

Beschreibung

[0001] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Nockenwelle für ein Auslassventil eines Verbrennungsmotors. Gemäß einem Aspekt hat die Nockenwelle ein bewegliches Nockenkonturelement, mittels dessen eine drehzahlabhängige Nockenkonturform erhalten wird.

[0002] In Verbrennungsmotoren werden üblicherweise Ventiltriebe verwendet, die mittels einer Nockenwelle einen Ventilhub des Ein- und Auslassventils mit fester Hubhöhe und Hubdauer erzeugen. Ein solcher Ventiltrieb ist jedoch mit Nachteilen bezüglich einer optimalen Anpassung an verschiedene Lastbereiche des Verbrennungsmotors verbunden. Außerdem betätigt die Nockenwelle den Ventiltrieb bereits beim Anlassen des Motors während der Startphase; hierbei muss jedoch die Energie zur Kompression des in der Brennkammer befindlichen Gases durch den Anlassermotor aufgebracht werden, was zu Nachteilen während des Anlassens führen kann.

[0003] Zur Anpassung an diese Anforderungen existieren zahlreiche Ventiltriebe, die für das Anlassen einen veränderten Ventilhubverlauf erlauben. Eine besonders einfache, aber wirkungsvolle Gestaltung basiert auf einer Nockenwelle, die zur Betätigung eines Ventils mehrere seitlich nebeneinander angeordnete Nockenbahnen umfasst und die mittels einer Verstelleinheit seitlich verschiebbar ist. Eine an die jeweiligen Anforderungen angepasste Nockenbahn kann dann durch seitliche Verschiebung der Nockenwelle ausgewählt werden. Bei einer Nockenwelle für ein Auslassventil kann auf diese Weise etwa eine Nocke für die Anlassphase und eine weitere Nocke für den normalen Betrieb vorgesehen sein, wobei die Nocke für die Anlassphase ein zusätzliches Ventilöffnen zum Druckabbau des in der Brennkammer befindlichen Gases vorsieht.

[0004] Eine solche Verstelleinheit erhöht jedoch den Bedarf an Platz und Gewicht des Ventiltriebs und erfordert eine komplexe Ansteuerung der Verstelleinheit. Zusätzlich kann die Stabilität und Festigkeit der Nockenwelle beeinträchtigt werden.

[0005] Die JP 2008-82188 beschreibt eine Nockenwelle mit einer von der Rotationsgeschwindigkeit der Nockenwelle abhängigen Dekompressionsfunktion und einer Funktion zur Phasenverschiebung. Dabei wird eine Steuerwelle 57 mittels eines Zentrifugalmechanismus 50 relativ zur Nocke 36 rotiert, um Stifte 65a und 65b anzuheben (siehe **Fig. 6**, **Fig. 7** der JP 2008-82188). Dieser Mechanismus erfordert eine an dem Zentrifugalmechanismus angebrachte Zugfeder 53 sowie ein Übertragungsglied 59, und hat daher einen erhöhten Platzbedarf.

[0006] Außerdem muss wegen des an der Rotationsachse angeordneten Steuerschafts 53 mindestens ein Wellenende der Nockenwelle zugänglich sein, was Einschränkungen an die Lagerung und Platzierung der Nockenwelle zur Folge hat.

[0007] Die vorliegende Erfindung hat zum Ziel, eine Nockenwelle zur Verfügung zu stellen, die einerseits verstellbar ist, aber andererseits zumindest einige der oben genannten Nachteile mindert.

[0008] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Nockenwelle speziell für ein Auslassventil eines Verbrennungsmotors zur Verfügung gestellt. Die Nockenwelle umfasst einen Nocken und einen Auslösemechanismus für dessen Nockenkonturelement. Der Nocken definiert eine Nockenkontur zum zyklischen Betätigen des Auslassventils durch Rotieren der Nockenwelle definiert. Der Nocken umfasst einen Nockenkörper und das Nockenkonturelement. Das Nockenkonturelement ist relativ zu dem Nockenkörper in eine erste Nockenkonturstellung und in eine zweite Nockenkonturstellung beweglich, derart, dass die Nockenkontur eine erste Nockenkonturform aufweist, wenn sich das Nockenkonturelement in der ersten Nockenkonturstellung befindet, und eine von der ersten Nockenkonturform verschiedene zweite Nockenkonturform aufweist, wenn sich das Nockenkonturelement in der zweiten Nockenkonturstellung befindet. Der Auslösemechanismus ist konfiguriert, um das Nockenkonturelement bei einer ersten niedrigeren Drehzahl der Nockenwelle (insbesondere bei einem ersten Drehzahlbereich) in der ersten Nockenkonturstellung zu halten, und um das Nockenkonturelement bei einer zweiten höheren Drehzahl der Nockenwelle (insbesondere bei einem zweiten Drehzahlbereich, der gegenüber der ersten Drehzahl bzw. dem ersten Drehzahlbereich höher liegt) in der zweiten Nockenkonturstellung zu halten.

[0009] Die Nockenwelle ist beidseitig gelagert, d.h. sie weist ein erstes Lager und ein zweites Lager zum drehbaren Lagern der Nockenwelle um ihre Nockenwellenachse auf, wobei der Nocken axial zwischen diesen Lagern angeordnet ist. Erfindungsgemäß ist auch der Auslösemechanismus zwischen diesen Lagern angeordnet.

[0010] Bevorzugt steht das Nockenkonturelement in der ersten Nockenkonturstellung zum Betätigen (Öffnen) des Auslassventils hervor (gegenüber der umgebenden Nockenkontur), und steht es in der zweiten Nockenkonturstellung nicht oder weniger hervor, so dass das Auslassventil keine – d.h. keine wesentliche – zusätzliche Betätigung (Öffnung) erfährt, also nicht wesentlich weiter geöffnet wird als mittels der das Nockenkonturelement umgebenden Nockenkontur.

[0011] Der zweite Drehzahlbereich kann im Wesentlichen an den ersten Drehzahlbereich angrenzen, wobei der Übergang zwischen dem ersten und zweiten Drehzahlbereich entweder mit einem Schwellenwert oder mit einem gewissen Übergang (Übergangsbereich) definiert sein kann. Somit ist der Auslösemechanismus konfiguriert, um das Nockenkonturelement in der ersten Nockenkonturstellung zu halten, wenn die Drehzahl einen vorgegebenen Schwellenwert bzw. Übergangsbereich unterschreitet, und um das Nockenkonturelement in der zweiten Nockenkonturstellung zu halten, wenn die Drehzahl den vorgegebenen Schwellenwert bzw. Übergangsbereich überschreitet. Gemäß einem Aspekt ist der Auslösemechanismus konfiguriert, um das Nockenkonturelement beim Übergang von der ersten Drehzahl zur zweiten Drehzahl (bzw. vom ersten Drehzahlbereich zum zweiten Drehzahlbereich) von der ersten Nockenkonturstellung zu der zweiten Nockenkonturstellung zu bringen.

[0012] Die erste Drehzahl kann beispielsweise in einem für das Anlassen typischen Drehzahlbereich liegen. Gemäß einem Aspekt beträgt die erste Drehzahl – auch je nach Motortyp – zwischen 0 U/min und 1000 U/min, bevorzugt zwischen 0 U/min und 500 U/min. Die zweite Drehzahl kann in einem normalen Betriebsbereich des Motors liegen, etwa oberhalb von 500 U/min, bevorzugt oberhalb von 700 U/min oder 1000 U/min, jeweils auf die Drehzahl der Nockenwelle bezogen. Der Schwellenwert kann also beispielsweise in einem Drehzahlbereich zwischen 500 U/min und 1000 U/min liegen.

[0013] Die erfindungsgemäße Nockenwelle erlaubt somit eine drehzahlabhängige Nockenkonturform und demzufolge einen drehzahlabhängigen Ventilhubverlauf des Auslassventils. Gemäß einem besonderen Aspekt steht bei niedrigen, etwa für die Anlassphase typischen Drehzahlen das Nockenkonturelement hervor (in der ersten Nockenkonturstellung), so dass eine zusätzliche Ventilöffnung (gegenüber höheren Drehzahlen bzw. der zweiten Nockenkonturstellung) erreicht wird, so dass der Anlasser weniger Arbeit gegen den Druck in der Brennkammer aufbringen muss.

[0014] Diese drehzahlabhängige Nockenkonturform kann gemäß einem Aspekt der Erfindung ohne eine seitliche Verschiebung des Nocken erreicht werden. Dadurch wird insbesondere eine beidseitige Lagerung der Nockenwelle ermöglicht. Die beidseitige Lagerung erlaubt eine besonders günstige Kraftübertragung zwischen Nocken und Ventil, da unerwünschte Biegeschwingungen der Nockenwelle vermieden werden, und eine flexible Ansteuerung des Ventiltriebs.

[0015] Die erste Nockenkonturform kann sich von der zweiten Nockenkonturform insbesondere da-

durch unterscheiden, dass die erste Nockenkonturform eine Hervorhebung aufweist, um das Auslassventil (70) während eines Verdichtungstakts des Verbrennungsmotors zu öffnen. Die Hervorhebung nimmt vorzugsweise einen Drehwinkelbereich der Nockenwelle zwischen 1° und 30° ein. Eine Mitte der Hervorhebung ist vorzugsweise um einen Winkel von zwischen 90° und 270°, besonders bevorzugt zwischen 90° und 180° in Drehrichtung des Nockens relativ zu einem Punkt bzw. Winkel maximaler Exzentrizität der Nockenkontur (Vorsprung des Nockenkörpers) versetzt.

[0016] Das Nockenkonturelement ist vorzugsweise (in axialer Richtung) mittig im Nocken gelagert.

[0017] Hierin bedeutet „ein“ immer „mindestens ein“, also z.B. „ein Nocken“ = „mindestens ein Nocken“ usw. Der erste Drehzahlbereich kann den Stillstand einschließen (Drehzahl 0).

[0018] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen und in der nachfolgenden Beschreibung der Figuren dargestellt. Dabei sind einzelne Aspekte und Details der Ausführungsformen zwar mit Bezugszeichen der Figuren dargestellt; diese Bezugszeichen sind jedoch lediglich zur Illustration angegeben. Aspekte sind auch unabhängig von der dargestellten Ausführungsform mit anderen Aspekten kombinierbar.

[0019] In den Figuren zeigen:

[0020] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Ventiltriebs für ein Auslassventil gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0021] Fig. 2 zeigt eine Frontalansicht des Ventiltriebs gemäß Fig. 1;

[0022] Fig. 3a–c zeigen seitliche Ansichten des Ventiltriebs gemäß Fig. 1 und Fig. 2 mit dem Nockenkonturelement in der ersten Nockenkonturstellung;

[0023] Fig. 4a–c zeigen seitliche Ansichten des Ventiltriebs gemäß Fig. 1 und Fig. 2 mit dem Nockenkonturelement in der zweiten Nockenkonturstellung;

[0024] Fig. 5 zeigt eine weitere seitliche Querschnittsansicht des Nocken von Fig. 4b; und

[0025] Fig. 6 zeigt ein Ventilhubdiagramm für den erfindungsgemäßen Ventiltrieb.

[0026] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen einen Ventiltrieb für ein Auslassventil 70 eines Verbrennungsmotors mit der Nockenwelle 10 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die Nockenwelle 10 umfasst einen Nocken 11, der angeordnet ist, um das Auslassventil 70 zu betätigen. Die Nockenwelle 10 ist um ihre Achse

rotierbar. Zu diesem Zweck ist die Nockenwelle **10** durch Lager **8a**, **8b** – also beidseitig – am Zylinderkopf gelagert. Es handelt sich somit um eine obenliegende Nockenwelle. Die Nockenwelle **10** umfasst weiter ein Zentrifugalelement **21**, welches weiter unten in Bezug auf die **Fig. 3** und **Fig. 4** genauer beschrieben wird.

[0027] Die beidseitige Lagerung durch die Lager **8a**, **8b** erlaubt eine günstige Kraftübertragung zwischen Nocken und Ventil, da unerwünschte Biegeschwüngen der Nockenwelle vermieden werden. Auch erlaubt die beidseitige Lagerung eine flexible Ansteuerung des Ventiltriebs: Gemäß einem bevorzugten Aspekt befindet sich ein mit einer Kurbelwelle des Verbrennungsmotors verbundene) Antriebszahnrad oder -Kettenrad an der Seite **7a** der Nockenwelle, und ein mit einer Einlassventil-Antriebswelle verbundenes Abtriebszahnrad an der anderen Seite **7b** der Nockenwelle **10**. Dadurch kann die Nockenwelle beispielsweise in dem in der DE 102005057127 beschriebenen Ventiltrieb eingesetzt werden.

[0028] Der Ventiltrieb umfasst weiter einen Mechanismus zum Betätigen des Auslassventils **70** durch den Nocken **11**. In der in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform umfasst dieser Mechanismus einen Schleppebel **60** und ein Shim (Ventileinstellplättchen) **72**, die zwischen dem Nocken **11** und dem Auslassventil **70** angeordnet sind, so dass die Betätigung des Auslassventils durch den Nocken **11** über den Schleppebel **60** und den Stößel **72** erfolgt. Weiter ist in **Fig. 2** eine Ventulfeder **74** dargestellt, die das Ventil **70** (zumindest phasenweise, etwa bei Betätigung des Ventils) gegen den Nocken **11** vorspannt und somit einen Kraftschluss zwischen dem Ventil **70** und dem Nocken **11** herstellt. In einer Phase, bei der das Ventil nicht betätigt wird, presst die Ventulfeder das Ventil in den Ventilsitz, welcher die entsprechende Gegenkraft aufbringt.

[0029] Wie in **Fig. 2** zu sehen ist, umfasst der Nocken **11** einen Nockenkörper **12** und ein Nockenkonturelement **40** (siehe **Fig. 3b**, **Fig. 4b**; in **Fig. 2** ist lediglich ein als Dekompressionsfläche **44** wirkendes Ende des Nockenkonturelements zu sehen), die gemeinsam die Nockenkontur **16** des Nockens **11** definieren. Genauer gesagt wird die Nockenkontur **16** durch die Dekompressionsfläche **44** des Nockenkonturelements **40** (auch als Nockenkonturfläche des Nockenkonturelements bezeichnet) und durch eine restliche Nockenkonturfläche **14** des Nockenkörpers **12** gebildet. Die Nockenkontur **16** ist das Querschnittsprofil des Nockens **11**, welches das Auslassventil **70** bei Rotation der Nockenwelle **10** betätigt und welches den Ventilhubverlauf des Auslassventils **70** daher maßgeblich beeinflusst.

[0030] Das Nockenkonturelement **40** ist als Stift gestaltet, der in den Nockenkörper **12** ein- und ausfahrbar ist (siehe auch **Fig. 3b**, **Fig. 4b**).

[0031] In der ausgefahrenen Stellung (erste Nockenkonturstellung, in **Fig. 3b** dargestellt) steht die Nockenkonturfläche **44** des Nockenkonturelements **40** gegenüber der restlichen Nockenkonturfläche **14** hervor. Dies hat zur Folge, dass das Auslassventil **70** durch die Nockenkonturfläche **44** des Nockenkonturelements **40** eine zusätzliche Betätigung (Öffnung) erfährt. In der eingefahrenen Stellung (zweite Nockenkonturstellung, in **Fig. 4b** dargestellt) ist die Nockenkonturfläche **44** bündig zur restlichen Nockenkonturfläche **14** angeordnet (steht nicht wesentlich hervor), sodass das Auslassventil keine – gemeint ist keine wesentliche – zusätzliche Betätigung (Öffnung) erfährt. Somit hat die Nockenkontur **16** eine variable Nockenkonturform, die davon abhängt, ob das Nockenkonturelement **40** in der ersten oder in der zweiten Nockenkonturstellung befindet.

[0032] Die Nockenkonturfläche **44** des Nockenkonturelements **40** ist hierbei an einem Abschnitt der Nockenkontur **16** angeordnet, bei dem das Auslassventil **70** – zumindest in der zweiten Nockenkonturstellung bzw. bei der das Nockenkonturelement **40** umgebenden restlichen Nockenkonturfläche **14** dieses Abschnitts – geschlossen ist.

[0033] Die Nockenkonturfläche **44** des Nockenkonturelements **40** wirkt somit als Dekompressionsfläche **44**: Bei niedrigen, für die Anlassphase typischen Drehzahlen erlaubt die zusätzliche Ventilöffnung (in der ersten Nockenkonturstellung), dass Druck in der Brennkammer abgelassen werden kann, so dass der Anlasser weniger Arbeit gegen den Druck in der Brennkammer aufbringen muss. Bei höheren, für den Normalbetrieb typischen Drehzahlen wird die zusätzliche Ventilöffnung unterbunden, so dass keine Einbußen in Bezug auf den Wirkungsgrad des Motors in Kauf genommen werden müssen.

[0034] Wie in **Fig. 2** zu sehen ist, ist das Nockenkonturelement **40** (in Bezug auf die axiale Richtung der Nockenwelle) mittig im Nocken **11** gelagert. Diese mittige Lagerung bewirkt, insbesondere in Verbindung mit dem einen Schleppebel **60** aufweisenden Ventiltrieb, eine gleichmäßige und verschleißarme Kraftübertragung vom Nocken **11** auf das Ventil **70**. Gemäß einem allgemeinen Aspekt weicht (in Bezug auf die axiale Richtung) eine Mitte des Nockenkonturelements **40** von einer Mitte des Nockens um weniger als 20% der Breite des Nockens ab.

[0035] In den **Fig. 3** und **Fig. 4** ist der Auslösemechanismus **20** des Ventiltriebs gemäß **Fig. 1** und **Fig. 2** in größerem Detail gezeigt, mittels dessen das Nockenkonturelement **40** drehzahlabhängig bewegt (ein- und ausgefahren) wird. Durch den Auslösemechanismus **20** wird somit sichergestellt, dass das Nockenkonturelement **40** bzw. dessen Nockenkonturfläche **44** bei geringen Drehzahlen ausgefahren ist (ers-

te Nockenkonturstellung) und bei höheren Drehzahlen eingefahren ist (zweite Nockenkonturstellung).

[0036] Hierbei sind **Fig. 3a**, **Fig. 4a** seitliche Ansichten, von der rechten Seite in **Fig. 2** gesehen; **Fig. 3b**, **Fig. 4b** seitliche Querschnittsansichten in der Ebene A-A von **Fig. 2**; und **Fig. 3c**, **Fig. 4c** seitliche Querschnittsansichten in der Ebene B-B von **Fig. 2**. In **Fig. 3a–c** ist das Nockenkonturelement in der ersten Nockenkonturstellung, und in **Fig. 4a–c** ist das Nockenkonturelement in der zweiten Nockenkonturstellung dargestellt.

[0037] Die seitliche Ansicht bzw. Querschnittsansicht der **Fig. 3a**, **Fig. 3c** zeigen das Zentrifugalelement **21** des Auslösemechanismus **20**. Das Zentrifugalelement **21** ist als beidseitiger Hebel mit einem ersten Hebelarm **27** und einem zweiten Hebelarm **28** gestaltet und drehbar um eine Achse **22** an der Nockenwelle **10** (d.h. an einer mit der Nockenwelle **10** mitrotierenden Aufhängung, hier an dem starr mit der Nockenwelle **10** verbundenen Nockenkörper **12**) gelagert. In **Fig. 3a**, **Fig. 3c** ist das Zentrifugalelement **21** in einer ersten Zentrifugalstellung dargestellt; in **Fig. 4a**, **Fig. 4c** ist es in einer zweiten Zentrifugalstellung dargestellt, in der das Zentrifugalelement **21** gegenüber der ersten Zentrifugalstellung um die Achse **22** im Uhrzeigersinn rotiert ist.

[0038] Das in **Fig. 3c**, **Fig. 4c** dargestellte Vorspannelement **30** spannt das Zentrifugalelement **21** zur ersten Zentrifugalstellung hin (in der Ansicht von **Fig. 3a**, **Fig. 4a** gegen den Uhrzeigersinn) vor. Das Vorspannelement **30** ist in einer quer durch die Nockenwelle verlaufenden Öffnung der Nockenwelle **10** angeordnet, so dass die Längsachse des Vorspannelements **30** im rechten Winkel durch die Rotationsachse der Nockenwelle verläuft. Die Vorspannung kann durch eine Rückstellfeder erfolgen, die etwa konzentrisch zur Längsachse des Vorspannelements **30** in der Nockenwelle **10** angeordnet ist und das Vorspannelement **30** gegen das Zentrifugalelement **21** spannt (drückt). Die Rückstellfeder kann eine zwischen (einem Anschlag in) der Öffnung der Nockenwelle und (einem Anschlag an) dem Vorspannelement **30** eingespannte Druckfeder sein.

[0039] In einem Aspekt ist die Länge des aus der Nockenwelle **10** zum Zentrifugalelement **21** hin herausragenden Teilstücks des Vorspannelements **30** kürzer als der Nockenwellenradius der Nockenwelle **10** an dieser Stelle. Dies gilt in der ersten und/oder der zweiten Zentrifugalstellung. Dadurch ist eine besonders kompakte Anordnung des Vorspannelements **30** möglich.

[0040] In der ersten Zentrifugalstellung ist das Zentrifugalelement **21** durch das Vorspannelement **30** an einen ersten Anschlag gespannt (gedrückt). Hier wird der erste Anschlag an dem ersten Hebelarm,

etwa durch ein Mittelstück **26** des ersten Hebelarms, und die Nockenwelle **10** gebildet. Der erste Anschlag ist auf einer anderen Hebelseite des Zentrifugalelements **21** als das Vorspannelement **30** angeordnet. Der erste Anschlag begrenzt das Schwenken des Zentrifugalelements **21** in die Richtung, in die das Vorspannelement **30** das Zentrifugalelement **21** vorspannt. Das Schwenken des Zentrifugalelements **21** in die entgegengesetzte Richtung wird begrenzt durch eine Maximalkompression der Rückstellfeder des Vorspannelements **30**, oder durch einen weiteren Anschlag zwischen dem zweiten Hebelarm **28** und der Nockenwelle **10**.

[0041] In einem Aspekt ist das Vorspannelement **30** kraftschlüssig mit dem Zentrifugalelement **21** verbunden, insbesondere an das Zentrifugalelement **21** gedrückt.

[0042] Die durch das Vorspannelement **30** ausgeübte Vorspannung zur ersten Zentrifugalstellung hin bewirkt, dass sich das Zentrifugalelement **21** in der Ruhestellung oder bei niedrigen Drehzahlen (bei einer ersten Drehzahl) der Nockenwelle in der ersten Zentrifugalstellung befindet, wie in **Fig. 3a** dargestellt.

[0043] Das Zentrifugalelement ist in der dargestellten Ausführungsform aus Hebel gestaltet. Der Hebel **21** und insbesondere dessen Hebelarme **27**, **28** sind derart dimensioniert, dass die bei Drehung der Nockenwelle wirkende Zentrifugalkraft stärker auf den ersten Hebelarm **27** als auf den zweiten Hebelarm **28** wirkt und somit auf das Zentrifugalelement **21** insgesamt ein zu zweiten Zentrifugalstellung hin gerichtetes (d.h. in der Ansicht von **Fig. 3a**, **Fig. 4a** im Uhrzeigersinn gerichtetes) Drehmoment ausübt. Überschreitet die Drehzahl einen gewissen Schwellenwert (etwa bei einer zweiten, höheren Drehzahl), so überwiegt dieses Drehmoment die Vorspannung durch das Vorspannelement **30**, und infolgedessen befindet sich das Zentrifugalelement **21** dann in der zweiten Zentrifugalstellung, wie in **Fig. 4a** dargestellt.

[0044] Gemäß einem Aspekt verläuft der Hebel entlang eines Teilsegments um die Nockenwelle **10** herum. Gemäß einem Aspekt ist der Schwerpunkt des ersten Hebelarms **27** gegenüber dem Schwerpunkt des zweiten Hebelarms **28** um mehr als 90°, vorzugsweise mehr als 120° oder sogar um mehr als 135° versetzt. Gemäß einem Aspekt ist der Schwerpunkt und/oder das Hebelende des ersten Hebelarms **27** gegenüber der Schwenkachse **22** um mehr als 90°, vorzugsweise mehr als 120° oder sogar um mehr als 135° versetzt (bezüglich der Rotationsachse der Nockenwelle **10** und in Richtung der räumlichen Ausdehnung des Zentrifugalelements **21**). Gemäß einem Aspekt ist der Schwerpunkt und/oder das Hebelende des zweiten Hebelarms **28** gegenüber der Schwenkachse **22** um weniger als 90°, vorzugsweise weniger als 45° oder sogar um weniger als 30° versetzt. Ge-

mäß einem Aspekt ist der Schwerpunkt und/oder das Hebelende des ersten Hebelarms **27** gegenüber der Schwenkachse **22** um mehr als den doppelten, dreifachen oder sogar vierfachen Winkel als der Schwerpunkt bzw. das Hebelende des zweiten Hebelarms **28** versetzt. Hierin ist der Winkel immer um die Rotationsachse der Nockenwelle **10** und in Richtung der räumlichen Ausdehnung des Zentrifugalelements **21** definiert. Diese Aspekte erlauben einen Hebel mit einem ausreichend großen Hebelarm und gleichzeitig in radialer Richtung geringen Raumanforderungen, so dass eine kompakte Bauweise möglich ist.

[0045] Gemäß einem Aspekt ist das Zentrifugalelement (Hebel) **21** um eine parallel zur Nockenwellenachse verlaufende Hebelachse schwenkbar. Gemäß einem Aspekt ist die Hebelachse exzentrisch zur Nockenwellenachse angeordnet, vorzugsweise radial in Richtung eines Vorsprungsbereichs des Nockenkörpers **12** zur Nockenwellenachse beabstandet. Der Vorsprungsbereich ist der radial von der Nockenwellenachse ausgehende Winkelbereich mit einer Winkelabweichung von weniger als 30° in Richtung des Vorsprungs (Stelle maximaler Exzentrizität) des Nockenkörpers **12**.

[0046] Gemäß einem weiteren Aspekt ist das Zentrifugalelement **21** direkt benachbart an die Nocke **12** angeordnet, d.h. ohne ein anderes funktionelles Teil dazwischen wie etwa ein Lager für die Nocke. Gemäß einem Aspekt beträgt der axiale Abstand zwischen dem Zentrifugalelement **21** und der Nocke **12** (Seitenfläche zu Seitenfläche) weniger als 0,5 cm. Gemäß einem Aspekt beträgt der axiale Abstand zwischen einer Mittelebene des Zentrifugalelements **21** und einer Mittelebene der Nocke **12** weniger als das doppelte oder weniger als das 1,5-fache der axialen Breite der Nocke, oder sogar weniger als die axialen Breite der Nocke. Gemäß einem Aspekt ist die Nockenwelle beidseitig gelagert, und das Zentrifugalelement **21** ist zwischen den beiden Lagern **8a**, **8b** angeordnet. Dadurch wird eine kompakte Bauweise auch in axialer Richtung ermöglicht.

[0047] Fig. 3b, Fig. 4b zeigen das Nockenkonturelement **40** und einen Kopplungsmechanismus, welcher das Zentrifugalelement **21** an das Nockenkonturelement **40** koppelt.

[0048] Diese Kopplung erfolgt derart, dass das Nockenkonturelement (**40**) in der ersten Nockenkonturstellung gehalten wird, wenn das Zentrifugalelement **21** die erste Zentrifugalstellung einnimmt (wie in Fig. 3b gezeigt), und dass das Nockenkonturelement **40** in der zweiten Nockenkonturstellung gehalten wird, wenn das Zentrifugalelement **21** die zweite Zentrifugalstellung einnimmt (wie in Fig. 4b gezeigt).

[0049] Das Nockenkonturelement **40** ist als Stift gestaltet, der entlang einer Stiftachse zumindest teilwei-

se in einem Sackloch des Nockenkörpers **12** angeordnet und in dieses einfahrbar ist. Die vom Sackloch aus nach außen gerichtete Fläche des Nockenkonturelements **40** bildet die Nockenkonturfläche **44**. In der ersten Nockenkonturstellung (Fig. 3b) ist der Stift zumindest teilweise aus dem Sackloch ausgefahren, und in der zweiten Nockenkonturstellung (Fig. 4b) ist der Stift im Wesentlichen in das Sackloch eingefahren, so dass die Nockenkonturfläche **44** bündig mit den umgebenden Flächen ist.

[0050] Der Kopplungsmechanismus zwischen dem Zentrifugalelement **21** und dem Nockenkonturelement **40** ist durch einen bewegbaren Anschlagkörper **24** realisiert, der in Abhängigkeit der Zentrifugalstellung des Zentrifugalelements **21** in einer ersten bzw. zweiten Anschlagstellung ist. Der Anschlagkörper ist als ein starr mit dem Zentrifugalelement **21** verbundener, um eine Achse parallel zur Nockenwellenachse drehbarer Stift realisiert.

[0051] Gemäß einem Aspekt ist der Anschlagkörper **24** formschlüssig, insbesondere starr mit dem Zentrifugalelement **21** verbunden. Gemäß einem Aspekt ist die Verbindung zwischen dem Zentrifugalelement **21** und dem Anschlagkörper **24** exzentrisch zur Nockenwellenachse angeordnet, vorzugsweise radial zu einem Vorsprung bzw. Vorsprungsbereich (Winkelbereich von $\pm 30^\circ$ um den Vorsprung) des Nockenkörpers **12** hin versetzt angeordnet.

[0052] Gemäß einem Aspekt ist der Anschlagkörper durch Bewegen des Zentrifugalelements **21** zwischen der ersten und der zweiten Zentrifugalstellung um eine Anschlagkörper-Achse parallel zur Nockenwellenachse drehbar. Gemäß einem Aspekt ist der Anschlagkörper **24** bzw. die Anschlagkörper-Achse exzentrisch zur Nockenwellenachse angeordnet, vorzugsweise in einem Vorsprungsbereich des Nockenkörpers **12** angeordnet. Gemäß einem Aspekt ist die Anschlagkörper-Achse gleich einer Hebelachse des Zentrifugalelements (Hebels) **21**, und der Anschlagkörper **24** ist gemeinsam mit dem Zentrifugalelement **21** drehbar.

[0053] Das Nockenkonturelement **40** ist gegen den Anschlagkörper **24** vorgespannt. Die Vorspannung ist nicht dargestellt und kann beispielsweise durch eine Rückstellfeder erfolgen, die etwa konzentrisch zur Achse des Nockenkonturelements **40** angeordnet ist und das Nockenkonturelement **40** gegen den Anschlagkörper **24** spannt (drückt). Die Rückstellfeder kann eine zwischen (einem Anschlag in) dem Sackloch bzw. Nockenkörper **12** und (einem Anschlag an) dem Nockenkonturelement **40** eingespannte Druckfeder sein. Gemäß einem Aspekt ist das Nockenkonturelement **40** kraftschlüssig mit dem Anschlagkörper **24** verbunden (daran gedrückt). Gemäß einem Aspekt ist der Kontaktbereich zwischen dem Anschlagkörper **24** und dem Nockenkonturelement **40**

in dem Nockenkörper **12** angeordnet, vorzugsweise in einem Vorsprungsbereich des Nockenkörpers **12**.

[0054] Gemäß einem Aspekt ist der Anschlagkörper **24** in dem Bereich, in dem das Nockenkonturelement **40** gegen den Anschlagkörper **24** spannt, unround.

[0055] Wenn das Zentrifugalelement **21** in der ersten Zentrifugalstellung ist, ist der Anschlagkörper **24** in der ersten Anschlagstellung und stellt für das Nockenkonturelement **40** einen ersten Anschlag zur Verfügung, der die erste Nockenkonturstellung für das Nockenkonturelement **40** definiert. Wenn das Zentrifugalelement **21** in der zweiten Zentrifugalstellung ist, ist der Anschlagkörper **24** in der zweiten Anschlagstellung und stellt für das Nockenkonturelement **40** einen zweiten Anschlag zur Verfügung, der die zweite Nockenkonturstellung für das Nockenkonturelement **40** definiert. Gemäß einem Aspekt sind der erste und der zweite Anschlag verschieden. Bevorzugt ist der zweite Anschlag gegenüber dem ersten Anschlag zurückgesetzt.

[0056] In der Ausführungsform von **Fig. 3b**, **Fig. 4b** ist dieser Anschlagkörper durch eine Welle **24** realisiert, die um die Achse **22** (**Fig. 3c**, **Fig. 4c**) rotierbar und mit dem Zentrifugalelement **21** starr verbunden ist. Je nach Zentrifugalstellung des Zentrifugalelements **21** wird daher die Welle **24** in die erste Anschlagstellung (**Fig. 3b**) bzw. in die zweite Anschlagstellung (**Fig. 4b**) rotiert.

[0057] Das Nockenkonturelement **40** ist ein in dem Nocken **11** längs einer Nockenkonturelement-Achse verschiebbar gelagerter Stift, und ist gegen die Welle (Anschlagkörper) **24** vorgespannt (d.h. in Richtung in den Nockenkörper **12** hinein bzw. zu der zweiten Nockenkonturstellung hin vorgespannt).

[0058] Aufgrund dieser Vorspannung nimmt das Nockenkonturelement **40** daher die Stellung ein, die durch den Anschlag mit der Welle **24** vorgegeben wird. In der ersten Anschlagstellung der Welle **24** (**Fig. 3b**) wird der Anschlag durch einen vergleichsweise mehr hervorstehenden Abschnitt der Welle **24** hergestellt. Dadurch wird eine Bewegung des Nockenkonturelements **40** in den Nockenkörper **12** hinein (hin zu der zweiten Nockenkonturstellung) blockiert, so dass das Nockenkonturelement **40** sich in der ersten Nockenkonturstellung befindet, d.h. mit seiner Nockenkonturfläche **44** gegenüber der restlichen Nockenkonturfläche **14** hervorsteht.

[0059] In der zweiten Anschlagstellung (**Fig. 4b**) wird der Anschlag durch einen vergleichsweise weniger hervorstehenden bzw. abgeflachten Abschnitt der Welle **24** hergestellt. Dadurch wird eine Bewegung des Nockenkonturelements **40** in den Nockenkörper **12** hinein (hin zu der zweiten Nockenkontur-

stellung) freigegeben, und durch die Vorspannung befindet sich das Nockenkonturelement **40** folglich in der zweiten Nockenkonturstellung, d.h. mit seiner Nockenkonturfläche **44** nicht hervorsteht.

[0060] Auf diese Weise wird erreicht, dass bei niedrigen Drehzahlen (erste Drehzahl) die Nockenkonturfläche **44** hervorsteht und damit eine zusätzliche Betätigung des Auslassventils **70** bewirkt, wie in **Fig. 3a–Fig. 3c** dargestellt; und dass bei höheren Drehzahlen (zweite Drehzahl) die Nockenkonturfläche **44** bündig mit der restlichen Nockenkonturfläche **14** ist und damit die zusätzliche Betätigung des Auslassventils **70** unterbunden wird.

[0061] Mit Bezug auf **Fig. 5** wird die Position des Nockenkonturelements **40** genauer beschrieben. Wie bereits erwähnt, ist die Nockenkonturfläche – genauer ihre Mitte **44'** – des Nockenkonturelements **40** bevorzugt an einem Abschnitt der Nockenkontur **16** angeordnet, bei dem das Auslassventil – zumindest in der zweiten Nockenkonturstellung bzw. bei der restlichen Nockenkonturfläche dieses Abschnitts – geschlossen ist.

[0062] Bevorzugt ist die Nockenkonturfläche des Nockenkonturelements **40** einem Abschnitt der Nockenkontur **16** angeordnet, der einem Verdichtungs- takt des Verbrennungsmotors zugeordnet ist.

[0063] Bevorzugt beträgt ein Winkel α zwischen dem Punkt **16a** maximaler Exzentrizität der Nockenkontur **16** und der Mitte **44'** der Nockenkonturfläche weniger als 180° (in Drehrichtung gemessen wie in **Fig. 5** dargestellt, wobei die Drehrichtung im Uhrzeigersinn gerichtet ist, wie anhand des in **Fig. 3b** und **Fig. 4b** gezeigten Schleppehebels **60** sichtbar ist). Beispielsweise kann der Winkel α zwischen 90° und 180° betragen, besonders bevorzugt zwischen 105° und 180° betragen oder sogar zwischen 125° und 180° betragen. Dies stellt sicher, dass die Nockenkonturfläche effizient als Dekompressionsfläche wirken und beim Anlassen Druck in der Brennkammer abgelassen werden kann.

[0064] Der Punkt **16a** maximaler Exzentrizität der Nockenkontur **16** ist im Allgemeinen unabhängig von der Nockenkonturstellung, und ist zur Vermeidung von Mehrdeutigkeiten in Bezug auf die zweite Nockenkonturstellung definiert.

[0065] Das Nockenkonturelement **40** ist ein in dem Nocken **11** längs einer Nockenkonturelement-Achse verschiebbar gelagerter Stift. Die Achse dieses Stifts **40** weicht um einen Winkel von weniger als 45° , bevorzugt von weniger als 30° von der Radialrichtung der Nockenwelle durch die Mitte **44'** der Nockenkonturfläche ab.

[0066] Die gesamte Nockenkonturfläche des Nockenkonturelements **40** nimmt nur einen begrenzten Winkelbereich der Nockenkontur **16** ein, bevorzugt weniger als 45° , besonders bevorzugt weniger als 30° , und ganz besonders bevorzugt weniger als 15° . Bevorzugt nimmt die Nockenkonturfläche des Nockenkonturelements **40** einen Winkelbereich von mindestens 2° ein.

[0067] Mit Bezug auf **Fig. 6** wird ein Ventilhubdiagramm eines Viertaktmotors beschrieben, der mittels des erfindungsgemäßen Ventiltriebs betrieben wird. Das Ventilhubdiagramm zeigt schematisch die Ventilöffnung V eines Einlassventils (gestrichelte mit I bezeichnete Kurve) und des mit dem erfindungsgemäßen Ventiltrieb angetriebenen Auslassventils (durchgezogene mit E und E' bezeichnete Kurve) als Funktion eines Phasenwinkels α des Motorzyklus, etwa des halben Winkels der Kurbelwelle. BDC bezeichnet den unteren Totpunkt (bei Phasenwinkels $\alpha = 0^\circ$ und $\alpha = 180^\circ$) und TDC bezeichnet den oberen Totpunkt der Kurbelwelle (bei Phasenwinkels $\alpha = 90^\circ$ und $\alpha = 270^\circ$). In dem Diagramm sind in dieser Reihenfolge die folgenden Takte des Viertaktmotors dargestellt: Ausstoßen; Ansaugen; Verdichten; Arbeiten.

[0068] Die Kurven E und I stellen übliche Ventilhubverläufe des Viertaktmotors dar. Die Kurve E' stellt die zusätzliche Betätigung durch das Nockenkonturelement **40** in der ersten Nockenkonturstellung dar. In der zweiten Nockenkonturstellung ist diese zusätzliche Betätigung nicht vorhanden, d.h. die Kurve E' ist durch eine flache Kurve (kein Ventilhub ersetzt). Diese zusätzliche Betätigung erfolgt im Verdichtungstakt vor dem oberen Totpunkt. Wie bereits beschrieben kann durch diese zusätzlich Betätigung E' Gas aus der Brennkammer entweichen und somit Druck abgebaut werden, so dass die durch den Anlassermotor gegen den Druck zu verrichtende Arbeit reduziert wird.

[0069] **Fig. 6** illustriert auch einige allgemeine Aspekte der Anordnung des Nockenkonturelements **40** in Bezug auf die Motorphase, die im folgenden beschrieben werden und optional für beliebige Ausführungsformen gelten. Hierbei ist der Motorphasenwinkel α so definiert, dass er während eines Motorzyklus das Intervall von 0° bis 360° durchläuft. Gemäß einem Aspekt ist der Motor ein Viertaktmotor, und der Motorphasenwinkel α ist der halbe Ventilhubwinkel.

[0070] Gemäß einem Aspekt ist die Nockenkonturfläche des Nockenkonturelements **40** für eine Ventilbetätigung während eines Verdichtungstaktes des Verbrennungsmotors angeordnet. Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Nockenkonturfläche des Nockenkonturelements **40** derart angeordnet, dass ein Phasenwinkel α_p eines maximalen Ventilhubes dieser Nockenkonturfläche um eine Phasendifferenz im Be-

reich von 70° – 30° , bevorzugt im Bereich von 65° – 45° vor dem oberen Totpunkt UDC am Ende des Verdichtungstakts liegt. Gemäß einem weiteren Aspekt überdeckt die durch die Nockenkonturfläche des Nockenkonturelements **40** verursachte Ventilöffnung ein Phasenintervall ($\alpha_0 - \alpha_C$) des Motorzyklus von mehr als 2° oder mehr als 3° oder sogar mehr als 5° , und oder von weniger als 20° , weniger als 15° oder sogar weniger als 10° , also beispielsweise von zwischen 3° und 15° , bevorzugt zwischen 5° und 10° . Hierbei α_0 als die Phase definiert, bei der die Ventilöffnung den Wert von 10% der maximalen Ventilöffnung bei α_p überschreitet, und α_C ist als die Phase definiert, bei der die Ventilöffnung diesen Wert wieder unterschreitet. Mit anderen Worten ist das Phasenintervall ($\alpha_0 - \alpha_C$) der Bereich, bei dem die Ventilöffnung größer als 10% der maximalen Ventilöffnung bei α_p ist.

[0071] Gemäß einem weiteren Aspekt ist das Nockenkonturelement in einem Nicht-Betätigungsbe-
reich des Nockens angeordnet, so dass in einer Umgebung um das Nockenkonturelement keine Betätigung des Ventils erfolgt. Gemäß einem weiteren Aspekt beträgt der (maximale) Ventilhub durch das Nockenkonturelement (in der ersten Nockenkonturstellung) weniger als 30%, weniger als 20% oder sogar weniger als 10% des (maximalen) Ventilhubes durch den Nocken insgesamt (also durch den Punkt **16a** der Nockenkontur, siehe **Fig. 5**).

[0072] Der Betrieb – insbesondere Anlassvorgang – eines Verbrennungsmotors mit dem hierin beschriebenen Ventiltrieb kann also wie folgt beschrieben werden, wobei die Bezugszeichen sich auf sämtliche Figuren beziehen:

Zunächst, etwa zu Beginn des Anlassens, rotiert die Nockenwelle **10** mit einer niedrigen (ersten) Geschwindigkeit und betätigt dabei zyklisch das Auslassventil **70** durch den Nocken **11**. Aufgrund der niedrigen (ersten) Geschwindigkeit befindet sich das Nockenkonturelement **40** in der ersten Nockenkonturstellung, bei der seine Nockenkonturfläche **44** hervorsteht, so dass das Auslassventil **70** von der Nockenkonturfläche **44** während eines Verdichtungstaktes des Verbrennungsmotors betätigt wird. Die erste Nockenkonturstellung wird wie oben beschrieben dadurch erreicht, dass der Auslösemechanismus **20** das Nockenkonturelement **40** in der ersten Nockenkonturstellung hält, wie in **Fig. 3a–Fig. 3c** dargestellt und in Bezug auf diese Figuren beschrieben. Durch die hervorstehende Nockenkonturfläche **44** wird das Ventil geöffnet, so dass ein Druck des in der Brennkammer befindlichen Gases abgebaut werden kann.

[0073] Im weiteren Verlauf wird die Rotation der Nockenwelle auf eine zweite höhere Geschwindigkeit beschleunigt. Durch die höhere Geschwindigkeit wird das Nockenkonturelements **40** zur zweiten Nockenkonturstellung (**Fig. 4a–Fig. 4c**) bewegt, bei der die Nockenkonturfläche **44** nicht oder weniger hervor-

steht. Die Bewegung hin zur zweiten Nockenkonturstellung wird wie oben beschrieben dadurch erreicht, dass der Auslösemechanismus **20** das Nockenkonturelement **40** in der zweiten Nockenkonturstellung hält, wie in **Fig. 4a–Fig. 4c** dargestellt und in Bezug auf diese Figuren beschrieben. Als Folge dessen wird das Auslassventil **70** nicht mehr von der Nockenkonturfläche **44** des Nockenkonturelements **40** betätigt, d.h. es findet keine wesentliche zusätzliche Ventilöffnung statt. Damit ist ein normaler Betrieb des Verbrennungsmotors und insbesondere eine normale Verdichtung des Luft-Brennstoff-Gemischs in der Brennkammer möglich.

[0074] Auch wenn einzelne Ausführungsbeispiele oben beschrieben und in den Figuren dargestellt sind, so ergibt sich der Schutzbereich allein aus den Ansprüchen. Überdies sind oben beschriebene Details der Ausführungsform nur zur Illustration in Bezug auf diese Ausführungsform beschrieben, es ist jedoch beabsichtigt, dass sie nicht an die jeweils zugehörige Ausführungsform gebunden sind, sondern dass sie auch im Zusammenhang mit beliebigen allgemeineren Aspekten verwendet und kombiniert werden können.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2008-82188 [0005, 0005]
- DE 102005057127 [0027]

Patentansprüche

1. Nockenwelle (10) für ein Auslassventil (70) eines Verbrennungsmotors, wobei die Nockenwelle umfasst:

- ein erstes Lager (8a) und ein zweites Lager (8b) zum drehbaren Lagern der Nockenwelle (10) um ihre Nockenwellenachse;
- einen Nocken (11), wobei der Nocken (11) eine Nockenkontur (16) zum zyklischen Betätigen des Auslassventils durch Rotieren der Nockenwelle definiert, und wobei der Nocken (11) einen Nockenkörper (12) und ein Nockenkonturelement (40) umfasst, wobei das Nockenkonturelement (40) relativ zu dem Nockenkörper (12) in eine erste Nockenkonturstellung und in eine zweite Nockenkonturstellung beweglich ist, derart, dass die Nockenkontur (16) eine erste Nockenkonturform aufweist, wenn sich das Nockenkonturelement (40) in der ersten Nockenkonturstellung befindet, und eine von der ersten Nockenkonturform verschiedene zweite Nockenkonturform aufweist, wenn sich das Nockenkonturelement in der zweiten Nockenkonturstellung befindet; und
- einen Auslösemechanismus (20) für das Nockenkonturelement (40), wobei der Auslösemechanismus (20) konfiguriert ist, um das Nockenkonturelement bei einer ersten niedrigeren Drehzahl der Nockenwelle in der ersten Nockenkonturstellung zu halten, und um das Nockenkonturelement bei einer zweiten höheren Drehzahl der Nockenwelle in der zweiten Nockenkonturstellung zu halten, wobei der Nocken (11) und der Auslösemechanismus (20) axial zwischen dem ersten Lager (8a) und dem zweiten Lager (8b) angeordnet ist.

2. Nockenwelle nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei das Nockenkonturelement (40) zum Betätigen des Auslassventils (70) hervorsteht, wenn sich das Nockenkonturelement (40) in der ersten Nockenkonturstellung befindet, und das Nockenkonturelement (40) nicht oder weniger hervorsteht, wenn sich das Nockenkonturelement in der zweiten Nockenkonturstellung befindet.

3. Nockenwelle nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei der Auslösemechanismus (20) ein Zentrifugalelement (21) und einen Kopplungsmechanismus (24) umfasst, wobei das Zentrifugalelement (21) gelagert ist, um bei der ersten niedrigeren Drehzahl der Nockenwelle eine erste Zentrifugalstellung einzunehmen, und um durch Wirkung der Zentrifugalkraft bei der zweiten höheren Drehzahl der Nockenwelle eine zweite Zentrifugalstellung einzunehmen, und wobei der Kopplungsmechanismus (24) das Zentrifugalelement (21) an das Nockenkonturelement (40) koppelt, um das Nockenkonturelement (40) in der ersten Nockenkonturstellung zu halten, wenn das Zentrifugalelement (21) die erste Zentrifugalstellung einnimmt, und um das Nockenkonturelement (40) in der zwei-

ten Nockenkonturstellung zu halten, wenn das Zentrifugalelement (21) die zweite Zentrifugalstellung einnimmt,

4. Nockenwelle nach Anspruch 3, wobei zumindest eines von (a) bis (c):

(a): das Zentrifugalelement (21) ist ein Hebel, welcher derart an der Nockenwelle (10) gelagert ist, dass die bei Drehung der Nockenwelle wirkende Zentrifugalkraft auf den Hebel (21) ein zur zweiten Zentrifugalstellung hin gerichtetes Drehmoment ausübt, und der Auslösemechanismus (20) weist ein Vorspannelement (30) auf, welches den Hebel (21) zur ersten Zentrifugalstellung hin vorspannt, wobei das Vorspannelement (30) kraftschlüssig mit dem Zentrifugalelement 21 verbunden ist, insbesondere mittels einer Druckfeder an das Zentrifugalelement 21 gedrückt ist;

(b): das Zentrifugalelement 21 ist ein um eine parallel zur Nockenwellenachse verlaufende Hebelachse schwenkbarer Hebel, wobei die Hebelachse vorzugsweise exzentrisch zur Nockenwellenachse angeordnet ist, wobei die Hebelachse besonders vorzugsweise in Richtung zu einem Vorsprungsbereich des Nockenkörpers (12) zur Nockenwellenachse beabstandet ist.

(c): das Zentrifugalelement 21 ist direkt benachbart an die Nocke 12 angeordnet;

5. Nockenwelle nach einem beliebigen der Ansprüche 3 und 4, wobei vorzugsweise zumindest eines von (d) und (e):

(d): der Kopplungsmechanismus (24) ist mit dem Zentrifugalelement (21) verbunden, um eine Bewegung des Nockenkonturelements (40) hin zu der zweiten Nockenkonturstellung zu blockieren, wenn sich das Zentrifugalelement (21) in der ersten Zentrifugalstellung befindet, und um die Bewegung des Nockenkonturelements (40) hin zu der zweiten Nockenkonturstellung freizugeben, wenn sich das Zentrifugalelement (21) in der zweiten Zentrifugalstellung befindet, wobei das Nockenkonturelement (40) zu der zweiten Nockenkonturstellung hin vorgespannt ist;

(e): der Kopplungsmechanismus weist einen Anschlagkörper (24) auf, gegen den das Nockenkonturelements (40) vorgespannt ist, und der Anschlagkörper (24) ist formschlüssig, insbesondere starr, mit dem Zentrifugalelement 21 verbunden, um gemeinsam mit dem Zentrifugalelement (21) die erste bzw. zweite Zentrifugalstellung einzunehmen, etwa um gemeinsam mit dem Zentrifugalelement 21 um die in (b) beschriebene Hebelachse drehbar zu sein, wobei der Anschlagkörper (24) in der ersten Zentrifugalstellung einen ersten Anschlag für das Nockenkonturelement (40) bereitzustellen, und um in der zweiten Zentrifugalstellung einen vom ersten Anschlag verschiedenen zweiten Anschlag für das Nockenkonturelement (40) bereitzustellen, wobei der Anschlags-

körper **24** vorzugsweise exzentrisch zur Nockenwellenachse angeordnet ist.

6. Nockenwelle nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei das Nockenkonturelement (**40**) ein in dem Nocken (**11**) längs einer Nockenkonturelement- Achse verschiebbar gelagerter Stift ist, welcher zu der zweiten Nockenkonturstellung hin vorgespannt ist.

7. Ventriltrieb für einen Verbrennungsmotor mit einer Nockenwelle nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei die Nockenwelle (**10**) axial außerhalb des ersten Lagers (**8a**) mit einem Antriebsrad zum Antrieb durch eine Kurbelwelle des Verbrennungsmotors verbunden ist, und axial außerhalb des zweiten Lagers (**8b**) mit einem Abtriebsrad zum Antrieb einer Einlassventil-Betätigungseinheit verbunden ist.

8. Verbrennungsmotor mit einem Ventiltrieb nach Anspruch 7, wobei das Antriebsrad mit der Kurbelwelle verbunden ist, und wobei das Abtriebsrad mit einer Einlassventil- Betätigungseinheit verbunden ist.

9. Verfahren zum Betätigen eines Auslassventils (**70**) eines Verbrennungsmotors, wobei der Verbrennungsmotor eine Nockenwelle (**10**) mit einem Nocken (**11**) aufweist, wobei der Nocken (**11**) einen Nockenkörper (**12**) und ein relativ zu dem Nockenkörper (**12**) bewegliches Nockenkonturelement (**40**) aufweist, wobei Nockenwelle (**10**) mittels einem ersten Lager (**8a**) und einem zweiten Lager (**8b**) drehbar um ihre Nockenwellenachse gelagert ist derart, dass der Nocken (**11**) und ein Auslösemechanismus (**20**) axial zwischen dem ersten Lager (**8a**) und dem zweiten Lager (**8b**) angeordnet ist, wobei das Verfahren umfasst:

- Rotieren der Nockenwelle (**10**) mit einer ersten Geschwindigkeit zum zyklischen Betätigen des Auslassventils durch den Nocken (**11**), wobei sich das Nockenkonturelement (**40**) in einer ersten Nockenkonturstellung befindet, bei der eine Nockenkonturfläche (**44**) des Nockenkonturelements (**40**) derart hervorsteht, dass das Auslassventil (**70**) von der Nockenkonturfläche (**44**) während eines Verdichtungstaktes des Verbrennungsmotors betätigt wird;
- Beschleunigen der Rotation der Nockenwelle auf eine zweite Geschwindigkeit, die höher ist als die erste Geschwindigkeit,
- Bewegen des Nockenkonturelements (**40**) durch den Auslösemechanismus (**20**) zu einer zweiten Nockenkonturstellung, bei der die Nockenkonturfläche (**44**) nicht oder weniger hervorsteht, so dass das Auslassventil (**70**) nicht mehr von der Nockenkonturfläche (**44**) des Nockenkonturelements (**40**) betätigt wird.

10. Verwendung der Nockenwelle nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 7 oder des Ventiltriebs

nach Anspruch 8 zum Betätigen eines Auslassventils eines Verbrennungsmotors, insbesondere gemäß dem Verfahren nach Anspruch 9.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

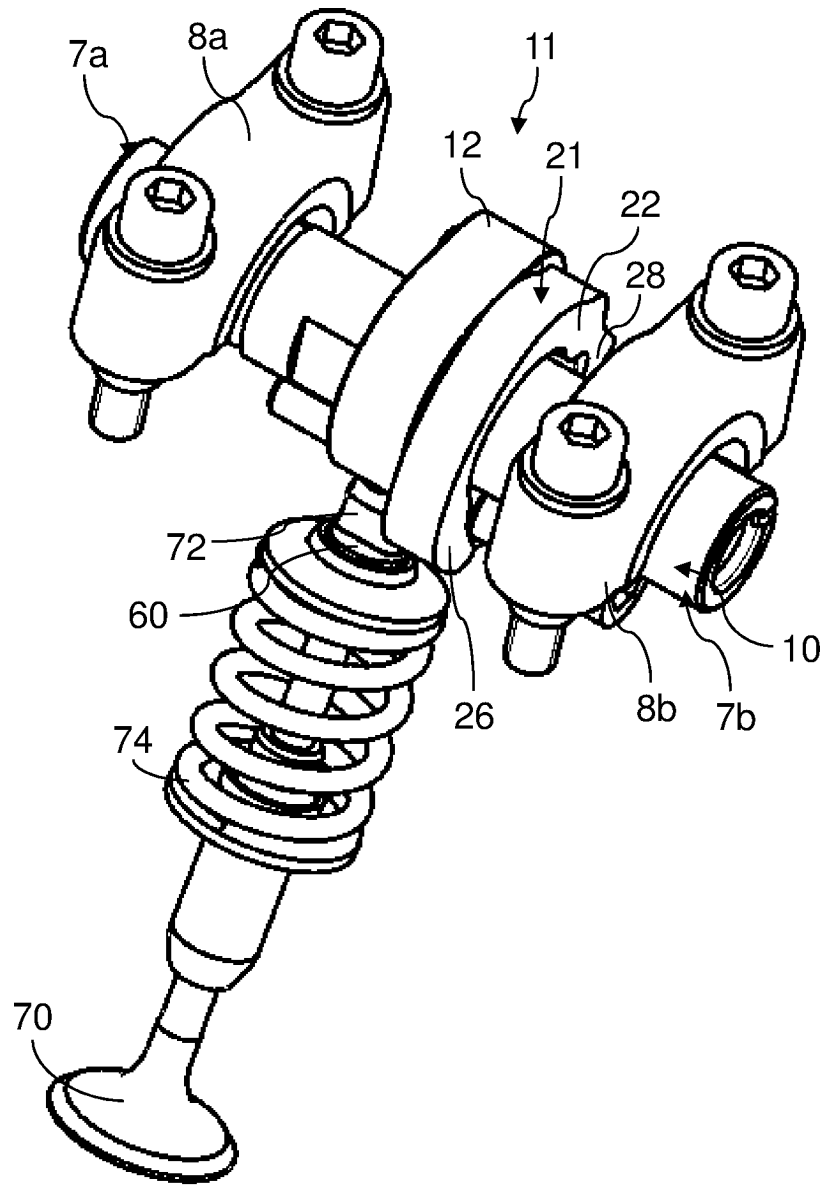


FIG. 1

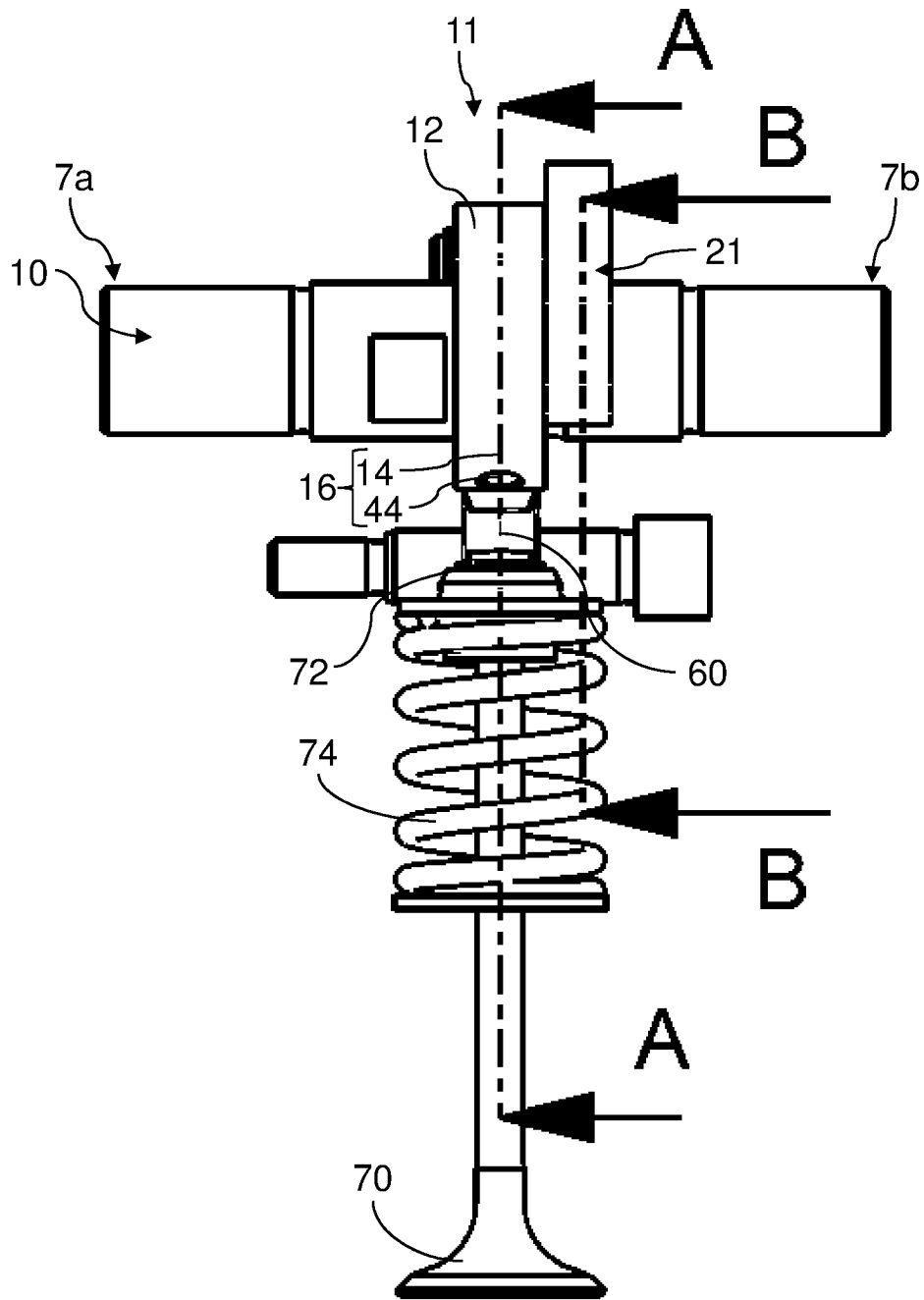


FIG. 2

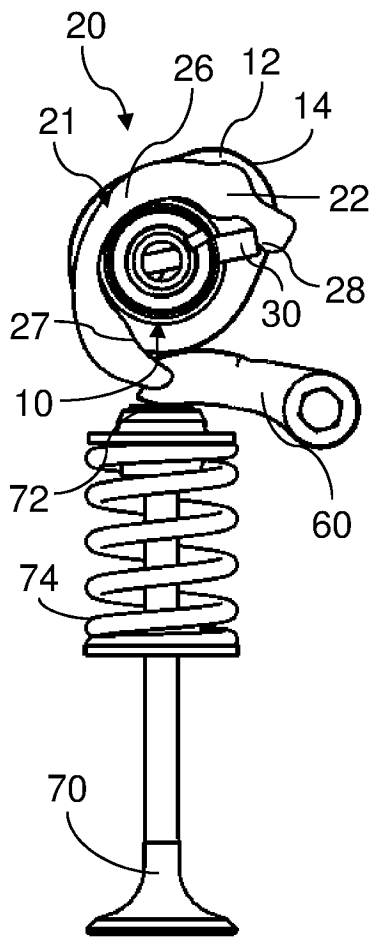


FIG. 3a

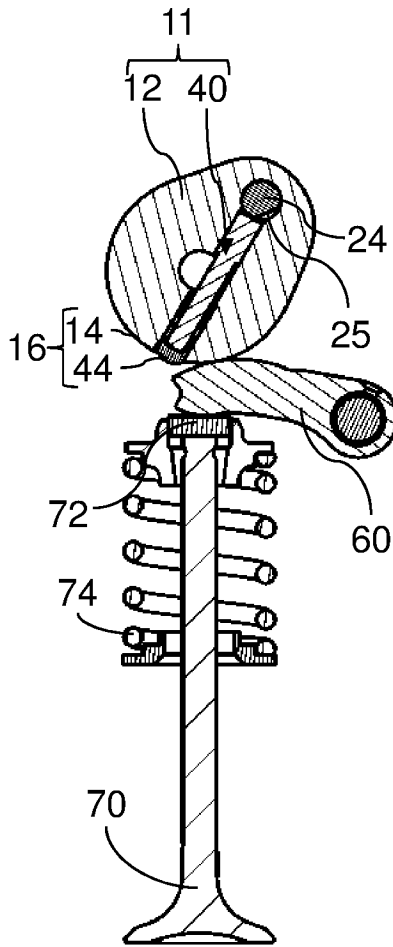


FIG. 3b

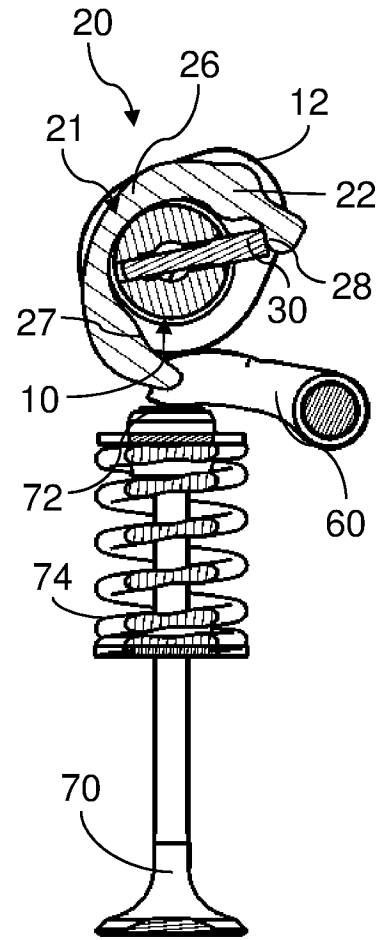


FIG. 3c

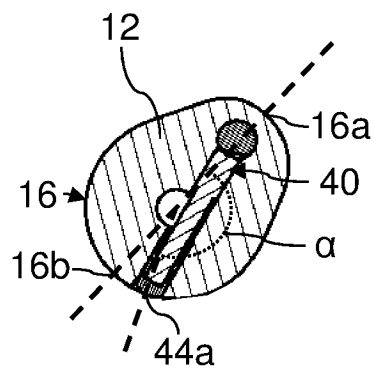


FIG. 5

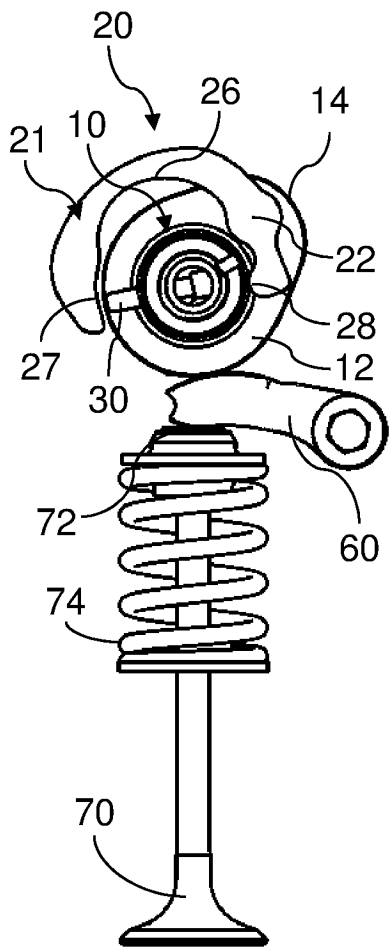


FIG. 4a

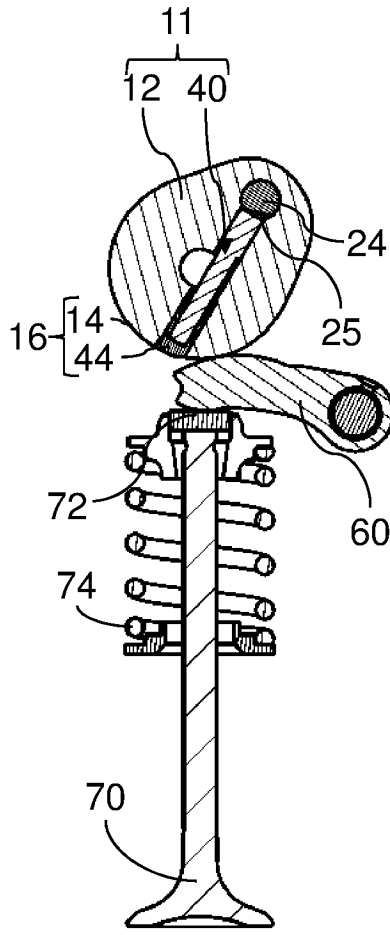


FIG. 4b

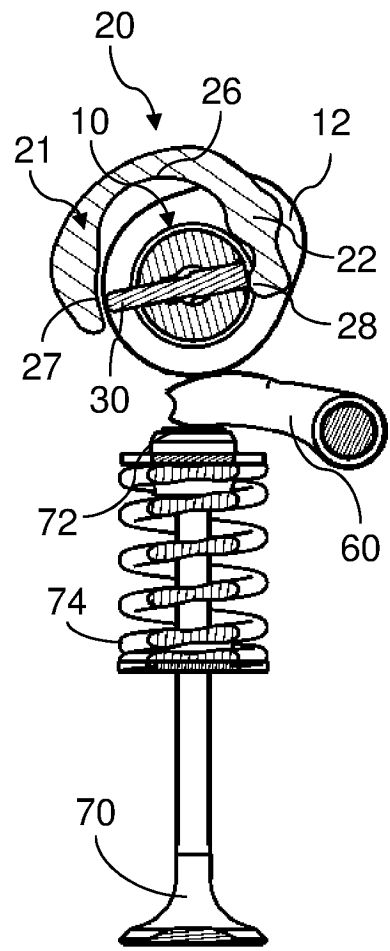


FIG. 4c

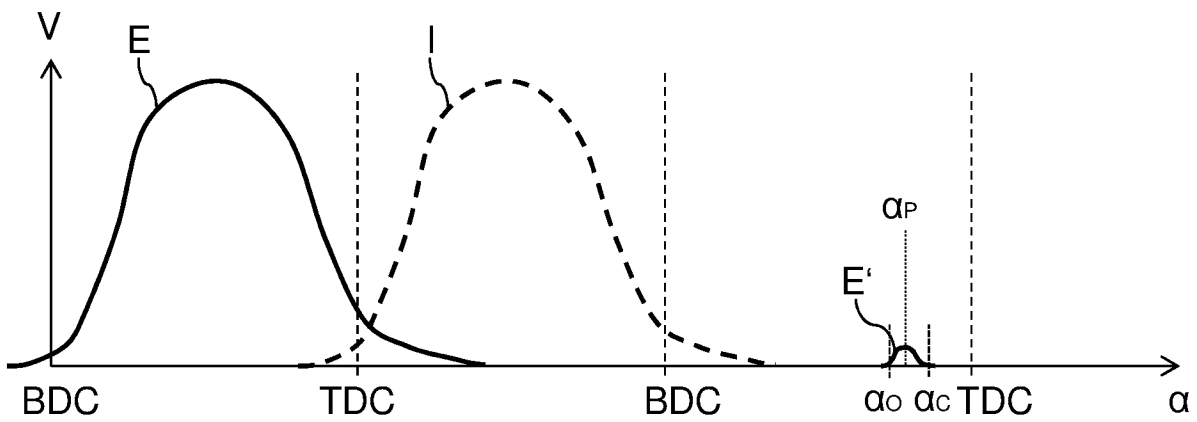


FIG. 6