

Schlussbericht, September 2016

Pinch-Analyse

KVA und HKW Basel

Mit Unterstützung von



Diese Studie wurde mit Unterstützung von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern

Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

Pinch-Feinanalyse KVA + HKW Basel

Schlussbericht, 29. Juli 2016

Erstellt für IWB Industrielle Werke Basel
Herr Lüthy Florian
Leiter Produktion Energie
Margarethenstrasse 40
4002 Basel

Rytec AG
Alte Bahnhofstrasse 5
3110 Münsingen

Projektverantwortung:	Urban Frei (Rytec)
Projektleitung:	Martin Kiener (Rytec)
Projektmitarbeit:	Curdin Christen (Rytec)
Pinch-Coaching:	Rainer Schödel (Helbling)

Münsingen, 29. Juli 2016

Mit Unterstützung von

Diese Studie wurde mit Unterstützung von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

EnergieSchweiz Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern

Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

- Für die IWB wurde eine Gesamtenergieanalyse des Standorts KVA/HKW mit Hilfe der Pinch-Methode durchgeführt.
- Dabei wurden verschiedene Wärmerückgewinnungsmassnahmen bezüglich WRG-Potenzial, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit vertieft untersucht.
- Mit den beiden Massnahmen „WRG vor Quench“ aus dem Rauchgas der beiden KVA-Ofenlinien, sowie „WRG vor Kamin“ aus dem Reingas des HKW könnten bis zu 6 MW zusätzlich ins Fernwärmenetz eingespeist werden.
- Weiter konnten betriebliche Optimierungsmassnahmen aufgezeigt werden
- Zudem könnte für das zukünftige HKW 2 der Einsatz eines Holztrockners in Kombination mit einer Rauchgaskondensation interessant sein.

1. Ausgangslage/Zielsetzung	5
2. Ist-Analyse	6
3. Pinch-Analyse	23
4. Massnahmen	36
5. Empfehlungen	53
6. Weitere Beobachtungen	54
7. Ausblick	57

Ausgangslage

- Im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) wurden auf diversen Kehrrechtverbrennungsanlagen (KVA) Analysen des Energiesystems durchgeführt.
- Da bei diesen Analysen Verbesserungs-Potential aufgezeigt werden konnte, wurde für die KVA/HKW Basel eine weitere Analyse mitunterstützt.

Folgende Ziele werden mit dieser Studie verfolgt:

- Analyse der Wärmekaskaden und darauf basierend Erarbeitung von Einsparmassnahmen.
- Massnahmen zur Reduktion von Abwärmeverlusten und des Eigenbedarfs.
- Aufzeigen des aus den Massnahmen resultierenden zukünftigen höheren Strom- oder Fernwärmenutzungsgrades.

Allgemeine Beschreibung

- Die KVA Basel in der jetzigen Ausführung mit zwei Ofenlinien ging 1999 in Betrieb.
- Pro Jahr werden in zwei Ofenlinien (OL2, OL3) rund 225'000 Tonnen Abfall sowie im HKW rund 60'000 t Hackschnitzel verbrannt.
- Der Frischdampf mit 39 bara Druck (HD-Dampf) wird über eine 17.18 MW Gegendruckturbine auf 4.5 bara sowie über eine 2.7 MW ND-Gegendruckturbine auf 1.2 bara entspannt.
- Von der KVA führen ein Fern**wärme**strang (VL/RL: 170/60) mit einer Gesamtleistung von max. 140 MW sowie zwei Fernd**dampf**stränge mit einer Gesamtleistung von max. 45 MW weg.
- Die Energie für die Fern**wärme** wird mit dem Abdampf aus der ND-Gegendruckturbine sowie über die ND- und MD-Schienen bereitgestellt.
- Die Energie für das Fernd**dampf**netz wird über MD-Entnahme sowie über Gaskessel bereitgestellt.
- Bei zu geringem Wärme- und Dampfbedarf wird die Restdampfmenge über einen Luftkondensator (LuKo) kondensiert.
- Interne Verbraucher werden über über die MD-Entnahme (LuVo KVA) sowie über die ND-Entnahme (LuVo HKW, SpW-Vorwärmung) gespeist.
- Im Jahr 2014 wurden 100 GWh elektrische Energie produziert und davon 70.5 GWh ins öffentliche Netz eingespeist. Die Abgabe ins Fernwärme- und Ferndampfnetz betrug im selben Zeitraum 671 GWh (527 GWh Wärme und 144 GWh Dampf).

Ist-Analyse

Wasser-Dampf-System, Mittelwerte Winter (Sommer) 2014



Dampfproduktion

- OL2: 53.8 (53.8) t/h
- OL3: 53.8 (53.8) t/h
- HKW: 42.8 (0) t/h

HD-Schiene

- Output auf Turbine: 139.25 (102.1) t/h
- Output für K25/26-Warmhaltung (Annahme): 1 t/h

MD-Schiene

- Output auf Luftvorwärmer KVA: 3.8 (3.7) t/h
- Output Ferndampfnetz: 9.1 (2.9) t/h
- Output auf HeiKo 2: 29.2 (19.5) t/h

Ist-Analyse

Wasser-Dampf-System, Mittelwerte Winter (Sommer) 2014



ND-Dampf

- Output auf HKW-LuVo (inkl. NaOH₃-Vorwärmung): 1.3 (0) t/h
- Output SpW-Vorwärmung: 12.9 (6.0) t/h
- Output zu HeiKo 1: 41.9 (23.3) t/h
- Output zu ND-Turbine: 42.4 (28.6) t/h
- Output zu ND-LuKo: 0 (16.0) t/h

Abdampf ND-Turbine

- Output zu HeiKo 0: 44.3 (22.6) t/h
 - Output zu ND2-LuKo: 0.2 (11.9) t/h
- Die maximale Durchflussmenge des ND-LuKo beträgt ca. 18 t/h

Hauptkondensat

- Das vom HeiKo 2 und HeiKo 1 anfallende Kondensat wird zuerst mit dem Kondensat von Heiko 0 gemischt und anschliessend zurück in die Speisewasserbehälter geführt. Ist der ND2-LuKo in Betrieb wird dieser Teilstrom auch dazu gemischt. Von diesem Kondensatstrom wird die benötigte Menge in den HKW-Speisewasserbehälter geleitet.
- Die Kondensate des ND-LuKo werden direkt in die Speisewasserbehälter geleitet.
- Die gesamte Kondensatmenge wird in den Speisewasserbehälter auf 134 °C (KVA) resp. 111 °C (HKW) vorgewärmt.
- In Zukunft soll das Speisewasser der KVA nur noch auf ca. 115 °C vorgewärmt werden.

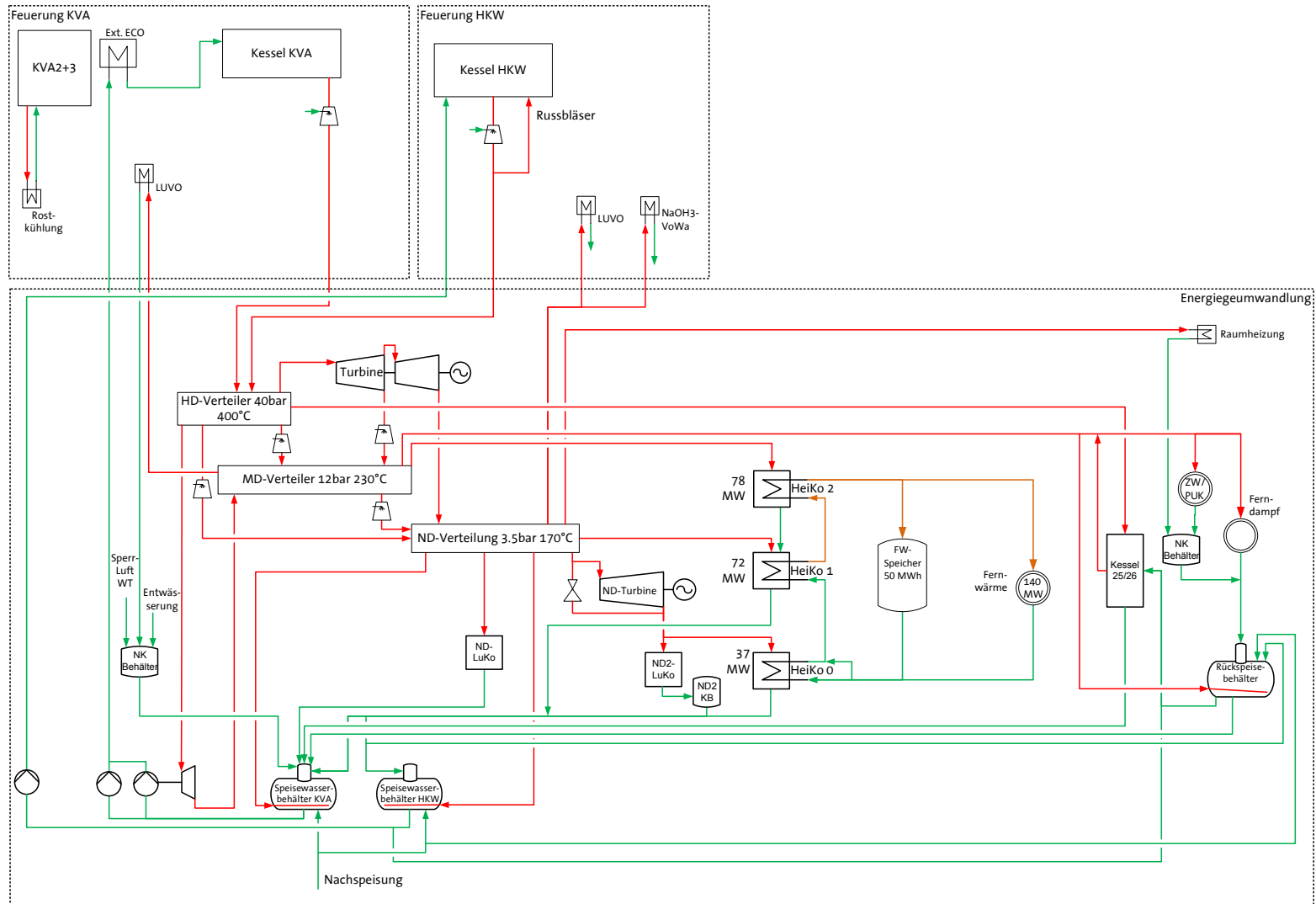
Nebenkondensat

- Die Kondensate der Luftvorwärmung, des Sperrluft-WT sowie der Entwässerungen werden über den Nebenkondensatbehälter dem Speisewasserbehälter zugeführt.
- Die Kondensate der beiden Ferndampfnetze sowie der Gebäudeheizung werden in einem Rückspeisebehälter gesammelt und vorgewärmt. Ein Teil davon wird anschliessend durch die beiden Gaskessel K25/26 wieder aufgeheizt und ins Dampfnetz geführt. Besteht zu wenig Dampfbedarf werden die Kondensate in die Speisewasserbehälter geleitet.
- Ist der ND-LuKo in Betrieb wird die anfallende Kondensatmenge direkt in den Speisewasserbehälter geleitet.

Speisewasser

- Das Speisewasser für die beiden Ofenlinien wird mit 130 °C über einen externen und internen ECO auf rund 200 °C erwärmt und in die Kesseltrommel gefördert. Anschliessend wird das Wasser verdampft und auf 400 °C überhitzt.
- Das Speisewasser für das HKW wird mit 111 °C über einen internen ECO auf 255 °C erwärmt und in die HKW-Kesseltrommel gefördert. Anschliessend wird das Wasser verdampft und auf 400 °C überhitzt.

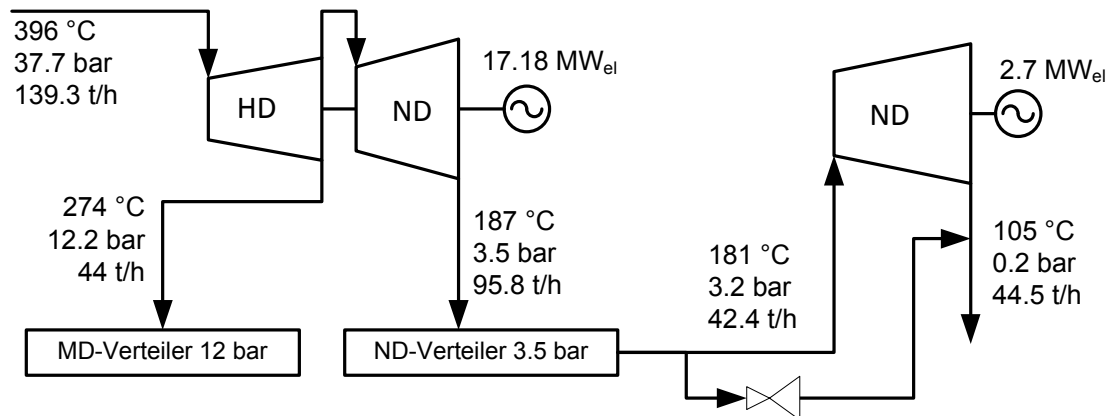
Ist-Analyse Wasser-Dampf-System



Turbinen

- Die maximale Dampfmenge der Gegendruckturbine beträgt 165 t/h.
- Die Turbine hat eine Entnahme bei 12 barü. Die restliche Dampfmenge wird auf 3.5 bar entspannt.
- Die maximal mögliche Entnahmemenge bei 12 barü beträgt 140 t/h. Im jetzigen Betrieb liegt die maximale Entnahme etwa bei 80 t/h.
- In der Niederdruck-Gegendruckturbine wird die Restdampfmenge auf 0.2 barü entspannt.
- Die maximale und minimale Durchflussmenge für die ND-Turbine beträgt 57 t/h resp. 8.6 t/h.

Typische Werte im Betrieb (Druckangaben in barü):



Primärluft

- Die Primärluft wird über zwei Stufen vorgewärmt. In der ersten Stufe wird die Primärluft zusammen mit der Sekundärluft 2 mit der Abwärme aus der Rostkühlung auf 51(62) °C vorgewärmt.
- Die Primärluft der Zonen 3-5 wird mit dieser Temperatur durch den Rost in die Feuerung geblasen.
- In der zweiten Stufe wird die Primärluft der Zonen 1-2 im LuVo mittels MD-Dampf auf 118(128) °C weiter aufgeheizt.

Sekundärluft 1

- Die Sekundärluft 1 wird unter dem Kesselhausdach angesaugt und ohne Vorwärmung direkt in die Brennkammer eingeblasen.

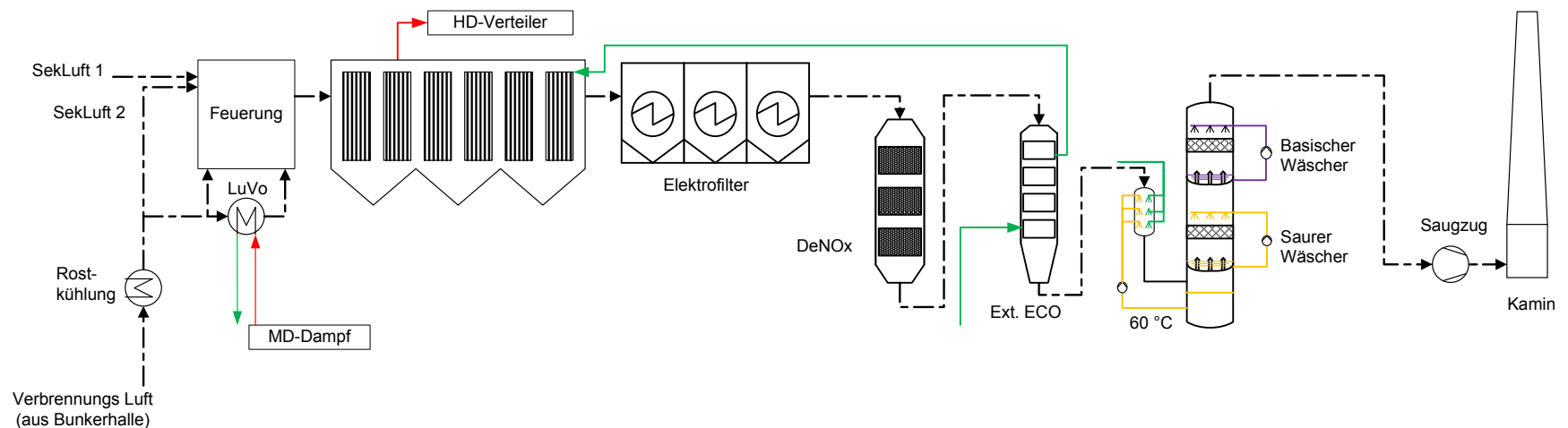
Sekundärluft 2

- Die über die Rostkühlung vorgewärmte Sekundärluft wird als Sekundärluft 2 in die Brennkammer eingeblasen.

Ist-Analyse

Rauchgaslinien KVA

- Die KVA verfügt über zwei identische Rauchgaslinien.
- Die Rauchgase werden nach der Entstaubung im Elektrofilter in einem Katalysator entstickt und anschliessend über einen externen ECO auf 174 °C hinuntergeköhlt.
- Anschliessend werden die Rauchgase mittels Wassereindüsung auf 60 °C gequenchet und gelangen in den Wäscher.
- Die gereinigten Gase werden schliesslich über den Kamin in die Atmosphäre geleitet.



Brennerluft

- Rund 15% der Verbrennungsluft wird vor dem LuVo abgezweigt und als „Brennerluft“ verwendet (zur Kühlung des Brenners, da dieser nur in der Startphase aktiv ist).

Primärluft/Sekundärluft

- Die Primär- und Sekundärluft werden mittels ND-Dampf auf rund 120 °C vorgewärmt.
- Rund 35% davon wird dem Wirbelgas zugemischt.
- Rund 50% der gesamten Verbrennungsluft wird als Sekundärluft eingeblasen.

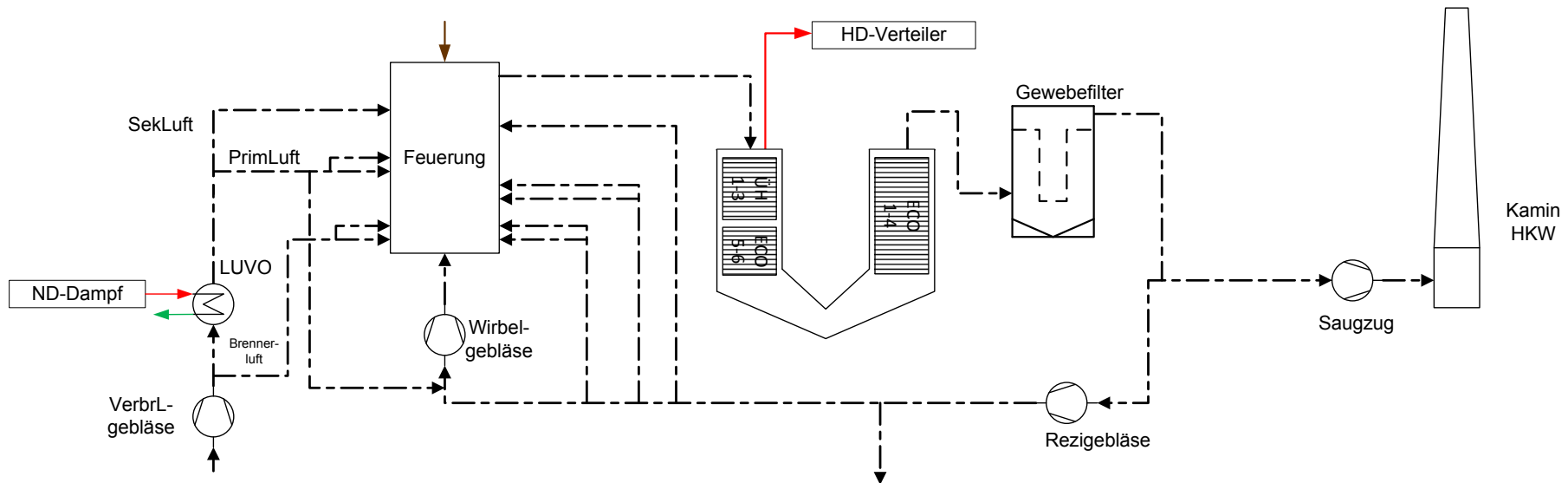
Rauchgasrezirkulation

- Ein grosser Anteil (rund 45%) vom gesamten Gasstrom im HKW besteht aus Rezigas. Dieses wird verwendet als Wirbelgas, zum Einblasen des Brennstoffs und des Harnstoffs (SNCR) sowie als Rezigas im oberen Wirbelbettbereich. Die Temperatur des rückgeführten Rauchgases beträgt rund 150 °C.

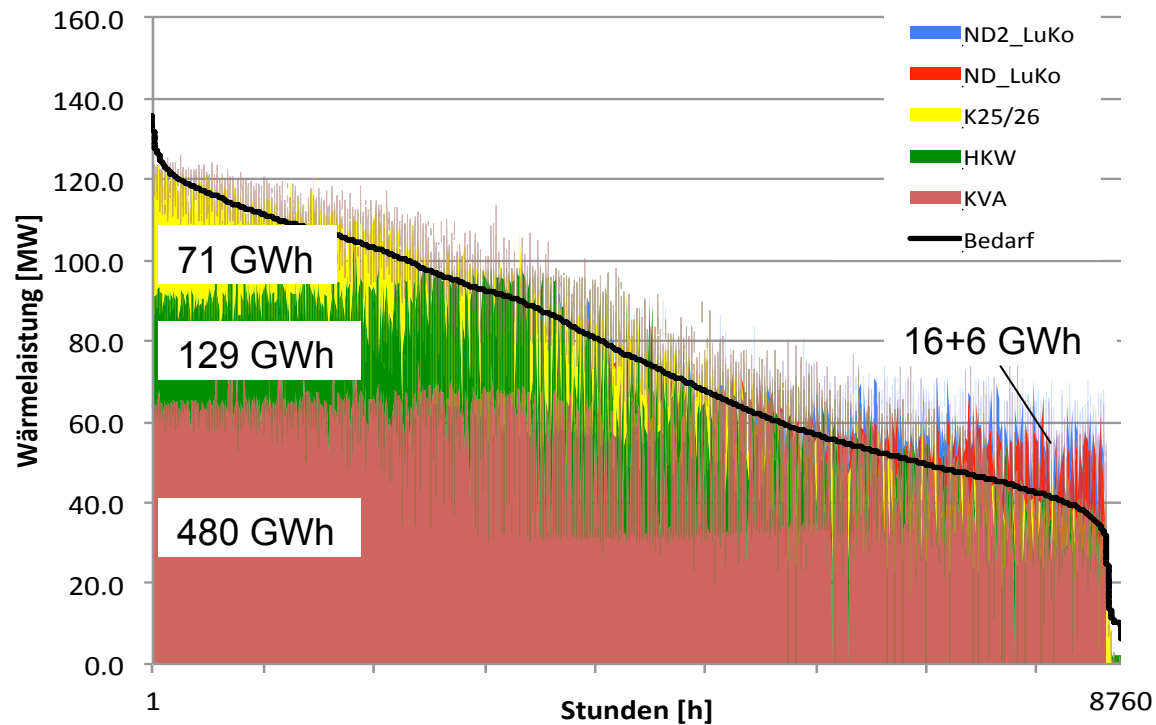
Ist-Analyse

Rauchgaslinie HKW

- Die Rauchgase werden direkt im Feuerraum mittels SNCR entstickt und nach dem ECO in einem Gewebefilter entstaubt.
- Die gereinigten Gase gelangen mit 150 °C durch den Kamin in die Atmosphäre.



Aufteilung der Fernwärme- und Ferndampfproduktion KVA, HKW und Gaskessel K25/26

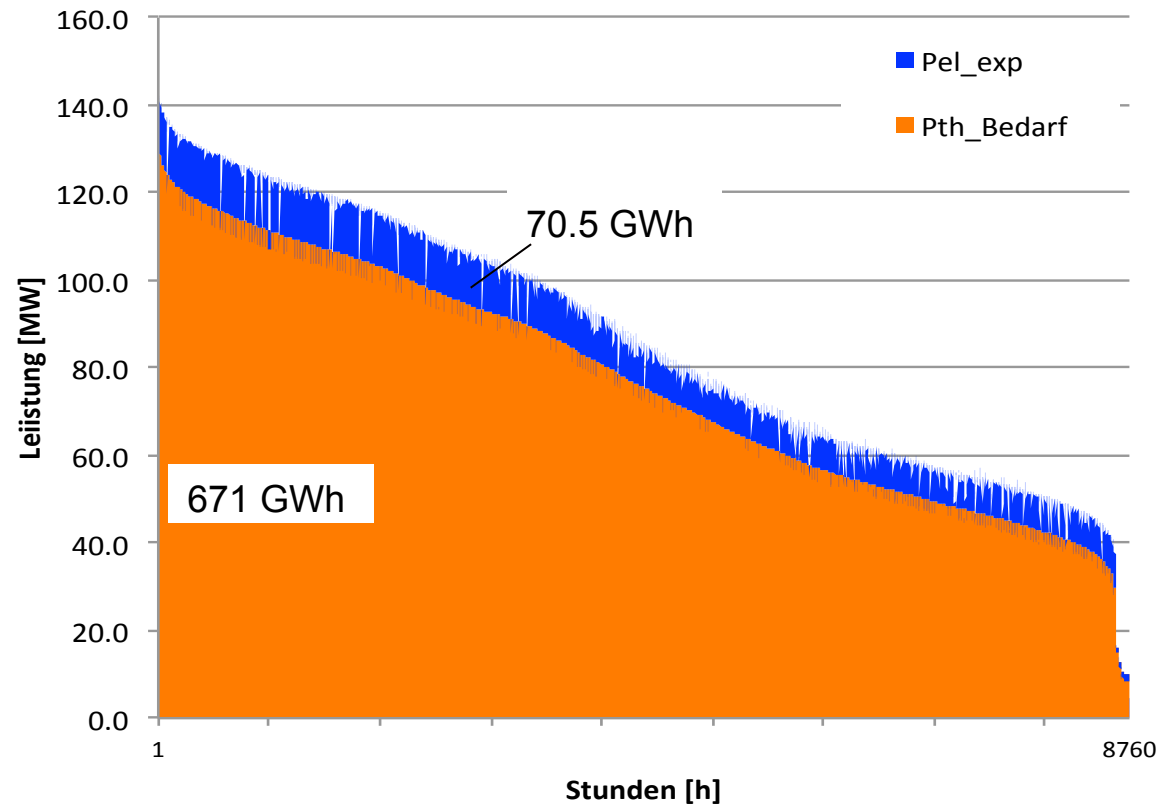


Ist-Analyse

Energieabgabe 2014

- 90.5 % Wärme
(Fernwärme und Ferndampf)
- 9.5 % Strom

Das Diagramm rechts zeigt die Leistungskurve des Wärmebedarfs (Fernwärme und Ferndampf) sowie der exportierten Strommenge.

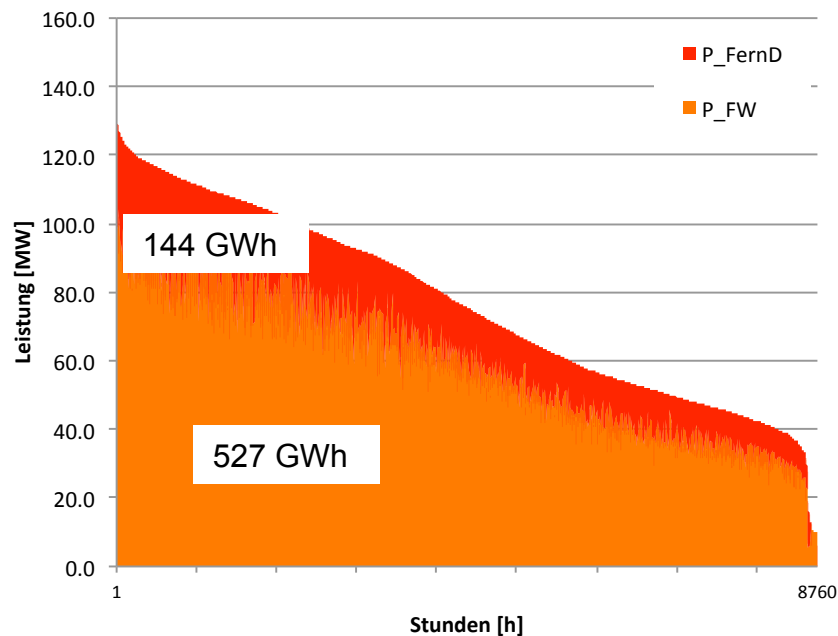


Ist-Analyse

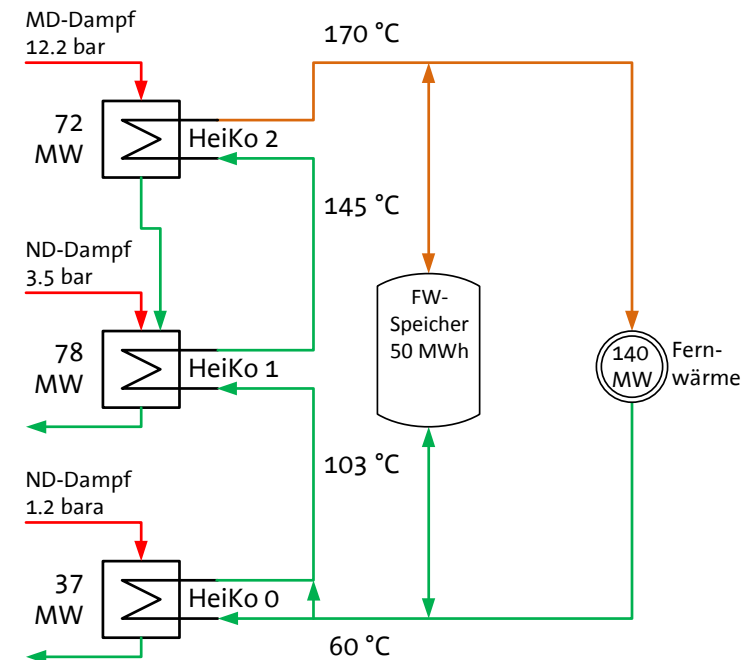
Fernwärme- und Ferndampf-Bedarf 2014

- Der gesamte Fernwärme- und Ferndampfbedarf beträgt 671 GWh pro Jahr
- Der Anteil Ferndampf beträgt 21.5%.
- Das Ferndampfnetz wird mit 12 bar bei 230 °C betrieben.
- Das Fernwärmenetz wird mit einer Vorlauftemperatur von 170 °C und einer Rücklauftemperatur von 60 °C betrieben.
- In Zukunft wird das Fernwärmenetz mit einer Vorlauftemperatur von 120 °C betrieben werden.

Das Diagramm rechts zeigt die Leistungskurve des Fernwärme- und Ferndampfbedarfs.



- Der Rücklauf des Fernwärmenetzes wird zuerst mittels ND-Abdampf aus der ND-Turbine im HeiKo 0 aufgewärmt.
- Anschliessend erfolgt die Temperaturerhöhung im HeiKo 1 mittels ND-Dampf auf 145 °C und im HeiKo 2 mittels MD-Dampf auf 170 °C.
- Für kurzzeitige Laständerungen ist ein Speicher mit einer Kapazität von 50 MWh vorhanden.

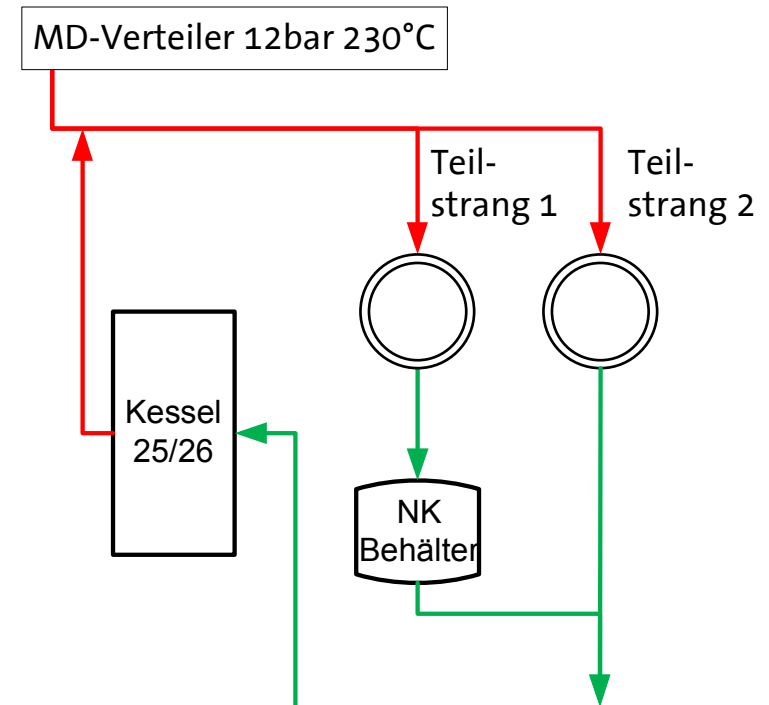


Schema Energieübertragung für das Fernwärmenetz. Die Maximale Fernwärmeabgabe beträgt ca. 140 MW.

Ist-Analyse

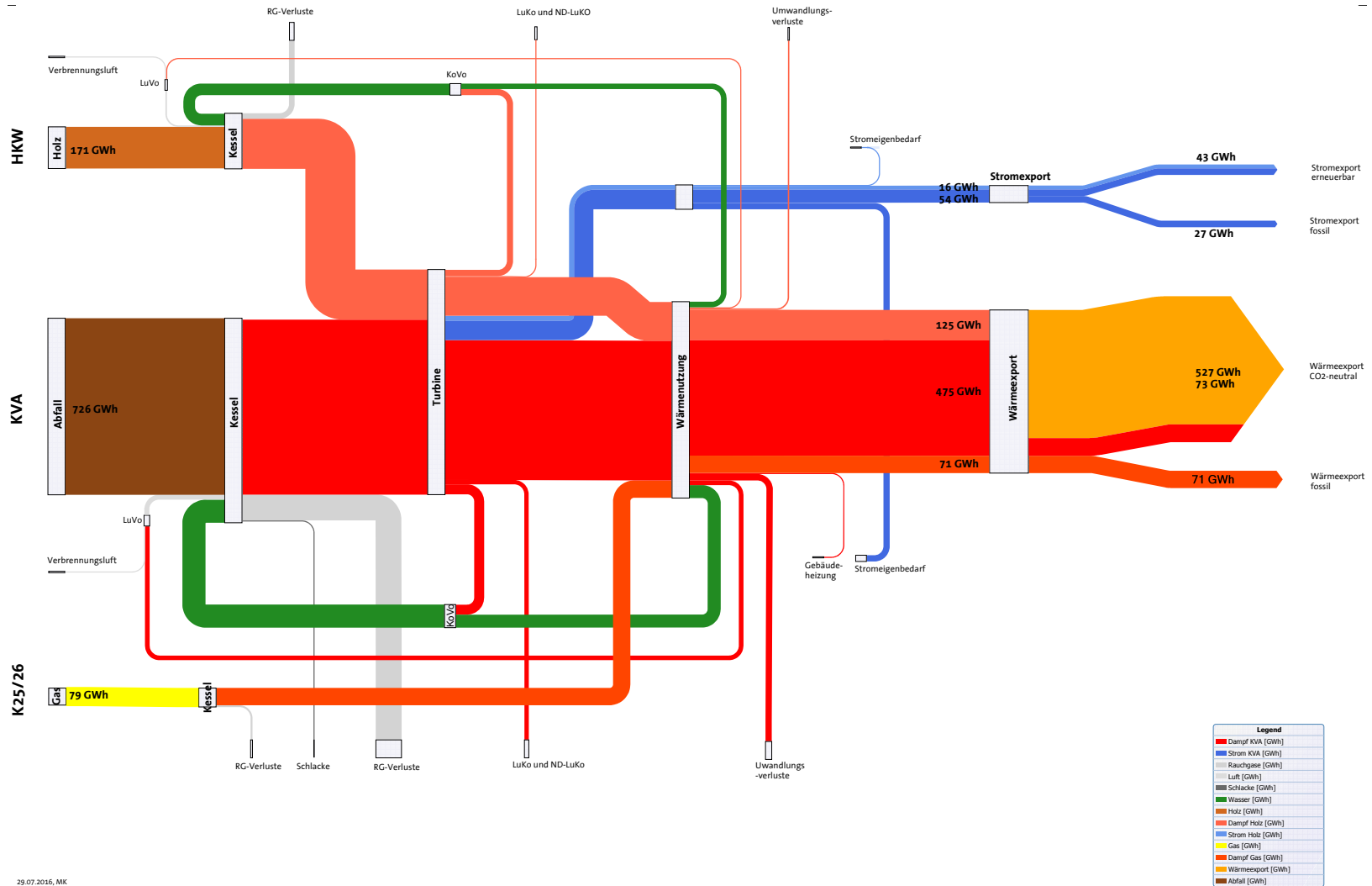
Ferndampf

- Das Ferndampfnetz besteht aus zwei Teilsträngen.
- Der Dampf wird über die MD-Entnahme aus der Turbine sowie über die zwei Gaskessel K25+26 bereitgestellt.



Schema Energieübertragung für
das Ferndampfnetz

Ist-Analyse Sankey-Diagramm



29.07.2016, MK

Pinch-Analyse

Inventar der Wärmeflüsse

+/-	Name	Hot/Cold	Tin [°C]	Tout [°C]	m [kg/s]	Cp [kJ/(kg*K)]	Phase Change [kJ/kg]	α [W/(m²*K)]	Pressure [bar(a)]	CP [kW/K]	$\Delta\dot{H}$ [kW]	Fluid	Humidity Ratio In [kg/kg]	Soft	tstart [h]	tstop [h]
	Hauptkondensat SpWB OL2+3	↗	86.95	134	26.654	4.2097	-	2000	4	112.2	5279.76	Water	-	☐	-	-
	HK SpWB OL2+3 ohne NS	↗	95.3	134	22.9985	4.2134	-	2000	4	96.9	3750.06	Water	-	☐	-	-
	Hauptkondensat HKW	↗	92.55	111	10.7444	4.1968	-	2000	4	45.09	831.75	Water	-	☐	-	-
	Kondensat Heiko0	↗	67	134	12.3083	4.2055	-	1000	4	51.76	3468.14	Water	-	☐	-	-
	Kondensat Heiko1+2	↗	108.9	134	19.4972	4.2224	-	1000	4	82.33	2066.36	Water	-	☐	-	-
	Kond NDLuKo	↗	8.1	134	0	-	-	1000	4	0	0	Water	-	☐	-	-
	Kond ND2LuKo	↗	13.8	134	0.0528	4.2052	-	1000	4	0.22	26.68	Water	-	☐	-	-
+	Kond Warmhaltung K25/26	↘	178.34	134	0.2778	50.7585	-	-	4	14.1	625.17	Water	-	☐	-	-
	Kond NK-Behaelter	↘	134.5	134	1.4512	4.2505	-	1000	4	6.17	3.11	Water	-	☐	-	-
	Kond RueckspB	↗	92.69	134	0.2972	4.2121	-	1000	4	1.25	51.72	Water	-	☐	-	-
	Nachspeisung OL2+3	↗	10	134	3.4972	4.2047	-	1000	4	14.7	1823.41	Water	-	☐	-	-
	Nachspeisung HKW	↗	10	111	0.1583	4.2003	-	1000	4	0.67	67.17	Water	-	☐	-	-
	Fegedampf	↘	134	50	0.1389	4.2053	-	500	4	0.58	49.06	Water	-	☐	-	-
	VerbrLuft OL2	↗	16	51	23.6245	1.0151	-	50	1.01	23.98	839.38	HumidAir	0.006	☐	-	-
	VerbrLuft OL3	↗	16	51	23.2543	1.0151	-	50	1.01	23.61	826.23	HumidAir	0.006	☐	-	-
	VerbrLuft HKW	↗	33.7	118.3	11.0524	1.0151	-	50	1.01	11.22	949.2	HumidAir	0.006	☐	-	-
	PL1-2 OL2	↗	51	119.7	18.0113	1.0151	-	50	1.01	18.28	1256.12	HumidAir	0.006	☐	-	-
	PL1-2 OL3	↗	51	117.5	17.8747	1.0151	-	50	1.01	18.15	1206.68	HumidAir	0.006	☐	-	-

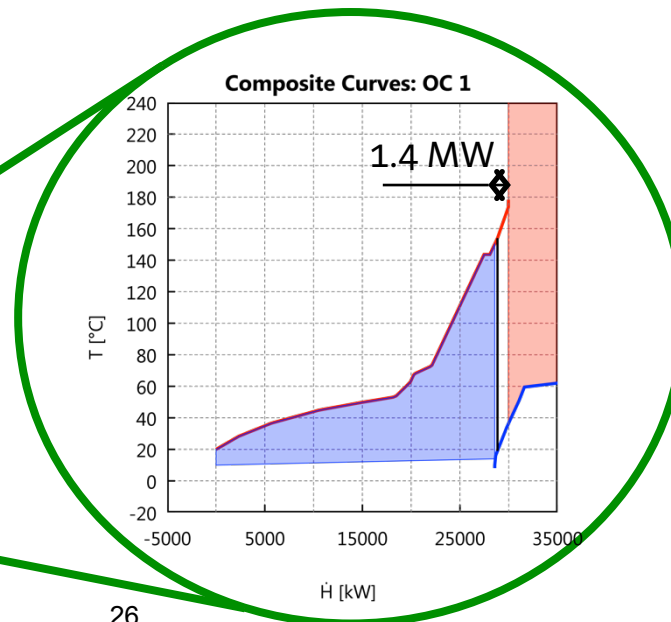
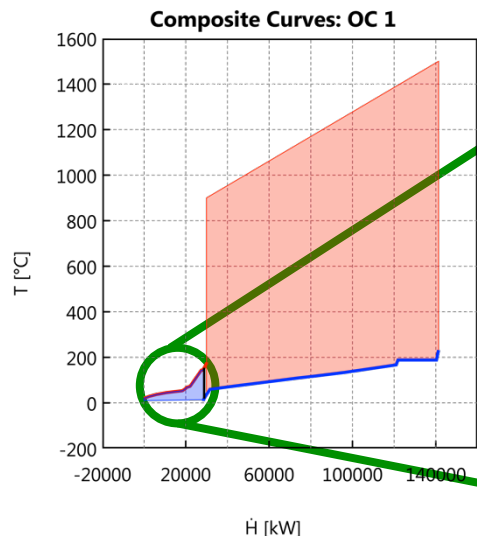
Inventar der Wärmeflüsse

	RG ECO1 - Waescher OL2	↘	173.6	60.9	23.052	1.1954	-	100	1.01	27.56	3105.54	HumidAir	0.103	☐	-	-
	RG ECO1 - Waescher OL3	↘	173.8	60.2	23.7556	1.1954	-	100	1.01	28.4	3225.88	HumidAir	0.103	☐	-	-
	RG ECO1 - Waescher OL2 WRG	↘	173.6	90	23.052	1.1954	-	100	1.01	27.56	2303.66	HumidAir	0.103	☐	-	-
	RG ECO1 - Waescher OL3 WRG	↘	173.8	90	23.7556	1.1954	-	100	1.01	28.4	2379.66	HumidAir	0.103	☐	-	-
	RG ECO1 - Kamin HKW mit WRG	↘	154	90	16.0695	1.2047	-	100	1.01	19.36	1238.93	HumidAir	0.108	☒	-	-
	Rostkuehlung OL2	↘	72.5	67.4	32.9333	4.2036	-	100	1	138.44	706.03	Water	-	☐	-	-
	Rostkuehlung OL3	↘	73.4	68.3	32.6333	4.2028	-	100	1	137.15	699.47	Water	-	☐	-	-
	UmwaelzW SW OL2	↘	60.9	55	50.4444	4.203	-	2000	5	212.02	1250.91	Water	-	☐	-	-
	UmwaelzW SW OL3	↘	60.2	55	53.6389	4.2032	-	2000	5	225.45	1172.35	Water	-	☐	-	-
	UmwaelzW BW OL2	↘	60.9	55	34.1222	4.203	-	2000	5	143.42	846.16	Water	-	☐	-	-
	UmwaelzW BW OL3	↘	60.2	55	24.25	4.2032	-	2000	5	101.93	530.02	Water	-	☐	-	-
	Fernwaerme	↗	59.5	167	166.1667	4.2361	-	2000	17.6	703.9	75669.77	Water	-	☐	-	-
+	Ferndampf	↗	61.8	232	9.3056	15.4666	-	-	12.1	143.93	24496.15	Water	-	☐	-	-
+	Geb-Heizung	↗	130	180.7	0.1389	44.765	-	-	4.5	6.22	315.22	Water	-	☐	-	-
	Oelkuehler	↘	62.8	49.8	19.4444	4.2021	-	1500	6	81.71	1062.2	Water	-	☐	-	-
	Rueckkuehler total	↘	34.8	33	162.7778	4.2037	-	1500	6	684.27	1231.69	Water	-	☐	-	-
+	RG ECO1 - Kamin HKW WRG_theor-max	↘	154	20	16.0695	2.8939	-	-	1.01	46.5	6231.55	HumidAir	0.108	☒	-	-
	RG WRG - Waescher OL2	↘	90	60.9	23.052	1.1954	-	100	1.01	27.56	801.87	HumidAir	0.103	☐	-	-
	RG WRG - Waescher OL3	↘	90	60.2	23.7556	1.1954	-	100	1.01	28.4	846.23	HumidAir	0.103	☐	-	-

Potenzial Winter

Ist-Zustand

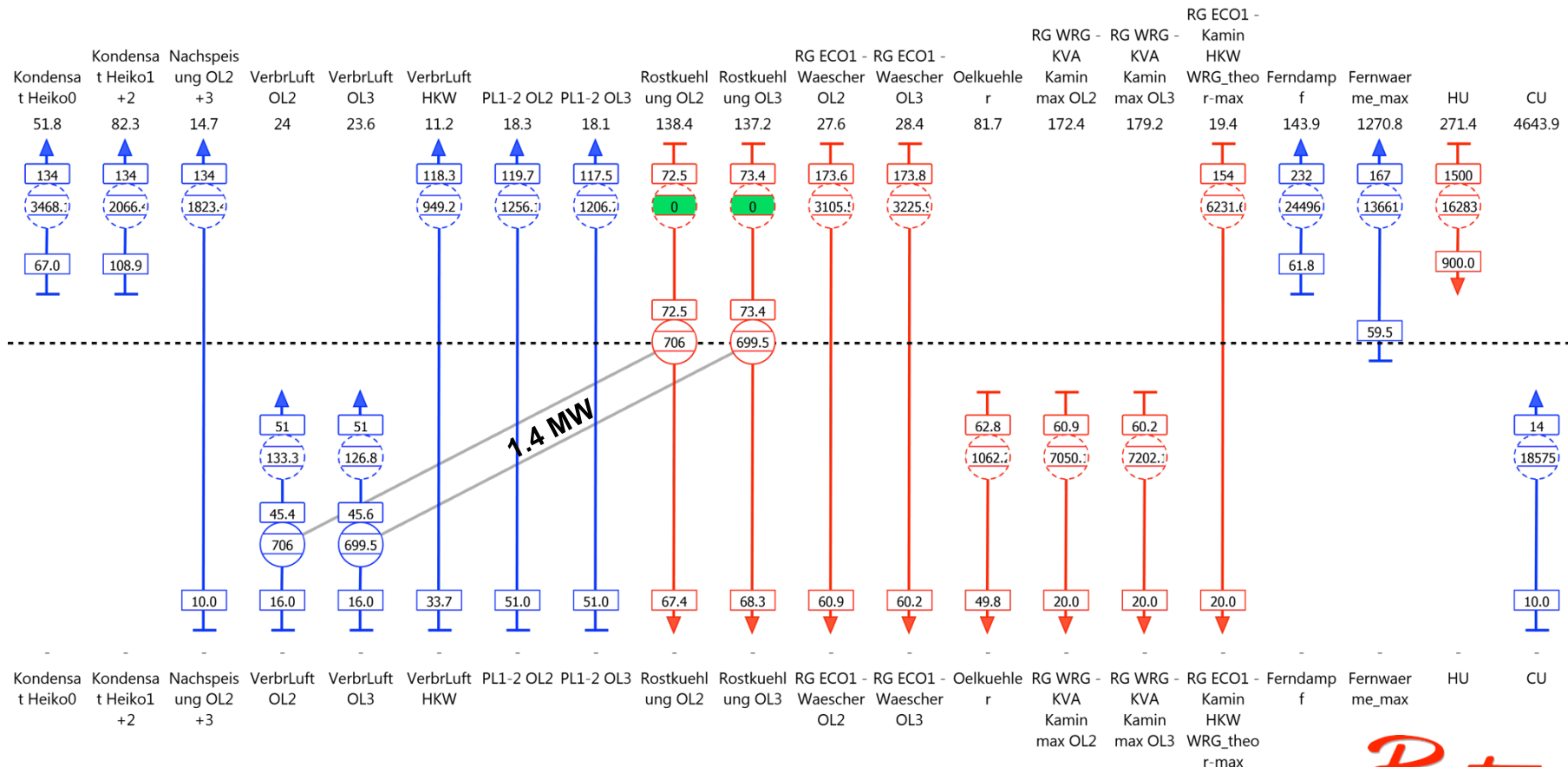
- Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Composite Curves (CC) der Anlage, d.h. die Summe aller aufzuheizenden (blau) und abzukühlenden (rot, ab Austritt des ext. ECO, 174 °C) Ströme im System.
- Der rote Bereich repräsentiert die „Hot Utility“ HU (Heizbedarf), die Wärmezuführung durch die Rauchgase.
- Der blaue Bereich repräsentiert die „Cold Utility“ CU (Kühlbedarf) bezüglich der Referenztemperatur $T_{\text{Ref}} = 20\text{ °C}$, was zum grössten Teil der Abkühlung der Rauchgase im Quench sowie der Reingase in der Umgebung entspricht.
- Im Ist-Zustand beträgt die zurückgewonnene Leistung rund 1.4 MW (Rostkühlung, verwendet für die erste LuVo-Stufe der beiden Ofenlinien OL2 und OL3).



Wärmetauschernetzwerk

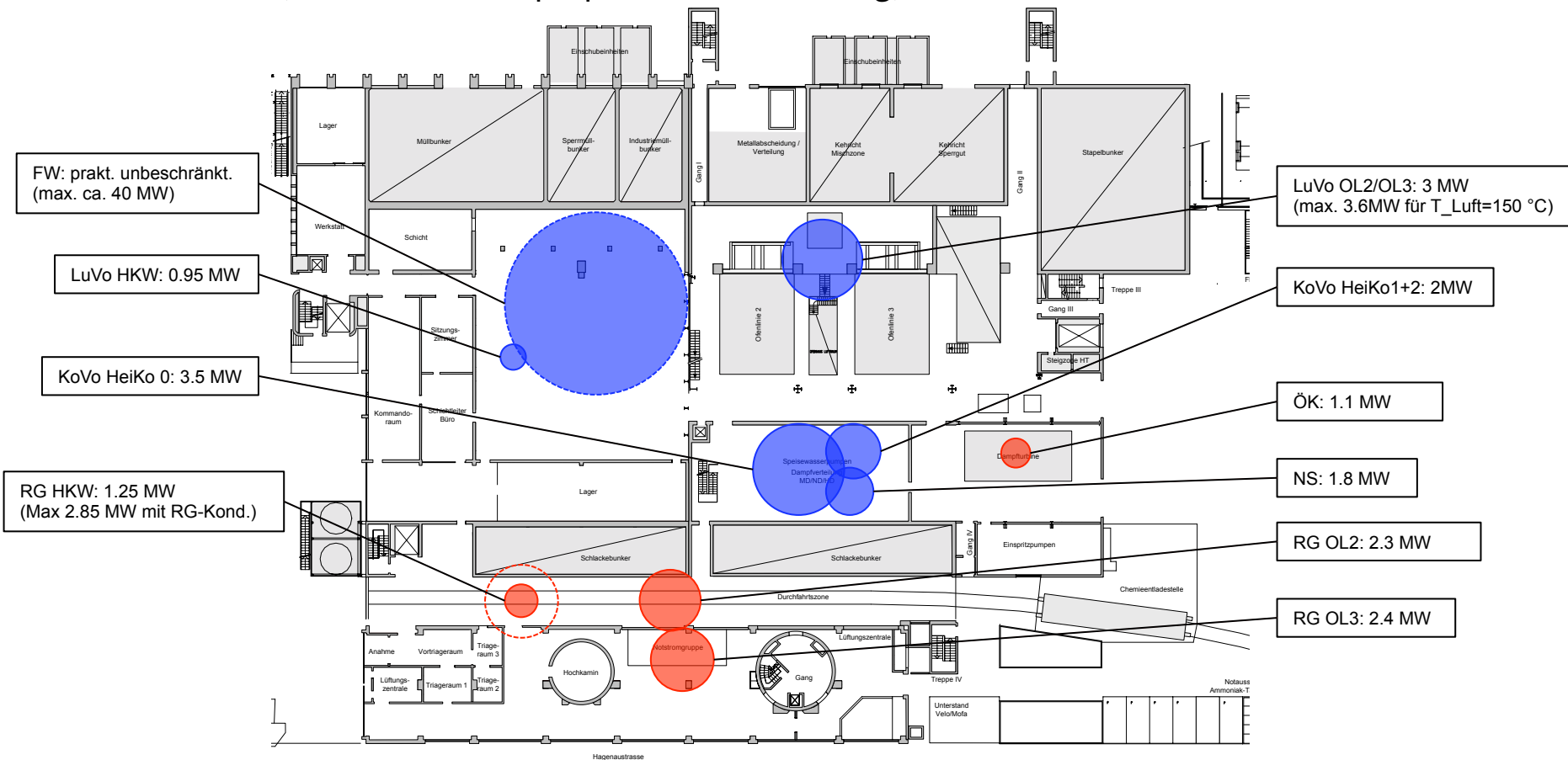
Ist-Zustand

- Im Ist-Zustand wird nur die Energie der Rostkühlung zurückgewonnen und für die 1. Stufe der Luftvorwärmung der beiden KVA-Ofenlinien verwendet. Die WRG-Leistung beträgt 1.4 MW
- Das Wärmetauschernetzwerk im Ist-Zustand besteht daher nur aus 2 Wärmetauschern



Massnahmenpotenzialkarte

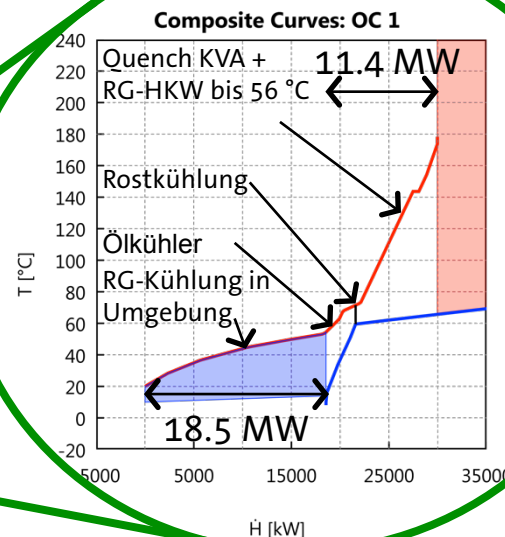
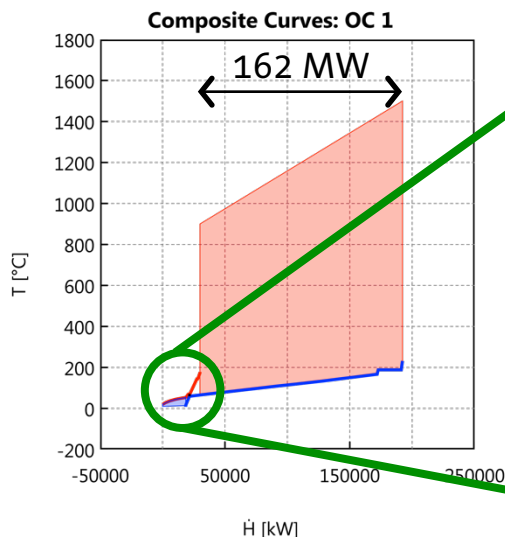
- Die nachfolgende Grafik zeigt die Standorte der Wärmequellen (rot) und Wärmesenken (blau) auf dem Areal (Durchmesser ist proportional zu Leistung):



Potenzial Winter

WRG theoretisches Potenzial

- Das Potenzial für den Bezug von Fernwärme und Ferndampf ab dem Standort KVA/HKW über das derzeit verfügbare Rohr- und Pumpensystem liegt bei rund 150 MW.
- Das theoretische WRG-Potenzial beträgt 11.4 MW (bezüglich der Referenztemperatur $T_{\text{Ref}} = 20^\circ\text{C}$), bei einer Pinch-Temperatur von 65°C (D.h. 10 MW zusätzlich zur bestehenden WRG-Leistung)
- Der grösste Teil der im Reingas vorhandenen Energie kann jedoch nicht verwendet werden und muss gekühlt werden (d.h. wird in die Umgebung abgegeben).

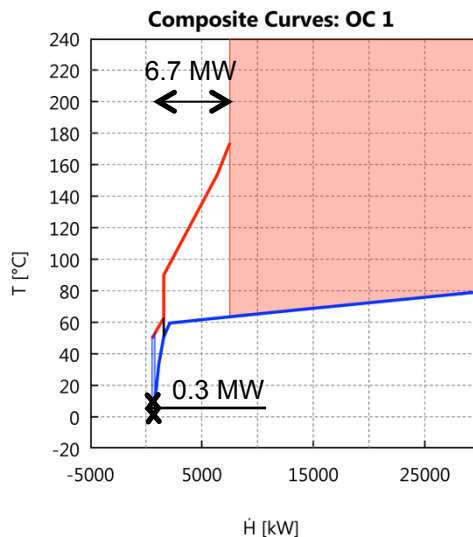


Quench KVA:	6.3 MW
RG HKW bis 56°C :	1.9 MW
Rostkühlung:	1.4 MW
Ölkühler:	1.1 MW
Divers:	0.7 MW
Total:	11.4 MW

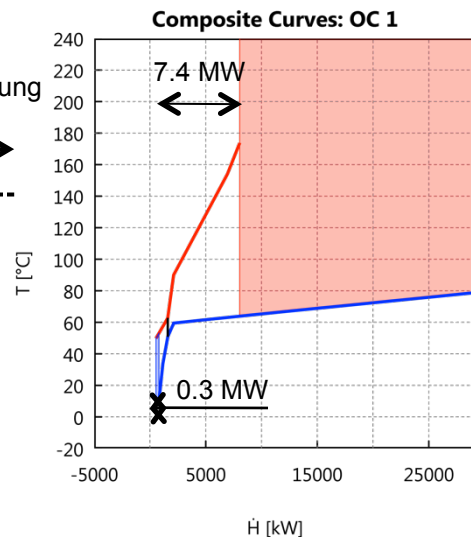
Potenzial Winter

WRG technisch sinnvolles Potenzial

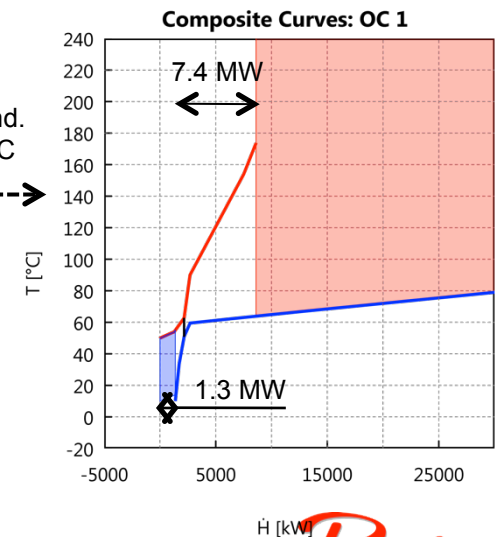
- Werden nur noch die technisch sinnvollen WRG-Möglichkeiten berücksichtigt, reduziert sich das zusätzliche WRG-Potenzial auf 6.7 MW, bei einer Pinch-Temperatur von 57 °C
 - Nur 3 Kondensatströme berücksichtigt (Kondensat HeiKo 0, Mischkondensat HeiKo 1+2 und Nachspeisung)
 - Rostkühlung und LuVo-Stufe 1 auf 50 °C vernachlässigt, da dieses System bestehen bleiben soll
 - RG-WRG vor Wäscher (KVA) und RG-WRG vor Kamin (HKW) nur bis 90 °C um Korrosion zu vermeiden
- Wird das Reingas des HKW weiter bis auf maximal 63 °C (TP bei 56 °C) abgekühlt erhöht sich das WRG-Potenzial auf 7.4 MW.
- Wird das Reingas noch weiter abgekühlt und auf 50 °C kondensiert erhöht sich das WRG-Potenzial nicht mehr, sondern es muss 1 MW in der Umgebung rückgekühlt werden, da für die Energie auf diesem Temperaturniveau keine Wärmesenke vorhanden ist.



HKW:
RG-Abkühlung
bis 63 °C



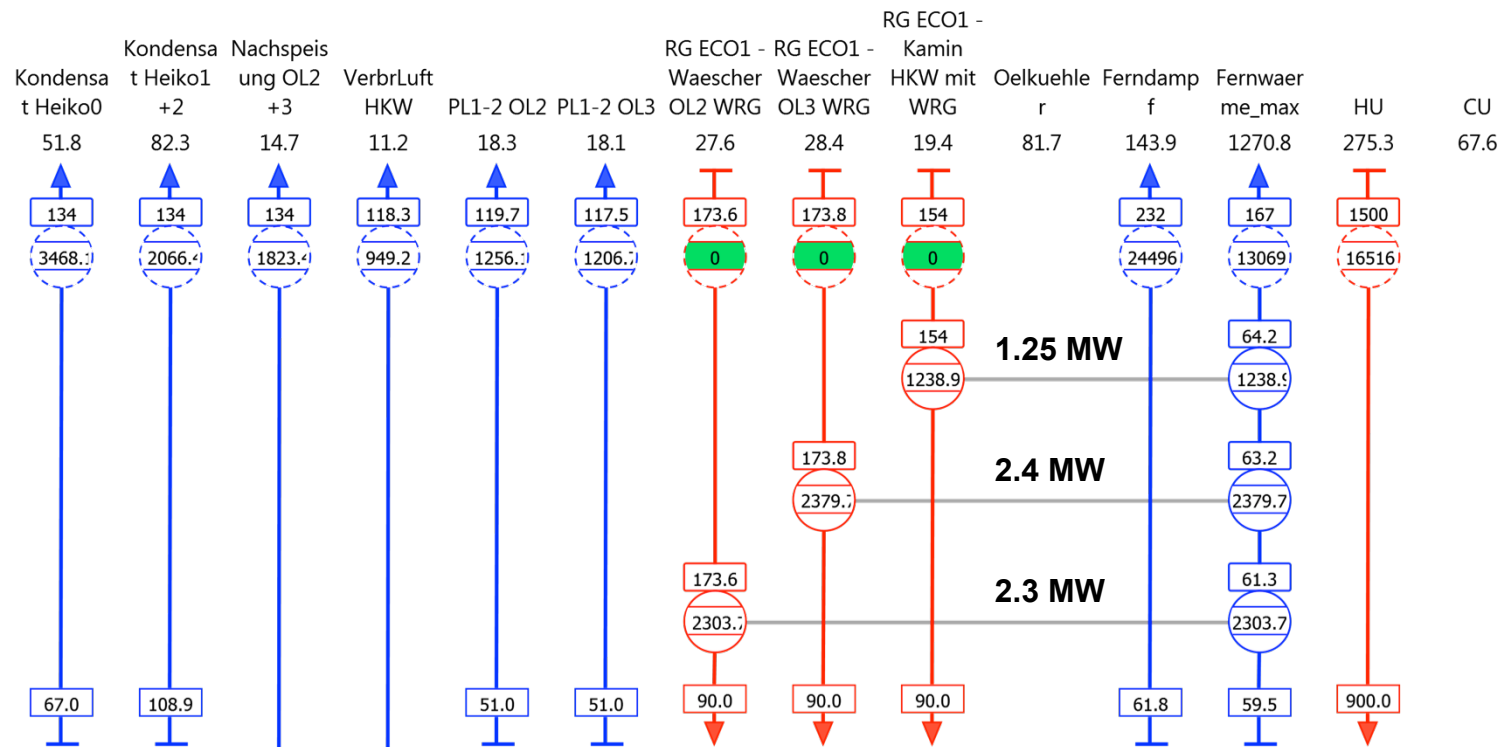
HKW:
RG-Kond.
bis 50 °C



Wärmetauschernetzwerk

Mit WRG KVA-Rauchgas vor Wäscher und HKW-Reingas vor Kamin

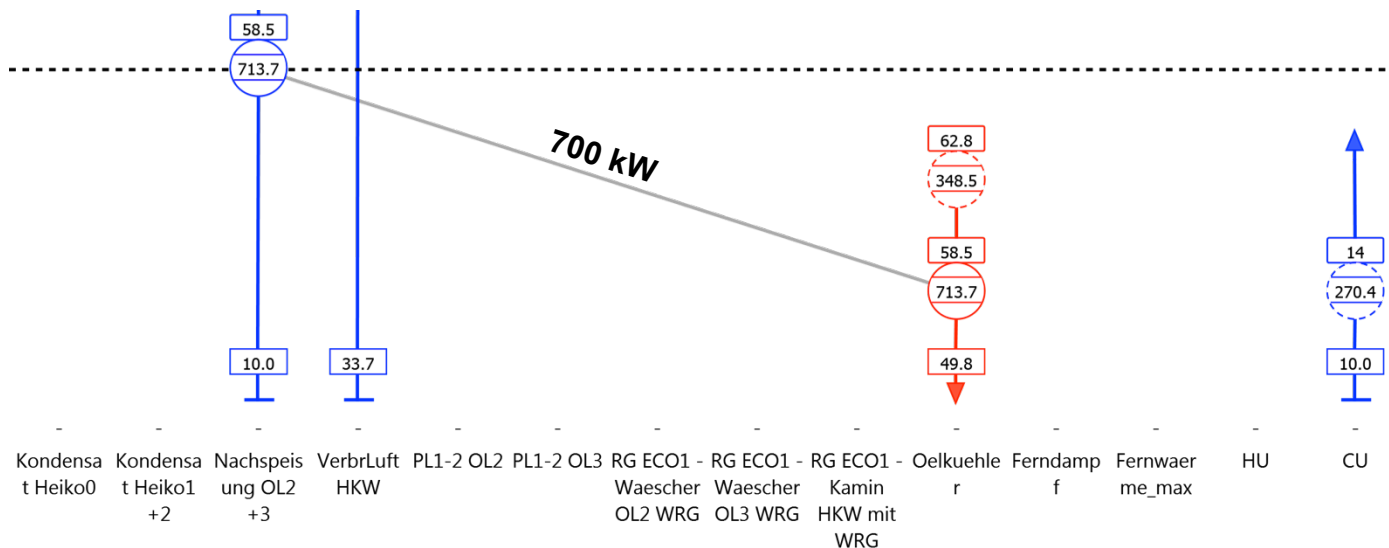
- Im einfachsten Fall kann die gesamte Energie der zurückgewonnenen Wärme aus dem KVA-Reingas vor dem Wäscher sowie aus dem HKW-Reingas vor dem Kamin an den Rücklauf der Fernwärme abgegeben werden. Damit könnte bereits der grösste Teil (5.9 MW) des Potenzials von total 6.7 MW zurückgewonnen werden.



Wärmetauschernetzwerk

WRG aus dem Ölkühler

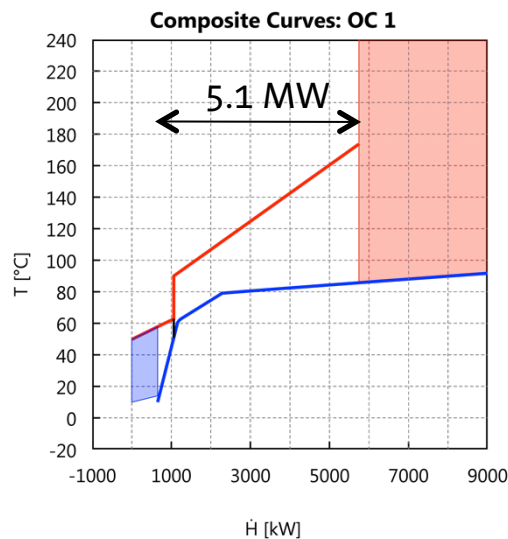
- Zudem könnte ein Teil der Energie welche für die Kühlung des Ölkreislaufs benötigt wird zurückgewonnen werden und damit die Nachspeisung der SpW-Behälter vorgewärmt werden. Allerdings erfolgt die Nachspeisung batchweise, was für den Turbinenbetrieb (ND-Entnahme ab ND-Verteiler) nicht unbedingt positiv ist.



Potenzial Sommer

WRG technisch sinnvolles Potenzial

- Werden nur die technisch möglichen und sinnvollen Massnahmen (wie im Winter-Fall, ohne WRG HKW) berücksichtigt beträgt das zusätzliche WRG-Potenzial im Sommer noch 5.1 MW.



Potenzial Zukunft Winter

Absenkung SPW-Temperatur und VL/RL der FW

Winter

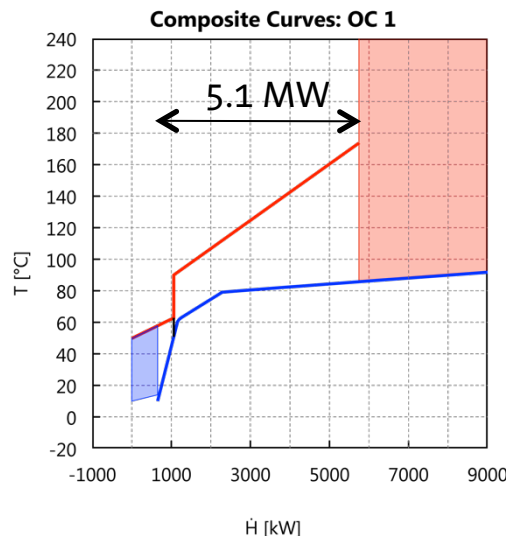
- Eine Absenkung der SPW-Temperatur auf 115 °C erhöht das zusätzliche WRG-Potenzial im Winter nicht. Da im externen ECO die Rauchgase weiter abgesenkt werden können, reduziert sich das zusätzliche WRG-Potenzial um maximal 2.2 MW, je nach dem wie die zusätzliche SpW-Erwärmung von 1.1 MW pro Linie bereit gestellt wird (über externen ECO, internen ECO oder Kessel).
- Die Absenkung des Temperaturniveaus der Fernwärme auf 120/55 °C bringt keinen zusätzlichen Vorteil bez. dem WRG-Potenzial, da die RL-Temperatur bereits heute fast auf der Pinch-Temperatur liegt.
- Allerdings entstehen durch die Absenkung andere Vorteile:
 - Durch den Minderverbrauch an MD-Dampf kann mehr Strom produziert werden
 - Durch die tieferen VL/RL-Temperaturen verringern sich die Netzverluste
- Die Leistung des FW-Abgangs wird jedoch reduziert da die maximale Strömungsgeschwindigkeit im Rohr begrenzt ist.

Potenzial Zukunft Sommer

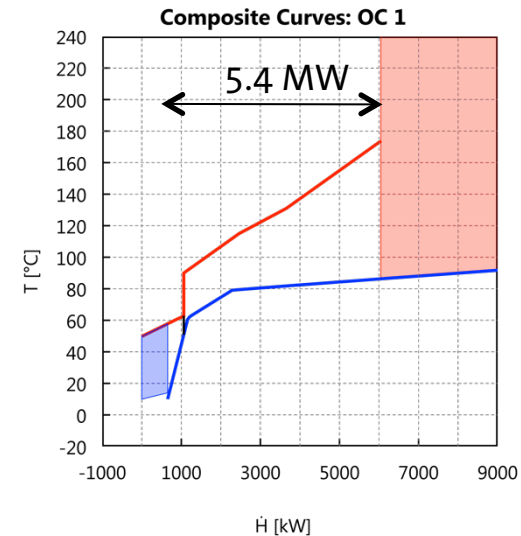
Absenkung SPW-Temperatur und VL/RL der FW

Sommer

- Bei gleichbleibender RG-Temperatur nach dem externen ECO erhöht sich durch das Absenken der SPW-Temperatur auf 115 °C das WRG-Potenzial um 300 kW auf 5.4 MW. Dies weil nun die Abwärme des ND-LuKo (bei rund 130 °C) genutzt werden kann (Grafiken unten).
- Wie im Winter-Fall reduziert sich das zusätzlich WRG-Potenzial um bis zu 2.2 MW, je nach dem wie die zusätzlich benötigte Energie für die SpW-Erwärmung bereitgestellt wird.
- Die Absenkung des Temperaturniveaus der Fernwärme auf 120/70 °C bringt keinen zusätzlichen Vorteil bez. dem WRG-Potenzial, da die RL-Temperatur über der Pinch-Temperatur liegt.
- Im Übrigen gelten die gleichen Vor- und Nachteile wie im Winter-Fall



Absenkung
SpW-Temp.
auf 115 °C



Massnahmen

- M1: WRG aus Reingas HKW vor Kamin
 - M1a: WRG eingesetzt für Kondensatvorwärmung ab HeiKo 0
 - M1b: WRG eingesetzt für Fernwärme ab HeiKo 1 → nicht mehr berücksichtigt
 - M1c: WRG eingesetzt für LuVo HKW
 - M1d: WRG eingesetzt für Fernwärme vor HeiKo 0

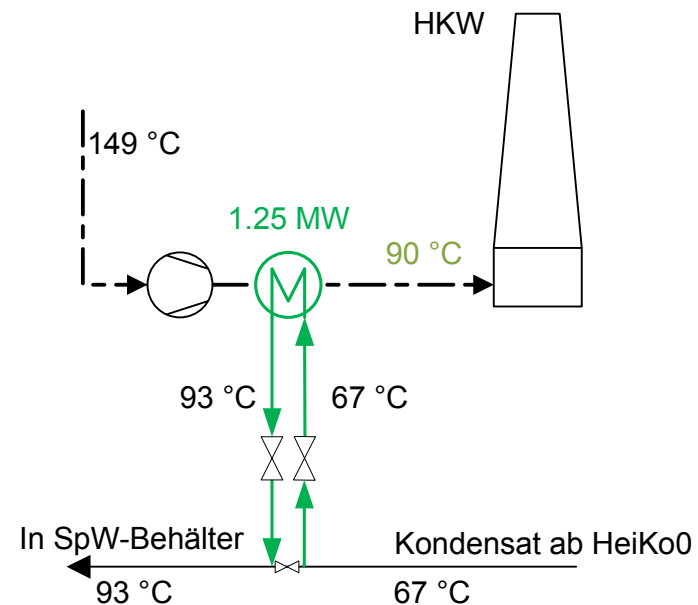
- M2: WRG aus Rauchgas KVA (OL2 und OL3) vor Quench
 - M2a: WRG eingesetzt für KoVo ab HeiKo 0 und HeiKo 1+2 → nicht mehr berücksichtigt
 - M2b: WRG eingesetzt für Fernwärme ab HeiKo 1 → nicht mehr berücksichtigt
 - M2c: WRG eingesetzt für zweite LuVo Stufe KVA
 - M2d: WRG eingesetzt für Fernwärme vor HeiKo 0

- M3: WRG aus Ölkühler → nicht mehr berücksichtigt
- M4: WRG aus Wäscherwasser → nicht mehr berücksichtigt
- M5: Holztrocknung

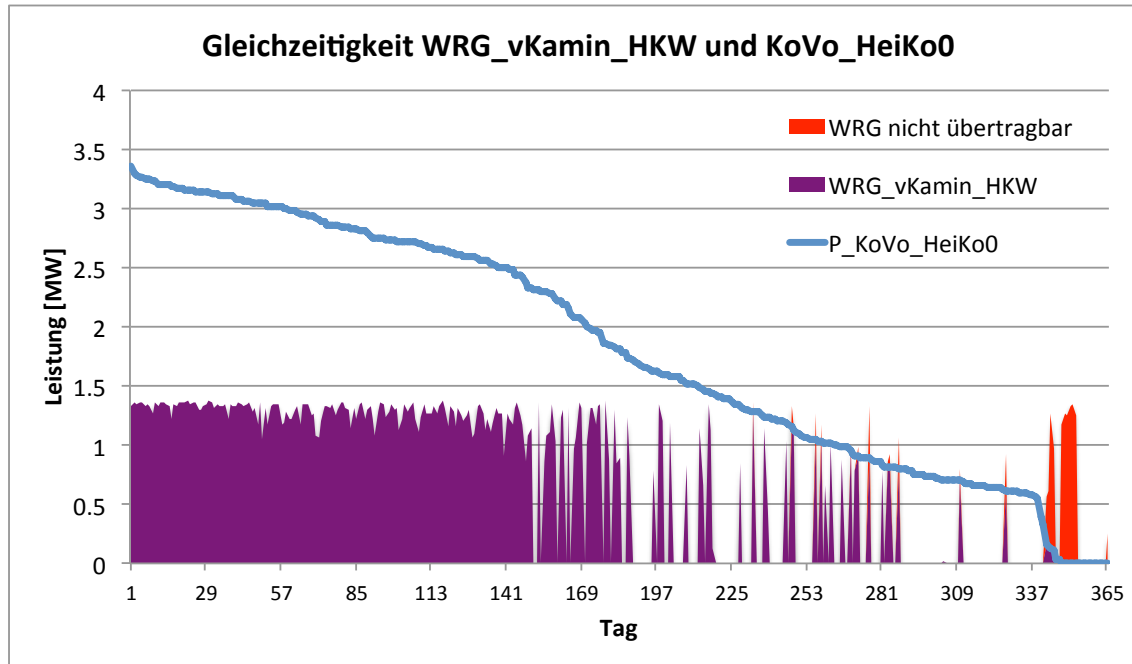
M1a: WRG Reingas HKW für KoVo HeiKo 0

Erklärung Massnahmenansatz:

- Mit einem Wärmeüberträger wird das Reingas von 150 °C auf 90 °C gekühlt.
- Mit der zurückgewonnenen Energie wird das HeiKo 0 Kondensat auf 93 °C vorgewärmt.
- Die übertragene Leistung beträgt 1.25 MW.
- Die ND-Dampfmenge ab ND-Verteiler für die SpW-Vorwärmung reduziert sich um 2 t/h und es können zusätzlich 90 kW elektrische Energie produziert werden.



M1a: WRG Reingas HKW für KoVo HeiKo 0



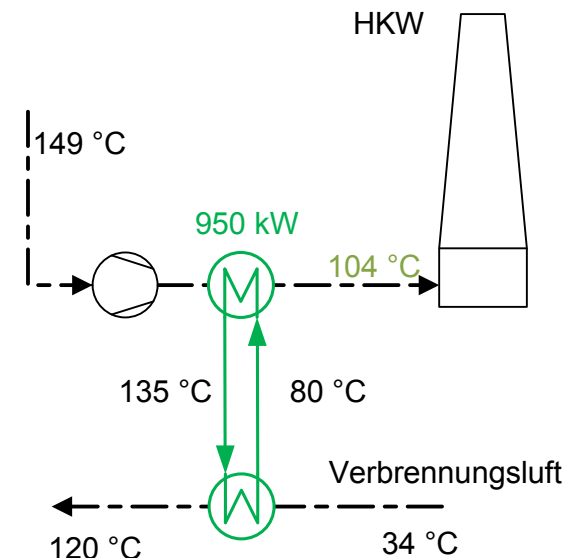
Energie für HeiKo 0 Kondensatvorwärmung:

- 6'000 MWh übertragbar
- 300 MWh nicht übertragbar (5%)

M1c: WRG Reingas HKW für LuVo HKW

Erklärung Massnahmenansatz:

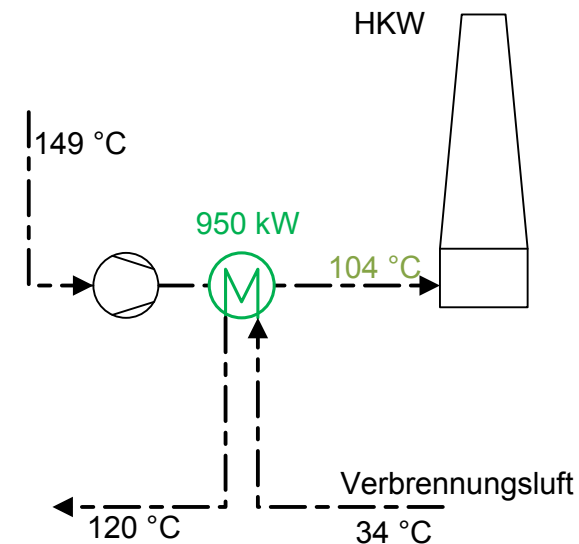
- Mit einem Wärmeüberträger wird das Rauchgas von 150 °C auf 105 °C gekühlt.
- Mit der zurückgewonnenen Energie wird die Verbrennungsluft des HKW über einen Zwischenkreislauf von 34 °C auf 120 °C vorgewärmt.
- Die übertragene Leistung beträgt 950 kW.
- Dadurch reduziert sich die ND-Dampfmenge ab ND-Verteiler bei 3.5 bar um 1.5 t/h welche nun für die FW-Produktion zur Verfügung stehen (entspr. 70 kW elektrische Energie).



M1c: WRG Reingas HKW für LuVo HKW direkt

Erklärung Massnahmenansatz:

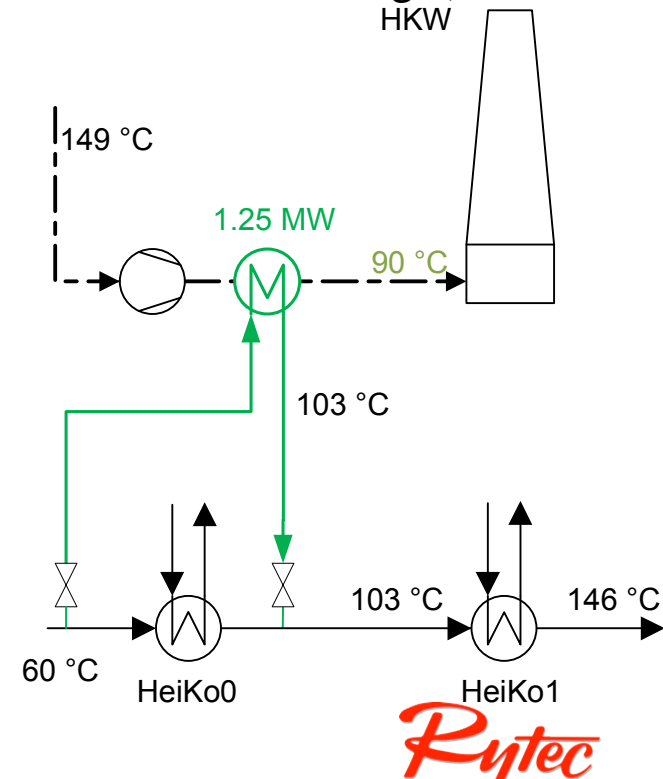
- Mit einem Wärmeüberträger wird das Rauchgas von 150 °C auf 105 °C gekühlt.
- Mit der zurückgewonnenen Energie wird die Verbrennungsluft des HKW über Luft/ Rauchgaswärmetauscher direkt von 34 °C auf 120 °C vorgewärmt.
- Die übertragene Leistung beträgt 950 kW.
- Dadurch reduziert sich die ND-Dampfmenge ab ND-Verteiler bei 3.5 bar um 1.5 t/h welche nun für die FW-Produktion zur Verfügung stehen (entspr. 70 kW elektrische Energie).



M1d: WRG Reingas HKW für FW

Erklärung Massnahmenansatz:

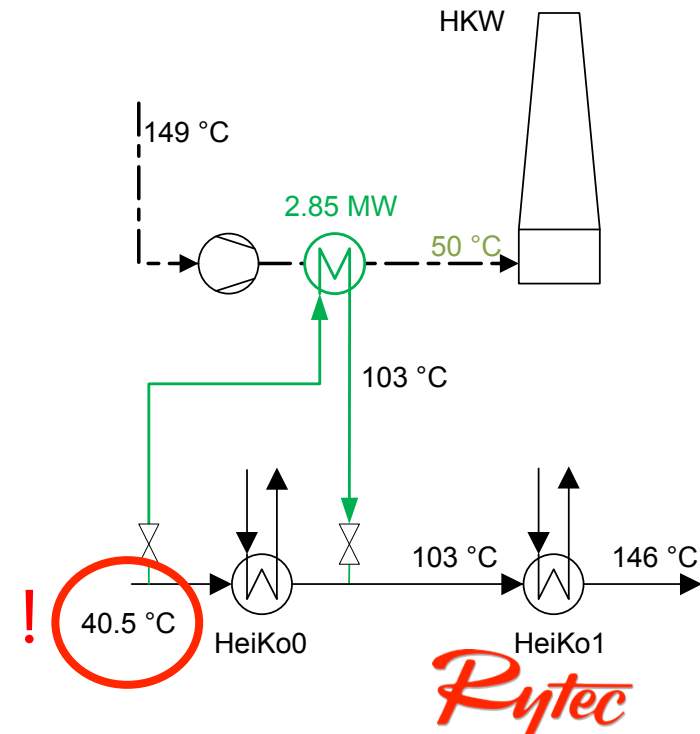
- Mit einem Wärmeüberträger wird das Rauchgas von 150 °C auf 90 °C gekühlt.
- Mit der zurückgewonnenen Energie wird ein Teilstrom des FW-Rücklauf auf 103 °C erwärmt.
- Die übertragene Leistung beträgt 1.25 MW
- Dadurch reduziert sich die ND-Dampfmenge ab ND-Verteiler bei 3.5 bar um 2 t/h. welche nun für die FW-Produktion zur Verfügung stehen (entspr. 90 kW elektrische Energie).



M1d: WRG Reingas HKW inkl. Kondensation für FW

Erklärung Massnahmenansatz:

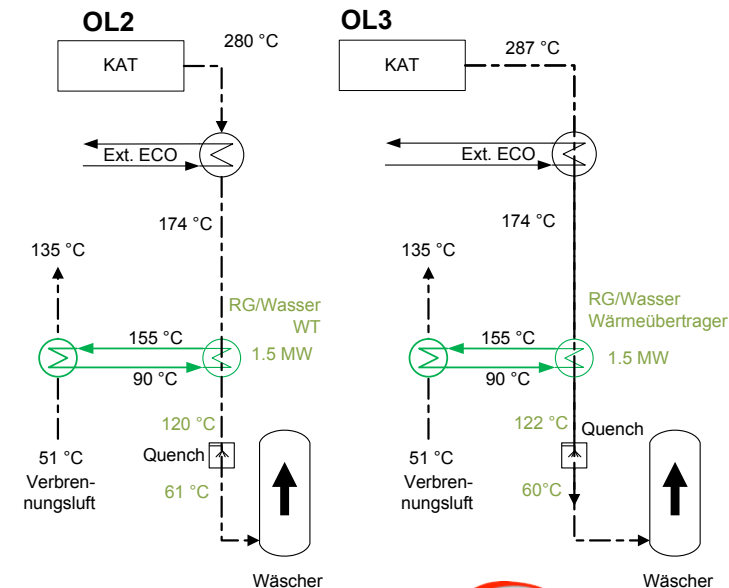
- Mit einem Wärmeüberträger wird das Rauchgas von 150 °C auf 50 °C gekühlt und der darin enthaltene Wasserdampf kondensiert. Die zurückgewonnene Energie beträgt 2.85 MW
- Um die gesamte Energie verwerten zu können müsste der FW-Rücklauf bei 40.5 °C liegen.
- Mit dem aktuellen Temperaturniveau des FW-Rücklaufs ist keine Wärmesenke vorhanden sobald das HKW-Reingas unter 63 °C gekühlt wird.
- Wird im neuen HKW2 ebenfalls eine Rauchgaskondensation eingebaut (WRG: +1.2 MW) müsste der FW-Rücklauf bei maximal 39.5 °C liegen.



M2c: WRG vor Quench KVA für LuVo, zweite Stufe

Erklärung Massnahmenansatz:

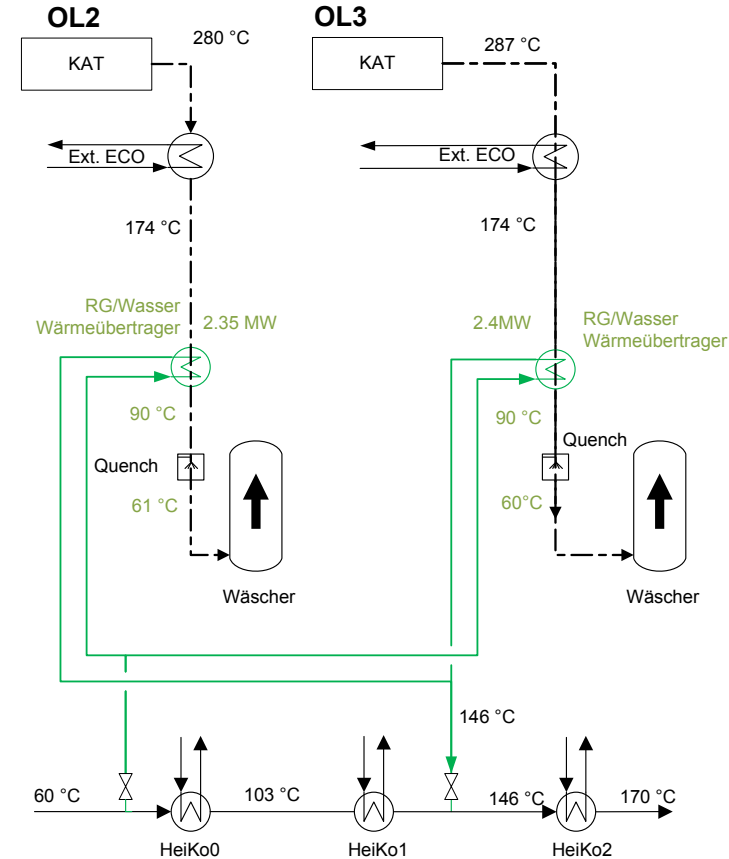
- Mit einem Wärmeüberträger wird das Rauchgas von 174 °C auf 120 °C gekühlt.
- Mit der zurückgewonnenen Energie wird die Primärluft der Zonen 1+2 über einen Zwischenkreislauf von 51 °C auf 135 °C (max. auf 150 °C) vorgewärmt.
- Die übertragene Leistung für beide Linien zusammen beträgt 3 MW (max. 3.6 MW)
- Dadurch reduziert sich die MD-Dampfmenge bei 12.2 bar um 3.75 t/h (LuVo bisher auf 120 °C) welche nach der Verstromung ab ND-Verteiler für die FW verwendet werden kann.
- Die Quenchwassermenge reduziert sich um ca. 45%.



M2d: WRG vor Quench KVA für FW

Erklärung Massnahmenansatz:

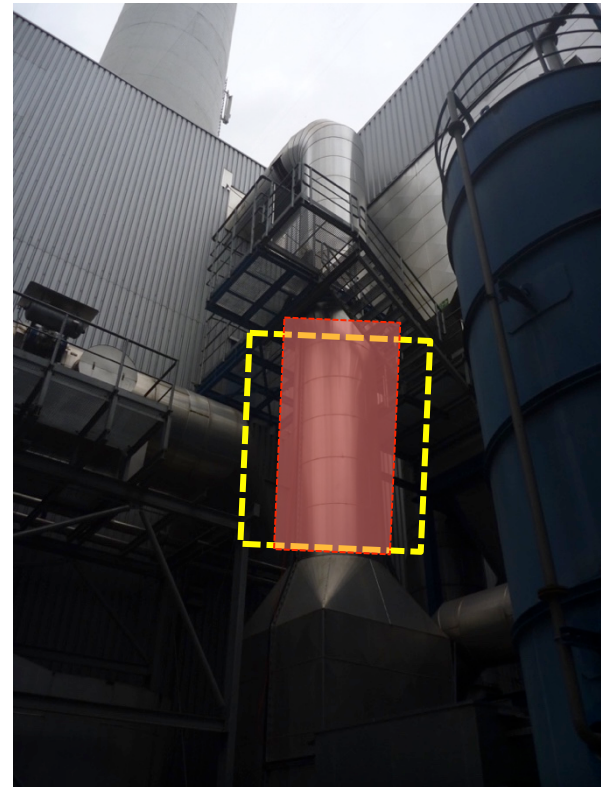
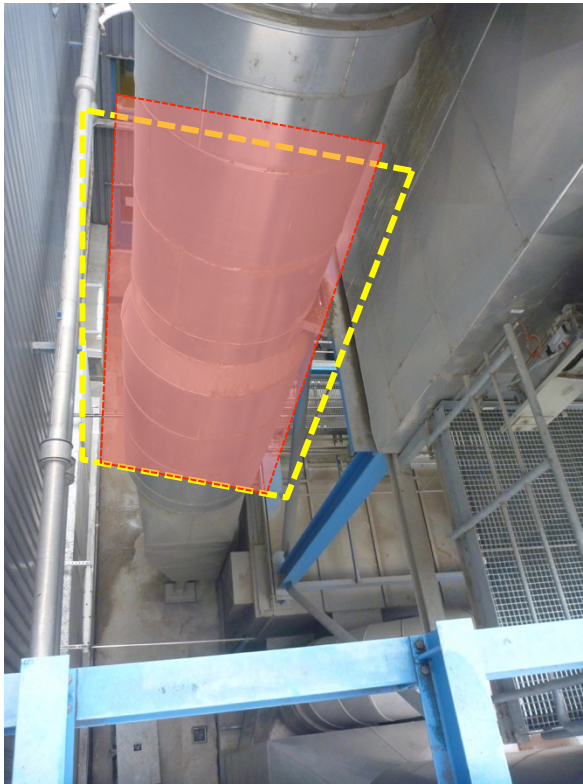
- Mit einem Wärmeüberträger wird das Rauchgas vor dem Wäscher von 174 °C auf 90 °C gekühlt.
- Mit der zurückgewonnenen Energie wird ein Teilstrom des FW-Rücklaufs auf 146 °C erwärmt. Die übertragene Leistung für beide Linien zusammen beträgt 4.75 MW
- Reduktion ND-Dampfmenge: 7.6 t/h (entspr. 340 kW).
- Die Quenchwassermenge reduziert sich um ca. 70%.



Platzverhältnisse

M1: WRG im HKW Reingas

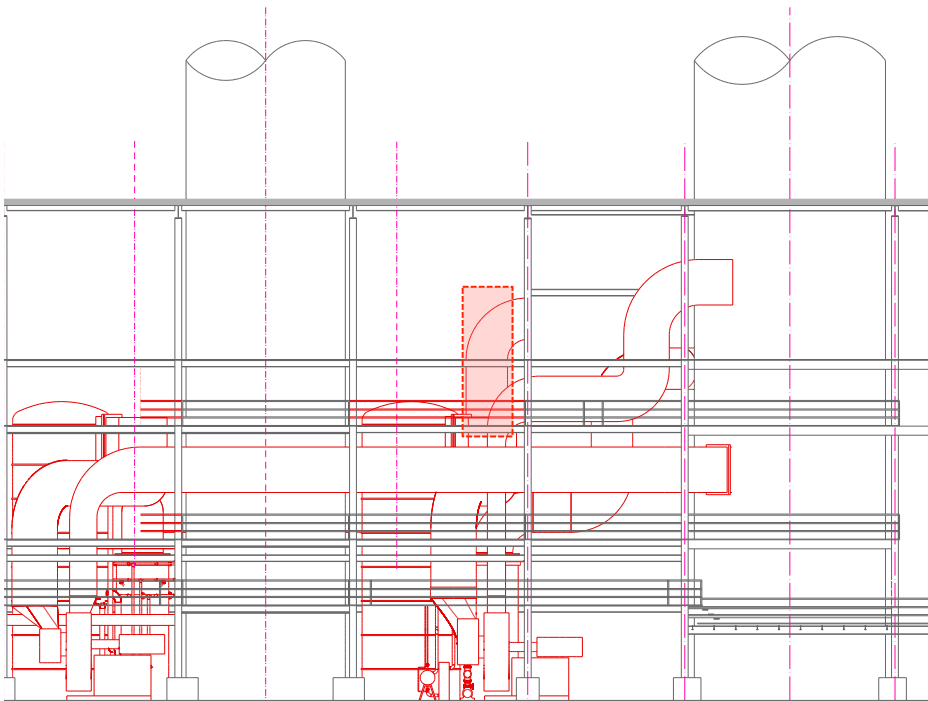
- Aufstellung aussen, vor Saugzug (links) oder nach Saugzug (rechts)
- Dimension WT: 4x2x2 m (WRG über Wasserzwisehenkreislauf, RG-Wasser-WT rot)
- WT: 3.8 x 2.8 x 3.2 m (WRG direkt, Luft-RG-WT, gelb)



Platzverhältnisse

M2: WRG vor Quench OL2

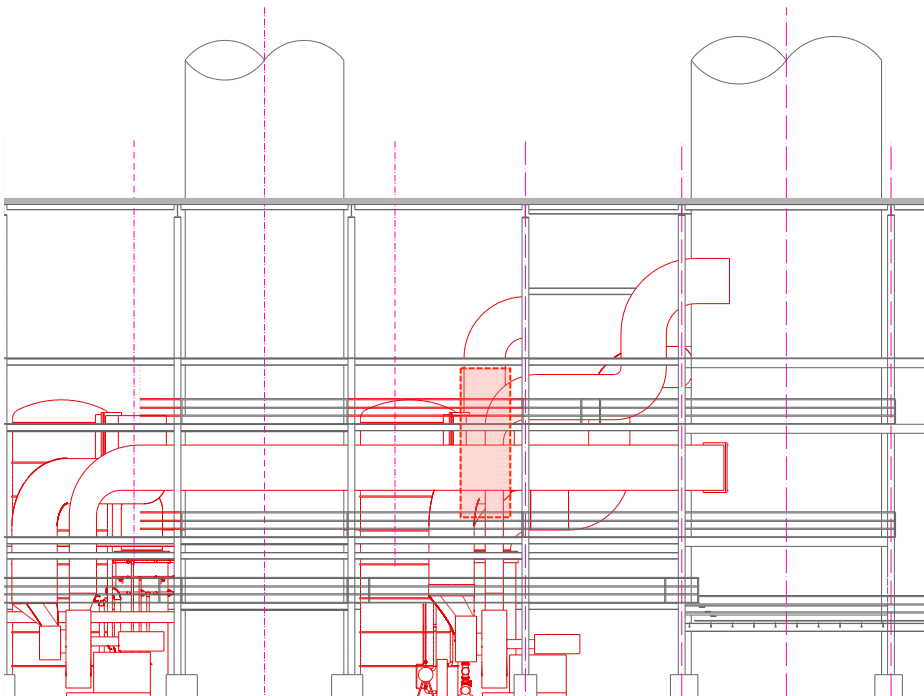
- Aufstellung aussen nach Austritt Ofenhaus.
- WT muss von oben durchströmt werden (Waschsystem).
- Dimension WT: 6x2x2 m



Platzverhältnisse

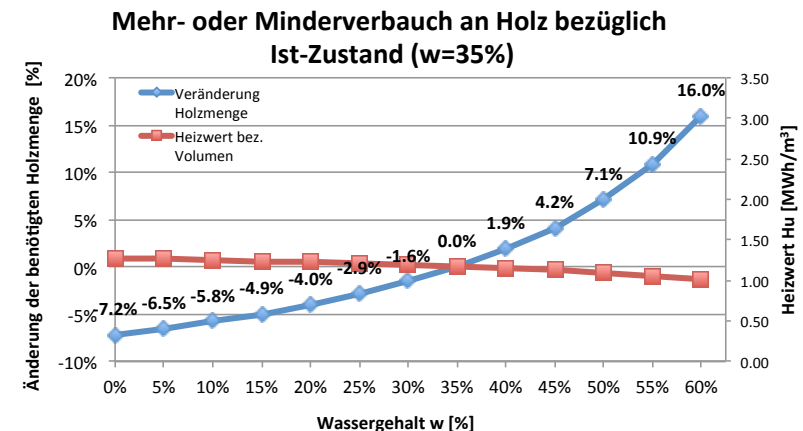
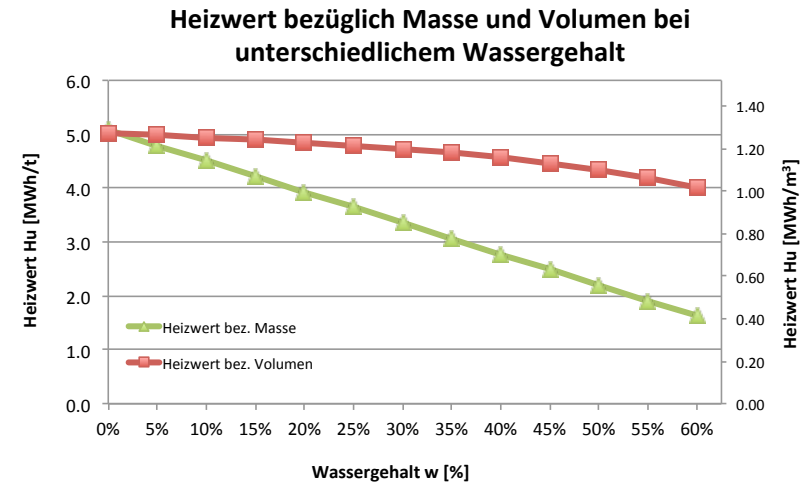
M2: WRG vor Quench OL3

- Aufstellung im Wäschergebäude vor Quench OL3
- Dimension WT: 6x2x2 m



M5: Holz Trocknung HKW

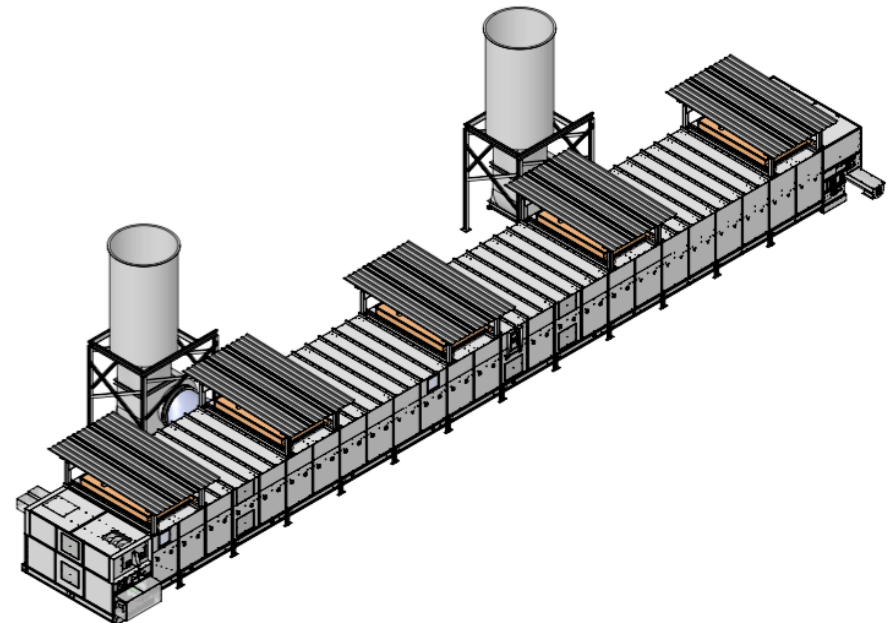
- Die Massnahme sieht vor mit Wärme aus der Abkühlung der Reingase des HKW den Brennstoff vorzutrocknen.
- Würden die Hackschnitzel vorgetrocknet und der Wassergehalt von aktuell 35% auf 25% gesenkt, könnte damit 3% der benötigten Holzmenge eingespart werden.
- Dies entspricht einer Einsparung von rund 180'000 CHF/a.



M5: Holz Trocknung HKW

Platzverhältnisse und Leistungsdaten

- Holz Trocknung in bestehendem Vorlagebehälter nicht umsetzbar
- Bandrockner auf bestehendem Areal unrealistisch
→ Evtl. Bandrockner in zukünftiges Areal für HKW2 integrieren.
- Benötigter Flächenbedarf: 21x8 m
- Trocknerleistung: 12t/h (Holz: w=35%)
- Wasserverdampfung: 1.6 t/h
- Benötigte NT-Wärme: 2 MW
- VL/RL: 55 °C/40 °C



M5: Holz Trocknung HKW

Wirtschaftlichkeit/Betrieb

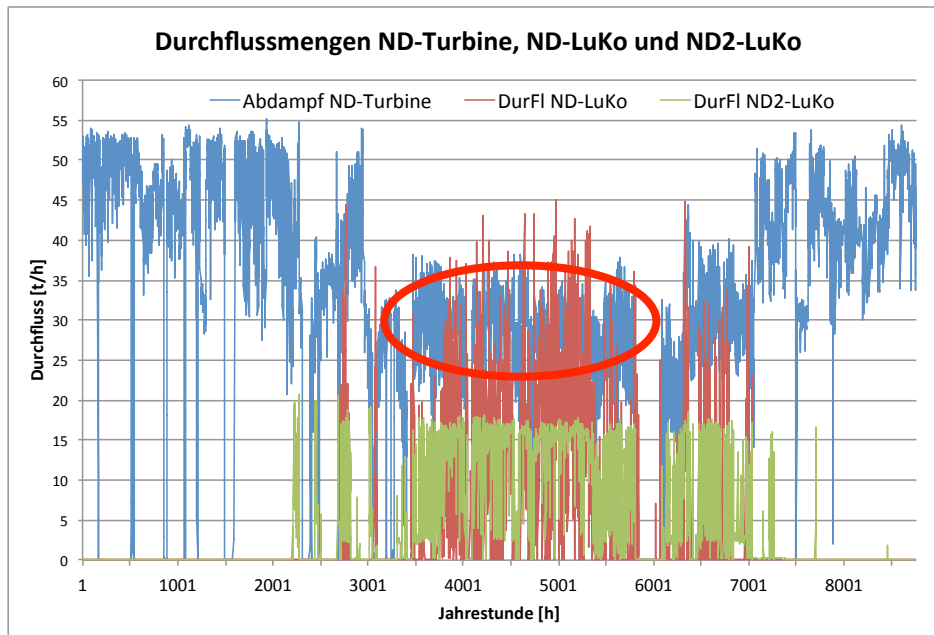
- Wirtschaftlichkeit nicht gegeben
- Kosten für Wärmeauskopplung noch nicht mit eingerechnet
- Zusätzlich betriebliche Risiken vorhanden
 - Holz-Logistik
 - Platzbedarf
 - Abluft

- M2a: WRG vor Quench KVA für HeiKo Kondensatvorwärmung
→ kleineres WRG Potenzial als für Fernwärme.
- M2b: WRG vor Quench KVA für Fernwärme zwischen HeiKo 1 und HeiKo 2
→ kleineres WRG Potenzial als für Fernwärme.
- M3: WRG aus Turbinenkühlkreislauf:
→ Betriebstechnisch muss ein Zwischenkreislauf eingeschaltet werden. WRG auf tiefem Temperaturniveau nicht mehr wirtschaftlich.
- M4: WRG aus Wäscherwasser
→ Zur Zeit keine Wärmesenke vorhanden. Anheben des Temperaturniveaus mittels Wärmepumpe nicht wirtschaftlich.

- WRG aus Reingas HKW (M1d) und aus Rauchgas vor Quench KVA (M2d) umsetzen
 - Grösste Wärmerückgewinnung möglich
 - Mehr Fernwärmeabsatz ab Standort KVA/HKW
 - Führt zu höherem Anteil erneuerbarer Wärme im IWB-Netz

- Rauchgaskondensation im HKW nur bei sehr tiefen Fernwärme-RL-Temperatur von rund 40 °C sinnvoll. Diese wird wohl nicht erreicht. Deshalb:
 - Rauchgaskondensation in Kombination mit einem Holztrockner vertieft untersuchen
 - Gute Möglichkeit um den Wärmenutzungsgrad zu erhöhen

- Regelung Durchfluss ND-Turbine, ND2-LuKo und ND-Luko optimieren. Im Ist-Zustand gibt es noch Betriebsstunden mit zu hohem Durchfluss des ND-Luko. (ca. 20 % der jährlichen Durchflussmenge)
- Grund: Eventuell Messartefakt, da ND2-Durchfluss über die Kondensatmenge gemessen wird. Wird von IWB untersucht.



Betriebszustände in denen mehr ND-Dampf über die ND-Turbine geleitet werden könnte.

- Volumenstrom der Wäscherkreisläufe besser einstellen, insbesondere bei der basischen Wäscherstufe der OL2 (Umwälzmenge 123 t/h, gegenüber 87 t/h bei OL3)
→ Grund ist eventuell ein Messfehler. Wird von IWB untersucht

- Die ND-Turbine wird zur Zeit nicht mit dem maximal möglichen Durchfluss betrieben. Bei Umsetzen der Massnahmen M1d „WRG vor Kamin“ und M2d „WRG vor Quench“ würden 9.6 t/h mehr ND-Dampf zur Verfügung stehen. Dadurch könnten bis zu 6 MW mehr in die Fernwärme eingespeist werden. Ist der Fernwärmebedarf nicht hoch genug könnte der Dampf verstromt werden, was einer zusätzlichen Leistung von 430 kW entspricht.
- Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Massnahmen ist stark vom eingesetzten Wärmepreis abhängig. Mit den jetzt eingesetzten Werten resultiert, abgesehen für die Holztrocknung, für jede Massnahme ein dynamischer Payback von unter 20 Jahren.
- Ein Einbau einer Rauchgaskondensation könnte insbesondere auch in Zusammenhang mit einem Niedertemperatur-Bandrockner interessant sein!

- Vertiefen der Massnahmen „WRG vor Quench“ (M2d) für die beiden Ofenlinien sowie „WRG vor Kamin“ (M1d) für das HKW
- Vertiefen der Massnahmen Holz Trocknung (M5) in Kombination mit einer Rauchgaskondensation (M1d inkl. Kondensation)
- Untersuchung Holz Trocknung nur für nasse Chargen in einem Schneckenrockner
- Sitzung Massnahmenbesprechung mit IWB Planungs-Team



Martin Kiener
martin.kiener@rytec.ch
Fon +41 31 724 33 33