



(10) **AT 514479 A1 2015-01-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 542/2013  
(22) Anmeldetag: 01.07.2013  
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2015

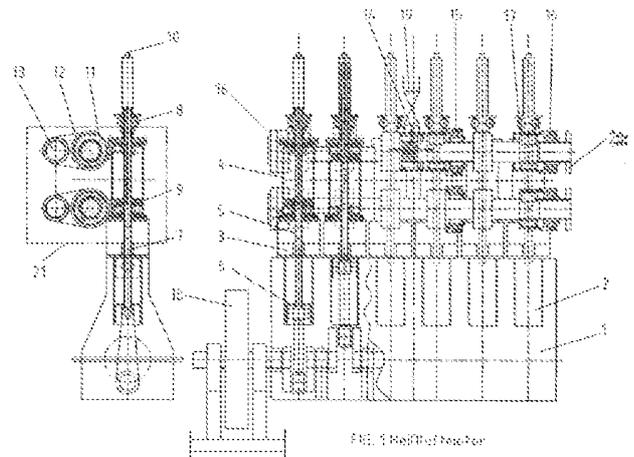
(51) Int. Cl.: **F02G 1/02** (2006.01)  
**F02B 45/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
AT 506173 A1  
AT 507900 A4

(71) Patentanmelder:  
FALKINGER WALTER ING.  
4030 LINZ (AT)

(54) **Heißluftmotor**

(57) Konstruktion eines Heißluftmotors mit getrennten Zylindern (2, 4) für die Kompression und Expansion des heißen unter Druck stehenden Arbeitsgases, welches entweder indirekt in einem externen Wärmetauscher oder direkt in einer internen Brennkammer mittels eingeblasenem Holzstaub erhitzt wird mit formschlüssig verbundenen Kolben der Kompression und Expansion (6, 9), wo vorzugsweise ein Motorblock (1) mit Kurbelwelle, Zylindern, Kolben und Pleuel eines herkömmlichen Hubkolbenmotors verwendet wird, die Expansionszylinder (4) fluchtend aufgesetzt werden mit der Ansteuerung des Gasstromes durch paarweise, mit gleicher Drehzahl wie der Kurbelwelle mitrotierende Arbeitsgasverteiler (11), welche die Verfahrensschritte Arbeitsgaszufuhr, Expansion und Abfuhr des entspannten Arbeitsgases bewerkstelligen.



AT 514479 A1 2015-01-15

# Patentbeschreibung Heißluftmotor

Gegenständlicher Heißluftmotor fußt hinsichtlich Verfahrensablauf auf jenen im Patent AT 506 173 B1 2009-11-15 angeführten, jedoch mit dem wesentlichen Unterschied der konstruktiven Ausführung, wo eine Kurbelwellenkonstruktion gewählt wurde. Die im angeführten Patent gewählte Axialkonstruktion hat den Vorteil der Verwendung von nur einem Arbeitsgasverteiler, ein gravierender Nachteil ist jedoch, dass hier die Hertz'sche Flächenpressung zum Tragen kommt, welche nur beschränkte Kolbenkräfte und damit auch Leistungen zulässt, auch aus Platzgründen kleine Rollenlager zum Einsatz kommen, welche sich ebenfalls auf die zulässigen Kolbenkräfte durch den Gasdruck, sowie der Beschleunigungs - / Verzögerungskräfte auswirken. Die Arbeitsgastemperaturen sind mit etwa 850° C beschränkt, da das heiße Arbeitsgas direkt auf dem Weg zum Expansionszylinder mit den Werkstoffen in Berührung ist und eine Kühlung der Werkstoffe nur eingeschränkt möglich ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde zum einen eine Konstruktion zu beschreiben, bei welcher der Verfahrensablauf mit dem hohen Wirkungsgrad im Wesentlichen aufrecht erhalten werden kann, jedoch die Nachteile der Axialkonstruktion hinsichtlich beschränkter Leistungen durch mechanische Probleme vermieden werden und zum zweiten höhere Arbeitsgastemperaturen durch eine interne Verbrennung erreicht werden kann.

Die Erfindung löst die Aufgabe dadurch, dass hier als Basis eine Kurbelwellenkonstruktion verwendet wird, wo vorzugsweise der Motorblock mit Kurbelwelle, Pleuel und Kolben eines herkömmlicher Mehrzylinder Reihenmotors (1) zur Anwendung kommt, wo die bestehenden Zylinder (2) als Kompressionsabschnitt verwendet werden. Hier wird der obere Teil mit den Kompressionsein - und Auslassventilen (3) für die komprimierte Luft vorgesehen mit der Zufuhr der Umgebungsluft und Abfuhr der komprimierten Luft über getrennte Rohrleitungen. Aufgesetzt auf diesen werden die Expansionszylinder (4), welche mit einer gekühlten Kolbenstange (5) mit dem Kompressionskolben (6) verbunden ist und im Bereich des Kompressionsventils mit einer Gleitführung (7) und am oberen Ende des Expansionszylinders mit einem Rollenpaar (8) geführt ist. Die Kompression und Expansion erfolgt in getrennten Zylindern, welche über die Kolbenstange formschlüssig miteinander verbunden sind. Die Krafteinbringung zur Erzeugung eines Drehmomentes erfolgt mittels Pleuel auf die Kurbelwelle, wo die Rotationsbewegung erfolgt. Die Kolben im Expansionsabschnitt (9) sind doppelwirkend und von außen mittels Luft gekühlt (10). Die Zylinderwände des Expansionszylinders mit externer Wärmezufuhr über einen Hochtemperaturwärmetauscher sind bei dem gegebenen Temperaturniveau von etwa 850° C vorzugsweise ungekühlt, bei interner Verbrennung mit Arbeitsgastemperaturen von etwa 1200° C bietet sich ein Kühlmantel an, welcher mit der komprimierten Luft nach der Vorerwärmung bei etwa 600° C durchströmt wird, wo die Kühlwärme nutzbringend im Prozess verbleibt.

Denkbar ist auch die Isolierung mit einem Mantel aus Feuerfestmaterial oder Mineralwolle und Blechmantel, welcher den Zylinder von den Druckkräften entlastet. Das heiße Arbeitsgas (ca. 800 bis 850° C) vom HT - Wärmetauscher wird über 2 rotierende Arbeitsgasverteiler je Zylinder (11) den einzelnen Zylindern zugeführt, welche im Wesentlichen 3 Aufgaben ausführen: Eintritt Arbeitsgas in die Zylinder (180° versetzt für Gegenseite), Verschließen der Zylinderöffnungen des Expansionszylinders mit Expansion und Austritt des entspannten Gases in den Zwischenraum zwischen Arbeitsgasverteiler und umgebenden Mantel (12) mit der Abfuhr des



entspannten Arbeitsgases über die verbindende Rohrleitung (13). Die einzelnen Arbeitsgasverteiler werden über eine mittige und mitrotierende Anspeisung (14) mit dem komprimierten Arbeitsgas versorgt. Hier ist auch das Festlager (15) vorgesehen mit Dehnungsmöglichkeit der unter Druck stehenden Verbindungsleitung für die Arbeitsgasverteiler nach beiden Seiten außen mit jeweils einem Loslager (16). Die Längendehnungen mit dem Mitwandern der Arbeitsgasverteiler sind durch Labyrinthdichtungen am Umfang der Arbeitsgasverteiler und im Gehäuse (17) beherrschbar, die Leckageverluste wegen der größeren Anzahl an solchen jedoch höher als bei der Axialkonstruktion. Die Anordnung der Arbeitsgasverteiler kann sowohl beide auf einer Seite, als auch auf jeder Seite einer erfolgen. Um die Lagertemperatur möglichst gering zu halten, wird ein Zwischenraum zur mitrotierenden Anspeiserohrleitung vorgesehen, welcher entweder mit Luft gekühlt wird oder mit Isoliermaterial versehen. Auch wird die Ölmenge derart bemessen, dass die Restwärme mit dem Ölstrom abgeführt werden kann.

Grundsätzlich wird hier ein Gasturbinenprozess (Joule Prozess) verwendet, für welchen das Patent 501 504 B 1 2009-05-15 bereits erteilt wurde, nur dass für die Elemente Kompression und Expansion die Elemente des Hubkolbenmotors herangezogen wurden und damit das unterste Leistungssegment einer Anwendung eröffnen kann. Die obere Grenze mit dieser Verfahrensführung mit der Verwendung von Holzstaub und einer internen Verbrennung unter Druck, erschließt einen Leistungsbereich deutlich über jenen mit Wärmeeinbringung mittels Wärmetauscher. Für die Einspeisung in das Öffentliche Stromnetz ist zur Glättung der Drehzahlschwankungen eine Schwungmasse (18) zumeist empfehlenswert, da die wirkenden Kräfte zumeist unsymmetrisch sind. Der Motor neigt bei Lastabwurf zum Durchgehen, daher ist ein automatisch betätigtes Absperrorgan (19) zum Absperrern des Arbeitsgaseintrittes vorgesehen. Die Arbeitsgasverteiler werden mit gleicher Drehzahl wie die Kurbelwelle angetrieben (20). Die Heißeile sind mit einer Isolierung (21) gegen Wärmeverlust versehen.

Der Übersichtlichkeit seien an dieser Stelle die Maßnahmen für den hohen Wirkungsgrad angeführt: Isothermenähnliche Kompression mit geringerer Leistung für die Verdichtung, dadurch zusätzliche Nutzleistung, Verwendung eines Niedertemperaturwärmetauschers für die Nutzung von Rauchgasrestwärme für die Vorerwärmung des kalten komprimierten Luftstromes, Verwendung des Abluftstromes nach der Expansion als Verbrennungsluft für das Hackgut, dies die wesentlichste Maßnahme darstellt, somit nur Zufuhr der geringst möglichen Menge von Hackgut für die Erhitzung des Arbeitsgases und insbesondere auch die Entspannung des Arbeitsgases auf 1 bar abs., wo bei normalen Hubkolbenmotoren Restdrücke von 4 bar und Temperaturen bis etwa 400° C in die Umgebung entlassen werden, somit die Abgasverluste minimiert werden. Es ist auch kein Kühlwasser für die Zylinderwände erforderlich, da die Kolben mit Labyrinthdichtungen ausgestattet sind und somit berührungsfrei laufen. Die Temperatur des Arbeitsgases von ca. 800 bis 850° C, mit welcher die Zylinderwände beaufschlagt werden, ist mit handelsüblichen hitzebeständigen Stählen, da auch soferne erforderlich gekühlt, beherrschbar, wo eine möglichst hohe Dauerstandfestigkeit wünschenswert ist. Die Arbeitsgastemperatur und damit der Wirkungsgrad ist durch die mechanische Festigkeit bei gegebener Temperatur des Hochtemperaturwärmetauschers und der arbeitsgasberührten Teile des Motors beschränkt, dies durch eine interne Verbrennung von Holzstaub behoben werden kann, da die zugeführte Verbrennungsluft, welche mit den Teilen in Kontakt steht, nur etwa 600° C aufweist, die Arbeitsgastemperatur durch die interne Verbrennung und Kühlung des Mantels des Expansionszylinders bis etwa 1200 bis 1300° C erreichen kann mit entsprechend gutem Wirkungsgradpotential.



Als Wärmequelle für den angeführten Heißluftmotor für die Stromerzeugung kommt neben Hackgut im Winterhalbjahr, besonders auch gehäckseltes Elefantengras und Sonnenenergie für das Sommerhalbjahr in Frage. Hinsichtlich der Wärmequelle Sonne werden ähnliche Elemente wie die bekannten Solarrinnen verwendet, welche die Sonneneinstrahlung bündeln und in der Brennlinie das Wärmeträgermedium, im gegenständlichen Fall drucklose Luft, welche einen Wärmespeicher erhitzen und von dort dem Heißluftmotor zugeführt wird. Die Solarrinnen sind auf einem Rahmen befestigt, welcher dem Sonnenstand nachgeführt wird und daher immer das Maximum an Einstrahlung genutzt werden kann und die Brennlinie der Sonneneinstrahlung immer am Rohr bleibt. Ein Teil der Gesamtanlage ist ein Hochtemperaturwärmespeicher (bis etwa 300 bis 500° C bei Verwendung von Normalstahl, bei hitzebeständigem Stahl bis etwa 700° C). Der Wirkungsgrad liegt hier bei 600 bis 700° C bei etwa 35 bis 40 %. Die Leistung des Heißluftmotors ist durch eine elektronische Drehzahlregelung (Frequenzumformer mit Rückspeiseelement) des Generators steuerbar, es kommt auch ein mechanisches mehrstufiges Getriebe in Frage. Das Haupteinsatzgebiet wäre dort gedacht, wo zum einen genügend Grund zur Aufstellung des Solarrinnenkollektors, der Wärmespeicher und eine gute Eigenversorgung mit Hackgut (Elefantengrasanbau auf Flächen, welche zur Zeit als Brachflächen geführt werden müssen) besteht (teilweise durch Zukauf erreichbar) und die Verwendung der Abwärme für Heizzwecke gegeben ist, dies im hohen Maße in der Landwirtschaft der Fall ist. Durch die Speicherung der Solarenergie werden Betriebsstunden auch in der Nacht möglich und erreichen Werte ähnlich jenen in sonnenreichen Gebieten.

An dieser Stelle darf noch eine Anordnung erwähnt werden, welche energetisch und umweltmäßig sehr gute Werte aufweist. Wird mittels Solarkollektor im Sommer der Solarspeicher (mit Erdsreich mit einem Temperaturniveau von etwa 300 bis 500° C) gefüllt, kann mit dieser Wärme fein zerstäubtes Wasser mittels einem Wärmetauscher im Arbeitsgas verdunstet werden und dadurch die leistungszehrende Luftkompression vermindert werden, dies den Wirkungsgrad erhöht und die thermodynamischen Daten verbessert werden. Nach Durchlauf der Anlage wird dieser Feuchtigkeitsanteil kondensiert und Heizwärme (bis ca. 70° C) gewonnen. Der Wirkungsgrad steigt auf diese Weise auf etwa 65 bis 70 %, die Solarwärme nicht miteingerechnet. Wird die Kondensationswärme für einen ORC – Prozess genutzt, steigt der Wirkungsgrad sogar auf ca. 75 bis 80 %, diese Anordnung bitte als Aussicht zu sehen. Der besondere Vorteil dieser Anordnung liegt darin, dass die Solarspeicherwärme auf relativ geringem Temperaturniveau von 300 bis 500° C genutzt wird, wo noch Normalstahl sowohl bei den Rohren für den Solarkollektor als auch beim Speicher verwendet werden können, dies neben geringeren Wärmeverlusten auch mit geringeren Kosten verbunden ist und das Material 100 % recycelt werden kann. Beim angegebenen Temperaturniveau wäre zwar der Betrieb des Heißluftmotors auch noch möglich, jedoch ist die Leistungsausbeute bei gegebenem Massestrom nur mehr sehr bescheiden, wo hingegen diese Anordnung deutlich höhere Werte durch den Wasserdampfanteil ermöglicht gegenüber reiner Luftführung.

Hinsichtlich Kollektor sei erwähnt, dass mehrere parallel angeordnete Solarrinnen (Fläche ca. 40 bis 60 m<sup>2</sup>) FIG. 3 auf einem Rahmen aufgebaut werden, wo in der Brennlinie das Arbeitsgas erhitzt wird. Der Rahmen ist in 2 Ebenen verstellbar, wodurch immer die Sonneneinstrahlung im rechten Winkel auf die Rinne auftrifft und so bestmöglich ausgenutzt wird. Das Arbeitsgas kann sowohl direkt unter Druck, als auch drucklos durch die Rohre im Brennpunkt geführt werden, wo bei der drucklosen Variante der bestehende Hochtemperaturwärmetauscher für das Arbeitsgas verwendet werden kann. Der Massefluss kann durch die Drehzahl des Heißluftmotors über den Generator gesteuert werden als auch durch einen regelbaren Ventilator bei drucklosem Betrieb, dass nach Möglichkeit eine hohe Temperatur für das Arbeitsgas erreicht wird und der



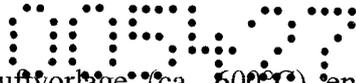
Wirkungsgrad und Leistung hoch. Die Sonnenscheindauer ist regional unterschiedlich, für Linz z.B. werden etwa 1740 h / Jahr angegeben, wo etwa 800 bis 1000 als Vollastbetriebsstunden angenommen wurden, welche durch die Speicherung auf etwa das 2 bis 3 fache ausgedehnt werden könnten und damit besseren Ausnutzung der Anlage.

## Heißluftmotor mit interner Verbrennung (Festbrennstoffmotor)

Dieser Motor ist im Wesentlichen baugleich dem Heißluftmotor mit Einbringung der Wärme über einen Hochtemperaturwärmetauscher, nur dass die Wärmeeinbringung direkt in einer internen Brennkammer durch feinst zerkleinertes Holzhackgut (Holzstaub), geformt vom Zylinderkopf und dem Kolben, erfolgt. Die Restwärme nach dem Motorausstritt wird mittels Rekuperator auf die einströmende Verbrennungsluft / Arbeitsgas übertragen. Wie beim Heißluftmotor erfolgt die Einbringung der unter Druck stehenden Verbrennungsluft (ca. 600° C, ca. 7 bis 10 bar abs.) bei sich nach unten bewegenden Kolben über die Arbeitsgasverteiler in die Zylinder. Die Menge ist normalerweise derart bemessen, dass durch die Expansion im Zylinder am Hubende ein Druck von 1 bar abs. besteht, dies unter Anderem den hohen Wirkungsgrad ermöglicht. Es ist auch möglich eine größere Luftmenge einzubringen, dies eine Leistungssteigerung ermöglicht, jedoch nimmt der Wirkungsgrad auch etwas ab, z. B. eine 1,4 fache Luftmenge bei einem Druck von 10 bar und einer Temperatur des Arbeitsgases von ca. 1400° C ermöglicht eine Leistungssteigerung von etwa dem 1,3 fachen, der Wirkungsgrad sinkt etwa um 3 bis 4 %.

Nach Prüfung von mehreren Varianten zur Einbringung des Holzstaubes in den internen Brennraum wird der pneumatischen Zufuhr der Vorzug gegeben. Der Holzstaub wird in einer Konstruktion eines nur geringfügig höheren Druckes als dem Umgebungsdruck einem auf ca. 200° C vorerwärmten Luftstrom beigemischt, das Gemisch mittels einer Bohrung einer rotierenden Dosiereinrichtung der Zuführleitung zur Brennkammer eingebracht und mittels Blaseluft unter höherem Druck (10 bis 15 bar abs.) als des Hauptstromes in die interne Brennkammer eingeblasen. Das Luft – Holzstaubgemisch füllt die Zuführleitung zum Brennraum und unmittelbar danach wird durch eine zweite mitrotierende Bohrung, am Umfangswinkel und radial versetzt zur drucklosen Einbringung, der Weg zum Einblasen des Luft – Holzstaubgemisches freigegeben und mit reiner Luft dieses Holzstaubgemisch in den Brennraum befördert, wo es sich an der ca. 600° C heißen und unter Druck von ca. 7 bar abs. unter hohem Luftüberschuss entzündet und das Arbeitsgas auf ca. 1200 bis 1400° C erhitzt mit nachfolgender Entspannung. Zur Unterstützung des Entzündens des eingeblasenen Holzstaubes könnte auch noch eine geringe Menge Diesel oder Heizöl extra leicht wie bei einem Zündstrahlverfahren eingespritzt werden. Die Zumischung des Holzstaubes zur Luft kann zentral erfolgen, für die Einbringung in den Brennraum sind jedoch getrennt für jeden Zylinder die entsprechenden Elemente erforderlich, die aber von einer Welle mit Berücksichtigung der Kolbenstellungen bzw. des Verfahrensschrittes angetrieben werden können.

Es sei erwähnt, dass die Öffnungen des Zylinders zum Arbeitsgasverteiler während des drucklosen Einbringens in die Zuführleitung offen sind (Ausschieben des entspannten Arbeitsgases). Der nächste Schritt ist das Einströmen der Verbrennungsluft in den Zylinder, wo durch den Druckanstieg auch in der Zuführleitung sich das Holzstaub – Luftgemisch auf eine Temperatur von etwa 550° C erwärmt und hier schon eine Bildung eines Reaktionsgases erfolgen kann, welches mit Luft in den internen Brennraum eingeblasen wird und sich an der



heißen Verbrennungsluftvorlage (ca. 600° C) entzündet. Wünschenswert wäre eine isobare Verbrennung des eingeblasenen Holzstaubes, da hier die mechanische Beanspruchung von Kolben und Zylinder gering bleibt. Beim Einblasen des Holzstaubgemisches in den Zylinder auf die heiße Verbrennungsluftvorlage, der Verbrennung und der Expansion sind die Zylinderöffnungen durch die Arbeitsgasverteiler geschlossen. Nach der Expansion wird das Arbeitsgas über die entsprechende Stellung am Arbeitsgasverteiler seitlich wie beim Heißluftmotor abgeleitet. Das Abgas wird über einen Rekuperator geführt, wo das entspannte Gas jene Luftmenge unter Druck vom Kompressor von ca. 100° C und ca. 7 bis 10 bar abs. auf ca. 600° C vorerhitzt. Diese Temperatur ist durch die Wahl des Systemdruckes gestaltbar, niedrigere Drücke führen zu höheren Auslasstemperaturen, sollte es zu Problemen bei der Entzündung des Holzstaub – Luftgemisches kommen. Wie beim Heißluftmotor erfolgt auch hier die Kompression und Expansion in getrennten Zylindern unter Nutzung der Arbeitsgasverteiler, welcher in sehr einfacher Form die Ansteuerung der unterschiedlichen Phasen des Prozessablaufes ermöglicht. Die Zeit zum Einbringen der Verbrennungsluft ist durch die interne Verbrennung / Erhitzung geringer zum Heißluftmotor, da hier das spezifische Volumen sich durch die unterschiedlichen Temperaturen unterscheiden. Bei einer Temperatur von ca. 1400° C könnte schon der Bereich der Ascheschmelze berührt werden, dies durch Absenkung der Temperatur beherrscht werden kann. Bei diesem Motor sind die Zylinderwände des Expansionszylinders gekühlt ausgeführt, vorzugsweise durch die auf ca. 600° C unter einem Druck von ca. 7 bar abs. stehende Verbrennungsluft über einen Kühlmantel.

Beim Festbrennstoffmotor verlagert sich die Problematik eher hin zur Erzeugung des feinen Holzstaubes, wo in der Literatur die Vermahlung mittels spezieller Mühlen angegeben wird. Mir persönlich erscheinen zwei relativ einfache Möglichkeiten auch erfolgversprechend. Zum Ersten eine Art Walze mit hartmetallbestückten Kreissägeblättern, wo eine Schnecke das Hackgut oder Holz im Ganzen gegen diese schnelllaufende Walze gedrückt und zerkleinert wird. Zum Zweiten käme auch noch eine mit Industriekorund oder Hartmetallteilchen besetzte Scheibe oder Zylinder, jeweils mit hoher Drehzahl laufend, in Frage, wo ebenfalls eine Schnecke das Holz andrückt und die Zufuhr entsprechend der Stromaufnahme des Motors für den Zylinder gesteuert wird. Es besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit der zusätzlichen Einspritzung von Diesel zur Zündung des Holzstaub – Luftgemisches für den Fall, dass der eingeblasene Holzstaub nicht zündet oder die Verbrennungszeit sehr lange dauern würde und auf diese Weise die Funktion erreicht werden könnte.



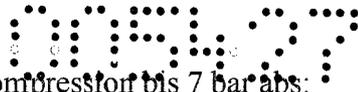
## Richtungsweisende Berechnung des Wirkungsgrades:

Ausgangsdaten: Stationäre Anlage betrieben mit Holzhackgut, 6 Zylinder für Expansion doppelwirkend, Innendurchmesser ca. 120 mm, Hub ca. 160 mm, Vorerhitzung durch NT - Wärmetauscher auf ca. 400° C, in Hochtemperaturwärmetauscher bis ca. 850° C, Drehzahl ca. 600 bis 1100 U / min, 6 Zylinder einfachwirkend für Kompression, Innendurchmesser für Kompression ca. 120 mm, Hub ca. 160 mm, Gasmassestrom ca. 0,2 kg / sec (bei 750 U / min), Leistung Grundstufe ca. 40 KW (750 U / min), Ausbaustufe bis ca. 80 KW (ca. 1100 U / min), Verdichtungsdruck 7 bar abs., Hackgutzufuhr ca. 3,5 % von Gesamtluftmassestrom, Wassereindüsung für isothermenähnliche Kompression ca. 5 %, Strömungsgeschwindigkeiten bei relevanten Querschnitten ca. 50 m / sec.

Ich ersuche hier zu bedenken, dass die hier gewählten Parameter beispielsweise herausgegriffen sind, wo es hinsichtlich der Wahl von Druck und Temperatur eine Vielzahl verschiedener Kombinationen gibt, die naturgemäß zu einem anderen Ergebnis führen. Zudem ist bei dem gewählten Druck von 7 bar bei der Kompression die Gasaustrittstemperatur in einem Bereich von ca. 400° C mit einer Eintrittstemperatur von ca. 850° C wo für den Niedertemperatur WT überwiegend Normalstahl verwendet werden kann, dies sich günstig auf die Kosten auswirkt. Die angegebenen Werte für die Wärmezufuhr über die spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck ( $c_{pm12}$ ) können grundsätzlich der Volumsänderungsarbeit und dem Gleichdruckanteil bzw. der technischen Arbeit bei der Expansion gleichgesetzt werden ( $q_{zu12} = w_{12}$ ), wo durch die Berücksichtigung der Kompressionsarbeit der theoretische Wirkungsgrad ermittelt werden kann. Üblicherweise Ansauglufttemperatur mit 0° C gerechnet, hier 20° C um den Gegebenheit besser zu entsprechen. Für die isothermenähnliche Kompression mit einer Wassereindüsung ist ein Temperaturanstieg erforderlich, um die Sättigungsgrenze nicht zu unterschreiten und liegt bei 7 bar abs. bei ca. 85° C. Die wesentlichsten Faktoren für den Wirkungsgrad sind der gewählte Systemdruck und die Arbeitgastemperatur zum Motoreintritt und natürlich die Prozessführung.

Der Isentropenwirkungsgrad für die Expansion, sowie die Wärmeverluste während der Expansion und ansatzweise Verluste über die Labyrinthdichtungen wurde mit 0,92 unterstellt. Es wurde aus dem Erwärmungsbedarf des Gases der Bedarf an Holz mit ca. 3,5 % Massezufuhr errechnet und auch am Kolben des Heißluftmotors zur Arbeitsgewinnung zur Verfügung stehen. Die Zufuhr des Wasserdampfes aus der Kompression erfolgt mit etwas Energieaufwand, da hier das Wasser über den Kolbenweg verdunstet und diese Masse unter Leistungsaufwand verdichtet werden muss (über den Weg betrachtet 0,5 der eingedüsten Masse). Die in der Rechnung verwendeten Werte für die mittlere spez. Wärmekapazität stammen aus Tabellen einschlägiger Fachliteratur.

Feuchtigkeitseintrag: ca. 5 % Wassereindüsung durch Wassereindüsung in Ansaugluft. Zusätzlich könnten etwa ca. 1,5 % Wassereindüsung durch Wasserverdunstung durch Temperaturdifferenz am Rekuperator, sowie der zusätzlichen Massezufuhr für die Verbrennung, diese Werte jedoch noch nicht als vollständig abgesichert zu betrachten sind, möglicherweise auch nur insgesamt 6,5 % Feuchtigkeitseintrag, gerechnet 5 %.



Isothermenähnliche Kompression bis 7 bar abs:

$$W = R \times T \times \ln p_1/p_2 =$$

$$0,2872 \text{ kJ / kg.K} \times 293 \text{ K} \times \ln 1 / 7 = - 163,7 \text{ kJ / kg} \text{ (t = 20°C)}$$

$$0,2872 \text{ kJ / kg.K} \times 353 \text{ K} \times \ln 1 / 7 = - 197,2 \text{ kJ / kg} \text{ (t = 85°C)}$$

Arithmetisches Mittel: - 180,5 kJ / kg (- = zuzuführende Energie)

Kompression Wasserdampf:

im Verhältnis der Gaskonstanten Wasser 0,4615 kJ / kg.K,  $w = - 290 \text{ kJ / kg}$  (100 %)

Annahme Wasseranteil gesamt ca. 5 % (fällt mit zunehmenden Weg als Gas an, daher etwa Hälfte der Gasmenge über Gesamtverdichtung) -  $290 \text{ kJ / kg} \times 0,025 = 7,2 \text{ kJ / kg}$

$$\text{Verdichtung gesamt: } 180,5 \text{ kJ / kg} + 7,2 \text{ kJ / kg} = 187,7 \text{ kJ / kg}$$

$$\text{Verdichtung Luft für Kühlluftbedarf ca. 5 \% und Massezufuhr Holz ca. 3,5 \% = } \\ 187,7 \text{ kJ / kg} \times 1,085 = \text{ca. } 205 \text{ kJ / kg}$$

Heißluftmotor: (5 % Wasserdampf aus Kompression + ca. 1,5 % Wasserdampf aus Wärmeüberhang durch zusätzliche Restwärme Gasmasse aus Verbrennung und Temperaturdifferenz am Rekuperatoraustritt + etwa 5 % zusätzliche wirksame Masse durch Holzmasse aus der Verbrennung, wo eine zusätzliche Luftmasse erwärmt werden kann, jedoch auch diese entsprechende Luft komprimiert werden muss)

Verwendung Polytropenexponent ( $n = 1,34 \dots$  praktisch vorhanden)  
statt Isentropenexponent ( $\kappa = 1,40$ )

**Arbeitsgastemperatur 850° C**, Systemdruck 7 bar abs. bei Heißluftmotor  
(voraussichtliche Temperatur des Arbeitsgases)

$$\text{Isobare Wärmezufuhr: } q_{zu12} = c_{pm12} \times (T_1 - T_2)$$

Temperatur Ende Expansion der Polytrope:  
 $T_2 = T_1 \times (p_2/p_1)^{\text{hoch } n - 1 / n} (0,2537)$

$$1123 \times 1/7^{\text{hoch } 0,2537} = 685 \text{ K} = 412^\circ \text{ C}$$

$$c_{pm12} = (c_{pm1} \times t_1) - (c_{pm2} \times t_2) / (t_1 - t_2) = 1,077 \text{ kJ / kg.K} \times 850^\circ \text{ C} - \\ 1,030 \text{ kJ / kg.K} \times 412^\circ \text{ C} / (850^\circ \text{ C} - 412^\circ \text{ C}) = 491 / 438 = 1,121 \text{ kJ / kg.K} \\ q_{zu12} = c_{pm12} \times (T_1 - T_2) = 1,121 \text{ kJ / kg.K} \times 438 \text{ K} = 491 \text{ kJ / kg} = w_{12}$$

Erwärmung und Expansion mit 5 % Wasserdampfanteil im Verhältnis der spez. Wärmekapazität  
 $= x_2 \quad q_{zu12} \text{ Wasserdampf} = 491 \text{ kJ / kg} \times 0,05 \times 2 = 49,1 \text{ kJ / kg}$

Anteil von 3,5 % Massezufuhr durch Brennstoff =  $491 \text{ kJ / kg} \times 1,035 = 508 \text{ kJ / kg}$   
Gesamt:  $508 \text{ kJ / kg} + 49 \text{ kJ / kg} = 557 \text{ kJ / kg}$ , Kompression 205 kJ / kg

Wirkungsgrad =

$$\frac{\text{Nutzarbeit}}{\text{zugeführte Wärmemenge}} =$$

$$\frac{\text{Expansionsarbeit} - \text{Kompressionsarbeit}}{\text{zugeführte Wärme}}$$

$$\text{Wirkungsgrad: } (557 \text{ kJ / kg} - 205 \text{ kJ / kg}) / (558 \text{ kJ / kg}) = 352 \text{ kJ / kg} / 557 \text{ kJ / kg} = 0,632$$

Ungefähre Berücksichtigung des Isentropenwirkungsgrades und Wärmeüberganges an die Zylinderwand mit Labyrinthdichtungen ca. 0,92

$$557 \text{ kJ / kg} \times 0,92 = 512 \text{ kJ / kg}, \text{ Differenz } 44,5 \text{ kJ / kg}$$

Theoretischer Wirkungsgrad mit vorhandener Abminderung:

$$512 \text{ kJ / kg} - 205 \text{ kJ / kg} / 512 \text{ kJ / kg} = 307 \text{ kJ / kg} / 512 \text{ kJ / kg} = 0,599$$

Gasstromerwärmung: ist im Normalfall identisch mit Expansionsarbeit der Isentrope bzw. Polytrope und des Gleichdruckanteiles beim Gaseintritt und isobarer Gasstromerwärmung. Hier ist noch zu berücksichtigen, dass der zugeführte Brennstoff (ca. 3,5 % Masseanteil) auch einen Erwärmungsbedarf von 30° C auf ca. 412° C mit ca. 10 kJ / kg (darüber in Berechnung im Erwärmungsbedarf Brennstoffanteil berücksichtigt) aufweist hier durch die Vergrößerung der Wärmezufuhr um 3,5 % wie die Expansionsarbeit berücksichtigt ist. Beim Rekuperator ist noch eine Temperaturdifferenz (ca. 35° C) mit ca. 35 kJ / kg zu berücksichtigen, daher der Gesamtwärmebedarf bei

**Heißluftmotor isobare Wärmezufuhr bis 850° C, (Polytropenexponent n = 1,34 sowie Feuchtigkeit verbleibt in Luftstrom)**

$$512 \text{ kJ / kg} - 205 \text{ kJ / kg} / (512 + 35 \text{ kJ / kg} + 10 \text{ kJ / kg}) = 307 \text{ kJ / kg} / 557 \text{ kJ / kg} = 0,551$$

Heißluftmotor isobar 850° C, (Polytropenexponent n = 1,34; gerechnet keine Feuchtigkeit im Luftstrom bei Expansion)

$$508 \text{ kJ / kg} \times 0,92 = 467 \text{ kJ / kg}$$

$$467 \text{ kJ / kg} - 205 \text{ kJ / kg} / 467 \text{ kJ / kg} = 262 \text{ kJ / kg} / 467 \text{ kJ / kg} = 0,562$$

$$262 \text{ kJ / kg} / (467 \text{ kJ / kg} + 35 \text{ kJ / kg} + 10 \text{ kJ / kg}) = 262 \text{ kJ / kg} / 512 \text{ kJ / kg} = \mathbf{0,512}$$

**Festbrennstoffmotor Arbeitsgastemperatur angenommen 1200° C, (Polytropenexponent n = 1,34 sowie Feuchtigkeit verbleibt in Luftstrom)**

$$\text{Isobare Wärmezufuhr: } q_{zu12} = c_{pm12} \times (T_1 - T_2)$$

Temperatur Ende Expansion der Polytrope:

$$T_2 = T_1 \times (p_2/p_1)^{\text{hoch } n - 1 / n} (0,2537)$$

$$1473 \times 1/7^{\text{hoch } 0,2537} = 899 \text{ K} = 626^\circ \text{ C}$$

$$c_{pm12} = (c_{pm1} \times t_1) - (c_{pm2} \times t_2) / (t_1 - t_2) = 1,11 \text{ kJ / kg.K} \times 1200^\circ \text{ C} -$$



$$1,055 \text{ kJ / kg.K} \times 626^\circ \text{ C} / (1200^\circ \text{ C} - 626^\circ \text{ C}) = 672 / 574 = 1,17 \text{ kJ / kg.K}$$

$$q_{zu12} = c_{pm12} \times (T_1 - T_2) = 1,17 \text{ kJ / kg.K} \times 574 \text{ K} = 672 \text{ kJ / kg} = w_{12}$$

Erwärmung und Expansion mit 5 % Wasserdampfanteil im Verhältnis der spez. Wärmekapazität  
 $= x 2 \quad q_{zu12} \text{ Wasserdampf} = 672 \text{ kJ / kg} \times 0,05 \times 2 = 67,2 \text{ kJ / kg}$

Anteil von 3,5 % Massezufuhr durch Brennstoff =  $672 \text{ kJ / kg} \times 1,035 = 695 \text{ kJ / kg}$   
 Gesamt:  $695 \text{ kJ / kg} + 67,2 \text{ kJ / kg} = 762,2 \text{ kJ / kg}$ , Kompression  $205 \text{ kJ / kg}$

Wirkungsgrad =  $\frac{\text{Nutzarbeit}}{\text{zugeführte Wärmemenge}} =$

$$\frac{\text{Expansionsarbeit} - \text{Kompressionsarbeit}}{\text{zugeführte Wärme}}$$

Wirkungsgrad:  $(762 \text{ kJ / kg} - 205 \text{ kJ / kg} / (762 \text{ kJ / kg}) = 557 \text{ kJ / kg} / 762 \text{ kJ / kg} = 0,731$

Ungefähre Berücksichtigung des Isentropenwirkungsgrades und Wärmeüberganges an die Zylinderwand mit Labyrinthdichtungen ca. 0,92

$762 \text{ kJ / kg} \times 0,92 = 701 \text{ kJ / kg}$ , Differenz  $61 \text{ kJ / kg}$

Theoretischer Wirkungsgrad mit vorhandener Abminderung und Erwärmungsbedarf / Temperaturdifferenz Rekuperator:

$701 \text{ kJ / kg} - 205 \text{ kJ / kg} / (701 \text{ kJ / kg} + 45 \text{ kJ / kg}) = 496 \text{ kJ / kg} / 746 \text{ kJ / kg} = 0,665$

**Wirkungsgrad bei 0,5 bar Druckverlust bei 850° C und Feuchtigkeit vorhanden:**  
 $512 \text{ kJ / kg} - 212 \text{ kJ / kg} = 300 \text{ kJ / kg} / 557 \text{ kJ / kg} = 0,539 \times 0,95 \text{ (Strom)} = 0,512$

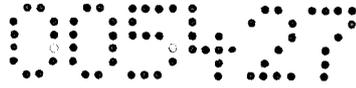
**Wirkungsgrad bei 0,5 bar Druckverlust bei 850° C und keine Feuchtigkeit vorhanden:**  
 $467 \text{ kJ / kg} - 212 \text{ kJ / kg} = 255 \text{ kJ / kg} / 512 \text{ kJ / kg} = 0,498 \times 0,95 \text{ (Strom)} = 0,473$

**Wirkungsgrad bei 0,5 bar Druckverlust bei 1200° C und Feuchtigkeit vorhanden:**  
 $701 \text{ kJ / kg} - 212 \text{ kJ / kg} = 489 \text{ kJ / kg} / 746 \text{ kJ / kg} = 0,655 \times 0,95 \text{ (Strom)} = 0,622$

**Wirkungsgrad bei 0,5 bar Druckverlust bei 1200° C und keine Feuchtigkeit vorhanden:**  
 $639 \text{ kJ / kg} - 212 \text{ kJ / kg} = 427 \text{ kJ / kg} / 684 \text{ kJ / kg} = 0,624 \times 0,95 \text{ (Strom)} = 0,593$

Masseströme bei jeweiligen Austrittstemperaturen 1 bar abs. / 7 bar ohne Feuchtigkeit  
 412° C:  $v = 1,94 \text{ m}^3 / \text{kg}$ , Massefluss:  $0,155 \text{ kg / sec}$  bei 600 U / min, Strom:  $37,5 \text{ KW}$  (850° C)  
 626° C:  $v = 2,55 \text{ m}^3 / \text{kg}$ , Massefluss:  $0,118 \text{ kg / sec}$  bei 600 U / min, Strom:  $50,5 \text{ KW}$  (1200° C)

Drehzahl 600 U / min:	44,2 KW (850° C)	57,7 KW (1200° C) Feuchtigkeit
Heizleistung m. Feuchte	87,7 KW	88,3 KW
Ohne Feuchtigkeit :	37,5 KW (850° C),	50,5 KW (1200° C)
Heizleistung o. Feuchte	81,3 KW	81,9 KW



Drehzahl 1100 U / min:	81,1 KW (850° C),	120,5 KW (1200° C) Feuchtigkeit
Heizleistung m. Feuchte	160,8 KW	161,8 KW
Ohne Feuchtigkeit :	68,7 KW (850° C),	92,2 KW (1200° C)
Heizleistung o. Feuchte	149,1 KW	150,2 KW

(Anmerkung: Die Drehzahl beim Festbrennstoffmotor dürfte wahrscheinlich mit ca. 750 U / min begrenzt sein)

Der erzielbare Wirkungsgrad mit dem Feuchtigkeitsgehalt im Arbeitsgas ist bei den jeweiligen Temperaturen um etwa 4 % abs. höher im Vergleich zu Arbeitsgas ohne Feuchtigkeitsgehalt, Der Wirkungsgrad steigt auch mit der Arbeitsgastemperatur um etwa 5 % je 100° C höherer Arbeitsgastemperatur. Gewählt auf Grund der technischen Voraussetzungen Systemdruck 7 bar, Arbeitsgastemperatur ca. 800 bis 850° C, als Feuerungsleistung des Hackgutbrenners können etwa 76 KW angegeben werden, auf die sich die Stromleistungen beziehen.

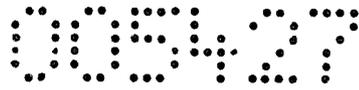
Kondensationswärme für Fernwärme: (von ca. 85° C bis ca. 30° C)  
 $0,05 \times 2653 \text{ kJ / kg} + 358 \text{ kJ / kg} = 491 \text{ kJ / kg}$   
 $0,01 \times 2556 \text{ kJ / kg} + 313 \text{ kJ / kg} = 338 \text{ kJ / kg}$   
Enthalpiedifferenz: 152 kJ / kg

Diese Wärme nach der Kompression ist für die Raumwärmegewinnung einsetzbar. Unter Berücksichtigung von nicht näher bezifferbaren Abminderungen wie mechanischer Reibungsverlusten, jedoch Druckverlusten von 0,5 bar erscheint ein Wirkungsgrad von ca. 40 bis 50 % beim Heißluftmotor und ca. 50 bis 60 beim Festbrennstoffmotor erreichbar. Für die Berücksichtigung des Generatorwirkungsgrades wurden 0,95 in Ansatz gebracht. Der Gesamtnutzungsgrad bei vollständiger Wärmenutzung beträgt etwa 85 %.

Bezeichnungen in Zeichnungen FIG. 1 und FIG. 2

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1 Motorblock mit Kurbelwelle, Pleuel, Kolben       | 19 Absperrorgan                |
| 2 Zylinder für Luftkompression                     | 20 Antrieb Arbeitsgasverteiler |
| 3 Kompressionsein – und Auslassventile             | 21 Wärmeisolierung             |
| 4 Expansionszylinder                               |                                |
| 5 Kolbenstange kühlbar                             |                                |
| 6 Kompressionskolben                               |                                |
| 7 Gleitführung                                     |                                |
| 8 Rollenpaar                                       |                                |
| 9 Kolben Expansionsabschnitt kühlbar               |                                |
| 10 Kühlluftzufuhr                                  |                                |
| 11 Arbeitsgasverteiler siehe auch Zeichnung FIG. 2 |                                |
| 12 Mantel Arbeitsgasverteiler                      |                                |
| 13 Verbindungsrohrleitung entspanntes Arbeitsgas   |                                |
| 14 Arbeitsgasanspeisung mittig                     |                                |
| 15 Festlager                                       |                                |
| 16 Loslager  |                                |
| 17 Labyrinthdichtungen                             |                                |
| 18 Schwungmasse                                    |                                |

## Patentansprüche:



1. Heißluftmotor für den stationären Einsatz, bei dem die Verfahrensschritte Ansaugen – Kompression sowie Expansion – Ausschieben in räumlich getrennten Zylindern (2,4) erfolgt, wobei bei der Konstruktion die Zylinder für die Kompression (2) und Expansion (4) fluchtend angeordnet sind und die Linearbewegung der Kolben (6, 9) der räumlich getrennten Arbeitszylinder formschlüssig miteinander verbunden sind und die Linearbewegung der Kolben (6, 9) über eine Kurbelwelle für die Erzeugung und Einleitung eines Drehmomentes bewegt werden und die Nutzleistungsabgabe über ebensolche erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung des Gasflusses für die Expansion über einen mit der Kurbelwelle angetriebenen und mit gleicher Drehzahl mitdrehendes Arbeitsgasverteilerpaar (11) an beiden Seiten des Expansionszylinders erfolgt.
2. Konstruktion eines Heißluftmotors nach Anspruch 1., dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr des Arbeitsgases mittig über ein Absperrorgan (19) erfolgt, wo sich auch das Festlager (15) befindet mit der Ableitung der Wärmedehnungen jeweils nach außen zum Loslager (16).
3. Konstruktion eines Heißluftmotors nach Anspruch 1 und 2., dadurch gekennzeichnet, dass das entspannte Arbeitsgas seitlich des Arbeitsgasvertelers (11) über Bohrungen im Mantelgehäuse zur Verbindungsrohrleitung (13) geleitet wird und dort als Verbrennungsluft für das Hackgut verwendet wird.
4. Konstruktion eines Heißluftmotors dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmezufuhr in einer internen Brennkammer in Form von Holzstaub erfolgt und pneumatisch auf die heiße unter Druck stehende Verbrennungsluftvorlage eingeblasen wird und das Arbeitsgas erwärmt.
5. Konstruktion eines Heißluftmotors nach Anspruch 4., dadurch gekennzeichnet, dass der Holzstaub unter geringem Druck einem Luftstrom beigemischt wird, dieser über ein rotierendes Element mit zwei abgestimmten Bohrung über erstere Bohrung in ein Rohrstück zur Brennkammer eingebracht wird und mit zweiter die Blaseluft freigegeben wird mit dem Einblasen des Holzstaubes in die Brennkammer.
6. Konstruktion eines Heißluftmotors nach Anspruch 4 bis 5., dadurch gekennzeichnet, dass ein Kühlmantel für den Expansionszylinder vorgesehen wird, welcher mit der komprimierten vorerwärmten Verbrennungsluft beaufschlagt wird und die Kühlwärme dadurch im Prozess verbleibt.
7. Konstruktion eines Solarkollektors dadurch gekennzeichnet, dass auf einem Rahmen mehrere konvexe Spiegelemente angebracht werden, die Rohrleitung mit dem Wärmeträgermedium in der Brennlinie positioniert wird und der Rahmen mit den Spiegeln in 2 Ebenen (Drehen, Kippen) beweglich gestaltet ist, sodass immer die maximale Sonneneinstrahlung genutzt wird und die Brennlinie am Rohr verbleibt

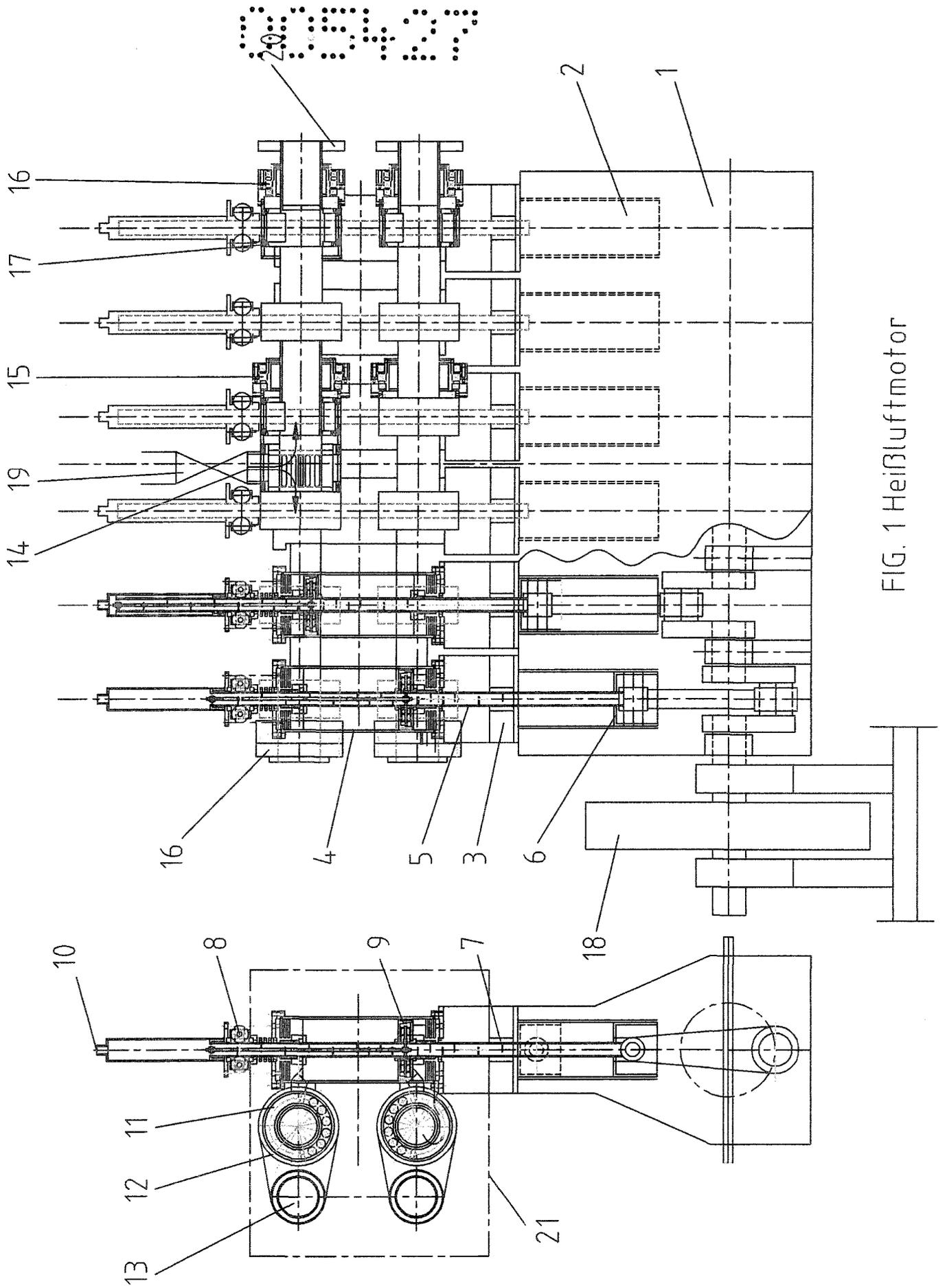


FIG. 1 Heißluftmotor

005407

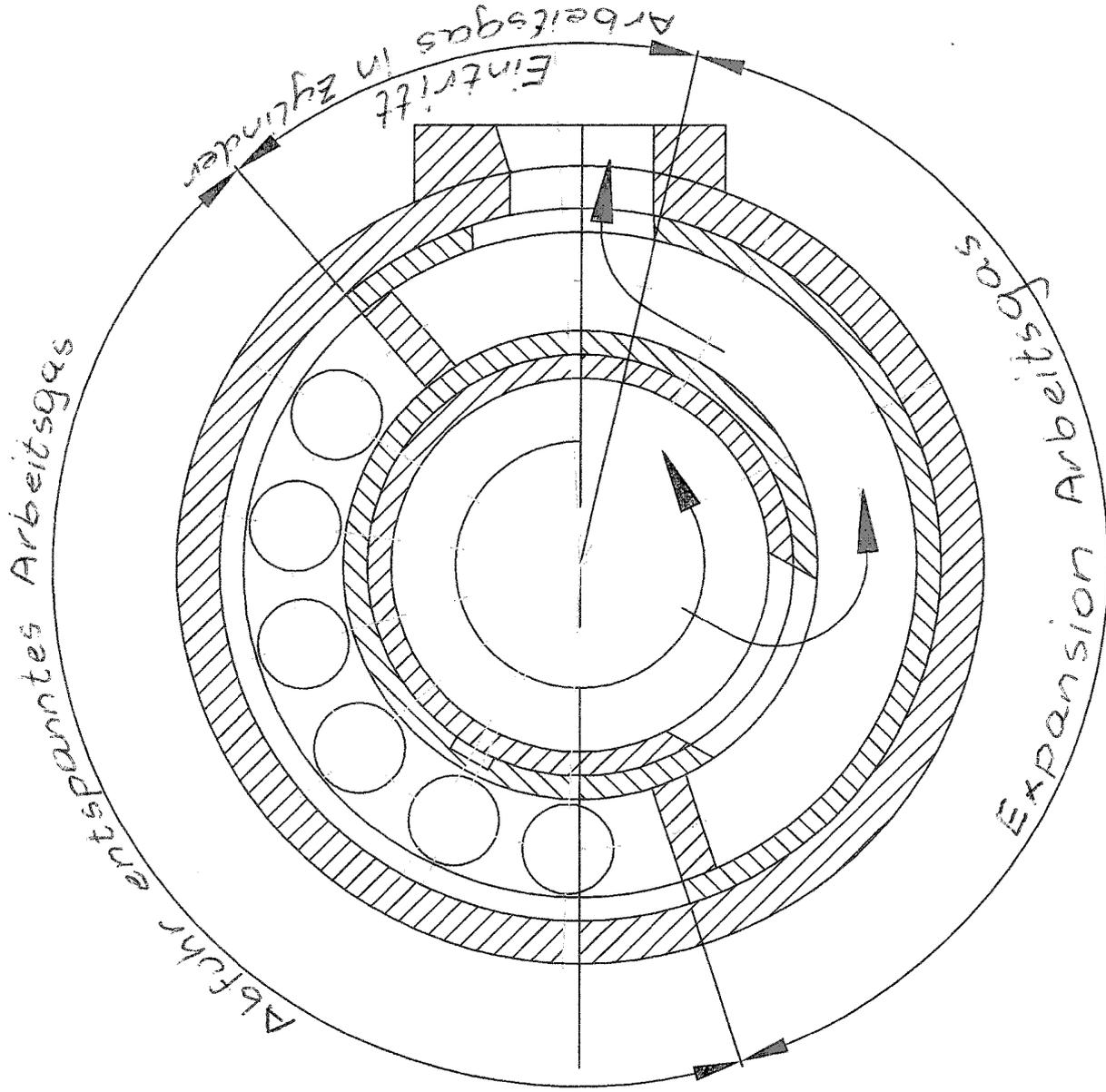


FIG. 2 Arbeitsgasverteiler

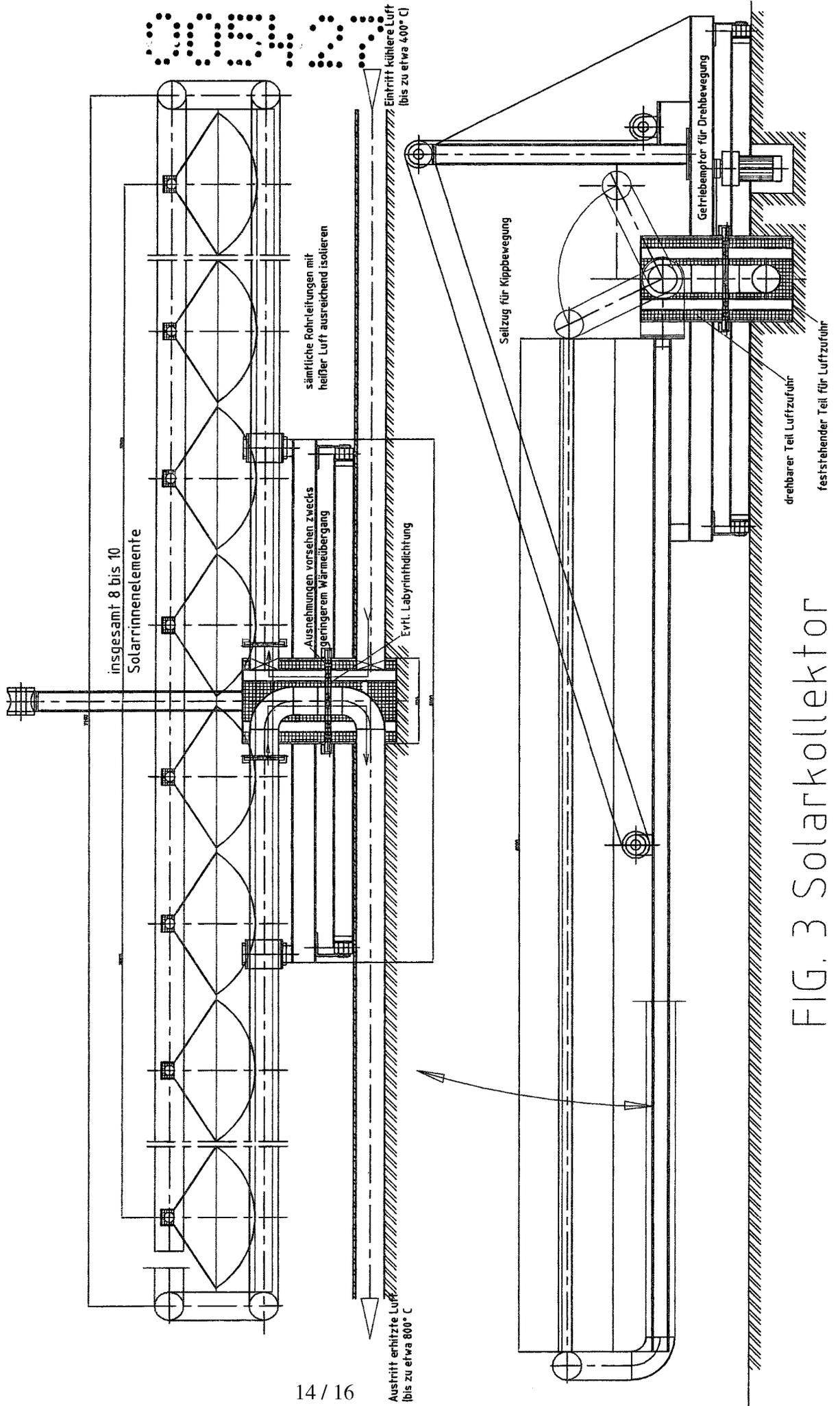


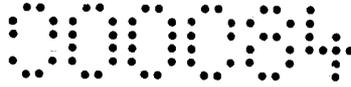
FIG. 3 Solarkollektor

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: <b>F02G 1/02</b> (2006.01); <b>F02B 45/02</b> (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: <b>F02G 1/02</b> (2013.01); <b>F02B 45/02</b> (2013.01)
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F02G, F02B
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **01.07.2013** eingereichten Ansprüchen **1-6** erstellt.

Kategorie <sup>1)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	AT 506173 A1 (FALKINGER) 15. Juni 2009 (15.06.2009) gesamtes Dokument	1, 6
Y		4, 5
Y	AT 507900 A4 (FALKINGER) 15. September 2010 (15.09.2010) gesamtes Dokument	4, 5

Datum der Beendigung der Recherche: 21.11.2013	Seite 1 von 1	Prüfer(in): HÖRZER Klaus
<sup>1)</sup> <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente: <b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.		<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien <b>X</b> oder <b>Y</b> ), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie <b>X</b> ), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.



## Patentansprüche:

1. Heißluftmotor für den stationären Einsatz, bei dem die Verfahrensschritte Ansaugen – Kompression sowie Expansion – Ausschieben in räumlich getrennten Zylindern (2, 4) erfolgt, wo als Basis für die Konstruktion die Zylinder ähnlich wie bei einem herkömmlichen Hubkolbenmotor reihenförmig für die Kompression (2) und Expansion (4) radial fluchtend angeordnet sind und die Linearbewegung der Kolben (6, 9) der räumlich getrennten Arbeitszylinder über den Kolbenboden der Luftkompression formschlüssig miteinander verbunden sind und die oszillierende Bewegung der Kolben (6, 9) über eine Kurbelwelle für die Erzeugung und Einleitung eines Drehmomentes und die Nutzleistungsabgabe über ebensolche erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung des Gasflusses für die Expansion über ein mit der Kurbelwelle mit gleicher Drehzahl angetriebenes Arbeitsgasverteilerpaar (11) nächst den beiden Stirnseiten der Expansionszylinder erfolgt.
2. Konstruktion eines Heißluftmotors nach Anspruch 1., dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr des Arbeitsgases mittig über ein Absperrorgan (19) erfolgt, wo sich auch das Festlager (15) befindet mit der Ableitung der Wärmedehnungen jeweils nach außen zum Loslager (16).
3. Konstruktion eines Heißluftmotors nach Anspruch 1. und 2., dadurch gekennzeichnet, dass das entspannte Arbeitsgas seitlich des Arbeitsgasverteilers (11) über Bohrungen im Mantelgehäuse zur Verbindungsrohrleitung (13) strömt und dort als Verbrennungsluft für das Hackgut Anwendung findet.
4. Konstruktion eines Motors dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmezufuhr in einer internen Brennkammer durch Verbrennen von Holzstaub erfolgt, welcher pneumatisch auf die heiße unter Druck stehende Verbrennungsluftvorlage einblasbar ist und das Arbeitsgas erwärmt wird.
5. Konstruktion eines Motors nach Anspruch 4., dadurch gekennzeichnet, dass eine Beimischung des Holzstaubes unter geringem Druck mit einem Luftstrom erfolgt, dieser über ein rotierendes Element mit zwei abgestimmten Bohrungen über erstere Bohrung in ein Rohrstück zur Brennkammer einbringbar ist und mit zweiter die Freigabe der Blaseluft erfolgt mit dem Einblasen des Holzstaubes in die Brennkammer.
6. Konstruktion eines Motors nach Anspruch 4 bis 5., dadurch gekennzeichnet, dass ein Kühlmantel für den Expansionszylinder vorgesehen wird, welcher mit der komprimierten vorerwärmten Verbrennungsluft beaufschlagt wird und die Kühlwärme dadurch im Prozess verbleibt.