(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2016 102 844 A1** 2017.08.10

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 102 844.4**
(22) Anmeldetag: **18.02.2016**
(43) Offenlegungstag: **10.08.2017**

(51) Int Cl.: ***F01N 13/10*** (2010.01)
F02F 1/24 (2006.01)

(66) Innere Priorität:
10 2016 101 980.1 04.02.2016

(71) Anmelder:
Eberspächer Exhaust Technology GmbH & Co. KG, 66539 Neunkirchen, DE

(74) Vertreter:
RLTG - Ruttensperger Lachnit Trossin Gomoll, 80335 München, DE

(72) Erfinder:
Mohr, Ralf, 69118 Heidelberg, DE; Spieth, Arnulf, 73269 Hochdorf, DE; Häberle, Jürgen, 70372 Stuttgart, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**10 2008 049 093**	**A1**
JP	**2010- 223 160**	**A**

Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau; Grote, Karl-Heinrich; Feldhusen, Jörg; Springer Verlag; Berlin, Heidelberg; 2011; E-ISBN: 978-3-642-17306-6; S. B11-B15

Handbuch Verbrennungsmotor: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven; Basshuysen, Richard; Schäfer, Fred; Springer Fachmedien, Wiesbaden; 2015; E-ISBN: 978-3-658-04678-1; S. 333-338

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

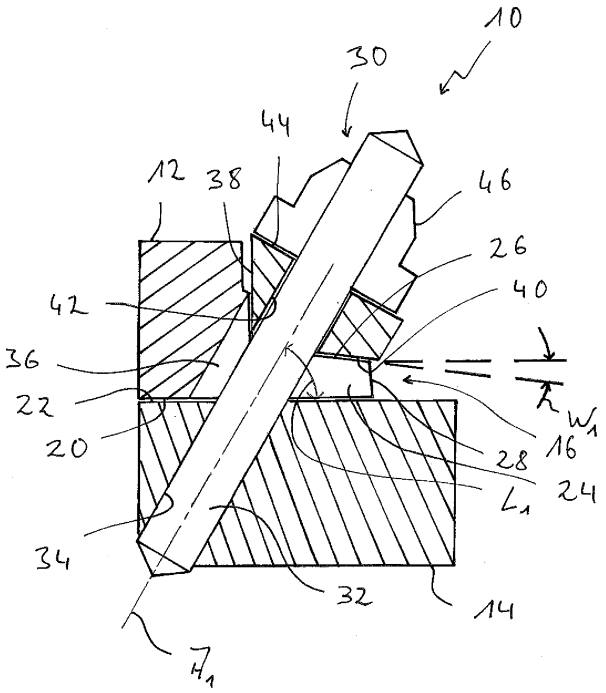
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Befestigungsanordnung zur Festlegung eines Auslasskrümmers an einem Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Bei einer Befestigungsanordnung zur Festlegung eines Auslasskrümmers (12) an einem Zylinderkopf (14) einer Brennkraftmaschine weist der Auslasskrümmer (12) eine im Wesentlichen plane erste Anlagefläche (20) zur Abstützung bezüglich einer im Wesentlichen planen zweiten Anlagefläche (22) des Zylinderkopfes (14) auf, wobei der Auslasskrümmer (12) in einem ersten Befestigungsrandbereich (16) einen keilartigen ersten Befestigungsflanschbereich (24) mit einer bezüglich der ersten Anlagefläche (20) mit einem ersten Keilwinkel (W_1) geneigten ersten Befestigungselementenabstützfläche (26) aufweist, wobei ein erstes Befestigungselement (38) vermittels wenigstens einer bezüglich des Zylinderkopfes (14) sich abstützenden oder abstützbaren ersten Befestigungsbolzeneinheit (30) mit einer ersten Befestigungsflanschabstützfläche (40) gegen die erste Befestigungselementenabstützfläche (26) gepresst oder pressbar ist, wobei für den ersten Keilwinkel (W_1) und einen Haftreibungskoeffizienten (μ) der Reibwechselwirkung des ersten Befestigungselements (38) bezüglich des Auslasskrümmers (12) gilt:

$0 < W_1 \leq 2\tan^{-1}(\mu)$,

wobei:
W_1 der erste Keilwinkel ist,
μ der Haftreibungskoeffizient ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Befestigungsanordnung zur Festlegung eines Auslasskrümmers an einem Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine.

[0002] Bei in Kraftfahrzeugen eingesetzten Brennkraftmaschinen, welche im Allgemeinen als Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen mit zumindest einer Reihe von in einem Zylinderblock ausgebildeten Zylindern aufgebaut sind, ist an einer Auslassseite des Zylinderkopfes ein entlang der Reihe von Zylindern langgestreckter und damit die aus diesen austretenden Abgasen aufnehmender Auslasskrümmer, allgemein auch als Abgaskrümmer bezeichnet, festgelegt. Der Auslasskrümmer weist eine im Wesentlichen plane Anlagefläche auf, welche unter Zwischenlagerung eines Dichtungselements bezüglich einer ebenfalls im Wesentlichen planen Anlagefläche des Zylinderkopfs abgestützt ist. Der Auslasskrümmer weist an seinen Längsseiten jeweilige Befestigungsrandbereiche auf. Durch am Zylinderkopf beispielsweise durch Verschraubung festgelegte Befestigungsbolzeneinheiten sind an den Befestigungsrandbereichen sich abstützende Befestigungselemente gegen die Befestigungsrandbereiche bzw. dort jeweils vorgesehene Befestigungselementenabstützflächen bzw. gegen den Zylinderkopf gepresst, so dass der Auslasskrümmer gegen die Anlagefläche des Zylinderkopfes gepresst wird, selbstverständlich unter Zwischenlagerung des bereits angesprochenen Dichtungselementes zur Herstellung eines gasdichten Abschlusses.

[0003] Aus baulichen Gründen kann es erforderlich sein, an zumindest einem der Befestigungsrandbereiche die bezüglich des Zylinderkopfes einerseits und eines Befestigungselements andererseits sich abstützenden Befestigungsbolzeneinheiten nicht orthogonal zur Anlagefläche des Zylinderkopfes, sondern dazu geneigt anzuordnen, um bei der Festlegung des Auslasskrümmers am Zylinderkopf Zugriff auf die Befestigungsbolzeneinheiten zu haben. Diese geneigte Anordnung der Befestigungsbolzeneinheiten an zumindest einem der Befestigungsrandbereiche erfordert eine keilartige Ausgestaltung eines an diesem Befestigungsrandbereich vorgesehenen Befestigungsflanschbereichs, an welchem das durch diese Befestigungsbolzeneinheiten gegen den Befestigungsrandbereich gepresste Befestigungselement sich abstützt. Durch diese geneigte Anordnung der Befestigungsbolzeneinheiten und die keilartige Ausgestaltung des Befestigungsflanschbereichs entstehen Querkräfte, welche den Auslasskrümmer in Richtung auf seinen anderen Befestigungsrandbereich bzw. die dort vorgesehenen Befestigungsbolzeneinheiten und das dort vorgesehene Befestigungselement zu belasten.

[0004] Im Betrieb einer Brennkraftmaschine unterliegt der Auslasskrümmer ebenso wie der Zylinderkopf einer hohen thermischen und mechanischen Belastung. Durch die am Beginn eines Verbrennungsbetriebs und nach dem Ende eines Verbrennungsbetriebs auftretenden, thermisch induzierten Ausdehnungen bzw. Kontraktionen entstehen auch im Bereich der Festlegung des Auslasskrümmers an dem Zylinderkopf wiederholt Kräfte, welche auch die zur Festlegung des Auslasskrümmers am Zylinderkopf eingesetzten Befestigungsbolzeneinheiten stark belasten und, auch unterstützt durch die im Verbrennungsbetrieb auftretenden Vibrationen, zum Lockern von Befestigungsbolzeneinheiten und einer von einer Soll-Einbaulage des Auslasskrümmers bezüglich des Zylinderkopfes abweichenden Einbaulage führen können.

[0005] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Befestigungsanordnung zur Festlegung eines Auslasskrümmers an einem Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine vorzusehen, welche eine unter starker thermischer und mechanischer Belastung stabile und gegen undefinierte Bewegungen gesicherte Festlegung des Auslasskrümmers am Zylinderkopf gewährleistet.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Befestigungsanordnung zur Festlegung eines Auslasskrümmers an einem Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine, wobei der Auslasskrümmer eine im Wesentlichen plane erste Anlagefläche zur Abstützung bezüglich einer im Wesentlichen planen zweiten Anlagefläche des Zylinderkopfes aufweist, wobei der Auslasskrümmer in einem ersten Befestigungsrandbereich einen keilartigen ersten Befestigungsflanschbereich mit einer bezüglich der ersten Anlagefläche mit einem ersten Keilwinkel geneigten ersten Befestigungselementenabstützfläche aufweist, wobei ein erstes Befestigungselement vermittels wenigstens einer bezüglich des Zylinderkopfes sich abstützenden oder abstützbaren ersten Befestigungsbolzeneinheit mit einer ersten Befestigungsflanschabstützfläche gegen die erste Befestigungselementenabstützfläche gepresst oder pressbar ist, wobei für den ersten Keilwinkel und einen Haftreibungskoeffizienten der Reibwechselwirkung des ersten Befestigungselements bezüglich des Auslasskrümmers gilt:

$$0 < W_1 \leq 2\tan^{-1}(\mu),$$

wobei:

W_1 der erste Keilwinkel ist,
μ der Haftreibungskoeffizient ist.

[0007] Durch die Auswahl des ersten Keilwinkels in dem vorangehend angegebenen Bereich wird gewährleistet, dass die im Wesentlichen parallel zu den

aufeinander zu vorgespannten Abstützflächen des Auslasskrümmers einerseits und des Zylinderkopfes andererseits orientierten Kräfte, welche grundsätzlich aufgrund der keilartigen Ausgestaltung des ersten Befestigungsflanschbereiches zu einer Querbelastung bzw. Querverschiebung des Auslasskrümmers bezüglich des Zylinderkopfes führen könnten, nur in einem einen Reibkegel nicht wesentlich übersteigenden Ausmaß auftreten können. Durch diese Begrenzung der auf den Auslasskrümmer einwirkenden Verschiebekräfte wird gewährleistet, dass auch bei wiederholt auftretender thermischer und mechanischer Belastung eine ungewünschte Verschiebung des Auslasskrümmers bzw. ein ungewünschtes Lockern der Befestigungsbolzeneinheiten nicht auftreten wird. Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass für den ersten Keilwinkel und den Haftreibungskoeffizienten gilt:

$0 < W_1 \leq \tan^{-1}(\mu)$,

vorzugsweise

$W_1 = \tan^{-1}(\mu)$.

[0008] Auf diese Art und Weise kann gewährleistet werden, dass die den Auslasskrümmer grundsätzlich in Richtung Verschieben belastenden Kräfte so gering gehalten sind, dass sie die zwischen dem ersten Befestigungsflanschbereich und dem ersten Befestigungselement auftretenden Haftreibungskräfte nicht übersteigen können und somit eine durch die vermittels der ersten Befestigungsbolzeneinheiten auf den Auslasskrümmer ausgeübten Kräfte induzierte Querverschiebung des Auslasskrümmers minimiert nicht auftreten kann.

[0009] Bei einer alternativen Ausgestaltungsart, bei welcher die durch Reibwechselwirkung entstehenden Haftreibungskräfte geringfügig übersteigende Querkräfte zugelassen werden, wird vorgeschlagen, dass für den ersten Keilwinkel und den Haftreibungskoeffizienten gilt:

$\tan^{-1}(\mu) < W_1 \leq 2\tan^{-1}(\mu)$.

[0010] Für eine Querkräfte ebenfalls im Wesentlichen ausschließende Abstützwechselwirkung zwischen dem ersten Befestigungselement und der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit wird vorgeschlagen, dass das erste Befestigungselement eine zu einer ersten Befestigungsbolzenlängsachse der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit im Wesentlichen orthogonale erste Befestigungsbolzeneinheitabstützfläche zur Abstützung der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit bezüglich des ersten Befestigungselements aufweist.

[0011] Um für die Montage des Auslasskrümmers Zugang zu der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit gewährleisten zu können, wird vorgeschlagen, dass eine erste Befestigungsbolzenlängsachse der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit mit einem ersten Längsachsenwinkel bezüglich der zweiten Anlagefläche ausgehend von dem Zylinderkopf in Richtung auf ein freies Ende des ersten Befestigungsflanschbereichs zu geneigt ist, vorzugsweise im Bereich zwischen 50° und 70°, am meisten bevorzugt mit etwa 60°. Dabei liegt vorzugsweise die erste Befestigungsbolzenlängsachse der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit in einer zur zweiten Anlagefläche im Wesentlichen orthogonalen Ebene, was letztendlich bedeutet, dass diese erste Befestigungsbolzenlängsachse im Wesentlichen nur nach außen, also in Richtung vom Auslasskrümmer weg und in Richtung auf das freie Ende des ersten Befestigungsflanschbereichs zu geneigt ist, nicht jedoch in der Richtung der Längserstreckung des Auslasskrümmers, in welcher dieser sich entlang der Reihe von Zylindern in einem Zylinderblock erstreckt, geneigt ist.

[0012] Um ferner in der Wechselwirkung zwischen der wenigstens einen Befestigungsbolzeneinheit und dem ersten Befestigungselement Querverschiebungen zwischen diesen beiden Baugruppen, also Verschiebungen im Wesentlichen quer zur Befestigungsbolzenlängsachse dieser wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit zu vermeiden, wird weiter vorgeschlagen, dass ein Befestigungsbolzen der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit eine Befestigungsbolzendurchgriffsöffnung in dem ersten Befestigungselement im Wesentlichen ohne Bewegungsspiel quer zur ersten Befestigungsbolzenlängsachse durchsetzt.

[0013] Um auch an der anderen Seite des Auslasskrümmers eine stabile Anbindung desselben an den Zylinderkopf zu gewährleisten, wird vorgeschlagen, dass der Auslasskrümmer in einem zweiten Befestigungsrandbereich einen dem ersten Befestigungsflanschbereich im Wesentlichen entgegengesetzt orientierten zweiten Befestigungsflanschbereich mit einer bezüglich der ersten Anlagefläche mit einem zweiten Keilwinkel geneigten zweiten Befestigungselementenabstützfläche aufweist, wobei ein zweites Befestigungselement vermittels wenigstens einer bezüglich des Zylinderkopfes sich abstützenden oder abstützbaren zweiten Befestigungsbolzeneinheit gegen den Zylinderkopf gepresst oder pressbar ist und eine bezüglich der zweiten Anlagefläche mit dem zweiten Keilwinkel geneigte zweite Befestigungsflanschabstützfläche ausweist. Das zweite Befestigungselement kann vor Anbringung des Auslasskrümmers am Zylinderkopf festgelegt werden, so dass der Auslasskrümmer mit seinem ebenfalls keilartig ausgebildeten zweiten Befestigungsflanschbereich unter das zweite Befestigungselement geschoben werden kann und nachfolgend am ersten Befestigungsrand-

bereich eine Festlegung vermittels des ersten Befestigungselements erfolgen kann.

[0014] Vorteilhafterweise ist eine zweite Befestigungsbolzenlängsachse der wenigstens einen zweiten Befestigungsbolzeneinheit bezüglich der zweiten Anlagefläche mit einem zweiten Längsachsenwinkel angeordnet, wobei der zweite Längsachsenwinkel im Bereich von 90° liegt.

[0015] Der zweite Keilwinkel ist vorzugsweise größer als der erste Keilwinkel, und das zweite Befestigungselement kann eine zur zweiten Befestigungsbolzenlängsachse der wenigstens einen zweiten Befestigungsbolzeneinheit im Wesentlichen orthogonale zweite Befestigungsbolzeneinheitabstützfläche zur Abstützung der wenigstens einen zweiten Befestigungsbolzeneinheit bezüglich des zweiten Befestigungselements aufweisen.

[0016] Um die im Verbrennungsbetrieb auftretenden hohen thermischen und mechanischen Belstungen aufnehmen zu können, kann der Auslasskrümmer aus Stahl, vorzugsweise ST52, aufgebaut sein. Auch das mit dem Auslasskrümmer in Reibwechselwirkung tretende erste Befestigungselement kann aus Stahl, vorzugsweise ebenfalls ST52, aufgebaut sein. Der zwischen dem Auslasskrümmer und dem Zylinderkopf wirkende Haftreibungskoeffizient liegt insbesondere bei Einsatz von Stahlmaterial zum Aufbau dieser Baugruppen beispielsweise im Bereich von 0,10 bis 0,14, vorzugsweise im Bereich von 0,11 bis 0,13.

[0017] Die Erfindung betrifft ferner eine Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Fahrzeug, umfassend einen an einem Zylinderblock festgelegten Zylinderkopf und einen vermittels einer erfindungsgemäßen Befestigungsanordnung an dem Zylinderkopf festgelegten Auslasskrümmer.

[0018] Nachfolgend wird die Erfindung mit Bezug auf die beiliegenden Figuren detailliert beschrieben. Es zeigt:

[0019] **Fig.** 1 eine prinzipartige Querschnittansicht eines in einem ersten Befestigungsrandbereich mit einem Zylinderkopf verbundenen Auslasskrümmers;

[0020] **Fig.** 2 eine der **Fig.** 1 entsprechende Darstellung, welche die Festlegung des Auslasskrümmers am Zylinderkopf in einem zweiten Befestigungsrandbereich des Auslasskrümmers zeigt.

[0021] Die **Fig.** 1 und **Fig.** 2 zeigen in vereinfachter Darstellung eine allgemein mit **10** bezeichnete Befestigungsanordnung, vermittels welcher ein Auslasskrümmer **12** an einem Zylinderkopf **14** einer Brennkraftmaschine festgelegt werden kann. Dabei zeigt die **Fig.** 1 die Festlegung des Auslasskrümmers **12** am Zylinderkopf **14** in einem ersten Befestigungsrandbereich **16** des Auslasskrümmers **12**, während die **Fig.** 2 die Festlegung des Auslasskrümmers **12** am Zylinderkopf **14** in einem zweiten Befestigungsrandbereich **18** des Auslasskrümmers **12** zeigt. Es sei darauf hingewiesen, dass der Auslasskrümmer **12** grundsätzlich orthogonal zu den Zeichenebenen der **Fig.** 1 und **Fig.** 2 langgestreckt sein kann und sich mit seiner Längserstreckungsrichtung entlang der in einem Zylinderblock vorgesehenen Zylinder erstrecken kann.

[0022] Der Auslasskrümmer **12** weist eine plan ausgebildete erste Anlagefläche **20** auf, welche einer zweiten Anlagefläche **22** des Zylinderkopfes **14** gegenüberliegt. Wie im Folgenden beschrieben, wird der Auslasskrümmer **12** in Richtung auf die zweite Anlagefläche **22** zu beaufschlagt, wobei zwischen der ersten Anlagefläche **20** und der zweiten Anlagefläche **22** zum Erhalt eines gasdichten Abschlusses ein in den Figuren nicht dargestelltes Dichtungselement positioniert wird.

[0023] Im ersten Befestigungsrandbereich **16** weist der Auslasskrümmer **12** einen keilartig ausgebildeten ersten Befestigungsflanschbereich **24** auf. Dieser ist in Richtung auf den Zylinderkopf **14** zu durch die erste Anlagefläche **20** begrenzt und ist in Richtung vom Zylinderkopf **14** weg durch eine Befestigungselementenabstützfläche **26** begrenzt. Zwischen der ersten Anlagefläche **20** und der ersten Befestigungselementenabstützfläche **26** ist ein erster Keilwinkel W_1 gebildet, so dass der erste Befestigungsflanschbereich **24** in Richtung auf ein freies Ende **28** desselben zu sich verjüngend ausgebildet ist.

[0024] Zur Festlegung des Auslasskrümmers **12** in seinem ersten Befestigungsrandbereich **16** am Zylinderkopf **14** ist vorzugsweise eine Mehrzahl von in der Längserstreckungsrichtung des Auslasskrümmers **12**, also orthogonal zur Zeichenebene der **Fig.** 1 aufeinander folgenden ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30** vorgesehen. Jede dieser ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30** umfasst einen Befestigungsbolzen **32**, allgemein auch als Stehbolzen bezeichnet, der in eine zugeordnete Öffnung **34** im Zylinderkopf **14** eingesetzt, vorzugsweise eingeschraubt ist. Der Befestigungsbolzen **32** ist also vorzugsweise als Außengewindebolzen ausgebildet, und die diesen aufnehmende Öffnung **34** im Zylinderkopf **14** ist als Innengewindeöffnung ausgebildet.

[0025] In Zuordnung zu jeder ersten Befestigungsbolzeneinheit **30** ist im ersten Befestigungsflanschbereich **24** eine beispielsweise zum freien Ende **28** desselben hin offene Befestigungsbolzendurchgriffsöffnung **36** ausgebildet. Durch diese Befestigungsbolzendurchgriffsöffnung **36** erstreckt sich der Befestigungsbolzen **32** ausgehend vom Zylinderkopf **14** mit seiner ersten Befestigungsbolzenlängsachse A_1 unter einem ersten Längsachsenwinkel L_1 bezüglich

der zweiten Anlagefläche **22** nach außen, also in Richtung vom Auslasskrümmer **12** weg bzw. in Richtung auf das freie Ende **28** des ersten Befestigungsflanschbereichs **24** zu geneigt. Dabei liegt vorzugsweise die erste Befestigungsbolzenlängsachse A_1 in einer zur zweiten Anlagefläche **22** orthogonalen, somit also im Wesentlichen auch der Zeichenebene der **Fig.** 1 entsprechenden Ebene. Der Befestigungsbolzen **32** weist somit keine Neigungswinkelkomponente in Richtung der Längserstreckung des Auslasskrümmers **12** auf.

[0026] Die Befestigungsanordnung **10** umfasst in Zuordnung zum ersten Befestigungsflanschbereich **24** ferner ein erstes Befestigungselement **38**. Das erste Befestigungselement **38** erstreckt sich in Richtung der Längserstreckung des Auslasskrümmers **12** vorzugsweise über den gesamten ersten Befestigungsrandbereich **16** hinweg und wirkt somit mit den in dieser Längserstreckungsrichtung des Auslasskrümmers **12** aufeinander folgenden ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30** zusammen.

[0027] Das erste Befestigungselement **38** weist eine erste Befestigungsflanschabstützfläche **40** auf, mit welcher dieses an der ersten Befestigungselementenabstützfläche **26** des ersten Befestigungsflanschbereichs **24** anliegt. In Zuordnung zu jeder ersten Befestigungsbolzeneinheit **30** weist das erste Befestigungselement **38** eine Befestigungsbolzendurchgriffsöffnung **42** auf, in welcher ein jeweiliger Befestigungsbolzen **32** im Wesentlichen ohne Bewegungsspiel quer zu seiner ersten Befestigungsbolzenlängsachse A_1 aufgenommen ist. Es ist also eine möglichst genaue Passung vorgesehen, welche einerseits das Aufschieben des ersten Befestigungselements **38** auf die Befestigungsbolzen **32** ermöglicht, andererseits aber Querverschiebungen des ersten Befestigungselements **38** bezüglich der Befestigungsbolzen **32** im Wesentlichen nicht zulässt.

[0028] An der vom ersten Befestigungsflanschbereich **24** und somit der ersten Befestigungselementenabstützfläche **28** abgewandten Seite weist das erste Befestigungselement **38** eine Befestigungsbolzeneinheitabstützfläche **44** auf. An dieser zur ersten Befestigungsbolzenlängsachse A_1 im Wesentlichen orthogonal orientierten Befestigungsbolzeneinheitabstützfläche **44** kann sich eine in Gewindeeingriff mit dem Befestigungsbolzen **32** stehende oder bringbare Befestigungsmutter **46** entweder direkt oder über ein Einlagescheibenelement abstützen. Durch diese Befestigungsmutter **46** wird beim Anziehen derselben auf das erste Befestigungselement **48** eine im Wesentlichen in Richtung der ersten Befestigungsbolzenlängsachse A_1 und somit entsprechend geneigt zur zweiten Anlagefläche **22** gerichtete Kraft ausgeübt, welche das erste Befestigungselement **38** gegen den ersten Befestigungsflanschbereich **24**, somit also die erste Befestigungsflanschabstützfläche **40** gegen die erste Befestigungselementenabstützfläche **26** presst.

[0029] Auch in dem in **Fig.** 2 dargestellten zweiten Befestigungsrandbereich **18** weist der Auslasskrümmer **12** einen im Wesentlichen keilartig ausgebildeten zweiten Befestigungsflanschbereich **48** auf. Der zweite Befestigungsflanschbereich **48** weist eine unter einem zweiten Keilwinkel W_2 bezüglich der ersten Anlagefläche **20** und somit auch der zweiten Anlagefläche **22** geneigte zweite Befestigungselementenabstützfläche **50** auf. Auch der zweite Befestigungsflanschbereich **48** ist zu seinem freien Ende **52** hin sich verjüngend ausgebildet und ist somit dem ersten Befestigungsflanschbereich **24** im Wesentlichen entgegengesetzt orientiert.

[0030] In Zuordnung zum zweiten Befestigungsflanschbereich **48** umfasst die Befestigungsanordnung **10** ein zweites Befestigungselement **54**. Dieses ist durch eine Mehrzahl von in Richtung der Längserstreckung des Auslasskrümmers **12** aufeinander folgenden zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56** am Zylinderkopf **14** festgelegt. Jede zweite Befestigungsbolzeneinheit **56** umfasst einen Befestigungsbolzen **58**, welcher in eine zugeordnete Öffnung des Zylinderkopfs **14** eingesetzt, vorzugsweise darin durch Gewindeeingriff gehalten ist. Auch die Befestigungsbolzen **58** der zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56** sind somit vorzugsweise als Außengewindebolzen ausgebildet, während die diese aufnehmenden Öffnungen im Zylinderkopf **14** als Innengewindeöffnungen ausgebildet sind. Zu erkennen ist in **Fig.** 2, dass die Befestigungsbolzen **58** mit ihren zweiten Befestigungsbolzenlängsachsen A_2 bezüglich der zweiten Anlagefläche **22** mit einem zweiten Längsachsenwinkel L_2 von 90° angeordnet sind. Die Befestigungsbolzen **58** erstrecken sich somit bezüglich der zweiten Anlagefläche **22** im Wesentlichen orthogonal und weisen auch keine Neigungswinkelkomponenten in Richtung der Längserstreckungsrichtung des Auslasskrümmers **12** auf.

[0031] Die Befestigungsbolzen **58** der zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56** durchsetzen diesen jeweils zugeordnete Befestigungsbolzendurchgriffsöffnungen im zweiten Befestigungselement **54**. An einer von der zweiten Anlagefläche **22** des Zylinderkopfs **14** abgewandten Seite weist das Befestigungselement **54** eine zweite Befestigungsbolzeneinheitabstützfläche **60** auf, die zur jeweiligen zweiten Befestigungsbolzenlängsachse A_2 der Befestigungsbolzen **58** im Wesentlichen orthogonal steht und an welcher eine in Gewindeeingriff mit dem Befestigungsbolzen **58** einer jeweiligen zweiten Befestigungsbolzeneinheit **56** stehende oder bringbare Befestigungsmutter **62** entweder direkt oder unter Zwischenlagerung einer Einlagescheibe abgestützt oder abstützbar ist. Durch die Befestigungsmuttern **62** der zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56** wird das zwei-

te Befestigungselement **54** mit einer Zylinderkopfabstützfläche **64** gegen die zweite Anlagefläche **22** des Zylinderkopfs **14** gepresst. Das zweite Befestigungselement **54** wird somit vermittels der zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56** in definierter Positionierung bezüglich des Zylinderkopfs **14** gehalten. Hierzu weisen beispielsweise die im zweiten Befestigungselement **54** ausgebildeten Befestigungsbolzendurchgriffsöffnungen für die Befestigungsbolzen **58** der zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56** eine derartige Dimensionierung auf, dass in diesen Befestigungsbolzendurchgriffsöffnungen die Befestigungsbolzen **58** wiederum im Wesentlichen ohne Bewegungsspiel quer zu ihren zweiten Befestigungsbolzenlängsachsen A_2 aufgenommen sind, so dass das zweite Befestigungselement **54** nicht nur in Richtung orthogonal zurück zur Aufnahmefläche **22**, sondern auch in Richtung parallel zur zweiten Anlagefläche **22** in definierter Positionierung im Wesentlichen unbeweglich gehalten ist.

[0032] In Zuordnung zum zweiten Befestigungsflanschbereich **48** des Auslasskrümmers **12** ist am zweiten Befestigungselement **54** eine zweite Befestigungsflanschabstützfläche **66** vorgesehen. Diese ist bezüglich der zweiten Anlagefläche **22** und somit auch der ersten Anlagefläche **20** mit dem zweiten Keilwinkel W_2 geneigt, mit welchem auch die zweite Befestigungselementabstützfläche **50** des zweiten Befestigungsflanschbereichs **48** bezüglich diesen Flächen geneigt ist. Somit wird zwischen der zweiten Befestigungsflanschabstützfläche **66** und der zweiten Anlagefläche **22** eine keilartige Hinterschneidung gebildet, in welche der zweite Befestigungsflanschbereich **48** eingreifend positioniert werden kann. Aufgrund der übereinstimmenden Anwinkelungen der beiden Flächen **50**, **66** liegen das zweite Befestigungselement **54** und der Auslasskrümmer **12** im Bereich dieser Flächen unter Herstellung eines eine gleichmäßige Belastung bereitstellenden Flächenkontakts aneinander an. Dort, wo in der Längserstreckungsrichtung des Auslasskrümmers **12** aufeinander folgend die Befestigungsbolzen **58** der zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56** sich aus dem Zylinderkopf **14** heraus erstrecken, können im zweiten Befestigungsflanschbereich **48** zu dessen freien Ende **52** hin offene Aussparungen gebildet sein, in welche die Befestigungsbolzen **58** teilweise eingreifen bzw. durch welche die Befestigungsbolzen **58** sich hindurch erstrecken können.

[0033] Um die im Betrieb auftretenden thermischen und mechanischen Belastungen aufnehmen zu können und eine stabile Anbindung des Auslasskrümmers **12** an den Zylinderkopf **14** zu gewährleisten, sind der Auslasskrümmer **12** und die beiden Befestigungselemente **38**, **54** vorzugsweise aus Stahlmaterial, beispielsweise ST52, aufgebaut. Der Zylinderkopf **14** ist beispielsweise aus Aluminiummaterial aufgebaut. Die Befestigungsbolzeneinheiten **30**, **56**, insbesondere die Befestigungsbolzen **32**, **58** derselben, sind vorzugsweise ebenfalls aus Stahlmaterial aufgebaut, welches auch in der Abstützwechselwirkung mit dem Zylinderkopf **14** einerseits und den Befestigungselement **38**, **54** andererseits die erforderliche Anbindungsfestigkeit und die Belastbarkeit der Befestigungsbolzen **32**, **58** auch quer zu ihren Befestigungsbolzenlängsachsen A_1, A_2 gewährleistet.

[0034] Zur Anbringung des Auslasskrümmers **12** am Zylinderkopf **14** kann beispielsweise derart vorgegangen werden, dass zunächst die Befestigungsbolzen **58** der zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56**, ggf. auch die Befestigungsbolzen **32** der ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30**, mit der erforderlichen Einbautiefe in den Zylinderkopf **14** eingebracht werden. Darauf folgend wird das zweite Befestigungselement auf die Befestigungsbolzen **58** aufgeschoben und durch die Befestigungsmuttern **62** der zweiten Befestigungsbolzeneinheiten **56** gegen die zweite Anlagefläche **22** des Zylinderkopfs **14** gepresst. Sofern noch nicht geschehen, werden dann die Befestigungsbolzen **32** der ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30** mit der erforderlichen Einbautiefe in den Zylinderkopf **14** eingebracht, also z.B. eingeschraubt. Daraufhin wird das in den Figuren nicht dargestellte Dichtungselement auf die zweite Anlagefläche **22** aufgelegt, so dass es im Wesentlichen zwischen den zwei Reihen von Befestigungsbolzen **32**, **58** an der für den Einbau vorgesehenen Position liegt. Nachfolgend wird der Auslasskrümmer **12** auf den Zylinderkopf **14** zu bewegt, und zwar derart, dass der zweite Befestigungsflanschbereich **18** mit seiner zweiten Befestigungselementenabstützfläche **50** unter die zweite Befestigungsflanschabstützfläche **66** des zweiten Befestigungselements **54** eingreift.

[0035] Im Verlaufe dieses Vorgangs kann der Auslasskrümmer **12** derart verschwenkt werden, dass dessen erste Anlagefläche **20** sich der zweiten Anlagefläche **22** bzw. dem darauf positionierten Dichtungselement annähert. Bei dieser Bewegung bewegt sich der erste Befestigungsflanschbereich **24** mit den daran ausgebildeten Befestigungsbolzendurchgriffsöffnungen **36** über die Befestigungsbolzen **32** der ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30**, bis der Auslasskrümmer **12** unter Zwischenlagerung des Dichtungselements flächig bezüglich des Zylinderkopfs **14** abgestützt ist, d.h., die beiden Anlageflächen **20**, **22** im Wesentlichen parallel zueinander positioniert sind.

[0036] Nachfolgend wird das erste Befestigungselement **38** mit seinen Befestigungsbolzendurchgriffsöffnungen **42** auf die Befestigungsbolzen **32** der ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30** aufgeschoben und somit das erste Befestigungselement **38** mit seiner ersten Befestigungsflanschabstützfläche **40** an der ersten Befestigungselementenabstützfläche **26** anliegend positioniert. Durch Aufbringen und Anziehen

der Befestigungsmuttern **46** der ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30** wird das erste Befestigungselement **38** gegen den ersten Befestigungsflanschbereich **24** gepresst. Aufgrund der Neigung der Befestigungsbolzen **32** und aufgrund der keilartigen Ausgestaltung des zweiten Befestigungsflanschbereichs **24** können dabei Kräfte entstehen, welche den Auslasskrümmer **12** in den beiden Darstellungen der **Fig.** 1 und **Fig.** 2 jeweils nach links, also in Richtung auf das am Zylinderkopf **14** festgelegte zweite Befestigungselement **24** zu beaufschlagen bzw. verschieben können.

[0037] Um das Entstehen übermäßig großer Querkräfte, also den Auslasskrümmer **12** im Wesentlichen quer zum Zylinderkopf **14** belastender Kräfte zu vermeiden, ist gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung der erste Keilwinkel W_1 so gewählt, dass er folgende Bedingung erfüllt:

$0 < W_1 \leq 2\tan^{-1}(\mu)$.

[0038] Dabei ist μ der im Bereich der aneinander anliegenden ersten Befestigungselementenabstützfläche **26** und ersten Befestigungsflanschabstützfläche **40** auftretende Haftreibungskoeffizient, auch Haftreibbeiwert genannt. Dieser ist im Wesentlichen bestimmt durch die Aufbaumaterialien der beiden mit diesen Flächen **26**, **40** aneinander anliegenden Bauteile Auslasskrümmer **12** und erstes Befestigungselement **38**. Wie vorangehend angegeben, sind diese beiden Bauteile vorzugsweise aus Stahlmaterial, beispielsweise ST52, aufgebaut, so dass sich in diesem Bereich der gegenseitigen Anlage ein Haftreibungskoeffizient im Bereich von 0,11 bis 0,13 ergeben wird. Dies berücksichtigend, ergibt sich für den ersten Keilwinkel W_1, dass dieser gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung nicht größer als der zweifache inverse Tangens dieses Haftreibungskoeffizienten ist. Für die angesprochene Materialpaarung ergibt sich somit bei einem Haftreibungskoeffizienten von beispielsweise 0,13 ein oberer Grenzwert für diesen ersten Keilwinkel W1 im Bereich von etwa 14,81°. Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung sollte dieser erste Keilwinkel W_1 jedoch nicht größer als der einfache inverse Tangens des Haftreibungskoeffizienten sein, sollte also nicht größer als 7,41° sein.

[0039] Bei Auswahl des ersten Keilwinkels W_1 im vorangehend angegebenen Bereich und insbesondere auch derart, dass der zweite Keilwinkel W_2 größer ist als der erste Keilwinkel W_1, wird das Auftreten übermäßig großer Kräfte, welche zu einer insbesondere bei thermischer Ausdehnung bzw. Kontraktion übermäßig starken Verschiebung des Auslasskrümmers **12** in Richtung auf das zweite Befestigungselement **54** zu führen können, vermieden. Mit dem Vermeiden einer übermäßig starken Verschiebung wird auch vermieden, dass die verschiedenen Befestigungsbolzeneinheiten, insbesondere die ersten Befestigungsbolzeneinheiten **30**, aufgrund einer Verschiebung des ersten Befestigungsflanschbereichs **24** bezüglich des ersten Befestigungselements **38** in der Darstellung der **Fig.** 1 nach links gelockert werden bzw. ein erforderliches Anziehdrehmoment auch über eine längere Betriebsdauer hinweg nicht aufrechterhalten bleibt. Gleichwohl ermöglicht die keilartige Ausgestaltung insbesondere des ersten Befestigungsflanschbereichs **24** die im Betrieb einer Brennkraftmaschine unvermeidbar auftretenden thermisch bedingten Ausdehnungen bzw. Kontraktionen der verschiedenen Bauteile, ohne einer undefinierten, übermäßigen Relativbewegung zwischen dem Auslasskrümmer **12** und dem Zylinderkopf **14** bzw. einem Lockern der Befestigungsbolzeneinheiten.

[0040] Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsart kann vorgesehen sein, dass der erste Keilwinkel W_1 im Wesentlichen dem inversen Tangens des Haftreibbeiwertes μ entspricht. In diesem Falle entspricht also der erste Keilwinkel W_1 im Wesentlichen dem Reibwinkel bzw. Reibkegelwinkel. Somit kann sichergestellt werden, dass wesentliche Querkräfte, die zu einer Verschiebung des Zylinderkopfes **14** führen, nicht auftreten. Wird der erste Keilwinkel W_1 so gewählt, dass er etwas größer ist als der inverse Tangens des Haftreibbeiwertes μ, so können zwar begrenzte Querkräfte auftreten, eine übermäßige Belastung des Zylinderkopfes **14** in Querrichtung wird jedoch vermieden.

[0041] Es sei abschließend darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Ausgestaltung einer Befestigungsanordnung bzw. einer damit aufgebauten Brennkraftmaschine insbesondere dort in besonders vorteilhafter Weise realisiert werden kann, wo im Betrieb große mechanische und thermische Belastungen auftreten, also dort, wo der Auslasskrümmer am Zylinderkopf festgelegt ist. Grundsätzlich könnte eine derartige Befestigungsanordnung jedoch auch zur Festlegung eines Einlasskrümmers an einem Zylinderkopf genutzt werden.

Patentansprüche

1. Befestigungsanordnung zur Festlegung eines Auslasskrümmers (**12**) an einem Zylinderkopf (**14**) einer Brennkraftmaschine, wobei der Auslasskrümmer (**12**) eine im Wesentlichen plane erste Anlagefläche (**20**) zur Abstützung bezüglich einer im Wesentlichen planen zweiten Anlagefläche (**22**) des Zylinderkopfes (**14**) aufweist, wobei der Auslasskrümmer (**12**) in einem ersten Befestigungsrandbereich (**16**) einen keilartigen ersten Befestigungsflanschbereich (**24**) mit einer bezüglich der ersten Anlagefläche (**20**) mit einem ersten Keilwinkel (W_1) geneigten ersten Befestigungselementenabstützfläche (**26**) aufweist, wobei ein erstes Befestigungselement (**38**) vermittels wenigstens einer bezüglich des Zylinder-

kopfes (**14**) sich abstützenden oder abstützbaren ersten Befestigungsbolzeneinheit (**30**) mit einer ersten Befestigungsflanschabstützfläche (**40**) gegen die erste Befestigungselementenabstützfläche (**26**) gepresst oder pressbar ist, wobei für den ersten Keilwinkel (W_1) und einen Haftreibungskoeffizienten (μ) der Reibwechselwirkung des ersten Befestigungselements (**38**) bezüglich des Auslasskrümmers (**12**) gilt:

$0 < W_1 \leq 2\tan^{-1}(\mu)$,

wobei:
W_1 der erste Keilwinkel ist,
μ der Haftreibungskoeffizient ist.

2. Befestigungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass für den ersten Keilwinkel (W_1) und den Haftreibungskoeffizienten (μ) gilt:

$0 < W_1 \leq \tan^{-1}(\mu)$,

vorzugsweise

$W_1 = \tan^{-1}(\mu)$.

3. Befestigungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass für den ersten Keilwinkel (W_1) und den Haftreibungskoeffizienten (μ) gilt:

$\tan^{-1}(\mu) < W_1 \leq 2\tan^{-1}(\mu)$.

4. Befestigungsanordnung nach einem der Ansprüche 1–3, **dadurch gekennzeichnet,** dass das erste Befestigungselement (**38**) eine zu einer ersten Befestigungsbolzenlängsachse (A_1) der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit (**30**) im Wesentlichen orthogonale erste Befestigungsbolzeneinheitabstützfläche (**44**) zur Abstützung der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit (**30**) bezüglich des ersten Befestigungselements (**38**) aufweist.

5. Befestigungsanordnung nach einem der Ansprüche 1–4, **dadurch gekennzeichnet,** dass eine erste Befestigungsbolzenlängsachse (A_1) der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit (**30**) mit einem ersten Längsachsenwinkel (L_1) bezüglich der zweiten Anlagefläche (**22**) ausgehend von dem Zylinderkopf (**14**) in Richtung auf ein freies Ende (**28**) des ersten Befestigungsflanschbereichs (**24**) zu geneigt ist, vorzugsweise im Bereich zwischen 50° und 70°, am meisten bevorzugt mit etwa 60°, oder/und dass eine erste Befestigungsbolzenlängsachse (A_1) der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit (**30**) in einer zur zweiten Anlagefläche (**22**) im Wesentlichen orthogonalen Ebene liegt, oder/und dass ein Befestigungsbolzen (**32**) der wenigstens einen ersten Befestigungsbolzeneinheit (**30**) eine Befestigungsbolzendurchgriffsöffnung (**42**) in dem ersten Befestigungselement (**38**) im Wesentlichen ohne Bewegungsspiel quer zur ersten Befestigungsbolzenlängsachse (A_1) durchsetzt.

6. Befestigungsanordnung nach einem der Ansprüche 1–5, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Auslasskrümmer (**12**) in einem zweiten Befestigungsrandbereich (**18**) einen dem ersten Befestigungsflanschbereich (**24**) im Wesentlichen entgegengesetzt orientierten zweiten Befestigungsflanschbereich (**48**) mit einer bezüglich der ersten Anlagefläche (**20**) mit einem zweiten Keilwinkel (W_2) geneigten zweiten Befestigungselementenabstützfläche (**50**) aufweist, wobei ein zweites Befestigungselement (**54**) vermittels wenigstens einer bezüglich des Zylinderkopfes (**14**) sich abstützenden oder abstützbaren zweiten Befestigungsbolzeneinheit (**56**) gegen den Zylinderkopf (**14**) gepresst oder pressbar ist und eine bezüglich der zweiten Anlagefläche (**22**) mit dem zweiten Keilwinkel (W_2) geneigte zweite Befestigungsflanschabstützfläche (**66**) ausweist.

7. Befestigungsanordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass eine zweite Befestigungsbolzenlängsachse (A_2) der wenigstens einen zweiten Befestigungsbolzeneinheit (**56**) bezüglich der zweiten Anlagefläche (**22**) mit einem zweiten Längsachsenwinkel (L_2) angeordnet ist, wobei der zweite Längsachsenwinkel (L_2) im Bereich von 90° liegt.

8. Befestigungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass der zweite Keilwinkel (W_2) größer ist als der erste Keilwinkel (W_1).

9. Befestigungsanordnung nach einem der Ansprüche 6–8, **dadurch gekennzeichnet,** dass das zweite Befestigungselement (**54**) eine zur zweiten Befestigungsbolzenlängsachse (A_2) der wenigstens einen zweiten Befestigungsbolzeneinheit (**56**) im Wesentlichen orthogonale zweite Befestigungsbolzeneinheitabstützfläche (**60**) zur Abstützung der wenigstens einen zweiten Befestigungsbolzeneinheit (**56**) bezüglich des zweiten Befestigungselements (**54**) aufweist.

10. Befestigungsanordnung nach einem der Ansprüche 1–9, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Auslasskrümmer (**12**) aus Stahl, vorzugsweise ST52, aufgebaut ist, oder/und dass das erste Befestigungselement (**38**) aus Stahl, vorzugsweise ST52, aufgebaut ist, oder/und dass der Haftreibungskoeffizient (μ) im Bereich von 0,10 bis 0,14, vorzugweise im Bereich von 0,11 bis 0,13 liegt.

11. Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, umfassend einen an einem Zylinderblock festgelegten Zylinderkopf (**14**) und einen vermittels einer Befestigungsanordnung (**10**) nach ei-

nen der vorangehenden Ansprüche an dem Zylinderkopf (**14**) festgelegten Auslasskrümmer (**12**).

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

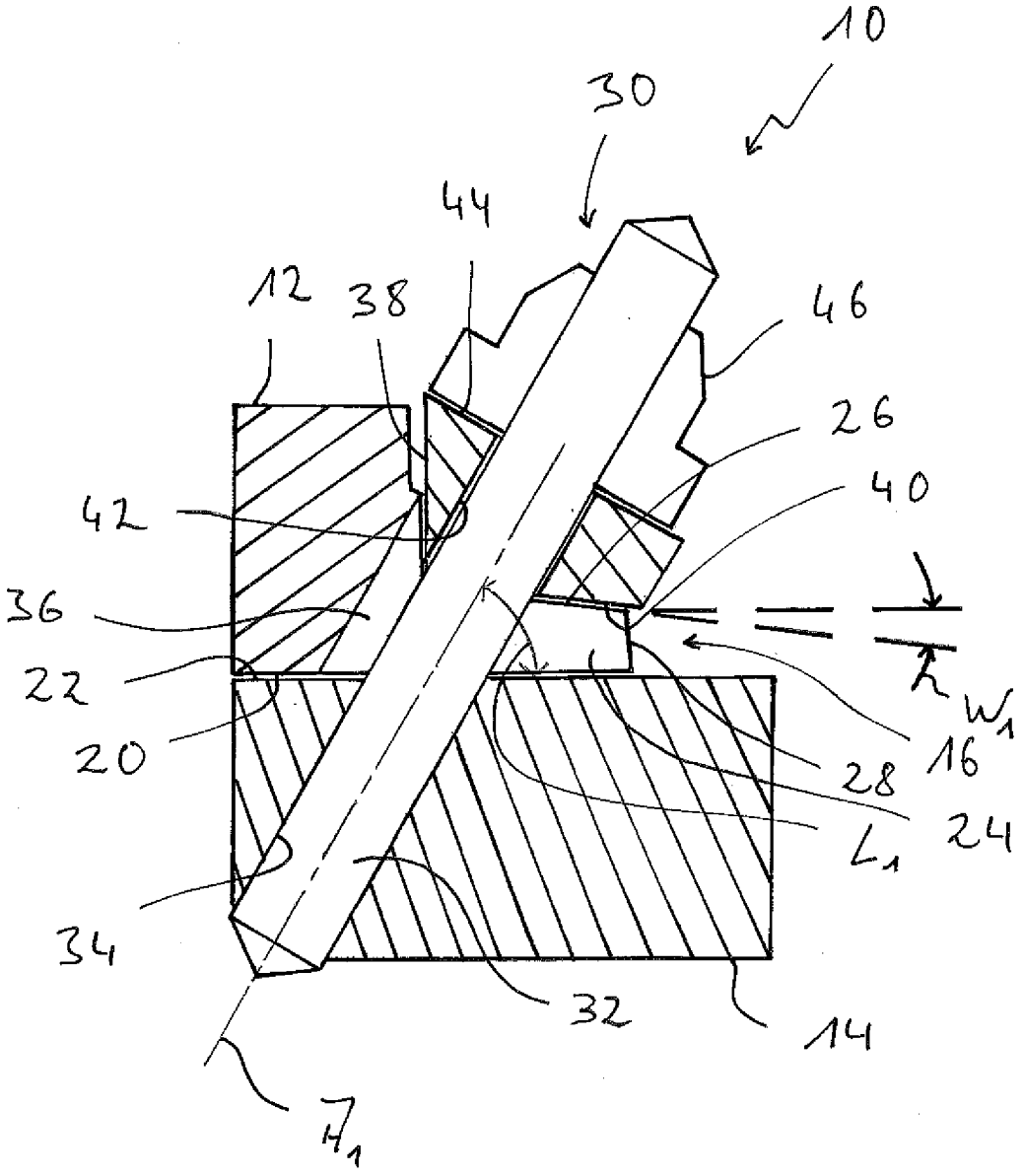


Fig. 1

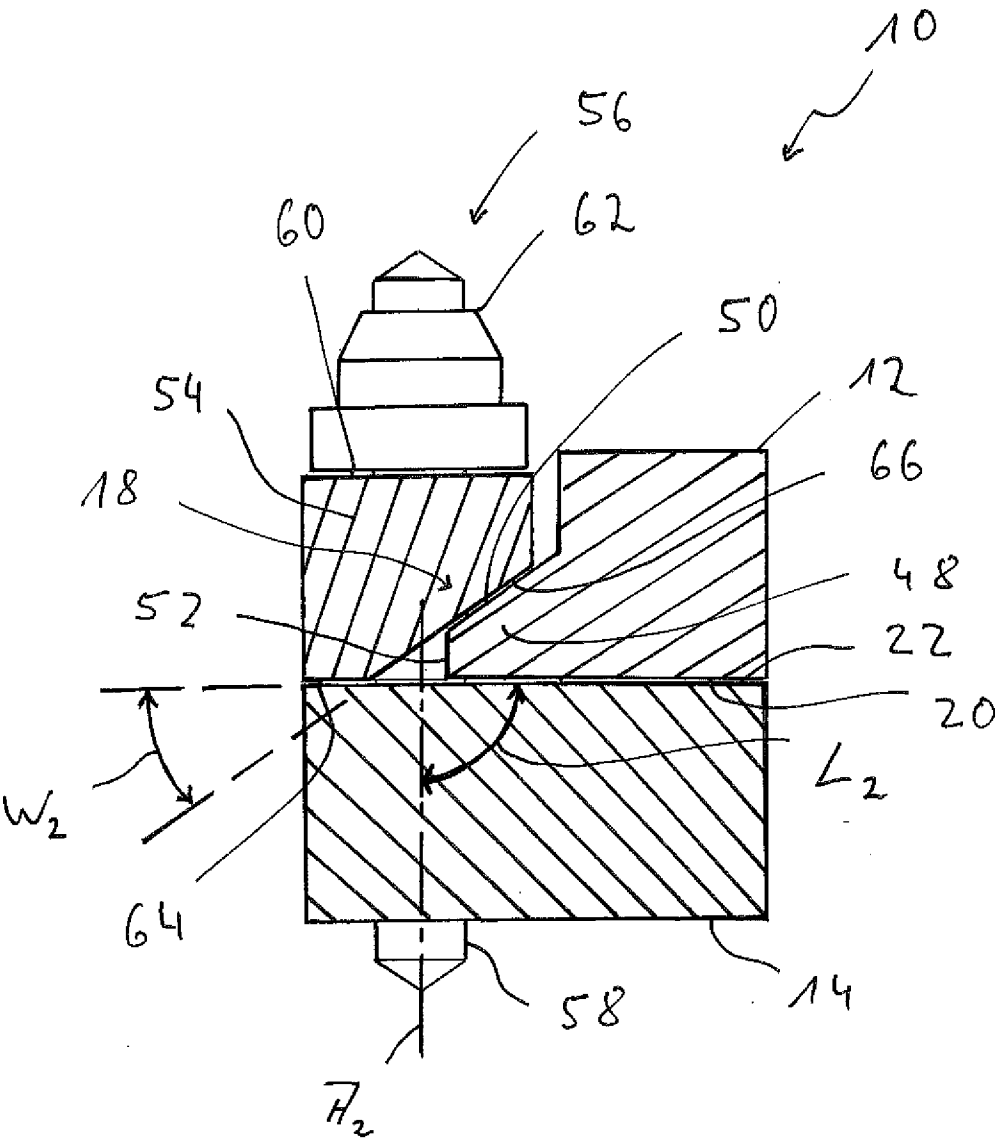


Fig. 2