

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50107/2021 (51) Int. Cl.: **H01M 8/04029** (2016.01)
(22) Anmeldetag: 18.02.2021 **H01M 8/04701** (2016.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.09.2022 **H01M 8/124** (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102009034580 A1
EP 1297582 B1
CN 111446467 A

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

(72) Erfinder:
Reichholf David Dipl.-Ing.
8010 Graz (AT)
Neubauer Raphael Dr.
8042 Graz (AT)

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

(54) **Wärme Kopplungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wärme Kopplungsvorrichtung (10) für ein Brennstoffzellensystem (100) zur Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Abgasabschnitt (20) für ein Führen von heißem Abgas (A) des Brennstoffzellensystems (100) und einen Kopplungskreislauf (30) zum Führen eines Kopplungsfluids (KF) zu einer Wärmenutzungsvorrichtung (200), wobei der Kopplungskreislauf (30) einen Kopplungswärmetauscher (32) aufweist, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas (A) auf das Kopplungsfluid (KF), weiter aufweisend einen Zusatzkreislauf (40) zum Führen eines Zusatzfluids (ZF), wobei der Zusatzkreislauf (40) einen Abgabeabschnitt (44) für eine Abgabe von Wärme aus dem Zusatzfluid (ZF) an die Umgebung und einen Zusatzwärmetauscher (42) aufweist, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas (A) auf das Zusatzfluid (ZF).

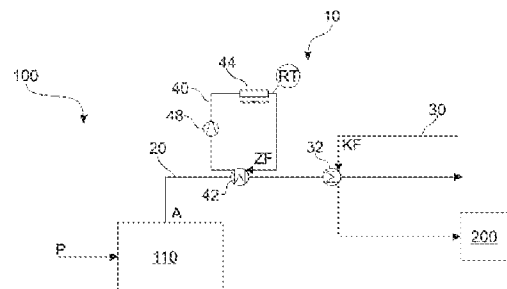


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wärmekopplungsvorrichtung (10) für ein Brennstoffzellensystem (100) zur Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Abgasabschnitt (20) für ein Führen von heißem Abgas (A) des Brennstoffzellensystems (100) und einen Kopplungskreislauf (30) zum Führen eines Kopplungsfluids (KF) zu einer Wärmenutzungsvorrichtung (200), wobei der Kopplungskreislauf (30) einen Kopplungswärmetauscher (32) aufweist, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas (A) auf das Kopplungsfluid (KF), weiter aufweisend einen Zusatzkreislauf (40) zum Führen eines Zusatzfluids (ZF), wobei der Zusatzkreislauf (40) einen Abgabeabschnitt (44) für eine Abgabe von Wärme aus dem Zusatzfluid (ZF) an die Umgebung und einen Zusatzwärmetauscher (42) aufweist, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas (A) auf das Zusatzfluid (ZF).

Fig. 1

Wärmekopplungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wärmekopplungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem, ein Brennstoffzellensystem mit einer solchen Wärmekopplungsvorrichtung sowie ein Verfahren für eine Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion eines Brennstoffzellensystems.

Es ist bekannt, dass Brennstoffzellensysteme eingesetzt werden, um in einer stationären Betriebssituation Strom zu produzieren. Dabei wird beispielsweise eine sogenannte SOFC-Brennstoffzelle verwendet, die beim Betrieb sehr hohe Temperaturen mit sich bringt. Die Betriebstemperatur einer SOFC-Brennstoffzelle im stationären Betrieb liegt beispielsweise im Bereich von circa 500 °C bis 1000 °C. Auch ist es bekannt, dass die heißen Abgase, welche ein solches Brennstoffzellensystem verlassen, zum Teil zur Vorwärmung von Prozessgasen, insbesondere dem Anodenzuführgas und/oder dem Kathodenzuführgas, verwendet werden. Trotzdem verbleibt noch eine Restmenge an Wärme in dem Abgas des Brennstoffzellensystems, welche häufig an die Umgebung abgegeben wird.

Weiter ist es bekannt, dass elektrische Maschinen und Stromerzeuger eine sogenannte Kraftwärmekopplung aufweisen können. Hierfür werden Vorrichtungen, wie beispielsweise Gaskraftwerke, eingesetzt, um Strom zu produzieren. Die dabei ebenfalls entstehende Wärme wird über eine Wärmekopplungsvorrichtung einer Wärmenutzungsvorrichtung, beispielsweise in Form eines Fernwärmenetzes, zur Verfügung gestellt. Eine solche Kraft-Wärme-Kopplung ist grundsätzlich auch für den Einsatz bei Brennstoffzellensystemen bekannt.

Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass bei einer Kopplung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion, diese beiden Ziele miteinander in Konflikt stehen. So ist die Regelung des Gesamtsystems entweder stromgeführt oder aber wärmegeführt. Das bedeutet, dass entweder der Wärmebedarf erfüllt wird und die Stromproduktion das Ergebnis des aktuellen Wärmebedarfs ist oder umgekehrt. Unter einer stromgeführten Regelung ist im Gegensatz dazu zu verstehen, dass eine vorgegebene Menge an Strom produziert wird und die aktuelle Wärmeproduktion dem Strombedarf folgt.

Somit sind Wärmebedarf und Strombedarf immer miteinander gekoppelt und insbesondere nicht separat voneinander kontrollierbar. Dies führt zu relativ aufwendigen Kontrollmechanismen und insbesondere zu einer sehr geringen Kontrollvariabilität für die Wärmenutzung in einer stromgeführten Kontrollsituation oder die Stromnutzung in einer wärmegeführten Kontrollsituation.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine Wärmekopplung zur Verfügung zu stellen, die eine Entkopplung der Stromproduktion von der Wärmeproduktion zumindest teilweise zur Verfügung stellt.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst, durch eine Wärmekopplungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 10 und 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 der erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem sowie dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Erfindungsgemäß dient eine Wärmekopplungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem zur Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems. Hierfür weist die Wärmekopplungsvorrichtung einen Abgasabschnitt für ein Führen von heißem Abgas des Brennstoffzellensystems auf. Weiter ist ein Kopplungskreislauf zum Führen eines Kopplungsfluids zu einer Wärmenutzungsvorrichtung vorgesehen. Der Kopplungskreislauf ist mit einem Kopplungswärmetauscher ausgestattet, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt angeordnet ist, zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas auf das Kopplungsfluid. Weiter ist in der Wärmekopplungsvorrichtung ein Zusatzkreislauf vorgesehen, zum Führen eines Zusatzfluids. Der Zusatzkreislauf weist einen Abgabeabschnitt für eine Abgabe von Wärme aus dem Zusatzfluid an die Umgebung sowie einen

Zusatzwärmetauscher auf, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt angeordnet ist, zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas auf das Zusatzfluid.

Der erfindungsgemäße Kerngedanke beruht darauf, die Wärme, welche im heißen Abgas des Brennstoffzellensystems vorhanden ist, einer Wärmenutzungsvorrichtung zur Verfügung zu stellen. Dabei kann es sich beispielsweise um ein Fernwärmenetz handeln oder aber um ein Heizungssystem eines Gebäudes oder einer Industrieanlage. Die Wärme wird also nicht oder nur zum Teil an die Umgebung abgegeben, sondern vielmehr in der Wärmenutzungsvorrichtung nutzbar.

Um diese Wärmenutzung zu ermöglichen, muss die Wärme vom heißen Abgas auf das Kopplungsfluid des Kopplungskreislaufs übertragen werden. Hierfür ist der Kopplungswärmetauscher im Abgasabschnitt angeordnet. Der Kopplungswärmetauscher kann beispielsweise als Plattenwärmetauscher ausgebildet sein. Die heiße Seite wird dabei direkt oder indirekt vom Abgasabschnitt gebildet, sodass heißes Abgas die heiße Seite des Kopplungswärmetauschers durchströmt. Die kalte Seite wird vom Kopplungsfluid durchströmt, sodass eine Wärmeübertragung vom heißen Abgas auf das kalte Kopplungsfluid stattfindet. Mit anderen Worten verlässt das Abgas den Kopplungswärmetauscher kühler, als es in diesen eintritt. Das Kopplungsfluid wird beim Durchströmen des Kopplungswärmetauschers erwärmt und kann auf diese Weise die aufgenommene Wärme an die Wärmenutzungsvorrichtung weiterführen. Das Kopplungsfluid ist insbesondere als Kopplungsflüssigkeit ausgebildet, beispielsweise in Form von Wasser, Thermoöl oder ähnlichem.

Um eine Entkopplung der Stromproduktion und der Wärmeproduktion zur Verfügung stellen zu können, ist nun zusätzlich noch ein Zusatzkreislauf vorgesehen. Der Zusatzkreislauf führt ebenfalls ein Zusatzfluid im Kreislauf, welches ähnlich wie das Kopplungsfluid beispielsweise ein Thermoöl, Wasser oder ein anderes Fluid, insbesondere eine Flüssigkeit, sein kann, welches in der Lage ist, insbesondere mit hoher spezifischer Wärmekapazität, Wärme aufzunehmen und zu transportieren.

Der Zusatzkreislauf ist in der Lage, ebenfalls Wärme aus dem heißen Abgas im Abgasabschnitt aufzunehmen, da der Zusatzwärmetauscher mit seiner heißen Seite ebenfalls im Abgasabschnitt angeordnet ist. Somit ist es möglich, dass heißes Abgas nicht nur den Kopplungswärmetauscher auf dessen heißer Seite, sondern auch die heiße Seite des Zusatzwärmetauschers durchströmt und auf diese Weise zumindest

einen Teil der Wärme auch an das Zusatzfluid übergeben kann. Der Zusatzkreislauf ist dabei vorzugsweise nicht oder nur in geringer Weise für eine Nutzung der aufgenommenen Wärme ausgestattet. Vielmehr dient der Zusatzabschnitt dazu, sicherzustellen, dass die Gesamtmenge an Wärme, welche vom Zusatzfluid und vom Kopplungsfluid aufgenommen wird, zu einer maximalen Resttemperatur des Abgases führt, welche auch bei unterschiedlichen zu nutzenden Wärmemengen nicht überschritten wird.

Beispielsweise variiert die benötigte Wärme, also der Wärmebedarf, an der Wärmenutzungsanlage. Befindet sich das Brennstoffzellensystem in einer stromgeführten Kontrollsituation, so kann auf diesen variierenden Wärmebedarf nicht eingegangen werden. Vielmehr wird je nach Strombedarf und entsprechender stromführender Kontrolle eine daraus resultierende Menge an Wärme produziert. So kann es nun zu Situationen kommen, in welchen die aktuelle Wärmeproduktion den aktuellen Wärmebedarf deutlich übersteigt. Ohne den Zusatzkreislauf würde dies dazu führen, dass für die Erfüllung des notwendigen Wärmebedarfs eine entsprechend geringere Menge an Wärme aus dem heißen Abgas entzogen wird, wodurch das heiße Abgas eine erhöhte Resttemperatur beim Ausströmen in die Umgebung aufweisen würde. Es ist nun häufig notwendig, das Abgas auf eine Maximaltemperatur zu kühlen, um die gesetzlichen Vorgaben beim Auslass an die Umgebung erfüllen zu können. Häufig ist es darüber hinaus so, dass im weiteren Verlauf des Abgasabschnitts Komponenten des Brennstoffzellensystems angeordnet sind, die vor zu hohen Abgastemperaturen geschützt werden müssen. Ist beispielsweise die Förderung der Prozessgase durch das Brennstoffzellensystem in Unterdruckweise vorgesehen, so ist üblicherweise dem Kopplungswärmetauscher und dem Zusatzwärmetauscher nachgeordnet ein Sauggebläse angeordnet, welches diesen Unterdruck erzeugt. Ein solches Sauggebläse ist kostengünstig und einfach ausgestaltet und dementsprechend mit einem Temperaturgrenzwert versehen, welcher relativ niedrig liegt. Bei zu hohen Abgastemperaturen würde ein sehr hoher Verschleiß oder sogar ein Defekt eines solchen Sauggebläses die Folge sein. Alternativ müssten die Komponenten hitzeresistent ausgelegt werden, was wiederum zu höheren Kosten und mehr Komplexität führen würde.

Erfindungsgemäß ist es nun möglich, auch bei relativ geringem Wärmebedarf und deutlich höherer Wärmeproduktion, eine Temperaturgrenze für die Resttemperatur

des Abgases einzuhalten. Dies wird dadurch möglich, dass die Differenz zwischen geringem Wärmebedarf und hoher Wärmeproduktion, also der produzierte Wärmeüberschuss, nun über den Zusatzkreislauf aus dem Abgas abgeführt werden kann. Somit sind verschiedene Betriebssituationen zu unterscheiden. Entspricht der aktuelle Wärmebedarf der Wärmenutzungsvorrichtung im Wesentlichen der aktuellen Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems, so kann der Zusatzkreislauf ausgeschaltet bleiben und die Wärme im Wesentlichen vollständig vom heißen Abgas auf das Kopplungsfluid übertragen werden. Bei einem Missverhältnis mit hoher Wärmeproduktion und reduziertem Wärmebedarf, wird diese Differenz-Wärmemenge nicht an die Umgebung durch das heiße Abgas abgegeben, sondern vielmehr über den Zusatzwärmetauscher in das Zusatzfluid übertragen. Somit wird sichergestellt, dass in den beiden beschriebenen Betriebssituationen, insbesondere also auch bei reduziertem Wärmebedarf bei hoher Wärmeproduktion, die Resttemperatur im Abgas niedrig, insbesondere identisch oder im Wesentlichen identisch, für alle Betriebssituationen bleibt. Neben der Erfüllung gesetzlicher Rahmenbedingungen führt dies insbesondere dazu, dass weitere Komponenten des Brennstoffzellensystems stromabwärts des Zusatzwärmetauschers und des Kopplungswärmetauschers kostengünstiger ausgelegt sein können, da sie nicht einer hohen Temperatur widerstehen müssen.

Wie aus der voranstehenden Erläuterung ersichtlich wird, sind nun die Wärmeproduktion und der Wärmebedarf voneinander entkoppelt. Das Brennstoffzellensystem kann stromgeführt betrieben werden und für den Fall, dass der Wärmebedarf unter die aktuelle Wärmeproduktion sinkt, kann über den Zusatzkreislauf die überschüssige Wärme aus dem heißen Abgas entfernt werden. Dies führt zu der gewünschten Entkopplung und dementsprechend der variablen und flexiblen Kontrollweise der Wärmenutzungsvorrichtung und des Kopplungskreislaufes, auch dann, wenn das Brennstoffzellensystem in stromführender Weise kontrolliert wird.

Es ist noch darauf hinzuweisen, dass der Zusatzkühlkreislauf auch eigene Nutzungsmöglichkeiten aufweisen kann. Die einfachste Möglichkeit besteht jedoch darin, dass über den Zusatzkreislauf, das Abgas gekühlt und die Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Die erfindungsgemäßen Vorteile der beschriebenen Entkopplung von Stromproduktion und Wärmeproduktion kommen insbesondere bei mit Unterdruck geführten Brennstoffzellensystemen zum Tragen, bei welchen eine

Unterdruckfördervorrichtung stromabwärts der Wärmekopplungsvorrichtung im Abgasabschnitt angeordnet ist. Auch ist noch darauf hinzuweisen, dass insbesondere der Kopplungskreislauf, nicht zwingend innerhalb der Wärmekopplungsvorrichtung einen geschlossenen Kreislauf aufweisen muss. Insbesondere ist es denkbar, dass kühles Kopplungsfluid aus einem großen Wärmekopplungskreislauf zur Verfügung gestellt wird und im kleinen Kopplungskreislauf der Wärmekopplungsvorrichtung in der beschriebenen Weise erwärmt wird. Jedoch ist es selbstverständlich auch denkbar, dass Vorlauf und Rücklauf als kleiner Kreislauf in dem Kopplungskreislauf miteinander fluidkommunizierend verbunden sind.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung im Abgasabschnitt stromabwärts des Kopplungswärmetauschers und stromabwärts des Zusatzwärmetauschers ein Sauggebläse für eine Unterdruckförderung des Abgases angeordnet ist. Grundsätzlich wird es durch die erfindungsgemäße Entkopplung möglich, sicherzustellen, dass die Resttemperatur beim Durchströmen des Abgasabschnitts für das Abgas eine definierte Grenztemperatur nicht überschreitet. Somit können Komponenten und dabei insbesondere eine Unterdruckfördervorrichtung in Form eines Sauggebläses vor zu hohen Temperaturen geschützt werden. Dies führt wiederum zu einer einfachen und kostengünstigen Ausgestaltung sowie entsprechend einfacher und kostengünstiger Materialwahl für ein solches Sauggebläse.

Vorteile bringt es weiter mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung der Zusatzwärmetauscher stromaufwärts vor dem Kopplungswärmetauscher im Abgasabschnitt angeordnet ist. Dieser erlaubt eine besonders flexible Kontrolle und basiert insbesondere auf einer Erfassung des aktuellen Wärmebedarfs in der Wärmenutzungsvorrichtung und der aktuellen Wärmeproduktion im Brennstoffzellensystem. Mit anderen Worten erfolgt eine Vorkühlung des heißen Abgases im Zusatzwärmetauscher bevor das auf diese Weise vorgekühlte Abgas den Kopplungswärmetauscher erreicht. Dies hat unter anderem den Vorteil, dass der Zusatzwärmetauscher mit maximalem Temperaturgradienten zwischen heißem Abgas und kühlem Zusatzfluid durchströmt wird. Der Temperaturgradient und auch die daraus resultierende Wärmeübergang werden auf diese Weise verstärkt, sodass einfach, schnell und kostengünstig die Wärme auf das Zusatzfluid übertragen werden kann. Auch ist es möglich, auf diese Weise ein einfacheres und/oder kostengünstigeres

Wärmeträgerfluid als Zusatzfluid einzusetzen, da der Gradient und damit die Übertragungstriebkraft für die Wärme größer ist.

Weitere Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung der Zusatzkreislauf eine Zusatz-Wärmenutzungsvorrichtung aufweist für eine Nutzung und/oder eine Speicherung der Wärme im Zusatzkreislauf. Eine Speicherung kann beispielsweise durch einen Wärmespeicher zur Verfügung gestellt sein. So ist es möglich, in Situationen, in welchen die Wärmeproduktion unterhalb des Wärmebedarfs der Wärmenutzungsvorrichtung liegt, den Zusatzkreislauf sozusagen in umgekehrter Richtung zu betreiben und den Wärmespeicher wieder zu entladen, indem in umgekehrter Richtung die gespeicherte Wärme vom Wärmespeicher aus dem Zusatzkreislauf an das Abgas abgegeben wird. Auch ist eine Abgabe aus dem Wärmespeicher des Zusatzkreislaufs direkt an das Kopplungsfluid, insbesondere im Vorlauf der kalten Seite des Kopplungswärmetauschers, grundsätzlich denkbar. Jedoch ist selbstverständlich auch eine separate Wärmenutzungsvorrichtung, wie beispielsweise eine Effizienzsteigerung am Brennstoffzellensystem und damit unabhängig vom Kopplungskreislauf, im Rahmen dieser Ausführungsform denkbar.

Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung im Abgasabschnitt ein Prozesswärmetauscher angeordnet ist, für eine Übergabe von Wärme vom heißen Abgas auf wenigstens ein dem Brennstoffzellensystem zugeführtes Prozessgas. Insbesondere ist dieser Prozesswärmetauscher stromaufwärts des Kopplungswärmetauschers und/oder stromaufwärts des Zusatzwärmetauschers angeordnet. Dies führt dazu, dass eine Effizienzsteigerung des Brennstoffzellensystems innerhalb des Brennstoffzellensystems stattfinden kann, indem Prozessgase, beispielsweise das Anodenzuführungsgas und/oder das Kathodenzuführungsgas, vorgewärmt werden können. Dieser Prozesswärmetauscher ist vorzugsweise qualitativ und/oder quantitativ kontrollierbar, sodass diese Rückführung der Wärme in Abhängigkeit der aktuellen Betriebssituation des Brennstoffzellensystems und/oder in Abhängigkeit des aktuellen Wärmebedarfs der Wärmenutzungsvorrichtung stattfinden kann. Insbesondere in einer Kaltstartsituation beim Anfahren des Brennstoffzellensystems, können hier Beschleunigungsmöglichkeiten für diesen Anfahrprozess und Effizienzsteigerungen erzielt werden.

Ebenfalls von Vorteil kann es sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung ein Prozessgasabschnitt separat vom Abgasabschnitt angeordnet ist, für ein Führen eines heißen Prozessgases des Brennstoffzellensystems, wobei der Kopplungskreislauf stromabwärts des Kopplungswärmetauschers einen Zwischenwärmetauscher aufweist, dessen heiße Seite im Prozessgasabschnitt angeordnet ist, für eine Aufnahme von Wärme im Kopplungsfluid vom heißen Prozessgas. Dies erlaubt es, dass das Kopplungsfluid eine zusätzliche Erwärmungsposition aufweist. Während die Hauptwärmeaufnahme im Kopplungswärmetauscher stattfindet, kann ein weiteres Aufheizen oder sogar Überhitzen des Kopplungsfluids in dem Zwischenwärmetauscher stattfinden. Das Prozessgas, welches im Prozessgasabschnitt geführt wird, ist dabei vorzugsweise ein Prozessgas, welches aus dem Brennstoffzellenstapel herausgeführt und wieder in diesen zurückgeführt wird. Dies erlaubt es, insbesondere temporär, die Temperatur innerhalb des Brennstoffzellenstapels zu variieren und auf diese Weise, je nach Betriebssituation, die Effizienz im Betrieb des Brennstoffzellensystems weiter zu steigern. Mit anderen Worten ist eine Zwischenkühlung des Prozessgases möglich, welches nach der Zwischenkühlung wieder dem Brennstoffzellenstapel zur weiteren Verarbeitung zurückgeführt werden kann. Auch wird auf diese Weise eine zusätzliche Wärmeübertragung an das Kopplungsfluid zur Verfügung gestellt.

Vorteile bringt es ebenfalls mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung, gemäß dem voranstehenden Absatz, der Kopplungskreislauf einen Bypassabschnitt aufweist, für einen Bypass des Kopplungsfluids an dem Zwischenwärmetauscher vorbei. Wie bereits angesprochen worden ist, kann diese Zwischenkühlung des Prozessgases insbesondere temporär in einzelnen Betriebssituationen Vorteile mit sich bringen. Um eine möglichst variable Zwischenkühlung zur Verfügung zu stellen, kann über den Bypass dieser Zwischenwärmetauscher sozusagen ein- und ausgeschaltet werden. Sind entsprechend quantitativ regelbare Ventile vorgesehen, ist auch ein quantitatives Aufteilen des Kopplungsfluids zwischen dem Bypassabschnitt und dem Durchströmen des Zwischenwärmetauschers auf dessen kalter Seite möglich. Die Variabilität, die Kontrollmöglichkeit und/oder die Effizienz des Brennstoffzellensystems können auf diese Weise noch weiter gesteigert werden.

Vorteile bringt es ebenfalls mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung der Zusatzkreislauf als Kältekreislauf ausgebildet ist. Während

grundsätzlich entweder in passiver Förderung oder mit Zwangsförderung ein normaler Kühlkreislauf als Zusatzkreislauf denkbar ist, kann ein Kältekreislauf mit einem Kompressor und einem Verdampferabschnitt im Zusatzwärmetauscher weitere Vorteile mit sich bringen. Insbesondere wird es auf diese Weise möglich, durch entsprechende Wahl eines Wärmeträgermediums als Zusatzfluid, noch freier auf entsprechende Betriebssituationen und Temperaturverhältnisse im heißen Abgas zu reagieren.

Ebenfalls von Vorteil kann es sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung der Zusatzkühlkreislauf für eine maximale Kühlleistung bezogen auf die maximale Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems ausgelegt ist. Das bedeutet, dass selbst für den Fall, dass der Wärmebedarf der Wärmenutzungsvorrichtung auf null sinkt, die komplette Wärmeproduktion eines unter maximaler Leistung betriebenen Brennstoffzellensystems über den Zusatzkreislauf und insbesondere den Zusatzwärmetauscher abgeführt werden kann. Das bedeutet, dass auch in der Extremsituation einer ausgeschalteten Wärmenutzungsvorrichtung und dementsprechend einer ausgeschalteten Wärmeübertragung in das Kopplungsfluid der maximale Temperaturgrenzwert für die Resttemperatur des Abgases nicht überschritten wird. Die Auslegung basiert dabei auf der Menge des Zusatzfluids, entsprechenden Strömungsquerschnitten und weiteren konstruktiven Ausgestaltungsmöglichkeiten des Zusatzkühlkreislaufs.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Brennstoffzellensystem zur Erzeugung von Strom und Wärme. Das Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt auf. Der Anodenabschnitt ist mit einem Anodenzuführabschnitt und einem Anodenabführabschnitt ausgestattet. Der Kathodenabschnitt ist mit einem Kathodenzuführabschnitt und einem Kathodenabführabschnitt ausgestattet. Weiter weist das Brennstoffzellensystem eine Wärmekopplungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung auf, deren Abgasabschnitt mit dem Anodenabführabschnitt und/oder dem Kathodenabführabschnitt fluidkommunizierend verbunden ist. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Wärmekopplungsvorrichtung erläutert worden sind. Vorzugsweise ist in dieses Brennstoffzellensystem auch eine Wärmenutzungsvorrichtung integriert. Auch ist noch darauf hinzuweisen, dass für den Abgasabschnitt

sowohl eine spezifische Ausgestaltung für den Anodenabführabschnitt oder den Kathodenabführabschnitt vorgesehen sein kann. Jedoch ist es auch denkbar, dass, zumindest teilweise, das Abgas des Anodenabschnitts im Anodenabführabschnitt und das Abgas des Kathodenabschnitts im Kathodenabführabschnitt zu einem gemeinsamen Abgas zusammengeführt werden und damit als gemeinsames oder kombiniertes Abgas den Abgasabschnitt der Wärmekopplungsvorrichtung durchströmen.

Vorteile bringt es ebenfalls mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der Brennstoffzellenstapel einen Prozessgasabschnitt aufweist, für ein Führen eines Prozessgases aus dem Brennstoffzellenstapel heraus und in den Brennstoffzellenstapel zurück, wobei im Kopplungskreislauf ein Zwischenwärmetauscher angeordnet ist, dessen heiße Seite im Prozessgasabschnitt angeordnet ist, für eine Aufnahme von Wärme im Kopplungsfluid des Prozessgases. Zusätzlich ist es auch möglich, dass noch ein Bypassabschnitt vorgesehen ist, um diesen Zwischenwärmetauscher entweder qualitativ auszuschalten oder die durchströmende Menge an Kopplungsfluid quantitativ zu kontrollieren. Dies erlaubt, wie bereits erläutert worden ist, eine Zwischenkühlung des Prozessgases während des Durchströmens des Brennstoffzellenstapels und damit eine weitere Effizienzsteigerung im Betrieb des Brennstoffzellensystems.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren für eine Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems gemäß der vorliegenden Erfindung. Ein solches Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Kontrolle der Stromproduktion des Brennstoffzellensystems,
- Erfassen eines Wärmebedarfs der Wärmenutzungsvorrichtung,
- Erfassen der Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems,
- Vergleich der erfassten Wärmeproduktion und des erfassten Wärmebedarfs,
- Kontrolle einer Wärmereduktion über den Zusatzwärmetauscher zur Einhaltung eines maximalen Temperaturgrenzwertes für das Abgas im Abgasabschnitt.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren bringt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Wärmekopplungsvorrichtung und mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem, erläutert worden sind. Es ist darauf hinzuweisen, dass hier die Stromproduktion für die Kontrolle des Brennstoffzellensystems verwendet wird. Mit anderen Worten wird die Kontrolle des Brennstoffzellensystems stromgeführt und nicht wärmegeführt durchgeführt.

Anhand der Stromproduktion und der zugehörigen Kontrolle stellt sich damit im Ergebnis eine daraus resultierende Wärmeproduktion ein, welche im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens erfasst und mit einem ebenfalls erfassten aktuellen Wärmebedarf der Wärmenutzungsvorrichtung verglichen wird. Im Ergebnis können drei Betriebssituationen unterschieden werden.

Übersteigt der Wärmebedarf die aktuelle Wärmeproduktion, so muss die noch fehlende Wärme anderweitig der Wärmenutzungsvorrichtung zur Verfügung gestellt werden. Hier sind beispielsweise elektrische Zusatzheizmöglichkeiten oder Ähnliches denkbar. Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung liegt jedoch auf den anderen beiden Betriebssituationen.

Deckt die aktuelle Wärmeproduktion im Wesentlichen den aktuellen Wärmebedarf ab, so kann der Zusatzkreislauf im Wesentlichen ausgeschaltet werden oder bleiben. Vielmehr erfolgt eine vollständige oder im Wesentlichen vollständige Wärmeübergabe vom heißen Abgas auf das Kopplungsfluid, sodass der Wärmebedarf der Wärmenutzungsvorrichtung erfüllt und gleichzeitig ein Abkühlen des Abgases unter den maximalen Temperaturgrenzwert zur Verfügung gestellt werden kann.

Die davon zu unterscheidende dritte Betriebssituation liegt dann vor, wenn die aktuelle Wärmeproduktion den aktuellen Wärmebedarf der Wärmenutzungsvorrichtung überschreitet. In einem solchen Fall wird die abgezogene Wärme im Kopplungsfluid nicht ausreichen, um die Temperatur des Abgases unter Einhaltung des maximalen Temperaturgrenzwertes ausreichend abzukühlen. Die noch fehlende Kühlung wird in einem solchen Fall durch den Zusatzwärmetauscher und den Zusatzkreislauf zur Verfügung gestellt. Je nachdem, wie groß die fehlende Wärmemenge, also die Differenzmenge an Wärme zwischen der aktuellen Wärmeproduktion und dem aktuellen Wärmebedarf ist, umso stärker oder weniger stark erfolgt die Wärmeübertragung am Zusatzwärmetauscher. Dies führt zu der mehrfach erläuterten Entkopplung, sodass

trotz einer stromgeführten Kontrolle des Brennstoffzellensystems eine Variation des Wärmebedarfs der Wärmenutzungsvorrichtung möglich wird.

Vorteilhaft kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Wärmereduktion über den Zusatzwärmetauscher mittels einer Variation wenigstens eines der folgenden Parameter kontrolliert wird:

- Variation der Rücklaufftemperatur im Zusatzkreislauf,
- Variation des Massenstroms an Zusatzfluid im Zusatzkreislauf.

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich können auch zwei oder mehr unterschiedliche Parameter für diese Kontrolle verwendet werden. Beispielsweise kann der Massenstrom an Zusatzfluid im Zusatzkreislauf erhöht werden, um entsprechend die Wärmeübertragung am Zusatzwärmetauscher zu erhöhen. Durch eine Erhöhung einer Lüftergeschwindigkeit kann die Abgabe von Wärme im Abgabeabschnitt erhöht werden, sodass die Rücklaufftemperatur im Zusatzkreislauf für das Zusatzfluid reduziert wird. Auch dies dient durch eine Vergrößerung des Temperaturgradienten dementsprechend einer Verstärkung der Wärmeübertragung am Zusatzwärmetauscher.

Vorteile bringt es weiter mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren aus dem erfassten Wärmebedarf und der erfassten Wärmeproduktion eine Temperaturreduktion für das Abgas im Abgasabschnitt und/oder eine Austrittstemperatur des Abgases ermittelt wird. In beiden Fällen handelt es sich vorzugsweise um eine Simulation des erfassten Wärmebedarfs und/oder eine Simulation der aktuellen Wärmeproduktion. Dies erlaubt es vorherzusehen, welche Temperaturreduktion und/oder Austrittstemperatur sich für das Abgas einstellt und entsprechend noch zielgeführter die Kontrolle mit einem erfindungsgemäßen Verfahren durchzuführen.

Auch vorteilhaft kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die erfasste Wärmeproduktion und/oder der erfasste Wärmebedarf mittels einer Simulation vorausermittelt wird. Mit anderen Worten lässt sich über eine definierte Zeitspanne vorhersagen, wie sich der Wärmebedarf und/oder die Wärmeproduktion entwickeln wird. Dies erlaubt es, Regelschwingungen oder ein unerwünschtes Erhöhen über einen Zwischenzeitraum für die Temperatur des Abgases zu vermeiden und

sicherzustellen, dass die beschriebenen Grenzwerte über die maximale Zeitspanne im Betrieb des Brennstoffzellensystems eingehalten werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können, die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung,
- Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung,
- Fig. 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung,
- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung,
- Fig. 5 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekopplungsvorrichtung,
- Fig. 6 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,
- Fig. 7 ein möglicher Verlauf der Wärmemengen bei einem erfindungsgemäßen Verfahren.

Figur 1 zeigt schematisch ein Brennstoffzellensystem 100, bei welchem ein oder mehrere Prozessgase P einem Brennstoffzellenstapel 110 zugeführt werden. Ein Abgas A kann entweder als Sammelabgas oder als Einzelabgas in Form in einen Abgasabschnitt 20 der Wärmekopplungsvorrichtung 10 aus dem Brennstoffzellenstapel 110 geführt werden. Das heiße Abgas A durchströmt nun bei der Führung im Abgasabschnitt 20 zuerst einen Zusatzwärmetauscher 42. In diesem erfolgt eine Wärmeübergabe vom heißen Abgas A auf das Zusatzfluid ZF, welches durch eine

Fördervorrichtung 48 im Kreis des Zusatzkreislaufs gefördert wird. Das Zusatzfluid ZF wird nun in erwärmter Form entlang des Zusatzkreislaufs 40 dem Abgabeabschnitt 44 zugeführt. Hier wird beispielsweise über eine Lüftervorrichtung kontrolliert, wie viel Wärme vom Zusatzfluid ZF an die Umgebung abgegeben wird. Je nach Wärmeabgabe am Abgabeabschnitt 44, stellt sich eine unterschiedlich niedrige Rücklauf-temperatur RT für das Zusatzfluid ZF ein. Auch ist noch darauf hinzuweisen, dass der Massenstrom an Zusatzfluid ZF mit der Kontrolle der Fördervorrichtung 48 variiert werden kann. Das auf diese Weise vorgekühlte Abgas A strömt weiter entlang dem Abgasabschnitt 20 in einen Kopplungswärmetauscher 32. In diesen erfolgt ein weiterer Wärmeübergang vom Abgas A auf ein Kopplungsfluid KF im Kopplungs-kreislauf 30, welches sich auf diese Weise erwärmt. Das auf diese Weise nun maximal gekühlte Abgas A kann an die Umgebung abgegeben werden. Das erwärmte Kopplungsfluid KF kann diese Wärme an die Wärmenutzungsvorrichtung 200 weiter-führen.

Je nach Betriebssituation kann nun der aktuelle Wärmebedarf WB der Wärmenut-zungsvorrichtung 200 niedriger, höher oder identisch mit der aktuellen Wärmepro- duktion WP des Brennstoffzellensystems 100 sein. Für den Fall, dass eine Identität oder im Wesentlichen eine Identität vorliegt, kann der Zusatzkreislauf 40 im Wesentli- chen ausgeschaltet sein. Dies wird insbesondere durch ein Stoppen der Fördervor- richtung 48 gewährleistet. In gleicher Weise kann bei einer Reduktion des Wärmebe- darfs WB unter die aktuelle Wärmeproduktion WP des Brennstoffzellensystems 100, die überschüssige Wärme durch ein Erhöhen der Drehzahl der Fördervorrichtung 48 mit einem entsprechend erhöhtem Wärmeübergang am Zusatzwärmetauscher 42 in das Zusatzfluid ZF übertragen werden, sodass auch für diese Fälle die Resttempera- tur im Abgas A beim Austritt an die Umgebung identisch oder im Wesentlichen iden- tisch niedrig bleibt.

Die Figur 2 zeigt eine Weiterentwicklung zur Ausführungsform der Figur 1. Diese be- zieht sich auf die Förderung der Prozessgase P durch das Brennstoffzellensystem 100. Ein Sauggebläse 50 ist stromabwärts im Abgasabschnitt hinter dem Zusatzwär- metauscher 42 und dem Kopplungswärmetauscher 32 angeordnet. Mithilfe des Sauggebläses 50 wird ein Unterdruck erzeugt, welcher die Prozessgase P durch das Brennstoffzellensystem 100 hindurch und das Abgas A aus dem Brennstoffzellensta- pel 110 herausfördert. Dadurch, dass durch die mehrfach erläuterte Korrelation des

Wärmeübergangs am Kopplungswärmetauscher 32 und am Zusatzwärmetauscher 42 die Abgastemperatur beim Erreichen des Sauggebläses 50 für das Abgas A im Wesentlichen konstant gehalten werden kann, muss dieses Sauggebläse 50 keine Widerstandskraft gegen hohe Temperaturen aufweisen. Es ist also wirksam durch das Zusammenspiel von Kopplungskreislauf 30 und Zusatzkreislauf 40 gegen erhöhte Temperaturen im Abgas A geschützt.

Die Figur 3 weist zusätzlich zur Ausführungsform der Figur 2 eine Zusatz-Wärmenutzungsrichtung 46 als Teil des Zusatzkreislaufs 40 auf. Dabei kann es sich zum Beispiel um einen Wärmespeicher handeln, dessen Wärme eine andere Nutzung oder aber auch durch, hier nicht dargestellt, eine Wärmeübergabemöglichkeit an das Kopplungsfluid KF stromaufwärts des Kopplungswärmetauschers 32, diese Wärme in effizienter Weise weiter nutzen kann.

In der Figur 4 ist eine Möglichkeit einer Vorwärmung von Prozessgasen P, insbesondere in einer Startsituation des Brennstoffzellensystems 100 zur Verfügung gestellt. Mithilfe eines Prozesswärmetauschers 22 kann Prozessgas P noch vor dem Eintritt in den Brennstoffzellenstapel 110 mit einem Teil der enthaltenen Wärme im Abgas A vorgewärmt werden, sodass die Effizienz in dieser Betriebsituation für den Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 weiter ansteigt.

Auch die Figur 5 zeigt eine konstruktive Möglichkeit, die Effizienz im Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 weiter zu erhöhen. Hier ist sozusagen innerhalb des Brennstoffzellensystems 100 eine Rezirkulation vorgesehen, welche ein Prozessgas P aus dem Brennstoffzellenstapel 110 auskoppelt, dieses über einen Zwischenwärmetauscher 34 führt und wieder in den Brennstoffzellenstapel 110 zurückfördert. Über einen Bypassabschnitt 36 und entsprechende Ventilstellungen ist es nun möglich, dass das Kopplungsfluid KF stromabwärts des Kopplungswärmetauschers 32 entweder auch zusätzlich den Zwischenwärmetauscher 34 durchströmt oder aber durch den Bypassabschnitt 36 an diesem vorbei. Dies erlaubt es zum einen, eine weitere Erhöhung des Wärmegehaltes des Kopplungsfluids KF zur Verfügung zu stellen. Zum anderen kann die Effizienz der Betriebsweise des Brennstoffzellensystems 100 vergrößert werden, indem eine integrierte Reduktionsmöglichkeit der Temperatur von Prozessgasen P innerhalb des Brennstoffzellenstapels 110 zur Verfügung gestellt wird.

Die Figur 6 zeigt eine ähnliche Ausführungsform wie die Figuren 1 bis 5. Hier sind jedoch mehr Details im Brennstoffzellenstapel 110 zu erkennen. Dieser ist in einen Anodenabschnitt 120 und in einen Kathodenabschnitt 130 aufgeteilt. Als Prozessgase P läuft ein Anodenzuführgas im Anodenzuführabschnitt 122 und ein Kathodenzuführgas im Kathodenzuführabschnitt 132. Nach Umsetzung in dem Brennstoffzellenstapel 110 entsteht Anodenabgas, welches im Anodenabführabschnitt 124 abgeführt wird. Kathodenabgas wird im Kathodenabführabschnitt 134 abgeführt. Bei der Ausgestaltungsform der Figur 6 werden alle Abgase A des Brennstoffzellenstapels zusammengeführt und in der bereits erläuterten Weise gemeinsam durch den Abgasabschnitt 20 als gemeinsames Abgas A gefördert.

Figur 7 zeigt eine Wirkungsweise eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Hier sind Wärmebedarf WB und Wärmeproduktion WP über die Zeit dargestellt. Zu Beginn, also links im Diagramm der Figur 7, liegt der Wärmebedarf WB der Wärmenutzungsanlage 200 oberhalb der Wärmeproduktion WP des Brennstoffzellensystems 100. Über die Zeit reduziert sich der Wärmebedarf WB, bis er am Pfeil die aktuelle Wärmeproduktion WP unterschreitet. Um sicherzustellen, dass zu diesem Zeitpunkt die Temperatur des Abgases A nicht in unerwünschter Weise ansteigt, wird nun die Zusatzkühlung mithilfe des Zusatzkreislaufs 30 eingeschaltet und/oder erhöht. Dabei ist noch darauf hinzuweisen, dass es sich beim Wärmebedarf WB und bei der Wärmeproduktion WP um die aktuell erfassten Parameter und/oder um simulierte zukünftige Parameterwerte handeln kann.

Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelne Merkmale der Ausführungsformen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

10	Wärmekopplungsvorrichtung
20	Abgasabschnitt
22	Prozesswärmetauscher
30	Kopplungskreislauf
32	Kopplungswärmetauscher
34	Zwischenwärmetauscher
36	Bypassabschnitt
40	Zusatzkreislauf
42	Zusatzwärmetauscher
44	Abgabeabschnitt
46	Zusatz-Wärmenutzungsvorrichtung
48	Fördervorrichtung
50	Sauggebläse

100	Brennstoffzellensystem
110	Brennstoffzellenstapel
120	Anodenabschnitt
122	Anodenzuführabschnitt
124	Anodenabführabschnitt
130	Kathodenabschnitt
132	Kathodenzuführabschnitt
134	Kathodenabführabschnitt
140	Prozessgasabschnitt
200	Wärmenutzungsvorrichtung

A	Abgas
P	Prozessgas
KF	Kopplungsfluid
ZF	Zusatzfluid
WB	Wärmebedarf
WP	Wärmeproduktion
RT	Rücklaufftemperatur

Patentansprüche

1. Wärmekopplungsvorrichtung (10) für ein Brennstoffzellensystem (100) zur Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Abgasabschnitt (20) für ein Führen von heißem Abgas (A) des Brennstoffzellensystems (100) und einen Kopplungskreislauf (30) zum Führen eines Kopplungsfluids (KF) zu einer Wärmenutzungsvorrichtung (200), wobei der Kopplungskreislauf (30) einen Kopplungswärmetauscher (32) aufweist, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas (A) auf das Kopplungsfluid (KF), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zusatzkreislauf (40) zum Führen eines Zusatzfluids (ZF) vorgesehen ist, wobei der Zusatzkreislauf (40) einen Abgabeabschnitt (44) für eine Abgabe von Wärme aus dem Zusatzfluid (ZF) an die Umgebung und einen Zusatzwärmetauscher (42) aufweist, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas (A) auf das Zusatzfluid (ZF).
2. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Abgasabschnitt (A) stromabwärts des Kopplungswärmetauschers (32) und stromabwärts des Zusatzwärmetauschers (42) ein Sauggebläse (50) für eine Unterdruckförderung des Abgases (A) angeordnet ist.
3. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzwärmetauscher (42) stromaufwärts vor dem Kopplungswärmetauscher (32) im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist.
4. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzkreislauf (40) eine Zusatz-Wärmenutzungsvorrichtung (46) aufweist für eine Nutzung und/oder eine Speicherung der Wärme im Zusatzkreislauf (40).
5. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Abgasabschnitt (20) ein Prozesswärmetauscher (22) angeordnet ist für eine Übergabe von Wärme vom heißen Abgas

- (A) auf wenigstens ein dem Brennstoffzellensystem (100) zugeführtes Prozessgas (P).
6. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Prozessgasabschnitt (140) separat vom Abgasabschnitt (20) angeordnet ist für ein Führen eines heißen Prozessgases (P) des Brennstoffzellensystems (100), wobei der Kopplungskreislauf (30) stromabwärts des Kopplungswärmetauschers (32) einen Zwischenwärmetauscher (34) aufweist, dessen heiße Seite im Prozessgasabschnitt (140) angeordnet ist für eine Aufnahme von Wärme im Kopplungsfluid (KF) vom heißen Prozessgas (P).
 7. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kopplungskreislauf (30) einen Bypassabschnitt (36) aufweist für einen Bypass des Kopplungsfluids (KF) an dem Zwischenwärmetauscher (34) vorbei.
 8. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzkreislauf (40) als Kältekreislauf ausgebildet ist.
 9. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzkreislauf (40) für eine maximale Kühlleistung bezogen auf die maximale Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems (100) ausgelegt ist.
 10. Brennstoffzellensystem (100) zur Erzeugung von Strom und Wärme, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) und einen Anodenabführabschnitt (124), der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) und einen Kathodenabführabschnitt (134), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Wärmekopplungsvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9 vorgesehen ist, deren Abgasabschnitt (20) mit dem Anodenabführabschnitt (124) und/oder dem Kathodenabführabschnitt (134) fluidkommunizierend verbunden ist.

11. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoffzellenstapel (110) einen Prozessgasabschnitt (140) aufweist für ein Führen eines Prozessgases (P) aus dem Brennstoffzellenstapel (110) heraus und in den Brennstoffzellenstapel (110) zurück, wobei im Kopplungskreislauf (30) ein Zwischenwärmetauscher (34) angeordnet ist, dessen heiße Seite im Prozessgasabschnitt (140) angeordnet ist für eine Aufnahme von Wärme im Kopplungsfluid (KF) vom Prozessgas (P).
12. Verfahren für eine Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems (100) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 10 oder 11, aufweisend die folgenden Schritte:
 - Kontrolle der Stromproduktion des Brennstoffzellensystems (100),
 - Erfassen eines Wärmebedarfs (WB) der Wärmenutzungsvorrichtung (200),
 - Erfassen der Wärmeproduktion (WP) des Brennstoffzellensystems (100),
 - Vergleich der erfassten Wärmeproduktion (WP) und des erfassten Wärmebedarfs (WB),
 - Kontrolle einer Wärmereduktion über den Zusatzwärmetauscher (42) zur Einhaltung eines maximalen Temperaturgrenzwertes für das Abgas (A) im Abgasabschnitt (20).
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmereduktion über den Zusatzwärmetauscher (42) mittels einer Variation wenigstens eines der folgenden Parameter kontrolliert wird:
 - Variation der Rücklauftemperatur (RT) im Zusatzkreislauf (40)
 - Variation des Massenstroms an Zusatzfluid (ZF) im Zusatzkreislauf (40)
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem erfassten Wärmebedarf (WB) und der erfassten

Wärmeproduktion (WP) eine Temperaturreduktion für das Abgas (A) im Abgasabschnitt und/oder eine Austrittstemperatur des Abgases (A) ermittelt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erfasste Wärmeproduktion (WP) und/oder der erfasste Wärmebedarf (WB) mittels einer Simulation vorausermittelt wird.

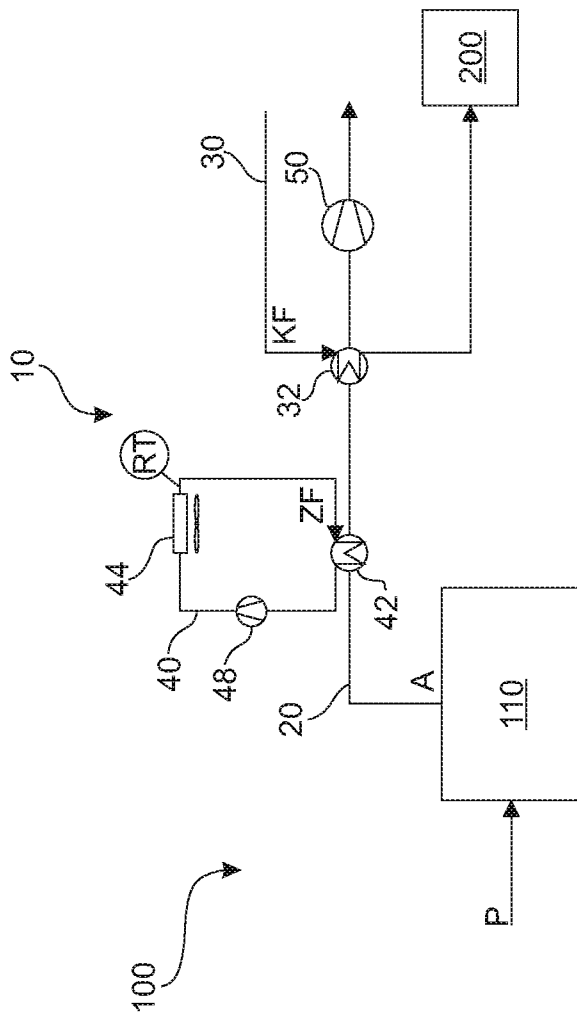


Fig. 2

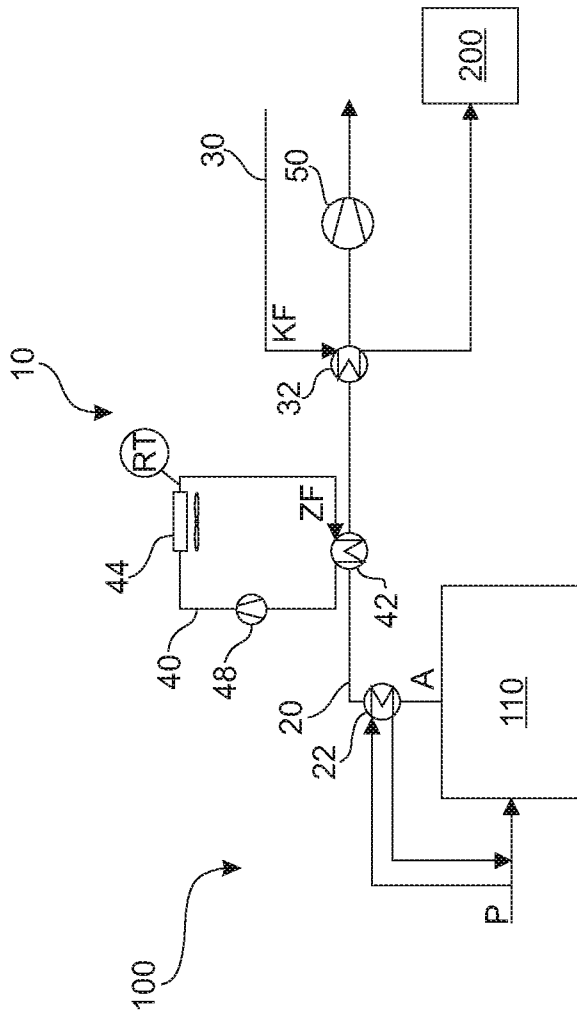


Fig. 4

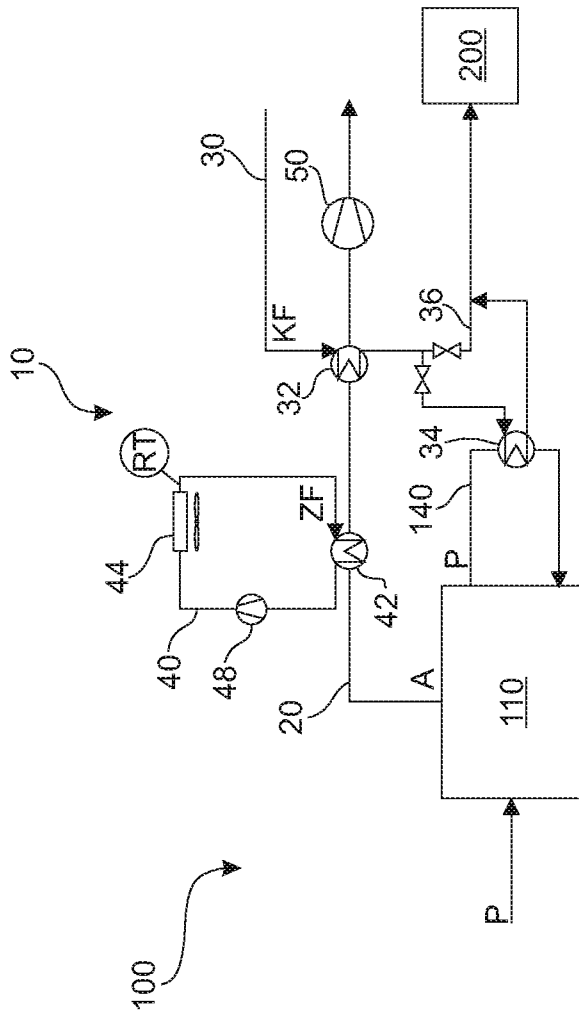


Fig. 5

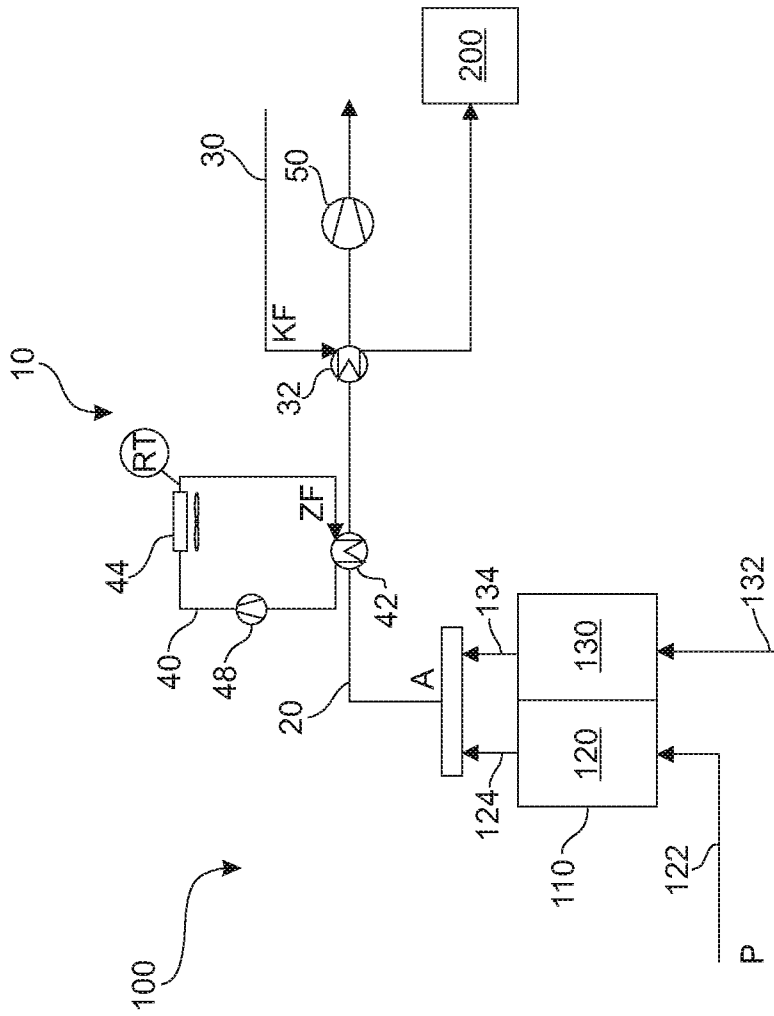


Fig. 6

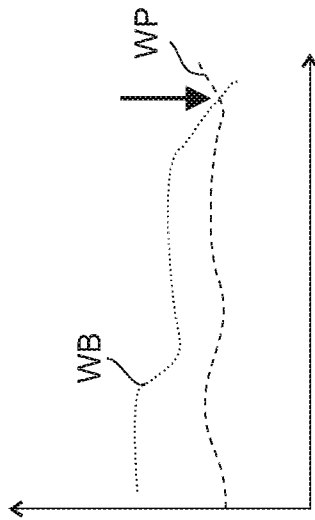


Fig. 7

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: H01M 8/04029 (2016.01); H01M 8/04701 (2016.01); H01M 8/124 (2016.01)				
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: H01M 8/04029 (2016.02); H01M 8/04716 (2016.02); H01M 2008/1293 (2016.02); H01M 2250/10 (2013.01)				
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H01M, F24D				
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE				
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 18.02.2021 eingereichten Ansprüchen 1-15 erstellt.				
Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch		
X	DE 102009034580 A1 (MTU ONSITE ENERGY GMBH) 03. Februar 2011 (03.02.2011) [0032]; Figur 2	1-5, 10		
A	EP 1297582 B1 (VIESSMANN WERKE GMBH & CO KG) 03. März 2004 (03.03.2004) Das ganze Dokument	1-15		
A	CN 111446467 A (SHANGHAI ELECTRIC GROUP CO., LTD.) 24. Juli 2020 (24.07.2020) (übersetzt) [online] [abgerufen am 05.11.2021]. Abgerufen von EPOQUE: TXPMTCEA & CN 111446467 A (SHANGHAI ELECTRIC GROUP CO., LTD.) 24. Juli 2020 (24.07.2020) Figur 1	1-15		
Datum der Beendigung der Recherche: 11.11.2021		Seite 1 von 1		
		Prüfer(in): ENGLISCH Julia		
^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldegegenstand 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. </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 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. </td> </tr> </table>			X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand 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.
X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand 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. Wärmekopplungsvorrichtung (10) für ein Brennstoffzellensystem (100) zur Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Abgasabschnitt (20) für ein Führen von heißem Abgas (A) des Brennstoffzellensystems (100) und einen Kopplungskreislauf (30) zum Führen eines Kopplungsfluids (KF) zu einer Wärmenutzungsvorrichtung (200), wobei der Kopplungskreislauf (30) einen Kopplungswärmetauscher (32) aufweist, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas (A) auf das Kopplungsfluid (KF), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zusatzkreislauf (40) zum Führen eines Zusatzfluids (ZF) vorgesehen ist, wobei der Zusatzkreislauf (40) einen Abgabeabschnitt (44) für eine Abgabe von Wärme aus dem Zusatzfluid (ZF) an die Umgebung und einen Zusatzwärmetauscher (42) aufweist, dessen heiße Seite im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist zur Übertragung von Wärme vom heißen Abgas (A) auf das Zusatzfluid (ZF).
2. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Abgasabschnitt (A) stromabwärts des Kopplungswärmetauschers (32) und stromabwärts des Zusatzwärmetauschers (42) ein Sauggebläse (50) für eine Unterdruckförderung des Abgases (A) angeordnet ist.
3. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzwärmetauscher (42) stromaufwärts vor dem Kopplungswärmetauscher (32) im Abgasabschnitt (20) angeordnet ist.
4. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzkreislauf (40) eine Zusatz-Wärmenutzungsvorrichtung (46) aufweist für eine Nutzung und/oder eine Speicherung der Wärme im Zusatzkreislauf (40).
5. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Abgasabschnitt (20) ein Prozesswärmetauscher (22) angeordnet ist für eine Übergabe von Wärme vom heißen Abgas

- (A) auf wenigstens ein dem Brennstoffzellensystem (100) zugeführtes Prozessgas (P).
6. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Prozessgasabschnitt (140) separat vom Abgasabschnitt (20) angeordnet ist für ein Führen eines heißen Prozessgases (P) des Brennstoffzellensystems (100), wobei der Kopplungskreislauf (30) stromabwärts des Kopplungswärmetauschers (32) einen Zwischenwärmetauscher (34) aufweist, dessen heiße Seite im Prozessgasabschnitt (140) angeordnet ist für eine Aufnahme von Wärme im Kopplungsfluid (KF) vom heißen Prozessgas (P).
 7. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kopplungskreislauf (30) einen Bypassabschnitt (36) aufweist für einen Bypass des Kopplungsfluids (KF) an dem Zwischenwärmetauscher (34) vorbei.
 8. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzkreislauf (40) als Kältekreislauf ausgebildet ist.
 9. Wärmekopplungsvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzkreislauf (40) für eine maximale Kühlleistung bezogen auf die maximale Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems (100) ausgelegt ist.
 10. Brennstoffzellensystem (100) zur Erzeugung von Strom und Wärme, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) und einen Anodenabführabschnitt (124), der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) und einen Kathodenabführabschnitt (134), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Wärmekopplungsvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9 vorgesehen ist, deren Abgasabschnitt (20) mit dem Anodenabführabschnitt (124) und/oder dem Kathodenabführabschnitt (134) fluidkommunizierend verbunden ist.

11. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoffzellenstapel (110) einen Prozessgasabschnitt (140) aufweist für ein Führen eines Prozessgases (P) aus dem Brennstoffzellenstapel (110) heraus und in den Brennstoffzellenstapel (110) zurück, wobei im Kopplungskreislauf (30) ein Zwischenwärmetauscher (34) angeordnet ist, dessen heiße Seite im Prozessgasabschnitt (140) angeordnet ist für eine Aufnahme von Wärme im Kopplungsfluid (KF) vom Prozessgas (P).
12. Verfahren für eine Kopplung der Nutzung einer Stromproduktion und einer Wärmeproduktion des Brennstoffzellensystems (100) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 10 oder 11, aufweisend die folgenden Schritte:
- Kontrolle der Stromproduktion des Brennstoffzellensystems (100),
 - Erfassen eines Wärmebedarfs (WB) der Wärmenutzungsvorrichtung (200),
 - Erfassen der Wärmeproduktion (WP) des Brennstoffzellensystems (100),
 - Vergleich der erfassten Wärmeproduktion (WP) und des erfassten Wärmebedarfs (WB),
 - Kontrolle einer Wärmereduktion über den Zusatzwärmetauscher (42) zur Einhaltung eines maximalen Temperaturgrenzwertes für das Abgas (A) im Abgasabschnitt (20).
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmereduktion über den Zusatzwärmetauscher (42) mittels einer Variation wenigstens eines der folgenden Parameter kontrolliert wird:
- Variation der Rücklauftemperatur (RT) im Zusatzkreislauf (40)
 - Variation des Massenstroms an Zusatzfluid (ZF) im Zusatzkreislauf (40)
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem erfassten Wärmebedarf (WB) und der erfassten

Wärmeproduktion (WP) eine Temperaturreduktion für das Abgas (A) im Abgasabschnitt und/oder eine Austrittstemperatur des Abgases (A) ermittelt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erfasste Wärmeproduktion (WP) und/oder der erfasste Wärmebedarf (WB) mittels einer Simulation vorausermittelt wird.