



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 703 391 B1

(51) Int. Cl.: F01K 23/06 (2006.01)  
F02B 41/00 (2006.01)  
F02G 5/04 (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENT**SCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 02092/10

(73) Inhaber:  
Harald Lück, SES Raffaletta 16/6/G Porto Pi  
07015 Palma de Mallorca (ES)

(22) Anmeldedatum: 15.12.2010

(72) Erfinder:  
Harald Lück, 07015 Palma de Mallorca (ES)

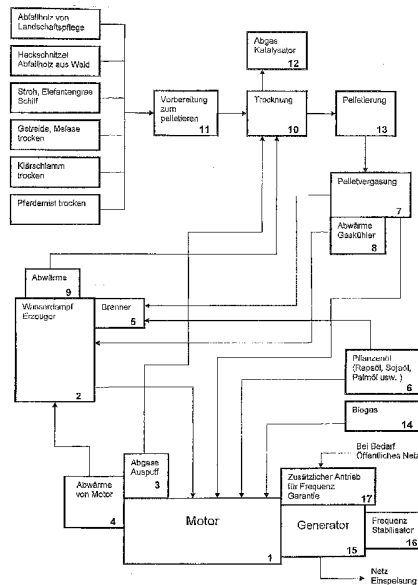
(24) Patent erteilt: 13.01.2012

(74) Vertreter:  
E. Blum & Co. AG Patent- und Markenanwälte VSP,  
Vorderberg 11  
8044 Zürich (CH)

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.01.2012

(54) **Anlage zur Nutzung von Abwärme mit kombiniertem Verbrennungs- und Dampfbetrieb.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Anlage (1, 2, 4) zur Nutzung der durch einen Verbrennungsmotor erzeugten Abwärme, mit einer Kraftmaschine (1) und einer Dampferzeugungseinrichtung (2), mit kombiniertem Verbrennungs- und Dampfbetrieb, wobei die Kraftmaschine (1) mehr als einen Zylinder umfasst, in denen jeweils ein Kolben gelagert ist, wobei die Kolben mit einer gemeinsamen Kurbelwelle in der Kraftmaschine (1) gekoppelt sind. Wenigstens einer der genannten Kolben ist durch Verbrennung eines Kraftstoffgemischs in dessen zugeordneten Zylinderraum antreibbar und wenigstens ein weiterer der genannten Kolben ist durch Einleitung und Expansion von Dampf in dessen zugeordneten Zylinderraum antreibbar, wobei der Dampf in der Dampferzeugungseinrichtung (2) ausserhalb des Zylinderraums erzeugt wird, und die Dampferzeugungseinrichtung (2) wenigstens zum Teil durch Abwärme (4) der Kraftmaschine (1) betreibbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Anlage gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 mit Abwärmenutzung, welche durch Dampfeinleitung und durch Verbrennung in Zylinderräumen gleichzeitig betrieben wird. Insbesondere ist die Anlage zur Stromerzeugung vorgesehen.

**[0002]** Bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren bleibt die durch die Motorkühlung und den Auspuffgasen erzeugte Abwärme häufig ungenutzt. Für Verbrennungsmotoren im stationären Betrieb, wie sie beispielsweise zur Stromerzeugung verwendet werden, wird die Abwärme teilweise zur Einspeisung in einem Fernwärmenetz genutzt. Diese Nutzung der Abwärme setzt jedoch voraus, dass der Standort der Maschine so gewählt ist, dass auf kurzen Wegen die Einspeisung in ein Fernwärmenetz möglich ist. Ferner ist die Gesamtenergiebilanz solcher Kraftwerke mit Kraftwärmekopplung aufgrund der hohen Verluste in den Fernwärmeleitungen nicht zufriedenstellend.

**[0003]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine effizientere Nutzung der durch einen Verbrennungsmotor erzeugten Abwärme bereitzustellen, die insbesondere auch standortunabhängig möglich ist.

**[0004]** Die Erfindung stellt dazu eine Anlage zur Nutzung der durch einen Verbrennungsmotor erzeugten Abwärme, mit einer Kraftmaschine und einer Dampferzeugungseinrichtung, mit kombiniertem Verbrennungs- und Dampfbetrieb, wobei die Kraftmaschine mehr als einen Zylinder umfasst, in denen jeweils ein Kolben gelagert ist, wobei die Kolben mit einer gemeinsamen Kurbelwelle in der Kraftmaschine gekoppelt sind.

Wenigstens einer der genannten Kolben ist durch Verbrennung eines Kraftstoffgemischs in dessen zugeordneten Zylinderraum antreibbar, und wenigstens ein weiterer der genannten Kolben ist durch Einleitung und Expansion von Dampf in dessen zugeordneten Zylinderraum antreibbar, wobei der Dampf in der Dampferzeugungseinrichtung ausserhalb des Zylinderraums erzeugt wird, und die Dampferzeugungseinrichtung wenigstens zum Teil durch Abwärme der Kraftmaschine betreibbar ist.

**[0005]** Die Erfindung macht sich demnach zunutze, dass auch die Abwärme des Verbrennungsmotors mittels einer Dampferzeugungseinrichtung und einer speziellen Gestaltung wenigstens einiger der Zylinder in der Kraftmaschine, welche durch Dampfexpansion angetrieben werden, ebenfalls in mechanische Arbeit umgewandelt wird, die anschliessend durch einen nachgeschalteten Generator zur Verstromung zur Verfügung stehen. Diese Art von Verstromung der Abwärme ermöglicht die Nutzung der Abwärme z.B. für Motoren im stationären Betrieb eines Kraftwerks, ohne die Abwärme lediglich an die Umwelt abzugeben oder mit geringem Wirkungsgrad zur Gebäudeheizung einzusetzen.

**[0006]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform wird die Abwärme der Kraftmaschine aus Abgasen und/oder aus einer Flüssigkeitskühlung der im Verbrennungsbetrieb arbeitenden Zylinder in einen Wärmetauscher der Dampferzeugungseinrichtung geleitet. In der Regel wird die Abwärme nicht ausreichen, um alleine für die Dampferzeugung zu sorgen. Die Dampferzeugungsvorrichtung kann noch einen Brenner aufweisen, der durch andere Kraftstoffe, wie weiter unten beschrieben, betrieben wird. Durch die Nutzung der Abwärme der Kraftmaschine wird jedoch die Gesamtenergiebilanz der Dampferzeugungsvorrichtung erheblich verbessert.

**[0007]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ist mindestens ein erster Kolben, der durch Verbrennung im Zylinderraum antreibbar ist, mittels der Verbrennung eines durch Vergasung von Biomasse erzeugten Gasgemisches betreibbar. Insbesondere ist die Vergasung von Pflanzenteilen bevorzugt, wie z.B. Holzabfälle, Hackschnitzel, Stroh oder andere schnell wachsende Gräser oder Schilfe oder Getreide oder Melasse. Es können auch andere Abfälle weiterverwertet werden. Beispielsweise kann aus Tiermist oder aus getrocknetem Klärschlamm, ggf. durch vorhergehendes Trocknen und Pelletieren, ein für einen Verbrennungsbetrieb geeignetes Gasgemisch erzeugt werden.

**[0008]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ist mindestens ein zweiter Kolben, der durch Verbrennung im Zylinderraum antreibbar ist, ferner durch Flüssigkraftstoff, wie insbesondere Pflanzenöle und/oder aus Biomasse gewonnene Alkohole, betreibbar. Ferner können einige der im Verbrennungsbetrieb arbeitenden Zylinder auch durch Biogas antreibbar sein.

**[0009]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform weisen mehrere der Zylinder der Kraftmaschine eine voneinander unabhängige Ventilsteuerung auf. Insbesondere ist eine elektrische Ventilsteuerung bevorzugt. Diese Ausführungsformen haben den Vorteil, dass die Zylinder auf die unterschiedlichen Brennstoffe eingestellt werden können. Abhängig von dem Brennverhalten des betreffenden Kraftstoffes oder zündfähigen Gasgemisches kann durch die Ventilsteuerung, und optional auch durch eine verstellbare Zündung, der Wirkungsgrad der betreffenden Zylinder optimiert werden.

**[0010]** Ferner kann gemäss einer bevorzugten Ausführungsform durch die unabhängige Ventilsteuerung und durch Umschalten der Zuleitung zu den betreffenden Zylinderräumen die Zylinder alternativ im Verbrennungsbetrieb, d.h. z.B. durch Pflanzenöl, Alkohol oder durch Vergasung von Biomasse gewonnenen Gasen, und dem Dampfbetrieb arbeiten. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass abhängig von der zur Verfügung stehenden Abwärme des Motors mehr oder weniger Zylinder im Dampfbetrieb betrieben werden können oder durch einen der alternativen Brennstoffe betrieben werden können. Ferner ist das Umschalten der Zylinder vom Verbrennungs- zum Dampfbetrieb auch von Vorteil, um Zylinder durch den Dampfbetrieb zu reinigen, die Brennstoffablagerungen aufweisen können.

**[0011]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Kraftmaschine mit einem Generator zur Stromerzeugung gekoppelt. Insbesondere sind Generatoren zur Erzeugung von Wechselstrom vorgesehen, die zur Stromeinspeisung in das Netz

eingerrichtet sind. Vorzugsweise ist zur Erzeugung eines Wechselstroms mit der für das Netz notwendigen Frequenz eine Frequenzstabilisierung an der Kombination aus der Kraftmaschine und dem Generator vorgesehen. Die Frequenzstabilisierung kann z.B. durch Umschalten der zur Verfügung stehenden Kraftstoffe und der Anzahl der Zylinder, die im Dampftrieb arbeiten, erzielt werden. Insbesondere sind durch Flüssigkraftstoffe oder durch Biogas kurzzeitige Änderungen im Leistungsverhältnis des Motors möglich, weil sich diese Kraftstoffe gut dosieren lassen. Die durch die Vergasung von Biomasse erzeugten brennbaren Gasgemische sind aufgrund der Trägheit der Vergasungseinrichtung nicht so einfach zu dosieren. Ferner ist auch die zur Verfügung stehende Dampfmenge durch die Dampferzeugungsvorrichtung nicht kurzfristig zu regeln. Die Regelung des konstanten Motorbetriebs erfolgt daher vorteilhafterweise durch die Zylinder, welche mit Flüssigkraftstoffen betrieben werden, Gegebenenfalls kann auch der Einsatz von herkömmlichen fossilen Brennstoffen, wie Dieselmotorkraftstoff, in Ergänzung zu den vorhergehend genannten Kraftstoffen vorgesehen sein.

**[0012]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform kann ein Teil der Abwärme der Kraftmaschine und/oder ungenutzte Restwärme der Dampferzeugungseinrichtung einer Einrichtung zum Trocknen von Biomasse zugeführt werden. Da für das Trocknen der Biomasse geringere Temperaturen notwendig sind als für die Dampferzeugungsvorrichtung, kann die Abwärme des Motors besonders effizient genutzt werden. Zunächst gelangen die heissen Abgase und/oder das Kühlmittel, welches eine Kraftmaschine kühlt, zu der Dampferzeugungseinrichtung. Dort werden sie nach Durchströmung des Wärmetauschers auf eine geringere Temperatur abgekühlt. Diese geringere Temperatur kann jedoch in einem nachfolgenden Schritt noch zur Trocknung der Biomasse eingesetzt werden, die nachfolgend einer Vergasungsvorrichtung zugeführt werden kann.

**[0013]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ist die Dampferzeugungseinrichtung in Ergänzung zu der Abwärme der Kraftmaschine durch die Verbrennung von aus Biomasse erzeugtem Gas, Pflanzenöl und/oder einem aus Biomasse erzeugten Alkohol betreibbar. Durch diese konventionelle Verbrennung werden die notwendigen Temperaturen erzielt, die zu der Dampferzeugung notwendig sind. Der Wärmetauscher, der mit der Abwärme der Kraftmaschine betrieben wird, kann beispielsweise als Vorstufe zur Vorerwärmung der flüssigen Phase, aus der der Dampf erzeugt wird, genutzt werden. Dabei ist Wasser bevorzugt.

**[0014]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ist die Kraftmaschine ferner mit einer Einrichtung zur Vergasung von Biomasse gekoppelt, und Abwärme der Vergasungseinrichtung wird zum Betrieb der Dampferzeugungseinrichtung genutzt. Bei der Vergasung der Biomasse entsteht Gas mit hohen Temperaturen, das für die Einleitung in den Motor abgekühlt werden muss. Dies erfolgt in einem Gaskühler. Die Abwärme, die in dem Gaskühler anfällt, kann in einer Vorstufe für die Dampferzeugungsvorrichtung genutzt werden.

**[0015]** Ein vollständiges System einer bevorzugten Ausführungsform der Kraftmaschine nach der vorliegenden Erfindung mit den daran angeschlossenen Modulen wird nachfolgend anhand der beigefügten Figur beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 ein Blockdiagramm des vollständigen Systems aus einer Kraftmaschine und den zum Betrieb in der Kraftmaschine angeschlossenen Komponenten, und

Fig. 2 ein schematisches Ablaufdiagramm eines Zylinders des Motors im Verbrennungsbetrieb und im Dampftrieb.

**[0016]** Das Herzstück der Anlage zur Stromerzeugung bildet eine Kraftmaschine in Form des Motors 1. Der Motor 1 ist dafür eingerichtet, variabel mit konventionellen Brennstoffen wie Pflanzenöl (Rapsöl, Sojaöl, Palmöl usw.), Biogas und/oder einem aus Biomasse gewonnenen Gasgemisch betrieben zu werden. Ferner wird ein Motor durch Wasserdampf aus einem Wasserdampferzeuger 2 gespeist. Der Motor 1 umfasst mehrere Zylinder, die auf eine gemeinsame Kurbelwelle wirken. Die Zylinder können alternativ mit einem Brennstoffgemisch in einem Verbrennungsbetrieb oder mit Wasserdampf in einem Dampftrieb arbeiten. Dazu umfasst der Motor eine variable Ventilsteuerung, die auf das jeweilige Brennstoffgemisch angepasst werden kann. Im Verbrennungsbetrieb arbeitet der jeweilige Zylinder, von denen einer beispielhaft in Fig. 2 dargestellt ist, im Viertaktprinzip. Ferner kann die Zuleitung zu den Ventilen auch auf Dampf umgeschaltet werden. Die Ventilsteuerung der Zylinder, die mit Dampf betrieben werden, wird verändert. Durch die Einlassventile des Zylinders wird Wasserdampf eingeleitet, der im Arbeitstakt den Kolben durch Expansion des Dampfs antreibt (siehe 1. Takt im Dampftrieb in Fig. 2). Nach der Expansion des Dampfs wird dieser durch die Auslassventile wieder abgeleitet (siehe 2. Takt im Dampftrieb in Fig. 2). Im Dampftrieb ist demnach jeder zweite Takt ein Arbeitstakt, in dem der Kolben angetrieben wird. Die Ein- und Auslassventile werden daher bei jedem Takt geöffnet bzw. wieder geschlossen im Unterschied zum Verbrennungsbetrieb. Eine Besonderheit des Motors 1 besteht ferner darin, dass mehrere, vorzugsweise alle Zylinder des Motors einzeln von dem Betriebsmodus mit Dampf zu dem Verbrennungsbetrieb mit verschiedenen der genannten Brennstoffe umgeschaltet werden kann. Dies ist durch die elektrische Ventilsteuerung, d.h. ohne mechanische Kopplung der Ventile zur Kurbelwelle, möglich. Die elektrische Ventilsteuerung erlaubt es, die Ein- und Auslassventile vom Viertaktprinzip in Verbrennungsbetrieb zum Zweitaktprinzip im Dampftrieb umzuschalten, Ferner kann die Ventilsteuerung im Verbrennungsbetrieb auf die unterschiedlichen Brennstoffe eingestellt werden.

**[0017]** Die Abwärme des Motors 1 wird aus Abgasen des Motors, d.h. der Zylinder, die im Verbrennungsbetrieb arbeiten, gewonnen. Dazu ist ein entsprechender Wärmetauscher für Abgase aus dem Auspuff 3 vorgesehen, Ferner kann die Abwärme des Motors auch aus einem Kühlkreislauf des Motors, z.B. einem Flüssigkeitskühlkreislauf, gewonnen werden.

Die Abwärme des Motors wird über einen Wärmetauscher 4 dem Dampferzeuger 2 zugeleitet. Der Dampferzeuger, der im Wesentlichen in der Art eines konventionellen Kessels arbeitet, wird zusätzlich zu der Abwärme vom Motor über den Wärmetauscher 4 durch einen Brenner 5 betrieben. Der Brenner 5 kann Pflanzenöl (Rapsöl, Sojaöl, Palmöl usw.) 6 und/oder ein aus einer Pelletvergasung gewonnenes zündfähiges Gasgemisch verbrennen. In einer Vorrichtung zur Pelletvergasung 7, welche weiter unten beschrieben wird, entsteht ferner zwangsläufig Abwärme.

[0018] Diese kann durch einen Abwärmegaskühler 8 ebenfalls genutzt werden, um als Vorstufe zur Dampferzeugung der Dampferzeugungseinheit 2 zugeführt zu werden.

[0019] Bei der Dampferzeugung im Dampferzeuger 2 wird das Medium, welches die Abwärme vom Motor 1 über den Wärmetauscher 4 zum Dampferzeuger 2 transportiert, auf eine niedrigere Temperatur, die nicht mehr zur Dampferzeugung genutzt werden kann, abgekühlt. Diese Abwärme 9 kann jedoch noch einer Trocknungseinheit 10 zugeführt werden, die dafür bestimmt ist, Biomasse zur anschließenden Pelleterzeugung zu trocknen.

[0020] Die Biomasse kann Abfallholz, z.B. aus der Landschaftspflege oder Hackschnitzel aus dem Wald umfassen. Ferner sind Stroh und schnell wachsende Gräser, wie Elefantengras oder Schilf, sowie Getreide, Melasse bevorzugt. Es kann auch getrockneter Klärschlamm oder Tiermist zur Pelletverarbeitung verwendet werden. Die genannten Materialien werden nach einer entsprechenden Zerkleinerung in einer Einrichtung zur Vorbereitung zum Pelletieren 11 der Trocknungseinheit 10 zugeführt. Die Abgase der Trocknungseinheit 10 werden einem Abgaskatalysator 12 zugeführt. Nach Reduzieren der Restfeuchte der Biomasse in der Trocknungseinheit 10 wird die Biomasse einem Pressvorgang in einer Einrichtung zur Pelletierung 13 zugefügt. Nach Formen der Pellets in der Einrichtung 13 werden die Pellets in die Pelletvergasungseinrichtung 7 befördert. In der Pelletvergasungsvorrichtung werden die Pellets in der Art einer Holzvergasung in ein zündfähiges Gasgemisch umgewandelt. Das Gasgemisch muss vor der Einleitung in den Motor 1 zunächst noch abgekühlt werden. Die dabei entstehende Abwärme wird über dem Gaskühler 8 zu der Dampferzeugungseinheit 2, wie vorhergehend beschrieben, weitergeleitet.

[0021] Aus der vorhergehenden Beschreibung wird deutlich, dass die Abwärme des Motors 1 stufenweise zunächst in der Dampferzeugungseinheit 2 und später noch zum Trocknen der Trocknungseinheit 10 verwendet werden kann. Dadurch wird die benötigte Menge von zu verbrennenden Kraftstoffen wie das Pflanzenöl 6, Biogas 14 oder ggf. fossile Brennstoffe (in der Figur nicht dargestellt) reduziert.

[0022] An dem Motor 1 ist der Generator 15 angeschlossen, der zur Stromerzeugung und Einspeisung des Stroms in das Netz eingerichtet ist. Ein zusätzlicher Frequenzstabilisator 16, der auf das Motormanagement des Motors 1 Einfluss nehmen kann, um die Drehzahl stabil zu halten, ist vorgesehen, um eine Wechselstromerzeugung mit der notwendigen Netzfrequenz zu ermöglichen. Ferner ist noch ein Zusatzantrieb 17, z.B. in Form eines Elektromotors, vorgesehen, um die notwendige Drehzahl für den Betrieb des Generators 16 zu halten, falls die Leistung des Motors 1 zeitweise nicht ausreicht, z.B. aufgrund eines Umschaltvorgangs im Verbrennungs- bzw. Dampfbetrieb des Motors oder in einer Aufwärmphase der Dampferzeugungsvorrichtung 2 oder der Pelletvergasungseinrichtung 7. Alternativ kann auch ein mehrstufiger Generator vorgesehen sein, der zunächst Gleichstrom erzeugt und über einen Gleichstrommotor einen Wechselstromgenerator mit konstanter Frequenz antreibt.

[0023] An den vorhergehend beschriebenen Ausführungsformen können zahlreiche Änderungen vorgenommen werden, ohne von dem Umfang der Erfindung, wie er in den Ansprüchen dargelegt ist, abzuweichen. Insbesondere können auch weitere als die genannten Brennstoffe vorgesehen sein. Beispielsweise kann vorzugsweise zum Starten des Systems auch ein fossiler Brennstoff eingesetzt werden, wobei der Betrieb mit den alternativ gewonnenen Brennstoffen für den nachfolgenden Dauerbetrieb bevorzugt ist.

### Patentansprüche

1. Anlage (1, 2, 4) zur Nutzung der durch einen Verbrennungsmotor erzeugten Abwärme, mit einer Kraftmaschine (1) und einer Dampferzeugungseinrichtung (2), mit kombiniertem Verbrennungs- und Dampfbetrieb, wobei die Kraftmaschine (1) mehr als einen Zylinder umfasst, in denen jeweils ein Kolben gelagert ist, wobei die Kolben mit einer gemeinsamen Kurbelwelle in der Kraftmaschine (1) gekoppelt sind, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der genannten Kolben durch Verbrennung eines Kraftstoffgemischs in dessen zugeordneten Zylinderraum antreibbar ist und wenigstens ein weiterer der genannten Kolben durch Einleitung und Expansion von Dampf in dessen zugeordneten Zylinderraum antreibbar ist, wobei der Dampf in der Dampferzeugungseinrichtung (2) ausserhalb des Zylinderraums erzeugt wird, und die Dampferzeugungseinrichtung (2) wenigstens zum Teil durch Abwärme (4) der Kraftmaschine (1) betreibbar ist.
2. Anlage nach Anspruch 1, wobei die Abwärme (4) der Kraftmaschine (1) aus Abgasen und/oder aus einer Flüssigkeitskühlung der im Verbrennungsbetrieb arbeitenden Zylinder zu einem Wärmetauscher der Dampferzeugungseinrichtung (2) leitbar ist.
3. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Kolben, der durch Verbrennung im Zylinderraum angetrieben wird, mittels der Verbrennung eines durch Vergasung von Biomasse erzeugten Gasgemisches betreibbar ist.

## CH 703 391 B1

4. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei einer der mindestens einen Kolben, der durch Verbrennung im Zylinderraum angetrieben wird, durch einen Flüssigkraftstoff, insbesondere durch ein Pflanzenöl (6) und/oder einem Alkohol, betreibbar ist.
5. Anlage nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei mehrere der Zylinder der Kraftmaschine (1) eine voneinander unabhängige Ventilsteuerung aufweisen, insbesondere eine elektrische Ventilsteuerung.
6. Anlage nach Anspruch 5, wobei die mehreren Zylinder variabel im Verbrennungsbetrieb oder im Dampfbetrieb antriebsbar sind, abhängig von einer Einstellung der Ventilsteuerung und der Zuleitungen von Dampf oder einem Brennstoffgemisch in die betreffenden Zylinderräume.
7. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kraftmaschine (1) mit einem Generator (15) zur Stromerzeugung, insbesondere zur Netzeinspeisung, gekoppelt ist.
8. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Abwärme (4) der Kraftmaschine und/oder ungenutzte Restwärme (9) der Dampferzeugungseinrichtung (2) an eine Einrichtung (10) zum Trocknen von Biomasse weiterleitbar ist.
9. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dampferzeugungseinrichtung (2) in Ergänzung zu der Abwärme der Kraftmaschine durch Verbrennung von aus Biomasse erzeugtem Gas, Pflanzenöl und/oder einem Alkohol, betreibbar ist.
10. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche ferner mit einer Einrichtung (7) zur Vergasung von Biomasse gekoppelt ist und Abwärme (8) der Vergasungseinrichtung zum Betrieb der Dampferzeugungseinrichtung (2) leitbar ist.

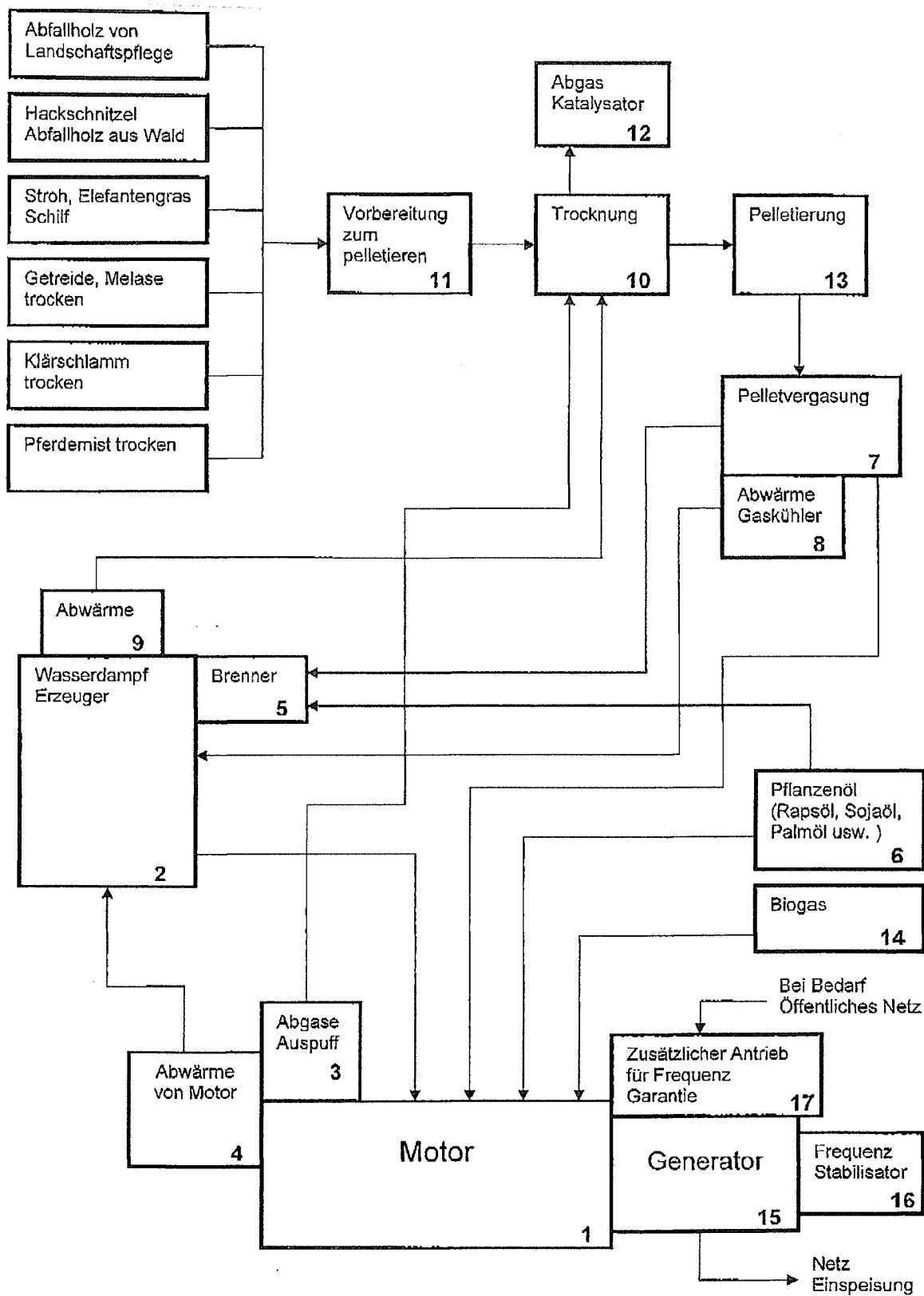
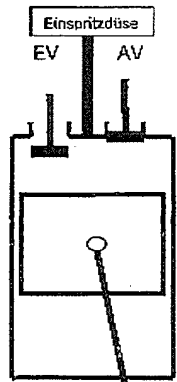
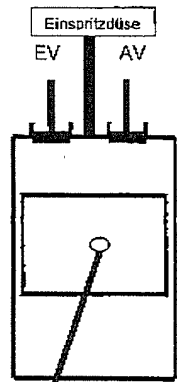


Fig. 1

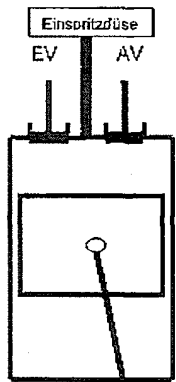
### Zylinder im Gasbetrieb



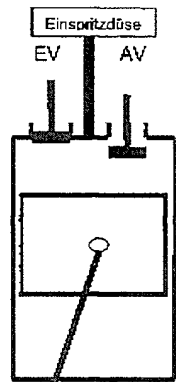
1. Takt Ansaugen  
Luft/Gas wird durch die  
Abwärtsbewegung des  
Kolben angesaugt



2. Takt Verdichten  
Am Ende des  
Verdichtungshubs wird  
Zündöl eingespritzt das  
sich selbst entzündet

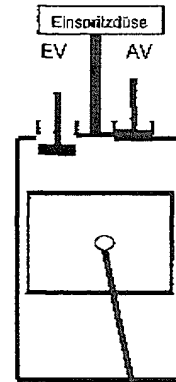


3. Takt Arbeiten  
Der Druck der  
Verbrennungsgase  
schiebt den Kolben  
abwärts

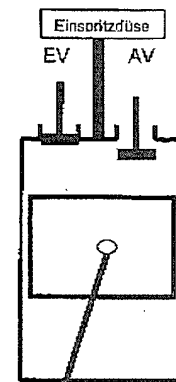


4. Takt Auslassen  
Die verbrannten Gase  
werden durch das  
Auslassventil  
ausgestoßen

### Zylinder im Dampfbetrieb



1. Takt Arbeiten  
Dampf wird bei OT  
eingelassen und  
expandiert



2. Takt Auslassen  
Dampf wird ausgestoßen

7

Fig. 2