



## VDI - Bildungswerk

### Stand der Feuerungstechnik für Holz, Gebrauchtholz – Biomasse – Pellets - Rinde

Salzburg, 25. – 26. Jan. 2001

### Altholz und Schleifstaub-Verwertung in einer 60 MW<sub>FWL</sub> Spreader Stoker Anlage

Dipl.-Ing. Hans Erik Askou  
Aalborg Energie Teknik a/s

Aalborg Energie Teknik a/s  
Niels Jernes Vej 10  
DK-9220 Aalborg Ø  
Telefon +45 96 35 44 66  
Telefax +45 96 35 20 70  
aet@aet-biomass.com



## Altholz und Schleifstaub-Verwertung in einer 60 MW<sub>FWL</sub> Spreader Stoker Anlage

OH1 – Logo

### Einleitung – Wer ist Aalborg Energie Teknik a/s?

OH2 – Basics of AET

Ein wesentlicher Teil der AET-Mitarbeiter haben früher in einer bekannten Firma – Aalborg Industries – gearbeitet. Aalborg Industries ist eine Firma mit gegenwärtig 1.600 Mitarbeitern, die Kessel für beinahe alle Zwecke und für die ganze Welt herstellt. Im Jahre 1996 beschloss Aalborg Industries aber – aus strategischen Ursachen – die feststoffbefeuereten Energieanlagen aus ihrer Produktpalette auszuschliessen. Kurz danach haben wir die Firma Aalborg Energie Teknik a/s gegründet.

Obwohl unsere Firma ziemlich jung ist, sind unsere Mitarbeiter im Bereich sehr erfahren. Insgesamt haben wir eine ungefähr 400-jährige Erfahrung in biomassebefeuereten Energieanlagen.

OH3 – Core Business

Wir besitzen alle erforderlichen Funktionen und Sachverständigen für Herstellung, Einkauf, Montage, Inbetriebsetzung und Wartung von Biomassen-Energieanlagen für die Industrie.

Innerhalb der Bereiche Brennstoffzufuhr, Verbrennung, Dampfkessel, Rauchgasbehandlung und das integrierte computergesteuerte Betriebssystem machen wir die Auslegung des gesamten Prozesses in allen Einzelheiten selbst aus. Die Herstellung wird von anderen Firmen ausgeführt, wird aber von uns beaufsichtigt.

### Auswahl von Referenzen

OH4 Altholz m.w.  
OH5 PL + MBM

Die AET-Mitarbeiter haben als Angestellte bei Aalborg Industries vom 1980 bis 1996 beinahe 30 feststoffbefeuerte Energieanlagen hergestellt. Als Beispiele möchte ich die folgenden Anlagen darstellen:

### Biobrennstofftypen

Wegen dieser Referenzen, die wir in den letzten 20 Jahren hergestellt und gewartet haben, haben wir eine grosse Erfahrung mit vielen Feststoffen, die aus unterschiedlichen Ursachen am besten für Energiezwecke zu verwerten sind, d.h. als Brennstoff.

OH6 – Brennstoffen

Bemerken Sie bitte, dass beinahe alle Anlagen an Industriekunden mit einem Prozess von 8.400 jährlichen Betriebsstunden geliefert worden sind. Papierfabriken, Molkereien, Zuckerfabriken, Spanplattenfabriken usw. Und die grossen Konzerne wie z.B. DuPont, British Sugar, Norske Skog, Pfeleiderer AG. Unsere Energieanlage liefert typisch die einzige Prozessdampfversorgung ohne Backup. Deshalb sind die Schlüsselwörter wie folgt:

OH7 – keywords

- Zuverlässigkeit
- Verfügbarkeit
- Reisezeit
- Einhaltung von verschiedensten Emissionswerten
- Brennstoffflexibilität
- Lastfolgeigenschaften



## 3 Stck. Spreader Stoker Anlagen an die Firma Pfeleiderer geliefert

Wir haben 3 Anlagen an die Firma Pfeleiderer AG geliefert. Darauf sind wir recht stolz.

*OH8 – 3 x Pfeleiderer*

Alle 3 Anlagen sind mit Spreader Stoker und Wanderrost hergestellt. Und mit Düsen für Dosierung vom Schleif- und Siebstaub. Die Anlagen sind gemäss der 17. BImSchV genehmigt und verbrennen ein Gemisch von Produktionsresten, Altholz, Bahnschwellen, usw.

Auch ein grosser Staubanteil wird verbrannt. Das Brennstoffgemisch – d.h. sowohl Holzhackschnitzel und Staub zusammen – ist relativ trocken und hat einen grossen Stickstoffgehalt.

Für alle drei Anlagen sind die früher erwähnten Schlüsselwörter wichtig: Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Einhaltung von verschiedensten Emissionswerten, hohe Brennstoffflexibilität usw. Für alle drei Fabriken: Pannovosges, Neumarkt und Gütersloh, liefert das AET Heizkraftwerk die einzige Versorgung von Prozessdampf und Strom. Es gibt keine Backup Kessel. Falls die AET Anlage anhalten sollte, dann wird eine grosse und wertvolle Produktion von Spanplatten eingestellt.

Am 1. November 2000 haben wir, in einer Zusammenarbeit mit der Firma Siemens, die dritte Anlage an die Firma Pfeleiderer, für ihr Spanplattenwerk in Gütersloh, geliefert.

*OH9 – Hauptdaten Gütersloh*

*OH10 – Spreader Stoker*

Holzhackschnitzel werden über drei Spreaders (Wurfbeschicker) eingebracht. Der Brennstoff wird über drehzahlgeregelte Schnecken kontinuierlich dosiert und über die Spreaders in die Flammen des Feuerraums eingeblasen. Leichte Brennstoffpartikeln verbrennen bei diesem Verfahren bereits im Flug. Schwerere Partikeln brennen auf dem Rost aus.

Holzstaub wird über separate Staubdüsen eingebracht und in die Feuerung eingeblasen.

Zum Anfahren der Anlage ist ein Ölbrenner eingebaut.

Der Boden des Feuerraums wird aus einem Wanderrost ausgemacht. Der Rost bewegt sich langsam (ungefähr 1 m/Stunde) gegen die Spreaders. Der Rost ist mit Düsenlöchern versehen, durch welche die Verbrennungsluft eingeblasen wird. Rund die Hälfte der Verbrennungsluft wird durch den Rost eingeblasen. Die andere Hälfte – die Sekundärluft – wird mit hohem Druck über Düsen an der Vorder- und Hinterwand in den Feuerraum eingeblasen. Dadurch wird eine gestufte Verbrennung mit Unterstöchiometrie am Boden, und gleichzeitig eine hohe Turbulenz, erzielt.

Die Rostbelastung ist über 2 MW pro m<sup>2</sup>. Die Rostbelastung und die übrigen Verhältnisse sind über dem ganzen Rost beinahe gleich. Verglichen mit der hohen Turbulenz ergibt dieses eine sehr intensive und effektive Verbrennung, die über den ganzen Feuerraumsquerschnitt gleichmässig verteilt ist. Dadurch ist ein Betrieb mit niedrigen Luftüberschusszahlen entsprechend einem Sauerstoffgehalt geringer als 3% möglich.

Einige der Düsenreihen werden für Rezirkulation des Rauchgases verwendet. Dadurch können wir die Verbrennungstemperaturen ohne Einwirkung auf den Sauerstoffgehalt kontrollieren.



## Warum hat die AET Spreader Stoker Anlage kein Mauerwerk im Feuerraum?

Die Abbildung zeigt die adiabatische Verbrennungstemperatur als eine Funktion des Wasser-gehaltes im Brennstoff. Die adiabatische Verbrennungstemperatur ist die Temperatur, die theoretisch entstehen würde, falls keine Wärme an die Feuerraumwände abgegeben wird. In der Tat verhielt es sich so, dass die Temperatur ungefähr 150°C niedriger sein wird, wenn die Verbrennung von wassergekühlten Wänden ohne Mauerwerk umgeben ist

*OH11 – Adiabatische Verbrennungstemp.*

Eine Kurve ist für einen Sauerstoffgehalt von 9% entsprechend einer typischen rostgefeuerten Anlage aufgezeichnet.

Die andere Kurve ist für einen Sauerstoffgehalt von 3% entsprechend einer typischen AET Spreader Stoker Anlage aufgezeichnet.

Unsere Erfahrung ist, dass man in einem Feuerraum ohne Mauerwerk und mit intensiver und turbulenter Verbrennung niedrige Emissionswerte erzielen wird, wenn die adiabatische Verbrennungstemperatur im Intervall 1300-1400°C liegt. Falls die Temperatur über 1400°C liegt, wird die Bildung von thermischem NO<sub>x</sub> erhöht. Und falls die Temperatur unter 1300°C liegt, wird CO gebildet.

Die rostgefeuerten Anlage mit einer hohen Luftüberschusszahl hat eine so kalte Verbrennung, dass die Wände mit Mauerwerk zu isolieren sind, um eine CO-Emission zu vermeiden. Und Mauerwerk ist wie bekannt teuer, sowohl die Montage als auch die Wartung, und gleichzeitig werden Betriebsprobleme in Form von Schlackenbildung entstehen.

Die Spreader Stoker Anlage hat in einem sehr breiten Brennstoffband eine sehr intensive und warme Verbrennung, die durch kontrollierte Einmischung vom rezirkulierten Rauchgas auf das optimale Temperaturniveau gehalten werden kann.

Das Mauerwerk im Feuerraum ist deshalb nicht notwendig, was eine mitwirkende Ursache davon ist, dass Reisezeit für AET kein Thema ist. Wir haben keine Schlackenbildung in unseren Anlagen.

## Betriebserfahrung

Auch mit einem zusammengesetzten und komplizierten Brennstoff bestehend aus Gemischen von unterschiedlichen Brennstoffen werden in der AET Anlage sowohl niedrige Emissionen als auch lange Reisezeit und hohe Verfügbarkeit erzielt.

## Emissionsdaten

Am Webseite oder Homepage der Firma Pfeleiderer finden Sie jeden Tag Tagesmittelwerte für Emissionsdaten für die letzten 24 Stunden.

*OH12 – Neumarkt homepage*

*OH13 – Neumarkt Emissionsdaten*



Es geht hervor, dass die Emissionsgrenzwerte mit einer guten Spanne eingehalten werden. Und dieses gilt für alle Werte.

An der Anlage in Pannovosges wurde im September 1995 eine Reihe von Messungen von Emissionsdaten innerhalb einer Woche durchgeführt. Die Messungen wurden vom Wilhelm-Klauditz-Institut ausgeführt.

OH14 – Pannovosges Emissionsdaten

Auf diesem Overhead ergeben sich einige interessante und prinzipielle Verhältnisse für Spreader Stoker Anlagen.

NOx Emissionen haben eine lineare Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt im Rauchgas. Wenn der Sauerstoffgehalt gegen Null fällt, ergibt sich wie allgemein bekannt, dass die NOx-Emission verschwindet.

Die CO-Emission hat eine parabolische Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt im Rauchgas. Wenn der Sauerstoffgehalt gegen Null fällt, wird die CO-Emission aus einleuchtenden Ursachen zunehmen. Alle Spreader Stoker Anlagen zeigen diesen Zusammenhang. Jedoch variiert die Plazierung der CO-Parabel für die verschiedenen Anlagen. In Pannovosges liegt das CO-Minimum bei 4-5% Sauerstoff, und das CO-Minimum beträgt ungefähr 10 mg/Nm<sup>3</sup>.

Je besser eine Anlage in bezug auf Sekundärluftsystem, Turbulenz usw. ausgelegt wird, je besser kann die CO-Parabel plaziert werden. D.h. weiter nach unten und weiter links bei niedrigen Sauerstoffgehalten, die somit gleichzeitig niedrige NOx-Emission bewirken.

**Sichere und gut funktionierende Anlagen**

Wir sind überzeugt, dass das Verbrennungsprinzip mit Spreader Stoker mit Wanderrost, eine *erforderliche* Voraussetzung dafür ist, dass sichere und gut funktionierende Anlagen für eine breite und flexible Auswahl von den vorhandenen Holzbrennstoffen.

Ein Spreader Stoker mit Wanderrost bietet jedoch nicht die *ausreichende* Voraussetzung einer sicheren und gut funktionierenden Anlage. Dabei wird eine umfassende Erfahrung in der Auslegung von allen zugehörigen Systemen: Kessel, Heizflächen, Brennstoffdosierung, Luftsysteme und eine Vielfalt von anderen Systemen, Komponenten und Einzelheiten.

Bei AET entwickeln wir laufend unsere Prozesskenntnis und Know-why durch eine umfassende CFD-Arbeit sowie Beobachtungen und Testprogramme an den einzelnen Anlagen.

OH15 – CFD

Die Abbildung zeigt die Temperaturverteilung.

**Brennstoffzubereitung**

Schliesslich möchte ich kurz die Anforderungen an Brennstoffkörnung erwähnen.

Mit einer Spreader Stoker Anlage mit Wanderrost ist es für die Verbrennung vorteilhaft, dass der Brennstoff aus einem Gemisch von verschiedener Körnung besteht. Leichte Brennstoffpartikeln verbrennen im Flug, und schwerere Partikeln landen auf dem Wanderrost und verbrennen dort.

Das Verbrennungsprinzip ist sehr flexibel. Es kann mit leichten Brennstoffpartikeln allein ausgezeichnet funktionieren. Dieses erfordert aber eine gute und gleichmässige Dosierung, da die Partikeln ja sofort nach der Beschickung in den Feuerraum dort verbrennen werden. Es kann



ferner allein mit den schwereren Partikeln ausgezeichnet funktionieren. In diesem Fall wird es auf dem Rost eine dickere Schicht geben, und die Regelung wird ein wenig langsamer werden.

Wir spezifizieren normalerweise, dass der Brennstoff kleiner als 100 mm sein soll, mit einzelnen Stücken bis auf eine Grösse von 250 mm. Die Begrenzung ist nicht auf die Verbrennung zurückzuführen, sondern darauf, dass sich der Brennstoff in der Dosierausrüstung, die typisch aus Schnecken mit einem Durchmesser von 650 mm bestehen, nicht festsetzen darf.

Falls der Brennstofflieferant die Anforderungen an die maximale Körnung nicht einhalten kann, müssen der Brennstoff gesiebt und die grössten Stücke aussortiert werden.

Falls der Hauptteil des Brennstoffes sehr gross ist, empfehlen wir den Einbau von einem Zerkleinerer, der den Brennstoff zerkleinern kann.

OH16 – Brennstoffaufbereitung

Viele verschiedene Beträge für die Kosten für diese Behandlung werden erwähnt. Für den ungünstigsten Fall lässt sich folgendes aufstellen:

Kraftwerk: 60 MW Feuerungswärmeleistung  
Brennstoff: 120.000 Tonnen pro Jahr  
Zerkleiner: 50 Tonnen pro Std. für 8 Std. pro Tag

Rollensieb & Zerkleiner	Kapitaldienst 10% von der Investition	40.000
Stromverbrauch	8Std/Tag 350Tage 100kW 0,12pf/kWh	34.000
Wartung alle 2 Wochen	26Mal 2Mann 3 Std. 85DEM/h	13.000
Wartung einmal am Jahr	2Mann 2Tage 8Std/Tag 85DEM/h	3.000
Verschleissteile		30.000
Insgesamt pro Jahr	DEM	120.000
Pro Tonne Brennstoff	DEM	1

D.h. das im ungünstigsten Fall muss man mit zusätzlichen Kosten von 1 DEM pro Tonne Brennstoff rechnen.

Ich möchte aber hervorheben, dass dieses ohne Bedeutung ist, wenn man mit der Tatsache vergleicht, dass eine AET Spreader Stoker Anlage mit Wanderrost ohne Probleme das trockene, stickstoffhaltige Altholz verwertet, und zwar zu einem Preis in Höhe von vielleicht minus 50 DEM/Tonne.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

**Altholz und Schleifstaub-Verwertung in einer 60MW<sub>FWL</sub> Spreader Stoker Anlage**  
Dipl. Ing. Hans Erik Askou



**Nicht nur "Know How"  
- auch "Know Why"**



**Basics of AET**

- AET ist eine Ingenieurfirma. Die Mitarbeiteranzahl beträgt 35 Personen
- Die Firma liefert hochtechnologische, biomasse-befeuerte Heizkraftwerke
- Die Ideengrundlage der Firma ist die Entwicklung, der Vertrieb, die Montage, die Inbetriebsetzung sowie die Wartung von Prozessdampfanlagen und Heizkraftwerken, die mit unterschiedlichen Biomassetypen befeuert werden.
- Gründungsjahr: 1996
- Aktienkapital: DKK 3.578.100
- Eigentümer: 100% dänisch
- Pen-Sam: 46%
- NOVI A/S: 15%
- Mitarbeiter: 39%



**Core Business**

AET kann alle Teilsysteme für eine komplette biomassegefeuerte Heizkraftwerk liefern

Vorrang haben jedoch die, im Rahmen gezeigten, spezifisch biomassenrelatierten Anlagenteilen.



**Altholz  
Staub Rinde**



**35MW Follum – Papierfabrik Norwegen**  
**Rinde – Schlamm – Altholz**  
**500°C – 80 bar**  
Aalborg Industries 1987

**73MW Neumarkt – PfeleidererAG Spanplattenwerk - Altholz-Bahnschwellen-Staub**  
**450°C – 67 bar**  
Aalborg Industries 1997



## Poultry Litter Meat & Bone Meal



Fibrogen Ltd  
Glanford Power Station  
14 MW green electricity  
from poultry litter  
Aalborg Industries 1993

Meat and Bone Meal (BSE)  
Aalborg Energie Technik 1999



Fibropower Ltd  
Eye Power Station  
Suffolk  
13 MW green electricity  
from 20 ton pr hour  
poultry litter  
Aalborg Industries 1992



## Referenzanlagen Brennstoffen



**Kohle**  
**Stroh**  
**Holz - Fein oder Grob**  
**Holz - Nass oder Trocken**  
**Altholz - auch 17. BimSchV**  
**Rinde**  
**Spanplatten Produktionsresten und  
Schleifstaub**  
**mit hohem Stickstoffgehalt**  
**Bahnschwellen**  
**Hühnermist**  
**Tiermehl**

## Wichtige Eigenschaften



Zuverlässigkeit

Verfügbarkeit

Reisezeit

Einhaltung von verschiedensten  
Emissionswerten

Brennstoffflexibilität

Lastfolgeeigenschaften

## Pfleiderer AG



**50MW**    **1994**  
**Pfleiderer Pannovosges**  
Aalborg Industries

**73MW**    **1997**  
**Pfleiderer Neumarkt**  
Aalborg Industries



**60MW**    **2000**  
**Pfleiderer Gütersloh**  
Aalborg Energie Technik



## Gütersloh 60 MW Hauptdaten



Die wichtigsten technische Daten:

Feuerungswärmeleistung	60 MW
Elektrische Leistung	bis 13,3 MWe
Thermalöl Leistung	bis 6 MW
Procesdampf bei 9 bar	bis 35 MW
Frischdampfdaten	70 bar - 455°C

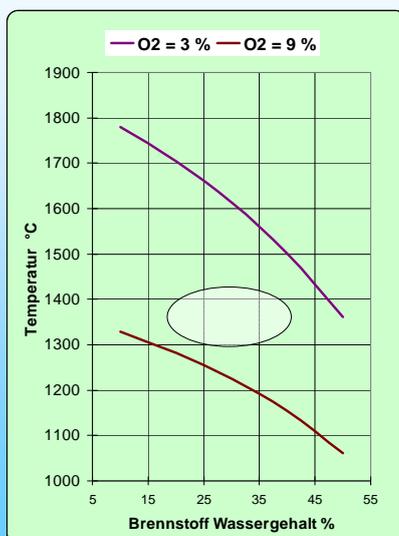
Feuerungssysteme:

Holzsnitzel über 3 Spreader	bis 60 MW
Holzstaub über 4 Düsen	bis 28 MW
Ölbrenner für Anfahren	bis 20 MW

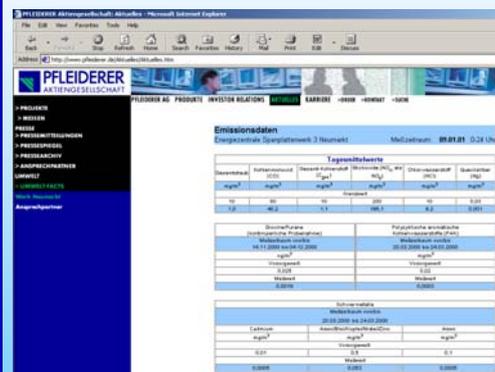
## Spreader Stoker



## Adiabatische Verbrennungstemperatur



## Pfleiderer Homepage

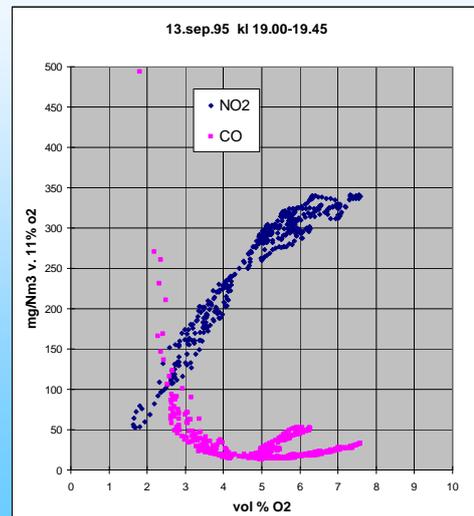


## Neumarkt Emissionsdaten

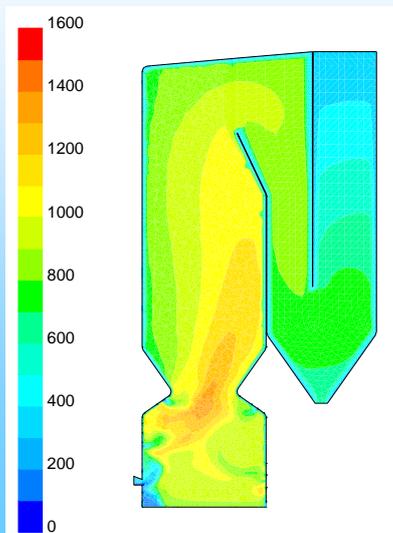


Emissionsdaten		09.01.01 0-24 Uhr	
Energizentrale Spanplattenwerk 3 Neumarkt			
		Tagesmittelwert	Grenzwert / Vorsorgewert
Staub	mg/m <sup>3</sup>	1,0	10
CO	mg/m <sup>3</sup>	40	80
Cges	mg/m <sup>3</sup>	1,1	10
NO2	mg/m <sup>3</sup>	186	200
HCl	mg/m <sup>3</sup>	8,2	10
Dioxine-Furane	ng/m <sup>3</sup>	0,0019	0,025
PAK	ng/m <sup>3</sup>	0,0003	0,02

## Pannovosges CO- und NOx-Kurven



## CFD



## Brennstoff aufbereitung



Kraftwerk: 60 MW Feuerungswärmeleistung  
 Brennstoff: 120.000 Ton pro Jahr  
 Zerkleiner: 50 Ton/Std für 8 Std pro Tag

Rollensieb und Zerkleiner	
Kapitaldienst 10% von der Investition	40.000
Stromverbrauch	
8Std/Tag 350Tage 100kW 0,12pf/kWh	34.000
Wartung alle 2 Wochen	
26Mal 2Mann 3 Std 85DEM/Std	13.000
Wartung einmal am Jahr	
2Mann 2Tage 8Std/Tag 85DEM/Std	3.000
Verschleissteile	30.000

Insgesamt pro Jahr	DEM	120.000
Pro tonne Brennstoff	DEM	1