

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50985/2020
(22) Anmeldetag: 12.11.2020
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2022

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04537** (2016.01)
H01M 8/04828 (2016.01)
H01M 8/04225 (2016.01)
H02J 1/10 (2006.01)
B60L 50/50 (2019.01)
B60L 58/30 (2019.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 10332336 A1
US 2009305087 A1
CN 110884367 A

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

(72) Erfinder:
Mair Frank Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

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

(54) **Verfahren für eine Kontrolle eines Brennstoffzellennetzwerks mit wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für eine Kontrolle eines Brennstoffzellennetzwerks(100) mit wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen (110), aufweisend die folgenden Schritte:

- Bestimmen einer Leistungsanforderung (LA) an das Brennstoffzellennetzwerk (100),
- Vergleich der bestimmten Leistungsanforderung (LA) mit den Abgabeleistungen (AL) der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110),
- Ermitteln wenigstens eines Effizienzparameters (EP) für jedes der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110),
- Betreiben der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) zur Erfüllung der bestimmten Leistungsanforderung (LA) auf Basis des Vergleichs und der ermittelten Effizienzparameter (EP).

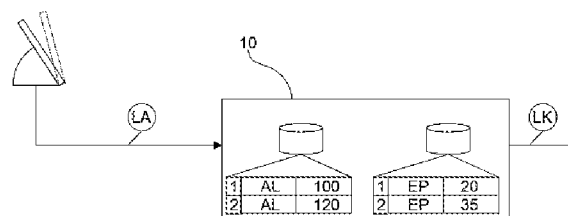


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für eine Kontrolle eines Brennstoffzellennetzwerks(100) mit wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen (110), aufweisend die folgenden Schritte:

- Bestimmen einer Leistungsanforderung (LA) an das Brennstoffzellennetzwerk (100),
- Vergleich der bestimmten Leistungsanforderung (LA) mit den Abgabeleistungen (AL) der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110),
- Ermitteln wenigstens eines Effizienzparameters (EP) für jedes der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110),
- Betreiben der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) zur Erfüllung der bestimmten Leistungsanforderung (LA) auf Basis des Vergleichs und der ermittelten Effizienzparameter (EP).

Fig. 1

Verfahren für eine Kontrolle eines Brennstoffzellennetzwerks mit wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für eine Kontrolle eines **Brennstoffzellennetzwerks** mit wenigstens zwei **Brennstoffzellensystemen**, eine Kontrollvorrichtung für die Kontrolle eines Brennstoffzellennetzwerks mit wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen sowie ein Brennstoffzellennetzwerk mit wenigstens einer solchen Kontrollvorrichtung.

Es ist bekannt, dass Brennstoffzellensysteme an unterschiedliche Leistungsanforderungen angepasst werden müssen. Wird beispielsweise ein Brennstoffzellensystem in einem Fahrzeug eingesetzt, so muss innerhalb von diesem Fahrzeug den unterschiedlichen Leistungsanforderungen des Fahrers und/oder des Fahrzeugs nachgekommen werden. Beispielsweise wird beim Beschleunigen des Fahrzeugs eine höhere Leistungsanforderung entstehen als bei einer kontinuierlichen Fahrweise bei konstanter Geschwindigkeit oder während des Abbremsens des Fahrzeugs. Weitere Leistungsveränderungen können vorliegen, wenn beispielsweise zusätzliche Leistungsverbraucher, wie ein Klimaanlage oder eine Heizung in einem Fahrzeug eingeschaltet oder ausgeschaltet sind.

Bei bekannten Lösungen ist das Brennstoffzellensystem für die unterschiedlichen Leistungsanforderungen mit einer Kontrollvorrichtung ausgestattet, welche es erlaubt auf Basis der Leistungsanforderung das Brennstoffzellensystem bei unterschiedlichen Betriebspunkten zu betreiben, sodass bei hoher Leistungsanforderung entsprechend eine hohe elektrische Leistung und bei niedriger Leistungsanforderung eine niedrigere elektrische Leistung abgegeben wird.

Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass die direkte Korrelation zwischen Leistungsanforderung und Leistungsabgabe des Brennstoffzellensystems dazu führt, dass das Brennstoffzellensystem für einen Großteil der Zeit in Betriebssituationen betrieben wird, welche eine geringere Effizienz als der maximale Effizienzgrad dieses Brennstoffzellensystems aufweisen. Eine Variation ist nur bedingt möglich, indem zum Beispiel ein größerer Batteriespeicher im Fahrzeug für die Zwischenspeicherung von elektrischer Energie für Leistungsspitzen bei der Leistungsanforderung vorgesehen ist. Somit führt die bekannte Kontrollmöglichkeit dazu, dass zum einen ein erhöhter Aufwand mit höheren Kosten für größere Batterievorrichtungen in Fahr-

zeugen betrieben werden muss und/oder das Brennstoffzellensystem zumindest teilweise in Betriebspunkten betrieben werden muss, welche eine geringere Effizienz aufweisen.

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 die Effizienz beim Betrieb eines Brennstoffzellensystems zu steigern.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Kontrollvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10 sowie ein Brennstoffzellennetzwerk mit den Merkmalen des Anspruchs 11. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung sowie dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellennetzwerk und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Erfindungsgemäß dient ein Verfahren der Kontrolle eines Brennstoffzellennetzwerks mit wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen. Hierfür weist das Verfahren die folgenden Schritte auf:

- Bestimmen einer Leistungsanforderung an das Brennstoffzellennetzwerk,
- Vergleich der bestimmten Leistungsanforderung mit den Abgabeleistungen der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme,
- Ermitteln wenigstens eines Effizienzparameters für jedes der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme
- Betreiben der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme zur Erfüllung der bestimmten Leistungsanforderung auf Basis des Vergleichs und der ermittelten Effizienzparameter.

Der erfindungsgemäße Kerngedanke beruht darauf, eine Kontrolle für zwei oder mehr parallel eingesetzte Brennstoffzellensysteme in Form eines Brennstoffzellennetzwerks zur Verfügung zu stellen. Jedes dieser Brennstoffzellensysteme beinhaltet dabei zumindest einen Brennstoffzellenstapel. Ein Brennstoffzellenstapel bei einem Brennstoffzellensystem ist dabei die Kombination aus einer Vielzahl von einzelnen Brennstoffzellen, welche jeweils unter anderem einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt aufweisen. Je größer die Anzahl dieser Zellen in einem Brennstoffzellenstapel ist, umso größer ist auch die maximale Abgabeleistung dieses Brennstoffzellenstapels. Dabei ist es für die Kontrolle in einem erfindungsgemäßen Verfahren in einem ersten Schritt unerheblich, ob alle Brennstoffzellensysteme und Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellennetzwerks in chemischer Sicht und/oder in elektrischer Sicht identisch oder im Wesentlichen identisch ausgebildet sind oder ob hier Unterschiede vorliegen.

Ein Kerngedanke der vorliegenden Erfindung basiert darauf, dass die Brennstoffzellensysteme basierend auf zwei Kontrollparametern betrieben werden. Der erste Kontrollparameter ist dabei der Vergleich zwischen der aktuellen gesamten Leistungsanforderung des Fahrzeugs oder der Anwendung und der Abgabeleistung der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme. Im einfachsten Fall liegt die Leistungsanforderung, zum Beispiel eines Fahrzeugs, oberhalb der maximalen Abgabeleistung des ersten Brennstoffzellensystems und unterhalb der kombinierten maximalen Abgabeleistung aller Brennstoffzellensysteme zusammen. In einem solchen Fall würde also der Vergleich dazu führen, dass zumindest zwei Brennstoffzellensysteme im Brennstoffzellennetzwerk gemeinsam zu betreiben sind, um die gewünschte Leistungsanforderung des Fahrzeugs zu erfüllen.

Unabhängig davon, dass nun die Anzahl der aktivierten und betriebenen Brennstoffzellensysteme von der Leistungsanforderung abhängt, wird jedoch ein zusätzlicher Schritt durchgeführt, um die Gesamteffizienz des Kontrollverfahrens zu steigern. Neben dem Vergleich der Leistungsanforderung mit den Abgabeleistungen der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme erfolgt daher ein Ermitteln wenigstens eines Effizienzparameters für jedes der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme. Dieser Effizienzparameter beruht dabei insbesondere auf einem Bezug zur jeweils notwendigen Abgabeleistung zur Erfüllung der Leistungsanforderung.

Um dies weiter zu verdeutlichen wird nachfolgend ein Beispiel erläutert. Es ist möglich, dass zum Beispiel bei identischen Brennstoffzellensystemen die maximale Effizienz bei einer Betriebslast von 20 % der maximalen Abgabeleistung liegt. Wird nun beispielsweise eine Leistungsanforderung von 40 % der maximalen Abgabeleistung eines Brennstoffzellensystems vorgegeben, so könnte dies durch ein einzelnes Brennstoffzellensystem bei 40 % Betriebsleistung zur Verfügung gestellt werden. Jedoch wird im zweiten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens nun ermittelt, dass bei 40 % Auslastung eines einzelnen Brennstoffzellensystems die Effizienz deutlich geringer ist als beim Effizienzmaximum von 20 % Auslastung des jeweiligen Brennstoffzellensystems im Brennstoffzellennetzwerk. Wird bei diesem besonders einfachen gewählten Beispiel nun die Leistungsanforderung auf beide Brennstoffzellensysteme so aufgeteilt, dass auf Basis des ermittelten Effizienzparameters beide nahe oder direkt an ihrem Effizienzoptimum von 20% betrieben werden, so führt dies im Ergebnis ebenfalls zum Erfüllen der bestimmten Leistungsanforderung, jedoch bei deutlich verbesserter Gesamteffizienz des Brennstoffzellennetzwerks. Natürlich können abhängig von der gesamten Leistungsanforderung die Lastpunkte der einzelnen Brennstoffzellensysteme nicht immer so gewählt werden, dass die Systeme im Punkt des maximalen Wirkungsgrades betrieben werden. Durch die voranstehenden Erläuterungen wird es allerdings möglich die gesamte Leistungsanforderung auf die zumindest zwei Brennstoffzellensysteme so aufzuteilen, dass insgesamt die Netzwerkeffizienz der Brennstoffzellennetzwerks gesteigert werden kann.

Auf Basis der voranstehenden Erläuterung anhand des gewählten einfachen Beispiels wird ersichtlich, dass nun in kostengünstiger und einfacher Weise die Effizienz beim Betrieb der Brennstoffzellensysteme in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellennetzwerk deutlich gesteigert werden kann. Somit wird es möglich nicht nur die grundsätzliche Korrelation zwischen der Leistungsanforderung und den maximal möglichen Abgabeleistungen der Brennstoffzellensysteme zu berücksichtigen, sondern vielmehr auch beim Betrieb zusätzlich noch die zu erzielende Effizienz auf Basis eines Effizienzparameters einzustellen.

Somit wird es weiter möglich, bei einer Leistungsanforderung auf Basis des ermittelten wenigstens einen Effizienzparameters pro Brennstoffzellensystem aus der Vielzahl möglicher Kombinationen an Betriebsweisen der einzelnen Brennstoffzellensysteme diejenige Kombination auszuwählen und für den Betrieb als Kontrolle vorzugeben, welche auf Basis des ermittelten Effizienzparameters ein optimiertes Ergebnis

für das Brennstoffzellennetzwerk erwarten lässt. Dabei ist es unerheblich, ob im Rahmen der vorliegenden Erfindung diese Kontrolle als reine Steuerung, also als Vorgabe einer entsprechenden Leistungskontrolle, oder aber als Regelung mit einer gemessenen Rückkopplung in der Leistungskontrolle durchgeführt wird.

Es ist noch darauf hinzuweisen, dass der Vergleich der Leistungsanforderung mit den Abgabeleistungen der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme insbesondere einen Vergleich mit der maximal möglichen Abgabeleistung der Brennstoffzellensysteme beinhaltet. Somit wird sichergestellt, dass eine Überbelastung der einzelnen Brennstoffzellensysteme vermieden wird. Unter einem Effizienzparameter ist im Sinne der vorliegenden Erfindung jeder direkte und/oder indirekte Parameter zum Betrieb des Brennstoffzellensystems zu verstehen, welcher aus ein oder mehreren Effizienzgesichtspunkten diesen Betrieb beeinflusst. Mögliche Effizienzparameter sind später noch näher erläutert und können selbstverständlich auch miteinander für einen oder mehrere Brennstoffzellensysteme kombiniert werden.

Basierend auf der voranstehenden Erläuterung wird deutlich, dass für jegliche Betriebssituation die Leistungsanforderung in verbesserter Effizienz erfüllt werden kann. Insbesondere gilt dies jedoch bei niedrigen Leistungsanforderungen, welche zum Beispiel von einem einzigen Brennstoffzellensystem alleine im Brennstoffzellennetzwerk erfüllt werden können. Jedoch ist es auch möglich, dass selbst bei einer niedrigen Leistungsanforderung, welche grundsätzlich von einem einzigen Brennstoffzellensystem erfüllt werden könnte, aus Effizienzgesichtspunkten zwei oder mehr Brennstoffzellensysteme mit niedrigerer Leistung betrieben werden, um die gewünschte Steigerung beziehungsweise Optimierung der Effizienz für das übergeordnete Brennstoffzellennetzwerk erfüllen zu können.

Ebenfalls vorteilhaft ist es durch ein erfindungsgemäßes Verfahren, dass auf diese Weise eine geringe Leerlaufleistung möglich wird, da Stück für Stück beim Reduzieren der Leistungsanforderung einzelne Brennstoffzellensysteme auch vollständig ausgeschaltet werden können.

Weiter ist noch darauf hinzuweisen, dass sowohl beim Vergleichsschritt als auch beim Ermittlungsschritt neben einer algorithmischen Durchführung auch die Verwendung eines tabellarischen Vergleichs und/oder einer tabellarischen Ermittlung eingesetzt werden kann. Die hohe Effizienz ist somit insbesondere bei geringen Teillasten,

aber auch bei geringen Leerlaufleistungen des gesamten Brennstoffzellennetzwerks erreichbar.

Ebenfalls von Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren als Effizienzparameter wenigstens einer der folgenden ermittelt wird:

- Energieeffizienz beim Betrieb für die bestimmte Leistungsanforderung,
- Gesundheitszustand des jeweiligen Brennstoffzellensystems,
- Temperatur des jeweiligen Brennstoffzellensystems,
- Spannung des jeweiligen Brennstoffzellensystems,
- Feuchtegehalt der Membranen und Produktwassermanagement der jeweiligen Brennstoffzellenstapel,
- Anzahl der Betriebsstunden des jeweiligen Brennstoffzellensystems.

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich können auch zwei oder mehr der einzelnen Effizienzparameter kombiniert für ein Brennstoffzellensystem eingesetzt werden. Auch ist es möglich, dass für unterschiedliche Brennstoffzellensysteme unterschiedliche Effizienzparameter und/oder unterschiedliche Kombinationen der Effizienzparameter eingesetzt werden. Bevorzugt ist es jedoch, wenn für alle Brennstoffzellensysteme die gleichen oder im Wesentlichen die gleichen Effizienzparameter verwendet werden. Weiter ist es auch möglich, dass bei der Verwendung von zwei oder mehr unterschiedlichen Effizienzparametern deren Einfluss auf das erfindungsgemäße Verfahren priorisiert und/oder gewichtet wird. Selbstverständlich ist es auch denkbar, dass, wie später noch erläutert, auf Basis von zwei oder mehr einzelnen Effizienzparametern ein gemeinsamer Belastungsparameter als übergeordnete Kennzahl zur Verfügung gestellt wird. Wie aus dieser Liste erkannt werden kann, ist neben der Energieeffizienz als Effizienzparameter auch die Betrachtung des gesamten Brennstoffzellennetzwerks aus anderen Effizienzgesichtspunkten möglich. So kann es zur Effizienz gehören, wenn der Gesundheitszustand des jeweiligen Brennstoffzellensystems berücksichtigt wird, um eine möglichst lange Gesamtlebensdauer des gesamten Brennstoffzellensystems und/oder Brennstoffzellennetzwerks zu gewährleisten. Gleiches gilt auch für die Temperatur, die Spannung und/oder die Feuchtigkeit des jeweiligen Brennstoff-

zellenstapels im jeweiligen Brennstoffzellensystem. Bei unterschiedlichen Belastungen und unterschiedlichen Betriebsstunden für die einzelnen Brennstoffzellensysteme kann es Vorteile mit sich bringen, wenn hier ein Angleichen der Betriebsstunden der jeweiligen Brennstoffzellensysteme an einen gemeinsamen Mittelwert erfolgt, um ebenfalls die Lebensdauer des gesamten Verbunds von Brennstoffzellensystemen im Rahmen des Brennstoffzellennetzwerks zu steigern. Besondere Vorteile sind erzielbar, wenn bei dieser Ausführungsform der Gesundheitszustand des jeweiligen Brennstoffzellensystems als Effizienzparameter betrachtet wird. Zu den Faktoren, welche diesen Gesundheitszustand beeinflussen, kann zum Beispiel in dynamischen Betriebsweisen der Spannungsverlauf des jeweiligen Brennstoffzellensystems gehören. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn einzelne Brennstoffzellensysteme abgeschaltet werden, wodurch die verbleibenden Brennstoffzellensysteme dynamischer betrieben werden müssen. Neben der reinen Betriebsdauer kann hier auch die Betriebsdauer oberhalb eines Temperaturgrenzwertes betrachtet werden. So kann beispielsweise eine Reduktion der Betriebsstunden oberhalb eines solchen Temperaturgrenzwertes Ziel eines erfindungsgemäßen Verfahrens sein. In ähnlicher Weise kann auch die Feuchtigkeit der Membranen der Brennstoffzellenstapel in dem Brennstoffzellensystemen betrachtet werden, so dass eine Reduktion der Betriebsstunden in schädigenden Feuchtigkeitsbedingungen erfolgen kann. Auch ist es möglich solche belastenden Betriebssituationen in Form erhöhter Temperatur und/oder zu niedriger Feuchtigkeit gleichmäßig oder zumindest im Wesentlichen gleichmäßig auf die unterschiedlichen Brennstoffzellensysteme im Brennstoffzellennetzwerk zu verteilen.

Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wenigstens zwei unterschiedliche Effizienzparameter zu einem gemeinsamen Belastungsparameter zusammengefasst werden, wobei der Betrieb der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme auf Basis des Belastungsparameters erfolgt. Ein solcher gemeinsamer Belastungsparameter kann auch als übergeordnete Kennzahl verstanden werden, und bezieht insbesondere Kenngrößen, Korrekturfaktoren, Priorisierungen und/oder andere Gewichtungen mit ein. Dies erlaubt es, die nachfolgende Kontrolle einfacher, kostengünstiger sowie mit weniger Rechenaufwand auch schneller zur Verfügung zu stellen.

Vorteile bringt es darüber hinaus mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zumindest eines der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme ausgeschaltet

wird und/oder ausgeschaltet bleibt. Damit führt ein erfindungsgemäßes Verfahren sozusagen zu einer „Systemabschaltung“ einzelner Brennstoffzellensysteme im Brennstoffzellennetzwerk, sodass bei bestimmten Betriebssituationen einzelne Brennstoffzellensysteme komplett ausgeschaltet werden und/oder ausgeschaltet bleiben. Insbesondere erfolgt dies in einer Art Wechselbetrieb, sodass bei reduzierter Leistungsanforderungen nicht jedes Mal dasselbe Brennstoffzellensystem ausgeschaltet wird, sondern zum Angleichen der Betriebsstunden immer wechselnde Brennstoffzellensysteme in den ausgeschalteten Betriebszustand versetzt werden.

Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zumindest zwei der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme bei unterschiedlichen Betriebspunkten betrieben werden. Insbesondere aus Betrachtungen der Gesamteffizienz der Brennstoffzellensysteme kann auf diese Weise ein unterschiedliches oder ein nicht lineares Verhalten der Effizienz zu unterschiedlichen Betriebspunkten berücksichtigt werden. Beispielsweise kann es sinnvoll sein, bei dem ersten Brennstoffzellensystem einen ersten Betriebspunkt und bei dem zweiten Brennstoffzellensystem einen unterschiedlichen, zweiten Betriebspunkt zu wählen. So kann beispielsweise das erste Brennstoffzellensystem bei 20 % der Maximallast und das zweite Brennstoffzellensystem bei 40 % der Maximallast betrieben werden, da dies aus Gesamteffizienzgesichtspunkten möglicherweise zu einem höheren Gesamteffizienzgrad führt als wenn beide Brennstoffzellensysteme bei circa 30 % ihrer maximalen Abgabeleistung betrieben werden würden. Dies gilt insbesondere dann, wenn die einzelnen Brennstoffzellensysteme chemisch und/oder elektrisch nicht identisch oder im Wesentlichen nicht identisch ausgebildet sind. Selbstverständlich können auch zwei oder mehr Brennstoffzellensysteme alternativ oder in Kombination bei identischen oder im Wesentlichen identischen Betriebspunkten betrieben werden.

Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bei einem wiederholten Startvorgang immer ein anderes der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme betrieben wird. Der Startvorgang in einem Brennstoffzellensystem eines Brennstoffzellennetzwerks kann je nach Umgebungssituation eine erhöhte Belastung speziell für den Brennstoffzellenstapel in dem jeweiligen Brennstoffzellensystem bedeuten. Insbesondere gilt dies für den später noch erläuterten Kaltstart. Jedoch ist jeder Startvorgang mit einer zusätzlichen Belastung versehen, da zum Beispiel vorbereitende Maßnahmen wie ein Spülen des Anodenabschnitts und/oder des Kathodenabschnitts erforderlich sind und durch das Abbauen der Sta-

pelspannung beim Ausschalten bzw. Aufbauen der Spannung beim Startvorgang ein Spannungszyklus durchgemacht wird. Diese erhöhte Belastung wird nun durch ein Wechseln der Brennstoffzellensysteme auf diese möglichst gleichmäßig verteilt, so dass die Betriebsstunden im Startbetrieb, also die Anzahl der Starts und Stopps, ebenfalls auf die einzelnen Brennstoffzellensysteme verteilt werden können. Vergleicht man beispielsweise einen Verbund von drei Brennstoffzellensystem in einem Brennstoffzellennetzwerk mit einem einzelnen großen Brennstoffzellensystem mit gleicher Gesamtleistung, so führt dies zu einer Steigerung der Lebensdauer für den Systemverbund, insbesondere einer Verdreifachung bezüglich der Belastung durch die Startvorgänge für das große Brennstoffzellensystem. Wir also nicht immer die volle Leistung des gesamten Brennstoffzellennetzwerks benötigt, so können einzelne Brennstoffzellensysteme ausgeschaltet bleiben und durch wechselndes Anschalten einzelner Brennstoffzellensysteme auch die Start/Stopps aufgeteilt werden. Dadurch kann die Anzahl der Start/Stopps pro Brennstoffzellensystem verringert werden. Bevorzugt ist es, diese Verteilung der Startbelastung der wiederholten Startvorgänge gleichmäßig oder im Wesentlichen gleichmäßig auf die unterschiedlichen Brennstoffzellensysteme zu verteilen.

Vorteilhaft ist es darüber hinaus, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bei einem Kaltstart der Brennstoffzellensysteme nur ein einziges der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme betrieben wird. Bei dem Kaltstart handelt es sich um eine Sondersituation im Betrieb des Brennstoffzellennetzwerks. Befindet sich das jeweilige Brennstoffzellensystem über einen längeren Zeitpunkt in einer Standsituation unter 0° Celsius, so spricht man bei einem darauf folgenden Start des Brennstoffzellensystems üblicherweise von einem Kaltstart. Während eines Kaltstarts kann es dazu kommen das im Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems anfallendes Produktwasser gefriert. Dabei muss durch eine rasche Aufwärmphase des Brennstoffzellenstapels eine übermäßige oder vollständige Blockade der Gaskanäle durch gefrorenes Produktwasser in den einzelnen Schichten einer Brennstoffzelle vermieden werden. Dies würde die Zufuhr von Reaktanden zum Katalysator verhindern, die elektrochemischen Reaktionen zum Erliegen bringen und somit einen erfolglosen Kaltstart bedeuten. Das Aufwärmen des Brennstoffzellenstapels erfolgt dabei durch Abwärme die bei der elektrochemischen Reaktion anfällt und kann aber auch durch externe Heizelemente unterstützt werden. Diese Heizelemente können dabei auch im Kühlkreislauf des Brennstoffzellensystems integriert werden womit durch ein Aufwärmen des Kühlmittels auch der Brennstoffzellenstapel indirekt erwärmt werden

kann. Diese nochmals erhöhte Belastung im Vergleich zu einem normalen Startvorgang kann dabei pro Kaltstartvorgang auf zumindest ein Brennstoffzellensystem fokussiert werden. Nach erfolgreichem Kaltstart kann die weitere entstehende Abwärme auf die zu diesem Zeitpunkt noch nicht betriebenen anderen Brennstoffzellensysteme übertragen werden. Die nicht betriebenen Brennstoffzellensysteme können somit vorgewärmt werden und müssen dadurch keinen Kaltstart vollziehen. Diese Zusatzbelastung des Kaltstarts wird also auf zumindest ein Brennstoffzellensystem konzentriert und kann durch das Vorhandensein von wenigstens zwei oder mehr Brennstoffzellensystemen entsprechend für die folgenden Kaltstarts auf verschiedene Brennstoffzellensysteme verteilt werden. Die tatsächliche Belastung sinkt dabei für das einzelne Brennstoffzellensystem im Brennstoffzellennetzwerk, sodass die gesamte Lebensdauer des Verbunds der Brennstoffzellensysteme in entsprechender Weise gesteigert werden kann.

Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren während des Betriebs im Kaltstart oder speziell nach erfolgreichem Kaltstart die Abwärme des betriebenen Brennstoffzellensystems zum Erwärmen der nicht betriebenen anderen Brennstoffzellensysteme verwendet wird. Beispielsweise ist es möglich über eine Temperiertovrordnung des Brennstoffzellenstapels diese Abwärme aufzunehmen und mit dem darin befindlichen Temperierfluid an die anderen Brennstoffzellensysteme zu überführen. Auch ist es denkbar, dass Gasströme, insbesondere Anodenzuführungsgas, Anodenabgas, Kathodenzuführungsgas und/oder Kathodenabgas direkt oder indirekt über Wärmetauscher zur Erwärmung der benachbarten, nicht betriebenen Brennstoffzellensysteme eingesetzt wird.

Darüber hinaus von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der Betrieb der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme wenigstens eines der folgenden Ziele berücksichtigt:

- optimierte, insbesondere maximierte, Effizienz der Brennstoffzellensysteme,
- optimierte, insbesondere maximierte, Lebensdauer der Brennstoffzellenstapel und Komponenten der Brennstoffzellensysteme,
- optimierte, insbesondere maximierte, Leistungsabgabe der Brennstoffzellensysteme.

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich können auch zwei oder mehrere dieser Ziele miteinander kombiniert werden. Auch ist es insbesondere bei einer Kombination möglich, dass eine Gewichtung der einzelnen Ziele erfolgt, um sicherzustellen, dass eine gewünschte übergeordnete Optimierung erzielt werden kann. Unter einer maximierten oder optimierten Effizienz ist insbesondere der elektrische und/oder der chemische Effizienzgrad des Brennstoffzellensystems zu verstehen. Hinsichtlich der Lebensdauer wird dabei bevorzugt nicht nur das einzelne Brennstoffzellensystem, sondern übergeordnet der gesamte Verbund der Brennstoffzellensysteme in Form des Brennstoffzellennetzwerks berücksichtigt, sodass eine vergleichbare und möglichst einheitliche Belastung auf alle Brennstoffzellensysteme verteilbar wird. Hinsichtlich der optimierten Leistungsabgabe kann als Ziel für den Effizienzparameter eine maximierte Leistungsabgabe zur Verfügung gestellt werden, um zum Beispiel bei maximaler Leistungsanforderung dieser mit maximalem Ergebnis gerecht zu werden.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Kontrollvorrichtung für eine Kontrolle eines Verbunds von wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen. Eine solche Kontrollvorrichtung weist ein Bestimmungsmodul für ein Bestimmen einer Leistungsanforderung an die Brennstoffzellensysteme des Brennstoffzellennetzwerks auf. Weiter ist ein Vergleichsmodul vorhanden für einen Vergleich der bestimmten Leistungsanforderung mit den Abgabeleistungen der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme. Darüber hinaus weist die Kontrollvorrichtung ein Ermittlungsmodul für ein Ermitteln wenigstens eines Effizienzparameters für jedes der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme auf. Abschließend ist ein Betriebsmodul vorgesehen für ein Betreiben der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme zur Erfüllung der bestimmten Leistungsanforderung auf Basis des Vergleichs und der ermittelten Effizienzparameter. Insbesondere sind das Bestimmungsmodul, das Vergleichsmodul, das Ermittlungsmodul und/oder das Betriebsmodul ausgebildet für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Damit bringt eine erfindungsgemäße Kontrollvorrichtung die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Verfahren erläutert worden sind. Eine solche Kontrollvorrichtung kann zum Beispiel in eine zentrale Kontrolleinheit eines Brennstoffzellensystems oder des Verbunds der Brennstoffzellensysteme in Form des Brennstoffzellennetzwerks integriert sein.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verbund von Brennstoffzellensystem in Form eines Brennstoffzellennetzwerks, jedes Brennstoffzellensystem aufweisend:

- wenigstens ein Brennstoffzellenstapel jeweils mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt,
- einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodenzuführgas zu den Anodenabschnitten,
- einen Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas zu den Kathodenabschnitten,
- einen Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas von den Anodenabschnitten,
- einen Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas von den Kathodenabschnitten.

Weiter weist ein erfindungsgemäßer Verbund von Brennstoffzellensystemen in Form des Brennstoffzellennetzwerks eine erfindungsgemäße Kontrollvorrichtung auf. Damit bringt ein erfindungsgemäßer Verbund von Brennstoffzellensystemen in Form des Brennstoffzellennetzwerks die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Kontrollvorrichtung und mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Verfahren erläutert worden sind. Ebenfalls kann bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellennetzwerks und/oder dem jeweiligen Brennstoffzellensystem noch ein Rezirkulationsabschnitt zur Rezirkulation von Anodenabgas in das Anodenzuführgas im Anodenzuführabschnitt vorgesehen sein.

Vorteilhaft ist es, wenn bei einem Brennstoffzellensystem mit mehreren Brennstoffzellenstapeln der Anodenzuführabschnitt, der Kathodenzuführabschnitt, der Anodenabführabschnitt und/oder der Kathodenabführabschnitt wenigstens abschnittsweise in einer gemeinsamen Medieneinheit zusammengefasst sind. Dies erlaubt es, insbesondere wenn in dieser gemeinsamen Medieneinheit auch entsprechende Verteilventile angeordnet sind, eine noch einfachere und kostengünstigere Kontrolle der Medienzuführung zu den einzelnen Brennstoffzellenstapeln zu ermöglichen. Eine solche gemeinsame Medieneinheit kann auch als zentrale Media Supply Unit beschrieben werden.

Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verbund von Brennstoffzellensystemen in Form des Brennstoffzellennetzwerks zumindest eines der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme unterschiedlich zu den anderen Brennstoffzellensystemen ausgebildet ist. Dabei kann es sich zum Beispiel um ein besonders kleines Brennstoffzellensystem mit einem ebenfalls kleinem Brennstoffzellenstapel hinsichtlich seiner chemischen und/oder elektrischen Leistung handeln. Dies erlaubt es, insbesondere in niedrigen Lastbereichen, also bei geringer oder sehr geringer Leistungsanforderung, einen effizienten Betriebspunkt für dieses kleine Brennstoffzellensystem auswählen zu können. Sind sogar mehrere Brennstoffzellensysteme, also drei oder mehr Brennstoffzellensysteme mit unterschiedlichen chemischen und/oder elektrischen Leistungen ausgestaltet, so kann man dies auch als Brennstoffzellensystemgetriebe verstehen, sodass je nach tatsächlicher Leistungsanforderung von kleineren auf größere Brennstoffzellensysteme umgeschaltet werden kann. Je größer die Leistung wird, kann es sinnvoll sein, auch zwei oder mehr Brennstoffzellensysteme unterschiedlicher Größe und unterschiedlicher maximaler Leistungsabgabe zusammenzufassen und gemeinsam zu betreiben.

Vorteilhaft ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verbund von Brennstoffzellensystemen in Form eines Brennstoffzellennetzwerks wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme mit zumindest jeweils einem Brennstoffzellenstapel, insbesondere alle Brennstoffzellenstapel, identisch oder im Wesentlichen identisch ausgebildet sind. Die Identität der Ausbildung bezieht sich dabei insbesondere auf eine chemische und/oder elektrisch identische oder im Wesentlichen identische Ausbildung aller Brennstoffzellensysteme, sodass eine leichtere und kostengünstigere Kontrolle möglich ist. Dadurch, dass identische oder im Wesentlichen identische Brennstoffzellensysteme eingesetzt werden, können bei dieser Ausführungsform die Gesamtkosten durch den modularen Aufbau für den Verbund von Brennstoffzellensystemen reduziert werden. Nicht zuletzt wird auch innerhalb des erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens eine flexiblere Kontrolle möglich, da eine freie Wahl zwischen den unterschiedlichen Brennstoffzellensystemen möglich ist, da diese aufgrund ihrer chemischen und elektrischen Identität sich für eine Vereinheitlichung der Belastung besser eignen.

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 eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 2 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 3 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellennetzwerks,
- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellennetzwerks,
- Fig. 5 ein Vergleich unterschiedlicher Effizienzparameter,
- Fig. 6 ein weiterer Vergleich unterschiedlicher Effizienzparameter und
- Fig. 7 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung.

Figur 1 zeigt schematisch eine besonders einfache Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung 10. Ein schematisch dargestelltes Gaspedal kann anhand der unterschiedlichen Positionen die Möglichkeit zur Verfügung stellen unterschiedliche Leistungsanforderungen LA abzugreifen und zu bestimmen. Die Leistungsanforderung LA kann dabei auch von einer übergeordneten Kontrolleinheit kommen oder anhand einer anderen Komponente der jeweiligen Anwendung bestimmt werden. Diese Leistungsanforderung LA wird in der Kontrollvorrichtung 10 nun in zwei Datenbanken weiterverarbeitet. Zum einen ist hier für unterschiedliche Brennstoffzellensysteme 110 eine maximale Abgabeleistung AL vorgesehen. Das erste Brennstoffzellensystem 110 mit der Ziffer 1 weist hier eine maximale Abgabeleistung AL von 100 und das zweite Brennstoffzellensystem 110 mit der Ziffer 2 von 120 auf. Liegt die Leistungsanforderung LA nun zum Beispiel bei circa 150, führt dies dazu, dass eine Erfüllung nicht durch eines der beiden Brennstoffzellensysteme 110 alleine möglich ist und auf jeden Fall eine Kombination für den Betrieb ausgewählt werden muss. Schematisch ist hier eine zweite Datenbank dargestellt, welche für die beiden Brennstoffzellensysteme 110 unter-

schiedliche Effizienzparameter EP zeigt. Beispielsweise kann es sich hier um den maximalen Effizienzgrad handeln, sodass das erste Brennstoffzellensystem 110 mit der Ziffer 1 zum Beispiel bei circa 20 % seiner maximalen Abgabeleistung sein Optimum hat, während das zweite Brennstoffzellensystem 110 mit der Ziffer 2 sein Optimum bei circa 35 % der maximalen Abgabeleistung AL hat. Auf dieser Basis wird nun sowohl die Effizienz als auch die maximal mögliche Abgabeleistung AL mit einbezogen, um anschließend eine Leistungskontrolle LK an den Betrieb der einzelnen Brennstoffzellensysteme 110 auszugeben.

Figur 2 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform der Figur 1. Hier sind nun unterschiedliche Effizienzparameter EP in unterschiedlichen Datenbanken hinterlegt, welche bei dem Durchlauf des Verfahrens in einem gemeinsamen Belastungsparameter BP integriert werden. Diese Integration kann einfach oder aber gewichtet und/oder priorisiert erfolgen. Auf diese Weise wird es möglich, noch genauer auf die tatsächliche Belastungssituation und das Erreichen des gewünschten Ziels einzugehen, und entsprechend in verbesserter Weise die Leistungskontrolle LK an die Brennstoffzellensysteme 110 weiterzugeben.

Figur 3 zeigt schematisch einen Aufbau eines solchen Brennstoffzellennetzwerks 100. Dieses ist mit zwei Brennstoffzellensystemen 110 ausgestattet wobei in einem Anodenabschnitt 120 Anodengas, zum Beispiel wasserstoffhaltiges Gas, den einzelnen Anodenabschnitten 112 der Brennstoffzellenstapel zugeführt wird. Die entsprechende chemische Reaktion führt zusammen mit einem über einen Kathodenzuführabschnitt 140 zugeführtes Kathodengas zum Erzeugen von Kathodenabgas und zum Erzeugen von Anodenabgas. Das Anodenabgas wird über den Anodenabfuhrabschnitt 122 abgeführt und entweder an die Umgebung oder über den Rezirkulationsabschnitt 130 wieder über eine Rezirkulationsvorrichtung 150 in den Anodenzuführabschnitt 120 zugeführt. Das Kathodenabgas wird über den Kathodenabfuhrabschnitt 142 ebenfalls der Umgebung zugeführt. Einfachheitshalber ist der Kühlkreislauf des Brennstoffzellensystems 110 nicht dargestellt.

Bei der Ausführungsform der Figur 3 ist nun eine zentrale Kontrollvorrichtung 10 vorgesehen, welche in der beschriebenen Weise die Kontrolle der Betriebspunkte aller Brennstoffzellensysteme 110 zur Verfügung stellen kann.

Während bei der Ausführungsform der Figur 3 alle Brennstoffzellensysteme 110 aus chemischer und/oder elektrischer Sicht identisch oder im Wesentlichen identisch

ausgebildet sind, ist in der Figur 4 das linke Brennstoffzellensystem 110 schematisch kleiner dargestellt, was auf eine geringere chemische und/oder elektrische Leistung hinweist. Diese unterschiedliche Leistung schlägt sich auch in entsprechend unterschiedlichen Abgabeleistungen AL der beiden Brennstoffzellensysteme 110 nieder, welche, gemäß der Erläuterung zu den Figuren 1 und 2 bei der Ausbildung der Leistungskontrolle LK entsprechend berücksichtigt werden und flexibel bei der Steuerung der Belastung, insbesondere der Dauerbelastung, der Brennstoffzellensysteme 110 berücksichtigt werden.

Sowohl bei Figur 3 als auch bei Figur 4 ist zur Vereinfachung der Kühlkreislauf nicht dargestellt. Ein Brennstoffzellensystem 110 kann auch mehr als den einen dargestellten Brennstoffzellenstapel aufweisen. Des Weiteren sind die Brennstoffzellensysteme 110 bis auf Überschneidungen in der Luftzuführung und der Abgasabführung getrennt dargestellt. Es ist aber auch möglich die Systeme vollständig getrennt, oder mit weiteren Überschneidungen beziehungsweise sogar gemeinsamen Komponenten auszuführen. Wesentlich ist, dass die zumindest zwei Brennstoffzellensysteme 110 in der Medienversorgung und elektrischen Verschaltung so ausgestaltet sind, dass das Einstellen unterschiedliche Lastpunkte, bis hin zum Ausschalten einzelner Brennstoffzellensysteme 110, ermöglicht wird.

Figur 5 zeigt eine mögliche Betriebsweise der Brennstoffzellensysteme 110. Dabei ist mit der durchgezogenen Linie die Effizienzkurve für einen Effizienzparameter EP, beispielsweise die Systemeffizienz dieses Brennstoffzellensystems 110 dargestellt. Dieser Effizienzparameter EP steigt an zu einem Maximum und sinkt bei sich weiter erhöhender Leistungsabnahme LA auf der X-Achse wieder ab. Somit wäre bei steigender Leistungsanforderung LA dieser zwar zu erfüllen, jedoch mit wieder verringerter Effizienz. Ein erfindungsgemäßes Verfahren greift nun hier ein und schaltet, wenn die Effizienz des ersten Brennstoffzellensystems 110 absinken würde, das zweite Brennstoffzellensystem 110 zu, wobei die gepunktete Linie hier die kombinierte Effizienz aus zwei Brennstoffzellensystemen 110 darstellt. Dies erlaubt es, das Absinken der Gesamteffizienz bei einem einzigen Brennstoffzellensystem 110 zu verhindern und auch bei steigender Leistungsanforderung LA entlang der gepunkteten Linie eine hohe Effizienz beizubehalten. Auch diese erhöhte Effizienz kommt an ihre Grenzen, wenn die Leistungsanforderung LA weiter steigt, sodass bei dieser Ausführungsform ein drittes Brennstoffzellensystem 110 zugeschaltet werden kann. Die gestrichelte Linie ganz rechts zeigt die kombinierte Effizienz des Effizienzparameters EP für alle

drei Brennstoffzellensysteme 110, sodass hier nochmals eine Verlängerung mit hoher Effizienz für eine weitere Steigerung der Leistungsanforderung LA möglich wird. Die Betriebsbereiche I, II und III unterscheiden dabei nicht die maximalen Abgabeleistungen AL der einzelnen Brennstoffzellensysteme 110, sondern sind vielmehr die Schaltpunkte, ab welchem das zweite und das dritte Brennstoffzellensystem 110 hinzugeschaltet beziehungsweise zurückgeschaltet werden.

In Figur 6 ist die kombinierte Leistungskurve aus der Figur 5 als durchgezogene Linie für den Effizienzparameter EP dargestellt. Gestrichelt ist ein korrelierendes Brennstoffzellensystem 110 aufgezeichnet, welches alleine die maximale Leistungsanforderung LA erzielen kann. Hier ist gut zu erkennen, dass zwar mit einem großen Brennstoffzellennetzwerk 100 bei hohen Leistungsanforderungen LA ähnliche Effizienzgrade erzielt werden können, jedoch bei geringen Leistungsanforderungen die entsprechende Kurve (gestrichelt) für den Effizienzparameter EP früher absinkt, sodass hier im geringen Leistungsbereich nur ein deutlich reduzierter Effizienzgrad für den Betrieb des Brennstoffzellensystems 110 erreichbar ist.

Figur 7 zeigt schematisch, wie in einer Kontrollvorrichtung 10 ein Bestimmungsmodul 20, ein Vergleichsmodul 30, ein Ermittlungsmodul 40 und ein Betriebsmodul 50 die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglichen können. Über eine Leistungsanforderung LA kann, zum Beispiel mit Bezug auf die Figuren 1 und 2, der Durchlauf des Verfahrens innerhalb der Kontrollvorrichtung 10 erfolgen, sodass abschließend eine Leistungskontrolle LK an das Brennstoffzellennetzwerk 100 abgegeben werden 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	Kontrollvorrichtung
20	Bestimmungsmodul
30	Vergleichsmodul
40	Ermittlungsmodul
50	Betriebsmodul
100	Brennstoffzellennetzwerk
110	Brennstoffzellensystem
112	Anodenabschnitt
114	Kathodenabschnitt
120	Anodenzuführabschnitt
122	Anodenabführabschnitt
130	Rezirkulationsabschnitt
140	Kathodenzuführabschnitt
142	Kathodenabführabschnitt
150	Rezirkulationsvorrichtung
LA	Leistungsanforderung
AL	Abgabeleistung
LK	Leistungskontrolle
EP	Effizienzparameter
BP	Belastungsparameter
I	Betriebsbereich I
II	Betriebsbereich II
III	Betriebsbereich III

Patentansprüche

1. Verfahren für eine Kontrolle eines Brennstoffzellennetzwerks (100) mit wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen (110), aufweisend die folgenden Schritte:
 - Bestimmen einer Leistungsanforderung (LA) an das Brennstoffzellennetzwerk (100),
 - Vergleich der bestimmten Leistungsanforderung (LA) mit den Abgabeleistungen (AL) der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110),
 - Ermitteln wenigstens eines Effizienzparameters (EP) für jedes der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110),
 - Betreiben der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) zur Erfüllung der bestimmten Leistungsanforderung (LA) auf Basis des Vergleichs und der ermittelten Effizienzparameter (EP).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Effizienzparameter (EP) wenigstens einer der folgenden ermittelt wird:
 - Energieeffizienz beim Betrieb für die bestimmte Leistungsanforderung (LA)
 - Gesundheitszustand des jeweiligen Brennstoffzellensystems (110)
 - Temperatur des jeweiligen Brennstoffzellensystems (110)
 - Spannung des jeweiligen Brennstoffzellensystems (110)
 - Feuchtigkeit des jeweiligen Brennstoffzellensystems (110)
 - Anzahl der Betriebsstunden des jeweiligen Brennstoffzellensystems (110)
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei unterschiedliche Effizienzparameter (EP) zu einem gemeinsamen Belastungsparameter (BP) zusammengefasst werden, wobei der Betrieb der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) auf Basis des Belastungsparameters (BP) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einer der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) ausgeschaltet wird und/oder ausgeschaltet bleibt.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) bei unterschiedlichen Betriebspunkten betrieben werden.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem wiederholten Startvorgang immer ein anderes der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) betrieben wird.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Kaltstart des Brennstoffzellennetzwerks (100) nur ein einziges der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) betrieben wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Betriebs im Kaltstart die Abwärme des betriebenen Brennstoffzellensystems (110) zum Erwärmen der nicht betriebenen Brennstoffzellensystems (110) verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) wenigstens eines der folgenden Ziele berücksichtigt:
 - Optimierte, insbesondere maximierte, Effizienz der Brennstoffzellensysteme (110)
 - Optimierte, insbesondere maximierte, Lebensdauer der Brennstoffzellensysteme (110)
 - Optimierte, insbesondere maximierte, Leistungsabgabe der Brennstoffzellensysteme (110)
10. Kontrollvorrichtung (10) für eine Kontrolle eines Brennstoffzellennetzwerks (100) mit wenigstens zwei Brennstoffzellensystemen (110), aufweisend ein Bestimmungsmodul (20) für ein Bestimmen einer Leistungsanforderung (LA) an das Brennstoffzellennetzwerk(100), ein Vergleichsmodul (30) für einen

Vergleich der bestimmten Leistungsanforderung (LA) mit den Abgabeleistungen (AL) der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110), ein Ermittlungsmodul (40) für ein Ermitteln wenigstens eines Effizienzparameters (EP) für jeden der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) und ein Betriebsmodul (50) für ein Betreiben der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) zur Erfüllung der bestimmten Leistungsanforderung (LA) auf Basis des Vergleichs und der ermittelten Effizienzparameter (EP), wobei das Bestimmungsmodul (20), das Vergleichsmodul (30), das Ermittlungsmodul (40) und/oder das Betriebsmodul (50) insbesondere für die Durchführung eines Verfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet ist.

11. Brennstoffzellennetzwerk (100), aufweisend

- wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) jeweils mindestens einem Brennstoffzellenstapel jeweils mit einem Anodenabschnitt (112) und einem Kathodenabschnitt (114),
- einen Anodenzuführabschnitt (120) zum Zuführen von Anodenzuführgas zu den Anodenabschnitten (112),
- einen Kathodenzuführabschnitt (140) zum Zuführen von Kathodenzuführgas zu den Kathodenabschnitten (114),
- einen Anodenabführabschnitt (122) zum Abführen von Anodenabgas von den Anodenabschnitten (112),
- einen Kathodenabführabschnitt (142) zum Abführen von Kathodenabgas von den Kathodenabschnitten (114),

weiter aufweisend eine Kontrollvorrichtung (10) mit den Merkmalen des Anspruchs 10.

12. Brennstoffzellennetzwerk (100) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anodenzuführabschnitt (120), der Kathodenzuführabschnitt (140), der Anodenabführabschnitt (122) und/oder der Kathodenabführabschnitt (142) wenigstens abschnittsweise in einer gemeinsamen Medieneinheit zusammengefasst sind.

13. Brennstoffzellennetzwerk (100) nach einem der Ansprüche 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110) unterschiedlich zu den anderen Brennstoffzellensystemen (110) ausgebildet ist.
14. Brennstoffzellennetzwerk (100) nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Brennstoffzellensysteme (110), insbesondere alle Brennstoffzellensysteme (110), identisch oder im Wesentlichen identisch ausgebildet sind.

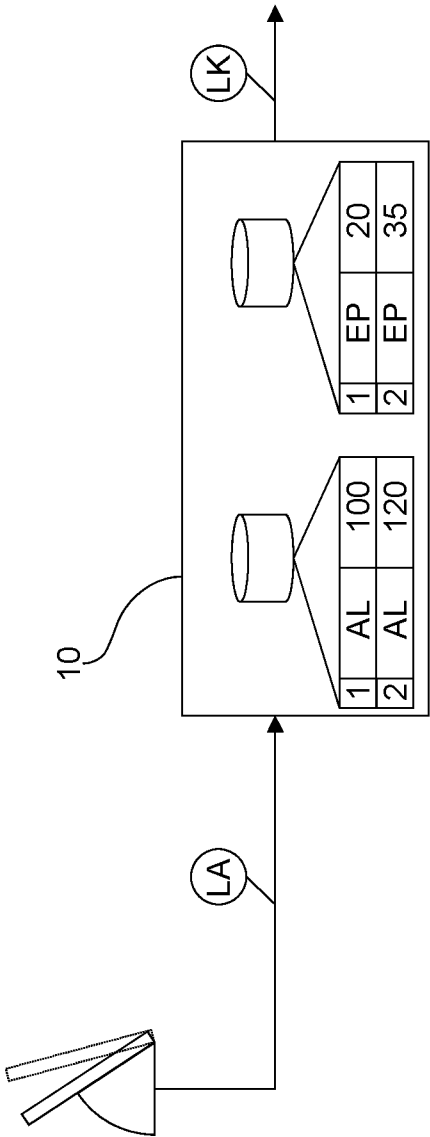


Fig. 1

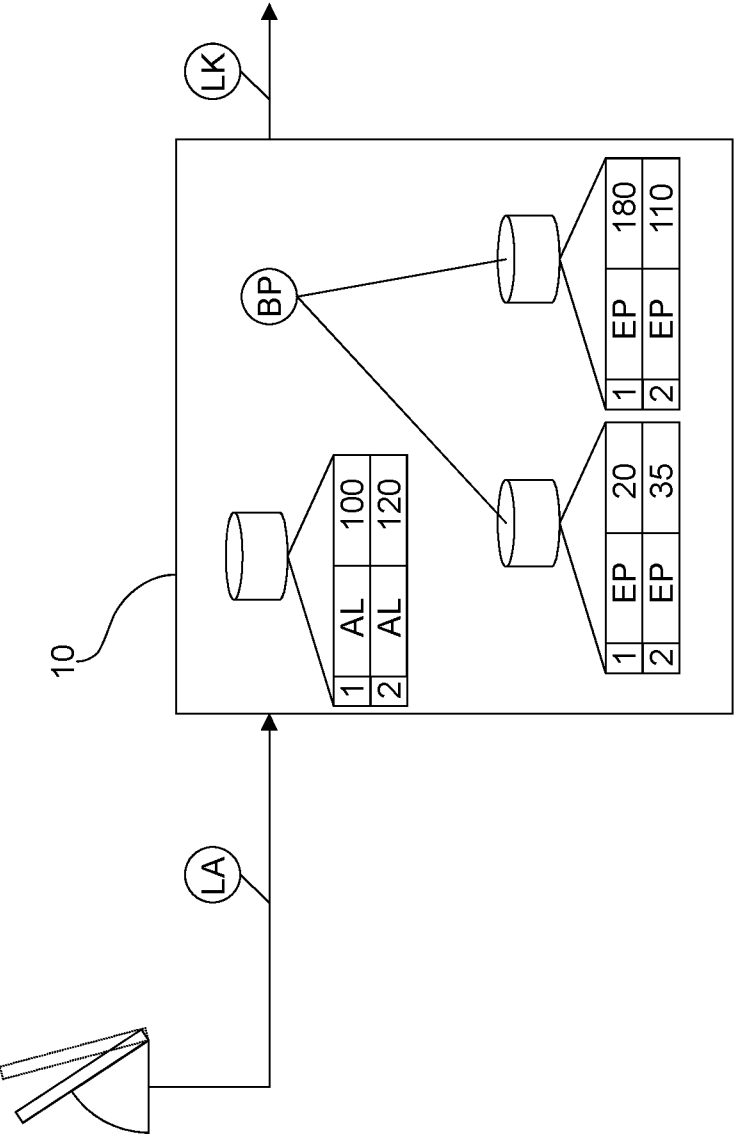


Fig. 2

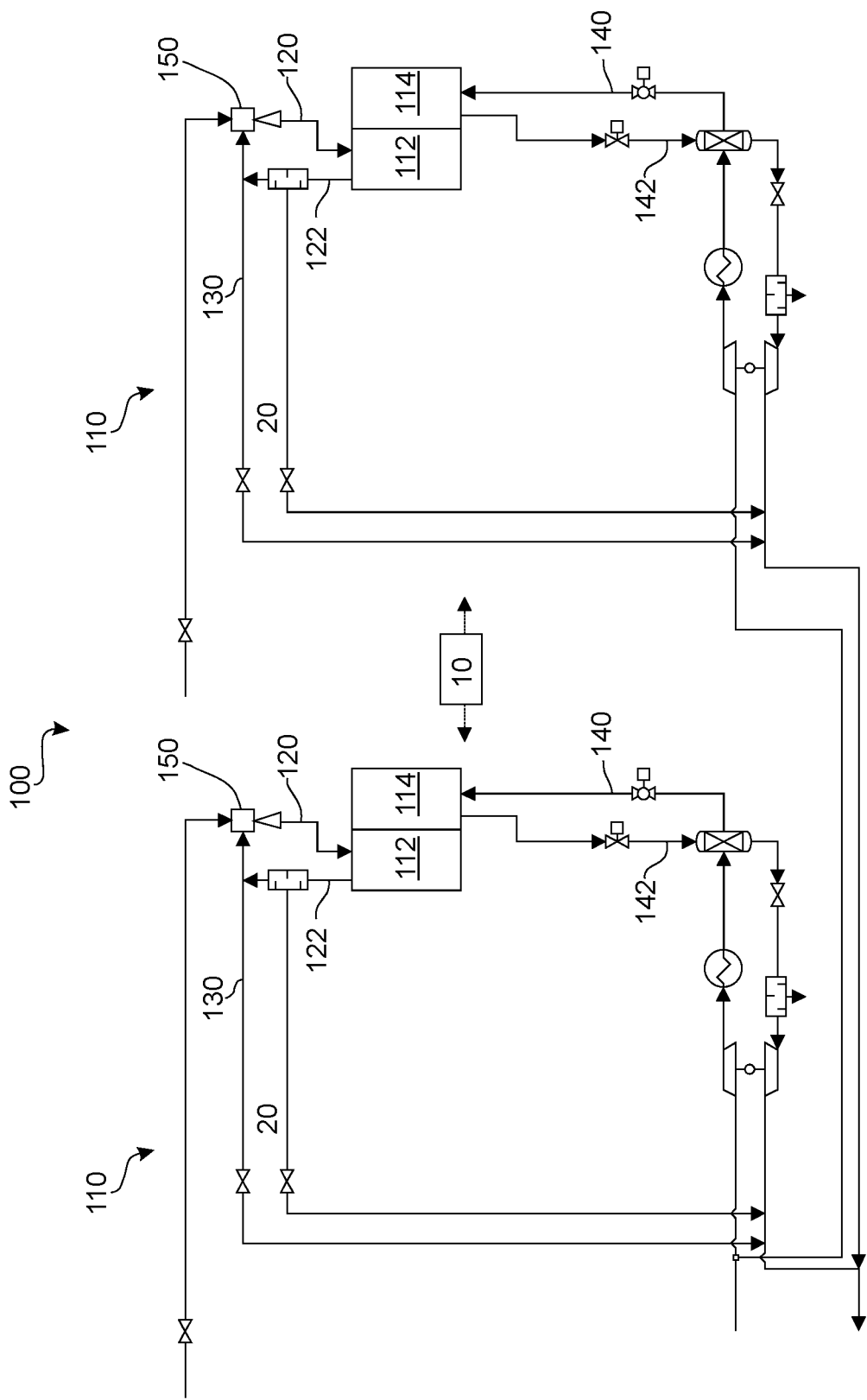


Fig. 3

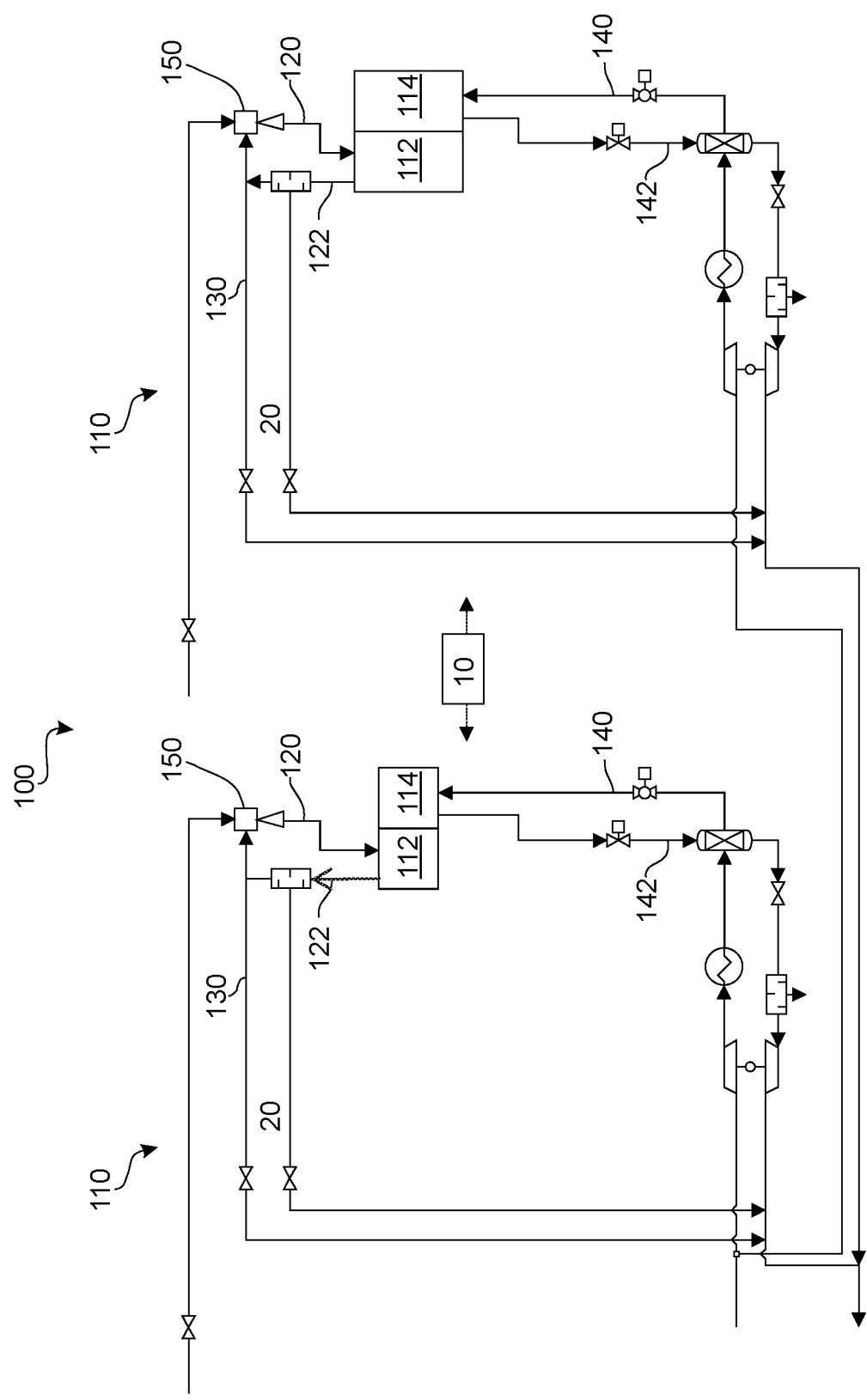


Fig. 4

Fig. 5

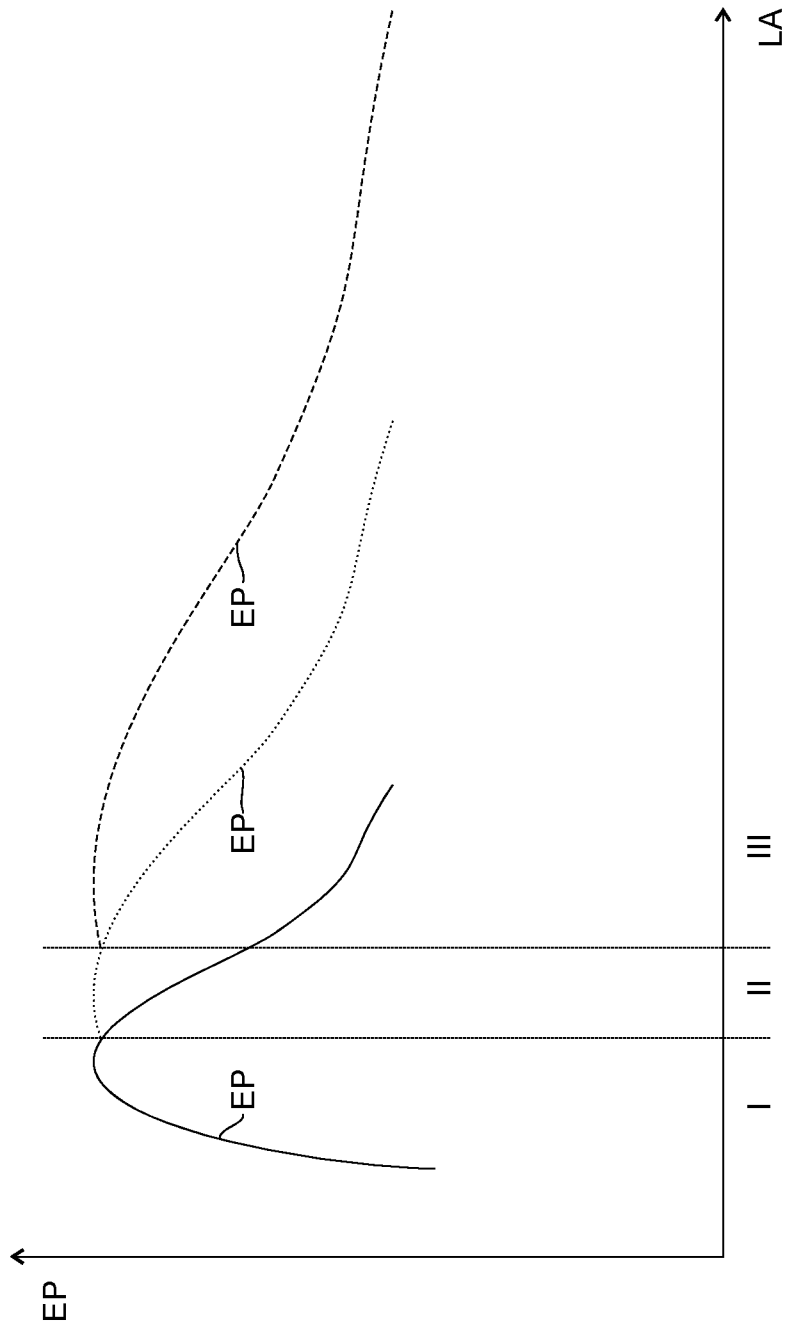
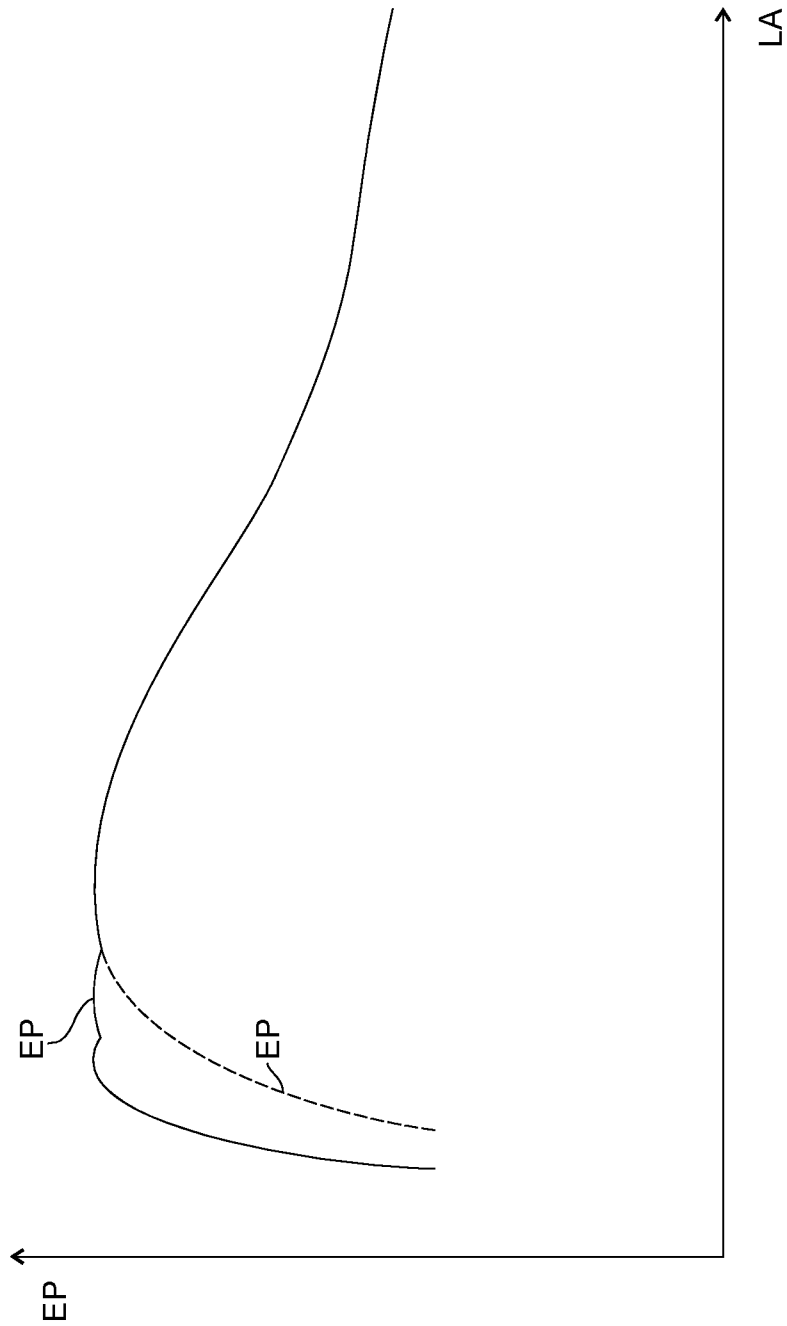


Fig. 6



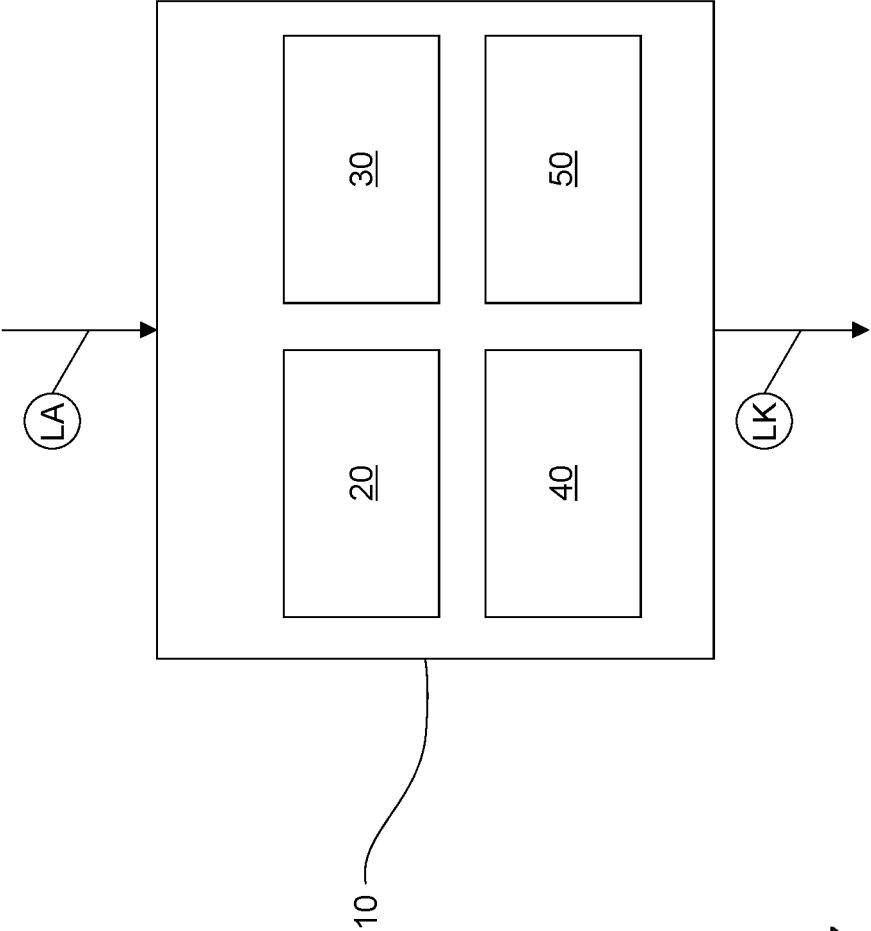


Fig. 7

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/04537 (2016.01); H01M 8/04828 (2016.01); H01M 8/04225 (2016.01); H02J 1/10 (2006.01); B60L 50/50 (2019.01); B60L 58/30 (2019.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/04619 (2016.02); H01M 8/0494 (2016.02); H01M 8/04225 (2016.02); H02J 1/109 (2020.01); B60L 50/50 (2019.02); B60L 58/30 (2019.02)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M, B60L, H02J

Konsultierte Online-Datenbank:

EPDOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE, XPESP

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 12.11.2020 eingereichten Ansprüchen 1-14 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 10332336 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Februar 2005 (17.02.2005) Das ganze Dokument	1-4, 9-12, 14
X	US 2009305087 A1 (RAJASHEKARA, KAUSHIK et al. [US]) 10. Dezember 2009 (10.12.2009) [0016] bis [0052]; Figuren 3 und 5	1-11, 13, 14
A	CN 110884367 A (UNIV FUZHOU) 17. März 2020 (17.03.2020) (übersetzt) [online] [abgerufen am 20.07.2021]. Abgerufen von EPOQUE: TXPMTCEA & CN 110884367 A (UNIV FUZHOU) 17. März 2020 (17.03.2020) Das ganze Dokument	5, 13

Datum der Beendigung der Recherche:
20.07.2021

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.