

(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
2. Juli 2009 (02.07.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/079993 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 8/04 (2006.01) **H01M 8/10** (2006.01)

Schwerin (DE). **ZIPKAT, Martin** [DE/DE]; Böttcher-
strasse 19, 23966 Wismar (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/002089

(74) **Anwalt: JAAP, Reinhard**; Buchholzallee 32, 19370
Parchim (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Dezember 2008 (13.12.2008)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 062 165.7
21. Dezember 2007 (21.12.2007) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SABIK INFORMATIONSSYSTEME GMBH**
[DE/DE]; Hagenower Strasse 73, 19061 Schwerin (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **CHRISTENSEN,
Morten, H.** [DE/DE]; Rudolf-Breitscheid-Str. 28, 19053

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETRIEB EINER BRENNSTOFFZELLE

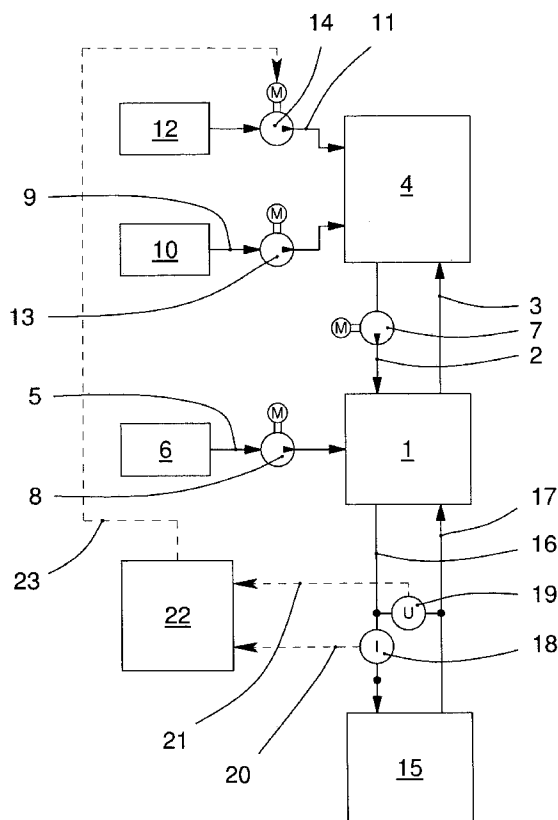


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention is based on the object of de-
veloping a generic method for operating a fuel cell and an
associated apparatus, which method adjusts itself and in the
process takes into account the temperature and ageing of the
fuel cells. This is achieved by virtue of the fact that the
methanol concentration of the fuel supplied to the fuel cell
stack (1) is set on the basis of the electrical power produced
by the fuel cell stack (1). Such methods for operating a fuel
cell and the associated apparatuses are used to drive the sup-
ply units of fuel cells.

(57) **Zusammenfassung:** Der Erfindung liegt die Aufgabe
zu Grunde, ein gattungsgemäßes Verfahren zum Betrieb ei-
ner Brennstoffzelle sowie eine dazugehörige Vorrichtung zu
entwickeln, das sich selbst justiert und dabei die Temperatur
und die Alterung der Brennstoffzellen berücksichtigt. Er-
reicht wird dies dadurch, dass die Methanolkonzentration
des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeführten Brennstof-
fes in Abhängigkeit von der vom Brennstoffzellenstapel (1)
erzeugten elektrischen Leistung eingestellt wird. Derartige
Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzelle sowie die dazuge-
hörigen Vorrichtungen werden zur Ansteuerung der Ver-
sorgungseinheiten von Brennstoffzellen eingesetzt.

WO 2009/079993 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzelle nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine dazugehörige Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9.

Derartige Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzelle sowie die dazugehörigen Vorrichtungen werden zur Ansteuerung der Versorgungseinheiten von Brennstoffzellen eingesetzt.

Eine Brennstoffzelle wird als umweltfreundliche und einen hohen Wirkungsgrad aufweisende Stromquelle genutzt, bei der durch eine elektrochemische Oxidation einer leicht oxidierbaren Substanz (z.B. Wasserstoff, Hydrazin, Methanol) mit einem Oxidationsmittel (z.B. Sauerstoff, Luft) chemische Energie direkt in elektrische Energie umgewandelt wird. Dazu besitzt die Brennstoffzelle ein Elektrolyt und zwei Elektroden, wobei an der Anode die oxidierbare Substanz und an der Kathode das Oxidationsmittel kontinuierlich zugeführt werden. Bei einer Niedertemperaturbrennstoffzelle (0-150°C) und einer Mitteltemperaturbrennstoffzelle (150-250°C) werden als Reaktionsstoffe Sauerstoff und Wasserstoff oder Methanol verwendet. In einer Hochtemperaturbrennstoffzelle werden dagegen bei 500 bis 1100°C reaktionsfähige Kohlenwasserstoffe oder Stickstoff-Wasserstoff-Verbindungen (Ammoniak, Hydrazin) als Brennstoffe eingesetzt. Dabei werden für gewöhnlich mehrere Brennstoffzellen miteinander zu einem Brennstoffzellenstapel gekoppelt, damit durch eine Reihenschaltung der einzelnen Brennstoffzellen eine höhere Gesamtspannung bzw. Stapelspannung erreicht wird. Der Gegenstand der hier vorgestellten Vorrichtung betrifft vorzugsweise die Direktmethanol-Brennstoffzelle.

Eine Direktmethanol-Brennstoffzelle besitzt einen Anodenraum und einen Kathodenraum, die durch eine protonenleitende Membran voneinander getrennt sind. In den Anodenraum wird kontinuierlich eine wässrige Methanollösung und in den Kathodenraum kontinuierlich Luft zugeführt, woraus im Anodenraum Kohlendioxid und im Kathodenraum Wasser entsteht.

Das Mischen des Methanol/ Wasser-Gemisches wird in einem Brennstofftank realisiert, wobei der Brennstofftank derart mit dem Anodenraum der Brennstoffzelle verbunden ist, dass das Methanol/ Wasser-Gemisch im Kreislauf zwischen Brennstofftank und Anodenraum mittels einer Pumpe oder konvektiv, aufgrund der Temperaturdifferenz und/ oder der Dichtedifferenz des Methanol/ Wasser-Gemisches zwischen Brennstofftank und Anodenraum oder aufgrund des Aufsteigens der Kohlendioxidblasen vom Anodenraum in den Brennstofftank, zirkuliert. Dabei wird das Methanol/ Wasser-Gemisch kontinuierlich aus dem Brennstofftank entnommen und in den Anodenraum gefördert. Gleichzeitig wird nicht verbrauchtes und verdünntes Methanol/ Wasser-Gemisch aus dem Anodenraum wieder in den Brennstofftank zurückgeführt.

Die jeweilige Zufuhr des Methanols und Wassers in den Brennstofftank erfolgt ebenfalls über Pumpen, wobei die Zugabe des Methanols und Wassers in den Brennstofftank grundsätzlich kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen kann.

Sowohl bei der kontinuierlichen als auch bei der diskontinuierlichen Zugabe ist entscheidend, dass die Methanolkonzentration im Methanol/ Wasser-Gemisch nicht zu gering und nicht zu hoch ist. Bei einer zu geringen Methanolkonzentration im Methanol/ Wasser-Gemisch bricht die Spannung der Brennstoffzelle bzw. des Brennstoffzellenstapels zusammen. Dagegen führt eine zu hohe Methanolkonzentration im Methanol/ Wasser-Gemisch zu einem schlechteren Wirkungsgrad der Brennstoffzelle bzw. des Brennstoffzellenstapels, weil Methanolverluste durch Permeation des Methanols durch die Membranen der Brennstoffzelle bzw. des Brennstoffzellenstapels auftreten.

Deshalb wird versucht, die Methanolkonzentration im Methanol/ Wasser-Gemisch durch eine gezielte und kontrollierte Ansteuerung der Methanolförderpumpe zu beeinflussen. Dazu sind verschiedene technische Lösungen bekannt.

So wird z.B. in der DE 197 01 560 C2 eine Regelung der Methanolförderpumpe mit einem Sensor vorgeschlagen, der das Verhältnis von Wasser zu Methanol in der Anodenzuleitung misst. Derartige Regelungen sind jedoch aufgrund des Einsatzes des Methanolsensors und des Reglers aufwendig und teuer. Außerdem sind die eingesetzten Sensoren ungenau und von geringer Lebensdauer, so dass diese technische Lösung einen hohen Wartungsaufwand besitzt.

Auch sind einige indirekte Messverfahren zur Bestimmung der Methanolkonzentration im Methanol/ Wasser-Gemisch bekannt, bei denen z. B. in der DE 199 38 790 A1 aus der Messung der Kapazität des Methanol/ Wasser-Gemisches oder in der DE 199 48 908 C2 aus der Messung der Wärmekapazität des Methanol/ Wasser-Gemisches Rückschlüsse auf die Methanolkonzentration im Methanol/ Wasser-Gemisch gezogen werden. Derartige indirekte Messverfahren sind aber viel zu aufwendig und zu teuer.

Der entscheidende Nachteil der direkten und indirekten Messverfahren zur Bestimmung der Methanolkonzentration im Methanol/ Wasser-Gemisch ist aber, dass veränderte Betriebsbedingungen, wie z.B. Betriebstemperatur oder Alterung der Membran nicht erfasst werden und dadurch der Brennstoffzellenstapel nicht mit einem optimalen Wirkungsgrad betrieben wird.

Weiterhin sind auch Regelungen der Methanolförderpumpe bekannt, bei denen die Messung des Istwerts der Methanolkonzentration nicht erforderlich ist.

So ist aus der DE 10 2004 061 656 A1 ein Brennstoffzellenstapel sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen bekannt, bei dem während des Betriebs des Brennstoffzellenstapels die elektrische Spannung der Brennstoffzelle abgegriffen und mit dieser ein Zweipunktregler angesteuert wird, wobei der Zweipunktregler wiederum die Methanolförderpumpe ansteuert. An der Methanolförderpumpe sind alternativ zwei Betriebspunkte eingestellt, welche einen Zufluss mit einer ersten Methanolkonzentration

C_u und einer zweiten Methanolkonzentration C_0 in den Anodenraum des Brennstoffzellenstapels einstellen, wobei $0 > C_u > C_0$ gilt.

Dabei wird die Methanolförderpumpe eingeschaltet, wenn die gemessene elektrische Spannung der Brennstoffzelle einen unteren Grenzwert unterschreitet. Die Methanolförderpumpe bleibt dann solange in Betrieb, bis ein oberer Grenzwert überschritten wird. Die beiden Grenzwerte sind konstante Werte, die einmalig aus der Strom-Spannungskennlinie des Brennstoffzellenstapels ermittelt wurden.

Über adaptive Kennlinienmodelle sollen auch die Temperatur und die Alterung der Brennstoffzellen berücksichtigt und so die Methanolkonzentration im Anodenraum in einem optimalen Bereich gehalten werden.

Von Nachteil ist aber, dass dieses Verfahren sehr aufwendig ist, da vor jeder erstmaligen Inbetriebnahme eines Brennstoffzellenstapels die Strom-Spannungskennlinie aufgenommen werden muss. Sollen die adaptiven Kennlinienmodelle, z.B. zur Berücksichtigung der Alterung der Brennstoffzellen, eingesetzt werden, so müssen zusätzlich auch noch Langzeitversuche zur Ermittlung der Modellparameter der adaptiven Kennlinienmodelle vorgenommen werden.

Weiterhin ist bei diesem Verfahren von Nachteil, dass auch vom optimalen Wert der elektrischen Spannung der Brennstoffzelle abweichende Spannungswerte zugelassen werden müssen, damit die elektrische Spannung der Brennstoffzelle überhaupt ausgewertet werden kann.

Von Nachteil ist auch, dass bei diesem Verfahren die tatsächlichen Änderungen des elektrischen Stroms nicht berücksichtigt werden, da die Strom-Spannungskennlinie nur für einen konkreten Belastungsfall bestimmt wurde. Ändert sich der Belastungszustand, z. B. in dem ein anderer Verbraucher an den Brennstoffzellenstapel angeschlossen wird, so spiegeln die festgelegten konstanten Grenzwerte nicht mehr die optimalen Werte wider. Für eine Korrektur dieser Grenzwerte müsste dann die Strom-Spannungskennlinie für jeden Belastungsfall neu ermittelt werden.

Von entscheidendem Nachteil ist aber, dass bei diesem Verfahren, selbst mit den adaptiven Kennlinienmodellen, die Temperatur und die Alterung der Brennstoffzellen nicht oder nur näherungsweise berücksichtigt werden, da in der Strom-Spannungskennlinie die tatsächlichen Betriebsbedingungen nicht einbezogen werden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein gattungsgemäßes Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzelle sowie eine dazugehörige Vorrichtung zu entwickeln, dass sich selbst justiert und dabei die Temperatur und die Alterung der Brennstoffzellen berücksichtigt.

Diese Aufgabe wird verfahrensseitig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 und vorrichtungsseitig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 9 gelöst. Zweckdienliche Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 8 und 10 bis 14.

Das neue Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzelle sowie die dazugehörige Vorrichtung beseitigen die genannten Nachteile des Standes der Technik.

Vorteilhaft bei der Anwendung des neuen Verfahrens zum Betrieb einer Brennstoffzelle ist es, dass die Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes in Abhängigkeit von der vom Brennstoffzellenstapel erzeugten elektrischen Leistung eingestellt wird, weil dadurch im Betrieb der Brennstoffzelle die tatsächlichen Betriebsbedingungen sowie die Temperatur und die Alterung der Brennstoffzellen berücksichtigt werden und deshalb der Brennstoffzellenstapel mit einem jeweils optimalen Wirkungsgrad betrieben wird.

Dabei ist es von Vorteil, wenn die von der vom Brennstoffzellenstapel erzeugte elektrische Leistung über einen Zeitabschnitt gemessen wird, weil dadurch die elektrischen Leistungen zum Beginn und zum Ende des Zeitabschnittes miteinander vergleichbar sind und in Abhängigkeit dieses Vergleiches die Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes einstellbar ist.

Auch ist es von Vorteil, wenn die einzustellende Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes aus der gemessenen elektrischen Leistung des vorhergehenden Zeitabschnitts ermittelt wird, weil dann in einer zeitnahen Einflussnahme die Einstellung der Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes erfolgt.

Von besonderem Vorteil ist dann eine Verringerung der einzustellenden Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes gegenüber der Methanolkonzentration zum Beginn des letzten Mischvorganges, wenn die elektrische Leistung am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ einen höheren Wert als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ aufweist.

Von besonderem Vorteil ist dann auch die Erhöhung der einzustellenden Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes gegenüber der Methanolkonzentration zum Beginn des letzten Mischvorganges, wenn die elektrische Leistung am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ einen niedrigeren Wert als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ aufweist.

Von besonderem Vorteil ist dann aber auch die Beibehaltung der einzustellenden Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes, die gleich der Methanolkonzentration zum Beginn des letzten Mischvorganges ist, wenn die elektrische Leistung zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ und am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ den gleichen Wert aufweist.

Von Vorteil ist es, wenn eine Verringerung der Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes durch eine Verminderung der zugeführten Methanolmenge und/ oder eine Erhöhung der zugeführten Wassermenge sowie eine Erhöhung der Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes durch eine Erhöhung der zugeführten Methanolmenge und/ oder eine Verminderung der zugeführten Wassermenge erfolgt und wenn die Verringerung der Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes separat oder zusätzlich durch eine Erhöhung der Fördermenge im Zirkulationskreis und die

Erhöhung der Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes separat oder zusätzlich durch eine Verringerung der Fördermenge im Zirkulationskreis erreicht wird. Dadurch wird die Geschwindigkeit der Einflussnahme auf die Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes erhöht, womit eine technisch einfach zu realisierende, betriebssichere und schnellstmögliche Einstellung der Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes erfolgt.

Auch ist es von Vorteil, wenn die Mischzeit $t = t_M$ einen Wert zwischen 7 und 10 Minuten vorzugsweise 8 Minuten aufweist, die Mischzeit $t = t_M$ sich aus dem Füllvolumen des Brennstofftanks ergibt oder die Mischzeit $t = t_M$ gleich der Zeitdifferenz zwischen einem Überschreiten eines maximalen Füllstandes und einem Unterschreiten eines minimalen Füllstandes im Brennstofftank ist. Dadurch kann sowohl eine konstante oder veränderliche Mischzeit t gewählt werden, was die Einsatzbreite des neuen Verfahrens vergrößert. Dabei sind kürzere Mischzeiten vorteilhaft, weil bei kurzen Mischzeiten die gemessenen elektrischen Leistungen zu den Mischzeiten $t = 0$ und $t = t_M$ höher als bei langen Mischzeiten ist, so dass auch ein theoretisch ermittelter arithmetischer Mittelwert der gemessenen elektrischen Leistung für kurzen Mischzeiten größer ist als für lange Mischzeiten und somit die elektrische Leistung des Brennstoffzellenstapels bei kurzen Mischzeiten näher an der maximalen elektrischen Leistung liegt.

Vorteilhaft bei der Anwendung der neuen Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle ist es, dass eine Steuereinheit eingangsseitig jeweils mit einer Vorrichtung zur verbraucherseitigen Strommessung des Brennstoffzellenstapels und einer Vorrichtung zur verbraucherseitigen Spannungsmessung des Brennstoffzellenstapels sowie ausgangseitig über eine Leitung mit dem elektrischen Antrieb der Methanolförderpumpe elektrisch verbunden ist, weil die Vorrichtung zur verbraucherseitigen Strommessung des Brennstoffzellenstapels ein Amperemeter und die Vorrichtung zur verbraucherseitigen Spannungsmessung des Brennstoffzellenstapels ein Voltmeter ist oder diese beiden Vorrich-

tungen in einem DC/DC-Wandler integriert sind. Dabei ist es aber auch denkbar, diese Vorrichtungen in jedem anderen geeigneten Bauelement zu integrieren.

Von Vorteil ist es weiter, wenn die Steuereinheit ausgangsseitig mit dem elektrischen Antrieb der Wasserförderpumpe elektrisch verbunden ist, weil damit auch über die Wasserzugabe in den Brennstofftank Einfluss auf die Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel zugeführten Brennstoffes genommen wird.

Von Vorteil ist es dann, wenn die Steuereinheit mit einem Temperatursensor des Brennstoffzellenstapels und einem Füllstandssensor des Brennstofftanks sowie ausgangsseitig elektrisch mit dem elektrischen Antrieb der Zirkulationspumpe und über eine Leitung mit dem elektrischen Antrieb der Luftförderpumpe elektrisch verbunden ist, weil dadurch wesentliche Betriebsparameter in der Steuereinheit verarbeitet werden können.

Das neue Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzelle sowie die dazugehörige Vorrichtung sollen nun an vier Ausführungsbeispielen erläutert werden. Dazu zeigen:

Fig. 1: Schematische Darstellung eines Brennstoffzellenmoduls in einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2: Beispielhafte Kennlinie mit einer optimalen Konzentration des zugeführten Brennstoffes,

Fig. 3: Beispielhafte Kennlinie mit einer zu hohen Konzentration des zugeführten Brennstoffes und

Fig. 4: Beispielhafte Kennlinie mit einer zu niedrigen Konzentration des zugeführten Brennstoffes.

Fig. 5: Schematische Darstellung des Brennstoffzellenmoduls in einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 6: Schematische Darstellung des Brennstoffzellenmoduls in einem dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 7: Schematische Darstellung des Brennstoffzellenmoduls in einem vierten Ausführungsbeispiel,

Die neue Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle besteht in einem ersten Ausführungsbeispiel gemäß der **Fig. 1** aus einem Brennstoffzellenstapel 1, der jeweils über eine Brennstoffzuleitung 2 und eine Brennstoffableitung 3 mit einem Brennstofftank 4 sowie über eine Luftzuleitung 5 mit einem gegenüber der Atmosphäre offenen Luftfilter 6 verbunden ist. Dabei weist die Brennstoffzuleitung 2 eine Zirkulationspumpe 7 und die Luftzuleitung 5 eine Luftförderpumpe 8 auf, wobei die Förderrichtungen der Zirkulationspumpe 7 und Luftförderpumpe 8 zum Brennstoffzellenstapel 1 zeigen.

Der Brennstofftank 4 ist wiederum über eine Wasserzuleitung 9 mit einem Wasservorratstank 10 und über eine Methanolzuleitung 11 mit einem Methanolvorratstank 12 verbunden, wobei in der Wasserzuleitung 9 eine Wasserförderpumpe 13 und in der Methanolzuleitung 11 eine Methanolförderpumpe 14 derart angeordnet sind, dass die Förderrichtungen der Wasserförderpumpe 13 und Methanolförderpumpe 14 zum Brennstofftank 4 zeigen.

Stromseitig ist der Brennstoffzellenstapel 1 mit einem Verbraucher 15 elektrisch über eine Plusleitung 16 und eine Minusleitung 17 verbunden, wobei in der Plusleitung 16 ein Amperemeter 18 eingangsseitig sowie zwischen der Plusleitung 16 und der Minusleitung 17 ein Voltmeter 19 eingangsseitig angeordnet sind.

Die Ausgänge des Amperemeters 18 und Voltmeters 19 sind über die Leitungen 20 und 21 jeweils mit einem Eingang einer Steuereinheit 22 elektrisch verbunden. Außerdem ist der Ausgang der Steuereinheit 22 über die Leitung 23 mit dem elektrischen Antrieb der Methanolförderpumpe 14 elektrisch verbunden.

In Funktion der neuen Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle nach dem ersten Ausführungsbeispiel wird durch zeitweise Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 periodisch Methanol aus dem Methanolvorratstank 12 in den Brennstofftank 4 gefördert, wobei der Zeitabschnitt zwischen den Methanolzugaben eine Mischzeit t_M ist. Diese Mischzeit t_M ist ein konstanter Zeitabschnitt, der sich aus dem Füllvolumen des Brennstofftanks 4 ergibt und beispielhaft einen Wert zwischen 7 und 10 Minuten vorzugsweise 8 Minuten besitzt.

Außerdem werden während der Mischzeit t_M über das Amperemeter 18 und das Voltmeter 19 die elektrische Strömstärke und Spannung gemessen. Die Messergebnisse werden über die Leitungen 20 und 21 an die Steuereinheit 22 übertragen. In der Steuereinheit 22 wird aus den Messergebnissen die elektrische Leistung berechnet und in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung der elektrische Antrieb der Methanolförderpumpe 14 angesteuert. Dabei wird mit den Messergebnissen des jeweils letzten Mischvorgangs die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 für den nächsten Mischvorgang realisiert.

Dazu zeigt die **Fig. 2** eine beispielhaft ermittelte Leistungskennlinie eines letzten Mischvorgangs. Dabei ist aus dieser Leistungskennlinie zu erkennen, dass im letzten Mischvorgang eine optimale Konzentration des zugeführten Brennstoffes vorlag, weil die Werte der elektrischen Leistung P zu den Mischzeiten $t = 0$ und $t = t_M$ gleich sind und der minimale elektrische Leistung $P_{\min}$ entsprechen. In diesem Beispiel wird durch die Steuereinheit 22 die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 für den nächsten Mischvorgang nicht verändert.

Die **Fig. 3** und **Fig. 4** zeigen zwei andere beispielhaft ermittelte Betriebszustände, bei denen in den letzten Mischvorgängen jeweils keine optimale Konzentration des zugeführten Brennstoffes vorlag. So weist in **Fig. 3** die elektrische Leistung am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ einen höheren Wert als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ auf, weil die Methanolkonzentration bei der Mischzeit $t = 0$ zu hoch war. Deshalb wird durch die Steuereinheit 22 die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 derart verändert, dass weniger Methanol in den Brennstofftank 4 gefördert wird. Dadurch wird die Methanolkonzentration im Brennstofftank 4 für den nächsten Mischvorgang bei der Mischzeit $t = 0$ geringer, als die Methanolkonzentration im Brennstofftank 4 bei dem letzten Mischvorgang zur Mischzeit $t = 0$ war.

Den umgekehrten Betriebsfall zeigt die **Fig. 4**. Hier besitzt die elektrische Leistung am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ einen niedrigeren Wert als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$, weil die Methanolkon-

zentration bei der Mischzeit $t = 0$ zu gering war. Deshalb wird hier durch die Steuereinheit 22 die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 derart verändert, dass mehr Methanol in den Brennstofftank 4 gefördert wird. Dadurch wird die Methanolkonzentration im Brennstofftank 4 für den nächsten Mischvorgang bei der Mischzeit $t = 0$ höher, als die Methanolkonzentration im Brennstofftank 4 bei dem letzten Mischvorgang zur Mischzeit $t = 0$ war.

Denkbar ist es auch, dass anstelle der Änderung der Methanolkonzentration die Mischzeit t_M verändert wird. So könnte die Mischzeit t_M im Betriebszustand gemäß der **Fig. 3** verlängert und im Betriebszustand gemäß der **Fig. 4** verkürzt werden, um gleiche Werte der elektrischen Leistung P zu den Mischzeiten $t = 0$ und $t = t_M$ zu erreichen.

Die neue Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle ist in einem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß der **Fig. 5** um eine Ansteuerung der Wasserförderpumpe 13 erweitert. Dazu ist zusätzlich zum ersten Ausführungsbeispiel die Steuereinheit 22 ausgangsseitig über eine Leitung 24 elektrisch mit dem elektrischen Antrieb der Wasserförderpumpe 13 verbunden.

Weist nun in der Funktion der neuen Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle nach dem zweiten Ausführungsbeispiel die elektrische Leistung gemäß der **Fig. 3** am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ einen höheren Wert als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ auf, kann die zu hohe Methanolkonzentration bei der Mischzeit $t = 0$ durch die Steuereinheit 22 entweder durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 oder durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Wasserförderpumpe 13 sowie durch gleichzeitige Ansteuerung beider elektrischen Antriebe korrigiert werden. Dabei lässt sich eine Verringerung der Methanolkonzentration durch eine verminderte Methanolzugabe und/ oder durch eine erhöhte Wasserzugabe in den Brennstofftank 4 erreichen.

Ist im umgekehrten Betriebsfall gemäß der **Fig. 4** die elektrische Leistung am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ geringer als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$, dann kann die Erhöhung der Methanolkonzen-

tration durch eine erhöhte Methanolzugabe und/ oder durch eine verminderte Wasserzugabe in den Brennstofftank 4 erreicht werden.

In der neuen Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle nach einem dritten Ausführungsbeispiel gemäß der **Fig. 6** ist die Steuereinheit 22 zusätzlich eingangsseitig über eine Leitung 25 mit einem Temperatursensor 26 des Brennstoffzellenstapels 1 und über eine Leitung 27 mit einem Füllstandssensor 28 des Brennstofftankes 4 sowie ausgangseitig über eine Leitung 29 elektrisch mit dem elektrischen Antrieb der Zirkulationspumpe 7 und über eine Leitung 30 mit dem elektrischen Antrieb der Luftförderpumpe 8 elektrisch verbunden. Dabei werden über die Leitung 25 die Temperaturmesswerte im Brennstoffzellenstapel 1 und über die Leitung 26 die Füllstandswerte im Brennstofftank 4 an die Steuereinheit 22 übertragen.

Weist in der Funktion der neuen Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle nach dem dritten Ausführungsbeispiel die elektrische Leistung gemäß der **Fig. 3** am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ einen höheren Wert als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ auf, kann die Verringerung der Methanolkonzentration bei der Mischzeit $t = 0$ durch die Steuereinheit 22 erreicht werden, wenn entweder:

- durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 die Methanolzugabe verringert wird,
- durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Wasserförderpumpe 13 die Wasserzugabe erhöht wird,
- durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Zirkulationspumpe 7 die aus dem Brennstofftank 4 geförderte Brennstoffmenge erhöht wird oder
- die zuvor genannten elektrischen Antriebe gleichzeitig angesteuert werden, wobei sich durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 die Methanolzugabe verringert sowie durch die Ansteuerungen der elektrischen Antriebe der Wasserförderpumpe 13 und der Zirkulationspumpe 7 die Wasserzugabe und die aus dem Brennstofftank 4 geförderte Brennstoffmenge erhöhen.

Ist im umgekehrten Betriebsfall gemäß der **Fig. 4** die elektrische Leistung am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ geringer als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$, dann kann die Erhöhung der Methanolkonzentration durch die Steuereinheit 22 erreicht werden, wenn entweder:

- durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 die Methanolzugabe erhöht wird,
- durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Wasserförderpumpe 13 die Wasserzugabe verringert wird,
- durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Zirkulationspumpe 7 die aus dem Brennstofftank 4 geförderte Brennstoffmenge verringert wird oder
- die zuvor genannten elektrischen Antriebe gleichzeitig angesteuert werden, wobei sich durch die Ansteuerung des elektrischen Antriebs der Methanolförderpumpe 14 die Methanolzugabe erhöht sowie durch die Ansteuerungen der elektrischen Antriebe der Wasserförderpumpe 13 und der Zirkulationspumpe 7 die Wasserzugabe in den Brennstofftank 4 und die aus dem Brennstofftank 4 geförderte Brennstoffmenge verringern.

Die Messwerte der Temperaturmessung im Brennstoffzellenstapel 1 und der Füllstandsmessung im Brennstofftank 4 können alternativ derart in den Betrieb der Brennstoffzelle einbezogen werden, dass vor Erreichen der Betriebstemperatur des Brennstoffzellenstapels 1 die zuvor genannten Ansteuerungen durch konstante Einstellwerte ersetzt werden sowie dass über einen minimalen und maximalen Füllstandsmesswert im Brennstofftank 4 die Mischzeit $t = t_M$ bestimmt wird. Dann ist die Mischzeit $t = t_M$ gleich der Zeitdifferenz zwischen einem Überschreiten eines maximalen Füllstandes und einem Unterschreiten eines minimalen Füllstandes im Brennstofftank 4, wobei das Überschreiten des maximalen Füllstandes und das Unterschreiten des minimalen Füllstandes durch den Füllstandssensor 28 jeweils signalisiert und diese Signale über die Leitung 27 an die Steuereinheit 22 übertragen werden.

Die neue Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle ist in einem vierten Ausführungsbeispiel gemäß der **Fig. 7** derart gegenüber dem vorgehenden Ausführungsbeispiel

verändert, dass zwischen dem Brennstoffzellenstapel 1 und dem Verbraucher 15 ein mit einem Energiespeicher 31 gekoppelte DC/DC-Wandler 32 angeordnet ist, wobei die Strom- und Spannungsmessdaten direkt vom DC/DC-Wandler 32 abgegriffen werden. Dazu ist stromseitig der Brennstoffzellenstapel 1 ausgangsseitig mit dem Eingang des DC/DC-Wandlers 32 über die Plusleitung 16 und die Minusleitung 17 elektrisch verbunden. Ausgangsseitig ist der DC/DC-Wandler 32 über eine weitere Plusleitung 33 und eine Minusleitung 34 elektrisch über den Energiespeicher 31 mit dem Verbraucher 15 verbunden. Außerdem sind die Ausgänge für die Strom- und Spannungsmessdaten des DC/DC-Wandlers 32 über die Leitungen 20 und 21 jeweils mit einem Eingang einer Steuereinheit 22 elektrisch verbunden.

Im Unterschied zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen werden in der Funktion der neuen Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle nach dem dritten Ausführungsbeispiel die Strom- und Spannungsmessdaten vom DC/DC-Wandler 32 abgegriffen und daraus in der Steuereinheit 22 die elektrische Leistung berechnet. Aus den Messergebnissen des jeweils letzten Mischvorgangs werden dann die in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen genannten Ansteuerungen der elektrischen Antriebe für den nächsten Mischvorgang vorgenommen.

Zusätzlich kann in einer weiteren Variante des vierten Ausführungsbeispiels die Steuereinheit 22 auch elektrisch mit dem Energiespeicher 31 zur Erfassung des Ladezustandes des Energiespeichers 31 verbunden sein, wobei in der Funktion dieser Variante die Stromförderung des Brennstoffzellenstapels 1 bei vollem Ladezustand des Energiespeichers 31 gedrosselt und bei Ladezustand des Energiespeichers 31 unter einen unteren Grenzwert erhöht wird.

In allen zuvor genannten Ausführungsbeispielen ist auch denkbar, die durch die Zirkulationspumpe 7 mechanisch erzwungene Kreislaufströmung des Methanol/ Wasser-Gemisches zwischen Brennstofftank und Anodenraum durch eine konvektive Kreislaufströmung zu ersetzen. Dabei kann die konvektive Strömung aus der Temperaturdifferenz und/ oder der Dichtedifferenz des Methanol/ Wasser-Gemisches zwischen Brenn-

stofftank und Anodenraum und/ oder aus dem Aufsteigen der Kohlendioxidblasen vom Anodenraum in den Brennstofftank resultieren.

Weiterhin ist es auch in allen zuvor genannten Ausführungsbeispielen denkbar, den Brennstoffzellenstapel 1 als Konstantspannungsquelle auszuführen. Hierzu wird die Gesamtspannung bzw. Stapelspannung durch eine Regelung in einem optimalen Bereich gehalten, in dem der Brennstoffzellenstapel 1 den maximalen Wirkungsgrad aufweist. Dieser maximale Wirkungsgrad wird derzeit bei einer Direktmethanol-Brennstoffzelle, in Abhängigkeit vom Brennstoffzellentyp, bei einer Zellspannung zwischen 0,35 und 0,45 V erreicht.

Weist der Brennstoffzellenstapel beispielsweise 15 Brennstoffzellen auf, so liegt der Sollwert für die Gesamtspannung bzw. Stapelspannung, entsprechend dem Brennstoffzellentyp, zwischen 5,25 und 6,75 V.

Liste der Bezugszeichen

- 1 Brennstoffzellenstapel
- 2 Brennstoffzuleitung
- 3 Brennstoffableitung
- 4 Brennstofftank
- 5 Luftzuleitung
- 6 Luftfilter
- 7 Zirkulationspumpe
- 8 Luftförderpumpe
- 9 Wasserzuleitung
- 10 Wasservorratstank
- 11 Methanolzuleitung
- 12 Methanolvorratstank
- 13 Wasserförderpumpe
- 14 Methanolförderpumpe
- 15 Verbraucher
- 16 Plusleitung
- 17 Minusleitung
- 18 Amperemeter
- 19 Voltmeter
- 20 Leitung
- 21 Leitung
- 22 Steuereinheit
- 23 Leitung
- 24 Leitung
- 25 Leitung
- 26 Temperatursensor
- 27 Leitung

- 28 Füllstandssensor
- 29 Leitung
- 30 Leitung
- 31 Energiespeicher
- 32 DC/DC-Wandler
- 33 Plusleitung
- 34 Minusleitung

Patentanspruch

1. Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzelle,
dadurch gekennzeichnet, dass die Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeführten Brennstoffes in Abhängigkeit von der vom Brennstoffzellenstapel (1) erzeugten elektrischen Leistung eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die von der vom Brennstoffzellenstapel (1) erzeugte elektrische Leistung über einen Zeitabschnitt gemessen wird,
- die elektrischen Leistungen zum Beginn und zum Ende des Zeitabschnittes miteinander verglichen werden sowie
- in Abhängigkeit dieses Vergleiches die Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeführten Brennstoffes eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass aus der gemessenen elektrischen Leistung des vorhergehenden Zeitabschnitts die einzustellende Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeführten Brennstoffes ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die einzustellende Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeführten Brennstoffes gegenüber der Methanolkonzentration zum Beginn des letzten Mischvorganges verringert wird, wenn die elektrische Leistung am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ einen höheren Wert als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ aufweist,
- die einzustellende Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zuge-

föhrten Brennstoffes gegenöber der Methanolkonzentration zum Beginn des letzten Mischvorganges erhöht wird, wenn die elektrische Leistung am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ einen niedrigeren Wert als zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ aufweist und

- die einzustellende Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeföhrten Brennstoffes gegenöber der Methanolkonzentration zum Beginn des letzten Mischvorganges nicht verändert wird, wenn die elektrische Leistung zum Beginn des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = 0$ und am Ende des letzten Mischvorganges bei der Mischzeit $t = t_M$ den gleichen Wert aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

- eine Verringerung der Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeföhrten Brennstoffes durch eine Verminderung der zugeföhrten Methanolmenge und/oder eine Erhöhung der zugeföhrten Wassermenge sowie
- eine Erhöhung der Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeföhrten Brennstoffes durch eine Erhöhung der zugeföhrten Methanolmenge und/oder eine Verminderung der zugeföhrten Wassermenge erreicht wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 und 5,

dadurch gekennzeichnet, dass die Mischzeit $t = t_M$ einen Wert zwischen 7 und 10 Minuten vorzugsweise 8 Minuten aufweist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, dass die Mischzeit $t = t_M$ sich aus dem Föllvolumen des Brennstofftanks (4) ergibt oder gleich der Zeitdifferenz zwischen einem Öberschreiten eines maximalen Föllstandes und einem Unterschreiten eines minimalen Föllstandes im Brennstofftank (4) ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass vor Erreichen der Betriebstemperatur des Brennstoffzellenstapels (1) die Methanolkonzentration des dem Brennstoffzellenstapel (1) zugeführten Brennstoffes durch einen konstanten Sollwert realisiert wird.

9. Vorrichtung zum Betrieb einer Brennstoffzelle, bestehend aus einem Brennstoffzellenstapel (1), der jeweils über eine Brennstoffzuleitung (2) und eine Brennstoffableitung (3) mit einem Brennstofftank (4) sowie über eine Luftzuleitung (5) mit einem gegenüber der Atmosphäre offenen Luftfilter (6) verbunden ist, und dem Brennstofftank (4), der über eine Wasserzuleitung (9) mit einem Wasservorratstank (10) und über eine Methanolzuleitung (11) mit einem Methanolvorratstank (12) verbunden ist, wobei die Wasserzuleitung (9) eine Wasserförderpumpe (13) und die Methanolzuleitung (11) eine Methanolförderpumpe (14) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinheit (22) eingangsseitig jeweils mit einer Vorrichtung zur verbraucherseitigen Strommessung des Brennstoffzellenstapels (1) und einer Vorrichtung zur verbraucherseitigen Spannungsmessung des Brennstoffzellenstapels (1) sowie ausgangsseitig über eine Leitung (23) mit dem elektrischen Antrieb der Methanolförderpumpe (14) elektrisch verbunden ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur verbraucherseitigen Strommessung des Brennstoffzellenstapels (1) ein Amperemeter (18) und die Vorrichtung zur verbraucherseitigen Spannungsmessung des Brennstoffzellenstapels (1) ein Voltmeter (19) ist, sowie der Brennstoffzellenstapel (1) stromseitig mit einem Verbraucher (15) elektrisch über eine Plusleitung (16) und eine Minusleitung (17) verbunden ist, wobei in der Plusleitung (16) das Amperemeter (18) eingangsseitig sowie zwischen der Plusleitung (16) und der Minusleitung (17) das Voltmeter (19) eingangsseitig angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur verbraucherseitigen Strommessung des Brennstoffzellenstapels (1) und die Vorrichtung zur verbraucherseitigen Spannungsmessung des Brennstoffzellenstapels (1) in einem DC/DC-Wandler (32) integriert sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (22) ausgangsseitig über eine Leitung (24) mit dem elektrischen Antrieb der Wasserförderpumpe (13) elektrisch verbunden ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (22) eingangsseitig über eine Leitung (25) mit einem Temperatursensor (26) des Brennstoffzellenstapels (1) und über eine Leitung (27) mit einem Füllstandssensor (28) des Brennstofftankes (4) elektrisch verbunden ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (22) ausgangsseitig über eine Leitung (29) elektrisch mit dem elektrischen Antrieb einer Zirkulationspumpe (7) und über eine Leitung (30) mit dem elektrischen Antrieb einer Luftförderpumpe (8) elektrisch verbunden ist, wobei die Zirkulationspumpe (7) in der Brennstoffzuleitung (2) und die Luftförderpumpe (8) in der Luftzuleitung (5) angeordnet sind.

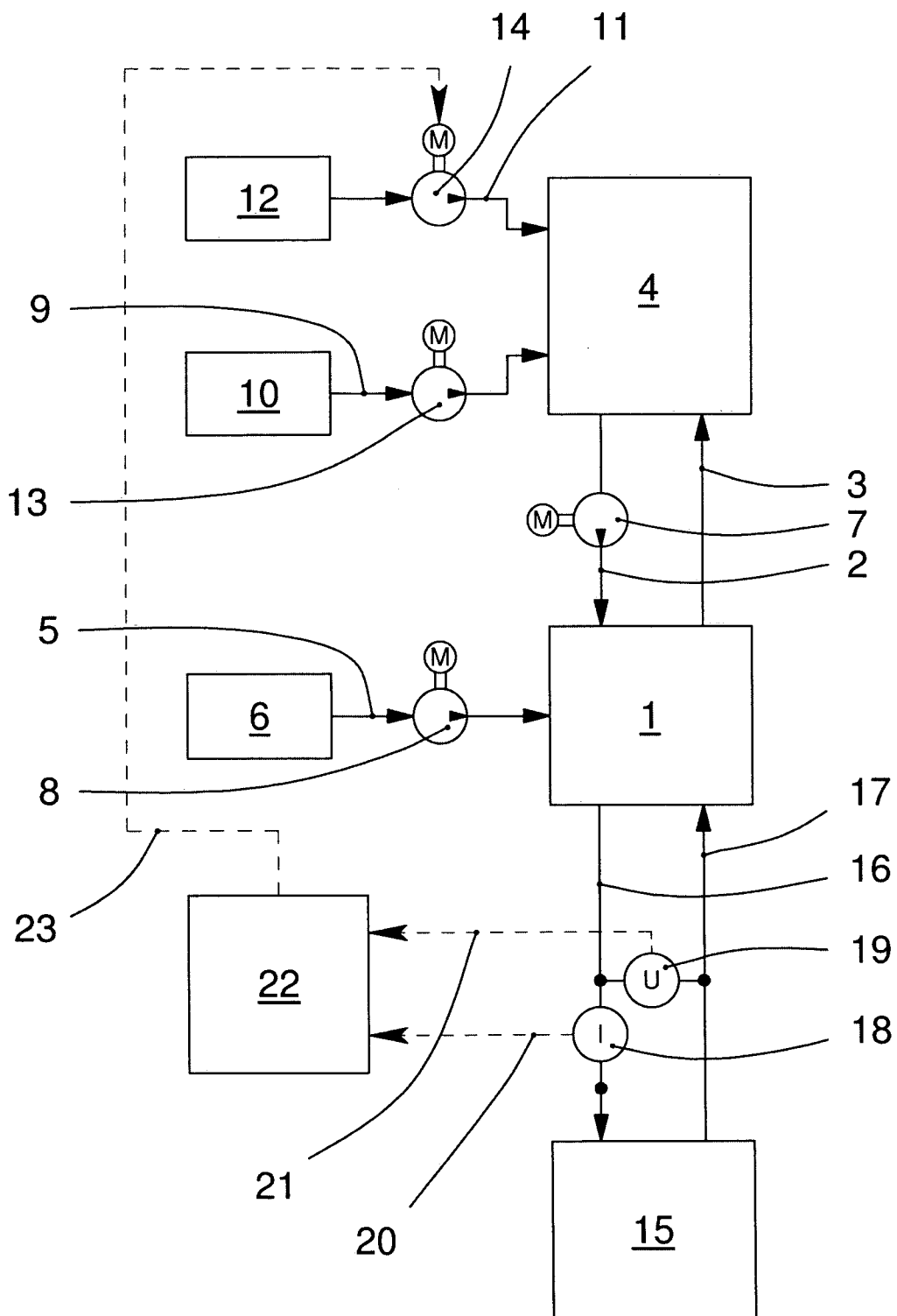


Fig. 1

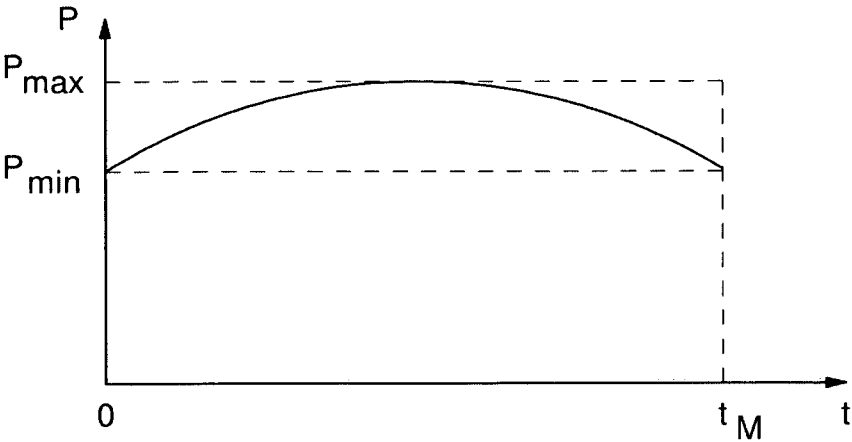


Fig. 2

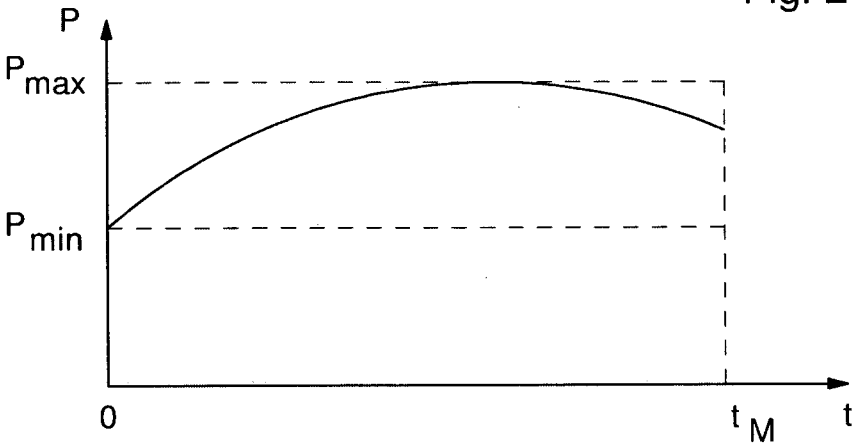


Fig. 3

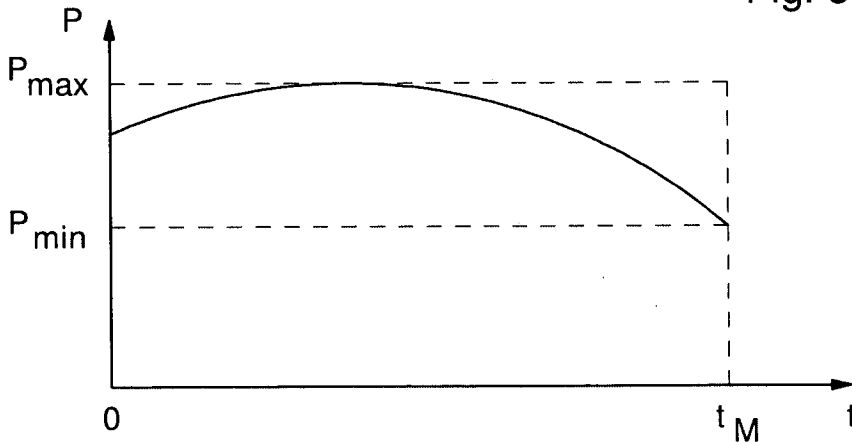


Fig. 4

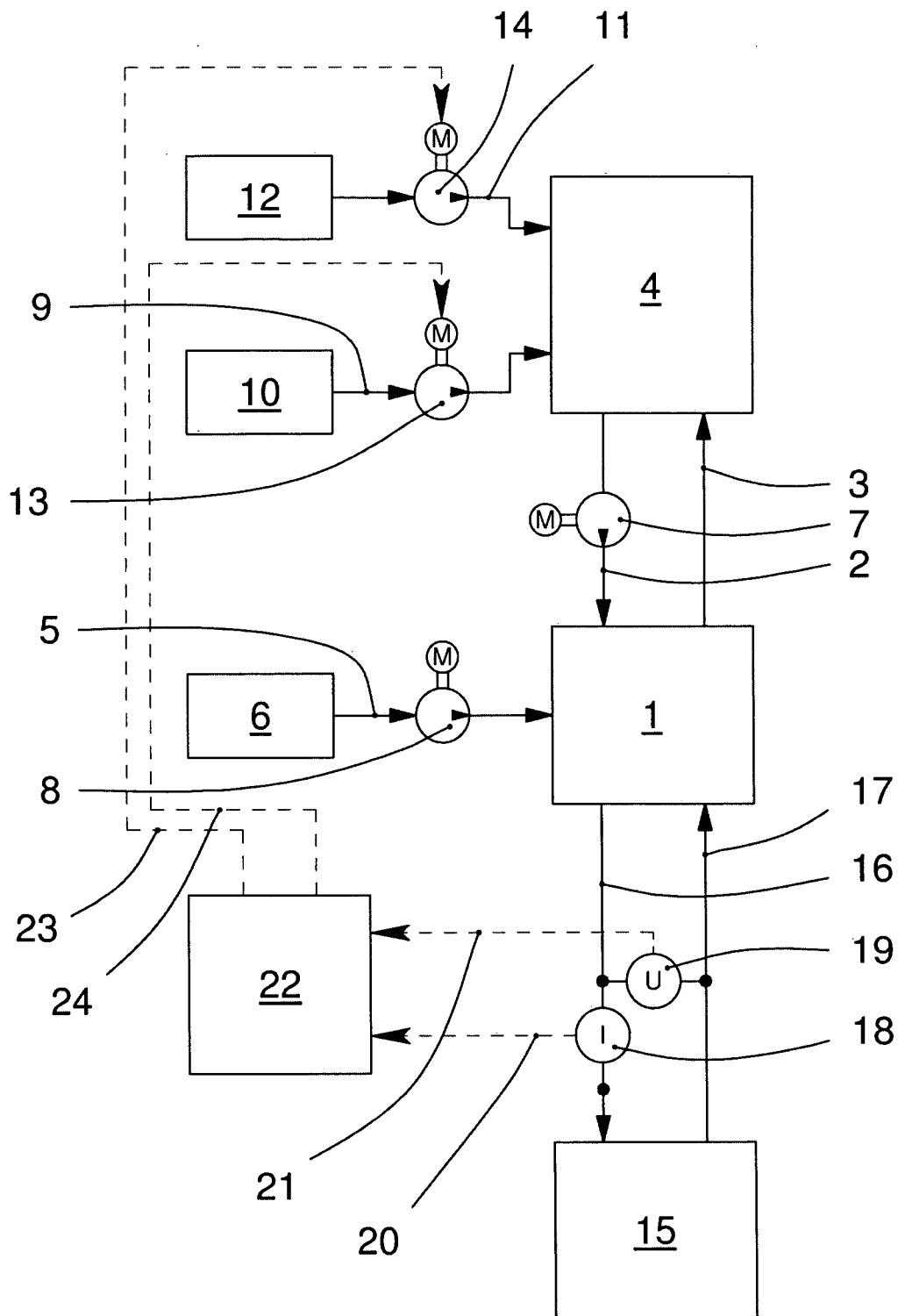


Fig. 5

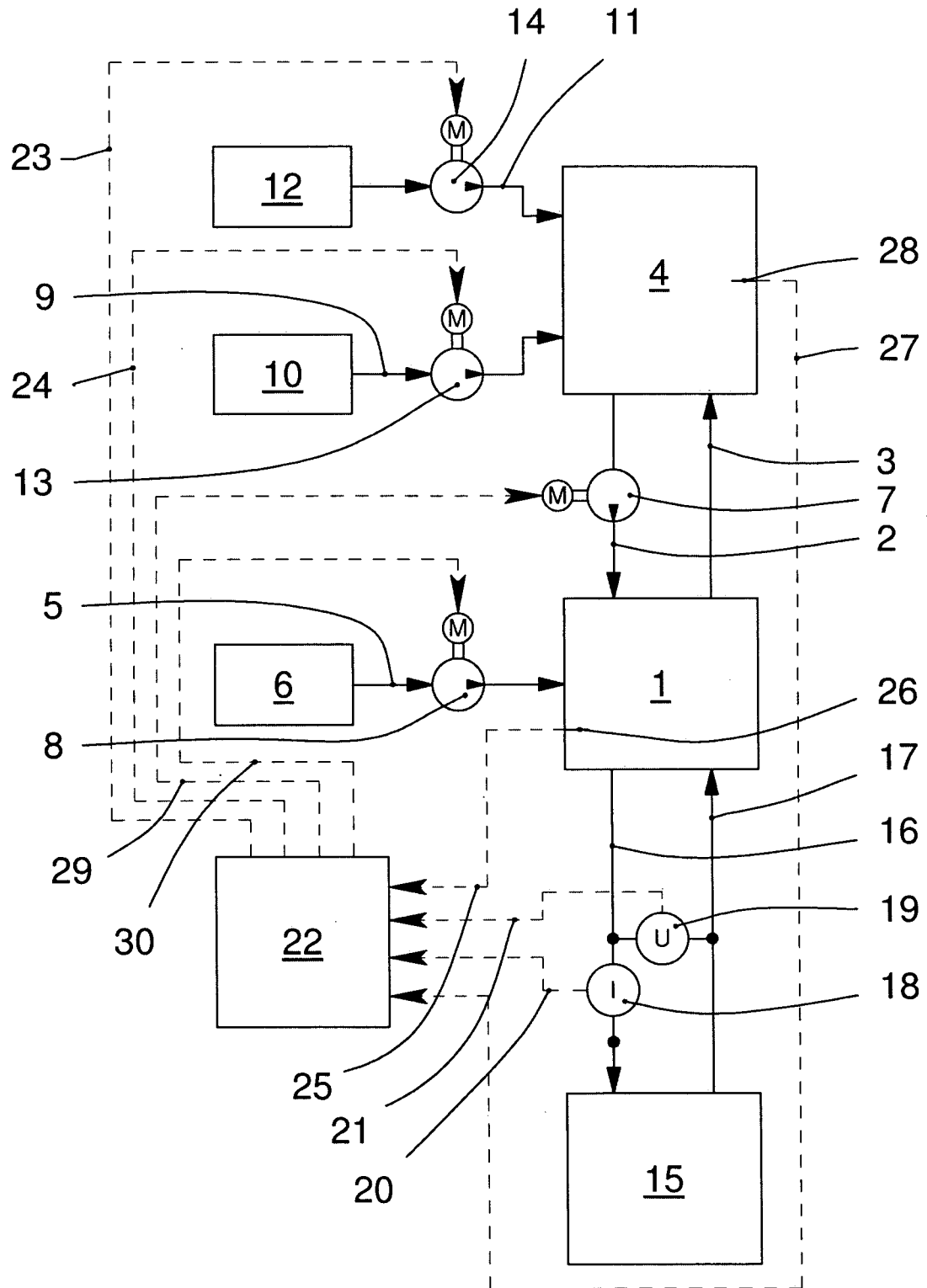


Fig. 6

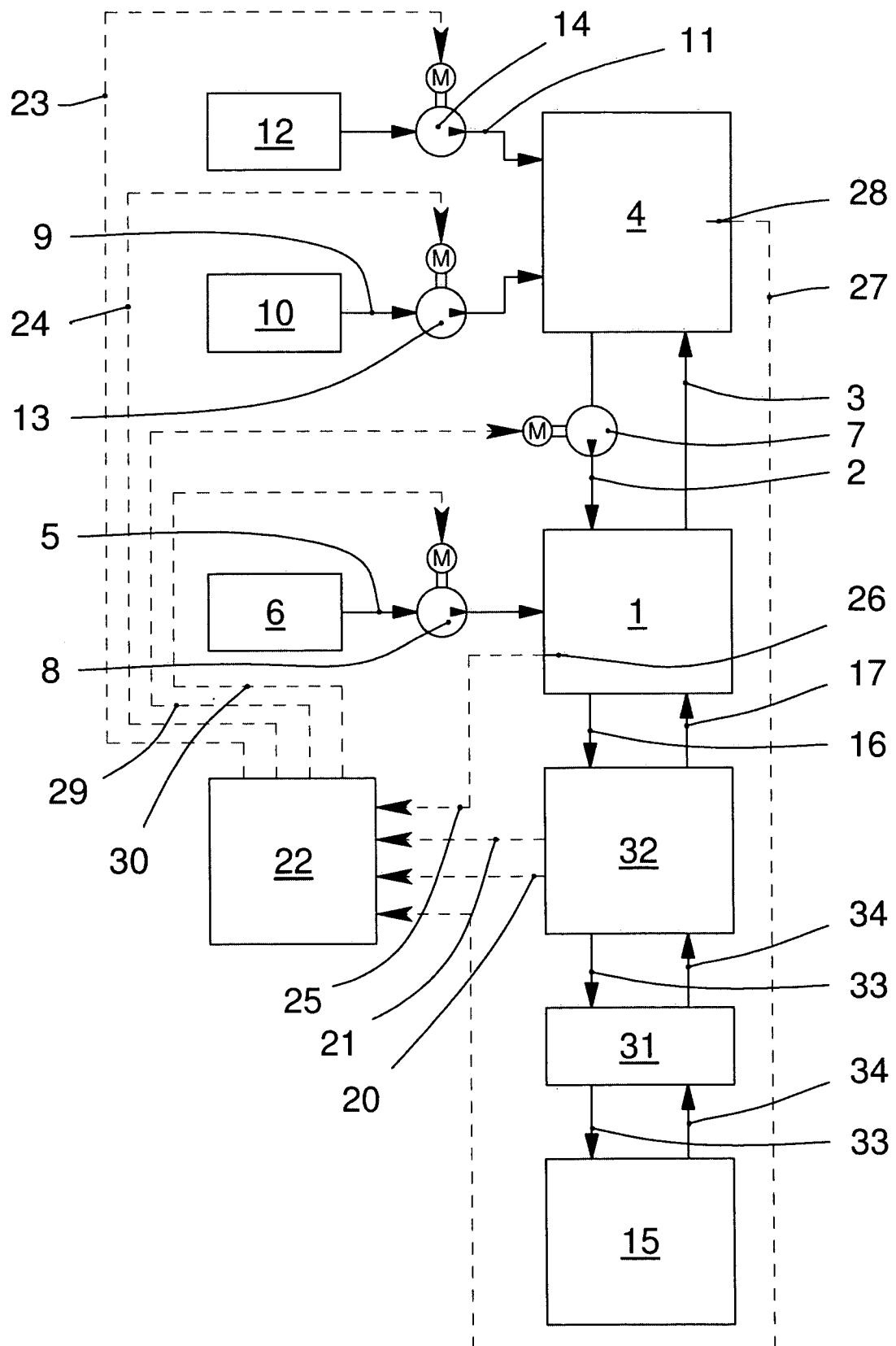


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2008/002089

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01M8/04 H01M8/10

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 practical, 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 2004 061656 A1 (FORSCHUNGSZENTRUM JUELICH GMBH [DE]) 6 July 2006 (2006-07-06) paragraphs [0012] - [0014], [0024] claim 1 figure 2	1, 9, 10
X	US 6 565 998 B2 (MATEJCEK LOTHAR [DE] ET AL) 20 May 2003 (2003-05-20) figure 1 column 2, line 45 - column 3, line 23	1
X	EP 1 280 218 A (ABB RESEARCH LTD [CH]; DU PONT [US]) 29 January 2003 (2003-01-29) paragraphs [0022] - [0025] claims 1,10	1
	----- -/--	

☒ 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 document 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

3 April 2009

Date of mailing of the international search report

14/04/2009

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Knoflachner, Andreas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2008/002089

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/192517 A1 (BECKMANN GERHARD [US] ET AL) 19 December 2002 (2002-12-19) claim 1 -----	1
A	US 2006/159968 A1 (SUDO GO [JP] ET AL) 20 July 2006 (2006-07-20) figures 3,4 paragraphs [0007], [0010] claims 9,16 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2008/002089

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102004061656 A1	06-07-2006	NONE	
US 6565998	B2	20-05-2003	CA 2334530 A1 US 2002106542 A1
EP 1280218	A	29-01-2003	WO 03012904 A2 JP 2004537150 T US 2004247954 A1
US 2002192517	A1	19-12-2002	WO 02103832 A1
US 2006159968	A1	20-07-2006	JP 2005032610 A WO 2005004270 A1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2008/002089

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01M8/04 H01M8/10

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 2004 061656 A1 (FORSCHUNGSZENTRUM JUELICH GMBH [DE]) 6. Juli 2006 (2006-07-06) Absätze [0012] - [0014], [0024] Anspruch 1 Abbildung 2	1, 9, 10
X	US 6 565 998 B2 (MATEJCEK LOTHAR [DE] ET AL) 20. Mai 2003 (2003-05-20) Abbildung 1 Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 23	1
X	EP 1 280 218 A (ABB RESEARCH LTD [CH]; DU PONT [US]) 29. Januar 2003 (2003-01-29) Absätze [0022] - [0025] Ansprüche 1, 10	1

-/--

☒ 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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. April 2009

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/04/2009

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

Knoflacher, Andreas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/192517 A1 (BECKMANN GERHARD [US] ET AL) 19. Dezember 2002 (2002-12-19) Anspruch 1	1
A	----- US 2006/159968 A1 (SUDO GO [JP] ET AL) 20. Juli 2006 (2006-07-20) Abbildungen 3,4 Absätze [0007], [0010] Ansprüche 9,16 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2008/002089

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102004061656 A1	06-07-2006	KEINE	
US 6565998 B2	20-05-2003	CA 2334530 A1	06-08-2002
		US 2002106542 A1	08-08-2002
EP 1280218 A	29-01-2003	WO 03012904 A2	13-02-2003
		JP 2004537150 T	09-12-2004
		US 2004247954 A1	09-12-2004
US 2002192517 A1	19-12-2002	WO 02103832 A1	27-12-2002
US 2006159968 A1	20-07-2006	JP 2005032610 A	03-02-2005
		WO 2005004270 A1	13-01-2005