



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 088 563.3**  
(22) Anmeldetag: **14.12.2011**  
(43) Offenlegungstag: **17.01.2013**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **11.01.2024**

(51) Int Cl.: **H02J 1/00 (2006.01)**  
**H02J 7/32 (2006.01)**  
**B60L 1/00 (2006.01)**  
**H01M 8/04 (2016.01)**  
**B60L 50/50 (2019.01)**  
**B60L 58/30 (2019.01)**  
**B60L 58/40 (2019.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität  
**10 2011 079 104.3 13.07.2011**  
**10 2011 079 169.8 14.07.2011**

(73) Patentinhaber:  
**Eberspächer Climate Control Systems GmbH & Co. KG, 73730 Esslingen, DE**

(74) Vertreter:  
**BRP Renaud und Partner mbB Rechtsanwälte  
Patentanwälte Steuerberater, 70173 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Kaupert, Andreas, 73730 Esslingen, DE;**  
**Notemann, Valentin, 87527 Sonthofen, DE;**  
**Willkommen, Markus, 70327 Stuttgart, DE;**  
**Reiners, Karsten, 73732 Esslingen, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

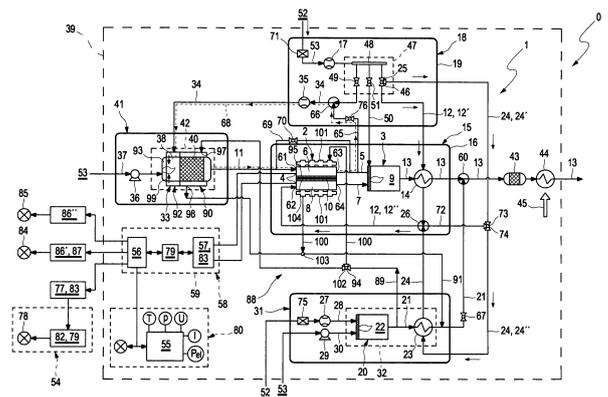
(54) Bezeichnung: **Anordnung mit Brennstoffzellensystem**

(57) Hauptanspruch: Anordnung (0) mit einem Brennstoffzellensystem (1) und einem elektrischen Verbrauchersystem (54), wobei

- das Verbrauchersystem (54) zur elektrischen Versorgung von Erstverbrauchern (78) eine Verbrauchernetzbatterie (82) mit einer Verbrauchernetzspannung auf einem Verbrauchernetzspannungsniveau aufweist,
- das Brennstoffzellensystem (1) eine Brennstoffzelle (2) zur Erzeugung einer elektrischen Zellenspannung auf einem Zellenspannungsniveau aufweist,
- das Brennstoffzellensystem (1) zur Versorgung von elektrischen Systemverbrauchern (80) des Brennstoffzellensystems (1), eine Systembatterie (56) mit einer Systemspannung auf einem Systemspannungsniveau aufweist,
- das Verbrauchernetzspannungsniveau und das Systemspannungsniveau unterschiedlich sind,
- das Brennstoffzellensystem (1) eine Spannungswandlereinrichtung (57) zur Umwandlung des Zellenspannungsniveaus auf das Systemspannungsniveau und des Systemspannungsniveaus auf das Zellenspannungsniveau aufweist,
- zur Versorgung von elektrischen Zweitverbrauchern (84, 85) zumindest ein Zusatzspannungswandler (86) zur Anpassung der an der Systembatterie (56) anliegenden Systemspannung auf mindestens ein Zusatzspannungsniveau vorgesehen ist,
- das Systemspannungsniveau und das Zusatzspan-

nungsniveau unterschiedlich sind,

- zur Versorgung des Verbrauchersystems (54) zumindest ein Verbraucherspannungswandler (77) zur Anpassung der an der Systembatterie (56) anliegenden Systemspannung auf das Verbrauchernetzspannungsniveau vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet,
- dass die an der Systembatterie (56) anliegende Systemspannung über die Spannungswandlereinrichtung (57) als eine Schutzspannung Elektroden (4) der Brennstoffzelle (2) zuführbar ist,
- dass die Schutzspannung regelbar ...



(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	101 27 892	A1
DE	10 2005 002 506	A1
DE	10 2009 030 236	A1
DE	202 05 813	U1
US	2002 / 0 028 362	A1
US	2007 / 0 009 770	A1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung mit einem Brennstoffzellensystem gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Die Erfindung betrifft weiter ein derartiges Brennstoffzellensystem.

**[0002]** Anordnungen mit einem Brennstoffzellensystem der eingangs genannten Art sind aus der DE 101 27 892 A1 und DE 10 2005 002 506 A1 bekannt. Weitere Anordnungen mit einem Brennstoffzellensystem sind in DE 202 05 813 U1 und US 2007 / 0 009 770 A1 beschrieben.

**[0003]** Der Einsatz von Brennstoffzellen bei unterschiedlichen Anwendungen, beispielsweise in einem Fahrzeug oder einer stationären Anwendung, ist hinlänglich bekannt. Dabei versorgt ein Brennstoffzellensystem elektrische Verbraucher mit elektrischer Energie. Hierzu weist das Brennstoffzellensystem eine Brennstoffzelle auf, die beispielsweise als ein Stack ausgebildet ist. Die Brennstoffzelle erzeugt eine elektrische Spannung unter Nutzung der chemischen Reaktion von einem Kathodengas und einem Anodengas, wobei als Kathodengas üblicherweise sauerstoffhaltige Gase, insbesondere Luft, verwendet werden, während als Anodengas in der Regel wasserstoffhaltige Gase zum Einsatz kommen. Bei vielen Anwendungen ist das Brennstoffzellensystem Bestandteil einer Anordnung, wobei die Anordnung häufig ein elektrisches Verbrauchersystem aufweist, in dem unterschiedliche elektrische Verbraucher bzw. Erstverbraucher mit einer elektrischen Spannung versorgt werden. Hierzu weist das Verbrauchersystem insbesondere eine Verbrauchernetzbatterie auf. Dabei liegen die Spannung des Verbrauchernetzes und die von der Brennstoffzelle erzeugte elektrische Spannung in der Regel auf unterschiedlichen Spannungsniveaus. Das heißt also, dass während eine Verbrauchernetzspannung des Verbrauchersystems, insbesondere der Verbrauchernetzbatterie, auf einem Verbrauchernetzspannungsniveau liegt, weist die Zellenspannung der Brennstoffzelle ein von dem Verbrauchernetzspannungsniveau unterschiedliches Zellenspannungsniveau auf. Das Brennstoffzellensystem umfasst selbst mehrere elektrische Verbraucher bzw. Systemverbraucher wie z.B. ein Gebläse, Steuerventile und ein Steuergerät. Da die Brennstoffzelle bei einem Startvorgang des Brennstoffzellensystems nicht unmittelbar elektrische Energie bereitstellen kann, benötigt das Brennstoffzellensystem beim Startvorgang eine externe Energieversorgung zur Versorgung der Systemverbraucher.

**[0004]** Ein derartiges Brennstoffzellensystem ist beispielsweise aus der DE 10 2009 030 236 A1 bekannt.

**[0005]** Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für eine Anordnung mit einem

Brennstoffzellensystem eine verbesserte oder zumindest alternative Ausführungsform anzugeben, die sich insbesondere durch ein unabhängiges Starten des Brennstoffzellensystems auszeichnet.

**[0006]** Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0007]** Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, ein Brennstoffzellensystem einer Anordnung, mit mindestens einer von einer Verbrauchernetzbatterie eines Verbrauchersystems der Anordnung unterschiedlichen Systembatterie auszustatten, wobei die Systembatterie eine elektrische Systemspannung auf einem Systemspannungsniveau aufweist. Die Systembatterie fungiert dabei insbesondere als ein Speicher bzw. als ein Puffer zwischen einer Brennstoffzelle des Brennstoffzellensystems und elektrischen Verbrauchern des Brennstoffzellensystems bzw. der Anordnung, wobei die Brennstoffzelle mittels Brennstoffzellenelemente eine Zellspannung auf einem Zellenspannungsniveau erzeugt. Die Ergänzung des Brennstoffzellensystems durch die Systembatterie führt nun insbesondere dazu, dass die von der Systembatterie zur Verfügung gestellte Systemspannung Systemverbrauchern, das heißt elektrischen Verbrauchern des Brennstoffzellensystems, zuführbar ist. Damit ist beispielsweise auch ein Starten des Brennstoffzellensystems ohne Zuführung externer elektrischer Energie durchführbar. Handelt es sich also um ein Brennstoffzellensystem mit einer Festoxidbrennstoffzelle (SOFC), so ist insbesondere ein Aufheizen der Bestandteile des Brennstoffzellensystems, insbesondere das Aufheizen von Elektroden bzw. einer Anode und/oder einer Kathode der Brennstoffzelle, während des Startvorgangs ohne äußere Zuführung von elektrischer Energie möglich bzw. ist die für den Startvorgang benötigte elektrische Energie reduziert. Weist das Brennstoffzellensystem eine Niedertemperatur-Brennstoffzelle, beispielsweise PEM-Brennstoffzelle, auf, so ist der Startvorgang, insbesondere die Versorgung der Systemverbraucher mit elektrischer Spannung, ohne äußere Zuführung von elektrischer Energie realisierbar. Zudem ist die Systemspannung auch anderen elektrischen Verbrauchern, insbesondere dem Verbrauchersystem der Anordnung und somit Erstverbrauchern, zuführbar.

**[0008]** Dem Erfindungsgedanken entsprechend weist das Brennstoffzellensystem eine Spannungswandlereinrichtung auf, die das Zellenspannungsniveau auf das Systemspannungsniveau und das Systemspannungsniveau auf das Zellenspannungsniveau umwandelt. Die Spannungswandlereinrichtung dient also insbesondere dem Zweck, die von der Brennstoffzelle erzeugte

Zellenspannung der Systembatterie zuführbar zu machen. Alternativ oder zusätzlich kann die Spannungswandlereinrichtung die an der Systembatterie anliegende Systemspannung der Brennstoffzelle zuführbar machen. Hierzu ist die Spannungswandlereinrichtung zweckmäßig elektrisch mit der Brennstoffzelle und der Systembatterie verbunden, wobei die jeweiligen elektrischen Verbindungen nicht zwangsläufig direkt von der Spannungswandlereinrichtung zur Brennstoffzelle bzw. zur Systembatterie verlaufen. Das heißt insbesondere, dass andere Einrichtungen bzw. Komponenten zwischen der Brennstoffzelle, der Spannungswandlereinrichtung und der Systembatterie geschaltet sein können. Der Begriff Verbrauchersystem heißt dabei keinesfalls, dass das Verbrauchersystem keine vom Brennstoffzellensystem getrennte Energieversorgung bzw. elektrische Spannungsversorgung aufweist. Vielmehr kann das Verbrauchersystem eine vom Brennstoffzellensystem unterschiedliche Energieversorgung aufweisen bzw. mit einem derartigen Versorger verbunden sein.

**[0009]** Die elektrische Verbindung mit der Brennstoffzelle ist vorzugsweise und zweckmäßig mittels den Elektroden der Brennstoffzelle realisiert. Entsprechend wird die Zellspannung an den Elektroden abgegriffen oder die Systemspannung vorzugsweise den Elektroden zugeführt.

**[0010]** Als Systemverbraucher des Brennstoffzellensystems sei hier beispielsweise auf eine Luftversorgungseinrichtung, eine Brennstoffversorgungseinrichtung, eine Heizung, ein Steuergerät sowie ein Ventil des Brennstoffzellensystems hingewiesen.

**[0011]** Zur Versorgung von elektrischen Zweitverbrauchern, also auch Verbrauchern, die nicht zur Anordnung gehören, ist die Systembatterie zudem mit zumindest einem Zusatzspannungswandler verbunden, wobei der jeweilige Zusatzspannungswandler die an der Systembatterie anliegende Systemspannung auf ein zugehöriges Zusatzspannungsniveau anpasst. Das jeweilige Zusatzspannungsniveau kann oberhalb oder unterhalb der Systemspannung liegen. Der jeweilige Zusatzspannungswandler stellt dem Zweitverbraucher oder den Zweitverbrauchern die zugehörige Zusatzspannung auf dem zugehörigen Zusatzspannungsniveau zur Verfügung, wobei das jeweilige Zusatzspannungsniveau oberhalb oder unterhalb des Systemspannungsniveaus liegt.

**[0012]** Für die elektrische Versorgung des Verbrauchernetzes ist zudem ein mit der Systembatterie elektrisch verbundener Verbraucherspannungswandler vorgesehen, der die an der Systembatterie anliegende Systemspannung an das Verbrauchernetzspannungsniveau anpasst. Der Verbraucherspannungswandler dient folglich dem Zweck, die

vom Brennstoffzellensystem erzeugte elektrische Spannung dem Verbrauchersystem zur Verfügung zu stellen. Das Verbrauchernetzspannungsniveau liegt oberhalb oder unterhalb des Systemspannungsniveaus, wobei der Verbraucherspannungswandler das Systemspannungsniveau auf das Verbrauchernetzspannungsniveau erhöht oder reduziert.

**[0013]** Es sei darauf hingewiesen, dass die von der Brennstoffzelle erzeugte Zellenspannung sowie die an der Systembatterie anliegende Systemspannung in der Regel Gleichspannungen sind. Dementsprechend und zweckmäßig sind die Systemverbraucher für den Betrieb mit einer Gleichspannung geeignet. Somit weist die Spannungswandlereinrichtung vorzugsweise zumindest einen Gleichspannungswandler, also insbesondere einen sogenannten „DC/DC-Wandler“, auf. Ist Verbrauchernetzspannung auch eine Gleichspannung, so kann der Verbraucherspannungswandler ebenfalls einen derartigen Gleichspannungswandler aufweisen.

**[0014]** Es sei ferner vermerkt, dass die Brennstoffzelle in der Regel als ein Stack aus Brennstoffzelelementen ausgebildet ist. Die Zellspannung der Brennstoffzelle ergibt sich bei einer Reihenschaltung der einzelnen Brennstoffzelelemente folglich als die Summe der von den einzelnen Brennstoffzelelementen erzeugten elektrische Spannung. Beträgt die Zellenspannung bei einer Ausführungsform der Anordnung beispielsweise 42 V und erzeugt das jeweilige Brennstoffzelelement eine elektrische Spannung von 0,7 V, so weist die Brennstoffzelle sechzig in Reihe geschaltete Brennstoffzelelemente auf. Die von der jeweiligen Brennstoffzelle erzeugte elektrische Spannung hängt jedoch unter anderem von der abgegebenen Leistung, also von einer Last, ab. Fällt die Spannung des jeweiligen Brennstoffzelelements bei einer Volllast beispielsweise auf 0,6 V, so reduziert sich die Zellenspannung entsprechend auf 36 V. Steigt die Spannung des jeweiligen Brennstoffzelelements bei einem Leerlauf, also ohne Last, auf 1,0 V, so steigt die Zellenspannung entsprechend auf 60 V. Die Spannungswandlereinrichtung dient somit insbesondere auch dem Zweck, diese Schwankungen der Zellenspannung auszugleichen und die lastabhängige Zellenspannung und somit das lastabhängige Zellenspannungsniveau in das im Wesentlichen konstante Systemspannungsniveau zu wandeln.

**[0015]** Bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der die Verbrauchernetzbatterie ähnlich wie die Systembatterie als ein Speicher bzw. als ein Puffer fungiert, mittels welcher die Erstverbraucher elektrisch versorgt werden.

**[0016]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Brennstoffzellensystem eine elektrische Ladeeinrichtung auf. Die Ladeeinrichtung

dient insbesondere dem Zweck, die Systembatterie mittels der von der Brennstoffzelle erzeugten elektrischen Zellenspannung aufzuladen. Die Ladeeinrichtung erlaubt somit insbesondere, die von der Brennstoffzelle erzeugte elektrische Energie mittels der Systembatterie zu speichern. Die somit gespeicherte elektrische Energie ist nun insbesondere bei einem Startvorgang des Brennstoffzellensystems den Systemverbrauchern zuführbar, womit ein von außen, das heißt also von externen Spannungs- bzw. elektrischen Energielieferanten, unabhängiges Starten des Brennstoffzellensystems gewährleistet ist. Dabei ist die Ladeeinrichtung vorzugsweise zwischen der Spannungswandlereinrichtung und der Systembatterie angeordnet. Die Ladeeinrichtung kann auch innerhalb der Spannungswandlereinrichtung angeordnet sein bzw. Bestandteil der Spannungswandlereinrichtung sein. Alternativ kann die Ladeeinrichtung an der Systembatterie angeordnet bzw. ein Bestandteil der Systembatterie sein.

**[0017]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist zumindest einer der Zusatzspannungswandler einen Wechselrichter auf. Zumindest einer der Zusatzspannungswandler ist folglich derart ausgebildet, dass er die an der Systembatterie anliegende und gleichspannungsartige Systemspannung an das entsprechende Zusatzspannungsniveau anpasst und in eine Wechselspannung umwandelt. Dies dient nun insbesondere der elektrischen Versorgung von Zweitverbrauchern, die mit einer Wechselspannung betrieben werden. Die Zweitverbraucher können dabei externe Verbraucher sein, die mit haushaltsüblichen Spannungen betrieben werden. Die Zusatzspannung beträgt also insbesondere 220 V bzw. 110 V. Als Beispiele für derartige Zweitverbraucher sei hier auf Kühlschränke bzw. Kühlboxen, Fernseher bzw. Displays sowie elektrisch betriebene Klimaeinrichtungen, insbesondere Klimakompressoren, hingewiesen.

**[0018]** Die jeweiligen Zusatzspannungsniveaus können sowohl unterhalb, als auch oberhalb des Systemspannungsniveaus liegen. Es sind beispielsweise Ausführungsformen vorstellbar, bei denen jeweils ein Zusatzspannungsniveau oberhalb und ein Zusatzspannungsniveau unterhalb des Systemspannungsniveaus liegt. Entsprechend weist die Anordnung zwei Zusatzspannungswandler auf, wobei einer der Zusatzspannungswandler das Systemspannungsniveau auf das erste Zusatzspannungsniveau erhöht und somit die erste Zusatzspannung ersten Zweitverbrauchern zuführbar macht während der zweite Zusatzspannungswandler das Systemspannungsniveau auf das zweite Zusatzspannungsniveau reduziert und zweiten Zweitverbrauchern zuführbar macht. Auch sind Ausführungsformen bevorzugt, bei denen zumindest ein derartiger Zusatzspannungswandler das Systemspannungsniveau auf ein Zusatzspannungsniveau

mit einer Hochspannung erhöht. Eine derartige Hochspannung dient beispielsweise dem Betrieb von Klimaeinrichtungen.

**[0019]** Es sind auch Ausführungsformen vorstellbar, bei denen ein derartiger Zusatzspannungswandler lediglich einen Wechselrichter der besagten Art aufweist. Dieser Zusatzspannungswandler wandelt also die an der Systembatterie anliegende Systemspannung lediglich in eine Wechselspannung um.

**[0020]** Erfindungsgemäß ist weiterhin vorgesehen, dass die an der Systembatterie anliegende Systemspannung über die Spannungswandlereinrichtung als eine Schutzspannung Elektroden der Brennstoffzelle und insbesondere der Anode der Brennstoffzelle zuführbar ist. Die Zuführung der an der Systembatterie anliegenden Systemspannung an die Brennstoffzelle dient insbesondere dem Zweck, die Elektroden sowie insbesondere die Anode, vor einer Oxidation zu schützen. Diese sogenannte „Schutzspannung“ ist, wie beispielsweise aus der US 2002 / 0 028 362 A1 bekannt, insbesondere dann sinnvoll, wenn die Anode oxidierenden Bedingungen ausgesetzt ist. Dazu ist das Brennstoffzellensystem, insbesondere die Spannungswandlereinrichtung, derart ausgebildet, dass die Systemspannung bzw. das Systemspannungsniveau den Elektroden der Brennstoffzelle zuführbar ist. Die Zuführung der Systemspannung als Schutzspannung an den Elektroden ist erfindungsgemäß in Abhängigkeit von thermodynamischen Parametern an einer Anodenseite der Brennstoffzelle regelbar. Zweckmäßigerweise kann die Zuführung der Systemspannung an den Elektroden bzw. an die Anode steuer- und regelbar sein. Eine derartige Übertragung der Systemspannung auf die Elektroden kann also insbesondere bei Bedarf, beispielsweise bei dem Start bzw. bei einem Herunterfahren des Brennstoffzellensystems, aktiviert und anschließend wieder deaktiviert werden. Die Spannungswandlereinrichtung ist zudem optional derart ausgebildet, dass sie die auf dem Systemspannungsniveau liegende Systemspannung in eine elektrische Spannung auf einem anderen elektrischen Spannungsniveau umwandeln kann. Dies dient nun insbesondere dem Zweck, die der Elektroden zuzuführende Spannung an die jeweiligen Gegebenheiten, insbesondere den oxidierenden Bedingungen an der Anodenseite, anzupassen. Hierzu weist das Brennstoffzellensystem vorzugsweise eine Einrichtung auf, die eine Bestimmung der entsprechenden Bedingungen an den Elektroden und insbesondere an der Anodenseite erlaubt. Eine derartige Einrichtung kann insbesondere eine Temperaturmesseinrichtung sowie eine Einrichtung zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration bzw. der Sauerstoffionenkonzentration aufweisen. Zudem kann eine Steuereinrichtung vorgesehen sein, welche die Schutzspannung abhängig von den entsprechenden Parametern regelt und steuert.

**[0021]** Es sei darauf hingewiesen, dass die Ergänzung des Brennstoffzellensystems durch die Spannungswandlereinrichtung und den Verbraucherspannungswandler sowie den zumindest einen Zusatzspannungswandler auch die Wirtschaftlichkeit des Brennstoffzellensystems bzw. der zugehörigen Anordnung erhöht. Dies ist insbesondere deshalb der Fall, weil diese Bestandteile der Erfindung hinlänglich bekannt sind und eine einfache sowie günstige Montage bzw. Herstellung erlauben.

**[0022]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Anordnung Bestandteil eines Fahrzeuges, insbesondere eines Kraftfahrzeuges. In diesem Fall kann das Verbrauchersystem einem Bordnetz des Fahrzeuges entsprechen. Somit sind die Erstverbraucher insbesondere Steuergeräte, Glühlampen sowie ein Radio des Fahrzeuges. Folglich ist die Verbrauchernetzbatterie eine Bordnetzatterie des Kraftfahrzeuges. Die bei einer Anwendung in einem Fahrzeug erzeugte Zellspannung liegt dabei in der Regel im Bereich zwischen 42 und 100 V liegt, während die Systemspannung vorzugsweise einen Wert von 24 V aufweist, womit auch die Systemverbraucher auf einem Systemspannungsniveau von 24 V betrieben werden. Weiter weist die Bordnetzspannung in der Regel einen Wert von 12 V auf, womit die Erstverbraucher auf einem Verbrauchernetzspannungsniveau von 12 V betrieben werden. In diesem Fall wandelt die Spannungswandlereinrichtung die von der Brennstoffzelle erzeugte Zellenspannung auf das Systemspannungsniveau von 24 V um und führt die umgewandelte Spannung der Systembatterie zu. Weiter wandelt in diesem Fall der Verbraucherspannungswandler die Systemspannung von 24 V auf das Verbrauchernetzspannungsniveau von 12 V um und führt die umgewandelte Spannung dem Bordnetz, insbesondere der Bordnetzatterie zu. Der Verbraucherspannungswandler ist also insbesondere als ein Abwärtswandler ausgebildet. Dabei fungiert die Bordnetzatterie ähnlich wie die Systembatterie als ein Speicher bzw. als ein Puffer, von dem aus die Erstverbraucher elektrisch versorgt werden. Eine Umwandlung der Systemspannung auf das Hochspannungsniveau bzw. in eine Wechselspannung durch einen Zusatzspannungswandler der besagten Art kann dem Betrieb von Zweitverbrauchern mit einem entsprechenden Spannungsbedarf, wie beispielsweise eine Klimaanlage des Fahrzeuges bzw. einem Klimakompressor sowie einem Fernseher, dienen. Dies ist insbesondere auch dann möglich, wenn das Fahrzeug, insbesondere eine Brennkraftmaschine des Fahrzeuges, nicht betrieben werden und somit das Brennstoffzellensystem für eine entsprechende Versorgung der Verbraucher sorgt. Der weitere Zusatzspannungswandler kann zudem eine haushaltsübliche Spannung zur Verfügung stellen, um beispielsweise einen Fernseher, eine Kaffeemaschine usw. zu betreiben.

**[0023]** Es ist klar, dass die hier angegebenen Werte der jeweiligen Spannungen bzw. Spannungsniveaus keine Einschränkungen der vorliegenden Erfindung darstellen. Es sind daher auch andere Werte der jeweiligen Spannungen vorstellbar.

**[0024]** Weiter können die jeweiligen Spannungen auch eine Wechselspannung sein, ohne den Umfang dieser Erfindung zu verlassen.

**[0025]** Eine derartige Anordnung kann auch Bestandteil eines stationären Systems sein. Dabei dient die Systembatterie, wie bereits erwähnt, insbesondere dem unabhängigen Starten des Brennstoffzellensystems sowie dem Zweck, Elektroden der Brennstoffzelle die Systemspannung, insbesondere als Schutzspannung, zuführbar zu machen.

**[0026]** Gemäß einem weiteren Grundgedanken der Erfindung ist ein Brennstoffzellensystem gemäß der vorhergehenden Beschreibung vorgesehen, das zur Optimierung des Startvorgangs des Brennstoffzellensystems einen Zusatzbrenner aufweist, der ein warmes Zusatzbrennerabgas produziert. Die Wärme des Zusatzbrennerabgases ist insbesondere einem Reformer des Brennstoffzellensystems, insbesondere während des Startvorgangs bzw. eines Kaltstarts, zuführbar.

**[0027]** Bei einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Brennstoffzellensystem den Reformer zur Erzeugung und Zuführung eines Reformatgases auf, das mittels einer Reformatgasleitung der Anodenseite zuführbar ist.

**[0028]** Erfindungsgemäß weist das besagte Brennstoffzellensystem zur Übertragung der Wärme des Zusatzbrennerabgases auf den Reformer zudem eine Reformerzuführeinrichtung auf. Hierzu ist die Reformerzuführeinrichtung insbesondere wärmeübertragend mit dem Reformer gekoppelt. Die Wärmeübertragung erfolgt nicht zwangsweise durch einen Eintritt des Zusatzbrennerabgases in den Reformer. Vielmehr kann die Wärmeübertragung auch dadurch realisiert sein, dass das Zusatzbrennerabgas an/um den Reformer vorbeiströmt.

**[0029]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Reformerzuführeinrichtung einen Zulauf sowie einen Rücklauf. Der Zulauf der Reformerzuführeinrichtung dient der Zuführung des Zusatzbrennerabgases zum Reformer, während der Rücklauf der Reformerzuführeinrichtung der Rückführung des Zusatzbrennerabgases vom Reformer dient. Hierzu sind der Zulauf und der Rücklauf zweckmäßig fluidisch miteinander verbunden, wobei diese Verbindung vorzugsweise im Bereich des Reformers bzw. in der Nähe des Reformers realisiert ist. Dabei heißt auch hier die Zuführung bzw. die Abführung des Zusatzbrennerabgases zum bzw. vom Reformer

nicht zwingend, dass das Zusatzbrennerabgas in den Reformer eindringt. Bevorzugt sind Ausführungsformen, bei denen das Zusatzbrennerabgas außen am Reformer, das heißt insbesondere an einem Gehäuse des Reformers, vorbeiströmt. Eine mögliche Realisierung ist also, den Zulauf und/oder den Rücklauf der Reformerzuführeinrichtung, insbesondere im Bereich des Reformers, schlauchartig auszubilden und umhüllend an dem Reformer anzuordnen.

**[0030]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Reformer zumindest teilweise von einem durchströmbaren Heiz-Mantel umgeben. Der Reformer ist folglich und zumindest teilweise von dem durchströmbaren Heiz-Mantel umhüllt. Der Heiz-Mantel ist weiter wärmeübertragend mit dem Reformer gekoppelt. Hierzu ist der Heiz-Mantel beispielsweise als einen den Reformer umhüllenden Hohlkörper ausgebildet, wobei eine dem Reformer benachbarte Wand des Heiz-Mantels den Reformer kontaktiert. Alternativ ist eine Ausführungsform vorstellbar, bei der das Gehäuse des Reformers, insbesondere eine äußere Wand des Reformers, eine Innenwand des Heiz-Mantels ausbildet. Zur Realisierung der Durchströmbbarkeit weist der Heiz-Mantel zudem zumindest eine Öffnung auf, die als ein Einlass und/oder als ein Auslass dient.

**[0031]** Der Heiz-Mantel ist vorzugsweise fluidisch vom Reformer getrennt. Das heißt, dass ein Pfad des den Reformer aufwärmenden Zusatzbrennerabgases fluidisch von einem Pfad des Reformatgases getrennt ist. Diese fluidische Trennung gilt hierbei auch für Eduktzuführungen zum Reformer. Das heißt insbesondere, dass eine Brennstoffzuführung zum Reformer bzw. eine Oxidatorgaszuführung zum Reformer jeweils fluidisch von der Reformerzuführeinrichtung getrennt sind.

**[0032]** Bei einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Reformerzuführeinrichtung fluidisch mit dem durchströmbaren Heiz-Mantel verbunden und überträgt somit die Wärme des Zusatzbrennerabgases auf den Reformer. Hierzu sind beispielsweise der Zulauf und der Rücklauf der Reformerzuführeinrichtung fluidisch mit dem durchströmbaren Heiz-Mantel verbunden. Diese Verbindungen sind vorzugsweise über zwei Öffnungen des Heiz-Mantels realisiert. Das heißt, dass der Zulauf fluidisch mit einer ersten Öffnung verbunden ist und der Rücklauf fluidisch mit einer zweiten Öffnung verbunden ist. Das Zusatzbrennerabgas fließt somit über den Zulauf zum Reformer bzw. zum Heiz-Mantel und über den Rücklauf vom Reformer bzw. von Heiz-Mantel weg, womit eine Wärmeübertragung auf den Reformer gewährleistet ist. Sind die Öffnungen des Reformers und somit die fluidischen Verbindungen des Zulaufs bzw. des Rücklaufs mit dem Heiz-Mantel zudem auf gegenüberliegende Seiten des Heiz-Mantels ange-

ordnet, so führt dies zu einer verbesserten Wärmeübertragung auf dem Reformer, weil ein Pfad des Zusatzbrennerabgases innerhalb des Heiz-Mantels vergrößert bzw. maximiert ist. Hierzu kann der Heiz-Mantel, insbesondere der Hohlraum des Heiz-Mantels, mit Leitelementen erweitert sein, die einen vorgegebenen Pfad des Zusatzbrennerabgases bestimmen. Natürlich kann der Heiz-Mantel auch mehrere erste Öffnungen und/oder mehrere zweite Öffnungen aufweisen, die jeweils fluidisch mit dem Zulauf bzw. dem Rücklauf verbunden sind.

**[0033]** Zur Zuführung eines Kathodengases bzw. einer Brennstoffzellenluft zur Kathodenseite der Brennstoffzelle weist das Brennstoffzellensystem bei einer weiteren Ausführungsform eine Brennstoffzellenluftleitung auf. Um die Wärme des Zusatzbrennerabgases auch dem Kathodengas zuführbar zu machen, weist das Brennstoffzellensystem bei einer bevorzugten Ausführungsform einen Zusatzbrenner-Wärmeübertrager auf. Der Zusatzbrenner-Wärmeübertrager ist wärmeübertragend mit einer Zusatzbrennerabgasleitung oder einfach Zusatzabgasleitung gekoppelt bzw. innerhalb der Zusatzabgasleitung angeordnet und zudem wärmeübertragend mit der Brennstoffzellenluftleitung verbunden. Die Zusatzabgasleitung dient der Abführung des vom Zusatzbrenner produzierten Zusatzbrennerabgases. Die Zusatzabgasleitung führt demnach insbesondere einen Teil des Zusatzbrennerabgases, der nicht zum Aufwärmen des Reformers genutzt wird und/oder das vom Reformer zurückgeführte Zusatzbrennerabgas ab.

**[0034]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist der Reformer in seinem inneren einen Mischraum und einen zum Mischraum benachbarten Katalysator auf. Im Mischraum wird ein Reformerbrennstoff mit Reformerluft gemischt und verbrannt bzw. vorgeheizt, während die Umsetzung des Gemisches zum Reformatgas mittels des Katalysators erfolgt. Zweckmäßig ist der Mischraum stromauf des Katalysators angeordnet.

**[0035]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Heiz-Mantel des Reformers den Reformer im Bereich des Katalysators umgibt, wodurch er somit vorwiegend den Katalysator wärmt bzw. heizt. Der Mischraum wird hierbei folglich durch die Wärmeübertragung vom Katalysator bzw. durch die Wärmeübertragung des vom Heiz-Mantel umgebenden Bereichs gewärmt.

**[0036]** Weiter erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass ein Misch-Mantel des Reformers den Reformer im Bereich des Mischraums umgibt. Der Misch-Mantel ist zudem fluidisch mit einer Reformerluftleitung zur Versorgung des Reformers mit Reformerluft verbunden. Der Misch-Mantel dient der Vordkonditionierung der Reformerluft und ist zweckmäßig fluidisch

mit dem Reformier, insbesondere dem Mischraum, verbunden. Diese fluidische Verbindung ist mittels zumindest eines Misch-Mantel-Auslasses realisiert, der auf der dem Reformier bzw. dem Mischraum zugewandten Innenseite des Misch-Mantels angeordnet ist. Entsprechend kann die fluidische Verbindung mit der Reformierluftleitung auf der vom Reformier bzw. vom Mischraum abgewandten Außenseite des Misch-Mantels realisiert sein. Bevorzugt weist der Misch-Mantel mehrere Misch-Mantel-Auslässe auf, die gleichmäßig entlang der Umfangsrichtung des Reformiers bzw. des Mischraums verteilt sind, so dass die Reformierluft gleichmäßig bzw. homogen in den Mischraum einströmt.

**[0037]** Der Reformier kann in seinem inneren auch einen Verdampferraum aufweisen, der auf der vom Katalysator abgewandten Seite des Mischraums bzw. stromauf des Mischraums angeordnet ist. Der Verdampferraum dient dem Verdampfen des meist flüssigen Brennstoffs und ist zweckmäßig mit einer Brennstoffleitung zur Zuführung des Brennstoffes zum Reformier fluidisch verbunden.

**[0038]** Bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei welcher der Zulauf der Reformierzuführeinrichtung einerseits mit der Zusatzabgasleitung und andererseits mit dem den Reformier umhüllenden und durchströmbareren Heiz-Mantel fluidisch verbunden ist. Die fluidische Verbindung mit der Zusatzabgasleitung ist vorzugsweise stromauf des Zusatzbrenner-Wärmeübertragers realisiert, wobei der Begriff stromauf hier bezüglich der Strömungsrichtung des Zusatzbrennerabgases innerhalb der Zusatzabgasleitung gegeben ist. Der Zulauf der Reformierzuführeinrichtung führt also das Zusatzbrennerabgas stromauf des Zusatzbrenner-Wärmeübertragers zum Reformier. Alternativ oder zusätzlich ist der Rücklauf der Reformierzuführeinrichtung einerseits fluidisch mit dem Heiz-Mantel und andererseits fluidisch mit der Zusatzabgasleitung verbunden. Die fluidische Verbindung zwischen dem Rücklauf und der Zusatzabgasleitung ist vorzugsweise stromab des Zusatzbrenner-Wärmeübertragers realisiert. Der Rücklauf führt also das Zusatzbrennerabgas, insbesondere das vom Zulauf zugeführte Zusatzbrennerabgas, vom Heiz-Mantel bzw. vom Reformier zurück zur Zusatzabgasleitung. Dabei sind Ausführungsformen bevorzugt, bei denen sowohl der Rücklauf als auch der Zulauf der Reformierzuführeinrichtung derart realisiert sind.

**[0039]** Bei einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Wärme des Zusatzbrennerabgases der Brennstoffzelle zuführbar. Hierzu kann das Brennstoffzellensystem einen Zweig aufweisen, der das Zusatzbrennerabgas von der Zusatzabgasleitung abzweigt und der Zusatzabgasleitung wieder zurückführt. Der Zweig ist zudem wärmeübertragend mit der Brennstoffzelle gekoppelt. Diese wärmeübertragende

Kopplung ist beispielsweise mittels einer Endplatte bzw. Abschlussplatte der Brennstoffzelle realisiert, welche die Brennstoffzelle abschließt und mit dem Zweig wärmeübertragend gekoppelt ist.

**[0040]** Die Abzweigung bzw. Rückführung des Zusatzbrennerabgases durch den Zweig erfolgt nicht zwingend direkt von der Zusatzabgasleitung. Insbesondere kann die Abzweigung und/oder die Rückführung über die Reformierzuführeinrichtung erfolgen.

**[0041]** Bei einer weiteren Ausführungsform weist das Brennstoffzellensystem neben der besagten Brennstoffleitung eine weitere Brennstoffleitung auf, welche den Zusatzbrenner mit einem Zusatzbrennerbrennstoff versorgt. Die Brennstoffe des Reformiers und des Zusatzbrenners können im Allgemeinen unterschiedlich sein. Bevorzugt wird jedoch eine Ausführungsform, bei dem der Reformierbrennstoff und der Zusatzbrennerbrennstoff identisch sind. Folglich verbrauchen der Reformier und die Zusatzbrenner den gleichen Brennstoff bzw. setzen diesen um.

**[0042]** Zweckmäßig und vorzugsweise ist der gemeinsame Brennstoff dabei einem gemeinsamen Behälter, insbesondere einem Tank bzw. einem Druckbehälter, entnehmbar. Der Brennstoff entspricht zudem bevorzugt dem Brennstoff einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeuges in bzw. an dem das Brennstoffzellensystem angeordnet ist.

**[0043]** Entsprechendes gilt für eine Luftversorgungsleitung zur Versorgung des Zusatzbrenners mit Luft als Oxidatorgas. Das heißt, das Oxidatorgas des Zusatzbrenners und die Reformierluft sind identisch und insbesondere Luft. Zudem kann die Zuführung der Luft zum Zusatzbrenner bzw. zum Reformier durch eine gemeinsame Fördereinrichtung, beispielsweise eine Pumpe, erfolgen.

**[0044]** Es sei darauf hingewiesen, dass der Zusatzbrenner zweckmäßig regel- bzw. steuerbar sein kann. Der Zusatzbrenner ist also insbesondere beim Bedarf betreibbar. So erfolgt die Übertragung der Wärme des Zusatzbrennerabgases auf den Reformier lediglich bei Bedarf, insbesondere beim dem Startvorgang des Brennstoffzellensystems. Dementsprechend kann der Zusatzbrenner während eines Normalbetriebs des Brennstoffzellensystems abgeschaltet werden. Insbesondere kann eine Steuereinrichtung vorgesehen sein, die den Zusatzbrenner steuert bzw. regelt. Auch ist es vorstellbar zusätzlich oder optional ein Ventil in der Reformierzuführeinrichtung anzuordnen, das eine Dosierung der Strömung des Zusatzbrennerabgases zum Reformier, insbesondere zum Heiz-Mantel, regelt.

**[0045]** Gemäß einem Betriebsverfahren für den Kaltstart des Brennstoffzellensystems kann Restgas, das in gasführenden Komponenten des Brennstoffzellensystems enthalten ist, von der Anodenseite der Brennstoffzelle zum Reformier und vom Reformier zur Anodenseite zirkulieren werden, insbesondere solange sich die Anode bzw. Anodenseite der Brennstoffzelle unterhalb einer Anodengrenztemperatur befindet. Mit anderen Worten, in einem Abschnitt des Brennstoffzellensystems wird Restgas zwischen dem Reformier und der Anodenseite der Brennstoffzelle im Kreis gefördert. Da die mit Hilfe des Zusatzbrenners vorgeheizte Brennstoffzellenluft die Kathodenseite der Brennstoffzelle aufheizt, ergibt sich dadurch automatisch auch eine Aufheizung der Anodenseite, so dass auch eine Wärmeübergabe an das im Kreis geförderte Restgas erfolgt. Dieses zirkulierende Restgas transportiert die Wärme zum Reformier und bewirkt dort ein Vorwärmen des Reformiers und insbesondere des Katalysators des Reformiers.

**[0046]** Die hier vorgestellte Startprozedur realisiert mit Hilfe des Zusatzbrenners somit gleichzeitig eine Vorwärmung der Brennstoffzelle und des Reformiers. Hierdurch wird der Reformier schneller einsatzbereit, was die Startprozedur insgesamt verkürzt, wobei gleichzeitig eine Material schonende Vorgehensweise realisiert wird, um Beschädigungen der einzelnen Komponenten aufgrund überhöhter thermischer Belastung vermeiden zu können.

**[0047]** Durch die Verwendung des Zusatzbrenners kann beispielsweise ein Restgasbrenner auf einen Nennbetrieb der Brennstoffzelle ausgelegt werden, da der Zusatzbrenner am Ende des Kaltstartbetriebs ausgeschaltet werden kann. Folglich ergibt sich für den Nennbetrieb des Brennstoffzellensystems ein verbesserter Wirkungsgrad.

**[0048]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann vor Erreichen einer vorbestimmten (ersten) Anodengrenztemperatur, die beispielsweise bei etwa 250°C liegen kann, der Reformier zumindest vorübergehend in einem Reformierbetriebszustand betrieben werden. Ein derartiger Reformierbetrieb lässt sich bei ausreichend hoher Temperatur beispielsweise dadurch realisieren, dass dem Reformier vorübergehend Kraftstoff und Reformierluft bei einer entsprechenden Luftzahl zugeführt werden. Auf diese Weise kann gegebenenfalls im weiterhin zirkulierenden Restgas enthaltener Sauerstoff umgesetzt bzw. verbraucht werden. Wichtig ist, dass während dieses vorübergehenden Reformierbetriebszustandes des Reformiers das Restgas weiterhin zwischen Anodenseite und Reformier im Kreis zirkuliert wird. Auf diese Weise kann zuverlässig das gesamte im Restgas enthaltene Sauerstoffgas verbraucht werden. Dieser vorübergehende Reformierbetriebszustand wird durchgeführt, um das Restgas auch bei steigenden Temperaturen weiterhin im Kreis zirkulie-

ren zu können, ohne dass es dabei zu einer Beschädigung der Anode der Brennstoffzelle kommt. Bei höheren Temperaturen, beispielsweise ab 300° C, erhöht sich die Gefahr einer bleibenden Beschädigung der Anode durch einen Kontakt mit Sauerstoff signifikant.

**[0049]** Falls ein Warmstart des Reformiers mit sofortigem Reformierbetriebszustand nicht möglich sein sollte, muss ein Kaltstart des Reformiers durchgeführt werden, bei dem er zunächst in einem Brennerbetriebszustand betrieben wird. Gemäß einer Weiterbildung der hier vorgestellten Startprozedur kann somit unterhalb einer vorbestimmten Grenztemperatur des Katalysators des Reformiers der Reformier in einem Brennerbetriebszustand betrieben werden, wobei dem Reformier Reformierluft zugeführt wird und im Reformier gebildetes Reformierabgas über die Abgasleitung abgeführt wird. Der Reformier dient dann als zusätzliche Wärmequelle, nämlich als zusätzlicher Brenner zum Aufheizen des Katalysators. Sobald dann die Katalysatorgrenztemperatur erreicht ist, die zwischen 350°C und 900°C liegen kann, kann der Betrieb des Reformiers auf den Reformierbetriebszustand umgestellt werden.

**[0050]** Solange die Temperatur an der Anodenseite unterhalb einer Reoxidationsgrenze liegt, die beispielsweise bei etwa 300°C liegen kann, kann das vom Reformier kommende Gas durch die Anodenseite geführt werden. Optional kann das vom Reformier kommende Gas unter Umgehung der Anodenseite zur Abgasleitung geführt werden, wodurch eine Kontaktierung der Anode mit in dem vom Reformier kommenden Gas mitgeführtem Sauerstoff vermieden werden kann.

**[0051]** Unabhängig davon, ob das Reformierabgas die Anodenseite durchströmt oder umgeht, kann das Reformierabgas zum Vorwärmen von Brennstoffzellenluft verwendet werden.

**[0052]** Sobald der Katalysator des Reformiers seine vorbestimmte Betriebstemperatur erreicht hat, die beispielsweise bei 900°C liegt, kann der Reformier besonders effektiv in seinem Reformierbetriebszustand betrieben werden. Das Reformierabgas enthält üblicherweise keinen Sauerstoff und kann durch die Anodenseite geführt werden, was zusätzlich zu einer Aufheizung der Brennstoffzelle führt. Darüber hinaus kann das Reformierabgas in dem Restgasbrenner zusammen mit der aus der Kathodenseite abgeführten Brennstoffzellenluft umgesetzt werden, also verbrannt werden, wodurch weitere Wärme freigesetzt wird, die zum Vorheizen der Brennstoffzellenluft genutzt werden kann.

**[0053]** Der Zusatzbrenner kann nun deaktiviert werden, sobald der Restgasbrenner die Vorwärmung der Brennstoffzellenluft übernimmt oder sobald eine vor-

bestimmte (zweite) Anodengrenztemperatur oder Anodenbetriebstemperatur erreicht ist.

**[0054]** Bei einer anderen Ausführungsform kann vorgesehen sein, den Reformer bei Erreichen einer vorbestimmten weiteren (dritten) Anodengrenztemperatur wieder auszuschalten und das nun sauerstofffreie Restgas weiter zwischen Anodenseite und Reformer zu zirkulieren. Diese dritte Anodengrenztemperatur liegt deutlich unterhalb der zweiten Anodengrenztemperatur bzw. unterhalb der Anodenbetriebstemperatur. Die dritte Anodengrenztemperatur liegt jedoch auch oberhalb der ersten Anodengrenztemperatur. Unterhalb der Anodenbetriebstemperatur, die beispielsweise bei 650°C liegen kann, besteht die Gefahr von Rußbildung bzw. von Rußablagerungen an der Anode der Brennstoffzelle. Durch Ausschalten des Reformers kann diese Gefahr erheblich reduziert werden, da der für die Rußbildung kritische Temperaturbereich umgangen wird.

**[0055]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung kann dann bei Erreichen einer vorbestimmten weiteren (vierten) Anodengrenztemperatur der Reformer wieder eingeschaltet werden und dann sofort im Reformerbetriebszustand betrieben werden. Die vierte Anodengrenztemperatur ist jedenfalls höher als die dritte Anodengrenztemperatur. Die dritte Anodengrenztemperatur kann beispielsweise bei etwa 350°C liegen. Die vierte Anodengrenztemperatur kann etwa bei 650°C liegen. Sie kann daher insbesondere gleich groß gewählt sein wie die zuvor genannte zweite Anodengrenztemperatur bzw. wie die Anodenbetriebstemperatur. Das erneute Einschalten des Reformers bei vorliegender vierter Anodengrenztemperatur ermöglicht einen Warmstart des Reformers, also ein sofortiges Betreiben des Reformers im Reformerbetriebszustand. Bei den nun vorliegenden, vergleichsweise hohen Temperaturen ist die Gefahr der Rußbildung bzw. Rußablagerung an der Anode erheblich reduziert.

**[0056]** Sobald dann die Anodenseite bzw. die Brennstoffzelle eine Mindesttemperatur erreicht, kann die Brennstoffzelle in Betrieb genommen werden. Die Startprozedur ist dann beendet.

**[0057]** Entsprechend einer anderen vorteilhaften Ausführungsform kann zum Regulieren einer Temperatur der Brennstoffzelle Luft von einer Bypass-Luftleitung, die den in der Brennstoffzellenluftleitung angeordneten Restgas-Wärmeübertrager umgeht, über eine Umgehungsleitung, die den in der Bypass-Luftleitung angeordneten Zusatz-Wärmeübertrager umgeht, in die Brennstoffzellenluftleitung stromab des Restgas-Wärmeübertragers eingeleitet werden. Der Restgas-Wärmeübertrager kann mit dem Abgasstrom des Restgasbrenners zusammenwirken, um die Brennstoffzellenluft aufzuheizen. Der Zusatz-Wärmeübertrager kann mit dem Zusatzbren-

ner zusammenwirken, um mit dem heißen Zusatzbrennerabgas die Brennstoffzellenluft vorzuheizen. Falls es erforderlich ist, eine Temperatur der Brennstoffzelle, z. B. die Temperatur des Elektrolyten oder eine Kathodentemperatur oder eine Anodentemperatur, zu reduzieren oder zu begrenzen, um eine Überhitzung der jeweiligen Komponente der Brennstoffzelle zu vermeiden, ist es nun möglich, unter Umgehung beider Wärmeübertrager aus der Umgebung angesaugte Kühlluft der Brennstoffzelle kathodenseitig zuzuführen. Dies wird mit Hilfe der Umgehungsleitung ermöglicht, welche die Bypass-Luftleitung mit der Brennstoffzellenluftleitung zwischen den beiden Wärmeübertragern verbindet.

**[0058]** Es versteht sich, dass das Brennstoffzellensystem mit der Systembatterie auch als Solches zum Umfang dieser Erfindung gehört.

**[0059]** Es sei ferner vermerkt, dass ein Reformer mit einem Heiz-Mantel der besagten Art für ein derartiges Brennstoffzellensystem auch als Solcher zum Umfang dieser Erfindung gehört. Der Reformer kann zudem einen Misch-Mantel und/oder einen Verdampferraum der besagten Art aufweisen.

**[0060]** Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus der Zeichnung und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnung.

**[0061]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0062]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen.

Es zeigen, jeweils schematisch

**Fig. 1** eine schaltplanartige und stark vereinfachte Ausführungsform einer Anordnung mit einem Brennstoffzellensystem und elektrischen Verbrauchern,

**Fig. 2** eine schaltplanartige und stark vereinfachte Ausführungsform eines Brennstoffzellensystems

**[0063]** **Fig. 1** zeigt eine Anordnung 0 mit einem Brennstoffzellensystem 1, das in einem Kraftfahrzeug oder in einer beliebigen anderen mobilen oder stationären Anwendung als einzige oder als zusätzliche elektrische Energiequelle angeordnet sein

kann, mit einer Brennstoffzelle 2 und einen Restgasbrenner 3. Die Brennstoffzelle 2 generiert im Betrieb aus Anodengas und Kathodengas elektrischen Strom, der über Elektroden 4 abgreifbar ist. Die Brennstoffzelle 2 ist bevorzugt als SOFC-Brennstoffzelle ausgestaltet. Der Restgasbrenner 3 setzt im Betrieb Anodenabgas mit Kathodenabgas um, wobei er Brennerabgas erzeugt. Die Umsetzung kann dabei mit offener Flamme erfolgen. Ebenso ist eine katalytische Umsetzung denkbar.

**[0064]** Eine Anodenabgasleitung 5 verbindet eine Anodenseite 6 der Brennstoffzelle 2, die zumindest eine Anode 95 aufweist, mit dem Restgasbrenner 3. Eine Kathodenabgasleitung 7 verbindet eine Kathodenseite 8 der Brennstoffzelle 2, die zumindest eine Kathode 104 aufweist, mit dem Restgasbrenner 3. In einem Brennraum 9 des Restgasbrenners 3 erfolgt dann die Umsetzung der Brennstoffzellenabgase. Der Restgasbrenner 3 kann mit der Brennstoffzelle 2 eine baulich integrierte Einheit bilden. Die Anodenabgasleitung 5 und die Kathodenabgasleitung 7 sind dann interne Leitungen bzw. Pfade.

**[0065]** In der Brennstoffzelle 2 trennt ein Elektrolyt 10 die Anodenseite 6 von der Kathodenseite 8. Über eine Reformatgasleitung 11 oder eine Anodengasleitung 11 erfolgt die Zuführung von Anodengas zur Anodenseite 6 der Brennstoffzelle 2. Über eine Brennstoffzellenluftleitung 12 erfolgt die Zuführung von Kathodengas zur Kathodenseite 8 der Brennstoffzelle 2. Beim Kathodengas handelt es sich bevorzugt um Luft. Eine Brennerabgasleitung 13 führt das vom Restgasbrenner 3 erzeugte Brennerabgas vom Restgasbrenner 3 bzw. aus dessen Brennraum 9 ab. In diese Brennerabgasleitung 13 ist ein Restgas-Wärmeübertrager 14 eingebunden, der außerdem in die Brennstoffzellenluftleitung 12 eingebunden ist. Der Restgas-Wärmeübertrager 14 erzeugt eine mediengetrennte wärmeübertragende Kopplung zwischen der Brennstoffzellenluftleitung 12 und der Brennerabgasleitung 13. Der Restgas-Wärmeübertrager 14 kann dabei baulich in den Restgasbrenner 3 integriert sein.

**[0066]** Im Beispiel ist das Brennstoffzellensystem 1 mit einem Brennstoffzellenmodul 15 ausgestattet, das die Brennstoffzelle 2, den Restgasbrenner 3 und den Restgas-Wärmeübertrager 14 umfasst. Ferner ist dieses Brennstoffzellenmodul 15 mit einer thermisch isolierenden Hülle 16 ausgestattet, welche die Komponenten des Brennstoffzellenmoduls 15 umschließt.

**[0067]** Das Brennstoffzellensystem 1 ist außerdem mit einer Luftfördereinrichtung 17 ausgestattet, die bspw. ein Gebläse oder ein Verdichter oder ein elektrisch betriebener Turbolader oder eine Pumpe sein kann. Im Betrieb führt diese Luftfördereinrichtung 17 über die Brennstoffzellenluftleitung 12 der Brenn-

stoffzelle 2 Luft als Kathodengas zu. Die Luftfördereinrichtung 17 ist dabei Bestandteil eines Luftversorgungsmoduls 18, das über eine eigene thermisch und/oder akustisch isolierende Hülle 19 verfügt, in welcher die Luftfördereinrichtung 17 angeordnet ist. Die Luftfördereinrichtung 17 kann vorzugsweise mit einer Filtereinrichtung 71 ausgestattet sein, um Partikel und/oder Aerosole aus der geförderten Luft herauszufiltern.

**[0068]** Das Brennstoffzellensystem 1 ist außerdem mit einer Zusatzbrennereinrichtung 20 bzw. einem Zusatzbrenner 20 ausgestattet, der so konfiguriert ist, dass er im Betrieb Luft mit einem Zusatzbrennerbrennstoff oder einfach Brennstoff zu Zusatzbrennerabgas umsetzt. Besagtes Zusatzbrennerabgas wird dabei über eine Zusatzbrennerabgasleitung 21 oder kurz Zusatzabgasleitung 21 vom Zusatzbrenner 20 bzw. von einem Brennraum 22 des Zusatzbrenners 20 abgeführt. Die Zusatzabgasleitung 21 enthält vorzugsweise ein Absperrorgan 67 zur Entkopplung des Zusatzbrenners 20 während eines Normalbetriebs des Brennstoffzellensystems 1, bei dem der Zusatzbrenner 20 ausgeschaltet ist. Das Absperrorgan 67 wirkt dann als Rückschlagsperre. In diese Zusatzabgasleitung 21 ist ein Zusatzbrenner-Wärmeübertrager 23 oder kurz Zusatz-Wärmeübertrager 23 eingebunden. Außerdem ist der Zusatz-Wärmeübertrager 23 in eine Bypassluftleitung 24 eingebunden. Der Zusatz-Wärmeübertrager 23 erzeugt somit eine mediengetrennte, wärmeübertragende Kopplung zwischen der Zusatzabgasleitung 21 und der Bypass-Luftleitung 24. Der Zusatz-Wärmeübertrager 23 kann dabei baulich in den Zusatzbrenner 20 integriert sein.

**[0069]** Die Bypass-Luftleitung 24 umgeht den Restgas-Wärmeübertrager 14 luftseitig. Hierzu ist die Bypass-Luftleitung 24 eingangsseitig über eine Entnahmestelle 25 zwischen der Luftfördereinrichtung 17 und dem Restgas-Wärmeübertrager 14 an die Brennstoffzellenluftleitung 12 angeschlossen. Ausgangsseitig ist die Bypass-Luftleitung 24 über eine Einleitstelle 26 zwischen dem Restgas-Wärmeübertrager 14 und der Brennstoffzelle 2 an die Brennstoffzellenluftleitung 12 angeschlossen. Ein erster Abschnitt der Brennstoffzellenluftleitung 12, der von der Luftfördereinrichtung 17 zur Einleitstelle 26 führt, wird im Folgenden mit 12' bezeichnet, während ein von der Einleitstelle 26 zur Brennstoffzelle 2 bzw. zur Kathodenseite 8 führender zweiter Abschnitt der Brennstoffzellenluftleitung 12 im Folgenden mit 12'' bezeichnet wird.

**[0070]** Entsprechend der hier gezeigten Ausführungsform kann optional eine Umgehungsleitung 72 vorgesehen sein, die eine Stromauf des Zusatz-Wärmeübertragers 23 angeordnete Entnahmestelle 73 der Bypass-Luftleitung 24 mit der Einleitstelle 26, also mit der Brennstoffzellenzuluftleitung 12 verbind-

det. Diese Umgehungsleitung 72 ermöglicht dadurch eine Umgehung des Zusatz-Wärmeübertragers 23 innerhalb der Bypass-Luftleitung 24. Ein erster Abschnitt der Bypass-Luftleitung 24, der von der Entnahmestelle 25 bis zur weiteren Entnahmestelle 73 führt, wird im Folgenden mit 24' bezeichnet, während ein von der weiteren Entnahmestelle 73 bis zur Einleitstelle 26 führender zweiter Abschnitt der Bypass-Luftleitung 24 im Folgenden mit 24'' bezeichnet wird. Zum Steuern der Umgehungsleitung 72 kann ein weiteres Ventil 74 vorgesehen sein, das im Beispiel zweckmäßig an der weiteren Entnahmestelle 73 angeordnet ist.

**[0071]** Im Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems 1, also bei ausgeschaltetem Zusatzbrenner 20, erfolgt ausschließlich über den Restgas-Wärmeübertrager 14 eine Vorheizung der Brennstoffzellenluft. In bestimmten Betriebssituationen kann es erforderlich sein, eine weitere Temperaturzunahme der Brennstoffzelle 2 zu vermeiden bzw. eine Abkühlung der Brennstoffzelle 2 zu erzielen. Dies kann beispielsweise erforderlich sein, um eine Komponente der Brennstoffzelle 2, wie z.B. den Elektrolyten 10, vor einer Überhitzung zu schützen. Die jeweilige Temperatur der Brennstoffzelle 2 kann durch kalte Umgebungsluft reguliert werden, die der Brennstoffzellenluft zugeführt wird, um deren Temperatur zu reduzieren. Die kalte Umgebungsluft kann dabei über die Bypass-Luftleitung 24 dem zweiten Abschnitt 12'' der Brennstoffzellenluftleitung 12 zugeführt werden, wobei die Bypass-Luftleitung 24 den Restgas-Wärmeübertrager 14 umgeht. Ist jedoch, z.B. während des Startbetriebs, der Zusatzbrenner 20 noch aktiv, muss auch der in der Bypass-Luftleitung 24 angeordnete Zusatz-Wärmeübertrager 23 umgangen werden, um eine Kühlung der Brennstoffzellenluft erzielen zu können. Hierzu wird die Umgehungsleitung 72 verwendet. Die Kühlluft strömt dann über den ersten Abschnitt 24' der Bypass-Luftleitung 24 bis zur Umgehungsleitung 72 und von der Umgehungsleitung 72 in den zweiten Abschnitt 12'' der Brennstoffzellenluftleitung 12. Die Kühlluft umgeht dadurch einerseits den Restgas-Wärmeübertrager 14 und andererseits den Zusatz-Wärmeübertrager 23.

**[0072]** Die Versorgung des Zusatzbrenners 20 mit Luft erfolgt über eine Zusatzluftfördereinrichtung 27 und eine entsprechende Luftversorgungsleitung 28. Die Zusatzfördereinrichtung 27 kann vorzugsweise mit einer Filtereinrichtung 75 ausgestattet sein, um Partikel und/oder Aerosole aus der geförderten Luft herauszufiltern. Die Luft für den Zusatzbrenner 20 wird dabei bevorzugt aus einer Umgebung 52 des Brennstoffzellensystems angesaugt. Die Versorgung des Zusatzbrenners 20 mit Brennstoff erfolgt mit Hilfe einer Brennstofffördereinrichtung 29 über eine entsprechende Brennstoffleitung 30. Beim Brennstoff kann es sich bspw. um beliebige Kohlenwasserstoffe

handeln. Bevorzugt wird jedoch ein Kraftstoff, mit dem auch beispielsweise eine Brennkraftmaschine des mit dem Brennstoffzellensystem 1 ausgestatteten Fahrzeugs betrieben wird. Insbesondere handelt es sich beim Brennstoff somit um Diesel oder Biodiesel oder Heizöl. Ebenso ist Benzin oder Erdgas oder ein beliebiger Biokraftstoff sowie synthetische Kohlenwasserstoffe denkbar. Folglich ist die Brennstoffleitung 30 zweckmäßig an einen hier nicht näher dargestellten Kraftstofftank 53 des Fahrzeugs angeschlossen.

**[0073]** Der Zusatzbrenner 20 und der Zusatz-Wärmeübertrager 23 sind hier Bestandteil eines Zusatzbrennermoduls 31, das über eine eigene thermisch isolierende Hülle 32 verfügt, in welcher der Zusatzbrenner 20 und der Zusatz-Wärmeübertrager 23 angeordnet sind. Außerdem sind im Beispiel die Zusatzluftfördereinrichtung 27 und die Brennstofffördereinrichtung 29 des Zusatzbrenners 20 Bestandteil des Zusatzbrennermoduls 31. Diese Bestandteile sind jedoch außerhalb der zugehörigen Hülle 32 angeordnet.

**[0074]** Das Brennstoffzellensystem 1 ist in dem gezeigten Beispiel außerdem mit einem Reformer 33 ausgestattet, der im Betrieb Luft mit einem Reformerbrennstoff bzw. Brennstoff unterstöchiometrisch, also bei einem Luftverhältnis  $< 1$  umsetzt und dabei wasserstoffhaltiges und kohlenmonoxidhaltiges Reformatgas erzeugt. Dieses Reformatgas wird über die Reformatgasleitung 11 als Anodengas der Anodenseite 6 der Brennstoffzelle 2 zugeführt. Zur Versorgung des Reformers 33 mit Reformierluft ist eine Reformierluftleitung 34 vorgesehen, die hier ebenfalls von der Luftfördereinrichtung 17 gespeist wird. Darüber hinaus ist bei der hier gezeigten Ausführungsform in der Reformierluftleitung 34 stromab der Luftfördereinrichtung 17 eine weitere Fördereinrichtung 35 angeordnet, die im Folgenden als Reformierluftfördereinrichtung 35 bezeichnet wird. Mit Hilfe dieser Reformierluftfördereinrichtung 35 kann die dem Reformer 33 zugeführte Luft auf ein erhöhtes Druckniveau gebracht werden. Zusätzlich kann diese Reformierluftfördereinrichtung 35 als Heißgasfördereinrichtung ausgestaltet sein. Bspw. kann sie nach Art eines Gebläses, Kompressors, Verdichters, elektrisch betriebenen Turboladers oder einer Pumpe ausgestaltet sein.

**[0075]** Zur Versorgung des Reformers 33 mit Brennstoff ist eine Brennstofffördereinrichtung 36 vorgesehen, die über eine entsprechende Brennstoffleitung 37 dem Reformer 33 einen geeigneten Brennstoff zuführt. Hierbei kann es sich wieder um einen beliebigen Kohlenwasserstoff handeln. Bevorzugt wird derjenige Kraftstoff, der auch der Brennkraftmaschine des mit dem Brennstoffzellensystem 1 ausgestatteten Fahrzeugs zugeführt wird. Dementsprechend ist auch die zur Versorgung des Reformers

33 vorgesehene Brennstoffleitung 37 zweckmäßig an den Tank 53 des Fahrzeugs angeschlossen.

**[0076]** Der Reformer 33 enthält einen Brennraum 38 bzw. Mischraum 38, in den sich die Reformerluft und der Brennstoff vermischen bzw. verbrannt werden. Der Reformer 33 enthält außerdem einen Katalysator 40, mit dessen Hilfe das Reformatgas mittels partieller Oxidation erzeugt werden kann.

**[0077]** Der Reformer 33 ist Bestandteil eines Reformersmoduls 41, das eine separate bzw. eigene thermisch isolierende und/oder gasdichte Hülle 42 aufweist, in welcher der Reformer 33 angeordnet ist. Im Beispiel gehört die Reformerbrennstoffförder- einrichtung 36 zum Reformersmodul 41. Besagte Förder- einrichtung 36 ist hierzu jedoch außerhalb der Hülle 42 des Reformersmoduls 41 angeordnet.

**[0078]** Die Brennerabgasleitung 13 oder kurz Abgasleitung 13 enthält stromab des Restgas-Wärmeübertragers 14 einen Oxidationskatalysator 43 zur Abgasnachbehandlung. In die Abgasleitung 13 kann außerdem ein Heizungswärmeübertrager 44 eingebunden sein, der im Betrieb einen durch einen Pfeil angedeuteten Fluidstrom 45 aufheizen kann. Hierbei kann es sich um einen Luftstrom 45 handeln, der einem hier nicht gezeigten Fahrzeuginnenraum zugeführt werden kann. Alternativ kann der Fluid- strom 45 auch ein Kühlmittel eines Kühlkreises sein, wobei der Kühlkreis einen Wärmeübertrager zum Beheizen eines Luftstroms enthält, der dann z.B. zum Fahrzeuginnenraum geführt sein kann. Der Heizungswärmeübertrager 44 ist dabei zweck- mäßig stromab des Oxidationskatalysators 43 ange- ordnet. Hierdurch kann die im Oxidationskatalysator 43 beim Umsetzen von Schadstoffen ggf. freige- setzte Wärme zum Beheizen des Fahrzeuginnen- raums genutzt werden.

**[0079]** Die Entnahmestelle 25, bei welcher die Bypass-Luftleitung 24 von der Brennstoffzellenluftlei- tung 12 abzweigt, ist zweckmäßig als Ventil ausge- stelltet bzw. an einem Ventil 46 angeordnet. Dieses Ventil 46 ermöglicht bspw. eine quasi beliebige Auf- teilung des von der Luftförder- einrichtung 17 geför- derten Luftstroms auf den durch den Restgas-Wär- meübertrager 14 geführten Abschnitt der Brennstoffzellenluftleitung 12 und auf die Bypass- Luftleitung 24. Das Ventil 46 ist zweckmäßig Bestandteil einer Ventileinrichtung 47, welche über eine Verteilerleiste 48, die druckseitig von der Luftför- dereinrichtung 17 geförderte Luft auf die Brennstoff- zellenluftleitung 12 und auf die Reformerluftleitung 34 aufteilt. Zum Steuern der dem Reformer 33 zuge- führten Luftmenge kann ein weiteres Ventil 49 vorge- sehen sein, das ebenfalls zur Ventileinrichtung 47 gehören kann. Ferner ist im Beispiel eine Kühlgaslei- tung oder Kühlluftleitung 50 vorgesehen, über die dem Restgasbrenner 3 Kühlluft zuführbar ist. Die

Kühlluftleitung 50 ist mit einem Ventil 51 steuerbar, das im Beispiel ebenfalls zur Ventileinrichtung 47 gehört. Die Luftförder- einrichtung 17 saugt die Luft ebenfalls aus der Umgebung 52 des Brennstoffzel- lensystems 1 über eine Saugleitung 53 an. Die Ven- tileinrichtung 47 ist im Beispiel ebenfalls Bestandteil des Luftversorgungsmoduls 18 und ist dabei inner- halb der zugehörigen Hülle 19 angeordnet.

**[0080]** Die Ventile der Ventileinrichtung 47 und die Luftförder- einrichtungen 17, 35 sind bevorzugt tem- peraturgesteuert bzw. temperaturgeregelt. Beispiels- weise werden das Ventil 49, die Förder- einrichtung 17 und die Reformerluftförder- einrichtung 35 abhängig von der Temperatur des Mischraums 38 und/oder abhängig von der Temperatur des Katalysators 40 geregelt. Das Ventil 51 und die Luftförder- einrichtung 17 können z.B. abhängig von der Temperatur des Brennraums 9 geregelt werden. Das Ventil 46 und die Luftförder- einrichtung 17 können z.B. abhängig von der Temperatur der Kathodenseite 8 geregelt werden. Die Luftförder- einrichtung 35 kann z.B. abhängig von der Temperatur des Mischraums 38 und/oder abhängig von der Temperatur des Kataly- sators 40 geregelt werden.

**[0081]** Der mit Hilfe des Brennstoffzellensystems 1 generierte, elektrische Strom dient zweckmäßig zur Versorgung von elektrischen Verbrauchern mit elekt- rischem Strom bzw. mit elektrischer Energie. Die Anordnung 0 umfasst dabei ein Verbrauchersystem 54, das eine Verbrauchernetzbatterie 82 sowie Erst- verbraucher 78 aufweist, der über eine Verbraucher- netzspannung der Verbrauchernetzbatterie 82 elekt- risch versorgt wird. Die Anordnung 0 kann beispielsweise Teil eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, sein. In diesem Fall entspricht das Verbrauchersystem 54 beispielsweise dem Bordnetz 54 des Fahrzeugs während die Verbrau- chernetzbatterie 82 einer Bordnetzbatterie 82 des Fahrzeugs entspricht. Die Verbrauchernetzspan- nung der Verbrauchernetzbatterie 82 liegt auf einem Verbrauchernetzspannungsniveau, das bei einem Fahrzeug beispielsweise 12 V betragen kann. Die Erstverbraucher 78 sind zum Beispiel Steuergeräte, Glühlampen sowie ein Radio des Fahrzeugs.

**[0082]** An den Elektroden 4 der Brennstoffzelle 2 kann eine Zellspannung auf einem Zellspannungsnive- au abgegriffen werden. Das Zellspannungsniveau liegt bei der gezeigten Ausführungsform beispiels- weise bei 42 V und kann, insbesondere abhängig von einer Belastung der Brennstoffzelle 2, beispiels- weise zwischen 36 V und 60 V schwanken. Das Zel- lenspannungsniveau kann jedoch, insbesondere abhängig von der Bauart und der Belastung der Brennstoffzelle 2, einen beliebigen Wert aufweisen.

**[0083]** Das Brennstoffzellensystem 1 ist zudem mit einem als Systembatterie 56 ausgebildeten Energie-

speicher 56 ausgestattet, an der eine Systemspannung auf einem Systemspannungsniveau anliegt, wobei das Systemspannungsniveau beispielsweise einen Wert von 24 V aufweist. Die Systembatterie 56 dient insbesondere dem Zweck, die von der Brennstoffzelle 2 erzeugte Zellenspannung bzw. eine damit verbundene elektrische Energie zu speichern. Hierzu ist eine Ladeeinrichtung 79 elektrisch mit der Systembatterie 56 verbunden. Die Zuführung der Zellenspannung der Brennstoffzelle 2 an die Systembatterie 56 bzw. der Ladeeinrichtung 79 erfolgt über eine Spannungswandlereinrichtung 57 des Brennstoffzellensystems 1. Die Spannungswandlereinrichtung 57 ist hierzu zwischen der Brennstoffzelle 2 und der Systembatterie 56 bzw. der Ladeeinrichtung 79 angeordnet und ist elektrisch mit diesen verbunden. Um die Zellenspannung der Brennstoffzelle 2 der Systembatterie 56 zuführbar zu machen, wandelt die Spannungswandlereinrichtung 57 die Zellenspannung auf dem Zellenspannungsniveau in die auf dem niedrigeren Systemspannungsniveau liegende Systemspannung um. Die Spannungswandlereinrichtung 57 wandelt also beispielsweise die Zellenspannung von 42 V in eine Spannung von 24 V um, die der Systemspannung entspricht. Um die an der Systembatterie 56 anliegende Systemspannung auch der Brennstoffzelle 2, insbesondere den Elektroden 4 sowie der Anode 95 der Brennstoffzelle 2, zuführbar zu machen, ist die Spannungswandlereinrichtung 57 zudem entsprechend ausgebildet. Dabei ist die Spannungswandlereinrichtung 57 bei Bedarf in der Lage, die auf dem Systemspannungsniveau liegende Systemspannung in eine andere Spannung auf einem anderen Spannungsniveau umzuwandeln und anschließend der Brennstoffzelle 2 zuzuführen. Dies dient dem Zweck, insbesondere die Anode 95 vor einer Oxidation zu schützen. Die Oxidation ist dabei insbesondere bei oxidierenden Bedingungen an den Anodenseite 6 relevant, wobei das Brennstoffzellensystem 1 einerseits eine Einrichtung zur Bestimmung der entsprechenden Bedingungen aufweisen kann und andererseits vorzugsweise derart ausgebildet ist, dass die an den Elektroden 4 anzuliegende elektrische Spannung regelbar ist.

**[0084]** Die an der Systembatterie 56 anliegende Systemspannung ist zudem an Systemverbraucher 80 des Brennstoffzellensystems 1 zuführbar. Das heißt, dass die Systembatterie 56 als ein elektrischer Puffer bzw. als ein elektrischer Speicher fungiert, über welche die elektrische Versorgung von Systemverbraucher 80 erfolgt. Als Systemverbraucher 80 kommen z. B. die Fördereinrichtungen 17, 27, 29, 35, 36, die Ventile 46, 49, 51, 67, 74, 76 sowie Zündeinrichtungen, wie z. B. Glühstifte und Zündkerzen, mit denen im Restgasbrenner 3, im Zusatzbrenner 20 und im Reformer 33 eine Verbrennungsreaktion initiiert werden kann. Ebenso kann eine Steuereinrichtung 55, mit deren Hilfe die einzelnen Komponenten des Brennstoffzellensystems 1, beispielsweise in

Abhängigkeit von Temperaturen, Drücke, elektrische Ströme usw. des Brennstoffzellensystems, betätigt werden können, einen Systemverbraucher 80 des Brennstoffzellensystems 1 repräsentieren, wobei die Systemverbraucher 80 auf dem Systemspannungsniveau, also beispielsweise bei 24 V, betrieben werden. Die in Form der Systemspannung gespeicherte elektrische Energie der Systembatterie 56 kann dabei insbesondere dafür genutzt werden, das Brennstoffzellensystem 1 ohne äußere elektrische Energie- bzw. Spannungszuführung zu starten.

**[0085]** Um die an der Systembatterie 56 anliegende Systemspannung auch für das Verbrauchersystem 54, insbesondere für die Verbrauchernetzbatterie 82 des Verbrauchersystems 54 zuführbar bzw. nutzbar zu machen, ist zudem ein Verbraucherspannungswandler 77 vorgesehen, der die auf dem Systemspannungsniveau liegende Systemspannung der Systembatterie 56 auf die auf dem Verbrauchernetzspannungsniveau liegende Bordnetzspannung bzw. Verbrauchernetzspannung umwandelt und der Verbrauchernetzbatterie 82 zuführt. In der gezeigten Ausführungsform liegt das Verbrauchernetzspannungsniveau niedriger als das Systemspannungsniveau. Der Verbraucherspannungswandler 77 ist folglich als Abwärtswandler ausgebildet und reduziert das Systemspannungsniveau auf das Verbrauchernetzspannungsniveau. Zur Versorgung von Erstverbraucher 78 des Verbrauchersystems 54 mit der Systemspannung ist zusätzlich eine Ladeeinrichtung 79 an der Verbrauchernetzbatterie 82 angeordnet, wobei die Ladeeinrichtung 79 im gezeigten Beispiel in die Verbrauchernetzbatterie 82 integriert ist. Die Verbrauchernetzbatterie 82 fungiert also ähnlich wie die Systembatterie 56 als Puffer bzw. Speicher, über die eine elektrische Versorgung der Erstverbraucher 78 erfolgt. Die von der Brennstoffzelle 2 erzeugte Zellenspannung sowie die an der Systembatterie 56 anliegende Systemspannung und die Systemnetzspannung des Verbrauchersystems 54 sind gewöhnlich Gleichspannungen. Das, dass sich die Polarität dieser Spannungen mit der Zeit nicht ändert. Zweckmäßig weisen die Spannungswandlereinrichtung 57 sowie der Verbraucherspannungswandler 77 jeweils einen Gleichspannungswandler 83 auf.

**[0086]** Für die Versorgung von elektrischen Zweitverbraucher 84, 85, die mit einer Zusatzspannung auf zumindest einem Zusatzspannungsniveau betrieben werden, durch die Systembatterie 56, ist zudem zumindest ein Zusatzspannungswandler 86 vorgesehen. In der gezeigten Ausführungsform sind zwei Zusatzspannungswandler 86', 86" vorgesehen, die das Systemspannungsniveau auf zwei unterschiedliche Zusatzspannungsniveaus umwandeln, wobei beide Zusatzspannungsniveaus höher liegen als das Systemspannungsniveau. Die Zusatzspannungswandler 86', 86" sind also als Aufwärtswandler 86', 86" ausgebildet.

**[0087]** Der erste Zusatzspannungswandler 86' wandelt die auf dem Systemspannungsniveau liegende Systemspannung der Systematterie 56 in die auf dem höheren ersten Zusatzspannungsniveau liegende erste Zusatzspannung um. Als Zweitverbraucher 84 seien dabei insbesondere externe elektrische Verbraucher, beispielsweise ein Kühlschrank, eine Kühlbox, ein Fernseher und eine Kaffeemaschine, die üblicherweise ein Zusatzspannungsniveau von 110 V bzw. 220 V benötigen und zudem mit einer Wechselspannung betrieben werden, erwähnt. Hierzu weist der erste Zusatzspannungswandler 86' einen Wechselrichter 87 auf. Der erste Zusatzspannungswandler 86' wandelt also zusätzlich zur Erhöhung der Systemspannung auf das erste Zusatzspannungsniveau, die gleichspannungsartige Systemspannung der Systematterie 56 in die wechselfspannungsartige erste Zusatzspannung um und stellt diese den entsprechenden elektrischen Zweitverbrauchern 84 zur Verfügung.

**[0088]** Der zweite Zusatzspannungswandler 86" wandelt die auf dem Systemspannungsniveau liegende Systemspannung der Systematterie 56 in ein zweites Zusatzspannungsniveau um, wobei die somit umgewandelte Spannung beispielsweise einer Hochspannung, also einer Spannung höher als 300 V, entspricht. Somit liegt das zweite Zusatzspannungsniveau höher als das erste Zusatzspannungsniveau des ersten Zusatzspannungswandlers 86'. Als Zweitverbraucher 85 auf dem von zweiten Zusatzspannungswandler 86" zur Verfügung gestellten zweiten Zusatzspannungsniveau werden beispielsweise Klimaeinrichtungen, bei einem Fahrzeug, insbesondere eine Klimaanlage des Fahrzeugs, elektrisch versorgt.

**[0089]** Die Zusatzabgasleitung 21 ist bei den hier gezeigten Ausführungsformen über eine Einleitstelle 60 an die Abgasleitung 13 angeschlossen, und zwar stromab des Restgas-Wärmeübertragers 14. Dabei ist diese Einleitstelle 60 zweckmäßig so positioniert, dass sie sich stromauf des Oxidationskatalysators 43 befindet.

**[0090]** Hierdurch kann die Restwärme des Zusatzbrennerabgases zum Aufheizen des Oxidationskatalysators 43 genutzt werden. Gleichzeitig kann die Restwärme des Zusatzbrennerabgases zum Beheizen des Heizungswärmeübertragers 44 genutzt werden.

**[0091]** Das Brennstoffzellensystem 1 weist eine Reformierzuführeinrichtung 88 auf, die wärmeübertragend mit dem Reformier 33 gekoppelt ist. Diese Wärmeübertragung ist über einen Zulauf 89 der Reformierzuführeinrichtung 88, einen durchströmbar Heiz-Mantel 90 und einen Rücklauf 91 der Reformierzuführeinrichtung 88 realisiert. Dabei ist der Zulauf 89 einenends stromauf des Zusatz-Wärme-

übertragers 23 mit der Zusatzabgasleitung 21 und anderenends über eine erste Öffnung 97 des Heiz-Mantels 90 fluidisch mit dem Heiz-Mantels 90 verbunden. Der Heiz-Mantel 90 ist durchströmbar ausgebildet und wärmeübertragend mit dem Reformier 33 gekoppelt. Zudem ist der Heiz-Mantel 90 fluidisch von dem Reformier 33 getrennt bzw. isoliert. Der durchströmbar Heiz-Mantel 90 weist zusätzlich einen mit der ersten Öffnung 97 fluidisch verbundenen Hohlraum auf. Das über den Zulauf 89 von der Zusatzabgasleitung 21 zum Heiz-Mantel 90 geführte Zusatzbrennerabgas fließt also durch die erste Öffnung 97 in den Heiz-Mantel 90, insbesondere in den Hohlraum des Heiz-Mantels 90, ohne dabei in den Reformier 33 einzudringen. Weiter ist der Rücklauf 91 der Reformierzuführeinrichtung 88 einenends durch eine zweite Öffnung 98 des Heiz-Mantels 90 fluidisch mit dem Heiz-Mantel 90 und anderenends stromab des Zusatz-Wärmeübertragers 23 fluidisch mit der Zusatzabgasleitung 21 verbunden. Das durch den Zulauf 89 in den Heiz-Mantel 90, insbesondere in den Hohlraum des Heiz-Mantels 90, geströmte Zusatzbrennerabgas des Zusatzbrenners 20 strömt folglich durch den Rücklauf 91 der Reformierzuführeinrichtung 88 zur Zusatzabgasleitung 21 zurück. Somit wird der Heiz-Mantel 90, insbesondere der Hohlraum des Heiz-Mantels 90, vom warmen Zusatzbrennerabgas durchflossen und die Wärme des Zusatzbrennerabgases des Zusatzbrenners 20 auf den Reformier 33 übertragen. Ein Absperrorgan 94 zur Entkopplung des Zusatzbrenners 20 vom Heiz-Mantel 90 während des Normalbetriebs des Brennstoffzellensystems 1 ist zudem im Zulauf 89 angeordnet.

**[0092]** Der Heiz-Mantel 90 umgibt den Reformier 33 im Bereich des Katalysators 40. Die erste Öffnung 97 des Heiz-Mantels 90 ist, wie im Schnitt des **Fig. 2** zu sehen, an der vom Mischraum 38 abgewandten Seite des Heiz-Mantels 90 angeordnet, während die zweite Öffnung 98 an der dem Mischraum 38 zugewandten Seite des Heiz-Mantels 90 angeordnet ist, so dass das Zusatzbrennerabgas in den Heiz-Mantel 90 zirkuliert und einen möglichst langen Strömungspfad aufweist.

**[0093]** Der Mischraum 38 ist von einem dem Heiz-Mantel 90 benachbarten Misch-Mantel 92 umgeben. Der Misch-Mantel 92 weist einen Hohlraum auf und ist an seiner dem Reformier 33 abgewandten Seite fluidisch mit der Reformierluftleitung 34 verbunden, während er an seiner dem Reformier 33 zugewandten Seite Misch-Mantel-Auslässe 99 aufweist, die den Misch-Mantel 92 fluidisch mit dem Mischraum 38 verbinden. Somit strömt die Reformierluft über den Misch-Mantel 92 in den Mischraum 38 des Reformiers 33, wobei im Misch-Mantel 92 eine Vorconditionierung erfolgen kann. Eine gleichmäßige Verteilung der Misch-Mantel-Auslässe 99 entlang des Umfangs des Misch-Mantels 92 sorgt zudem

für das gleichmäßige Einströmen der Reformierluft in den Mischraum 38.

**[0094]** Der hier gezeigte Reformer 33 umfasst weiter einen Verdampferraum 93, der fluidisch mit der Brennstoffleitung 37 verbunden ist. Der Brennstoff strömt demzufolge über den Verdampferraum 93 in den Mischraum 38, wobei der Verdampferraum 93 dem Zweck dient, den meist flüssigen Brennstoff vor dem Eintreten in den Mischraum 38 zu verdampfen. Der Verdampferraum 93, der Mischraum 38 und der Katalysator 40 sind folglich fluidisch miteinander verbunden.

**[0095]** Zusätzlich oder alternativ kann ein von der Zusatzabgasleitung 21 abgezwigter Zweig 100 mit einer Endplatte 101 der Brennstoffzelle 2 wärmeübertragend gekoppelt sein. Im gezeigten Beispiels ist der Zweig 100 an einer am Ventil 94 des Zulaufs 89 angeordneten Entnahmestelle 102 angeschlossen und führt das Zusatzbrennerabgas zur Endplatte 101 und anschließend über eine Einleitstelle 103 zurück zum Rücklauf 91 der Reformierzuführeinrichtung 88, womit das Zusatzbrennerabgas zurück in die Zusatzabgasleitung 21 gelangt. Damit ist es möglich, auch die Brennstoffzelle 2 mit Hilfe des Zusatzbrenners 20 zu wärmen. Die an dem Ventil 94 angeordnete Entnahmestelle 102 erlaubt hierbei eine quasi beliebige Aufteilung des Zusatzbrennerabgases zum Wärmen des Reformers 33 bzw. der Brennstoffzelle 2.

**[0096]** Die Brennstoffzelle 2 kann typischerweise einen stapelförmigen Aufbau aufweisen, bei dem eine Vielzahl plattenförmiger Brennstoffzellenelemente aufeinandergestapelt sind und dadurch einen Brennstoffzellenstapel oder Stack bilden. An seinen Enden ist der Brennstoffzellenstapel durch zwei Endplatten abgeschlossen, nämlich durch besagte Endplatte 101 sowie durch eine weitere Endplatte. Diese weitere Endplatte weist im Beispiel einen Anodengasanschluss 61, an den die Anodengasleitung 11 oder Reformatgasleitung 11 angeschlossen ist, einen Kathodengaseinlass 62, an den die Kathodengasleitung 12 oder Brennstoffzellenluftleitung 12 angeschlossen ist, einen Anodenabgasauslass 63, an den die Anodenabgasleitung 5 angeschlossen ist, sowie einen Kathodenabgasauslass 64 auf, an dem die Kathodenabgasleitung 7 angeschlossen ist. Da sämtliche Eduktanschlüsse somit an dieser weiteren Endplatte angeordnet sind, kann diese auch als Anschlussplatte bezeichnet werden. Im Unterschied dazu bildet die andere Endplatte 101 lediglich einen Abschluss des Brennstoffzellenstapels, sodass sie auch als Abschlussplatte bezeichnet werden kann.

**[0097]** Bei einer anderen Ausführungsform kann in der thermisch isolierenden Hülle 16 des Brennstoffzellenmoduls 15 eine weitere Hülle angeordnet sein,

die insbesondere gasdicht ausgestaltet ist. Diese innere Hülle kann ebenfalls thermisch isolierend wirken. Ebenso ist denkbar, die äußere Hülle 16 gasdicht auszugestalten. Ferner kann eine Hülle ausreichend sein, wenn sie thermisch isolierend und gasdicht ausgestaltet ist. Insbesondere ist es nun möglich, den zuvor genannten Zweig 100 der Zusatzabgasleitung 21 an einen von der inneren Hülle umschlossenen Innenraum des Brennstoffzellenmoduls 15 anzuschließen. Dabei mündet der Zweig 100 an einer Eintrittsstelle in besagten Innenraum ein und tritt an einer davon entfernten Austrittsstelle wieder aus dem Innenraum aus. Hierdurch kann mit dem Zusatzbrennerabgas das Brennstoffzellenmodul 15 beheizt werden. Insbesondere kann dies mit der Beheizung der Brennstoffzelle 2 kombiniert werden. Z.B. kann das Zusatzbrennerabgas zunächst über den Zweig 100 bis zur Abschlussplatte geführt sein und von dieser in den Innenraum austreten, um über die Austrittsstelle wieder aus dem Innenraum abgeführt zu werden.

**[0098]** Das Brennstoffzellensystem 1 ist bei der hier gezeigten bevorzugten Ausführungsform ferner mit einer Rezirkulationsleitung ausgestattet, die eingangsseitig an die Anodenabgasleitung 5 und ausgangsseitig über eine Einleitstelle 66 an die Reformierluftleitung 34 angeschlossen ist, und zwar stromauf der Reformierluftfördereinrichtung 35. Da das rückgeführte Anodenabgas im Betrieb des Brennstoffzellensystems 1 vergleichsweise hohe Temperaturen aufweisen kann, ist die Reformierluftfördereinrichtung 35 zweckmäßig für eine Beaufschlagung mit heißen Gasen ausgestaltet, wobei diese Gase außerdem toxisch und/oder explosiv sein können.

**[0099]** Die Ventileinrichtung 47 ist im Beispiel dazu ausgestaltet, die von der Luftfördereinrichtung 17 angesaugte Luft druckseitig auf die Brennstoffzellenluftleitung 12, auf die Bypass-Luftleitung 24, auf die Kühlluftleitung 50 und auf die Reformierluftleitung 34 aufzuteilen.

**[0100]** Bei einer anderen nicht gezeigten Ausführungsform, kann die Luftfördereinrichtung 17 über die Ventileinrichtung 47 außerdem zur Luftversorgung des Zusatzbrenners 20 verwendet werden. Hierzu kann an eine Verteilerleiste 48 über ein weiteres Ventil die Zusatzbrennerluftleitung 28 angeschlossen sein. Alternativ kann die Zusatzluftfördereinrichtung 27 in der Zusatzbrennerluftleitung 28 auch entfallen.

**[0101]** Zusätzlich zur Vorheizung der Brennstoffzellenluft mit Hilfe des Zusatzbrenners 20 kann bei einem Kaltstart des Brennstoffzellensystems 1, bei dem insbesondere auch der Reformer 33 Umgebungstemperatur besitzt, eine Restgaszirkulation in

einem Zirkulationskreis 68 realisiert werden, der in **Fig. 1** durch eine unterbrochene Linie angedeutet ist.

**[0102]** Ferner ist eine zusätzliche Umgehungsleitung 69 vorgesehen, die von der Reformatgasleitung 11 abzweigt und die Anodenseite 6 der Brennstoffzelle 2 umgeht. Hierdurch ist es möglich, den Reformer 33 materialschonend aufzuheizen, ohne dass dabei die Gefahr einer Beschädigung der Anode 95 durch Restsauerstoff aus dem Reformer 33 besteht. Im Beispiel ist diese Umgehungsleitung 69 an die Anodenabgasleitung 5 angeschlossen, so dass Reformerabgas stromauf des Restgasbrenners 3 wieder in den ursprünglichen Pfad eingeleitet wird. Die Umgehungsleitung 69 kann mit einem entsprechenden Ventil 70 gesteuert werden. Zweckmäßig ist die Umgehungsleitung 69 hierzu so konzipiert, dass ihr Durchströmungswiderstand geringer ist als der Durchströmungswiderstand der Anodenseite 6 der Brennstoffzelle 2. Bei geöffnetem Ventil 70 strömt das Reformerabgas dann dem Weg des geringsten Widerstands folgend nicht durch die Anodenseite 6, sondern durch die Umgehungsleitung 69. Bei dieser Variante kann der Reformer 33 ohne weiteres überstöchiometrisch betrieben werden, da eine Kontaktierung der Anodenseite 6 mit Restsauerstoff im Reformerabgas nicht zu erwarten ist. Diese quasi beliebige überstöchiometrische Betriebsweise des Reformers 33 vereinfacht den Startbetrieb des Reformers 33, insbesondere zur Einhaltung niedrigerer Temperaturen.

**[0103]** **Fig. 2** zeigt die Brennstoffzelle 2 eines Brennstoffzellensystems 1. Um Elektroden 4 sowie die Anode 95 vor einer Oxidation zu schützen, ist die an der Systembatterie 56 anliegende Systemspannung der Brennstoffzelle 2 zuführbar. Dabei wird die Systemspannung derart an die Brennstoffzelle 2 angelegt, dass ein negativer Pol der Systembatterie 56 elektrisch mit der Anodenseite 6 bzw. der Anode 95 verbunden ist während ein positiver Pol der Systembatterie 56 elektrisch mit der Kathodenseite 8 bzw. der Kathode 104 verbunden ist. Die jeweiligen elektrischen Verbindungen sind zudem nicht zwingend direkt realisiert. Das heißt beim vorliegenden Beispiel, dass die Spannungswandlereinrichtung 57 sowie die Ladeeinrichtung 79 zwischen der Systembatterie 56 und den Elektroden 4 geschaltet sind. Eine derartige Zuführung der Systemspannung an die Brennstoffzelle 2 fungiert als Schutzspannung, die bei Bedarf, also insbesondere bei oxidierenden Bedingungen an der Anodenseite 6, der Brennstoffzelle 2 zugeführt wird. Dies kann beispielsweise mittels eines Schalters 96, die insbesondere von der Steuereinrichtung 55 gesteuert wird, und eine entsprechende elektrische Verbindung und einen damit verbundenen elektrischen Fluss eines zugehörigen elektrischen Stroms S bei Bedarf herstellt, realisiert sein.

## Patentansprüche

1. Anordnung (0) mit einem Brennstoffzellensystem (1) und einem elektrischen Verbrauchersystem (54), wobei
  - das Verbrauchersystem (54) zur elektrischen Versorgung von Erstverbrauchern (78) eine Verbrauchernetzbatterie (82) mit einer Verbrauchernetzspannung auf einem Verbrauchernetzspannungsniveau aufweist,
  - das Brennstoffzellensystem (1) eine Brennstoffzelle (2) zur Erzeugung einer elektrischen Zellen-spannung auf einem Zellen-spannungsniveau aufweist,
  - das Brennstoffzellensystem (1) zur Versorgung von elektrischen Systemverbrauchern (80) des Brennstoffzellensystems (1), eine Systembatterie (56) mit einer Systemspannung auf einem Systemspannungsniveau aufweist,
  - das Verbrauchernetzspannungsniveau und das Systemspannungsniveau unterschiedlich sind,
  - das Brennstoffzellensystem (1) eine Spannungswandlereinrichtung (57) zur Umwandlung des Zellen-spannungsniveau auf das Systemspannungsniveau und des Systemspannungsniveaus auf das Zellen-spannungsniveau aufweist,
  - zur Versorgung von elektrischen Zweitverbrauchern (84, 85) zumindest ein Zusatzspannungswandler (86) zur Anpassung der an der Systembatterie (56) anliegenden Systemspannung auf mindestens ein Zusatzspannungsniveau vorgesehen ist,
  - das Systemspannungsniveau und das Zusatzspannungsniveau unterschiedlich sind,
  - zur Versorgung des Verbrauchersystems (54) zumindest ein Verbraucherspannungswandler (77) zur Anpassung der an der Systembatterie (56) anliegenden Systemspannung auf das Verbrauchernetzspannungsniveau vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**,
  - dass die an der Systembatterie (56) anliegende Systemspannung über die Spannungswandlereinrichtung (57) als eine Schutzspannung Elektroden (4) der Brennstoffzelle (2) zuführbar ist,
  - dass die Schutzspannung regelbar ist,
  - dass die Schutzspannung abhängig von thermodynamischen Parametern an einer Anodenseite (6) der Brennstoffzelle (2) regelbar ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannungswandlereinrichtung (57) zumindest einen Gleichspannungswandler (83) aufweist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Zusatzspannungswandler (86) zumindest einen Wechselrichter (87) aufweist.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbraucherspannungswandler (77) zumindest einen Gleichspannungswandler (83) aufweist.

rend der Misch-Mantel (92) den Reformer (33) im Bereich eines Mischraums (38) umgibt.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anordnung (0) eine elektrische Ladeeinrichtung (79) zur Aufladung der Systembatterie (56) mittels der von der Brennstoffzelle (2) erzeugten elektrischen Zellenspannung aufweist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ladeeinrichtung (79) zwischen der Brennstoffzelle (2) und der Systembatterie (56) angeordnet ist.

7. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermodynamischen Parameter an einer Anodenseite (6) der Brennstoffzelle (2) mittels einer Temperaturmeseinrichtung des Brennstoffzellensystems (1) sowie einer Einrichtung des Brennstoffzellensystems (1) zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration und/oder der Sauerstoffionenkonzentration bestimmt sind.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest ein Zweitverbraucherniveau auf ein Haushaltsniveau, nämlich auf 220 V oder 110 V, liegt.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anordnung (0) Bestandteil eines Fahrzeugs ist.

10. Anordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbrauchersystem (54) ein Bordnetz (54) des Fahrzeugs ist und die Verbrauchernetzbatterie (82) eine Netzbatterie (82) des Fahrzeugs ist.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anordnung (0) Bestandteil eines stationären Systems ist.

12. Brennstoffzellensystem (1) für eine Anordnung (0) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Brennstoffzellensystem (1) einen Zusatzbrenner (20) zur Erzeugung eines Zusatzbrennerabgases aufweist, wobei die Wärme des Zusatzbrennerabgases mittels einer Reformierzuführeinrichtung (88) auf einen Reformer (33) des Brennstoffzellensystems (1) übertragbar ist, wobei der Reformer (33) einen Heiz-Mantel (90) und einen Misch-Mantel (92) aufweist, wobei der Heiz-Mantel (90) den Reformer (33) im Bereich eines Katalysators (40) des Reformers (33) umgibt wäh-

Anhängende Zeichnungen

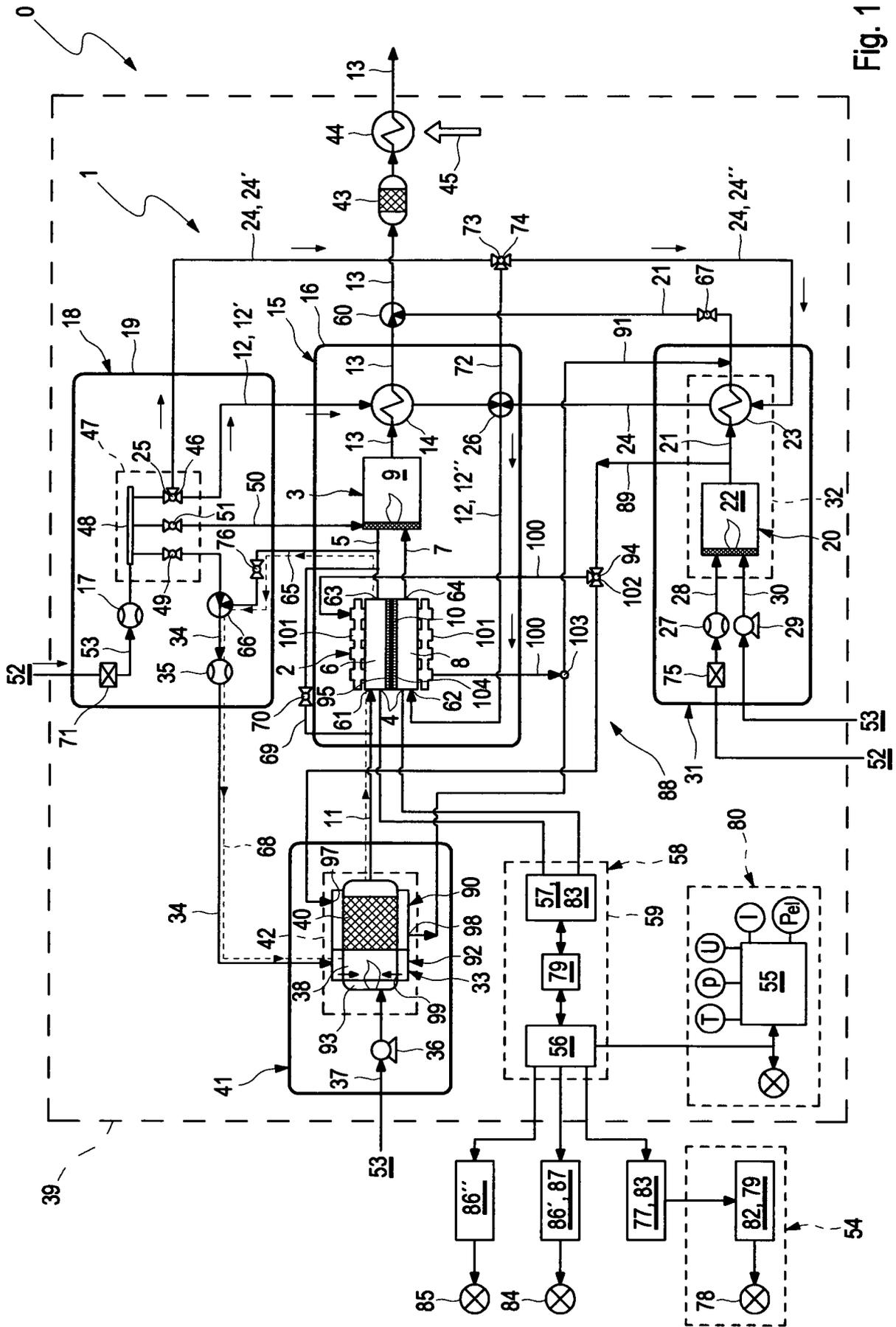


Fig. 1

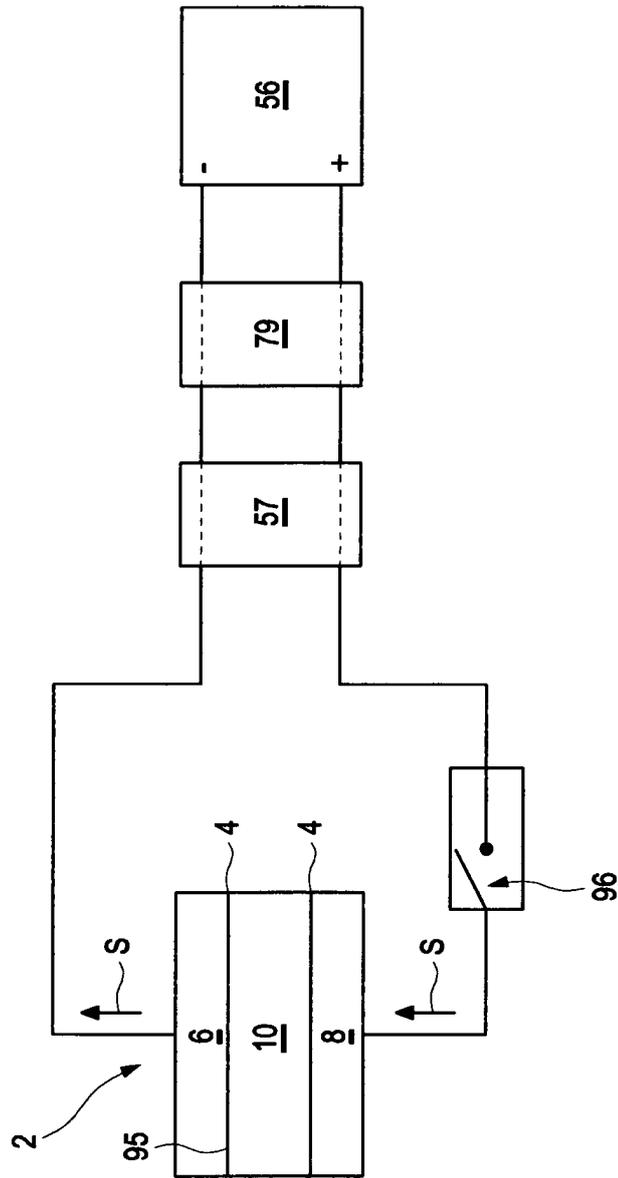


Fig. 2