

194981

JAHRESBERICHT 1998

Über die Arbeiten gemäss Auftrag: 55'229

Titel des Projekts: Einfluss von Schwermetallen und Chlor auf die Vergasung von Altholz und ähnlichen Abfällen.**Zusammenfassung:**

Die Übertragung der Teeranalysemethode von Gaschromatographen mit Flammenionisationsdetektor (GC/FID) auf solche mit massenspektrometrischem Detektor (GC/MS) war erfolgreich. So können nun Teerkomponenten eindeutig identifiziert und quantifiziert werden.

Mit einer Reihe von Versuchen unter identischen Bedingungen konnte die gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse (Teergehalt, Gaszusammensetzung...) an unserem Vergaser belegt werden.

Die Experimentierreihe nach der Methode der faktoriellen Versuchsplanung musste abgebrochen werden. Es zeigte sich, dass die gewählten Parameter in den gewünschten Bereichen nicht voneinander unabhängig sind. Somit sind gewisse Parameterkombinationen, die diese Methodik verlangt, nicht einzuhalten. Eine neue Versuchsmethodik ist in Arbeit, wobei aufgrund der bisher gesammelten Daten über das weitere Vorgehen entschieden wird.

Weitere Versuche mit Altholz wurden gefahren, und die geringeren Teermengen im Gas bei der Vergasung dieses Brennstoffes konnten bestätigt werden.

Dauer des Projekts: 1.1.1997 - 31.12.1998**Beitragsempfänger:** Dr. S. Stucki, Sektion Stoffkreisläufe, Paul Scherrer Institut

Berichterstatter: L. C. de Sousa
Adresse: Paul Scherrer Institut
Sektion Stoffkreisläufe
OLGA/215
CH-5232 - Villigen PSI
Telephon: +41 56 310 40 60
Telefax: +41 56 310 21 99
Email: desousa@psi.ch

1. Projektziele 1998

Ziel des Projektes ist es, den Einfluss von Fremdstoffen wie Schwermetallen und Chlor auf die Gaszusammensetzung von Wirbelschichtvergaseren qualitativ und quantitativ zu erfassen. Diese Fremdstoffe werden in Altholz und Kunststoffabfällen nachgewiesen und deren Einfluss auf die Vergasungschemie ist wenig untersucht. Wir wollen die Vergasung dieser Brennstoffe unter reproduzierbaren und kontrollierten Prozessbedingungen untersuchen und mit dem Vergasungsverhalten von unbelastetem Holz unter den gleichen Bedingungen vergleichen. Durch ein besseres Verständnis der ablaufenden Chemie sollen prozessintegrierte Optimierungsmöglichkeiten abgeklärt werden. Die Ergebnisse sollen einen Beitrag zur optimalen energetischen Nutzung von Abfällen liefern.

Die Ziele im Jahr 1998 waren:

- Entwicklung einer Analyseverfahren für Teere mittels Gaschromatographie/Massenspektrometer (GC/MS).
- Festlegung von praxisrelevanten Einflüssen der Schadstoffe auf die Vergasungsprodukte.
- Abschluss der experimentellen Tätigkeiten.

2. 1998 durchgeführte Arbeiten und Resultate

2.1. Analyseverfahren mit GC/MS

Die bis Ende 1997 verwendete Analyseverfahren für die Teere im Vergasergas basierte auf einer Trennung durch Gaschromatographie mit Qualifizierung durch einen Flammenionisationsdetektor (GC/FID). Diese Methode hat den Nachteil, dass Substanzen lediglich aufgrund ihrer Retentionszeit identifiziert werden können. Aus früheren Versuchen war bekannt, dass diese Identifikationsmethode nicht immer zuverlässig ist, da in der Regel die Retentionszeiten nicht konstant sind. Vielmehr haben schon kleine Variationen der Analyseparameter oder das Altern der Trennsäule einen merklichen Einfluss auf die Retentionszeiten. Zudem konnten gewisse Substanzen nicht hinreichend getrennt werden, was zu überlappenden Peaks im Chromatogramm führte. Dies bedeutet, dass Substanzen unter Umständen nicht korrekt quantifiziert werden, und so falsche Angaben über die Teermenge im Gas gemacht werden können.

Wenn als Detektor hingegen ein Massenspektrometer (MS) verwendet wird, ist mehr Sicherheit in der Identifizierung gewährleistet. Zusätzlich zur Retentionszeit steht das charakteristische Spaltungsmuster einer Substanz zur ihrer Identifizierung zur Verfügung. Bei überlappenden Peaks im Chromatogramm kann auch diese Information zur Trennung und Quantifizierung der Substanzen benutzt werden. Zudem bietet das MS die Möglichkeit, unbekannte Substanzen in der Probe aufzuspüren, und gegebenenfalls der Analyseverfahren zur Quantifizierung hinzuzufügen.

Die entwickelte Methode erlaubt die Quantifizierung von 40 Substanzen mit einem Siedepunkt von 80°C bis 542°C (Benzol bis Benzo[ghi]perylene) in einem Analysengang. Dies ist nötig, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass sowohl leichtflüchtige wie auch schwerflüchtige Komponenten in einer Teerprobe zu finden sind. Unbekannte Substanzen in der Teerprobe werden auch erfasst, jedoch nicht quantifiziert, soweit sie ebenfalls

einen Siedepunkt im erwähnten Bereich haben. Die Liste aller quantifizierten Komponenten ist in Tabelle 1 zu finden.

Komponente	Formel	SP (°C)	CAS-Nr.	Komponente	Formel	SP (°C)	CAS-Nr.
Benzol	C ₆ H ₆	80.1	71-43-2	2-Methylnaphthalin	C ₁₁ H ₁₀	241.0	91-57-6
Toluol	C ₇ H ₈	110.6	108-88-3	1-Methylnaphthalin	C ₁₁ H ₁₀	244.6	90-12-0
Ethylbenzol	C ₈ H ₁₀	136.2	100-41-4	Biphenyl	C ₁₂ H ₁₀	255.9	92-52-4
m-Xylol	C ₈ H ₁₀	139.1	106-42-3	Acenaphthylen	C ₁₂ H ₈	270.0	208-96-8
p-Xylol	C ₈ H ₁₀	138.4	108-38-3	Acenaphthen	C ₁₂ H ₁₀	279.0	83-32-9
o-Xylol	C ₈ H ₁₀	145.2	95-47-6	Dibenzofuran	C ₁₂ H ₈ O	287.0	132-64-9
Styrol	C ₈ H ₈	144.4	100-42-5	Fluoren	C ₁₃ H ₁₀	294.0	86-73-7
3-Ethyltoluol	C ₉ H ₁₂	161.3	620-14-4	Phenanthren	C ₁₄ H ₁₀	338.0	85-01-8
4-Ethyltoluol	C ₉ H ₁₂	162.0	622-96-8	Anthracen	C ₁₄ H ₁₀	340.0	120-12-7
2-Ethyltoluol	C ₉ H ₁₂	165.2	611-14-3	Fluoranthren	C ₁₆ H ₁₀	383.0	206-44-0
Phenol	C ₆ H ₆ O	181.8	108-95-2	Pyren	C ₁₆ H ₁₀	393.0	129-00-0
α-Methylstyrol	C ₉ H ₁₀	164.5	98-83-9	Benz[a]anthracen	C ₁₈ H ₁₂	425.0	56-55-3
2-Methylstyrol	C ₉ H ₁₀		611-15-4	Chrysen	C ₁₈ H ₁₂	431.0	218-01-9
3-Methylstyrol	C ₉ H ₁₀		100-80-1	Benz[e]acephenanthrylen	C ₂₀ H ₁₂		205-99-2
4-Methylstyrol	C ₉ H ₁₀		622-97-9	Benzo[k]fluoranthren	C ₂₀ H ₁₂		207-08-9
2,3-Benzofuran	C ₈ H ₆ O	174.0	271-89-6	Benzo[a]pyren	C ₂₀ H ₁₂	496.0	50-32-8
o-Kresol	C ₇ H ₈ O	191.0	95-48-7	Perylen	C ₂₀ H ₁₂	497.0	198-55-0
Inden	C ₉ H ₈	182.6	95-13-6	Dibenzo[ah]anthracen	C ₂₂ H ₁₄	535.0	53-70-3
p-Kresol	C ₇ H ₈ O	201.9	106-44-5	Indeno[1,2,3-cd]pyren	C ₂₂ H ₁₂		193-39-5
m-Kresol	C ₇ H ₈ O	202.2	95-48-7	Benzo[ghi]perylene	C ₂₂ H ₁₂	542.0	191-24-2
Naphthalin	C ₁₀ H ₈	218.0	91-20-3				

Tabelle 1: Mit der GC-MS Methode quantifizierter Komponenten (sortiert nach aufsteigender Retentionszeit).

Es muss hier erwähnt werden, dass der Aufwand, ein GC/MS zu betreuen, unterschätzt wurde. Somit entstanden erhebliche Verzögerungen im Experimentalplan.

2.2. Versuche mit Standardholz

2.2.1. Wiederholungsexperimente

Zum Abschätzen des experimentellen Fehlers wurden drei Versuche am Zentralpunkt¹ durchgeführt. Dabei gelten die in Tabelle 2 gegebenen Sollwerte für die Versuchsparameter. Ebenfalls in Tabelle 2 sind die tatsächlichen Werte der Versuchsparameter und die entsprechenden Standardabweichungen zu sehen.

Parameter	Sollwerte im Zentralpunkt	Istwerte/Standardabweichung					
		971029		980305		980318	
Betttemperatur T (°C)	800	805	2.3	803	1.2	803	2.0
Temperaturgradient im Freiraum γ (°C)	50	*)		*)		*)	
Luftzahl φ (-)	0.3	0.30	0.006	0.29	0.006	0.30	0.007
Brennstofffeuchte ζ (%)	15	12		20		20	
Bettkorngrösse d _{p, Bed} (mm)	0.4	0.4	-	0.4	-	0.4	-
Bethöhe (als Höhe/Durchmesser) (-)	2	2	-	2	-	2	-

Tabelle 2: Versuchsparameter Sollwerte am Zentralpunkt und erzielte Versuchsparameter in den Wiederholungsversuche. *): siehe Abbildung 1. Der Temperaturgradient wird als Differenz zwischen der Temperaturen des Bettes und der obersten Messstelle im Reaktor definiert.

¹ Siehe dazu de Sousa 1997 "faktorielle Versuchsplanung"

Die vorgegebenen Temperaturen im Freiraum konnten nur relativ schlecht eingehalten werden, wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Der Fehler in den Temperaturen liegen in etwa im Bereich von $\pm 10^\circ\text{C}$. Unmittelbar oberhalb des Bettes befindet sich das kurze Rohrstück, an dem der ganze Reaktor abgestützt wird. Dieser ist nicht von aussen beheizt, sondern lediglich thermisch isoliert. Dies erklärt weshalb die Temperaturen bei einer Höhe von etwa 800 bzw. 1400mm tief sind.

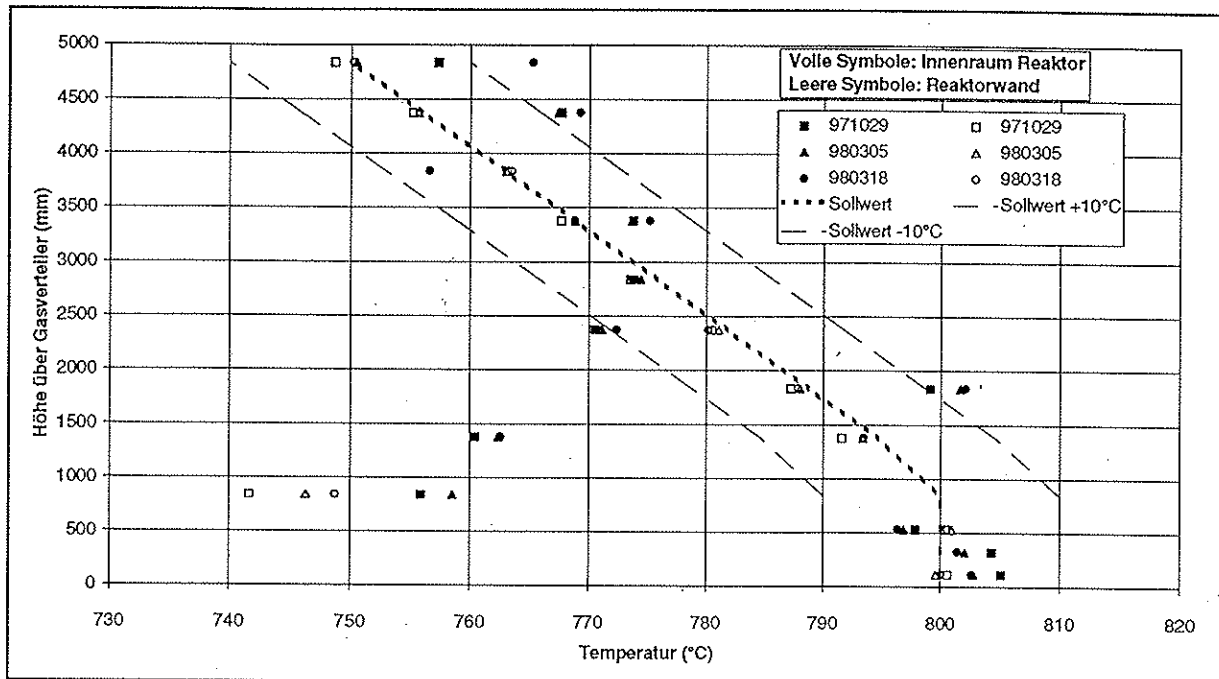


Abbildung 1: Vergleich der Soll- und Istwerte der Temperaturgradienten im Freiraum.

2.2.1.1. Teergehalte

Es wurden jeweils zwei Teerprobenahmen (A und B) pro Versuch durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 mit den Resultaten aus Versuch 971029 zusammengefasst. Die Teerbestandteile wurden wie in Tabelle 3 gegeben in Klassen eingeteilt. Dabei wurde explizit nicht die in der Literatur zum Teil übliche Einteilung in primäre, sekundäre oder tertiäre Reaktionsprodukte verwendet (siehe z.B. Evans et. al. 1997). Unsere Analytik erfasst nicht das gesamte Spektrum an Komponenten, die einer solchen Einteilung zugrunde liegen. Zum Teil treten auch gewisse Komponenten, die in unserer Analysemethode ausgewertet werden, in zwei verschiedene Klassen auf, wie z. B. Benzol.

In Abbildung 2 sieht man eine gute Übereinstimmung der Resultate bei 4 der 6 Teilversuche. Es ist anzunehmen, dass beim Versuch 980305 eine undichte Stelle in der Teerprobenahme vorhanden war, da die relative Teerzusammensetzung für alle 6 Teilversuche praktisch identisch ist. Zudem können die Teergehalte im Gas dieses Versuches denjenigen der Versuche 971029 und 980318 rechnerisch angepasst werden, indem ein kleineres abgesaugtes Gasvolumen für die Berechnung der Teergehalte eingesetzt wird. Versuch 980305 wird dementsprechend in puncto Teergehalt im Gas nicht weiter betrachtet. Die aus den zwei anderen Versuche eruierten Mittelwerte und Fehler sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Klasse	Komponenten
Benzol	Benzol
1 Ring	Toluol, Ethylbenzol o-, p- & m-Xylol Styrol 3-, 4- & 2-Ethyltoluol α-, 3-, 2- & 4-Methylstyrol
Naphthalin	Naphthalin
2 Ringe	Inden 1- & 2-Methylnaphthalin Biphenyl

Klasse	Komponenten
3 Ringe	Acenaphthylen Acenaphthen Fluoren Phenanthren Anthracen
4+ Ringe	Fluoranthren Pyren Benz[a]anthracen Chrysen Benz[e]acephenanthrylen Benzo[k]fluoranthren Benzo[a]pyren Perylen Dibenzo[ah]anthracen Indeno[1,2,3-cd]pyren Benzo[ghi]perylene
Phenole	Phenol o-, m- & p- Kresol
O-Heteroaromaten	2,3-Benzofuran Dibenzofuran

Tabelle 3: Klasseneinteilung der Teerkomponenten

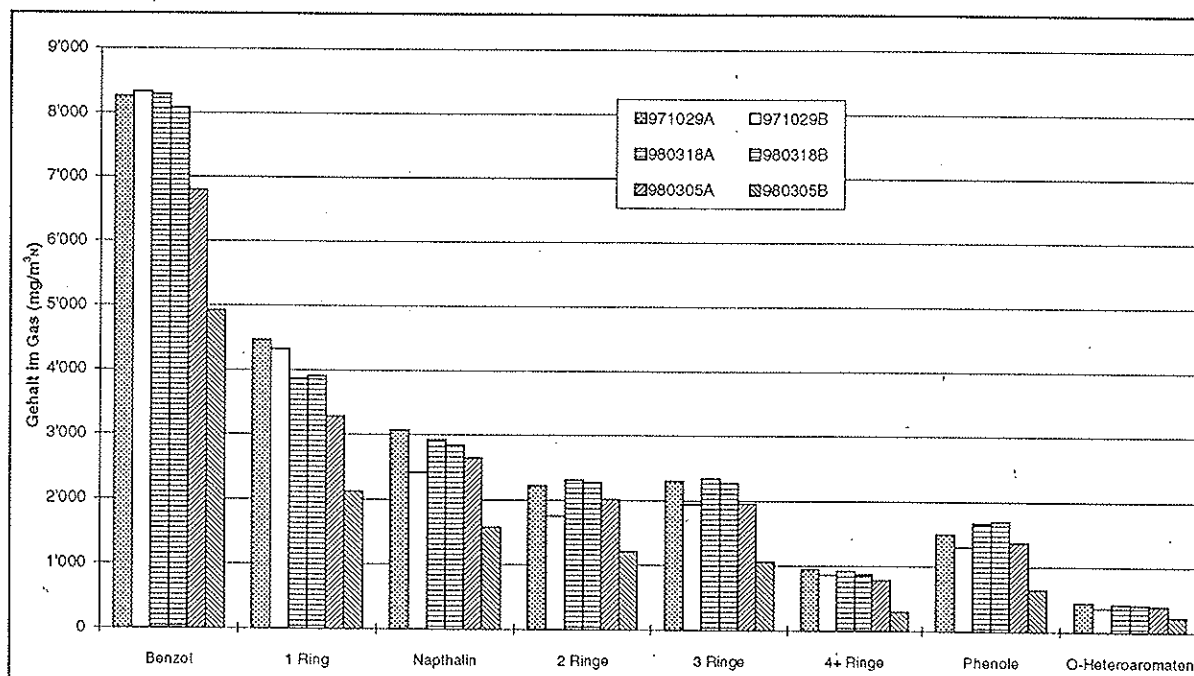


Abbildung 2: Teergehalte der Wiederholungsversuche 971029, 980305 und 980318. Fehlerbalken: zweifache Standardabweichung.

Auch wenn für gewisse Teerklassen eine relativ grosse Streuung vorhanden ist (z.B. bei "2 Ringe"), so ist die Unsicherheit in der Gesamtteermenge mit 7.3% recht klein. Unter den Versuchsbedingungen am Zentralpunkt besteht der Teer hauptsächlich aus Benzol und gerade bei dieser Komponente ist die Streuung am kleinsten.

Klasse	Mittelwert Teergehalt (mg/m ³ _N)	Relative Standardabweichung Teergehalt (% vom Mittelwert)	Teerzusammen- setzung (% vom Total)
Benzol	8200	1.3 %	36.8 %
1 Ring	4100	14.3 %	18.5 %
Naphtalin	2800	19.8 %	12.6 %
2 Ringe	2100	24.2 %	9.5 %
3 Ringe	2200	16.5 %	9.9 %
4+ Ringe	900	8.8 %	4.0 %
Phenole	1500	23.7 %	6.9 %
O-Heteroaromaten	400	17.1 %	1.8 %
Total	22400	7.3 %	100.0 %

Tabelle 4: Mittelwerte und Streuung der Teergehalte aus den Versuchen am Zentralpunkt.

2.2.1.2. Gaszusammensetzung

Die Gaszusammensetzung der Wiederholungsversuche ist in Tabelle 5 gemittelt über den ganzen Versuch gegeben. Die gute Übereinstimmung und kleine Streuung der Resultate ist klar ersichtlich. In Tabelle 5 stehen Probe 1 bis 3 für die an unserem Reaktor vorhandenen Probeentnahmestellen. Diese sind in unterschiedlichen Höhen über den Freiraum angebracht. Beim hier verwendeten Temperaturgradienten von -50°C sind keine merklichen Unterschiede in der Gaszusammensetzung als Funktion der Höhe zu sehen.

		Gas Konzentration (trocken, vol-%)						
Experiment		N ₂	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	Ar	O ₂
971029	Probe 1	54.5	15.2	18.2	6.8	4.4	0.9	0.1
	Probe 2	-	-	-	-	-	-	-
	Probe 3	54.3	15.1	18.2	6.8	4.6	0.9	0.1
980305	Probe 1	53.8	16.0	17.3	7.2	4.2	1.6	0.0
	Probe 2	53.5	16.0	17.3	7.3	4.4	1.6	0.0
	Probe 3	53.5	15.9	17.4	7.3	4.4	1.5	0.0
980318	Probe 1	53.8	17.0	16.7	7.4	4.4	0.7	0.0
	Probe 2	53.6	17.0	16.8	7.5	4.5	0.7	0.0
	Probe 3	53.7	17.0	16.6	7.5	4.5	0.7	0.0
	Mittelwert	53.8	16.1	17.3	7.2	4.4	1.1	0.0
	Standardabweichung	0.4	0.8	0.6	0.3	0.1	0.4	0.0

Tabelle 5: Gaszusammensetzung der Wiederholungsversuche.

2.2.2. Weitere Experimente nach dem faktoriellen Versuchsplan

Der faktorielle Versuchsplan wurde zunächst beibehalten und die Experimente mit grobem Bettmaterial sollten durchgeführt werden. Die Versuchsparameter sind in Tabelle 6 wiedergegeben. Tabelle 7 zeigt eine Übersicht der 1998 nach dem ursprünglichen Versuchsplan vorgesehenen und tatsächlich durchgeführten Experimente.

Variable	Niveau	
	Tief (-1)	Hoch (+1)
Betttemperatur T (°C)	700	900
Temperaturgradient im Freiraum γ (°C)	0	-100
Luftzahl ϕ (-)	0.2	0.4
Brennstofffeuchte ζ (%)	1	30
Bettkorngrösse $d_{p,Bed}$ (mm)	0.4	0.7
Betthöhe (als Höhe/Durchmesser) (-)	1	3

Tabelle 6: Versuchsparameter für den faktoriellen Versuchsplan.

Versuchsnummer	T (°C)	γ (°C)	ϕ (-)	ζ (%)	$d_{p,Bed}$ (mm)	H/D (-)
980423	700	-100	0.2	1	0.7	3
980622	900	-100	0.4	30	0.7	3
980715	700	-100	0.2	30	0.7	1
980724	900	0	0.2	1	0.7	1
980730	900	-100	0.4	1	0.7	1
-	900	0	0.2	30	0.7	3
-	700	0	0.4	30	0.7	1
-	700	0	0.4	1	0.7	3

Tabelle 7: Versuche 1998 mit vorgegebenen Versuchsparametern.

Bei der Durchführung der Experimente zeigte sich, dass nicht alle im Versuchsplan vorgesehenen Kombinationen von Parametern zu realisieren waren. Insbesondere waren die Versuche, bei welchen folgende Kombination der Parameter vorgesehen waren, nicht zu realisieren:

- tiefe Brennstofffeuchte, hohe Luftzahl und niedrige Temperatur oder
- hohe Brennstofffeuchte, tiefe Luftzahl und hohe Temperatur

Zum Beispiel musste Versuch 980730 abgebrochen werden, da die Temperatur im Bett schon über 950°C lag und immer noch im Begriff war zu steigen. Ein weiterer Anstieg könnte die Sicherheit der Anlage gefährden. Bei Versuch 980715 wurde die vorgesehene Betttemperatur nicht erreicht, sondern lediglich ca. 680°C.

Es ist bekannt, dass die Parameter Brennstofffeuchte, Luftzahl, und Temperatur bei der Vergasung zusammenhängen. Die Voraussetzung, dass sich diese Parameter in dem vorausgeplanten Bereich an unserer Anlage trennen lassen, erwies sich als falsch. Demzufolge muss eine neue Methodik für die Versuchsdurchführung angewendet werden. Zur Zeit steht diese noch nicht fest. Die bisher gewonnenen Resultate müssen noch vollständig ausgewertet werden und mit denjenigen der Versuche aus 1997 ergänzt werden, damit über das weitere Vorgehen entschieden werden kann. Insbesondere müssen sämtliche Teerproben aus 1997 auch noch mit GC/MS analysiert werden. Zwischen den Resultaten von GC/MS und GC/FID (bis Ende 1997 verwendete Analysenmethode) sind grosse Unterschiede festgestellt worden. Dies nicht zuletzt wegen der Unsicherheit bei der Zuweisung der Peaks im GC/FID-Chromatogramm. Resultate aus den Versuchen von 1998 werden hier ohne Diskussion wiedergegeben (Tabelle 5, Tabelle 8, Tabelle 9 und Abbildung 3).

Versuch	Probe	Konzentration im Gas (vol-%, trocken)						
		N ₂	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	Ar	O ₂
980423	1	52.3	14.3	18.1	6.8	4.6	1.2	2.6*
	2	48.9	16.2	20.6	7.5	5.2	1.2	0.1
	3	48.7	16.2	20.8	7.8	5.3	1.2	0.1
980622	1	61.5	19.4	9.6	6.4	1.2	1.9	0.0
	2	60.1	19.4	9.7	7.8	1.2	1.8	0.0
	3	61.3	18.9	10.2	6.5	1.3	1.9	0.0
980715	1	57.4	16.7	13.9	5.1	3.9	1.6	1.4*
	2	55.3	17.6	15.4	5.6	4.4	1.7	0.1
	3	61.5	12.5	11.2	4.0	3.2	1.5	6.1*
98724	1	47.1	14.4	22.3	9.3	6.0	0.9	0.0
	2	46.7	14.4	22.2	9.7	6.1	0.9	0.0
	3	45.2	13.9	21.7	12.2	6.2	0.8	0.0
980730	1	61.0	16.5	12.5	5.4	2.8	1.8	0.0
	2	60.1	15.9	11.7	7.1	2.5	1.7	1.0*
	3	60.5	16.4	12.5	6.1	2.7	1.8	0.0

Tabelle 8: Gaszusammensetzung der Versuche mit naturbelassenem Holz. *: Unerwünschter Falschlufztutritt in der Gasleitung zum Analysegerät.

Versuch	Teergehalt (mg/m _N ³)
980423A	3500
980423B	20000
980622B	12000
980715A	10100
980724A	57900
980724B	59200

Tabelle 9: Totale Teergehalte für die Versuche mit naturbelassenem Holz in 1998.

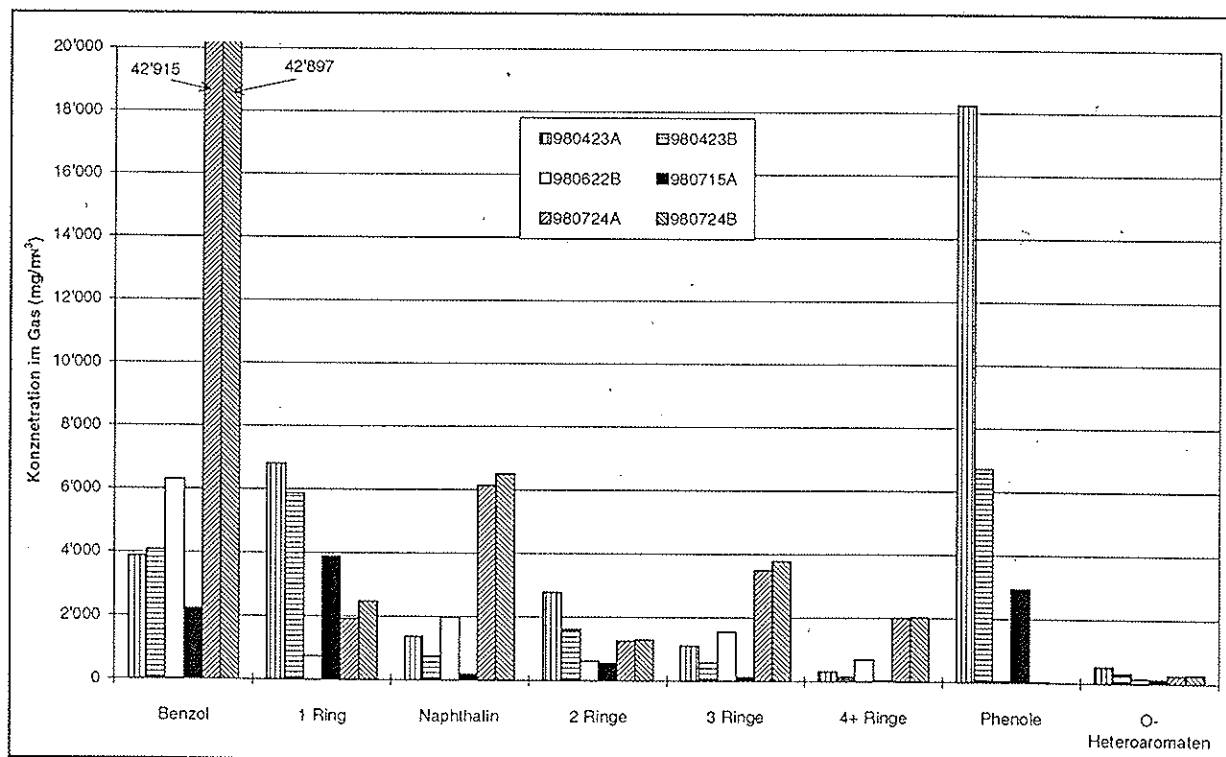


Abbildung 3: Teergehalte im Gas bei den Versuchen mit naturbelassenem Holz in 1998.

2.3. Versuche mit Altholz

In einer ersten Anstrengung in Richtung einer neuen Versuchsmethodik wurde ein Versuch mit Altholz durchgeführt, wobei drei unterschiedliche Versuchsbedingungen nacheinander eingestellt wurden. Dabei wurde die Luftzahl durch Veränderung des Brennstoffmassenstromes variiert. Tabelle 10 gibt eine Übersicht der vorausgeplanten und erreichten Versuchsp Parameter wieder. Die Brennstoffparameter sind in de Sousa (1997) zu finden. Diese neue Versuchsmethodik hat den Vorteil, dass in vergleichbar kurzer Zeit viele Daten gesammelt werden können. Die hier geschilderten Ergebnisse hätten bei der bisherigen Versuchsführung drei statt einen Versuchstag in Anspruch genommen.

Parameter	Sollwert / Istwert					
	981029 A		981029 B		981029 C	
Betttemperatur T (°C)	700	725	800	849	900	946
Luftzahl ϕ (-)	0.20	0.18	0.30	0.31	0.40	0.38

Tabelle 10: Parameter für Versuch 981029.

Die Gaszusammensetzung und die Betttemperatur sind in Abbildung 4 dargestellt. Man erkennt sofort die relativ unstationären Verhältnisse, die für Altholzversuche typisch sind. Sämtliche hier präsentierten Daten beziehen sich auf die in Abbildung 4 dargestellten Perioden A, B und C, wo auch der Teergehalt des Gases gemessen wurde.

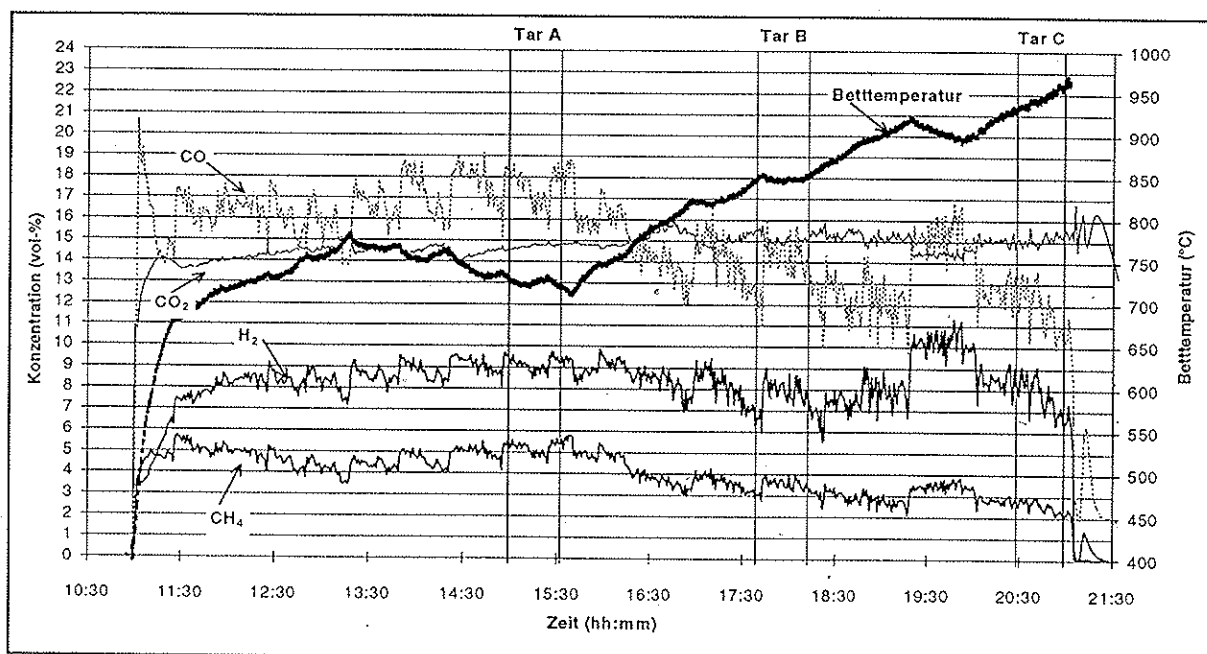


Abbildung 4: Gaszusammensetzung und Betttemperatur für Versuch 981029.

Es war vorgesehen, die Versuchsbedingungen ohne Temperaturgradient im Freiraum zu fahren. Da aber die Betttemperatur a priori nicht bekannt war, so wurde für den Freiraum die gleiche Temperatur wie im Bett vorgegeben. Die während des Versuches herrschenden Bedingungen sind in Abbildung 5 zu sehen.

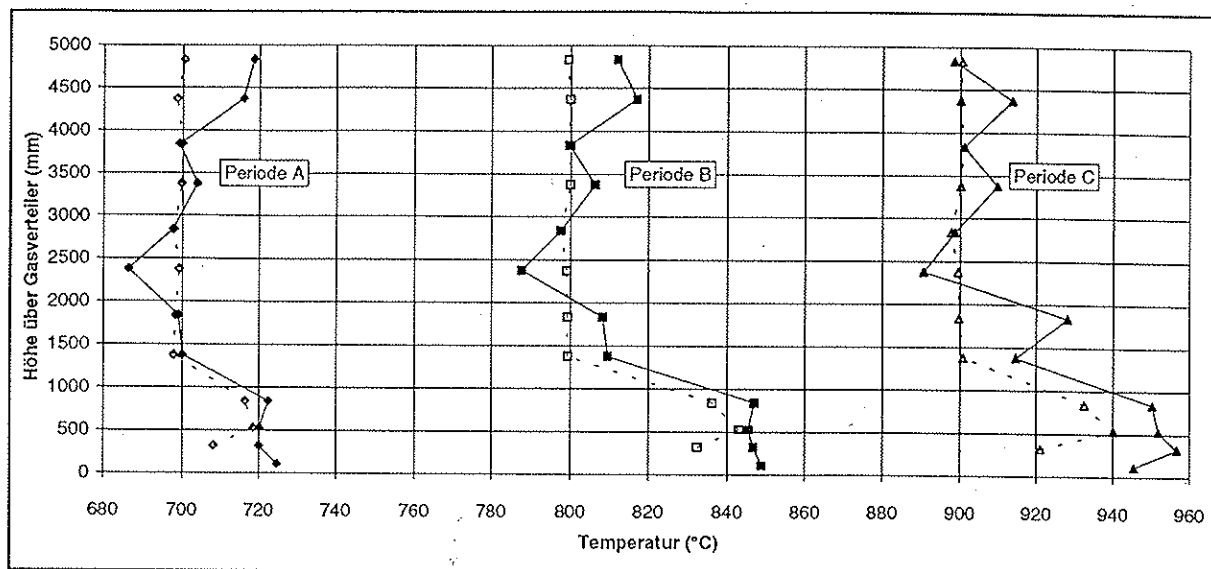


Abbildung 5: Temperaturen im Freiraum für Versuch 981029. Ausgefüllte Symbole: Temperatur im Reaktorraum, leere Symbole: Temperatur an der Reaktorwand.

Periode	Konzentration (vol-%, trocken)						
	N ₂	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	Ar	O ₂
A	52.7	14.7	17.5	9.1	5.2	0.8	0.0
B	58.7	15.0	14.1	7.9	3.5	0.8	0.0
C	61.9	15.1	11.8	7.8	2.6	0.8	0.0

Tabelle 11: Gaszusammensetzung für Versuch 981029.

Wie erwartet steigt der CO₂-Gehalt bei steigender Luftzahl, während gleichzeitig der Anteil an CO, H₂ und CH₄ fällt.

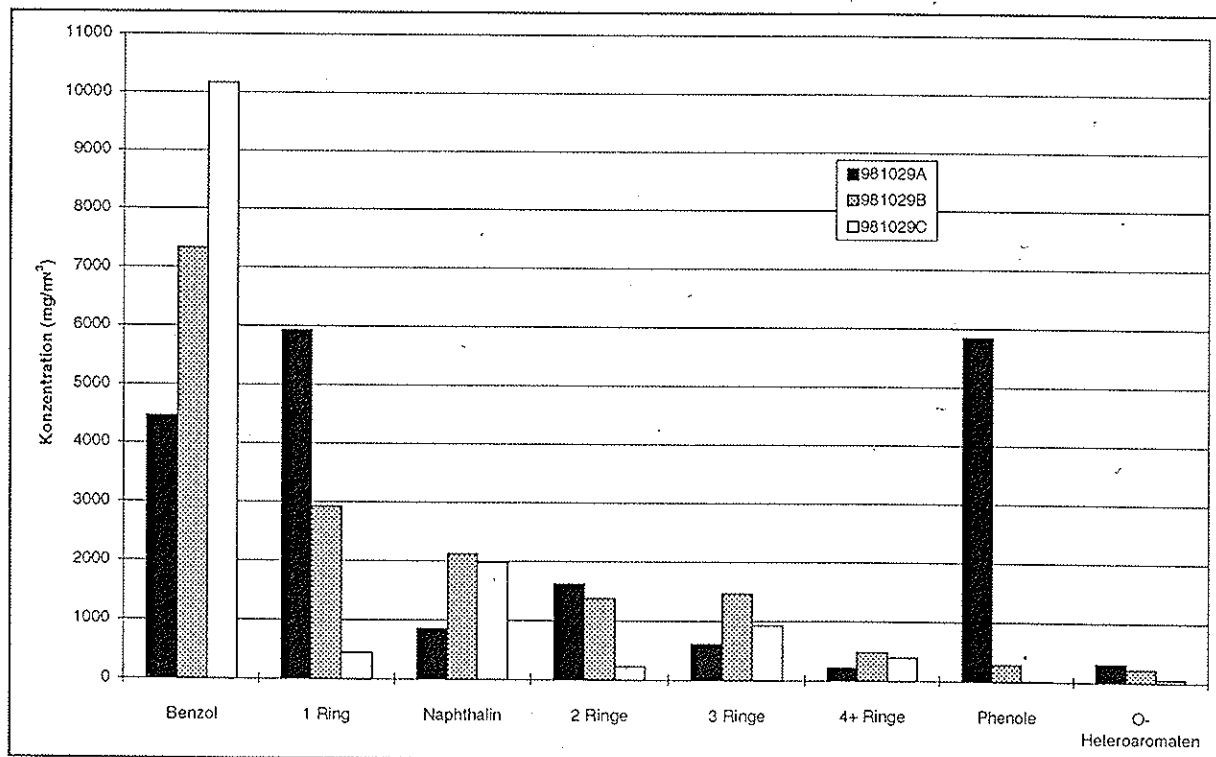


Abbildung 6: Teergehalte für Versuch 981029. Für die Einteilung in Klassen siehe Tabelle 3.

Analog zum Fall der Vergasung von naturbelassenem Holz ist bei der Vergasung von Altholz mit zunehmender Temperatur eine Änderung der Teerzusammensetzung in Richtung thermisch stabilere Komponenten deutlich zu erkennen. Die gesamte Teermenge im Gas wird gleichzeitig kleiner.

Versuch	Teergehalt (mg/m _N ³)
981029A	19800
981029B	16200
981029C	14200

Tabelle 12: Totale Teergehalte für der Versuch 981029.

Diese Gehalte sind im Vergleich zu den Versuchen bei denen Standardholz unter ähnlichen Bedingungen von Temperatur, Brennstofffeuchte und Luftzahl vergast wurde, deutlich tiefer. Zum Beispiel Versuch Nr. 970721 mit einen totalen Teergehalt von 55900mg/m_N³ oder Versuch Nr. 970807 mit 41200mg/m_N³. Allerdings müssen die Teergehalte dieser letztjährigen Versuche noch durch eine GC/MS-Analyse bestätigt werden.

3. Ausblick in 1999

Die Zeitplanung für das nächste Jahr sieht folgendermassen aus:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Versuche mit Altholz												
Versuche mit Kunststoff/Holz-Gemische												
Versuche mit imprägniertem Holz												
Dampf/Sauerstoff-Versuche mit Standardholz												
Dampf/Sauerstoff-Versuche mit Altholz												
Dampf/Sauerstoff-Versuche mit Kunststoff/Holz-Gemische												
Dampf/Sauerstoff Versuche mit imprägniertem Holz												
Zusammenschreiben der Dissertation												

Da nunmehr die Analytik steht und relativ problemlos bedient werden kann, sind wir zuversichtlich, diesen recht gedrängten Zeitplan für das nächste Jahr einhalten zu können.

4. Literatur

de Sousa, L.C.; BFE-Jahresberichte 1997, Forschungsprogramm Biomasse, Bundesamt für Energie, Bern, April 1998 *di*

Evans, R.J., Milne, T.A.; "Chemistry of Tar Formation and Maturation in the Thermochemical Conversion of Biomass"; Developments in Thermochemical Biomass Conversion; A.V. Bridgwater and D.G.B. Boocock (eds.); p.803-816; Blackie, London, 1997