

# P Q - T e s t s m i t M N P

## Zusammenfassung Versuchsberichte

### Coop LoBOS VZS

Stand: 6.09.2012

---

Verfasser:  
Daniel Wagner  
daniel.wagner@eicher-pauli.ch  
Natel 079 327 07 56

## 1. Ausgangslage

In der 1. Phase der Verbrennungstests wurden im Wesentlichen das Abbrandverhalten der Müllereinachprodukte (MNP) geprüft sowie die Abgasemissionen gemessen.

## 2. Aufgabenstellung

Anhand von unterschiedlichen Versuchsreihen sollte ermittelt werden, ob es möglich ist, ein Brennstoffgemisch Holz / MNP zufriedenstellend zu verbrennen, wobei der Energieanteil der MNP rund 50 % vom Gesamtenergieanteil entsprechen sollte.

Als Grundlage für die Bewertung dienten folgende Kriterien:

### Visuelle Kriterien

- Brennstoffzuführung
- Abbrandverhalten auf dem Rost
- Ausbrand auf dem Rost
- Schlackebildung auf dem Rost
- Funktion der Entaschung
- Verschmutzung der Brennkammer
  - Ascheablagerung an den Brennkammerwänden in der Primärzone
  - Ascheablagerungen an der Unterseite des Gewölbes von der Primärzone
  - Ascheablagerung an den Brennkammerwänden der Sekundärbrennkammer
  - Ascheablagerung an der Unterseite des Gewölbes von der Sekundärbrennkammer
  - Ascheablagerung am Boden der Sekundärbrennkammer
- Ascheablagerungen im Kessel

**Messwerte**

- Restsauerstoffgehalt im Abgas
- Kohlenmonoxid im Abgas
- Stickoxide im Abgas
- Rauchgastemperatur am Kesselaustritt
- Staubgehalt im Rohgas
- Staubgehalt im Reingas nach dem Multizyklonabscheider
- Restkohlenstoffgehalt (TOC) in der Rostasche
- Restkohlenstoffgehalt (TOC) in der Flugasche des MZA
- SO<sub>2</sub>- und HCl-Messungen im Abgas

**3. Präqualifikations-Test mit MNP****3.1. Teilnehmende Feuerungshersteller**

Im Juni 2012 fanden die Versuche (Phase 1) bei folgenden Herstellern statt:

- **Weiss GmbH** (D-Dillenburg)
- **Kohlbach** (A-Wolfsberg)
- **Polytechnik** (A-Weissenbach)
- **Viessmann/Mawera** (A-Hard)

**3.2. Brennstoff**

Für die Versuche wurden Müllereinachprodukte in Form von Pellets geliefert. Diese weisen gegenüber dem losen Material eine fast doppelt so hohe Dichte auf, entsprechen aber von der Zusammensetzung dem losen Material.

Auf die verbrennungstechnischen Emissionen dürfte zwischen verpresstem und losem Material kein Unterschied feststellbar sein. Lediglich bei den Staubemissionen könnte beim losen Material eine erhöhte Staubfracht ausgetragen werden. Da der Staubgehalt aber mittels Elektrofilter wieder unter den erlaubten Grenzwert reduziert wird, sollte dies kein Problem darstellen.

Für eine homogene Mischung zwischen Hackholzschnitzel und MNP sowie für die Einbringung in den Feuerraum stellt das lose Material eine höhere Herausforderung dar.

### 3.3. Versuchsdauer und MNP-Menge

In untenstehender Tabelle ist die Versuchsdauer und die getestete MNP-Menge aufgelistet.

Hersteller	Versuchsdauer	MNP-Menge	Brennstoffgemisch
Weiss GmbH	ca. 3 Tage	ca. 2 t	Holzpellets / MNP
Kohlbach	ca. 7 Tage	5 t	Holzpellets / MNP
Polytechnik	ca. 5 Tage	10 t	nur MNP
Mawera	ca. 8 Tage	7 t	Hackschnitzel/MNP

Tabelle 1: Versuchsdauer, MNP-Menge und Brennstoffgemisch

Für die Versuche wurde MNP (in Form von Pellets) von der Swissmill und der Holzbrennstoff (Pellets/Hackschnitzel) vom jeweiligen lokalen Brennstofflieferant verwendet.

### 3.4. Versuchsbegleitung

Die Versuche wurden jeweils während einem Tag von einem Mitarbeiter von Dr. Eicher+Pauli begleitet. Besuchsberichte liegen vor.

## 4. Zusammenfassungen Versuchsberichte

### 4.1. Zusammenfassung Weiss GmbH (ungekürzt)

Die Versuche zeigten, dass die Anlage ohne Probleme mit dem eingesetzten Brennstoff betrieben werden konnte.

Am Morgen des 2. Versuchstages wurden bei kalter Feuerung zunächst die Feuertüren geöffnet und der Feuerraum und die Rauchgaszüge überprüft. Dabei konnten keine Verschlackungen oder Anbackungen festgestellt werden. Lediglich das Rohrfeld des 1. Zuges zeigte einen leichten hellen bis weissen Belag, gleiches gilt für die Prallsteine und Metallplatten. Der Belag konnte leicht abgewischt werden.

Ein ähnliches Bild zeigte sich am Morgen des dritten Versuchstages, nach den Versuchen am Vortag mit dem Mischungsverhältnis 1 : 1.

Der helle Belag war etwas stärker ausgebildet, konnte aber auch leicht mit dem Finger abgewischt werden. Verschlackungen oder Anbackungen konnten nicht festgestellt werden.

Am dritten Versuchstag, d.h. am 25.06.2012 mit Mischungsverhältnis 1 : 1 und Feuerraumtemperatur 900°C konnten hinsichtlich Emissionen und Betrieb keine Probleme festgestellt werden.

Am Morgen des Folgetages, d.h. am 26.06.2012 wurde der Feuerraum bei kaltem Kessel überprüft, hierbei wurden an den Flanken der Feuerung leichte Anbackungen festgestellt, welche aber leicht abgestossen werden konnten.

Es lässt sich daraus die Empfehlung ableiten, für eine geplante Anlage einen Betrieb mit einer Feuerraumtemperatur im Bereich von 800 - 850 °C anzustreben.

## **4.2. Zusammenfassung Kohlbach (gekürzt)**

### **Brennstoffanalyse**

MNP-Pellets als Brennstoff zeichnen sich durch hohe Schüttdichte, einen für Pellets normalen Heizwert, einen erhöhten Aschegehalt und durch stark erhöhte N, S, Cl-Gehalte aus. Letztere benötigen besondere Beachtung hinsichtlich der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten und Vorbeugung von Korrosionserscheinungen.

Das Ascheschmelzverhalten ist im rohen Zustand kritisch, verbessert sich jedoch leicht mit abnehmender Beimischung zu Industriepellets.

### **Emissionen**

Der CO-Gehalt ist über alle Mischungsverhältnisse und Leistungen unkritisch. Die NO<sub>x</sub>-Werte liegen ab einer Beimischung von 40 Gew.% MNP über 400 mg/Nm<sup>3</sup> (11 % Bez. O<sub>2</sub>). Dementsprechend müssen je nach gesetzlichem Grenzwert Sekundärmassnahmen (z.B. SNCR) vorgesehen werden.

Die SO<sub>2</sub> Konzentrationen steigen mit zunehmender MNP-Beimischung und sind bei bestehenden Grenzwerten limitierend für die Beimischung. Zudem wirken S-Verbindungen (SO<sub>x</sub>, Alkali- und Erdalkalisalze) korrosiv.

Die HCl-Werte steigen ebenso mit zunehmendem MNP-Gehalt. Wie bei SO<sub>x</sub> müssen eventuelle Grenzwerte berücksichtigt werden. Das zunehmende Korrosionsrisiko durch Chlor- und Schwefelverbindungen bei höherem Mischungsverhältnis kann Probleme bereiten.

Die Staubemissionen steigen mit zunehmendem MNP-Anteil und typischerweise mit der Leistung. Die staubförmigen Emissionen liegen mit steigendem MNP-Gehalt zunehmend als Aerosole vor.

Sekundärmassnahmen sind erforderlich (z.B. Multizyklon und E-Filter).

### **Abbrandverhalten**

Bei Einsatz von MNP in pelletierter Form ist das Abbrandverhalten sehr ähnlich zu jenem von reinen Industriepellets. Bei steigendem MNP-Gehalt muss das Glutbett stärker gekühlt werden (durch Rauchgasrezirkulation), um die Schlackebildung zu minimieren. Das reduziert jedoch die Ausbrandgeschwindigkeit, wodurch die maximal fahrbare Leistung sinkt.

## Ascheanalyse

Die anfallenden Aschemengen sind angesichts des erhöhten Aschegehalts von MNP mit steigender Beimischung erhöht, wodurch aber keinerlei Probleme entstehen.

### 4.3. Zusammenfassung Polytechnik

Brennstoffanalyse und Emissions-Messbericht vorhanden. Polytechnik-Beurteilung ist jedoch nach wie vor ausstehend (Stand 6.09.12).

### 4.4. Zusammenfassung Mawera (ungekürzt)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es bei allen getesteten Mischungsverhältnissen möglich war, einen stabilen Betriebszustand einzustellen und die Anlage über einen längeren Zeitraum mit Nennlast zu betreiben. Die Grenzwerte für  $\text{NO}_x$  und CO konnten, ausser bei Holz/MNP 80/20, bei allen Mischungsverhältnissen im Mittel über die Messdauer eingehalten werden. Die Rohgasstaubwerte lagen bei allen Messungen über dem Grenzwert. Die hohen  $\text{NO}_x$ -Werte bei Holz/MNP 80/20 führten daher, dass das Primärluftverhältnis nicht optimal eingestellt war. Bei den nachfolgenden Messungen wurde das Primärluftverhältnis optimiert und die  $\text{NO}_x$ -Werte deutlich gesenkt.

Das Verhalten der Anlage bei einem Mischungsverhältnis Holz/MNP 50/50, das vom Kunden als gewünschtes Mischungsverhältnis deklariert wurde, wurde in einem elfstündigen Testlauf untersucht.

Es hat sich gezeigt, dass sich die Anlage über diesen Zeitraum stabil bei Nennlast betreiben liess. Die geforderten Grenzwerte der gasförmigen Emissionen wurden im Mittel eingehalten. Lediglich die Werte des Roh- als auch des Reingasstaubgehaltes lagen über dem genannten Grenzwert. Die nur wenig verminderten Staubgehalte im Reingas lassen auf eine geringe Abscheiderate des MZA schliessen. Um den geforderten Grenzwert der Staubmenge im Reingas einhalten zu können, ist ein weiterer Filter (z.B. elektrostatischer Filter oder Gewebefilter) notwendig. Die gemessenen  $\text{SO}_2$ - und HCl-Werte lagen in einem Bereich, in dem keine erhöhte Korrosionsneigung des Kessels zu erwarten ist.

Bei allen Testläufen zeigte sich, dass die Rauchgastemperatur annähernd konstant geblieben ist. Das lässt darauf schliessen, dass die pneumatische Kesselreinigung ausreichend war und keine unnatürlich hohe Verschmutzung des Kessels aufgetreten ist.

## 5. Versuchsberichte und Emissionen

Von allen vier Feuerungsherstellern wurde ein Versuchsbericht erstellt, welcher die Versuche detailliert beschreibt. Detaillierte Messergebnisse sind den einzelnen Versuchsberichten zu entnehmen.

Die gemessenen Emissionen bei der Verbrennung der MNP:

Hersteller	MNP/Holz % Energieanteile	Leistung kW	CO <sup>1)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>1)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> <sup>1)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	HCl <sup>1)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	Staub <sub>Roh</sub> <sup>2)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>
Weiss GmbH	50/50	700	12	343	<i>n.g.</i>	<i>n.g.</i>	<i>n.g.</i>
Kohlbach	50/50	750	5	511	88	8	547
Polytechnik	100/0	1'200	14	990	<i>n.g.</i>		230
Mawera	50/50	700	17	244 (max. 365)	133	14	443

Tabelle 2: Gemessene Emissionen bei der Verbrennung der MNP

### Legende:

<sup>1)</sup> normiert auf 11 % O<sub>2</sub>

<sup>2)</sup> Staubgehalt im Rohgas

*n.g.* nicht gemessen

Vom Hersteller garantierter NO<sub>x</sub>-Wert mit einem SNCR-Verfahren:

Hersteller	NO <sub>x</sub> <sub>Roh</sub> <sup>1)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> <sub>SNCR</sub> <sup>2)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> <sub>SCR</sub> <sup>3)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	NH <sub>3</sub> <sub>Schlupf</sub> <sup>4)</sup> mg/Nm <sup>3</sup>
Weiss GmbH	343	150	--	20
Kohlbach	511	150	80	<i>k.A.</i>
Polytechnik	990	185	--	<i>k.A.</i>
Mawera	244	80	--	<i>k.A.</i>

Tabelle 3: NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> Emissionen nach SNCR

### Legende:

<sup>1)</sup> NO<sub>x</sub> im Rohgas, normiert auf 11 % O<sub>2</sub>

<sup>2)</sup> Vom Hersteller garantierter Wert mit SNCR-Verfahren, normiert auf 11 % O<sub>2</sub>

<sup>3)</sup> Vom Hersteller garantierter Wert mit zusätzlichem SCR-Verfahren, normiert auf 11% O<sub>2</sub>

<sup>4)</sup> Vom Hersteller angegebener maximaler NH<sub>3</sub> Schlupf, normiert auf 11 % O<sub>2</sub>

*k.A.* keine Angabe

## 6. Fazit

- + Verbrennung bis zu 50 % MNP-Anteil möglich
- + Schlackenbildungen auf dem Rost sind kaum ein Thema, können aber aufgrund der relativ kurzen Versuchsdauer nicht abschließend beurteilt werden.
- + Kritische Punkte von MNP werden mit Zumischung von Holzschnitzeln entschärft
- + Hersteller haben bereits Erfahrungen mit ähnlichen Brennstoffen
- Höhere Stickoxidwerte durch MNP-Verbrennung (brennstoffgebunden) stellen erhöhte Anforderungen an Entstickungsverfahren
- Zur Einhaltung der LRV-NO<sub>x</sub>-Grenzwerte ist eine Sekundärmaßnahme (z.B. SNCR-Verfahren) notwendig.
- Korrosionsrisiko steigt mit höheren Chlorid-Emissionen (je mehr MNP-Anteil, desto mehr Chlorid-Emissionen).