

Erstellen einer Kondensationsanlage an der Holzfeuerung des neuen Wärmeverbundes Schwanden / GL

Projekt 28'463 Vertrag 69'541

Ausgearbeitet durch

Verfasser; L. Bertozzi, Triststrasse 8 , 7007 Chur / GR

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

Schlussbericht September 2003

Auftraggeber:

Forschungs- und P+D Programm Biomasse des
Bundesamtes für Energie

Auftragnehmer:

Gemeinde Schwanden
Wärmeverbund
8762 Schwanden

Autoren:

L. Bertozzi
Triststrasse 8
7007 Chur

Dieses Dokument ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie erarbeitet worden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist alleine der/die Autor/in/en verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Vertrieb:

ENET
Egnacherstrasse 69, CH-9320 Arbon
Tel. 071 440 02 55, Tel. 021 312 05 55, Fax 071 440 02 56
enet@temas.ch · www.energieforschung.ch · www.energie-schweiz.ch

1. ZUSAMMENFASSUNG	3
2. KONDENSATIONSANLAGE / HOLZFEUERUNG / KENNDATEN	4
3. AUSGANGSLAGE NACH DER LETZTEN MESSSAISON	4
3.1 Auszug aus dem letzten Bericht (2002)	4
3.2 Auftrag BfE für dritte Messsaison	5
4. UNTERSUCHUNGEN	5
4.1. Leistungsmessungen im Überblick	5
4.1.1. Besichtigung der Kondensationsanlage am 22.11.2002	6
4.1.2. Unterhalt der Anlage	6
4.2. Leistungsmessung zur Werkvertraganalyse	6
4.3. Mess- Zyklus und die Analysen	7
4.4. Energieinput zu Energieoutput	9
4.5. Staubreduktionen bzw. Untersuchung	9
5. EINE IDEE WIRD WIRKLICHKEIT	10
6. OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN	11
6.1. Luftüberschusszahl	11
6.2. Wärmetauscher	11
7. SPARPOTENTIALE	12
7.1. Nachträglicher Einbau der Kondensation	12
7.2. Kompaktanlage	12
7.3. pH-Messeinrichtung	12
7.4. Neutralisation	13
8. WEITERES VORGEHEN	13
9. KONTAKTADRESSEN	13

1. Zusammenfassung

In Schwanden wurde eine kombinierte Kondensations- und Economizer-Anlage nach einer Holzschnitzelfeuerung eingesetzt, mit der es möglich ist, während der gesamten Heizperiode (ab etwa Mitte Oktober bis April – je nach Witterung), Wärme für Heizzwecke zur Verfügung zu stellen.

Diese Technik wurde eingesetzt, um folgende Forderungen zu erfüllen:

- Nutzung der Abwärme aus den Rauchgasen und damit eine Reduktion der frischen Waldhackschnitzel (Primärenergie)
- Reduktion der Schadstoffe

Nach über 2 Jahren für den Aufbau, die Inbetriebsetzung, vielen Untersuchungen und einem grossen Umbau kann die Anlage für den Winter 2002-2003 eine Wärmerückgewinnung (WRG) von über 21 % vorweisen. Jedes WRG-Prozent der Kondensationsanlage bedeutet nicht nur eine Einsparung beim Holzschnitzelverbrauch, sondern in der gleichen Grössenordnung auch eine Schadstoffreduktion. Einen zusätzlichen hohen Abscheidegrad (Gesamtstaub und Feinststaubpartikel) kann mit dieser Anlage bzw. durch den so genannten Wäschereffekt ausgewiesen werden.

Damit kann für diesen Anlagentyp eine störungsfreie Doppelfunktion ausgewiesen werden. Es ist dementsprechend nicht nur eine Wärmerrückgewinnung aus den Rauchgasen sondern es ist auch eine Filteranlage mit einem Wäschereffekt (Doppelfunktion).

Die Ergebnisse für die diese Messperiode (29.10.2002 – 31.3.2003) sind:

- gelieferte Energiemenge von der Kondensation = 104,7 MWh (9 % vom Heizkessel)
- gelieferte Energiemenge des Economizer = 147,1 MWh (12 % vom Heizkessel)
- total gelieferte Energiemenge = 251,8 MWh (21,4 % vom Heizkessel)
- Energieinput = 2 MWh (el. Energie bzw. 0,8 %)
- 2 Tage Stillstand (= 1,3 %)
- Abscheidegrad über TPE (Gesamtstaub) über 25 %
- Abscheidegrad bezüglich Partikel PM 0.6 über 59 %

Die wichtigsten vier Aussagen nach dieser Messperiode lauten:

- Das gewählte Konzept ist funktionstüchtig und hat alle Kenndaten des Werkvertrages erfüllt.
- Die hohe Zuverlässigkeit ist für einen Prototyp (bei welchem praktisch die gesamte Luftführung umgebaut werden musste) beeindruckend.
- Eine erfolgreiche Anwendung bei Neuanlagen oder Sanierungen ist jederzeit möglich.
- Die eingesetzte automatische Reinigung arbeitet einwandfrei. Eine zusätzliche Handreinigung während der Heizperiode oder am Ende der Heizperiode erübrigt sich.

Mit zwei Optimierungsmöglichkeiten (welche aus Kostengründen nicht ausgeführt wurden) könnte diese neue Anlage den WRG-Anteil auf über 25 % erhöht werden. Mit dieser Steigerung und einer Vereinfachung der Anlage in Richtung „Kompakt-Anlage“ ist die Erreichung der wirtschaftlichen Gewinnschwelle möglich.

Rauchgaskondensationsanlagen besitzen eine grosse Perspektive für die Zukunft. Diese Anlagen ermöglichen einen energieeffizienten Betrieb einer Holzschnitzelfeuerung. Ein nicht-materieller aber dennoch nicht zu unterschätzender Effekt ist die Kondensationsanlage als Rauchgaswäscher.

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

2. Kondensationsanlage / Holzfeuerung / Kenndaten

Kessel und Brennstoff:

- | | |
|---|----------------------------------|
| • Kesselnennleistung (Werkvertrag) | 800 kW (=100%) |
| • Kesselleistung (gemessen 11.11.1998) | 870 kW |
| • Kesselminimalleistung | 240 kW |
| • Kesselnennleistung (Sommerprogramm) | 400 kW |
| • Kesselminimalleistung (Sommerprogramm) | 120 kW |
| • O ₂ gemessen an der Anlage | 5.7 – 9.2 % |
| • Brennstoff Waldhackschnitzel | WSH-g45-w60 |
| • (selten) Holz aus der Landschaftspflege | |
| • Staubgehalt (gemessen 2.3.2000) | 37 mg/Nm ³ |
| • Kesselhochhaltung | 60 °C |
| • Rücklauf Heizung Schule | 40 – 54 °C (Eco – Anschluss) |
| • Rücklauf Heizung Heime | 36 – 46 °C (Kond. - Anschluss) |

Auslegungsdaten Kondensation

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| • Luftvolumen | 3'840 Nm ³ |
| • Abgasfeuchte | 179 g/kg |
| • Abgastemperatur | 220°C |
| • Abgasenthalpie | 765 kJ/kg |
| • Staubgehalt | < 150 mg/Nm ³ |
| • Staudruck vor der Kondensation | < 1000 PA |

3. Ausgangslage nach der letzten Messsaison

3.1 Auszug aus dem letzten Bericht (2002)

.....Durch diverse Temperaturmessungen im Gasstrom der Kondensation konnten schrittweise neue Strömungsleitbleche in den Wärmetauschern eingebaut werden. Durch diese Umbauten konnten am 17.4.02 folgende Daten erreicht werden:

- **Mit Vollast von 800 kW während 24 Minuten**
- 12.89 % (Soll 20.6 %) WRG-Potential bei der Kondensation
- 13.92 % (Soll 13.3 %) WRG-Potential beim ECO

und mit

- **einer Teillast von etwa 250 kW über 5.75 Stunden**
- 7.35 % (Soll 13 – 21%) WRG-Potential bei der Kondensation
- 9.86 % (Soll 9 – 11 %) WRG-Potential beim ECO
- Selbstverständlich ist die obgenannte Aussage (mit einer Messdauer **von unter 6 Stunden**) nicht repräsentativ.

3.2 Auftrag BfE für dritte Messsaison

Die Anlage erbrachte in der letzten Messsaison nur kurzfristig (ca. 6 Stunden) die berechneten WRG-Daten. Weitere Kenndaten konnten in dieser kurzen Zeit nicht ermittelt werden. In der dritten Messsaison soll eine umfassende Analyse der wirtschaftlichen Verfügbarkeit durchgeführt werden. Die wichtigsten Bereiche sind:

- Analyse des Energiehaushaltes (Energie Input zu Output)
- Langzeit und Punktmessungen der Anlage in Abhängigkeit des gesamten Leistungsbereiches der vorgeschalteten Holzfeuerung
- Wirtschaftliche Kenndaten ausweisen
- Optimierung der Anlage
- Reduktionspotential der Investitionen ausweisen

4. Untersuchungen

Vom Forstbetrieb der Gemeinde Schwanden wurde abwechselnd nur Nadelholz (100%) oder eine Mischung aus 60 % Nadelholz und 40 % Laubholz eingefüllt.

Bei der Mischung mit Laubholz wurde eine sehr hohe Feuchtigkeit festgestellt.

4.1. Leistungsmessungen im Überblick

Mit der Holzfeuerungsanlage wurde am 29.10.2002 die Wärmeproduktion angefahren. Am 22.11.2002 wurden zwischen 10.05 Uhr und 15.51 Uhr fünf Messungen durchgeführt.

Die Daten in der Übersicht :

■ Datum	22.11.2002
■ Holzfeuchte	80 - 100 % ATRO
■ Rauchgas	160 – 195 ° C
■ pH-Wert	7.5 – 8.1
	im Abschlämbbad
■ O2-Wert	5.7 – 9.2 %
	im Rauchgas gemessen

Zeit		10.05 Uhr	14.35 Uhr	15.09 Uhr	15.43 Uhr	15.51 Uhr
Holzkessel (HK) in kW		361	323	347	343	335
Nominalleistung vom Kessel in %		45.1	40.4	43.4	42.9	41.9
Vorläufe						
ECO/Kond. in °C		45 / 41	44 / 40	45 / 41	45 / 41	45 / 41
Leistung ECO in kW		39	35	29	38	46
Leistung Kond. in kW		35	34	29	33	39
Total WRG in kW		74	69	58	71	85
Leistung ECO in % vom HK		10.8	10.8	8.4	11.1	13.7
Leistung Kond. in % vom HK		9.7	10.5	8.4	9.6	11.6
Total WRG in % vom HK		20.5	21.4	16.7	20.7	25.4
WRG Soll in % vom HK		19.0	19.0	19.0	19.0	19.0

(Unterstrichen = Werkvertrag nicht erfüllt)

4.1.1. Besichtigung der Kondensationsanlage am 22.11.2002

Die Abreinigungsanlage reinigt die Rauchgaskondensationsanlage vollautomatisch und ist so ausgeführt, dass während dem Betrieb die beiden Wärmetauscher (Rohrbündel) mit einer ausreichenden Wassermenge gereinigt werden. Der Abzug der abgesonderten Feststoffe, aus der Schlammtrichter der Kondensation, erfolgt über eine Prozessorpumpe. Das Abpumpen des Schlammes in den Schlammabsetzbehälter wird in ausreichend kurzen Abständen ausgeführt.

Nach der Messung vom 15.51 Uhr wurde bei der Kondensationsanlage die Bypass-Klappe geschwenkt und im offenen Zustand konnten die beiden Wärmetauscher analysiert werden. Es konnte praktisch im ganzen Oberflächenbereich eine Kondensation (Tropfenbildung) an den Wärmetauscherrohren festgestellt werden. Die optimale Reinigung wurde durch die gewählte Düsenkonfiguration und die angesprochene Tropfenbildung erreicht. Bei etwa 1/5 der Rohre konnte ein sehr feiner Schmutzfilm (feuchter Feinstaub) mit dem Zeigefinger abgewischt werden. Es konnte kein Materialauftrag / keine Verkrustung auf den Wärmetauscherrohren festgestellt werden. Im Schlammtrichter wurden keine grossen Mengen Schlamm bemerkt.

Konklusion: Die Reinigung arbeitet einwandfrei. Es kann kein Materialaufbau an den Wärmetauscherrohren (Verkrustung) und damit eine „Isolation“ festgestellt werden. Mit der neuen Luftführung (April 2002) arbeitet die Kondensation im ganzen Oberflächenbereich (früher nur etwa 1/3), denn praktisch alle Rohre waren mit Kondensations-Tropfen belegt. Zwischenreinigungen und ein Endreinigung der Anlage sind nicht nötig.

4.1.2. Unterhalt der Anlage

Die Anlage besitzt sehr wenige bewegte Teile und dadurch ist der Aufwand für den Unterhalt sehr klein. Wir können an dieser Stelle praktisch keinen Aufwand für zusätzliche Kontrollgänge auflisten. Der Unterhalt der Anlage beläuft sich somit im Moment auf errechnete 1'200.- Fr. / Jahr. (Hochrechnung im Hinblick der eingesetzten Steuerung und der eingesetzten Pumpen. Nur der Ersatz der Dichtung (Reinigungstüre) musste in diesem Betriebsjahr als Unterhalt festgestellt werden.

4.2. Leistungsmessung zur Werkvertraganalyse

Im Sinne einer Werksvertraganalyse wurden weitere Leistungsmessungen (über 50) durchgeführt.

Die wichtigsten Daten mit steigender Kesselleistung sind:

Datum		24.12.2002	19.02.2003	11.12.2002	17.02.2003	13.01.2003
Zeit		6.21	6.15	6.55	6.15	6.15
Rauchgas	in °C	185	185	175	175	165
Holzkessel (HK)	in kW	432	502	630	675	736
Nominalleistung vom Kessel	in %	54.0	62.8	78.8	84.4	92.0
Vorläufe	in °C	44 / 41	45 / 42	47 / 43	47 / 43	49 / 44
Leistung ECO	in kW	90	94	112	112	134
Leistung Kond.	in kW	50	57	62	63	88
Total WRG	in kW	140	151	174	175	222
Leistung ECO	in % vom HK	20.8	18.7	17.8	16.6	18.2
Leistung Kond.	in % vom HK	11.6	11.4	9.8	9.3	12.0
Total WRG	in % vom HK	32.4	30.1	27.6	25.9	30.2
WRG Soll	in % vom HK	24.0	23.0	23.0	23.0	23.0

Und die beiden Extremwerte dieser Messsaison lauten:

Datum		24.03.2003	17.01.2003
Zeit		6.21	6.19
Rauchgas	in °C	195	160
Holzkessel (HK)	in kW	432	809
Nominalleistung vom Kessel	in %	54.0	101.1
Vorläufe	in °C	44 / 40	54 / 44
Leistung ECO	in kW	105	74
Leistung Kond.	in kW	53	57
Total WRG	in kW	158	131
Leistung ECO	in % vom HK	24.3	9.1
Leistung Kond.	in % vom HK	12.3	7.0
Total WRG	in % vom HK	36.6	<u>16.2</u>
WRG Soll	in % vom HK	25.0	20.0

(Unterstrichen = Werkvertrag nicht erfüllt)

4.3. Mess- Zyklus und die Analysen

In der gesamten Heizperiode (29.10.2002 bis 31.3.2003) wurde mit 2 - oder 3 Tagesmesszyklen eine Langzeituntersuchung ausgeführt. Für diese 2 - oder 3 Tageszyklen wurden Durchschnittswerte ermittelt.

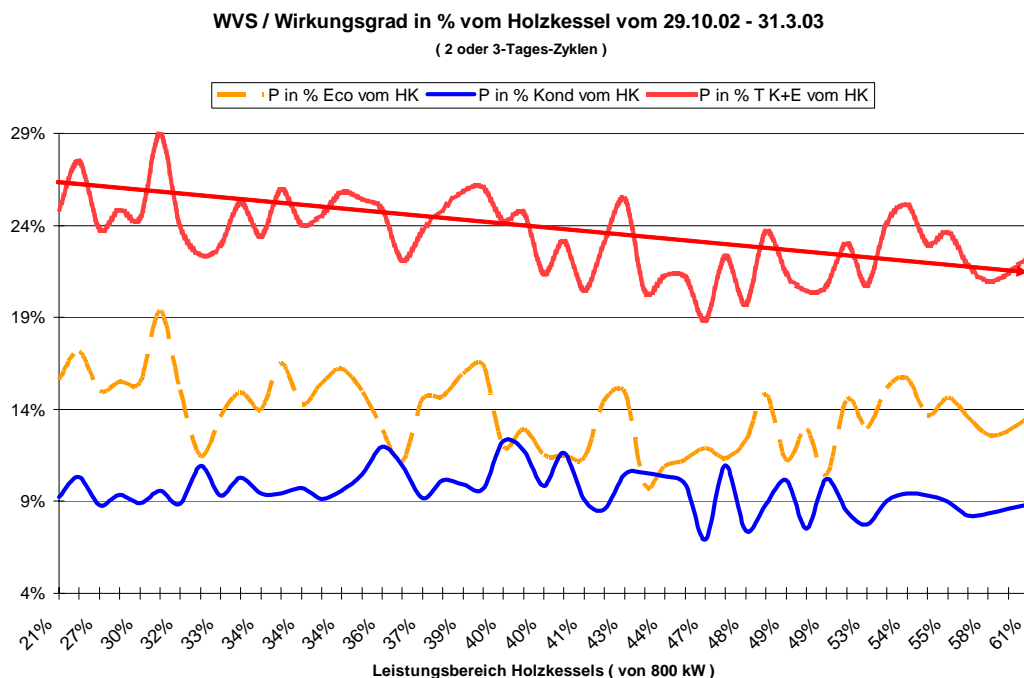
Nachteil dieser Messmethode ist, dass der Bypassbetrieb der Kondensation (keine WRG) im Schwachlastbereich und in der Nacht die Werte leicht reduziert. Da der Bypassbetrieb mehrheitlich in der Nacht die nachgeschaltete Kondensation beeinträchtigt und diese Betriebsart aber der Realität entspricht, wird auf keine Hochrechnung erstellt.

Die wichtigsten Daten in der Kurzfassung:

- Holzfeuchte 80 - 100 % ATRO (Stichproben)
- Rauchgas 165 – 195 ° C (Stichproben)
- pH-Wert keine Werte
- O2-Wert keine Werte

Datum		25-27.11.02	6-8.12.03	7-10.2.03	8-10.1.03
Zyklus in Min		2880	3030	4310	2876
Holzkessel (HK)	in MWh	11.3	16.5	28.7	22.8
Durchsch.-Leistung (HK)	in %	29%	41%	50%	59%
ECO	in MWh	1.26	1.92	4.17	2.93
Kond.	in MWh	1.21	1.89	2.42	1.96
Total WRG	in MWh	2.47	3.81	6.59	4.89
Leistung ECO	in % vom HK	11.2	11.6	14.5	12.9
Leistung Kond.	in % vom HK	10.7	11.5	8.4	8.6
Total WRG	in % vom HK	21.86	23.09	22.96	21.45

Bei der Auslegung der Kondensationsanlage konnte wegen der räumlichen Verhältnisse diese Anlage nicht auf die volle Holzkesselleistung ausgelegt werden. Beim nachfolgenden Diagramm ist somit ersichtlich, dass die WRG-Kennzahlen in der Praxis mit zunehmender Kesselleistung eine leichte Reduktion aufweisen. Als Diagramm die Übersicht im Leistungsbereich des Holzkessels (21 – 61%) von 800 kW.



Die saisonalen Kennzahlen der Messperiode 2002 – 2003:

■ **29.10.2002 – 31.3.2003**

■ Zyklus	153 Tage.	
■ Stillstand	2 Tage	
■ Holzkessel	1'176,7 MWh	entspricht einer Durchschnittsleistung von 40 % des Kessels in dieser Saison
■ ECO	147,1 MWh	12 % der produzierten Energie des Holzkessel
■ Kond.	104,7 MWh	09 % der produzierten Energie des Holzkessel
■ Total WRG	251,8 MWh	21,4 % der produzierten Energie des Holzkessel

Eine WRG von 21,4 % bedeutet:

- 21,4 % weniger Holz bzw. weniger Holzenergiekosten.
- 21,4 % weniger Schadstoffe.

Folgende wichtige Alarme wurden in dieser Saison nie festgestellt:

- Wassermangel
- Grenzwert des Systemdruckes wurde nie überschritten (Verschmutzung des Tauschers)
- Temperaturgrenzwert wurde nie überschritten

An den pneumatischen Zylindern und an den Kunststoffkompensatoren wurden kein Verschleiss festgestellt.

4.4. Energieinput zu Energieoutput

Im Bereich der Inputleistung (nur für die neue Anlage bzw. die Zusatzeinheiten) sind folgende Zusatzverbraucher mit den el. Leistungen festzuhalten:

■ Rauchgasventilation (Ergänzung beim Umbau)	P _{EL. max.}	2.5 kW
■ Entschwädungsventilator	P _{EL. max.}	2.2 kW
■ Umwälzpumpe Kondensation	P _{EL. max.}	0.2 kW
■ Umwälzpumpe ECO	P _{EL. max.}	0.2 kW
■ Umwälzpumpe - Prozesswasser	P _{EL. max.}	1.5 kW
■ Umwälzpumpe – Absetzbehälter	P _{EL. max.}	0.5 kW
■ Magnetdosierpumpe	P _{EL. max.}	0.02 kW

Die Gesamtenergiekennndaten dieser Saison:

■ Total WRG _{th}	251,8 MWh	21,4 % der Kesselenergiemenge = Output
■ Total Input _{el}	2,0 MWh	0,8 % Inputenergie gegenüber der Outputenergie

Somit wird diesem Punkt gegenüber dem Werkvertrag nicht eingehalten (0,5 %).

4.5. Staubreduktionen bzw. Untersuchung

Im Auftrag des BfE untersuchte das Ökozentrum Langenbruck zwei Abgaskondensationsanlagen. Die genauen Daten, die Situationsanalyse und die entsprechenden Kennndaten entnehmen Sie bitte dem Bericht:

- „**Wirksamkeit neuer Abscheidetechniken in Holzfeuerungsabgasen bezüglich Feinpartikel**“ zu beziehen bei www.energieforschung.ch / ENET / Publikationen / Biomasse Holz

An der Anlage in Schwanden wurden die Werte vor und nach der Abgaskondensation gemessen. Die Kurzaussage für die eingesetzte Kondensation lautet:

- Abscheidegrad bezüglich TPE (Gesamtstaub) über 25 %
(Hinweis: tiefer Wert schon nach dem Kessel von unter 100 mg/m_{n3})
- Abscheidegrad bezüglich Partikel PM 0.6 über 59 %

Im Werkvertrag wurden keine Angaben zum Abscheidegrad gemacht, ein Vergleich erübrigt sich.

Im Hinblick auf die Zukunft von Holzfeuerungen ist aber das Thema einer Abgaskondensationsanlage nicht nur eine Diskussion im Bereich der „WRG“ und damit eine Diskussion der Betriebskosten, sondern auch eine Diskussion der Staubpartikel bzw. deren „Reduktionen“.

Die Reduktion der Staubpartikel ist ein nicht-materieller aber dennoch nicht zu unterschätzender Effekt dieser Anlage. Es kann kein Wert in Franken und Rappen auszuweisen, hingegen sind verbesserte Emissionswerte jetzt schon ein Thema und somit kann die Kondensationsanlage 2 positive Faktoren gegenüber einer herkömmlichen Filteranlage vorweisen.

Keine Aussage für eine Erhöhung des Abscheidegrades im Feinststaubbereich kann für einen möglichen Umbau des Wärmetauschers (vergleiche Punkt 6.2 - für eine schlangenförmige Durchströmung) an diese Stelle abgegeben werden.

5. Eine Idee wird Wirklichkeit

Nach der Vorstellung des Bauprojektes entschied die Baukommission unter der Leitung von Herrn H. Baumgartner (WVS) die beantragte Holzkesselleistung von den geforderten 950 kW auf 800 kW zu reduzieren und den Einsatz einer Kondensationsanlage prüfen zu lassen.

In enger Zusammenarbeit zwischen dem Planer, dem Kesselhersteller und dem Baukommission - Präsidenten konnte am 2. September 1998 der Antrag für ein P+D-Projekt dem Kanton und dem Bund (BfE) abgegeben werden. Das BfE und der Kanton bewilligten das Projekt am 27. November 1998.

Nachdem ersichtlich wurde, dass das gewählte Konzept an 2 Anlagen im Ausland nicht die gewünschte Lebensdauer erreichen würde, wurde in Absprache mit dem BfE (Hr. Binggeli) ein anderes Konzept gewählt. Dementsprechend wurde eine ergänzende neue Verfügung vom BfE erstellt und der Werkvertrag konnte am 1. Juli 2000 unterzeichnet werden.

Sowohl die Lieferung, die Montage und auch die Inbetriebsetzung waren von Störungen überschattet und die ersten beiden Messjahre, vergleiche die alten Berichte, ergaben keine brauchbaren Kenndaten. Wichtig ist an dieser Stelle auch der Hinweis, dass während den Monaten der Kondensations-Anlagen-Verbesserung sowohl die Regelung des Kessels (HH. D. Köchli, B. Schweizer und H. Baumgartner) als auch die Hydraulik (HH. T. Müller und H. Baumgartner) laufend optimiert wurde.

Um so erfreulicher kann nun festgestellt werden, dass mit dem Selbstumbau (April 2002) der Projektgruppe Baumgartner-Schweizer-Bertozzi, die Anlage die ersten brauchbaren Kenndaten lieferte und in dieser Saison alle Erwartungen erfüllen, bzw. übertreffen, konnte. Die wichtigsten Erkenntnisse lauten:

- Die dem Holzkessel nachgeschaltete Anlage bestehend aus einem Economizer und einer Rauchgas-Kondensationsanlage erbrachte die geforderten Werte, bzw. konnte die Werte teilweise übertreffen.
- Die geforderten Rücklauftemperaturen der Fernwärme konnten jederzeit, trotz Altbauten, immer unterschritten werden (Auflage BfE) und damit war der erste Faktor für eine funktionierende Kondensationsanlage erfüllt.
- Die Anlage besitzt wenig rotierende Teile und somit ist die Anlage nicht sehr Unterhaltsintensiv (günstig).
- Der el. Energieaufwand war etwas höher als in einer Hochrechnung prognostiziert, blieb aber im Promille-Bereich.
- Die gewählte Besprühanlage mit einer Intervallreinigung erbrachte ausgezeichnete Reinigungseffekte. Der Betreiber musste keine Handreinigung beim Wärmetauscher durchführen. Eine Reinigung war nur beim Schlammbehälter nötig.
- Der Wäschereffekt ist bezogen auf den Gesamtstaub, wie auch auf den Partikelbereich (PM 0.6) beachtlich hoch
- Nur wegen einem Dichtungswechsel musste die Anlage während zwei Tagen über den Bypass umgangen werden.
- Die periodischen Kontrollen an der Holzfeuerung mussten im Zusammenhang mit der Abgaskondensationsanlage nur unwesentlich verlängert werden.

An dieser Stelle möchten wir dem BfE und der Energiefachstelle des Kt. Glarus recht herzlich danken. Ohne die finanzielle Unterstützung wäre diese Idee nie zum Tragen gekommen.

Besonders erwähnenswert ist die Unterstützung in den ersten 46 Monaten. In dieser Zeit wurden keine brauchbaren Resultate erreicht. Das BfE nahm aber nie Abstand von der Anlage und dank der glänzenden Idee des Baukomm.-Präsidenten (Hr. Baumgartner) konnte im April 2002 die Anlage in die richtige Art und Weise umgebaut werden.

6. Optimierungsmöglichkeiten

Zwei Optimierungsmöglichkeiten sind nach der erfolgreichen dritten Messsaison ersichtlich.

6.1. Luftüberschusszahl

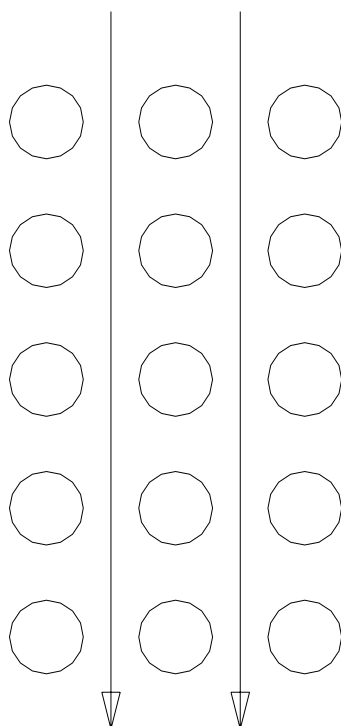
Gemäss den Messungen vom 10.12.2002 und den weiteren Messungen ist ersichtlich, dass die tiefe Luftüberschusszahl aus den letzten Jahren in dieser Messsaison nicht erreicht wurde. Durch die Anpassung an die tiefen Werte der Vergangenheit kann die Kondensationsanlage um bis zu 4 % verbessert werden (Ist = 9 %) und somit die 13 % Grenze erreichen.

6.2. Wärmetauscher

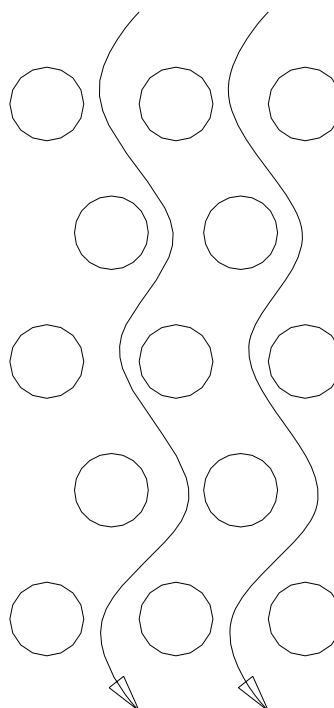
Im Moment ist der Wärmetauscher einfach aufgebaut. Die einzelnen Rohre des Tauschers sind untereinander und damit ist die Herstellung kostengünstig. Durch diese Anordnung ist auch der Reinigungseffekt im Kondensationsbereich ausgezeichnet, weil alle Tropfen jeweils das nächste Rohr benetzen.

Durch diese Anordnung ist die Luftführung mit einem niedrigen Luftwiderstand behaftet, andererseits ist die Umströmung der einzelnen Rohre nicht optimal. Durch eine wechselseitige Anordnung der Rohre (nur jedes zweite Rohr ist in der gleichen Falllinie) wird eine schlangenförmige Durchströmung des Tauschers angestrebt und der Wirkungsgrad wird verbessert (Annahme bis zu 3 %).

Bestehende Rohrführung



Versetzte Rohrführung im Tauscher



Wichtig ist bei einer solchen Umkonstruktion des Tauschers, eine weiterhin perfekte Reinigungssituation, wie die Anlage heute schon besitzt.

7. Sparpotentiale

Welche Sparpotentiale für diese Anlage können nach dieser sehr erfolgreichen Saison ausgewiesen werden:

7.1. Nachträglicher Einbau der Kondensation

Auch wenn ein nachträglicher Einbau ohne Störungen, ohne Lieferschwierigkeiten und ohne nachträgliche Umbauten (Luftführung) über die Bühne gehen sollte, ist für jedem Fachmann ersichtlich, dass ein nachträglicher Einbau nur mit erhöhten Kosten durchzuführen ist (Beispiel Steuerung, Rauchrohre, Planung, etc.). Hier die geschätzten Kenndaten für einen parallelen Einbau (mit dem Kessel):

■ Investition (gerundet)	120'000.- Fr.
■ Absch. + Verzinsungen	8'900.- Fr.
■ Unterhaltskosten + Reinigung	1'200.- Fr.
■ Energiebedarf	200.- Fr.
■ Energieeinsparung	10'000.- Fr.
■ Jahreskosten	300.- Fr.

7.2. Kompaktanlage

Durch einen modularen Aufbau einer Kondensationsanlage kann nicht nur die Montage und die Einbringung erleichtert werden. Dadurch werden die Herstellungskosten reduziert und die Wirtschaftlichkeit verbessert. An dieser Stelle möchten wir von einer Kompakt-Kondensation sprechen (KK) welche gemäss einer ersten Schätzung (Hr. Koller + Hr. Bertozzi) mit Gesamtkosten von 70 - 90'000.- Fr. realisiert werden könnte. Die wirtschaftlichen Kenndaten lauten dann:

■ Investition (gerundet)	80'000.- Fr.
■ Absch. + Verzinsungen	5'950.- Fr.
■ Unterhaltskosten + Reinigung	1'200.- Fr.
■ Energiebedarf	200.- Fr.
■ Energieeinsparung	10'000.- Fr.
■ Jahresgewinn	2'650.- Fr.

7.3. pH-Messeinrichtung

Der Wasserhaushalt in der Anlage ist abhängig von der Betriebsweise. Im Normalbetrieb besteht grundsätzlich kein Frisch-Wasserbedarf sondern es kann immer ein Kondensatüberschuss festgestellt werden. Das Schlammwasser im Absetzbecken der Kondensationsanlage wird über die Prozesswasserpumpe abgezogen. Abhängig vom pH-Wert des Wasserüberlaufes wird dem Zulauf des Sedimentsbehälters Natronlauge beigegeben (Neutralisation).

Beim Betrieb von 2 Anlagen im Ausland wurden leider mehrheitlich sehr trockene Schnitzel eingesetzt. Dadurch entstanden grosse Schäden an der Kondensationsanlage (Übersäuerung des Auffang-Beckens). Aus diesem Grunde wurde eine pH-Messeinrichtung eingebaut.

Lösungsansatz (zur Veränderung)

- Nur feuchte, grüne Schnitzel einsetzen (angesprochen sind die Förster bzw. Schnitzellieferant)
- Wasserzähler beim Frischwasseranschluss der Kondensation einbauen
- Kontrolle des Wasserverbrauches pro Woche / Grenzwert festlegen

Einsparungen

- Messstation (inkl. Einbau und el. Verdrahtung) ca. 4'000.- Fr.

Vorschlag

- Kein Einbau der pH-Messeinrichtung

7.4. Neutralisation

Analog pH-Messeinrichtung gelten die gleichen Randbedingungen, welche zum Einbau einer Neutralisationsanlage führten (Vermeidung von grossen Schäden, Übersäuerung des Auffang-Beckens). Also wird auch diese Investition „hinterfragt“.

Lösungsansatz (zur Veränderung)

- Nur feuchte, grüne Schnitzel einsetzen (angesprochen sind die Förster bzw. Schnitzellieferant)
- Beim Einsatz von rel. trockenen Schnitzel kann im Auffangbecken die wässrige Lösung mit Lackmuspapier analysiert werden. Dieser einfache Säure-Base-Indikator ergibt in einem grossen Messbereich die notwendigen Resultate (pH-Wert 4,5 = Rot bis zu pH-Wert 8,3 = Blau)
- Wasserzähler beim Frischwasseranschluss der Kondensation einbauen und Kontrolle des Wasserverbrauches pro Woche / Grenzwert festlegen

Einsparungen

- Anlage und Verbindung zur Messstation (inkl. Einbau und el. Verdrahtung) ca. 6'000.- Fr.
- Betriebskosten im Jahr (Chemie) ca. 250.- Fr./Jahr

Vorschlag

- Kein Einbau der Neutralisation

8. Weiteres Vorgehen

Im Moment wird für die nächste Heizperiode noch ein Bereich bearbeitet:

Ergänzung der Software beim Kessel: Der Kessel aus dem Jahre 1998 und die ergänzte Software aus dem Jahre 2000 könnten noch mit einer neuen Software in diesem Herbst 2003 ergänzt werden. Die Verhandlungen mit der Bauherrschaft sind im Gange.

9. Kontaktadressen

Wärmeverbund Schwanden:

WVS
Hr. Baumgartner
Im Buchen 4
CH-8762 Schwanden
E-Mail : bhh@nok.ch

Kessel und Steuerung:

Müller AG
Hr. David Köchli
Bechburgerstr. 21
CH-4710 Balsthal
E-Mail : info@mueller-holzfeuerungen.ch

Wärmeverteilung und Hydraulik:

T. Müller
Haustechnikplanung
Triststrasse 8
CH-7007 Chur
E-Mail : torsten.m@bluewin.ch

Planung und Auswertungen:

L. Bertozzi
Energie- und Betriebsplanung
Triststrasse 8
CH-7007 Chur
E-Mail : bertozzi@raytec.com