

(10) **DE 10 2012 004 394 A1** 2013.09.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 004 394.5**

(22) Anmeldetag: **03.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **05.09.2013**

(51) Int Cl.: **B60W 20/00** (2012.01)

F02B 39/10 (2012.01)

B60K 6/20 (2012.01)

B60W 10/06 (2012.01)

B60W 10/08 (2012.01)

(71) Anmelder:

Daimler AG, 70327, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

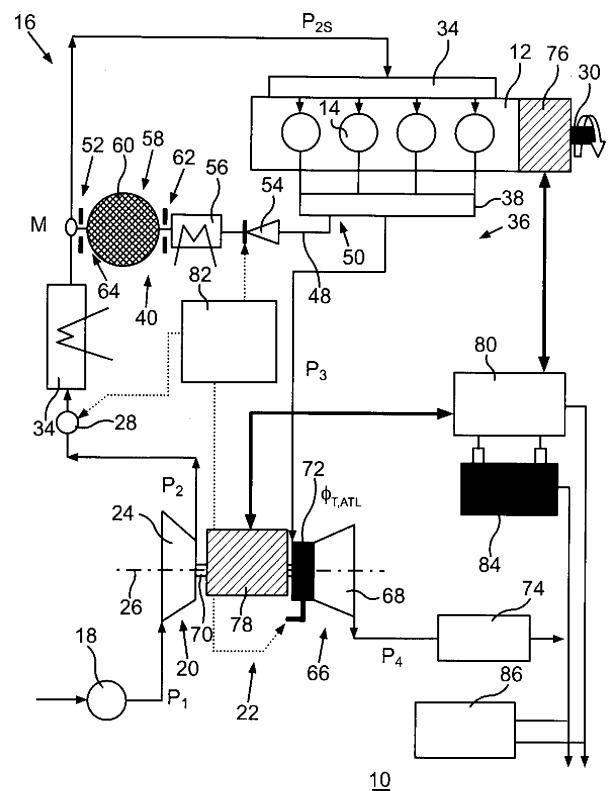
Sumser, Siegfried, Dipl.-Ing., 70327, Stuttgart, DE;

Löffler, Paul, Dipl.-Ing., 70199, Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Antriebseinrichtung sowie Antriebseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Antriebseinrichtung (10) für einen Kraftwagen, mit einer Verbrennungskraftmaschine (12), welche eine Abtriebswelle (30) zum Abführen von von der Verbrennungskraftmaschine (12) bereitgestellten Drehmomenten und einen Abgastrakt (36) aufweist, in welchem wenigstens eine von Abgas der Verbrennungskraftmaschine (12) antreibbare Turbine (66) eines Abgasturboladers (22) der Antriebseinrichtung (10) angeordnet ist, mit einer der Abtriebswelle (30) zugeordneten, ersten elektrischen Maschine (76), und mit einer dem Abgasturbolader (22) zugeordneten und mit der ersten elektrischen Maschine (76) elektrisch gekoppelten, zweiten elektrischen Maschine (78), bei welchem die Antriebseinrichtung (10) wahlweise in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus betrieben wird, wobei in dem ersten Betriebsmodus die Verbrennungskraftmaschine (12) über ihre Abtriebswelle (30) die erste elektrische Maschine (76) antreibt, welche in einem Generatorbetrieb die zweite elektrische Maschine (78), die in einem Motorbetrieb den Abgasturbolader (22) antreibt, mit elektrischer Energie versorgt, und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Abgasturbolader (22) die zweite elektrische Maschine (78) antreibt, welche in einem Generatorbetrieb die erste elektrische Maschine (76), die in einem Motorbetrieb die Abtriebswelle (30) antreibt, mit elektrischer Energie versorgt, wobei die Antriebseinrichtung (10) wahlweise in einem dritten Betriebsmodus oder in einem vierten Betriebsmodus betrieben wird, wobei in dem dritten Betriebsmodus die Verbrennungskraftmaschine (12) über die Abtriebswelle (30) die erste elektrische Maschine (76) in deren Generatorbetrieb und der Abgasturbolader (22) die zweite elektrische Maschine (78) in deren Generatorbetrieb antreibt, und wobei in dem vierten Betriebsmodus die erste elektrische Maschine (76) in ihrem Motorbetrieb die Abtriebswelle (30) und die zweite elektrische Maschine (78) in ihrem Motorbetrieb den Abgasturbolader (22) antreibt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Antriebseinrichtung nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 sowie eine Antriebseinrichtung nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 2 und 4.

[0002] Die US 5,406,797 offenbart eine Antriebseinrichtung für einen Kraftwagen, mit einer Verbrennungskraftmaschine, welche eine Abtriebswelle zum Abführen von von der Verbrennungskraftmaschine bereitgestellten Drehmomenten und einen Abgastrakt aufweist. In dem Abgastrakt ist eine von Abgas der Verbrennungskraftmaschine antreibbare Turbine eines Abgasturboladers der Antriebseinrichtung angeordnet.

[0003] Die Antriebseinrichtung umfasst einen der Abtriebswelle zugeordneten Generator, welcher mit der Abtriebswelle gekoppelt und von der Abtriebswelle antreibbar ist. Dadurch kann der Generator von der Abtriebswelle bereitgestellte, mechanische Energie in elektrische Energie umwandeln.

[0004] Dem Abgasturbolader ist eine elektrische Maschine zugeordnet, welche in einem Motorbetrieb betreibbar ist, um den Turbolader anzutreiben und welche in einem Generatorbetrieb betreibbar ist, in welchem der Turbolader die elektrische Maschine antreibt.

[0005] Der WO 2008/059681 A1 ist eine Antriebseinrichtung für ein Hybrid-Fahrzeug als bekannt zu entnehmen. Die Antriebseinrichtung umfasst eine Verbrennungskraftmaschine, welche einen Abgastrakt aufweist. In dem Abgastrakt ist eine Turbine eines Abgasturboladers der Antriebseinrichtung angeordnet. Der Verbrennungskraftmaschine ist ferner eine elektrische Maschine zugeordnet, welche in einem Generatorbetrieb und in einem Motorbetrieb betreibbar ist.

[0006] Dem Abgasturbolader ist eine zweite elektrische Maschine zugeordnet, welche in einem Generatorbetrieb vom Abgasturbolader antreibbar ist und welche in einem Motorbetrieb den Abgasturbolader antreibt.

[0007] Wird die erste elektrische Maschine in ihrem Generatorbetrieb von der Verbrennungskraftmaschine angetrieben, so wandelt die erste elektrische Maschine mechanische Energie in elektrische Energie um, um somit eine Batterie der Antriebseinrichtung aufzuladen. Ferner ist es möglich, mittels der von der ersten elektrischen Maschine bereitgestellten Energie die zweite elektrische Maschine in ihrem Motorbetrieb anzutreiben, welche dann den Abgasturbolader antreibt. Ferner ist ein Wechselschalter vorgesehen, welcher die Verschaltungen der ersten elek-

trischen Maschine und der zweiten elektrischen Maschine umschalten kann.

[0008] Aus der JP 11332015 A1 ist ein Hybrid-Fahrzeug mit einer Verbrennungskraftmaschine und einem Turbolader bekannt. Der Turbolader ist ein Generator zugeordnet. Der Verbrennungskraftmaschine ist eine elektrische Maschine zugeordnet, welche mit einer Abtriebswelle der Verbrennungskraftmaschine gekoppelt ist und welche in einem Generatorbetrieb und in einem Motorbetrieb betreibbar ist. Kommt es zu einer Beschleunigung des Hybrid-Fahrzeugs, wobei ein von der Verbrennungskraftmaschine bereitgestelltes Drehmoment sich plötzlich ändert, so werden der Generator und die elektrische Maschine zur selben Zeit angetrieben.

[0009] Des Weiteren ist der US 7,174 714 B2 eine Antriebseinrichtung sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Antriebseinrichtung als bekannt zu entnehmen. Die Antriebseinrichtung für einen Kraftwagen umfasst eine Verbrennungskraftmaschine, welche eine Abtriebswelle zum Abführen von von der Verbrennungskraftmaschine bereitgestellten Drehmomenten und einen Abgastrakt aufweist. In dem Abgastrakt ist wenigstens eine von Abgas der Verbrennungskraftmaschine antreibbare Turbine eines Abgasturboladers der Antriebseinrichtung angeordnet.

[0010] Die Antriebseinrichtung umfasst ferner eine der Abtriebswelle zugeordnete, erste elektrische Maschine sowie eine dem Abgasturbolader zugeordnete und mit der ersten elektrischen Maschine elektrisch gekoppelte, zweite elektrische Maschine.

[0011] Ferner umfasst die Antriebseinrichtung zumindest ein Steuergerät, welches dazu ausgelegt ist, die Antriebseinrichtung in einem ersten Betriebsmodus und in einem zweiten Betriebsmodus zu betreiben. In dem ersten Betriebsmodus treibt die Verbrennungskraftmaschine über ihre Abtriebswelle die erste elektrische Maschine an. Dabei wird die erste elektrische Maschine in einem Generatorbetrieb betrieben, in welchem die erste elektrische Maschine von der Abtriebswelle bereitgestellte, mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt und welche in ihrem Generatorbetrieb die zweite elektrische Maschine, die in einem Motorbetrieb den Abgasturbolader antreibt, mit elektrischer Energie versorgt.

[0012] In dem zweiten Betriebsmodus treibt der Abgasturbolader die zweite elektrische Maschine an, welche in einem Generatorbetrieb vom Abgasturbolader bereitgestellte, mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt und die erste elektrische Maschine, die in einem Motorbetrieb die Abtriebswelle antreibt, mit der elektrischen Energie versorgt.

[0013] Bei einer mittels wenigstens eines Abgasturboladers aufgeladenen Verbrennungskraftmaschine, welche insbesondere als Ottomotor ausgebildet ist, kann es vonnöten sein, aufgrund von Anforderungen an ein agiles Fahrverhalten sowie an die Bereitstellung von stationären, hohen Drehmomenten, die Turbine des Abgasturboladers mit relativ kleinen Strömungsquerschnitten, insbesondere Eintrittsdüsenflächen und Radausströmungsflächen, zu versehen und eine notwendige Strömungsflächenvergrößerung bei hohen Drehzahlen und damit Abgasmassenströmen der Verbrennungskraftmaschine nach deren Auslass durch sogenannte Abblasevorrichtungen zu bewirken.

[0014] Die Abblasevorrichtungen sind Umgehungseinrichtungen, über welche die Turbine von Abgas umgangen werden kann, so dass die Turbine nicht von dem Abgas angetrieben wird. Eine solche Abblaseung bzw. Umgehung der Turbine wirkt sich ungünstig auf den Kraftstoffverbrauch der Verbrennungskraftmaschine aus.

[0015] Insbesondere bei Ottomotoren kann eine sogenannte Eintrittsvariabilität der Turbine, d. h. eine Stelleinrichtung zum Variieren von Strömungsbedingungen, insbesondere zum Variieren eines Strömungsquerschnitts für die gesamte Vollastlinie der Verbrennungskraftmaschine nicht ausreichen, weshalb auch zusätzlich aufgrund einer eingeschränkten Durchsatzfähigkeit des Turbinenrads der Turbine ein relativ großer Abblasebereich im Kennfeld der Verbrennungskraftmaschine notwendig sein kann.

[0016] Diese Problematik ist insbesondere bei Verbrennungskraftmaschinen der Fall, welche besonders ausgeprägt nach dem sogenannten Downsizing-Prinzip ausgestaltet sind. Hier können Abblasraten von weit über 50% im Nennpunkt der Verbrennungskraftmaschine vorgesehen sein, um ein erwünschtes Fahrverhalten der stark aufgeladenen Verbrennungskraftmaschine zu erhalten.

[0017] In der Folge stellen sich relativ schlechte Ladungswechsel der Verbrennungskraftmaschine mit hohen Kraftstoffverbräuchen insbesondere in einem oberen Drehzahlbereich der Verbrennungskraftmaschine mit relativ hoher Last ein. Ein damit einhergehender, erhöhter Kraftstoffverbrauch kann insbesondere bei Ottomotoren durch die Anfettung des Verbrennungsluftverhältnisses ($\lambda < 1$), um dem Auslass der Verbrennungskraftmaschine folgende Bauteile vor einer Überhitzung zu schützen, noch verschärft werden.

[0018] Ferner führen insbesondere Turbinen bei Ottomotoren aufgrund der gegebenenfalls notwendigen Auslegungen auf hohe Abblasraten zu hohen Turbineneintrittsdrücken mit Abgastemperaturen, die sich im Bereich von metallischen Werkstoff-Temperatur-

grenzen von beispielsweise 1050 bis 1100°C befinden. Dabei kann gegebenenfalls der thermische Wirkungsgrad der Verbrennungskraftmaschine als Kompromiss für die Funktionserhaltung bei diesen hohen Abgastemperaturen meist durch das Anfetten des Verbrennungsluftverhältnisses stark zurückgenommen werden.

[0019] Die Zuordnung von elektrischen Maschinen zu der Verbrennungskraftmaschine und zu dem Abgasturbolader und die jeweilige, wahlweise Betreibbarkeit der elektrischen Maschinen in einem Generatorbetrieb oder einem Motorbetrieb birgt die Möglichkeit, durch gezielte Steuerung bzw. Regelung der elektrischen Maschinen und der von diesen bereitgestellten elektrischen Energie, diesen Beeinträchtigungen des Kraftstoffverbrauchs entgegenzuwirken.

[0020] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben einer Antriebseinrichtung sowie eine Antriebseinrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass ein besonders effizienter Betrieb bei gleichzeitiger Realisierung eines vorteilhaften Fahrverhaltens des Kraftwagens ermöglicht ist.

[0021] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch eine Antriebseinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 2 und mit den Merkmalen des Patentanspruchs 4 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen und nicht-trivialen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

[0022] Zur Realisierung eines besonders effizienten und damit kraftstoffverbrauchsgünstigen Betriebs bei gleichzeitiger Realisierung eines vorteilhaften Fahrverhaltens des Kraftwagens ist bei dem ersten Aspekt der Erfindung vorgesehen, dass die Antriebseinrichtung wahlweise in einem dritten Betriebsmodus oder in einem vierten Betriebsmodus betrieben wird. In dem dritten Betriebsmodus treibt die Verbrennungskraftmaschine über ihre Abtriebswelle die erste elektrische Maschine in deren Generatorbetrieb an, und der Abgasturbolader treibt die zweite elektrische Maschine in deren Generatorbetrieb an. Dadurch wandelt die erste elektrische Maschine von der Verbrennungskraftmaschine über ihre Abtriebswelle bereitgestellte, mechanische Energie in elektrische Energie um.

[0023] Die zweite elektrische Maschine wandelt vom Abgasturbolader beispielsweise über eine Welle des Abgasturboladers bereitgestellte, mechanische Energie in elektrische Energie um. Auf diese Weise kann ein relativ hoher Betrag an elektrischer Energie bereitgestellt werden, um beispielsweise wenigstens eine elektrische Speichereinrichtung, insbesondere eine Batterie, der Antriebseinrichtung mit der elek-

trischen Energie zu versorgen und aufzuladen und/oder um wenigstens einen anderweitigen Verbraucher der Antriebseinrichtung mit der elektrischen Energie zu versorgen und dadurch anzutreiben.

[0024] So ist es im dritten Betriebsmodus auf effiziente und effektive Weise möglich, beispielsweise in einem Schubbetrieb der Verbrennungskraftmaschine kinetische Energie des sich verlangsamenden Kraftwagens als Bremsenergie mittels der elektrischen Maschinen rückzugewinnen (zu rekuperieren) und zu nutzen. Dies führt zu einem besonders effizienten Betrieb des Kraftwagens und insbesondere der Verbrennungskraftmaschine mit einem nur geringen Kraftstoffverbrauch und mit geringen CO₂-Emissionen.

[0025] In dem vierten Betriebsmodus treibt die erste elektrische Maschine in ihrem Motorbetrieb die Abtriebswelle an und kann darüber die Verbrennungskraftmaschine antreiben. Die zweite elektrische treibt Maschine in ihrem Motorbetrieb den Abgasturbolader beispielsweise über dessen Welle an. Dabei werden die elektrischen Maschinen mit elektrischer Energie beispielsweise aus der elektrischen Speichereinrichtung versorgt, wobei sie die elektrische Energie in mechanische Energie zum Antreiben der Verbrennungskraftmaschine bzw. des Abgasturboladers umwandeln. Dadurch kann ein besonders vorteilhaftes und insbesondere agiles Fahrverhalten der Verbrennungskraftmaschine und damit des Kraftwagens realisiert werden, insbesondere bei einer plötzlichen Erhöhung eines vom Fahrer des Kraftwagens angeforderten und von der Antriebseinrichtung zum Antreiben des Kraftwagens bereitzustellenden Drehmoment. So ist es möglich, dass die erste elektrische Maschine die Verbrennungskraftmaschine unterstützend antreibt, während die zweite elektrische Maschine den Turbolader antreibt bzw. diesen beschleunigt. Dadurch kann insbesondere das sog. Turboloch vermieden werden.

[0026] Vorzugsweise ist die zweite elektrische Maschine direkt mit der Welle des Abgasturboladers gekoppelt oder beispielsweise über eine Kopplungseinrichtung koppelbar. Daraus resultiert ein besonders geringer Bauraumbedarf des Abgasturboladers mit der zweiten elektrischen Maschine.

[0027] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung ist, dass die eingangs geschilderte Abblasung von Abgas stromauf der Turbine des Abgasturboladers, d. h. das Umgehen der Turbine durch Abgas vermieden oder in einem sehr geringen Rahmen gehalten werden kann. Zur Darstellung eines hinreichend großen Strömungsquerschnitts der Turbine kann diese und insbesondere ihr Turbinenrad mit relativ großen Strömungsquerschnitten versehen werden. Eine damit einhergehende Erhöhung von Rotormassen bzw. Massenträgheiten der Turbi-

ne im Vergleich zu demgegenüber geringeren Strömungsquerschnitten, was mit einem trägeren Ansprechverhalten der Turbine und damit des Abgasturboladers einhergeht, kann zumindest kompensiert werden, indem die zweite elektrische Maschine die Turbine bzw. den Abgasturbolader antreibt und dadurch beschleunigt.

[0028] So kann der Abgasturbolader auch bei bereits geringen Abgasmassenströmen der Verbrennungskraftmaschine durch die Turbine mittels der zweiten elektrischen Maschine auf eine relativ hohe Drehzahl eingestellt werden, so dass das Turboloch vermieden oder zumindest gering gehalten werden kann. Mit anderen Worten kann der Abgasturbolader trotz der Ausgestaltung der Turbine mit relativ großen Strömungsquerschnitten ein sehr gutes und agiles Ansprechverhalten aufweisen, was dem agilen Fahrverhalten der Verbrennungskraftmaschine und damit der Antriebseinrichtung zugutekommt.

[0029] Zum Antreiben des Abgasturboladers mittels der zweiten elektrischen Maschine kann die zweite elektrische Maschine in dem ersten Betriebsmodus von der ersten elektrischen Maschine zumindest im Wesentlichen direkt mit elektrischer Energie, d. h. elektrischem Strom, versorgt werden.

[0030] Die Antreibbarkeit der ersten elektrischen Maschine von der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere im ersten Betriebsmodus, ermöglicht zudem die Darstellung einer sogenannten Lastpunktverschiebung für die Verbrennungskraftmaschine. Dabei beaufschlagt die erste elektrische Maschine die Verbrennungskraftmaschine mit einer zusätzlichen Last, wodurch der Betriebspunkt der Verbrennungskraftmaschine, im Vergleich zu einem Betrieb, in dem die Verbrennungskraftmaschine die erste elektrische Maschine nicht antreiben würde, in einen verbrauchsgünstigeren Bereich verschoben wird.

[0031] Stehen besonders hohe Abgasmassenströme durch den Abgastrakt und/oder besonders hohe Abgasenergien zur Verfügung, so kann die Antriebseinrichtung in ihrem zweiten Betriebsmodus betrieben werden, in welchem der Abgasturbolader die zweite elektrische Maschine antreibt. Die zweite elektrische Maschine kann dann vom Abgasturbolader bereitgestellte, mechanische Energie in elektrische Energie umwandeln, so dass die erste elektrische Maschine zumindest im Wesentlichen direkt von der mittels der zweiten elektrischen Maschine bereitgestellten, elektrischen Energie versorgt werden kann. Dadurch kann die erste elektrische Maschine die Verbrennungskraftmaschine zumindest unterstützend antreiben. Dies ist insbesondere vorteilhaft bei einem plötzlichen Beschleunigungswunsch des Fahrers des Kraftwagens. Dann ist es möglich, mittels der ersten elektrischen Maschine ein zusätzliches Drehmoment in die Abtriebswelle einzuleiten, um so eine

besonders vorteilhafte Beschleunigung des Kraftwagens zu realisieren.

[0032] Ferner ist es möglich, dass die erste elektrische Maschine die Abtriebswelle bei deaktivierter Verbrennungskraftmaschine antreibt. Dies bedeutet, dass die Abtriebswelle ausschließlich durch die erste elektrische Maschine und nicht etwa auch durch Verbrennungsvorgänge in wenigstens einem Brennraum, insbesondere einem Zylinder, der beispielsweise als Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten Verbrennungskraftmaschine angetrieben wird. So ist es möglich, den Kraftwagen über die Abtriebswelle ausschließlich mittels der ersten elektrischen Maschine unter Aufwendung von elektrischer Energie und somit emissionslos anzutreiben. Der Kraftwagen ist somit als Hybrid-Fahrzeug ausgebildet und weist einen effizienten Betrieb und somit gleichzeitig ein sehr vorteilhaftes und agiles Fahrverhalten auf.

[0033] Die erste elektrische Maschine kann insbesondere als sogenannter Starter verwendet werden, welcher auch als Anlasser bezeichnet wird. Aufgrund der Kopplung oder Koppelbarkeit beispielsweise über eine Kopplungseinrichtung mit der Abtriebswelle der Verbrennungskraftmaschine ist es möglich, die zunächst deaktivierte Verbrennungskraftmaschine bei ihrer Aktivierung (Starten) mittels der ersten elektrischen Maschine in deren Motorbetrieb anzutreiben, bis die Verbrennungskraftmaschine durch Verbrennungsvorgänge in ihren Brennräumen angetrieben wird.

[0034] Dies ist insbesondere bei der Durchführung eines sogenannten Start-/Stopp-Verfahrens vorteilhaft, bei welchem die Verbrennungskraftmaschine bei einem Abbremsen des Kraftwagens automatisch deaktiviert und bei Erfassung eines Wunschs des Fahrers zur Weiterfahrt wieder automatisch aktiviert wird. Das automatische Aktivieren kann dabei über die erste elektrische Maschine in ihrem Motorbetrieb erfolgen.

[0035] Das Starten der Verbrennungskraftmaschine mittels der ersten elektrischen Maschine ist auch insbesondere insofern vorteilhaft, als ein Rotor der ersten elektrischen Maschine vorzugsweise konzentrisch zur beispielsweise als Kurbelwelle ausgebildeten Abtriebswelle der Verbrennungskraftmaschine angeordnet und drehfest mit der Kurbelwelle gekoppelt oder koppelbar ist. Im Vergleich zu einem herkömmlichen Anlasser, bei welchem ein Ritzel in einen Zahnkranz einspurt, ist so ein schnelles und verschleißarmes Starten der Verbrennungskraftmaschine realisiert.

[0036] Beim zweiten Aspekt der Erfindung ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Steuerungseinrichtung der Antriebseinrichtung dazu ausgelegt ist,

die Antriebseinrichtung in dem dritten Betriebsmodus und in dem vierten Betriebsmodus zu betreiben. In dem dritten Betriebsmodus treibt die Verbrennungskraftmaschine über ihre Abtriebswelle die erste elektrische Maschine in deren Generatorbetrieb an, und der Abgasturbolader treibt die zweite elektrische Maschine in deren Generatorbetrieb an. In dem vierten Betriebsmodus treibt die erste elektrische Maschine in ihrem Motorbetrieb die Abtriebswelle an, und die zweite elektrische Maschine treibt in ihrem Motorbetrieb den Abgasturbolader an. Vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Aspekts der Erfindung sind als vorteilhafte Ausgestaltungen des zweiten Aspekts der Erfindung anzusehen und umgekehrt. Wie bereits zum ersten Aspekt der Erfindung geschildert, weist die erfindungsgemäße Antriebseinrichtung durch ihre Betreibbarkeit in den vier Betriebsmodi und insbesondere in dem dritten und dem vierten Betriebsmodus einen besonders effizienten und damit kraftstoffverbrauchsgünstigen Betrieb sowie ein vorteilhaftes und insbesondere agiles Fahrverhalten auf.

[0037] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist eine Umgehungseinrichtung der Antriebseinrichtung vorgesehen. Die Umgehungseinrichtung weist zumindest einen Umgehungskanal auf, über welchen die Turbine von Abgas zu umgehen ist. Dabei ist der Umgehungseinrichtung eine weitere Turbine zugeordnet, welche von dem die erste Turbine über die Umgehungseinrichtung umgehenden Abgas antreibbar ist.

[0038] Die Umgehungseinrichtung ermöglicht die Darstellung, insbesondere die Zuschaltung, eines besonders großen, von dem den Abgastrakt durchströmenden Abgas durchströmbaren Strömungsquerschnitt bei gleichzeitiger Realisierung eines sehr guten Ansprechverhaltens der ersten Turbine bzw. ihres Turbinenrads. Dabei stellt insbesondere der Umgehungskanal einen zum Strömungsquerschnitt der ersten Turbine zusätzlichen, weiteren Strömungsquerschnitt für das Abgas bereit.

[0039] Vorzugsweise ist der Umgehungseinrichtung eine Stelleinrichtung zugeordnet, mittels welcher der weitere Strömungsquerschnitt des Umgehungskanals einstellbar ist. Dabei ist es vorzugsweise möglich, dass der weitere Strömungsquerschnitt des Umgehungskanals fluidisch versperrbar ist, so dass der Umgehungskanal nicht von Abgas durchströmt werden kann.

[0040] Trotz des Vorsehens der Umgehungseinrichtung können Exergieverluste beim Umgehen der ersten Turbine vermieden oder zumindest sehr gering gehalten werden, da im die erste Turbine über den Umgehungskanal umgehenden Abgas enthaltene Energie mittels der weiteren Turbine genutzt und in mechanische Energie umgewandelt werden kann. Wird der Umgehungskanal von Abgas durchströmt,

so ist die weitere Turbine zur ersten Turbine parallel geschaltet, so dass auch die weitere Turbine von dem Abgas angetrieben wird. So kann die im den Umgehungskanal durchströmenden Abgas enthaltene Energie rekuperiert und genutzt werden. Dies kommt dem effizienten Betrieb der Antriebseinrichtung und damit des Kraftwagens zugute.

[0041] Die Antriebseinrichtung des dritten Aspekts der Erfindung umfasst die Umgehungseinrichtung mit dem zumindest einen Umgehungskanal, über welchen die erste Turbine von Abgas zu umgehen ist. Dabei umfasst die Umgehungseinrichtung die weitere Turbine, welche von dem die erste Turbine über die Umgehungseinrichtung umgehenden Abgas antreibbar ist. Vorteilhafte Ausgestaltungen der ersten beiden Aspekte der Erfindung sind als vorteilhafte Ausgestaltungen des dritten Aspekts der Erfindung anzusehen und umgekehrt.

[0042] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des dritten Aspekts der Erfindung ist vorgesehen, dass die Steuerungseinrichtung dazu ausgelegt ist, die Antriebseinrichtung in dem dritten Betriebsmodus und in dem vierten Betriebsmodus zu betreiben. Dies führt zu einem besonders effizienten Betrieb sowie zu einem vorteilhaften Fahrverhalten des Kraftwagens.

[0043] In vorteilhafter Ausgestaltung ist der weiteren Turbine ein von der weiteren Turbine antreibbarer Generator zur Umwandlung von von der weiteren Turbine bereitgestellter, mechanischer Energie in elektrische Energie zugeordnet. Dadurch kann die in dem den Umgehungskanal durchströmenden Abgas enthaltene Energie besonders vorteilhaft rekupe-riert und bedarfsgerecht genutzt werden. Mittels der elektrischen Energie kann beispielsweise wenigstens ein elektrischer Verbraucher der Antriebseinrichtung bzw. des Kraftwagens zumindest im Wesentlichen direkt versorgt und angetrieben werden. Zum Antreiben dieses elektrischen Verbrauchers ist es somit nicht vorgesehen und nicht vonnöten, zusätzlichen Kraftstoff aufzuwenden und mittels der Verbrennungskraftmaschine zu verbrennen. Dies führt zu einem nur sehr geringen Kraftstoffverbrauch sowie zu geringen CO₂-Emissionen.

[0044] Vorzugsweise ist der Generator elektrisch mit der ersten elektrischen Maschine und/oder mit der zweiten elektrischen Maschine verbunden, insbesondere direkt verbunden. Dadurch können besonders vorteilhafte Energieflüsse zwischen den elektrischen Maschinen und dem Generator realisiert werden, was dem agilen Fahrverhalten sowie dem effizienten Betrieb des Kraftwagens zugutekommt. Beispielsweise ist es möglich, die erste elektrische Maschine und/oder die zweite elektrische Maschine in dem jeweiligen Motorbetrieb zumindest im Wesentlichen direkt mit von dem Generator bereitgestellter, elektrischer Energie zu versorgen. Mit anderen Worten erfolgt

die entsprechende Versorgung mit elektrischer Energie vorzugsweise ohne Zwischenspeicherung in einer elektrischen Speichereinrichtung, insbesondere in einer Batterie, der Antriebseinrichtung. Somit ist eine besonders effiziente Versorgung mit elektrischer Energie realisiert.

[0045] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die weitere Turbine eine variable Turbinengeometrie auf, mittels welcher ein von Abgas der Verbrennungskraftmaschine durchströmbarer Strömungsquerschnitt der weiteren Turbine einstellbar ist. Die variable Turbinengeometrie der weiteren Turbine stellt somit die eingangs geschilderte und der Umgehungseinrichtung zugeordnete Stelleinrichtung dar, mittels welcher der von dem die erste Turbine über den Umgehungskanal umgehenden Abgas durchströmbare, zusätzliche Strömungsquerschnitt der Umgehungseinrichtung bzw. vorliegend der weiteren Turbine einstellbar ist.

[0046] Ferner stellt die variable Turbinengeometrie der weiteren Turbine ein sogenanntes Abblaseventil dar, mittels welchem der Strömungsquerschnitt der weiteren Turbine und dadurch die Menge des die erste Turbine umgehenden Abgases variabel eingestellt werden kann. Ein zusätzliches Ventilelement zum Einstellen des die erste Turbine umgebenden Abgases ist somit nicht vorgesehen und nicht vonnöten. Dies hält die Teileanzahl, den Bauraumbedarf, die Kosten und das Gewicht der erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung gering.

[0047] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist wenigstens eine elektrische Speichereinrichtung vorgesehen, welche mittels der ersten elektrischen Maschine und/oder der zweiten elektrischen Maschine in dem jeweiligen Generatorbetrieb und/oder mittels des Generators mit elektrischem Strom aufladbar ist, und/oder mittels welcher die erste elektrische Maschine und/oder die zweite elektrische Maschine in ihrem jeweiligen Motorbetrieb mit elektrischem Strom versorgbar sind. So können jeweilige Energieflüsse des elektrischen Stroms bedarfsgerecht und gezielt und in Abhängigkeit von einem Fahrzustand bzw. Betriebszustand der Antriebseinrichtung gezielt eingestellt werden, um so ein agiles Fahrverhalten sowie einen effizienten Betrieb der Antriebseinrichtung zu realisieren.

[0048] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombina-

tion, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0049] Die Zeichnung zeigt in:

[0050] [Fig. 1](#) eine Prinzipdarstellung einer Antriebseinrichtung für einen Kraftwagen, mit einer Verbrennungskraftmaschine, einem Abgasturbolader, einer der Verbrennungskraftmaschine zugeordneten, ersten elektrischen Maschine und einer dem Abgasturbolader zugeordneten, zweiten elektrischen Maschine;

[0051] [Fig. 2](#) eine Prinzipdarstellung einer weiteren Ausführungsform der Antriebseinrichtung gemäß [Fig. 1](#); und

[0052] [Fig. 3](#) ein Schema zur Veranschaulichung mehrerer Betriebsmodi, in denen die Antriebseinrichtung gemäß [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) betreibbar ist bzw. wahlweise betrieben wird.

[0053] [Fig. 1](#) zeigt eine Antriebseinrichtung **10** für einen als Hybrid-Fahrzeug ausgebildeten Kraftwagen. Die Antriebseinrichtung **10** umfasst eine Verbrennungskraftmaschine **12** mit vier Zylindern **14**. Die Verbrennungskraftmaschine **12** ist vorliegend als Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine ausgebildet und dient zum Antreiben des Kraftwagens. Während des Betriebs der Verbrennungskraftmaschine **12** saugt diese Luft aus der Umgebung an. Die Luft weist einen ersten Druck p_1 auf, welcher geringfügig unterhalb des Umgebungsdrucks ist. Die Luft durchströmt zunächst einen in einem Ansaugtrakt **16** der Verbrennungskraftmaschine **12** angeordneten Luftfilter **18**, mittels welchem die Luft gefiltert wird. In Strömungsrichtung der Luft durch den Ansaugtrakt **16** ist stromab des Luftfilters **18** in dem Ansaugtrakt **16** ein Verdichter **20** eines Abgasturboladers **22** angeordnet. Der Verdichter **20** umfasst ein Verdichterrad **24**, welches um eine Drehachse **26** drehbar ist. Mittels des Verdichters **20** ist die Luft ausgehend vom ersten Druck p_1 auf einen demgegenüber höheren, zweiten Druck p_2 zu verdichten. Dementsprechend weist die verdichtete Luft stromab des Verdichters **20** den zweiten Druck p_2 auf.

[0054] Stromab des Verdichters **20** ist eine Drosselklappe **28** vorgesehen. Mittels der Drosselklappe **28** und der entsprechenden Kraftstoffzumessung kann ein Drehmoment der Verbrennungskraftmaschine **12**, welches über eine Abtriebswelle in Form einer Kurbelwelle **30** der Verbrennungskraftmaschine **12** von dieser abzuführen ist, eingestellt werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Drosselklappe **28** dazu dienen, ein Aufstauverhalten des Ansaugtrakts **16** einzustellen, um dadurch eine Menge von rückzuführendem Abgas bedarfsgerecht einstellen zu können.

[0055] Stromab der Drosselklappe **28** ist ein Ladeluftkühler **32** vorgesehen, mittels welchem die durch das Verdichten erwärmte Luft wieder gekühlt wird. Nach erfolgter Kühlung durch den Ladeluftkühler **32** weist die Luft einen Ladedruck p_{2s} auf. Nach dem Kühlen der Luft strömt diese weiter durch den Ansaugtrakt **16** zu einem im Ansaugtrakt **16** angeordneten Ladeluftverteiler **34**, mittels welchem die verdichtete und gekühlte Luft auf die Zylinder **14** aufgeteilt wird.

[0056] In einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine **12** laufen in den Zylindern **14** Verbrennungsvorgänge auf, aus welchen Abgas resultiert. Das Abgas kann aus den Zylindern **14** ausströmen und wird durch einen in einem Abgastrakt **36** der Verbrennungskraftmaschine **12** angeordneten Abgaskrümmern **38** gesammelt.

[0057] Die Antriebseinrichtung **10** umfasst auch eine der Verbrennungskraftmaschine **12** zugeordnete Abgasrückführeinrichtung **40** mit einer Abgasrückföhrleitung **48**, welche an einer Abzweigstelle **50** mit dem Abgastrakt **36** und vorliegend mit dem Abgaskrümmern **38** fluidisch verbunden ist. Die Abgasrückföhrleitung **48** ist an einer Einleitstelle **52** fluidisch mit dem Ansaugtrakt **16** verbunden. Über die Abgasrückföhrleitung **48** kann somit Abgas von dem Abgastrakt **36** zu dem Ansaugtrakt **16** rückgeföhrt und in diesen eingeleitet werden. So kann die verdichtete Luft mit rückgeföhrtm Abgas beaufschlagt werden, wodurch Stickoxid- und Partikel-Emissionen der Verbrennungskraftmaschine **12** gering gehalten werden können.

[0058] Zur Einstellung einer Menge des rückzuföhrenden Abgases umfasst die Abgasrückföhrereinrichtung **40** ein Abgasrückföhrventil **54**, welches in der Abgasrückföhrleitung **48** angeordnet ist. In Strömungsrichtung des rückzuföhrenden Abgases durch die Abgasrückföhrleitung **48** ist stromab des Abgasrückföhrventils **54** und stromauf der Einleitstelle **52** ein Abgasrückföhrkühler **56** angeordnet, mittels welchem das rückzuföhrende Abgas zu kühlen ist. In der Abgasrückföhrleitung **48** ist ferner ein Druckmodulator **58** vorgesehen, mittels welchem Druckschwingungsanregungen, verursacht durch Auslasspulsationen der Verbrennungskraftmaschine **12**, in der Abgasrückföhrleitung **48** so weit moduliert werden, dass im Bereich der Einleitstelle **52**, an welcher sich das rückgeföhrtm Abgas mit der verdichteten Luft mischt, keine oder nur sehr geringe, wirksame Anregungssinustitäten mehr vorhanden sind.

[0059] Der Druckmodulator **58** ist dabei stromab des Abgasrückföhrkühlers **56** und stromauf der Einleitstelle **52** angeordnet und umfasst ein Dämpfungsvolumen **60** sowie einen angepassten, effektiven und durch ein entsprechendes Bauteil, beispielsweise eine Blende, gebildeten Zuströmquerschnitt **62**. Der

Druckmodulator **58** umfasst ferner einen angepassten, effektiven und durch ein entsprechendes Bauteil, beispielsweise eine Blende, gebildeten Abströmquerschnitt **64**. Der Zuströmquerschnitt **62** und der Abströmquerschnitt **64** verursachen in Verbindung mit der Größe des Dämpfungsvolumens **60** eine starke Dämpfung der Druckschwingung und damit von Druckpulsationen an der Einleitstelle **52**.

[0060] Die Einleitstelle **52** wird dabei auch als Mischstelle M bezeichnet, da sich an der Mischstelle M das rückgeführte Abgas mit der den Ansaugtrakt **16** durchströmenden Luft vermischt.

[0061] In dem Abgastrakt **36** ist eine Turbine **66** des Abgasturboladers **22** angeordnet, welche von dem Abgas der Verbrennungskraftmaschine **12** antreibbar ist. Die Turbine **66** umfasst ein Turbinenrad **68**, welches um die Drehachse **26** drehbar ist. Der Abgasturbolader **22** umfasst eine Welle **70**, mit welcher einerseits das Verdichterrad **24** und andererseits das Turbinenrad **68** drehfest verbunden sind. Dadurch kann das Verdichterrad **24** über das Turbinenrad **68**, welches von dem Abgas angetrieben wird, angetrieben werden.

[0062] Die Turbine **66** umfasst eine Stelleinrichtung, welche als variable Turbinengeometrie **72** bezeichnet ist. Mittels der variablen Turbinengeometrie **72** kann ein von dem Abgas durchströmbarer Strömungsquerschnitt stromauf des Turbinenrads **68** variabel eingestellt werden, so dass dadurch die Turbine **66** bedarfsgerecht an unterschiedliche Abgasmassenströme bei unterschiedlichen Drehzahlen und/oder Leistungen der Verbrennungskraftmaschine **12** anpassbar ist.

[0063] Stromab der Turbine **66** ist im Abgastrakt **36** eine Abgasnachbehandlungseinrichtung **74** angeordnet, mittels welcher das Abgas gereinigt wird, bevor es an die Umgebung entlassen wird.

[0064] Stromauf der Turbine **66** herrscht in dem Abgastrakt **36** ein dritter Druck p_3 , welcher auch als Turbineneintrittsdruck bezeichnet wird. Die Turbine **66** expandiert das Abgas auf einen stromab der Turbine **66** herrschenden, vierten Druck p_4 , welcher geringer ist als der dritte Druck p_3 .

[0065] In [Fig. 1](#) ist mit $\Phi_{T,ATL}$ der Durchsatzparameter der Turbine **66** bezeichnet. Der Durchsatzparameter $\Phi_{T,ATL}$ charakterisiert dabei die Durchsatzfähigkeit hinsichtlich dem Abgasvolumenstrom durch die Turbine **66**.

[0066] Wie [Fig. 1](#) zu entnehmen ist, umfasst die Antriebseinrichtung **10** eine erste elektrische Maschine **76**, welche mit der Kurbelwelle **30** der Verbrennungskraftmaschine **12** gekoppelt ist. Dazu ist beispielsweise ein Rotor der ersten elektrischen Maschine **76**

konzentrisch zur Kurbelwelle **30** auf der Kurbelwelle **30** angeordnet.

[0067] Die erste elektrische Maschine **76** ist dabei in einem Generatorbetrieb betreibbar, in welchem die erste elektrische Maschine **76** über die Kurbelwelle **30** von der Verbrennungskraftmaschine **12** angetrieben wird und dadurch bereitgestellte, mechanische Energie in elektrische Energie zumindest teilweise umwandelt.

[0068] Ferner ist die erste elektrische Maschine **76** in einem Motorbetrieb betreibbar, in welchem die erste elektrische Maschine **76** die Verbrennungskraftmaschine **12** über die Kurbelwelle **30** antreibt. Dazu wandelt die erste elektrische Maschine **76** elektrische Energie, d. h. elektrischen Strom, zumindest teilweise in mechanische Energie um.

[0069] Die Antriebseinrichtung **10** umfasst auch eine zweite elektrische Maschine **78**, welche dem Abgasturbolader **22** zugeordnet ist. Die zweite elektrische Maschine **78** ist dabei mit der Welle **70** des Abgasturboladers **22** gekoppelt. Dies bedeutet, dass ein Rotor der zweiten elektrischen Maschine **78** konzentrisch zur Welle **70** auf der Welle **70** angeordnet und mit der Welle **70** drehfest verbunden ist. Dadurch weist der Abgasturbolader **22** mit der zweiten elektrischen Maschine **78** eine sehr hohe Kompaktheit und somit einen nur sehr geringen Bauraumbedarf auf.

[0070] Auch die zweite elektrische Maschine **78** ist in einem Generatorbetrieb betreibbar, in welchem die zweite elektrische Maschine **78** über die Welle **70** vom Abgasturbolader **22** angetrieben wird. Dabei wandelt die zweite elektrische Maschine **78** vom Abgasturbolader **22** über die Welle **70** bereitgestellte, mechanische Energie zumindest teilweise in elektrische Energie um.

[0071] Die zweite elektrische Maschine **78** ist auch in einem Motorbetrieb betreibbar, in welchem die elektrische Maschine **78** den Abgasturbolader **22** über die Welle **70** antreibt. Dazu wandelt die zweite elektrische Maschine **78** elektrische Energie, d. h. elektrischen Strom, zumindest teilweise in mechanische Energie um.

[0072] Wie [Fig. 1](#) zu entnehmen ist, sind die elektrischen Maschinen **76**, **78** über eine Elektronikeinrichtung **80** der Antriebseinrichtung **10** elektrisch miteinander gekoppelt. Der elektrische Abgasturbolader **22** bzw. die ihm zugeordnete, zweite elektrische Maschine **78** und die erste elektrische Maschine **76** stellen somit eine elektrische Kupplung dar, wodurch ein bedarfsgerechter Energiefluss der elektrischen Energie darstellbar ist.

[0073] Die Antriebseinrichtung **10** umfasst auch eine Steuerungseinrichtung **82**, welche beispielsweise

se ein Steuergerät ist. Die Steuerungseinrichtung **82** stellt eine Recheneinrichtung dar, mittels welcher – wie durch Richtungspfeile angedeutet ist – das Abgasrückführventil **54**, die Drosselklappe **28**, die elektrischen Maschinen **76**, **78**, die Elektronikeinrichtung **80** und die variable Turbinengeometrie **72** gesteuert bzw. geregelt werden. Durch Steuerung bzw. Regelung der Elektronikeinrichtung **80** ist es insbesondere möglich, unterschiedliche Betriebsmodi mit unterschiedlichen Energieflüssen der elektrischen Energie darzustellen.

[0074] Die Antriebseinrichtung **10** umfasst auch eine elektrische Speichereinrichtung, welche als Batterie **84** bezeichnet ist. Die Batterie **84** ist mit der Elektronikeinrichtung **80** gekoppelt, so dass sie mit von der ersten elektrischen Maschine **76** und/oder von der zweiten elektrischen Maschine **78** bereitgestellter, elektrischer Energie versorgt und dadurch aufgeladen werden kann. Ebenso ist es möglich, dass die Batterie **84** die erste elektrische Maschine **76** und/oder die zweite elektrische Maschine **78** bedarfsgerecht mit elektrischer Energie versorgt, so dass diese in ihrem jeweiligen Motorbetrieb betrieben werden können.

[0075] Mit der Elektronikeinrichtung **80** und der Batterie **84** ist auch wenigstens ein weiterer Verbraucher **86** des als Hybrid-Fahrzeug ausgebildeten Kraftwagens gekoppelt, so dass der weitere, elektrische Verbraucher **86** mit elektrischer Energie versorgt werden kann. Darüber hinaus ist es möglich, eine Mehrzahl von weiteren, elektrischen Verbrauchern mit der Elektronikeinrichtung **80** und der Batterie **84** entsprechend zu koppeln, um diese mit elektrischer Energie zu versorgen.

[0076] Die unterschiedlichen Betriebsmodi der Antriebseinrichtung **10** werden nun insbesondere in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine **12** und des Abgasturboladers **22** durchgeführt.

[0077] Die Steuerungseinrichtung **82** ist nun dazu ausgelegt, die Antriebseinrichtung **10** in einem ersten der Betriebsmodi zu betreiben. In dem ersten Betriebsmodus treibt die Verbrennungskraftmaschine **12** über ihre Kurbelwelle **30** (Abtriebswelle) die erste elektrische Maschine **76** an, wobei die erste elektrische Maschine **76** in ihrem Generatorbetrieb betrieben wird und von der Kurbelwelle **30** bereitgestellte, mechanische Energie zumindest teilweise in elektrische Energie umwandelt. In dem ersten Betriebsmodus wird die zweite elektrische Maschine **78** in ihrem Motorbetrieb zumindest teilweise mit der von der ersten elektrischen Maschine **76** bereitgestellten, elektrischen Energie versorgt und dadurch angetrieben, so dass die zweite elektrische Maschine **78** in ihrem Motorbetrieb den Abgasturbolader **22** und insbesondere die Turbine **66** über die Welle **70** antreibt.

[0078] Die erste elektrische Maschine **76** kann insbesondere als sogenannter Starter-Generator und als Anlasser für die Verbrennungskraftmaschine **12** fungieren. Dazu treibt die erste elektrische Maschine **76** in ihrem Motorbetrieb beim Starten der Verbrennungskraftmaschine **12** die Kurbelwelle **30** an, bis die Kurbelwelle **30** von Verbrennungsvorgängen in den Zylindern **14** angetrieben wird.

[0079] Mit anderen Worten liefert die erste elektrische Maschine **76** (Starter-Generator) im ersten Betriebsmodus elektrische Energie an die zweite elektrische Maschine **78**, die die elektrische Energie verwertet und den Abgasturbolader **22** elektromotorisch antreibt. Diese Flussrichtung der elektrischen Energie wird beispielsweise dann durchgeführt, wenn ein schnelles Ansprechen, d. h. eine hohe Agilität des Abgasturboladers **22** hinsichtlich der Luftlieferung durch den Verdichter **20** für die Verbrennungskraftmaschine **12** erforderlich ist oder wenn beispielsweise in einer zumindest im Wesentlichen stationären Betriebsweise der Verbrennungskraftmaschine **12** ein hohes Drehmoment bei relativ niedrigen Drehzahlen der Verbrennungskraftmaschine **12** vom Fahrer des Kraftwagens angefordert wird, wobei gegebenenfalls die Turbine **66** die erforderliche Verdichterleistung nicht aufbringen kann.

[0080] Die Steuerungseinrichtung **82** ist auch dazu ausgelegt, die Antriebseinrichtung **10** in einem zweiten der Betriebsmodi zu betreiben. Im zweiten Betriebsmodus treibt der Abgasturbolader **22** über seine Welle **70** die zweite elektrische Maschine **78** an, welche somit in ihrem Generatorbetrieb betrieben wird und die von der Welle **70** bereitgestellte, mechanische Energie zumindest teilweise in elektrische Energie umwandelt.

[0081] Im zweiten Betriebsmodus wird die erste elektrische Maschine **76** mit der von der zweiten elektrischen Maschine **78** bereitgestellten, elektrischen Energie versorgt und in ihrem Motorbetrieb betrieben, wobei die erste elektrische Maschine **76** als Elektromotor die Kurbelwelle **30** antreibt.

[0082] Mit anderen Worten erfolgt nun ein Fluss von elektrischer Energie im zweiten Betriebsmodus vom Abgasturbolader **22** zur ersten elektrischen Maschine **76**, welche die bereitgestellte, elektrische Energie in mechanische Energie umwandelt und so die Verbrennungskraftmaschine **12** antreibt. Dadurch kann beispielsweise der Kraftwagen mittels der ersten elektrischen Maschine **76** elektromotorisch angetrieben werden.

[0083] Möglich ist dabei auch ein simultanes Laden der Batterie **84** und/oder das Versorgen des weiteren, elektrischen Verbrauchers **86** mit elektrischer Energie. Der zweite Betriebsmodus wird insbesondere dann durchgeführt, wenn hohe Lasten und mittlere

bis hohe Drehzahlen der Verbrennungskraftmaschine **12** vorliegen. In diesen Betriebsbereichen kann der Leistungsbedarf des Verdichters **20** unterhalb der Turbinenleistung liegen. Die Differenz zwischen Turbinenleistung und Verdichterleistung kann somit zum Antreiben der zweiten elektrischen Maschine **78** zum Bereitstellen von elektrischer Energie genutzt werden und kommt dem anderweitigen, elektrischen Verbraucher **86** und/oder direkt dem Antrieb des Kraftwagens zugute.

[0084] Wie [Fig. 1](#) zu entnehmen ist, ist es insbesondere aufgrund der Kopplung bzw. Verschaltung der elektrischen Maschinen **76**, **78** möglich, auf eine sogenannte Abblasung von Abgas stromauf der Turbine **66** zu verzichten. Mit anderen Worten ist keine Umgehungseinrichtung vorgesehen, über die das den Abgastrakt **36** durchströmende Abgas die Turbine **66** umgehen könnte.

[0085] Die Steuerungseinrichtung **82** ist ferner dazu ausgelegt, die Antriebseinrichtung **10** in einem dritten der Betriebsmodi zu betreiben. In dem dritten Betriebsmodus treibt die Verbrennungskraftmaschine **12** über die Kurbelwelle **30** die erste elektrische Maschine **76** in deren Generatorbetrieb an. Ferner treibt der Abgasturbolader **22** im dritten Betriebsmodus die zweite elektrische Maschine **78** in deren Generatorbetrieb an. Mit anderen Worten arbeiten im dritten Betriebsmodus beide elektrische Maschinen **76**, **78** in ihrem Generatorbetrieb und stellen elektrische Energie bereit, so dass beispielsweise die Batterie **84** aufgeladen und/oder der weitere, elektrische Verbraucher **86** mit elektrischer Energie versorgt werden kann.

[0086] Die Steuerungseinrichtung **82** ist dazu ausgelegt, die Antriebseinrichtung **10** in einem vierten der Betriebsmodi zu betreiben. Im vierten Betriebsmodus treibt die erste elektrische Maschine **76** in ihrem Motorbetrieb die Kurbelwelle **30** an. Des Weiteren treibt die zweite elektrische Maschine **78** im vierten Betriebsmodus den Abgasturbolader **22** an. Mit anderen Worten arbeiten beide elektrische Maschinen **76**, **78** im vierten Betriebsmodus in ihrem jeweiligen Motorbetrieb. Dabei werden sie mit elektrischer Energie aus der Batterie **84** und/oder von einer externen Stromzuführung versorgt. Die elektrische Energie wird dann von den elektrischen Maschinen **76**, **78** als Elektromotoren verwertet.

[0087] Ferner kann wenigstens ein weiterer Betriebsmodus vorgesehen sein, in welchem der Abgasturbolader **22** ohne Aufwendung von elektrischer Energie ausschließlich über die Turbine **66** angetrieben wird. Hierbei werden auch regel- bzw. steuertechnische Maßnahmen durchgeführt, um Verlustströme der im Leerlauf drehenden, zweiten elektrischen Maschine **78** zu vermeiden oder zumindest gering zu halten. [Fig. 2](#) zeigt eine weitere Ausführungs-

form der Antriebseinrichtung **10** gemäß [Fig. 1](#). Die Antriebseinrichtung **10** gemäß [Fig. 1](#) umfasst eine Umgehungseinrichtung **88**, über welche die Turbine **66** von Abgas zu umgehen ist, so dass die Turbine **66** nicht von dem Abgas angetrieben wird.

[0088] Die Umgehungseinrichtung **88** umfasst einen Umgehungskanal **90**, welcher an einer weiteren Abzweigstelle **92** stromauf der Turbine **66** mit dem Abgastrakt **36** fluidisch verbunden ist. Der Umgehungskanal **90** ist an einer weiteren Einleitstelle **94** stromab der Turbine **66** mit dem Abgastrakt **36** fluidisch verbunden. Dadurch kann Abgas an der weiteren Abzweigstelle **92** abgezweigt und unter Umgehung der Turbine **66** an der weiteren Einleitstelle **94** wieder in den Abgastrakt **36** eingeleitet werden.

[0089] Der Umgehungskanal **90** ist fluidisch mit einer weiteren Turbine **96** verbunden, welche von dem den Umgehungskanal **90** durchströmenden Abgas antreibbar ist. Dabei ist mit $\Phi_{T,Abbl}$ der weitere Durchsatzparameter der weiteren Turbine **96** bezeichnet. Der weitere Durchsatzparameter $\Phi_{T,Abbl}$ charakterisiert dabei die Durchsatzfähigkeit hinsichtlich dem Abgasvolumenstrom durch den Umgehungskanal **90**.

[0090] Die weitere Turbine **96** umfasst eine weitere Stelleinrichtung, welche als weitere, variable Turbinengeometrie **98** bezeichnet ist. Mittels der weiteren, variablen Turbinengeometrie **98** kann ein von Abgas durchströmbarer Strömungsquerschnitt der weiteren Turbine **96** variabel eingestellt werden, so dass dadurch die Menge des den Umgehungskanal **90** durchströmenden Abgases variabel eingestellt werden kann. Somit fungiert die weitere, variable Turbinengeometrie **98** als Umgehungsventil bzw. Abblasseventil, so dass bei sehr hohen Abgasmassenströmen zusätzlich zum Strömungsquerschnitt der Turbine **66** der weitere Strömungsquerschnitt der weiteren Turbine **96** bedarfsgerecht zugeschaltet werden kann.

[0091] Trotz der Umgehung der Turbine **66** durch das Abgas über den Umgehungskanal **90** kann ein Exergieverlust vermieden oder zumindest sehr gering gehalten werden, da im den Umgehungskanal **90** durchströmenden Abgas enthaltene Energie mittels der weiteren Turbine **96** genutzt und in mechanische Energie umgewandelt werden kann.

[0092] Dazu umfasst die weitere Turbine **96** ein weiteres Turbinenrad **100**, welches mit einer weiteren Welle **102** der weiteren Turbine **96** drehfest verbunden ist. Ferner ist der weiteren Turbine **96** ein Generator **104** zugeordnet, dessen Rotor drehfest mit der weiteren Welle **102** gekoppelt ist. Dadurch kann der Generator **104** von der weiteren Welle **102** bereitgestellte, mechanische Energie nutzen und zumindest teilweise in elektrische Energie umwandeln.

[0093] Wie durch einen Richtungspfeil dargestellt ist, ist auch der Generator **104** mit der Elektronik-einrichtung **80** gekoppelt, so dass die vom Generator **104** bereitgestellte, elektrische Energie wahlweise der ersten elektrischen Maschine **76** und/oder der zweiten elektrischen Maschine **78** und/oder der Batterie **84** und/oder dem weiteren, elektrischen Verbraucher **86** zugeführt werden kann.

[0094] [Fig. 3](#) veranschaulicht die unterschiedlichen Betriebsmodi mit den unterschiedlichen Energieflüssen insbesondere zwischen den elektrischen Maschinen **76**, **78**. Mit U ist der Motorbetrieb der ersten elektrischen Maschine **76** bezeichnet. Mit S ist der Generatorbetrieb der ersten elektrischen Maschine **76** bezeichnet. Wie durch einen ersten Doppelpfeil U-S angedeutet ist, kann bedarfsgerecht zwischen dem Motorbetrieb U und dem Generatorbetrieb S umgeschaltet werden.

[0095] In [Fig. 3](#) ist mit T der Generatorbetrieb der zweiten elektrischen Maschine **78** bezeichnet, während mit E der Motorbetrieb der zweiten elektrischen Maschine **78** bezeichnet ist. Wie durch einen zweiten Doppelpfeil T-E angedeutet ist, kann bedarfsgerecht und wahlweise zwischen dem Motorbetrieb E und dem Generatorbetrieb T umgeschaltet werden.

[0096] Weitere Doppelpfeile A, B, C, D deuten dabei die Wechselwirkungen bzw. die darstellbaren Flussrichtungen der elektrischen Energie zwischen den elektrischen Maschinen **76**, **78** an, wodurch ein besonders effizienter Betrieb mit einem agilen Fahrverhalten der Antriebseinrichtung **10** und damit des Kraftwagens ermöglicht ist.

[0097] Insbesondere ist es möglich, den Strömungsquerschnitt der Turbine **66** relativ groß auszugestalten, um die Abblasung von Abgas zu vermeiden oder gering zu halten. Mit der Gestaltung eines relativ großen Querschnittes der Turbine **66** einhergehende Massen- und Trägheitserhöhungen der Turbine **66** im Vergleich zu einer Ausgestaltung dieser mit einem nur sehr geringen Strömungsquerschnitt können dadurch zumindest kompensiert werden, dass die Turbine **66** mittels der zweiten elektrischen Maschine **78** antreibbar ist und somit beschleunigt werden kann. Somit kann die Turbine **66** bzw. ihr Turbinenrad **68** auch dann beschleunigt und mit relativ hohen Drehzahlen betrieben werden, wenn nur relativ geringe Abgasmassenströme vorliegen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- US 5406797 [0002]
- WO 2008/059681 A1 [0005]
- JP 11332015 A1 [0008]
- US 7174714 B2 [0009]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Antriebseinrichtung (10) für einen Kraftwagen, mit einer Verbrennungskraftmaschine (12), welche eine Abtriebswelle (30) zum Abführen von von der Verbrennungskraftmaschine (12) bereitgestellten Drehmomenten und einen Abgastrakt (36) aufweist, in welchem wenigstens eine von Abgas der Verbrennungskraftmaschine (12) antreibbare Turbine (66) eines Abgasturboladers (22) der Antriebseinrichtung (10) angeordnet ist, mit einer der Abtriebswelle (30) zugeordneten, ersten elektrischen Maschine (76), und mit einer dem Abgasturbolader (22) zugeordneten und mit der ersten elektrischen Maschine (76) elektrisch gekoppelten, zweiten elektrischen Maschine (78), bei welchem die Antriebseinrichtung (10) wahlweise in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus betrieben wird, wobei in dem ersten Betriebsmodus die Verbrennungskraftmaschine (12) über ihre Abtriebswelle (30) die erste elektrische Maschine (76) antreibt, welche in einem Generatorbetrieb die zweite elektrische Maschine (78), die in einem Motorbetrieb den Abgasturbolader (22) antreibt, mit elektrischer Energie versorgt, und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Abgasturbolader (22) die zweite elektrische Maschine (78) antreibt, welche in einem Generatorbetrieb die erste elektrische Maschine (76), die in einem Motorbetrieb die Abtriebswelle (30) antreibt, mit elektrischer Energie versorgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinrichtung (10) wahlweise in einem dritten Betriebsmodus oder in einem vierten Betriebsmodus betrieben wird, wobei in dem dritten Betriebsmodus die Verbrennungskraftmaschine (12) über die Abtriebswelle (30) die erste elektrische Maschine (76) in deren Generatorbetrieb und der Abgasturbolader (22) die zweite elektrische Maschine (78) in deren Generatorbetrieb antreibt, und wobei in dem vierten Betriebsmodus die erste elektrische Maschine (76) in ihrem Motorbetrieb die Abtriebswelle (30) und die zweite elektrische Maschine (78) in ihrem Motorbetrieb den Abgasturbolader (22) antreibt.

2. Antriebseinrichtung (10) für einen Kraftwagen, mit einer Verbrennungskraftmaschine (12), welche eine Abtriebswelle (30) zum Abführen von von der Verbrennungskraftmaschine (12) bereitgestellten Drehmomenten und einen Abgastrakt (36) aufweist, in welchem wenigstens eine von Abgas der Verbrennungskraftmaschine (12) antreibbare Turbine (66) eines Abgasturboladers (22) der Antriebseinrichtung (10) angeordnet ist, mit einer der Abtriebswelle (30) zugeordneten, ersten elektrischen Maschine (76), mit einer dem Abgasturbolader (22) zugeordneten und mit der ersten elektrischen Maschine (76) elektrisch gekoppelten, zweiten elektrischen Maschine (78), und mit zumindest einer Steuerungseinrichtung (82), welches dazu ausgelegt ist, die Antriebseinrichtung (10) in einem ersten Betriebsmodus und

in einem zweiten Betriebsmodus zu betreiben, wobei in dem ersten Betriebsmodus die Verbrennungskraftmaschine (12) über ihre Abtriebswelle (30) die erste elektrische Maschine (76) antreibt, welche in einem Generatorbetrieb die zweite elektrische Maschine (78), die in einem Motorbetrieb den Abgasturbolader (22) antreibt, mit elektrischer Energie versorgt, und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Abgasturbolader (22) die zweite elektrische Maschine (78) antreibt, welche in einem Generatorbetrieb die erste elektrische Maschine (76), die in einem Motorbetrieb die Abtriebswelle (30) antreibt, mit elektrischer Energie versorgt, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (82) dazu ausgelegt ist, die Antriebseinrichtung (10) in einem dritten Betriebsmodus und in einem vierten Betriebsmodus zu betreiben, wobei in dem dritten Betriebsmodus die Verbrennungskraftmaschine (12) über die Abtriebswelle (30) die erste elektrische Maschine (76) in deren Generatorbetrieb und der Abgasturbolader (22) die zweite elektrische Maschine (78) in deren Generatorbetrieb antreibt, und wobei in dem vierten Betriebsmodus die erste elektrische Maschine (76) in ihrem Motorbetrieb die Abtriebswelle (30) und die zweite elektrische Maschine (78) in ihrem Motorbetrieb den Abgasturbolader (22) antreibt.

3. Antriebseinrichtung (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Umgehungseinrichtung (88) vorgesehen ist, welche zumindest einen Umgehungskanal (90) aufweist, über welchen die Turbine (66) von Abgas zu umgehen ist, wobei der Umgehungseinrichtung (88) eine weitere Turbine (96) zugeordnet ist, welche von die erste Turbine (66) über die Umgehungseinrichtung (88) umgehendem Abgas antreibbar ist.

4. Antriebseinrichtung (10) für einen Kraftwagen, mit einer Verbrennungskraftmaschine (12), welche eine Abtriebswelle (30) zum Abführen von von der Verbrennungskraftmaschine (12) bereitgestellten Drehmomenten und einen Abgastrakt (36) aufweist, in welchem wenigstens eine von Abgas der Verbrennungskraftmaschine (12) antreibbare Turbine (66) eines Abgasturboladers (22) der Antriebseinrichtung (10) angeordnet ist, mit einer der Abtriebswelle (30) zugeordneten, ersten elektrischen Maschine (76), mit einer dem Abgasturbolader (22) zugeordneten und mit der ersten elektrischen Maschine (76) elektrisch gekoppelten, zweiten elektrischen Maschine (78), und mit zumindest einer Steuerungseinrichtung (82), welches dazu ausgelegt ist, die Antriebseinrichtung (10) in einem ersten Betriebsmodus und in einem zweiten Betriebsmodus zu betreiben, wobei in dem ersten Betriebsmodus die Verbrennungskraftmaschine (12) über ihre Abtriebswelle (30) die erste elektrische Maschine (76) antreibt, welche in einem Generatorbetrieb die zweite elektrische Maschine (78), die in einem Motorbetrieb den Abgasturbolader (22) antreibt, mit elektrischer Energie versorgt,

und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Abgasturbolader (22) die zweite elektrische Maschine (78) antreibt, welche in einem Generatorbetrieb die erste elektrische Maschine (76), die in einem Motorbetrieb die Abtriebswelle (30) antreibt, mit elektrischer Energie versorgt, dadurch gekennzeichnet, dass eine Umgehungseinrichtung (88) vorgesehen ist, welche zumindest einen Umgehungskanal (90) aufweist, über welchen die Turbine (66) von Abgas zu umgehen ist, wobei der Umgehungseinrichtung (88) eine weitere Turbine (96) zugeordnet ist, welche von der ersten Turbine (66) über die Umgehungseinrichtung (88) umgehendem Abgas antreibbar ist.

5. Antriebseinrichtung (10) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (82) dazu ausgelegt ist, die Antriebseinrichtung (10) in einem dritten Betriebsmodus und in einem vierten Betriebsmodus zu betreiben, wobei in dem dritten Betriebsmodus die Verbrennungskraftmaschine (12) über die Abtriebswelle (30) die erste elektrische Maschine (76) in deren Generatorbetrieb und der Abgasturbolader (22) die zweite elektrische Maschine (78) in deren Generatorbetrieb antreibt, und wobei in dem vierten Betriebsmodus die erste elektrische Maschine (76) in ihrem Motorbetrieb die Abtriebswelle (30) und die zweite elektrische Maschine (78) in ihrem Motorbetrieb den Abgasturbolader (22) antreibt.

6. Antriebseinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der weiteren Turbine (96) ein von der weiteren Turbine (96) antreibbarer Generator (104) zur Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie zugeordnet ist.

7. Antriebseinrichtung (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (104) elektrisch mit der ersten elektrischen Maschine (76) und/oder mit der zweiten elektrischen Maschine (78) verbunden ist.

8. Antriebseinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Turbine (96) eine variable Turbinengeometrie (98) aufweist, mittels welcher ein von Abgas der Verbrennungskraftmaschine (12) durchströmbarer Strömungsquerschnitt der weiteren Turbine (96) einstellbar ist.

9. Antriebseinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine elektrische Speichereinrichtung (84) vorgesehen ist, welche mittels der ersten elektrischen Maschine (76) und/oder der zweiten elektrischen Maschine (78) in dem jeweiligen Generatorbetrieb und/oder mittels des Generators (104) mit elektrischem Strom aufladbar ist und/oder mittels welcher die erste elektrische Maschine (76) und/oder die zweite elek-

trische Maschine (78) in dem jeweiligen Motorbetrieb mit elektrischem versorgbar sind.

10. Kraftwagen mit einer Antriebseinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 8.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

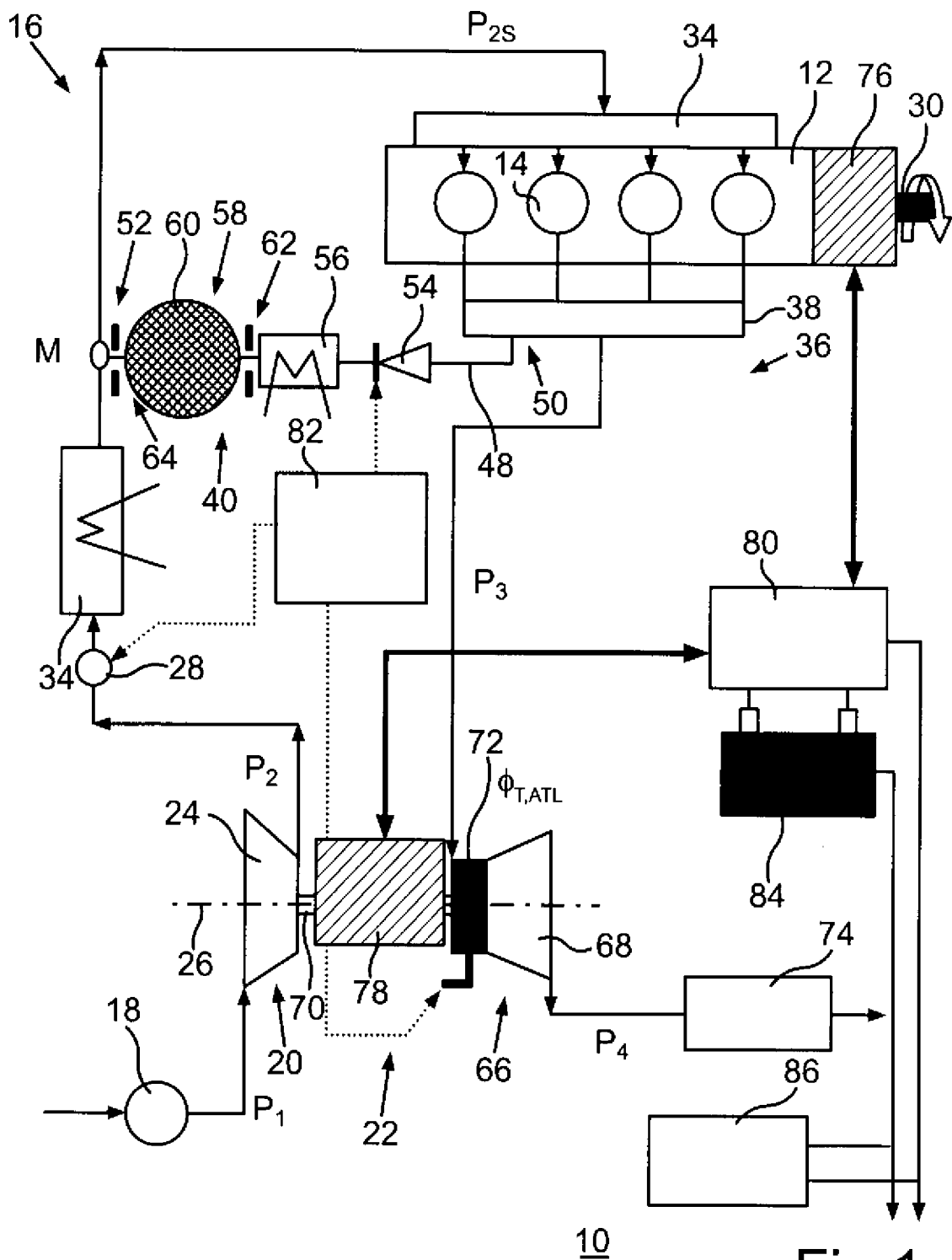


Fig.1

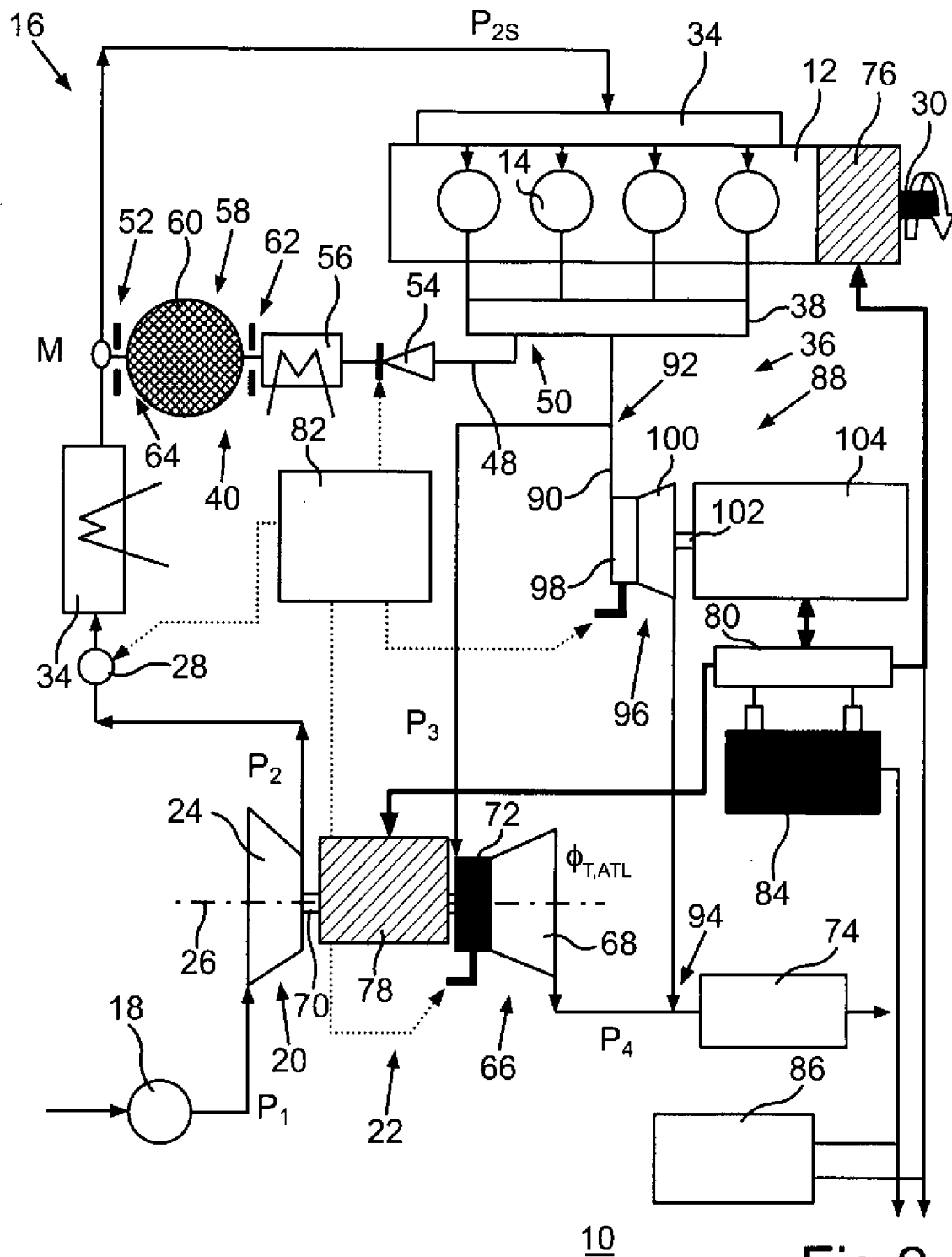


Fig. 2

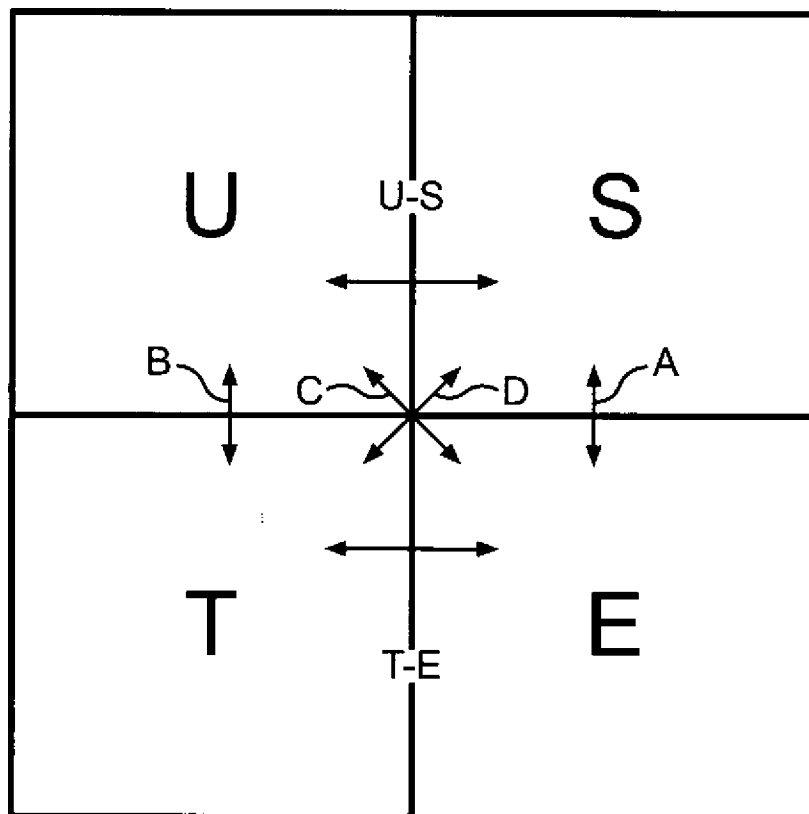


Fig.3