

(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
11. August 2016 (11.08.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/124575 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 8/04298 (2016.01) H01M 8/04746 (2016.01)
H01M 8/04089 (2016.01) H01M 8/04223 (2016.01)
H01M 8/04111 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/052152

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Februar 2016 (02.02.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 202 088.6
5. Februar 2015 (05.02.2015) DE

(71) Anmelder: VOLKSWAGEN AG [DE/DE]; Berliner Ring
2, 38440 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder: GRUNDEL, Daniel; Meinstraße 14a, 38110
Braunschweig (DE). KLEPPA, Oliver; Scheffelfeld 21,
30657 Hannover (DE).

(74) Anwalt: GULDE & PARTNER PATENT- UND
RECHTSANWALTSKANZLEI MBB; Wallstr. 58/59,
10179 Berlin (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, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING A FUEL CELL SYSTEM

(54) Bezeichnung : BRENNSTOFFZELLENSYSTEM UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES SOLCHEN

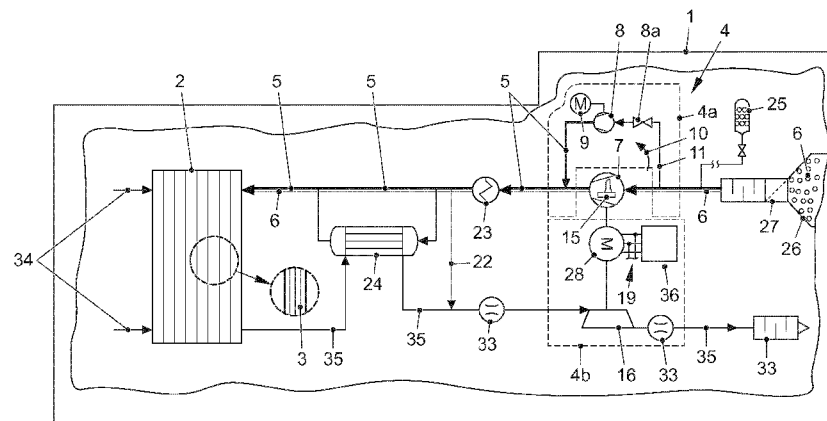


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to a fuel cell system having at least one fuel cell stack with cathode spaces and at least one cathode gas supply, comprising a cathode gas supply pathway for supply of a cathode operating gas to the cathode spaces and at least one first compressor disposed in the cathode gas supply pathway. It is envisaged that the fuel cell system has at least one second compressor, the second compressor having an electrical drive, and taking the form of a parallel circuit together with the first compressor.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellensystem mit mindestens einem Brennstoffzellenstapel mit Kathodenräumen und mindestens einer Kathodengasversorgung, umfassend einen Kathodengasversorgungspfad zur Zuführung eines Kathodenbetriebsgases in die Kathodenräume und mindestens einen im Kathodengasversorgungspfad angeordneten ersten Verdichter. Es ist vorgesehen, dass das Brennstoffzellensystem, mindestens einen zweiten Verdichter aufweist, wobei der zweite Verdichter einen elektrischen Antrieb aufweist, und zusammen mit dem ersten Verdichter als Parallelschaltung ausgebildet ist.



WO 2016/124575 A1

Beschreibung

Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Betrieb eines solchen

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem mit mindestens einem Brennstoffzellenstapel mit Kathodenräumen und mindestens einer Kathodengasversorgung, die einen Kathodengasversorgungspfad zur Zuführung eines Kathodenbetriebsgases in die Kathodenräume umfasst. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems, das mindestens einen Brennstoffzellenstapel mit Kathodenräumen und mindestens eine Kathodengasversorgung umfasst.

Brennstoffzellen nutzen die chemische Umsetzung eines Brennstoffs mit Sauerstoff zu Wasser, um elektrische Energie zu erzeugen. Hierfür enthalten Brennstoffzellen als Kernkomponente die sogenannte Membran-Elektroden-Einheit (MEA für membrane electrode assembly), die ein Verbund aus einer Ionen leitenden, insbesondere Protonen leitenden Membran und jeweils einer beidseitig an der Membran angeordneten Elektrode (Anode und Kathode) ist. Im Betrieb der Brennstoffzelle wird der Brennstoff, insbesondere Wasserstoff H_2 oder ein wasserstoffhaltiges Gasgemisch, der Anode zugeführt, wo eine elektrochemische Oxidation unter Abgabe von Elektronen stattfindet ($H_2 \rightarrow 2 H^+ + 2 e^-$). Über die Membran, welche die Reaktionsräume gasdicht voneinander trennt und elektrisch isoliert, erfolgt ein (wassergebundener oder wasserfreier) Transport der Protonen H^+ aus dem Anodenraum in den Kathodenraum. Die an der Anode bereitgestellten Elektronen e^- werden über eine elektrische Leitung der Kathode zugeleitet. Der Kathode wird Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gasgemisch zugeführt, sodass eine Reduktion des Sauerstoffs unter Aufnahme der Elektronen stattfindet ($\frac{1}{2} O_2 + 2 e^- \rightarrow O^{2-}$). Gleichzeitig reagieren im Kathodenraum diese Sauerstoffanionen mit den über die Membran transportierten Protonen unter Bildung von Wasser ($2 H^+ + O^{2-} \rightarrow H_2O$).

Um Wasserstoff oder andere Prozessflüssigkeiten, wie Gase, Kühlmittel, Umgebungsluft oder gefilterte Luft zu transportieren, ist ein Einsatz von Verdichtern, zum Beispiel Turboladern, in Brennstoffzellensystemen bekannt.

DE 101 20 947 A1, DE 10 2004 051 359 A1 und DE 10 2010 035 727 A1 beschreiben jeweils Brennstoffzellensysteme mit einer zweistufigen Verdichtung des Kathodengases. Offenbart wird insbesondere, die erste Verdichterstufe durch elektromotorischen Antrieb zu realisieren und die zweite Stufe durch einen Abgasturbolader, bei dem der in der Kathodengasversorgungsleitung

angeordnete Verdichter mit einer in der Abgasleitung angeordneten Turbine gekoppelt ist. Dabei können gemäß DE 10 2010 035 727 A1 diese Stufen auch in einer einzigen Maschine zusammengefasst werden. Zudem beschreibt DE 10 2010 035 727 A1 eine Rückeinspeisung feuchten Abgases in die Zuluft der Brennstoffzelle zwischen die beiden Verdichterstufen, um unter anderem eine Befeuchtung zu erzielen.

DE 198 56 499 C1 beschreibt ein Brennstoffzellensystem, dessen Kathodenbetriebsgas einer zweistufigen Verdichtung unterzogen wird, wobei eine erste Verdichterstufe als Abgasturbolader ausgebildet ist, der Verdichter also über eine von dem Kathoden- und/oder Anodenabgas angetriebene Abgasturbine angetrieben wird, und die zweite Verdichterstufe einen elektromotorisch angetriebenen Verdichter umfasst. Zwischen den beiden Verdichterstufen wird das Kathodenbetriebsgas durch Wassereinspritzung befeuchtet.

Die DE10 2011 115 846 A1 offenbart in Absatz [0038] eine Brennstoffzelleneinrichtung, die einen Turbolader mit einem Verdichter mit einer ersten Turbine und einer zweiten Turbine umfasst. Die Schrift lehrt damit insbesondere, wie ein Verdichter über zwei Turbinen anzutreiben ist, um den Ladedruck für das Kathodenbetriebsgas eines Brennstoffzellenstapels zu verdichten.

Auch die Steuerung und Regelung von Verdichtern zur kontrollierten Zufuhr von Kathodenbetriebsgas in Richtung einer Brennstoffzelle ist bekannt. Die WO 2010/020332A1 offenbart hierzu insbesondere, wie ein Gasstrom durch eine Sensoreinrichtung einem Verdichter zugeführt wird. Ferner zeigt sie, den Abluftstrom des Verdichters mittels eines Ventilelements zu vermessen. Die Kenntnis von Zufuhr- und Abfuhrstrom charakterisieren den Betriebszustand des Verdichters. Dessen Kenntnis ermöglicht eine optimale Regelung von Zufuhr- und Abluftströmen von Brennstoffzellen.

Die DE 100 24 570 A1 zeigt den Verbau zweier Verdichter auf einer gemeinsamen Welle. Dabei sind ein Verdichter im Kathodengasversorgungspfad (Kathodenzustromweg) und der zweite Verdichter im Kathodenabgasströmungsweg verbaut.

Nachteilig am bekannten Stand der Technik sind insbesondere die Baugrößen vorhandener Brennstoffzellensysteme. Denn diese hängen unter anderem von den Baugrößen verbauter Verdichter ab. Verdichter, deren Bauraum für den Einsatz in Brennstoffzellensystemen ausgelegt ist, sind nicht bekannt. Vorhandene Verdichter dimensionieren die Brennstoffzellen aufgrund ihrer Größe über. Die Überdimensionierung von Brennstoffzellen erhöht deren Preis

und resultiert im Verlust von Reaktionszeiten. Der Dynamikumfang der Brennstoffzelle ist nachteilig. Weil die Verdichter nicht auf einen Einsatz in Brennstoffzellen ausgelegt sind, laufen diese auch nicht im optimalen Betriebspunkt.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Brennstoffzellensystem vorzuschlagen, das diese Nachteile zumindest teilweise beseitigt. Diese Aufgaben werden auch teilweise oder vollständig durch ein Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems mit mindestens einem Brennstoffzellenstapel mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Bei einem Brennstoffzellensystem mit mindestens einem Brennstoffzellenstapel mit Kathodenräumen und mindestens einer Kathodengasversorgung, umfassend einen Kathodengasversorgungspfad zur Zuführung eines Kathodenbetriebsgases in die Kathodenräume und mindestens einen im Kathodengasversorgungspfad angeordneten ersten Verdichter, wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass das Brennstoffzellensystem mindestens einen zweiten Verdichter aufweist, wobei der zweite Verdichter einen elektrischen Antrieb aufweist und zusammen mit dem ersten Verdichter als Parallelschaltung ausgebildet ist.

Dadurch, dass das Brennstoffzellensystem mindestens einen zweiten Verdichter aufweist, wobei der zweite Verdichter einen elektrischen Antrieb aufweist und zusammen mit dem ersten Verdichter als Parallelschaltung ausgebildet ist, kann der zweite Verdichter als sogenannter ‚e- Booster‘ verwendet werden. Ein ‚e-Booster‘ dient insbesondere als variables Leistungsaggregat. Der ‚e-Booster‘ kann vorteilhafter Weise zugeschaltet werden, wenn die Dynamikanforderungen eines Start-Stopp-Betriebes des Brennstoffzellensystems schnell eine hohe Änderung des Ladedrucks des Kathodenbetriebsgases erfordern. Ferner ist der ‚e-Booster‘, also der elektrisch angetriebene Verdichter kleiner Baugröße, bei hohen Lastanforderungen dem ersten Verdichter zuschaltbar, sodass dem Brennstoffzellenstapel ein erhöhter Ladedruck bereitgestellt wird. Weil der ‚e-Booster‘ klein ausgelegt ist, sind seine trägen Rotationsmassen gering. Weil sie gering sind, beschleunigt ein Antrieb des ‚e-Boosters‘ diesen schnell auf eine hohe Drehzahl, sodass schnell ein hoher Ladedruck zur Verfügung gestellt wird. Die geringen trägen Rotationsmassen des ‚e-Boosters‘ erhöhen dessen Dynamikumfang somit gegenüber dem des ersten Verdichters. Der erste Verdichter kann durch die Kombination mit dem ‚e-Booster‘ kleiner ausgelegt werden. Somit werden Gewicht und damit Kosten, insbesondere beim Einsatz von Brennstoffzellensystemen im Fahrzeugbau, reduziert.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der zweite Verdichter in einem den ersten Verdichter umlaufenden Bypass angeordnet. In einem Dauerbetrieb kann vorteilhafter Weise somit ein

Kathodenbetriebsgas auch unter Umgehung des ersten Verdichters der Brennstoffzelle zugeführt werden.

Vorzugsweise ist die träge Rotationsmasse des ersten Verdichters größer als die träge Rotationsmasse des zweiten Verdichters. Hierdurch ist es möglich, den langsamen Druckaufbau des ersten Verdichters durch den schnellen Druckaufbau des zweiten Verdichters auszugleichen.

Um das langsame Anpassen des Ladedrucks, den der erste Verdichter erzeugt, auszugleichen, ist vorteilhafter Weise der Wirkungsgrad des ersten Verdichters geringer als der Wirkungsgrad des zweiten Verdichters.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist ein geförderter Massenstrom des ersten Verdichters größer als der geförderte Massenstrom des zweiten Verdichters. Dadurch kann die Parallelschaltung der beiden Verdichter derart ausgelegt werden, dass der zweite Verdichter um den optimalen Betriebspunkt des ersten Verdichters zu- oder abgeschaltet wird. Damit kann der erste Verdichter, also der Hauptverdichter, immer in einem optimierten geringeren Betriebspunkt laufen. Der Hauptverdichter kann somit für kleinere Lasten ausgelegt werden und arbeitet somit in Betriebsbereichen kleinerer Leistung vergleichsweise effizienter.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind der erste Verdichter in einem ersten Stromnetzwerk und der zweite Verdichter in einem zweiten Stromnetzwerk angeordnet. Dies hat im Fahrzeugbereich den Vorteil, dass der zweite Verdichter beispielsweise an das Niederstromnetzwerk, zum Beispiel ein 12V- oder ein 48V-Netzwerk, angeschlossen werden kann, während der erste Verdichter durch ein Hochvoltnetz gespeist werden kann.

Die Aufgabe wird in einem weiteren Aspekt der Erfindung von einem Verfahren gelöst. Das Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems löst die Aufgabe dadurch, dass mindestens ein zweiter Verdichter geschaltet wird, um den Druck des Kathodenbetriebsgases über Umgebungsdruck zu erhöhen. Durch ein derartiges Verfahren lässt sich insbesondere das Turboloch des ersten Verdichters überbrücken. Zusätzlich kann der zweite Verdichter im unteren Lastbereich alleine betrieben werden, wenn lediglich kleine Kathodenbetriebsgasmassenströme von dem Brennstoffzellenstapel angefordert werden.

Dabei kann zumindest ein weiterer Verfahrensschritt zusätzlich oder alternativ in beliebiger Anzahl und Reihenfolge durchgeführt werden. So kann der zweite Verdichter abgeschaltet

werden, wenn der erste Verdichter dessen Betriebsleistung erreicht. Ferner kann der zweite Verdichter abgeschaltet werden, um den Hochlauf des ersten Verdichters zu unterstützen, bis dieser seinen Betriebspunkt erreicht.

Die verschiedenen, in dieser Anmeldung genannten Ausführungsformen der Erfindung sind, sofern im Einzelfall nicht anders ausgeführt, mit Vorteil miteinander kombinierbar.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems,
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems mit einem ersten und zweiten Verdichter in Serienschaltung,
- Figur 3 ein Schnittbild entlang der Schnittlinie IIIa – IIIa beziehungsweise IIIb – IIIb,
- Figur 4 ein Brennstoffzellensystem mit einem ersten Verdichter und einem zweiten Verdichter in einer Parallelschaltung,
- Figur 5 eine schematische Vergrößerung des Kathodengasversorgungspfads, und
- Figur 6 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung mit einer Parallelschaltung von zwei zweiten Verdichtern mit einem ersten Verdichter.

Figur 1 zeigt ein Brennstoffzellensystem 1, welches zum Beispiel in einem nicht weiter dargestellten Fahrzeug Verwendung findet. Dieses Fahrzeug ist üblicher Weise ein Elektrofahrzeug (nicht dargestellt), welches einen Elektrotraktionsmotor (nicht dargestellt) aufweist. Dieser Elektrotraktionsmotor wird durch das Brennstoffzellensystem 1 mit elektrischer Energie versorgt.

Das Brennstoffzellensystem 1 umfasst als Kernkomponente einen Brennstoffzellenstapel 2, der eine Vielzahl von in Stapelform angeordneten Einzelzellen aufweist. Jede Einzelzelle umfasst jeweils einen Anodenraum sowie einen Kathodenraum 3, welche von einer ionenleitfähigen Polymerelektrolytmembran voneinander getrennt sind (siehe Detailausschnitt). Der Anoden- und Kathodenraum 3 umfasst jeweils eine katalytische Elektrode, die Anode beziehungsweise die Kathode (nicht dargestellt), welche die jeweilige Teilreaktion der Brennstoffzellenumsetzung katalysiert. Zwischen zwei solchen Membran-Elektroden-Einheiten ist ferner jeweils eine angedeutete Bipolarplatte angeordnet, welche der Zuführung der Betriebsmedien in die Anoden- und Kathodenräume 3 dient und ferner die elektrische Verbindung zwischen den einzelnen Brennstoffzellen herstellt.

Um den Brennstoffzellenstapel 2 mit den Betriebsgasen zu versorgen, weist das Brennstoffzellensystem 1 einerseits eine Anodengasversorgung 34 und andererseits eine Kathodenversorgung 4 auf.

Die Kathodengasversorgung 4 umfasst einen Kathodenversorgungspfad 5, welcher den Kathodenräumen 3 des Brennstoffzellenstapels 2 ein sauerstoffhaltiges Kathodenbetriebsgas 6 zuführt, insbesondere Luft, die aus der Umgebung angesaugt wird. Die Kathodengasversorgung 4 umfasst ferner einen Kathodenabgaspfad 35, welcher das Kathodenabgas (insbesondere die Abluft) aus den Kathodenräumen 3 des Brennstoffzellenstapels 2 abführt.

Zum Betrieb des Brennstoffzellenstapels 2 benötigt dieser ein Kathodenbetriebsgas 6. Das Kathodenbetriebsgas 6 wird entlang eines Kathodengasversorgungspfades 5 dem Brennstoffzellenstapel 2 von einem ersten Verdichter 7 zugeführt. Dieser erste Verdichter 7 wird entweder von einem Gasspeicher 25 mit Kathodenbetriebsgas 6 versorgt oder ist in der üblichen Ausführungsform an die Umgebung mittels eines Ansaugstutzens 26 und eines Filters 27 angeschlossen. Der erste Verdichter 7 ist im dargestellten Beispiel als elektrisch angetriebener Turbolader (ETL) ausgeführt. Der ETL unterstützt den an einen Elektromotor 28 angeschlossenen ersten Verdichter 7. Damit kann der erste Verdichter 7 mit zusätzlichem Drehmoment versorgt werden.

Der erste Verdichter 7 ist erfindungsgemäß einem zweiten Verdichter 8 parallel geschaltet 10. Um ein durch den zweiten Verdichter geführten Massestrom zu steuern, ist die Parallelschaltung 10 mit einem Ventil 8a versehen, dessen Stellregelung ein Zuführen von Kathodenbetriebsgas 6 in den Parallelstrang des zweiten Verdichters 8 ermöglicht. Der Betrieb

des Brennstoffzellensystems 1 wird also durch die Kathodengasversorgung 4, 4a, 4b gesichert. Die Kathodengasversorgung 4 umfasst somit unter anderem den Abgasturbolader 7 mit Turbine 16 und elektrischem Zusatzantrieb 36 und einen diesem Abgasturbolader mit elektrischen Antrieb 28 parallel zugeschalteten zweiten kleinen Verdichter 8 mit Ventil 8b, den sogenannten ‚e-Booster‘. Der ‚e-Booster‘ wird in den Druckaufbau des Kathodengasversorgungspfad 5 zugeschaltet, wenn in den Kathodenräumen 3 des Brennstoffzellenstapels 2 ein erhöhter Kathodenbetriebsgasdruck angefordert wird. Der ‚e-Booster‘ wird von einem eigenen elektrischen Antrieb 9 angetrieben, ebenso wie der erste Verdichter, der Hauptverdichter, hier ein Turbolader. Zur Regelung von Druck- beziehungsweise Massenstrom befindet sich im Abgasstrom ein Regelorgan, beispielsweise eine Drosselklappe 33.

Grundsätzliche Ziele einer Verwendung von Turboladern in Brennstoffzellensystemen sind eine Regelung des Sauerstoffstroms, zum Beispiel in Abhängigkeit des Leistungsabrufs einer Brennstoffzelle. Der geregelte Abruf von Leistung aus der Brennstoffzelle ist insbesondere für den mobilen Einsatz von Brennstoffzellen wichtig. Ein Beispiel für den mobilen Einsatz ist eine elektromotorische Traktion von Fahrzeugen. Unter anderem werden Turbolader als Abgasturbolader und elektrisch angetriebene Turbolader (ETL / ETC) bekannter Weise verwendet. Abgasturbolader verwenden einen Teil eines Abgasstroms in einer Turbine zur Erzeugung eines Drehmoments. Das Drehmoment wird zur Unterstützung des Antriebs beziehungsweise des Antriebs des Turboladers übertragen, sodass Abgasturbine und Verdichter zusammen mit einer zwischen ihnen vorhandenen Drehmomentübertragung den Abgasturbolader bilden. Elektrisch angetriebene Turbolader verfügen über einen elektrischen Antrieb, dessen Drehmoment den Turbolader antreibt.

Elektrisch angetriebene Turbolader ermöglichen eine flexiblere Ladedruckregelung. Eine Einstellung des optimalen Ladedruckes bei Teillastlauf ist mit ihnen gegeben. Der Ladedruck ist unter anderem von der Ladegastemperatur und der Verdichterleistung abhängig. Ein elektrischer Antrieb von Turboladern erfolgt meist aufgrund der trägen Rotationsmassen von Turboladern. Die Kräfte eines Abgasstroms von Brennstoffzellen reichen meist nicht aus, um die Rotationsmassen zügig zu beschleunigen. Zu den trägen Rotationsmassen von Turboladern beziehungsweise Verdichtern zählen unter anderem die Massen ihrer Laufschaufeln und Wellen. Auch Verbindungselemente, die Laufschaufeln und Wellen miteinander verbinden, können zur trägen Rotationsmasse gezählt werden.

Um einen Brennstoffzellenstapel mit seinen Betriebsmedien, also den Reaktanten zu versorgen, weist dieser einerseits eine Anodenversorgung und andererseits eine

Kathodenversorgung auf. Die Anodenversorgung umfasst einen Anodenversorgungspfad zur Zuführung eines Anodenbetriebsgases in die Anodenräume des Stapels und einen Anodenabgaspfad zur Abführung eines Anodenabgases aus den Anodenräumen, zum Beispiel in Richtung eines Abgasturboladers.

Figur 2 zeigt ein nicht der vorliegenden Erfindung zugehöriges Brennstoffzellensystem 1 in einer Ausführungsform mit serieller Verschaltung des ersten Verdichters 7 und des zweiten Verdichters 8. Durch die serielle Verschaltung des zweiten Verdichters 8 vor den ersten Verdichter 7 verdichtet dieser das Kathodenbetriebsgas 6 beziehungsweise ein Betriebsmedium 29, wie zum Beispiel Umgebungsluft oder oxidierende Gase, vor. Damit kann das vorverdichtete Kathodenbetriebsgas 6 vom ersten Verdichter schneller auf Betriebsdruck verdichtet werden. Sowohl der erste Verdichter 7 als auch der zweite Verdichter 8 sind durch einen Bypass 11 umgehbar. Der Bypass 11 des zweiten Verdichters ermöglicht dessen Umgehung, sodass nur der erste Verdichter mit Kathodenbetriebsgas 6 versorgt werden kann.

Figur 3 zeigt ein Schnittbild entlang der Schnittlinie IIIa – IIIa beziehungsweise IIIb – IIIb. Die Figur zeigt schematisch einen Halbschnitt eines Verdichters 7 oder eines Verdichters 8. Dargestellt sind die Verdichterwelle 30 und die Laufschaufeln 31. Die Verdichterwelle 30 und die Laufschaufeln 31 sind Teil der trägen Rotationsmasse der Verdichter 7, 8. Je größer die träge Rotationsmasse 13 des ersten Verdichters 7 ist, desto mehr Energie muss vom ersten Verdichter 7 aufgenommen werden, um sie zu beschleunigen. Das Aufbringen erhöhter Kräfte benötigt mehr Zeit. Dieser Zeitverlust bedeutet einen Dynamikverlust für den ersten Verdichter 7. Um diesen Dynamikverlust auszugleichen, kann der zweite Verdichter 8 aufgrund seiner geringeren trägen Rotationsmasse 14 in den Druckaufbau des Kathodenbetriebsgases hinzugeschaltet werden.

Figur 4 zeigt eine weitere schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems 1. In der dargestellten Ausführungsform einer Parallelschaltung von erstem Verdichter 7 und zweitem Verdichter 8 ist eine sinnvolle Auslegungsform beider Verdichter zu sehen. Sinnvoller Weise sind die Verdichter derart ausgelegt, dass ein geförderter Massenstrom des ersten Verdichters 17a, 17b (Figur 5), zum Beispiel aus Kathodenbetriebsgas 6, größer ist als der geförderte Massenstrom des zweiten Verdichters 18. Durch eine derartige Auslegung kann der erste Verdichter als elektrisch unterstützter Turbolader zum Einstellen oder Auslegen der Grundlast und des mittleren Lastbereichs benutzt werden.

Figur 6 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform des Brennstoffzellensystems mit einer Parallelschaltung von erstem Verdichter 7 und zwei zweiten Verdichtern 8. Ein mehrfaches Parallelschalten von zweiten Verdichtern ermöglicht ein präzises Ausgleichen des Dynamikverlusts des ersten Verdichters bei dessen Start. In der vorliegenden Ausführungsform ist der zweite Verdichter 8 dem ersten zweiten Verdichter 8 parallel geschaltet, um dessen Dynamikverlust beim Starten auszugleichen. In dieser Ausführungsform ist der erste Verdichter 7 in einem ersten Stromnetz 19 angeschlossen. Hingegen ist der zweite Verdichter 8 in einem zweiten Stromnetzwerk 20 angeschlossen. Das zweite Stromnetz ist innerhalb eines Fahrzeuges ein Niedervoltstromsystem, wie zum Beispiel das 12 V-System oder 48 V-System. Durch die Trennung der elektrischen Versorgung des ersten Verdichters 7 und zweiten Verdichters 8 kann die Spannungsversorgung 32 des elektrischen Antriebs des ersten Verdichters 7 kleiner ausgelegt werden. Damit können bei einer Leistungersparnis im sogenannten Turboloch mittels des dann zugeschalteten ‚e-Boosters‘ hohe Betriebsdrücke des Kathodenbetriebsgases 6 erreicht werden. Folglich stellt sich eine hohe Kathodenbetriebsgasversorgung 6 für einen Wärmetauscher 23 und einen Feuchtetauscher 24 und damit eines aufbereiteten Kathodenbetriebsgases 6 für die Brennstoffzelle 2 ein. Auch die Kathodengasdrücke im Waste-Gate 22 sind höher, sodass ein Abgasturbolader schneller angetrieben werden kann. Eine Verdichtung liegt insbesondere vor, wenn der Druck von Reaktantenflüssigkeiten beziehungsweise Gasen über dem Umgebungsdruck 21 komprimiert wird.

Durch Parallelschaltung mehrerer kleiner Verdichter kann zusätzlich ebenfalls die Peakleistung erhöht werden und ein System somit auf einfache Art und Weise auf mehrere Leistungsklassen skaliert werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Brennstoffzellensystem
- 2 Brennstoffzellenstapel
- 3 Kathodenräume
- 4 Kathodengasversorgung
- 4a Kathodengasversorgung
- 4b Kathodengasversorgung
- 5 Kathodengasversorgungspfad
- 6 Kathodenbetriebsgas
- 7 erster Verdichter
- 8 zweiter Verdichter
- 8a Ventil
- 8b zweiter Verdichter mit Ventil
- 9 elektrischer Antrieb
- 10 Parallelschaltung
- 11 Bypass
- 12 Parallelschaltung eines Bypasses
- 13 träge Rotationsmasse des ersten Verdichters
- 14 träge Rotationsmasse des zweiten Verdichters
- 15 Wirkungsgrad des ersten Verdichters
- 16 Turbine
- 17 Wirkungsgrad des zweiten Verdichters
- 17a, b geförderter Massenstrom des ersten Verdichters
- 18 geförderter Massenstrom des zweiten Verdichters
- 19 erstes Stromnetzwerk
- 20 zweites Stromnetzwerk
- 21 Umgebungsdruck
- 22 Waste-Gate
- 23 Wärmetauscher
- 24 Feuchtetauscher
- 25 Gasspeicher
- 26 Ansaugstutzen
- 27 Filter
- 28 Elektromotor
- 29 Betriebsmedium

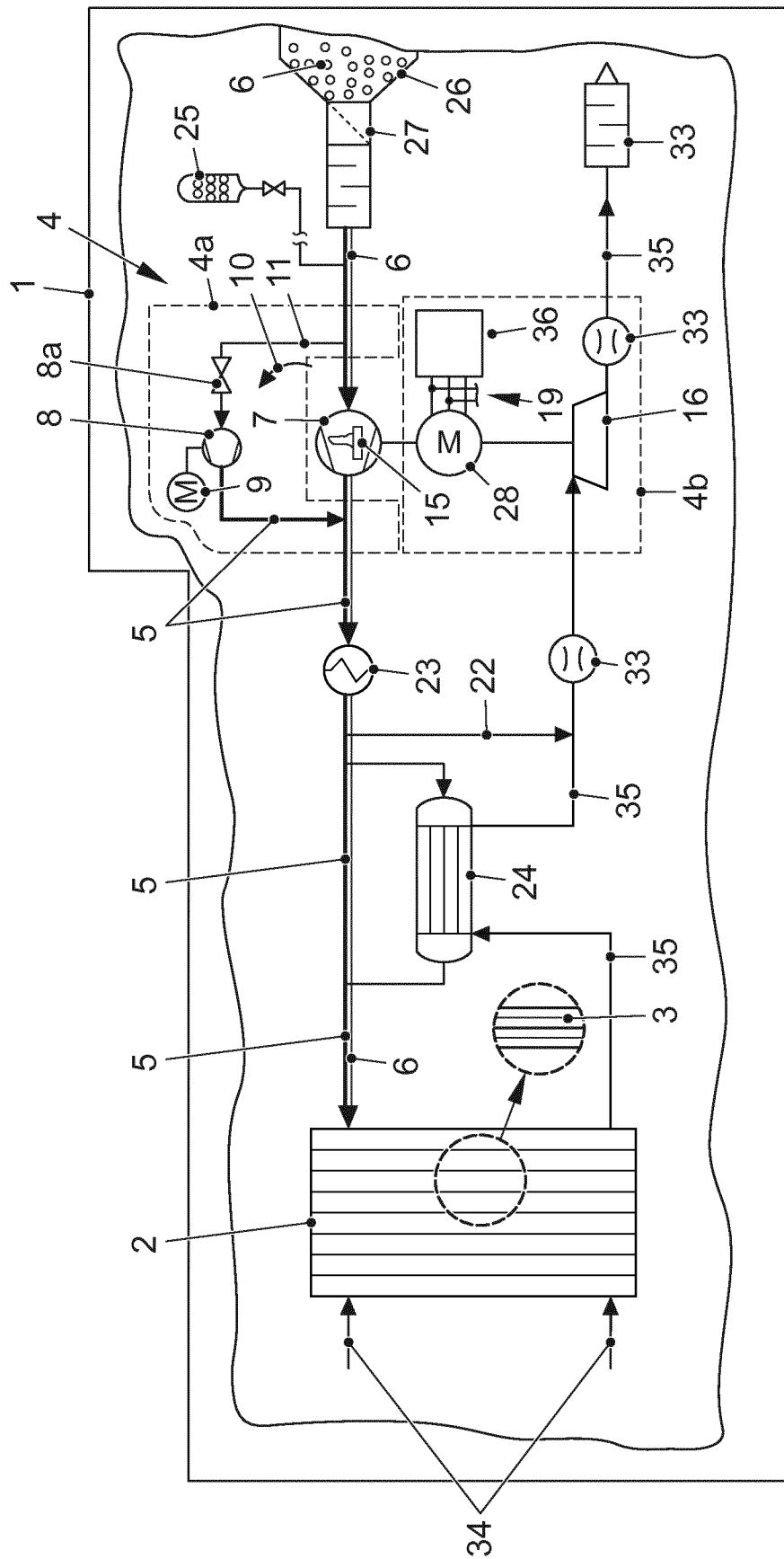
- 30 Verdichterwelle
- 31 Laufschaufeln
- 32 Spannungsversorgung
- 33 Drosselklappe
- 34 Anodengasversorgung
- 35 Kathodenabgaspfad
- 36 elektrischer Zusatzantrieb

Patentansprüche

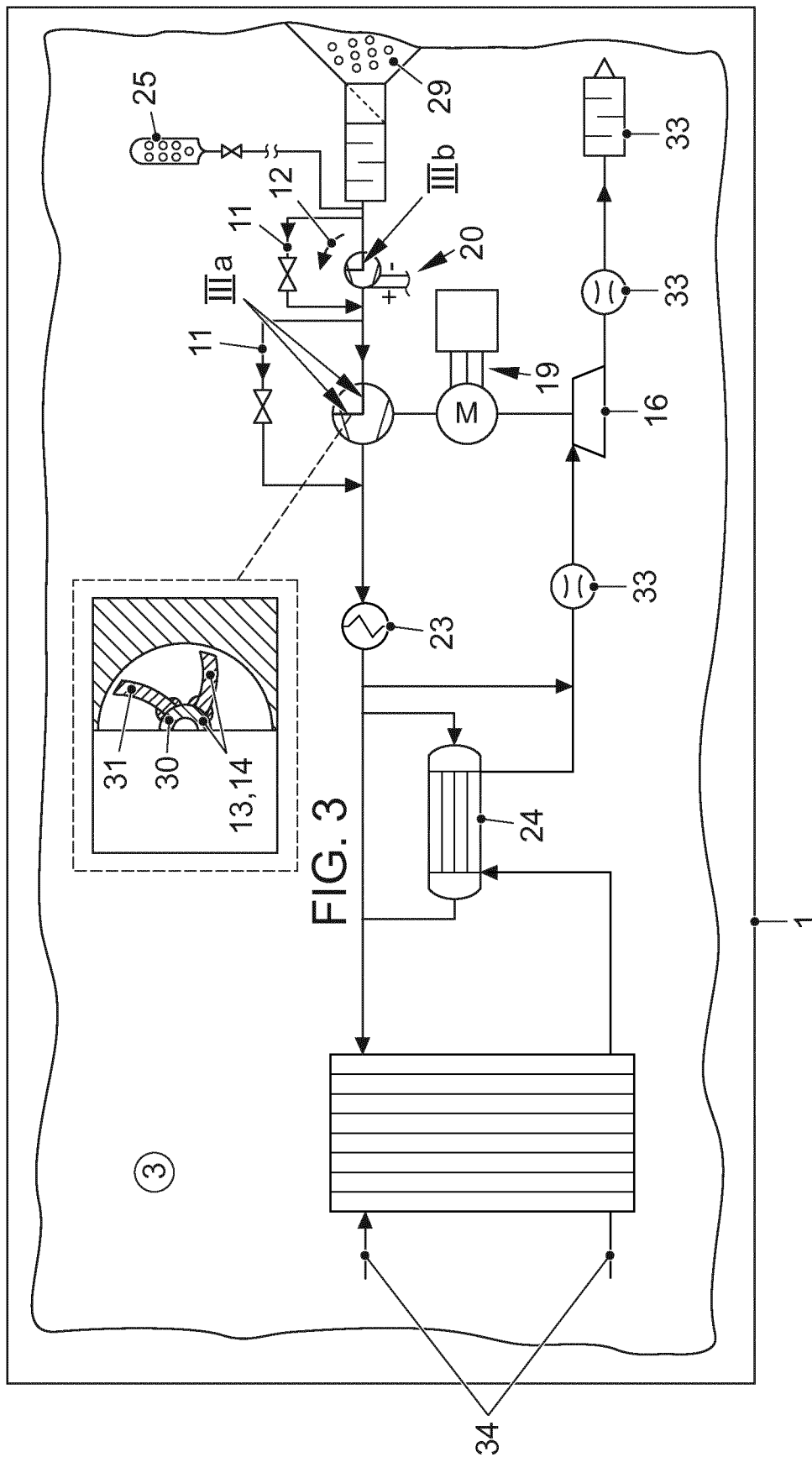
1. Brennstoffzellensystem (1) mit mindestens einem Brennstoffzellenstapel (2) mit Kathodenräumen (3) und mindestens einer Kathodengasversorgung (4, 4a, 4b), umfassend einen Kathodengasversorgungspfad (5) zur Zuführung eines Kathodenbetriebsgases (6) in die Kathodenräume (3) und mindestens einen im Kathodengasversorgungspfad (5) angeordneten ersten Verdichter (7), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensystem (1) mindestens einen zweiten Verdichter (8) aufweist, wobei der zweite Verdichter (8) einen elektrischen Antrieb (9) aufweist und zusammen mit dem ersten Verdichter (7) als Parallelschaltung (10) ausgebildet ist.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Verdichter (8) in einem den ersten Verdichter (7) umlaufenden Bypass (11) angeordnet ist.
3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die trägen Rotationsmassen (13) des ersten Verdichters (7) größer sind als die trägen Rotationsmassen (14) des zweiten Verdichters (8).
4. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wirkungsgrad (15) des ersten Verdichters (7) geringer ist als der Wirkungsgrad (16) des zweiten Verdichters (8).
5. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein geförderter Massenstrom (17) des ersten Verdichters (7) größer ist als der geförderte Massenstrom (18) des zweiten Verdichters (8).
6. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Verdichter (7) in einem ersten Stromnetzwerk (19) angeordnet ist.
7. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Verdichter (8) in einem zweiten Stromnetzwerk (22) angeordnet ist.

8. Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Brennstoffzellenstapel (2) von dem mindestens einen im Kathodengasversorgungspfad (5) angeordneten ersten Verdichter (7) mit Kathodenbetriebsgas (6) versorgt wird und der mindestens eine zweite Verdichter (8) geschaltet wird, um den Druck des Kathodenbetriebsgases (6) über Umgebungsdruck (21) zu erhöhen.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch den Schritt**, dass der zweite Verdichter (8) abgeschaltet wird, wenn der erste Verdichter (7) dessen Betriebsleistung erreicht.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **gekennzeichnet durch den Schritt**, dass der zweite Verdichter (8) abgeschaltet wird, wenn der erste Verdichter (7) das Kathodengas (6) verdichtet.

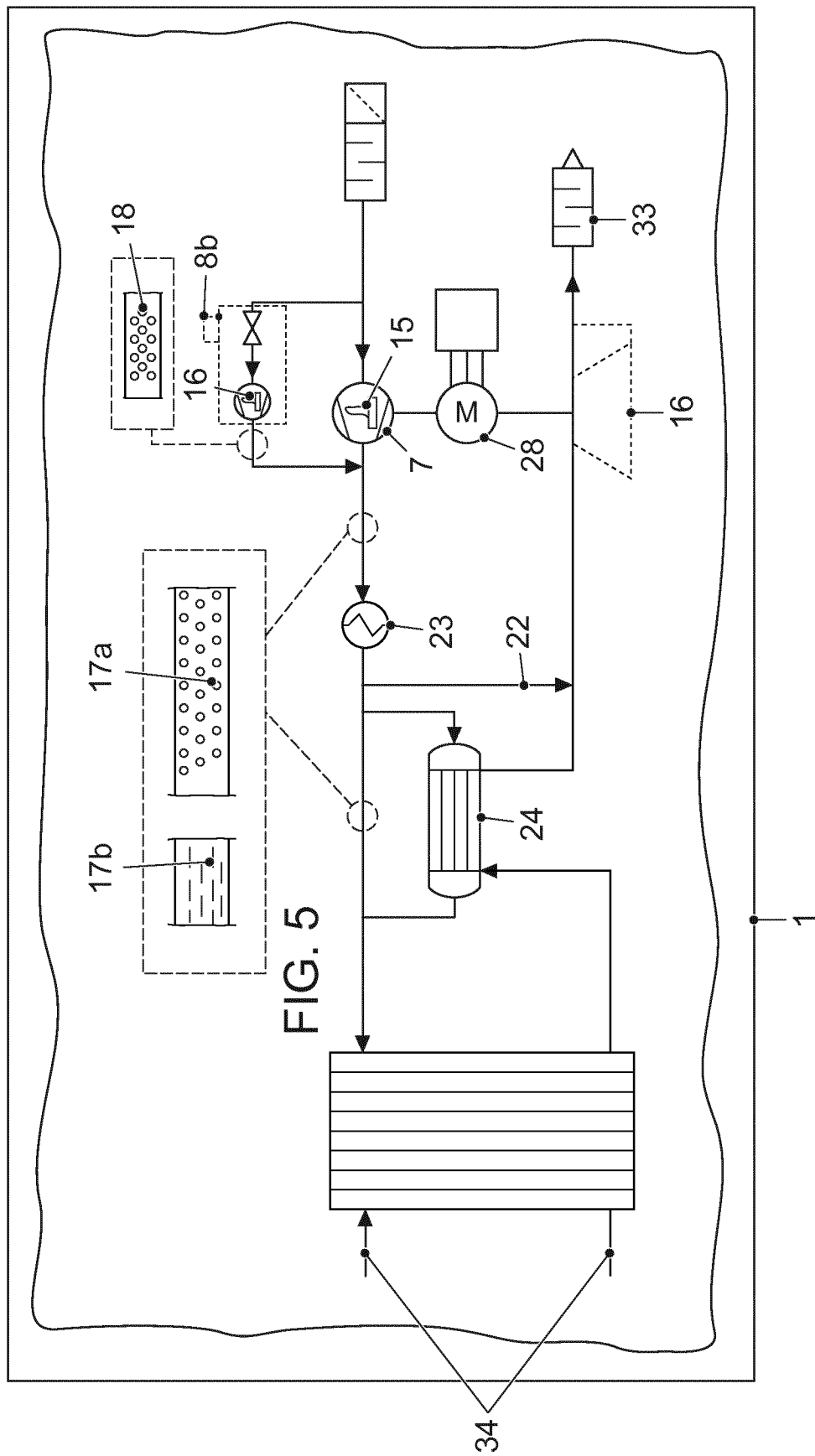
1/4



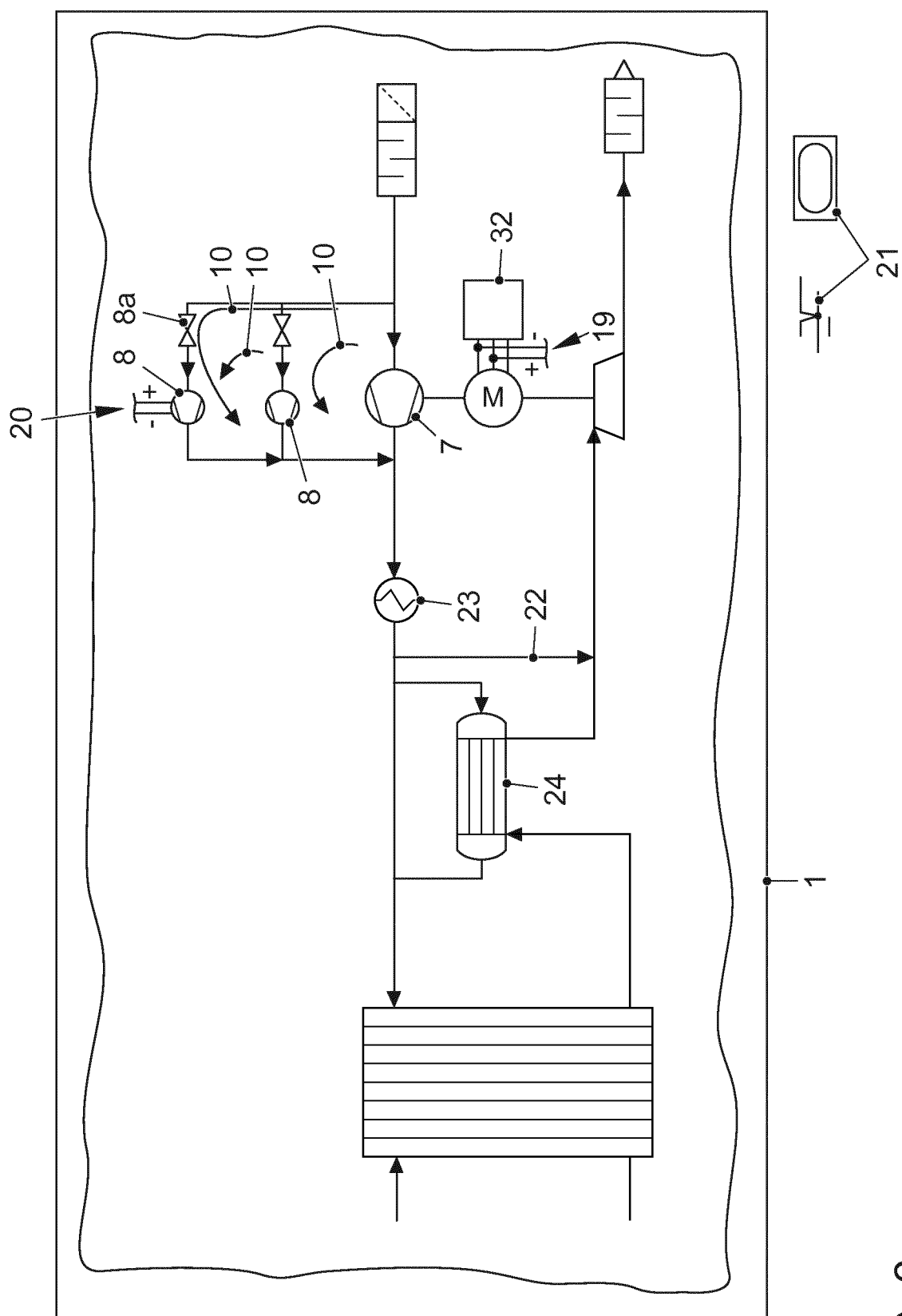
१७८



2. G.
F.



4. G. E.



6. Ge

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/052152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01M8/04298 H01M8/04089 H01M8/04111 H01M8/04746
ADD. H01M8/04223

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)
H01M

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2010 052797 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 31 May 2012 (2012-05-31) paragraph [0006] paragraph [0008] - paragraph [0012] paragraph [0014] - paragraph [0016] paragraph [0024] paragraph [0030] paragraph [0032] - paragraph [0034] figure 2 ----- -/-	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

11 March 2016

Date of mailing of the international search report

21/03/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fernandez Morales, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/052152

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2011 109339 A1 (DAIMLER AG [DE]) 7 February 2013 (2013-02-07) paragraph [0005] - paragraph [0006] paragraph [0008] - paragraph [0009] paragraph [0012] - paragraph [0013] paragraph [0015] paragraph [0021] - paragraph [0022] paragraph [0025] - paragraph [0028] paragraph [0031] - paragraph [0032] paragraph [0037]; figure 2 -----	1-10
X	GB 2 509 926 A (INTELLIGENT ENERGY LTD [GB]) 23 July 2014 (2014-07-23) figure 1 page 1, line 18 - page 2, line 2 page 2, line 17 - line 30 page 3, line 8 - line 30 page 5, line 7 - page 6, line 13 -----	1-10
X	DE 10 2010 001221 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28 July 2011 (2011-07-28) paragraph [0004] - paragraph [0005] paragraph [0007] paragraph [0009] paragraph [0029] - paragraph [0030] figures 1-3 -----	1-10
X	DE 10 2010 035727 A1 (DAIMLER AG [DE]) 1 March 2012 (2012-03-01) cited in the application paragraph [0007] figure 2 -----	1-10
X	DE 10 2004 061023 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 22 June 2006 (2006-06-22) claim 9 figures 1, 2 -----	1-10
X	WO 2014/069408 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 8 May 2014 (2014-05-08) abstract; figure 1 -----	1,2,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/052152

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102010052797 A1	31-05-2012	NONE	
DE 102011109339 A1	07-02-2013	NONE	
GB 2509926 A	23-07-2014	NONE	
DE 102010001221 A1	28-07-2011	NONE	
DE 102010035727 A1	01-03-2012	NONE	
DE 102004061023 A1	22-06-2006	NONE	
WO 2014069408 A1	08-05-2014	CN 104756296 A	01-07-2015
		DE 112013005220 T5	06-08-2015
		KR 20150063120 A	08-06-2015
		US 2015295256 A1	15-10-2015
		WO 2014069408 A1	08-05-2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01M8/04298 H01M8/04089 H01M8/04111 H01M8/04746
 ADD. H01M8/04223

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01M

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2010 052797 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 31. Mai 2012 (2012-05-31) Absatz [0006] Absatz [0008] - Absatz [0012] Absatz [0014] - Absatz [0016] Absatz [0024] Absatz [0030] Absatz [0032] - Absatz [0034] Abbildung 2 ----- -/--	1-10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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

11. März 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/03/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fernandez Morales, N

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 109339 A1 (DAIMLER AG [DE]) 7. Februar 2013 (2013-02-07) Absatz [0005] - Absatz [0006] Absatz [0008] - Absatz [0009] Absatz [0012] - Absatz [0013] Absatz [0015] Absatz [0021] - Absatz [0022] Absatz [0025] - Absatz [0028] Absatz [0031] - Absatz [0032] Absatz [0037]; Abbildung 2 -----	1-10
X	GB 2 509 926 A (INTELLIGENT ENERGY LTD [GB]) 23. Juli 2014 (2014-07-23) Abbildung 1 Seite 1, Zeile 18 - Seite 2, Zeile 2 Seite 2, Zeile 17 - Zeile 30 Seite 3, Zeile 8 - Zeile 30 Seite 5, Zeile 7 - Seite 6, Zeile 13 -----	1-10
X	DE 10 2010 001221 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28. Juli 2011 (2011-07-28) Absatz [0004] - Absatz [0005] Absatz [0007] Absatz [0009] Absatz [0029] - Absatz [0030] Abbildungen 1-3 -----	1-10
X	DE 10 2010 035727 A1 (DAIMLER AG [DE]) 1. März 2012 (2012-03-01) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0007] Abbildung 2 -----	1-10
X	DE 10 2004 061023 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 22. Juni 2006 (2006-06-22) Anspruch 9 Abbildungen 1, 2 -----	1-10
X	WO 2014/069408 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 8. Mai 2014 (2014-05-08) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1,2,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/052152

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010052797 A1	31-05-2012	KEINE	
DE 102011109339 A1	07-02-2013	KEINE	
GB 2509926 A	23-07-2014	KEINE	
DE 102010001221 A1	28-07-2011	KEINE	
DE 102010035727 A1	01-03-2012	KEINE	
DE 102004061023 A1	22-06-2006	KEINE	
WO 2014069408 A1	08-05-2014	CN 104756296 A	01-07-2015
		DE 112013005220 T5	06-08-2015
		KR 20150063120 A	08-06-2015
		US 2015295256 A1	15-10-2015
		WO 2014069408 A1	08-05-2014