

(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
20. Februar 2003 (20.02.2003)

PCT

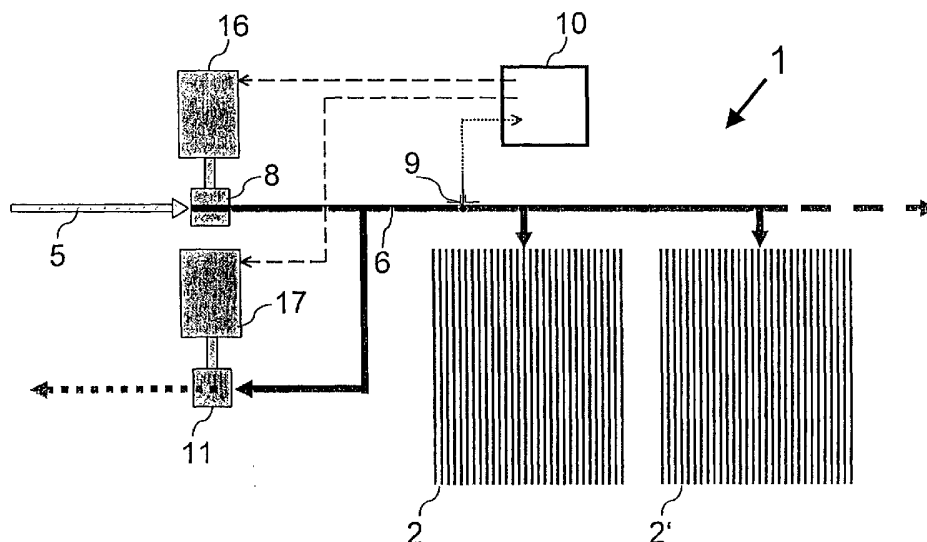
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/015202 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01M 8/04** (72) **Erfinder; und**
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/08944 (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): WEBER, Florian**
(22) Internationales Anmeldedatum: 9. August 2002 (09.08.2002) [DE/DE]; Prinz-Ludwig-Strasse 8, 85354 Freising (DE).
LITZKA, Stefan [DE/DE]; Brunnenstrasse 28, 73734
Esslingen (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) **Anwalt: KLUNKER, SCHMITT-NILSON, HIRSCH;**
Winzererstrasse 106, 80797 München (DE).
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten (national): JP, US.**
(30) Angaben zur Priorität: 01119341.4 10. August 2001 (10.08.2001) EP (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).
(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von**
US): PROTON MOTOR FUEL CELL GMBH [DE/DE]; **Veröffentlicht:**
Gautinger Strasse 6, 82231 Starnberg (DE). — *mit internationalem Recherchenbericht*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** FUEL CELL SYSTEMS WITH A REACTION-GAS PRESSURE REGULATING SYSTEM OR VOLUME FLOW REGULATING SYSTEM IN ADDITION TO A FUEL SUPPLY AND REMOVAL SYSTEM USING A REACTION GAS VOLUME FLOW

(54) **Bezeichnung:** BRENNSTOFFZELLEN-SYSTEME MIT REAKTIONSGAS-DRUCKREGELUNG ODER -VOLUMENSTROMREGELUNG SOWIE BETRIEBSMITTEL-VERSORGUNG UND -ENTSORGUNG UNTER NUTZUNG EINES REAKTIONSGAS-VOLUMENSTROMS



(57) **Abstract:** The invention relates to a device and a method enabling the reaction gas pressure in fuel cells of a fuel cell system to remain constant even when high fluctuations of the reaction gas volume flow or high fluctuations occur in the decrease in performance by an electric consumer. A timed reaction gas inlet valve is used in order to guarantee pressure stability. The invention also relates to devices and methods for regulating the economy of fuel cell systems in difficult conditions of unforeseeable changes in reaction gas volume flows and in unforeseeable changes involving the decrease in performance by an electric consumer.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/015202 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren, die bzw. das es ermöglicht, den Reaktionsgas-Druck in den Brennstoffzellen eines Brennstoffzellen-Systems auch bei starken Schwankungen des Reaktionsgas-Volumenstroms bzw. bei starken Schwankungen der Leistungsabnahme durch einen elektrischen Verbraucher konstant zu halten. Zur Gewährleistung der Druckstabilität wird ein getaktetes Reaktionsgas-Einlassventil verwendet. Die Erfindung betrifft ferner Vorrichtungen und Verfahren zur Regelung des Wasserhaushalts von Brennstoffzellen-Systemen unter den erschwerten Bedingungen von sich in unvorhersehbarer Weise ändernden Reaktionsgas-Volumenströmen und sich in unvorhersehbarer Weise ändernder Leistungsabnahme durch einen elektrischen Verbraucher.

**Brennstoffzellen-Systeme mit Reaktionsgas-Druckregelung
oder -Volumenstromregelung sowie Betriebsmittel-Versorgung
und -Entsorgung unter Nutzung eines Reaktionsgas-Volumenstroms**

5
10 Brennstoffzellen-Systeme versorgen elektrische Verbraucher mit elektrischer Leistung. Die dem Brennstoffzellen-System entnehmbare elektrische Leistung ist zum einen abhängig von der konstruktiven Auslegung des Brennstoffzellen-Systems, also vor allem von der Anzahl und Größe der Einzelbrennstoffzellen bzw. der Brennstoffzellen-Stapel, zum anderen von den Betriebsbedingungen. Dazu zählen in erster Linie Reaktionsgas-Drücke bzw. -Volumenströme, Betriebstemperatur und Wasserhaushalt der Brennstoffzellen.
15

Die konstruktive Auslegung des Brennstoffzellen-Systems bestimmt die erzielbare Maximalleistung. Die zu einem bestimmten Zeitpunkt von einem elektrischen Verbraucher tatsächlich entnehmbare Leistung variiert in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen. Bei hohen Leistungsanforderungen des elektrischen Verbrauchers muss der den Brennstoffzellen zuzuführende Volumenstrom gesteigert werden bis hin zum theoretisch möglichen Maximalwert.
20

Um einen maximalen Wirkungsgrad zu erzielen müssen die Brennstoffzellen auf einem optimalen Feuchtegehalt gehalten werden. Die Membranen von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen müssen stets einen hohen Wassergehalt aufweisen, um eine gute Protonenleitfähigkeit zu gewährleisten, da ansonsten die Brennstoffzellen-Leistung sinkt. Befindet sich jedoch zu viel Wasser in den Brennstoffzellen, führt dies zu einem Fluten der Elektroden, und die erzielbare Leistung sinkt ebenfalls.
25

30 Bei konstanten oder nur langsam veränderlichen Leistungsanforderungen des mit elektrischer Leistung zu versorgenden elektrischen Verbrauchers ist es in der Regel unproblematisch, den Reaktionsgas -Druck bzw. -Volumenstrom des Brennstoffzel-

35 len-Systems den jeweiligen Anforderungen anzupassen. Auch die Zuführung von Befeuchtungswasser für die Membranen und ggf. von Kühlwasser, sowie die Abführung von überschüssigem Wasser kann bei konstanten oder nur langsam veränderlichen Betriebszuständen des Brennstoffzellen-Systems einigermaßen zufriedenstellend gelöst werden.

40 Bisher gibt es jedoch keine befriedigende Lösung für Fälle, in denen die Leistungsanforderungen unvorhersehbaren starken Schwankungen unterliegen können.

Bei unvorhersehbaren starken Schwankungen der Leistungsanforderungen des elektrischen Verbrauchers unterliegen auch die Reaktionsgas-Volumenströme des versorgenden Brennstoffzellen-Systems denselben Schwankungen. Häufig müssen bei 45 der Versorgung von Brennstoffzellen in ortsfesten oder mobilen Anwendungen einerseits hohe Gasvolumenströme bei zum Teil sehr geringen Drücken zur Versorgung bereitgestellt werden können, andererseits muss dieser Gasvolumenstrom oft im Bereich weniger Millisekunden auf- oder zugeregelt werden können, um unzulässige 50 Drucküberschreitungen oder Druckunterschreitungen im System zu vermeiden. Außerdem besteht insbesondere bei mobilen Anwendungen Bedarf an leistungsfähigen, aber gleichzeitig kompakten und leichten Gasversorgungseinrichtungen.

Für die Druckregelung werden zur Zeit üblicherweise Kolben- oder Membran-Druckminderer eingesetzt, die jedoch hinsichtlich Volumenleistung, Druckgenauigkeit, 55 Druckreproduzierbarkeit und Regelgeschwindigkeit bei Anwendungen, die schnelle Änderungen des Reaktionsgas-Volumenstroms erfordern, nicht zufriedenstellend sind und darüber hinaus groß und schwer sind. Letzteres wirkt sich insbesondere bei mobilen Anwendungen, wie in einem Kraftfahrzeug, nachteilig aus.

60 Zur Versorgung der Polymerelektrolytmembranen von Brennstoffzellen mit Feuchtigkeit ist es bekannt, Wasser in einen Reaktionsgas-Strom einzuspeisen und von dem Reaktionsgas zu den Polymerelektrolytmembranen transportieren zu lassen. Dabei ergibt sich zum einen das Problem, dass das Befeuchtungswasser oft nicht befriedigend im Reaktionsgas-Volumenstrom verteilt wird und nur ein unkontrollierbarer Anteil 65 des Befeuchtungswassers die Membranen erreicht. Zum anderen ist die erforder-

liche Befeuchtungswassermenge abhängig von den Betriebsbedingungen des Brennstoffzellen-Systems. Insbesondere bei unvorhersehbaren schnellen Änderungen der Betriebsbedingungen kann die Änderung des Befeuchtungszustands oft
70 nicht rasch genug erfolgen.

Außerdem wird in Brennstoffzellen kathodenseitig Wasser gebildet. Dieses Wasser sowie ggf. überschüssiges Membranbefeuchtungswasser und/oder Kühlwasser muss, um ein Fluten der Elektroden zu verhindern, aus den Brennstoffzellen entfernt
75 werden. Zum Austreiben von Wasser aus den Brennstoffzellen gibt es derzeit mehrere Möglichkeiten, wie z.B. die wechselseitige Beschickung der Brennstoffzellen mit Gas, um durch veränderte Strömungsverhältnisse ein Austreiben von Wassertröpfchen zu erreichen. Der apparative Aufwand besteht in einem oder mehreren Ventilen zur Gasstromumlenkung und der dazu notwendigen Ansteuerelektronik. Eine weitere
80 Möglichkeit besteht im zyklischen Ausspülen der Zelle mit Gas (Reaktionsgas) in die Umgebung. Auch hierfür werden Ventile und Ansteuerelemente benötigt. Darüber hinaus kommt es durch den Verlust an Gas zu einer teilweise drastischen Verschlechterung des Gesamtwirkungsgrades der Brennstoffzellen-Anlage. Die sicherheitstechnischen Probleme durch das Freisetzen von Gas in die Umgebung können
85 ebenfalls nur mit zusätzlichem apparativem Aufwand gelöst werden. Eine Alternative besteht darin, mit einem Kompressor in einem Behälter ein Gasvakuum zu erzeugen und mit Reaktionsgas zyklisch in diesen Behälter hineinzuspülen. Das Spülgas könnte mit Hilfe des Kompressors wieder der Brennstoffzelle zugeführt werden. Auch hier ist ein sehr großer apparativer Aufwand notwendig. Außerdem besteht ein besondere
90 Nachteil bei unvorhersehbar wechselnden Betriebsbedingungen darin, dass das erforderliche Ausmaß der Wasserentfernung schwer bestimmbar und kontrollierbar ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Regelung des
95 Drucks eines Reaktionsgases in einem Brennstoffzellen-System bereitzustellen, das es erlaubt, den Reaktionsgas-Druck mit hoher Genauigkeit zu regeln und auch bei schnellen Volumenstromänderungen Druckschwankungen im System zu vermeiden.

100 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es auch, ein Brennstoffzellen-System bereitzustellen, das für das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung des Drucks ausgelegt ist.

105 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es außerdem, ein Verfahren zur Befeuchtung eines Brennstoffzellen-Systems bereitzustellen, bei dem das Befeuchtungswasser effizient in einem Reaktionsgas-Volumenstrom verteilt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ferner, ein Brennstoffzellen-System bereitzustellen, das für das erfindungsgemäße Befeuchtungsverfahren ausgelegt ist.

110 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es darüber hinaus, ein Verfahren zum Austreiben von überschüssigem Wasser aus einem Brennstoffzellen-System bereitzustellen, bei dem die Effizienz der Wasserentfernung automatisch umso größer wird, je mehr Wasserstoff in dem Brennstoffzellen-System verbraucht wird.

115 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es zudem, ein Brennstoffzellen-System bereitzustellen, das für das Verfahren zum Austreiben von Wasser ausgelegt ist.

120 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es auch, ein Verfahren zur Anpassung der Leistung eines Brennstoffzellen-Leistungssystems an veränderliche Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers bereitzustellen, bei dem die erforderlichen Änderungen des Reaktionsgas-Volumenstroms nicht zu Druckschwankungen im Brennstoffzellen-System führen.

125 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es weiterhin, ein Brennstoffzellen-Leistungssystem bereitzustellen, das für das erfindungsgemäße Verfahren zur Leistungsanpassung ausgelegt ist.

Die Aufgabe wird gelöst durch das Brennstoffzellen-System gemäß Anspruch 1 und das Verfahren zur Regelung des Drucks gemäß Anspruch 13.

130

Die Aufgabe wird ferner gelöst durch das Brennstoffzellen-System gemäß Anspruch 19 und das Verfahren zum Dispergieren von Wasser in einem Reaktionsgas gemäß Anspruch 22.

135 Die Aufgabe wird außerdem gelöst durch das Brennstoffzellen-Leistungssystem und das Verfahren zur Anpassung der Leistung eines Brennstoffzellen-Leistungssystems an veränderliche Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers gemäß den Ansprüchen 24 und 26.

140 Die abhängigen Ansprüche betreffen jeweils vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung, wobei die in den abhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmale, einzeln oder in beliebiger Kombination, vorteilhafte Weiterbildungen eines jeden der in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Gegenstände darstellen.

145 Zur erfindungsgemäßen Druckregelung weist das Brennstoffzellen-System, vorzugsweise Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen-System, folgende Merkmale auf:

- mindestens einen Brennstoffzellen-Stapel,
- eine Reaktionsgas-Zuführung mit einem Hochdruckbereich und einem Niederdruckbereich zu dem Brennstoffzellen-Stapel,
- 150 - eine Vorrichtung zur Regelung des Drucks im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung mit
 - einem getakteten Reaktionsgas-Einlassventil, d.h. einem Reaktionsgas-Einlassventils des Typs mit nur zwei Schaltstellungen,
 - einer Messstelle zur Messung des Drucks oder einer druck-
 - 155 korrelierten Messgröße im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung,
 - einer Ansteuer- und Regeleinheit zur Erfassung und Auswertung des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße und zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils in Abhängigkeit von dem Druck oder
 - 160 der druckkorrelierten Messgröße.

Der Begriff "ein" ist stets als "mindestens ein" zu verstehen.

Ein Brennstoffzellen-Stapel weist typischerweise etwa 5 bis 60 Brennstoffzellen auf, wobei die Anzahl jedoch in einem breiten Bereich variieren kann, und das Brennstoffzellen-System kann nur einen oder auch sehr viele Brennstoffzellen-Stapel aufweisen. Prinzipiell ist die Erfindung jedoch für eine beliebige Anzahl von Einzelbrennstoffzellen, beispielsweise auch für nur eine Einzelbrennstoffzelle, oder für eine beliebige Anzahl von Brennstoffzellen-Stapeln anwendbar.

Das Reaktionsgas-Einlassventil ist bevorzugt so angeordnet, dass es den Hochdruckbereich und den der Reaktionsgas-Zuführung trennt. Ist das Ventil geschlossen, ist gleichzeitig das Brennstoffzellen-System gegen die Umgebung abgeschlossen. Ein separates Absperrventil ist nicht erforderlich, da das Reaktionsgas-Einlassventil gleichzeitig als Absperrventil wirkt.

Der Druck in dem Hochdruckbereich beträgt typischerweise bis zu 200 bar, kann aber auch höher sein. In der Regel liegt er jedoch darunter, beispielsweise bei bis zu 50 bar, typischerweise etwa 5 bar. Der Druck im Niederdruckbereich des Brennstoffzellen-Systems ist systemabhängig und liegt typischerweise in einem Bereich von wenigen 100 mbar bis zu wenigen bar. Ein gängiger Druck sind etwa 2 bar.

Erfindungsgemäß wird ein Reaktionsgas-Druck oder eine druckkorrelierte Messgröße geregelt. Druckkorrelierte Messgrößen sind beispielsweise der Reaktionsgas-Volumenstrom oder der Partialdruck des Reaktionsgases. Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Messung des Reaktionsgas-Drucks im Niederdruckbereich beschrieben, was jedoch nicht als Beschränkung der Erfindung verstanden werden soll. Die Messung druckkorrelierter Messgrößen und Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils in Abhängigkeit von dem gemessenen Wert der druckkorrelierten Messgröße stellt eine gleichwertige Alternative dar.

Typischerweise ist das Reaktionsgas, dessen Druck gemessen wird, das Brenngas, z.B. Wasserstoff, aber auch in der Oxidationsmittelzuführung kann die erfindungsgemäße Regelung durchgeführt werden, sofern das Oxidationsmittel unter Druck zugeführt wird.

195

Die erfindungsgemäße Druck- und/oder Volumenstrom-Regelung umfasst folgende Schritte:

- kontinuierliches oder regelmäßiges Messen des Drucks oder einer druckkorrelierten Messgröße im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung,
- 200 - kontinuierliches oder regelmäßiges Erfassen oder Auswerten des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße durch Vergleichen des Ist-Werts des Drucks oder der druckkorrelierte Messgröße mit einem vorbestimmten, für das Brennstoffzellen-System typischen, Soll-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße,
- 205 - Ansteuern des Reaktionsgas-Einlassventils in Abhängigkeit von dem Druck oder der druckkorrelierten Messgröße dergestalt, dass der durch das Reaktionsgas-Einlassventil in den Niederdruckbereich strömende Reaktionsgas-Volumenstrom je Zeiteinheit erhöht wird, wenn der Ist-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße unter dem vorbestimmten Soll-Wert liegt, und verringert wird,
- 210 wenn der Ist-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße über dem vorbestimmten Soll-Wert liegt.

Die Messung erfolgt durch konventionelle, dem Fachmann für diesen Zweck bekannte Messfühler.

215

Der gemessene Wert des, beispielsweise, Reaktionsgas-Drucks wird von einer konventionellen Ansteuer- und Regeleinheit erfasst und mit dem vorbestimmten Soll-Wert verglichen. Bei Leistungsentnahme durch einen elektrischen Verbraucher sinkt der Ist-Wert unter den Soll-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße, und es wird ein zu niedriger Wert gemessen. Ist der gemessene Wert zu niedrig, wird er durch vermehrtes Einlassen von Reaktionsgas, also durch eine Erhöhung des pro Zeiteinheit durch das Reaktionsgas-Einlassventil strömenden Reaktionsgas-Volumenstroms, erhöht. Dies erfolgt durch eine geeignete Ansteuerung des getakten Reaktionsgas-Einlassventils. Ist der gemessene Wert hingegen zu hoch, wird er durch ein verringertes Einlassen von Reaktionsgas, also durch eine Verringerung des pro Zeiteinheit durch das Reaktionsgas-Einlassventil strömenden Reaktionsgas-Volumenstroms, verringert. Dies erfolgt ebenfalls durch eine geeignete Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils.

225

230 Die Regelung des durch das getaktete Reaktionsgas-Einlassventil pro Zeiteinheit in
den Niederdruckbereich strömenden Reaktionsgas-Volumenstroms erfolgt bevorzugt
durch pulsmodierte oder frequenzmodulierte Ansteuerung des Reaktionsgas-Ein-
lassventils. Für die pulsmodierte Ansteuerung wird als Ansteuer- und Regeleinheit
ein Zwei-Punkt-Regler verwendet, für die frequenzmodulierte Ansteuerung wird ein
235 kontinuierlicher Regler verwendet.

Bei der Pulsmodulation wechseln Pulszeiten, in denen das Reaktionsgas-Einlassven-
til geöffnet ist, mit Pausenzeiten, in denen das Reaktionsgas-Einlassventil geschlos-
sen ist. Während der Pulszeiten strömt jeweils ein konstanter Reaktionsgas-Volu-
menstrom in das Brennstoffzellen-System ein, während der Pausenzeiten strömt
240 kein Reaktionsgas ein. Folglich ist der pro Zeiteinheit durch das Reaktionsgas-Ein-
lassventil einströmende Reaktionsgas-Volumenstrom umso größer, je länger die
Pulszeiten und je kürzer dementsprechend die verbleibenden Pausenzeiten sind. Die
Variation des Reaktionsgas-Volumenstroms erfolgt hier durch geeignete Variation
des Verhältnisses von Pulszeiten zu zwischen den Pulszeiten liegenden Pausenzei-
245 ten.

Bei der Frequenzmodulation hingegen sind die Pulszeiten, in denen das Reaktions-
gas-Einlassventil geöffnet ist und ein konstanter Reaktionsgas-Volumenstrom in das
250 Brennstoffzellen-System einströmt, konstant. Variiert wird die jeweils zwischen zwei
Pulszeiten liegende Pausenzeit, in der das Ventil geschlossen ist und kein Reakti-
onsgas einströmen kann. Je kürzer die Pausenzeiten sind, je höher also die Ansteu-
erfrequenz ist, desto größer ist der durch das Reaktionsgas-Einlassventil einströ-
mende Reaktionsgas-Volumenstrom.

255 Zusätzlich kann in dem Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung ein Reakti-
onsgas-Auslassventil, das ebenfalls von der Ansteuer- und Regeleinheit in Abhän-
gigkeit von dem Druck oder der druckkorrelierten Messgröße ansteuerbar ist, vorge-
sehen werden. Das Reaktionsgas-Auslassventil ermöglicht eine wesentlich schnelle-
re Druckreduzierung im Niederdruckbereich als dies alleine durch Geschlossenhal-
260 ten des Reaktionsgas-Einlassventils bei gleichzeitigem Verbrauch von Reaktionsgas

durch die Brennstoffzellen möglich ist, es hat also im Wesentlichen eine Sicherheitsfunktion. Das Reaktionsgas-Auslassventil kann ein beliebiges Ventil sein, beispielsweise ein kontinuierlich regelbares Ventil oder auch ein getaktetes Ventil wie das Reaktionsgas-Einlassventil. Die Ansteuerung kann beispielsweise dergestalt erfolgen, dass ein bestimmter Grenzwert des Drucks im Niederdruckbereich vorgegeben wird, der nicht überschritten werden darf. Sollte er dennoch überschritten werden, wird das Reaktionsgas-Auslassventil angesteuert und bis zur Unterschreitung des Grenzwerts geöffnet.

265

270

Das Reaktionsgas-Einlassventil ist ein Ventil, das sehr kurze Schaltzeiten hat. Bevorzugt sind Magnetventile und Piezoventile, die einerseits sehr schnell reagieren und andererseits nur über zwei Schaltstellungen verfügen, so dass beim Öffnen des Ventils sofort die maximal mögliche Gasmenge durch das Ventil strömen kann, wobei diese Gasmenge bis zum Schließen des Ventils strömt. Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Druckeinstellung ist hier nicht von der Trägheit des Ventils, sondern nur von der Trägheit der im System verwendeten Regelkreisglieder abhängig. Da die Ansteuerung und Regelung elektronisch, also trägheitslos, erfolgt, erfolgt auch die Druckeinstellung sehr rasch.

275

280

Der Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung kann als eine Verteilerleitung für Reaktionsgas ausgebildet sein, die das Reaktionsgas zu den Brennstoffzellen-Stapeln und schließlich zu den Einzelbrennstoffzellen führt. Alternativ kann der Niederdruckbereich auch als Niederdruckraum ausgebildet sein, von dem aus alle Einzelbrennstoffzellen eines Stapels mit Reaktionsgas versorgt werden. Beispielsweise kann der Niederdruckraum der Anodenraum eines Brennstoffzellen-Stapels sein, von dem aus Brenngas in die Einzelbrennstoffzellen des Stapels strömt.

285

Das Reaktionsgas-Einlassventil kann so in die Reaktionsgas-Zuführung integriert werden, dass auch sein Antrieb in der Reaktionsgas-Zuführung untergebracht ist. Das hat den Vorteil, dass keine zusätzlichen Dichtungssysteme erforderlich sind. Der integrierte Einbau ist sowohl im Hochdruckbereich als auch im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung möglich, wobei der Niederdruckbereich sowohl als Verteilerleitung als auch als Niederdruckraum ausgebildet sein kann. Ist der Nieder-

290

295 druckbereich als Niederdruckraum ausgebildet, trennt das Reaktionsgas-Einlassventil den Hochdruckbereich von dem Niederdruckraum des Brennstoffzellen-Stapels. Bei mehreren Brennstoffzellen-Stapeln in einem Brennstoffzellen-System besitzt bevorzugt jeder Niederdruckraum eines Brennstoffzellen-Stapels ein Reaktionsgas-Einlassventil, das den Niederdruckraum des betreffenden Brennstoffzellen-Stapels vom
300 Hochdruckbereich trennt. Im Falle einer Verteilerleitung für das Reaktionsgas kann ebenfalls direkt an jedem Brennstoffzellen-Stapel ein Reaktionsgas-Einlassventil integriert werden. In diesem Fall stellt die Verteilerleitung den Hochdruckbereich dar, und es ist, wie bei der Variante mit Niederdruckraum, für jeden Brennstoffzellen-Stapel eine eigene Ansteuer- und Regeleinheit für das jeweilige Reaktionsgas-Einlassventil erforderlich. Das Reaktionsgas-Einlassventil trennt den Hochdruckbereich vom
305 Niederdruckbereich eines Brennstoffzellen-Stapels. Alternativ kann das Reaktionsgas-Einlassventil auch so integriert werden, dass es stromauf von einem für alle Brennstoffzellen-Stapel gemeinsamen Niederdruckbereich (Verteilerleitung) die Reaktionsgas-Zuführung für mehrere oder alle Brennstoffzellen-Stapel gemeinsam öffnet oder unterbricht.
310

Auch das Reaktionsgas-Auslassventil kann inclusive Antrieb problemlos in der Reaktionsgas-Zuführung, z.B. in einem Niederdruckraum, integriert werden, so dass keine zusätzlichen Dichtungssysteme erforderlich sind.

315

Für die Druck- und Volumenstrom-Regelung bei Kleinstanwendungen, d.h. bei der Stromversorgung von beispielsweise Laptops, Telefonen, Taschenlampen etc., eignet sich insbesondere ein Brennstoffzellen-System mit Piezoventil als Reaktionsgas-Einlassventil, mit einem Niederdruckraum als Niederdruckbereich der Reaktionsgas-
320 Zuführung und mit einem inklusive seinem Antrieb in den Niederdruckraum eingebauten Reaktionsgas-Einlassventil. Das System ist besonders einfach im Aufbau bei gleichzeitig hoher Leistungsdichte. Wenn es auch insbesondere für miniaturisierte Gasversorgungssysteme eine ideale Lösung darstellt, ist es jedoch keinesfalls auf diesen Anwendungsbereich beschränkt, sondern kann auch in jedem anderen
325 Brennstoffzellen-System beliebiger Größe vorteilhaft eingesetzt werden.

Brennstoffzellen-Systeme mit erfindungsgemäßer Druckregelung weisen gegenüber Brennstoffzellen-Systemen mit konventioneller Druckregelung eine Reihe von Vorteilen auf: Sie erlauben eine äußerst schnelle, präzise und reproduzierbare Druckregelung des Reaktionsgases im Niederdruckbereich des Brennstoffzellen-Systems. Es können hohe Reaktionsgas-Volumenströme bei geringen Drücken zur Versorgung bereitgestellt werden, und dieser Reaktionsgas-Volumenstrom kann nahezu trägheitslos auf- und zugeregt werden, um unzulässige Drucküberschreitungen oder Druckunterschreitungen in dem Brennstoffzellen-System zu vermeiden. Auch wenn sehr schnelle Änderungen des einströmenden Reaktionsgas-Volumenstroms erforderlich sind, können Druckschwankungen im Niederdruckbereich nahezu vermieden werden.

Durch Verwendung eines getakteten Reaktionsgas-Einlassventils, das einerseits vergleichsweise leicht ist und andererseits die Verwendung eines separaten Absperrventils überflüssig macht, sowie auch ggf. durch die Zuordnung eines Reaktionsgas-Einlassventils zu einem Brennstoffzellen-Stapel und die Integration des Reaktionsgas-Einlassventils mit seinem Antrieb in den Hoch- oder Niederdruckbereich können wesentliche Gewichtseinsparungen ohne Abstriche bei der Leistungsdichte erzielt werden.

Zur Gewährleistung einer effizienten Befeuchtung der Polymerelektrolytmembranen der Brennstoffzellen bei jeder gewünschten Leistung eines Brennstoffzellen-Systems weist das Brennstoffzellen-System erfindungsgemäß eine in der Reaktionsgas-Zuführung zu dem Brennstoffzellen-Stapel oder den Brennstoffzellen-Stapeln angeordnete Drosselvorrichtung, die bei Betrieb des Brennstoffzellen-Systems den Hochdruckbereich und den Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung trennt, und eine stromauf von der Drosselvorrichtung oder direkt in der Drosselvorrichtung in die Reaktionsgas-Zuführung mündende Wasserzuführung auf. Die Drosselvorrichtung ist beispielsweise eine Düse oder eine Blende, bevorzugt eine konvergente Düse.

Durch die Anordnung der Drosselvorrichtung dergestalt, dass sie den Hochdruckbereich und den Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung trennt, befindet sich der stromauf gelegene Eingang der Drosselvorrichtung auf einem hohen Druckni-

360 veau p_1 und der stromab gelegene Ausgang der Drosselvorrichtung auf einem tiefe-
ren Druckniveau p_2 . Das strömende Reaktionsgas tritt mit einem Druck p_1 in die
Drosselvorrichtung ein und wird beim Austritt aus der Drosselvorrichtung auf den
Druck des Niederdruckbereichs p_2 entspannt. Am engsten Querschnitt der Drossel-
vorrichtung ist der Reaktionsgas-Druck bevorzugt mindestens gleich dem kritischen
365 Druck oder höher.

Wenn ein Gas durch eine konvergente Düse hindurchströmt, nimmt sein Druck ab,
die Strömungsgeschwindigkeit zu. Der Druck des Gases kann maximal so weit ab-
nehmen, dass im engsten Querschnitt der Düse der kritische Druck p_{krit} erreicht wird.
370 Dieser ist gegeben durch:

$$375 \quad P_{\text{krit}} = P_1 \cdot \left(\frac{2}{\chi + 1} \right)^{\frac{\chi}{\chi - 1}}$$

wobei P_1 = der Druck vor der Düse ist. Ist der Druck nach der Düse kleiner als dieser
kritische Druck, also $p_{\text{krit}} > p_2$, so wird die restliche im Gasstrahl der Düse enthaltene
380 Druckenergie im Moment des Ausströmens unter Entropiezunahme durch ein Auf-
weiten des Gasstrahlkegels umgesetzt. Das Gas wird "überkritisch" entspannt.

Erfindungsgemäß wird Wasser im Hochdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung
zwischen Reaktionsgas-Einlassventil und Eingang der Drosselvorrichtung oder im
385 Bereich der Drosselvorrichtung selbst (vor deren engster Stelle) in die Reaktionsgas-
Zuführung eingespeist. Das Wasser wird dabei vom strömenden Reaktionsgas mit-
genommen und tritt mit ihm aus der Drosselvorrichtung aus. Die überkritische Ent-
spannung des Reaktionsgas-Volumenstroms beim Eintritt in den Niederdruckbereich
der Reaktionsgas-Zuführung führt zu einer Zerteilung des mitgeführten Wassers zu
390 Tröpfchen, also zu einem Dispergieren des Wassers in dem Reaktionsgas. Das Dis-
pergieren erfolgt in der Regel umso gründlicher, je größer die Differenz zwischen
dem am engsten Querschnitt der Drosselvorrichtung herrschenden Druck und dem
Druck nach der Düse ist. Typischerweise bildet das im Reaktionsgas mitgenommene
Wasser beim Austritt aus der Drosselvorrichtung einen Sprühkegel. Das Befeuch-

395 tungswasser ist nun in dem strömenden Reaktionsgas dispergiert und wird von ihm sehr gleichmäßig auf alle Einzelbrennstoffzellen des Brennstoffzellen-Stapels oder der Brennstoffzellen-Stapel verteilt. Es findet eine sehr gleichmäßig Befeuchtung der Membranen aller Einzelbrennstoffzellen statt.

400 Bedingt durch die Anordnung der Drosselvorrichtung unmittelbar nach dem Reaktionsgas-Einlassventil und die Zuführung des Wassers in dem Hochdruckbereich führt eine vermehrte Zuführung von Reaktionsgas auch zu einer vermehrten Zuführung von Befeuchtungswasser. Die Befeuchtung der Brennstoffzellen wird daher bei einer Erhöhung der Last, mit der aufgrund steigender Temperaturen eine Erhöhung des
405 Befeuchtungsbedarfs einhergeht, automatisch intensiver. Das dispergierte Wasser kann aufgrund seiner feinen Verteilung, bevorzugt als Aerosol, in dem Reaktionsgas auch teilweise verdampfen und so zu einer Kühlung der Brennstoffzellen führen.

Die Dosierung erfolgt bevorzugt über eine Pumpe aus einem Wasserreservoir.

410 Das erfindungsgemäße Verfahren zum Dispergieren von Wasser in einem Reaktionsgas ist für jedes Reaktionsgas, das unter Druck zugeführt wird, anwendbar. Es ist unabhängig vom Typ des verwendeten Reaktionsgas-Einlassventils und der Art der Druckregelung im Niederdruckbereich, es kann also in jedem beliebigen Brennstoffzellen-System vorteilhaft zur Anwendung kommen.
415

Es ist jedoch bevorzugt, die erfindungsgemäße Art des Dispergierens von Wasser in einem Reaktionsgas in Brennstoffzellen-Systemen anzuwenden, die eines oder mehrere der vorstehend im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Druckregelung
420 geschilderten Merkmale aufweisen, bzw. das Verfahren zum Dispergieren von Wasser mit Verfahrensmerkmalen zu kombinieren, wie sie vorstehend für das erfindungsgemäße Verfahren zur Druckregelung geschildert wurden.

Besonders vorteilhaft ist es, die Drosselvorrichtung nach einem getakteten Reaktionsgas-Einlassventil, nicht nach einem kontinuierlich regelnden Reaktionsgas-Einlassventil, vorzusehen. Bei dem getakteten Reaktionsgaseinlassventil herrschen
425 während der Öffnungszeit des Ventils immer die gleichen strömungsmechanischen

Bedingungen auf die hin das System hinsichtlich der Effizienz der Zerstäubung und Verteilung des Wassers optimiert werden kann.

430

Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen müssen zwar einerseits befeuchtet werden, um stets eine optimale Leitfähigkeit der Polymerelektrolytmembran zu gewährleisten, andererseits entsteht bei der Brennstoffzellen-Reaktion jedoch auch Wasser, das aus den Brennstoffzellen entfernt werden muss, um ein Fluten der Elektroden zu verhindern. Erfindungsgemäß wird die Entfernung von überschüssigem Wasser aus dem Brennstoffzellen-System durch die Ausnutzung der im Reaktionsgas-Volumenstrom enthaltenen kinetischen Energie gelöst. Zu diesem Zweck weist das Brennstoffzellen-System in einer Reaktionsgas-Zuführung zu dem Brennstoffzellen-Stapel oder den Brennstoffzellen-Stapeln einen Gasstrahler mit Treibdüse, Einlass zur Gasansaugung und Fangdüse, sowie eine Reaktionsgas-Rückführung aus dem Brennstoffzellen-Stapel bzw. den Brennstoffzellen-Stapeln auf. Die Reaktionsgas-Rückführung mündet in den Einlass zur Gasansaugung des Gasstrahlers.

440

Die Reaktionsgas-Rückführung ist vorteilhafterweise als Sammelleitung für unverbrauchtes Reaktionsgas aus den Brennstoffzellen ausgebildet.

445

Bei dem Verfahren zum Austreiben von Wasser aus einem Brennstoffzellen-System wird das Reaktionsgas durch ein beliebiges Reaktionsgas-Einlassventil als Treibmassenstrahl durch den Gasstrahler, der den Hochdruckbereich und den Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung trennt, in die Reaktionsgas-Zuführung eingespeist und passiert den Brennstoffzellen-Stapel oder die Brennstoffzellen-Stapel. Unverbrauchtes Reaktionsgas wird durch eine Reaktionsgas-Rückführung wieder in den Gasstrahler eingespeist, wobei in der Reaktionsgas-Rückführung durch die Saugwirkung des Gasstrahlers ein Druck erzeugt wird, der geringer ist als der Druck im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung. Mit dem angesaugten unverbrauchten Reaktionsgas wird auch Wasser aus den Brennstoffzellen angesaugt und in die Reaktionsgas-Rückführung eingespeist. In der Reaktionsgas-Rückführung ist bevorzugt ein Wasserabscheider vorgesehen, um zu vermeiden, dass das angesaugte Wasser in den Gasstrahler und damit in die Reaktionsgas-Zuführung gelangt. Eine unvollständige Wasserabscheidung ist nicht schädlich. Das noch

455

460

in dem rückgeführten unverbrauchten Reaktionsgas enthaltene Wasser kann wieder zur Befeuchtung der Polymerelektrolytmembranen der Brennstoffzellen verwendet werden.

465 Der Gasstrahler trennt den Hochdruckbereich und den Niederdruckbereich des Brennstoffzellen-Systems und kann somit die gesamte in dem einströmenden Reaktionsgas-Volumenstrom enthaltene Druckenergie zur Gasansaugung nutzen, wobei theoretisch ein absolutes Vakuum erzielbar ist. Fremdenergie oder ein separates System zur Wasserentfernung mit bewegten Teilen, Ventilen oder sonstigen Regelorganen sind nicht erforderlich. Das Brennstoffzellen-System mit Gasstrahler zur Vaku-
470 umerzeugung in der Reaktionsgas-Rückführung ist vielmehr einfach und kompakt im Aufbau und wartungsfrei. Ein besonderer Vorteil liegt in der Synchronität zwischen Brennstoffzellen-Leistung und Effizienz der Wasserentfernung. Bei höherer Leistung des Brennstoffzellen-Systems ist ein höherer Reaktionsgas-Volumenstrom erforderlich,
475 lich, und da mehr Wasserstoff verbraucht wird, wird gleichzeitig mehr Wasser in den Brennstoffzellen gebildet. Ein höherer Reaktionsgas-Volumenstrom bedeutet aber gleichzeitig eine erhöhte Saugleistung des Gasstrahlers und damit eine wirksamere Entfernung von überschüssigem Wasser aus den Brennstoffzellen. Ein Fluten der Elektroden wird somit auch bei hoher Last zuverlässig vermieden.

480 Ein weiterer Vorteil dieses Systems liegt darin, dass es einen kontinuierlich offen durchströmten Betrieb der Brennstoffzellen ohne Gasverlust ermöglicht, denn unverbrauchtes Reaktionsgas wird im Gasstrahler dem neu zugeführten Reaktionsgas beigemischt und erneut verwendet.

485 Die Anordnung mit Reaktionsgas-Rückführung und Gasstrahler zum Austreiben von Wasser aus den Brennstoffzellen ist in jedem beliebigen Brennstoffzellen-System vorteilhaft anwendbar. Mit besonderem Vorteil wird es in Brennstoffzellen-Systemen verwendet, die eines oder mehrere der Merkmale aufweisen, wie sie vorstehend im
490 Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Druckregelung und/oder mit dem erfindungsgemäßen Dispergieren von Wasser in einem Reaktionsgas geschildert wurden.

Ist das Reaktionsgas-Einlassventil ein getaktetes Ventil, wie ein Magnetventil oder
495 ein Piezoventil, strömt bei geöffnetem Ventil jeweils der maximale Reaktionsgas-Volumenstrom ein, so dass bei dem nachgeschalteten Gasstrahler bei offenem Ventil jeweils der volle Druck anliegt. Der Gasstrahler kann somit immer im Betriebsoptimum betrieben werden und seine maximale Saugleistung erbringen.

500 Die angegebene Wasseraustreibung aus den Brennstoffzellen kann auch vorteilhaft mit dem erfindungsgemäßen Dispergieren von Wasser in einem Reaktionsgas kombiniert werden, unabhängig von der Art der Druckregelung. In diesem Fall wirkt die Treibdüse des Gasstrahlers als Drosselvorrichtung, und das Befeuchtungswasser wird stromauf von der Treibdüse oder in der Treibdüse in die Reaktionsgas-Zuführung
505 eingespist. Das zugeführte Wasser vergrößert den Treibmassenstrom und führt daher zu einer Verbesserung des in der Reaktionsgas-Rückführung erzielbaren Vakuums.

Die erfindungsgemäßen Systeme zur Reaktionsgas-Volumenstromregelung bzw.
510 -Druckregelung, zum Dispergieren von Wasser in einem Reaktionsgas-Volumenstrom und zum Austreiben von überschüssigem Wasser aus den Brennstoffzellen können auch in einem einzigen System gemeinsam verwirklicht werden. Ein derartiges Brennstoffzellen-System erlaubt es, auch bei sich rasch ändernden Reaktionsgas-Volumenströmen Druckschwankungen im Niederdruckbereich des Brennstoffzellen-Systems zu vermeiden, es kann also auf rasch wechselnde Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers reagieren, ohne dass es zu unzulässigen Drucküberschreitungen oder Druckunterschreitungen im System kommt. Außerdem können die Brennstoffzellen unter den Bedingungen einer ständigen Überversorgung mit Wasser und damit einer garantiert optimalen Befeuchtung der Membranen
520 betrieben werden, ohne dass es zu einem Verlegen der Anodenseite der Membranen mit Wassertröpfchen kommt, da überschüssiges Wasser kontinuierlich optimal ausgetrieben wird. Somit wird auch ein hinsichtlich des Wasserhaushalts stabiler Betrieb des Brennstoffzellen-Systems ermöglicht, wobei lediglich ein Minimum an Sensorik erforderlich ist.

525

Eine Änderung der von einem Brennstoffzellen-Leistungssystem zu liefernden elektrischen Leistung, wie es sie bei einer Änderung der Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers, beispielsweise einem mit wechselnden Geschwindigkeiten fahrenden Kraftfahrzeug, erforderlich ist, bedingt jeweils eine Änderung des zuzuführenden Reaktionsgas-Volumenstroms. Dabei sollten jedoch möglichst keine Druckschwankungen im Brennstoffzellen-Bereich auftreten. Erfindungsgemäß wird dies erreicht, indem den Brennstoffzellen eine bestimmte Menge Reaktionsgas zugeführt wird, die abhängig ist von der gewünschten Leistung des elektrischen Verbrauchers. Bei hohen Leistungsanforderungen wird ein hoher Reaktionsgas-Volumenstrom eingespeist, bei gewünschten geringeren Leistungsanforderungen wird weniger Reaktionsgas eingespeist. Die Einspeisung des Reaktionsgas-Volumenstroms erfolgt über ein Reaktionsgas-Einlassventil, das ein getaktetes Ventil oder ein kontinuierlich regelndes Ventil sein kann. Die Regelung des Drucks erfolgt durch eine Leistungselektronik dergestalt, dass den Brennstoffzellen stets soviel elektrische Leistung entnommen wird, dass der Druck in ihnen konstant gehalten wird. Die Leistungselektronik reagiert sehr schnell auf Druckschwankungen im System, so dass an das Reaktionsgas-Einlassventil keine hohen Anforderungen hinsichtlich Druckgenauigkeit und Reproduzierbarkeit sowie Regelgeschwindigkeit gestellt werden müssen. Daher kann auf die Verwendung eines getakteten Ventils verzichtet werden, wenn auch ein derartiges Ventil vorteilhaft verwendbar ist.

Ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-Leistungssystem, das für veränderliche Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers ausgelegt ist, weist auf:

- mindestens einen Brennstoffzellen-Stapel,
- einen mit dem Brennstoffzellen-Stapel elektrisch verbundenen Verbraucher,
- eine Reaktionsgas-Zuführung zu dem Brennstoffzellen-Stapel mit einem Reaktionsgas-Einlassventil, einem Hochdruckbereich und einem Niederdruckbereich,
- eine Vorrichtung zur Vorgabe eines Soll-Werts eines Reaktionsgas-Volumenstroms,
- eine Vorrichtung zur Erfassung des Soll-Werts des Reaktionsgas-Volumenstroms und zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils entsprechend der Soll-Wertvorgabe (Ansteuereinheit),

- 560 - eine Messstelle zur kontinuierlichen oder regelmäßigen Messung des Drucks oder einer druckkorrelierten Messgröße im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung,
- eine Vorrichtung zur Erfassung und Auswertung des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße und zur Freigabe der dem Druck oder der druckkorrelierten Messgröße entsprechenden Brennstoffzellen-Leistung an den elektrischen Verbraucher (Leistungsregler), und
- 565 - eine Einrichtung zur Einstellung der Soll-Leistung des elektrischen Verbrauchers (Leistungselektronik).

Die Soll-Wertvorgabe für den zuzuführenden Reaktionsgas-Volumenstrom erfolgt je nach Art des elektrischen Verbrauchers durch Betätigung einer geeigneten Vorrichtung, beispielsweise eines Stufen- oder Schiebeschalters, oder durch Betätigen des Gaspedals in einem Kraftfahrzeug. Der vorgegebene Soll-Wert wird von einer Ansteuereinheit erfasst, die das Reaktionsgas-Einlassventil entsprechend der Soll-Wertvorgabe ansteuert, d.h., das Reaktionsgas-Einlassventil wird so lange geöffnet, 570 dass ein dem vorgegebenen Soll-Wert entsprechender Reaktionsgas-Volumenstrom in den Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung einströmen kann. Im Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung wird der Druck oder eine druckkorrelierte Messgröße kontinuierlich oder regelmäßig gemessen und von einem Leistungsregler erfasst. Der Leistungsregler vergleicht den Ist-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße mit einem vorgegebenen Soll-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße, der systemtypisch ist, und gibt so lange Brennstoffzellen-Leistung an den elektrischen Verbraucher frei, bis der Ist-Wert mit dem Soll-Wert übereinstimmt. Die Einstellung der Leistung des elektrischen Verbrauchers, beispielsweise eines Kraftfahrzeugmotors, erfolgt über eine Leistungselektronik, die dem Brennstoffzellen-System die von dem Leistungsregler freigegebene Brennstoffzellen-Leistung entnimmt. 580 585

Alternativ kann auch die gewünschte Leistung oder eine andere elektrische Größe, z.B. die Spannung oder der Strom, vorgegeben werden. In diesem Fall weist das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-Leistungssystem anstelle der Vorrichtung zur Vorgabe eines Soll-Werts eines Reaktionsgas-Volumenstroms eine Vorrichtung zur Vor- 590

gabe eines gewünschten Soll-Werts der entsprechenden elektrischen Größe auf, und anstelle der Vorrichtung zur Erfassung des Reaktionsgas-Volumenstroms und zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils entsprechend der Soll-Wertvorgabe weist es eine Vorrichtung zur Ermittlung des Ist-Werts der elektrischen Größe und
595 eine Vorrichtung zum Vergleich des ermittelten Ist-Werts mit dem vorgegebenen Soll-Wert und zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils entsprechend der Soll-Wertvorgabe auf. Der Ist-Wert der elektrischen Größe kann von der Leistungselektronik oder einer anderen Messeinrichtung ermittelt werden. In der Ansteuerein-
600 heit wird der ermittelte Ist-Wert mit dem vorgegebenen Soll-Wert verglichen, z.B. mittels eines Standardreglers, und das Reaktionsgas-Einlassventil entsprechend angesteuert, d.h. das Reaktionsgas-Einlassventil wird geöffnet, wenn der Soll-Wert nicht erreicht wird, und geschlossen, solange er erreicht wird.

605 In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Brennstoffzellen-System mit erfindungsgemäßer Druckregelung und als Reaktionsgas-Verteilerleitung ausgebildetem Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung,

610

Fig. 2 ein Brennstoffzellen-System mit einem Brennstoffzellen-Stapel und mit erfindungsgemäßer Druckregelung und als Niederdruckraum ausgebildetem Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung,

615 Fig. 3 ein Brennstoffzellen-System wie in Fig. 2, jedoch mit zwei Brennstoffzellen-Stapeln und zugeordneten Niederdruckräumen,

Fig. 4 ein Schemabild für pulsmodierte Reaktionsgas-Einlassventil-Ansteuerung,

620 Fig. 5 ein Schemabild für frequenzmodulierte Reaktionsgas-Einlassventil-Ansteuerung,

Fig. 6 einen Teilbereich eines Brennstoffzellen-Systems mit erfindungsgemäßer Wasserdispersion in der Reaktionsgas-Zuführung,

625

Fig. 7 einen Teilbereich eines Brennstoffzellen-Systems mit Anordnung zum Austreiben von Wasser aus den Brennstoffzellen,

630

Fig. 8 ein Brennstoffzellen-System wie in Fig. 1, jedoch mit Anordnung zum Austreiben von Wasser,

Fig. 9 einen Teilbereich eines Brennstoffzellen-Systems mit erfindungsgemäßer Wasserdispersion und Anordnung zum Austreiben von Wasser,

635

Fig. 10 ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-Leistungssystem, das für veränderliche Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers ausgelegt ist.

640

Fig. 1 zeigt ein Brennstoffzellen-System 1 mit erfindungsgemäßer Druckregelung. Ein Reaktionsgas, beispielsweise Wasserstoff, wird dem Brennstoffzellen-System zugeführt. Es strömt aus einem Hochdruckbereich 5 der Reaktionsgas-Zuführung über ein Reaktionsgas-Einlassventil 8 in den Niederdruckbereich 6 der Reaktionsgas-Zuführung. Der Niederdruckbereich 6 der Reaktionsgas-Zuführung ist als eine Verteilerleitung ausgebildet, die das Reaktionsgas auf die einzelnen Brennstoffzellen-Stapel und die Einzelbrennstoffzellen 3, welche die Stapel bilden, verteilt. In Fig.

645

1 sind zwei Brennstoffzellen-Stapel 2, 2' gezeigt, es können jedoch auch mehr oder weniger Brennstoffzellen-Stapel sein. In dem Niederdruckbereich 6 des Brennstoffzellen-Systems befindet sich eine Messstelle 9 zur Messung des Drucks des Reaktionsgases. Alternativ kann auch eine druckkorrelierte Messgröße gemessen werden, beispielsweise der Partialdruck des Reaktionsgases oder der Reaktionsgas-Volumenstrom. In einer Ansteuer- und Regeleinheit 10 wird die Messgröße erfasst und der gemessene Wert mit dem für das System vorgegebenen Soll-Wert der Messgröße verglichen. Liegt der gemessene Wert unter dem Soll-Wert, wird das Reaktionsgas-Einlassventil 8 bzw. der Antrieb 16 des Reaktionsgas-Einlassventils 8 angesteuert und das Reaktionsgas-Einlassventil geöffnet, so dass Reaktionsgas aus dem Hochdruckbereich 5 in den Niederdruckbereich 6 strömt. Das Reaktionsgas-Einlassventil 8 ist ein getaktetes Ventil, d.h. ein Ventil mit nur zwei Schaltstellungen. Beispiele dafür sind ein Magnetventil und ein Piezoventil. Die Ansteuerung des Reakti-

655

onsgas-Einlassventils kann pulsmoduliert, wie es in Fig. 4 gezeigt ist, oder frequenzmoduliert, wie es in Fig. 5 gezeigt ist, erfolgen. Liegt der an der Messstelle 9 gemessene Wert für den Druck oder die druckkorrelierte Messgröße bei oder über dem vorgegebenen Soll-Wert des Systems, bleibt das Reaktionsgas-Einlassventil geschlossen und wird erst wieder geöffnet, wenn der gemessene Wert durch Verbrauch von Reaktionsgas unter den Soll-Wert des Systems sinkt. Um eine schnelle Druckreduzierung zu ermöglichen, weist das in Fig. 1 gezeigte System zusätzlich ein Reaktionsgas-Auslassventil 11 mit Antrieb 17 auf, durch das Reaktionsgas aus dem Niederdruckbereich 6 entlassen werden kann. Das Reaktionsgas-Auslassventil 11 wird ebenfalls von der Ansteuer- und Regeleinheit 10 angesteuert. Es kann ein getaktetes Ventil wie das Reaktionsgas-Einlassventil 8 sein, oder auch ein kontinuierlich geregeltes Ventil. Die Ansteuerung des Reaktionsgas-Auslassventils 11 erfolgt am zweckmäßigsten so, dass für den im Niederdruckbereich 6 herrschenden Druck (oder Partialdruck etc.) des Reaktionsgases ein oberer Grenzwert vorgegeben wird und das Reaktionsgas-Auslassventil 11 angesteuert und geöffnet wird, solange dieser Grenzwert überschritten wird.

Die Figuren 2 und 3 zeigen ebenfalls Brennstoffzellen-Systeme mit erfindungsgemäßer Druckregelung. Hier ist jedoch der Niederdruckbereich 6 der Reaktionsgas-Zuführung als Gasraum ausgebildet, in den das Reaktionsgas bei geöffnetem Einlassventil 8 aus dem Hochdruckbereich 5 strömt. Aus dem Gasraum 6 strömt das Reaktionsgas in die Reaktionsgas-Strömungsfelder 14 aller Einzelbrennstoffzellen 3 des Brennstoffzellen-Stapels 2. Das Reaktionsgas-Einlassventil 8, das den Hochdruckbereich 5 von dem Niederdruckbereich 6 trennt, ist mitsamt seinem Antrieb 16 im Niederdruckraum untergebracht, so dass keine gesonderte Abdichtung erforderlich ist. Der Niederdruckraum 6 ist an einer Seitenfläche des Brennstoffzellen-Stapel 2 angeordnet. An einer anderen Seitenfläche, in der gezeigten Ausführungsform an der gegenüberliegenden Seitenfläche, ist ein Raum 18 für das andere Reaktionsgas vorgesehen, von dem aus dieses Reaktionsgas in Reaktionsgas-Strömungsfelder 14' strömt. Die Messung des Reaktionsgas-Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße an der Messstelle 9 sowie die Ansteuerung des Ventils 8 über die Ansteuer- und Regeleinheit 10 erfolgt wie bei Fig. 1 ausgeführt. Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform

690 rungsform ist kein Reaktionsgas-Auslassventil 11 gezeigt, ein derartiges Ventil kann jedoch auch bei dieser Ausführungsform selbstverständlich vorgesehen werden.

Fig. 3 zeigt ein Brennstoffzellen-System 1 derselben Art, wie es in Fig. 2 gezeigt ist, jedoch mit zwei Brennstoffzellen-Stapeln 2, 2', denen jeweils eigene Niederdruckräume 6, 6', Reaktionsgas-Einlassventile 8, 8', Messstellen 9, 9' und Ansteuer- und Regeleinheiten 10, 10' zugeordnet sind. Sie besitzen jedoch einen gemeinsamen Hochdruckbereich 5 der Reaktionsgas-Zuführung. Es können auch mehr als zwei Brennstoffzellen-Stapel, bei denen der Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung als Niederdruckraum ausgebildet ist, aus einem Hochdruckbereich 5 mit Reaktionsgas versorgt werden.

Die Anordnung des Reaktionsgas-Einlassventils direkt am Brennstoffzellen-Stapel und sein integrierter Einbau, d.h. Einbau inklusive Antrieb, in die Reaktionsgas-Zuführung ist unabhängig vom Vorhandensein eines Niederdruckraums und auch bei Verteilerleitungen analog möglich. Das Reaktionsgas-Einlassventil kann sowohl in den Hochdruckbereich als auch in den Niederdruckbereich integriert eingebaut werden.

Fig. 4 zeigt die Gasströmung durch ein getaktetes Ventil wie das Reaktionsgas-Einlassventil 8 bei pulsmodulierter Ansteuerung des Ventils. Die Grundsequenz T_1 der pulsmodulierten Ansteuerung setzt sich zusammen aus einer Pulszeit T_2 , während der das Ventil geöffnet ist, und einer Pausenzeit T_3 , während der das Ventil geschlossen ist. Bei einem Ventil mit nur zwei Schaltstellungen, wie es erfindungsgemäß zur Druckregelung als Reaktionsgas-Einlassventil verwendet wird, strömt jeweils während der gesamten Dauer der Pulszeiten, die in Fig. 4 durch die schraffierten Bereiche angedeutet sind, der maximal mögliche Reaktionsgas-Volumenstrom durch das Ventil. Während der Pausenzeiten ist der Reaktionsgas-Volumenstrom vollständig unterbrochen. Die Variation des während der Zeiteinheit T_1 durch das Ventil strömenden Volumenstroms erfolgt durch die Variation des Zeitverhältnisses T_2/T_3 .

720

Fig. 5 zeigt die Gasströmung durch ein getaktetes Ventil wie das Reaktionsgas-Einlassventil 8 bei frequenzmodulierter Ansteuerung des Ventils. Das Ventil wird mit ei-

ner Ansteuerfrequenz $1/T_1$ angesteuert, wobei T_1 die Summe aus der Pulszeit T_2 (in Fig. 5 schraffiert dargestellt) und der Pausenzeit T_3 ist. Während der Pulszeiten ist
725 das Ventil geöffnet, und der maximal mögliche Reaktionsgas-Volumenstrom strömt durch das Ventil in den Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung. Während der Pausenzeiten ist das Ventil geschlossen, und es kann kein Reaktionsgas einströmen. Die Dauer der Pulszeiten ist konstant, die Dauer der Pausenzeiten jedoch variabel. In Fig. 5 ist links eine Ansteuerfrequenz mit langen Pausenzeiten gezeigt,
730 rechts eine Ansteuerfrequenz mit kurzen Pausenzeiten. Die rechts dargestellte Variante weist also deutlich mehr Ansteuerimpulse pro Zeiteinheit des Ventils auf. Der durch das Reaktionsgas-Einlassventil in den Niederdruckbereich der Reaktionsgas-Zuführung einströmende Reaktionsgas-Volumenstrom ist bei einer frequenzmodulierten Ansteuerung nach der rechts gezeigten Variante also deutlich höher als bei
735 einer Ansteuerung nach der links gezeigten Variante.

Fig. 6 zeigt einen Teilbereich eines Brennstoffzellen-Systems 1 mit erfindungsgemäßem Dispergieren von Wasser in einem Reaktionsgas. Der dargestellte Teilbereich zeigt den Weg eines Reaktionsgases bis zum Eintritt in den Niederdruckbereich der
740 Reaktionsgas-Zuführung. Das Reaktionsgas strömt aus dem Hochdruckbereich 5 der Reaktionsgas-Zuführung durch das Reaktionsgas-Einlassventil 8 mit Antriebseinheit 16 in den Bereich 5' der Reaktionsgas-Zuführung und von dort durch eine Drosselvorrichtung 20 in den Niederdruckbereich 6 der Reaktionsgas-Zuführung. Bei einem kontinuierlich regelnden Reaktionsgas-Einlassventil ist der Bereich 5' ein Bereich erhöhten Drucks, bei einem getakteten Reaktionsgas-Einlassventil ein Bereich
745 variablen Drucks, in dem bei geöffnetem Reaktionsgas-Einlassventil derselbe Druck wie im Bereich 5 der Reaktionsgas-Zuführung herrscht. Beim Schließen des Reaktionsgas-Einlassventils sinkt der Druck durch Abströmen von Reaktionsgas in den Niederdruckbereich etwas ab bis zum erneuten Öffnen des Reaktionsgas-Einlassventils. Zwischen dem Reaktionsgas-Einlassventil 8 und der Drosselvorrichtung 20
750 mündet eine Wasserzuführung 21 in die Reaktionsgas-Zuführung. Die Wasserzuführung 21 speist mittels einer Pumpe 28 Wasser aus einem Wasserreservoir 27 in die Reaktionsgas-Zuführung ein. Das eingespeiste Wasser ist in Fig. 6 schematisch durch Tropfen dargestellt. Die Wassereinspeisung kann auch an einer anderen Stelle zwischen dem Reaktionsgas-Einlassventil und der Drosselvorrichtung stattfinden,
755

sogar in der Drosselvorrichtung selbst, allerdings stromauf vom engsten Querschnitt der Drosselvorrichtung. Vor dem Passieren der Drosselvorrichtung 20 befindet sich das Reaktionsgas auf einem Druck p_1 und nach dem Passieren der Drosselvorrichtung auf einem Druck p_2 , der kleiner ist als p_1 . Das Reaktionsgas wird also ent-
760 spannt, wobei eine überkritische Entspannung bevorzugt ist, da sie eine gründliche Verteilung des von dem Reaktionsgas-Volumenstrom mitgeführten Wassers in dem Reaktionsgas-Volumenstrom in Form feinsten Tröpfchen (Nebel, Aerosol) gewährleistet. Damit eine überkritische Entspannung erreicht wird, ist die Drosselvorrichtung 20 bevorzugt in Form einer konvergenten Düse ausgebildet, dergestalt, dass der
765 Druck des durch die Drosselvorrichtung strömenden Reaktionsgases an deren engstem Querschnitt gleich dem kritischen Druck ist. In Fig. 6 ist das Reaktionsgas-Einlassventil als getaktetes Ventil dargestellt. Es kann auch ein kontinuierlich regelndes Einlassventil verwendet werden, das getaktete Ventil hat jedoch den Vorteil, dass in geöffnetem Zustand der Druck p_1 in dem Bereich 5' der Reaktionsgas-Zuführung
770 gleich dem Druck im Hochdruckbereich 5 der Reaktionsgas-Zuführung ist. Der auf die Drosselvorrichtung 20 auftreffende Reaktionsgas-Strahl hat daher eine sehr hohe Druckenergie, was für eine sehr feine Zerstäubung und Verteilung des eingespeisten Wassers nach dem Passieren der Drosselvorrichtung 20 sorgt.

775 Fig. 7 zeigt einen Teilbereich eines Brennstoffzellen-Systems 1 mit Anordnung zum Austreiben von Wasser, und der dargestellte Teilbereich zeigt den Abschnitt der Reaktionsgas-Zuführung vom Reaktionsgas-Einlassventil bis zum Beginn des Niederdruckbereichs der Reaktionsgas-Zuführung. Das Reaktionsgas (dargestellt durch Pfeile) strömt aus dem Hochdruckbereich 5 durch das Reaktionsgas-Einlassventil 8 mit Antriebseinheit 16 in den Bereich 5' der Reaktionsgas-Zuführung. Zwischen dem
780 Bereich 5' der Reaktionsgas-Zuführung und deren Niederdruckbereich 6 ist ein Gasstrahler 22 vorgesehen. Der Gasstrahler ist von an sich konventionellem Aufbau und besitzt eine Treibdüse 23, eine Fangdüse 25, einen Gasaustritt 29 und einen Einlass zur Gasansaugung 24. Der Gasstrahler 22 ist dergestalt in der Reaktionsgas-Zuführung angeordnet, dass deren Bereich 5' in die Treibdüse 23 des Gasstrahlers mündet und der Gasaustritt 29 in den Niederdruckbereich 6 der Reaktionsgas-Zuführung mündet. Das durch den Gasstrahler 22 strömende Reaktionsgas verursacht einen Sog am Einlass zur Gasansaugung 24, der zum Ansaugen von über-
785

schüssigem Wasser aus den Brennstoffzellen 3 genutzt werden kann. Dazu müssen
790 die Brennstoffzellen 3 bzw. Brennstoffzellen-Stapel 2 mit einer Reaktionsgas-Rück-
führung 26 ausgestattet werden, die in den Einlass zur Gasansaugung 24 des
Gasstrahlers 22 mündet.

Eine derartige Reaktionsgas-Rückführung 26 ist in Fig. 8 dargestellt. Fig. 8 zeigt ein
795 Brennstoffzellen-System 1, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, jedoch mit Gasstrahler 22
und Reaktionsgas-Rückführung 26. Vor Eintritt in den Gasstrahler passiert das rück-
geführte Reaktionsgas bevorzugt einen Wasserabscheider (nicht dargestellt).

Das Verfahren zum Austreiben von Wasser aus dem Brennstoffzellen-System erfor-
800 dert nicht die Verwendung eines speziellen Reaktionsgas-Einlassventils. Die Ver-
wendung eines getakteten Ventils 8, wie es in Fig. 7 gezeigt ist, ist jedoch bevorzugt,
da in diesem Fall das Reaktionsgas bei geöffnetem Ventil mit hoher Druckenergie in
den Gasstrahler eintritt, was eine hervorragende Saugleistung und damit eine effizi-
ente Wasseransaugung aus den Brennstoffzellen gewährleistet.

805 Fig. 9 zeigt dieselbe Anordnung wie Fig. 7, jedoch mit einer Wasserzuführung 21,
wie sie in Fig. 6 gezeigt ist. Bei der in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform übernimmt
die Treibdüse 23 des Gasstrahlers 22 die Funktion der Drosselvorrichtung 20 in Fig.
6. Das zugeführte Wasser, dargestellt in Tropfenform, das mit dem Reaktionsgas-
810 Volumenstrom, dargestellt als Pfeile, mitgeführt wird, vergrößert den Treibmassen-
strom durch den Gasstrahler 22 und damit dessen Saugwirkung. Das Wasser ist
nach dem Passieren des Gasstrahlers in Form feinsten Tröpfchen gleichmäßig in
dem Reaktionsgas verteilt. Eine Überdosierung des Wassers ist dabei in weiten Be-
reichen relativ unkritisch, da überschüssiges Wasser in den Gaskanälen der Brenn-
815 stoffzelle durch den mittels des Gasstrahlers erzeugten Spülgasstrom durch die Zel-
len stetig ausgetrieben und am Zellaustritt mittels eines Wasserabscheiders aus dem
Gasstrom abgeschieden wird. Auch in Fig. 9 ist als Reaktionsgas-Einlassventil ein
Ventil mit zwei Schaltstellungen gezeigt, das die bereits bei den anderen Figuren ge-
nannten Vorteile aufweist. Es kann jedoch auch ein kontinuierlich geregeltes Reakti-
820 onsgas-Einlassventil verwendet werden.

Fig. 10 zeigt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-Leistungssystem, das für ver-
änderliche Leistungsanforderungen eines elektrischen Verbrauchers ausgelegt ist.
Die Anordnung ist hinsichtlich Reaktionsgas-Zuführung mit Reaktionsgas-Einlass-
825 ventil 8, Hochdruckbereich 5 und Niederdruckbereich 6, sowie hinsichtlich Messstelle
9 und Brennstoffzellen-Stapel 2, 2' identisch mit dem in Fig. 1 gezeigten Brennstoff-
zellen-System. Ein Reaktionsgas-Auslassventil 11 als Sicherheitsventil ist in Fig. 10
nicht eingezeichnet. Mittels einer Vorrichtung 31 wird ein Soll-Wert für einen ge-
wünschten Reaktionsgas-Volumenstrom oder ein Soll-Wert für die zu liefernde Lei-
830 stung oder eine andere elektrische Größe, z.B. Spannung oder Strom, vorgegeben.
Bei Vorgabe des Reaktionsgas-Volumenstroms wird der Soll-Wert von einer Ansteu-
ereinheit 32 erfasst, die das Reaktionsgas-Einlassventil 8 dergestalt ansteuert, dass
der vorgegebene Reaktionsgas-Volumenstrom aus dem Hochdruckbereich 5 der Re-
aktionsgas-Zuführung in den Niederdruckbereich 6 der Reaktionsgas-Zuführung ein-
835 gespeist wird. An einer Messstelle 9 wird der Reaktionsgas-Druck (oder eine druck-
korrelierte Messgröße) gemessen und von einem Leistungsregler 33 erfasst, der den
gemessenen Wert mit dem vorgegebenen Soll-Wert des Systems vergleicht. Bei ver-
mehrtem Einströmen von Reaktionsgas in den Niederdruckbereich 6 erhöht sich der
Reaktionsgas-Druck in diesem Bereich. Als Folge übermittle der Leistungsregler 33
840 ein Signal an die mit dem elektrischen Verbraucher 30 verbundene Leistungselek-
tronik 34, dass vermehrt Brennstoffzellen-Leistung zu entnehmen ist. Die Leistungse-
lektronik 34 stellt die Leistung des elektrischen Verbrauchers 30 daraufhin so ein,
dass den Brennstoffzellen soviel elektrische Leistung entnommen wird, dass der
Druck im Niederdruckbereich 6 konstant gehalten wird.

845

Bei Vorgabe einer elektrischen Größe durch die Vorrichtung 31 wird in der Ansteuer-
einheit 32 dieser vorgegebene Soll-Wert mit dem von der Leistungselektronik 34
oder einer anderen geeigneten Messeinrichtung ermittelten Ist-Wert der elektrischen
Größe, z.B. mittels eines Standardreglers, verglichen. Das Ergebnis des Vergleichs
850 wird zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils 8 herangezogen, das immer
dann angesteuert wird, wenn der Soll-Wert nicht erreicht wird.

Es wird darauf hingewiesen, dass die vorstehend beschriebene Druckregelung, das
Dispergieren von Befeuchtungswasser im Reaktionsgas-Volumenstrom und das Ent-

855 fernen von überschüssigem Wasser aus den Brennstoffzellen jeweils selbständige Erfindungen darstellen und vorteilhaft in beliebigen Brennstoffzellen-Systemen, unabhängig von deren sonstiger Konstruktion, eingesetzt werden können.

860 Bevorzugt weisen die Vorrichtung und das Verfahren zum Dispergieren von Wasser im Reaktionsgas-Volumenstrom sowie die Vorrichtung und das Verfahren zum Austreiben von überschüssigem Wasser jedoch zusätzlich jeweils eines oder mehrere der für die Druckregelung geschilderten Merkmale auf, wobei eine beliebige Kombination von Merkmalen möglich ist.

865 Besonders bevorzugt sind ein Verfahren und ein System mit erfindungsgemäßer Druckregelung in Kombination mit dem erfindungsgemäßen Dispergieren von Wasser und der Entfernung von überschüssigem Wasser. Auch eine Kombination von erfindungsgemäßigem Dispergieren von Wasser im Reaktionsgas-Volumenstrom zur Befeuchtung der Brennstoffzellen und Austreiben von überschüssigem Wasser aus
870 den Brennstoffzellen zur Regelung des Wasserhaushalts bei konventioneller Druckregelung ist vorteilhaft.

875

K 52 198/8

880

PATENTANSPRÜCHE

1. Brennstoffzellen-System (1) aufweisend:
 - 885 - mindestens einen Brennstoffzellen-Stapel (2),
 - eine Reaktionsgas-Zuführung mit einem Hochdruckbereich (5, 5') und einem Niederdruckbereich (6) zu dem Brennstoffzellen-Stapel (2),
 - eine Vorrichtung zur Regelung des Drucks im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung mit
 - 890 - einem Reaktionsgas-Einlassventil (8) des Typs mit nur zwei Schaltstellungen,
 - einer Messstelle (9) zur Messung des Drucks oder einer druckkorrelierten Messgröße im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung,
 - einer Ansteuer- und Regeleinheit (10) zur Erfassung und Auswertung des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße und zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils (8) in Abhängigkeit von dem Druck oder der druckkorrelierten Messgröße.
2. Brennstoffzellen-System (1) nach Anspruch 1,
 - 900 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Regelung des Drucks im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung ein Reaktionsgasauslassventil (11) aufweist, das von der Ansteuer- und Regeleinheit (10) in Abhängigkeit von dem Druck oder der druckkorrelierten Messgröße ansteuerbar ist.
3. Brennstoffzellen-System (1) nach Anspruch 1 oder 2,
 - 905 dadurch gekennzeichnet, dass die druckkorrelierte Messgröße der Reaktionsgas-Volumenstrom oder der Partialdruck des Reaktionsgases ist.
4. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

- 910 dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuer- und Regeleinheit (10) ein Zwei-Punkt-Regler oder ein kontinuierlicher Regler ist.
5. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsgas-Einlassventil (8) und/oder das
915 Reaktionsgasauslassventil (11) ein Magnetventil oder ein Piezoventil ist.
6. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsgas-Einlassventil (8) den Hochdruckbereich (5) und den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung
920 trennt.
7. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsgas-Einlassventil (8) mit seinem Antrieb (16) in den Hochdruckbereich (5, 5') oder den Niederdruckbereich (6) der
925 Reaktionsgas-Zuführung integriert ist.
8. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung eine Verteilerleitung für Reaktionsgas zu den Einzelbrennstoffzellen (3)
930 des Brennstoffzellen-Stapels (2) ist.
9. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung ein Niederdruckraum ist, aus dem das Reaktionsgas in die Reaktionsgasströmungsfelder (14) der Einzelbrennstoffzellen (3) des Brennstoffzellen-Stapels (2) strömt.
935
10. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass es in der Reaktionsgas-Zuführung stromab von dem Reaktionsgas-Einlassventil (8) eine Drosselvorrichtung (20), die bei Betrieb des Brennstoffzellen-Systems (1) den Hochdruckbereich (5') und den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung trennt, und eine zwischen dem
940

Reaktionsgas-Einlassventil (8) und der Drosselvorrichtung (20) oder in der Drosselvorrichtung in die Reaktionsgas-Zuführung mündende Wasserzuführung (21) aufweist.

945 11. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass es in der Reaktionsgas-Zuführung stromab von dem Reaktionsgas-Einlassventil (8) einen Gasstrahler (22) mit Treibdüse (23),
950 Einlass zur Gasansaugung (24) und Fangdüse (25), und eine in den Gasstrahler (22) mündende Reaktionsgas-Rückführung (26) aus dem Brennstoffzellen-Stapel (2) aufweist, wobei die Mündung der Reaktionsgas-Rückführung (26) den Einlass zur Gasansaugung (24) des Gasstrahlers bildet, und wobei der Gasstrahler (22) bei Betrieb den Hochdruckbereich (5') und den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung trennt.

960 12. Brennstoffzellen-System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass es in der Reaktionsgas-Zuführung stromab von dem Reaktionsgas-Einlassventil (8) eine Drosselvorrichtung, die bei Betrieb den Hochdruckbereich (5') und den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung trennt, eine zwischen dem Reaktionsgas-Einlassventil (8) und der Drosselvorrichtung oder in der Drosselvorrichtung in die Reaktionsgas-Zuführung mündende Wasserzuführung (21), einen Gasstrahler (22) mit Treibdüse (23), Einlass zur Gasansaugung (24) und Fangdüse (25), und eine in den Gasstrahler mündende Reaktionsgas-Rückführung (26) aus dem Brennstoffzellen-Stapel (2) aufweist, wobei die Treibdüse (23) des Gasstrahlers die Drosselvorrichtung bildet und die Mündung der Reaktionsgas-Rückführung (26) den Einlass zur Gasansaugung (24) des Gasstrahlers (22) bildet.

970 13. Verfahren zur Regelung des Drucks oder Volumenstroms eines Reaktionsgases in einem Brennstoffzellen-System (1) mit mindestens einem Brennstoffzellen-Stapel (2) und einer Reaktionsgas-Zuführung, die einen Hochdruckbereich (5, 5') und einen Niederdruckbereich (6) aufweist, zu dem Brennstoffzellen-Stapel, folgende Schritte aufweisend:

- 975 - Vorsehen eines Reaktionsgas-Einlassventils (8) des Typs mit nur zwei Schaltstellungen,
- kontinuierliches oder regelmäßiges Messen des Drucks oder einer druckkorrelierten Messgröße im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung,
- 980 - kontinuierliches oder regelmäßiges Erfassen und Auswerten des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße durch Vergleichen des Ist-Werts des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße mit einem vorbestimmten Soll-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße,
- Ansteuern des Reaktionsgas-Einlassventils (8) in Abhängigkeit von dem Druck oder der druckkorrelierten Messgröße dergestalt, dass der durch das
- 985 Reaktionsgas-Einlassventil (8) in den Niederdruckbereich (6) strömende Reaktionsgas-Volumenstrom erhöht wird, wenn der Ist-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße unter dem vorbestimmten Soll-Wert liegt, und verringert wird, wenn der Ist-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten
- 990 Messgröße über dem vorbestimmten Soll-Wert liegt, und
- Zuführen des geregelten Reaktionsgas-Volumenstroms zu dem Brennstoffzellen-Stapel.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

- 995 dadurch gekennzeichnet, dass im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung ein Reaktionsgasauslassventil (11) vorgesehen wird, das angesteuert wird, wenn der Ist-Wert des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet, um Reaktionsgas bis zum Unterschreiten des Grenzwerts zu entlassen.

1000

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,

- dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktionsgas-Volumenstrom pulsmoduliert oder frequenzmoduliert geregelt wird.

1005

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,

- bei dem außerdem Wasser in dem Reaktionsgas-Volumenstrom dispergiert wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 1010 - stromab von dem Reaktionsgas-Einlassventil (8) mit nur zwei Schaltstellungen eine Drosselvorrichtung (20) in der Reaktionsgas-Zuführung vorgesehen wird, die den Hochdruckbereich (5') und den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung trennt, wobei der Druck in dem Hochdruckbereich p_1 und in dem Niederdruckbereich p_2 beträgt,
- 1015 - das Reaktionsgas durch die Drosselvorrichtung (20) aus dem Hochdruckbereich (5') in den Niederdruckbereich (6) eingeströmt wird, wobei der Druck am engsten Querschnitt der Drosselvorrichtung mindestens P_{krit} beträgt und $p_2 < p_{krit} < p_1$ ist,
- 1020 - Wasser in den Hochdruckbereich (5') der Reaktionsgas-Zuführung oder in die Drosselvorrichtung (20) eingebracht wird, wobei das Wasser von dem Reaktionsgas-Volumenstrom mitgenommen wird,
- das Reaktionsgas mit mitgenommenem Wasser beim Austritt aus der Drosselvorrichtung (20) und Eintritt in den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung überkritisch entspannt wird, wobei das Wasser zu Tröpfchen zerteilt wird, und
- 1025 - der geregelte Reaktionsgas-Volumenstrom mit darin dispergiertem Wasser dem Brennstoffzellen-Stapel (2) zugeführt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,

1030 bei dem außerdem Wasser aus dem Brennstoffzellen-System (1) ausgetrieben wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 1035 - stromab von dem Reaktionsgas-Einlassventil (8) mit nur zwei Schaltstellungen ein Gasstrahler (22) in der Reaktionsgas-Zuführung vorgesehen wird, der den Hochdruckbereich (5') und den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung trennt,
- das Reaktionsgas durch den Gasstrahler (22) aus dem Hochdruckbereich (5') in den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung, in den Brennstoffzellen-Stapel (2) und durch den Brennstoffzellen-Stapel hindurch geströmt wird,

- 1040 - unverbrauchtes Reaktionsgas aus dem Brennstoffzellen-Stapel in eine Reaktionsgas-Rückführung (26) eingespeist wird,
- in der Reaktionsgas-Rückführung (26) durch Ansaugen von Gas und Wasser aus dem Brennstoffzellen-Stapel (2) der Reaktionsgas-Rückführung mittels des Gasstrahlers (22) ein geringerer Druck als im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung erzeugt wird, und
- 1045 - das mittels des Gasstrahlers (22) angesaugte Gas in die Reaktionsgas-Zuführung eingespeist wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,

1050 dadurch gekennzeichnet, dass

- stromab von dem Reaktionsgas-Einlassventil (8) mit nur zwei Schaltstellungen eine Drosselvorrichtung in der Reaktionsgas-Zuführung vorgesehen wird, die den Hochdruckbereich (5') und den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung trennt, wobei der Druck in dem Hochdruckbereich p_1 und in dem Niederdruckbereich p_2 beträgt,
- 1055 - in der Reaktionsgas-Zuführung ein Gasstrahler (22) mit einer Treibdüse (23), einem Einlass zur Gasansaugung (24) und einer Fangdüse (25) vorgesehen wird, wobei die Treibdüse (23) die Drosselvorrichtung bildet,
- das Reaktionsgas durch die Drosselvorrichtung (23) aus dem Hochdruckbereich (5') in den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung einströmt wird, wobei der Druck am engsten Querschnitt der Drosselvorrichtung mindestens p_{krit} beträgt und $p_2 < p_{krit} < p_1$ ist,
- 1060 - Wasser in den Hochdruckbereich (5') der Reaktionsgas-Zuführung oder in die Drosselvorrichtung (23) eingebracht wird, wobei das Wasser vom Reaktionsgas-Volumenstrom mitgenommen wird,
- 1065 - das Reaktionsgas mit mitgenommenem Wasser beim Austritt aus der Drosselvorrichtung (23) und Eintritt in den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung überkritisch entspannt wird, wobei das Wasser zu Tröpfchen zerteilt wird,
- 1070 - der geregelte Reaktionsgas-Volumenstrom mit darin dispergiertem Wasser dem Brennstoffzellen-Stapel (2) zugeführt wird,

- unverbrauchtes Reaktionsgas aus dem Brennstoffzellen-Stapel in eine Reaktionsgas-Rückführung (26) eingespeist wird,
- in der Reaktionsgas-Rückführung (26) durch Ansaugen von Gas und Wasser aus dem Brennstoffzellen-Stapel (2) und der Reaktionsgas-Rückführung (26) mittels des Gasstrahlers (22) ein geringerer Druck als im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung erzeugt wird, und
- das mittels Gasstrahler (22) angesaugte Gas in die Reaktionsgas-Zuführung eingespeist wird.

1080

19. Brennstoffzellen-System (1) aufweisend:

- mindestens einen Brennstoffzellen-Stapel (2),
- eine Reaktionsgas-Zuführung zu dem Brennstoffzellen-Stapel,
- eine in der Reaktionsgas-Zuführung angeordnete Drosselvorrichtung (20),
- die bei Betrieb des Brennstoffzellen-Systems (1) einen Hochdruck- (5') und einen Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung trennt, und
- eine stromauf von der Drosselvorrichtung (20) oder in der Drosselvorrichtung (20) in die Reaktionsgas-Zuführung mündende Wasserzuführung (21).

1085

- 1090 20. Brennstoffzellen-System (1) nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet, dass die Drosselvorrichtung eine konvergente Düse oder Blende ist.

- 1095 21. Brennstoffzellen-System (1) nach Anspruch 19 oder 20,
dadurch gekennzeichnet, dass es einen Gasstrahler (22) mit Treibdüse (23), Einlass zur Gasansaugung (24) und Fangdüse (25) und eine in den Gasstrahler mündende Reaktionsgas-Rückführung (26) aus dem Brennstoffzellen-Stapel (2) aufweist, wobei die Treibdüse (23) des Gasstrahlers (22) die Drosselvorrichtung bildet und die Mündung der Reaktionsgas-Rückführung (26) den Einlass zur
- 1100 Gasansaugung (24) des Gasstrahlers bildet.

1105

22. Verfahren zum Dispergieren von Wasser in einem Reaktionsgas eines Brennstoffzellen-Systems (1) mit mindestens einem Brennstoffzellen-Stapel (2), einer Reaktionsgas-Zuführung zu dem Brennstoffzellen-Stapel und einer Drosselvorrichtung (20) in der Reaktionsgas-Zuführung, die einen Hochdruckbereich (5') und einen Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung trennt, folgende Schritte aufweisend:

1110

- Einbringen eines Reaktionsgases mit einem Druck p_1 in den Hochdruckbereich (5') der Reaktionsgas-Zuführung,
- Strömenlassen des Reaktionsgases durch die Drosselvorrichtung (20) in den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung mit einem Druck p_2 , wobei der Druck am engsten Querschnitt der Drosselvorrichtung (20) mindestens p_{krit} beträgt und $p_2 < p_{krit} < p_1$ ist,
- Einbringen von Wasser in den Hochdruckbereich (5') der Reaktionsgas-Zuführung oder in die Drosselvorrichtung (20), wobei das Wasser vom strömenden Reaktionsgas mitgenommen wird,
- überkritisches Entspannen des Reaktionsgases mit mitgenommenem Wasser beim Austritt aus der Drosselvorrichtung (20) und Eintritt in den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung, wobei das Wasser zu Tröpfchen zerteilt wird.

1115

1120

1125

23. Verfahren nach Anspruch 22, bei dem außerdem Wasser aus dem Brennstoffzellen-System (1) ausgetrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass

1130

1135

- in der Reaktionsgas-Zuführung ein Gasstrahler (22) mit einer Treibdüse (23), einem Einlass zu Gasansaugung (24) und einer Fangdüse (25) vorgesehen wird, wobei die Treibdüse (23) die Drosselvorrichtung bildet,
- das Reaktionsgas durch die Treibdüse (23) des Gasstrahlers (22) aus dem Hochdruckbereich (5') in den Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung, in den Brennstoffzellen-Stapel (2) und durch den Brennstoffzellen-Stapel hindurch geströmt wird,
- unverbrauchtes Reaktionsgas aus dem Brennstoffzellen-Stapel in eine Reaktionsgas-Zuführung (26) eingespeist wird,

- in der Reaktionsgas-Zuführung (26) durch Ansaugen von Gas und Wasser aus dem Brennstoffzellen-Stapel (2) und der Reaktionsgas-Zuführung (26) mittels des Gasstrahlers (22) ein geringerer Druck als im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung erzeugt wird, und
 - das mittels Gasstrahler (22) angesaugte Gas in die Reaktionsgas-Zuführung eingespeist wird.
- 1145 24. Brennstoffzellen-Leistungssystem, das für veränderliche elektrische Anforderungen eines elektrischen Verbrauchers (30) ausgelegt ist, aufweisend:
- mindestens einen Brennstoffzellen-Stapel (2),
 - einen mit dem Brennstoffzellen-Stapel elektrisch verbundenen Verbraucher (30),
 - 1150 - eine Reaktionsgas-Zuführung zu dem Brennstoffzellen-Stapel mit einem Reaktionsgas-Einlassventil (8), einem Hochdruckbereich (5, 5') und einem Niederdruckbereich (6),
 - eine Vorrichtung (31) zur Vorgabe eines Soll-Werts eines Reaktionsgas-Volumenstroms oder eines gewünschten Soll-Werts einer elektrischen Größe,
 - 1155 - eine Vorrichtung (32) zur Erfassung des Soll-Werts des Reaktionsgas-Volumenstroms und zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils (8) entsprechend der Soll-Wertvorgabe, oder eine Vorrichtung zur Ermittlung des Ist-Werts der elektrischen Größe und eine Vorrichtung zum Vergleich des ermittelten Ist-Werts mit dem vorgegebenen Soll-Wert und zur Ansteuerung des Reaktionsgas-Einlassventils (8)
 - 1160 entsprechend der Soll-Wertvorgabe,
 - eine Messstelle (9) zur kontinuierlichen oder regelmäßigen Messung des Drucks oder einer druckkorrelierten Messgröße im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung,
 - 1165 - eine Vorrichtung (33) zur Erfassung und Auswertung des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße und zur Freigabe des dem Druck oder der druckkorrelierten Messgröße entsprechenden Betrags der elektrischen Größe an den elektrischen Verbraucher (30), und
 - eine Vorrichtung (34) zur Einstellung des gewünschten Soll-Werts der elektrischen Größe beim elektrischen Verbraucher.
 - 1170

25. Brennstoffzellen-Leistungssystem nach Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Größe eine Leistung oder eine
Spannung oder ein Strom ist.

1175

26. Verfahren zur Anpassung eines Brennstoffzellen-Leistungssystems mit minde-
stens einem Brennstoffzellen-Stapel (2), mindestens einer Reaktionsgas-Zufüh-
rung mit einem Hochdruckbereich (5, 5') und einem Niederdruckbereich (6) und
einem Reaktionsgas-Einlassventil (8), an veränderliche elektrische Anforderun-
gen eines elektrischen Verbrauchers (30), folgende Schritte aufweisend:

1180

- Vorgeben eines Soll-Werts für einen Reaktionsgas-Volumenstrom oder für
eine elektrische Größe,

1185

- Erfassen des Soll-Werts des Reaktionsgas-Volumenstroms und Ansteuern
des Reaktionsgas-Einlassventils (8) dergestalt, dass ein dem vorgegebenen
Soll-Wert entsprechender Reaktionsgas-Volumenstrom in den Niederdruck-
bereich (6) der Reaktionsgas-Zuführung eingespeist wird, oder Ermitteln des
Ist-Werts der elektrischen Größe und Vergleichen des ermittelten Ist-Werts
mit dem vorgegebenen Soll-Wert und Ansteuern des Reaktionsgas-Einlass-
ventils (8) entsprechend der Soll-Wertvorgabe,

1190

- kontinuierliches oder regelmäßiges Messen des Drucks oder einer druckkor-
relierten Messgröße im Niederdruckbereich (6) der Reaktionsgas-Zufüh-
rung,

1195

- Erfassen und Auswerten des Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße
durch Vergleichen des Ist-Werts mit einem vorgegebenen Soll-Wert des
Drucks oder der druckkorrelierten Messgröße,

1200

- Freigeben eines Betrags der elektrischen Größe an den elektrischen Ver-
braucher, wenn der Ist-Wert den vorgegebenen Soll-Wert des Drucks oder
der druckkorrelierten Messgröße in dem Niederdruckbereich (6) der Reakti-
onsgas-Zuführung überschreitet, und

- Entnehmen eines Betrags der elektrischen Größe durch den elektrischen
Verbraucher (30) bis zur Einstellung des gewünschten Soll-Werts der elektri-
schen Größe beim elektrischen Verbraucher.

Fig. 1

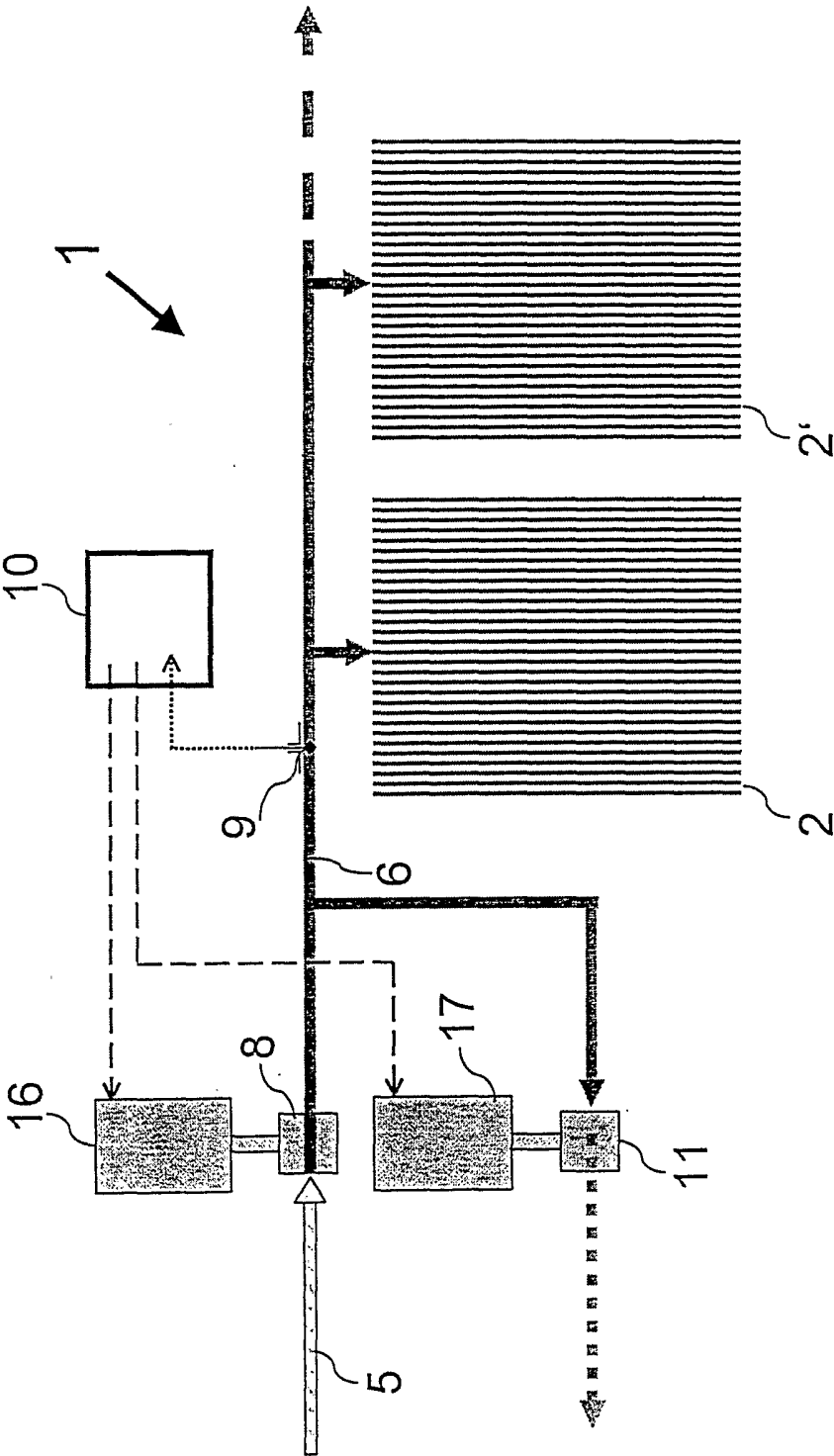


Fig. 2

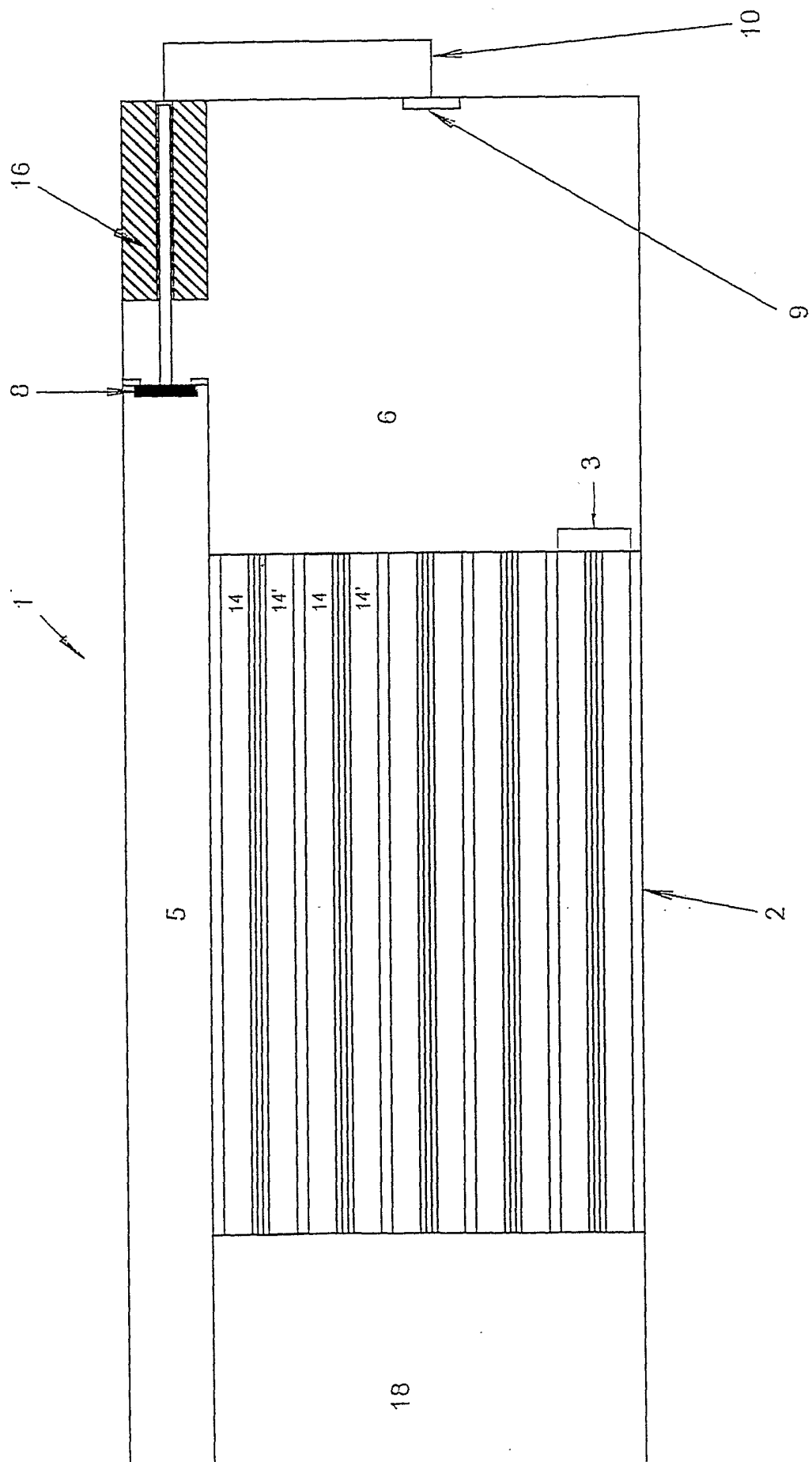


Fig. 3

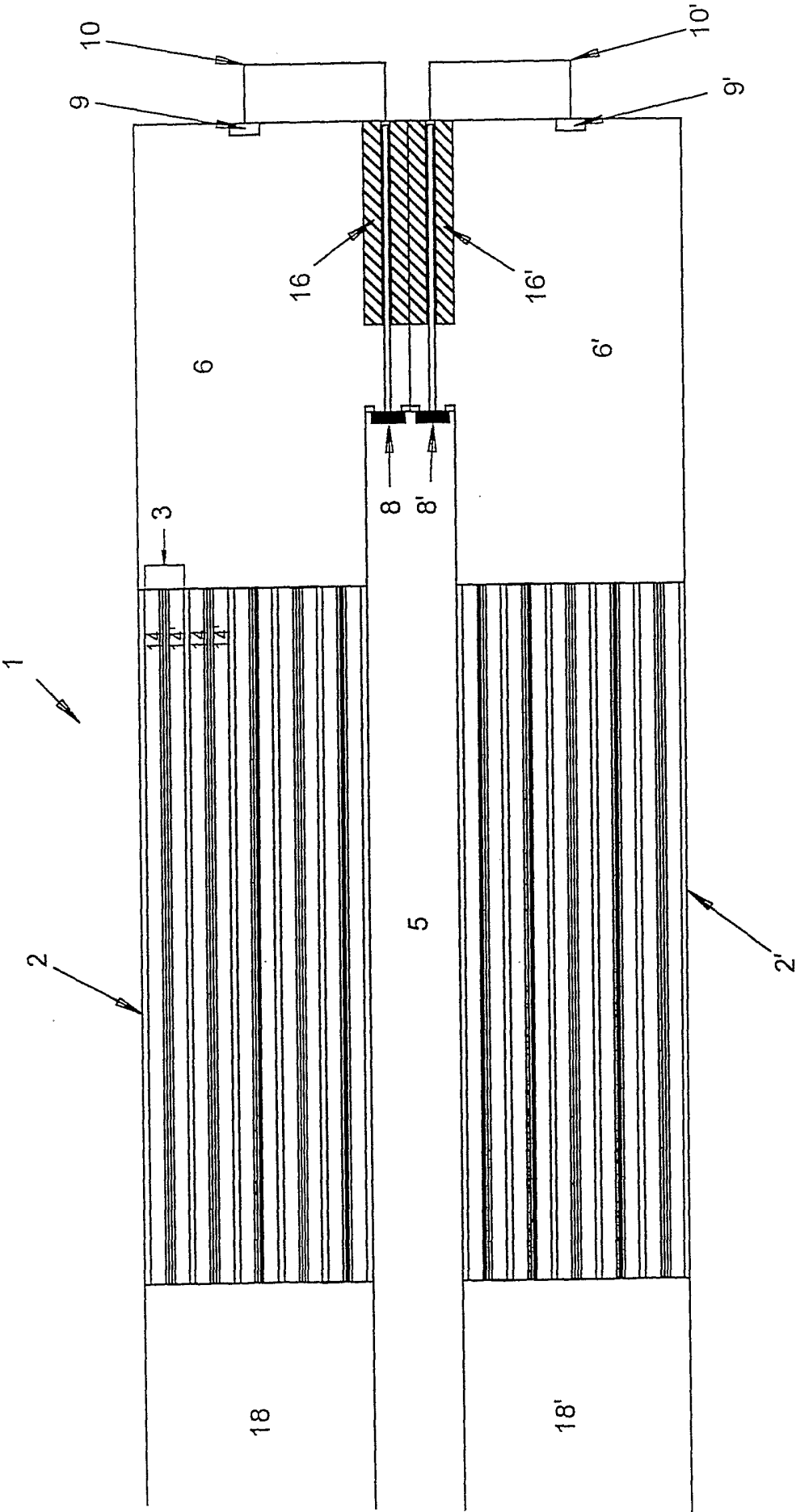


Fig. 4

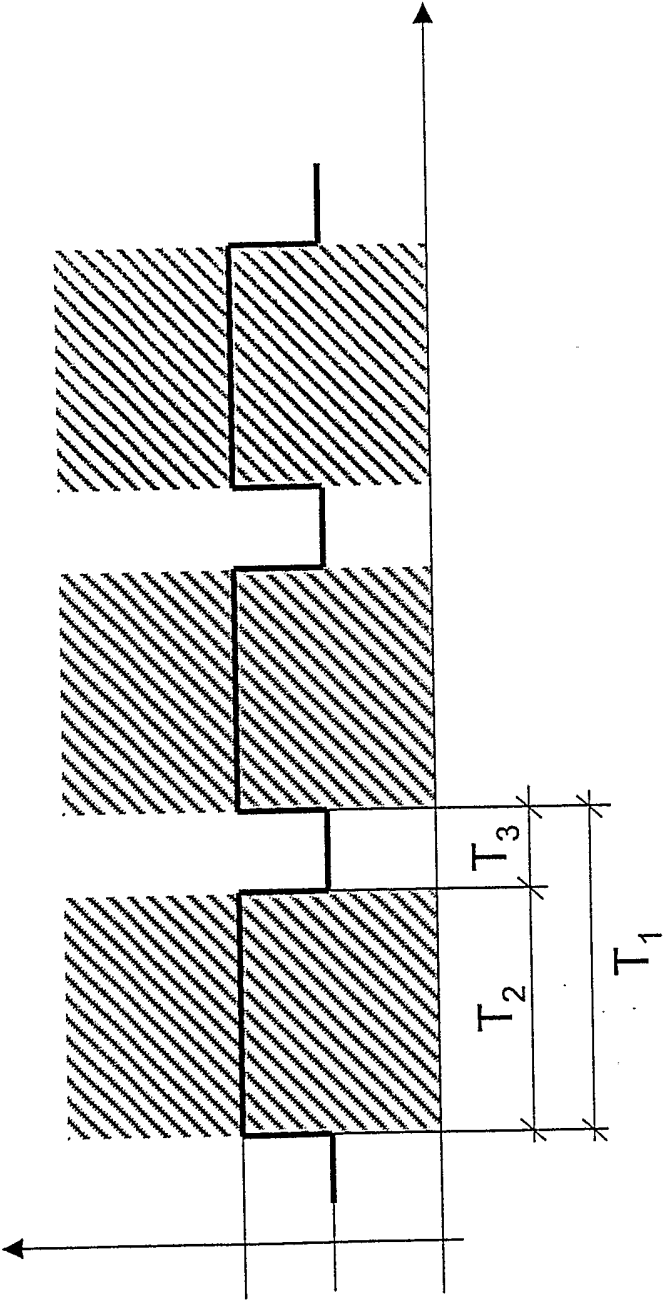


Fig. 5

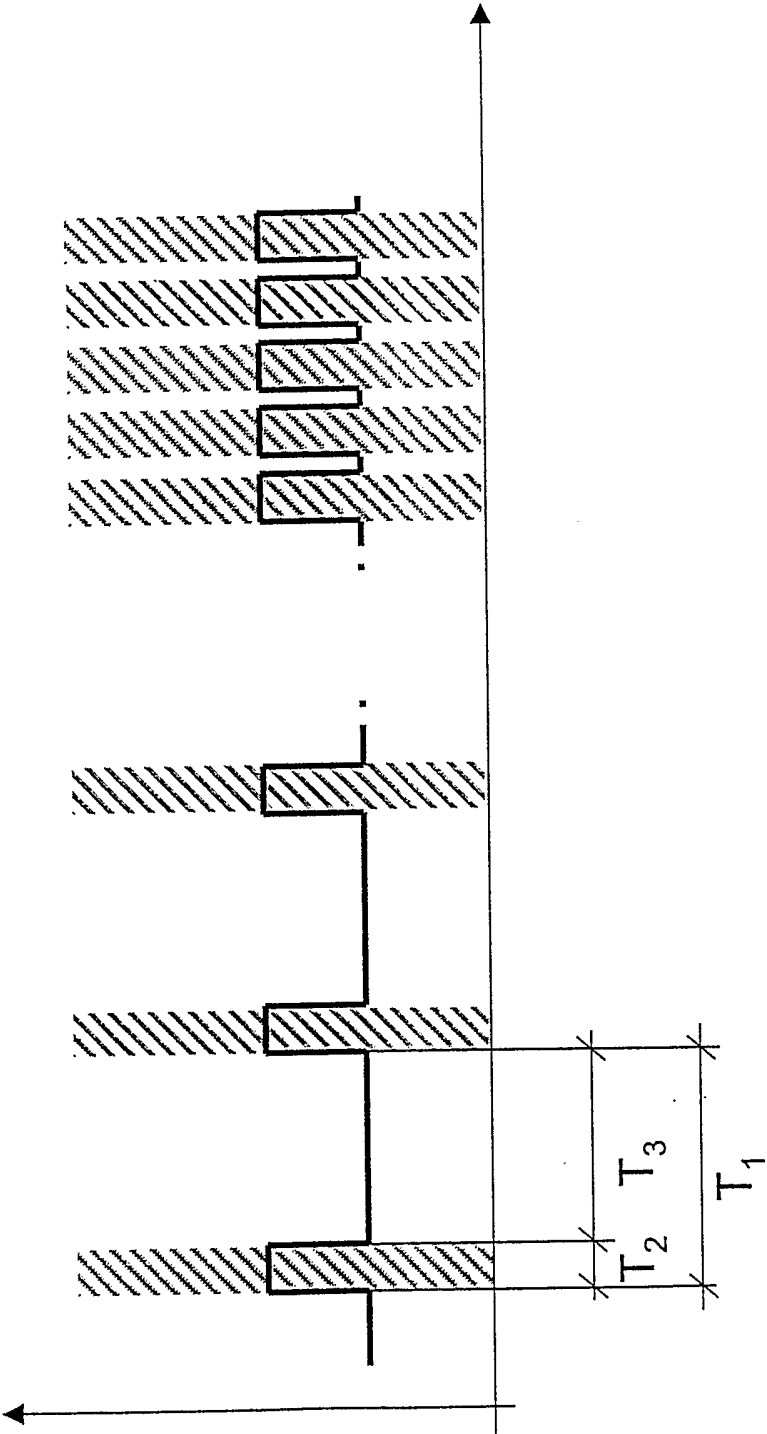


Fig. 6

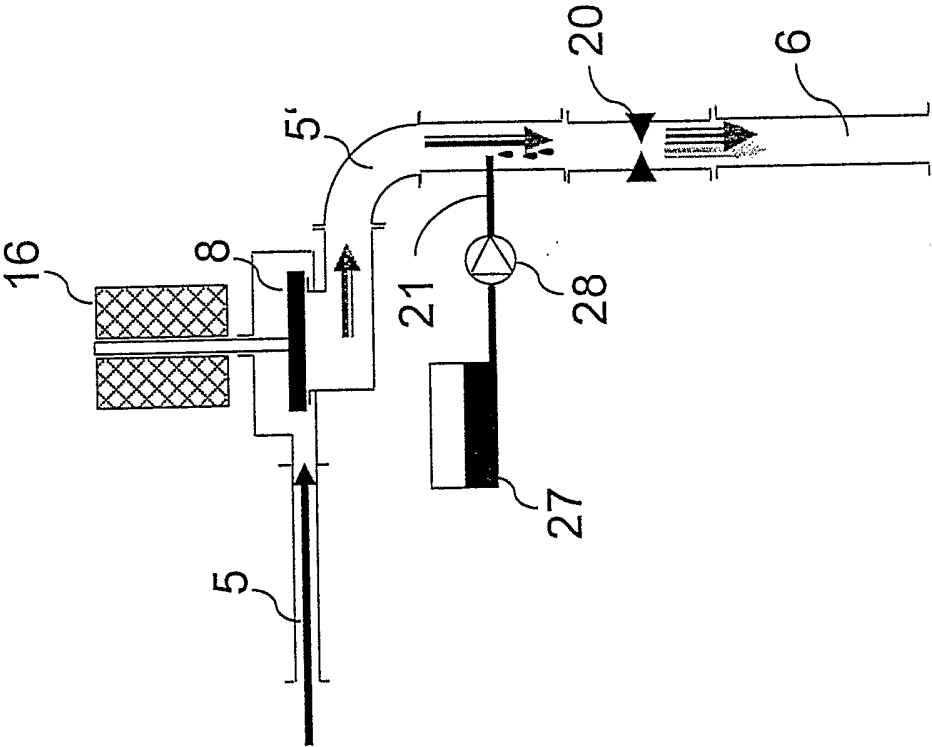


Fig. 7

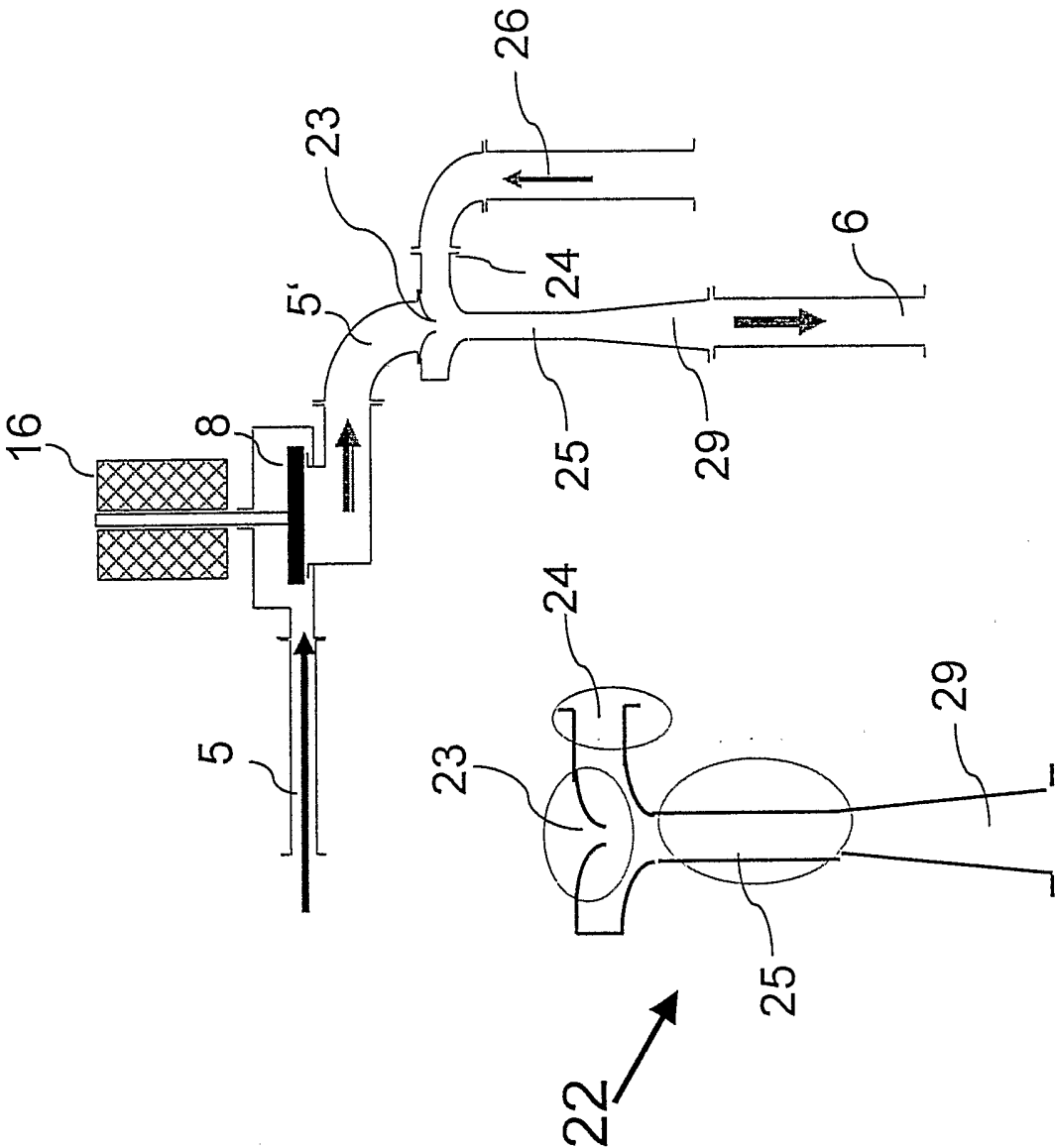


Fig. 8

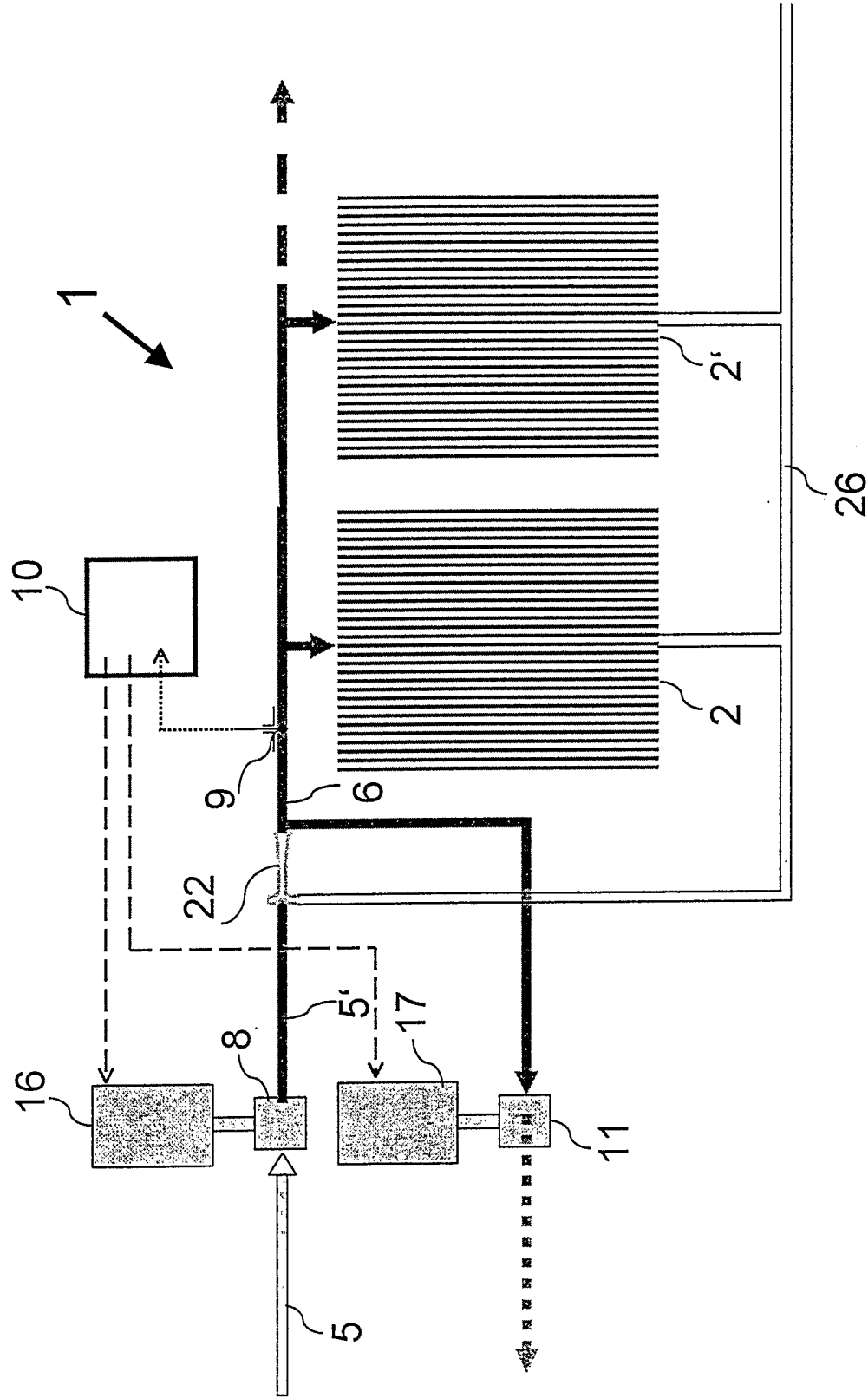


Fig. 9

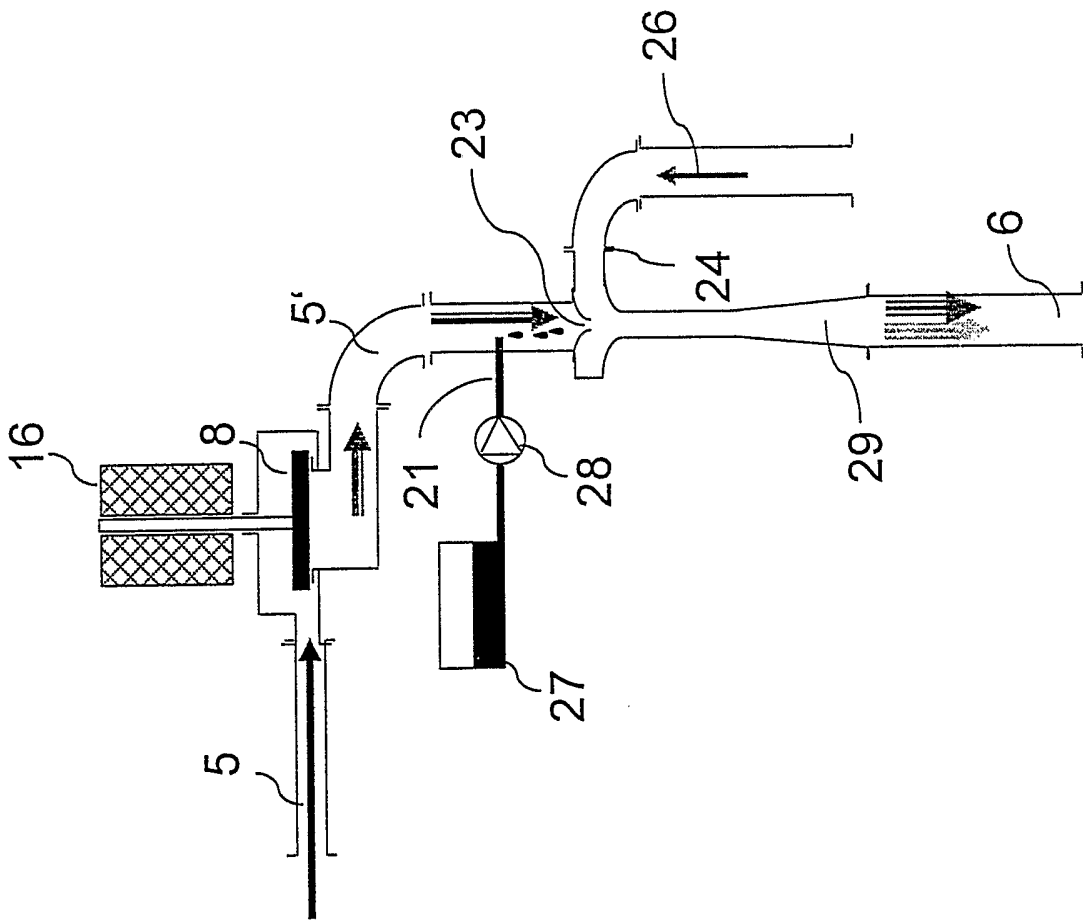
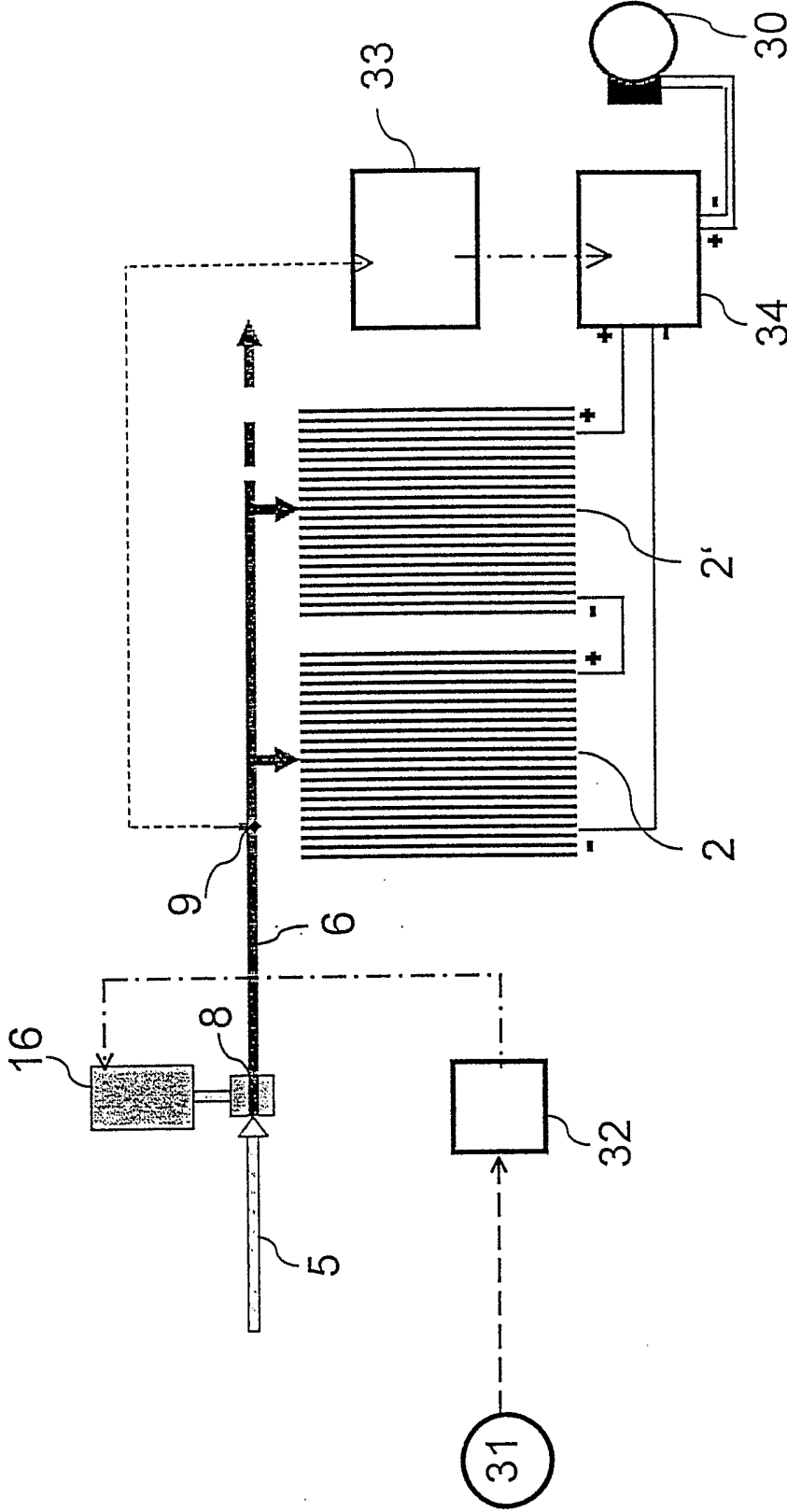


Fig. 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/08944

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01M8/04

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)

IPC 7 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, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 199 56 225 A (VAILLANT JOH GMBH & CO) 25 May 2000 (2000-05-25) the whole document	24-26
A	US 5 967 164 A (DENDA MICHAEL ET AL) 19 October 1999 (1999-10-19) claims 1-19	19-23
A	FR 2 712 099 A (IMRA EUROP SA) 12 May 1995 (1995-05-12) claims 1-8	1-18
A	EP 0 293 007 A (INT FUEL CELLS CORP) 30 November 1988 (1988-11-30) the whole document	1-26
	--- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in 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

9 December 2002

Date of mailing of the international search report

17/12/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Battistig, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/08944

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 042 960 A (GOLBEN P MARK ET AL) 28 March 2000 (2000-03-28) claims 1-9 -----	1-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/08944

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19956225	A	25-05-2000	AT 407314 B AT 195598 A DE 19956225 A1	26-02-2001 15-06-2000 25-05-2000
US 5967164	A	19-10-1999	DE 19643054 A1 DE 59706840 D1 EP 0837271 A2	23-04-1998 08-05-2002 22-04-1998
FR 2712099	A	12-05-1995	FR 2712099 A1	12-05-1995
EP 0293007	A	30-11-1988	US 4729930 A CA 1303186 A1 DE 3877824 D1 DK 290088 A EP 0293007 A2 JP 1985724 C JP 7015822 B JP 63318077 A	08-03-1988 09-06-1992 11-03-1993 30-11-1988 30-11-1988 25-10-1995 22-02-1995 26-12-1988
US 6042960	A	28-03-2000	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/08944

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01M8/04

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

TPK 7 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, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 56 225 A (VAILLANT JOH GMBH & CO) 25. Mai 2000 (2000-05-25) das ganze Dokument ---	24-26
A	US 5 967 164 A (DENDA MICHAEL ET AL) 19. Oktober 1999 (1999-10-19) Ansprüche 1-19 ---	19-23
A	FR 2 712 099 A (IMRA EUROP SA) 12. Mai 1995 (1995-05-12) Ansprüche 1-8 ---	1-18
A	EP 0 293 007 A (INT FUEL CELLS CORP) 30. November 1988 (1988-11-30) das ganze Dokument ---	1-26

	---/---	

☒

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 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 auszuführen)

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

* & Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Dezember 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/12/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Battistig, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/08944

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 042 960 A (GOLBEN P MARK ET AL) 28. März 2000 (2000-03-28) Ansprüche 1-9 -----	1-26

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/08944

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19956225 A	25-05-2000	AT 407314 B	26-02-2001
		AT 195598 A	15-06-2000
		DE 19956225 A1	25-05-2000
US 5967164 A	19-10-1999	DE 19643054 A1	23-04-1998
		DE 59706840 D1	08-05-2002
		EP 0837271 A2	22-04-1998
FR 2712099 A	12-05-1995	FR 2712099 A1	12-05-1995
EP 0293007 A	30-11-1988	US 4729930 A	08-03-1988
		CA 1303186 A1	09-06-1992
		DE 3877824 D1	11-03-1993
		DK 290088 A	30-11-1988
		EP 0293007 A2	30-11-1988
		JP 1985724 C	25-10-1995
		JP 7015822 B	22-02-1995
		JP 63318077 A	26-12-1988
US 6042960 A	28-03-2000	KEINE	