

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50659/2023  
(22) Anmeldetag: 18.08.2023  
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2024

(51) Int. Cl.: **F02F 1/40** (2006.01)  
**F02F 1/24** (2006.01)  
**F01P 3/16** (2006.01)  
**F02B 23/10** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
JP 2004162563 A  
AT 510857 A4  
DE 102005031243 A1  
DE 102022104356 A1  
WO 2016113786 A1  
EP 0430258 A1

(73) Patentinhaber:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)

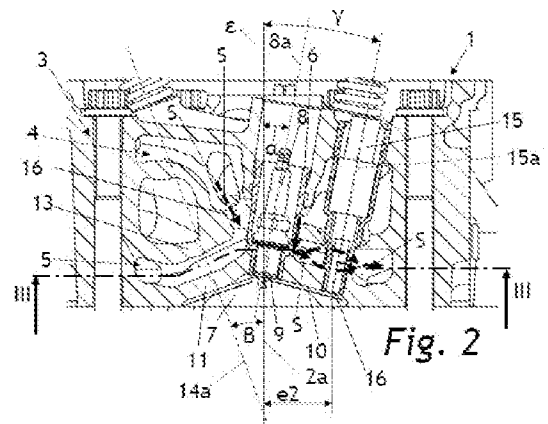
(72) Erfinder:  
Szabo Janos Dipl.-Ing.  
8125 Sarkeresztur (HU)  
Zurk Andreas Ing.  
8481 Weinburg (AT)

(74) Vertreter:  
Babeluk Patentanwälte GmbH  
1080 Wien (AT)

### (54) FLÜSSIGKEITSGEKÜHLTER ZYLINDERKOPF

(57) Die Erfindung betrifft einen flüssigkeitsgekühlten Zylinderkopf (1) für eine Brennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder (2), wobei der Zylinderkopf (1) nach einem Top-Down-Cooling-Konzept gekühlt wird, mit einem Kühlraum (3) mit einem oberen ersten Teilkühlraum (4) und einem unteren zweiten Teilkühlraum (5), mit pro Zylinder (2) zumindest einem Kühlmittelübertritt (16) zwischen dem ersten Teilkühlraum (4) und dem zweiten Teilkühlraum (5) im Bereich einer zentral angeordneten Aufnahmhülse (6) für eine in einen Brennraum (7) mündende, eine Zündkerzenlängsachse (8a) aufweisende Zündkerze (8), deren Zündkerzenmündung (9) in einer an den Brennraum (7) grenzenden Brennraumdeckfläche (10) angeordnet ist.

Um eine effiziente Verbrennung und optimale Wärmeabfuhr zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass die Brennraumdecke (10) dachförmig oder kalottenförmig gestaltet ist und die Zündkerzenlängsachse (8a) mit einer Zylinderachse (2a) oder einer Parallelen zur Zylinderachse (2a) und/oder einer Motorhochebene ( $\epsilon$ ), welche durch die Zylinderachsen (2a) zweier benachbarter Zylinder (2) aufgespannt wird, einen ersten Winkel ( $\alpha$ )>0 aufspannt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen kühlmittelgekühlten Zylinderkopf für eine Brennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder, wobei der Zylinderkopf nach einem Top-Down-Cooling-Konzept gekühlt wird, mit einem Kühlraum mit einem oberen ersten Teilkühlraum und einem unteren zweiten Teilkühlraum, mit pro Zylinder zumindest einem Kühlmittelübertritt zwischen dem ersten Teilkühlraum und dem zweiten Teilkühlraum im Bereich einer etwa zentral angeordneten Aufnahmehülse für eine in einen Brennraum mündenden eine Zündkerzenlängsachse aufweisenden Zündkerze, deren Zündkerzenmündung in einer an den Brennraum grenzenden Brennraumdeckfläche angeordnet ist.

**[0002]** Um die hohen Temperaturen im Zylinderkopf in dem für das Material ertragbaren Bereich zu halten, ist es üblich den Zylinderkopf über Kühlräume zu kühlen. Dazu ist es vorgesehen, dass das Kühlmittel den Zylinderkopf entweder von einem Kurbelgehäuse kommend vom unteren Teilkühlraum zum oberen Teilkühlraum durchströmt oder wie in der vorliegenden Erfindung vom oberen Teilkühlraum zum unteren Teilkühlraum durchströmt, was auch als Top-Down-Cooling bezeichnet wird.

**[0003]** Durch diese beiden unterschiedlichen Herangehensweisen ergeben sich sehr unterschiedliche Strömungsverhältnisse und Kühlbedingungen im Zylinderkopf und in den Teilkühlräumen.

**[0004]** Derartige Anordnungen sind beispielsweise aus der AT 510 857 B1 bekannt. Darin ist eine Überströmöffnung um einen Aufnahmebutzen für eine Zündkerze oder eine Einspritzdüse, die bis in den Brennraum reicht, gezeigt. Auch aus der DE 10 2005 031 243 B4 ist ein ähnlicher Zylinderkopf bekannt.

**[0005]** Aus der DE 10 2022 104 356 A1 ist eine Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf mit vier Gaswechselventilen pro Zylinder bekannt, welche mit einer Zylinderachse jeweils einen Winkel von  $0^\circ \pm 5^\circ$  einschließen. Im Bereich der Zylinderachse ist eine Zündeinrichtung angeordnet. Eine durch ein Feuerdeck des Zylinderkopfes gebildete Brennraumdecke ist im Wesentlichen flach ausgebildet. Der flüssigkeitsgekühlte Zylinderkopf weist eine insbesondere für Top-Down-Kühlkonzepte konzipierte Teilkühlraumanordnung mit einem ersten Teilkühlraum und einem zweiten Teilkühlraum auf. Die beiden Kühlräume sind im Bereich der Zündeinrichtung miteinander strömungsverbunden.

**[0006]** Die WO 2016/113786 A1 offenbart einen Zylinderkopf mit einer dachförmigen Brennraumdecke. Der Zylinderkopf weist zwei übereinanderliegende Kühlräume und ein Top-Down-Kühlkonzept auf.

**[0007]** Die EP 430 258 A1 beschreibt einen Zylinderkopf mit einem dachförmigen Brennraumboden, einem Hauptkühlmantel und einem Hilfskühlmantel sowie einer geneigten Zündkerze.

**[0008]** Die JP 2004 162563 A offenbart eine fremdgezündete Brennkraftmaschine mit einer dachförmigen Brennraumdecke mit zwei Einlassöffnungen und zwei Auslassöffnungen und einem mitigen Einspritzventil pro Zylinder. Die Aufnahmeöffnung für eine Zündkerze ist zwischen den zwei Auslassöffnungen angeordnet. Im Bereich der Zylinderachse ist eine Aufnahmeöffnung für ein Einspritzventil angeordnet. Eine Top-Down-Kühlung ist nicht vorgesehen.

**[0009]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung bei einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine eine effiziente Verbrennung und optimale Wärmeabfuhr zu ermöglichen.

**[0010]** Die Aufgabe wird bei einem Zylinderkopf der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Brennraumdecke dachförmig oder kalottenförmig gestaltet ist und die Zündkerzenlängsachse mit der Zylinderachse oder einer Parallelen zur Zylinderachse und/oder einer Motorhochebene, welche durch die Zylinderachsen zweier benachbarter Zylinder aufgespannt wird, einen ersten Winkel  $>0$  aufspannt, und dass der zweite Teilkühlraum zumindest einen zwischen zwei Gaswechselventile verlaufenden radialer Stegkanal aufweist.

**[0011]** Vorzugsweise beträgt der erste Winkel maximal  $30^\circ$ , vorzugsweise  $5^\circ$  bis  $15^\circ$ .

**[0012]** Eine Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass die Zündkerze in Bezug auf eine Zylinderachse exzentrisch in den Brennraum einmündet.

**[0013]** Die Exzentrizität zwischen der Zündkerzenlängsachse und der Zylinderachse im Bereich der Zündkerzenmündung beträgt günstigerweise maximal etwa 10% des Zylinderdurchmessers.

**[0014]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung sind pro Zylinder zumindest zwei, vorzugsweise mindestens vier Gaswechselventile vorgesehen, wobei eine Ventilachse zumindest eines Gaswechselventils, vorzugsweise die Ventilachsen aller Gaswechselventile, mit der Zylinderachse oder einer Parallelen zur Zylinderachse und/oder der Motorhochebene jeweils einen zweiten Winkel  $>0$ , vorzugsweise  $> 5^\circ$ , aufspannt/aufspannen. Eine effiziente Ladungsbewegung im Brennraum kann erzielt werden, wenn der zweite Winkel  $10^\circ$  bis  $30^\circ$ , vorzugsweise  $12^\circ$  bis  $20^\circ$  beträgt.

**[0015]** In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass pro Zylinder zumindest ein in den Brennraum mündender Injektor zur direkten Kraftstoffeinbringungen vorgesehen ist, dessen Injektormündung in der Brennraumdeckfläche angeordnet ist, wobei eine Injektorachse des Injektors mit der Zylinderachse oder mit einer Parallelen zur Zylinderachse und/oder mit der Motorhochebene einen dritten Winkel  $>0$ , vorzugsweise  $> 5^\circ$ , aufspannt. Der dritte Winkel kann vorteilhafterweise  $5^\circ$  bis  $15^\circ$  betragen. Die geneigte Anordnung der Injektorachse ermöglicht es die Injektormündung nahe der Zylindermitte positionieren.

**[0016]** Weiters ist es günstig, wenn der Injektor in Bezug auf die Zündkerze exzentrisch in den Brennraum mündet, wobei vorzugsweise eine zweite Exzentrizität zwischen der Injektorachse und der Zylinderachse im Bereich der Injektormündung.

**[0017]** Bevorzugt ist die Injektormündung zwischen zwei Einlassöffnungen der Gaswechselventile angeordnet.

**[0018]** Um eine gute Kühlung der Stegbereiche zwischen den Einlass- und/oder Auslassöffnungen der Gaswechselventile zu erzielen ist es vorteilhaft, wenn der radiale Stegkanal von einem die Aufnahmhülse umgebenden ersten Ringkanal ausgeht.

**[0019]** In weiterer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Injektor in einer Injektorhülse angeordnet ist, welche den zweiten Teilkühlraum im Bereich eines - vorzugsweise zwischen zwei Einlassöffnungen angeordneten - ersten radialen Stegkanals durchdringt. Dies ermöglicht eine gute Kühlung des Injektors. Dabei ist es weiters vorteilhaft, wenn der zweite Teilkühlraum einen die Injektorhülse umgebenden zweiten Ringkanal aufweist, wobei vorzugsweise der erste radiale Stegkanal den ersten Ringkanal und den zweiten Ringkanal verbindet.

**[0020]** Das Kühlmittel gelangt vom ersten Teilkühlraum durch den Kühlmittelübertritt in den ersten Ringkanal um die Aufnahmhülse für die Zündkerze und strömt von dem ersten Ringkanal weiter durch den ersten radialen Stegkanal in den zweiten Ringkanal um die Injektorhülse zwischen den beiden Einlassventilen, umströmt dabei die Injektorhülse und gelangt in einem einlassseitigen Kühlbereich des ersten Teilkühlraumes.

**[0021]** Die beschriebene Anordnung der Zündkerze und des Injektors mit geneigten Gaswechselventilen ermöglicht eine optimale Verbrennung, insbesondere bei alternativen Kraftstoffen, beispielsweise Wasserstoff. Insbesondere kann das erläuterte Konstruktionskonzept auch verwendet werden, um bei Brennkraftmaschinen, die in herkömmlicher Weise mit Benzin, Erdgas oder alkoholischen Kraftstoffe betrieben werden, eine Umstellung auf Wasserstoffbetrieb zu ermöglichen.

**[0022]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der nicht einschränkenden Ausführungsbeispiele, welche in den Figuren dargestellt sind, näher erläutert. Darin zeigen schematisch

**[0023]** Fig. 1 einen Zylinderkopf einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer ersten Ausführungsvariante,

**[0024]** Fig. 2 einen Zylinderkopf einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer zweiten Ausführungsvariante, in einem Schnitt gemäß der Linie II-II in Fig. 3,

- [0025] Fig. 3 diesen Zylinderkopf in einem Schnitt gemäß der Linie III-III in Fig. 2,
- [0026] Fig. 4 diesen Zylinderkopf in einer brennraumseitigen Ansicht und
- [0027] Fig. 5 einen Zylinderkopf einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer dritten Ausführungsvariante in einer Kerndarstellung der Einlass- und Auslasskanäle.
- [0028] Gleiche Teile sind in den Ausführungsvarianten mit gleichen Bezugszeichen versehen.
- [0029] Die Fig. 1 zeigt schematisch einen Zylinderkopf 1 für eine Brennkraftmaschine, welche nach dem sogenannten Top-Down-Kühlkonzept betrieben wird.
- [0030] Der flüssigkeitsgekühlte Zylinderkopf 1 ist für einen oder für mehrere Zylinder 2 ausgebildet und weist einen Kühlraum 3 mit einem oberen ersten Teilkühlraum 4 und einem unteren zweiten Teilkühlraum 5 auf. Pro Zylinder 2 ist zumindest ein Kühlmittelübertritt 16 zwischen dem ersten Teilkühlraum 4 und dem zweiten Teilkühlraum 5 im Bereich einer zentral angeordneten Aufnahmehülse 6 für eine in einen Brennraum 7 mündende, eine Zündkerzenlängsachse 8a aufweisende Zündkerze 8 vorgesehen. Der Begriff zentral ist hier insbesondere hinsichtlich der Zylinderachse 2a zu verstehen, so dass die zentral angeordnete Zündkerze 8 möglichst nahe an der Zylinderachse 2a des Zylinders 2 angeordnet ist.
- [0031] Die Mündung 9 der Zündkerze 8 in den Brennraum 7 ist in einer an den Brennraum 7 grenzenden Brennraumdeckfläche 10 angeordnet, welche durch das Feuerdeck 11 des Zylinderkopfes 1 gebildet ist. Die Brennraumdeckfläche 10 ist in Fig. 2 konkav, beispielsweise kalottenförmig, gestaltet. Die Zündkerzenlängsachse 8a spannt mit der Zylinderachse 2a oder einer Parallelen zur Zylinderachse 2a und/oder einer Motorhochebene  $\epsilon$ , welche durch die Zylinderachsen 2a zweier benachbarter Zylinder 2 des Zylinderkopfes 1 aufgespannt wird, einen ersten Winkel  $\alpha > 0$  auf. Der erste Winkel  $\alpha$  beträgt beispielsweise maximal  $30^\circ$ , insbesondere mindestens  $5^\circ$  und maximal  $15^\circ$  (Fig. 1).
- [0032] Der obere erste Teilkühlraum 4 und der untere zweite Kopfteilkühlraum 5 sind im Wesentlichen durch ein Zwischendeck 13 voneinander getrennt. Der obere erste Teilkühlraum 4 ist also in einer Richtung entlang der Zylinderachse 2a gesehen weiter vom Zylinderblock 12 entfernt als der untere zweite Teilkühlraum 5.
- [0033] Unter einem Top-Down-Kühlkonzept wird im Rahmen der vorliegenden Offenbarung insbesondere verstanden, dass ein Kühlmittelfluss im Zylinderkopf 1 in Richtung des an den Zylinderkopf 1 nach unten angeschlossenen Zylinderblocks 12 bzw. des Feuerdecks 11 geführt wird. Mit anderen Worten wird Kühlmittel in einer Richtung entlang der Zylinderachse 2a von einem vom Feuerdeck 11 bzw. dem Zylinderblock 12 entfernten Bereich zum Feuerdeck 11 bzw. zu dem Zylinderblock 12 geführt, wodurch insbesondere eine hohe Kühlwirkung am thermisch stark belasteten Feuerdeck 11 erzielt werden kann.
- [0034] Wie bei Zylinderköpfen 1 mit Top-Down Kühlkonzepten üblich, wird der Zylinderkopf 1 also gemäß den Pfeilen S von oben - also einem dem Feuerdeck 11 des Zylinderkopfes 1 fernen Bereich - nach unten - also einem dem Feuerdeck 11 nahen Bereich - von Kühlmittel durchströmt. Das Kühlmittel wird dabei dem oberen ersten Kopfteilkühlraum 4 zugeführt, durchströmt unter Kühlung der in Fig. 3 und 5 angedeuteten Auslasskanäle 19, 20 den ersten Kopfteilkühlraum 4 und gelangt über den nahe der Zylinderachse 2a im Bereich der Zündkerze 8 angeordneten Kühlmittelübertritt 16 in den an das Feuerdeck 11 grenzenden unteren zweiten Teilkühlraum 5.
- [0035] Die Zündkerze 8 mündet in Bezug auf die Zylinderachse 2a exzentrisch in den Brennraum 7 ein.
- [0036] Die erste Exzentrizität  $e_1$  zwischen der Zündkerzenlängsachse 8a und der Zylinderachse 2a im Bereich der Mündung beträgt beispielsweise maximal etwa 10% des Zylinderdurchmessers  $d$  des Zylinders 2.
- [0037] Pro Zylinder 2 sind zumindest zwei, vorzugsweise mindestens vier Gaswechselventile 14 - beispielsweise zwei Einlassventile und zwei Auslassventile - vorgesehen, wobei die Ventilachse 14a zumindest eines Gaswechselventils 14, vorzugsweise die Ventilachsen 14a aller Gaswech-

selventile 14, mit der Zylinderachse 2a oder einer Parallelen zur Zylinderachse 2a und/oder der Motorhochebene  $\varepsilon$  jeweils einen zweiten Winkel  $\beta > 0^\circ$ , beispielsweise  $> 5^\circ$ , aufspannt/aufspannen. Der zweite Winkel  $\beta$  kann beispielsweise mindestens  $10^\circ$  und maximal  $30^\circ$ , insbesondere mindestens  $15^\circ$  und maximal  $20^\circ$  betragen.

**[0038]** Die in den Fig. 2 bis 4 gezeigte Ausführungsvariante unterscheidet sich von Fig. 1 dadurch, dass die Brennraumdachfläche 10 dachförmig geformt ist. Weiters ist pro Zylinder 2 zumindest ein in den Brennraum 7 mündender Injektor 15 zur direkten Kraftstoffeinbringung in den Brennraum 7 vorgesehen. Die Injektormündung 16 des Injektors 15 ist in der Brennraumdeckfläche 10 angeordnet. Die Injektorachse 15a des Injektors 15 spannt mit der Zylinderachse 2a oder einer Parallelen zur Zylinderachse 2a und/oder mit der Motorhochebene  $\varepsilon$  einen dritten Winkel  $\gamma > 0$ , insbesondere  $> 5^\circ$ , auf. Beispielsweise beträgt der dritte Winkel  $\gamma$  mindestens  $5^\circ$  und maximal  $15^\circ$ .

**[0039]** Der Injektor 15 mündet in Bezug auf die Zylinderachse 2a exzentrisch in den Brennraum 7 ein. Eine diesbezügliche zweite Exzentrizität  $e_2$  zwischen der Injektorachse 15a und der Zylinderachse 2a beträgt im Bereich der Injektormündung 16 etwa 30 bis 45% des Zylinderdurchmessers  $d$  des Zylinders 2.

**[0040]** Wie aus Fig. 3 hervorgeht, ist der Injektor 15 zwischen zwei Einlasskanälen 17, 18 angeordnet, die über Einlassöffnungen 21, 22 in den Brennraum 7 münden. Mit Bezugszeichen 19, 20 sind Auslasskanäle bezeichnet.

**[0041]** Fig. 4 zeigt, dass sich die Injektormündung 16 zwischen zwei Einlassöffnungen 21, 22 befindet.

**[0042]** Im Ausführungsbeispiel weist der zweite Teilkühlraum 5 jeweils zwischen den beiden Einlasskanälen 17, 18 und zwischen den beiden Auslasskanälen 19, 20 einen radialen Stegkanal 23, 24 auf. Weitere Stegkanäle 25, 26 können jeweils im Bereich der Motorhochebene  $\varepsilon$  zwischen einem Einlasskanal 17; 18 und einem Auslasskanal 19; 20 angeordnet sein (Fig. 3).

**[0043]** Ein erster radialer Stegkanal 23 ist zwischen den beiden Einlasskanälen 17, 18 angeordnet. Der erste radiale Stegkanal 23 geht von einem die Aufnahmhülse 6 für die Zündkerze 8 umgebenden ersten Ringkanal 27 aus.

**[0044]** Der Injektor 15 ist in einer Injektorhülse 28 angeordnet, welche den zweiten Teilkühlraum 5 im Bereich des zwischen zwei Einlasskanälen 17, 18 angeordneten ersten radialen Stegkanals 23 durchdringt.

**[0045]** Der zweite Teilkühlraum 5 weist einen die Injektorhülse 28 umgebenden zweiten Ringkanal 29 auf, wobei der erste radiale Stegkanal 23 den ersten Ringkanal 27 und den zweiten Ringkanal 29 verbindet.

**[0046]** Die Einlasskanäle 17, 18 sind günstigerweise tumbleerzeugend ausgebildet und können im Zylinderkopf 1 zwischen einem - nicht weiter dargestellten - Einlassflansch und den Einlassöffnungen 21, 22 entweder getrennt oder zusammenhängend geführt sein. Eine Ausführungsvariante der Erfindung mit einer zusammenhängenden Anordnung von Einlasskanälen 17, 18 und Auslasskanälen 19, 20 ist in Fig. 5 gezeigt.

**[0047]** Mit der beschriebenen Anordnung kann auf einfache Weise eine effiziente Verbrennung und eine optimale Kühlung von thermisch kritischen Bereichen im Zylinderkopf 2 ermöglicht werden.

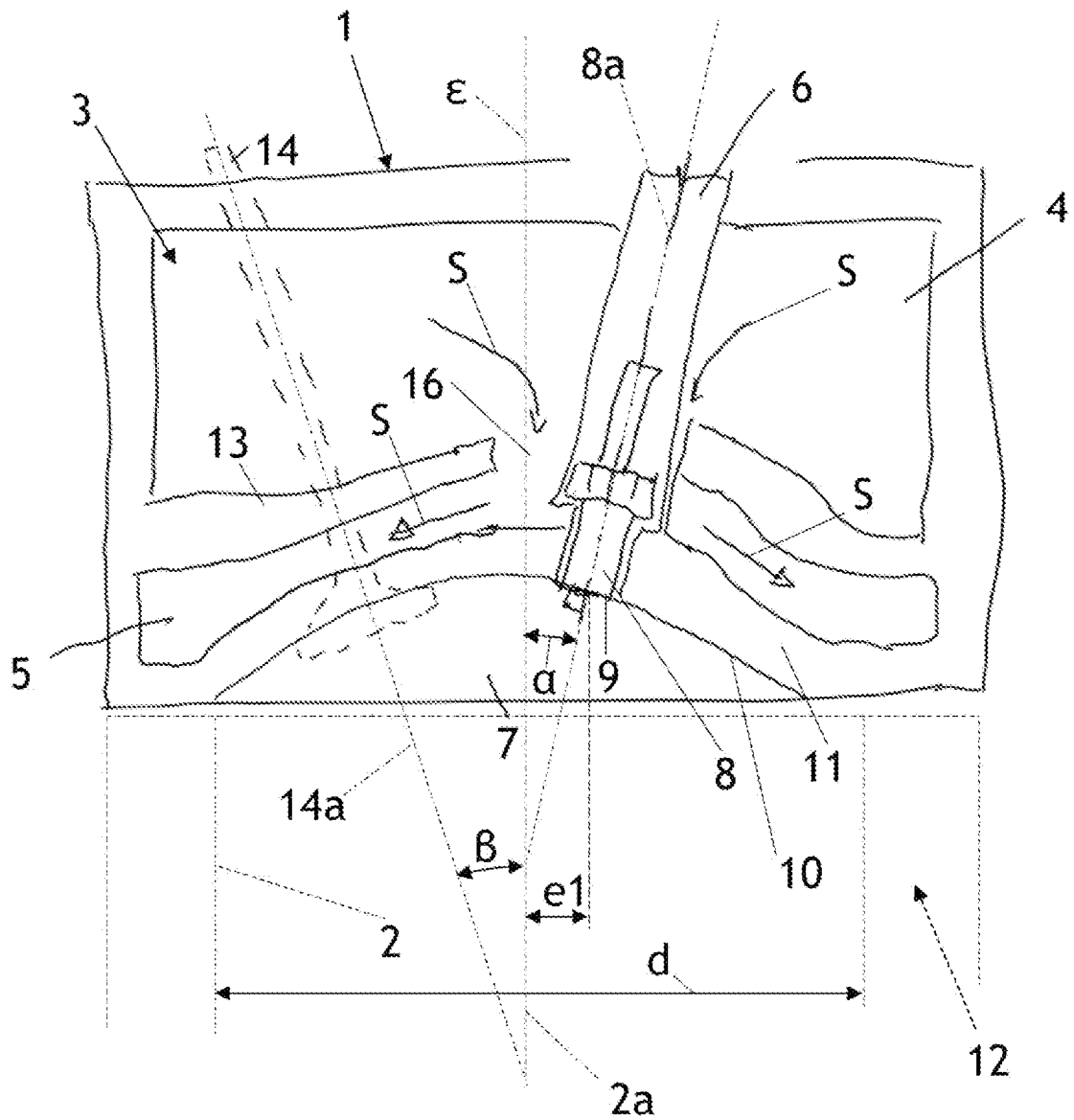
## Patentansprüche

1. Flüssigkeitsgekühlter Zylinderkopf (1) für eine Brennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder (2), wobei der Zylinderkopf (1) nach einem Top- Down-Cooling-Konzept gekühlt wird, mit einem Kühlraum (3) mit einem oberen ersten Teilkühlraum (4) und einem unteren zweiten Teilkühlraum (5), mit pro Zylinder (2) zumindest einem Kühlmittelübertritt (16) zwischen dem ersten Teilkühlraum (4) und dem zweiten Teilkühlraum (5) im Bereich einer etwa zentral angeordneten Aufnahmhülse (6) für eine in einen Brennraum (7) mündende, eine Zündkerzenlängsachse (8a) aufweisende Zündkerze (8), deren Zündkerzenmündung (9) in einer an den Brennraum (7) grenzenden Brennraumdeckfläche (10) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennraumdecke (10) dachförmig oder kalottenförmig gestaltet ist und die Zündkerzenlängsachse (8a) mit einer Zylinderachse (2a) oder einer Parallelen zur Zylinderachse (2a) und/oder einer Motorhochebene ( $\epsilon$ ), welche durch die Zylinderachsen (2a) zweier benachbarter Zylinder (2) aufgespannt wird, einen ersten Winkel ( $\alpha$ )>0 aufspannt, und dass der zweite Teilkühlraum (5) zumindest einen zwischen zwei Gaswechselventile (14) verlaufenden radialer Stegkanal (23, 24, 25, 26) aufweist.
2. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zündkerze (8) in Bezug auf die Zylinderachse (2a) exzentrisch in den Brennraum (7) einmündet.
3. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Exzentrizität ( $e_1$ ) zwischen der Zündkerzenlängsachse (8a) und der Zylinderachse (2a) im Bereich der Zündkerzenmündung (9) maximal etwa 10% des Zylinderdurchmessers (d) des Zylinders (2) beträgt.
4. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Winkel ( $\alpha$ ) maximal 30°, vorzugsweise 5° bis 15° beträgt.
5. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass pro Zylinder (2) zumindest zwei, vorzugsweise mindestens vier Gaswechselventile (14) vorgesehen sind, wobei eine Ventilachse (14a) zumindest eines Gaswechselventils (14), vorzugsweise die Ventilachsen (14a) aller Gaswechselventile (14), mit der Zylinderachse (2a) oder einer Parallelen zur Zylinderachse (2a) und/oder mit der Motorhochebene ( $\epsilon$ ) jeweils einen zweiten Winkel ( $\beta$ )>0, Vorzugsweise > 5°, aufspannt/aufspannen.
6. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Winkel ( $\beta$ ) 10° bis 30°, vorzugsweise 12° bis 20° beträgt.
7. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass pro Zylinder (2) zumindest ein in den Brennraum (7) mündender Injektor (15) zur direkten Kraftstoffeinbringung in den Brennraum (7) vorgesehen ist, dessen Injektormündung (16) in der Brennraumdeckfläche (10) angeordnet ist, wobei eine Injektorachse (15a) des Injektors (15) mit der Zylinderachse (2a) oder einer Parallelen zur Zylinderachse (2a) und/oder mit der Motorhochebene ( $\epsilon$ ) einen dritten Winkel ( $\gamma$ )>0, vorzugsweise > 5°, aufspannt.
8. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dritte Winkel ( $\gamma$ ) 5° bis 15° beträgt.
9. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Injektor (15) in Bezug auf die Zylinderachse (2a) exzentrisch in den Brennraum mündet,
10. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zweite Exzentrizität ( $e_2$ ) zwischen der Injektorachse (15a) und der Zylinderachse (2a) im Bereich der Injektormündung (16) etwa 30% bis 45% des Zylinderdurchmessers (d) des Zylinders (2) beträgt.
11. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Injektormündung (16) zwischen zwei Einlassöffnungen (21, 22) angeordnet ist.
12. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der radiale Stegkanal (23, 24, 25, 26) von einem die Aufnahmhülse (6) umgebenden ersten Ringkanal (27) ausgeht.

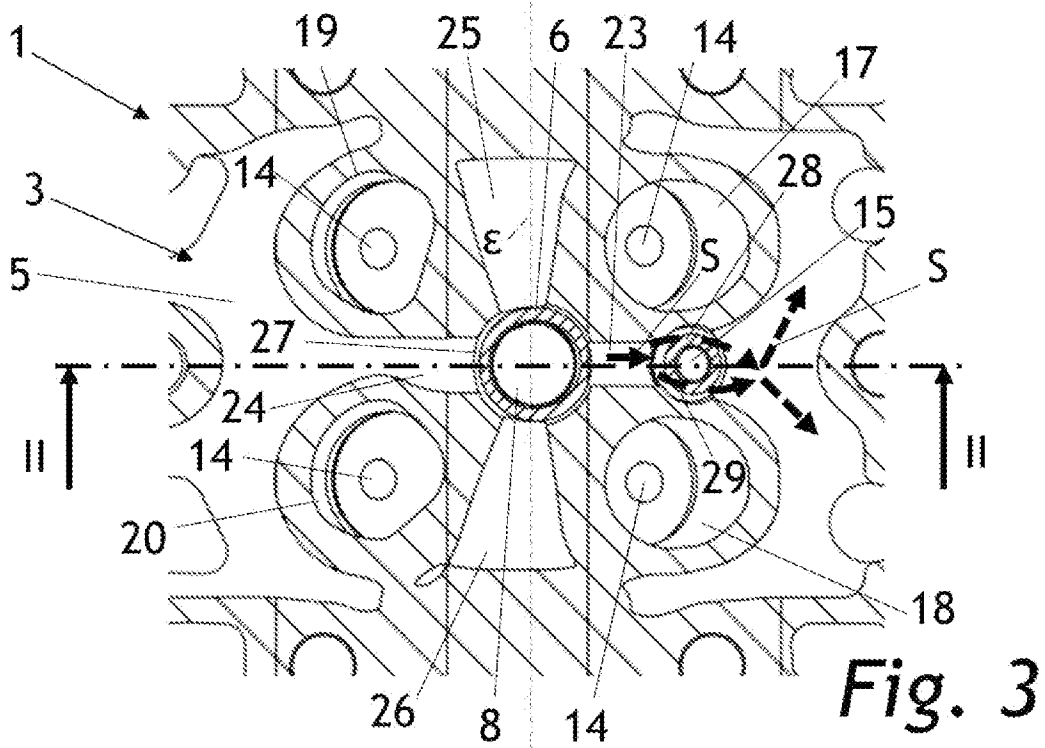
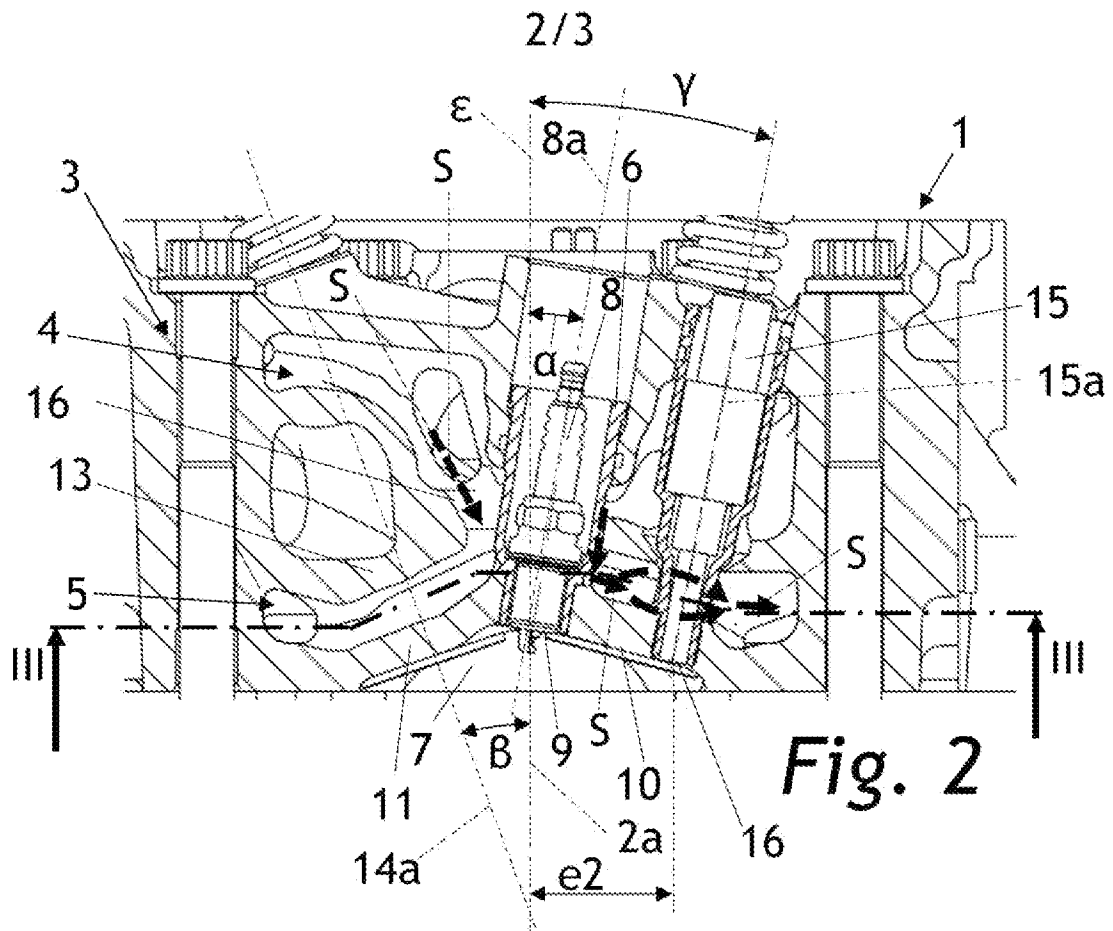
13. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Injektor (15) in einer Injektorhülse (28) angeordnet ist, welche den zweiten Teilkühlnraum (5) im Bereich eines - vorzugsweise zwischen zwei Einlasskanälen (17, 18) angeordneten - ersten radialen Stegkanals (23) durchdringt.
14. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Teilkühlnraum (5) einen die Injektorhülse (28) umgebenden zweiten Ringkanal (29) aufweist, wobei vorzugsweise der erste radiale Stegkanal (23) den ersten Ringkanal (27) und den zweiten Ringkanal (29) verbindet.

**Hierzu 3 Blatt Zeichnungen**

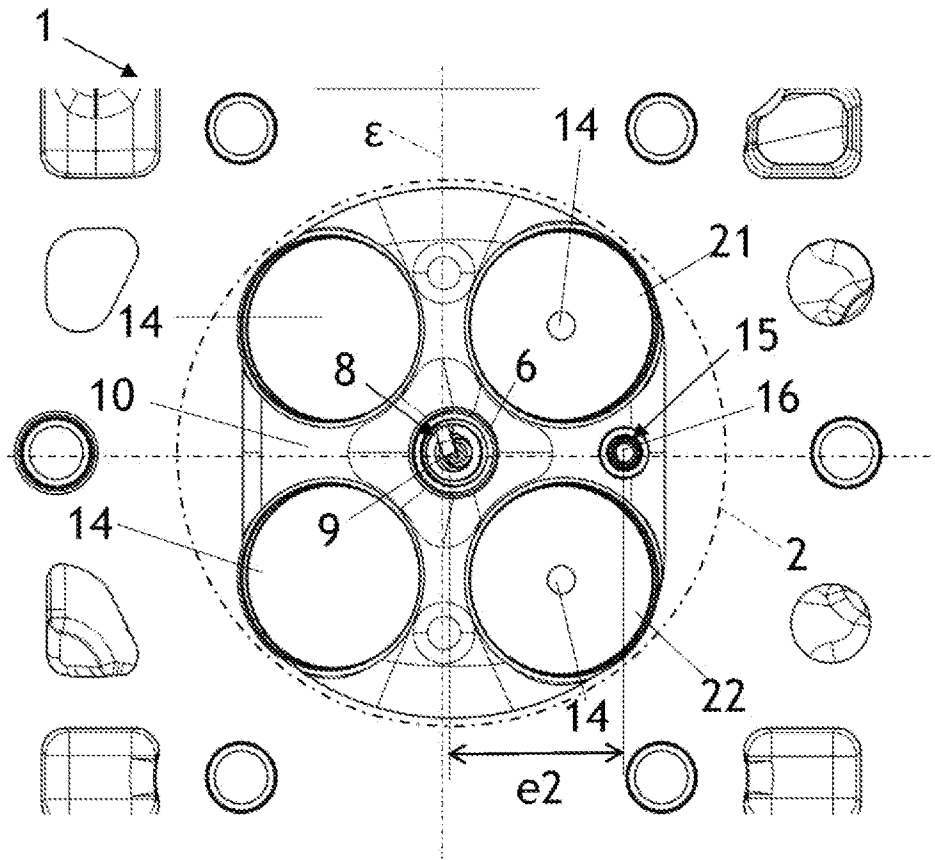
1/3



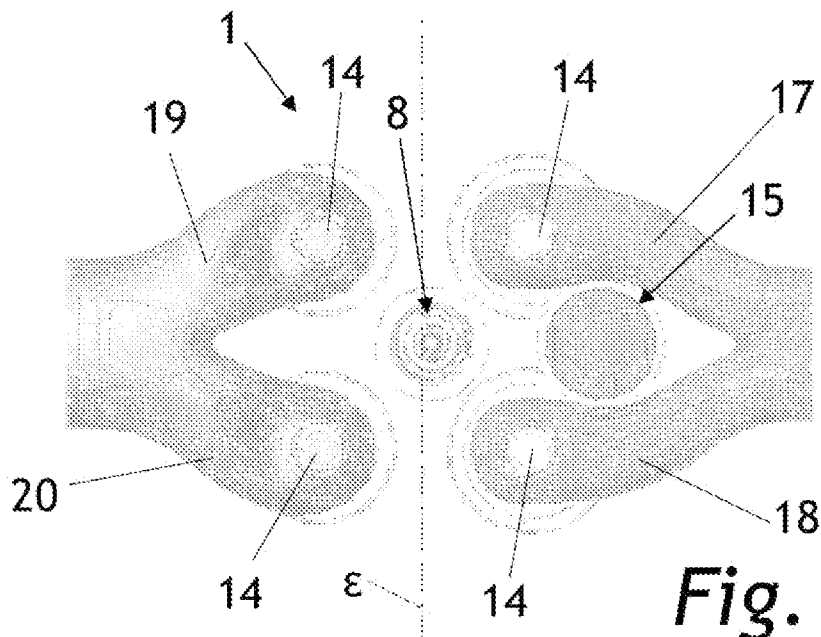
**Fig. 1**



3/3



**Fig. 4**



**Fig. 5**