Sie berücksichtigt bereits den Betrieb der Ende 2006 in Betrieb gesetzten Hochdruck-Wärmepumpe.

4.1.1 Elektrizitätsverbraucher

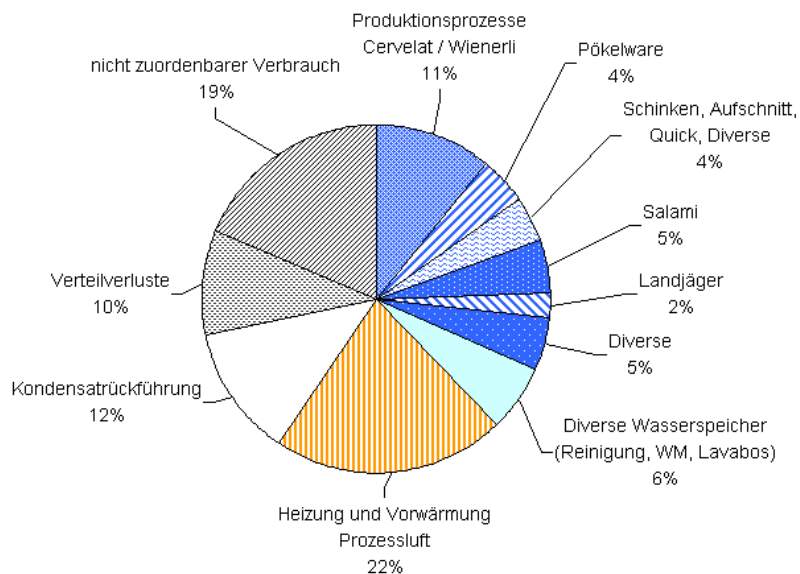
Kälterzeugung (8 Schraubenverdichter inkl. Rückkühlung)	9'070 MWh	35%
Produktionsprozesse (inkl. Backofen und TK-Auftauen elektrisch)	9'100 MWh	35%
Beleuchtung (6'500 Stk. x 50W x 14h/d)	1'300 MWh	5%
Lüftungsanlagen (29 Zuluft, 26 Abluft, 30 Umluft, 330 kW x 24h/d x 60%)	1'700 MWh	7%
Verwaltung / EDV (gemessen)	1'700 MWh	7%
Druckluftkompression (4 Anlagen à 100 kW, 40% Auslastung)	1'400 MWh	5%
Hochdruck-Wärmepumpe (170 kWel.)	800 MWh	3%
Eismaschinen (200 kWel.)	600 MWh	2%
TOTAL Verbrauch 2006	25'670 MWh	100%



Grafik 2 Elektrizitätsverbraucher Bell AG

4.1.2 Dampfverbraucher

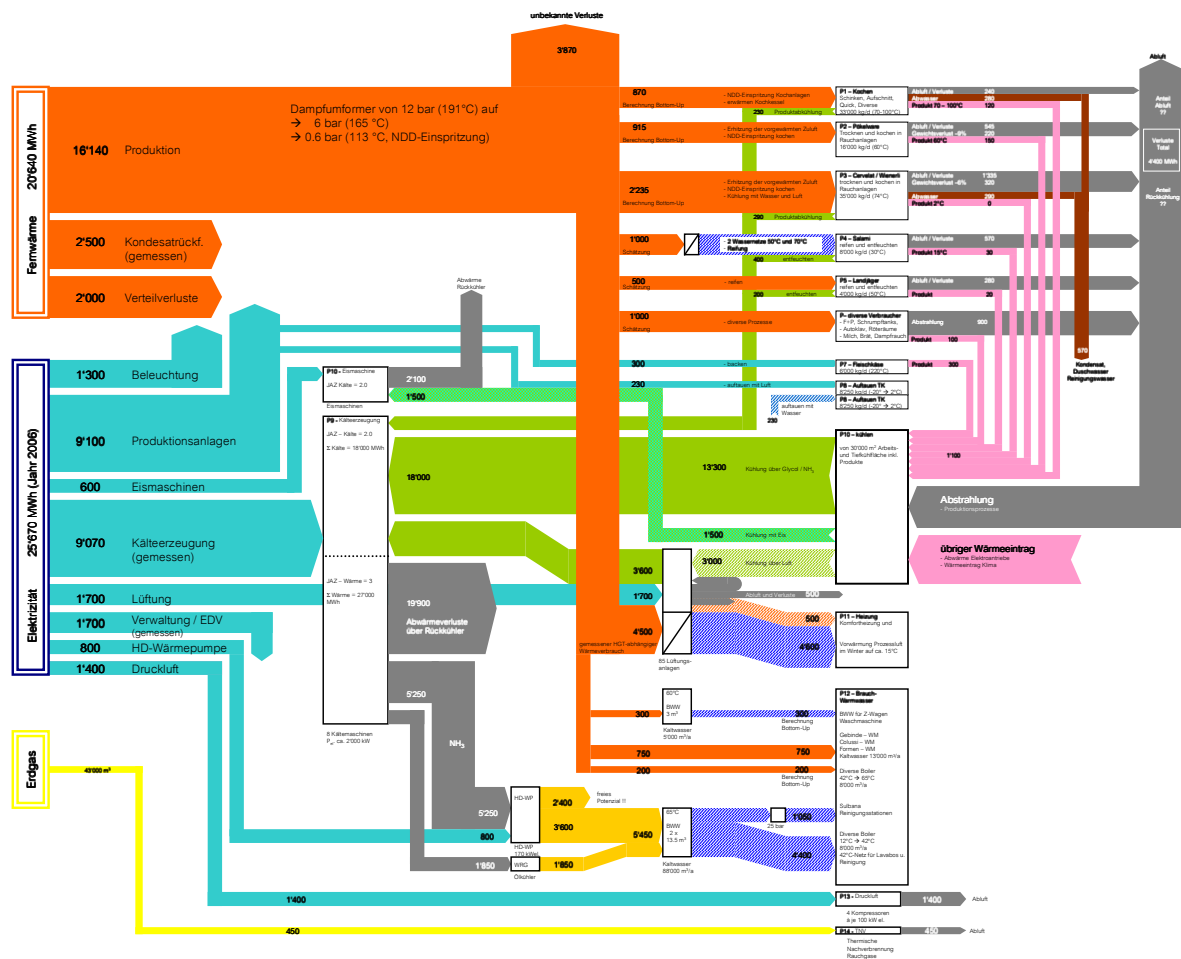
Produktionsprozesse Cervelat / Wienerli (35'000 kg/d, in Heissluftanlagen inkl. Raucherzeuger)	2'235 MWh	11%
Produktionsprozess Pökelfware (16'000 kg/d, in Heissluftanlagen inkl. Raucherzeuger)	915 MWh	4%
Produktionsprozess Schinken, Aufschnitt, Quick, diverse (33'000 kg/d, Kochen in Kochanlagen und Kochkessel)	870 MWh	4%
Produktionsprozess Salami (8'000 kg/d, Reifekammern mit Entfeuchtung)	1'000 MWh	5%
Produktionsprozess Landjäger (4'000 kg/d, Reifekammern mit Entfeuchtung)	500 MWh	2%
Produktionsprozess Diverse	1'000 MWh	5%
Diverse Wasserspeicher mit Wasserverbraucher und Lavabos	1'250 MWh	6%
Heizung und Raumbelüftung (Vorwärmung Prozessluft, Heizung)	4'500 MWh	22%
Kondensatrückführung	2'500 MWh	12%
Verteilverluste	2'500 MWh	10%
Nicht zuordenbarer Verbrauch	3'870 MWh	19%
TOTAL Verbrauch 2006	20'640 MWh	100%



Grafik 3 Dampfverbraucher Bell AG

4.2 Energieflussdiagramm

Im Energieflussdiagramm (Grafik 4) sind die Energieflüsse im Detail grafisch dargestellt (siehe auch Anhang A).



Grafik 4 Energieflussdiagramm Bell AG

4.3 Analyse der Prozesse

Folgende Produktions- und Infrastrukturprozesse wurden untersucht:

- P1 - Kochen kochen in Kochanlagen und Kochkessel
- P2 - Pökelfleisch trocknen und kochen in Heissluftanlagen mit Raucherzeuger
- P3 - Cervelat / Wienerli trocknen und kochen in Heissluftanlagen mit Raucherzeuger
- P4 - Salami reifen und entfeuchten in Reifekammern
- P5 - Landjäger reifen und entfeuchten in Reifekammern
- P6 - diverse Verbraucher Autoklav, Schrumpftanks, Milcherwärmer, Brät, usw.
- P7 - Fleischkäse backen in Elektroöfen
- P8 - Auftauen TK-Material auftauen mit Warmwasser und mit el. beheizter Luft
- P9 - Kälterzeugung kühlen von 30'000 m² Arbeitsfläche und Prozessen
- P11 - Heizung und Luftvorwärmung heizen von Gebäuden und vorwärmen von Prozessluft
- P12 - Brauchwasseraufbereitung erwärmen von Brauchwasser für Reinigung, Waschmaschinen und Lavabos auf 42°C und 65°C mit Hochdruck Wärmepumpe und Dampf
- I1 - Rückkühlung Kondensationswärme Infrastrukturprozess

- I2 - Druckluftherzeugung Infrastrukturprozess
- I3- Thermische Nachverbrennung Infrastrukturprozess

4.3.1 P1 – Kochen in Kochanlagen und Kochkessel

7 Kochanlagen, 11 Kochkessel, 6 Kochintensivanlagen und 3 Heissluftanlagen sind örtlich verteilt im 1. Obergeschoss und im Untergeschoss. Die Anlagen werden von Hand bedient und sind in Betrieb zwischen 06 und 24 Uhr, aber je nach Produkt mit unterschiedlichen Einsatzzeiten.

• Kochprozess Aufschnitt:	8'000 kg/d	ND-Dampf 0.6 bar	200 MWh
• Kochprozess Diverse:	4'000 kg/d	Dampf 6 bar	220 MWh
• Kochprozess Schinken:	17'000 kg/d	Dampf 6 bar	350 MWh
• Kochprozess Quick:	4'000 kg/d	Dampf 6 bar	100 MWh
TOTAL berechneter Energiebedarf			870 MWh

4.3.2 P2 – Geräucherte Pökelfware, Heissluftanlagen mit Raucherzeuger

In 13 Heissluftanlagen mit Raucherzeuger wird im Untergeschoss Pökelfware (Speck, Bratspeck, Ripp-li) getrocknet, geräuchert und gekocht. Beim Trocknen verlieren die Produkte im Schnitt 9% ihres Gewichtes. Betriebszeit 08 – 20 Uhr

• Kochprozess Pökelfware	16'000 kg/d	Dampf	915 MWh
--------------------------	-------------	-------	----------------

4.3.3 P3 – Cervelat / Wienerli, Heissluftanlagen mit Raucherzeuger

In 7 Vemag- und 5 Atmos Heissluftanlagen mit Raucherzeuger werden im 1. Obergeschoss zur Hauptsache Cervelat und Wienerli getrocknet, geräuchert, gekocht, gedusht und abgekühlt. Beim Trocknen verlieren die Produkte im Schnitt 6% ihres Gewichtes. Betriebszeit 07 bis 17 Uhr.

• Cervelat / Wienerli Vemag	23'800 kg/d	Dampf	1'607 MWh
• Cervelat / Wienerli Atmos	11'200 kg/d	Dampf	628 MWh
TOTAL berechneter Energiebedarf			2'235 MWh

4.3.4 P4 – Salami Reifung

In Reifekammern wird der Salami in zwei Reifephasen gereift. Die Phase 1 (19 Kammern) dauert 1 Woche. Die Phase 2 (15 Anlagen dauert 3 – 12 Wochen. In dieser Zeit wird dauernd Energie zugeführt. Beim Reifen verlieren die Produkte im Schnitt 33% ihres Gewichtes. Betriebszeit: dauernd

• Reifung Salami	8'000 kg/d	Dampf (Schätzung):	1'000 MWh
------------------	------------	--------------------	------------------

4.3.5 P5 – Landjäger Reifung

In 5 Rauchanlagen im 2. Obergeschoss und 2 Nachtrocknungskammern werden die Landjäger gerötet (48 h), geräuchert (48 h) und getrocknet (24 h). Beim Trocknen verlieren die Produkte im Schnitt 33% ihres Gewichtes. Betriebszeit: dauernd

• Reifung Landjäger	4'000 kg/d	Dampf (Schätzung):	500 MWh
---------------------	------------	--------------------	----------------

4.3.6 P6 – Diverse Verbraucher

Im ganzen Betrieb befinden sich diverse Kleinverbraucher, wie zum Beispiel der Autoklav (kochen von Konserven), Schrumpftanks, Röteräume, Milcherwärmer, Brätkocher usw., deren Verbrauch nur geschätzt werden kann.

• Diverse Verbraucher		Dampf (Schätzung):	1'000 MWh
-----------------------	--	--------------------	------------------

Diese Prozesse werden in der Pinch-Analyse nicht berücksichtigt.

4.3.7 P7 – Fleischkäse backen

In elektrisch beheizten Backöfen wird zwischen 07 und 24 Uhr Fleischkäse bei 220°C gebacken.

- Backen Fleischkäse 6'000 kg/d Elektrizität 300 MWh

Dieser Prozess wird in der Pinch-Analyse nicht berücksichtigt.

4.3.8 P8 – Auftauen TK-Material

Tiefgekühltes Fleisch wird mit elektrisch beheizter Luft oder Wasser aufgetaut.

- Auftauen TK-Material 8'250 kg/d Elektrizität 230 MWh
- Auftauen TK-Material 8'250 kg/d Warmwasser 230 MWh

TOTAL berechneter Energiebedarf 460 MWh

Diese Prozesse werden in der Pinch-Analyse nicht berücksichtigt.

4.3.9 P9 – Kälteerzeugung

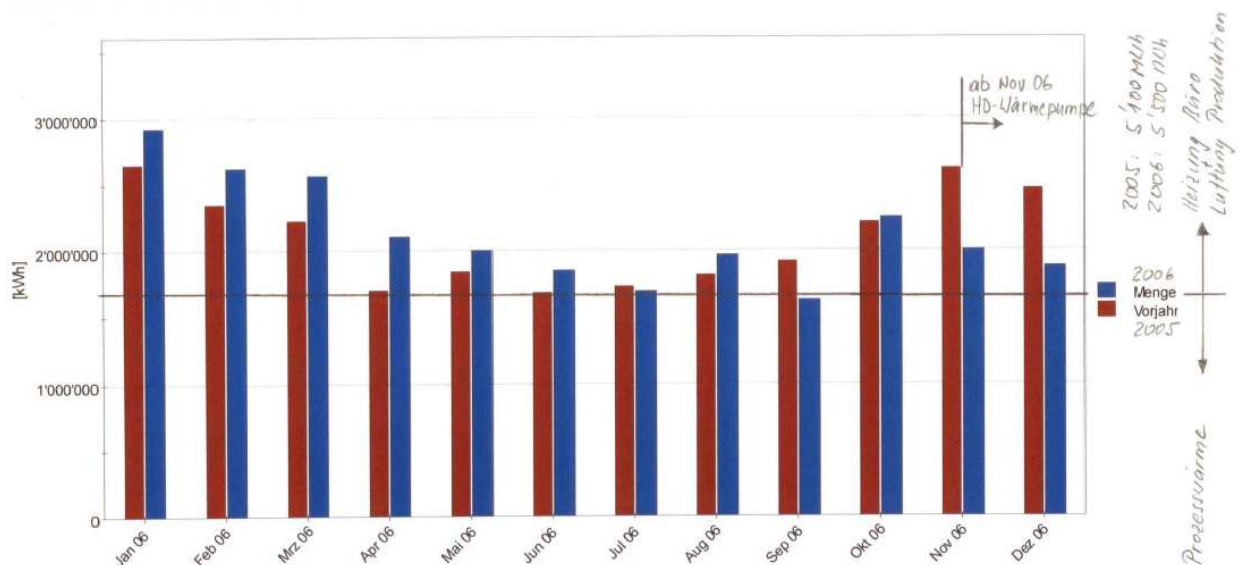
Jeder Energiefluss darf bei einer Pinch-Analyse nur einmal erfasst werden. Er soll in derjenigen Form erfasst werden, in welcher er am aussagekräftigsten ist. Bei der Kälte ergeben sich 3 Möglichkeiten der Darstellung des Energieflusses.

1. Erzeugung der Kälte mit den Kältemaschinen (= MWh erzeugte Kälte)
2. Verbrauch der Kälte in Tiefkühlräumen oder Kühlräumen (= MWh verbrauchte Kälte)
3. Rückkühlung der Kondensationswärme (= MWh entstandene Abwärme inkl. Elektrizität)

Wir haben uns für Variante 3, also die Verwendung der entstandenen Abwärme entschieden. Siehe dazu die Beschreibung des Infrastrukturprozesses I1.

4.3.10 P11 – Heizung und Luftvorwärmung

Über die Analyse des klimaabhängigen Wärmeverbrauches (Grafik 5) ergibt sich der klimaabhängige Heiz- und Lufterwärmungsbedarf für die Bell AG. Diesen schätzen wir gemäss nachfolgender Verbrauchsentwicklung auf **5'100 MWh** pro Jahr. Er setzt sich zusammen aus 4'500 MWh Dampf und 600 MWh Elektrizität (Abwärme der Lüftungsmotoren).



Grafik 5 Wärmeverbrauchsentwicklung Bell Charcuterie 2005 und 2006

Die Wärme wird in erster Linie über die Lüftungsanlage verteilt (ganzjährig, 90% = 4'600 MWh) sowie über Bodenheizungen und Radiatoren (im Winter, 10% = 500 MWh).

- | | | | |
|-----------------------------|-----|-----------------|-----------|
| • Luftvorwärmung | 90% | Dampf + Abwärme | 4'600 MWh |
| • Bodenheizung / Radiatoren | 10% | Dampf + Abwärme | 500 MWh |

TOTAL aus Energiestatistik abgeleiteter Energiebedarf **5'100 MWh**

Der Prozess Luftvorwärmung wird in die Pinch-Analyse einbezogen. Der Prozess Bodenheizung / Radiatoren wird aufgrund seiner tiefen Vollaststundenzahl nicht in die Pinch-Analyse einbezogen.

4.3.11 P12 – BWW-Aufbereitung

Brauchwarm-Wasser (BWW) wird an vielen Orten in der Charcuterie benötigt. Das Warmwasser wird deshalb zentral aufbereitet und über 2 Netze im Betrieb verteilt, ein 42°C-Netz und ein 65°C-Netz.

Übersicht über Warmwasser-Erzeugung mit Dampf resp. AWN Ölkühler und HD-Wärmepumpe

- | | | |
|---|--------------------------|------------------|
| • Energiezentrale, 2 x 13.5 m ³ -Speicher, 12°C → 65°C | 88'000 m ³ /a | 5'400 MWh |
| • F+P-Gebäude, 1 x 3 m ³ -Speicher, 12°C → 65°C | 5'000 m ³ /a | 300 MWh |
| • Waschmaschinen, 12°C → 65°C | 13'000 m ³ /a | 750 MWh |
| • diverse Boiler, 42°C → 65°C | 8'000 m ³ /a | 200 MWh |
| • TOTAL | | 6'700 MWh |

Das 42°C-Netz wird ab den beiden Energiespeichern in der Energiezentrale von 65°C auf 42°C heruntergemischt. Für die Pinch-Analyse werden folgende Prozesse definiert:

- | | | |
|-------------------------------|----------------------------|------------------|
| • Prozesswärme über 42°C-Netz | Dampf + Wärmepumpe | 4'400 MWh |
| • Prozesswärme über 65°C-Netz | Dampf + Wärmepumpe | 1'050 MWh |
| • Prozesswärme über 65°C-Netz | nur Dampf (Waschmaschinen) | 1'250 MWh |
| TOTAL | | 6'700 MWh |

4.3.12 I1 – Rückkühlung Kondensationswärme

Die Kälte wird wie folgt erzeugt:

Maschinen	Medium	Temp.	Kälteleistung	Verbraucher	
7 Verdichter	NH ₃	-13°C	6'720 kW _{th}	Etappe 1 direkt	1'387 kW
				Etappe 2 direkt	218 kW
				Etappe 3 direkt	1'698 kW
				Landjäger 2. OG F+P	400 kW
				Personalrestaurant	210 kW
				Etappe 1, Glycolnetz 0°C	1'300 kW
				Etappe 3, Glycolnetz -7°C	2'200 kW
2 Verdichter	NH ₃	-30°C	220 kW _{th}	Etappe 1-3	203 kW
4 Eismaschinen	NH ₃	Eis	800 kW _{th}		
TOTAL Kälteleistung			7'740 kW_{th}		

Zur Erzeugung der Kälte werden gemäss Stromzähler pro Jahr **9'070 MWh** Elektrizität verbraucht. Bei einer angenommenen Jahresarbeitszahl von 2.0 für die Kälte und von 3.0 für die Abwärme entstehen

somit **18'000 MWh** Kälte auf verschiedenen Temperaturniveaus und **27'000 MWh** Abwärme auf einem Temperaturniveau von 32°C.

Die pro Temperaturniveau erzeugte Kältemenge und erzeugte Wärmemenge wird für die Eingabe in die Pinch-Analyse prozentual zur versorgten Fläche aufgeteilt.

Temperatur	Medium	Flächenanteil	Kältemenge	Wärmemenge	Temp.
-13°C	NH ₃	42%	7'600 MWh _{th}	11'400 MWh _{th}	32°C
-7...0°C	Glycol	45%	8'100 MWh _{th}	12'150 MWh _{th}	32°C
-30°C	NH ₃	3%	500 MWh _{th}	750 MWh _{th}	32°C
-2°C	Eis	10%	1'800 MWh _{th}	2'700 MWh _{th}	32°C

Aus diesen Daten wurden die entsprechenden Pinch-Prozesse generiert (s. Inputtabelle).

4.3.13 I2 – Abwärmenutzung Druckluftkompressoren

Die Abwärme von 4 Druckluftkompressoren kann genutzt werden. Die entsprechenden Daten werden als Pinch-Prozess eingegeben (s. Input-Tabelle und Massnahmenliste).

Das Abwärmenutzungspotenzial auf einem Temperaturniveau von 70°C beträgt maximal 1'120 MWh.

4.3.14 I3 – Abwärmenutzung TNV

Die Abwärme der neuen TNV-Anlage kann genutzt werden. Die entsprechenden Daten werden als Pinch-Prozess eingegeben (s. Input-Tabelle und Massnahmenliste).

Das Abwärmenutzungspotenzial auf einem Temperaturniveau von 80°C beträgt maximal 290 MWh.

4.4 Pinch-Analyse

4.4.1 Prozesse

Die Prozesse gemäss Kapitel 4 wurden „pinch-tauglich“ aufbereitet. In die Pinch-Software wurden die Werte gemäss Eingabe-Tabelle (Anhang C) eingegeben.

4.4.2 Wärmeübertragungskoeffizienten

• Luft	50	W/m ² K
• Feuchte Luft	100	W/m ² K
• Fleisch	500	W/m ² K
• Glycol	1'000	W/m ² K
• Wasser	2'000	W/m ² K
• Dampf	5'000	W/m ² K
• Kondensation	10'000	W/m ² K

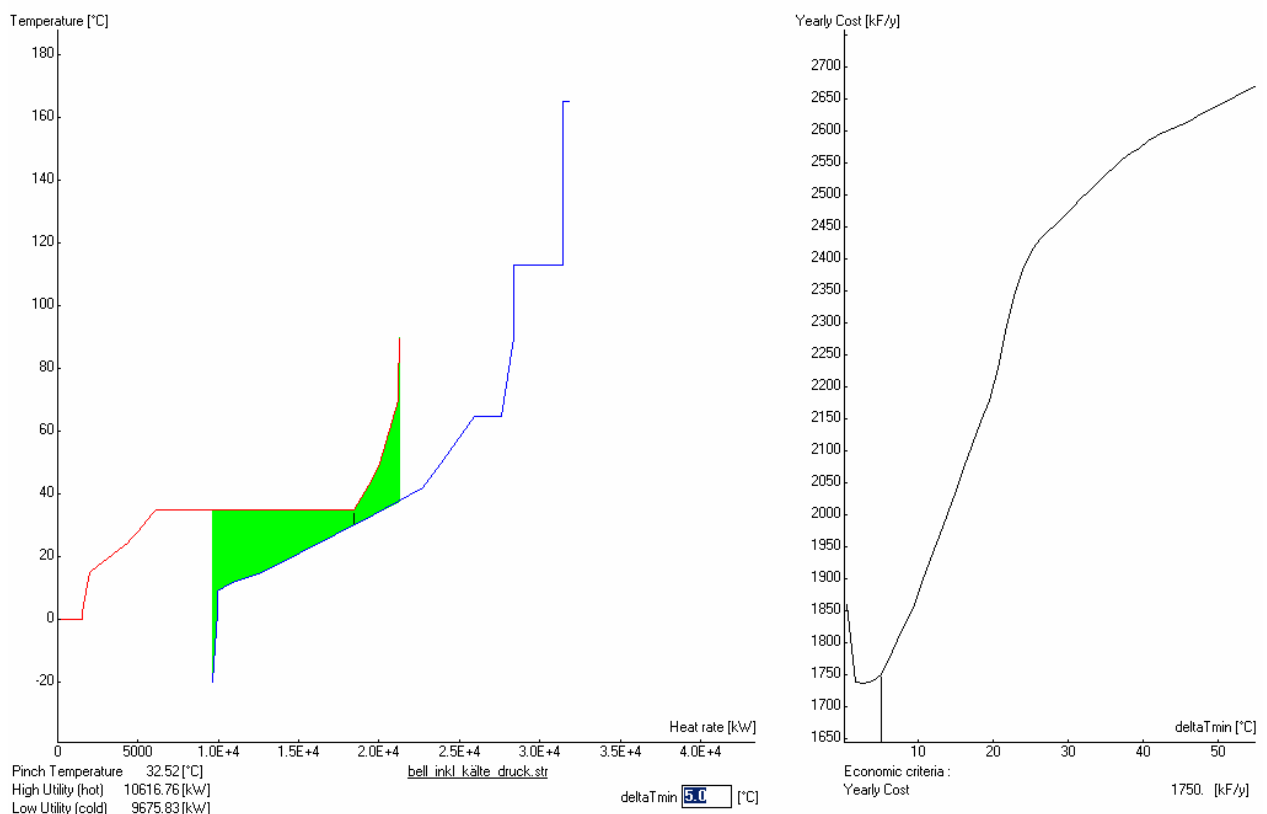
4.4.3 Wirtschaftlichkeitsparameter

Bei der Anwendung der Pinch-Software wurden folgende Wirtschaftlichkeitsparameter verwendet:

• Wärmepreis	6 Rp./kWh
• Kältepreis	4.5 Rp./kWh
• Strompreis	9.0 Rp./kWh

- Zinssatz 5%
- Abschreibungszeit 5 Jahre
- Wirtschaftlichkeitsparameter Wärmetauscher
 - A Fixkosten Fr. 0.-
 - m Elastizität 0.71
 - Cr Referenz-Kosten Fr. 93'000.-
 - Sr Referenz-Tauscherfläche 100 m²
 - S effektive Tauscherfläche in m²
 - Wärmetauscherkosten $C = A + Cr(S/S_r)^m$

4.4.4 Composite Curves



Grafik 6 Composite Curves Bell AG ohne HD-Wärmepumpe

Interpretation Grafik 6

Die untere blaue Kurve stellt die aufzuheizenden Prozesse dar, die obere rote Kurve stellt die abzu-kühlenden Prozesse dar.

Dieses Ergebnis geht davon aus, dass mit einem idealen Wärmetauschernetzwerk alle nutzbare Ab-wärme auch tatsächlich genutzt wird. Demzufolge liegt der minimale Wärmebedarf der Bell AG bei 10'616 kWh * 1'000 Batches = **10.6 GWh** (High Utility = 10'616 kWh pro Batch, wir haben für das Jahr 1'000 Batches angenommen).

Diese Variante wird jedoch nicht weiter verfolgt, da die Bell AG bereits eine HD-Wärmepumpe reali-siert hat und diese hier nicht berücksichtigt ist.

4.4.5 V2 – Prozesse Bell AG mit HD-Wärmepumpe

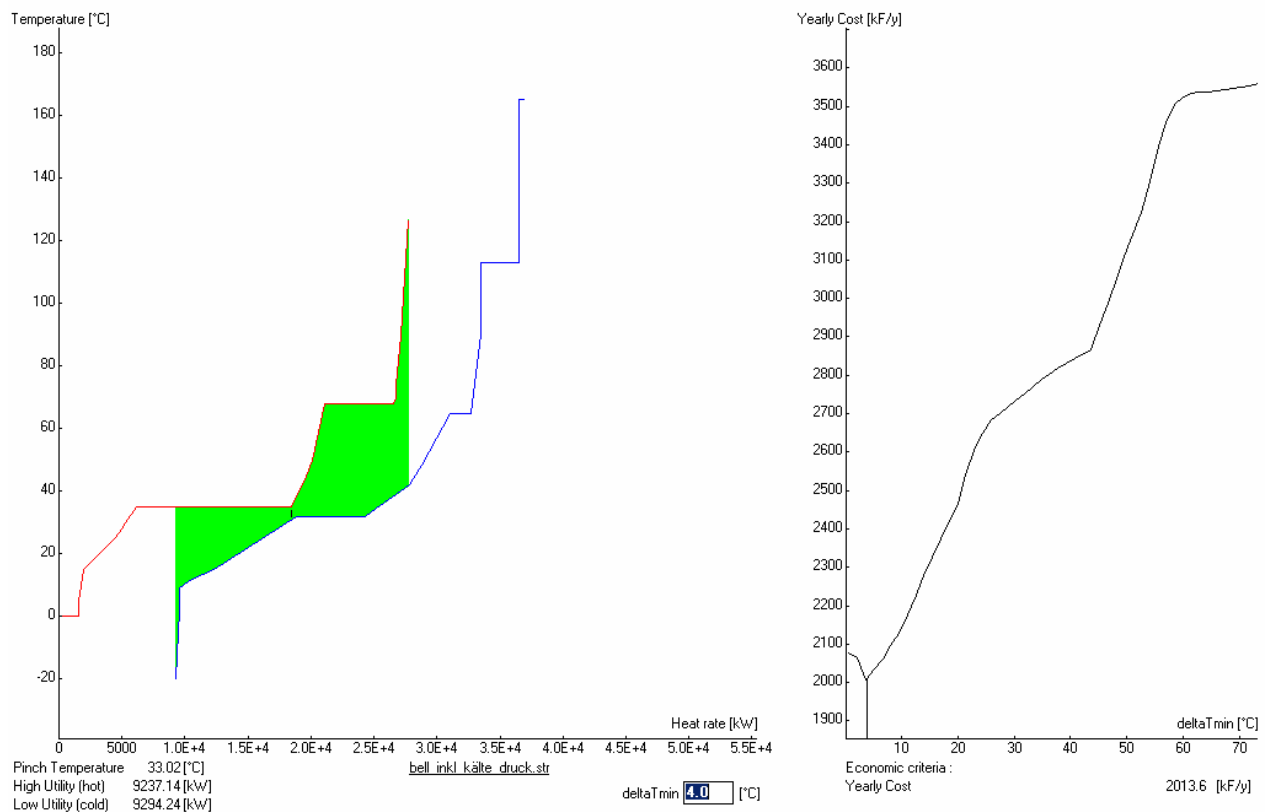
Die in die Pinch-Software eingetragenen Grunddaten sind dieselben wie in Variante V1. Ergänzt wurden die Daten jedoch mit der Wärmepumpe mit folgender Konfiguration:

Parameter	Value
Type of refrigerant	R717
Evaporation temperature [C]	32.0
Condensation temperature [C]	68.0
Evaporation duty [kW]	0.0
Condensation duty [kW]	6500.0

Grafik 7 Konfiguration einer Wärmepumpe in der Pinch-Software

- R717 = NH₃ (Kältemittel Ammoniak auf der Kondensatorseite, Alpha = 3'000 W/m²K, Verdampfungsenthalpie = 1'368 kJ/kgK)
- Verdampfungstemperatur = 32°C
- Kondensationstemperatur = 68°C
- Zur Verfügung stehende Kondensationsabwärme pro Batch = 6'500 kWh (Wert kommt aus Grand Composite Curve, s. Grafik 10)

4.4.6 Composite Curves



Grafik 8 Composite Curves Bell AG mit HD-Wärmepumpe

Interpretation Grafik 8

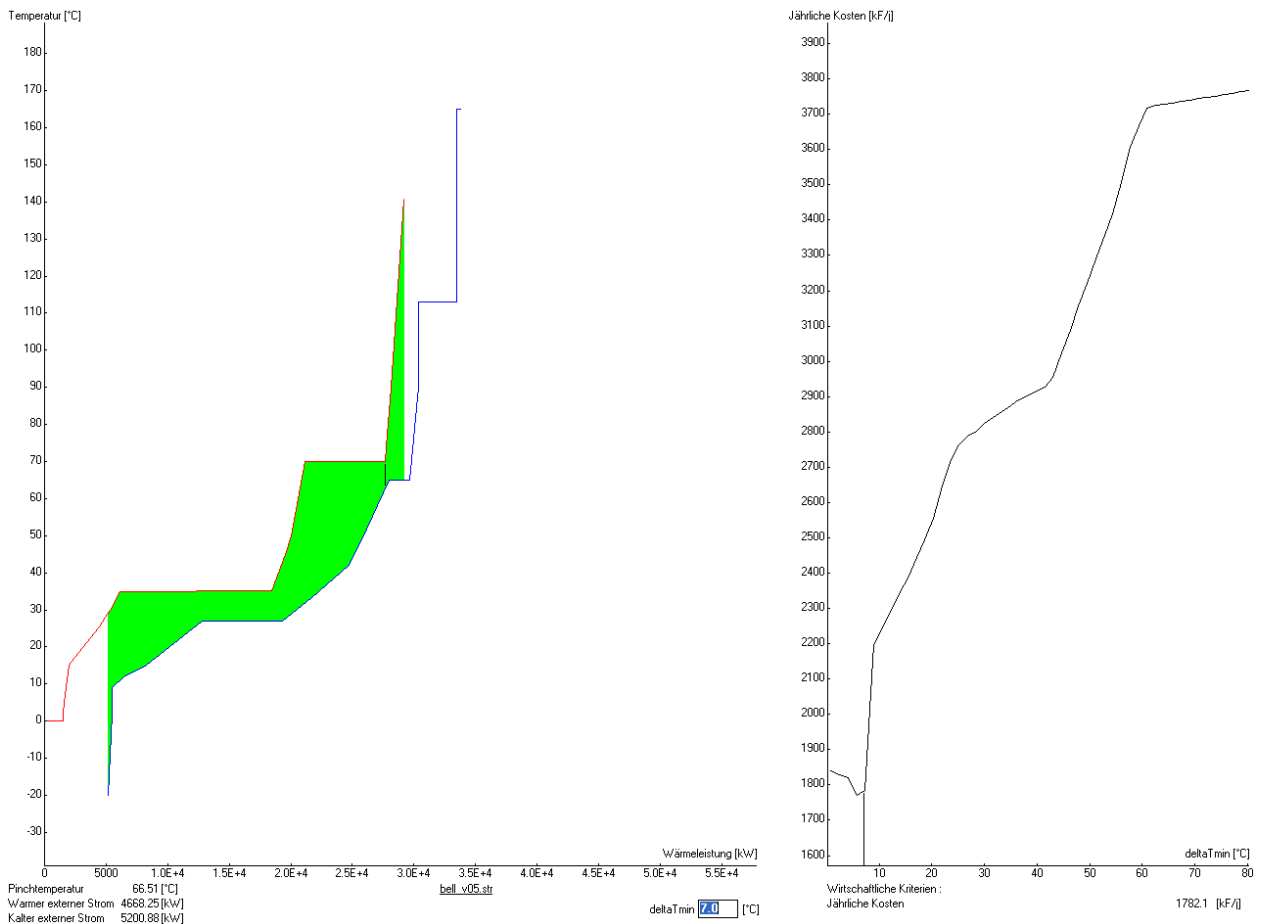
Die untere blaue Kurve stellt die aufzuheizenden Prozesse dar, die obere rote Kurve stellt die abzukühlenden Prozesse dar. Mit der Hochdruck-Wärmepumpe ergeben sich zusammen mit dem idealen Wärmetauscher-Netzwerk folgende minimalen Energieverbräuche:

- Minimaler Wärmebedarf 9'240 kWh/Batch = 9'240 MWh/a
- Minimaler Kältebedarf 9'290 kWh/Batch = 9'290 MWh/a

4.4.7 Composite Curves optimiert

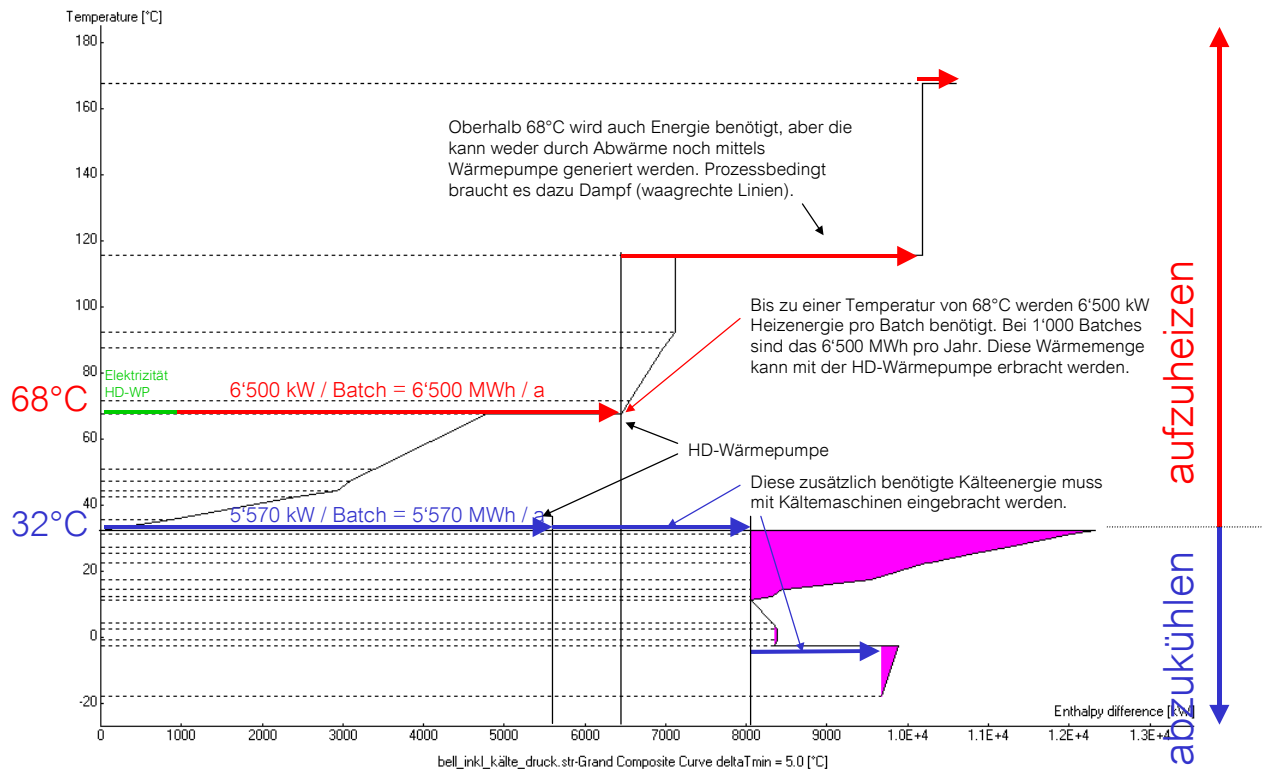
Nach einer theoretischen Optimierung der Wärmepumpe konnte der Verbrauch gemäss Grafik 9 noch einmal deutlich reduziert werden (High utility von 9'237 kWh/Batch auf 4'668 kWh/Batch.). Dies war möglich, durch Reduktion der Verdampfungstemperatur der Hochdruck-Wärmepumpe von 35°C auf 27°C.

Die theoretisch rückgewinnbare Abwärme ist also nochmals wesentlich höher, jedoch sind die Gesamtkosten nicht günstiger als ohne Wärmepumpe, weil der Temperaturhub zu hoch ist. Daraus folgt, dass eine Wärmepumpe keine wesentlichen Vorteile im Vergleich zu einer klassischen Wärmerückgewinnung (WRG) aufweist. Diese Erkenntnis ist jedoch nicht neu. Wenn die Wärmepumpe als Massnahmenvorschlag akzeptiert wird, dann kann man sie als korrekt platziert bezeichnen.



Grafik 9 Composite Curves Bell AG mit HD-Wärmepumpe optimiert

4.4.8 Grand Composite Curve



Grafik 10 Grand Composite Curves Bell AG mit HD-Wärmepumpe

Interpretation Grafik 10

Eine optimal ausgelastete Hochdruck-Wärmepumpe könnte maximal 6'500 MWh Wärme auf einem Temperatur-Niveau von 68°C erzeugen. Die restliche benötigte Wärme liegt auf einem höheren Temperaturniveau und muss mit Dampf erzeugt werden.

Die Wärmepumpe müsste wie folgt dimensioniert sein:

- Erzeugte Wärmemenge 6'500 MWh
- Vollbetriebsstundenzahl 4'200 h
- COP-Wärme 7.0
- Resultierende Heizleistung 1'550 kW
- Resultieren Kälteleistung 1'350 kW
- Resultierende el. Anschlussleistung 200 kW

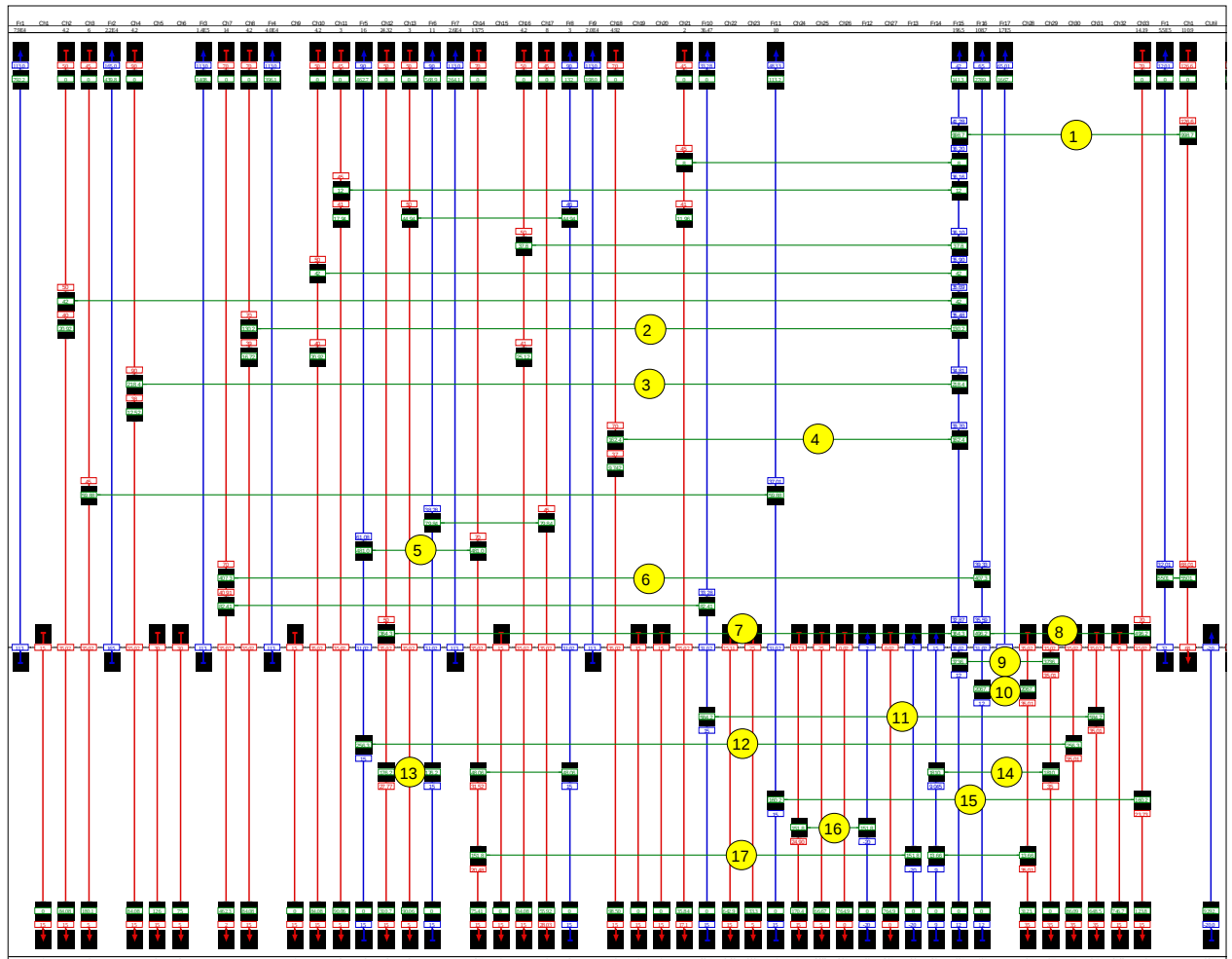
Installiert sind heute 1'459 kW Heizleistung resp. 170 kW elektrisch.

Es lohnt sich nicht, eine weitere **Hochdruck-Wärmepumpe** zu installieren!

Die bestehende Wärmepumpe muss nun zuerst optimal ausgelastet und gleichzeitig müssen praxis-taugliche und wirtschaftlich vertretbare Abwärmequellen genutzt werden.

4.5 Analyse Netzwerk

Das theoretisch optimale Wärmetauscher-Netzwerk weist 27 Wärmetauscher auf. Folgende Grafik (Grafik 11) ist als Anhang B angehängt.



Grafik 11 mit der Pinch-Software generiertes Wärmetauscher-Netzwerk

10 Wärmetauscher wurden aufgrund der zu geringen Leistung gestrichen. 17 Wärmetauscher (nummeriert von 1 – 17) wurden am 15. Mai 2007 in Basel bei der Bell AG auf deren Machbarkeit geprüft.

4.5.1 Machbarkeit Tauscher 1

Wärmequelle	HD-Wärmepumpe, 126.6°C → 68.01°C
Wärmesenke	BWW-Erwärmung, 36.2°C → 41.3°C
Leistung	999 kWh/Batch
Medien	Wasser → Wasser
nutzbare Abwärme	999 MWh/a
zeitl. Abhängigkeit	dauernd, passt zusammen
Machbarkeit	in Realisierung
Die HD-Wärmepumpe speist über den Warmwasser-Speicher ein 65°C Warmwasser-Netz. An dieses Netz werden im Moment weitere Verbraucher angeschlossen.	

4.5.2 Machbarkeit Tauscher 2 und 3

Wärmequelle	Abwärme Kondensat Schinken, 70°C → 39°C gebrauchtes Kochwasser Diverse, 90°C → 38°C
Wärmesenke	BWW-Erwärmung, 34.8°C → 35.4°C

	BWW-Erwärmung, 33.7°C → 34.8°C
Leistung	130 kWh/Batch 218 kWh/Batch
Medien	Wasser → Wasser
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle Kondensat, 6h pro Tag, Wärmesenke dauernd Wärmequelle Kochwasser, 2 x 2h pro Tag, Wärmesenke dauernd
Machbarkeit	machbar, 2. Priorität Das nutzbare Potenzial aller Anlagen im 1. OG beträgt: P1-12: Aufschnitt 5 Kochanlagen 1. OG 60 kWh/Batch P1-22: Diverse 11 Kochkessel im 1. OG 186 kWh/Batch P1-33: Schinken 3 Kochintensivanlagen im 1. OG 73 kWh/Batch P3-14: Cervelat / Wienerli 7 Vemag-Anlagen 30 kWh/Batch P3-24: Cervelat / Wienerli 5 Atmos-Anlagen 21 kWh/Batch TOTAL im 1. OG 370 kWh/Batch
nutzbare Abwärme	370 kWh * 1'000 Batches = 370 MWh → CHF 30'000.-
Massnahme:	Das Kondensat und heisse Abwasser aller Anlagen soll gesammelt und die Wärme für die Brauchwarmwasser-Erwärmung genutzt werden.
Probleme	Fleisch wird am Ende des Kochprozesses mit kaltem Wasser „geduscht“. Dieses kalte Duschwasser muss vom heissen Kondensat getrennt werden, das Wasser ist zudem fetthaltig (bei Wärmetauscherwahl zu berücksichtigen) und die Abwärme steht nicht kontinuierlich zur Verfügung.

4.5.3 Machbarkeit Tauscher 4

Wärmequelle	warme Abluft Cervelat-Atmos, 70°C → 37 °C
Wärmesenke	BWW-Erwärmung, 32.9 → 33.7°C
Leistung	162 kWh/Batch
Medien	Luft → Wasser
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle 6 x 1h pro Tag, Wärmesenke dauernd
nutzbare Abwärme	max. 162 MWh → CHF 13'000 / a
Machbarkeit	in abgeänderter Form machbar, 1. Priorität Die warme Abluft der 5 Atmos-Anlagen wird heute in einem zentralen Fortluftkanal gesammelt und an die Umgebung abgegeben. Die Zuluft wird über einen gemeinsamen Zuluftkanal aus dem umgebenden Raum entnommen. Zwischen Fortluft- und Zuluftkanal soll ein Wärmetauscher installiert werden. Als additive Massnahme kann die Abwärme der TNV oder der Druckluftkompressoren genutzt werden.

4.5.4 Machbarkeit Tauscher 5

Wärmequelle	warme Abluft 7 Cervelat-Vemag, 70°C → 35 °C
Wärmesenke	Luftvorwärmung in Rauch- und Kochanlagen im UG, 31.02°C → 61.08°C
Leistung	481 kWh/Batch
Medien	Abluft → Zuluft
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle 6 x 1h pro Tag, Wärmesenke 3 x 3h pro Tag, ca. zeitgleich
nutzbare Abwärme	481 MWh → CHF 38'000 / a
Machbarkeit	in abgeänderter Form machbar, 1. Priorität Die warme Abluft der 7 Vemag-Anlagen wird heute pro Kammer über je einen separaten Fortluftkanal an die Umgebung abgegeben. Die Zuluft wird über einzelne Zuluftkanäle aus dem Raum genommen. Die 7 Fortluft- und die 7 Zuluftkanäle sollen je in einen gemeinsamen Kanal geführt und in diesem ein Wärmetauscher installiert werden. Als additive Massnahme kann

die Abwärme der neuen TNV oder der Druckluftkompressoren genutzt werden.

4.5.5 Machbarkeit Tauscher 6

Wärmequelle	warme Umluft in 6 Kochintensivanlagen, welche mit Kälteregeistern gekühlt wird, 70°C → 40.9°C
Wärmesenke	BWW-Erwärmung, 35.6 → 39.3°C
Leistung	407 kWh/Batch
Medien	Umluft → nicht nutzbar, da Anlagen geschlossen
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle 1 x 2h pro Tag, Wärmesenke dauernd
Machbarkeit	nicht machbar, da geschlossene Anlagen

4.5.6 Machbarkeit Tauscher 7

Wärmequelle	warme Abluft aus 13 Rauch- und Kochanlagen Pökelware 50°C → 35.02°C
Wärmesenke	BWW-Erwärmung, 31.02 → 32.9°C
Leistung	364 kW
Medien	Abluft → Wasser
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle 3 x 3h pro Tag, Wärmesenke dauernd
Energie	max. 364 MWh → CHF 29'000 / a
Machbarkeit	in abgeänderter Form im Rahmen des Sanierungsprojektes machbar. Die warme Abluft und die in einem Rauchwäscher gereinigte Rauchluft wird heute pro 4 Kammern in einem gemeinsamen Fortluftkanal nach aussen abgeführt. Die Zuluft wird über einzelne Zuluftkanäle aus dem Raum genommen. Im Rahmen des Sanierungsprojektes sollen die Kammern so angeordnet werden, dass zwischen dem gemeinsamen Zuluftkanal und dem Fortluftkanal ein Wärmetauscher installiert werden kann und dass keine Abstrahlverluste in die gekühlten Nebenräume abgegeben werden.

4.5.7 Machbarkeit Tauscher 8 und 15

Wärmequelle	Abwärme Druckluft-Kompressoren, 70°C → 35.02°C Abwärme Druckluft-Kompressoren, 35.02°C → 23.7°C
Wärmesenke	BWW-Erwärmung, 31.02 → 35.6°C Vorwärmung Luftzufuhr Reifekammern Landjäger, 15 → 31.02°C
Leistung	496 kWh/Batch 160 kWh/Batch
Medien	Wasser → Wasser
Nutzbare Abwärme	656 MWh/a → CHF 52'000.-
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle dauernd, Wärmesenke dauernd, jeweils mit unterschiedlicher Auslastung
Machbarkeit	machbar, 1. Priorität In der Zentrale sind folgende Druckluft-Kompressoren in Betrieb: 1 x 90 kWel. Käser CS121 wassergekühlt, Wasseraustrittstemperatur = 43°C 2 x 90 kWel. Käser CS121, luftgekühlt 1 x 60 kWel. Käser BS51, luftgekühlt 1 x atlas Copco, praktisch nicht mehr in Betrieb, nur Redundanz Die 4 Kompressoren müssen auf Wasserkühlung auf das gewünschte Temperaturniveau umgebaut werden. Eine geeignete Wärmesenke muss noch gesucht werden (z.B. BWW-Zirkulationsleitung in der Nähe, oder bestehender Speicher, oder neuer Speicher).

4.5.8 Machbarkeit Tauscher 9, 10, 11, 14

Wärmequelle	NH ₃ Kondensationswärme der Kältemaschinen , 32.01°C → 32.00°C
Wärmesenken	BWW-Erwärmung, 12 → 31.2°C Vorwärmung Prozessluft in Lüftungszentrale, 9 → 15°C Vorwärmung Luftzufuhr Reifekammern Salami, 15 → 31°C Vorwärmung Luftzufuhr Reifekammern Landjäger, 15 → 31°C
Leistung	3'736 kWh/Batch 2'067 kWh/Batch 584 kWh/Batch 1'810 kWh/Batch TOTAL 8'200 kWh/Batch
Medien	NH ₃ -Kondensator → Wasser oder Luft
Nutzbare Abwärme	maximal 8'200 MWh/a → CHF 650'000.-
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle dauernd, Wärmesenke dauernd
Machbarkeit	machbar, 1. Priorität Das kondensationsseitig gasförmige Kältemittel R717 (NH ₃) der 7 NH ₃ Kältemaschinen wird heute an die Kühltürme zur Kondensation und Rückkühlung geführt. Ein kleiner Teil davon wird mit einer HD-Wärmepumpe auf 70°C verdichtet und die Abwärme zur BWW-Erwärmung genutzt. Die verbleibende Wärme kann genutzt werden für die BWW-Vorwärmung (12°C), zur Vorwärmung der zentral aufbereiteten Prozessluft oder eventuell zur Vorwärmung der Zuluft in die Reifekammern. Sie ist nicht nutzbar für die Erwärmung der Zuluft einzelner Kochanlagen (Distanz!).

4.5.9 Machbarkeit Tauscher 12

Wärmequelle	NH ₃ Kondensationswärme der Kältemaschinen , 35.02°C → 35.01°C
Wärmesenke	Vorwärmung Zuluft 13 Rauch- und Kochanlagen Pökelware, 15 → 31.02°C
Leistung	256 kW
Medien	NH ₃ -Kondensator → Zuluft
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle dauernd, Wärmesenke dauernd
Machbarkeit	nicht machbar, Distanz zu gross

4.5.10 Machbarkeit Tauscher 13

Wärmequelle	warme Abluft aus 13 Rauch- / Kochanlagen Pökelware 35.02°C → 27.8°C
Wärmesenke	Vorwärmung Zuluft Cervelat Vemag, 15 → 31.02°C
Leistung	176 kW
Medien	Abluft → Zuluft
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle 3 x 3h pro Tag, Wärmesenke 6 x 1h
Energie	max. 240 MWh → CHF 19'000 / a
Machbarkeit	nicht machbar, Distanz zu gross

4.5.11 Machbarkeit Tauscher 16

Kältequelle	kaltes Wasser aus Auftauprozess, -20°C → 2°C
Kältesenke	Kühlung der Luft in Reifekammern Landjäger, 33.7 → 24.9°C
Leistung	151 kW
Medien	Wasser → Luft
zeitl. Abhängigkeit	Kältequelle 1 x 4h, Kältesenke dauernd
Machbarkeit	nicht machbar, macht keinen Sinn

4.5.12 Machbarkeit Tauscher 17

Wärmequelle	warme Abluft Cervelat-Vemag, 31.5°C → 20.5 °C
Wärmesenke	Auftauen Produkt, -20°C → 2°C
Leistung	151 kW
Medien	Abluft → Fleisch
zeitl. Abhängigkeit	Wärmequelle 6 x 1h pro Tag, Wärmesenke dauernd
Machbarkeit	nicht machbar, zu wenige Leistung

4.6 Erkenntnisse aus der Pinch Analyse

Die Pinch-Analyse hat folgende Erkenntnisse gebracht:

4.6.1 Wirtschaftlichkeit mit idealem Wärmetauscher-Netzwerk

Gemäss Pinch-Analyse ergeben sich für das ideale Wärmetauscher-Netzwerk zusammen mit der bereits installierten Hochdruck-Wärmepumpe folgende minimalen Energieverbräuche:

- Minimaler Wärmebedarf 9'240 kWh/Batch = **9'240 MWh/a**
- Minimaler Kältebedarf 9'290 kWh/Batch = **9'290 MWh/a**

Mit den eingegebenen Wirtschaftlichkeitsparametern (Wärme: 6.0 Rp./kWh, Elektrizität: 9.0 Rp./kWh, Kälte: 4.5 Rp./kWh) ergäben sich bei optimaler Ausnützung der verschiedenen Abwärmequellen über das ideale Wärmetauschernetzwerk jährliche minimale Kosten von CHF 970'000.- für Wärme und Kälte sowie zusätzlich CHF 1'040'000.- für die Amortisation der Investitionskosten der Wärmetauscher während 5 Jahren.

4.6.2 Hochdruck-Wärmepumpe

Für das unterste Temperatur-Niveau bis 15°C (Luftvorwärmung) resp. bis 35°C (Warmwasser) würde prinzipiell genügend Abwärme aus den Produktionsprozessen zur Verfügung stehen. Mit einem idealen Wärmetauschernetzwerk, wie es die Pinch-Analyse vorschlägt, könnte diese Abwärme auch genutzt werden. In der Praxis zeigt sich, dass das ideale Netzwerk nicht vollständig realisiert werden kann. Ein Teil der Abwärme müsste mit einem erheblichen Aufwand und über grosse Distanzen von der Abwärmequelle zur Abwärmesenke transportiert werden.

Die Ende 2006 in Betrieb genommenen Hochdruck-Wärmepumpe macht deshalb Sinn, weil sie das Problem der grossen Distanzen elegant löst. Sie ist gut dimensioniert bezüglich Temperaturen und Leistung. Sie ist aber teurer als die konventionelle, theoretisch maximal optimierte WRG-Lösung. Sie muss deshalb mindestens 7 Jahre betrieben werden, bis die Betriebskosten gleich sind wie die ideale WRG-Lösung, welche auf 5 Jahre abgeschrieben ist.

Es soll **keine weitere Hochdruck-Wärmepumpe** mehr installiert werden.

Die bestehende Wärmepumpe muss optimal ausgelastet und gleichzeitig müssen praxistaugliche und wirtschaftlich vertretbare Abwärmequellen genutzt werden.

4.6.3 Neue Prozessanforderungen

Vemag Kochanlagen verbrauchen zu viel Energie

Die Herstellung der Produkte erfolgt nach genau definierten Rezepten. Diese können nicht verändert werden. Es fällt auf, dass die Koch-Anlagen vom Typ *Atmos* 35% weniger Energie benötigen, um dieselben Endprodukte herzustellen wie mit den Kochanlagen vom Typ *Vemag*. Das ist zurückzuführen auf die geringeren Leistungen der Dampfregister und der Ventilatoren. Gemäss Aussagen von Hr. Ryser hat die *Bell AG* jedoch Schwierigkeiten mit der Produktqualität bei den energieeffizienteren *Atmos-Anlagen*. Als Folge davon will die *Bell AG* in Zukunft die *Atmos-Anlagen* durch *Vemag-Anlagen* ersetzen.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass beim Betrieb der *Vemag-Anlagen* zu viel Energie eingesetzt wird und dass eine Reduktion der Prozessanforderungen (z.B. Luftmengenreduktion) ohne Qualitätsverlust der Produkte möglich ist.

Unnötiger Gewichtsverlust bei der Fleischtrocknung

Bei der Fleischtrocknung werden, ungeachtet von Produkt und Füllgrad der Kammern, konstante Luftmengen verwendet. Dadurch entsteht je nach Produkt und Füllgrad ein zu hoher Gewichtsverlust. Gewichtsverlust bedeutet auch Umsatzverlust. Beispiel: Ein Gewichtsverlust von 3% bei einer täglichen Produktionsmenge von 50'000 kg bedeutet:

1'500 kg x 250 Tage x CHF 20.- = 7.5 Mio. Es lohnt sich, den Gewichtsverlust durch Luftmengenregulierung auf ein Minimum zu reduzieren.

4.7 Massnahmen

4.7.1 Übersicht

Projekt: Pinch-Analyse Bell AG
 Objekt: Bell AG, Charcuterie, Basel
 Name: M. Ryser / Hp. Gysin

E-Preis [Fr./MWh]
80.00

Realisierbare Massnahmen

Projekt-Nr.	Gebäude oder Standort	Bereich	Beschreibung Massnahme	Inv. Kosten [Fr. o. MWSt]	Einsparung Dampf [MWh/a]	Nutzen [Fr.]	K/N [-]
M1	E-Zentrale Etappe 1	Kälte	Abwärmenutzung Kondensationsabwärme Kältemaschinen zur Vorwärmung Zuluft Etappe 1, 280'000 m ³ /h von 2.9°C auf 8°C im Winter	500'000	1'900	152'000	3.3
M2	Druckluft-Zentrale	Druckluft	Nutzung Abwärme 3 Druckluftkompressoren Umbau von 2 Kompressoren, Einspeisung in Rücklauf Heizkreis	120'000	380	30'400	3.9
M3	4. OG	TNV	Abwärmenutzung neue thermische Nachverbrennung, Einspeisung in 70°C-Zwischenkreis Travallini Reifekammer Salami	150'000	600	48'000	3.1
M4	1. OG	Cervelat / Wienerli	WRG Vemag-Anlagen, gemeinsamer Zu- und Fortluftkanal mit WRG über Wärmetauscher	200'000	800	64'000	3.1
M5	1. OG	Cervelat / Wienerli	WRG Atmos-Anlagen, gemeinsamer Zu- und Fortluftkanal mit WRG über Wärmetauscher	100'000	300	24'000	4.2
M6	UG	Pökelware	Neubau mit energetisch optimierter baulicher Anordnung und WRG über gemeinsamen Zu- und Fortluftkanal	150'000	450	36'000	4.2
M7	1. OG	E-Zentrale	Anschluss neuer Verbraucher für HD-Wärmepumpe	49'000	2'000	160'000	0.3
TOTAL				1'269'000	6'430	514'400	2.5

nicht realisierbare Massnahmen

Projekt-Nr.	Gebäude oder Standort	Bereich	Beschreibung Massnahme	Inv. Kosten [Fr. o. MWSt]	Einsparung Dampf [MWh/a]	Nutzen [Fr.]	K/N [-]
M8	1. OG	Landjäger	Substitution Dampf durch Abwärme für Nachtrocknungskammern		500	40'000	
M9	1. OG	Kochanlagen	Abwärmenutzung Kondensat Kochanlagen		200	16'000	
TOTAL					700	56'000	

Grafik 12 Massnahmenübersicht aus der Pinch-Analyse

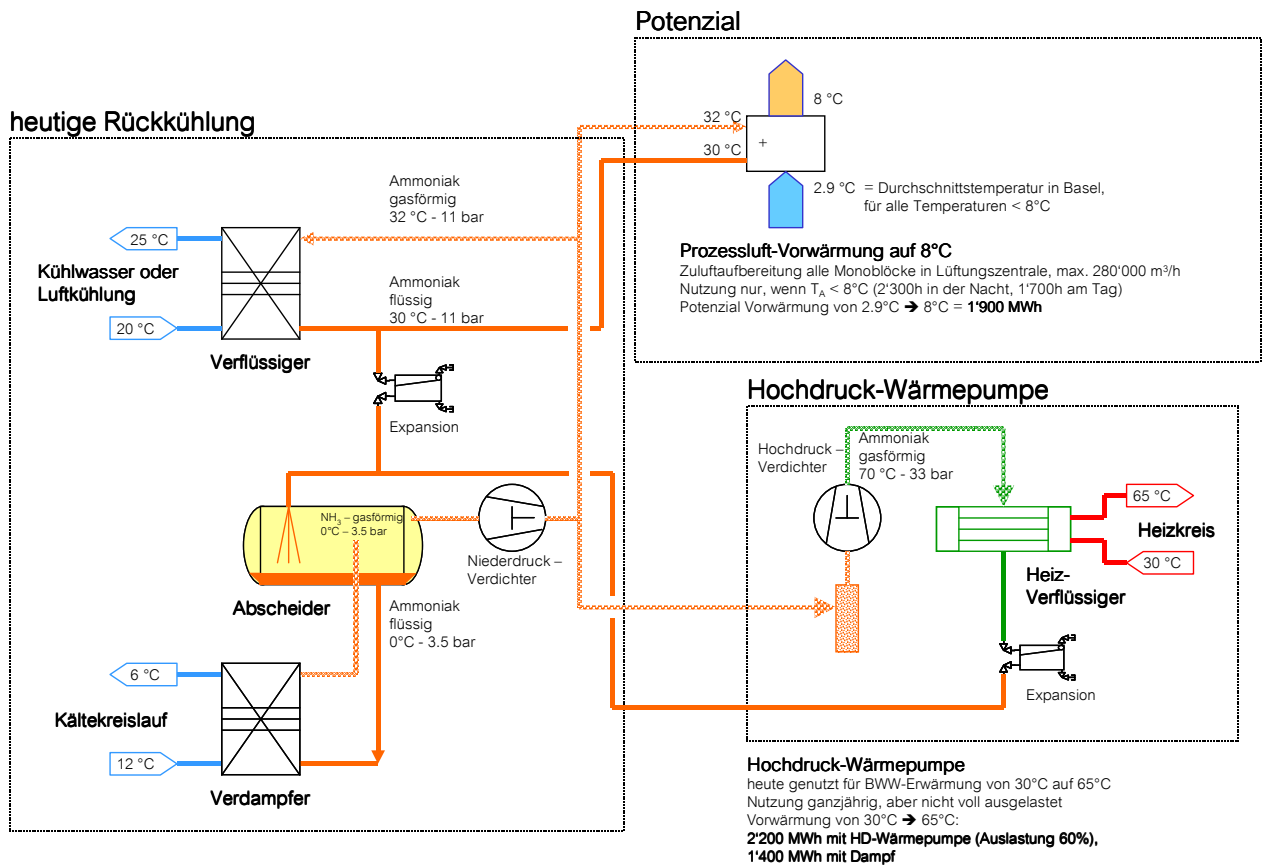
Bemerkungen

Diese Massnahmen sind das Ergebnis der bei der Bell AG durchgeführten Pinch-Analyse durch die *Encontrol GmbH* mit Prüfung auf Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit durch die *Terag AG* (Hr. Wüthrich), die *Bell AG* (Hr. Sutter, Hr. Ryser) und die *Encontrol GmbH* (Hr. Meier).

Die Genauigkeit der Investitionskosten beträgt $\pm 25\%$.

Die Genauigkeit der Energiemengen und der Einsparungen beträgt $\pm 35\%$. Diese relativ hohe Ungenauigkeit liegt darin begründet, dass in der *Bell AG* keine Wärmezähler für einzelne Prozesse verfügbar sind. Die Massenströme der einzelnen Prozesse basieren demzufolge auf Schätzungen und Berechnungen, die keine höhere Genauigkeit zulassen.

4.7.2 M1: Abwärmenutzung Kondensationsabwärme Kältemaschinen



Grafik 13 Abwärmenutzung Kondensationsabwärme Kältemaschinen

zur Verfügung stehende Abwärme

- 8 Kältemaschinen NH₃ 27'000 MWh/a Abwärme NH₃ gasförmig auf Niveau 32 °C.

heute genutzt: Abwärme der Ölkühler

Die Verdichter der 8 Kältemaschinen werden mit Öl gekühlt (35/30 °C). Mit diesem Öl wird Brauchwarmwasser von 12 °C auf 30 °C vorgewärmt.

- heute genutzt 1'850 MWh/a Abwärme Ölkühler für BWW-Vorwärmung, 88'000 m³/a von 12 °C auf 30 °C (nicht eingezeichnet)

heute genutzt: Abwärme für Hochdruck-Wärmepumpe

Mit der Ende 2006 in Betrieb genommenen Hochdruck-Wärmepumpe wird das Brauchwarmwasser von 30 °C auf ein durchschnittliches Temperaturniveau von 65 °C erwärmt. Zur Zeit ist es nicht möglich, den ganzen BWW-Bedarf mit der Wärmepumpe abzudecken (zeitliche Verschiebung). Der Fehlbetrag wird mit Dampf abgedeckt.

Die Investitionskosten werden auf CHF 500'000.- geschätzt.

Die Pay-Back Zeit liegt zwischen 3 und 5 Jahren.

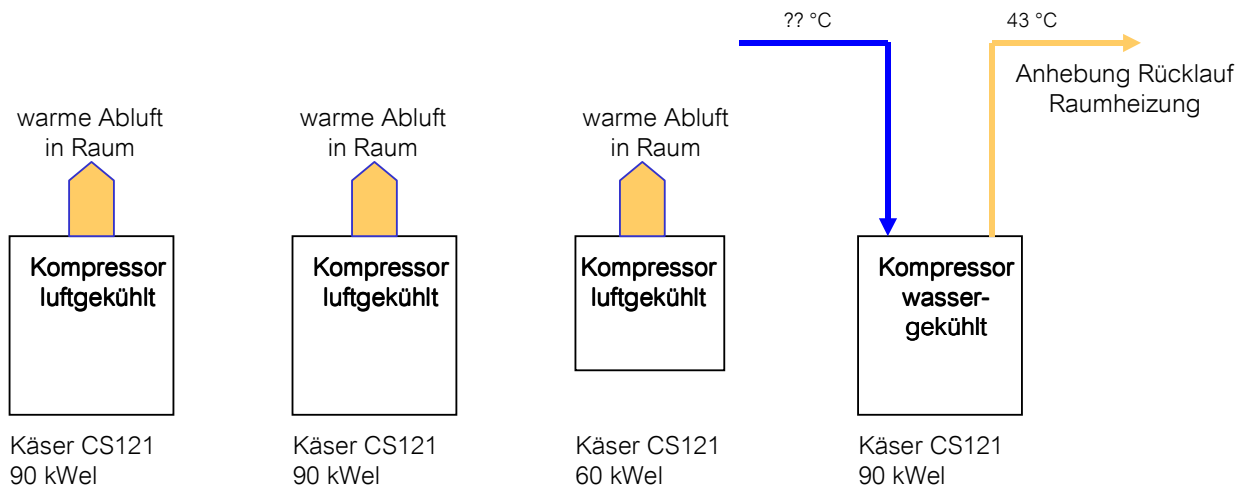
Weiteres Vorgehen

Ausführen eines Vorprojektes zur Ermittlung der genauen Kosten und Einsparungen.

Neben der Nutzung der Abwärme soll im Rahmen des Vorprojektes auch eine aussentemperaturabhängige Reduktion der Kondensationstemperatur der Kältemaschinen angestrebt werden.

Diese Massnahme kann nach erster Einschätzung nur für die Lüftungszentrale der Etappe 1 umgesetzt werden. Für die Lüftungszentrale der Etappe 2 muss ein langes Leitungsnetz gebaut werden, die Kosten sind dafür sehr wahrscheinlich zu hoch (Einschätzung *Terag*).

4.7.3 M2: Druckluftabwärmenutzung



Grafik 15 Istsituation in Druckluftzentrale

zur Verfügung stehende Abwärme

- 2 Druckluftkompressoren 90 kW_{el} luftgekühlt
- 1 Druckluftkompressoren 90 kW_{el} wassergekühlt
- 1 Druckluftkompressor ca. 60 kW_{el} luftgekühlt

AWN-Potenzial (max. 70°C) =

$$3 * 90 \text{ kW} * 70\% \text{ (nutzbare Abwärme)} * 40\% \text{ (mittlere Auslastung)} * 5'000 \text{ h (Heizperiode)} = 380 \text{ MWh}$$

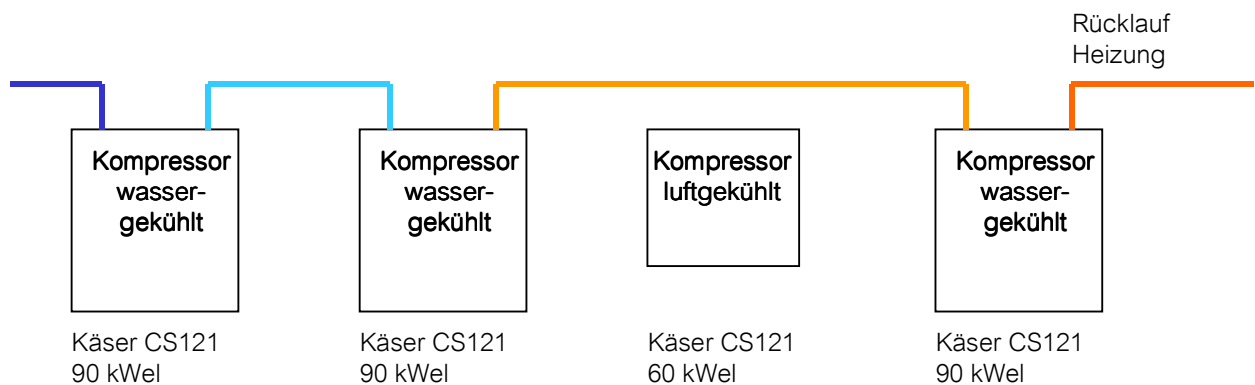
heute genutzt: Abwärme des wassergekühlten Kompressors

Ein unbekannter Anteil der Abwärme wird heute genutzt zur Vorwärmung des Heizungsrücklaufes.

Potenzial: Abwärme der 3 grossen Kompressoren

Von den drei grossen Kompressoren soll die gesamte Abwärme genutzt werden. Dazu ist ein Umbau von 2 Kompressoren nötig. Die Steuerung ist so anzupassen, dass der kleine Kompressor nur noch zu Spitzenzeiten in Einsatz kommt.

Die Abwärme soll in den Rücklauf der Heizungsleitung auf einem Temperaturniveau von 40 – 50°C eingespeist werden. Eventuell könnten die kleinen Boiler in der Werkstatt noch damit gespeist werden.



Grafik 16 mögliche Massnahme: Nutzung der Druckluftkompressor-Abwärme

Machbarkeit

Die Machbarkeit ist prinzipiell gut. Alle Kompressoren stehen nebeneinander. 2 Kompressoren müssen von Luftkühlung auf Wasserkühlung umgebaut werden. 1 Kompressor ist bereits wassergekühlt, ev. ist eine Anpassung nötig.

Wirtschaftlichkeit

Gemäss Aussage Bell laufen 2 der 4 Kompressoren dauernd. Unsere Erfahrungen zeigen, dass die mittlere Jahresauslastung derartiger Anlagen zwischen 25 und 50% liegt und dass realistischweise ca. 70% der zugeführten elektrischen Energie als Abwärme genutzt werden kann.

Die Abwärme kann nur während der Heizperiode genutzt werden. Eventuell ist die Heizgruppe ganzjährig in Betrieb. Das nutzbare Einsparpotenzial beträgt 380 MWh. Bei einem Wärmepreis von 8 Rp./kWh entspricht dies jährlichen Energiekosteneinsparungen von CHF 30'000.-.

Der Umbau eines Kompressors kostet nach Angaben von Bell AG CHF 25'000.-. Die gesamten Investitionskosten werden auf CHF 120'000.- geschätzt (Terag).

Die Pay-Back Zeit liegt zwischen 3 und 5 Jahren.

Weiteres Vorgehen

Ausführen eines Vorprojektes zur Ermittlung der genauen Kosten und Einsparungen.

4.7.4 M3: Abwärmenutzung thermische Nachverbrennung

Istsituation

Die rauchhaltige Abluft der 12 Koch- und Rauchanlagen im 1. OG für Cervelat und Wienerli (5 Atmos, 7 Vemag) wird heute in einer thermischen Nachverbrennungsanlage TNV verbrannt. Heutiger Erdgasverbrauch: 450 MWh. Die rauchhaltige Abluft der 13 Rauchanlagen für Pökelware im UG wird in Wasser gereinigt.

Herr Ryser erarbeitet zur Zeit Projekte, wie ab 2009 die rauchhaltige Abluft gereinigt werden soll. Zur Auswahl stehen Elektrofilteranlagen oder eine Nachverbrennungsanlage.

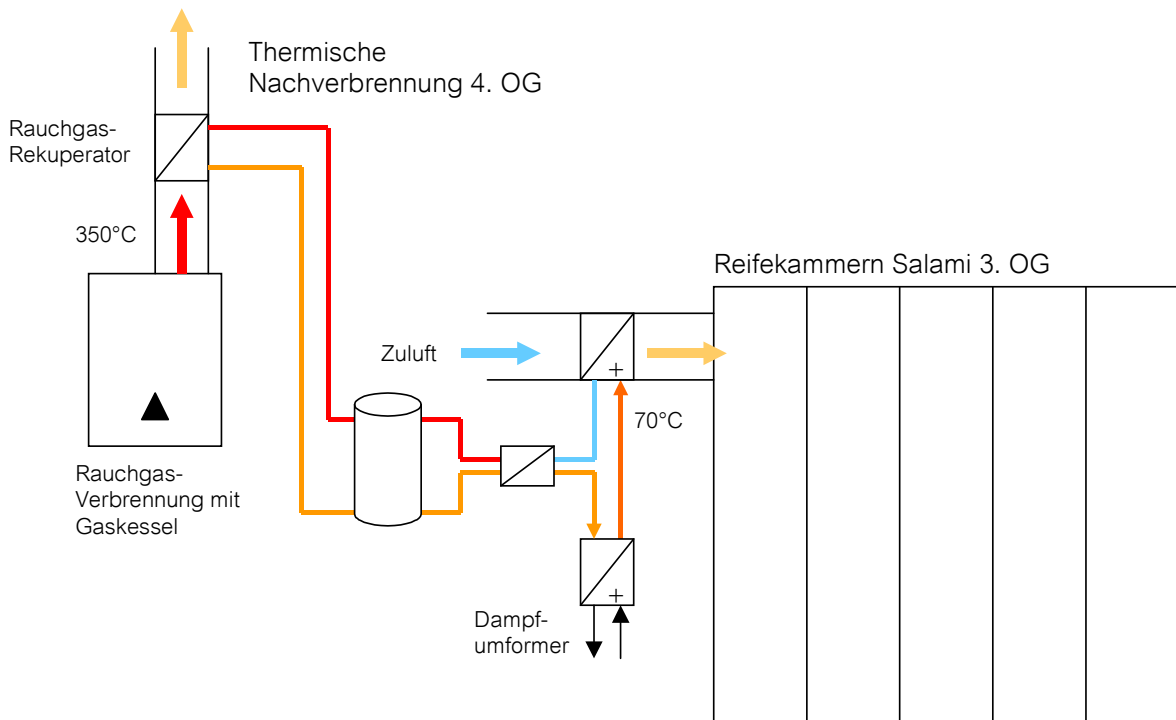
Falls aus wirtschaftlichen oder lufthygienischen Gründen eine Nachverbrennungsanlage erstellt werden muss, dann soll die Abwärme genutzt werden.

zur Verfügung stehende Abwärme

Mit einer neuen Nachverbrennungsanlage zur Verbrennung der Rauchgase sämtlicher Rauchanlagen wird sich der Energieverbrauch auf ca. 900 MWh/a verdoppeln. Mit einem Rauchgasrekuperator könnten ca. 65% der Abwärme genutzt werden, das sind 600 MWh.

Potenzial: Nutzung der TNV-Abwärme für die Salamireifung

Die über einen Rauchgas-Rekuperator gewonnene Abwärme der TNV-Anlage wird vom 4. OG ins 3. OG geführt. Unter Verwendung eines bestehenden Wärmetauschers wird z.B. der Rücklauf des Zwischenkreises vorgewärmt.



Grafik 17 mögliche Massnahme: Nutzung der TNV-Abwärme für die Salami Reifekammern

Machbarkeit

Die Machbarkeit ist prinzipiell gut. Die Distanz beträgt rund 30 Meter. Möglicherweise wird ein Pufferspeicher benötigt.

Wirtschaftlichkeit

Das nutzbare Einsparpotenzial beträgt schätzungsweise 600 MWh. Der Bedarf der Reifekammern ist unbekannt. Gemäss Schätzungen liegt er jedoch zwischen 500 und 1'000 MWh, ist also ein idealer Verbraucher. Bei einem Wärmepreis von 8 Rp./kWh entspricht dies jährlichen Energiekosteneinsparungen von CHF 50'000.-.

Die durch Hrn. Ryser ermittelten Investitionskosten betragen CHF 150'000.-.

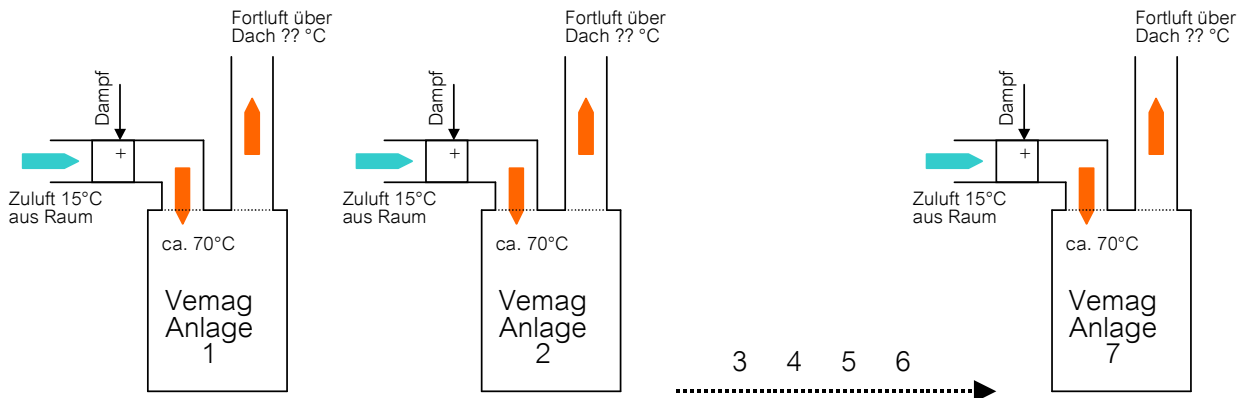
Die Pay-Back Zeit liegt zwischen 3 und 4 Jahren.

Weiteres Vorgehen

Vorprojekt zur Ermittlung der genauen Kosten und Einsparungen.

4.7.5 M4: Wärmerückgewinnung Vemag-Anlagen

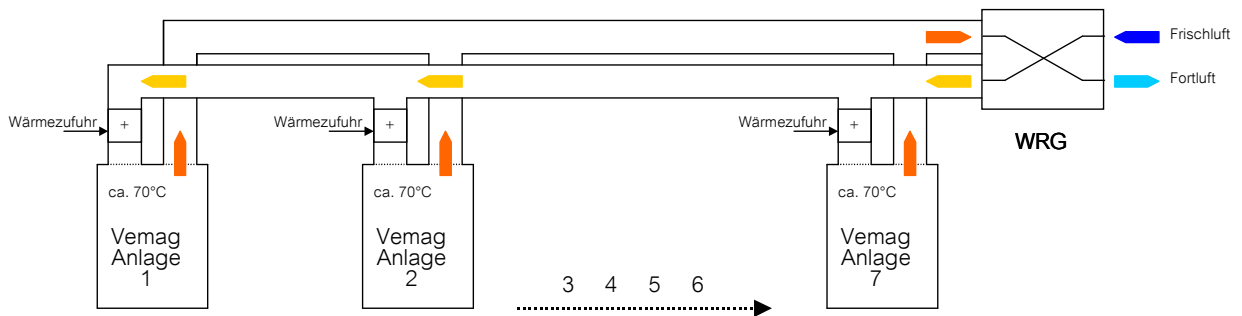
Istsituation



Grafik 18 Istsituation; 7 Vemag-Anlagen mit individuellem Zu- und Abluftsystem

Während der Trocknungsphasen in den 7 Vemag-Kammern wird heute Raumluft angesaugt und mit Dampf erhitzt. Die heisse Luft verwirbelt in den Kammern, trocknet die Produkte und wird danach über einen Abluftventilator an die Umgebung abgegeben.

Massnahme



Grafik 19 Massnahme: 7 Vemag-Anlagen mit gemeinsamem Zu- und Abluftsystem mit WRG

Die heute individuellen Zu- und Fortluftkanäle sollen in einen gemeinsamen Zu- und Fortluftkanal zusammengeführt und mit einer Wärmerückgewinnung ausgerüstet werden. Die Frischluftzufuhr kommt von aussen, im Winter eventuell aus dem Raum.

Der Dachbereich der Vemag-Anlagen ist mit einer Trennwand so gut wie möglich von den Produktionsräumen abzutrennen, damit die Abwärme der Lüftungsmotoren und die Abstrahlungswärme nicht in die gekühlten Produktionsräume abgegeben wird.

Es ist zu prüfen, ob die Wärmezufuhr zur exakten Regelung der Einblastemperatur in die Kammern anstatt mit Dampf mit Abwärme aus der TNV-Anlage oder mit Abwärme der Druckluftkompressoren erfolgen kann (beide mit hohem Temperaturniveau).

Abwärmequellen und Abwärmesenken

- Abwärme 7 Vemag-Anlagen
 - 7 Abluft-Ventilatoren à 5'000 m³/h,
Betriebszeit: 6 x 0.92 h pro Tag zwischen 07-17 Uhr
Abwärmemenge pro Jahr: 1'100 MWh
- Wärmerückgewinnung
 - Wärmetauscher, WRG-Potenzial maximal ca. 800 MWh

Machbarkeit

Die Machbarkeit hängt davon ab, ob auf dem Markt geeignete Wärmetauscher erhältlich sind (Rauch, Fett). Die 7 Vemag-Anlagen stehen im 1. OG nebeneinander, was prinzipiell eine gute Voraussetzung

ist. Beim Hersteller der Anlagen (*Vemag*) war WRG bis jetzt kein Thema, entsprechend gibt es von dieser Seite keinen Lösungsvorschlag.

Wirtschaftlichkeit

Das nutzbare Einsparpotenzial beträgt maximal 800 MWh. Bei einem Wärmepreis von 8 Rp./kWh entspricht dies jährlichen Energiekosteneinsparungen von CHF 64'000.-.

Die durch Hr. Ryser ermittelten Investitionskosten betragen CHF 200'000.-.

Die Pay-Back Zeit liegt zwischen 3 und 4 Jahren.

Weiteres Vorgehen

Suche und Besichtigung eines geeigneten Wärmetauschers, danach Vorprojekt zur Ermittlung der genauen Kosten und Einsparungen.

4.7.6 M5: Wärmerückgewinnung *Atmos*-Anlagen

Istsituation

Bei den 5 *Atmos*-Anlagen bietet sich dieselbe Situation wie bei den *Vemag*-Anlagen, ausser dass die Abluft aus den Kammern bereits über einen gemeinsamen Fortluftkanal abgeführt wird.

Massnahme

Falls die 5 *Atmos*-Anlagen weiterhin betrieben werden, dann sind auch hier dieselben Massnahmen wie bei den *Vemag*-Anlagen zu prüfen (WRG, Trennwand, Abwärme anstatt Dampf).

Abwärmequellen und Abwärmesenken

- Abwärme 5 *Atmos*-Anlagen
 - 3 Abluft-Ventilatoren à 2'500 m³/h
 - 2 Abluft-Ventilatoren à 1'250 m³/h
 - Betriebszeit: 6 x 0.92 h pro Tag zwischen 07-17 Uhr
 - Abwärmemenge pro Jahr: 400 MWh
- Wärmerückgewinnung
 - Wärmetauscher, WRG-Potenzial maximal ca. 300 MWh

Machbarkeit

Die Machbarkeit hängt davon ab, ob auf dem Markt geeignete Wärmetauscher erhältlich sind (Rauch, Fett). Die 5 *Atmos*-Anlagen stehen im 1. OG nebeneinander, was prinzipiell eine gute Voraussetzung ist. Beim Hersteller der Anlagen (*Atmos*) war WRG bis jetzt kein Thema, entsprechend gibt es von dieser Seite keinen Lösungsvorschlag.

Wirtschaftlichkeit

Das nutzbare Einsparpotenzial beträgt maximal 300 MWh. Bei einem Wärmepreis von 8 Rp./kWh entspricht dies jährlichen Energiekosteneinsparungen von CHF 24'000.-.

Die durch Hr. Ryser ermittelten Investitionskosten betragen CHF 100'000.-.

Die Pay-Back Zeit liegt zwischen 4 und 5 Jahren.

Weiteres Vorgehen

Suche und Besichtigung eines geeigneten Wärmetauschers, danach Vorprojekt zur Ermittlung der genauen Kosten und Einsparungen.

4.7.7 M6: Wärmerückgewinnung 13 Rauch-Anlagen

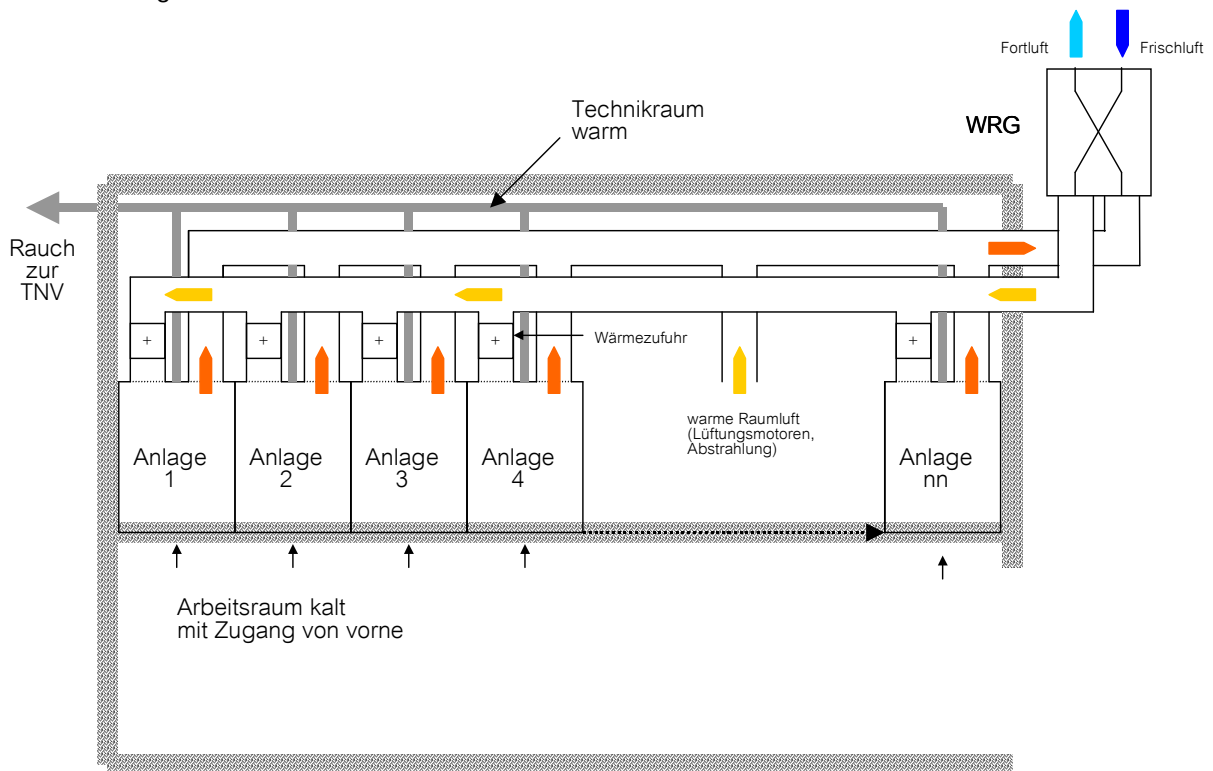
Istsituation

Im Untergeschoss sollen die 13 Rauch-Kochanlagen innerhalb der nächsten 2 Jahre ersetzt werden. Heute wird die Abwärme dieser Anlagen nicht genutzt. Ein Teil der Abwärme (Abwärme Lüftungsmotoren, Abstrahlung, Türöffnung) strömt sogar in die umgebenden gekühlten Räume ab.

Massnahme

Beim Neubau schlagen wir folgende Verbesserungsmaßnahmen vor:

- Anordnung der Kammern mit räumlicher Unterteilung
- Wärmerückgewinnung
- Nutzung von Abwärme anstatt Dampf zur Regelung der Wärmezufuhr
- rauchhaltige Abluft zur TNV führen



Grafik 20 Energiekonzept Neubau Rauch- Kochanlagen Pökelware im UG

Abwärmequellen und Abwärmesenken

- Abwärme 13 Atmos Rauch- Kochanlagen 13 Abluft-Ventilatoren à 1'250 m³/h,
Betriebszeit: 3 x 3 h pro Tag zwischen 08-20 Uhr
Abwärmemenge pro Jahr: 650 MWh
- Wärmerückgewinnung Wärmetauscher, WRG-Potenzial ca. 450 MWh

Mit dieser Massnahme lässt sich auch vermeiden, dass Abstrahlungswärme und weitere Verluste nicht mehr in die gekühlten Produktionsräume abgegeben wurden. Es wird also zusätzlich Kälteenergie eingespart.

Es ist zu prüfen, ob die Wärmezufuhr zur exakten Regelung der Einblastemperatur in die Kammern anstatt mit Dampf mit Abwärme aus der TNV-Anlage oder mit Abwärme der Druckluftkompressoren erfolgen kann (beide mit hohem Temperaturniveau).

Machbarkeit

Zusammen mit dem Anlagenersatz müssen energetische Optimierungen berücksichtigt werden.

Wirtschaftlichkeit

Das nutzbare Einsparpotenzial beträgt mindestens 450 MWh. Bei einem Wärmepreis von 8 Rp./kWh entspricht dies jährlichen Energiekosteneinsparungen von CHF 36'000.-.

Die Investitionskosten betragen schätzungsweise CHF 150'000.-.

Die Pay-Back Zeit liegt zwischen 4 und 5 Jahren.

Weiteres Vorgehen

Suche und Besichtigung eines geeigneten Wärmetauschers, danach Vorprojekt zur Ermittlung der genauen Kosten und Einsparungen.

4.7.8 M7: Erhöhung Auslastung HD-Wärmepumpe

Istsituation

Folgende Verbraucher werden bis Ende Juni 2007 an das von der HD-Wärmepumpe gespeiste Warmwasser-Netz angeschlossen (Substitution Dampf).

- Heizung / Lüftung Etappe 2
- Salami Reifen Phase 2 (50°C)
- BWW-Erwärmung 1 dezentraler Boiler

4.7.9 M8: Substitution Dampf durch Abwärme für Nachtrocknungskammern

Istsituation

In 2 grossen Nachtrocknungskammern werden fertige Produkte (Landjäger) bei einem Temperaturniveau von ca. 20°C über Stunden nachgetrocknet. Die Nachtrocknungsanlagen sind 24 h am Tag in Betrieb. Die Entfeuchtung, die Erwärmung und die Befeuchtung erfolgt über geregelte Monoblöcke. Mitarbeiter wählen die gewünschten Programme.

Die feuchte Abluft wird entfeuchtet mit einem Kälteregister. Nachgeschaltet ist ein Dampfregister zur Erwärmung der Luft. In der dritten Stufe wird Niederdruck-Dampf eingespritzt in die gewünschte Luftfeuchtigkeit geregelt.

Betriebsoptimierung

- Optimierung der Feuchtigkeitsregelung (höhere Werte zulassen → Produkte bleiben schwerer)
- Nutzen von Abwärme anstatt Dampf (z.B. TNV oder Druckluft)
- Reduktion der Luftmengen (bedarfsgesteuert)
- WRG Abluft → Zuluft, falls nicht schon realisiert

Die bestehenden 7 Monoblöcke (Investitionskosten je CHF 100'000.-) können aus Kosten- und Platzgründen nicht umgebaut werden. Bei einem Ersatz (z.B. aus Altersgründen) soll jedoch das Dampfregister durch eine Abwärmequelle ersetzt werden.

4.7.10 M9: Abwärmenutzung Kondenswasser Kochanlagen

Istsituation

Die Kochanlagen im 1. OG haben einen gemeinsamen Wasserablauf. In diesen Ablauf gelangt Kondensat, Reinigungs- und Duschwasser.

Potenzial: Nutzung des Kondensates zur Abwärmenutzung

Das Abwärmepotenzial beträgt gemäss Pinch-Analyse ca. 200 MWh/a.

Machbarkeit

Zur Nutzung dieser Abwärme müssen einige technische Probleme gelöst werden (gemeinsamer Sammelkanal mit Speicher, Triagierung Kaltwasser und Kondensat, Fettproblem).

Zur Nutzung der Abwärme auf relativ tiefem Temperaturniveau steht kein geeigneter Verbraucher zur Verfügung.

Weiteres Vorgehen

Dieser Vorschlag wird nicht mehr weiter verfolgt.

4.8 Konzeptionelle energietechnische Anforderungen für Neubau

Falls die *Bell AG* zukünftig einen Neubau in Betracht zieht, dann können aufgrund der vorgenommenen Analyse folgende qualitative Anforderungen an das Energiekonzept des Neubaus gezogen werden.

4.8.1 Prinzipien

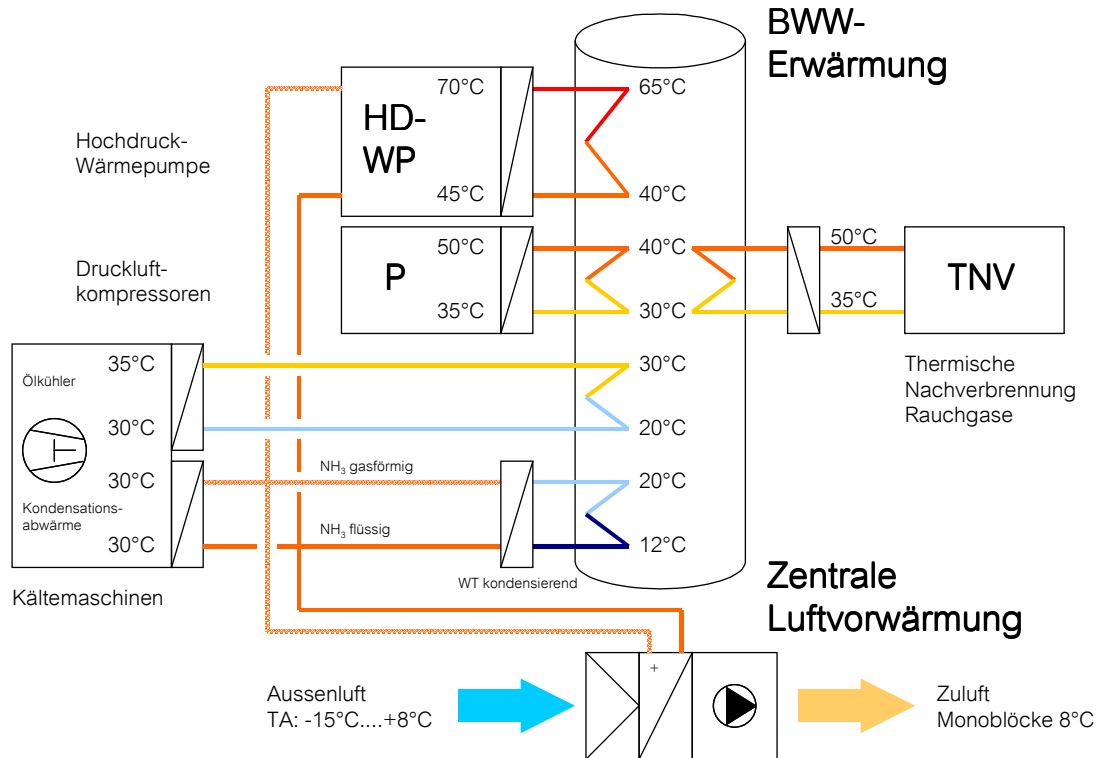
- Der Neubau des Produktionsgebäudes soll Arbeitsabläufe und Energieflüsse optimieren.
- Die Gruppierung der Arbeitsbereiche in „Kalträume“, „Warmräume“, „Produktionsräume“ und „Technikräume“ gemäss Vorschlag von M. Ryser ist energietechnisch sinnvoll.
- Anstelle von Dampf soll so weit als möglich heisses Wasser (65°C bis 80°C) als Energieträger eingesetzt werden. Das reduziert Umformungs- und Verteilverluste von Dampfkreisläufen.
- Zu- und Abluft ist über separate Luftkanäle zu führen.
- Die Lüftungsanlage soll prinzipiell nur den aus lufthygienischen Gründen erforderlichen minimal notwendigen Luftaustausch sicherstellen. Luft ist nicht als Transportmedium für Wärme oder Kälte geeignet.
- Als Transportmedium für Wärme ist Wasser und für Kälte ein geeignetes Kältemittel (z.B. Glycol oder Ammoniak) zu verwenden.
- Koch-, Befeuchtungs- und Entfeuchtungsprozesse sind soweit möglich im Umluftbetrieb auszuführen.
- Der Betrieb von Lüftungsanlagen in Reifekammern oder Nachtrocknungskammern (entfeuchten, erwärmen, befeuchten) soll sensor geregelt erfolgen zur Vermeidung unnötiger Lüftungs-, - und damit verbunden - auch Gewichtsverlusten der Produkte.

4.8.2 Abwärmenutzung

Das gesamte benötigte Brauchwarmwasser sowie die zentrale Vorwärmung der Zuluft sollte zu 100% aus Abwärme in folgender optimaler Reihenfolge abgedeckt werden (s.a. *Grafik 21*):

- **30°C:** Die Kondensationsabwärme der Kältemaschinen ist mit erster Priorität für die saisonale zentrale Vorwärmung der Aussenluft (< 8°C) und zur ganzjährigen Vorwärmung des Brauchwarmwassers (z.B. von 12°C auf 20°C) zu nutzen.

- **35°C:** Die Abwärme der ölgekühlten Kältemaschinen soll für die ganzjährige Brauchwarmwasser-Erwärmung (z.B. von 20°C auf 30°C) genutzt werden.
- **50°C :** Die Abwärme von wassergekühlten Druckluftkompressoren soll für die ganzjährige Brauchwarmwasser-Erwärmung (z.B. von 30°C auf 40°C) genutzt werden.
- **50°C :** Die Abwärme der thermischen Nachverbrennung der Rauchgase soll ebenfalls für die ganzjährige Brauchwarmwasser-Erwärmung (z.B. von 30°C auf 40°C) genutzt werden.
- **70°C :** Die restliche Kondensationsabwärme der Kältemaschinen, die auf einem Temperaturniveau von 30°C zur Verfügung steht, kann mittels Einsatz einer Hochdruck-Wärmepumpe zur ganzjährigen Erwärmung des Brauchwarmwassers (z.B. von 40°C auf 65°C) genutzt werden.



Grafik 21 Prinzip der optimalen Abwärmenutzung in Fleischverarbeitungsbetrieben

4.8.3 Wärmerückgewinnung

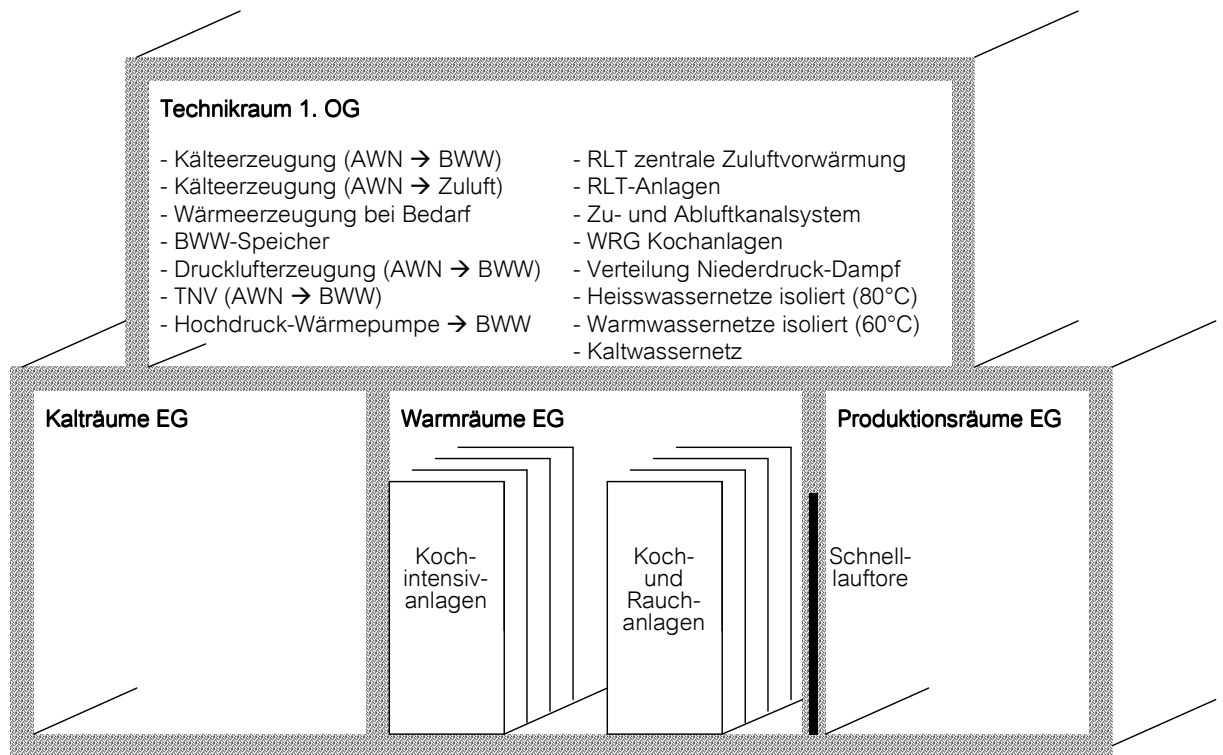
Gruppen von Koch- und Rauchanlagen sind mit einem gemeinsamen Wärmetauscher zwischen Zuluft- und Abluftkanal auszurüsten.

4.8.4 Nicht nutzbare Abwärmequellen

Die mit dem Abwasser aus Koch- und Rauchanlagen abgehende Wärme kann nicht gut genutzt werden (zu wenig Abwärme, stark schwankende Temperaturen, unterschiedliche Anfallzeiten, fett- und eiweisshaltiges Wasser)

4.8.5 Bauliche Anordnung der Arbeitsbereiche

Bei einem Neubau sollten die Räume wenn möglich wie folgt angeordnet werden.



Ansicht Stirnseite

Grafik 22 Räumliche Anordnung Neubau

Vorteile der Anordnung gemäss Grafik 22

- Der Arbeitsablauf verläuft ebenerdig auf einem Geschoss.
- Räume mit unterschiedlichen Temperaturen sind baulich und mit Schnellauftoren voneinander getrennt.
- Im Obergeschoss befindet sich die Technikzentrale mit allen erforderlichen Anlagen unter best-möglicher Ausnützung vorhandener Abwärme wie oben beschrieben.
- Abwärme aus den Warmräumen wird kanalisiert und nach oben zu den WRG-Anlagen abgeführt.

5 Schlussfolgerungen

Das Pilotprojekt konnte zu Ende geführt und die Hauptziele (Kennenlernen der Methode, Massnahmen) erreicht werden. Viel zum Erfolg beigetragen hat die Unterstützung durch die Herren Ryser und Sutter, welchen die Produktions- und Infrastrukturprozessen im Detail bekannt ist.

Bei der *Bell AG* erwiesen sich die fehlenden Energieverbräuche und die grosse Anzahl verschiedener Prozesse in verschiedenen Produktionsanlagen (Batch-Prozesse) allerdings als stark erschwerend. Das Energieflussdiagramm und die Definition der Prozesse beruhen grösstenteils auf Schätzungen und Erfahrungswerten. Das spätere Zusammenfassen einzelner Prozesse zu Prozessgruppen und die Bildung einheitlicher Batches erhöhte die Ungenauigkeit weiter.

Von Seiten des Managements war von Beginn an das Interesse an diesem Projekt gross. Es drängte aber schon kurz nach Beginn der Analysearbeiten auf die Identifikation und Umsetzung von Massnahmen, was nicht der Systematik der Pinch-Analyse entspricht.

Aufgrund dieser Erfahrungen kommen wir zum Schluss, dass bei der Suche nach weiteren Unternehmen für eine vereinfachte standardisierte Pinch-Analyse gewisse Voraussetzungen erfüllt sein müssen:

- kontinuierliche Prozesse
- Energiemengen werden mit Haupt- und Unterzählern gemessen
- Unterstützung durch einen Prozessingenieur
- Bereitschaft des Managements, die ganze Pinch-Analyse zu durchlaufen

Sind im Werk grosse Umbauten oder gar ein Neubau geplant, dann kann die Durchführung einer Pinch Analyse wertvolle Hinweise auf die zukünftige Anordnung und Auslegung der Energieanlagen geben.

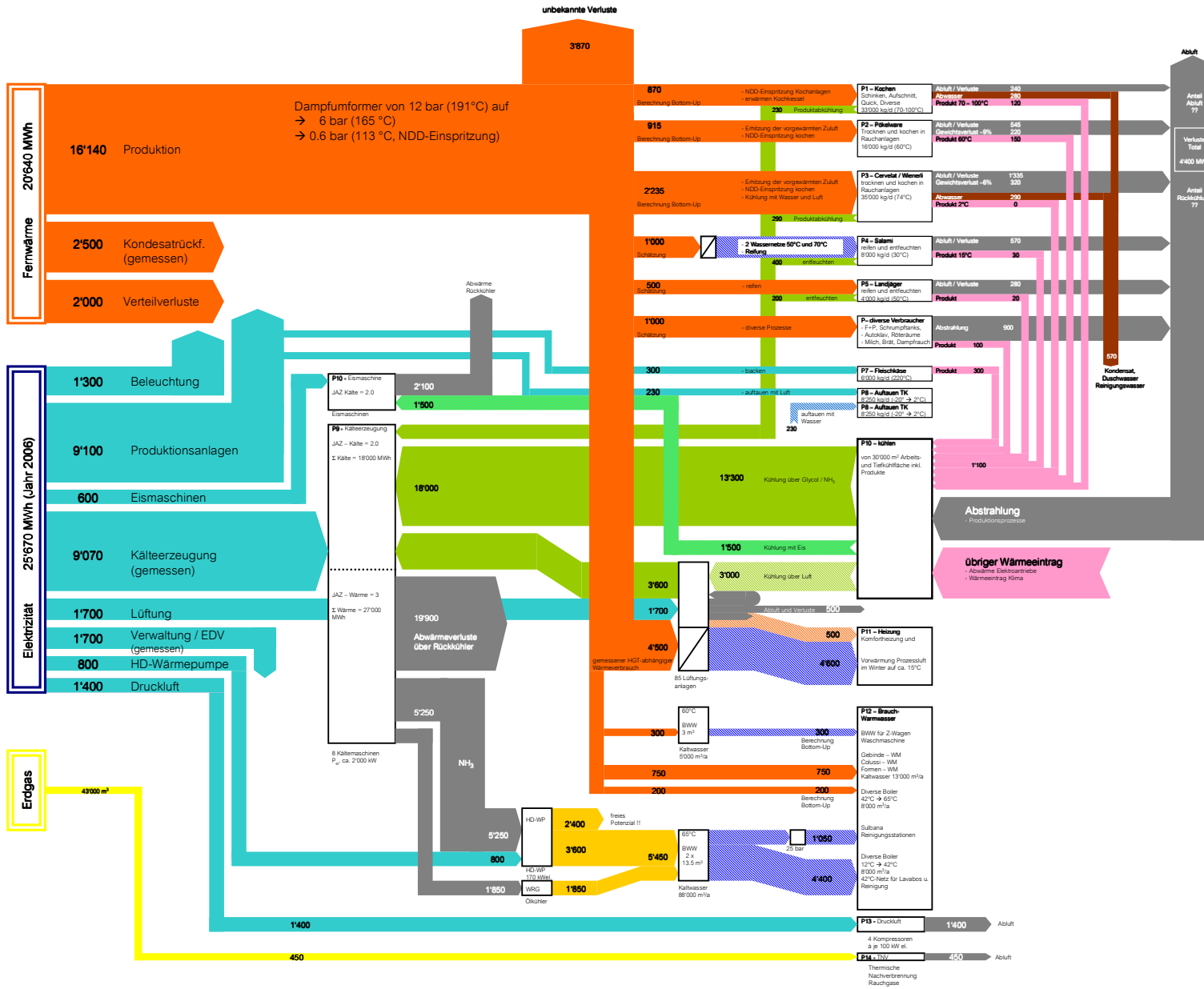
Für eine Anwendung der Pinch-Software als Moderator der EnAW für vereinfachte standardisierte Pinch-Analysen ist ein Redesign der Software nötig, welches die Bedienerfreundlichkeit erhöht, keine Konfigurationsdaten verliert und auf handelsüblichen Computern lauffähig ist.

© Encontrol GmbH: gespeichert 16.07.07, gedruckt 16.07.07/Projektschlussbericht Pinch Bell AG 070716/dme

Anhang

- A Energieflussdiagramm
- B Inputtabelle, Teil 1 und Teil 2
- C Tabelle mit Pinch-Prozessen
- D Wärmetauscher-Netzwerk
- E Massnahmenliste

Anhang A: Energieflussdiagramm



Eingabe in Pinch-Leni									
T _{IN} [°C]	T _{OUT} [°C]	m [kg/s]	c _p [kJ/kgK]	Alpha [W/m ² K]	Extra	Q / Batch [MWh]			
113.00	113.01	36.4	2200.0	10000	P9-11	-801			
70.00	15.00	0.4	4.2	2000	P10-12	84			
50.00	15.00	1.1	4.2	2000	P10-13	269			
45.00	15.00	2.2	3.0	500	P10-14	187			
Diese Prozess ist nicht fassbar						282			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-15			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-17			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-18			
165.00	165.01	20.0	2200.0	10000	P1-21	-140			
80.00	15.00	0.6	4.2	2000	P2-22	186			
30.00	15.00	1.9	4.2	500	P2-23	417			
30.00	5.00	0.6	3.0	500	P2-24	96			
Dieser Prozess ist nicht fassbar						P1-25			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-26			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-27			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-28			
113.00	113.01	63.7	2200.0	10000	P1-31	-1401			
70.00	2.00	1.2	1.0	50	P1-32	164			
70.00	15.00	0.6	4.2	2000	P1-33	201			
Dieser Prozess ist nicht fassbar						P1-34			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-35			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-36			
113.00	113.01	18.1	2200.0	10000	P1-41	-388			
70.00	15.00	0.2	4.2	2000	P1-42	42			
50.00	15.00	0.6	4.2	2000	P1-43	84			
45.00	15.00	1.1	3.0	500	P1-44	133			
Dieser Prozess ist nicht fassbar						P1-45			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-46			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-47			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-48			
Diese Energie ist bereits in einem Prozess berücksichtigt						P1-49			
Eingabe in Pinch-Leni									
T _{IN} [°C]	T _{OUT} [°C]	m [kg/s]	c _p [kJ/kgK]	Alpha [W/m ² K]	Extra	Q / Batch [MWh]			
15.00	90.00	16.3	1.0	50	P9-11	-1219			
50.00	15.00	16.3	1.0	50	P10-12	805			
50.00	5.00	1.5	3.0	500	P10-13	277			
Dieser Prozess ist nicht fassbar						P9-14			

Anhang B: Inputtabelle, Teil 2

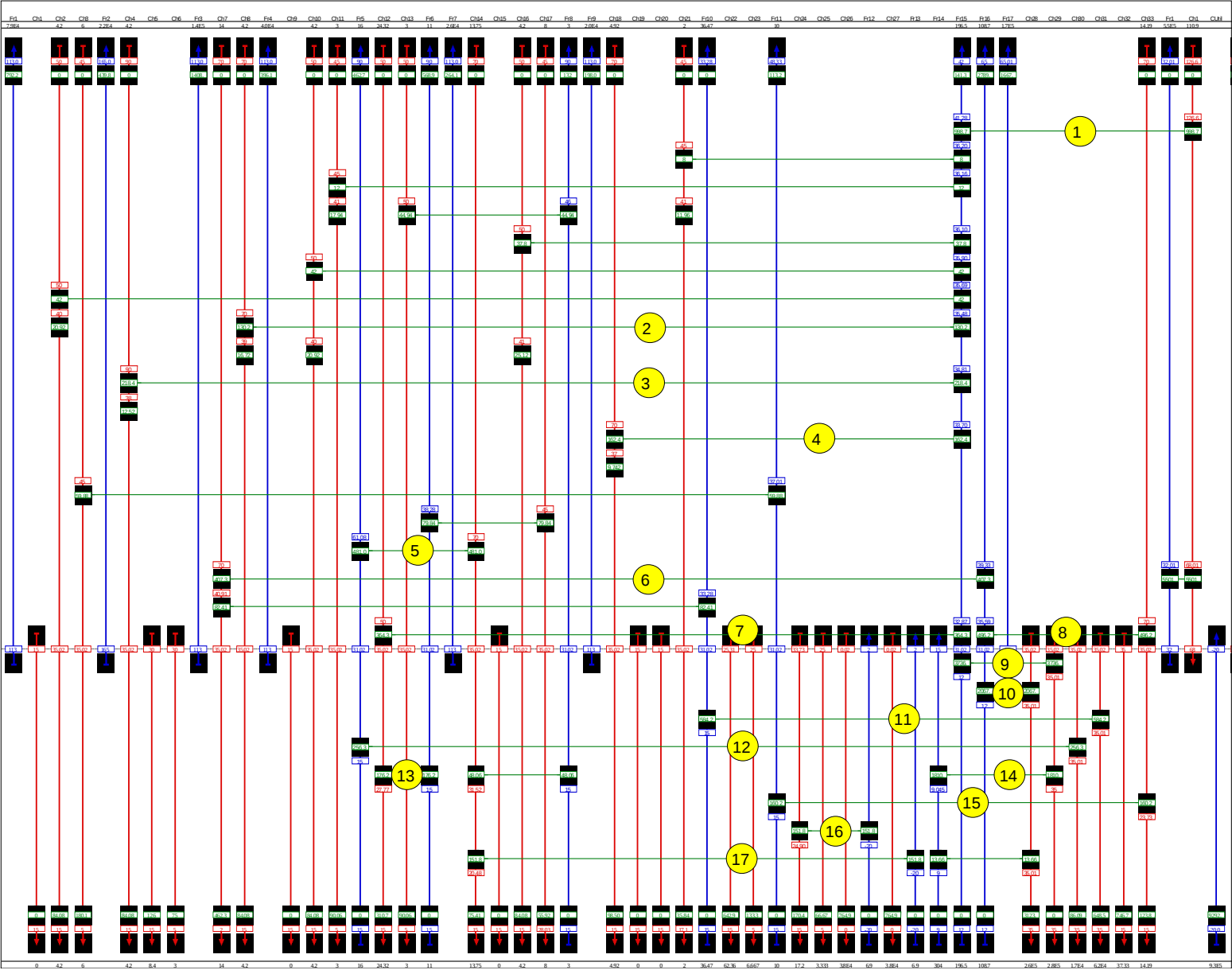
Energiesituation Bell AG															Parameter					
Produktionsanlagen (Prozessanforderungen)															Anzahl Arbeitstage	250				
															Trockensubstanz	25% pro kg Fleisch				
															Anteil Wasser	75% pro kg Fleisch				
															Eiswassergewinnung	zw. 60 - 70 °C keine Zustandsänderung, d.h. kein Energieaufnahme (Angaben Fa. Schröter, Fleischtechnologie Deutschland)				
															cp = spez. Wärmekapazität Fleisch	3,0 kJ/kgK				
															rd = Verdampfungswärme	2200 kJ/kg				
															rs = Schmelzwärme	334 kJ/kg				
															Tagesproduktionsmenge "Carnelat / Wiener"	30000 kg				
															Tagesproduktionsmenge "Aufschnitt"	8000 kg				
															Tagesproduktionsmenge "Schinken"	17000 kg				
Tagesproduktionsmenge "Quark"	4000 kg																			
Tagesproduktionsmenge "Feincheese"	6000 kg																			
Tagesproduktionsmenge "Weisera"	4000 kg																			
Tagesproduktionsmenge "Konserven"	2000 kg																			
Tagesproduktionsmenge "Pökelfwae"	16000 kg																			
Tagesproduktionsmenge "Salami"	8000 kg																			
Tagesproduktionsmenge "Landjäger"	4000 kg																			
TOTAL	104000,00 kg																			
Prozess-Bez.	Nr.	Energieträger	Verfahrensschritt	Menge [kg] pro Tag	Luft V [kg/h]	Dampf [kg/h]	Wasser [kg/h]	Batch T _{anfang} (°C)	Batch T _{ende} (°C)	Betriebs-h pro Batch	Arbeitszeit pro Tag	Anz. Batch pro Tag	E-Träger	Menge [kg] pro Batch	cp [kJ/kgK] rd / rs [kJ/kg]	Q [kWh] pro Batch	Q [kWh] pro Tag	Q [MWh] pro Jahr		
P4 Salami - Reifung																				
P4 - Total zugeführte Energie															34 Reifekammern im 3. OG (19 mit 70°C-Wasser, 15 mit 50°C-Wasser)				Soll -500 Ist -1000 Salami	
Salami	P4.1	erwärmte Umluft	I Energieinput über Heizregister - reifen Phase I und II	32800	—	—	—	15	38	4	00 - 24	6	erwärmte Umluft	131200	1,0	-667	-4000	-1000	Diese Wärme wird über Heizregister im Umluftbetrieb dauernd zugeführt	
	P4.2	gekühlte Umluft	O Abkühlung der Luft über Kälteregister	32800	—	—	—	25	15	4	00 - 24	6	gekühlte Umluft	131200	1,7	545	3556	967	Diese Menge geht über das Kälteregister weg (inkl. Gewichtverlust)	
	P4.3	Produkt	O abkühlen im Kühlraum	8000	—	—	—	25	5	daumend	daumend	1	Produkt	8000	3,0	133	133	33	Diese Menge gibt das Produkt im Kühlraum ab	
	P4.4	Produkt	P Gewichtverlust 33%	8000	—	—	—	25,00	25,01	4	00 - 24	6	Produkt	440	2200,0	-269	-1613	-403	Diese Menge Wasser im Produkt (33%) verdunstet	
	P4.5	Produkt	P reifen, leichte Einweichung	8000	—	—	—	5	25	4	00 - 24	6	Produkt	3358	3,0	-22	-133	-33	Diese Menge nimmt das Produkt beim Reifen auf	
	P4.6	Produkt	P abkühlen im Kühlraum	8000	—	—	—	25	5	daumend	daumend	1	Produkt	8000	3,0	133	133	33	Diese Menge gibt das Produkt im Kühlraum ab	
P5 Landjäger - Reifung																				
P5 - Total zugeführte Energie															5 Rauchanlagen im 2. OG + 2 Nachtrocknungsanlagen				Soll -500 Ist -600 Landjäger	
Landjäger	P5.1	erwärmte Umluft	I Energieinput über Heizregister - reifen	9000	—	—	—	15	48	4	00 - 24	6	erwärmte Umluft	36000	1,0	-333	-2020	-503	Diese Wärme wird über Heizregister im Umluftbetrieb dauernd zugeführt	
	P5.2	gekühlte Umluft	O Abkühlung der Luft über Kälteregister	9000	—	—	—	34	15	4	00 - 24	6	gekühlte Umluft	36000	1,7	322	1932	493	Diese Menge geht über das Kälteregister weg (inkl. Gewichtverlust)	
	P5.3	Produkt	O abkühlen im Kühlraum	4000	—	—	—	25	5	daumend	daumend	1	Produkt	4000	3,0	67	67	17	Diese Menge gibt das Produkt im Kühlraum ab	
	P5.4	Produkt	P Gewichtverlust 33%	4000	—	—	—	25,00	25,01	4	00 - 24	6	Produkt	220	2200,0	-134	-807	-202	Diese Menge Wasser im Produkt (33%) verdunstet	
	P5.5	Produkt	P reifen, leichte Einweichung	4000	—	—	—	5	25	4	00 - 24	6	Produkt	667	3,0	-11	-67	-17	Diese Menge nimmt das Produkt beim Reifen auf	
	P5.6	Produkt	P abkühlen im Kühlraum	4000	—	—	—	25	5	daumend	daumend	1	Produkt	4000	3,0	67	67	17	Diese Menge gibt das Produkt im Kühlraum ab	
P8 Auftauen TK-Material																				
P8.1 - Total zugeführte Energie															Auftauen mit Wa				Soll 240 Ist -38 Auftauen mit Wasser	
Auftauen mit Wa	P8.11	Wasser	I Energieinput - warmes Wasser	—	—	—	1487	-20	42	4	00 - 24	1	Wasser	5948	4,2	-153	-153	-38	Diese Wärme wird mit dem Warmwasser dauernd zugeführt	
	P8.12	Produkt	P Schmelzwärme Produkt	8250	—	—	—	0,00	0,01	4	00 - 24	1	Produkt	8250	334,0	-765	-765	-191	davon geht diese Menge ins Produkt	
	P8.13	Produkt	P erwärmen Produkt	8250	—	—	—	-20	2	4	00 - 24	1	Produkt	8250	3,0	-151	-151	-38	davon geht diese Menge ins Produkt	
P8.2 - Total zugeführte Energie															Auftauen mit Lu				Soll 240 Ist -229 Auftauen mit Lu	
Auftauen mit Lu	P8.21	Luft	I Energieinput - warme Luft	—	5496	—	—	15	40	24	00 - 24	1	Luft	131904	1,0	-316	-916	-229	Diese Wärme wird mit elektrisch beheizter Luft dauern zugeführt	
	P8.22	Produkt	P Schmelzwärme Produkt	8250	—	—	—	0,00	0,01	24	00 - 24	1	Produkt	8250	334,0	-765	-765	-191	davon geht diese Menge ins Produkt	
	P8.23	Produkt	P erwärmen Produkt	8250	—	—	—	-20	2	24	00 - 24	1	Produkt	8250	3,0	-151	-151	-38	davon geht diese Menge ins Produkt	
P10 Kälteverbraucher															8760 h Kälteverbrauch 18'000 MWh				365 Tage	
Kälteverbraucher	P10.1	Raumfläche 8%	O Raumtemperatur -15°C (TK-Räume)	—	—	—	—	-15,00	-15,01	4	00 - 24	6	NH3	65753	1,0	658	3945	1440	Diese Wärme muss mit den Kälteanlagen an 365 Tagen rückgekühlt werden	
	P10.2	Raumfläche 35%	O Raumtemperatur 2°C (Kühlräume)	—	—	—	—	2,01	2,00	4	00 - 24	6	NH3	287571	1,0	2977	17260	6300	Diese Wärme muss mit den Kälteanlagen an 365 Tagen rückgekühlt werden	
	P10.3	Raumfläche 37%	O Raumtemperatur 10°C (Arbeitsräume)	—	—	—	—	10,01	10,00	4	00 - 24	6	NH3	304110	1,0	3041	18247	6660	Diese Wärme muss mit den Kälteanlagen an 365 Tagen rückgekühlt werden	
	P10.4	Raumfläche 20%	O Raumtemperatur 15°C (Arbeitsräume klimatisiert im Sol	—	—	—	—	15,01	15,00	4	00 - 24	6	NH3	164364	1,0	1644	9983	3600	Diese Wärme muss mit den Kälteanlagen an 365 Tagen rückgekühlt werden	
				Soll 18'000 Ist 18'000 Verbrauchte Kälte																
P11 Heizung und Luftvorwärmung															8760 h Wärmeverbrauch ab Dampfnetz 4'500 MWh				365 Tage	
Heizung / Prozess	P11.1	Heizung	I Komfortheizung im Winter, Energieanteil ca. 10% = 500	7676	—	—	9,00	20,00	4	00 - 24	6	Luft	30303	1,0	-333	-2020	-503	benötigte Komfortwärme an 250 Tagen (im Winter)		
	P11.2	Prozessluft	I Vorwärmung Prozessluft ganzjährig, ca. 90% = 4000 M	76104	—	—	9,00	15,00	4	00 - 24	6	Luft	304414	1,0	-1026	-10959	-4000	Vorwärmung der Prozessluft an 365 Tagen		
P12 BWV-Aufbereitung															8760 h Wärmeverbrauch ab Dampfnetz 1'250 MWh, Anteil Abwärmenutzung 5'450 MWh				365 Tage	
Warmwasser	P12.1	Netz 1	I Prozesswärme über 42°C-Netz, 4400 MWh/a	—	—	—	11598	12,00	42,00	4	00 - 24	3	Wasser	46793,6	4,2	-5867	-17600	-4400	Warmwasservorwärmung in Speicher	
	P12.2	Netz 2a	I Prozesswärme über 55°C-Netz, 1050 MWh/a ab WP	—	—	—	1572	12,00	65,00	4	00 - 24	3	Wasser	6289,3	4,2	-1400	-4200	-1050	Warmwasservorwärmung in Speicher	
	P12.3	Netz 2b	I Prozesswärme über 65°C-Netz, 1250 MWh/a ab Dampf	—	—	—	41567	65,00	65,01	4	00 - 24	3	Wasser	166666,7	1,0	-1567	-5000	-1250	Dampf ist notwendig für Gebäudereinigungsmaschinen	
				Soll 6'700 Ist 6'700 Brauchwarmwasser																
P1 Rückkühlung Kondensationswärme															8760 h Stromverbrauch 9'070 MWh Kälteproduktion 18'000 MWh, Abwärme 27'000 MWh				Soll 18'000 Ist 27'000 erzeugte Abwärme	
Kälteerzeugung	I1-1	Kondensatoren Netz 1	I NH3-Netz -13°C, 3220 kW, Kältemittel NH3	—	—	—	35,01	35,00	4	00 - 24	6	NH3	391	1368	5205	31233	11400	Diese Kondensationswärme muss rückgekühlt werden		
	I1-2	Kondensatoren Netz 1	I Glycol-Netz -8°C, 3500 kW, Kältemittel NH3	—	—	—	101	35,01	35,00	4	00 - 24	6	NH3	406	1368	5648	33288	12150	Diese Kondensationswärme muss rückgekühlt werden	
	I1-3	Kondensatoren Netz 1	I NH3-Netz -30°C, 220 kW, Kältemittel NH3	—	—	—	6	35,01	35,00	4	00 - 24	6	NH3	25	1368	342	2055	750	Diese Kondensationswärme muss rückgekühlt werden	
	I1-4	Kondensatoren Netz 1	I Eismaschine, -2°C, 800 kW, Kältemittel Freon	—	—	—	23	35,01	35,00	4	00 - 24	6	NH3	90	1368	1233	7397	2690	Diese Kondensationswärme muss rückgekühlt werden	
P2 Druckluftherzeugung															8760 h Stromverbrauch 1'400 MWh ungenutzte Abwärme 1'400 MWh				Soll 1'400 Ist 1'120 ungenutzte Abwärme	
Druckluft	D1	Druckluft	O 4 luftgekühlte Kompressoren, 4 x 80 kWel	9330	—	—	35,01	16,00	4	00 - 24	6	Luft	37339	1,0	480	1123	390	ungenutzte Abwärme auf tiefem Temp. Niveau		
	D2	Druckluft	O 1 wassergekühlter Kompressor, 1 x 80 kWel	—	—	—	203	70,00	15,00	4	00 - 24	6	Wasser	812	4,2	-187	-1720	-280	ungenutzte Abwärme auf hohem Temp. Niveau	
P3 Thermische Nachverbrennung															8760 h Gasverbrauch 43'000 m3 450 MWh				Soll 43'000 Ist 288 ungenutzte Abwärme	
ThV	I3-1	Abluft ThV	O ungenutzte Abwärme durch die ThV, 50% nutzbar = 22	1160	—	—	171,50	80,00	4	08 - 30	3	Abluft	4200	1,0	-384	-1153	-288	ungenutzte Abwärme auf hohem Temp. Niveau		

Anhang C: Input-Tabelle, gerundete Werte

&

113	113.01	36	2200	1	10000 P1-11
70	15	0	4.2	1	2000 P1-12
50	15	1	4.2	1	2000 P1-13
45	5	2	3	1	500 P1-14
165	165.01	20	2200	1	10000 P1-21
90	15	1	4.2	1	2000 P1-22
30	15	2	4.2	1	500 P1-23
30	5	1	3	1	500 P1-24
113	113.01	64	2200	1	10000 P1-31
70	2	14	1	1	50 P1-32
70	15	1	4.2	1	2000 P1-33
113	113.01	18	2200	1	10000 P1-41
70	15	0	4.2	1	2000 P1-42
50	15	1	4.2	1	2000 P1-43
45	5	1	3	1	500 P1-44
15	90	16	1	1	50 P2-11
50	15	16	1.52	1	50 P2-12
50	5	1	3	1	500 P2-13
15	90	11	1	1	50 P3-11
113	113.01	12	2200	1	10000 P3-12
70	15	11	1.25	1	50 P3-13
74	15	0	4.2	1	2000 P3-14
50	15	1	4.2	1	2000 P3-15
45	28.03	8	1	1	50 P3-16
15	90	3	1	1	50 P3-21
113	113.01	9	2200	1	10000 P3-22
70	15	3	1.64	1	50 P3-23
74	15	0	4.2	1	2000 P3-24
50	15	0	4.2	1	2000 P3-25
45	17.1	2	1	1	50 P3-26
15	33.28	36	1	1	50 P4-1
25.31	15	36	1.71	1	50 P4-2
25	5	2	3	1	500 P4-3
15	48.33	10	1	1	50 P5-1
33.73	15	10	1.72	1	50 P5-2
25	5	1	3	1	500 P5-3
0.01	0	229	334	1	500 P8-12
-20	2	2.3	3	1	500 P8-13
0.01	0	229	334	1	500 P8-22
-20	2	2.3	3	1	500 P8-23
9	15	304	1	1	50 P11-2
12	42	47	4.18	1	2000 P12-1
12	65	26	4.18	1	2000 P12-2
65	65.01	166667	1	1	5000 P12-3
35.01	35	381	1368	1	3000 I1-1
35.01	35	406	1368	1	3000 I1-2
35.01	35	25	1368	1	3000 I1-3
35.01	35	90	1368	1	3000 I1-4
35	15	37.3	1	1	50 I2-1
70	15	3.4	4.18	1	2000 I2-2
170.01	170 util			8	30000
-20.01	-20 util			1	30000

Anhang D: Wärmetauscher-Netzwerk



Anhang E: Massnahmenliste

Projekt: Pinch-Analyse Bell AG
 Objekt: Bell AG, Charcuterie, Basel
 Name: M. Ryser / Hp. Gysin

E-Preis [Fr./MWh]
80.00

Realisierbare Massnahmen

Projekt-Nr.	Gebäude oder Standort	Bereich	Beschreibung Massnahme	Inv. Kosten [Fr. o. MWS]	Einsparung Dampf [MWh/a]	Nutzen [Fr.]	K/N [-]	Weiteres Vorgehen
M1	E-Zentrale Etappe 1	Kälte	Abwärmenutzung Kondensationsabwärme Kältemaschinen zur Vorwärmung Zuluft Etappe 1, 280'000 m ³ /h von 2.9°C auf 8°C im Winter	500'000	1'900	152'000	3.3	Vorprojekt beauftragen
M2	Druckluft- Zentrale	Druckluft	Nutzung Abwärme 3 Druckluftkompressoren Umbau von 2 Kompressoren, Einspeisung in Rücklauf Heizkreis	120'000	390	30'400	3.9	Vorprojekt beauftragen
M3	4. OG	TNV	Abwärmenutzung neue thermische Nachverbrennung, Einspeisung in 70°C-Zwischenkreis Travallini Reifekammer Salami	150'000	600	48'000	3.1	Neubau TNV, Vorprojekt M. Ryser läuft
M4	1. OG	Cervelat / Wienerli	WRG Vernag-Anlagen, gemeinsamer Zu- und Fortluftkanal mit WRG über Wärmetauscher	200'000	800	64'000	3.1	Vorbehalt Machbarkeit Wärmetauscher, M. Ryser
M5	1. OG	Cervelat / Wienerli	WRG Atmos-Anlagen, gemeinsamer Zu- und Fortluftkanal mit WRG über Wärmetauscher	100'000	300	24'000	4.2	Vorbehalt Machbarkeit Wärmetauscher, M. Ryser
M6	UG	Pökelware	Neubau mit energetisch optimierter baulicher Anordnung und WRG über gemeinsamen Zu- und Fortluftkanal	150'000	450	36'000	4.2	Machbarkeit Wärmetauscher, M. Ryser Projekt Ersatz Rauchanlagen läuft, Konzept und Vorprojekt durch M. Ryser
M7	1. OG	E-Zentrale	Anschluss neuer Verbraucher für HD-Wärmepumpe	49'000	2'000	160'000	0.3	Projekte bereits in Ausführung (sind nicht Ergebnis der Pinch-Analyse)
TOTAL				1'269'000	6'430	514'400	2.5	

nicht realisierbare Massnahmen

Projekt-Nr.	Gebäude oder Standort	Bereich	Beschreibung Massnahme	Inv. Kosten [Fr. o. MWS]	Einsparung Dampf [MWh/a]	Nutzen [Fr.]	K/N [-]	Weiteres Vorgehen
M8	1. OG	Landjäger	Substitution Dampf durch Abwärme für Nachtrocknungskammern		500	40'000		Massnahme aus Platzgründen erst bei Ersatz der Monoblocke möglich
M9	1. OG	Kochanlagen	Abwärmenutzung Kondensat Kochanlagen		200	16'000		Massnahme aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht möglich
TOTAL					700	56'000		