(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Oktober 2024 (31.10.2024)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/223262 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F04D 17/10 (2006.01) *F04D 29/056* (2006.01)
F04D 17/12 (2006.01) *F04D 29/58* (2006.01)
F04D 25/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/059272

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. April 2024 (05.04.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 110 949.9
27. April 2023 (27.04.2023) DE

(71) Anmelder: **ZF CV SYSTEMS GLOBAL GMBH** [CH/CH]; Giacomettistrasse 1, 3006 Bern (CH).

(72) Erfinder: **NOLD, Markus**; Heiseloch 3, 88045 Friedrichshafen (DE). **STEINBERGER, Florian**; Blumenstraße 8, 88326 Aulendorf (DE). **KENTSCHKE, Thorge**; Elisenstraße 51, 30451 Hannover (DE).

(74) Anwalt: **SCHAEFERJOHANN, Volker**; Am Lindener Hafen 21, 30453 Hannover (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: CONTINUOUS-FLOW MACHINE FOR A FUEL CELL SYSTEM WITH A FUEL CELL STACK FOR A VEHICLE, IN PARTICULAR A UTILITY VEHICLE, FUEL CELL SYSTEM AND VEHICLE, IN PARTICULAR A UTILITY VEHICLE

(54) Bezeichnung: STRÖMUNGSMASCHINE FÜR EIN BRENNSTOFFZELLENSYSTEM MIT EINEM BRENNSTOFFZELLENSTAPEL FÜR EIN FAHRZEUG, INSBESONDERE NUTZFAHRZEUG, BRENNSTOFFZELLENSYSTEM UND FAHRZEUG, INSBESONDERE NUTZFAHRZEUG

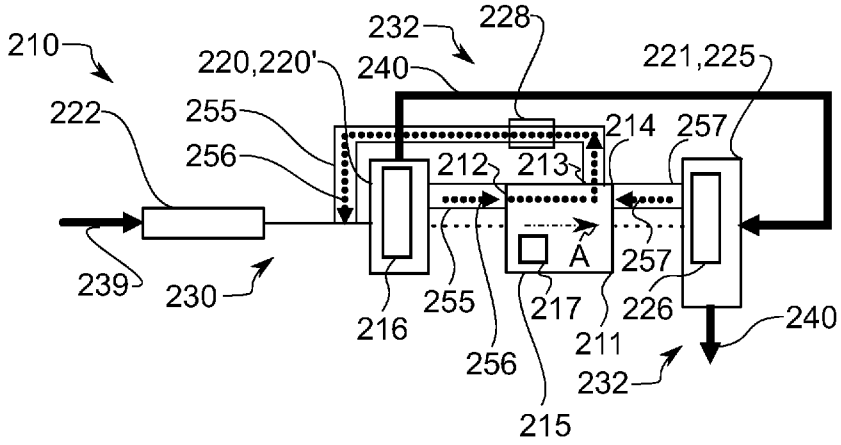


Fig.2

(57) Abstract: The invention relates to a continuous-flow machine (210) for a fuel cell system (205) having a fuel cell stack (206) for a vehicle (200a), in particular a utility vehicle (200b), wherein the continuous-flow machine (210) is designed to apply an air flow (240) to the cathode side of the fuel cell stack (206), the continuous-flow machine (210) has an intake section (230) for drawing in supply air (239), a supply section (232), an electric drive (215), a compressor stage (220) with at least one compressor wheel (216), which can be driven by the electric drive (215), for drawing in supply air (239) from the intake section (230) and for providing the air flow (240) in the supply section (232), wherein the continuous-flow machine (210) has a leakage air flow path (255) extending from the compressor stage (220) for guiding a leakage air flow (256) and a bearing (217) for rotatably mounting the compressor wheel (216), and the leakage air flow path (255) is designed in such a way that the electric drive (215) and/or the bearing (217) can be cooled by the leakage air flow (256), and the leakage air flow path (255) opens into the intake section (230).

(57) Zusammenfassung: Strömungsmaschine (210) für ein Brennstoffzellensystem (205) mit einem Brennstoffzellenstapel (206) für ein Fahrzeug (200a), insbesondere Nutzfahrzeug (200b), wobei die Strömungsmaschine (210) dazu eingerichtet ist, den Brennstoffzellenstapel (206) kathodenseitig mit einem Luftstrom (240) zu beaufschlagen, die Strömungsmaschine (210) einen Ansaugabschnitt (230) zum Ansaugen von Zuluft (239), einen Zuführabschnitt (232), einen elektrischen Antrieb (215), eine Verdichterstufe (220) mit

WO 2024/223262 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

mindestens einem von dem elektrischen Antrieb (215) antreibbaren Verdichterrad (216) zum Ansaugen von Zuluft (239) aus dem Ansaugabschnitt (230) und zum Bereitstellen des Luftstroms (240) in dem Zuführabschnitt (232) aufweist, die Strömungsmaschine (210) einen von der Verdichterstufe (220) ausgehenden Leckageluftstrompfad (255) zum Führen eines Leckageluftstroms (256) und ein Lager (217) zum drehbaren Lagern des Verdichterrads (216) aufweist, und der Leckageluftstrompfad (255) derart ausgebildet ist, dass der elektrische Antrieb (215) und/oder das Lager (217) durch den Leckageluftstrom (256) kühlbar ist, und der Leckageluftstrompfad (255) in den Ansaugabschnitt (230) mündet.

Strömungsmaschine für ein Brennstoffzellensystem mit einem Brennstoffzellenstapel für ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, Brennstoffzellensystem und Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug

Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine für ein Brennstoffzellensystem mit einem Brennstoffzellenstapel für ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug. Die Erfindung betrifft auch ein Brennstoffzellensystem für ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, umfassend einen Brennstoffzellenstapel und eine Strömungsmaschine, und ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, umfassend ein Brennstoffzellensystem.

Strömungsmaschinen für Brennstoffzellensysteme sind aus dem Stand der Technik bekannt. Für derartige Brennstoffzellensysteme werden als Strömungsmaschinen Kompressoren beziehungsweise Verdichter verwendet.

In einem Brennstoffzellensystem wird der Kompressor dazu benutzt, Luft anzusaugen, zu verdichten und einem kathodenseitigen Brennstoffzelleneingang des Brennstoffzellenstapels beziehungsweise Brennstoffzellenstacks zum Durchführen der Brennstoffzellenreaktion zuzuführen. Das verdichtete Stoffgemisch durchläuft den oder die Stapel. Das nach der Reaktion verbleibende Stoffgemisch tritt als Fluidstrom kathodenseitig aus einem kathodenseitigen Brennstoffzellenausgang des Brennstoffzellenstapels wieder aus. Der Fluidstrom kann dabei auch flüssige Bestandteile beispielsweise in Form von Wassertropfen umfassen.

Dieser Fluidstrom weist üblicherweise noch einen Überdruck gegenüber der Umgebung auf und wird daher in den meisten Brennstoffzellensystemen dazu genutzt, eine Expanderwelle eines Expanders anzutreiben. Im Expander kann das auslassseitig austretende Stoffgemisch auf Umgebungsdruck entspannt werden, und die an die Expanderwelle abgegebene Energie wird üblicherweise in elektrische Energie umgewandelt, wenn der Expander mit einem Generator verbunden ist und/oder treibt ganz oder teilweise den Kompressor an, wenn der Kompressor und der Expander dieselbe Welle aufweisen.

Damit ein ausreichend hoher Druck bereitgestellt werden kann, können derartige Kompressoren mehrstufig, insbesondere zweistufig ausgebildet sein. Dabei weist der Kompressor zwei antreibbare Verdichterräder auf, durch deren Rotationsbewegung die angesaugte Luft verdichtet wird.

Eine Herausforderung bei der Bereitstellung eines derartigen Kompressors ist die Kühlung eines elektrischen Antriebs zum Betreiben des Kompressors und gegebenenfalls eines oder mehrerer Lager zur Lagerung des Rotors des Kompressors.

Dabei ist es aus dem Stand der Technik bekannt, die Kühlung als Luftkühlung durch einen Luftstrom zu bewerkstelligen. Gemäß dem Stand der Technik kann dieser Luftstrom durch eine externe Luftversorgung erfolgen. Dafür muss der Kompressor einen geeigneten Anschluss aufweisen, um den Kompressor durch eine Druckluft bereitstellende Komponente des Fahrzeugs mit der Druckluft beaufschlagen zu können. Alternativ kann durch den Kompressor verdichtete Luft abgezweigt werden, was jedoch zu einem verminderten Wirkungsgrad des Kompressors führen kann, da das Komprimieren der Luft durch das Wandeln von Energie durch den Kompressor erfolgt.

Demgemäß offenbart DE 10 2011 087606 A1 eine Kraftfahrzeugsystemeinrichtung mit einem Antriebsaggregat, dem eine Ladereinrichtung zugeordnet ist, die einen Verdichter mit wenigstens einem mittels zumindest eines Lagers gelagerten Verdichterlaufrad aufweist, wobei das Lager über ein stationäres erstes Lagerteil und ein mit dem Verdichterlaufrad wirkverbundenes zweites Lagerteil verfügt. Dabei ist vorgesehen, dass an das Lager eine Überdruckquelle angeschlossen ist, mittels welcher in einem zwischen dem ersten Lagerteil und dem zweiten Lagerteil vorliegenden Lagerspalt ein Überdruck herstellbar ist, wobei die Überdruckquelle der Verdichter und/oder Teil einer Tandempumpe ist, die neben dem Überdruck auch Unterdruck für einen Verbraucher der Kraftfahrzeugsystemeinrichtung bereitstellt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, den Stand der Technik zu bereichern und einen verbesserten Kompressor bereitzustellen. Insbesondere löst die Erfindung die Aufgabe, ein verbessertes Kühlen des Kompressors zu

bewerkstelligen, bei der zusätzliche Druckluftanschlüsse vermieden werden können und der Wirkungsgrad verbessert werden kann.

Die Aufgabe wird durch eine Strömungsmaschine nach Anspruch 1 sowie den Gegenständen nach den weiteren unabhängigen Ansprüchen gelöst. Die Unteransprüche geben Weiterbildungen der Erfindung an.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird eine Strömungsmaschine für ein Brennstoffzellensystem mit einem Brennstoffzellenstapel für ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, bereitgestellt. Dabei ist die Strömungsmaschine dazu eingerichtet, den Brennstoffzellenstapel kathodenseitig mit einem Luftstrom zu beaufschlagen, wobei die Strömungsmaschine einen Ansaugabschnitt zum Ansaugen von Zuluft, einen Zuführabschnitt, einen elektrischen Antrieb, eine Verdichterstufe mit mindestens einem von dem elektrischen Antrieb antreibbaren Verdichterrad zum Ansaugen von Zuluft aus dem Ansaugabschnitt und zum Bereitstellen des Luftstroms in dem Zuführabschnitt und ein Lager zum drehbaren Lagern des Verdichterrads aufweist, die Strömungsmaschine einen von der Verdichterstufe ausgehenden Leckageluftstrompfad zum Führen eines Leckageluftstroms aufweist, und der Leckageluftstrompfad derart ausgebildet ist, dass der elektrische Antrieb und/oder das Lager durch den Leckageluftstrom kühlbar ist, und der Leckageluftstrompfad in den Ansaugabschnitt mündet.

Dabei kann das Verdichterrad die Zuluft ansaugen. Die Zuluft kann dabei ein gasförmiger Fluidstrom sein, der dem Brennstoffzellenstapel zuzuführen ist. Dabei kann der Fluidstrom feste und/oder flüssige Bestandteile aufweisen, die optional vor dem Zuführen des Fluidstroms zu den Brennstoffzellenstapel durch Filtern entfernt werden. Das Verdichterrad kann die Zuluft komprimieren und den Luftstrom bereitstellen, mit der der Brennstoffzellstapel kathodenseitig beaufschlagt werden kann. Dafür ist stromaufwärts der Verdichterstufe der Ansaugabschnitt und stromabwärts der Verdichterstufe der Zuführabschnitt angeordnet.

Die Erfindung hat erkannt, dass eine Strömungsmaschine einen Leckageluftstrom aufweisen kann. Der Leckageluftstrom kann beispielsweise durch eine unvollständige Abdichtung der Verdichterstufe entstehen. Beispielsweise kann ein derartiger

Leckageluftstrom zwischen der rotierenden Rotorwelle und dem statischen Gehäuse und/oder der Dichtung auftreten. Dabei strömt ein Teil der durch die Verdichterstufe vorteilhaft nur teilweise komprimierten Luft als Leckageluftstrom durch einen dedizierten Leckageluftstrompfad und nicht unmittelbar in den einen Hauptluftstrompfad bildenden Zuführabschnitt. Der Leckageluftstrompfad kann dafür beispielsweise in und/oder an der Verdichterstufe stromaufwärts von dem Zuführabschnitt, durch den der komprimierte Luftstrom geführt wird, abgezweigt werden.

Die Erfindung schlägt somit den Leckageluftstrompfad zum Führen des Leckageluftstroms vor, wobei der Leckageluftstrompfad zum Kühlen des elektrischen Antriebs und/oder des Lagers durch den Leckageluftstrom eingerichtet ist. Durch die nur unvollständige Komprimierung durch die Verdichterstufe wird vermieden, dass die Luft zum Zuführen zu dem Leckageluftstrompfad unnötig komprimiert wird, womit der Leckageluftstrom nicht unnötig erwärmt wird und die Verwendung von elektrischer Energie zum Komprimieren gegenüber einem Abzweigen von vollständig komprimierter Luft aus dem Zuführabschnitt vermindert wird.

Dabei wird vorgeschlagen, dass der Leckageluftstrompfad in den Ansaugabschnitt mündet, der Leckageluftstrom also kurzgeschlossen wird. Dabei wird erzielt, dass die bereits gegenüber den Ansaugabschnitt komprimierte Luft wieder der Verdichterstufe zugeführt werden kann, womit die Verdichterstufe ein geringeres Verhältnis zwischen Ausgangsdruck zu Eingangsdruck bereitstellen kann, um einen bestimmten Ausgangsdruck zu erreichen. Das kann den Wirkungsgrad und den Energieverbrauch der Strömungsmaschine verbessern und sich so günstig auf die Wärmeentstehung in der Strömungsmaschine auswirken.

Durch das Bereitstellen des Leckageluftstrompfads kann auf zusätzliche Anschlüsse zum Bereitstellen von Druckluft vom Fahrzeug und/oder auf eine Überdruckquelle verzichtet werden. Gleichzeitig vermeidet die Strömungsmaschine die unmittelbare Verwendung von vollständig verdichteter Luft, um die Strömungsmaschine zu kühlen, was zu einem verbesserten Wirkungsgrad der Strömungsmaschine und einer besseren Kühlung führen kann.

Die Strömungsmaschine ist dabei besonders vorteilhaft bei vergleichsweise hohen Luftmassenströmen verwendbar, da bei der Erzeugung eines hohen Luftmassenstroms beziehungsweise der damit einhergehenden Verdichtung der Luft eine hohe Menge an Wärme erzeugt wird und der elektrische Antrieb einen hohen Leistungsbedarf und damit auch einen hohen Bedarf zur Kühlung aufweist.

Optional weist die Strömungsmaschine einen in dem Absaugabschnitt angeordneten Filter auf. Um Schädigungen des Brennstoffzellenstacks durch Kontamination zu vermeiden, bestehen hohe Anforderungen an die Luftreinheit. Zur Reduktion dieser Schadgase und/oder anderer Kontamination kann der Filter zum Filtern der Zuluft eingesetzt werden.

Optional mündet der Leckageluftstrompfad stromabwärts des Filters in den Ansaugabschnitt. Der Filter verursacht beim Ansaugen der Umgebungsluft einen Druckverlust, wodurch nach dem Filter ein Unterdruck herrscht. Da der Leckageluftstrompfad stromabwärts des Filters, also zwischen dem Filter und der Verdichterstufe, in den Ansaugabschnitt mündet, kann eine mehrfache Reinigung und ein damit einhergehender Druckabfall des Leckageluftstroms vermieden werden, und der Leckageluftstrom kann effektiv durch den Druckunterschied in den Ansaugabschnitt geleitet beziehungsweise gesaugt werden.

Optional weist die Strömungsmaschine mehrere strömungstechnisch seriell geschaltete Verdichterstufen auf, und die Verdichterstufe, von der der Leckageluftstrompfad ausgeht, ist eine strömungstechnisch erste Verdichterstufe. Dabei bezeichnet die strömungstechnisch erste Verdichterstufe die am meisten stromaufwärts angeordnete Verdichterstufe. Mit anderen Worten ist der strömungstechnisch ersten Verdichterstufe keine Verdichterstufe vorgeschaltet. Es wurde erkannt, dass durch das Verdichten einer jeden Verdichterstufe die Temperatur des Luftstroms typischerweise steigt und damit ein Kühlen am effektivsten durch die strömungstechnisch erste Verdichterstufe bewerkstelligt werden kann.

Optional weist die Strömungsmaschine eine Stufe mit mindestens einem Schaufelrad auf, wobei die Strömungsmaschine einen von der Stufe ausgehenden zweiten

Leckageluftstrompfad zum Führen eines zweiten Leckageluftstroms aufweist, und der zweite Leckageluftstrompfad derart ausgebildet ist, dass der elektrische Antrieb und/oder das Lager durch den zweiten Leckageluftstrom kühlbar ist. Dabei kann die Stufe eine weitere Verdichterstufe oder eine Expanderstufe sein. Die Strömungsmaschine kann also beispielsweise als ein zweistufiger Verdichter, als ein Turboverdichter oder als ein Verdichter mit einem davon kinematisch unabhängigen Expander ausgebildet sein. Dabei wurde erkannt, dass auch in der von der Verdichterstufe verschiedenen Stufe analog zu der Verdichterstufe ein Leckageluftstrom entstehen und/oder vorgesehen sein kann, der zur Kühlung des elektrischen Antriebs und/oder des Lagers verwendet werden kann.

Optional münden der Leckageluftstrompfad und der zweite Leckageluftstrompfad ineinander. Damit ist eine effektive Führung des Leckageluftstrompfads und des zweiten Leckageluftstrompfads möglich. Damit können der im Vergleich zu der Zuluft in dem Ansaugabschnitt komprimierten Leckageluftstrom und der zweite Leckageluftstrom der Verdichterstufe zur weiteren Kompression bereitgestellt werden.

Optional weist die Strömungsmaschine ein Gehäuse auf, wobei in dem Gehäuse der elektrische Antrieb angeordnet ist, das Gehäuse einen Lufteinlass und einen Luftauslass jeweils für den Leckageluftstrompfad aufweist, und der elektrische Antrieb, in einer axialen Richtung, wenigstens zur Hälfte zwischen dem Lufteinlass und dem Luftauslass angeordnet ist. Damit kann eine möglichst umfassende Kühlung des elektrischen Antriebs bereitgestellt werden. Da der Leckageluftstrom von dem Lufteinlass zu dem Luftauslass strömen kann, wird der Leckageluftstrompfad so durch einen für die Kühlung wesentlichen Teil des Gehäuses geführt, um einen Wärmetausch zwischen dem Leckageluftstrom und dem elektrischen Antrieb zu ermöglichen.

Optional weist die Strömungsmaschine ein Regelventil zum Regeln des Leckageluftstroms auf. Das Regelventil kann insbesondere dazu eingerichtet sein, in Abhängigkeit der Menge der von dem Verdichterrad angesaugten Zuluft, also des Luftmassenstroms, gesteuert bzw. geregelt werden. Damit kann die Kühlung durch den Leckageluftstrom abhängig von der Leistung gemacht werden, um eine

leistungsorientierte Kühlung der Strömungsmaschine bereitstellen zu können. Ferner kann der Leckageluftstrompfad für vorbestimmte Anwendungszwecke geöffnet oder geschlossen werden. Analog kann die Strömungsmaschine ein Regelventil zum Regeln des zweiten Leckageluftstroms aufweisen.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem für ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, bereitgestellt. Das Brennstoffzellensystem umfasst einen Brennstoffzellenstapel und die oben beschriebene Strömungsmaschine, wobei die Strömungsmaschine dazu eingerichtet ist, den Brennstoffzellenstapel kathodenseitig mit einem Luftstrom zu beaufschlagen. Dabei kann die Strömungsmaschine ein oder mehrere der oben beschriebenen technischen Merkmale aufweisen, um einen damit verbundenen technischen Effekt zu erzielen.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, bereitgestellt. Das Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, umfasst das oben beschriebene Brennstoffzellensystem. Dabei kann das Brennstoffzellensystem beziehungsweise die Strömungsmaschine des Brennstoffzellensystems ein oder mehrere der oben beschriebenen technischen Merkmale aufweisen, um einen damit verbundenen technischen Effekt zu erzielen.

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs, insbesondere Nutzfahrzeugs, gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Strömungsmaschine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung; und
Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Strömungsmaschine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs 200a, insbesondere Nutzfahrzeugs 200b, gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Das Fahrzeug 200a, insbesondere Nutzfahrzeug 200b, wird im Folgenden als Fahrzeug 200a, 200b bezeichnet. Das Fahrzeug 200a, 200b ist beispielsweise ein Landfahrzeug.

Das Fahrzeug 200a, 200b weist ein Brennstoffzellensystem 205, eine Energiespeichervorrichtung 260 und einen elektrischen Antrieb 250 des Fahrzeugs 200a, 200b auf. Das Brennstoffzellensystem 205 ist dazu eingerichtet, der Energiespeichervorrichtung 260 elektrische Energie 65 bereitzustellen. Die Energiespeichervorrichtung 260 ist beispielsweise eine wiederaufladbare Energiespeichervorrichtung 260 und dient als Pufferbatterie zum Puffern von elektrischer Energie 65. Die Energiespeichervorrichtung 260 ist mit dem elektrischen Antrieb 250 verbunden, um den elektrischen Antrieb 250 mit elektrischer Energie 65 zu versorgen, damit der elektrische Antrieb 250 das Fahrzeug 200a, 200b antreiben kann. Zusätzlich ist das Brennstoffzellensystem 205 mit dem elektrische Antrieb 250 zur direkten Bereitstellung von elektrischer Energie 65 verbunden.

Das Brennstoffzellensystem 205 umfasst eine als Kompressor 280 ausgebildete Strömungsmaschine 210, einen Brennstoffzellenstapel 206 und optional einen Expander 270. Der Expander 270 kann in einer Ausführungsform von der Strömungsmaschine 210 umfasst sein (siehe Figur 3). Wie in Figur 1 schematisch angedeutet ist die Strömungsmaschine 210 dazu eingerichtet, dem Brennstoffzellenstapel 206 kathodenseitig einen Luftstrom 240 zuzuführen. Dazu ist die Strömungsmaschine 210 dazu eingerichtet, mit elektrischer Energie 65 beaufschlagt zu werden, um Zuluft 239 anzusaugen, zu komprimieren und dem Brennstoffzellenstapel 206 als Luftstrom 240 zuzuführen. Der Expander 270 ist dazu eingerichtet, mit einem Abgasstrom 245 aus dem Brennstoffzellenstapel 206 beaufschlagt zu werden, um Energie aus dem Abgasstrom 245 in elektrische Energie 65 zu wandeln. Alternativ oder zusätzlich wird die Energie des Expanders 270 direkt in mechanische Energie gewandelt und direkt zum Antreiben (Drehmomentunterstützung) der Antriebswelle des Kompressor 280 genutzt. Entspannte Abluft 246 tritt nach dem Entspannen des Abgasstrom 245 durch den Expander 270 aus dem Expander 270 aus.

Die der Strömungsmaschine 210 zugeführte elektrische Energie 65 dient zur Komprimierung der Zuluft 239 und zum Bereitstellen des Luftstroms 240. Bei der Komprimierung der Zuluft 239, durch Wandlung von elektrischer Energie 65, insbesondere in mechanische Energie, sowie durch Reibung entsteht Wärme. Um die Wärme abzutransportieren werden bei solchen elektrisch angetriebenen

Strömungsmaschinen 210 meist eine Wasserkühlung und eine Luftkühlung kombiniert. Die Erfindung bezieht sich auf eine vorteilhafte Ausführung der Luftkühlung.

Ausführungsformen der Strömungsmaschine 210 sind mit Bezug zu Figuren 2 und 3 beschrieben.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Strömungsmaschine 210 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die Strömungsmaschine 210 ist eine Strömungsmaschine 210 für ein Brennstoffzellensystem 205 mit einem Brennstoffzellenstapel 206 für ein Fahrzeug 200a, 200b. Ein derartiges Brennstoffzellensystem 205 und ein derartiges Fahrzeug 200a, 200b sind mit Bezug zu Figur 1 beschrieben. Figur 2 wird unter Bezugnahme auf Figur 1 beschrieben.

Die Strömungsmaschine 210 ist dazu eingerichtet ist, den Brennstoffzellenstapel 206 (nicht in Figur 2 gezeigt, siehe Figur 1) kathodenseitig mit einem Luftstrom 240 zu beaufschlagen. Dafür weist die Strömungsmaschine 210 einen elektrischen Antrieb 215 und eine Verdichterstufe 220 mit einem von dem elektrischen Antrieb 215 antreibbaren Verdichterrad 216 zum Ansaugen von Zuluft 239, zum Verdichten der Zuluft 239 und zum Bereitstellen des Luftstroms 240 auf.

Die Strömungsmaschine 210 mit dem elektrischen Antrieb 215 und dem Verdichterrad 216 ist somit ein Kompressor 280 (siehe Figur 1). Die Strömungsmaschine 210 beziehungsweise der Kompressor 280 ist in Figur 2 nur schematisch gezeigt und kann dabei mehrstufig sein oder einstufig sein (siehe Figur 3) und dabei als Turbokompressor ausgebildet sein. In Figur 2 ist die Strömungsmaschine 210 ein zweitstufiger Kompressor 280.

Die Strömungsmaschine 280 weist eine Stufe 225, insbesondere eine zweite Verdichterstufe 221, auf. Die Verdichterstufe 220 und die zweite Verdichterstufe 221 sind strömungstechnisch seriell geschaltet. Mit anderen Worten wird der von der Verdichterstufe 220 bereitgestellte Luftstrom 240 der zweiten Verdichterstufe 221 zur weiteren Komprimierung zugeführt. Die zweite Verdichterstufe 221 ist dazu eingerichtet, den Brennstoffzellenstapel 206 mit dem abermals verdichteten

Luftstrom 240 zu beaufschlagen. Dafür weist die zweite Verdichterstufe 221 ein Schaufelrad 226 zum Ansaugen des Luftstrom 240, zum weiteren Verdichten des Luftstroms 240 und zum Bereitstellen des verdichteten Luftstroms 240 auf. Mit anderen Worten ist die zweite Verdichterstufe 221 stromabwärts der Verdichterstufe 220 angeordnet. Die Verdichterstufe 220 ist somit strömungstechnisch eine erste Verdichterstufe 220‘.

Wie in Figur 2 schematisch durch eine gepunktete Linie angedeutet, steht der elektrische Antrieb 215 in Wirkverbindung mit dem Verdichterrad 216 und dem Schaufelrad 226. Der elektrische Antrieb 215 ist dazu eingerichtet, mit elektrischer Energie 65 beaufschlagt zu werden, um die elektrische Energie 65 zu wandeln und eine Rotationsbewegung des Verdichterrads 216 und des Schaufelrads 226 zu erzielen. Bei dem Wandeln der elektrischen Energie 65 entsteht Wärme in und/oder an dem elektrischen Antrieb 215 und an einem Lager 217.

Die Strömungsmaschine 210 gemäß Figur 2 weist mehrere schematisch durch eine Box als Lager 217 illustrierte Lager auf. Das Lager 217 ist dazu eingerichtet, dass Verdichterrad 216 beziehungsweise eine Welle (nicht gezeigt) des Verdichterrads 216 und des Schaufelrads 226 drehbar zu lagern. Die Strömungsmaschine 210 beziehungsweise der elektrische Antrieb 215 definiert eine axiale Richtung A als eine Rotationsachse der Welle. Die Lagerung der rotierenden Welle erfordert in der Regel zwei Radiallager. Bei einer Drehung des Verdichterrads 216 und des Schaufelrads 226 entsteht Wärme in und/oder an dem Lager 217 beziehungsweise den Lagern 217. Das Lager 217 umfasst in vielen Fällen auch ein Axiallager, um die vom Verdichterrad 216 erzeugten Axialkräfte abzustützen. Der Druck hinter dem Verdichterrad 216 und hinter dem Schaufelrad 226 ist höher als vor einem jeweiligen Laufradeintritt; diese druckbeaufschlagte Fläche bewirkt eine Schubkraft, die auf die Welle und die Lager 217 übertragen wird. In dem Lager 217 entstehen ebenfalls Verluste, welche zur Erwärmung des Systems führen.

Die Strömungsmaschine 210 weist einen Ansaugabschnitt 230 zum Ansaugen der Zuluft 239 auf. Mit anderen Worten ist der Ansaugabschnitt 230 stromaufwärts des Verdichterrads 216 angeordnet. Stromabwärts des Verdichterrads 216 wird der Luftstrom 240 bereitgestellt.

Die Strömungsmaschine 210 weist in dem Ansaugabschnitt 230 ein Filter 222 auf. Der Filter 222 ist dabei spezifisch für eine Anwendung in einem Brennstoffzellensystem 205 eingerichtet. Der Filter 222 ermöglicht die effiziente Verwendung eines Radialverdichters als Strömungsmaschine 210. Der Filter 222 erzeugt einen Druckabfall in dem Ansaugabschnitt 230. Der Druckverlust beziehungsweise Druckabfall ist beispielsweise 3000 Pa bis 5000 Pa; bei niedrigen Betriebspunkten kann der Druckabfall auch kleiner sein.

Die Strömungsmaschine 210 weist einen von der Verdichterstufe 220 ausgehenden Leckageluftstrompfad 255 zum Führen eines Leckageluftstroms 256 auf. Die Verdichterstufe 220, von der der Leckageluftstrompfad 255 ausgeht, ist eine strömungstechnisch erste Verdichterstufe 220'. Der Leckageluftstrompfad 255 ist dazu eingerichtet, einen teilweise von dem Verdichterrad 216 beziehungsweise in der Verdichterstufe 220 komprimierten Teil der Luft derart abzuzweigen, dass die Luft als Leckageluftstroms 256 durch den Leckageluftstrompfad 255 geführt wird und nicht weiter komprimiert und dem Zuführabschnitt 240 zugeführt wird.

Der Leckageluftstrompfad 255 ist derart ausgebildet, dass der elektrische Antrieb 215 und das Lager 217 durch den Leckageluftstrom 256 kühlbar sind. Die Strömungsmaschine 210 weist ein Gehäuse 211 auf, wobei in dem Gehäuse 211 der elektrische Antrieb 215 angeordnet. Das Gehäuse 211 weist einen Lufteinlass 212 und einen Luftauslass 213 jeweils für den Leckageluftstrompfad 255 auf. Der Leckageluftstrom 256 ist über den Lufteinlass 212 dem elektrischen Antrieb 215 beziehungsweise in das Gehäuse 211 zum Kühlen des elektrischen Antriebs 215 und des Lagers 217 zuführbar, tauscht in dem Gehäuse 211 Wärme mit dem elektrischen Antrieb 215 und dem Lager 217 aus und transportiert die Wärme über den Luftauslass 213 wieder in den Leckageluftstrompfad 255 außerhalb des Gehäuses 211. Dafür kann der Leckageluftstrompfad 255 innerhalb des Gehäuses 211 einen dedizierten Abschnitt aufweisen und/oder durch eine Kammer, in der die Welle rotierbar angeordnet ist, geführt werden. Der elektrische Antrieb 215 ist, in der axialen Richtung A, wenigstens zur Hälfte zwischen dem Lufteinlass 212 und dem Luftauslass 213 angeordnet. In anderen nicht gezeigten Ausführungsbeispielen kann der elektrische Antrieb 215 ist, in der axialen Richtung A, zu weniger als die Hälfte

oder zu mehr als beispielsweise 60 %, mehr als 75 % oder mehr als 90 % zwischen dem Lufteinlass 212 und dem Luftauslass 213 angeordnet sein. Damit kann der Leckageluftstrom 256 über einen entsprechenden Abschnitt Wärme mit dem elektrischen Antrieb 215 tauschen und so zur Kühlung des elektrischen Antriebs 215 beitragen.

In einem anderen Ausführungsbeispiel weisen der elektrische Antrieb 215 und das Verdichterrad 216 ein gemeinsames Gehäuse auf (nicht gezeigt). Das mit Bezug zu dem Gehäuse 211 des elektrischen Antrieb gemäß Figur 2 beschriebene gilt dann analog für einen Gehäuseabschnitt des gemeinsamen Gehäuses.

Der Leckageluftstrompfad 255 gemäß Figur 2 ist dazu eingerichtet, mittels des Leckageluftstroms 256 die Strömungsmaschine 210 zu kühlen. Dazu weist die Strömungsmaschine 210 entsprechende den Leckageluftstrompfad 255 ausbildende Kanäle und/oder Öffnungen auf, die das Durchströmen des Leckageluftstrom 256 ermöglichen. Dabei ist der Leckageluftstrompfad 255 dazu eingerichtet, den elektrischen Antrieb 215 und das Lager 217 der Strömungsmaschine 210 zu kühlen. Dabei kann der Leckageluftstrompfad 255 insbesondere derart angeordnet sein, um einen Rotor und eine Lageraufnahme (nicht gezeigt) zur Aufnahme des Lagers 217 in einem Gehäuse 211 und/oder einem gemeinsamen Gehäuse (nicht gezeigt) der Strömungsmaschine 210 zu kühlen. Optional kann einen Stator und/oder eine Leistungselektronik des elektrischen Antriebs 215 gekühlt werden, die anderenfalls auch mit Wasser oder Glykol als Kühlmittel gekühlt werden können.

Wie in Figur 2 gezeigt mündet der Leckageluftstrompfad 255 in den Ansaugabschnitt 230. Der Leckageluftstrompfad 255 ist dazu eingerichtet, den Leckageluftstrom 256 in den Ansaugabschnitt 230 zuzuführen. Der Leckageluftstrom 256 ist somit stromaufwärts der Verdichterstufe 220 dem Ansaugabschnitt 230 beziehungsweise der zu komprimierenden Zuluft 239 zuführbar.

Der Leckageluftstrompfad 255 mündet stromabwärts des Filters 222 in den Ansaugabschnitt 230. Der Filter 222 erzeugt den Druckabfall und somit eine Druckdifferenz zwischen dem Ansaugabschnitt 230 und einer Umgebung, womit der Leckageluftstrom 256 angesaugt wird.

Die Strömungsmaschine 210 weist einen von der Stufe 225 beziehungsweise der zweiten Verdichterstufe 221 ausgehenden zweiten Leckageluftstrompfad 257 zum Führen eines zweiten Leckageluftstroms 258 auf. Der zweite Leckageluftstrompfad 257 ist derart ausgebildet, dass der elektrische Antrieb 215 und das Lager 217 durch den zweiten Leckageluftstrom 258 kühlbar sind. Dafür weist das Gehäuse 211 einen zweiten Lufteinlass 214 auf. Der elektrische Antrieb 215 ist in axialer Richtung A zwischen dem Lufteinlass 212 und dem zweiten Lufteinlass 214 angeordnet. Der zweiten Leckageluftstrom 258 kann somit von der Stufe 225 als ein nicht oder teilweise durch die Stufe 225 komprimierter Teil des Luftstroms 240 abgezweigt werden.

Der Leckageluftstrompfad 256 und der zweite Leckageluftstrompfad 258 münden ineinander. Dafür werden der Leckageluftstrompfad 256 und der zweite Leckageluftstrompfad 258 innerhalb des Gehäuses 211 zusammengeführt und über den Luftauslass 213 als Leckageluftstrompfad 256 dem Ansaugabschnitt 230 zugeführt.

Die Strömungsmaschine 210 kann ein Regelventil 228 zum Regeln des den Leckageluftstrompfad 255 durchströmenden Leckageluftstroms 256 aufweisen. Das Regelventil 228 ist mit einem Steuergerät (nicht gezeigt) der Strömungsmaschine 210 oder des Brennstoffzellensystems 205 kommunikationstechnisch verbunden, um Signale zum Regeln und/oder Steuern des Sekundärstroms 226 zu empfangen. Damit kann zusätzlich zu dem Ansaugen der Zuluft 239 durch das Verdichterrad 216 der Leckageluftstrom 256 eingestellt werden.

Figur 3 eine schematische Darstellung einer Strömungsmaschine 210 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Figur 2 wird unter Bezugnahme auf Figuren 1 und 2 beschrieben. Dabei werden Unterschiede zwischen der Strömungsmaschine 210 gemäß Figur 2 und der Strömungsmaschine 210 gemäß Figur 3 beschrieben.

Die Strömungsmaschine 210 gemäß Figur 3 weist die Verdichterstufe 220 mit dem Verdichterrad 216 auf und bildet so den Kompressor 280 aus. Ferner weist die Strömungsmaschine 210 einen Expander 270 auf. Der Kompressor 280 stellt den

Luftstrom 240 in dem Zuführabschnitt 240 bereit. Der Zuführabschnitt 240 kann beispielsweise mit einem kathodenseitigen Einlass (nicht gezeigt) des Brennstoffzellenstapels 206 fluidtechnisch verbunden zu sein, um den Brennstoffzellenstapel 206 mit dem Luftstrom 240 beaufschlagen zu können. Die Strömungsmaschine 210 weist einen von der Verdichterstufe 220 ausgehenden Leckageluftstrompfad 255 zum Führen eines Leckageluftstroms 256 auf wie mit Bezug zu Figur 2 beschrieben.

Der Expander 270 gemäß Figur 3 ist dazu eingerichtet, mit einem Abgasstrom 245 beaufschlagt zu werden. Dafür weist die Strömungsmaschine 210 einen Expandereinlass 271 auf, der dazu eingerichtet sein kann, mit einem kathodenseitigen Auslass (nicht gezeigt) des Brennstoffzellenstapels fluidtechnisch verbunden zu sein, um von dem Brennstoffzellenstapel 206 mit dem Abgasstrom 245 beaufschlagt werden zu können. Der Expander 270 weist einen Expanderauslass 275 auf, um aus der Expansion des Abgasstroms 245 resultierende Abluft 246 abzugeben.

Das Verdichterrad 216 und das als ein Expanderrad ausgebildete Schaufelrad 226 können auf einer gemeinsamen Welle (nicht gezeigt) angeordnet sein, dass eine gemeinsame zu kühlende Lagerung durch das Lager 217 ermöglicht. Der Expander 270 ist als eine Expanderstufe 223 der Strömungsmaschine 210 ausgebildet.

Die Strömungsmaschine 210 weist einen von der als Expanderstufe 223 ausgebildeten Stufe 225 ausgehenden zweiten Leckageluftstrompfad 257 zum Führen eines zweiten Leckageluftstroms 258 auf wie mit Bezug zu der Stufe 225 in Figur 2 beschrieben.

Bezugszeichen (Teil der Beschreibung)

65	elektrische Energie
200a	Fahrzeug
200b	Nutzfahrzeug
205	Brennstoffzellensystem
206	Brennstoffzellenstapel
210	Strömungsmaschine
211	Gehäuse
212	Lufteinlass
213	Luftauslass
214	zweiter Lufteinlass
215	elektrischer Antrieb der Strömungsmaschine
216	Verdichterrad
217	Lager
220	Verdichterstufe
220‘	strömungstechnisch erste Verdichterstufe
221	Verdichterstufe
222	Filter
223	Expanderstufe
225	Stufe
226	Schaufelrad
228	Regelventil
230	Ansaugabschnitt
232	Zuführabschnitt
239	Zuluft
240	Luftstrom
245	Abgasstrom
246	Abluft
250	elektrischer Antrieb des Fahrzeugs
255	Leckageluftstrompfad
256	Leckageluftstrom
257	zweiter Leckageluftstrompfad
258	zweiter Leckageluftstrom

260	Energiespeichervorrichtung
270	Expander
271	Expandereinlass
275	Expanderauslass
280	Verdichter
A	axiale Richtung

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine (210) für ein Brennstoffzellensystem (205) mit einem Brennstoffzellenstapel (206) für ein Fahrzeug (200a), insbesondere Nutzfahrzeug (200b), wobei
- die Strömungsmaschine (210) dazu eingerichtet ist, den Brennstoffzellenstapel (206) kathodenseitig mit einem Luftstrom (240) zu beaufschlagen,
- die Strömungsmaschine (210) einen Ansaugabschnitt (230) zum Ansaugen von Zuluft (239), einen Zuführabschnitt (232), einen elektrischen Antrieb (215), eine Verdichterstufe (220) mit mindestens einem von dem elektrischen Antrieb (215) antreibbaren Verdichterrad (216) zum Ansaugen von Zuluft (239) aus dem Ansaugabschnitt (230) und zum Bereitstellen des Luftstroms (240) in dem Zuführabschnitt (232) und ein Lager (217) zum drehbaren Lagern des Verdichterrads (216) aufweist,
- die Strömungsmaschine (210) einen von der Verdichterstufe (220) ausgehenden Leckageluftstrompfad (255) zum Führen eines Leckageluftstroms (256) aufweist, und
- der Leckageluftstrompfad (255) derart ausgebildet ist, dass der elektrische Antrieb (215) und/oder das Lager (217) durch den Leckageluftstrom (256) kühlbar ist, und der Leckageluftstrompfad (255) in den Ansaugabschnitt (230) mündet.

2. Strömungsmaschine (210) nach Anspruch 1, wobei die Strömungsmaschine (210) einen in dem Absaugabschnitt (230) angeordneten Filter (222) aufweist.

3. Strömungsmaschine (210) nach Anspruch 2, wobei der Leckageluftstrompfad (255) stromabwärts des Filters (222) in den Ansaugabschnitt (230) mündet.

4. Strömungsmaschine (210) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Strömungsmaschine (210) mehrere strömungstechnisch seriell geschaltete Verdichterstufen (220, 221) aufweist, und die Verdichterstufe (220), von der der Leckageluftstrompfad (255) ausgeht, eine strömungstechnisch erste Verdichterstufe (220') ist.

5. Strömungsmaschine (210) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
- die Strömungsmaschine (210) eine Stufe (225) mit mindestens einem Schaufelrad (226) aufweist, wobei

- die Strömungsmaschine (210) einen von der Stufe (225) ausgehenden zweiten Leckageluftstrompfad (257) zum Führen eines zweiten Leckageluftstroms (258) aufweist, und
- der zweite Leckageluftstrompfad (257) derart ausgebildet ist, dass der elektrische Antrieb (215) und/oder das Lager (217) durch den zweiten Leckageluftstrom (258) kühlbar ist.

6. Strömungsmaschine (210) nach Anspruch 5, wobei der Leckageluftstrompfad (256) und der zweite Leckageluftstrompfad (258) ineinander münden.

7. Strömungsmaschine (210) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Strömungsmaschine (210) ein Gehäuse (211) aufweist, in dem Gehäuse (211) der elektrische Antrieb (215) angeordnet ist, das Gehäuse (211) einen Lufteinlass (212) und einen Luftauslass (213) jeweils für den Leckageluftstrompfad (255) aufweist, und der elektrische Antrieb (215), in einer axialen Richtung (A), wenigstens zur Hälfte zwischen dem Lufteinlass (212) und dem Luftauslass (213) angeordnet ist.

8. Strömungsmaschine (210) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Strömungsmaschine (210) ein Regelventil (228) zum Regeln des Leckageluftstroms (256) aufweist.

9. Brennstoffzellensystem (205) für ein Fahrzeug (200a), insbesondere Nutzfahrzeug (200b), umfassend einen Brennstoffzellenstapel (206) und eine Strömungsmaschine (210) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Strömungsmaschine (210) dazu eingerichtet ist, den Brennstoffzellenstapel (206) kathodenseitig mit einem Luftstrom (240) zu beaufschlagen.

10. Fahrzeug (200a), insbesondere Nutzfahrzeug (200b), umfassend das Brennstoffzellensystem (205) nach Anspruch 9.

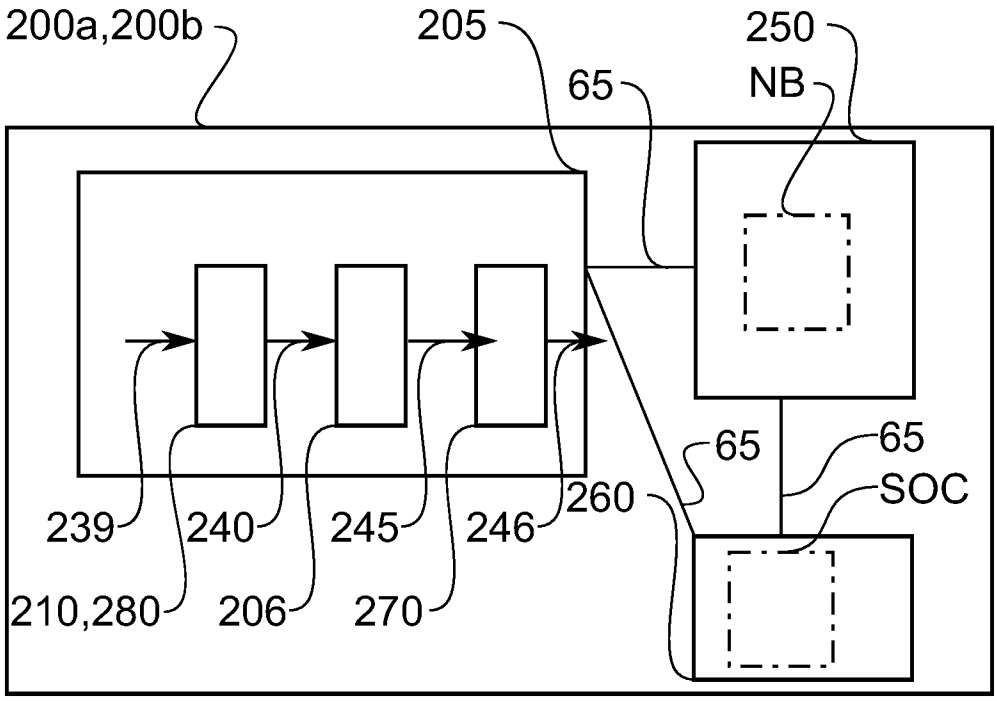

200a,200b
205
65
250
NB
65
65
SOC
260
239
240
245
246
210,280
206
270

Fig. 1

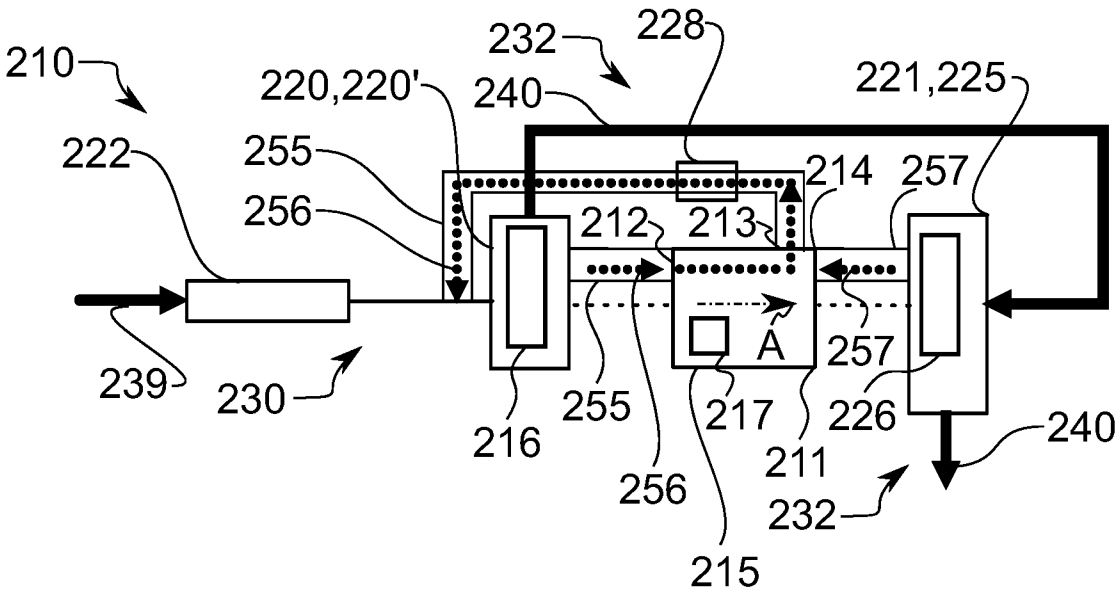

210
222
239
230
220,220'
255
256
232
240
228
212
213
214
257
221,225
A
257
255
216
217
226
240
211
232
256
215

Fig.2

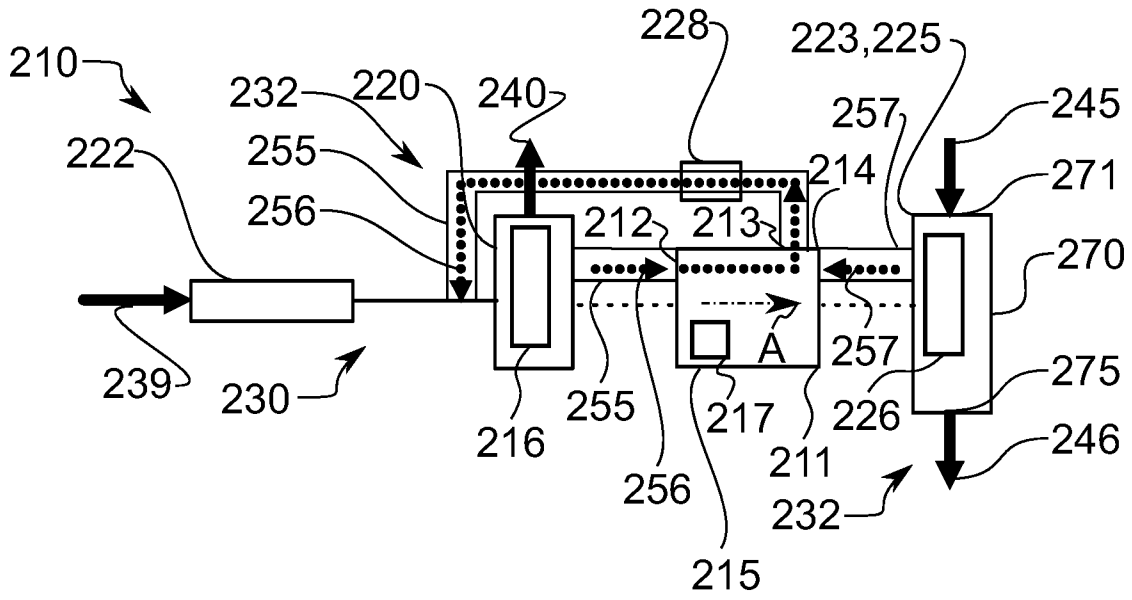

210
232
220
240
228
223,225
257
245
222
255
256
214
271
212
213
270
A
257
239
230
216
255
217
226
275
246
211
256
232
215

Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2024/059272

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D 17/10(2006.01)i; ***F04D 17/12***(2006.01)i; ***F04D 25/06***(2006.01)i; ***F04D 29/056***(2006.01)i; ***F04D 29/58***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2023049251 A1 (NIU PENGFEI [CN] ET AL) 16 February 2023 (2023-02-16) paragraphs [0003], [0043], [0077], [0080], [0091], [0098], [0103] - [0109] figures 2-6	1-10
X	CN 218235570 U (BORGWARNER INC) 06 January 2023 (2023-01-06) figures 1-5	1-10
X	CN 111365298 A (HAIDE WEIER TAICANG ENERGY TECH CO LTD) 03 July 2020 (2020-07-03) figure 1	1-10
X	US 2021293253 A1 (CHAVEZ CASTELLANOS CARLOS [US] ET AL) 23 September 2021 (2021-09-23) paragraphs [0021], [0031], [0035], [0041] - [0043] figures 1-3	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 June 2024	**19 June 2024**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands (Kingdom of the)** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **De Tobel, David** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/059272

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2023049251 A1	16 February 2023	CN 112503025 A	16 March 2021
		EP 4067669 A1	05 October 2022
		US 2023049251 A1	16 February 2023
		WO 2021170088 A1	02 September 2021
CN 218235570 U	06 January 2023	CN 117469195 A	30 January 2024
		CN 218235570 U	06 January 2023
		DE 102023117621 A1	01 February 2024
		DE 202022104248 U1	02 November 2023
		JP 2024019010 A	08 February 2024
		KR 20240015599 A	05 February 2024
		US 2024035395 A1	01 February 2024
CN 111365298 A	03 July 2020	NONE	
US 2021293253 A1	23 September 2021	CN 113482973 A	08 October 2021
		EP 3882468 A1	22 September 2021
		JP 2021148121 A	27 September 2021
		US 2021293253 A1	23 September 2021

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/059272

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F04D17/10 F04D17/12 F04D25/06 F04D29/056 F04D29/58
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F04D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2023/049251 A1 (NIU PENGFEI [CN] ET AL) 16. Februar 2023 (2023-02-16) Absätze [0003], [0043], [0077], [0080], [0091], [0098], [0103] - [0109] Abbildungen 2-6	1-10
X	CN 218 235 570 U (BORGWARNER INC) 6. Januar 2023 (2023-01-06) Abbildungen 1-5	1-10
X	CN 111 365 298 A (HAIDE WEIER TAICANG ENERGY TECH CO LTD) 3. Juli 2020 (2020-07-03) Abbildung 1	1-10

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. Juni 2024	19/06/2024

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	De Tobel, David

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/059272

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2021/293253 A1 (CHAVEZ CASTELLANOS CARLOS [US] ET AL) 23. September 2021 (2021-09-23) Absätze [0021], [0031], [0035], [0041] - [0043] Abbildungen 1-3 -----	1-10

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/059272

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2023049251 A1	16-02-2023	CN 112503025 A	16-03-2021
		EP 4067669 A1	05-10-2022
		US 2023049251 A1	16-02-2023
		WO 2021170088 A1	02-09-2021
CN 218235570 U	06-01-2023	CN 117469195 A	30-01-2024
		CN 218235570 U	06-01-2023
		DE 102023117621 A1	01-02-2024
		DE 202022104248 U1	02-11-2023
		JP 2024019010 A	08-02-2024
		KR 20240015599 A	05-02-2024
		US 2024035395 A1	01-02-2024
CN 111365298 A	03-07-2020	KEINE	
US 2021293253 A1	23-09-2021	CN 113482973 A	08-10-2021
		EP 3882468 A1	22-09-2021
		JP 2021148121 A	27-09-2021
		US 2021293253 A1	23-09-2021