

Ein Verfahren zur Umwandlung von Reaktionsenthalpie in mechanische Energie, bei dem mehrere Reaktionspartner einem Reaktionsraum zugeführt und miteinander zur Reaktion gebracht werden. Die Reaktionsenthalpie chemischer Reaktionen wird unterschiedlich genutzt. Bei Verfahren wie beispielsweise der Synthesegaserzeugung, die als kontinuierliche Prozesse bei Temperaturen von 1300°C bis 1600°C betrieben werden, wird die Wärme des mit Reaktionstemperatur aus dem Reaktor kommenden Produktes in der anschliessenden Abhitzeverwertung nur sehr unvollkommen genutzt. Um die Reaktionsenthalpie derartiger Prozesse besser nutzen zu können, werden erfindungsgemäss die bei der Reaktion gebildeten Reaktionsprodukte während und/oder nach der Reaktion arbeitsleistend entspannt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	KP	Demokratische Volksrepublik Korea
AU	Australien	LI	Liechtenstein
BE	Belgien	LK	Sri Lanka
BR	Brasilien	LL	Luxemburg
CF	Zentrale Afrikanische Republik	MC	Monaco
CG	Kongo	MG	Madagaskar
CH	Schweiz	MW	Malawi
CM	Kamerun	NL	Niederlande
DE	Deutschland, Bundesrepublik	NO	Norwegen
DK	Dänemark	RO	Rumänien
FI	Finnland	SE	Schweden
FR	Frankreich	SN	Senegal
GA	Gabun	SU	Sowjet Union
GB	Vereinigtes Königreich	TD	Tschad
HU	Ungarn	TG	Togo
JP	Japan	US	Vereinigte Staaten von Amerika

Verfahren und Vorrichtung zur Umwandlung
von Reaktionsenthalpie in mechanische Energie

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Umwandlung von Reaktionsenthalpie in mechanische Energie, wobei Reaktionspartner einem Reaktionsraum zugeführt und miteinander zur Reaktion gebracht werden.
- 15 Die Reaktionsenthalpie chemischer Reaktionen wird unterschiedlich genutzt. Zu den gattungsgemäßen Verfahren zählt beispielsweise die in Vergasungsreaktoren erfolgende Produktion von Synthesegas für die Synthese von Ammoniak oder Methanol. Die Verfahren zur Synthesegaserzeugung be-
20 ruhen auf dem Prinzip der unvollkommenen Verbrennung (partielle Oxidation) von Kohlenwasserstoffen mit Sauerstoff unter Zugabe von Wasserdampf. Diese konventionellen Verfahren werden als kontinuierlicher Prozeß bei Temperaturen von 1300°C bis 1600°C betrieben. Dabei kann jedoch die
25 Wärme des mit Reaktionstemperatur aus dem Reaktor kommenden Produktes in der anschließenden Abhitzeverwertung nur sehr unvollkommen - auf dem im Mittel viel zu niedrigen Temperaturniveau der Wasserverdampfung und Wasserdampfüberhitzung - genutzt werden.
- 30 Außerdem ist wegen der nach oben begrenzten Reaktionstemperatur und unter anderem wegen der unvollkommenen Vermischung der Reaktionsteilnehmer (Brennstoff, Sauerstoff, Wasserdampf) beim Eindüsen in den großen Reaktorraum eine
35 lange Verweilzeit der Reaktionspartner im Reaktionsraum

1 erforderlich und ein rußfreier Betrieb nicht möglich. Ent-
standener Ruß muß aus dem Produkt entfernt, aufgearbeitet
und mit Brennstoff vermischt in den Reaktor zurückgeführt
werden. Wegen der langen Verweilzeit ist die Strömungsge-
5 schwindigkeit und daher auch die Produktionsrate gering.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Ver-
fahren der eingangs genannten Art anzugeben, durch das
Reaktionsenthalpie im Vergleich zu bisherigen Prozessen bes-
10 ser genutzt und mit besserem Wirkungsgrad in mechanische
Energie umgewandelt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die
bei der Reaktion gebildeten Reaktionsprodukte während und/oder
15 nach der Reaktion arbeitsleistend entspannt werden.

Durch diese erfindungsgemäße Verfahrensweise, die bei sehr
unterschiedlichen Prozessen anwendbar ist, wird eine ver-
besserte Nutzung der Reaktionsenthalpie ermöglicht, d.h.
20 eine Umwandlung der Reaktionsenthalpie in mechanische Ener-
gie mit einem im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren bes-
seren Wirkungsgrad. Das erfindungsgemäße Verfahren ist bei
zahlreichen Prozessen mit unterschiedlichen Zielsetzungen
anwendbar. Primärer Zweck dieser Verfahren kann mit Vorteil
25 die Herstellung eines chemischen Zwischenproduktes als
Reaktionsprodukt sein, aber auch die Bereitstellung von
Energie bzw. Energie und Wärme.

Nach einer vorteilhaften Variante der Erfindung dienen
30 als Reaktionspartner ein Kohlenwasserstoff oder ein Ge-
misch aus Kohlenwasserstoffen, ein sauerstoffhaltiges
Gas - insbesondere Luft, mit Sauerstoff angereicherte Luft
oder reiner Sauerstoff - und Wasserdampf in einem Mengen-
verhältnis, bei dem im Reaktionsraum eine unvollkommene
35 Verbrennung (partielle Oxidation) stattfindet.

1 Dieser erfindungsgemäßen Verfahrensweise liegt der Gedanke
zugrunde, daß z.B. jeder Verbrennungsmotor oder auch jede
Brennkammer einer Gasturbine in seiner bzw. ihrer Wirkungs-
weise einem Vergasungsreaktor entspricht. Bei einem Motor
5 werden innerhalb einer gekühlten Wandung (Temperatur $<$ als
100°C) Reaktionstemperaturen von weit über 2000°C erreicht.
Wegen der nachfolgenden arbeitsleistenden Entspannung ver-
läßt das Reaktionsprodukt (Abgas) den Motorraum mit einer
Temperatur, die wesentlich unter 1000°C liegt. Bei optimaler
10 Motoreinstellung ist das Abgas weitgehend rußfrei.

Der erfindungsgemäße Vorschlag ermöglicht nun eine ener-
getisch günstige Vergasung fossiler Brennstoffe, beispiels-
weise beliebiger Kohlenwasserstoffe und (entaschter) Kohle
15 durch partielle Oxidation, wobei die in den Kohlenwasser-
stoffen enthaltene Energie teilweise auch in mechanische
Energie umgewandelt wird. Dazu werden die soweit wie mög-
lich vorgewärmten Reaktionsteilnehmer (Sauerstoff, Kohlen-
wasserstoffe, gegebenenfalls Wasserdampf) z.B. in den
20 Brennraum eines ein- oder mehrzylindrigen Kolbenmotors
eingedüst.

Durch Fremd- oder Selbstzündung erfolgt die Reaktion (par-
tielle Oxidation), wobei analog einem konventionellen
25 Otto-Motor je nach Verfahrensweise der Druck oder der
Druck und die Temperatur stark ansteigen. Nach erfolgter
Reaktion expandiert das Reaktionsprodukt adiabat und ar-
beitsleistend bis der Kolben die untere Totlage erreicht.
Dabei kühlt sich das Reaktionsprodukt stark ab. Während
30 der Wellen- bzw. Kolbenbewegung von der unteren zur obo-
ren Totlage wird das Produkt bei geöffnetem Auslaßventil
aus dem Brennraum ausgeschoben. Das Gehäuse wird - analog
den konventionellen Verbrennungsmotoren - mit Wasser ge-
kühlt.

- 1 Das Eindüsen der Reaktionsteilnehmer kann wie bei der kon-
ventionellen Vergasung erfolgen. Dabei werden Sauerstoff
und Wasserdampf z.B. vor dem Eintritt vermischt und kon-
zentrisch um den Brennstoffstrahl eingedüst. Der Zylinder-
5 kopf und der Kolben werden so ausgeführt, daß eine gute
Vermischung gewährleistet wird.

Im Vergleich zu konventionellen Vergasungsprozessen besitzt
das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß der größte
10 Teil der durch die Reaktion entstandenen überschüssigen
Wärme direkt in mechanische Energie umgewandelt wird. Wei-
tere vorteilhafte Folge dieser Verfahrensweise ist, daß die
Wärmeumsätze bei der nachfolgenden Abhitzeverwertung um
die geleistete Arbeit kleiner sind. Das vorgeschlagene Ver-
15 fahren ist für alle aschefreien Brennstoffe anwendbar, er-
möglicht einen weitgehend rußfreien Betrieb und gewährt
eine größere Freiheit in der Wahl des Reaktionsdrucks, der
Temperatur, der Reaktionszeit, der zugesetzten Dampfmenge
usw..

20 In einer weiteren Variante der erfindungsgemäßen Verfah-
rensweise dienen als Reaktionspartner ein Brennstoff,
ein sauerstoffhaltiges Gas, Kohlenwasserstoffe und Wasser-
dampf, wobei der Brennstoff mit dem sauerstoffhaltigen
25 Gas im Reaktionsraum verbrannt wird und die Brennstoff-
wärme die Spaltung der Kohlenwasserstoffe und des Dampfes be-
wirkt und die gebildeten Spaltgase und die Verbrennungsgase
entspannt werden.

30 Bei konventionellen Verfahren dieser Art werden die Reak-
tanten in den Rohren eines Wärmetauschers geführt, wobei
der Wärmetauscher von außen durch Brennstoffwärme beheizt
wird. Erfindungsgemäß wird die notwendige Wärme dagegen
durch Verbrennung von Reaktionspartnern innerhalb des
35 Reaktionsraumes zugeführt. Die übrigen Vorteile dieser

- 1 Variante entsprechen denen der partiellen Oxidation, so diese in der erfindungsgemäßen Verfahrensweise erfolgt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens
5 wird zur Steuerung der im Reaktionsraum freigesetzten Reaktionswärme die Mengenzugabe wenigstens eines Reaktionspartners zeitlich variiert. Über die Reaktionswärme kann nämlich der Reaktionsverlauf zeitlich gesteuert und hierüber Einfluß auf die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte gewonnen werden.
10

In einer Variante der Erfindung ist es von Vorteil, wenn die Reaktionsprodukte im Brennraum eines Verbrennungsmotors gebildet und arbeitsleistend entspannt werden.

15 Es ist aber in einer anderen Variante der Erfindung ebenfalls mit Vorteil möglich, die Reaktionspartner unter Reaktionsdruck in eine Brennkammer zu leiten, die Reaktionsprodukte in der Brennkammer zu erzeugen und in einer Turbine
20 zu entspannen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besitzt einer der Reaktionspartner einen höheren Sauerstoffgehalt als Luft und wird zusammen mit einem fossilen Brennstoff
25 im Brennraum eines Verbrennungsmotors verbrannt, wobei der sauerstoffhaltige Reaktionspartner in einem für die Verbrennung stöchiometrischen Verhältnis zum Brennstoff steht oder im Überschuß in den Brennraum geleitet wird und außerhalb des Motors auf Kompressionsenddruck verdichtet wird.

30 Gilt es Brennstoffenergie in mechanische Energie umzusetzen, so werden die Reaktionspartner üblicherweise in einem Verbrennungsmotor umgesetzt. Dazu werden die Reaktionspartner in den Brennraum eines Zylinders eingeführt
35 und dort unter Druck zur Reaktion gebracht, d.h. verbrannt.

1 Es ist bereits bekannt, die Reaktionspartner außerhalb des
Motors vollständig oder zumindest im wesentlichen auf
den Kompressionsenddruck zu verdichten. Eine Steigerung
des Wirkungsgrades, mit dem die in den fossilen Brennstof-
5 fen enthaltene Energie in mechanische Energie umgewandelt
werden kann, ist erfindungsgemäß dann erreichbar, wenn je
nach fossilem Brennstoff anstelle von Luft reiner Sauerstoff
oder zumindest mit Sauerstoff angereicherte Luft mit einem
Sauerstoffgehalt von mehr als z.B. ca. 30 Vol.% verwendet
10 wird.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsge-
dankens wird zusammen mit den verdichteten Reaktionspart-
nern Wasser oder Wasserdampf in den Reaktionsraum eingelas-
15 sen. Der Wasserdampf dient unter anderem dazu, Wärme aufzu-
nehmen, um die Höchsttemperatur der Reaktionsgase im Reak-
tionsraum zu begrenzen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfin-
20 dung werden die komprimierten Reaktionspartner außerhalb
des Reaktionsraums im Wärmetausch mit zuvor bei der Reak-
tion gebildeten Reaktionsgasen erhitzt. Daher kann even-
tuell zuzuführende Brennstoffwärme im Vergleich zu Prozes-
sen ohne zusätzliche Erhitzung der komprimierten Reaktions-
25 partner reduziert werden.

Dient beispielsweise ein Verbrennungsmotor zur Durchführung
der erfindungsgemäßen Verfahrensweise, so bedeutet dies
aber auch, daß weniger Brennstoff zugeführt werden muß.
30 Auf diese Weise wird im Vergleich zu herkömmlichen Diesel-
motoren oder Otto-Motoren ein wesentlich besserer Wirkungs-
grad erzielt. Erfindungsgemäß kann dabei die Umwandlung
der Brennstoffwärme in mechanische Energie in einem Ver-
brennungsmotor zweckmäßigerweise in einem aus zwei Takten
35 bestehenden Arbeitszyklus durchgeführt werden. Dabei wird

1. im ersten Takt (Kolbenbewegung von der oberen bis zur unteren Totlage) das auf Kompressionsenddruck verdichtete Arbeitsmedium bei geöffnetem Einlaßventil in den Brennraum eingelassen, das Einlaßventil wieder geschlossen, der Brennstoff zugeführt und das entstehende Gemisch verbrannt und entspannt. Im zweiten Takt werden die bei der Verbrennung entstandenen Reaktionsgase bei geöffnetem Auslaßventil aus dem Brennraum ausgeschoben.
- 10 Eine weitere Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades kann in einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung erreicht werden, wenn die wasserdampfhaltigen Reaktionsprodukte auf einen unteratmosphärischen Druck entspannt und nachfolgend auf etwa Umgebungstemperatur abgekühlt werden und der
15 nichtkondensierte Anteil der Reaktionsprodukte auf Atmosphärendruck rückverdichtet und der Atmosphäre zugeführt wird, während das Kondensat mittels einer Pumpe ganz oder teilweise in den Reaktionsprozeß rückgeführt und überschüssiges oder nicht genutztes Wasser verworfen wird. Der Wasserdampfanteil leistet bei der Entspannung Arbeit, so daß
20 von einer Expansionsmaschine mehr Energie abgegeben werden kann. Da jedoch der Wasserdampfanteil bei der Abkühlung auf Umgebungstemperatur kondensiert, braucht dieser Anteil nicht mehr rekomprimiert werden.
- 25 Grundsätzlich ist es möglich, die Reaktionspartner und/oder den Wasserdampf vor dem Einleiten in den Reaktionsraum mit beliebigen Wärmequellen vorzuwärmen. Nach einem vorteilhaften Merkmal der Erfindung werden - wie bereits angegeben - Reaktionspartner und/oder Wasserdampf bzw. Wasser
30 in Wärmetausch mit dem entspannten Reaktionsprodukt erwärmt. Die Maximaltemperatur im Reaktionsraum bzw. das Druckniveau der Reaktionsprodukte nach der Entspannung wird begrenzt durch das Temperaturniveau, mit dem die Reaktionsprodukte den Reaktionsraum über das Auspuffventil
35

1 verlassen dürfen, ohne daß dieses Ventil zerstört wird.
Werden die Reaktionsprodukte erfindungsgemäß arbeitsleistend
entspannt, so kühlen sich die Reaktionsprodukte ab. Im Wär-
metausch mit den entspannten Reaktionsprodukten werden die
5 komprimierten Reaktionspartner daher lediglich auf ein Tem-
peraturniveau angehoben, das weit unter dem Temperatur-
niveau liegt, mit dem die Reaktionspartner ohne Beschädigung
des Reaktionsraums z.B. des Einlaßventils eines Brennraums
zugeführt werden können. Dieses Temperaturniveau entspricht
10 der Temperatur der den Reaktionsraum verlassenden Reaktions-
produkte. Mit besonderem Vorteil werden daher nach einer
weiteren Ausgestaltung des Erfindungsgedankens die kompri-
mierten Reaktionspartner und/oder der Wasserdampf nach der
Erwärmung im Wärmetausch mit Reaktionsprodukten und vor
15 dem Einlassen in den Reaktionsraum durch Fremdwärme erhitzt.
Diese Maßnahme ist besonders dann anzuwenden, wenn im Ver-
gleich zur teuren Brennstoffenergie preisgünstig Abwärme
mit einem geeigneten Temperaturniveau zur Verfügung steht.
In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden
20 gasförmige Reaktionspartner in mehreren Stufen, vorzugswei-
se mit Zwischenkühlung komprimiert. Durch eine mehrstufige
Verdichtung mit Zwischenkühlung werden gasförmige Reaktions-
partner nahezu isotherm komprimiert, so daß diese Reaktions-
partner nach der vollständigen Kompression annähernd Umge-
25 bungstemperatur besitzen. Das heißt, die mehrstufige Kom-
pression mit Zwischenkühlung verringert einerseits die
Kompressionsarbeit und ermöglicht andererseits eine nahe-
zu vollständige Nutzung der in den entspannten Reaktions-
gasen enthaltenen Wärme.

30

Nach einem anderen vorteilhaften Merkmal der Erfindung
werden die gasförmigen Reaktionspartner vor der Verdich-
tung gekühlt. Die Kühlung kann auf eine Temperatur von
oberhalb oder unterhalb 0°C erfolgen, wobei die Kompres-
35 sionsarbeit zusätzlich verringert und die Endkompressions-

1 temperatur gesenkt wird.

Nach einer weiteren erfindungsgemäßen Variante ist es vorteilhaft, in komprimierte gasförmige Reaktionspartner vor deren Wärmetausch mit den entspannten Reaktionsprodukten 5 Wasser einzudüsen. Da selbst bei Kompression in mehreren Stufen und jeweiliger Zwischenkühlung eine isotherme Kompression gasförmiger Reaktionspartner nicht bewirkt werden kann, haben die Reaktionspartner nach der Kompression 10 stets eine über Umgebungstemperatur liegende Temperatur. Durch das eingedüste Wasser kann die ohnehin anfallende Kompressionswärme zur Verdampfung des eingedüsten Wasser genutzt werden. Da ein auf diese Weise bereitetes Wasserdampf-Reaktionspartner-Gemisch eine im Vergleich zum 15 reinen Reaktionspartner größere Wärmemenge aufnehmen kann und in den Reaktionsprodukten eine größere Menge an zu entspannendem Arbeitsmedium zur Verfügung steht, wird durch die geschilderte Verfahrensvariante eine weitere Steigerung des Wirkungsgrades und der Leistung erzielt.

20

Ist einer der Reaktionspartner sauerstoffangereicherte Luft, so hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn als Standort für die Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahrensweisen die Nachbarschaft einer Luftzerlegungsanlage gewählt wird. Hier kann die niedrige Temperatur, 25 mit der Sauerstoff aus der Luftzerlegungsanlage abgezogen werden kann, dazu genutzt werden, die Kompressionsarbeit insgesamt zu verringern.

30 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens, bei der die Reaktion im Brennraum eines Motors durchgeführt wird, werden die im Brennraum arbeitsleistend entspannten und aus dem Brennraum ausgeschobenen Reaktionsgase in einer außerhalb des Motors angeordneten Expansionsmaschine arbeitsleistend entspannt, bevor sie im 35

1 Wärmetausch mit verdichteten Reaktionspartnern bis etwa
auf die Temperatur der verdichteten Reaktionspartner ab-
gekühlt werden. In dieser vorteilhaften Ausgestaltung
des Erfindungsgedankens wird ein Teil der in den Reaktions-
5 produkten nach dem Austritt aus dem Reaktionsraum enthal-
tenen Energie genutzt. Dazu werden die aus dem Reaktions-
raum ausgeschobenen Reaktionsprodukte zunächst in einer
Expansionsmaschine ("Abgasturbine") arbeitsleistend ent-
spannt und anschließend beim Wärmetausch mit den kompri-
10 mierten Reaktionspartnern bis etwa auf die Temperatur der
komprimierten Reaktionspartner gekühlt. Die in den Reak-
tionsprodukten enthaltene Energie wird in dieser Verfah-
rensweise nicht nutzlos abgegeben, sondern zu einem wesent-
lichen Teil erneut in den Umwandlungsprozeß eingekoppelt
15 bzw. in Form mechanischer Energie abgegeben. Wird z.B.
die Brennstoffzufuhr in den Brennraum eines Verbrennungs-
motors und damit die Maximaltemperatur der Verbrennungs-
gase im Brennraum erhöht, so steigt auch der Anteil der
aus den Reaktionsgasen rückgewonnenen Wärme. Die geschil-
20 derten Maßnahmen bewirken eine Verbesserung des Wirkungs-
grades und eine niedrigere Temperatur der z.B. an die Um-
gebung abgegebenen Reaktionsprodukte.

Grundsätzlich ist es dabei möglich, die zur Kompression
25 der Reaktionspartner erforderliche Energie durch eine
vom Verbrennungsmotor unabhängige Anlage bereitstellen
zu lassen. In einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung wird
jedoch die gesamte Kompressionsarbeit für die Verdichtung
der Reaktionspartner auf Kompressionsenddruck durch die
30 in der dem Motor nachgeschalteten Expansionsmaschine (Ab-
gasturbine) aus den Reaktionsgasen gewonnene Energie ge-
deckt.

Zusammenfassend läßt sich für den zuletzt geschilderten
35 Anwendungsfall feststellen, daß das erfindungsgemäße Ver-

1 fahren eine Steigerung des Wirkungsgrades gegenüber bekann-
ten Verbrennungsmotoren zuläßt. Die an die Umwelt abgege-
bene Abwärme wird erheblich reduziert. Ebenso sinkt auf-
grund des geringeren Brennstoffverbrauchs die Schadstoff-
5 emission. Ein erfindungsgemäßer Motor ermöglicht die
Nutzung diskontinuierlich anfallender Abwärme (für die
Erwärmung der komprimierten und im Wärmetausch mit Rauch-
gasen erwärmten Reaktionspartner), sowie diskontinuierlich
anfallender mechanischer Energie (für die Verdichtung der
10 Reaktionspartner), da bei Ausfall dieser Energiequellen
die erforderliche Energie durch mehr Brennstoffverbrauch
im Motor ersetzt werden kann.

Eine mögliche Vorrichtung zur Durchführung des mit Sauer-
15 stoff angereicherter Luft arbeitenden Verfahrens besteht
aus einem Verbrennungsmotor mit einem oder mehreren, je-
weils in einem Gehäuse bewegbaren Kolben und einem durch
Gehäuse und Kolben begrenzten Brennraum mit je einem Ein-
laß (und Einlaßventil) für die Reaktionspartner sauerstoff-
20 angereicherte Luft und Brennstoff, und einem Reaktionsgas-
auslaß (mit Auslaßventil). Mit Vorteil besitzt ein derar-
tiger Verbrennungsmotor erfindungsgemäß wenigstens einen
von einer an den Reaktionsgasauslaß angeschlossenen Ab-
gasturbine angetriebenen Kompressor, der mit einem an
25 den Arbeitsmediumeinlaß angeschlossenen Strömungsquerschnitt
eines Rekuperators verbunden ist, wobei im Rekuperator
ein weiterer an den Abgasturbinenausgang angeschlossener
Strömungsquerschnitt für die entspannten Reaktionsgase
angeordnet ist.

30

Im folgenden sollen anhand schematischer Skizzen Ausführ-
ungsbeispiele erläutert werden:

Es zeigen:

35

- 1 Figur 1 eine Prinzipskizze eines erfindungsgemäßen,
mit sauerstoffangereicherter Luft und Brenn-
stoff arbeitenden Verbrennungsmotors.
- 5 Figur 2 eine Skizze eines mit Luftkühlung, Wasser-
eindüsung und Fremdwärmenutzung arbeitenden
Motors.
- 10 Figuren 3 Temperatur-Entropie-Diagramme eines Gleich-
bis 6 druckprozesses mit Abgasturbine und eines
Prozesses mit Abgasturbine, Außenkompres-
sion und Wärmererekuperator.
- 15 Figur 7 den Prozeßverlauf im Zylinder eines energie-
erzeugenden Vergasungsreaktors während einer
Wellenumdrehung.
- 20 Figuren 8 je eine Prinzipskizze für die Versorgung
und 9 eines energieerzeugenden Vergasungsreaktors
mit den Reaktionsteilnehmern.
- 25 Figur 10 eine Prinzipskizze einer Vorrichtung mit
der z.B. bei der Kohlevergasung gebildetes
Kohlenmonoxid und entstehende Wärme in er-
findungsgemäßer Weise genutzt werden können.
- 30 Figur 11 eine Prinzipskizze einer Vorrichtung, in
der z.B. Erdgas mit geringem Brenngasan-
teil in der erfindungsgemäßen Weise ver-
wertet werden kann.

Gemäß Figur 1 wird sauerstoffangereicherte Luft von einem
Kompressor 1 angesaugt und auf Kompressionsenddruck kom-
primiert. In einem nachgeschalteten Rekuperator 2 tritt
35 die komprimierte, sauerstoffangereicherte Luft in Wärme-

1 tausch mit in vorausgegangenen Arbeitstakten gebildeten
Reaktionsgasen. Die so erhitzte sauerstoffangereicherte
Luft wird aus dem Rekuperator aus und in den Brennraum
eines Motors, von dem in den Figuren jeweils nur ein Zylinder
5 der 4 symbolisch dargestellt ist, ein. In die komprimierte,
sauerstoffangereicherte Luft wird Brennstoff 3 eingeführt.
Im Ausführungsbeispiel soll ein Verbrennungsmotor mit Selbst-
zündung beschrieben werden. Das bedeutet, Druck und Tempe-
ratur der eingeführten sauerstoffangereicherten Luft rei-
10 chen für eine Selbstzündung des Brennstoff-Luft-Sauerstoff-
Gemisches aus. In diesem ersten Takt des aus zwei Takten
bestehenden Arbeitszyklus werden das entstandene Gemisch
verbrannt und entspannt. Im nachfolgenden Takt werden die
gebildeten Reaktionsgase bei der Aufwärtsbewegung des Kol-
15 bens 5 aus dem Brennraum ausgeschoben und in eine Abgas-
turbine 6 eingeleitet. Dort werden die Reaktionsgase ar-
beitsleistend entspannt und in den Rekuperator 2 eingelei-
tet und anschließend an die Atmosphäre abgegeben. Im Re-
kuperator kühlen sich die Reaktionsgase im Wärmetausch
20 mit sauerstoffangereicherter Luft bis nahezu auf deren
Eintrittstemperatur in den Rekuperator ab.

In Figur 2 ist die in Figur 1 dargestellte Anlage durch ei-
nen Wärmetauscher bzw. Erhitzer 7, eine Kühlanlage 9 so-
25 wie eine Eindüsvorrichtung für Wasser 8 ergänzt worden.
In dieser Ausgestaltung wird beispielsweise aus einem
Luftzerleger stammende mit Sauerstoff angereicherte Luft
von einem Kompressor 10 verdichtet und nachfolgend in
einem im Ausführungsbeispiel wassergekühlten Wärmetauscher
30 9 auf eine unter Umgebungstemperatur T_u liegende Tempe-
ratur T gekühlt. Einerseits verringert sich hierdurch die
Kompressionsarbeit des nachfolgenden Kompressors 1 und
andererseits ist die Temperatur der sauerstoffangereicher-
ten Luft nach der Kompression niedriger als in einer
35 Anlage gemäß Figur 1 an vergleichbarer Stelle. Um die

1 bei der Kompression unvermeidbare Kompressionswärme zu
nutzen, wird in die komprimierte sauerstoffangereicherte
Luft über eine nicht näher dargestellte Eindüsvorrichtung
Wasser eingedüst. Das im Rekuperator erwärmte mit Sauer-
5 stoff angereicherte Luft-Wasserdampf-Gemisch wird nachfol-
gend durch Fremdwärme, nach Möglichkeit durch die Abwärme
auf eine durch die Materialeigenschaften des Einlaßven-
tils begrenzte Temperatur erhitzt, mit der das Gemisch
in den Brennraum eingelassen wird.

10

In Figur 3 ist ein idealer, mit einer Abgasturbine arbei-
tender Dieselprozeß in einem Temperatur-Entropie-Diagramm
dargestellt. Einer adiabatischen Kompression (1 - 2) auf
den Druck p_2 folgt eine isobare Erwärmung (2 - 3) der sich
15 eine adiabatische Expansion (3 - 4) anschließt. Die ver-
dichtete sauerstoffangereicherte Luft steht unter einem
Druck von etwa 35 bar. Die Entspannung wird von p_2 bis
zum Umgebungsdruck p_1 geführt. Dies ermöglicht die Abgas-
turbine, in der der Druck von p_{AT} auf p_1 erniedrigt wird.

20

In Figur 4 ist ein ideal ablaufender, erfindungsgemäßer
Prozeß wiedergegeben. Diesem Prozeß ist das gleiche
Druckverhältnis zugrundegelegt, wie dem in Figur 3 dar-
gestellten Prozeß. Hier folgt einer isothermen Kompres-
25 sion (1 - 2) die Erwärmung im Rekuperator (2 - 3') und
anschließend im Motor (3' - 3). Im Motor erfolgt eine
adiabatische Entspannung (3 - 4'), der sich die Entspan-
nung in der Abgasturbine anschließt (4' - 4). Nach der
Entspannung folgt die Abkühlung im Rekuperator (4 - 5).
30 Gestrichelt ist in dieser Figur eine Abkühlung der an-
gesaugten sauerstoffangereicherten Luft auf eine unter
Umgebungstemperatur liegende Temperatur dargestellt
(1').

35 In den Figuren 5 und 6 sind die beiden angegebenen Pro-

1 zesse als reale Prozesse dargestellt. Das heißt, bei die-
sen Darstellungen wurden die Wirkungsgrade bei der Kompres-
sion und der Expansion berücksichtigt, während bei der
Wärmezufuhr im Motor weiter davon ausgegangen wird, daß
5 lediglich sauerstoffangereicherte Luft erhitzt wird.
Die real ablaufenden chemischen Reaktionen wurden nicht
berücksichtigt. In Figur 6 ist eine vierstufige Kompression
mit jeweiliger Zwischenkühlung dargestellt. Allen Prozes-
sen wurde ein Adiabatenexponent $\kappa = 1,4$ zugrundegelegt.
10 Als adiabatischer Wirkungsgrad der Expansion und der Kom-
pression wurden für die Realprozesse $\eta_E = \eta_K = 0,9$ ge-
wählt. Verluste an eine Außenkühlung wurden nicht berück-
sichtigt. Druckverluste von jeweils 0,15 bar in den Zwi-
schenkühlern beim Prozeß gemäß Figur 6 sind dagegen berück-
15 sichtigt.

Die thermodynamische Güte des erfindungsgemäßen Verfahrens
ist unter anderem auf die Kombination folgender Maßnahmen
zurückzuführen:

20

1. (Quasi isotherme) Verdichtung mit wenig Energie außer-
halb des Motors.

2. Weitgehende Rekuperation der Abwärme im Reaktionsgas

25

3. Eine von hohen Temperaturen ausgehende arbeitsleistende
Entspannung im Motor.

Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet in gewisser Weise
30 ähnlich wie ein Gasturbinenprozeß bei welchem die Brenn-
kammer durch einen arbeitsleistenden Motor ersetzt wird.
Anstelle der mit Rücksicht auf das Turbinenmaterial üb-
licherweise auf 600°C bis 900°C begrenzten Eintrittstemp-
eratur können beim erfindungsgemäßen Verfahren Temperatu-
35 ren von ca. 2000°C ohne teure Materialien erreicht werden.

- 1 In Figur 7 ist der Prozeßverlauf im Zylinder eines als
energieerzeugender Vergasungsreaktor arbeitenden Motors
während einer Wellenumdrehung schematisch dargestellt.
Grundsätzlich kann jeder konventionelle Motor eingesetzt
5 werden. Es ist aber auch folgende, zu den erfindungsgemäßen
Verfahren zählende Verfahrensweise möglich:

Die soweit wie möglich vorgewärmten Reaktionsteilnehmer,
also Sauerstoff, Wasserdampf und Brennstoff, werden in
10 den Brennraum eines ein- oder mehrzylindrigen Kolbenmotors
bei geschlossenem Auslaßventil 11 eingedüst. Zu Beginn
des EindüSENS (Punkt a) nähert sich der Kolben 5 der oberen
Totlage. Durch Fremd- oder Selbstzündung erfolgt die
Reaktion, wobei der Druck und die Temperatur bei annähernd
15 konstantem Volumen des Brennraums stark ansteigen (Wellen-
bewegung von a bis b). Nach erfolgter Reaktion (Punkt b)
expandiert das Reaktionsprodukt adiabat und arbeitsleistend
auf den gewünschten Druck bis der Kolben 5 die untere
Totlage (Punkt c) erreicht. Dabei kühlt sich das Reaktions-
20 produkt stark ab. Während der Wellen- bzw. Kolbenbewegung
von c bis a wird das Produkt bei geöffnetem Auslaßventil
11 aus dem Brennraum ausgeschoben. Das Gehäuse des Zylinders
4 wird mit Wasser gekühlt.

- 25 In den Figuren 8 und 9 sind zwei Varianten für die Vor-
wärmung und Zuführung der Reaktionsteilnehmer für einen
energieerzeugenden Vergasungsreaktor dargestellt.

Gemäß Figur 8 wird von einer Anlage ausgegangen, die
30 Hochdruckdampf über eine Leitung 15 bereitstellt. Dieser
Dampf wird ergänzt durch Dampf aus einer Leitung 16,
der aus Wasser im Wärmetausch mit dem den Vergasungs-
reaktor verlassenden Produktgas erzeugt worden ist. Der
Wärmetausch findet in einem Wärmetauscher 17 statt. In
35 weiteren Wärmetauschern 18 und 19 werden der Brennstoff

- 1 und der Sauerstoff erwärmt und über Leitung 13 bzw. 12
in den Brennraum eingedüst. Zum Erwärmen dieser Reaktions-
teilnehmer dient kondensierender Dampf aus Leitung 15.
Nach erfolgter Reaktion im Brennraum werden die Reaktions-
5 gase über Auslaßventile 11, Wärmetauscher 17 in eine Lei-
tung 20 eingespeist.

- In Figur 9 ist eine Variante dargestellt, wonach die
Reaktionsteilnehmer in einem Wärmetauscher 21 zunächst
10 im Wärmetausch mit den Reaktionsgasen und nachfolgend
in einem Wärmetauscher 22 durch Fremdwärme, insbesondere
Abwärme mit geeignetem Temperaturniveau, erhitzt werden.
Anschließend werden Sauerstoff, Wasserdampf und Brennstoff
in den Brennraum eingedüst. Die Reaktionsgase werden nach
15 Verlassen des Brennraums in einer Entspannungsturbine 23
entspannt, in Wärmetauscher 21 bis Umgebungstemperatur
abgekühlt und in einer Anlage 24 gereinigt und auf den
gewünschten Lieferdruck nachkomprimiert.

20 Ausführungsbeispiel:

- Der in den Figuren 7 bis 9 beschriebene energieverzeugen-
de Vergasungsreaktor kann beispielsweise in einem Reduk-
tionsstahlwerk Anwendung finden. Sauerstoff aus einer
25 Luftzerlegungsanlage wird auf einen Druck von ca. 6 bar
gebracht und in einer Mengen von ca. 2000 m³/h einem
vierzylindrigen Motor mit je ca. 100 l Hubraum zugeführt.
Gleichzeitig werden ca. 4000 m³ Erdgas pro Stunde in die
Zylinder eingeleitet. Der mit einer Drehzahl von ca.
30 150 U/min arbeitende Motor leistet ca. 1,5 MW und produ-
ziert ein aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid bestehen-
des Reduktionsgas in einer Menge von ca. 12000 m³/h
und mit einem Druck von ca. 3,5 bar. Dieses Reduktions-
gas wird zusammen mit im Kreislauf geführtem, von Kohlen-
35 dioxid und Wasser befreitem und auf 3,5 bar Druck ge-

- 1 brachten Gichtgas (ca. 24000 m³/h) zusammengeführt und
einem Schachtofen (20 to/h Eisen) zugeleitet. Der Wärme-
bedarf pro Tonne Eisen beträgt ca. 1,7 Gcal. Herkömmliche
Verfahren besitzen dagegen einen Wärmebedarf von ca. 3,1
5 Gcal/to Eisen.

Die in Figur 10 schematisch dargestellte Vorrichtung
zeigt eine erfindungsgemäße Anlage, in der bei einer
Kohlevergasung gebildetes Kohlenmonoxid und entstandene
10 Wärme genutzt werden.

Kohlenmonoxid wird über eine Leitung 25 zusammen mit Sauer-
stoff (Leitung 26) und Wasser bzw. Wasserdampf (Leitung 27)
in einen Motor 4,5 eingeleitet. Kohlenmonoxid wird mit
15 Sauerstoff verbrannt, zunächst im Motor und nachfolgend
in einer Turbine 28 entspannt. In gleicher Weise wäre
es möglich, die genannten Reaktionspartner in mehreren
Stufen jeweils in einer Brennkammer zu verbrennen und
nachfolgend in einer Turbine zu entspannen. Dritter Reak-
20 tionspartner ist in diesem Ausführungsbeispiel Wasser,
das hauptsächlich als Wärmeträger fungiert. Das Wasser
wird in einem Wärmetauscher 30 im Wärmetausch mit gebil-
deten Reaktionsgasen zum großen Teil aber auch durch die
bei der Kohlevergasung entstehende Abhitze erwärmt und
25 verdampft. Nach der (letzten) Verbrennung besteht das
Reaktionsprodukt zum größten Teil aus Wasserdampf. Die
übrigen Bestandteile sind im wesentlichen Kohlenmonoxid
und unverbrannter Sauerstoff. Nach Abkühlung des Reak-
tionsproduktes auf nahezu Umgebungstemperatur in Wärme-
30 tauscher 30 gegen anzuwärmendes Wasser sowie in einem
Wärmetauscher 31 gegen Kühlwasser erfolgt in Abscheider
32 eine Abtrennung des kondensierten Wassers. Das ab-
geschiedene Wasser wird mittels Pumpe 34 und zusammen
mit Frischwasser (Leitung 36) in eine Leitung 35 einge-
35 speist und in den Prozeß zurückgeführt. Beim Prozeß ent-

1 steht ein "Abgas", das im wesentlichen aus Kohlendioxid
und unverbranntem Sauerstoff besteht. Diese Abgasmenge
ist um eine Größenordnung kleiner als die bei konventionel-
len Verfahren anfallende Abgasmenge, so daß erfindungs-
5 gemäß mit wenig Aufwand ein schadstofffreies Abgas in die
Atmosphäre entlassen wird. Außerdem ist es möglich, un-
verbrauchten Sauerstoff zurückzugewinnen und in den Prozeß
zurückzuführen. Auch Kohlendioxid kann zurückgewonnen
werden. In diesem Fall bietet die erfindungsgemäße Vorrich-
10 tung die Möglichkeit, ein optimales Energieerzeugungsver-
fahren für die Kohlevergasung durchführen zu können. Da-
rüber hinaus kann diese Vorrichtung zudem als Vergasungs-
reaktor aufgefaßt werden, in dem Kohlendioxid und Sauer-
stoff gebildet werden.

15

In Figur 11 ist in einer schematischen Skizze eine Vor-
richtung dargestellt, in der (sonst nicht nutzbares) Erd-
gas mit geringem oder mit keinem Brenngasanteil zur Gewin-
nung von Energie genutzt werden kann. Erdgas fällt unter
20 hohem Druck an. Erfindungsgemäß wird Erdgas unter dem
gegebenen Druck über Leitung 41 in eine Brennkammer 37
eingeleitet. Enthält das Erdgas keinen Brenngasanteil,
so muß dem Erdgas ein beliebiger Brennstoff zugesetzt
werden, ist ein geringer Brenngasanteil enthalten, muß
25 kein Brennstoff zugegeben werden. In beiden Fällen wird
Sauerstoff (Leitung 40) ebenfalls in die Brennkammer 37
geleitet. In der Brennkammer reagieren Sauerstoff und
Erdgas bzw. Brennstoff. Die Reaktionsprodukte werden in
einer Turbine 38 entspannt und im Wärmetauscher 39 gegen
30 Erdgas und Sauerstoff abgekühlt. Diese Verfahrensweise
bietet den Vorteil, daß die Verdichtung des im Brennraum
erforderlichen Anteils an inerten Reaktionspartnern
entfällt, da das Erdgas von Natur aus unter Druck an-
fällt. Dabei ist der Energieaufwand für die Sauerstoff-
35 erzeugung und Nachverdichtung auf Prozeßdruck geringer
als der für die Verdichtung eines anderen inerten Anteils
(z.B. Luft) erforderliche Energieaufwand.

Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zur Umwandlung von Reaktionsenthalpie in mechanische Energie, wobei mehrere Reaktionspartner einem Reaktionsraum zugeführt und miteinander zur Reaktion gebracht werden, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Reaktion gebildeten Reaktionsprodukte während und/oder
15 nach der Reaktion arbeitsleistend entspannt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsprodukte chemische Zwischenprodukte sind.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Reaktionspartner ein Kohlenwasserstoff oder ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen, ein sauerstoffhaltiges Gas - insbesondere Luft, mit Sauerstoff angereicherte Luft oder reiner Sauerstoff - und Wasserdampf in einem Mengenverhältnis dienen, bei dem im
25 Reaktionsraum eine unvollkommene Verbrennung (partielle Oxidation) stattfindet.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Reaktionspartner ein Brennstoff, ein sauerstoffhaltiges Gas, Kohlenwasserstoffe und Wasserdampf dienen, wobei der Brennstoff mit dem sauerstoffhaltigen Gas im Reaktionsraum verbrannt wird und die Brennstoffwärme die Spaltung der Kohlenwasserstoffe
35 und des Dampfes bewirkt und die gebildeten Spaltgase

1 und die Verbrennungsgase entspannt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
gekennzeichnet, daß zur Steuerung der im Reaktions-
raum freigesetzten Reaktionswärme die Mengenzugabe
wenigstens eines Reaktionspartners zeitlich variiert
wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch
gekennzeichnet, daß die Reaktionsprodukte im Brenn-
raum eines Verbrennungsmotors gebildet und arbeits-
leistend entspannt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch
gekennzeichnet, daß die Reaktionspartner unter
Reaktionsdruck in eine Brennkammer geleitet, und die
Reaktionsprodukte in der Brennkammer erzeugt und in
einer Turbine entspannt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß einer der Reaktionspartner einen höheren Sauer-
stoffgehalt als Luft besitzt und zusammen mit einem
fossilen Brennstoff im Brennraum eines Verbrennungs-
motors verbrannt wird, wobei der sauerstoffhaltige
Reaktionspartner in einem für die Verbrennung stöchio-
metrischen Verhältnis zum Brennstoff steht oder im
Überschuß in den Brennraum geleitet wird und außerhalb
des Motors auf Kompressionsenddruck verdichtet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch
gekennzeichnet, daß zusammen mit den verdichteten
Reaktionspartnern Wasser oder Wasserdampf in den
Reaktionsraum eingelassen wird.

- 1 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch
gekennzeichnet, daß die entspannten Reaktionsprodukte
in indirekten Wärmetausch mit wenigstens einem Teil
der verdichteten Reaktionspartner gebracht werden.
- 5
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch
gekennzeichnet, daß die wasserdampfhaltigen Reaktions-
produkte auf einen unteratmosphärischen Druck entspannt
und nachfolgend auf etwa Umgebungstemperatur abgekühlt
10 werden und der nichtkondensierte Anteil der Reaktions-
produkte auf Atmosphärendruck rückverdichtet und der
Atmosphäre zugeführt wird, während das Kondensat mit-
tels einer Pumpe ganz oder teilweise in den Reaktions-
prozeß rückgeführt und überschüssiges oder nichtge-
15 nutztes Wasser verworfen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch
gekennzeichnet, daß die im Wärmetausch mit den ent-
spannten Reaktionsprodukten erwärmten Reaktionspart-
ner vor dem Einlassen in den Reaktionsraum durch
20 Fremdwärme erhitzt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch
gekennzeichnet, daß gasförmige Reaktionspartner in
25 mehreren Stufen verdichtet und zwischen den Verdich-
tungsstufen gekühlt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch
gekennzeichnet, daß gasförmige Reaktionspartner vor
30 der Verdichtung auf eine unterhalb Umgebungstempera-
tur liegende Temperatur gekühlt werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch
gekennzeichnet, daß zur Einleitung von Wasserdampf
35 in den Reaktionsraum in wenigstens einen gasförmigen

- 1 Reaktionspartner vor dessen Wärmetausch mit den ent-
spannten Reaktionsprodukten Wasser eingedüst wird.
- 5 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei
die Reaktion im Brennraum eines Motors durchgeführt
wird, dadurch gekennzeichnet, daß die im Brennraum
arbeitsleistend entspannten und aus dem Brennraum
ausgeschobenen Reaktionsprodukte in einer außerhalb
10 des Motors angeordneten Expansionsmaschine arbeits-
leistend entspannt werden, bevor sie im Wärmetausch
mit verdichteten Reaktionspartnern bis etwa auf die
Temperatur der verdichteten Reaktionspartner abge-
kühlt werden.
- 15 17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,
daß die gesamte Kompressionsarbeit für die gasför-
migen Reaktionspartner durch die außerhalb des Motors
in der Expansionsmaschine gewonnene Arbeit gedeckt
wird.
- 20 18. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach
einem der Ansprüche 1 bis 6 und 8 bis 17 mit einem
Verbrennungsmotor mit einem oder mehreren, jeweils
in einem Gehäuse bewegbaren Kolben und einem durch
25 Gehäuse und Kolben begrenzten Brennraum mit Einläs-
sen für die Reaktionspartner und einem Reaktionspro-
duktauslaß samt Auslaßventil, gekennzeichnet durch
wenigstens einen von einer an den Reaktionsprodukt-
auslaß angeschlossenen Abgasturbine angetriebenen
30 Kompressor, der mit einem an den bzw. die Reaktions-
partnereinlaß (-einlässe) angeschlossenen Strömungs-
querschnitt eines Rekuperators verbunden ist, wobei
im Rekuperator ein weiterer an den Abgasturbinenaus-
gang angeschlossener Strömungsquerschnitt für die
35 entspannten Reaktionsgase angeordnet ist.

- 1 19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen Rekuperator und Reaktionspartnereinlaß
des Brennraums ein Wärmetauscher für eine Erhitzung
der Reaktionspartner mit Fremdwärme angeordnet ist.
- 5 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 oder 19,
gekennzeichnet durch in den Strömungsquerschnitt
für komprimierte Reaktionspartner vor dem Rekuperator
eintründende Eindüsvorrichtung(en) für Wasser.
- 10 21. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach
einem der Ansprüche 18 bis 20, mit einem Verbrennungs-
motor mit einem oder mehreren, jeweils in einem Ge-
häuse bewegbaren Kolben und einem durch Gehäuse und
15 Kolben begrenzten Brennraum, dadurch gekennzeichnet,
daß in den Brennraum Eindüsvorrichtungen für kompri-
mierten, erhitzten Sauerstoff und Wasserdampf münden.

1/6

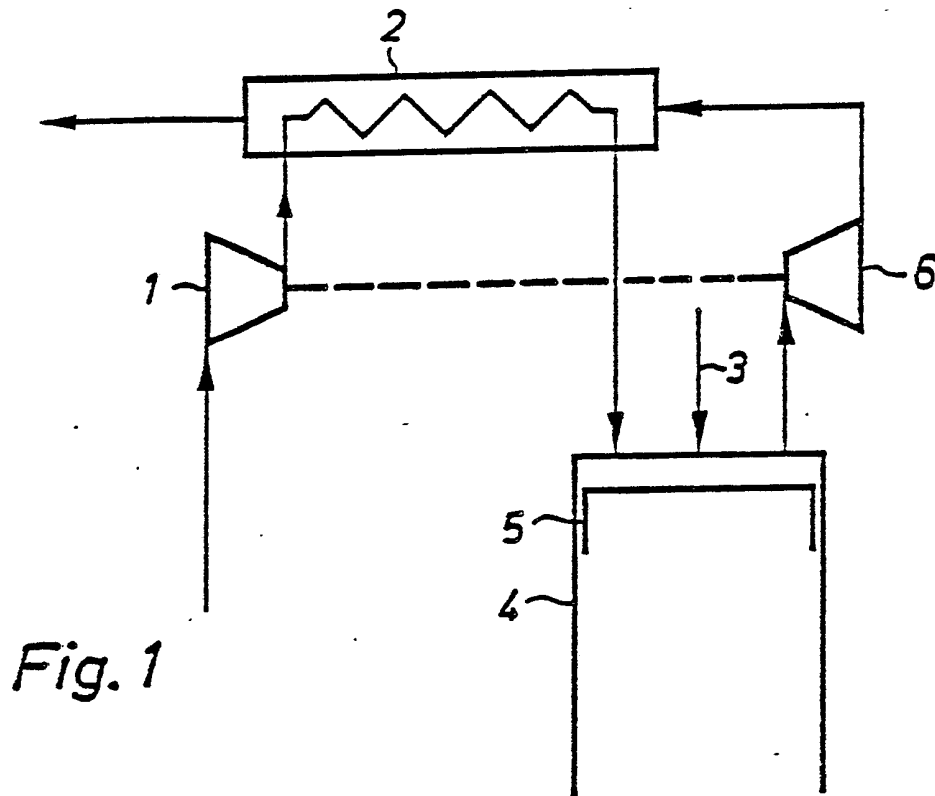


Fig. 1

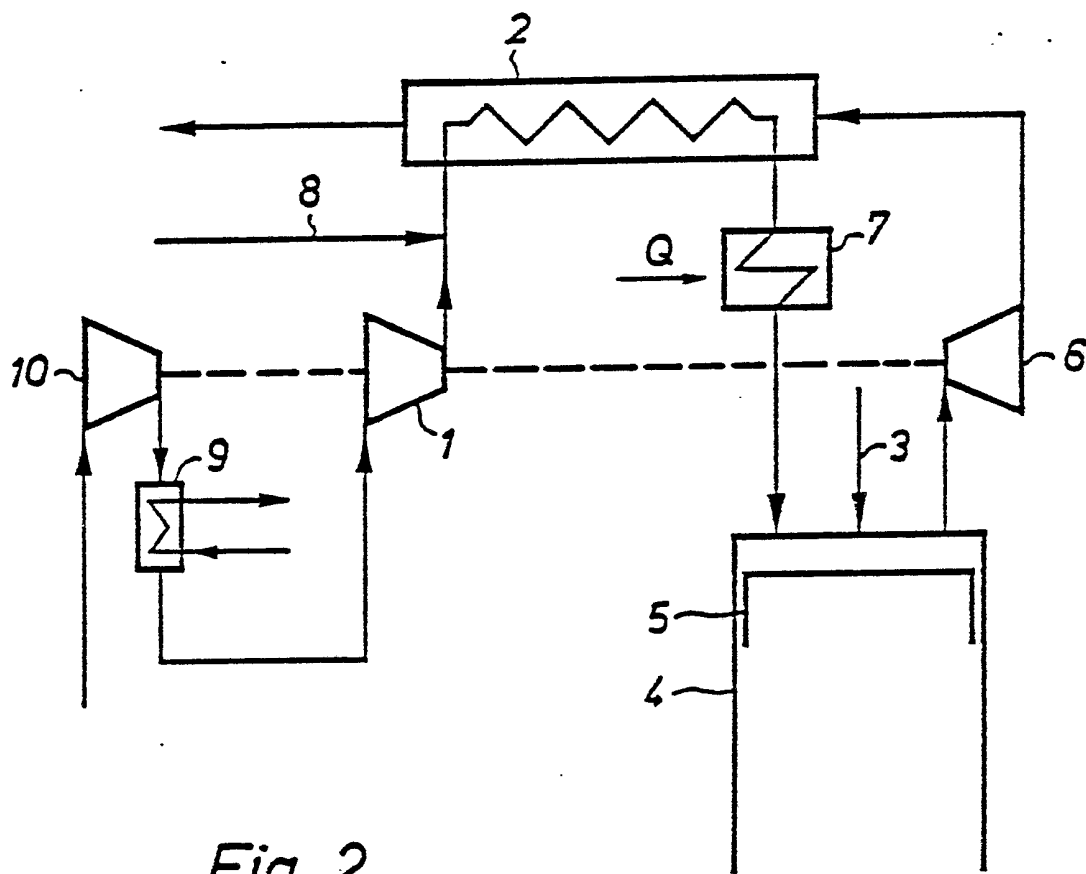
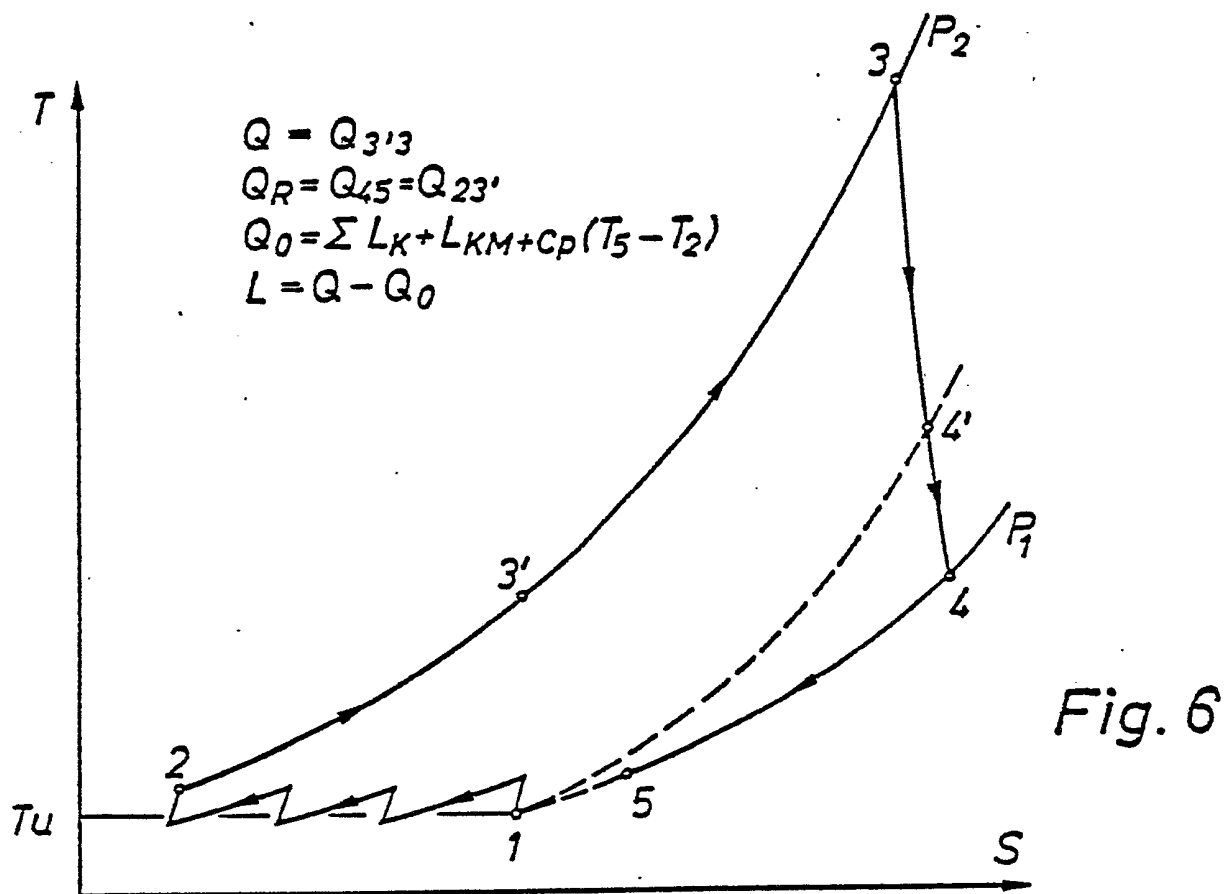
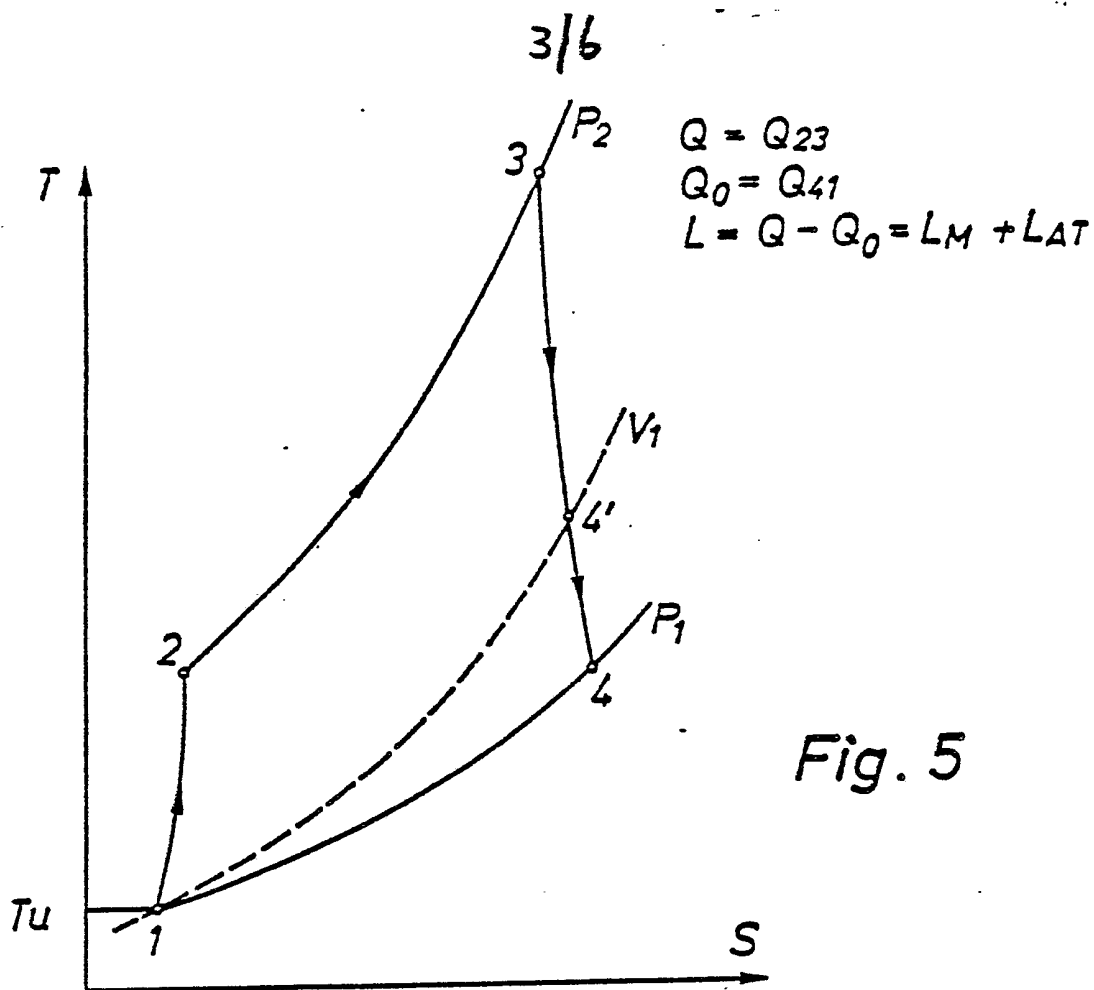


Fig. 2



4/6

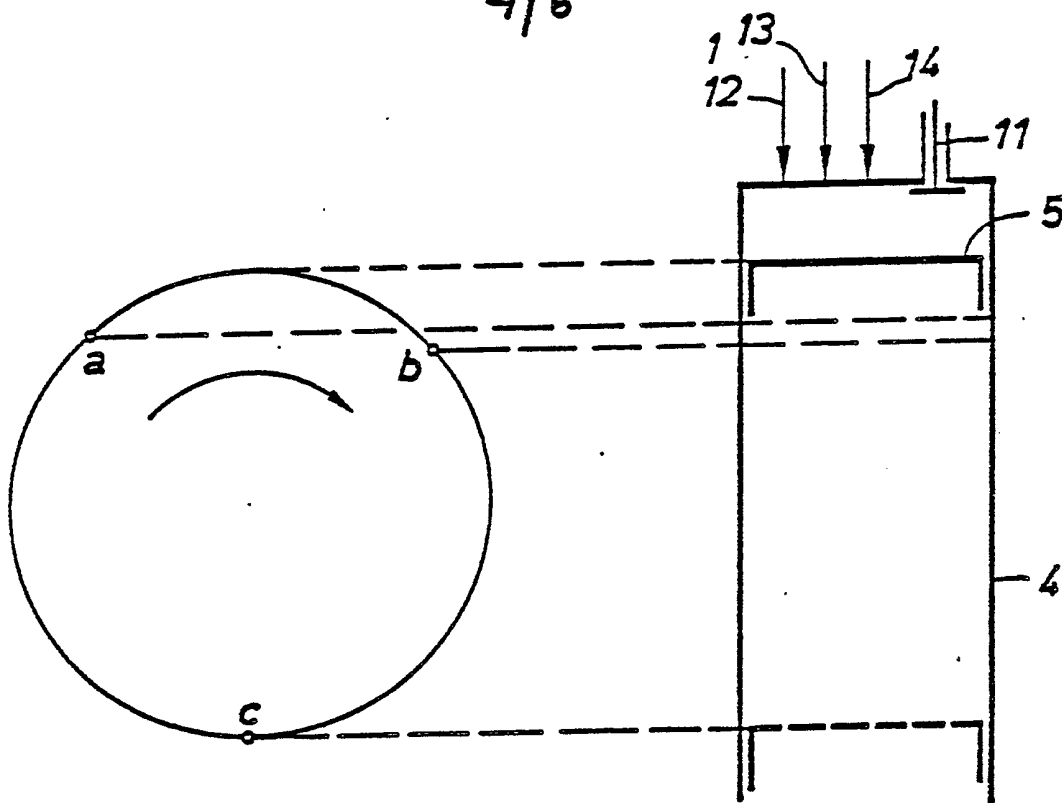


Fig. 7

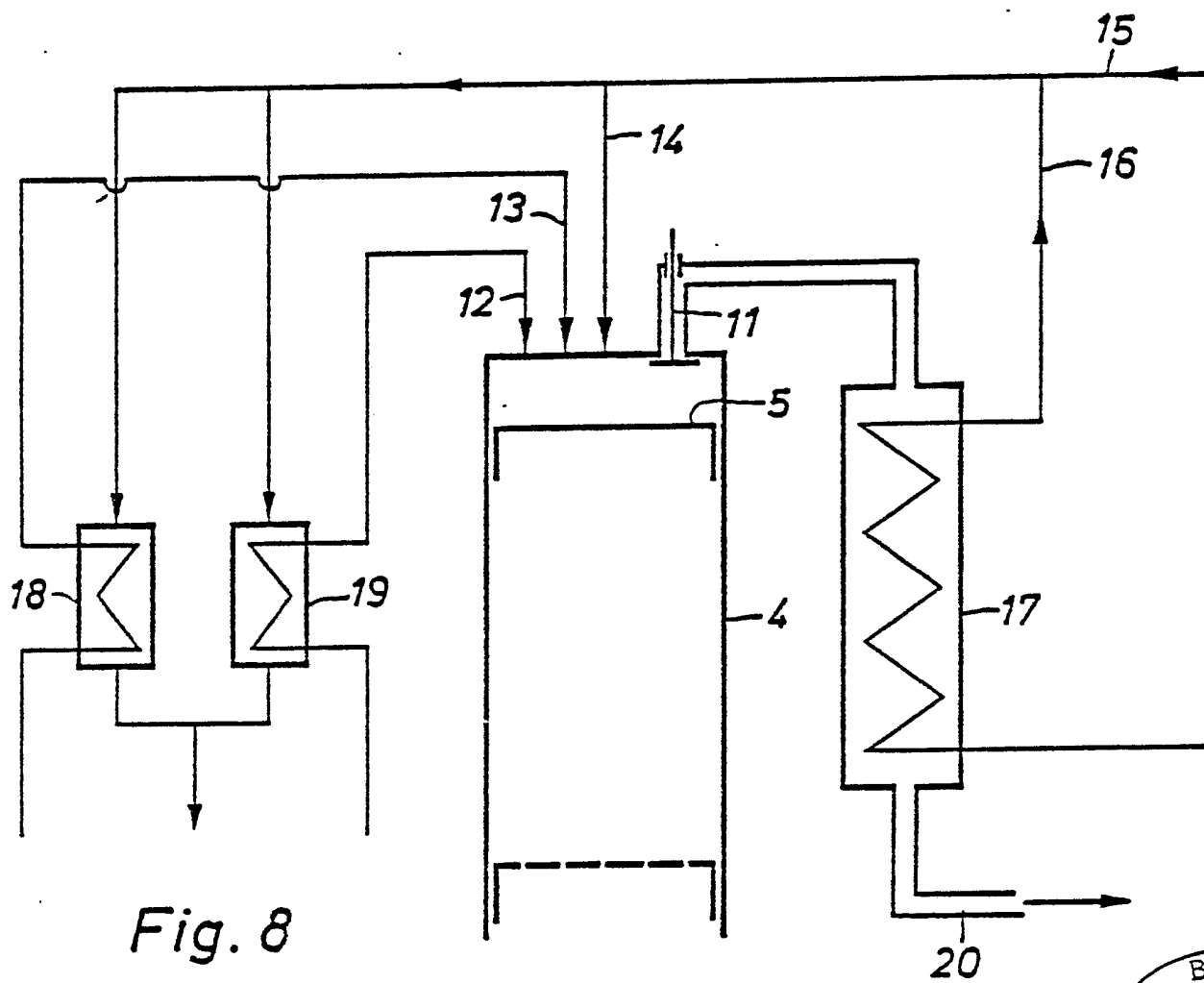


Fig. 8

5/6

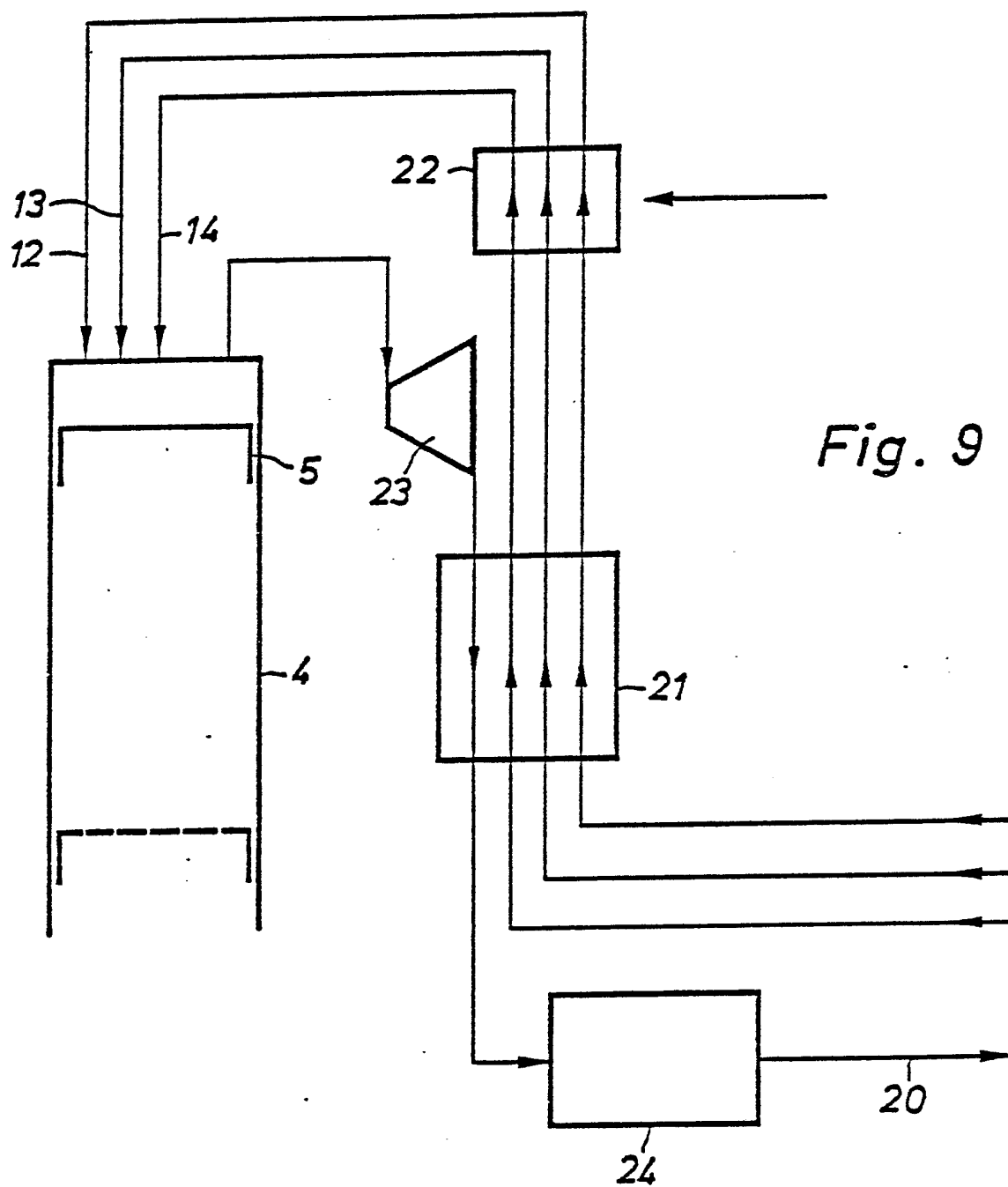
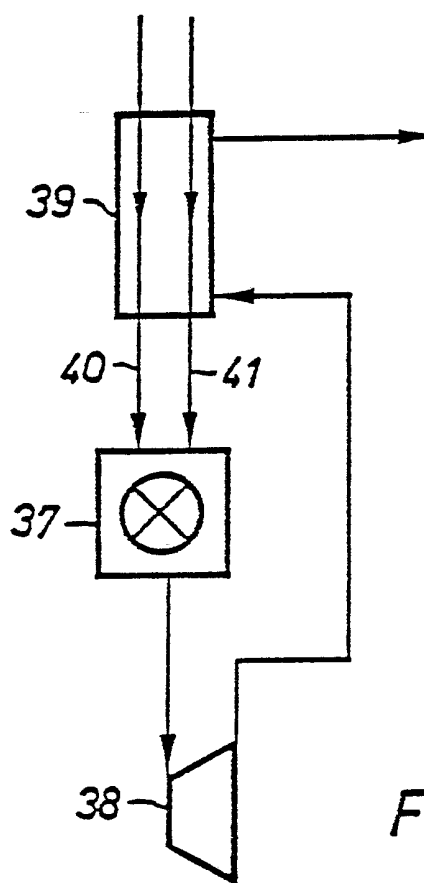
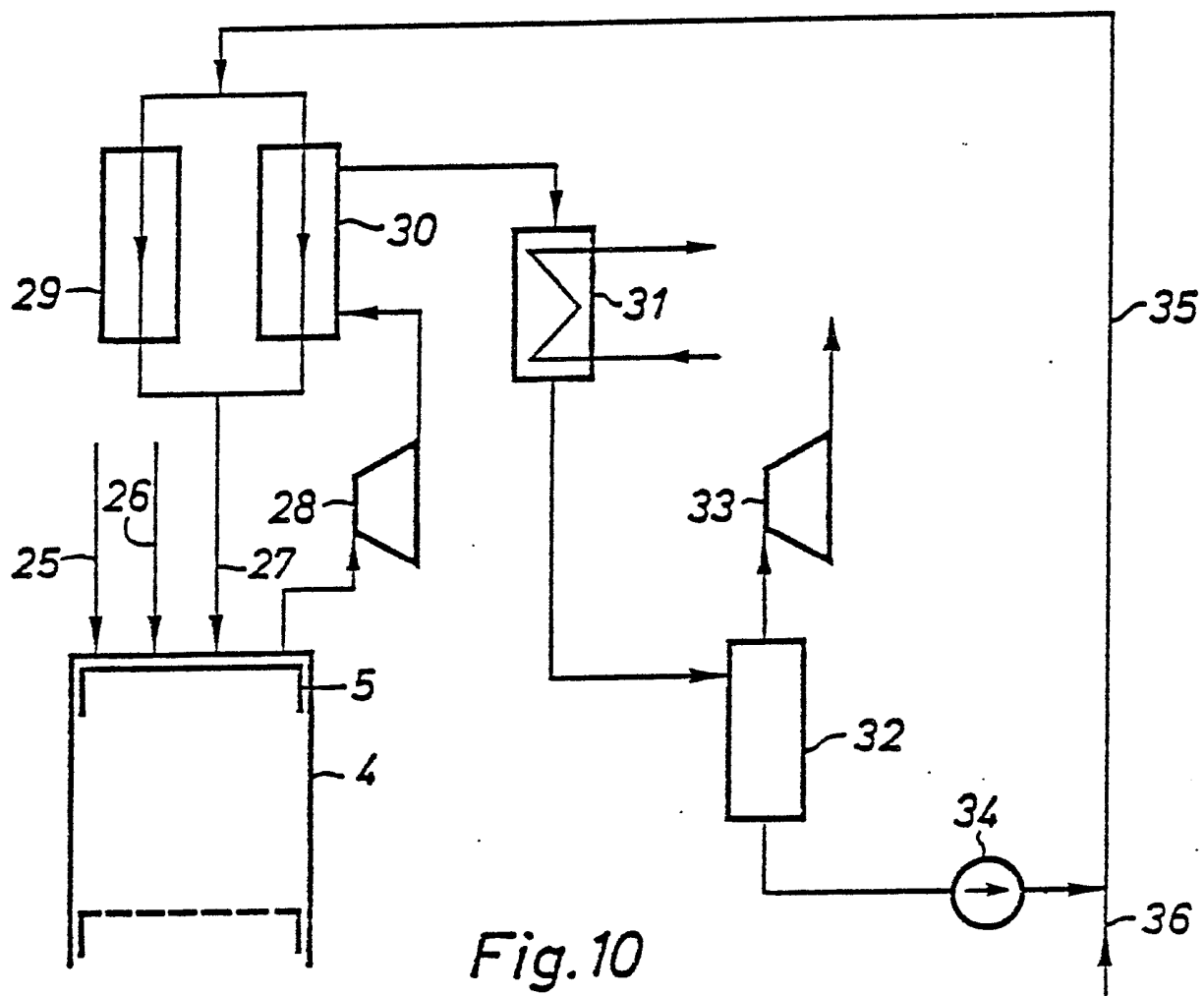


Fig. 9

6/6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 82/00067

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ³ According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int. Cl.³ : F 01 K 21/04; C 01 B 3/36; F 02 B 47/02																	
II. FIELDS SEARCHED Minimum Documentation Searched ⁴ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <th style="width: 20%;">Classification System</th> <th style="width: 80%;">Classification Symbols</th> </tr> <tr> <td style="height: 40px; vertical-align: top; padding: 5px;"> Int. Cl.³ </td> <td style="padding: 5px;"> F 01 K ; C 01 B; F 02 B </td> </tr> </table> Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are included in the Fields Searched ⁵			Classification System	Classification Symbols	Int. Cl.³	F 01 K ; C 01 B; F 02 B											
Classification System	Classification Symbols																
Int. Cl.³	F 01 K ; C 01 B; F 02 B																
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ¹⁴ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <th style="width: 10%;">Category ⁶</th> <th style="width: 70%;">Citation of Document, ¹⁶ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷</th> <th style="width: 20%;">Relevant to Claim No. ¹⁸</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">X</td> <td style="padding: 5px;"> Chemie- Ingenieur Technik, volume 28, No 3, published on March 1956, Weinheim (DE), L. von Szeszich: "Herstellung von Synthesegas im Otto-Motor bei gleichzeitiger Arbeitsgewinnung", see pages 190-195 </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1-6,8-11, 18</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;"> GB, A, 799818 (STAHL) 13 August 1958, see page 3, lines 2-119 </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1-6,8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;"> FR, A, 2312553 (NISSAN) 24 December 1976, see page 13, line 1 to page 16, line 31 </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">1-6,10,16 18,19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;"> CH, A, 581784 (AGINFOR) 15 May 1973, see column 1, line 1 to column 4, line 44 </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">7,17,18, 9</td> </tr> </table>			Category ⁶	Citation of Document, ¹⁶ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷	Relevant to Claim No. ¹⁸	X	Chemie- Ingenieur Technik, volume 28, No 3, published on March 1956, Weinheim (DE), L. von Szeszich: "Herstellung von Synthesegas im Otto-Motor bei gleichzeitiger Arbeitsgewinnung", see pages 190-195	1-6,8-11, 18	A	GB, A, 799818 (STAHL) 13 August 1958, see page 3, lines 2-119	1-6,8	A	FR, A, 2312553 (NISSAN) 24 December 1976, see page 13, line 1 to page 16, line 31	1-6,10,16 18,19	A	CH, A, 581784 (AGINFOR) 15 May 1973, see column 1, line 1 to column 4, line 44	7,17,18, 9
Category ⁶	Citation of Document, ¹⁶ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷	Relevant to Claim No. ¹⁸															
X	Chemie- Ingenieur Technik, volume 28, No 3, published on March 1956, Weinheim (DE), L. von Szeszich: "Herstellung von Synthesegas im Otto-Motor bei gleichzeitiger Arbeitsgewinnung", see pages 190-195	1-6,8-11, 18															
A	GB, A, 799818 (STAHL) 13 August 1958, see page 3, lines 2-119	1-6,8															
A	FR, A, 2312553 (NISSAN) 24 December 1976, see page 13, line 1 to page 16, line 31	1-6,10,16 18,19															
A	CH, A, 581784 (AGINFOR) 15 May 1973, see column 1, line 1 to column 4, line 44	7,17,18, 9															
¹⁵ * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family																	
IV. CERTIFICATION <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Date of the Actual Completion of the International Search ¹ 25 May 1982 (25.05.82) </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Date of Mailing of this International Search Report ² 07 June 1982 (07.06.82) </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> International Searching Authority ¹ European Patent Office </td> <td style="padding: 5px;"> Signature of Authorized Officer ²⁰ </td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search ¹ 25 May 1982 (25.05.82)	Date of Mailing of this International Search Report ² 07 June 1982 (07.06.82)	International Searching Authority ¹ European Patent Office	Signature of Authorized Officer ²⁰											
Date of the Actual Completion of the International Search ¹ 25 May 1982 (25.05.82)	Date of Mailing of this International Search Report ² 07 June 1982 (07.06.82)																
International Searching Authority ¹ European Patent Office	Signature of Authorized Officer ²⁰																

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 82/00067

I. KLASSEIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ³		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Kl. ³ : F 01 K 21/04; C 01 B 3/36; F 02 B 47/02		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁴		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. ³	F 01 K; C 01 B; F 02 B	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁵		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁶		
Art ⁷	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der Maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹⁸
X	Chemie-Ingenieur Technik, Band 28, No. 3, veröffentlicht in März 1956, Weinheim (DE). L. von Szeszich: "Herstellung von Synthesegas im Otto-Motor bei gleichzeitiger Arbeitsgewinnung", siehe Seiten 190-195	1-6, 8-11, 18
A	GB, A, 799818 (STAHL) 13. August 1958, siehe Seite 3, Zeilen 2-119	1-6, 8
A	FR, A, 2312553 (NISSAN) 24. Dezember 1976, siehe Seite 13, Zeile 1 bis Seite 16, Zeile 31	1-6, 10, 16, 18, 19
A	CH, A, 581784 (AGINFOR) 15. Mai 1973, siehe Spalte 1, Zeile 1 bis Spalte 4, Zeile 44	7, 17, 18, 9
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁵: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche ²	Abschließdatum des internationalen Recherchenberichts ²	
25. Mai 1982	7. Juni 1982	
Internationale Recherchebehörde ¹	Unterschrift des bevollmächtigten Sachverständigen ¹¹	
Europäisches Patentamt	G. L. M. KRUYDENBERG	