

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
2. Oktober 2008 (02.10.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2008/116586 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
H01M 8/04 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/002193
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
19. März 2008 (19.03.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2007 014 617.7 23. März 2007 (23.03.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH [DE/DE]; Leo-Brandt-Strasse, 52428 Jülich (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MÜLLER, Martin [DE/DE]; Harbachstrasse 36, 53489 Sinzig (DE). MAINTZ, Andreas [DE/DE]; Aachener Strasse 285, 52499 Baesweiler (DE). WILHELM, Jörg [DE/DE]; Berta-Timmermann-Strasse 43, 52353 Düren (DE). JANSSEN, Holger [RU/DE]; Dr.-Halbsguth-Strasse 13, 52428 Jülich (DE). STOLTEN, Detlef [DE/DE]; Sperberweg 2, 52076 Aachen (DE).
- (74) Anwalt: JOSTARNDT PATENTANWALTS-AG; Brüsseler Ring 51, 52074 Aachen (DE).
- (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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLENSYSTEM UND VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS

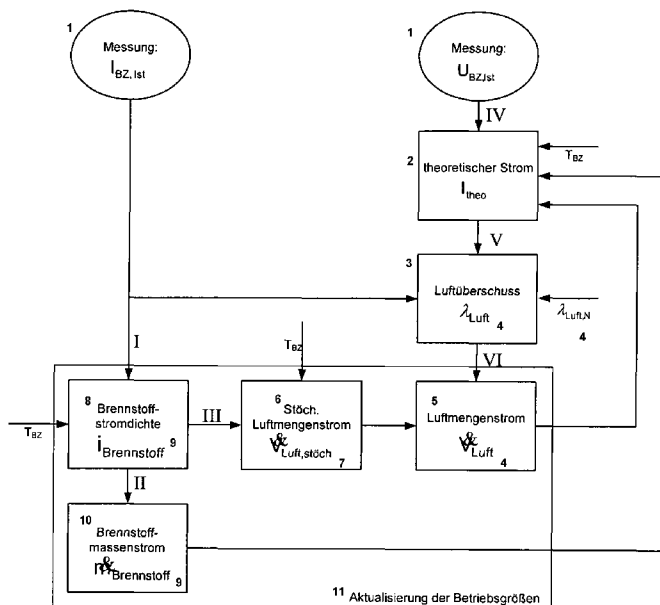


Fig. 4

- 1... Measurement
- 2... Theoretical flow
- 3... Excess air
- 4... Air
- 5... Air flow
- 6... Stoichiometric air flow
- 7... Air, stoich.
- 8... Fuel flow density
- 9... Fuel mass flow
- 10... Fuel
- 11... Updating of the operating variables

(57) Abstract: The invention relates to a fuel cell system for mobile applications, comprising a fuel cell (1) and a DC/DC converter (2) which is coupled to the fuel cell and which can be coupled to an energy store (3). The fuel cell system is characterized in that a control/regulation unit (4) is connected to the fuel cell (1) and to the DC/DC converter (2) and that the control/regulation unit (4) comprises a performance characteristics regulator (5) that receives a value  $I_{Bz,ist}$  of a current, a voltage value  $U_{Bz,ist}$  from the fuel cell (1) and a value for at least one additional operating variable of the fuel cell system, that processes the received values  $I_{Bz,ist}$ ,  $U_{Bz,ist}$  and the value for the operating variable to give a control signal and that forwards the control signal to a device (6) for controlling the operating variable. The invention also relates to an active hybrid system and to a method for the performance characteristic regulation of the fuel cell.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem für mobile Anwendungen, umfassend eine Brennstoffzelle (1) und einen an die Brennstoffzelle (1) angekoppelten DC/DC-Wandler (2), der an einen Energiespeicher (3) angeschlossen ist. Erfindungsgemäß zeichnet sich das Brennstoffzellensystem dadurch aus, dass eine Steuer- und Regeleinheit (4) mit der Brennstoffzelle (1) und dem DC/DC-Wandler (2) verbunden ist und dass die Steuer- und Regeleinheit (4) eine Kennfeldregelung (5) umfasst, die einen Wert  $I_{Bz,ist}$ , eines Stroms und von der Brennstoffzelle (1) die einen Spannungswert  $U_{Bz,ist}$  sowie einen Wert für mindestens eine weitere Betriebsgröße des Brennstoffzellensystems empfängt, die empfangenen Werte  $I_{Bz,ist}$ ,  $U_{Bz,ist}$

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/116586 A2



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, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

## Brennstoffzellensystem und Verfahren zur Regelung eines Brennstoffzellensystems

5 Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem für mobile Anwendungen,  
umfassend eine Brennstoffzelle und einen an die Brennstoffzelle angekoppelten  
DC/DC-Wandler, der an einen Energiespeicher ankoppelbar ist, ein aktives  
Hybridsystem mit einem solchen Brennstoffzellensystem sowie einem  
Energiespeicher, des Weiteren ein Verfahren zur Regelung einer  
10 Brennstoffzellenspannung und ein Verfahren zur Kennfeldregelung einer  
Brennstoffzelle.

Brennstoffzellensysteme in Hybridsystemen für mobile Anwendungen müssen für  
die dynamischen Anforderungen des Verbrauchers konzipiert und ausgelegt sein.  
15 Der grundsätzliche Aufbau umfasst dabei in der Regel eine Brennstoffzelle und  
einen Energiespeicher. Unterschiede bei der Ausführung derartiger Hybridsysteme  
bestehen insbesondere bei der elektrotechnischen Kopplung von Brennstoffzelle  
und Energiespeicher sowie bei der Steuerung und Regelung des Gesamtsystems  
und insbesondere der Brennstoffzelle.

20

Die bekannten Hybridsysteme, bestehend aus Brennstoffzelle und  
Energiespeicher, lassen sich grundsätzlich in passive und aktive Hybridsysteme  
unterscheiden. Bei passiven Hybridsystemen sind Brennstoffzelle und  
Energiespeicher direkt parallel miteinander verbunden, d.h. sie werden in jedem  
25 Betriebszustand des Gesamtsystems auf dem gleichen Spannungsniveau  
betrieben. Aktive Systeme zeichnen sich durch eine Entkopplung von  
Brennstoffzelle und Energiespeicher durch DC/DC-Wandler aus. Damit lässt sich  
prinzipiell unabhängig von der Lastanforderung die Aufteilung der Energieflüsse  
auf Brennstoffzelle und Energiespeicher beeinflussen. Eine Möglichkeit zur  
30 Steuerung aktiver Systeme besteht darin, den Ladezustand des Energiespeichers  
mittels Zweipunktregelung zwischen einem Minimal- und einem Maximalwert zu  
halten. Um den Ladezustand des Energiespeichers zwischen den zwei  
Grenzwerten zu halten, muss der Energiespeicher von Zeit zu Zeit von der

**BESTÄTIGUNGSKOPIE**

Brennstoffzelle geladen werden. Dies geschieht nach dem bekannten Stand der Technik in der Weise, dass die Brennstoffzelle mit ihrer Maximalleistung betrieben wird.

- 5 Bei passiven Systemen wird der Brennstoffzelle die Bordspannung, d.h. die Spannung am Energiespeicher des Gesamtsystems, aufgeprägt. Hierfür ist es erforderlich, die Komponenten sehr genau aufeinander abzustimmen. Es ist nicht möglich, die Brennstoffzelle aktiv in einem anderen Arbeitspunkt zu betreiben. Problematisch sind hier zwei Punkte:

10

Unter Umständen können Spannungen auftreten, welche die Brennstoffzelle schädigen bzw. zu beschleunigter Alterung führen. Zweitens kann bei einer Alterung der Brennstoffzelle nicht aktiv auf die Brennstoffzellenspannung Einfluss genommen werden, um z.B. durch eine Spannungsabsenkung die Leistung aus  
15 der Brennstoffzelle zu erhalten.

20

Bei aktiven Systemen ist eine unabhängige Betriebsweise der Brennstoffzelle möglich. Allerdings wird beim oben beschriebenen Stand der Technik nicht darauf geachtet, ob die Betriebsweise der Brennstoffzelle Einfluss auf deren Alterung hat und wie dieser Performanceverlust der Brennstoffzelle kompensiert werden kann.

25

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Brennstoffzelle in einem dynamisch betriebenen und aktiven Hybridsystem so zu betreiben, dass Alterungsprozesse der Brennstoffzelle ausgeglichen werden können.

30

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Brennstoffzellensystem für mobile Anwendungen gelöst, das eine Brennstoffzelle und einen an die Brennstoffzelle angekoppelten DC/DC-Wandler umfasst, der an einen Energiespeicher ankoppelbar ist, wobei sich das Brennstoffzellensystem dadurch auszeichnet, dass eine Steuer- und Regeleinheit mit der Brennstoffzelle und dem DC/DC-Wandler verbunden ist, die eine Regelgröße  $U_{BZ,ist}$  von der Brennstoffzelle empfängt, daraus eine Stellgröße  $I_{DC/DC,Soll}$  bestimmt und an den DC/DC-Wandler leitet.

Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, auf die Betriebsspannung  $U_{BZ}$  der Brennstoffzelle Einfluss zu nehmen.

- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform des Brennstoffzellensystems umfasst die Steuer- und Regeleinheit eine Kennfeldregelung, die vom DC/DC-Wandler einen Wert des Stroms Stellgröße  $I_{BZ,ist}$  und von der Brennstoffzelle die Regelgröße  $U_{BZ,ist}$  sowie einen Wert für mindestens eine weitere Betriebsgröße des Brennstoffzellensystems empfängt, die empfangenen Werte  $I_{BZ,ist}$ ,  $U_{BZ,ist}$  sowie den  
10 Wert für die Betriebsgröße zu einem Steuersignal verarbeitet und das Steuersignal an eine Einrichtung zur Steuerung der Betriebsgröße weiterleitet.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Brennstoffzellensystems umfasst die Steuer- und Regeleinheit einen PID-Regler.

15

Der Einsatz eines Reglers, beispielsweise eines PD-Reglers erweist sich dann also besonders vorteilhaft, wenn eine Regelgröße einen gewünschten Wert möglichst genau einhalten soll. Dabei tritt evtl. noch hinzu, dass sich die Führungsgröße ändert. Regler und Stellglied müssen dann kontinuierlich arbeiten.

20

Im Fall des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems liegt mit der Größe  $U_{BZ,soll}$  eine Führungsgröße vor, die sich ändern kann, wie weiter unten beschrieben wird. Für solche Anwendungen haben sich lineare Regler, wie beispielsweise PID-Regler, bewährt. In der Praxis sind PID-Regler meistens keine einzelnen Geräte, sondern Kompaktregler. Die Struktur eines solchen Reglers ist  
25 eine Parallelschaltung von Proportional-, Integrier- und Differenzierglied (PID).

Das Brennstoffzellensystem kann verschiedene Typen von Brennstoffzellen umfassen, beispielsweise Brennstoffzellen vom Typ PEFC, DMFC oder HT-PEFC.

30

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein aktives Hybridsystem, das ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem sowie einen Energiespeicher umfasst, der insbesondere als Blei-, NiMH-, Li-Ionen-, NiCd-Akkumulator oder Supercap ausgebildet ist.

Des Weiteren wird die Aufgabe der Erfindung durch ein Verfahren zur Regelung einer Brennstoffzellenspannung  $U_{BZ,ist}$  in einem Brennstoffzellensystem gelöst, wobei das Brennstoffzellensystem eine Brennstoffzelle, einen an die Brennstoffzelle angekoppelten DC/DC-Wandler, der an einen Energiespeicher ankoppelbar ist, und eine mit der Brennstoffzelle und dem DC/DC-Wandler verbundene Steuer- und Regeleinheit umfasst und wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- 10 - Die Steuer- und Regeleinheit empfängt die Regelgröße  $U_{BZ,ist}$ , vergleicht die Regelgröße  $U_{BZ,ist}$  mit einer vorgegebenen Sollgröße  $U_{BZ,Soll}$ , und bestimmt daraus eine Stellgröße  $I_{DC/DC,Soll}$ .
- Ein Mindestspannungswert  $U_{BZ,min}$ , wird ermittelt;
- 15 -  $U_{BZ,Soll}$ , wird so gewählt, das gilt:  $U_{BZ,Soll} > U_{BZ,min}$ .
- die Steuer- und Regeleinheit leitet die Stellgröße  $I_{DC/DC,Soll}$  an den DC/DC-Wandler weiter,
- 20 - der DC/DC-Wandler belastet in Abhängigkeit von der Stellgröße  $I_{DC/DC,Soll}$  die Brennstoffzelle mit dem Strom  $I_{BZ,ist}$ .

Mit dem Verfahren wird die Brennstoffzelle vor zu starker Belastung bzw. vor beschleunigter Alterung geschützt. Dies geschieht dadurch, dass die Brennstoffzellenspannung  $U_{BZ}$  einen Minimalwert  $U_{BZ,min}$  nicht unterschreitet.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Minimalgröße  $U_{BZ,min}$  als Begrenzungskennfeld  $U_{BZ,min}$  eine Funktion  $f$  von Parametern ist, insbesondere als von der Temperatur  $T_{BZ}$  abhängiges Begrenzungskennfeld  $U_{BZ,min} = f(T_{BZ})$ , in der die Steuer- und Regeleinheit hinterlegt wird.

Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass der kritische Minimalwert  $U_{BZ,min}$  wesentlich von der Temperatur  $T_{BZ}$  beeinflusst wird.

- 5 Eine weitere besondere Ausführungsform des Verfahrens sieht vor, dass die Minimalgröße  $U_{BZ,min}$  als Begrenzungskennfeld  $U_{BZ,min}$  als eine Funktion  $f$  einer ungealterten Brennstoffzelle in der Steuer- und Regeleinheit hinterlegt wird. Das Kennfeld einer ungealterten Brennstoffzelle wird auch als Nennkennfeld bezeichnet.

10

Mit der Zugrundelegung eines Nennkennfelds gewinnt man ein Begrenzungskennfeld  $U_{BZ,min} = f$ , welches brauchbare Werte für vergleichsweise neue Brennstoffzellen liefert.

- 15 In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens vergleicht die Steuer- und Regeleinheit die Regelgröße  $U_{BZ,ist}$  mit der vorgegebenen Sollgröße  $U_{BZ,soll}$  und bestimmt daraus eine Stellgröße  $I_{DC/DC,soll}$ . Hierbei gilt:  $U_{BZ,soll} = U_{BZ,min}$ .

- 20 Auf diese Weise wird der Minimalwert  $U_{BZ,min}$  zu dem Sollwert  $U_{BZ,soll}$  für die Regelung der Brennstoffzellenspannung  $U_{BZ}$ . Dadurch wird gewährleistet, dass die Brennstoffzelle im Fahrbetrieb optimal ausgelastet wird, ohne dass sie dabei überlastet wird.

- 25 Die Aufgabe wird darüber hinaus gelöst durch ein Verfahren zur Kennfeldregelung einer Brennstoffzelle, umfassend Strom/Spannungs-Kennlinien der Brennstoffzelle in Abhängigkeit von mindestens einer Betriebsgröße, beispielsweise  $T_{BZ}$ ,  $\lambda_{Luft}$ , umfassend die folgenden Schritte:

- 30 - Bestimmen von Startwerten  $T_o$ ,  $\lambda_{o..}$ , von Betriebsgrößen, beispielsweise  $T_{BZ}$ ,  $\lambda_{Luft}$ , der Brennstoffzelle.
- Messen der Spannung  $U_{BZ,ist}$  und der Stromstärke  $I_{BZ,ist}$  der Brennstoffzelle,

- Berechnen einer fiktiven Stromstärke  $I_{\text{theo}}$  aus der gemessenen Spannung  $U_{\text{BZ,ist}}$  und einem Startwert  $T_0, \lambda_0$  der Betriebsgröße  $T_{\text{BZ}}, \lambda_{\text{Luft}}$ ,
- 5 - Vergleichen der gemessenen Stromstärke  $I_{\text{BZ,ist}}$  mit der fiktiven Stromstärke  $I_{\text{theo}}$ ,
- Ändern der Betriebsgröße  $T_{\text{BZ}}, \lambda_{\text{Luft}}$  in einen neuen Startwert  $T_1, \lambda_1$ , so dass  $I_{\text{BZ,ist}} = I_{\text{theo}}$  gilt,
- 10 - Bestimmen neuer Startwerte  $T_1, \lambda_1, \dots$  der Betriebsgrößen, beispielsweise  $T_{\text{BZ}}, \dots$  der Brennstoffzelle.

Auf diese Weise wird das Kennfeld der Brennstoffzelle dem altersbedingten Nachlassen ihrer Leistungsfähigkeit angepasst, und es kann die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle trotz einsetzender Alterung zumindest noch für eine erheblich verlängerte Betriebsdauer erhalten werden.

Ausgewählt werden kann eine Betriebsgröße aus der Gruppe der Größen Temperatur  $T_{\text{BZ}}$ , Luftüberschuss  $\lambda_{\text{Luft}}$ , Luftvolumenstrom  $d/dt V_{\text{Luft}}$ ,  
20 Brennstoffkonzentration, Brennstoffmassenstrom  $d/dt m_{\text{Brennstoff}}$ , Betriebsdruck, Brennstoff-, Luftbefeuchtung oder Brennstoffumwälzrate.

Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft anhand der Zeichnungen erläutert.  
Es zeigen:

- 5    Figur 1        eine schematische Darstellung einer Verschaltung von  
                 Brennstoffzelle und Energiespeicher in einem aktiven Hybridsystem,
- Figur 2        eine Regelungstruktur eines erfindungsgemäßen  
                 Brennstoffzellensystems,
- 10    Figur 3        ein Ablaufdiagramm zur Kennfeldregelung,
- Figur 4        ein Ablaufdiagramm zur Kennfeldregelung am Beispiel der  
                 Betriebsgröße Luftüberschuss.

15

Die Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Verschaltung einer Brennstoffzelle 1 und eines Energiespeichers 3 in einem aktiven Hybridsystem. Zwischen der Brennstoffzelle 1 und dem Energiespeicher 3 ist ein DC/DC-Wandler 2 angeordnet, bei dem der Ausgangsstrom  $I_{DC/DC}$  aktiv eingestellt werden kann.

- 20    Die nicht abgebildete Steuer- und Regeleinheit 4 gibt einen Sollwert  $I_{DC/DC,Soll}$  für den Strom vor, und der DC/DC-Wandler 2 regelt diesen ein.

In der Figur 2 ist eine Regelungsstruktur eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems dargestellt. In diesem Beispiel wird der Minimalwert  $U_{BZ,min}$  als Sollwert  $U_{BZ,Soll}$  für die Brennstoffzellenspannung herangezogen. Auf diese Weise wird eine optimale Auslastung der Brennstoffzelle 1 im Fahrbetrieb gewährleistet, ohne dass die Brennstoffzelle 1 überlastet wird. Eine Steuer- und Regeleinheit 4 umfasst einen PID-Regler 7, eine Kennfeldregelung 5 und eine Einrichtung 6 zur Steuerung mindestens einer Betriebsgröße. Der PID-Regler 7 hat die Aufgabe, die Brennstoffzellenspannung  $U_{BZ}$  auf einen Sollwert  $U_{BZ,Soll}$  einzuregeln. Als Stellgröße dient der Strom  $I_{DC/CS,Soll}$  am Ausgang des DC/DC-Wandlers 2. Der sich einstellende Brennstoffzellenstrom  $I_{BZ,ist}$  ist Eingangsp parameter für die Kennfeldregelung 5 und die Brennstoffzelle 1. Wenn

30

die Brennstoffzelle 1 mit dem Strom  $I_{BZ,ist}$  belastet ist, ergibt sich als Ausgangswert ein aktueller Istwert  $U_{BZ,ist}$  der Brennstoffzellenspannung in Abhängigkeit von den Betriebsgrößen, wobei der Istwert  $U_{BZ,ist}$  am PID-Regler 7 mit dem vorgegebenen Sollwert  $U_{BZ,soll}$  verglichen wird. Bei einer Regelabweichung  $|U_{BZ,soll} - U_{BZ,ist}| > 0$  wird die Stellgröße  $I_{DC/CS,soll}$  korrigiert, und die Regelungsschleife wird erneut durchlaufen.

Aufgabe der Kennfeldregelung 5 ist es, Abweichungen der Brennstoffzellenperformance vom Normalzustand durch Korrektur von Betriebsgrößen auszugleichen. Die Kennfeldregelung 5 ist damit ein vorteilhaftes Element des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems. Hierbei ist der Steuer- und Regeleinheit 4 zunächst das Nennkennfeld einer ungealterten Brennstoffzelle 1 hinterlegt. Das Kennfeld umfasst dabei Strom/Spannungs-Kennlinien der Brennstoffzelle 1 in Abhängigkeit von Betriebsgrößen. Eingänge in die Kennfeldregelung 5 sind die gemessenen Werte für die Stackspannung  $U_{BZ,ist}$  und den Stackstrom  $I_{BZ,ist}$ , d.h. die Spannung  $U_{BZ,ist}$  am Brennstoffzellenstapel und die Stromstärke  $I_{BZ,ist}$  am Brennstoffzellenstapel. Der dabei ablaufende Prozess ist in allgemeiner Form in der Figur 3 dargestellt.

Die Figur 3 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Kennfeldregelung. In den Block „theoretischer Strom“ gehen als Informationen die aktuell gemessenen Werte für die Betriebsgrößen einschließlich der aktuell gemessenen Werte  $U_{BZ,ist}$  für die Stackspannung ein. Unter Verwendung des oben beschriebenen Kennfelds wird eine zugehörige fiktive Stromstärke  $I_{theo}$  bestimmt. Der Block „Betriebsgrößenkorrekturfaktor“ ermittelt aus der Abweichung aus dem gemessenen Brennstoffzellenstrom  $I_{BZ,ist}$  und der zuvor bestimmten fiktiven Stromstärke  $I_{theo}$ , welche Betriebsgrößen in welchem Umfang korrigiert werden, um den angestrebten Normalzustand der Brennstoffzellenperformance wieder herzustellen. Der Block „Aktualisierung der Betriebsgrößen“ berechnet die neuen Werte der Betriebsgrößen und übergibt diese an die Einrichtung 6 zur Steuerung der Peripherie.

In der Figur 4 ist ein Ablaufdiagramm zur Kennfeldregelung am Beispiel der Betriebsgröße Luftüberschuss  $\lambda_{\text{Luft}}$  dargestellt. Es wird dabei eine Korrektur der Betriebsgröße Luftüberschuss  $\lambda_{\text{Luft}}$  zum Erreichen des Normalzustandes der Brennstoffzelle 1 vorgenommen. Hierfür werden die folgenden Schritte

5 durchlaufen:

- I. Berechnung der Brennstoffstromdichte  $i_{\text{Brennstoff}}$  unter Berücksichtigung von (temperaturabhängigen) Brennstoffverlusten,
- 10 II. Berechnung des Brennstoffmassenstroms  $d/dt m_{\text{Brennstoff}}$  mit Hilfe des Faradayschen Gesetzes und Ansteuerung der Brennstoffversorgungseinheit, beispielsweise mittels des Gasregelventils, einer Dosierpumpe etc.,
- 15 III. Berechnung des stöchiometrischen Luftvolumenstroms  $d/dt V_{\text{Luft,stöch}}$ ,
- IV. Berechnung des fiktiven Stackstroms  $I_{\text{theo}}$  in Abhängigkeit von den aktuell gemessenen Betriebsgrößen unter Verwendung des hinterlegten Kennfelds,
- 20 V. Vergleich des gemessenen Stackstroms  $I_{\text{BZ,ist}}$  mit dem fiktiven Stackstrom  $I_{\text{theo}}$  und Änderung der Stellgröße Luftüberschuss  $\lambda_{\text{Luft}}$ , bis der gemessene Stackstrom  $I_{\text{BZ,ist}}$  mit dem fiktiven Stackstrom  $I_{\text{theo}}$  übereinstimmt,
- 25 VI. Berechnung des Luftvolumenstroms  $d/dt V_{\text{Luft}}$ .

## Bezugszeichen:

	1	Brennstoffzelle
5	2	DC/DC-Wandler
	3	Energiespeicher
	4	Steuer- und Regeleinheit
	5	Kennfeldregelung
	6	Einrichtung zur Steuerung der Betriebsgrößen
10	7	PID-Regler

15

## Patentansprüche:

1. Brennstoffzellensystem für mobile Anwendungen, umfassend eine Brennstoffzelle (1) und einen an die Brennstoffzelle (1) angekoppelten DC/DC-Wandler (2), der an einen Energiespeicher (3) ankoppelbar ist, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass eine Steuer- und Regeleinheit (4) mit der Brennstoffzelle (1) und dem DC/DC-Wandler (2) verbunden ist und dass die Steuer- und Regeleinheit (4) eine Kennfeldregelung (5) umfasst, die einen Wert  $I_{BZ,ist}$  eines Stroms und von der Brennstoffzelle (1), die einen Spannungswert  $U_{BZ,ist}$  sowie einen Wert für mindestens eine weitere Betriebsgröße des Brennstoffzellensystems empfängt, die empfangenen Werte  $I_{BZ,ist}$ ,  $U_{BZ,ist}$  sowie den Wert für die Betriebsgröße zu einem Steuersignal verarbeitet und das Steuersignal an eine Einrichtung (6) zur Steuerung der Betriebsgröße weiterleitet.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass eine Brennstoffzelle (1) vom Typ PEFC, DMFC oder HT-PEFC verwendet wird.
3. Aktives Hybridsystem, umfassend ein Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche sowie einen Energiespeicher (3), der insbesondere als Blei-, NiMH-, Lilonen-, NiCd-Akkumulator oder Supercap ausgebildet ist.
4. Verfahren zur Kennfeldregelung einer Brennstoffzelle, umfassend Strom-/Spannungs-Kennlinien der Brennstoffzelle in Abhängigkeit von mindestens einer Betriebsgröße ( $T_{BZ}$ ,  $\lambda_{Luft}$ ), umfassend die folgenden Schritte:
- Bestimmen von Startwerten  $T_o$ ,  $\lambda_o$  von Betriebsgrößen ( $(T_{BZ}$ ,  $\lambda_{Luft}$ ) der Brennstoffzelle.

- Messen der Spannung  $U_{BZ,ist}$  und der Stromstärke  $I_{BZ,ist}$  der Brennstoffzelle (1),
- Berechnen einer fiktiven Stromstärke ( $I_{theo}$ ) aus der gemessenen Spannung  $U_{BZ,ist}$  und einem Startwert ( $T_o, \lambda_o$ ) der Betriebsgröße  $T_{BZ}, \lambda_{Luft}$ ,
- Vergleichen der gemessenen Stromstärke  $I_{BZ,ist}$  mit der fiktiven Stromstärke  $I_{theo}$ ,
- Ändern der Betriebsgröße ( $T_{BZ}, \lambda_{Luft}$ ) in einen neuen Startwert ( $T_1, \lambda_1$ ) so dass  $I_{BZ,ist} = I_{theo}$  gilt,
- Bestimmen neuer Startwerte ( $T_1, \lambda_1$ ) der Betriebsgröße ( $T_{BZ}, \lambda_{Luft}$ ) der Brennstoffzelle (1).

5. Verfahren nach Anspruch 4

**d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,**

dass eine Betriebsgröße aus der Gruppe Temperatur  $T_{BZ}$ , Luftüberschuss  $\lambda_{Luft}$ , Luftvolumenstrom  $d/dt V_{Luft}$ , Brennstoffkonzentration, Brennstoffmassenstrom  $d/dt m_{Brennstoff}$ , Betriebsdruck, Brennstoff-, Luftbefeuchtung oder Brennstoffumwälzrate gewählt wird.

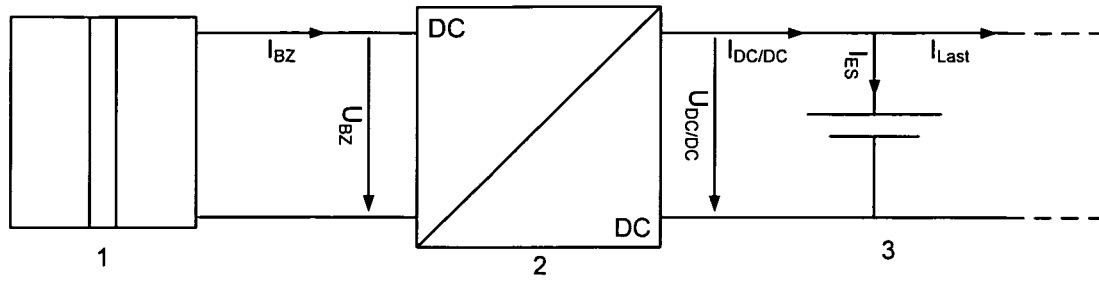


Fig. 1

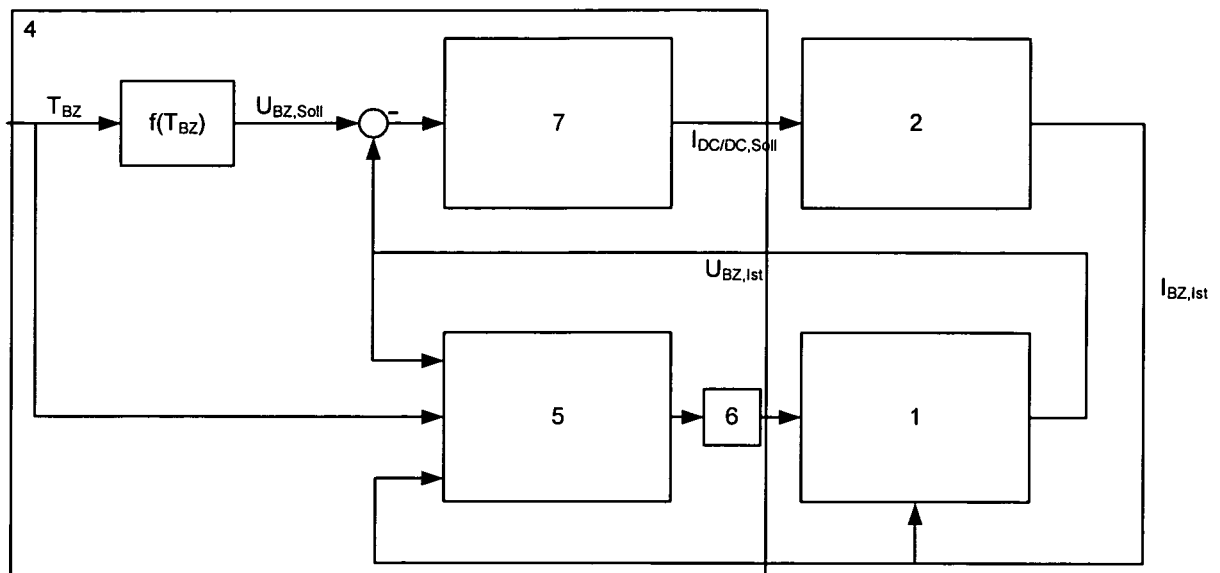


Fig. 2

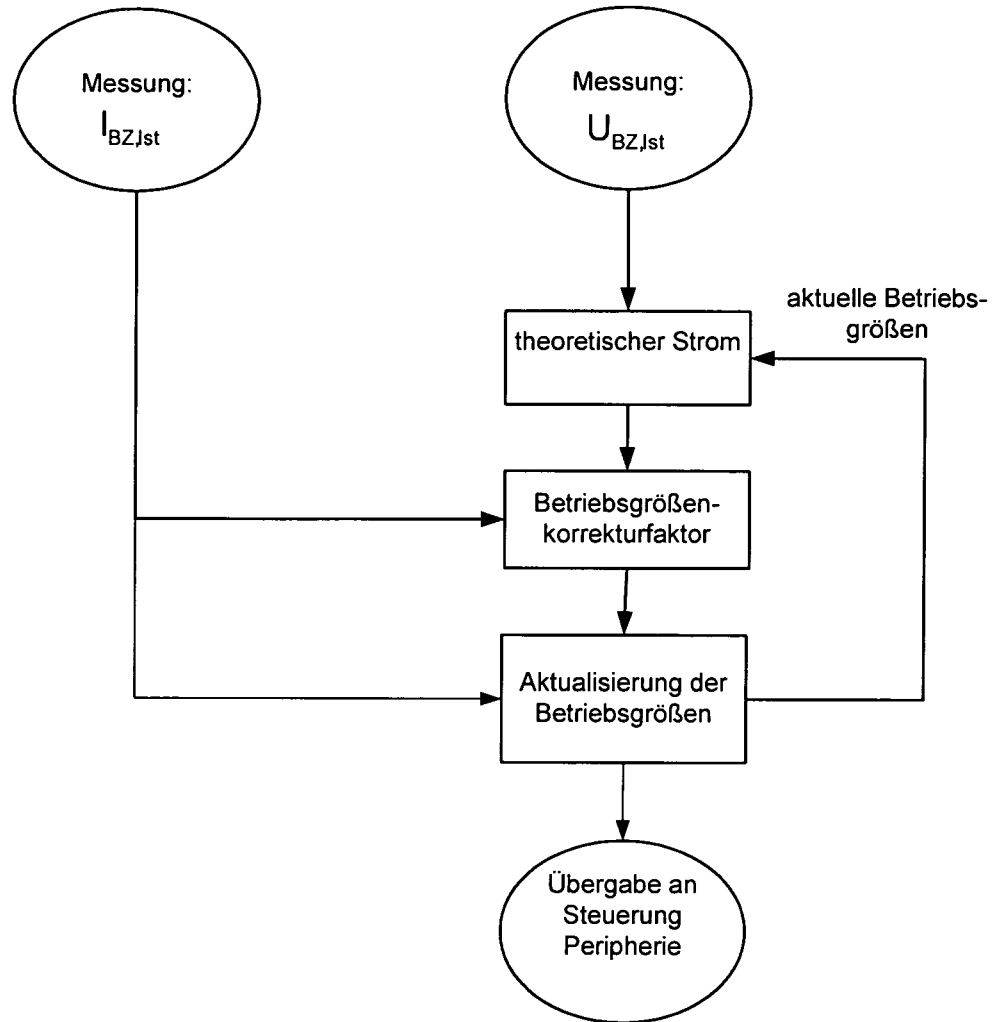


Fig. 3

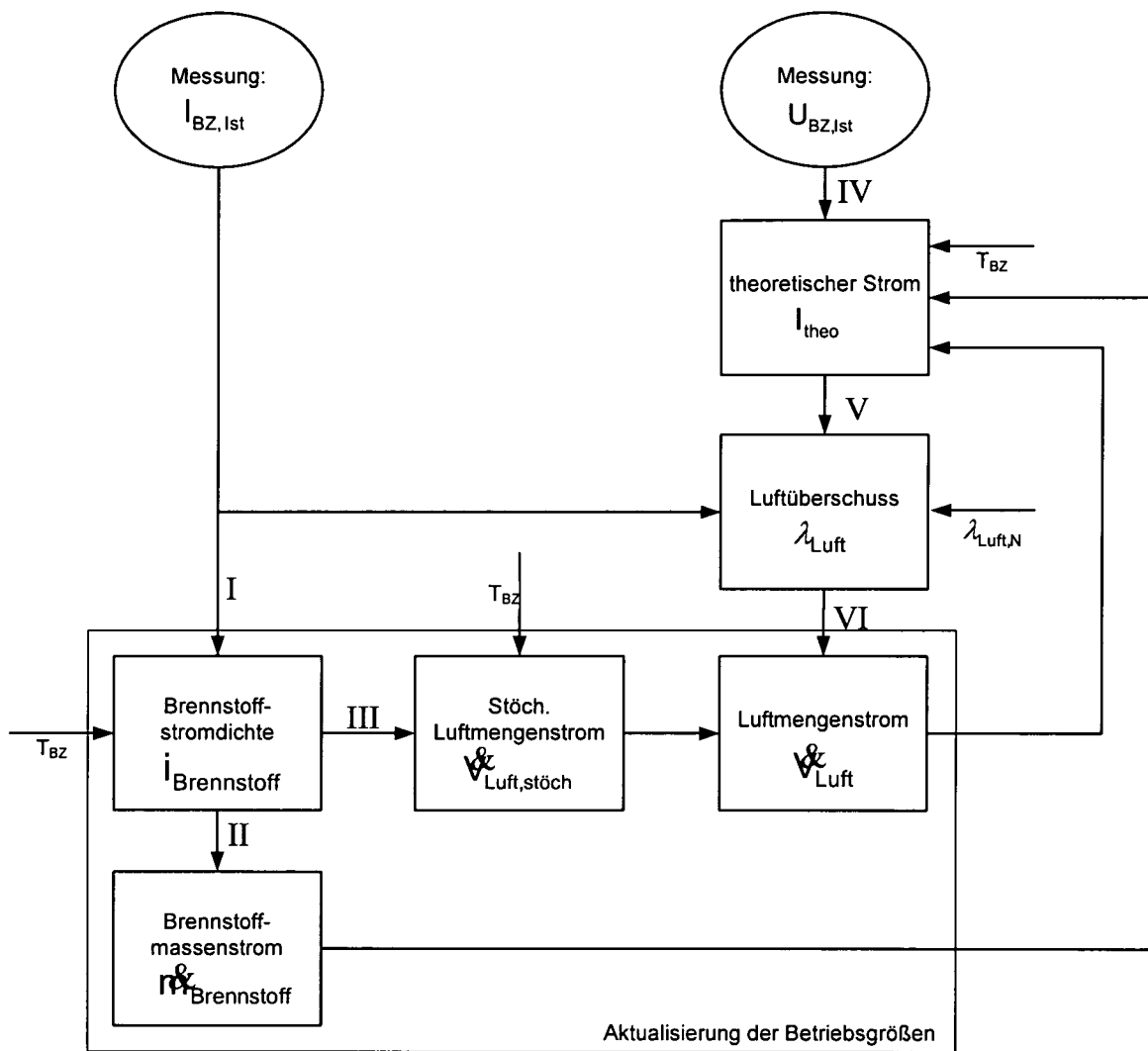


Fig. 4