



Architects Engineers Consultants

Handbuch, 06. August 2002

Handbuch für Heizwerksbetreiber

**Leitfaden zur nachhaltigen Verhütung von rauchgasseitiger
Wärmetauscherkorrosion**

Projektleiter

Ing. Werner Hofbauer

Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
Sektion VI – Technologie



020806_HANDBUCH - STAND 06.08.2002_FÄRBIG.DOC Seite 2

Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
Sektion VI – Technologie
Landstraßer Hauptstraße 55-57
1030 WIEN



Auftragnehmer

KWI Planungs- und Beratungs-
gesellschaft mbH & Co KG
LG als HG St. Pölten, FN 137805f

Fuhrmannsgasse 3-7 A-3100 St.Pölten
T+43 2742-350 F 350 66 kwibox@kwi.at

Burggasse 116 A-1070 Wien
T+43 1 52520 F 52520 266 kwiwien@kwi.at



Architects Engineers Consultants

Projektteam

Ing. Werner Hofbauer
DI Norbert Peherstorfer

In Zusammenarbeit mit

nahwaerme.at
Energiecontracting GmbH&CoKG
Herrgottwiesgasse 188
8055 Graz
T+43 316 244 259





020806_HANDBUCH - STAND 06.08.2002_FÄRBIG.DOC Seite 3

Impressum

KWI Planungs- und Beratungsgesellschaft mbH & CoKG -
Rauchgasseitige Wärmetauscherkorrosion bei Biomassekessel
St. Pölten; Juli 2002

Medieninhaber (Verleger):
KWI Planungs- und Beratungs-
gesellschaft mbH & Co KG
Fuhrmannsgasse 3-7 A-3100 St.Pölten
T+43 2742-350 F 350 66 kwibox@kwi.at
Burggasse 116 A-1070 Wien
T+43 1 52520 F 52520 266 kwiwien@kwi.at

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
Abteilung VI/1
Landstraßer Hauptstraße 55-57
1031 Wien
T+43 1 71 100 - 0 F 714 35 82

Auftraggeber:
Studie der KWI Planungs- und Beratungsgesellschaft mbH & CoKG im Auftrag für das
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit Sektion VI – Technologie.

Der Nachdruck und die Übersetzung, auch auszugsweise, sind nur mit Quellenangaben erlaubt und
bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung der Autoren.

Erhältlich unter <http://www.kwi.at>, <http://www.bmwa.gv.at>



Inhaltsverzeichnis

1	Handbuch für Heizwerkbetreiber.....	6
1.1	Sensibilisierung für Korrosionsprobleme in Heizungsanlagen.....	6
1.2	Überblick	6
2	Rauchgasseitige Korrosion	7
2.1	Aktueller Wissensstand	7
2.2	Kausalitätskette.....	9
2.3	Weitere Einflussparameter.....	10
3	Weitere Korrosionsursachen: Wasserseitige Korrosion	11
3.1	Wasserseitige Materialangriffe	11
3.1.1	Ursachen für Sauerstoffeintrag.....	12
3.1.2	Schutzmaßnahmen	12
3.2	Bio-Korrosion	14
3.3	Weitere wasserseitige Korrosionsursachen.....	14
3.3.1	Steinbildung.....	15
3.3.2	Schlammablagerungen	15
3.3.3	Mindestdurchströmung	15
3.3.4	Fertigungsfehler	16
3.4	Regelmäßige Kontrolle	16
4	Maßnahmenkatalog zur Vermeidung von rauchgasseitiger Wärmetauscherkorrosion (Schutzmaßnahmen)	17
4.1	Risikoparameter rauchgasseitige Wärmetauscherkorrosion	17
4.2	Optische Kontrolle	17
4.3	Erforderliche Mindesttemperatur für den Kesselrücklauf.....	18
4.4	Anlagentechnische Maßnahmen	19
4.4.1	Neuanlagen	19
4.4.2	Altanlagen	22
4.5	Sanierungskosten	25
4.5.1	Sanierungskosten Mehrkesselanlage	25
4.5.2	Sanierungskosten Einkesselanlage.....	25
4.5.3	Kostenbeispiele von Anlagensanierungen.....	26
5	Literaturverzeichnis	27



020806_HANDBUCH - STAND 06.08.2002_FÄRBIG.DOC Seite 5

6	Anhang.....	28
6.1	Typische Korrosionserscheinungen an Wärmetauschern	28
6.2	Anlagenschemen	29



1 Handbuch für Heizwerksbetreiber

Leitfaden zur nachhaltigen Verhütung von rauchgasseitiger Wärmetauscherkorrosion

1.1 Sensibilisierung für Korrosionsprobleme in Heizungsanlagen

Dieses Handbuch soll Betreiber von Biomasseheizwerken eine Hilfestellung geben um nachhaltig rauchgasseitige Wärmetauscherkorrosion zu vermeiden. Es stellt keine wissenschaftliche Forschungsstudie dar, Ziel ist vielmehr aus den Erfahrungen der österreichischen Heizwerke und internationalen Erfahrungen eine praxisorientierte Hilfestellung zur sicheren Vermeidung von rauchgasseitiger Wärmetauscherkorrosion zu geben.

Der Heizwerksbetreiber soll mit diesem Handbuch in der Lage sein, Korrosionsvorgänge in der Heizanlage durch einfache visuelle Untersuchungen zu erkennen und die Risikoparameter für die Heizanlage zu beurteilen.

In weiterer Folge soll dem Betreiber ein Überblick über Sanierungsmaßnahmen im Schadensfall und Präventivmaßnahmen zur Verhütung von Schäden gegeben werden.

1.2 Überblick

In den letzten Jahren kam es bei Biomasse Fernwärmeanlagen von über 500 kW thermischer Leistung verstärkt zu Betriebsproblemen und Ausfällen aufgrund von Korrosionen im Biomassekessel, speziell auf der Rauchgasseite im Wärmetauscher. Aufgrund einer Erhebung des Anlagenzustandes österreichischer Heizwerke wurde festgestellt, dass knapp 20% der erhobenen 290 Biomassekessel bereits von Wärmetauscherschäden betroffen sind. Bei weit mehr Anlagen, ca. 37% wurden regelmäßig oder zumindest fallweise Korrosionserscheinungen (rote Rauchrohre) beobachtet, die auf ablaufende Korrosionsvorgänge im Wärmetauscher schließen lassen.

Es ist somit dringender Handlungsbedarf geboten die österreichischen Heizwerksbetreiber für dieses Problem zu sensibilisieren und Gegenmaßnahmen zur Problementschärfung einzuleiten.

Kurz zusammengefasst, besteht die Problematik der rauchgasseitigen Wärmetauscherkorrosion darin, dass es bei einer zu tiefen wasserseitigen Rücklauftemperatur, bei entsprechend ungünstigen Brennstoffparametern (hoher Brennstoffwassergehalt, etc.) und niedrigen Restsauerstoffwerten zu Korrosionsabläufen im Wärmetauscher kommt.



Werden diese Umstände nicht rechtzeitig erkannt und gestoppt, kommt es zu einer Zerstörung des Wärmetauschers in kürzester Zeit (im schlechtesten Fall 2-4 Jahre) und zum Ausfall der Anlage. Bei fehlender Ausfallreserve kann in weiterer Folge die Wärmeversorgung der Abnehmer nicht sichergestellt werden. Langfristig führen ständige Reparaturen zu hohen finanziellen Belastungen, die für viele Betreiber bedrohliche wirtschaftliche Ausmaße annehmen können.

Schadensbild

Durch die aggressiven Verbindungen im Rauchgas kommt es zu Korrosionsvorgängen und in der Folge zu einem Abtrag des Rohrwandmaterials. Die Abtragsraten können bis zu 1mm/Jahr betragen. Durch den kontinuierlichen Abtrag von Rohrwandmaterial kommt es schließlich zu lokalen Undichtheiten einzelner Rauchrohre. Die weitere Funktion des Wärmetauschers kann zumindest vorübergehend durch das Verschließen der undichten Rauchrohre aufrechterhalten werden. Neben dem Verlust von Wärmetauscherfläche muß die Anlage für diese Sanierungsmaßnahmen für einige Stunden bis Tage (Abkühlen des Schamotts) stillgelegt werden. Erfolgen nicht Sofortmaßnahmen zum Schutz des Wärmetauschers ist ein Totalschaden nicht mehr aufzuhalten.

Der Materialabtrag in den Rauchrohren tritt meist flächig auf und kann sowohl am Rauchgaseintritt als auch in einem der nachfolgenden Rauchrohrzüge auftreten. Im Regelfall sind die Korrosionsvorgänge durch leicht feststellbare rote Rauchrohrwandungen erkennbar.

Typische Schadensbilder an Wärmetauschern siehe Anhang

2 Rauchgasseitige Korrosion

2.1 Aktueller Wissensstand

Die Wärmetauscherkorrosion ist, naturbelassene Brennstoffe vorausgesetzt, in erster Linie vom Wassergehalt¹ des Brennstoffes und den Rücklauftemperaturen in der Kesselanlage abhängig.

Der Wassergehalt wird in diesem Handbuch folgendermaßen definiert:

$$^1 \text{ Wassergehalt } w = \frac{\text{Masse Wasser}}{\text{Masse Wasser} + \text{Masse Holz (TS)}} \cdot 100 \text{ [Gew\%d.FS]}$$

TS....Trockensubstanz

FS....Festsbstanz



Das Phänomen der Wärmetauscherkorrosion tritt verstärkt seit Beginn der 90er Jahre auf. Gleichzeitig ist diese Periode durch massive Weiterentwicklungen im Bereich der Feuerungstechnik gekennzeichnet; Brennstoffe mit immer höheren Wassergehalten konnten bei immer tieferen Restsauerstoffgehalten verbrannt werden.

Einerseits bedingen nasse Brennstoffe tiefe Restsauerstoffwerte (ausreichende Feuerraumtemperatur), andererseits steigt mit tiefen Restsauerstoffwerten auch der Feuerungswirkungsgrad. Als „Nebenwirkung“ ergaben sich aus diesen Verbesserungen jedoch massive Probleme mit der Wärmetauscherkorrosion, deren Hintergründe erst im Zuge der Untersuchungen für dieses Handbuch geklärt werden konnten.

Das Wasser aus dem Brennstoff bildet im Rauchgas bereits im dampfförmigen Zustand mit den Mineralien der Flugasche (Natrium, Magnesium, Kalium, ...) aggressive, chemische Verbindungen, die den Stahl des Wärmetauschers angreifen.

Chlorbestandteile im Brennstoff bzw. im Rauchgas verstärken die Bildung von aggressiven Verbindungen und somit die Materialzerstörung. Genaue Kenntnisse und fundierte wissenschaftliche (publizierte) Untersuchungen über die komplexen chemischen Reaktionen die im Wärmetauscher ablaufen gibt es derzeit noch nicht.

Im Zuge von empirischen Anlagenversuchen wurden folgende Zusammenhänge festgestellt:

- Die Bindungsfähigkeit zwischen dem Wasserdampf und den Mineralien (bzw. den Mineralsalzen) im Rauchgas sinkt mit steigender Temperatur, d.h. es entstehen über einem bestimmten Temperaturniveau keine oder nur wenige aggressive Verbindungen.
- Dieses Temperaturniveau, bei der keine oder nur wenige aggressive Verbindungen aufgebaut werden, liegt umso höher, je
 - höher der Wassergehalt des Brennstoffes ist
 - mehr Chlor- und Schwefelanteile (z.B. Salz, Kunststoffe, ..) im Brennstoff enthalten sind
 - niedriger der Restsauerstoff im Rauchgas liegt (d. h. je höher der Wasserdampfpartialdruck bzw. die relative Feuchte im Rauchgas ist)

Wesentlich ist, dass das Wasser nicht in flüssigem Zustand vorliegen muss (Kondensation), sondern schon als Wasserdampf die aggressiven Verbindungen eingeht.



2.2 Kausalitätskette

Weil der Wärmeübergang zwischen Heizungswasser und Rohrwand wesentlich (um etwa eine Zehnerpotenz) besser ist als zwischen dem Rauchgas und der Rohrwand, weil die Rauchrohrwände vergleichsweise dünn sind verglichen mit dem lichten Rauchgasquerschnitt und darüber hinaus aus einem gut wärmeleitenden Material (Stahl) bestehen, ist die Oberflächentemperatur der Rauchrohre auf der Gasseite immer nahe an der Heizungswassertemperatur an der jeweiligen Stelle im Wärmetauscher.

Rauchgase sind aus thermodynamischer Sicht Gasgemische, die im wesentlichen aus den Verbrennungsprodukten (CO_2 , H_2O , eventuell SO_2), dem nicht zur Oxidation benötigten Restsauerstoff, dem Verbrennungsluftstickstoff und dem Brennstoffwasser im dampfförmigen Zustand bestehen. Darüber hinaus sind, je nach Brennstoff, verschiedenste Spurengase, Aerosole und Stäube vorhanden.

Der beobachtbare Gesamtdruck des Gasgemisches besteht aus den Partialdrücken der gasförmigen Bestandteile, die wiederum zu den Volumsanteilen proportional sind.

Da Wasserdampf vor allem bei der Verwendung stark wasserhaltiger Brennstoffen einen nicht unwesentlichen Teil des Gesamtvolumens einnimmt, ist auch der Wasserdampfpartialdruck relativ hoch. Wird nun das Rauchgas abgekühlt und dabei der Wasserdampf so weit erhitzt, dass der Dampf gesättigt ist (Taupunkttemperatur, abhängig vom Partialdruck), beginnt das im Rauchgas befindliche Wasser bei weiterer Abkühlung zu kondensieren.

Damit sind alle Voraussetzungen für elektrochemische (nasse) Korrosion vorhanden, wobei Spuren von Schwefel und Chlor die chemische Wirkung wesentlich beeinflussen.

Achtung: Korrosion tritt nicht erst bei Kondensation auf, das im Rauchgas enthaltene Wasser geht schon im dampfförmigen Zustand korrosive Verbindungen ein!

In den letzten Jahren konnten folgende Trends beobachtet werden:

- Verbesserungen in der Verbrennungsregelung ermöglichen die Verbrennung immer wasserhaltigerer Brennstoffe → Wasserdampf-Volumenanteil steigt → Wasserdampf-Partialdruck steigt → Wasserdampf-Taupunkt steigt
- Die Maßnahmen zur Verbesserung des Kesselwirkungsgrades sehen vor allem eine Verringerung des Luftüberschusses vor, um den Abgasverlust zu vermindern → Restsauerstoff- und Stickstoffgehalt sinkt → Wasserdampf-Volumenanteil steigt → Wasserdampf-Partialdruck steigt → Wasserdampf-Taupunkt steigt und das Rauchgas ist aggressiver da weniger verdünnt!
- Zur Verbesserung der Netz-Nutzungsgrade und um die Brennstoffenergie besser ausnutzen zu können, wurde eine Reduktion der Netz-Rücklauftemperaturen angestrebt → Sicherheitsabstand der minimalen Rauchrohrtemperatur zur Taupunkttemperatur sinkt.



Alle diese Maßnahmen erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Betriebszuständen, bei denen Wasserdampf (oder andere korrosive Bestandteile) aus dem Rauchgas auskondensieren und somit zu einem erhöhten Risiko rauchgasseitiger Wärmetauscherkorrosion führen.

2.3 Weitere Einflussparameter

Druckluftabreinigungssystem

Die Abreinigung bläst alte Flugascheschichten von der Rohrwandung weg und ermöglicht dadurch den Nachschub von frischen, reaktiven Ascheteilchen. Zusätzlich führt die Einblasung von Luft zu einer punktuellen Abkühlung. Über Auswirkung und Ausmaß dieses Einblasvorganges liegen derzeit noch keine Langzeiterfahrungen vor. Im Zuge der Anlagenerhebungen wurde eine negative Auswirkung auf die Korrosionsgeschwindigkeit bei bereits ablaufenden Korrosionsvorgängen beobachtet. Inwieweit und ob Druckluftabreinigungen selbst Ursache für Korrosionen sind, kann noch nicht beurteilt werden. Hier werden weitere Langzeit-Beobachtungen von nicht geschädigten Anlagen Aufschluss geben.

Eine Druckluftabreinigung erschwert weiters die Diagnose der Korrosionsvorgänge (Abtransport der roten Beläge durch den Einblasvorgang).

Reinigungsintervalle der Rauchrohre:

Hinsichtlich Reinigung der Rauchrohre sind stehende Wärmetauscher von Vorteil, da auf automatische Abreinigungssysteme verzichtet werden kann bzw. technisch einfachere Systeme angewandt werden können. Hinsichtlich der Reinigungsintensität (stehender oder liegender Wärmetauscher) ist ein Kompromiss zwischen bestmöglichem Wärmeübergang (metallische Wärmetauscheroberfläche) und optimalen Korrosionsschutz (reaktionsstabile Ablagerungen an den Rauchrohrwandungen) zu finden. Die an den Heizflächen anhaftenden Ablagerungen behindern den Wärmeübergang und müssen daher von Zeit zu Zeit entfernt werden. Andererseits schützen diese Schichten den Rohrwerkstoff vor Einflüssen aus dem Gasraum. Ständige Entfernung dieser Schichten bis auf das blanke Metall würde daher zu vorzeitiger Materialschwächung führen. [1]

Ein Einfluss des Reinigungsintervalls mit herkömmlichen Reinigungsmethoden auf die Korrosionsvorgänge (z.B. Reinigung alle 2 oder 4 Wochen) konnte bisher nicht festgestellt werden.

Brennstofflogistik

Die von Förderungsstellen geforderten Konzepte der „just-in-time“-Lieferung ohne Lagerhalle verschärfen die Korrosionsproblematik. Im Winter ist oft nur Brennstoff mit einem Wassergehalt >65% erhältlich, die Korrosionsproblematik wird wesentlich verschärft.

Brennstoffeinsatz

Für den Zusammenhang zwischen Brennstoff Rinde und dem Auftreten von Korrosionsproblemen im Wärmetauscher ist mit großer Wahrscheinlichkeit der hohe Wassergehalt der zum Einsatz kommenden



Rinde verantwortlich. Der Einsatz von nicht zwischengelagerter, erntefrischer Rinde erhöht das Korrosionsrisiko dramatisch, nur wenigen Betreibern ist das hohe Sollniveau für den Kesselrücklauf von 85°C bei Einsatz erntefrischer Rinde bekannt. Vorsicht ist vor allem im Spätwinter und Frühjahr geboten, da die eingelagerten, trockenen Lagerbestände meist aufgebraucht sind und auch aufgrund der geringeren Leistungsanforderung oft feuchterer Brennstoff eingesetzt wird. Zusätzlich können Spuren von Chloriden (z.B. von Streusalz) die notwendigen Mindestrücklauftemperaturen erhöhen.

Die Schadensfälle bei hackgutbetriebenen Anlagen zeigen aber auch, dass nicht nur bei Einsatz von erntefrischer Rinde sondern auch bei Einsatz von nassem Hackgut die Gefahr von Korrosionsschäden besteht.

3 Weitere Korrosionsursachen: Wasserseitige Korrosion

Wasserseitige Korrosionen und Steinbildung sind bereits sehr gut erforscht und es gibt zahlreiche Möglichkeiten und Strategien diesbezügliche Schäden an Heizungsanlagen zu vermeiden.

An dieser Stelle sei vor allem auf folgende Regelwerke hingewiesen:

- Ö-Norm H 5195-1 „Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung in geschlossenen Warmwasserheizungsanlagen mit Betriebstemperaturen bis 100°C“, Ausgabe 01.06.2001 [3]
- AGFW-Regelwerk (Arbeitsgemeinschaft Fernwärme), Arbeitsblätter FW510 und FW511 [4] verwiesen.

Weiters wurden Informationen aus dem Handbuch „Korrosion in der Heizungs- und Klimatechnik“, C.-L. Kruse, Krammer Verlag Düsseldorf, 1991 [5] und aus Unterlagen von Systemlieferanten entnommen.

Das gegenständliche Kapitel soll einen Überblick über Möglichkeiten der Wasserbehandlung und Konsequenzen des Nichthandelns darstellen. Es besteht keine Gewähr auf wissenschaftliche oder planerische Vollständigkeit.

3.1 Wasserseitige Materialangriffe

Wasserseitige Korrosionen in Wärmtauschern sind meist auf chemische Reaktionen zwischen Sauerstoff und unlegierten Eisenwerkstoffen (Stahl, Gusseisen) zurückzuführen. Als Schadensbild können großflächige Abtragungen und Lochfraßschäden auftreten. Die Korrosionsvorgänge werden durch zu niedrige pH-Werte und steigender elektrischer Leitfähigkeit verstärkt.



Die im Zuge der Sauerstoffkorrosion anfallenden Korrosionsprodukte bereiten durch ihre Ablagerung als Schlamm zusätzliche Probleme. So können z.B. Schäden an Wärmezähleinrichtungen, Umwälzpumpen, Wärmetauscher und ähnlichen Einrichtungen entstehen.

Eine Gefahr stellen ebenso unsachgemäße Füll- und Entleervorgänge während der Montage dar. An Stellen mit Dreiphasengrenze (Luft/Wasser/Stahl), die nach einer Anlagenspülung mit einer unvollständigen Entleerung entstehen, können bereits vor Inbetriebnahme der Heizungsanlage Korrosionsvorgänge in Gang gesetzt werden.

Derartige Korrosionsherde können auch durch geringe Sauerstoffkonzentrationen, die an blanken Stahlflächen keine nennenswerte Korrosion hervorrufen, aktiv gehalten werden.

3.1.1 Ursachen für Sauerstoffeintrag

Der Sauerstoffeintrag in das Heizungssystem kann durch folgende Vorgänge bzw. Systemeigenschaften erfolgen:

Erstbefüllung mit Heizungswasser

Nachbefüllung mit Heizungswasser bei Undichtheiten

Nachbefüllung mit Heizungswasser bei Netzerweiterungen und Wärmetauscherspülungen

Unterdruck im Heizungssystem (v.a. an Anlagenhochpunkten)

Offene Ausdehnungsgefäße

Einsatz von armierten Gummischläuchen (sog. Panzerschläuchen, sauerstoffdurchlässig)

Sauerstoffdiffusion an Dicht- und Verbindungsstellen

Einsatz von sauerstoffdurchlässigen Kunststoffrohren

3.1.2 Schutzmaßnahmen

Es gibt eine Reihe von Schutzmaßnahmen mit denen wasserseitigen Betriebsproblemen vorgebeugt werden kann:

Konstruktive Maßnahmen

Richtige Auslegung des Expansionsgefäßes, regelmäßige Kontrolle des Gaspolsters (Vordruck) geschlossener Membrangefäße

Konsequentes Ab- bzw. Nachdichten von Leckstellen

Einsatz von sauerstoffdichten Kunststoffrohren

Einsatz von Edelstahl-Wellrohrschläuchen anstelle von Panzerschläuchen und Gummi-Kompensatoren

Verzicht auf offene Ausdehnungsanlagen



Einsatz von stickstoffgefüllten Membranausdehnungsgefäßen

Spülen von Anlagenkomponenten erst unmittelbar vor der Inbetriebnahme um die Ausbildung von Korrosionselementen an nicht entleerbaren Stellen zu unterbinden.

Entschlammung mittels Teilstromfiltration um Schlammablagerungen (Nährboden für Korrosionselemente) und die Anzahl von Kesselentschlammungen (Nachspeisen von Frischwasser) möglichst gering zu halten

Chemische Maßnahmen

Wasserbehandlung durch Sauerstoffbindemittel:

Durch chemische Zusätze wird der im Wasser vorhandene Sauerstoff „gebunden“ bzw. in ungefährliche Verbindungen umgewandelt. Das früher übliche Bindemittel Hydrazin ist wegen seiner Gesundheitsgefährdung nicht mehr verbreitet. Als häufigste Bindemittel werden heute folgende Stoffe eingesetzt:

Natriumsulfit:

Natriumsulfit reagiert mit Sauerstoff zu Natriumsulfat. Vorsicht ist bei Mischinstallationen mit Kupfer geboten, da in Anwesenheit von Natriumsulfit unter bestimmten Umständen Sulfid entstehen kann, das die Kupferkorrosion beschleunigt (z.B. Zersetzen von Kupfer-Tauchhülsen und Kontakten von Flügelradzählern).

Weiters kann das Reaktionsprodukt Sulfat das Wachstum von sulfatreduzierenden Bakterien beschleunigen.

Die Dosierung mit Natriumsulfit führt zur Erhöhung des Salzgehaltes und somit zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit (Erhöhung des Korrosionspotentials), eine entsprechend sparsame Dosierung wird daher empfohlen.

Bei ständigem Dosierungsbedarf sollten daher vor allem die Ursachen des Sauerstoffzutrittes behoben werden.

Polyamine:

Polyamine (Markname „Kebomin“) werden zur Reinigung von metallischen Oberflächen, Restsauerstoffbindung, Kohlendioxidbindung und Oberflächenbefilmung von Heißwasser- und Fernwärmanlagen verwendet.

Polyamine führen zu keiner Erhöhung des Salzgehaltes und fördern den Aufbau von Magnetitschutzschichten.

Korrosionsprodukte werden durch die dispergierende Wirkung in Schwebelösung gehalten und können in der Folge von einer Teilstromfiltration aus dem System entfernt werden.



Wasserbehandlung durch Inhibitoren:

Inhibitoren im Heizungswasser sollten die Metalle durch eine Deckschicht vor Korrosion schützen und werden v.a. bei Kleinanlagen eingesetzt, weiters sind sie in den handelsüblichen Frostschutzmitteln enthalten.

Die beste Wirksamkeit entfalten Inhibitoren bei blanken Metallflächen. Probleme können in Bereichen entstehen an denen konstruktionsbedingt der Zutritt der Inhibitoren erschwert wird (zerklüftete Schweißnähte, unter Schlammablagerungen u.ä.), an diesen Stellen kann es zu stark ausgeprägter, örtlicher Korrosion (Lochfraß) kommen.

Wasserbehandlung durch Vollentsalzung:

Die Vollentsalzung wird aus Kostengründen bei Nahwärmenetzen nur selten angewendet, sie wird meist im Bereich der Dampfkesseltechnologie eingesetzt. Entsalztes Wasser mindert den Chemikalienverbrauch, das Heizungswasser wird lediglich z.B. mittels Natronlauge auf einem pH-Wert von ca. 9-10 gehalten. Es ist jedoch auf eine exakte Einhaltung von Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt (Vorgaben siehe Literaturverweise) zu achten.

3.2 Bio-Korrosion

In einem dänischen Fernwärmewerk wurde eine Korrosionsart entdeckt, die keinen chemischen Vorgängen zuordenbar war. Trotz bester Wasserqualität gemäß den einschlägigen Empfehlungen für Heizungswasser sind in einem Wärmetauscher für eine Spitzenlastanlage binnen weniger Jahre Lochfraßschäden aufgetreten.

Es wird vermutet, dass sulfatreduzierende Bakterien für diese Korrosionsvorgänge verantwortlich sind. Weiters wird angenommen, dass längere Perioden mit geringen Temperaturen und Durchflüssen (wie sie bei Spitzenlastanlagen oft vorkommen) das Bakterienwachstum begünstigen.

Derzeit laufen gerade Versuche mit welchen Maßnahmen (Reinigung, Inhibitoren, hydraulische Maßnahmen, Biozide, ...) die Biokorrosion vermindert bzw. vermieden werden kann. [Quelle: Euroheat&Power – Fernwärme International 12/2000 [6]

Bis zu weiteren Erkenntnissen in diesem Bereich ist die Zudosierung von Bioziden zum Heizungswasser zu empfehlen, vor allem dann, wenn der Geruch des Heizungswassers als „nicht neutral“ bezeichnet werden muss.

3.3 Weitere wasserseitige Korrosionsursachen

In diesem Kapitel werden Schadensursachen beschrieben, die auf der Rauchgasseite sichtbar bzw. wirksam werden, jedoch ihre Ursache auf der Wasserseite haben. Die Problemlösung muss daher auch auf der Wasserseite ansetzen.



3.3.1 Steinbildung

Im Wasser enthaltene Erdalkalien (Härte) fallen bei Erwärmung und entsprechendem chemischem Umfeld (Kohlendioxidgleichgewicht, etc.) als Kalkbeläge aus.

Diese Kalkbeläge verschlechtern den Wärmeübergang und somit die Kühlung der Wärmetauscherflächen. Die in der Folge auftretende örtliche Überhitzung kann zu Rissbildungen und zur Hochtemperatur-Chlorkorrosion führen. Weiters wird der Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung durch die Behinderung des Wärmeüberganges wesentlich verschlechtert.

Die Steinbildung kann durch Enthärtung des Heizungswassers und durch Beigabe von härtestabilisierenden Dosierstoffen (z.B. Phosphate) zuverlässig vermieden werden.

3.3.2 Schlammablagerungen

Schwebeteilchen von Korrosionsprodukten, Verschmutzungen der Bauphase und ausgefallter Resthärte lagern sich in strömungsberuhigten Zonen ab. In der Regel sind diese Zonen in den Wärmetauschern der Feuerungsanlagen zu finden.

Werden diese Schwebstoffe im Heizungssystem nicht entfernt, kann durch Belagsbildung eine Behinderung des Wärmeüberganges auftreten. Wie bei Kalkbelägen können Schadensbilder durch Überhitzung in Form von Rissbildungen oder Hochtemperatur-Chlorkorrosion beobachtet werden.

Die Vermeidung derartiger Schäden geschieht am wirkungsvollsten durch einen möglichst niedrigen Schwebstoffanteil im Heizungswasser. Dies kann durch primäre Maßnahmen (z.B. Kontrolle und Minimierung der Korrosionsvorgänge, Enthärten des Speisewassers) oder durch sekundäre Maßnahmen (z.B. Schwebstofffilter) erreicht werden.

3.3.3 Mindestdurchströmung

Eine Unterschreitung der Mindestdurchströmung des Wärmetauschers führt zu lokaler Überhitzung von unzureichend durch- bzw. umströmten Wärmetauscherbereichen.

Eine örtliche Überhitzung kann auf der Rauchgasseite Rissbildungen und auch flächigen Materialabtrag durch chemische Umwandlung der Eisenwerkstoffe hervorrufen (z.B. Hochtemperatur-Chlorkorrosion).

Die Möglichkeit eines wasserseitigen Materialabtrages, verursacht durch mangelhafte Kesseldurchströmung (z.B. Dampfblasenbildung mit entsprechenden Druckschlägen), wird derzeit in Fachkreisen ebenso diskutiert.



Die Empfehlungen der Kesselhersteller für den Mindestdurchfluss lauten derzeit auf ca. 30% des Nenndurchflusses, bezogen auf die Kessel-Nennleistung bei einer Spreizung zwischen Kesselvor- und -rücklauf von 15 K. (Beispiel: 1.000 kW Nennleistung: 57 m³/h Nenndurchfluss bei 15 K Spreizung, Mindestdurchfluss 17 m³/h).

Durch die teils unterschiedlichen Angaben der Kesselhersteller für die Mindestdurchströmung ist unbedingt auf die Angaben des jeweiligen Lieferanten Rücksicht zu nehmen!

Der derzeit vorherrschende „Modetrend“ der Minimierung des Pumpstromaufwandes im Heizhaus und der damit verbundenen Reduktion der kesselseitigen Durchflussmenge zieht die Gefahr einer Unterschreitung der geforderten Mindestdurchflussmenge nach sich. Bei aller Wichtigkeit einer ökonomischen Optimierung darf eine Zerstörung der Kesselanlagen nicht riskiert werden, Unterschreitungen der Mindestdurchflussmenge können binnen weniger Betriebsjahre und auch -monate zur Zerstörung des Wärmetauschers führen.

Bezüglich Kesseldurchströmung erweisen sich vor allem heizungstechnische Systeme mit hydraulischer Weiche oder Drucklosverteiler als vorteilhaft. Bei Systemen ohne Durchflusentkoppelung zwischen Netz- und Kesselkreis ist durch entsprechende Maßnahmen (Auslegung der Bypasspumpe, Messung der Durchflussmenge mit regelungstechnischem Eingriff durch Ventile etc.) eine Unterschreitung der geforderten Mindestdurchflussmenge zuverlässig zu verhindern und auch anhand von Trendanalysen zu kontrollieren.

3.3.4 Fertigungsfehler

z.B. unzureichend durchgeschweißte Übergänge zwischen Rauchrohr und Kesselböden mit Überhitzungen im Spaltbereich

3.4 Regelmäßige Kontrolle

Bei allen Arten der Wasserbehandlung sind die wichtigsten Wasserparameter regelmäßig zu kontrollieren, diesbezüglich siehe oben angeführte Literaturhinweise.

Als wesentlichste Parameter, die auch vom Betreuungspersonal des Heizwerkes gemessen werden können seien folgende Parameter angeführt:

- Konzentration des gewählten Dosiermittels
- pH-Wert
- Resthärte bzw. Phosphatgehalt (wegen Steinbildung)
- Elektrische Leitfähigkeit



Diese Parameter sind mit Hilfe einfacher Messgeräte festzustellen und stellen wesentliche Größen für die Korrosivität des Heizungswassers dar.

Eine zuverlässige Messung des Restsauerstoffgehaltes kann nur von einem Fachmann vor Ort mit der notwendigen technischen Ausrüstung (Wasserkühler, Messgerät, ...) durchgeführt werden. Es empfiehlt sich im Zuge der Anlagenerrichtung oder –sanierung die Schutzmaßnahmen in Zusammenarbeit mit Anlagenplanern und den einschlägigen Fachfirmen festzulegen, wobei die örtliche Wasserbeschaffenheit, die gewählten Werkstoffe und die Installationsbedingungen unbedingt Berücksichtigung finden sollten. Im Zuge des laufenden Anlagenbetriebes sollte das Kreislaufwasser in regelmäßigen Abständen einer umfangreichen Analyse durch ein anerkanntes Prüfinstitut unterzogen werden um Erfolg und weitere Strategie der Konditionierungsmaßnahmen ermitteln zu können.

4 Maßnahmenkatalog zur Vermeidung von rauchgasseitiger Wärmetauscherkorrosion (Schutzmaßnahmen)

4.1 Risikoparameter rauchgasseitige Wärmetauscherkorrosion

Als Vorspann für die weiteren Kapitel finden Sie unten angeführt die wesentlichen Risikoparameter für die rauchgasseitige Wärmetauscherkorrosion. Treten im alltäglichen Betrieb ein oder mehrere Faktoren der angeführten Parameter auf, sind besondere Schutzmaßnahmen und Kontrollmechanismen hinsichtlich rauchgasseitiger Korrosion zu treffen.

Risikoparameter:

1. Einsatz von nassen Brennstoffen mit einem Wassergehalt über 50%
2. Niedrige Kesselrücklauftemperaturen (<85°C)
3. Hoher Chloridgehalt des Brennstoffs (zB.: salzverunreinigter Brennstoff von Straßensalzung,)
4. Niedriger Restsauerstoffgehalt im Rauchgas (<4-5%)

4.2 Optische Kontrolle

Bei über 92% aller Anlagen mit Wärmetauscherschäden wurden zumindest zeitweise rote Rauchrohre festgestellt. Rote Rauchrohre weisen auf aktive Korrosionsvorgänge hin und sind ein leicht feststellbarer Hinweis für die prinzipielle Gefährdung der Wärmetauscheranlage.

Der Umkehrschluß gilt hier nicht; bei hellgrauer Färbung der Asche im Wärmetauscher kann nicht in jedem Falle davon ausgegangen werden, daß die Heizungsanlage frei von Korrosionsvorgängen ist!



Die Kontrolle kann im Zuge der Wärmetauscherreinigung erfolgen, insbesondere müssen auch die Rauchfangkehrer über die Gefahren und die Meldepflicht von roten Rauchrohren informiert werden.

Achtung!: Automatische Abreinigungssysteme (z.B. Abreinigung mit Druckluft) entfernen die typischen roten Wandfärbungen und erschweren somit eine eindeutige Diagnose, daher folgende

Empfehlung: zeitweises Stilllegen der automatischen Abreinigung mit händischer Reinigung nach 2-3 Wochen mit Kontrolle der Rauchrohr- und Flugaschefärbung.

4.3 Erforderliche Mindesttemperatur für den Kesselrücklauf

Beobachtete Korrosionen konnten nur durch Erhöhung des Temperaturniveaus im Kessel zum Stillstand gebracht werden, andere Maßnahmen mit vergleichbarer Erfolgsquote sind derzeit nicht bekannt. Aus den Erfahrungen schwedischer und österreichischer Anlagen können folgende Temperaturen als **Richtwerte** für den Kesselrücklauf angegeben werden.

Im Wärmetauscher sind folgende Mindesttemperaturen einzuhalten:

➤ Feuchte ¹ , naturbelassene Biomasse	4-5% Restsauerstoff	mindestens 85°C
➤ Feuchte ¹ , naturbelassene Biomasse	<4% Restsauerstoff	mindestens 90°C
➤ Trockene ² , naturbelassene Biomasse	4-5% Restsauerstoff	mindestens 70°C
➤ Trockene ² , naturbelassene Biomasse	<4% Restsauerstoff	mindestens 75°C

¹ Brennstoff feucht: >50% Wassergehalt

² Brennstoff trocken: <35% Wassergehalt

Zu beachten ist, dass in Österreich 3 - 4% Restsauerstoffgehalt im Rauchgas bereits als Stand der Technik bei Neuanlagen angesehen werden.

Chlor im Brennstoff (z.B. durch Straßensalz, Salzen der LKW-Ladeflächen, Kunststoffe,) kann die oben angeführten Mindesttemperaturen noch wesentlich erhöhen.

Trockene Brennstoffe müssen bei diesem Restsauerstoff mit Rauchgasrezirkulation betrieben werden um die maximale Feuerraumtemperatur in den zulässigen Grenzen zu halten.

Durch den Einsatz von trockenen Brennstoffen kann das erforderliche Mindest-Temperaturniveau im Wärmetauscher gemäß o.a. Vorgaben reduziert werden. Allerdings wird diese Maßnahme aus wirtschaftlichen Gründen ausscheiden, da mit einer wesentlichen Erhöhung der Brennstoffkosten zu rechnen ist.

Feuchte Biomasse (50% Rinde, 50% feuchtes Industriehackgut) kostet ab Kessel ca. € 13,44 pro MWh, trockene Biomasse (25% Waldhackgut, 75% trockenes Industriehackgut) kostet ab Kessel ca. € 21,08. Alle Angaben exkl. MwSt, für zentrale Biomasseheizwerke mit Lagerhalle.



4.4 Anlagentechnische Maßnahmen

Durch die Vielzahl an ausgeführten Hydraulikvarianten werden bei den Sanierungsvorschlägen für Altanlagen nur oftmals wiederkehrende Hydraulikvarianten berücksichtigt. Aufgenommen wurden insbesondere jene Verschaltungen, bei denen gehäuft Wärmetauscherschäden aufgetreten sind und eine erfolgreiche Sanierung gelungen ist.

Unter „Sanierung“ sind jene heizungs- und regelungstechnischen Maßnahmen zu verstehen, die ein Aufrechterhalten einer minimalen Kesselrücklauftemperatur - zu jeder Zeit und zu jedem Lastzustand – gewährleisten.

Zusätzlich ist zu beachten, dass für sämtliche Heizmittelströme in den Wärmetauscher die angeführten Mindesttemperaturen gelten. Es ist daher sicherzustellen, dass auch abgezwigte Teilströme, z.B. zur Brennstoffvorwärmung, nicht unter diesen Mindesttemperaturen in den Wärmetauscher eintreten.

4.4.1 Neuanlagen

4.4.1.1 Kesselanlagen ohne Spitzenlastkessel

Für die Errichtung von Neuanlagen bietet die Ö-Norm H 5142 „Haustechnische Anlage – Hydraulische Schaltungen für Heizungsanlagen“, 1. August 1990 [2] geeignete Konzepte mit hydraulischer Weiche (Entkoppler).

A) Mehrkesselanlage mit Hydraulischer Weiche

Schutzmaßnahmen Biomassekessel:

- Kessel – Mischventile zur Regelung der Mindest-Rücklauftemperatur
- Beobachtung der Rauchrohrwandungen (Rotfärbung = Korrosion)

Optimierungsmaßnahmen:

- Drehzahlregelung der Kesselpumpen, jedoch auf Mindestdurchfluss achten (Stromeinsparung, Entfall Regulierventil)

Hydraulikschema mit Detailinformation siehe Anhang Anlagenschema A1



B) Einkesselanlage, ohne hydraulische Weiche

Im Falle einer Einkesselanlage kann auch die Variante mit (drehzahl geregelter) Rücklaufanhebepumpe und 3-Wege-Ventil (Netz-Vorlaufregelung, Schutz Untertemperatur Kessel) ausgeführt werden.

Schutzmaßnahmen Biomassekessel:

- drehzahlregelbare Rücklaufanhebepumpe (Achtung auf Mindestdurchfluss)
- Netz-Mischventil muss bei Unterschreitung des min-RL oder min-VL für den Kessel schließen (d.h. Beimischst öffnet)
- Beobachtung der Rauchrohrwandungen (Rotfärbung = Korrosion)

Hydraulikschema mit Detailinformation siehe Anhang Anlagenschema A2

4.4.1.2 Einbindung Spitzenlastkessel (Öl, Gas)

Erfolgt die Spitzenlastabdeckung für ein Biomasseheizwerk mit einem Öl- oder Gaskessel bestehen folgende Anforderungen:

- automatische Zuschaltung nach Bedarf und gleichzeitigem Volllastbetrieb der Biomassekessel
- absoluter Vorrang in der Wärmeerzeugung für die Biomassekessel
- einfache Zu- und Wegschaltkriterien für die Spitzenlastanlage
- keine hydraulische und thermische Beeinflussung der Biomassekessel durch die Zuschaltung der Spitzenlastanlage
- automatisches Rückfahren der Spitzenlastanlage bei falsch eingestellten Zu- und Abschaltkriterien

Die in den unten beiliegenden Schemen angeführten Einbindevarianten sind heizungs- und regelungstechnisch sehr einfach und erfüllen die oben angeführten Anforderungen. Diese Schaltungsvariante wurde im Praxisbetrieb bereits bei Anlagen von 500 bis 5.000 kW erfolgreich getestet.

A) Mehrkesseleanlage, mit hydraulischer Weiche

Schutzmaßnahmen Biomassekessel:

- Kessel – Mischventile zur Regelung der Mindest – Rücklauftemperatur
- Beobachtung der Rauchrohrwandungen (Rotfärbung = Korrosion)



020806_HANDBUCH - STAND 06.08.2002_FÄRBIG.DOC Seite 21

Optimierungsmaßnahmen:

- Drehzahlregelung der Kesselpumpen, jedoch auf Mindestdurchfluss achten (Stromeinsparung, Entfall Regulierventil)

Betriebscharakteristik:

- Grundlastbetrieb Biomassekessel sichergestellt
- es wird nur tatsächlicher Bedarf nachgeheizt
- hydraulisch „gutartige“ Schaltung, einfache Regellogik
- Zeitglieder für Zu- und Wegschaltung notwendig, Ölkessel vor dem Anlaufen vorwärmen

Hydraulikschema mit Detailinformation siehe Anhang Anlagenschema A3

B) Einkesselanlage, ohne hydraulische Weiche

Schutzmaßnahmen Biomassekessel

- Drehzahlregelbare Rücklaufanhebepumpe (Achtung auf Mindestdurchfluss)
- Netz-Mischventil muss bei Unterschreitung des min-RL oder min-VL für den Kessel schließen
- (d.h. Beimischast öffnet)
- Beobachtung der Rauchrohrwandungen (Rotfärbung = Korrosion)

Betriebscharakteristik:

- Grundlastbetrieb Biomassekessel sichergestellt
- es wird nur tatsächlicher Bedarf nachgeheizt
- hydraulisch gutartige Schaltung, einfache Regellogik
- Zeitglieder für Zu- und Wegschaltung notwendig, Ölkessel vor dem Anlaufen anwärmen

Hydraulikschema mit Detailinformation siehe Anhang Anlagenschema A4

4.4.1.3 Bewertung der Schutzmaßnahmen für Neuanlagen

Nach den bisherigen Erhebungen wurden bei Neuinstallationen mit angeführten Schutzmaßnahmen und einer Kesseltemperatur von mindestens 85°C keine Korrosionsvorgänge beobachtet.



4.4.2 Altanlagen

Durch die Vielzahl an ausgeführten Hydraulikvarianten werden bei den Sanierungsvorschlägen für Altanlagen nur oftmals wiederkehrende Hydraulikvarianten berücksichtigt. Aufgenommen wurden insbesondere jene Verschaltungen, bei denen gehäuft Wärmetauscherschäden aufgetreten sind und eine erfolgreiche Sanierung gelungen ist.

Unter „Sanierung“ sind jene heizungs- und regelungstechnischen Maßnahmen zu verstehen, die ein Aufrechterhalten einer minimalen Kesseltemperatur - zu jeder Zeit und zu jedem Lastzustand – gewährleisten.

Zusätzlich ist zu beachten, dass für sämtliche Heizmittelströme in den Wärmetauscher die angeführten Mindesttemperaturen gelten. Es ist daher sicherzustellen, dass auch abgezielte Teilströme, z.B. zur Brennstoffvorwärmung, nicht unter diesen Mindesttemperaturen in den Wärmetauscher eintreten.

4.4.2.1 Sanierung Einkesselanlage

A) Einkesselanlage mit 3-Wege-Netzventil

Betriebscharakteristik (ohne Schutzmaßnahmen):

- bei Einbrüchen des Kessel-VL gleichzeitig Einbruch des Kessel-RL
- Netzspitzen werden auf die Kesselanlage übertragen

Schutzmaßnahmen Biomassekessel:

- Neuinvestition Aufrüstung Regelung, ev. drehzahlregelbare RL – Anhebepumpen
- Netz – Mischventil muss bei Unterschreitung des min-RL oder min-VL für den Kessel schließen (d.h. Beimischast öffnet)

Hinweis:

- Bei Inkrafttreten der Schutzfunktion für den Kessel ist mit Einbrüchen im Netz-Vorlauf zu rechnen.
- Einbindung Spitzenlastkessel siehe Neuinstallation

Hydraulikschema mit Detailinformation siehe Anhang Anlagenschema A5

B) Einkesselanlage mit 2-Wege-Netzventil

Betriebscharakteristik (ohne Schutzmaßnahmen):



020806_HANDBUCH - STAND 06.08.2002_FÄRBIG.DOC Seite 23

- bei Einbrüchen des Kessel-VL gleichzeitig Einbruch des Kessel-RL
- Netzspitzen werden auf die Kesselanlage übertragen

Schutzmaßnahmen Biomassekessel:

- Neuinvestition Aufrüstung Regelung, ev. Drehzahlregelbare RL-Anhebepumpen
- Durchgangsventil muss bei Unterschreitung des min-RL oder min-VL für den Kessel öffnen

Hinweis:

- Bei Inkrafttreten der Schutzfunktion für den Kessel ist mit Einbrüchen im Netz-Vorlauf zu rechnen.
- Einbindung Spitzenlastkessel siehe Neuinstallation

Hydraulikschema mit Detailinformation siehe Anhang Anlagenschema A6

4.4.2.2 Sanierung Mehrkesselanlage

In den 90er-Jahren wurden bei Mehrkesselanlagen häufig (kostengünstige) Alternativen zur oben zitierten Ö-Norm H 5142 ausgeführt. Die Aufrechterhaltung der erforderlichen Mindesttemperaturen im Wärmetauscher ist bei derartigen Schaltungsvarianten nur schwierig zu erreichen, Praxisversuche zur Sanierung ohne hydraulische Umrüstung waren nicht erfolgreich.

A) Mehrkesselanlage mit Motorklappen

Betriebscharakteristik:

- Motorklappen können kurzfristige Unterschreitung des min-RL nicht verhindern!
- gegenseitige Beeinflussung der Kesseldurchflüsse
- alle RL-Schwankungen übertragen sich auf den Kessel-VL, folglich große Systemschwankungen
- alle Kesselanlagen sind Durchflussspitzen des Netzes schutzlos ausgeliefert!

Achtung! Warnhinweis:

Umrüstungsmaßnahmen ohne Einbau einer Weiche haben die Korrosionserscheinungen reduziert, jedoch nicht in allen Fällen beseitigt! Vor allem die kleinere Kesselanlage ist starken Durchfluss- und Rücklaufschwankungen ausgesetzt.

Hydraulikschema mit Detailinformation siehe Anhang Anlagenschema A7



B) Mehrkesselanlage mit hydraulischer Weiche und Motorklappen

Die Nachrüstung von hydraulischen Weichen hat sich bei Mehrkesselanlagen bewährt. Praxisversuche haben gezeigt, dass bestehende, funktionstüchtige Motorklappen nach der hydraulischen Trennung auch eine ausreichende Schutzfunktion gewährleisten.

Schutzmaßnahmen Biomassekessel:

- Neuinvestition: Weiche, Kesselpumpen, Aufrüstung Regelung
- Motorklappen müssen bei Unterschreitungen von min-RL oder min-VL schließen (P-Regler)
- für Pumpen der RL-Anhebung ist Drehzahlregelung empfehlenswert
- Freigabe der Kesselpumpen mit Mindest-Vorlauftemperatur
- Freigabe der RL-Anhebepumpen bei Einheizen der Kesselanlage
- Freigabetemperatur Kesselpumpen muss über min-RL und min-VL der Motorklappe liegen
- Kessel-Soll-VL darf nicht unter min-VL der Regelung + Regelschwankung liegen

Betriebscharakteristik:

- im Zuge der Kesselkehrungen wurden keine Korrosionserscheinungen festgestellt
- Bei versuchsweiser Reduktion des Kessel-RL auf 77-78 °C und nasser, schneebelasteter Rinde wurden rote Rauchrohre beobachtet!

Hinweise:

- Ausführung der ÖNORM siehe Mehrkesselanlage für Neuinstallationen (3-Wege-Ventile)
- Einbindung Spitzenlastkessel siehe Mehrkesselanlage für Neuinstallationen

Hydraulikschema mit Detailinformation siehe Anhang Anlagenschema A8



4.5 Sanierungskosten

Für die Kosten zur Sanierung bzw. Umrüstung können folgende Richtwerte angenommen werden (alle Angaben exkl. MwSt).

4.5.1 Sanierungskosten Mehrkesselanlage

⇒ Aufrüstung einer bestehenden, programmierbaren Regelung

Sockelbetrag:	€ 1.500,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,75

⇒ Einbau einer neuen, programmierbaren Regelung

Sockelbetrag:	€ 3.000,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,75

⇒ Verkabelung der neuen Regelung, Pumpen und Ventile

Sockelbetrag:	€ 850,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,30

⇒ Nachrüstung einer hydraulischen Weiche und 3-Wege-Ventile

Sockelbetrag:	€ 4.500,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 3,90

⇒ Nachrüstung einer hydr. Weiche mit bestehenden Motorklappen

Sockelbetrag:	€ 3.500,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 2,70

⇒ Planung und Projektabwicklung

Sockelbetrag:	€ 800,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,70

4.5.2 Sanierungskosten Einkesselanlage

⇒ Aufrüstung einer bestehenden, programmierbaren Regelung

Sockelbetrag:	€ 1.250,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,40



⇒ Einbau einer neuen, programmierbaren Regelung	
Sockelbetrag:	€ 2.900,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,50
⇒ Verkabelung der neuen Regelung, Pumpen und Ventile	
Sockelbetrag:	€ 700,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,20
⇒ Nachrüstung einer Rücklaufanhebepumpe mit Frequenzumformer	
Sockelbetrag:	€ 650,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,90
⇒ Planung und Projektabwicklung	
Sockelbetrag:	€ 350,00
Zusätzliche pro kW installierter Kesselleistung:	€ 0,75

4.5.3 Kostenbeispiele von Anlagensanierungen

Beispiel Mehrkesselanlage:

Leistung 1.500 + 500 kW (=2.000 kW installierte Kesselleistung), Einbau einer neuen Regelung, Nachrüstung einer Weiche unter Verwendung der bestehenden Motorklappen, Planung und Projektabwicklung

Gesamtkosten: € 17.050,0

Beispiel Einkesselanlage:

Leistung 1.500 kW installierte Kesselleistung, Aufrüstung einer bestehenden, programmierbaren Regelung, Einbau einer Rücklaufanhebepumpe mit Frequenzumformer, Planung und Projektabwicklung

Gesamtkosten: € 6.325,0

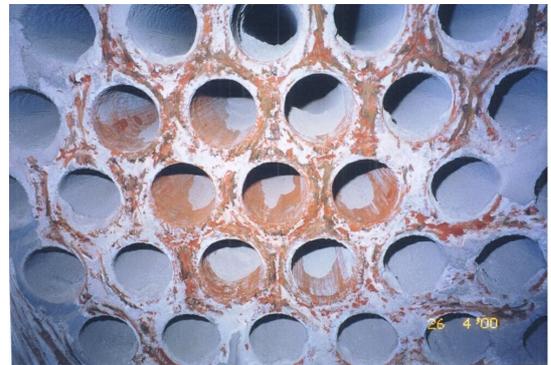
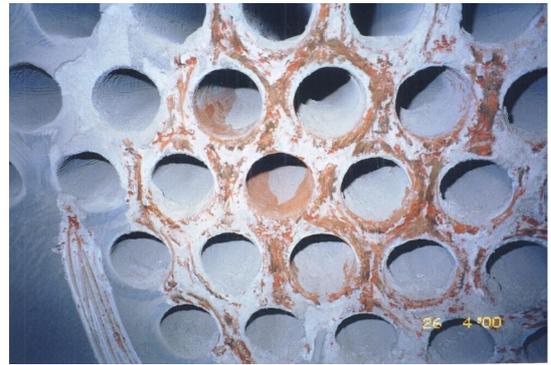


5 Literaturverzeichnis

- [1] Karl J. Thome-Kozmiensky: Thermische Abfallbehandlung
Korrosion und Erosion S. 389
- [2] Ö-Norm H 5142 „Haustechnische Anlage – Hydraulische Schaltungen für Heizungsanlagen“, 1.
August 1990
- [3] Ö-Norm H 5195-1 „Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung in geschlossenen
Warmwasserheizungsanlagen mit Betriebstemperaturen bis 100°C“, Ausgabe 01.06.2001
- [4] AGFW-Regelwerk (Arbeitsgemeinschaft Fernwärme), Arbeitsblätter FW510 und FW511
- [5] C.-L. Kruse: Handbuch „Korrosion in der Heizungs- und Klimatechnik“, Krammer Verlag
Düsseldorf, 1991
- [6] Euroheat&Power – Fernwärme International 12/2000

6 Anhang

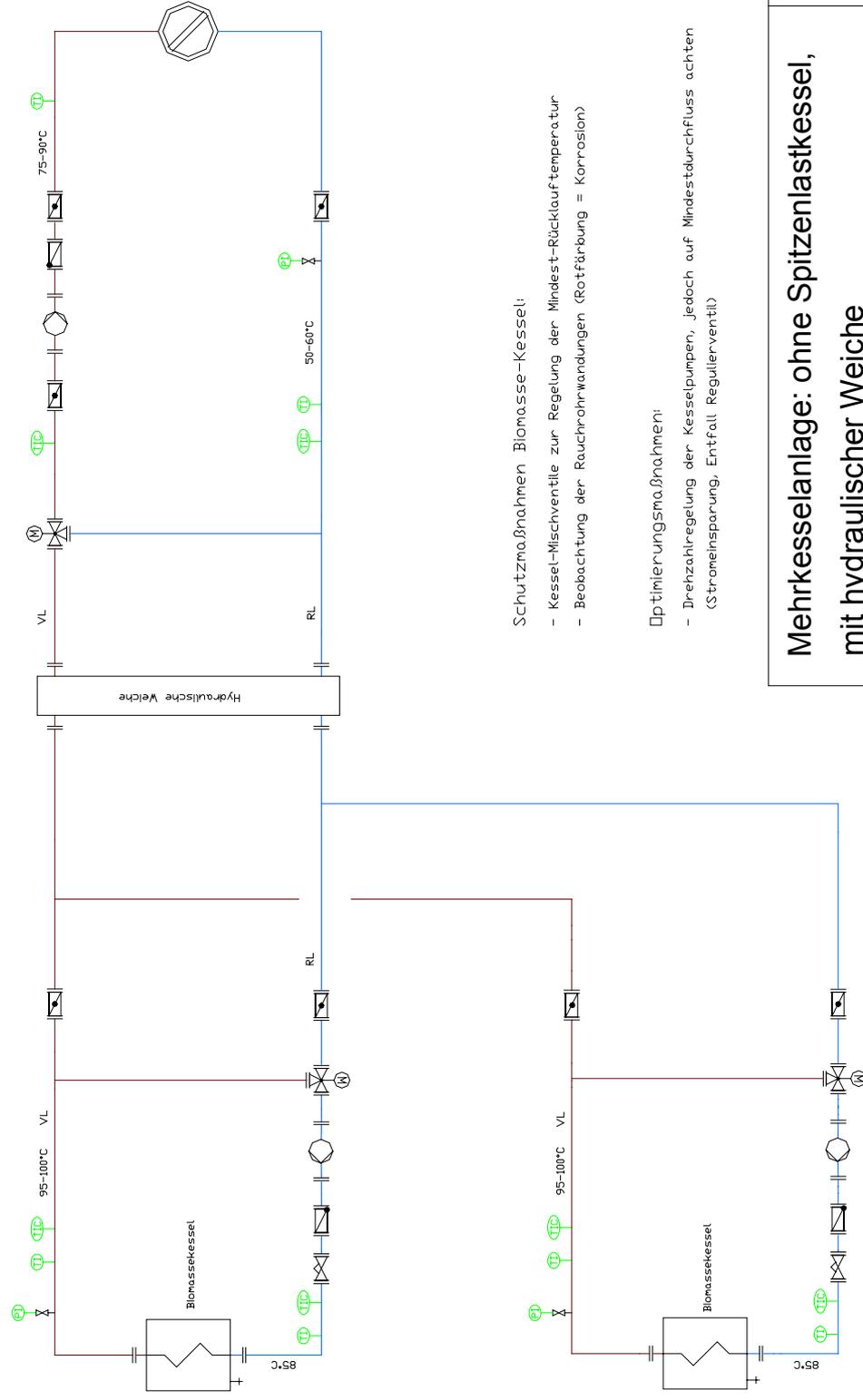
6.1 Typische Korrosionserscheinungen an Wärmetauschern





6.2 Anlagenschemen

- A1 Mehrkesselanlage: ohne Spitzenlastkessel, mit hydraulischer Weiche
- A2 Einkesselanlage: ohne Spitzenlastkessel, ohne hydraulische Weiche
- A3 Mehrkesselanlage: mit Spitzenlastkessel (Öl, Gas), mit hydraulischer Weiche
- A4 Einkesselanlage: mit Spitzenlastkessel (Öl, Gas), ohne hydraulische Weiche
- A5 Sanierung Einkesselanlage: mit 3-Wege-Netzventil
- A6 Sanierung Einkesselanlage: mit 2-Wege-Netzventil
- A7 Sanierung Mehrkesselanlage: mit Motorklappen
- A8 Sanierung Mehrkesselanlage: mit hydraulischer Weiche und Motorklappen



Schutzmaßnahmen Biomasse-Kessel:

- Kessel-Mischventile zur Regelung der Mindest-Rücklauftemperatur
- Beobachtung der Rauchrohrwandungen (Rotfärbung = Korrosion)

Optimierungsmaßnahmen:

- Drehzahlregelung der Kesselumpen, Jedoch auf Mindestdurchfluss achten (Stromeinsparung, Entfall Regulierventil)

Mehrkesselanlage: ohne Spitzenlastkessel,
mit hydraulischer Weiche

A1

Quelle:

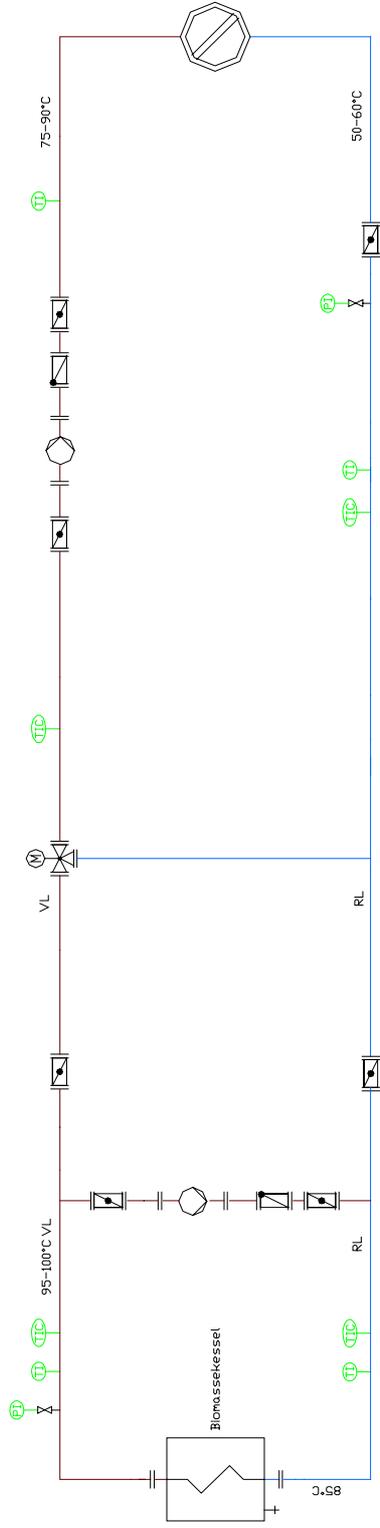
nahwaerme.at
contracting mit
biomasse und solarenergie



Architects
Engineers
Consultants

KWI Planung- und Beratungs-ges. m.b.H. & Co.KG
Austria 3100 St. Pölten, Fürnberggasse 3-7
T+43 2742-350 F 350 66 kw@kwkwi.at
Austria 1070 Wien, Burggasse 116
T+43 1-59220 F 59220 266 www.kwkwi.at

Schema zeigt nur hydraulische Prinzipverschaltung!
Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Sicherheitseinrichtungen, etc. sind nicht berücksichtigt!



Schutzmaßnahmen Biomasse-Kessel:

- drehzahlregelbare Rücklaufanhebepumpe (Achtung auf Mindestdurchfluss)
- Netz-Mischventil muss bei Unterschreitung des min-RL oder min-VL für den Kessel schließen (d.h. Beimischast öffnet)
- Beobachtung der Rauchrohrwandungen (Rotfärbung = Korrosion)

Schema zeigt nur hydraulische Prinzipverschaltung!
Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Sicherheitseinrichtungen, etc. sind nicht berücksichtigt!

Einkesselanlage: ohne Spitzenlastkessel, ohne hydraulische Weiche

A2

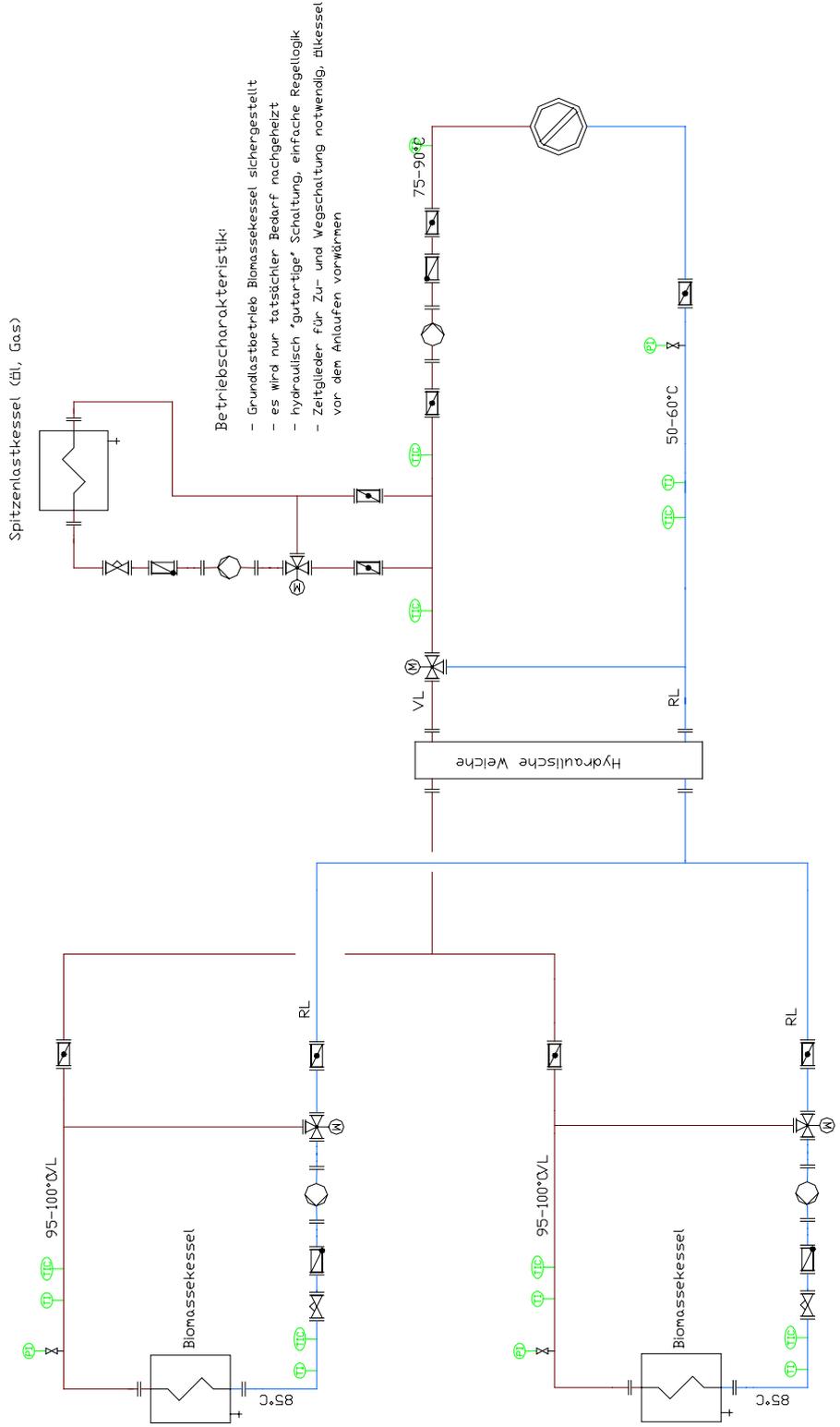
Quelle:

nahwärm.e.at
contracting mit
biomasse und solarenergie



Architects
Engineers
Consultants

KWI Planung- und Beratungs- mbH & Co KG
Auhof 3100, St. Pölten, Österreich
T+43 2742-360 F 360 86 office@nahwerm.e.at
Auhof 1070 Wien, Burggasse 116
T+43 1-5250 F 52520 266 info@nahwerm.e.at



Betriebscharakteristik:

- Grundlastbetrieb Biomassekessel sichergestellt
- es wird nur tatsächlicher Bedarf nachgeheizt
- hydraulisch 'gutartige' Schaltung, einfache Regellogik
- Zeitglieder für Zu- und Wegschaltung notwendig, Biskessel vor dem Anlaufen vorwärmen

- Schutzmaßnahmen Biomasse-Kessel:
- Kessel-Mischventile zur Regelung der Mindest-Rücklauftemperatur
 - Beobachtung der Rauchrohrwandungen (Rotfärbung = Korrosion)
- Optimierungsmaßnahmen:
- Drehzahlregelung der Kesselpumpen, jedoch auf Mindestdurchfluss achten (Stromeinsparung, Entfall Regulierventil)

Schema zeigt nur hydraulische Prinzipschaltung, Druckhaltung, ect. nicht berücksichtigt

Mehrkesselanlage: mit Spitzenlastkessel (Öl, Gas), mit hydraulischer Weiche

A3

Quelle:
nachwarme.at
 contracting mit
 biomasse und solarenergie



Architects
 Engineers
 Consultants

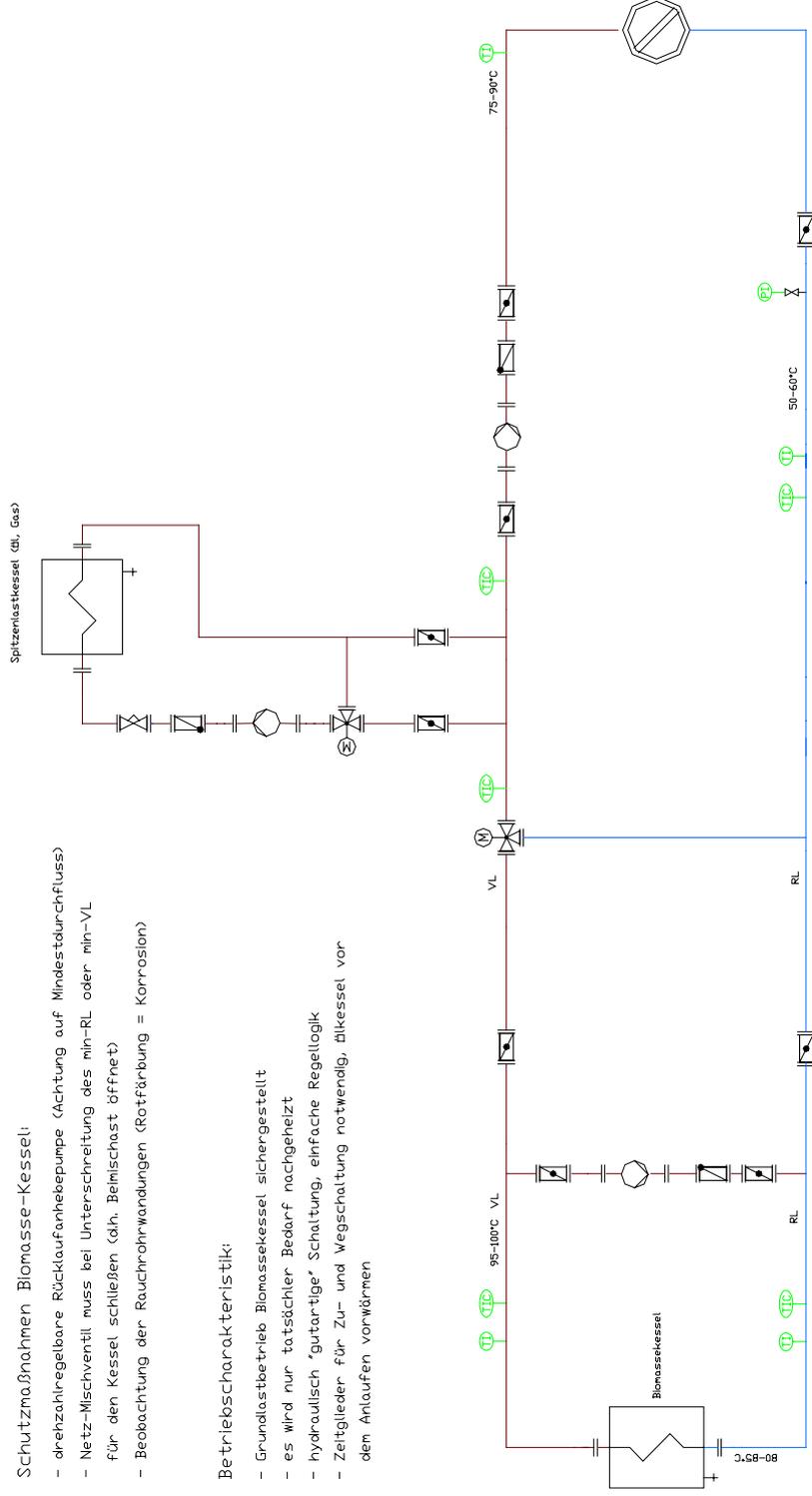
KW Planung- und Beratungsge. mbH & CoKG
 Austria, 3100 St. Pölten, Führerwegasse 3-7
 Austria, 01010 Wien, Burggasse 116
 T+43 1-52220 1-52220 200 Wien@kw.at

Schutzmaßnahmen Biomasse-Kessel:

- drehzahlregelbare Rücklaufanhebepumpe (Achtung auf Mindestdurchfluss)
- Netz-Mischventil muss bei Unterschreitung des min-RL oder min-VL für den Kessel schließen (d.h. Beimischost öffnet)
- Beobachtung der Rauchrohrwandungen (Rotfärbung = Korrosion)

Betriebscharakteristik:

- Grundlastbetrieb Biomassekessel sichergestellt
- es wird nur tatsächlicher Bedarf nachgeheizt
- hydraulisch "gutartige" Schaltung, einfache Regellogik
- Zeitglieder für Zu- und Wegschaltung notwendig, Altkessel vor dem Anlaufen vorwärmen



Einkesselanlage: mit Spitzenlastkessel (Öl, Gas) ohne hydraulische Weiche

A4

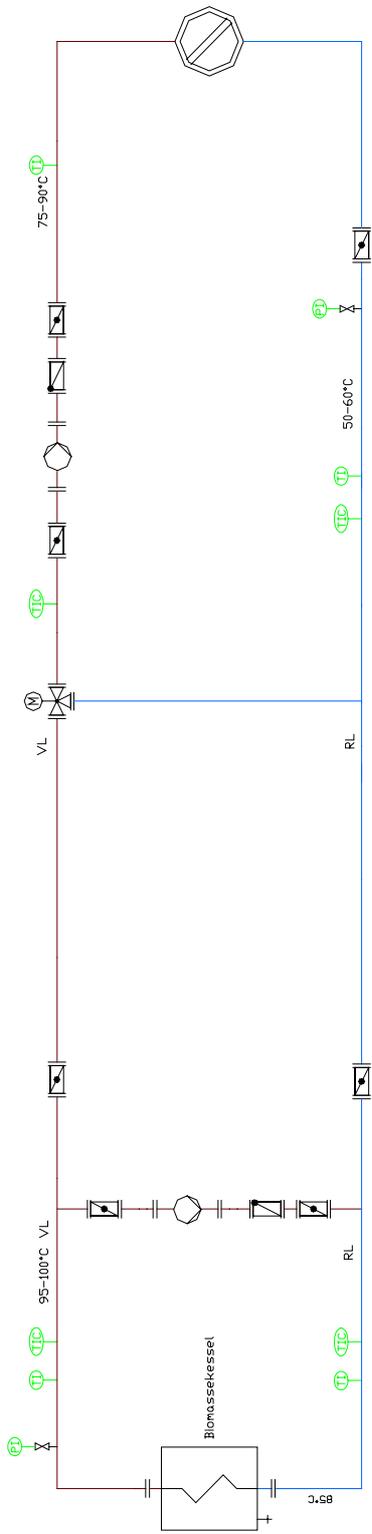
Quelle:
nahwaerme.at
 contracting mit
 biomasse und solarenergie



Architects
 Engineers
 Consultants

KWI Planung- und Beratungs- mb.H & Co.G
 Austria, 3100 St. Pölten, Fuhrmannsgasse 3-7
 T+43 2746-350 F 350 68 info@kwi.at
 Austria, 1070 Wien, Burggasse 116
 T+43 1-59250 F 52520 285 wien@kwi.at

Schema zeigt nur hydraulische Prinzipverschaltung!
 Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Sicherheitseinrichtungen, etc. sind nicht berücksichtigt!



Betriebscharakteristik (ohne Schutzmaßnahmen):

- bei Einbrüchen des Kessel-VL gleichzeitig Einbruch des Kessel-RL
- Netzspitzen werden auf die Kesselanlage übertragen

Schutzmaßnahmen Biomasse-Kessel:

- Neuinvestition: Aufrüstung Regelung, ev. drehzahlregelbare RL-Anhebepumpen
- Netz-Mischventil muss bei Unterschreitung des min-RL oder min-VL für den Kessel schließen (d.h. Beimischast öffnen)

Hinweis:

- Einbindung Spitzenlastkessel siehe Neuinstallation

Sanierung Einkesselanlage: mit 3-Wege-Netzventil

A5

Queller

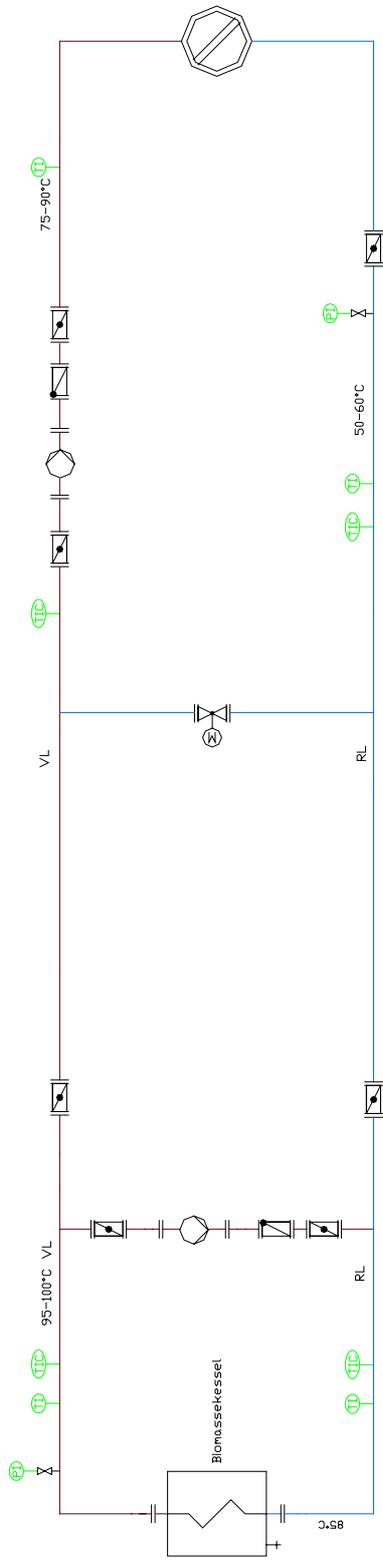
nahwaerme.at
contracting mit
Biomasse und Solarenergie



Architects
Engineers
Consultants

KW Planungs- und Beratungsge. m.b.H. & CoKG
Autlo 3100 35. Pöllen Fuhrmannsgasse 3-7
T+43 2942-300 F 350 66 kwb@kw.at
Autlo 1070 Wien Burggasse 116
T+43 1-9220 F 0220 20 kwh@kw.at

Schema zeigt nur hydraulische Prinzipverschaltung! Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Sicherheitseinrichtungen, etc. sind nicht berücksichtigt!



Betriebscharakteristik (ohne Schutzmaßnahmen):

- bei Einbrüchen des Kessel-VL gleichzeitig Einbruch des Kessel-RL
- Netzspitzen werden auf die Kesselanlage übertragen

Schutzmaßnahmen Biomasse-Kessel:

- Neuinvestition: Aufrüstung Regelung, ev. drehzahlregelbare RL-Anhebepumpen
- Durchgangsventil muss bei Unterschreitung des min-RL oder min-VL für den Kessel öffnen

Hinweis:

- Einbindung Spitzenlastkessel siehe Neuinstallation

Schema zeigt nur hydraulische Prinzipverschaltung!
Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Sicherheitseinrichtungen, etc. sind nicht berücksichtigt!

Sanierung Einkesselanlage: mit 2-Wege-Netzventil

Quelle:

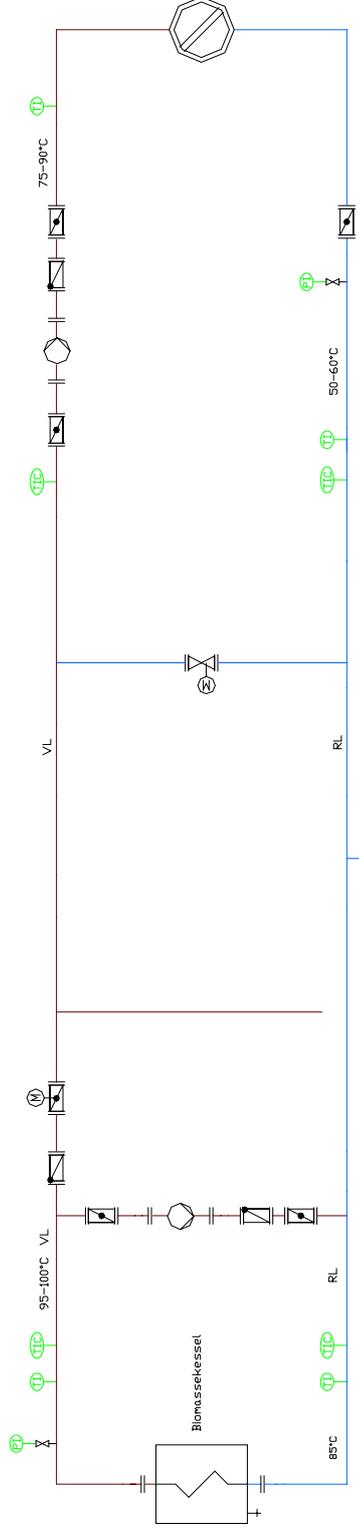
nahwaerme.at
contracting mit
biomasse und solarenergie



Architects
Engineers
Consultants

KWI Planungs- und Beratungs- mbH & CoKG
Austria 3100 St. Pölten, Pflanzengasse 3-7
Austria 2740 Waidhofen/Ybbs, Markt
Austria 1070 Wien, Burgring 11a
Tel+43 1-59250 F 59250 266 telefondirekt

A6

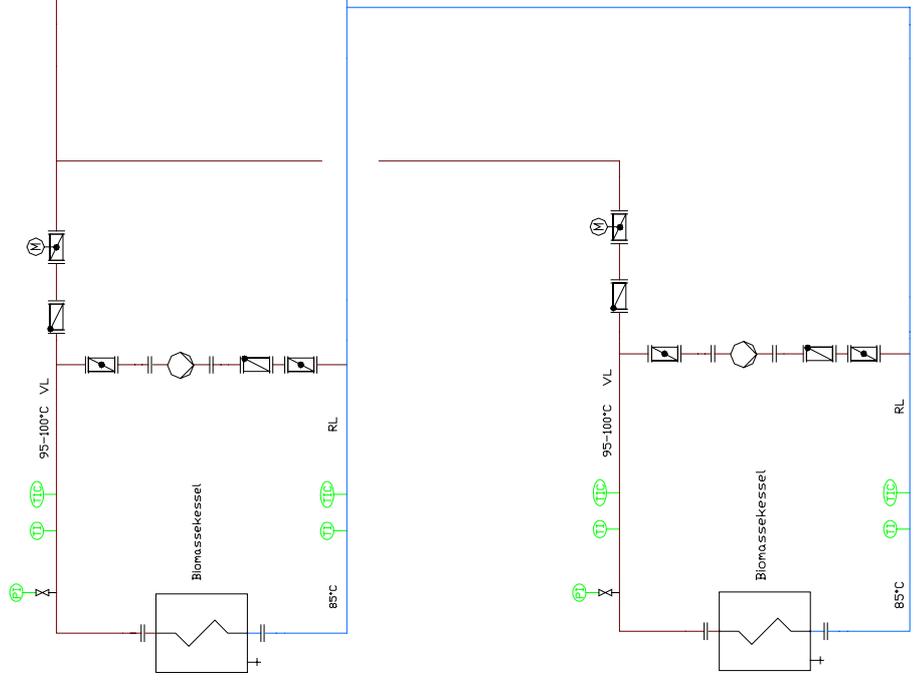


Betriebscharakteristika:

- Motorklappen können kurzfristige Unterschreitung des min-RL nicht verhindern!
- gegenseitige Beeinflussung der Kesseldurchflüsse
- die RL-Schwankungen übertragen sich auf den Kessel-VL, folglich große Systemswankungen
- die Kesselanlagen sind Durchflussspitzen des Netzes schutzlos ausgeliefert!

Achtung! Warnhinweis!

Umrüstungsmaßnahmen ohne Einbau einer Welche haben die Korrosionserscheinungen reduziert, jedoch nicht beseitigt! Vor allem die kleinere Kesselanlage ist starken Durchfluss- und Rücklaufschwankungen ausgesetzt.



**Sanierung Mehrkesselanlage:
mit Motorklappen**

A7

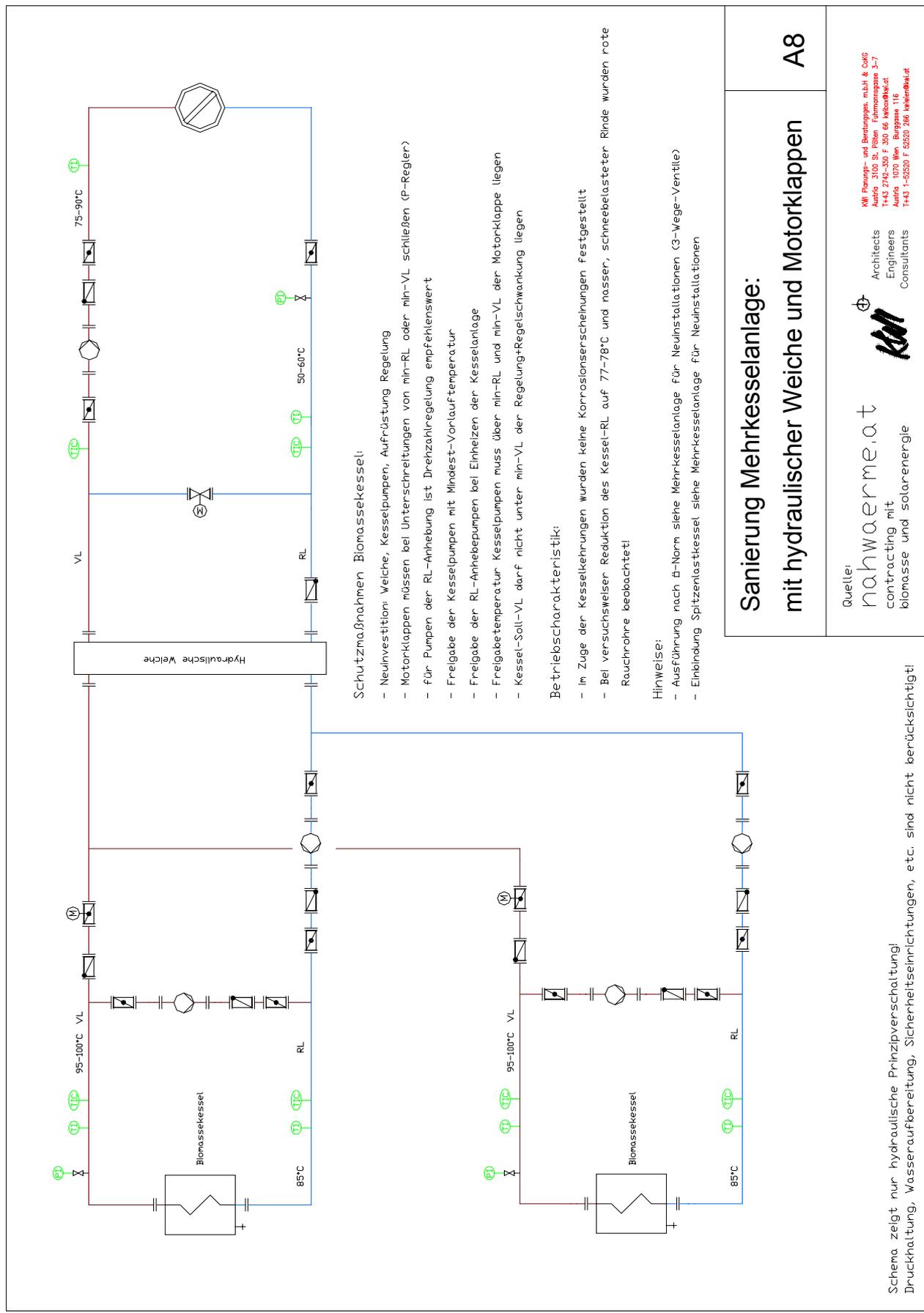
Quelle:
nahwaerme.at
 contracting mit
 biomasse und solarenergie



Architects
 Engineers
 Consultants

KW Planung- und Beratungs- mbH & Co KG
 Austria 3100 St. Pölten, Fuhrmannsgasse 3-7
 T+43 2742-360 F 350 66 nahwaerme.at
 Austria 1070 Wien, Burggasse 118
 T+43 1-69620 F 52620 266 kw@nahwaerme.at

Schema zeigt nur hydraulische Prinzipverschaltung! Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Sicherheitseinrichtungen, etc. sind nicht berücksichtigt!



Schutzmaßnahmen Biomassekessel:

- Neuinvestition: Weiche, Kesselumpen, Aufrüstung Regelung
- Motor-Klappen müssen bei Unterschreitungen von min-RL oder min-VL schließen (P-Regler)
- für Pumpen der RL-Anhebung ist Drehzahlregelung empfehlenswert
- Freigabe der Kesselumpen mit Mindest-Vorlauftemperatur
- Freigabe der RL-Anhebepumpen bei Einheizen der Kesselanlage
- Freigabetemperatur Kesselumpen muss über min-RL und min-VL der Motor-Klappe liegen
- Kessel-Soll-VL darf nicht unter min-VL der Regelung+Regelschwankung liegen

Betriebscharakteristik:

- Im Zuge der Kesselkehrungen wurden keine Korrosionserscheinungen festgestellt
- Bei versuchsweiser Reduktion des Kessel-RL auf 77-78°C und nasser, schneebelasteter Rinne wurden rote Rauchrohre beobachtet!

Hinweise:

- Ausführung nach B-Norm siehe Mehrkesselanlage für Neulinstantionen (3-Wege-Ventile)
- Einbindung Spitzenlastkessel siehe Mehrkesselanlage für Neulinstantionen

**Sanierung Mehrkesselanlage:
mit hydraulischer Weiche und Motorklappen**

A8

Quelle:
nahwaerme.at
contracting mit
biomasse und solarenergie

Architects
Engineers
Consultants



WM Planung- und Beratungs mbH & Co KG
Austria, 3100 St. Pöten Fährmannsgasse 3-7
T+43 2742-350 F 350 66 nahwaerme.at
Austria, 1070 Wien Burggasse 116
T+43 1-52520 F 52520 266 nahwaerme.at

Schema zeigt nur hydraulische Prinzipverschaltung!
Druckhaltung, Wasseraufbereitung, Sicherheitseinrichtungen, etc. sind nicht berücksichtigt!



nahwaerme.at
contracting mit biomasse und solarenergie

020806_HANDBUCH - STAND 06.08.2002_FÄRBIG.DOC Seite 38

Für weiterführende Informationen und Beratungen wenden Sie sich bitte an:

KWI Planungs- und Beratungs-
gesellschaft mbH & Co KG

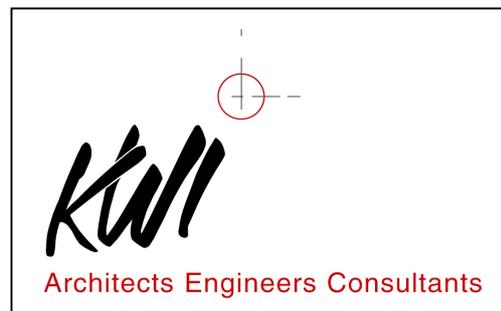
LG als HG St. Pölten, FN 137805f

Fuhrmannsgasse 3-7 A-3100 St.Pölten

T+43 2742-350 F 350 66 kwibox@kwi.at

Burggasse 116 A-1070 Wien

T+43 1 52520 F 52520 266 kwiwien@kwi.at



oder

nahwaerme.at

Energiecontracting GmbH&CoKG

Herrgottwiesgasse 188

8055 Graz

T+43 316 244 259

