



## Energieoptimierung mit der Pinch-Methode Schlussbericht

Projekt Nr. 313 2422 00

Dieses Projekt wurde mit finanzieller Unterstützung durch das Bundesamt für Energie durchgeführt. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt!

Zürich, 29.08.2014

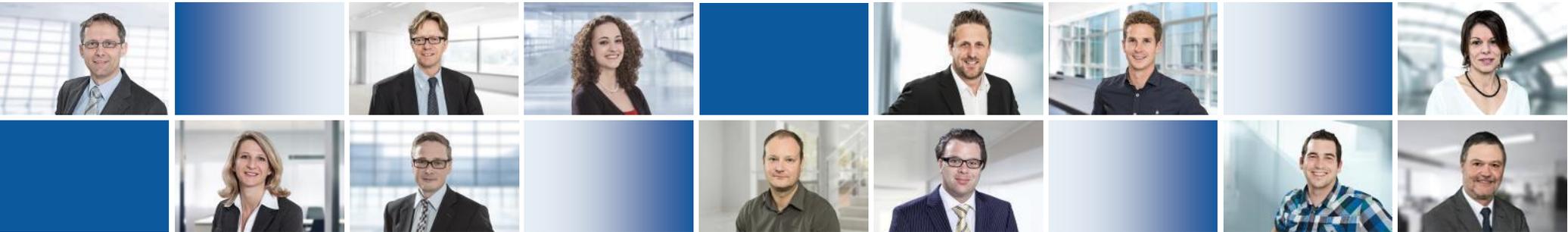
erstellt für:

Herrn Kai Hennes Gries

**Heineken Switzerland AG**

Kasernenstrasse 36

7007 Chur



## Management Summary

- Die Firma Heineken Switzerland betreibt am Standort der früheren Brauerei Calanda eine Brauerei und eine Abfüllanlage.
- Pro Jahr werden ca. 13 GWh<sub>th</sub>/a thermische Energie, sowie ca. 5 GWh<sub>el</sub>/a elektrisch, verbraucht.
- Anhand dieser Pinch-Analyse konnte aufgezeigt werden, dass beim Standort Chur der Heineken Switzerland AG ein grosses Wärmerückgewinnungspotenzial (WRG-Potenzial) besteht und dies zu einem guten Teil auch bereits genutzt wird. Dennoch besteht ein zusätzliches, relativ grosses Einsparpotenzial im Bereich der Betriebsoptimierung und Wärmerückgewinnung.
- Mit den in dieser Studie vorgeschlagenen Massnahmen können insgesamt ca. 4'000 MWh<sub>th</sub>, bzw. 200 kCHF pro Jahr eingespart werden. Dies entspricht ca. 30 % des jetzigen Wärmebedarfs. Mit den Massnahmen der Priorität 1 und 2 können insgesamt 2'400 MWh<sub>th</sub>, bzw. 130 kCHF pro Jahr eingespart werden, mit einem Gesamtpayback von 5 Jahren (beides Infrastrukturmassnahmen).
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden dabei um ca. 500 t/a reduziert.
- Das grösste WRG-Potenziale zeigt die Massnahme zur Vorwärmung des Brau- und Betriebswarmwassers mittels Abwärme des Kesselabgases (MN 3, Prio 2).
- Des Weiteren zeigt die Betriebsoptimierungs-Massnahme beim Kessel zur Reduktion der Standby- und Anfahrverluste (MN 1 und 2, Prio1, bzw. 2) ein sehr hohes Einsparpotenzial und sollte unbedingt durchgeführt werden.
- Wir empfehlen die vorgeschlagenen Massnahmen der Priorität 1 und 2 etappenweise umzusetzen, Erweiterungsvarianten (Prio b) sind langfristig ausgerichtet.
- Zusätzlich ist eine Energieversorgungsmassnahme (Blockheizkraftwerk) knapp wirtschaftlich und wir empfehlen deshalb, diese umzusetzen.

---

# Inhalt

1. Ausgangslage / Zielsetzung	4
2. Grundlagen	6
3. IST – Analyse	7
4. Pinch – Analyse	11
5. Massnahmen	15
6. Schlussfolgerung	26
7. Empfehlungen / Weiteres Vorgehen	27
Anhang	28

## Ausgangslage

- Die Firma Heineken Switzerland betreibt am Standort der früheren Brauerei Calanda eine Brauerei und eine Abfüllanlage.
- Seit dem Jahr 2013 werden zusätzliche Biervolumen am Standort Chur abgefüllt. Dies führte zu einem markanten Anstieg des Energie- und Wasserbedarfes in der Abfüllanlage, der heute nicht mehr mit der bestehenden Energierückgewinnung aus dem Sudhaus gedeckt werden kann. Als Folge davon hat sich der Primärenergiebedarf (Erdgas) erhöht.
- Andererseits läuft der heute in Betrieb stehende Dampfkessel häufig im unteren Teillastbereich mit entsprechend hoher Anzahl an Startvorgängen des Brenners. Die Gesamteffizienz des Kessels leidet darunter sehr, da bei jedem Startvorgang zwingend eine 2-minütige Kesselspülung mit Frischluft erfolgt. Diese Vorgänge kühlen den Kessel unnötig aus.
- Diese Situation sollte rasch möglichst verbessert werden (z.B. Einbau eines kondensierenden Economisers zur Erhöhung der Warmwasserproduktion / Vermeidung der Kesselverluste durch häufiges An- und Abfahren).
- Ob diese Massnahme aus Sicht der energetischen Gesamtsituation das Optimum darstellt oder ob andere Kombinationen wirtschaftlich günstiger sind, kann durch das Vorschalten einer Pinch-Analyse geklärt werden.
- Eine derartige Studie wurde im Dezember 2010 zwar durchgeführt, allerdings haben sich die Mengengerüste entscheidend verändert; zum zweiten hat sich die Pinch-Methode in den letzten Jahren bezüglich Behandelbarkeit von Batch-Anlagen wesentlich weiter entwickelt.
- Aus diesem Grund wurde Helbling angefragt, ein entsprechendes Angebot zur Aktualisierung der Gesamtenergiestudie auszuarbeiten mit dem Fokus Batch-Prozesse und insbesondere die Massnahmen Kesseloptimierung und Warmwasserbereitung für die Abfüllanlagen speziell zu betrachten. Helbling steht zur Verfügung, das Detail-Engineering der ausgearbeiteten Massnahmen und die Begleitung der Umsetzung zu übernehmen. Wir bedanken uns für die Einladung zur Angebotserstellung.

## Zielsetzung / Nutzen

### Mit der Studie werden die folgenden Zielsetzungen verfolgt:

- Aktualisieren der energetischen Prozessanforderungen als Folge der veränderten Rahmenbedingungen und Mengengerüste in den wichtigsten Prozessen; Integration der «neuen» Flaschenreinigungsanlage in die Prozessanforderungen
- Vertiefte Behandlung der Batch-Prozesse mit der systematischen Pinch-Analyse und Aufzeigen von relevanten Energieeinsparpotenzialen
- Erarbeitung von Massnahmen zur Erschliessung dieser Potenziale mit Darstellung der Wirkung und überschlägiger Berechnung der Wirtschaftlichkeit inkl. Abschätzung der notwendigen Investitionen und Priorisierung
- Optimale Einbindung der Energieversorgung und der Wärmerückgewinnungsanlagen mit speziellem Fokus auf die Effizienzsteigerung der Dampferzeugung in den bestehenden Kesseln (Vermindern Stillstands- und Anfahrverluste)
- Die Studie sollte bis Juli 2014 vorliegen, so dass die prioritären Massnahmen (Verminderung des Einsatzes von Primärenergie zur Warmwasserbereitung in der Abfüllanlage) noch im laufenden Jahr umgesetzt werden können.
- Heineken sucht explizit einen Partner, welcher Massnahmen auch planen und umsetzen kann.

### Projektnutzen

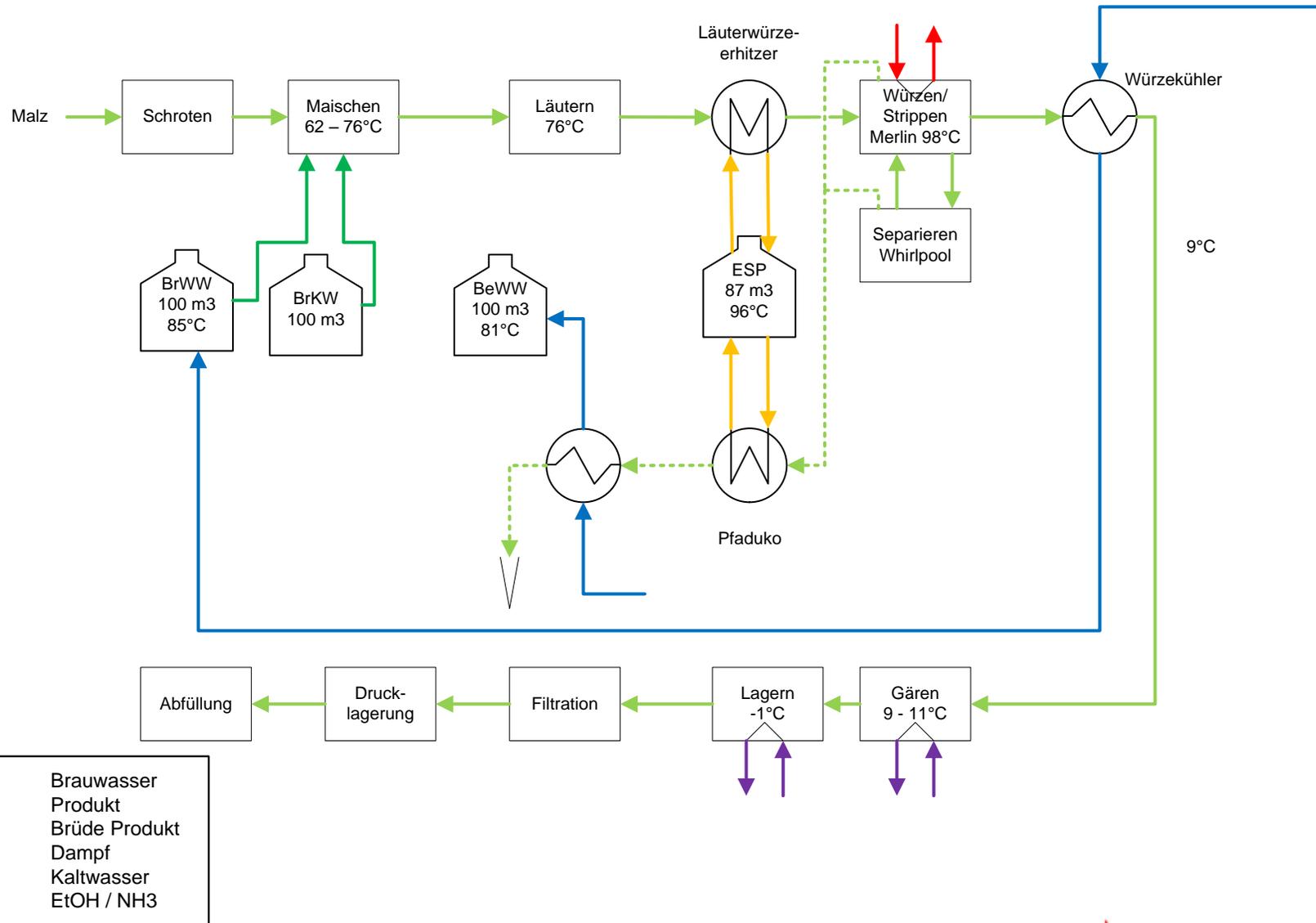
- Einsparung von Erdgas zur Erzeugung von Warmwasser für die Abfüllanlagen
- Verminderung der Anfahr- und Stillstandsverluste der Dampfkessel
- Aufzeigen von Energiesparpotenzialen in den Batch-Prozessen
- Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses und Steigerung der Gesamtenergieeffizienz

## Verwendete Unterlagen

Für die vorliegende Studie wurden folgenden Informationsquellen verwendet:

- Diverse R/I-Schemata, Datenblätter, Schrittprotokolle und weitere Unterlagen zu den Anlagen, zur Verfügung gestellt von der Heineken AG.
- Diverse übergeordnete Unterlagen von der Heineken AG (gemessene Energieverbräuche, Layoutpläne, Betriebszeiten, usw.).
- Direkte Auskünfte durch Hr. Gries, Hr. Barella, Hr. Salomon, Hr. Spescha, Hr. Schott (alle Heineken AG).

# Übersicht Brauprozess



## Analyse Energieverbrauch (1/2)

### Wärme

- Der Wärmeverbrauch konnte zu 90 % erklärt werden.
- Die Abgas- und Standbyverluste beim Kessel sind hoch (20 %).

### Kälte

- Der Kälteverbrauch wird nicht gemessen und konnte deshalb nur über die Nennleistung und Betriebsstunden der Kälteanlagen abgeschätzt werden (für den Top-Down-Wert).



	Erdgas total [MWh/a]	Kälte total [MWh/a]
Bezug <sup>3</sup>	14'100	min. 4'000
Abgasverlust, Standby	3'000	
	[MWh/a]	
Bezug <sup>4</sup>	11'100	

Produktion- und Verteilverluste	5%
---------------------------------	----

nutzbare Energie	10'500
------------------	--------

Differenz	800
% erklärt	92%

Verbrauch total	9'700		
	Produktion	Infrastruktur	
Verbrauch <sup>5</sup>	7'300	2'400	4'300

<sup>3</sup>Erdgaszähler, bezogen auf Brennwert (Heineken)

<sup>4</sup>aus "Thermisch", bezogen auf Heizwert (Heineken)

<sup>5</sup>aus Energiemodell, bezogen auf Heizwert (Helbling)

# Analyse Energieverbrauch (2/2)

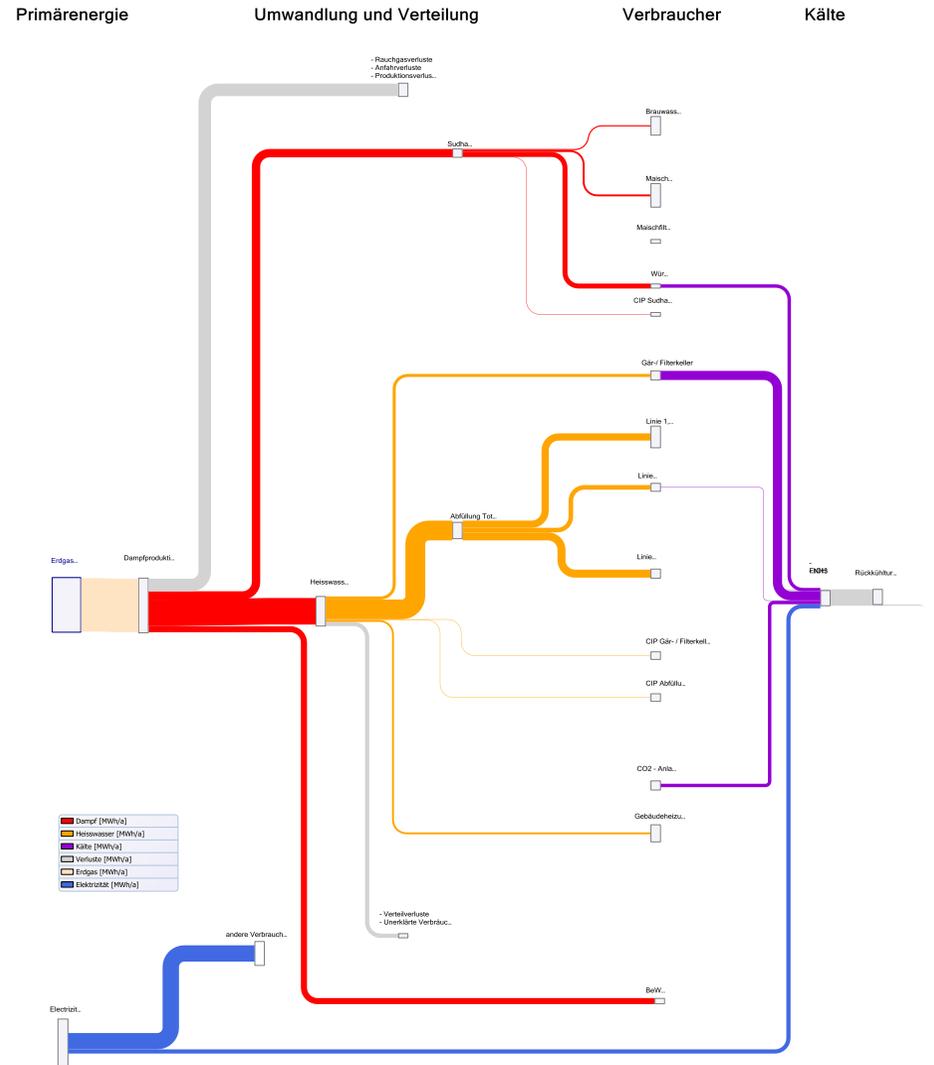
■ Detaillierte Ansicht: siehe Anhang

## Hauptenergieverbraucher Heineken

	Dampf [MWh/a] <sup>1</sup>	Heisswasser [MWh/a] <sup>1</sup>	Kälte [MWh/a]	Betriebszeit [h/a]
Sudhaus (SH) - Brauprozess	2'100		900	2'700
Gär- / Filterkeller			2'400	7'500
Abf. - Linie 1, 2		1'900		2'200
Abf. - Linie 3		1'200	100	2'230
Abf. - Linie 4 TOTAL		2'100		1'500
BeWW	1'600			7'500
CO2 - Anlage			900	7'500
CIP TOTAL	100	200		7'500
<b>Total Bottom Up</b>	<b>3'800</b>	<b>5'900</b>	<b>4'300</b>	

Bemerkungen <sup>1</sup>basierend auf dem Heizwert (Hu)

## Heineken: Energieverbrauch

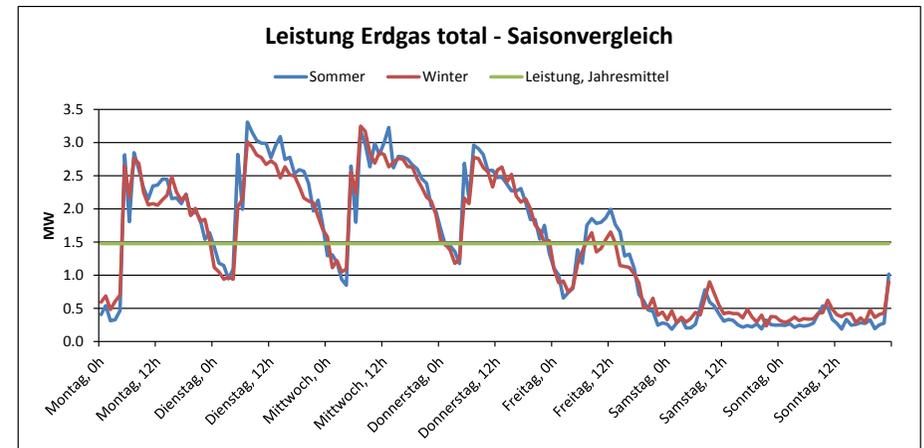
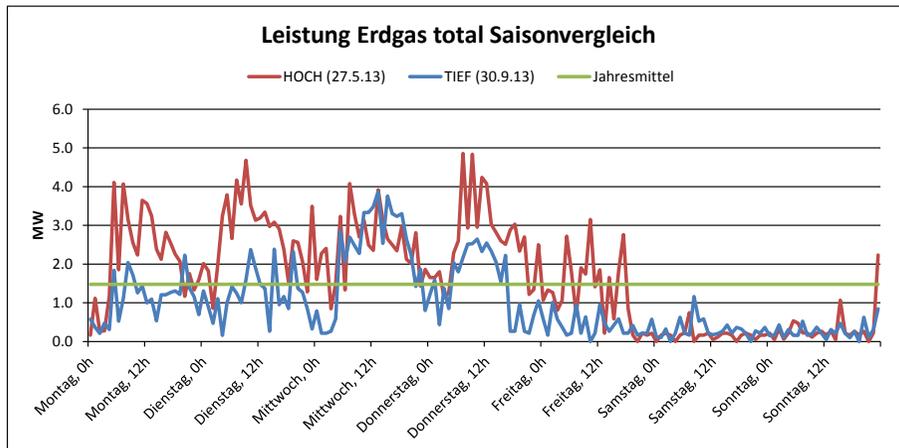
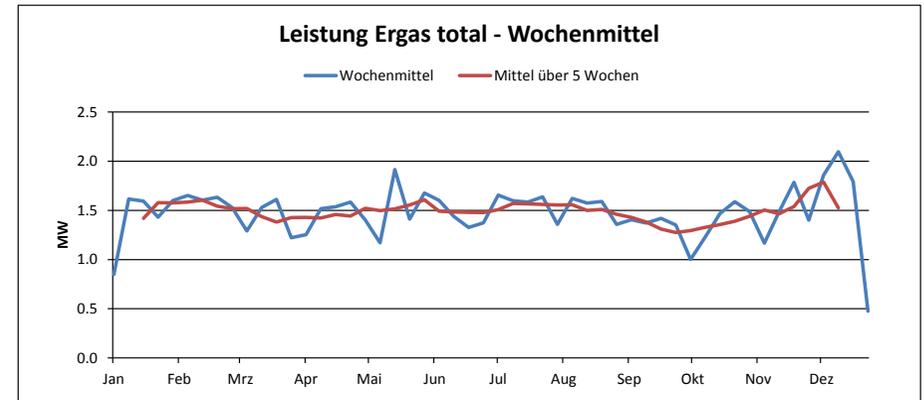


Sankey: vergrössert im Anhang

helbling

## Analyse Erdgasverbrauch

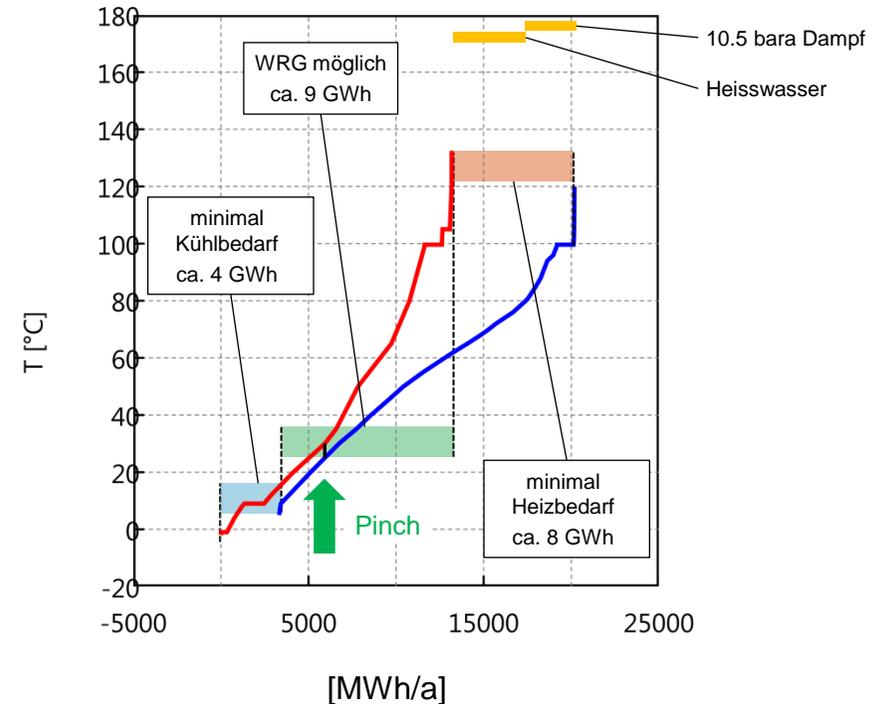
- Schwankungen von Woche zu Woche, jedoch über mehrere Wochen relativ konstant.
- Keine Unterschiede von Sommer zu Winter, jedoch in Abhängigkeit der Bierproduktion deutliche Unterschiede.
- Tagesschwankungen deuten auf Anfahr- und Standbyverluste hin. Ausgehend von ca. 10 % Kesselverlusten und ca. 2 % Strahlungsverlusten liegt das Optimierungspotenzial aufgrund der Anfahr- und Standbyverlusten bei max. 1'300 MWh/a.



## Pinch-Analyse (1/4)

- Time Average Model<sup>1</sup> (TAM): Leistungen der einzelnen Ströme verstrichen übers Jahr (MWh).
- Wärmerückgewinnung (WRG) möglich gemäss Prozessanforderungen: Ca. 9'000 MWh.
  - theoretisches Maximum, wenn alle Anlagen gleichzeitig laufen würden
  - WRG IST: ca. 8'000 MWh. Sehr hoher Erfüllungsgrad von ca. 80 %. Es bleibt ein Restpotenzial von ca. 1'000 MWh.
- Vergleich Wärmebedarf und Energieversorgung: Die Energieversorgung ist auf zu hohem Temperaturniveau und dies führt zu Exergieverlusten: ca. 170 MWh/a, rund 10 kCHF<sup>2</sup>.

Composite Curve: TAM  
Prozessanforderungen



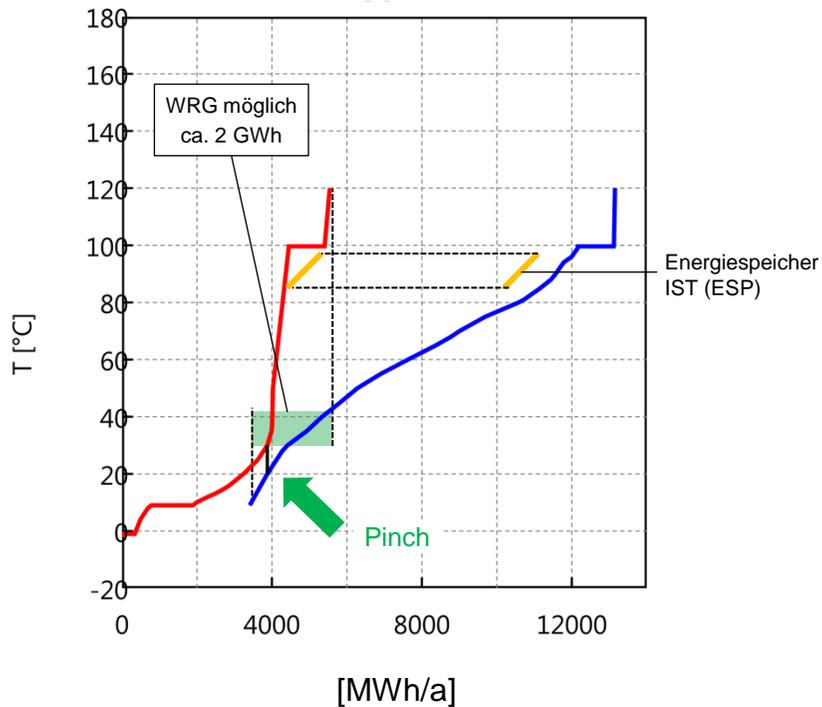
<sup>1</sup> siehe auch Time Slice Model im Anhang

<sup>2</sup> Dampfproduktion auf 5 statt 10.5 bara.

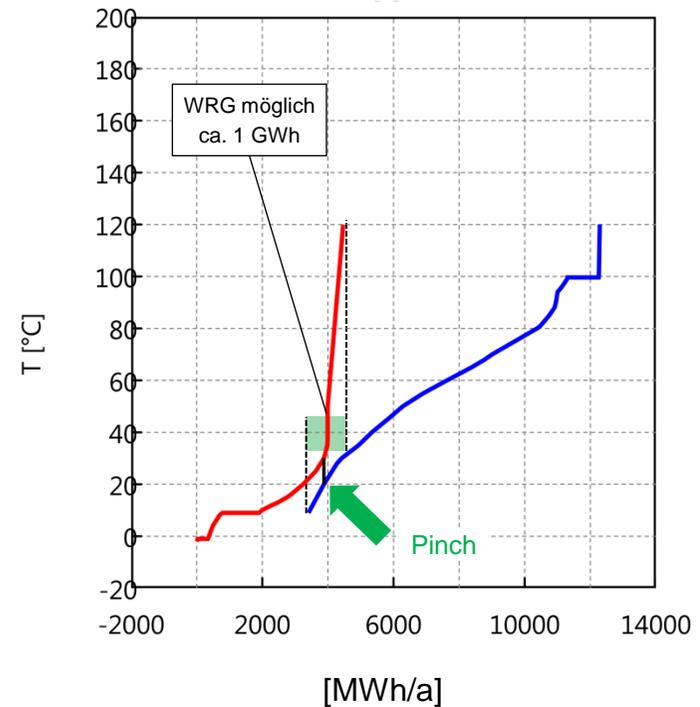
## Pinch-Analyse (2/4)

- Residual Composite Curve (RCC): Composite Curve (CC) der verbliebenen Ströme nach erreichter direkter Wärmerückgewinnung (MWh): Es sind ca. 2'000 MWh durch indirekte WRG möglich.
  - Energiespeicher (ESP) ist bezüglich Temperatur und Grösse optimal platziert
- RCC mit WRG via ESP: Es bleiben ca. 1'000 MWh für eine mögliche indirekte WRG (Restpotenzial).

RCC (Residual Composite Curve, ohne ESP)



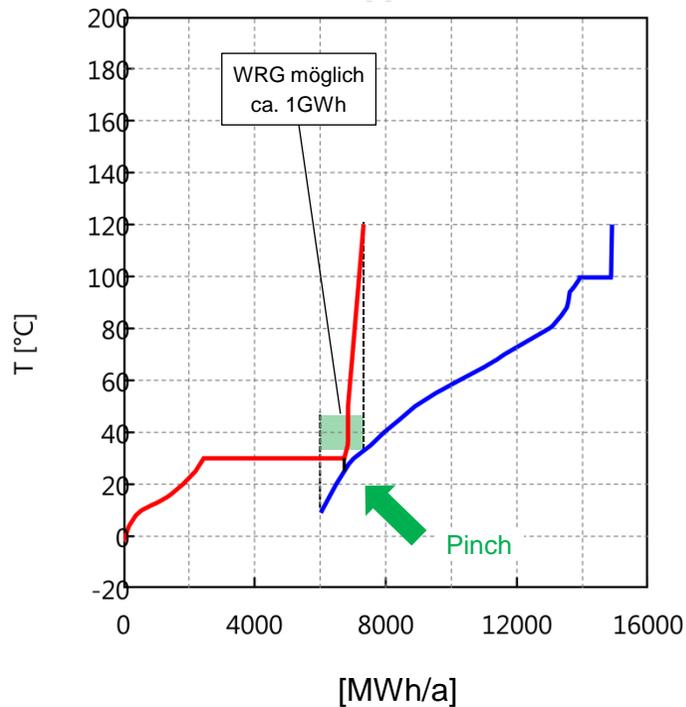
RCC mit WRG via ESP



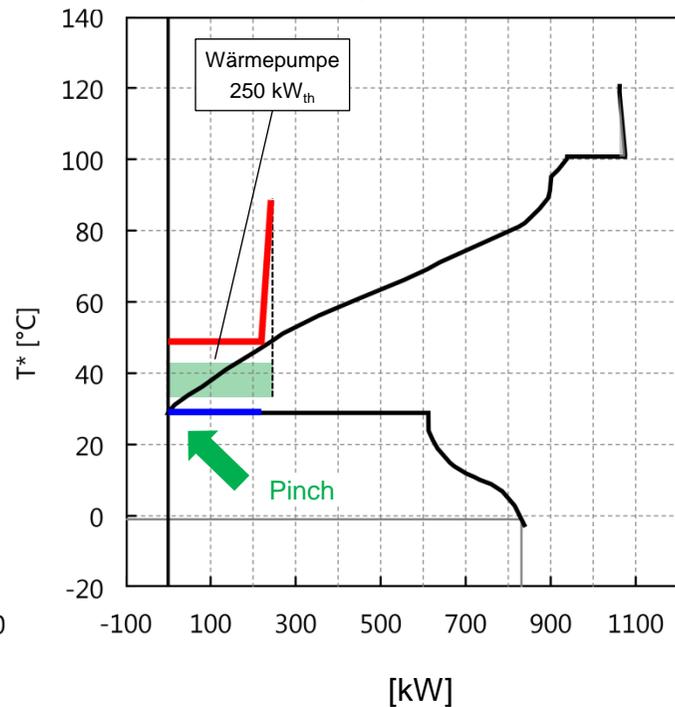
## Pinch-Analyse (3/4)

- RCC mit Abwärme der Kältemaschinen (KM): Potenzial für eine Wärmepumpe
- Grand Composite Curve (GCC): Je nach Temperaturhub sind mit einer Wärmepumpe zwischen 100 und 600 kW<sub>th</sub>, bzw. zwischen 1'000 und 4'000 MWh/a WRG zusätzlich zur IST-Situation möglich. Bei einem Temperaturhub von 25 K ist die Leistungsziffer (COP) ca. 8.

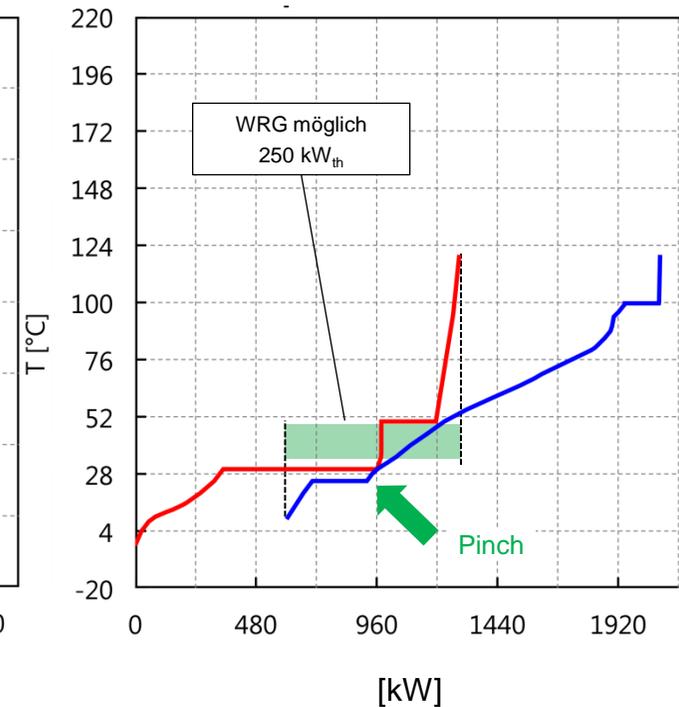
RCC mit Abwärme der Kältemaschinen



GCC mit platzierter Wärmepumpe und einem Temperaturhub von 25 K

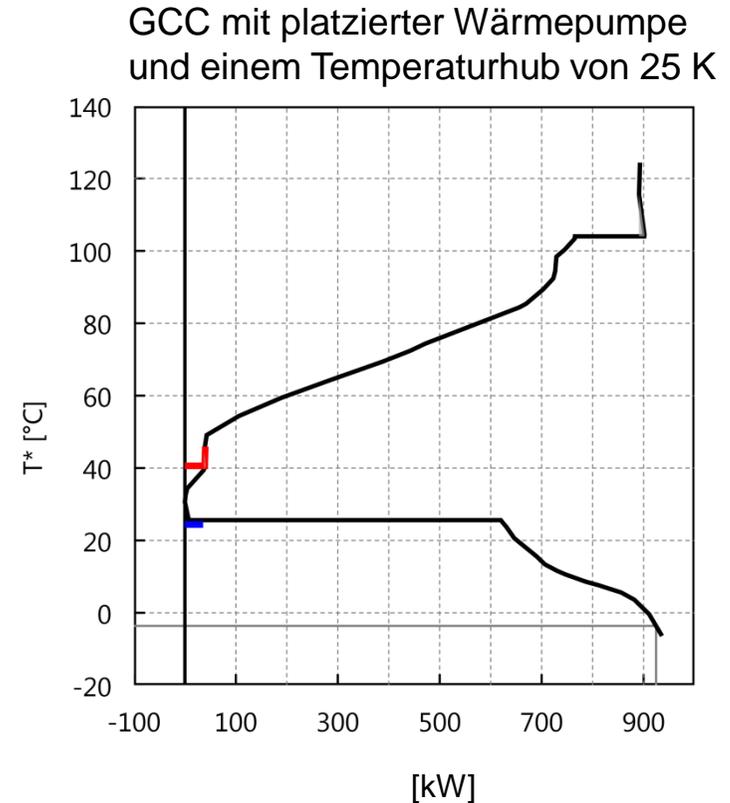
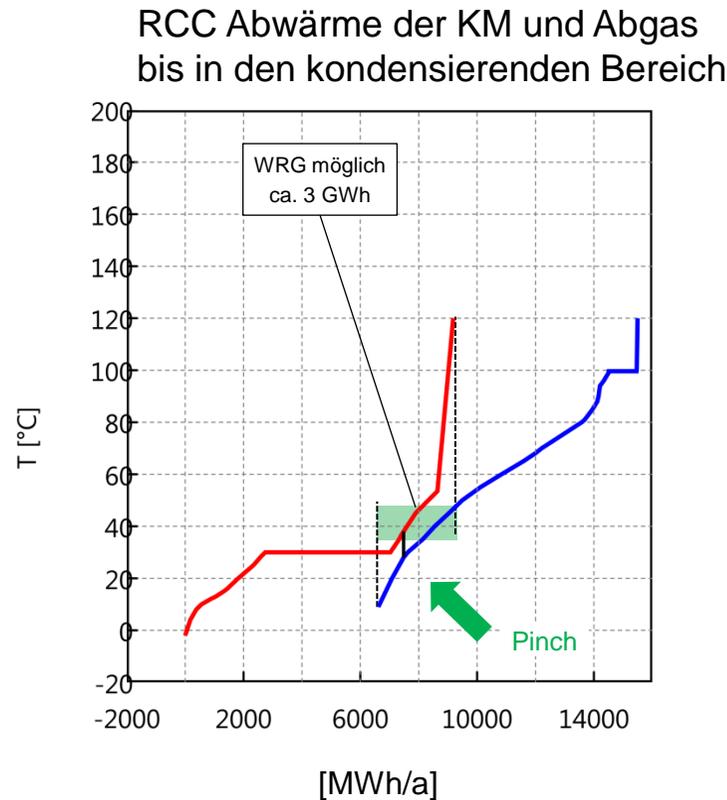


RCC mit integrierter Wärmepumpe (250 kW<sub>th</sub>)



## Pinch-Analyse (4/4)

- RCC Abwärme des Kältemaschinen (KM) und mit Abkühlung des Abgases des Kessels bis in den kondensierenden Bereich ( $< 50\text{ °C}$ ): Zusätzliches Potenzial zu IST-Situation: ca. 3'000 MWh
- In diesem Fall erhöht eine Wärmepumpe bei Einhaltung einer wirtschaftlichen Leistungsziffer ( $> 7.0$ ) das WRG-Potenzial nur gering um ca. 300 MWh (siehe GCC).



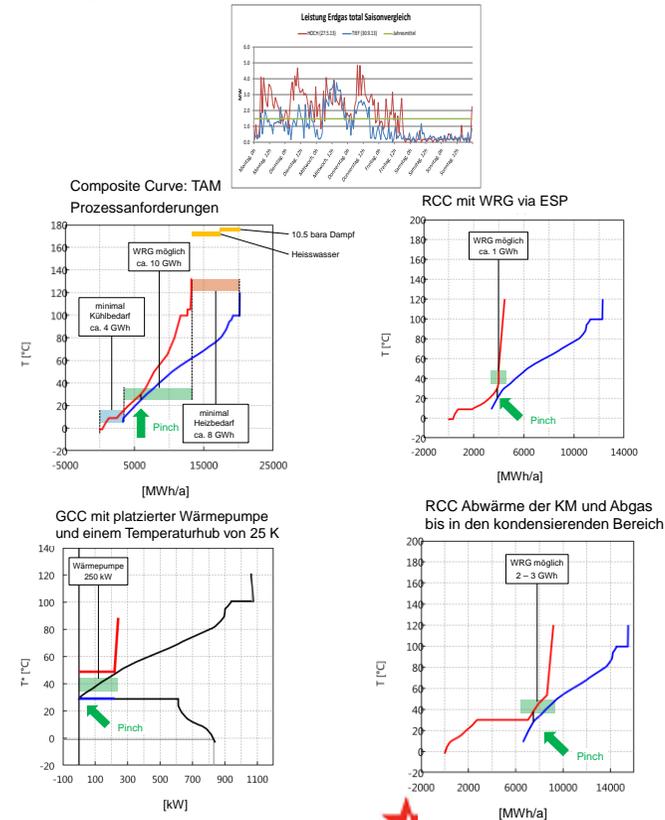
# Potenzialanalyse

## Wärmerückgewinnungspotenzial gemäss IST- und Pinch-Analyse

- Der Anteil an Wärme, welcher nicht durch direkte WRG möglich ist, kann indirekt rückgewonnen werden.
- Im Vergleich zum IST-Zustand sind total ca. 4'000 MWh zusätzlich an WRG möglich, falls die Abwärme der Kälteanlage genutzt wird und eine Wärmepumpe installiert wird.
- Die Abkühlung des Abgases bis in den kondensierenden Bereich ermöglicht ein WRG-Potenzial von ca. 3'000 MWh zusätzlich zur IST-Situation.

## Potenziale

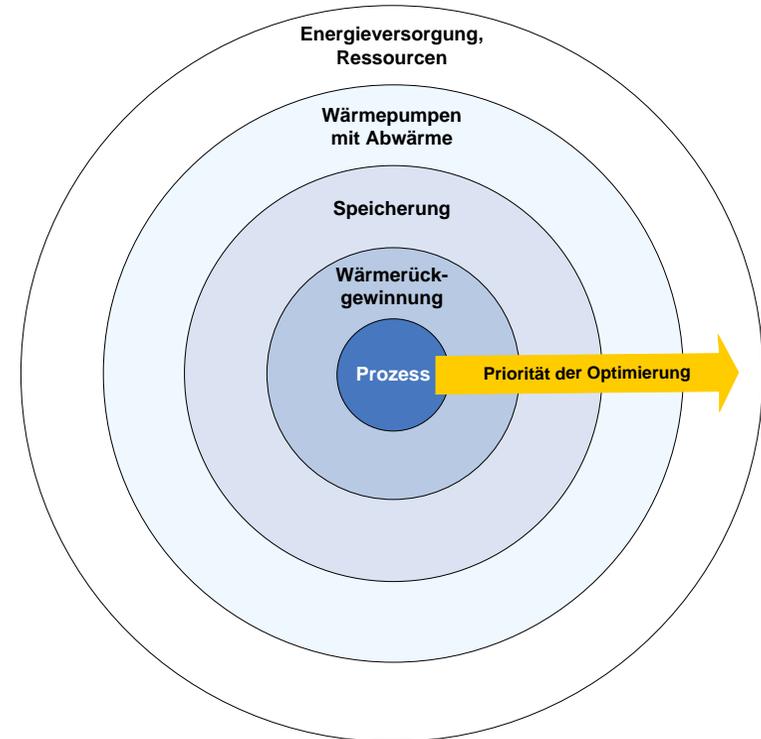
	Zusätzlich zu IST Zustand [MWh/a]
Kessel: Standby- und Anfahrverluste (Betriebsopt.)	bis zu 1'300
WRG im Prozess total	ca. 1'000
WRG im Prozess inkl. Wärmepumpe total	bis zu 4'000
WRG im Prozess mit Abkühlung des Abgases bis in den kond. Bereich	ca. 3'000



## Massnahmen

### Priorität der Optimierung

- Betriebsoptimierung
- Prozessoptimierung
- Anlageninterne, direkte Wärmerückgewinnung
- Anlagenübergreifende, indirekte Wärmerückgewinnung
- Wärmerückgewinnung via Speicherung
- Energieumwandlung (Wärmepumpe, BHKW)
- Energieversorgung



**Nummerierung und Priorisierung der Massnahmen: Siehe Massnahmentabelle (S. 26).**

**Eine zusätzliche Massnahme bezüglich Energieversorgung (Blockheizkraftwerk: Siehe Anhang g)**

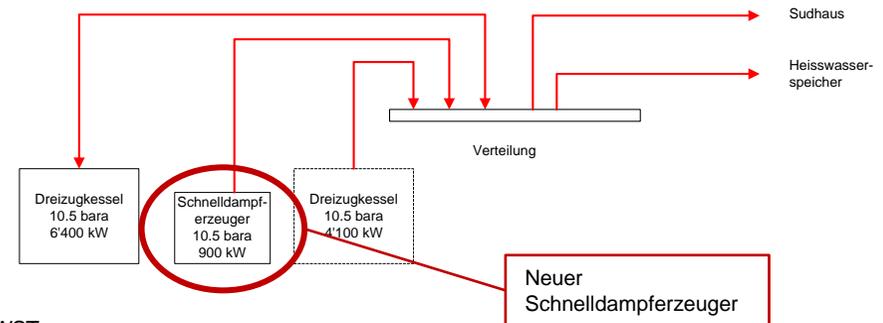
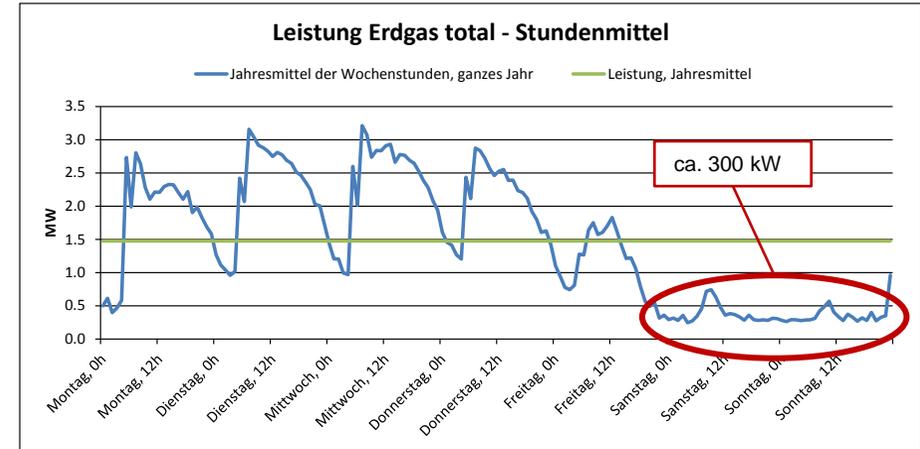
# MN 1, 2 Reduzierung Rauchgasverluste

## IST Situation

- Bedarfsschwankungen führen zu Anfahr- und Standbyverlusten. Pro Jahr sind dies bis zu 1'300 MWh/a.
- Der zurzeit betriebene Brenner (JGLR 70) kann bereits modulierend mit einer minimalen Teillast von 900 kW (15 % der Volllast) gefahren werden.

## Betriebsoptimierung

- Druckerhaltung im Kessel durch Installation einer Rauchgasklappe und somit Reduktion der Anfahrvorgänge.
- Falls die Reduktion der Verluste danach nicht ausreichend ist, kann zusätzlich ein Schnelldampferzeuger (Nennleistung: 900 kW) installiert werden. Dieser deckt den Bedarf unterhalb der Teillast des grossen Kessels und hält ihn gleichzeitig warm.
- Einsparung total: ca. 1'000 MWh/a.



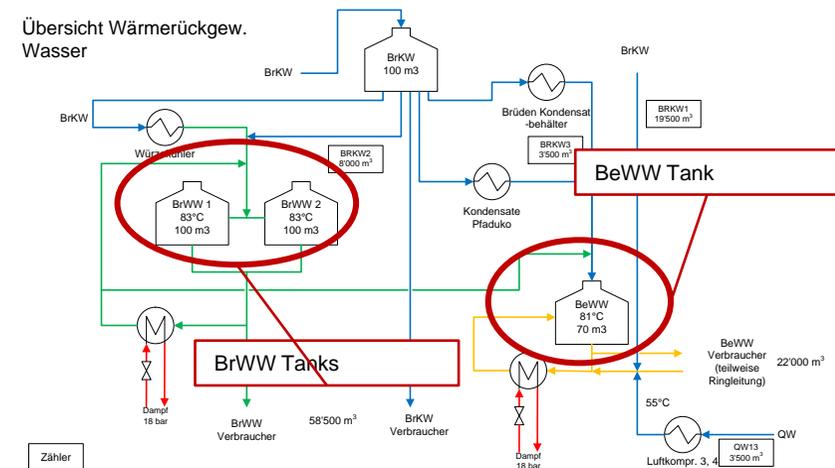
Kostenschätzung : +/- 25% basierend auf Richtofferten und Erfahrungswerten, exkl. MWST

Massnahme	Investition [kCHF]	Einsparung [tCO2/a]	Wärme [MWh/a]	Kälte [MWh/a]	Payback dyn. [a]	Priorität [-]
Rauchgas-klappe	45	110	600		2.0	1
Schnelldampf-erzeuger	170	100	400		8.5	2

## MN Warmwasser (1/5)

### IST Situation

- Betriebswarmwasser (BeWW) wird vorwiegend als Brauchwarmwasser in der Abfüllung, teilweise jedoch auch als Wärmequelle als Ringleitung verwendet. Es wird von einem Tank (70 m<sup>3</sup>), stationiert im Sudhaus, verteilt.
  - Grösster Verbraucher von BeWW mit ca. 10'000 m<sup>3</sup>/a ist die Abfüllungslinie 3 (Keg-Anlage).
  - Teilweise wird das Frischwasser mittels verschiedener WRG erwärmt, grösstenteils wird das BeWW mit einem Dampfumformer (beim Tank) auf die erforderlichen 81 °C erwärmt.
- Brauwarmwasser (BrWW) wird für die Bierproduktion im Sudhaus verwendet und von zwei Tanks (je 100 m<sup>3</sup>) gespeist. Grösstenteils erfolgt die Erwärmung mittels WRG im Sudhaus.
- Zu beiden Tanks führt je eine Zuleitung, bei welcher das Wasser nicht durch WRG erwärmt wird und kalt in die Tanks gespeist wird. Insgesamt sind dies ca. 19'000 m<sup>3</sup>/a (Zähler BrKW 1 für BeWW, bzw. BrKW 2 für BrWW).
- Der Bedarf an Warmwasser wird in der Abfüllung grösstenteils durch das Heisswasser (170 °C) abgedeckt, auch wenn sich der Bedarf auf tiefem Temperaturniveau befindet: Vorwärmzonen der Pasteure, Warmwasserbad der Waschanlage Linie 4, CIP Filterkeller.
  - Linie 1, 2 Pasteur: Warmwasser
  - Linie 4, Waschmaschine: „Warmwasserbads“ mit 55 °C
  - Linie 4, Pasteur: Vorwärmzonen (<60 °C)
  - Befüllung der Anlagen mit kaltem Wasser (1 Mal pro Woche)
  - CIP Filterkeller



## MN 3 Warmwasser Variante «Basis» (2/5)

### IST Situation

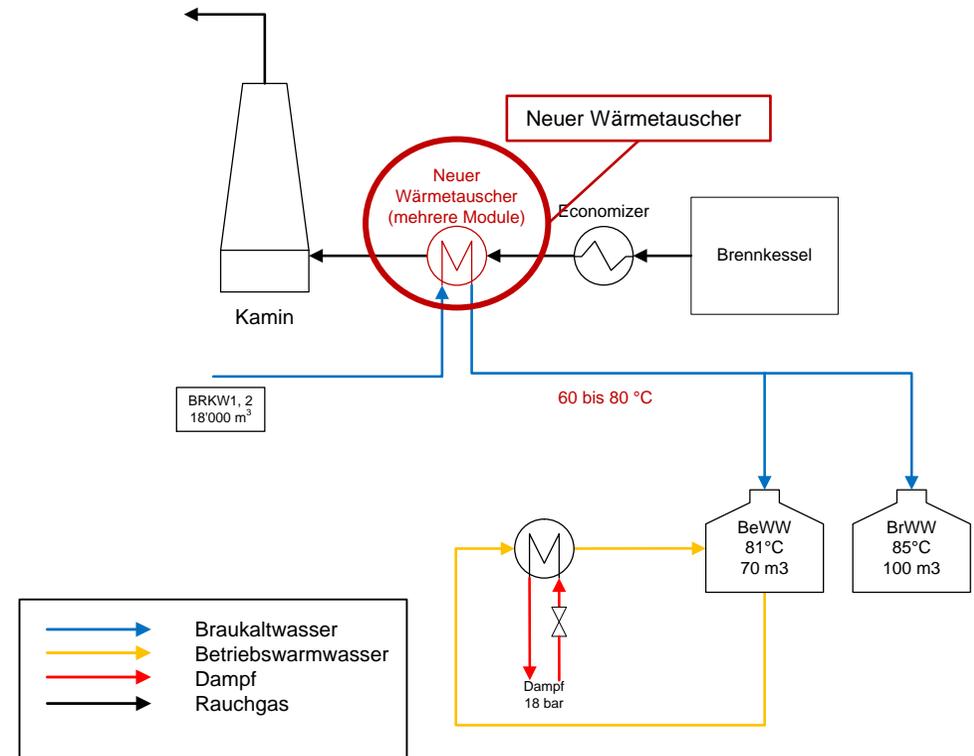
- Situation beim Brau- und Betriebswarmwasser: siehe vorherige Folie.
- Abgas des Brenners: das Rauchgas des Brenners erwärmt das Speisewasser über einen Economizer und tritt anschliessend mit ca. 120 °C aus (ca. 20'000 t/a).

### Massnahme WW Variante «Basis»

- 2-stufige Nutzung der Abwärme des Rauchgases beim Kessel. Damit der Bedarf an Warmwasser abgedeckt werden kann, wird das Rauchgas bis in den kondensierenden Bereich<sup>1</sup> in einem dafür vorgesehenen Wärmetauscher gekühlt.
  - Erwärmung der Zuleitung «BrKW 1, 2» auf 80°C und anschliessende Aufteilung auf die zwei Tanks (BeWW und BrWW).
- Einsparung von total ca. 1'400 MWh/a an Erdgas.

Kostenschätzung : +/- 25% basierend auf Richtofferten und Erfahrungswerten, exkl. MWST

Investition [kCHF]	Einsparung [tCO2/a]	Wärme [MWh/a]	Kälte [MWh/a]	Payback dyn. [a]	Priorität [-]
390	280	1'400		5.5	2



<sup>1</sup> Abkühlung bis 30°C: Abklärung LRV notwendig

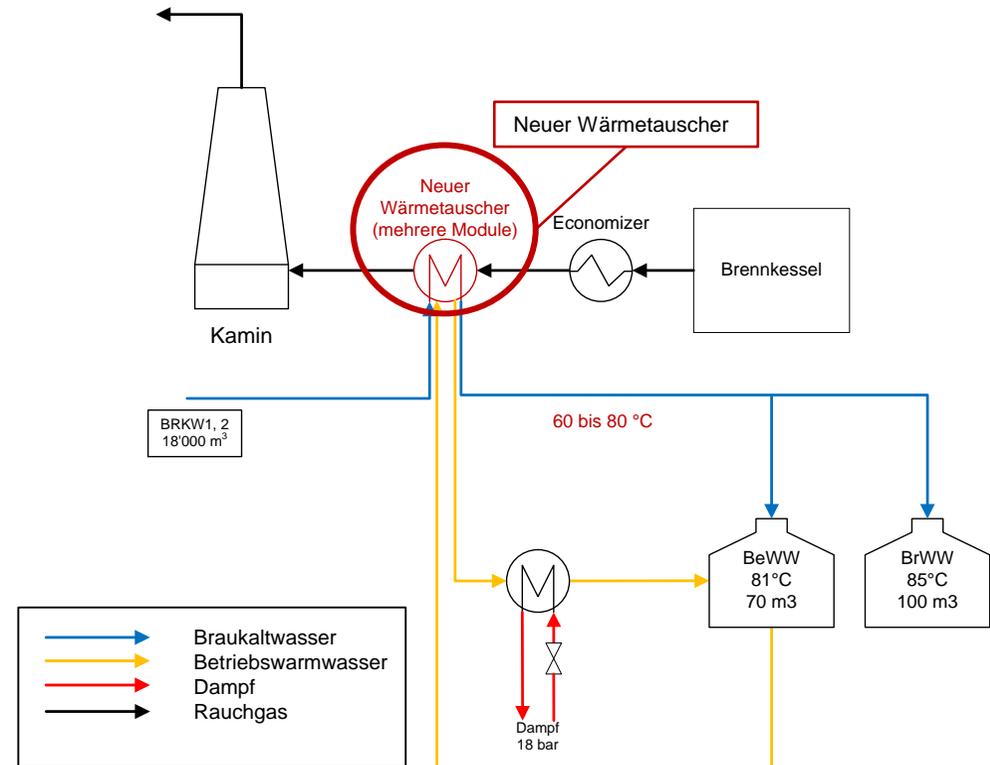
## MN 3b Warmwasser Variante «total» (3/5)

### IST Situation

- Situation beim Brau- und Betriebswarmwasser: siehe vorherige Folien.
- Abgas des Brenners: das Rauchgas des Brenners erwärmt das Speisewasser über einen Economizer und tritt dann mit ca. 120 °C aus (ca. 20'000 t/a).

### Massnahme BeWW Variante «total»

- 2-stufige Nutzung der Abwärme des Rauchgases beim Kessel. Damit der Bedarf an Warmwasser abgedeckt werden kann, wird das Rauchgas bis in den kondensierenden Bereich<sup>1</sup> in einem dafür vorgesehenen Wärmetauscher (modulartig) gekühlt.
  - Erwärmung der Zuleitung «BrKW 1, 2» auf 65°C und anschliessende Aufteilung auf die zwei Tanks (BeWW und BrWW).
  - Erwärmung des Rücklaufs der Kreisleitung des BeWW.
- Einsparung von total ca. 1'800 MWh/a an Erdgas.



Kostenschätzung : +/- 25% basierend auf Richtofferten und Erfahrungswerten, exkl. MWST

Investition [kCHF]	Einsparung [tCO <sub>2</sub> /a]	Wärme [MWh/a]	Kälte [MWh/a]	Payback dyn. [a]	Priorität [-]
540	360	1'800		5.5	b

<sup>1</sup> Abkühlung bis 30°C: Abklärung LRV notwendig

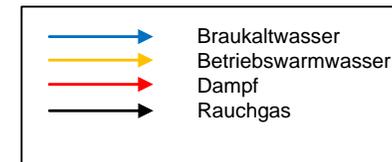
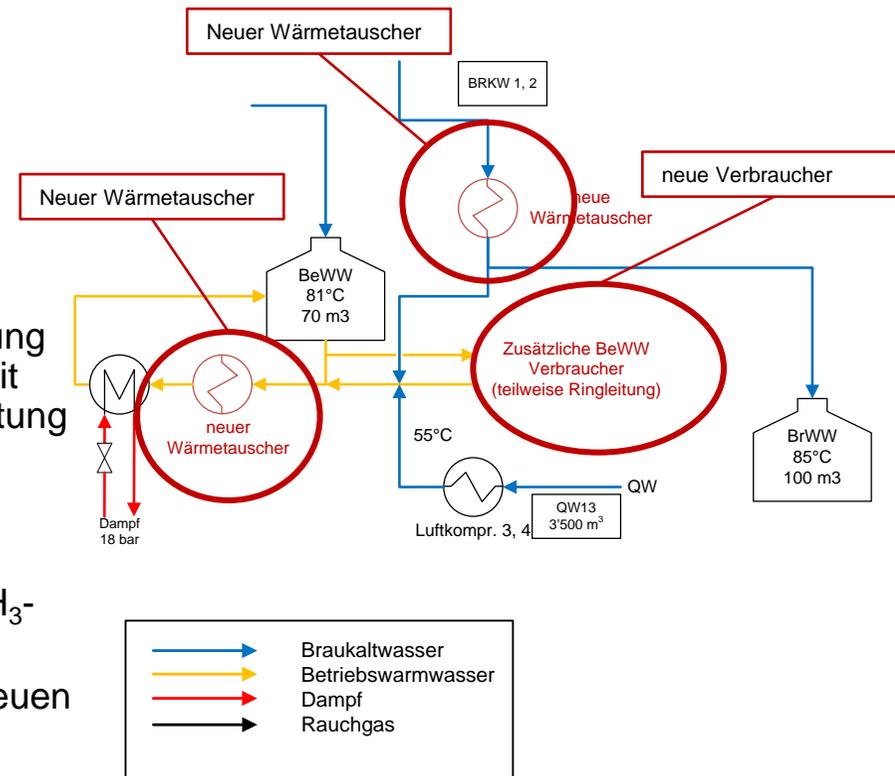
## MN 3c, 3e Warmwasser Variante «plus» (4/5)

### IST Situation

- siehe vorherige Folien
- Kälteanlagen: verdampftes Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) von den 4 Kältekompressoren wird über Kühltürme rückgekühlt (und kondensiert).

### Massnahme WW Variante «plus» (1/2)

- Anpassungen der Wärmeversorgung in der Abfüllung. Abdeckung von Wärmebedarf mit BeWW anstatt mit Heisswasser und somit Erhöhung des Bedarfs an BeWW. Teilweise BeWW als Ringleitung (siehe nächste Folie).
- 2-Stufige Erwärmung der Zuleitung «BrKW 1, 2», als auch des Rücklaufs der Kreisleitung, mittels WRG:
  - Nutzen der Abwärme der Kälteanlagen über einen neuen  $\text{NH}_3$ -Kondensator (200 kW). Nur für die Zuleitung.
  - Nutzen der Abwärme des Abgas des Brenners über einen neuen Rauchgas/Wasser-Wärmetauscher (300 kW) bis in den kondensierenden Bereich <sup>1</sup>.
- Einsparung total: 3'000 MWh/a.



Kostenschätzung : +/- 25% basierend auf Richtofferten und Erfahrungswerten, exkl. MWST

Investition [kCHF]	Einsparung [tCO2/a]	Wärme [MWh/a]	Kälte [MWh/a]	Payback dyn. [a]	Priorität [-]
280	200	1'000		7.0	<b>b</b>
1'000	400	2'000		10.0	<b>b</b>

<sup>1</sup> Abkühlung bis 20°C: Abklärung LRV notwendig

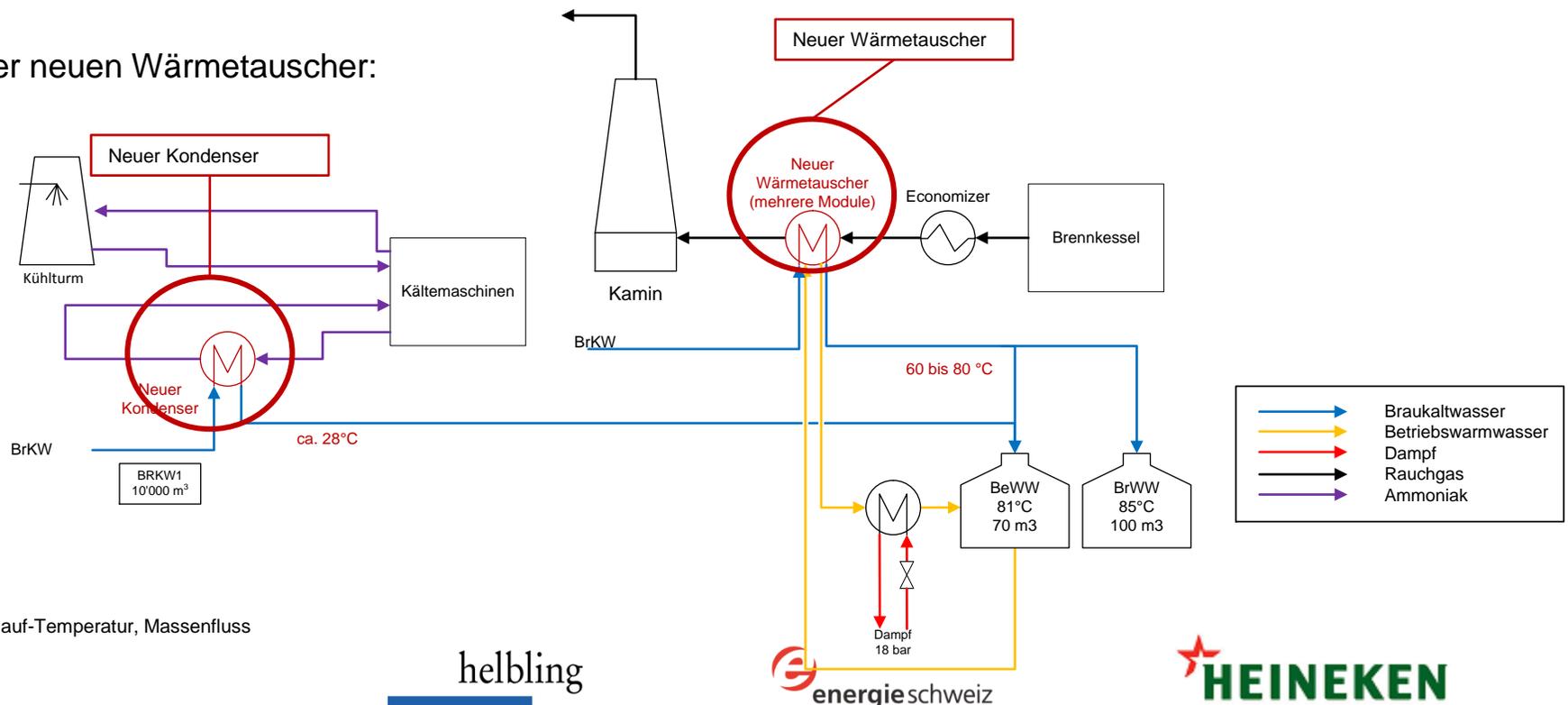
## MN 3c, 3e Warmwasser Variante «plus» (5/5)

### Massnahme BeWW Variante «plus» (2/2)

#### ■ Anpassungen der Wärmeversorgung in der Abfüllung:

- Linie 1, 2 Pasteur: Vorwärmung des Warmwassers „Hot buffer“ (Wasser/Wasser-Wärmetauscher: 250 kW<sup>1</sup>)
- Linie 4, Waschmaschine: Aufheizen des Bads jeweils am Morgen (1 Mal pro Tag), sowie Heizen des „Warmwasserbads“ mit 55 °C
- Linie 4, Pasteur: Heizen der Vorwärmzonen ( 2, 3, 4, 8, 9, 10)
- Verwendung von BeWW anstatt Frischwasser wenn die drei Anlagen neu befüllt würden (1 Mal pro Woche).
- Verwendung von BeWW beim CIP Filterkeller.

#### ■ Details der neuen Wärmetauscher:



<sup>1</sup> Abzuklären: Rücklauf-Temperatur, Massenfluss

## MN 3f Wärmepumpe

### Ausgangslage

- Gemäss Pinch-Analyse: Erhöhung des WRG-Potenzials mittels Wärmepumpe möglich.
- Kondensationstemperatur auf 35 bis 65 °C führt zu einer nutzbaren Wärme von 1'000 bis 4'000 MWh/a.

### Mögliche Wärmequellen und -senken

- IST-Situation Warmwasser: siehe vorherige Folien.
- IST-Situation Kälteanlage: siehe vorherige Folien.

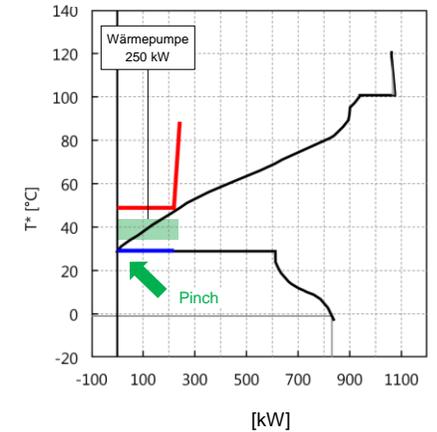
### Wärmepumpe

- Die Analyse der Wärmegestehungskosten zeigt, dass eine Wärmepumpe von 110 kW<sub>th</sub> und einer Kondensationstemperatur von 50 °C zur Vorwärmung des WW optimal ist.
- Bei der Betrachtung des WW «plus» zeigt sich, dass die Wärmegestehungskosten in jeder Ausführung höher als der Dampfpreis sind.

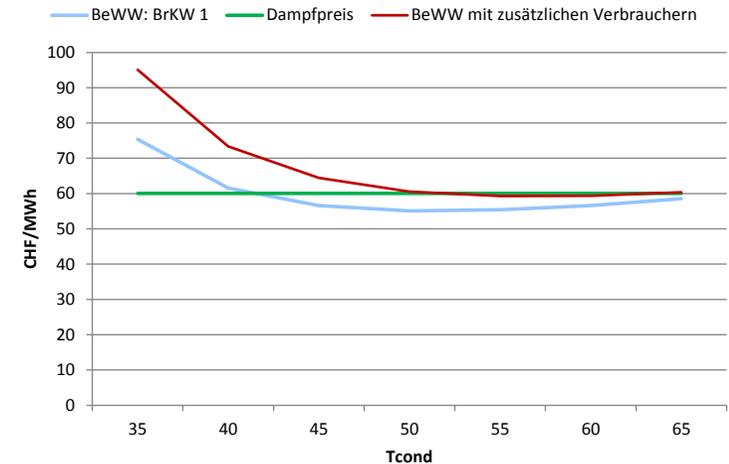
Kostenschätzung : +/- 25% basierend auf Richtofferten und Erfahrungswerten, exkl. MWST

Investition [kCHF]	Einsparung [tCO2/a]	Wärme [MWh/a]	Kälte [MWh/a]	Payback dyn. [a]	Priorität [-]
250	150	750		10.0	b

GCC mit platzierter Wärmepumpe und einem Temperaturhub von 25 K



### Wärmegestehungskosten Wärmepumpe



## Zusammenfassung

- Insgesamt können mit den vorgeschlagenen Massnahmen ca. 4'000 MWh/a eingespart werden.
- Mit der Betriebsoptimierung bei der Kesselanlage kann ca. 1'000 MWh/a, bzw. 50 kCHF/a, mit einem Gesamtpayback von 5 Jahren, eingespart werden.
- Mit der Wärmerückgewinnungsmassnahme zur Erwärmung des Brau- und Betriebswarmwasser (MN 3), mittels Abgas-Wärmetauscher kann insgesamt ca. 1'400 MWh/a, bei einem Payback von 5.5 Jahren, eingespart werden.
- Bei einer Anpassung der Energieversorgung und einer Verschiebung von Heisswasser zu BeWW kann mit den vorgeschlagenen WRG-Massnahme sogar 3'000 MWh/a eingespart werden (Gesamtpayback: 9 Jahre).
- Total können somit ca. 4'000 MWh/a, bzw. ca. 200 kCHF/a eingespart werden.

Potenziale	Potenzial [MWh/a]	umsetzbar [MWh/a]
Kessel: Standby- und Anfahrverluste (Betriebsoptimierung)	bis 1'300	ca. 1'000
WRG im Prozess total	ca. 1'000	
WRG im Prozess inkl. Wärmepumpe total	ca. 4'000	
WRG im Prozess total mit Abkühlung des Abgases bis in den kond. Bereich	ca. 3'000	ca. 3'000
<i>Total</i>	<i>ca. 5'300</i>	<i>ca. 4'000</i>

# Massnahmenentabelle

Kostenschätzung : +/- 25% basierend auf Richtofferten und Erfahrungswerten, exkl. MWST

Nr.	Massnahme	Investition [kCHF]	Einsparung [tCO2/a]	Wärme [MWh/a]	Kälte [MWh/a]	Payback dyn. [a]	Beschreibung
1	Rauchgas- klappe	45	110	600	-	2.0	Einbau einer Rauchgasklappe zur Reduzierung der Standby- und Anfahverluste
2	Schnelldampf- erzeuger	170	100	400	-	8.5	Einbau einer Rauchgasklappe zur Reduzierung der Standby- und Anfahverluste
3	WW Basis / Rauchgas	390	280	1'400	-	5.5	Abgas Kessel: Von 120°C auf 50°C via Zwischenkreislauf (in den kondensierenden Bereich). Aufwärmung des WW (BrKW1 + 2) auf 80°C.
3b	WW total / Rauchgas	540	360	1'800	-	5.5	Abgas Kessel: Von 120°C auf 30°C via Zwischenkreislauf (in den kondensierenden Bereich). Aufwärmung des WW (BrKW1 + 2, als auch der Kreisleitung) auf 65°C.
3c	WW plus/ Rauchgas	1'000	400	2'000	-	10.0	Abgas Kessel: Von 120°C auf 20°C (in den kondensierenden Bereich). Aufwärmung der BeWW-Zuleitung (mit erhöhtem Bedarf) auf total 65°C. Zusätzlich Aufwärmung der BeWW-Rückleitung (Ring) mit erhöhtem Bedarf. Investitionskosten für die BeWW-Verteilung anteilmässig bezüglich Einsparung (mit anderen BeWW-Massnahmen).
3d	WW Basis / Kondenser	120	80	410	-	7.0	Erwärmung des WW (BrKW 1, 2) mittels Kondenser (NH3) bei der Kälteanlage von 10°C auf 28°C.
3e	WW plus / Kondenser	280	200	1'000	-	7.0	Erwärmung des WW (BrKW 1, 2) (mit zusätzlichem Bedarf) mittels Kondenser (NH3) bei der Kälteanlage von 10°C auf 28°C. Investitionskosten für die BeWW-Verteilung anteilmässig (mit anderen BeWW-Massnahmen).
3f	Wärmepump- e zur Erwärmung des WW	250	150	750	-	10.0	Erwärmung des WW (BrKW 1+2) mittels Wärmepumpe von 10°C auf 50°C. Wärmequelle: Rückkühlung des Ammoniaks der Kälteanlage bei 30°C via Kondenser und Zwischenkreislauf.
3g	WW Minimal / Rauchgas	150	50	250	-	>10	Abgas Kessel: Von 120°C auf 80°C via Zwischenkreislauf (in den nicht-kondensierenden Bereich). Aufwärmung des WW (BrKW1 + 2) auf 25°C.
4	Entgasung blending Wasser	Aufwand: intern					Reduktion des Massenstroms bei der Entgasung des blending Wasser (IST: 110'000 hl/h) , damit es stärker mittels Wärmerückgewinnung erwärmt wird.

\*Prioritäten nach Payback, Kosteneinsparungen, Funktionssicherstellungen und Nachhaltigkeit. b: Varianten.

## Schlussfolgerung

- Die Pinch-Analyse hat gezeigt, dass beim Standort Chur der Heineken Switzerland AG ein grosses Wärmerückgewinnungspotenzial (WRG-Potenzial) besteht und dies zu einem guten Teil auch bereits genutzt wird.
- Trotz der bezüglich Energieeffizienz bereits gut geplanten Anlagen konnte ein relativ grosses, zusätzliches Einsparpotenzial mit dieser Studie eruiert werden:
  - Betriebsoptimierung beim Kesselhaus (ca. 1'300 MWh/a)
  - Wärmerückgewinnung (insgesamt ca. 4'000 MWh/a)
- Die Pinch-Analyse hat gezeigt, dass beim WRG-Potenzial die Abwärmemenge limitierend ist. Deshalb mussten Wege gefunden werden, um das ursprüngliche, zusätzliche WRG-Potenzial von 1'000 MWh/a zu erhöhen. Die 4'000 MWh/a können deshalb nur unter dem Einsatz einer Wärmepumpe erreicht werden. Alternativ gelingt eine Erhöhung, falls die Kesselabgase bis deutlich unter den Taupunkt genutzt werden.
- Die Analyse hat gezeigt, dass die Nutzung des Abgases wirtschaftlich sinnvoller ist. Die in der Analyse eruierten Potenzialen können zu einem weiten Teil mit den vorgeschlagenen Massnahmen erreicht werden, trotz der erschwerenden Zeitkomponente bei Batchprozessen:
  - Betriebsoptimierung beim Kesselhaus: 1'000 MWh/a
  - WRG-Massnahmen zur Erwärmung des Betriebswarmwassers: 3'000 MWh/a
- Insgesamt können somit 4'000 MWh/a, bzw. über 25 % des thermischen Energieverbrauchs mit wirtschaftlichen Massnahmen eingespart werden. Dies entspricht ca. 200 kCHF/a.

## Empfehlungen / Weiteres Vorgehen

### Wir empfehlen die Umsetzung nach folgendem Ablauf <sup>1</sup>

- Wir empfehlen die umgehende Umsetzung der Betriebsoptimierung «Rauchgasklappe» (MN 1, Prio 1 <sup>1</sup>) zur Reduktion der Anfahr- und Standbyverluste. Um die Verluste weiter zu reduzieren kann anschliessend die Massnahme «Schnelldampferzeuger» (MN 2, Prio 2) geplant und umgesetzt werden (beides Infrastrukturmassnahmen).
- Wir empfehlen zudem die Wärmerückgewinnungsmassnahme «WW Basis» (MN 3, Prio 2) zur Erwärmung des Brau- und Betriebswarmwasser umzusetzen. Damit kann fast der gesamte, momentane Wärmebedarf an Warmwasser gedeckt werden (Infrastrukturmassnahme). Die Wärmerückgewinnung kann anschliessend erhöht werden, indem zusätzlich zur Zuleitung auch die Kreisleitung des Betriebswarmwassers mittels Rauchgas-Wärmetauscher erwärmt wird (MN 3b).
- Mit der Sammelmassnahme «WW plus» (MN 3c und 3e) kann zu einem späteren Zeitpunkt bei einer Anpassung der Wärmeversorgung in der Abfüllung, oder bei generell erhöhtem Warmwasserbedarf, die Wärmerückgewinnung insgesamt erhöht werden. Diese Massnahme ist nur bei langer Laufzeit wirtschaftlich (Infrastrukturmassnahme).
- Massnahmen, die aufgrund hoher Investitionskosten bei einem Retrofit-Projekt, einen hohen Payback aufweisen, sollten sinnvollerweise bei einem Neubauprojekt berücksichtigt werden. Diese werden idealerweise anhand eines Updates der Pinch-Analyse geprüft.
- Die Massnahme «Wärmepumpe» (MN 3f) als Alternative zur MN 3 macht nur bei einer Reduktion des Preisverhältnisses von Strom- zu Gaskosten Sinn (deutlich unter 2).
- Bei gleich bleibend hohen Stromkosten lohnt sich der Ersatz einiger älterer Motoren (siehe Anhang f)

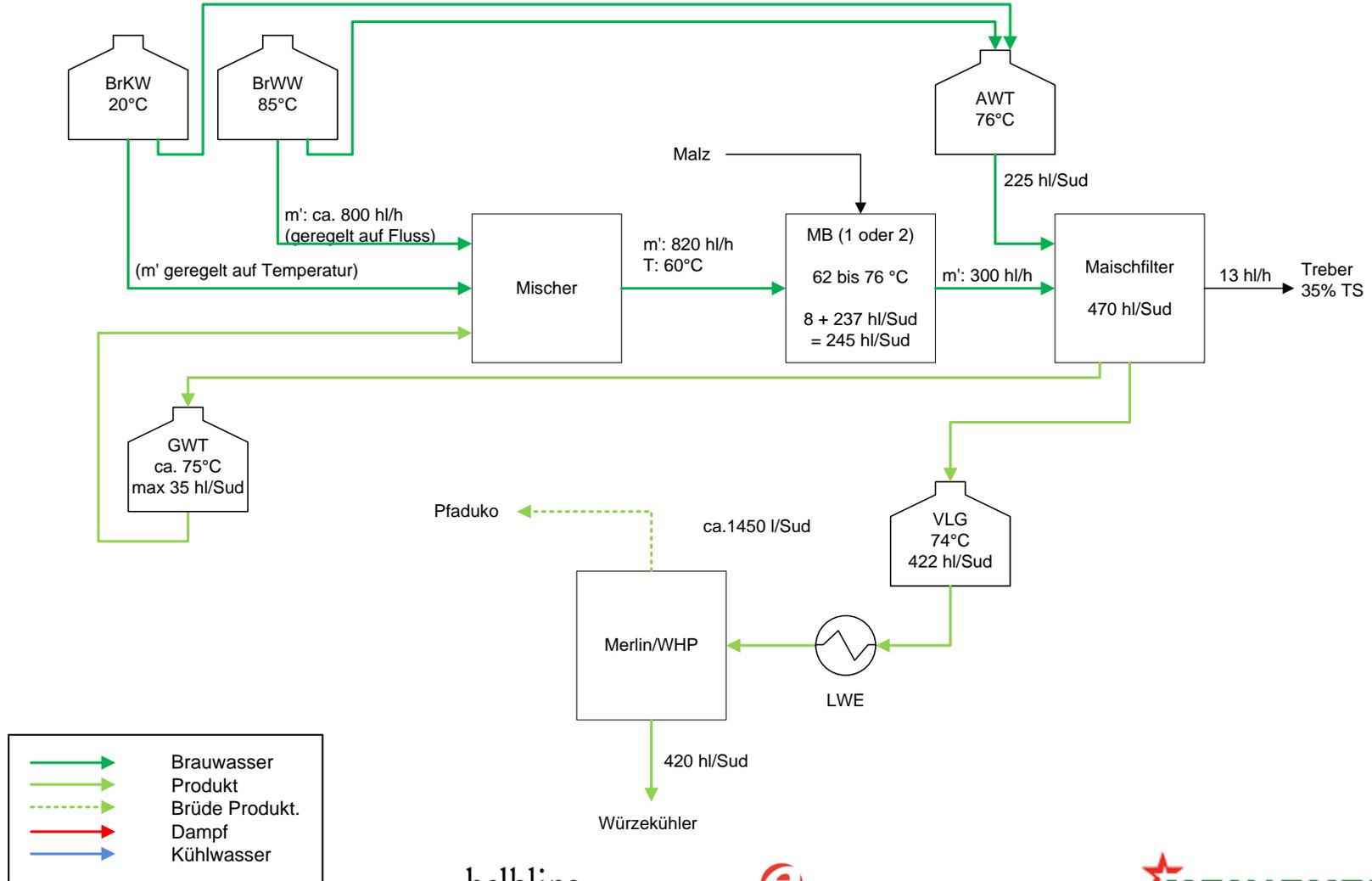
<sup>1</sup> Nummerierung und Priorisierung: Siehe Massnahmentabelle.

## Anhang

- a) Übersichtsschemata
- b) Details Energieverbraucher
- c) Sankey-Diagramm
- d) Erdgasverbrauch: Tagesverlauf
- e) Time Slice Model
- f) Strom-/ Motorenanalyse
- g) MN 5 BHKW

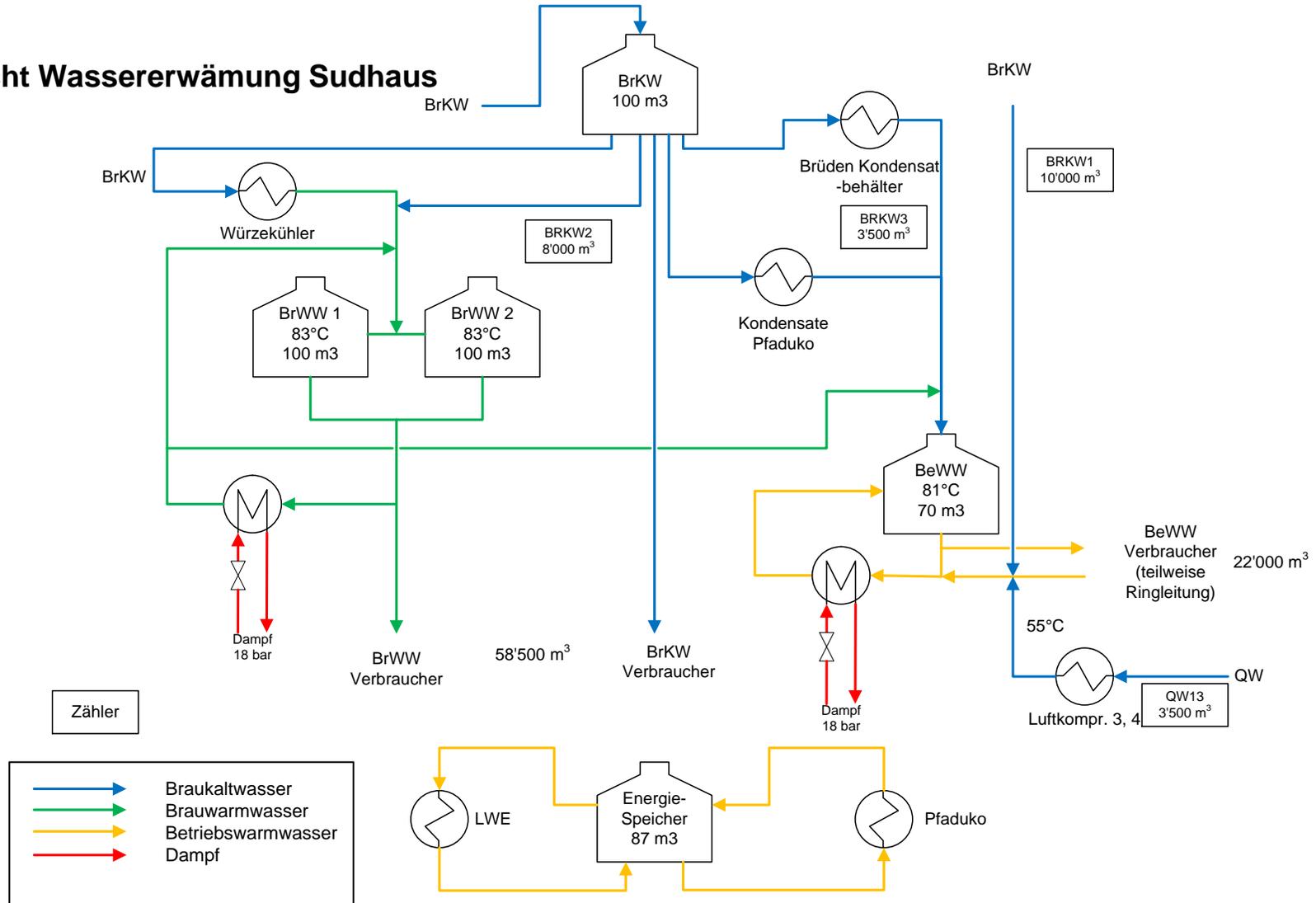
# Anhang a1)

## Übersicht Brauprozess



# Anhang a2)

## Übersicht Wassererwärmung Sudhaus



## Anhang b)

## Energieverbraucher

	Dampf	Heisswasser	Kälte	CO2 (Strom = 0)	Betriebszeit
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[t/a]	[h/a]
					53
Topdown	4100	7000		2300	
Verluste / unerklärt	300	1100		300	
Sudhaus (SH) - Brauprozess TOTAL	2100	0	900	400	2700
SH - Brauwasser	300	0	0	100	0
SH - Maischen	500	0	0	100	2700
SH - Maischfilter	0	0	0	0	2700
SH - Würze	1300	0	900	300	2700
Gär- / Filterkeller	0	0	2400	0	7500
Abfüllung (Abf.) TOTAL	0	5200	100	1100	3000
Abf. - Linie 1, 2	0	1900	0	400	2200
Abf. - Linie 3	0	1200	100	300	2230
Abf. - Linie 4 TOTAL	0	2100	0	400	1500
Abf. L4 - Wäscher	0	1400	0	300	1500
Abf. L4 - Pasteur	0	700	0	100	1050
BeWW	1600	0	0	300	7500
Speisewasser	0	0	0	0	7500
CO2 - Anlage	0	0	900	0	7500
Gebäudeheizung	0	500	0	100	3500
CIP TOTAL	100	200	0	100	7500
CIP - SH	100	0	0	0	2700
CIP - Gär-/Filterkeller	0	100	0	0	7500
CIP - Abfüllung	0	100	0	0	7500
Total Bottom Up	3800	5900	4300	2000	
Produktion	2100	5200	3400	1600	
Infrastruktur	1700	700	900	400	

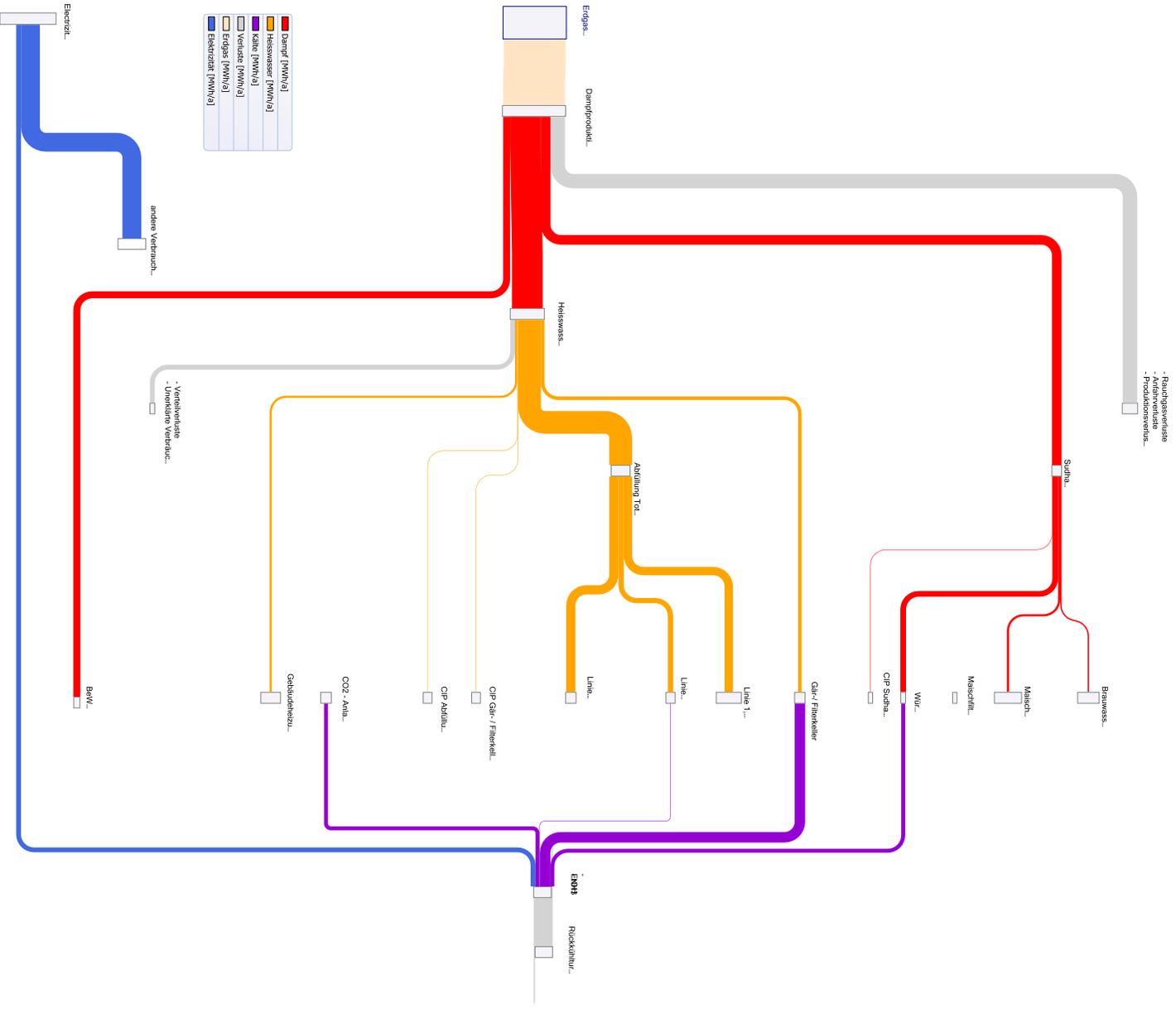
# Heineken: Energieverbrauch

Primärenergie

Umwandlung und Verteilung

Verbraucher

Kälte



## Anhang c)

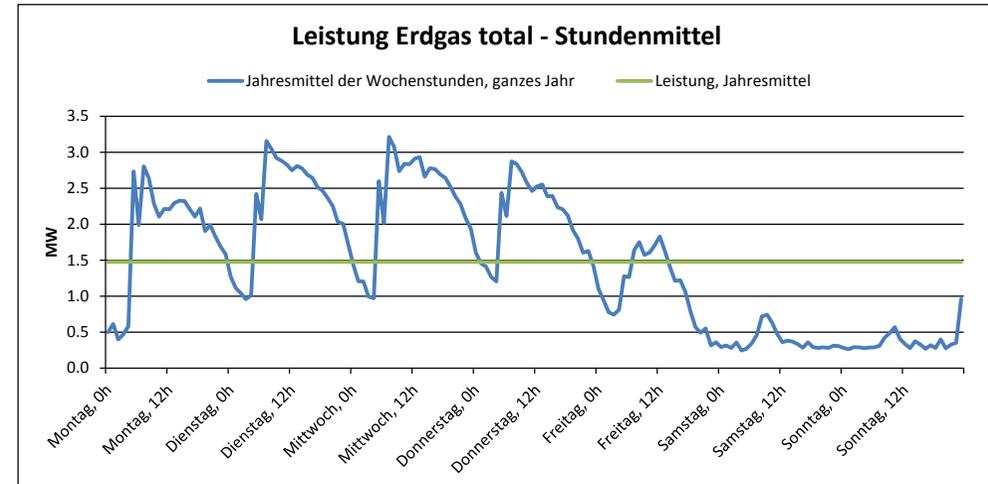
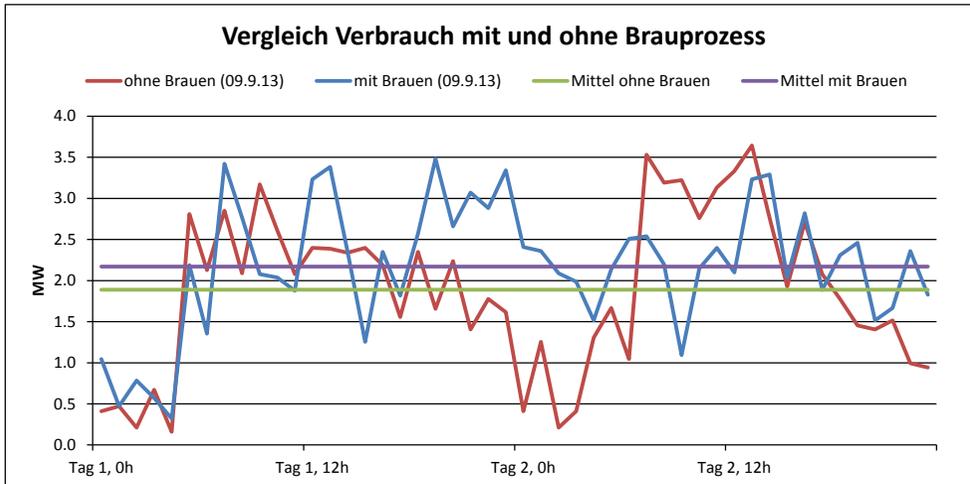
## Sankey Energie



## Anhang d)

### Erdgasverbrauch

- Tages-Peaks werden verursacht durch die Abfüllung.
- Erhöhter Verbrauch von Dienstag bis Donnerstag, weil an diesen Tagen am meisten Suds produziert werden.

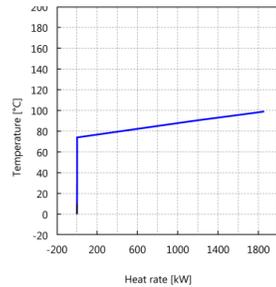


# Anhang e)

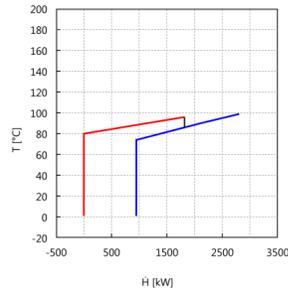
## «Time Slice Model» des Brauprozesses:

- Verschiedene Zeitschnitte (Time Slice, TS) einzelner Prozessschritte: Aufgrund der zeitlichen Versetzung der Prozesse sind Speicher notwendig
- Den Brauprozess isoliert betrachtet (CC: Brauprozess), bietet sich eine mechanische Brüdenkompression an. Wird jedoch der Brauprozess um beispielsweise das BeWW ergänzt, ist eine mechanische Brüdenkompression pinchtechnisch nicht mehr notwendig (da das WRG-Potenzial nicht erhöht werden kann).

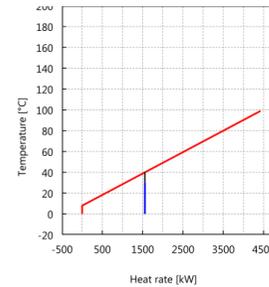
CC: TS Würzeerwärmung



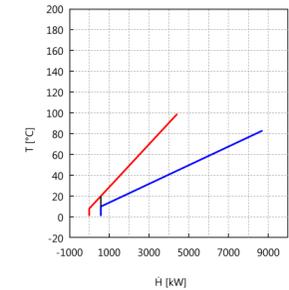
CC: TS Würzeerwärmung mit Speicher (ESP)



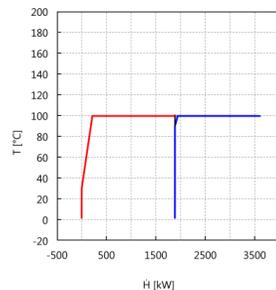
CC: TS Würzekühlung



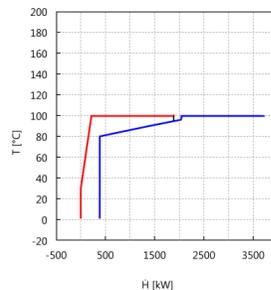
CC: TS Würzekühlung mit Speicher (Brauwasser)



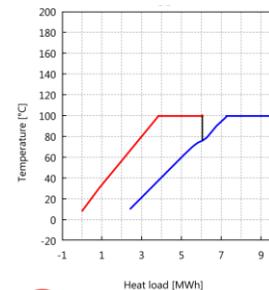
CC: TS Würzekochen



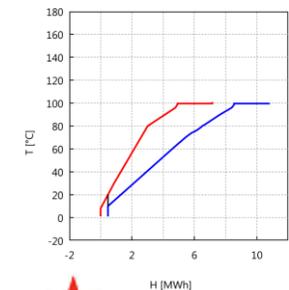
CC: TS Würzekochen mit Speicher (ESP)



CC: Brauprozess



CC: Brauprozess mit BeWW



## Anhang f)

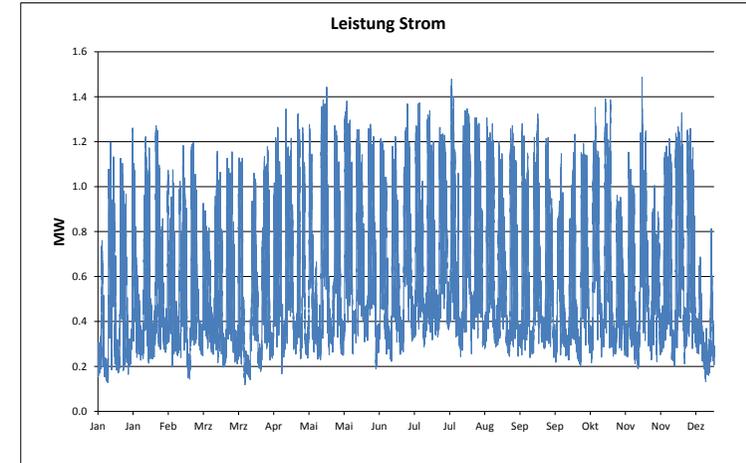
### Strombedarf

- Der Strombedarf variiert stark in Abhängigkeit der Abfüllung zwischen 200 und 1'500 kW<sub>el</sub> (Verlauf ähnlich wie der Dampfbedarf).

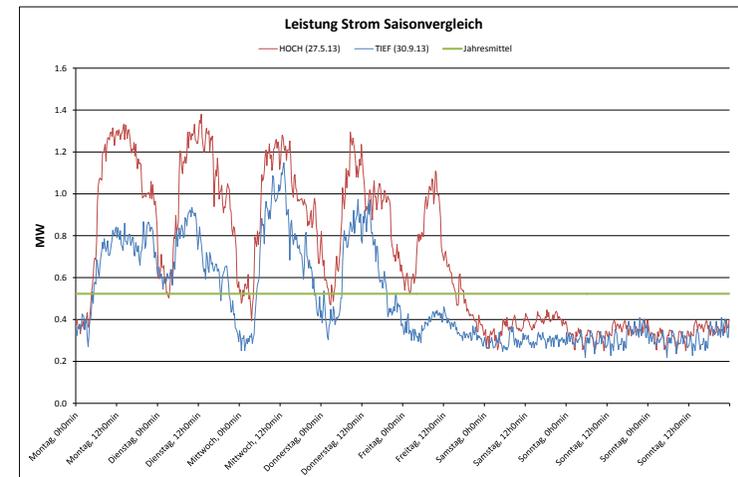
### Motorenanalyse

- Die meisten grossen Motoren (<50 kW<sub>el</sub>), alle in den Bereichen Kälte, Druckluft und CO<sub>2</sub>-Anlagen, sind bereits über 15 Jahre alt. Aufgrund der Ineffizienz älterer Motoren und der teilweise langen Betriebszeiten besteht ein Stromeinsparungspotenzial, insbesondere lohnt es sich bei folgenden Motoren eine genauere Betrachtung:
  - Kälte: Verdichter 3: Da dieser Motor überdimensioniert ist, lohnt sich eine Analyse der Betriebscharakteristik (Lastgang) um die optimale Grösse zu bestimmen. Beispielsweise kann mit einem neuen IE3-Motor, Nennleistung 90 statt 110 kW<sub>el</sub>, und einem zusätzlichen Frequenzumrichter (FU) 70 MWh<sub>el</sub>/a (10 kCHF/a) bei einem Payback von 3 Jahren eingespart werden.
  - Druckluft: Kompressor 4: Neuer IE3-Motor, inkl. FU: Einsparung von 35 MWh<sub>el</sub>/a (5 kCHF/a, Payback: 3.5 Jahre).
  - CO<sub>2</sub>-Anlage: Kältekompressor 2: Neuer IE3-Motor, inkl. FU: Einsparung von 25 MWh<sub>el</sub>/a (4.3 kCHF/a, Payback: 4 Jahre).
  - CO<sub>2</sub>-Anlage: Verdichter 2: Neuer IE3-Motor, inkl. FU: Einsparung von 30 MWh<sub>el</sub>/a (4.5 kCHF/a, Payback: 4.5 Jahre).

Stromlastgang 2013



Strombedarf während einer Woche



## Anhang g)

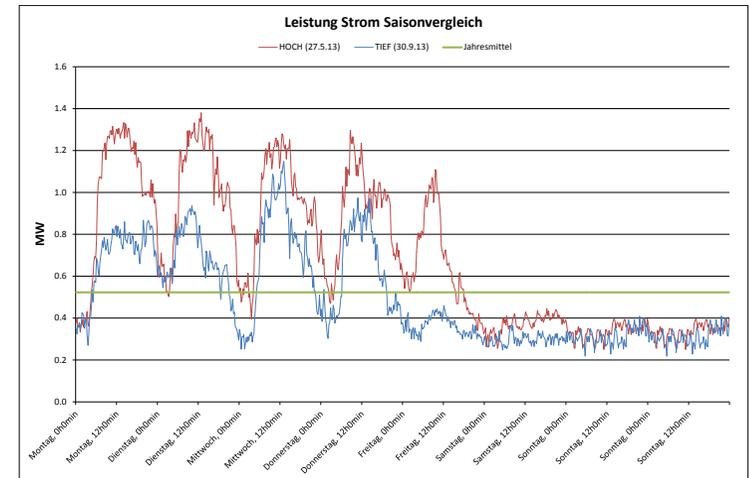
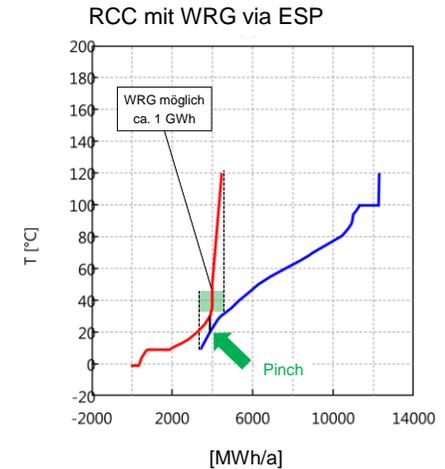
### Ausgangslage

- Aufgrund des Verlaufs der Pinch-Kurve und des Preisverhältnisses von Strom- zu Gaskosten bietet sich ein Blockheizkraftwerk als alternative Energieversorgung an.
  - Die Stromkosten sind 2.4 Mal höher als die Dampfkosten
  - Der Strombedarf variiert in Abhängigkeit der Abfüllung zwischen 200 und 1'500 kW<sub>el</sub>.

### MN 5 Blockheizkraftwerk (BHKW)

- Erdgasbetriebenes BHKW: ca. 400 kW<sub>el</sub> mit Heisswassertemperatur von ca. 120 °C und zusätzliche Abwärme auf tieferem Temperaturniveau (total ca. 530 kW<sub>th</sub>): ca. 5'400 Betriebsstunden pro Jahr (Einspeisung in der Nacht und am Wochenende).
- Die Energieversorgung im Sudhaus (ohne Würzekochen, welche weiterhin mit Dampf betrieben wird) muss auf einen Heisswasserbetrieb auf ca. 120 °C umgestellt werden.
- **Berechnete Stromgestehungskosten: 122 CHF/MWh<sup>1</sup>**
- Da die Stromgestehungskosten unter den jetzigen Stromkosten liegen, ist die kombinierte Energieversorgung inkl. BHKW wirtschaftlich sinnvoller als die jetzige, bei welcher nur Dampf, jedoch keinen Strom produziert wird.

<sup>1</sup> Abschreibungsdauer: 15 Jahre, statisch berechnet



Strombedarf während einer Woche



## Ihre Ansprechpartner

Raymond Morand  
Leiter Energie / Nachhaltigkeit  
Telefon +41 44 438 18 66  
[raymond.morand@helbling.ch](mailto:raymond.morand@helbling.ch)

Damian Hodel  
Projektingenieur Energie / Nachhaltigkeit  
Telefon +41 44 438 18 86  
[damian.hodel@helbling.ch](mailto:damian.hodel@helbling.ch)

Helbling Beratung + Bauplanung AG  
Hohlstrasse 614  
CH-8048 Zürich  
Fax +41 44 438 18 10  
[www.helbling.ch](http://www.helbling.ch)

## Helbling Unternehmensgruppe

Aarau • Bern • Wil SG • Zürich • Düsseldorf • München • Stuttgart • Boston • Shanghai