



Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Uffizi federal d'energia

EST
9800010-1

JAHRESBERICHT 1998

Über die Arbeiten gemäss Vertrag: 68 980

9800010

**Titel des Projekts: Parallelmessungen von Teeren und Partikeln
bei Holzvergasern in Dänemark**

Zusammenfassung:

Heute ist eine Vielzahl von Methoden zur Teer- und Partikelbestimmungen bei Biomassevergasern in Gebrauch, was einen Vergleich der Messergebnisse schwierig macht. Dies umso mehr, als bis heute noch nie echte d.h. zeitgleich bei derselben Probenahmestelle vorgenommenen Vergleichsmessungen mit den wichtigsten Methoden durchgeführt wurden.

Die Dringlichkeit zur Vereinheitlichung der verwendeten Methoden wurde von der Europäischen Kommission (EC), der International Energy Agency (IEA) und dem US Department of Energy (DoE) erkannt. Aus diesem Anlass wurden zwei Arbeitsgruppen konstituiert mit der Aufgabe, Referenzmethoden auszuarbeiten. Aus der Diskussion unter den Experten ging hervor, dass ohne experimentelle Abklärungen keine fundierten Entscheide getroffen werden können. Die Dänische Energieagentur (DEA) hat daraufhin angeboten, dass sie im Laufe des Jahres 1998 Parallelmessungen zwischen der Methode vom Danish Technical Institute (DTI) und derjenigen von VTT Energy (Finnland) an zwei verschiedenen Holzvergasern durchführen wird und die Teilnahme anderen Instituten oder Gruppen offen stehe. Zwei weitere Institute haben ein Interesse an der Teilnahme von Parallelmessungen bekundet, nämlich die Biomass Technology Group (BTG) in Holland und Verenum aus der Schweiz.

Im Berichtsjahr wurden die Parallelmessungen mit den vier Methoden an einem Gleich- und einem Gegenstromvergaser in Dänemark durchgeführt. Zur Zeit werden die Proben aufgearbeitet und in den Labors analysiert.

Dauer des Projekts: 1.10.1998 bis 28.2.1999

Beitragsempfänger: Verenum

Berichterstatter: Dr. Philipp Hasler, PD Dr. Thomas Nussbaumer

Adresse: Verenum, Langmauerstrasse 109, CH – 8006 Zürich

Telefon 01' 364 14 12, Fax 01' 364 14 12

E-Mail verenum@access.ch

1 Projektziele

Wegen der Vielzahl der heute in Gebrauch befindlichen Methoden zur Teer- und Partikelbestimmungen bei Biomassevergasern ist ein Vergleich der Messergebnisse schwierig. Dies umso mehr, als bis heute noch nie echte Vergleichsmessungen (d.h. zeitgleich bei derselben Probenahmestelle) mit den wichtigsten Methoden durchgeführt wurden.

Die Dänische Energieagentur (DEA) hat im Frühling 1996 beschlossen, die in Dänemark bei Holzvergasern verwendeten Methoden zur Teer- und Partikelbestimmung mit den Methoden von VTT Energy in Finnland zu vergleichen. Die Durchführung von Teer- und Partikelmessungen bei dänischen Vergasern wurde bisher jeweils dem Dänischen Technischen Institut (DTI) übertragen. VTT Energy gilt als eines der führenden Forschungsinstitute Europas u.a. auch im Bereich der Vergasung. Die Messungen sind an zwei Vergasern je im Roh- und Reingas vorgesehen.

Die Dringlichkeit zur Vereinheitlichung der verwendeten Teer- und Partikelmessmethoden bei Vergasern wurde auch von der Europäischen Kommission (EC), der International Energy Agency (IEA) und dem US Department of Energy (DoE) erkannt und als „Top priority issue“ erklärt. Aus diesem Anlass wurde im März 1998 in Brüssel ein erstes Meeting abgehalten. An diesem Meeting wurden zwei Arbeitsgruppen konstituiert mit den Aufgaben, Referenzmethoden auszuarbeiten. Eine Arbeitsgruppe befasst sich schwerpunktmässig mit Festbettvergasern bzw. Probenahme bei atmosphärischen Druck und relativ tiefen Temperaturen. Die andere Arbeitsgruppe behandelt die Probenahme bei hohen Temperaturen und bei atmosphärischem und erhöhtem Druck. Die provisorischen (als Version 98 bezeichneten) Referenzmethoden wurden an der Europäischen Biomassekonferenz in Würzburg (Juni 98) in einem Workshop, welcher von ca. 80 Experten aus aller Welt besucht wurde, vorgestellt. Bei diesem Workshop wurden auch weitere Methoden und Erfahrungen präsentiert, darunter auch aus der Schweiz von Dr. Ph. Hasler. Im Laufe der Diskussion wurde einmal mehr klar, dass ohne experimentelle Abklärungen keine fundierten Entscheide getroffen werden können. Die Dänische Energieagentur hat daraufhin angeboten, dass die Teilnahme an ihren geplanten Parallelmessungen auch anderen Instituten oder Gruppen offen stehe. Dieses Angebot wurde gerne angenommen, insbesondere auch, weil im Moment von EC, IEA und US DoE kein Geld für Messkampagnen zur Verfügung steht. Experimentelle Untersuchungen können bei Vorliegen entsprechender Gesuche frühestens im Herbst 1999 anlaufen. Zur Eingrenzung der in Frage kommenden Methoden und zur Weiterentwicklung der Referenzverfahren wären jedoch bereits jetzt erste Vergleichsmessungen erforderlich oder zumindest hilfreich. Auf das Angebot von Dänemark haben zwei weitere Institute ein Interesse an der Teilnahme von Parallelmessungen bekundet, nämlich die Biomass Technology Group BTG in Holland und Verenum aus der Schweiz.

Das Hauptziel der Parallelmessungen in Dänemark ist ein Vergleich der wichtigsten heute in Europa verwendeten Teer- und Partikelmessmethoden. Die vier zur Diskussion stehenden Methoden verwenden verschiedene Probenahmeverfahren und verschiedene Analyse- und Bestimmungsmethoden.

Die Parallelmessungen werden an zwei Festbettvergasern je im Roh- und Reingas durchgeführt. Der eine Vergaser in Harboøre ist ein Gegenstromvergasers mit geringen Partikelgehalten und sehr hohen

Teergehalten. Der andere Vergaser befindet sich in Høgild und ist als Gleichstromvergaser betrieben. Die Partikelgehalte sind hoch, die Teergehalte jedoch gering. Die Messungen mit den vier Methoden erfolgen immer zeitgleich und unter identischen Versuchsbedingungen.

DTI und VTT werden insgesamt bei jeder der vier Probenahmestellen drei Parallelmessungen durchführen. Aus Kosten- und Zeitgründen werden mit der von Verenum eingesetzten Methode jeweils nur zwei Messungen pro Probenahmestelle vorgesehen. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist immer noch gegeben, da bei erfolgreichem Abschluss insgesamt 8 Vergleichsmessungen vorliegen.

2 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

2.1 Durchgeführte Arbeiten

Im Berichtsjahr wurde folgende Arbeiten durchgeführt:

- Vorbereitung der Messungen
- Vorversuche zur Verbesserung des eigenen Probenahmesystems
- Aufbau und Inbetriebnahme der Messapparatur in Harboøre und Høgild
- 2 x 2 Messungen am Festbettvergaser in Harboøre (2 x Rohgas, 2 x Reingas)
- 2 Messungen am Festbettvergaser in Høgild (2 x Rohgas)
- Probenaufarbeitung, Versand in Labors

Die Hauptverantwortung zur Organisation und Koordination der Parallelversuche in Dänemark oblag dem DTI. Von unsere Seite wurde vor allem einige Anliegen an das Messprogramm (was soll gemessen werden; wie sollen die Messungen ablaufen etc.) und an die Form des Berichts (Umfang; Inhalt; Veröffentlichung) eingebracht.

Die Versuche in Dänemark erfolgten mit einer modifizierten Probenahmemethode, bei welcher eine Partikelabscheidung in einem beheizten Filter vor der Teer- und Wasserkondensationsstufe stattfindet (Abbildung 1). Bisher wurde ohne Filter gearbeitet und die Partikel in der gesamten Probenahmereinrichtung verteilt.

Zur Verbesserung der Probenahmemethode wurden Vorversuche zur erhöhten Abscheidung für leichtflüchtige Teere durch Absenken der Impingertemperaturen durchgeführt. Hierzu wurde das bereits in früheren Versuchen mit Erfolg angewandte Befeuchten des Gases vor den Impingern bei einer Temperatur von ca. 0°C untersucht (Hasler et al. 1998). Als Lösungsmittel wurde jedoch nicht Isopropylglykol, sondern das üblicherweise verwendete Lösungsmittel Anisol eingesetzt. Die Versuche mit Anisol schlugen jedoch fehl, da die Eisbildung nicht verhindert werden konnte. Somit mussten die Versuche in Dänemark wie bisher bei einer Impingertemperatur von ca. -3°C erfolgen.

Die ersten Versuche in Dänemark fanden beim Gegenstromvergaser in Harboøre statt. Gegenstromvergaser zeichnen sich im Unterschied zu Gleichstromvergäsern u.a. dadurch aus, dass die Teergehalte sehr hoch ($>20 \text{ g/Nm}^3$ im Rohgas) und die Partikelgehalte gering sind ($< 0.5 \text{ g/Nm}^3$). Die Messungen erfolgten jeweils in einem Teilgasstrom im Rohgas vor dem Wäscher wie im Reingas nach dem Wäscher. Pro Messstelle wurden zwei Proben à jeweils 30 Minuten (Rohgas) bzw. 60 Minuten (Reingas) gezogen. Obwohl das von Verenum eingesetzte Probenahmeverfahren bisher noch nie bei einem Gegenstromvergaser eingesetzt wurde, ergaben sich bei der Probenahme keine gravierenden Schwierigkeiten. Die restlichen Versuche fanden beim Gleichstromvergaser in Høgild statt. Dieser

Vergaser zeichnet sich gemäss Angaben von DTI durch hohe Partikelgehalte (um 5 g/Nm^3) und geringe Teergehalte (um 1 g/Nm^3) aus. Aus terminlichen Gründen konnten mit dem von Verenum eingesetzten Probenahmeverfahren nur die zwei Versuche im Rohgas durchgeführt werden. Die freigewordene Zeit wurde dazu genutzt, die Probenahmemethoden der übrigen Teilnehmer eingehend zu studieren und analysieren. Zur Zeit sind noch folgende Arbeiten im Gange:

- Aufarbeitung der Partikelfilterhülsen (Extraktion von Teerverbindungen)
- Analysen bei der EMPA und dem Institut Bachema
- Auswertung und Messbericht der eigenen Versuche
- Kommentare zum Gesamtbericht der DEA (Vergleichsmessungen).

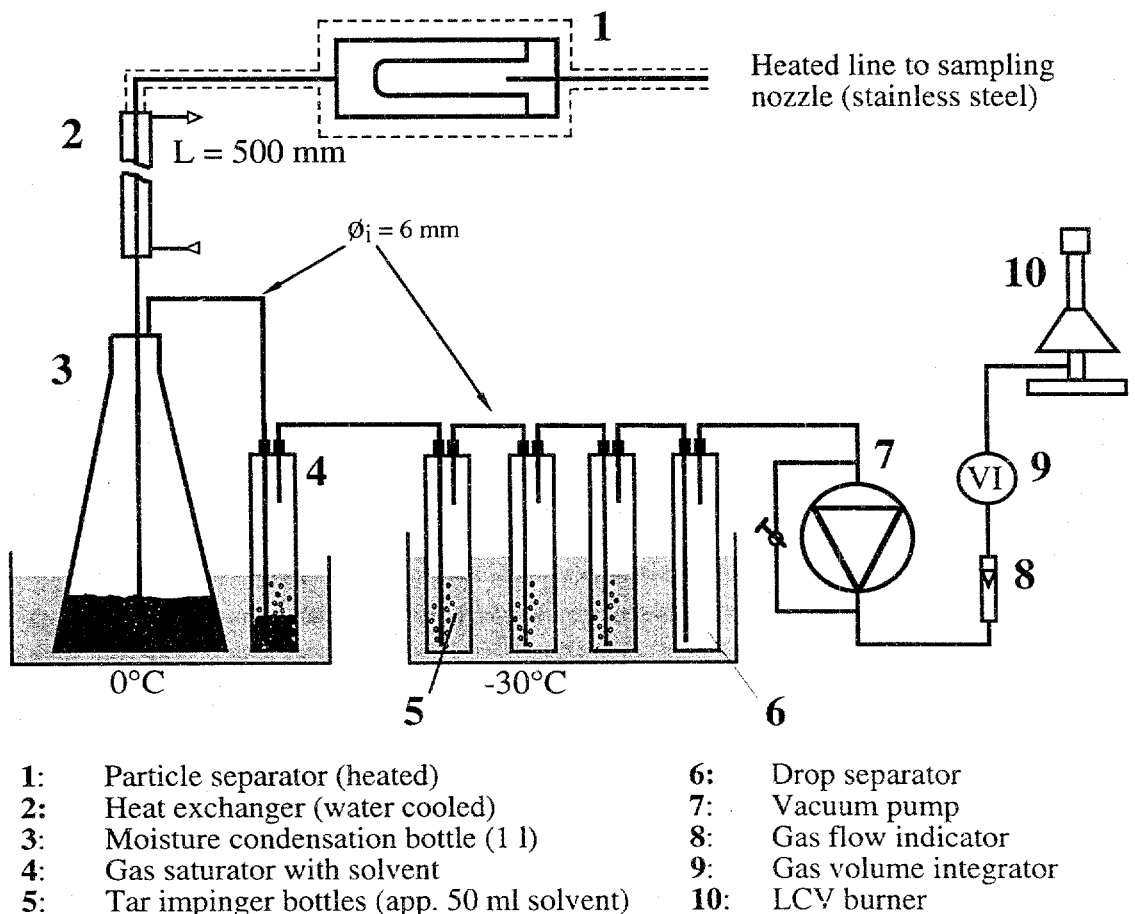


Abbildung 1: Von Verenum eingesetztes System zur Probenahme von Partikeln und Teerverbindungen bei atmosphärischen Vergasern in Dänemark

2.2 Ergebnisse

Die in Dänemark durchgeführten Versuche zur Teer- und Partikelbestimmung bei Holzvergasern waren die bisher weltweit ersten (bekannten) Parallelversuche dieser Art. Die aus der Literatur bekannte Vielfalt der Methoden zeigte sich auch hier, obwohl eine Auswahl getroffen wurde, welche den vorgeschlagenen Referenzverfahren nahe kommen. In der Tabelle 1 sind die wichtigsten Eigenschaften der eingesetzten Verfahren zusammengestellt.

Tabelle 1: Charakteristika der in Dänemark eingesetzten Verfahren zur Probenahme von Partikeln und Teerverbindungen bei Holzvergasern. DCM = Dichlormethan.

		DTI	VTT	BTG	Verenum
Probegasvolumenstrom	Nm ³ /h	0.7-1.5	ca. 0.3	> 1	ca. 0.7
Max. mögliche Probenahmedauer	h	0.5-1	0.5	>2	>2
Partikelabscheidung		Filter	Filter	Filter	Filter
beheizt		ja	ja	ja	ja
Filtermaterial		Glasfritte	Quarzfaser	Glasfaser	Glasfaser
Filterfläche	cm ²	ca. 30	ca. 80	ca. 1000	ca. 200
Kondensatabscheidung		Kühlung	Impinger	Kühlung	Kühlung und Impinger
Temperatur	°C	ca. 10	0	ca. 10	0
Teerabscheidung		Adsorption	Impinger	Kühlung	Impinger
Lösungsmittel / Adsorbens		XAD-2	DCM	-	Anisol
Temperatur	°C	ca. 20	-70	ca. 10	-3

Nebst der Probenahme vor Ort bestehen auch beträchtliche Unterschiede in der Probenaufbereitung und Analyse. Alle Probenahmemethoden haben ihre Vor- und Nachteile. Eine Bewertung soll allerdings von einer unabhängigen Person und erst nach Vorliegen des Schlussberichtes erfolgen.

Aufgrund der eigenen Beobachtungen ist davon auszugehen, dass die Methodik und die eingesetzten Verfahren zur Aufarbeitung und Analyse der Proben mindestens einen gleich grossen Einfluss auf das Resultat haben wie die Probenahme selbst. Daraus ergibt sich auch die Notwendigkeit einer engen und intensiven Zusammenarbeit von Personen, welche sich mit der Probenahme und der Analytik befassen.

Der Schwachpunkt bei der eigenen Methode wurde beim Partikelfilter beobachtet, welches bisher erst in Vorversuchen eingesetzt wurde. Probleme traten bei den Filterhülsen auf, da sie bei der Montage leicht reissen und durch den zu hohen Anpressdruck bei der Demontage etwas Material an der Halterung haften bleibt.

Bei der Aufarbeitung der Partikelfilter aus dem Gegenstromvergaser wurde im weiteren festgestellt, dass sich ein grosser Anteil der auf dem Filter kondensierten Teerverbindungen mit Anisol nicht extrahieren lässt, so dass eine weitere Extraktion mit einem anderen Lösungsmittel erforderlich wurde. Zur Zeit liegen noch kein Analyseresultate vor.

3 Zusammenarbeit

Bei der Versuchsplanung und der Festlegung der Berichtform wurden unsere Anliegen eingebracht und mit der Dänische Energieagentur (DEA) und dem Dänischen Technischen Institut (DTI) bereinigt. Bei der Aufarbeitung der Proben aus dem Gegenstromvergaser wurde auch das Risoe National Laboratory in Roskilde (Dänemark) zugezogen, welches sich schon seit einigen Jahren mit der Chemie von Teerverbindungen aus der Vergasung befasst.

4 Transfer von Ergebnissen in die Praxis

Aus dem Abschlussbericht kann ein Teil des weiteren Vorgehens zur Ausarbeitung einer standardisierten Probenahme- und Analysemethode abgeleitet werden. Ein standardisiertes Messverfahren ist für den Vergleich von verschiedenen Vergaserbau- und betriebsarten sowie für Gasreinigungssysteme von entscheidender Bedeutung. Ohne standardisierte Messverfahren können Anbieter von Vergasern, Gasreinigungssystemen und Motoren keine brauchbaren Garantiewerte abgeben, was für den Anlagebetreiber ein hohes unternehmerisches Risiko darstellt und den Durchbruch dieser Technologie zumindest erschwert.

5 Ausblick für 1999

Das Hauptaugenmerk wird dem Verfassen der einzelnen Versuchsberichte der beteiligten Messinstitute und des Schlussberichtes mit der Beurteilung gelten. Die gesammelten Erfahrungen und Erkenntnisse sollen in zukünftige EU-Forschungsprojekte zur Ausarbeitung eines standardisierten Messverfahrens für Partikel und Teerverbindungen sowie in das vom BFE unterstützte FID-Projekt (Projekt Nr. 68 502) einfließen.

6 Publikationen 1998

Hasler, Ph.; Nussbaumer, Th.: Testing of a Modified Sampling Train for Tars and Particulates from Biomass Gasifiers, Bundesamt für Energie, August 1998 3