



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 377 649 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**21.06.2006 Patentblatt 2006/25**

(51) Int Cl.:  
**C10B 47/32<sup>(2006.01)</sup> C10J 3/66<sup>(2006.01)</sup>**  
**F23G 5/027<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **02708128.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/CH2002/000202**

(22) Anmeldetag: **11.04.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2002/083815 (24.10.2002 Gazette 2002/43)**

(54) **ANLAGE UND VERFAHREN ZUR ENERGIEGEWINNUNG DURCH PYROLYSE**

INSTALLATION AND METHOD FOR PRODUCING ENERGY USING PYROLYSIS

INSTALLATION ET PROCEDE POUR PRODUIRE DE L'ENERGIE PAR PYROLYSE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**

- **METZ, Jack, R.**  
**CH-8405 Winterthur (CH)**
- **SERCHINGER, Reinhard, W.**  
**80689 München (DE)**

(30) Priorität: **12.04.2001 CH 683012001**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.01.2004 Patentblatt 2004/02**

(74) Vertreter: **EGLI-EUROPEAN PATENT  
ATTORNEYS  
Horneggstrasse 4  
Postfach 473  
8034 Zürich (CH)**

(73) Patentinhaber:

- **Fenner, Hans Rudolf**  
**8126 Zumikon (CH)**
- **Gautschi, Ulrich**  
**8184 Bachenbülach (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-97/15641 DE-A- 2 651 302**  
**DE-A- 2 800 030**

(72) Erfinder:

- **SHARPE, John, E., E.**  
**East Coker,**  
**Yeovil BA22 9HS (GB)**

**EP 1 377 649 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage und ein Verfahren zur Energieerzeugung, wie sie in den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 12 beschrieben sind.

[0002] Es ist bereits seit langem bekannt, dass sich mit pyrolytischen Prozessen Abfälle oder Reststoffe energetisch nutzen lassen. Als Reststoffe kommen beispielsweise kommunale und industrielle Abfälle, Recycling-Sortierabfälle, Abfall- und Restholz, Klärschlamm, Tiermehl etc. in Frage. Die pyrolytischen Prozesse basieren hierbei auf einer unter hohen Temperaturen und im wesentlichen unter Ausschluss von Sauerstoff durchgeführten Entgasung der als Brennstoffe vorgesehenen kohlenstoffhaltigen Reststoffe. Die in den hierbei entstehenden Gase enthaltene Energie lässt sich beispielsweise durch Verbrennung, d.h. Oxidation, der Gase in thermische Energie umwandeln. Thermische Energie lässt sich vergleichsweise einfach nutzen, um beispielsweise Wärme, Kälte oder Strom zu erzeugen.

[0003] So sind schon verschiedene Anlagenkonzepte vorgeschlagen worden, um mittels einer pyrolytischen Verwertung von Reststoffen nutzbare Energie zu gewinnen. Eines der ersten Anlagenkonzept ist unter dem Namen "Thermoselect" bekannt geworden. Dieses sieht vor, die Reststoffe in einem Temperaturbereich von 450°C bis 550°C zu entgasen. Die aus diesem Prozess verbleibenden ganz oder teilweise verkohlten Reststoffe gelangen danach in einen Vergaserteil der Anlage, in welchem sie unter Zufuhr von Erdgas und Sauerstoff bei 1200°C bis 2000°C vergast werden. Die entstehenden Synthesegase werden danach in einem Nassverfahren gekühlt und nach verschiedenen Reinigungsstufen zur Energiegewinnung und mit einem Teilstrom zur Beheizung der Pyrolysezone verwendet. Nachteilig an der Anlage ist deren hohe Komplexität. Insbesondere aufgrund des hohen technischen Aufwands, der für das mit dieser Anlage durchführbare Verfahren erforderlich ist, scheinen nur grosse Anlagen ab ca. 100'000 Tonnen Reststoffe pro Jahr rentabel zu sein.

[0004] Ein weiteres, unter dem Namen Carbo-V-Verfahren, bekannt gewordenes Verfahren sieht vor, vorwiegend holzhaltige Reststoffe in einem ersten Reaktor durch partielle Oxidation in ihre flüchtigen und festen Bestandteile zu zerlegen. Die festen Bestandteile, vorwiegend kohlehaltiger Koks, werden aufgemahlen. In einer zweiten Stufe wird das entstandene, sehr teerhaltige Gas im oberen Teil einer Brennkammer nachoxidiert, während im unteren Teil der Brennkammer der Koksstaub in Vergasungrohgas umgewandelt wird. Dieses Gas wird zusammen mit dem Synthesegas der ersten Stufe mehrmals gekühlt und gereinigt. Das gereinigte Gas ist dann zur Erzeugung von Nutzenergie vorgesehen. An diesem Verfahren kann die aufwendige Nassreinigung als Nachteil gesehen werden. Auch die für dieses Verfahren erforderliche Anlage muss für einen wirtschaftlichen Betrieb relativ gross und komplex sein. Zudem ist dieses Verfahren im wesentlichen nur zur energetischen Ver-

wertung von Holz vorgesehen.

[0005] Ein weiteres Konzept ist in der EP 0 874 881 B1 gezeigt. Hier sollen ausschliesslich Festbrennstoffe benutzt werden. Die Festbrennstoffe werden nach einer Pyrolyse in einer Pyrolysezone der Anlage, unter Zufuhr von katalysatorisch wirkenden Stoffen, einer Vergasung unterzogen. Die sowohl durch die Pyrolyse als auch durch die Vergasung gewonnenen Gase werden anschliessend verbrannt, wobei ein Teil der aus der Verbrennung gewonnenen Energie zunächst dafür genutzt wird, um die Pyrolysezone mit Strahlungswärme zu beheizen. Die Verbrennungsgase werden dann in einen in Strömungsrichtung der Gase hinter der Pyrolysezone liegenden anderen Teil der Anlage geleitet, um dort den in den Gasen verbliebenen Energieinhalt zu nutzen.

[0006] An dieser Anlage kann als nachteilig empfunden werden, dass ein grosser Aufwand für die Isolation jener Anlagenteile erforderlich ist, in denen die Verbrennungsgase bei hohen Temperaturen geführt werden. Ausserdem hat sich gezeigt, dass dieses Anlagenkonzept nur dann zu wirtschaftlichen Ergebnissen führt, wenn damit vergleichsweise grosse Anlagen realisiert werden, beispielsweise in der Grössenordnung von grösser 10MW thermischer Leistung.

[0007] In der DE-A-2651302 wird eine Anlage entsprechend dem Oberbegriff von Anspruch 1 offenbart, bei der die Gase zuerst einer Aussenfläche des Pyrolyserohres zugeführt werden, um dann über ein Leitungsmittel weit entfernt vom Pyrolyserohr zu einem Wärmetauscher zu gelangen. Erst der Wärmetauscher führt eine Umwandlung in eine Nutzenergieform, nämlich Wasserdampf, durch.

[0008] In der WO-A-97/15641 wird ebenfalls eine Anlage offenbart, bei der die heissen Verbrennungsgase, die durch Entgasung und Pyrolyse erzeugt werden, in konventioneller Weise für eine Dampferzeugung genutzt werden können.

[0009] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemässe Anlage und ein Verfahren zu schaffen, die auch bei kleiner Anlagengrösse eine gute Energiebilanz ermöglichen.

[0010] Diese Aufgabe wird bei einer Anlage der eingangs genannten Art erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass das verbrennende Gas und/oder das resultierende Rauchgas mittels eines Abschnittes des Leitungsmittels, und in Bezug auf ihre Strömungsrichtung, gleichzeitig mit der Vorbeiführung an der Pyrolysezone im wesentlichen auch zumindest an einem Abschnitt eines Wärmetauschers vorbeigeführt werden, wobei der Wärmetauscher in einem ersten Bereich thermische Energie der Gase aufnimmt und diese in einem zweiten Bereich an ein Medium der Wärmenutzungseinrichtung abgibt. Die Aufgabe wird ausserdem durch ein Verfahren gelöst, wie es in Anspruch 12 beschrieben ist.

[0011] Bei erfindungsgemässen Anlagen ist somit vorgesehen, dass ein Abschnitt eines bei der Verbrennung entstehenden Stromes von heissen Verbrennungs- bzw. Rauchgasen nicht - wie im Stand der Technik - aus-

schliesslich nacheinander unterschiedlichen Verwertungszwecken zugeführt wird, sondern vorzugsweise bereits während der Verbrennung und unmittelbar danach im wesentlichen gleichzeitig sowohl zur Erwärmung der Pyrolysezone als auch zur Abgabe von thermischer Energie an einen Wärmetauscher genutzt wird.

**[0012]** Im wesentlichen unabhängig davon, wie dies konkret konstruktiv realisiert ist, kann hierdurch zumindest ein erheblicher Teil der bisher erforderlichen Isolation entfallen. Im Gegenteil, erfindungsgemäss ist gerade vorgesehen, dass in dem Abschnitt der Leitungsmittel, in denen ein Wärmeübergang zur Pyrolysezone stattfindet, zusätzlich ein weiterer Wärmetransfer stattfinden soll, nämlich ein Wärmetransfer am Wärmetauscher. Anders als im Stand der Technik sollte dieser Teil der Leitungsmittel mit Vorteil eine besonders gute Wärmeleitfähigkeit aufweisen.

**[0013]** Es ist hierbei bevorzugt, dass durch eine Abstimmung des Wärmeübergangs am Wärmetauscher auf den Wärmeübergang zur Pyrolysezone vordefinierte physikalische Verhältnisse geschaffen werden. Hierdurch soll die in der Pyrolysezone herrschende Temperatur auf einen für die Pyrolyse günstigen Wert innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs sicher gehalten werden können. Dieser Temperaturbereich kann beispielsweise von 850°C bis 950°C betragen. Durch Kenntnis der Temperaturen der Rauchgase bzw. der verbrennenden Gase, deren Menge und der geometrischen Gestaltung der Leitungsmittel, der Pyrolysezone und des Wärmetauschers, können durch eine geeignete Materialwahl solche Verhältnisse eingestellt werden. Hierdurch steht für den Wärmetauschvorgang die in den Rauchgasen enthaltene Energiemenge zur Verfügung, die jene Energiemenge übersteigt, die zur Erhitzung der Pyrolysezone benötigt wird.

**[0014]** Es hat sich gezeigt, dass die Temperatur der Verbrennungsgase bei der Verbrennung bzw. unmittelbar danach in einem Bereich von ca. 1000°C bis 1200°C, vorzugsweise von 1050°C bis 1150°C und besonders bevorzugt ca. 1100°C, liegt, um einerseits gute Ergebnisse beim Pyrolysevorgang und andererseits eine ausreichende Energiemenge für die Erzeugung von Nutzenergie zur Verfügung zu haben. Dieser Temperaturbereich hat sich zudem als besonders vorteilhaft erwiesen, da bei diesen Temperaturen zum einen sicher keine Rekombination der Verbrennungs- bzw. Rauchgase zu Dioxinen und Furanen stattfindet. Zum anderen sind die Temperaturen hoch genug, um die Rauchgase über eine längere Strecke in den Leitungsmitteln zu führen, bevor sie auf Temperaturen abkühlen, bei denen solche Rekombinationen in massgeblichen Mengen zu befürchten wären.

**[0015]** Durch die sofortige Nutzung der durch die Verbrennung frei werdenden thermischen Energie, sowohl für die Pyrolyse als auch für die Aufheizung eines Wärmetausch-Mediums der Wärmenutzungseinrichtung, treten bei erfindungsgemässen Anlagen besonders geringe Verlustenergien auf. Dies erhöht die Energiebilanz

einer solchen Anlage in entscheidendem Masse und ermöglicht auch die Betreibung von bezüglich der Baugrösse und der gewonnenen Energiemenge kleinen Anlagen. Dieser Vorteil kann aber auch dazu genutzt werden, um bei gleicher Anlagengrösse wie bei einer herkömmlichen Anlage eine grössere nutzbare Energiemenge zu erzeugen.

**[0016]** Um auf konstruktiv einfache und günstige Weise mit einem Abschnitt eines Volumenstroms an Rauchgasen gleichzeitig sowohl die Pyrolysezone als auch den Wärmetauscher zu erwärmen, kann in einer bevorzugten Ausführungsform zwischen einer ersten Begrenzungsfläche und einer der ersten Begrenzungsfläche gegenüberliegenden zweiten Begrenzungsfläche eines Abschnittes des Leitungsmittels ein Strömungsraum für die Gase ausgebildet sein. Hierbei sollte an die erste Begrenzungsfläche die Pyrolysezone angrenzen und die zweite Begrenzungsfläche Bestandteil des Wärmetauschers sein.

**[0017]** Es hat sich als besonders günstig erwiesen, wenn die Pyrolysezone zumindest ein im wesentlichen längliches Rohr aufweist, das von einem ringförmigen Leitungsmittel umgeben ist, dessen Längserstreckung im wesentlichen parallel zur Längserstreckung des Pyrolyserohres verlaufen kann. Hierbei kann eine (äussere) Wand des Pyrolyserohres auch als innere Wand des Leitungsmittels fungieren, wodurch ein besonders guter Wärmetransfer in die Pyrolysezone möglich wird. Eine äussere Wand des Leitungsmittels kann hingegen als Wärmetauscher ausgebildet sein, wodurch ebenfalls ein besonders guter Wärmeübergang zum Wärmetausch-Medium mit sehr geringen Wärmeverlusten möglich wird. Dies ermöglicht auch, mit einem besonders geringen konstruktiven Aufwand eine erfindungsgemässe Anlage zu realisieren.

**[0018]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind das Pyrolyserohr und das Leitungsmittel in Bezug auf ihren Querschnitt jeweils kreisförmig ausgebildet, wobei das Leitungsmittel das Pyrolyserohr konzentrisch umgeben kann. In anderen Ausführungsformen können auch mehrere Pyrolyserohre in einem im Querschnitt ringförmigen Leitungsmittel angeordnet sein, wobei die Querschnittsformen des Leitungsmittels und der Pyrolyserohre im Hinblick auf gute Wärmeübergänge optimiert sein können. Grundsätzlich können die Querschnittsformen der Rohre nahezu beliebig gewählt sein.

**[0019]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gibt der Wärmetauscher die Energie an einen Wasserkessel bzw. Boiler ab, in dem Wasserdampf erzeugt wird, der wiederum zur Erzeugung von einer nutzbaren Energieform, wie beispielsweise Wärme, Kälte oder Strom, verwendet werden kann. In Bezug auf einen guten Wärmeübergang und zur Vermeidung von Isolationsmaterial für die Leitungsmittel kann es hierbei von Vorteil sein, wenn die Leitungsmittel und damit auch der Wärmetauscher über zumindest einen Abschnitt der Leitungsmittel vollständig innerhalb des Wasserkessels angeordnet sind. Dies kann zur Konsequenz haben, dass

sich auch die Pyrolysezone, zumindest über einen Abschnitt entlang eines Förderweges des Brennstoffes durch die Pyrolysezone, vollständig innerhalb des Wärmetauschers und damit auch des Wärmetausch-Mediums befindet.

**[0020]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die erfindungsgemässe Anlage mit einem Regelkreis versehen sein, bei dem ein oder mehrere Parameter des aus dem Kessel austretenden Wasserdampfes gemessen werden. Diese Messergebnisse können dazu benutzt werden, die Zufuhrmenge an Reststoffen bzw. Brennstoff in das Pyrolyserohr zu regeln, damit die Werte der Dampfparameter als im wesentlichen konstant einstellbar sind.

**[0021]** Um mit besonders geringem konstruktiven und fertigungstechnischen Aufwand unterschiedliche Anlagen nach dem erfindungsgemässen Prinzip, beispielsweise hinsichtlich der Grösse der Anlagen, herstellen zu können, sollten diese modular aufgebaut sein. Das bedeutet, dass die Anlagen mit vordefinierten Schnittstellen versehen sein können, an denen Anlagenkomponenten durch vorzugsweise lösbare Verbindungen miteinander verbindbar sind. Hierdurch ist es auch möglich, bestehende Anlagen schnell und mit wenig Aufwand an geänderte Bedingungen anzupassen.

**[0022]** Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Figurenbeschreibung und den Figuren.

**[0023]** Die Erfindung wird anhand eines in den Figuren schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 ein grundsätzlicher Aufbau einer möglichen erfindungsgemässen Anlage;

Fig. 2 eine Querschnitts-Darstellung eines Ringbrenners der erfindungsgemässen Anlage;

Fig. 3 eine Längsschnitt-Darstellung einer weiteren möglichen Ausführungsform eines Ringbrenners.

Fig. 4 einen Querschnitt entlang der Linie X von Fig. 1 durch ein Pyrolyserohr und einen Teil eines Wärmetauschers.

**[0024]** In Fig. 1 ist eine erfindungsgemässe Anlage zur Umwandlung von Reststoffen in Energie gezeigt. Die Anlage weist eine Eingabestelle 1 auf, in der Reststoffe 2 in ein Zwischensilo 3 der Anlage gegeben werden können. Das Zwischensilo 3 dient zur Zwischenlagerung von Reststoffen 2, bevor diese der nachfolgend näher beschriebenen Verwertung zugeführt werden.

**[0025]** An ein unteres trichterförmiges Ende des Zwischensilos schliesst sich ein in einer Falleitung angeordnetes Förderrad 4 an. Das Förderrad 4 und/oder die im Silo 3 gelagerten Reststoffe 2 schliessen an dieser Seite der Anlage letztgenannte im wesentlichen luftdicht ab.

Die Falleitung mündet im Bereich eines Endes eines horizontal ausgerichteten Rohres 5 in letztgenanntes. In dem Rohr 5 ist eine rotatorisch angetriebene Förderschnecke 6 angeordnet, die die Reststoffe 2 in den Bereich des anderen Endes des Rohres 5 fördert. Hier ist in dem Rohr 5 eine Öffnung vorhanden, durch die die Reststoffe über eine weitere Falleitung 7 in einen Bereich eines vorderen Endes einer als Pyrolyserohr 8 ausgebildeten Pyrolysezone gelangen. Auch im Pyrolyserohr 8 ist eine rotatorisch antreibbare Förderschnecke 9 angeordnet, mit der die Reststoffe 2 von einer Eintrittsöffnung 8a bis zu einer am anderen Ende des Pyrolyserohres vorgesehenen unteren Austrittsöffnung 8b gefördert werden. Das Pyrolyserohr 8 ist gegen einen Luftzutritt abgedichtet. Durch den vorzugsweise im wesentlichen anaeroben Pyrolysevorgang entstehen im Inneren des Pyrolyserohres Temperaturen von ca. 850° bis ca. 950°C, vorzugsweise ca. 900°C.

**[0026]** Das letztgenannte Ende des Pyrolyserohres mündet in einen siloähnlichen Behälter 10, in dem unterhalb des Pyrolyserohres 8 eine Vergasungskammer 11 und oberhalb davon eine Gasmischkammer 12 ausgebildet ist. Ebenso wie das Pyrolyserohr 8 gehört auch die Vergasungskammer 11 zu einem Reaktionsteil der Anlage. Die Reststoffe 2, welche das Pyrolyserohr 8 und eine im wesentlichen anaerobe Pyrolyse durchlaufen haben, fallen somit aufgrund der Schwerkraft durch die Austrittsöffnung 8b des Pyrolyserohres 8 nach unten in die mit einem unteren trichterförmigen Ende versehene Vergasungskammer 11. Das trichterförmige Ende mündet schliesslich in ein weiteres Rohr 14 mit Förderschnecke 15, durch welche die Endprodukte des Vergasungsprozesses, im wesentlichen Asche oder Schlacke, in vorbestimmter Menge und Zeit aus der Anlage entnommen werden können. Durch jeweils einen Pfeil 16, 17, 18 sind drei mögliche Einleitungen angedeutet, mit denen alternativ oder kumulativ Wasserdampf (mit einer Temperatur von ca. 300°C), rezikliertes Abgas (mit einer Temperatur von ca. 200°C) und/oder ein auf ca. 200°C vorgeheiztes Sauerstoff/Stickstoff-Gemisch in die Vergasungskammer eingeführt werden kann. Hierdurch ist eine Vergasung der bereits pyrolysierten Rest- bzw. Brennstoffe mit Temperaturen von ca. 750°C bis 850°C möglich, wodurch beispielsweise die Gase Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) freigesetzt werden können.

**[0027]** Die Vergasungskammer 11 ist mit der Austrittsöffnung 8b des Pyrolyserohres 8 und beidseitig hiervon angeordneten Umleitungs Kanälen um das Pyrolyserohr mit der Gasmischkammer 12 verbunden. Die im Pyrolyserohr entstehenden Gase, beispielsweise Methan und Kohlenmonoxid, können somit durch die Austrittsöffnung 8b nach oben ebenfalls in die Gasmischkammer 12 entweichen.

**[0028]** Über eine an der Gasmischkammer 12 angeschlossene Zuleitung 20 ist die Gasmischkammer mit einer einen Ringbrenner aufweisenden Brenneinrichtung 21 verbunden. Die Brenneinrichtung 21 ist hierbei über den vollen Umfang des Pyrolyserohres 8 um letzt-

genanntes herum angeordnet. Der in Fig. 2 in einem ersten Ausführungsbeispiel in einer Querschnitts-Darstellung detaillierter gezeigte, seitlich unmittelbar neben der Gasmischkammer angeordnete Ringbrenner weist gleichmässig am Umfang des Leitungsmittels verteilt mehrere Brenner 22, beispielsweise acht Brenner - zumindest jedoch einen Brenner, auf. In nicht näher dargestellter Weise ist jeder der Brenner 22 zur Gasversorgung mit der Zuleitung 20 verbunden. Die Brenner 22 können dabei so ausgerichtet sein, dass das von ihnen jeweils ausströmende und zunächst in einer Flamme 24 verbrennende Gas eine vorbestimmte Strömungsrichtungskomponente 25 bzw. eine Flammenrichtung aufweist, die tangential zum Pyrolyserohr 8 verläuft, so dass das Pyrolyserohr möglichst gleichmässig erwärmt wird. In Fig. 2 ist gezeigt, dass damit eine Ausrichtung der Flamme 24 jedes Brenners 22 auf die Flamme 24 des am Umfang nachfolgenden Brenners 22 ermöglicht wird. Hierdurch kann sicher und auch auf konstruktiv einfache Weise erreicht werden, dass sich die einzelnen Brenner 22 des Ringbrenners gegenseitig zünden.

**[0029]** Der von den Brennern 22 erzeugte Strom an noch verbrennenden Gasen und durch die Verbrennung bereits entstandenen Rauchgasen kann vorzugsweise auch eine Strömungsrichtungskomponente aufweisen, die parallel zur Längserstreckung 8c des Pyrolyserohres 8 - und zwar entgegengesetzt zur Durchlaufrichtung der Brennstoffe 2 im Pyrolyserohr - verläuft. In der Längsschnittsdarstellung von Fig. 3 ist eine solche Ausführungsform einer Brenneinrichtung 21 dargestellt, bei der die Flammenrichtung 25 der einzelnen Brenner 22 schräg gestellt und auf die Längsachse 8c des Pyrolyserohres gerichtet sind. Wie insbesondere in dieser Darstellung zu erkennen ist, ist ein nachfolgend noch näher beschriebenes Leitungsmittel 26 an seinem Ende 26a im Bereich der Brenneinrichtung 21 geschlossen.

**[0030]** In den Fig. 2 und 3 sind Extrempositionen der einzelnen Brenner 22 gezeigt. So sind die Brenner 22 in Fig. 2 vollständig tangential zum Pyrolyserohr 8 ausgerichtet, wobei die Ausrichtung der Flammen 24 keine Komponente parallel zur Längsachse 8c des Pyrolyserohres aufweist. In Fig. 3 hat hingegen die Richtung der Flammen 24 keine tangentielle Komponente. Hierdurch liegt die Flammenrichtung 25 in jeweils einer Schnittebene durch die Längsachse 8c des Pyrolyserohrs. In anderen, nicht gezeigten Ausführungsformen, können die einzelnen Brenner der Brenneinrichtung auch jede beliebige Position zwischen den in den beiden Figuren gezeigten Extrempositionen einnehmen, die beispielsweise durch Schwenkung der in Fig. 2 gezeigten Brenner um einen Winkel kleiner  $90^\circ$  erreicht werden kann.

**[0031]** Wie Fig. 1 entnommen werden kann, ist im Umfangsbereich des Ringbrenners ein Start-/Stützbrenner 27 vorgesehen, mit dem der Ringbrenner einerseits gezündet werden kann. Hierzu kann die vom Start-/Stützbrenner 27 erzeugte (nicht dargestellte) Flamme auf zumindest einen der Brenner 22 des Ringbrenners gerichtet sein. Andererseits kann der Start-/Stützbrenner 27

auch genutzt werden, wenn vom Ringbrenner zu geringe Energiemengen geliefert werden. Der Start-/Stützbrenner 27 kann von einer externen Brennstoffversorgung gespeist werden.

**[0032]** Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 und 2 kann der Ringbrenner an einem Ende des Leitungsmittels 26 in dieses integriert sein. Das Leitungsmittel 26 kann zunächst als im Querschnitt ringförmiges, im wesentlichen geradlinig verlaufendes Rohr 28 ausgebildet sein. Das ringförmige Rohr 28 ist hierbei konzentrisch um das Pyrolyserohr 8 angeordnet. Hierdurch umgibt das konzentrische Rohr 28 über seine gesamte Länge das Pyrolyserohr 8, wobei die Längsachsen der beiden Rohre identisch sind. Um einen guten Wärmeübergang vom ringförmigen Rohr zum Pyrolyserohr zu ermöglichen, weisen diese eine gemeinsame Rohrwand 29 aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit auf. Hierfür kommen vor allem metallische Werkstoffe, wie beispielsweise legierter Stahl und Stahlguss, in Frage.

**[0033]** Das ringförmige Rohr 28 geht an einem der Brenneinrichtung 21 gegenüberliegenden Ende in einen ersten Krümmungsbereich 30 mit einem Umlenkwinkel von  $180^\circ$  über. Im Krümmungsbereich 30 fächert sich das eine Volumen des Leitungsmittels in mehrere einzelne geradlinig und parallel sowohl zueinander als auch zum ringförmigen Rohr 28 verlaufende Rohre auf. Aus Vereinfachungsgründen ist in Fig. 1 diese Mehrzahl an Rohren als nur ein einziges Rohr 31 dargestellt. Durch die Auffächerung kann insgesamt die Fläche vergrößert werden, an der ein Wärmeübergang stattfinden kann. An einem dem ersten Krümmungsbereich 30 gegenüberliegenden Ende der Rohre 31 befindet sich ein zweiter Krümmungsbereich 32. Auch hier wird das Leitungsmittel um  $180^\circ$  umgelenkt und in eine nochmals vergrößerte Anzahl von einzelnen parallel zueinander verlaufenden Rohren 33 (ebenfalls als ein einziges Rohr dargestellt) aufgeteilt. An diese schliesst sich in Strömungsrichtung dann ein dritter Krümmungsbereich 34 an, indem wiederum die Anzahl der einzelnen Rohre erhöht wird. Vom dritten Krümmungsbereich 34 verläuft das Leitungsmittel zu einem sogenannten Quenching-Mittel 36, das zur Schockabkühlung der Rauchgase vorgesehen ist.

**[0034]** Wie aus Fig. 1 hervorgeht, befindet sich der zuvor beschriebene meanderförmige Abschnitt (Bezugszeichen 28 bis 34) des Leitungsmittels 26 in etwa von der Brenneinrichtung 21 aus bis zum dritten Krümmungsbereich 34 in einem mit Wasser gefüllten geschlossenen Kessel 37. Dieser Abschnitt des Leitungsmittels und der Kessel 37 bilden somit einen sogenannten Dreizugkessel, der zur Wärmerückgewinnung dient. An einem oberen Ende des Kessels 37 ist an diesen eine Wasserdampfleitung 38 angeschlossen. Durch diese wird der aufgrund der Erwärmung des Wassers entstehende Wasserdampf zu einer Einrichtung 39 geführt, in welcher der Energieinhalt des Wasserdampfes für die Erzeugung von Nutzenergie, beispielsweise Strom, Wärme oder Kälte, eingesetzt wird. Der genannte Abschnitt (28 bis 34) des Leitungsmittels 26, insbesondere der in Fig. 4

näher dargestellte (äußere) Mantel des ringförmigen Rohres 28, dient somit als Wärmetauscher 28a, mit dem ein Teil des Energieinhaltes der im Rohr 28 geführten verbrannten Gase an das Wasser des Dreizugkessels abgegeben wird. Hierbei nimmt der Wärmetauscher 28a an einer Innenfläche 40 des Rohres 28 von den heißen Gasen thermische Energie auf und gibt sie an einer Aussenfläche 41 des Rohres 28 an das Wasser ab. Der jeweils gleiche Abschnitt des Volumenstroms der Gase gibt gleichzeitig hierzu an einer Aussenfläche 42 der Rohrwand 29 einen anderen Teil seiner thermischen Energie an das Pyrolyserohr 8 ab. Dieser Teil der thermischen Energie kann über eine Innenfläche 43 der Rohrwand 29 durch Strahlungswärme oder durch Wärmetransfer zur Erhitzung des Inhalts des Pyrolyserohres genutzt werden.

**[0035]** Mit der in Fig. 1 mit 36 bezeichneten Quenching-Einrichtung wird das Rauchgas innerhalb sehr kurzer Zeit, beispielsweise innerhalb von 0,2 sec. von ca. 450°C auf ca. 200°C, abgekühlt. Hierzu kann beispielsweise Wasser in eine Kammer eingespritzt werden, durch die auch die Rauchgase durchgeführt werden. Durch das Quenching-Verfahren werden Rekombinationen der Rauchgase zu Dioxinen oder Furanen vermieden bzw, diese höchstens in einem unbedenklichen Masse zugelassen. In einem weiteren Abschnitt 44 der Leitungsmittel 26 gelangen die so gekühlten Rauchgase zu einer an sich bekannten Rauchgasreinigungs-Einrichtung 45. Diese weist Filter auf, mit denen Partikel aus dem Rauchgasstrom entfernt werden. Das Filtrat, im wesentlichen Filterstaub, wird in einem Behälter 46 für einen nachfolgenden Abtransport gesammelt.

**[0036]** Das somit gereinigte Rauchgas verlässt nun die Rauchgasreinigungs-Einrichtung 45 und gelangt über einen weiteren Abschnitt 48 des Leitungsmittels zu einem als Saugzug-Ventilator 49 ausgebildeten Unterdruck-Mittel. Der Saugzug-Ventilator 49 fördert zum einen den Strom des gereinigten Rauchgases zu einer als Schornstein 50 vorgesehene Rauchgasauslasssstelle. Der Saugzug-Ventilator 49 erzeugt zum anderen an seiner Einbaustelle im Leitungsmittel 26 einen Unterdruck, der in Bezug auf eine der Strömungsrichtung entgegengesetzte Richtung bis zum Zwischensilo 3 wirken kann. Der Unterdruck bewirkt einen im wesentlichen konstanten Volumenstrom der Rauchgase durch die gegen Lufteintritt abgeschlossenen Leitungsmittel 26. Es kann auch vorgesehen sein, dass der für die Verbrennung erforderliche Sauerstoff im Bereich der Brenneinrichtung 21 alleine aufgrund des auch in der Brenneinrichtung wirkenden Unterdrucks oder zumindest mit dessen Unterstützung angesaugt wird. Ebenso kann der Unterdruck zur Förderung des Gases aus der Gasmischkammer 12 zur Brenneinrichtung 21 genutzt werden.

**[0037]** Die Anlage kann zudem mit einer zeichnerisch nicht dargestellten Regelungseinrichtung versehen sein, mit der Parameter des aus dem Kessel 37 austretenden Wasserdampfes als im wesentlichen konstant eingestellt werden. Hierzu können im Bereich des Dampfaustritts

Parameter des Dampfes, wie Druck, Menge und Temperatur, gemessen werden, weshalb an ein oder mehreren Stellen in der Dampfleitung 38 Temperatur-, Mengen- und Druckfühler vorhanden sein können.

- 5 **[0038]** Anhand der Messwerte kann dann auf die Menge der eingetragenen Stoffe in das Pyrolyserohr 8 Einfluss genommen werden. So kann beispielsweise bei fallenden oder bereits zu geringen Werten der Dampfparameter der Eintrag an Reststoffen in vorbestimmter Weise erhöht werden. Ebenso kann vorgesehen sein, dass zusätzlich auch der Start-/Stützbrenner eingeschaltet wird.
- 10 **[0039]** Durch diese Regelung kann in Abhängigkeit der bei einer erfindungsgemässen Anlage konkret vorhandenen Bedingungen, beispielsweise der Wärmeübergänge und den Mengen an zu pyrolysierendem Material, erreicht werden, dass die Verbrennungstemperatur der Gase näherungsweise von 1050°C bis 1150°C beträgt. Vorzugsweise wird die Temperatur innerhalb dieses Bereichs möglichst konstant gehalten, beispielsweise bei
- 20 ca. 1100°C. Hierdurch wird ermöglicht, auch im Pyrolyserohr in einem Bereich von 850°C bis 950°C möglichst konstante Temperaturbedingungen zu schaffen, um die pro Zeiteinheit an der Dampfauslasssstelle zur Verfügung stehende nutzbare Energiemenge als möglichst konstant einzustellen.
- 25

#### Patentansprüche

- 30 1. Anlage zur Energiegewinnung, bei der eine pyrolytische Verwertung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen stattfindet, umfassend einen zur Verwertung des Brennstoffes vorgesehenen Reaktionsteil (8) der mit zumindest einer Pyrolysezone versehen ist, in der durch Pyrolyse ein Gas gewinnbar ist,
- 35 zumindest eine Brenneinrichtung (21) mit dem das in der Pyrolyse gewonnene Gas unter Zuführung von Sauerstoff verbrennbar ist, wodurch Rauchgas entsteht,
- 40 Zuführmittel (20) zur Zuführung des Gases von der Pyrolysezone in die zumindest eine Brenneinrichtung, Leitungsmittel (26), in denen das verbrennende Gas und das daraus resultierende Rauchgas von der Brenneinrichtung zu einer Gasauslasssstelle führbar sind, wobei mit dem Leitungsmittel das verbrennende Gas und/oder das resultierende Rauchgas an der Pyrolysezone vorbeiführbar ist, um die mit der Verbrennung gewonnene thermische Energie zur Erwärmung der Pyrolysezone zu nutzen,
- 45 eine Wärmenutzungseinrichtung (39) mit der zumindest ein Teil der durch die Verbrennung frei werdenen thermischen Energie unter Benutzung eines Wärmetauschers (28a) in eine von der Anlage abzugebenden Nutzenergieform umwandelbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 50 die Wärmenutzungseinrichtung so eingerichtet ist,

- dass das verbrennende Gas und/oder das resultierende Rauchgas mittels eines Abschnittes des Leitungsmittels (26), in Bezug auf die Strömungsrichtung, gleichzeitig mit der Vorbeiführung an der Pyrolysezone (8) im wesentlichen auch zumindest an einem Abschnitt eines Wärmetauschers (28a) vorbeigeführt wird, wobei der Wärmetauscher (28a) in einem ersten Bereich (40) thermische Energie der Gase aufnimmt und diese in einem zweiten Bereich (41) an ein Medium der Wärmenutzungseinrichtung abgibt.
2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einer ersten Begrenzungsfläche und einer der ersten Begrenzungsfläche gegenüberliegenden zweiten Begrenzungsfläche eines Abschnittes des Leitungsmittels (26) ein Strömungsraum für die Gase ausgebildet wird, wobei an die erste Begrenzungsfläche die Pyrolysezone (8) angrenzt und die zweite Begrenzungsfläche Bestandteil des Wärmetauschers (28a) ist.
  3. Anlage nach einem oder beiden der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der Abschnitt des Leitungsmittels (26) als ringförmiges Rohr (28) ausgebildet ist, der die Pyrolysezone (8) umgibt und eine äussere Wand (29) des ringförmigen Rohres (28) Bestandteil des Wärmetauschers (28a) ist.
  4. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abschnitt des Leitungsmittels (26) so angeordnet ist, dass zumindest eine Komponente der Strömungsrichtung des Gases parallel zur Längserstreckung der Pyrolysezone (8) verläuft.
  5. Anlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die Komponente der Strömungsrichtung im wesentlichen entgegengesetzt zu einer Durchlaufrichtung des Brennstoffes in der Pyrolysezone ausgerichtet ist.
  6. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine im Bereich eines Endes der Pyrolysezone angeordnete Vergasungszone, in der **durch** Zufuhr von Sauerstoff und/oder sauerstoffhaltigen Stoffen eine Vergasung von bereits pyrolysierten Brennstoffen stattfindet.
  7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Zuführungsmittel der Brenneinrichtung das Gas von der Pyrolysezone gemeinsam mit dem in der Vergasungszone gewonnenen Gas zugeführt wird.
  8. Anlage nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Bezug auf die Strömungsrichtung der Rauchgase zwischen dem Wärmetauscher und der Gasauslasssstelle ein Unterdruckmittel, zur Erzeugung eines Unterdrucks im Leitungsmittel, angeordnet ist.
  9. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Unterdruckmittel als Saugzug-Ventilator ausgebildet ist.
  10. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher als Mehrzugkessel, insbesondere als Zwei- oder Dreizugkessel, ausgebildet ist.
  11. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen modularen Aufbau, bei dem Funktionsmodule der Anlage **durch** lösbare Verbindungen an der Anlage befestigbar und **durch** Lösen der Verbindungen aus der Anlage entnehmbar sind.
  12. Verfahren zur Energiegewinnung, bei der eine pyrolytische Verwertung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen stattfindet, umfassend einen Eintrag von Brennstoffen in zumindest eine Pyrolysezone (8), in der eine Pyrolyse durchführbar ist, eine Verbrennung des durch die Pyrolyse gewonnenen Gases unter Zuführung von Sauerstoff, wodurch Rauchgas entsteht, eine Weiterleitung des resultierenden Rauchgases von der Brenneinrichtung (21) in Richtung zu einer Gasauslasssstelle, wobei mittels eines Leitungsmittels das verbrennende Gas und/oder das resultierende Rauchgas an der Pyrolysezone (8) vorbeiführbar ist, um die mit der Brenneinrichtung gewonnene thermische Energie zur Erwärmung der Pyrolysezone (8) zu nutzen, und die Gase an einer Wärmenutzungseinrichtung (28) vorbeiführbar ist, mit der zumindest ein Teil der durch die Verbrennung frei werdenden thermischen Energie unter Ausnutzung eines Wärmetauschvorganges in eine abzugebende Nutzenergieform umwandelbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Strom des verbrennenden Gases und/oder des resultierenden Rauchgases in Strömungsrichtung in einem Abschnitt des Leitungsmittels im wesentlichen gleichzeitig an der Pyrolysezone (8) und an zumindest einem Abschnitt eines Wärmetauschers vorbeigeführt wird, wobei der Wärmetauscher (28a) in einem ersten Bereich thermische Energie der Gase aufnimmt und diese in einem zweiten Bereich an ein Medium der Wärmenutzungseinrichtung (28) abgibt.
  13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rauchgase im ersten Abschnitt

des Leitungsmittels sowohl an der Pyrolysezone als auch am Wärmetauscher vorbeigeführt werden und in einem zweiten Abschnitt ausschliesslich am Wärmetauscher entlangströmen.

14. Verfahren nach einem oder beiden der vorhergehenden Ansprüche 12 und 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Medium Wasser ist und durch den Wärmetauschvorgang Wasserdampf erzeugt wird.
15. Verfahren einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Leitungsmittel ein Unterdruck erzeugt wird, der zur Erzeugung einer Strömung der Rauchgase genutzt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Unterdruck zur Förderung der zur Verbrennung vorgesehenen Gase zu einer Stelle in der Anlage genutzt wird, an der die Verbrennung durchgeführt wird.
17. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffe nach Durchlaufen der Pyrolysezone in eine Vergasungskammer eingetragen werden und dort unter Zufuhr von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Stoffen eine Gasgewinnung durch Vergasung durchgeführt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 12, **gekennzeichnet durch** einen Regelungsschritt, bei dem ein vom Wärmetauschvorgang abhängiger Parameter gemessen und aufgrund dieser Messung der Eintrag von Brennstoffen in die Anlage variiert wird.

#### Claims

1. Installation for producing energy, in which the pyrolytic utilization of carbon-containing fuels takes place, comprising  
 a reaction component (8) provided for the utilization of fuel which is provided with at least one pyrolysis zone in which a gas can be produced by means of pyrolysis,  
 at least one combustion device (21) with which the gas produced in the pyrolysis is combustible with input of oxygen, whereby flue gas is formed,  
 delivery means (20) for supplying gas from the pyrolysis zone into at least one combustion device (21),  
 a transfer installation (26) in which the combustion gas and the flue gas resulting from it are feedable from the combustion device (21) to a gas output point, wherein with the transfer installation the combustion gas and/or the resulting flue gas can be led past the pyrolysis zone, in order to use the thermal

energy produced by the combustion for heating the pyrolysis zone,

a heat recovery device (39) with which at least one part of the thermal energy liberated from the installation by the combustion is transformable by use of a heat exchanger (28a) into a useful energy form.

**characterized in that,**

the heat recovery device (39) is arranged so that the combustion gas and/or the resulting flue gas is led in relation to the flow direction by means of a section of the transfer installation (26), essentially simultaneously with being conducted around the pyrolysis zone (8) also past at least a section of a heat exchanger (28a) whereby the heat exchanger (28a) absorbs thermal energy of the gases in a first section (40) and releases it in a second section (41) to a medium of the heat recovery device (39).

2. Installation according to claim 1, **characterized in that** between a first boundary area and a second boundary area lying opposite the first boundary area of a section of the transfer installation (26) a flow space for the gases is formed, wherein the pyrolysis zone (8) abuts the first boundary area and the second boundary area is a component of heat exchanger (28a).
3. Installation according to one or both of the preceding claims, **characterized in that**, at least the section of the transfer installation (26) is formed as an annular pipe (28), which surrounds the pyrolysis zone (8) and is an outer wall (29) of the annular pipe (28) component of the heat exchanger (28a).
4. Installation according to one or more of the preceding claims 1 through 3, **characterized in that** the section of the heat transfer installation (26) is arranged so that at least one component of the flow direction of the gas runs parallel to the longitudinal extension of the pyrolysis zone (8).
5. Installation according to claim 4, **characterized in that** at least the component of the flow direction is aligned substantially opposite to a flow direction of fuel in the pyrolysis zone.
6. Installation according to one or more of the preceding claims, **characterized by** a gasification zone in the region of an end of the pyrolysis zone, in which by feeding in oxygen and/or oxygen-containing materials gasification of already pyrolyzed fuels takes place.
7. Installation according to claim 6, **characterized in that** the gas from the pyrolysis zone is fed with the feeding-in means to the combustion device together with the gas produced in the gasification zone.
8. Installation according to claim 7, **characterized in**

**that** in relation to the flow direction of the flue gas between the heat exchanger and the gas outlet point a reduced pressure means, for production of a reduced pressure in the heat transfer installation is arranged.

9. Installation according to claim 8, **characterized in that** the reduced pressure means is constructed as a suction draft ventilator.

10. Installation according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the heat exchanger is formed as a multi-pass boiler, especially as a two- or three-pass boiler.

11. Installation according to one or more of the preceding claims, **characterized by** a modular structure, in which functional modules of the installation can be fastened to the installation by detachable connections and are removable from the installation by detachment of the connections.

12. Method for producing energy, in which a pyrolytic utilization of carbon-containing fuels takes place, comprising  
 an entry for fuel materials into at least one pyrolysis zone (8), in which a pyrolysis may be carried out.  
 a combustion of the gases produced by means of the pyrolysis by feeding of oxygen, whereby flue gas is produced,  
 another piping of the resulting flue gas from the combustion device (21) towards a gas outlet point, wherein by means of a heat transfer installation (26) the burning gas and/or the resulting flue gas is feedable past the pyrolysis zone (8), in order to use the thermal energy produced from the combustion device for heating the pyrolysis zone (8), and the gas is feedable to a heat recovery device (28), where at least one part of the freely developing thermal energy from the combustion is convertible into a useful deliverable energy form by utilization of a heat exchange process,  
**characterized in that**  
 a stream of combustion gas and/or the resulting flue gas is led past in the flow direction in a section of the heat transfer installation essentially simultaneously at the pyrolysis zone (8) and at least one section of a heat exchanger, wherein the heat exchanger (28a) absorbs the thermal energy of the gas in an initial section and this is released in a second section to a medium of the heat recovery device (28).

13. Method according to claim 12, **characterized in that** the flue gases in the initial section of the heat transfer installation at the pyrolysis zone as well as also at the heat exchanger are led past and flow in a second section exclusively along to the heat exchanger.

14. Method according to one or both of the previous claims 12 and 13, **characterized in that** the medium is water and steam is produced through the heat exchange process.

15. Method according to one or more of the previous claims 12 through 14, **characterized in that** in the heat transfer installation a reduced pressure is produced, which is used to produce a flow of the flue gases.

16. Method according to claim 15, **characterized in that** the reduced pressure is used for feeding the gases provided for the combustion to a point in the installation at which the combustion is carried out.

17. Method according to one or more of the preceding claims 12 through 16, **characterized in that** the fuels after passing through the pyrolysis zone are carried over into a gasification chamber and there with fed-in oxygen or oxygen-containing materials gas production is carried out by means of gasification.

18. Method according to claim 12, **characterized in that** by means of a control step, in which one of the dependant parameters of the heat exchange process is measured and based on this measurement the input of fuels into the installation is varied.

## Revendications

1. Installation de production d'énergie, dans laquelle a lieu une valorisation pyrolytique de combustibles contenant du carbone, comprenant une partie réactionnelle (8) prévue pour la valorisation du combustible et pourvue d'au moins une zone de pyrolyse, dans laquelle par pyrolyse un gaz est susceptible d'être produit,  
 au moins un équipement de combustion (21) avec lequel le gaz produit dans la pyrolyse est susceptible d'être brûlé par alimentation d'oxygène, avec comme résultat la formation de gaz de fumée,  
 des moyens d'alimentation (20) destinés à alimenter le gaz provenant de la zone de pyrolyse dans l'un au moins des équipements de combustion (21),  
 des moyens formant conduite (26), dans lesquels le gaz en cours de combustion et le gaz de fumée qui en résulte sont susceptibles d'être dirigés depuis l'équipement de combustion (21) vers un poste d'évacuation de gaz, en étant susceptibles d'être guidés dans la zone de pyrolyse, afin d'utiliser l'énergie thermique engendrée avec la combustion, en vue de réchauffer la zone de pyrolyse,  
 un équipement d'utilisation de chaleur (39) avec lequel au moins une partie de l'énergie thermique libérée par la combustion est susceptible d'être convertie, par utilisation d'un échangeur de chaleur

(28a), en une forme d'énergie utile dégagée par l'installation,

**caractérisée en ce que**

l'équipement d'utilisation de chaleur (39) est disposé de telle façon que le gaz en cours de combustion et/ou le gaz de fumée qui en résulte soit guidé, au moyen d'une section du moyen formant conduite (26) et par rapport au sens d'écoulement, simultanément avec son passage dans la zone de pyrolyse (8) essentiellement aussi au moins le long d'une section d'un échangeur de chaleur (28a), qui absorbe dans une première zone (40) de l'énergie thermique des gaz et restitue celle-ci dans une seconde zone (41) à un fluide de l'équipement d'utilisation de chaleur (39).

2. Installation selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**entre une première surface de délimitation d'une section du moyen formant conduite (26) et une seconde surface de délimitation opposée à ladite première surface de délimitation est ménagé un espace d'écoulement pour les gaz, la zone de pyrolyse (8) venant en limite de la première surface de délimitation et la seconde surface de délimitation étant partie constitutive de l'échangeur de chaleur (28a) .
3. Installation selon une ou les deux revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins la section du moyen formant conduite (26) est un tube annulaire (28), qui entoure la zone de pyrolyse (8) et **en ce qu'**une paroi externe (29) du tube annulaire (28) est une partie constitutive de l'échangeur de chaleur (28a).
4. Installation selon une ou plusieurs des revendications précédentes 1 à 3, **caractérisée en ce que** la section du moyen formant conduite (26) est disposée de telle façon qu'au moins une composante du sens d'écoulement du gaz ait un parcours parallèle au développement longitudinal de la zone de pyrolyse (8).
5. Installation selon la revendication 4, **caractérisée en ce qu'**au moins la composante du sens d'écoulement est dirigée essentiellement à contre-courant du sens de circulation du combustible dans la zone de pyrolyse.
6. Installation selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** par une zone de gazéification située dans la région d'une extrémité de la zone de pyrolyse et dans laquelle par amenée d'oxygène et/ou de matières contenant de l'oxygène a lieu une gazéification de combustibles déjà pyrolysés.
7. Installation selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** par le moyen d'alimentation de l'équipement de combustion est alimenté le gaz provenant

de la zone de pyrolyse, conjointement avec le gaz produit dans la zone de gazéification.

8. Installation selon la revendication 7, **caractérisée en ce qu'**en relation avec le sens d'écoulement du gaz de fumée entre l'échangeur de chaleur et la station d'évacuation de gaz est disposé un organe déprimogène, destiné à créer une dépression dans le moyen formant conduite.
9. Installation selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** l'organe déprimogène est un ventilateur à effet d'aspiration.
10. Installation selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'échangeur de chaleur est une chaudière multi-voies, en particulier une chaudière à deux ou trois voies.
11. Installation selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** par une construction modulaire, selon laquelle des modules fonctionnels de l'installation sont susceptibles d'être fixés à l'installation par des liaisons amovibles et susceptibles d'être retirés de l'installation par escamotage des liaisons.
12. Procédé pour la production d'énergie, selon lequel a lieu une valorisation pyrolytique de combustibles contenant du carbone, comportant les étapes consistant en :
 

un apport de combustibles dans au moins une zone de pyrolyse (8), dans laquelle une pyrolyse est susceptible d'être effectuée,

une combustion, grâce à une alimentation en oxygène, du gaz généré par la pyrolyse, avec comme résultat la formation de gaz de fumée,

un transfert du gaz de fumée résultant et provenant de l'équipement de combustion (21), en direction d'un poste d'évacuation de gaz, le gaz en cours de combustion et/ou le gaz de fumée résultant étant susceptible d'être guidé au moyen d'un moyen formant conduite (26) vers la zone de pyrolyse (8), afin d'utiliser l'énergie thermique engendrée avec l'équipement de combustion (21) en vue de réchauffer la zone de pyrolyse (8), et les gaz étant susceptibles d'être guidés vers un équipement d'utilisation de chaleur (28), avec lequel au moins une partie de l'énergie thermique libérée par la combustion est susceptible d'être transformée, par utilisation d'un processus d'échange de chaleur, en une forme d'énergie utile dégagée,

**caractérisé en ce que**

un courant du gaz en cours de combustion et/ou du gaz de fumée résultant est, dans le sens de l'écou-

lement dans une section du moyen formant conduite, guidé essentiellement de manière simultanée vers la zone de pyrolyse (8) et vers au moins une section d'un échangeur de chaleur (28a), qui absorbe dans une première zone d'échange l'énergie thermique des gaz et qui restitue celle-ci dans une seconde zone d'échange à un fluide de l'équipement d'utilisation de chaleur (28). 5

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** les gaz de fumée dans la première section du moyen formant conduite sont guidés en écoulement aussi bien vers la zone de pyrolyse qu'également vers l'échangeur de chaleur et **en ce que** dans une seconde section, ils circulent exclusivement dans l'échangeur de chaleur. 10 15

14. Procédé selon une ou les deux revendications précédentes 12 et 13, **caractérisé en ce que** le fluide est de l'eau et **en ce que** par le processus d'échange de chaleur de la vapeur d'eau est générée. 20

15. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes 12 à 14, **caractérisé en ce que** dans le moyen formant conduite est engendrée une dépression qui est utilisée en vue de la création d'un écoulement des gaz de fumée. 25

16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** la dépression destinée au pompage des gaz prévus pour la combustion est utilisée en un emplacement de l'installation, dans laquelle la combustion est effectuée. 30

17. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes 12 à 16, **caractérisé en ce que** les combustibles sont, après traversée de la zone de pyrolyse, apportés dans une chambre de gazéification et **en ce que** dans ladite chambre et par amenée d'oxygène ou de matières contenant de l'oxygène est réalisée par gazéification une production de gaz. 35 40

18. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé par** une étape de régulation, selon laquelle est mesuré un paramètre dépendant du processus d'échange de chaleur et selon laquelle sur la base de cette mesure on fait varier l'apport de combustibles dans l'installation. 45

50

55

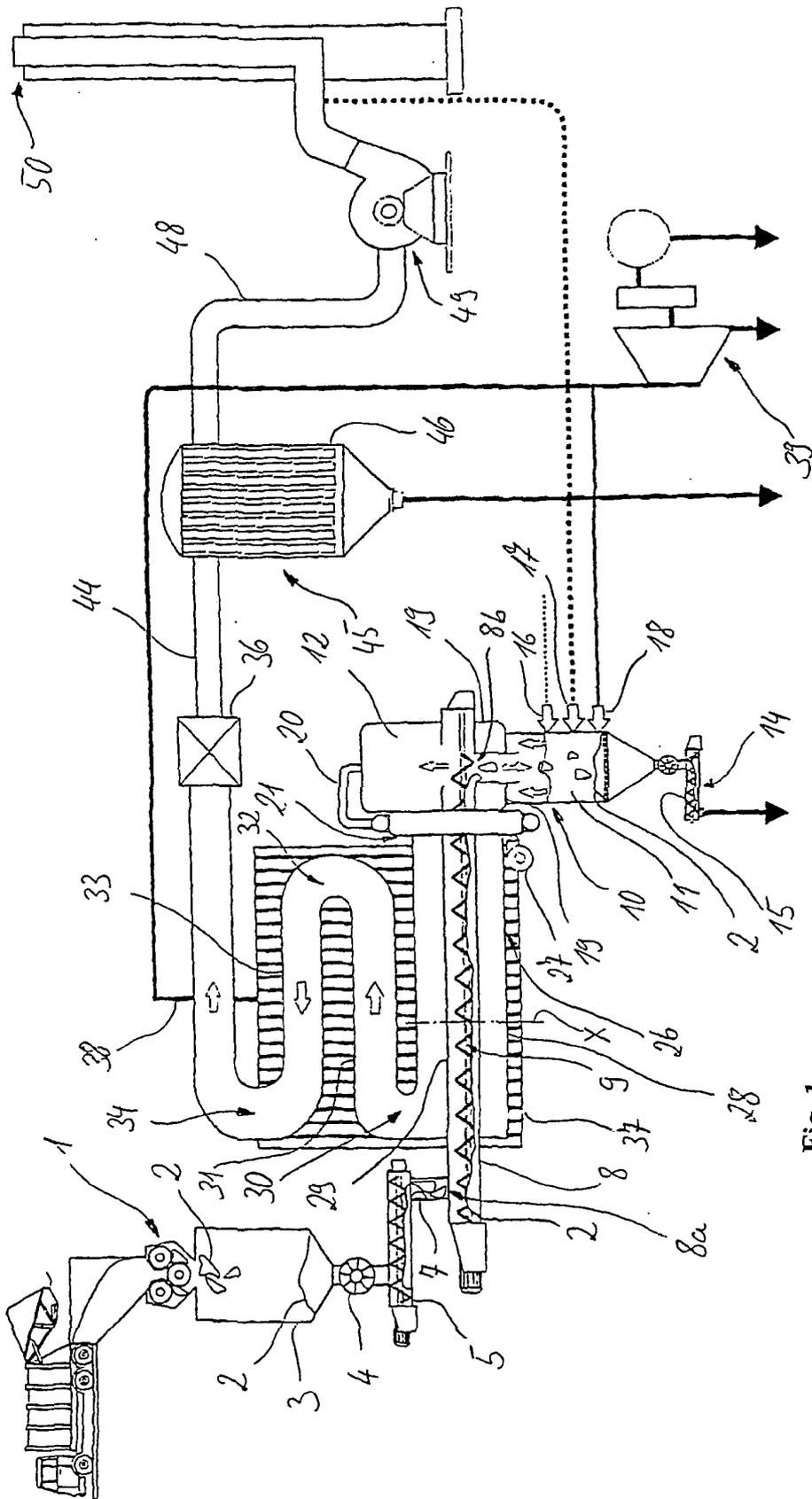


Fig. 1

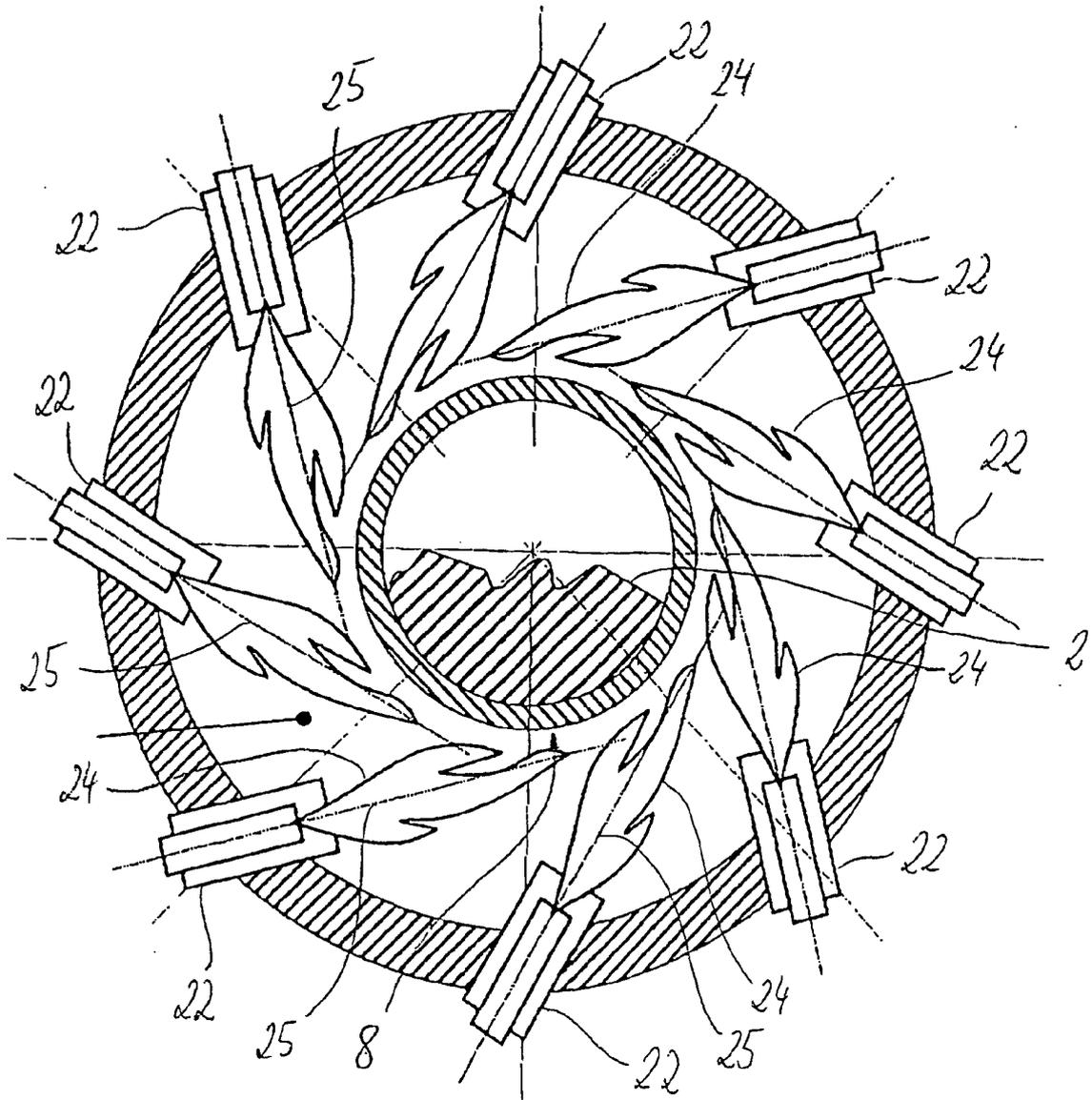


Fig. 2

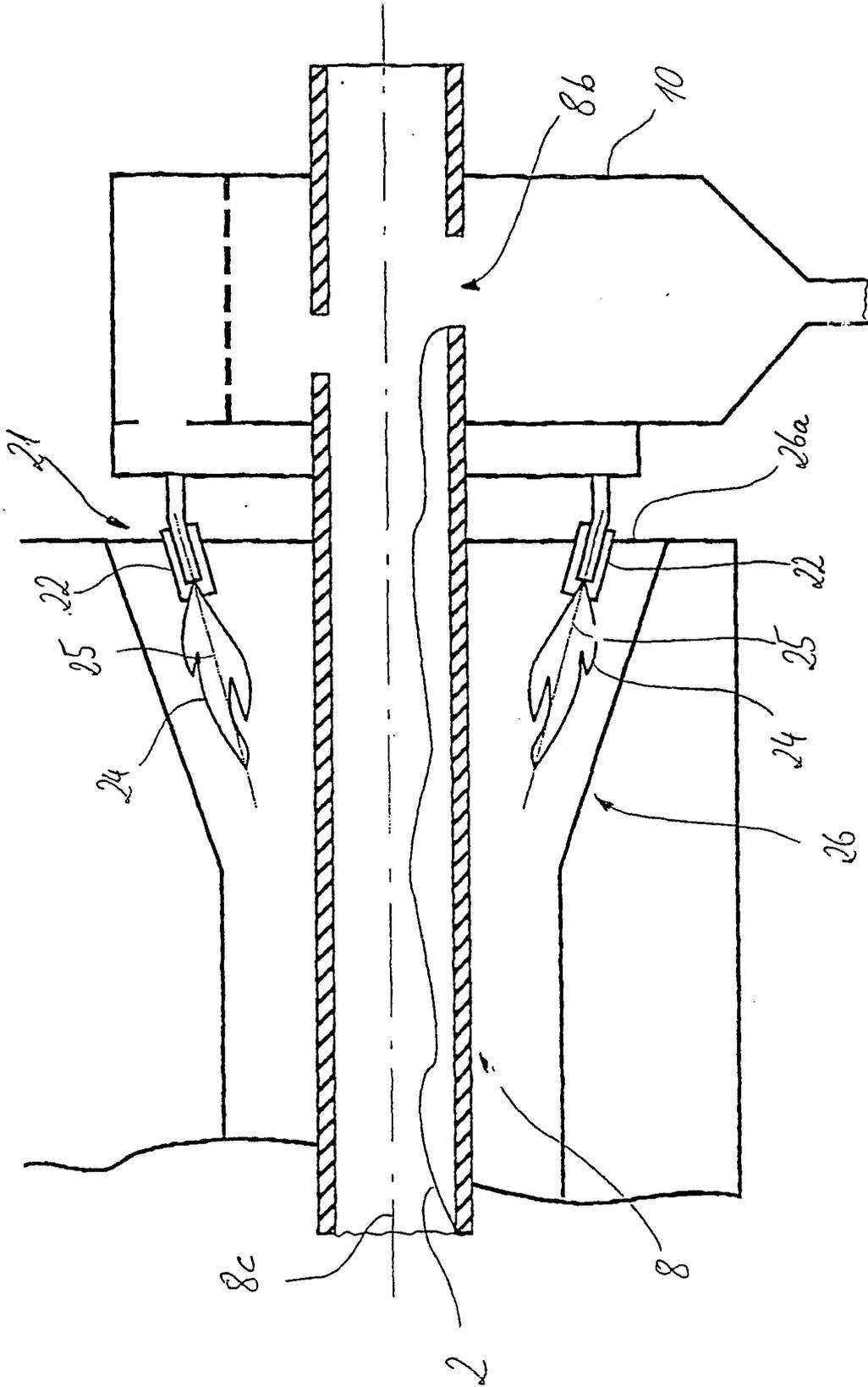


Fig. 3

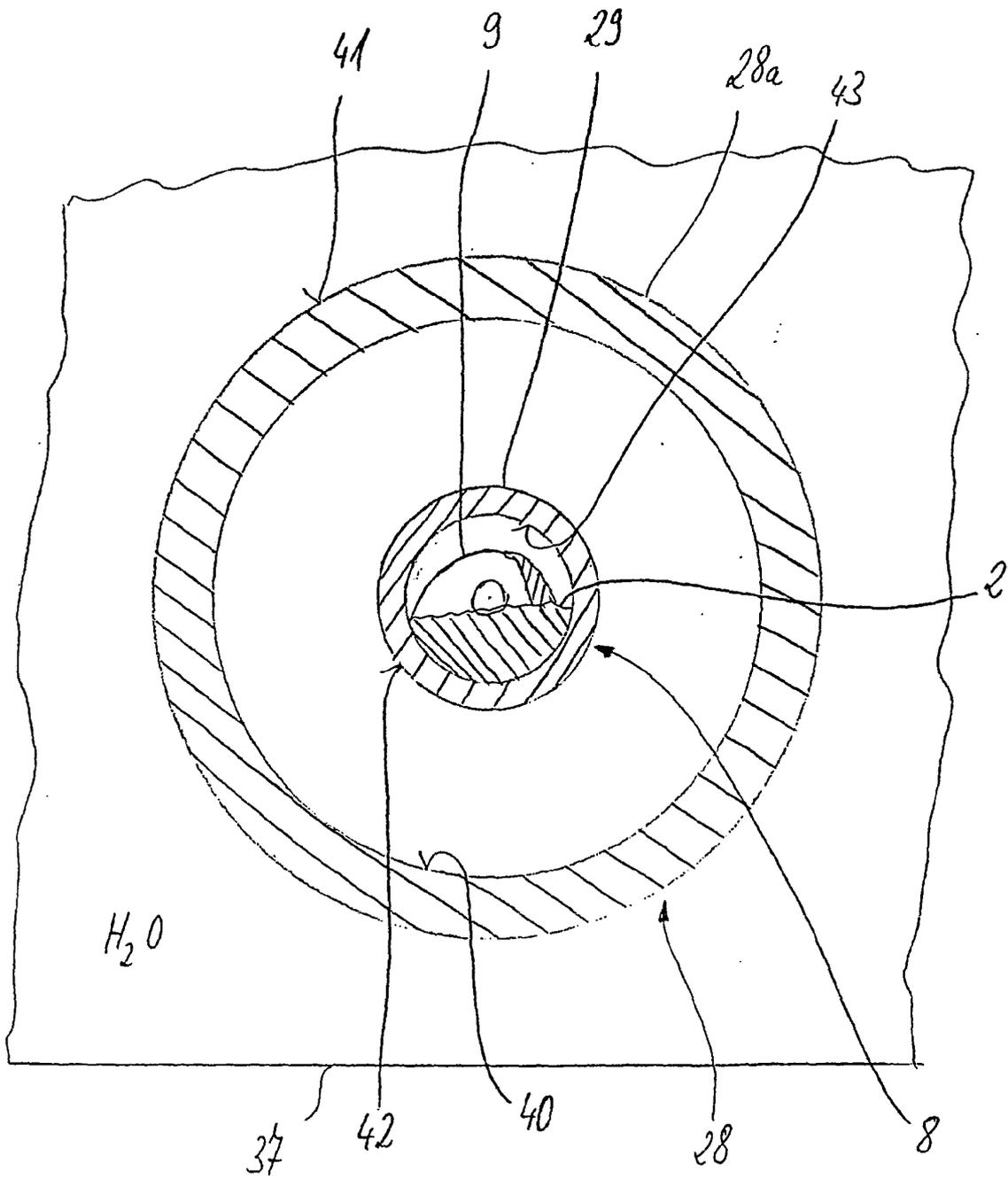


Fig. 4