

PYROLYSEVERFAHREN NACH DEM SYSTEM KIENER
ZUR GEWINNUNG VON ENERGIE UND HOLZKOHLE AUS HOLZABFÄLLEN

S. LENZ, J. HEIL
Kiener Pyrolyse GmbH, Stuttgart, F.R.Germany

Summary

Kiener Pyrolysis Concept for the Production of Energy out of Biomasses

The Kiener Pyrolysis Company for thermal waste utilization mbH (KPA) develops and projects low temperature pyrolysis plants for the utilization of municipal solid waste, special refuse and biomasses. In the following paper the Kiener low temperature pyrolysis concept for the gasification and degasification of biomasses is being described.

Furthermore a detailed description of the industrial processing engineering and research results are being given. Technical modifications of the basic concept are described and discussed and a new gasification and degasification reactor of the Kiener pyrolysis company is being conceived. Chemical and physical research results from different series of measurements are given and discussed. Furthermore a new energy balance is being put up and a future view for new fields of application and possible suitabilities of the Kiener concept for biomass pyrolysis is shown.

1. EINLEITUNG

Die Entwicklung der Pyrolyseanlagen nach dem System Kiener erstreckt sich auf die thermische Verwertung von Müll, Holzabfällen, Rindenabfällen u.dgl. sowie auf die umweltfreundliche Beseitigung von Problemabfällen.

2. VERFAHRENSBESCHREIBUNG

Die Holzabfälle werden erforderlichenfalls auf die gewünschte Stückigkeit zerkleinert und der Drehtrommel zugeführt. Die Heizrohre der Trommel erwärmen die Holzabfälle auf ca. 500° C. Diese Temperatur reicht aus, um die Abfälle zu etwa 99% zu entgasen. Die Schwelgase bestehen aus Wasserdampf, Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Methan, Äthylen, einigen höheren Kohlenwasserstoffen, Teerinhaltstoffen, Kohlenstaub. Darüber hinaus enthalten sie beträchtliche Mengen an Essigsäure und deren Homologe sowie Holzgeist (Summe aller bis etwa 80° C siedenden Verbindungen). Die Schwelgase werden entstaubt und dem Cracker zugeführt. In diesem wird durch unterstöchiometrische Verbrennung (Teilverbrennung) des Schwelgases mit

Luft die Temperatur auf 1 100° C - 1 200° C angehoben. Diese Temperatur ist bei gegebener Verweilzeit ausreichend, die genannten Schwelgas-Komponenten (außer Wasserdampf) quantitativ in niedermolekulare Produkte zu spalten. Der Cracker ist daher die thermische Reinigungsstufe. Nach Kühlung dieses nun thermisch gereinigten Gases (Spaltgas) wird es einer einfachen Wäsche unterworfen und steht dann als Reingas der Energiegewinnung zur Verfügung.

Das Gas kann nun in einem Gasmotor, der mit einem Generator gekuppelt ist, zur Erzeugung elektrischer Energie verbrannt werden. Die Auspuffgase des Motors dienen der Beheizung der Trommel. Die Auspuffgase haben am Trommelausgang eine Temperatur von 600° C, am Trommelausgang noch 250° C. Der Restwärmehalt des Auspuffgases ist ausreichend, um Holz mit einer Feuchte von ca. 50 Gew.-% (Feuchte beim Einschlag) auf 30 - 33 Gew.-% Wasser vorzutrocknen. Ist z.B. eine weitere Vortrocknung wünschenswert, so steht die Abwärme des Spaltgas-Wärmetauschers zur Verfügung. Soll in tropischen oder subtropischen Regionen Holzkohle erzeugt werden, kann der Aufwand für eine Vortrocknung reduziert werden, da nach kurzen Lagerzeiten frisch eingeschlagenes Holz stark abtrocknet.

Das Spaltgas kann auch direkt zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Dabei entfällt der Gasmotor.

In Abb. 1 sind die Komponenten so gestaltet, daß aus den eingesetzten Abfällen Holzkohle, Strom und Wärme erzeugt werden kann. Wird auf die Produktion von Holzkohle verzichtet, so kann diese in einem zusätzlichen Luftgenerator verascht werden. Dabei entsteht wiederum ein Generatorgas, das zur Stromerzeugung zusammen mit dem Reingas aus dem Cracker dem Gasmotor zugeführt wird.

3. VORTEILE DES NIEDERTEMPERATURPYROLYSEVERFAHRENS SYSTEM KIENER

3.1 Teere, Phenole und Aromaten werden im Cracker zu umweltfreundlichen Gasen umgewandelt. Der Energieinhalt des Teers ist Teil der Spaltgasenergie.

3.2 Teere und Phenole gelangen nicht ins Waschsystem; daher ist auch eine Teerabscheidung nicht erforderlich. Das Waschsystem kann einfach ausgelegt werden.

3.3 Außer Holzkohle fällt leitungsgebundene Energie als elektrischer Strom, Brenngas oder Fernwärme an.

3.4 Der Sauerstoffausschluß bzw. die unterstöchiometrische Luftzuführung schließt eine Kohlenstaubverpuffung aus.

3.5 Die Holzkohle kann z.B. mit Mais-Stärke als Bindemittel zu Briketts gepreßt werden.

3.6 Die Abwassermengen sind gering und können nach einer einfachen Vorbehandlung in den nächsten Vorfluter abgegeben werden.

3.7 Das Pyrolysesystem kann eine Vielzahl von Holz- und Biomassenabfällen zu guter Holzkohle verarbeiten. Es ist nicht auf stückiges Gut angewiesen. Abfälle wie Rinden unterschiedlicher Holzarten, Sägespäne oder Sägemehl bereiten im Betrieb keine Schwierigkeiten. Brückenbildungen, die zu instabilen Betriebszuständen führen, treten bei diesem Ver-

fahren nicht auf.

3.8 Die Kiener Holzpyrolyse ist auf einen kontinuierlichen Betrieb ausgelegt. Die Verweilzeit in der Trommel liegt bei ca. 120 Minuten. Die Qualität der Holzkohle kann jederzeit und kontinuierlich überprüft werden.

4. DIE WICHTIGSTEN ANALYSENERGEBNISSE

Bei der Pyrolyse von trockenem Holz (atro) fallen je nach Temperatur, Holzart und Verfahren die in Tab.1 genannten Stoffgruppen an:

Komponente	Massenanteil [Gew.-%]
Holzkohle	30 - 35
Gase	15 - 20
Wasser	~ 25
Essigsäure	6 - 7
Holzgeist	2 - 3
Holzteer	13 - 15

Tab.1: Produktgruppen bei der Holzpyrolyse

Der Holzteer, der beim Kiener-Holzpyrolyseverfahren das System nicht verlassen kann, sondern im Cracker zerstört wird, enthält eine Vielzahl chemisch komplizierter Verbindungen: Polyaromaten, deren N-, S- und O-Analoga und verschiedene Basen.

Die Holzkohle fällt als matt-glänzendes trockenes Produkt an. Bei stückigem Holzeintrag ist die gewonnene Holzkohle ebenfalls stückig. Der zerkleinerte Anteil ist vernachlässigbar gering.

In Tabelle 2 sind die wichtigsten Analysendaten der Holzkohle zusammengestellt:

Komponente	Holzkohle [Gew.-%]
Feuchte	1
Asche	10 - 15
Org.Flüchtige (bei 600° C)	1
Elementaranalyse	
Kohlenstoff	85 - 90
Wasserstoff	2 - 3
Stickstoff	< 0,05
Heizwert H_u	32 500 kJ/kg 7 760 kcal/kg

Tab.2: Analysendaten der Holzkohle

Das gecrackte und einfach gereinigte Pyrolysegas ist frei von Schadstoffen, so daß es umweltfreundlich weiterverarbeitet werden kann. In Tabelle 3 ist die Zusammensetzung des Pyrolyse-reingases angegeben.

Komponente	Reingas [Vol.-%]
Wasserstoff (H ₂)	19,7
Kohlenmonoxid (CO)	11,7
Kohlendioxid (CO ₂)	20,0
Methan (CH ₄)	2,5
Äthylen (CH ₂ = CH ₂)	0,7
Stickstoff (N ₂)	45,2
Sauerstoff (O ₂)	0,2
Heizwert H _u	1 170 kcal/m ³ _n 4 900 kJ m ³ _n

Tab.3: Analysendaten des trockenen Pyrolyse-reingases

Das Abwasser ist unproblematisch. Nach einer einfachen Filterung (Holzkohlestaub) und Cyanidentgiftung kann es abgegeben werden. Die Ammoniak-Fracht im Wasser kann dadurch verhindert bzw. verringert werden, daß das Waschsystem alkalisch eingestellt wird. Das NH₃ bleibt dann in der Gasphase. Beim Verfeuern des Gases wird der weitaus größte Teil nur zu N₂ (Stickstoff) oxydiert. Der gebildete NO/NO₂-Anteil ist sehr gering. In Tabelle 4 sind die Analysendaten des unbehandelten Abwassers zusammengestellt.

Komponente	Pyrolyseabwasser	Überwachungswerte für Abwasser 1)
	[mg/l]	[mg/l]
pH-Wert	8,4 - 8,8	6,0 - 9,5
Chemischer Sauerstoff- bedarf (CSB)	330 - 500	500 - 600
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)	120 - 400	300 - 600
Gesamt Phenole	0,5 - 10	100
Ammoniak (als NH ₄ ⁺)	1 000 - 1 200	50
Cyanide CN ⁻)	4	0,2
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	150 - 220	400
Chlorid (Cl ⁻)	500 - 700	nicht begrenzt
1) Aus "Gemeinsames Amtsblatt der Ministerien" Baden-Württemberg GABl 26 (1978) 995 (Diese Werte gelten bei Einleitung das das öffentliche Kanal- netz)		
2) Richtwerte für häusliches Abwasser		

Tab.4: Zusammensetzung des unbehandelten Pyrolyseabwassers und die entsprechenden Überwachungswerte

5. VEREINFACHTE MASEN- UND ENERGIEBILANZ

Aus 1 000 kg feuchtem Holz (40 - 50 Gew.-% H₂O) können erzeugt werden:

170 - 180 kg trockene Holzkohle
1000 m_n³ trockenes Spaltgas (H_u = 1 170 kcal/m_n³)
und ca. 0,6 m³ Abwasser.

In einem entsprechenden Gasmotor können aus 1000 m_n³ Spaltgas ca. 390 kWh Strom erzeugt werden.

Die im Prozeß anfallende Wärme beträgt pro Tonne feuchten Holzes ca. 800 000 kcal, wovon ca. 470 000 kcal zur Aufrechterhaltung des Pyrolyseprozesses benötigt werden, so daß 330 000 kcal/t zur Wärmeversorgung und Holzvortrocknung zur Verfügung stehen. Für andere Biomassen (z.B. Kokosschalen, engl. Coconut-husks) wurden nahezu identische Werte ermittelt.

6. MODIFICATION DER ANLAGENKOMPONENTEN

Abb. 2: Bei dieser Anordnung kann wahlweise Holzkohle, Strom und Wärme oder nur Strom und Wärme erzeugt werden, allerdings wird ein Teil der Holzkohle zur Trommelbeheizung benötigt.

Abb.3: Faßt man Cracker und Luftgenerator in einer Anlagenkomponente zusammen, so findet die Vergasung der Holzkohle und die Crackung des Schwelgases im gleichen Apparat statt. Auch hier wird Strom und Wärme aus den Abfällen erzeugt. Die Holzkohle wird im Gasgenerator verascht, während gleichzeitig die Schwelgase aus der Trommel in der glutheißen Zone des Gasgenerators gecrackt werden.

Abb.4: Hier ist ein Ent- und Vergasungssystem schematisch konzipiert, in welches die Erfahrungen und Erkenntnisse aus der offenen Konfiguration (Abb.1 - 3) konstruktiv übertragen werden. Hierzu sind Trommel, Cracker und Luftgenerator vereinigt. Holzkohle kann damit allerdings nicht, auch nicht wahlweise produziert werden.

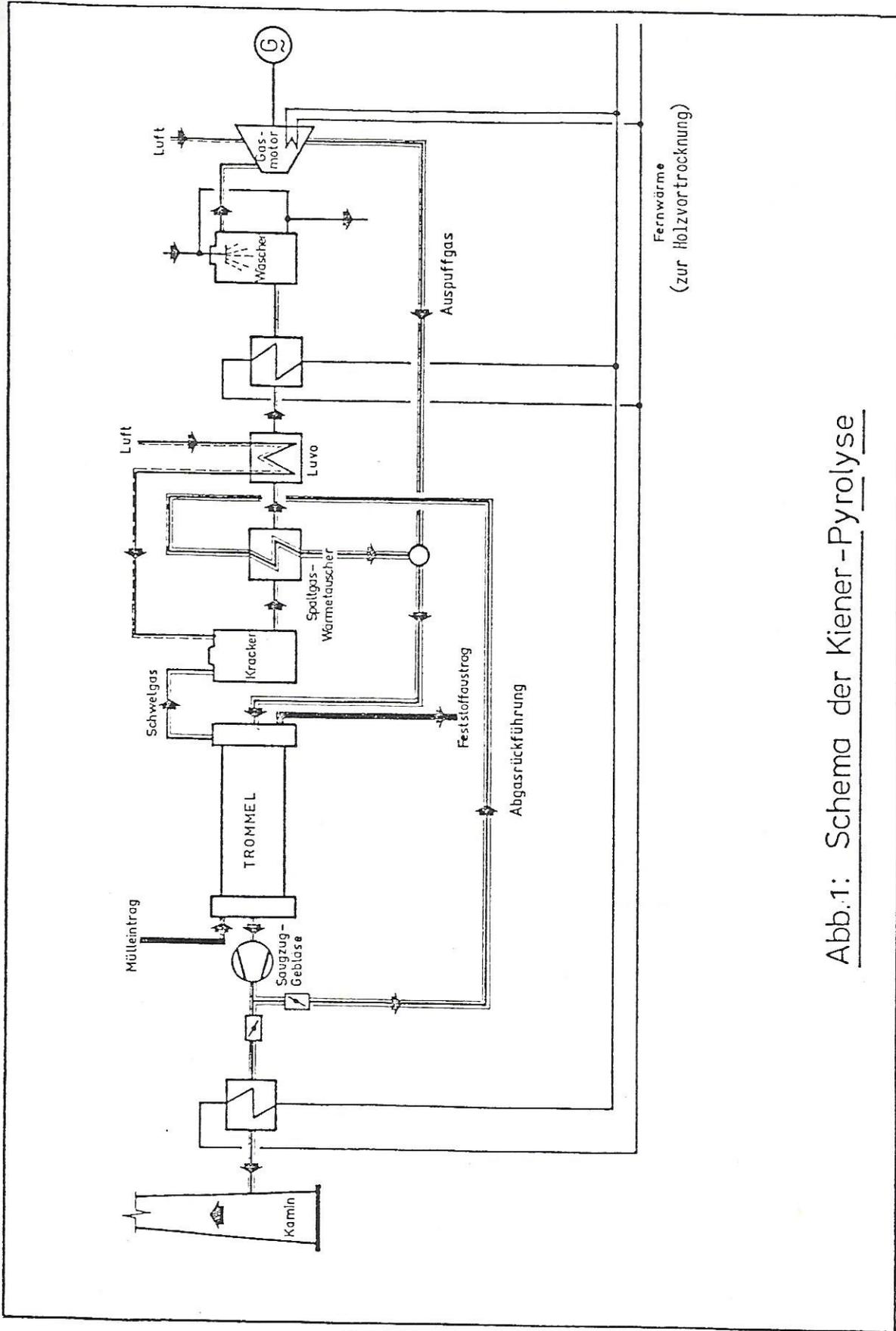


Abb.1: Schema der Kiener-Pyrolyse

For more information please contact the author at the address below.

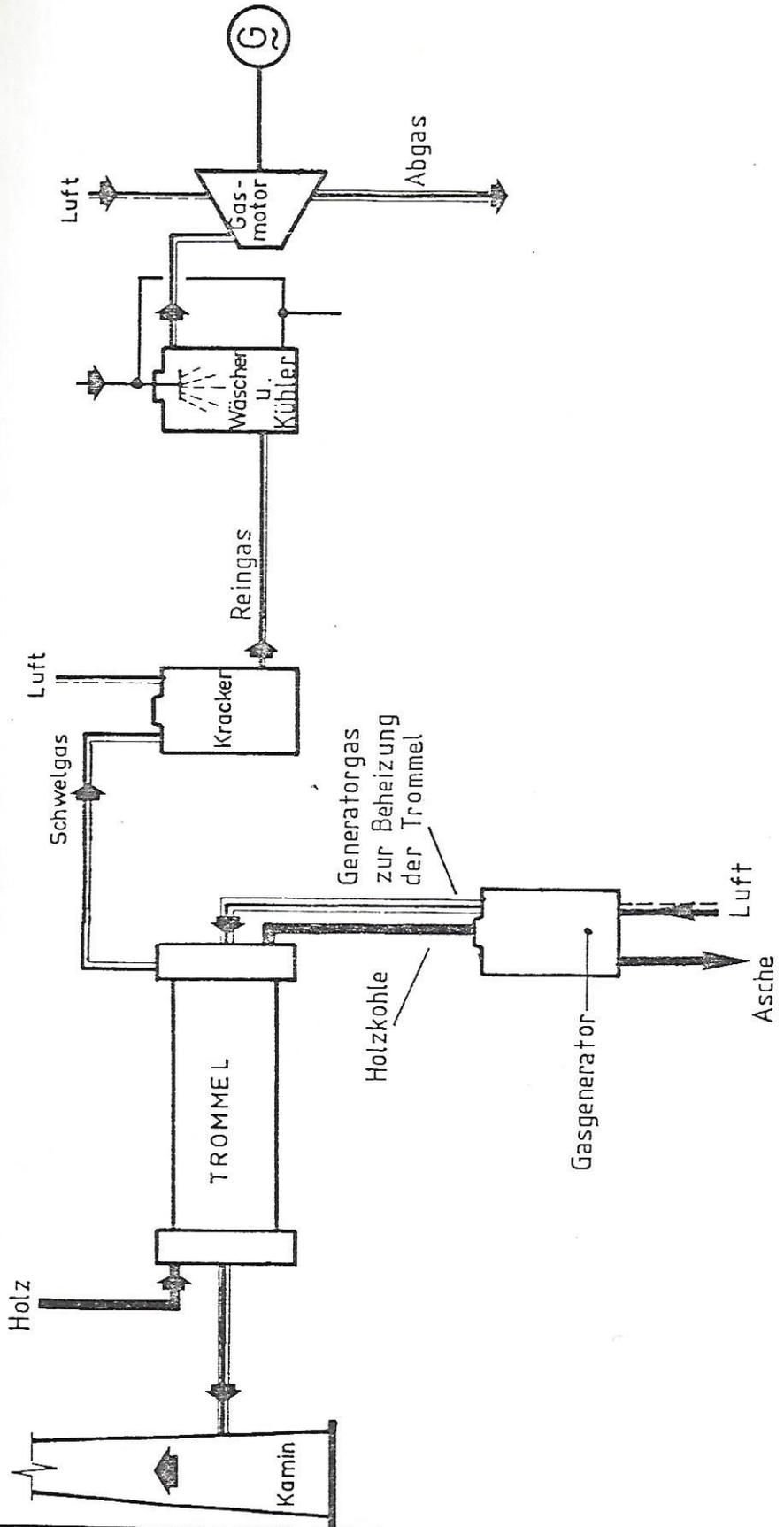


Abb. 2: Entgasung von Holz und Nutzung eines Teils der Holzkohle zur Deckung des Wärmebedarfs bei der Entgasung.

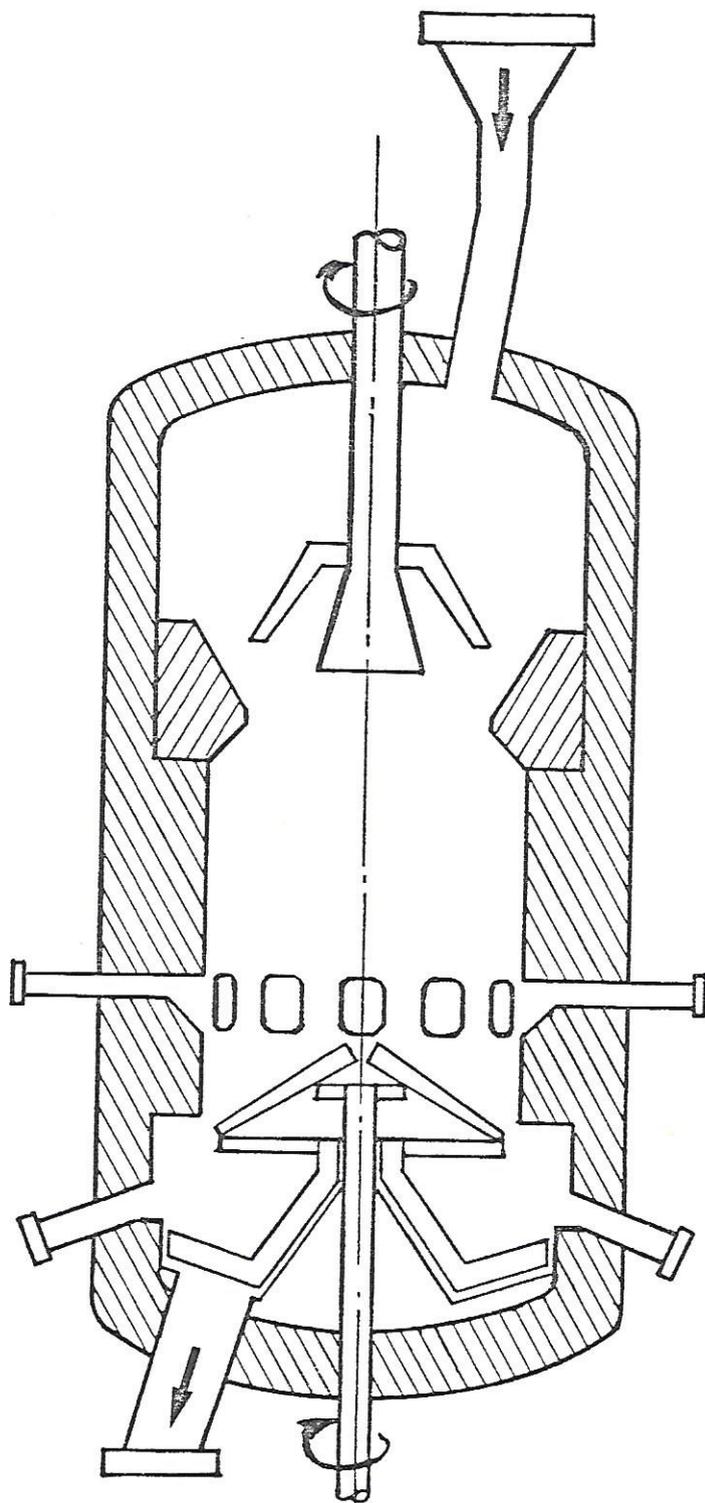


Abb. 4: Anlage zur Ent- und Vergasung von Holz.
(Holzkohle kann dabei nicht produziert werden)