

Schlussbericht Oktober 2003

Sanierung und Optimierung des Wärmeverbundes und der Heizzentrale Morettina in Locarno

Erfolgskontrolle der Betriebsoptimierung

ausgearbeitet durch

Stefan Lanz
Dr.EICHER+PAULI AG
Zinggstrasse 1, 3007 Bern

in Zusammenarbeit mit

Pier Angelo Ceschi
Calore SA, c/o S.E.S.
Piazza Grande 5, 6601 Locarno

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Die Erfolgskontrolle wertet die Sanierung und den 3-jährigen Betrieb des Wärmeverbundes Morettina in Locarno der Calore SA aus. Der Verbund versorgt diverse öffentliche und private Gebäude, insbesondere Schulanlagen in Locarno, mit Wärme und Kälteenergie. Die eingesetzte Technik weist Pilotcharakter auf, da neben den Flüssiggas-Heizkesseln und dem Blockheizkraftwerk die Wärme/Kälte mit einer kombinierten Wärmepumpe/Kältemaschine (trivalenter Erzeuger) bereitgestellt wird.

3-jährige Betriebsauswertung des Wärmeverbundes

Die Sanierung (rund 3 Jahre nach Bauvollendung) beinhaltete Hydraulik- und Steuerungsanpassungen in der Heizzentrale sowie Verbesserungen bezüglich den Rücklaufftemperaturen in diversen Unterstationen der Verbraucher.

Sanierung mit positiver Wirkung auf die Betriebscharakteristik der Anlage

Die Ergebnisse zeigen, dass das Zusammenspiel der verschiedenen Aggregate mit den Anpassungen wesentlich verbessert wurde (keine kurzzeitigen Unterdeckungen, tiefere Betriebstemperaturen, weniger Störungen, etc.). Der automatische Betrieb wurde zur vollen Zufriedenheit des Betreibers verbessert. Obwohl ausserordentliche Aggregatsausfälle (BHKW und WP) die Erfolgsbilanz verfälschen, können positive Resultate ausgewiesen werden.

Heute weist der Wärmeverbund eine Abwärmenutzung von rund 500 MWh pro Jahr auf, die dem Grundwasser bzw. dem Kälteerzeugungsprozess entzogen wird. Dadurch können auch die Luftschadstoffe und der CO₂-Ausstoss deutlich reduziert werden.

Mit rund 50 % Energieabdeckung durch BHKW + WP jährliche Öl-Einsparungen von > 50'000 l

Fazit

Bei der Realisierung technisch innovativer Anlagen sollte bei der Wahl des Planers und beim Vergabe-Prozedere (Wahl der Lieferanten) mehr Gewichtung auf die qualitativen Erfahrungs-Aspekte gelegt werden. Bei einer Pilot- und Demonstrationsanlage empfiehlt der Betreiber zusätzlich zur Qualitätskontrolle einen unabhängigen Experten beizuziehen.

Eine analoge Anlage kann weiter empfohlen werden unter der Voraussetzung, dass ein professionelles und eingespieltes Team von Planer und Betreiber besteht. Damit sollte von Anfang an eine optimale Planung gewährleistet sein.

Die P+D-Anlage kann vom Konzept her weiter empfohlen werden

Summary

The efficiency control is evaluating the reconstruction and 3-year period of operation of the combined heat and power station Morettina in Locarno of Calore SA. The station is supplying various public and private buildings, in particular school premises in Locarno, with heat and cooling energy. The applied technology is pilot in character since in addition to the liquid gas heating boilers and the unit type heat and power station, the heat/cold is created with a combined heat pump/refrigeration unit (trivalent producer).

3-year operating evaluation of the combined station

The reconstruction (some 3 years following building completion) included hydraulic and control adaptation to the heating station plus improvements concerning the return temperatures in various substations of the consumers.

Reconstruction with positive effect on the system operating characteristic

The results show that the interaction of the different units with the adaptations has been fundamentally improved (no short-term cover short-falls, lower operating temperatures, fewer faults, etc.). The automatic operation was improved to the total satisfaction of the operator. Although extraordinary unit failures falsify the efficiency balance sheet, positive results can be demonstrated.

Today the station yields a waste heat utilisation of around 500 MWh per year, which is being extracted from the ground water and the refrigeration process. This has also significantly reduced the air pollutants and the CO₂ emissions.

A 50 % energy coverage through BHKW + WP annual oil savings of over 50'000 l

Result

In the realisation of technically innovatory plant, more emphasis should be placed on the qualitative experience aspects in the choice of the planner and with the tender awarding process (selection of suppliers). With a pilot and demonstration installation the operator is recommended to consult an independent expert in addition to the quality control.

An equivalent installation can be further recommended with the precondition that a professional and experienced team of planners and operators exists. With this, an optimal planning should be guaranteed from the outset.

Conceptually the P+D-plant can be further recommended

Résumé

Le contrôle des résultats analyse la réorganisation et l'exploitation de 3 ans de l'interconnexion de chaleur Morettina à Locarno de la société Calore SA. L'interconnexion alimente plusieurs bâtiments publics et privés, en particulier des installations scolaires à Locarno, en chaleur et en énergie frigorifique. La technique utilisée présente un caractère pilote, étant donné que la chaleur et le froid sont mis à disposition avec une pompe à chaleur/machine frigorifique mixte (producteur trivalent) en plus des chaudières à gaz liquéfié et de la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance.

La restructuration (environ 3 ans après l'achèvement de la construction) a inclus des adaptations d'hydraulique et de commande dans la centrale de chauffage ainsi que des améliorations concernant les températures retour dans diverses sous-stations des consommateurs.

Les résultats montrent que l'action conjuguée des différents ensembles avec les adaptations a été sensiblement améliorée (pas de sous-couvertures de courte durée, températures de service inférieures, moins d'incidents, etc.). L'exploitation automatique a été optimisée pour l'entière satisfaction de l'exploitant. Bien que des défaillances d'ensembles exceptionnelles altèrent le bilan des résultats, on peut mentionner des résultats positifs.

Actuellement, l'interconnexion de chaleurs présente une utilisation de la chaleur perdue d'environ 500 MWh par an, qui est tirée des eaux souterraines et du processus de production du froid. De cette façon, les produits polluants de l'air et l'éjection de CO₂ peuvent également être réduits sensiblement.

Conclusion

Pour la réalisation d'installations innovatrices au plan technique, on devrait accorder plus d'importance aux aspects d'expérience en matière de qualité pour le choix du planificateur et pour la procédure d'attribution (choix des fournisseurs). Avec une installation pilote et de démonstration, l'exploitant conseille en supplément de recourir à un expert indépendant pour le contrôle de la qualité.

Une installation analogue peut être conseillée également en supposant qu'on a une équipe professionnelle et exercée constituée du planificateur et de l'exploitant. De cette façon, on devrait garantir dès le début une planification optimale.

Riassunto

Versione italiana dell'ing. Pier Angelo Ceschi.

Questo rapporto analizza i risultati dei lavori di adattamento e ottimizzazione degli impianti della Centrale con rete teletermica della Morettina a Locarno. Questa rete fornisce l'energia termica e quella frigorifera per diversi stabili pubblici e privati, in particolare edifici scolastici, nella zona. Le tecniche utilizzate in questa Centrale hanno un carattere pilota e dimostrativo. Infatti accanto a delle caldaie a gas liquido (propano), è installato un impianto cogenerativo (forza-calore) e una termopompa/macchina frigorifera combinata per la produzione di calore/freddo. Si tratta dunque di un sistema di produzione trivalente.

I lavori di adattamento (ca. 3 anni dopo la messa in servizio dell'impianto) vertivano in adattamenti del sistema idraulico e di regolazione della Centrale, oltre che interventi vertenti all'abbassamento della temperatura di ritorno in alcune sottostazioni di resa presso gli utilizzatori.

I risultati mostrano che l'interazione tra i diversi aggregati, dopo gli adattamenti, è migliorata in maniera sostanziale (nessun problema di fornitura, temperature di esercizio minori, minori inconvenienti, ecc.). L'esercizio dell'impianto risulta agevolato e soddisfa il personale d'esercizio. Il bilancio d'analisi degli interventi, malgrado sia stato influenzato da alcuni fermi macchina straordinari (cogeneratore e termopompa), mostra risultati positivi.

Attualmente l'impianto permette di recuperare dall'ambiente ca. 500 MWh di calore all'anno. In questo modo è possibile ridurre sensibilmente sia l'emissione di sostanze inquinanti che di CO₂.

Conclusioni

In futuro nella realizzazione di impianti di questo genere, ad alto contenuto innovativo/tecnologico e con carattere pilota si consiglia di prestare ancor più attenzione agli aspetti qualitativi e di esperienza dei progettisti e delle ditte realizzatrici, anche rispetto ai normali standard di assegnazione degli incarichi. Nella realizzazione di impianti pilota e dimostrativi si consiglia il coinvolgimento di un esperto indipendente con i compiti di controllo della qualità.

La realizzazione di impianti di questo tipo, molto delicati dal punto di vista dell'esercizio, può dunque essere consigliata solo nella misura in cui si disponga di un sistema di gestione e assistenza altamente professionale, e che da subito possano essere garantiti una progettazione ed una realizzazione impeccabile sotto tutti i punti di vista.

1 Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Summary	2
Résumé	3
Riassunto	4
1 Inhaltsverzeichnis	5
2 Das Projekt	6
2.1 Ausgangslage	6
2.2 Sanierungen / Optimierungen	6
2.3 Zielsetzung	6
3 Die Kenndaten	7
3.1 Wärmeverbund	7
3.2 Heizzentrale	8
3.3 Umweltaspekte	11
3.4 Chronologie	12
4 Sanierung Heizzentrale 2000	13
4.1 Hydraulikanpassungen	13
4.2 Steuerungsanpassungen Heizzentrale	15
5 Sanierung Unterstationen 2001	16
5.1 Unterstation Liceo	16
5.2 Unterstation Elementari	16
5.3 Unterstation Elementari / Palestra	16
6 Erfolgskontrolle 2000 - 2002	17
6.1 Energiebilanzen und Betriebskontrollen	17
6.2 Feinoptimierungen	19
6.3 Betriebsjournal	19
7 Hinweise für Planung, Realisation und Betrieb	20
7.1 Planung	20
7.2 Realisierung	20
7.3 Betrieb	20
8 Anhang	21
9 Beilage: Rapporto Tecnico 2002/2003	21

© Copyright

Bundesamt für Energie, 3003 Bern
Vervielfältigung auszugsweise oder des gesamten Inhaltes
nur unter Quellenangabe erlaubt.

Impressum

Verfasser: Stefan Lanz
Projektnummer: 2001.3.426
Telefon: 031 370 14 06
E-Mail: stefan.lanz@eicher-pauli.ch

Mitautor: Pier Ceschi, Calore SA

Stand: 1. Fassung vom 17.10.2003
2. Fassung vom 21.10.2003
3. Fassung vom 31.10.2003 10:14

G:\2001\426\4-Dok\BE-Schlussbericht-BFE-Okt-2003c.doc

2 Das Projekt

2.1 Ausgangslage

Das von der Calore SA [Società Elettrica Sopracenerina (SES) + Azienda Elettrica Ticinese (AET)] betriebene Heizkraftwerk Morettina in Locarno wurde im Herbst 1997 in Betrieb genommen. Es besteht aus einer Elektrowärmepumpe (**WP**: $760\text{kW}_{\text{th-w\u00e4rme}}$), welche gleichzeitig als K\u00e4ltemaschine genutzt wird, einem fl\u00fcssiggasbetriebenen Blockheizkraftwerk (**BHKW**: 430kW_{th}), das auch als Notstromaggregat dient und zwei fl\u00fcssiggas Spitzenheizkesseln (**HK**: $2 \times 1'150\text{kW}_{\text{th}}$). Der W\u00e4rmeverbund beinhaltet zur Zeit 7 Unterstationen.

Der bisherige Betrieb des W\u00e4rmeverbundes lag unter den Erwartungen hinsichtlich dem Einsatz an alternativer W\u00e4rmeerzeugung. Als Ursachen wurden in Hydraulik- und Steuerungsm\u00e4ngel vermutet. Ende 1999 liess deshalb der Betreiber eine Analyse durch Dr.EICHER+PAULI AG erstellen, welche die Vermutungen best\u00e4tigte.

P+D-Anlage mit unbefriedigendem (st\u00f6ranf\u00e4llig) Betrieb wird extern begutachtet \u2192 Sanierungen sind unumg\u00e4nglich

2.2 Sanierungen / Optimierungen

Phase 1: Im Sommer 2000 wurden gr\u00f6ssere Hydraulik- und Steuerungsanpassungen in der Heizzentrale vorgenommen (vgl. Kapitel 4).

W\u00e4hrend des Winterbetriebs 2000 / 2001 wurden die Verbesserungen ausgewertet und Feineinstellungen an der Steuerung vorgenommen.

Phase 2: Ende Sommer 2001 erfolgten zus\u00e4tzliche Anpassungen an den Unterstationen der Verbraucher um tiefere R\u00fccklauftemperaturen des Fernw\u00e4rmenetzes zu erhalten (vgl. Kapitel 5).

Phase 3: Eine 3-j\u00e4hrige Erfolgskontrolle mit Nachoptimierung bis Sommer 2003 liefert detailliertere Aufzeichnungen (vgl. Kapitel 6).

Die Arbeiten und Auswertungen aller 3 Phasen sind in diesem Bericht enthalten.

Sanierungen/Optimierungen \u00fcber 3 Jahre

2.3 Zielsetzung

Die ersten beiden Phasen der Sanierung / Optimierung hatten zum Ziel, endlich eine robusten, st\u00f6rungsfreien Betrieb der Anlage zu gew\u00e4hren.

Die Phase 3 diente einerseits dazu die Verbesserungen zu dokumentieren, andererseits um mit Feinoptimierungen der Steuerungsparameter die Laufzeit von Blockheizkraftwerk (BHKW) und W\u00e4rmpumpe (WP) zu verl\u00e4ngern.

Robuster Betrieb mit m\u00f6glichst hohem Anteil an erneuerbarer Energie sind Ziel der Sanierung

3.1.2 Kenndaten des Wärmeverbundes

An den Wärmeverbund mit freistehender Heizzentrale sind folgende Gebäude angeschlossen:

Gebäudebezeichnung	Anschluss	Kapazität	Bezug(max)	Verbrauch.(02/03)
1 Asilo Saleggi (comunale)	01.09.97	290 kW	265 kW	345 MWh
2 Liceo/SME	13.10.97	900 kW	950 kW	1'525 MWh
3 Scuole Elementari Saleggi	01.11.97	600 kW	540 kW	840 MWh
4 Centro di Pronto Intervento (CPI)	17.11.97	850 kW	185 kW	215 MWh
5 Scuola SPAI att.+ ampliamento	1.98/12.00	500 kW	350 kW	450 MWh
6 Palestre SPAI	07.01.98	250 kW	120 kW	190 MWh
7 SME Via Varesi	27.02.98	650 kW	470 kW	535 MWh
Total Abonnentenbezug	Stand 03	4'040 kW	2'880 kW	4100 MWh
Flüssiggas-Erwärmung			ca. 1,2 %	50 MWh
Fernleitungsverluste			ca. 2,4 %	100 MWh
Total Fernleitung (Juli02-Juni03)				4250 MWh

Tabelle 1 Verbraucher

Lediglich drei Gebäude haben im Sommer einen grösseren Wärmebezug für die Bereitstellung von Sanitär-Warmwasser (Sportanlagen). Das der Zentrale am nächsten liegende Gebäude wird im Sommer mit der kombinierten Kältemaschine / Wärmepumpe zusätzlich mit Kälte versorgt.

Wenige Gebäude mit Sommer-Wärmebezug, dafür ein Gebäude mit Kältebedarf

Die Betriebstemperaturen sind in den technischen Anschlussbedingungen wie folgt definiert:

Winter VL/RL: 80+/-5 °C / Altbauten 55°C bzw. Neubauten 45 °C

Sommer VL/RL: 60 °C / Altbauten 55°C bzw. Neubauten 45 °C

Aufgrund der Altbauten muss in der Praxis die Fernleitung mit bis zu 90 °C betrieben werden und die maximalen Rücklauftemperaturen überschreiten zeitweise 60 °C!

Betriebstemp. überschreiten Planungswerte

3.2 Heizzentrale

3.2.1 Kenndaten der Heizzentrale

In der Heizzentrale sind zur Zeit vier Wärmeerzeuger und drei Speicher installiert. Es besteht Reserveplatz für einen zusätzlichen Heizkessel.

• Wärmepumpe (WP)	765 kW _{th-Wärme}	RL/VL _{max.} ~56/65 °C	Total installierte Leistung
• Kältemaschine (KM)	637 kW _{th-Kälte} 76.4 + 126.8 kW _{el}	RL/VL _{min.} ~12/7 °C	
• Blockheizkraftwerk (BHKW)	428 kW _{th} 252 kW _{el}	RL/VL _{max.} ~65/90 °C Flüssiggas!	3'650 kW_{-Wärme} 640 kW_{-Kälte}
• Heizkessel 1 (HK1) dito Kond. (HK2 _{kond})	400-1165 kW _{th} dito + 134 kW _{th} von Kond./Reku.	ΔT ~20 K	

Die den Speichern beigefügte Zeitangabe entspricht der maximalen Speicherkapazität bei Volllast und Auslegungstemperaturen.

- Kältespeicher (Kä-Sp) 35 m³ ~20 min.
- Niedertemp.-Speicher für WP (NT-Sp) 30 m³ ~30 min.
- Hochtemp.-Speicher für BHKW (HT-Sp) 15 m³ (~60 min.)
neu verwendet für BHKW+HK ~20 min.

3.2.2 Disposition / Gebäude

Für die Heizzentrale wurde ein separates Gebäude erstellt. Der Bau längs einer Strasse ist ein langgestreckter Kubus mit leicht geneigtem Flachdach von rund 55 x 10 m Grundfläche und einer minimalen Höhe von 5 m. Durch die Längsstreckung war eine sehr übersichtlich, grosszügige Anordnung der Installationen möglich.

Monumentaler, repräsentativer Bau für die Heizzentrale



Ausschnitt aus Installationsplan (Grundriss mit Schnitt) sind der Beilage zu entnehmen

Bild 2 Heizzentrale

3.2.3 Prinzipschema

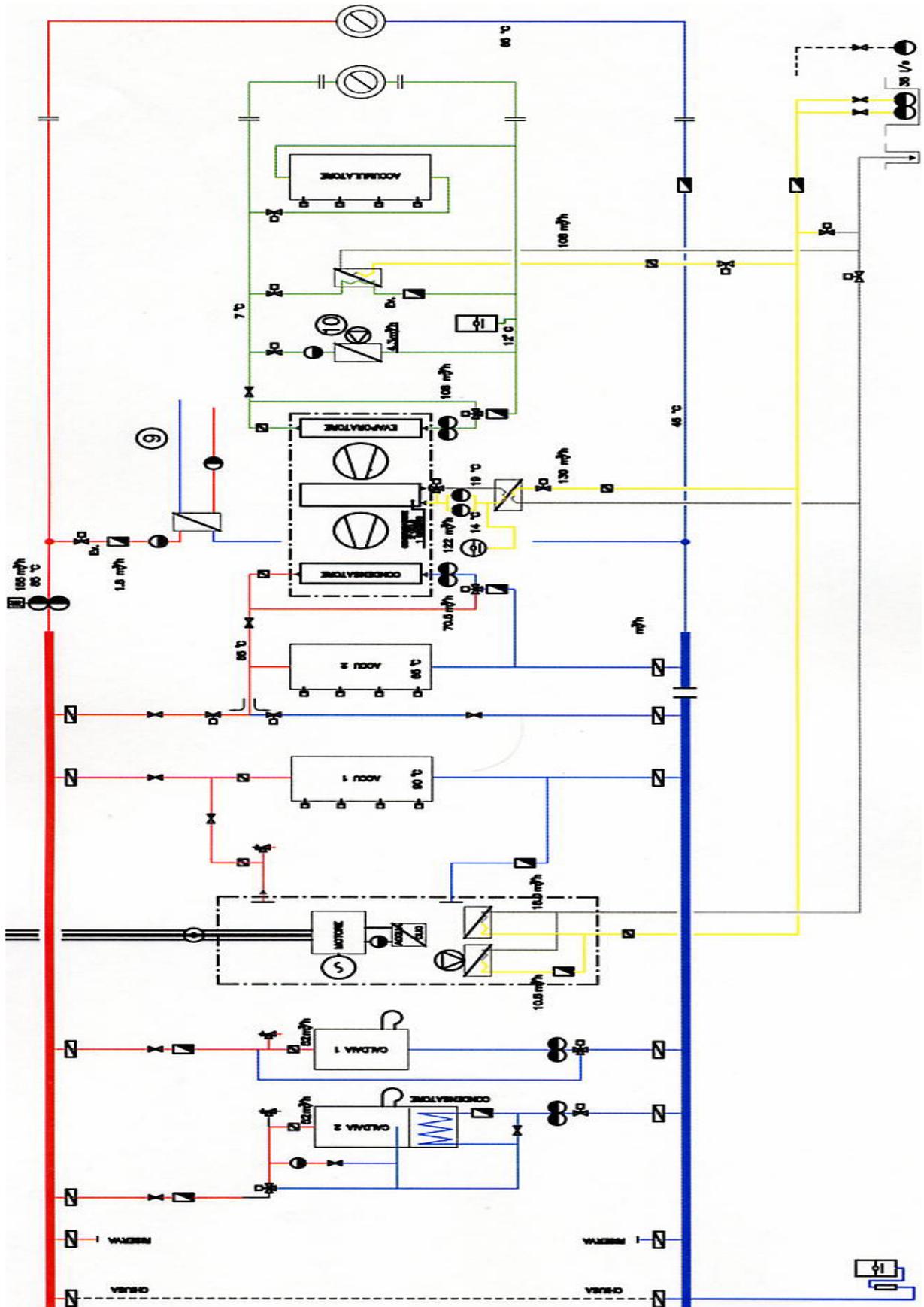


Bild 3 Prinzipschema nach Sanierung

3.3 Umweltaspekte

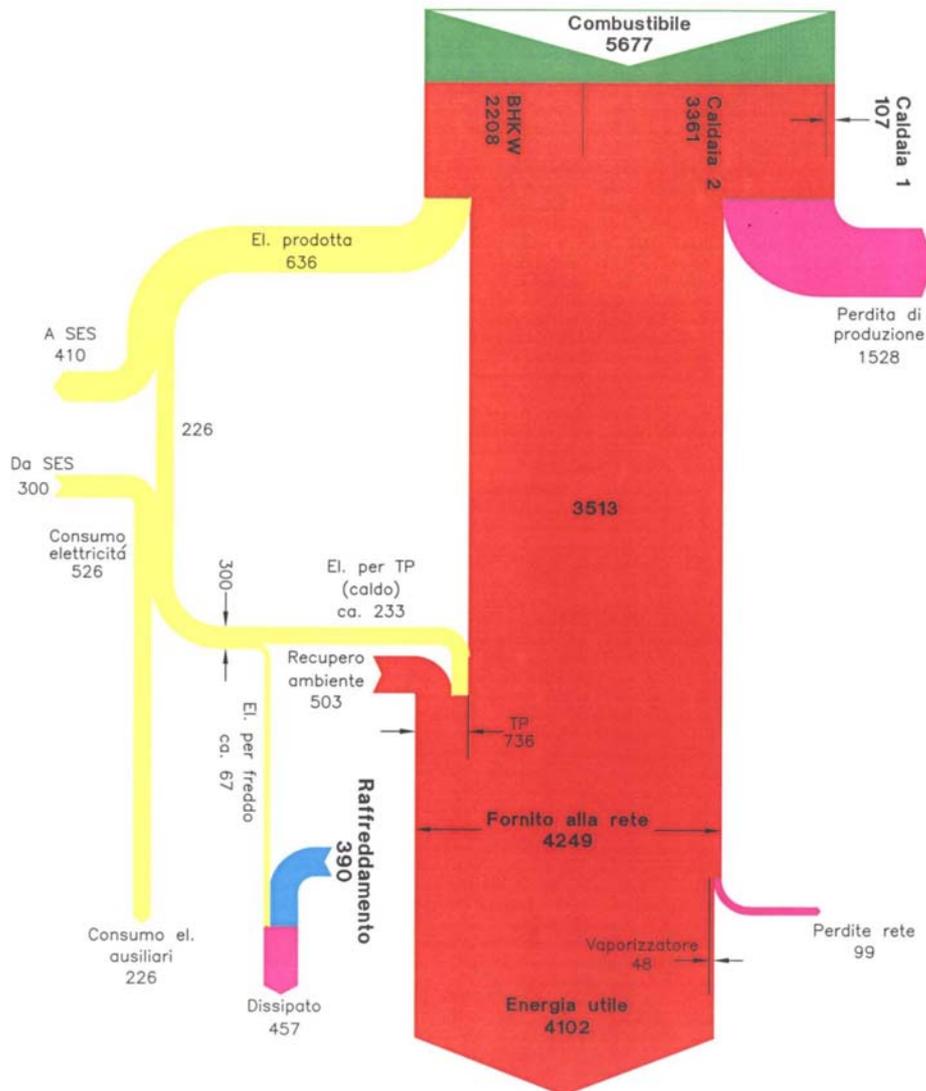
3.3.1 Energie- und Leistungsdaten

Die Energie- und Leistungsdaten werden jährlich in einem technischen Bericht dokumentiert. Im Kapitel 6 werden die Veränderungen der letzten Jahre ausführlich analysiert. Nachfolgendes Energieflussdiagramm gibt einen Überblick über die Energiemengen, welche in der Heizzentrale jährlich umgesetzt werden.

CENTRALE TERMICA MORETTINA

Fig. 2.1 : schema di flusso energetico

Periodo luglio 2002 – giugno 2003 (Dati in MWh)



Wärmeproduktion 2002/2003

WP	17.4 %
BHKW	28.8 %
HK1+2	53.8 %

Bild 4 Flussschema 2002 / 2003

Im Flussschema 2002 / 2003 fallen die hohen Verluste bei den Heizkesseln (Caldaia) auf. Diese sind auf falsche Brennereinstellungen mit zusätzlichen Gasverlusten an mangelbehafteten Ventilen zurückzuführen. Weitere Flussschemas sind im Anhang enthalten.

3.3.2 Emissionen

Das Diagramm zeigt einen Vergleich der Luftschadstoffbelastung und des CO₂-Ausstosses zwischen der heutigen Situation (2002 / 2003) und fiktiven Szenarien einer reinen Ölheizkesselanlage modernster Bauart bzw. einer Situation analog derjenigen vor der Realisierung des Wärmeverbundes (mehrere dezentrale Anlagen).

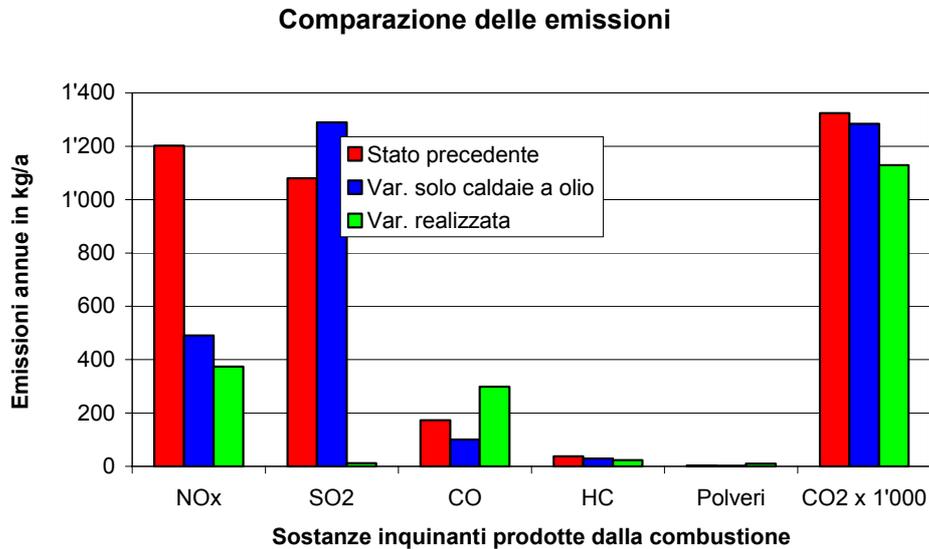


Bild 5 Diagramm der Luftbelastungen

Infolge Umstellung von Heizöl-Extraleicht auf Flüssiggas als Haupt-Energieträger sind die SO₂-Einsparungen deutlich erkennbar. Der höhere CO-Ausstoss resultiert infolge fossiler Stromproduktion. Es gilt dabei zu beachten, dass keine Emissionsgutschrift für den überschüssigen Strom eingerechnet wurde!

3.4 Chronologie

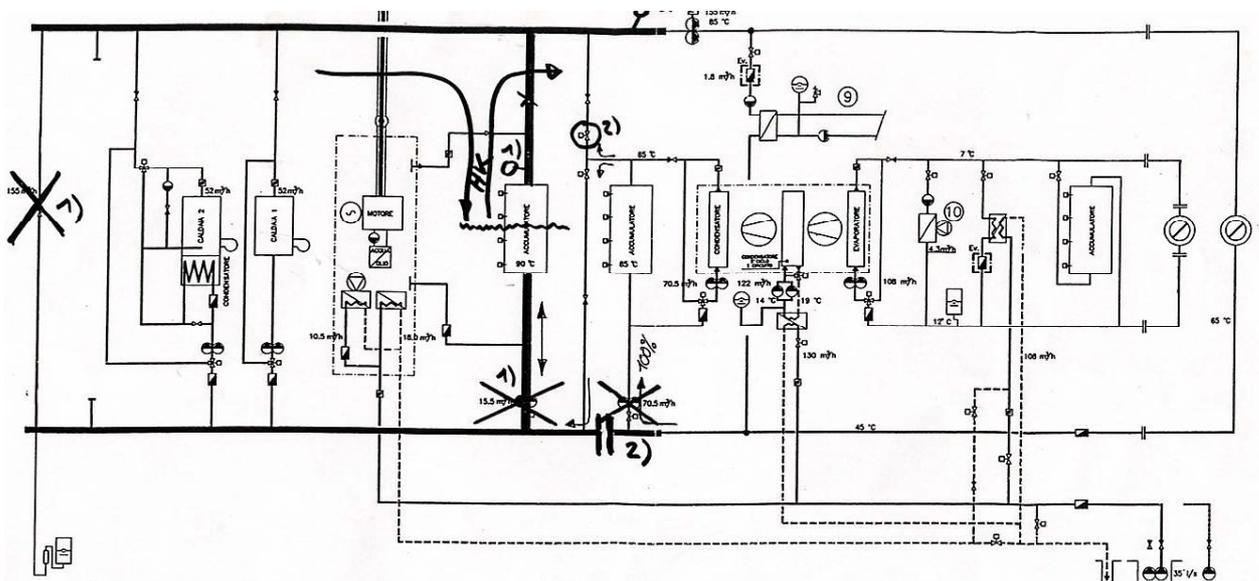
1994	Februar	Erste Machbarkeitsstudie
1995	März	Vorprojekt / Beitragsgesuch BEW (heute BFE)
	Mai	Ausführungsentscheid
	September	Genehmigter Finanzbeitrag BEW (heute BFE)
	November	Baubewilligung
	Dezember	Vorarbeiten
1996	März	Grundsteinlegung
	8. Mai	Gründung von Calore SA
1997	Juli	Bauabschluss
	1. Sept.	Beginn Wärmelieferung des Wärmeverbundes
2000	Sommer	Sanierung Heizzentrale (Phase 1)
2001	Sommer	Sanierung Unterstationen (Phase 2)
2003	Herbst	Abschluss 3-jährige Erfolgskontrolle

4 Sanierung Heizzentrale 2000

4.1 Hydraulikanpassungen

4.1.1 Hydraulische Trennung von Wärmeerzeuger und Verbraucher

Die wesentliche Änderung bestand in der systematischen hydraulischen Trennung von Wärmeerzeugerkreis und Wärmeverbraucherkreis. Die festgestellten Druck- bzw. Durchflussschwankungen beim Ein-/Aus-schalten von Wärmeerzeugern, welche sich bis ins Verteilnetz auswirkten, konnten behoben und die Fernleitungs-Vorlauftemperatur stabilisiert werden. Die hydraulische Trennung wurde mittels dem bestehenden Speicher des BHKW vorgenommen, welcher nun auch noch für die Kessel dient. Dies stellt eine Kompromisslösung dar, da dieser Speicher viel zu klein ist.



- 1) Hydraulische Entkopplung von Verbraucher und Erzeuger (BHKW-Speicher als hydr. Weiche)
- 2) Korrekte Einbindung von WP dadurch Fernleitungs-VL-Regulierung mit vorgewärmten Rücklauf

Bild 6 Hydraulikverbesserungen

4.1.2 Höherer Anteil an Niedertemperaturverbrauch

Bei Niedertemperatur-Wärmeerzeugern ist wichtig, dass möglichst die ganze Rücklauf-Wassermenge der Verbraucher durch den Wärmepumpenprozess zuerst vorgewärmt wird, bevor diese dem Hochtemperatur-Wärmeerzeuger zugeführt wird. Ausserdem sollte der Hauptvorlauf, welcher die Heizzentrale wieder verlässt, nicht mit dem kältesten, sondern mit dem durch die WP vorgewärmten Rücklauf-Wasser abgekühlt werden. Dies ermöglicht eine maximale Ausnutzung der Wärmepumpe. Mit den getroffenen Massnahmen konnten zudem zwei grössere Doppelpumpen eingespart werden.

Es wurden auch Leitungsanpassungen am Hauptverteiler notwendig, wie die nachfolgenden Skizze entnommen werden kann.

Hydraulikanpassungen So 2000

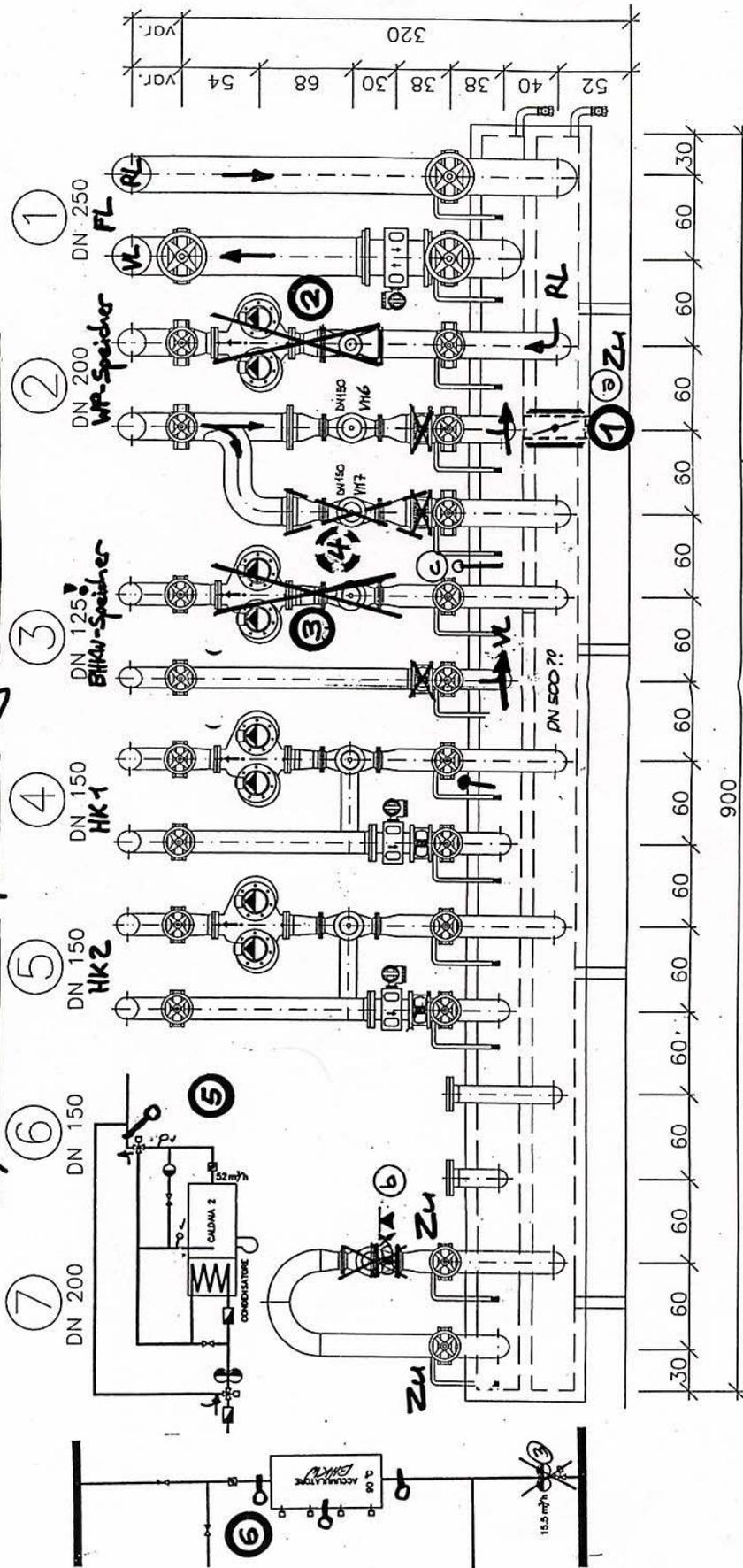


Bild 7 Verteileranpassungen

- Zwinge 1) Blindscheibe in RL-Verteilbalken
 Anpassungen: 2)-4) Passstücke
 nur 5)-6) zusätzliche Fühler
- zusätzliche
 Maßnahmen:
- a) Klappe für Notabschaltung (WP-Speicher)
 - b) Rückschlagklappe zusammen oder keinen für Notabschaltung (BHKW-Speicher)
 - c) empfohlenen Kontrollfühler

4.2 Steuerungsanpassungen Heizzentrale

4.2.1 Neufunktionen Speichermanagement

Das Leitsystem wurde weitgehend neu programmiert. Insbesondere galt es das Speichermanagement, welches die Freigabe/Sperrung der einzelnen Wärmeerzeuger steuert, komplett neu zu implementieren.

Es wurde bewusst ein für den Betreiber einfaches System gewählt, bei dem jeder Laststufe der einzelnen Wärmeerzeuger ein frei definierbarer Speicherfühler mit wählbarem Temperatursollwert zugewiesen wird.

Neues Speichermanagement für die Wärmeerzeuger Freigabe/Sperrung

Fühler	BHKW	HK2 _{knnf}	HK1	Res. HK3	HK1	HK2 _{knnf}	BHKW
~90°C							
T42*			2ein	2ein/aus	2aus		
ca. 1.5m ³ T11		3ein	1ein	1ein/aus	1aus	3aus	
ca. 3 m ³ T12		2ein				2aus	
ca. 3 m ³ T43*	2ein	1ein				1aus	
ca. 3 m ³ T13	1ein						
ca. 3 m ³ T14							2aus
ca. 1.5 m ³ T44*							1aus
≤65°C							
		* neue Fühler					
Sollwerte °C	2ein:64°	3ein:80°	2ein:80°	2/a:80/85			
Sollwerte °C	1ein:64°	2ein:80°	1ein:80°	1/a:80/85	2aus:85°	2aus:85°	2aus:85°
Sollwerte °C		1ein:80°			1aus:85°	1aus:85°	1aus:85°

Bild 8 Speichermanagement

Die Einfachheit dieses Systems hat auch Nachteile. Beispielsweise kann damit keine leistungsabhängige Zu-/Wegschaltung von Wärmeerzeugern realisiert werden. Ausserdem wird im Sommer, wenn die Heizkessel nicht benötigt werden, Speichervolumen für das BHKW verschwendet. Optimal wäre die Berechnung eines Intergrals (Kelvin-Unterschreitung * Zeit) für die Freigabe der nächsten Laststufe. Dies würde nur 1 - 2 Einschaltfühler benötigen und Speichervolumen gewinnen.

Immer noch bestehendes Verbesserungspotential für die Steuerung

4.2.2 Diverse Verbesserungen an bestehender Steuerung

Zusätzlich zu obigem Speichermanagement wurde auch die Fernleitungsregulierung ausgetestet. Man hat erkannt, dass Temperaturfühler umplatziert werden mussten, da die Wasserdurchmischungszone ungenügend war und falsche Temperaturen gemessen wurden.

Fernleitungsregulierung ausgetestet und Fühler umplatziert

Die Heizkessel-/Brennersteuerungen wurden verbessert, indem einerseits von modulierendem Betrieb auf Stufenbetrieb gewechselt wurde, andererseits die Vorlauftemperaturschwankungen stabilisiert wurden. Ventil und Fühler waren zu weit vom Heizkessel entfernt, so dass diese nur verzögert wirkten. Ein Überschwingen nach Einschaltung von mehr als 10 K war die Folge. Erst eine Umplatzierung von Fühlern sowie eine Umprogrammierung zu einer indirekten VL-Regelung via RL-Eintrittstemp.-Fühler brachten Besserungen.

Heizkessel/Brennersteuerung vereinfacht und zu lange Regelstrecke verkürzt

5 Sanierung Unterstationen 2001

5.1 Unterstation Liceo

Bei der Unterstation Liceo muss der Wärmetauscher ergänzt werden. Der bestehende Wärmetauscher wurde falsch ausgelegt, indem dieser nicht auf eine möglichst kleine Temperaturgrädigkeit optimiert wurde. Mit den Leistungs- und v.a. Durchflussvorgaben wurden turbulenzschwache Platten gewählt, welche bei Teillast ein schlechtes Verhalten zeigten. Von den 65 bestehenden Platten sind 16 Stück entfernt worden. Mit den zusätzlichen neuen Platten sind es nun total 96 Stück. Mit vergrößerter Wärmetauscherfläche resultierte eine bessere Charakteristik.

Wärmetauschervergrößerung sowie Wegfall von 4 grösseren Pumpen

Als zweite Massnahme wurden die sekundärseitigen Primärpumpen (4 Stück) entfernt, welche einzig den Zweck hatten, den Wärmetauscherdruckabfall zu überwinden. Die 10 Heizgruppen befinden sich unmittelbar neben dem Plattentauscher und deren Pumpen sind mehrheitlich ebenfalls überdimensioniert, so dass sie ohne Hauptpumpen betrieben werden können.

5.2 Unterstation Elementari

Auch hier wurde der bestehende Wärmetauscher ungünstig ausgelegt. Da es sich jedoch um einen gelöteten Plattentauscher handelt, musste dieser komplett ersetzt werden. Situationsbedingt waren auch komplett neue Leitungsanschlüsse notwendig, was zu einer Deplatzierung von Einbauten wie Wärmezählern etc. führte. Daraus resultierten wiederum diverse weitere Arbeiten wie Elektroverkabelungen, Isolationsanpassungen, etc.

Wärmetauscherersatz mit Leitungsanpassungen

5.3 Unterstation Elementari / Palestra

Bei der Unterstation Elementari handelt es sich im Grunde genommen um eine kleine Verteilzentrale mit eigenen Fernleitungen. Eine davon versorgt den ganzen Sporttrakt (Dreifach-Turnhalle) mit grossem Warmwasserbedarf für Duschen. Die Feinanalyse ergab, dass insbesondere der WW-Erwärmer der Schwachpunkt dieser ganzen Unterstation bildet. Einerseits benötigt dieser Verbraucher die höchsten Temperaturen des ganzen Wärmeverbundes, andererseits produziert er die höchsten Rücklauftemperaturen. Ersteres verursacht Wärmeverluste auf dem ganzen Fernleitungsnetz infolge Temperaturerhöhung, letzteres wirkt sich insbesondere in Schwachlastzeiten (Heizsaison-Übergangszeiten) negativ auf die Haupt-Rücklauftemperatur des Wärmeverbundes aus. Die Einsatzgrenze der Wärmepumpe wird dabei oftmals überschritten.

Auffinden des ungünstigsten Verbrauchers sowie erneute Einregulierung desselben.

Die sekundärseitigen Anlageteile wurden neu einreguliert.

6 Erfolgskontrolle 2000 - 2002

6.1 Energiebilanzen und Betriebskontrollen

Energieflussschema
siehe Anhang 1)

Um die Energie- und Betriebsbilanz zu dokumentieren wurden jährlich die wesentlichen Daten in einem "Rapporto tecnico" zusammengefasst. Die dazugehörigen Energieflussdiagramme sind auch im Anhang 1) ersichtlich. Folgende Aussagen lassen sich daraus zitieren:

6.1.1 Gesamtbilanz

Energieanteile	WP-KM	BHKW	HK1+2 _{kond}	Prod. 100%
2000 / 2001	3.6 %	40.1 %	56.3 %	4'699 MWh
2001 / 2002	14.7 %	40.7 %	44.6 %	4'562 MWh
2002 / 2003	17.4 %	28.8 %*	53.8 %	4'249 MWh

Bild 9 Energieanteil der einzelnen Aggregate an der Gesamtproduktion

* April - Juni 03 BHKW Ausfall mit grösserer Revision

Der Anteil an alternativ erzeugter Wärme produziert durch die kombinierte Wärmepumpe - Kältemaschine konnte trotz klimabedingtem sinkendem Gesamtverbrauch erheblich gesteigert werden. Da immer noch WP-KM Störungen auftraten, besteht Verbesserungspotential.

Sanierung und Feinoptimierung erhöhten die Energieabdeckung durch altern. Wärmeerzeuger

6.1.2 Heizkessel (HK)

Kenndaten	HK1	HK2 _{kond}	WKGD HK1	do. HK2 _{kond}
2000 / 2001	310 Std.	3'477 Std.	86.8 %	96.8 %
2001 / 2002	324 Std.	4'319 Std.	89.8 %	86.5 % [?]
2002 / 2003	156 Std	4'546 Std.	85.2 %	65.1 % [?]

Bild 10 Kenndaten Heizkessel

[?] Erst im Sommer 2003 wurden Brennermängel (Gasleckage?) entdeckt

Bereits bei der Expertise 1999 konnte die Folgeschalt-Priorität auf HK2 gewechselt werden, da dieser einen Kondensator nachgeschaltet hat.

6.1.3 Blockheizkraftwerk (BHKW)

Kenndaten	Laufzeit	Std./Starts	WKGD _{therm}	WRKG _{elektr}	WKGD _{Total}
2000 / 2001	4'541 Std.	1.6 Std./Imp.	55.1 %	28.3 %	83.4 %
2001 / 2002	4'302 Std.	2.1 Std./Imp.	55.4 %	28.7 %	84.2 %
2002 / 2003	2'857 Std*	2.8 Std./Imp.	55.2 %	28.8 %	84.0 %

Bild 11 Kenndaten BHKW

* Juli - Dez 02 diverse BHKW-Stillstandszeiten infolge Defekt und Revision

Die Taktzeit des BHKWs konnte verlängert werden, ist aber immer noch ungenügend (kleiner Pufferspeicher). Mit manueller Umprogrammierung im Sommer (~3/4 aller Starts) wären Verbesserungen möglich.

6.1.4 Wärmepumpe / Kältemaschine (WP/KM)

Die kombinierte Wärmepumpe-Kältemaschine besitzt einen Nieder- (ND) und Hochdruckverdichter (HD). Möglich sind drei Betriebszustände, welche leider nicht separat kontinuierlich erfasst sind und nur mittels Momentanmessungen eruiert sind.

- Nur Kältebetrieb (KM) Grundwasser ein ND-Kompr. läuft
 - Nur Wärmebetrieb (WP) Grundwasser ein HD-Kompr. läuft
 - Kälte- und Wärmebetrieb Grundwasser aus ND+HD-Kompr. läuft
- WP/KM-Prozess zuwenig instrumentiert für Leistungsauswertungen

Erst seit Januar 2003 ist ein zusätzlicher Elektrozähler installiert, um den Stromkonsum den verschiedenen Betriebsweisen zuordnen zu können. Leider fehlt für das Grundwasser eine Wärmemessung, so dass keine Messwerte zur effektiv genutzten Wärmemenge existieren. Das Grundwasser kann zusätzlich auch zur Direktkühlung genutzt werden, so dass keine sinnvollen Hochrechnungen durchgeführt werden können.

Kenndaten	Laufzeit ND	Laufzeit HD	Elektro _{-tot}	Wärme	Kälte
2000 / 2001	1'286 Std.	275 Std.	112 MWh	170 MWh	438 MWh
2001 / 2002	1'847 Std.	1'139 Std.	266 MWh	664 MWh	755 MWh
2002 / 2003	2'130 Std.	1'323 Std.	301 MWh	736 MWh	834 MWh

Bild 12 Kenndaten WP-KM

Anhand von Momentanmessungen kann folgender mittlere Jahreswert für den COP (Coefficient of Performance) hochgerechnet werden:

- COP -Wärmebetrieb ~3.2 [-] bei 50->60°C / 10->6°C

Der mittlere jährliche Kälteindex, hier definiert durch das Verhältnis von produzierter Kälte durch den Strombedarf nur bei Kältebetrieb, ist:

- Kälteindex* ~5.8 [-] bei 12->6°C / 14->19°C u. 50->60°C

* keine Aussagen zu COP-Kälte möglich, da Kälteerzeugung auch in WP-Betrieb!

6.1.5 Diverse Verluste

Die total produzierte Wärmeenergie wird zu rund 1 % für die zentrale Flüssiggasvorwärmung benutzt. Der restliche Anteil wird ins Verteilnetz geliefert und bei den einzelnen Verbrauchern abgerechnet. Infolge eines zusätzlichen Wärmezählers am Heizzentralen-"Ausgang" können auch die Fernleitungsverluste sowie der Zentralenwirkungsgrad (Wärmeabgabe/Wärmeproduktion) auf +/- 5 % genau beziffert werden.

Kenndaten	Gas-Vorw.	% v. Prod.	FL-Verluste	% v. Prod.	η-Zentr.
2000 / 2001	55 MWh	1.2 %	325 MWh	7.0 %	86 %
2001 / 2002	55 MWh	1.2 %	220 MWh	4.8 %	87 %
2002 / 2003	50 MWh	1.1%	100 MWh	2.2 %.	98 %

Bild 13 Diverse Verluste

Ein Teil der erzielten Verbesserungen dürften den durchgeführten Sanierungen angerechnet werden.

6.2 Feinoptimierungen

Die Feinoptimierungen betrafen Regelparameter in der Heizzentrale, aber auch verbesserte Einstellungen an den Unterstationen. Teilweise wurden auch sekundärseitig die Wassermengen hydraulisch neu abgeglichen. Die Diagramme verdeutlichen die Verbesserungen. Sie zeigen die Haupt-Vor- und -Rücklauftemperatur der Fernleitung bei vergleichbarem Betrieb vor und nach der Sanierung.

Feinoptimierungen sowohl hydraulisch als auch regelungstechnisch

Weitere Auswertungen siehe Anhang

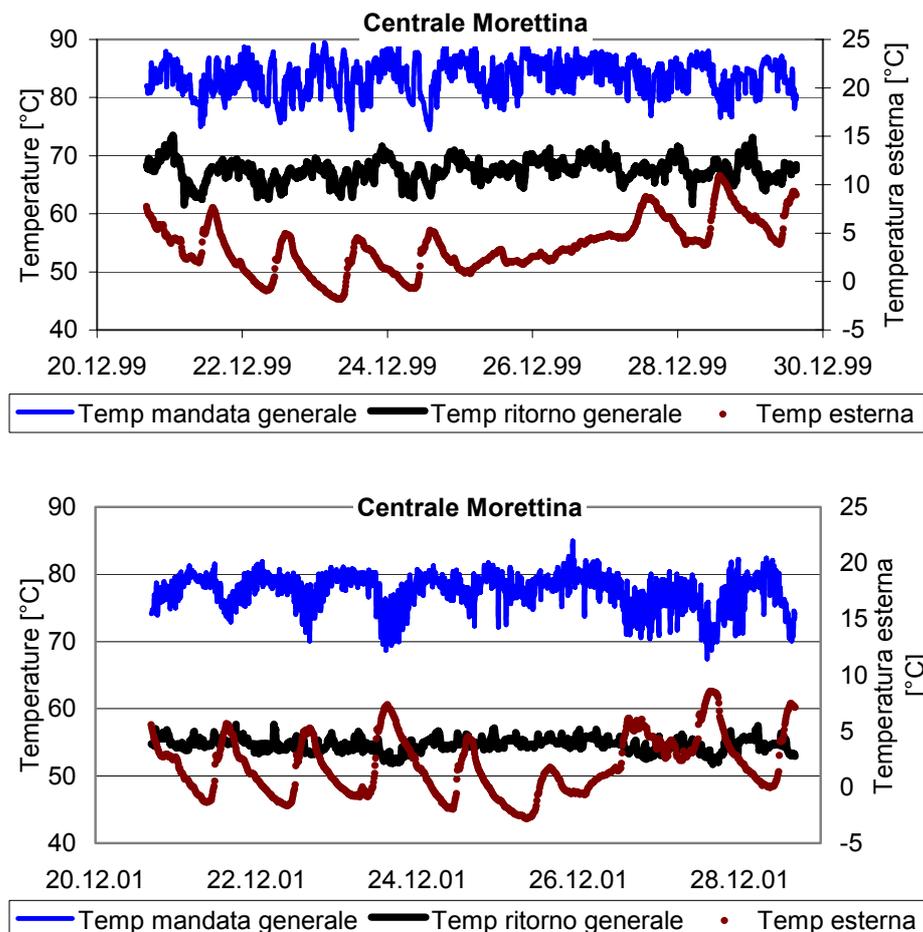


Bild 14 Fernleitungs-Temperaturen vor- und nach Feinoptimierung

6.3 Betriebsjournal

2000 Sommer	Hydraulikumbau Zentrale / Neuprogramm. MSRL
2001 Frühling Sommer	Analyse Unterstationen Sanierung Unterstation Liceo und Elementari
2002 Juli - Dez. Juli - Okt.	BHKW -Stillstände (Defekte u.a. λ -Sonde+Revision) WP/KM -Stillstände (Ersatz Softstarter)
2003 Feb. - Mai Sommer Herbst	WP/KM -Stillstände (Brand in Schaltschrank!) div. Hydraulik-Ventilersatz (-> erneute Störungen) Abschluss Erfolgskontrolle

7 Hinweise für Planung, Realisation und Betrieb

7.1 Planung

Die Überprüfung der damaligen Planung / Projektierung war weder möglich noch erwünscht. Tatsache war:

- Das Ingenieurbüro hatte für alle Anschlussbauten den Auftrag und war dadurch bevorzugt. Nur mit Hilfe dieser treibenden Kraft konnten überhaupt alle Beteiligten vom Projekt überzeugt und die Anlage realisiert werden.
- Es gab keine externe Qualitätskontrolle, welche die Projektierungsmängel aufgedeckt hätte. Insbesondere gab es keinen kompetenten MSRL-Lieferanten, der die unklare Hydraulik hinterfragt hätte.
- Der Bauherr realisierte zum ersten Mal ein Wärme-Contracting und war branchenfremd und deshalb von der Planungsfirma abhängig.

Fazit:

Bei der Wahl des Planungsbüros sollte ein klarer Leistungsausweis mit Referenzanlagen eingefordert werden. Eine Überprüfung des Projektes durch eine externe Qualitätssicherung (Konkurrenz) hätte in diesem Fall viel Ärger eingespart und allen gedient.

7.2 Realisierung

Bei der Wahl der Lieferanten wurde zu stark auf den Preis und weniger auf die Qualität (Erfahrung) geachtet. So kam zwar eine renommierte Regelungsfirma aus Italien zum Zuge, doch wies diese wenig Erfahrung in der Haustechnik auf. Auch bei einzelnen Komponenten kam mindere Qualität zum Einsatz, deren Mängel erst nachträglich entdeckt wurden (z.B. Ventile mit ungenügend starkem Stellantrieb bzw. Undichtheiten).

Fazit:

Bei einer Pilot- und Demonstrations-Anlage sollten nur erfahrene Firmen berücksichtigt werden und wo immer möglich, d.h. spez. beim konventionellen Anlagenteil, auf Neuheiten (Prototypen) verzichtet werden.

7.3 Betrieb

Nur ein professioneller Betreiber kann seine Abhängigkeit vom Planer reduzieren. Er wird jedoch weiterhin auf die Servicefirmen angewiesen sein. In entlegeneren Regionen (Tessin) können die Reaktionszeiten der Servicefirmen, ebenso die distanzgebundenen Kosten erheblich sein.

Fazit:

Für kompliziertere Anlagen (trivalente Wärmeerzeugung) ist ein professioneller Betreiber mit Kenntnissen in der Haustechnik unabdingbar. Den Serviceaspekten muss besondere Beachtung geschenkt werden.