



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 97 594 T5 2004.12.02**

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/058742**
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **102 97 594.9**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/39046**
 (86) PCT-Anmeldetag: **06.12.2002**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **17.07.2003**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **02.12.2004**

(51) Int Cl.7: **H01M 8/04**
H01M 8/06, H01M 8/10

(30) Unionspriorität:
10/034,739 26.12.2001 US

(74) Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

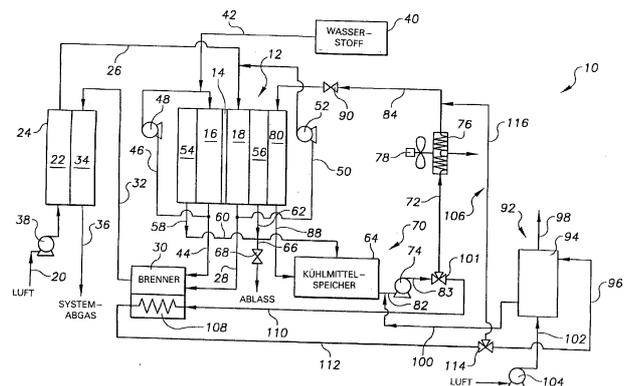
(71) Anmelder:
UTC Fuel Cells, LLC, South Windsor, Conn., US

(72) Erfinder:
Breault, Rechar D., North Kingstown, R.I., US;
Van Dine, Leslie L., Manchester, Conn., US

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser**

(57) Hauptanspruch: Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser, aufweisend:

- a. mindestens eine Brennstoffzelle zum Erzeugen von elektrischem Strom aus Reaktantenströmen von reduziertem Fluid und Prozessoxidationsmittel;
- b. ein Kühlmittelsystem einschließlich einer abgedichteten Kühlerplatte, die im Wärmetauschverhältnis mit der Brennstoffzelle angeordnet ist, welches ein Frostschutz-Kühlmittel durch die Kühlerplatte, ein Kühlmittelspeicher in Fluidverbindung mit der Kühlerplatte, welcher das Frostschutzkühlmittel speichert, und eine Kühlmittel-Zirkulationsleitung leitet, welche das Frostschutz-Kühlungsmittel zum Strömen vom Kühlmittelspeicher durch einen Kühlmittelwärmetauscher durch die Kühlerplatte und zurück zum Kühlmittelspeicher leitet;
- c. einen Brennstoffzellen-Wasserkollektor in Fluidverbindung zwischen der Brennstoffzelle und dem Kühlmittelsystem, welches Wasser von der Brennstoffzelle zu dem Kühlmittelsystem leitet;
- d. Ein Wasserdampf-Transfersystem, welches in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelspeicher angeordnet ist und welches das Frostschutzkühlmittel vom Speicher aufnimmt und Wasserdampf aus dem Frostschutzkühlmittel transferiert; und
- e. ein Brennstoffzellen-Anfahr-System, welches in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelspeicher und mit der Brennstoffzelle angeordnet ist, einen Anfahr-Wärmetauscher aufweist, welcher das...



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlagen, welche geeignet sind zur Verwendung in Transportfahrzeugen, beweglichen Stromerzeugungsanlagen oder als stationäre Stromerzeugungsanlagen, und die Erfindung bezieht sich insbesondere auf eine Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage, die freies Wasser in einer oder mehreren Brennstoffzellen der Anlage minimiert und freies Wasser innerhalb der unterstützenden Systeme der Anlage eliminiert, so dass die Anlage während des Abschaltens, Anfahrens und des Betriebs in stationärem Zustand bei Umgebungstemperaturen unterhalb des Gefrierpunkts frostolerant ist.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlagen sind bekannt und werden üblicherweise verwendet, um elektrische Energie aus reduzierenden Fluid- und Prozessoxidationsmittel-Reaktantenströmungen zu erzeugen, um elektrische Einrichtungen, z.B. Einrichtungen an Bord von Raumfahrzeugen, anzutreiben. In solchen Stromerzeugungsanlagen ist typischerweise eine Vielzahl von planaren Brennstoffzellen in einem Stapel arrangiert, umgeben von einer elektrisch isolierenden Rahmenstruktur, welche Verzweigungssysteme zum Leiten der Strömung von reduzierenden, Oxidationsmittel-, Kühlmittel- und Produkt-Fluiden definiert. Jede einzelne Zelle umfasst im allgemeinen eine Anodenelektrode und eine Kathodenelektrode, welche durch einen Elektrolyten getrennt sind. Ein reduzierendes Fluid, z.B. Wasserstoff, wird zur Anodenelektrode geliefert, und ein Oxidationsmittel, z.B. Sauerstoff oder Luft, wird zur Kathodenelektrode geliefert. In einer Zelle, welche eine Protonenaustauschmembran ("PEM") als Elektrolyten verwendet, reagiert Wasserstoff elektrochemisch an einer Oberfläche der Anodenelektrode und erzeugt Wasserstoffionen und Elektronen. Die Elektronen werden durch einen externen Lastkreis geleitet und dann zur Kathodenelektrode zurückgeleitet, während die Wasserstoffionen durch den Elektrolyten zur Kathodenelektrode gelangen, wo sie mit dem Oxidationsmittel und den Elektronen reagieren zur Erzeugung von Wasser und Freisetzung von Wärmeenergie.

[0003] Obwohl sie wichtige Vorteile haben, ist bekannt, dass PEM-Zellen auch beträchtliche Einschränkungen haben, insbesondere bezogen auf den Transport von flüssigem Wasser zu, durch und von der PEM weg. Die Verwendung solcher PEM-Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlagen zum Betrieb eines Transportfahrzeugs führt zu zusätzlichen Problemen, welche mit dem Wassermanagement verbunden sind, z.B. das Verhindern von

mechanischen Schäden, wenn von der Brennstoffzelle erzeugtes Wasser und/oder jegliches Wasser-Kühlmittelfluid friert, und das rapide Schmelzen von gefrorenem Wasser während des Anfahrens, nachdem das Brennstoffzellen-angetriebene Fahrzeug bei Bedingungen unterhalb des Gefrierpunkts abgeschaltet wurde.

[0004] Dementsprechend besteht ein Bedürfnis nach einer Stromerzeugungsanlage, welche bei Bedingungen unterhalb des Gefrierpunkts abgeschaltet werden kann, welche keine mechanischen Schäden infolge des Frierens erleidet und welche schnell angefahren werden kann, ohne das Erfordernis, größere Mengen an Wasser zu schmelzen.

Beschreibung der Erfindung

[0005] Die Erfindung ist eine Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser, so dass eine oder mehrere Brennstoffzellen und unterstützende Systeme der Anlage frostolerant während des Abschaltens, Anfahrens und Betrieb in stationärem Zustand der Anlage bei Umgebungstemperaturen unterhalb des Gefrierpunkts von Wasser sind.

[0006] Die Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage umfasst mindestens eine Brennstoffzelle zum Erzeugen elektrischen Stroms aus reduzierendem Fluid- und Prozessoxidationsmittel-Reaktantenströmungen, ein Kühlmittelsystem einschließlich einer Kühlerplatte, welche in Wärmetauschverhältnis mit der Brennstoffzelle angebracht ist, das ein Frostschutz-Kühlmittel durch die Kühlungsplatte leitet, um Wärme von der Brennstoffzelle zu entfernen, durch einen Kühlmittelspeicher in Fluidverbindung mit der Kühlerplatte, welcher das Kühlmittel speichert, und eine Kühlmittel-Zirkulationsleitung leitet, welche das Frostschutz-Kühlmittel zum Strömen von Kühlmittelspeicher, durch einen Kühlmittelwärmetauscher, durch die Kühlerplatte und zurück zum Kühlmittelspeicher leitet; einen Brennstoffzellen-Wasserkollektor in Fluidverbindung zwischen der Brennstoffzelle und dem Kühlmittelspeicher, welcher überschüssiges, von der Brennstoffzelle entferntes Wasser zum Kühlmittelspeicher oder zu einem Abfluss leitet; ein Wasserdampf-Transfersystem, welches in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelakkumulator befestigt ist, welches das Frostschutz-Kühlmittel vom Akkumulator aufnimmt und Wasserdampf aus dem Frostschutz-Kühlmittel entfernt; und ein Brennstoffzellen-Anfahr-System, welches in Fluidverbindung zwischen dem Kühlmittelspeicher und der Brennstoffzelle angeordnet ist, und einen Anfahr-Wärmetauscher aufweist, welcher das Frostschutz-Kühlmittel erwärmt, ein Anfahr-Ventil und eine Anfahr-Leitung, welche zwischen dem Anfahr-Wärmetauscher und der Brennstoffzelle angebracht ist, um selektiv das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel vom Anfahr-Wär-

metauscher durch die Kühlerplatte leitet, um die Brennstoffzelle zu erwärmen. In einer alternativen Ausführungsform umfasst die Brennstoffzelle ebenfalls ein Brennstoff-Aufbereitungssystem, welches in Fluidverbindung mit dem Wasserdampf-Transfersystem verbunden ist und mit der Brennstoffzelle, welche den Wasserdampf beim Aufbereiten eines Kohlenwasserstoffbrennstoffs für die Brennstoffzelle nutzt, wobei der Anfahr-Wärmetauscher im Wärmetauscherverhältnis mit dem Brennstoff-Aufbereitungssystem verbunden ist.

[0007] Während des Betriebs und nach dem Abschalten der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage wird das meiste aus der Brennstoffzelle entfernte überschüssige Wasser nicht durch die Brennstoffzelle als ein Kühlmittel zurückgeführt, sondern wird durch den Brennstoffzellen-Wasserkollektor in den Kühlmittelspeicher geleitet, um sich mit dem Frostschutz-Kühlmittel zu mischen, oder von dem Wasserkollektor zum Ablassen in die Umgebung durch den Ablauf. Daher weisen sowohl das Kühlmittelsystem, das Wasserdampf-Transfersystem, das Brennstoffzellen-Anfahr-System als auch das Brennstoff-Aufbereitungssystem das Frostschutz-Kühlmittel auf, so dass sie kein freies Wasser haben, welches frieren könnte und die Anlage während des Betriebs und/oder Abschaltens der Anlage bei Umgebungsbedingungen, welche unterhalb des Gefrierpunkts von Wasser sind, schädigen könnte. Beim Anfahren der Anlage würde freies Wasser innerhalb poröser Komponenten der Brennstoffzelle, welches getaut werden müsste, durch das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel erwärmt, welches vom Anfahr-Wärmetauscher durch das Anfahr-Ventil und die Anfahr-Leitung und durch die Kühlerplatte geleitet wird. Außerdem wird Wasserdampf, welcher beim Anfahren der Anlage bei Bedingungen unterhalb des Gefrierpunkts benötigt wird, von flüssigem Frostschutz-Kühlmittel innerhalb des Wasserdampf-Transfersystems in das Brennstoff-Aufbereitungssystem transferiert. Folglich bietet die Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser der vorliegenden Erfindung das Anfahren, den Betrieb im stationären Zustand und das Abschalten der Anlage bei Umgebungsbedingungen unterhalb des Gefrierpunkts, wobei kein freies Wasser innerhalb des Kühlmittelsystems, des Wasserdampf-Transfersystems, des Anfahr-Systems oder des Brennstoff-Aufbereitungssystems der Anlage ist. Das durch den Wasserkollektor entfernte Wasser kann in die Umgebung geleitet werden, kann in den Kühlmittelspeicher abgeleitet werden oder kann einem Brennstoff-Aufbereitungssystem zum Aufbereiten eines Kohlenwasserstoffbrennstoffs reduzierendem von Fluid zugeführt werden, abhängig von den Anforderungen des Systems und von Umweltgesichtspunkten.

[0008] Das Frostschutz-Kühlmittel ist ein Frostschutz mit geringem Dampfdruck mit einem Partial-

druck des Frostschutzmittels über einer Lösung des Frostschutz-Kühlmittels und Wasser bei einer Betriebstemperatur der Zelle, welcher weniger als 0,005 mm Hg beträgt.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform kann die Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage ebenfalls einen Brenner umfassen, welcher einen Anodenabgasstrom, welcher aus der Brennstoffzelle kommt, aufnimmt und verbrennt, um jeglichen unverbrauchten Brennstoff aus der Brennstoffzelle zu verbrennen, und der verbrannte Anodenabgasstrom wird dann zu einer Vorrichtung mit direkter Massen- und Wärmeübertragung geleitet, welche im Massenübertragungsverhältnis mit dem Prozessoxidationsmittelstrom verbunden ist, bevor der Oxidationsmittelstrom in die Brennstoffzelle eintritt, um Wasser und Wärme vom verbrannten Anodenabgasstrom zu dem Prozessoxidationsmittelstrom zu übertragen. In einer solchen Ausführungsform kann der Anfahr-Wärmetauscher im Wärmetauscherverhältnis mit dem Brenner angeordnet sein. In einer zusätzlichen Ausführungsform kann der Brenner im Wärmetauscherverhältnis mit dem Wasserdampf-Transfersystem angeordnet sein, um den Transfer von Wasserdampf aus dem Frostschutz-Kühlmittel zu verbessern. Die Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage kann auch so betrieben werden, dass das Frostschutz-Kühlmittel bei einem Druck gehalten wird, welcher geringer ist als ein Druck der Reaktantenströmungen, um ein Zurückhalten des Frostschutzes zu unterstützen und die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass das Frostschutz-Kühlmittel Katalysatoren der Zelle vergiften könnte. In einer alternativen Ausführungsform kann die Brennstoffzelle poröse Wassertransportplatten aufweisen, welche auch als Reaktantenströmungsfelder der Brennstoffzelle dienen können. Durch die Brennstoffzelle erzeugtes Wasser kann dann durch die porösen Wassertransportplatten in und durch den Brennstoffzellen-Wasserkollektor zu einem Ablauf, zum Kühlmittelspeicher oder zu einem Brennstoff-Aufbereitungssystem geleitet werden. In einer weiteren Ausführungsform kann die Brennstoffzelle keine Wassertransportplatte haben, sondern stattdessen gelangt Brennstoffzellenwasser und jegliches Wasser innerhalb der Reaktantenströmungen als Wasserdampf und als mitgeschleppte Wassertröpfchen in den Kathoden- und Anodenabgasströmungen hinaus. In einer solchen Ausführungsform werden die Abgasströmungen durch den Brenner geleitet, um nicht verbrannten Brennstoff zu verbrennen, und die verbrannte Anlagenabgasströmung wird dann durch einen luft- oder wassergekühlten Wasserrückgewinnungs-Kondensator geleitet, und das kondensierte Wasser wird dann zum Kühlmittelspeicher geleitet.

[0010] Dementsprechend ist es ein allgemeines Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volu-

men an freiem Wasser bereitzustellen, welche die Nachteile im Stand der Technik behebt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser, ausgebildet gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0012] Fig. 2 ist eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser.

[0013] Fig. 3 ist eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser.

[0014] Fig. 4 ist eine schematische Darstellung einer vierten Ausführungsform einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser.

[0015] Fig. 5 ist eine schematische Darstellung einer fünften Ausführungsform einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser.

Beste Art(en) der Ausführung der Erfindung

[0016] Es wird detailliert auf die Zeichnungen Bezug genommen. Eine erste Ausführungsform einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser ist in Fig. 1 gezeigt und wird im allgemeinen mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet. Für die vorliegenden Zwecke versteht es sich, dass der Ausdruck "freies Wasser" Wasser beschreiben soll, welches so gut wie kein Frostschutzmittel im Wasser hat, so dass der Gefrierpunkt des "freien Wassers" nicht auf unterhalb 0°C reduziert ist. Die erste Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage 10 umfasst eine Brennstoffzelle 12. Die Brennstoffzelle 12 umfasst eine Membranelektrodenanordnung 14 (z.B. ein Anodenkatalysator und ein Kathodenkatalysator, welche auf entgegengesetzten Seiten einer Protonenaustauschmembran angeordnet sind, wie im Stand der Technik bekannt), ein Anodenströmungsfeld 16 und ein Kathodenströmungsfeld 18, welche auf entgegengesetzten Seiten der Membranelektrodenanordnung 14 definiert sind. Wie aus der Technik bekannt, kann die Brennstoffzelle 12 mit anderen im wesentlichen identischen Brennstoffzellen (nicht gezeigt) kombiniert werden, um eine Zellenstapelanordnung zu bilden, einschließlich Verzweigungssystemen, zum Leiten der Reaktantenströmungen durch den Stapel. Eine Oxidationsmittel-Versorgungslei-

tung 20 leitet einen Prozessoxidationsmittelstrom, z.B. Luft (in Fig. 1 mit "Luft" bezeichnet), durch eine Einlasskammer 22 einer Vorrichtung zur direkten Massen- und Wärmeübertragung 24 und in einen Oxidationsmitteleinlass 26, welcher wiederum den Oxidationsmittelstrom in das Kathodenströmungsfeld 18 der Brennstoffzelle 12 leitet. Eine Kathodenabgasleitung 28 leitet den Oxidationsmittelstrom als einen Kathodenabgasstrom von der Brennstoffzelle 12 in einen Brenner 30, und eine Anlagenabgasleitung 32 leitet den verbrannten Kathodenabgasstrom in eine Abgaskammer 34 der Vorrichtung mit direkter Masse und Wärmeübertragung 24 zum Hinausströmen aus der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage 10 in einem Systemabgas 36 (in Fig. 1 als "Systemabgas" bezeichnet). Die Vorrichtung zur direkten Massen- und Wärmeübertragung 24 kann von dem im US-Patent Nr. US 6 274 259 beschriebenen Typ sein, welches am 14.8.2001 Grasso et al. erteilt wurde. Ein Oxidationsmittelgebläse 38 kann auf der Oxidationsmittel-Versorgungsleitung 20 positioniert sein, um Druck der Oxidationsmittelströmung, die in die Vorrichtung zur direkten Wärme- und Massenübertragung 24 und das Kathodenströmungsfeld 18 geleitet wird, zu erhöhen. Alternativ kann das Oxidationsmittelgebläse zwischen der Vorrichtung zur direkten Massen- und Wärmeübertragung 24 und dem Oxidationsmitteleinlass 26 positioniert sein.

[0017] Ein reduzierendes Fluid, z.B. Wasserstoffgas, wird von einer Brennstoffversorgung 40 durch einen Einlass 42 für reduzierendes Fluid in das Anodenströmungsfeld 16 geleitet. Eine Anodenabgasleitung 44 leitet das aus dem Anodenströmungsfeld strömende reduzierende Fluid als einen Anodenabgasstrom in den Brenner 30, in welchem unverbrauchtes reduzierendes Fluid verbrannt wird und anschließend in die Anlagen-Abgasleitung 32 zu dem Kathodenabgasstrom als ein Anlagenabgasstrom geleitet wird und anschließend in die Vorrichtung zur direkten Massen- und Wärmeübertragung 24. Die Brennstoffzelle 12 kann auch eine Anodenwiederverwertungsleitung 46 aufweisen, die zwischen der Anodenabgasleitung 44 und dem Einlass für reduzierendes Fluid 42 angebracht ist, und kann ein Anodenwiederverwertungsgebläse 48 aufweisen, welches an der Leitung 46 angebracht ist zur selektiven Wiederverwertung eines Teils des Anodenabgasstroms zurück in das Anoden-Kathodenströmungsfeld 16. Außerdem kann die Brennstoffzelle eine Kathodenwiederverwertungsleitung 50 aufweisen, welche zwischen der Kathodenabgasleitung 28 und dem Oxidationsmitteleinlass 26 angebracht ist, mit einem Kathodenabgasgebläse 52, welches an der Leitung 50 angebracht ist, um selektiv einen Teil des Kathodenabgasstroms zurück in das Kathodenströmungsfeld 18 wiederzuverwerten.

[0018] Die erste Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage 10 mit reduziertem

Volumen an freiem Wasser kann auch ein Anodenströmungsfeld **16** einschließlich einer ersten porösen Wassertransportplatte aufweisen, die ein erstes Wasserströmungsfeld **55** definiert, und kann ebenfalls ein Kathodenströmungsfeld **18** einschließlich einer zweiten porösen Wassertransportplatte aufweisen, welche ein zweites Wasserströmungsfeld **56** definiert, wie in **Fig. 1** gezeigt. Brennstoffzellen, welche solche Wassertransportplatten aufweisen, sind in den US-Patenten 5 503 944 und 5 700 595 beschrieben. Die ersten und zweiten Wasserströmungsfelder **54**, **56** bieten ein Mittel zum Entfernen überschüssigen Wassers aus der Brennstoffzelle **10**.

[0019] Ein erster Brennstoffzellen-Wasserablass **58** leitet Wasser von dem ersten Wasserströmungsfeld **54** in einen Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60**, und ein zweiter Brennstoffzellen-Wasserablass **62** leitet Wasser von dem zweiten Wasserströmungsfeld **56** in den Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60**. Der Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60** leitet das Wasser von den Wasserströmungsfeldern **54**, **56** in einen Kühlmittelspeicher **64**, welcher sowohl das vom Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60** gelieferte Brennstoffzellenwasser als auch ein Frostschutz-Kühlmittel speichert. Ein Ablass für überschüssiges Brennstoffzellenwasser (in **Fig. 1** als "Ablass" bezeichnet) und ein Wasserablassventil **68** sind auch an dem Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60** angebracht, um selektiv überschüssiges Wasser abzulassen. Die relative Menge an in dem Kühlmittelspeicher **64** vom Wasserkollektor **60** abgelassener Wassermenge kann mit den Umgebungstemperaturbedingungen variieren. Falls die Umgebungstemperatur oberhalb des Gefrierpunkts ist, kann der gesamte Auslass vom Wasserkollektor **60** zum Wasserablass **68** geleitet und in die Umgebung abgelassen werden. Falls andererseits die Umgebungstemperatur unterhalb des Gefrierpunkts ist, kann das gesamte vom Wasserkollektor **60** abgelassene Wasser zum Kühlmittelspeicher **64** geleitet werden. Der Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60** kann ein Verzweigungssystem und/oder Leitungssystem sein, welches Brennstoffzellenwasser und/oder Wasserdampf und mitgeschleppte Wassertröpfchen sammelt, welche die Brennstoffzelle **12** verlassen und leitet das Wasser in den Kühlmittelspeicher **64**.

[0020] Es versteht sich, dass die erste Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **10** mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser Wasser von der Brennstoffzelle **12** in den Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60** und Kühlmittelspeicher **64** durch andere aus der Technik bekannte Einrichtungen als das erste und zweite Wasserströmungsfeld **54**, **56** leiten kann. Wie unten in Bezug auf eine alternative Ausführungsform beschrieben, kann das Brennstoffzellenwasser beispielsweise einfach die Brennstoffzelle in der Kathoden- und Anoden-Abgasströmung als Wasserdampf und mitgeschleppte

Wassertröpfchen verlassen und danach in einem Kondensator kondensiert werden, aus welchem das flüssige Wasser zum Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60** und Kühlmittelspeicher **64** geleitet wird. Die erste Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Wasservolumen **10** umfasst auch ein Kühlmittelsystem **70** mit dem Kühlmittelspeicher **64**, einer Kühlmittel-Zirkulationsleitung **72**, welches das mit Wasser gemischte Frostschutz-Kühlmittel vom Speicher durch eine Kühlmittelpumpe **74** durch einen Kühlmittelwärmetauscher **76**, welcher durch ein Gebläse **78** (ähnlich dem in der Technik bekannten Automobilkühler), in und durch eine abgedichtete Kühlerplatte **80**, welche in Wärme-tauschbeziehung mit der Brennstoffzelle **12** angebracht ist, und zurück in den Kühlmittelspeicher **64** leitet. Das Charakterisieren der Kühlerplatte als "abgedichtete Kühlerplatte" bedeutet, dass die Kühlerplatte **80** erlaubt, dass Frostschutz-Kühlmittel durch die Platte **80** strömt, aber die Platte **80** erlaubt nicht, dass Frostschutz-Kühlmittel von der Platte **80** in benachbarte Brennstoffzellenkomponenten, z.B. in das erste oder zweite Wasserströmungsfeld **54**, **56**, etc., fließt.

[0021] Wie in **Fig. 1** gezeigt, kann die Kühlmittel-Zirkulationsleitung **72** Unterbereiche aufweisen, z.B. eine Speicherablass-Leitung **82**, welche zwischen dem Kühlmittelspeicher und der Kühlmittelpumpe **74** angeordnet ist; eine Kühlmittelwärmetauscher-Zuführleitung **83**, welche zwischen der Kühlmittelpumpe **74** und dem Kühlmittelwärmetauscher **76** angeordnet ist; eine Kühlerplatten-Zuführleitung **84**, welche zwischen dem Kühlmittelwärmetauscher **76** und der Kühlerplatte **80** angeordnet ist; und eine Kühlerplatten-Auslassleitung **88**, welche zwischen der Kühlerplatte **80** und dem Kühlmittelspeicher **64** angeordnet ist.

[0022] Das Kühlmittelsystem **70** kann eine Drucksteuerungseinrichtung zum Steuern eines Druckes des Frostschutz-Kühlmittels aufweisen, das durch das Kühlmittelsystem **60** zirkuliert, damit der Druck geringer ist als ein Druck der Prozessoxidationsmittel- und reduzierenden Fluid-Reaktantenströme, welche durch das Anodenströmungsfeld **16** und Kathodenströmungsfeld **18** strömen, z.B. ein Kühlmittel-Drucksteuerungsventil **90**, welches an der Kühlmittel-Zirkulationsleitung **72** zwischen der Kühlmittelpumpe **74** und der Kühlerplatte **80**, z.B. auf der Kühlerplatten-Zuführleitung **84** angeordnet ist. Das Kühlmitteldruckventil **90** kann jedes in der Technik bekannte Ventil sein, welches mit der Kühlmittelpumpe **74** koordiniert werden kann, um den Strom von Frostschutz-Kühlmittel, der durch das Ventil **90** strömt, einzuschränken, um den spezifischen Druck des Frostschutz-Kühlmittels innerhalb der Kühlerplatte **80** aufrechtzuerhalten. Auf bekannte Weise kann das Kühlmittel-Druckkontrollventil **90** von Hand, automatisch oder beispielsweise elektromechanisch eingestellt

werden, abhängig von einem Referenzdruck des Prozessoxidationsmittelstroms innerhalb des Kathodenströmungsfelds **18** und/oder des reduzierenden Fluidstroms innerhalb des Anodenströmungsfelds **16**, um die Strömung durch das Ventil **90** einzuschränken, so dass die Strömung von Frostschutz-Kühlmittel, welches in die Kühlmittelpumpe **74** aus der Kühlerplatte **80** und der Kühlerplattenablass-Leitung **88** gezogen wird, bei einem niedrigeren Druck ist als der Druck des Prozessoxidationsmittel- und/oder reduzierenden Fluidstroms innerhalb des Kathodenströmungsfelds **18** bzw. des Anodenströmungsfelds **16**. Zusätzliche Drucksteuerungseinrichtungen für diese Zwecke können sämtliche bekannte Mechanismen umfassen, welche den Druck einer flüssigen Strömung auf unterhalb eines Referenzdrucks einer gasförmigen Strömung senken können, wie es im US-Patent 5 700 595 offenbart ist, welches am 23.12.1997 Reiser erteilt wurde.

[0023] Die erste Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser **10** weist auch ein Wasserdampf-Transfersystem **92** auf, welches in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelspeicher **64** angeordnet ist, welcher das Frostschutz-Kühlmittel vom Speicher **64** aufnimmt, um Wasserdampf aus dem Frostschutz-Kühlmittel heraus zu übertragen. Durch Übertragen des Wasserdampfes aus dem Frostschutz-Kühlmittel kann das Frostschutz-Kühlmittel bei einer optimalen Konzentration gehalten werden, um eine gewünschte Gefrierpunktniedrigung des Frostschutz-Kühlmittels zu erreichen. Außerdem kann der entzogene Wasserdampf andere Systeme der Stromerzeugungsanlage genutzt werden, wie unten beschrieben. Das Wasserdampf-Transfersystem **92** umfasst eine Wasserentziehungseinrichtung **94**, um dem Frostschutz-Kühlmittel Wasser zu entziehen; eine Kühlmittel-Versorgungsleitung **96**, welche zwischen dem Kühlmittelspeicher **64** und der Wasserentziehungseinrichtung **94** angeordnet ist, welche das Frostschutz-Kühlmittel zur Entziehungseinrichtung **94** leitet; eine Wasserentlüftung **98**, welche abgetrenntes Wasser aus der Wasserentziehungseinrichtung **94** leitet; und eine Kühlmittelrückführleitung **100**, welche zwischen der Wasserentziehungseinrichtung **94** und dem Kühlmittelsystem **70** angeordnet ist, sowie bei der Speicherauslassleitung **82** benachbart einer Ansaugseite der Kühlmittelpumpe **74**. Die Frostschutz-Kühlmittel-Versorgungsleitung **96** kann direkt am Kühlmittelspeicher **64** angebracht sein, oder wie in **Fig. 1** gezeigt, indirekt in Fluidverbindung mit einem Kühlmittelsystem Umlenkventil **101** verbunden sein, welches an der Kühlmittel-Zirkulationsleitung **72** angebracht ist, z.B. ein Standard-Drei-Wege-Ventil, welches selektiv einen Teil des Frostschutz-Kühlmittels zum Zirkulieren des Kühlmittelsystems **70** leitet und einen Teil des Frostschutz-Kühlmittels zum Zirkulieren durch das Wasserdampf-Transfersystem **92** leitet.

[0024] Die Wasserentfernungseinrichtung **94** kann jegliche einer Auswahl an bekannten Einrichtungen sein, die in der Lage sind, Wasser aus einer Lösung oder aus einer Mischung von Wasser und dem Frostschutz-Kühlmittel zu entfernen. Beispielsweise kann die Wasserentfernungseinrichtung **94** eine Kontaktsättigungsvorrichtung sein, z.B. ein gepacktes Bett, welches eine Luftlieferung durch eine Wasserentfernungsluftleitung **102** und ein Wasserentfernungsluftgebläse **104** aufnimmt, wie schematisch in **Fig. 1** dargestellt. Außerdem kann die Wasserentfernungseinrichtung **94** aus einem Brenner bestehen, welcher das Frostschutz-Kühlmittel direkt erhitzt, um Wasserdampf aus dem Frostschutz-Kühlmittel zu entfernen (in **Fig. 1** nicht gezeigt). Die Wasserentfernungseinrichtung **94** kann auch aus einem Brenner bestehen, welcher in direktem Wärmetauschverhältnis mit einer Kontaktsättigungsvorrichtung steht, oder die Wasserentfernungseinrichtung **4** kann einen Wärmetauscher umfassen, welcher Wärme durch ein Fluid überträgt, z.B. erwärmtes Frostschutz-Kühlmittel, an eine Kontaktsättigungseinrichtung überträgt, um das Entfernen von Wasser aus dem Frostschutz-Kühlmittel weiter zu unterstützen.

[0025] Die erste Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser **10** umfasst ebenfalls eine Anfahr-System-Einrichtung **106** zum Erwärmen des Frostschutz-Kühlmittels und zum Leiten des erwärmten Frostschutz-Kühlmittels zur Brennstoffzelle **12**.

[0026] Das Anfahr-System **106** ist in Fluidverbindung zwischen dem Kühlmittelspeicher **64** und der Brennstoffzelle **12** angebracht. Das Anfahr-System umfasst einen Anfahr-Wärmetauscher **108**, welcher in Wärmetauschverhältnis mit dem Brenner **30** zum Wärmen des Frostschutz-Kühlmittels ist; eine Frostschutz-Kühlmittel-Heizleitung **110**, verbunden zwischen dem Anfahr-Wärmetauscher **108** und dem Kühlmittelspeicher **64**, oder (wie in **Fig. 1** gezeigt) das Kühlmittelsystem-Umlenkventil **101**, welches Frostschutz-Kühlmittel zum Wärmetauscher **108** leitet; eine Anfahr-Leitung **112** in Fluidverbindung zwischen dem Anfahr-Wärmetauscher **108** und der Kühlerplatte **80**, welche das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel zum Strömen durch die Kühlerplatte **80** leitet; und ein Anfahr-Ventil **114**, angebracht an der Anfahr-Leitung **112**, welches gesteuert oder gewählt werden kann, um sämtliches oder einen Teil des erwärmten Frostschutz-Kühlmittels zum Strömen von der Anfahr-Leitung **112** durch eine erste Verlängerung **116** der Anfahr-Leitung **112** leitet, in die Kühlmittel-Zirkulationsleitung **72** des Kühlmittels **72** stromabwärts von der Kühlmittelpumpe **74**, wie in **Fig. 1** gezeigt, bei der Kühlerplatten-Zuführleitung **84**, so dass das erwärmte Frostschutzmittel durch die Kühlerplatte **80** strömen kann, um die Brennstoffzelle **12** während des Anfahr-Verfahrens zu erwärmen, nachdem

die Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **10** in Umgebungsbedingungen unterhalb des Gefrierpunkts von Wasser abgeschaltet worden ist. Für die hier vorliegenden Zwecke wird klargestellt, dass das Beschreiben des Anfahr-Ventils als "selektiv erwärmtes Frostschutzmittel vom Anfahr-Wärmetauscher durch die Kühlerplatte leitend" bedeutet, dass das Anfahr-Ventil **114** gesteuert werden kann durch manuelle, mechanische oder andere in der Technik bekannte Steuervorrichtungen, um das gesamte oder ein Teil des Frostschutz-Kühlmittels über eine erwünschte Zeitdauer zum Strömen durch die Kühlerplatte **80** zur Brennstoffzelle **12** zu leiten.

[0027] Wie aus **Fig. 1** ersichtlich, wenn das Anfahr-Ventil **114** das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel nicht in das Kühlmittelsystem **70** zum Erwärmen der Brennstoffzelle leitet, dann leitet das Anfahr-Ventil **114** (z.B. ein Standard-Drei-Wege-Ventil) das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel in das Wasserdampf-Transfersystem **92**, z.B. in die Wasserentfernungseinrichtung **94** durch die Frostschutz-Kühlmittel-Versorgungsleitung **96**. Es wird vorausgesehen, dass das Anfahr-Ventil **114** einen Teil des erwärmten Frostschutzmittelkühlmittels zu sowohl dem Kühlmittelsystem **70** als auch dem Wasserdampf-Transfersystem **92** unter bestimmten Betriebsbedingungen leiten kann. Der Anfahr-Wärmetauscher **108** kann eliminiert werden, und die erwärmte Frostschutzmittel-Lösung von der Kühlerplatte **80** kann von der Kühlerplattenauslassleitung **88** zum Kühlmittelspeicher **64**, zur Wasserentfernungseinrichtung **94** über die Kühlmittelpumpe **74**, zur Anfahr-Leitung **112** und zum Anfahr-Ventil **114** strömen.

[0028] Bei Verwendung einer ersten Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser **10** nach Strömen des erwärmten Frostschutz-Kühlmittels durch das Kühlmittelsystem **70**, um jegliches gefrorenes Wasser innerhalb der Brennstoffzelle **12** geströmt ist, leitet das Anfahr-Ventil **114** anschließend selektiv das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel zum Strömen in und durch das Wasserdampf-Transfersystem **92** während eines Betriebs im stationären Zustand der Stromerzeugungsanlage **10**, so dass ein Teil des Brennstoffzellenwassers, gemischt mit dem Frostschutz-Kühlmittel im Kühlmittelspeicher **64**, entfernt werden kann, um die Frostschutz-Kühlmittel-Konzentration auf einem erwünschten Niveau zu erhalten zum optimalen Frostschutz der Stromerzeugungsanlage **10**. Wenn sich die Umgebungsbedingungen ändern, kann überschüssiges Wasser akkumulieren und über den Wasserablass **66** aus der Anlage **10** abgelassen werden.

[0029] Das Frostschutz-Kühlmittel ist ein Frostschutzmittel mit niedrigem Dampfdruck, welches einen Partialdruck des Frostschutzmittels über der Lösung aus Frostschutz-Kühlmittel und Wasser bei ei-

ner Betriebstemperatur der Zelle hat, welcher weniger als 0,005 mm Hg ist. Ein exemplarisches Frostschutz-Kühlmittel ist gewählt aus der Gruppe, die aus einer Alkantriol-Lösung und Polyethylenglycol besteht. Ein weiteres exemplarisches Frostschutz-Kühlmittel ist gewählt aus der Gruppe, die aus Glycerin, Butantriol, Pentantriol, Polyethylenglycol und Mischungen daraus besteht.

[0030] Eine zweite Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser ist in **Fig. 2** gezeigt und wird allgemein durch das Bezugszeichen **120** bezeichnet. Aus Gründen der Einfachheit sind jene Komponenten der zweiten Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **120**, die identisch mit Komponenten der ersten Ausführungsform **10** sind, mit dem gleichen Bezugszeichen in **Fig. 2** wie in **Fig. 1** bezeichnet. Die zweite Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **120** umfasst ein Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** zum Konvertieren eines Kohlenwasserstoffbrennstoffs zu einem reduzierenden Fluidbrennstoff, welcher für eine Brennstoffzelle geeignet ist, wie beispielsweise offenbart als "fuel processing component means" im o.g. US-Patent 6 274 259, wie auch im US-Patent 6 007 931, welches am 28.12.1999 an Fuller et al. erteilt wurde. Wie aus der Technik bekannt, nimmt die Brennstoffaufbereitungseinrichtung, welche in dieser Darstellung einen autothermen Reformier umfasst, einen Kohlenwasserstoffbrennstoff, z.B. Benzin etc. aus einer Brennstoffpumpe **124** und Brennstoffzufuhrleitung **126** und deren ersten Verlängerung **127** auf, und nimmt auch eine Luftversorgung von einer Brennstoff-Aufbereitungsverlängerung **128** der Wasserentfernungs-Luftversorgungsleitung **102** auf. Das Brennstoff-Aufbereitungssystem nimmt ebenfalls Wasserdampf in Form von Dampf auf, welcher von einem zweiten Wasserdampf-Transfersystem **121** durch eine Wasserdampf-Zufuhrleitung **130** gelangt. Überschüssiger Wasserdampf kann aus dem zweiten Wasserdampf-Transfersystem **121** durch einen Wasserdampfablass **131** geleitet werden, welcher beispielsweise an der Wasserdampf-Zufuhrleitung **130** angebracht ist. Wie bekannt, bereitet das Brennstoff-Aufbereitungssystem den Kohlenwasserstoffbrennstoff durch Anwendung von Wärme (beispielsweise durch einen Reformier, Shift-Konverter und selektiven Oxidierer, wie in der Technik bekannt) und Wasserdampf auf den Brennstoff zu einem reduzierenden Fluid auf, welches dann vom Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** in dem Einlass für reduzierendes Fluid **42** geleitet wird, um zum Anodenströmungsfeld **16** der Brennstoffzelle **12** geleitet zu werden.

[0031] In der zweiten Ausführungsform **120** der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage der vorliegenden Erfindung umfasst das zweite Wasserdampf-Transfersystem **121** eine zweite Wasserent-

fernungsvorrichtung **132**, welche einen Wasserentfernungsbrenner **134** hat, welcher Luft von der Wasserentfernungsluft-Zuführleitung **102** und Gebläse **104** aufnimmt, welcher Brennstoff von der Brennstoff-zuführleitung **126** aufnimmt und welcher ebenfalls den Anodenabgasstrom, welcher aus der Brennstoffzelle **12** geleitet wird, in der Anodenabgasleitung **44** aufnehmen kann. Der verbrannte Anodenabgasstrom strömt aus dem Wasserentfernungsbrenner **134** in einer Leitung **136** für verbrannten Anodenabgasstrom zur Mischung mit dem Kathodenabgasstrom, um zum Anlagenabgasstrom in der Anlagenabgasleitung **32** zu werden. Der Wasserentfernungsbrenner **134** ist im Wärmetauschverhältnis mit einem Boiler **138** angeordnet, welcher das Frostschutz-Kühlmittel von einer zweiten Frostschutz-Kühlmittel-Versorgungsleitung **140** aufnimmt, welche in Fluidverbindung zwischen dem Boiler **138** und dem Kühlmittelspeicher **64** verbunden ist, beispielsweise durch das Kühlmittelsystem-Umlenkenventil **101**, wie in **Fig. 2** gezeigt. Ein Dampfseparator **142** ist in Fluidverbindung mit dem Boiler **138** angeordnet, er trennt den gesiedeten Wasserdampf als Dampf von dem im Boiler **138** erhitzten Frostschutz-Kühlmittel, und der Dampf wird vom Dampfseparator **142** durch die Wasserdampf-Zuführleitung **130** in das Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** geleitet, um dort das Brennstoffaufbereiten zu unterstützen.

[0032] In der zweiten Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser **120** umfasst außerdem ein zweites Anfahr-System **144** einen zweiten Anfahr-Wärmetauscher **146**, welcher im Wärmetauschverhältnis mit dem Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** angeordnet ist; eine zweite Frostschutz-Kühlmittel-Heizleitung **148**, welche in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelspeicher **64** angeordnet ist, z.B. durch den Boiler **138**, leitet das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel in ein zweites Anfahr-Ventil **150** und durch eine Verlängerung **152** der zweiten Frostschutz-Kühlmittel-Heizleitung **148** in den zweiten Anfahr-Wärmetauscher **146**; und eine zweite Anfahr-Leitung, welche mit dem zweiten Anfahr-Wärmetauscher **146** verbunden ist, leitet das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel zum Strömen in die Kühlerplatte **80**, um die Brennstoffzelle **12** während eines Anfahr-Vorgangs zu erwärmen.

[0033] Das zweite Anfahr-Ventil **150** kann selektiv sämtliches oder ein Teil des Frostschutz-Kühlmittels zum Strömen in den zweiten Anfahr-Wärmetauscher **146** leiten, oder es kann gesteuert werden, um sämtliches oder ein Teil des Frostschutz-Kühlmittels zum Strömen durch eine Kühlmittelsystem-Zuführleitung **156** zu leiten, welche zwischen dem zweiten Anfahr-Ventil und dem Kühlmittelsystem **70** angeordnet ist, beispielsweise an der Kühlmittel-Zirkulationsleitung **72** angebracht. Nachdem die Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **120** einen stationären

Betriebszustand erreicht hat, kann sämtliches Frostschutz-Kühlmittel, welches das Wasserdampf-Transfersystem **121** verlässt, zurück in das Kühlmittelsystem **70** geleitet werden. In einem derartigen Zustand der Stromerzeugungsanlage **120** wird ein erstes Ablassventil **158**, welches an der zweiten Anfahr-Leitung **154** angebracht ist, gesteuert, um jegliches Rückfließen des Frostschutz-Kühlmittels vom Kühlmittelsystem in die zweite Anfahr-Leitung **154** zu verhindern, um einen Zerfall des Frostschutz-Kühlmittels im zweiten Anfahr-Wärmetauscher **146** zu vermeiden; ein Ablassventil **160**, welches an der Anfahr-Leitung **154** zwischen dem ersten Ablassventil **158** und dem zweiten Anfahr-Wärmetauscher **146** angeordnet ist, wird gesteuert, um Luft einzulassen, um das Ablassen des Frostschutz-Kühlmittels zu unterstützen; ein zweites Ablassventil **162**, welches an einer Ablass-Leitung **164** in Fluidverbindung zwischen dem zweiten Anfahr-Wärmetauscher **146** und dem Kühlmittelspeicher **64** angebracht ist, wird gesteuert, um ein Ablassen des Frostschutz-Kühlmittels durch das zweite Ablassventil **162** zurück in das Kühlmittelsystem **70**, z.B. den Kühlmittelspeicher **64**, zu ermöglichen.

[0034] Die zweite Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser **120** erreicht eine Betriebseffizienz durch Integrieren des zweiten Anfahr-Wärmetauschers **146** des zweiten Anfahr-Systems **144** mit der beträchtlichen durch das Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** erzeugten Wärme, wie auch durch Nutzen zusätzlicher Wärme, welche durch den Wasserentfernungsbrenner **134** und den Boiler **138** im zweiten Wasserdampf-Transfersystem **121** erzeugt wird. Zusätzliche Effizienz wird erreicht durch Verbrennen des Anodenabgasstroms innerhalb des Wasserentfernungsbrenners **134** des zweiten Wasserdampf-Entfernungssystems, anstatt eine separate Verbrennungseinrichtung zu verwenden.

[0035] Eine dritte Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser ist in **Fig. 3** gezeigt und im allgemeinen durch das Bezugszeichen **170** bezeichnet. Aus Gründen der Zweckmäßigkeit werden die Komponenten der dritten Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **170**, welche mit Komponenten der ersten und zweiten Ausführungsform **10**, **120** identisch sind, mit den gleichen Bezugszeichen in **Fig. 3** wie in **Fig. 1**, **2** bezeichnet. Die dritte Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage der vorliegenden Erfindung **170** ist sehr ähnlich der zweiten Ausführungsform **120**, außer dass ein drittes Wasserdampf-Transfersystem **172** einen Kontaktsättiger **174** im Wärmetauschverhältnis mit einem zweiten Wasserentfernungsbrenner **176** als eine dritte Wasserentfernungseinrichtung **178** nutzt. Der Kontaktsättiger **174** nimmt das Frostschutz-Kühlmittel von einer

dritten Frostschutz-Kühlmittel-Versorgungsleitung **180** auf, welche in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelspeicher angeordnet ist, z.B. an dem Kühlsystem-Umlenkventil **101**. Eine Brenner-Umgehungsleitung **182**, welche an der Wasserentfernungs-Luftversorgungsleitung **102** angeordnet ist, leitet Luft zum Strömen in den Kontaktsättiger **174**, so dass vom Gebläse durchgedrückte Luft Wasserdampf aus dem Frostschutz-Kühlmittel im Kontaktsättiger **174** entfernt, und die mit Wasserdampf gesättigte Luft wird vom Kontaktsättiger **174** durch eine zweite Wasserdampfzuführleitung **182** in das Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** geleitet. Nachdem Wasser aus dem Frostschutz-Kühlmittel im Kontaktsättiger entfernt wurde, wird das Frostschutz-Kühlmittel zurück zum Kühlsystem **70** durch eine zweite Kühlmittelsystem-Zuführleitung **184** zurückgeleitet, welche zwischen dem Kontaktsättiger **174** und einer Ansaugseite der Kühlmittelpumpe **174** angebracht ist, z.B. an der Speicherauslassleitung **82**.

[0036] In der dritten Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **170** umfasst ferner ein drittes Anfahr-System **186** ein drittes Anfahr-Ventil **188**, angebracht an einer dritten Frostschutz-Kühlmittel-Heizleitung **189**, welche in Fluidverbindung zwischen dem Kühlmittelspeicher und einem dritten Anfahr-Wärmetauscher **187** verbunden ist, der im Wärmetauschverhältnis mit dem Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** ist. Wie in **Fig. 3** gezeigt, kann das dritte Anfahrventil **188** an der dritten Frostschutz-Kühlmittel-Zuführleitung **180** stromaufwärts vom Kontaktsättiger **174** angebracht sein, so dass das Ventil **188** selektiv sämtliches oder ein Teil des Frostschutz-Kühlmittels zum direkten Strömen zum dritten Anfahr-Wärmetauscher **187** für ein Anfahr-Verfahren leiten kann, oder das Ventil **188** kann sämtliches oder ein Teil des Frostschutz-Kühlmittels für den Betrieb im stationären Zustand in den Kontaktsättiger **174** leiten. Wie bei der zweiten Ausführungsform **120** erreicht die dritte Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **170** der vorliegenden Erfindung eine Betriebseffizienz durch Integrieren des dritten Anfahr-Wärmetauschers **187** mit dem Brennstoff-Aufbereitungssystem **122**, und die dritte Ausführungsform verwendet ein drittes Wasserdampf-Transfersystem **172**, welches keinen Dampf erzeugt.

[0037] Eine vierte Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser ist in **Fig. 4** gezeigt und allgemein durch das Bezugszeichen **190** bezeichnet. Aus Gründen der Zweckmäßigkeit werden jene Komponenten der vierten Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **190**, welche identisch mit den Komponenten der ersten, zweiten oder dritten Ausführungsform **10**, **120** bzw. **170** sind, mit den gleichen Bezugszeichen in **Fig. 4** wie in den **Fig. 1** bis **3** bezeichnet. Die vierte Ausführungsform

der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage der vorliegenden Erfindung **190** verwendet den Brenner **30** nur zur Verbrennung des Anodenabgasstroms wie bei der ersten Ausführungsform **10**, und der Brenner **30** leitet den verbrannten Anodenabgasstrom und den erwärmten Kathodenabgasstrom vom Brenner **30** in die Anlagenabgasleitung **32**, durch welche der Anlagenabgasstrom zur Vorrichtung für direkte Massen- und Wärmeübertragung **24** gelangt. Um daher das Frostschutz-Kühlmittel für ein Anfahr-Verfahren zu erwärmen, umfasst die vierte Ausführungsform **190** ein viertes Anfahr-System **192**, bei welchem ein vierter Anfahr-Wärmetauscher **194** im Wärmetauschverhältnis mit dem Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** integriert ist und welcher Frostschutz-direkt aus dem Kühlmittelspeicher **64** durch eine vierte Frostschutz-Kühlmittel-Heizleitung **196** aufnimmt, welche in Fluidverbindung zwischen dem vierten Anfahr-Wärmetauscher **194** und dem Kühlmittelspeicher **64** verbunden ist, z.B. beim Kühlmittelsystem-Umlenkventil **101**. In der vierten Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **190** leitet die Brennstoffpumpe **124** einen Kohlenwasserstoffbrennstoff durch eine Brennstoffaufbereitungs-Brennstoffzuführleitung **198**, um das Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** zu versorgen.

[0038] Das vierte Anfahr-System umfasst **192** umfasst ebenfalls ein viertes Anfahr-Ventil **200**, welches in Fluidverbindung zwischen dem vierten Anfahr-Wärmetauscher **194** und einem vierten Wasserdampf-Entfernungssystem **202** und der Kühlmittel-Zirkulationsleitung **72** angebracht ist. Wie in **Fig. 4** gezeigt, leitet eine vierte Anfahr-Leitung **204** das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel vom vierten Wärmetauscher **194** zum vierten Anfahr-Ventil **200**; eine Verlängerung **206** der vierten Anfahr-Leitung **204** leitet das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel vom vierten Anfahr-Ventil **200** zur Kühlmittel-Zirkulationsleitung **72** stromabwärts von dem Kühlmittelwärmetauscher **76**, z.B. bei der Kühlerplatten-Zuführleitung **84**; und eine vierte Frostschutz-Kühlmittel-Versorgungsleitung **208** leitet das Frostschutz-Kühlmittel vom vierten Anfahr-Ventil zum vierten Wasserdampf-Transfersystem **202**.

[0039] Das vierte Wasserdampf-Transfersystem **202** kann jegliche Wasserentfernungseinrichtungen aufweisen, z.B. den Kontaktsättiger **174**, welcher von dem Wasserentfernungsluftgebläse **104** durch die Wasserentfernungs-Luftzuführleitung **102** geblasene Luft aufnimmt. Die Luft entfernt Wasserdampf aus dem erwärmten Frostschutzmittel, welches durch den Kontaktsättiger **174** strömt, und die mit Wasserdampf gesättigte Luft wird durch die zweite Wasserdampf-Zuführleitung **182** in das Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** geleitet. Wie bei der dritten Ausführungsform **170** wird, nachdem die Luft Wasserdampf aus dem erwärmten Frostschutzmittel innerhalb des Kontaktsättigers **174** entfernt hat, das Frost-

schutz-Kühlmittel zurück zum Kühlmittelsystem **70** durch eine vierte Kühlmittelsystem-Zuführleitung **212** geleitet, welche zwischen dem vierten Kontaktsättiger **174** und einer Ansaugseite der Kühlmittelpumpe **174** angebracht ist, z.B. an der Speicherauslassleitung **82**.

[0040] Während eines Anfahr-Vorgangs der vierten Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **190** leitet das vierte Anfahr-Ventil selektiv sämtliches oder ein Teil des Frostschutz-Kühlmittels, welches durch den vierten Anfahr-Wärmetauscher **194** geströmt ist, zum Strömen durch die Verlängerung **206** der vierten Anfahr-Leitung **204** in die Kühlerplatten-Zuführleitung **84** und dann in die Kühlerplatte **80**, um die Brennstoffzelle **12** zu erwärmen. Nachdem die Brennstoffzelle **12** eine gewünschte Betriebstemperatur erreicht hat, leitet das vierte Anfahr-Ventil anschließend das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel zum Strömen in das vierte Wasserdampf-Transfersystem **202** zum Betrieb im stationären Zustand der vierten Ausführungsform **190** der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit reduziertem Volumen an freiem Wasser. Die vierte Ausführungsform **194** erreicht Effizienz durch Integrieren des vierten Anfahr-Wärmetauschers **194** mit dem Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** und indem es keinen Brenner in dem vierten Wasserdampf-Übertragungssystem **202** aufweist.

[0041] Eine fünfte Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an frischem Wasser ist in **Fig. 5** gezeigt und wird im allgemeinen durch das Bezugszeichen **210** bezeichnet. Aus Gründen der Zweckmäßigkeit werden jene Komponenten der fünften Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **210**, welche identisch mit Komponenten der ersten, zweiten, dritten oder vierten Ausführungsform **10**, **120**, **170** bzw. **190** sind, mit dem gleichen Bezugszeichen in **Fig. 5** wie in **Fig. 1** bis **4** gekennzeichnet. Die vierte Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage der vorliegenden Erfindung **210** umfasst ein Kühlungssystem **70**, welches das gleiche wie die Kühlungssysteme der vorher beschriebenen Ausführungsformen ist und jegliche der beschriebenen Wasserdampftransfer- und Anfahr-Systeme aufweisen kann, z.B. das vierte Wasserdampf-Transfersystem **202** und das vierte Anfahr-System **192**, wie oben beschrieben und schematisch in **Fig. 4** dargestellt. Was die fünfte Ausführungsform **210** hauptsächlich von den oben beschriebenen Ausführungsformen unterscheidet, ist, dass eine zweite Brennstoffzelle **212** gezeigt ist, bei welcher das erste und zweite Wasserströmungsfeld **54**, **56** der vorher beschriebenen Ausführungsformen nicht umfasst ist. Stattdessen umfasst die zweite Brennstoffzelle **212** eine zweite Membranelektrodenanordnung **214** mit einem zweiten Anodenströmungsfeld **216** und einem zweiten Kathodenströmungsfeld **218** auf entgegen-

gesetzten Seiten der Membranelektrodenanordnung **214**. Das zweite Anodenströmungsfeld **216** nimmt einen Brennstoff aus reduzierendem Fluid vom Einlass **42** für reduzierendes Fluid auf und leitet diesen zum Strömen benachbart zur zweiten Membranelektrodenanordnung **214**, und das zweite Kathodenströmungsfeld **218** nimmt den Prozessoxidationsmittelstrom vom Oxidationsmitteleinlass **26** auf und leitet ihn zum Strömen benachbart zur zweiten Membranelektrodenanordnung **214**. Der Anodenabgasstrom strömt dann vom zweiten Anodenströmungsfeld **216** durch die Anodenabgasleitung **44** in den Brenner **30**, während der Kathodenabgasstrom vom zweiten Kathodenströmungsfeld **218** durch die Kathodenabgasleitung **28** in den Brenner **30** strömt. In dieser fünften Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **210** verlassen der verbrannte Anodenabgasstrom und der erwärmte Kathodenabgasstrom den Brenner **30** als Anlagenabgasstrom in einer zweiten Anlagenabgasleitung **220**, welche den Anlagenabgasstrom in eine Wasserkondensationsvorrichtung **224** zum Kondensieren und Entfernen des Wassers aus dem Anlagenabgasstrom, z.B. mit bekannten luft- oder flüssigkeitsgefüllten Kondensatoren und Schwerkraft-Sammlern, wie in der Technik bekannt. Eine entfernte Ablassleitung **224** für entferntes Wasser leitet kondensiertes Wasser aus dem Wasserkondensator **222** in den Brennstoffzellen-Wasserkollektor **60**, und der Kollektor **60** leitet das entfernte Brennstoffzellenwasser in den Kühlmittelspeicher **64**. Da der Wasserkondensator **222** Wasser aus dem Anlagenabgasstrom entfernt, wäre die Vorrichtung zur direkten Massen- und Wärmeübertragung **24** der ersten, zweiten, dritten und vierten Ausführungsformen **10**, **120**, **170**, **190** in den meisten Betriebsumgebungen erforderlich, aber könnte in der fünften Ausführungsform **210** für ein bestimmtes Betriebserfordernis der Anlage **210** umfasst sein. Ein zweites Systemabgas **226** leitet die Pflanzenabgasströmung vom Wasserkondensator **222**.

[0042] Die fünfte Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser **210** erreicht die Effizienz der vorliegenden Erfindung für Brennstoffzellen, welche nicht eine oder mehrere poröse Wasserströmungsfelder innerhalb der Zellen verwenden. Weil die zweite Brennstoffzelle **212** keine porösen Wasserströmungsfelder **54**, **56** benachbart zum zweiten Anoden- bzw. Kathodenströmungsfeld **216**, **218** hat, entströmt Wasser, welches während des Betriebs der zweiten Brennstoffzelle **212** erzeugt wird, und sämtliches Wasser innerhalb der Prozessoxidationsmittel- und reduzierendes Fluid-Reaktantenstroms aus dem zweiten Anodenströmungsfeld **216** und aus dem zweiten Kathodenströmungsfeld **218** als Wasserdampf bzw. mitgeschleppte Flüssigkeitströpfchen, welche kondensiert bzw. vom Anlagenabgasstrom innerhalb des Wasserkondensators **22** getrennt werden. Der Betrieb sämtlicher beschriebener An-

fahr-Wasserdampftransfer- und Kühlungssysteme, z.B. des vierten Anfahr-Systems **192**, des vierten Wasserdampf-Transfersystems **202** und des Kühlungssystems **70** funktionieren in der fünften Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser **210**.

[0043] Während die Anlage abgeschaltet ist, enthalten das Kühlungssystem **70**, das Anfahr-System **192**, das Wasserdampf-Transfersystem **202** und das Brennstoff-Aufbereitungssystem **122** kein freies Wasser, welches bei Umgebungsbedingungen unterhalb des Gefrierpunkts von Wasser einfrieren könnte. Wie oben in Bezug auf die vierte Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **190** beschrieben, verwendet die fünfte Ausführungsform **210** den vierten Anfahr-Wärmetauscher **194** und das vierte Anfahr-Ventil **200**, um erwärmtes Frostschutz-Kühlmittel in und durch die abgedichtete Kühlerplatte **80** während eines Anfahr-Vorgangs zu leiten, bis die zweite Brennstoffzelle **212** eine erwünschte Temperatur erreicht hat. Dann wird das vierte Anfahr-Ventil **200** gesteuert, um erwärmtes Frostschutzkühlmittel vom vierten Anfahr-Wärmetauscher **194** zu dem vierten Wasserdampf-Transfersystem **202** während des Betriebs im stationären Zustand der fünften Ausführungsform der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **212** zu leiten.

[0044] Während des Betriebs im stationären Zustand kann der Wasserkollektor auch direkt in das Brennstoff-Aufbereitungssystem **121** ableiten, wie bekannt. Alternativ kann der Wasserkollektor zu einer Brennstoffaufbereitungs-Zufuhrwasserpumpe (nicht gezeigt) ableiten, welche Wasser für das Brennstoff-Aufbereitungssystem zuführt, wie bekannt, womit die Wasserdampf-Transfersysteme **121**, **172** und **202** umgangen werden. Die Brennstoffaufbereitungs-Zufuhrwasserpumpe kann auch so konfiguriert sein, dass sie beim Abschalten in den Kühlmittelspeicher **64** abläuft.

[0045] Während die vorliegende Erfindung in Bezug auf die o.g. fünf Ausführungsformen der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser **10**, **120**, **170**, **190**, **210** beschrieben und dargestellt wurde, versteht es sich, dass die Erfindung sich nicht auf die beschriebenen und dargestellten Ausführungsformen beschränkt. Beispielsweise sind die fünf Ausführungsformen der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage **10**, **120**, **170**, **190**, **210** oben hauptsächlich in Bezug auf Brennstoffzellen **12**, **212** mit einer Protonenaustauschmembran ("PEM")-Elektrolytenanordnung **14**, **214** beschrieben. Die Ausführungsformen der Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser **10** kann sich jedoch auch auf eine Brennstoffzelle mit anderen Elektrolyten beziehen.

[0046] Die Erfindung reduziert das Volumen an freiem Wasser in einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage, so dass unterstützende Systeme der Anlage frosttolerant sind. Die Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage (**10**) umfasst ein Kühlsystem (**70**) mit einer abgedichteten Kühlerplatte, welches ein Frostschutz-Kühlmittel im Wärmtausch mit einer Brennstoffzelle zirkuliert und Brennstoffzellenwasser sammelt; ein Wasserdampf-Transfersystem (**92**), welches Wasserdampf vom Frostschutz-Kühlmittel entfernt, um die Frostschutzkonzentration zu steuern; und ein Anfahr-System (**106**) mit einem Anfahr-Wärmetauscher (**108**) und einem Anfahr-Ventil (**114**), welches selektiv erwärmtes Frostschutz-Kühlmittel in die Kühlerplatte (**80**) für ein Anfahr-Verfahren leitet. Die Anlage kann auch ein Brennstoff-Aufbereitungssystem umfassen, welches den entfernten Wasserdampf nutzt und im Wärmtauschverhältnis mit dem Anfahr-Wärmetauscher ist. Das Frostschutz-Kühlmittel ist eine Lösung mit niedrigem Dampfdruck, z.B. ein Alkantriol oder Polyethylenglycol.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser, aufweisend:
 - a. mindestens eine Brennstoffzelle zum Erzeugen von elektrischem Strom aus Reaktantenströmen von reduzierendem Fluid und Prozessoxidationsmittel;
 - b. ein Kühlmittelsystem einschließlich einer abgedichteten Kühlerplatte, die im Wärmetauschverhältnis mit der Brennstoffzelle angeordnet ist, welches ein Frostschutz-Kühlmittel durch die Kühlerplatte, ein Kühlmittelspeicher in Fluidverbindung mit der Kühlerplatte, welcher das Frostschutzkühlmittel speichert, und eine Kühlmittel-Zirkulationsleitung leitet, welche das Frostschutz-Kühlungsmittel zum Strömen vom Kühlmittelspeicher durch einen Kühlmittelwärmetauscher durch die Kühlerplatte und zurück zum Kühlmittelspeicher leitet;
 - c. einen Brennstoffzellen-Wasserkollektor in Fluidverbindung zwischen der Brennstoffzelle und dem Kühlmittelsystem, welches Wasser von der Brennstoffzelle zu dem Kühlungssystem leitet;
 - d. Ein Wasserdampf-Transfersystem, welches in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelspeicher angeordnet ist und welches das Frostschutzkühlmittel vom Speicher aufnimmt und Wasserdampf aus dem Frostschutzkühlmittel transferiert; und
 - e. ein Brennstoffzellen-Anfahr-System, welches in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelspeicher und mit der Brennstoffzelle angeordnet ist, einen Anfahr-Wärmetauscher aufweist, welcher das Frostschutzkühlmittel erwärmt, wobei das erwärmte Frostschutzkühlmittel selektiv vom Anfahr-Wärmetauscher durch die abgedichtete Kühlerplatte zum Er-

wärmen der Brennstoffzelle geleitet wird.

2. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welcher der Anfahr-Wärmetauscher im Wärmetauschverhältnis mit einem Brenner angeordnet ist, der einen von der Brennstoffzelle in einer Anodenabgasleitung zum Brenner geleiteten Anodenabgasstrom aufnimmt und verbrennt.

3. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 2, bei welcher das erwärmte Frostschutzkühlmittel in Fluidverbindung mit dem Wasserdampf-Transfersystem ist.

4. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, ferner aufweisend ein Brennstoff-Aufbereitungssystem zum Aufbereiten eines Kohlenwasserstoffbrennstoffs zu reduzierendem Fluid, bei welcher das Brennstoff-Aufbereitungssystem in Fluidverbindung mit dem Wasserdampf-Transfersystem angeordnet ist und den aus dem Frostschutzkühlmittel transferierten Wasserdampf aufnimmt.

5. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welchem die Brennstoffzelle mindestens eine Wassertransportplatte umfasst, die in Fluidverbindung mit dem Brennstoffzellen-Wasserkollektor angeordnet ist, so dass von der Brennstoffzelle entferntes Wasser durch die Wassertransportplatte in den Brennstoffzellen-Wasserkollektor geleitet wird.

6. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, ferner aufweisend eine Drucksteuerungseinrichtung zum Steuern eines Drucks des Frostschutzkühlmittels in der abgedichteten Kühlerplatte, so dass der Druck des durch die abgedichtete Kühlerplatte strömenden Frostschutzkühlmittels geringer ist als ein Druck des Stroms von reduzierendem Fluid und des Stroms von Prozessoxidationsmittel, welches durch die Brennstoffzelle strömt.

7. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welchem das Wasserdampf-Transfersystem einen Wasserentfernungsbrenner aufweist, welcher im Wärmetauschverhältnis mit einem Boiler angeordnet ist, der in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelsystem angeordnet ist, und einen Dampfseparator aufweist, welcher in Fluidverbindung mit dem Boiler zum Abtrennen des Wasserdampfes als Dampf und zum Entfernen des Wasserdampfes vom Wasserdampf-Transfersystem.

8. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach

Anspruch 7, bei welchem eine Anodenabgasleitung eine Anodenabgasströmung zum Wasserentfernungsbrenner führt.

9. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welchem das Wasserdampf-Transfersystem einen Kontaktsättiger aufweist, welcher in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelsystem angeordnet ist und welcher das Frostschutzkühlmittel aufnimmt und welcher Luft aufnimmt, so dass die Luft Wasserdampf aus dem Frostschutzkühlmittel entfernt.

10. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 9, bei welchem ein Wasserentfernungsbrenner in Fluidverbindung mit dem Kontaktsättiger ist und bei welchem eine Anodenabgasleitung eine Anodenabgasströmung zum Wasserentfernungsbrenner führt.

11. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welcher das Frost-Kühlmittel gewählt ist aus der Gruppe, die aus einer Alkantriol-Lösung, Polyethylenglycol und Mischungen daraus besteht.

12. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welcher das Frostschutz-Kühlmittel gewählt ist aus der Gruppe, die aus Glycerin, Butantriol, Pentantriol, Polyethylenglycol und Mischungen daraus besteht.

13. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welcher ein Brenner in Fluidverbindung mit einer die Brennstoffzelle verlassender Anodenabgasströmung ist und bei welcher eine Wasserkondensatoreinrichtung zum Kondensieren und Entfernen von Wasser in Fluidverbindung mit dem Brenner angeordnet ist und eine den Brenner verlassende verbrannte Anodenabgasströmung aufnimmt und eine die Brennstoffzelle verlassende Kathodenabgasströmung aufnimmt, und bei welcher eine entfernte Wasserablassleitung, die in Fluidverbindung mit der Wasserkondensatoreinrichtung und dem Kühlungssystem verbunden ist, Wasser vom Kondensator zum Kühlungssystem leitet.

14. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welchem ein Brenner in Fluidverbindung mit einer die Brennstoffzelle verlassenden Anodenabgasströmung angeordnet ist und bei welcher eine Vorrichtung mit direkter Massen- und Wärmeübertragung in Fluidverbindung mit dem Brenner ist und eine den Brenner verlassende verbrannte Anodenabgasströmung aufnimmt und eine

die Brennstoffzelle verlassende Kathodenabgasströmung aufnimmt und eine in einen Oxidationsmittelkanal in die Brennstoffzelle eintretende Prozessoxidationsmittelströmung aufnimmt, so dass die Vorrichtung zur direkten Massen- und Wärmeübertragung Masse und Wärme von der verbrannten Anodenabgasströmung und der Kathodenabgasströmung in die Prozessoxidationsmittelströmung überträgt, welche in die Brennstoffzelle eintritt.

15. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 1, bei welcher das Brennstoffzellen-Anfahr-System ein Anfahr-Ventil aufweist, welches in Fluidverbindung mit dem Wasserdampf-Transfersystem und mit einer Anfahr-Leitung, die in Fluidverbindung zwischen dem Anfahr-Wärmetauscher und dem Kühlmittelsystem verbunden ist, verbunden ist, so dass das Anfahr-Ventil selektiv das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel von dem Anfahr-Wärmetauscher durch die abgedichtete Kühlerplatte leitet, um die Brennstoffzelle zu erwärmen.

16. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser, aufweisend:

- a. mindestens eine Brennstoffzelle zum Erzeugen von elektrischem Strom aus Reaktantenströmungen von reduzierendem Fluid und Prozessoxidationsmittel;
- b. ein Kühlsystem, aufweisend eine abgedichtete Kühlerplatte, welche im Wärmetauschverhältnis mit der Brennstoffzelle angeordnet ist, das ein Frostschutz-Kühlmittel durch die Kühlerplatte, einen Kühlmittelspeicher in Fluidverbindung mit der Kühlerplatte und eine Kühlmittel-Zirkulationsleitung leitet, welche das Frostschutz-Kühlmittel zum Strömen vom Kühlmittelspeicher durch einen Kühlmittelwärmetauscher durch die Kühlerplatte und zurück zum Kühlmittelspeicher leitet;
- c. ein Brennstoffzellen-Wasserkollektor in Fluidverbindung zwischen der Brennstoffzelle und dem Kühlsystem, welcher etwas Wasser von der Brennstoffzelle zum Kühlsystem leitet;
- d. ein Wasserdampf-Transfersystem, welches in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelspeicher angeordnet ist und welches das Frostschutz-Kühlmittel von dem Speicher aufnimmt und Wasserdampf aus dem Frostschutz-Kühlmittel transferiert;
- e. ein Brennstoff-Aufbereitungssystem zum Aufbereiten eines Kohlenwasserstoffbrennstoffs zu dem reduzierenden Fluid, bei welchem das Brennstoff-Aufbereitungssystem in Fluidverbindung mit dem Brennstoffzellen-Wasserkollektor und mit dem Wasserdampf-Transfersystem angeordnet ist und aus dem Frostschutz-Kühlmittel transferierten Wasserdampf aufnimmt; und
- f. ein Brennstoffzellen-Anfahr-System, das in Fluidverbindung mit dem Kühlmittelsystem und mit der Brennstoffzelle angeordnet ist, welches einen An-

fahr-Wärmetauscher aufweist, der das Frostschutz-Kühlmittel erwärmt, bei welchem das erwärmte Frostschutz-Kühlmittel vom Anfahr-Wärmetauscher selektiv durch das Kühlsystem geleitet wird, um die Brennstoffzelle zu erwärmen.

17. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 16, bei welcher das Wasserdampf-Transfersystem einen Kontaktsättiger aufweist, welcher Luft aufnimmt, so dass die Luft Wasserdampf aus dem Frostschutz-Kühlmittel aufnimmt.

18. Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 16, bei welchem das Frostschutz-Kühlmittel gewählt ist aus der Gruppe, die aus Glycerin, Butantriol, Pentantriol, Polyethylenglycol und Mischungen daraus besteht.

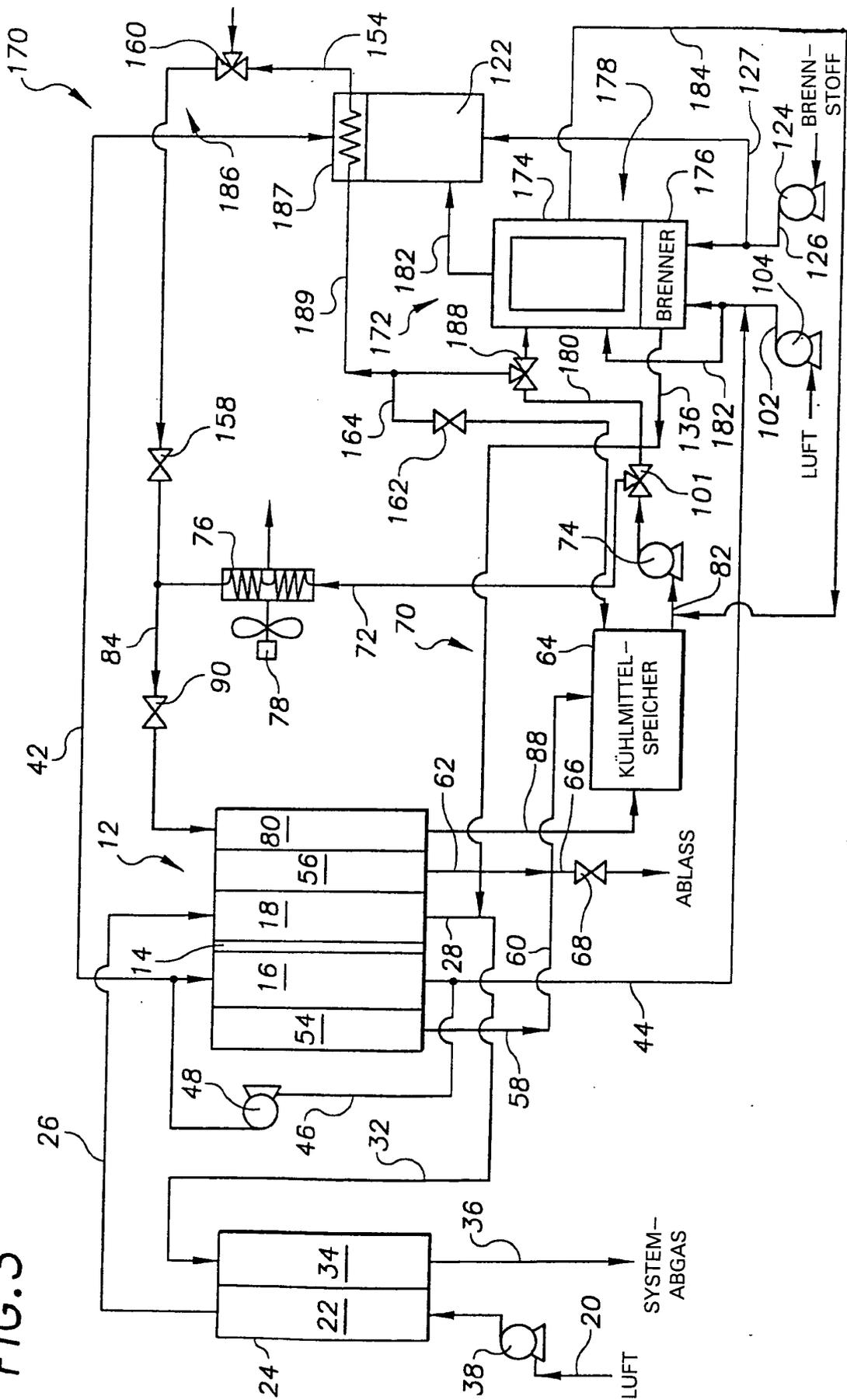
19. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser, aufweisend die folgenden Schritte:

- a. Zirkulieren-lassen eines Frostschutz-Kühlmittels von einem Kühlmittelspeicher durch einen Kühlmittelwärmetauscher durch eine abgedichtete Kühlerplatte, welche im Wärmetauschverhältnis mit einer Brennstoffzelle der Stromerzeugungsanlage angeordnet ist, und zurück in den Kühlmittelspeicher;
- b. Leiten von durch die Brennstoffzelle erzeugtes und hindurch strömendes Wasser in den Kühlmittelspeicher;
- c. Zirkulieren-lassen eines Teils des Frostschutz-Kühlmittels von dem Kühlmittelspeicher durch ein Wasserdampf-Entfernungssystem, so dass Wasserdampf von dem Frostschutz-Kühlmittel entfernt wird, und dann Zirkulieren-lassen des Frostschutz-Kühlmittels zurück zum Kühlsystem; und
- d. Erwärmen eines Teils des Frostschutz-Kühlmittels in einem Anfahr-Wärmetauscher und selektives Leiten des wärmenden Frostschutz-Kühlmittels zum Strömen durch die abgedichtete Kühlerplatte, um die Brennstoffzelle zu erwärmen.

20. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 19, aufweisend die weiteren Schritte des Leitens des von dem Frostschutz-Kühlmittel entfernten Wasser in ein Brennstoff-Aufbereitungssystem, um das Aufbereiten eines Kohlenwasserstoffbrennstoffs zu einem reduzierenden Fluid für die Brennstoffzelle zu unterstützen.

21. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellen-Stromerzeugungsanlage mit einem reduzierten Volumen an freiem Wasser nach Anspruch 20, aufweisend den weiteren Schritt des Leitens von Wasser von dem Brennstoffzellen-Wasserkollektor zum

FIG. 3



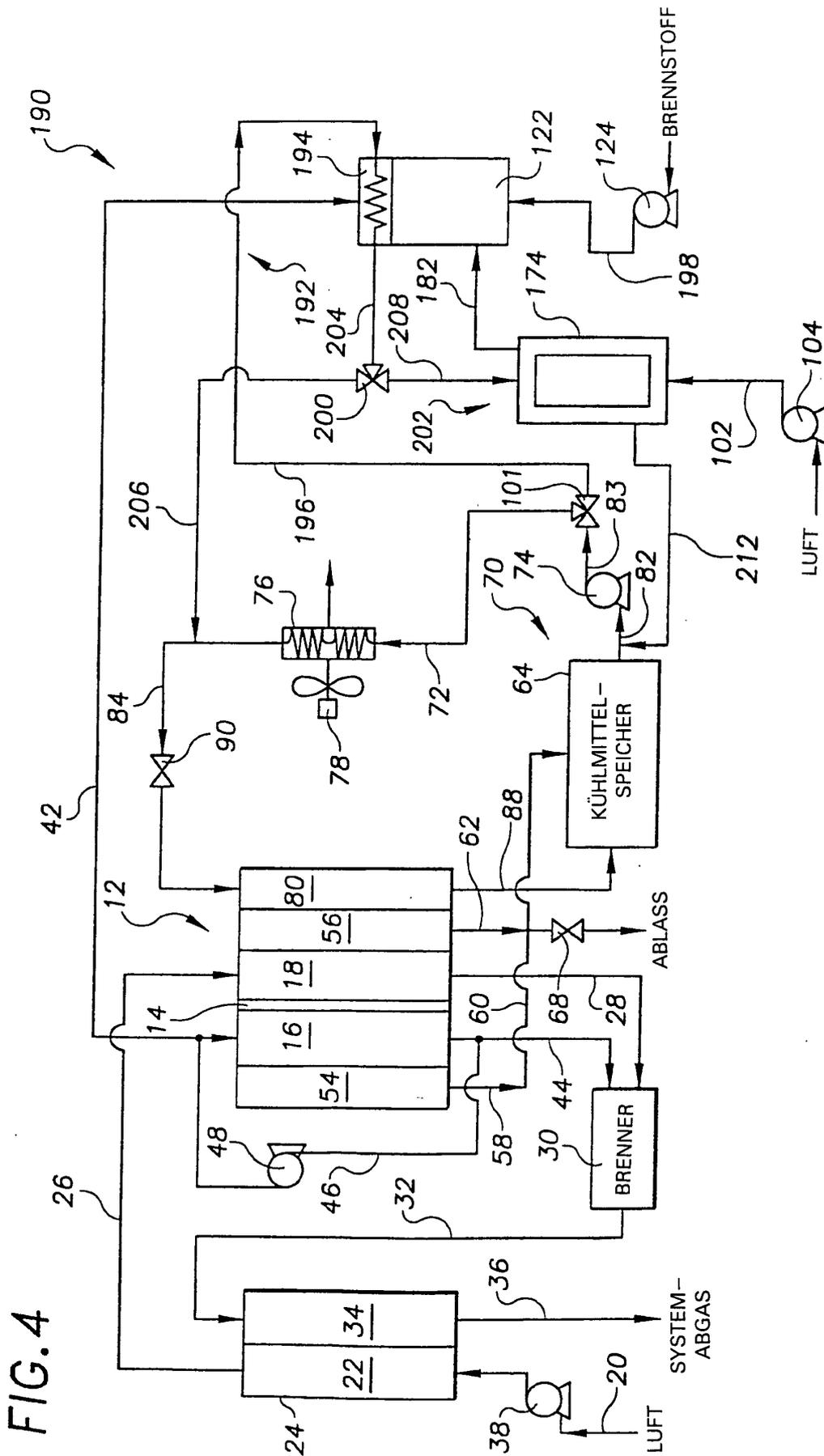


FIG. 4

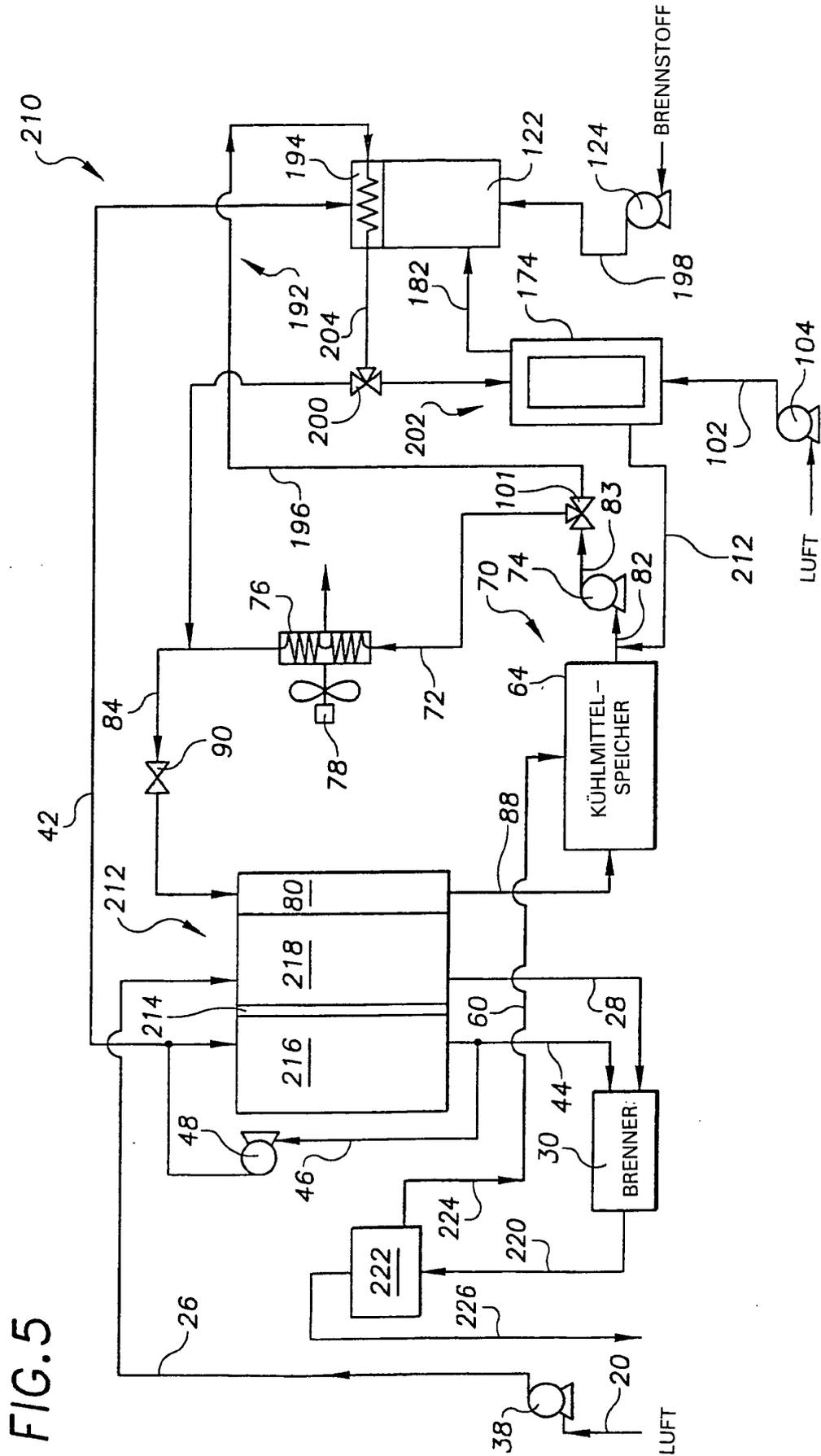


FIG. 5