



(10) **AT 517878 A1 2017-05-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50950/2015 (51) Int. Cl.: **F16C 7/02** (2006.01)
 (22) Anmeldetag: 06.11.2015 **F16C 9/04** (2006.01)
 (43) Veröffentlicht am: 15.05.2017

(56) Entgegenhaltungen:
 EP 2913541 A2
 JP S5967163 A
 EP 0889202 A2
 EP 1048821 A2
 DE 19833363 A1
 US 4198879 A

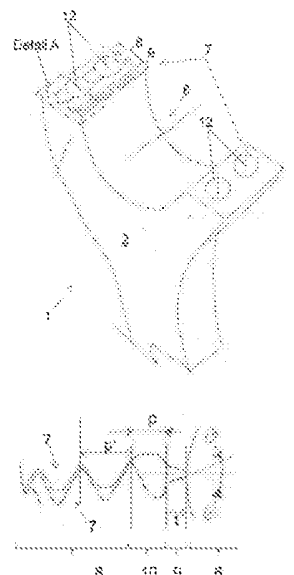
(71) Patentanmelder:
 GE Jenbacher GmbH & Co OG
 6200 Jenbach (AT)

(72) Erfinder:
 Bussieres Frederic
 6020 Innsbruck (AT)

(74) Vertreter:
 Torggler P. Mag.Dr., Hofinger St. Dipl.Ing. Dr.,
 Gangl M. Mag. Dr., Maschler Ch. MMag. Dr.,
 Hechenleitner B. Dipl.Ing. (FH) Dr., Lercher A.
 Dipl.-Phys. Dr.
 Innsbruck (AT)

(54) **Pleuel**

(57) Pleuel (1), umfassend eine Pleuelstange (2) und einen Pleueldeckel, wobei die Pleuelstange (2) und der Pleueldeckel durch Befestigungsmittel miteinander lösbar verbindbar sind und im verbundenen Zustand ein Pleuelauge umfassend eine Bohrung (6) bilden, um den Pleuel (1) an einer Kurbelwelle zu befestigen, und wobei Pleuelstange (2) und Pleueldeckel Kontaktflächen (7) aufweisen, entlang derer sich Pleuelstange (2) und Pleueldeckel im verbundenen Zustand berühren und die Kontaktflächen (7) abschnittsweise eine ineinandergreifende Verzahnung (8) aufweisen, wobei die Kontaktflächen (7) einen unverzahnten Abschnitt (9) aufweisen. Die Kontaktfläche (7) weist wenigstens einen Freistich (10) auf, an dem keine Berührung von Pleuelstange (2) und Pleueldeckel stattfindet, wobei der wenigstens eine Freistich (10) zwischen der Verzahnung (8) und dem unverzahnten Abschnitt (9) ausgebildet ist.



Zusammenfassung

1. Pleuel (1), umfassend eine Pleuelstange (2) und einen Pleueldeckel (3),
 - wobei die Pleuelstange (2) und der Pleueldeckel (3) durch Befestigungsmittel (4) miteinander lösbar verbindbar sind und im verbundenen Zustand ein Pleuelauge (5) umfassend eine Bohrung (6) bilden um des Pleuel (1) an einer Kurbelwelle (13) zu befestigen und
 - wobei Pleuelstange (2) und Pleueldeckel (3) Kontaktflächen (7) aufweisen, entlang derer sich Pleuelstange (2) und Pleueldeckel (3) im verbundenen Zustand berühren und die Kontaktflächen (7) abschnittsweise eine ineinandergreifende Verzahnung (8) aufweisen, **wobei** die Kontaktflächen (7) einen unverzahnten Abschnitt (9) aufweisen.

(Fig. 1a)

Die Erfindung betrifft ein Pleuel für eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1.

Eine Verbindungsstange (kurz: Pleuel) wandelt translatorische Bewegungen eines Kolbens in rotatorische Bewegungen einer Kurbelwelle um. Bei Hubkolbenmotoren, zum Beispiel, wird dabei die translatorische Bewegung des Kolbens in eine rotierende Bewegung umgewandelt. So ist jeder Kolben mittels eines Pleuels mit der Kurbelwelle verbunden. Andere Anwendung finden Pleuel bei Pumpen und dergleichen.

Der Pleuel weist ein kleines Pleuelauge auf, über welches der Pleuel über einen Kolbenbolzen mit dem Kolben des Hubkolbenmotors verbunden ist. Dem kleinen Pleuelauge gegenüber und durch den Pleuelschaft verbunden, liegt der Pleuelkopf, auch großes Pleuelauge genannt.

Der Pleuelkopf ist häufig geteilt, damit eine Montage auf der Kurbelwelle möglich ist. Der vom Pleuelschaft lösbare Teil des Pleuelkopfs wird als Pleueldeckel bezeichnet und wird in der Regel über eine Schraubenverbindung mit dem Pleuelschaft verbunden. Die Teilungsebene kann dabei normal zur Längsrichtung des Pleuelschafts verlaufen, es kann aber auch eine schräge Teilung des Pleuelkopfes erforderlich sein, um den Ein- und Ausbau des Pleuels über einen Zylinder des Hubkolbenmotors zu erleichtern.

An der Kontaktfläche treten hohe Querkräfte auf, welche sich durch eine Verzahnung besser kontrollieren lassen. Ebenfalls bekannt sind Bruchtrennpleuel, bei welchen die Kontaktflächen durch einen Spröbruch des großen Pleuelauges hergestellt werden. Bruchtrennpleuel sind nicht in den Rahmen der Erfindung miteingeschlossen.

Die US 2003/0131683 A1 zeigt ein Pleuel mit verschiedenen ineinander greifenden Verzahnungen der Kontaktflächen zwischen Pleueldeckel und Pleuelschaft.

Bei verzahnten Pleueln hat sich als nachteilig herausgestellt, dass es im Bereich der Verzahnung, speziell in der Umgebung der Befestigungsmittel, durch welche Pleuelschaft und Pleueldeckel zusammengepresst werden, zu Spannungsüberhöhungen kommt. Solche lokale Spannungsspitzen können Bruchauslösend für einen Ermüdungsbruch des großen Pleuelauges sein. Diese Charakteristik von verzahnten Pleueln verschlechtert sich zunehmend mit einer Vergrößerung der Exzentrizität der Befestigung. Wird die Position des Befestigungsmittels zur Mitte der Bohrung verschoben, sorgt die Exzentrizität der Verbindung dafür, dass die Spannungsspitzen sich erhöhen und die Wahrscheinlichkeit eines Versagens des Bauteiles vergrößert sich.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Pleuel mit gleichmäßiger Spannungsverteilung in den Kontaktflächen zwischen Pleuelschaft und Pleueldeckel anzugeben und einen Pleueldeckel anzugeben, der Spannungsspitzen in Verbindung mit einer Exzentrizität der Verzahnungs- und Schraubenverbindung minimiert.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Pleuel mit den Merkmalen von Anspruch 1. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

In diesem Zusammenhang hat sich herausgestellt, dass durch Verwendung von unverzahnten Abschnitten sich die Spannungen in der Kontaktfläche reduzieren lässt.

Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass der unverzahnte Abschnitt sich an der Kontaktfläche hin zur Bohrung erstreckt, vorzugsweise an die Bohrung anschließt.

Der unverzahnte Abschnitt kann im wesentlichen eben ausgebildet sein.

Es kann vorgesehen sein, dass die Kontaktfläche wenigstens einen Freistich aufweist, an dem keine Berührung der von Pleuelstange und Pleueldeckel stattfindet. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Anmeldung ist unter Freistich eine

Unterbrechung der Kontaktfläche zu verstehen. Durch Verwendung eines Freistiches können die Spannungen am Fuß der Verzahnung gesenkt werden.

Bevorzugt kann Vorgesehen sein, dass der Freistich – vorzugsweise unmittelbar – in den unverzahnten Abschnitt übergeht. Dies ist so zu verstehen, dass vorzugsweise ein direkter Übergang des Freistiches in die Verzahnung vorgesehen ist.

Es kann bevorzugt Vorgesehen sein, dass der Freistich weiter von der Bohrung entfernt angeordnet ist als der unverzahnte Abschnitt. In anderen Worten ist der verzahnte Abschnitt zwischen der Bohrung zur Aufnahme der Kurbelwelle und dem Freistich angeordnet.

Es kann vorgesehen sein, dass die Befestigungsmittel von Pleuelstange und Pleueldeckel durch Schrauben ausgebildet sind, welche durch Bohrungen zur Aufnahme von Befestigungsmitteln durchgeführt werden können, und wobei der Freistich im Bereich der wenigstens einen Bohrung zur Aufnahme von Befestigungsmitteln angeordnet ist. Diese Anordnung bietet besondere Vorzüge in Hinblick auf die Spannungsverteilungen an der Kontaktfläche.

Der Freistich kann beispielsweise Breite aufweisen welche näherungsweise der Hälfte einer Wellenlänge der Verzahnung entspricht.

Durch die Erfindung werden insbesondere folgende Vorteile erzielt:

- Homogenere Verteilung der Flächenpressung zwischen den Kontaktflächen bei einer gleichmäßigen Lastverteilung über die gesamte Kontaktfläche, zum Beispiel, wenn der unverzahnte Abschnitt durch ein „Plateau“ ausgeführt ist,
- Reduktion der Druck- und Querkraft (welche durch die Montage und den Betrieb verursacht werden) an dem Plateau und der Verzahnung,
- Reduktion der Hauptspannungen an der Wurzel der Verzahnung mit Hilfe eines „Freistiches“.

Damit können bei sonst unveränderter Dimensionierung des Pleuels erhöhte Sicherheitsfaktoren gegen high-cycle-fatigue und gegen plastische Verformung erzielt werden.

Die Erfindung wird im Folgenden durch die Figuren näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1a bis 1c Details eines Pleuels,

Fig. 2a bis 2c Details eines verzahnten Abschnittes der Kontaktfläche

Fig. 1a zeigt einen Ausschnitt eines Pleuelschafts 2 eines Pleuels 1 in einer perspektivischen Ansicht entsprechend einer ersten Ausführungsform. Über Bohrungen 12 zur Aufnahme eines Befestigungsmittels 4 kann ein nicht gezeigter Pleueldeckel 3 mit dem Pleuelschaft 2 verbunden werden.

Der Pleuelschaft 2 weist Kontaktflächen 7 auf, die mit korrespondierenden Kontaktflächen 7 des nicht dargestellten Pleueldeckels 3 im zusammengebauten Zustand in Eingriff miteinander stehen. Die Darstellung ist der Einfachheit halber nur auf eine Kontaktfläche 7 beschränkt, es können selbstverständlich aber auch mehrere vorgesehen sein.

Die Kontaktfläche 7 weist eine Verzahnung auf um translatorische Kräfte über die Trennfläche aufzunehmen.

Die Verzahnung 8 verursacht allerdings in dem durch die Bohrungen 12 zur Aufnahme der Befestigungsmittel 4 verringerten Querschnitt der Kontaktflächen 7 eine Spannungsüberhöhung, insbesondere an den Wurzeln der Verzahnung 8. Diese Spannungsüberhöhung kann eine plastische Materialdeformation in diesen Bereichen der Verzahnung bewirken und auslösend für einen Ermüdungsbruch (high cycle fatigue fracture) sein. Auf die Kante der Bohrung zur Aufnahme der Befestigungsmittel 12 wirken dadurch sehr hohe zyklische Belastungen.

Bei geteilten Pleueln sind Befestigungsmittel 4 möglichst nahe an der Bohrung 6 zur Aufnahme der Pleuelwelle 13 angeordnet. Dadurch wird verhindert, dass die Kontaktflächen 7 durch die an der Bohrung 6 wirkenden Kräfte voneinander abheben und eine Biegebeanspruchung auf die Befestigungsmittel 4 eingeleitet wird.

Erfindungsgemäß weist die Kontaktfläche 7 einen unverzahnten Abschnitt 9 auf.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel liegen die Bohrungen 12 zur Aufnahme eines Befestigungsmittels 4 vollständig im verzahnten Abschnitt 8. In Richtung einer Bohrung 6, in welcher im zusammengebauten Zustand Pleuelschaft 2 und Pleueldeckel 3 eine nicht dargestellte Pleuelwelle 13 umschließen können, wird der verzahnte Abschnitt 8 von einem unverzahnten Abschnitt 9 begrenzt.

In Fig. 1b ist das Detail A aus Fig. 1a näher dargestellt. Die Längsachse der Bohrung 12 zur Aufnahme des Befestigungsmittels 4 kann an verschiedenen Positionen der Kontaktfläche 7 liegen. Dargestellt ist die Variante, in welcher die Bohrung 12 vollständig im verzahnten Bereich 8 liegt und der unverzahnte Bereich 9 an die Bohrung 12 angrenzt. Die Verzahnung des verzahnten Bereiches 8 verläuft gerade und parallel zur Längsachse der Bohrung 6.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1c hingegen ist die Verzahnung des verzahnten Bereiches 8 gekrümmt ausgeführt. Die Verzahnung des verzahnten Bereiches 8 verläuft hier zwar eben (d. h. innerhalb der Teilungsebene des Pleuels 1), jedoch weist die Verzahnung eine Krümmung auf, welche eine Zentrierung des Pleueldeckels 3 (nicht gezeigt) bei Montage auf dem Pleuelschaft 2 erleichtert. In Abweichung zum zuvor gezeigten Ausführungsbeispiel liegen hier die Bohrungen 12 zur Aufnahme des Befestigungsmittels 4 etwa zur Hälfte im verzahnten Bereich 8 und im unverzahnten Bereich 9. Selbstverständlich kann auch die Lage der Bohrungen 12 innerhalb der Kontaktfläche 7 bei einem Pleuel mit gekrümmt verlaufender Verzahnung variiert werden. Die Tiefe t des unverzahnten Abschnittes 9 kann unterschiedlich gewählt werden. Typischerweise ist die Tiefe t kleiner als zwei Wellenlängen p' der Verzahnung 8. Durch eine Variation der Tiefe t ergeben sich verschiedene Aspektverhältnisse des unverzahnten Abschnittes 9.

Durch eine anhand der Ausführungsbeispiele 1a bis 1c erläuterte Ausgestaltung der Kontaktflächen 7 wird eine deutlich reduzierte Spannungsintensität im Bereich der Kontaktfläche an ihren der Bohrung 6 zugewandten Abschnitt festgestellt.

Fig. 2a bis 2c zeigen weitere Ausführungsbeispiele der Kontaktfläche 7. Fig. 2a zeigt einen Querschnitt durch Kontaktflächen 7 im zusammengebauten Zustand eines Pleuels 1. Wie bereits erläutert, weisen die Kontaktflächen 7 einen verzahnten Abschnitt 8 auf. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2a liegt zwischen dem verzahnten Bereich 8 und dem unverzahnten Bereich 9 ein Freistich 10. Die Breite b des Freistiches 10 beträgt beispielsweise die Hälfte der Wellenlänge p' der Verzahnung 8. Der unverzahnte Abschnitt 9 verengt sich im vorliegenden Ausführungsbeispiel gegenüber der Bohrung 6 mit dem Öffnungswinkel θ . Ein leicht schräger Verlauf des unverzahnten Abschnittes 9 kann beispielsweise vorgesehen sein, um den Druck auf einer Rückseite eines in die Bohrung 6 einbringbaren Lagers zu erhöhen, oder beispielsweise um einen Kontakt der Kontaktflächen 7 trotz Fertigungstoleranzen sicher zu stellen, oder beispielsweise um ein gewisses Druckprofil innerhalb der Kontaktflächen 7 einzustellen.

Fig. 2b zeigt ein Detail der Ausgestaltung des unverzahnten Abschnittes 9. Der unverzahnte Abschnitt 9 muss nicht aus ebenen Flächenabschnitten bestehen, vielmehr können die gegenüberliegenden Abschnitte der Kontaktflächen 7 einen Krümmungsradius R aufweisen. Auf diese Weise ist es möglich, einen Kontaktpunkt trotz Fertigungstoleranzen zu definieren und/oder ein bestimmtes Druckprofil innerhalb des unverzahnten Abschnittes 9 einzustellen.

Die Breite p des Freistiches 10 kann so ausgestaltet sein, dass ein bestimmtes Maß an Spannungsreduktion erzielt wird. Die Länge t des unverzahnten Abschnittes kann dabei von der Breite p des Freistiches 10 abweichen.

Fig. 2c illustriert ein weiteres konstruktives Detail des Freistiches 10. So kann der Freistich 10 mit verschiedenen Radien r_1 , r_2 ausgebildet sein. Das Profil des Freistiches 10 muss auch nicht zwingend einer Kreiskurve folgen.

Liste der verwendeten Bezugszeichen.

1	Pleuel
2	Pleuelschaft
3	Pleueldeckel
4	Befestigungsmittel
5	Pleuelauge
6	Bohrung zur Aufnahme der Kurbelwelle
7	Kontaktfläche
8	Verzahnung
9	unverzahnter Abschnitt
10	Freistich
11	Schraube
12	Bohrung zur Aufnahme von Befestigungsmittel
13	Kurbelwelle
p	Breite des Freistiches
p'	Wellenlänge der Verzahnung
r	Krümmungsradius

Innsbruck, am 31.März 2016

Patentansprüche

1. Pleuel (1), umfassend eine Pleuelstange (2) und einen Pleueldeckel (3),
 - wobei die Pleuelstange (2) und der Pleueldeckel (3) durch Befestigungsmittel (4) miteinander lösbar verbindbar sind und im verbundenen Zustand ein Pleuelauge (5) umfassend eine Bohrung (6) bilden um des Pleuel (1) an einer Kurbelwelle (13) zu befestigen und
 - wobei Pleuelstange (2) und Pleueldeckel (3) Kontaktflächen (7) aufweisen, entlang derer sich Pleuelstange (2) und Pleueldeckel (3) im verbundenen Zustand berühren und die Kontaktflächen (7) abschnittsweise eine ineinandergreifende Verzahnung (8) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktflächen (7) einen unverzahnten Abschnitt (9) aufweisen.
2. Pleuel nach Anspruch 1, wobei der unverzahnte Abschnitt (9) sich an der Kontaktfläche (7) hin zur Bohrung (6) erstreckt, vorzugsweise an die Bohrung (6) anschließt.
3. Pleuel nach Anspruch 1 oder 2, wobei der unverzahnte Abschnitt (9) im Wesentlichen eben ausgebildet ist.
4. Pleuel nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Kontaktfläche (7) wenigstens einen Freistich (10) aufweist, an dem keine Berührung der von Pleuelstange (2) und Pleueldeckel (3) stattfindet.
5. Pleuel nach Anspruch 4, wobei der Freistich (10) – vorzugsweise unmittelbar – in den unverzahnten Abschnitt (9) übergeht.
6. Pleuel nach wenigstens einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei der Freistich (10) weiter von der Bohrung (6) entfernt angeordnet ist als der unverzahnte Abschnitt (8).

7. Pleuel nach wenigstens einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die Befestigungsmittel (4) von Pleuelstange (2) und Pleueldeckel (3) durch Schrauben (11) ausgebildet sind, welche durch Bohrungen zur Aufnahme von Befestigungsmitteln (12) durchgeführt werden können, und wobei der Freistich (10) im Bereich der wenigstens einen Bohrung zur Aufnahme von Befestigungsmitteln (12) angeordnet ist.
8. Pleuel nach wenigstens einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei der Freistich (10) eine Breite (p) aufweist welche näherungsweise der Hälfte einer Wellenlänge der Verzahnung (8) entspricht.

Innsbruck, am 31. März 2016

Fig. 1a

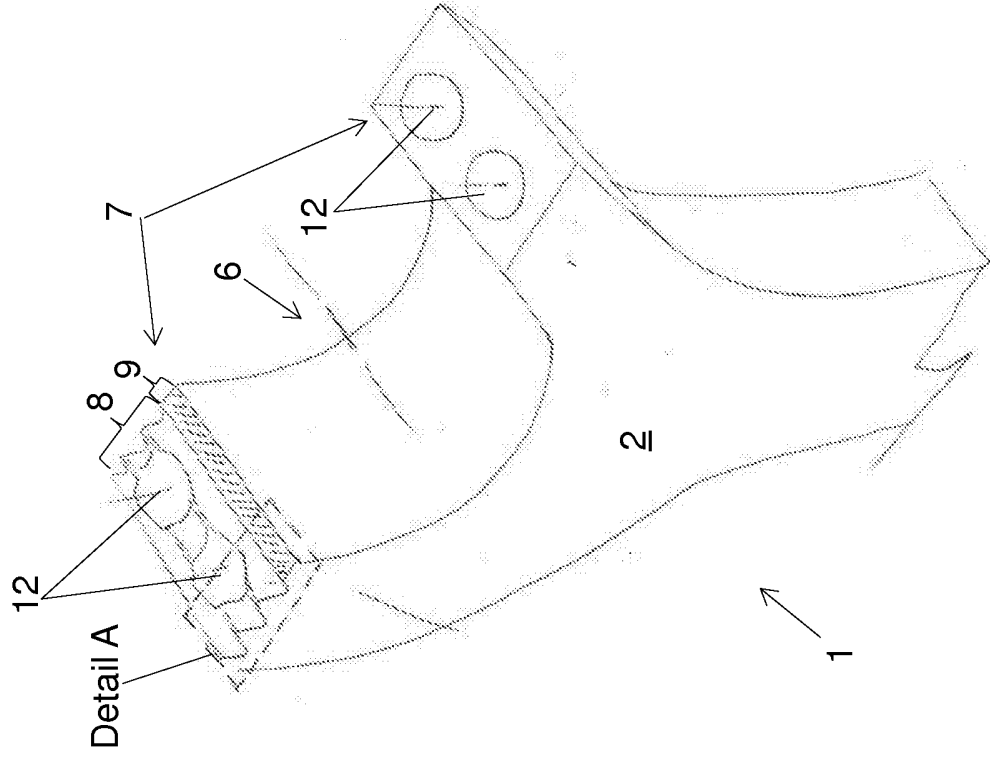


Fig. 1b

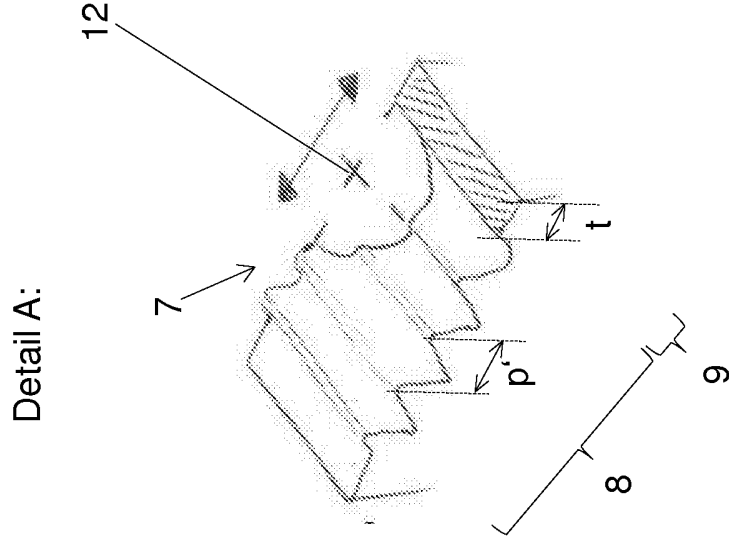


Fig. 1c

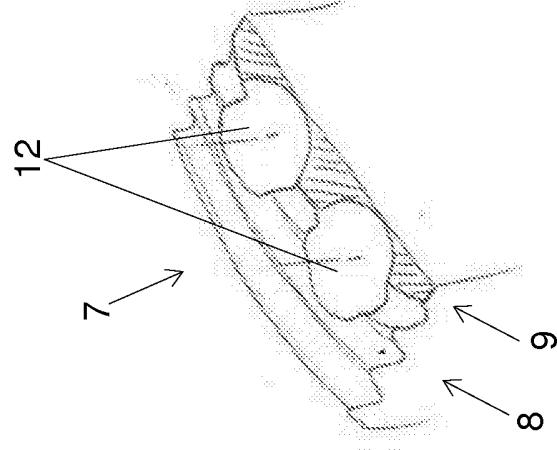


Fig. 2a

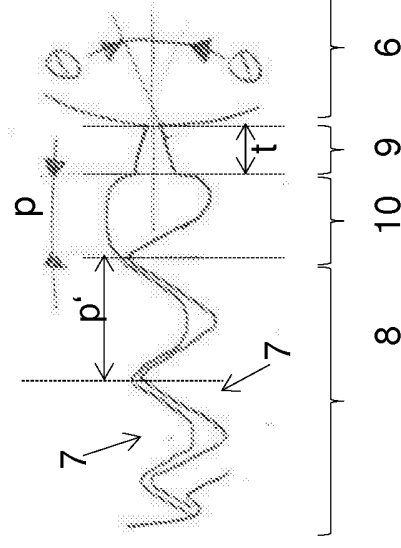


Fig. 2b

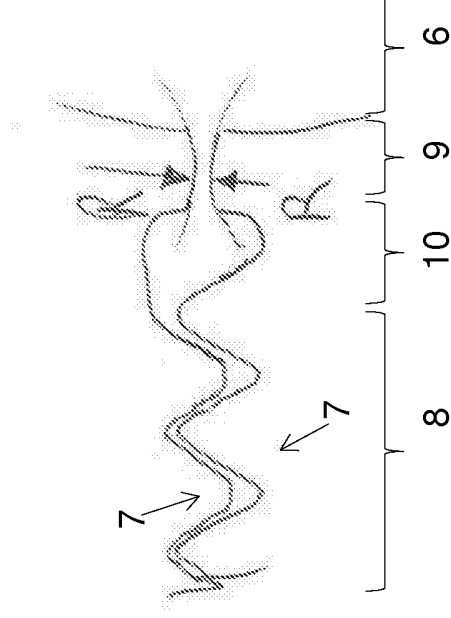
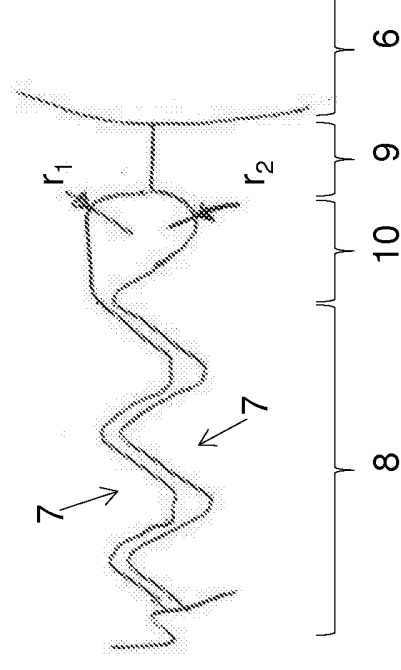


Fig. 2c



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
F16C 7/02 (2006.01); **F16C 9/04** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
F16C 7/023 (2013.01); **F16C 9/04** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
F16C

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, FULLTEXT

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **07.04.2016** eingereichten Ansprüchen **1-8** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 2913541 A2 (MAHLE INT GMBH) 02. September 2015 (02.09.2015) Fig. 1, 2, Absätze [0019]-[0022], Ansprüche 1, 2, 10	1-5, 7
A	JP S5967163 A (NISSAN MOTOR) 16. April 1984 (16.04.1984) Fig. 4, EPODOC-Abstract	4
A	EP 0889202 A2 (ASEA BROWN BOVERI) 07. Januar 1999 (07.01.1999) Fig. 1, 4, Spalte 3 Zeilen 40-52, Anspruch 1	4
A	EP 1048821 A2 (GENERAL ELECTRIC) 02. November 2000 (02.11.2000) Fig. 1-3, Zusammenfassung	4
A	DE 19833363 A1 (HEGENSCHEIDT MFD GMBH) 27. Januar 2000 (27.01.2000) Fig. 4, Freistiche 27, 28	4
X	US 4198879 A (HORNAK ET AL.) 22. April 1980 (22.04.1980) Fig. 1, 4	1-3

Datum der Beendigung der Recherche:
26.09.2016

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

EHRENDORFER Kurt

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Geänderte Patentansprüche

1. Pleuel (1), umfassend eine Pleuelstange (2) und einen Pleueldeckel,
 - wobei die Pleuelstange (2) und der Pleueldeckel durch Befestigungsmittel miteinander lösbar verbindbar sind und im verbundenen Zustand ein Pleuelauge umfassend eine Bohrung (6) bilden um den Pleuel (1) an einer Kurbelwelle zu befestigen und
 - wobei Pleuelstange (2) und Pleueldeckel Kontaktflächen (7) aufweisen, entlang derer sich Pleuelstange (2) und Pleueldeckel im verbundenen Zustand berühren und die Kontaktflächen (7) abschnittsweise eine ineinandergreifende Verzahnung (8) aufweisen,
 - wobei die Kontaktflächen (7) einen unverzahnten Abschnitt (9) aufweisen,

dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche (7) wenigstens einen Freistich (10) aufweist, an dem keine Berührung von Pleuelstange (2) und Pleueldeckel stattfindet, wobei der wenigstens eine Freistich (10) zwischen Verzahnung (8) und dem unverzahnten Abschnitt (9) ausgebildet ist.
2. Pleuel nach Anspruch 1, wobei der unverzahnte Abschnitt (9) sich an der Kontaktfläche (7) hin zur Bohrung (6) erstreckt, vorzugsweise an die Bohrung (6) anschließt.
3. Pleuel nach Anspruch 1 oder 2, wobei der unverzahnte Abschnitt (9) im Wesentlichen eben ausgebildet ist.
4. Pleuel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Freistich (10) direkt in den unverzahnten Abschnitt (9) übergeht.
5. Pleuel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Freistich (10) weiter von der Bohrung (6) entfernt angeordnet ist als der unverzahnte Abschnitt (9).

6. Pleuel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Befestigungsmittel von Pleuelstange (2) und Pleueldeckel (3) durch Schrauben ausgebildet sind, welche durch Bohrungen (12) zur Aufnahme von Befestigungsmitteln durchgeführt werden können, und wobei der Freistich (10) im Bereich der wenigstens einen Bohrung (12) zur Aufnahme von Befestigungsmitteln angeordnet ist.
7. Pleuel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Freistich (10) eine Breite (p) aufweist, welche näherungsweise der Hälfte einer Wellenlänge (p') der Verzahnung (8) entspricht.

Innsbruck, am 7. Dezember 2016