

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. November 2008 (13.11.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/135162 A2

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/003238

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. April 2008 (23.04.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 020 971.3 4. Mai 2007 (04.05.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DAIMLER AG** [DE/DE]; Mercedesstrasse 137, 70327 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FINSTERWALDER, Florian** [DE/DE]; Ringstrasse 4, 89171 Illerkirchberg (DE). **FRANK, Georg** [DE/CA]; 1803 - 428 Beach Crescent, Vancouver, BC V6Z 3E9 (CA). **MAASS, Sebastian** [DE/DE]; Forststrasse 166, 70193 Stuttgart (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, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LOW CORROSIVE FUEL CELL SYSTEM

(54) Bezeichnung: KORROSIONSARME BRENNSTOFFZELLENANORDNUNG

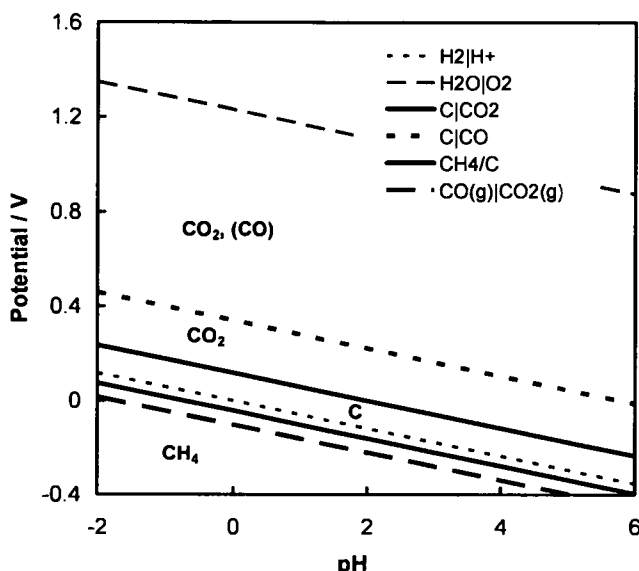


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a fuel cell system comprising at least one fuel cell for generating electrical energy based on an electrochemical reaction of an oxidant which contains oxygen as the essential component, and a fuel which mainly contains hydrogen. Said system comprises a control device for controlling the operating state of fuel cells. The invention is characterized in that at least one fuel cell electrode comprises a carbonaceous catalyst support that is charged with a catalyst material, especially platinum. The operating range of one or more fuel cells of the fuel cell system is restricted by substantially limiting it to a range between approximately 0.2 V and 0.9 V. As a result, the corrosion rates for the electrodes are distinctly reduced and their life and efficiency is increased or maintained. Preferably, additional measures are taken to limit the dynamics of the voltage states of a fuel cell within the predetermined operating range and to thereby reduce the corrosion of the carbon support due to defects on the carbon support.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem mit wenigstens einer Brennstoffzelle zur Erzeugung von elektrischer Energie basierend auf einer elektrochemischen Reaktion eines Oxidationsmittels, das als wesentlichen

Bestandteil Sauerstoff enthält, und eines Brennstoffes, der hauptsächlich Wasserstoff enthält. Es weist eine Steuereinrichtung zur Steuerung des Betriebszustandes von Brennstoffzellen auf. Erfindungsgemäß weist wenigstens eine Brennstoffzellenelektrode einen mit einem Katalysatormaterial, insbesondere Platin, besetzten kohlenstoffhaltigen Katalysatorträger auf. Entsprechend der Erfindung wird der Betriebsbereich einer oder mehrerer Brennstoffzellen des Brennstoffzellensystems eingeschränkt, indem er im Wesentlichen auf den Bereich zwischen etwa 0,2 V und 0,9 V beschränkt wird. Hierdurch gelingt es, die die Korrosionsraten für die Elektroden deutlich zu verringern und

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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.

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).

(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,

Veröffentlicht:

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

dadurch die Haltbarkeit einerseits und die Leistungsfähigkeit andererseits zu erhöhen bzw. zu erhalten. Vorzugsweise werden zusätzlich Maßnahmen ergriffen, die die Dynamik der Spannungszustände einer Brennstoffzelle innerhalb des vorgegebenen Betriebsbereiches begrenzen und dadurch die Korrosion des Kohlenstoffträgers aufgrund von Fehlstellen auf dem Kohlenstoffträger verringern.

Daimler AG

Korrosionsarme Brennstoffzellenanordnung

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem.

Brennstoffzellensysteme mit wenigstens einer Brennstoffzelle zur Erzeugung von elektrischer Energie basierend auf einer elektrochemischen Reaktion eines Oxidationsmittels, das als wesentlichen Bestandteil Sauerstoff enthält, und eines Brennstoffes, der hauptsächlich Wasserstoff enthält, mit einer Steuereinrichtung zur Steuerung des Betriebszustandes der Brennstoffzelle sind bekannt. Mit Hilfe der Steuerung soll ein effizienter bzw. dauerhafter Betrieb erreicht werden.

Beispielsweise ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 102 60 013 A1 bekannt, parallel zu dem Brennstoffzellensystem eine zusätzliche elektrische Energiequelle anzuordnen die mittels einer Steuereinheit bei schlechter Energieeffizienz des Brennstoffzellensystems zugeschaltet wird.

Weiterhin ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 103 54 021 A1 bekannt, durch Zuschalten eines elektrischen Widerstandes mittels eines Steuerabschnittes bei einem abrupten Stoppen der Bereitstellung von Energie durch die Brennstoffzelle für einen Elektromotor, z.B. für den Antrieb eines Autos, eine Beschädigung der Kathode zu verhindern.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 102 60 013 A1 ist es bekannt mittels einer Steuereinheit den maximal entnehmbaren

elektrischen Strom zu begrenzen, um einen Wasserstoffmangel in der Brennstoffzelle zu verhindern.

Die Erfindung geht aus von dem vorgenannten Stand der Technik. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, ein Brennstoffzellensystem anzugeben, bei dem bei Verwendung einer Brennstoffzellenelektrode mit einem insbesondere mit Platin besetzten kohlenstoffhaltigen Katalysatorträger ein möglichst dauerhafter und verlässlicher Betrieb gegeben ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1. Weitere Details und vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand mehrerer bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Figuren, die verschiedene korrosionsrelevante technische Zusammenhänge darstellen, näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: Ein Pourbaix-Diagramm von Kohlenstoff.

Fig. 2: Ein anodischer und kathodischer Zyklus einer potentiodynamischen Korrosionsmessung an einer Pt/C-Elektrode (durchgezogene Linien) und stationäre 60 min-Werte derselben Elektrode (Quadrate).

Fig. 3: Den Einfluss der Haltezeit bei hohen Potentialen auf die Korrosion bei nachfolgender kathodischer Potenzialänderung (Peak III). Oben sind die Korrosionsraten in Abhängigkeit vom Potential, unten das zugehörige Zyklovoltammogramm abgebildet. Dünne Pfeile zeigen die Richtung der Potenzialänderung, dicke

Pfeile die Zunahme der Haltezeit bei 1,0 V, gestrichelte Linien die stationären Zyklen.

Fig. 4: Den Einfluss des Spannungs-Betriebsfensters auf die Korrosionsrate. Die obere Hälfte zeigt die Korrosionsraten über dem Potenzial, die untere Hälfte die zugehörigen Zyklovoltammogramme. Dargestellt sind Zyklen von 60 bis 1200 mV, 60 bis 1000 mV, 350 bis 1000 mV und 650 bis 1000 mV.

Neben anderen Materialien wird Platin als Katalysator in Brennstoffzellenelektroden verwendet. Um hohe Leistungsdichten bei gleichzeitig geringer Platinbeladung realisieren zu können, muss die Aktivität der Elektroden maximiert werden. Da sich die effektive Aktivität aus dem Produkt von intrinsischer Aktivität des Katalysatormaterials und der nutzbaren aktiven Katalysatoroberfläche ergibt, wird in den Elektroden eine maximale Platinoberfläche darzustellen versucht.

Typischerweise werden Brennstoffzellenelektroden durch das Aufbringen von nanodispersen Platinpartikeln auf einen Kohlenstoffträger realisiert, wodurch Platinoberflächen von $80 \text{ m}^2/\text{g}(\text{Pt})$ und mehr möglich sind. Als Träger dient i. Allg. ein mehr oder weniger stark graphitisierter sp^2 -hybridisierter Kohlenstoff (z.B. Carbon Black verschiedener Graphitisierungsgrade), da dieser eine geeignete Morphologie, hohe elektrische Leitfähigkeit und gute Verarbeitbarkeit aufweist.

Der große Nachteil kohlenstoffbasierter Katalysatorträger ist der eingeschränkte elektrochemische Stabilitätsbereich. Bei den üblichen Kathodenpotenzialen oberhalb 0,2 V vs. RHE ist Kohlenstoff jeglicher Form thermodynamisch nicht stabil. Wie das Pourbaix-Diagramm Fig. 1 zeigt, liegt das Gleichgewicht

auf der Seite des Kohlenstoffdioxids CO_2 . Die Reaktionsraten sind stark abhängig von Betriebsparametern – insbesondere Elektrodenpotenzial, Flüssigwasser- und Wasserdampfanteil, Temperatur und dem Graphitisierungsgrad des Kohlenstoffs.

Die Degradation des Kohlenstoffträgers führt zu einer Abnahme der Zellleistung und einer Verringerung der Toleranz der Elektrode bezüglich variierender Betriebsbedingungen. Grund hierfür ist zum einen die durch den Trägerverlust bedingte Abnahme der Katalysatoroberfläche und der damit einhergehende Aktivitätsverlust der Elektrode, zum anderen die durch den Trägerverlust bedingte Änderung von Elektrodenstruktur und Elektrodenoberfläche, die verschlechtertes Stofftransport- und Benetzungs- bzw. Flutungsverhalten der Elektrode nach sich zieht.

Gemäß der Erfindung wird eine Betriebsstrategie für Brennstoffzellensysteme, insbesondere der automobilen Anwendung, vorgeschlagen, mit der die Trägerdegradation verringert werden kann. Die vorgeschlagene Betriebsstrategie ermöglicht eine Verringerung der Leistungsdegradation, einen robusteren Betrieb und eine längere Lebensdauer von mobil betriebenen Brennstoffzellen.

Entsprechend der Erfindung wird der Betriebsbereich einer oder mehrerer Brennstoffzellen deutlich eingeschränkt, so dass er im Wesentlichen auf den Bereich zwischen etwa 0,2 V und 0,9 V beschränkt wird, vorzugsweise auf den Bereich zwischen 0,25 V und 0,85 V und insbesondere auf den Bereich zwischen 0,3 V und 0,8 V. Hierdurch gelingt es, die Korrosionsraten für Elektroden deutlich zu verringern und dadurch die Haltbarkeit einerseits und die Leistungsfähigkeit andererseits zu erhöhen bzw. zu erhalten.

Vorzugsweise werden zusätzlich Maßnahmen ergriffen, die die Dynamik der Spannungszustände einer Brennstoffzelle innerhalb des vorgegebenen Betriebsbereiches begrenzen und dadurch die Korrosion des Kohlenstoffträgers aufgrund von Fehlstellen auf dem Kohlenstoffträger verringern.

Im Folgenden werden verschiedene technische Aspekte der Erfindung mit ihren unterschiedlichen Ausprägungen erläutert.

Eine automobiler Anwendung erfordert einen hochdynamischen Betrieb der Brennstoffzelle. Die Erkenntnis, dass Potenzialtransienten im mobilen Betrieb die Oxidationsrate des Kohlenstoffträgers und damit dessen Korrosion maßgeblich erhöhen, ist von grundlegender Bedeutung für die Erfindung.

Im Folgenden wird der Einfluss von Potenzialtransienten im dynamischen Betrieb eingehend erläutert.

Die Geschwindigkeit elektrochemischer Reaktionen nimmt nach der Butler-Volmer-Gleichung exponentiell mit der Überspannung zu. Eine dieser Gesetzmäßigkeit entsprechende Zunahme der Korrosionsrate oberhalb des Gleichgewichtspotentials ist in Fig. 2 zu erkennen. Zusätzlich zu diesem Grundniveau an Korrosion sind bei der potentiodynamischen Messung weitere Potentialbereiche zu erkennen, in denen die Korrosionsrate über das elektrochemisch zu erwartende Maß hinaus erhöht ist. Hier finden Oxidationsvorgänge statt, die nur in Transienten wirksam sind und die Korrosionsrate zusätzlich erhöhen. Die wesentlichen Potentialbereiche sind in Fig. 2 mit den römischen Ziffern I bis IV gekennzeichnet und werden nachfolgend diskutiert:

I. Potenzialbereich $< 0,3$ V vs. RHE:

Wiederanstieg der Korrosionsrate, obwohl hier der Koh-

lenstoff thermodynamisch stabil ist (vgl. Fig. 1). Grund ist die chemische Korrosion des Kohlenstoffs durch Wasserstoffperoxid, das in diesem Bereich sowohl an Platin (Bereich von an Platin adsorbiertem Wasserstoff) als auch an Kohlenstoff (ausreichende Überspannung für die Reduktion von Sauerstoff) gebildet wird.

- II. Potenzialbereich um ca. 0,6 V vs. RHE bei anodischer Potenzialänderung: Oxidation von CO-Spezies, die im Bereich I durch Korrosion des Trägers entstanden sind und bei Potenzialen < ca. 0,6 V vs. RHE aufgrund zu geringer Überspannung irreversibel an Platin adsorbieren.
- III. Potenzialbereich um ca. 0,7 V vs. RHE bei kathodischer Potenzialänderung: Durch die Auflösung der Platin-Oxidschicht wird die Korrosionsrate über das elektrochemisch zu erwartende Maß hinaus erhöht.
- IV. Der elektrochemisch zu erwartende exponentielle Anstieg der Kohlenstoffoxiderate führt oberhalb ca. 0,85 V bis 0,9 V vs. RHE zu kritisch erhöhter Trägerkorrosion.

Zusätzlich zum Korrosionsverlauf bei potentiodynamischer Messweise sind in Fig. 2 die stationären Korrosionsraten bei ausgewählten Potenzialen dargestellt. Es wird deutlich, dass die dynamischen Korrosionsraten bei typischen Betriebsspannungen von 0,65 bis 1,0 V um einen Faktor 2,5 bis 4 höher liegen, als bei stationärem Betrieb der Brennstoffzelle zu erwarten ist. Erhöht sich aus Gründen, die im Systembetrieb von Brennstoffzellen nicht zu vermeiden sind (Ruhepotentiale bis 1,1 V bei tiefen Temperaturen, insbesondere beim Gefrierstart, Wasserstoffverarmung) das Elektrodenpotenzial über 1,0 V hinaus, ist der Unterschied zwischen dynamischen und stationären Korrosionsraten noch signifikanter.

In Fig. 3 wird der Einfluss der Haltezeit bei hohen anodischen Potenzialen deutlich. Bei kathodischer Potenzialänderung nach längerem Anliegen hoher Potentiale ist eine im Vergleich zu stationären Zyklen erhöhte Korrosionsrate festzustellen. Dies ist auf eine stärkere Oxidschichtausbildung an Platin bei längerer Verweilzeit bei hohen Potenzialen zurückzuführen. Die somit verstärkte Auflösung der Oxidschicht führt zu erhöhter Kohlenstoffoxidation nach oben beschriebenen Vorgang IV und lässt sich anhand des vergrößerten Desorptionsspeaks im Zyklovoltammogramm nachweisen.

In Fig. 4 sind potenziodynamische Messungen in verschiedenen, in PEM-Brennstoffzellen denkbaren Potenzialbereichen dargestellt. Es wird eine weitere, die Kohlenstoffoxidation fördernde Folge des anodischen Potenziallimits deutlich. Je positiver das maximale Potenzial ist, desto höher ist die Korrosionsrate bei darauf folgender kathodischer Potenzialänderung. Grund ist zum einen die bereits angesprochene verstärkte Oxidschichtausbildung. Hinzu kommt im dynamischen Betrieb die erhöhte Fehlstellenbildung im Kohlenstoff, die bei den sehr großen Überspannungen möglich wird. An diesen Fehlstellen kann die Kohlenstoffoxidation auch bei nachfolgend geringeren Elektrodenpotenzialen angreifen, was zu einer erhöhten Korrosionsrate als Folge hoher kathodischer Potenziallimits führt.

Die chemische Korrosion des Kohlenstoffs in Bereich I beeinflusst zudem das kathodische Potenziallimit und die Höhe der Korrosionsraten. Je stärker das Spannungs-Betriebsfenster der Brennstoffzelle eingegrenzt wird, desto geringer ist die Oxidation des Kohlenstoffs.

Diese Effekte werden bei der erfindungsgemäßen Wahl der Betriebsstrategie von Brennstoffzellensystemen berücksichtigt, um negative Auswirkung auf Leistungsstabilität, Robustheit und Lebensdauer aufgrund von Korrosionseffekten der Elektroden infolge Trägerkorrosion zu minimieren. Damit gelingt die Verhinderung eines verschlechterten Betriebs- und Leistungsverhaltens des Brennstoffzellensystems.

Erfindungsgemäß wird der Betriebsbereich der Brennstoffzelle so gewählt, dass Zellspannungen unterhalb 0,2 V (Bereich I) weitgehend vermieden werden. D.h. so genannte „Low Cells“, wie sie insbesondere bei sprunghafter Erhöhung der Last, bei Unterversorgung mit Reaktionsmedien, bei Flutung mit flüssigem Wasser und beim Anfahren des Stacks bei tiefen Temperaturen (Kaltstart, Freeze Start) auftreten, werden erfindungsgemäß durch eine geeignete Wahl der Betriebsstrategie vermieden. Realisiert wird dies beispielsweise durch Lastreduktion oder Verbesserung der Gasversorgung, z.B. durch Erhöhung der Luftstöchiometrie.

Entsprechend wird der Betriebsbereich der Brennstoffzelle so gewählt, dass Zellspannungen oberhalb 0,9 V möglichst vermieden werden. Zum einen ergibt sich aufgrund der exponentiellen Zunahme der Reaktionsgeschwindigkeit mit dem Potenzial oberhalb dieses Potenzials eine deutliche Erhöhung der Korrosionsrate, zum anderen wird durch die zuvor aufgeführten Vorgänge die Korrosionsrate bei kathodischer Potenzialänderung, d.h. bei elektrischer Belastung der Zelle, im Bereich III zusätzlich erhöht. Eine Potenzialbegrenzung auf maximale Zellspannungen von 0,9 V kann erfindungsgemäß durch eine, oder durch eine Kombination mehrerer der folgenden technischen Maßnahmen realisiert werden:

- Künstliche Belastung der Zelle im Idle- und oberen Teillastbereich, so dass die Zellspannungen das Limit nicht übersteigen. Die notwendige Leistung kann besonders vorteilhaft zum Laden einer Batterie oder zum Betrieb von Hilfsaggregaten insbesondere zur Temperierung verwendet werden. Durch diese Ausbildung gelingt es, den Wirkungsgrad des Brennstoffzellensystems bei erfindungsgemäß geringer Korrosion zu erhöhen.
- Abschalten eines oder mehrerer Stacks unterhalb der Leistung, bei der die Zellspannungsgrenze überschritten wird. Vorzugsweise wird dies mit einem Umschalten auf einen Batteriepuffer (Fahrzeughybridisierung) verbunden, was ein sehr flexibles und dynamisches Verhalten des Brennstoffzellensystems ohne erhöhte Korrosion ermöglicht.
- Absenken des Sauerstoffpartialdrucks im Idle- und oberen Teillastbereich, so dass die maximale Zellspannung nicht überschritten wird. Dies ist eine technisch einfache und wirkungsvolle Betriebsweise, die beispielsweise durch Abgasrückführung mittels Kathodenrezirkulation ermöglicht ist.
- Auslegung von Stackgröße und Betriebsparametern (beispielsweise hinsichtlich Druck und/oder Temperatur) in der Weise, dass am niedrigst möglichen Lastpunkt (Idle-Last, definiert durch die minimale parasitäre Leistung) die maximale Zellspannung nicht überschritten wird. Hierdurch ist ein sehr sicherer Betrieb ermöglicht, der sich durch eine geringe Korrosion auszeichnet.

Zusätzlich zu der Einschränkung des Betriebsbereiches einer oder mehrerer Brennstoffzellen, in dem er im Wesentlichen auf den Bereich zwischen etwa 0,2 V und 0,9 V beschränkt wird,

werden weitere Maßnahmen ergriffen, die die Dynamik der Spannungszustände einer Brennstoffzelle begrenzen und dadurch die Korrosion des Kohlenstoffträgers aufgrund von Fehlstellen auf dem Kohlenstoffträger verringern. Hierdurch gelingt es, die die Korrosionsraten für Elektroden noch deutlicher zu verringern und dadurch die Haltbarkeit einerseits und die Leistungsfähigkeit andererseits weiter zu erhöhen bzw. zu erhalten.

Vorzugsweise werden dabei lange Zeitspannen von Potenzialen im Bereich des Ruhepotenzials vermieden, wie sie bei Idle oder fehlender elektrischer Belastung des Stacks anliegen. Um dies zu erreichen, wird bevorzugt in entsprechender Weise auf die oben genannten Maßnahmen zur Begrenzung des Betriebsbereiches zurückgegriffen. Hierdurch gelingt es, die unerwünschte Korrosion aufgrund der Auflösung der Platinoxid-schicht und der damit verbundenen Fehlstellen zu verringern. Dies führt zu einer verbesserten Haltbarkeit und Leistungsfähigkeit des Brennstoffzellensystems.

Gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung wird das Brennstoffzellensystem so ausgebildet, dass zusätzlich eine Vermeidung von Wasserstoffverarmungssituationen durch geeignete Betriebsführung angestrebt und zumindest weitgehend erreicht wird. Diese Wasserstoffverarmungssituationen führen im Betrieb zu erhöhten Kathodenpotenzialen und massiver Trägerkorrosion auf der Kathode. Die Betriebsstrategie des Brennstoffzellensystems sollte lückenlos eine ausreichende Versorgung der Zellen mit Reaktionsgasen sicherstellen, d.h. in Lasttransienten sollten eine Gasversorgung entsprechend durchgeführt und hinreichend langsame Lastrampen gewählt werden.

Zur Vermeidung von Potenzialüberhöhungen durch Wasserstoff-Luft-Fronten beim Anfahren des Stacks wird vorzugsweise im

Stillstand ein reduzierendes Medium (Wasserstoff) im Überschuss vorliegen und gleichzeitig die Nachdiffusion von Luft-sauerstoff durch hermetisches Abriegeln des Stacks verhindert werden. Dies kann bevorzugt z.B. durch wenigstens annähernd luftdicht schließende Drosselklappen vor und nach dem Stack und/oder günstige Stellung der Kompressorschraube/Turbine erfolgen beziehungsweise erreicht werden. Diese einfachen Maßnahmen erweisen sich als sehr wirksam in Hinblick auf eine Reduktion des Korrosionspotenziales der Elektroden des Brennstoffzellensystems.

Daimler AG

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem mit wenigstens einer Brennstoffzelle zur Erzeugung von elektrischer Energie basierend auf einer elektrochemischen Reaktion eines Oxidationsmittels, das als wesentlichen Bestandteil Sauerstoff enthält, und eines Brennstoffes, der hauptsächlich Wasserstoff enthält, mit einer Steuereinrichtung zur Steuerung des Betriebszustandes von Brennstoffzellen, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Brennstoffzellenelektrode einen mit einem Katalysatormaterial, insbesondere Platin, besetzten kohlenstoffhaltigen Katalysatorträger aufweist und dass die Steuereinrichtung so ausgelegt ist, dass sie die Zellspannung der wenigstens einen Brennstoffzelle mit der kohlenstoffhaltigen Brennstoffzellenelektrode im Bereich zwischen 0,2 V und 0,9 V hält.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung so ausgelegt ist, dass sie die Zellspannung der wenigstens einen Brennstoffzelle mit der kohlenstoffhaltigen Brennstoffzellenelektrode im Bereich zwischen 0,25 V und 0,85 V hält, bevorzugt im Bereich zwischen 0,3 und 0,8 V.

3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein zusätzlicher elektrischer Verbraucher, insbesondere eine elektrischer Energiespeicher, vorgesehen ist, der durch die Steuereinrichtung zur Steuerung der Zellspannung elektrisch zugeschaltet oder getrennt werden kann.
4. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trennschaltung vorgesehen ist, die mit der Steuereinrichtung zur Steuerung der Zellspannung verbunden ist und durch diese zur Steuerung der Zellspannung wenigstens eine der Trennschaltung zugeordnete Brennstoffzelle abschalten oder aktivieren kann.
5. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einheit zur Festlegung des Partialdruckes des Oxidationsmittels vorgesehen ist, die mit der Steuereinrichtung zur Steuerung der Zellspannung verbunden ist und durch diese zur Steuerung der Zellspannung der Partialdruckes des Oxidationsmittels wenigstens einer Brennstoffzelle absenken oder erhöhen kann.
6. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einheit zur Festlegung des Partialdruckes des Brennstoffes vorgesehen ist, die mit der Steuereinrichtung zur Steuerung der Zellspannung verbunden ist und die sicherstellt, dass in unterschiedlichen Betriebszuständen des Systems eine Wasserstoffverarmungssituation in der Brennstoffzelle weitgehend vermieden wird.
7. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Brennstoffzelle so ausgebildet ist oder so betrieben

wird, dass am niedrig möglichen Lastpunkt (Idle-Last) die maximale Zellspannung im Bereich von 0,9 V nicht überschritten wird.

8. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung mit einer Spannungsüberwachungsschaltung, die wenigstens eine Brennstoffzelle überwacht, verbunden ist und das Brennstoffzellensystem so steuern kann, dass der Zeitraum für wenigstens eine Brennstoffzelle mit einer Betriebsspannung im Bereich der Ruhespannung reduziert ist.

1/4

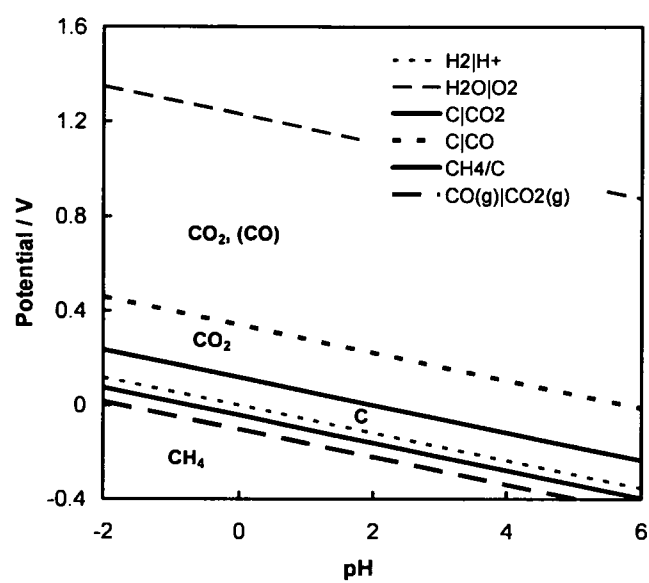


Fig. 1

2/4

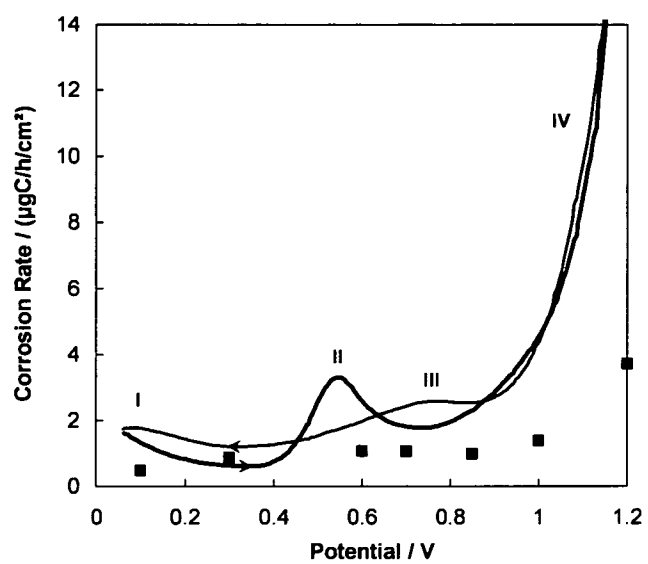


Fig. 2

3/4

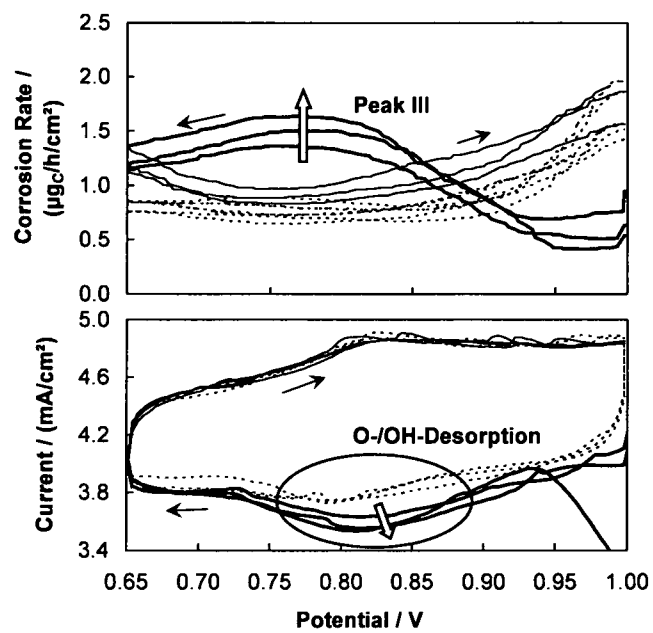
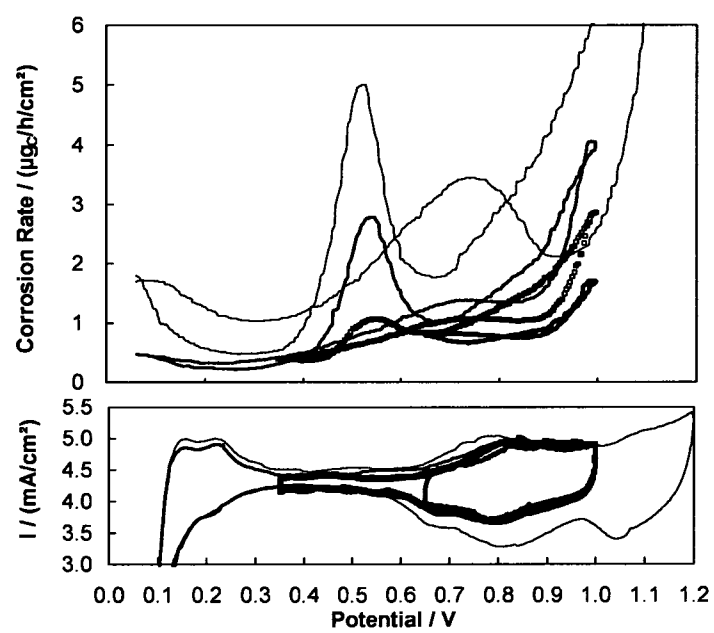


Fig. 3

4/4

**Fig. 4**