

**EU – THERMIE DEMONSTRATIONSPROJEKT
BM 0333 / 95 / AT / DE**

SUSTAINABLE BIOMASS HEATING PLANT TAMSWEG

ENDBERICHT

Koordinator

Fernwärmeversorgungs-GmbH & Co KG Tamsweg

Projektpartner

Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik
A - 8010 Graz, AUSTRIA

Mannesmann Anlagenbau Austria AG
A - 5020 Salzburg, AUSTRIA

Kohlbach GmbH & Co
A - 9400 Wolfsberg, AUSTRIA

Klöckner- Moeller GmbH
D - 53115 Bonn, GERMANY

ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt verfolgte im wesentlichen auf zwei Hauptziele, die Steigerung der Energieeffizienz von Biomassefernheizwerken und die Verbesserung der Nachhaltigkeit solcher Prozesse. Die Energieeffizienz des Biomassefernheizwerkes Tamsweg wurde durch den Einsatz einer Rauchgaskondensationsanlage, durch eine optimierte Auslegung aller Komponenten mit dem Ziel der Verringerung des elektrischen Strombedarfes des Heizwerkes und ein optimiertes Fernwärmenetz erreicht. Die Nachhaltigkeit des Prozesses konnte durch Maßnahmen zur NO_x Reduktion und durch die Implementierung der Technologie der fraktionierten Schwermetallabscheidung, die eine Wiederausbringung der anfallenden Aschen auf land- und forstwirtschaftliche Flächen ermöglicht, gesteigert werden.

Dazu wurden folgende innovative Komponenten in das Gesamtsystem integriert:

- Brennstoffvortrocknung,
- NO_x Reduktion durch Luftstufung,
- Fraktionierte Schwermetallabscheidung,
- Fernwärmenetzoptimierung.

Das Biomassefernheizwerk Tamsweg besteht aus zwei Feuerungseinheiten mit Kesselnennleistungen von 5 und 3 MW_{th}, einer Rauchgaskondensationsanlage und einer Aschenaufbereitungsanlage. Als Brennstoff werden Rinde, Sägespäne und Hackgut eingesetzt. Am 31. August 1998 betrug die Länge des Fernwärmenetzes, das zu diesem Zeitpunkt mehr als 700 Einzelabnehmer versorgte, 22.100 m.

Während der ersten beiden Betriebsjahre wurde nachgewiesen, daß die innovativen wie auch die konventionellen Komponenten der Biomassefernheizwerkes problemlos und mit den erwarteten Ergebnissen arbeiten. Durch die unerwartet hohe Akzeptanz des Projektes in der Gemeinde Tamsweg konnten bei weitem mehr Abnehmer an das Fernwärmenetz angeschlossen werden, was die Amortisationszeit der Anlage gegenüber den ursprünglichen Kalkulationen um ca. 20% reduzierte.

INHALT

1	PROJEKT DETAILS.....	2
2	PROJEKTZIELE UND ALLGEMEINE BESCHREIBUNG.....	2
2.1	PROJEKTZIELE	2
2.2	ANLAGENBESCHREIBUNG	3
3	ERRICHTUNG, INSTALLATION UND KOMMISSIONIERUNG	10
3.1	LIEFERANTEN	10
3.2	PROJEKT MANAGEMENT	11
3.3	TECHNISCHE PROBLEME UND DEREN LÖSUNG.....	11
3.4	ABWEICHUNGEN VON DER URSPRÜNGLICHEN PLANUNG	12
4	BETRIEBSERGEBNISSE.....	12
4.1	MEILENSTEINE DES ANLAGENBETRIEBES	12
4.2	BETRIEBSERGEBNISSE.....	13
4.3	ERFOLG DES PROJEKTES	19
4.4	BETRIEBSKOSTEN	22
4.5	AUSBLICK.....	22
4.6	WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG.....	22
5	ÖFFENTLICHKEITSARBEIT, KOMMERZIELLE UMSETZUNG	23
5.1	ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	23
5.2	AUSBLICK.....	24
5.3	ERFAHRUNGEN / SCHLUßFOLGERUNGEN	24
5.4	PATENTE.....	25
5.5	KOMMERZIALISIERUNG DER INNOVATIVEN TECHNOLOGIEN.....	25
	LITERATUR	25

1 PROJEKT DETAILS

Projekt Nummer: BM-0333-95 AT/DE
 Titel Sustainable Biomass Heating Plant Tamsweg
 Realization of the Technological and Ecological
 State of the Art
 Koordinator: Fernwärmeversorgungs-GmbH & Co KG Tamsweg
 Kontaktperson für technische Fragen:
 Ing. Andreas LAUCHER
 Amt der Salzburger Landesregierung
 Mozartplatz 1
 A – 5020 Salzburg
 AUSTRIA
 Tel.: +43 (0)662 8042
 Fax: +43 (0)662 8042 2920

Vertragspartner

Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik
 Inffeldgasse 25/II, A - 8010 Graz, AUSTRIA
 Tel.: +43 (0)316 873 7464 Fax: +43 (0)316 873 7469

Mannesmann Anlagenbau Austria AG
 Schillerstraße 1, A - 5020 Salzburg, AUSTRIA
 Tel.: +43 (0)662 51227-0 Fax: +43 (0)662 455036

Kohlbach GmbH & Co
 Grazer Straße 26-28, A - 9400 Wolfsberg, AUSTRIA
 Tel.: +43 (0)4352 2157 – 0 Fax: +43 (0)4352 2157 – 11

Klöckner- Moeller GmbH
 Heinz Moeller Straße 7 – 11, D - 53115 Bonn, GERMANY
 Tel.: +49 (0)228 602 – 0 Fax: +43 (0)228 602-1767

2 PROJEKTZIELE UND ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

2.1 PROJEKTZIELE

Das Projekt zielte darauf ab, durch den Einsatz verschiedener innovativer Technologien die Energieeffizienz von Biomasse Fernheizwerken erheblich zu steigern und gleichzeitig nachzuweisen, daß eine nachhaltige thermische Nutzung von Biomasse möglich ist.

Eine Steigerung der Energieeffizienz sollte durch die Installation einer Rauchgaskondensationsanlage, in der ca. 20% der erzeugten Wärme aus dem Rauchgas rückgewonnen werden können, erreicht werden. Außerdem sollten durch eine optimierte Auslegung des Fernwärmenetzes die Verluste der Wärmeverteilung auf 70% der in konventionellen Anlagen üblichen Werte reduziert werden. Des weiteren

wurden Aggregate wie Ventilatoren und Pumpen in Richtung möglichst niedriger Stromverbräuche optimiert, um den Eigenstromverbrauch des Fernheizwerkes zu reduzieren.

Um eine nachhaltige Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung gewährleisten zu können, wie es als zweites Hauptziel des Projektes definiert wurde, reicht es nicht, den CO₂-Kreislauf zu schließen, wie es mit einer nachhaltigen Forstwirtschaft möglich ist. Vielmehr ist es zusätzlich notwendig, die natürlichen Kreisläufe der Elemente zu schließen (Boden/Nährstoff – Wurzel/Pflanze – Asche/Dünger – Boden), wie es durch die Ausbringung der anfallenden Asche auf land- und forstwirtschaftliche Flächen ermöglicht wird. Dieses Ziel sollte durch den Einsatz der Technologie der fraktionierten Schwermetallabscheidung, die eine gezielte Steuerung der Schwermetallströme in die verschiedenen Aschenfraktionen (Rostasche, sekundäre Rostasche, Zyklonflugasche und Kondensatschlamm) erlaubt, erreicht werden. Durch die Anwendung dieser Technologie können 90 bis 95% der produzierten Gesamtaschenmenge auf nachhaltige Weise auf Feldern und in Wäldern wiederverwendet werden. Der mit Schwermetallen angereicherte Aschenstrom (Kondensatschlamm) wird aus dem Aschenkreislauf ausgeschleust und deponiert. Der hohe Gehalt an Schwermetallen in dieser Aschenfraktion läßt eine industrielle Verwertung (Schwermetallrückgewinnung) interessant erscheinen

Ein weiterer innovativer Aspekt des Projektes war die Implementierung der Technologie der „Luftstufung“ als Primärmaßnahme zur Reduktion der NO_x-Emissionen in das Anlagenkonzept. Dafür wurden die Feuerraumgeometrie und die Verbrennungsregelung speziell auf die Anforderungen dieser Technologie abgestimmt, die in dieser Form zum erstenmal in einer Feuerung im Leistungsbereich der Feuerungen in Tamsweg realisiert wurde.

Eine spezielle Ausführung der Brennstoff-Tagesbunker sollte die Brennstoffvortrocknung mit vorgewärmter Luft ermöglichen. Die Steigerung der Brennstoffqualität sowie eine Verbesserung des Feuerungsanlagenbetriebs im Allgemeinen sollten auf diese Weise erreicht werden.

Zusammenfassend kann angemerkt werden, daß eine Steigerung der Energieeffizienz des Biomasse Fernheizwerkes Tamsweg im Vergleich zu konventionellen Anlagen um ca. 35% angestrebt wurde, und die Emissionen, im Speziellen die NO_x-Emissionen, erheblich reduziert werden sollten. Des weiteren sollte die Nachhaltigkeit des gesamten Prozesses durch die Technologie der fraktionierten Schwermetallabscheidung gesteigert werden.

2.2 ANLAGENBESCHREIBUNG

Abbildung 1 zeigt ein Schema des Biomasse-Fernheizwerkes Tamsweg. Die Anlage besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- Biomasselagerung und Trocknungsanlage,
- Feuerungseinheiten,
- Kessel und Multizyklone,
- Rauchgaskondensationsanlage,

- Aschenförderung und Aschenaufbereitungsanlage,
- Kondensatschlammaufbereitung,
- Fernwärmenetz und Hausübergabestationen,
- Computergestützte Regelung der Anlage und des Fernwärmenetzes

2.2.1 Brennstoff

Da ausschließlich chemisch unbehandelte Biomasse als Brennstoff eingesetzt wird, können die Emissionen bei entsprechender Auslegung der Feuerungen niedrig und somit die öffentliche Akzeptanz des Fernheizwerkes hoch gehalten werden. Der eingesetzte Brennstoff setzt sich zu ca. 80% aus Rinde und 20% aus Hackgut und Sägespäne zusammen. Da 70% des Brennstoffes aus der näheren Umgebung (Lungau), und die verbleibenden 30% aus benachbarten Regionen angeliefert werden, sind die Transportwege kurz und die Wertschöpfung bleibt in der Region. Im abgelaufenen Geschäftsjahr (09 / 1997 bis 08 / 1998) wurden ca. 31.000 m³ Brennstoff im Biomasse-Fernheizwerk Tamsweg verfeuert.

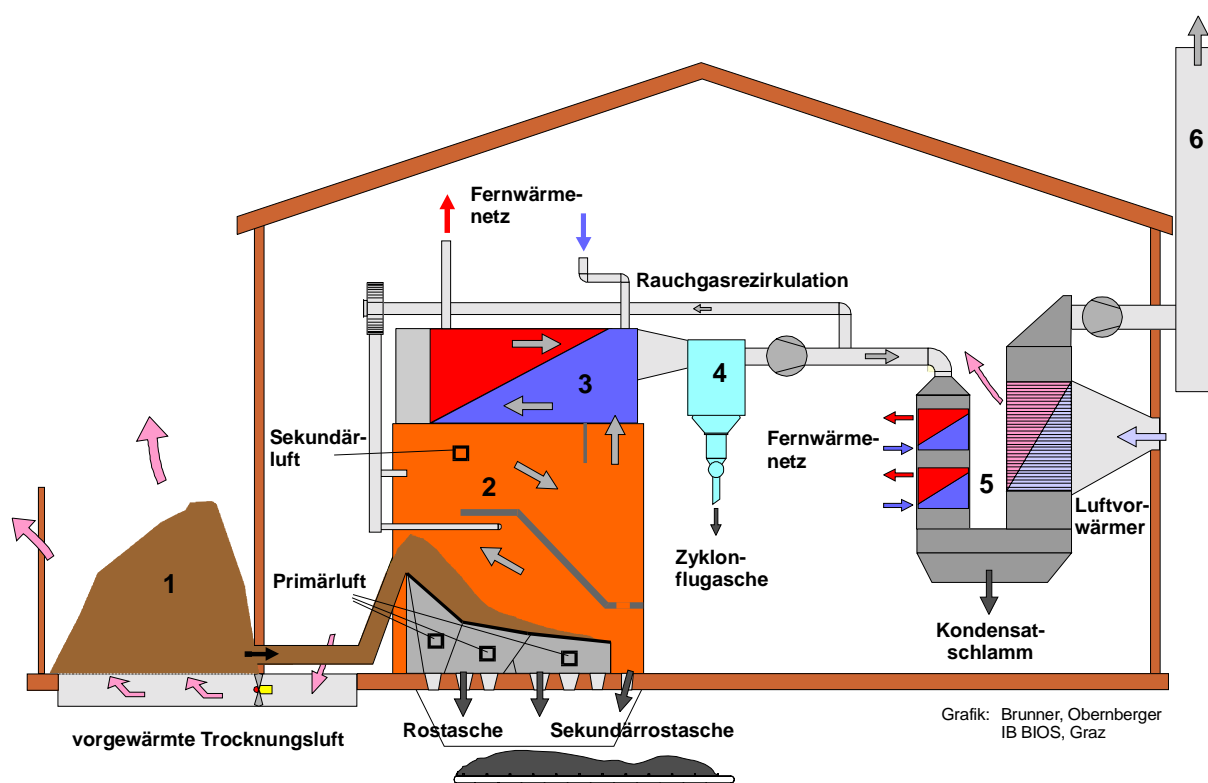


Abbildung 1: Hauptkomponenten des Biomassefernhheizwerkes Tamsweg

Erläuterungen: 1: Brennstoff-Vortrocknung; 2: Feuerung; 3: Kessel; 4 Multizyklon; 5: Rauchgaskondensationsanlage; 6: Rauchfang

2.2.2 Biomasse Lagerung und Brennstoff-Vortrocknung

Nach Anlieferung wird der Brennstoff in einem Freilager mit einer Gesamtkapazität von ca. 11.000 m³ (entspricht dem Brennstoffbedarf von 3 bis 4 Monaten) zwischengelagert. Bei Einlagerung beträgt der Brennstoff-Wassergehalt zwischen 50 und 60 Gew.% (bezogen auf Frischsubstanz). In Abhängigkeit von der Außentemperatur und dem Wärmebedarf der Abnehmer werden die Brennstofftagesbunker der Feuerungsanlagen ein bis zweimal täglich mit einem Radlader angefüllt. Mittels Schubböden und Querförderern wird der Brennstoff von dort in die Feuerung gefördert. Lochplatten, die den Boden der Brennstofftagesbunker bilden, ermöglichen, daß Heizhausluft, die in der dritten Stufe der Rauchgaskondensationsanlage vorgewärmt wird, von einem Ventilator durch die Brennstoffschüttung gepreßt werden kann (siehe Abbildung 1). Dabei kann der Brennstoff auf einen Wassergehalt von 40 bis 50 Gew.% d. FS. getrocknet werden. Da die Energie zur Trocknungsluftvorwärmung in der Rauchgaskondensationsanlage aus dem Rauchgas rückgewonnen wird (in konventionellen Anlagen verläßt diese Energie ungenützt mit dem Rauchgas die Anlage), reduzieren sich die Betriebskosten für die Brennstoffvortrocknung auf den Strombedarf des Trocknungsluftventilators.

2.2.3 Feuerungen

Im Biomassefernheizwerk Tamsweg sind zwei Feuerungsanlagen mit Kesselnennleistungen von 5 und 3 MW_{th} installiert. Da beide Anlagen hinsichtlich der maßgeblichen Konstruktionsmerkmale identisch aufgebaut sind, soll im folgenden lediglich die Feuerungsanlage 1 (5 MW_{th}) ausführlich beschrieben werden (siehe Abbildung 2).

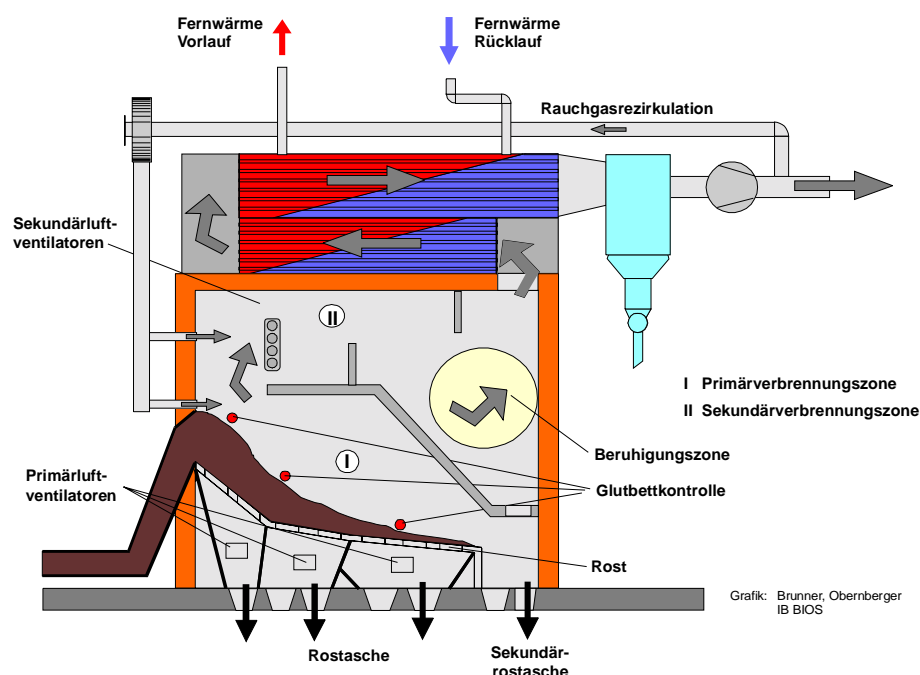


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Feuerungsanlage 1 mit Kessel und Multizyklon (Nennleistung: 5,0 MW_{th})

Der Verbrennungsteil der Anlage ist als Rostfeuerung mit einer feststehenden und zwei individuell beweglichen Rostzonen, ausgeführt. Eine permanente Messung der

Glutbetthöhe mittels Lichtschranken in Verbindung mit der Regelung der Rostbewegung sorgt für eine optimale Verteilung des Brennstoffes bzw. Glutbettes am Rost. Dadurch kann die kontinuierliche Belegung des Rostes, die eine Grundvoraussetzung für schadstoffarme Verbrennung darstellt, garantiert werden.

Der Feuerraum wurde speziell auf die Anforderungen der Luftstufungstechnologie abgestimmt, was bedeutet, daß die Vergasung des Brennstoffes sowie der Ausbrand der Gase in zwei verschiedenen Zonen ablaufen müssen. In der sogenannten Primärverbrennungszone wird der Brennstoff unter reduzierenden Bedingungen vergast während in der Sekundärverbrennungszone in oxidierender Atmosphäre die vollständige Verbrennung der erzeugten Gase stattfindet. Um eine Rückmischung der Gase von der oxidierenden Atmosphäre der Sekundärverbrennungszone in die reduzierende Atmosphäre der Primärverbrennungszone zu vermeiden, wurde die Durchtrittsöffnung zwischen den beiden Zonen möglichst eng gestaltet. Um die Verbrennungsluft optimal auf die einzelnen Zonen aufteilen zu können, versorgen drei Ventilatoren die Primärverbrennungszone und zwei Ventilatoren die Sekundärverbrennungszone mit Verbrennungsluft. Alle Ventilatoren werden individuell über Frequenzumformer geregelt. Um die Emissionen und den Fremdenergiebedarf der Feuerung möglichst gering zu halten, wird die Verbrennungsluftzufuhr vom Prozeßleitsystem permanent optimiert.

Aus diesem Feuerungskonzept resultieren hohe Verbrennungstemperaturen sowie eine reduzierende Atmosphäre in der Primärverbrennungszone, die die Umwandlung der Brennstoffstickstoffes in NO_x erheblich reduzieren. Außerdem wird die Bildung schwer flüchtiger Schwermetalloxide am Rost vermieden, wodurch die Rostasche nahezu frei von Schwermetallen gehalten werden kann. Neben der reduzierenden Atmosphäre und hohen Verbrennungstemperaturen beeinflußt die Verweilzeit der Rauchgase in der Primärverbrennungszone den Erfolg der Luftstufung erheblich. Um die optimalen Randbedingungen für eine Reduktion der NO_x -Bildung zu schaffen, müssen somit folgende Randbedingungen eingehalten werden:

Verbrennungsluftverhältnis in der Primärverbrennungszone: 0,6 bis 0,8

Verbrennungstemperatur: 1.000 – 1.100 °C

Verweilzeit der Gase in der Primärverbrennungszone: >0.5 s

Der vollständige Ausbrand der Gase wird durch genügend Verweilzeit in der Sekundärverbrennungszone (ca. 1 s) und eine ausreichende Durchmischung der Gase mit der Verbrennungsluft gewährleistet. Um das Schmelzen von Flugaschenpartikeln und Verschlackungen zu vermeiden, werden die Feuerraumtemperaturen durch Rauchgasrezirkulation auf 1.100°C limitiert. Vor allem bei Einsatz trockener Brennstoffe (Wassergehalt <45 Gew.% d. FS.) ist diese Maßnahme von Bedeutung. In Beruhigungszonen und durch Deflektoren wird ein Teil der am Rost aufgewirbelten Flugaschenpartikel noch im Feuerraum abgeschieden. Da Flugaschen, die bei hohen Temperaturen abgeschieden werden, einen geringen Schwermetallgehalt aufweisen, sind diese konstruktiven Details für den Erfolg der fraktionierten Schwermetallabscheidung von großer Bedeutung.

2.2.4 Kessel und Multizyklon

Die beiden Kessel mit Nennleistungen von 5 bzw. 3 MW_{th} sind als Rauchrohrkessel mit zwei Zügen ausgeführt. Zusätzlich wurden die Kessel mit automatischen pneumatischen Wärmetauscherabreinigungssystemen ausgestattet, die Partikeldepositionen an den Rohrwänden deutlich mindern. Dadurch können der Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung über längere Zeit als üblich auf einem hohen Niveau gehalten und die Intervalle für die manuelle Reinigung des Kessels erheblich verlängert werden. Außerdem kann durch die Reduktion von Aschedepositionen an den Rohroberflächen Korrosion, die in einigen Rindenfeuerungen in den vergangenen Jahren zu erheblichen Betriebsproblemen geführt hat, hintangehalten werden. Zur Abscheidung der Flugasche sind den Kesseln je ein Multizyklon nachgeschaltet.

2.2.5 Rauchgaskondensationsanlage

Da in Tamsweg Abnehmer an das Fernwärmenetz angeschlossen wurden, die Wärme auf niedrigen Temperaturniveau nutzen können (45-55°C), kann ein erheblicher Teil der erzeugten Wärme in der Rauchgaskondensationsanlage gewonnen werden. Die Rauchgaskondensationsanlage (Abbildung 3) besteht aus einem Economizer, einem Kondensator und einem Luftvorwärmer. Im Economizer wird das Rauchgas von ca. 180°C auf ca. 70°C gekühlt. Im darauf folgenden Kondensator erfolgt eine weitere Kühlung auf 45 bis 50°C, wobei der Taupunkt des Rauchgases (52 bis 58°C) unterschritten, und somit eine teilweise Nutzung der latenten Wärme ermöglicht wird. Mit der dabei gewonnenen Energie wird der Rücklauf des Fernwärmenetzes vor Eintritt in die Kessel vorgewärmt. In der dritten Stufe der Rauchgaskondensationsanlage, dem Luftvorwärmer, wird das Rauchgas auf 35 bis 45°C abgekühlt und gleichzeitig Frischluft, die in das Heizhaus gesaugt wird, vorgewärmt. In dieser Stufe tritt kontinuierliche Rauchgaskondensation ein. Die vorgewärmte Luft wird einerseits energetisch als Verbrennungsluft und als Trocknungsluft genutzt, und andererseits zu einem Großteil wieder mit dem Rauchgas vermischt, um weitere Kondensation in den verbleibenden Rauchgaskanälen sowie Schwadenbildung am Kamin zu vermeiden.

Zusätzlich zu den erwähnten energetischen Vorteilen fungiert die Rauchgaskondensationsanlage auch als Staubabscheider. Sobald der Taupunkt des Rauchgases unterschritten wird, bilden sich Wassertropfen, die im Rauchgas verbliebene Staubpartikel als Kondensationskerne nutzen. Ca. 60 bis 70% der Staubfracht am Eintritt der Rauchgaskondensationsanlage können auf diesem Weg mit dem Kondensat abgeschieden werden.

Zusammengefaßt liegen die Vorteile der Rauchgaskondensationsanlage einerseits in einer signifikanten Verbesserung des Wirkungsgrades der Wärmeerzeugung von ca. 85% auf mehr als 100% (bezogen auf den Heizwert des Brennstoffes), und andererseits in der effizienten Reduktion der Staubemissionen auf Werte <50 mg/Nm³ (bezogen auf trockenes Rauchgas und 13 Vol.% O₂). Im abgelaufenen Geschäftsjahr wurden ca. 10% der erzeugten Wärme in der Rauchgaskondensationsanlage gewonnen, was im Vergleich mit Heizwerken ohne Wärmerückgewinnung aus dem Rauchgas einer Brennstoffeinsparung im selben Ausmaß entspricht.

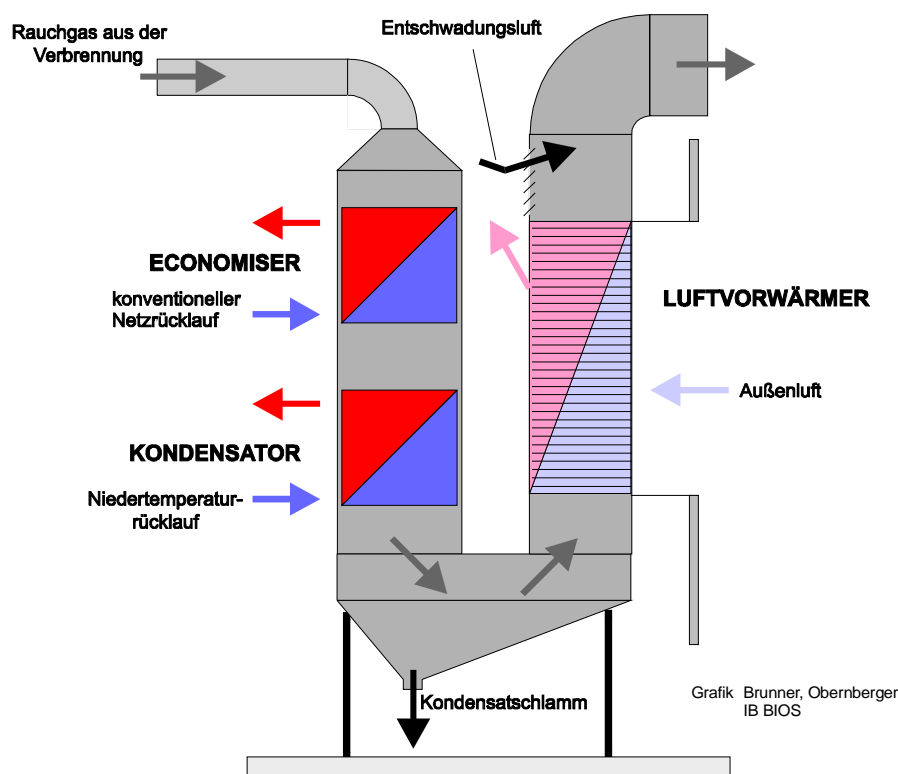
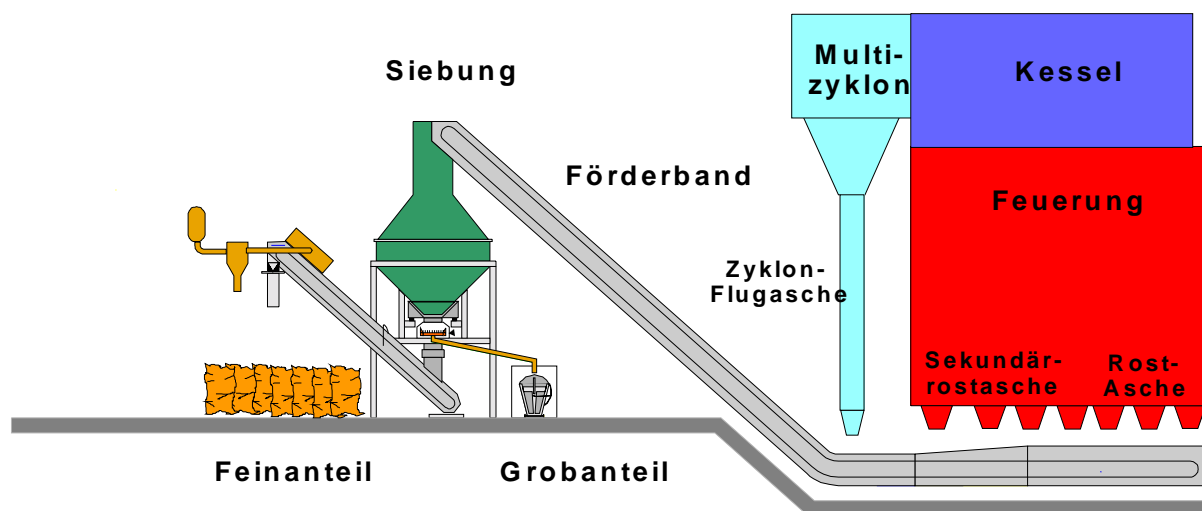


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Rauchgaskondensationsanlage

2.2.6 Aschenförderung und -aufbereitung

Um die Umweltverträglichkeit des Biomassefernheizwerkes zu steigern, wurde die Ausbringung eines Teiles der anfallenden Aschen auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen als ein Hauptaspekt des Projektes festgelegt. Um Landwirten die Manipulation der Asche zu erleichtern muß die Asche frei von Steinen und Schlackestücken $>2,5$ cm und Eisenteilen sein. Deshalb wurde die in Abbildung 4 dargestellte Aschenaufbereitungsanlage installiert. In definierten Intervallen wird die verwertbare Asche, die eine Mischung aus Rostasche, sekundärer Rostasche und Zyklonflugasche ist, mittels Rüttelrinne der Aschenaufbereitung zugeführt. Die Aufbereitungsanlage besteht aus einem Sieb und einem Magnetabscheider. Um Staubemissionen und zu hohe Geräuschpegel zu vermeiden, ist die Aschenaufbereitung vom Heizhaus baulich getrennt und arbeitet unter leichtem Unterdruck gegenüber der Umgebung. Der Siebdurchgang (ca. 80 bis 90% der Asche) wird in einen Bunker gefördert und in 50 l Säcken abgefüllt. Diese Säcke enthalten somit eine anlagenspezifische Mischung aus Rostasche, sekundärer Rostasche und Zyklonflugasche mit garantierter Stückgröße $<1,5$ cm und können mit konventionellen Streuern als Sekundärrohstoff mit düngender Wirkung auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden.



Grafik: Brunner, Obernberger, IB BIOS

Abbildung 4: Schematische Darstellung der Aschenaufbereitungsanlage

2.2.7 Kondensatschlammaufbereitung

Der Kondensatschlamm besteht aus dem in der Rauchgaskondensationsanlage anfallenden Kondensatwasser und der mit dem Kondensat abgeschiedenen Flugasche (siehe Abschnitt 2.2.5). In definierten Intervallen wird der Kondensatschlamm aus der Bodenwanne der Rauchgaskondensationsanlage abgezogen und in einen Absetzbehälter gefüllt, in dem die Aschepartikel aussedimentieren. Da die Löslichkeit von Schwermetallen vom pH-Wert abhängig ist, wird dieser über eine pH-Wert-Regelung auf 7,5 bis 8,0 eingestellt. Bei diesem Wert kann garantiert werden, daß Schwermetalle im Kondensatschlamm verbleiben und sich nicht im Wasser lösen, was eine unbedingte Voraussetzung zur Entsorgung des Kondensatwassers über das öffentliche Kanalnetz ist.

2.2.8 Fernwärmenetz und Hausübergabestationen

Im Rahmen der zentralen Zielsetzung des Projektes, die Energieeffizienz von Biomassefernheizwerken erheblich zu steigern, spielt die optimierte Auslegung des Fernwärmenetzes eine bestimmende Rolle. Der erste Schritt im Rahmen dieser Arbeiten war die genaue Erhebung der von den Abnehmern benötigten Wärmemenge, die auf dem jährlichen Brennstoffbedarf der vorangegangenen drei Jahre sowie den durchschnittlichen Außentemperaturen während dieser Zeit aufbaute. Auf Basis dieser Daten und unter Berücksichtigung verschiedener Abnehmerverhalten (Einzelhäuser, Hotels, Schulen, Krankenhäuser etc.) wurden die Hausübergabestationen ausgelegt.

In einem zweiten Schritt wurde die Netzauslegung durchgeführt. In Abhängigkeit von Druck- und Wärmeverlusten wurden dabei die optimalen Rohrleitungsdurchmesser durch Minimierung der Gesamtkosten (Summe aus Betriebskosten für Pumpen und Investitionskosten für das Fernwärmenetz) ermittelt. Die Optimierung wurde computergestützt mit eigens dafür am Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik, Technische Universität Graz, entwickelter Software durchgeführt.

Die Netzvorlauftemperatur wird in Abhängigkeit von der Außentemperatur und dem der Tageszeit entsprechende Abnahmeverhalten der Fernwärmekunden geregelt, und beträgt zwischen 90 und 100°C. Da einige Abnehmer auch Niedertemperaturwärme nutzen können, wurden zwei Rücklaufleitungen verlegt. Der Hochtemperaturrücklauf (50 – 70°C) kann mit dem konventionellen Rücklauf eines Fernwärmenetzes ohne Niedertemperaturschiene verglichen werden, und wird bei Abnehmern mit Niedertemperaturnutzung als Vorlauf verwendet. Der Niedertemperaturrücklauf (30 - 50°C) führt von diesen Abnehmern zurück zum Heizwerk.

Die Länge des Fernwärmenetzes in Tamsweg betrug mit Stichtag 31. August 1998 22.100m. Zu diesem Zeitpunkt wurden über 290 Hausübergabestationen ca. 700 Haushalte, kommerzielle und öffentliche Gebäude mit Fernwärme versorgt.

Im abgelaufenen Geschäftsjahr wurden insgesamt 20.170.000 kWh Energie an die Kunden verkauft. Die Wärmeverluste des Fernwärmenetzes beliefen sich dabei auf ca. 19% (Mittelwert über die gesamte Zeitspanne), und liegen damit um 5 – 9% unter den Wärmeverlusten konventioneller Fernwärmenetze. Ein weitere Parameter, der die Wirtschaftlichkeit eines Fernheizwerkes beeinflusst, ist der Wärmebedarf pro Längeneinheit verlegter Rohrleitung. Da ein Richtwert von mindestens 0,5 kW/m für diesem Parameter gilt, erfüllt das Fernheizwerk Tamsweg mit ca. 1 kW/m dieses wirtschaftlich bedeutende Kriterium eindeutig.

2.2.9 Computergestützte Prozeßregelung

Der gesamte Energieerzeugungsprozeß sowie die Wärmeverteilung werden von einem computergestützten Prozeßleitsystem geregelt und optimiert, wodurch kontinuierlicher Anlagenbetrieb bei niedrigen Emissionen und hohen Wirkungsgraden garantiert werden kann. Zusätzlich werden alle relevanten Prozeßparameter wie Temperaturen, Ventilatorendrehzahlen, Energieerzeugung etc. kontinuierlich erfaßt, visualisiert und abgespeichert. Somit kann der Betrieb der Anlage ständig kontrolliert und optimiert werden.

3 ERRICHTUNG, INSTALLATION UND KOMMISSIONIERUNG

3.1 LIEFERANTEN

Kohlbach GmbH & Co
Grazer Straße 26-28, A - 9400 Wolfsberg, AUSTRIA

- Feuerungseinheiten inklusive Kessel, Multizyklone and Ventilatoren.
- Rauchgaskondensationsanlage.
- Hausübergabestationen.
- Prozeßleitsystem für Heizwerk und Fernwärmenetz.

Klöckner - Moeller GmbH
Heinz Moeller Straße 7 – 11, D - 53115 Bonn, GERMANY

- Elektrische Installationen.
- Hardware des Prozeßleitsystems.

Mannesmann Anlagenbau Austria AG
Schillerstraße 1, A - 5020 Salzburg, AUSTRIA

- Hydraulische Verrohrung.
- Verlegung des Fernwärmenetzes.

Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik
Technische Universität Graz

Inffeldgasse 25/II, A - 8010 Graz, AUSTRIA

in Zusammenarbeit mit

Ingenieurbüro BIOS – Bioenergiesysteme
Sandgasse 47/13, A - 8010 Graz, AUSTRIA

- Auslegung der innovativen Komponenten.
- Datenvisualisierung und Speicherung.
- Monitoring.

3.2 PROJEKT MANAGEMENT

Das Projekt wurde von der Fernwärmeversorgungs- GmbH. & Co KG Tamsweg zur Förderung eingereicht und koordiniert. Für den Erfolg des Projektes war die Unterstützung der Salzburger Landesregierung von großer Bedeutung, die zwei am Gebiet der Errichtung und des Betriebes von Biomassefernheizwerken äußerst erfahrene Ingenieure dem Projekt zur Verfügung stellte. Diese Managementstruktur führte zu einem raschen und gut koordinierten Voranschreiten der Arbeiten und stellte zusätzlich sicher, daß Erfahrungen, die während der Errichtung und des Betriebes anderer Heizwerke in Salzburg gemacht wurden, in das Projekt mit eingebracht werden konnten.

3.3 TECHNISCHE PROBLEME UND DEREN LÖSUNG

Nachdem bekannt wurde, daß ein Biomassefernheizwerk in Tamsweg errichtet werden sollte, sahen sich die Betreiber des Projektes mit skeptischen Anrainern konfrontiert. Das häufigste Argument gegen die Errichtung eines Fernheizwerkes war die Angst vor gesundheitsschädlichen Emissionen. Durch umfangreiche Information der Bevölkerung über die ökologischen Vorteile der Fernwärme aus Biomasse und eine Besichtigung des Biomassefernheizwerkes Lofer (Salzburg, Österreich) konnten diese Zweifel weitgehend ausgeräumt werden. Allgemein muß bemerkt werden, daß mit steigenden Informationsstand über das Projekt auch die Akzeptanz desselben in der Bevölkerung stark anstieg.

Da ein Großteil des Fernwärmenetzes im Ortszentrum von Tamsweg verlegt wurde, kam es wegen der auftretenden Verkehrsbehinderungen zu Beschwerden von Seiten der Gewerbetreibenden. Durch umfangreiche Informationsweitergabe und rasche Durchführung der Grabungsarbeiten konnten auch diese Probleme schnell gelöst

werden.

Neben den angeführten sozialen Problemen kam es auch zu technischen Problemen:

Während der ersten Betriebsphase kam im Rahmen der Optimierung der Anlagenregelung zu betrieblichen Problemen, die sich auch negativ auf die Funktion der Rauchgaskondensationsanlage auswirkten. Da zur Beseitigung dieser Probleme erheblicher Einsatz von Seiten der Betreiber notwendig war, muß zurückblickend erwähnt werden, daß vor allem in der ersten Betriebsphase eine enge Zusammenarbeit zwischen den Lieferanten der Feuerungsanlagen und den Betreibern zur schnelleren Lösung von einzelnen Problemen führt und somit Zeit und Geld eingespart werden können.

Wie in Abschnitt 2.2.2 bereits angeführt wurde, sind die Brennstofftagesbunker mit gelochten Bodenplatten versehen, durch die die Trocknungsluft strömt. Kleinere Rindenstücke fielen durch die Bohrungen in den Raum unterhalb des Tagesbunkers. Aus diesem Grund wurde zusätzlich eine Auffangwanne und ein Austragungssystem unter dem Brennstofftagesbunker installiert.

3.4 ABWEICHUNGEN VON DER URSPRÜNGLICHEN PLANUNG

Die Arbeiten bezüglich des Gebäudes, der Feuerungseinheit 1, der Rauchgaskondensationsanlage und der Anbindung des Stand-by Ölbrenners liefen entsprechend der Vorplanung ab. Da während der Bauphase die öffentliche Akzeptanz des Projektes stark anstieg, wurden im ersten Jahr weit mehr Wärmelieferverträge unterzeichnet als ursprünglich angenommen worden war woraus ein rascherer Ausbau des Fernwärmenetzes resultierte. Um den erhöhten Wärmebedarf abdecken zu können, wurde die Feuerungseinheit 2, deren Errichtung für den Sommer 1998 eingeplant gewesen war, bereits im Frühjahr 1997 installiert. Da seit Mai 1997 alle Komponenten des Biomassefernheizwerkes Tamsweg im automatischen Betrieb sind, konnten die Bauarbeiten mit Ausnahme zusätzlicher Erweiterungen des Fernwärmenetzes ein Jahr früher als erwartet abgeschlossen werden.

Da, mit Ausnahme geringer Probleme während der Inbetriebnahme, alle Hauptkomponenten (Feuerungen, Entstauber, Rauchgaskondensationsanlage, Aschenaufbereitung, Kondensataufbereitung und Fernwärmenetz) ohne nennenswerte Probleme operieren, waren keine wesentlichen Umbauarbeiten oder Modifikationen notwendig.

4 BETRIEBSERGEBNISSE

4.1 MEILENSTEINE DES ANLAGENBETRIEBES

Im Zeitraum April/Mai 1996 wurden die Bauarbeiten bezüglich des Heizhauses bzw. des Fernwärmenetzes aufgenommen. Bereits im August und September 1997

wurden die ersten Fernwärmekunden über den Stand-by Ölkessel mit Energie versorgt. Am 15. September 1996 wurden die Biomassefeuerungseinheit 1 (5 MW_{th}), die Aschenaufbereitungsanlage und die Rauchgaskondensationsanlage erstmals in Betrieb genommen. Seit Oktober 1996 sind diese Komponenten im automatischen Betrieb. Im Juni 1997 nahm auch die Biomassefeuerung 2 (3 MW_{th}) den automatischen Betrieb auf.

Der Wärmebedarf des überwiegenden Teils der Abnehmer ist von den Außentemperaturen abhängig. Aus diesem Grund wird während der Frühjahrs- und Herbstmonate das Fernwärmenetz von der Feuerungseinheit 1 versorgt. Während der Sommermonate reicht der Betrieb der Feuerungseinheit 2 zur Deckung des Wärmebedarfes aus, während im Zeitraum November bis März beide Feuerungsanlage im kontinuierlichen Betrieb stehen.

4.2 BETRIEBSERGEBNISSE

Neben den Daten bezüglich Wärmeerzeugung und Anlagenwirkungsgrade, die sich auf das abgelaufene Geschäftsjahr September 1997 bis August 1998 beziehen, behandelt dieser Abschnitt hauptsächlich die Überprüfung der Funktion der innovativen Komponenten Projektes, und beinhaltet, der Auflistung in Abschnitt 2.1 entsprechend, folgende Themenbereiche:

- Brennstoffvortrocknung
- NO_x Reduktion mit Primärmaßnahmen
- Fraktionierte Schwermetallabscheidung
- Energieeffizienz der Anlage

Im Rahmen des Projektes war das Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik, Technische Universität Graz, für Evaluierung der innovativen Komponenten sowie das Monitoring zuständig. Neben eigens durchgeführten Meßserien wurden vor allem die vom Prozeßleitsystem aufgezeichneten Daten zur Beurteilung des Anlagenbetriebes ausgewertet.

4.2.1 Brennstoffvortrocknung

Im Zeitraum Jänner bis April 1998 wurden Testläufe zur Beurteilung der Brennstofftrocknung durchgeführt. Zusätzlich zu den vom Prozeßleitsystem aufgezeichneten Daten, wurden der Trocknungsluftstrom, die Trocknungsluftfeuchte und die Trocknungslufttemperatur, der Druckverlust über die Brennstoffschüttung und der Wassergehalt des Brennstoffes genauen Untersuchungen unterzogen.

Abbildung 5 zeigt einen typischen Trocknungsverlauf. Um 18:00 wurde der Tagesbunker neu befüllt und der Trocknungsluftventilator in Betrieb genommen. Während des beschriebenen Testlaufes betrug der Trocknungsluftstrom zwischen 18.000 und 22.000 m³/h bei Temperaturen von 38 bis 40°C. Der Druckverlust über die Brennstoffschüttung wurde kontinuierlich gemessen. Diskontinuierlich wurden jeweils zwei Brennstoffproben unmittelbar vor Eintritt in die Feuerung gezogen und einer Wassergehaltsbestimmung zugeführt. Wegen der Inhomogenität des Brennstoffes weichen die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen der beiden Proben teilweise erheblich voneinander ab.

Am Beginn des Versuches betrug der Brennstoffwassergehalt 54,1 Gew.% d. FS. Da in den ersten Stunden hauptsächlich Material von der Spitze der Schüttung zur Feuerung transportiert wurde, ist anfänglich kein Trocknungserfolg ersichtlich. Nach Abflachung des Schüttkegels im Brennstofftagesbunker wird Brennstoff von der untersten Schicht vom Querförderer erfaßt (in dieser Schicht ist die Trocknung bereits weiter fortgeschritten) und in Richtung der Querförderrinne transportiert. Da während der Nachstunden der Wärmebedarf des Fernwärmenetzes gering ist, kann genügend Material vorgetrocknet werden, so daß bei Eintreten der Leistungsspitze in den Morgenstunden genügend Brennstoff mit reduzierten Wassergehalt (43 bis 45 Gew.% d.FS.) zur Verfügung steht. Da die Höhe der Schüttung im Brennstofftagesbunker mit steigendem Brennstoffverbrauch auch stärker reduziert wird, kann in Abbildung 5 an Hand des fallenden Druckverlustes auch das Einsetzen der Vollastphase in den Morgenstunden abgelesen werden.

Die während des dokumentierten Versuchslaufes erzielte Reduktion des Brennstoffwassergehaltes von ca. 10 Gew.% kann als repräsentativer Wert für alle durchgeführten Versuche bewertet werden.

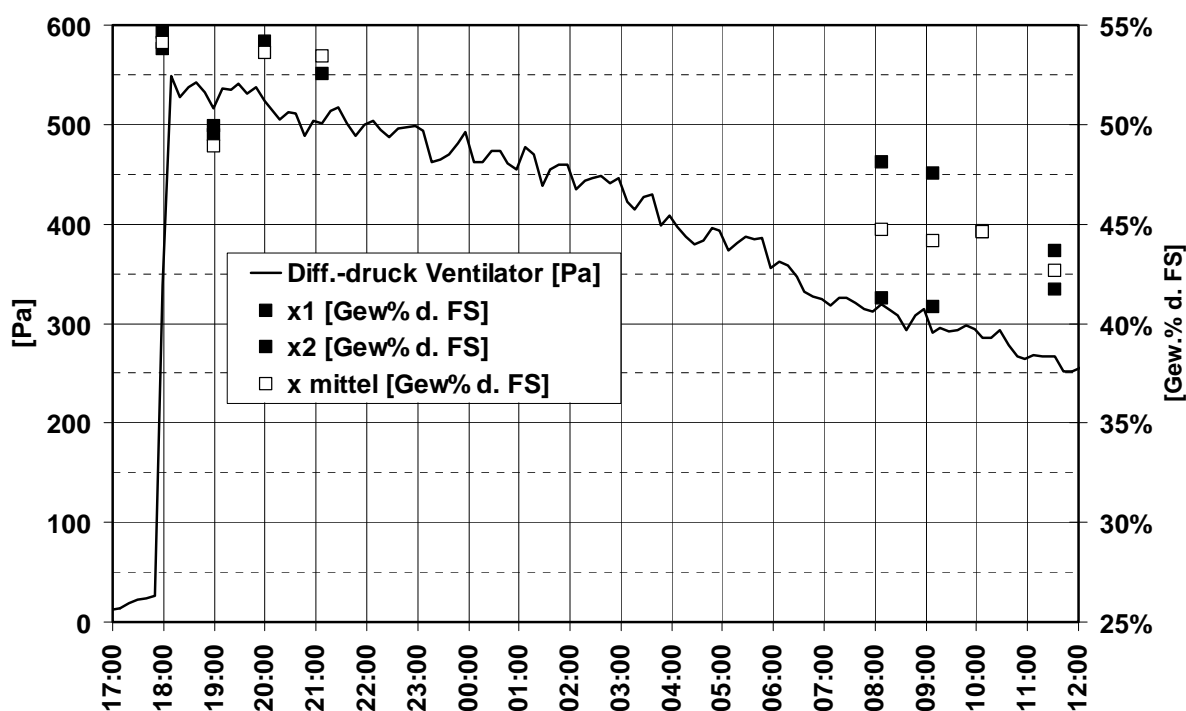


Abbildung 5: Änderung des Brennstoff-Wassergehaltes und der Druckdifferenz über die Schüttung während der Brennstofftrocknung

4.2.2 NO_x Reduktion mit Primärmaßnahmen

Umfangreiche Testläufe mit kontinuierlichen Emissionsmessungen wurden zur Beurteilung des NO_x-Reduktionspotentials der Luftstufung durchgeführt.

Während einer ersten Meßserie im Jänner 1997 konnte festgestellt werden, daß die angewendete Feuerungstechnologie zu einer Reduktion der NO_x-Emissionen auf 140

– 180 mg/Nm³ (½-Stunden Mittelwerte, bezogen auf trockenes Rauchgas und 13 Vol.% O₂) führte. NO_x-Emissionen in Rindenfeuerungsanlagen, in denen keine gezielte Luftstufung implementiert ist, betragen üblicherweise zwischen 200 und 300 mg/Nm³ (trockenes Rauchgas, 13 Vol.% O₂) betragen.

Im Zeitraum Februar bis April 1998 wurden mehrere 3-5 Tage dauernde Testperioden mit kontinuierlicher Messung der NO_x-Emissionen durchgeführt. Da die Ergebnisse der einzelnen Versuchsserien sich ähneln, wird im folgenden eine 4-Tage lange Periode als Beispiel genauer dokumentiert:

Randbedingungen:

Temperaturen in der Primärverbrennungszone:	900 – 1.050 °C
Verbrennungsluftverhältnis (Primärverbrennungszone):	0,6 – 0,9
Anlagenleistung:	40 - 100% der Nennleistung
Stickstoffgehalt des Brennstoffes:	0,4 Gew.% d. TS.

Wie Abbildung 6 zu entnehmen ist, lagen 97,8% der gemessenen NO_x-Werte (10 Sekunden-Einzelwerte) unter 200 mg/Nm³ (NO_x als NO₂, bezogen auf trockenes Rauchgas und 13 Vol.% O₂), 75% unter 172 mg/Nm³ und 50% unter 160 mg/Nm³. Während des Testlaufes betrug der Mittelwert der CO-Emissionen 134 mg/Nm³. Bezüglich der minimalen und maximalen auftretenden NO_x-Emissionen sowie der Mittelwerte über die einzelnen Testläufe kann das dokumentierte Ergebnis als repräsentativer Fall für alle durchgeführten Messungen angesehen werden.

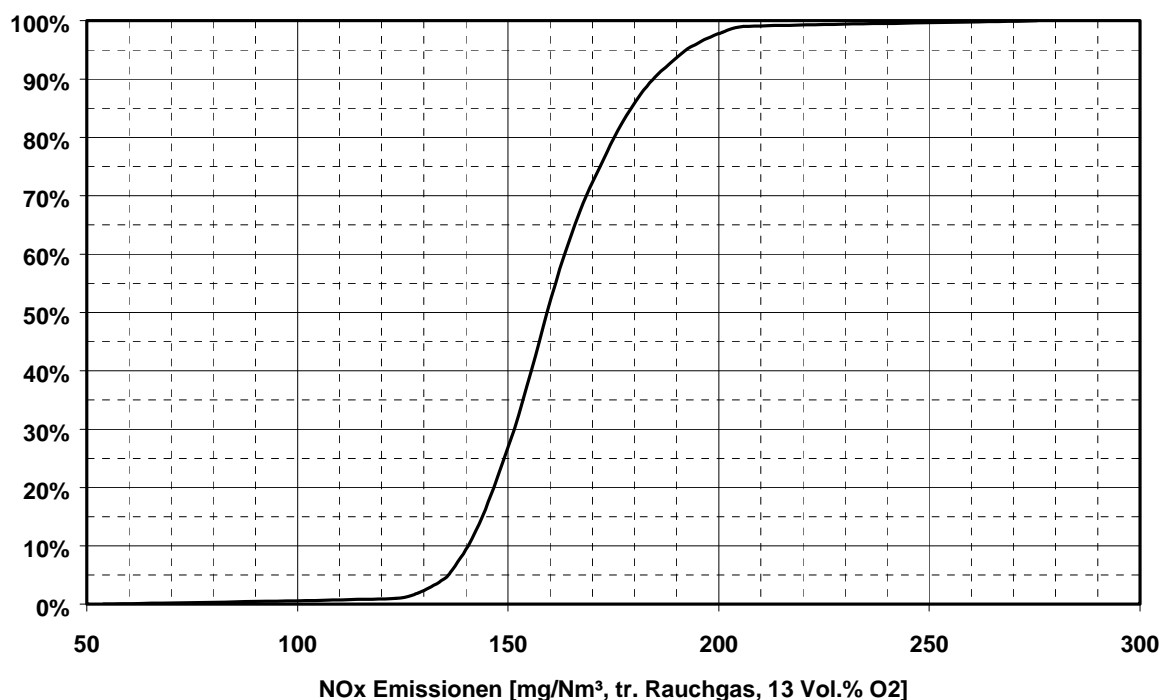


Abbildung 6: Summenhäufigkeit der NO_x-Emissionen während eines Testlaufes

Erläuterung: Abtastrate: 10 s, Meßdauer: 4 Tage

4.2.3 Fraktionierte Schwermetallabscheidung

Wie bereits in Abschnitt 2.1 erwähnt wurde, war ein Hauptziel des Projektes, den überwiegenden Teil der anfallenden Aschen, das sogenannte verwertbare Aschengemisch (Rostasche, sekundäre Rostasche, Zyklonflugasche) möglichst schwermetallfrei zu halten und die umweltrelevanten Schwermetalle in einem Seitenstrom, dem Kondensatschlamm zu konzentrieren. Dieses Ziel kann mit der Technologie der fraktionierten Schwermetallabscheidung erreicht werden. Basis dieser Technologie sind eine reduzierende Atmosphäre am Rost und eine möglichst hohen Abscheiderate von Flugaschen in den heißen Zonen der Feuerung. Wie in Abschnitt 2.2.3 erwähnt wurde, wurden diese Randbedingungen bei der Konzeption der Feuerungsanlagen entsprechend berücksichtigt.

Um die Auswirkungen der fraktionierten Schwermetallabscheidung auf die Zusammensetzungen der anfallenden Aschefraktionen erheben zu können, wurden 4 Testläufe zu je 48 Stunden durchgeführt, während denen neben der Erfassung aller relevanter Prozeßdaten und der gasförmigen Emissionen folgende Probenahmen durchgeführt wurden:

- Brennstoffprobenahmen,
 - Beprobung der Rostasche, der sekundären Rostasche und Zyklonflugasche,
 - Beprobung der Flugaschen vor und nach der Rauchgaskondensationsanlage.
- Des Weiteren wurden während jeder Versuchsperiode alle anfallenden Aschenmengen erfaßt.

Die Brennstoff und Aschenproben wurden naßchemischen Analysen zugeführt, und auf Basis der so erlangten Informationen über die Zusammensetzungen der einzelnen Aschefraktionen und der aufgezeichneten Betriebsdaten der Anlage Massen- und Energiebilanzen für die einzelnen Versuchsperioden erstellt.

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen beispielsweise die Cd- und Zn-Konzentrationen in den einzelnen Aschefraktionen. Die Rostasche ist nahezu Zn- und Cd-frei. Während die Zn-Konzentration in der sekundär Rostasche leicht ansteigt, ist diese Aschenfraktion ebenfalls nur in Spuren mit Cd verunreinigt (Abscheidetemperatur: ca. 950 – 1050°C). Höhere Konzentrationen von Cd und Zn treten in der Zyklonflugasche auf (Abscheidetemperatur: 150 – 200°C). Die bei weitem höchsten Schwermetallgehalte enthalten die Flugaschen nach dem Multizyklon, die zu 60 – 70% in der Rauchgaskondensationsanlage abgeschieden werden, während der verbleibende Teil der Flugasche mit dem Rauchgas emittiert wird.

Die Massenverteilung der erzeugten Aschen ist in Abbildung 9 dargestellt. Da ca. 80% der erzeugten Aschen am Rost und im Ofen (sekundäre Rostasche) anfallen, und somit der Anteil an Zyklonflugasche und Kondensatschlamm gering gehalten werden kann, erscheint die gewählte Feuerraumgeometrie mit den ausreichend dimensionierten Beruhigungszonen als erfolgreicher Schritt. Aus diesem Grund wirken sich die im Vergleich zur Rostasche hohen Schwermetallkonzentrationen der Zyklonflugasche nur abgeschwächt auf die Zusammensetzung des verwertbaren Aschengemisches aus, da die niedrig belasteten Fraktionen Rostasche und sekundäre Rostasche in der Massenverteilung deutlich dominieren.

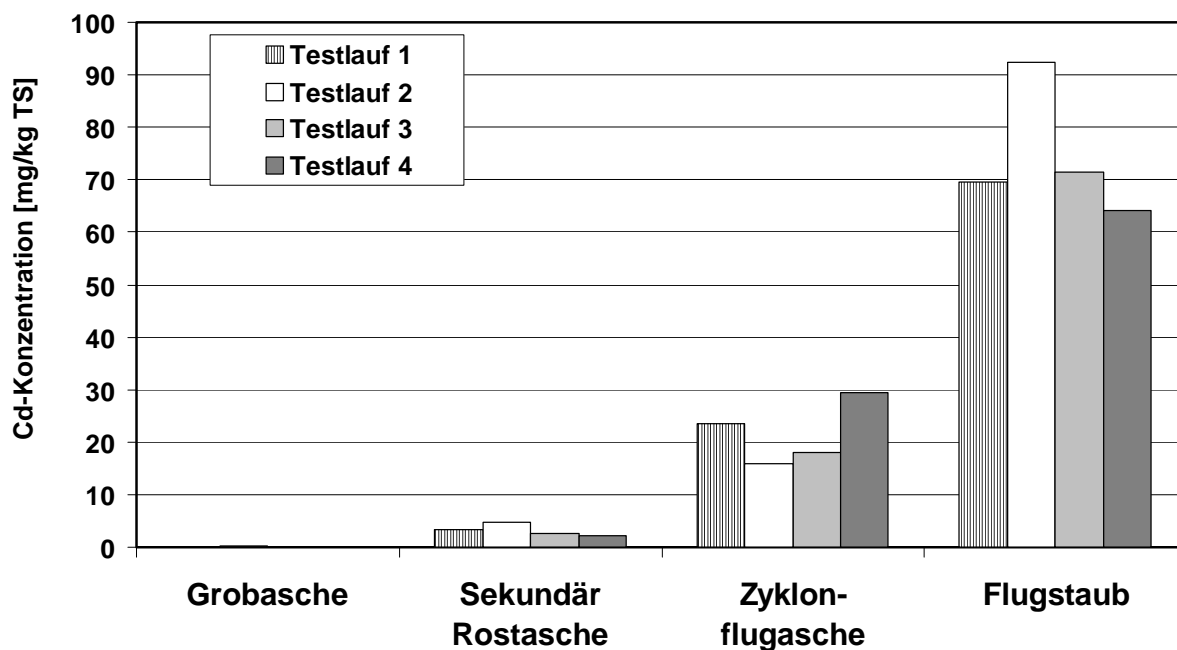


Abbildung 7: Cd- Konzentrationen in den einzelnen Aschefractionen

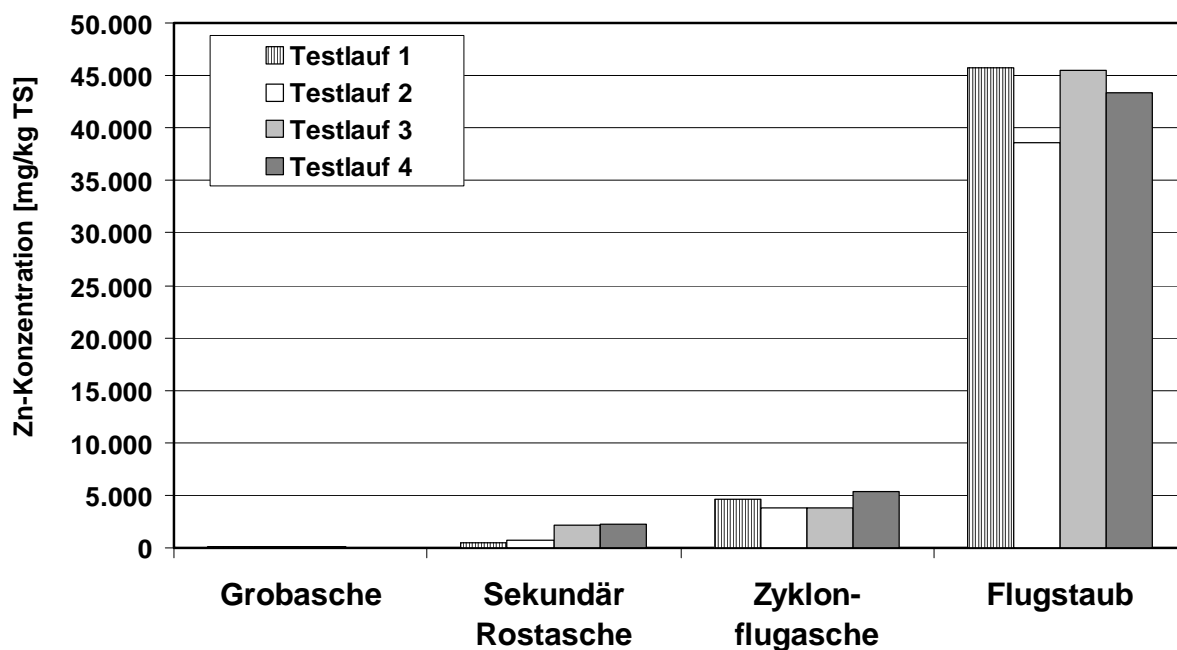


Abbildung 8: Zn- Konzentrationen in den einzelnen Aschefractionen

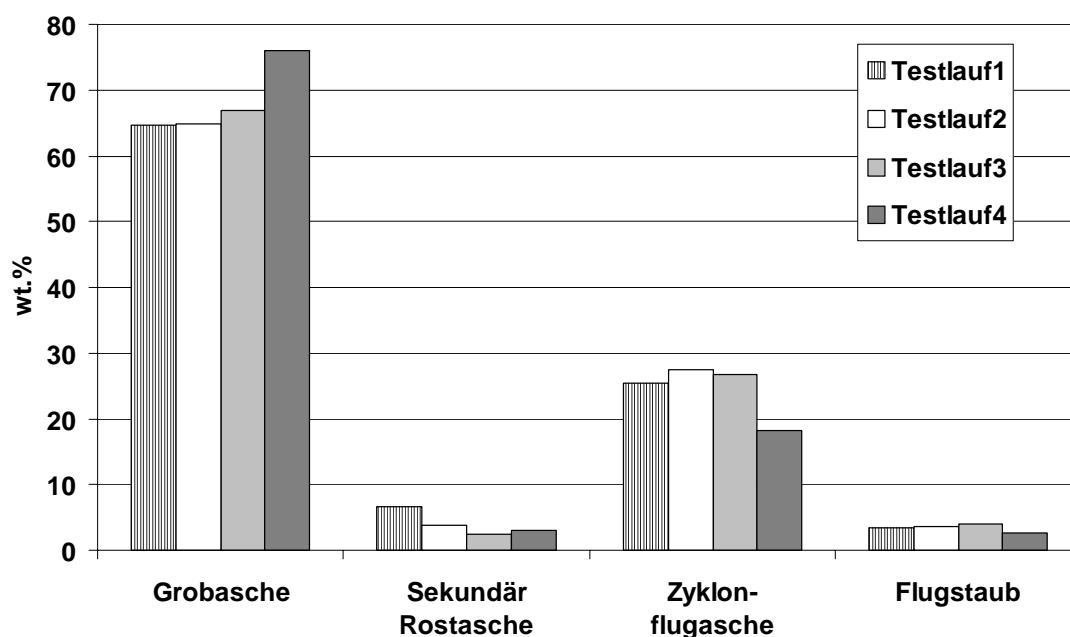


Abbildung 9: Massenverteilung der anfallenden Aschen

4.2.4 Energieerzeugung und Wirkungsgrade

Eine zentrale Zielsetzung des Projektes war es, die Energieeffizienz von Biomassefernheizwerken zu steigern. Zu diesem Zweck wurde die Rauchgaskondensationsanlage in das Konzept mit eingebunden. Außerdem wurden alle stromverbrauchenden Aggregate in Richtung geringer Stromverbräuche hin optimiert. Die optimierte Auslegung des Fernwärmenetzes sollte ebenfalls zur Reduktion der Investitions- und Betriebskosten beitragen.

In Tabelle 1 sind die Wirkungsgrade des Biomassefernheizwerkes Tamsweg, die während der Monitoring-Phase erhoben wurden aufgelistet und mit den zu Beginn des Projektes als Ziel definierten Werten verglichen. Zusätzlich sind durchschnittliche Wirkungsgrade konventioneller Biomassefernheizwerke in Tabelle 1 angeführt.

	konventionelles Biomassefernheizwerk	Zielwert	Ergebnisse Monitoring-phase
Wirkungsgrad der Verbrennung (bezogen auf den Heizwert H_U)	83%	103%	99.4%
Elektrischer Strombedarf	< 2%	1 – 1.5%	1 – 1.5%
Wirkungsgrad des Fernwärmenetzes	72%	80-84%	ca. 80%
Gesamtwirkungsgrad	56%	76%	72%

Tabelle 1: Wirkungsgrade des Biomassefernheizwerkes Tamsweg

Erläuterungen: Wirkungsgrad der Verbrennung: Erzeugte Wärmemenge / Heizwert des Brennstoffes * 100; elektrischer Stromverbrauch: elektrischer Stromverbrauch / erzeugte Energiemenge * 100; Wirkungsgrad der Wärmeverteilung: an die Verbraucher abgegebene Wärmemenge / erzeugte Wärmemenge

4.3 ERFOLG DES PROJEKTES

Bei Beurteilung der Wirkungsgrade muß zusätzlich berücksichtigt werden, daß der Niedertemperaturabnehmer mit dem höchsten Wärmebedarf, daß Hallenbad Tamsweg, während des Beobachtungszeitraumes wegen Revisionsarbeiten nicht in Betrieb war. Bei vollem Betrieb des Hallenbades werden durch die bessere Auslastung des Niedertemperaturnetzes die Niedertemperatur-Rücklauftemperaturen weiter absinken, und die Wirkungsgrade der Anlage durch die bessere Ausnutzung der Kondensatorstufe der Rauchgaskondensationsanlage gesteigert werden. Aus diesem Grund ist anzunehmen, daß nach Inbetriebnahme des Hallenbades und Abschluß der verbliebenen Netzausbauarbeiten alle gesteckten Ziele bezüglich der Energieeffizienz der Anlage eingehalten bzw. sogar übertroffen werden können.

Wie in Abschnitt 4.2.1 bereits erwähnt wurde, konnte durch die Brennstoffvortrocknung der Brennstoff-Wassergehalt von 50-60 Gew% d. FS. auf 40-50 Gew.% d. FS. reduziert werden. Auf Basis der Beobachtungen während des kontinuierlichen Betriebes der Brennstoffvortrocknung und der Ergebnisse der Messungen können folgende Rückschlüsse bezüglich dieses innovativen Aspekts des Projektes gezogen werden:

1. Ein Vorteil des neuen Trocknungssystems liegt darin, daß der übliche Ablauf der Brennstoffbeschickung (Langzeitlagerung im Freilager, tägliches Befüllen der Brennstofftagesbunker) unverändert bleibt. Außerdem konnte festgestellt werden, daß im Brennstofftagesbunker der Feuerung 2, die noch nicht mit einer Vortrocknung ausgerüstet ist, bei niedrigen Außentemperaturen (<0°C) der Brennstoff zu vereisen begann und an den Wänden des Brennstofftagesbunkers anhaftete. Die Anbackungen mußten manuell entfernt werden. Durch den Einsatz vorgewärmter Trocknungsluft trat dieses Problem bei der Feuerungseinheit 1 nie auf.
2. Da zur Vorwärmung der Trocknungsluft Abwärme des Rauchgases verwendet wird, reduzieren sich die Betriebskosten der Brennstofftrocknung auf den Strombedarf des Trocknungsventilators. Bei der Verwendung trockeneren

Brennstoffes reduziert sich die Rauchgasmenge pro erzeugter Wärmeeinheit und der Taupunkt des Rauchgases sinkt ebenfalls geringfügig ab. Aus diesem Grund werden auch der Leistungsbedarf des Rauchgasventilators und des Reingasventilators gemindert. Die beiden erwähnten Effekte auf den Stromverbrauch des Heizwerkes halten sich in etwa die Waage – es konnten während der Betriebsphasen und der Betriebsstillstände der Brennstofftrocknung keine erheblichen Änderungen des spezifischen Stromverbrauches festgestellt werden. Außerdem kann durch Optimierung der Entschwadungsluftzufuhr (bei trockenerem Brennstoff wird weniger Entschwadungsluft benötigt) ein weiteres Reduktionspotential bezüglich des Stromverbrauches ausgeschöpft werden.

3. Bei Betrieb der Brennstofftrocknung stiegen die Feuerraumtemperaturen im Bereich zwischen 50 und 100°C an, was vor allem für die NO_x-Reduktion und die fraktionierte Schwermetallabscheidung von großer Bedeutung ist.
4. Geruchsbelästigungen durch die Brennstofftrocknung traten äußerst selten auf, zumeist aber bei der Verwendung lang eingelagerter Brennstoffe.
5. Der erzielte Trocknungserfolg korrespondiert unter den gegebenen Randbedingungen (Trocknungsluftstrom: ca. 20.000 m³/h bei 38 – 40°C) sehr gut mit den Ergebnissen eines speziell für diese Art der Trocknung am Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik, Technische Universität Graz, entwickelten Simulationsprogramm. Weitere Simulationsrechnungen ergaben, daß der Trocknungsfortschritt lediglich durch eine Erhöhung des Trocknungsluftvolumenstromes erreichbar wäre. Allerdings würde in diesem Fall der Druckverlust (derzeit ca. 500 – 600 Pa bei gefülltem Bunker) erheblich ansteigen und damit das System wegen des erhöhten Energiebedarfes des Trocknungsluftventilators unwirtschaftlich werden.

Um die Wirkung der Luftstufung auf die NO_x-Emissionen bewerten zu können, müssen die in Abschnitt 4.2.2 angeführten Meßdaten mit Abbildung 11, in der NO_x-Emissionsbereiche für verschiedene Technologien bei unterschiedlichem Brennstoffstickstoffgehalt dargestellt sind, verglichen werden. Der Vergleich zeigt deutlich, daß die in Tamsweg erzielten Ergebnisse genau in dem Bereich, der für Anlagen mit Luftstufung üblich ist, liegen. Im Vergleich zu Feuerungen, die nicht mit gezielter Luftstufung ausgerüstet sind, bedeutet das eine Reduktion der NO_x-Emissionen von ca. 30%.

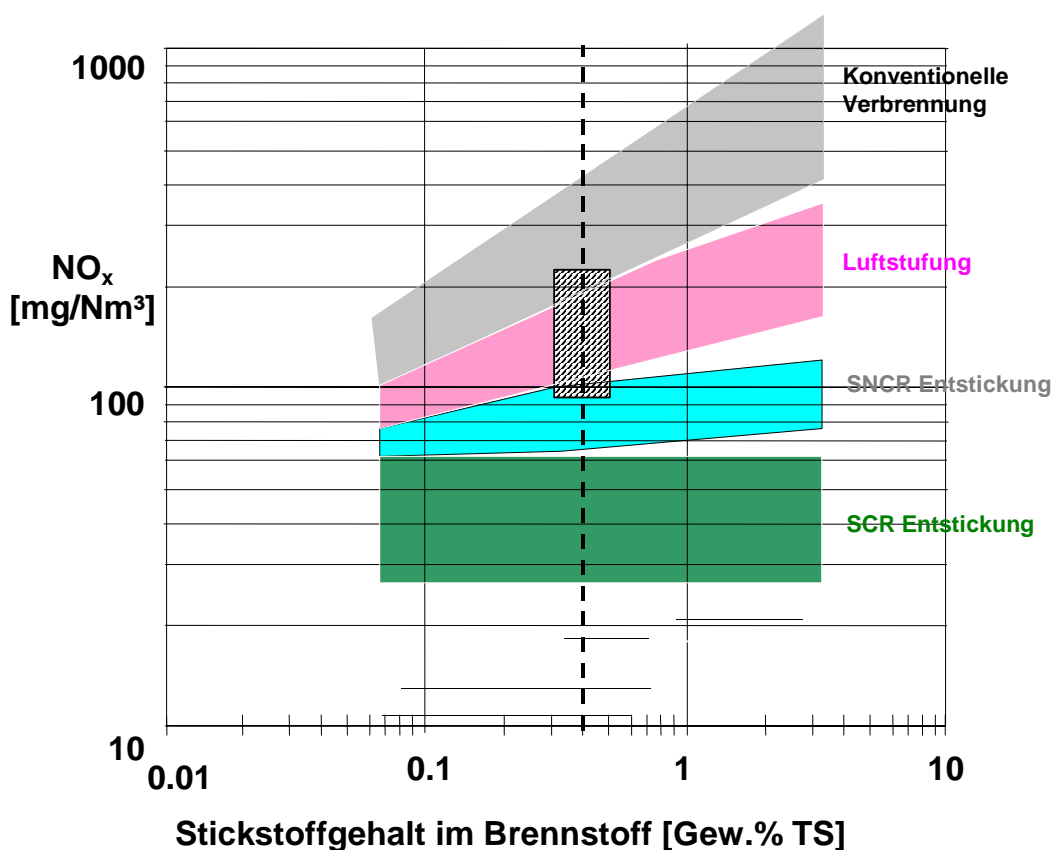


Abbildung 11: NO_x-Emissionen bei Anwendung verschiedener Verbrennungstechnologien und Brennstoffstickstoffgehalte

Wie aus den Abbildungen 7,8 und 9 ersichtlich ist, waren auch die anlagentechnischen Maßnahmen, die die fraktionierte Schwermetallabscheidung unterstützen sollten, erfolgreich. In Tabelle 2 sind die aus den Messungen resultierenden Zusammensetzungen des verwertbaren Aschegemisches und die gültige Grenzwert aufgelistet. Es kann festgestellt werden, daß die Schwermetallkonzentrationen im verwertbaren Aschengemisch teils deutlich unter dem jeweiligen Grenzwert liegen, und eine Ausbringung der Aschen im Sinne einer ökologischen Kreislaufwirtschaft somit möglich ist [1, 2]

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Mittelwert	Grenzwert
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Cu	110,0	100,0	100,0	120,0	107,5	250,0
Zn	1.433,6	1.304,2	1.169,0	1.111,3	1.254,5	1.500,0
Ni	83,4	71,4	81,1	92,3	82,1	100,0
Pb	20,7	11,0	11,3	17,0	15,0	100,0
Cd	6,3	4,7	5,1	5,6	5,4	8,0

Tabelle 2: Schwermetallgehalte des verwertbaren Aschengemisches

Zusammenfassend kann angemerkt werden, daß alle innovativen Komponenten den Erwartungen entsprechen. Sowohl die Trocknungsraten als auch die NO_x-Emissionen und Schwermetallkonzentrationen der Aschen entsprechen den im vorab theoretisch abgeschätzten Zielsetzungen. Nach Abschluß der Arbeiten am Fernwärmenetz und Inbetriebnahme aller Hausübergabestationen, kann auch mit einem Ansteigen der Wirkungsgrade gerechnet werden. Allerdings muß bemerkt werden, daß schon jetzt die in Tamsweg erzielten Wirkungsgrade weit über dem Durchschnitt konventioneller österreichischer Biomassefernheizwerke liegen.

Neben der erfolgreichen technologischen Umsetzung des Projektes muß zusätzlich erwähnt werden, daß die soziale Akzeptanz des Projektes in der Gemeinde Tamsweg seit Baubeginn stetig angestiegen ist.

4.4 BETRIEBSKOSTEN

Die jährlichen Betriebskosten des Biomassefernheizwerkes Tamsweg für das Geschäftsjahr vom 1. September 1997 bis 31 August 1998, sind in Tabelle 3 angeführt. Im Gegensatz zu den im ersten Betriebsjahr entstandenen Betriebskosten, in die die gesamte Errichtungs- und Inbetriebnahmephase mit eingingen, sollten diese Kosten auch für die kommenden Jahre gültig sein.

Brennstoff	2.418.000 ATS
Elektrischer Strom	609.000 ATS
Personal	1.057.000 ATS
Instandhaltung	1.426.000 ATS
Versicherungen	78.000 ATS
Telephon	47.000 ATS
Steuern	11.000 ATS
Wasseraufbereitung	58.000 ATS
Gebühren	113.000 ATS
Steuerberatung	238.000 ATS
Entsorgung	50.000 ATS
Sonstiges	377.000 ATS
Total	6.485.000 ATS

Tabelle 3: Betriebskosten des Biomassefernheizwerkes Tamsweg

4.5 AUSBLICK

Mit Ausnahme der Vervollständigung des Fernwärmenetzausbaues sind für die kommenden Jahre keine weiteren Arbeiten am Biomassefernheizwerk Tamsweg geplant.

4.6 WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG

Im Vergleich zur ursprünglich Projektplanung konnte die Amortisationszeit der

Anlage erheblich gekürzt werden (siehe Tabelle 4). Hauptverantwortlich dafür ist die hohe Akzeptanz der Fernwärme im Ort Tamsweg, die zu einer bei weitem höheren Anschlußbereitschaft der Bevölkerung als angenommen führte. Dadurch konnte im Fernwärmeversorgungsgebiet eine Abdeckung von 85 bis 90% des gesamte Wärmebedarfes erzielt werden.

Jahr		1	2	3	4	5	10	15	
Investitionskosten	geplant	83.373	83.373	106.102	106.102	106.102	106.102	106.102	[1000 ATS]
	aktuell	92.355	110.672	110.672	110.672	110.672	110.672	110.672	[1000 ATS]
Betriebskosten	geplant	3.620	3.947	4.112	4.703	4.728	4.855	4.989	[1000 ATS]
	aktuell	5.626	6.759	6.570	6.592	6.615	6.732	6.855	[1000 ATS]
Ertrag	geplant	4.930	6.090	6.570	8.767	8.854	9.306	9.781	[1000 ATS]
	aktuell	4.930	11.525	11.640	11.757	11.874	12.480	13.117	[1000 ATS]
Amortisierung	geplant	66	40	41	26	26	24	22	Jahre
	aktuell		23	22	21	21	19	18	Jahre

Tabelle 4: Vergleich der ursprünglichen mit der aktuellen Entwicklung der Wirtschaftlichkeit des Biomassefernheizwerkes Tamsweg.

5 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT, KOMMERZIELLE UMSETZUNG

5.1 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Auf Grund der Öffentlichkeitsarbeit der Projektpartner und der Gemeinde Tamsweg erreichte das EU-THERMIE Projekt „sustainable biomass Heating Plant Tamsweg“ in Österreich aber auch in anderen Europäischen Ländern einen hohen Bekanntheitsgrad.

Bis August 1998 besuchten insgesamt 63 Exkursionen das Biomassefernheizwerk. In- und ausländische Experten, Beamte, Schulgruppen und Betreiber von Biomassefernheizwerken zeigten dabei Interesse am Projekt. Um den Besuchern entsprechendes Informationsmaterial zur Verfügung stellen zu können, wurde eine Broschüre, die die Technologie, Finanzierung sowie den Ablauf des Projektes dokumentiert, gedruckt.

Während der vergangenen zwei Jahre fand das Biomassefernheizwerk Tamsweg in 20 Berichten in lokalen Zeitungen sowie 5 Reportagen in nationalen und internationalen Magazinen Erwähnung. Zahlreiche Radiosendungen beschäftigten sich mit dem Projekt, ebenso wie eine Reportage des Deutschen TV-Senders ARD.

Die in Tamsweg installierte Heizwerkstechnologie, speziell die innovativen Komponenten, wurden im Rahmen von nationalen und internationalen Konferenzen, wie zum Beispiel der VDI Konferenz "Thermische Biomassenutzung – Technik und Realisierung", April 1997, Salzburg, einem breiten Expertenpublikum präsentiert [3, 4, 5].

5.2 AUSBLICK

Wie bereits in den Abschnitten 3.4 und 4.3 ausführlich erläutert wurde, arbeiten alle Komponenten des Biomassefernheizwerkes Tamsweg ohne nennenswerte Probleme, weshalb auch keine weiteren Modifikationen notwendig sind. Lediglich weitere Optimierungsarbeiten an der Anlagenregelung, wie zum Beispiel die Verbesserung der Entschwadungsluftregelung, sind für die kommenden Jahre geplant.

Die innovativen Komponenten wurden von ihren Herstellern bereits in das Standardlieferprogramm übernommen. Da es sich, mit Ausnahme der Brennstoffvortrocknung zumeist um Weiterentwicklungen bzw. Verbesserungen erprobter Komponenten handelt, sind die innovativen Aspekte des Projektes bereits in die Serienproduktion der Projektpartner mit aufgenommen, und in weiteren neu errichteten Anlagen angewendet worden. Allgemein hat das nationale und internationale Interesse am Projekt Tamsweg zu einer Verbesserung der Marktposition der beteiligten Partner in Europa geführt.

5.3 ERFAHRUNGEN / SCHLUßFOLGERUNGEN

Die Errichtung eines Fernheizwerkes führt, unabhängig vom verwendeten Brennstoff, zumeist zu einer öffentlichen Diskussion bezüglich der zu erwartenden Emissionen. Um die öffentliche Akzeptanz solcher Projekte zu verbessern, ist es unbedingt notwendig, bereits im Vorfeld der Planungen die Bevölkerung ausreichend über die Verbrennungstechnologie, die Emissionen und die Reduktion der regionalen Emissionsbelastung durch ein Fernheizwerk (durch Substitution von Einzelfeuerungen) zu informieren.

Ein vorrangiges Ziel des Projektes war die Steigerung der Energieeffizienz von Biomassefernheizwerken. Dabei wurde unter anderem besonderer Wert auf eine möglichst weitgehende Optimierung des Fernwärmenetzes und der Hausübergabestationen gelegt. Der Erfolg dieser Bemühungen zeigt sich deutlich in der im Vergleich zum Durchschnitt österreichischer Fernwärmenetze um ca. 8% höheren Wirkungsgrad der Wärmeverteilung. Aus diesem Grund muß die Auslegung des Fernwärmenetzes, die zu den ersten Schritten im Rahmen der Planungsarbeiten zählt, als ein äußerst wichtiger Schritt mit erheblichen Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des gesamten Projektes, bewertet werden.

Zusammenfassend kann angemerkt werden, daß die wohl wichtigste Erfahrung, die während der Errichtung des Heizwerkes gemacht wurde war, daß eine möglichst enge und intensive Zusammenarbeit der Planer und Betreiber mit den ausführenden Firmen schon während der Bauphase Zeit und Geld einspart und zu bei weitem rascheren Lösungen für kurzfristig auftretende Probleme führt. Dies gilt speziell für so große Projekte wie Tamsweg im verstärkten Ausmaß.

5.4 PATENTE

Bezüglich der fraktionierten Schwermetallabscheidung wurden bereits erste Schritte zur Patentierung des Verfahrens gesetzt.

5.5 KOMMERZIALISIERUNG DER INNOVATIVEN TECHNOLOGIEN

Die in Tamsweg angewendeten Technologien repräsentieren den Stand der Technik der Biomasseverbrennung. Da es sich bei allen Komponenten mit Ausnahme der Brennstoffvortrocknung um Weiterentwicklungen bereits erfolgreich eingesetzter Technologien handelt, konnten die Erfahrungen und Ergebnisse des Projektes auch umgehend in andere Projekte mit eingebunden werden. Die Luftstufungstechnologie, die sich im vorliegenden Projekt als äußerst wirkungsvoll erwiesen hat, ist mittlerweile zu einem typischen Merkmal der Feuerungen der Firma Kohlbach GmbH & Co geworden. Das selbe gilt auch für die fraktionierte Schwermetallabscheidung. Auch alle anderen Projektpartner zogen ihre Vorteile aus der Mitwirkung an einem national und international beachteten Projekt, und nützten es zugleich zur Demonstration ihrer neuesten Entwicklungen. Alle Anlagenkomponenten, die in Tamsweg noch neu waren, sind bereits als Standard in die Lieferprogramme der betreffenden Firmen eingegangen, und werden, nicht zuletzt wegen des hohen internationalen Interesses am Projekt Tamsweg, auch in andere europäische Länder wie Italien, Deutschland und osteuropäische Staaten, exportiert.

LITERATUR

1. BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1997: Der sachgerechte Einsatz von Pflanzenasche im Wald, Richtlinie, Wien, Österreich.
2. FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ, 1998. Der sachgerechte Einsatz von Pflanzenaschen im Acker- und Grünland. Richtlinie, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (ed.), Wien , Austria
3. BRUNNER Thomas, OBERNBERGER Ingwald, 1996: New Technologies for NO_x-Reduction and Ash Utilization in Biomass Combustion Plants - JOULE THERMIE 95 Demonstration Project. In: Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Volume 2, pp. 1269-1275, ISBN 0 08 0428 495, Elsevier Science Ltd (ed), Oxford, United Kingdom
4. BRUNNER Thomas, LAUCHER Andreas, OBERNBERGER Ingwald, 1997: Sägerestholzfeuerung mit Rauchgaskondensation und Ascheaufbereitung. In: VDI Bericht 1319, pp.223-240, 1997, "Thermische Biomassenutzung - Technik und Realisierung", ISBN 3-18-0913 19-3, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, Deutschland
5. BRUNNER Thomas, OBERNBERGER Ingwald, 1997: Trocknung von Biomasse -

Grundlagen und innovative Technik. In: Tagungsband zur 3. Internationalen Fachtagung "Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe", Sept. 1997, Freiberg, Technische Universität Bergakademie Freiberg (Hrsg.), Freiberg, Deutschland