

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 467/2007**

(22) Anmeldetag: **26.03.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.06.2008**

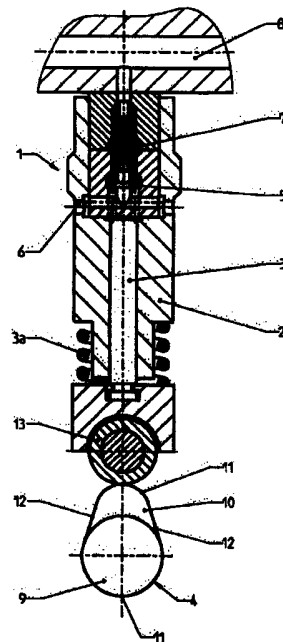
(51) Int. Cl.⁸: **F02M 59/10** (2006.01),
F04B 9/04 (2006.01),
F16H 53/02 (2006.01),
F01L 1/08 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

ROBERT BOSCH GMBH
D-70469 STUTTGART-FEUERBACH (DE)

(54) **VORRICHTUNG ZUM ANTREIBEN EINER KOLBENPUMPE**

(57) Bei einer Vorrichtung zum Antreiben einer Kolbenpumpe, umfassend wenigstens eine auf einer Nockenwelle (4) angeordnete Nocke (10), die zur Erzeugung einer Hin- und Herbewegung des Pumpenkolbens (3) mit dem Pumpenkolben (3) oder einem zwischen der Nocke (10) und dem Pumpenkolben (3) angeordneten Bauteil zusammenwirkt, wobei die Nocke (10) eine Nockenerhebungskurve (15, 18) mit einem ersten Abschnitt für den Aufwärtshub und einem zweiten Abschnitt für den Abwärtshub aufweist, ist die Nockenerhebungskurve (15, 18) ausgehend von einer im Wesentlichen einer Sinuswelle (14, 19) entsprechenden Form derart verändert, dass sich im Vergleich zur Sinuswellen-Form (14, 19) eine Erhöhung der Kolbenbeschleunigung am Anfang des Aufwärtshubes und eine Verringerung der Kolbenverzögerung am Ende des Aufwärtshubes ergibt.



Zusammenfassung:

Bei einer Vorrichtung zum Antreiben einer Kolbenpumpe, umfassend wenigstens eine auf einer Nockenwelle (4) angeordnete Nocke (10), die zur Erzeugung einer Hin- und Herbewegung des Pumpenkolbens (3) mit dem Pumpenkolben (3) oder einem zwischen der Nocke (10) und dem Pumpenkolben (3) angeordneten Bauteil zusammenwirkt, wobei die Nocke (10) eine Nocken-erhebungskurve (15, 18) mit einem ersten Abschnitt für den Aufwärtshub und einem zweiten Abschnitt für den Abwärtshub aufweist, ist die Nockenerhebungskurve (15, 18) ausgehend von einer im Wesentlichen einer Sinuswelle (14, 19) entsprechenden Form derart verändert, dass sich im Vergleich zur Sinuswellen-Form (14, 19) eine Erhöhung der Kolbenbeschleunigung am Anfang des Aufwärtshubes und eine Verringerung der Kolbenverzögerung am Ende des Aufwärtshubes ergibt.

(Fig.1)

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Antreiben einer Kolbenpumpe, umfassend wenigstens eine auf einer Nockenwelle angeordnete Nocke, die zur Erzeugung einer Hin- und Herbewegung des Pumpenkolbens mit dem Pumpenkolben oder einem zwischen der Nocke und dem Pumpenkolben angeordneten Bauteil zusammenwirkt, wobei die Nocke eine Nockenerhebungskurve mit einem ersten Abschnitt für den Aufwärtshub und einem zweiten Abschnitt für den Abwärtshub aufweist.

Kolbenpumpen kommen beispielsweise als Hochdruckpumpen in Verbrennungskraftmaschinen zum Einsatz. Die Hochdruckpumpe stellt den im Rail zu speichernden Hochdruckkraftstoff während des Motorbetriebs zur Verfügung. Um eine Funktion in allen Betriebspunkten gewährleisten zu können, muss die maximale Fördermenge der Hochdruckpumpe dabei wesentlich über der vom Motor benötigten Volllastmenge liegen. Andererseits ist aber im Teillastbetrieb bzw. im Leerlauf nur eine geringe Fördermenge der Pumpe erforderlich. Daher erfolgt eine elektronische Regelung der Fördermenge über eine Zumesseinheit (ZME), die in Abhängigkeit vom Kraftstoffdruck im Rail die Zuflussmenge zur Hochdruckpumpe bestimmt. So muss nur die im jeweiligen Betriebspunkt tatsächlich benötigte Menge ins Rail eingespeist werden, ohne dass eine anfallende Überschussmenge über ein Druckregelventil wieder entlastet und in den Tank rückgeführt werden muss, was mit hohen Energieverlusten und einer starken Erwärmung des Kraftstoffs verbunden wäre.

Eine Hochdruckpumpe besteht aus mindestens einem Pumpenelement, das über einen Rollenstößel oder direkt von einer Nockenwelle angetrieben wird. Auf der Saugseite liefert eine Förderpumpe, beispielsweise eine Zahnradpumpe, den Kraftstoff mit geringem Druck aus dem Tank. Auf der Druckseite gelangt der komprimierte Kraftstoff über einen Sammler ins Rail.

Eine besondere Herausforderung bei nockenangetriebenen Common-Rail-Hochdruckpumpen besteht in den hohen Pumpendrehzahlen, welche für hohe spezifische Förderleistungen appliziert werden. Die Nockenerhebungen dieser Pumpen werden im Allgemeinen aus verschiedenen Teilbereichen, wie Tangentener-

hebungen oder Kreisbögen, mit positivem oder negativem Radius zusammengesetzt. Dadurch ergeben sich vorgegebene Beschleunigungsverläufe, wie linear, sinusförmig oder parabelförmig. Weiters gibt es Nockenerhebungen, die über den gesamten Hubverlauf eine Sinus- (bzw. Kosinus-)form aufweisen.

Die Anforderungen an die Nockenform bestehen darin, eine möglichst hohe Grenzdrehzahl zu erreichen, sodass sich eine möglichst geringe Verzögerung des Rollenstößels im Bereich des oberen Totpunkts (OT) ergibt, damit keine Gefahr des Abhebens des Rollenstößels besteht, und sodass weiters die kinematische Schwingungsanregung der Pumpenelementfeder gering bleibt. Aus verschiedenen Teilbereichen zusammengesetzte Nockenerhebungen können hohe Grenzdrehzahlen erreichen, allerdings auf Grund von Knicken in der Beschleunigungskurve zu hohen Anregungsfrequenzen für die Pumpenelementfeder führen, da Oberschwingungen hoher Ordnung in der Förderfrequenz auftreten können. Auf der anderen Seite haben sinusförmige Nockenerhebungen den Vorteil einer geringen Schwingungsanregung der Feder (nur Förderfrequenz, keine Oberschwingungen), allerdings bei beschränktem Potential bezüglich der Grenzdrehzahl.

Aus diesem Grund ist das Ziel der vorliegenden Erfindung die Konstruktion einer Nockenerhebungskurve mit geringer kinematischer Schwingungsanregung der Pumpenelementfeder bei gleichzeitiger Erhöhung der Grenzdrehzahl.

Zur Lösung dieser Aufgabe besteht die Erfindung im Wesentlichen darin, dass die Nockenerhebungskurve ausgehend von einer im wesentlichen einer Sinuswelle entsprechenden Form derart verändert ist, dass sich im Vergleich zur Sinuswellenform eine Erhöhung der Kolbenbeschleunigung am Anfang des Aufwärtshubes und eine Verringerung der Kolbenverzögerung am Ende des Aufwärtshubes ergibt. Insbesondere durch die Verringerung der Kolbenverzögerung am Ende des Aufwärtshubes, d.h. durch einen flacheren Verlauf der Nockenerhebungskurve dort, wo der Pumpenkolben den oberen Totpunkt erreicht, wird die Beschleunigungskomponente in Richtung eines Abhebens des Kolbens von der Nocke verringert, sodass die Grenzdrehzahl erhöht werden kann. Gleichzeitig wird das Maß der Schwingungsanregung

der Feder gering gehalten, da die Nockenerhebungskurve von einer Sinuswelle ausgehend geformt ist. Um die Erzeugung von unerwünschten Schwingungskomponenten zu vermeiden, ist die Vorrichtung mit Vorteil derart weitergebildet, dass die Nockenerhebungskurve in ihrem ersten Abschnitt eine Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer Halbschwingung einer ersten Sinuswelle mit einer zweiten Sinuswelle ergibt, wobei die zweite Sinuswelle die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle. Bei einer derartigen Überlagerung wird der gewünschte Effekt einer Erhöhung der Kolbenbeschleunigung am Anfang des Aufwärtshubes und einer Verringerung der Kolbenverzögerung am Ende des Aufwärtshubes erreicht und gleichzeitig wird das unkontrollierte Einbringen von Oberschwingungen vermieden, die zu einem Abheben des Pumpenkolbens bereits bei vergleichsweise niedrigen Drehzahlen führen würde.

Die Überlagerung der Sinusschwingung mit einer weiteren Sinusschwingung doppelter Frequenz kann hierbei mit Vorteil über die gesamte Länge der Nockenerhebungskurve erfolgen und es ist in diesem Zusammenhang bevorzugt vorgesehen, dass die Nockenerhebungskurve eine Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer vollen Schwingung einer ersten Sinuswelle mit einer zweiten Sinuswelle ergibt, wobei die zweite Sinuswelle die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle.

Wie bereits erwähnt, soll die Amplitude der zweiten Sinuswelle, d.h. derjenigen Sinuswelle, die für die Überlagerung verwendet wird, geringer sein als die Amplitude der ersten Sinuswelle, d.h. derjenigen Sinuswelle, die die Grundform der Nockenerhebung prägt. In diesem Zusammenhang ist eine Ausbildung bevorzugt, bei welcher die Amplitude der zweiten Sinuswelle $1/5$ bis $1/15$, vorzugsweise $1/8$ bis $1/12$, der Amplitude der ersten Sinuswelle beträgt. Dadurch, dass die Amplitude der zweiten Sinuswelle unterhalb einer Amplitude von $1/6$ der Amplitude der ersten Sinuswelle gehalten wird, kann das Ausmaß der Einbringung von zusätzlichen Schwingungen innerhalb ver-

tretenbarer Grenzen gehalten werden, sodass die Feder nicht in unerwünschter Weise angeregt wird.

Um die Nockenerhebungskurve noch besser zur Erreichung höherer Grenzzahlen anzupassen, ist gemäß einer bevorzugten Ausbildung vorgesehen, dass wenigstens eine weitere Sinuswelle mit der Frequenz einer Harmonischen, insbesondere geradzahli-ger Ordnung, überlagert ist. Dabei kann beispielsweise zusätz-lich zur Überlagerung mit einer Sinuswelle, die die doppelte Frequenz aufweist, die Grundschiwingung mit einer weiteren Sinuswelle überlagert werden, die die vierfache Frequenz auf-weist wie die Grundschiwingung. Harmonische geradzahli-ger Ord-nung eignen sich hierbei besonders gut, damit die Nockenerhe-bungskurve keine lokalen Einbuchtungen oder dgl. erhält.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeich-nung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigt Fig.1 den grundsätzlichen Aufbau eines Pumpenelements nach dem Stand der Technik, Fig.2 die erfindungsgemäße Nockenerhebungskurve und Fig.3 den Verlauf von Hub und Beschleunigung des Pumpenkolbens.

Fig.1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines Pumpenele-ments nach dem Stand der Technik. Ein Pumpenelement 1 besteht aus einem Zylinder 2 und einem Kolben 3, der im Zylinder längs verschieblich geführt ist. Eine vom Verbrennungsmotor ange-triebene Nockenwelle 4 bewegt den Kolben 3 im Zylinder 2 auf und ab, wobei die Kolbenfeder 3a den Kontakt zwischen dem mit dem Kolben 3 verbundenen Rollenstößel 13 und der Nockenwelle 4 aufrechterhält. Beim Abwärtsgang des Kolbens 3 wird über ein Saugventil 5 Kraftstoff aus dem Pumpensaugraum 6 angesaugt und anschließend beim Aufwärtsgang über ein Druckventil 7 in das Rail 8 gedrückt. Die Nockenwelle 4 besteht dabei aus einem Wellenteil 9 und einem Nocken 10 für jedes anzusteuern- -de Pum-penelement 1. Der Umriss des Nockens 10, der den Hub des Pum-penelements 1 bestimmt, ist in der Regel aus mehreren kreis-förmigen 11 und tangentialen Nockenabschnitten 12 zusam-menge-setzt. Alternativ kann sich die Form des Nockens auch aus einer Sinusschiwingung ergeben.

Die erfindungsgemäße Nockenform ist in Fig.2 dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass die Nockenerhebungskurve 18 sich aus der Überlagerung der ersten Sinuswelle 19 mit einer zweiten Sinuswelle 20 ergibt, wobei die zweite Sinuswelle 20 im Vergleich zur ersten Sinuswelle 19 die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist. Dabei ist anzumerken, dass der Begriff Sinuswelle im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Welle bezeichnet, wie sie in Fig.2 dargestellt ist und einer Kurve entspricht, wie sie sich im streng mathematischen Sinn aus einer Sinusfunktion im Bereich zwischen -90 und $+270^\circ$ ergibt. Eine derartige Kurve könnte auch als Kosinusschwingung mit negativem Vorzeichen bezeichnet werden.

Fig.3 zeigt den Verlauf von Hub 14 und Beschleunigung 16 bei einem sinusförmigen Nocken, sowie Hub- 15 und Beschleunigungsverlauf 17 bei einem erfindungsgemäßen Doppelsinusnocken, wobei auf der X-Achse der Nockenwinkel und auf der Y-Achse der Hub bzw. die Beschleunigung aufgetragen ist. Die Beschleunigung 16 beim Sinusnocken ist zu Förderbeginn (0°) kleiner als die Beschleunigung 17 beim Doppelsinusnocken. Am oberen Totpunkt (180°) ist die Verzögerung 17 des Doppelsinusnockens kleiner als die Verzögerung 16 des Sinusnockens, sodass eine höhere Grenzdrehzahl erreichbar ist. Alternativ besteht die Möglichkeit, noch weitere Oberschwingungen zu überlagern, um damit die Abspringdrehzahl weiter zu erhöhen.

P a t e n t a n s p r ü c h e:

1. Vorrichtung zum Antreiben einer Kolbenpumpe, umfassend wenigstens eine auf einer Nockenwelle angeordnete Nocke, die zur Erzeugung einer Hin- und Herbewegung des Pumpenkolbens mit dem Pumpenkolben oder einem zwischen der Nocke und dem Pumpenkolben angeordneten Bauteil zusammenwirkt, wobei die Nocke eine Nockenerhebungskurve mit einem ersten Abschnitt für den Aufwärtshub und einem zweiten Abschnitt für den Abwärtshub aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Nockenerhebungskurve (15, 18) ausgehend von einer im Wesentlichen einer Sinuswelle (14, 19) entsprechenden Form derart verändert ist, dass sich im Vergleich zur Sinuswellen-Form (14, 19) eine Erhöhung der Kolbenbeschleunigung am Anfang des Aufwärtshubes und eine Verringerung der Kolbenverzögerung am Ende des Aufwärtshubes ergibt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nockenerhebungskurve (18) in ihrem ersten Abschnitt eine Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer Halbschwingung einer ersten Sinuswelle (19) mit einer zweiten Sinuswelle (20) ergibt, wobei die zweite Sinuswelle (20) die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle (19).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Nockenerhebungskurve (18) eine Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer vollen Schwingung einer ersten Sinuswelle (19) mit einer zweiten Sinuswelle (20) ergibt, wobei die zweite Sinuswelle (20) die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle (19).

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude der zweiten Sinuswelle (20) $1/5$ bis $1/15$, vorzugsweise $1/8$ bis $1/12$ der Amplitude der ersten Sinuswelle (19) beträgt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sinuswelle

mit der Frequenz einer Harmonischen, insbesondere geradzahli-
ger Ordnung, überlagert ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, da-
durch gekennzeichnet, dass der zwischen dem Pumpenkolben (3)
und der Nocke (10) angeordnete Bauteil als Rollenstößel (13)
ausgebildet ist.

7. Nocke zur Verwendung in einer Vorrichtung gemäß
einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einer Nockenerhebungskurve
mit einem ersten Abschnitt für den Aufwärtshub und einem zwei-
ten Abschnitt für den Abwärtshub, dadurch gekennzeichnet, dass
die Nockenerhebungskurve (15, 18) ausgehend von einer im We-
sentlichen einer Sinuswelle (14, 19) entsprechenden Form der-
art verändert ist, dass sich im Vergleich zur Sinuswellen-Form
(14, 19) eine Erhöhung der Kolbenbeschleunigung am Anfang des
Aufwärtshubes und eine Verringerung der Kolbenverzögerung am
Ende des Aufwärtshubes ergibt.

8. Nocke nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass
die Nockenerhebungskurve (18) in ihrem ersten Abschnitt eine
Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer Halbschwin-
gung einer ersten (19) Sinuswelle mit einer zweiten Sinuswelle
(20) ergibt, wobei die zweite Sinuswelle (20) die doppelte
Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste
Sinuswelle (19).

9. Nocke nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeich-
net, dass die Nockenerhebungskurve (18) eine Form aufweist,
die sich aus der Überlagerung einer vollen Schwingung einer
ersten Sinuswelle (19) mit einer zweiten Sinuswelle (20) er-
gibt, wobei die zweite Sinuswelle (20) die doppelte Frequenz
und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle
(19).

10. Nocke nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeich-
net, dass die Amplitude der zweiten Sinuswelle (20) $1/5$ bis
 $1/15$, vorzugsweise $1/8$ bis $1/12$ der Amplitude der ersten Si-
nuswelle (19) beträgt.

11. Nocke nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch ge-
kennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sinuswelle mit der

003893

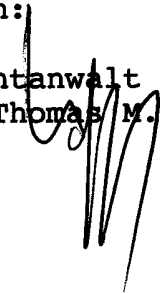
- 8 -

Frequenz einer Harmonischen, insbesondere geradzahliger Ordnung, überlagert ist.

Wien, am 26.03.2007

Robert Bosch GmbH
durch:

Patentanwalt
Dr. Thomas M. Haffner



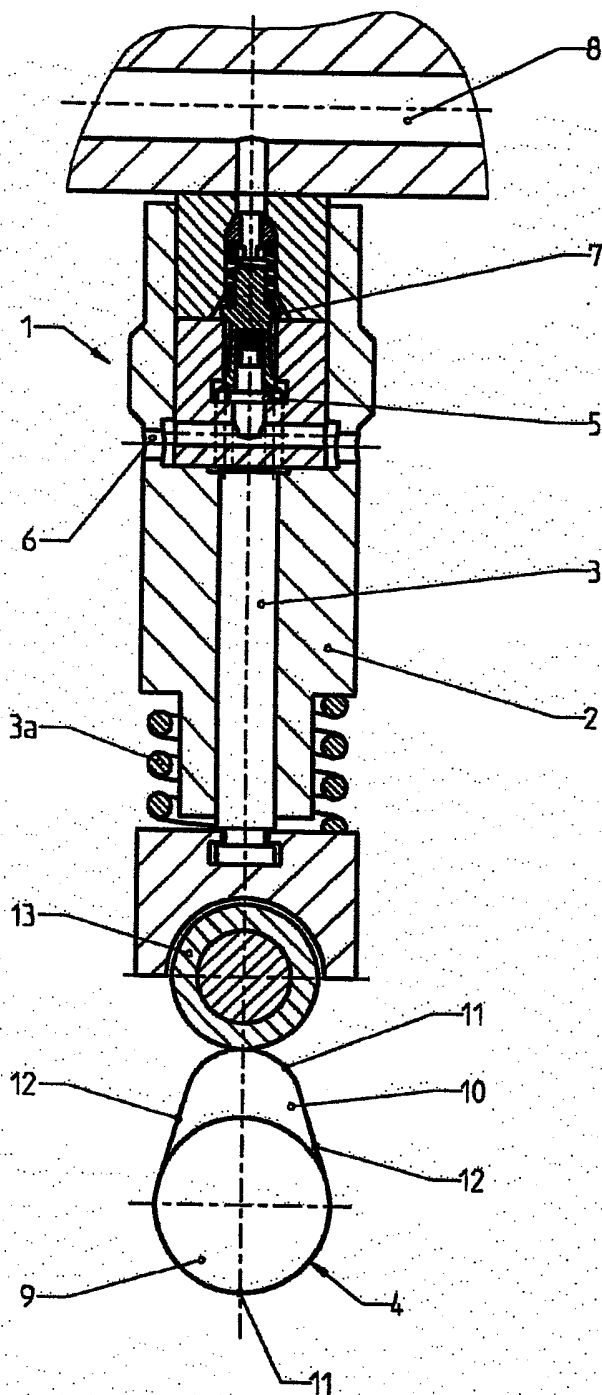


Fig. 1

Erhebung

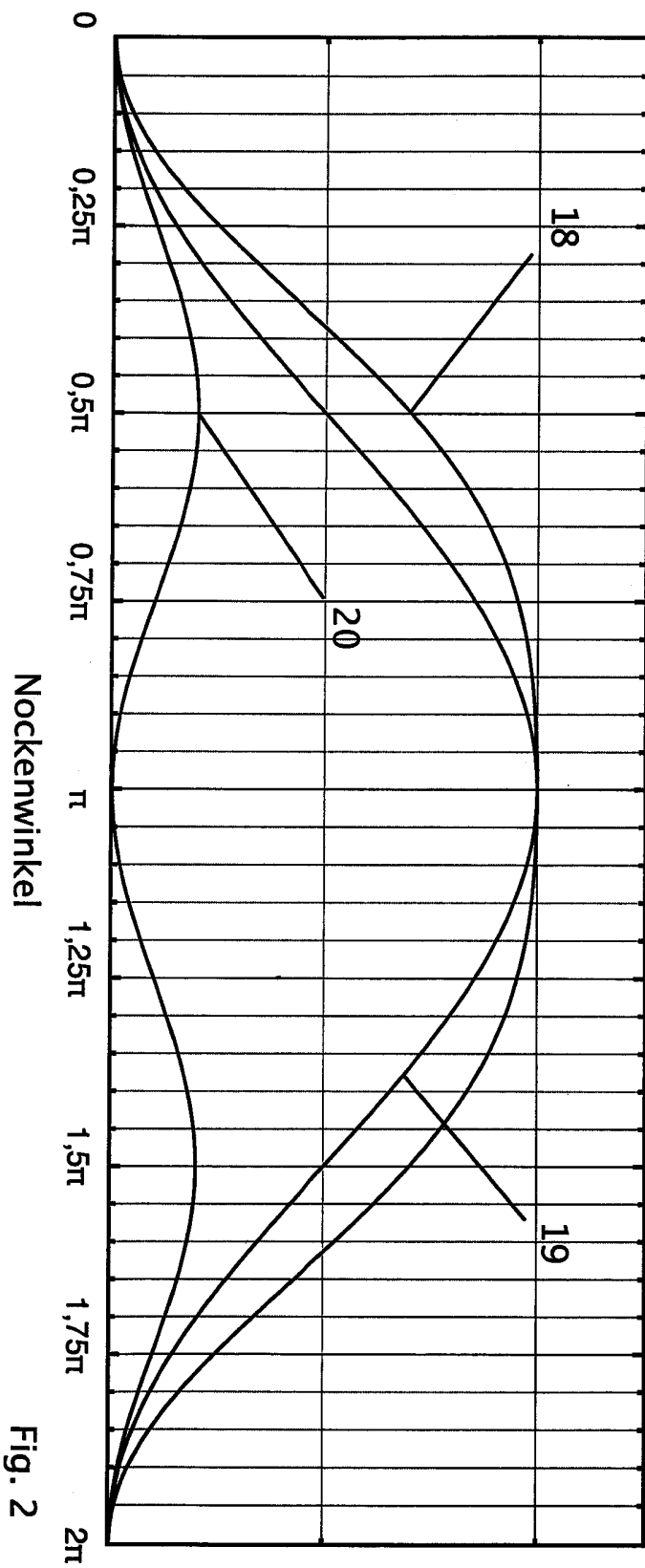


Fig. 2

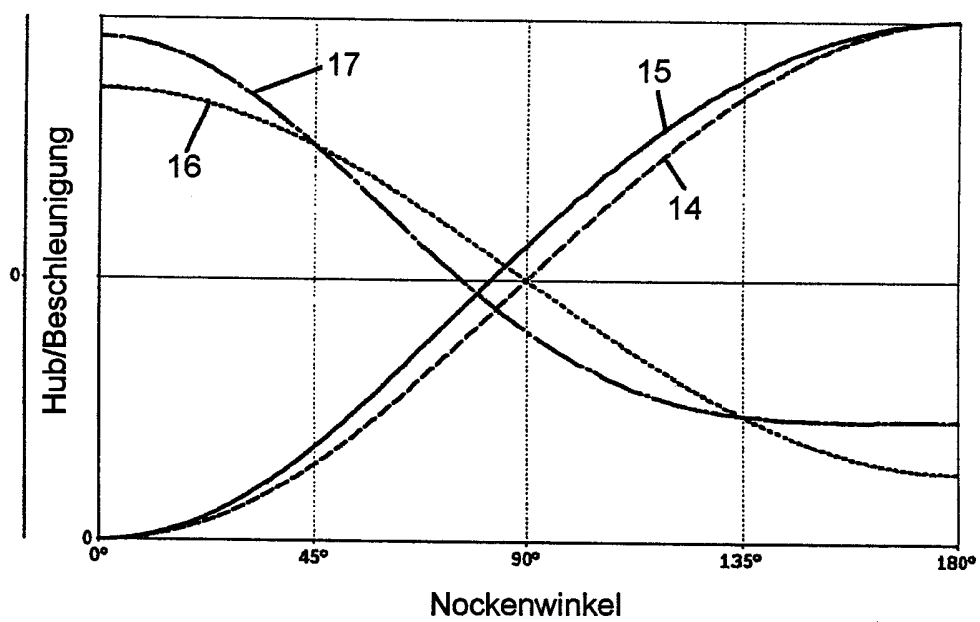


Fig. 3

re: Österreichische Patentanmeldung A 467/2007, Kl. F 02 M
Robert Bosch GmbH in Stuttgart-Feuerbach (Deutschland)

P a t e n t a n s p r ü c h e:

1. Vorrichtung zum Antreiben einer Kolbenpumpe, umfassend wenigstens eine auf einer Nockenwelle angeordnete Nocke, die zur Erzeugung einer Hin- und Herbewegung des Pumpenkolbens mit dem Pumpenkolben oder einem zwischen der Nocke und dem Pumpenkolben angeordneten Bauteil zusammenwirkt, wobei die Nocke eine Nockenerhebungskurve mit einem ersten Abschnitt für den Aufwärtshub und einem zweiten Abschnitt für den Abwärtshub aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Nockenerhebungskurve (15, 18) ausgehend von einer im Wesentlichen einer Sinuswelle (14, 19) entsprechenden Form derart verändert ist, dass sich im Vergleich zur Sinuswellen-Form (14, 19) eine Erhöhung der Kolbenbeschleunigung am Anfang des Aufwärtshubes und eine Verringerung der Kolbenverzögerung am Ende des Aufwärtshubes ergibt, wobei die Nockenerhebungskurve (18) in ihrem ersten Abschnitt eine Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer Halbschwingung einer ersten Sinuswelle (19) mit einer zweiten Sinuswelle (20) ergibt, wobei die zweite Sinuswelle (20) die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle (19).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nockenerhebungskurve (18) eine Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer vollen Schwingung einer ersten Sinuswelle (19) mit einer zweiten Sinuswelle (20) ergibt, wobei die zweite Sinuswelle (20) die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle (19).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude der zweiten Sinuswelle (20) $1/5$ bis $1/15$, vorzugsweise $1/8$ bis $1/12$ der Amplitude der ersten Sinuswelle (19) beträgt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sinuswelle mit der Frequenz einer Harmonischen, insbesondere geradzahliger Ordnung, überlagert ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zwischen dem Pumpenkolben (3) und der Nocke (10) angeordnete Bauteil als Rollenstößel (13) ausgebildet ist.

6. Nocke zur Verwendung in einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, mit einer Nockenerhebungskurve mit einem ersten Abschnitt für den Aufwärtshub und einem zweiten Abschnitt für den Abwärtshub, dadurch gekennzeichnet, dass die Nockenerhebungskurve (15, 18) ausgehend von einer im Wesentlichen einer Sinuswelle (14, 19) entsprechenden Form derart verändert ist, dass sich im Vergleich zur Sinuswellenform (14, 19) eine Erhöhung der Kolbenbeschleunigung am Anfang des Aufwärtshubes und eine Verringerung der Kolbenverzögerung am Ende des Aufwärtshubes ergibt, wobei die Nockenerhebungskurve (18) in ihrem ersten Abschnitt eine Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer Halbschwingung einer ersten (19) Sinuswelle mit einer zweiten Sinuswelle (20) ergibt, wobei die zweite Sinuswelle (20) die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle (19).

7. Nocke nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Nockenerhebungskurve (18) eine Form aufweist, die sich aus der Überlagerung einer vollen Schwingung einer ersten Sinuswelle (19) mit einer zweiten Sinuswelle (20) ergibt, wobei die zweite Sinuswelle (20) die doppelte Frequenz und eine geringere Amplitude aufweist als die erste Sinuswelle (19).

8. Nocke nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude der zweiten Sinuswelle (20) $1/5$ bis $1/15$, vorzugsweise $1/8$ bis $1/12$ der Amplitude der ersten Sinuswelle (19) beträgt.

9. Nocke nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sinuswelle mit der

013528

- 3 -

Frequenz einer Harmonischen, insbesondere geradzahligter Ordnung, überlagert ist.

Wien, am 27. November 2007

Robert Bosch GmbH
durch:

Patentanwalt
Dr. Thomas M. Haffner

NACHGEREICHT