

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50881/2023 (51) Int. Cl.: **H01M 8/04111** (2016.01)
(22) Anmeldetag: 06.11.2023 **H01M 8/04746** (2016.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2025 **H01M 8/04537** (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 3474362 A1
US 2022223887 A1

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

(72) Erfinder:
Zimmermann Jörg Dipl.-Ing.
8010 Graz (AT)
Schubert Thomas Dipl.-Ing.
8323 St. Marein bei Graz (AT)

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

(54) **Elektrische Turbovorrichtung für einen Kathodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrische Turbovorrichtung (400) für einen Kathodenabschnitt (130) eines Brennstoffzellenstapels (110) eines Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Kompressorabschnitt (410) mit einem Kompressor (412) und einen Turbinenabschnitt (420) mit einer Turbine (422), wobei der Kompressor (412) und die Turbine (422) miteinander drehmomentübertragend über einen elektrischen Antrieb (450) verbunden sind, wobei stromabwärts des Kompressors (412) und stromaufwärts der Turbine (422) ein integrierter Bypassabschnitt (430) den Kompressorabschnitt (410) und den Turbinenabschnitt (420) miteinander fluidkommunizierend verbindet, wobei wenigstens ein Kontrollventil (440) vorgesehen ist für eine Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms (KBM) durch den Bypassabschnitt (430) und des Stapel-Massenstroms (SBM) aus dem Kompressorabschnitt (410) zum Brennstoffzellenstapel (110).

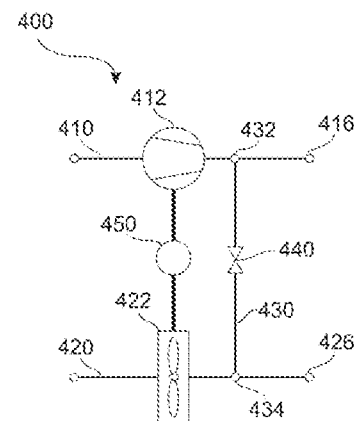


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrische Turbovorrichtung (400) für einen Kathodenabschnitt (130) eines Brennstoffzellenstapels (110) eines Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Kompressorabschnitt (410) mit einem Kompressor (412) und einen Turbinenabschnitt (420) mit einer Turbine (422), wobei der Kompressor (412) und die Turbine (422) miteinander drehmomentübertragend über einen elektrischen Antrieb (450) verbunden sind, wobei stromabwärts des Kompressors (412) und stromaufwärts der Turbine (422) ein integrierter Bypassabschnitt (430) den Kompressorabschnitt (410) und den Turbinenabschnitt (420) miteinander fluidkommunizierend verbindet, wobei wenigstens ein Kontrollventil (440) vorgesehen ist für eine Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms (KBM) durch den Bypassabschnitt (430) und des Stapel-Massenstroms (SBM) aus dem Kompressorabschnitt (410) zum Brennstoffzellenstapel (110).

Fig. 1

Elektrische Turbovorrichtung für einen Kathodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels eines Brennstoffzellensystems

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Turbovorrichtung für einen Kathodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels eines Brennstoffzellensystems, ein Brennstoffzellensystem mit einer solchen elektrischen Turbovorrichtung sowie ein Kontrollverfahren für ein solches Brennstoffzellensystem.

Es ist bekannt, dass Brennstoffzellensysteme elektrische Turbovorrichtungen aufweisen, um eine Zufuhr von Luft als Kathodenzufuhrgas zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels zu gewährleisten. Auch ist es bekannt, einen Turbinenabschnitt in den Kathodenabführabschnitt eines solchen Kathodenabschnitts zu integrieren, um einen Teil der Strömungsenergie zurückzugewinnen und die Betriebseffizienz einer solchen elektrischen Turbovorrichtung weiter zu verbessern.

Weiter ist es bekannt, dass für Notsituationen Bypassleitungen vorgesehen sind, um den Kathodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels in einer solchen Notsituation von einer Zufuhr von Kathodenzufuhrgas möglichst schnell zu entkoppeln. Der Nachteil bei den bekannten Bypassleitungen ist jedoch deren Komplexität hinsichtlich der Montage und der benötigte Bauraum. So sind bekannte Bypasssysteme häufig zwischen einer solchen Turbovorrichtung oder einem einfachen Kompressor und dem Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels angeordnet. Es handelt sich dabei um separate Leitungen sowie entsprechende Anschlussabschnitte an dem Kathodenzuführabschnitt sowie den Kathodenabführabschnitt. Darüber hinaus sind separate Kontrollanschlüsse für entsprechende Ventile innerhalb einer solchen Bypassleitung notwendig. In Summe führt dies zu relativ großem benötigtem Bauraum, erhöhter Komplexität des Brennstoffzellensystems und einem deutlich erhöhten Montageaufwand.

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 Bypassfunktionalität für ein Brennstoffzellensystem kompakter zu gestalten.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine elektrische Turbovorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 9 sowie ein Kontrollverfahren 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 elektrischen Turbovorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem sowie dem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Erfindungsgemäß ist eine elektrische Turbovorrichtung für einen Kathodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels eines Brennstoffzellensystems vorgesehen. Eine solche elektrische Turbovorrichtung weist einen Kompressorabschnitt mit einem Kompressor und einen Turbinenabschnitt mit einer Turbine auf. Der Kompressor und die Turbine sind miteinander drehmomentübertragend über einen elektrischen Antrieb verbunden. Eine solche elektrische Turbovorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass stromabwärts des Kompressors und stromaufwärts der Turbine ein integrierter Bypassabschnitt den Kompressorabschnitt und den Turbinenabschnitt miteinander fluidkommunizierend verbindet. Dabei ist wenigstens ein Kontrollventil vorgesehen für eine Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms durch den Bypassabschnitt und des Stapel-Massenstroms aus dem Kompressorabschnitt zum Brennstoffzellenstapel.

Der erfindungsgemäße Kerngedanke beruht nun darauf, dass in bekannter Weise eine elektrische Turbovorrichtung für die Zufuhr von Kathodenzuführgas vorgesehen ist. Diese Zufuhr erfolgt mit Hilfe des Kompressors im Kompressorabschnitt, sodass in bekannter Weise zum Beispiel Umluft als Kathodenzuführgas aus der Umgebung angesaugt, mit Druck beaufschlagt und an den Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels weitergeleitet werden kann. Ebenfalls bekannt ist die Anwendung einer Turbine in einem Turbinenabschnitt, um das aus dem Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels herausströmende Kathodenabgas über diese Turbine zu führen. Damit wird die Strömungsgeschwindigkeit des Kathodenabgases an der Turbine wenigstens teilweise in ein Drehmoment übertragen, welches entsprechend zur Effizienzsteigerung zumindest teilweise dem Antrieb des Kompressors dienen kann. Um eine größere Kontrollfreiheit zu geben, ist die erfindungsgemäße Turbovorrichtung mit dem elektrischen Antrieb ausgestattet, um durch die elektrische Kopplung, mit

oder ohne eine Kupplungsvorrichtung, elektrische Antriebsleistung an den Kompressor zu übergeben.

Der erfindungsgemäße Kerngedanke beruht nun darauf, dass ein Bypassabschnitt ebenfalls in diese elektrische Turbovorrichtung integriert ist. Dies gilt insbesondere hinsichtlich einer Integration in ein Gehäuse der elektrischen Turbovorrichtung, wie dies später noch näher erläutert wird. Der entscheidende Kerngedanke liegt darin, dass der Bypassabschnitt als kontrollierter integrierter Bypassabschnitt ausgebildet ist, da zumindest ein Kontrollventil vorgesehen ist für die Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms sowie des Stapel-Massenstroms. Dies erlaubt es, je nach Schaltstellung dieses Kontrollventils die Balance und damit das Verteilungsverhältnis zwischen Kathodenbypass-Massenstrom und Stapel-Massenstrom im Wesentlichen frei zu kontrollieren und insbesondere den jeweiligen Anteil unabhängig oder im Wesentlichen unabhängig von der Drehzahl des Kompressors zu halten. Dies erlaubt die später noch erläuterten Kontrollmöglichkeiten hinsichtlich kurzfristiger Lasterhöhungen sowie kurzfristiger Lastreduktionen.

Erfindungsgemäß ist dieser Bypassabschnitt zusammen mit dem Kontrollventil in die elektrische Turbovorrichtung integriert. Er ersetzt also bekannte Bypassleitungen, welche die Kathodenzuführabschnitte und Kathodenabführabschnitte bekannter Brennstoffzellenstapel miteinander fluidkommunizierend verbinden. Solche separaten Bypassabschnitte sind nicht mehr notwendig, wenn der Bypassabschnitt bereits in die elektrische Turbovorrichtung integriert wird. Dies führt dazu, dass in einem ersten Schritt die Kompaktheit des Brennstoffzellensystems erhöht wird, da kein separater Bauraum für einen separaten Bypassabschnitt mehr notwendig ist. Darüber hinaus wird die Montagefreundlichkeit gesteigert, da mit dem Einbau und der fluidkommunizierenden Anbindung der elektrischen Turbovorrichtung automatisch bereits der Bypassabschnitt vorgesehen und in das Gesamtsystem integriert worden ist. Durch die Integration des Bypassabschnitts in die elektrische Turbovorrichtung wird diese Bypassfunktionalität also bereits bei der Fertigung und Montage der elektrischen Turbovorrichtung ausgebildet und muss nicht mehr bei der Montage des Brennstoffzellensystems berücksichtigt werden. Neben dem Bauraumvorteil und den Komplexitätsreduktionen hinsichtlich der Montage wird darüber hinaus die Kontrollfähigkeit verbessert, da auch die Kontrollanbindung an das Kontrollventil in die elektrische Turbovorrichtung integriert sein kann. Im einfachsten Fall wird es also möglich, die elektrische Turbovorrichtung fluidkommunizierend in den Kathodenabschnitt des

Brennstoffzellensystems einzubauen. Durch diesen Einbau wird damit automatisch die beschriebene Bypassfunktionalität ausgebildet und gleichzeitig ist die Kontrollierbarkeit über das ebenfalls integrierte Kontrollventil gegeben.

Durch diese Integration in die elektrische Turbovorrichtung wird darüber hinaus ein sogenannter Retrofit möglich. Mit anderen Worten wird es auch möglich, bereits bestehende und im Betrieb befindliche Brennstoffzellensysteme durch den Einbau einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung mit einer Bypassfunktionalität nachzurüsten, insbesondere mit den später noch ermöglichten Kontrollfreiheiten hinsichtlich kurzfristigen Leistungserhöhungen oder Leistungsreduktionen nachträglich auszustatten.

Es ist noch darauf hinzuweisen, dass hinsichtlich der tatsächlichen Positionierung des Kontrollventils verschiedene Alternativen bestehen, wie sie später noch mit Bezug auf einzelne Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert werden. Grundsätzlich reicht eine Anordnung des Kontrollventils aus, welche es erlaubt, den Kathodenbypass-Massenstrom und den Stapel-Massenstrom direkt und/oder indirekt zu kontrollieren.

Es kann von Vorteil sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung wenigstens ein Kontrollventil im Bypassabschnitt angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms. Dies erlaubt es, den Kathodenbypass-Massenstrom qualitativ, insbesondere sogar quantitativ, in direkter Weise zu kontrollieren. Dadurch, dass insbesondere die Drehzahl des Kompressors konstant gehalten werden kann, kann bei konstanter Drehzahl des Kompressors nun der Kathodenbypass-Massenstrom durch die Kontrolle des Kontrollventils erhöht oder reduziert werden. Bei einer konstanten Kompressordrehzahl führt ein Erhöhen des Kathodenbypass-Massenstroms aufgrund des entsprechend konstanten Kompressor-massenstroms zu einer Reduktion und damit einer indirekten Kontrolle des Stapel-Massenstroms. Wird das Kontrollventil im Bypassabschnitt weiter geschlossen, reduziert dies den Kathodenbypass-Massenstrom, sodass bei konstantem Kompressor-massenstrom entsprechend indirekt der Stapel-Massenstrom weiter ansteigt. Hier ist bereits gut zu erkennen, dass durch direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms in indirekter Weise der Stapel-Massenstrom angepasst werden kann. Bei der Anordnung des Kontrollventils im Bypassabschnitt ist es sogar möglich, den

Kathodenbypassstrom vollständig abzusperren und das Kontrollventil vollständig zu schließen.

Vorteile kann es ebenfalls mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung wenigstens ein Kontrollventil im Kompressorabschnitt stromabwärts eines Bypasseingangs des Bypassabschnitts angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Stapel-Massenstroms. Dabei handelt es sich um eine alternative oder zusätzliche Ausgestaltungsform zum voranstehenden Absatz. Ein Kontrollventil im Kompressorabschnitt stromabwärts des Bypasseingangs führt zu einer direkten Kontrolle des Stapel-Massenstroms und entsprechend einer indirekten Kontrollierbarkeit für den Kathodenbypass-Massenstrom. Wird ein solches Kontrollventil weiter geöffnet und der Kompressormassenstrom konstant gehalten, erhöht sich entsprechend in direkter Weise der Stapel-Massenstrom. Bei einem solchen weiteren Öffnen des Kontrollventils reduziert sich dementsprechend die im Gleichgewicht befindliche Menge an Kathodenbypass-Massenstrom. Auch umgekehrt führt ein weiteres Schließen dieses Kontrollventils zu einer direkten Reduktion des Stapel-Massenstroms und einer entsprechenden Erhöhung des Kathodenbypass-Massenstroms. Bei dieser Ausführungsvariante kann ein solches Kontrollventil auch ein vollständiges Schließen zur Verfügung stellen und entsprechend den Stapel-Massenstrom auf 0 senken und die Zufuhr zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels vollständig sperren. Bei einer Kombination dieses Kontrollventils stromabwärts des Bypasseingangs und eines Kontrollventils innerhalb des Bypassabschnitts sind dementsprechend direkte Kontrolle beider Massenströme in kombinierter Weise möglich.

So kann es von Vorteil sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung das wenigstens eine Kontrollventil an einem Bypasseingang des Bypassabschnitts angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms und eine direkte Kontrolle des Stapel-Massenstroms. Während bereits das Vorsehen von zwei separaten Kontrollventilen gemäß der beiden voranstehenden Absätze eine direkte Kontrollierbarkeit beider Massenströme zur Verfügung stellt, kann bei dieser Ausführungsform diese direkte Kontrollierbarkeit für beide Massenströme durch ein gemeinsames Bauteil zur Verfügung gestellt werden. Dabei handelt es sich um ein Kontrollventil, welches direkt am Bypasseingang des Bypassabschnitts ein Sperren des Kathodenbypass-Massenstroms und alternativ ein Sperren des Stapel-Massenstroms in vollständiger Weise erlaubt. So kann hier beispiels-

weise ein solches Kontrollventil als Drosselklappe ausgestaltet sein, welches zwischen den beiden genannten Endpositionen, also dem Sperren des Stapel-Massenstroms einerseits und dem Sperren des Kathodenbypass-Massenstroms andererseits, frei bewegbar ist. Dies erlaubt es, die Komplexität einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung noch weiter zu reduzieren und mit einem einzigen Bauteil in Form eines solchen Kontrollventils eine direkte Kontrollmöglichkeit für alle Massenströme stromabwärts des Kompressors zu gewährleisten.

Vorteile bringt es weiter mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung das wenigstens eine Kontrollventil zwischen einer vollständigen Schließstellung und einer vollständigen Öffnungsstellung variierbar ist. Dies gilt vorzugsweise für alle Kontrollventile der elektrischen Turbovorrichtung. Während grundsätzlich ein qualitatives Schließen zwischen vollständigem Schließen und vollständigem Öffnen bereits die erfindungsgemäßen Vorteile mit sich bringt, erzeugt ein Variieren, insbesondere in kontinuierlicher Weise, das Erlauben eines gezielten Drosselns des jeweils direkt kontrollierten Massenstroms. Vorzugsweise wird eine direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms und/oder des Stapel-Massenstroms zwischen 0% und 100% auf diese Weise möglich.

Weiter von Vorteil ist es darüber hinaus, wenn bei einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung das wenigstens eine Kontrollventil eine Drosselklappe aufweist. Dabei handelt es sich um eine besonders einfache und kostengünstige Variante. Diese Ausgestaltung wird insbesondere für die Anordnung am Bypasseingang verwendet, um die entsprechende beschriebene direkte Kontrollierbarkeit für den Kathodenbypass-Massenstrom und den Stapel-Massenstrom in einer Baukomponente zu integrieren. Eine solche Drosselklappe ist darüber hinaus besonders einfach für eine kontinuierliche Schaltbarkeit zwischen 0% und 100% Durchlassfreiheit ausbildbar.

Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn bei einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung der Kompressorabschnitt ein Kompressorgehäuse und der Turbinenabschnitt ein Turbinengehäuse aufweist, wobei der Bypassabschnitt wenigstens teilweise durch das Kompressorgehäuse und/oder das Turbinengehäuse ausgebildet ist. Bevorzugt kann zum Beispiel ein Turbovorrichtungsgehäuse aus einem Gussmaterial vorgesehen sein, welches die beiden Teilgehäuse gemeinsam ausbildet. Durch die Integration des Bypassabschnitts in diese Gehäusebauteile, insbesondere in ein

einziges gemeinsames Gehäuse der elektrischen Turbovorrichtung, wird die Kompaktheit dieser Vorrichtung noch weiter erhöht. Für den Einbau in ein Brennstoffzellensystem bringt dies insbesondere die Vorteile eines erleichterten Einbaus mit sich, da der Bypassabschnitt hinsichtlich dieser Einbausituation nicht weiter berücksichtigt werden muss. Vielmehr reicht es aus, wenn diese elektrische Turbovorrichtung mit Kompressorabschnitt und Turbinenabschnitt fluidkommunizierend in den Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels integriert wird. Ein weiteres Anschließen des Kontrollventils im Bypassabschnitt an eine Kontrollschnittstelle reichen aus, um die elektrische Turbovorrichtung mit der entsprechenden Kontrollierbarkeit in ein Brennstoffzellensystem beim Aufbau, aber auch in einer Retrofit-Situation zu integrieren.

Weitere Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung der Bypassabschnitt einen Bypasseingang und einen Bypassausgang aufweist, wobei der Bypasseingang stromabwärts des Kompressors und stromaufwärts eines Kompressoraustrags fluidkommunizierend mit dem Kompressorabschnitt verbunden ist, und wobei der Bypassausgang stromaufwärts der Turbine und stromabwärts eines Turbineneingangs fluidkommunizierend mit dem Turbinenabschnitt verbunden ist. Damit bildet die elektrische Turbovorrichtung eine definierte Schnittstelle zum Kathodenzuführabschnitt sowie zum Kathodenabführabschnitt aus. Der Kompressoraustrag ist entsprechend mit dem Kathodenzuführabschnitt und damit fluidkommunizierend mit einem Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels verbunden. Kathodenabgas aus diesem Kathodenabschnitt wird über den Kathodenabführabschnitt nun fluidkommunizierend in den Turbineneingang des Turbinenabschnitts der elektrischen Turbovorrichtung eingebracht. Damit kann die gewünschte fluidkommunizierende Verbindung von der Umgebungsluft über den Kompressor zum Kathodenabschnitt als Kathodenzuführgas und von diesem Kathodenabschnitt als Kathodenabgas über die Turbine wieder an die Umgebung zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere sind all diese fluidkommunizierenden Schnittstellen innerhalb des gemeinsamen Gehäuses der Turbovorrichtung ausgebildet.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Brennstoffzellensystem zur Erzeugung elektrischen Stroms. Ein solches Brennstoffzellensystem weist wenigstens einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt auf. Der Anodenabschnitt ist mit einem Anodenzuführabschnitt für eine Zufuhr von Anodenzuführgas und mit einem Anodenabführabschnitt für eine Abfuhr von Anodenabgas ausgestattet. Ähnlich ist der Kathodenabschnitt mit einem Katho-

denzuführabschnitt für eine Zufuhr von Kathodenzuführgas und mit einem Kathodenabführabschnitt für eine Abfuhr von Kathodenabgas ausgestattet. Der Kathodenzuführabschnitt und der Kathodenabführabschnitt sind miteinander über einen Kathodenbypassabschnitt fluidkommunizierend verbunden, in welchem wenigstens ein Kathodenbypassventil angeordnet ist. Ein solches Brennstoffzellensystem zeichnet sich dadurch aus, dass eine erfindungsgemäße elektrische Turbovorrichtung mit dem Kompressorabschnitt in den Kathodenzuführabschnitt und mit dem Turbinenabschnitt im Kathodenabführabschnitt integriert ist. Der Kathodenbypassabschnitt wird durch den Bypassabschnitt der elektrischen Turbovorrichtung und das Kathodenbypassventil durch das wenigstens eine Kontrollventil der elektrischen Turbovorrichtung ausgebildet. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße elektrische Turbovorrichtung erläutert worden sind.

Es kann von Vorteil sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der Kathodenzuführabschnitt stromabwärts des Kompressorabschnitts und der Kathodenabführabschnitt stromaufwärts des Turbinenabschnitts frei von einem Gegendruckventil ausgebildet sind. Dadurch, dass nun durch die direkte Kontrolle der einzelnen Massenströme eine Druckkontrolle unabhängig von einer Veränderung der jeweiligen Massenströme möglich ist, kann auf solche Gegendruckventile im Brennstoffzellensystem verzichtet werden. Damit bringt die elektrische Turbovorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine weitere Verbesserung der Kompaktheit sowie eine Kostenreduktion hinsichtlich des Brennstoffzellensystems mit sich.

Darüber hinaus kann es von Vorteil sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der Kathodenzuführabschnitt stromabwärts des Kompressorabschnitts und der Kathodenabführabschnitt stromaufwärts des Turbinenabschnitts frei von einem separaten Systembypass ausgebildet sind. Insbesondere bei neu hergestellten Brennstoffzellensystemen kann damit auf den ansonsten benötigten Bauraum sowie die Komplexität separater Systembypässe verzichtet werden. Die gewünschte und für unterschiedliche Einsatzsituationen benötigte Bypassfunktionalität wird durch den in die Turbovorrichtung integrierten Bypassabschnitt zur Verfügung gestellt, sodass das Brennstoffzellensystem kompakter und einfacher ausgebildet werden kann.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Kontrollverfahren für eine Kontrolle eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Erfassen einer Lastanforderung für das Brennstoffzellensystem,
- Bestimmen eines für das Erfüllen der erfassten Lastanforderung notwendigen Stapel-Massenstroms an Kathodenzuführungsgas zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellensystems,
- Anpassen der Ventilstellung des wenigstens einen Kontrollventils der elektrischen Turbovorrichtung zum Erzielen des bestimmten notwendigen Stapel-Massenstroms.

Dadurch, dass nun eine direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms und/oder des Stapel-Massenstroms möglich wird und entsprechend zumindest in indirekter Weise der Stapel-Massenstrom mal quantitativ beeinflusst werden kann, ist hier ein Kontrolleingriff alleine über das Kontrollventil möglich. Dabei kann die Drehzahl des Kompressors konstant gehalten werden oder angepasst werden. Dies erlaubt es, im Vergleich zu einer undynamischen Regelung des Kompressors ein hochdynamisches Öffnen und Schließen des Kontrollventils zur Verfügung zu stellen und entsprechend hochdynamisch auf veränderte Lastanforderungen für das Brennstoffzellensystem zu reagieren. Ein solches Kontrollverfahren bringt dementsprechend die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße elektrische Turbovorrichtung wie auch ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem erläutert worden sind.

Es kann von Vorteil sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren der Kompressor mit einer Reservedrehzahl betrieben wird zur Erzeugung eines Reservemassenstroms an Kathodenzuführungsgas. Der Reservemassenstrom ist dabei um einen Differenzmassenstrom größer als ein für die aktuelle Lastanforderung benötigter Sollmassenstrom des Kathodenzuführungsgases. Bei Erfassen einer kurzfristigen, erhöhten Lastanforderung zum Erzielen des bestimmten erhöhten notwendigen Stapel-Massenstroms wird anschließend das wenigstens eine Kontrollventil wenigstens teilweise geschlossen. Dabei handelt es sich insbesondere um ein Kontrollventil, welches direkt den Kathodenbypass-Massenstrom beeinflusst. Befindet sich das Kontrollventil entgegengesetzt jedoch in dem Abschnitt stromabwärts des Bypassein-

gangs im Kompressorabschnitt so kann entsprechend ein Öffnen dieses Kontrollventils das notwendige Erhöhen des Stapel-Massenstroms mit sich bringen. Für eine solche kurzfristige Laststeigerung wird entsprechend der Kompressor mit einer erhöhten und damit über den Anforderungen liegenden Reservedrehzahl betrieben, um den Differenzmassenstrom sozusagen als Puffer zur Verfügung zu stellen und entsprechend eine hochdynamische, rein durch das Kontrollventil limitierte Reaktion auf die Laststeigerung zu ermöglichen.

Zusätzlich oder alternativ ist es auch von Vorteil, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren bei Erfassen einer kurzfristigen, reduzierten Lastanforderung ein zumindest teilweises Verändern des wenigstens einen Kontrollventils erfolgt. Dabei hängt wiederum die Richtung der Veränderung von der tatsächlichen Position des Kontrollventils ab. Ziel ist es den Stapel-Massenstrom, welcher durch die kurzfristige Reduktion der Lastanforderung ebenfalls reduziert ist, in direkter oder indirekter Weise dynamisch zu reduzieren. Ein direktes Reduzieren erfolgt durch ein Schließen eines Kontrollventils stromabwärts des Bypasseingangs und/oder ein Öffnen eines Kontrollventils im Bypassabschnitt selbst. Dieser Kontrollschritt kann selbstverständlich kombiniert werden mit einem Kontrollschritt hinsichtlich der Laststeigerung gemäß des voranstehenden Absatzes.

Auch ist es von Vorteil, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren ein benötigter Solldruck für den Brennstoffzellenstapel erfasst wird, wobei das Anpassen der Ventilstellung des wenigstens einen Kontrollventils und/oder der Drehzahl des Kompressors der elektrischen Turbovorrichtung zum Erzielen des benötigten Solldrucks erfolgt. Dabei handelt es sich insbesondere um den Kathodendruck im Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels. Durch die Kontrollmöglichkeit des Kontrollventils ist nun die Kontrolle des Stapeldrucks auf Kathodenseite unabhängig von der Kontrolle des Massenstroms möglich. Hier zeigt sich ein weiterer Vorteil einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung in der entsprechenden Kontrollierbarkeit.

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. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung,
- Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung,
- Fig. 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung,
- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrischen Turbovorrichtung,
- Fig. 5 eine Stellsituation der Ausführungsform der Figur 4,
- Fig. 6 eine weitere Stellsituation der Ausführungsform der Figur 4,
- Fig. 7 eine weitere Stellsituation der Ausführungsform der Figur 4,
- Fig. 8 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,
- Fig. 9 eine Darstellung eines Kontrollverfahrens,
- Fig. 10 eine andere Darstellung eines Kontrollverfahrens und
- Fig. 11 eine andere Darstellung eines Kontrollverfahrens.

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau einer elektrischen Turbovorrichtung 400. Diese ist hier schematisch dargestellt und weist in der Realität selbstverständlich ein Gehäuse auf, welches insbesondere als gemeinsames Gehäuse alle einzelnen Abschnitte in integrierter Bauweise umfasst. Die elektrische Turbovorrichtung 400 ist mit einem Kompressorabschnitt 410 und einem Turbinenabschnitt 420 ausgestattet. Wie später noch erläutert, soll der Kompressorabschnitt 410 in fluidkommunizierender Verbindung mit einem Kathodenzuführabschnitt 132 und der Turbinenabschnitt 420 in eine fluidkommunizierende Verbindung mit einem Kathodenabführabschnitt 134 eines Brennstoffzellenstapels 110 gebracht werden.

Im Kompressorabschnitt 410 ist ein Kompressor 412 vorgesehen, welcher es erlaubt zum Beispiel Umluft aus der Umgebung anzusaugen und zu komprimieren. Diese komprimierte Umluft wird nun stromabwärts des Kompressors 412 über den Kom-

pressorausgang 416 zur Verfügung gestellt und nach dem Anschluss und der Integration in den Brennstoffzellenstapel 110 an den Kathodenzuführabschnitt 132 übergeben. Nach dem Ablauf der elektrisch chemischen Reaktion im Brennstoffzellenstapel 110 wird das entstandene Kathodenabgas KAG über den Kathodenabführabschnitt 134 am Turbineneingang 426 in den Turbinenabschnitt 420 eingebracht und dort über die Turbine 422 geführt. Die Abgasenthalpie dieses Kathodenabgases KAG wird entsprechend zumindest teilweise von der Turbine 422 aufgenommen und kann über die drehmomentübertragende Verbindung zur Effizienzsteigerung dem Kompressor 412 zur Verfügung gestellt werden. In dieser drehmomentübertragenen Verbindung ist ein elektrischer Antrieb 450 integriert, welcher eine direkte elektrische Kontrollierbarkeit des Kompressor 412 zur Verfügung stellt. Hier kann eine Kupplungsvorrichtung in den elektrischen Antrieb 450 integrierbar sein.

Die Figur 1 zeigt nun wie in diese elektrische Turbovorrichtung 400 ein Bypassabschnitt 430 integriert ist. Dieser ist fluidkommunizierend mit dem Kompressorabschnitt 410 über einen Bypasseingang 432 und fluidkommunizierend mit dem Turbinenabschnitt 420 über einen Bypassausgang 434 verbunden. In der Ausführungsform der Figur 1 ist ein Kontrollventil 440 im Bypassabschnitt 430 angeordnet, welches qualitativ und/oder quantitativ den darüber fuhrbaren Kathodenbypass-Massenstrom KBM kontrollieren kann. Dementsprechend kann indirekt auch der nicht näher dargestellte Stapel-Massenstrom SBM stromabwärts des Bypasseingangs 432 kontrolliert werden.

Die Figur 2 erlaubt nun im Gegensatz zur Figur 1 eine direkte Kontrolle des Stapel-massenstroms SBM stromabwärts des Bypassabschnitt 432. Der Bypassabschnitt 430 ist hier frei von einem Kontrollventil 440 ausgebildet, sodass der Kathodenbypass-Massenstrom KBM nicht vollständig auf 0 reduziert werden kann und nur indirekter Weise kontrollierbar ist.

Die Figur 3 zeigt die Kombination der Ausführungsformen der Figuren 1 und 2, sodass durch zwei separate Kontrollventile 440 nun in direkter Weise der Stapel-Massenstrom SBM, wie auch der Kathodenbypass-Massenstrom KBM, kontrollierbar wird.

In der Figur 4 ist eine Kombination der beiden Kontrollventile 440 der Figur 3 dargestellt. Diese wurden hier in eine Drosselklappe als Kontrollventil 440 am Bypassein-

gang 432 integriert. Die unterschiedlichen Stellmöglichkeiten werden nachfolgend mit Bezug auf die Figuren 5 bis 7 näher erläutert.

So zeigt die Figur 5 eine Situation in einem Zwischenzustand für diese Drosselklappe als Kontrollventil 440. Ein konstanter Kompressormassenstrom KOM wird aufgeteilt je nach Stellung der Drosselklappe des Kontrollventils 440 in einen Kathodenbypass-Massenstrom KBM in den Bypassabschnitt 430 und einen Stapel-Massenstrom SBM. Hier ist gut zu erkennen, dass nur mit einem einzigen Kontrollventil gemäß der Figur 6 ein vollständiges Reduzieren des Stapel-Massenstroms SBM auf 0 möglich ist, indem sich das Kontrollventil 440 in der ersten Extremstellung gemäß der Figur 6 befindet. Bei dieser Position erfolgt ein Umleiten des vollständigen Kompressormassenstroms KOM als Kathodenbypass-Massenstrom KBM durch den Bypassabschnitt 430.

Die Figur 7 zeigt die andere Extremstellung des Kontrollventils 440. Diese schließt hier als Drosselklappe den Bypassabschnitt 430 vollständig ab und reduziert damit den Kathodenbypass-Massenstrom KBM auf 0. Der erzeugte Kompressormassenstrom KOM wird nun am Bypassabschnitt 430 vorbei geleitet und vollständig als Stapel-Massenstrom SBM dem Brennstoffzellenstapel zugeführt.

Die Figur 8 zeigt schematisch ein Brennstoffzellensystem 100. Dieses ist hier mit einem einzelnen Brennstoffzellenstapel 110 ausgestattet, welcher einen Kathodenabschnitt 130 und einen Anodenabschnitt 120 aufweist. Im Energieerzeugungsbetrieb wird Anodenzuführgas AZG, zum Beispiel als wasserstoffhaltiges Gas, über den Anodenzuführabschnitt 122 zugeführt und in dem Brennstoffzellenstapel 110 unter der Erzeugung elektrischer Energie chemisch umgesetzt. Das entstehende Anodenabgas AAG wird aus dem Anodenabschnitt 120 über den Anodenabführabschnitt 124 abgeführt. Restwärmenutzungen und Wasserabführungen sind hier nicht näher dargestellt.

Auf der Seite des Kathodenabschnitts 130 wird insbesondere Luft als Kathodenzuführgas KZG dem Kathodenabschnitt 130 für diese chemische Umsetzung mit dem Anodenzuführgas AZG zugeführt. Das entstehende Kathodenabgas KAG wird entsprechend über einen Kathodenabführabschnitt 134 abgeführt. Während das Anodenzuführgas AZG zum Beispiel aus einem unter Druck stehenden Gastank über ein entsprechendes, nicht dargestelltes Drosselventil zugeführt wird, kann das Katho-

denzuführgas KZG in Form von Luft aus der Umgebung über die Kompressorvorrichtung 136 angesaugt werden.

Erfindungsgemäß ist nun ein Kathodenbypassabschnitt 140 vorgesehen, welcher es erlaubt, einen Kathodenbypass-Massenstrom KBM direkt von dem Kathodenzuführabschnitt 132 über den Kathodenbypassabschnitt 140 in den Kathodenabführabschnitt 134 und damit am Kathodenabschnitt 130 des Brennstoffzellenstapels 110 vorbeizuführen. Die Menge und die grundsätzliche Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms KBM erfolgt dabei über die Öffnungsstellung und/oder die Schließstellung des Kathodenbypassventils 142. Dieses Kathodenbypassventil 142 kann mit Hilfe einer Kontrollvorrichtung 10, wie sie zum Beispiel die Figur 8 näher darstellt, kontrolliert werden. Diese Kontrollvorrichtung 10 ist insbesondere mit einem Verbraucher 300 informationsübertragend gekoppelt, um entsprechend eine Lastanforderung LA von dort zu erhalten.

Zusätzlich zeigt die Figur 1, wie das Kontrollventil 440 nun durch eine elektrische Turbovorrichtung 400 ausgebildet wird. Auch ist hier zu erkennen, dass die elektrische Turbovorrichtung 400 die Kompressorvorrichtung 136 des Kathodenzuführabschnitts 132 zur Verfügung stellt. Der Kathodenbypassabschnitt 140 wie auch das Kathodenbypassventil 142 werden ebenfalls erfindungsgemäß hier durch die elektrische Turbovorrichtung gewährleistet. Mit Hilfe einer Kontrollvorrichtung 10 wird die Lastanforderung LA vom Verbraucher 300 aufgenommen und kann zur Kontrolle des Kathodenbypassventils 142 eingesetzt werden.

In der Figur 9 ist eine besonders einfache Kontrollweise dargestellt. Entlang der Zeitachse von links nach rechts ist bis zum Zeitpunkt T1 der Sollmassenstrom SM konstant. Auch der Differenzmassenstrom DM wird konstant gehalten, bei konstanter Reservedrehzahl RD, sodass sich in Summe aus Sollmassenstrom SM und Differenzmassenstrom DM ein konstanter Reservemassenstrom RM einstellt. Zum Zeitpunkt T1 wird nun eine kurzfristig, erhöhte Lastanforderung LA erfasst, welche durch das Bestimmungsmodul 60 mit einem erhöhten Sollmassenstrom SM korreliert. Diese Erhöhung ist am Zeitpunkt T1 in der Figur 9 gut zu erkennen. Erfindungsgemäß wird bei dieser Ausführungsform nun die Reservedrehzahl RD konstant gehalten, sodass ausschließlich durch einen reduzierten Durchlass am Kathodenbypassventil 142 nun der Differenzmassenstrom DM so weit gedrosselt wird, dass sich bei konstanter Summe in Form des Reservemassenstroms RM nun automatisch der ge-

wünschte erhöhte Sollmassenstrom SM einstellt. Hier ist gut zu erkennen, dass ausschließlich durch die Kontrolle des Kathodenbypassventils 142 trotz konstanter Reservedrehzahl RD die Erhöhung des Sollmassenstroms SM erzielt werden kann.

Die Figur 10 zeigt eine Weiterbildung der Kontrollmöglichkeit der Figur 9. Auch hier wird zum Zeitpunkt T1 eine erhöhte Lastanforderung LA zu einem erhöhten Sollmassenstrom SM führen. Hier wird jedoch zum Zeitpunkt T1 die Reservedrehzahl RD nicht konstant gehalten, sondern entlang der reduzierten Kontrolldynamik der Kompressorvorrichtung 136 langsam entsprechend einer Kontrollrampe angehoben. Der Reservemassenstrom RM steigt entsprechend an auf einen höheren Wert als vor dem Zeitpunkt T1. Zum Zeitpunkt T2 erreicht die Reservedrehzahl RD einen Wert, bei welchem der Differenzmassenstrom DM trotz des erhöhten Sollmassenstroms SM wieder den gewünschten Minimalwert aufweist. Gleichzeitig wurde bei der Reservedrehzahl RD ein Vermeidungs-Drehzahlbereich VD vermieden, um zum Beispiel Resonanzproblematik auszuschließen.

Die Figur 11 zeigt eine Kombination der Kontrollmöglichkeiten der Figuren 9 und 10. So wird zum Zeitpunkt T1 die erhöhte Lastanforderung LA ausschließlich durch einen reduzierten Differenzmassenstrom DM bei verbleibend konstanter Reservedrehzahl RD erfüllt. Zum Zeitpunkt T2 wird die Lastanforderung LA nochmals erhöht und entsprechend ein noch weiter erhöhter Sollmassenstrom SM bestimmt. Zu diesem Zeitpunkt sinkt der verbleibende Differenzmassenstrom DM unter eine Mindestgrenze, sodass nun die Reservedrehzahl RD wieder rampenartig erhöht wird, bis der sich ergebende Differenzmassenstrom DM zum Zeitpunkt T3 wieder den gewünschten Mindestwert erreicht. Die Reservedrehzahl RD wird hier zusätzlich noch in einem Reservekorridor zwischen einer Reserveuntergrenze RUG und einer Reserveobergrenze ROG kontrolliert.

Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

Bezugszeichenliste

10	Kontrollvorrichtung
100	Brennstoffzellensystem
110	Brennstoffzellenstapel
120	Anodenabschnitt
122	Anodenzuführabschnitt
124	Anodenabführabschnitt
130	Kathodenabschnitt
132	Kathodenzuführabschnitt
134	Kathodenabführabschnitt
136	Kompressorvorrichtung
140	Kathodenbypassabschnitt
142	Kathodenbypassventil
300	Verbraucher
400	elektrische Turbovorrichtung
410	Kompressorabschnitt
412	Kompressor
416	Kompressorausgang
420	Turbinenabschnitt
422	Turbine
426	Turbineneingang
430	Bypassabschnitt
432	Bypasseingang
434	Bypassausgang
440	Kontrollventil
450	Antrieb
AZG	Anodenzuführgas
AAG	Anodenabgas
KZG	Kathodenzuführgas
KAG	Kathodenabgas
KBM	Kathodenbypass-Massenstrom

RD Reservedrehzahl
RM Reservemassenstrom
DM Differenzmassenstrom
SM Sollmassenstrom
SBM Stapel-Massenstrom
KOM Kompressormassenstrom

SP Solldruck

LA Lastanforderung
T1 Zeitpunkt 1
T2 Zeitpunkt 2
T3 Zeitpunkt 3

Patentansprüche

1. Elektrische Turbovorrichtung (400) für einen Kathodenabschnitt (130) eines Brennstoffzellenstapels (110) eines Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Kompressorabschnitt (410) mit einem Kompressor (412) und einen Turbinenabschnitt (420) mit einer Turbine (422), wobei der Kompressor (412) und die Turbine (422) miteinander drehmomentübertragend über einen elektrischen Antrieb (450) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** stromabwärts des Kompressors (412) und stromaufwärts der Turbine (422) ein integrierter Bypassabschnitt (430) den Kompressorabschnitt (410) und den Turbinenabschnitt (420) miteinander fluidkommunizierend verbindet, wobei wenigstens ein Kontrollventil (440) vorgesehen ist für eine Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms (KBM) durch den Bypassabschnitt (430) und des Stapel-Massenstroms (SBM) aus dem Kompressorabschnitt (410) zum Brennstoffzellenstapel (110).
2. Elektrische Turbovorrichtung (400) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Kontrollventil (440) im Bypassabschnitt (430) angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms (KBM).
3. Elektrische Turbovorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Kontrollventil (440) im Kompressorabschnitt (410) stromabwärts eines Bypasseingangs (432) des Bypassabschnitts (430) angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Stapel-Massenstroms (SBM).
4. Elektrische Turbovorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Kontrollventil (440) an einem Bypasseingang (432) des Bypassabschnitts (430) angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms (KBM) und eine direkte Kontrolle des Stapel-Massenstroms (SBM).

5. Elektrische Turbavorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Kontrollventil (440) zwischen einer vollständigen Schließstellung und/oder einer vollständigen Öffnungsstellung variierbar ist.
6. Elektrische Turbavorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Kontrollventil (440) eine Drosselklappe aufweist.
7. Elektrische Turbavorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressorabschnitt (410) ein Kompressorgehäuse und der Turbinenabschnitt (420) ein Turbinengehäuse aufweist, wobei das Bypassabschnitt (430) wenigstens teilweise durch das Kompressorgehäuse und/oder Turbinengehäuse ausgebildet ist.
8. Elektrische Turbavorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bypassabschnitt (430) einen Bypasseingang (432) und einen Bypassausgang (434) aufweist, wobei der Bypasseingang (432) stromabwärts des Kompressors (412) und stromaufwärts eines Kompressoraustrags (416) fluidkommunizierend mit dem Kompressorabschnitt (410) verbunden ist, und wobei der Bypassausgang (434) stromaufwärts der Turbine (422) und stromabwärts eines Turbineneingangs (426) fluidkommunizierend mit dem Turbinenabschnitt (420) verbunden ist.
9. Brennstoffzellensystem (100) zur Erzeugung elektrischen Stroms, aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) für eine Zufuhr von Anodenzuführgas (AZG) und einen Anodenabführabschnitt (124) für eine Abfuhr von Anodenabgas (AAG), der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) für eine Zufuhr von Kathodenzuführgas (KZG) und einen Kathodenabführabschnitt (134) für eine Abfuhr von Kathodenabgas (KAG), wobei der Kathodenzuführabschnitt (132) und der Kathodenabführabschnitt (134) über einen Kathodenbypassabschnitt (140) miteinander fluidkommunizierend verbunden sind, in welchem wenigstens ein Kathodenbypassventil (142) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine elektrische Turbavorrichtung (400) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 8 mit dem

- Kompressorabschnitt (410) in den Kathodenzuführabschnitt (132) und mit dem Turbinenabschnitt (420) in den Kathodenabführabschnitt (134) integriert ist, wobei weiter der Kathodenbypassabschnitt (140) durch den Bypassabschnitt (430) der elektrischen Turbovorrichtung (400) und das Kathodenbypassventil (142) durch das wenigstens eine Kontrollventil (440) der elektrischen Turbovorrichtung (400) ausgebildet sind.
10. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kathodenzuführabschnitt (132) stromabwärts des Kompressorabschnitts (410) und der Kathodenabführabschnitt (134) stromaufwärts des Turbinenabschnitts (420) frei von einem Gegendruckventil ausgebildet sind.
 11. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kathodenzuführabschnitt (132) stromabwärts des Kompressorabschnitts (410) und der Kathodenabführabschnitt (134) stromaufwärts des Turbinenabschnitts (420) frei von einem separaten Systembypass ausgebildet sind.
 12. Kontrollverfahren für eine Kontrolle eines Brennstoffzellensystems (100) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 9 bis 11, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - Erfassen einer Lastanforderung (LA) für das Brennstoffzellensystem (100),
 - Bestimmen eines für das Erfüllen der erfassten Lastanforderung (LA) notwendigen Stapel-Massenstroms (SBM) an Kathodenzuführgas (KZG) zum Kathodenabschnitt (130) des Brennstoffzellenstapels (110),
 - Anpassen der Ventilstellung des wenigstens einen Kontrollventils (440) der elektrischen Turbovorrichtung (400) zum Erzielen des bestimmten notwendigen Stapel-Massenstroms (SBM).
 13. Kontrollverfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor (412) mit einer Reservedrehzahl (RD) betrieben wird zur Erzeugung eines Reservemassenstroms (RM) an Kathodenzuführgas (KZG), wobei der Reservemassenstrom (RM) um einen Differenzmassenstrom (DM) größer als ein für die aktuelle Lastanforderung (LA) benötigter Sollmassenstrom (SM)

- des Kathodenzuführungsgases (KZG) ist, wobei bei Erfassen einer kurzfristigen, erhöhten Lastanforderung (LA) zum Erzielen des bestimmten erhöhten notwendigen Stapel-Massenstroms (SBM) das wenigstens eine Kontrollventil (440) wenigstens teilweise verändert wird.
14. Kontrollverfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Erfassen einer kurzfristigen, reduzierten Lastanforderung (LA) ein zumindest teilweises Verändern eines wenigstens einen Kontrollventils (440) erfolgt.
15. Kontrollverfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein benötigter Solldruck für den Brennstoffzellenstapel (110) erfasst wird, wobei das Anpassen der Ventilstellung des wenigstens einen Kontrollventils (440) und/oder der Drehzahl des Kompressors (412) der elektrischen Turbovorrichtung (400) zum Erzielen des benötigten Solldrucks erfolgt.

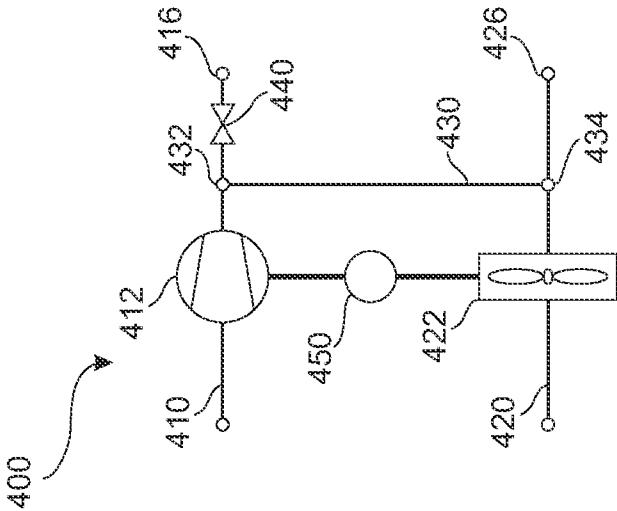


Fig. 2

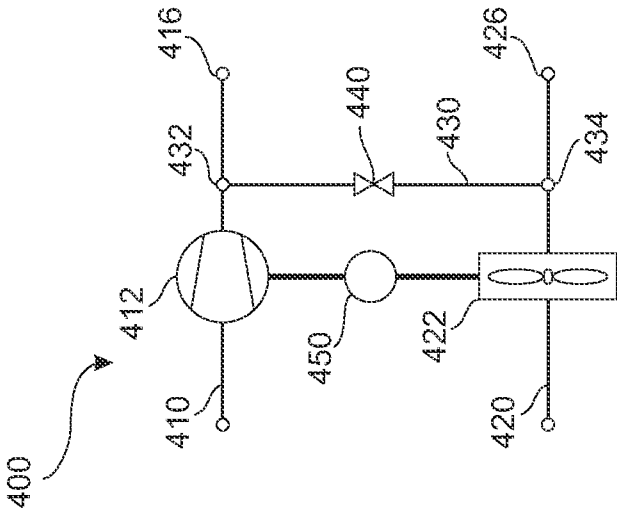


Fig. 1

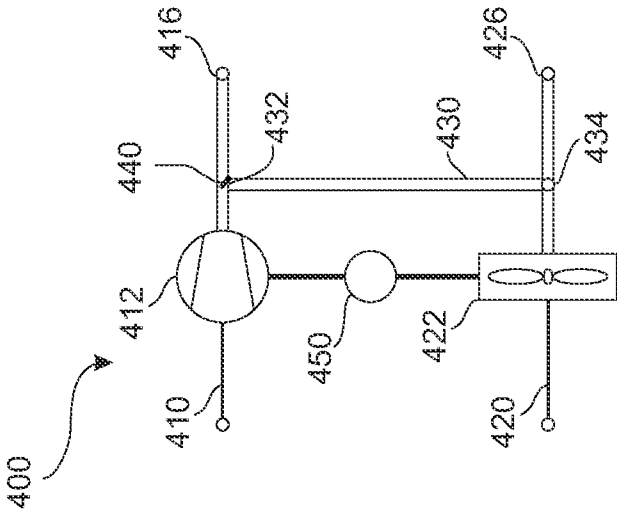


Fig. 4

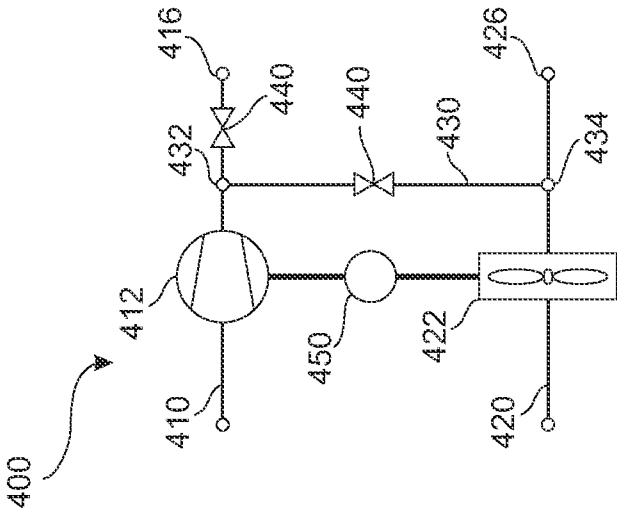


Fig. 3

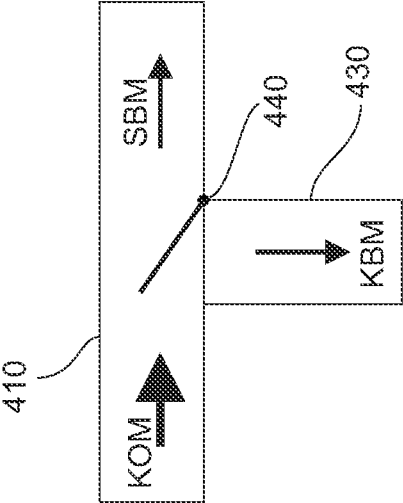


Fig. 5

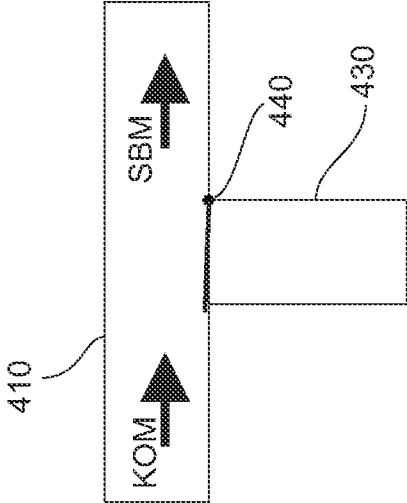


Fig. 7

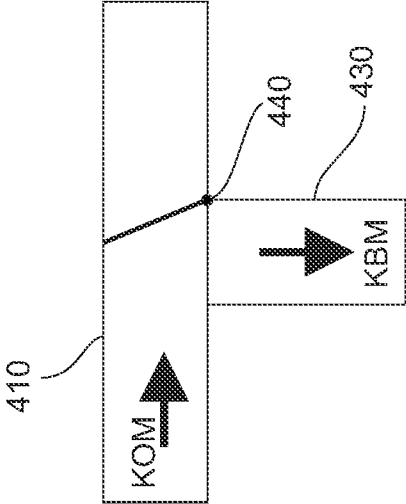


Fig. 6

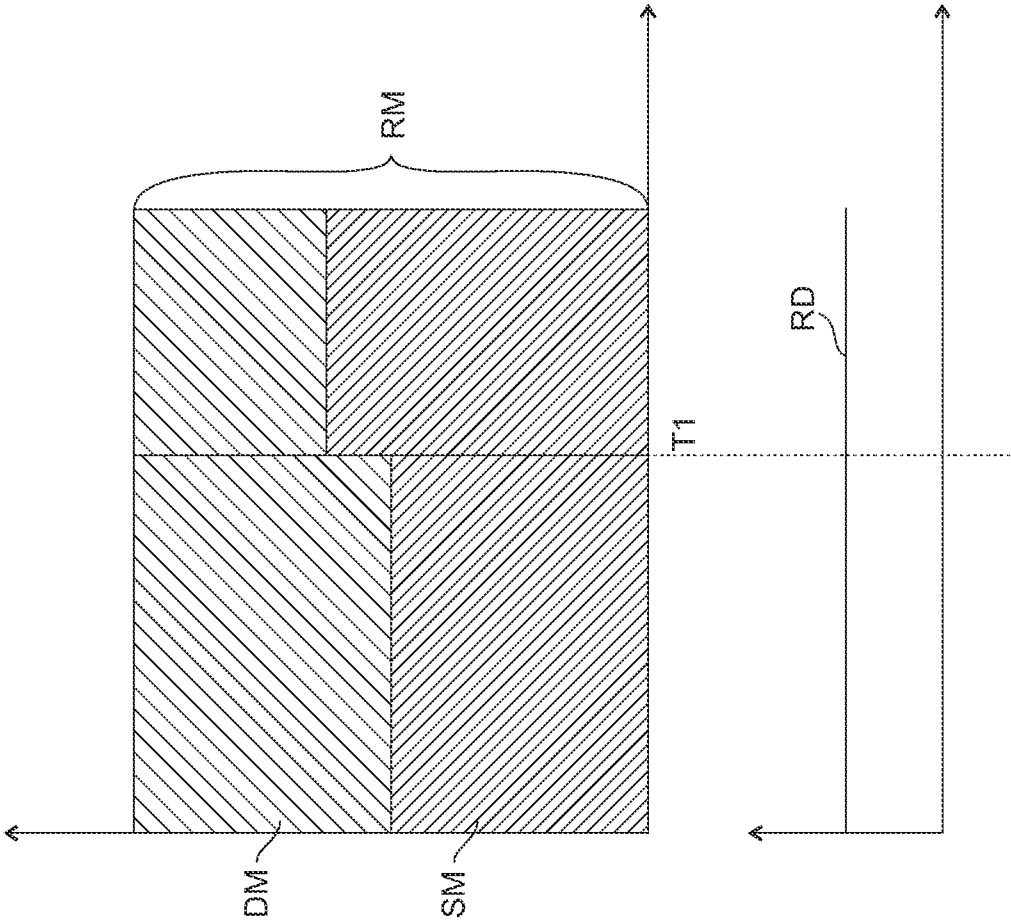


Fig. 9

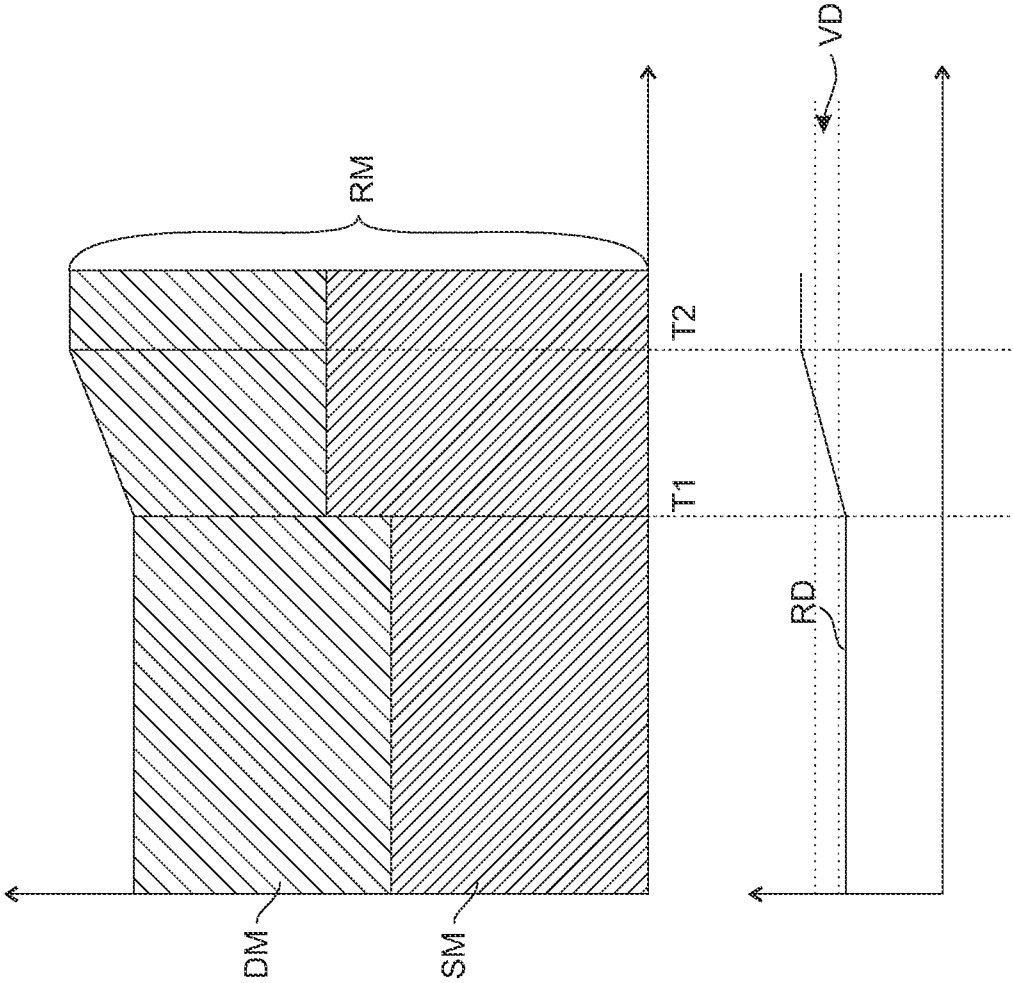


Fig. 10

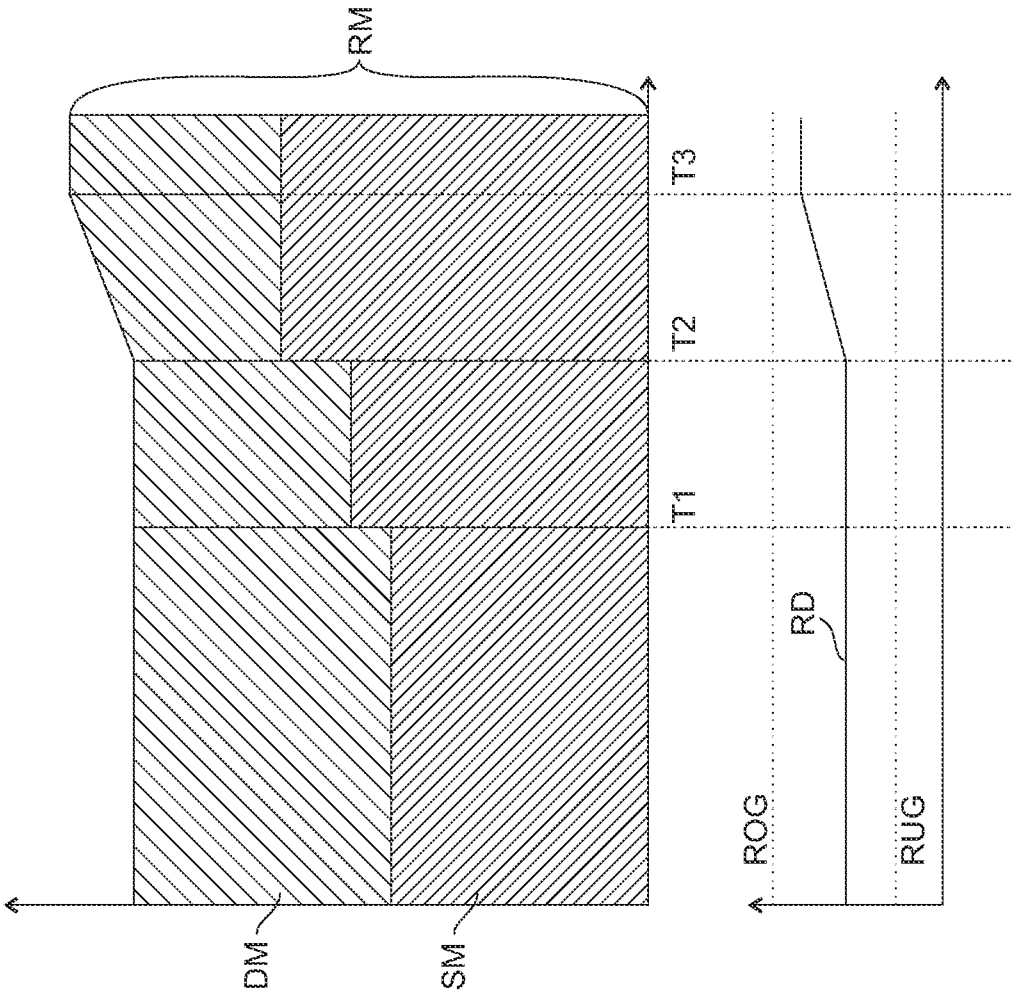


Fig. 11

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/04111 (2016.01); **H01M 8/04746** (2016.01); **H01M 8/04537** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/04111 (2016.02); **H01M 8/04753** (2016.02); **H01M 8/04619** (2016.02)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 06.11.2023 eingereichten Ansprüchen 1-15 erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 3474362 A1 (TOYOTA MOTOR CO., LTD.) 24. April 2019 (24.04.2019) Das ganze Dokument, insbesondere [0004] (1), [0011], [0015], [0024], [0051], [0052]; Figuren 9, 11, 12	1, 2, 5- 12, 14, 15
X	US 2022223887 A1 (IWAI YASUSHI et al.) 14. Juli 2022 (14.07.2022) Figur 3 und darauf bezogene Beschreibung	1-3, 5, 8, 9
Datum der Beendigung der Recherche: 30.08.2024		
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. Elektrische Turbovorrichtung (400) für einen Kathodenabschnitt (130) eines Brennstoffzellenstapels (110) eines Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Kompressorabschnitt (410) mit einem Kompressor (412) und einen Turbinenabschnitt (420) mit einer Turbine (422), wobei der Kompressor (412) und die Turbine (422) miteinander drehmomentübertragend über einen elektrischen Antrieb (450) verbunden sind, wobei stromabwärts des Kompressors (412) und stromaufwärts der Turbine (422) ein integrierter Bypassabschnitt (430) den Kompressorabschnitt (410) und den Turbinenabschnitt (420) miteinander fluidkommunizierend verbindet, wobei wenigstens ein Kontrollventil (440) vorgesehen ist für eine Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms (KBM) durch den Bypassabschnitt (430) und des Stapel-Massenstroms (SBM) aus dem Kompressorabschnitt (410) zum Brennstoffzellenstapel (110), wobei der Bypassabschnitt (430) einen Bypasseingang (432) und einen Bypassausgang (434) aufweist, wobei der Bypasseingang (432) stromabwärts des Kompressors (412) und stromaufwärts eines Kompressorausgangs (416) fluidkommunizierend mit dem Kompressorabschnitt (410) verbunden ist, und wobei der Bypassausgang (434) stromaufwärts der Turbine (422) und stromabwärts eines Turbineneingangs (426) fluidkommunizierend mit dem Turbinenabschnitt (420) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Kontrollventil (440) am Bypasseingang (432) des Bypassabschnitts (430) angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms (KBM) und eine direkte Kontrolle des Stapel-Massenstroms (SBM).
2. Elektrische Turbovorrichtung (400) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Kontrollventil (440) im Bypassabschnitt (430) angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Kathodenbypass-Massenstroms (KBM).
3. Elektrische Turbovorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Kontrollventil (440) im Kompressorabschnitt (410) stromabwärts des Bypasseingangs (432) des Bypassabschnitts (430) angeordnet ist für eine direkte Kontrolle des Stapel-Massenstroms (SBM).

4. Elektrische Turbavorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Kontrollventil (440) zwischen einer vollständigen Schließstellung und einer vollständigen Öffnungsstellung variierbar ist.
5. Elektrische Turbavorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Kontrollventil (440) eine Drosselklappe aufweist.
6. Elektrische Turbavorrichtung (400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressorabschnitt (410) ein Kompressorgehäuse und der Turbinenabschnitt (420) ein Turbinengehäuse aufweist, wobei das Bypassabschnitt (430) wenigstens teilweise durch das Kompressorgehäuse und/oder Turbinengehäuse ausgebildet ist.
7. Brennstoffzellensystem (100) zur Erzeugung elektrischen Stroms, aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) für eine Zufuhr von Anodenzuführgas (AZG) und einen Anodenabführabschnitt (124) für eine Abfuhr von Anodenabgas (AAG), der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) für eine Zufuhr von Kathodenzuführgas (KZG) und einen Kathodenabführabschnitt (134) für eine Abfuhr von Kathodenabgas (KAG), wobei der Kathodenzuführabschnitt (132) und der Kathodenabführabschnitt (134) über einen Kathodenbypassabschnitt (140) miteinander fluidkommunizierend verbunden sind, in welchem wenigstens ein Kathodenbypassventil (142) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine elektrische Turbavorrichtung (400) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 6 mit dem Kompressorabschnitt (410) in den Kathodenzuführabschnitt (132) und mit dem Turbinenabschnitt (420) in den Kathodenabführabschnitt (134) integriert ist, wobei weiter der Kathodenbypassabschnitt (140) durch den Bypassabschnitt (430) der elektrischen Turbavorrichtung (400) und das Kathodenbypassventil (142) durch das wenigstens eine Kontrollventil (440) der elektrischen Turbavorrichtung (400) ausgebildet sind.
8. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kathodenzuführabschnitt (132) stromabwärts des Kompressorab-

- schnitts (410) und der Kathodenabführabschnitt (134) stromaufwärts des Turbinenabschnitts (420) frei von einem Gegendruckventil ausgebildet sind.
9. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kathodenzuführabschnitt (132) stromabwärts des Kompressorabschnitts (410) und der Kathodenabführabschnitt (134) stromaufwärts des Turbinenabschnitts (420) frei von einem separaten Systembypass ausgebildet sind.
10. Kontrollverfahren für eine Kontrolle eines Brennstoffzellensystems (100) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 7 bis 9, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
- Erfassen einer Lastanforderung (LA) für das Brennstoffzellensystem (100),
 - Bestimmen eines für das Erfüllen der erfassten Lastanforderung (LA) notwendigen Stapel-Massenstroms (SBM) an Kathodenzuführungsgas (KZG) zum Kathodenabschnitt (130) des Brennstoffzellenstapels (110),
 - Anpassen der Ventilstellung des wenigstens einen Kontrollventils (440) der elektrischen Turbovorrichtung (400) zum Erzielen des bestimmten notwendigen Stapel-Massenstroms (SBM).
11. Kontrollverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor (412) mit einer Reservedrehzahl (RD) betrieben wird zur Erzeugung eines Reservemassenstroms (RM) an Kathodenzuführungsgas (KZG), wobei der Reservemassenstrom (RM) um einen Differenzmassenstrom (DM) größer als ein für die aktuelle Lastanforderung (LA) benötigter Sollmassenstrom (SM) des Kathodenzuführungsgases (KZG) ist, wobei bei Erfassen einer kurzfristigen, erhöhten Lastanforderung (LA) zum Erzielen des bestimmten erhöhten notwendigen Stapel-Massenstroms (SBM) eine Öffnungsstellung und eine Schließstellung des wenigstens einen Kontrollventils (440) wenigstens teilweise verändert wird.
12. Kontrollverfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Erfassen einer kurzfristigen, reduzierten Lastanforderung

- (LA) ein zumindest teilweises Verändern einer Öffnungsstellung und eine Schließstellung des wenigstens einen Kontrollventils (440) erfolgt.
13. Kontrollverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein benötigter Solldruck für den Brennstoffzellenstapel (110) erfasst wird, wobei das Anpassen der Ventilstellung des wenigstens einen Kontrollventils (440) und/oder der Drehzahl des Kompressors (412) der elektrischen Turbovorrichtung (400) zum Erzielen des benötigten Solldrucks erfolgt.