



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl. 2: C 10 L
C 10 J

3/00
3/64

12 PATENTSCHRIFT A5

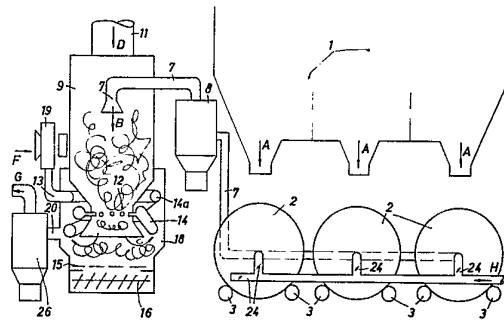


615 215

<p>21 Gesuchsnummer: 8693/75</p> <p>22 Anmeldungsdatum: 03.07.1975</p> <p>30 Priorität(en): 04.07.1974 DE 2432504 16.06.1975 DE 2526947</p> <p>24 Patent erteilt: 15.01.1980</p> <p>45 Patentschrift veröffentlicht: 15.01.1980</p>	<p>73 Inhaber: Dipl.-Ing. Karl Kiener, Goldshöfe (DE)</p> <p>72 Erfinder: Karl Kiener, Goldshöfe (DE)</p> <p>74 Vertreter: Fritz Isler, Patentanwaltsbureau, Zürich</p>
---	---

54 Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Brenngas.

57 Das Verfahren und die Vorrichtung sind zum Herstellen von Brenngas aus brennbaren Materialien, insbesondere aus Abfallstoffen bestimmt, die aufgrund ihrer Zusammensetzung, z. B. ihres Wassergehaltes oder ihrer umweltschädlichen Verbrennungsrückstände, für eine direkte Verbrennung nachteilig und ungeeignet sind. Das Aufgabegut wird bei einer Temperatur von 300 bis 600 °C unter Luftabschluß in einem Drehrohr (2) od. dgl. verschwelt. Die erhaltenen Schwelgase werden kontinuierlich durch ein 1000 bis 1200 °C heißes Reaktionsbett (12) gezogen, welches in einem schachtförmigen Brenngasreaktor (9) angeordnet ist und aus einem festen, mit Hilfe vorgewärmter Frischluft auf die notwendigen Temperaturen erwärmtem Kohlenstoffträger besteht. In diesem glutheißen Reaktionsbett werden die Schwelgase in ein hochenergetisches Brenngas umgewandelt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Herstellen von Brenngas aus brennbaren Materialien, insbesondere Abfallstoffen, bei dem das Aufgabegut getrocknet, seine brennbaren Teile verschwelt und die Schwelgase in einem heissen Reaktionsbett zu Brenngas umgewandelt werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufgabegut bei einer Temperatur von 300 bis 600°C unter Luftabschluss verschwelt, die erhaltenen festen Verschwelungsrückstände abgeschieden und die anfallenden Schwelgase kontinuierlich durch ein aus einem festen Kohlenstoffträger und zugeführter vorgewärmter Frischluft gebildetes, 1000 bis 1200°C heisses Reaktionsbett gezogen und in diesem zu hochenergetischem Brenngas umgewandelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der von den nicht brennbaren Stoffen getrennte Schwelkoks dem Reaktionsbett zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verschwelung des Aufgabegutes der Verschwelungsablauf in Abhängigkeit von der Schweltemperatur und der Beschaffenheit des Aufgabegutes durch gesteuerte Zufuhr von Wärme und/oder Wasser geregelt wird und dass die heissen, zuvor entstaubten Schwelgase direkt in die heisse Reaktionszone des aus einem aschearmen Kohlenstoffträger mit über der Reaktionstemperatur liegenden Ascheerweichungspunkt gebildeten Reaktionsbettes eingeführt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschwelten der Abfallstoffe und das Umwandeln der Schwel- und Rauchgase im heissen Reaktionsbett in Brenngas in zwei räumlich getrennten Verfahrensstufen durchgeführt werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei endotherm verschwelndem Aufgabegut ein Teil des im Reaktionsbett erzeugten Brenngases zur Einleitung und Aufrechterhaltung des Schwelprozesses mit stöchiometrischen Luftmengen in direktem Kontakt mit dem Aufgabegut verbrannt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest bei exotherm ablaufendem Schwelprozess auf das zu verschwelende Aufgabegut Wasser aufgesprüht wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwelgase während ihrer Förderung zum Brenngasreaktor durch heisse Auspuffgase einer mit dem Brenngasreaktor gekoppelten Brennkraftmaschine erwärmt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die entstaubten Schwelgase vor dem seitlichen Einströmen in die heisse Reaktionszone mit der vorgewärmten Frischluft vermischt werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der Temperatur im Reaktionsbett und der Zusammensetzung des Brenngases in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Aufgabegutes und der Schwelgase die in das Reaktionsbett eingeführten Verbrennungsluftmengen dosiert werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschwelung des Aufgabegutes, die Staubabscheidung aus den Schwelgasen und die Umwandlung im Brenngas unter einem Über- oder Unterdruck erfolgt.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch mindestens einen Schwelreaktor (2, 53) mit einem abgedichteten Eintragsförderer (52), einem Austrag für Feststoffe und einem Abzug (7, 56) für die Schwelgase; durch eine Einrichtung zum Aufbereiten der aus dem Schwelreaktor abgezogenen Feststoffe; einem Brenngasreaktor (9, 58) zur Ausbildung eines Reaktionsbettes (12, 62), in den seitlich Leitungen (14a, 68) zur Zufuhr von vorgewärmter Frischluft münden, der ferner mindestens einen Einzugs-

stützen für die Schwelgase sowie Abzugsstützen (20) für das Brenngas an der unteren Seite des Reaktionsbettes (12) aufweist; und durch einen Förderer (16) unterhalb des Rostes (15, 63) zum Abziehen der im Reaktionsbett (12, 62) gebildeten Asche.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Einzugsstützen (102, 103) für die Schwelgase direkt im Bereich des heissen Reaktionsbettes (62) in den Brenngasreaktor (58) mündet, dass in die Schwelgasleitung (56) ein Staubabscheider (57) eingeschaltet ist und dass Einrichtungen (55, 69, 82, 84, 89) zur Steuerung des Schwelprozesses in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Aufgabegutes und der Menge und Zusammensetzung der im Reaktionsbett (62) erzeugten Brenngase vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere, als Drehrohr, Trommel, Schacht oder Außenrost ausgebildete Schwelreaktoren (53) einem Brenngasreaktor (58) zugeordnet sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die als Drehtrommeln ausgebildeten Schwelreaktoren (53) an ihrem Innenmantel einen von Heizgasen durchströmten Ringraum (80, 81) mit äusseren Anschlüssen (83), mindestens einen mit Brenngas und Luft beaufschlagbaren Brenner (84) und ein Sprührohr (89) zum Besprühen des Aufgabegutes mit Wasser oder Dampf mit von der Temperatur im Schwelreaktor (53) gesteuerten Regelventilen in den Heizgas-, Luft- und Wasserleitungen (83, 86, 90) aufweisen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwelgasleitung an der den Eintrag (11) des festen Kohlenstoffträgers enthaltenden Seite des Reaktionsbettes (12) mündet.

16. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwelgasleitung in eine die Reaktionszone (62) umgebende Ringkammer (102) im Brenngasreaktor (85) mündet, von der eine Vielzahl radialer Durchströmöffnungen (103) direkt in die Reaktionszone ausgehen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass in den Durchströmöffnungen (103) Düsenrohre (104) zum getrennten Einblasen der durch die im Gegenstrom geführten heissen Brenngase erwärmten und durch ein Gebläse (70) sowie ein Drosselventil (69) entsprechend der vorbestimmten Reaktionstemperatur geregelten Frischluft sowie Düsen von Anfahrbrunnern (107) angeordnet sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenngasreaktor (9) von einem das Brenngas aufnehmenden Mantelraum (18) umgeben ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11–18, dadurch gekennzeichnet, dass an den Brenngasreaktor (9, 58) eine Brennkraftmaschine angeschlossen ist, deren Auspuffgase in den Ringraum (80, 81) des Schwelreaktors (53) zur Beheizung des Schwelreaktors eingeführt werden.

20. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwelreaktoren (2, 53), der Staubabscheider (8, 57), die Gas- und Luftleitungen sowie der Brenngasreaktor (9, 58) wärmeisoliert und zur Atmosphäre hin abgedichtet sind und unter einem Über- oder Unterdruck stehen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von Brenngas aus brennbaren Materialien, insbesondere Abfallstoffen, bei dem das Aufgabegut getrocknet, seine brennbaren Teile verschwelt und die Schwelgase in einem heissen Reaktionsbett zu Brenngas umgewandelt werden.

Zur Verwertung von derartigen Materialien sind eine Vielzahl verschiedener Verfahren bekannt, bei denen das vorge-

trocknete Aufgabegut in Drehrohr-, Schacht- oder anderen Öfen bei Temperaturen weit über 1000°C verbrannt werden, wobei die erhaltene Wärme vorwiegend zur Dampferzeugung oder als Heizungswärme verwertet wird.

Bekannte Anlagen zum Verbrennen oder Vergasen von Müll oder anderen Abfallstoffen sind mit einer Reihe von Nachteilen belastet. Die wegen des hohen Luftüberschusses grossen Mengen an anfallenden Abgasen müssen in aufwendiger Weise gereinigt werden, was trotz der kostspieligen Filter- und Reinigungsanlagen nur unvollständig möglich ist. Wiederwertbare Bestandteile, wie Eisenschrott und Buntmetall, gehen wegen der hohen Verfahrenstemperatur von über 1000°C verloren. Die anfallende Schlacke aus Asche und Glasbruch einschliesslich der eingeschlossenen Salze können das Grundwasser oder andere Abwässer verunreinigen. Die gewonnene Wärme fällt als Dampf an, der nur beschränkt verwendbar ist.

Auch Verfahren zum Erzeugen eines Brenngases aus Abfallstoffen und anderen kohlenstoffhaltigen, zur direkten Verbrennung nicht oder nur ungenügend geeigneten Materialien sind seit langem bekannt. Bei einem derartigen Verfahren (OE-PS 44 467) werden die Abfälle in einem Schachtofen verbrannt und die entweichenden Gase zur Anreicherung mit Kohlenstoff durch einen weiteren Ofen geleitet, der mit glühenden Koksmassen gefüllt ist. Zur Durchführung eines kontinuierlichen Betriebes werden zwei abwechselnd betriebene Koksöfen verwendet, wobei die aus dem jeweilig angeblasenen Koksöfen entweichenden Abgase in den Verbrennungsofen für die Abfälle und gemeinsam mit den aus den Abfällen ausgetriebenen Rauch- oder Schwelgasen durch die heisse Koks- masse des anderen Koksöfens geleitet werden. Bei diesem Verfahren erfolgt somit keine echte Verschwelung der Abfall- stoffe, sondern ihre Verbrennung bei hohen Temperaturen, so dass die aus den Abfällen erzeugten Verbrennungsgase nur geringe Mengen an reaktionsfähigen Bestandteilen enthalten und die erzeugten Brenngase nur einen geringen Wärmeinhalt aufweisen. Die Verbrennung der Müllstoffe bei relativ hohen Temperaturen hat ferner den betriebstechnisch gravierenden Nachteil, dass die wiederverwertbaren Stoffe verlorengehen und dass bei diesen Verbrennungstemperaturen die nicht brennbaren Bestandteile in den Abfallstoffen aufgrund ihrer mitunter niedrigen Erweichungstemperaturen zusammen- schmelzen oder sintern und dadurch den Schachtofen verstop- fen.

Bei einem anderen bekannten Verfahren zur Erzeugung eines kohlenoxydfreien Heizgases aus Müll- und Abfallstoffen unter gleichzeitiger Herstellung von Zyanverbindungen (OE- PS 1664) werden die Abfallstoffe durch Erhitzen auf Tempe- raturen zwischen 800 und 1000°C teilweise in Rauchgase überführt und diese in einen Schacht-Reaktor gefördert, der mit Reaktionsmaterialien in bestimmter Anordnung gefüllt ist. Die Rauchgase werden in diesem Schachtreaktor durch Über- leiten über heisse Papierasche auf die Dissozianstemperatur gebracht und im dissoziierten Zustand über Koks oder anderes kohlenstoffhaltiges Material geleitet. Hierbei erfolgt dann die Umsetzung der durch die Abfall-Destillation zuvor gebildeten Rauchgase. Wie das eingangs genannte Verfahren ist auch dieser Prozess für den Einsatz von Haus- oder Industrieabfä- llen sowie einer Vielzahl anderer kohlenstoffhaltiger Stoffe wegen der hohen Vergasungstemperatur von 800 bis 1000°C nicht geeignet, weil zwangsläufig ein Zusammensintern der nicht brennbaren Bestandteile eintritt. Das Beschicken des Schachtreaktors mit Papierasche und Koks in getrennten Schichten erfordert einen erheblichen Aufwand, wobei das erhaltene Brenngas aufgrund der hohen Vergasungstempera- tur, bei welcher bereits ein grosser Teil der Gase verbrennt, nur einen geringen Wärmeinhalt besitzt. Andere bekannte

Vergasungsverfahren sind in den DT-PS 972 468, 672 921, 585 274, 445 334, OS-PS 1 654 942 beschrieben.

Allen diesen bekannten Verfahren zur Brenngaserzeugung ist der Nachteil gemeinsam, dass die Verschwelungstemperatur der jeweiligen Einsatzstoffe bei ca. 1000°C liegt, so dass nur Materialien mit hohem Erweichungspunkt ihrer unbrennbaren Bestandteile vergast werden können. Aufgrund dieser hohen Vergasungstemperatur lässt sich ferner bei z.B. Haus- oder Industrieabfällen nicht vermeiden, dass der mit den Abfällen in den Vergasungsreaktor gelangte Sauerstoff mit den Schwel- gasen feste Verbindungen eingeht, die im anschliessenden Reaktionsbett nicht mehr umgewandelt werden können, so dass das erzeugte Brenngas energiereich und der effektive Umwandlungswirkungsgrad gering sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines hochenergetischen Brenngases aus Abfallstoffen und anderen brennbaren Materialien, die aufgrund ihrer Zusam- mensetzung, z.B. ihres Wassergehaltes oder ihrer umwelt- schädlichen Verbrennungsrückstände für eine direkte Ver- brennung ungeeignet sind, anzugeben, wobei das erhaltene Brenngas zum Antrieb von Brennkraftmaschinen, insbesondere von Gasturbinen, verwendet werden kann und bei dem der Energieinhalt der Aufgabematerialien mit hohem effektiven Wirkungsgrad im erzeugten Brenngas enthalten ist. Ferner soll eine kostengünstige und betriebssichere Vorrich- tung zur Durchführung des Verfahrens geschaffen werden, die vor allem umweltfreundlich arbeitet.

Die Lösung der Erfindungsaufgabe ist dadurch gekennzeich- net, dass das Aufgabegut bei einer Temperatur von 300 bis 600°C unter Luftabschluss verschwelt, die erhaltenen festen Verschwelungsrückstände abgeschieden und die anfallenden Schwelgase kontinuierlich durch ein aus einem festen Kohlen- stoffträger und zugeführter vorgewärmter Frischluft gebildetes, 1000 bis 1200°C heisses Reaktionsbett gezogen und in diesem zu hochenergetischem Brenngas umgewandelt werden.

Aufgrund der relativ niedrigen Schweltemperatur, die mit- unter dem Asche-Erweichungspunkt des unterschiedlichen Aufgabegutes liegt, kann keine Verstopfung der Schwelreakto- ren eintreten, und der Schwelkoks sowie die nicht reagieren- den Bestandteile backen nicht zusammen, so dass sie z.B. durch Absiebung aufbereitet und die wertvollen Bestandteile zurückgewonnen werden können.

Bei bestimmten Aufgabematerialien kann der anfallende Schwelkoks als Kohlenstoffträger für das heisse Reaktionsbett verwendet werden. Hierzu ist es erforderlich, dass der Erwei- chungspunkt der Asche bzw. der nichtbrennbaren Bestandteile zumindest über 1200°C liegt. Dabei kann der Schwelkoks mit anderen hochwertigen Kohlenstoffträgern, z.B. Braunkohlen- schwelkoks oder Holzkohlen, vermischt werden.

Bei niedrigerem Erweichungspunkt der nichtreagierenden Anteile im Aufgabegut wird der im Schwelreaktor erzeugte Koks zusammen mit den nicht verschwelenen stückigen Produk- ten einer Aufbereitungseinrichtung zugeführt und nach der Fraktionierung zu verschiedenen Zwecken weiterverwendet.

Die Verschwelung wird je nach der Beschaffenheit des Aufgabegutes durch gesteuerte Zufuhr von Wärme und/oder Wasser geregelt werden, und die heissen, zuvor entstaubten Schwelgase können direkt in die 1000 bis 1200°C heisse Reak- tionszone des aus einem aschearmen Kohlenstoffträger mit über der Reaktionstemperatur liegenden Ascheerweichungs- punkt gebildeten Reaktionsbettes eingeführt werden.

Je nach den aufgegebenen Materialien und der Reaktions- freudigkeit der Schwelgase kann es zweckmässig sein, die Umwandlung in Brenngas katalytisch zu intensivieren. Als geeignete Katalysatoren sind unter anderem Soda und poröse Massen geeignet, wie sie auch zur Schadstoffbeseitigung in Kraftfahrzeug-Auspuffanlagen verwendet werden.

Das erfindungsgemässe Verfahren hat gegenüber herkömm-

lichen Müllverbrennungs- bzw. Vergasungsverfahren bemerkenswerte Vorzüge, die insbesondere in dem völligen Fehlen von die Umwelt belastenden oder gefährdenden Abgasen oder anderen Reaktionsprodukten sowie in dem hohen Energieinhalt des erzeugten Brenngases liegen, das beispielsweise direkt als Kraftstoff für Brennkraftmaschinen verwendet werden kann. Diese Vorteile werden im wesentlichen durch die strikte Zerteilung des Verfahrensablaufes erreicht, d. h. durch eine gesonderte Verschmelzung des Aufgabegutes bei Temperaturen zwischen 300 und 600°C, vorzugsweise zwischen 400 und 500°C, die so geführt wird, dass das im Aufgabegut enthaltene Wasser verdampft und die schwelfähigen bzw. brennbaren Bestandteile in ein mit Staub und gegebenenfalls Russ beladenes Dampf-Schwelgas-Gemisch umgewandelt werden. Der zweite wesentliche Verfahrensschritt liegt in der Umwandlung der zuvor entstaubten heissen Schwelgase zu einem hochenergetischen Brenngas in dem 1000 bis 1200°C heissen, von einem Kohlenstoffträger gebildeten Reaktionsbett.

Die erzeugten Schwelgase können entweder durch den Kohlenstoffträger für das heisse Reaktionsbett oder aber direkt mit Frischluft vermischt in die heisse Reaktionszone eingeführt werden. Das direkte Einführen von entstaubten heissen Schwelgasen hat den Vorteil, dass Reaktionen zwischen dem oberhalb des Reaktionsbettes befindlichen Kohlenstoffträger und dem Schwelgas vermieden werden, durch die sich die Effizienz und die Gasausbeute verringern könnte.

Das erfindungsgemässe Verfahren ist nicht nur zur Verwertung von Abfallstoffen der verschiedensten Art, sondern in gleicher Weise auch zur umweltfreundlichen Gaserzeugung aus Brennstoffen geringerer Qualität, z.B. hochschwefelhaltigem Öl, Asphalt, Teer, Kohle mit hohem Aschegehalt, Ölschiefer, Ölsand, Holz, Holzabfälle aller Art, Sägemehl, Torf, Braunkohle mit hohem Asche- und Wassergehalt, Industrieprodukte, wie Altöle, Kunststoffe, Gummi, Altreifen usw. geeignet. Bei einer grossen Anzahl dieser Materialien, z.B. Kunststoffen, Gummiwaren wie Altreifen, Kabelabfällen, entsteht im Schwelprozess kein Schwelkoks, weil diese Materialien bereits bei der Schweltemperatur von 500°C vollständig in Schwelgase umgewandelt werden. Da im Normalbetrieb der Kohlenstoffträger im Reaktionsbett nur in äusserst geringen Mengen an der Umwandlung der Schwelgase in Brenngas teilnimmt und somit kaum verbraucht wird, ist das erfindungsgemässe Verfahren zur umweltfreundlichen Beseitigung derartiger Stoffe besonders geeignet. Darüber hinaus bietet es auch die vorteilhafte Möglichkeit, je nach Führung des Verschmelzungsprozesses als Holzkohle verwendbaren Schwelkoks in grossen Mengen neben dem hochwertigem Brenngas herzustellen, der gesondert kommerziell verwertet werden kann.

Die optimale Verschmelzung des Aufgabegutes wird durch eine entsprechende Regelung des Verschmelzungsablaufes erreicht, welche dem Schwelprozess die zum Einhalten der Schweltemperatur von ca. 500°C erforderliche Wärmemenge sowie eine auf die Beschaffenheit des Aufgabegutes abgestimmte Menge an Wasser zuführt. Je nach der Zusammensetzung der Schwelgase wird mehr oder weniger Frischluft in die Reaktionszone des Brenngasreaktors gefördert, wobei diese Mengen so aufeinander abgestimmt werden, dass der feste, aschearme Kohlenstoffträger im Reaktor nicht oder in möglichst geringen Mengen von nur wenigen Prozenten an der Umwandlung der Schwelgase in das Brenngas teilnimmt.

Die Schwelgase können während ihrer Förderung zum Brenngasreaktor durch heisse Abgase einer Brennkraftmaschine erwärmt werden, die mit den erzeugten Brenngasen betrieben wird.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besitzt mindestens einen Schwelreaktor mit einem abgedichteten Eintragsförderer, einem Austrag für Feststoffe und einem Abzug für die Schwelgase. Sie enthält ferner einen mit dem

aschearmen Kohlenstoffträger beschickten Brenngasreaktor zur Ausbildung eines Reaktionsbettes, an dem Leitungen zur Zufuhr von vorgewärmter Frischluft in das Reaktionsbett und mindestens ein Einzugsstutzen für die Schwelgase sowie ein Abzug für das Brenngas unterhalb des Reaktionsbettes angeschlossen sind. Im unteren Ende des Brenngasreaktors befindet sich ein Rost mit einem Förderer zum Abführen der im Reaktionsbett gebildeten Asche. Der Stutzen zum Einführen der Schwelgase in den Reaktor kann an derjenigen Reaktorseite angeordnet sein, an der auch der feste Kohlenstoffträger eingeführt wird, so dass die in den Reaktor eingezogenen, ca. 500°C heissen Schwelgase den Kohlenstoffträger vorwärmen. Ist eine derartige Vorwärmung jedoch zur Vermeidung von vorzeitigen Reaktionen der Schwelgase mit den Kohlenstoffträgern nicht erwünscht, dann kann der Einzugsstutzen für die Schwelgase auch direkt im Bereich des heissen Reaktionsbettes am Brenngasreaktor angeordnet sein. Erfindungsgemäss ist in die Schwelgasleitung zwischen den Schwelreaktoren und dem Brenngasreaktor ein Entstaubungsgerät eingeschaltet. Einrichtungen zur Steuerung des Schwelprozesses in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Aufgabegutes und der Menge und Zusammensetzung des erzeugten Brenngases sind mit den Schwelreaktoren und dem Brenngasreaktor wirkungsmässig gekoppelt.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen unter Schutz gestellt.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens liegt darin, dass der effektive Umwandlungs-Wirkungsgrad der in den unterschiedlichen Betriebsstoffen enthaltenen Wärmeenergie in Brenngas bei den verschiedenen Variationen des gesamten Vergasungsvorganges annähernd unverändert hoch bleibt. Es ändert sich allein der Heizwert des Brenngases bezogen auf Norm-Kubikmeter (Nm³). Wird der Heizwert pro Nm³ kleiner, erhöht sich das Volumen bzw. die Menge an erzeugtem Brenngas. Bei Kopplung mit kinetischen Energieerzeugern (Gasmotor, Gasturbine, gasbeheiztem Dampfkessel) liegt der effektive Umwandlungs-Wirkungsgrad bei Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens bei 0,8 bis 0,95.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemässen Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anhand der Zeichnung im einzelnen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 den Gesamtaufbau der erfindungsgemässen Vorrichtung in schematischer Darstellung,

Fig. 2 eine andere Ausführung der Vorrichtung nach Fig. 1 in schematischer Darstellung,

Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen als Drehtrommel ausgebildeten Schwelreaktor,

Fig. 4 eine vergrösserte Darstellung der Reaktionszone des Brenngasreaktors.

Bei der Anlage nach Fig. 1 kann das eventuell in einem – nicht dargestellten – Trockner vorbehandelte Aufgabegut in einem Bunker 1 bereitgestellt werden und gelangt in Pfeilrichtung A durch abgedichtete Einträge in gut wärmeisolierte Drehrohre 2, die auf Rollen 3 gelagert sind und von diesen angetrieben werden.

Es ist zweckmässig, mehrere solcher Drehrohre 2 zu verwenden, um einen fortlaufenden Betrieb mit nicht zu grossen Schwankungen in der Gaszusammensetzung zu erhalten. Ein erstes Drehrohr 2 wird nach Abschluss der Verschmelzung von den Rückständen geleert und mit Aufgabegut gefüllt. Der beim Trocknen entstehende überschüssige Wasserdampf kann dabei durch Umlegen einer Klappe 92 (vgl. Fig. 3) abgeführt werden. Nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitspanne wird das zweite Drehrohr 2 von aussen erhitzt und das Aufgabegut auf die vorbestimmte Schweltemperatur gebracht. Das dritte

Drehrohr erzeugt währenddessen bei einer maximalen Temperatur von ca. 500°C bestes Schwelgas.

Je nach der Beschaffenheit und Art des Aufgabegutes kann der Schwelvorgang exotherm ablaufen. Bei der Verschmelzung von lufttrockenem Holz wird 6–8% des Heizwertes an Wärme frei. Bei guter Wärmeisolation kann der Verschmelzungsprozess ohne Wärmezuführung von aussen aufrechterhalten werden. Bei anderen Aufgabestoffen beträgt die Wärmeabgabe beim Verschmelzungsprozess wenige kal/kg (20 bis 30 kal/kg), so dass bei diesem Prozess Wärmezufuhr unbedingt notwendig ist.

Zur Inbetriebnahme der Schwelreaktoren wird das Aufgabegut durch einen Brenner 5 beheizt, weil aus dem Verbrennungsprozess noch keine Abwärme zur Verfügung steht. Dies kann ein Gas- oder Ölbrenner sein. Auch elektrische Wärme ist zur Anwärmung geeignet.

Die entstandenen Schwel- und Rauchgase gelangen über eine Leitung 7 und einen Zyklon 8 in einen Vergasungsreaktor 9. Die Feststoffe aus dem Drehrohr 2 gelangen nach vollkommener Verschmelzung des Aufgabegutes auf eine Klassier- und/oder Sortiereinrichtung, die beispielsweise als angetriebener Rost, als Sieb o. dgl. ausgebildet sein kann und von der der Schwelkoks (falls seine Asche erst über 1200°C schmilzt) in Pfeilrichtung D in den Vergasungsreaktor 9 gelangt. Im Vergasungsreaktor 9 ist ein glutheisses Reaktionsbett 12 mit Hilfe von Frischluft ausgebildet, die über Frischluftleitungen 13, eine Ringkammer 14 im Vergasungsreaktor 9 und Radialleitungen 14a in das Reaktionsbett 12 eingeführt wird. Im unteren Bereich des Vergasungsreaktors 9 zwischen der Ringkammer 14 ist ein Rost 15 vorgesehen, durch den die zu Asche reagierten Bestandteile in eine Aschenkammer fallen, aus der sie durch einen Schneckenförderer 16 oder einen anderen geeigneten Förderer ausgebracht werden.

Das in Pfeilrichtung B in den Vergasungsreaktor 9 eingebrachte Schwel- bzw. Rauchgas durchströmt das heisse Reaktionsbett 12 und gelangt oberhalb des Rostes 15 in eine den Vergasungsreaktor 9 umgebende Mantelkammer 18, in der die in Pfeilrichtung F mit Frischluft von einem Gebläse 19 beaufschlagte Leitung 13 schlängelförmig angeordnet ist, so dass die Frischluft bereits mit vergleichsweise hohen Temperaturen in das Reaktionsbett 12 einströmt.

Beim Durchströmen der Schwel- und Rauchgase durch das heisse Reaktionsbett 12 werden sie durch Umwandlung und Aufspaltung der in ihnen enthaltenen Feuchtigkeit in hochwertige Brenngase umgewandelt, die in der Mantelkammer 18 unter gleichzeitiger Vorwärmung der Frischluft abkühlen. Die Brenngase werden von einem Gebläse durch eine Leitung 20 gedrückt und in Pfeilrichtung G einem Gasreiniger und einem Gaskühler (nicht gezeichnet) zugeführt oder von einer Wärmekraftmaschine abgesaugt.

Das Aufgabegut bzw. Schwelgut wird durch die Rotation der Drehtrommel kontinuierlich durch Mitnehmerbleche 22 umgeschichtet und dabei in kurzer Zeit durchgewärmt. Sobald die Verschmelzung eintritt, entsteht im Inneren der Drehrohre 2 ein Überdruck, und das Schwelgas gelangt über eine gleitend dichtende Muffe 23 in das Rohr 7. Mit Hilfe von Ventilklappen 24 kann die Wärmezufuhr von den Auspuffgasen des Gasmotors so gesteuert werden, dass die Schwelgase nur in der Menge erzeugt werden, die der Gasmotor beim gewünschten Belastungszustand erfordert.

Die in Fig. 2 dargestellte Anlage enthält einen Bunker 51 mit gegen Fremdluft abgedichteten Austrägen 52, durch die mehrere parallelgeschaltete Schwelreaktoren 53 zeitlich versetzt mit dem zu verschmelzenden Aufgabegut beschickt werden. Diese als Drehtrommeln ausgebildeten Schwelreaktoren sind an eine weiter unten im einzelnen beschriebene Brenngasleitung 54 über Zweigleitungen 87 und gesonderte Regelorgane 55 angeschlossen. Eine mit jedem Schwelgasgenerator

durchschaltbare Schwelgasleitung 56 führt über einen für den Heissbetrieb ausgelegten Zyklon 57 zum Abscheiden des Flugstaubes aus den Schwelgasen in den Brenngasreaktor 58.

Dieser mit einem aschearmen Kohlenstoffträger 59 gefüllte Reaktor 58 ist in seinem oberen Teil als Schacht 60 mit einem Eintrag 61 ausgebildet. Im unteren Teil des Reaktors befindet sich die eigentliche, 1000 bis 1200°C heisse Reaktionszone 62 in einem konisch zulaufenden Bereich, in der die Umwandlung der mit einer Temperatur von ca. 500°C ankommenden Schwelgase in das Brenngas erfolgt. Unterhalb der Reaktionszone 62 befindet sich ein Rost 63 sowie ein Austragsförderer 64 zum Abziehen der anfallenden Asche. Das erzeugte Brenngas wird nach abwärts aus dem heissen Reaktionsbett in Richtung der eingezeichneten Pfeile in eine die heisse Reaktionszone 62 umgebende Vorwärmkammer 65 abgezogen, die über eine Leitung 66 entweder direkt mit einem nicht dargestellten Verbraucher, z.B. einer Gas-Brennkraftmaschine, oder aber mit einem Zyklon 67 zur Abscheidung eventuell mitgerissener Aschepartikel verbunden ist. In der Vorwärmkammer 65 sind Frischluftleitungen 68 vorgesehen, die über ein Drosselventil 69 mit einem Frischluftgebläse 70 verbunden sind.

In Fig. 3 ist einer der Schwelreaktoren 53 der erfindungsgemässen Anlage im Längsschnitt dargestellt. Der Verschmelzungsreaktor besteht aus einer Drehtrommel 75, die über Laufkränze 76 auf Trag- und Antriebsrollen 77 gelagert ist. An ihrem Aussenumfang weist die Drehtrommel eine durch einen festen Deckel 78 fest verschliessbare Öffnung auf, durch die das Aufgabegut aus dem Bunker 51 in Richtung des Pfeiles A eingeführt und nach Beendigung des Schwelprozesses in eine untere Wanne 79 ausgebracht wird. Am Innenmantel der Drehtrommel sind Strömungskanäle 80, 81 vorgesehen, die über ein Sperrorgan 82 mit einer Heissgasleitung 83 zur indirekten Beheizung des Schwelgutes verbunden sind. Nach Durchströmen der Heizkanäle 81 werden die dabei abgekühlten Gase, die beispielsweise die Abgase einer dem Brenngasreaktor nachgeschalteten Brennkraftmaschine sein können, aus dem Schwelgasreaktor 53 abgezogen.

An einer Stirnwand der Drehtrommel ist ein Zentralbrenner 85 angeordnet, dessen Mischkammer 84 über eine Leitung 86 mit vorgewärmter Frischluft und über eine Leitung 87 mit dem Brenngas aus dem Reaktor 58 beaufschlagt wird. Ferner ragen in den Innenraum der Drehtrommel 53 ein oder mehrere Sprühhohre 89, durch die das Aufgabegut zur Steuerung des Schwelprozesses mit über eine Leitung 90 zugeführtem Wasser oder Wasserdampf besprüht werden kann. In der Abzugsleitung 56 für die Schwelgase sind ein oder mehrere Temperaturfühler 91 eingeschaltet, die die Schwelgastemperaturen erfassen und zum Teil nicht dargestellte Sperrventile in den Leitungen 83, 86, 87, 90 betätigen, um je nach der Beschaffenheit des Aufgabegutes die Verschmelzungstemperaturen in dem vorgesehenen optimalen Bereich von ca. 500°C zu halten.

Das Aufgabegut bzw. Schwelgut wird durch die Rotation der Drehtrommel kontinuierlich durch Mitnehmerbleche 22 umgeschichtet und dabei in kurzer Zeit durchgewärmt. Sobald die Verschmelzung eintritt, entsteht im Inneren der Drehrohre 2 ein Überdruck, und das Schwelgas gelangt über eine gleitend dichtende Muffe in die Schwelgasleitung 56. Mit Hilfe der Ventilklappe 82 kann die Wärmezufuhr von den Auspuffgasen eines angeschlossenen Gasmotors so gesteuert werden, dass die Schwelgase nur in der Menge anfallen, die der nachgeschaltete Gasmotor beim gewünschten Belastungszustand erfordert.

Bei der in Fig. 4 im Vertikalschnitt dargestellten Ausführung, die gegenüber den Reaktoren nach den Fig. 1 und 2 hinsichtlich der Leitungsführung geringfügig abgewandelt ist, befindet sich in dem durch konisch zulaufende, feuerfeste Wände 100 begrenzten Bereich die heisse Reaktionszone 62. Radial ausserhalb dieser Reaktionszone ist durch eine feuerfe-

ste Ringwand 101 gegen die Reaktionszone getrennt ein Ringkanal 102 vorgesehen, der mit der Schwelgasleitung 56 verbunden ist. Zum Einführen der Schwelgase in die heisse Reaktionszone enthält die feuerfeste Ringwand 101 eine Vielzahl radialer Öffnungen 103, in denen Frischluftleitungen 104 enden.

Der unterste Teil des Reaktors ist durch konische Ausbildung der feuerfesten Wand 101 weiter verengt und begrenzt einen äusseren Ringraum 105, durch den das im Reaktor erzeugte heisse Brenngas über die Leitung 66 abgezogen wird. In diesem Ringraum verlaufen auch die zu den Einblasöffnungen 103 führenden Frischluftleitungen 104, so dass die Frischluft durch das ca. 450 bis 500°C heisse Brenngas vorgewärmt wird. Das untere Ende der konisch abgesetzten Ringwand 101 weist einen zylindrisch erweiterten rohrförmigen Teil 106 auf, der ein Mitreissen von Aschepartikeln durch das abgezogene Brenngas verhindern soll. In die Mündungsstutzen der Frischluftleitungen 104 münden Anfahrbränner 107, die mit festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beaufschlagt werden können und zum Aufheizen der Reaktionszone 62 dienen.

Die Wirkungsweise der beschriebenen Anlage nach den Fig. 2-4 ist folgende: Das stückige, gegebenenfalls vorgetrocknete Aufgabegut gelangt aus dem Bunker 51 über die Austräge 52 in die Schwelreaktoren 53. Diese sind parallelgeschaltet und können entsprechend dem jeweiligen Verschmelzungsablauf an die Brenngasleitung 87 bzw. an die Schwelgasabzugsleitung 56 angeschlossen werden. Zum Anheizen der Drehtrommel und/oder beim Verschmelzen von Materialien, bei denen die beim Schwelvorgang freigesetzte Wärme zum Erreichen und Aufrechterhalten der Schweltemperatur von ca. 500°C nicht ausreicht, kann neben der indirekten Abgasbeheizung noch durch Anfahren des zentralen Brenners eine zusätzliche Wärmezufuhr erreicht werden. Der Verbrennungsvorgang in diesem Brenner soll stöchiometrisch erfolgen, wobei die jeweils zugeführten Wärmemengen durch die Temperaturen der Schwelgase gesteuert werden.

Für einen kontinuierlichen Betrieb ohne grössere Schwankungen der Gaszusammensetzung ist es zweckmässig, mehrere Drehtrommeln in Parallelschaltung vorzusehen. Jede Drehtrommel wird diskontinuierlich betrieben, wobei nach Abschluss der Verschmelzung die Trommel von Rückständen geleert und erneut aus dem Bunker mit dem Aufgabegut gefüllt wird. Vor dem Beginn des eigentlichen Schwelvorganges erfolgt eine Resttrocknung, und der dabei freigesetzte überschüssige Wasserdampf kann durch Umlegen einer Klappe 92 (Fig. 3) abgeführt werden. Nach Beendigung der Trocknung steigt die Temperatur mit Beginn des Schwelprozesses schnell in den erfindungsgemäss gewählten Bereich von ca. 500°C an. Sollte dabei die Verschmelzung aufgrund der stark exothermen Reaktionen zu stürmisch ablaufen und die erzeugten Schwelgasmengen die vom Verbraucher benötigten Schwelgasmengen übersteigen, genügt zur Beibehaltung der angestrebten Schwelbedingungen u. U. ein Unterbrechen der äusseren, indirekten Wärmezufuhr, d. h. ein Abschalten des Brenners 84 und Sperren des Zentralkanal 83 nicht mehr. Zur Senkung der Temperatur wird Wasser oder Wasserdampf auf das Schwelgut aufgesprüht. Dieses Vorgehen kann sich auch anbieten, um den sich bildenden Schwelkoks in ein Gas zu überführen. Bei endothermem Ablauf der Verschmelzung kann durch den Brenner 84 nicht nur während des Anfahrzustandes, sondern kontinuierlich weitere Wärme direkt zugeführt werden.

Die erzeugten Schwelgase gelangen mit einer Temperatur von ca. 500°C in den für einen Heissbetrieb ausgelegten Zyklon 57, in welchem Russ, Flugstaub etc. abgeschieden und ausgetragen wird. Bei der Ausführung nach Fig. 2 strömen die staubfreien heissen Schwelgase weiter in eine ringförmige Mischkammer, in welcher sie mit der durch die Spiralleitung

68 zugeführten Frischluft gemischt und aus der sie durch die Düsenöffnungen 66 in die heisse Reaktionszone des Brenngasreaktors 58 eingeblasen werden.

Dieser Reaktor wird mit einem aschearmen festen Kohlenstoffträger, beispielsweise Holz, Holzkohle, bestimmte Arten von Braunkohle, Torf o. dgl. beschickt. Die Kohlenstoffträger sollen nur geringe Ascheanteile haben, wobei der Erweichungspunkt der Asche über 1200°C liegen muss, um ein Zusetzen des Reaktors im Bereich der heissen Reaktionszone mit Sicherheit zu verhindern.

Die in der glutheissen Reaktionszone aus den Schwelgasen unter Beteiligung der eingeblasenen Frischluft und des Kohlenstoffträgers erzeugten Brenngase umströmen in der Kammer 65 bzw. im Ringkanal 105 die Gemischleitungen aus Schwelgasen und Frischluft bzw. die Frischluftleitungen und geben dabei einen grossen Teil ihrer mitgeführten Wärme ab, was sich hinsichtlich der Wärmebilanz der Gesamtanlage ausserordentlich günstig auswirkt. Die im erzeugten Brenngas enthaltene fühlbare Wärme kann noch weiter zum Vortrocknen oder auch zur Beheizung der Schwelreaktoren ausgenutzt werden.

Damit vom Heizwert des Aufgabegutes so wenig wie möglich verlorengelassen, also nach der Vergasung im Brenngas möglichst viel Wärmeenergie enthalten ist, sollten die Drehrohre, die Auspuffleitung, die Muffe, die Leitung, der Zyklon und der Vergasungsreaktor nach aussen gegen Wärmeverluste gut wärmeisoliert sein.

Von verfahrenstechnisch besonderem Vorteil ist es, wenn im Vergasungsreaktor unterhalb des Rostes für das Reaktionsbett ein Wasserbad vorgesehen ist, weil dadurch ein automatisches Ablöschen der Asche erreicht wird. Zur Sicherung eines kontinuierlichen Verfahrensablaufes kann anstatt des Rostes auch ein Gleitkegel eingesetzt werden, an dessen geneigten Wänden die Asche in das Wasserbad gleitet.

Als besonders zweckmässig hat sich das erfindungsgemässe Verfahren auch zum Verschmelzen von flüssigen Brennstoffen, z.B. Rohölen, Altölen und Rückständen der Erdölaufbereitung, erwiesen, die bisher aufgrund ihrer hohen Schwefelgehalte oder anderer umweltschädlicher Bestandteile nicht oder nur mit hohem Reinigungsaufwand der entstandenen Abgase verbrannt werden konnten. Insbesondere kann das erfindungsgemässe Verfahren in komplexen Antriebsaggregaten angewandt werden, bei denen das erzeugte energiereiche Brenngas direkt in einer Kolben-Brennkraftmaschine oder einer Gasturbine in mechanische Arbeit oder über einen Generator in elektrischen Strom umgesetzt wird. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, das erfindungsgemässe Verfahren in Verbindung mit Gasturbinen in Tankern anzuwenden, und das sonst nicht direkt zum Antrieb verwendbare Erdöl in einer erfindungsgemässen Anlage zu vergasen. Da die Zusammensetzung des Erdöls gegenüber z.B. Industriemüll nur in vergleichsweise geringen Grenzen schwankt und ihr Wärmeinhalt sehr hoch ist, können die Abmessungen der Schwel- bzw. Vergasungsreaktoren gegenüber der in der Zeichnung dargestellten Anlage wesentlich verringert werden. Zur weiteren Verbesserung der Energiebilanz und gegebenenfalls zur Intensivierung der Reaktionen kann in derartigen Anlagen der gesamte Verschmelzungs- und Gaserzeugungsvorgang unter einem Über- oder Unterdruck ablaufen, dessen Höhe vom Verbraucher des dann hochgespannten Brenngases oder entsprechend dem Durchzug der Gase durch die verschiedenen Teile der erfindungsgemässen Anlage bestimmt wird.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung kann je nach den durch die unterschiedlichen Aufgabematerialien bestimmten Anforderungen abgeändert werden. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, statt der als Drehtrommeln ausgebildeten, diskontinuierlich betriebenen Schwelreaktoren ein kontinuierlich beschicktes Drehrohr oder Schachtaggregate zu verwenden.

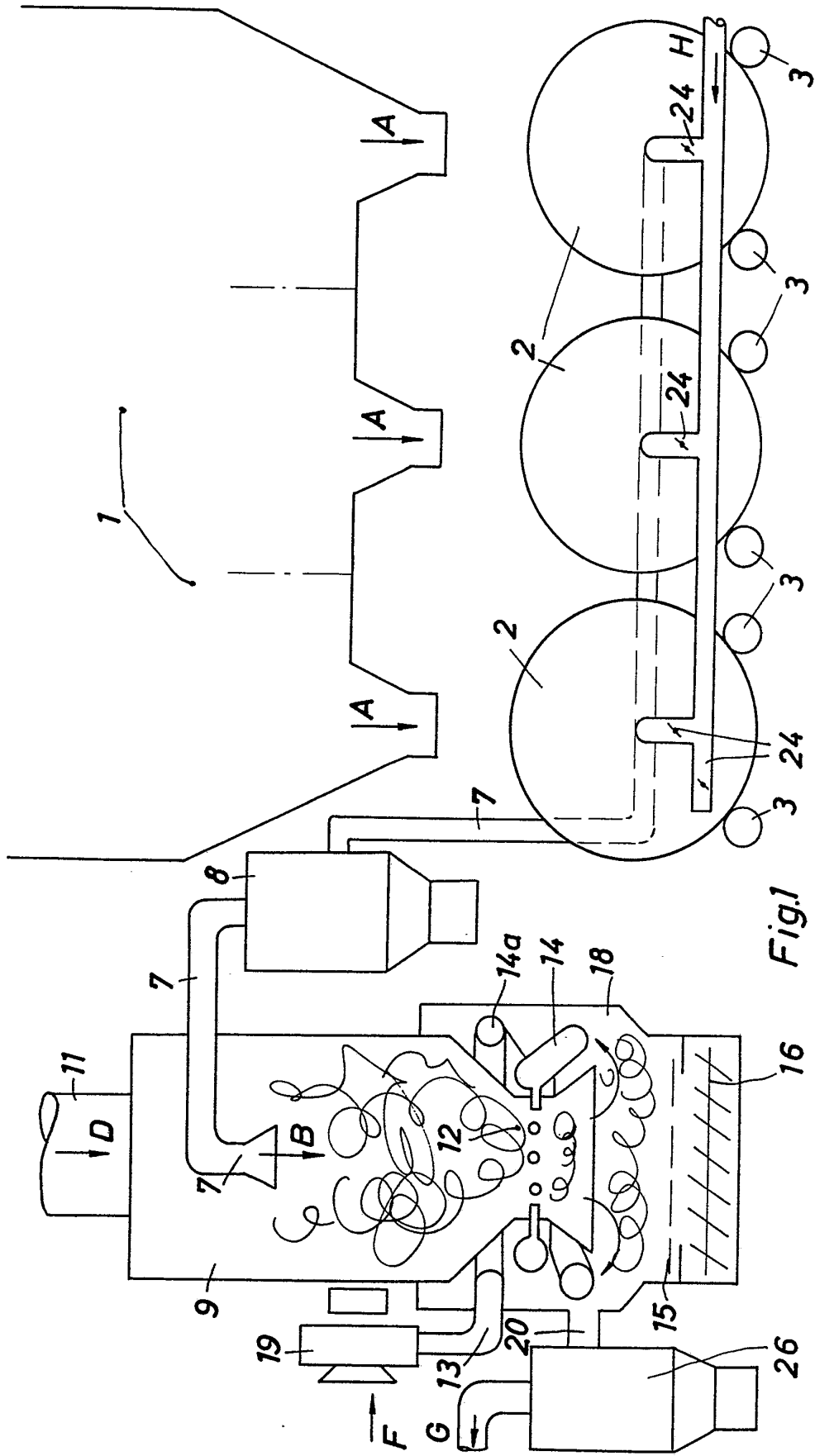


Fig. 1

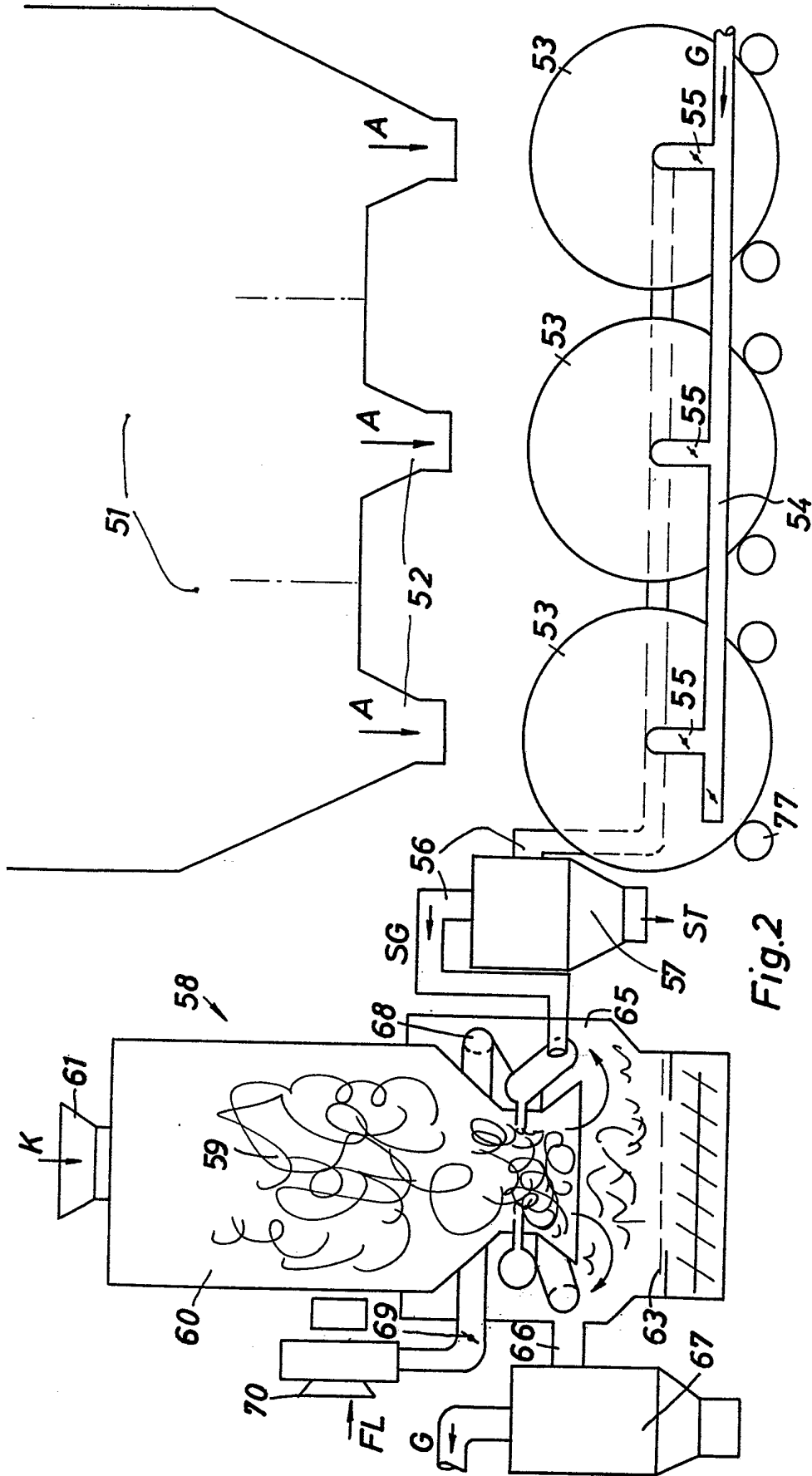


Fig. 2

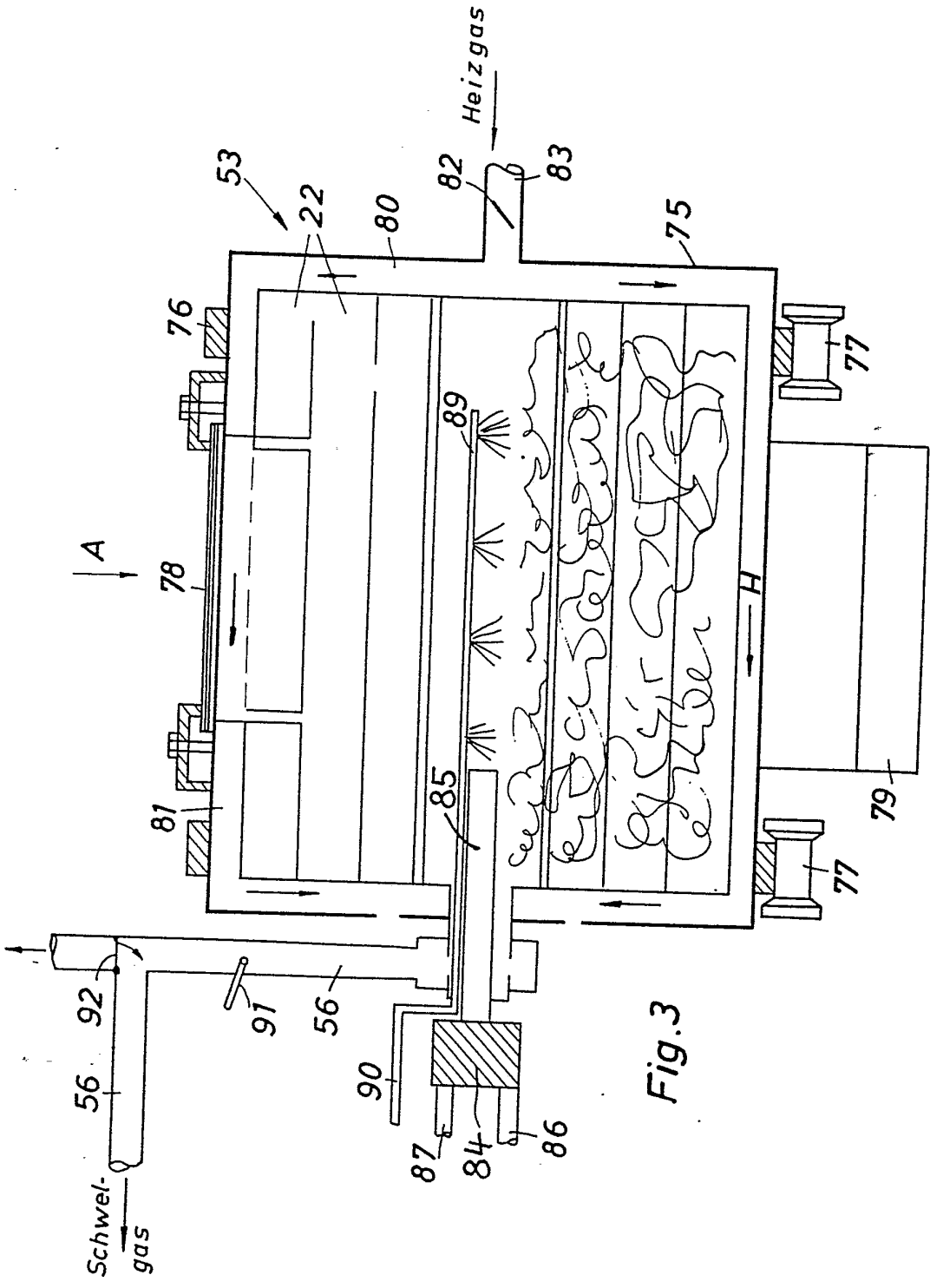


Fig. 3

