



(10) **DE 10 2017 115 349 B4** 2019.01.24

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 115 349.7**  
(22) Anmeldetag: **10.07.2017**  
(43) Offenlegungstag: **10.01.2019**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **24.01.2019**

(51) Int Cl.: **F02B 37/04 (2006.01)**  
**F02B 37/16 (2006.01)**  
**F02B 37/007 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft, 70435  
Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Rothenberger, Peter, Dr., 76661 Philippsburg, DE;  
Marques, Marcos Remedios, 75449 Wurmberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>GB</b>	<b>2 442 794</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>2011 / 0 232 279</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>3 059 427</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2005- 344 633</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>H07- 42 567</b>	<b>A</b>

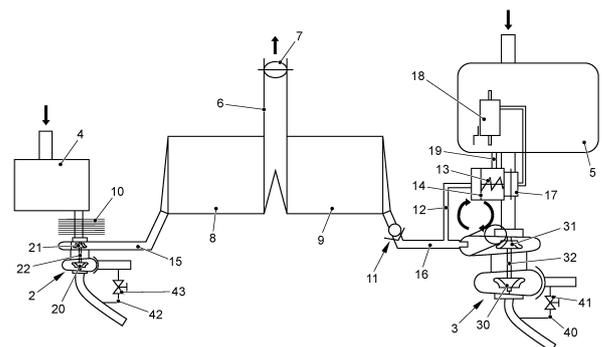
(54) Bezeichnung: **Abgasturboladersystem für eine mehrreihige Brennkraftmaschine und Verfahren zum Betreiben eines Abgasturboladersystems**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Abgasturboladersystem (1) für eine mehrreihige Brennkraftmaschine, umfassend

- einen ersten Abgasturbolader (2) und zumindest einen zweiten Abgasturbolader (3), die parallel zueinander angeordnet sind, wobei jeder der Abgasturbolader (2, 3) eine Abgasturbine (20, 30) und einen damit verbundenen Verdichter (21, 31) zum Verdichten angesaugter Frischluft aufweist,
- eine erste Druckleitung (15), die auslasseitig an den Verdichter (21) des ersten Abgasturboladers (2) angeschlossen ist, so dass die von diesem Verdichter (21) verdichtete Frischluft in die erste Druckleitung (15) einströmen kann, sowie
- zumindest eine zweite Druckleitung (16), die auslasseitig an den Verdichter (31) des zweiten Abgasturboladers (3) angeschlossen ist, so dass die von diesem Verdichter (31) verdichtete Frischluft in die zweite Druckleitung (16) einströmen kann,

wobei die beiden Druckleitungen (15, 16) in Strömungsverbindung miteinander stehen, wobei das Abgasturboladersystem (1)

- eine zuschaltbare elektrische Antriebseinrichtung (10), die an den ersten Abgasturbolader (2) angeschlossen ist, zum Bereitstellen eines zusätzlichen Drehmoments zum Antreiben der Abgasturbine (20) und des Verdichters (21) des ersten Abgasturboladers (2).



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Abgasturboladersystem für eine mehrreihige Brennkraftmaschine, umfassend

- einen ersten Abgasturbolader und zumindest einen zweiten Abgasturbolader, die parallel zueinander angeordnet sind, wobei jeder der Abgasturbolader eine Abgasturbine und einen damit verbundenen Verdichter zum Verdichten angesaugter Frischluft aufweist,
- eine erste Druckleitung, die auslassseitig an den Verdichter des ersten Abgasturboladers angeschlossen ist, so dass die von diesem Verdichter verdichtete Frischluft in die erste Druckleitung einströmen kann, sowie
- zumindest eine zweite Druckleitung, die auslassseitig an den Verdichter des zweiten Abgasturboladers angeschlossen ist, so dass die von diesem Verdichter verdichtete Frischluft in die zweite Druckleitung einströmen kann, wobei die beiden Druckleitungen in Strömungsverbindung miteinander stehen. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasturboladersystems.

**[0002]** Bei der Entwicklung von Brennkraftmaschinen spielt die Abgasturboaufladung eine sehr wichtige Rolle. Gründe hierfür sind insbesondere die gesteigerten Anforderungen im Hinblick auf eine Verbesserung der Effizienz, eine Verringerung von Emissionen und eine Erhöhung der Leistung. Um den Kraftstoffverbrauch und damit einhergehend die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Brennkraftmaschinen zu verringern, gehen die Entwicklungstendenzen immer mehr in Richtung einer Verkleinerung des Hubraums der Brennkraftmaschinen, welche häufig auch als „Downsizing“ bezeichnet wird. Daraus resultiert eine stärkere Verbreitung von Abgasturboladern, um entsprechend hohe spezifische Leistungen erreichen zu können.

**[0003]** Die JP 2005-344633 A offenbart eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit einer Mehrzahl von Abgasturboladern. Aus der GB 2 442 794 A ist eine Brennkraftmaschine bekannt, die einen Abgasturbolader mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung aufweist.

**[0004]** Weitere Abgasturboladersysteme werden darüber hinaus auch in der US 2011/0232279 A1, der EP 3 059 427 A1 sowie der JP H0742567 A beschrieben.

**[0005]** Das immer weiter fortschreitende Downsizing von Brennkraftmaschinen bei gleichzeitiger Forderung nach höherer Motorleistung und einem höheren Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschinen - häufig auch als „Low-End-Torque-

Bereich“ bezeichnet - erfordert immer höhere Ladedrücke, mit denen jedoch steigende spezifische Kraftstoffverbräuche einhergehen. Unter diesen Voraussetzungen entsteht bei der konstruktiven Auslegung der Abgasturbine eines Abgasturboladers ein Zielkonflikt zwischen dem Kraftstoffverbrauch bei Nennleistung einerseits und dem Ansprechverhalten, insbesondere dem Drehmomentaufbau bei einem Lastsprung bei niedrigen und mittleren Drehzahlen, andererseits. Niedrige Vollastverbräuche erfordern in der Regel relativ große Turbinengesamtquerschnitte und damit verbunden große und verhältnismäßig schwere Turbinenräder der Abgasturbine, die zu einem deutlich verschlechterten Ansprechverhalten führen. Der vorstehend erläuterte Zielkonflikt kann beispielsweise durch eine Registeraufladung oder eine zumindest zweistufige Aufladung, bei der zwei (oder mehr) Abgasturbolader in Serie hintereinander geschaltet sind, zumindest teilweise überwunden werden.

**[0006]** Eine Alternative, um diesen Zielkonflikt zumindest teilweise vermeiden zu können, bietet ein Aufladekonzept mit einem zusätzlichen, rein elektrisch angetriebenen Verdichter. So ist zum Beispiel aus der EP 3 103 991 A1 ein Aufladekonzept für eine Brennkraftmaschine bekannt, bei dem ein Abgasturbolader und ein rein elektrisch angetriebener Verdichter vorgesehen sind, wobei zwischen dem Verdichter und einem Ladeluftkühler ein Rückschlagventil angeordnet ist.

**[0007]** Ein weiteres alternatives Aufladekonzept bildet eine elektrisch unterstützte Abgasturboaufladung, bei der die Abgasturbolader einer Brennkraftmaschine eine zusätzliche elektrische Antriebseinrichtung aufweisen, um insbesondere bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine ein zuschaltbares, zusätzliches Drehmoment zum Antreiben der Abgasturbolader zu generieren. Es hat sich allerdings gezeigt, dass die elektrisch unterstützte Abgasturboaufladung bei mehrreihigen Brennkraftmaschinen, die mehrere Abgasturbolader aufweisen, aufgrund der eingeschränkten verfügbaren elektrischen Maximalleistung nur ein sehr geringes Verbesserungspotential im Hinblick auf das Ansprechverhalten der Brennkraftmaschine bietet.

**[0008]** Die Erfindung macht es sich daher zur Aufgabe, ein Abgasturboladersystem der eingangs genannten Art für eine mehrreihige Brennkraftmaschine zur Verfügung zu stellen, das bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine ein verbessertes Ansprechverhalten ermöglicht und dabei einfach und kostengünstig ausgeführt ist. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasturboladersystems anzugeben, das bei niedrigen Drehzahlen ein verbessertes Ansprechverhalten der Brennkraftmaschine ermöglicht.

**[0009]** Die Lösung dieser Aufgaben liefern ein gattungsgemäßes Abgasturboladersystem mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Abgasturboladersystems mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 7. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

**[0010]** Ein erfindungsgemäßes Abgasturboladersystem zeichnet sich dadurch aus, dass das Abgasturboladersystem

- eine zuschaltbare elektrische Antriebseinrichtung, die an den ersten Abgasturbolader angeschlossen ist, zum Bereitstellen eines zusätzlichen Drehmoments zum Antreiben der Abgasturbine und des Verdichters des ersten Abgasturboladers,

- ein Ventilmittel, welches innerhalb der zweiten Druckleitung angeordnet ist und zur Trennung der Strömungsverbindung zwischen den beiden Druckleitungen bei zugeschalteter elektrischer Antriebseinrichtung eingerichtet ist, sowie

- eine Umluftleitung, die auslassseitig hinter dem Verdichter des zweiten Abgasturboladers von der zweiten Druckleitung abzweigt und ein schaltbares Umluftventil aufweist, umfasst. Das erfindungsgemäße Abgasturboladersystem geht von der grundlegenden Idee aus, nur einen der (mindestens) zwei Abgasturbolader mit einer elektrischen Unterstützung, die durch eine elektrische Antriebseinrichtung realisiert ist, auszuführen. Die elektrische Antriebseinrichtung kann insbesondere bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine zugeschaltet werden und ein Drehmoment erzeugen, das die Rotationsbewegungen der Abgasturbine und des damit verbundenen Verdichters des ersten Abgasturboladers zusätzlich antreiben kann. In diesem Betriebszustand ist das Ventilmittel geschlossen und koppelt damit den Verdichter des zweiten Abgasturboladers vollständig vom Aufladeprozess ab. Um zu vermeiden, dass der Verdichter des zweiten Abgasturboladers in diesem Betriebszustand gegen das geschlossene Ventilmittel einen Ladedruck aufbaut und mit einem Massenstrom von Null in extremer Weise pumpt, ist dem zweiten Abgasturbolader eine Umluftleitung zugeordnet, die auslassseitig hinter dem Verdichter des zweiten Abgasturboladers von der zweiten Druckleitung abzweigt und ein schaltbares Umluftventil aufweist, das für einen Umluftbetrieb des Verdichters des zweiten Abgasturboladers bei geschlossenem Ventilmittel geöffnet wird. Bei hohen Drehzahlen der Brennkraftmaschine wird die elektrische Antriebseinrichtung des ersten Abgasturboladers demgegenüber nicht mehr bestromt und ist somit passiv. Der Verdichter des zweiten Abgastur-

boladers wird dann durch Öffnen des Ventilmittels in der zweiten Druckleitung und Schließen des Umluftventils wieder zugeschaltet und trägt dann wieder zum Aufladeprozess bei. Das hier vorgeschlagene Abgasturboladersystem bietet somit unter anderem den Vorteil einer erheblichen Kosteneinsparung, da lediglich einer der Abgasturbolader der mehrreihigen Brennkraftmaschine elektrisch unterstützt ausgeführt ist und dementsprechend eine elektrische Antriebsvorrichtung aufweist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das unerwünschte Pumpen des Verdichters des zweiten, nicht elektrisch unterstützten Abgasturboladers durch das Öffnen des Umluftventils verhindert werden kann, wenn der Verdichter durch Schließen des Ventilmittels vom Aufladeprozess abgekoppelt ist.

**[0011]** In einer vorteilhaften Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass das Ventilmittel als Rückschlagventil ausgebildet ist. Dieses Rückschlagventil ist dazu in der Lage, sich selbsttätig zu schließen, wenn bei aktivierter elektrischer Antriebseinrichtung der von dem ersten elektrisch unterstützten Abgasturbolader erzeugte Ladedruck höher als der von dem zweiten, nicht elektrisch unterstützten Abgasturbolader erzeugte Ladedruck ist.

**[0012]** In einer alternativen Ausführungsform kann auch vorgesehen sein, dass das Ventilmittel als Verdichterzuschaltventil ausgebildet ist. Durch Schließen des Verdichterzuschaltventils kann der Verdichter des zweiten Abgasturboladers vom Aufladeprozess der Brennkraftmaschine entkoppelt werden, wenn die elektrische Antriebsvorrichtung des ersten Abgasturboladers aktiviert ist und dessen Betrieb unterstützt.

**[0013]** In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform besteht die Möglichkeit, dass in der Umluftleitung ein Mittel zur Einstellung des Strömungsquerschnitts angeordnet ist, welches dazu eingerichtet ist, beim Hochbeschleunigen des zweiten Abgasturboladers und geöffnetem Umluftventil den Ladedruck des zweiten Abgasturboladers derart zu begrenzen, dass er unterhalb einer Pumpgrenze des Verdichters des zweiten Abgasturboladers liegt. Ein unerwünschtes Pumpen des Verdichters des zweiten Abgasturboladers, das sich nachteilig auf die Geräusentwicklung sowie die Lebensdauer der Bauteile des zweiten Abgasturboladers auswirkt, kann somit besonders wirksam verhindert werden.

**[0014]** In einer vorteilhaften Ausführungsform besteht die Möglichkeit, dass das Mittel zur Einstellung des Strömungsquerschnitts eine Blende ist, die einen festen oder einen variablen Strömungsquerschnitt aufweist. Eine Blende mit einem festen Strömungsquerschnitt hat den Vorteil, dass sie besonders einfach und damit auch kostengünstig hergestellt wer-

den kann. Eine Blende mit variablem Strömungsquerschnitt ist demgegenüber zwar teurer, bietet jedoch dahingehend Vorteile, dass der Strömungsquerschnitt an unterschiedliche Gegebenheiten und äußere Randbedingungen angepasst werden kann.

**[0015]** Vorzugsweise kann das Umluftventil ein Betätigungsmittel umfassen, das dazu eingerichtet ist, das Umluftventil selektiv zu öffnen oder zu schließen. Das Betätigungsmittel kann zum Beispiel pneumatisch, insbesondere als Steuerdose, oder elektrisch ausgeführt sein.

**[0016]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Betreiben eines Abgasturboladersystems nach einem der Ansprüche 1 bis 6, zeichnet sich dadurch aus, dass bei zugeschalteter elektrischer Antriebseinrichtung des ersten Abgasturboladers das Ventilmittel zur Trennung der Strömungsverbindung zwischen den beiden Druckleitungen geschlossen wird und das Umluftventil geöffnet wird. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht bei niedrigen Drehzahlen ein verbessertes Ansprechverhalten der Brennkraftmaschine.

**[0017]** In einer vorteilhaften Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass beim Hochbeschleunigen des zweiten Abgasturboladers und geöffnetem Umluftventil ein Ladedruck des zweiten Abgasturboladers derart begrenzt wird, dass er unterhalb einer Pumpgrenze des Verdichters des zweiten Abgasturboladers liegt. Somit kann ein unerwünschtes Pumpen des Verdichters des zweiten, nicht elektrisch unterstützten Abgasturboladers durch das Öffnen des Umluftventils wirksam verhindert werden, wenn dieser Verdichter durch das Schließen des Ventilmittels vom Aufladeprozess abgekoppelt ist.

**[0018]** In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die elektrische Antriebseinrichtung des ersten, elektrisch unterstützten Abgasturboladers so lange bestromt wird, bis er seine maximale elektrisch unterstützte Abgasturboladerdrehzahl erreicht oder eine andere Applikationsgrenze des Abgasturboladersystems erreicht wird, und anschließend die elektrische Antriebseinrichtung deaktiviert wird, das Ventilmittel geöffnet wird und das Umluftventil geschlossen wird.

**[0019]** Um die Geräuschentwicklungen beim Wiederezuschalten des Verdichters des zweiten Abgasturboladers zu verringern, besteht in einer bevorzugten Ausführungsform die Möglichkeit, dass das Umluftventil mit einer zeitlichen Verzögerung gegenüber dem Öffnen des Ventilmittels geschlossen wird.

**[0020]** Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegen-

de **Fig. 1**, die eine schematisch stark vereinfachte Darstellung eines Abgasturboladersystems **1** für eine mehrreihige Brennkraftmaschine zeigt.

**[0021]** Das Abgasturboladersystem **1** ist in Biturbobauweise ausgeführt und umfasst einen ersten Abgasturbolader **2** sowie einen zweiten Abgasturbolader **3**, die parallel zueinander angeordnet sind. Der erste Abgasturbolader **2** weist eine Abgasturbine **20**, die innerhalb eines Abgastrakts der Brennkraftmaschine untergebracht ist, und einen Verdichter **21**, der innerhalb eines Luftansaugtrakts der Brennkraftmaschine angeordnet ist, auf. Die Abgasturbine **20** und der Verdichter **21** sind über eine gemeinsame Welle **22** mechanisch miteinander verbunden. Der zweite Abgasturbolader **3** weist ebenfalls eine Abgasturbine **30** innerhalb des Abgastrakts sowie einen Verdichter **31** innerhalb des Luftansaugtrakts der Brennkraftmaschine auf, die mittels einer gemeinsamen Welle **32** mechanisch miteinander verbunden sind.

**[0022]** Während des Betriebs strömen heiße Abgase der Brennkraftmaschine in die Abgasturbinen **20**, **30** der beiden Abgasturbolader **2**, **3** des Abgasturboladersystems **1** ein. Ein Teil der in diesem Abgasmassestrom enthaltenen thermischen Energie wird innerhalb der beiden Abgasturbinen **20**, **30** in mechanische Energie umgewandelt, indem die Abgasturbinen **20**, **30** in Rotation versetzt werden. Das Drehmoment der Abgasturbine **20** des ersten Abgasturboladers **2** wird über die Welle **22** auf den Verdichter **21** des ersten Abgasturboladers **2** übertragen, um den Verdichter **21** in eine Rotationsbewegung zu versetzen. In analoger Weise wird das Drehmoment der Abgasturbine **30** des zweiten Abgasturboladers **3** über die Welle **32** auf den Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** übertragen. Dadurch wird der Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** ebenfalls in Rotation versetzt.

**[0023]** Den beiden Verdichtern **21**, **31** ist im Luftansaugtrakt der Brennkraftmaschine jeweils ein Luftfilter **4**, **5** vorgeschaltet. Diese beiden Luftfilter **4**, **5** sind dazu ausgebildet, die den Verdichtern **21**, **31** zugeführte Frischluft zu filtern. Die gefilterte Frischluft wird von den beiden rotierenden Verdichtern **21**, **31** der Abgasturbolader **2**, **3** verdichtet. Die verdichtete Luft strömt unter hohem Druck jeweils durch eine sich auslassseitig an die Verdichter **21**, **31** anschließende Druckleitung **15**, **16** in eine gemeinsame Luftzufuhrleitung **6**, in der eine Drosselklappe **7** angeordnet ist. Eine erste Druckleitung **15** ist somit dem Verdichter **21** des ersten Abgasturboladers **2** zugeordnet und eine zweite Druckleitung **16** ist dem Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** zugeordnet. Wenn die Drosselklappe **7** zumindest teilweise geöffnet ist, strömt die verdichtete, unter Druck stehende Luft in die Brennkraftmaschine ein und wird dadurch dem Verbrennungsprozess zur Verfügung gestellt.

**[0024]** Da die den beiden Verdichtern **21**, **31** zugeführte Frischluft durch den Verdichtungsprozess erwärmt wird, ist in Strömungsrichtung hinter jedem der Verdichter **21**, **31** zwischen den Druckleitungen **15**, **16** und der in die Brennkraftmaschine mündenden Luftzufuhrleitung **6** jeweils ein Ladeluftkühler **8**, **9** angeordnet. Dabei ist dem Verdichter **21** des ersten Abgasturboladers **2** ein erster Ladeluftkühler **8** zugeordnet. Entsprechend ist ein zweiter Ladeluftkühler **9** dem Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** zugeordnet. Die beiden Ladeluftkühler **8**, **9** sind dazu eingerichtet, die von den Verdichtern **21**, **31** verdichtete Luft abzukühlen. Mit dieser Temperaturabsenkung ist eine Erhöhung der Dichte der Luft verbunden, so dass der Brennkraftmaschine eine insgesamt höhere Luftmenge zugeführt werden kann.

**[0025]** Um eine abgasseitige Leistungsregelung der Abgasturbine **20** des ersten Abgasturboladers **2** zu ermöglichen, ist im Abgastakt der Brennkraftmaschine eine erste Bypass-Leitung **40** mit einem Bypass-Ventil **41** vorgesehen. Darüber hinaus ist im Abgastakt der Brennkraftmaschine eine zweite Bypass-Leitung **42** mit einem Bypass-Ventil **43** vorgesehen, so dass auch eine abgasseitige Leistungsregelung der Abgasturbine **30** des zweiten Abgasturboladers **3** ermöglicht wird.

**[0026]** Der erste Abgasturbolader **2** ist elektrisch unterstützt ausgeführt und weist eine elektrische Antriebseinrichtung **10** auf, die in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel an einer Luftzufuhrseite des Verdichters **21** angeordnet ist. Alternativ kann die elektrische Antriebseinrichtung **10** auch zwischen der Abgasturbine **20** und dem Verdichter **21** des ersten Abgasturboladers **2** angeordnet sein. Die elektrische Antriebseinrichtung **10** kann insbesondere bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine zugeschaltet werden und ein unterstützendes Drehmoment erzeugen, das die Rotationsbewegungen der Abgasturbine **20** und des damit verbundenen Verdichters **21** des ersten Abgasturboladers **2** zusätzlich antreiben kann. Bei hohen Drehzahlen der Brennkraftmaschine wird die elektrische Antriebseinrichtung **10** des ersten Abgasturboladers **2** demgegenüber nicht mehr bestromt und ist somit passiv. Der Antrieb des ersten Abgasturboladers **2** erfolgt dann ausschließlich durch den heißen Abgasmassenstrom.

**[0027]** Auslassseitig ist in der zweiten Druckleitung **16** zwischen dem Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** und dem zweiten Ladeluftkühler **9** ein Ventilmittel **11** angeordnet. Dieses Ventilmittel kann insbesondere als selbsttätig schließendes Rückschlagventil oder als selektiv aktivierbares beziehungsweise deaktivierbares Verdichterzuschaltventil ausgebildet sein. Solange die elektrische Antriebseinrichtung **10** des ersten Abgasturboladers **2** nicht aktiviert (also passiv) ist, entsprechen die Betriebsbedingungen des hier vorgestellten Abgastur-

boladersystems **1** denjenigen eines herkömmlichen Biturbo-Betriebs. Das Ventilmittel **11**, das innerhalb der zweiten Druckleitung **16** zwischen dem Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** und dem zweiten Ladeluftkühler **9** angeordnet ist, ist geöffnet. Daraus ergibt sich, dass der Ladedruck des ersten Abgasturboladers **2** der Differenz zwischen dem Ladedruck des zweiten Abgasturboladers **3** und dem Druckverlust, der durch das Ventilmittel **11** resultiert, entspricht.

**[0028]** Wenn die elektrische Antriebseinrichtung **10** des ersten Abgasturboladers **2**, insbesondere bei niedrigen Drehzahlen und einer hohen Last der Brennkraftmaschine, bestromt und dadurch aktiviert wird, baut der erste Abgasturbolader **2** einen höheren Ladedruck als der zweite, nicht elektrisch unterstützte Abgasturbolader **3** auf. Das als Rückschlagventil beziehungsweise als Verdichterzuschaltventil ausgebildete Ventilmittel **11** wird geschlossen und verhindert auf diese Weise einen Ladedruckverlust zum zweiten, nicht elektrisch unterstützten Abgasturbolader **3**. Der durch die elektrische Unterstützung erhöhte Ladedruck des ersten Abgasturboladers **2** führt zu einem erhöhten Abgasmassenstrom, der den Abgasturbinen **20**, **30** beider Abgasturbolader **2**, **3** zugutekommt. Dadurch wird somit nicht nur die Drehzahl des ersten Abgasturboladers **2**, sondern auch die Drehzahl des zweiten Abgasturboladers **3** erhöht.

**[0029]** Um jedoch zu vermeiden, dass der Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** gegen das in diesem Betriebszustand geschlossene Ventilmittel **11** einen Ladedruck aufbaut und mit einem Massenstrom von Null in extremer Weise pumpt, weist der zweite Abgasturbolader **3** eine Umluftleitung **12** auf, die auslassseitig hinter dem Verdichter **31** von der zweiten Druckleitung **16** abzweigt und ein schaltbares Umluftventil **13** aufweist. In der Umluftleitung **12** ist ferner eine Blende **14** angeordnet, die mittels des schaltbaren Umluftventils **13** selektiv geöffnet beziehungsweise geschlossen werden kann. Vorzugsweise kann die Blende **14** einen konstanten Strömungsquerschnitt aufweisen, der so gewählt ist, dass die Blende **14** nur einen so hohen Ladedruck zulässt, dass dieser noch gerade unterhalb der Pumpgrenze des Verdichters **31** des zweiten Abgasturboladers **3** liegt. Dieser Ladedruck darf allerdings auch nicht zu niedrig sein, damit die zweite Druckleitung **16** beim abermaligen Öffnen des Ventilmittels **11** und somit dem erneuten Zuschalten des Verdichters **31** des zweiten Abgasturboladers **3** zum Aufladeprozess bereits vorgespannt ist. Eine Blende **14** mit einem entsprechend abgestimmten festen Strömungsquerschnitt hat den Vorteil, dass sie sehr einfach aufgebaut ist und damit kostengünstig hergestellt werden kann. In einer alternativen Ausführungsform besteht auch die Möglichkeit, dass die Blende **14** einen variablen Strömungsquerschnitt aufweist, so dass das Umluftventil **13** querschnittsvariabel arbeitet. Das Umluftventil **13**

ist an ein Betätigungsmittel **17** angeschlossen, welches dazu eingerichtet ist, das Umluftventil **13** bei Bedarf zu öffnen beziehungsweise zu schließen. Das Betätigungsmittel **17** ist vorliegend als pneumatische Steuerdose ausgebildet, die an ein Taktventil **18** angeschlossen ist. Das Betätigungsmittel **17** kann alternativ auch elektrisch ausgeführt sein.

**[0030]** Zur Vermeidung des Pumpens und der dadurch hervorgerufenen Beeinträchtigungen der Akustik des Kraftfahrzeugs und der Lebensdauer der Komponenten des zweiten Abgasturboladers **3** wird während der Beschleunigung des zweiten Abgasturboladers **3** eine definierte Relation aus Massenstrom und Druckverhältnis über dem zu beschleunigenden Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** eingestellt, so dass die Betriebspunkte dieses Verdichters **31** außerhalb der Pumpgrenze liegen. Zur Einstellung des Massenstroms beziehungsweise des Druckverhältnisses ist das vorstehend erwähnte Umluftventil **13** mit der Blende **14** innerhalb der Umluftleitung **12** vorgesehen. Mittels der dem Umluftventil **13** vorgeschalteten Blende **14** wird der Strömungsquerschnitt so klein gewählt, dass sich über dem geöffneten Umluftventil **13** genau jenes Druckverhältnis und jener Massenstrom einstellen, die erforderlich sind, um die Betriebspunkte des Verdichters **31** des zweiten Abgasturboladers **3** stets hinter die Pumpgrenze zu verschieben und somit ein unerwünschtes Pumpen zu vermeiden. Die durch die Umluftleitung **12** strömende Luft fließt bei geöffnetem Umluftventil **13** über eine Luftleitung **19** in den zweiten Luftfilter **9** ein.

**[0031]** Die elektrische Antriebseinrichtung **10** des ersten, elektrisch unterstützten Abgasturboladers **2** wird im weiteren Aktivierungsverlauf so lange bestrahlt, bis er auf seine maximale elektrisch unterstützte Abgasturboladerdrehzahl beschleunigt hat oder eine andere Applikationsgrenze des Abgasturboladersystems **1** erreicht wird. Kurz bevor das Ende der Aktivierung der elektrischen Unterstützung des ersten Abgasturboladers **2** erreicht wird, muss zur Einleitung eines sanften Drehmomentverlaufes der Brennkraftmaschine beim Öffnen des Ventilmittels **11** und dem dadurch hervorgerufenen erneuten Zuschalten des Verdichters **31** des zweiten Abgasturboladers **3** eine Drehmomentreserve (Spätzündung) eingestellt werden. Aus Geräuschgründen kann das Umluftventil **13** innerhalb der Umluftleitung **12** vorzugsweise mit einer zeitlichen Verzögerung gegenüber dem Öffnen des Ventilmittels **11** geschlossen werden.

**[0032]** Mittels des hier vorgestellten Abgasturboladersystems **1** kann verhindert werden, dass beim erneuten Zuschalten des während des Betriebs der elektrischen Antriebseinrichtung **10** des ersten Abgasturboladers **2** von diesem abgekoppelten zweiten Abgasturboladers **3** der in diesem Schritt zuzuschal-

tende Verdichter **31** des zweiten Abgasturboladers **3** nicht ins Pumpen gerät.

## Patentansprüche

1. Abgasturboladersystem (1) für eine mehrreihige Brennkraftmaschine, umfassend
  - einen ersten Abgasturbolader (2) und zumindest einen zweiten Abgasturbolader (3), die parallel zueinander angeordnet sind, wobei jeder der Abgasturbolader (2, 3) eine Abgasturbine (20, 30) und einen damit verbundenen Verdichter (21, 31) zum Verdichten angesaugter Frischluft aufweist,
  - eine erste Druckleitung (15), die auslassseitig an den Verdichter (21) des ersten Abgasturboladers (2) angeschlossen ist, so dass die von diesem Verdichter (21) verdichtete Frischluft in die erste Druckleitung (15) einströmen kann, sowie
  - zumindest eine zweite Druckleitung (16), die auslassseitig an den Verdichter (31) des zweiten Abgasturboladers (3) angeschlossen ist, so dass die von diesem Verdichter (31) verdichtete Frischluft in die zweite Druckleitung (16) einströmen kann, wobei die beiden Druckleitungen (15, 16) in Strömungsverbindung miteinander stehen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abgasturboladersystem (1)
    - eine zuschaltbare elektrische Antriebseinrichtung (10), die an den ersten Abgasturbolader (2) angeschlossen ist, zum Bereitstellen eines zusätzlichen Drehmoments zum Antreiben der Abgasturbine (20) und des Verdichters (21) des ersten Abgasturboladers (2),
    - ein Ventilmittel (11), welches innerhalb der zweiten Druckleitung (16) angeordnet ist und zur Trennung der Strömungsverbindung zwischen den beiden Druckleitungen (15, 16) bei zugeschalteter elektrischer Antriebseinrichtung (10) eingerichtet ist, und
    - eine Umluftleitung (12), die auslassseitig hinter dem Verdichter (31) des zweiten Abgasturboladers (3) von der zweiten Druckleitung (16) abzweigt und ein schaltbares Umluftventil (13) aufweist, umfasst.
2. Abgasturboladersystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ventilmittel (11) als Rückschlagventil ausgebildet ist.
3. Abgasturboladersystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ventilmittel (11) als Verdichterschutzventil ausgebildet ist.
4. Abgasturboladersystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Umluftleitung (12) ein Mittel zur Einstellung des Strömungsquerschnitts angeordnet ist, welches dazu eingerichtet ist, beim Hochbeschleunigen des zweiten Abgasturboladers (3) und geöffnetem Umluftventil (13) einen Ladedruck des zweiten Abgasturboladers (3) derart zu begrenzen, dass er unterhalb einer Pumpgrenze des Verdichters (31) des zweiten Abgasturboladers (3) liegt.

5. Abgasturboladersystem (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mittel zur Einstellung des Strömungsquerschnitts eine Blende (14) ist, die einen festen oder einen variablen Strömungsquerschnitt aufweist.

6. Abgasturboladersystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Umluftventil (13) ein Betätigungsmittel (17) umfasst, das dazu eingerichtet ist, das Umluftventil (13) selektiv zu öffnen oder zu schließen.

7. Verfahren zum Betreiben eines Abgasturboladersystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei zugeschalteter elektrischer Antriebseinrichtung (10) des ersten Abgasturboladers (2) das Ventilmittel (11) zur Trennung der Strömungsverbindung zwischen den beiden Druckleitungen (15, 16) geschlossen wird und das Umluftventil (13) geöffnet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Hochbeschleunigen des zweiten Abgasturboladers (3) und geöffnetem Umluftventil (13) ein Ladedruck des zweiten Abgasturboladers (3) derart begrenzt wird, dass er unterhalb einer Pumpgrenze des Verdichters (31) des zweiten Abgasturboladers (3) liegt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Antriebseinrichtung (10) des ersten, elektrisch unterstützten Abgasturboladers (2) so lange bestromt wird, bis er seine maximale elektrisch unterstützte Abgasturboladerdrehzahl erreicht oder eine andere Applikationsgrenze des Abgasturboladersystems (1) erreicht wird, und anschließend die elektrische Antriebseinrichtung (10) deaktiviert wird, das Ventilmittel (11) geöffnet wird und das Umluftventil (13) geschlossen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Umluftventil (13) mit einer zeitlichen Verzögerung gegenüber dem Öffnen des Ventilmittels (11) geschlossen wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

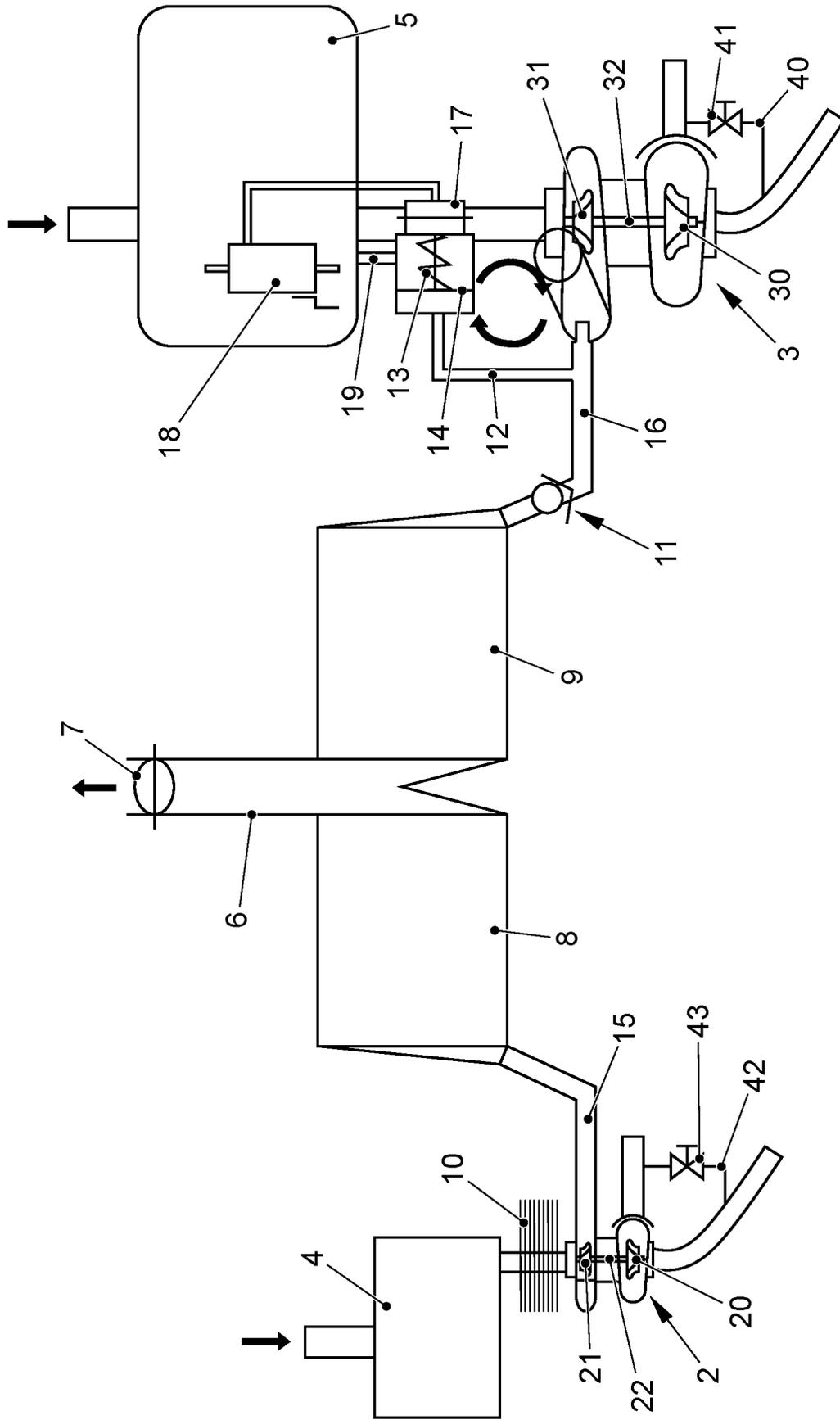


Fig. 1