



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 004 818.5**
 (22) Anmeldetag: **18.05.2017**
 (43) Offenlegungstag: **22.11.2018**

(51) Int Cl.: **F02D 13/02 (2006.01)**
F02D 41/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
MAN Truck & Bus AG, 80995 München, DE

(74) Vertreter:
**v. Bezold & Partner Patentanwälte - PartG mbB,
 80799 München, DE**

(72) Erfinder:
**Malischewski, Thomas, 91560 Heilsbronn, DE;
 Hirschmann, Steffen, 91413 Neustadt, DE; Hyna,
 Dominic, 90763 Fürth, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

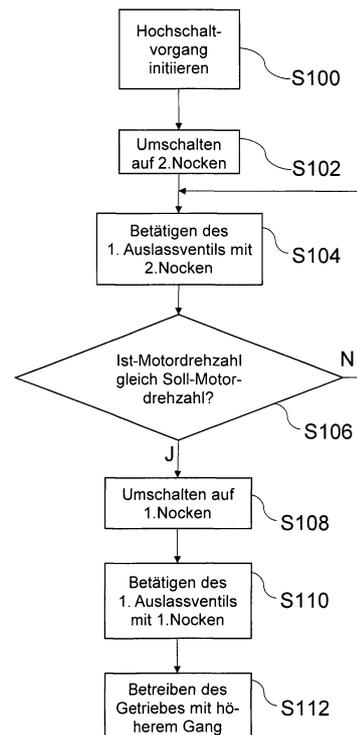
DE	100 47 141	A1
DE	10 2008 005 639	A1
DE	10 2011 002 142	A1
DE	10 2013 113 741	A1
DE	602 06 638	T2
DE	694 02 134	T2

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Hochschaltunterstützung und Vorrichtung hierzu**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Hochschaltunterstützung bei einem Gangwechsel eines mit einem Verbrennungsmotor verbundenen Getriebes. Das Verfahren weist das Initiieren eines Hochschaltvorgangs auf. Das Verfahren weist das Verringern einer Motordrehzahl des Verbrennungsmotors durch Schalten in einen Motorbremsbetrieb, wobei mittels eines variablen Ventiltriebs, insbesondere eines Schiebenockensystems, des Verbrennungsmotors in den Motorbremsbetrieb geschaltet wird, auf. Alternativ oder zusätzlich wird in dem Motorbremsbetrieb ein erstes Auslassventil des Verbrennungsmotors im Verdichtungs-takt und/oder im Ausschubtakt zur Kompression von Luft zunächst geschlossen gehalten und vor Erreichen eines oberen Totpunkts einer Kolbenbewegung zur Dekompression der verdichteten Luft geöffnet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Hochschaltunterstützung und einen variablen Ventiltrieb.

[0002] Im Nutzfahrzeugsbereich wird die Motordrehzahlabsenkung für die Angleichung der Drehzahlen von Motor und Getriebe beim Hochschalten eines Ganges typischerweise mittels vorhandener Motorbremsklappen ermöglicht. Je nach Lage der Klappe (vor oder nach einem Abgasturbolader) kann das Absenken der Motordrehzahl relativ lange dauern, da das Abgas stromaufwärts der Klappe bis zum Brennraum aufgestaut werden muss. Der Kolben muss das Abgas im Zylinder gegen das aufgestaute Abgas im Abgastrakt ausschieben. Es kommt zu einer Mehrarbeit. Dadurch kommt es zu einer Verringerung der Motordrehzahl.

[0003] Neben der zeitlichen Länge der Motordrehzahlabsenkung mittels Motorbremsklappe weist das bekannte Verfahren ferner den Nachteil auf, dass es zu einem Turboloch am Ende des Hochschaltvorgangs kommen kann. Dies liegt daran, dass die Abgasturbine des Abgasturboladers aufgrund des aufgestauten Abgases nicht voll durchströmt wird und somit der Ladedruck im Motorbremsbetrieb erheblich abnimmt.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes Verfahren zur Hochschaltunterstützung und eine Vorrichtung hierzu vorzusehen, die insbesondere eine Verkürzung des Hochschaltvorgangs und einen höheren Ladedruck am Ende des Hochschaltvorgangs ermöglichen.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Hochschaltunterstützung und einen variablen Ventiltrieb gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung angegeben.

[0006] Das Verfahren zur Hochschaltunterstützung bei einem Gangwechsel eines mit einem Verbrennungsmotor verbundenen Getriebes weist das Initiieren eines Hochschaltvorgangs und das Verringern einer Motordrehzahl des Verbrennungsmotors durch Schalten in einen Motorbremsbetrieb auf. Im Motorbremsbetrieb wird ein erstes Auslassventil des Verbrennungsmotors im Verdichtungstakt und/oder im Ausschubtakt zur Kompression von Luft zunächst geschlossen gehalten und vor Erreichen eines oberen Totpunkts einer Kolbenbewegung zur Dekompression der verdichteten Luft geöffnet. Alternativ oder zusätzlich wird mittels eines variablen Ventiltriebs, insbesondere eines Schiebenockensystems, des Verbrennungsmotors in den Motorbremsbetrieb geschaltet.

[0007] Durch die Dekompression am Ende des Verdichtungstaktes und/oder am Ende des Ausschubtaktes kann sehr schnell eine Motorbremswirkung erzielt werden, da nicht erst Abgas stromaufwärts eines Abgasdrosselventils aufgestaut werden muss. Dadurch kann die Drehzahl in kurzer Zeit abgesenkt werden und somit ein schneller Hochschaltvorgang realisiert werden. Zusätzlich oder alternativ wird der Motorbremsbetrieb durch Veränderung der Ventilsteuerkurven durch den variablen Ventiltrieb dargestellt. Dies ermöglicht einen Motorbremsbetrieb bei dem keine Abgasdrosselklappe verstellt werden muss, sodass eine Turbinendrehzahl einer Abgasturbine weniger stark abgesenkt wird. Damit kann ein Turboloch nach dem Hochschaltvorgang verkleinert oder verhindert werden.

[0008] Insbesondere kann im Motorbremsbetrieb vom jeweiligen Zylinder des Verbrennungsmotors negative Arbeit verrichtet werden.

[0009] Während des Motorbremsbetriebes kann insbesondere kein Kraftstoff zu den im Motorbremsbetrieb betriebenen Zylindern geleitet werden und keine Zündung stattfinden.

[0010] Das Verfahren kann insbesondere zur Hochschaltunterstützung bei einem Gangwechsel eines, insbesondere vollautomatischen, Getriebes, das mit einem Verbrennungsmotor verbunden ist, verwendet werden.

[0011] Es versteht sich, dass auch mehrere (erste) Auslassventile verschiedener Zylinder des Verbrennungsmotors in den Motorbremsbetrieb geschaltet werden können.

[0012] In einer weiteren Variante weist das Schiebenockensystem einen auf einer Nockenwelle des Verbrennungsmotors drehfest und axial verschiebbar angeordneten Nockenträger mit dem ersten Nocken und dem in einer Längsrichtung der Nockenwelle versetzt angeordneten zweiten Nocken auf.

[0013] In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante weist das Verfahren zusätzlich das Halten und/oder Erhöhen eines Ladedrucks und/oder einer Turboladerdrehzahl eines Turboladers des Verbrennungsmotors auf. Dies wird ermöglicht durch Ausschleichen der verdichteten Luft zu einer Abgasturbine des Turboladers im Verdichtungstakt und/oder im Ausschubtakt durch Öffnen des ersten Auslassventils vor Erreichen des oberen Totpunkts der Kolbenbewegung.

[0014] Dies hat den Vorteil, dass ein Turboloch nach dem Hochschalten verhindert oder zumindest verkleinert werden kann.

[0015] In einem Ausführungsbeispiel weist das Verfahren das Erfassen einer erforderlichen Drehzahlablenkung für den Hochschaltvorgang, einer erforderlichen Drehmomenterhöhung für den Hochschaltvorgang, einer gewünschten Dauer des Hochschaltvorgangs, einer gewünschten Turboladerdrehzahl insbesondere am Ende des Hochschaltvorgangs und/oder einem gewünschten Ladedruck insbesondere am Ende des Hochschaltvorgangs auf. Der Schritt des Verringerns der Motordrehzahl des Verbrennungsmotors durch Schalten in den Motorbremsbetrieb wird insbesondere in Abhängigkeit der erforderlichen Drehzahlablenkung, der erforderlichen Drehmomenterhöhung, der gewünschten Dauer des Hochschaltvorgangs, der gewünschten Turboladerdrehzahl und/oder des gewünschten Ladedrucks durchgeführt. Folglich kann eine Benutzung und somit bspw. ein Verschleiß des Umschaltsystems verhindert werden, wenn beispielsweise nur geringe Drehzahlablenkungen erforderlich sind.

[0016] Vorzugsweise kann eine erste Gruppe von Zylindern während des Hochschaltvorgangs in den Motorbremsbetrieb geschaltet werden. Eine zweite Gruppe von Zylindern des Verbrennungsmotors kann während des Hochschaltvorgangs im Normalbetrieb weiterbetrieben werden.

[0017] Insbesondere kann eine Anzahl von Zylindern in der ersten Gruppe und/oder der zweiten Gruppe in Abhängigkeit von der erforderlichen Drehzahlablenkung, der erforderlichen Drehmomenterhöhung, der gewünschten Dauer des Hochschaltvorgangs, der gewünschten Turboladerdrehzahl und/oder dem gewünschten Ladedruck bestimmt werden. Damit können je nach Anforderung (z.B. erforderlicher Lastsprung) mehr oder weniger Zylinder während des Hochschaltvorgangs im Motorbremsbetrieb betrieben werden.

[0018] In einer bevorzugten Variante erfolgt eine Zuordnung zur ersten Gruppe und/oder zur zweiten Gruppe rollierend, insbesondere rollierend zwischen aufeinanderfolgenden Hochschaltvorgängen. Somit kann ein Verschleiß des Umschaltsystems vermindert werden.

[0019] In einer weiteren Ausführungsvariante ist der zweite Nocken so ausgebildet, dass das erste Auslassventil zwischen 100° KW und 60° KW (Kurbelwinkel) vor dem Erreichen des oberen Totpunkts öffnet, nach dem Öffnen im Ausschubtakt im Bereich zwischen dem oberen Totpunkt und 30° KW nach dem oberen Totpunkt schließt und/oder nach dem Öffnen im Verdichtungstakt im Bereich zwischen dem unteren Totpunkt und 30° KW nach dem unteren Totpunkt schließt. Damit kann eine erhebliche Motorbremswirkung aufgrund der zweifachen Dekompression erzielt werden.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren das Geschlossen-Halten eines zweiten Auslassventils des Verbrennungsmotors während des Hochschaltvorgangs auf. Das zweite Auslassventil ist insbesondere demselben Zylinder des Verbrennungsmotors zugeordnet wie das erste Auslassventil. Durch das Geschlossen-Halten des zweiten Auslassventils kann eine Belastung des Umschaltsystems während des Motorbremsbetriebs verringert werden, da nicht auch das zweite Auslassventil gegen den Druck im Zylinder geöffnet werden muss.

[0021] Das zweite Auslassventil kann insbesondere mittels eines nockenfreien Abschnitts des Schiebennockensystems während des Hochschaltvorgangs geschlossen gehalten werden.

[0022] In einer Weiterbildung weist das Schiebennockensystem einen ersten Nocken für einen Normalbetrieb des Verbrennungsmotors und einen zweiten Nocken für den Motorbremsbetrieb des Verbrennungsmotors auf. Das Schiebennockensystem setzt wahlweise den ersten Nocken und das erste Auslassventil in Wirkverbindung oder den zweiten Nocken und das erste Auslassventil in Wirkverbindung. Das Schiebennockensystem stellt ein zuverlässiges und besonders schnelles System zum Umschalten in den Motorbremsbetrieb bereit.

[0023] In einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Schalten in den Motorbremsbetrieb das Umschalten von dem ersten Nocken auf den zweiten Nocken durch das Schiebennockensystem und das Betätigen des ersten Auslassventils mittels des zweiten Nockens auf. Der zweite Nocken hält das erste Auslassventil im Verdichtungstakt und/oder im Ausschubtakt zunächst geschlossen und öffnet es vor Erreichen des oberen Totpunkts der Kolbenbewegung.

[0024] In einer Variante wird das zweite Auslassventil mittels eines nockenfreien Abschnitts des Schiebennockensystems während des Hochschaltvorgangs geschlossen gehalten.

[0025] In einer Ausführungsvariante weist das Verfahren das Umschalten von dem zweiten Nocken auf den ersten Nocken durch das Schiebennockensystem auf, wenn die Motordrehzahl auf eine gewünschte Drehzahl, insbesondere eine Getriebedrehzahl des mit dem Verbrennungsmotor verbundenen Getriebes, verringert wurde. Damit kann der Hochschaltvorgang beendet und der Verbrennungsmotor wieder vollständig im Normalbetrieb betrieben werden.

[0026] In einer Ausführungsform weist der variable Ventiltrieb eine erste Gruppe von Schiebennockensystemen und eine zweite Gruppe von Schiebennockensystemen auf. Die erste Gruppe betätigt während des Hochschaltvorgangs das entsprechende erste Auslassventil mittels des entsprechenden zwei-

ten Nockens. Die zweite Gruppe betätigt während des Hochschaltvorgangs das entsprechende erste Auslassventil mittels des entsprechenden ersten Nockens, der das erste Auslassventil im Ausschubtakt öffnet.

[0027] Insbesondere kann eine Anzahl von Schiebenockensystemen in der ersten Gruppe und/oder der zweiten Gruppe in Anhängigkeit von einer erforderlichen Drehzahlablenkung zum Hochschalten, einer erforderlichen Drehmomenterhöhung zum Hochschalten, einer gewünschten Zeitdauer des Hochschaltvorgangs, einer gewünschten Turboladerdrehzahl insbesondere am Ende des Hochschaltvorgangs und/oder einem gewünschten Ladedruck insbesondere am Ende des Hochschaltvorgangs bestimmt werden. Ist bspw. eine besonders kurze Hochschaltdauer gewünscht, so können mehrere oder alle Schiebenockensystem auf den jeweiligen zweiten Nocken zum Betätigen des jeweiligen ersten Auslassventils umgeschaltet werden.

[0028] In einer vorteilhaften Weiterbildung erhöht sich die Anzahl von Schiebenockensystemen in der ersten Gruppe mit einer Vergrößerung der erforderlichen Drehzahlablenkung, einer Vergrößerung der erforderlichen Drehmomenterhöhung, einer Verkürzung der gewünschten Zeitdauer des Hochschaltvorgangs, einer Vergrößerung der gewünschten Turboladerdrehzahl und/oder einer Vergrößerung des gewünschten Ladedrucks.

[0029] In einer bevorzugten Variante erfolgt eine Zuordnung der Schiebenockensysteme zur ersten Gruppe und zweiten Gruppe rollierend, insbesondere rollierend zwischen aufeinanderfolgenden Hochschaltvorgängen. Somit kann ein Verschleiß der Schiebenockensysteme vergleichmäßig werden.

[0030] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird der Hochschaltvorgang automatisch in Anhängigkeit von einer Motordrehzahl und/oder einer Drosselklappenstellung initiiert. Hierbei kann insbesondere ein automatisches Getriebe verwendet werden.

[0031] In einer Ausführungsform wird im Getriebe während des Hochschaltvorgangs von einem Getriebegang zu einem anderen Getriebegang mit höherer Übersetzung geschaltet.

[0032] Die Erfindung betrifft auch einen variabler Ventiltrieb für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs, insbesondere Nutzfahrzeugs. Der variable Ventiltrieb weist ein erstes Auslassventil, eine Nockenwelle und ein Schiebenockensystem auf. Das Schiebenockensystem weist einen Nockenträger, der auf der Nockenwelle drehfest und axial verschiebbar angeordnet ist und einen ersten Nocken und einen zweiten Nocken aufweist, auf. Der erste Nocken und der zweite Nocken sind in einer Längsrichtung der

Nockenwelle versetzt angeordnet. Der variable Ventiltrieb weist eine Steuereinheit auf, die dazu ausgebildet ist, das Verfahren zur Hochschaltunterstützung wie hierin offenbart durchzuführen.

[0033] Der Begriff „Steuereinheit“ bezieht sich auf eine Steuerelektronik, die je nach Ausbildung Steuerungsaufgaben und/oder Regelungsaufgaben übernehmen kann.

[0034] Vorzugsweise ist der Nockenträger axial verschiebbar zwischen einer ersten Axialposition und einer zweiten Axialposition auf der Nockenwelle angeordnet. Der Ventiltrieb weist ferner eine Übertragungsvorrichtung auf. In der ersten Axialposition des Nockenträgers ist die Übertragungsvorrichtung in Wirkverbindung zwischen dem ersten Nocken und dem ersten Auslassventil. In der zweiten Axialposition des Nockenträgers ist die Übertragungsvorrichtung in Wirkverbindung zwischen dem zweiten Nocken und dem ersten Auslassventil. Der erste Nocken ist für einen Normalbetrieb des Verbrennungsmotors ausgebildet, bei dem der erste Nocken das erste Auslassventil im Ausschubtakt offen hält. Der zweite Nocken ist für einen Motorbremsbetrieb des Verbrennungsmotors ausgebildet, bei dem der zweite Nocken das erste Auslassventil im Verdichtungs- und/oder im Ausschubtakt zunächst geschlossen hält und vor Erreichen eines oberen Totpunkts einer Kolbenbewegung eines Kolbens des Verbrennungsmotors das erste Auslassventil öffnet.

[0035] Es versteht sich, dass während der zweite Nocken im Eingriff mit der ersten Übertragungsvorrichtung ist, das oder die Einlassventile weiterhin nur während des Einlasstaktes öffnen. Es kommt jedoch zu keiner Kraftstoffeinleitung und Gemischzündung.

[0036] Der erste Nocken und der zweite Nocken können eine unterschiedliche Nockenkontur aufweisen und/oder in einer Umfangsrichtung des Nockenträgers versetzt zueinander angeordnet sein.

[0037] In einem Ausführungsbeispiel weist der Nockenträger einen dritten Nocken, der wie der erste Nocken ausgebildet ist, und einen nockenfreien Abschnitt auf. Der erste Nocken, der zweite Nocken, der dritte Nocken und der nockenfreie Abschnitt sind in einer Längsrichtung der Nockenwelle versetzt angeordnet. Insbesondere grenzen der erste Nocken an den zweiten Nocken und der dritte Nocken an den nockenfreien Abschnitt. Die Integration eines dritten Nockens und des nockenfreien Abschnitts ermöglicht, dass ein zweites Auslassventil im Bremsbetrieb anders betätigt werden kann als das erste Auslassventil. Im Normalbetrieb kann das zweite Auslassventil hingegen wie das erste Auslassventil betätigt werden, da der dritte Nocken und der erste Nocken gleich geformt sind.

[0038] Der nockenfreie Abschnitt wird auch als Nullnocken bezeichnet. Der nockenfreie Abschnitt weist eine Zylindermantelfläche ohne Erhebung zum Betätigen der Übertragungsvorrichtung auf.

[0039] Vorzugsweise weist der Ventiltrieb ein zweites Auslassventil, das insbesondere demselben Zylinder zugeordnet ist wie das erste Auslassventil, und eine zweite Übertragungsvorrichtung auf. Die zweite Übertragungsvorrichtung ist in der ersten Axialposition des Nockenträgers in Wirkverbindung zwischen dem dritten Nocken und dem zweiten Auslassventil. In der zweiten Axialposition des Nockenträgers hält die zweite Übertragungsvorrichtung das zweite Auslassventil aufgrund der Ausbildung des nockenfreien Abschnitts geschlossen. Hierbei kann der nockenfreie Abschnitt in Eingriff oder außer Eingriff mit der zweiten Übertragungsvorrichtung sein.

[0040] Es versteht sich, dass die zweite Übertragungsvorrichtung in der zweiten Axialposition des Nockenträgers mit keinem anderen Nocken des Nockenträgers in Wirkverbindung ist.

[0041] Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass nur das erste Auslassventil für den Bremsbetrieb verwendet wird. Das zweite Auslassventil verbleibt dann, wenn das erste Auslassventil für den Bremsbetrieb verwendet wird, während des gesamten Zyklus geschlossen. Damit können die Belastungen auf den variablen Ventiltrieb verringert werden. Insbesondere ergeben sich beim Öffnen eines Auslassventils gegen den Druck im Zylinder große Flächenpressungen zwischen dem Nocken und der Kontaktfläche der Übertragungsvorrichtung. In Ausgestaltungen, bei denen beide Auslassventile während des Bremsbetriebs betätigt werden, muss der variable Ventiltrieb entsprechend robuster gestaltet werden.

[0042] In einem alternativen Ausführungsbeispiel weist der Ventiltrieb ferner ein zweites Auslassventil auf, das insbesondere demselben Zylinder zugeordnet ist wie das erste Auslassventil. Die erste Übertragungsvorrichtung ist in der ersten Axialposition des Nockenträgers zusätzlich in Wirkverbindung zwischen dem ersten Nocken und dem zweiten Auslassventil und in der zweiten Axialposition zusätzlich in Wirkverbindung zwischen dem zweiten Nocken und dem zweiten Auslassventil.

[0043] Der erste Nocken und der dritte Nocken können eine gleiche Nockenkontur aufweisen und/oder in einer Umfangsrichtung des Nockenträgers zueinander (fluchtend) ausgerichtet angeordnet sein.

[0044] Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass beide Auslassventile für den Bremsbetrieb verwendet werden. Beide Auslassventile werden über die gleiche Übertragungsvorrichtung und den gleichen Nocken betätigt.

[0045] In einer Ausführungsvariante weist der Nockenträger eine erste Eingriffsspur zum axialen Verschieben des Nockenträgers in eine erste Richtung auf. Die erste Eingriffsspur erstreckt sich insbesondere spiralförmig.

[0046] Die erste Eingriffsspur ist dazu ausgebildet, im Eingriff mit einem Aktor den Nockenträger axial zu verschieben, zum Beispiel von der ersten Axialposition zu der zweiten Axialposition oder von der zweiten Axialposition zu der ersten Axialposition.

[0047] In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die erste Eingriffsspur in dem nockenfreien Abschnitt angeordnet. Mit anderen Worten gesagt, erstreckt sich die erste Eingriffsspur in dem Nullnocken.

[0048] Eine solche Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass der nockenfreie Abschnitt zum einen für die Axialverschiebung verwendet wird. Zum anderen sorgt der nockenfreie Abschnitt dafür, dass das zweite Auslassventil im Motorbremsbetrieb nicht geöffnet wird. Durch die Funktionsintegration kann ein Bauraum für den Nockenträger verkleinert werden.

[0049] In einer weiteren Ausführungsvariante ist die erste Eingriffsspur und/oder der nockenfreie Abschnitt zwischen dem ersten Nocken und dem dritten Nocken oder an einem Ende des Nockenträgers angeordnet. Die Anordnung der Nocken, des nockenfreien Abschnitts und der ersten Eingriffsspur kann flexibel den jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

[0050] In einer Ausführungsform weist der Nockenträger eine zweite Eingriffsspur zum axialen Verschieben des Nockenträgers in eine zweite Richtung, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist, auf. Die zweite Eingriffsspur ist zwischen dem ersten Nocken und dem dritten Nocken oder an einem Ende des Nockenträgers angeordnet. Die zweite Eingriffsspur kann sich insbesondere spiralförmig erstrecken.

[0051] Die zweite Eingriffsspur ist dazu ausgebildet, im Eingriff mit einem Aktor den Nockenträger axial zu verschieben, zum Beispiel von der ersten Axialposition zu der zweiten Axialposition oder von der zweiten Axialposition zu der ersten Axialposition. Die erste und zweite Eingriffsspur bieten eine zuverlässige Möglichkeit zum Verschieben des Nockenträgers.

[0052] In einer weiteren Ausführungsform weist der variable Ventiltrieb einen ersten Aktor auf, der dazu ausgebildet ist, selektiv in Eingriff mit der ersten Eingriffsspur zum Verschieben des Nockenträgers in die erste Richtung zu gelangen. Alternativ oder zusätzlich weist der variable Ventiltrieb einen zweiten Aktor auf, der dazu ausgebildet ist, selektiv in Eingriff mit

der zweiten Eingriffsspur zum Verschieben des Nockenträgers in die zweite Richtung zu gelangen.

[0053] Vorteilhafterweise weist die Nockenwelle eine Arretierungsvorrichtung mit einem elastisch vorgespannten Element auf, das in der ersten Axialposition des Nockenträgers in eine erste Ausnehmung im Nockenträger eingreift und in der zweiten Axialposition des Nockenträgers in eine zweite Ausnehmung im Nockenträger eingreift.

[0054] Die Arretierungsvorrichtung hat den Vorteil, dass der Nockenträger in der ersten und zweiten Axialposition festgesetzt werden kann. Der Nockenträger kann sich somit nicht unbeabsichtigt entlang einer Längsrichtung der Nockenwelle verschieben.

[0055] In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die erste Übertragungseinrichtung und/oder die zweite Übertragungseinrichtung als ein Hebel, insbesondere ein Kipphebel oder ein Schleppehebel, oder ein Stößel ausgebildet. Ein Schleppehebel kann beispielsweise bei einer obenliegenden Nockenwelle verwendet werden. Ein Kipphebel kann beispielsweise bei einer untenliegenden Nockenwelle verwendet werden.

[0056] In einer weiteren Ausführungsvariante ist die Nockenwelle als eine obenliegende Nockenwelle oder eine untenliegende Nockenwelle angeordnet. Alternativ oder zusätzlich ist die Nockenwelle Teil eines Doppelnockenwellensystems ist, das zusätzlich eine weitere Nockenwelle zur Betätigung mindestens eines Einlassventils aufweist.

[0057] In einer weiteren Ausführungsform kann die Nockenwelle für das oder die Auslassventile und/oder die weitere Nockenwelle für das oder die Einlassventile einen Phasensteller aufweisen. Der Phasensteller ist dazu ausgebildet, einen Drehwinkel einer Nockenwelle relativ zu einem Drehwinkel einer Kurbelwelle zu verstellen. Somit kann der Phasensteller eine Verstellung der Steuerzeiten für die jeweiligen Ventile ermöglichen. Der Phasenversteller kann beispielsweise als hydraulischer Phasenversteller, insbesondere als eine Schwenkmotorphasenversteller, ausgebildet sein. Eine solche Ausführungsform hat den Vorteil, dass die Flexibilität des Systems durch die Kombination mit dem verschiebbaren Nockenträger weiter gesteigert wird.

[0058] In einer weiteren Ausführungsvariante ist der zweite Nocken so ausgebildet, dass das erste Auslassventil nach dem Öffnen im Verdichtungstakt mit einem größeren Ventilhub geöffnet wird als nach dem Öffnen im Ausschietakt. Alternativ oder zusätzlich ist der zweite Nocken so ausgebildet, dass das erste Auslassventil mit einem kleineren Ventilhub als beim ersten Nocken geöffnet wird. Das Vorsehen von mehrstufigen Ventilhuben, die kleiner sind als die Ventilhübe während des normalen Betriebs, verrin-

gert die Belastung auf den Ventiltrieb. Insbesondere beim Öffnen eines Auslassventils gegen den Druck im Zylinder wird der Ventiltrieb stark belastet.

[0059] In Ausführungsformen, in denen der zweite Nocken auch zum Betätigen des zweiten Auslassventils verwendet wird, gelten die Ausführungen hierin, die sich auf die Wirkung des zweiten Nockens auf das erste Auslassventil beziehen, gleichermaßen für das zweite Auslassventil. In Ausführungsformen, in denen der dritte Nocken zum Betätigen des zweiten Auslassventils verwendet wird, gelten die Ausführungen hierin, die sich auf die Wirkung des ersten Nockens auf das erste Auslassventil beziehen, gleichermaßen für den dritten Nocken und das zweite Auslassventil.

[0060] Letztlich betrifft die Erfindung zudem ein Kraftfahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, mit einem variablen Ventiltrieb wie hierin offenbart. Das Nutzfahrzeug kann zum Beispiel ein Lastkraftwagen oder ein Omnibus sein.

[0061] Die zuvor beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen und Merkmale der Erfindung sind beliebig miteinander kombinierbar. Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften variablen Ventiltriebs;

Fig. 2 eine weitere perspektivische Ansicht des beispielhaften variablen Ventiltriebs;

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine Nockenwelle des beispielhaften variablen Ventiltriebs;

Fig. 4 eine Längsschnittansicht der Nockenwelle von **Fig. 3** entlang der Linie **A-A**;

Fig. 5 ein beispielhaftes Ventilsteuerungsdiagramm des variablen Ventiltriebs;

Fig. 6A eine erste Querschnittansicht der Nockenwelle von **Fig. 4** entlang der Linie **B-B**;

Fig. 6B eine zweite Querschnittansicht der Nockenwelle von **Fig. 4** entlang der Linie **C-C**;

Fig. 7 ein beispielhaftes Verfahren zur Hochschaltunterstützung bei Gangwechseln gemäß der vorliegenden Offenbarung; und

Fig. 8 ein Diagramm, das verschiedene Motordrehzahlverläufe, Turboladerdrehzahlverläufe und Ladedruckverläufe in Abhängigkeit von der Zeit zeigt.

[0062] Die in den Figuren gezeigten Ausführungsformen stimmen zumindest teilweise überein, so dass ähnliche oder identische Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und zu deren Erläuterung auch auf die Beschreibung der anderen Ausführungs-

formen bzw. Figuren verwiesen wird, um Wiederholungen zu vermeiden.

[0063] In den **Fig. 1** und **Fig. 2** ist ein variabler Ventiltrieb **10** gezeigt. Der variable Ventiltrieb **10** weist eine Nockenwelle **12** und einen Nockenträger **14** auf. Zusätzlich weist der variable Ventiltrieb **10** eine erste und zweite Übertragungsvorrichtung **16** und **18** sowie ein erstes und zweites Auslassventil **20** und **22** auf. Zudem weist der variable Ventiltrieb **10** einen ersten Aktor **24** und einen zweiten Aktor **26** auf. Der Nockenträger **14**, die Übertragungsvorrichtungen **16** und **18** sowie die Aktoren **24** und **26** bilden ein Schiebennockenmechanismus **11**.

[0064] Die Nockenwelle **12** ist als eine Ausgangsnockenwelle ausgebildet, die Ausgangsventile **20** und **22** betätigt. Die Nockenwelle **12** ist Teil eines Doppelnockenwellensystems (nicht im Detail dargestellt), das zusätzlich eine Einlassnockenwelle (nicht dargestellt) zur Betätigung von einem oder mehreren Einlassventilen aufweist. Die Nockenwelle **12** ist gemeinsam mit der Einlassnockenwelle als obenliegende Nockenwelle angeordnet. Die Nockenwelle **12** und die Einlassnockenwelle bilden somit ein sogenanntes DOHC-System (engl. double overhead camshaft). Alternativ könnte die Nockenwelle **12** auch ein sogenanntes SOHC-System bilden (engl. single overhead camshaft). In anderen Ausführungsformen kann die Nockenwelle **12** auch als untenliegende Nockenwelle angeordnet sein.

[0065] Auf der Nockenwelle **12** ist der Nockenträger **14** drehfest angeordnet. Der Nockenträger **14** ist zusätzlich axial verschiebbar entlang einer Längsachse der Nockenwelle **12** angeordnet. Der Nockenträger **14** kann zwischen einem ersten Anschlag **28** und einem zweiten Anschlag **30** axial verschiebbar sein.

[0066] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** bis **Fig. 4** ist nachfolgend der Nockenträger **14** beschrieben. Der Nockenträger **14** weist drei Nocken **32**, **34** und **36** auf, die in einer Längsrichtung des Nockenträgers **14** und der Nockenwelle **12** voneinander versetzt sind. Der erste Nocken **32** ist an einem ersten Ende des Nockenträgers **14** angeordnet und für einen Normalbetrieb ausgebildet, wie später beispielhaft im Detail beschrieben. Der zweite Nocken **34** ist angrenzend an den ersten Nocken **32** angeordnet und für einen Motorbremsbetrieb ausgebildet, wie später ebenfalls beispielhaft im Detail beschrieben. Der Motorbremsbetrieb kann zum Verlangsamen und/oder Bremsen des Kraftfahrzeugs bei Bergabfahrten verwendet werden. Der Motorbremsbetrieb kann zusätzlich zur Reduzierung einer Motordrehzahl des Kraftfahrzeugs zur Hochschaltunterstützung bei einem Gangwechsel in einen höheren Gang verwendet werden. Der dritte Nocken **36** ist beabstandet zu dem zweiten Nocken **34** und dem zweiten Ende des Nockenträgers **14** angeordnet. Der dritte Nocken **36**

ist für den Normalbetrieb ausgebildet. Der dritte Nocken **36** ist wie der ersten Nocken **32** geformt.

[0067] Der Nockenträger **14** weist zudem einen ersten nockenfreien Abschnitt **38** und einen zweiten nockenfreien Abschnitt **40** auf. Der erste nockenfreie Abschnitt **38** ist am zweiten Ende des Nockenträgers **14** angeordnet. Der zweite nockenfreie Abschnitt **40** ist zwischen dem zweiten Nocken **34** und dem dritten Nocken **36** angeordnet. Im ersten nockenfreien Abschnitt **38** erstreckt sich eine erste Eingriffsspur (Schaltkulis) **42** spiralförmig um eine Längsachse des Nockenträgers **14**. Im zweiten nockenfreien Abschnitt **40** erstreckt sich eine zweite Eingriffsspur (Schaltkulis) **44** spiralförmig um die Längsachse des Nockenträgers **14**.

[0068] Zum Verschieben des Nockenträgers **14** zwischen den Anschlägen **28** und **30** können die Aktoren **24** und **26** (**Fig. 1** und **Fig. 2**) mit ausfahrbaren Elementen (nicht im Detail gezeigt) selektiv in die Eingriffsspuren **42**, **44** eingreifen. Im Einzelnen kann der erste Aktor **24** selektiv in die erste Eingriffsspur **42** zum Verschieben des Nockenträgers **14** von einer Axialposition zu einer anderen Axialposition eingreifen. In einer ersten Axialposition liegt der Nockenträger **14** an dem zweiten Anschlag **30** an. In einer zweiten Axialposition liegt der Nockenträger **14** an dem ersten Anschlag **28** an. In den **Fig. 1** bis **Fig. 4** ist der Nockenträger in der ersten Axialposition dargestellt. Der zweite Aktor **26** wiederum kann selektiv in die zweite Eingriffsspur **44** eingreifen. Dann wird der Nockenträger **14** von der ersten Axialposition zu der zweiten Axialposition verschoben. Der erste Aktor **24** und der zweite Aktor **26** werden von einer schematisch dargestellten Steuereinheit **27** (**Fig. 1** und **Fig. 2**) angesteuert.

[0069] Die Verschiebung wird dadurch ausgelöst, dass das ausgefahrene Element des jeweiligen Aktors **24**, **26** bezüglich einer Axialrichtung der Nockenwelle **12** ortsfest ist. Folglich wird der verschiebbare Nockenträger **14** aufgrund der Spiralform der Eingriffsspuren **42**, **44** in einer Längsrichtung der Nockenwelle **12** verschoben, wenn das ausgefahrene Element in die jeweilige Eingriffsspur **42**, **44** eingreift. Am Ende des Verschiebevorgangs wird das verschiebbare Element des jeweiligen Aktors **24**, **26** von der jeweiligen Eingriffsspur **42**, **44** entgegengesetzt zu der Ausfahrrichtung geführt und somit eingefahren. Das verschiebbare Element des jeweiligen Aktors **24**, **26** gelangt außer Eingriff mit der jeweiligen Eingriffsspur **42**, **44**.

[0070] Die erste Übertragungsvorrichtung **16** und die zweite Übertragungsvorrichtung **18** (**Fig. 1** und **Fig. 2**) stellen eine Wirkverbindung zwischen dem Nockenträger **14** und den Auslassventilen **20**, **22** her. Das erste Auslassventil **20** wird betätigt (geöffnet), wenn der erste Nocken **32** oder der zweite Nocken

34 die erste Übertragungsvorrichtung **16** nach unten drückt. Das zweite Auslassventil **22** wird betätigt (geöffnet) wenn der dritte Nocken **36** die zweite Übertragungsvorrichtung **18** nach unten drückt.

[0071] Befindet sich der Nockenträger **14** in der ersten Axialposition (wie in den **Fig. 1** bis **Fig. 4** gezeigt), ist die erste Übertragungsvorrichtung **16** in Wirkverbindung zwischen dem ersten Nocken **32** und dem ersten Auslassventil **20**. Mit anderen Worten gesagt, ist die erste Übertragungsvorrichtung **16** in der ersten Axialposition des Nockenträgers **14** nicht in Wirkverbindung zwischen dem zweiten Nocken **34** und dem ersten Auslassventil **20**. Das erste Auslassventil **20** wird gemäß einer Kontur des ersten Nockens **32** betätigt. In der zweiten Axialposition des Nockenträgers **14** ist die erste Übertragungsvorrichtung **16** in Wirkverbindung zwischen dem zweiten Nocken **34** und dem ersten Auslassventil **20**. Das erste Auslassventil **20** wird gemäß einer Kontur des zweiten Nockens **34** betätigt.

[0072] In der ersten Axialposition des Nockenträgers **14** ist die zweite Übertragungsvorrichtung **18** in Wirkverbindung zwischen dem dritten Nocken **36** und dem zweiten Auslassventil **22**. Das zweite Auslassventil **22** wird gemäß einer Kontur des dritten Nockens **36** betätigt. In der zweiten Axialposition des Nockenträgers **14** betätigt die zweite Übertragungsvorrichtung **18** das zweite Auslassventil **22** nicht. In der zweiten Axialposition des Nockenträgers **14** liegt ein Kontaktbereich **18A** der zweiten Übertragungsvorrichtung **18** an der gleichen Axialposition bezüglich der Nockenwelle **12** wie der erste nockenfreie Abschnitt **38**. Der erste nockenfreie Abschnitt **38** weist keine Erhebung zum Betätigen der zweiten Übertragungsvorrichtung **18** auf. Ist der Nockenträger **14** in der zweiten Axialposition, wird das zweite Auslassventil **22** nicht betätigt.

[0073] Der erste nockenfreie Abschnitt **38** hat somit zwei Funktionen. Einerseits nimmt der erste nockenfreie Abschnitt **38** die erste Führungsspur **42** auf. Andererseits dient der erste nockenfreie Abschnitt **38** dazu, dass keine Betätigung des zweiten Auslassventils **42** in der zweiten Axialposition des Nockenträgers **14** erfolgt. Diese Funktionsintegration ist aus Bauraumgründen günstig.

[0074] In der dargestellten Ausführungsform sind die erste Übertragungsvorrichtung **16** und die zweite Übertragungsvorrichtung **18** jeweils als ein Schleppebel ausgebildet. In anderen Ausführungsformen können die Übertragungsvorrichtungen **16** und **18** als Kipphebel oder Stößel ausgebildet sein. In einigen Ausführungsformen können die Übertragungsvorrichtungen **16** und **18** Nockenfolger, zum Beispiel in Form von drehbaren Rollen, aufweisen.

[0075] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** ist eine Arretierungsvorrichtung **46** gezeigt. Die Arretierungsvorrichtung **46** weist ein elastisches Element **48** und einen Sperrkörper **50** auf. Das elastische Element **48** ist in einem Sackloch der Nockenwelle **12** angeordnet. Das elastische Element **48** spannt den Sperrkörper **50** gegen den Nockenträger **14** vor. In einer Innenumfangsfläche des Nockenträgers **14** sind eine erste und zweite Ausnehmung **52** und **54** angeordnet. Zum Arretieren des Nockenträgers **14** wird der Sperrkörper **50** in die erste Ausnehmung **52** gedrückt, wenn der Nockenträger **14** in der ersten Axialposition ist. In der zweiten Axialposition des Nockenträgers **14** wird der Sperrkörper **50** in die zweite Ausnehmung **54** gedrückt.

[0076] Unter Bezugnahme auf **Fig. 5** sind nachfolgend die Steuerung des ersten Auslassventils **20** sowie dessen Einfluss auf einen Zylinderdruck beschrieben. **Fig. 5** zeigt einen vollständigen Viertakt-Zyklus bestehend aus Verdichten, Expandieren, Ausschleiben und Ansaugen.

[0077] Die Kurve **A** beschreibt den Verlauf des Zylinderdrucks im Motorbremsbetrieb, wenn der zweite Nocken **34** in Wirkverbindung mit dem ersten Auslassventil **20** ist. Die Kurve **B** zeigt den Verlauf des Ventilhubes des ersten Auslassventils **20**, wenn der erste Nocken **32** in Verbindung mit dem ersten Auslassventil **20** ist (d.h. während des Normalbetriebs). Die dritte Kurve **C** zeigt den Verlauf des Ventilhubes eines Einlassventils sowohl während des Normalbetriebs und im Motorbremsbetrieb. Die Kurve **D** zeigt den Verlauf des Ventilhubes des ersten Auslassventils **20**, wenn der zweite Nocken **34** in Wirkverbindung mit dem ersten Auslassventil **20** ist (d.h. während des Motorbremsbetriebs).

[0078] Die Kurve **B** zeigt, dass das Auslassventil im Normalbetrieb während des Ausschleibetaktes offen ist. Die Kurve **C** zeigt, dass das Einlassventil im Normalbetrieb und im Bremsbetrieb während des Ansaugtaktes (Einlasstaktes) offen ist.

[0079] Die Kurve **D** zeigt, dass das Auslassventil zum Ende des Verdichtungstaktes im Bereich des oberen Totpunkts bei rund 60° KW bis 100° KW vor dem oberen Totpunkt leicht geöffnet wird. Am oberen Totpunkt wird das Auslassventil weiter geöffnet und schließt am Ende des Expansionstaktes ungefähr am unteren Totpunkt. Das Öffnen des Auslassventils zum Ende des Verdichtungstaktes bewirkt, dass die verdichtete Luft im Zylinder durch das geöffnete Auslassventil in das Abgassystem durch den sich zum oberen Totpunkt bewegenden Kolben geschoben wird. Die zuvor verrichtete Verdichtungsarbeit bremst die Kurbelwelle und somit den Verbrennungsmotor. Der Zylinderdruck steigt im Verdichtungstakt zunächst an, sinkt dann jedoch infolge der Öffnung des Auslassventils schon vor dem oberen Totpunkt

ab (vgl. Kurve **A**). Das offene Auslassventil während des Expansionstaktes bewirkt, dass Luft aus den Abgasleitungen zurück in den Zylinder gesaugt wird. Am Ende des Expansionstaktes ist der Zylinder im Wesentlichen mit Luft aus dem Abgassystem gefüllt.

[0080] Die Kurve **D** zeigt zudem, dass das Auslassventil nach Erreichen des unteren Totpunkts am Ende des Expansionstaktes zunächst geschlossen bleibt. Zum Ende des Ausschietbetaktes öffnet sich das Auslassventil im Bereich des oberen Totpunkts. Die Öffnung erfolgt wiederum bei rund 60° KW bis 100° KW vor dem oberen Totpunkt. Das geschlossene Auslassventil während des ersten Abschnitts des Ausschietbetaktes bewirkt, dass die im Expansionstakt angesaugte Luft unter Verrichtung von Arbeit verdichtet wird. Der Zylinderdruck steigt an (Kurve **A**). Die Verrichtungsarbeit bremst die Kurbelwelle und somit den Verbrennungsmotor. Die Öffnung des Auslassventils zum Ende des Ausschietbetaktes führt dazu, dass die Luft durch das geöffnete Auslassventil in das Abgassystem geschoben wird. Im Ansaugtakt wird der Zylinder wieder mit Luft durch das oder die geöffneten Einlassventile (Kurve **C**) gefüllt. Der Zyklus beginnt erneut.

[0081] Wie oben stehend erläutert ist, kommt es durch den Einsatz des zweiten Nockens zur Steuerung des Auslassventils zu einer zweifachen Kompression mit anschließender Dekompression, sodass eine Motorbremsfunktionalität gewährleistet wird.

[0082] Wie beim Vergleich der Kurven **B** und **D** auffällt, ist der Ventilhub des Auslassventils im Bremsbetrieb (Kurve **D**) kleiner als im Normalbetrieb (Kurve **B**). Der Ventilhub ist zudem beim Öffnen des Auslassventils im Verdichtungs- und Expansionstakt zweistufig. Diese Maßnahmen bewirken, dass die Belastung des variablen Ventiltriebs im Bremsbetrieb verringert wird, da durch die Öffnung des Auslassventils gegen den Druck im Zylinder hohe Belastungen an dem Ventiltrieb auftreten können.

[0083] Die **Fig. 6A** zeigt einen Querschnitt durch den zweiten Nocken **34**. Die **Fig. 6B** zeigt einen Querschnitt durch den ersten Nocken **32**.

[0084] Der zweite Nocken **34** ist zur Erzielung der Kurve **D** aus **Fig. 5** ausgebildet. Dazu weist der zweite Nocken **34** insbesondere eine erste Erhebung **34A**, eine zweite Erhebung **34B** und eine dritte Erhebung **34C** auf. Die erste, zweite und dritte Erhebung **34A-34C** sind in Umfangsrichtung um den zweiten Nocken **34** versetzt angeordnet. Die erste Erhebung **34A** führt zu der Öffnung eines Auslassventils am Ende des Verdichtungstaktes. Die zweite Erhebung **34B**, die sich ausgehend von der ersten Erhebung **34A** erstreckt, führt zu einer erweiterten Öffnung eines Auslassventils während des Expansionstaktes.

Die dritte Erhebung **34C** führt zu einer Öffnung eines Auslassventils am Ende des Auslasstaktes.

[0085] Die erste Erhebung **34A** hat die kleinste Höhe der Erhebungen **34A-34C** gemessen in einer Radialrichtung der Nockenwelle **12**. Die zweite Erhebung **34B** hat die größte Höhe der Erhebungen **34A-34C** gemessen in einer Radialrichtung der Nockenwelle **12**. Die dritte Erhebung **34C** ist kleiner als die zweite Erhebung **34B** und größer als die erste Erhebung **34A**. Unterschiedliche Höhen der Erhebungen **34A-34C** führen zu entsprechend unterschiedlichen Ventilhuben (vgl. **Fig. 5**).

[0086] Die erste, zweite und dritte Erhebung **34A-34C** ist jeweils umfangsversetzt zu einer Erhebung **32A** des ersten Nockens **32** angeordnet. Der erste Nocken **32** ist zur Erzielung der Kurve **B** aus **Fig. 5** ausgebildet. Die Erhebung **32A** des ersten Nockens **32** führt zu einer Öffnung eines Auslassventils während des Ausschietbetaktes. Die Erhebung **32A** ist in einer Radialrichtung der Nockenwelle **12** gemessen höher als die Erhebungen **34A-34C**. Der Ventilhub durch die Erhebung **32A** ist größer als durch die Erhebungen **34A-34C**.

[0087] Die **Fig. 6B** zeigt zudem die Arretierungsvorrichtung **46** mit dem elastischen Element **48**, dem Sperrkörper **50** und der ersten Ausnehmung **52**.

[0088] Nachfolgend ist unter Bezugnahme auf die **Fig. 1**, **Fig. 2**, **Fig. 7** und **Fig. 8** ein Verfahren zur Hochschaltunterstützung beschrieben, das die zuvor beschriebene Motorbremsfunktionalität nutzt.

[0089] Die **Fig. 7** zeigt ein beispielhaftes Verfahren zur Hochschaltunterstützung. Das Verfahren beginnt bei Schritt **S100** mit dem Initiieren eines Hochschaltvorgangs. Bei Verwendung eines automatischen Getriebes kann beispielsweise auf Grundlage einer Motordrehzahl und/oder einer Drosselklappenstellung bestimmt werden, dass auf einen höheren Gang mit einer höheren Übersetzung zu schalten ist. Das Getriebe kann beispielsweise ein automatisches Doppelkupplungsgetriebe eines Nutzfahrzeugs, zum Beispiel eines Lastkraftwagens oder eines Omnibusses, sein. Die höhere Übersetzung des höheren Gangs führt zu einer verringerten Getriebedrehzahl. Daher muss für das Schalten auf den höheren Gang eine Motordrehzahl verringert werden. Umso schneller die Motordrehzahl verringert werden kann, in desto kürzerer Zeit kann der Schaltvorgang abgeschlossen werden.

[0090] Um die Motordrehzahl zu verringern, wird im Schritt **S102** von dem ersten Nocken **32** auf den zweiten Nocken **34** durch das Schaltnockensystem **11** umgeschaltet. Damit wird nachfolgend das erste Auslassventil **20** mit dem zweiten Nocken **34** betätigt (Schritt **S104**). Die zweifache Dekompression, die

durch den zweiten Nocken **34** bewirkt wird, führt zu einer schnellen Verringerung der Motordrehzahl.

[0091] Der zweite Nocken **34** wird so lange zum Betätigen des ersten Auslassventils **20** verwendet, bis die Ist-Motordrehzahl gleich einer Soll-Motordrehzahl. Die Soll-Motordrehzahl kann im Wesentlichen einer Getriebedrehzahl mit dem eingelegten höheren Gang entsprechen.

[0092] Im Schritt **S106** wird geprüft, ob eine vorbestimmte Umschaltbedingung erfüllt ist. Zweckmäßigerweise kann geprüft werden, ob die Ist-Motordrehzahl gleich der Soll-Motordrehzahl ist. Ist die Ist-Motordrehzahl ungleich der Soll-Motordrehzahl wird das erste Auslassventil **20** weiter mit dem zweiten Nocken **34** betätigt, sodass die Motordrehzahl weiter abgesenkt werden kann. Entspricht die Ist-Motordrehzahl der Soll-Motordrehzahl, so wird im Schritt **S108** auf den ersten Nocken **32** umgeschaltet. Folglich wird das erste Auslassventil **20** nachfolgend von dem ersten Nocken **32** betätigt (Schritt **S110**).

[0093] Aufgrund der Drehzahlangleichung zwischen der Motordrehzahl und der Getriebedrehzahl kann das Getriebe nachfolgend mit dem höheren Gang betrieben werden (Schritt **S112**) und der Hochschaltvorgang kann abgeschlossen werden.

[0094] Die **Fig. 8** zeigt mit dem Verfahren erzielbare Motordrehzahlverläufe, Turboladerdrehzahlverläufe und Ladedruckverläufe.

[0095] Im Einzelnen zeigt die **Fig. 8** fünf verschiedene Motordrehzahlverläufe **1A-5A**, fünf verschiedene Turbinendrehzahlverläufe **1B-5B** und fünf verschiedene Ladedruckverläufe **1C-5C**. Die Turbinendrehzahlverläufe **1B-5B** beziehen sich auf die Drehzahl einer Turbine eines Abgasturboladers des Verbrennungsmotors. Die Ladedruckverläufe beziehen sich auf einen durch den Verdichter des Abgasturboladers bereitgestellten Ladedruck.

[0096] Die jeweils fünf Kurven für die Motordrehzahl, die Turbinendrehzahl und den Ladedruck beziehen sich unter anderem auf unterschiedlicher Ausführungsformen des hierin offenbarten Verfahrens zur Hochschaltunterstützung. Die gestrichelten Kurven **2A**, **2B** und **2C** beziehen sich auf Verläufe, die erzielbar sind, wenn bei einem Sechszylinder-Verbrennungsmotor zwei Zylinder zur Hochschaltunterstützung verwendet werden. Mit anderen Worten gesagt, werden lediglich zwei der sechs Zylinder während des Hochschaltvorgangs mit dem entsprechenden zweiten Nocken **34** betätigt. D.h., nur zwei der sechs Zylinder werden in einem Motorbremsbetrieb während des Hochschaltvorgangs betrieben. Dementsprechend beziehen sich die gepunkteten Kurven **3A**, **3B**, **3C**, die Strichpunkt-Kurven **4A**, **4B**, **4C** und die Strichdoppelpunkt-Kurven **5A**, **5B**, **5C** auf Ausfüh-

rungsformen bei denen drei, vier oder alle Zylinder während des Hochschaltvorgangs durch das Schiebenockensystem **11** in einem Motorbremsbetrieb betrieben werden. Zum Vergleich zeigen die durchgezogenen Kurven **1A**, **1B**, **1C** einen Verlauf, bei dem kein Zylinder während des Hochschaltvorgangs in einem Motorbremsbetrieb betrieben wird.

[0097] Beim Vergleich der Verläufe **1A-5A** ist ersichtlich, dass die Verwendung des Motorbremsbetriebs die Motordrehzahlen deutlich reduzieren kann (Kurve **1A** ggü. Kurven **2A-5A**). Beispielhaft kann bereits durch Schalten zweier Zylinder in den Motorbremsbetrieb während des Hochschaltens eine Dauer zur Drehzahlabenkung bis auf rund 1000 U/min bei U_{M1} mehr als halbiert werden. Das Zuschalten weiterer Zylinder in den Motorbremsbetrieb führt jeweils zu einer weiteren Verringerung der Zeitdauer zur Absenkung auf beispielsweise 1000 U/min. Mit jedem weiteren Zylinder im Motorbremsbetrieb wird der Effekt kleiner (Kurve **2A** ggü. Kurve **3A** ggü. Kurve **4A** ggü. Kurve **5A**).

[0098] Dadurch, dass kein Abgasdrosselventil für die Motorbremse beim Hochschalten verwendet wird, kann zudem eine Turboladerdrehzahl und ein Ladedruck des Turboladers während des Hochschaltens positiv beeinflusst werden. Ohne den hierin offenbarten Motorbremsbetrieb sinken eine Turboladerdrehzahl (Kurve **1B**) und ein Ladedruck (Kurve **1C**) während des Hochschaltens allmählich ab. Der geringe Ladedruck kann als ein Turboloch wahrgenommen werden, nachdem in den höheren Gang geschaltet wurde.

[0099] Wird hingegen der beispielsweise durch das Schiebenockensystem **11** ermöglichte Motorbremsbetrieb verwendet, kann die Turboladerdrehzahl und der Ladedruck während des Hochschaltens positiv beeinflusst werden, sodass vorzugsweise kein, zumindest jedoch lediglich ein verkleinertes Turboloch nach dem Einlegen des höheren Gangs wahrnehmbar ist. Dies liegt einerseits daran, dass kein Abgasdrosselventil für den Motorbremsbetrieb verwendet wird, der eine Drehzahl der Turbine des Turboladers beim Drosseln des Abgasmassenstroms ebenfalls verringert. Andererseits liegt es daran, dass der Teil der Zylinder, die während des Hochschaltens im Motorbremsbetrieb betrieben werden, aufgrund der zweifachen Dekompression zweimal verdichtete Luft während eines Arbeitszyklus in den Abgastrakt schieben. Dies ist der Fall zum Ende des Verdichtungstaktes und zum Ende des Ausschietbetaktes, wenn der zweite Nocken **34** das erste Auslassventil **20** öffnet. Die verdichtete Luft kann die Turbine des Turboladers antreiben. Dementsprechend ist der Effekt umso größer, desto mehr Zylinder während des Hochschaltens im Motorbremsbetrieb verwendet werden.

[0100] Umso mehr Zylinder in den Motorbremsbetrieb während des Hochschaltens geschaltet werden, desto stärker kann zwischenzeitlich eine Turboladerdrehzahl U_T erhöht werden, wie der Vergleich der Verläufe **2B-5B** zeigt.

[0101] Umso mehr Zylinder in den Motorbremsbetrieb während des Hochschaltens geschaltet werden, desto stärker kann ein Absinken des Ladedrucks p_L verhindert werden, der Ladedruck p_L gehalten oder sogar erhöht werden, wie der Vergleich der Verläufe **2C-5C** zeigt. Zusätzlich kann ein höherer Ladedruck p_L in kürzerer Zeit bei einer Schwellwertdrehzahl, z.B. U_{M1} , erreicht werden, wie unter Zuhilfenahme der vertikalen gepunkteten Linien in **Fig. 8** ersichtlich ist.

[0102] Das hierin offenbarte Verfahren zur Hochschaltunterstützung kann auf vielfältige Art und Weise modifiziert und ergänzt werden.

[0103] Beispielsweise ist es möglich, eine Betätigung des ersten Auslassventils **20** mit dem zweiten Nocken **34** von verschiedenen Parametern abhängig zu machen. Somit kann einerseits bestimmt werden, ob das erste Auslassventil **20** überhaupt mit dem zweiten Nocken **34** betätigt wird und wenn ja, wie viele Zylinder im Motorbremsbetrieb verwendet werden. Damit kann ein Ausgleich zwischen einem Verschleiß des variablen Ventiltriebs **10** und einem schnellen Hochschaltvorgang gefunden werden. Derartige Parameter können insbesondere eine während des Hochschaltvorgangs erforderliche Drehzahlabenkung und Drehmomenterhöhung sein. Zusätzlich kommen beispielsweise eine gewünschte Zeitdauer des Hochschaltvorgangs, eine gewünschte Turboladerdrehzahl und/oder ein gewünschter Ladedruck als Parameter in Betracht.

[0104] Umso größer die erforderliche Drehzahlabenkung, umso größer die erforderliche Drehmomenterhöhung, umso kürzer die gewünschte Zeitdauer des Hochschaltvorgangs umso größer die gewünschte Turboladerdrehzahl und umso größer der gewünschte Ladedruck ist, desto mehr Zylinder können in den Motorbremsbetrieb geschaltet. Beispielsweise können entsprechende Schwellwert für bestimmte Betriebsbedingungen des Verbrennungsmotors hinterlegt sein, anhand derer bestimmt wird, ob und wie viele Zylinder im Motorbremsbetrieb während des Hochschaltens betrieben werden. Die Schwellwerte können sich auf erforderliche Drehzahlabenkungen, erforderliche Drehmomenterhöhungen, gewünschte Hochschaltdauern, gewünschte Turboladerdrehzahlen und/oder gewünschte Ladedrücke beziehen.

[0105] Falls beispielsweise nur eine sehr geringe Drehzahlabenkung erforderlich ist, kann gegebenenfalls auf die Umschaltung in den Motorbremsbetrieb verzichtet werden.

[0106] Ist bspw. eine besonders kurze Hochschaltdauer gewünscht, kann bestimmt werden, wie viele Zylinder während des Hochschaltvorgangs in den Motorbremsbetrieb umzuschalten sind, um die gewünschte Hochschaltdauer zu erzielen.

[0107] Es ist auch denkbar, dass bei einer Mehrzahl von Schiebenockensystemen **11** eine erste Gruppe von Schiebenockensystemen **11** das entsprechende erste Auslassventil **20** mit dem entsprechenden zweiten Nocken **34** während des Hochschaltvorgangs betätigt. Eine zweite Gruppe von Schiebenockensystemen **11** hingegen betätigt das entsprechende erste Auslassventil **20** mit dem entsprechenden ersten Nocken **32**. Eine Zuordnung zu den Gruppen kann rollierend zwischen aufeinanderfolgenden Hochschaltvorgängen oder während eines einzigen Hochschaltvorgangs erfolgen. Damit kann ein Verschleiß unter den Schiebenockensystemen **11** vergleichmäßig werden.

[0108] Das hierin offenbarte Verfahren kann vorzugsweise zum Hochschaltunterstützung bei einem Verbrennungsmotor eines Nutzfahrzeugs und generell bei Großmotoren verwendet werden, da hier eine Zeitdauer zum Hochschalten vergleichsweise lang sein kann.

[0109] Wie oben stehend erläutert ist, kann das Verfahren zur Hochschaltunterstützung des Verbrennungsmotors das Schiebenockensystem **11** verwenden. Insbesondere kann die Steuereinheit **27** die Aktoren **24** und **26** entsprechend dem hierin offenbarten Verfahren zur Hochschaltunterstützung des Verbrennungsmotors ansteuern. Allerdings kann das Verfahren auch einen anderen variablen Ventiltrieb zum Bereitstellen der Motorbremse verwenden. Es ist auch denkbar, dass ein anderes System zum entsprechenden Betätigen der Auslassventile verwendet wird, bei dem ein erstes Auslassventil des Verbrennungsmotors im Verdichtungsstakt und/oder im Ausschubtakt zur Kompression von Luft zunächst geschlossen gehalten und vor Erreichen eines oberen Totpunkts einer Kolbenbewegung zur Dekompression der verdichteten Luft geöffnet wird.

[0110] Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen. Insbesondere beansprucht die Erfindung auch Schutz für den Gegenstand und die Merkmale der Unteransprüche unabhängig von den in Bezug genommenen Ansprüchen.

Bezugszeichenliste

Patentansprüche

10	Variabler Ventiltrieb	<p>1. Verfahren zur Hochschaltunterstützung bei einem Gangwechsel eines mit einem Verbrennungsmotor verbundenen Getriebes, aufweisend: Initiieren eines Hochschaltvorgangs; und Verringern einer Motordrehzahl des Verbrennungsmotors durch Schalten in einen Motorbremsbetrieb, wobei:</p> <p>a) mittels eines variablen Ventiltriebs (10), insbesondere eines Schiebenockensystems (11), des Verbrennungsmotors in den Motorbremsbetrieb geschaltet wird; und/oder</p> <p>b) in dem Motorbremsbetrieb ein erstes Auslassventil (20) des Verbrennungsmotors im Verdichtungstakt und/oder im Ausschubtakt zur Kompression von Luft zunächst geschlossen gehalten und vor Erreichen eines oberen Totpunkts einer Kolbenbewegung zur Dekompression der verdichteten Luft geöffnet wird.</p>	
11	Schiebenockensystem		
12	Nockenwelle		
14	Nockenträger		
16	Erste Übertragungsvorrichtung (erster Schlepphebel)		
18	Zweite Übertragungsvorrichtung (zweiter Schlepphebel)		
18A	Kontaktbereich		
20	Erstes Auslassventil		
22	Zweites Auslassventil		
24	Erster Aktor		
26	Zweiter Aktor	<p>2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner aufweisend: Halten und/oder Erhöhen eines Ladedrucks und/oder einer Turboladerdrehzahl eines Turboladers des Verbrennungsmotors durch Ausschieben der verdichteten Luft zu einer Abgasturbine des Turboladers im Verdichtungstakt und/oder im Ausschubtakt durch Öffnen des ersten Auslassventils (20) vor Erreichen des oberen Totpunkts der Kolbenbewegung.</p>	
27	Steuereinheit		
28	Erster Anschlag		
30	Zweiter Anschlag		
32	Erster Nocken		
32A	Erhebung		
34	Zweiter Nocken		
34A-34C	Erhebungen		
36	Dritter Nocken		
38	Erster nockenfreier Abschnitt		
40	Zweiter nockenfreier Abschnitt	<p>3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner aufweisend: Erfassen einer erforderlichen Drehzahlablenkung für den Hochschaltvorgang, einer erforderlichen Drehmomenterhöhung für den Hochschaltvorgang, einer gewünschten Dauer des Hochschaltvorgangs, einer gewünschten Turboladerdrehzahl insbesondere am Ende des Hochschaltvorgangs und/oder einem gewünschten Ladedruck insbesondere am Ende des Hochschaltvorgangs, und wobei der Schritt des Verringerns der Motordrehzahl des Verbrennungsmotors durch Schalten in den Motorbremsbetrieb in Abhängigkeit von der erforderlichen Drehzahlablenkung, der erforderlichen Drehmomenterhöhung, der gewünschten Dauer des Hochschaltvorgangs, der gewünschten Turboladerdrehzahl und/oder des gewünschten Ladedrucks durchgeführt wird.</p>	
42	Erste Eingriffsspur		
44	Zweite Eingriffsspur		
46	Arretierungsvorrichtung		
48	Elastisches Element		
50	Sperrkörper		
52	Erste Ausnehmung		
54	Zweite Ausnehmung		
A	Zylinderdruck		
B	Auslassventilsteuerkurve		
C	Einlassventilsteuerkurve	<p>4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei: eine erste Gruppe von Zylindern während des Hochschaltvorgangs in den Motorbremsbetrieb geschaltet wird; und eine zweite Gruppe von Zylindern des Verbrennungsmotors während des Hochschaltvorgangs im Normalbetrieb weiterbetrieben wird.</p>	
D	Auslassventilsteuerkurve		
1A-5A	Unterschiedliche Motordrehzahlverläufe		
1B-5B	Unterschiedliche Turbinendrehzahlverläufe		
1C-5C	Unterschiedliche Ladedruckverläufe		
			<p>5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei eine Anzahl von Zylindern in der ersten Gruppe und/oder der zweiten Gruppe in Abhängigkeit von der er-</p>

forderlichen Drehzahlabenkung, der erforderlichen Drehmomenterhöhung, der gewünschten Dauer des Hochschaltvorgangs, der gewünschten Turboladerdrehzahl und/oder dem gewünschten Ladedruck bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, wobei eine Zuordnung zur ersten Gruppe und/oder zur zweiten Gruppe rollierend, insbesondere rollierend zwischen aufeinanderfolgenden Hochschaltvorgängen, erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das erste Auslassventil (20) im Motorbremsbetrieb zwischen 100° KW und 60° KW vor dem Erreichen des oberen Totpunkts öffnet, nach dem Öffnen im Ausschubtakt im Bereich zwischen dem oberen Totpunkt und 30° KW nach dem oberen Totpunkt schließt, und/oder nach dem Öffnen im Verdichtungstakt im Bereich zwischen dem unteren Totpunkt und 30° KW nach dem unteren Totpunkt schließt.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner aufweisend:
Geschlossen-Halten eines zweiten Auslassventils (22) des Verbrennungsmotors während des Hochschaltvorgangs, wobei das zweite Auslassventil (22) demselben Zylinder des Verbrennungsmotors zugeordnet ist wie das erste Auslassventil (20).

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Geschlossen-Halten des zweiten Auslassventils (22) eine Umschaltung auf einen nockenfreien Abschnitt (38) des Schiebennockensystems (11) aufweist.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Schiebennockensystem (11) einen ersten Nocken (32) für einen Normalbetrieb des Verbrennungsmotors und einen zweiten Nocken (34) für den Motorbremsbetrieb des Verbrennungsmotors aufweist, wobei das Schiebennockensystem (11) wahlweise den ersten Nocken (32) und das erste Auslassventil (20) in Wirkverbindung setzt oder den zweiten Nocken (34) und das erste Auslassventil (20) in Wirkverbindung setzt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Schalten in den Motorbremsbetrieb aufweist:
Umschalten von dem ersten Nocken (32) auf den zweiten Nocken (34) durch das Schiebennockensystem (11); und
Betätigen des ersten Auslassventils (20) mittels des zweiten Nockens (34), der das erste Auslassventil (20) im Verdichtungstakt und/oder im Ausschubtakt zunächst geschlossen hält und vor Erreichen des oberen Totpunkts der Kolbenbewegung öffnet.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, ferner aufweisend:

Umschalten von dem zweiten Nocken (34) auf den ersten Nocken (32) durch das Schiebennockensystem (11), wenn die Motordrehzahl auf eine gewünschte Drehzahl, insbesondere eine Getriebedrehzahl des Getriebes, verringert wurde.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:
der Hochschaltvorgang automatisch in Anhängigkeit von einer Motordrehzahl und/oder einer Drosselklappenstellung initiiert wird; und/oder
im Getriebe während des Hochschaltvorgangs von einem Getriebebegang zu einem anderen Getriebebegang mit höherer Übersetzung geschaltet wird.

14. Variabler Ventiltrieb (10) für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs, insbesondere Nutzfahrzeugs, aufweisend:
ein erstes Auslassventil (20);
eine Nockenwelle (12);
ein Schiebennockensystem (11) mit einem Nockenträger (14), der auf der Nockenwelle (12) drehfest und axial verschiebbar angeordnet ist und einen ersten Nocken (32) und einen zweiten Nocken (34) aufweist, wobei der erste Nocken (32) und der zweite Nocken (34) in einer Längsrichtung der Nockenwelle (12) versetzt angeordnet sind; und
eine Steuereinheit (27), die dazu ausgebildet ist, das Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche durchzuführen.

15. Kraftfahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, mit einem variablen Ventiltrieb (10) nach Anspruch 14.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

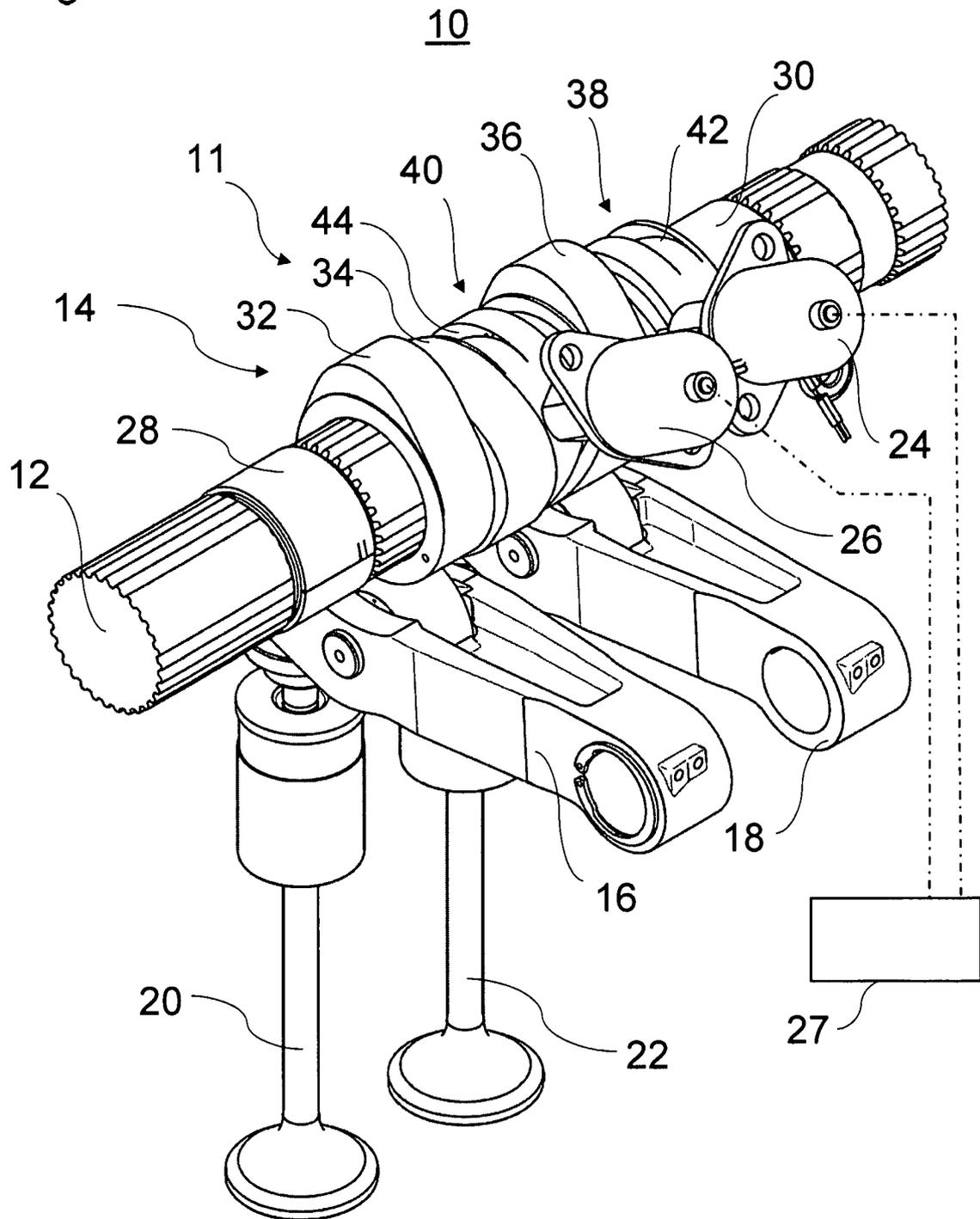


Fig. 2

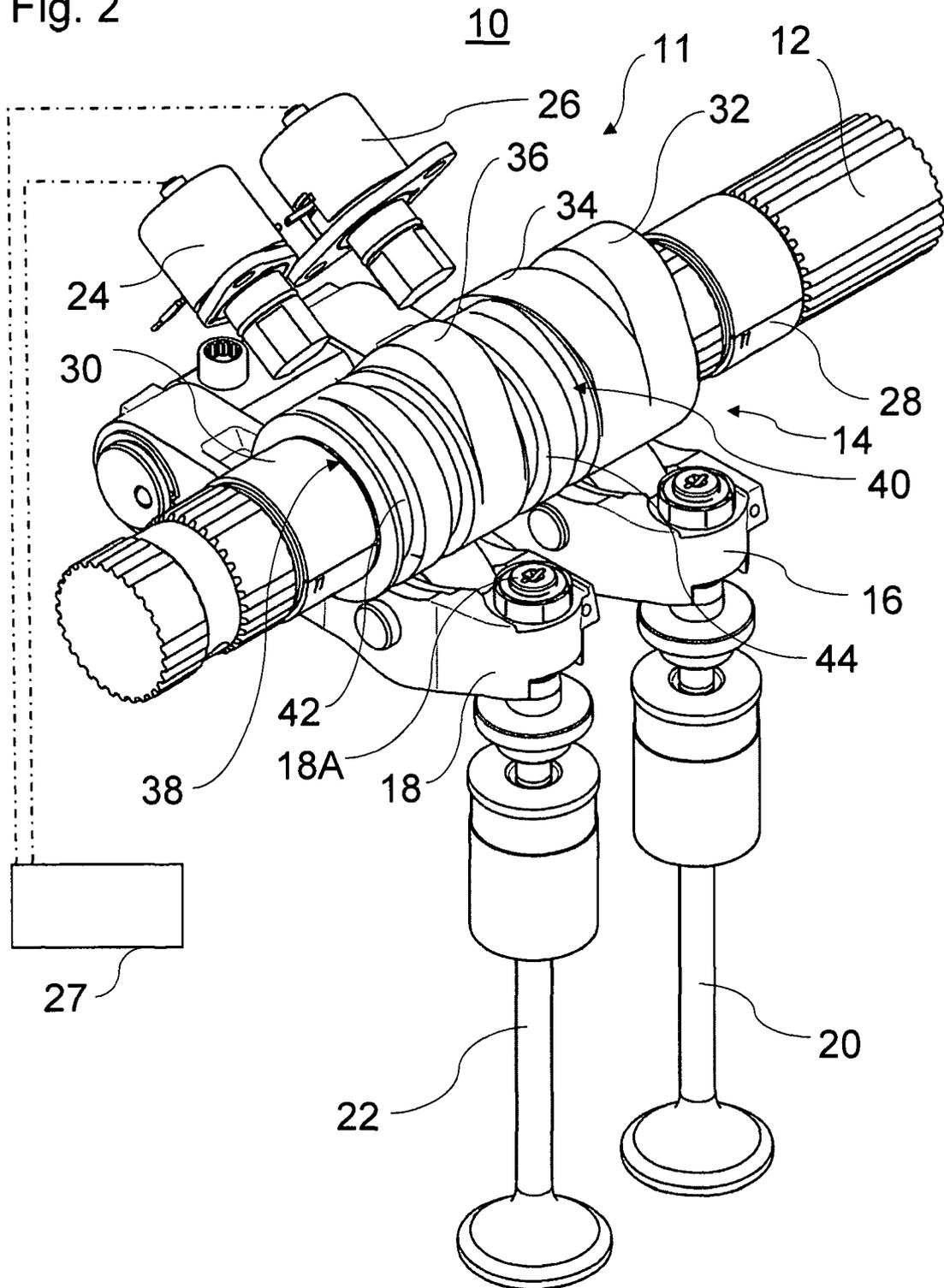


Fig. 3

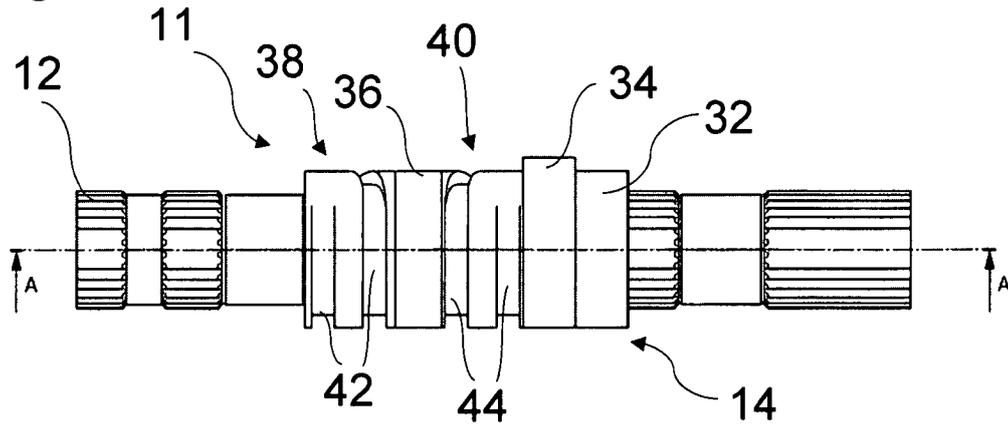


Fig. 4

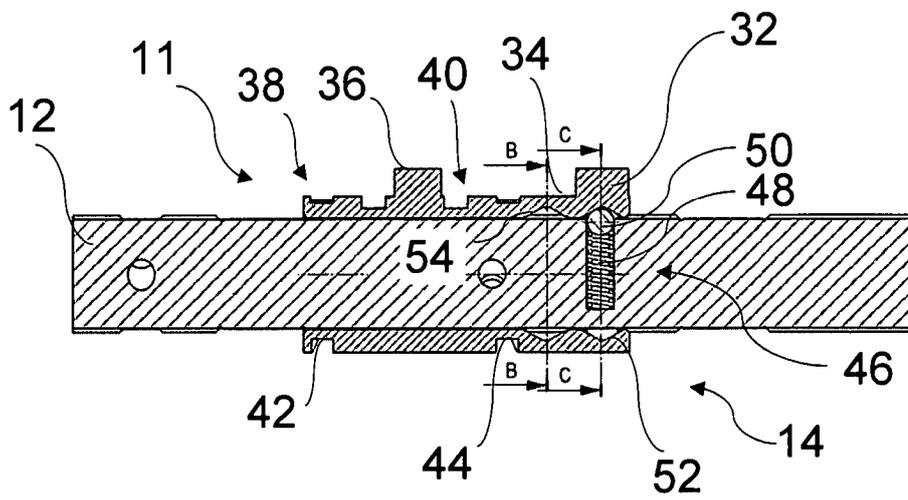


Fig. 5

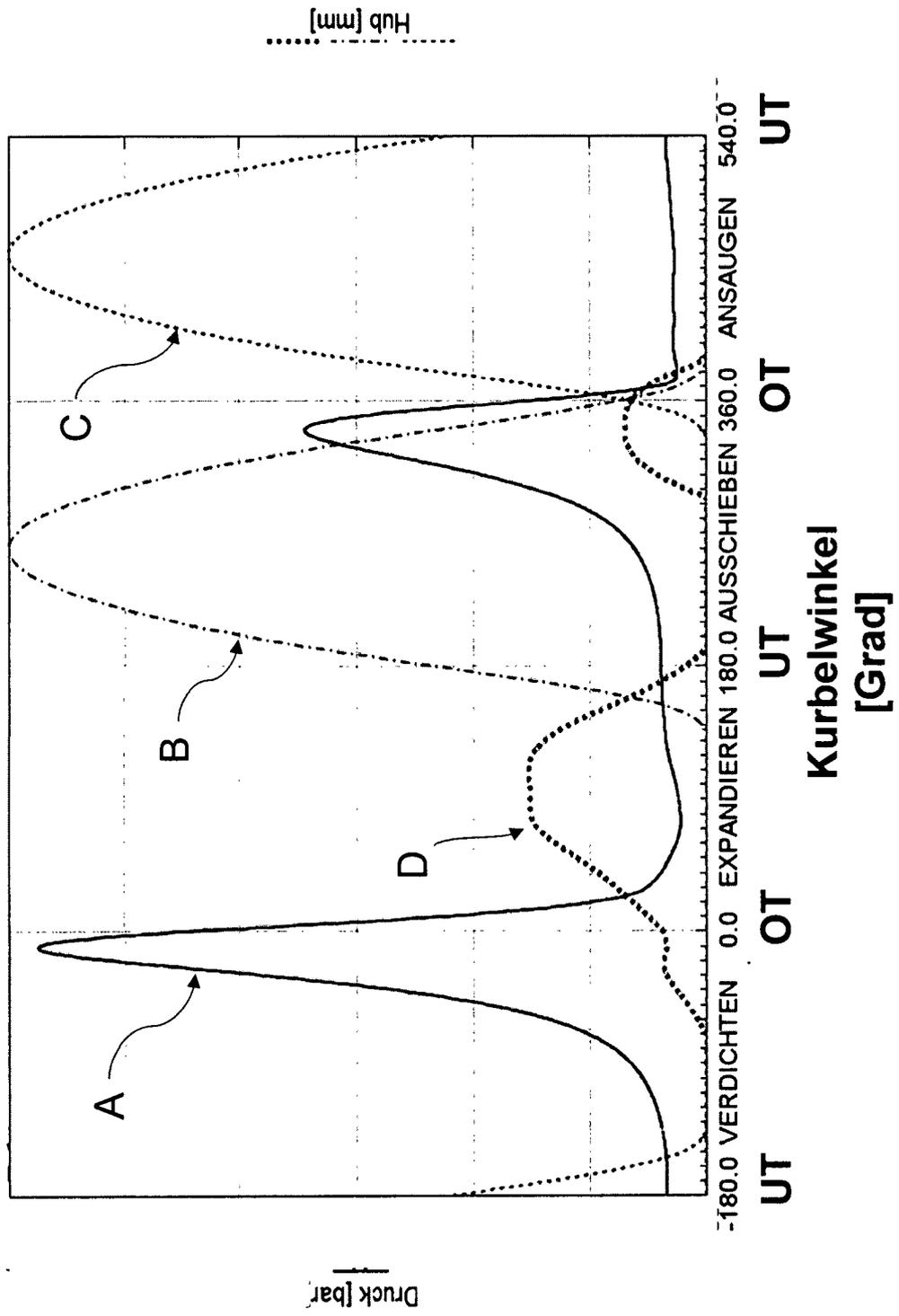


Fig. 6A

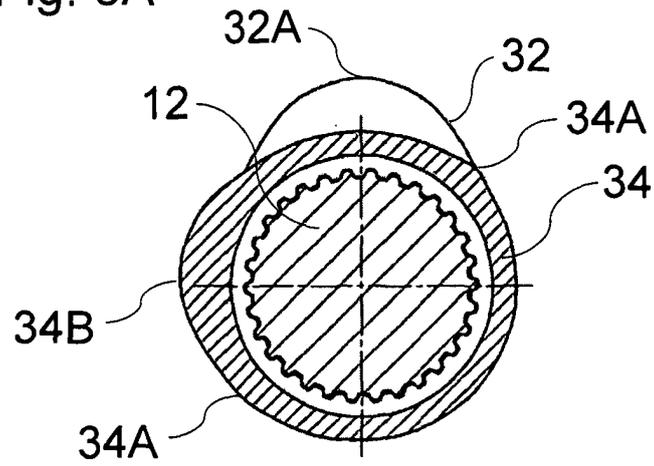


Fig. 6B

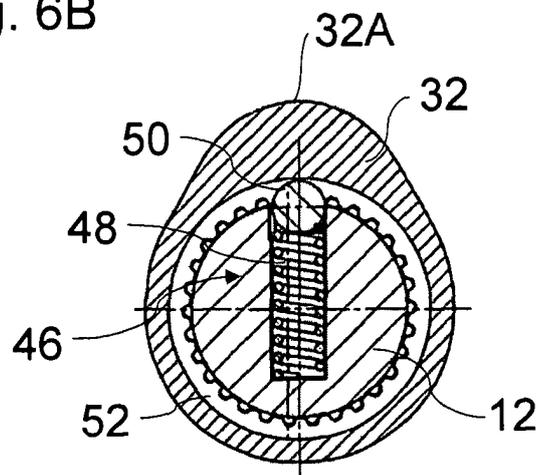


Fig. 7

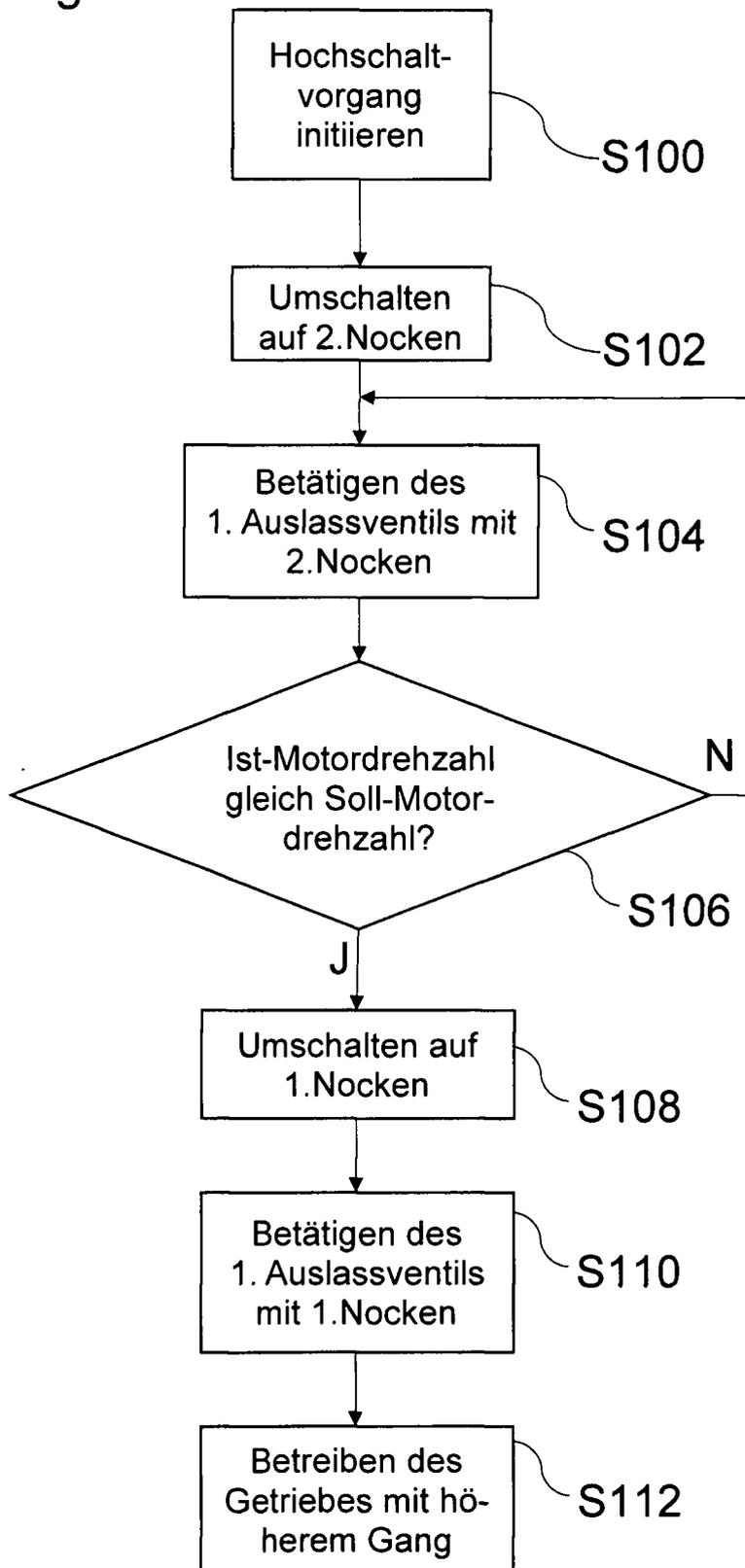


Fig. 8

