



(10) **DE 10 2010 035 727 A1** 2012.03.01

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 035 727.8**

(22) Anmeldetag: **28.08.2010**

(43) Offenlegungstag: **01.03.2012**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Daimler AG, 70327, Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Knoop, Andreas, Dipl.-Ing., 73728, Esslingen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

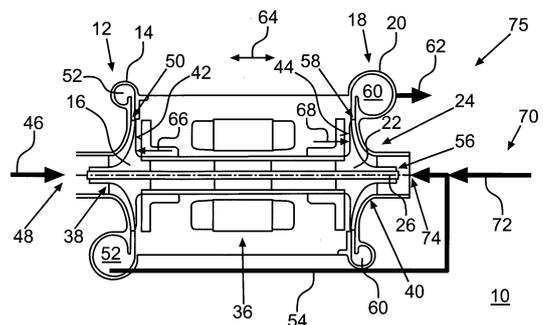
<b>DE</b>	<b>102 16 953</b>	<b>B4</b>
<b>DE</b>	<b>101 08 187</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>1 643 575</b>	<b>B1</b>
<b>WO</b>	<b>96/13 871</b>	<b>A2</b>
<b>WO</b>	<b>92/00 614</b>	<b>A1</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Aufladeeinrichtung für eine Brennstoffzelle, Brennstoffzelleneinrichtung sowie Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennstoffzelleneinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Aufladeeinrichtung (10, 78) für eine Brennstoffzelle (84) eines Kraftwagens, mit einem ersten Verdichter (12) und mit einem zweiten Verdichter (18), mittels welchen der Brennstoffzelle (84) zuzuführende Luft verdichtbar ist, wobei die Verdichter (12, 18) zum Verdichten der Luft seriell zueinander geschaltet sind, und dass eine Rückführungseinrichtung (70) vorgesehen ist, mittels welcher Abgas der Brennstoffzelle (84) zu einer stromab des ersten Verdichters (12) und stromauf des zweiten Verdichters (18) angeordneten Einleitstelle (74) rückführbar ist, sowie eine Brennstoffzelleneinrichtung (76). Zur Erfindung gehört auch ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennstoffzelleneinrichtung (76).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Aufladeeinrichtung für eine Brennstoffzelle der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art, eine Brennstoffzelleneinrichtung gemäß Patentanspruch 10 sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzelleneinrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruchs 11 angegebenen Art.

**[0002]** Die EP 0 654 182 B1 offenbart ein Verfahren zur Befeuchtung des Elektrolyten einer Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle, wobei kathodenseitig anfallendes Abgas der Brennstoffzelle zumindest teilweise in die Kathode der Brennstoffzelle rezirkuliert wird und wobei der mittels eines Einstellglieds rezirkulierte Teil des Abgases proportional zur Leistungsabgabe der Brennstoffzelle eingestellt wird. Bei diesem Verfahren wird mittels eines Verdichters der Brennstoffzelle zuzuführende Luft verdichtet, wobei das Abgas der Brennstoffzelle zu einer stromab des Verdichters angeordneten Einleitstelle rezirkuliert wird.

**[0003]** Des Weiteren ist es aus dem Bau von Brennstoffzelleneinrichtung bekannt, zwei Verdichter einzusetzen mittels welchen der Brennstoffzelle zuzuführende Luft verdichtbar ist.

**[0004]** Die bekannten Verfahren sowie Brennstoffzelleneinrichtungen weisen dabei weiteres Potential auf, den Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung effizienter zu gestalten.

**[0005]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Aufladeeinrichtung für eine Brennstoffzelle, eine Brennstoffzelleneinrichtung sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennstoffzelleneinrichtung bereitzustellen, welche einen verbesserten Betrieb der Brennstoffzelle ermöglichen.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch eine Aufladeeinrichtung für eine Brennstoffzelle mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch eine Brennstoffzelleneinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 sowie durch ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennstoffzelleneinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 11 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen und nicht-trivialen Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0007]** Der erste Aspekt der Erfindung betrifft eine Aufladeeinrichtung für eine Brennstoffzelle eines Kraftwagens, mit einem ersten Verdichter und mit einem zweiten Verdichter, mittels welchen der Brennstoffzelle zuzuführende Luft verdichtbar ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Verdichter zum Verdichten der Luft seriell zueinander geschaltet sind und dass eine Rückführungseinrichtung vor-

gesehen ist, mittels welcher Abgas der Brennstoffzelle zu einer in Strömungsrichtung der zu verdichtenden Luft stromab des ersten Verdichters und stromauf des zweiten, dem ersten Verdichter nachgeschalteten Verdichters angeordneten Einleitstelle rückführbar ist. Durch diese Realisierung einer zweistufigen Verdichtung der der Brennstoffzelle zuzuführenden Luft und die Aufteilung des Verdichtungsprozesses der Luft auf zwei Stufen ist es möglich, dass der erste Verdichter als erste Verdichterstufe die Hauptverdichtungsarbeit zum Verdichten der Luft leistet, und in den zweiten Verdichter als zweite Verdichterstufe die Rückführung des Abgases der Brennstoffzelle zu integrieren, wodurch eine Rezirkulationsfunktionalität der Aufladeeinrichtung dargestellt ist.

**[0008]** Diese Rezirkulationsfunktionalität, welche vorteilhafterweise als Kathoden-Rezirkulation vorliegt, wobei an der Kathode der Brennstoffzelle entstehendes Abgas über den zweiten Verdichter rezirkuliert wird, birgt die Vorteile einer Gasgleichverteilung, einer Verringerung der Leerlaufspannung durch Absenkung des Sauerstoffpartialdrucks, wodurch Potentialunterschiede verkleinert werden können, einer Vereinheitlichung eines Sauerstoffpartialdrucks über die Lauflänge der Brennstoffzelle, wodurch ebenfalls Potentialunterschiede verkleinert werden können, sowie einer Befeuchtung des Kathodengases sowie einer Membran der Brennstoffzelle. Diese Vorteile können bei der erfindungsgemäßen Aufladeeinrichtung realisiert werden, ohne dabei die Komplexität sowie die Teileanzahl der Aufladeeinrichtung unerwünscht hoch ansteigen zu lassen. Weiterhin birgt die erfindungsgemäße Aufladeeinrichtung den Vorteil, dass das rückgeführte Abgas nicht den gesamten Verdichtungsprozess durchläuft, sondern lediglich mittels des zweiten Verdichters verdichtet wird, woraus ein sehr guter Wirkungsgrad der Aufladeeinrichtung resultiert, was mit einem effizienten Betrieb der Aufladeeinrichtung sowie mit einem sehr effizienten Betrieb der Brennstoffzelle insgesamt einhergeht.

**[0009]** Mittels des zweiten Verdichters erfolgt vorteilhafterweise nur ein geringer Druckhub, durch welchen die Luft von einem ersten auf ein zweites, demgegenüber insbesondere nur geringfügig höheres Druckniveau gehoben wird, so dass damit der für die Rückführung bzw. die Rezirkulation des Abgases der Brennstoffzelle erforderliche Energieaufwand gering gehalten werden kann, was dem sehr guten Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Aufladeeinrichtung zugute kommt.

**[0010]** In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind eine erste, den ersten Verdichter umfassende Auflademaschine sowie eine zweite, den zweiten Verdichter aufweisende Auflademaschine der Aufladeeinrichtung vorgesehen. Somit kann die Luft besonders effizient und bedarfsgerecht verdichtet werden, was dem sehr effizienten Betrieb der Auf-

ladeeinrichtung und damit der Brennstoffzelle insgesamt zugute kommt.

**[0011]** Weist zumindest eine der Auflademaschinen einen Motor, insbesondere einen elektrischen Motor, auf, mittels welchem der entsprechende Verdichter zum verdichtenden der Luft antreibbar ist, so birgt dies den Vorteil, dass dadurch die Luft besonders bedarfsgerecht verdichtet und der Brennstoffzelle eine an einen vorliegenden Betriebspunkt angepasste Luftmasse zuzuführen ist. Dies begünstigt den effizienten Betrieb der Aufladeeinrichtung und damit ihren Wirkungsgrad weiterhin.

**[0012]** Weist zumindest eine der Auflademaschinen eine Turbine auf, mittels welcher der entsprechende Verdichter zum Verdichten der Luft antreibbar ist, ist dadurch beispielsweise das Abgas bzw. eine Teilmenge des Abgases der Brennstoffzelle nutzbar, um die Turbine und damit den entsprechenden Verdichter anzutreiben. So kann die in dem Abgas der Brennstoffzelle enthaltene Energie genutzt werden, um den Wirkungsgrad der Aufladeeinrichtung und damit der Brennstoffzelle insgesamt weiter zu verbessern.

**[0013]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist insbesondere lediglich eine Auflademaschine der Aufladeeinrichtung vorgesehen, welche sowohl den ersten als auch den zweiten Verdichter umfasst. Damit weist die Aufladeeinrichtung eine besonders geringe Teileanzahl, ein geringes Gewicht, einen geringen Bauraumbedarf sowie geringe Kosten auf. Gleichzeitig ist dennoch die Luft effizient und bedarfsgerecht mittels der Verdichter zu verdichten.

**[0014]** Dabei kann ebenso vorgesehen sein, dass die sowohl den ersten als auch den zweiten Verdichter umfassende Auflademaschine einen Motor, insbesondere einen elektrischen Motor, und/oder eine Turbine aufweist, mittels welchen die Verdichter antreibbar sind. So kann die Luft besonders bedarfsgerecht verdichtet werden. Auch kann dadurch im Abgas der Brennstoffzelle gespeicherte Energie genutzt werden, um die Turbine und damit die Verdichter anzutreiben, was dem Wirkungsgrad der gesamten Aufladeeinrichtung und damit dem effizienten Betrieb derselben sowie der Brennstoffzelle zugute kommt.

**[0015]** In einer weiteren Ausführungsform umfassen die Verdichter jeweilige Verdichterräder, welche jeweiligen Verdichterradeingänge, über welche die zu verdichtende Luft die jeweiligen Verdichterräder anströmt, abgewandte Radrückenteile aufweisen. Dabei sind die Verdichterräder mit einer dem Verdichter gemeinsamen Welle drehfest verbunden. Die Radrückenteile der Verdichterräder sind aneinander angepasst, wodurch jeweilige entgegengesetzte und aus jeweiligen, den Radrückenteilen aufgeprägten Ver-

dichteraustrittsrücken resultierende Kräfte gegenseitig zumindest im Wesentlichen ausgeglichen sind.

**[0016]** Beim Verdichten der Luft entstehen insbesondere in axialer Richtung der Welle wirkende Kräfte, welche auch als Axialkräfte bezeichnet werden, und die beispielsweise mittels einer Axiallagerung abgestützt werden müssen, falls keine anderen Vorkehrungen getroffen sind. Diese Abstützung der Axialkräfte führt zu Reibverlusten, was den Wirkungsgrad der Aufladeeinrichtung negativ beeinträchtigen könnte. Durch die Anpassung der Rückenteile gleichen sich die zueinander entgegengesetzt wirkenden Kräfte, insbesondere die Axialkräfte, gegenseitig aus, so dass keine oder nur sehr geringe Kräfte, insbesondere Axialkräfte, mittels einer entsprechenden Lagerung abgestützt werden müssen.

**[0017]** Während des Betriebs des Kraftwagens kann es zu einem instationären Betriebsverhalten der Brennstoffzelle kommen, bei welchem trotz der Anpassung der Radrückenteile, wodurch insbesondere in einem zumindest nahezu annähernd stationären Betriebszustand der Brennstoffzelle die Kräfte, insbesondere die Axialkräfte, gegenseitig ausgeglichen sind, Kräfte, insbesondere Axialkräfte, auftreten, die einer entsprechenden Abstützung und Lagerung, insbesondere Axiallagerung, bedürfen, so dass es zu keiner Berührung zwischen den Verdichterrädern und Gehäuseteilen der Aufladeeinrichtung kommt.

**[0018]** Dadurch, dass die Radrückenteile jedoch aneinander angeglichen sind und sich die Kräfte zumindest im stationären Zustand zumindest im Wesentlichen gegenseitig ausgleichen, treten die abzustützensden Kräfte (wenn überhaupt) nur über einen sehr kurzen Zeitraum auf und sind betragsmäßig als nur sehr gering einzustufen. Dadurch kann die entsprechende Lagerung zur Abstützung auf Aufnahme dieser Kräfte sehr gering bezüglich ihrer Dimension ausgebildet sein, so dass die aus der Abstützung dieser Kräfte resultierenden Reibverluste nur sehr gering sind und ohnehin nur über einen sehr geringen Zeitraum vorliegen.

**[0019]** Dies führt zu einem sehr hohen Wirkungsgrad und einem sehr effizienten Betrieb der Aufladeeinrichtung, was einem sehr guten Wirkungsgrad sowie einem sehr effizienten Betrieb der Brennstoffzelle bzw. der Brennstoffzelleneinrichtung zugute kommt.

**[0020]** Dieser Vorteil wirkt sich insbesondere bei Lagerungen aus, die als Luftlager ausgebildet sind und beispielsweise eine Folie zur Lagerung der Welle aufweisen. Mittels derartigen Luftlagern ist die Welle auch bei sehr hohen Drehzahlen sicher zu lagern. Derartige Luftlager erzeugen prinzipbedingt höhere Reibverluste als anderweitige Lager wie beispielsweise Kugellager, wobei der größte Teil dieser Reib-

verluste, etwa zwei Drittel der gesamten Reibverluste, bei der Aufnahme und Abstützung von Axialkräften entsteht.

**[0021]** Sind die Radrückenteile derart aneinander angepasst, dass sich die Kräfte, insbesondere die Axialkräfte, gegenseitig zumindest im Wesentlichen aufheben, so ist daraus ersichtlich, dass die Reibungsverluste deutlich reduziert sind und die Aufladeeinrichtung und damit die gesamte Brennstoffzelleneinrichtung weit weniger verlustbehaftet betrieben werden kann.

**[0022]** In einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aufladeeinrichtung ist vorgesehen, dass ein Rotor der Aufladeeinrichtung, üblicherweise eine Welle, das drehfest mit der Welle verbundene Verdichterrad und möglicherweise auch ein drehfest mit der Welle verbundenes Turbinenrad umfassend, mit Hilfe eines Magnetlagers insbesondere in axialer Richtung gelagert ist, wodurch Reibverluste, welches aus der Aufnahme von Kräften resultieren, gering gehalten werden können. Im Falle einer axialen und/oder radialen Lagerung des Rotors mittels eines Magnetlagers, kann es sich vorteilhafterweise um ein passives Magnetlager handeln. Dadurch sind zusätzliche Versorgungseinrichtungen zur Versorgung des Magnetlagers mit Energie, beispielsweise zur Erzeugung eines Magnetfelds, nicht vonnöten, was den Bauraumbedarf, die Teileanzahl, das Gewicht und die Kosten der Aufladeeinrichtung gering hält.

**[0023]** Der zweite Aspekt der Erfindung betrifft eine Brennstoffzelleneinrichtung mit wenigstens einer Brennstoffzelle, insbesondere einem Brennstoffzellenpaket mit einer Mehrzahl an Brennstoffzellen, und mit wenigstens einer erfindungsgemäßen Aufladeeinrichtung, mittels welcher der Brennstoffzelle bzw. dem Brennstoffzellenpaket zuzuführende Luft zweistufig verdichtbar ist. Vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Aspekts der Erfindung sind als vorteilhafte Ausgestaltungen des zweiten Aspekts der Erfindung und umgekehrt zu sehen. Bei der erfindungsgemäßen Brennstoffzelleneinrichtung ist mittels der Rückführungseinrichtung das Abgas der Brennstoffzelle zu der stromab des ersten Verdichters und stromab des zweiten Verdichters angeordneten Einleitstelle rückführbar, sodass die Vorteile einer solchen Rückführung bzw. Rezirkulation des Abgases der Brennstoffzelle erzielt werden können und gleichzeitig die Brennstoffzelleneinrichtung effizient und mit einem sehr hohen Wirkungsgrad betrieben werden kann, da der Energieaufwand für die Rückführung bzw. Rezirkulation des Abgases sowie insbesondere die Verdichterarbeit des zweiten Verdichters gering gehalten werden können.

**[0024]** Gleichzeitig weist die Brennstoffzelleneinrichtung eine geringe Komplexität, einen geringen Aufwand und damit geringe Kosten sowie ein geringes

Gewicht auf, was einem effizienten Betrieb des Kraftwagens sowie geringen Kosten desselbigen zugute kommt.

**[0025]** Der dritte Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzelleneinrichtung eines Kraftwagens, bei welchem Luft mittels eines ersten Verdichters und eines zweiten Verdichters einer Aufladeeinrichtung verdichtet und einer Brennstoffzelle der Brennstoffzelleneinrichtung zugeführt wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Verdichter zum Verdichten der Luft in einem serielle zueinander geschalteten Betriebszustand betrieben werden, und dass Abgas der Brennstoffzelle mittels einer Rückführungseinrichtung der Brennstoffzelle zu einer stromab des ersten Verdichters und stromauf des dem ersten Verdichter nachgeschalteten zweiten Verdichters angeordneten Einleitstelle rückgeführt wird. Vorteilhafte Ausgestaltungen der ersten beiden Aspekte sind als vorteilhafte Ausgestaltungen des dritten Aspekts der Erfindung und umgekehrt anzusehen.

**[0026]** Mit anderen Worten wird die der Brennstoffzelle zuzuführende und mittels des ersten Verdichters bereits vorverdichtete Luft über die Einleitstelle mit Abgas der Brennstoffzelle beaufschlagt, so dass das Brennstoffzellenabgas nicht den gesamten Verdichtungsprozess der Luft durchläuft, sondern lediglich zusammen mit der Luft mittels des zweiten Verdichters als zweite Verdichterstufe verdichtet wird. Durch diese Integration der Rückführung bzw. Rezirkulation des Abgases der Brennstoffzelle in den zweiten Verdichter kann der für die Rückführung bzw. Rezirkulation des Abgases nötig Energieaufwand sowie der Aufwand die Komplexität zur Durchführung des Verfahrens zum Rückführen des Abgases gering gehalten werden, so dass das Verfahren unkompliziert und auf einfache und damit kostengünstige Art und Weise durchzuführen ist.

**[0027]** Zudem ermöglicht das Verfahren einen besonders effizienten Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung, da die Rückführung bzw. die Rezirkulation des Abgases die zuvor geschilderten Vorteile mit sich bringt. Zudem ergibt sich ein besonders hohe Wirkungsgrad der Brennstoffzelleneinrichtung, da das Abgas, wie geschildert, nicht den gesamten Verdichtungsprozess durchlaufen muss. Ebenso kann die Verdichterarbeit des zweiten Verdichters gering gehalten werden, da vorteilhafterweise nur noch ein geringer Druckanstieg durchgeführt und die Hauptverdichterarbeit durch den ersten Verdichter geleistet wird.

**[0028]** 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 Merkmalskom-

binationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0029] Dabei zeigen:

[0030] [Fig. 1](#) eine schematische Längsschnittansicht einer Aufladeeinrichtung für eine Brennstoffzelle eines Kraftwagens, welche zwei seriell zueinander geschaltete Verdichter aufweist, mittels welchen der Brennstoffzelle zuzuführende Luft zweistufig verdichtbar ist, und mit einer Rückführungseinrichtung, mittels welcher Abgas der Brennstoffzelle zu einer in Strömungsrichtung von der Brennstoffzelle zuzuführenden Luft stromab des ersten Verdichters und stromauf des zweiten Verdichters angeordneten Einleitstelle rückführbar ist; und

[0031] [Fig. 2](#) eine Prinzipdarstellung einer Brennstoffzelleneinrichtung mit einer alternativen Ausführungsform einer Aufladeeinrichtung gemäß [Fig. 1](#).

[0032] Die [Fig. 1](#) zeigt eine Aufladeeinrichtung **10** für eine Brennstoffzelle bzw. einen Brennstoffzellenstapel mit einer Mehrzahl von Brennstoffzellen, mittels welcher der Brennstoffzelle zuzuführende Luft verdichtbar ist.

[0033] Dazu umfasst die Aufladeeinrichtung **10** einen ersten Verdichter **12** als erste Verdichterstufe, welcher ein Gehäuse **14** aufweist, in welchem ein Verdichterrad **16** drehbar aufgenommen ist. Ferner umfasst die Aufladeeinrichtung **10** zum Verdichten der Luft einen zweiten Verdichter **18** als Zweitverdichterstufe, welcher ein weiteres Gehäuse **20** aufweist, in welchem ein weiteres Verdichterrad **22** drehbar aufgenommen ist. Die Verdichterräder **16** und **22** sind von einem Rotor **24** der Aufladeeinrichtung **10** umfasst, welcher auch eine Welle **26** umfasst, auf welcher die Verdichterräder **16** und **22** angeordnet und mit welcher die Verdichterräder **16** und **22** drehfest verbunden sind.

[0034] Zum Antreiben des Rotors **24** und damit zum Verdichten der Luft umfasst die Aufladeeinrichtung **10** ferner einen Elektromotor **36**, mittels welchem sehr hohe Drehzahlen des Rotors **24** zum Verdichten der Luft darstellbar sind.

[0035] Die Verdichter **12** und **18** sind somit seriell zueinander geschaltet und als Radialverdichter ausgebildet, wodurch die Aufladeeinrichtung **10** einen sehr geringen Bauraumbedarf aufweist und welche eine sehr effiziente Verdichtung der Luft ermöglichen. Des Weiteren sind die Verdichterräder **16** und **22** in jeweiligen Endbereichen **38** und **40** der Welle **26** angeord-

net und dort mit dieser drehfest verbunden. Ferner weisen die Verdichterräder **16** und **22** jeweilige Radrücken **42** und **44** auf.

[0036] Dem als erste Verdichterstufe fungierenden Verdichter **12** wird die zu verdichtende Luft gemäß einem Richtungspfeil **46** zugeführt, wobei die Luft das entsprechende Verdichterrad **16** über einen Verdichterradeingang **48** anströmt, von dem Verdichterrad **16** verdichtet wird und das Verdichterrad **16** über einen Verdichterradaustritt **50** ab- und in eine Flut **52** einströmt. Über die Flut **52** wird die mittels des Verdichterrads **16** vorverdichtete Luft gemäß einem Richtungspfeil **54** zu dem als zweite Verdichterstufe fungierenden Verdichter **18** geführt. Die vorverdichtete Luft strömt das Verdichterrad **22** über einen entsprechenden Verdichterradeingang **56** an, wird von dem Verdichterrad **22** weiter verdichtet und strömt das Verdichterrad **26** über einen entsprechenden Verdichterradaustritt **58** ab und in eine Flut **60** ein, über welche die weiter verdichtete Luft gemäß einem Richtungspfeil **62** der Brennstoffzelle schließlich zugeführt wird.

[0037] Um nun Reibungsverluste der Aufladeeinrichtung **10** gering zu halten und damit einen besonders effizienten Betrieb derselbigen zu realisieren, sind die Radrücken **42** und **44** und damit die Verdichterräder **16** und **22** hinsichtlich ihrer Durchmesser aneinander angepasst, wodurch jeweilige, entgegen gesetzte und aus jeweiligen den Radrücken **42** und **44** aufgeprägten Verdichterradaustrittsrücken resultierende Kräfte gegenseitig zumindest im Wesentlichen ausgeglichen sind. Diese Kräfte sind Axialkräfte und wirken in axialer Richtung des Rotors **24** bzw. der Welle **32** gemäß einem Richtungspfeil **64** und sind in der [Fig. 1](#) durch Richtungspfeile **66** und **68** angedeutet. Diese Kräfte werden aufgrund ihrer Wirkrichtung in axialer Richtung gemäß dem Richtungspfeil **64** als Axialkräfte bezeichnet und sind in Richtung der jeweiligen Verdichterradeingänge **48** bzw. **56** gerichtet und wirken damit in zueinander entgegen gesetzter Richtung, was durch die Richtungspfeile **66** und **68** ebenso angedeutet ist.

[0038] Aufgrund des zumindest im Wesentlichen Ausgleichens der Axialkräfte kann eine Lagerung des Rotors **24** zur Aufnahme dieser Axialkräfte entfallen oder hinsichtlich ihrer Dimensionierung besonders klein ausgelegt werden, so dass keine oder nur sehr geringe Reibungsverluste infolge einer Aufnahme der Axialkräfte entstehen.

[0039] Die Aufladeeinrichtung **10** umfasst ferner eine Rückführungseinrichtung **70**, mittels welcher Abgas der Brennstoffzelle gemäß einem Richtungspfeil **72** zu einer in Strömungsrichtung der der Brennstoffzelle zuzuführenden Luft gemäß dem Richtungspfeil **54** stromab des ersten Verdichters **12** und stromauf des dem ersten Verdichter **12** nachgeschalteten

zweiten Verdichters **18** angeordneten Einleitstelle **74** rückführbar ist. Die mittels des Verdichters **12** vorverdichtete Luft ist nun über die Einleitstelle **74** mit dem rückgeführten Abgas beaufschlagbar, so dass dadurch eine in die zweite Verdichterstufe bzw. den zweiten Verdichter **18** integrierte Rezirkulationsfunktionalität des Abgases der Brennstoffzelle realisiert ist.

**[0040]** Diese Rezirkulation des Abgases führt zu einer Gasgleichverteilung, zu einer Verringerung der Leerlaufspannung durch absenken des Sauerstoffpartialdrucks, wodurch Potentialunterschiede verkleinert werden können, zu einer Vereinheitlichung des Sauerstoffpartialdrucks über die Lauflänge der Brennstoffzelle, wodurch ebenfalls Potentialunterschiede verkleinert werden können, sowie zu einer Befeuchtung des Kathodengases.

**[0041]** Ferner kann durch die Anordnung einer Einleitstelle **74** stromab des ersten Verdichters **12** und stromauf des zweiten Verdichters **18** ein Energieaufwand zur Rezirkulation des Abgases gering gehalten werden, so dass die Aufladeeinrichtung **10** und damit die Brennstoffzelle insgesamt besonders effizient betrieben werden können. Ferner muss dadurch das rückgeführte bzw. rezirkulierte Abgas nicht den gesamten Verdichtungsprozess der Luft (den ersten Verdichter **12** und den zweiten Verdichter **18**) durchlaufen, sondern wird lediglich durch den zweiten Verdichter **18** verdichtet, so dass die Aufladeeinrichtung **10** einen besonders hohen Wirkungsgrad aufweist, was dem effizienten Betrieb der Aufladeeinrichtung **10** und damit der Brennstoffzelle weiterhin zugute kommt.

**[0042]** Bei der Aufladeeinrichtung **10** wird die Hauptverdichterarbeit zum Verdichten der Luft dabei durch den ersten Verdichter **12** geleistet, wobei durch den zweiten Verdichter **18** ein demgegenüber nur geringerer Druckhub erfolgt, um die Verdichterarbeit des zweiten Verdichters **18** sowie den zur Rezirkulation erforderlichen Energieaufwand gering zu halten, was den effizienten Betrieb der Aufladeeinrichtung sowie der Brennstoffzelle zugute kommt.

**[0043]** Wie der [Fig. 1](#) zu entnehmen ist, ist bei der Aufladeeinrichtung **10** lediglich eine Auflademaschine **75** vorgesehen, die sowohl den ersten Verdichter **12** als auch den zweiten Verdichter **18** umfasst. Im Gegensatz dazu zeigt die [Fig. 2](#) ein Brennstoffzelleneinrichtung **76** mit einer Aufladeeinrichtung **78**, welche eine erste Auflademaschine **80** sowie eine zweite Auflademaschine **82** umfasst.

**[0044]** Wie der [Fig. 2](#) zu entnehmen ist, umfasst die Brennstoffzelleneinrichtung **76** ferner eine Brennstoffzelle **84**, welcher verdichtete Luft gemäß dem Richtungspfeil **62** zuzuführen ist. Zum Verdichten der Luft wird zunächst dem ersten, als erster Verdich-

terstufe fungierenden Verdichter **12** der Auflademaschine **80** gegebenenfalls unverdichtete Luft aus der Umgebung gemäß dem Richtungspfeil **46** zugeführt und mittels des Verdichters **12** verdichtet. Die mittels des Verdichters **12** verdichtete Luft wird gemäß dem Richtungspfeil **54** dem als zweite Verdichterstufe fungierenden Verdichter **18** der Auflademaschine **82** zugeführt, welcher die Luft weiter verdichtet, worauf sie der Brennstoffzelle **84** gemäß dem Richtungspfeil **62** zugeführt wird.

**[0045]** Die von dem Verdichter **12** vorverdichtete und mittels des Verdichters **18** nachverdichtete Luft wird über die Einleitstelle **74**, welche stromab des ersten Verdichters **12** und stromauf des zweiten Verdichters **18** angeordnet ist, mit rückgeführtem Abgas der Brennstoffzelle **84** beaufschlagt, so dass die in Zusammenhang mit der Aufladeeinrichtung **10** gemäß [Fig. 1](#) beschriebene Rezirkulationsfunktionalität auch bei der Aufladeeinrichtung **78** der Brennstoffzelleneinrichtung **76** gemäß [Fig. 2](#) realisiert ist.

**[0046]** Analog zur Auflademaschine **75** der Aufladeeinrichtung **10** gemäß [Fig. 1](#) umfasst auch die Auflademaschine **80** der Aufladeeinrichtung **78** der Brennstoffzelleneinrichtung **76** den elektrischen Motor **36**, welcher mit dem Verdichter **12** gekoppelt ist und mittels welchem der Verdichter **12** bedarfsgerecht antreibbar ist, um die Luft besonders effizient zu verdichten.

**[0047]** Die Auflademaschine **82** umfasst ein mit dem zweiten Verdichter **18** gekoppelte Turbine **88**, welcher gemäß einem Richtungspfeil **86** Abgas der Brennstoffzelle **84** zugeführt wird. Die Turbine **88** ist dabei von dem ihr zugeführten Abgas der Brennstoffzelle **84** antreibbar, worüber wiederum der zweite Filter **18** antreibbar ist. Dadurch kann in dem Abgas der Brennstoffzelle **84** enthaltene Energie genutzt werden, um die Turbine **88** und darüber den Verdichter **18** zum Verdichten der der Brennstoffzelle **84** zuzuführenden Luft anzutreiben, womit ein besonders hoher Wirkungsgrad der Brennstoffzelleneinrichtung **78** und damit ein besonders effizienter Betrieb derselbigen einhergehen. Die Auflademaschine **82** liegt somit in Form eines Abgasturboladers vor, welcher die in dem Abgas der Brennstoffzelle **84** enthaltene Energie zum Antreiben der Turbine **88** nutzen kann. Nach der Nutzung des Abgases zum Antreiben der Turbine **88** strömt das Abgas die Turbine **88** gemäß einem Richtungspfeil **90** ab und wird gegebenenfalls in die Umwelt entlassen.

**[0048]** An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Brennstoffzelle **84** stellvertretend für weitere Brennstoffzellenkomponenten wie beispielsweise die Brennstoffzelle selbst, Kühleinrichtung, insbesondere Ladeluftkühler, Befeuchter und/oder dergleichen steht. Ebenso kann es sich bei der Brennstoffzelle **84** um ein Brennstoffzellenpaket handeln, welches ein

Mehrzahl an Brennstoffzellen umfasst, mittels welchen der Sauerstoff der verdichteten Luft und der Brennstoffzelle **84** zugeführter Wasserstoff genutzt wird, um den Wasserstoff und den Sauerstoff in elektrische Energie umzuwandeln, wobei das Abgas der Brennstoffzelle **84** entsteht. Ein Bestandteil des Abgases der Brennstoffzelle **84** ist dabei Wasser, mittels welchem beispielsweise eine Membran der Brennstoffzelle **84** befeuchtet werden kann.

**[0049]** Im übrigen bezeichnen in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente, und es treffen die bezüglich der Aufladeeinrichtung **10** gemäß [Fig. 1](#) geschilderten Funktionen und Vorteile analog auf die Brennstoffzelleneinrichtung **76** mit der Aufladeeinrichtung **78** zu. So weist auch die Brennstoffzelleneinrichtung **76** einen vorteilhaften und effizienten Betrieb durch die Realisierung der Rezirkulationsfunktionalität des Abgases der Brennstoffzelle **84** sowie die Anordnung der Einleitstelle **74** stromab des ersten Verdichters **12** und stromauf des zweiten Verdichters **18** auf.

**[0050]** In einer Variante der Aufladeeinrichtung **10** oder der Brennstoffzelleneinrichtung **76** ist die Rezirkulationsfunktionalität mit Hilfe eines Ventils abschaltbar. Damit kann eine Befeuchtung der Brennstoffzelle **84** ausgeschaltet werden, sofern diese nicht gewünscht wird, wie dies beispielsweise bei einem so genannten Gefrierstart ist. Hierzu weist die Rückführungseinrichtung **70** ein Ventil auf. Bei diesem Ventil kann es sich sowohl um ein einfaches Schaltventil mit den beiden Schaltstellungen Auf und Zu als auch um ein Proportionalventil mit mehreren Schaltstellungen handeln. Bei Verwendung eines Proportionalventils besteht die zusätzlich die Möglichkeit den Grad der Befeuchtung zu regeln.

**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**

- EP 0654182 B1 [[0002](#)]

**Patentansprüche**

1. Aufladeeinrichtung (10, 78) für eine Brennstoffzelle (84) eines Kraftwagens, mit einem ersten Verdichter (12) und mit einem zweiten Verdichter (18), mittels welchen der Brennstoffzelle (84) zuzuführende Luft verdichtbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdichter (12, 18) zum Verdichten der Luft seriell zueinander geschaltet sind, und dass eine Rückführungseinrichtung (70) vorgesehen ist, mittels welcher Abgas der Brennstoffzelle (84) zu einer stromab des ersten Verdichters (12) und stromauf des zweiten Verdichters (18) angeordneten Einleitstelle (74) rückführbar ist.

2. Aufladeeinrichtung (10, 78) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste, den ersten Verdichter (12) umfassende Auflademaschine (80) sowie eine zweite, den zweiten Verdichter (18) aufweisende Auflademaschine (82) der Aufladeeinrichtung (10, 78) vorgesehen sind.

3. Aufladeeinrichtung (10, 78) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Auflademaschinen (89, 82) einen Motor (36), insbesondere einen elektrischen Motor (36), aufweist, mittels welchem der entsprechende Verdichter (12, 18) zum Verdichten der Luft antreibbar ist.

4. Aufladeeinrichtung (10, 78) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Auflademaschinen (80, 82) eine Turbine (88) aufweist, mittels welcher der entsprechende Verdichter (12, 18) zum Verdichten der Luft antreibbar ist.

5. Aufladeeinrichtung (10, 78) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Auflademaschine (75) der Aufladeeinrichtung (10, 78) vorgesehen ist, welche sowohl den ersten als auch den zweiten Verdichter (12, 18) umfasst.

6. Aufladeeinrichtung (10, 78) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Auflademaschine (75) einen Motor (36), insbesondere einen elektrischen Motor (36), aufweist, mittels welchem die Verdichter (12, 18) zum Verdichten der Luft antreibbar ist.

7. Aufladeeinrichtung (10, 78) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Auflademaschine (75) eine Turbine aufweist, mittels welcher die Verdichter zum Verdichten der Luft antreibbar ist.

8. Aufladeeinrichtung (10, 78) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichter (12, 18) jeweilige, jeweiligen Verdichterradeingängen (48, 56) abgewandte Radrückenteile (42, 44) aufweisende Verdichterrä-

der (16, 22) umfassen, welche mit einer den Verdichtern (12, 18) gemeinsamen Welle (26) drehfest verbunden sind, wobei die Radrückenteile (42, 44) der Verdichterräder (16, 22) aneinander angepasst sind, wodurch jeweilige, entgegengesetzte und aus jeweiligen, den Radrückenteilen (42, 44) aufgeprägten Verdichterradaustrittsdrücken resultierende Kräfte (66, 68) gegenseitig zumindest im Wesentlichen ausgeglichen sind.

9. Aufladeeinrichtung (10, 78) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rotor (24) der Aufladeeinrichtung (10, 78) mittels zumindest eines Magnetlagers, insbesondere in axialer Richtung, gelagert ist.

10. Brennstoffzelleneinrichtung (76) mit wenigstens einer Brennstoffzelle (84), insbesondere einem Brennstoffzellenpaket, und mit wenigstens einer Aufladeeinrichtung (10, 78) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

11. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzelleneinrichtung (76) eines Kraftwagens, bei welchem Luft mittels eines ersten Verdichters (12) und eines zweiten Verdichters (18) einer Aufladeeinrichtung (10, 78) verdichtet und einer Brennstoffzelle (84) der Brennstoffzelleneinrichtung (76) zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichter (12, 18) zum Verdichten der Luft in einem seriell zueinander geschalteten Betriebszustand betrieben werden, und dass Abgas der Brennstoffzelle (84) mittels einer Rückführungseinrichtung (70) der Brennstoffzelleneinrichtung (76) zu einer stromab des ersten Verdichters (12) und stromauf des zweiten Verdichters (18) angeordneten Einleitstelle (74) rückgeführt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

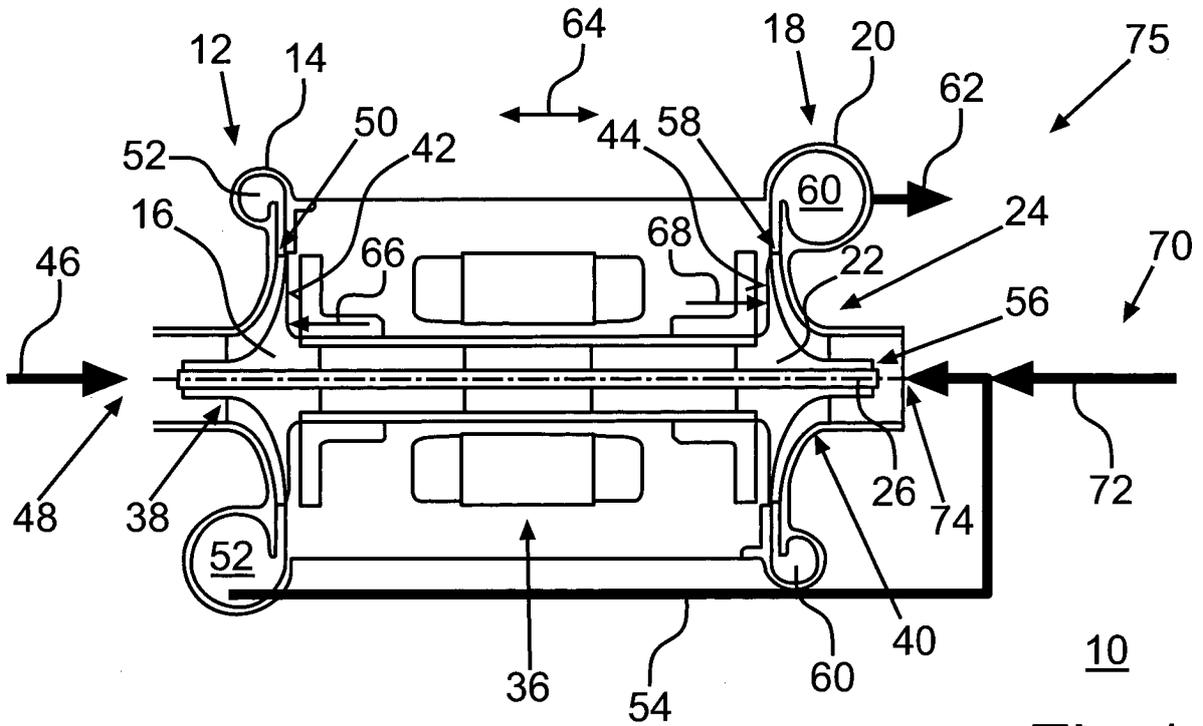


Fig. 1

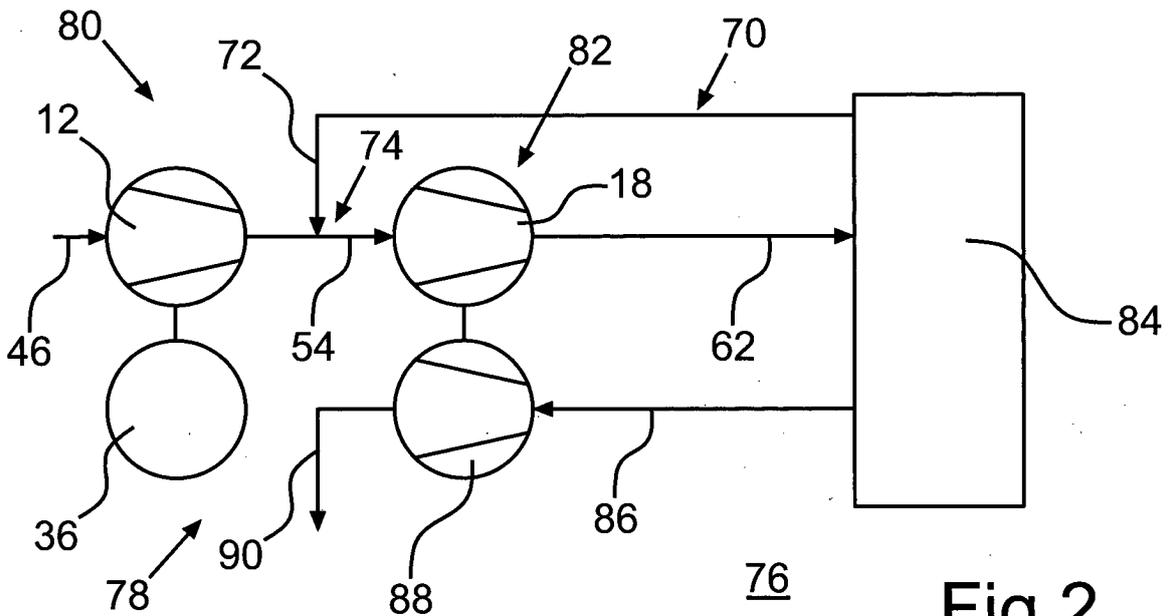


Fig. 2