



## Energieoptimierung mit der Pinch-Methode Schlussbericht – Version BFE

Projekt Nr. 313 2355 00

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

erstellt für

Haco AG Lebensmittel  
Stefan Gertsch  
Postfach 96  
3073 Gümligen

Helbling Beratung + Bauplanung AG  
Hohlstrasse 614  
CH 8048 Zürich  
Fon +41 44 438 18 11  
Fax +41 44 438 18 10  
Mail [info-hbp@helbling.ch](mailto:info-hbp@helbling.ch)

Projektverantwortung: Raymond Morand

Projektleitung: Damian Hodel

Zürich, 28.08.2014

## Management Summary

- Die Firma Haco AG in Gümligen (BE) produziert am Standort Gümligen in mehreren Anlagen eine breite Palette von Lebensmitteln wie Kaffee, Tee und Suppen.
- Pro Jahr werden ca. 55 GWh<sub>th</sub>/a thermische Energie, sowie ca. 13 GWh<sub>el</sub>/a elektrisch, verbraucht. Der grösste Energieverbrauch betrifft den Kaffee-/Teeherstellungsprozess (ca. 75 %).
- Anhand dieser Pinch-Analyse konnte ein grosses Einsparpotenzial im Bereich der Betriebsoptimierung und Wärmerückgewinnung aufgezeigt werden.
- Mit den in dieser Studie vorgeschlagenen Massnahmen können insgesamt 10 GWh<sub>th</sub> eingespart werden, bzw. ca. 650 kCHF pro Jahr, mit einem Gesamtpayback von 4 Jahren. Dies entspricht fast 20 % des jetzigen Wärmebedarfs.
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden dabei um mehr als 2'000 t/a reduziert.
- Die grössten Potenziale mit direkter Wärmerückgewinnung zeigen die Massnahmen Prozesswassererwärmung und die Massnahme Abgas Wärmebehandlungsanlage.
- Zusätzlich zu direkter Wärmerückgewinnung konnte mit dieser Analyse auch Potenziale für einen Warmwasserspeicher (anlagenübergreifende Wärmerückgewinnung) mit insgesamt 4'300 MWh/a eruiert werden.

# Inhalt

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1. Ausgangslage / Zielsetzung       | 4  |
| 2. Grundlagen                       | 6  |
| 3. IST - Analyse                    | 8  |
| 4. Pinch - Analyse                  | 13 |
| 5. Massnahmen                       | 16 |
| 6. Schlussfolgerung                 | 31 |
| 7. Empfehlungen / Weiteres Vorgehen | 32 |
| Anhang                              | 33 |

## Ausgangslage

- Die Firma Haco AG in Gümligen (BE) beabsichtigt, ihre Prozesse und ihre Infrastruktur ganzheitlich zu analysieren und Energieeinsparpotenziale zu ermitteln. Um eine optimale Energie- und Ressourceneffizienz der erzeugten Produkte zu erreichen, sollte der Medienverbrauch (inkl. Energie) der Produktionsstätte auf ein möglichst tiefes Niveau gebracht werden.
- In Gümligen wird ein breite Palette von Lebensmittel wie Kaffee, Suppen sowie Nahrungsmittel in mehreren Anlagen mit diversen verfahrenstechnischen Prinzipien wie Extraktion, Sprüh- und Gefriertrocknung, Eindampfung etc. hergestellt.
- Der fossile Energiebedarf am Standort Gümligen beträgt ca. 55 GWh<sub>th</sub>/a sowie der Strombedarf zusätzlich ca. 13 GWh<sub>el</sub>/a. Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Kosten weisen einen zunehmend bedeutenden Anteil an den Gesamtproduktionskosten auf. Durch diese Tendenz steigt der Prozentsatz laufend an. Diese Kosten zu optimieren wird immer stärker zur wichtigen Aufgabe im Unternehmen.
- Bereits heute sind punktuelle Studien in diversen Bereichen vorhanden und Massnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und Wärmerückgewinnung umgesetzt. Eine systematische Analyse über das Gesamtwerk fehlt jedoch. Entsprechend ist heute nicht bekannt, wie hoch die Einsparpotenziale sind, und wie sie konsequent erschlossen werden können.
- Aus diesem Grund wurde Helbling angefragt, seine langjährige Expertise im Rahmen energetischer Optimierung von Industrieanlagen mit der Pinch-Methode zur Verfügung zu stellen und ein entsprechendes Angebot zur Erarbeitung einer Gesamtenergiestudie auszuarbeiten. Wir bedanken uns für die Einladung zur Angebotserstellung.

## Zielsetzungen / Nutzen

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

- Aufzeigen von relevanten Energieeinsparpotenzialen in den wichtigsten Prozessen unter Einsatz der systematischen Methodik der Pinch-Analyse inkl. verfahrenstechnischer Prozessoptimierung
- Verringerung des thermischen und elektrischen Energiebedarfs und damit Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Ausstoss und Wasserbedarf des Gesamtwerks (Produktion, Infrastruktur, Heizung)
- 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
- Aufzeigen von Umsetzungsszenarien
- Aufzeigen der zukünftigen Energieverbrauchsentwicklung
- Durch Umsetzung und Darstellung von innovativen Energieoptimierungsmassnahmen Pflegen eines positiven Images des fortschrittlichen, effizienten Umgangs mit Energie

### Projektnutzen

- Aufgrund der bereits bekannten Anlagensituation wird erwartet, dass mit Hilfe der Pinch-Analyse Einsparpotenziale von 15 - 25 % aufgedeckt und wirtschaftlich umgesetzt werden können. Bei einem Gesamtenergieverbrauch von ca. 65'000 MWh/a ist damit eine Einsparung von 300'000 - 600'000 CHF/a möglich.
- Anlagen- und Energiesysteme sind optimiert und laufen kosten- und ressourceneffizient.
- Erreichung der Anforderungen für eine CO<sub>2</sub>-Zielvereinbarung u.a. wesentliche Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses und Steigerung der Gesamtenergieeffizienz

# Grundlagen

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden folgenden Daten verwendet:

|                          |       |                      |                                                            |      |
|--------------------------|-------|----------------------|------------------------------------------------------------|------|
| ■ Erdgas                 | 56    | CHF/MWh <sup>1</sup> | ■ Basis Jahr                                               | 2012 |
| ■ Dampf                  | 59    | CHF/MWh <sup>2</sup> |                                                            |      |
| ■ Strom                  | 126   | CHF/MWh              | ■ Betriebszeiten pro Anlage: siehe Kapitel 3 (IST-Analyse) |      |
| ■ Rückkühlung            | 7.6   | CHF/MWh              |                                                            |      |
| ■ Wasser                 | 0.103 | CHF/m <sup>3</sup>   |                                                            |      |
| ■ Abwasser               | 2.35  | CHF/m <sup>3</sup>   |                                                            |      |
| ■ Vollentsalzung Wasser  | 0.93  | CHF/m <sup>3</sup>   |                                                            |      |
| ■ Kapitalzinssatz        | 8     | %                    |                                                            |      |
| ■ Abschreibungsdauer     | 12    | Jahre                |                                                            |      |
| ■ Paybackdauer           | 3 – 5 | Jahre                |                                                            |      |
| ■ Teuerung Energiepreise | 3     | %                    |                                                            |      |

<sup>1</sup> bezogen auf den Heizwert (Hu)

<sup>2</sup> Kesselwirkungsgrad von 0.95

## Verwendete Unterlagen / Informationen

Für die vorliegende Studie wurden folgenden Informationsquellen verwendet:

- Prozessparameter gemäss Angaben von der Haco AG, auf Visio-Schemata.
- Diverse R/I-Schemata, Datenblätter und weitere Unterlagen zu den Anlagen, zur Verfügung gestellt von der Haco AG.
- Diverse übergeordnete Unterlagen von der Haco AG (gemessene Energieverbräuche, Layoutpläne, Betriebszeiten, usw.).
- Direkte Auskünfte durch Hr. Gertsch, Hr. Chevalley, Hr. Wenger, Hr. Wilhelm (alle Haco AG).
- Meteodaten von Bern<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

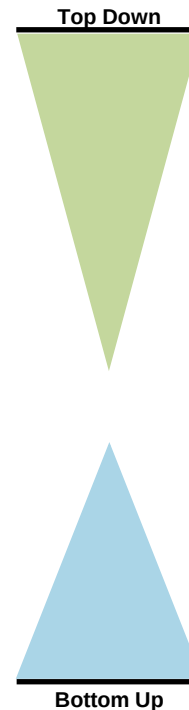
## Analyse Energieverbrauch (1/3)

### Wärme

- Der Wärmeverbrauch konnte zu 90 % erklärt werden.
- Produktionsseitig ist der Verbrauch sehr gut erklärt.
- Der Wärmeverbrauch der Infrastruktur ist noch nicht genügend gut erklärt.
- Nicht gemessene Verbräuche seitens Infrastruktur und entsprechend nur grob abschätzbar:
  - Wärmeverlust des verworfenen Kondensats
  - Brauchwarmwasser
  - Gebäudeheizung / Gebäudebelüftung

### Kälte

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



|                    | <b>Erdgas total</b>  | <b>Kälte total</b> |
|--------------------|----------------------|--------------------|
|                    | [MWh/a] <sup>1</sup> | [MWh/a]            |
| Bezug <sup>3</sup> | 58'000               | min. 25'000        |
| Abgasverlust       | 3'500                |                    |

|                     | <b>Wärme total</b>   |                      |
|---------------------|----------------------|----------------------|
|                     | 60%                  | 40%                  |
| Anteil <sup>3</sup> | <b>Produktion</b>    | <b>Infrastruktur</b> |
|                     | [MWh/a] <sup>2</sup> | [MWh/a] <sup>2</sup> |
|                     | 32'700               | 21'800               |

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

|                  |        |        |
|------------------|--------|--------|
| nutzbare Energie | 31'100 | 20'700 |
|------------------|--------|--------|

|           |       |       |
|-----------|-------|-------|
| Differenz | 2'200 | 8'200 |
| % erklärt | 93%   | 60%   |

|                        |        |        |        |
|------------------------|--------|--------|--------|
| Verbrauch <sup>4</sup> | 28'900 | 12'500 | 22'900 |
|------------------------|--------|--------|--------|

bezogen auf <sup>1</sup>Brennwert <sup>2</sup>Heizwert

<sup>3</sup>aus "Energieverteilung" (Haco)

<sup>4</sup>aus Energiemodell (Helbling)

## Analyse Energieverbrauch (2/3)

■ Detaillierte Energiebilanz: siehe Anhang

### Hauptenergieverbraucher 2012

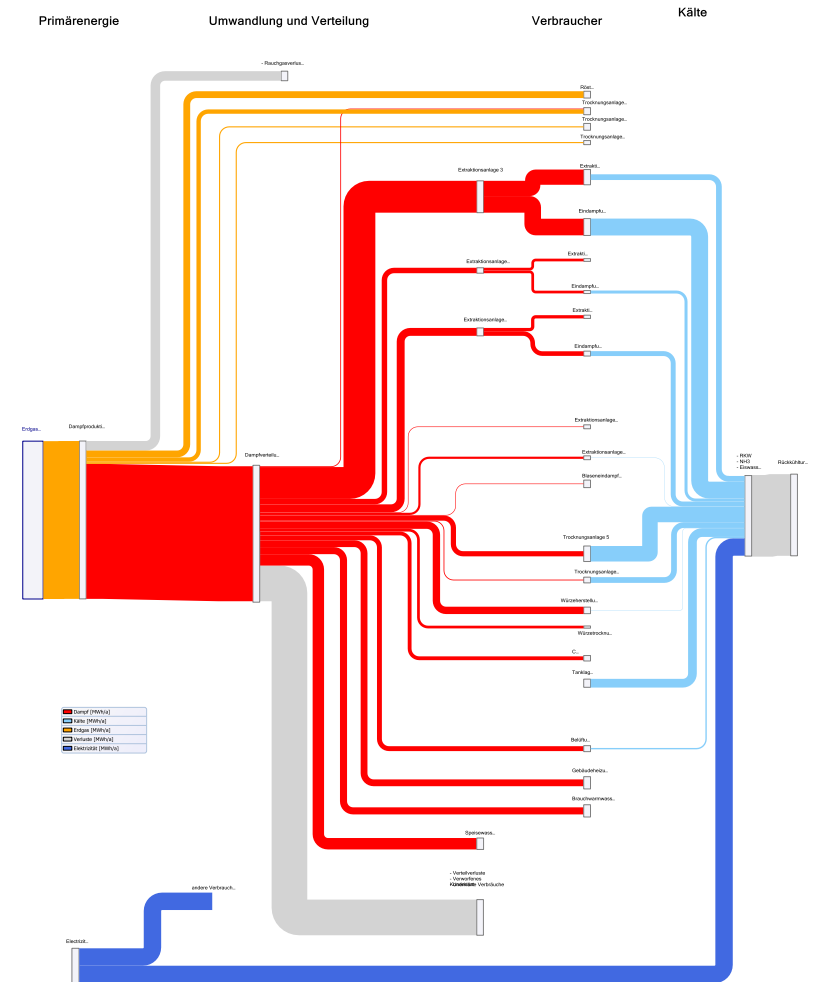
|                     | Erdgas               | Dampf                | Kälte   | Strom   | Betriebszeit |
|---------------------|----------------------|----------------------|---------|---------|--------------|
|                     | [MWh/a] <sup>1</sup> | [MWh/a] <sup>1</sup> | [MWh/a] | [MWh/a] | [h/a]        |
| Röster              | 2'500                |                      |         |         | 5'172        |
| Extraktionsanlage 3 |                      | 11'700               | 8'300   |         | 6'633        |
| Extraktionsanlage 1 |                      | 2'000                | 1'100   |         | 2'564        |
| Extraktionsanlage 2 |                      | 2'900                | 1'800   |         | 4'293        |
| Trocknungsanlage 3  | 1'600                | 300                  |         |         | 5'275        |
| Trocknungsanlage 5  |                      | 1'900                | 5'700   | 3'800   | 5'280        |
| Würzeherstellung    |                      | 2'700                | 100     |         | 4'000        |
| Speisewasser        |                      | 4'200                |         |         | 7'500        |
| Tanklager           |                      |                      | 3'200   |         | 7'500        |
| Gebäudeheizung      |                      | 2'500                |         |         | 2'000        |
| CIP                 |                      | 1'400                |         |         | 7'500        |
| Total BottomUp      | 4'900                | 36'500               | 22'900  | 6'400   |              |

Bemerkungen

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

### Sankey-Diagramm Haco (siehe Anhang)

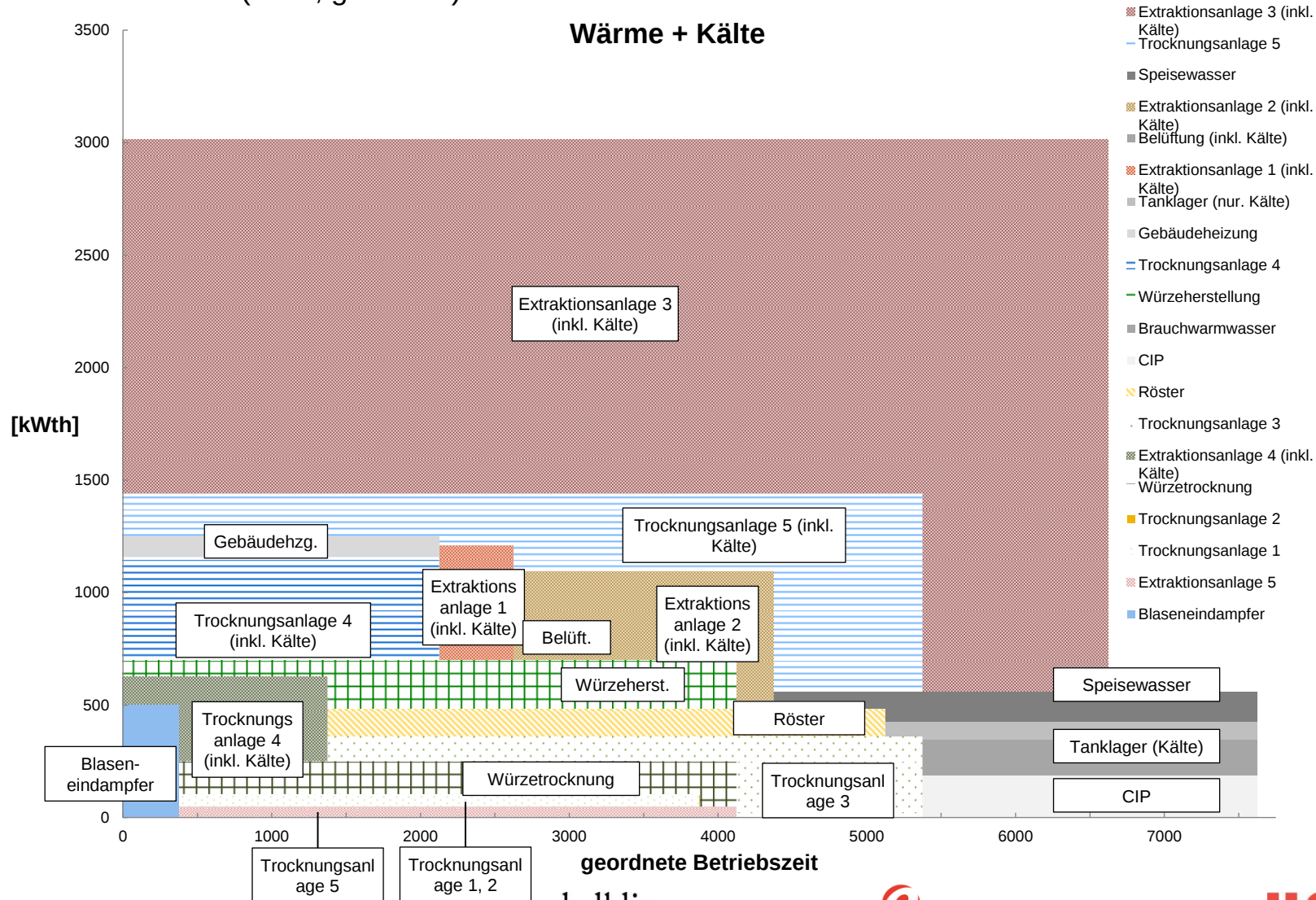
#### Haco: Energieverbrauch



helbling

## Analyse Energieverbrauch (3/3)

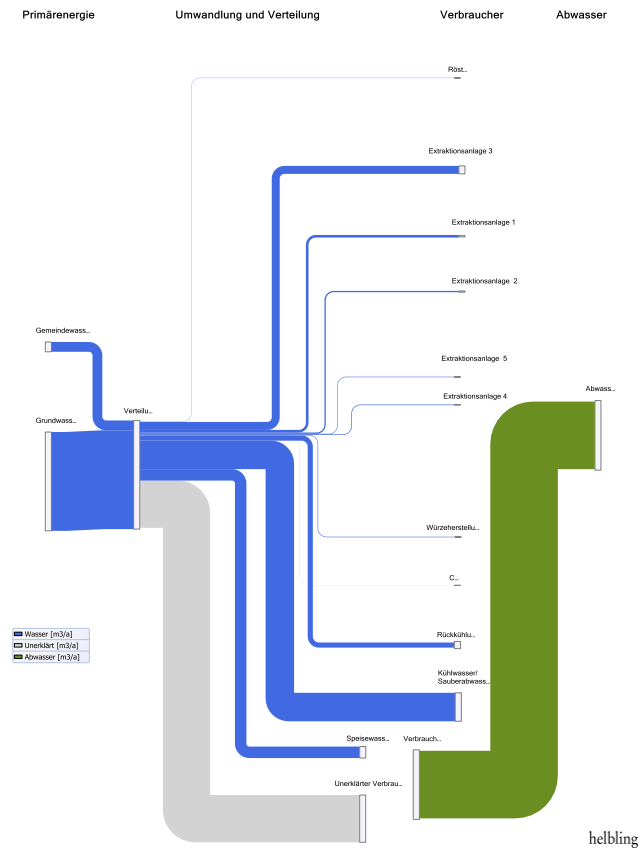
### Time Event Model (TEM, geordnet)



## Analyse Wasserverbrauch

- Gesamtverbrauch 2012: 530'000 m<sup>3</sup>/a
- 300'000 m<sup>3</sup>/a (knapp 60 %) des Verbrauchs sind aufgeschlüsselt. 230'000 m<sup>3</sup>/a sind nicht aufgeschlüsselt.
- 2012: 330'000 m<sup>3</sup> Abwasser, zu total 780'000 CHF. Fast die Hälfte des aufgeschlüsselten Wasserverbrauchs (ca. 130'000 m<sup>3</sup>/a) gehen ins Abwasser (Prozesswasser aus Gefriertrocknung, Kondensatverlust, Kühltürme, CIP).
- 200'000 m<sup>3</sup>/a des Abwassers sind nicht aufgeschlüsselt.
- Der Verbrauch an Brauchwarmwasser und Brauchkaltwasser (Hand- und Putzwasser) wird nicht gemessen. Vergleich von erklärter Verbrauchs- und Abwassermenge ergibt, dass bis zu 200'000 m<sup>3</sup>/a an Brauchwasser verbraucht wird. Gemäss Energieverbrauch wird die Menge an Brauchwarmwasser zwischen 50'000 m<sup>3</sup>/a und 150'000 m<sup>3</sup>/a sein. Der Rest der 200'000 m<sup>3</sup>/a ist Kaltwasser.
- Detaillierte Bilanz: siehe Anhang

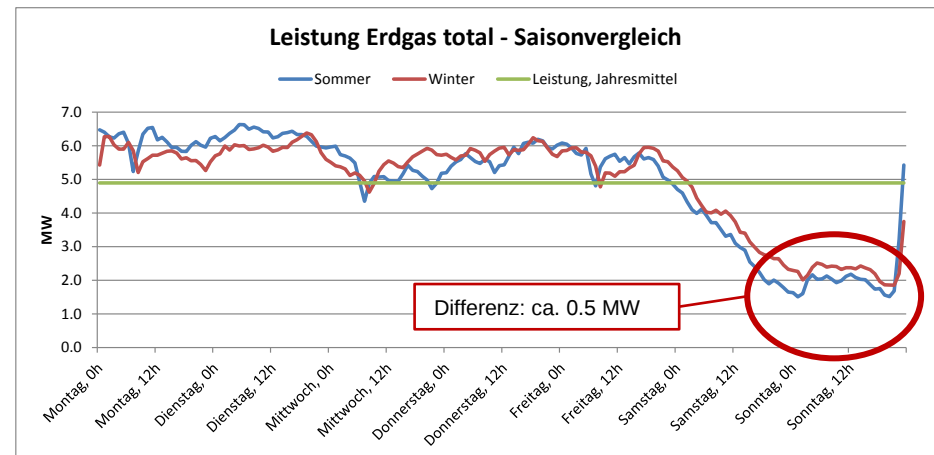
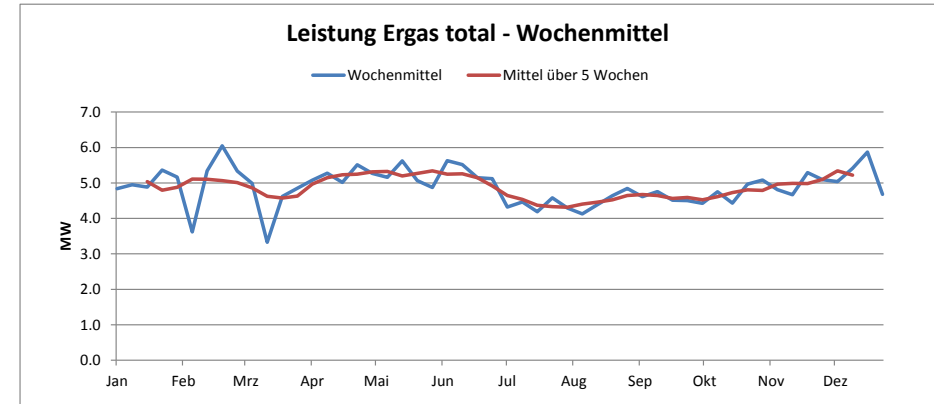
### Haco: Wasser-Verbrauch



Wasser-Sankey: siehe Anhang

## Analyse Gebäudeheizung

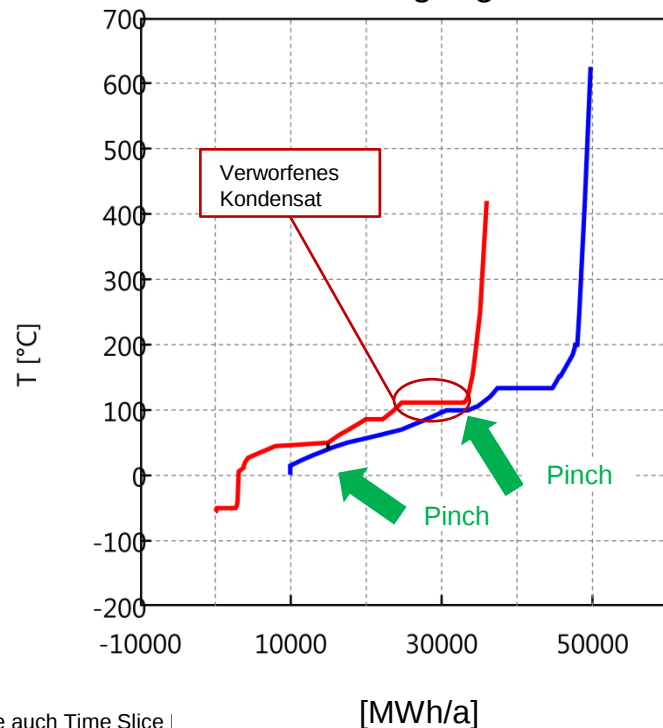
- Der Energieverbrauch für die Gebäudeheizung und Gebäudebelüftung wird nicht separat gemessen. Er wird dem Messwert «Div. Anlagen/Verbraucher/Verluste» von ca. 10'000 MWh pro Jahr inkludiert sein.
  - Negativer Peak im Februar: Heizölverbrauch
  - Negativer Peak im März: Ostern
- Beim Erdgasverbrauch total sind keine deutliche Unterschiede im Saisonverlauf zu erkennen, jedoch zeigt der Erdgasverbrauch am Wochenende im Saisonvergleich einen Unterschied von ca. 0.5 MW.
- Gemäss der Energiebezugsfläche von 68'837 m<sup>2</sup> wird der Verbrauch im Bereich von 4'000 bis max. 7'500 MWh/a (Energiekennziffer zwischen 200 und 400 MJ/m<sup>2</sup>) liegen.
- Da die Produktionsgebäude schlecht isoliert sind, jedoch produktionsseitig viel Abwärme anfällt, wird der Energieverbrauch für die Gebäudeheizung (inklusive Belüftung geheizt) auf total 4'000 bis 5'000 MWh pro Jahr geschätzt.



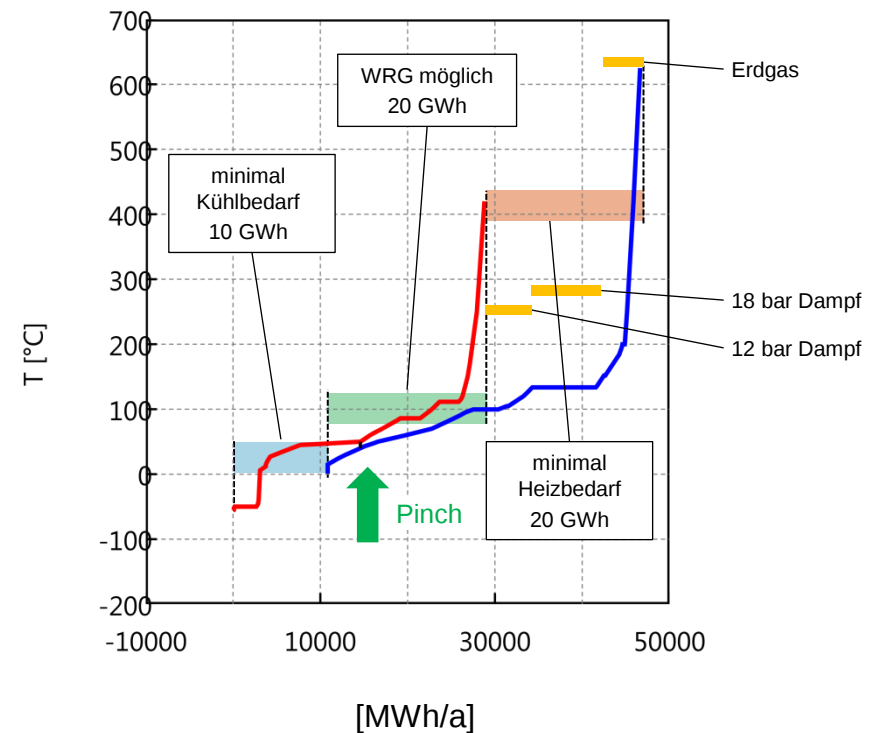
## Pinch Analyse (1/3)

- Time Average Model<sup>1</sup> (TAM): Leistungen der einzelnen Ströme verstrichen übers Jahr (MWh)
- Zusätzliche Wärmerückgewinnung (WRG) möglich gemäss Prozessanforderungen: 15'000 MWh/a.
  - theoretisches Maximum, wenn alle Anlagen gleichzeitig laufen würden
  - WRG IST: ca. 5'000 MWh/a<sup>2</sup>

Composite Curve: TAM  
Prozessbedingungen



Composite Curve: TAM  
Prozessanforderungen  
(ohne verworfenes Kondensat)



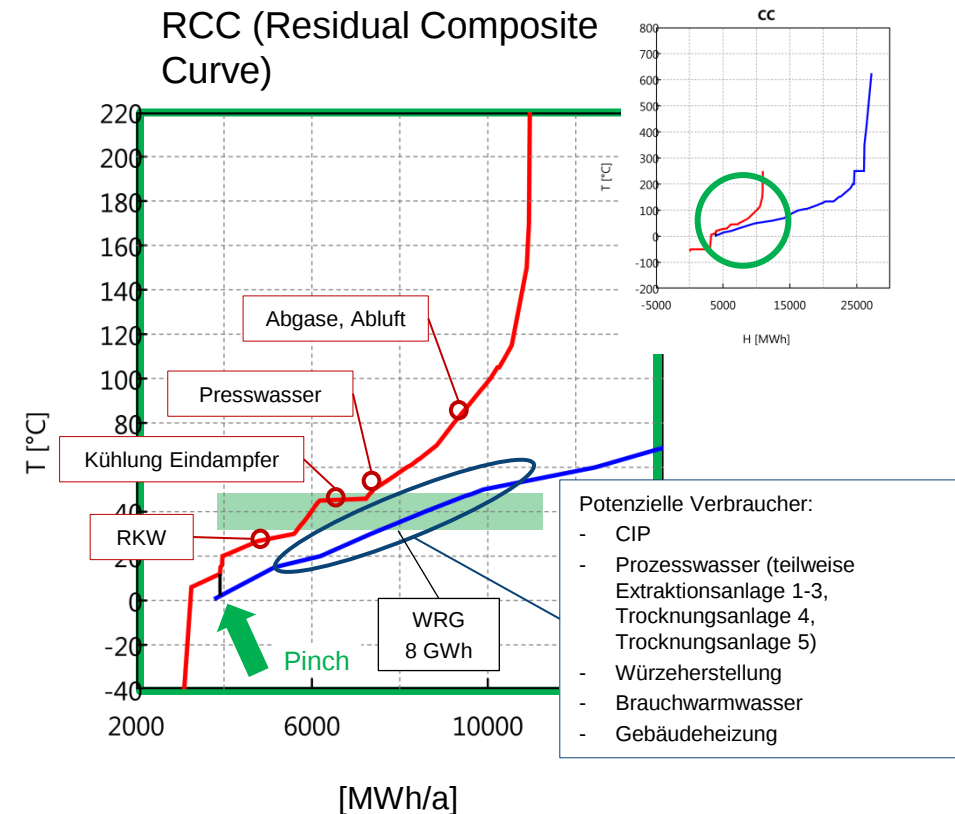
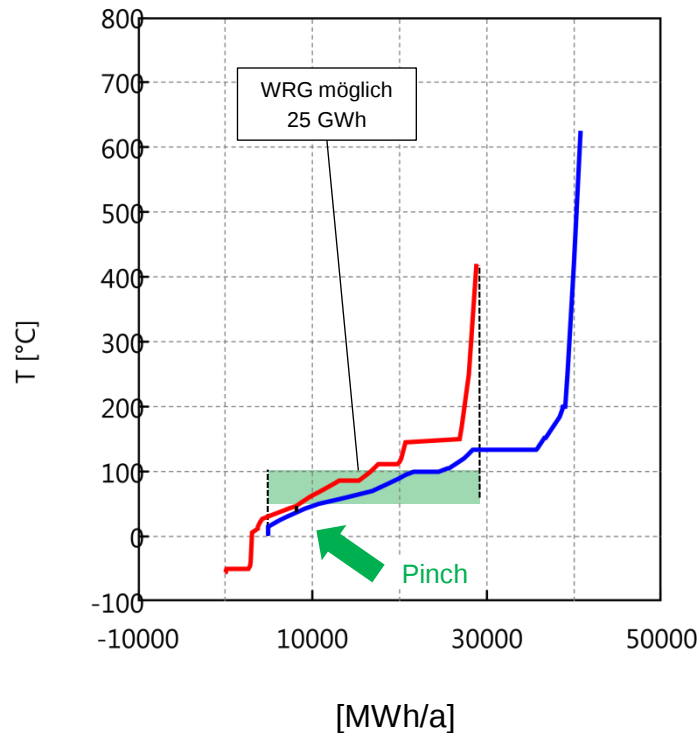
<sup>1</sup> siehe auch Time Slice |

<sup>2</sup> WRG der Eindampfer (Extraktionsanlage 1-3) nicht berücksichtigt

## Pinch Analyse (2/3)

- TAM mit grösserem Eindampfer (bei Kapazitätssteigerung notwendig): Zusätzlich mögliche WRG: ca. 5'000 MWh/a
- Residual Composite Curve (RCC): Composite Curve (CC) der verbliebenen Ströme nach erreichter direkter Wärmerückgewinnung (MWh): Zusätzlich sind knapp 10'000 MWh/a durch indirekte WRG möglich.

Composite Curve: TAM  
(Prozessbedingungen bei Kapazitätssteigerung)



## Pinch Analyse (3/3)

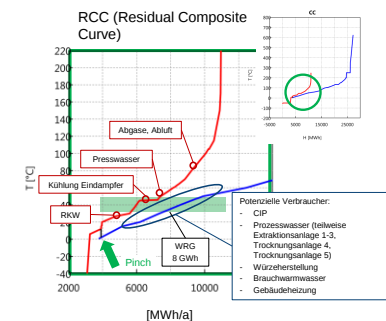
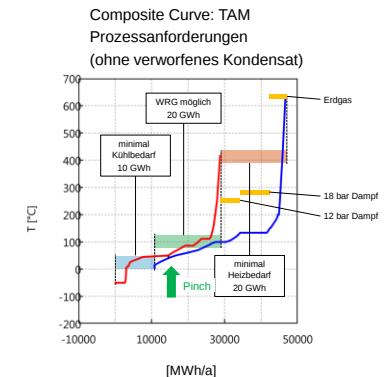
### Wärmerückgewinnungspotenziale gemäss Pinch-Analyse

- Der Anteil an Wärme, welcher nicht durch direkte WRG möglich ist, kann indirekt rückgewonnen werden (inklusive Speicher).
- Im Vergleich zum IST-Zustand sind im Prozess total fast 15'000 MWh/a zusätzlich an WRG möglich.

#### Potenziale

Zusätzlich zu IST-Zustand  
[MWh/a]

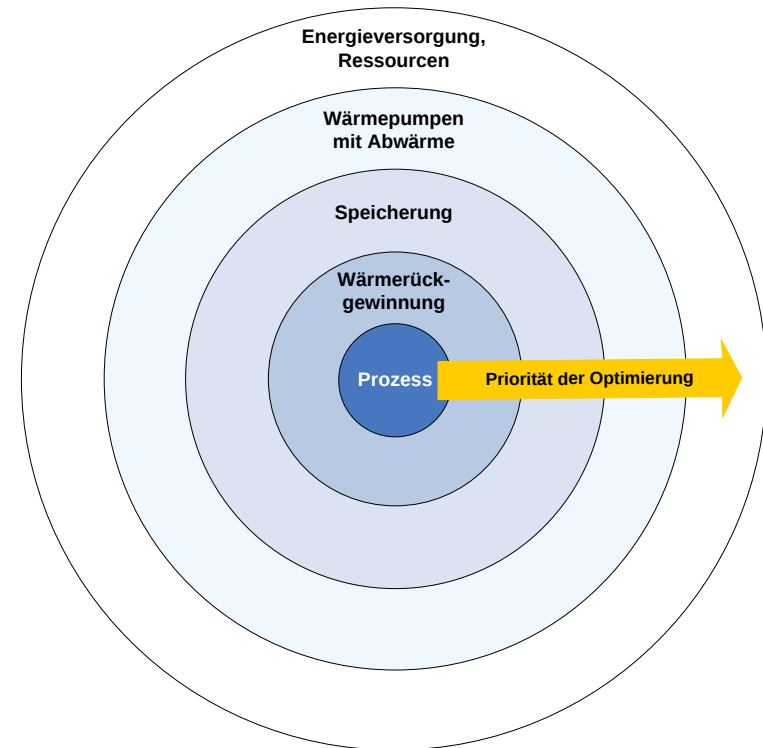
|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| WRG im Prozess total                     | ca. 15'000 |
| davon direkte Wärmerückgewinnung (70%)   | ca. 11'000 |
| davon indirekte Wärmerückgewinnung (30%) | ca. 4'000  |



## Massnahmen – Direkte Wärmerückgewinnung

### Priorität der Optimierung

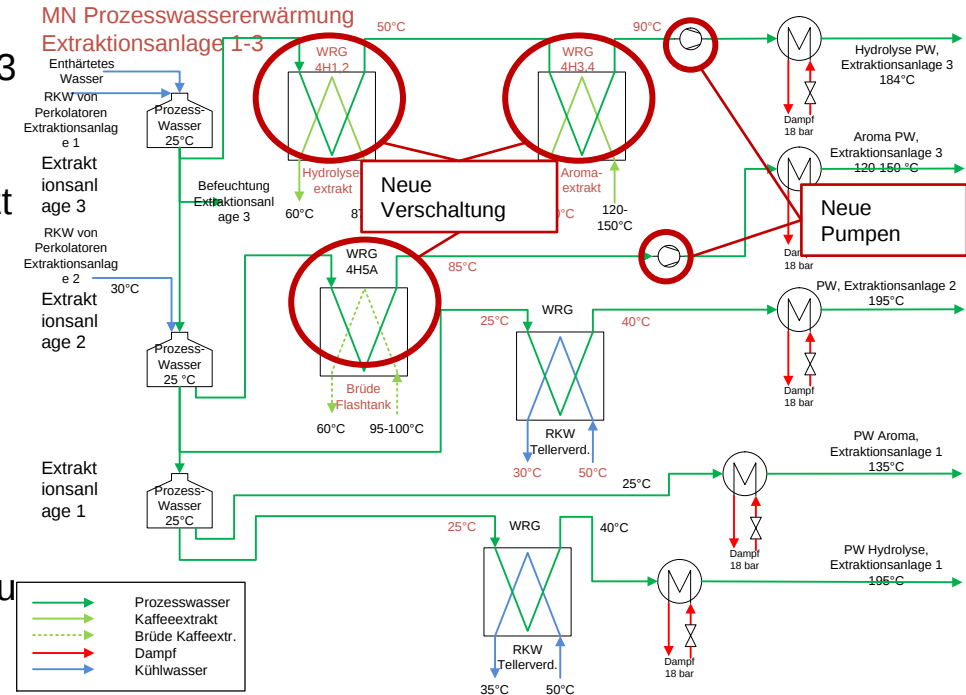
- Betriebsoptimierung
- Prozessoptimierung
- Anlageninterne, direkte Wärmerückgewinnung
- Anlagenübergreifende, indirekte Wärmerückgewinnung
- Wärmerückgewinnung via Speicherung
- Energieumwandlung (Wärmepumpe, BHKW)
- Energieversorgung



## MN 1 Prozesswasserwärmung – Extraktion, Extraktionsanlage 1 bis 3 (1/3)

### IST Situation

- Siehe Darstellung Schema (nächste Folie).
- Die Prozesswassererwärmung der Extraktionsanlage 1 – 3 ist ein gekoppeltes System, wobei mittels Wärmerückgewinnung, sowie mit Dampf, das Prozesswasser auf ca. 130 °C, bzw. ca. 190 °C aufgeheizt wird.
- Die bestehenden Wärmetauscher sind teilweise nicht optimal entlang der Wärmekaskade geschaltet, so dass teilweise aufzuwärmendes Prozesswasser abgekühlt wird und abzukühlendes Extrakt aufgewärmt wird (!).
- Die Förderpumpen bei der Extraktionsanlage 3 sind überdimensioniert, so dass ein Teil (ca. 40 %) des Prozesswassers im Kreis läuft. Entsprechend kommt es zu Wärme- und Stromverlusten.



### Massnahme

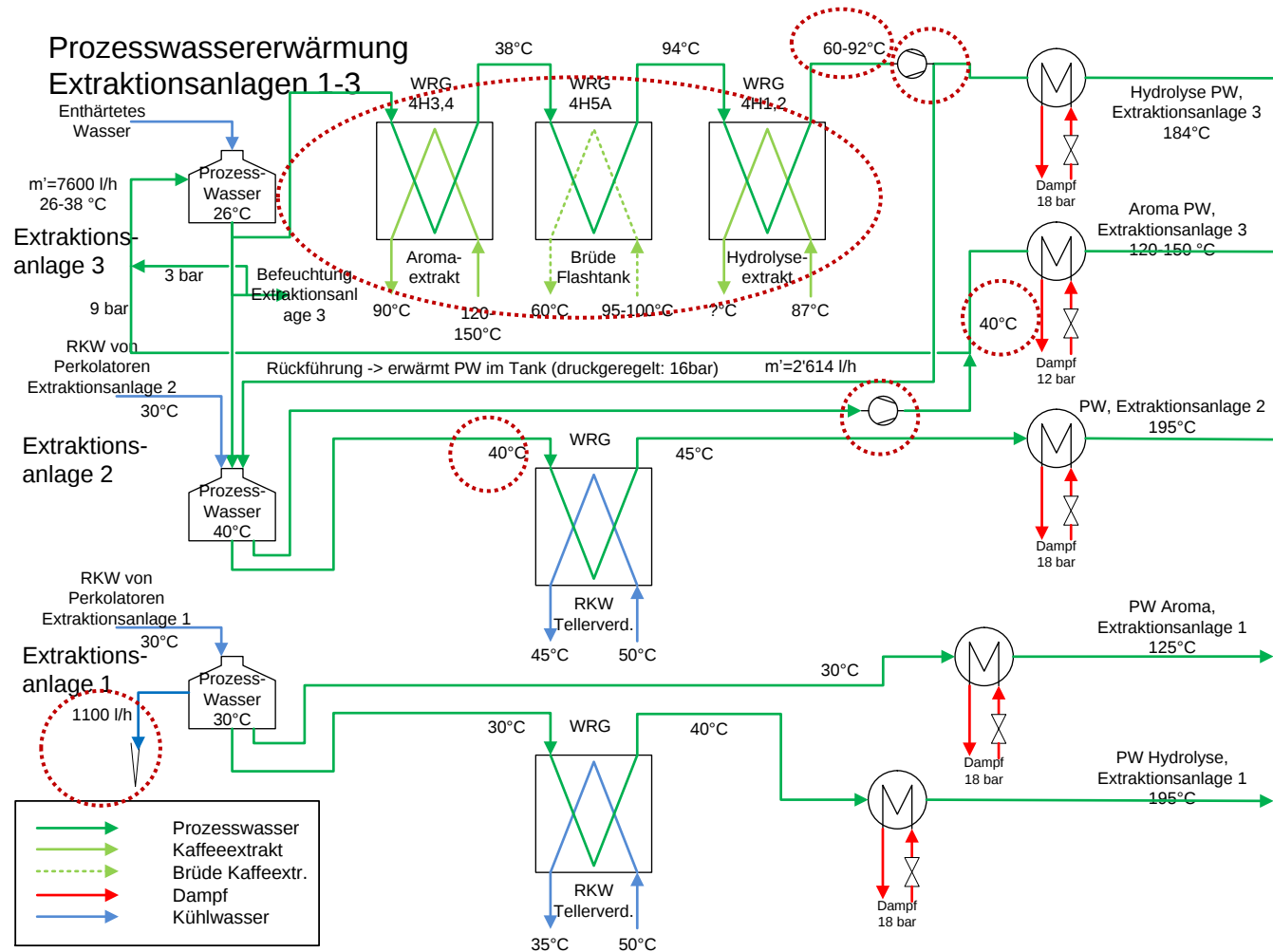
- Neue Schaltung der Wärmetauscher entlang der Wärmekaskade (siehe Schema, nächste Folie).
- Vergrössern (10 %) der Wärmetauscher 4H3,4 um eine optimale Wärmeleistungen zu erzielen.
- Einbau neuer Pumpen, die die Fördermenge optimal regulieren.

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

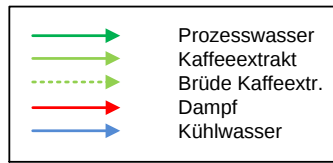
| Investition [kCHF] | Einsparung [kCHF/a] | Einsparung [tCO2/a] | Wärme [MWh/a] | Kälte [MWh/a] | Payback dyn. [a] |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------|------------------|
| 150                | 115                 | 290                 | 1'500         |               | 1.5              |

# MN 1 Prozesswasserwärmung – Extraktion, Extraktionsanlage 1 bis 3 (2/3)

## IST Situation



## Massnahme



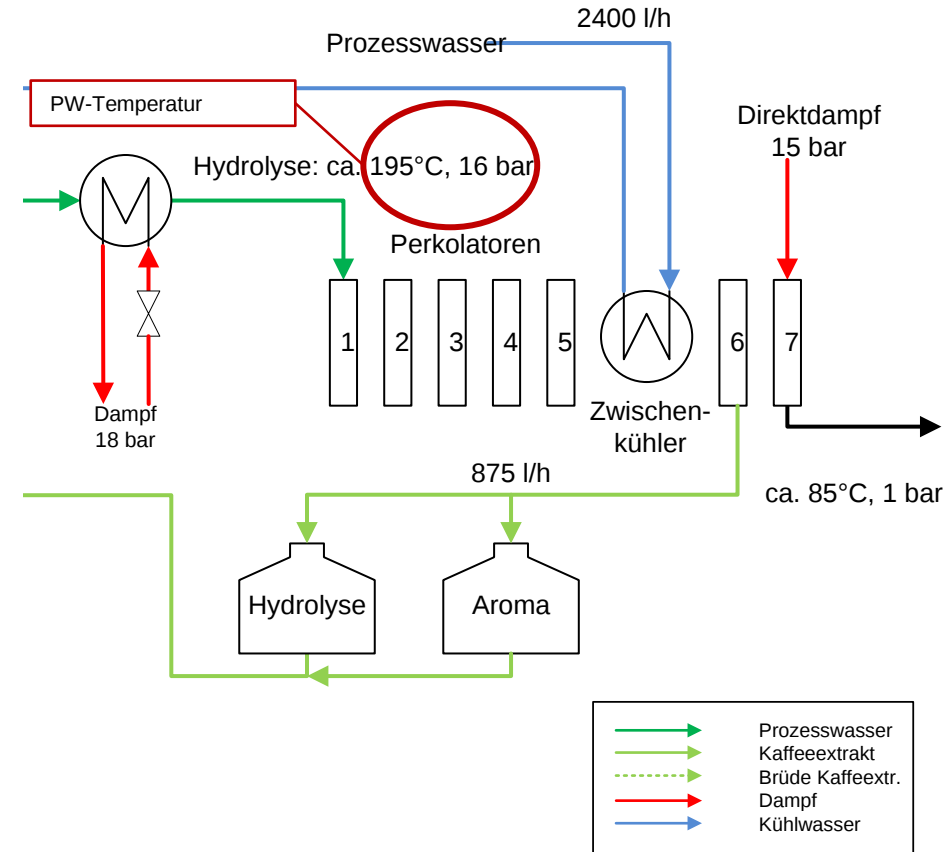
## MN 2 Aroma-Prozesswasser – Extraktionsanlage 1 + 2, gemäss Extraktionsanlage 3

### IST Situation

- Im FIC-Modus werden sowohl die Aroma- als auch die Hydrolyseextraktion (insgesamt ca. 40 min) mit 195 °C heissem Prozesswasser (PW) durchgeführt.

### Prozessoptimierung

- Prozessanpassung: Aromaextraktion im FIC Modus mit tieferer Temperatur (125 °C) bis der Aromatank voll ist (ca. 10 min). Anschliessend Hydrolyseextraktion mit  $T = 195\text{ °C}$  (ca. 30 min.)
- Die Stoffe, die nur mit höherer Temperatur extrahiert werden, werden anschliessend an die Aromaextraktion weiterhin mit Hydrolyse-Prozesswasser extrahiert.
- Zusätzliche Einsparung von Kühlwasser beim Zwischenkühler (nicht eingerechnet).
- Abklärung notwendig, ob der Betrieb so weiterhin mit nur einem Anlagenführer möglich ist.



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

| Investition<br>[kCHF] | Einsparung<br>[kCHF/a] | Einsparung<br>[tCO2/a] | Wärme<br>[MWh/a] | Kälte<br>[MWh/a] | Payback dyn.<br>[a] |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------|---------------------|
| 10                    | 12                     | 40                     | 200              |                  | 1.5                 |

## MN 3, Empfehlung: Regelmässiges Ersetzen der Wärmetauscher – Trocknungsanlage 1 + 2

### IST Situation

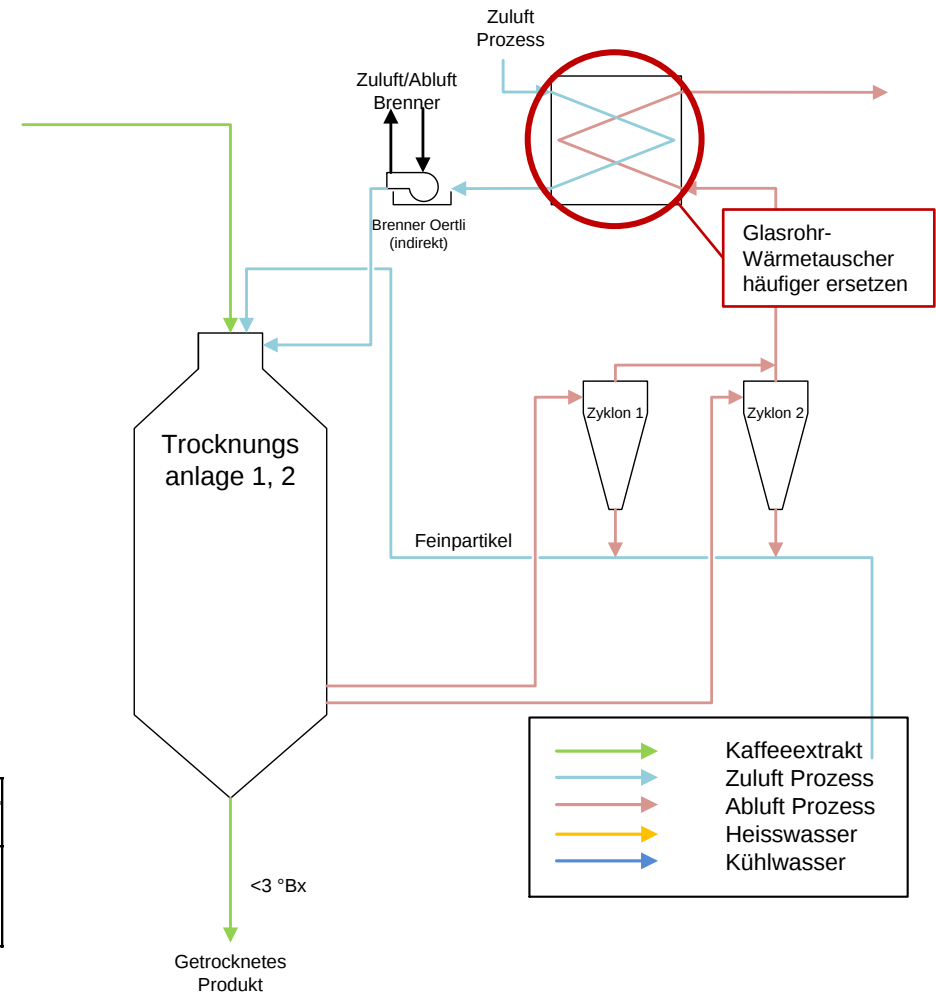
- Die Wärmetauscher von 1982 wurden das erste Mal 2013 ersetzt.
- 2012 waren die Wärmetauscher defekt und dies bewirkte entsprechend einen höheren Energieverbrauch (Abluft wurde mit Fremdluft gekühlt, Zuluft blieb kalt).

### Empfehlung

- Erhöhtes Monitoring: Glasrohr-Wärmetauscher bei Trocknungsanlage 1, 2 regelmässig überprüfen und falls defekt, sofort ersetzen. Weitere Möglichkeit: Wärmetauscher durch einen neuen, mit höherer Lebensdauer und ebenfalls tiefem Adhäsionsverhalten ersetzen.
- Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert auf den Kosten der jetzigen Wärmetauschern.

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

| Investition<br>[kCHF] | Einsparung<br>[kCHF/a] | Einsparung<br>[tCO2/a] | Wärme<br>[MWh/a] | Kälte<br>[MWh/a] | Payback dyn.<br>[a] |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------|---------------------|
| 50                    | 54                     | 190                    | 1'000            |                  | 1.0                 |







## MN 6 CIP Vorspülwasser

### IST Situation

- Das Cleaning In Place (CIP) Nachspülwasser, mit einer Temperatur zwischen 40 °C und 80 °C, wird verworfen.

### Massnahme

- Nutzung des Nachspülwassers als Vorspülwasser je CIP, wie es beim Tanklager Block 3 bereits gemacht wird. Insbesondere Extraktionsanlage 3 und Würze.
- Einsparungen kumuliert über alle CIP Prozesse: ca. 20 kCHF/a.

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

| Investition<br>[kCHF] | Einsparung<br>[kCHF/a] | Einsparung<br>[tCO2/a] | Wärme<br>[MWh/a] | (Ab)-Wasser<br>[m3/a] |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| unbekannt             | 19                     | 30                     | 170              | 3'330                 |

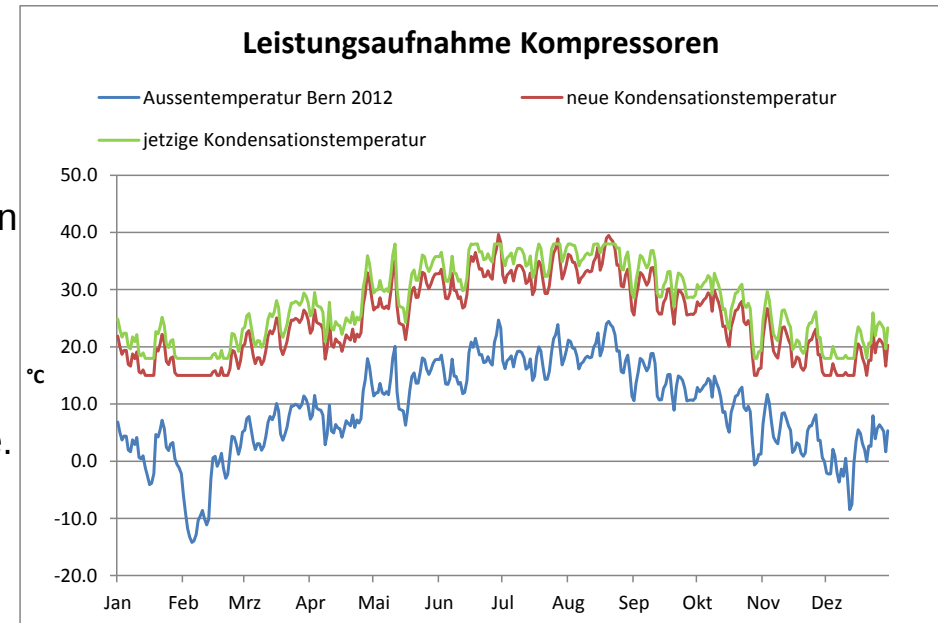
## MN 7 Kälte Trocknungsanlage 5 – Anpassung der Rückkühlung

### IST Situation

- Die Kompressoren MC 440 und 450 (insgesamt 500 kW<sub>elektr.</sub> bilden die 1. Stufe der Kälteanlage der Trocknungsanlage 5 ( $T_o$ : -12 °C;  $T_c$ : +38 °C). Sie verdichten in Abhängigkeit der Temperatur des Rückkühlwassers ( $T_{RKW}$ ), auf eine variable Kondensationstemperatur. Da diverse Verbraucher am gleichen Rückkühlnetz angeschlossen sind, ist die Rückkühltemperatur teilweise höher, als aufgrund der Aussentemperaturen möglich wäre.

### Massnahme Kälte Trocknungsanlage 5

- Entkoppelung der Rückkühlung für die Kälte der Trocknungsanlage 5, damit die Rückkühltemperatur gesenkt werden kann. Zu diesem Zweck werden die Kühltürme auf Block 3 (total 3.5 MW) nur noch für die Trocknungsanlage 5 benutzt werden.
- Einsparung an Strom, welche die erhöhte Kälteleistung bei den Rückkühltürmen mehrfach kompensiert.
- Beim Bau des neuen Eindampfers sind die Einsparungen tiefer, da dadurch die RKW-Temperatur bereits gesenkt wird.



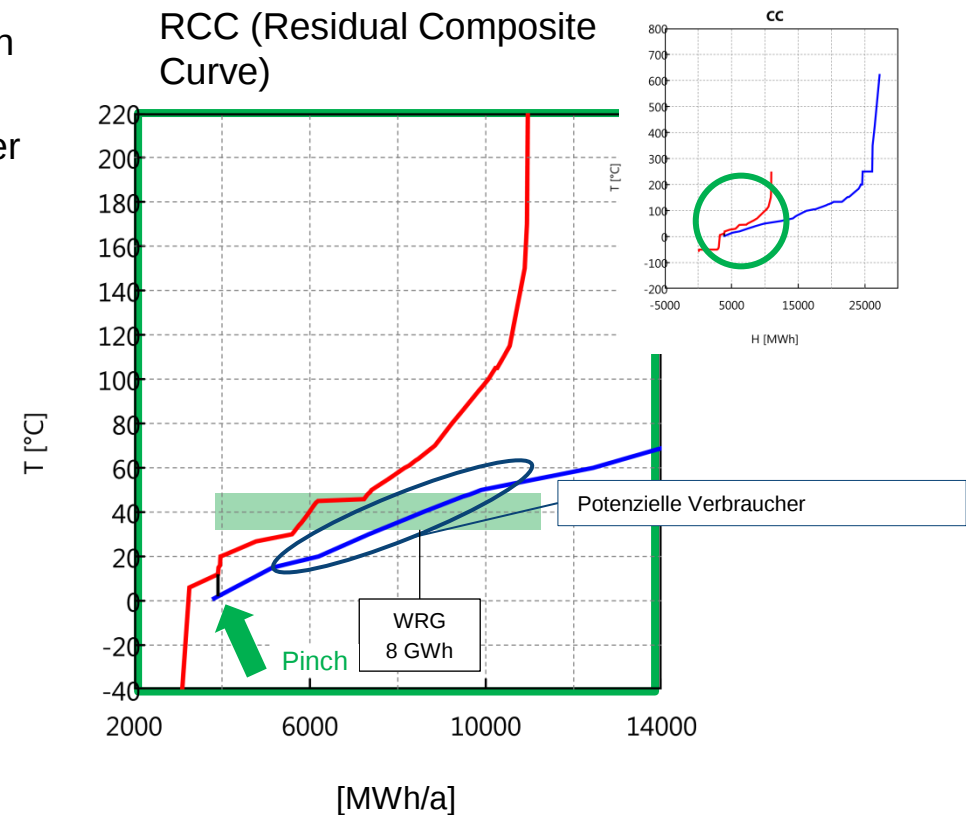
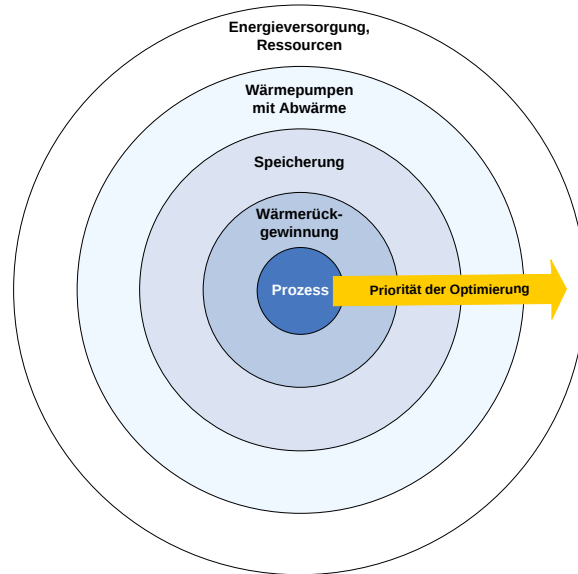
Kostenschätzung : +/- 25% basierend auf Richtofferten und Erfahrungswerten, exkl. MWST

| Investition [kCHF] | Einsparung [kCHF/a] | Einsparung [tCO <sub>2</sub> /a] | Strom [MWh/a] | Kälte [MWh/a] | Payback dyn. [a] |
|--------------------|---------------------|----------------------------------|---------------|---------------|------------------|
| 80                 | 12                  | 30                               | 100           | -500          | 8.5              |

## Anlagenübergreifende Massnahmen – indirekte WRG

### Ausgangslage

- Mit direkten Wärmerückgewinnungsmassnahmen (anlagenintern) kann nicht der gesamte Wärme- und Kühlbedarf erfüllt werden.
- Die übriggebliebenen potenziellen Wärmesenken und –quellen bieten sich für anlagenübergreifende Massnahmen an.
- Aufgrund unterschiedlicher Betriebszeiten kann ein Teil der Wärme nur indirekt (via Speicherung) zurückgewonnen werden.



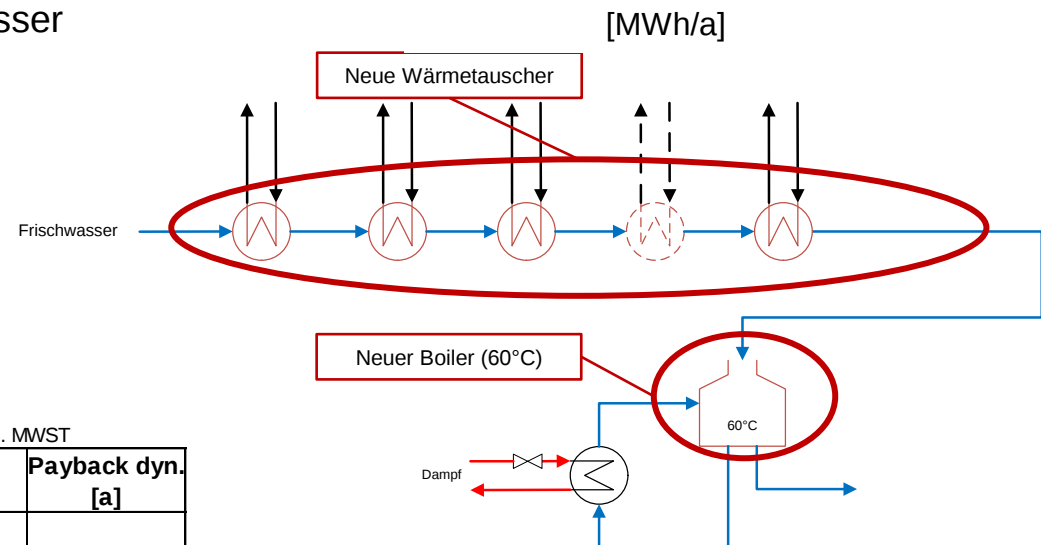
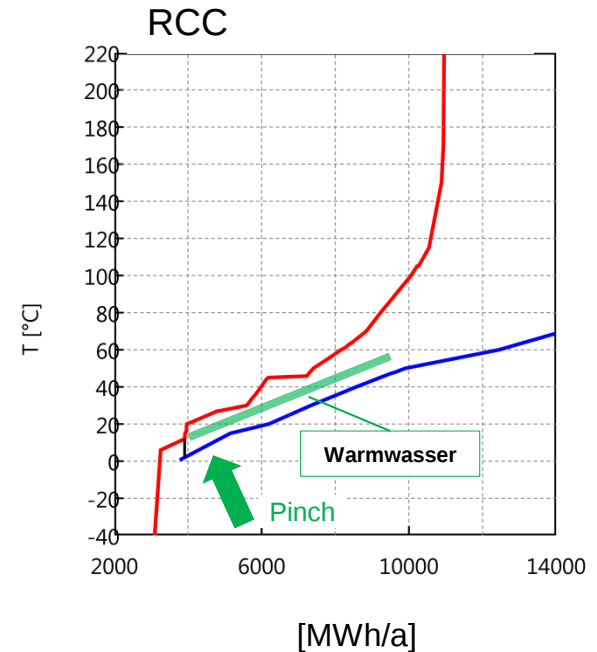
## MN 8 - 11 Warmwasserspeicher (1/2)

### IST Situation

- Bei diversen Anlagen wird kaltes Wasser bezogen und mit Dampf aufgeheizt.
- Bei diversen Anlagen steht heute Abwärme auf tiefem Temperaturniveau zur Verfügung.

### Massnahme

- Erwärmung des Frischwassers mittels diversen Wärmetauscher und Speicherung in bestehenden, oder neuen Wassertanks. Aufwärmung bis auf ca. 40 °C.
- Die Massnahme ist nur wirtschaftlich, wenn Warmwasser gesammelt (Anlagen übergreifend) erwärmt wird.
- Potenzielle Einsparung kumuliert: ca. 400 kCHF/a.
- Entlastung des RKW-Netzes



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

| Massnahme              | Investition [kCHF] | Einsparung [kCHF/a] | Einsparung [tCO2/a] | Wärme [MWh/a] | Kälte [MWh/a] | Payback dyn. [a] |
|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------|------------------|
| Warmwasser:<br>alle MN | 1'300              | 271                 | 850                 | 4'300         | 2'300         | 6.0              |

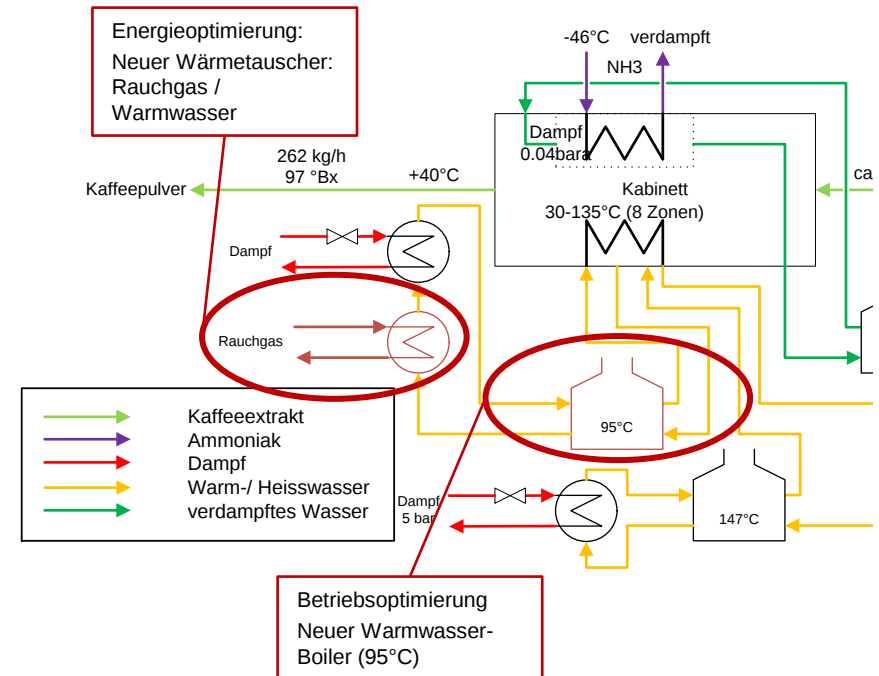
## MN 12 ECO Dampfkessel – Warmwasser, Trocknungsanlage 5

### IST Situation

- Trocknungsanlage 5: Die 8 Heizzonen werden mittels unter Druck stehendem Heisswasser (147 °C) erwärmt. Aufgrund zu hoher Temperatur können die Heizzonen mit tiefer Temperatur (30 bis 85 °C) nicht mehr wunschgemäss reguliert werden.
- Dampfkessel: Die zwei grossen Dampfkessel besitzen beide einen Economiser (ECO) zur Speisewasservorwärmung. Die Temperaturen des Rauchgases nach dem ECO betragen ca. 115 °C (Viessmann), bzw. 150 °C (Ygnis). Viessmann ist leistungsbezogen der grössere Kessel.

### Massnahme

- Betriebsoptimierung: Einbau eines neuen drucklosen Boilers bei der Trocknungsanlage 5 zum beheizen der niedrigen Zonen mit Tsoll: 95 °C. Damit kann die Regulierung des Warmwasser-Durchfluss' bei diesen Zonen verbessert werden.
- Energieoptimierung: Das Warmwasser wird mit einem Gas/Wasser-Wärmetauscher (ca. 100 kW) mit der Rauchgasabwärme erwärmt (zusätzlicher ECO).
- Annahme zur Berechnung: 1/3 des jetzigen Heisswassers kann auf tieferem Temperaturniveau gebraucht werden.



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

| Massnahme           | Investition [kCHF] | Einsparung [kCHF/a] | Einsparung [tCO2/a] | Wärme [MWh/a] | Kälte [MWh/a] | Payback dyn. [a] |
|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------|------------------|
| Betriebsoptimierung | 40                 |                     |                     |               |               |                  |
| Energieoptimierung  | 150                | 25                  | 90                  | 400           | -             | 7.5              |

## MN 13 Lüftung

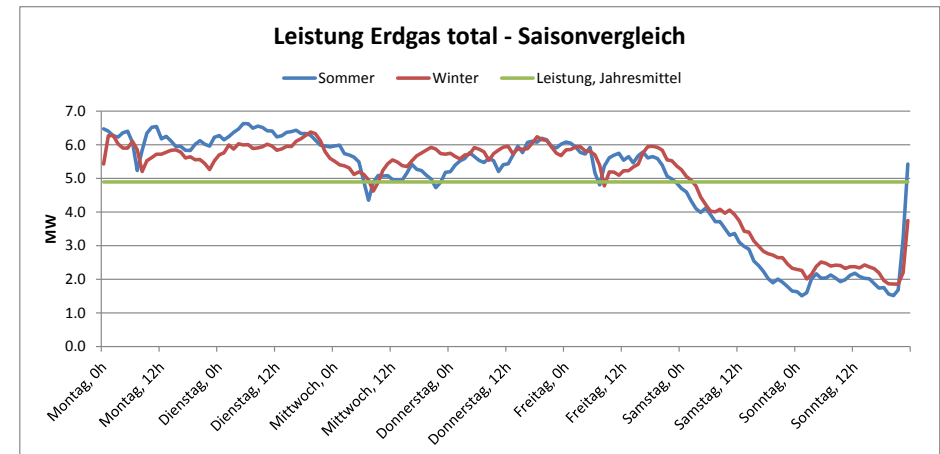
### IST Situation

- Der Wärmeverbrauch der Lüftung total ist ca. 1'800 MWh/a (Gebäudeheizung total: 4'000 bis 5'000 MWh/a).
- Diese Schätzung beruht auf den Umluftmengen und wird durch den Saisonvergleich des Erdgasverbrauchs an den Wochenenden bestätigt.

|                         | Medium | [m <sup>3</sup> /h]<br>vfeucht | [kW]<br>inst. Leistung |
|-------------------------|--------|--------------------------------|------------------------|
| WüKü: Heizung           | Zuluft | 25'000                         | 170                    |
| Süddareal Heizung 2. OG | Zuluft | 10'000                         | 70                     |
| Süddareal Heizung 3. OG | Zuluft | 10'000                         | 70                     |

### Optimierung

- Nutzen von Abwärmequellen zur Erwärmung der Zuluft.
- Potenzielle Einsparungen: ca. 30 kCHF/a.
- Abwärmequellen: Wie beim Warmwasserspeicher.
- Für genaue Aussagen sind Messungen der Zu- und Abluftmengen notwendig.



## Zusammenfassung

- Insgesamt können mit Massnahmen 10'000 MWh/a thermische Energie, bzw. ca. 650 kCHF pro Jahr eingespart werden. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 20 % des jetzigen Wärmebedarfs.
- Mit Massnahme mit der Priorität 1 und 2 können insgesamt 250 kCHF/a mit einem Gesamtpayback von 2 Jahren eingespart werden.
- Die grössten Einsparpotenziale zeigen folgende Massnahmen:
  - Anpassung der Prozesswassererwärmung Extraktionsanlage 1-3 (MN 1)
  - Warmwassererwärmung für diverse Verbraucher mittels Wärmerückgewinnung (MN 18-11)

|                                          | Potenzial<br>[MWh/a] | umsetzbar<br>[MWh/a] |
|------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| WRG im Prozess total                     | ca. 15'000           | ca. 10'000           |
| davon direkte Wärmerückgewinnung (70%)   | ca. 11'000           | ca. 6'000            |
| davon indirekte Wärmerückgewinnung (30%) | ca. 4'000            | ca. 4'000            |

## Schlussfolgerung

- Das Werk von Haco in Gümligen zeigt diverse Wärmerückgewinnungs-Potenziale, welche direkt aus der Pinch-Analyse hervor gehen.
- Am Standort Gümligen werden viele einzelne Anlagen mit sehr unterschiedlichen Verfahrensprozessen betrieben (beispielsweise Extraktion, Eindampfung, Sprühtrocknung, Gefriertrocknung).
- Massnahmen, die aufgrund hoher Investitionskosten bei einem Retrofit-Projekt, einen hohen Payback aufweisen, sollten sinnvollerweise bei einem Neubauprojekt berücksichtigt werden. Bei zukünftig geplanten Neubauprojekten mit energetisch relevantem Einfluss werden diese idealerweise anhand eines Updates der Pinch-Analyse geprüft.
- Die in der Analyse eruierten Potenzialen können zu einem weiten Teil mit den vorgeschlagenen Massnahmen erreicht werden, trotz der erschwerenden Zeitkomponente bei Batchprozessen: Insgesamt können mit Massnahmen 10'000 MWh thermische Energie, bzw. ca. 650 kCHF pro Jahr eingespart werden. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 20 % des jetzigen Wärmebedarfs.

## Empfehlungen / Weiteres Vorgehen

### Wir empfehlen die Umsetzung nach folgendem Ablauf

- Wir empfehlen die Massnahme zur Prozesswassererwärmung bei den Extraktionsanlagen («Prozesswassererwärmung», MN 1, Prio 1) sofort umzusetzen.
- Wir empfehlen bei der Trocknungsanlage 1 und 2 den Wärmetauscher regelmässig zu überprüfen und bei einem Defekt zu ersetzen («Wärmetauscher ersetzen», MN 3, Prio 2).
- Wir empfehlen die Umsetzbarkeit zu prüfen und die Prozessoptimierungsmassnahmen «Aroma-Prozesswasser» (MN 2, Prio 1) und «Trocknungsanlage 3» (MN 4, Prio 2) versuchsweise umzusetzen.
- Die Massnahme mit Installation eines Warmwasserspeichers, sowie deren Erwärmung mittels Wärmerückgewinnung, kann anschliessend umgesetzt werden («Warmwasserspeicher», MN 8-11, Prio 3).
- Weitere Massnahmen können längerfristig geplant werden.

## Anhang

- a) Sankey Diagramme
- b) Details Energieverbraucher
- c) Pinch-Analyse: Time Slice Model
- d) Pinch-Analyse der Prozesswassererwärmung
- e) Energietabelle
- f) Prozessschemata

## Sankey Energie 2012

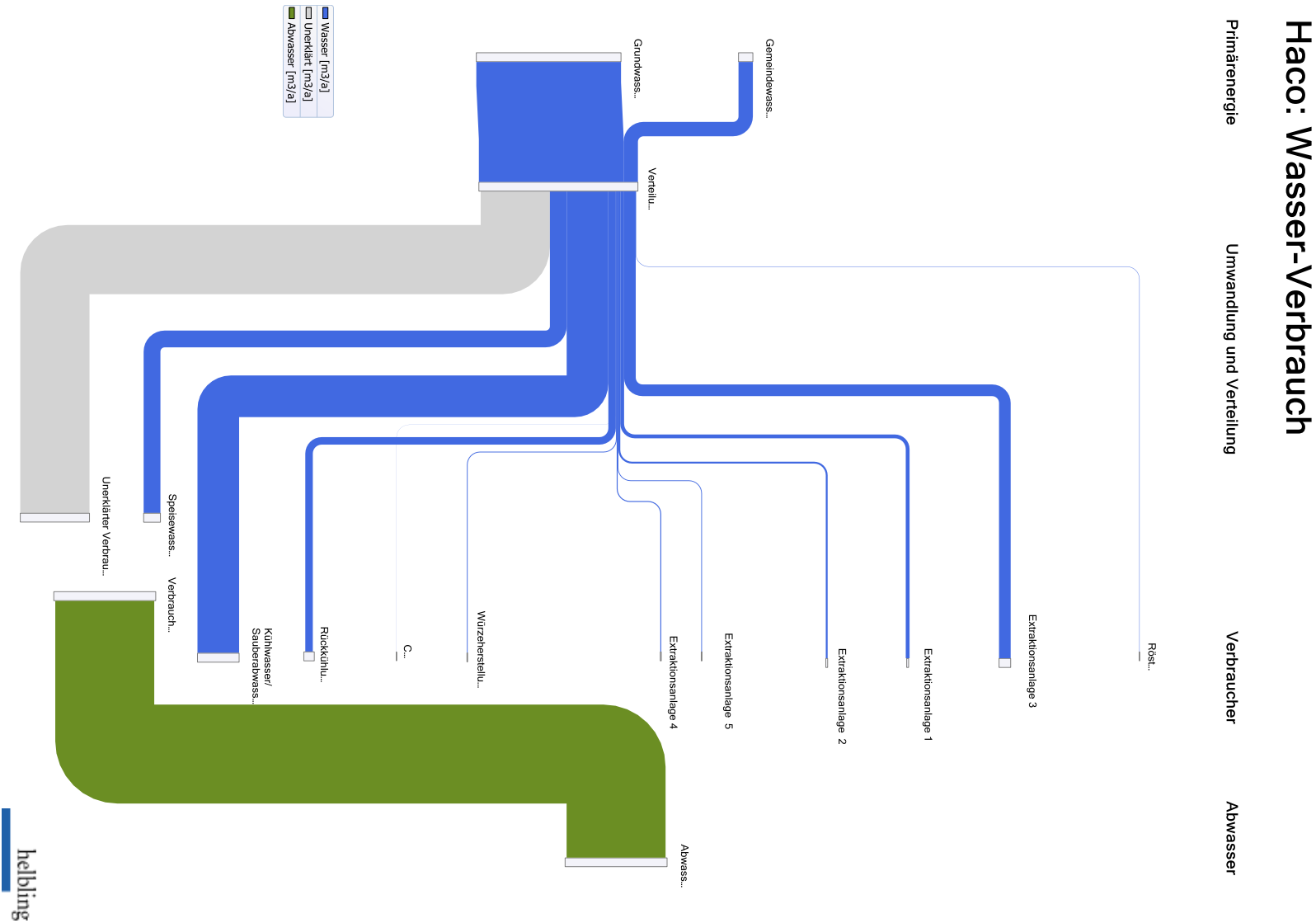


## Verbraucher



# Anhang a3)

## Sankey Wasser 2012



helbling

## Anhang b)

## Energieverbraucher 2012

Abgasverlust  
0.06

Faktor CO<sub>2</sub> Erd 0.198 t/MWh

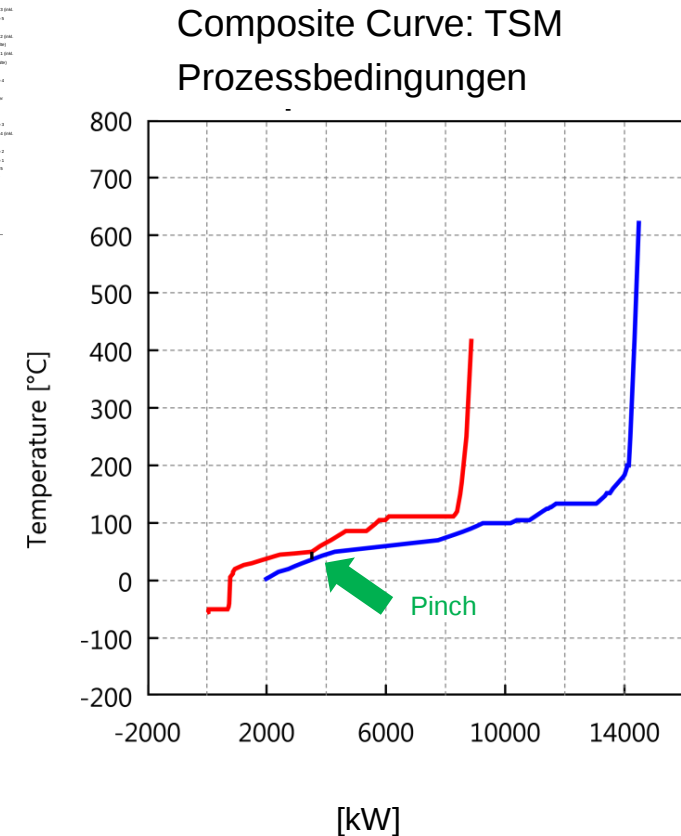
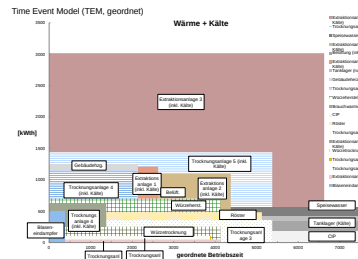
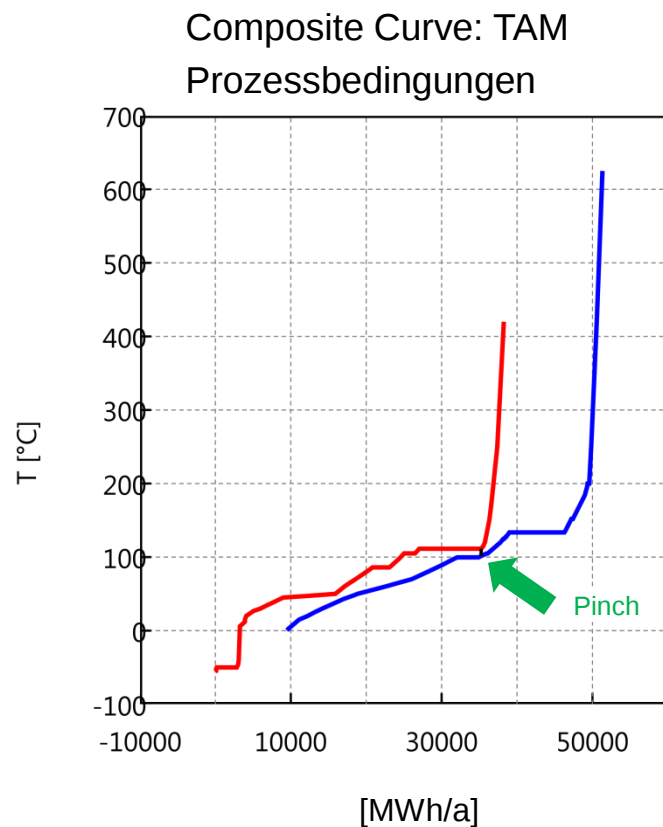
Faktor CO<sub>2</sub> Dar 0.208 t/MWh

|                                           | Erdgas  | Dampf   | Kälte   | Strom   | CO <sub>2</sub> (Strom = Dar) | Wasser              | Betriebszeit |
|-------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------------------------|---------------------|--------------|
|                                           | [MWh/a] | [MWh/a] | [MWh/a] | [MWh/a] | [t/a]                         | [m <sup>3</sup> /a] | [h/a]        |
|                                           |         |         |         |         |                               |                     | 52           |
| Topdown                                   | 58000   | 49600   |         | 12800   | 11500                         | 530400              |              |
| Verluste / unerklärt                      | 3500    | 13100   |         | 6400    | 2700                          | 230800              |              |
| Röster                                    | 2500    | 0       | 0       |         | 500                           | 1200                | 5172         |
| Extraktionsanlage 3                       | 0       | 11700   | 8300    |         | 2400                          | 38900               | 6633         |
| Extraktionsanlage 3 - Extraktion          | 0       | 5600    | 2100    |         | 1200                          | 38900               | 0            |
| Extraktionsanlage 3 - Eindampfung         | 0       | 6100    | 6200    |         | 1300                          | 0                   | 0            |
| Extraktionsanlage 1                       | 0       | 2000    | 1100    |         | 400                           | 12700               | 2564         |
| Extraktionsanlage 1 - Extraktion          |         | 1000    | 0       |         | 200                           | 0                   |              |
| Extraktionsanlage 1 - Eindampfung         | 0       | 1000    | 1100    |         | 200                           | 0                   | 0            |
| Extraktionsanlage 2                       | 0       | 2900    | 1800    |         | 600                           | 6200                | 4293         |
| Extraktionsanlage 2 - Extraktion          |         | 1200    | 0       |         | 300                           | 0                   |              |
| Extraktionsanlage 2 - Eindampfung (von 1) | 0       | 1700    | 1800    |         | 400                           | 0                   | 0            |
| Extraktionsanlage 5                       | 0       | 200     | 0       |         | 0                             | 2500                | 4142         |
| Extraktionsanlage 4                       | 0       | 800     | 100     |         | 200                           | 3200                | 1436         |
| Blaseneindampfer                          | 0       | 200     | 0       |         | 0                             | 0                   | 398          |
| Trocknungsanlage 3                        | 1600    | 300     | 0       |         | 400                           | 0                   | 5275         |
| Trocknungsanlage 1                        | 400     | 0       | 0       |         | 100                           | 0                   | 3866         |
| Trocknungsanlage 2                        | 400     | 0       | 0       |         | 100                           | 0                   | 3960         |
| Trocknungsanlage 5                        | 0       | 1900    | 5700    | 3800    | 400                           | 0                   | 5280         |
| Trocknungsanlage 4                        | 0       | 300     | 2100    | 1400    | 100                           | 0                   | 2074         |
| Würzherstellung                           | 0       | 2700    | 100     |         | 600                           | 2600                | 4000         |
| Würzetrocknung                            | 0       | 1000    | 0       |         | 200                           | 0                   | 4000         |
| Speisewasser                              | 0       | 4200    | 0       |         | 900                           | 56000               | 7500         |
| Belüftung                                 | 0       | 1800    | 500     |         | 400                           | 0                   | 3400         |
| Tanklager                                 | 0       | 0       | 3200    |         | 0                             | 0                   | 7500         |
| Gebäudeheizung                            | 0       | 2500    | 0       |         | 500                           | 0                   | 2000         |
| Brauchwarmwasser                          | 0       | 2600    | 0       |         | 500                           | 0                   | 7500         |
| CIP                                       | 0       | 1400    | 0       |         | 300                           | 31300               | 7500         |
| Eiswasser                                 |         |         |         | 1200    | 0                             |                     |              |
| Kühltürme                                 |         |         |         |         |                               | 25000               |              |
| Kühlwasser/Sauberabwasser                 |         |         |         | 0       | 0                             | 138900              |              |
| Total BottomUp                            | 4900    | 36500   | 22900   | 6400    | 8800                          | 299600              |              |
| Abwasser                                  |         |         |         |         |                               | 330800              |              |
| Produktion                                | 2400    | 17400   | 11600   | 5200    | 4300                          | 70500               |              |
| Infrastruktur                             | 0       | 8300    | 3700    | 1200    | 1700                          | 31300               |              |

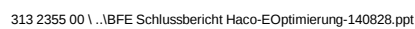
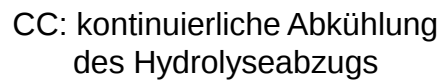
## Anhang c)

### Pinch Analyse – Modellvergleich

- Time Average Model (TAM): Leistungen der einzelnen Ströme verstrichen übers Jahr (MWh).
- Time Slice (TSM) Model: Leistungen der Anlagen wenn im Betrieb (kW).
- Die Ähnlichkeit der Kurven bedeutet, dass die leistungsbezogen grossen Anlagen, ebenfalls lange Betriebszeiten aufweisen.



## Composite Curve

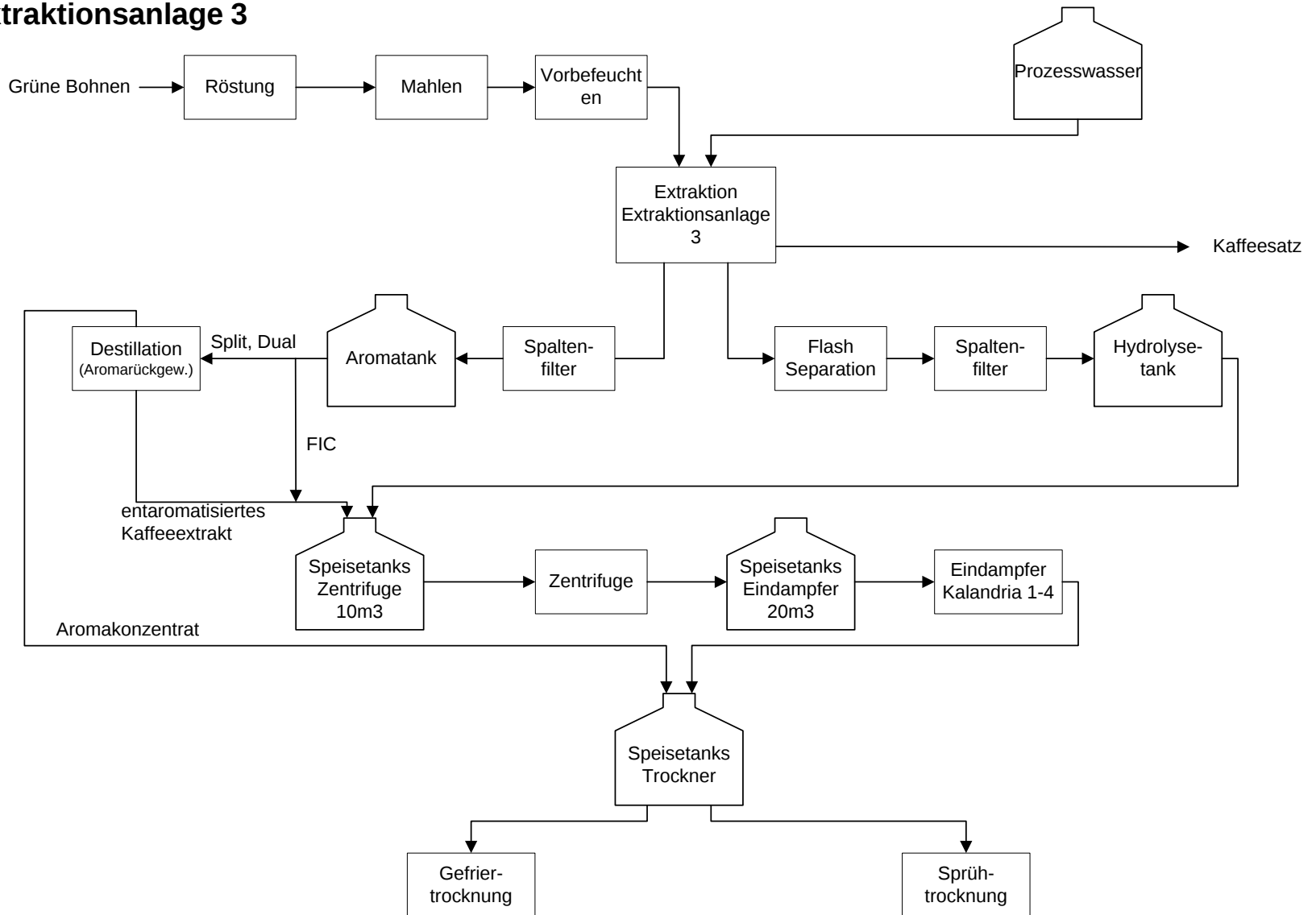


# Energietabelle

[illegible]

## Anhang f1)

### Übersicht Extraktionsanlage 3



### Extraktionsanlage 3: Hydrolyse

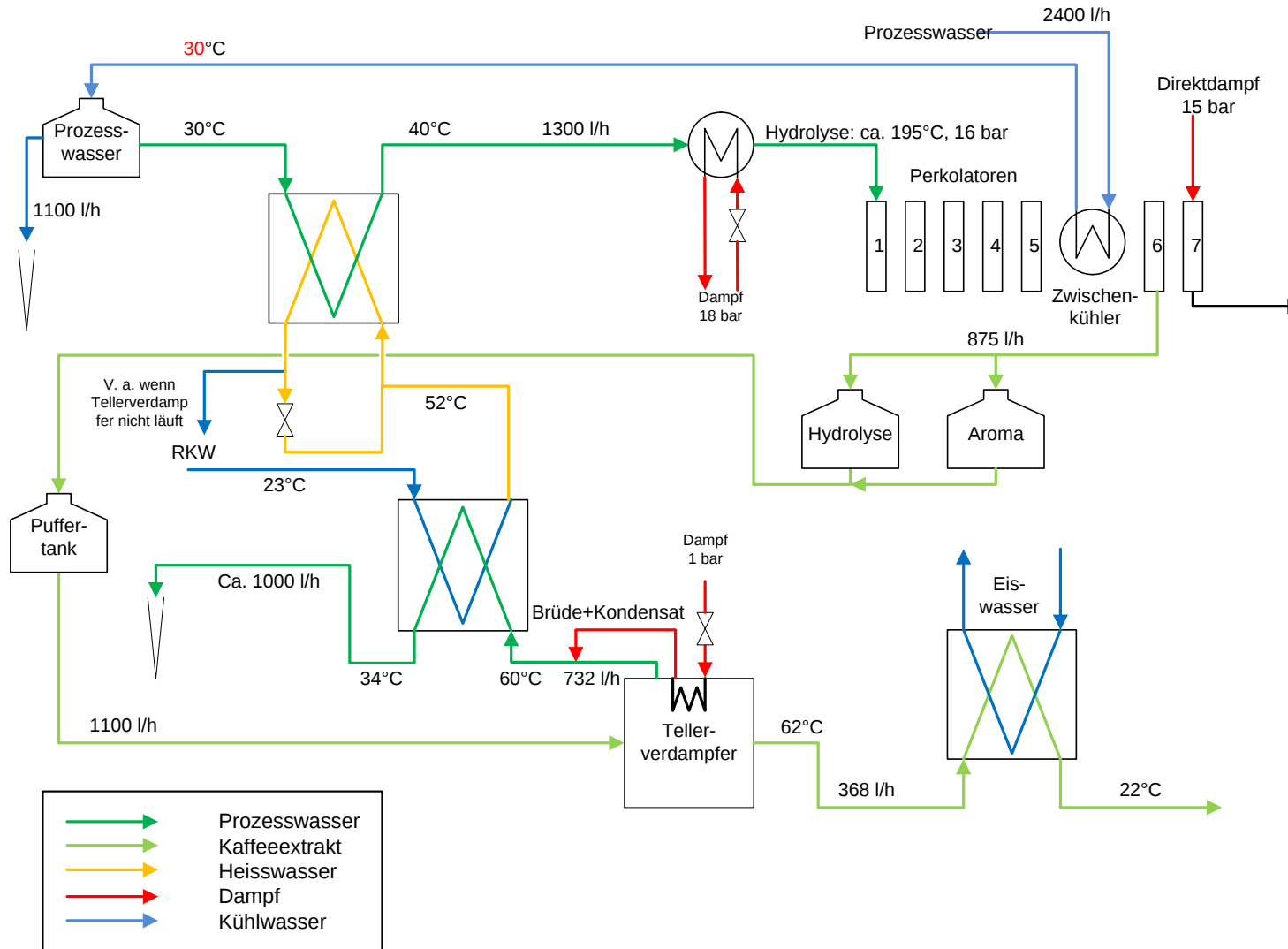


## Extraktionsanlage 3: Aroma



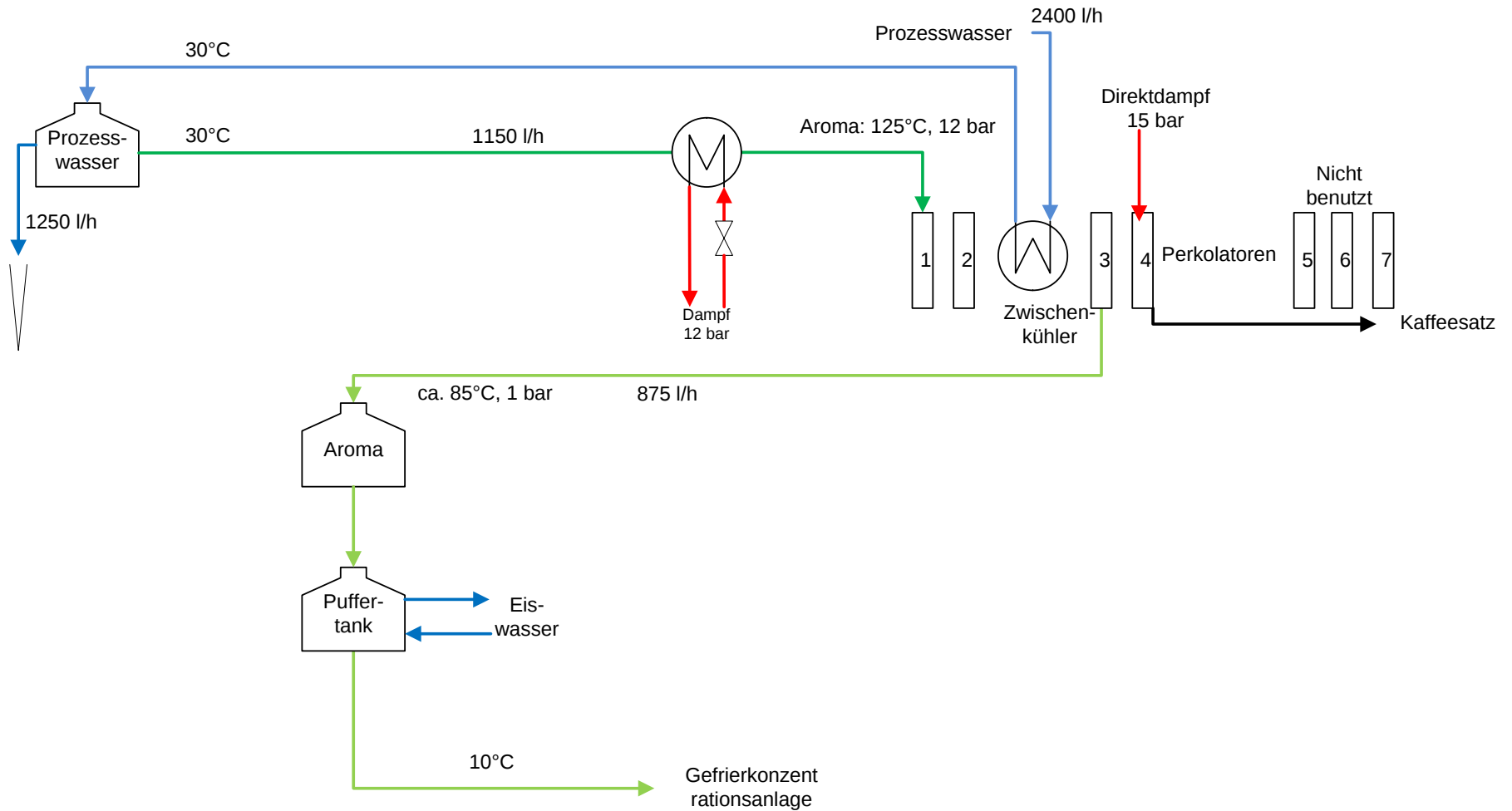
## Anhang f4)

### Extraktionsanlage 1, 2: FIC-Modus



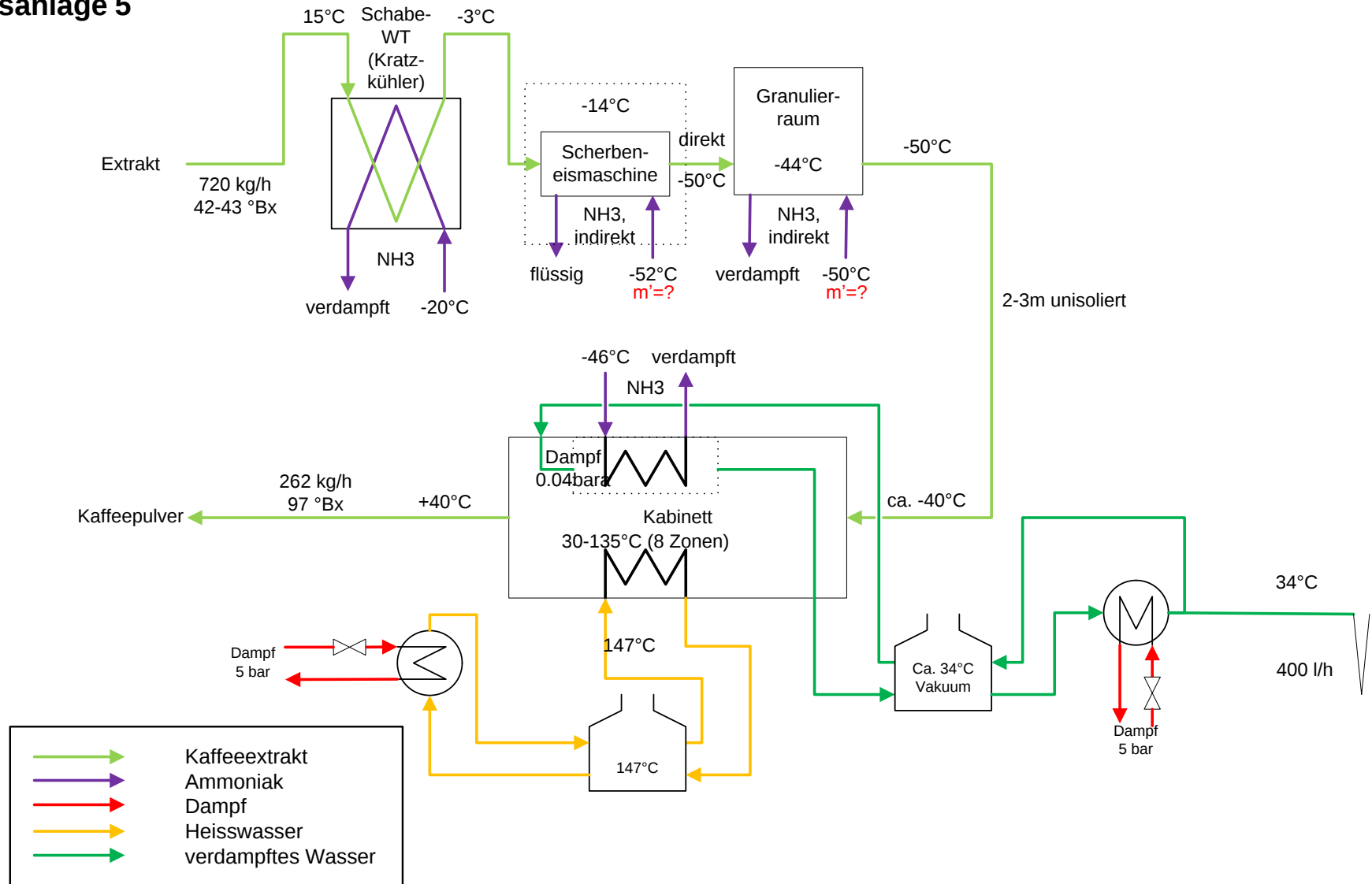
## Anhang f5)

### Extraktionsanlage 1: Split-Modus



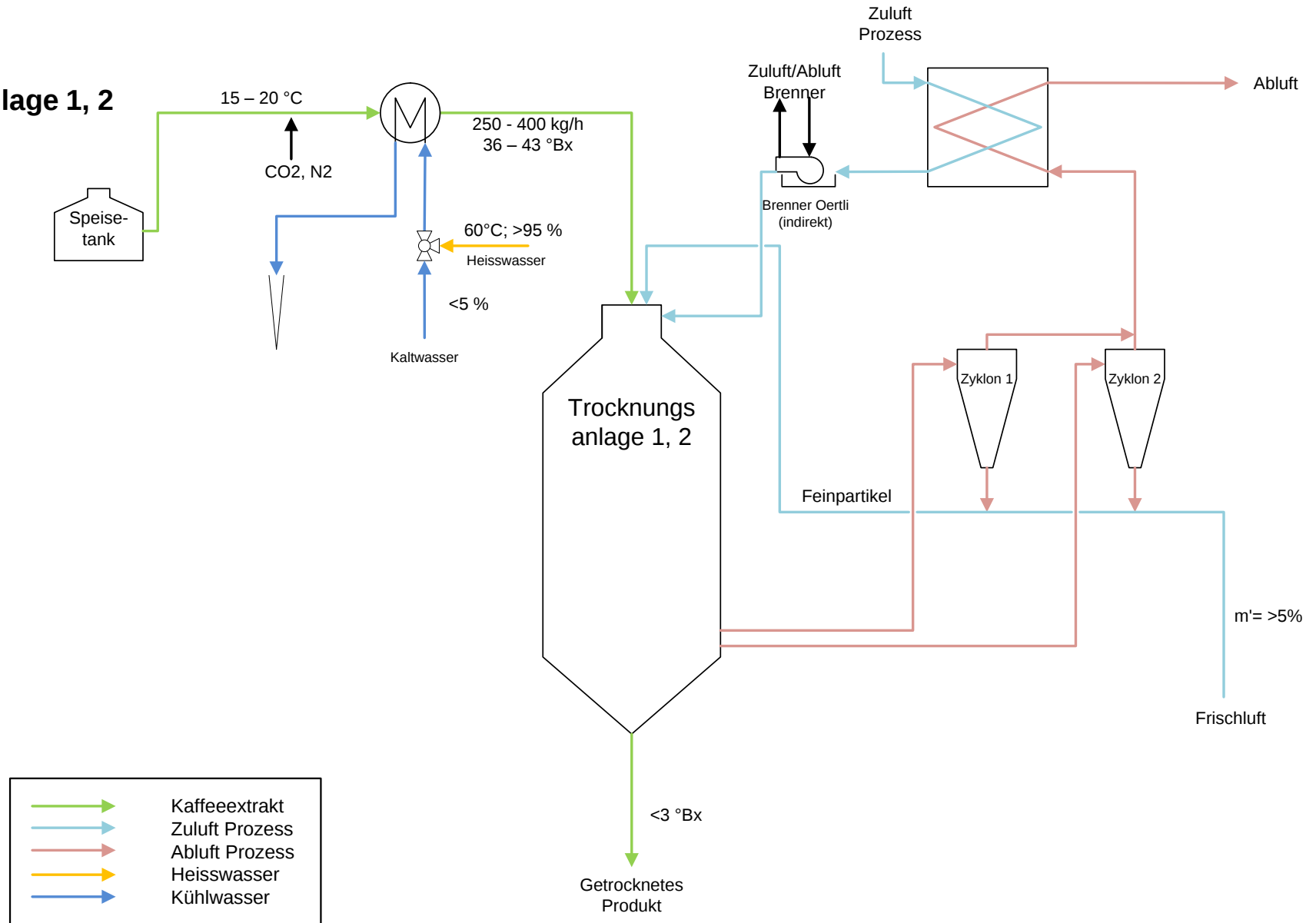
# Anhang f6)

## Trocknungsanlage 5



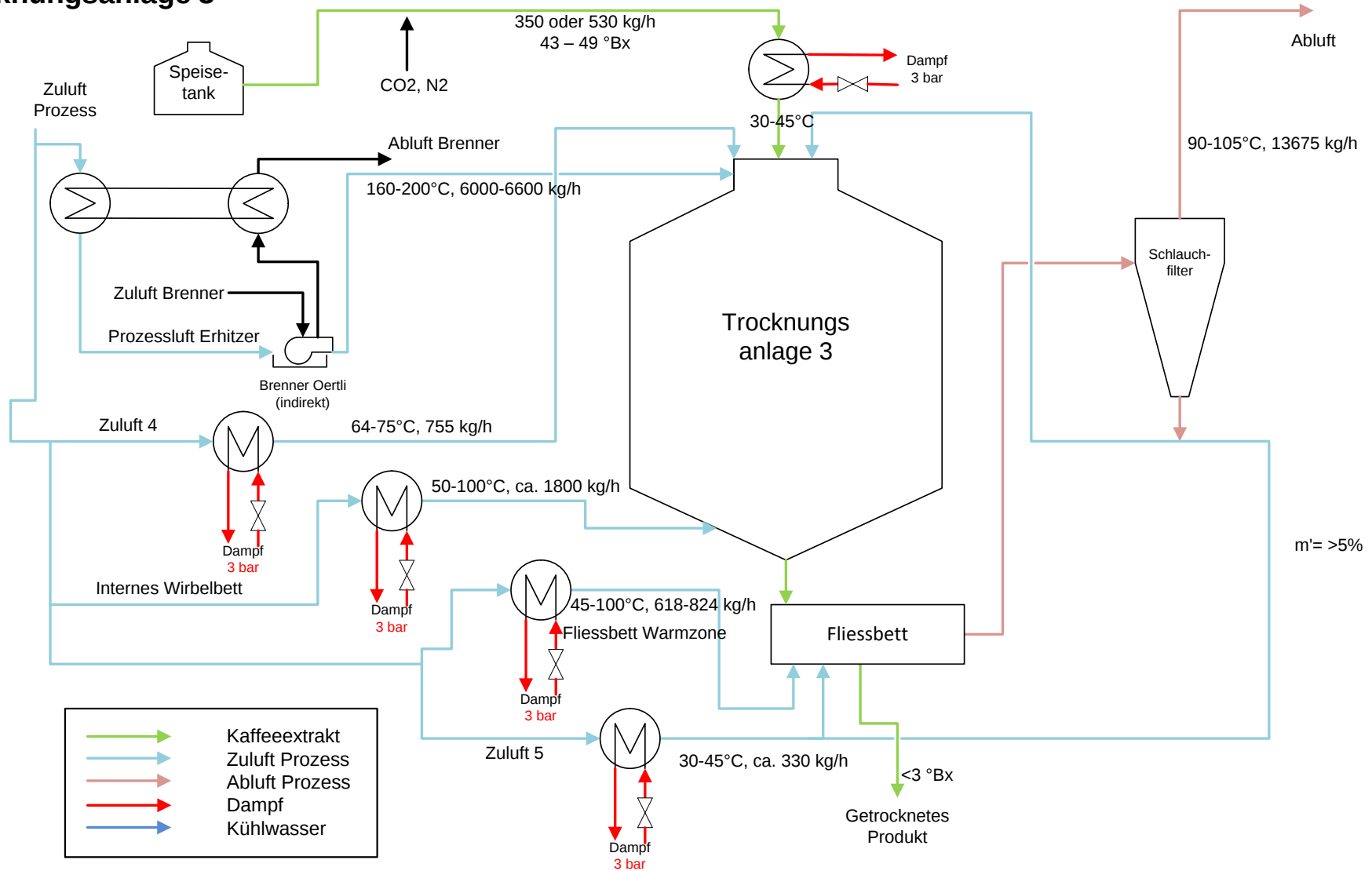
## Anhang f7)

## Trocknungsanlage 1, 2



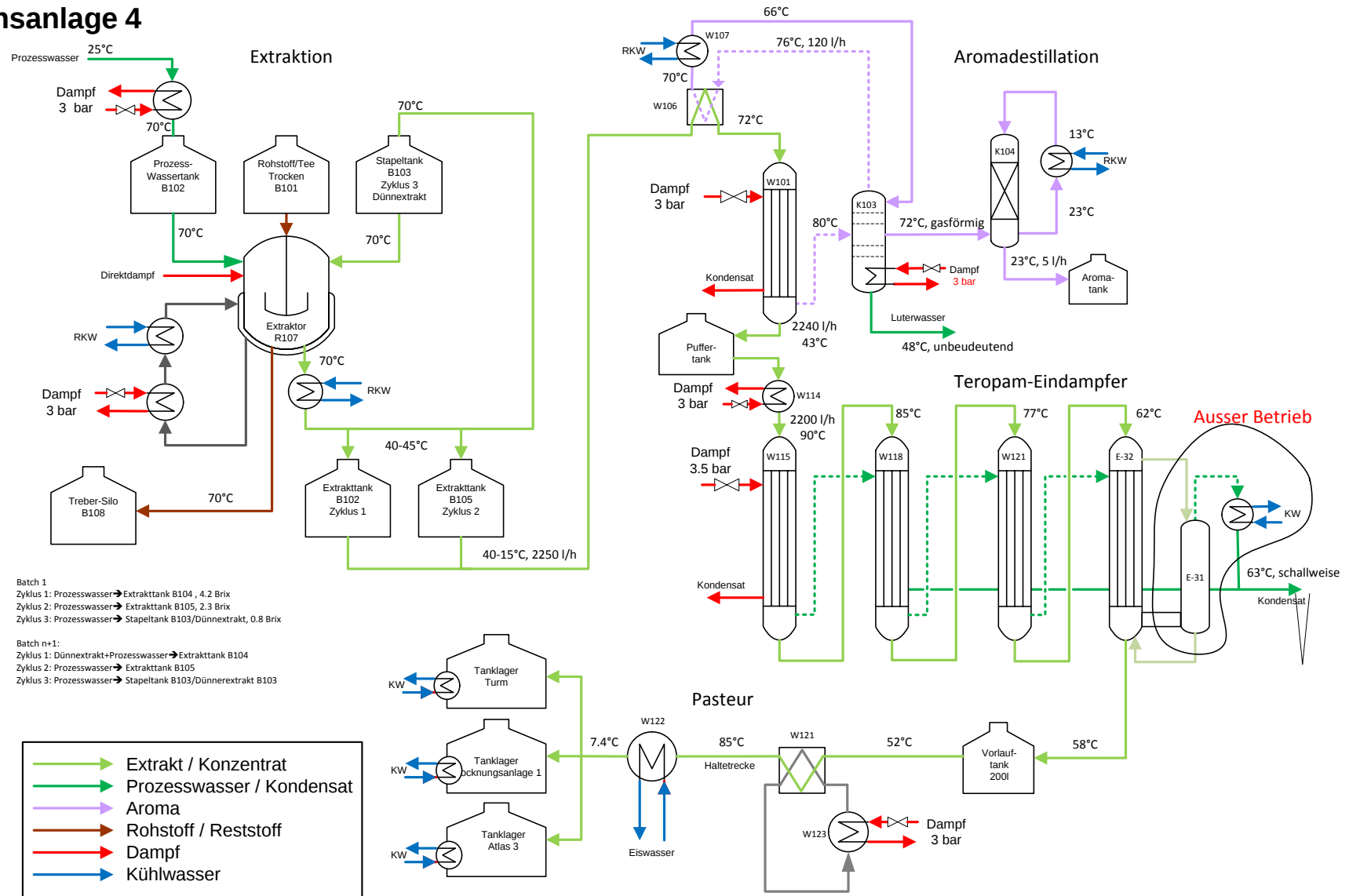
## Anhang f8)

### Trocknungsanlage 3



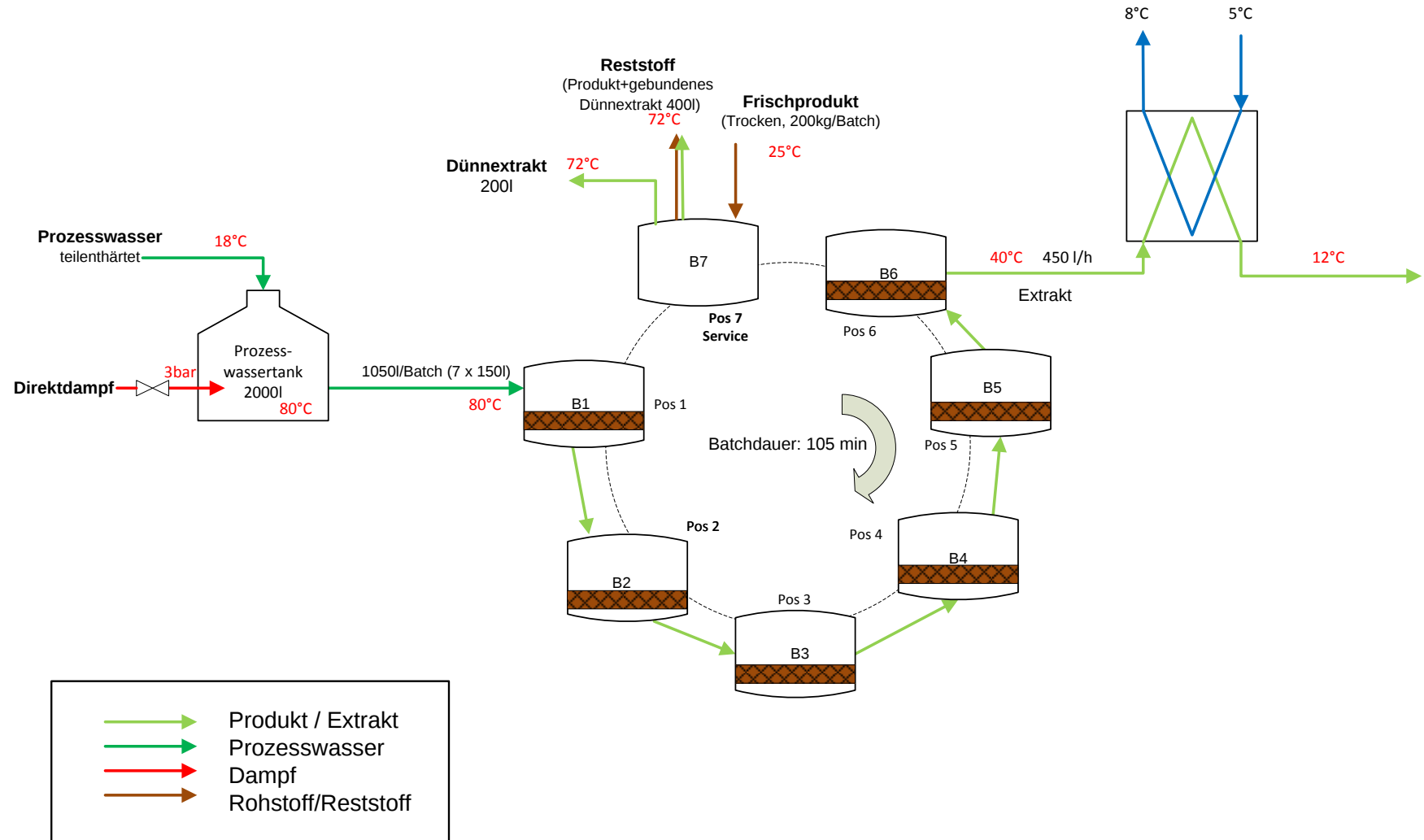
# Anhang f9)

## Extraktionsanlage 4



# Anhang f10)

## Extraktionsanlage 5



# helbling

Ihre Ansprechpartner:



Raymond Morand  
Leiter Energie / Nachhaltigkeit  
raymond.morand@helbling.ch  
Fon +41 44 438 18 66



Damian Hodel  
Projektingenieur Energie / Nachhaltigkeit  
damian.hodel@helbling.ch  
Fon +41 44 438 18 86

Helbling Beratung + Bauplanung AG  
Hohlstrasse 614  
CH-8048 Zürich  
Fon +41 44 438 18 11  
Fax +41 44 438 18 10  
Mail [info-hbp@helbling.ch](mailto:info-hbp@helbling.ch)

Aarau • Bern • Cambridge MA • Düsseldorf •  
Eschborn-Frankfurt • München • Wil SG • Zürich

helbling