— Tradizione dal 1929 —

Rapelli®

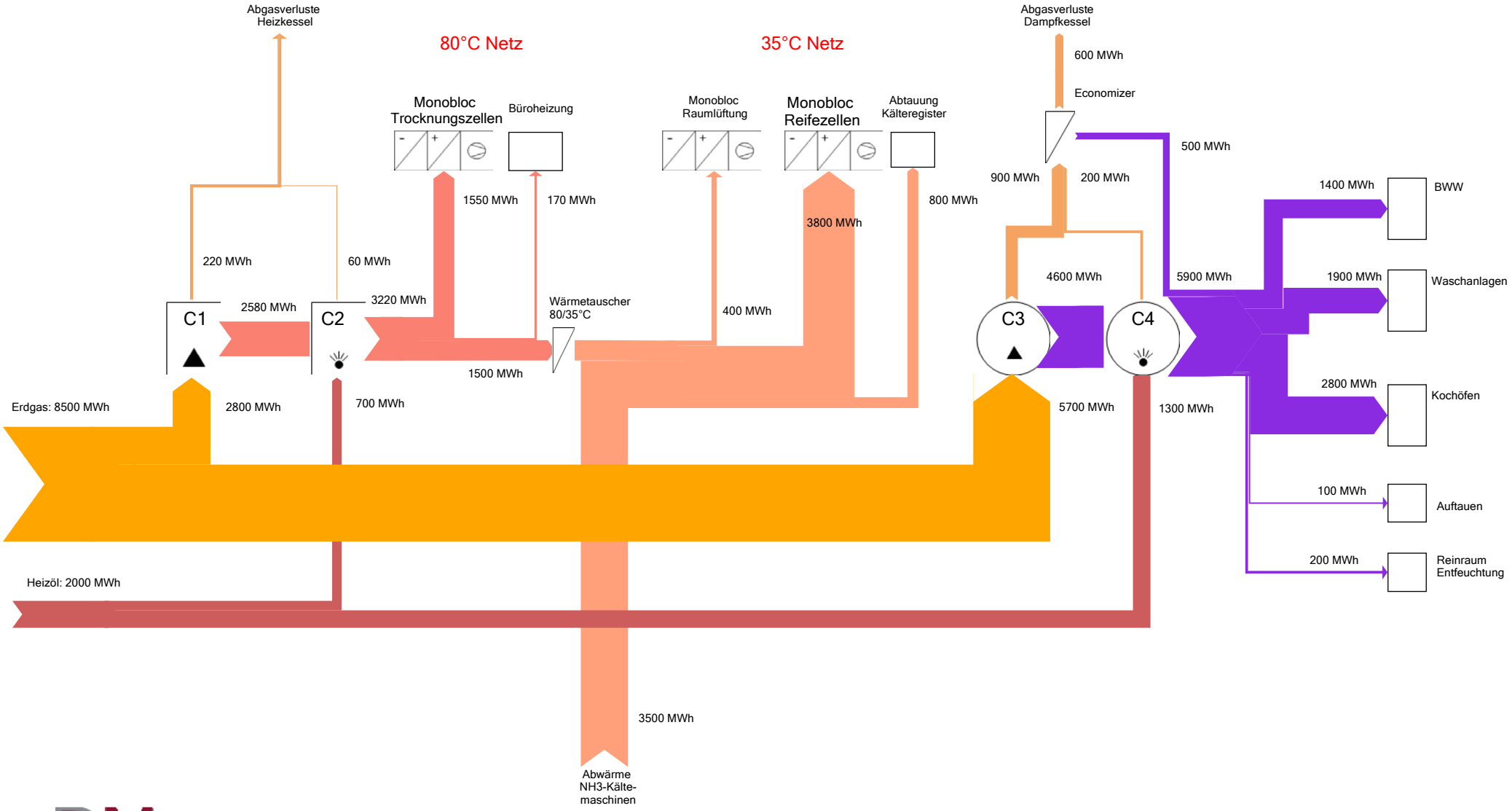
Pinch-Analyse 2011

Rapelli SA, Stabio

- ausgeführt durch DM Energieberatung AG
- im Auftrag von Rapelli SA, Stabio
- mit finanzieller Unterstützung durch das Bundesamt für Energie BFE
- August - Dezember 2011

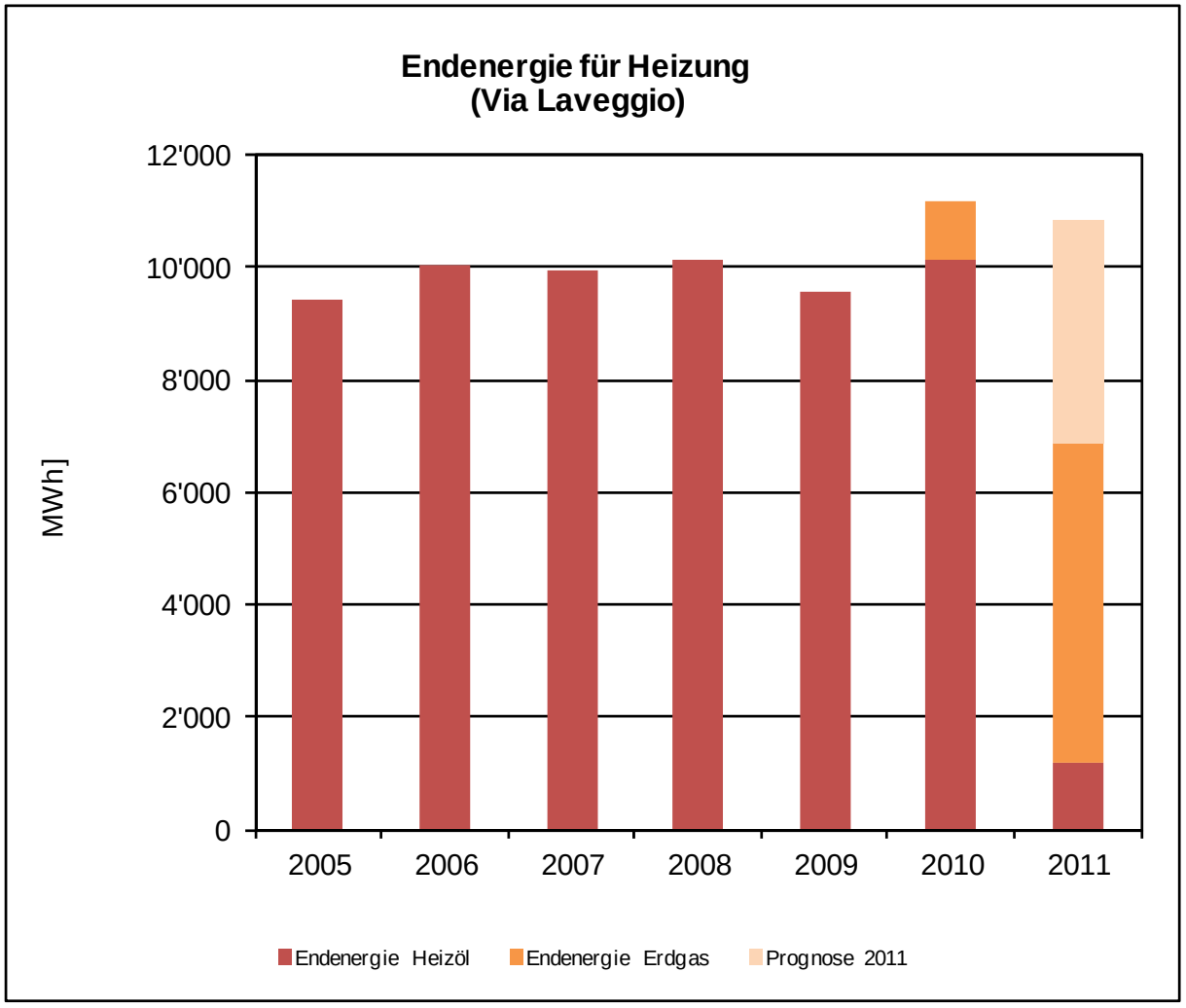
Energieanalyse

Sankey Wärme vor Energieoptimierung



Energieanalyse

Langzeitentwicklung Verbrauch Brennstoffe

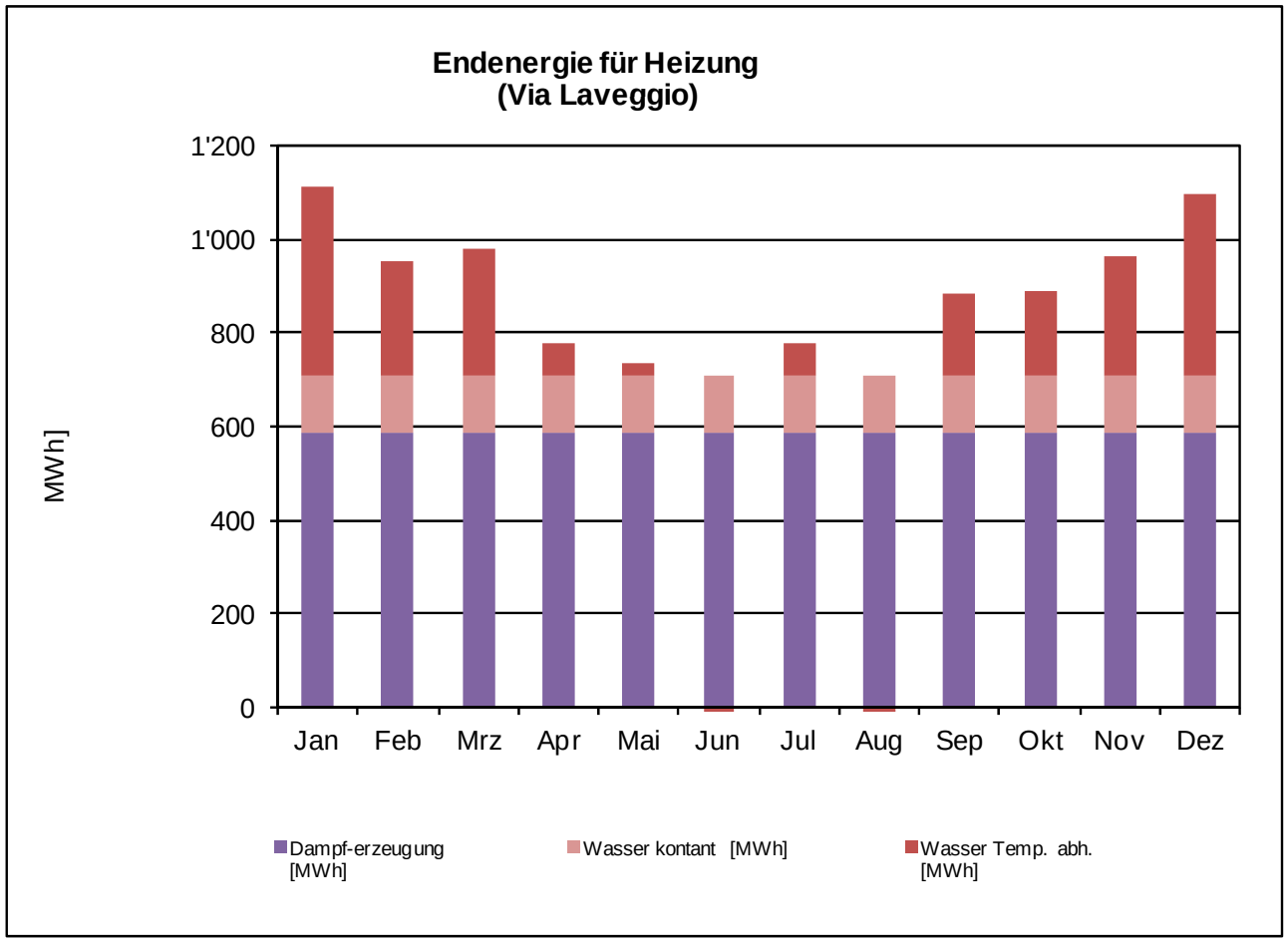


Analyse

- Verbrauch stabil
- 2010 Beginn Substitution Heizöl durch Erdgas

Energieanalyse

Jahresverbrauch Brennstoffe

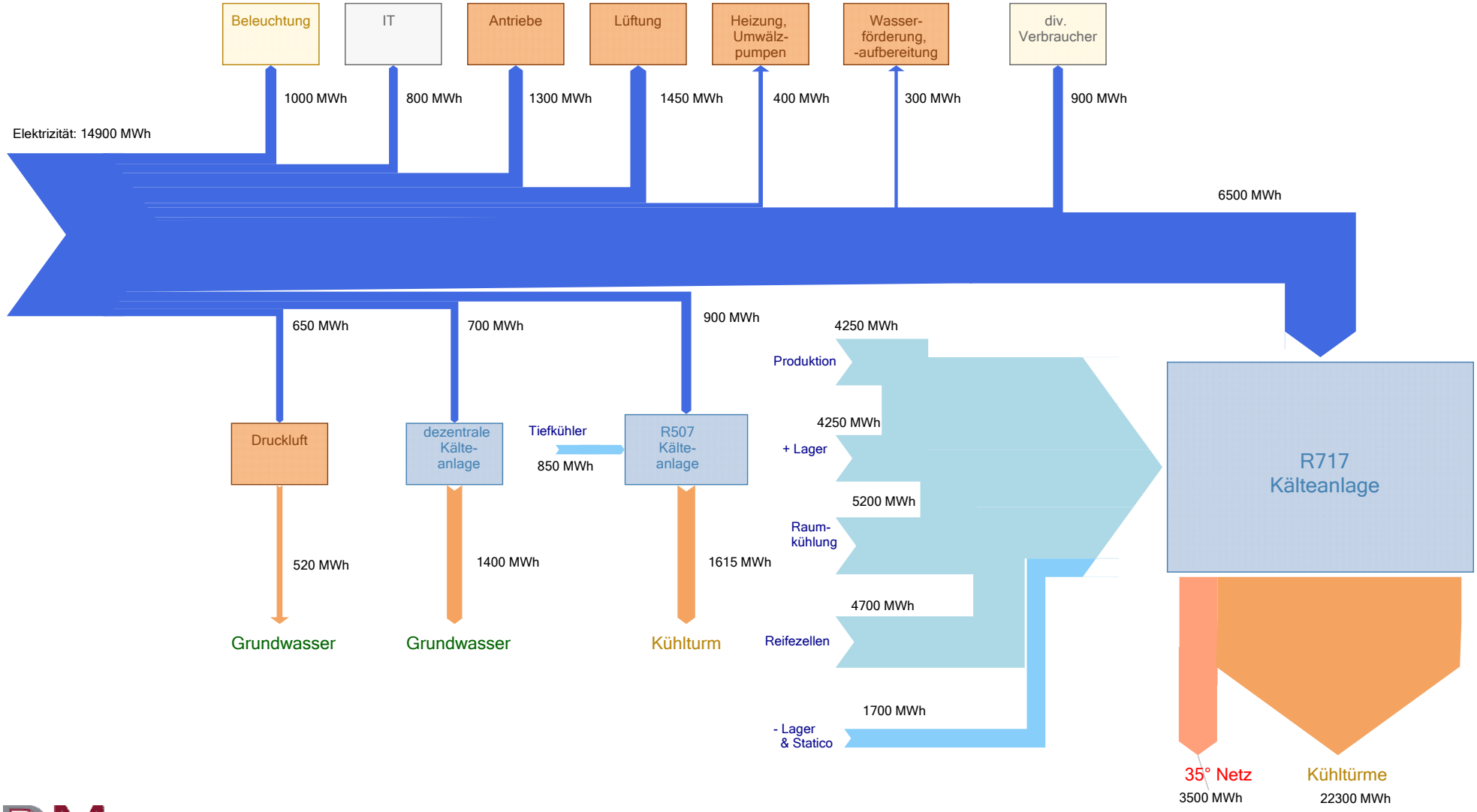


Analyse

- hoher Dampfanteil mit Kessel C3+C4 ganzjährig
- Heisswasser ab C1+C2 wird ganzjährig für Prozesswärme benötigt (Reifezellen), d.h. Abwärme GEA genügt nicht

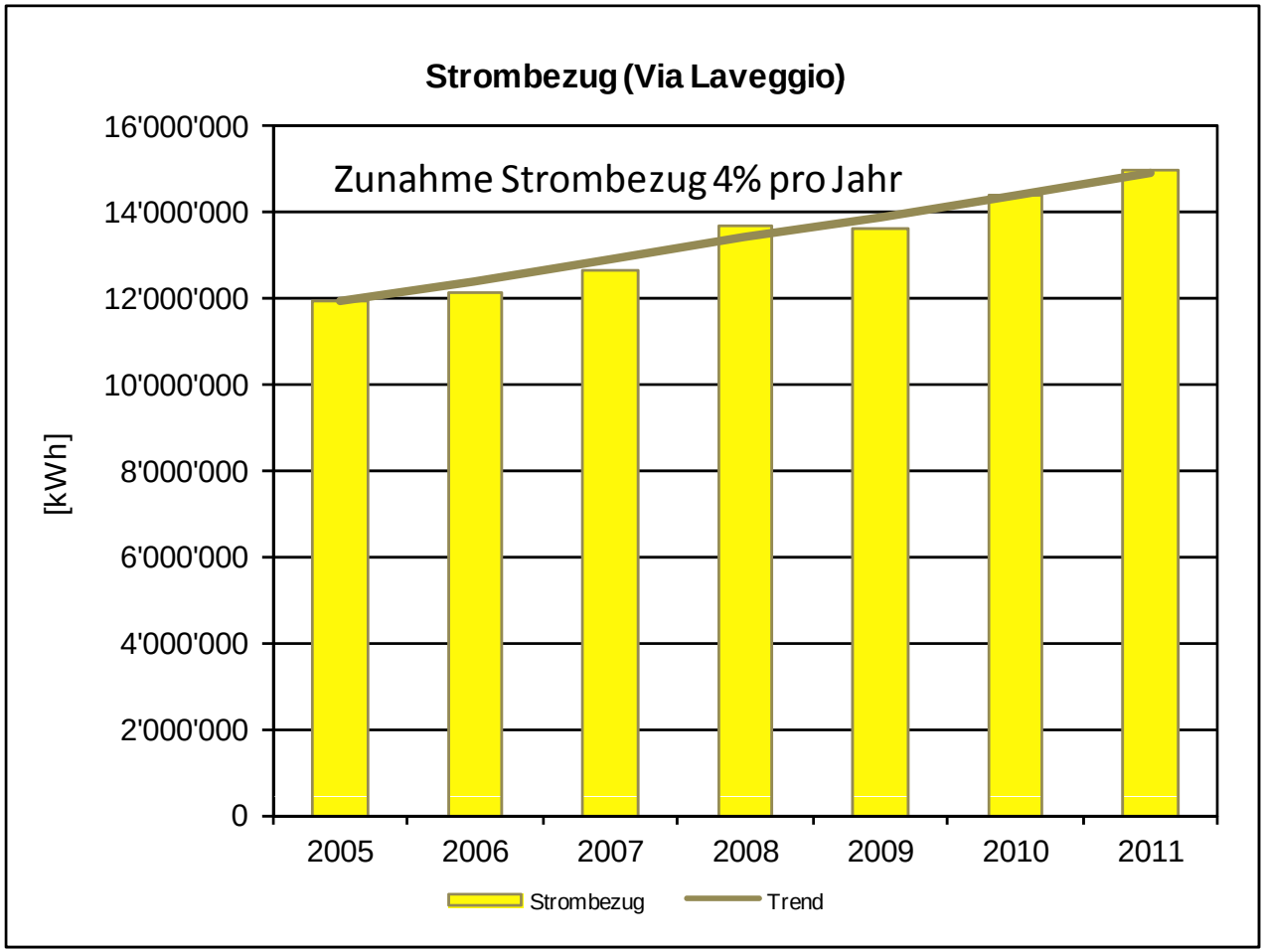
Energieanalyse

Sankey Strom vor Energieoptimierung



Energieanalyse

Langzeitentwicklung Verbrauch Elektrizität

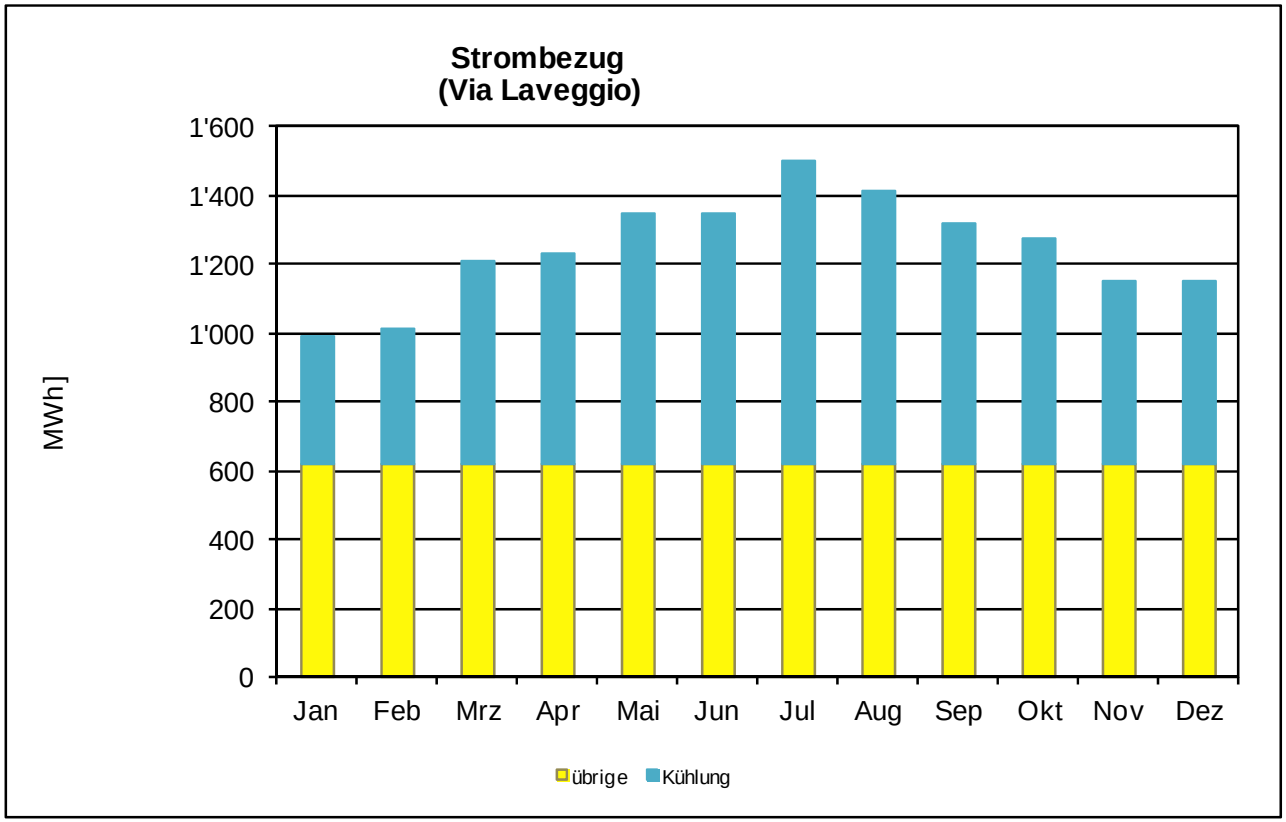


Analyse

- Kontinuierliche Zunahme des Stromverbrauches
- Haben Produktionsmengen auch zugenommen?
- Wieso hat Brennstoffverbrauch nicht zugenommen?

Energieanalyse

Jahresverbrauch Elektrizität

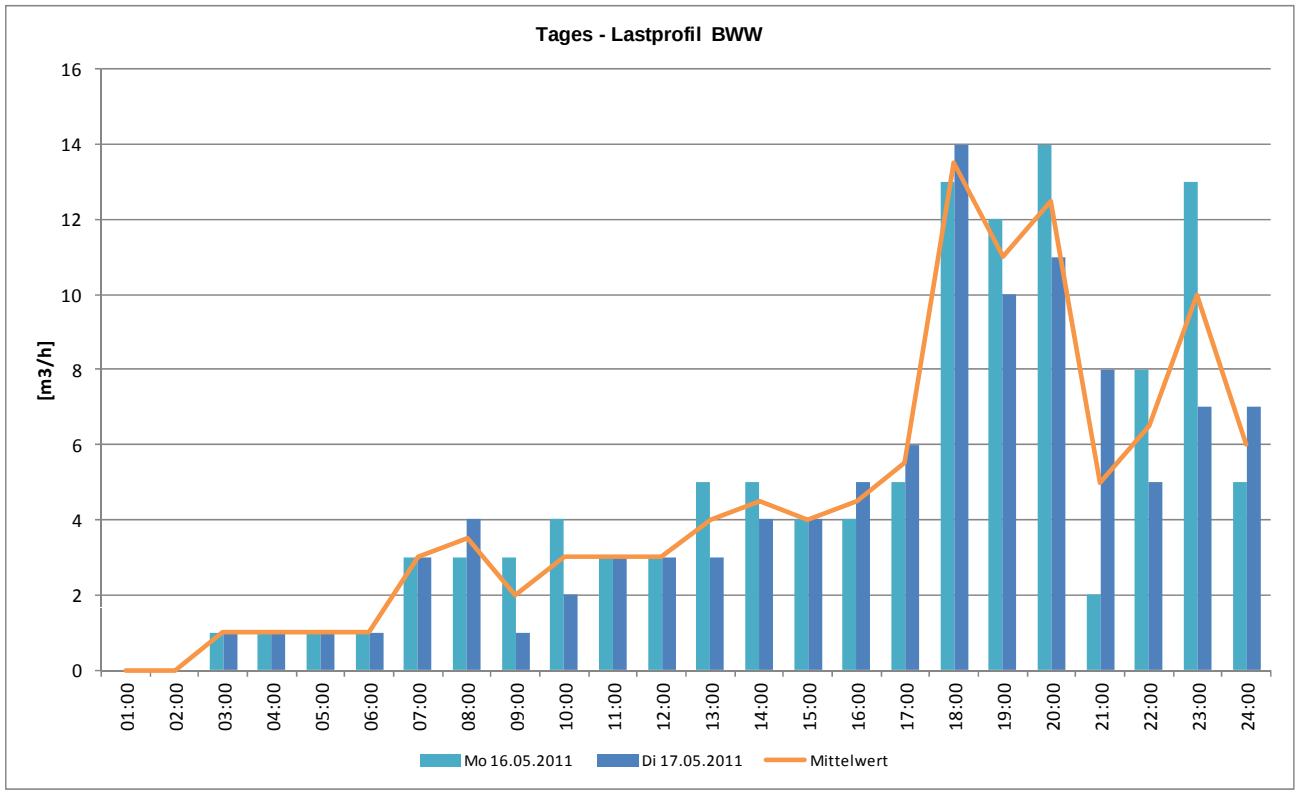


Analyse

- 50% Stromverbrauch für Kühlung
- hoher Kühlbedarf im Winter (= wenig Freecooling)

Energieanalyse

Tageslastprofil BWW-Verbrauch



Analyse

- 28‘000 m^3 pro Jahr
- 102 m^3 pro Tag
- 140 m^3 pro Tag (max)
- Energiebedarf für 15 => 55°C = 1‘300 MWh
- wird heute zu 100% mit Dampf beheizt
- Hauptverbrauchszeit zwischen 17 – 23 Uhr

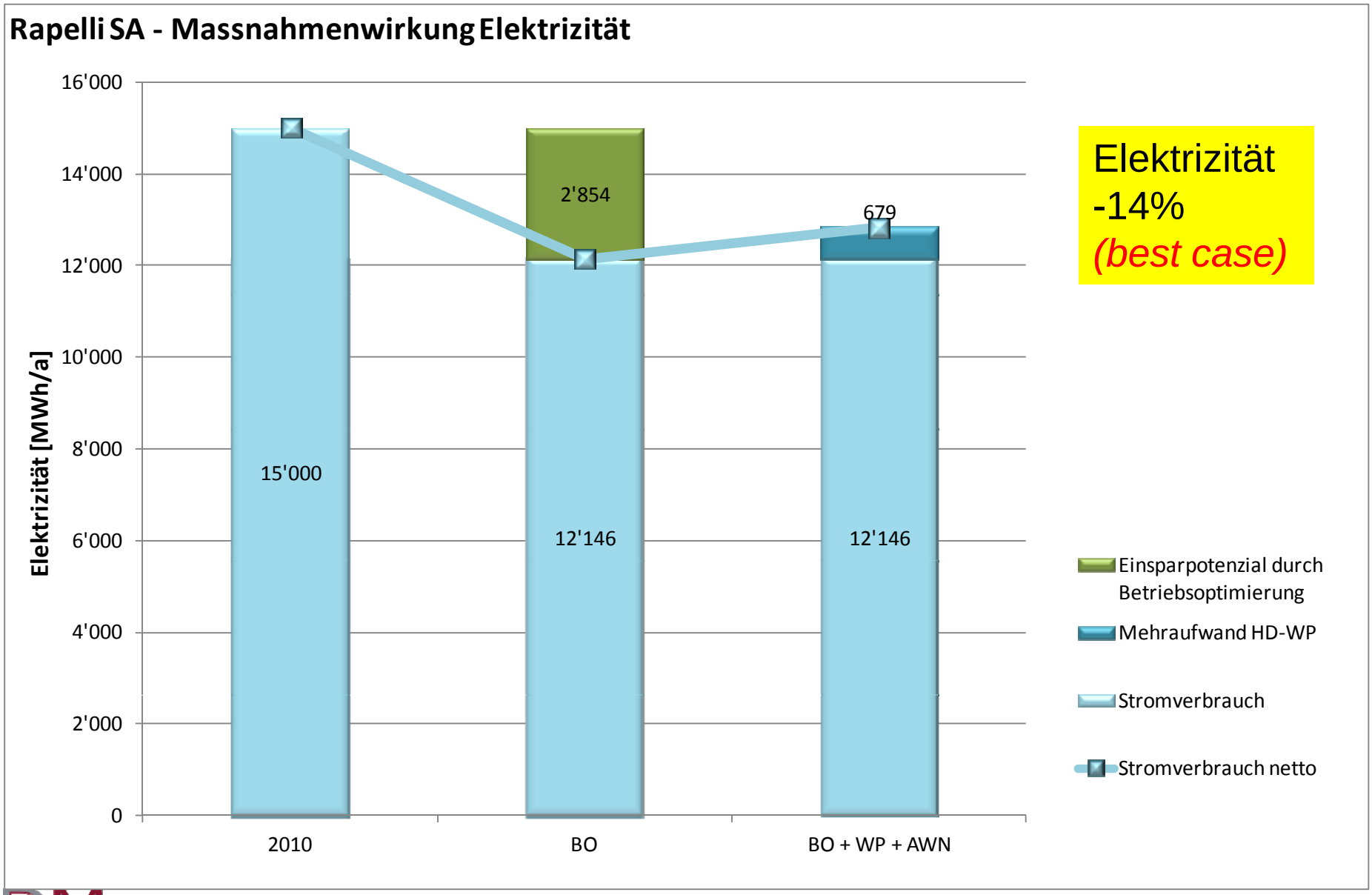
Übersicht Massnahmen

Schritt 1	Betriebsoptimierung
Schritt 2	80°C-Netz auf 65°C absenken
Schritt 3	Hochdruck-Wärmepumpe speist 65°C-Netz - neue Verbraucher an 65°C-Netz anschliessen
Schritt 4	Pinch-Analyse
Schritt 5	Pinch-Massnahmen (Wärmetauscher-Netzwerk)
Schritt 6	Betriebsoptimierung Elektroverbraucher - Schritt 6 nicht ausgeführt => ev. nächste Phase

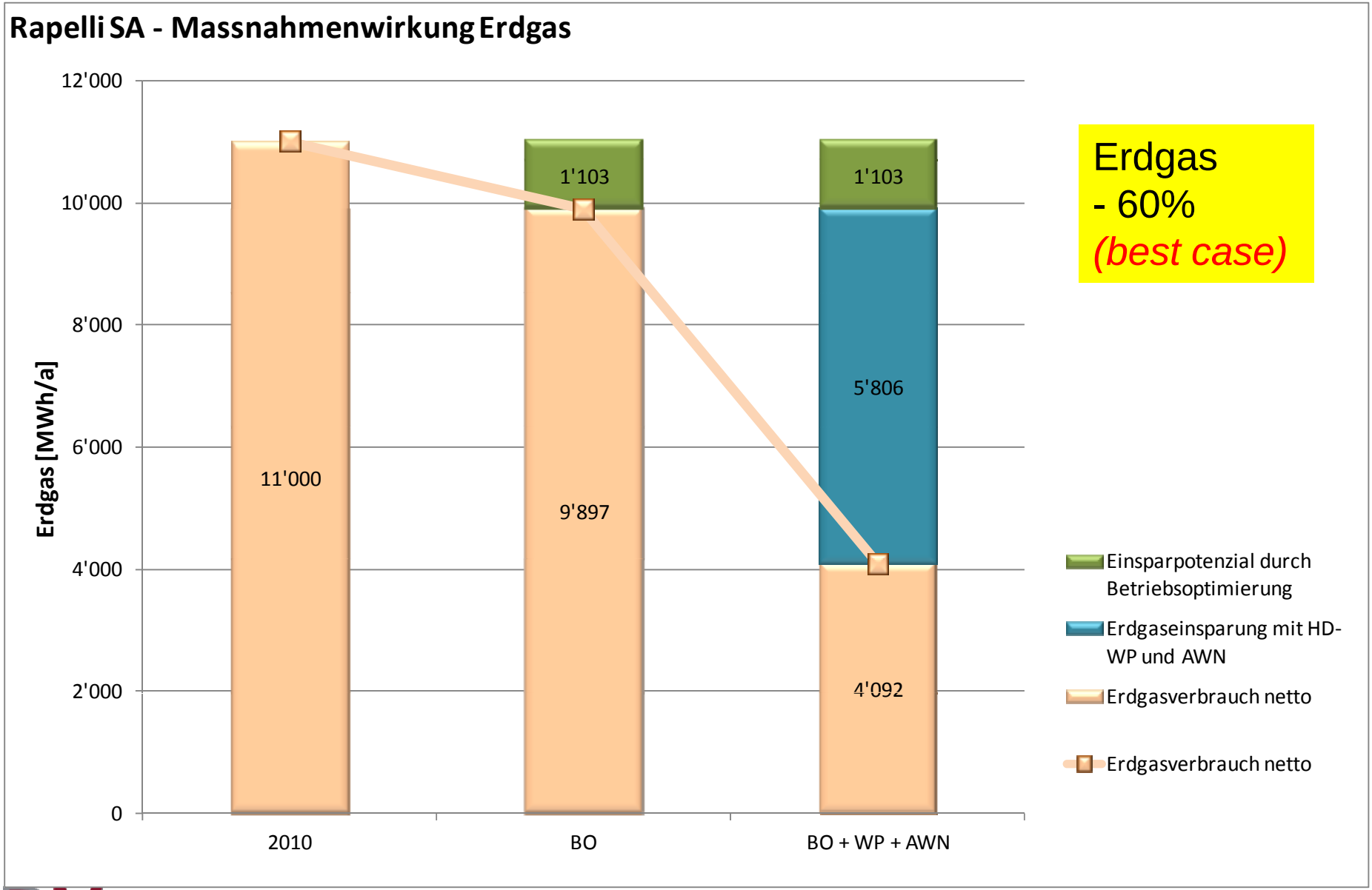
Kosten und pay back

	Investitionen	Einsparung jährlich	pay back
Betriebsoptimierung	CHF 436‘000	CHF 348‘000	1.3 a
Pinch-Analyse **+ Hochdruck-Wärmepumpe** **+ Wärmetauschernetzwerk**	CHF 1‘300‘000	CHF 438‘000	3.0 a
TOTAL	CHF 1‘736‘000	CHF 786‘000	2.2 a

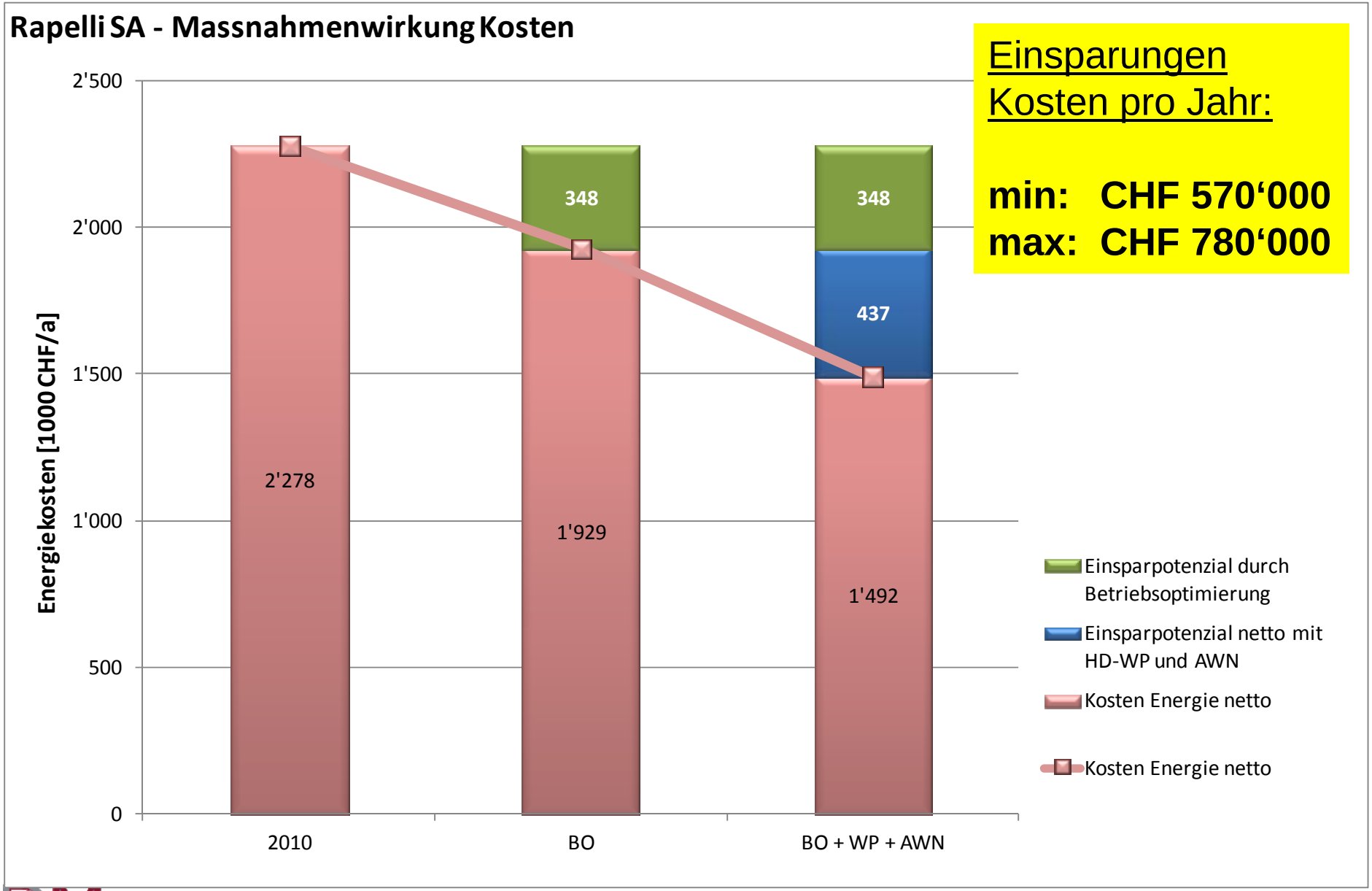
Ergebnis Einsparbilanz



Ergebnis Einsparbilanz



Ergebnis Einsparbilanz



Einsparungen
Kosten pro Jahr:

min: CHF 570‘000
max: CHF 780‘000

Übersicht Massnahmen

Schritt 1	Betriebsoptimierung
Schritt 2	80°C-Netz auf 65°C absenken
Schritt 3	Hochdruck-Wärmepumpe speist 65°C-Netz - neue Verbraucher an 65°C-Netz anschliessen
Schritt 4	Pinch-Analyse
Schritt 5	Pinch-Massnahmen (Wärmetauscher-Netzwerk)
Schritt 6	Betriebsoptimierung Elektroverbraucher - Schritt 6 nicht ausgeführt => ev. nächste Phase

Schritt 1 - Betriebsoptimierung

Schritt 1 - Betriebsoptimierung

- BO Kälteerzeugung
- BO Wärmeerzeugung HW + Dampf
- BO Wärmeverteilung HW + Dampf
- BO Drucklufterzeugung & -verteilung
- BO Lüftungsanlagen
- BO Gebäude

30 Massnahmen

Nr.	Anlage	Massnahmenidee	Beschreibung Massnahmen Weiteres Vorgehen	Priorität	Investition [CHF]	Einsp. [MWh/a]	Einsp. [MWh/a]	Einsp. [MWh/a]	Einsp. CO2 [to]	Nutzen [Fr.]	Pay Back [a]
Übersicht Betriebsoptimierung											
1	**Kälte-Erzeugung**	**BO**	**Übersicht** - Verflüssiger entlüften - Entkalken Rückkühler - Kompressor-Managementsystem - FU-Regelung Kühltürme - Anheben Verdampfungstemperaturen	1	165'200.-	1'390	0	0	**0**	123'710.-	1.3
2	**Wärme-Erzeugung**	**BO**	**Übersicht** - Brennerleistung begrenzen oder Kessel abschalten - Kesselfronten dämmen - Lambda-Regelung installieren - Dampfdruck auch 6 bar reduzieren	1	42'000.-	1	0	350	**69**	30'118.-	1.4
3	**Wärme-Verteilung**	**BO**	**Übersicht** - Einstellwerte Heizgruppe - Armaturen und Leitungen isolieren - Netzwasserpumpe - FU mit Druckregulierung - Dampfleitungen zu GWM dämmen - 80°C-Netz schrittweise auf 65°C absenken - Detailanalyse Dampfnetz und Kondensatableiter - Defekte Kondensatableiter ersetzen	1	177'500.-	407	0	698	**138**	95'997.-	1.8
4	**Druckluft**	**BO**	**Übersicht** - Leckageverluste eliminieren - Verbaucher abschalten - Reduktion Netzdruck von 8.4 auf 6.5 bar - Vorprojekt durch Atlas Copco Gesamtanlage	1	41'300.-	242	0	0	**0**	21'495.-	1.9
5	**Lüftungs-anlagen**	**BO**	**Übersicht** - Reduktion Betriebszeiten - Freecooling - Rezeptanalyse "Entalpico"	1	8'000.-	810	0	54	**11**	76'702.-	0.1
6	**Gebäude**	**BO**	**Übersicht** - Andockstelle Öffnungen schliessen - Analyse + Installation Schnelllauftore	1	2'000.-	5	0	0	**0**	445.-	4.5
SUMMEN					**436'000.-**	**2'854**	**0**	**1'103**	**218**	348'468.-	**1.3**

Kälteerzeugung

Analyse R717-Anlage (Jg. 1996)

- 5 Kältemaschinen (2 x 320 kW_{el}, 2 x 200 kW_{el}, 1 x 110 kW_{el})
- Stromverbrauch pro Jahr: 6‘500 MWh resp. CHF 585‘000.-
- max. nutzbare Abwärmenutzung Ölkühler / Enthitzer 3‘500 MWh
- nicht genutzte Abwärme über Rückkühler 22‘000 MWh
- kein Lastmanagement => ☹
- Kondensationstemperaturen >35°C => ☹
- konstanter Sollwert Kondensationstemperaturen => ☹

Analyse R507-Anlage (Jg. 2009)

- 2 Kältemaschinen (2 x 90 kW_{el})
- Stromverbrauch pro Jahr: 800 MWh resp. CHF 72‘000.-
- ungenutzte Abwärme Ölkühler (Bassin) 150 MWh
- ungenutzte Abwärme über Rückkühler 1‘500 MWh
- kein Lastmanagement => ☹
- konstanter Sollwert Kondensationstemperaturen => ☹

Kälteerzeugung

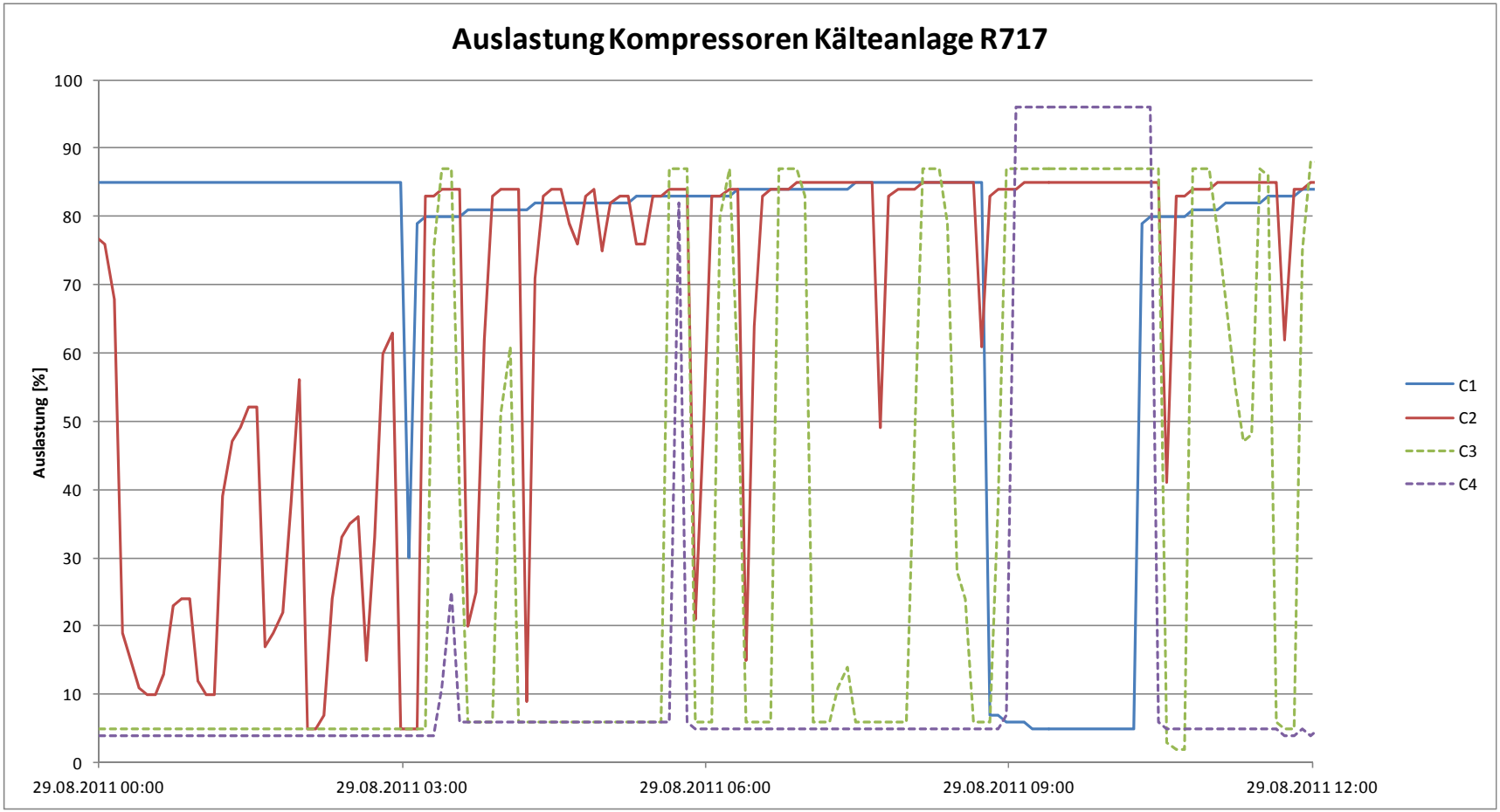
Analyse

- Mögliche Luftansammlung im Verflüssiger
  => erhöht Kondensationstemperatur
- Mögliche Ablagerungen auf Rohrbündel
  => erhöht Kondensationstemperatur
- Sollwert Kondensationstemperatur fix
  => Sommer 15 bar (39°C)
  => Winter 12 bar (31°C)
- Minimal zulässige Kondensationstemperatur
  10 bar (25°C)
- Ventilator 2-Stufig (?)

Kälteerzeugung

Analyse

- Ungleichmässige Verteilung der Kältelast
- Prioritäten C1, C2, C3, C4



Kälteerzeugung

Massnahme

- Lastmanagement z.B. mit Wettronic

Kälteerzeugung

Massnahmen R717-Anlage		Kosten	- MWh	- CHF	PB	
• Entlüftung Kondensatoren	fatto	2 k	114	10 k	<1	○
• Reinigung Kondensatoren	in corso	5 k	114	10 k	<1	○
• Lastmanagement (z.B. mit Wettronic)	GO	100 k	570	51 k	2.0	◎
• Regelung Ventilator / Kondensationstemperatur	GO	50 k	220	20 k	2.6	◎
• Anhebung Kältenetz auf -5°C	GO	5 k	342	30 k	<1	◎

Massnahmen R507-Anlage		Kosten	- MWh	- CHF	PB	
• Entlüftung Kondensatoren	fatto	1.2 k	15	1.3 k	1	○
• Reinigung Kondensatoren	in corso	2 k	15	1.3 k	1.5	○

◎ Genauigkeit +/- 25%
○ Genauigkeit +/- 100%

Wärmeerzeugung

Analyse

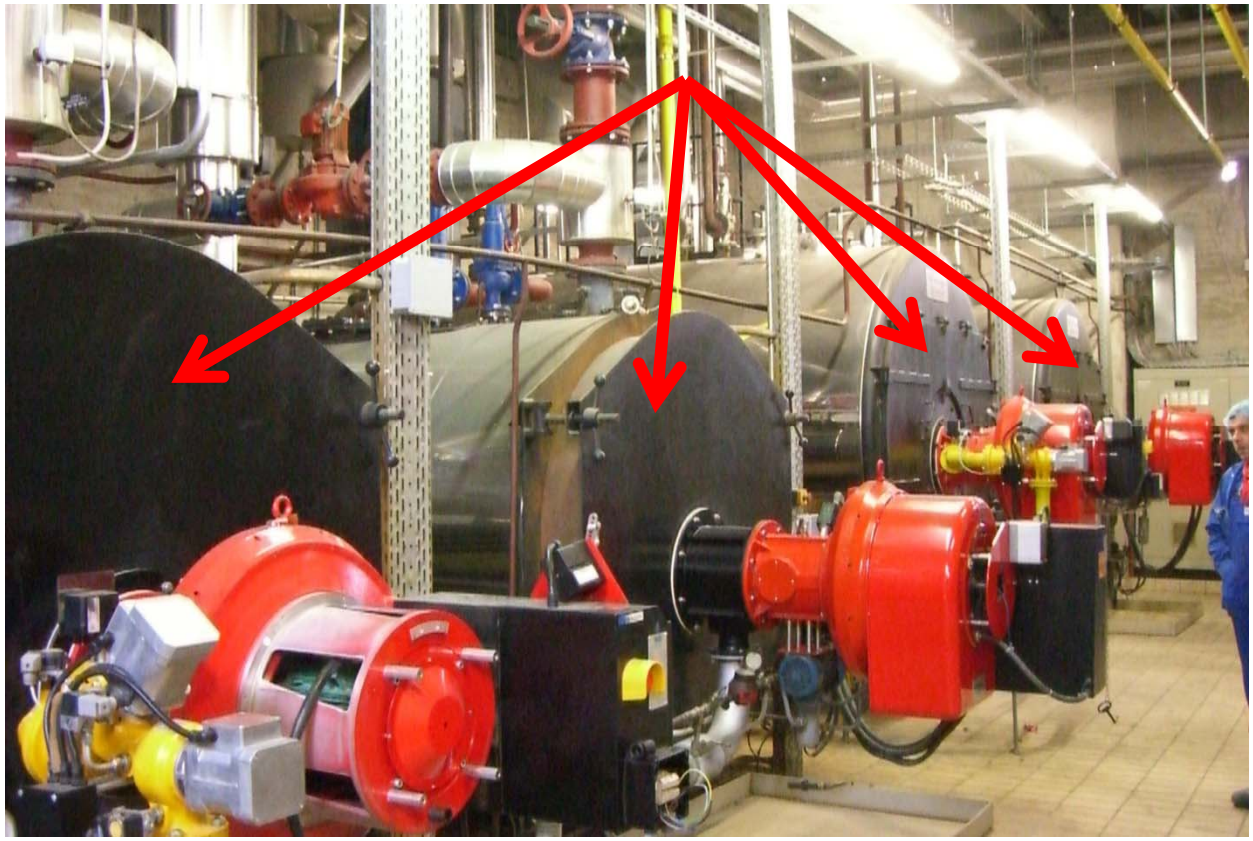
- 2 Heizkessel, 1 x Erdgas, 1 x Heizöl => 3‘500 MWh resp. 305‘000.-
- 2 Dampfkessel, 1 x Erdgas, 1 x Heizöl => 7‘000 MWh resp. 600‘000.-
- Energieverbrauch Wärmeerzeugung pro Jahr: **10‘500 MWh resp. 905‘000.-**

- Abgasverluste C1 & C2 => 5..6%
- Abgasverluste C2 & C3 => 6..8.5%
- Vollbetriebsstunden
  - C1 1‘075 h
  - C2 833 h
  - C3 3‘065 h
  - C4 558 h

Wärmeerzeugung

Analyse

- Wärmeverluste über Kesselwandung
- Kessel C1&C2 => Vorderseite 75°C, Hinterseite 55°C
- Kessel C3&C4 => Vorderseite 95°C, Hinterseite 75°C



Wärmeerzeugung

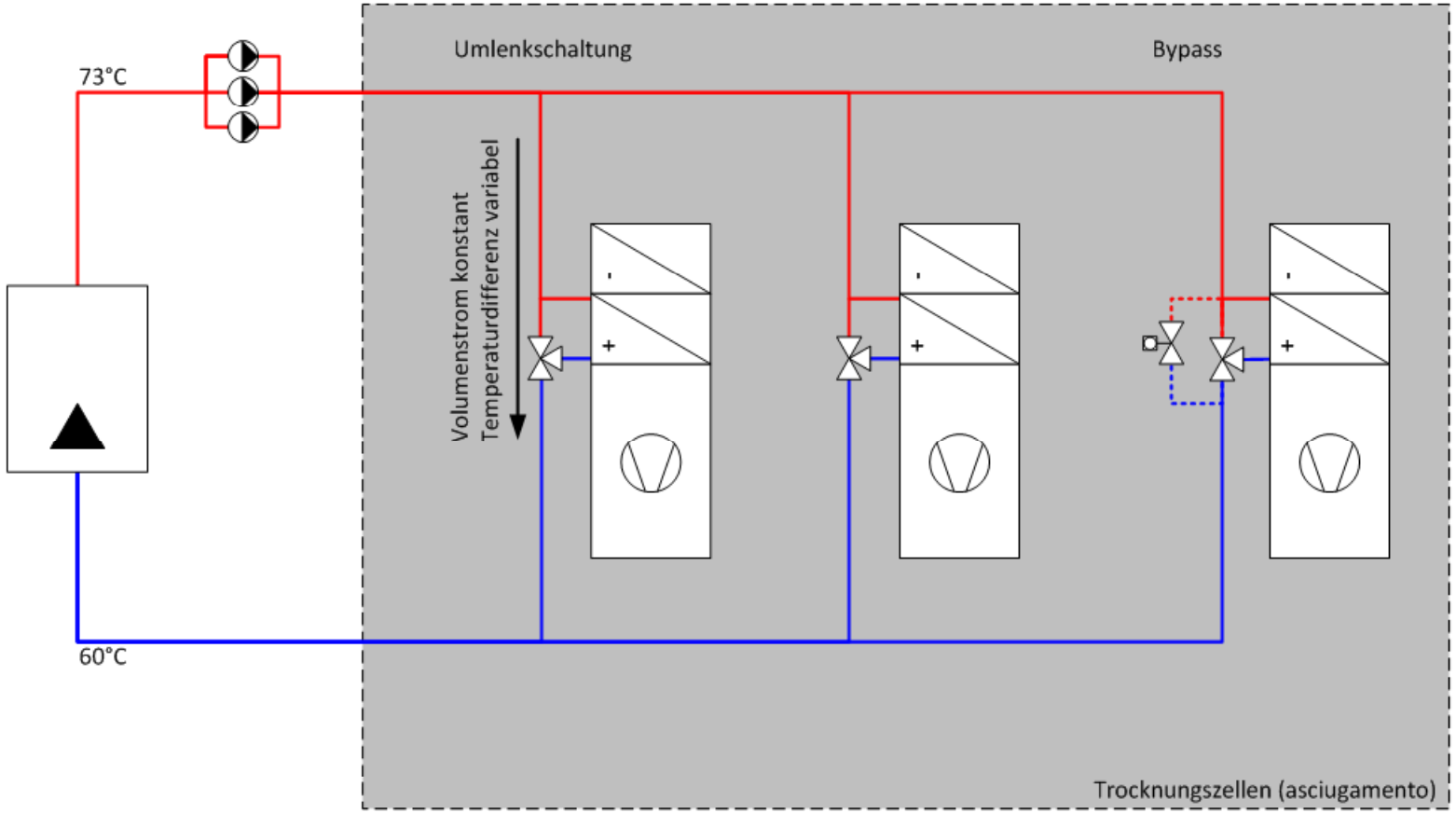
Massnahmen		Kosten	- MWh	- CHF	PB	
• Ausschalten Kessel C2	GO	0 k	70	6 k	0.0	◎
• Isolation Kesselfront und -rückseite C1	GO	4 k	18	1.5 k	2.6	◎
• Isolation Kesselfront und -rückseite C2	STOPP	4 k	11	1.0 k	4.1	◎
• Isolation Kesselfront und -rückseite C3	GO	5 k	51	4.4 k	1.1	◎
• Isolation Kesselfront und -rückseite C4	GO	5 k	32	2.7 k	1.8	◎
• Brennraumdruck-Regelung C1	GO	12 k	42	3.6 k	3.3	◎
• Brennraumdruck-Regelung C3	GO	12 k	84	7.2 k	1.7	◎
• Reduktion Dampfdruck von 8 bar => 6 bar	GO	0 k	43	3.7 k	0.0	◎

◎ Genauigkeit +/- 25%
◎ Genauigkeit +/- 100%

Wärmeverteilung

Analyse

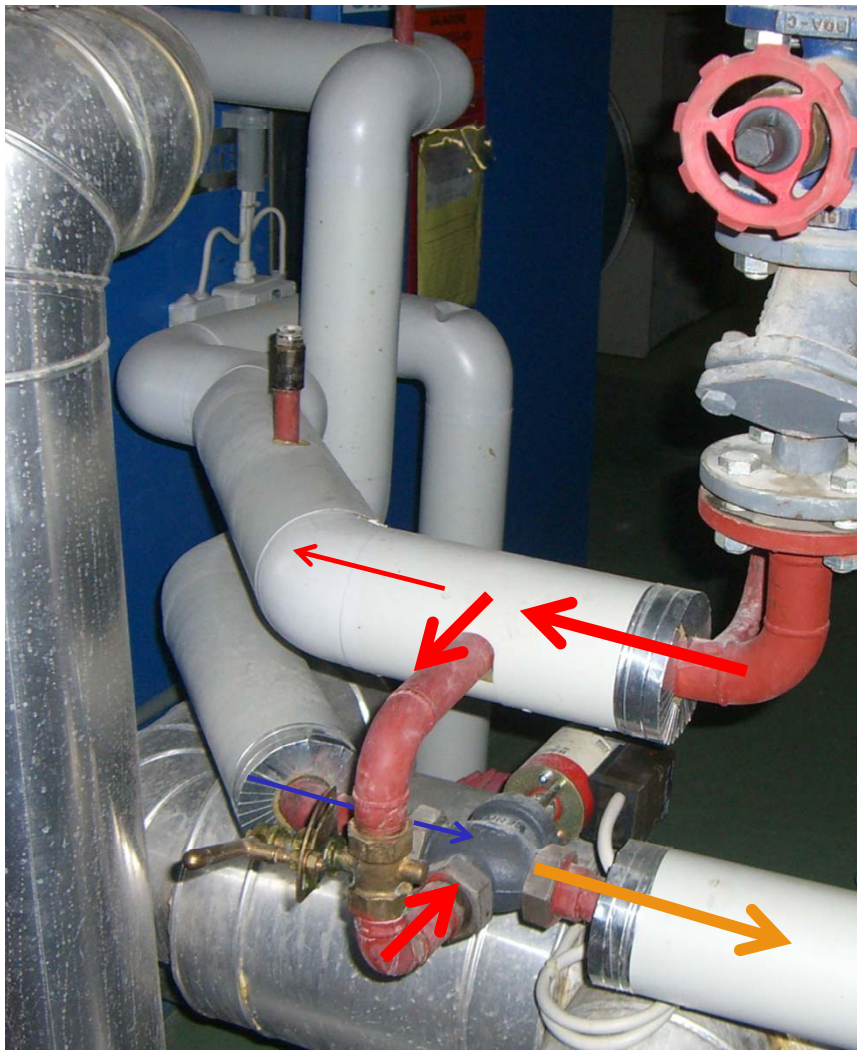
- Bypässe an Monoblocs
- Netzpumpen immer in Betrieb (Volumenstrom konstant)
- Hohe Rücklauftemperatur



Wärmeverteilung

Analyse

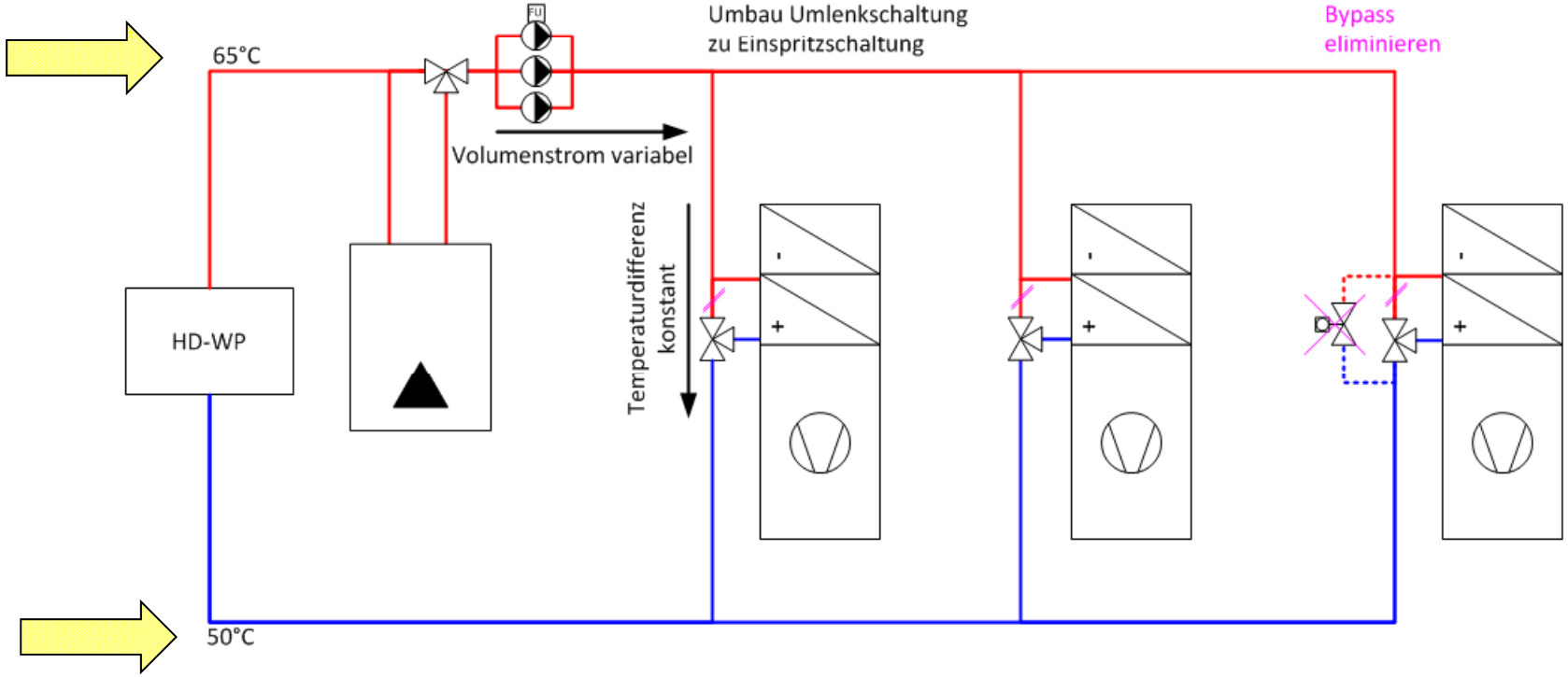
- Bypass-Schaltung an Monobloc der Trockenzellen
- Manueller Bypass-Schieber



Wärmeverteilung

Massnahme

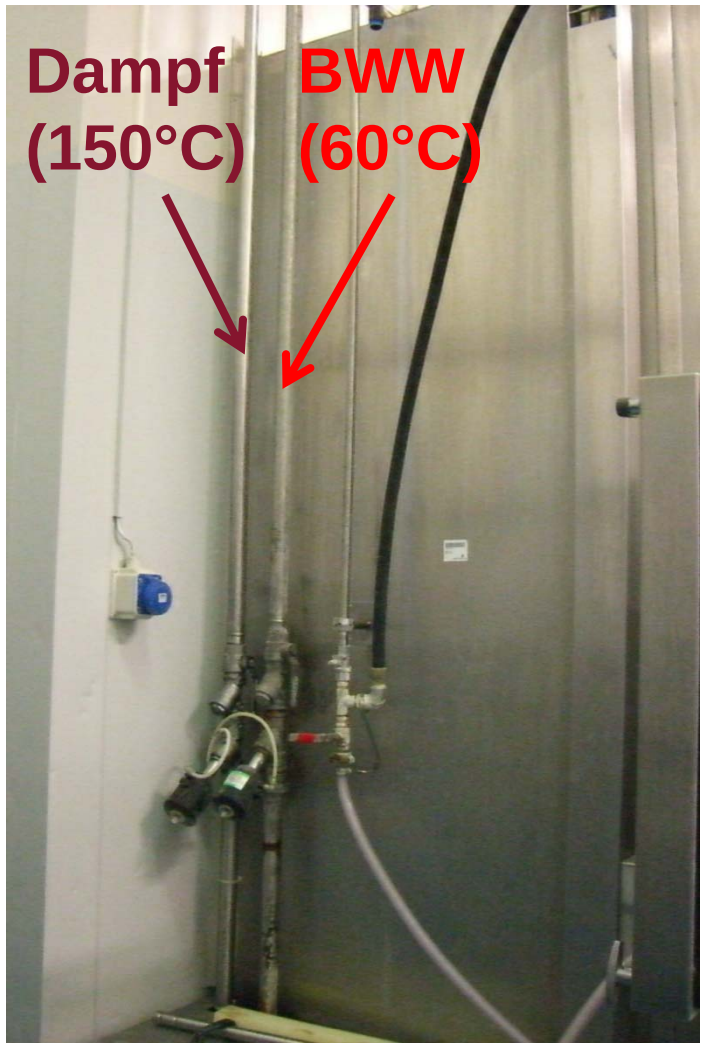
- Bypässe eliminieren
- 1 Netzpumpe mit FU ausstatten
- Druckregelung der Netzpumpen => Reduktion Durchflussmengen und RL-Temperaturen



Wärmeverteilung

Analyse

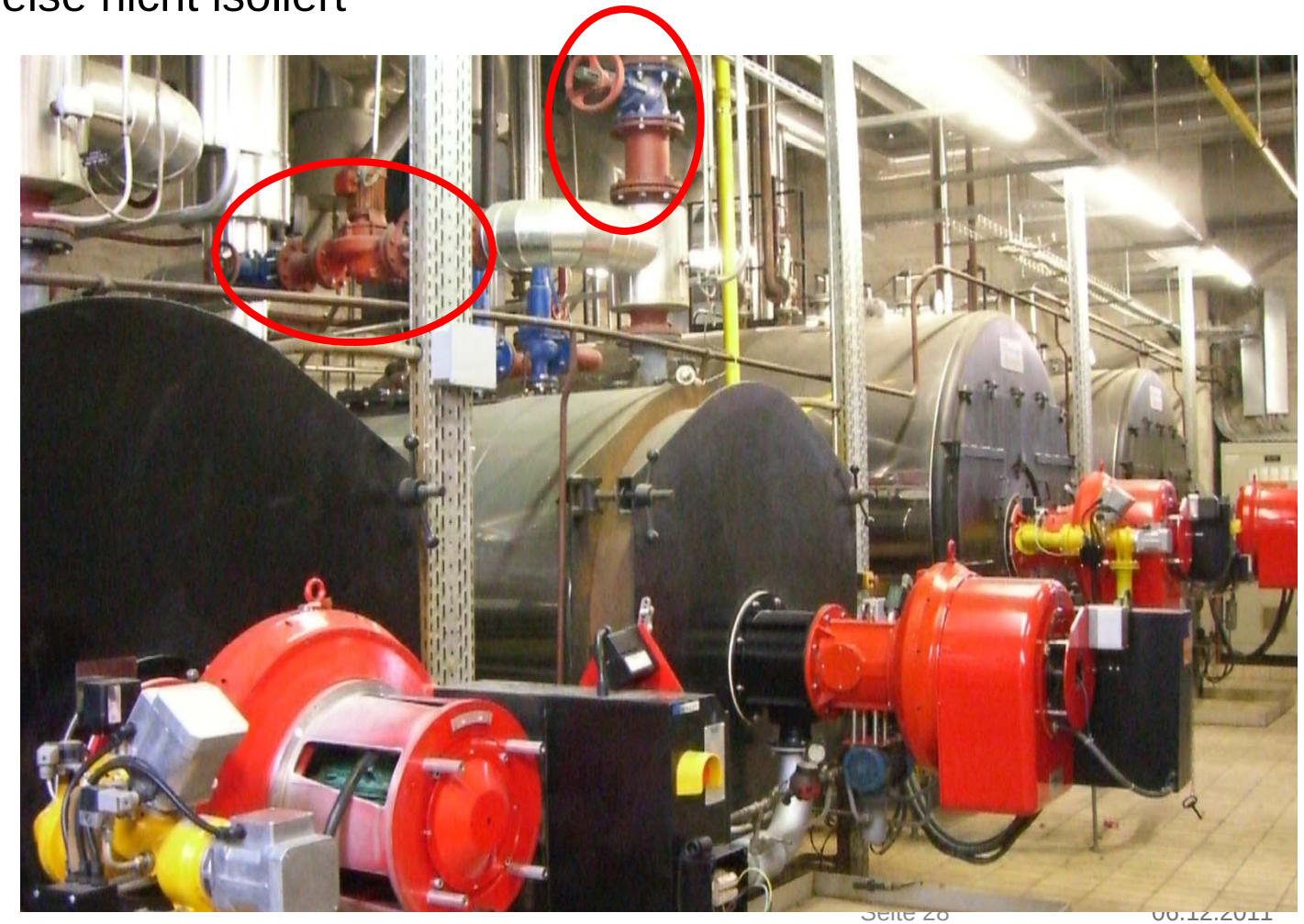
- 13 Stk. Waschmaschinen Colussi
- je 5m Dampfleitung nicht isoliert
- je 5m Warmwasserleitung nicht isoliert



Wärmeverteilung

Analyse

- Armaturen teilweise nicht isoliert
- Rohrleitungen teilweise nicht isoliert



Wärmeverteilung

Massnahmen		Kosten	- MWh	- CHF	PB	
• Optimierung Heizungsparameter	in corso	0 k	18	1.5 k	0.0	○
• Isolation Armaturen und Leitungen in Heizzentrale	in corso	16 k	165	14 k	1.1	○
• Druckregelung Netzwasserpumpen + Bypässe	GO	10 k	97	8.6 k	1.2	○
• Isolation Dampfleitungen Waschmaschinen	GO	6.5 k	122	10 k	0.6	○
• Wartung Kondensatableiter	GO	30 k	350	30 k	1.0	○
• Isolation Luftkanäle Trocken- / Reifezellen	in corso	100 k	353	31 k	3.2	○

○ Genauigkeit +/- 25%
○ Genauigkeit +/- 100%

Drucklufterzeugung und –verteilung 1/4

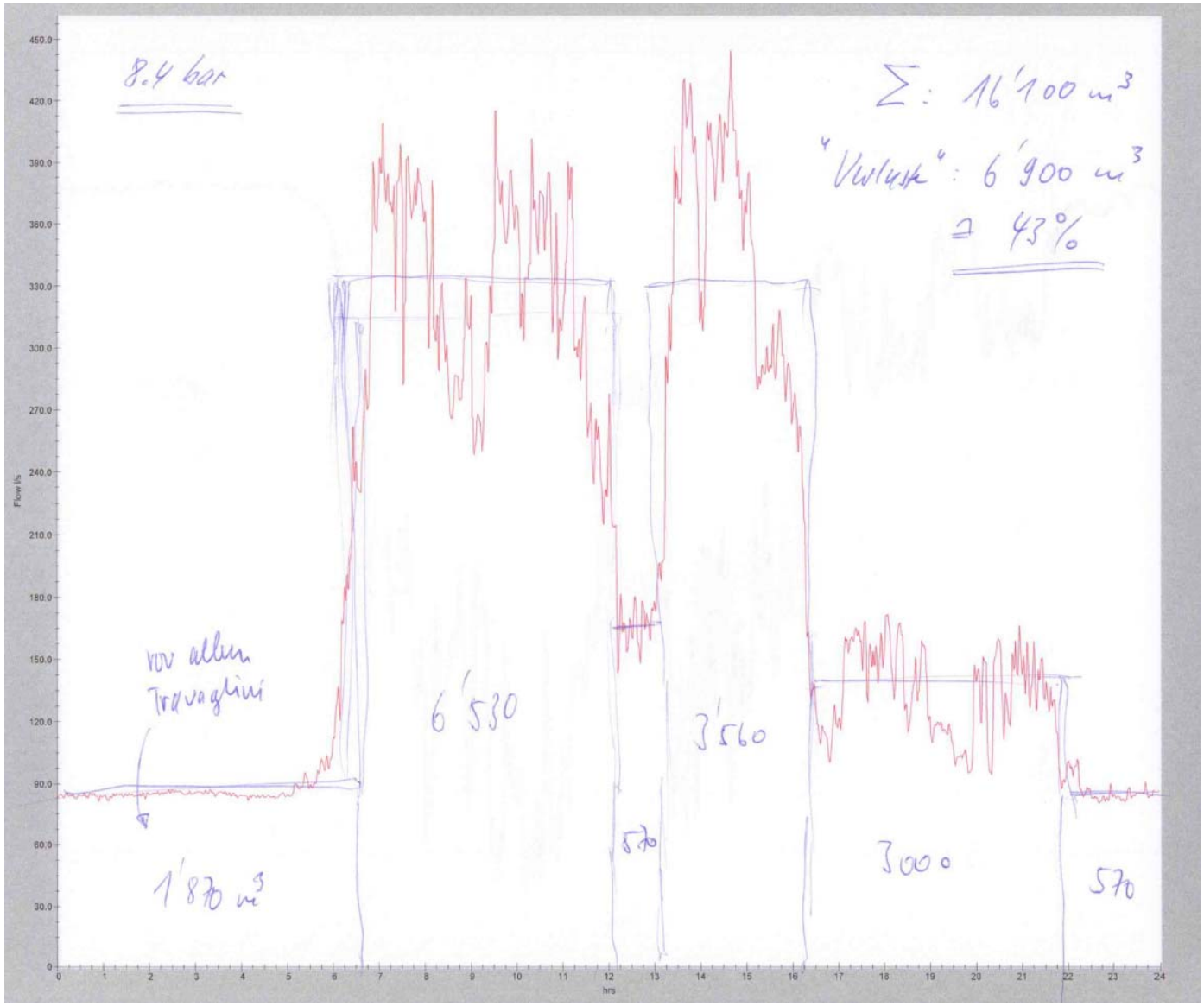
Analyse

- 3 Kompressoren, 1 x wassergekühlt, 2 x luftgekühlt
- Stromverbrauch pro Jahr: 645 MWh resp. CHF 60‘000.-
- Netzdruck = 8.4 bar => sehr hoch !
- Luftverbrauch in der Nacht und am Wochenende = 60% => sehr hoch !
- Abwärme wird nicht genutzt

Drucklufterzeugung und –verteilung 2/4

Analyse

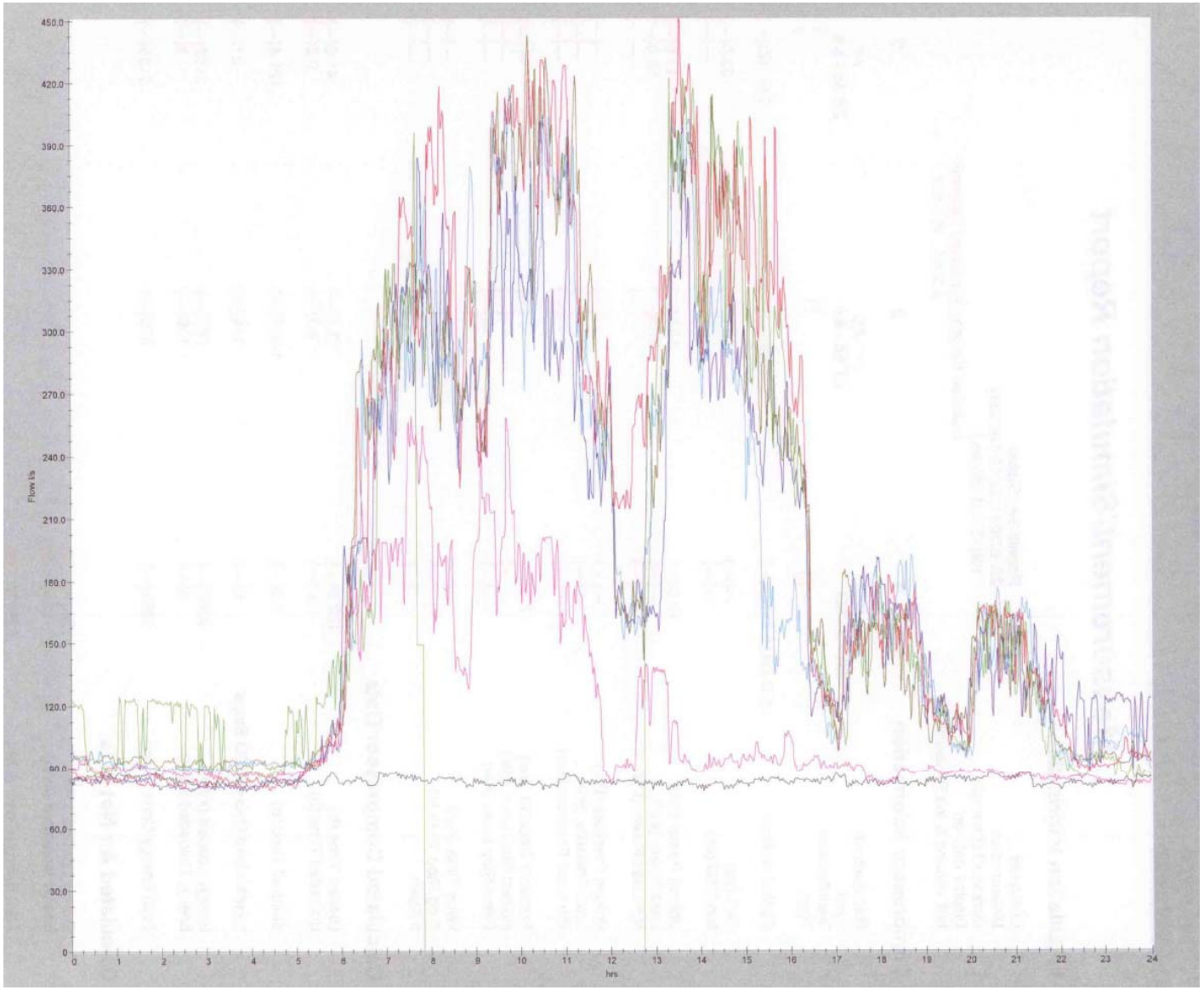
- Lastprofil Werktag
- Grundlast bis 85 l/s = 43%
- Tageslast bis 450 l/s = 57%



Drucklufterzeugung und –verteilung 3/4

Analyse

- Lastprofil ganze Woche
- Grundlast bis 85 l/s = 60%
- Tageslast bis 450 l/s = 40%



Drucklufterzeugung und –verteilung 4/4

Massnahmen		Kosten	- MWh	- CHF	PB	
• Reparatur Leckageverluste	GO	8 k	65	6 k	1.4	○
• Reduktion Betriebszeiten Verbraucher	GO	15 k	122	11 k	1.4	○
• Reduktion Netzdruck auf 6.5 bar	GO	16 k	55	5 k	3.3	○
• Abwärmenutzung			vgl. Pinch-Analyse			

○ Genauigkeit +/- 25%
○ Genauigkeit +/- 100%

Lüftungsanlagen

Analyse

- 35 Lüftungsanlagen im Detail untersucht
- Dauerbetrieb 8‘760 h/a (einzelne Ausnahmen) => ☹
- keine Feuchteregelung => ☺
- Heizregister alle abgeschaltet => ☺ ! aber durchströmt + Bypass => ☹
- kein Freecooling, auch wenn TA < 10°C => ☹

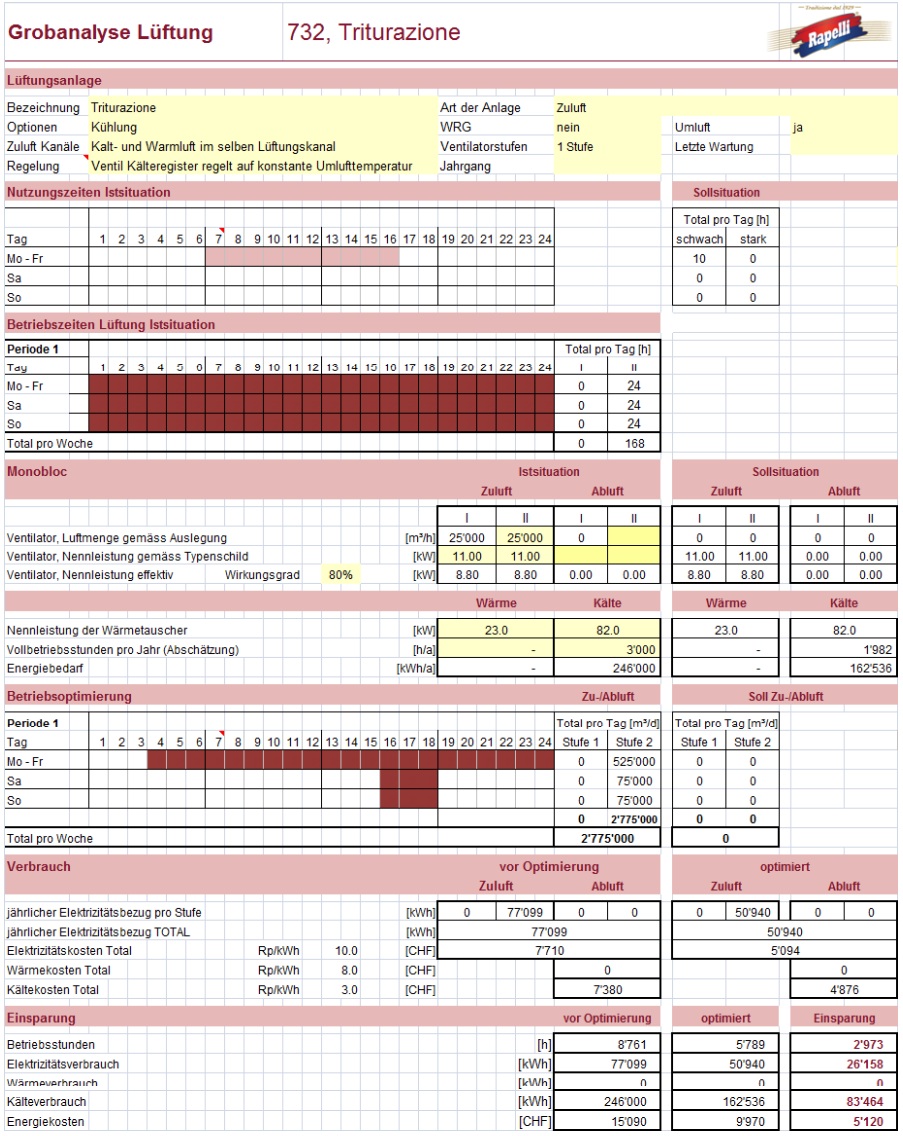
• Stromverbrauch pro Jahr:	1‘530 MWh	CHF 153‘000.-
• Nutzwärmeverbrauch pro Jahr:	475 MWh	CHF 38‘000.-
• Kältebedarf pro Jahr:	5‘300 MWh	CHF 159‘000.-

Lüftungsanlagen

Nutzungszeit Raum ⇨

Betriebszeit Lüftung IST ⇨

Betriebszeit Lüftung SOLL ⇨



Grobanalyse Lüftung 732, Triturazione

Lüftungsanlage

Bezeichnung	Triturazione	Art der Anlage	Zuluft		
Optionen	Kühlung	WRG	nein	Umluft	ja
Zuluft Kanäle	Kalt- und Warmluft im selben Lüftungskanal	Ventilatorstufen	1 Stufe	Letzte Wartung	
Regelung	Ventil Kälteregister regelt auf konstante Umlufttemperatur	Jahrgang			

Nutzungszeiten Istsituation

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mo - Fr																								
Sa																								
So																								

Sollsituation

Total pro Tag [h]	
schwach	stark
10	0
0	0
0	0

Betriebszeiten Lüftung Istsituation

Periode 1																									Total pro Tag [h]	
Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	I	II
Mo - Fr																									0	24
Sa																									0	24
So																									0	24
Total pro Woche																									0	168

Monobloc

			Istsituation Zuluft I	Istsituation Zuluft II	Istsituation Abluft I	Istsituation Abluft II	Sollsituation Zuluft I	Sollsituation Zuluft II	Sollsituation Abluft I	Sollsituation Abluft II
Ventilator, Luftmenge gemäss Auslegung		[m³/h]	25'000	25'000	0		0	0	0	0
Ventilator, Nennleistung gemäss Typenschild		[kW]	11.00	11.00			11.00	11.00	0.00	0.00
Ventilator, Nennleistung effektiv	Wirkungsgrad 80%	[kW]	8.80	8.80	0.00	0.00	8.80	8.80	0.00	0.00

		Istsituation Wärme	Istsituation Kälte	Sollsituation Wärme	Sollsituation Kälte
Nennleistung der Wärmetauscher	[kW]	23.0	82.0	23.0	82.0
Vollbetriebsstunden pro Jahr (Abschätzung)	[h/a]	-	3'000	-	1'982
Energiebedarf	[kWh/a]	-	246'000	-	162'536

Betriebsoptimierung

Periode 1																									Zu-/Abluft Total pro Tag [m³/d]		Soll Zu-/Abluft Total pro Tag [m³/d]	
Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 2
Mo - Fr																									0	525'000	0	0
Sa																									0	75'000	0	0
So																									0	75'000	0	0
																									0	**2'775'000**	**0**	**0**
Total pro Woche																									**2'775'000**		**0**	

Verbrauch

				vor Optimierung Zuluft I	vor Optimierung Zuluft II	vor Optimierung Abluft I	vor Optimierung Abluft II	optimiert Zuluft I	optimiert Zuluft II	optimiert Abluft I	optimiert Abluft II
jährlicher Elektrizitätsbezug pro Stufe			[kWh]	0	77'099	0	0	0	50'940	0	0
jährlicher Elektrizitätsbezug TOTAL			[kWh]	77'099				50'940			
Elektrizitätskosten Total	Rp/kWh	10.0	[CHF]	7'710				5'094			
Wärmekosten Total	Rp/kWh	8.0	[CHF]			0				0	
Kältekosten Total	Rp/kWh	3.0	[CHF]			7'380				4'876	

Einsparung

		vor Optimierung	optimiert	Einsparung
Betriebsstunden	[h]	8'761	5'789	2'973
Elektrizitätsverbrauch	[kWh]	77'099	50'940	26'158
Wärmeverbrauch	[kWh]	0	0	0
Kälteverbrauch	[kWh]	246'000	162'536	83'464
Energiekosten	[CHF]	15'090	9'970	5'120

⇦ Einsparungen

Lüftungsanlagen

Objekt	***Rapelli SA, Stabio***	***Strompreis***	10.0	Rp./kWh	
Bereich	***Lüftungsanalyse, BO***	***Wärmepreis***	8.0	Rp./kWh	
Massnahme	***Grobanalyse***	***Kältepreis***	3.0	Rp./kWh	

Raumnutzung								***Lüftungsbeschreibung***					***Lufterhitzer***				***Kälteregister***				***Ventilator***	
Nr.	Standort / Rif	Bezeichnung / Standort	Bezeichnung / Standort	Fläche	Volumen	Temp.Soll	Luftfeuchte	Typ	Luftmenge	Umluft	Frischluft	Umluftbetrieb möglich?	VL-Temp	RL-Temp	Heizleistung	Vollbetriebsstunden	VL-Temp	RL-Temp	Kälteleistung	Vollbetriebsstunden	Luftvolumen	Leistung
				[m²]	[m³]	[°C]	[%]		[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]		[°C]	[°C]	[kW]	[h/a]	[°C]	[°C]	[kW]	[h/a]	[m³/h]	[kW]
729.1	B8	UTA Aria Esterna	trockene Zuluft für Reinraum			10	tief		6'500	-	6'500	nein	35	30	49	1'000	-4	0	93	3'000	6'500	5.5
729.2	B8	Sala Bianca 1	Unterverteilung			4	40		25'000	25'000	-	ja	35	30	42	-	-4	0	57	3'000	25'000	20.5
729.3	B8	Sala Bianca 2	Unterverteilung			4	40		25'000	25'000	-	ja	35	30	42	-	-4	0	57	3'000	25'000	18
729.4	B16	Preparazione Prodott	Unterverteilung			12	65		5'000	5'000	-	ja	35	30	6	-	-4	0	14	3'000	5'000	3
729.5		Vorraum	Etikettierung			10	55		10'000	10'000	-	ja	35	30	6	500	-4	0	26	3'000	10'000	3
729.6	B11	Spogliatoi	Garderobe			20	55		1'500	-	1'500	ja	35	30	6	1'000	-4	0	14	1'000	1'500	0.5
730	F8	Sala Insacco	Handverarbeitung	448	2'240	12	65	H1/30/G-AC	22'000	22'000	-	ja	35	30	47	-	-4	0	136	3'000	22'000	15
731	F7/B	Triturazione	Zuschneiderei, Charcutterie?	360	1'800	12	65	H1/25/G-AC	25'000	25'000	-	ja	35	30	23	-	-9	-6	82	3'000	25'000	11
732	F7/A	Triturazione	Zuschneiderei, Charcutterie?	360	1'800	12	65	HFC/25/G-AC	25'000	25'000	-	ja	35	30	23	-	-9	-6	82	3'000	25'000	11
733	B4/A	Affettatura Crudi	Aufschnitt roh	491	2'457	12	50	H1/20/G-AC	20'000	20'000	-	ja	35	30	29	-	-4	0	55	3'000	20'000	9
734	B4/B	Affettutura Crudi	Aufschnitt roh	491	2'457	12	50	H1/20/G-AC	20'000	20'000	-	ja	35	30	29	-	-4	0	55	3'000	20'000	9
742	B10	Filializzazione	Spedition	925	4'625	5	65	H2/120/G	60'000	60'000	-	ja	--	--	0	-	-9	-5	58	3'000	60'000	15
739	D7	Lavorazione	Verarbeitung	533	2'664	10	65	H1/30/G-AC	30'000	30'000	-	ja	35	30	53	-	-4	0	157	3'000	30'000	15
735	G1	Lavorazione	Verarbeitung	225	1'125	12	65	H1/15/G-AC	15'000	15'000	-	ja	35	30	23	-	-4	0	76	3'000	15'000	7.5
741	D15	Lavorazione	Verarbeitung	60	300	12	65	H1/7G-AC	7'000	7'000	-	ja	35	30	12	-	-4	0	29	3'000	7'000	4
747	B1	Infarinatura, etichetta	Einmehlen, etikettieren	476	2'380	12	65	FDA1/13/G-AC	13'000	13'000	-	ja	35	30	16	-	-5	1	55	3'000	13'000	3
748	B2	Infarinatura, etichetta	Einmehlen, etikettieren	476	2'380	12	65	FDA1/13/G-AC	13'000	13'000	-	ja	35	30	16	-	-5	1	55	3'000	13'000	3
749	A5	Preparazione Lardo	Speckzubereitung	34	151	12	65	FDA1/4/G-AC	4'000	4'000	-	ja	35	30	5	-	-4	0	10	3'000	4'000	1.1
753	A22	Confezionamento	Verpackung	52	208	12	65	FDA1/4/G-AC	4'000	4'000	-	ja	35	30	4	-	-4	0	7	3'000	4'000	1.1
750	A23	Emulsione		40	160	12	65	FDA1/4/G-AC	4'000	4'000	-	ja	35	30	5	-	-5	-1	16	3'000	4'000	1.1
751	C3	Preparzione Salina	Zubereitung Salzlösung	132	528	12	65	FDA1/4/G-AC	4'000	4'000	-	ja	35	30	11	-	-4	0	12	3'000	4'000	1.1
754	E1/A	Ricevimento fresco	Eingang Frischware	225	900	12	65	FDA1/6/G-AC	6'000	6'000	-	ja	35	30	6	-	-4	0	21	3'000	6'000	1.1
755	E1/B	Ricevimento fresco	Eingang Frischware	225	900	12	65	FDA1/6/G-AC	6'000	6'000	-	ja	35	30	6	-	-4	0	21	3'000	6'000	1.1
752	G8	Confezionamento fre	Verpackung Frischware	56	280	12	65	FDA1/4/G-AC	4'000	4'000	-	ja	35	30	5	-	-4	0	7	3'000	4'000	1.1
736	E4/A	Reparto Lavorzione	Verarbeitung	713	3'565	12	65	H1/20/G-AC	20'000	20'000	-	ja	35	30	29	-	-4	0	107	3'000	20'000	9
737	E4/B	Reparto Lavorzione	Verarbeitung	713	3'565	12	65	H1/20/G-AC	20'000	20'000	-	ja	35	30	29	-	-4	0	107	3'000	20'000	9
738	NP	Servizio Ticino	Metzgerei	168	840	12	65	H1/15/G-AC	15'000	15'000	-	ja	35	30	23	-	-5	-1	82	3'000	15'000	7.5
740	A10	Rep. Lavorz. Mortade	Mortadellaprod.	286	1'431	12	65	H1/22/G-AC	22'000	22'000	-	ja	35	30	40	-	-4	0	107	3'000	22'000	11
785	2. Stock	Locale Salame	Pellatura			12			30'000	30'000	-	ja	35	30	55	-	-4	0	113	3'000	30'000	18.5
991	D8	Spogliatori	Garderobe			22			25'000	25'000	-	ja	35	30	116	2'000	-4	0	58	1'000	25'000	11
nn1	Mensa	Mensa	Mensa	527	1'688	22			26'000	13'000	13'000	ja	50	45	175	1'000	-9	5	140	500	26'000	11
nn2	A9	Scaldalavalalardello	Fett waschen			14			1'400	-	1'400	nein	35	30	14	1'000	--	--	-	-	1'400	0.37
nn3	D13	Lavaggi	heizen in gekühltem Raum			14			4'200	4'200	-	ja	35	30	44	1'000	--	--	-	-	4'200	1.1
nn4	D10	Cottura	heizen in gekühltem Raum			14			2'500	2'500	-	ja	35	30	29	1'000	--	--	-	-	2'500	0.37
nn5	I1-I8	Zona Dogana	Anbau 2002		3 / 10 / 12				25'000	25'000	-	ja	35	30	12	1'000	-4	0	23	3'000	25'000	11

Auswertung aus Zusatzblättern (Anlagen Nr. 729.1 - nn5

jährl. Strom-verbrauch	jährl. Strom-kosten	jährl. Wärme-verbrauch	jährl. Wärme-kosten	jährl. Kälte-verbrauch	jährl. Kälte-kosten	**jährliche Energiekosten**	Einsparpotenzial Elektrizität		Einsparpotenzial Wärme		Einsparpotenzial Kälte		**Einsparpotenzial**	
[kWh/a]	[CHF/a]	[kWh/a]	[CHF/a]	[kWh/a]	[CHF/a]	**[CHF/a]**	[kWh/a]	[%]	[kWh/a]	[%]	[kWh/a]	[%]	**[CHF/a]**	[%]
1'531'232	153'123	563'020	45'042	5'294'144	158'824	**356'989**	413'921	27%	88'824	16%	1'385'105	26%	**90'051**	25%

Lüftungsanlagen

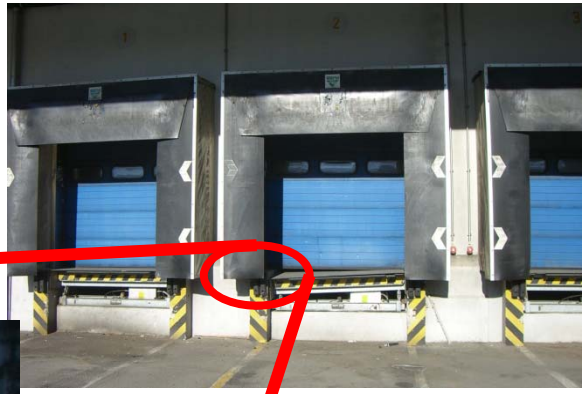
Massnahmen		Kosten	- MWh	- CHF	PB	
• Reduktion Betriebszeiten	GO	8 k	864	77 k	0.1	◎

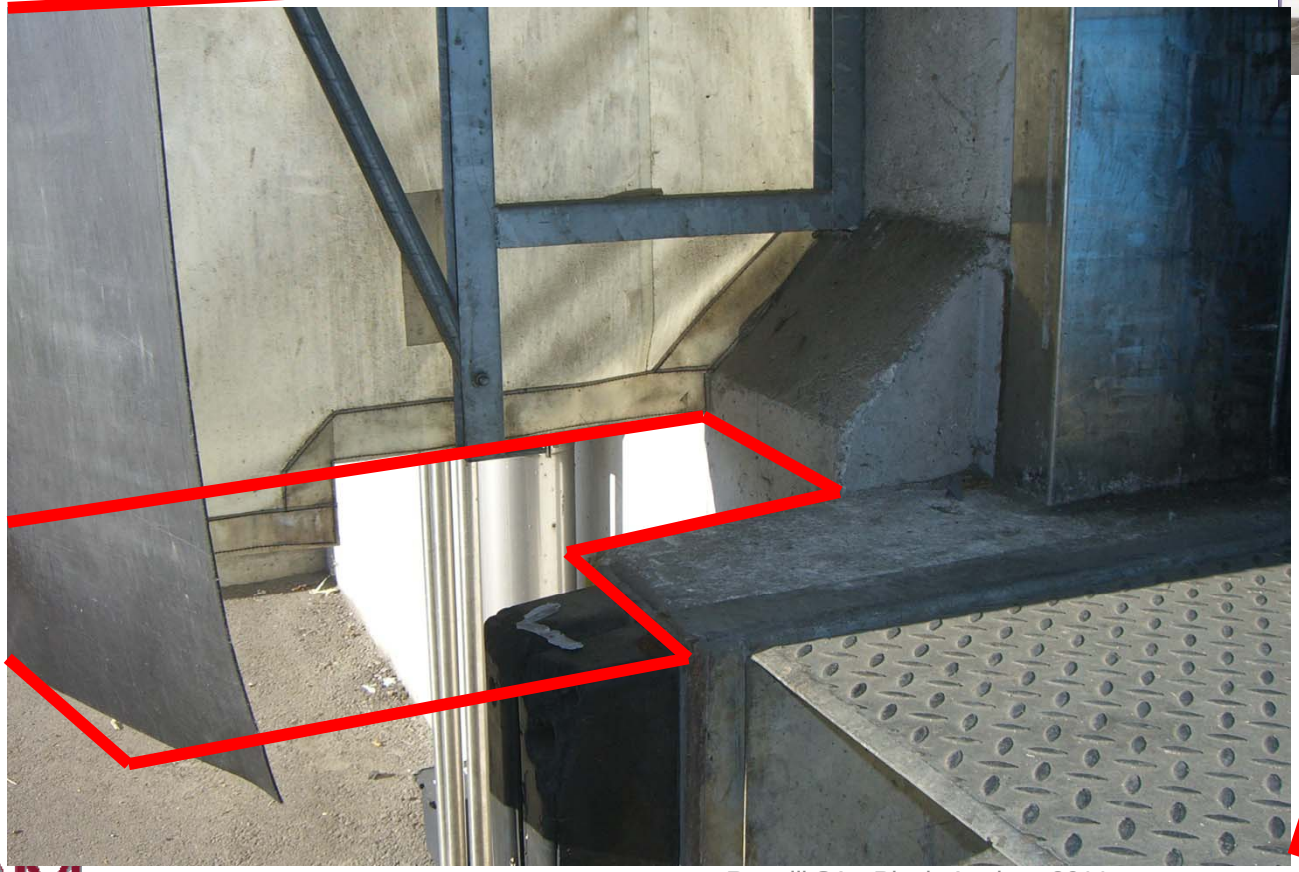
◎ Genauigkeit +/- 25%
◎ Genauigkeit +/- 100%

Gebäude

Analyse

- 3 Andockstellen
- Gummimatten zur Verhinderung Luftaustausch => ☺
- Grosse Öffnungen unten => ☹





Gebäude

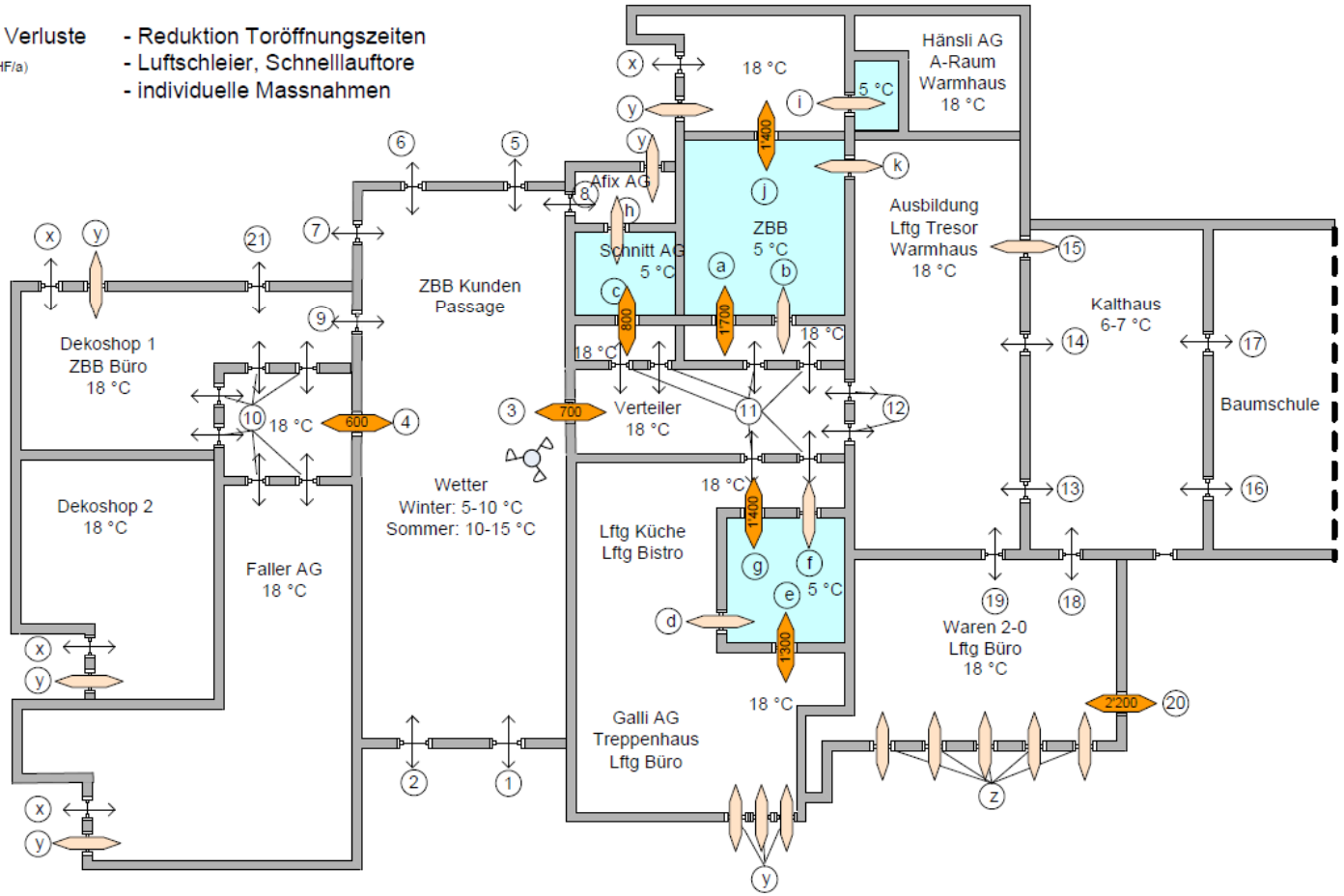
Analyse

- Produktionsräume gekühlt auf 12°C
- Durchgänge mit Türen => ☺
- Türen stehen offen => ☹
- Durchgänge ohne Türen => ☹

Gebäude

Massnahmen

⟷	geringe Verluste	keine
⬭	mittlere Verluste	- Reduktion Toröffnungszeiten - Aussentore abdichten
2'200	erhebliche Verluste (Zahl in Pfeil = CHF/a)	- Reduktion Toröffnungszeiten - Luftschleier, Schnelllauftore - individuelle Massnahmen



Massnahme (s. Beispiel)

- Detail-Analyse aller Durchgänge
- Kritische Stellen optimieren

Gebäude

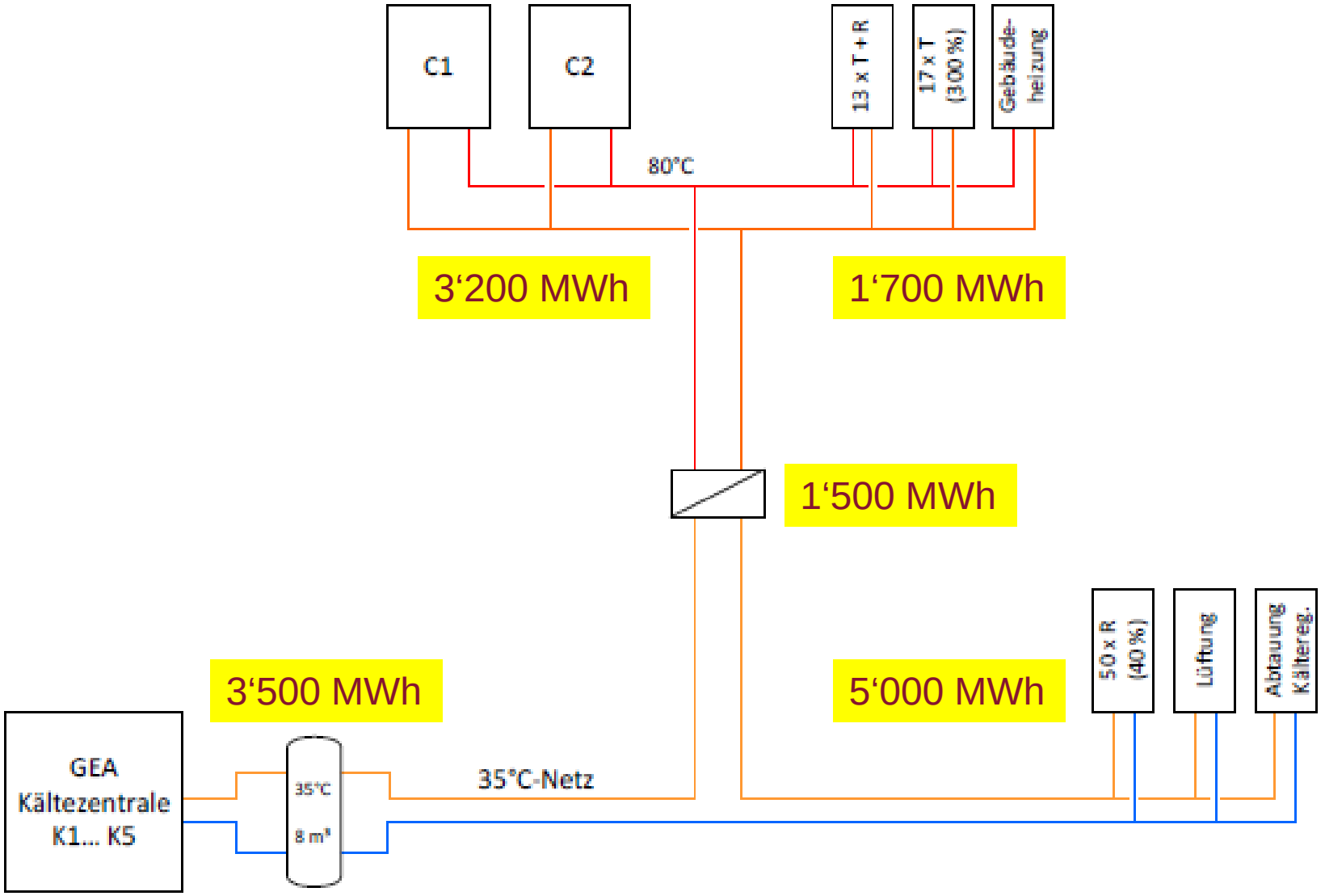
Massnahmen		Kosten	- MWh	- CHF	PB	
• Andockstellen Öffnungen schliessen	GO	2 k	5	0.5 k	4	○

○ Genauigkeit +/- 25%
○ Genauigkeit +/- 100%

Übersicht Massnahmen

Schritt 1	Betriebsoptimierung
Schritt 2	80°C-Netz auf 65°C absenken
Schritt 3	Hochdruck-Wärmepumpe speist 65°C-Netz - neue Verbraucher an 65°C-Netz anschliessen
Schritt 4	Pinch-Analyse
Schritt 5	Pinch-Massnahmen (Wärmetauscher-Netzwerk)
Schritt 6	Betriebsoptimierung Elektroverbraucher - Schritt 6 nicht ausgeführt => ev. nächste Phase

Schritt 2 – 80°C-Netz auf 65°C reduzieren

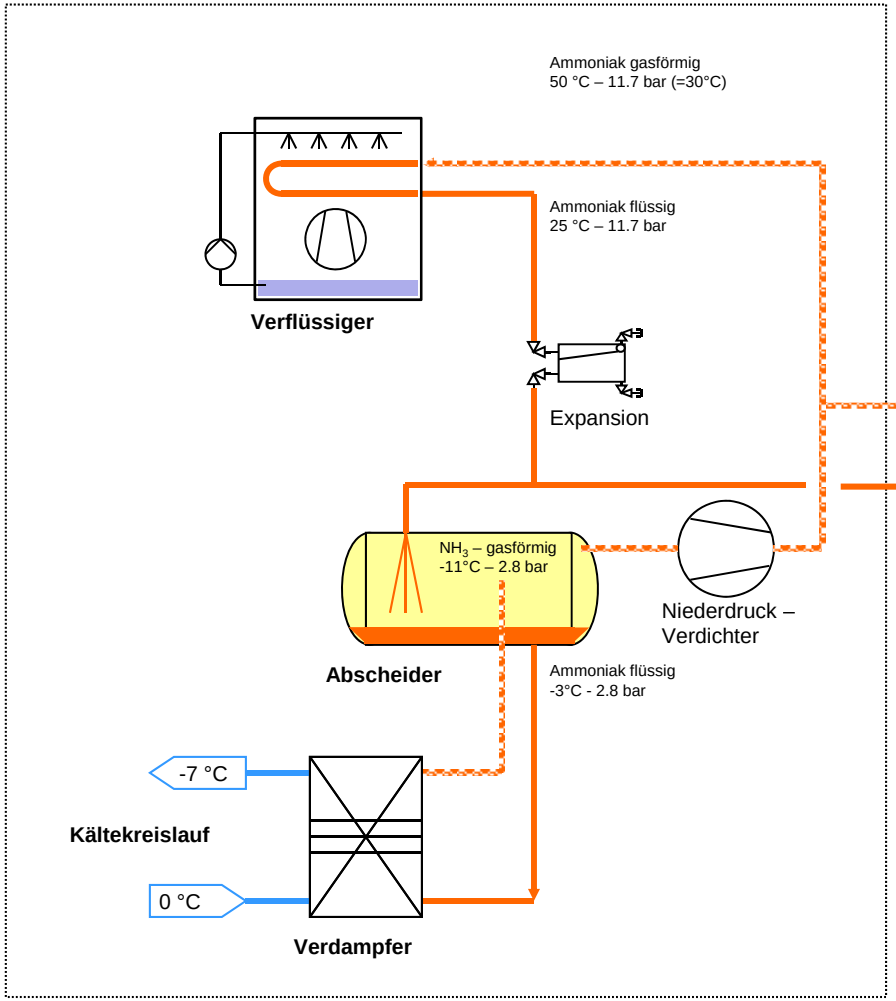


Übersicht Massnahmen

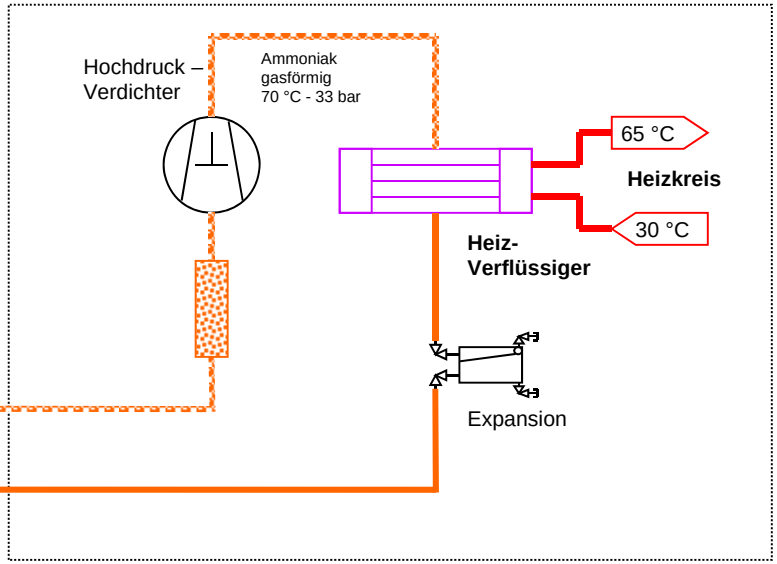
Schritt 1	Betriebsoptimierung
Schritt 2	80°C-Netz auf 65°C absenken
Schritt 3	Hochdruck-Wärmepumpe speist 65°C-Netz - neue Verbraucher an 65°C-Netz anschliessen
Schritt 4	Pinch-Analyse
Schritt 5	Pinch-Massnahmen (Wärmetauscher-Netzwerk)
Schritt 6	Betriebsoptimierung Elektroverbraucher - Schritt 6 nicht ausgeführt => ev. nächste Phase

Hochdruck - Wärmepumpe

Kältemaschine bestehend



Hochdruck-Wärmepumpe (offen)

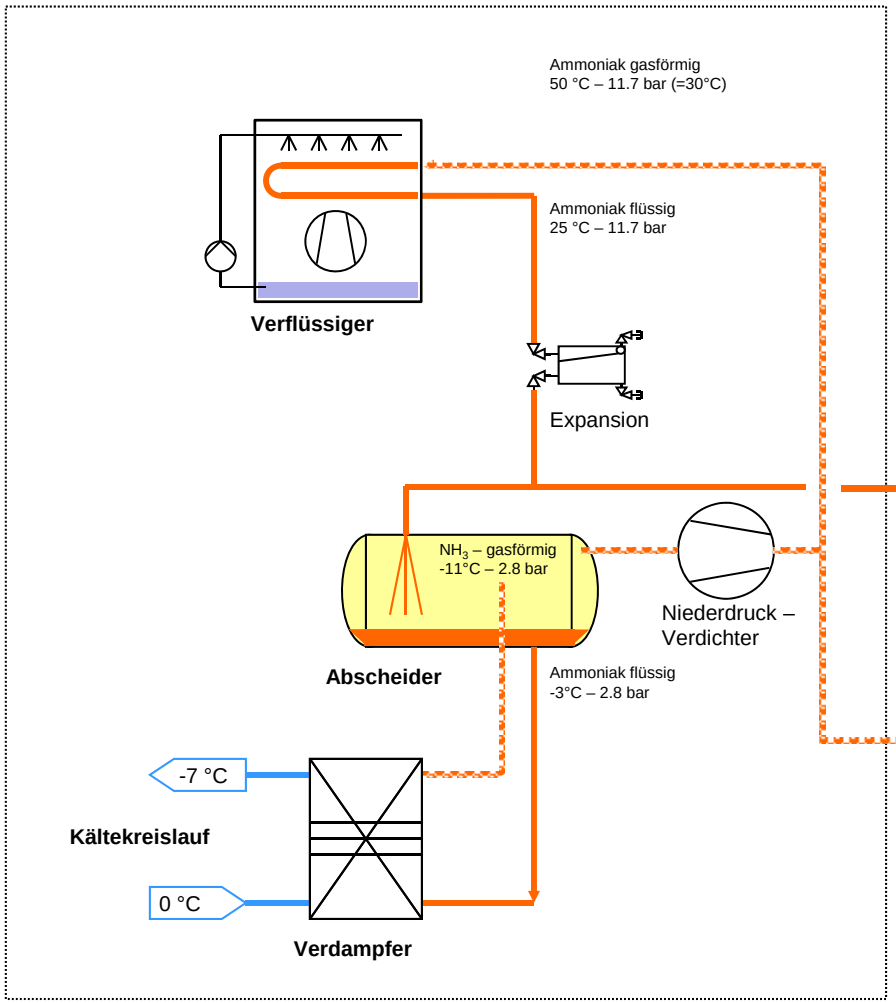


Offene HD-WP
+ Kostengünstig
+ Einfache Konstruktion
- AWN von nur einer Kälteanlage möglich
- Laufzeit HD-WP begrenzt durch Laufzeit Kältemaschine (Kältemaschine muss immer als Grundlastmaschine eingesetzt werden)
- evtl. Ölwechsel in Kälteanlage erforderlich

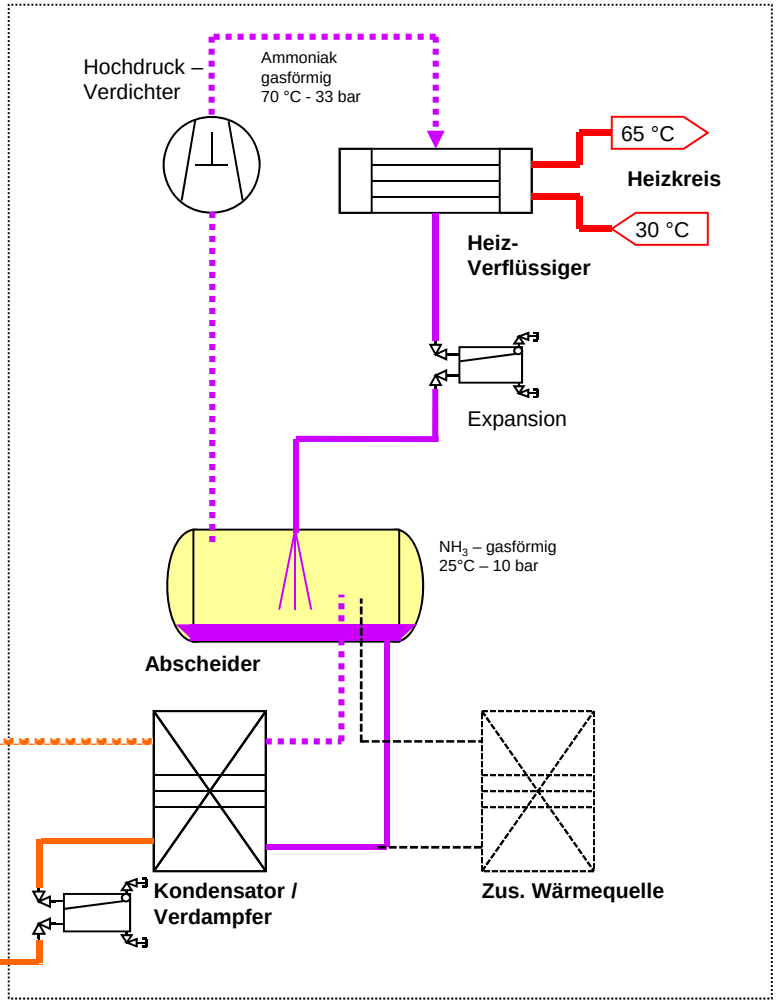
Geschlossene HD-WP
+ Nutzung mehrerer Wärmequellen (z.B. mehrere Kälteanlagen)
  -> begünstigt Lastmanagement bei mehreren Kälteanlagen
+ Höhere Betriebssicherheit (ausweichen auf andere Wärmequellen)
- Teurer als offene HD-WP (ca. +40%)
- Tieferer Wirkungsgrad als offene HD-WP (ca. 8..10%)
- Aufwändigere Konstruktion

Hochdruck - Wärmepumpe

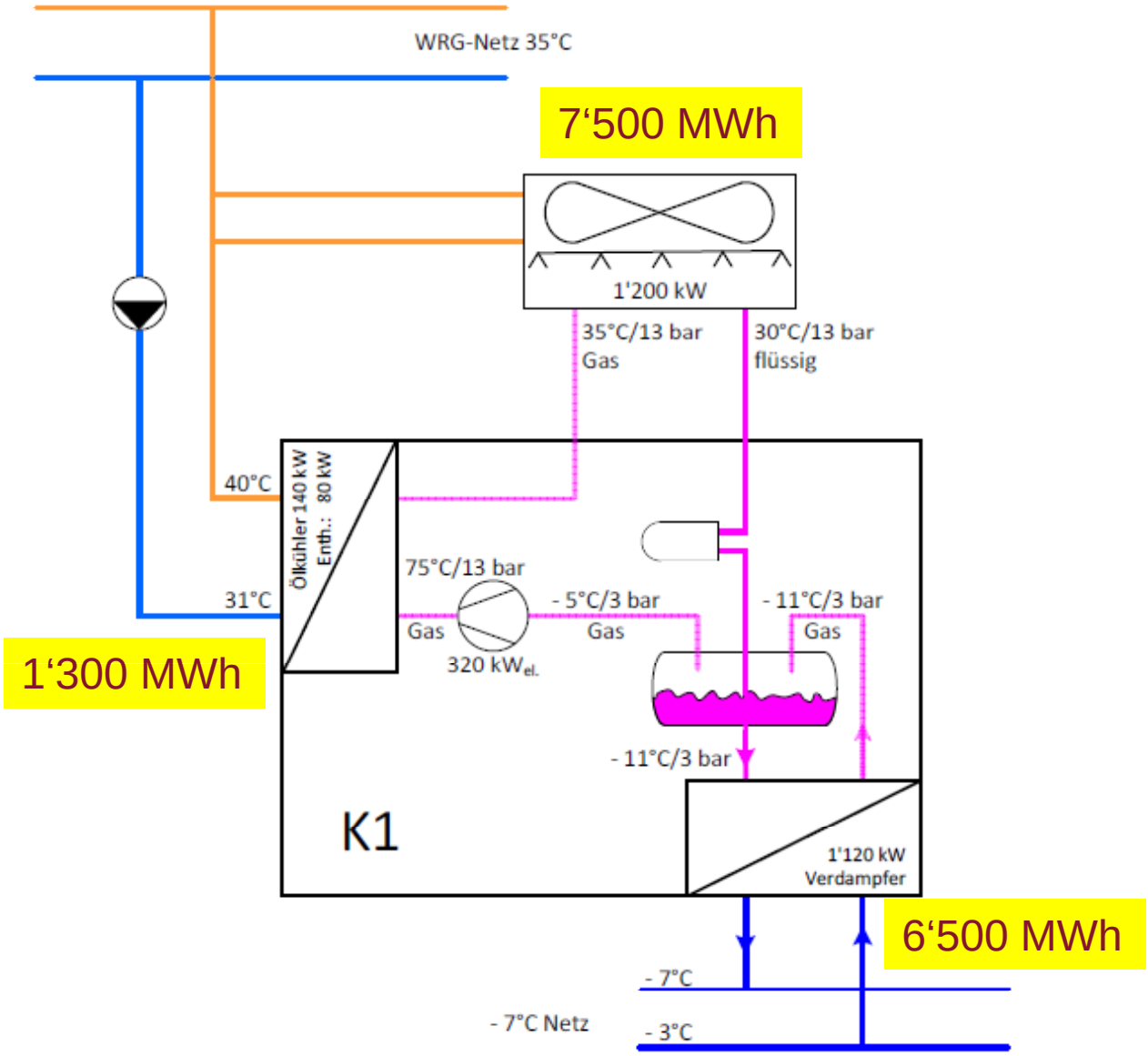
Kältemaschine bestehend



Hochdruck-Wärmepumpe (geschlossen)



Schritt 3 – Hochdruck-Wärmepumpe 3/5



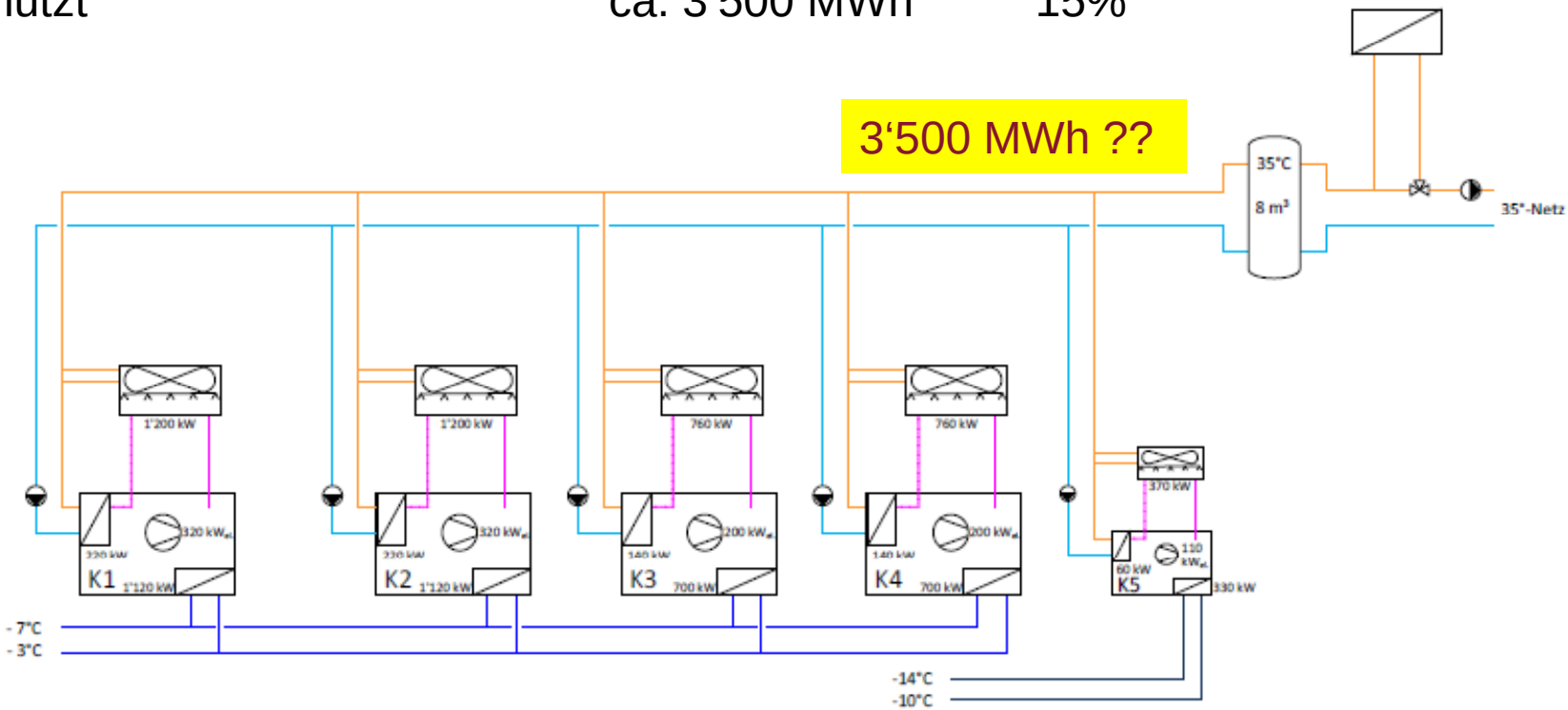
Funktionsweise GEA

- 85% der Abwärme wird nicht genutzt

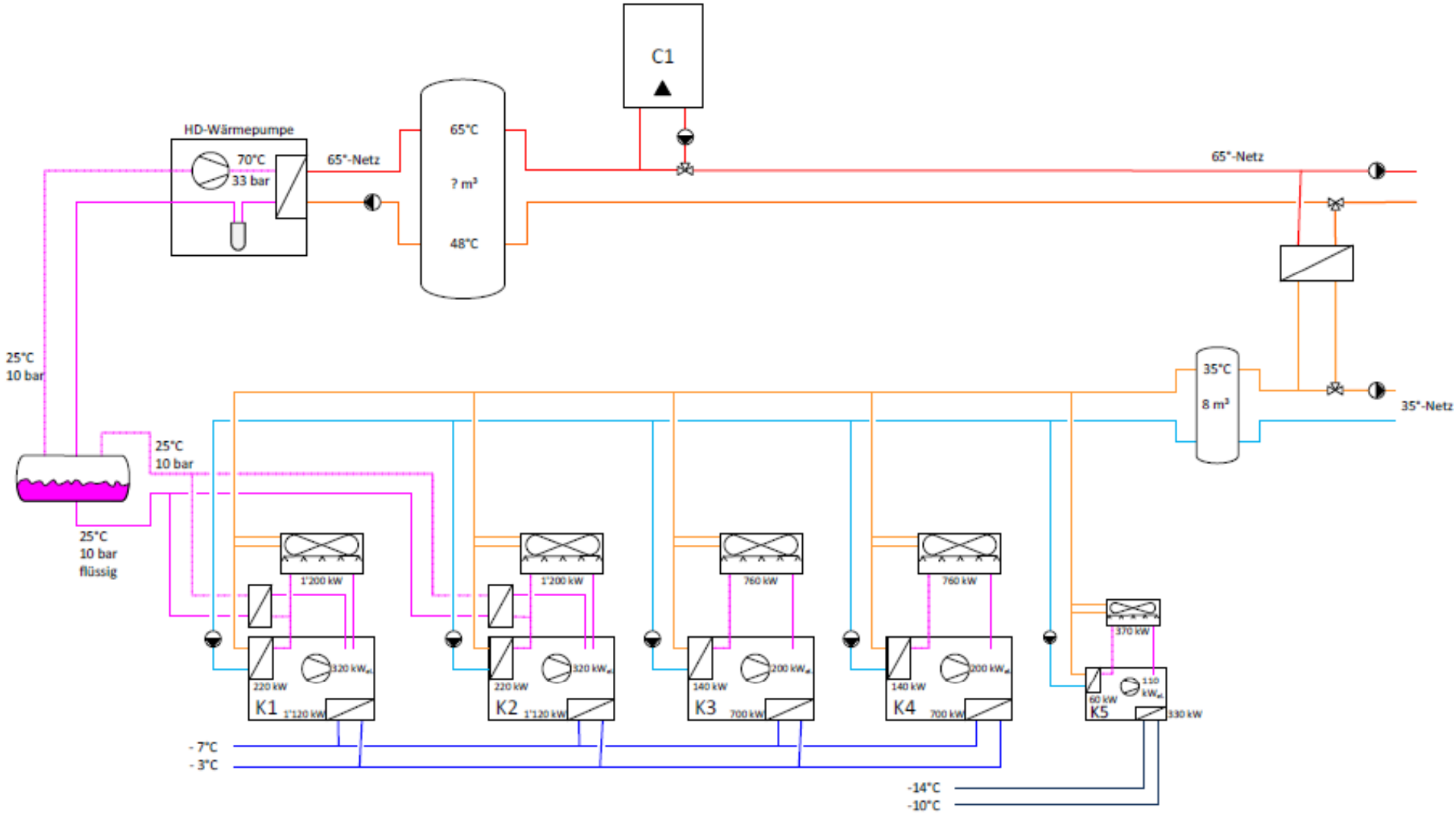
Schritt 3 – Hochdruck-Wärmepumpe 4/5

Funktionsweise GEA

- Erzeugte Kältemenge 20‘000 MWh
- Stromaufwand 5‘800 MWh
- Total Abwärme 25‘800 MWh
- davon genutzt ca. 3‘500 MWh 15%



Schritt 3 – Hochdruck-Wärmepumpe 5/5



Übersicht Massnahmen

Schritt 1	Betriebsoptimierung
Schritt 2	80°C-Netz auf 65°C absenken
Schritt 3	Hochdruck-Wärmepumpe speist 65°C-Netz - neue Verbraucher an 65°C-Netz anschliessen
Schritt 4	Pinch-Analyse
Schritt 5	Pinch-Massnahmen (Wärmetauscher-Netzwerk)
Schritt 6	Betriebsoptimierung Elektroverbraucher - Schritt 6 nicht ausgeführt => ev. nächste Phase

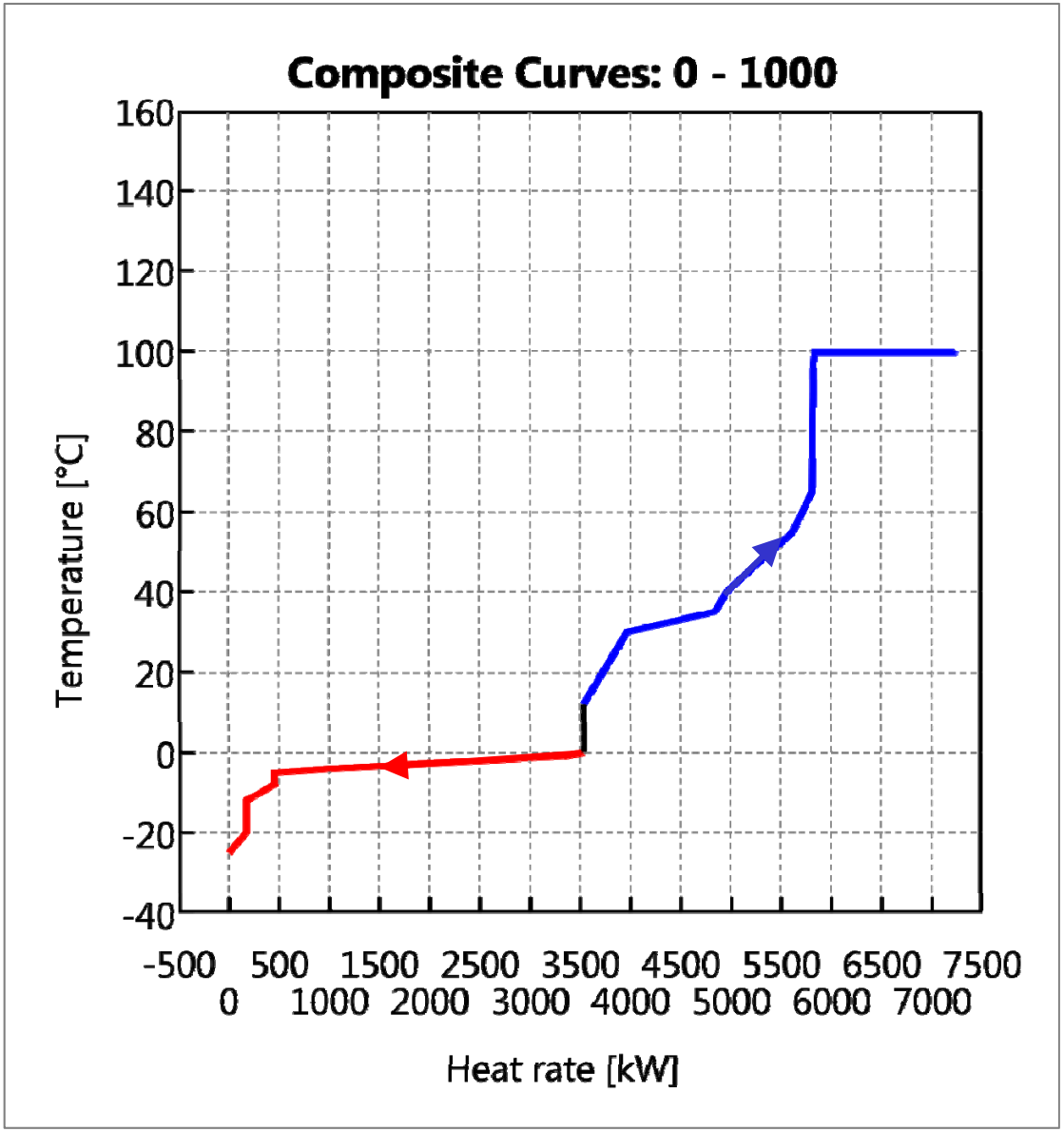
Schritt 4 – Pinch-Analyse

Berücksichtigte Hauptprozesse:

- Waschen: aufheizen mit Dampf
- Kochen: aufheizen mit Dampf
- Auftauen: aufheizen mit Dampf
- Reinigung: BWW aufheizen mit Dampf
- Trocknung/Reifung: Lufttrocknung mit Heizen & Kühlen
- Raumlüftung: Heizen und Kühlen
- Büroheizung
- Reinraum: Entfeuchtung mit Heizdampf
- Kühlung und Tiefkühlung

Hauptprozesse erzeugen keine nutzbare Abwärme

Schritt 4 – Pinch-Analyse



Composite Curve der Hauptprozesse

- blaue Linie: Alle aufzuheizenden Ströme über 15°C
- rote Linie: Alle abzukühlenden Ströme unter 0°C
- Kein Potenzial für Abwärmnutzung!

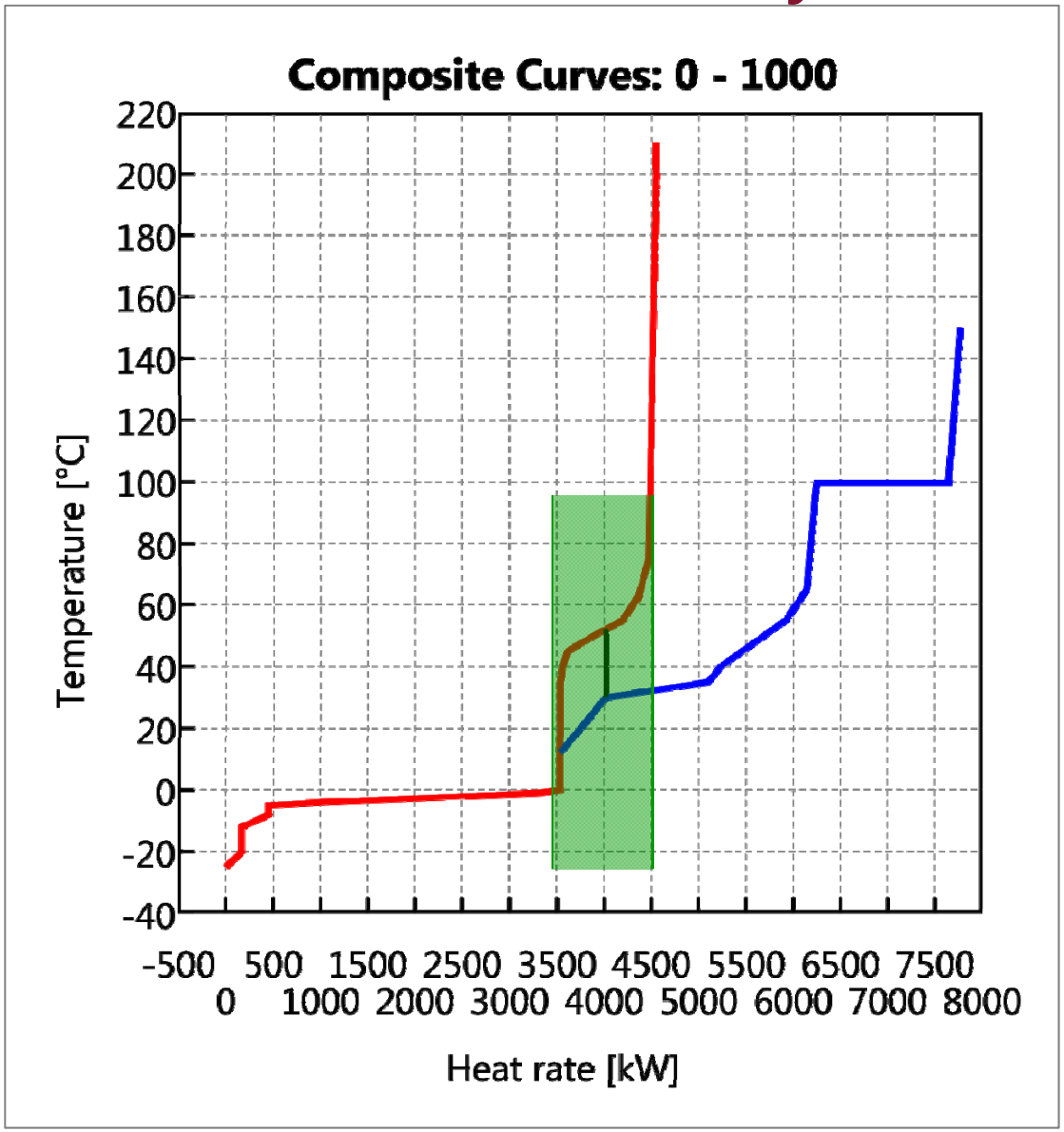
Schritt 4 – Pinch-Analyse

Zusätzlich Infrastrukturprozesse:

- Dampfkessel:
  - Vorwärmung Kesselspeisewasser
  - Vorwärmung Kondensat
  - Vorwärmung Frischwasser
  - Abgaswärme
- Druckluft: Abwärme im Kühlwasser
- Kälteverteilung: Abtauen der Kälteregister
- Kälteerzeugung (NH_3-Anlage)
  - Abwärme Ölkühler
  - Abwärme Enthitzer

Infrastruktur erzeugt nutzbare Abwärme

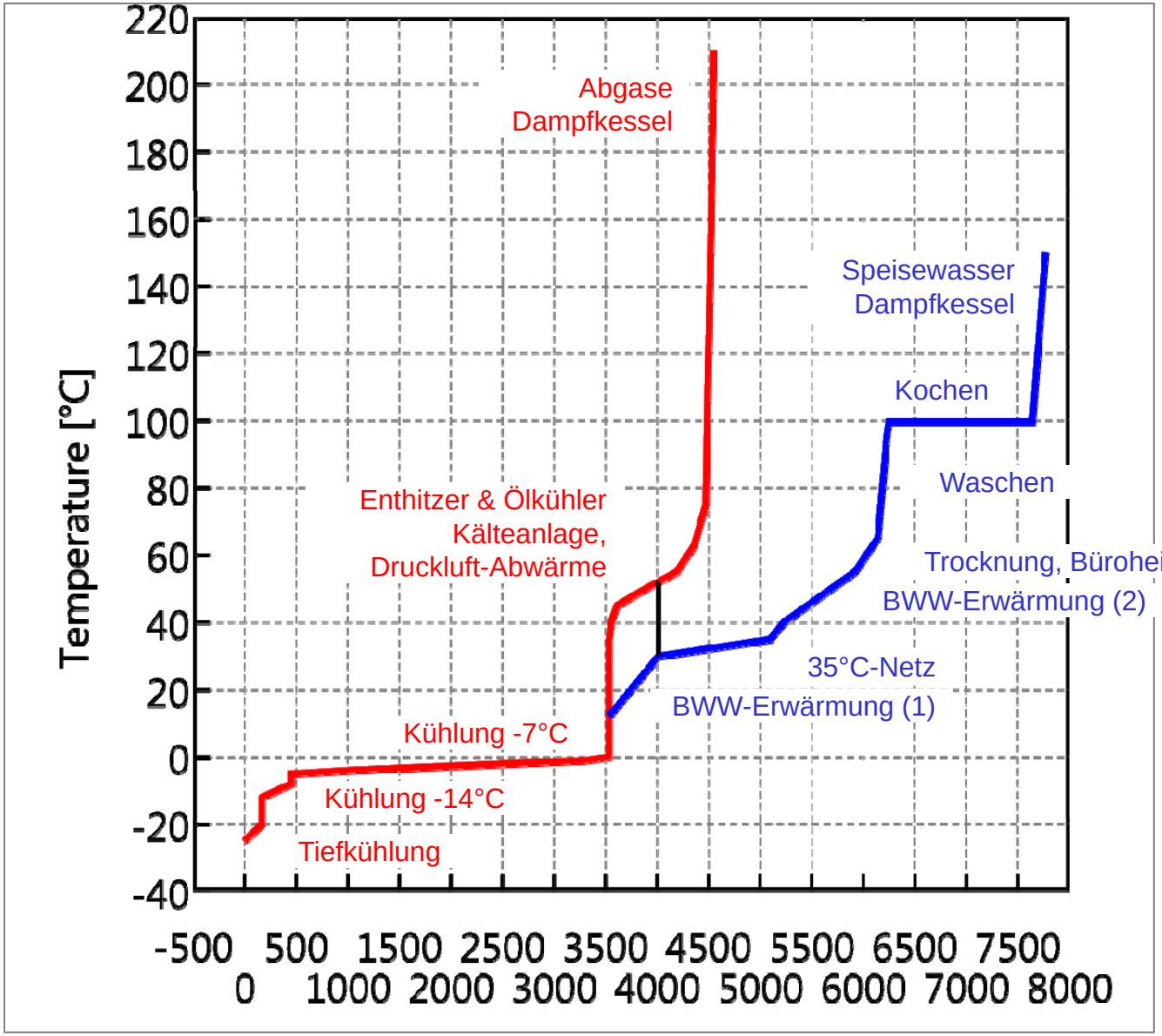
Schritt 4 – Pinch-Analyse



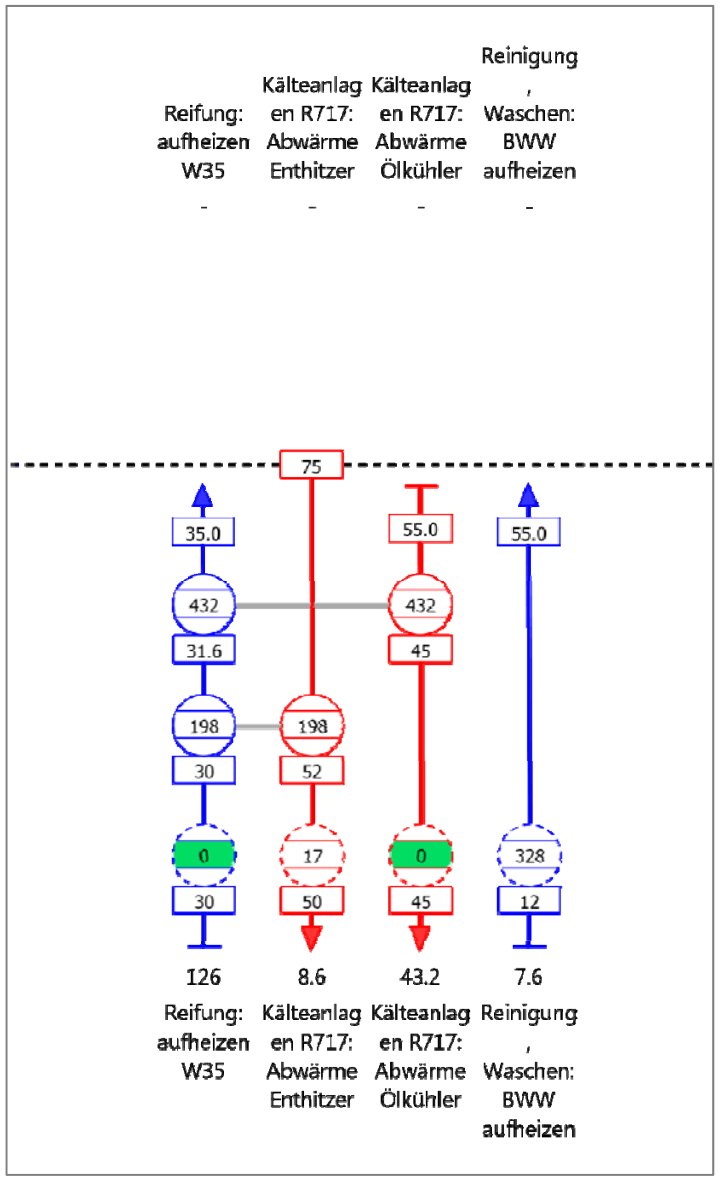
Composite Curve inkl. Infrastruktur-Prozesse

- Neue abzukühlende Ströme zwischen 210°C und 0°C (grün schraffierter Bereich)
- Potenzial für Abwärme-nutzung 1‘018 kW

Schritt 4 – Pinch-Analyse



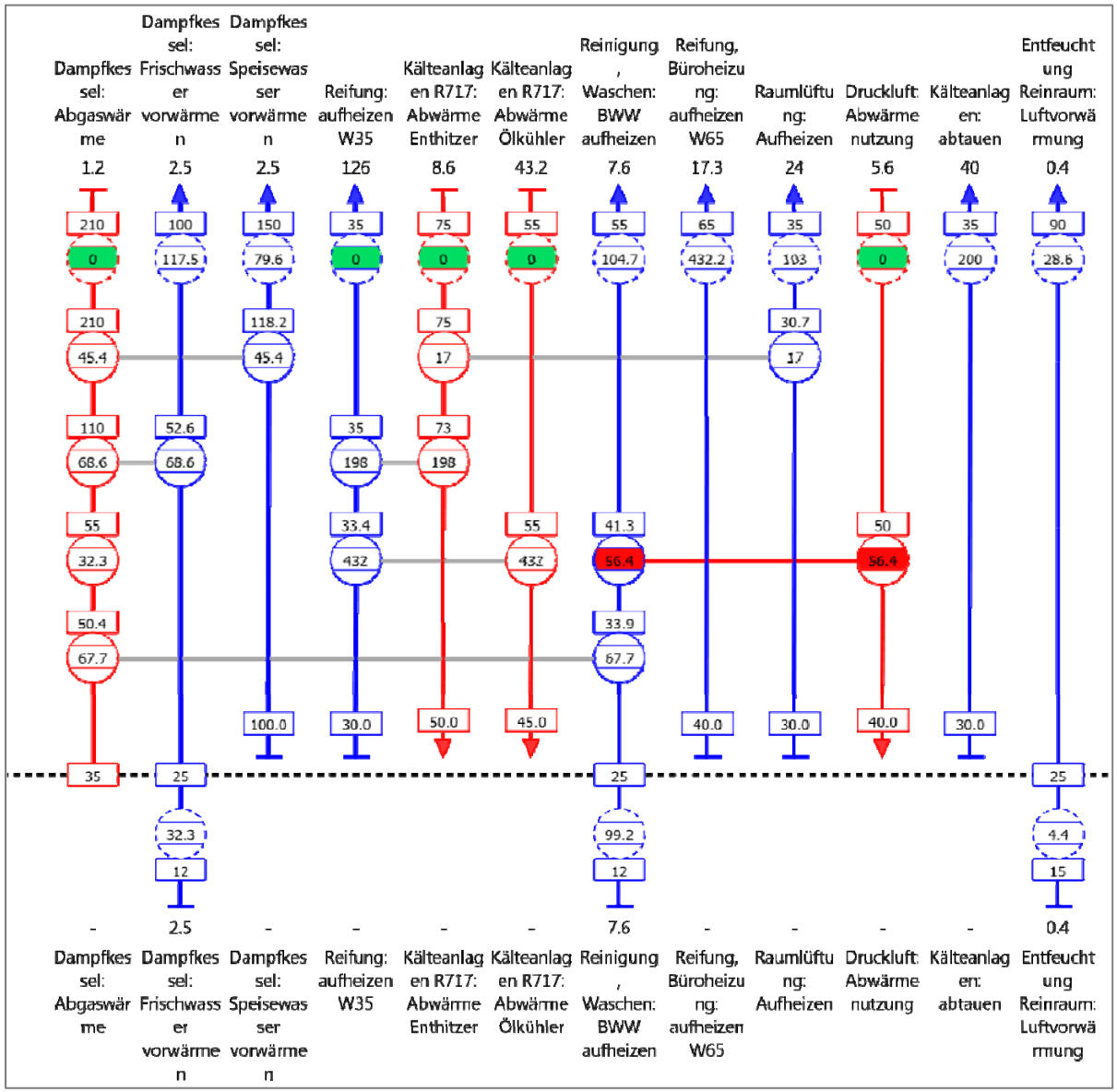
Schritt 4 – Pinch-Analyse



Wärmetauschernetzwerk Operating Case 6‘000 h

- Verifikation des bestehenden 35°C-Netzes zur Nutzung der Abwärme von Ölkühler und Enthitzer
- Heizleistung passt zum Wärmebedarf der Reifezellen
- Geringe Leistungsreserve, die im Bereich 4‘000 bis 6‘000 h nicht genutzt werden kann.

Schritt 4 – Pinch-Analyse



MER HEN:

- Die Abwärme der Infrastrukturprozesse kann zu 100% genutzt werden.
- Neben den bisher genutzten Strömen (Enthitzer, Ölkühler und Economizer) kommen 250 kW aus Abgaswärmetauscher Dampfkessel und 56 kW aus Druckluft-Abwärme
- Es verbleibt ein grosser Wärmebedarf unterhalb 65°C für BWW, Reifezellen, Raumlüftung und Abtauung → Bau einer Hochdruck-Wärmepumpe

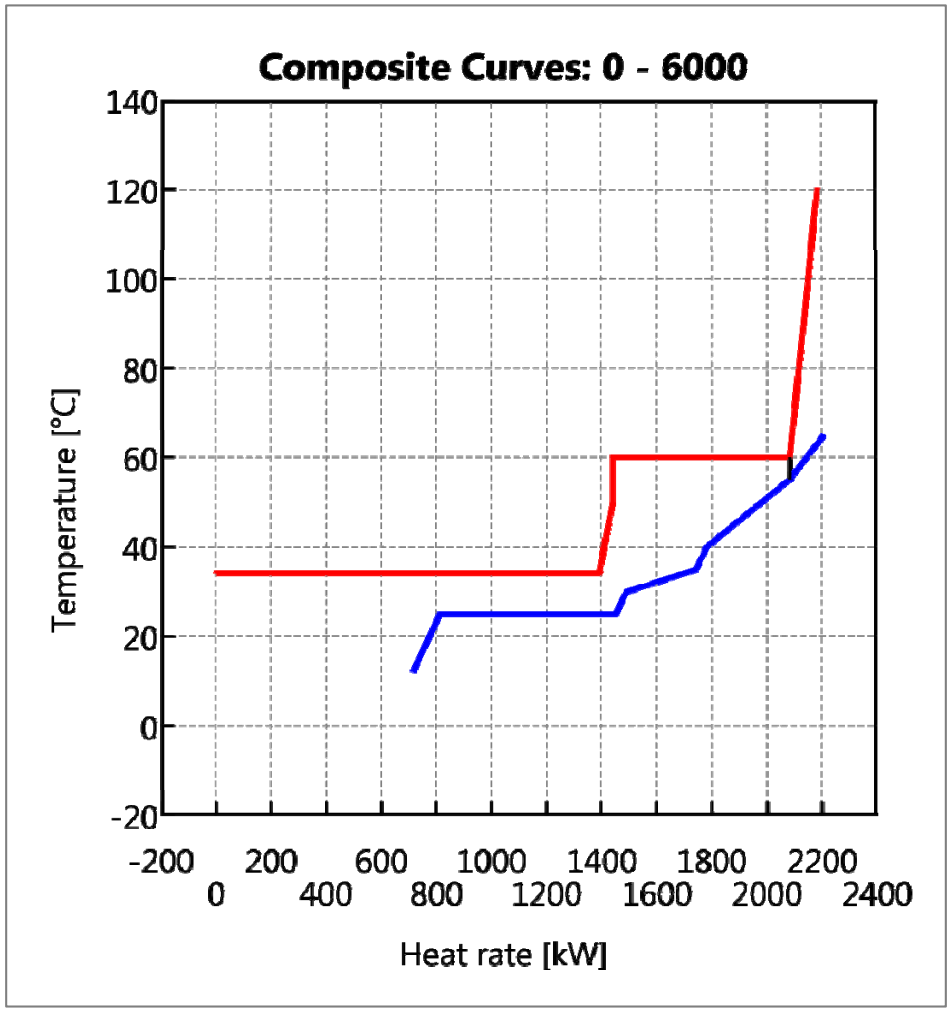
Schritt 4 – Pinch-Analyse

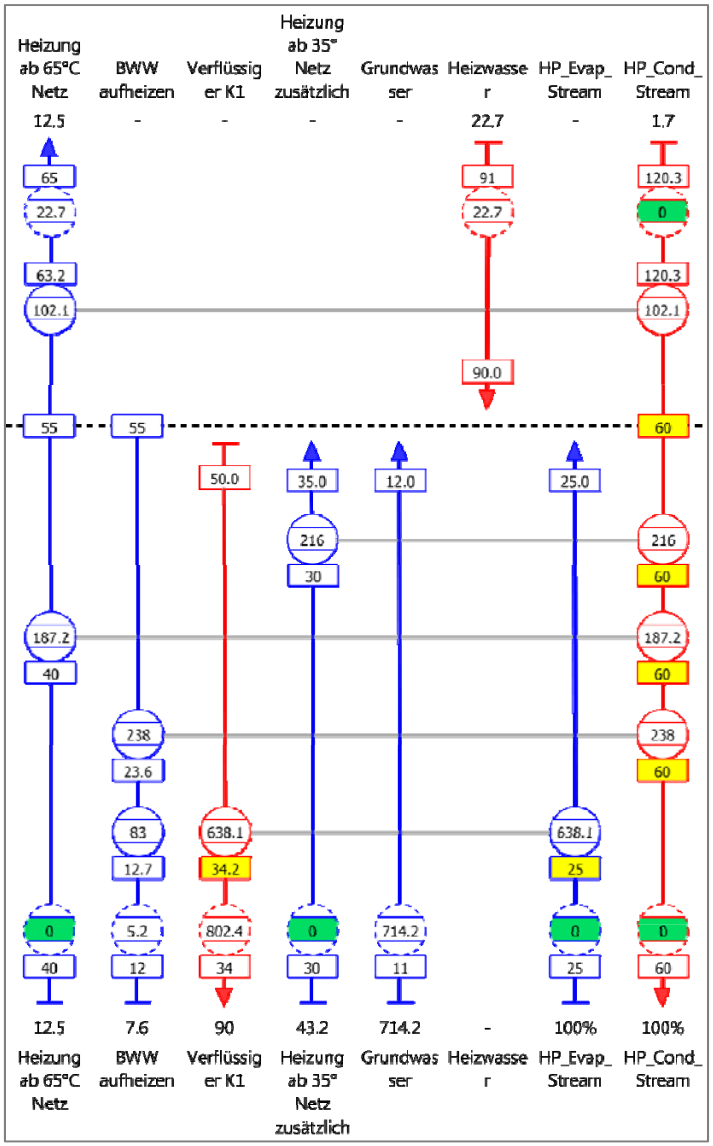
Schwierigkeiten bei der Pinch-Analyse:

- Batch-Prozesse mit vier Operating Cases für unterschiedliche Laufzeiten pro Tag
- Zusätzlich Heizprozesse mit starker saisonaler Abhängigkeit
- Einführung einer Wärmepumpe ist nur in Single-Operating-Case Projekten möglich → alle passiven Wärmetauscher platzieren und die verbleibenden aufzuheizenden Ströme in einem neuen Projekt modellieren.

Schritt 4 – Pinch-Analyse

Composite Curve und HEN mit HD-WP

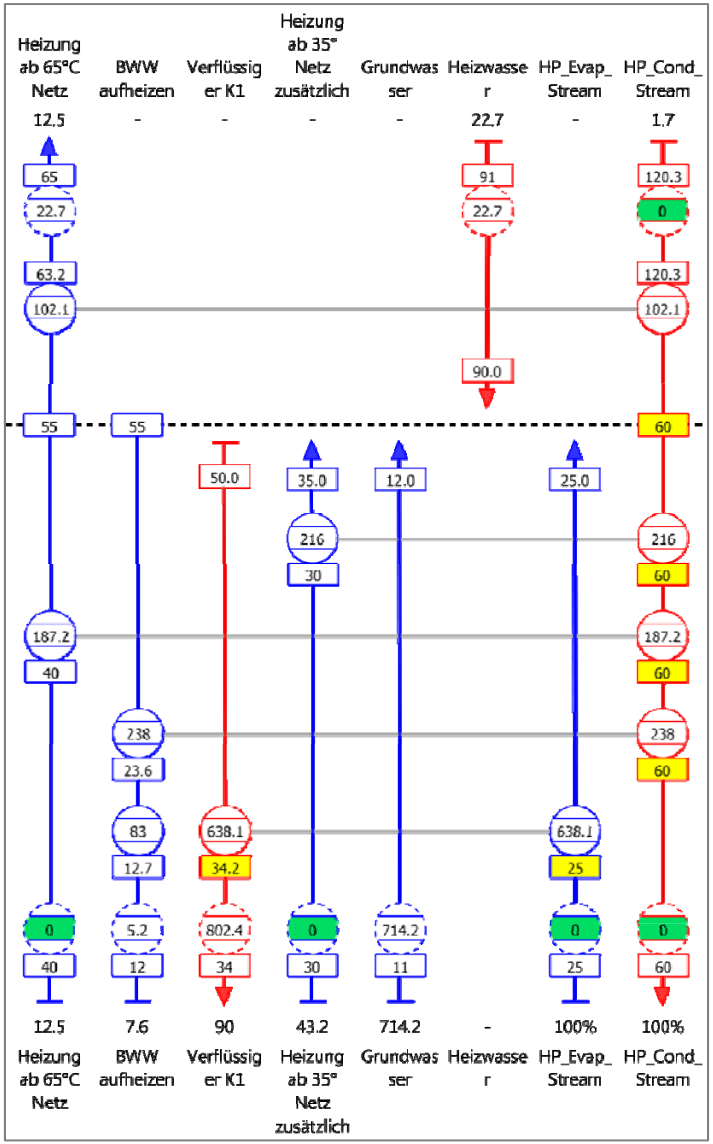




Schritt 4 – Pinch-Analyse

Hochdruck-Wärmepumpe:

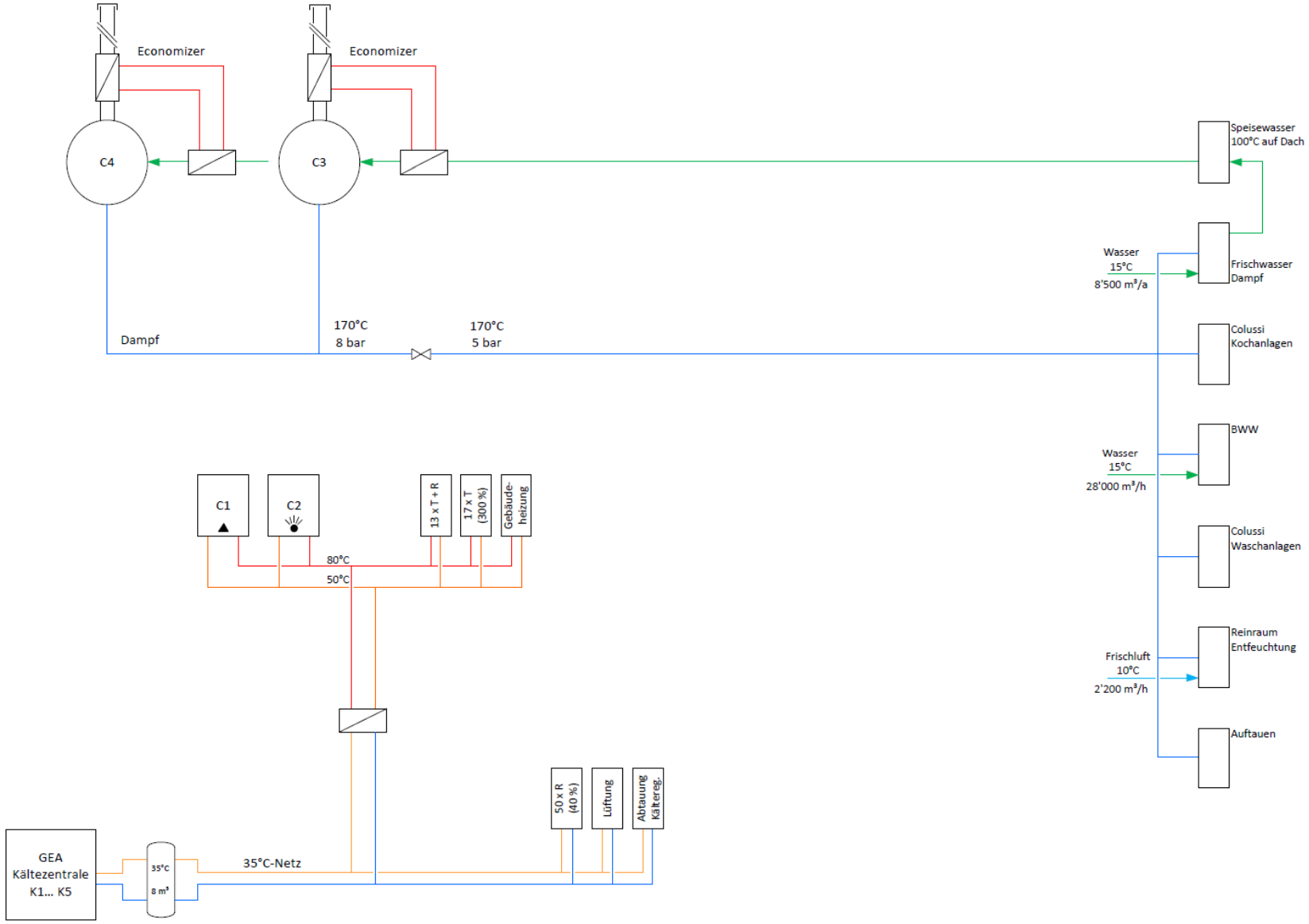
- Weitere 750 kW Heizleistung mit Hochdruck-Wärmepumpe (COP 6.0) aus dem Kondensationskreis der NH_3-Kältemaschinen
- Reale Auslegung wegen saisonal schwankendem Leistungsbedarf
  → 860 kW



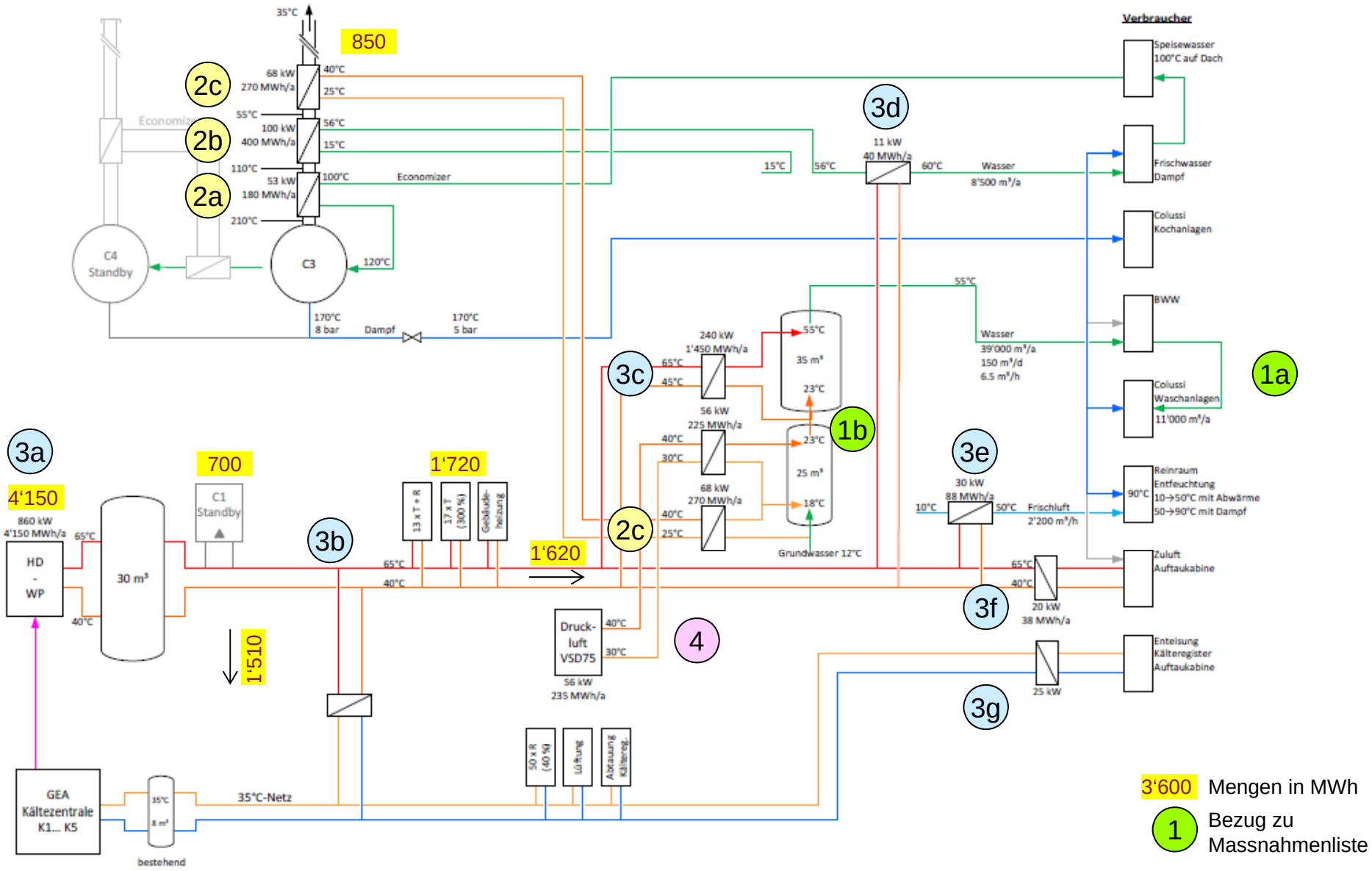
Übersicht Massnahmen

Schritt 1	Betriebsoptimierung
Schritt 2	80°C-Netz auf 65°C absenken
Schritt 3	Hochdruck-Wärmepumpe speist 65°C-Netz - neue Verbraucher an 65°C-Netz anschliessen
Schritt 4	Pinch-Analyse
Schritt 5	Pinch-Massnahmen (Wärmetauscher-Netzwerk)
Schritt 6	Betriebsoptimierung Elektroverbraucher - Schritt 6 nicht ausgeführt => ev. nächste Phase

Pinch-Massnahme – Wärmeverteilung Istsituation



Pinch-Massnahme – Wärmetauschernetzwerk NEU



Pinch-Massnahme – BWW-Speicher

Auslegung neuer BWW-Speicher

• BWW-Bedarf bisher	28‘000 m³/a	
• BWW-Bedarf neu (+11‘000 m³ für Waschanlagen)	39‘000 m³/a	1a
• Speicherinhalt **BWW-Speicher „unten“**	**25 m³**	
• 12°C => 18°C, Abwärme Rekuperator C3	270 MWh	1b
• 18°C => 23°C, Abwärme aus DL-Kompressor	225 MWh	
• Speicherinhalt **BWW-Speicher „oben“**	**35 m³**	
• 23°C => 55°C, Abwärme ab 65°-Netz	1‘450 MWh	
• TOTAL	**1‘950 MWh**	

Diese Menge wurde bisher mit Dampf erzeugt !

Mit einem auf 55°C durchgeladenen Speichervolumen von 35 m³ kann während drei Stunden die maximale BWW-Bezugsmenge von 12 m³/h ohne Nachheizung geliefert werden.

Pinch-Massnahme – Rauchgasabwärme Dampfkessel C3

Rauchgasabwärmenutzung

• Economizer (bestehend, Rauchgas von 210°C => 110°C)	53 kW	2a
• Abwärmenutzung für Speisewasser von 100°=>120°C	180 MWh	
• Tauscher Nr. 1 (neu, Rauchgas von 110°C => 55°C)	100 kW	2b
• Abwärmenutzung für Speisewasser von 15°=>56°C	400 MWh	
• Tauscher Nr. 2 (neu, Rauchgas von 55°C => 35°C)	68 kW	2c
• Abwärmenutzung für BWW von 12°=>18°C	270 MWh	
• TOTAL	**850 MWh**	

Diese Menge wurde bisher mit Dampf erzeugt !

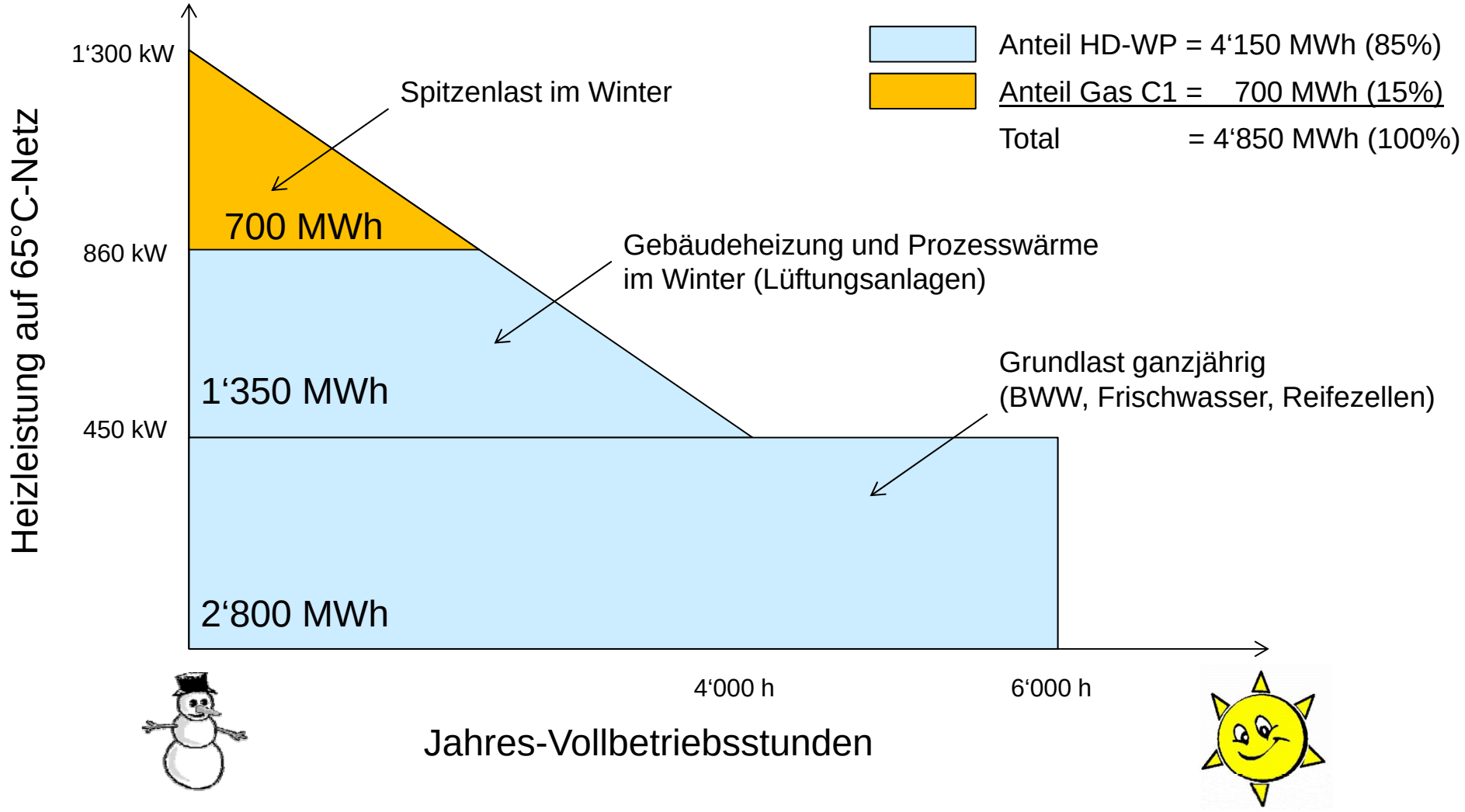
Pinch-Massnahme – Hochdruck-Wärmepumpe

Auslegung Hochdruck-Wärmepumpe

- Heizleistung 860 kW
- Systemtemperaturen 25°C / 60°C
- Erwartete Nutzwärmeproduktion 4‘150 MWh
- Stromaufnahme 690 MWh
- COP 6.0
- Wärmequelle **nur** Kältemaschine K1
- Das Kältemaschinen-Lastmanagement muss sicherstellen, dass K1 im Winter min. zu 50% ausgelastet ist, und damit genügend Abwärme für die HD-WP zur Verfügung stellen kann.

Pinch-Massnahme – Hochdruck-Wärmepumpe

Jahres-Nutzwärmebilanz Hochdruck-Wärmepumpe auf 65°C-Netz



Pinch-Massnahme – 65°C-Netz

Bestehende Auslastung 65°C-Netz

• Gebäudeheizung	170 MWh
• 30 Reife - / Trocknungszellen	1‘550 MWh
• Transfer an 35°C - Netz	1‘500 MWh

Steigerung Auslastung 65°C-Netz

• BWW-Speicher, Nachwärmung von 37°C => 55°C	1‘450 MWh	3c
• Frischwasser, Nachwärmung von 56°C => 60°C	40 MWh	3d
• Reinraum, Luftvorwärmung von 10°C => 50°C	88 MWh	3e
• Auftaukabine, Abtauung mit Abwärme anstatt mit Dampf	38 MWh	3f
• Auftaukabine, Einteisung mit Abwärme anstatt elektrisch	13 MWh	3g

TOTAL Nutzwärmebezug ab 65°C-Netz **4‘850 MWh**

Pinch-Massnahme – DL-Kompressor-Abwärme

Abwärmenutzung

- Abwärmenutzung VSD75 225 MWh (4)
- minimale Umbaukosten, da bestehende GW-Kühlung nutzbar

Pinch-Massnahme – Kostenzusammenstellung

Investitionskosten

• Paket 1 – BWW-Speicher, Tauscher, Leitungen, MSR	CHF 200‘000
• Paket 2 – Economizer + 2 Rauchgasrekuperatoren	CHF 380‘000
• Paket 3 – Hochdruck-WP + div. Tauscher am 65°C-Netz	CHF 700‘000
• Paket 4 – DL-Abwärmenutzung	CHF 20‘000

Paket 1 ist Voraussetzung für die Pakete 2 – 4.

• Investitionskosten TOTAL	CHF 1‘300‘000
• Einsparung Erdgas	5‘820 MWh
• Mehrverbrauch Elektrizität für HD-WP	680 MWh
• Einsparpotenzial Energiekosten netto	CHF 438‘000
• Pay Back Zeit	3.0 Jahre

Übersicht Massnahmen

Schritt 1	Betriebsoptimierung
Schritt 2	80°C-Netz auf 65°C absenken
Schritt 3	Hochdruck-Wärmepumpe speist 65°C-Netz - neue Verbraucher an 65°C-Netz anschliessen
Schritt 4	Pinch-Analyse
Schritt 5	Pinch-Massnahmen (Wärmetauscher-Netzwerk)
Schritt 6	Betriebsoptimierung Elektroverbraucher - Schritt 6 nicht ausgeführt => ev. nächste Phase

Vorschlag für weiteres Vorgehen

Umsetzen von Massnahmen durch Rapelli SA

- Massnahmen gemäss Massnahmenliste

Unterstützung durch DME AG / Bisang

• **Support** Umsetzung Massnahmen	Fr.	zu vereinbaren
• **Vorprojekt** Hochdruck-Wärmepumpe (HLK-Ausschreibung, Offertvergleich, know how transfer, Bauherrenvertretung bis Freigabe Bauausführung)	Fr.	16‘000.-
• **Analyseprojekt** „Stromsparmassnahmen“ (Multivac, Antriebe, Druckluftkompressoren, dezentrale Kälteanlagen, Beleuchtung, IT) ➔ diverse Förderprogramme	Fr.	25‘000.-
• Einführung **Energiebuchhaltung**	Fr.	8‘000.-
• **Analyse** „Entalpico“, Einsparpotenzial	Fr.	10‘000.-
• **Analyse** „Gebäudedurchgänge“	Fr.	5‘000.-