

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21)	Anmeldenummer:	A 50664/2023	(51)	Int. Cl.:	H01M 8/12	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	22.08.2023			C25B 1/23	(2021.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.03.2025			C25B 15/08	(2006.01)
					C10G 2/00	(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2022031726 A2
US 2014272734 A1
EP 3415661 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

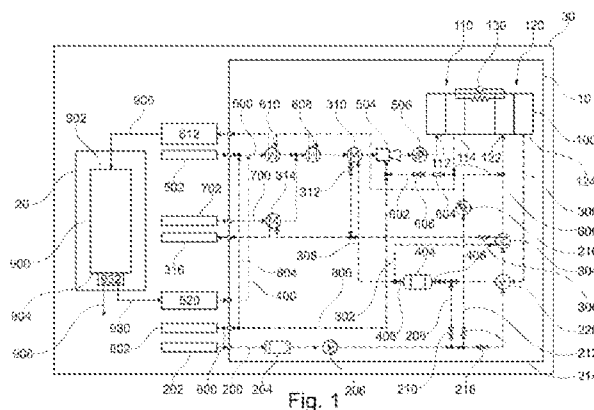
(72) Erfinder:
Erharter Lukas BSc
8020 Graz (AT)
Tandl Manuel Dipl.-Ing.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.techn.
8020 Graz (AT)

(54) **Brennstoffzellensystem für ein Erzeugen eines Synthesegases**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (10), aufweisend:

- einen Brennstoffzellenstapel (100) mit einem Kathodenabschnitt (110), welcher einen Kathodenzuführabschnitt (112) und einen Kathodenabführabschnitt (114) aufweist, und einem Anodenabschnitt (120), welcher einen Anodenzuführabschnitt (122) und einen Anodenabführabschnitt (124) aufweist,
- einen mittels einer Anodenzuführverbindung (200) fluidtechnisch mit dem Anodenzuführabschnitt (112) gekoppelten Anodengasanschluss (202) zum Zuführen von Anodengas zum Anodenabschnitt (120),
- einen mittels einer Anodenabführverbindung (300) fluidtechnisch mit dem Anodenabführabschnitt (124) gekoppelten Anodenabführanschluss (316) zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel (20) erzeugten Anodenabgasen,
- einen mittels einer Kathodenzuführverbindung (500n) fluidtechnisch mit dem Kathodenzuführabschnitt (112) gekoppelten Kathodenzuführanschluss (502) zum Zuführen von Kathodengas zum Kathodenabschnitt (110), und
- einen mittels einer Kathodenabführverbindung (600) fluidtechnisch mit dem Kathodenabführabschnitt (114) gekoppelten Kathodenabführanschluss (612) zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel (20) erzeugtem Synthesegas.



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (10), aufweisend:

- einen Brennstoffzellenstapel (100) mit einem Kathodenabschnitt (110), welcher einen Kathodenzuführabschnitt (112) und einen Kathodenabführabschnitt (114) aufweist, und einem Anodenabschnitt (120), welcher einen Anodenzuführabschnitt (122) und einen Anodenabführabschnitt (124) aufweist,
- einen mittels einer Anodenzuführverbindung (200) fluidtechnisch mit dem Anodenzuführabschnitt (112) gekoppelten Anodengasanschluss (202) zum Zuführen von Anodengas zum Anodenabschnitt (120),
- einen mittels einer Anodenabführverbindung (300) fluidtechnisch mit dem Anodenabführabschnitt (124) gekoppelten Anodenabführanschluss (316) zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel (20) erzeugten Anodenabgasen,
- einen mittels einer Kathodenzuführverbindung (500n) fluidtechnisch mit dem Kathodenzuführabschnitt (112) gekoppelten Kathodenzuführanschluss (502) zum Zuführen von Kathodengas zum Kathodenabschnitt (110), und
- einen mittels einer Kathodenabführverbindung (600) fluidtechnisch mit dem Kathodenabführabschnitt (114) gekoppelten Kathodenabführanschluss (612) zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel (20) erzeugtem Synthesegas.

Fig. 1

Brennstoffzellensystem für ein Erzeugen eines Synthesegases

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, eine Brennstoffzellenanlage und ein Verfahren zum Erzeugen von Synthesegas mittels eines Brennstoffzellensystems.

Eine Möglichkeit zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffvorkommen und zur Reduzierung von CO₂-Emissionen ist die Substitution von Rohöl durch aus Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) hergestellte synthetische Kohlenwasserstoffe. Unter Zuführung von elektrischem Strom kann dabei durch Hochtemperatur-elektrolyse (kurz SOE für Engl. "Solid Oxide Electrolysis") ein Synthesegas erzeugt werden, welches Wasserstoff (H₂) und Kohlenstoffmonoxid (CO) beinhaltet. In einem sich anschließenden Syntheseprozess werden aus dem Synthesegas die synthetischen Kohlenwasserstoffe erhalten.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Effizienz bei der vorstehend beschriebenen Hochtemperaturelektrolyse in kostengünstiger und einfacher Weise zu steigern.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Brennstoffzellenanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 9 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage sowie dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bzgl. der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird oder werden kann.

Erfindungsgemäß ist ein Brennstoffzellensystem vorgesehen. Das Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel mit einem Kathodenabschnitt, welcher einen Kathodenzuführabschnitt und einen Kathodenabführabschnitt aufweist, und einem Anodenabschnitt, welcher einen Anodenzuführabschnitt und einen Anodenabführabschnitt aufweist, auf. Ferner weist das Brennstoffzellensystem einen mittels

einer Anodenzuführverbindung fluidtechnisch mit dem Anodenzuführabschnitt gekoppelten Anodengasanschluss zum Zuführen von Anodengas zum Anodenabschnitt auf. Außerdem weist das Brennstoffzellensystem einen mittels einer Anodenabführverbindung fluidtechnisch mit dem Anodenabführabschnitt gekoppelten Anodenabführanschluss zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel erzeugten Anodenabgasen auf. Weiterhin weist das Brennstoffzellensystem einen mittels einer Kathodenzuführverbindung fluidtechnisch mit dem Kathodenzuführabschnitt gekoppelten Kathodenzuführanschluss zum Zuführen von Kathodengas zum Kathodenabschnitt auf. Darüber hinaus weist das Brennstoffzellensystem einen mittels einer Kathodenabführverbindung fluidtechnisch mit dem Kathodenabführabschnitt gekoppelten Kathodenabführanschluss zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel erzeugtem Synthesegas auf. Das Brennstoffzellensystem weist außerdem einen Rückführgasanschluss zum Bereitstellen von Rückführgas, welches bei einer Synthese des von dem Brennstoffzellenstapel erzeugten Synthesegases in einem nachfolgenden Syntheseprozess als Nebenprodukt entsteht, wobei der Rückführgasanschluss mit der Kathodenzuführverbindung fluidkommunizierend verbunden ist.

Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird der Einfachheit halber von einem Brennstoffzellenstapel gesprochen. Damit ist zumindest ein Brennstoffzellenstapel gemeint. Denn selbstverständlich kann vorgesehen sein, dass mehrere Brennstoffzellenstapel in dem Brennstoffzellensystem vorgesehen sind, die in beliebiger Weise miteinander verschaltet sein können, z.B. in Reihe oder parallel miteinander verschaltet sein können. Dabei ist dann jeder Kathodenabschnitt und jeder Anodenabschnitt jedes Brennstoffzellenstapels in der hierin beschriebenen Art und Weise fluidtechnisch mit den hierin erwähnten Anschlüssen gekoppelt.

Der Brennstoffzellenstapel kann ganz besonders ein Festoxid-Brennstoffzellenstapel sein. Damit kann das Brennstoffzellensystem insbesondere ein Festoxid-Brennstoffzellensystem oder Festoxid-Elektrolyseurzellensystem (auch SOFC-System für engl. „Solid Oxide Fuel Cell System“) sein. Der Brennstoffzellenstapel in dem Brennstoffzellensystem ist im reversen Modus betreibbar, um die Elektrolyse von Wasser (H_2O) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) zu erreichen. Durch die Elektrolyten in dem Brennstoffzellenstapel können so Wasserstoffgas (H_2), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Sauerstoff (O_2) produziert werden. Vorteilhaft ist dabei, wenn der Brennstoffzellenstapel zum Erzeugen des Synthesegases mit einer Stromversorgungsquelle zur Bereitstellung von Strom aus einer erneuerbaren Energiequelle verbunden ist.

Mit einer solchen Stromversorgungsquelle, die aus erneuerbaren Energiequellen gespeist wird, lässt sich der Hochtemperaturelektrolysebetrieb ökologisch nachhaltig gestalten.

Für die vorstehend beschriebene Reaktion wird dem Anodenabschnitt durch die Anodenzuführverbindung Anodengas, insbesondere Luft, ganz besonders Frischluft, oder Sauerstoff, zugeführt. Mittels der Kathodenzuführverbindung wird dem Kathodenabschnitt Kathodengas, insbesondere Kohlenstoffdioxid, zugeführt. Der Kathodenzuführanschluss kann dabei mit unterschiedlichen Kohlenstoffdioxid-Quellen verbunden sein. Möglich ist beispielsweise das Entnehmen von Kohlenstoffdioxid aus der Luft, aus Biogas-Prozessen, aus Industrieabgasen usw. Wasser kann dem Kathodenzuführabschnitt über einen ersten Zusatzzuführanschluss zum Zuführen von Wasser zugeführt werden. Dazu kann der erste Zusatzzuführanschluss, der mittels einer ersten Zusatzzuführverbindung mit der Kathodenzuführverbindung oder dem Kathodenzuführabschnitt fluidtechnisch gekoppelt sein kann, dem Kathodenzuführabschnitt Wasser, vorzugsweise in Form von Wasserdampf, zuführen. Alternativ oder zusätzlich kann das Wasser in dem Brennstoffzellensystem zu Wasserdampf verdampft werden. Der Wasserdampf kann als Teil des Kathodengases angesehen werden, weil es dem Kathodenzuführabschnitt zugeführt wird. Auch ein eventuelles Schutzgas, das der Kathodenzuführverbindung zugeführt wird, kann als Teil des Kathodengases angesehen werden, weil es dem Kathodenzuführabschnitt zugeführt wird.

Vom Anodenabführabschnitt werden die Anodenabgase mittels der Anodenabführverbindung zum Anodenabführanschluss abgeführt. Die in der Anodenabführverbindung abgeführten Anodenabgase umfassen insbesondere von dem Brennstoffzellensystem abgeführte Abluft oder abgeführten Sauerstoff, ganz besonders mit Sauerstoff angereicherte Luft, sowie hinter dem Katalysator Katalysator-Abgase, also Verbrennungsprodukte einer katalytischen Verbrennung. Vom Anodenabführanschluss aus können diese beispielsweise in die Umgebung freigesetzt werden.

Vom Kathodenabführabschnitt wird das erzeugte Kathodenabgas, welches Synthesegas ist, welches insbesondere hauptsächlich Wasserstoffgas und Kohlenstoffmonoxid enthält, zum Kathodenabführanschluss zugeführt. Dieser kann mit einem entsprechenden Synthesystem mit einer Syntheseanlage verbunden sein, um dort das synthetische Gas zur Herstellung der synthetische Kohlenwasserstoffe bereitzu-

stellen. Bei diesem Syntheseprozess kann typischerweise nicht das gesamte Synthesegas umgesetzt werden und/oder es entstehen kurzkettige Kohlenwasserstoffe, die abgeschieden werden.

Ein Teil der entstehenden Kohlenwasserstoffe ist für deren nachfolgende gewünschte Nutzung ungeeignet, da die Ketten zum Beispiel zu kurz sind. Der im Sinne der späteren Nutzung unbrauchbare Teil der Kohlenwasserstoffe weist jedoch einen chemisch gespeicherten Energieanteil auf und kann als Kohlenstoffdioxidquelle angesehen werden. Dieser Gasanteil wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung als Rückführgas bezeichnet.

Um das Rückführgas zu erhalten ist insbesondere eine später noch näher beschriebene Möglichkeit der Abtrennung vom nutzbaren Teil der Kohlenwasserstoffe vorgesehen. Das auf diese Weise erhaltene Rückführgas wird nun dem Rückführanschluss des Brennstoffzellensystem zugeführt und dort der rückgeführten Nutzung im Brennstoffzellensystem bereitgestellt. Über diesen Rückführgasanschluss kann das Rückführgas in die Kathodenzuführverbindung eingebracht werden. Damit ergänzt das Rückführgas das von einer anderen Quelle zugeführte Kathodenzuführgas und reduziert auf diese Weise die benötigte Menge an Kohlenstoffdioxid als einen der Ausgangsstoffe bei der Herstellung des Synthesegases.

Mit anderen Worten wird es also möglich, das in dem Syntheseverfahren umgesetzte Synthesegas, welches zu einem nicht brauchbaren Teil der Kohlenwasserstoffe umgesetzt worden ist, nochmals in das Brennstoffzellensystem rückzuführen. Das erlaubt es, damit auch das bereits im Syntheseprozess umgesetzte CO₂ wieder zurückzuführen und einer rezirkulierten Nutzung zur Verfügung zu stellen. Dies steigert insbesondere dahingehend die Effizienz, da der nochmals umgesetzte, da rückgeführte Teil der kurzkettigen Kohlenwasserstoffe, entsprechend den benötigten CO₂ Bedarf für den Betrieb des Brennstoffzellensystems reduziert. Ein weiterer Vorteil dieses technischen Merkmals ist es, dass die kurzkettigen und damit nicht brauchbaren Bestandteile der Kohlenwasserstoffe und damit das Rückführgas nicht separat entsorgt und an die Umwelt abgegeben werden müssen.

Nicht zuletzt ist noch ein weiterer Vorteil, dass üblicherweise durch die hohen Betriebstemperaturen des Syntheseprozesses das Rückführgas mit einer hohen Temperatur beaufschlagt ist. Diese hohe Temperatur kann nun zum Vorwärmen der extern zugeführten Kathodenzuführgase, also beispielsweise des CO₂ aus der CO₂-

Quelle verwendet werden. Durch das Vermischen des Rückführgases mit dem Kathodenzuführgas entsteht eine Mischtemperatur, die insbesondere bereits ausreichend ist als Eingangstemperatur für das Brennstoffzellensystem oder die benötigte Restwärmemenge zumindest reduziert.

Es kann zusammengefasst werden, dass durch die Integration eines Rückführgasanschlusses und die damit verbundene Möglichkeit der Rückführung des unbrauchbaren Teils des Produktionsergebnisses des Syntheseprozesses eine Effizienzsteigerung sowohl im chemischen als auch im energetischen Sinn mit sich bringt.

Zur Unterscheidung von Komponenten oder Elementen gleicher Art oder gleichen Typs voneinander, wie beispielsweise von Wärmetauschern, Absperrorganen, Teilpfaden oder Bypasspfaden, sind die in der vorliegenden Beschreibung erwähnten Komponenten oder Elemente gleicher Art oder gleichen Typs durchnummeriert und werden als erste Komponente, zweite Komponente, dritte Komponente (oder Elemente) usw. bezeichnet, also beispielsweise erster Wärmetauscher, zweiter Wärmetauscher usw. Diese Bezeichnung anhand der Nummerierung dient einzig und allein der Unterscheidung der hierin erwähnten Komponenten oder Elemente gleicher Art oder gleichen Typs und stellt in keiner Weise eine Einschränkung des Schutzbereichs dar. Wenn beispielsweise in einem Anspruch von einer vierten Komponente einer Art oder eines Typs gesprochen wird, dann setzt dies nicht notwendigerweise eine erste, zweite und dritte Komponente dieser Art oder diesen Typs voraus; es sei denn, dass die erste, zweite und dritte Komponente dieser Art oder diesen Typs in einem Anspruch erwähnt werden, auf den sich der betreffende Anspruch zurückbezieht.

Die hierin erwähnten Verbindungen sind fluidführende, insbesondere gasführende, Verbindungen. Die Verbindungen können über verschiedene Pfade oder Leitungen, wie beispielsweise Rohre oder Schläuche, die jeweils miteinander gekoppelt sind, hergestellt sein. In den Verbindungen können verschiedene strömungsbeeinflussende Vorrichtungen angeordnet sein, wie sie hierin erwähnt werden, so beispielsweise Absperrorgane.

Soweit hierin von einer Anordnung eines Wärmetauschers in einer Verbindung und einer wärmetechnischen Kopplung des Wärmetauschers mit einer anderen Verbindung gesprochen wird, so sind diese Merkmale wegen der Funktion des Wärmetauschers synonym zu verstehen. Denn durch den Wärmetauscher wird die Wärme von

zwei Strömen in den jeweiligen Verbindungen miteinander ausgetauscht, beispielsweise im Gegenstrom. Insoweit ist der Wärmetauscher tatsächlich in jeder der beiden Verbindungen angeordnet und der Wärmetauscher koppelt auch beide Verbindungen wärmetechnisch miteinander.

Soweit hierin von Kontrolle oder Kontrollieren, insbesondere im Zusammenhang mit einem Absperrorgan, gesprochen wird, wird damit ein Steuern und/oder Regeln verstanden. Auch wenn dies nicht explizit erwähnt ist, können entsprechende Kontrollelektronik und über Absperrorgane hinausgehende Kontrollvorrichtungen, beispielsweise Durchflussmesser, für das Kontrollieren vorgesehen sein.

Die hierin erwähnten Absperrorgane dienen zumindest dazu, in den Verbindungen den Strom des jeweiligen, darin strömenden Fluids, insbesondere Gases, anzuhalten oder durchzulassen. Auch ein Kontrollieren der Durchflussmenge ist je nach Ausführungstyp des eingesetzten Absperrorgans möglich. Dabei ist es möglich, das Absperrorgan in unterschiedlichster Weise auszuführen, beispielsweise als Ventil, Absperrschieber, Absperrhahn oder Absperrklappe.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem stromaufwärts des Rückführgasanschlusses eine Reformervorrichtung fluidkommunizierend dem Rückführgasanschluss verbunden ist für ein wenigstens teilweises Reformieren der Nebenprodukte aus dem Syntheseprozess. Ziel dieser Reformierung ist insbesondere ein Reformieren des Rückführgases zu Kohlenstoffdioxid oder zumindest einem erhöhten Anteil an Kohlenstoffdioxid im Rückführgas. Dies führt dazu, dass ein verbessertes Vermischen und eine effizientere Umsetzung im Brennstoffzellensystem der auf diese Weise erhöhten Konzentration an Kohlenstoffdioxid möglich wird. Neben der chemischen Reformierung und den damit einhergehenden Vorteilen bei der Rückführung in den Kathodenzuführanschluss unterliegt ein solches Reformieren üblicherweise einem endothermen Prozess. Das bedeutet, dass der Reformierungsprozess üblicherweise endotherm abläuft und damit für das Reformieren zum Beispiel durch gleichzeitiges katalytisches partielles Oxidieren die notwendige Wärme zur Verfügung gestellt wird.

Wie bereits erläutert worden ist, ist eine bestimmte Mindesttemperatur für das Kathodenzuführgas für den Betrieb des Brennstoffzellensystems notwendig. Da es sich bei dem Brennstoffzellensystem insbesondere um Hochtemperaturbrennstoffzellen handelt, ist eine Erhöhung der Temperatur für das Rückführgas ein weiterer energie-

tischer Vorteil. Hier ist nochmals gut zu erkennen, dass die Integration auch eine Reformervorrichtung sowohl in chemischer als auch in thermischer und damit energetischer Sicht Vorteile mit sich bringt. Neben einer vollständigen Reformierung zu CO₂ und/oder CO oder zumindest einer Erhöhung des Konzentrationsverhältnisses an CO₂ kann auch eine einfache Reduktion der Kettenlänge der Kohlenwasserstoffe bereits ausreichend sein, um die gewünschte chemische und/oder thermische Effizienzsteigerung mit sich zu bringen.

Weitere Vorteile sind erzielbar, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem die Reformervorrichtung wenigstens eine der vorliegenden Ausbildungen aufweist:

- Steam-Reformer,
- Dry-Reformer,
- CPOX Reformer.

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass eine Reformervorrichtung zwei oder mehr unterschiedliche Reformermodule aufweist, mit unterschiedlichen Reformierabläufen. Die Kombination mehrerer Reformermodule kann dazu dienen, die gewünschte Reformierung weiter zu verbessern und insbesondere eine verstärkte Erhöhung der CO₂-Konzentration mit sich zu bringen. Es kann sogar bevorzugt sein, dass durch eine spezifische Ausgestaltung der Reformerausrichtung diese dazu ausgebildet ist, das Rückführgas vollständig oder im Wesentlichen vollständig wieder in ein kohlenstoffdioxidhaltiges Gas zurückzuführen.

Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem stromaufwärts des Rückführgasanschlusses wenigstens ein kontrollierbarer Synthese-Rückführgasanschluss angeordnet ist für ein wenigstens teilweises Rückführen des Rückführgases in den Syntheseprozess. Darunter ist zu verstehen, dass das Rückführgas im Gegensatz zu einer langen Rückführung in das Brennstoffzellensystem auch mittels einer kurzen Rückführung direkt in den Syntheseprozess zurückgeführt werden kann. Dies kann zusätzlich oder alternativ zum Rückführanschluss in das Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt sein. Je nach Betriebsituation und/oder Zusammensetzung des Rückführgases kann es bereits Vorteile mit sich bringen, die kurzketten Kohlenwasserstoffe des Rückführgases direkt an

den Eingangsabschnitt der Synthesevorrichtung zurückzuführen und damit nochmals durch die Synthese laufen zu lassen. Mit anderen Worten werden die kurzkettigen und damit unbrauchbaren Kohlenwasserstoffe wieder in den Eingangsabschnitt der Synthesevorrichtung zurückgeführt für eine direkte nochmalige Synthese zur Verlängerung der Kettenlänge. Dies kann insbesondere flexibel kontrolliert werden, in Abhängigkeit zum Beispiel der aktuellen CO₂-Verfügbarkeit für das Brennstoffzellensystem, der aktuellen energetischen Situation hinsichtlich einer Temperiernotwendigkeit des Brennstoffzellensystems, aber auch der aktuellen Betriebssituation der Synthesevorrichtung und damit zum Beispiel der chemischen Zusammensetzung des Rückführgases. Die Möglichkeit einer Rückführung des Rückführgases über den Synthese-Rückführgasanschluss direkt in die Synthese erlaubt es also, eine flexible Kontrolle durchzuführen hinsichtlich einer kurzen Rückführung direkt in die Synthesevorrichtung und einer langen Rückführung zurück in das Brennstoffzellensystem. Eine solche Kontrolle kann rein qualitativ und/oder auch quantitativ ausgebildet sein.

Ebenfalls von Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der Synthese-Rückführgasanschluss stromaufwärts einer Reformervorrichtung angeordnet ist. Wie bereits erläutert worden ist, können Reformervorrichtungen Vorteile mit sich bringen, um das Rückführgas an die nochmalige Verwendung in dem Brennstoffzellensystem anzupassen. Für eine Rückführung des Rückführgases im kurzen Rückschluss direkt in die Synthesevorrichtung ist eine solche Reformierung nicht notwendig und kann sogar hinderlich sein. Insbesondere dann, wenn bei kurzkettigen Kohlenwasserstoffen im Rückführgas die nochmalige Synthese eine Verlängerung der bestehenden Ketten erzeugen soll, wäre eine Reformierung und damit ein weiteres Verkürzen der Ketten vor dieser kurzen Rückführung möglicherweise kontraproduktiv. Erfindungsgemäß ist also die Reformervorrichtung bei dieser Ausführungsform stromabwärts des Syntheserückführgasanschlusses angeordnet, sodass insbesondere mit flexibel und frei kontrollierbaren Absperrorganen, zum Beispiel Kontrollventilen, der Volumenstrom vor der Reformervorrichtung abgezweigt und dem kurzen Rückfuhrschluss zugeführt werden kann.

Ebenfalls Vorteile kann es mit sich bringen, wenn stromaufwärts des Rückführgasanschlusses eine Rückführgas-Katalysatorvorrichtung fluidkommunizierend mit dem Rückführgasanschluss verbunden ist. Eine solche Rückführgas-Katalysatorvorrichtung kann in eine Reformervorrichtung integriert sein oder diese zumindest teilweise mit ausbilden. Jedoch ist es auch möglich, dass eine solche

Rückführgas-Katalysatorvorrichtung unabhängig von einer Reformervorrichtung oder sogar ohne eine Reformervorrichtung in ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem integriert ist. Die katalytische Umsetzung des Rückführgases dient dabei insbesondere der Erhöhung der Temperatur des Rückführgases durch katalysierte chemische Umsetzung von Bestandteilen des Rückführgases. Wie bereits mehrfach erläutert worden ist, ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung die energetische und insbesondere die thermische Effizienz beim Betrieb des Brennstoffzellensystems zu verbessern. Somit unterstützt der Einsatz einer solchen Rückführgas-Katalysatorvorrichtung diese Steigerung der thermischen Effizienz, da durch die Erhöhung der Temperatur des Rückführgases dieses einer Vorwärmung des extern zugeführten Kohlenstoffdioxids dienen kann. Die interne Rückführung der im Rückführgas enthaltenen Energie als Wärme zum Aufheizen des Rückführgases steigert damit in erfindungsgemäßer Weise die Gesamteffizienz beim Betrieb des Brennstoffzellensystem wie auch der Brennstoffzellenanlage.

Weiter von Vorteil ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der Rückführgasanschluss in den Kathodenzuführanschluss integriert ist. Dies ist insbesondere eine konstruktive Ausgestaltung, welche die Gesamtkomplexität des Brennstoffzellensystems weiter reduziert. So kann beispielsweise der Kathodenzuführanschluss integriert ein Absperrorgan aufweisen, welches in quantitativer und/oder qualitativer Weise eine kontrollierte Einbringmöglichkeit für das Rückführgas zur Verfügung stellt. Insbesondere ist es also möglich die Rückführung des Rückführgases ein- und auszustellen und/oder sogar in quantifizierbarer Weise zu kontrollieren.

Von Vorteil ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der Kathodenzuführanschluss und der Rückführgasanschluss jeweils wenigstens ein Kontrollventil aufweisen für eine Kontrolle des Volumenstroms an Rückführgas und an Kathodenzuführungsgas. Während hier grundsätzlich bereits rein qualitativ schaltende Stellventile den Zweck des Stellens und damit des Kontrollierens erfüllen würden, bringt ein quantitatives Schalten mit Hilfe von variabel schaltbaren Regelventilen weitere Vorteile mit sich. Insbesondere dann, wenn eine Integration in einen kurzen Rückführzyklus mit Hilfe eines Syntheserückführgasanschlusses vorgesehen ist, können solche quantitativen regelbaren und damit kontrollierbaren Kontrollventile den Vorteil mit sich bringen, Volumenströme und deren Verhältnisse zueinander flexibel und frei an die jeweilige Betriebssituation anzupassen. Mit anderen Worten wird

es nun möglich auf die tatsächliche Zusammensetzung des Rückführgases, die Temperaturverhältnisse im Syntheseprozess wie auch im Brennstoffzellensystem und/oder die Temperaturverhältnisse im Kathodenzuführgas flexibel zu reagieren. Durch eine flexible und damit komplexe Kontrollmöglichkeit der einzelnen Volumenströme kann damit die Effizienz noch weiter gesteigert werden und der erfindungsgemäße Kerngedanke weiter verbessert werden.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Brennstoffzellenanlage mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem und einem Synthesystem mit einer Syntheseanlage. Dabei ist der Kathodenabführanschluss mittels einer Synthesegaszuführverbindung fluidtechnisch mit der Syntheseanlage gekoppelt. Auch ist die Syntheseanlage zur Synthese des von dem Brennstoffzellenstapel erzeugten und mittels der Synthesegaszuführverbindung zugeführten Synthesegases eingerichtet. Schließlich ist die Syntheseanlage mittels einer Rückführgasabführverbindung zum Bereitstellen von Rückführgas fluidtechnisch mit einem Rückführgasanschluss gekoppelt. Damit bringt eine erfindungsgemäße Brennstoffzellenanlage die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem erläutert worden sind.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage die Rückführgasabführverbindung über eine Trennvorrichtung fluidkommunizierend mit einer Kohlenwasserstoffabführverbindung der Syntheseanlage verbunden ist für ein Abtrennen der gasförmigen Nebenprodukte aus der Synthese als Rückführgas. Neben der grundsätzlich bekannten Abtrennung sogenannter Tail-Gase auch Restgase genannt, kann eine Integration einer Trennvorrichtung in die Abführvorrichtung für das erzeugte Synthesegas die genannte Möglichkeit der Rückführgaswiederverwendung mit sich bringen. Eine solche Trennvorrichtung kann auf physikalischen und/oder chemischen Trennfunktionalitäten basieren und funktioniert insbesondere kontinuierlich. Damit ist sichergestellt, dass der brauchbare Teil der Syntheseprodukte, also diejenigen Kohlenwasserstoffe, welche eine ausreichende Kettenlänge aufweisen, von dem unbrauchbaren Teil, welcher zum Beispiel zu kurze Kettenlängen aufweist, abgetrennt werden können. Der abgetrennte Teil aus der Trennvorrichtung wird entsprechend als Rückführgas an den Rückführgasanschluss weitergeleitet.

Es kann weiter von Vorteil sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage die Rückführgasabführverbindung fluidkommunizierend mit der Synthesegaszuführverbindung verbunden ist für ein wenigstens teilweises Rückführen des Rückführgases in die Syntheseanlage. Dies kann zum Beispiel mit Hilfe eines Syntheserückführgasanschlusses erfolgen, wie dieser bereits mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem erläutert worden ist. Dies führt dazu, dass neben einem langen Rückführzyklus in das Brennstoffzellensystem nun alternativ auch ein kurzer Rückführzyklus direkt in den Syntheseprozess mit den genannten Vorteilen zur Verfügung gestellt wird.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Erzeugen von Synthesegas mittels eines Brennstoffzellensystems, insbesondere des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems und ferner ganz besonders mittels der erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage, aufweisend die Schritte:

- Zuführen von aus einem Syntheseprozess, bei dem Synthesegas in Kohlenwasserstoffe umgesetzt wird, abgetrennten Rückführgas zu einem Rückführgasanschluss eines Brennstoffzellensystems,
- Zuführen des Rückführgases in die Kathodenzuführverbindung (500) des Brennstoffzellensystems (10).

Damit bringt ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem erläutert worden sind.

Insbesondere kann das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem und/oder die erfindungsgemäße Brennstoffzellenanlage zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet bzw. ausgebildet sein.

Unter dem Anodengas wird das zum Anodenabschnitt zugeführte Gas, also insbesondere Luft oder Sauerstoff, verstanden. Dies schließt das Anodenabgas, also das vom Anodenabschnitt abgeführte Abgas, insbesondere Luft und/oder Sauerstoff, aus. Unter dem Kathodengas wird das zum Kathodenabschnitt zugeführte Gas, insbesondere Stickstoffdioxid, Wasserdampf und/oder ein Schutzgas, verstanden. Dies schließt das Kathodenabgas, also das vom Kathodenabschnitt abgeführte synthetische Gas, aus.

Vorteilhaft ist außerdem, wenn der Syntheseprozess ein Fischer-Tropsch-Prozess ist. Die Kopplung von Hochtemperaturelektrolyse, insbesondere Hochtemperatur-Co-Elektrolyse, und Fischer-Tropsch-Synthese (kurz FTS) hat sich als besonders vielversprechende Variante für die Herstellung unterschiedlicher Kohlenwasserstoffe gezeigt. Bei der FTS wird aus der Hochtemperatur-Co-Elektrolyse entstandenes Synthesegas bei vergleichsweise moderateren Temperaturen, insbesondere im Temperaturbereich von 200 bis 300 °C, und erhöhten Drücken, insbesondere im Druckbereich von 10 bis 30 bar, mithilfe eines Katalysators, insbesondere Co- oder Fe-basiert, zu Kohlenwasserstoffmolekülen mit verschiedenen Kettenlängen umgesetzt. Der FTS-Prozess ist stark exotherm. Um die Temperatur in dem angegebenen Temperaturbereich halten zu können, kann über die Länge eines Reaktors in der Syntheseanlage gekühlt werden. Die Kühlung kann dabei mit Wasserverdampfung beim angegebenen Druckniveau erfolgen. Der Wasserdampf kann im Anschluss für weitere Prozessschritte sowie, wie zuvor erwähnt, für die Hochtemperaturelektrolyse selbst durch Zuführen des Wasserdampfes zum Kathodengas genutzt werden. Die bei FTS entstehende Kohlenwasserstoff-Kettenlängenverteilung wird über eine Kettenwachstumswahrscheinlichkeit beschrieben (bei hoher Kettenwachstumswahrscheinlichkeit große Moleküle und damit Verschiebung in Richtung Flüssigkraftstoffe). Das Synthesegas wird dabei jedoch nicht zur Gänze umgesetzt. Außerdem entstehen je nach Kettenwachstumswahrscheinlichkeit kurzkettige Moleküle, die nicht als Flüssigkraftstoff genutzt werden können. Das nicht umgesetzte Synthesegas und die entstehenden kurzkettigen Kohlenwasserstoffe können in der Produktaufbereitung als das Restgas abgeschieden werden. Während das Restgas zum Teil in die FTS rezirkuliert werden kann, muss teilweise ausgetragen werden. Insbesondere der ausgetragene Teil des Restgases wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren genutzt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschreiben sind. Es zeigen schematisch:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage,

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage,

- Fig. 3 eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage, und
- Fig. 4 eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage.
- Fig. 5 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage.

Identische oder funktionsgleiche Elemente sind in den Figuren 1 bis 5 jeweils mit demselben Bezugszeichen bezeichnet.

Figur 1 zeigt schematisch eine Brennstoffzellenanlage 30 umfassend ein Brennstoffzellensystem 10 mit einem Brennstoffzellenstapel 100 sowie ein Synthesesystem 20 mit einer Syntheseanlage 900. Das Brennstoffzellensystem 10 und das Synthesesystem 20 sind fluidtechnisch miteinander gekoppelt, wie später näher erläutert wird.

Beispielhaft ist in der Fig. 1 nur ein Brennstoffzellenstapel 100 gezeigt. Gleichwohl ist es möglich, mehrere Brennstoffzellenstapel 100 vorzusehen. Der Brennstoffzellenstapel 100 weist einen Kathodenabschnitt 110 mit einem Kathodenzuführabschnitt 112 und einem Kathodenabführabschnitt 114 auf. Ferner weist der Brennstoffzellenstapel 100 einen Anodenabschnitt 120 mit einem Anodenzuführabschnitt 122 und einem Anodenabführabschnitt 124 auf. An dem Brennstoffzellenstapel 100 ist eine Stromversorgungsquelle 130 angeschlossen, die Strom aus erneuerbaren Energien bereitstellt. Der Brennstoffzellenstapel 100 ist vorliegend als ein Festoxid-Brennstoffzellenstapel ausgebildet und wird im reversen Modus zur Hochtemperatur-Co-Elektrolyse verwendet.

Mittels eines Anodengasanschlusses 202 wird dabei Anodengas in Form von Frischluft in dem Brennstoffzellensystem 10 bereitgestellt. Das Anodengas wird über eine Anodenzuführverbindung 200, die mit dem Anodengasanschluss 202 und dem Anodenzuführabschnitt 122 fluidtechnisch gekoppelt ist, an dem Brennstoffzellenstapel 100 zur Elektrolyse bereitgestellt. In der Anodenzuführverbindung 200 sind dabei eine Filtereinrichtung 204, insbesondere in Form eines Luftfilters, zur Luftfilterung sowie ein Gebläse 206 für den Transport des Anodengases angeordnet.

In der Anodenzuführverbindung 200 ist in Strömungsrichtung des Anodengases von dem Anodengasanschluss 202 zum Anodenzuführabschnitt 122 hinter der Filtereinrichtung 204 und dem Gebläse 206 ein erster Wärmetauscher 220 angeordnet. Der erste Wärmetauscher 220 wird zum Wärmeaustausch mit einem warmen Anodenabgas, insbesondere in Form von vom Anodenabschnitt 120 abgeführter Abluft, aus dem Brennstoffzellenstapel 100 genutzt. Dazu ist der erste Wärmetauscher 220 mit einer Anodenabführverbindung 300 wärmetechnisch vor einem Katalysator 404 in Form eines Oxidationskatalysators gekoppelt. Die Anodenabführverbindung 300 verbindet den Anodenabführabschnitt 124 fluidtechnisch mit einem Anodenabführanschluss 316.

Wie die Figur 1 zeigt, ist als ein weiterer Anschluss ein Rückführgasanschluss 520 als Teil des Brennstoffzellensystems 10 vorgesehen. Die nachfolgende Syntheseanlage 900 produziert Produktionsgas, welches insbesondere unterschiedliche Kettenlängen an Kohlenwasserstoffen aufweist. Mit Hilfe einer hier schematisch dargestellten Trennvorrichtung 932 wird nun das produzierte Gas unterteilt in brauchbare und unbrauchbare Bestandteile, insbesondere hinsichtlich der vorhandenen Kettenlänge der Kohlenwasserstoffe. Für die geplante Nutzung zu kurze Kettenlängen der Kohlenwasserstoffe werden als unbrauchbares Rückführgas nun aus der Trennvorrichtung 932 separat vom brauchbaren Anteil, welcher als Nutzgas bezeichnet werden kann, in die Rückführgasabführverbindung 930 eingeführt. Diese Rückführgasabführverbindung 930 ist fluidkommunizierend mit dem Rückführgasanschluss 520 verbunden.

Das Rückführgas, also die kurzkettingen Kohlenwasserstoffe, werden hier nun direkt in die Kathodenzuführverbindung 500 eingebracht und stellen damit eine Ergänzung der Ausgangsstoffe für die Durchführung des chemischen Prozesses im Brennstoffzellenstapel 100 zur Verfügung. Damit wird zumindest die chemische Rückführung als langer Rückführzyklus gewährleistet. Alternativ zu der direkten Einbringung in die Kathodenzuführverbindung 500 kann auch eine indirekte, insbesondere kontrollierte Einbringung vorgesehen sein. Insbesondere kann eine solche kontrollierte Einbringung eine gezielte Anpassung und/oder Änderung der Gaszusammensetzung in der Kathodenzuführverbindung 500 erlauben.

Ein erster Bypasspfad 208 mit darin angeordnetem ersten Absperrorgan 210 verbindet die Anodenzuführverbindung 200 in Strömungsrichtung des Anodengases vor

dem ersten Wärmetauscher 220 mit der Anodenabführverbindung 300 vor dem Katalysatorzuführabschnitt 406 und erlaubt es somit, den Luftanteil des Anodenabgases vor dem Eintritt in den Katalysator 404 weiter zu erhöhen.

Hierneben ist ein zweiter Bypasspfad 212 mit zweitem Absperrorgan 214 vorgesehen, der die Anodenzuführverbindung 200 in Strömungsrichtung des Anodengases vor dem ersten Wärmetauscher 220 mit der Anodenzuführverbindung 200 in Strömungsrichtung des Anodengases hinter dem ersten Wärmetauscher 220 verbindet und es dadurch ermöglicht, die Temperatur des Anodenabgases vor dem Katalysator 404 mittels Regulierung der den ersten Wärmetauscher 220 durchströmenden Anodengasmenge zu kontrollieren. Ferner ist in Strömungsrichtung vor dem zweiten Wärmetauscher 220 und hinter dem zweiten Bypasspfad 212 ein drittes Absperrorgan 218 angeordnet.

Die heißen Katalysator-Abgase strömen in der Anodenabführverbindung 300 durch zwei einzelne Teilpfade 302, 308, in die sich die Anodenabführverbindung 300 in Strömungsrichtung des Katalysator-Abgases hinter dem Katalysatorabführabschnitt 408 aufteilt. In dem ersten Teilpfad 302 befindet sich ein zweiter Wärmetauscher 304, der wärmetechnisch mit der Anodenzuführverbindung 200 gekoppelt ist. Dies erlaubt es, die Wärme des Katalysator-Abgases an das Anodengas vor dem Anodenzuführabschnitt 122 abzugeben. Hinter dem zweiten Wärmetauscher 304 befindet sich ein viertes Absperrorgan 306 zur Kontrolle des Katalysator-Abgasstroms in dem ersten Teilpfad 302.

In dem zweiten Teilpfad 308 befindet sich ein dritter Wärmetauscher 310 mit einem in Strömungsrichtung des Katalysator-Abgases dahinter angeordneten fünften Absperrorgan 312. Der dritte Wärmetauscher 310 ist wärmetechnisch mit einer Kathodenzuführverbindung 500 gekoppelt. Die Kathodenzuführverbindung 500 verbindet einen Kathodenzuführanschluss 502 fluidtechnisch mit dem Kathodenzuführabschnitt 112. In der Kathodenzuführverbindung 500 wird Kathodengas, insbesondere Stickstoffdioxid, aus dem Kathodenzuführanschluss 502 zum Kathodenzuführabschnitt 112 zugeführt. In Strömungsrichtung des Anodengases vor dem Kathodenabschnitt 110 ist in der Kathodenzuführverbindung 500 ein Ejektor 504 angeordnet. Ferner ist in Strömungsrichtung des Anodengases hinter dem Ejektor 504 eine zweite Heizeinrichtung 506, vorliegend in Form eines elektrischen Heizers, angeordnet. Durch den

dritten Wärmetauscher 310 lässt sich das Kathodengas mit der Wärme aus dem Katalysator-Abgas erwärmen.

In Strömungsrichtung des Katalysator-Abgases hinter dem zweiten Wärmetauscher 304 und dem dritten Wärmetauscher 310 befindet sich in der Ausführungsform der Fig. 1 in der Anodenabführverbindung 300 ein vierter Wärmetauscher 314. Der vierte Wärmetauscher 314 ist wärmetechnisch mit einer ersten Zusatzzuführverbindung 700 gekoppelt, die einen ersten Zusatzzuführanschluss 702 mit der Kathodenzuführverbindung 500 fluidtechnisch verbindet. Von dem ersten Zusatzzuführanschluss 702 wird für die Hochtemperatur-Co-Elektrolyse Wasser oder Wasserdampf bereitgestellt, welches durch den vierten Wärmetauscher 314 erwärmt wird und zur Kathodenzuführverbindung 500 strömt.

Mittels einer Kathodenabführverbindung 600, die fluidtechnisch den Kathodenabführabschnitt 114 mit einem Kathodenabführanschluss 612 verbindet, wird Kathodenabgas in Form des durch die Hochtemperatur-Co-Elektrolyse erzeugten Synthesegases, aufweisend Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid, zum Synthesesystem 20 abgeführt. In der Kathodenabführverbindung 600 sind dabei beispielhaft zwei Wärmetauscher 608, 610, nämlich ein sechster Wärmetauscher 608 und ein siebter Wärmetauscher 610 wärmetechnisch angeordnet und wärmetechnisch mit der Kathodenzuführverbindung 500 gekoppelt, um Wärme von dem Synthesegas auf das Kathodengas zu übertragen und so die Effizienz des Brennstoffzellensystems 10 zu erhöhen.

Eine zweite Zusatzzuführverbindung 800 verbindet einen zweiten Zusatzzuführanschluss 802 zum Zuführen eines Schutzgases fluidtechnisch mit der Kathodenzuführverbindung 500. Dabei teilt sich die zweite Zusatzzuführverbindung 800 hier beispielhaft in zwei Teilpfade 804, 806, nämlich einen dritten Teilpfad 804 und einen vierten Teilpfad 806, auf. Der dritte Teilpfad 804 führt zur Anodenzuführverbindung 500 in Strömungsrichtung vor dem Ejektor 504 und insbesondere vor den Wärmetauschern 608, 610, während der vierte Teilpfad 806 zum Ejektor 504 führt. Ein dritter Bypasspfad 602 führt von dem Kathodenabführabschnitt 600 zum vierten Teilpfad 806 vor dem Ejektor 504. In dem dritten Bypasspfad 602 sind eine Düse 604, insbesondere eine Venturidüse, und ein sechstes Absperrorgan 606, insbesondere ein Ventil, angeordnet.

Der gemäß der vorstehend beschriebenen Art und Weise mit Anodengas, umfassend Luft, und Kathodengas, umfassend Stickstoffdioxid, Wasserdampf und Schutzgas, versorgte Brennstoffzellenstapel 100 erzeugt im reversen Modus durch Hochtemperatur-Co-Elektrolyse das Kathodenabgas in Form von Synthesegas, umfassend Wasserstoff und Stickstoffmonoxid, und das Anodenabgas, umfassend Abluft. Das Anodenabgas wird durch den Katalysator 404 katalytisch verbrannt, sodass vom Brennstoffzellensystem 10 an dem Anodenabführanschluss 316 Katalysator-Abgase abgeschieden werden.

Das Synthesegas wird durch eine Synthesegaszuführverbindung 906, die einen Synthesezuführabschnitt 902 der Syntheseanlage 900 fluidtechnisch mit dem Kathodenabführanschluss 612 verbindet, an der Syntheseanlage 900 des Synthesesystems 20 bereitgestellt. In einem dortigen, nicht explizit gezeigten Reaktor durchläuft es einen Syntheseprozess, insbesondere einen Fischer-Tropsch-Syntheseprozess, und wird zur synthetischen Kohlenwasserstoffen umgesetzt. Die Kohlenwasserstoffe werden über eine mit einem Syntheseabführabschnitt 904 fluidtechnisch verbundene Kohlenwasserstoffabführverbindung 908 abgeführt.

Figur 2 baut auf der technischen Lösung der Figur 1 auf. Ergänzend wurde bei dieser Ausführungsform jedoch eine Reformervorrichtung 522 stromaufwärts des Rückführgasanschlusses 520 positioniert. Eine solche Reformervorrichtung dient dabei insbesondere beim Reformieren des Rückführgases, zum Beispiel der weiteren Verkürzung der Kettenlänge der Kohlenwasserstoffe im Rückführgas. Auch ein Reformieren zu einer erhöhten Konzentration an Kohlenstoffdioxid ist hier als Teil der Reformervorrichtung grundsätzlich denkbar. Damit wird es zum einen möglich die chemische Nutzbarkeit im Brennstoffzellenstapel 100 zu verbessern, sodass die chemische Effizienz gesteigert wird. Wenn diese Reformierung als endotherme Reformierung abläuft und damit mit einer Temperaturerhöhung notwendig ist, kann eine katalytische Oxidation die notwendige Wärme zur Verfügung stellen. Das Rückführgas mit erhöhter Temperatur kann nun also einem Kathodenzuführgas über eine externe Quelle am Kathodenzuführanschluss 502 beigemischt werden und wird durch dieses Vermischen und die eigene erhöhte Temperatur direkt zu einer erhöhten Mischtemperatur des Mischgases als Kathodenzuführgas führen. Neben der chemischen Effizienzsteigerung wird auch eine thermische Effizienzsteigerung auf diese Weise möglich.

Auch die Figur 3 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform der Figur 1. Hier ist ein Synthese-Rückführgasanschluss 530 vorgesehen, welcher stromaufwärts des Rückführgasanschlusses 520 angeordnet ist. Auf diese Weise werden zwei parallele Möglichkeiten einer Rückführung vorgesehen. Ein langer Rückführzyklus in das Brennstoffzellensystem 10 und damit dem Brennstoffzellenstapel 100 wird über den Rückführgasanschluss 520 gewährleistet. Alternativ, zum Beispiel mit Hilfe von Absperrorganen oder Kontrollventilen auch kontrollierbar, kann über den Synthese-Rückführgasanschluss 530 ein kurzer Rückführzyklus bedient werden. Bei diesem Rückführzyklus erfolgt die Rückführung des Rückführgases sozusagen am Brennstoffzellensystem 10 vorbei direkt in die Synthesegaszuführverbindung 906 und dient damit einer direkten und nochmaligen Synthetisierung ausgehend von dem Rückführgas.

Auch die Figur 4 zeigt nochmals eine Weiterbildung der Ausführungsform der Figur 1. Hier ist eine Rückführgaskatalysatorvorrichtung 524 vorgesehen, welche durch eine katalytisch chemische Umsetzung des Rückführgases zum Beispiel zumindest teilweise eine Reformierung durchführen kann. Kerngedanke des Einsatzes einer Rückführgaskatalysatorvorrichtung 524 ist es jedoch, durch die katalytische Umsetzung zumindest Teilbestandteile des Rückführgases eine Temperaturerhöhung für das Rückführgas zu erzielen. Wie bereits erläutert worden ist, stellt sich durch die erhöhte Temperatur, insbesondere durch die katalytisch nochmals erhöhte Temperatur des Rückführgases eine erhöhte Mischtemperatur mit dem von extern zugeführten Kathodenzuführgas ein, sodass entsprechend die thermische Effizienz beim Betrieb des Brennstoffzellensystems 10 steigt.

In der Figur 5 ist eine Alternative Ausführungsform dargestellt. Bei dieser handelt es sich um eine Variante mit dem ersten Wärmetauscher 220 in einem separaten Pfad der Anodenzuführverbindung 200. Dieser separate Pfad kann mit nicht dargestellten Ventilen qualitativ und/oder quantitativ als Bypass geschaltet werden. Auf diese Weise kann die Kontrollierbarkeit, insbesondere die Regelbarkeit der Betriebsweise weiter verbessert werden. Diese Ausführungsform kann auf allen anderen Varianten, insbesondere die der Figuren 1 bis 4 ebenfalls angewendet werden.

Die voranstehenden Erläuterungen der Ausführungsformen beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

Bezugszeichenliste

10	Brennstoffzellensystem
20	Synthesystem
30	Brennstoffzellenanlage
100	Brennstoffzellenstapel
110	Kathodenabschnitt
112	Kathodenzuführabschnitt
114	Kathodenabführabschnitt
120	Anodenabschnitt
122	Anodenzuführabschnitt
124	Anodenabführabschnitt
130	Stromversorgungsquelle
200	Anodenzuführverbindung
202	Anodenzuführanschluss
204	Filtereinrichtung
206	Gebläse
208	erster Bypasspfad
210	erstes Absperrorgan
212	zweiter Bypasspfad
214	zweites Absperrorgan
216	erste Heizeinrichtung
218	drittes Absperrorgan
220	erster Wärmetauscher
300	Anodenabführverbindung
302	erster Teilpfad
304	zweiter Wärmetauscher
306	viertes Absperrorgan
308	zweiter Teilpfad
310	dritter Wärmetauscher
312	fünftes Absperrorgan
314	vierter Wärmetauscher
316	Anodenabführanschluss
318	fünfter Wärmetauscher
400	Restgaszuführverbindung
402	Restgaszuführanschluss

404	Katalysator
406	Katalysatorzuführabschnitt
408	Katalysatorabführabschnitt
500	Kathodenzuführverbindung
502	Kathodenzuführanschluss
504	Ejektor
506	zweite Heizeinrichtung
520	Rückführgasanschluss
522	Reformervorrichtung
524	Rückführgas-Katalysatorvorrichtung
530	Synthese-Rückführgasanschluss
600	Kathodenabführverbindung
602	dritter Bypasspfad
604	Düse
606	sechstes Absperrorgan
608	sechster Wärmetauscher
610	siebter Wärmetauscher
612	Kathodenabführanschluss
700	erste Zusatzzuführverbindung
702	erster Zusatzzuführanschluss
800	zweite Zusatzzuführverbindung
802	zweiter Zusatzzuführanschluss
804	dritter Teilpfad
806	vierter Teilpfad
900	Syntheseanlage
902	Synthesezuführabschnitt
904	Syntheseabführabschnitt
906	Synthesegaszuführverbindung
908	Kohlenwasserstoffabführverbindung
910	Restgasabführverbindung
914	Kühleinrichtung
916	dritte Zusatzzuführverbindung
930	Rückführgasabführverbindung
932	Trennvorrichtung

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (10), aufweisend:

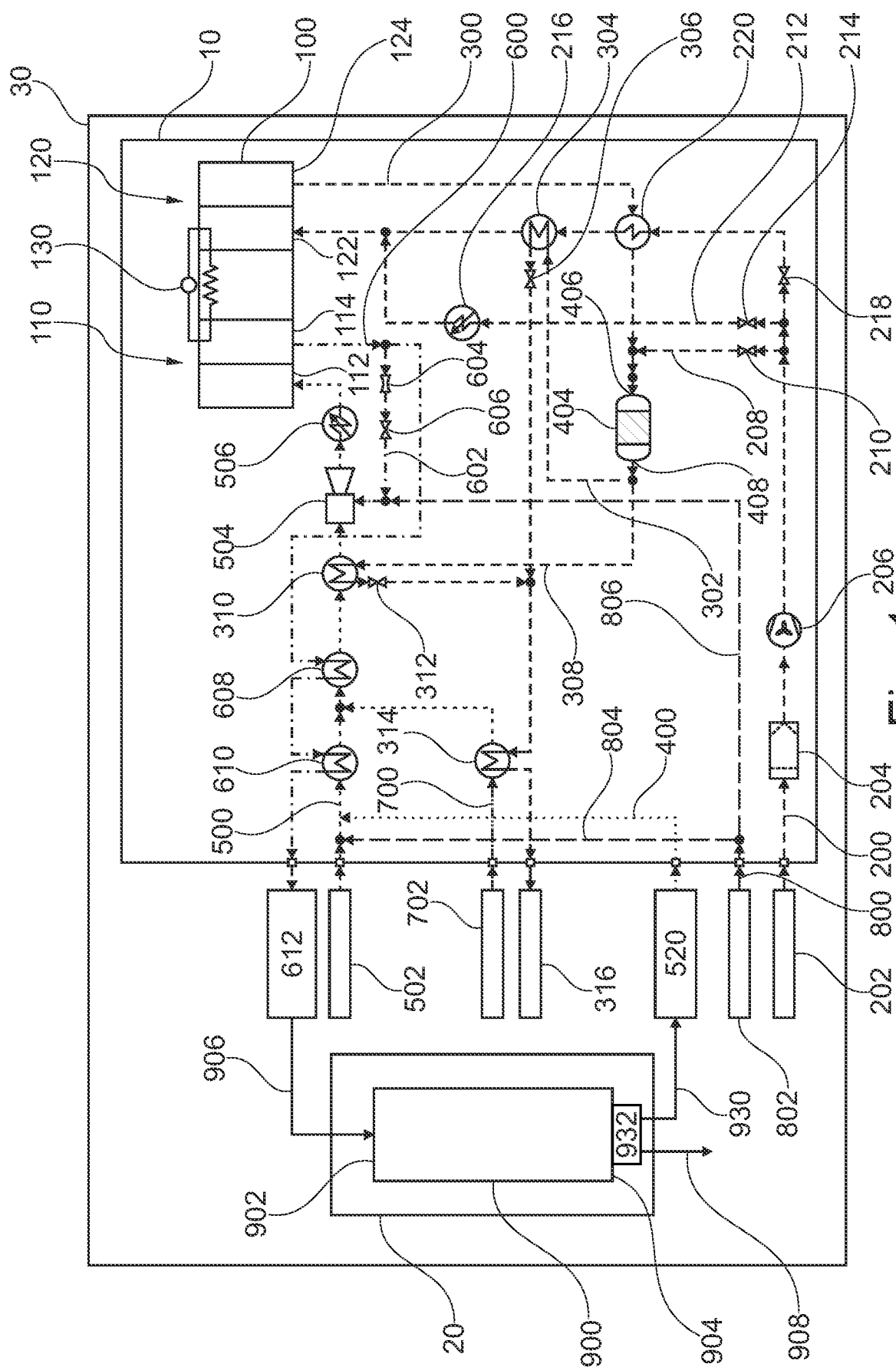
- einen Brennstoffzellenstapel (100) mit einem Kathodenabschnitt (110), welcher einen Kathodenzuführabschnitt (112) und einen Kathodenabführabschnitt (114) aufweist, und einem Anodenabschnitt (120), welcher einen Anodenzuführabschnitt (122) und einen Anodenabführabschnitt (124) aufweist,
- einen mittels einer Anodenzuführverbindung (200) fluidtechnisch mit dem Anodenzuführabschnitt (112) gekoppelten Anodengasanschluss (202) zum Zuführen von Anodengas zum Anodenabschnitt (120),
- einen mittels einer Anodenabführverbindung (300) fluidtechnisch mit dem Anodenabführabschnitt (124) gekoppelten Anodenabführanschluss (316) zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel (20) erzeugten Anodenabgasen,
- einen mittels einer Kathodenzuführverbindung (500n) fluidtechnisch mit dem Kathodenzuführabschnitt (112) gekoppelten Kathodenzuführanschluss (502) zum Zuführen von Kathodengas zum Kathodenabschnitt (110), und
- einen mittels einer Kathodenabführverbindung (600) fluidtechnisch mit dem Kathodenabführabschnitt (114) gekoppelten Kathodenabführanschluss (612) zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel (20) erzeugtem Synthesegas,

dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (10) ferner aufweist:

- einen Rückführgasanschluss (520) zum Bereitstellen von Rückführgas, welches bei einer Synthese des von dem Brennstoffzellenstapel (100) erzeugten Synthesegases in einem nachfolgenden Syntheseprozess als Nebenprodukt entsteht, wobei der Rückführgasanschluss (520) mit der Kathodenzuführverbindung (500) fluidkommunizierend verbunden ist.

2. Brennstoffzellensystem (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** stromaufwärts des Rückführgasanschlusses (520) eine Reformervorrichtung (522) fluidkommunizierend mit dem Rückführgasanschluss (520) verbunden ist für ein wenigstens teilweises Reformieren der Nebenprodukte aus dem Syntheseprozess.
3. Brennstoffzellensystem (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reformervorrichtung (522) wenigstens eine der folgenden Ausbildungen aufweist:
 - Steam-Reformer
 - Dry-Reformer
 - CPOX Reformer
4. Brennstoffzellensystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** stromaufwärts des Rückführgasanschlusses (520) wenigstens ein kontrollierbarer Synthese-Rückführgasanschluss (530) angeordnet ist für ein wenigstens teilweises Rückführen des Rückführgases in den Syntheseprozess.
5. Brennstoffzellensystem (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Synthese-Rückführgasanschluss (530) stromaufwärts einer Reformervorrichtung (522) angeordnet ist.
6. Brennstoffzellensystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** stromaufwärts des Rückführgasanschlusses (520) eine Rückführgas-Katalysatorvorrichtung (524) fluidkommunizierend mit dem Rückführgasanschluss (520) verbunden ist.
7. Brennstoffzellensystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückführgasanschluss (520) in den Kathodenzuführanschluss (502) integriert ist.
8. Brennstoffzellensystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kathodenzuführanschluss (502) und der Rückführgasanschluss (520) jeweils wenigstens ein Kontrollventil aufweisen für eine Kontrolle des Volumenstroms an Rückführgas und an Kathodengas.

9. Brennstoffzellenanlage (30) mit einem Brennstoffzellensystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche und einem Synthesystem (20) mit einer Syntheseanlage (900), wobei
- der Kathodenabführanschluss (612) mittels einer Synthesegaszuführverbindung (906) fluidtechnisch mit der Syntheseanlage (900) gekoppelt ist,
 - die Syntheseanlage (900) zur Synthese des von dem Brennstoffzellenstapel (100) erzeugten und mittels der Synthesegaszuführverbindung (906) zugeführten Synthesegases eingerichtet ist, und
 - die Syntheseanlage (900) mittels einer Rückführgasabführverbindung (930) zum Bereitstellen von Rückführgas fluidtechnisch mit einem Rückführgasanschluss (520) gekoppelt ist.
10. Brennstoffzellenanlage (30) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückführgasabführverbindung (930) über eine Trennvorrichtung (932) fluidkommunizierend mit einer Kohlenwasserstoffabführverbindung (908) der Syntheseanlage (900) verbunden ist für ein Abtrennen der gasförmigen Nebenprodukte aus der Synthese als Rückführgas.
11. Brennstoffzellenanlage (30) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückführgasabführverbindung (930) fluidkommunizierend mit der Synthesegaszuführverbindung (906) verbunden ist für ein wenigstens teilweises Rückführen des Rückführgases in die Syntheseanlage (900).
12. Verfahren (1000) zum Erzeugen von Synthesegas mittels eines Brennstoffzellensystems (10) aufweisend die Schritte:
- Zuführen von aus einem Syntheseprozess, bei dem Synthesegas in Kohlenwasserstoffe umgesetzt wird, abgetrennten Rückführgas zu einem Rückführgasanschluss (520) eines Brennstoffzellensystems (10),
 - Zuführen des Rückführgases in die Kathodenzuführverbindung (500) des Brennstoffzellensystems (10).



7
 8
 9
 10
 11
 12

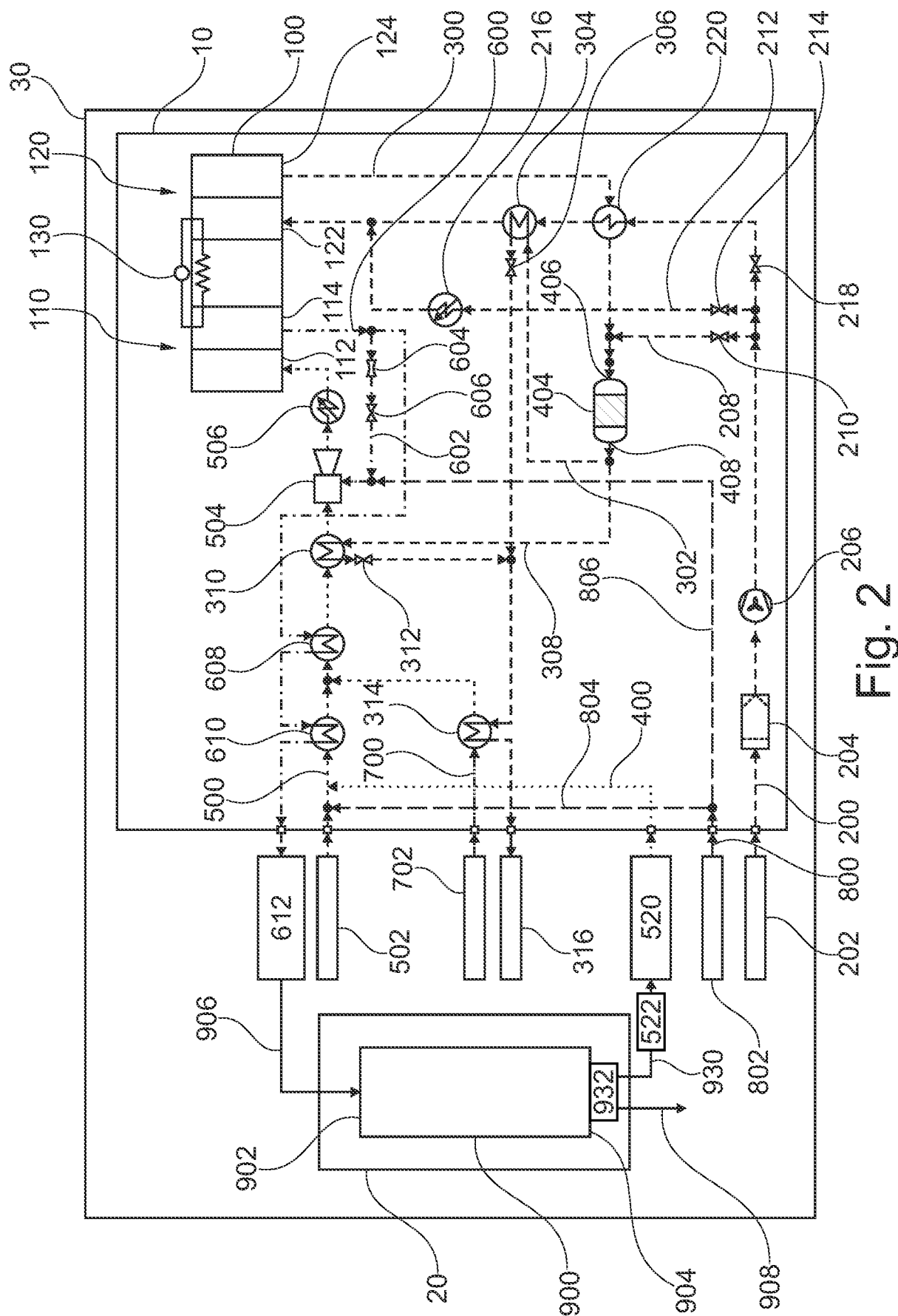
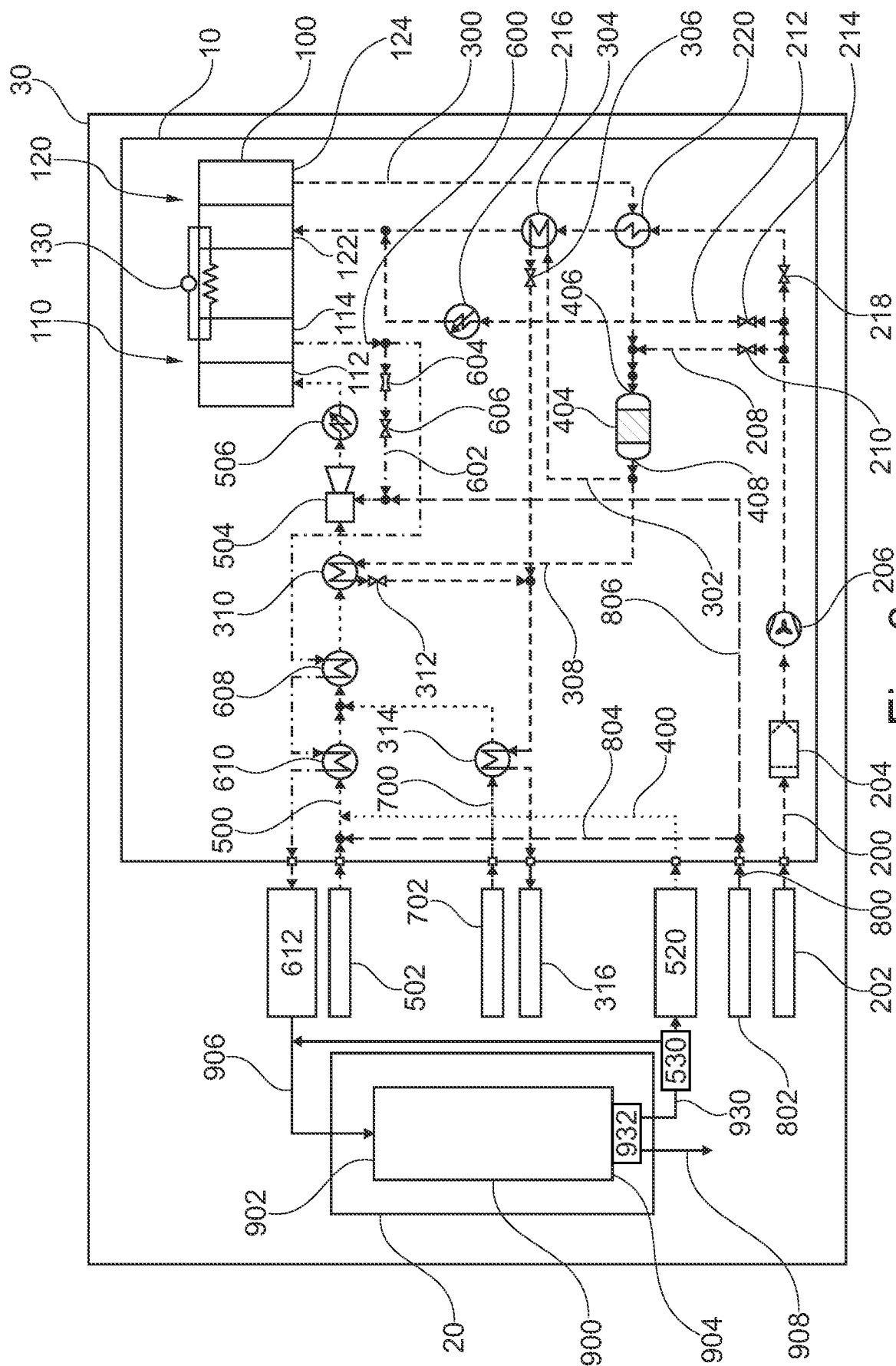
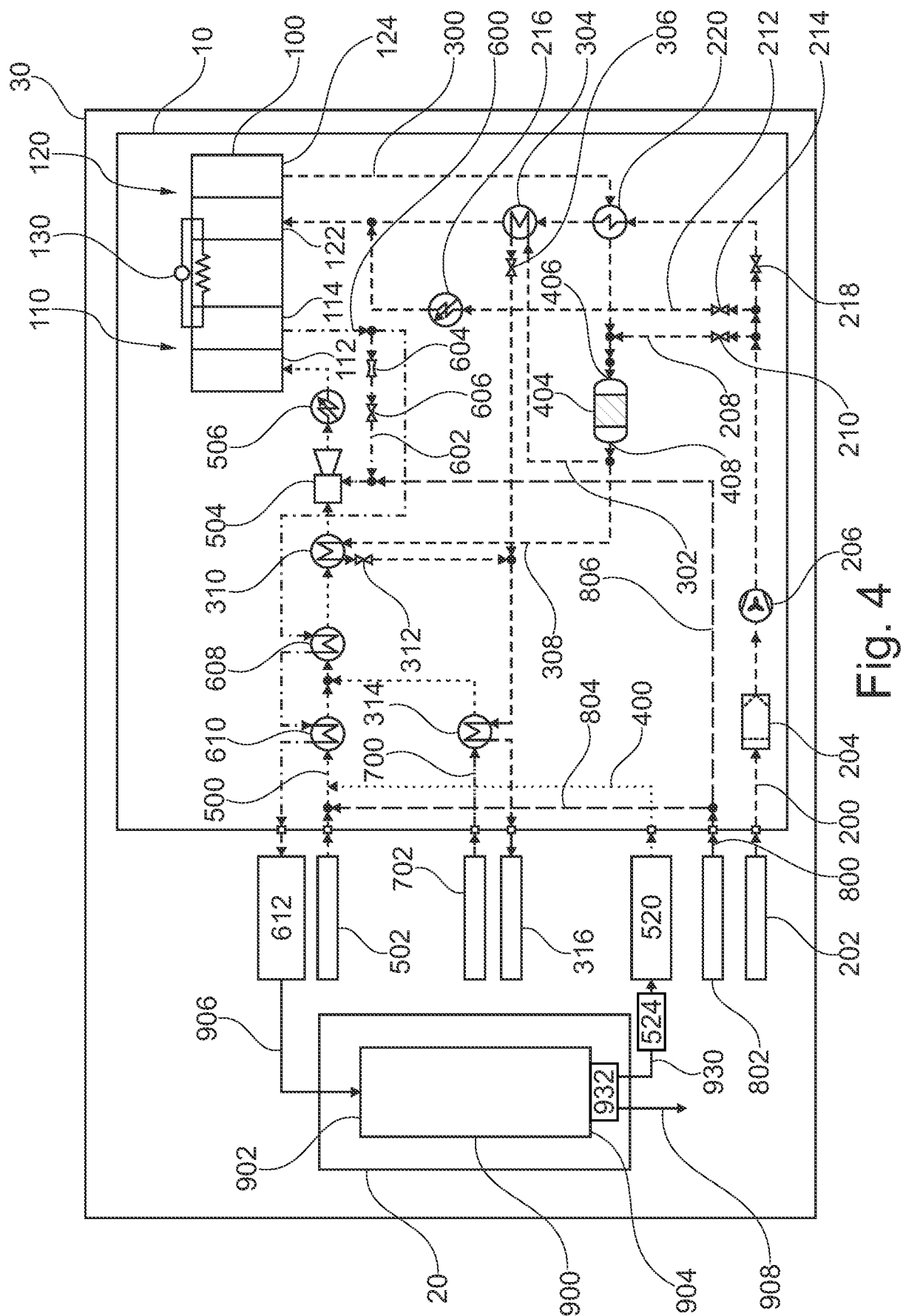


Fig. 2





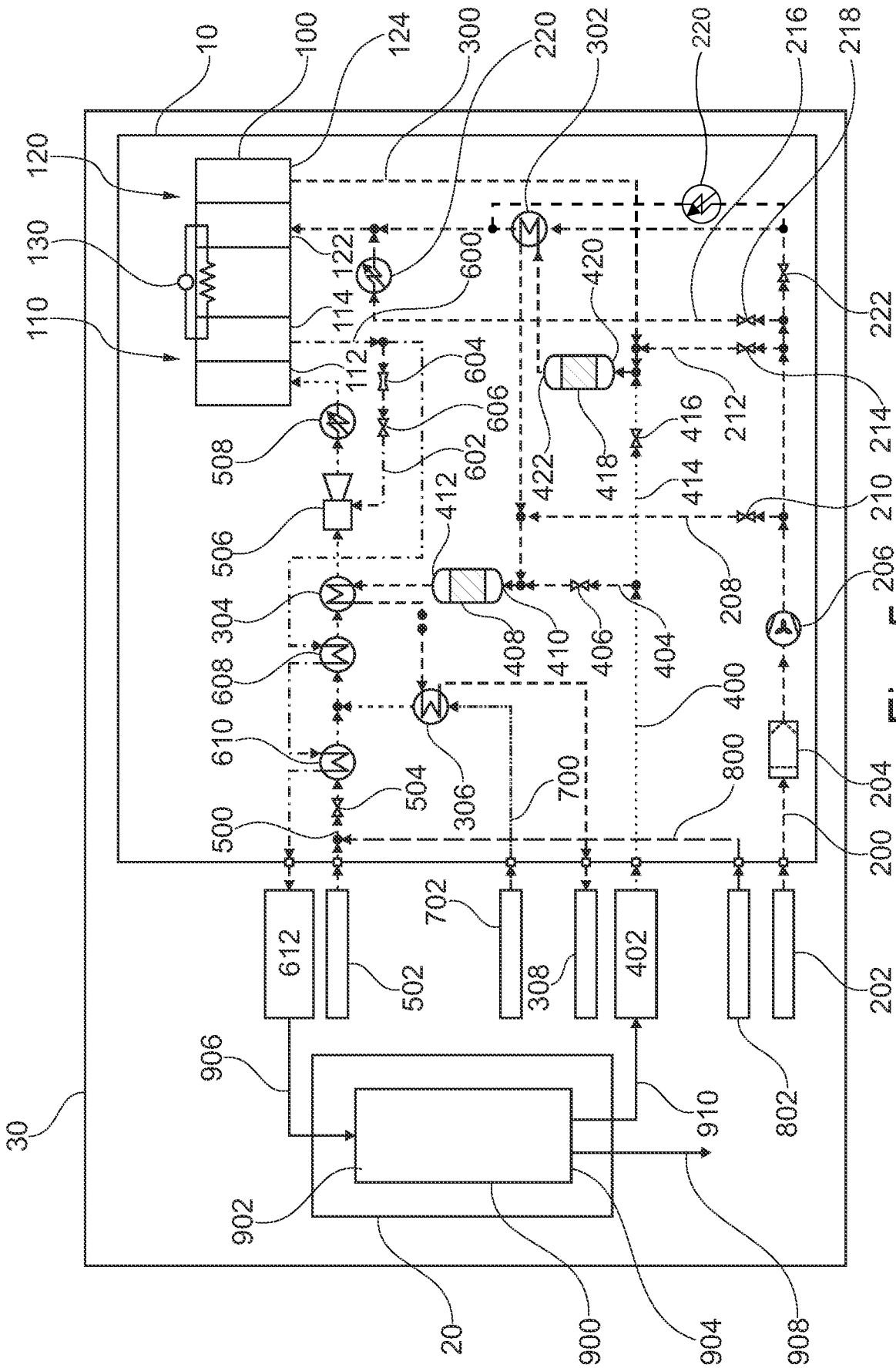


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/12 (2006.01); **C25B 1/23** (2021.01); **C25B 15/08** (2006.01); **C10G 2/00** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/12 (2013.01); **C25B 1/23** (2021.01); **C25B 15/081** (2021.01); **C10G 2/30** (2013.01); **H01M 2008/1293** (2022.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M, C25B, C10G

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 22.08.2023 eingereichten Ansprüchen 1-12 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2022031726 A2 (OPUS 12 INCORPORATED) 10. Februar 2022 (10.02.2022) [0194]-[0208]; Figur 6A	1, 6-10, 12
X	US 2014272734 A1 (BRAUN ROBERT J. et al.) 18. September 2014 (18.09.2014) Figur 1 und darauf bezogene Beschreibung	1, 7-10, 12
A	EP 3415661 A1 (SUNFIRE GMBH) 19. Dezember 2018 (19.12.2018) Figur 5	1-12
Datum der Beendigung der Recherche: 18.04.2024		
Seite 1 von 1		Prüfer(in): ENGLISCH Julia

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
- P** Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellenanlage (30) mit einem Brennstoffzellensystem (10), das Brennstoffzellensystem (10) aufweisend:
 - einen Brennstoffzellenstapel (100) mit einem Kathodenabschnitt (110), welcher einen Kathodenzuführabschnitt (112) und einen Kathodenabführabschnitt (114) aufweist, und einem Anodenabschnitt (120), welcher einen Anodenzuführabschnitt (122) und einen Anodenabführabschnitt (124) aufweist,
 - einen mittels einer Anodenzuführverbindung (200) fluidtechnisch mit dem Anodenzuführabschnitt (112) gekoppelten Anodengasanschluss (202) zum Zuführen von Anodengas zum Anodenabschnitt (120),
 - einen mittels einer Anodenabführverbindung (300) fluidtechnisch mit dem Anodenabführabschnitt (124) gekoppelten Anodenabführanschluss (316) zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel (100) erzeugten Anodenabgasen,
 - einen mittels einer Kathodenzuführverbindung (500) fluidtechnisch mit dem Kathodenzuführabschnitt (112) gekoppelten Kathodenzuführanschluss (502) zum Zuführen von Kathodengas zum Kathodenabschnitt (110),
 - einen mittels einer Kathodenabführverbindung (600) fluidtechnisch mit dem Kathodenabführabschnitt (114) gekoppelten Kathodenabführanschluss (612) zum Abführen von durch den Brennstoffzellenstapel (100) erzeugtem Synthesegas, und
 - einen Rückführgasanschluss (520) zum Bereitstellen von Rückführgas, welches bei einem nachfolgendem Syntheseprozess zur Herstellung von synthetischen Kohlenwasserstoffen aus dem Brennstoffzellenstapel (100) erzeugtem Synthesegas entsteht, wobei der Rückführgasanschluss (520) mit der Kathodenzuführverbindung (500) fluidkommunizierend verbunden ist,

- wobei die Brennstoffzellenanlage (30) ferner aufweist ein Synthesystem (20) mit einer Syntheseanlage (900), wobei
 - der Kathodenabführanschluss (612) mittels einer Synthesegaszuführverbindung (906) fluidtechnisch mit der Syntheseanlage (900) gekoppelt ist,
 - die Syntheseanlage (900) zur Synthese von synthetischen Kohlenwasserstoffen aus dem Brennstoffzellenstapel (100) erzeugtem und mittels der Synthesegaszuführverbindung (906) zugeführten Synthesegases eingerichtet ist, und
 - die Syntheseanlage (900) mittels einer Rückführgasabführverbindung (930) zum Bereitstellen von Rückführgas fluidtechnisch mit einem Rückführgasanschluss (520) gekoppelt ist
 - **dadurch gekennzeichnet, dass** stromaufwärts des Rückführgasanschlusses (520) wenigstens ein kontrollierbarer Syntheserückführgasanschluss (530) angeordnet ist für ein wenigstens teilweises Rückführen des Rückführgases in den Syntheseprozess.
- 2. Brennstoffzellenanlage (30) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** stromaufwärts des Rückführgasanschlusses (520) eine Reformervorrichtung (522) fluidkommunizierend mit dem Rückführgasanschluss (520) verbunden ist für ein wenigstens teilweises Reformieren der Nebenprodukte aus dem Syntheseprozess.
- 3. Brennstoffzellenanlage (30) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reformervorrichtung (522) wenigstens eine der folgenden Ausbildungen aufweist:
 - Steam-Reformer
 - Dry-Reformer
 - CPOX Reformer

4. Brennstoffzellenanlage (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Synthese-Rückführgasanschluss (530) stromaufwärts einer Reformervorrichtung (522) angeordnet ist.
5. Brennstoffzellenanlage (30) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** stromaufwärts des Rückführgasanschlusses (520) eine Rückführgas-Katalysatorvorrichtung (524) fluidkommunizierend mit dem Rückführgasanschluss (520) verbunden ist.
6. Brennstoffzellenanlage (30) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückführgasanschluss (520) in den Kathodenzuführanschluss (502) integriert ist.
7. Brennstoffzellenanlage (30) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kathodenzuführanschluss (502) und der Rückführgasanschluss (520) jeweils wenigstens ein Kontrollventil aufweisen für eine Kontrolle des Volumenstroms an Rückführgas und an Kathodengas.
8. Brennstoffzellenanlage (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückführgasabführverbindung (930) fluidkommunizierend mit der Synthesegaszuführverbindung (906) verbunden ist für ein wenigstens teilweises Rückführen des Rückführgases in die Syntheseanlage (900).
9. Verfahren zum Erzeugen von Synthesegas mittels einer Brennstoffzellenanlage (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 aufweisend die Schritte:
 - Zuführen von aus einem Syntheseprozess, bei dem Synthesegas in Kohlenwasserstoffe umgesetzt wird, abgetrennten Rückführgas zu einem Rückführgasanschluss (520) eines Brennstoffzellensystems (10),
 - Zuführen des Rückführgases in die Kathodenzuführverbindung (500) des Brennstoffzellensystems (10).