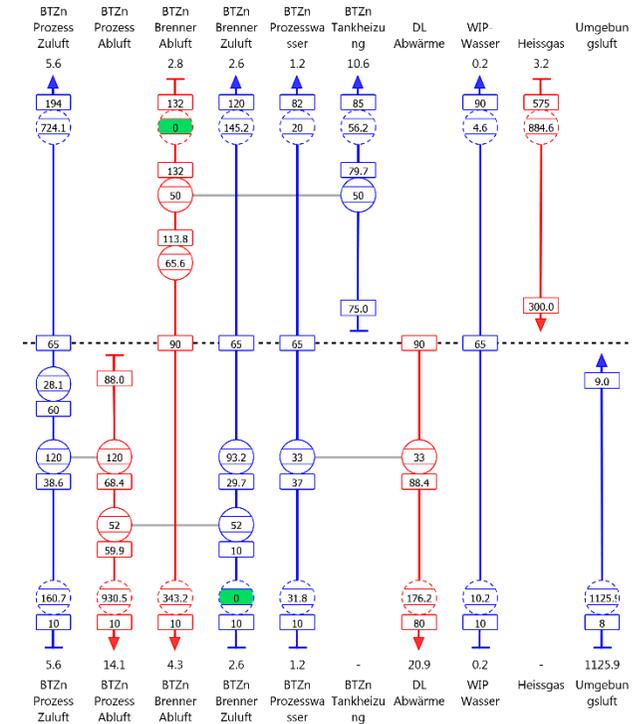


Pinch-Analyse 2014

Erbo Spraytech AG, Bützberg

- ausgeführt durch DM Energieberatung AG
- mit finanzieller Unterstützung durch das Bundesamt für Energie (BFE)
- Juni bis Dezember 2014



Zusammenfassung (1/2)

Die Erbo Spraytec AG betreibt in Bützberg zwei Produktionsanlagen, einerseits einen über einen Heissgaserzeuger beheizten Sprühtrockner (PP500), in dem aus wässrigen Lösungen granulatformige Produkte hergestellt werden. Andererseits einen sogenannten Erstarrungsturm (MP11), bei dem Fettemulsionen in einen kalten Luftstrom eingeblasen werden, wo durch Erstarrung des Fetts ebenfalls granulatformige Produkte entstehen.

Für den PP500 wurde eine Prozessanalyse unter Verwendung des PinCH-Tools 2.0 der Hochschule Luzern durchgeführt. Dank der hervorragenden Datengrundlage konnte der Prozess sehr genau modelliert werden. Die Anlage wurde mit sogenannten «shared equipment» für fünf verschiedene Produkte modelliert, die jeweils für rund eine Woche im stationären Betrieb produziert werden.

Das Wärmetauscher-Netzwerk muss für jedes der fünf Produkte definiert und anschliessend zu einem gemeinsamen Design zusammengeführt werden. Es wurden fünf «operating cases» im sogenannten «supertargeting» betrachtet. Diese neue Funktion des PinCH-Tools 2.0 berechnet einen Startpunkt für das Netzwerk-Design, indem für jeden «operating case» ein minimales Delta T berechnet wird, sodass sich in der Summe der «operating cases» eine optimale Lösung ergibt.

Der PP500 verfügt heute schon über eine Abwärmenutzung, indem die warme Prozessabluft verwendet wird um die Prozessluft und die Zuluft zum Heissgaserzeuger vorzuwärmen. Auch die Abgaswärme des Heissgaserzeugers wird zum Teil genutzt und ein Teil der Abwärme der Druckluftkompressoren wird zur Vorwärmung des Prozesswassers verwendet. Die heute genutzte Abwärmeleistung beträgt 255 kW.

Zusammenfassung (2/2)

Mit dem optimalen Wärmetauscher-Netzwerk aus der Pinch-Analyse kann diese Abwärmee-nutzung auf 555 kW erhöht werden. Setzt man nur die drei wirtschaftlichsten Teilmassnahmen um, so ergibt sich ein Einsparpotenzial von 1'056 MWh oder 15% des Gasverbrauchs für den PP500.

Beim MP11 ist eine Pinch-Analyse nicht angebracht. Die Anlage arbeitet weitgehend im Umluftbetrieb. Die Wärme, die mit der Fettemulsion eingebracht wird, muss mit einer Kälteanlage wieder entzogen werden. Das Temperaturniveau ist so tief, dass kein anderer aufzuheizender Strom in Frage kommt. Nur bei einem Produkt wird zeitweise mit Aussenluft gearbeitet. Die Betriebszeit ist aber zu gering um die Wärme der ca. 40°C warmen Abluft wirtschaftlich zu nutzen.

Stattdessen wurden die Prozessanforderungen für den MP11 hinterfragt. Durch Prozess-optimierung und Nutzung der Druckluft-Abwärme auch bei diesem Turm können 366 MWh Wärme und 205 MWh Elektrizität eingespart werden. Das sind 60% des Wärmebedarfs und 10% des Strombezugs dieser Anlage.

Als drittes Teilpaket wurden die Infrastrukturanlagen, d.h. die Wärmeerzeugung und –verteilung, die Kälte- und die Druckluftherzeugung einer Analyse unterzogen. Durch Betriebsoptimierung können weitere 155 MWh Wärme und 433 MWh Strom eingespart werden. Alle im Rahmen dieses Projekts erarbeiteten Massnahmen ergeben eine Reduktion des Wärmebedarf um 20% und des Strombezugs um 16%.

Ausgangslage

Durch BFE finanzierte Grobanalyse Februar 2014:

- Einsparpotenzial durch verbesserte Nutzung der Rauchgas-Wärme, Prozessabluft und Druckluft-Abwärme erruiert.
- Total 2'240 MWh oder CHF 162'000.- pro Jahr.
- Zusätzlich 430 MWh Stromeinsparung durch BO-Massnahmen

Start eines Pinch-Projekts mit drei Teilbereichen:

- Paket 1: Betriebsoptimierung Heizung, Druckluft- und Kälteerzeugung
- Paket 2: Optimierung der Abwärmennutzung mit Pinch-Methode
- Paket 3: Analyse Elektroverbraucher
- Paket 4: Pinch-Design eines Abluftwäschers (noch nicht beauftragt).

Prozessbeschreibung PP500

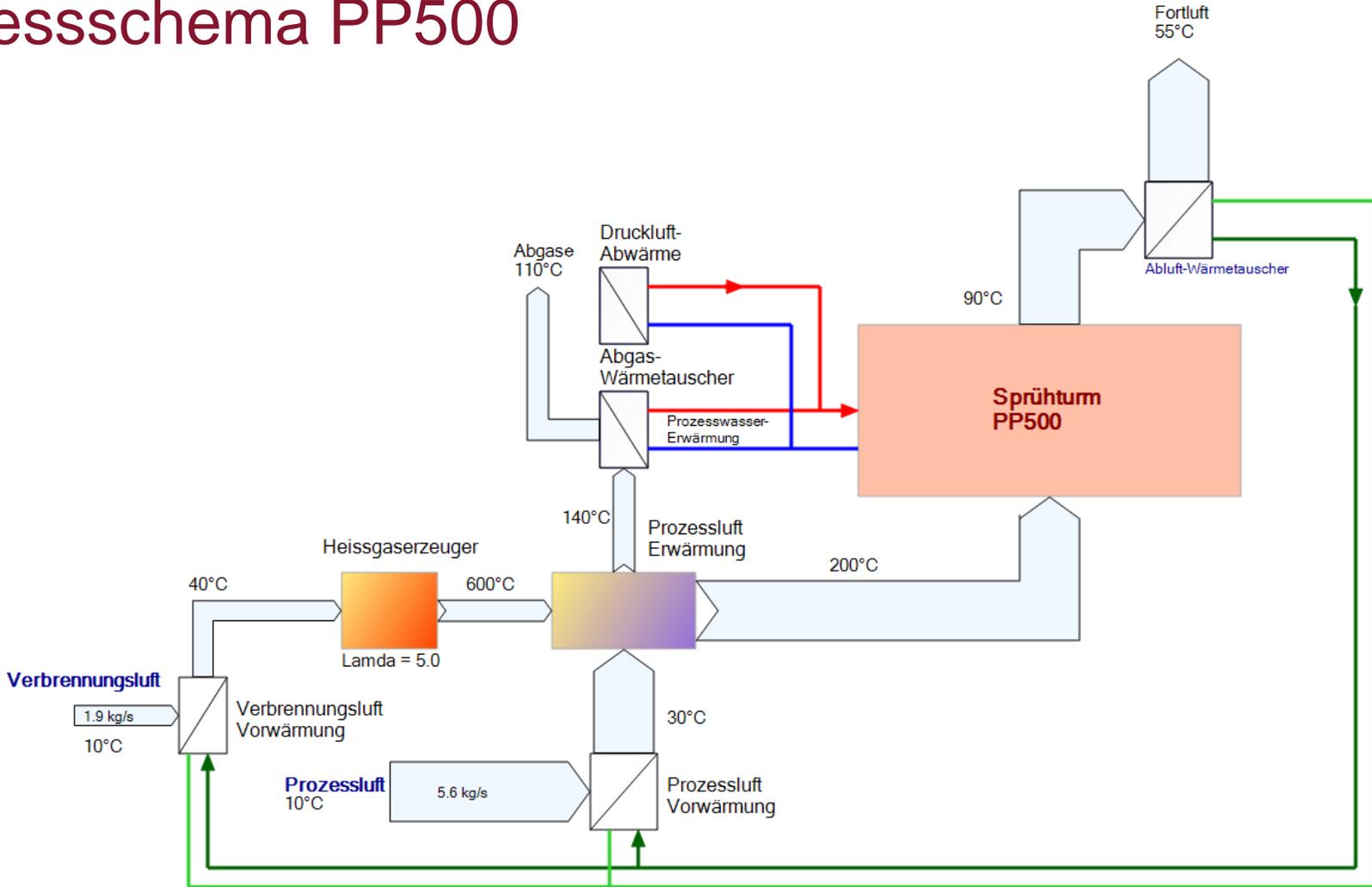
Sprühturm PP500:

- Sprühtrockner mit Heissgaserzeuger (Erdgasfeuerung)
- Zuluft wird auf rund 200°C erwärmt
- in Wasser gelöstes Produkt wird eingesprüht
- heisse Zuluft nimmt die Feuchtigkeit auf und trocknet so das Produkt
- Abluft kühlt auf ca. 80°C ab, hoher Feuchtigkeitsgehalt
- Heissgaserzeuger mit hohem Luftüberschuss ($\lambda = 5$)
- Abgase verlassen den Heissgaserzeuger mit 120°C

Vorhandene AWN:

- Turmabluft wärmt Zuluft zum Heissgaserzeuger und zum Turm vor, Wärmetauscher teilweise durchgerostet
- Abgase Heissgaserzeuger geben Wärme an Tank- und Begleitheizung ab. Geringer Nutzen, weil Rücklauftemperaturen zu hoch.
- Abwärme Druckluftkompressoren wärmt Prozesswasser vor.

Prozessschema PP500



Prozessbeschreibung MP11

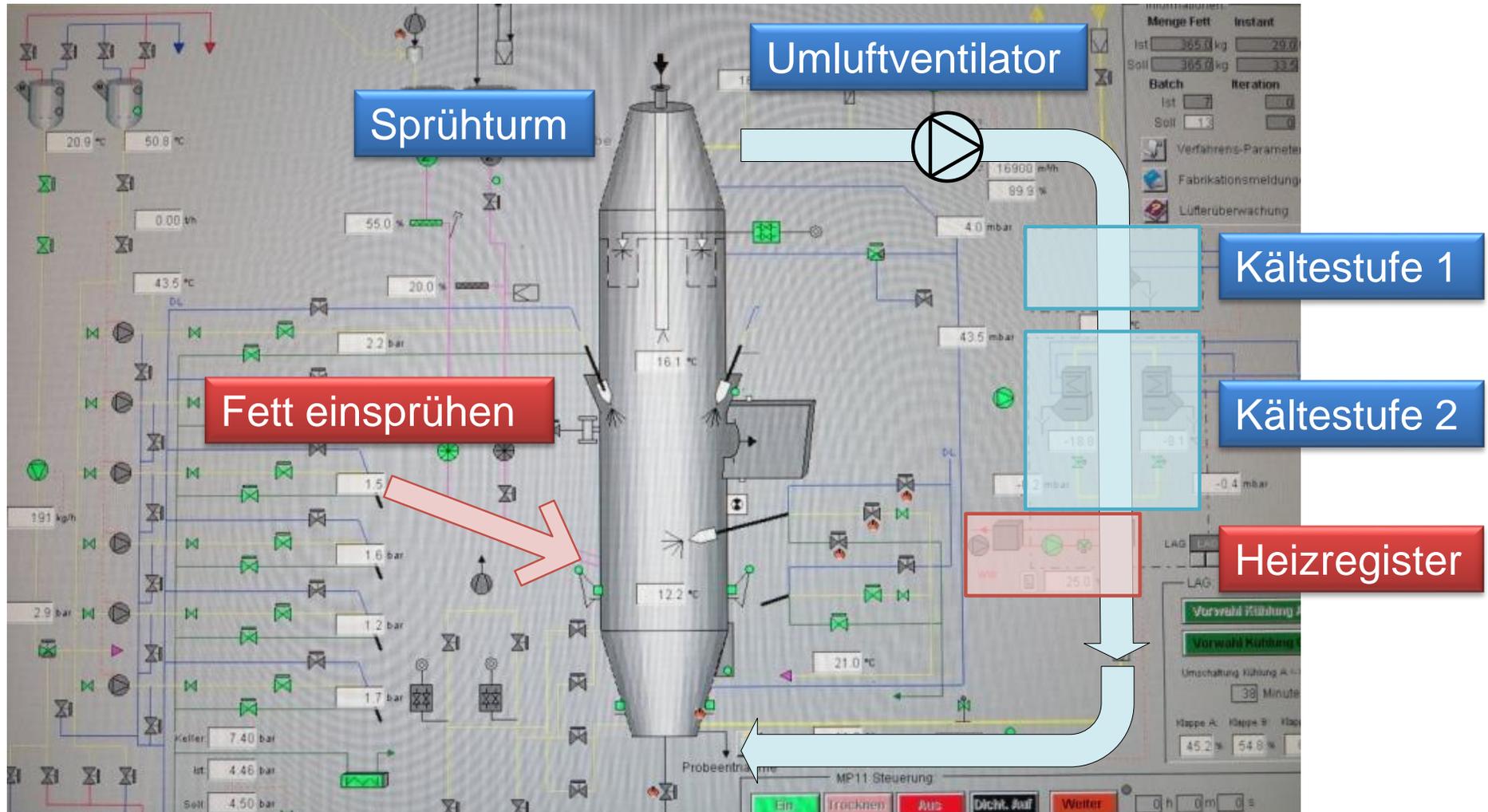
Sprühturm MP11:

- Erstarrungsturm mit Kälteanlage, Ummantelung von pulverförmigen Produkten mit Fett
- Umluftbetrieb, Umluft kühlt das Fett bis zum Erstarrungspunkt
- Luft wird auf -10°C unterkühlt und getrocknet, anschliessend wieder auf die erforderliche Einblastemperatur aufgeheizt
- Holzkessel für die Beheizung der Fetttänke und Begleitheizung der Fettleitungen

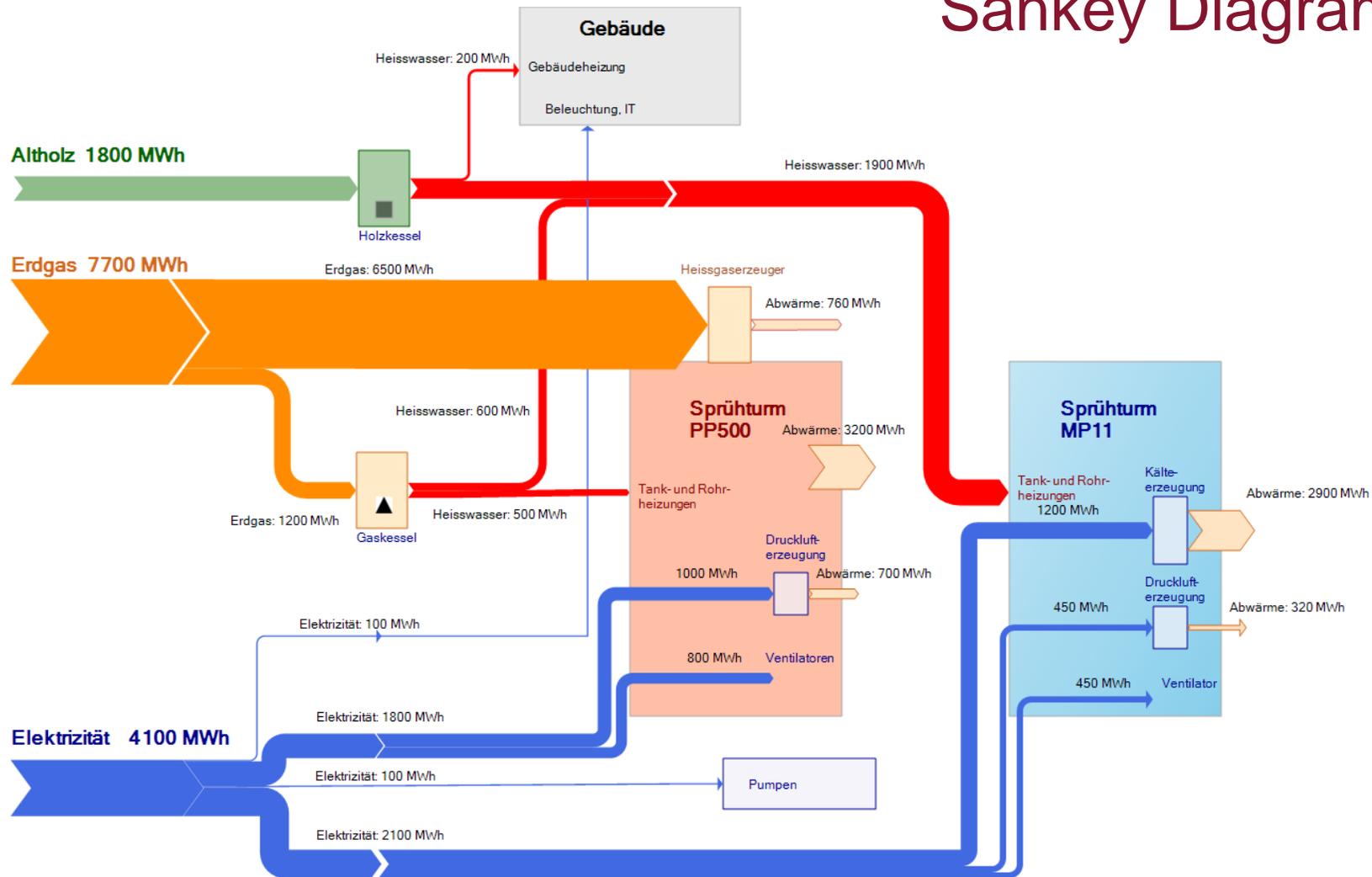
Vorhandene AWN:

- Abwärme der Kälteanlage dient zum Aufheizen der Zuluft
- Druckluft-Abwärme ungenutzt

Prozessschema MP11



Sankey Diagramm



Resultate Paket 1, Betriebsoptimierung

Heizung und Wärmeverteilung:

- Leitungsdämmung
- Rückbau alter Anlagenteile
- Umwälzpumpen redimensionieren oder Pumpenstufe reduzieren
- total 10 Massnahmen mit Einsparpotenzial 155 MWh Wärme, 27 MWh Elektrizität, Kosten CHF 60'000, K/N-Verhältnis 4,5 Jahre.

Kälteerzeugung:

- Verdampfungstemperatur erhöhen
- Kondensationstemperatur reduzieren
- Kaltwasserpumpen mit FU ausstatten
- Ventilatoren der Rückkühler mit FU ausstatten
- total 8 Massnahmen mit Einsparpotenzial 118 MWh Elektrizität, Kosten CHF 32'000, K/N-Verhältnis 2 Jahre
- Alternativ: Komplettersatz der Kälteanlage für CHF 600'000.- bei Einsparungen von 510 MWh Elektrizität

Resultate Paket 1, Betriebsoptimierung

Druckluftherzeugung:

- Leckageanalyse und -behebung
- Netztrennung und Druckreduktion in einem Teilnetz
- Teilnetz am Wochenende absperren
- Druckverlust durch Einbau eines grösseren Druckkessel verringern
- Ergänzung der Anlage durch einen drehzahlgeregelten Kompressor
- total 6 Massnahmen mit Einsparpotenzial 288 MWh Elektrizität, Kosten CHF 89'000, K/N-Verhältnis 2,5 Jahre

Resultate Paket 2, optimale AWN mit Pinch-Methode

Sprühtrockner PP500:

1. Datenerhebung

- Prozessdaten wurden über 5½ Monate erfasst
- 24 Produktionszyklen mit 10 verschiedenen Produkten erfasst
- Prozessanforderungen sind für jedes Produkt verschieden
- im Erfassungszeitraum verursachen 5 Produkte 94% des Energiebedarfs
→ Reduktion der Daten auf die 5 wichtigsten Produkte

2. Modellierung

- Energie- und Massenflüsse sind gemessen oder können aus den gemessenen Temperaturen berechnet werden
→ genaue Modellierung der Energie- und Massenflüsse möglich
→ heutige Abwärmenutzung kann exakt bilanziert werden
- Modellierung der relevanten Prozessströme für die ausgewählten 5 Produkte im PinCH-Tool der Hochschule Luzern

Resultate Paket 2, optimale AWN mit Pinch-Methode

Sprühtrockner PP500:

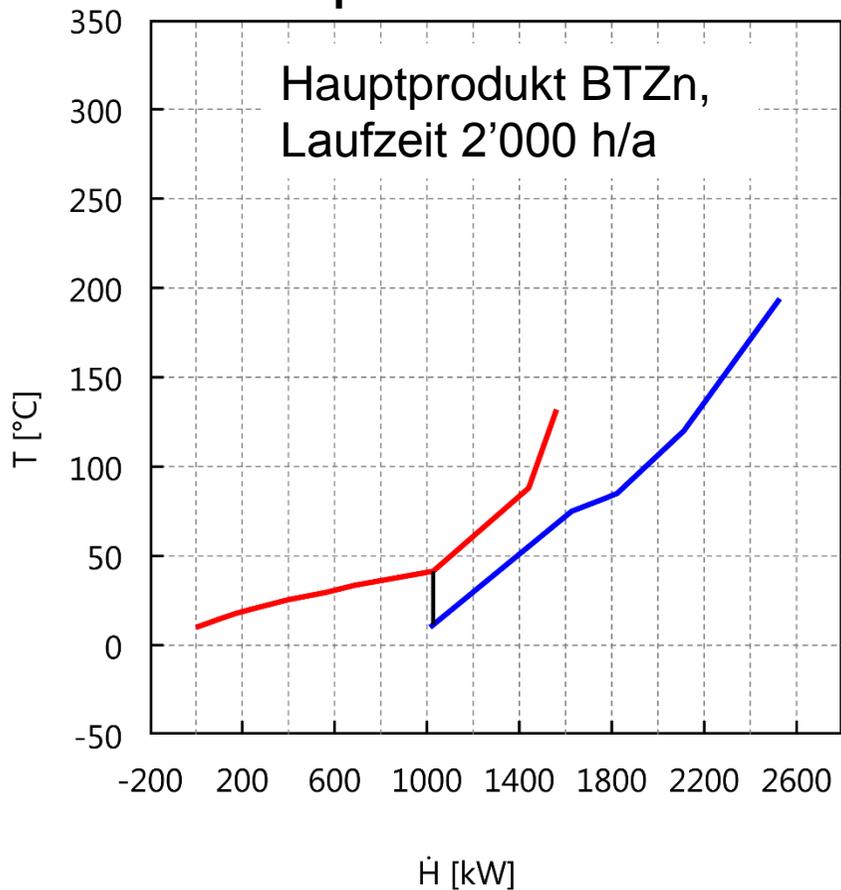
3. Wärmetauscher-Netzwerk

- Heutige Abwärmenutzung abgebildet
- 5 Produkte als 5 operating cases erfasst
- optimales Wärmetauscher-Netzwerk für jedes Produkt entworfen
- Wärmetauscher-Netzwerk vereinheitlicht anhand der Relevanz der Produkte

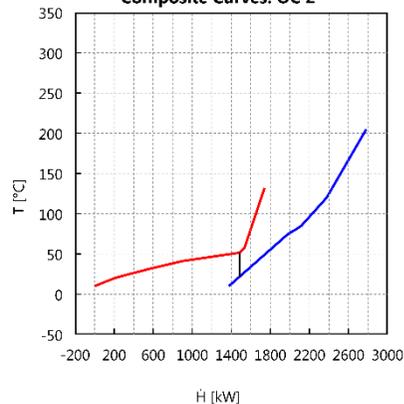
PinCH: Composite Curves

Produkte MgF, BTCu, BTMn, BTFe,
Laufzeiten 900 bis 400 h/a

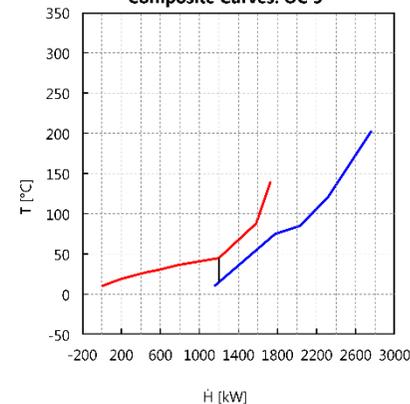
Composite Curves: OC 1



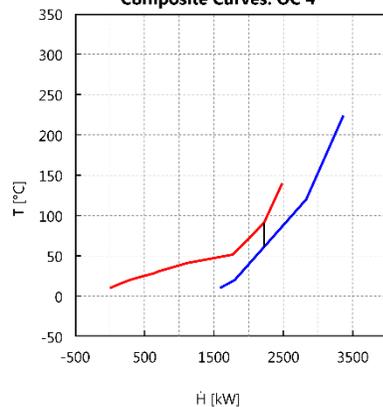
Composite Curves: OC 2



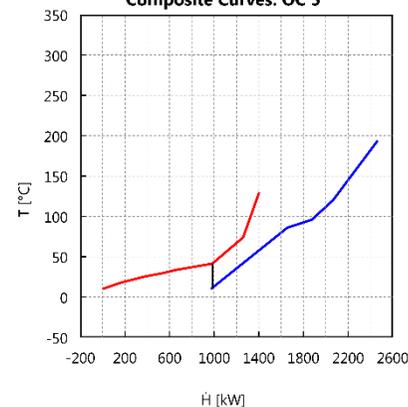
Composite Curves: OC 3



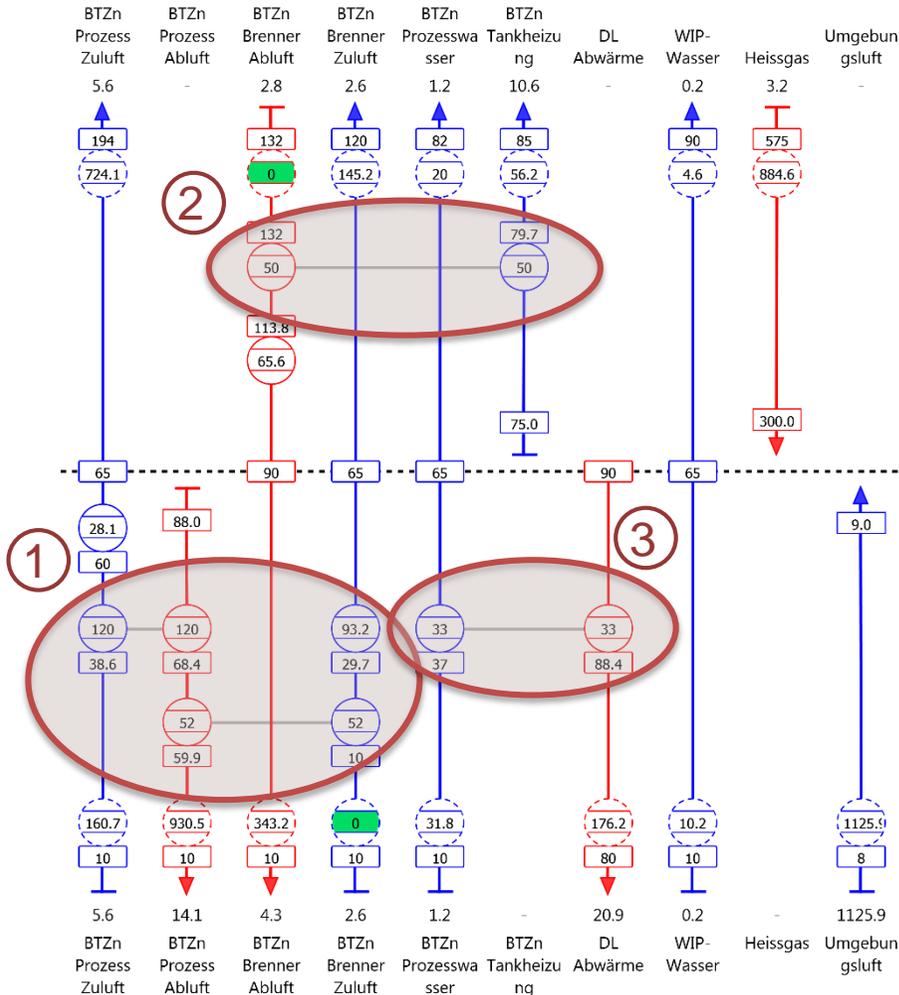
Composite Curves: OC 4



Composite Curves: OC 5

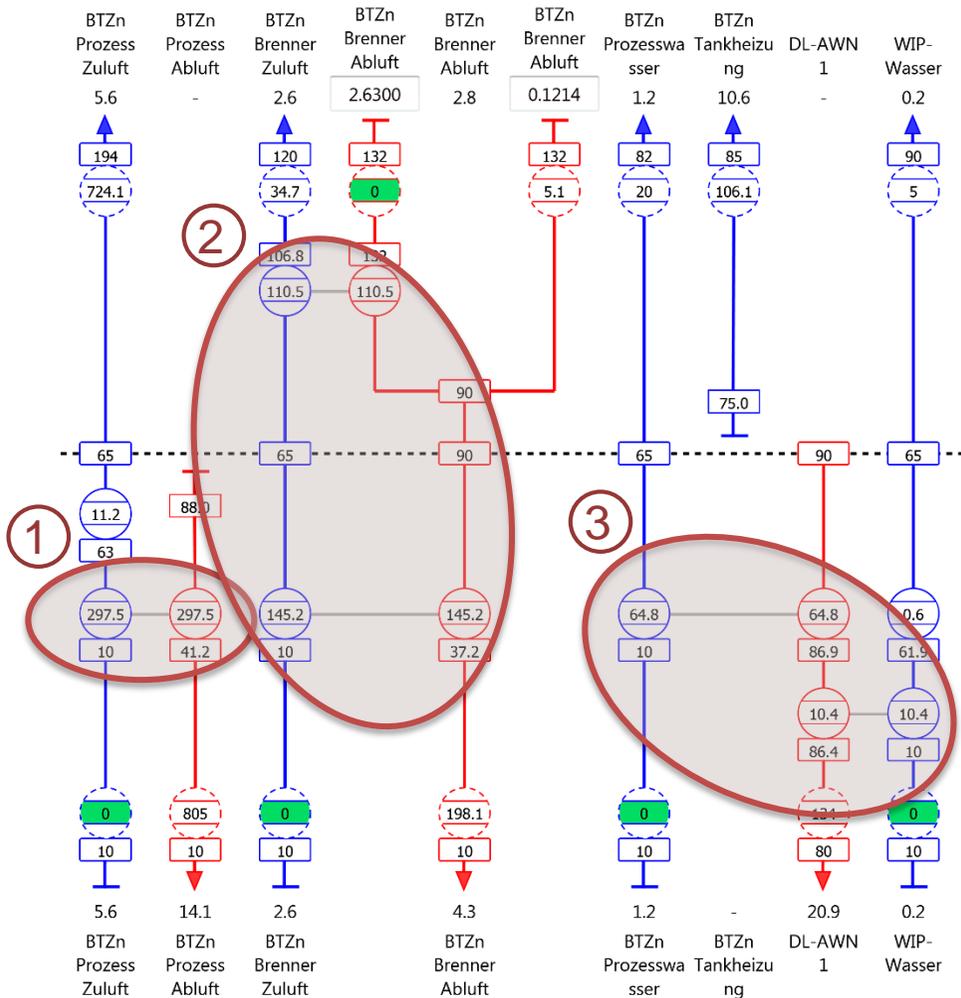


PinCH: HEX-Netzwerk für heutige AWN



1. Abwärme aus Prozessabluft für Vorwärmung Prozesszuluft und Brenner-Zuluft (Heissgaserzeuger) durchschnittlich 172 kW, 4'400 h
2. Abwärme aus Brenner-Abluft (Abgase Heissgaserzeuger) an Tank- und Begleitheizung, durchschnittlich 50 kW, 4'400 h
3. Druckluft-Abwärme zur Vorwärmung des Prozesswassers durchschnittlich 33 kW, 4'400 h

PinCH: HEX-Netzwerk für Hauptprodukt BTZn



1. Abwärme aus Prozessabluft ausschliesslich für Vorwärmung Prozesszuluft. 297,5 kW bei BTZn, Durchschnitt alle 5 Produkte: 232 kW, 4'400 h.
2. Abwärme aus Brenner-Abluft für Vorwärmung Brenner-Zuluft. 255,7 kW bei BTZn, Ø 258 kW, 4'400 h.
3. Druckluft-Abwärme zur Vorwärmung des Prozesswassers und des Reinigungswassers (WIP-Wasser). 75.2 kW bei BTZn, Ø 65 kW, 4'400 h + Ø 12 kW, 1'200 h

PinCH: Zusammenstellung der Wärmetauscher (1/3)

Name	Heat Flow [kW]	Duration [h]	Heat [MWh]	Hot Stream	Hot Tin [°C]	Hot TOut [°C]	Hot Mass Flow[kg/s]	Hot Cp [kJ/(kg*K)]	Hot CP [kW/K]	Cold Stream	Cold Tin [°C]	Cold TOut [°C]	Cold Mass Flow[kg/s]	Cold Cp [kJ/(kg*K)]	Cold CP [kW/K]	k [W/(m²*K)]	LMTD [K]	Area [m²]	Cost [CHF]	Profitability [[CHF]/MWh]	HEX Type
BTZn Prozess Abluft - BTZn Prozess Zuluft	261	2'000	521	BTZn Prozess Abluft	88	41	5.07	1.10	5.60	BTZn Prozess Zuluft	11	58	5.55	1.01	5.61	33.33	30.06	260	236'589	454	Counter Current
MgF Prozess Abluft - MgF Prozess Zuluft	29	900	26	MgF Prozess Abluft	58	52	4.03	1.18	4.77	MgF Prozess Zuluft	10	16	4.72	1.01	4.77	32.99	42	21	39'163	1520	Counter Current
BTCu Prozess Abluft - BTCu Prozess Zuluft	232	600	139	BTCu Prozess Abluft	88	45	4.79	1.13	5.40	BTCu Prozess Zuluft	10	53	5.35	1.01	5.41	31.16	35.04	213	205'037	1472	Counter Current
BTMn Prozess Abluft - BTMn Prozess Zuluft	201	400	80	BTMn Prozess Abluft	91	52	4.35	1.18	5.14	BTMn Prozess Zuluft	10	49	5.09	1.01	5.15	31.02	42.03	154	162'851	2031	Counter Current
BTFe Prozess Abluft - BTFe Prozess Zuluft	173	500	86	BTFe Prozess Abluft	74	42	4.89	1.10	5.40	BTFe Prozess Zuluft	10	42	5.35	1.01	5.41	31.88	32.03	169	174'324	2018	Counter Current
BTZn Brenner Abluft - BTZn Brenner Zuluft	235	2'000	471	BTZn Brenner Abluft	132	41	2.47	1.05	2.60	BTZn Brenner Zuluft	11	101	2.61	1.01	2.64	30.59	30.68	251	230'548	490	Counter Current
MgF Brenner Abluft - MgF Brenner Zuluft	210	900	189	MgF Brenner Abluft	132	52	2.48	1.06	2.62	MgF Brenner Zuluft	10	89	2.61	1.01	2.64	31.76	42.3	156	164'572	872	Counter Current
BTCu Brenner Abluft - BTCu Brenner Zuluft	258	600	154	BTCu Brenner Abluft	140	45	2.57	1.06	2.71	BTCu Brenner Zuluft	10	105	2.69	1.01	2.72	31.23	35.19	234	219'655	1422	Counter Current
BTMn Brenner Abluft - BTMn Brenner Zuluft	449	400	180	BTMn Brenner Abluft	140	52	4.86	1.05	5.10	BTMn Brenner Zuluft	10	97	5.09	1.01	5.15	31.72	42.41	334	282'277	1572	Counter Current
BTFe Brenner Abluft - BTFe Brenner Zuluft	217	500	108	BTFe Brenner Abluft	130	42	2.33	1.05	2.46	BTFe Brenner Zuluft	10	98	2.44	1.01	2.47	31.31	32.14	215	206'733	1910	Counter Current
DL-AWN 1 - BTZn Prozesswasser	65	2'000	130	DL-AWN 1	90	87	4.99	4.19	20.92	BTZn Prozesswasser	10	65	0.28	4.21	1.18	500	46.19	2.8	9'494	73	Counter Current
DL-AWN 2 - MgF Prozesswasser	58	900	52	DL-AWN 2	83	80	4.99	4.19	20.92	MgF Prozesswasser	27	57	0.46	4.21	1.94	500	38.18	3.0	10'054	192	Counter Current
DL-AWN 3 - BTCu Prozesswasser	81	600	49	DL-AWN 3	90	86	4.99	4.19	20.92	BTCu Prozesswasser	10	65	0.35	4.21	1.47	500	45.91	3.5	11'172	230	Counter Current
DL-AWN 4 - BTMn Prozesswasser	18	400	7	DL-AWN 4	90	89	4.99	4.19	20.92	BTMn Prozesswasser	10	20	0.43	4.20	1.80	500	74.48	0.5	2'728	378	Counter Current
DL-AWN 5 - BTFe Prozesswasser	63	500	31	DL-AWN 5	90	87	4.99	4.19	20.92	BTFe Prozesswasser	10	65	0.27	4.21	1.14	500	46.23	2.7	9'242	296	Counter Current
DL-AWN - WIP-Wasser	12	1'200	14	DL-AWN	85	84	4.99	4.19	20.92	WIP-Wasser	10	75	0.044	4.21	0.19	500	32	0.7			Counter Current

PinCH: Zusammenstellung der Wärmetauscher (2/3)

Name	Heat Flow [kW]	k [W/(m ² *K)]	LMTD [K]	Area [m ²]	Cost [CHF]	HEX Type
BTZn Prozess Abluft - BTZn Prozess Zuluft	261	33.33	30.06	260	236'589	Counter Current
MgF Prozess Abluft - MgF Prozess Zuluft	29	32.99	42	21	39'163	Counter Current
BTCu Prozess Abluft - BTCu Prozess Zuluft	232	31.16	35.04	213	205'037	Counter Current
BTMn Prozess Abluft - BTMn Prozess Zuluft	201	31.02	42.03	154	162'851	Counter Current
BTFe Prozess Abluft - BTFe Prozess Zuluft	173	31.88	32.03	169	174'324	Counter Current

Bsp. Wärmetauscher zwischen Turmzu- und abluft:

- z.T. sehr unterschiedliche Auslegung der Wärmetauscher für die verschiedenen Produkte
- Produkt BTZn hat die längste Laufzeit (50% der gesamten Produktionszeit)
- BTZn erfordert den grössten Wärmetauscher und ermöglicht die grösste Abwärmenutzung → Wärmetauscher auf diese Anforderung auslegen.
- Kontrolle: welche Temperaturen und Leistungen ergeben sich bei dieser Auslegung für die übrigen Produkte → siehe nächste Folie

PinCH: Zusammenstellung der Wärmetauscher (3/3)

Name	Heat Flow [kW]	Duration [h]	Heat [MWh]	Hot Stream	Hot Tin [°C]	Hot TOut [°C]	Hot Mass Flow[kg/s]	Hot Cp [kJ/(kg*K)]	Hot CP [kW/K]	Cold Stream	Cold Tin [°C]	Cold TOut [°C]	Cold Mass Flow[kg/s]	Cold Cp [kJ/(kg*K)]	Cold CP [kW/K]	k [W/(m²*K)]	LMTD [K]	Area [m²]	Cost [CHF]	Profitability [[CHF]/MWh]	HEX Type
BTZn Prozess Abluft - BTZn Prozess Zuluft	260	2'000	521	BTZn Prozess Abluft	88	41	5.07	1.10	5.60	BTZn Prozess Zuluft	11	58	5.55	1.01	5.61	33.33	30	260	236'589	454	Counter Current
MgF Prozess Abluft - MgF Prozess Zuluft	148	900	133	MgF Prozess Abluft	58	27	4.03	1.18	4.77	MgF Prozess Zuluft	10	41	4.72	1.01	4.77	33.33	17	260	236'589	1780	Counter Current
BTCu Prozess Abluft - BTCu Prozess Zuluft	260	600	156	BTCu Prozess Abluft	88	40	4.79	1.13	5.40	BTCu Prozess Zuluft	10	58	5.35	1.01	5.41	33.33	30	260	236'589	1519	Counter Current
BTMn Prozess Abluft - BTMn Prozess Zuluft	261	400	105	BTMn Prozess Abluft	91	40	4.35	1.18	5.14	BTMn Prozess Zuluft	10	61	5.09	1.01	5.15	33.33	30	260	236'589	2263	Counter Current
BTFe Prozess Abluft - BTFe Prozess Zuluft	213	500	106	BTFe Prozess Abluft	74	35	4.89	1.10	5.40	BTFe Prozess Zuluft	10	49	5.35	1.01	5.41	33.33	25	260	236'589	2222	Counter Current
Summe/Mittelwert	232	4'400	1'021																236'589	232	
BTZn Brenner Abluft - BTZn Brenner Zuluft	239	2'000	478	BTZn Brenner Abluft	132	40	2.47	1.05	2.60	BTZn Brenner Zuluft	11	102	2.61	1.01	2.64	33.33	29	251	230'548	482	Counter Current
MgF Brenner Abluft - MgF Brenner Zuluft	243	900	219	MgF Brenner Abluft	132	39	2.48	1.06	2.62	MgF Brenner Zuluft	10	102	2.61	1.01	2.64	33.33	29	251	230'548	1052	Counter Current
BTCu Brenner Abluft - BTCu Brenner Zuluft	266	600	160	BTCu Brenner Abluft	140	42	2.57	1.06	2.71	BTCu Brenner Zuluft	10	108	2.69	1.01	2.72	33.33	32	251	230'548	1444	Counter Current
BTMn Brenner Abluft - BTMn Brenner Zuluft	412	400	165	BTMn Brenner Abluft	140	59	4.86	1.05	5.10	BTMn Brenner Zuluft	10	90	5.09	1.01	5.15	33.33	49	251	230'548	1399	Counter Current
BTFe Brenner Abluft - BTFe Brenner Zuluft	228	500	114	BTFe Brenner Abluft	130	37	2.33	1.05	2.46	BTFe Brenner Zuluft	10	102	2.44	1.01	2.47	33.33	27	251	230'548	2021	Counter Current
Summe/Mittelwert	258	4'400	1'136		134		2.69												230'548	203	
DL-AWN 1 - BTZn Prozesswasser	72	2'000	144	DL-AWN 1	90	87	4.99	4.19	20.92	BTZn Prozesswasser	10	71	0.28	4.21	1.18	500	41	3.5	11'172	77	Counter Current
DL-AWN 2 - MgF Prozesswasser	64	900	57	DL-AWN 2	83	80	4.99	4.19	20.92	MgF Prozesswasser	27	59	0.46	4.21	1.94	500	36	3.5	11'172	195	Counter Current
DL-AWN 3 - BTCu Prozesswasser	71	600	42	DL-AWN 3	90	87	4.99	4.19	20.92	BTCu Prozesswasser	10	72	0.27	4.21	1.14	500	40	3.5	11'172	263	Counter Current
DL-AWN 4 - BTMn Prozesswasser	18	400	7	DL-AWN 4	90	89	4.99	4.19	20.92	BTMn Prozesswasser	10	20	0.43	4.20	1.80	500	74	3.5	11'172	1552	Counter Current
DL-AWN 5 - BTFe Prozesswasser	71	500	35	DL-AWN 5	90	87	4.99	4.19	20.92	BTFe Prozesswasser	10	72	0.27	4.21	1.14	500	40	3.5	11'172	316	Counter Current
Summe/Mittelwert	65	4'400	287																11'172	39	
DL-AWN - WIP-Wasser	12	1'200	14	DL-AWN	85	84	4.99	4.19	20.92	WIP-Wasser	10	75	0.044	4.21	0.19	500	32	0.7			Counter Current

Resultate Paket 2, optimale AWN mit Pinch-Methode

Sprühtrockner PP500:

4. Massnahmen PP500

- Vorwärmung Brenner-Zuluft mit Brenner-Abluft
- Vorwärmung Prozess-Zuluft durch Prozess-Abluft
- zwei Druckluftkompressoren mit bestehender Abwärmenutzung: AWN durch Steuerungsanpassung optimieren
- WIP-Wasser mit Druckluft-Abwärme vorwärmen
- total 4 Massnahmen mit Einsparpotenzial 1'250 MWh Heizwärme, Kosten CHF 550'000, K/N-Verhältnis 7 Jahre
- Evtl. können Teile der heutigen AWN weiterverwendet werden. Dadurch verringern sich die Kosten und das Kosten-/Nutzenverhältnis wird besser.
- Oder Reduktion auf 2 Massnahmen: Einsparpotenzial 1'056 MWh Heizwärme, Kosten CHF 270'000, K/N-Verhältnis 4 Jahre

Resultate Paket 2, optimale AWN mit Pinch-Methode

Sprühturm MP11:

1. Datenerhebung
 - keine Energiezähler vorhanden
 - Prozessdaten für die wichtigsten drei Produkte werden von Hand protokolliert
2. Modellierung
 - Energie- und Massenflüsse anhand der protokollierten Daten modelliert
 - Berechneter Kältebedarf stimmt nur bedingt mit dem tatsächlichen Verbrauch überein (Modellierung um 50% zu tief)
 - Wärmebedarf der erfassten Ströme sehr gering, nur 10% des tatsächlichen Verbrauchs
→ restliche 90% für Tank- und Begleitheizung. Dies kann über die Auslegungsleistungen der Heizkreise verifiziert werden.
 - Das so erreichte Prozessverständnis reicht aus zur Formulierung von Einsparmassnahmen.

Resultate Paket 2, optimale AWN mit Pinch-Methode

Sprühturm MP11:

3. Wärmetauscher Netzwerk

- Abbildung im PinCH-Tool macht keinen Sinn
- einziges Potenzial für AWN: Vorwärmung der Turm-Zuluft durch Turm-Abluft bei Produkt «Fett coating», Luftmenge 20'000 m³/h, Temperaturdifferenz 42°C → 10°C, 640 Betriebsstunden pro Jahr → AWN-Potenzial sehr gering, Laufzeit zu kurz für eine gute Wirtschaftlichkeit.

4. Massnahmen MP11:

- Unterkühlung der Umluft auf das erforderliche Minimum reduzieren
- Verdampfungstemperatur der zweiten Kühlstufe bedarfsgerecht regeln
- Druckluft-Abwärmenutzung auch beim MP11 implementieren
- total 4 Massnahmen mit Einsparpotenzial 205 MWh Elektrizität, 366MWh Heizwärme, Kosten CHF 125'000, K/N-Verhältnis 3 Jahre

Zusammenfassung Resultate

Massnahme	Kosten	Einsparung Wärme [MWh]	Einsparung Elektrizität [MWh]	Kosten- einsparung	Kosten- /Nutzen- verhältnis
BO Wärmeverteilung	CHF 60'000.-	155	27	CHF 13'500.-	4,5 Jahre
BO Kälteerzeugung	CHF 32'000.-	-	118	CHF 15'000.-	2 Jahre
BO Druckluftherzeugung	CHF 89'000.-	-	288	CHF 36'000.-	2,5 Jahre
PP500: drei wirtschaftlichste Massnahmen	CHF 270'000.-	1'056	-	CHF 68'000.-	4 Jahre
MP11: Prozessoptimierung und Druckluft AWN	CHF 125'000.-	366	205	CHF 44'000.-	3 Jahre
Total	CHF 576'000.-	1'577	638	CHF 176'500.-	3,5 Jahre