(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Januar 2012 (26.01.2012)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/010265 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02B 33/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/003417

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Juli 2011 (08.07.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 032 055.2 23. Juli 2010 (23.07.2010) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **META MOTOREN- UND ENERGIE-TECHNIK GMBH** [DE/DE]; Kaiserstrasse 100, 52134 Herzogenrath (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **KREUTER, Peter** [DE/DE]; Josef-Ponten-Str. 38, 52072 Aachen (DE).

(74) Anwalt: **BARSKE, Heiko**; Kramer Barske Schmidtchen, Landsberger Strasse 300, 80687 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE SOWIE BRENNKRAFTMASCHINE

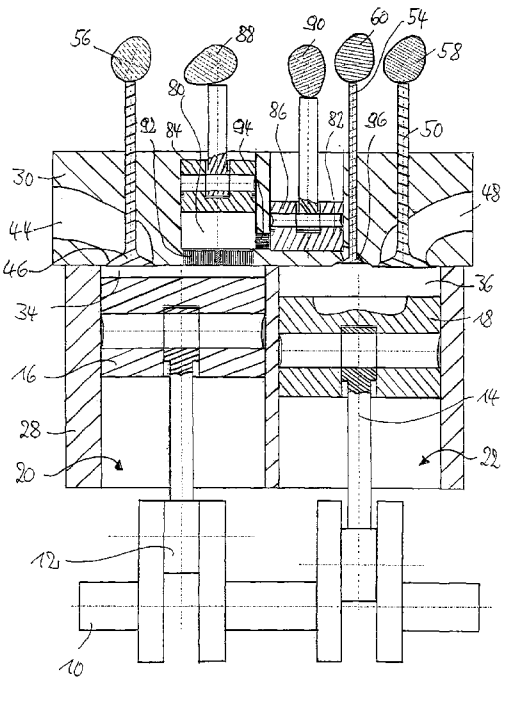


Fig 2

(57) **Abstract**: The invention relates to an internal combustion engine comprising at least one working cylinder (22) having a working chamber (36) defined by a working piston (18) and having an inlet valve (54) and an outlet valve (50), at least one compressor cylinder (20) with a compressor chamber (34) defined by a compressor piston (16) and having a fresh charge inlet valve (46), a bypass device having at least one bypass chamber (80) defined by a bypass piston (84) and connected to the compressor chamber (34) via a bypass passage (92), in which a bypass valve (106) is arranged, and wherein said bypass chamber is connected, directly or indirectly, to the working chamber (36) via an expulsion passage (96), in which the inlet valve (54) is arranged. The movement of the pistons (16, 18, 84) and the operation of the valves (46, 106, 54) are coordinated with one another in such a way that fresh charge compressed in the compressor chamber (34) is expelled into the bypass chamber (80) and is exhausted from the bypass chamber into the working chamber (36), wherein in the internal combustion engine according to the invention the bypass passage 92 leads through a cooler (100).

(57) **Zusammenfassung**: Bei einer Brennkraftmaschine mit wenigstens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/010265 A2

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

einem Arbeitszylinder (22) mit einer von einem Arbeitskolben (18) begrenzten Arbeitskammer (36) mit einem Einlassventil (54) und einem Auslassventil (50), wenigstens einem Verdichterzylinder (20) mit einer von einem Verdichterkolben (16) begrenzten Verdichterkammer (34) mit einem Frischladungseinlassventil (46), einer Überströmeinrichtung mit wenigstens einer von einem Überströmkolben (84) begrenzten Überströmkammer (80), die mit der Verdichterkammer (34) über einen Überströmdurchlass (92) verbunden ist, in dem ein Überströmventil (106) angeordnet ist, und die mit der Arbeitskammer (36) mittelbar oder unmittelbar über einen Ausschubdurchlass (96) verbunden ist, in dem das Einlassventil (54) angeordnet ist. wobei die Bewegung der Kolben (16, 18, 84) und der Betrieb der Ventile (46, 106, 54) derart aufeinander abgestimmt ist, dass in der Verdichterkammer (34) verdichtete Frischladung in die Überströmkammer (80) übergeschoben wird und aus der Überströmkammer in die Arbeitskammer (36) ausgeschoben wird, führt der Überströmdurchlass 92 durch einen Kühler 100.

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine sowie Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine sowie eine nach einem solchen Verfahren arbeitende Brennkraftmaschine.

In den unabhängigen Patentansprüchen wird von der WO2009/083182 ausgegangen. In dieser Druckschrift ist eine in Fig. 1, die der genannten Druckschrift entnommen ist, dargestellte Brennkraftmaschine beschrieben, die eine Kurbelwelle 10 mit zwei benachbarten Kurbeln aufweist, die über je ein Pleuel 12 bzw. 14 mit einem Verdichterkolben 16 bzw. einem Arbeitskolben 18 verbunden sind. Der Verdichterkolben 16 ist innerhalb eines Verdichterzylinders 20 beweglich. Der Arbeitskolben ist innerhalb eines Arbeitszylinders 22 beweglich, wobei der Arbeitszylinder 22 vorzugsweise mit einem Zylinderrohr 24 ausgekleidet ist.

Nach oben hin sind die Zylinder, die bevorzugt innerhalb eines gemeinsamen Zylindergehäuses 28 ausgebildet sind, mittels eines Zylinderkopfes 30 verschlossen, der in einem die beiden Zylinder 20 und 22 überlappenden Bereich eine Stirnwand 32 aufweist, die Teilbereiche der Zylinder 20 und 22 nach oben abschließt und einen im Zylinderkopf 30 ausgebildeten Überströmzylinder 33 nach unten abschließt.

Zwischen dem Verdichterkolben 16 und dem Zylinderkopf 30 ist eine in Fig. 1 nicht bezeichnete Verdichterkammer 34 ausgebildet, deren Volumen in der in Fig. 1 dargestellten oberen Totpunktstellung des Verdichterkolbens 16 zumindest annähernd Null ist. Zwischen dem Arbeitskolben 18 und dem Zylinderkopf 30 ist eine Arbeitskammer 36 ausgebildet, in die ein Einspritzventil 38 einragt.

In dem Überströmzylinder 33 ist ein Überströmkolben 40 bewegbar, der eine Überströmkammer 42 begrenzt.

In dem Zylinderkopf 30 ist ein Frischluft- bzw. Frischladungseinlasskanal 44 ausgebildet, in dem ein Frischladungseinlassventil 46 arbeitet, das die Verbindung zwischen dem Frischladungseinlasskanal 44 und der Verdichterkammer 34 steuert. Der Begriff „Frischladung" umfasst die Inhalte „reine Frischluft" und „Frischluft mit zugesetztem Brennstoff und/oder Restgas".

In dem Zylinderkopf 30 ist weiter ein Auslasskanal 48 ausgebildet, in dem ein Auslassventil 50 arbeitet, das die Verbindung zwischen der Arbeitskammer 36 und dem Auslasskanal 48 steuert.

In der Stirnwand 32 ist eine die Verdichterkammer 34 mit der Überströmkammer 42 verbindende Überströmöffnung ausgebildet, in der ein Überströmventil 52 arbeitet, das bei einer Bewegung weg von der Verdichterkammer öffnet. Ein Schaft des Überströmventils 52 ist in dem Überströmkolben 40 unter Abdichtung beweglich geführt, wobei das Überströmventil 52 gegen die Kraft einer Feder 53 in den Überströmkolben 40 hinein bewegbar ist und vorzugsweise mit begrenztem Hub aus dem Überströmkolben 40 heraus bewegbar ist.

In einer weiteren Öffnung der Stirnwand 32, die die Überströmkammer 42 mit der Arbeitskammer 36 verbindet, arbeitet ein Einlassventil 54, dessen Schaft durch den Überströmkolben 40 unter Abdichtung beweglich durchgeführt ist.

Zur Betätigung der Ventile 46, 50 und 54 dienen ein Frischladungseinlassnocken 56, ein Auslassnocken 58 und ein Einlassnocken 60. Der Überströmkolben 40 wird von einem Überströmnocken 62 betätigt.

Die Nocken sind in zweckentsprechender Weise an einer oder mehreren Nockenwellen ausgebildet, die vorzugsweise von der Kurbelwelle 10 mit gleicher Drehzahl wie die der Kurbelwelle angetrieben werden.

Die Funktion der Brennkraftmaschine ist in der genannten WO2009/083182 ausführlich erläutert. Der wesentliche Vorteil, der mit der beschriebenen Brennkraftmaschine gegenüber herkömmlichen Brennkraftmaschinen erreicht wird, liegt darin, dass die Frischladung außerhalb des heißen Arbeitszylinders 22 im Verdichterzylinder 20 vom Verdichterkolben 16 verdichtet wird und in die Überströmkammer 42 übergeschoben wird, wo sie vom Überströmkolben 40 zunächst weiter verdichtet wird und dann durch das offene Einlassventil 54 hindurch in die Arbeitskammer 36 ausgeschoben wird und dort nach oder unter Zugabe von Kraftstoff mittels des Einspritzventils 38 verbrennt. Alternativ oder zusätzlich kann der Frischladung bereits stromoberhalb des Einlassventils 54 im Frischladungseinlasskanal 44 oder in der Verdichterkammer 34 oder in der Überströmkammer 42 Kraftstoff zugegeben werden, so dass durch das offene Einlassventil 54 hindurch brennfähiges Gemisch in die Arbeitskammer 36 „eingespritzt"

wird und dort unter Fremdzündung oder Selbstzündung verbrennt. Die Verdichtung der Frischladung außerhalb der Arbeitskammer verbessert den Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine. Die Zugabe von Kraftstoff zu der Frischladung stromoberhalb des Einlassventils 54 führt zu einer ausgezeichneten Gemischaufbereitung, die wiederum Voraussetzung für eine vollständige und weitgehend schadstofffreie Verbrennung ist.

Bei bestimmten Kraftstoffen besteht, wenn sie der Frischladung stromoberhalb des Einlassventils 54 zugegeben werden, die Gefahr einer Selbstentzündung bereits in der Überströmkammer aufgrund der hohen dort auftretenden Verdichtungsendtemperatur.

In der CH 96 539 A ist eine Brennkraftmaschine mit externer mehrstufiger Verdichtung beschrieben. In einem Verdichterzylinder wird von einem einteilig mit einem Überströmkolben ausgebildeten Verdichterkolben Frischluft in einer Verdichterkammer verdichtet und durch ein als einfaches Rückschlagventil ausgebildetes Überströmventil hindurch in eine gekühlte Pufferkammer innerhalb eines Kühlers ausgeschoben, aus dem heraus die abgekühlte verdichtete Frischladung durch ein weiteres Rückschlagventil hindurch bei einer Abwärtsbewegung des starr mit dem Verdichterkolben verbundenen Überströmkolbens in eine Überströmkammer gelangt, wobei die maximale Volumina der Verdichterkammer und der Überströmkammer etwa gleich sind und die Größe des Puffervolumens vergleichbar mit dem maximalen Volumen der Überströmkammer ist. Aus der Überströmkammer wird die Frischluft bei einem Aufwärtshub des Überströmkolbens durch ein weiteres die Überströmkammer begrenzendes Rückschlagventil und eine Leitung 10 durch ein Einlassventil des Arbeitszylinders in die Arbeitskammer ausgeschoben.

In der DE 24 10 948 ist eine Brennkraftmaschine mit einem externen zweistufigen Kolbenverdichter und einem Arbeitszylinder beschrieben. Zwischen dem Auslassventil der ersten Verdichterstufe und dem Einlassventil der zweiten Verdichterstufe ist ein Kühler vorgesehen, der ein Puffervolumen für die in der ersten Verdichterstufe verdichtete Frischluft bildet. Die in der zweiten Verdichterstufe verdichtete Frischluft wird durch einen Abgaswärmetauscher geführt, in dem die verdichtete Frischluft vom aus dem Arbeitszylinder ausströmenden Abgas aufgeheizt wird und anschließend durch ein Einlassventil hindurch in den Arbeitszylinder gelangt.

Die US 4,299,090 beschreibt eine Kolbenbrennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern, die bei hohen Abgasströmungen bzw. hoher Last beide die Brennkraftmaschine mit Frischluft versorgen. Bei nur geringer Last und kleinem Abgasdurchsatz wird einer der Abgasturbolader abgeschaltet, um den Ladedruck zu vergrößern.

In dem Aufsatz von KRAMER, W.; Indirekte Ladeluftkühlung bei Diesel- und Ottomotoren. MTZ, 02/2006, S. 104-109 ist eine Brennkraftmaschine mit einem Abgasturbolader beschrieben, bei der die in dem Abgasturbolader verdichtete Ladeluft einen indirekten Ladeluftkühler durchströmt und dann dem Einlass der Brennkraftmaschine zugeführt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren und die gattungsgemäße Brennkraftmaschine derart weiterzubilden, dass die Gefahr einer Selbstentzündung des Gemisches stromoberhalb des Einlassventils 54 herabgesetzt ist.

Der das Verfahren betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit den Merkmalen des Anpruchs 1 gelöst.

Die Unteransprüche 2 und 3 sind auf vorteilhafte Durchführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens gerichtet.

Der die Brennkraftmaschine betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 4 gelöst.

Die Ansprüche 5 bis 10 sind auf vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine gerichtet.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielsweise und mit weiteren Einzelheiten erläutert.

In den Figuren stellen dar:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht einer bereits erläuterten, bekannten Brennkraftmaschine,

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Ansicht einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

Fig. 3 eine Detailansicht der Fig. 2 und

Fig. 4 die Brennkraftmaschine gemäß Fig. 2 betreffende Steuerzeitdiagramme.

Die Brennkraftmaschine gemäß Fig. 2 entspricht in großen Bereichen der der Fig. 1. Sich entsprechende Teile sind mit den gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 belegt, so dass im Folgenden nur die Unterschiede zur Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1 erläutert werden.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1 und Fig. 2 liegt darin, dass bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 im Zylinderkopf 30 zwei Überströmkammern 80 und 82 angeordnet sind, in denen je ein Überströmkolben 84 und 86 arbeitet, der von einem eigenen Überströmnocken 88 und 90 bewegt wird. Die Überströmkammer 84 ist mit der Verdichterkammer 34 über einen Überströmdurchlass 92 verbunden. Die Überströmkammer 82 ist mit der Überströmkammer 80 über einen Überströmdurchlass 94 verbunden. Von der Überströmkammer 82 führt ein Ausschubdurchlass 96, in dem das Einlassventil 54 arbeitet, in die Arbeitskammer 36.

Die Überströmkammern 80, 82, Überströmkolben 84, 86, Überströmdurchlässe 92, 94 sowie der Ausschubdurchlass 96 und die in den Durchlässen angeordneten Ventile bilden eine Überströmeinrichtung. Anhand der Fig. 3 wird der Aufbau der Überströmdurchlässe 92 und 94 genauer erläutert.

Der Überströmdurchlass 92 ist durch eine Durchgangsöffnung 98 gebildet, die durch eine Wand des Zylinderkopfes 30 hindurchführt und die Verdichterkammer 34 mit der Überströmkammer 80 verbindet. In die Durchgangsöffnung 98 ist ein Kühler 100 eingesetzt, dessen Wärmetauscherkanäle 102 den eigentlichen Fluiddurchlass zwischen Verdichterkammer 34 und Überströmkammer 80 bilden. Der der Überströmkammer 80 zugewandte Rand der Durchgangsöffnung 98 bildet einen Ventilsitz 104 für den Ventilteller eines Rückschlagventils 106, das gegen die Kraft einer nicht dargestellten Schließfeder öffnet, wenn der Druck in der Überströmkammer 80 kleiner ist als in der Verdichterkammer 34.

Der Überströmdurchlass 94 ist in seinem Grundaufbau ähnlich dem Überströmdurchlass 92 und weist eine Durchgangsöffnung 108 in einer die Überströmkammern 80 und 82 trennenden Wand des Zylinderkopfes 30 auf. In die Durchgangsöffnung 108 ist ein Kühler 110 eingesetzt, dessen Wärmetauscherkanäle 112 den Fluiddurchlass zwischen den Überströmkammern bilden. Der der Überströmkammer 82 zugewandte Rand der Durchgangsöffnung 108 bildet einen Ventilsitz für den Teller eines Rückschlagventils 116, das gegen die Kraft einer nicht dargestellten Schließfeder öffnet, wenn der Druck in der Überströmkammer 82 niedriger ist als der Druck in der Überströmkammer 80.

Die den Rückschlagventilen 106 und 116 zugeordneten, nicht dargestellten Schließfedern sind hinsichtlich ihres Aufbaus und ihrer Anordnung an sich bekannt und können beispielsweise den Schaft des jeweiligen Ventilgliedes umgebende Schraubenfedern sein, die in den Kühler integriert sind und sich zwischen dem Kühler und einem Bund des Schaftes abstützen. Die Schließfedern sind derart ausgelegt, dass die Vorspannkraft, mit der das jeweilige Ventilglied gegen seinen Sitz gedrängt wird, verhältnismäßig klein ist, so dass bereits eine geringe, am geschlossenen Ventilglied in dessen Öffnungsrichtung wirksame Druckdifferenz zu einer Ventilöffnung führt.

Die Konstruktion des Überströmdurchlasses 92 ist vorteilhafterweise derart, dass das minimale Volumen der Verdichterkammer 34 im OT des Verdichterkolbens 16 klein ist, vorteilhafterweise weniger als 15%, noch vorteilhafter weniger als 1% des Maximalvolumens der Verdichterkammer im UT des Verdichterkolbens beträgt.

Die Oberseite des Ventilgliedes des Rückschlagventils 106 ist in dessen geschlossenem Zustand bündig mit einem es gegebenenfalls umgebenden Randbereich des Bodens der Überströmkammer 80, so dass sich der Überströmkolben 84 in seinem UT (in Fig. 2 befindet sich der Überströmkolben 84 nahe seinem OT) unmittelbar an das Ventilglied heranbewegt und das Restvolumen der Überströmkammer 80 im UT des Überströmkolbens 84, das durch einen gegebenenfalls vorhandenen Toleranzspalt zwischen dem Überströmkolben 84 und dem Ventilglied sowie das Volumen der Wärmetauscherkanäle 112 gegeben ist, weniger als 15%, vorteilhafterweise weniger als 1% des Maximalvolumens der Überströmkammer 80 beträgt. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, ist der Überströmkolben 84 derart konstruiert, dass in seinem UT sich der

oder die Kolbenringe unmittelbar oberhalb des Überströmdurchlasses 94 befinden und den Kühler 110 nicht überfahren.

Das Ventilglied des Rückschlagventils 116 ist derart ausgebildet, dass es im geschlossenen Zustand bündig mit der Innenwand der Überströmkammer 82 verläuft, so dass hier praktisch kein Restvolumen vorhanden ist. Der oder die Kolbenringe des Überströmkolbens 86 sind derart angeordnet, dass sie das Rückschlagventil 116 nicht überfahren. Das Volumen der Überströmkammer 82 beträgt im OT des Überströmkolbens 86 (die in den Fig. 2 und 3 dargestellte Stellung des Überströmkolbens 86) vorteilhafterweise weniger als 15%, noch vorteilhafter weniger als 1% des Maximalvolumens der Überströmkammer 82. Dies wird insbesondere durch zweckentsprechende Konstruktion des Ausschubdurchlasses 96 erreicht.

Die Darstellung der Fig. 2 ist schematisch. Alle Nocken können auf einer gemeinsamen Nockenwelle angeordnet sein, die von der Kurbelwelle 10 drehangetrieben wird und mit gleicher Drehzahl wie die Kurbelwelle 10 dreht.

Die Funktion der Brennkraftmaschine gemäß Fig. 2 wird im Folgenden anhand der Steuerzeitdiagramme gemäß Fig. 4 erläutert, wobei die Abszisse die Stellung der Kurbelwelle in Grad (°KW) angibt. Der Arbeitskolben 18 (Heißkolben) befindet sich bei 180° KW in seinem OT. Der Verdichterkolben 16 (Kaltkolben) befindet sich bei 270° KW in seinem OT.

Die Kurven geben Folgendes an:

Kurve I (gepunktet): Hub des Frischlufteinlassventils 46

Kurve II (gestrichelt): Hub des Überströmkolbens 84 (Kaltüberströmkolben); Hub entspricht dem Volumen der Überströmkammer 80;

Kurve III (strichgepunktet): Hub des Überströmkolbens 86 (Heißüberströmkolben); Hub entspricht dem Volumen der Überströmkammer 82;

Kurve IV (gekreuzelt): Hub des Einlassventils 54 (Heißüberströmventil);

Kurve V (durchgezogen): Hub des Auslassventils 50.

Sei angenommen, der Verdichterkolben 16 (Kaltkolben) befinde sich bei 270° KW in seinem oberen Totpunkt, in dem das Volumen der Verdichterkammer 34 annähernd Null ist und die gesamte verdichtete Frischladung bei geschlossenem Frischladungseinlassventil 46 durch den Überströmdurchlass 92 hindurch unter Abkühlung in die Überströmkammer 80 übergeschoben wurde. Der Überströmkolben 84 (Kaltüberströmkolben) befindet sich im OT des Verdichterkolbens 16 etwa in seiner gemäß Fig. 2 maximal angehobenen Stellung, in der das Volumen der Überströmkammer 80 maximal ist.

Der Überströmkolben 84 beginnt seine Abwärtsbewegung und verdichtet die in der Überströmkammer 80 befindliche Frischladung. Bei etwa 330° KW beginnt der Überströmkolben 86 (Heißüberströmkolben) seine Aufwärtsbewegung, so dass die in der Überströmkammer 80 verdichtete Frischluft durch den Überströmdurchlass 94 hindurch unter Abkühlung in die in ihrem Volumen zunehmende Überströmkammer 82 (Heißüberströmkammer) bei offenem Rückschlagventil 116 überströmt. Bei etwa 80° KW hat sich der Überströmkolben 84 in seine unterste Stellung bewegt, so dass praktisch die gesamte verdichtete Frischladung in der Überströmkammer 82 ist, deren Überströmkolben 86 in seiner obersten Stellung ist, in der er von etwa 90° KW bis etwa 160° KW infolge entsprechender Konturierung des Überströmnockens 90 verharrt. Ab etwa 160° KW bewegt sich der Überströmkolben 86 mit steiler Flanke in seinen UT, wobei sich bei etwa 180° KW das Einlassventil 54 (Heißüberströmventil) öffnet und die maximal verdichtete Frischladung durch den Ausschubdurchlass 96 in die Arbeitskammer 36 ausgeschoben wird. Kurz vor 220° KW ist das Volumen der Überströmkammer 82 minimal. Kurz danach schließt das Einlassventil 54, so dass unter Abwärtsbewegung des Arbeitskolbens 18 (Heißkolben) die in die Arbeitskammer 36 ausgeschobene verdichtete Frischladung unter Arbeitsabgabe verbrennt. Bevor der Arbeitskolben 18 seinen UT erreicht, beginnt bei etwa 350° KW das Auslassventil 50 zu öffnen und schließt bei etwa 100° KW, so dass in der Arbeitskammer 36 verbleibendes Restgas vom Arbeitskolben 18 weiter verdichtet wird.

Bereits bei 300° KW beginnt die Öffnung des Frischladungseinlassventils 46, so dass bei der Abwärtsbewegung des Verdichterkolbens 16 Frischluft bzw. Frischladung in die Verdichterkammer 34 einströmt und der geschilderte Zyklus erneut beginnt.

Die beispielhaft geschilderten Steuerzeiten können verändert werden, solange das Grundprinzip der geschilderten Brennkraftmaschine aufrechterhalten wird, nämlich Überschieben verdichteter Frischladung aus der Verdichterkammer 34 in die Überströmkammer 80 unter Abkühlung beim Durchströmen des Überströmdurchlasses 92; Überschieben der in der Überströmkammer 80 befindlichen Frischladung unter Abkühlung im Überströmdurchlass 94 in die Überströmkammer 82 und Ausschieben der in der Überströmkammer 82 befindlichen Frischladung unter weiterer Verdichtung durch den Ausschubdurchlass 96 hindurch bei offenem Einlassventil 54 in die Arbeitskammer 36 bzw. den Brennraum.

Insbesondere wenn der Frischladung bereits im Frischladungseinlasskanal 44 oder in der Verdichterkammer 34 Kraftstoff zugesetzt wird, ist es vorteilhaft, wenn sich der Überströmkolben 86 mit steiler Flanke abwärts bewegt und die maximal verdichtete Frischladung, die aufgrund der Zwischenkühlungen durch die Kühler 100 und 110 unter ihrer Selbstentzündungstemperatur gehalten wird, rasch in die Arbeitskammer 36 „eingespritzt" wird und dort unter weiterer Erhitzung zündet. Bei Verwendung von Dieselkraftstoff wird eine vollständige und rußfreie Verbrennung erzielt.

Die geschilderte Maschine kann auch mit Fremdzündung und/oder Direkteinspritzung in die Arbeitskammer 36 betrieben werden.

Für die Konstruktion der Überströmdurchlässe 92 und 94 sowie des Ausschubdurchlasses 96 sind dem Fachmann zweckentsprechende Konstruktionen geläufig, mit denen geringe Restvolumina und bei den Überströmkanälen eine hohe Kühlwirksamkeit erzielt werden.

Anstelle eines Überströmdurchlasses 92 mit einem Kühler 100 und einem Rückschlagventil 106 können mehrere Überströmdurchlässe mit Kühlern und Rückschlagventilen zum Einsatz kommen und/oder der Durchfluss durch einen Kühler kann mittels mehrerer Rückschlagventile gesperrt oder freigegeben werden.

Anstelle des einen Überströmdurchlasses 94 können mehrere Überströmdurchlässe zwischen den Überströmkammern 80 und 82 ausgebildet werden.

Die Bewegung des Überströmkolbens 86 ist, wie aus Fig. 4 ersichtlich, insbesondere durch Folgendes gekennzeichnet:

Der zeitliche Verlauf des Ausschiebens bzw. Einblasens der verdichteten Frischladung aus der Überströmkammer 82 in die Arbeitskammer 36 (Verbrennungskammer) bestimmt wesentlich den Verlauf der Verbrennung. Deshalb ist die Ausschiebefunktion relativ steil. Das Ausschieben (Einblasen) beginnt bevorzugt zwischen etwa 10° bis etwa 0° vor dem OT des Arbeitskolben 18 (Heißkolbens) und endet bevorzugt zwischen etwa 30° und 40° nach OT des Arbeitskolbens 18. Um dies zu erreichen verharrt der Überströmkolben 86 in seinem OT und seinem UT über verhältnismäßig lange Zeiträume, so dass ausgeprägte Plateaus entstehen.

Die Phasenverschiebung zwischen Verdichterkolben 16 und Arbeitskolben 18 ist bevorzugt derart gewählt, dass sich ein möglichst hoher Ausgleich der zweiten Motorordnung im Triebwerk ergibt. Bevorzugte Werte sind 90° oder 270° Nacheilung des Arbeitskolbens 18 (Heißkolbens). Bei einem Wert von 90° sind allerdings die Zeitfenster zur Überströmung von der Verdichterseite (Kaltseite) zur Arbeitsseite (Heißseite) sehr gering, so dass eine Nacheilung des Arbeitskolbens 18 von 270° bevorzugt ist. Die durch diese Anordnung entstehenden Anregungen der ersten Ordnung können durch entsprechende Ausgleichsmassen an den Nockenwellen ausgeglichen werden, da der beschriebene Motor bevorzugt mit zwei gegensinnig mit Kurbelwellendrehzahl drehenden Nockenwellen arbeitet.

Da die Aufwärtsbewegung des Überströmkolbens 84 prozesstechnisch an die Bewegung des Verdichterkolbens 16 gekoppelt ist, und die Ausschiebebewegung des Überströmkolbens 86 an den Arbeitskolben 18 gekoppelt ist, ergibt sich durch die Wahl der Phasenverschiebung zwischen der Bewegung des Arbeitskolbens 18 und der Bewegung des Verdichterkolbens 16 die Rastphase (Plateaulänge) in der Bewegung des Überströmkolbens 86.

In vereinfachender Abwandlung kann lediglich eine Überströmkammer ähnlich der Überströmkammer 42 der Ausführungsform gemäß Fig. 1 verwendet werden und der Überströmdurchlass aus der Verdichterkammer 34 in die einzige Überströmkammer gestaltet werden wie der Überströmdurchlass 92, d.h. mit wirksamer Kühlung der überströmenden Frischladung.

Die Kühler 100 und 110 können in ein Kühlsystem integriert sein, mit dem weitere Bereiche der Brennkraftmaschine gekühlt werden oder können von einem Kühlmittel durchströmt werden, das in einem eigenen Kreislauf von Umgebungsluft gekühlt wird.

Anhand der Fig. 2 wurde eine Brennkraftmaschine mit zwei in Reihe angeordneten Überströmkammern beschrieben. Es können auch mehr als zwei Überströmkammern in Reihe angeordnet sein.

Das maximale Volumen der an die Verdichterkammer 34 angrenzenden Überströmkammer 80 beträgt beispielsweise zwischen 5 % und 15 %, also z.B. 10 % des maximalen Volumens der Verdichterkammer 34. Jede auf eine Überströmkammer folgende weitere Überströmkammer hat beispielsweise ein maximales Volumen, das beispielsweise 30 % bis 50 %, z.B. 40 % des maximalen Volumens der vorausgehenden Überströmkammer beträgt.

Die Erfindung wurde vorstehend am Beispiel einer Brennkraftmaschine mit einem Verdichterzylinder und einem Arbeitszylinder geschildert. Es können jeweils mehrere Verdichterzylinder/Arbeitszylindereinheiten vorgesehen sein, die beispielsweise mit einer gemeinsamen Kurbelwelle verbunden sind. Auch ist es möglich, einem Arbeitszylinder mehrere Verdichterzylinder zuzuordnen.

Bezugszeichenliste

10	Kurbelwelle	56	Frischladungsnocken
12	Pleuel	58	Auslassnocken
14	Pleuel	60	Einlassnocken
16	Verdichterkolben	62	Überströmnocken
18	Arbeitskolben	80	Überströmkammer
20	Verdichterzylinder	82	Überströmkammer
22	Arbeitszylinder	84	Überströmkolben
24	Zylinderrohr	86	Überströmkolben
28	Zylindergehäuse	88	Überströmnocken
30	Zylinderkopf	90	Überströmnocken
32	Stirnwand	92	Überströmdurchlass
33	Überströmzylinder	94	Überströmdurchlass
34	Verdichterkammer	96	Ausschubdurchlass
36	Arbeitskammer	98	Durchgangsöffnung
38	Einspritzventil	100	Kühler
40	Überströmkolben	102	Wärmetauscherkanäle
42	Überströmkammer	104	Ventilsitz
44	Frischladungseinlasskanal	106	Rückschlagventil
46	Frischladungseinlasskanal	108	Durchgangsöffnung
48	Auslasskanal	110	Kühler
50	Auslassventil	112	Wärmetauscherkanäle
52	Überströmventil	114	Ventilsitz
53	Feder	116	Rückschlagventil
54	Einlassventil		

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit

einem Arbeitszylinder mit einer von einem Arbeitskolben begrenzten Arbeitskammer mit einem Einlassventil und einem Auslassventil,

einem Verdichterzylinder mit einer von einem Verdichterkolben begrenzten Verdichterkammer mit einem Frischladungseinlassventil und einem Überströmventil, und

einer von einem Überströmkolben begrenzten Überströmkammer, die bei offenem Überströmventil mit der Verdichterkammer verbunden ist und bei offenem Einlassventil mit der Arbeitskammer verbunden ist, enthaltend folgende Schritte:

- Einströmen von Frischladung in die Verdichterkammer unter Volumenzunahme der Verdichterkammer,
- Verdichten von in der Verdichterkammer befindlicher Frischladung unter Volumenverminderung der Verdichterkammer,
- Überschieben der verdichteten Frischladung in die Überströmkammer,
- Ausschieben der in der Überströmkammer befindlichen verdichteten Frischladung in die Arbeitskammer durch Verkleinerung des Volumens der Überströmkammer mittels des Überströmkolbens,
- Verbrennen der in der Arbeitskammer befindlichen Frischladung unter Volumenvergrößerung der Arbeitskammer und Umwandlung von thermischer Energie in mechanische Arbeitsleistung und
- Ausstoßen der verbrannten Ladung unter Volumenverkleinerung der Arbeitskammer,

dadurch gekennzeichnet, dass

die verdichtete Frischladung bei dem Überströmen aus der Verdichterkammer in die Überströmkammer gekühlt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei

mehrere von je einem Überströmkolben begrenzte Überströmkammern in Reihe angeordnet sind,

die verdichtete Frischladung aus der Verdichterkammer in eine erste der Überströmkammern übergeschoben wird,

die verdichtete Frischladung aus einer jeweiligen Überströmkammer durch Verkleinerung des Volumens der jeweiligen Überströmkammer mittels des Überströmkolbens aus der ersten

Überströmkammer in eine jeweils nachfolgende Überströmkammer ausgeschoben wird und beim Überströmen aus einer Überströmkammer in eine nachfolgende Überströmkammer gekühlt wird, und
die verdichtete Frischladung aus der letzten der Überströmkammern in die Arbeitskammer ausgeschoben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Frischladung stromoberhalb des Einlassventils Kraftstoff zugesetzt wird, so dass bei offenem Einlassventil brennfähiges Gemisch in die Arbeitskammer ausgeschoben wird, das in der Arbeitskammer verbrennt.

4. Brennkraftmaschine mit

wenigstens einem Arbeitszylinder (22) mit einer von einem Arbeitskolben (18) begrenzten Arbeitskammer (36) mit einem Einlassventil (54) und einem Auslassventil (50),

wenigstens einem Verdichterzylinder (20) mit einer von einem Verdichterkolben (16) begrenzten Verdichterkammer (34) mit einem Frischladungseinlassventil (46),

einer Überströmeinrichtung mit wenigstens einer von einem Überströmkolben (84) begrenzten Überströmkammer (80), die mit der Verdichterkammer (34) über einen Überströmdurchlass (92) verbunden ist, in dem ein Überströmventil (106) angeordnet ist, und die mit der Arbeitskammer (36) mittelbar oder unmittelbar über einen Ausschubdurchlass (96) verbunden ist, in dem das Einlassventil (54) angeordnet ist, wobei

die Bewegung der Kolben (16, 18, 84) und der Betrieb der Ventile (46, 106, 54) derart aufeinander abgestimmt ist, dass in der Verdichterkammer (34) verdichtete Frischladung vom Verdichterkolben (16) in die Überströmkammer (80) übergeschoben wird und vom Überströmkolben aus der Überströmkammer in die Arbeitskammer (36) ausgeschoben wird,

dadurch gekennzeichnet, dass der Überströmdurchlass (92) durch einen Kühler (100) führt.

5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, wobei die Überströmeinrichtung mehrere in Reihe angeordnete, jeweils von einem Überströmkolben (84, 86) begrenzte Überströmkammern (80, 82) enthält, die jeweils über einen durch einen Kühler (110) führenden Überströmdurchlass (94) miteinander verbunden sind, der mittels eines Überströmventils (116) absperrbar ist, und deren erste Überströmkammer (80) mit der Verdichterkammer (34) und deren letzte Überströmkammer (82) mit der Arbeitskammer 36 verbunden ist.

6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, wobei ein Überströmdurchlass durch benachbarte Kammern verbindende Wärmetauscherkanäle (102, 112) eines Kühlers (100, 110) gebildet ist, der in einer Durchgangsöffnung (98, 108) angeordnet ist, die durch eine an die jeweils zugehörigen Kammern angrenzende Wand führt.

7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Überströmventile als Rückschlagventile (106, 116) ausgebildet sind, die in eine jeweils hintere der in Reihe angeordneten Überströmkammern öffnen.

8. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei das minimale Volumen der Verdichterkammer oder einer Überströmkammer kleiner als 15%, bevorzugt kleiner als 5% und noch bevorzugter kleiner als 1% des maximalen Volumens der jeweiligen Kammer beträgt.

9. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei das maximale Volumen der an die Verdichterkammer (34) angrenzenden Überströmkammer (80) kleiner als das der Verdichterkammer ist und das maximale Volumen einer nachfolgenden Überströmkammer (82) der in Reihe angeordneten Überströmkammer (80, 82) kleiner ist als das der jeweils vorherigen Überströmkammer (80).

10. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei der Verdichterkolben (16) und der Arbeitskolben (18) über Pleuel mit einer Kurbelwelle (10) verbunden sind und der bzw. die Überströmkolben (84, 86) und mittels Nocken (88, 90) betätigbar sind, die von der Kurbelwelle antreibbar sind.

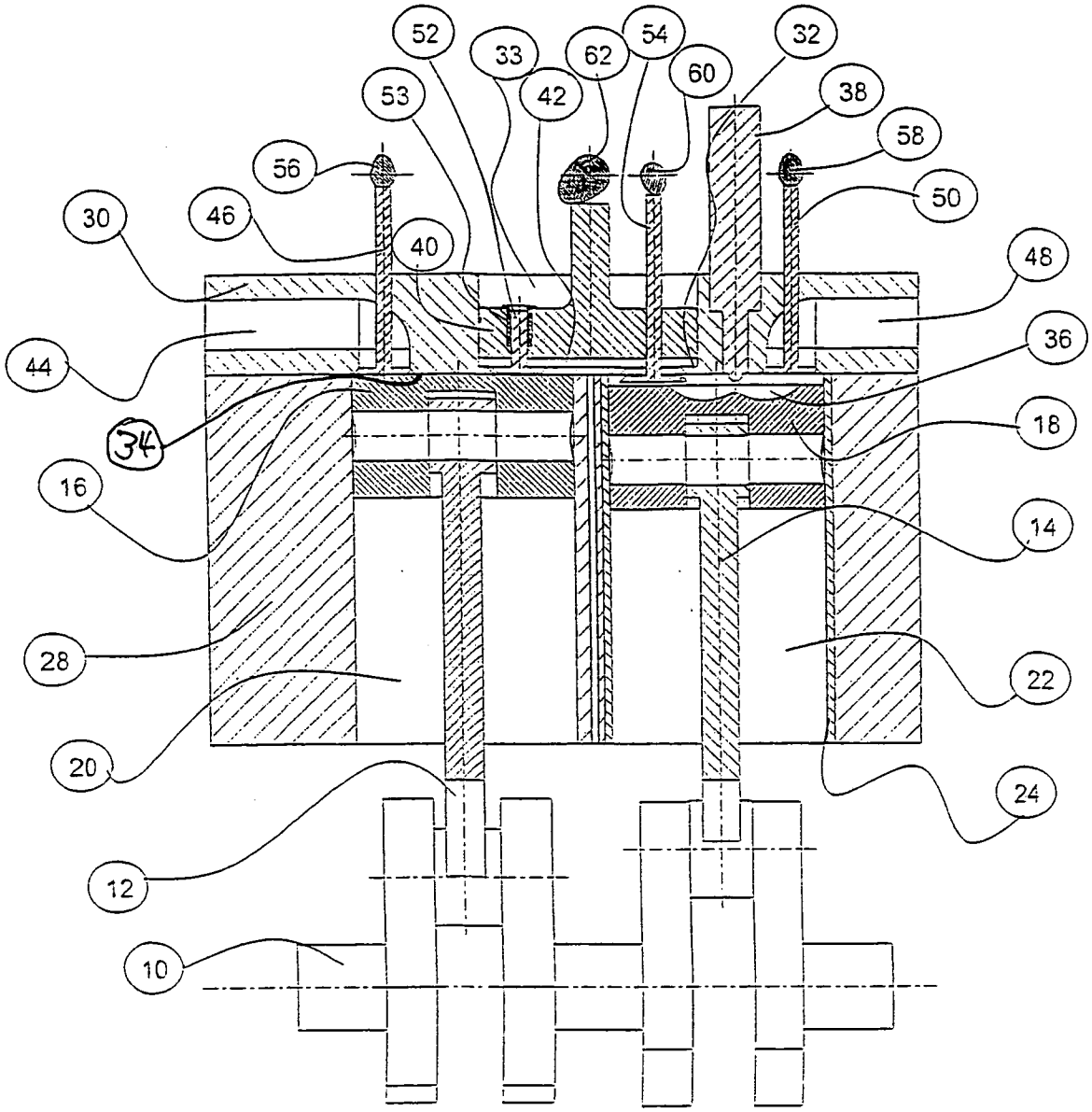

52
33
62
54
32
53
42
60
38
58
56
50
30
46
40
48
44
36
34
18
16
14
28
22
20
24
12
10

Fig 1

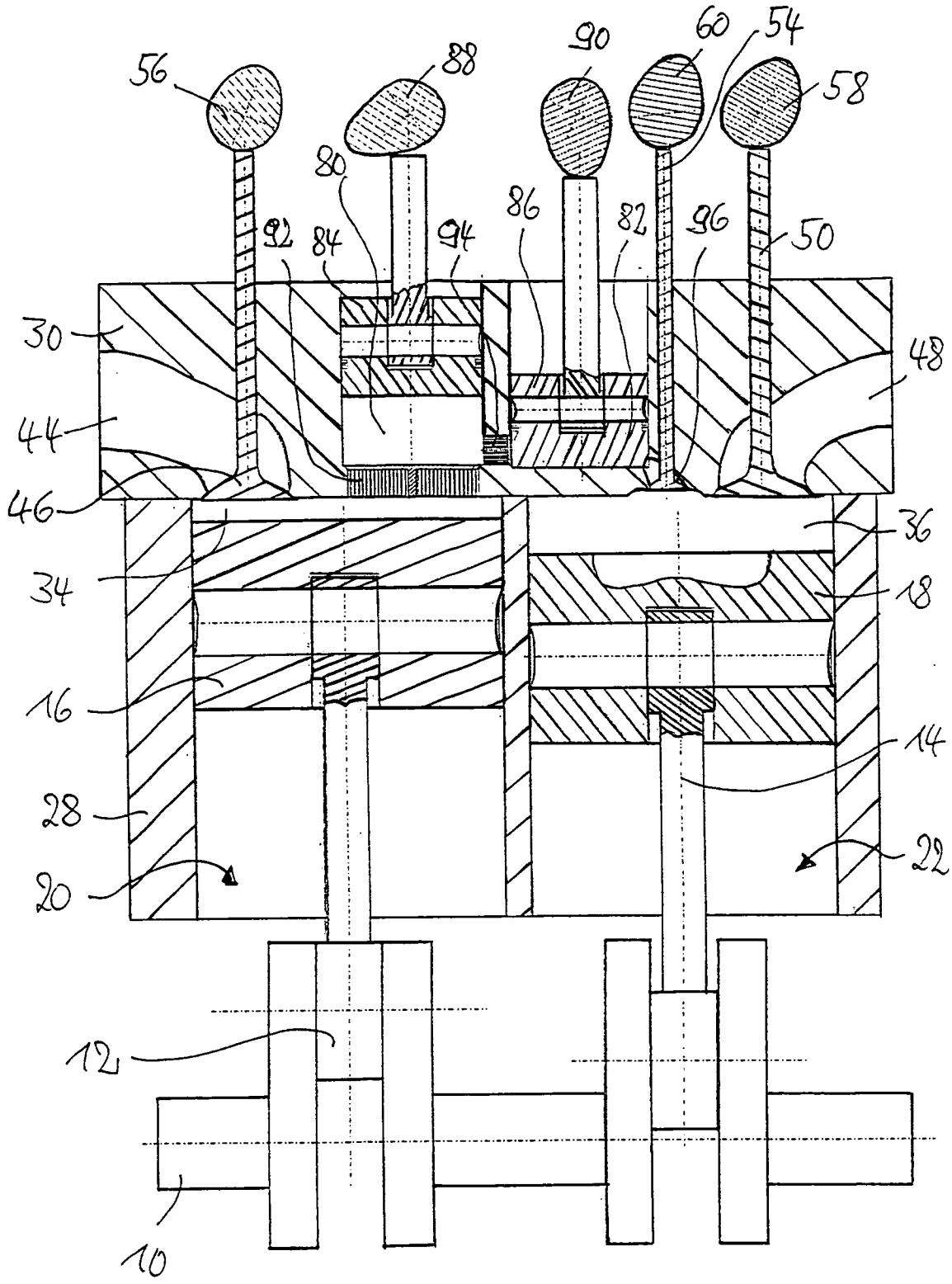

56
88
90
60
54
58
80
86
82
96
50
92
84
94
30
48
44
46
36
34
18
16
14
28
22
20
12
10

Fig 2

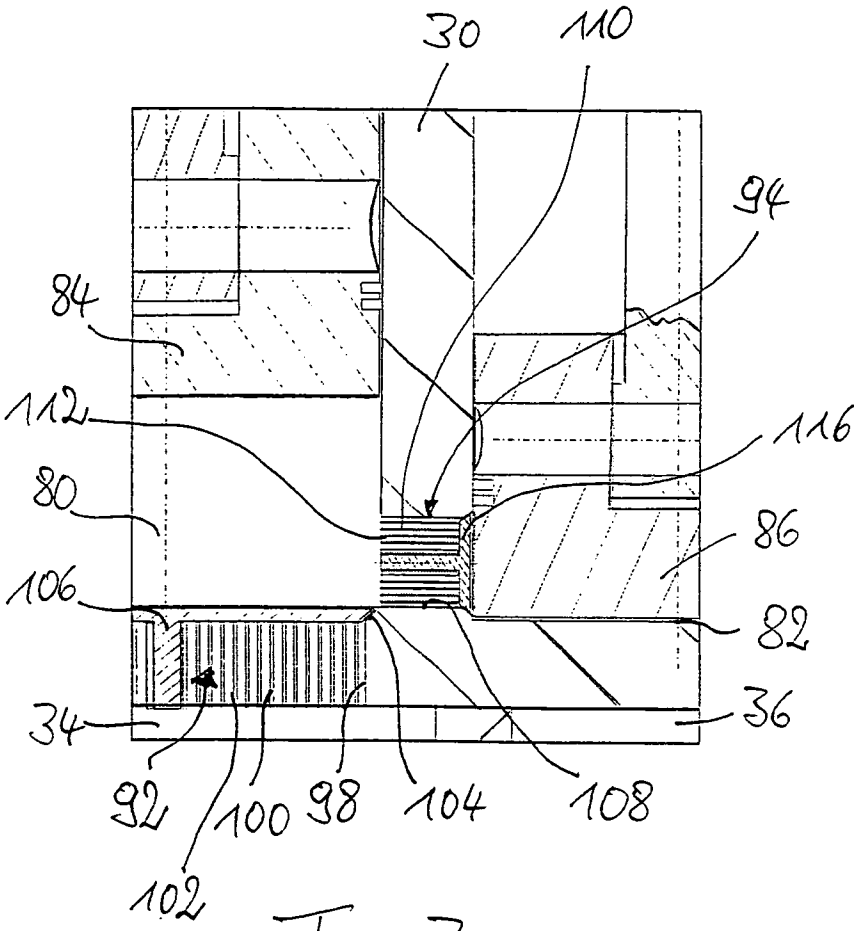
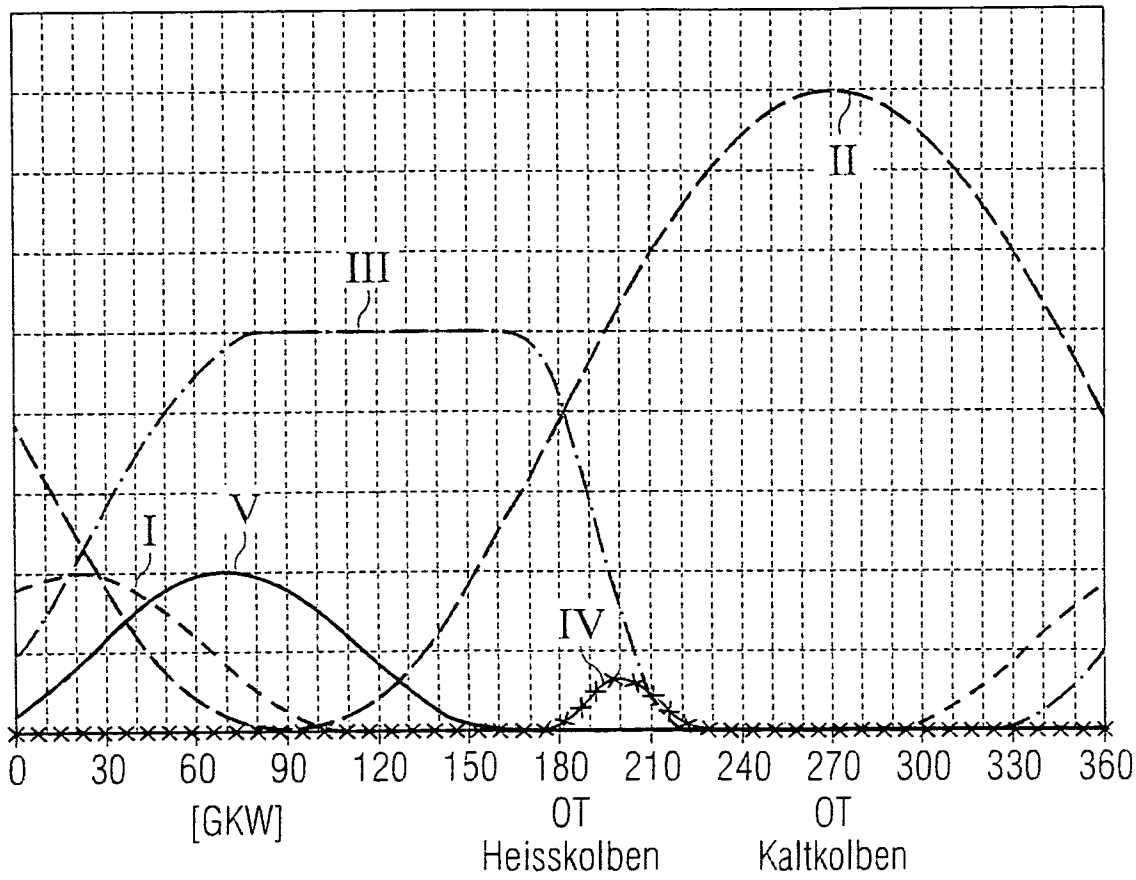


FIG 3

FIG 4


II
III
I
V
IV
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
[GKW]
OT
Heisskolben
OT
Kaltkolben